環境省
Ministry of the Environment

環境省委託事業

平成２８年度
コベネフィット型環境対策技術等の国際展開に係るベトナムとの二国間協力事業委託業務

報告書

平成 29 年 3 月

一般社団法人産業環境管理協会

要旨

アジア諸国においては、経済成長に伴い、水質汚濁、大気汚染等の環境汚染問題が顕在化してきている。また、気候変動による自然災害なども頻発しており、アジア諸国が持続可能な経済発展を実現するためには環境汚染物質の削減と温室効果ガスの削減は喫緊の課題である。

このような状況を踏まえ、我が国では 経済発展を続けるアジア諸国に対して、環境汚染対策と気候変動対策を推進するため環境汚染物質削減と温室効果ガス削減を同時かつ効果的に達成するコベネフィット（共通便益）・アプローチを重要な政策ツールとしている。

本業務では、上記のコベネフィット・アプローチに係る取り組みの一環として、ベトナムの実情に即した環境保全の「制度構築」、「人材育成」、「環境対策・測定技術」などをパッケージとして支援することにより、環境汚染物質と温室効果ガスの排出削減を共に図り、ひいては、アジア諸国における環境政策の推進に寄与することを目的としている。

本年度の主な事業内容として、石炭火力発電所をモデル工場に選定して、ボイラー等の発電設備の効率の改善と環境設備の運転改善等の実証事業を通じて、モデル工場における効果の検証をするために、環境改善指導等を実施し、その効果の定量評価を実施した。

また、事業所の環境人材育成を目的として、ベトナムの専門家と共同で、事業者向けマニュアルを作成するとともに、ベトナム天然資源環境省が推進している大気環境対策に資する大規模排出事業所向けインベントリ登録通達等に関する法政策支援を実施した。

今年度のコベネフィット・アプローチの結果、モデル工場において、日本専門家が提案した対策が実施された場合のプラント効率の改善は 1.4%と推計され、石炭消費量は年間で約 14,000 トンの削減が見込まれる。石炭価格に置き換えると年間で約 1 億円（90 万ドル）の燃料費削減になり、二酸化炭素量で換算すると約 30,000 トンの削減に相当するものと推計され、燃料由来の大気汚染物質の削減も見込まれる。

Summary

In Asian countries, measures to cope with environmental pollution, such as water pollution and air pollution, are urgent issues with its economic growth. At the same time, greenhouse gas is a global issue,which is required to take voluntary measures Based on these circumstances, Japan has promoted Co-benefits approach, which effectively measures environmental pollution control and greenhouse gas reduction at the same time. This is an important policy tool for Asian countries.

As a part of the above Co-benefit Approach, this project implements packaged measurement tools such as 'legal system for environmental protection', 'human resources development and 'technologies on environmental control and monitoring systems' in line with the actual circumstances of Vietnam.
It aims to simultaneously achieve environmental pollution control and greenhouse gas emissions reduction, which is a measure against climate change. This Co-benefit approach will contribute to strengthening environmental policies in Asian countries.

As the main target of this fiscal year, we selected a "coal-fired power plant" as a model plant, which is to demonstrate improvement effectivenss, on such as boiler efficiency improvement and operation improvement of environmental facilities. Also, in order to verify the effect of packaged countermeasures in the model plant, we implemented environmental improvement guidance and carried out quantitative evaluation of the effect.

In addition, in collaboration with Vietnamese experts, we created a manual forto develop human resources of Vietnam companies, on skills of emission management, inventory reporting and measures to reduce emissions, etc. Also, we conducted support on the Circular for " Inventory Registration of Industrial Emission Sources " which is promoted by the Ministry of Natural Resources and Environment of Vietnam.

The demonstration results are listed below, if the measures which Japanese experts proposed are implemented.

- the plant efficiency improvement of this model planet is estimated as1.4% and coal consumption is expected to be reduced by 14,000 tons annually,
- Annual fuel cost reduction is estimated as 100 million yen (900,000 dollars)
  the reduction of carbon dioxide amount is estimated as30,000 tons

目次

1　はじめに 1
1.1　事業の目的 1
1.2　事業の概要 1
2　モデル工場の選定と人材育成制度の検討 3
2.1　モデル工場の選定 3
2.1.1　調査目的 3
2.1.2　選定調査 3
2.2　モデル工場における環境改善と人材育成 6
2.2.1　概要 6
2.2.2　モデル工場における大気環境改善指導及び人材育成に向けた指導 7
2.2.3　CO_2削減効果評価 11
2.2.4　排ガス登録インベントリに関する指導 12
2.2.5　環境人材育成のためのマニュアル作成 14
3　大気汚染対策の検討支援 16
3.1　ベトナムの大気汚染対策 16
3.1.1　大気環境法制の概要 16
3.1.2　大気汚染対策の支援 16
3.2　日本専門家会合 17
3.2.1　目的及び開催実績 17
3.3　日越専門家会合 19
3.3.1　概要 19
3.3.2　第１回日越専門家会合 20
3.3.3　第２回日越専門家会合 24
3.3.4　第３回日越専門家会合 25
4　共同政策研究会合及びセミナーの開催 28
4.1　共同政策研究の概要 28
4.1.1　ベトナム側の政策研究 28
4.1.2　日本側の政策研究 28
4.2　共同政策研究会合 28
4.2.1　共同政策研究会合の概要 28
4.2.2　準備会合（5 月） 30
4.2.3　準備会合（7 月） 31
4.2.4　第１回会合 34

4.2.5　第 2 回会合 35
4.2.6　第 3 回会合 36
4.3　セミナー 39
4.3.1　概要 39
4.3.2　実施内容 39
5　ベトナム政府関係者等の招へい 44
5.1　ベトナム政府関係者等の招へい 44
5.1.1　目的と概要 44
5.1.2　実施内容 44
6　まとめ 53
6.1　本年度事業の評価 53
6.2　次年度以降の課題等の整理 54
巻末資料 57

1　はじめに

1.1　事業の目的

アジア諸国においては、経済成長に伴い、水質汚濁、大気汚染等の環境汚染への対策と地球規模での気候変動対策が喫緊の課題となっている。このような状況を踏まえ、我が国ではアジア諸国を中心に、環境汚染対策と気候変動対策である温室効果ガスの排出削減対策を同時にかつ効果的に達成するコベネフィット（共通便益）・アプローチを重要な政策ツールとして推進している。

本業務では、上記のコベネフィット・アプローチに係る取組の一環として、ベトナムの実情に即した「環境保全の制度体系」、「人材育成」、「環境対策・測定技術」などをパッケージとした取組みの実施により、環境改善効果と温室効果ガスの排出削減効果を共に図り、ひいては、アジア諸国における環境政策の推進に寄与することを目的とする。

1.2　事業の概要

本事業では以下の内容を実施した。

(1) モデル工場の選定と人材育成制度の検討（第 2 章）

ベトナムにおける大気汚染対策及び地球温暖化対策に資する技術の導入及び人材育成を目的として、本年度は、モデル工場の選定と事業所における人材育成についての検討を行い、選定したモデル工場において環境改善と人材育成の指導を実施した。また、環境人材育成のためのマニュアルを作成した。

(2) 大気汚染対策の検討支援（第 3 章）

ベトナムにおける大気汚染対策の検討のため、日本人専門家による環境施策の検討及び日越両国の専門家による専門的な意見交換等を実施した。

(3) 共同政策研究会合及びセミナーの開催（第 4 章）

日本の過去の公害克服経験を活かし、ベトナムにおける環境汚染対策の推進に資するとともに、ベトナムの実情に即した制度・人材・技術のパッケージによる効果的な環境対策の普及・展開を図ることを目的として、環境省とベトナム天然資源環境省（MONRE）等とで共同政策研究会合をハノイで実施した。また、ベトナムの事業所や地方政府の環境担当

者を対象に、大気汚染対策及び地球温暖化対策を目的としたセミナーをハノイ及びホーチミンで開催した。

(4) ベトナム政府関係者等の招へい（第 5 章）

ベトナム政府関係者を招へいして、日本における大気汚染対策及び地球温暖化対策に関する取組みやその効果について実地見学を実施した。

(5) まとめ（第 6 章）

本年度の事業実施状況の評価を踏まえ、次年度以降の業務実施へ向けた課題等を整理した。

2　モデル工場の選定と人材育成制度の検討

2.1　モデル工場の選定

2.1.1　調査目的

ベトナムにおける大気汚染対策及び地球温暖化対策に資する技術の導入及び人材育成を目的として、モデル工場でコベネフィット対策事業を施行するための準備として、モデル工場の選定と事業所における人材育成のための現地調査を実施した。

2.1.2　選定調査

(1) モデル工場の業種の選定

MONRE で策定作業中の排ガス登録インベントリ通達案は、大規模排ガス事業所として、鉄鋼、火力発電（天然ガス使用を除く）、セメント、化学（肥料製造等）、石油精製及び産業ボイラー使用施設（1 時間 20 トン以上）を対象としており、いずれかの業種をモデル工場に選定することで、ベトナム側の大気汚染対策との相乗効果を期待できる。また、ベトナム側からもこれらの業種を対象としたいとの要望があった。

上記の業種のうち、ベトナムでのコベネフィット対策効果の高い業種を考慮する場合、石炭火力発電所が主要な候補となる。ベトナム第 7 次国家電力マスタープラン（2011 年 8 月発布、「2011~2020 年までの電源開発計画及び 2030 年までのビジョン」）では、石炭火力発電所が 2020 年に 30 か所（2016 年 6 月現在で 20 か所）まで増設が計画されており、発電総量に占める石炭火力発電所の割合が 49.3%になると見込まれている。したがって、将来的にベトナム国内の発電所は石炭火力発電所が約半数を占める見通しであり、モデル工場におけるコベネフィット対策の波及効果が広く見込まれる。

以上のことから、日本専門家会合及び環境省との協議で検討した結果、石炭火力発電所をモデル工場の対象候補とすることに決定した。

(2) モデル工場候補の選定

共同政策研究会合等を通じて、モデル工場事業の内容と選定方法を日越間で協議し、石炭火力発電所を対象とすることを合意した。望ましいモデル工場として、①人材育成や運転改善によるソフト的手法で発電効率や環境改善効果の向上が見込める工場、②環境改善や省エネルギーによるコスト削減に関心の高い工場、③本事業の趣旨を理解し責任者が協力的である工場、であることを日本側は要望していた。ベトナム側がこれらの要望と移動

の利便性等を考慮して、複数の石炭火力発電所をモデル工場候補として提案し、両国協議の上で 4 つの工場をモデル工場候補に選定した。モデル工場候補を対象に、アンケート調査票による事前調査と訪問調査を実施して、モデル工場を選定することとした。

(3) モデル工場候補の事前調査（アンケート票）

モデル工場候補を選定する際や選定後のモデル工場での指導の際には、基本的なデータ（各工場の概要、生産設備の設計値や運用状況、環境処理装置の設置・運用状況、大気汚染物質の排ガス測定値等）の把握が必要になる。モデル工場候補へ実際に訪問調査を実施する前に、これらのデータを把握するために、事前調査アンケートを実施した（2016 年 6 月～7 月）。

モデル工場候補へ事前に送付する調査票を日本専門家が作成し、英語に翻訳した調査票をベトナム専門家へ送付した（英語版調査票は巻末資料を参照）。ベトナム専門家は、ベトナムの工場の現状に即した修正を施してからベトナム語へ翻訳し、MONRE 環境総局（VEA）汚染管理局（PCD）へ調査票を送付した。PCD は調査協力の依頼状を付して、モデル工場候補（4 工場）へ調査票を送付した。

(4) 訪問調査

2016 年 7 月 18 日(月)～21 日(木)（4 日間）、ベトナム国内 4 か所の石炭火力発電所を対象にして、日越専門家による各 1 日間の訪問調査を実施した。調査には PCD 及び地方環境局（DONRE）の職員が同行した。各工場では社長または副社長（ベトナムでは発電所単位で株式会社化して上場している）をはじめ、環境担当役員及び管理者のほか、関連部門（発電部門、技術部門、設備部門など）の長及び管理者や現場管理者など工場全体で対応していただき、工場内の視察でも要望の場所のすべてを見ることができ、最大限の協力が得られた。訪問先の各工場での主な調査手順は次のとおりである。

○ 工場責任者への説明
- 本事業の目的及び内容説明、モデル工場事業への協力の意向確認

○ 環境及び各部門担当者へのヒアリング調査
- 基本的データの収集
- 事前調査票の内容確認と問題点の深掘り
- 環境管理体制の整備と運用状況

○ 現場調査
- 生産設備、環境装置、排ガス自動計測器の稼働状況確認
- コントロールルーム、オペレーティング・ルームでの作業状況確認

○ 工場責任者へのフォローアップ
- 今回の訪問調査の結果概要、環境改善が必要と思われる点の指摘と考え得る対策
- 今後のスケジュールや依頼事項

(5) モデル工場の選定

事前調査票及び訪問調査結果を基に、日本専門家会合で各工場について、表 2-1 の評価項目ごとに整理検討し、評価点として数値化した。この結果、4 工場の中で合計点が最も高かった A 工場がモデル工場として望ましいとの結論を得た。

表 2-1　工場選定の際の主な評価項目

環境管理システム	社長又は副社長のコミットメント
	マネージャーの知識
	環境管理組織の整備状況
技術及び設備面	燃焼管理（ボイラー等の運転状況）
	排ガス処理装置の設置・運転状況
	連続測定装置(CEMS)の運転状況、稼働状況及びデータの正確性
	石炭の取扱状況
	工場内の作業環境
	プロセス計測と制御の状況
	設備整備状況

選定の際、特にポイントとなった点は、第一に大気汚染物質の自動計測器の稼働状況とデータの正確性である。本プロジェクトはソフト的支援が主眼であるため、モデル工場におけるコベネフィット対策の実証効果を定量的に把握するためには、工場側で自動計測器が正確に作動している状況が必要不可欠である。モデル工場候補ではこの点で難点を抱える工場があったが、A 工場は大気汚染物質の自動計測器（CEMS）が正常に稼働し、モニタリングルームに送信された計測値とも一致していたことが大きく評価された。汚染物質の排出量についても工場側である程度の把握をしており、CEMS のデータログによって長期間のデータが検証できるため、経時変化（モニタリング）データが取得可能であることも評価された。

第二に、コベネフィット対策による CO_2 削減効果と大気汚染物質における削減効果が見込まれる点である。A 工場は、石炭燃焼のための O_2 管理を実施しており、運転変更によって適正な燃焼管理を実施することで、CO_2 及び NOx の削減効果が期待できる。また、電気集じん機（ESP）及び脱流装置（FGD）の運転状況について問題点を抱えており、運転管理の改善指導によってダスト及び SO_2 濃度を削減できる可能性が十分にあることが評価された。

日越専門家、PCD 及び環境省とも検討を行い、A 工場をモデル工場とすることを最終決定した。なお、選定から漏れた残りの 3 工場に対しては、改善が見込まれる点などまとめた文書を送付し、フォローした。

2.2 モデル工場における環境改善と人材育成

2.2.1 概要

コベネフィット・アプローチによるパッケージ対策を試行する目的で、選定したモデル工場 A に対して、日本及びベトナム専門家が 3 回にわたって訪問し、環境改善指導及び人材育成のための講義や指導を実施した。

⑴モデル工場における環境改善指導について

モデル工場における環境改善指導について、3 回の訪問回数（モデル工場選定のための事前調査で訪問した 1 回を除く）を想定し、下図の手順を計画して実施した。

第 1 回モデル工場指導 **[現状診断]**

・燃焼設備及び環境装置の運転管理状況確認
・可搬型測定器による排ガス測定調査
・環境関連部門の管理者・担当者からのヒアリングとディスカッション
・工場責任者への現状診断結果の概要報告

＜第 2 回指導までのフォローアップ実施内容＞

・（日越専門家）現状診断報告書と改善提案の作成と工場への送付
・（モデル工場）現状診断を踏まえた工場の改善案作成

第 2 回モデル工場指導 **[改善案実施]**

・環境人材育成のための実施指導（排ガス登録インベントリ）
・現状診断報告書と改善提案を基に、工場責任者、環境関連部門の管理者・担当者と改善策と期待できる削減効果の議論
・改善案の実証試験

＜第 3 回指導までの実施内容＞

・（日越専門家）改善実施状況のフォローアップと CO_2 及び大気汚染物質の削減効果評価の試算
・（モデル工場）改善実施状況の記録と報告

第 3 回モデル工場指導 **[改善実施状況の確認と効果評価]**

・改善実施状況の確認
・CO_2 及び大気汚染物質の削減効果評価
・環境装置の運転管理指導

図 2-1　モデル工場の改善指導計画

2.2.2　モデル工場における大気環境改善指導及び人材育成に向けた指導

モデル工場での指導は、①CO_2 削減のための発電効率向上、②大気汚染物質（ダスト及び SOx、NOx）削減のための環境装置の処理効率向上、③自動計測器の維持管理及び排出量把握の 3 つの観点より指導を実施した。以下に各回の実施内容を記載する。

第 1 回モデル工場指導

実施期間	2016 年 8 月 22 日(月) ～24 日(水)
訪問者	（日本側） 環境省　石関延之、三角明裕 一般社団法人産業環境管理協会（JEMAI） 井口忠男（専門家)、池田茂（専門家)、大野香代、中村健太郎、胡桃澤昭夫 株式会社オオスミ　平尾実、上野邦弘 （ベトナム側） ハノイ工科大学（HUST）環境科学技術研究所（INEST） Nghiem Trung Dung、Nguyen Thi Thu Hien、Ly Bich Thuy、 Tran Dac Chi、Van Dieu Anh

工場指導スケジュール：

8 月 22 日　燃焼管理の課題と解決策の検討

8 月 23 日　燃焼管理のための酸素濃度の実測及び排ガス処理装置の課題と解決策の検討

8 月 24 日　排ガスの実測及び CEMS の運転管理
排ガス登録インベントリ通達に関する排ガス量算定の指導
総括

指導概要：

第 1 回指導では、はじめに設備の詳細について調査した。その後、燃焼設備、環境装置、排ガス自動計測器（CEMS）の各施設について現状の課題を工場の担当技術者と話し合いながら明確化し、それに対する解決策について専門家よりアドバイスを行う形式で進めた。担当者より特に意見がない場合は、専門家より、設備についての基本原理や運転管理上の留意点について説明をし、工場側からの質問に答える形式をとった。指導結果の詳細は資料 8-1(1)を参照。

第 2 回指導までのフォローアップ

第 1 回指導の後、9 月 5 日に日本側よりボイラーの燃焼率向上のための運転改善案及び電気集じん器（ESP）及び脱硫装置（FGD）の排ガス処理効率向上のための運転改善案に関する手順書、及び自動計測器の運転維持管理向上方法を工場側に提出した。改善案の詳細は資料 8-1(1)を参照。

9 月 28 日に工場側より検討結果について回答があり、ボイラー及び ESP、FGD の運転改善案について設備の構造上の問題により実行が難しく、専門家からのさらなるアドバイスが必要との回答があった。自動計測器の維持管理については、アドバイスに従い、実施しているとの回答であった。工場側からの回答詳細は資料 8-1(1)を参照。

第 2 回モデル工場指導

実施期間	2016 年 10 月 24 日(月) ～26 日(水)
訪問者	（日本側） 環境省　石関延之、三角明裕 JEMAI　井口忠男（専門家）、池田茂（専門家）、 大野香代、中村健太郎、胡桃澤昭夫 株式会社オオスミ　平尾実 （ベトナム側） INEST　Nghiem Trung Dung、Nguyen Thi Thu Hien、Ly Bich Thuy、 Tran Dac Chi、Van Dieu Anh

工場指導スケジュール：

10 月 24 日　燃焼管理の課題と解決策の検討
　　排ガス登録インベントリ通達のための排ガス量算定指導
10 月 25 日　酸素増加試験実施
10 月 26 日　試験結果の考察
10 月 27 日　総括

指導概要：

8 月の第 1 回指導において、ボイラー、環境装置、自動計測器の運転上の課題を抽出し、その改善策について、日本専門家より回答を送った。それについて、工場側より幾つかの改善策について、実施が難しい旨の回答を得たため、第 2 回指導では、再度工場側が検討した内容を詳細に聞き、改善実施の可能性を調査した。調査結果の詳細は資料 8-1(1)を参照。

第 2 回指導では、特に CO_2 削減指導に重点を置き、微粉炭燃焼により生成するボトムアッシュ及びフライアッシュ中の未燃炭素を減少させることに着眼し、燃焼効率を上げるための酸素導入量の調整についてアドバイスを行った。専門家のアドバイスに従い、現場で 1 時間程度、酸素導入量を増加した試験を実施し、ボイラー側面の温度を測定した。試験の結果、炉内温度の上昇傾向が確認できたため、工場側に、効果を正確に確認するため、今回実施した試験条件で 1~2 週間程度運転を行い、未燃炭素分の変化を確認してほしい旨を伝えた。工場側も承諾した。指導結果の詳細は巻末資料 8-1(2)を参照。

第 3 回指導までのフォローアップ（燃焼改善実施）

第 2 回指導後、A 工場は 11 月 14～16 日の 3 日間において酸素増加試験を実施したことが報告され、その際の酸素濃度、フライアッシュ中の未燃炭素割合、1 日の発電量が報告されたが、電力負荷に 1 日以内で変動があることや、燃焼に使用した石炭量のデータがない、フライアッシュのサンプル採取時間等に不明な点が多い等、工場側より提出されたデータ

のみでは、酸素増加試験の効果を評価することは困難であった。A 工場が実施した酸素増加試験の評価結果については、巻末資料 8-1(2)を参照。

これに対し、日本専門家から一定負荷で運転をして試験を実施することを提案したが、ベトナムの火力発電所は国家電力供給調整の下、運営されているため、一定の電力負荷で試験を行うことが難しいとの回答であった。

第 3 回モデル工場指導

実施期間	2017 年 1 月 9 日(月) ～13 日(金)
訪問者	（日本側） JEMAI　井口忠男（専門家)、大野香代、柏木勇人 一般財団法人石炭エネルギーセンター（JCOAL）小澤政弘 （ベトナム側） INEST　Ly Bich Thuy、Tran Dac Chi

工場指導スケジュール：

1 月 9 日　酸素増加試験の結果の検証、環境装置の運転改善指導

1 月 10 日～13 日　発電設備全体についてプラント性能の経年変化調査及び改善案検討

指導概要：

第 3 回指導の目的は、酸素増加試験の結果の検証及び、その他、工場設備性能について経年変化を調査し、運転改善による CO_2 削減の可能性を調査した。発電設備の経年変化調査及び改善案検討については、巻末資料 8-1(3)を参照。

また、環境装置については、運転管理者数名を対象として、本事業で作成したマニュアルを用いて、ESP、FGD 及び脱硝装置について、原理や運転管理方法について講義し、現在の運転状況を見直す作業を実施した。その結果、今後、A 工場で実施可能な改善策について取りまとめた。詳細は資料 8-2 を参照。

2.2.3 CO_2削減効果評価

(1) 酸素増加による燃焼改善評価

酸素増加試験を実施した 11 月 14 日～11 月 16 日の運転負荷の状況を調査し、同じ高負荷運転を実施している 11 月 21 日～11 月 23 日の 3 日間を比較対象とした。電力出力量、酸素増加確認のための押し込み送風機（FDF）の動力等、各種運転データを制御室の毎日の日誌、計算機データから、各 3 日間のデータを負荷帯別に整理し、比較した。運転監視データから酸素増加試験の結果を評価すると、高負荷帯ではプラント効率向上に繋がったと評価できるが、負荷指令に基づく運転中で負荷が変動している中での試験であり、正確な性能評価にはなっていない可能性がある。また、今後、高負荷帯で酸素増加運転はできない可能性があるので、今回は評価対象外とした。

(2) 工場設備性能の経時変化の評価

発電設備の経年変化を調査し、設計時からの変化を確認することで、改善箇所を抽出した。その結果、蒸気温度について、最近のデータでは、タービン入口の主蒸気温度、再熱蒸気温度は、共に 15℃以上低下していることが分かった。各温度計の確認を行ったうえで、放熱が大きい場合は、放熱ロスを低減するため保温の再施工が必要と提案した。また、排ガス温度について、最近では、ガスーエアヒータ（GAH）出口ガス温度は性能試験時と比較して 50℃以上の上昇となっている。排ガス温度差 25℃がボイラー効率 1%の変動に相当するので、ボイラー効率は 2%以上悪化していることが分かった。

上記のプラント性能の経時変化調査の結果から、タービン入口の主蒸気温度、再熱蒸気温度の改善により、プラント効率は約 0.8%の改善が期待できるが、主蒸気管、高温再熱蒸気管の保温の再施工による改善分として、この 1/2、すなわち 0.4%のプラント効率改善を評価対象とした。

また、同調査の結果から、GAH 出口ガス温度の 50℃の改善により、ボイラー効率は 2%の改善が期待できるが、GAH のメンテナンスでの改善分として、50℃の 1/2 の改善として、ボイラー効率 1%、プラント効率としても 1%の改善（プラント効率はタービン効率×ボイラー効率に比例）として評価した。

以上のことから、今後、上記に指摘した部分のメンテナンスを実施した場合、プラント効率の改善分は、合計 1.4%と推定した。

(3) 燃料費及び CO_2 削減効果の評価

プラント効率 1.4%改善と推定した場合、それに伴う、燃料費削減効果、CO_2 削減効果について検討した。

a. 燃料費削減効果

本プラントの石炭消費量は約 3,000 トン/日である。年間の稼働率を 90%とすると、

年間の石炭消費量は、3,000×365×0.9＝985,500 トンである。このため、以下の計算では丸めて 1,000,000 トン/年として削減効果を評価することとする。

プラント効率の改善 1.4%は、年間 14,000 トンの石炭使用量の削減となる。A 工場の石炭単価は約 63.5 ドル/トン(約 165 万ドン/トン)（現地調査時点）であり、総額は 63.5×14,000＝889,000 ドル/年である。

このため、本事業での提案により、約 90 万ドル/年、約 1 億円/年の燃料費の削減に繋がる可能性があることが推定される。

b. CO_2 削減効果

A 工場の石炭性状として設計炭をベースに CO_2 削減量を試算する。

灰中未燃分を 5%とすると、石炭中の炭素(C)65.10%(dry)の内、1.61%の炭素が未燃分となる計算である。大気中には石炭中の炭素分 63.49%が燃焼して CO_2 として排出される。

全水分は 9.4%であるから、石炭使用量の削減分 14,000 トン/年は、ドライベースでは 12,684 トン/年となり、このうちの 63.49%である炭素 8,053 トン/年の CO_2 換算値が CO_2 削減量となる。

炭素の分子量 12、酸素の分子量 16 であるので、CO_2 の分子量は 44、従って石炭使用量 14,000 トン/年の削減は、CO_2 削減 29,528 トン/年(8,053×44/12)となる。

従って、本事業での提案による CO_2 削減量は年間で約 3 万トンと見積もられる。

2.2.4 排ガス登録インベントリに関する指導

(1) 目的

今後発行される予定の排ガス登録インベントリ通達案に記載された排出量の計算方法に基づき、工場の実務担当者とともに実際に排出量を計算し、通達案の規定の仕方及び工場側の準備体制の問題点等を把握することを目的とする。

(2) 指導方法

具体的な指導方法は、以下のように行った。

① 通達案の内容を引用・解説したマニュアルの当該部分の越訳版を使用し、インベントリ及び登録の考え方について、あらかじめ環境担当者に説明する。

② 通達案に規定する 3 つの計算方法（連続測定結果を利用する方法、排出係数を利用する方法、物質収支による方法）に必要なデータをそろえてもらう。

③ データはすべて現物を確認し、実際に工場側で計算する。

④ 通達案作成に関与するベトナム国家大学（VNU）環境モニタリング＆モデリング研究センター（CEMM）の Hoang Xuan Co 教授の同席のもと、円滑に排出量計算が可能か否か、現場の実態に即して把握してもらう。

(3) 指導結果による工場側の問題点

指導を実施したところ、(2)②の 3 つの計算方法（通達案の計算方法の概要は下記）のそれぞれについて、通達案の要求に対する工場側の準備態勢に問題点がみられた。

① 連続測定結果を利用する方法

排出量(t/年) $=C_0 \times Q_0 \times t \times 10^{-9}$

C_0：標準状態における汚染物質濃度(mg/Nm^3)

Q_0：標準状態における排ガス量(Nm^3/h)

t：発生源の活動時間（h/年)

② 排出係数を利用する方法

排出量(t/年)＝$A \times EF \times [(100-ER)/100] \times 10^{-3}$

A：燃料使用量（t/年）

EF：排出係数

ER：処理装置の処理効率（%）

③ 物質収支による方法

排出量(t/年)＝$2 \times A \times (S/100) \times [(100-ER)/100]$

A：燃料使用量（t/年）

S：硫黄含有率（%）

ER：処理装置の処理効率（%）

以下に、計算方法ごとの問題点を示す。

① 連続測定結果を利用する方法

連続測定器を設置しているが、濃度データが排出量計算に必要な形に集計されていない。具体的には、濃度データはグラフとしてコントロールルームの表示画面に表示されているが、1 時間平均値として集計されていない。しかも、連続測定システムのメモリー容量が限られているため、測定値は 2 か月分しか保存できない仕様である。また、排ガス流速を連続測定していないため、排ガス量がわからない。

② 排出係数を利用する方法

燃料（石炭）使用量データはそろっていた。しかし、電気集じん機等の処理効率を把握していなかった。

③ 物質収支による方法

燃料（石炭）使用量、石炭中の硫黄含有率のデータはそろっていた。しかし、排煙脱硫

装置の処理効率は把握していなかった。このため、8 月に日本側が実測して求めた処理効率 73.5%を用いて計算してみた。

(4) 指導結果による通達案の問題点

通達案にいくつかの誤りがあった。また、工場側が排出量を計算するに当たり、質問が予想される事項について取り決めておく必要があると思われた。具体的には、以下のとおり。

- 処理装置の処理効率の求め方の取り扱い（設計値でよいのか、実測値で求めるべきか。排煙脱硫装置の処理効率が 73.5%しかなかったことから、実測することが望ましい)。
- 硫黄分の測定値の取り扱い（数回の平均値が望ましい)。
- 排ガス量の計算方法に、燃料の使用量と組成（C、H、S、O）を基に燃焼計算する方法が欠けていること。

(5) 指導結果のフィードバック

工場側には、環境担当者が自社の連続測定器や排ガス処理装置についてよく把握しておくべきこと、及び排出量計算に必要なデータを整備しておくよう指導した。

また、通達案の不備については、10 月 28 日の日越共同政策会合において、PCD に概要を報告し、善処を求めた。

2.2.5 環境人材育成のためのマニュアル作成

ベトナムにおけるコベネフィット型環境対策の一環として、人材育成がある。本年度事業では、ベトナムの環境人材育成のためのマニュアルを作成した（巻末資料 1)。

本年度事業では、マニュアルの構成段階から日本及び INEST と共同で作成し、日越専門家会合におけるレビューを経て、ベトナムの現状により適した内容になっている。また、本年度のモデル工場事業からの知見もマニュアルに反映した。

本マニュアルは 2017 年 2 月に本事業で開催した、ハノイ及びホーチミンにおけるセミナーの参加者に配布した。また、PCD が前文を付し、PCD が今後に公布する大気汚染対策の通達の付属書類とすることで、広く活用されることになっている。

この種のマニュアルは、最新の知見とベトナムの利用者のニーズに合わせて、改版を重ねていくことで充実していく必要がある。このため、日本側からベトナム側に対し、本マニュアルを引き続き改訂していくことを要望したところ、PCD は定期的に改訂する意向であると表明した。

表 2-2　ベトナムの環境人材育成とマニュアル作成の考え方

１　「環境人材」のコンセプト • 環境関係の法律の知識を持ち、それを着実に実行できる人 • 環境技術の知識を持ち、それを適切に活用し、汚染防止の管理に役立てることができる人
２　事業所における環境人材の育成と活用 • 環境対策や設備の管理・運転に従事する人が、技術や法規に関する知識を身に着けるよう、自社で育成する。 • 経営層の環境意識を向上させ、工場内に環境管理部門を設置し、知識のある人を配置し、環境対策を企業全体で行う。
３　ベトナムの環境人材育成促進のための企業の環境管理者向けのマニュアル作成 • 対象として、工場の環境管理担当者を想定 （ただし、行政・教育機関やコンサルタントにも活用できる内容）

3　大気汚染対策の検討支援

3.1　ベトナムの大気汚染対策

3.1.1　大気環境法制の概要

ベトナムの 2014 年改正の環境保護法（55/2014/QH13）[1]では、大気環境保護に関する規定が新設された（62 条～64 条）。特に同法の 64 条においては、大規模排ガス事業所の責務や許認可について定められている。64 条の内容は下位法令である「廃棄物及びスクラップ管理に関する政令」（Decree No.38/2015/ND-CP）の 45 条から 47 条において具体化され、①排ガス登録インベントリ(同 45 条)、②排ガス排出枠許認可（同 46 条）、③連続測定装置の設置（同 47 条）である。天然資源環境省は、①から③の具体的手続や技術仕様等について、個別の通達[2]を策定する責務を負っている。

3.1.2　大気汚染対策の支援

(1) 排ガス登録インベントリ通達案

ベトナム側は、「廃棄物及びスクラップ管理に関する政令」で定められた「排ガス登録インベントリ」通達の策定を検討していた。そのため、同通達で定める各業種の排ガス量の算出方法や届出方法について、ベトナムの事業所における運用時に発生する問題や事業所の能力についての調査や知見を必要としていた。本年度事業では、同通達の策定に関する知見を日本側から随時提供するとともに、本事業で作成した「工業排ガス管理のための指導マニュアル」第 7 章に、同通達へ対応するために必要な知識や手順の内容を盛り込んだ。さらに、モデル工場において、同マニュアルを使用した指導を実施した。

(2) 排ガス排出枠許認可に関する通達案

排ガス排出枠許認可の考え方について、PCD の担当者やベトナムの専門家からヒアリングしたところ、概要として、特定地域における固定発生源から排出される硫黄酸化物や窒

1　ベトナムの環境法制については、昨年度報告書（「平成 27 年度コベネフィット型環境対策技術等の国際展開に係るベトナムとの二国間協力事業委託業務」）60-70 頁を参照。

2　ベトナム語の「thông tư」（英：Circular）は「通達」と日本語訳されることが多いが、強制力を有する法令であり、日本の法令では「省令」に相当することに注意を要する。本報告書では便宜上「通達」と表記する。

素酸化物の総量の上限を設けたうえで、各工場に割り当てられる排出上限枠を許認可するものであった。この制度を実施するためには、特定地域の排出総量の上限値を設定する科学的根拠が必要であり、そのための方法論をベトナム側が政策研究しており、方法論に関する知見の支援を日本側へ要請した。

ベトナムの排出枠許認可に関する上記の考え方は、日本の大気汚染防止法における硫黄酸化物及び窒素酸化物の総量規制方式と類似する部分があり、日本の総量規制基準を策定する際の知見が参考となり得る。ただし、日本で硫黄酸化物の総量規制基準が導入されたのは 1974 年のことであり、当時の総量規制基準値の具体的な方法論を示す資料や当時の知見を有する有識者を見出すのは困難な状況であった。そのなかで、本年度に実施した支援は以下のとおりである。

- 日越専門家会合において、日本専門家による方法論のプレゼンテーション（巻末資料 3-2）
- 資料提供
- 訪日調査における知見提供

3.2 日本専門家会合

3.2.1 目的及び開催実績

（目的）

「平成 28 年度コベネフィット型環境対策技術等の国際展開に係るベトナムとの二国間協力事業委託業務」の実施やパッケージ対策の検討について、関連する分野の専門家の知見や助言を得る機会を得るために開催した。

（専門家等名簿）

（敬称略、氏名五十音順）

氏名		所属・役職
専門家	井 口 忠 男	一般社団法人産業環境管理協会 国際協力・技術センター 技術参与
専門家	小 澤 政 弘	一般財団法人石炭エネルギーセンター 事業化推進部 発電インフラ実証グループ 担当部長
専門家	高 橋 圭 一	日本工営株式会社 コンサルタント海外事業本部 環境事業部 環境技術部 参事
専門家	田 畑 亨	株式会社数理計画 数理計画本部 プロジェクトマネージャー

専門家	寺 前　　剛	出光興産株式会社 石炭事業部 石炭・環境研究所 主任研究員
専門家	平 尾　　実	株式会社オオスミ 東京支店 調査第二グループ 技師長
専門家	藤 井 重 雄	藤井技術士事務所 所長

環境省	石 関 延 之	環境省 水・大気環境局 総務課 環境管理技術室 室長補佐
環境省	片 山 満 吉	同室 排ガス係
環境省	三 角 明 裕	同室環境専門調査員
環境省	上 坂 武 二	同室企画係

事　　務　　局	一般社団法人産業環境管理協会（JEMAI）

上記専門家の出席を得て、2016 年 8 月 1 日、8 月 8 日、10 月 11 日、10 月 20 日、12 月 9 日及び 12 月 22 日の 6 回、日本専門家会合を開催した。実施内容の概要は下記のとおりである。

2016 年 8 月 1 日及び 8 月 8 日

- モデル工場の選定検討
- モデル工場（第 1 回訪問）に向けて、環境改善と人材育成に関する指導内容の検討

2016 年 10 月 11 日及び 10 月 20 日

- モデル工場（第 2 回訪問）に向けて、環境改善と人材育成に関する指導内容の検討

2016 年 12 月 9 日及び 12 月 22 日

- モデル工場（第 3 回訪問）に向けて、環境改善と人材育成に関する指導内容の検討

3.3 日越専門家会合

3.3.1 概要

（目的）

ベトナムにおける大気汚染及び地球温暖化の対策に関し、本事業を実施する際の助言を得るため日越専門家会合を開催した。具体的には、大規模排ガス事業所における環境人材育成、モデル工場選定調査、マニュアル等の内容について検討するとともに、ベトナムの排出枠許認可制度構築のための助言を行った。

（日本側専門家等名簿）

氏名		所属・役職等
専門家	田畑　亨	株式会社数理計画 数理計画本部 プロジェクトマネージャー
専門家	平尾　実	株式会社オオスミ 東京支店　調査第二グループ 技師長
専門家	高橋圭一	日本工営株式会社 コンサルタント海外事業本部 参事
専門家	池田　茂	一般社団法人産業環境管理協会 国際協力・技術センター 技術参与

環境省	石関延之	環境省 水・大気環境局 総務課 環境管理技術室 室長補佐
環境省	三角明裕	同室 環境専門調査員

事務局	大野香代	一般社団法人産業環境管理協会 国際協力・技術センター 副所長
事務局	中村健太郎	同センター 主幹
事務局	胡桃澤昭夫	同センター 主査

（ベトナム側専門家等名簿）

氏名		所属・役職等
専門家	Prof. Hoang Xuan Co	ベトナム国家大学（VNU）環境モニタリング&モデリング研究センター（CEMM）教授
専門家	Dr. Nghiem Trung Dung	ハノイ工科大学（HUST） 環境科学技術研究所（INEST）所長
専門家	Dr. Nguyen Ba Toai	ハノイ土木大学（HUCE）
専門家	Mr. Dang Viet Khoa	ベトナム自然環境保護協会（VACNE）

専門家	Mr. Thi Minh Son	ベトナム土木工学専門国家大学（NUCE）
専門家	Ms. Phan Quynh Nhu	ベトナム クリーンエア・パートナーシップ（VCAP）
専門家	Ms. Pham Chan Thuy	ベトナム国家農業大学（VNUA）

MONRE	Mr. Le Hoai Nam	天然資源環境省（MONRE）環境総局（VEA）汚染管理局（PCD）局長
MONRE	Mr. Nguyen Duc Hung	同局 副局長
MONRE	Ms. Tran Thi Hieu Hanh	同局 大気・スクラップ課副課長
MONRE	Ms. Nguyen Thi Hong Ha	同局 大気・スクラップ課
MONRE	Ms. Nguyen Thi Thuy Duong	同局 大気・スクラップ課

INEST	Ms. Nguyen Thi Thu Hien	ハノイ工科大学（HUST） 環境科学技術研究所（INEST） 環境技術研究開発部門 部門長
INEST	Ms. Ly Bich Thuy	同所 環境工学部門 講師
INEST	Ms. Van Dieu Anh	同所 環境管理部門 講師

（日越専門家会合）

上記ベトナム側専門家及び日本側専門家の一部の出席を得て、日越専門家会合を平成 28 年 7 月 22 日（金）及び平成 28 年 10 月 27 日（木）に開催した。

3.3.2 第 1 回日越専門家会合

開催日時：2016 年 7 月 22 日（金）13 時 30 分～17 時 00 分

開催場所： HUST 会議室

出席者（順不同）：

【ベトナム側】

＜ベトナム側専門家＞

Prof. Hoang Xuan Co（CEMM）、Dr. Nghiem Trung Dung（INEST）、

Mr. Dang Viet Khoa（VACNE）、Mr. Thi Minh Son（NUCE）、Ms. Phan Quynh Nhu（VCAP）

＜PCD＞

Mr. Nguyen Duc Hung 、Ms. Tran Thi Hien Hanh、Ms. Nguyen Thi Hong Ha 、

Ms. Nguyen Thi Thuy Duong

＜INEST＞

Ms. Nguyen Thi Thu Hien 、Ms. Ly Bich Thuy、Ms. Van Dieu Anh

他、ベトナム国家大学（VNU)、ハノイ工科大学（HUST）等より教授、関係者等 11 名
【日本側】
＜日本側専門家＞　田畑亨（数理計画)、平尾実（オオスミ)、高橋圭一（日本工営）
＜事務局＞　大野香代、中村健太郎、胡桃澤昭夫、Ms. Phan Hai Linh（通訳）

議事概要：

1. 開会の挨拶

ベトナム側（Mr. Nguyen Duc Hung（PCD 副局長））及び日本側（大野（JEMAI））より挨拶を行い、議事に入った。

- ベトナム側の挨拶

2015 年 1 月 1 日に施行された改正環境保護法に対応するため、MONRE では多くの通達を公布し、策定している。特に大気汚染は、基準や詳細な対策について通達を定める必要があり、関連機関とも協力しながら PCD は検討しているところである。中でも重要な「排ガス登録インベントリ通達」は、検討が終了し主管大臣に送付され、公布のための承認を待っている段階である。しかし、実施の際の技術的な側面から見ると、ベトナムの企業では、排出量の算定の仕方や人材の能力の面で不安を抱えているのが現状である。したがって、同通達を企業に適用するにあたっての準備が重要であり、企業が通達を実施する際には、排出量の算定方法などのガイドラインが必要になる。通達の対象となる業種は定められており、現在日本の環境省の協力を得て、MONRE とベトナムの有名な大学である INEST、CEMM のベトナム側三者で、規模は大きくはないが、内容の濃いプロジェクトを実施している。本プロジェクトにおいては、先ず、現地の工場の状況を把握するために情報を収集している。今後、モデル工場で排出量を算出し、ベトナム全土のインベントリを策定するという長期的目標を達成していければ良いと考えている。本日の会合に先立ち、日越専門家で石炭火力発電所の調査を実施していただいた。できれば今年の事業を成功裏に導くとともに、日越の長期的な協力関係を拡大していき、最終的にはベトナムの大気汚染を改善させるというアウトプットを出していただきたいと願っている。特にこのプロジェクトの一環として、工場の環境管理者が排ガス登録インベントリの算定の仕方を身に着けて能力を向上していただき、2018 年までには同通達の企業への適用とともに、排出枠許可に関する通達も公布できるようにしたい。今年度の事業は 2 回のセミナー開催を予定しており、中央省庁、DONRE、企業の代表者等に参加してもらう予定である。その際に日越共同で作成したマニュアルを皆さんに配布したいと考えている。本日の会合を準備していただいた日越両国の専門家の皆様にベトナム側を代表して感謝を申し上げるとともに、本年度事業内容について是非多くのご意見をいただきたい。本日の会合をキックオフとして、今後の事業がうまくいくことを期待する。

- 日本側の挨拶

今回は日本の環境省が所用で来られないため、日本側の代表としてご挨拶する。初めてご参加の方もいるので、ごく短く事業の概要をご紹介する。本事業はベトナムと日本の二国間コベネフィット型協力事業で、CO_2 と大気汚染物質の削減を同時に行うことを目的としている。日本の環境省からは、「環境保全の制度体系」、「人材育成」、「環境対策・測定技術」という 3 つのアプローチで、ベトナムの大気保全支援をしている。ベトナムは環境保護法改正後、大気に関する通達策定や基準強化などを精力的に実施している最中である。ベトナム側の取組と日本のコベネフィット支援が相乗効果によって、ベトナムの大気環境改善に非常によい効果が生まれるものと考えている。本年度は特に、石炭火力発電所をモデル工場にして、技術指導とマニュアルの作成による人材育成を考えている。マニュアルの作成は、日本の専門家とベトナムの専門家が参加して、ベトナムの現状に合ったマニュアルを作成する予定である。そのマニュアルを通じて、排ガス登録インベントリ通達の工場での算出やこれから検討される「排ガス排出枠許認可に関する通達」のための方法論支援などを実施していく。今回は第 1 回目の会合として、法政策支援として排出枠許認可の方法論について日本の事例の情報をご紹介するとともに、これから作成するマニュアルの項目内容に関してご紹介するので、ご参加の専門家からご意見いただきたい。

2. 排出枠許認可の方法論調査の進捗状況について

排出枠許認可の方法論調査の進捗状況について、Prof. Hoang Xuan Co（CEMM）よりプレゼンテーションが行われた。プレゼンテーションの内容及び主な意見は以下のとおり。

＜内容＞

- ベトナム専門家のプレゼンでは、米国・日本・中国の制度を参考にしているが、ベトナム専門家は米国の SOx・NOx 排出量取引制度を特に念頭に置いている。
- ベトナムが検討する「排出枠許認可」は、大気汚染物質の濃度排出基準とは別に、工場ごとに排出総量上限の割当を許認可する方式で、日本の SO_2・NOx 総量規制に近い。

＜意見＞

- 政令 38 号に基づき、PCD は排出枠許可に関する通達を必ず 2018 年に公布しなければならないという責務を負っている。日本の専門家の支援を受けながら、どうすれば 2018 年に公布できるか、一部の地域のみ試行的に適用するのか、制度内容を検討していきたい。（PCD）
- 排出枠許認可制度を企業に適用する際には、法的根拠と技術的根拠が必要になる。例えば、排ガスの測定について、現在の連続排ガス監視システム（CEMS）のデー

タで対応できるかが疑問である。排出量取引ということであるが、対象となる単位は、工場、工業団地、交通、都市のどれになるだろうか。（越側専門家）

- ベトナムの人材育成を効率的に実施するには、指導者となれる人材を増やしていくことがよいと思う。本日の会合に参加していただいている専門家の皆様が、指導者になれると思う。（JEMAI）

3. 日本の総量規制制度とシミュレーションモデルを用いた排出削減手法について

日本の総量規制制度とシミュレーションモデルを用いた排出削減手法について、田畑専門家（数理計画）よりプレゼンテーションを行った。主な意見は以下のとおり。

- 排ガス登録インベントリ通達は完成間近で、来週には MONRE の上層部に提出し、2017 年から適用する予定である。PCD は INEST と共同で同通達のモデル事業をやっていく。ベトナム北部の経済成長地域（ハノイ、ハイフォン、クァンニンの三角地帯）を試行地域にするなどして、排出枠許認可制度の早期の法制度化を考えている。日本側の総量規制のプレゼンは非常に参考になり、日本の制度設計は完璧であると考えている。しかし、ベトナムでどのように制度化できるかが課題である。（PCD）
- 排出枠許認可について、日本は都道府県が係数を定めるという紹介があったが、ベトナムでは政府が地域の基準を定めており、単一のルールのため効果が出ないといた課題がある。（越国専門家）
- ベトナムの現状は日本とはまったく異なるので、方法を変える必要がある。拡散モデルは地域ごとに必要になり、工場からの排出データが正しくなければ、シミュレーションもできない。（日本側専門家）

4. 工場の環境管理者の人材育成に係るマニュアル作成に関する日本案について

工場の環境管理者の人材育成に係るマニュアル作成に関する日本案について、大野（JEMAI）よりプレゼンテーションを行った。主な意見は以下のとおり。

- ベトナムの現状に合わせた内容のマニュアルを作成していただくとともに、実際の指導についても実施してほしい。（越側専門家）
- クリーナープロダクションや水の分野など、項目の追加を要望する。（越側専門家）
- 燃焼プロセスは重要であり、各燃料に基づく係数の一覧表が詳しければ工場の人にとっては分かり易い。3 章の排ガス処理技術については、ベトナムでよく用いられる簡易処理の方法も書いた方がいい。（越側専門家）
- 日本の公害防止管理者のためのテキストは大気の質や水質等の分野ごとに分かれており、非常に分厚いものでご指摘のような内容がすべて入っている。ただし今回は、工場の環境管理者に向けて要点を伝えたいという目的があるので、INEST と相談しながら要点を取捨選択しながらベトナムの現状に合ったマニュアルを作成していく

予定である。（JEMAI）

3.3.3　第 2 回日越専門家会合

開催日時：2016 年 10 月 27 日（木）13 時 30 分～17 時 00 分
開催場所： HUST 会議室

出席者（順不同）：
【ベトナム側】
＜ベトナム側専門家＞
Prof. Hoang Xuan Co（CEMM）、Dr. Nghiem Trung Dung（INEST）、
Dr. Nguyen Ba Toai（HUCE）、Mr. Dang Viet Khoa（VACNE）、Mr. Thi Minh Son（NUCE）、
Ms. Phan Quynh Nhu（VCAP）、Ms. Pham Chan Thuy（VNUA）
＜PCD＞
Ms. Tran Thi Hien Hanh、Ms. Nguyen Thi Thuy Duong
＜INEST＞
Ms. Nguyen Thi Thu Hien、Ms. Van Dieu Anh
他、ベトナム国家大学（VNU）、ハノイ工科大学（HUST）等より教授、関係者等 9 名
【日本側】
＜日本側専門家＞　池田茂（JEMAI）
＜環境省＞　石関延之室長補佐
＜事務局＞　大野香代、胡桃澤昭夫

議事概要：
1. 企業向け人材育成マニュアルについて
　マニュアル（第 1 次素案）について、INEST（第 1 章及び第 2 章）及び JEMAI（第 3 章～第 7 章）が説明を行った。第 1 次素案に対してベトナム側専門家より以下のコメントがあった。
   - レベルについて
     対象者が企業の環境管理者や技術者であるなら、内容のレベルは十分である。少し難しい方が、技術のレベルアップには効果的との意見であった。ただし、全体のバランスを考えあまりにも詳細な部分は再度検討する。
   - 対象者について
     Tran Thi Hien Hanh 氏（PCD）より、本テキストは企業の環境管理者や技術者だけでなく、コンサルタントや行政機関の人も使用できるものであるとの説明。

- マニュアル全体について
  - タイトル
    マニュアルのタイトルは重要であるため、今後の活用方法も踏まえて INEST 及び JEMAI でいくつか候補案を考え、PCD と環境省も含め決定することとする。
  - 前書き
    まだ、前書きがないので、目的及び対象者を明確に記述した前書きを作成する。なお、前書きは PCD に書いてもらうことを検討する。
  - 章立て
    2 章の排ガス登録インベントリ通達に関する説明は最終章にした方が良いとの意見が出た。また 6 章と 5 章を入れ替えるとの案が出された。章立てについては検討の余地がある。
  - エディトリアルな修正
    主に 2 章について専門用語及び誤字脱字を修正し、排ガス登録インベントリ通達等の用語との整合を図るとの指摘があった。
    また、追加のコメントがある場合には INEST へ送付することとした。

2. 排ガス排出枠許認可制度策定のための方法論の検討について

Hoang Xuan Co 教授（CEMM）よりベトナムにおける排ガス排出枠許認可制度策定のための方法論の検討について、これまでの調査状況について発表があった。米国、日本、中国、インド、チリ等における排出量取引制度及び排出枠許認可制度等についての調査結果について報告があり、今後はこれらの調査結果に基づきベトナムでの排ガス排出枠許認可制度の必要性の有無、適用可能性、課題等について検討していくとのことであった。

3.3.4 第 3 回日越専門家会合

開催日時　2017 年 1 月 13 日（金）　8 時 30 分～10 時 30 分
開催場所　PCD 局長室

出席者（順不同）：
【ベトナム側】
＜PCD＞
Ms. Tran Thi Hien Hanh、Ms. Nguyen Thi Thuy Duong
Mr. Le Hoai Nam、Mr. Nguyen Duc Hung、Ms. Tran Thi Hieu Hanh、
Ms. Nguyen Thi Thuy Duong

＜INEST＞

Ms. Ly Bich Thuy、Mr. Tran Dac Chi、Ms. Van Dieu Anh

【日本側】

＜事務局＞　大野香代、柏木勇人

議事概要：

1. モデル工場事業の実施結果報告

A 工場で実施した計 3 回の環境改善診断等の結果について、PCD に報告した。主な内容は以下のとおり。

- これまでの成果として、CO_2 と大気汚染物質の排出削減に関わる提案・指導、インベントリの登録方法について担当者を教育することができた。
- A 工場側が、2017 年に予定している改修項目に、日本が提案した内容を盛り込むとの回答を発電所側から得ている。

2. マニュアル及びセミナーについて

INEST と共同執筆しているマニュアル及び 2 月に開催予定のセミナーについて議論した。主な内容は以下のとおり。

- マニュアルは、排ガス登録インベントリ通達の発布後に、ガイダンスとして参照するように PCD から関係者に通知する。
- ベトナム側（PCD と INEST）において、本マニュアルの目的や対象者などを記載した前書きを作成する。
- 2 月のセミナー時には、本マニュアルについて参加者から意見を集め、改善点を探るとともに、排ガス登録インベントリ通達の発布、施行後にも課題が見えてくるので、これらを反映してマニュアルをバージョンアップしていく。
- セミナーの開催日程については、2 月 14 日にハノイで、2 月 16 日にホーチミンで開催することとする。
- 講演内容について、日本案をベースに調整し、法政策支援の成果として、 Hoang Xuan Co 教授（CEMM）の発表を追加する。

3. 次年度事業の具体的要望について

PCD より、次年度事業での要望等についてヒアリングを行った。要望事項は以下のとおり。

- モデル工場事業について、次年度は A 工場へのフォローアップ指導、その他の火力発電所等 1 か所での実施を検討する。
- 排ガス登録インベントリ制度の円滑な施行及び排出枠許認可制度策定について、引き続き支援を実施する。

- 排ガス登録インベントリ通達施行後に現れるであろう課題等を反映したマニュアルの修正を引き続き行う。また Clean Air Asia（CAA）で作成予定のインベントリ計算ソフトに対する意見出しを行う。

4　共同政策研究会合及びセミナーの開催

4.1　共同政策研究の概要

4.1.1　ベトナム側の政策研究

ベトナム側は、大気環境管理に関する通達案の検討を政策研究課題とした。

(1) 産業排ガスの登録及びインベントリに関する通達案の実施に向けた検討
同通達案の策定に当たり、対象となる工場で排出量計算を実施する際の課題の検討や、企業向けマニュアルとして排ガス登録インベントリの手引書となる内容の作成

(2)「排ガス排出枠許認可に関する通達」の基礎となる方法論調査（日本を含む各国の法制度や排出枠設定方法）

(3) モデル工場での人材育成について、排ガス登録インベントリの手順を教育

4.1.2　日本側の政策研究

日本側は、ベトナムのモデル工場における環境改善と人材育成を政策研究課題とした。

(1) モデル工場における大気汚染物質及び CO_2 の排出削減（コベネフィット環境対策）のための環境改善指導

(2) モデル工場における人材育成及びマニュアルの作成

4.2　共同政策研究会合

4.2.1　共同政策研究会合の概要

日本の過去の公害克服経験を活かし、ベトナムにおける環境汚染対策の推進に資するとともに、ベトナムの実情に即した制度・人材・技術のパッケージによる効果的な環境対策の普及・展開を図ることを目的としてベトナム天然資源環境省等とで共同政策研究会合を

ハノイで実施した。

日本側メンバー

氏名	所属・役職
田 路 龍 吾	環境省 水・大気環境局 環境管理技術室 室長
石 関 延 之	同室 室長補佐
三 角 明 裕	同室 環境専門調査員
大 野 香 代	一般社団法人産業環境管理協会 国際協力・技術センター 副所長
中村健太郎	同センター 主幹
胡桃澤昭夫	同センター 主査
柏 木 勇 人	同センター 主査
池 田 茂	同センター 技術参与
井 口 忠 男	同センター 技術参与
平 尾 実	株式会社オオスミ 東京支店 調査第二グループ 技師長
高 橋 圭 一	日本工営株式会社 コンサルタント海外事業本部 参事

ベトナム側メンバー

氏名	所属・役職
Mr. Le Hoai Nam	天然資源環境省（MONRE）環境総局（VEA） 汚染管理局（PCD）局長
Mr. Nguyen Duc Hung	同局 副局長
Ms. Tran Thi Hieu Hanh	同局 大気・スクラップ課副課長
Mr. Nguyen Truong Huynh	同局 大気・スクラップ課副課長
Mr. Tran Nhu Dac Hau	同局 大気・スクラップ課
Ms. Nguyen Thi Hong Ha	同局 大気・スクラップ課
Ms. Nguyen Thi Thuy Duong	同局 大気・スクラップ課
Associate Prof. Dr. Mr. Nghiem Trung Dung	ハノイ工科大学（HUST）環境科学技術研究所（INEST）所長
Dr. Ms.Nguyen Thi Thu Hien	同所 環境技術研究開発部門 部門長
Dr. Ms. Ly Bich Thuy	同所 環境工学部門 講師
Prof. Mr. Hoang Xuan Co	ベトナム国家大学（VNU）環境モニタリング＆モデリング研究センター（CEMM）教授

4.2.2 準備会合（5 月）

開催日時　2016 年 5 月 17 日（火）　8 時 30 分～15 時 30 分
　　同 5 月 18 日（水）　14 時 30 分～17 時 00 分
開催場所　MONRE 会議室
日本側出席者　JEMAI　大野香代、中村健太郎
ベトナム側出席者　PCD　Mr. Le Hoai Nam、Ms. Tran Thi Hieu Hanh、
　　Mr. Tran Nhu Dac Hau、Ms. Nguyen Thi Thuy Duong

議事概要
(1)　2016 年度共同事業について
昨年度の 2016 年 3 月 10 日開催の共同政策研究会合において、2016 年度日越共同事業に関するアウトラインが確認された。それを受けて、2016 年度共同事業の内容を具体化するに当たり、日越双方の意向を確認し、共同事業の円滑な実施を図る目的で、共同政策研究会合の準備会合を実施した。

2016 年 3 月 10 日開催の共同政策研究会合において合意した、2016 年度日越共同事業に関するアウトライン（下記）について、日越双方で改めて確認した。

1　ベトナムへの法政策支援
2　環境人材育成（教材内容等は両国で相談）
3　モデル工場選定事業と効果評価方法の検討

2016 年度共同事業の具体的内容について、ベトナム側からは以下の提案があった。また、事業のスケジュールや実施体制等について打ち合わせを行った。

1　「排ガス排出枠許認可に関する通達」の基礎となる方法論調査と報告書作成、ワークショップの開催
2　企業向けマニュアルとして、排ガス登録インベントリの手引書となる内容の作成
3　モデル工場での人材育成について、排ガス登録インベントリの手順を教育

日本に帰国後、環境省担当官とベトナム側要望について検討し、検討結果をベトナム側と調整した結果、2016 年度共同事業の具体的内容について次のとおりとなった。

（協力事業目的）ベトナムの実情に即した、「環境保全の制度体系」、「人材育成」、「環境対策、測定技術」などをパッケージとして取り組み、環境改善効果と温室効果ガスの排出削減を共に図る。

1　日越専門家会合、セミナーの開催

⇒　日越専門家会合３回、セミナー２回開催

2　環境人材育成（マニュアル作成）

⇒　行政人材育成マニュアル（排ガス排出枠許認可制度策定のための方法論）

⇒　企業人材育成マニュアル（排ガス登録インベントリ手引き（排出量算定方法を含む）、CO2・大気汚染物質の排出削減等の内容を含む）

3　モデル事業実施工場の選定と事業効果の分析評価

⇒　モデル工場での企業人材育成マニュアルを活用した事業効果の分析評価（環境管理改善による CO2 削減・大気汚染物質の削減指導、環境管理体制の構築、排ガス登録インベントリ通達の手順の教育）

モデル工場候補の業種について、石炭火力発電所から選定することについて、PCD と JEMAI とで意見が一致し、持ち帰った。帰国後、環境省より石炭火力発電所にすることの了承を得た。

4.2.3　準備会合（7 月）

開催日時　2016 年 7 月 15 日（金）　8 時 30 分～17 時 30 分
　　同 7 月 22 日（金）　9 時 00 分～12 時 00 分

開催場所　INEST 会議室

日本側出席者　JEMAI　大野香代、中村健太郎、胡桃澤昭夫、池田茂、
　　オオスミ　平尾実、日本工営　高橋圭一

ベトナム側出席者

PCD　Mr. Nguyen Duc Hung、Ms. Tran Thi Hieu Hanh、　Mr. Nguyen Truong Huynh、Ms. Nguyen Thi Hong Ha、Ms. Nguyen Thi Thuy Duong

INEST　Mr. Nghiem Trung Duong、Ms.Nguyen Thi Thu Hien、Dr. Ms. Ly Bich Thuy

CEMM　Prof. Hoang Xuan Co

議事概要

(1)モデル工場候補訪問調査について

本年度事業を実施するモデル工場の選定について、モデル工場候補への日本専門家訪問結果の報告をするとともに、選定に当たっての考え方について日越両国で検討を実施した。日本側からの報告内容の概要は次のとおりである。

- モデル工場候補の選定のため、石炭火力発電所 4 工場について各 1 日間の訪問調査を実施した。日本専門家とともに、ベトナム側からは PCD の担当官、INEST 及び CEMM の専門家と調査を行った。

- 大気環境に関する規制強化（特に NOx の排出基準強化）に対応するため、どの工場の責任者と話しても環境意識の高まりを感じた。

- 各工場で設備面に問題を抱えており、規制強化前の排出基準にしか対応できない処理装置であるなどの状況がある。工場側も環境改善のために設備面の対策が必要と認識しているものの、新設や改修に要する費用面でのギャップを抱えている。

- 日本側の印象では、運転管理の改善による環境向上の可能性があるのを感じた。例えば、工場のオペレーションセンターで排ガス処理のデータをスタッフが見てはいても、それらのデータを活用して、排ガス処理や管理に活かし、効率的に運転するまで十分に及んでいない印象を得た。

- 発電に関わるボイラーやタービン、環境処理装置を含む中央オペレーション室やモニタリング室、電気集じん機や脱硫装置のオペレーション室、自動計測機の設置場所など、関係部分のオペレーションを見せていただいた。工場のスタッフはチェックや管理はしているが、データが変動した時にどのように対処していいのかという理解が不足しているように感じた。

- せっかく上記の管理をしているのだから、出てきたデータを用いて、どのように環境管理の維持改善をしていくかがとても大事である。この点で工場のスタッフの人材育成が必要で、基礎的なマニュアルを作成して、工場に設置された環境管理者がそれらの指導を行えば、運転改善により今までより処理装置をもっと有効的に使うことができる。このように工場の責任者へ伝えたところ、工場側からは是非人材育成指導をして欲しいというご要望をいただいた。

- 排ガス登録インベントリ通達案の前提として必要な自動計測機（CEMS）だが、一部の工場で数台のうちの一台が故障している例があったものの、基本的には設置されており、その中で測定ができているところもある。特にA発電所ではよく機能し、日本人専門家の目から見てもきちんとしたデータをとれていた。しかしながら、一般に、CEMS の校正や定期点検等を外部に任せきりになっており、トラブルが起きた場合でも自ら対処できないままの状態になっている。本年度事業で作成するマニュアルに維持管理の方法も入れる予定なので、マニュアルによる教育で、工場の方々が自分で維

持管理をできるようになればもっと良くなると思う。PCD がこれから公布する排ガス登録インベントリには 3 つの排ガス計算方法が書かれているが、その 1 つに CEMS を使うと書かれている以上、機器管理をきちんとする必要がある。CEMS の測定データと年 4 回の外部業者による測定データが整合している工場もあり、同工場では CEMS のデータを用いることができる。工場の方々は排ガス登録インベントリの細かい算出方法をまだご存じではなく、これから算出方法をきちんと工場に教えていく必要がある。

- 以上は総評だが、日本へ帰国後に日本専門家の収集したデータを解析する。この調査結果を PCD へ別途お送りしたいと思う。今回、4 つの工場へ行ったが、どの工場に本年度のプロジェクトへモデル工場として参加してもらうかどうかは、環境省に相談しなければならない。本事業での日本側の最大の関心は、改善指導を行った結果、もっとも CO_2 と大気汚染物質を定量的に削減できる工場と考えているので、その観点を加味して工場を選ぶということになる。今回訪問したどの工場でも、日本側のコベネフィット事業に関心を持っていただき、参加したいと述べてくれたことはありがたい。

ベトナム専門家からの訪問調査結果の報告内容の概要は以下のとおりである。

- ベトナム側からは、日本側の報告内容は正しくベトナムの現状を把握しており、今回の調査が非常に成功したものであるという評価があった。今回は火力発電所の訪問だったが、排ガス登録インベントリ通達案の対象となる他の業種（鉄鋼やセメントなど）でも、同じ問題に直面することになる。今回の調査については、できれば詳細な報告書と対策内容を教えてもらえるとありがたい。

- モデル工場選定の進め方について日本側とベトナム側で協議したところ、日本側の調査結果の詳細報告を待って、双方で見解を統一して決定することとした。

(2) 共同政策研究の進め方について

- 共同政策研究の進め方やスケジュールについて、5 月の準備会合を経た環境省の意向も踏まえて、ベトナム側と検討。

- モデル工場が決定した後の訪問回数について、モデル工場での改善効果を最大限にするため、5 月で相談した回数よりも 1 回増やして、3 回とすることを協議した。協議の結果、3 回にすることを合意した。

- 本年度事業で作成するマニュアルの活用方法やベトナム側での公表方法について協議した。

4.2.4 第 1 回会合

開催日時　2016 年 8 月 23 日（火）　8 時 30 分～11 時 30 分
開催場所　MONRE 会議室
日本側出席者　環境省　石関延之、三角明裕、JEMAI　中村健太郎
ベトナム側出席者
PCD Mr. Le Hoai Nam、Mr. Nguyen Duc Hung、Ms. Tran Thi Hieu Hanh、
Ms. Nguyen Thi Hong Ha、 Ms. Nguyen Thi Thuy Duong

議事概要
(1)本年度の日越共同事業について

本年度の日越共同事業の内容について、日越双方で改めて協議と確認を行った。さらに、これまでの進捗状況を踏まえ、今後の方針とスケジュールを確認した。主な事業内容の確認事項は下記のとおり。

① モデル工場事業
日越専門家の協議によるモデル工場の選定結果について、本会合で改めて承認した。選定されたモデル工場でコベネフィット事業を成功させるためにも、日本の経験や知見をベトナムで普及させてほしい旨のベトナム側からの要望があった。

② 法政策支援
本年度事業で作成するマニュアルについて、対象者と内容を日越双方で確認した。1 つめは企業向けのマニュアルを作成し、その中にベトナム側の要望である排出登録・インベントリの内容を入れる。もう 1 つのベトナム側からの要望として、排出枠許認可制度に関する法政策支援について、日本側の知見を提供し、ベトナム側がアウトプットとしてまとめていく。

③ 日越専門家会合、共同政策研究会合及びセミナーの開催
今後の会合等の開催スケジュールについて、日越双方で日程を協議した。
①及び②の事業の成果については、10 月の日越専門家会合で中間レビューを実施し、2 月にセミナーで成果を発表する。

④　ベトナム政府関係者等の招へい

招へい時期や訪問先について日本案を示し、ベトナム側の要望をうかがった。協議の結果、天然資源環境省の PCD と環境総局国際協力局（VEA/ICD）に所属する 5 名を対象として、11 月 6～12 日に実施する。訪問先は、日本の環境省及び自治体の環境部局、石炭火力発電所及び製鉄所などとする。

4.2.5　第 2 回会合

開催日時　2016 年 10 月 28 日（金）　8 時 30 分～11 時 30 分

開催場所　MONRE 会議室

日本側出席者　環境省　石関延之、三角明裕

JEMAI　中村健太郎、胡桃澤昭夫、池田茂、井口忠男

ベトナム側出席者

PCD　Mr. Le Hoai Nam、Mr. Nguyen Duc Hung、Ms. Tran Thi Hieu Hanh、Ms. Nguyen Thi Thuy Duong

議事概要

(1) 本年度の日越共同事業の中間レビュー

－　本年度の日越共同事業について、前日開催の日越専門家会合における中間報告の内容も踏まえ、日越間で中間レビューを実施した。主な内容は下記のとおり。

- 本事業は日本とベトナムの環境省の共同事業である。事業内容として、石炭火力発電所を対象としたモデル工場では、大気汚染物質及び CO_2 の排出削減のコベネフィット対策を目的として、環境管理や環境技術とともに、排ガス登録インベントリの内容に関する指導を含めて実施している。それらの指導を通じて得られた知見も反映して、ベトナムの事業所を対象としたマニュアルを作成する。

- モデル工場事業について、コベネフィット対策のためのボイラー燃焼の運転改善実証試験の実施時期をめぐり、モデル工場との意思疎通がうまくいかなかった反省もあるが、今回の訪越時に実証試験を実施することができた。モデル工場では社長や管理職、スタッフの皆様がとても協力的であり、非常にうまくいっているという日本側の評価があった。ベトナム側からも、モデル工場との連絡や実証試験実施の際に少々の懸念はあったものの、現状では事業が非常にうまくいって効果も大いに期待でき、環境管理に熱心な適切なモデル工場を選定されたとの評価があった。日本側からは、引き続き環境管理指導を実施し、モデル工場において大気汚染物質と CO_2 の削減効果を明確に評価したいという考えが強く示された。

- モデル工場で実施した法政策支援について、日本側から以下の指摘があった。ベトナムで公布予定の排ガス登録インベントリ通達案について、工場での実際の運用上の問題点を検討するため、通達案に基づき本事業で作成中のマニュアル案に沿って指導を実施した。工場では、通達が想定しているような必要なデータが揃っていないため、通達にもう少し細かい取り決めがあるといい。また、排出係数を用いて実際に計算するに際して工場側から通達案にない質問があり、こうした質問を想定して Q&A 集を事前に策定することも望まれる。

- マニュアルについては日越の専門家による作成が進められ、中間ドラフトが日越専門家会合で検討されたところである。日越専門家会合では、ベトナムの工場を対象としたレベル設定の議論、現場でも理解しやすいような工夫（例えば排出量計算フォーマットを入れることなど）の指摘がなされた。また、完成版のベトナムでの公表形式との関係で、PCD による前文を入れることも考えられる。

- 法政策支援について、日越専門家会合でベトナム専門家による中間報告として、各国の排出枠許認可制度の調査結果の報告があった。専門家間では、各国の制度を現状のベトナムで適用する際の課題等について議論が行われた。引き続き、日本側の知見提供などの支援を求められた。

(2) 今後のスケジュール

11 月のベトナム政府関係者の日本招へい、1 月及び 2 月の日本側訪越の内容とスケジュールについて打ち合わせを行った。

4.2.6 第 3 回会合

開催日時　2017 年 2 月 15 日（水）10 時 00 分～12 時 00 分
開催場所　MONRE 会議室
日本側出席者　環境省　田路龍吾、三角明裕
　　MONRE・JICA　山崎寿之
　　JEMAI　大野香代、中村健太郎、池田茂、柏木勇人
ベトナム側出席者
PCD Mr. Le Hoai Nam、Mr. Nguyen Duc Hung、Ms. Tran Thi Hieu Hanh、
　　Ms. Nguyen Thi Thuy Duong

議事概要

(1) 2016 年度日越協力事業の成果評価

① モデル工場での環境改善指導

（日本側）事業の効果を定量的な数字で示すため、本事業で最も期待する内容だった。モデル工場の協力と日越専門家の指導で今年度は対策による効果を推計することができたが、所々の事情で実際の削減実績の確認までは至らなかった。次年度は是非オンサイトでの実績を出したい。

（ベトナム側）短期的効果の期待できるモデル工場を選定したが、ベトナムに特徴的な集団的な管理体制のために意思決定に時間を要した。日本専門家は技術だけではなく現場の指導経験も豊富であり、モデル工場へ熱意が伝わり協力関係を築くことができた。ベトナム専門家も工場の各部門の責任者に働きかけ、PCD からは A 工場の親会社の EVN（ベトナム電力公社）にも働きかけて、モデル工場で本事業のためのプロジェクトチームを作ることができた。お互いが協力しながら困難を乗り越えて、その後はスムーズに技術指導ができた。せっかく連携体制が構築されたので、モデル工場も PCD も、来年度は引き続き実証事業やフォローアップを続けてほしいと願っている。

② 企業の環境人材育成のためのマニュアル作成

（日本側）作成したマニュアルを長く活用していくために、①ベトナムでどのように普及・活用していくか、②マニュアルの改訂を誰がしていくかが重要と考える。

（ベトナム側）①について、2017 年 3 月に公布予定の排ガス登録インベントリ通達のガイダンス文書にすることを予定している。通達公布後に関連機関へ通知を出し、ホームページ上での公表を計画したい。②について、ベトナム側で定期的に改訂していきたい。

③ 法政策支援

ベトナム側から日本側からの知見提供に感謝の意が述べられた。

(2) 2017 年度日越協力事業について

① モデル工場での環境改善指導

（日本側）本年度のモデル工場をフォローアップして実績を確認することと、他の工場を 1 つ選定して継続する。業種は石炭火力発電所を想定するが、選定はベトナム側と相談して決定する。

（ベトナム側）次年度もモデル工場のフォローアップと他の工場への波及をお願いしたい。

② 環境人材育成マニュアル

（日本側）行政官向けのマニュアルの作成を考えている。

（ベトナム側）石炭火力発電所以外のセメントや化学肥料などの業種に対象を広げてもらいたい考えもあるが、日越間でオープンな議論をしながら決めていきたいと考える。

③ 法政策支援

（日本側）ベトナム側に必要な知見を引き続き提供していく。

（ベトナム側）排出枠許認可に関する知見提供をお願いしたい。具体的な要望は、本年度事業成果を踏まえて局内で取りまとめてからご相談したい。

4.3　セミナー

4.3.1　概要

ベトナムの事業所や DONRE の環境担当者等を対象に、PCD 及び INEST と共同で、大気汚染対策及び地球温暖化対策に関するセミナーをハノイ及びホーチミンにおいて開催した。

セミナーでは、本事業の紹介と本年度の成果について報告が行われた。ベトナム商工省（MOIT）など中央政府関係者、DONRE、大学等の研究機関のほか、ベトナム国内で大気汚染物質の多量排出源である火力発電所、鉄鋼、セメント、化学肥料、石油産業に関する事業所、環境コンサルタントなど、各会場とも多数の参加者が集まった。

4.3.2　実施内容

以下プログラムのとおりで、ハノイとホーチミンの 2 会場でセミナーを開催した。

ベトナムにおけるコベネフィット（大気汚染物質・CO_2削減）に関するセミナー プログラム

日時：　2017 年 2 月 14 日（火）9 時 00 分～16 時 00 分（於　ハノイ）
　　2017 年 2 月 16 日（木）9 時 00 分～16 時 00 分（於　ホーチミン）

場所：　ハノイ：労働組合ホテル(Khách sạn Công đoàn)
　　14 Trần Bình Trọng, Hoàn Kiếm, Hà Nội
　　ホーチミン市：議会ゲストハウス（Nhà khách quốc hội）
　　165 Nam Kỳ Khởi Nghĩa, phường 7, quận 3, thành phố Hồ Chí Minh

プログラム：表 4-1

参加者数：ハノイ会場 80 名、ホーチミン会場 83 名

（セミナー時写真（ハノイ会場）

（セミナー時写真（ホーチミン会場）

表 4-1　セミナープログラム（両会場共通）

時間	内容
08:30~09:00	受付
09:00~09:20	開会挨拶 天然資源環境省　環境総局　汚染管理局（VEA-PCD） Nguyen Duc Hung 副局長（ハノイ会場）、Le Hoai Nam 局長（ホーチミン会場） 環境省　水・大気環境局　環境管理技術室　田路　龍吾　室長
9:20~9:35	① 産業排ガス管理におけるコベネフィット型日越二国間協力事業及びベトナムにおける大気環境政策について 天然資源環境省　環境総局　汚染管理局（VEA-PCD） Tran Thi Hieu Hanh 大気・スクラップ課副課長
09:35~10:15	② ベトナムにおける環境人材育成とコベネフィット対策（平成 28 年度コベネフィット事業の紹介と成果） 一般社団法人産業環境管理協会　国際協力・技術センター　大野 香代 副所長
10:15-10:30	休憩
10:30~11:00	③ 産業排ガス管理マニュアルについて ハノイ工科大学（HUST）環境科学技術研究所（INEST） Assoc. Prof. Dr. Nghiem Trung Dung 所長
11:00~12:00	質疑応答
12:00~13:30	昼食
13:30~14:00	④ 成果報告 (発電所における大気汚染物質や CO_2 排出量の削減) A 工場　技術部次長（ハノイ会場）、 環境技術専門員（ホーチミン会場）
14:00~14:40	⑤ 排ガス登録インベントリへの事業所対応について 一般社団法人産業環境管理協会　国際協力・技術センター　池田 茂 技術参与
14:40~15:00	⑥ 産業界における排出許可制度の研究結果について ベトナム国家大学（VNU）自然科学大学 環境モニタリング&モデリング研究センター（CEMM） Hoang Xuan Co 教授
15:00-15:15	休憩
15:15~15:50	質疑応答
15:50~16:00	閉会挨拶 天然資源環境省　環境総局　汚染管理局（VEA-PCD） Nguyen Duc Hung 副局長（ハノイ会場）、Le Hoai Nam 局長（ホーチミン会場）

午前中のセッションでは、まずPCDより訪日研修（詳細は、「5.1ベトナム政府関係者の招へい」参照）時の考察として、日本の大気環境法規制の枠組み及び公害防止協定など地方行政と事業所間の排出規制に関する協力体制について報告があった他、インベントリ登録に関する通達など、ベトナム国内における今後の大気環境法規制についての発表があった。引き続き、産業環境管理協会の大野より、本事業の目的と成果の概要について発表を行った後、INESTのDung所長より、本事業の成果物の一つとして作成し、参加者に配付したマニュアル（詳細は、「2.3環境人材育成のためのマニュアル作成」参照）の内容についての発表があった。

午後のセッションでは、本年度事業において、モデル工場として選定し、環境改善診断及び人材育成教育を実施したA工場より、モデル工場事業（詳細は、「2.2モデル工場における環境改善と人材育成」参照）の成果について報告があった。また、ベトナムで今後導入が予定されているインベントリ登録通達における排出量計算方法等について産業環境管理協会の池田、産業界における排出許認可制度の研究結果についてCEMMのCo教授の発表があった。

質疑応答の時間においては、各会場とも作成したマニュアルの内容や活用方法、インベントリ登録通達に係る質問を中心に事業所や研究者等の参加者より積極的な意見が出され、PCD、環境省、日越専門家（セミナー講演者）が応答を行い、意見交換が行われた。

（各講演の主な内容〔講演者〕）

① 産業排ガス管理におけるコベネフィット型日越二国間協力事業及びベトナムにおける大気環境政策について〔Tran Thi Hieu Hanh 大気・スクラップ課副課長〕

１．本プロジェクトの概要及び訪日研修の考察

２．ベトナムの大気環境法規制について

② ベトナムにおける環境人材育成とコベネフィット対策（平成28年度コベネフィット事業の紹介と成果）〔一般社団法人産業環境管理協会　国際協力・技術センター　大野香代副所長〕

１．日越のコベネフィット協力事業について

２．平成28年度の実施内容

①環境人材育成、②法政策支援、③モデル工場における環境改善指導

３．本年度事業の成果

４．本年度事業を通しての今後の期待

③ 産業排ガス管理マニュアルについて〔ハノイ工科大学（HUST）環境科学技術研究所（INEST）Assoc. Prof. Dr. Nghiem Trung Dung 所長〕

１．マニュアルの作成経緯　　２．マニュアルの目的

３．マニュアルの作成方針　　４．マニュアルの構成（第1章～第7章）

５．マニュアルの対象者と適用範囲

④ 成果報告（発電所における大気汚染物質や CO_2 排出量の削減）〔A 工場　技術部次長（ハノイ会場）、環境技術専門員（ホーチミン会場）〕

１．発電所の概要　　２．モデル工場事業の実施概要

３．モデル工場事業の詳細（環境改善診断、環境技術に関する講義）

４．モデル工場事業の成果　　５．発電所における今後の改善計画について

⑤ 排ガス登録インベントリへの事業所対応について〔一般社団法人産業環境管理協会 国際協力・技術センター　池田茂技術参与〕

１．排出量の計算方法　　２．必要なデータと集計方法

３．インベントリの活用方法

⑥ 産業界における排出許可制度の研究結果について〔ベトナム国家大学（VNU）自然科学大学 環境モニタリング&モデリング研究センター（CEMM）（前所長）Hoang Xuan Co 教授〕

１．産業排ガスの排出枠許認可制度の必要性

２．排出枠許認可制度の基礎理論

３．排出枠許認可制度を適用している各国の事例

（各講演者の発表資料は巻末資料 5 参照）

（質疑応答時に寄せられた要望等の意見）※同種の意見は集約して掲載

（マニュアル関係）

- PCD 以外の管理機関（環境警察など）からの意見も反映させた内容としてほしい。
- 企業の環境担当者向けということに主眼が置かれているのであれば、技術的な項目に加え、ベトナムの法規（QCVN、通達）で遵守しなければいけない項目も加えてほしい。
- 届出の記載方法やレポートの書き方、報告手順など、より実務的な内容の記載があると良い。環境専攻でない者が、環境担当者となることが多いので、本マニュアルが文字どおりマニュアルとなると良い。
- バランスの良い内容となっている。これまでにこういったマニュアルはなかったので、火力発電所以外の分野の内容も、補強してほしい。
- 分量としてはテキストに近いボリュームとなっている。現場向けのマニュアルとするのであれば、実務に絞った内容としてはどうか。
- 測定器の校正については、メーカーから提供された方法以外に作業していない。メーカーマニュアルに記載がない点など、本マニュアルでフォローしてもらえると助かる。
- インベントリの計算方法について、企業側が計算方法を選択する際に参考となるように、各計算方法のメリットやデメリットなどの特徴を記載してほしい。業種や測定器の設置状況等の条件別に適切な方法を示してほしい。
- 本事業において、ベトナムの環境改善のボトルネックとなっている部分（企業の環境人材育成）を明らかにしてもらえた。人材育成は、これまでの規制時にはあまり考慮

されていなかったので、マニュアルを作成して人材を育成していくという考えは非常に良い。

（インベントリ登録通達関係）

- 対象業種として、石油産業も対象となっているが石油産業の定義をもう少し明確にしてもらいたい。
- インベントリの求め方について、方法も複数あり、数式などに難しさを感じる。トレーニングの機会を用意してほしい。

（セミナー参加者による集合写真（上：ハノイ会場、下：ホーチミン会場））

5　ベトナム政府関係者等の招へい

5.1　ベトナム政府関係者等の招へい

5.1.1　目的と概要

日本の大気汚染対策及び地球温暖化対策に関する具体的な取組みについて、ベトナム政府関係者に学んでいただき、ベトナムにおけるコベネフィット・アプローチに資することを目的として、ベトナム政府関係者の招へい訪日研修を実施した。

平成 28 年 11 月 8 日（火）から同 11 月 12 日（土）まで 4 泊 5 日の日程で実施し、中央政府（環境省）及び地方行政（東京都、川崎市）を訪問し、日本における大気環境法規制と各行政の役割について講義及び意見交換を実施した他、ベトナムにおいて主要な大気汚染源である発電所及び製鉄所の見学を行い、企業等における環境汚染対策や環境人材育成の取組について調査を実施した。

5.1.2　実施内容

招へい訪日研修を実施するに当たり、訪越時の共同政策研究会合（平成 28 年 8 月 23 日実施）の際に日本側より案を提示し、ベトナム側の視察先や調査内容の要望と摺合せを行った。ベトナム側からの主な要望事項としては、表 5-1 のとおりであった。

表 5-1　ベトナム政府（PCD）からの調査内容等の要望

視察先	調査内容
環境省	• 監督機関としての役割、その他環境法政策全般 • 日本の大気排出規制の枠組みについて
地方行政機関	• 大気測定局の維持と収集したデータの活用方法 • 地方行政の役割
工場（事業所）	• （沿岸コンビナート地帯の）火力発電所、製鉄所
産業環境管理協会	• 次年度等今後の協力事業の在り方 • 公害防止管理者制度について • 大気以外の排水や土壌など他分野における管理技術

ベトナム側の上記の要望に応じ、プログラム及びスケジュールの調整を行い、表 5-2 の内容において訪日研修を実施した。招へい（来日）したベトナム政府関係者は、5 名でいずれもベトナム天然資源環境省環境総局の職員であった（表 5-3）。

表 5-2　訪日研修スケジュール

日時		場所	プログラム
11/8 (火)	7:00 着	成田空港	来日
	13:00- 16:00	①環境省	• 田路龍吾室長挨拶 • 高橋康夫局長表敬 • オリエンテーション • 講義、意見交換 -日本の大気汚染防止政策概論 • 自動車排出ガス測定局見学(B１F)
11/9 (水)	10:00- 11:00	②日比谷交差点自動車排出ガス測定局（東京都）	• 測定施設見学 • 測定状況と保守内容説明
	14:00- 16:30	③ISOGO エネルギープラザ/ 磯子火力発電所(電源開発(株))	• 展示室見学（発電所概要説明） • 石炭火力発電所 見学 • 超々臨界(USC)発電設備、排ガス処理施設等
11/10 (木)	9:30- 11:30	④川崎市環境局環境総合研究所	• 講義（大気環境行政について） -川崎市の大気汚染対策 -常時監視施設の維持管理
	13:30- 16:30	⑤JFE スチール(株) 東日本製鉄所　京浜地区	• 主な生産設備の見学 • 排ガス/汚水等の処理設備見学
11/11 (金)	10:00- 12:30	⑥産業環境管理協会	• 協会の事業紹介等 • 訪日の感想、今後の事業の方向性・協力体制の確認
11/12 (土)	10:00 発	成田空港	離日

※移動や休憩等の時間は除く

表 5-3　ベトナム訪日調査団名簿（ベトナム国天然資源環境省（MONRE））

	氏名	所属
1	Mr. Le Hoai Nam	環境総局（VEA）汚染管理局（PCD）局長
2	Ms. Duong Hong Lien	同局 総務課 副課長
3	Ms. Tran Thi Hien Hanh	同局 大気・スクラップ課 副課長
4	Ms. Nguyen Thi Hong Ha	同局
5	Mr. La Tran Bac	環境総局（VEA）国際協力局（ICD）

各視察先での視察内容の概要は以下のとおりである。

①環境省

日時：11 月 8 日（火）　13:00-17:00
場所：環境省　第一会議室及び自動車排出ガス測定局（地下 1 階）
（東京都千代田区霞が関１－２－２）
参加者：ベトナム訪日調査団：表 5-3
環境省　水・大気環境局総務課環境管理技術室：
田路　龍吾、石関延之、笠井淳志、三角明裕、片山満吉、上坂武二
環境省　水・大気環境局大気環境課：
梁瀬　達也
JEMAI：平野学、大野香代、中村健太郎、柏木勇人

- 田路環境管理技術室長の挨拶及び訪日調査団の高橋康夫水・大気環境局長表敬後、オリエンテーションにて訪日調査スケジュールについて最終確認を行った。
- 水・大気環境局大気環境課の梁瀬氏より、「日本の大気汚染防止政策概論（資料 4-1）」と題し日本の大気環境規制について講義があった。講義後には、日本の環境法規制について質疑応答及び意見交換を行った。
- 講義終了後には、環境省内（合同庁舎 5 号館地下 1 階）の自動車排出ガス測定局（国が設置しているもの）の見学を行い、測定値や測定機器の管理方法などについて説明を受けた。

（①環境省　訪問時写真）

②日比谷公園自動車排出ガス測定局（東京都）

日時：11 月 9 日（水）10:00-10:40
場所：日比谷交差点局（東京都自動車排出ガス測定局）（東京都千代田区日比谷公園 1-6）
参加者：ベトナム訪日調査団：表 5-3
東京都：飯村文成　環境局環境改善部大気保全課 課長代理（大気監視担当）
JEMAI：平野学、池田茂、鶴崎克也

- 東京都が設置している自動車排出ガス測定局を視察した。東京都環境局環境改善部大気保全課課長代理の飯村氏より、東京都の大気環境（汚染物質濃度）や大気汚染常時監視システムや測定局の維持管理方法について説明を受けた。
- 公開している測定値（瞬時値、平均値）や、異常値が出た場合の対応方法等について質疑応答が行われた。　（説明資料については、巻末の資料 4-2 参照）

（②日比谷公園自動車排出ガス測定局（東京都）　訪問時写真）

③ISOGO エネルギープラザ・磯子火力発電所(電源開発(株))

日時：11 月 9 日（水）14:00-17:00
場所：ISOGO エネルギープラザ＆はまかぜ広場　／　磯子火力発電所
（神奈川県横浜市磯子区新磯子町 37-2）
参加者：ベトナム訪日調査団：表 5-3
電源開発株式会社：
小谷十創　磯子火力発電所　所長
河田昌彦　磯子火力発電所　発電グループ　サブリーダー
岡田賢治　経営企画部事業調査室　室長代理
黒木貴士　経営企画部事業調査室　課長代理
外山利明　国際営業部技術室　上席課長（火力担当）
環境省：石関延之、三角明裕、片山満吉
JEMAI：平野学、大野香代、柏木勇人、鶴崎克也

- 磯子火力発電所所長の小谷氏の挨拶と DVD による会社・事業所の概要紹介後、ISOGO エネルギープラザ内の展示室において、磯子火力発電所の発電設備等について説明を受けた。展示室の視察後には、火力発電所内に移動し、タービンやボイラーなど超々臨界圧発電設備、脱硝装置、電気集じん機、脱硫装置などの環境装置、煙突部において排ガス自動測定器の現場視察を行った。
- 現場視察後には、見学時の疑問点等について質疑応答を行った他、電源開発株式会社における遵法への取り組み、従業員への環境教育、横浜市と締結している公害防止協定や近隣住民等のステークホルダーとのコミュニケーション方法などについて説明を受けた。

（説明資料については、巻末の資料 4-3 参照）

（③ISOGO エネルギープラザ・磯子火力発電所(電源開発(株))　訪問時写真）

④川崎市環境局環境総合研究所

日時：11 月 10 日（水）9:30-12:00
場所：川崎市環境総合研究所 3 階研修室
（神奈川県川崎市川崎区殿町 3-25-13、川崎生命科学・環境研究センター）
参加者：ベトナム訪日調査団：表 5-3
川崎市：
横田　覚　川崎市環境総合研究所所長
三澤隆弘　川崎市環境局環境対策部大気環境課課長補佐
富樫眞一　川崎市環境総合研究所地域環境・公害監視課課長補佐
川村真一　川崎市環境総合研究所担当部長/事業推進課長
小森章一　川崎市環境総合研究所事業推進課課長補佐
（環境技術情報・国際展開担当）
近藤玲子　川崎市環境総合研究所事業推進課（環境技術情報・国際展開担当）
JEMAI：平野学、大野香代、中村健太郎、柏木勇人、鶴崎克也

- 川崎市環境総合研究所所長の横田氏の挨拶後、川崎市の大気環境行政についての講義があった。「川崎市の大気汚染対策（直面した公害問題、大気汚染物質の濃度推移、工場・事業場の規制・立入、発生源自動監視システム概要)」について大気環境課課長補佐の三澤氏より、「常時監視施設の維持管理」については、地域環境・公害監視課課長補佐の富樫氏ら説明を受けた。(説明資料については、巻末の資料 4-4、4-5 参照)
- ベトナム訪日調査団より総量規制基準について質問が多くあり、川崎方式（総量規制）のシミュレーションによる環境濃度推計方法や地域・工場ごとの排出基準値の設定方法について積極的な質疑応答が行われた。

(④川崎市環境局環境総合研究所　訪問時写真)

⑤JFE スチール(株) 東日本製鉄所　京浜地区

日時：11 月 10 日（水）13:30-17:00
場所：JFE スチール株式会社東日本製鉄所(京浜地区)（神奈川県川崎市川崎区扇島１－１）
参加者：ベトナム訪日調査団：表 5-3
　　JFE スチール株式会社
　　JEMAI：平野学、大野香代、中村健太郎、柏木勇人、鶴崎克也

- 環境防災リサイクル部長の杉澤氏の挨拶後、DVD 等による会社・事業所の概要紹介があった。
- 概要紹介後には、生産設備及び環境装置の現場視察を行った。原料ヤード、高炉、排水処理場、転炉、スラグヤード、エネルギーセンターの見学を行い、質疑応答を実施した。
- ベトナム訪日調査団より排水処理方法について質問が集まった他、鉄鋼スラグ製品についても関心が集まり、再利用方法などについての質疑応答が行われた。

(⑤JFE スチール(株) 東日本製鉄所京浜地区　訪問時写真)

⑥産業環境管理協会

日時：11 月 11 日（金）　10:10-12:30
場所：産業環境管理協会　Ｅ会議室（東京都千代田区鍛冶町 2－2－1）
出席者：ベトナム訪日調査団：表 5-3
　　環境省　水・大気環境局総務課　環境管理技術室：
　　田路龍吾、石関延之、三角明裕、片山満吉
　　環境省　地球環境局国際連携課　国際協力室：
　　掛川　三千代
　　産業環境管理協会：黒岩進、平野学、中村健太郎、胡桃澤昭夫、柏木勇人、
　　鶴崎克也
※通訳：グエン ティ ミン ヴァン（(一財)日本国際協力センター）

－当協会専務理事黒岩より協会の事業概要紹介、田路環境管理技術室長の挨拶後、ベトナム訪日調査団が今回の訪日研修の感想を述べた他、今年度事業の進捗・成果の共有や今後の協力事業の提案・要望事項について意見交換を行った（今年度事業の進捗・成果の共有や今後の協力事業の提案・要望事項について意見交換については報告割愛）。

各調査団の訪日研修の感想は以下のとおりである。

（Le Hoai Nam（PCD 局長））

- 環境省や川崎市への訪問では、環境基準と排出基準の考え方など日本の法制度のルールが良く理解できた。現在のベトナムでは、地方行政では独自に条例を定めることはできないので、日本が地方行政にも大きな権限を与えており、地方独自の規制を敷いていることが印象的であった。公害防止協定についても紹介があり、地方行政と地元企業とが法や条例の規制値より厳しい基準値を定めた協定を交わしている事実は、日本の地方行政のこれまでの努力の賜物だと感心している。
- 地方自治体において、環境状況（環境基準達成率）の測定監視を行っている点、また川崎市で排出基準値の設定に当たりシミュレーションを実施している点が素晴らしいと感じた。シミュレーションについては、そのノウハウについて、是非支援をお願いしたい。
- 企業視察においては、先進的な環境対策に加え、正確な排ガス測定のために自動測定機の校正がいかに重要かということを学ぶことができた。個別の具体例としては、製鉄所における鉄鋼スラグの再資源化・再製品化、発電所の冷却水の薬液を使わない洗浄方式（タプロゲボール洗浄）に興味を持った。これら企業における環境対策は、今後ベトナムでも共有していきたい。

（Tran Thi Hien Hanh（PCD 騒音環境管理課 副課長））

- 他の国の事例を参考にしながら、ベトナムの大気環境法制度を作成したいと考えている。

今回の訪日調査により、排出枠規制の枠組みについて方法論などがより具体的にイメージすることができた。

（Duong Hong Lien（PCD 総務課 副課長））

- 今回が日本に来る初めての機会であった。日本では自治体や企業における環境対策が進んでいるのはもちろんだが、一番感心したのは、日本国民全体が環境問題に強い関心を持っていることである。ベトナムでも国民の関心が高まっていけば、環境改善に寄与できると感じた。

（Nguyen Thi Hong Ha（PCD））

- 大気規制については私も担当となっていたが、これまで会議に参加できなった。大学の専攻も異なり工場の環境管理について知識が十分でなかったので、今回の視察で、先端技術を活用した環境管理や環境法規制について広く学ぶことができた。今後の業務に活かしていきたいと思う。

（La Tran Bac（ICD））

- 4 日間の視察で、多くのことを学ぶことができ、今回訪日することができうれしく思う。各自治体で実施している環境状況の自動測定システムは、そのオペレーションを含め素晴らしいと感じた。川崎市では、環境測定の結果から排出規制値の定め方まで一貫した流れで排出規制対策を学ぶことができ有益であった。また、測定の精度を高めるためには、校正が非常に重要であることを学んだ。

（⑥産業環境管理協会　訪問時写真）

6　まとめ

6.1　本年度事業の評価

本年度事業では、環境汚染対策と気候変動対策である温室効果ガスの排出削減対策を共に図るコベネフィット・アプローチを目的として、ベトナムの実情に即した、「環境保全の制度体系」、「人材育成」、「環境対策、測定技術」などをパッケージとする事業を実施した。

(1) モデル工場における環境改善

本年度事業では、ベトナムの事業所におけるパッケージ対策の効果を検証するために、モデル工場を選定し、環境改善のための現地調査及び対策の提案、効果の評価を行った。

モデル工場候補としてベトナムの 4 か所の石炭火力発電所を調査した結果、モデル工場として A 工場を選定した。運転管理向上による CO_2 及び大気汚染物質の排出削減を目的として、ボイラー等の発電設備の診断による改善提案指導、及び本事業で作成したマニュアルを用いての環境装置の運転管理指導を実施し、A 工場において実際に運転改善を行った。改善実施期間が短かったこと、時間の制約より提案したすべての改善案を実施することができなかったことにより、排出量削減の定量的結果を得るまでには至らなかったが、今後、今回の改善提案を継続して行うことで大気汚染物質及び CO_2 削減が行えるものと思われる。

モデル工場において、日本専門家が提案した対策が実施された場合のプラント効率の改善は 1.4%と推計され、石炭消費量は年間で約 14,000 トンの削減が見込まれる。これに基づき、A 工場の石炭単価（約 63.5 ドル/トン、現地調査時点）をもとに算出すると、本事業での提案により、約 90 万ドル/年、約 1 億円/年の燃料費の削減が見込まれる。さらに、CO_2 量で換算すると約 30,000 トンの削減に相当するものと推計される。

(2) 人材育成

本年度事業では環境人材育成のためのマニュアルを作成した。マニュアルの構成段階から日本及びベトナムの専門家が共同で作成し、日越専門家会合でのレビューを経て、ベトナムの現状や事業所の実情に適した内容になっている。モデル工場で得られた知見についてもマニュアルにフィードバックされている。

本事業で作成したマニュアルは、「排ガス登録インベントリ通達」（2017 年中公布予定）における付属文書として広く活用される予定であるため、事業の波及効果を高く評価できる。

(3) 法政策支援

本年度事業では、ベトナム側からの要望に基づき、策定検討中の大気汚染に関する法令に対して、参考となる知見を提供した。「排ガス登録インベントリ通達」案については、技術的内容を助言するとともに、通達に基づく排出量の算定方法等をマニュアルに盛り込んだ。モデル工場において先行的に排出量算定の実施と指導を行うとともに、運用上の課題等について PCD にフィードバックを実施した。これらの支援によって、ベトナムにおける大気環境政策において今後の重要な役割を有する排ガス登録・インベントリ省令について、公布後の着実な運用に貢献することができ、PCD からも感謝の意を表された。

排出枠許認可制度については、ベトナム側に対して国内外制度の知見を提供し、それらの成果を反映してベトナム専門家（CEMM）による報告書が作成された。この研究内容については、ベトナムの排出枠許認可制度の策定検討の際の資料として参照される予定であり、ベトナムの将来的な大気環境対策に貢献する。

また、ベトナムの政府関係者等を日本へ招へいした際には、訪問先の協力によって、ベトナムで検討中の大気汚染法令に直接役立つ知見が多く得られたことを、調査団から高く評価された。

(4) セミナー

ハノイ及びホーチミンで開催したセミナーにおいて、本年度の事業成果報告とマニュアルの配布を行った。各セミナーには、ベトナムの中央政府・地方政府、大学等の研究機関、事業所（火力発電所、鉄鋼、セメント等）から多くの参加者（ハノイ会場 80 名、ホーチミン会場 83 名）が出席し、事業成果の共有と普及を図ることができたものと評価する。

6.2 次年度以降の課題等の整理

(1) 本年度モデル工場でのフォローアップと環境改善の実績確定の必要性

本年度はモデル工場を選定し、コベネフィット・アプローチによるパッケージ対策の試行を実施した。モデル工場の選定から対策までを単年度で実施できたものの、本事業期間の制約により削減効果は推計にとどまった。次年度も引き続きフォローアップを実施することで、二酸化炭素及び大気汚染物質削減の実績を確定することが課題である。

(2) ベトナムにおけるパッケージ対策の水平展開の検討

本年度はモデル事業として 1 工場を対象にしたが、ベトナムにおけるパッケージ対策の水平展開を図るための有効な方策の検討が課題である。一例として、本年度事業で得られた知見やノウハウを基に、ベトナム国内の他の石炭火力発電所等を対象にしたモデル工場の実証事業を行うなどして、排出量削減の実績を積み重ね、ベトナムでの評価が高めるこ

となどが考えられる。

(3) 環境人材育成の仕組みづくりの必要性

本年度のモデル工場事業では、日本専門家が中心になって環境改善指導や人材育成を実施した。本年度事業ではベトナムにおける環境人材のコンセプトとして、①環境関係の法律の知識を持ち、それを着実に実行できる人、②環境技術の知識を持ち、それを適切に活用し、汚染防止の管理に役立てることができる人、を掲げた。次年度以降は、目指すべき環境人材とベトナムの現状とのギャップを踏まえて、必要な環境人材育成のための手法を明確にしていく必要がある。さらに将来的には、ベトナムで多くの環境人材を効率的に育成していくために、ベトナム専門家や工場の環境管理者が環境人材育成の役割を担っていく必要があり、ベトナムの実情に適した環境人材育成の仕組みづくりも必要である。その際、本年度事業で作成したマニュアルをベトナム側で定期的に改訂することも重要である。

巻末資料

資料１　マニュアル(工業排ガス管理のための指導マニュアル) ……59
資料２　「通達　産業排ガスの登録及びインベントリについて」案 ……217
資料３　日越専門家会合資料
　資料３－１　産業環境管理協会資料 ……241
　資料３－２　数理計画資料 ……249
資料４　招へい訪問先資料
　資料４－１　環境省資料 ……265
　資料４－２　東京都資料 ……287
　資料４－３　J-POWER 資料 ……293
　資料４－４　川崎市資料① ……301
　資料４－５　川崎市資料② ……315
資料５　セミナー資料
　資料５－１　PCD 資料 ……325
　資料５－２　産業環境管理協会資料① ……335
　資料５－３　INEST 資料 ……343
　資料５－４　A 工場資料 ……353
　資料５－５　産業環境管理協会資料② ……361
　資料５－６　CEMM 資料 ……369
資料６　CEMM 法政策支援報告書 ……401
資料７　モデル工場選定事前調査アンケート票様式……439
資料８　モデル工場調査報告書
　資料８－１(１)　設備運転改善及び人材育成指導報告（WEB 非公開） ……447
　資料８－１(２)　酸素増加試験のプラント性能評価（WEB 非公開） ……455
　資料８－１(３)　発電機性能の経時変化評価結果（WEB 非公開） ……459
　資料８－２　環境装置に関する指導報告（WEB 非公開） ……465

資料１

工業排ガス管理のための
指導マニュアル

2017 年 2 月

目次

1章　大気及び大気汚染の概要 1

1.1　大気と大気汚染について 1

1.1.1　大気圏の構成 1

1.1.2　大気汚染 2

1.2　大気汚染による影響 6

1.2.1　人の健康への影響 6

1.2.2　経済及び環境に対する悪影響 8

1.2.3　グローバルな環境問題の発生 9

2章　排ガス測定技術 10

2.1　燃焼管理に必要な排ガス測定（O_2、CO、CO_2、） 10

2.2　排ガスの温度、水分量、流速の測定 15

2.3　排ガス流量の求め方 17

2.4　排ガス中の汚染物質の測定 19

2.4.1　排ガス採取方法 19

2.4.2　汚染物質の化学測定法（マニュアル測定） 24

2.5　自動測定法 31

2.5.1　排ガスの連続測定 31

2.5.2　自動計測器の維持管理 36

3章　ダスト、SO_2及びNOxの排出管理 38

3.1　大気汚染対策のアプローチ 38

3.1.1　拡散度の改善 38

3.1.2　生産工程における排出減少 38

3.1.3　エンドオブパイプにおける処理 39

3.2　集じん技術 40

3.2.1　集じん装置の分類 40

3.2.2　電気集じん装置 41

3.2.3　バグフィルター 48

3.2.4　遠心力集じん装置 53

3.2.5　洗浄集じん装置 57

3.2.6　集じん装置の保守管理 60

3.3　脱硫技術 67

3.3.1　排煙脱硫プロセスの種類と原理 67

3.3.2　排煙脱硫装置の機能と運転、維持管理 72

3.4　脱硝技術 77

3.4.1 低 NOx 燃焼技術 77
3.4.2 排煙脱硝技術 82
3.4.3 脱硝装置の構成、運転、維持管理 85
4 章 省エネルギーによる CO_2 の排出管理 88
4.1 企業内における温暖化対策の考え方 88
4.2 燃焼管理による省エネルギー 95
4.2.1 燃焼計算 95
4.2.2 空気比の管理 96
4.2.3 すすの発生と低減対策 98
4.2.4 燃焼装置の腐食とその防止対策 101
5 章 重要産業におけるコベネフィット対策 103
5.1 石炭火力発電 103
5.1.1 生産プロセス 103
5.1.2 大気汚染対策 103
5.1.3 省エネルギー（CO2 削減）対策 104
5.2 鉄鋼業 107
5.2.1 生産プロセス 107
5.2.2 大気汚染対策 108
5.2.3 省エネルギー（CO2 削減）対策 109
5.3 セメント生産 112
5.3.1 生産プロセス 112
5.3.2 大気汚染対策 112
5.3.3 省エネルギー（CO_2 削減）対策 113
5.4 化学工業 116
5.4.1 化学肥料製造 116
5.4.2 石油精製 117
6 章 工場における環境管理 120
6.1 全社的な環境管理の取組 120
6.2 環境管理体制の整備と環境管理者の役割 120
6.2.1 環境管理組織の設置 120
6.2.2 各環境管理者の役割 120
6.3 職員の能力開発 121
6.4 地方行政部門及び地域住民とのコミュニケーション 122
6.5 日本の公害防止管理者制度の例 122
6.5.1 概要 122
6.5.2 海外における普及 126

7章　排ガスのインベントリ 127
7.1 インベントリ理論の概説 127
7.1.1　排出インベントリの概念、目的、意義 127
7.1.2　排出インベントリで使用される汚染物質量の計算方法 127
7.2　各工業施設における排出インベントリの実施に関する規程 130
7.2.1　インベントリを実施する汚染物質の確認 130
7.2.2　調査実施範囲の確認 132
7.2.3　排出量の計算方法の選択 133
7.2.4　データ及び情報の収集 134
7.2.5　調査結果の計算 137
7.2.6　報告 142
7.3　排出事業主の登録 142
7.3.1　排出事業主の概念、排出事業主登録の目的と意義 142
7.3.2　排出事業主登録の実施の対象 143
7.3.3　排出事業主登録の手続き 143
参考文献 144
付録 1 産業排ガス登録インベントリ通達に係る主要産業の排出係数表 146
付録 2 排ガス測定方法 149

1章　大気及び大気汚染の概要

1.1　大気と大気汚染について

1.1.1　大気圏の構成

大気圏とは地球の周り空気の層をいう。

1.1.1.1　大気圏の化学構成

地表に近接した乾燥清浄大気の組成は表 1-1 のとおりである。表 1-1 の組成以外に、体積比で 1～3%の水蒸気を含む。

表 1-1　乾燥清浄空気の組成

ガスの種類	濃度	
	ppm	%
N_2	780,900	≒78
O_2	209,400	≒21
Ar	9,340	≒0.9
CO_2	400*	≒ 0.1
CH_4	1.2	
NO_2	0.02	
O_3	0.01～0.04	

* 2016 年 2 月のハワイのマウナ・ロナにおける CO_2 の濃度

表 1-1 を見てわかることは、大気圏の主要な成分である N_2、O_2、Ar 以外の汚染成分は、体積比でわずか 0.1%にしか満たない。したがって、現在問題になっている大気汚染は大気圏中のわずかな変化の中で起こっていることに過ぎない。しかしながら、このわずかな変化は人間に対して甚大な害をもたらすのに十分な変化である。

1.1.1.2　大気圏の構造区分について

大気圏は５つの区分からなる。対流圏、成層圏、中間圏、熱圏及び外気圏である。そのうち、対流圏と成層圏において、大気汚染に関する各現象が起きる。対流圏は地表と接し、10～15km の厚さである。対流圏の特徴として空気の密度が高いこと、高度が上がるとともに温度が低下すること、対流が起こる過程で地表の空気を高所まで押し上げ、水蒸気を凝結し、雨雲に変えることである。対流圏の上には成層圏が高さ約 50km にまで広がっている。オゾンは対流圏と成層圏に存在しているが、成層圏の中のオゾン密度が高い部分をオゾン層と呼んでいる。オゾン層は、紫外線の中でも特に UV-C 及び一部の UV-B と呼ばれる波長領域の紫外線を吸収して、その下層の生命を守る役割を持っている。オゾン層に関連する

各反応は、主として、高度によっては成層圏の温度を上げ、反対に高度によっては対流圏の温度を下げる原因となることである。

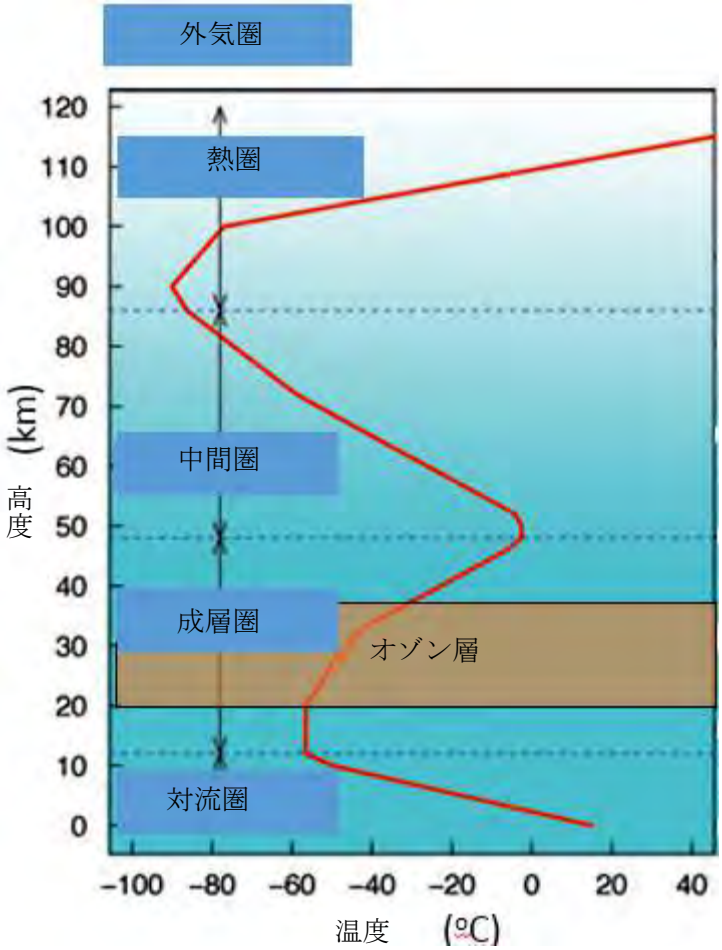


図 1-1 大気圏の構造

1.1.1.3 自然及び人類に対する大気圏の役割について

大気圏はすべての自然と人類を守り、酸素を供給する役割を担っているとともに、自然や人類にとって有害な汚染ガスを「処理」する役割を持つ環境である。多くの人の結論によると、人間の身体は 5 週間食べず、5 日間水を飲まずに耐えることができるが、もし呼吸をしなかったら 5 分と生きることができない。1 日呼吸するために必要な空気の量は 10 ㎥である。このため、空気中に汚染物質が多く含まれていると、肺と呼吸器官は大量の汚染物質を吸うことになり、我々の身体の深くに入り込み、生命や健康に影響を与える可能性がある。

1.1.2 大気汚染

1.1.2.1 概念

大気汚染は大気の成分の変化（定性的／定量的）であり、人間の生活、動植物、財産及

び視程にまで害を与える可能性／傾向がある。

1.1.2.2 大気汚染の各様態について

a. 粒子状の汚染物質

粉じんは分散環境の中における分散系の一つであり、空気との分散相であり、固体、液体又は半固体半液体の微粒子であり、分子レベルから 500 μm までの大きさのものをいう。

・降下粉じん：空気動力学径が 100μｍより大きいものをいう。

・浮遊粉じん：空気動力学径が 100μｍより小さいものをいう。

・PM_{10}：空気動力学径が 10μｍより小さいものをいう。

・$PM_{2.5}$：空気動力学径が 2.5μｍより小さいものをいう。

b. ガス状の汚染物質

- SO_2

SO_2 は無色であり、主に石炭などの硫黄を含む燃料、硫黄を含む一部の油類又は工業オフガスなどの燃料が燃焼する際に形成される。大気圏に放出された後に、SO_2 は光化学反応を受けて、粒子状の硫酸や無機又は有機の硫化物を作り出す。

- CO

CO は、燃料や有機化合物が不完全燃焼する過程で生成する大気汚染物質である。

- NO_x

NO_x は NO と NO_2 を含む。この二つの気体は、様々な燃料を燃焼させる過程や硝酸を製造する過程及び硝酸を使用する産業で発生する。

燃焼過程における NO（NO 及び少量の NO_2）の３つの生成機構は、thermal NO、prompt NO と fuel NO である。ここで thermal NO は、1,200 度以上の燃焼温度になったときに、燃焼温度とともに増大する。このため、NO を制御するには燃焼過程の観察に注意を注がなければならない。

NO は無色透明で水に溶けない。NO_2 は赤茶色で一部が水に溶ける。NO_2 の赤茶色は都市部の光化学スモッグを薄茶色にする原因となっている。

- オゾン (O_3)

オゾンは成層圏の中で、地上の生活に害がある紫外線を遮る重要な役割を持っている。しかし、対流圏においてはオゾンは汚染物質となる。オゾンは対流圏において NOx、 VOCs

などの化合物の光化学反応によって生成される酸化物である。オゾンは二次的な汚染物質であるので、オゾンを制御することは前記の化合物を制御することによってなされなければならない。

- VOCs とその他の有機化合物

VOCs とは揮発性有機化合物のことである。VOCs は沸点を基に、より具体的に定義することができる。EU 委員会の定義によると、VOCs は標準圧力下において沸点が 250℃以下の有機物である。

米国は、光化学反応によるオゾンの生成を制御するために、主に環境大気中の VOCs を管理している。したがって、米環境保護局は、光化学反応性が顕著でないため VOCs とは分類できないメタン、エタン、 CFCs、HCFCs などの有機物の一覧表を作っている。

先進国における VOCs の主な発生源は、工業における溶剤の蒸発過程である。これらの発生源は、表面処理、塗装、ガソリンの給油及び様々な有機化合物の合成製造過程である。

ベトナムにおける一部の研究は、都市部の環境大気中には BTEX (ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、キシレン)や PAHs（多環芳香族炭化水素）に類似した多環式有機化合物の含有量が相対的に高いことを指摘している。BTEX の主な発生源は交通、ガソリンの貯蔵・給油であり、PAHs の主な発生源は有機化合物の不完全燃焼過程である。

1.1.2.3　大気汚染の原因の分類

大気汚染の発生原因は以下のように分類することができる。

a. 自然的要因

表 1-2 自然現象が原因となる主な汚染物質

No.	要因	汚染物質
1	火山活動	粉じん、SO_2
2	森林火災	粉じん、CO、CO_2、NO_x
3	砂嵐	粉じん
4	植物(生きているもの)	炭化水素、花粉
5	動植物 (腐敗)	CH_4, H_2S
6	土	ウィルス、粉じん
7	海	海塩粒子など

表 1-3 主な汚染物質の自然的・人為的要因別排出割合

汚染物質	排出割合 (%)	
	自然的要因	人為的要因
粉じん	89	11
SO_2	50	50
CO	91	9
NO_2	－	ほぼすべて
HC	84	16

表 1-3 によると、NO_2 以外のほとんどは、自然的要因の方が絶対量が大きい。しかし、人為的要因は自然的要因に比べて、より危険性が高い。

b 人為的要因

主要な汚染源は、交通輸送、工業生産、建設業、民衆生活、農業及び工芸村、廃棄物処理などである。2005 年のハノイにおける汚染源別の排出量は表 1-4 のとおりである。

表 1-4　ハノイ市における主な汚染物質の汚染源別排出量の概算（トン／年）

汚染源	PM_{10}	SO_2	NOx
家庭	1,099	358	307
商店	1,261	263	220
工業	6,665	1,407	1,919
工業燃焼炉	338		
交通手段（自動車）	4,322	1,869	24,537
未舗装の道路からの巻き上げ粉じん	3,120		
舗装道路からの巻き上げ粉じん	3,036		
レンガ生産	1,817	466	390
ゴミの燃焼	1,800		
医療系廃棄物の焼却炉	37		
合計	**23,496**	**4,363**	**27,373**

1.2 大気汚染による影響

1.2.1 人の健康への影響

大気汚染は発展途上国、先進国にかかわらず、すべての国において人間の健康を害する主要な原因となっている。大気汚染は、都市部及び農村部において 2012 年に全世界で 370 万人が命を落とす原因となっている。この死亡率は、PM_{10} の暴露のために心臓血管や呼吸器の疾患又はがんを引き起こしていることによるものである。

外気は一つの汚染物質のみを含むのではなく、多くの種類の汚染物質を含んでいる。都市部においては、粉じん、オゾン、CO、NO_2、VOCs のような汚染物質を同時に含んでいる。大気汚染が人の健康に及ぼす影響についての様々な研究は、大気汚染単独の又は複合的な影響を、実態の中で確認することによって進めることができる。以下に人の健康に影響を及ぼす主な大気汚染について述べる。

a. 粉じん

粉じんが健康に与える影響を考慮すると、粉じんの問題は主要な大気汚染の中で最大の問題である。先進国も含めた地球上のほとんどすべての地域における現時点での粉じん濃度は、健康に悪影響を与えるものである。粉じんの吸引が人体に明確な悪影響を与えるということについては、既に多くの証拠がある。粉じんが健康に及ぼす作用はかなり広範囲に及ぶが、主要な作用は呼吸器と心臓血管に対してのものである。大半の人々は粉じんの影響に耐えることができるが、その影響は人の健康状態及び年齢によって変わってくる。

粉じんの健康への影響は、基本的に、粉じんの大きさ、成分、粉じん中のその成分の含有量によって決まる。直径 10 μm 未満の粉じん（PM_{10}）は人間の呼吸器官に侵入し、健康に悪影響を与え始める。直径 2,5 μm 未満の粉じん（$PM_{2.5}$）は人間の肺に侵入して健康に甚大な悪影響を及ぼす。現在、多くの人々はナノレベルの粉じんに大きな関心を抱いているが、この粉じんは直径 100 nm 未満であるため、皮膚組織を貫通して健康に甚大な悪影響を及ぼす。粉じんの大きさのほかに粉じんの成分も健康への影響を決める大きな要素の一つである。例えば粉じんが鉛を含んでいる場合、鉛の作用により神経系にまで影響を及ぼす可能性がある。

粉じん濃度が上昇すると健康影響が増えることを多くの研究が述べている。しかしながら現在に至るまで、粉じん濃度の影響閾値は完全に明らかにされているわけではない。実際のところ、人の健康に悪影響を及ぼす $PM_{2.5}$ の濃度は、米国や EU 諸国のバックグラウンド濃度 3〜5 $\mu g/m^3$ と比べてそう大きくはない。

2001 年から 2004 年の間にハノイにおいて、$PM_{2.5}$ と PM_{10} の平均濃度は 11 月から 4 月にかけては 、それぞれ 124 と 186 $\mu g/m^3$ であり、5 月から 10 月にかけては 33〜79 $\mu g/m^3$ であった。ほかの研究によると 2001 年から 2008 年の間にハノイにおける $PM_{2.5}$ の冬季の濃度の最大値は 54 ± 33 $\mu g/m^3$ であった。

b. O_3

ある研究によると、大気中の O_3 の濃度が 240 μg/m^3 以上になった場合、健康に大きな影響を及ぼす可能性がある。この濃度は、健康な人に対しても、ぜん息を持っている人に対しても、肺及び呼吸器官の活動力を低下させてしまう。 実際の研究では、O_3 の濃度が高くなると幼児の死亡率が上がることについても言及している。各データの数値は、O_3 の大気中の濃度が 70 μg/m^3（WHO が北半球における O_3 のバックグラウンド濃度とみなしている数値。米国における濃度より正確だと思われる。）から 10 μg/m^3 上がるごとに、死亡率が 0.3～0.5%上がることを証明している。大気中の O_3 の最大濃度は、メキシコシティで記録された 400 ppb である。

2002 年から 2010 年までのハノイ市ラン通りの観測所における月平均 O_3 濃度は 30 ppb であった。

c. NOx

NOx は NO と NO_2 を含む。そのうち NO_2 は、大気中で NO がすぐに NO_2 に変化してしまうため、管理する際に注目されている。短期暴露に関する各研究によると、NO_2 の濃度が 200 μg/m^3 を超えると呼吸器系に悪影響を及ぼすことが分かっている。一部の研究では、1 時間に 500 μg/m^3 以上の濃度の NO_2 に暴露されると、健康に対する急性影響が出ることを証明している。ぜん息を患っている人々にとって NO_2 が直接作用するのは 560 μg/m^3 からだといわれているが、NO_2 の濃度が 200 μg/m^3 を超えると、ぜん息を患っている人々の肺に症状が出始める。

NO_2 は空間又は時間によって濃度変化する気体である。2002 年から 2008 年までのハノイ市ラン通りの観測所における各月の NO_2 平均濃度の中で、最大値は 2007 年 9 月の 30 ppb 超であった。

d. SO_2

SO_2 の健康に対する作用は多くの研究があり、多くのことが証明されている。 SO_2 は 1952 年のロンドンにおける致命的な煙霧の惨禍の中で、4,000 人以上を死に至らしめる原因となった。

SO_2 は呼吸器官や肺に影響を及ぼす可能性があり、目のかゆみを発生させる。ある研究は、心臓病による入院の確率と心臓病による死亡率は SO_2 の濃度が高い日に上昇することを証明している。最近の研究では SO_2 の濃度が低くとも（平均 5 μg/m^3 、最大 10 μg/m^3) 、健康に影響があることが分かっている。 しかし、強調しておかなければならないことは、各研究では未だに SO_2 の健康への影響はこの気体自身によるものなのか、この気体により生成する微粒子によるものなのか、分かっていないことである。しかし、SO_2 の濃度を観察することは人間の健康を促進するのに良い作用を与えるだろう。

ハノイ市ラン通りの観測所における 2002 年から 2008 年の各月の SO_2 の平均濃度は 5 ～ 20 µg/m^3 であった。

e. CO

CO は血液中のヘモグロビンと強い親和性を持ち、一酸化炭素ヘモグロビン（CO-Hb）を生成する。CO の親和性は O_2 の 200 倍以上であり、赤血球中の O_2 の循環能力を減少させてしまう。空気中の CO の濃度及び CO に暴露される時間が増えると、CO-Hb の含有量が徐々に増加する。まず CO-Hb が 2～5% に上昇すると中枢神経に影響が出始める。CO-Hb が 10～20%に上昇すると身体の各機能の活動に障害が出始める。もし CO-Hb が 60%以上になると、これは空気中の CO 濃度 1000 ppm に相当するが、生命に危険を及ぼし、死に至らしめることもある。

ハノイ市ラン通りの観測所における 2002 年から 2007 年にかけての CO の平均濃度は、1 ppm (2002)、1.2 ppm (2003) そして 0.4 ppm (2007)まで減少した。

1.2.2 経済及び環境に対する悪影響

健康影響のほかに、大気汚染は動物、植物、公共工事の資材、視程にまで多くの害を及ぼしている。このすべての害は経済的側面においても多くの影響を及ぼしている。

大気汚染が動物に与える影響のメカニズムは、用量や影響の程度が状況により異なるものの、人間におけるのと似ている。

大気汚染の植物に対する影響は、その植物の種類によって違いがある。ある汚染物質の濃度が同じであったとしても、大きな影響を受ける種類もあれば、耐えて順調に成長できる種類もある。大気汚染の植物に与える影響は、主に樹木の３つの繁殖過程（光合成、呼吸、蒸散）を通してみられる。

SO_2 は汚染物質の中で最も植物に害を与えるものであるため、最も多く研究されている。[4]。SO_2 は樹木の組織に侵入して、水と結合して硫酸を生成し、細胞に障害を発生させ、光合成能力を衰退させてしまう。これにより、樹木は成長が遅れ、黄色く変色して枯れてしまう。

オゾン、ふっ素化合物、窒素酸化物、硫化水素などの汚染物質なども SO_2 と同じような害を及ぼす。その程度と害を及ぼす組織に違いはあるが、おおむね葉の組織の一部（斑点、黒ずみ）又は全部を衰弱させ、光合成能力を弱め、細胞内の反応を阻害してしまうことである。

大気圏における粉じんの害は、太陽光の輻射量を減少させ、植物の光合成能力を低下させてしまうことである。その他に、粉じんは葉の表面に堆積して光合成能力を奪い、呼吸と蒸散能力を衰退させてしまう。このようにして、粉じんは直物の主要な 3 つの成長過程に影響を与え、植物の発育及び成長を衰退させてしまう。

植物に対する影響の他に、酸性雨による腐食など、大気汚染は資材、公共工事などにも

影響を与える。

大気汚染はまた、視程の減少や茶色の光化学スモックを引き起こす。これらの問題は発展途上国ではなかなか関心を持たれることはなく、多くは先進国で関心が持たれている。

1.2.3　グローバルな環境問題の発生

上に列記した各影響の他に、大気汚染はグローバルな問題を引き起こしている。これらの問題とは、オゾン層の減少、地球温暖化、酸性沈着、PAHs、PCBs、ダイオキシン、フランなどの高毒性の気体の発生である。

2 章　排ガス測定技術

2.1　燃焼管理に必要な排ガス測定（O_2、CO、CO_2、）

石炭等の燃料は燃焼により酸素と反応し、CO_2 と水を生成する。燃料と空気の混合が良好でない場合には、一酸化炭素（CO）の未燃ガス濃度が上昇するため、効率的に燃焼させるためには、適切な酸素量が必要である。従って、燃焼排ガス中の酸素（O_2)、二酸化炭素（CO_2)、一酸化炭素（CO）の濃度を正確にモニタリングすることは、燃焼管理において重要である。ここでは、これらのガス成分の測定方法について説明する。

（1）化学分析法による O_2、CO_2、CO の測定

化学分析法による測定はオルザット式とヘンペル式がある。ここでは、主に用いられているオルザット式について説明する。この方法で用いるオルザット式分析装置を図 2-1 に示す。図中の C に CO_2 吸収液、D に O_2 吸収液、E に CO 吸収液を入れる。図中のｃ、ｄ、ｅのコックを手動で開閉し、排ガスを各吸収液に通して CO_2、O_2、CO の順に吸収させ、その体積減少量からそれぞれの濃度（vol%）を求める。なお、オルザット式分析装置を用いた方法で求められるのは、乾き排ガスのガス組成である。

吸収液の成分は以下のとおりである。

CO_2 吸収液：水 200ml に水酸化カリウム 60g を溶かしたもの。

O_2 吸収液　：水 200ml に水酸化カリウム 60g を溶かしたものと、水 100mL にピロガロール 12g を溶かしたものを、等体積ずつ混合した液

CO 吸収液：水 100mL に塩化アンモニウム 33g 及び塩化銅（Ⅰ）27g を溶かした液に、さらにこの全体積の約 1/3 のアンモニア水（25%以上）を加えた液

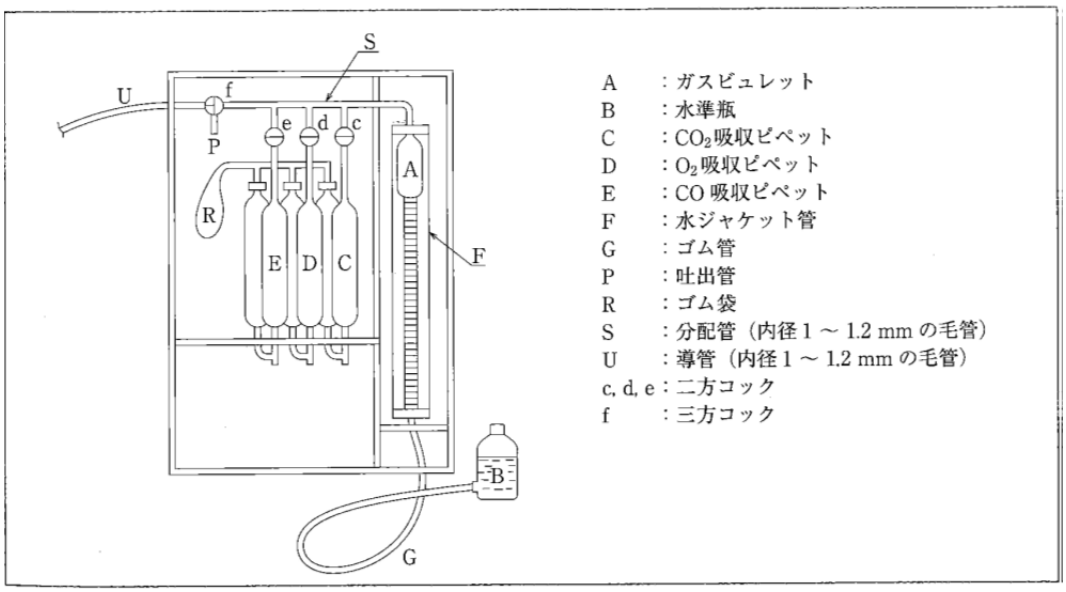


図 2-1　オルザット分析装置

(2)　O_2、CO_2、CO の連続測定

(a) 計測器の選択

O_2、CO_2、CO の測定には、各種原理に基づく連続分析計が販売されている。ダクトから排ガスを吸引し、測定器に導入して測定を行う方法（Extractive measurement）と、ダクト内で直接測定する方法（*in situ* measurment）の両方の方法がある。

自動計測器の種類、原理と測定できる物質、測定の留意点について表 2-1 にまとめる。各測定器に対する干渉物質の種類、ダストの量に対する影響等を理解することは重要である。計測器を選定し、購入する場合は、排ガス中の干渉成分（SO_2、CO_2、ダスト等）、排ガス温度、使用場所の温度、湿度、圧力変動等の条件をメーカーに伝え、計測器の仕様が適切であるかを確認する。

表 2-1　O_2、CO_2 及び CO 自動計測器の種類、原理と測定できる物質、測定の留意点

自動計測器	測定できる物質	測定原理	留意点
Extractive measurement			
磁気式酸素計（paramagnetic method）	O_2	常磁性体である O_2 分子が磁界内で磁化された際に生じる吸引力を利用して O_2 濃度を連続的に求めるものである。磁気風方式と磁気力方式がある。	体積磁化率の大きい、一酸化窒素（NO）の影響が無視できる場合に使用可能。
電気化学式（electrochemical cell method）	O_2 CO	ジルコニア方式： この方法は、高温に加熱されたジルコニア素子の両端に白金電極を設け（図 2-2 参照）、その一方に試料ガス、他方に比較ガスを流して O_2 濃度の差を与え、両極間に生じる起電力を検出する。（O_2 測定用） 電極方式： ガス透過膜を通じて電解溶液中に拡散吸収された CO や O_2 が、定電位電解によって酸化されたときに得られる電解電流を測定する。	ジルコニア方式： 高温において酸素と反応する可燃性ガス（CO や CH_4）又は腐食性の SO_2 ガスの影響が無視できる場合又は除去できる場合に使用可能。 電極方式： SO_2 や CO_2 による酸化還元反応の影響が無視できる場合又は除去できる場合に使用可能。
赤外線吸収計（NDIR method）	CO CO_2	CO や CO_2 の赤外線領域における光吸収を利用し、試料ガス中に含まれる各濃度を非分散形赤外線分析計を用いて測定する。	取扱い易いため、多くの CO 計に採用されている方法である。 水分は測定の妨害となるため、排ガス中の水分を除去する必要がある。

FTIR （Furie transfer infrared spectroscopy）	CO CO_2	干渉計から得られる赤外線の分光スペクトルを測定セルの入射光とし、CO_2 や CO の赤外吸収スペクトルを測定し、フーリエ変換、濃度演算を行う。多成分同時分析が可能。	乾式で多成分同時分析が可能であるため、近年急速に普及している。 水分は測定の妨害となるため、排ガス中の水分を除去する必要がある。
in situ measurment			
TLS (Tunable laser analyser)	CO CO_2 O_2	紫外線又は赤外線をダクト内の排ガス流に透過させ、各種ガスの特異的な吸収を測定することにより濃度を求める。	標準ガスによる定期的な校正等の必要がなく、メンテナンスが容易である。 排ガス中のダストが多い場合は使用できない。共存物質の影響を無視できる場合に使用可能。

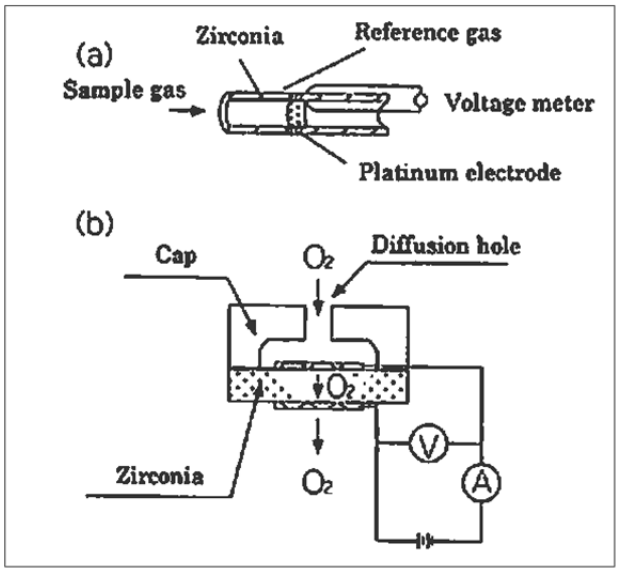


図 2-2　ジルコニア分析計の構成例

表 2-2　測定器の定量範囲

測定器	定量範囲
磁気式酸素計 TLS	O_2：0~5%、0~10%、0~25%
電気化学式	ジルコニア方式： O_2：0~5%、0~10%、0~25% 電極方式： CO：0~200ppm から 0~2%
赤外線吸収計 FTIR TLS	CO：0~50ppm から 0～5% CO_2：0～25%

(b) 自動計測器の管理方法

日常的な管理は、基本的にはメーカーのマニュアルに従い、消耗品の交換を行う。また、測定値の正確性を保つため、標準ガス（ゼロガス※、スパンガス）を用いての校正を定期的に実施することが重要である。日常的な確認では、正確に校正された可搬型計測器（Testo-310 等）との比較を行うことも可能である。

ゼロ及びスパン調整は以下の方法に従い、定期的に実施する。

①メーカーのマニュアルに記載されているガス流速で、計測器のゼロガス導入口よりゼロガス（窒素ガス）を流し、ゼロ値をセットする。

②スパンガス導入口よりスパンガスを流し、スパンガス濃度値に調整する。

③再度、ゼロガスを流し、ゼロ値を確認する。ゼロ値がずれている場合は再度①～③の操作を繰り返し行い調整する。

計測機器はその計測値の「確かさ」を常に確認することが重要である。取り付け状態、取り付け位置の確認、日々の校正の実施、定期的なメンテナンスの実施を確実に行う。

※　ゼロガスは窒素ガスを用いる。スパンガスには、測定レンジの 70～90%程度の濃度の測定対象ガスを用いる。これらの標準ガスはガス会社から購入できる。

2.2　排ガスの温度、水分量、流速の測定

(1) 温度測定

温度を測定する場合、物体に温度計の検出素子を熱的に接触させて測定する接触方式と、高温物体からの放射熱からの放射エネルギーを利用して、離れたところからでも測定できる非接触方式とがある。排ガス測定でよく使用される温度計の種類と原理、測定範囲を表 2-3 に示す。

運転状況の変化により、ダクト内の排ガスの温度はその分布が変化することがあるので、定期的に温度の分布を確認し、平均的な値を示す位置に温度計の設置位置を変更するなど、正確なデータを把握することが重要である。

表 2-3　温度計の測定原理と測定範囲

接触方式	
温度計	測定範囲（°C）
ガラス製温度計：	
水銀封入	-55 ~ 650
有機液体封入	-100 ~ 200
バイメタル式温度計	-55 ~ 500
圧力式温度計：	
液体充満式	-40 ~ 500
蒸気圧式	-20 ~ 200
熱電温度計	-200 ~ 1700
電気抵抗温度計：	
白金抵抗	-190~660
サーミスター	-50~350
非接触方式	
温度計	測定範囲（°C）
放射温度計：	
サーモパイル型	200～2000
サーミスターボロメーター形	-50～3200
光高温度計	700～3000

(2) 排ガスの流速測定

施設の運転管理に各種自動流量計が用いられている。主な流量計は**熱式流量計、差圧式流量計（ピトー管式流量計）、超音波式流量計などがある。**これらの流量測定器を用いる場合、流量計はスケールの付着などにより指示値が変化することがあるため、正確な計測を行うためには、定期的に、他の流量計又はマニュアル測定で校正し、指示値の妥当性を確保することが重要である。

燃焼管理に用いられる代表的な流量計がピトー管である。煙突に設置したピトー管と煙突の外に設置した傾斜マノメータを図 2-3 に示す。ピトー管の前部に穴がありその穴を流体に向けると、その点の流体の静圧と流速 v に対する動圧との和（全圧）を生じる。しかし、横の穴にはその点の静圧しか現れないので、この両圧力の差（動圧）を適当な圧力計で測れば（1）式により、その流体の流速を知ることができる。動圧は非常に小さいので、動圧を測る圧力計には傾斜マノメータ（図 2-3）を用いて差圧液柱の長さを拡大して読み取る。

ダクト内の平均流速を求めるには、ダクト内に流速の分布があるため、なるべくダクト断面の多くの点で流速を求める。流量は、平均流速にダクトの断面積を乗じて求める。

$$v = C\sqrt{\frac{2Pd}{\rho}} \qquad (1)$$

ここに、v：流速（m/s）

C：ピトー管係数

P_d：ピトー管による動圧測定値（Pa）

ρ ：ダクト内におけるガスの密度（kg/m^3）

動圧＝全圧―静圧

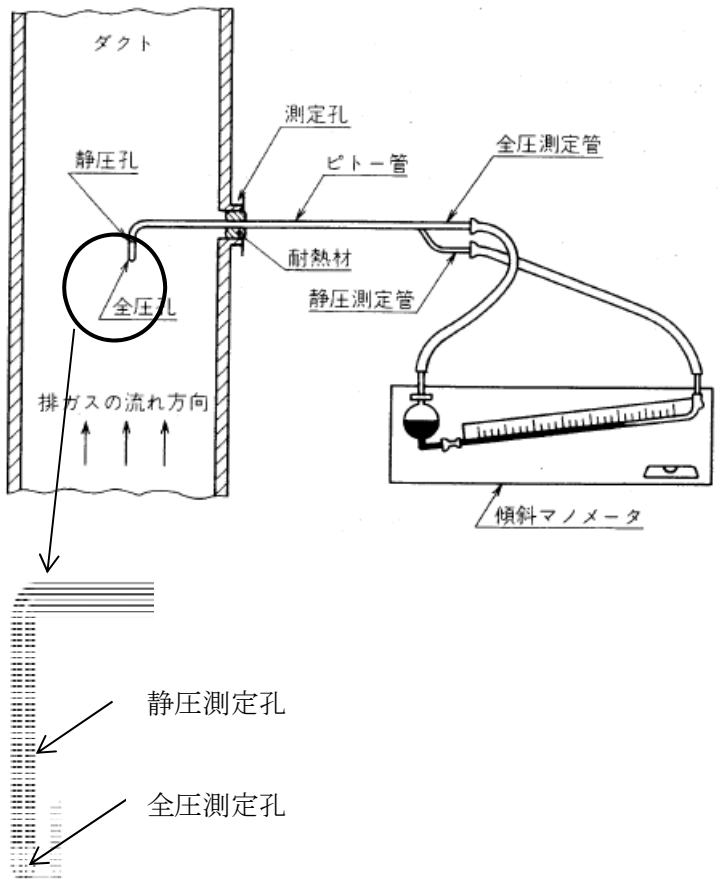


図 2-3　ピトー管と傾斜マノメータによる排ガス流速の測定

(3) 水分量の測定

流量の測定にピトー管を用いる場合は、排ガス中に含まれる水蒸気を考慮したガスの密度を用いて計算しなければならない。そのためには水分量の測定が必要になる。通常、水分量の測定にはガラス製の吸湿管に吸湿剤を充填して、あらかじめ重量を計測しておき、排ガスを吸引した後にも天秤で重量を計測し、前後の重量差と吸引ガス量から計算で求める。通常、燃料や運転状態が大きく変わることがなければ水分量も大きく変わることがない。(測定方法の詳細は JISZ8808 を参照。)

2.3　排ガス流量の求め方

a.　湿り排ガス流量の求め方

湿り排ガス流量は，次によって求める。

排ガスの流速及びダクト断面積から求める場合は，次の式(1)によって求める。

$$Q_{\mathrm{N}} = A\bar{v} \times \frac{273.15}{273.15+\theta_{\mathrm{s}}} \times \frac{P_{\mathrm{a}}+P_{\mathrm{s}}}{101.32} \times 60 \times 60 \qquad (1)$$

ここに，　Q_{N}：　標準状態における湿り排ガス流量（$\mathrm{Nm^3/h}$）

A：　ダクト断面積（$\mathrm{m^2}$）

P_{a}：　大気圧（kPa）

P_{s}：　各測定点における排ガスの静圧の平均値（kPa）

θ_{s}：　各測定点における排ガスの温度の平均値（℃）

$\bar{v}$：　各測定点における流速の平均値（m/s）

$$\bar{v} = \frac{1}{n}\left(v_1 + v_2 + \cdots + v_{\mathrm{n}}\right)$$

n：測定点の数

$v_1, v_2, \ldots v_{\mathrm{n}}$：各測定点における流速（m/s）

燃焼計算による場合は，式(2)によって求める。

$$Q_{\mathrm{N}} = G_{\mathrm{N}} W \qquad (2)$$

ここに，　Q_{N}：　標準状態における湿り排ガス流量（$\mathrm{Nm^3/h}$）

G_{N}：　燃料単位量当たりの標準状態における湿り排ガス量［$\mathrm{Nm^3/kg}$（固体又は液体燃料），$\mathrm{Nm^3/m^3}$（気体燃料）］

W：　1時間当たりの燃料消費量［kg/h（固体又は液体燃料），$\mathrm{m^3/h}$（気体燃料）］

b.　乾き排ガス流量の求め方

乾き排ガス流量は，**a.**で求めた湿り排ガス流量から，式(3)によって求める。

$$Q'_{\mathrm{N}} = Q_{\mathrm{N}}\left(1 - \frac{x_{\mathrm{w}}}{100}\right) \qquad (3)$$

ここに，　Q'_{N}：　標準状態における乾き排ガス流量（$\mathrm{Nm^3/h}$）

Q_{N}：　標準状態における湿り排ガス流量（$\mathrm{Nm^3/h}$）

x_{w}：　排ガス中の水蒸気の体積分率（%）

2.4　排ガス中の汚染物質の測定

ベトナムでは、産業排ガス登録インベントリ通達により、産業活動から排出される大気汚染物質（ばいじん、SO_2 等）の排出量インベントリの作成を行う予定となっている。対象となる企業は排ガス中の汚染物質の量を正しく把握し、それを国に届け出ることが義務化される。自らが排出する汚染物質の量を知るためには、排ガス中の汚染物質の濃度と排ガス量を正しく把握する必要がある。

ここでは、排ガス中の汚染物質の測定の基礎となる排ガス採取方法や、主な汚染物質である、ばいじん（ダスト）、SOx、NOx の測定方法について説明する。

2.4.1　排ガス採取方法

排ガス測定はダクトから排ガスを吸引し、吸収瓶や真空ビン等に目的の汚染物質（SOx、NOx 等）を吸収又は採取し、その試料を試験室に持ち帰り、分析機器や化学分析法で測定する方法（マニュアル測定法）と、採取したガスをその場で直接、計測器に導入し、物質特有の発光や光吸収等の物理化学的手法を利用した計測器で連続的に測定する方法（自動連続測定法）がある。

排ガスの採取法は、ダクトから吸引した排ガスを測定する方法（吸引採取方式：extraction measurement）と吸引せず、ダクト内において、光吸収等の原理によりその場で測定する方法（非吸引採取方式:：*in situ* measurement）の 2 通りがある。

排ガス中のガス成分の濃度は、排ガスを吸引採取し、排ガスに含まれる汚染物質の質量と吸引したガスの体積から算出するため、排ガスの採取量、温度、圧力の測定も同時に行う必要がある。排ガス中の粒子（ばいじん（ダスト））を測定する場合は、排ガスの流速と同等の流速で排ガスを吸引（等速吸引）して、フィルターにダストを捕集する必要がある。ガス状物質の場合は等速吸引の必要はない。

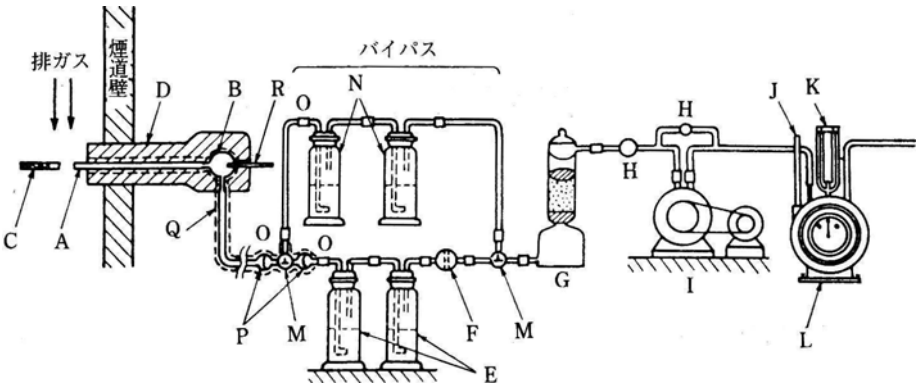
(1) マニュアル測定法における排ガス採取概要

吸収瓶を用いた排ガス採取法の構成を図 2-4 に示す。採取管（プローブ）－導管―吸収瓶―除湿部分―ガス吸引ポンプ―積算流量計（圧力･温度計付き）の順に構成される。

吸引採取方式の場合、ダクトから排ガスを採取するプロセスが、測定の正確さを大きく左右する。特に燃焼排ガスは室温より高いため、水分の凝集が起こる。それを防ぐために採取ラインを加熱するなどの工夫が必要である。プローブの先端には、ダストを除去するためのろ過材を充填する。また、プローブから吸収瓶までの導管は酸露点の高いガスの凝

集による目詰まりを防ぐために加熱する必要がある。また、排ガス中には目的ガス以外にも測定値に影響を与える様々なガス（干渉成分）が存在する。試料採取部に使用される配管などの腐食等も注意する必要がある。

排ガスの採取は、始めに、バイパスを通じて配管中を排ガスで置換し、その後、吸収瓶に排ガスを所定の吸引量に達するまで吸引する。吸引速度は 1~2 L/min 程度で行う。測定の際は、積算流量計で吸引ガス量を測定する。積算流量計は湿式ガスメータ及び乾式ガスメータの二種類がある。湿式ガスメータを用いる場合は、排ガス量の計算の際に飽和水蒸気の補正が必要である。また、濃度算出の際に、標準状態に換算するため、測定時の温度と圧力を記録しておく。



A：試料ガス採取管（長さ1000～2000mm，直径約20mm）
B：アダプター
C：ろ過材
D：保温材
E：吸収瓶(上向きろ過板G2付き，容量150～250m*l*)
F：ガラスフィルター（G4）
G：ガス乾燥塔(粒状シリカゲル)
H：流量調節コック
I：密閉式吸引ポンプ（0.5～5*l*/min）
J：温度計
K：圧力計
L：湿式ガスメーター（1回転1～5*l*）
M：三方コック
N：バイパス用洗浄瓶（Eと同様のもの）
O：ケイ素ゴム管
P：球面すり合わせ
Q：ヒーター
R：温度計

図 2-4　吸収瓶を用いた排ガス採取法の構成例

(2)　試料ガス採取量の算定

試料ガス採取量(V_{SD})は、次の式(1)又は式(2)によって標準状態（25℃,101.32 kPa）の乾きガス量で算出する。

a.湿式ガスメータを用いたとき

$$V_{SD} = V \times \frac{273.5}{298.5+t} \times \frac{P_a+P_m-P_V}{101.32} + 22.4(a+b) \qquad (1)$$

b.乾式ガスメータを用いたとき

$$V_{SD} = V \times \frac{273.5}{298.5+t} \times \frac{P_a+P_m}{101.32} + 22.4(a+b) \quad (2)$$

ここで、

V_{SD}：乾きガス量（L）、

V：ガスメータで測定したガス量（L）

t ：ガスメータにおける温度（℃）、

Pa：大気圧（kPa）、

Pm：ガスメータにおけるゲージ圧（kPa）

P_V：t℃における飽和蒸気圧（kPa）

a*):吸収液に捕集された分析対象成分ガス(mol)

b*):吸収液に捕集された分析対象成分ガス以外のガス(mol)

*) は無視してよい場合が多い。

(3) 連続測定法の排ガス採取概要

連続測定器を用いた排ガス採取法は、プローブ－導管－前処理部－分析計の順に構成される（図 2-4）。導管は水分や露点の高いガスによる目詰まりを防ぐため、保温又は加熱する。SO_2 の連続測定では酸露点以上（150℃以上）に加熱が必要である。通常、連続測定用の一定容量加熱ヒーター、導管、断熱材が一体化された加熱用導管が使用されている。

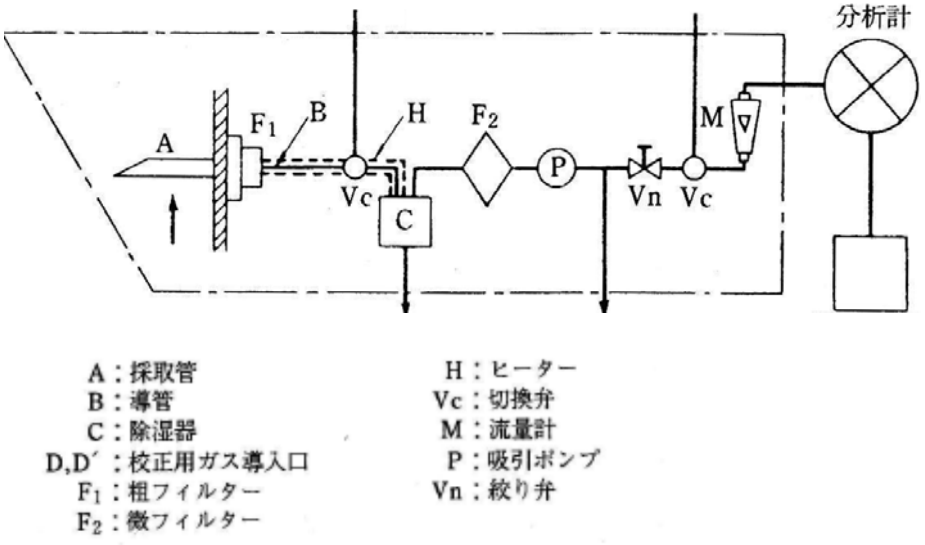


図 2-4　連続測定器の排ガス採取法の構成例

(4) 排ガス採取位置

排ガスの採取位置としては、ダクトの屈曲部分、断面形状の急激に変化する部分などを避け、排ガスの流れが比較的一様に整流され、作業が安全かつ容易な場所を選ぶ。だたし、空気のダクトへの漏れ込みの著しいところ、及びダクト内にダストが堆積しているところは避ける。

(5) 排ガス採取点

測定位置に選んだダクトの測定断面の形状及び大きさに応じて、断面を適当数の等面積に区分し，その区分面積ごとに測定点を選ぶ。断面において、濃度に変化がない場合は代表点での測定が可能である。ベトナムでは測定点の数は US EPA Method 1 の規定を参照するようになっている。

(6) 排ガス採取口

採取口は、ダクト内の排ガスに対してほぼ直角に採取管を挿入できるような角度とする。図 2-5 に採取口と足場の位置を示す。

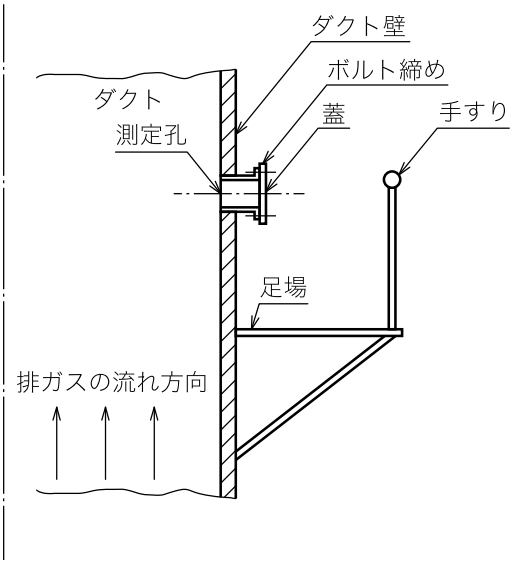


図 2-5　排ガス採取口

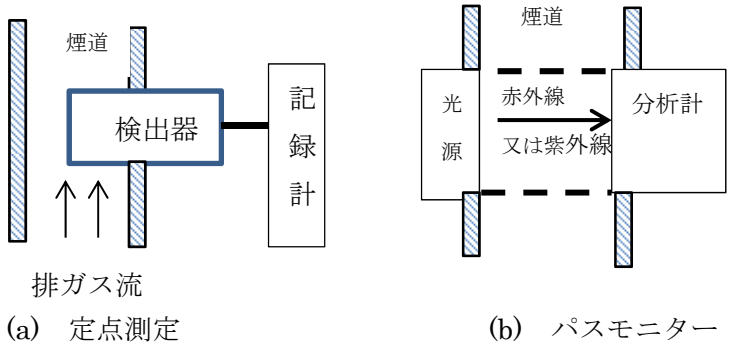
(7) 排ガス採取に使用する配管の材質

採取管、導管、接手管及びろ過材の材質は、排ガスの組成、温度などを考慮して、化学反応、吸着作用、腐食性などがないものを選択する。また、排ガスの温度や流速に対して、十分な耐久性や機械的強度を保てるものを選ぶ。

(8) 非採取法（*in situ* measurement）

非採取方式は連続測定法であり、試料ガスを採取せずに、検知部を一次ろ過材で保護し

た後、排ガス流に暴露させ測定するタイプ（(a)定点測定）と赤外線又は紫外線をダクト内に貫通させて、その変化量から分析対象成分濃度を測定するタイプ（(b)パスモニター）がある（図 2-6）。



(a)　定点測定　　(b)　パスモニター

図 2-6　非採取法の構成例

2.4.2　汚染物質の化学測定法（マニュアル測定）

(1)　硫黄酸化物の測定

a.　各種測定方法

2.4.1(1)の排ガス採取方法を用いて、排ガス中の硫黄酸化物（SO_2＋SO_3）を吸収液に吸収させ、その吸収液を各種測定法にて分析する。化学分析方法の種類と吸収溶液、定量範囲について以下の表 2-4 に記載する。

表 2-4　SOx の化学分析法及び概要　（対象成分：SO_2＋SO_3）

分析法の種類	測定法の概要			
	要旨	試料採取	定量範囲（ppm）	備考
イオンクロマトグラフ法	試料ガス中の SOx を過酸化水素水に吸収させた後、イオンクロマトグラフ法で測定。	吸収瓶法 吸収溶液：過酸化水素水(1%～10%)（25mL×2 本又は 50mL×2 本） 標準ガス採取量 20L	0.5～58[1)] 12~290[2)]	試料ガス中に硫化物などの還元性ガスが高濃度共存すると影響がある。
沈殿滴定法（アルセナゾⅢ法）	試料ガス中の SOx を過酸化水素水に吸収させた後、2-プロパノールと酢酸とを加え、アルセナゾⅢを指示薬として酢酸バリウム溶液で滴定。	吸収瓶法 吸収液：過酸化水素水(10%)（50mL×2 本） 標準ガス採取量 20L	140～700[2)]	

注）[1)]は排ガスを通した吸収液 50mL を 100mL に定容して測定した場合。

[2)] は排ガスを通した吸収液 100mL を 250mL に定容して測定した場合。

b. SO_2 濃度算出方法

排ガス中の SOx を吸収溶液に吸収し、SO_4^{2-}に変換し、a.の方法で吸収液中の SO_4^{2-}を定量する。試料ガス中の SOx の濃度は以下の式で算出する。

$$C_w = \frac{0.667 \times (a-b) \times v}{V_s} \times 1000$$

ここで、

C_w：試料ガス中の硫黄酸化物を SO_2 として表した時の質量濃度（mg/m^3）

a：吸収液を測定した際の SO_4^{2-}の濃度（mg/mL）

b：空試験で求めた SO_4^{2-}の濃度（mg/mL）

v：全量フラスコ容量（mL）

V_s：2.4.1 (2)の方法で算出した標準状態の試料ガス採取量（L）

0.667：SO_4^{2-}の 1mg に相当する SO_2 の質量（mg）

(2) NOx の測定

a. 各種測定方法

NOx の測定は、真空フラスコ（１L）（図 2-7）、注射筒（500mL 又は 200mL）を用いて試料採取を行う。

真空フラスコで採取する場合は、シリンジ又はピペットを用いて、表 2-5 の分析法ごとに規定された吸収溶液（20mL）をフラスコに入れ、図 2-8 に示すようにサンプリングラインに設置する。真空ポンプで、真空フラスコ内の吸収溶液が沸騰するまで真空フラスコ内を減圧した後、排ガスを導入する。排ガス採取後、真空フラスコを取り外し、オゾン発生装置で発生させたオゾンを含む酸素を導入し、NOx を硝酸イオンとして吸収溶液中に溶解させる。

注射筒の場合は、排ガスを吸引した後、吸収液及びオゾンを導入し、NOx を硝酸イオンとして吸収溶液中に溶解させる。この吸収溶液を各種測定法で測定する。

NOx の分析方法は JIS K 0104、US EPA method7（NEDA 法）に詳細が記載されているので参考にしてほしい。化学分析方法の種類と吸収溶液、定量範囲について表 2-5 に記載する。

表 2-5　NOx の化学分析法及び概要　（対象成分：NO＋NO_2、NO_2）

分析法の種類	測定法の概要			
	要旨	吸収液	定量範囲（ppm）	備考
亜鉛還元ナフチルエチレンジアミン吸光光度法(Zn-NEDA 法)	試料ガス中のNOxをオゾンで酸化し、吸収液に吸収させて、硝酸イオンとする。亜鉛粉末で亜硝酸イオンに還元した後、スルファニルアミド及びナフチルエチレンジアミン溶液を加えて発色させ、波長 545nm の吸光度を測定する。	真空フラスコ法又は注射筒法 吸収液：硫酸(0.005M)を 20mL	真空フラスコ法 1~50 注射筒法： 5~250	
ナフチルエチレンジアミン吸光光度法（NEDA 法)	試料ガス中のNOxをアルカリ性吸収液に吸収させて亜硝酸イオンとし、スルファニルアミン溶液を加えて発色させ、波長 545nm の吸光度を測定する。	真空フラスコ法又は注射筒法 吸収液：アルカリ性過酸化水素―ギ酸ナトリウム溶液を 50mL	真空フラスコ法 3~500 注射筒法： 7~1200	
イオンクロマトグラフ法	試料ガス中のNOxをオゾン又は酸素で酸化し、吸収液に吸収させ硝酸イオンとする。これをイオンクロマトグラフ法で測定する。	真空フラスコ法又は注射筒法 吸収液：硫酸(0.005M)―過酸化水素水（1%）を 20mL	真空フラスコ法 4~1400 注射筒法： 19~7200	
フェノールジスルフホン酸吸光光度法(PDS 法)	試料ガス中のNOxをオゾン又は酸素で酸化し、吸収液に吸収させて硝酸イオンとし、フェノールジスルホン酸を加えて発色させ、波長 400nm の吸光度を測定。	真空フラスコ法又は注射筒法 吸収液：硫酸(0.05M)―過酸化水素水(1%)を 20mL	真空フラスコ法 10~300 注射筒法： 12~4200	試料ガス中のハロゲンガスの影響を受ける。
ザルツマン吸光光度法	試料ガス中の NO_2 を吸収発色液に通して発色させ、545nm の吸光度を測定する。	吸収瓶法 吸収発色液：スルファニル酸-ナフチルエチレンジアミン酢酸溶液を 25mL	5~200	試料ガス中の NO の影響を受ける。

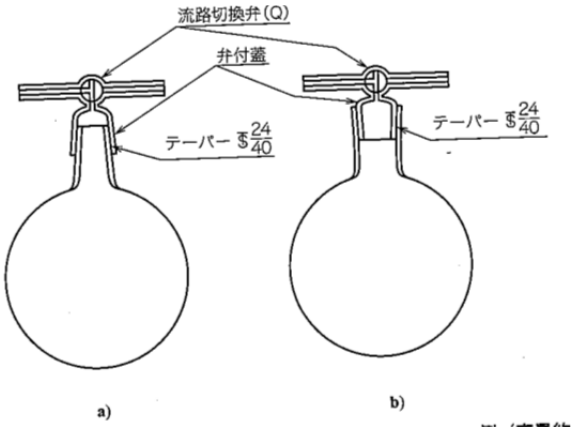
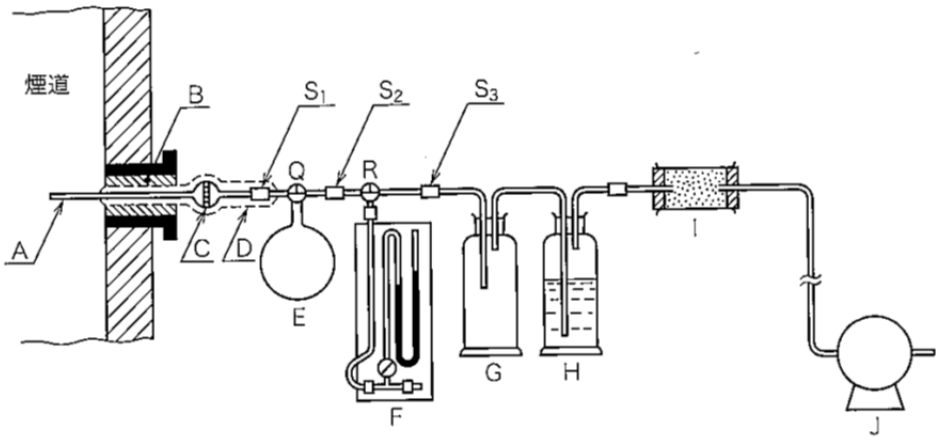


図 2-7 真空フラスコの例



A：試料ガス採取管　B：保温剤　C：ろ過材　D：ヒーター　E：真空フラスコ
F：水銀マノメーター　G：空瓶(逆流防止用)　H：洗浄瓶（NaOH 溶液 40g/L）
I：乾燥管（乾燥材は塩化カルシウムやシリカゲルを用いる）　J： 吸引ポンプ
Q and R：逆流切換弁　S_1, S_2 and S_3：シリコーンゴム管

図 2-8　NOx 測定の試料採取法の構成例

b.　NOx 濃度算出方法

NEDA 法を用いた場合の、排ガス中の NOx の濃度は以下の式で算出する。

$$C_w = \frac{V}{V_s} \times \frac{100}{V'} \times 10^6$$

ここで、

C_w：試料ガス中の窒素酸化物の質量濃度（mg/m^3）

V：検量線から求めた NO_2 の質量(mg)

V'：分析用試料溶液の採取量（20 mL）

V_s：試料ガス採取量（L）

(3) ばいじん（ダスト）の測定

a. ダストの採取方法

排ガス中のばいじん（ダスト）の採取方法は、ガス状物質のものとは異なる。何故ならば、粒子は採取管先端でガス流が乱れたり、方向が変換された場合、その慣性のためガスの流れに追随できず、排ガス濃度と異なる濃度で採取管に導かれるからである。そのため、ダスト測定の場合は、排ガスの流速と同じ速度でガスを吸引する（等速吸引）。等速吸引をするためには、事前に排ガスの流速を 2.2(2)に従い測定し、求めておく。

測定点は測定位置に選んだダクトの測定断面の形状及び大きさに応じて、JIS Z 8808 や US EPA method 5 の規定に従い、適当数の等断面積に区分し、その区分面積ごとに測定点を選定する。

図 2-10 に試料採取装置の構成例を示す。測定システムは粒子を捕捉するフィルターをダクト内に設置する方法（1 型）と、ダクトの外に設置して測定する方法（2 型）の、２つの方法がある。1 型は図 2-10 に示すように、ダスト捕集器―導管―SO_2 吸収瓶―ミスト除去―排ガス吸引ポンプ―面積流量計―積算流量計の順で構成する。図 2-11 に 2 型の構成を示す。この場合、ダスト捕集フィルター及び継手、導管部分等をすべてリボンヒータ等で保温し、水分の凝集等を防ぐ必要がある。ダスト捕集器以降の構成は 1 型と同様である。

一定流量排ガスを吸引後、フィルターに付着した粒子質量を電子天秤で 10mg の桁まで秤取り、その値と排ガス採取量より、排ガス中のダスト濃度を求める。

図 10-12 に円筒ろ紙を用いるダスト捕集器と、円形ろ紙を用いたダスト捕集器を示す。

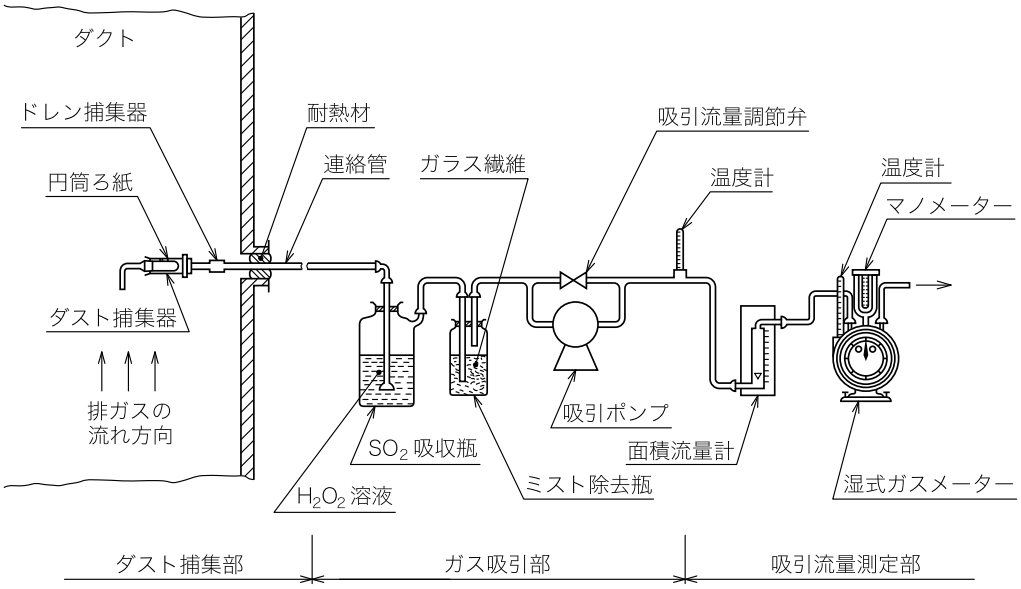


図 2-10　ダスト測定の試料採取装置（1 型）の構成例

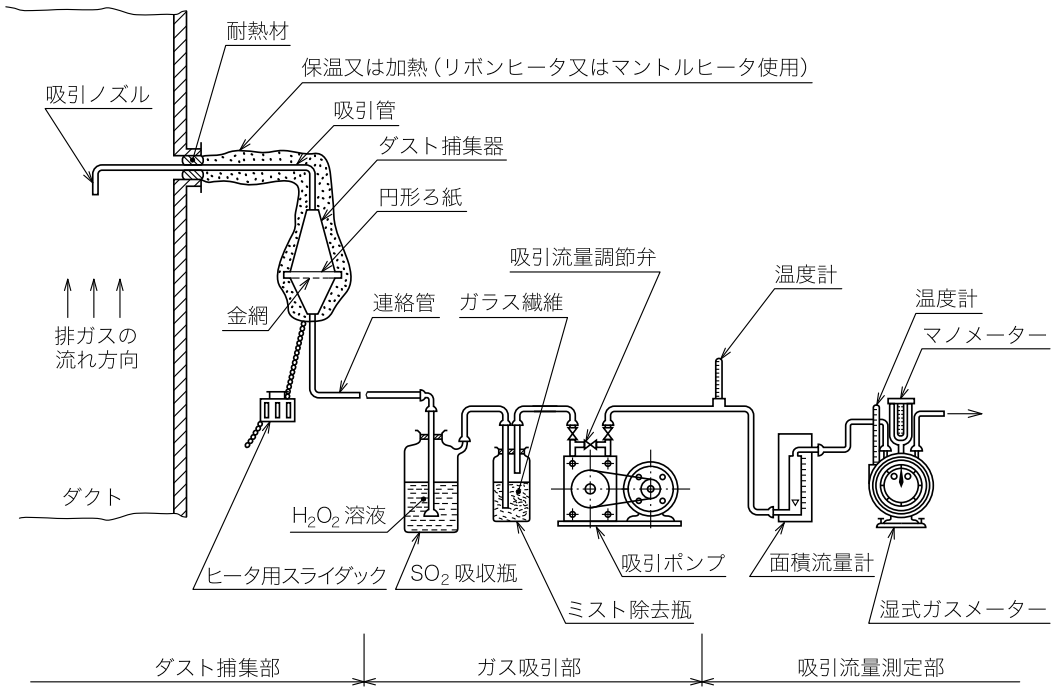
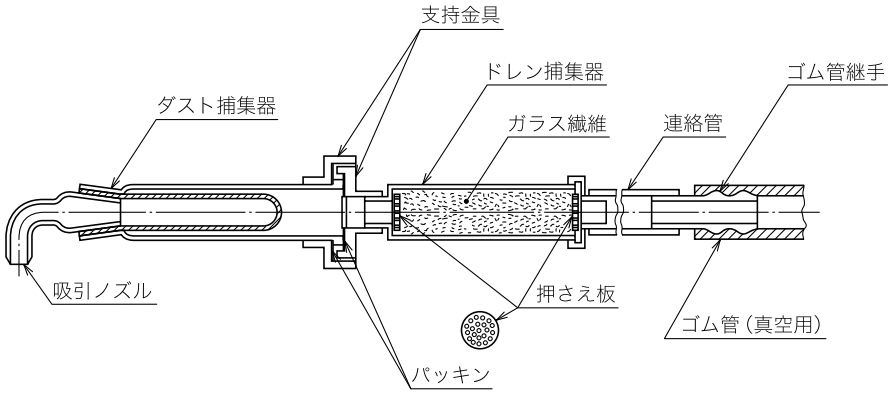
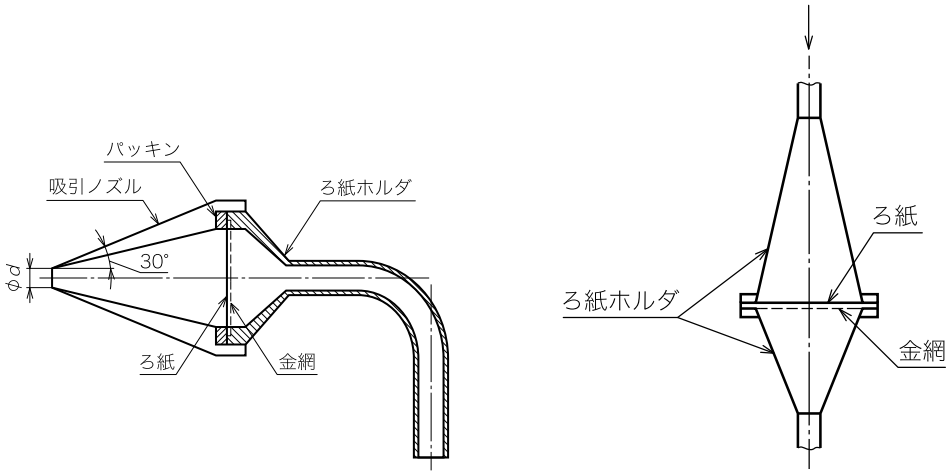


図 2-11　ダスト測定の試料採取装置（2 型）の構成例



(a) 円筒ろ紙を用いるダスト捕集器　（1 型用）



(b) 円形ろ紙を用いるダスト捕集器　(1 型用)　　(2 型用)

図 2-12　ダスト捕集器の構成例

b.ダスト濃度の計算方法

各測定点での乾き排ガス中のダスト濃度は、標準状態（298.15K(25℃),101.23kPa）に換算した乾き排ガス 1 m^3 中に含まれるダストの質量で表し、次の式(1)により求める。

$$C_N = \frac{m_d}{V_N'} \qquad (1)$$

ここで、

C_N：標準状態における乾き排ガス中のダスト濃度（g/Nm^3）

m_d：捕集したダストの質量（g）

V_N'：標準状態における吸引した乾き排ガス量（Nm^3）

2.5　自動測定法

ベトナムでは、2015 年 1 月 1 日施行の改定環境保護法（Law No.55/2014/QH13）及び 2015 年 6 月 15 日施行の廃棄物とスクラップ管理に関する政令（Decree No.38/2015/ND-CP）で、大規模発生源における大気汚染物質の連続排ガスモニタリングが義務付けられた。

工場では、設備の一部として、設備会社が各種連続測定モニタリング計を設置する場合があるが、正確なデータを得るためには、配管等に関していくつかの留意点がある。また、設置後の維持メンテナンスも重要である。ここでは、各種の自動計測器の原理や定期的な校正等の維持メンテナンスについて説明する。

（参考）連続排ガス測定システムは CEMS（Continuous Emission Monitoring System）と呼ばれる。これは米国式の呼び方であり、欧州や ISO の規格では AMS（Automated Measuring System）と呼ばれる。

2.5.1　排ガスの連続測定

排ガスの連続測定には、ダクトからガスを吸引し、配管で地上の小屋に設置されている測定器に導入し、連続測定する場合と、ダクト内に光を直接透過、散乱させることで測定する非採取法がある。排ガス中のダストの連続測定においては、採取法で行った場合、粒子が配管に付着するおそれがあるため、非採取のみの方法しかない。

連続測定は濃度の変動を確認するには良い方法であり、特に排ガス中の濃度が変動するようなガスのモニタリングに適している。しかし、光等の物理現象を用いた自動計測器であるため、精度を保つためには、定期的な標準ガスによる校正や、フィルターの交換等のメンテナンスが重要である。また、ダクトから計測器までの距離が長くなるので、配管を露点や酸露点以上に加熱又は加温して、水分等の凝集や目的ガスの配管への付着等を防ぐことが重要である。また年に数回、施設点検時等にマニュアル法との比較を行い、測定値の確認を行うことを推奨する。測定装置のマニュアル等に書かれた保守点検項目を遵守するように、点検ノートなどを作成し、管理をすることを推奨する。

(1) 二酸化硫黄自動計測器

ダクト（煙道）から排ガスを吸引採取して連続的に測定する SO_2 自動測定法は、a）溶液導電率方式、b）赤外線吸収方式、c）紫外線吸収方式、d）紫外線蛍光方式がある。表 2-6 に各測定方式に対する測定レンジ及び適用条件を記す。また、付録 2 に SO_2 自動測定器の一般的な性能基準を記載する。

表 2-6　SO_2 自動測定器の測定レンジと適用条件（標準状態：25°C、1 気圧）

測定方式	測定レンジ		適用条件
	ppm	mg/Nm³	
溶液導電率方式	0~25 から 0~3,000	0~66 から 0~7,860	共存する CO_2、NH_3、HCl、NO_2 の影響を無視できる場合又は影響を除去できる場合に適用する。
赤外線吸収方式	0~25 から 0~3,000	0~66 から 0~7,860	共存する水分、CO_2、炭化水素の影響を無視できる場合又は影響を除去できる場合に適用する。
紫外線吸収方式	0~25 から 0~3,000	0~66 から 0~7,860	共存する NO_2 の影響を無視できる場合又は影響を除去できる場合に適用する。

(2) 窒素酸化物自動計測器

窒素酸化物の自動測定法は、①化学発光方式、②赤外線吸収方式、③紫外線吸収方式、④差分光吸収方式（Differential Optical Absorption Spectrometry: DOAS）がある。①は NO とオゾン（O_3）との反応により生成した励起状態の NO_2* が基底状態に戻るときの発光を測定し、濃度に換算する。NO_2 を測定する場合は、コンバータを用いて NO_2 を NO に変換してから測定する。②は NO の 5.3 μ m の赤外吸収を測定し、濃度に換算する。この方法は、水分や二酸化炭素の影響を受けやすい。NO_2 を測定する場合は、①と同様にコンバータを用いて、NO_2 を NO に変換する。③は NO の紫外領域（195～225nm 付近）の光吸収と、NO_2 の紫外領域（350～450nm 付近）の吸収を測定し、濃度に換算する方法である。NO の紫外吸収は NO_2 と SO_2 の紫外領域と重なるため、複雑な多成分解析を行い、濃度を算出する。表 2-7 に各測定方式に対する測定レンジと適用条件を記載する。また、付録 2 に NOx 自動測定器の一般的な性能基準を記載する。

表 2-7　NOx 自動計測器の種類、測定レンジ及び測定対象成分（標準状態：25ºC、1 気圧）

測定方式	測定レンジ			測定対象物	適用条件
	NO (ppm)	NO (mg/Nm^3)	NO_2 (mg/Nm^3)		
化学発光方式	0~10 から 0~2,500	0~12.5 から 0~3,075	0~18.8 から 0~4,700	NO NOx	共存する CO_2 の影響を無視できる場合又は影響を除去できる場合に適用する。
赤外線吸収方式	0~10 から 0~2,500	0~12.5 から 0~3,075	0~18.8 から 0~4,700	NO NOx	共存する CO_2、SO_2、水分、炭化水素の影響を無視できる場合又は影響を除去できる場合に適用する。
紫外線吸収方式	0~50 から 0~2,500	0~12.5 から 0~3,075	0~18.8 から 0~4,700	NO NO_2 NOx	共存する SO_2、炭化水素の影響を無視できる場合又は影響を除去できる場合に適用する。

(3) ダスト濃度自動計測器

排ガス中のダスト濃度の連続測定法には、光散乱式、光透過式及び摩擦静電気検出式に基づくものが用いられている。ダスト濃度の自動測定器は、規制のための排ガス測定だけでなく、電気集じん器（ESP）やバグフィルターの運転管理にも利用されている。表 2-8 に各測定方式の概要を説明する。

表 2-8 ダスト濃度自動計測器の概要

測定方式	測定法の概要	備考
光散乱式	煙道から吸引された排ガス中のダスト粒子に測定光を投射した時,、スト粒子により測定光が吸収散乱される。その散乱光強度が、ダスト濃度に比例する性質を利用している。	等速吸引法の測定値に近い値になるので、ダスト濃度の公害用連続測定器として活用されている。
光透過式（オパシティ）	排ガス中に測定光を投射すると、ダクト内を流れるガス中のダスト粒子により、その一部が遮光され、元の光量が減衰し受光素子に到達する。受光した光エネルギーを測定して、ダストの相対濃度を求める方法である。投光器と受光器を排ガスダクトに対向して直接取り付ける方法がほとんどであるが、煙道から排ガスの一部を吸引して、煙道外部に設けられた測定光路に導いて測定する方法もある。	光軸調整が困難などの難点はあるが、装置は一般に比較的安価で、手軽にダストの状況をモニタリングできるのが利点である。
摩擦静電気検出式	2 つの固体粒子が接触すると、粒子間で電荷の移動が起こる。この電荷の移動は、摩擦静電気あるいは接触帯電として知られている。排ガス中にプローブ状のセンサーを挿入し、粒子がセンサーに衝突又は近くを通過すると、電荷の移動が起こり、発生する電流の大小によってダストの相対濃度を求める。	この計測器は,流速により測定値が変動するが、ダストのオンライン監視装置としては設置工事が容易で保守性に優れている。ESP 出口ではダストが荷電を持っているため、この方式は濃度が大きくなる。水分の影響を受けやすい。バグフィルターの破損監視には十分に適用できる。

(4) 多成分同時連続モニタリングの例

典型的な連続排ガスモニタリングでの多成分同時測定の例を図 2-13 に示す。

一般に、CEMS による排ガス測定は、除じん、脱硫などの処理を終了した最終段階の排ガスに対して実施されるが、脱硫処理の状態や効率をモニターするために脱硫装置の前後の SO_2 濃度を計測する場合もある。ダスト測定器、一部の酸素濃度測定器、流量計及び温度計などのセンサーは煙突又はダクト部分に直接設置され測定値の信号が計装部に送られる。一方、SO_2、NOx、CO 等のガス状の大気汚染物質は、煙突又はダクトに開けられたサンプリング孔（フランジ）から排ガスそのものを配管で地上の小屋に設置された測定器に導入して測定する。地上の測定小屋には、安定した電源、空調及び定期的な校正（キャリブレーション）に使う高圧容器（シリンダー）詰めの標準ガスが用意される。

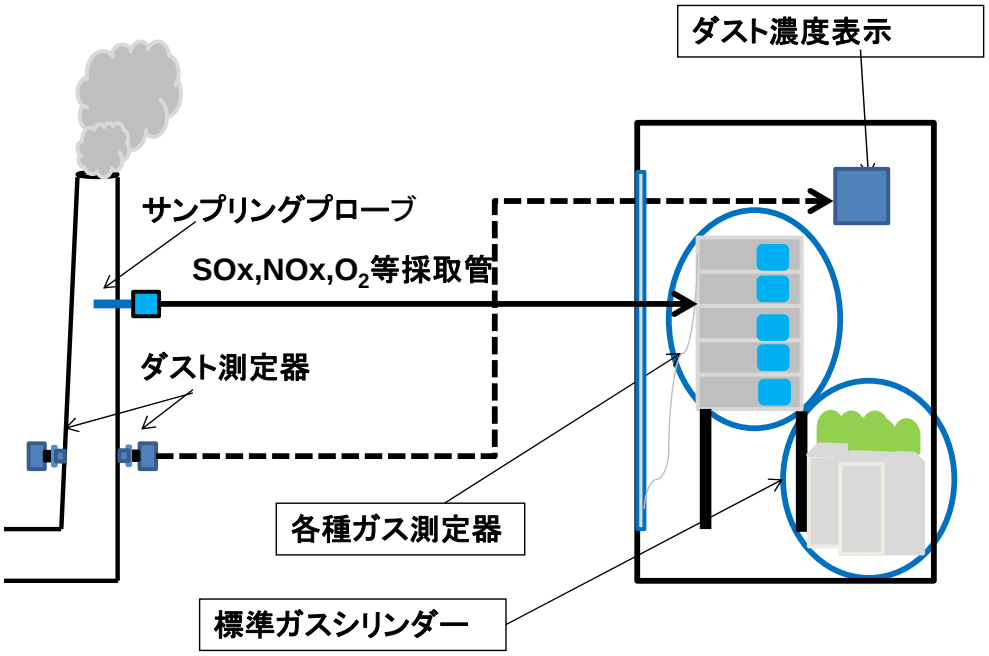


図 2-13 CEMS による多成分同時測定の例

煙突の中段で排ガスの流れに乱れがない鉛直部分に作業プラットフォームを設け、CEMS に必要なダスト測定器、流量計などのセンサー及び排ガス採取部を設置した理想的な例を図 2-14 に示す。

図 2-14　煙突中段へのセンサー部及び採取部設置例

ベトナムの排出基準では、濃度を比較する際の基本になる標準状態を 25°C、1 気圧と規定しており、単位は mg/Nm³ である。測定機器による測定結果が体積比（ppm）で表示される場合があり、これを 25°C、1 気圧における質量濃度（mg/Nm³）に変換する場合は以下の式による。

化合物の濃度を C（ppm）とすると。

0℃、1 気圧（101.32 Pa）の場合

化合物の質量濃度（mg/Nm³）＝C×（化合物の分子量）/22.4

25℃、1 気圧（101.32 Pa）の場合

化合物の質量濃度（mg/Nm³）＝C×（化合物の分子量）/[22.4×｛(273+25）/273｝]

2.5.2　自動計測器の維持管理

ベトナムでは、2005 年以降に建設されたほとんどの火力発電所には CEMS が取り付けられている。CEMS を正常に運転し、正確なデータを取得するためには、定期的な校正や維持管理が必要不可欠である。ここでは、ベトナムでよく見受けられる CEMS の故障原因とその対策について記載する。

(1) 定期的な校正

計測器は時間の経過とともに、ゼロやスパンドリフトが起こり、正確な値が測れなくな

る。このため、2.1(2)(b)の自動計測器の校正と同様の手順で、ゼロガス及びスパンガスを用いて、定期的に計測器の校正を行うことが必要である。

(2) サンプリングの注意点

ダクト中に設置した排ガス採取プローブから自動計測器までの配管の適切な設計は、正確な測定値を得るために大変重要である。排ガス中の汚染物質の濃度、測定における妨害成分、水分量、ダスト濃度などを考慮し、適切な除去処理等を行う必要がある。特に以下の点について考慮する必要がある。

a) 配管内で水分が凝結すると故障の原因となる。また、測定物質が水分に吸収され、真の濃度より低い値になる場合がある。このため、配管内で水分が凝結しないように適切に配管を加熱する。自動計測器の性能に応じて排ガスの除湿をどの程度まで行うか検討する。

b) 共存する妨害物質の影響により異常値を示す場合がある。自動計測器のマニュアルを良く確認し、妨害物質について確認し、マニュアルに従い、メーカー推奨の除去フィルター等を設置するなど適切な処理を行う。

c) 湿度により自動計測器の電子基盤の故障が起きやすいので、測定小屋内の温度、湿度を適正に設定する。

d) 配管のつなぎ部分からのガス漏れ又はガスの侵入による異常値に注意する。配管を設置したら、リークチェックを行う。

e) 定期点検や部品の取り換えを適切に行う。CEMS は、工場全体が保守点検を行う期間を除いて、24 時間、365 日連続で作動し続ける。ポンプ部、弁の部分、切り替えスイッチ、光源部などの定期的な交換が必要な部品がある。

（注）プラント建設の請負業者、またはその下請けが測定機器を単体で購入し、設置した場合は価格が安くなるが、測定に関する知識がないため、上記の注意点が守られない場合が多いので、自動計測器の設置は CEMS の測定機器メーカーに依頼するか、または知識のある業者に依頼することを推奨する。

(3) CEMS の維持管理に必要な費用

CEMS は上述したように、設置すれば常に正しい値が得られるわけではなく、適切な維持管理を行うことが必要となるため、部品交換等の維持管理のための費用を見積もっておく必要がある。CEMS の維持管理費用は、装置購入後、１～3 年は毎年測定器購入価格の10%程度がかかり、その後は使用状況にもよるが、部品の交換などでもう少し費用が必要と

なる。十分な維持管理を行えば、10 年～15 年程度は使用することができる。

3 章　ダスト、SO_2 及び NOx の排出管理

3.1　大気汚染対策のアプローチ

大気汚染対策のアプローチは３つある。それは、排出した汚染物質の拡散度の改善、生産工程における汚染物質の排出減少、エンドオブパイプでの処理である。

3.1.1　拡散度の改善

この方法は一番歴史がある方法で、大気汚染制御対策の中で最も実施しやすいものである。この方法の哲学は「希釈は公害の解決」である。その目的は、発生源に近い住宅地、工事現場、農地などの対象を守ることである。この方法では環境中への排出量を減らすことはできないが、それらを「希釈」して、対象が直接暴露される濃度を薄めることができる。この方法は以下のとおり実施する。

・高煙突の使用
・排出の断続
・工場移転

3.1.2　生産工程における排出減少

この方法は大気汚染制御を実施する際に、最初に検討すべき方法である。この方法の目的は、発生源において汚染物質の排出をできるだけ少なくすることである。このことは下記のように、工程変更や汚染予防によって実施することができる。

・投入する原燃料の改質
・投入する原燃料の変更
・汚染物質の排出を減少するための生産工程の変更とエネルギーの効率の向上
・原材料のリサイクル
・再生エネルギーの増強

例えば、石炭中に含まれる硫黄を取り除く（処理する）ことにより SO_2 の排出を減少させることができる。石炭の中の硫黄は、主に有機と無機の２つの形態で含まれる。無機の硫黄は一般的に黄鉄鉱(FeS_2) の粒の形態で存在している。この黄鉄鉱の粒は重力選鉱により、取り除くことができる。石炭中の S の総量のうちの黄鉄鉱の割合は、石炭の種類、産出鉱山により異なるが、一般的に約 40%である。上記に記載した方法を使えば、石炭中の S 分の総量を約 1/3 を減らせば、排出源における SO_2 の発生も約 1/3 程度減らすことができる。

3.1.3　エンドオブパイプにおける処理

上記の２つの方法を実施した後にも、大気汚染制御の程度がまだ十分でない場合には、いわゆるエンドオブパイプにおける排ガス処理を実施しなければならない。排ガスの下流における処理の技術は図 3-1 のようにまとめられる。

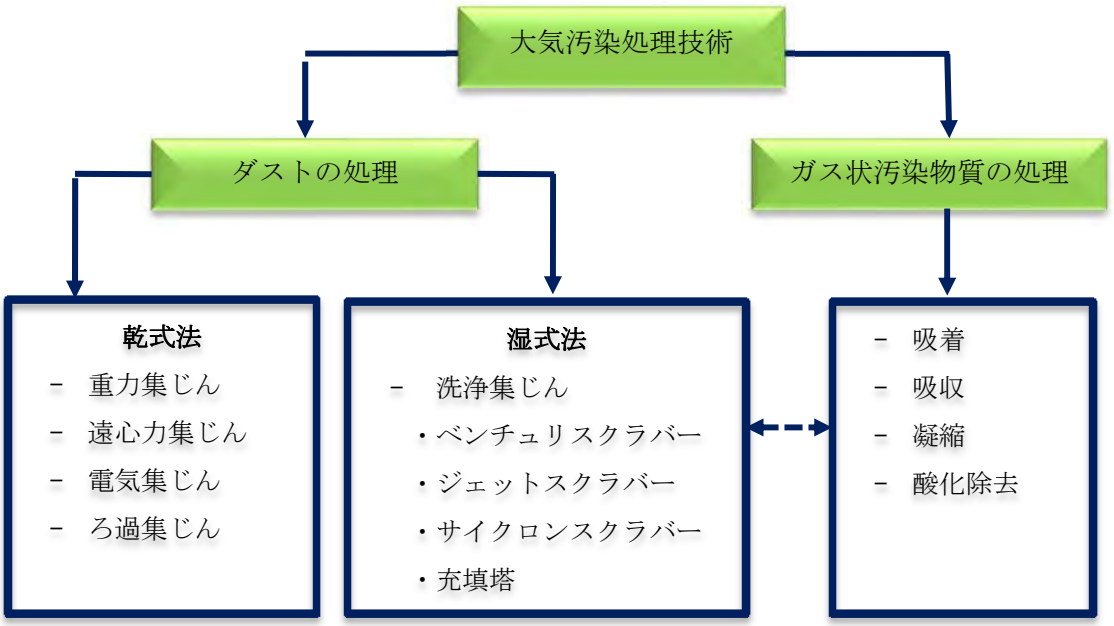


図 3-1　大気汚染処理技術の分類

ダスト、SO_2、NOx などに対する処理方法については、引き続き本章の次節において詳細に紹介することとする。

3.2　集じん技術

3.2.1　集じん装置の分類

煙などの汚染ガスから固体や液体の粒子を分離し、捕集する集じん装置はおおむね次のように分類される。

(a) 重力集じん装置

重力集じん装置は、含じんガス（汚染ガス）中に含まれる粒子を、重力の作用による自然沈降によって分離する集じん装置である。

(b) 慣性力集じん装置

慣性力集じん装置は、含じんガスを各種の障害物に衝突させ、あるいは含じんガス流の急激な方向転換を行い、粒子の慣性力を利用して分離し捕集する集じん装置である。

(c) 遠心力集じん装置

遠心力集じん装置は、含じんガスを旋回運動させ、粒子に遠心力を作用させることにより、ガスから粒子を分離し捕集する集じん装置である。

(d) 洗浄集じん装置

洗浄集じん装置は、含じんガスを水滴や他の液滴、又は液膜などと接触させ、粒子を洗浄液の中に取り込んで分離し捕集する集じん装置である。

(e) ろ過集じん装置

ろ過集じん装置は、含じんガスをろ過媒体を通して粒子を分離し捕集する集じん装置である。ダストをろ過材内部で分離する方式とろ過材の表面で分離する方式の2つの方式がある。

(f) 電気集じん装置

電気集じん装置は、排ガス中のダスト粒子を帯電させ、これを静電気力により集じん電極に捕集する集じん装置である。

これらの集じん装置のうち、水や他の液体を用いて粒子を捕集するものを湿式集じん装置と呼び、液体を用いずに乾燥した固体粒子のまま捕集するものを乾式集じん装置と呼ぶ。これらの集じん装置のうち、よく使われている電気集じん装置、バグフィルター、遠心力集じん装置、洗浄集じん装置について説明する。

それぞれの集じん装置の捕集効率を図 3-2 に示す。

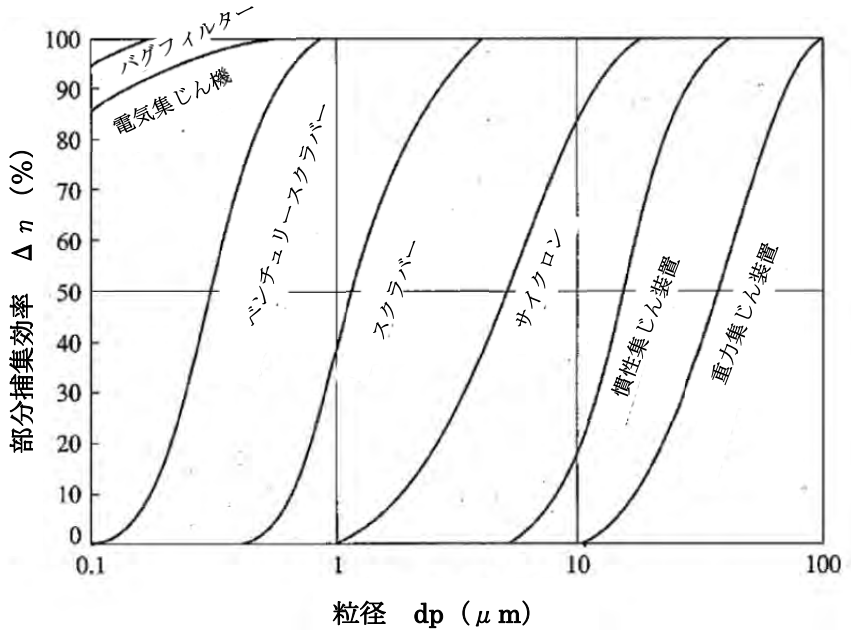


図 3-2　集じん装置の捕集効率

3.2.2　電気集じん装置

(1) 電気集じんの原理

・電極

集じん電極：接地された滑らかな平板あるいは円筒

放電電極　：線状

・放電電極

数万ボルトの負の直流高電圧を印加する。電圧の上昇に伴って負コロナ放電が発生する。これによって、集じん電極に向かって負イオンが流れ、イオン風も発生する。高電圧がある値を超えると火花閃絡（火花放電）が発生し、それ以上の高電圧をかけられなくなる。

コロナ放電が発生している電極間を、浮遊粒子を含んだガスが通過すると、負イオンとの衝突により微粒子が荷電される。荷電された微粒子は、コロナ空間の直流電界により集じん電極方向に力を受けて集じん電極に到達する。

集じん電極に堆積したダストが十分な厚さになったとき、集じん電極をつち打ちして機械的衝撃を与え、堆積ダスト層を剥離、落下させ、下部のホッパー内に捕集する。

図 3-3 に円筒形の電気集じんの原理を示す。

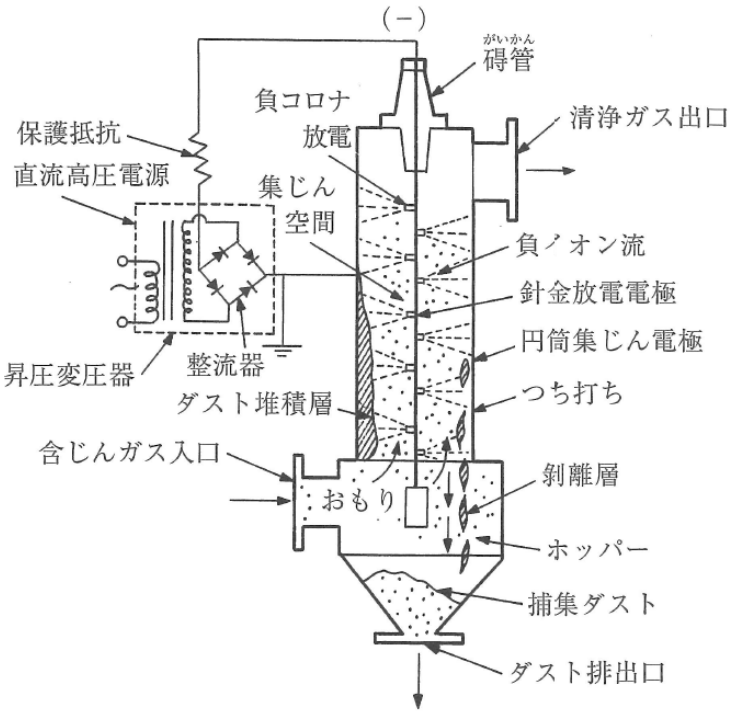


図 3-3　電気集じんの原理（円筒形）

(2) コロナ放電

針や線状のとがった放電電極と平板や円筒の集じん電極間に直流高電圧をかけると放電電極先端付近が高電界となって気体の局所的な絶縁破壊が起こる。

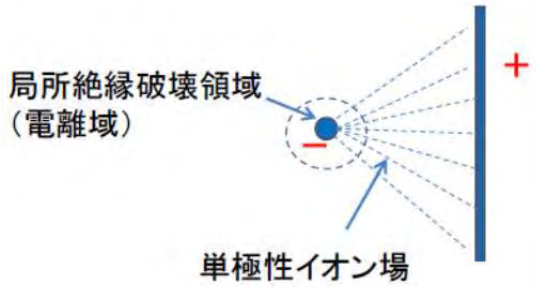


図 3-4　コロナ放電

単極性イオン場で微粒子を荷電する。コロナ放電開始後の電圧Ｖ、電流Ｉの関係は近似的に次式で示される。

$$I = AV\,(V - Vc)$$

A: 定数、 Vc: コロナ放電開始電圧

コロナ放電電圧と電流特性の関係を図 3-5 に示す。

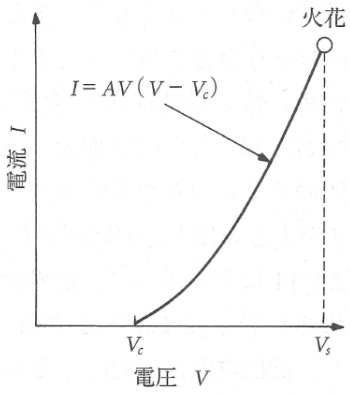


図 3-5　コロナ放電の電圧－電流特性

負コロナの火花電圧Ｖs(−)は、電極間距離 d が 5cm 程度以上において、およそ 15d kV である。正コロナの火花電圧Ｖs(+)は図 3-6 に示すように通常、負コロナの約 1/2 である。

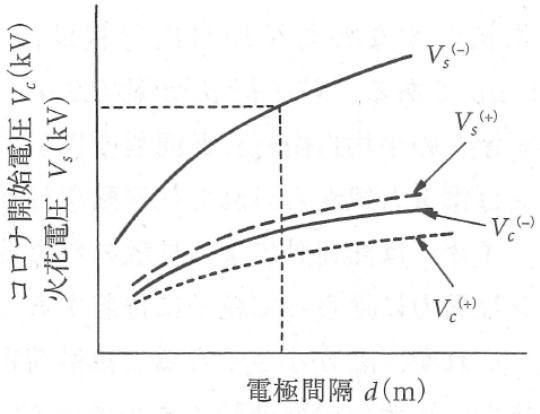


図 3-6　不平等電界における放電極性効果

工業用電気集じん装置では、一般に放電電極を負極に、集じん電極を正極とした不平等電界を形成し、負コロナ放電を利用する。これは、操業の条件によってばい煙の性状が大幅に変化しても、コロナ開始電圧と火花電圧との差が大きいため高い電圧で安定した運転ができ、火花閃絡が発生しにくいためでる。これに対して、室内空気洗浄用の電気集じん装置には有害なオゾン発生量の少ない正コロナ放電が用いられる。

(3) 電気集じん装置の種類と構造

(a) 円筒形と平版形

円筒形の電気集じん装置を図 3-3 に平板形を図 3-7 に示す。一般には、集じん電極を平行平版で構成し、この間に放電電極を配置した平板形が広く用いられている。それ

ぞれに乾式と湿式がある。

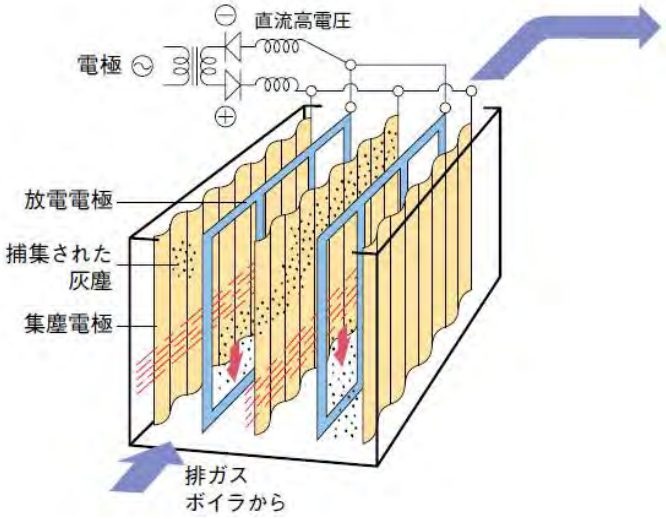


図 3-7　平板形電気集じん装置

(b) 垂直型と水平型

垂直型：処理ガスが垂直に流れる方式のもの。ガス流量が大きくなるとガスの均一な分布が困難になる。

水平型：処理ガスが水平に流れる方式のもの。中容量以上では水平形が用いられる。

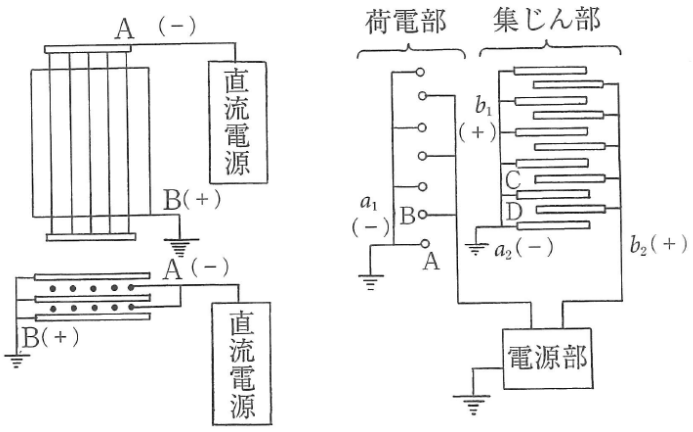
(c) 一段式と二段式

一段式と二段式の架電方式の放電電極と集じん電極の配置を図 3-8 に示す。

一段式：放電電極と集じん電極の間の空間でダストの荷電と集じんが同時に行われる形式。再飛散に対して極めて有利であり、産業用として最も普及しているが、

逆電離現象を避けることが困難である。

二段式：荷電だけを行う荷電部を上流に設け、その下流に正電界による捕集のみを行う集じん部を設ける形式。集じん電極間隔を狭くして集じん面積を大きくできるため装置の小型化が可能となる。微細なダストで含じん濃度の極めて低い空気清浄機、ばい煙の前処理に用いられる静電凝集器、あるいは付着性の高いダストの集じんなどに採用されている。



一段式　　二段式

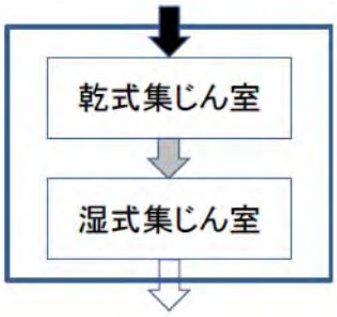
図 3-8　電気集じん装置の荷電方式

(d) 乾式と湿式

乾式：対象粒子が乾燥した固体粒子で、これを乾燥状態のまま捕集する形式をいう。

湿式：集じん電極表面に注水して水膜を作ったり、集じん室に水を噴霧して集じん電極上に捕集した粒子を水とともに洗い流す形式をいう。湿式は、逆電離及び再飛散が発生しないため集じん性能が極めて高く、塩化水素などのガス吸収もできるが、水処理装置を必要とする欠点がある。

ハイブリッド型：同一ケーシング内に乾式と湿式の集じん装置を設置した形式で、石炭火力発電所などでの設置例がある。



ダストの大部分を除去

微粒子や再飛散粒子を効率的に捕集

対象粒子が硫酸ミストのように著しい腐食性がある場合や、酸露点以下で使用する場合は、銅製の集じん電極や放電電極を鉛で被覆して保護したり、化学的に耐食性の強い電気伝導性プラスチック製の電極を用いる。

(e) 乾式電気集じん装置の本体構造

通常、電気集じん装置の集じん空間はいくつかの部屋に仕切られている。例えば 2 室 3 区という場合は、図 3-9 に示すように、ガス流を 2 室に分け、またガス流方向に 3 区に仕切られている。

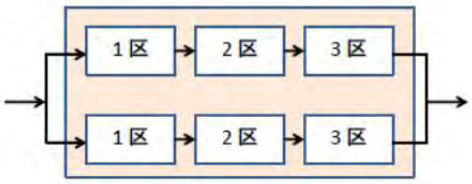


図 3-9　2 室 3 区の集じん空間の構成

集じん空間をガス流方向に多段に分割するのは、構造を適当な大きさのユニットにモジュール化することによる製作、据え付け上の利点に加え、上流、中流、下流でそれぞれコロナの電圧－電流特性と火花放電が異なるので、最大の集じん性能を発揮させるには別個の荷電制御（印可電圧制御）をする必要があるという理由による。

上流の集じん室：含じん濃度高いため浮遊ダストによる空間電荷の効果が大きく、コロナ電流が抑制されやすく、同時に集じん電極付近の電界が高まる結果、火花電圧が低下しやすい。

下流の集じん室：含じん濃度が低いため、空間電荷の効果は大幅に低減し、火花電圧もコロナ電流を大きくとることができる。

放電電極は、集じん電極と対向して適当な間隔で配置される。おもり支持、あるいはフレームに固定したものが用いられる。フレームは碍子で支持される。碍子はエアーパージにより清浄に保ち、絶縁性を維持する。

放電電極並びに集じん電極に付着したダストはつち打ちにより剥離され、下方のホッパー内に落下・集積する。つち打ちは、

放電電極：連続で実施

集じん電極：間欠的に実施

される。

ホッパー部におけるガスのバイパスを、仕切板により防止する。ホッパー内は高温ガスの流動がないため温度が下がって、相対湿度が高くなり、極端な場合はホッパー内壁に結露が起こる。このときダストが付着性を増し、ホッパー内から排出されず、ダストが放電電極下端まで堆積してこれと接触することすらある。これを防ぐためには、特にホッパーの外壁を十分に保温する必要がある。

図 3-10 にフレーム形放電電極を用いた平板形乾式電気集じん装置の構造図を示す。

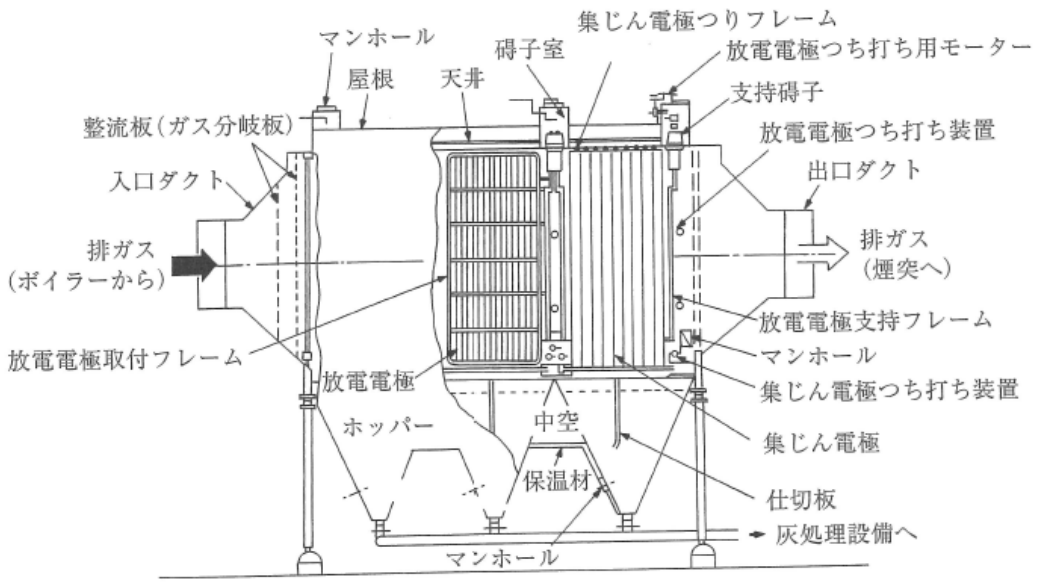


図 3-10　平板形乾式電気集じん装置（フレーム形放電電極）

(f) 主要構成要素

* 放電電極

・細いほどコロナの発生が容易で望ましい。

・処理ガス量が多くなると集じん電極が高く（長く）なり、放電電極も高くなり、振れやすくなるため、振動やつち打ちに耐えられる機械的強度が必要である。

* 集じん電極

・付着ダストが剥離、落下しやすく、つち打ちによるガスの再飛散が起こりにくい形状であることが必要である。また、熱ひずみによる変形が起こらないことも重要である。

* つち打ち装置

・放電電極にダストが付着すると放電特性が低下するので、ほぼ連続的につち打ちする必要がある。

・つち打ち回数は、集じん率が最大となるようダスト性状に応じて調整する。

つち打ち時間：1～2 分間

つち打ち間隔：1～3 時間

・ダストの付着量が多いほど、見かけ電気抵抗率が高いほど、つち打ち間隔を短くする。

* 荷電設備

・装置の構成

一次交流電源、電圧調整装置、昇圧変圧器、整流器制御・保護装置で構成される。

・電気集じん装置の特異性

電圧・電流特性は、ダスト濃度、集じん電極上のダスト層の厚さ、ガス温度の影響を受け、絶えず変動する.

・火花閃絡の発生

印可電圧が上昇するほど火花閃絡の発生頻度が上がり、アークへの移行確率も上がる。いったんアークが発生すると放電電極が損耗して断線の原因となり、また電源自体も過負荷となる。最高の集じん率は一定の頻度で火花閃絡が発生する程度の高い電圧で得られる。このため、アークへの移行防止の電圧制御が重要である。

* ガス調整装置

・集じんが容易になるようにダストの性状を調整したり、ダストの毒性や腐食性を改質したりするために、入口ガス調整装置を設け、水分、三酸化硫黄、アンモニア等を注入する場合がある。

3.2.3 バグフィルター

(1) 捕集機構

ろ布上でのダスト堆積層の形成過程を図 3-11 に示す。

図 3-11 織布上でのダスト堆積層の形成過程

(2) 代表的なバグフィルターのろ布の特徴

代表的なバグフィルターのろ布の材質と性能の一覧表を表 3-1 に示す。

表 3-1　代表的なバグフィルターのろ布材の使用例

名称		織り方	目付 (g/m^2)	密度 (本/2.54cm) 縦	密度 (本/2.54cm) 横	引張強度 (kg/cm^2) 縦	引張強度 (kg/cm^2) 横	通気度 ($cm^3 \cdot s^{-1} \cdot cm^{-2}$)	常用耐熱温度 (℃)	耐酸	耐アルカリ	コスト比
織布	木綿	5 枚繻子織	325	75	57	80	57	5	60	×	△	1
	パイレン	5 枚繻子織	260	75	47	190	110	7	80	○	△	1.4
	ナイロン	5 枚繻子織	310	75	56	135	95	7	100	×	○	1.6
	耐熱ナイロン	5 枚繻子織	310	78	58	145	105	10	200	△	○	4.0
	ポリエステル	5 枚繻子織	335	78	58	220	170	8	140	△	△	1.2
	アクリル	5 枚繻子織	300	74	50	110	75	10	120	○	×	2.3
	四ふっ化エチレン (テフロン)	5 枚繻子織	350	88	79	50	47	20	250	○	○	22.0
	ガラス繊維	1/3 あや織	480	48	20	185	130	20	250	○	○	3.3
	ガラス繊維	二重特殊織	790	48	40	288	120	15	250	○	○	5.4
	PPS*	5 枚繻子織	300	100	50	180	95	6.2	190	○	○	6.5
不織布		表面加工		厚さ (nm)								
	ポリエステル	毛焼き又は平滑	600	1.9		80	200	18	140	△	△	1.5
	ポリエステル	膜加工	550	1.8		70	140	5	140	△	△	10.0
	パイレン	毛焼き	500	1.8		70	180	15	80	○	△	1.9
	アクリル	毛焼き	600	1.9		70	70	12	120	○	×	4.0
	耐熱ナイロン	毛焼き	500	1.7		80	150	20	200	△	○	5.4
	ガラス繊維	−	950	2.5		197	213	19	250	○	○	20.0
	四ふっ化エチレン (テフロン)	−	840	1.3		71	108	9	250	○	○	55.0
	PPS*	平滑	550	1.7		70	140	15	190	○	○	8.0
	テファイヤ	−	710	1.3		60	50	15	250	○	○	21.0
	ポリイミド	−	475	1.5		80	154	22	260	○	○	15.0

【注】パイレン：ポリプロピレン , PPS *: ポリフェニレンサルファイド

ろ布の織り方は、平織、繻子（しゅす）織、綾織の 3 種類がある。平織は、経糸（たていと）と緯糸（よこいと）を交互に浮き沈みさせて織る最も単純な織り方で、できあがった模様は左右対称になる。図 3-12 に繻子織の例を図 3-13 に綾織の例を示す。工業用には、繻子織が最も使われている。

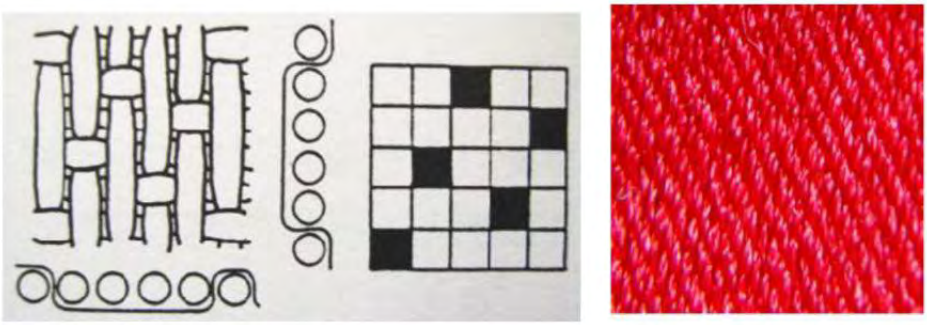


図 3-12　繻子織

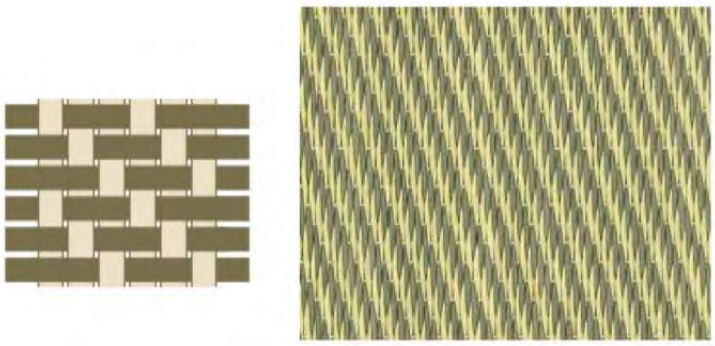
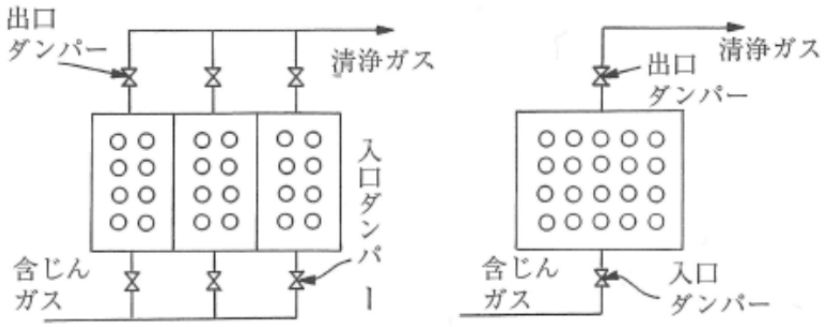


図 3-13　綾織

(3) ダストの払落し方法

バグフィルターに堆積したダストの払落し方法は、図 3-14 に示すように間欠式と連続式の 2 つの方法がある。間欠式は、複数に仕切られたコンパートメント毎に払落しを行う方式である。払落し時にダストが再飛散するが、ダンパーを閉じているので高い集じん率が得られる。連続式は、一つのコンパートメントの中のろ布を順次、払落しを行う方式である。ダスト濃度が高い場合に適した方式である。



(a) 間欠式　　(b) 連続式

図 3-14　バグフィルターの払い落とし方式

(4) 払い落とし装置

振動形、逆洗形及びパルスジェット形の 3 種類の払い落とし装置の例を図 3-15、図 3-16 及び図 3-17 に示す。

.

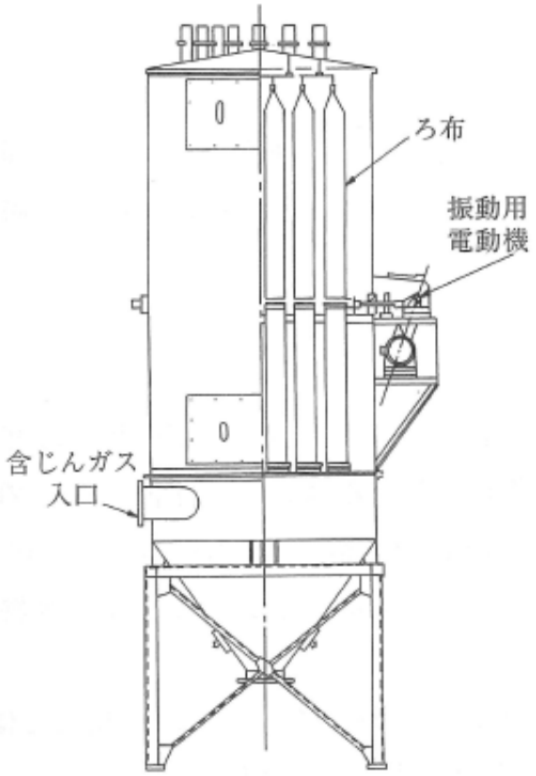


図 3-15　機械振動形

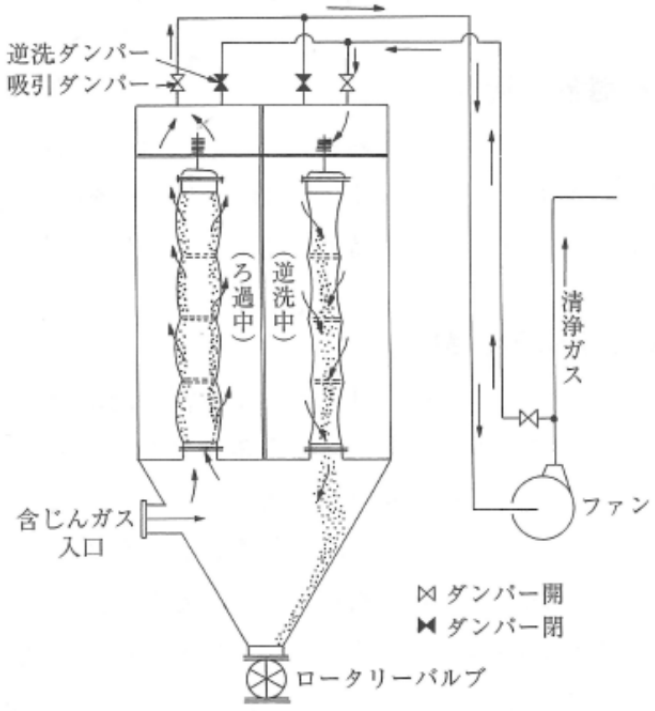


図 3-16　逆洗形

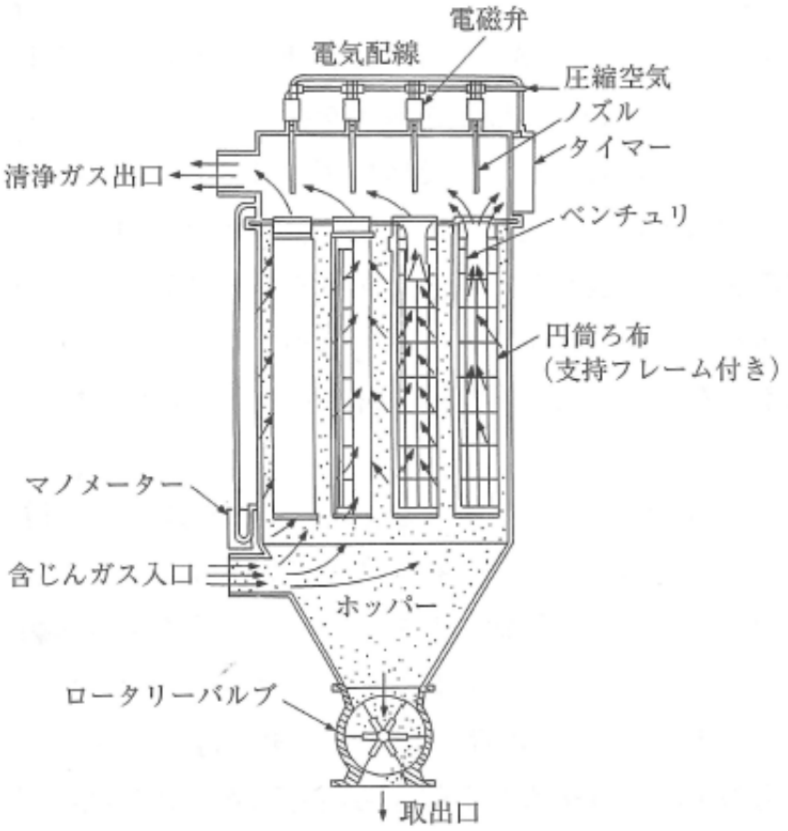


図 3-17　パルスジェット形

(5) バグフィルターの分類と特徴

表 3-2 に振動形、逆洗形及びパルスジェット形の特徴を示す。

表 3-2　バグフィルターの分類と特徴

払い落とし方式	ろ布			ろ過面	ろ過速度 (m/min)	適用ガス温度 (℃)	特徴及び主な用途
	種類	形状	材料				
機械振動	織布	円筒	テトロンなどの合成繊維	内面	0.6 ～ 1.6	～ 200 (耐熱ナイロン)	小風量から大風量まで、一般環境集じんから高温排ガスまで幅広く使用されている。 払い落としが確実。フェーム(電気炉排ガスなど)に適している。
		封筒		外面	1 ～ 2	～ 100	数十m^3/minの小形簡易集じん装置
パルスジェット	不織布	円筒 (封筒もあり)	テトロンなどの合成繊維	外面	1 ～ 4	～ 200 (耐熱ナイロン)	気流を中断することなく、払い落としが可能。 小風量の連続運転に適している。 風量変動が少ない。 外面ろ過なので、空気輸送の固気分離などの高濃度・摩耗性ダストに適している。 ろ過速度が大きくとれるので、コンパクトで据え付けスペースが小さい。
	織布	円筒	ガラス繊維		0.5 ～ 1.5	～ 250	石炭燃焼ボイラーなど高温ガスに適用されている。
	不織布	カートリッジ	合成繊維又は紙		0.3 ～ 1	～ 140 (テトロン)	装置体積当たりのろ過面積が大きくとれるので、コンパクトにできる。 低濃度でも高集じん率が要求される用途(空気清浄など)に適している。
	焼結体	円筒	合成繊維又はセラミックス		0.5 ～ 1.5	～ 450 ～ 1,200	高温集じん
逆圧又は逆洗	織布又は不織布	円筒	テトロンなどの合成繊維	内面	0.6 ～ 1.2	～ 200 (耐熱ナイロン)	古くからセメント、鉄鋼などで広く使用されている。
			ガラス繊維		0.3 ～ 1	～ 250	カーボンブラック、非鉄製錬など高温フュームに適している。
	不織布	封筒	テトロンなどの合成繊維	外面	1 ～ 2	～ 140 (テトロン)	コンパクトに取り付けができ、据え付けスペースが小さい。 鋳物砂処理の集じんなど払い落としやすいダストで、大風量に適している。

3.2.4　遠心力集じん装置

(1) 原理

図 18 に遠心力を利用した粒子の分離方法の原理を示す。

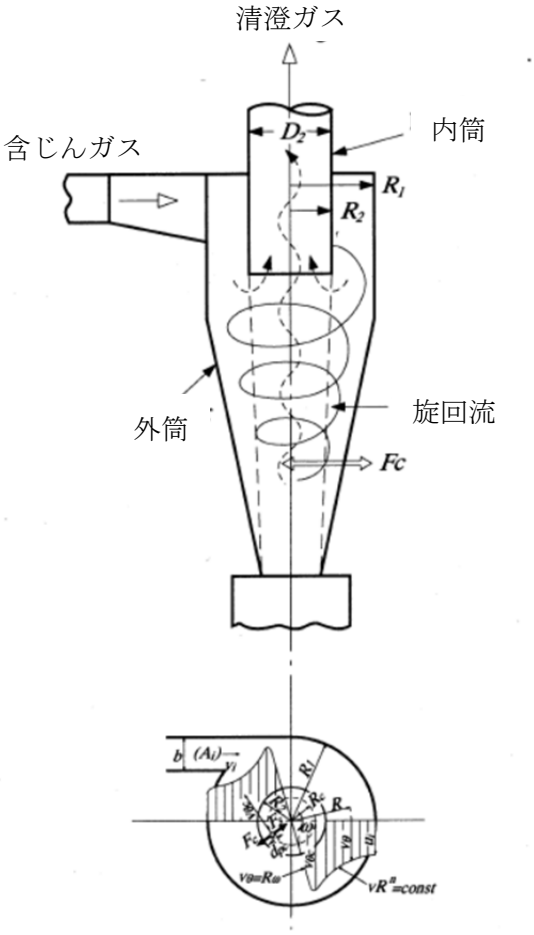


図 3-18　遠心力を利用した粒子の分離

含じんガスを旋回流にすると、粒子に働く遠心力 Fc とガスの抵抗力は次式のようにあらわされる。

$$F_c = \frac{\pi}{6} \cdot d_p^{\,3} \cdot \rho_p \cdot \frac{v_{\theta c}^{\,2}}{R_c}$$

$$F_s = 3\pi\mu v_{rc} d_p$$

ここで、
F_c ： 粒子に働く遠心力（kg m/s²）
F_s ： ガスの抵抗（kg m/s²）
d_p ： 粒子の直径（m）
ρ_p ： 粒子密度（kg/m³）
$v_{\theta c}$ ： 粒子の周回方向速度（m/s）
v_{rc} ： 粒子の平均半径方向速度（m/s）
R_c ： 渦心の半径（m）
μ ： ガス粘度（kg/ms）
W_c ： 粒子の分離速度（m/s）

上記の式より、粒子の分離速度 Wc は、次のように表される。

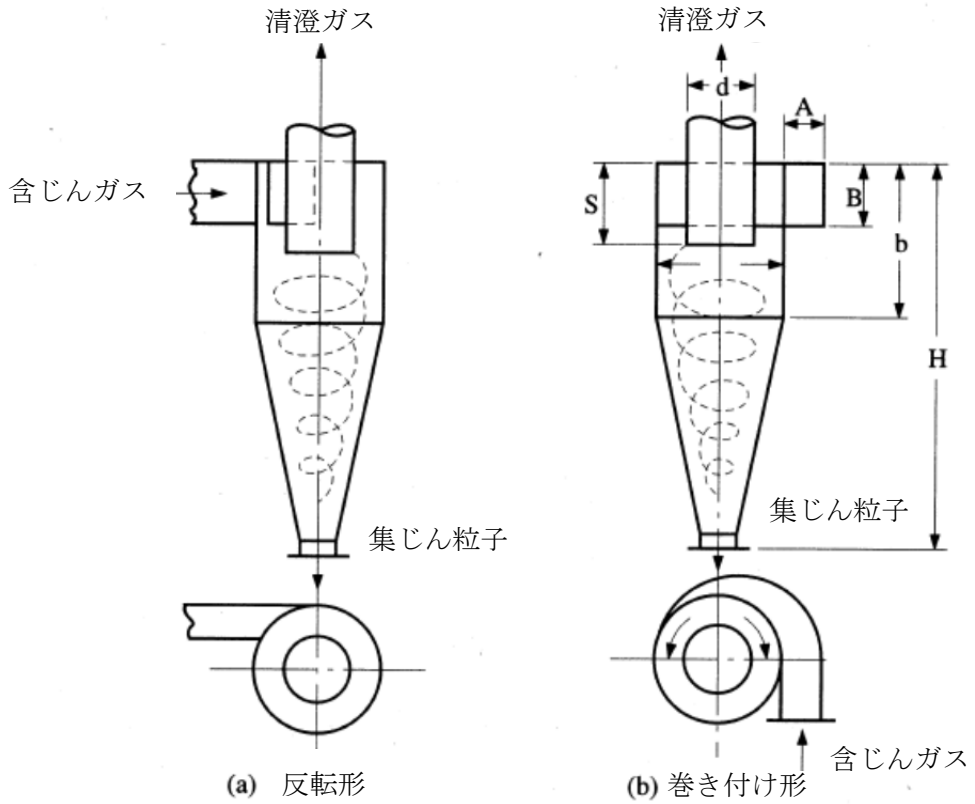
$$W_c = \frac{d_p^2 \rho_p v_\theta^2}{18 \mu R}$$

すなわち、粒子の分離速度は、サイクロンの直径が小さいほど、ガス流速が早いほどよく分離される。

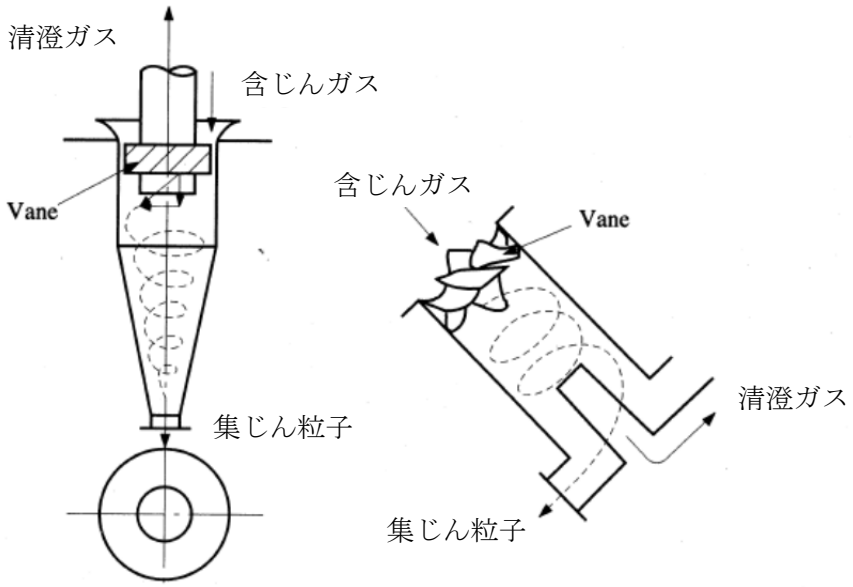
(2) 遠心力集じん装置の種類と構造

遠心力集じん装置は、サイクロン式や回転式など様々な種類があるが、汚染防止のために最も多く使用されているのはサイクロン式である。

図 3-19 に、サイクロン式の遠心力集じん装置の例を示す。これらは、接線流入式と軸流式に分けられ、含じんガスの濃度にいろいろな形式に分類されている。



(a), (b) 接線流入式サイクロン



(c), (d) 軸流式サイクロン

図 3-19　サイクロン式の遠心力集じん装置

サイクロン式の場合、入口ガス流速は一般的に圧力損失と集じん効率の経済性を考慮して 7～15 m/s である。それゆえ、処理ガス量が大きくなるほど排出ガス配管の直径が大きくなり、微粒子の分離が悪くなる。このため、処理ガス量が多く、高効率でダスト除去が必要な場合は、小さな直径のサイクロンを平行して多数使うマルチサイクロン式が使われている。

図 3-20 に分離限界粒子径とサイクロンの内筒（清澄ガス排出部）の直径との関係を示す。

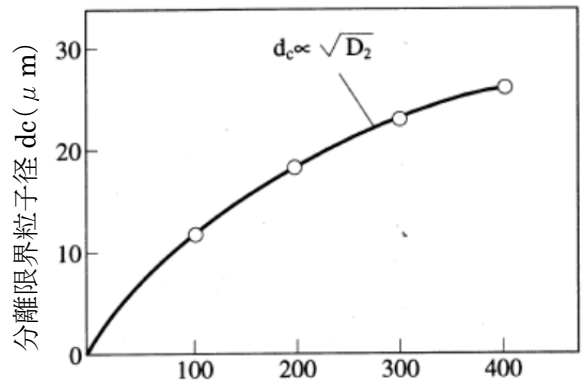


図 3-20　分離限界粒子径とサイクロンの内筒

(3) サイクロンの特徴

サイクロン形の遠心力集じん装置の特徴は、単純な構造、設備費が安い、圧力損失が 100 mmAq 以下で保守管理が容易、数ミクロンレベル小さな粒子を分離できるという点にある。

(a) 接線流入式

入口ガス流速は一般的に 7～15 m/s で使用される。サイクロンで分離できる最小粒子径は、ダストの特性や重力、ガス粘度などによって変わる。すなわち、原理的にはサイクロンの内筒（清澄ガス排出部）の直径によって決まる。接線流入式は相対的に処理ガス量が少なく、処理ガス中のダスト濃度の変動が少ない場合に採用されている。

(b) 軸流式

この方式は、ガイドベーン（案内翼）形とも呼ばれている。入口ガス流速は約 10m/s で使用され、多量の含じんガスをマルチサイクロンで処理する際の前処理用に使われている。というのも、接線流入式と比べて、同じ圧力損失で約 3 倍の処理能力があり、処理ガス中のダストの濃度変動が少ないからである。また、反転形は圧力損失が 80～100 mmAq で接線流入式と同程度の集じん効率が必要な場合に使われている。

3.2.5 洗浄集じん装置

(1) 原理

洗浄集じんにおける粒子の捕集機構には、次の事項を含む。

(a) 粒子と液滴等の衝突等と液滴等への付着

(b) 粒子の拡散は液滴との衝突の機会を増やす。

(c) ガス中の湿度の増加は液滴との衝突を改善する。

(d) 蒸気は、粒子を核として凝縮する。

(e) 粒子は液膜や泡と衝突し、それらに付着する。

結果として、洗浄集じんでは、どれだけたくさんの液滴や液膜を作ってガスと液との接触を改善できるかということと、どれだけ効率の良いガス－液分離を用いるかということで、より効率の高い集じんを行うことができる。

洗浄集じん装置で捕集できる粒子の直径は、洗浄集じん装置の種類、粒子の親水性、あるいは洗浄水の使用量によって変わるが、一般的には 0.1 μm 程度までである。

(2) 形式と構造

洗浄集じん装置は大きく分類すると、ため水式洗浄集じん装置、加圧水式洗浄集じん装置、回転式洗浄集じん装置に分類される。

図 3-21 にため水式洗浄集じん装置の例を示す。ため水式の場合、集じん装置の中に一定量の水を貯めている。液滴あるいは液膜は処理するガスによって形成され、含じんガスの洗浄が行われる。

図 3-22 に加圧水式洗浄集じん装置の例を示す。加圧水式は水を加圧しスプレーして含じんガスを洗浄する方式で、ベンチュリスクラバー、ジェットスクラバー、サイクロンスクラバー、各種充填塔、スプレー塔、泡鐘塔など、いろいろな方式がある。

図 3-23 に回転式洗浄集じん装置の例を示す。回転式は、ファンの回転により洗浄水と含じんガスをかき混ぜて、大量の水滴と水膜をつくり、含じんガスを洗浄してダストを集める。この形式には、タイゼンワッシャー式、インパルススクラバー、ジェットコレクターがある。

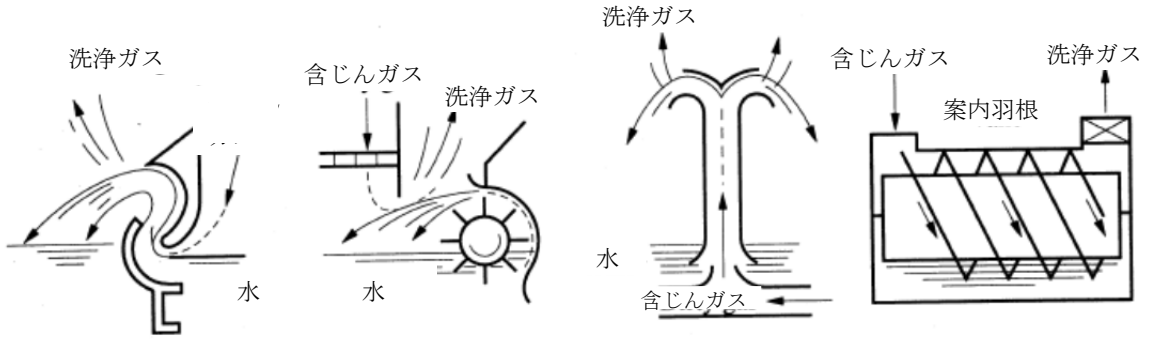


図 3-21 ため水式洗浄集じん装置

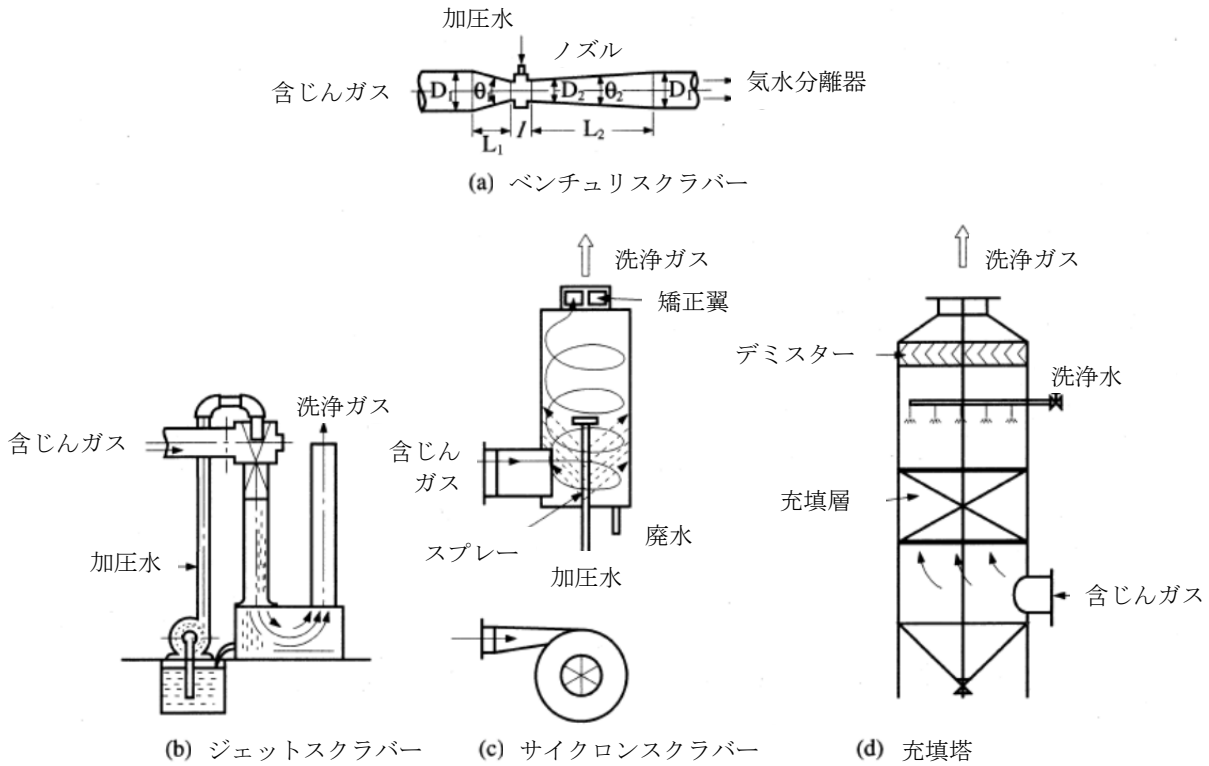


図 3-22　加圧水式洗浄集じん装置

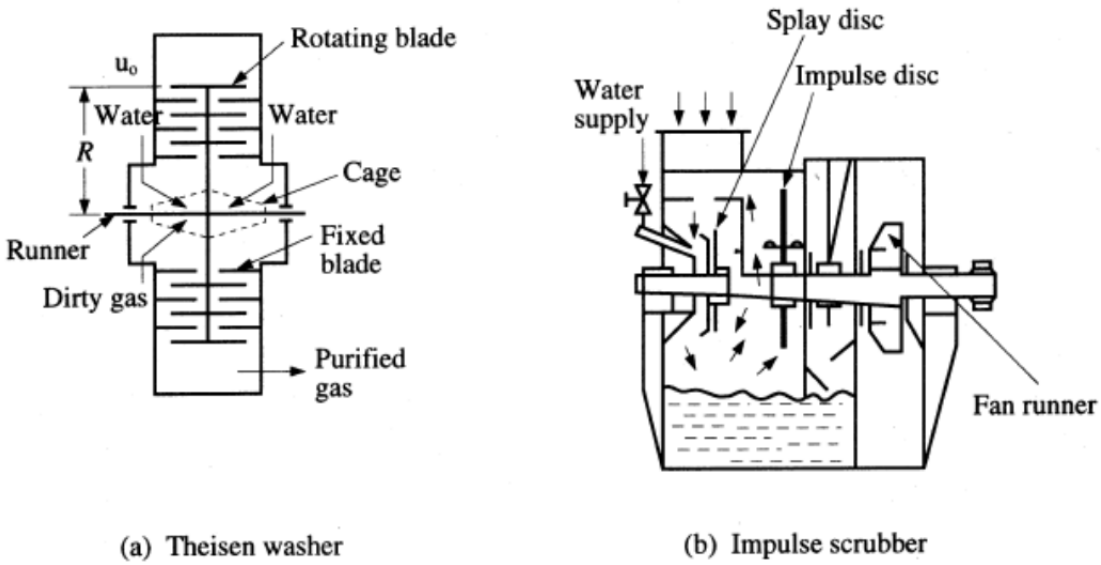


図 3-23　回転式洗浄集じん装置

(3) 特徴

(a) ため水式洗浄集じん装置

ため水式洗浄集じん装置の場合、集じん部分に溜まった水が循環利用されるので、補充する水の量が加圧水式や回転式と比べて極端に少なくて済む。ため水式の集じん性能は、洗浄水が微細化された部分で大きなガス流速をとることができるので高い集じん率が得られる。それゆえこの形式は粒子径が 1μm 以上の集じんで使われている。圧力損失は形式により、120～200 mmAq の範囲で変わる。

(b) 加圧水式洗浄集じん装置

・ベンチュリスクラバー

これは、のど部分のガス流速が 60～80 m/s で圧力損失が約 300～800 mmAq であるが、高い集じん効率が得られる洗浄集じん装置である。水の使用量は、粗い粒子又は親水性のダストの場合は 0.3 L/m^3 で、数μm 以下の親水性のダストの場合は 1.5 L/m^3 である。約 1μm 程度の粒子も捕集することができる。この形式の集じん装置は水溶性のダストやミストの集じんに効果的である。

・サイクロンスクラバー

S 字形の羽根車をもつサイクロンスクラバーの場合、集じん効率は高くなるが、圧力損失も大きくなる。圧力損失は約 100～200 mmAq で、水の使用量は 0.5～1.5 L/m^3 である。

・ジェットスクラバー

ガスブースターの役割を持ち、ベンチュリスクラバーと同程度の集じん性能をもつ集じん装置である。水の使用量がとても多いので、一般的には処理ガス量の大きな集

じんには使用されない。

・充填塔

セラミック製やプラスチック製の充填材が使用されている。充填塔の性能や圧力損失は、充填材の種類、充填層の厚さ、ガス流速により変わる。水の使用量は、圧力損失が 100～200 mmAq 程度の場合で約 2 L/m^3 である。また、充填塔は有害なガスの吸収と吸着による除去装置として広く使われてきた。しかし、この形式は、充填層にダストが詰まるので、ダスト除去には適さない。

(c) 回転式洗浄集じん装置

回転式の場合、回転翼の円周方向の速度が速くなればなるほど、集じん効率は高くなる。タイゼンワッシャーでは 1μm 程度の粒子を捕集することができる。水の圧力損失が 50～150 mmAq に上がるにつれて、使用量も 0.7～1.5 L/m^3 で変わる。インパルススクラバーの性能は、タイゼンワッシャーよりも幾分低く、水の使用量は 0.3 L/ m^3 程度である。

3.2.6 集じん装置の保守管理

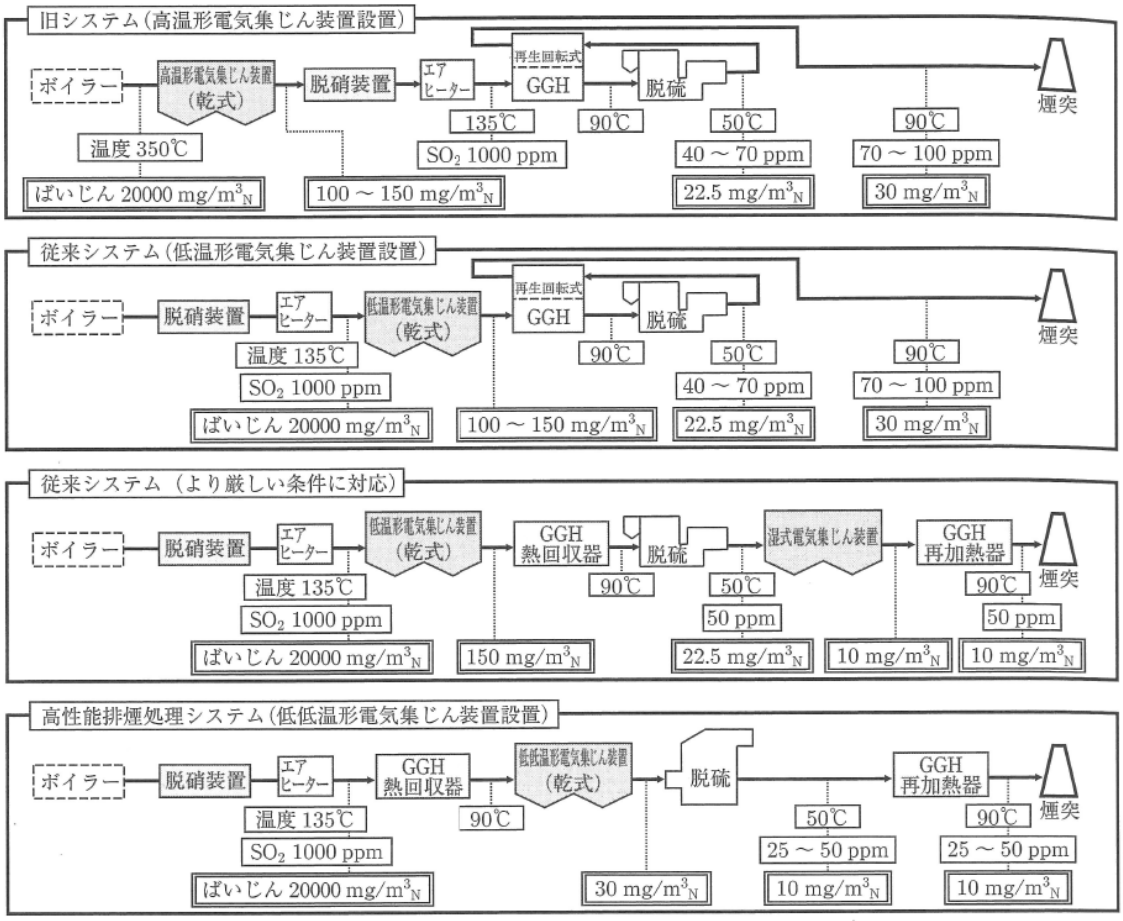
3.2.6.1 電気集じん装置

(1)システムの概要（石炭火力発電所）

大規模な発電設備では処理風量が大きいので、大容量の排ガスを処理できる設備が必要である。集じん装置には、圧力損失が小さく動力費が小さい電気集じん装置が一番よく採用されている。電気集じん装置の設置位置により排煙処理システムが分類されている。ここで、脱硝装置はアンモニア注入による選択的触媒還元法（SCR 法）が、脱硫装置は吸収剤として安価な炭酸カルシウム（石灰石）を使用する湿式石灰石こう法が一般的である。日本では煙突からの白煙防止対策として GGH（ガスーガスヒーター : 排ガスから熱を回収し、脱硫後の排ガスを再加熱するための熱交換機）を設置している。ばいじんの処理は、単に電気集じん装置だけで処理するのではなく、脱硫装置の除じん機能と組み合わせたシステムとして処理している。

(2) 4 種類の排ガス処理プロセス

排ガス処理システムは図 3-24 に示すように 4 段階で改良を進めてきた。



【注】

B：ボイラー、 EP：電気集じん装置、FGD：排煙脱硫装置、SCR：排煙脱硝装置、 AH：エアヒーター、GGH：ガスーガスヒーター、S：煙突

図 3-24　排煙処理システムフローの例

(3) 高温型電気集じん装置システム

脱硝装置のばいじんからの保護の観点から、脱硝装置の前に乾式電気集じん装置を設置する。脱硝装置の運転温度は 350～400℃である。しかし、高濃度ばいじん条件下でも脱硝設備の運転ができることが確認されたこと、また、実処理ガス量が低温形電気集じん装置システムの 1.5 倍にもなること、煙道の引き回しが複雑で動力費や熱損失が大きいことなどから、現在はこの方式は使われていない。

(4) 従来システム

脱硝装置を乾式電気集じん装置の前に設置し、エアヒーターで熱回収して排ガス温度を 135℃まで低下させることで、電気集じん装置で処理する排ガス流量が下がり、設備の小型化がなされている。

しかしながら、図 3-25 に示すように、135℃はフライアッシュの電気抵抗が最大のゾ

ーンでの運転となるため、石炭の銘柄によってはフライアッシュ層の電気抵抗が絶縁破壊の限界値をオーバーして、逆電離により集じん性能が大幅に悪化する現象が起きる。このため、煙突出口のばいじん濃度規制が厳しい場合（10 mg/m^{3}N）には、湿式電気集じん装置を排煙脱硫装置出口に設置する。

このシステムでは、乾式電気集じん装置の出口のばいじん濃度を 150 mg/m^{3}N に抑えているが、その理由は、ばいじんの捕集性能が悪い石炭銘柄に対しても装置が過大にならないよう経済性を考慮するとともに、GGH の熱回収器の保護、すなわち、排ガス中の硫酸ガスをフライアッシュで吸着し、装置の腐食を防止するためである。

(5) 高性能排煙処理システム（低低温形電気集じん装置方式）

従来、脱硫装置と一体となっていた GGH の熱回収部を電気集じん装置の前に設置し、電気集じん装置の運転温度を 135℃から 90℃に下げることで、図 3-25 に示すように石炭の銘柄変更によるフライアッシュの電気抵抗を常に逆電離臨界抵抗以下に保つことができるようになった。結果として、ばいじん捕集性能が向上し、多量のばいじん存在下の運転では、ばいじんによる硫酸ミストの中和、吸着により装置の低温腐食防止にも役立っている。

また、このシステムは、システム全体をコンパクト化し、集じん性能を高めている。すなわち、乾式電気集じん装置の出口ばいじん濃度は 30 mg/m^{3}N であるが、湿式電気集じん装置がなくても、脱硫装置出口のばいじん濃度 10 mg/m^{3}N 以下を達成している。

ただし、石炭の銘柄によっては、電気抵抗が小さくなりすぎてフライアッシュの電気的付着力が弱くなりすぎ、集じん電極のつち打ちによる再飛散ばいじん量が過大となり、処理性能を低下させることがある。このため、この方式の電気集じん装置では、図 3-26 に示すダンパー方式電気集じん装置が採用されている。

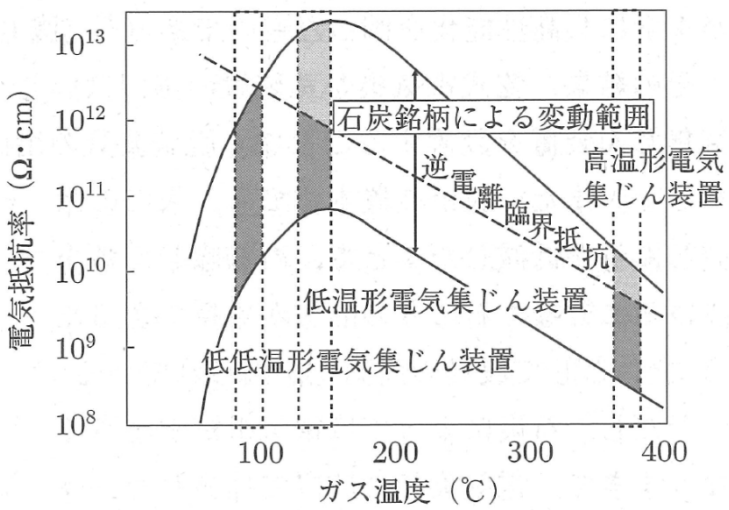


図 3-25　排ガス温度と電気抵抗

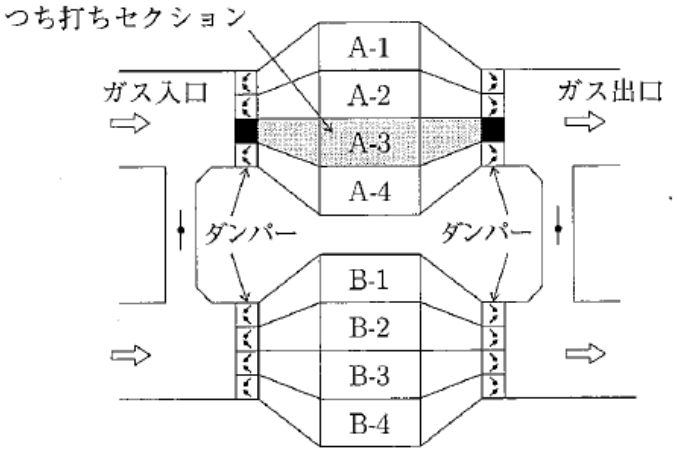


図 3-26　ダンパー方式電気集じん装置の例

3.2.6.2 バグフィルター

バグフィルターの運転時の故障やトラブルの原因と対策を次に示す。

(1) 圧力損失に異常がある場合

(a) マノメーターの指示が異常に増大した場合

* 風量が過大：ファンのダンパーを絞り、規定の風量まで下げる。
* ろ布の目詰まり：新品のろ布に取り替える。

払い落とし機器、装置の点検

* マノメーター導管の亀裂による空気漏れ：修復
* ろ布が湿ってダストが固着：ホットガスによるパージ
* ホッパー内捕集ダストの再飛散：ダスト排出、排出装置の点検

(b) マノメーターの指示が異常に減少した場合

* 払落し過剰：パルス圧力を下げる。払落し頻度を少なくする。
* ろ布の破れなどによるダストの漏れ：ろ布の破れ、ろ布の取り付けなどの点検
* マノメーターの導管の詰まり：導管の清掃
* 風量の減少：ファンの点検、ダクトやプレダスターの圧力損失チェック

(2) ダスト漏れの場合

(a) 排気からダストが漏れる。

* ろ布脱落又は取り付け不良：ろ布を正しくセットする。
* ろ布の劣化：新品に取り替える。
* 処理風量の過大：仕様値まで風量を絞る。
* ろ布取り付け板の損傷：仕切り板、ダンパー等の補修

(b) ダストが払落しごとに漏れる。

* 払い落し力の過剰：パルスジェット形では圧縮空気を、また、機械振動形では振動

力を低減する。

(c) 特定ろ布のみ破損

* ダストの偏流：含じん気流の入口部に分散整流板の取り付け
* リテーナーの突起変形によるろ布破損：リテーナーの修理又は取り替え
* 一時的な火の粉の侵入：プレダスターの設置
* 腐食ガスの侵入：耐食ろ布に取り替える。

(3) 払い落とし動作不良の場合

(a) 払い落とし信号が全くないか、又は不規則である。

* スイッチの入れ忘れ：正しくスイッチを入れる。
* 制御盤内のヒューズの破損、ノンヒューズブレーカーの作動：ビューズの交換、ノンヒューズブレーカーのリセット
* 接続端子の緩み：増し締め

(b) 払い落とし信号があるが、機器の作動なし。

* 圧縮空気が供給されていない：供給バルブを開ける。空気源の点検。
* 配線トラブル：配線のチェックと修復

(c) 特定の機器しか作動しないか、又は作動不完全である。

* 対応するソレノイド等の機器の作動不良：機器の取り替え又は修復
* 対応する機器の配線トラブル：配線のチェックと修復
* エアーシリンダーの作動不良：O リングの摩耗等のリーク（取り替え、修復）
* ダイヤフラムバルブの作動不良：取り替え又は弁座などの修復

(d) 圧縮空気が漏れているか、又は圧力が上がらない。

* バルブの破損：バルブの取り替え又はパッキンの取り替え。
* ゴムホースの破損：新品と取り替え
* ゴムホース配管部の破損などの空気漏れ：ゴムホースの締め付けバンドなどの締め付け。
* ダイヤフラムバルブの破損、弁座への異物食い込み：新品に取り替え又は分解掃除して修復。
* コンプレッサーなどの空気源の異常：点検し修復する。

(4) その他

(a) ろ布及びダストが湿っている。

* 吸引ダクト、バグフィルター本体、点検ふた・扉から、また接続部からの雨水の侵入：漏れ部の完全シール補修。
* 多湿ガスによる結露：保温・加温による結露防止設計

(b) ダストの排出口から空気を吸い込む。

* 吸引側ダクトの圧力損失過大：原因を排除し、吸引圧を下げる。
* 排出装置の摩耗、異物の挟み込み、ダストの付着成長：分解、掃除、修復又は対策

装置との取り替え。

(c) フードの吸引が悪い。

* ファンの回転数低下：ベルトの緩み（ベルト張り）、ろ布の目詰まり、総合的に点検して処理する。
* バグフィルター本体、ダクトなどの破損リーク：リーク部の補修
* ダスト排出ダンパーからの漏れ：漏れ部の修復
* 払い落とし機構の作動不良：(3)を参照し修復
* ファン：回転数・方向、ケーシング内のドレンの点検
* ダクト内のダストの堆積：ダクト内清掃

3.2.6.3 遠心力集じん装置

遠心力によりダストを分離・捕集するサイクロンは、捕集性能が劣るものの、稼働部がなく、簡便で安価なため、最終段の集じん装置ではなく、プレダスターとして粗粒子を分離・捕集する用途に多用される。このため、ダスト濃度が高く、粒子径が大きいダストを扱うことが多く、保守管理に当たっては特に装置缶体の摩耗による穴あき、また、腐食ガスを含む場合は腐食に留意した保守管理が必要である。

サイクロンの保守管理のポイントを次に示す。

(1) 外筒内壁の摩耗・腐食

遠心力によりダストは外筒内壁に衝突することで捕集される。このため、内壁面のダストの衝突箇所が摩耗し、ついには穴があき、そこから空気が漏れ込み、集じん効果が著しく低下する。穴あきによる性能低下は排ガスの色が変化することなどで目視できるので、発見次第、早期に修復する必要がある。なお、図 3-19 (c)(d)に示す軸流サイクロンでは、旋回流を起こさせる案内羽根（ベーン）部が最も摩耗する。また、腐食性ガスにより腐食し、穴あきが生じることもあり、缶体の腐食の有無、板厚チェック、及び材質の選定に留意する必要がある。

(2) ブローアップ

送風機の吸引側に設置したサイクロンのダストホッパー又はその排出機器からリークが生じると、リーク流が捕集ダストを排気側へ持ち去り、そのリーク量割合によっては集じん率が著しく低下する。

(3) ガス及びダストの分配

同じ遠心力では、サイクロン円筒径が小さいほどダストは内壁に到達しやすく、集じん性能は向上する。このため、処理ガス量を多数のサイクロンに分配して処理するマルチサイクロンが使用される。また、設置スペースを少なくコンパクトにするため、軸流サイクロンをユニットとしたマルチサイクロンが実用化されている。

3.2.6.4 洗浄集じん装置

集じん部に液滴・液膜などを捕集媒体としているため、運転に当たっては、まず、ポンプ等により、所定の水滴・水膜の形成及び液ガス比となる注水状態を確認した後に含じんガスを通す。また、高温含じんガスの集じんでガス冷却装置を備えている場合は、ガス冷却装置を最初に運転し、洗浄集じん装置に所定のガス温度で導入する。停止に当たっては、装置内の付着ダスト、酸性洗浄水などを清掃・除去するため、含じんガス導入終了後も、十数分間ほど空気だけで運転した後にファン、ポンプを停止する。

(1) 水滴の生成、水膜の形成

ベンチュリスクラバーでは、スロート部のガス流速 v（m/s）と注水量すなわち液ガス比 L（L/m^3）により、水滴径の平均値は実験式で得られる。また、貯水形の場合は最適な水膜形成の貯水レベルに調整する。

(2) 運転停止後の装置内の点検保守（摩耗、付着ダスト）

特に、ノズル、スロート部など高速で含じんガスが通過する部分は摩耗が生じ、そのまま放置すると捕集性能を低下させる。また、酸性ガスを含む場合は接水部の腐食が生じやすい。また、運転停止後、特に、エリミネーター（水滴捕集部）内部及び装置内に付着ダストが堆積するので、清掃・除去しておく必要がある。洗浄集じん装置では、捕集スラッジ及び排水の処理にも二次汚染が生じないように適正に処理する。

(3) 粉じん爆発性ダスト（アルミニウム、マグネシウム粉など）

表面加工時に発生するアルミニウム、マグネシウム粉などは、乾式処理では危険性が高いため、洗浄集じん装置が使用される。これらの捕集ダストは水と反応し、水素を発生するので、装置内の水素の滞留をなくす構造としなければならない。また、捕集スラッジの保管を適正に（密封しない）する。

3.3　脱硫技術

日本では、湿式プロセスが一般的であり、アルカリスラリー及びアルカリ溶液を吸収剤とする方式が、設置基数で 70%以上、処理能力ベースで 80%以上を占めている。

その中で、石灰スラリー吸収法（石灰石-石こう法）は電気事業用の大型ボイラーにおける主力プロセスとなっており、一般的に一般産業用の中・小型ボイラーには、水酸化マグネシウムスラリー吸収法が用いられることが多い。

最近では、活性炭吸着法等の乾式同時脱硫・脱硝法が実用化されている。

3.3.1　排煙脱硫プロセスの種類と原理

表 3-3 に各種脱硫プロセスを示す。

表 3-3　脱硫プロセス一覧

	脱硫プロセス	吸収剤又は吸着剤	副生物（処理）
湿式	石灰スラリー吸収法	石灰石（炭酸カルシウム），消石灰（水酸化カルシウム），ドロマイト	石こう（硫酸カルシウム）（回収） 亜硫酸カルシウム主体のスラッジ（廃棄）
	水酸化マグネシウムスラリー吸収法	水酸化マグネシウム	二酸化硫黄，石こう（回収） 硫酸マグネシウム（廃棄）
	アルカリ溶液吸収法	水酸化ナトリウム，亜硫酸ナトリウム，アンモニア水など	亜硫酸ナトリウム，硫黄/硫酸，硫安（硫酸アンモニウム）（回収）
	ダブルアルカリ法	炭酸ナトリウム，アンモニア，硫酸アルミニウム	石こう（回収）
	酸化吸収法	触媒添加希硫酸	石こう（回収）
半乾式	スプレードライヤー法	水酸化カルシウム，炭酸水素ナトリウム，炭酸ナトリウム，熱水養生剤（石炭灰利用）	亜硫酸カルシウム，石こう（廃棄又は埋め立て）
	炉内脱硫＋水スプレー法	石灰石	亜硫酸カルシウム，石こう（廃棄）
乾式	炉内・煙道石灰吹き込み法	水酸化カルシウム，蒸気養生剤（石炭灰利用）	亜硫酸カルシウム，石こう（廃棄又は埋め立て）
	活性炭吸着法	活性炭（活性コークス）	硫酸（硫黄，液体二酸化硫黄）（回収）

3.3.1.1 石灰スラリー吸収法

石灰石（炭酸カルシウム（$CaCO_3$））、消石灰（水酸化カルシウム（$Ca(OH)_2$））、ドロマイト、石灰とフライアッシュの混合物が吸収剤として使われる。これらのアルカリスラリーで二酸化硫黄（SO_2）を吸収し、石こう（$CaSO_4$）を副生する。本法では、5～15%の石灰又は消石灰を含むスラリーが広く用いられる。消石灰の溶解度は、石灰の溶解度より大きいため、消石灰の方が反応速度が大きくなる。石灰石は一般に粒径 44 μ m 以下のものが

用いられる。

石灰スラリー吸収法は、除じん方法により 2 種に分かれ、スート分離方式とスート混合方式がある。

(1)スート分離方式

吸収塔の前に冷却除じん塔を設置し、高温の排ガスを吸収に適した温度まで冷却するとともに、石こうの品質を高めるためばいじんを除去する。図 3-27 にスート分離方式のフローを示す。

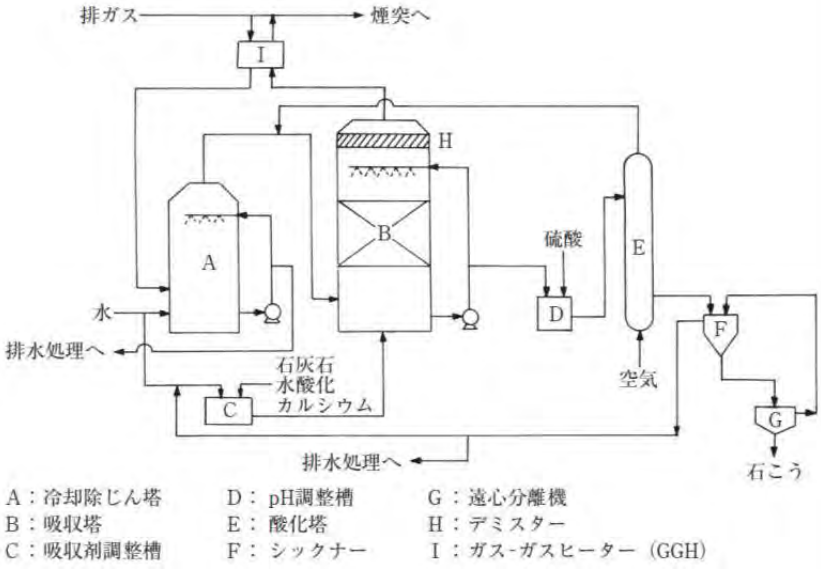


図 3-27　スート分離方式石灰スラリー吸収法（酸化塔別置き方式）

(2)スート混合方式

一つの塔内で、排ガス中の硫黄酸化物（SO_2）の吸収とばいじんの除去が同時に行われる。本方式では、冷却塔及び除じん塔が必要ないため、建設費を下げることができる。図 3-28 にスート混合方式のフローを示す。

石灰スラリー吸収法における酸化システムも、別置きの酸化塔を設置する方式（2 塔方式（図 3-27）と、吸収塔内で SO_2 の吸収と酸化を同時に行う方式（1 塔方式（図 3-28））の 2 種類がある。

1 塔方式では、酸化塔を設置する必要がないため、建設費及び稼働時の電力費ともに節約ができる。また、酸化反応により生成された硫酸は石灰石と急速に反応するため、硫酸の添加が不要となり、石灰石過剰率を低く抑えたままで高い脱硫効率を得ることができる。このため、最近では、冷却と除じん、SO_2 の吸収、$CaSO_3$ の酸化が一つの塔内で同時にできるスート混合方式の 1 塔方式が主流となっている。

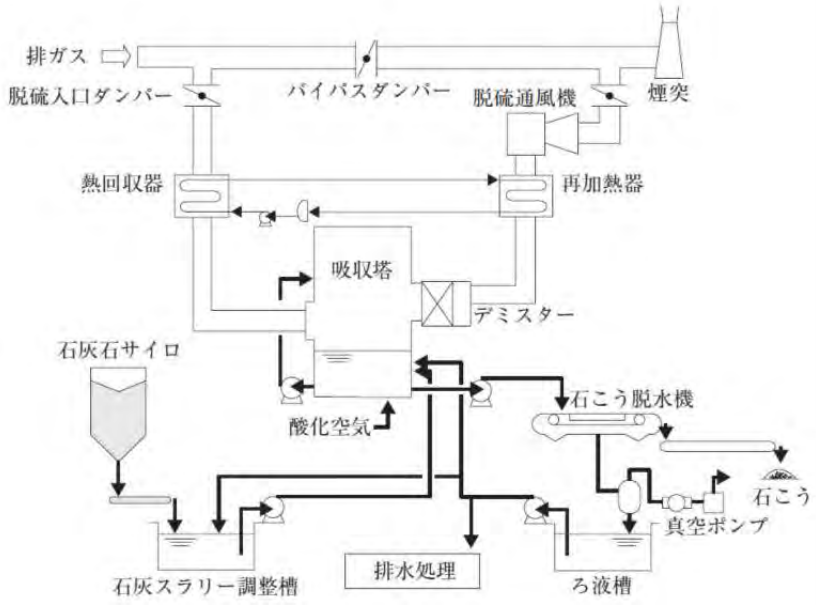
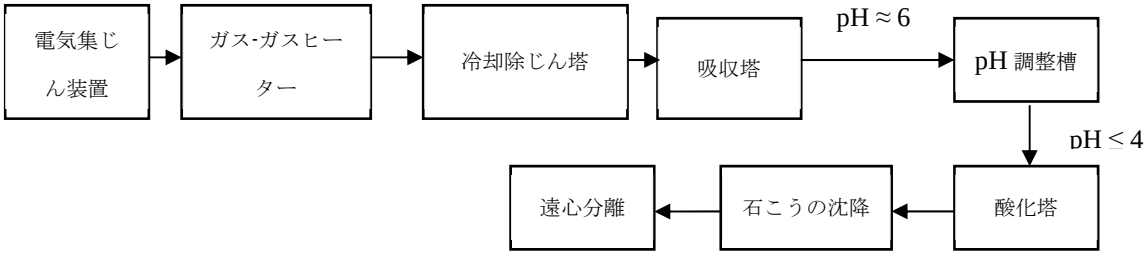


図 3-28　スート混合方式石灰スラリー吸収法（吸収塔酸化方式）

スート分離方式石灰スラリー吸収法のプロセスフローを以下に示す。



●電気集じん装置

↓

●ガス-ガスヒーター

↓

●冷却除じん塔（プレスクラバー）

-SO_2 の吸収に適した温度 50～60℃まで、排ガスを冷却

-ばいじん、硫酸ミストも同時に除去する

↓

●吸収塔

-pH 6 程度で吸収が起こる

-SO_2 から亜硫酸カルシウム（$CaSO_3 \cdot 1/2H_2O$)を生成

$$CaCO_3 + SO_2 + \frac{1}{2}H_2O \longrightarrow CaSO_3 \cdot \frac{1}{2}H_2O + CO_2$$

↓

●pH 調整槽

-pH 調整　pH ≦ 4

↓

●酸化塔

-亜硫酸カルシウムが空気により酸化され、硫酸カルシウムとなる

$$CaSO_3 \cdot \frac{1}{2}H_2O + \frac{1}{2}O_2 + \frac{3}{2}H_2O \longrightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O$$

*硫酸カルシウムは石こう（$CaSO_4 \cdot 2H_2O$）と呼ばれる

↓

●石こうの沈降過程（シックナー、液体サイクロン）

-石こうスラリーの濃縮する

↓

●遠心分離機

-石こう粉末として回収

3.3.1.2 水酸化マグネシウムスラリー吸収法

スート分離方式水酸化マグネシウムスラリー吸収法のプロセスフローを以下に示す。

●排ガス

↓

●吸収塔

-水酸化マグネシウム($Mg(OH)_2$)スラリー　濃度 5～10%

-吸収反応

$$SO_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_3$$

$$H_2SO_3 + Mg(OH)_2 \longrightarrow MgSO_3 + 2H_2O$$

$$MgSO_3 + H_2SO_3 \longrightarrow Mg(HSO_3)_2$$

-曝気により吸収塔下部で一部が酸化

$$Mg(HSO_3)_2 + Mg(OH)_2 \longrightarrow 2MgSO_3 + 2H_2O$$

$$MgSO_3 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow MgSO_4$$

↓

●酸化塔

-未反応の亜硫酸水素マグネシウム($Mg(HSO_3)_2$)や亜硫酸マグネシウム($MgSO_3$)

を空気により酸化し、硫酸マグネシウム($MgSO_4$)とする

$$Mg(HSO_3)_2 + O_2 \longrightarrow MgSO_4 + H_2SO_4$$

$$MgSO_3 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow MgSO_4$$

亜硫酸水素マグネシウム($Mg(HSO_3)_2$)や亜硫酸マグネシウム($MgSO_3$)は、排水中の COD 増加の原因となるので、注意が必要である。

↓

●ろ過

-ろ過器を用いてばいじんを除去したのち、無害な硫酸マグネシウムとして、廃液を水域に排出する。

図 3-29 に水酸化マグネシウムスラリー吸収法のフロー図を示す。

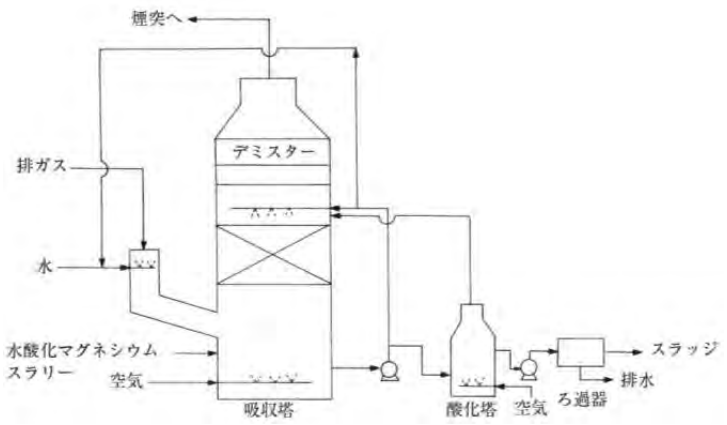


図 3-29　水酸化マグネシウムスラリー吸収法

水酸化マグネシウムスラリー吸収法の特徴を以下に示す。

- 設備が簡易であり、建設費が安く抑えられるため、小規模の産業ボイラーの排ガス処理に適している。
- 水酸化ナトリウムに比較して、水酸化マグネシウムの方が価格が安く、かつ、水酸化マグネシウムと SO_2 は等モル反応のため、ランニングコストを低減できる。
- 廃液は弱アルカリ性だが、毒性、腐食性もほとんどなく、取扱いも容易で危険性がない。
- 原料は、豊富に存在する海水と炭酸カルシウムであり、価格変動も少なく供給も安定しており、安心して使える。
- 生成物（$MgSO_3$, $MgSO_4$）の溶解度が水酸化マグネシウム（$Mg(OH)_2$）より大きく、パイプラインの閉塞等の心配がないので、維持管理が容易である。

3.3.2　排煙脱硫装置の機能と運転、維持管理

(1) 排ガスの冷却除じん工程

脱硫装置に導入される 90~150℃の排ガスを水洗浄するためのスート分離方式に設けられる工程である。一般に、スプレー塔やベンチュリスクラバーが用いられる。

排ガスの温度は、水の蒸発熱によって断熱飽和温度まで冷却され、50～60℃になる。蒸発熱を相殺する用水補給が必要である。したがって、入口排ガス温度が低いほど用水量は節減できる。

洗浄水は排ガスの冷却によって強い酸性となるため、装置の材質は耐食性と耐熱性が要求される。例えば、特殊なステンレス鋼や耐熱煉瓦などを内貼りしたもの、あるいはゴム類又は樹脂をライニングした鋼材が用いられる。

酸性の洗浄水には SO_2 はほとんど吸収されないが、微粒ばいじんや塩化物の濃度が規定値以下になるように、洗浄水の一部を廃水処理装置に供給する。

一般的に用いられるスプレー塔とベンチュリスクラバーを図 3-30 及び図 3-31 に示した。

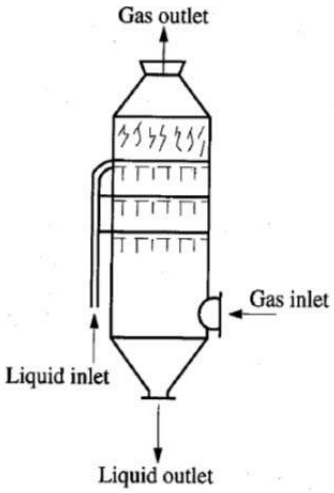


図 3-30　スプレー塔

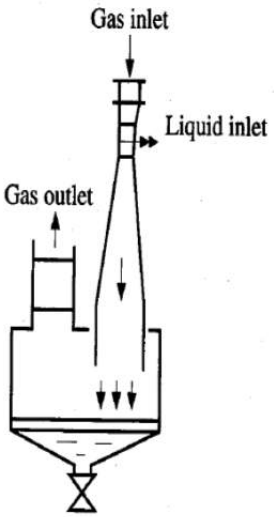


図 3-31　ベンチュリスクラバー

(2) SO_2 吸収工程

火力発電用の排煙脱硫装置では石灰スラリー吸収法が普及している。SO_2 吸収塔には次の形式が用いられている。

(a) スプレー形

多数のスプレーノズルを数段に配置して吸収液を噴霧する。

(b) 充填形

薄板で成形されたグリッド充填層で吸収液をぬれ壁状に流す。

(c) 気泡分散形

多数のガススパージャーを吸収液に浸して排ガスを気泡分散する。

(d) 液柱形

多数の噴水ノズルを吸収塔下部に配置して吸収液を液柱状に噴き上げる。

いずれの形式もスケールの沈着や固形物による摩耗を抑え、できるだけ少ない圧力損失で、できるだけ大量の排ガスが処理できるよう工夫がなされている。

高度脱硫を行うために複数の SO_2 吸収塔を組み合わせて用いられることがある。

装置材料にはステンレス鋼や、ゴム類、プラスチック類をライニングしたものが用いられる。

排ガス処理中に発生する液滴を除去するために、SO_2 吸収塔出口近くに偏向板式のデミスターが設置される。

(3) 酸化工程

SO_2 吸収塔で得られた亜硫酸塩を酸化する方法には次のものがあげられる。

(a) 別置き酸化塔方式

空気と硫酸を加えて、別置きの酸化塔で硫酸塩を回収する。

(b) 吸収塔酸化方式

SO_2 吸収塔内の吸収液に通気することにより、SO_2 吸収と酸化を同時に行う。近年は、この方式が主流になっている。

酸化反応は、空気中の酸素ガスが液中に吸収される速度に影響される。

(a) 別置き酸化塔方式

約 400 kPa の圧力下で空気の気泡を塔底に送り、酸化反応を促進するとともに、硫酸を添加して残留石灰石を分解し、高純度の石こうを回収する。

(b) 吸収塔酸化方式

反応槽は吸収塔の下部に設置される。構造上の制約のため、大気圧の空気を幅広く分散させる必要がある。このため、固定式スパージャー、回転式スパージャー攪拌式アトマイザーなど、各種のスパージャーが開発された。

(4) 副生物回収工程

亜硫酸塩を酸化して得られる硫酸塩は、吸収剤の種類によって異なる生成物を副生する。石灰スラリー吸収法の場合は、水に対して溶解度の低い石こうが結晶として析出する。結晶粒子の大きさは数 10 μm で、懸濁状態にある。液体サイクロンやシックナーで沈殿濃縮したのち、バスケット形遠心脱水機又はベルトフィルターで脱水する。

溶解度の大きい硫酸塩が副生する場合は、冷却又は蒸発タイプの晶出機で結晶化したのち、固形分を分離し、脱水機でろ過する。ろ過液は吸収塔へ循環されるが、一部は固形分の蓄積を防ぐために抜き出され、廃水処理工程に送られる。

(5) 吸収剤調整工程

SO_2 吸収剤が水溶液として扱える場合は、濃度を調整したのち、吸収塔に供給する。

石灰石のような溶解度の低い吸収剤の場合は、平均粒径 15 μm に粉砕した石灰石を貯

蔵する大容量のサイロと、サイロ下部から抜き出した石灰石粉と水を混ぜて所定濃度のスラリーに調整する石灰スラリー調整タンクを設置する。

石灰石の粒子が大きい場合には、SO_2 との反応性が悪くなり、石こう中に残留する。このため、ボールミルなどの粉砕機を設置する。

最近では、サイロ底部から直接SO_2吸収塔に石灰粉を供給する構造上の工夫が施され、石灰スラリータンクが省略されることがある。

(6) 廃水処理工程

スート分離方式では、冷却除じん塔から抜き出された廃水は排水処理施設へ送られる。

スート混合方式では、副生物回収工程からの廃水の一部が排水処理施設へ送られる。

3.3.2.1 排煙脱硫装置に必要な機能

・スケーリング防止策

生成した亜硫酸カルシウム及び石こうは溶解度が低いため、吸収液中で結晶として析出する。スケーリングは吸収塔、デミスター、配管などに発生する。

亜硫酸カルシウムは酸性の液中では溶解度が大きいが、アルカリ性の液中では溶解度が著しく小さくなり、スケーリングを起こしやすくなる。このため、別置き酸化塔方式の SO_2 吸収塔では、吸収液が中性ないしは弱酸性を保つように吸収剤（石灰スラリー）の供給量を調整し、スケーリングを防止する必要がある。

近年主流となっている吸収塔酸化方式では、完全に酸化することによる亜硫酸カルシウムの結晶化及び沈積を防ぐために、以下の対策が取られる。

(a) 吸収液にあらかじめ石こうの種結晶を加える。
この方法の目的は、石こう濃度を高め、酸化反応により生成する硫酸カルシウムを種結晶表面に析出させることにより、装置の表面での結晶化を防ぐものである。

(b) 吸収塔内部に設ける充填物、配管、梁などの構造物の表面で結晶が進み、沈着するため、液のよどみの可能性が少ない単純構造とし、表面が滑らかな材料を用いる。

(c) 吸収塔下部に滞留時間の大きな反応槽を設置し、吸収液の石こう過飽和度を常に低い状態に保つ。

(d) 液分散ノズルの適正な配置により、吸収塔内の乾き箇所や吸収液のよどみを防ぎ、適切な液-ガス比を維持する。

(e) デミスターは液滴を分離するために屈曲構造となっているため、そこに液のよどみや結晶が生じやすい。デミスターの運転中の定期的な洗浄が必要である。

3.3.2.2 処理ガスの昇温

湿式法の吸収装置出口排ガスは水分飽和状態になっているため、そのまま大気中に排出すると白煙を生じる。したがって、白煙を消し、かつ、排ガスの大気中での拡散をよくするために、出口排ガスの温度を上げる必要がある。

出口排ガスの温度を上げるために、入口排ガスの熱を熱交換器を用いて利用する。次のような熱交換器が通常用いられる。

・回転再生形熱交換器（ユングストローム形）（図 3-32）

蓄熱板間のガスが相互にリークするため脱硫・除じん効率が低下する。

・熱媒体循環形多管式熱交換器（図 3-33）

熱回収器と再加熱器が独立して設けられている。この熱交換器は高度の脱硫・除じん性能が求められる場合に適している。

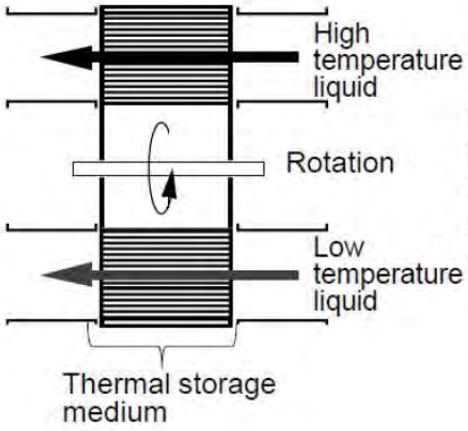


図 3-32　回転再生形熱交換器

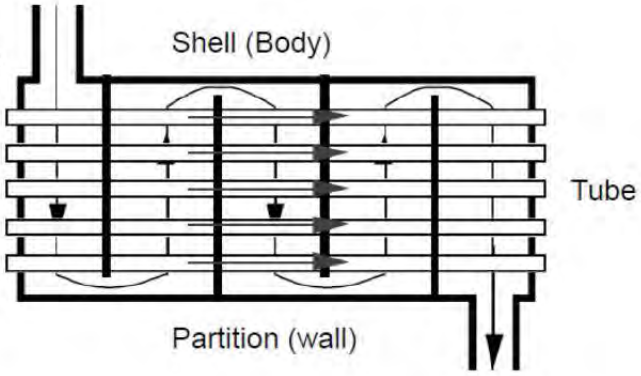


図 3-33　熱媒体循環形多管式熱交換器

3.3.2.3 維持管理

(a) 圧力損失

湿式排煙脱硫装置の場合、熱回収器、吸収塔、デミスター、再加熱器のそれぞれの工程における圧力損失を監視することが重要である。

圧力損失は固形物の付着によるガス流路の狭隘化に起因するので、定期的な点検及び洗浄が必要である。

(b) 脱硫性能

脱硫性能は吸収塔での気液接触効率（液ガス比）に影響を受ける。脱硫性能の低下は液噴射ノズルの閉塞に起因する。

また、pH の制御も重要である。吸収液の pH が低くなると、化学平衡関係にある SO_2 の分圧が大きくなるため脱硫効率が低下する。逆に、pH を高くすれば脱硫効率は上がるが、過剰の吸収剤（石灰スラリー）を必要とし、石こうの純度が低下する。このため、吸収剤の供給量を調整して、pH を 6 近傍にするのがよい。

(c) 流量

ボイラーの負荷変動や炭種により排ガス性状も変動するので、吸収剤（石灰スラリー）を過不足なく供給しなければならない。 このため、排ガス流量、SO_2 濃度、吸収剤流量、吸収剤濃度、吸収剤中の固形物濃度を測定する機器の点検及び精度管理が必要となる。

さらに、安定した運転のためには、固形分による流量調節弁の閉塞、配管の腐食による漏えい、供給ポンプのトラブルの監視も必要である。

酸化反応用空気ノズルの出口では、スケールが発生しやすい。空気流量が低下すると結晶粒子を含む吸収液の逆流が起こり、ノズルの閉塞の原因となる。その防止のためには定期的な水洗浄が効果的である。

酸化反応塔での空気が不足すると、以下の連鎖作用により、脱水効率が低下する。

酸化反応速度の低下 → 亜硫酸塩の残留 → 脱硫効率の低下 → 副生石こうの純度の低下 → 脱水効率の低下

(d) 副生品

石こうは建材用ボードやセメント添加物として広く使用される。

石こうの純度は、石灰石中の不純物、吸収液の pH、排ガスに含まれるスート、塩酸ガスやふっ酸ガス濃度、SO_2 酸化率などの影響を受ける。また、スートの混合や分離方法、別置き酸化塔方式や吸収塔酸化方式のような脱硫方式の違いにも影響される。

石炭種や石灰石供給元の変更がある場合は、石こうの成分を分析しなければならない。

(e) 装置材料

吸収液や洗浄水で常時湿潤している部位は、耐熱性に乏しいプラスチックやゴムが使用されていることが多い。したがって、温度が制御限界を超えないように温度計による連続的な温度監視が不可欠である。

3.4　脱硝技術

燃焼により２種類の NOx が生成する。一つはいわゆるサーマル NOx で、高温条件下で窒素と酸素が反応して生成する。他方はフューエル NOx で、例えば化石燃料中の窒素分が酸化されて生成する。NOx 排出防止技術は図 3-34 のように分類できる。すなわち、NOx 抑制技術と排煙脱硝技術である。また、NOx 抑制技術は、燃料改善と燃焼改善に分けられる。

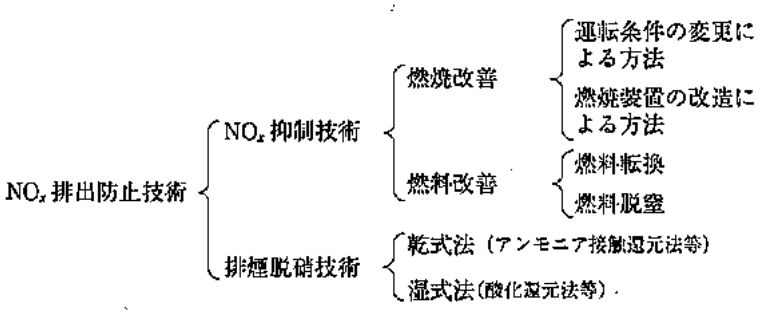


図 3-34　NOx 排出防止技術の種類

3.4.1　低 NOx 燃焼技術

3.4.1.1　NOx 生成抑制方法

NOx の生成を抑制する基本原理は以下のとおりである。

(a) 有機窒素化合物の含有率の低い燃料を使用すること

(b) 燃焼域での酸素濃度を低くすること

(c) 高温燃焼域での滞留時間を短くすること

(d) 燃焼温度を低くし、局所的に高温にならないようにすること

典型的な NOx 抑制技術を図 3-35 に示す。

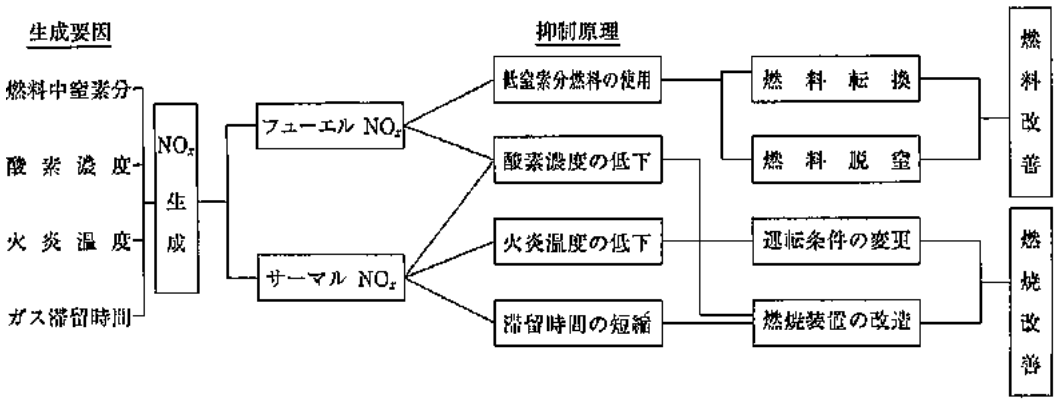


図 3-35　NOx 抑制技術

一般に硫黄分の少ない燃料は窒素分も少ないので、低硫黄燃料、低窒素燃料に変換する。エマルション燃料は、水の蒸発潜熱により火炎温度を低下させるので、NOx 生成抑制に効果的である。エマルション燃料は、石油系燃料に水と微量の界面活性剤を加えて攪拌混合して作られる。そのエマルションの粒子径は数 m μ である。

燃焼改善は、2 つの方法、すなわち低 NOx バーナーと運転条件の変更に分けられる。

3.4.1.2　低 NOx バーナー

低 NOx バーナーの基本原理は以下のとおりである。

・燃焼領域の酸素濃度の低下
・火炎の最高温度の低下
・高温域でのガスの滞留時間の短縮

低 NOx バーナーのタイプは以下のとおりである。

・急速燃焼形（混合促進形）
・緩慢燃焼形
・火炎分割形
・自己再循環形
・段階的燃焼組込形

1)急速燃焼形バーナー

図 3-36 に示したこのタイプのバーナーでは、燃料と空気を直角に衝突させることにより急激に混合し、円錐状の非常に薄い火炎を形成させる。このことにより、火炎からの放熱量が増加し、高温部での燃焼ガスの滞留時間が短縮され、NOx 生成が抑制される。

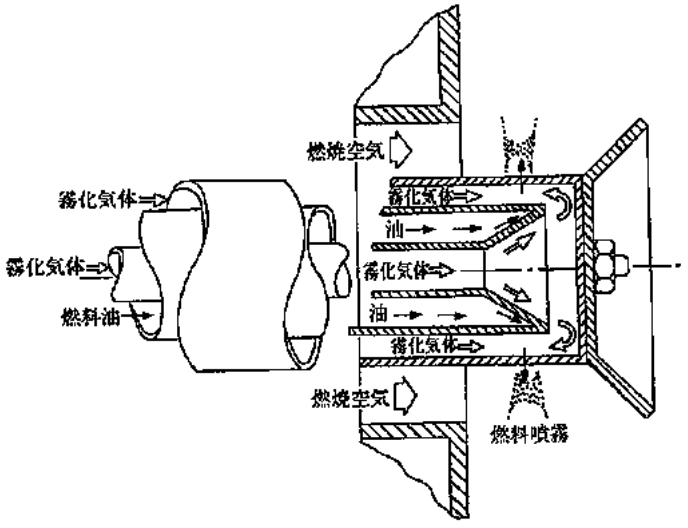


図 3-36　急速燃焼形バーナー

2)緩慢燃焼形バーナー

燃焼域や火炎表面積の拡大による火炎温度の低下とともに、燃焼域での酸素分圧の低下により NOx の生成を抑制する。このタイプのバーナーの例を図 3-37 に示す。

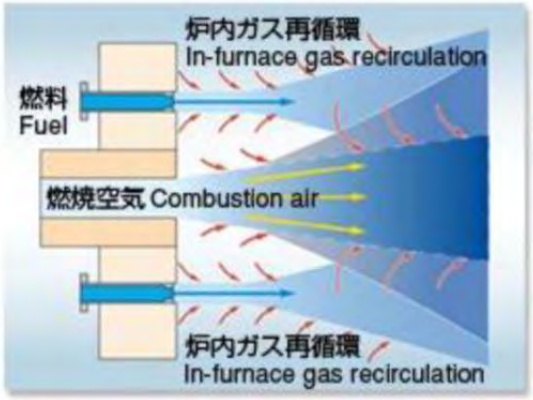


図 3-37　緩慢燃焼形バーナー

3)火炎分割形バーナー

火炎を複数の独立した小火炎に分割し、放熱性をよくすることにより火炎温度を低下させ、また、火炎層を薄くすることにより高温域でのガスの滞留時間を短縮して NOx 生成を抑制する。このタイプのバーナーの例を図 3-38 に示す。

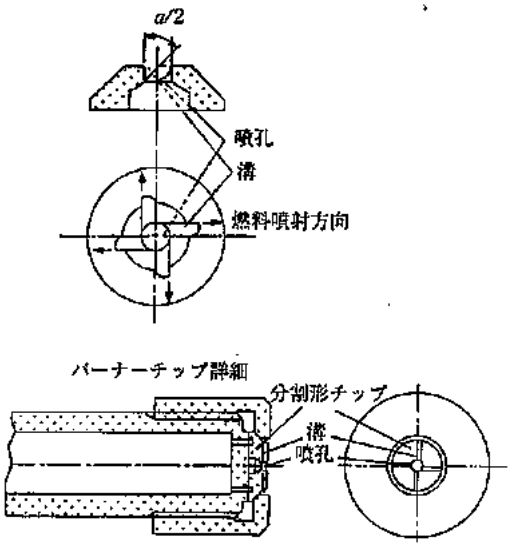


図 3-38　火炎分割形バーナー

4)自己再循環形バーナー

空気と燃料の噴霧によって生じる伴流によって、バーナー内部で燃焼ガスの再循環を強制的に行わせ、このことにより循環域での酸素濃度を低下させ、同時に燃料の蒸発・ガス化を促進し、燃焼温度を低下させることにより NOx 生成を抑制する。このタイプのバーナーの例を図 3-39 に示す。

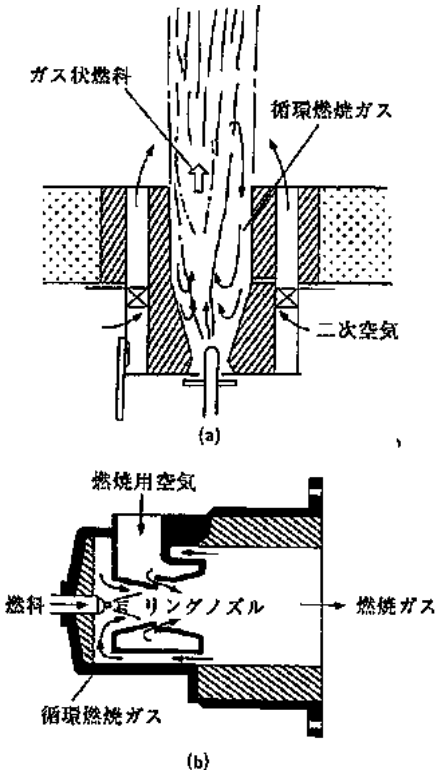


図 3-39　自己再循環形バーナー

5)段階的燃焼組込形バーナー

バーナー内に二段燃焼や濃淡燃焼などの原理を組み込み、段階的燃焼により 1 段目で酸素濃度の低い燃焼状態を作り、NOx の生成を抑制する。このタイプのバーナーの例を図 3-40 に示す。

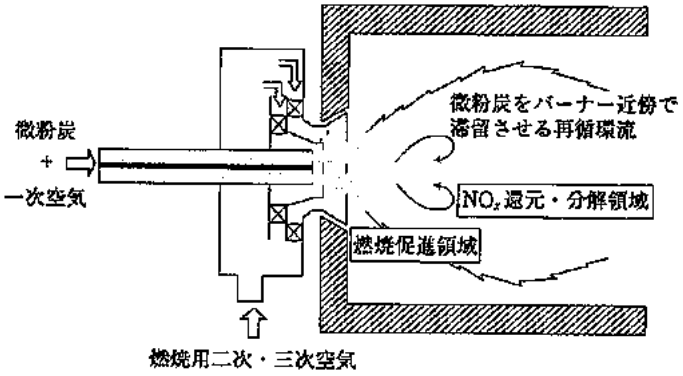


図 3-40　段階的燃焼組込形ーナー

3.4.1.3　運転条件の変更

(1) 炉内脱硝

炉内脱硝法は、炭化水素系燃料及び石炭に NOx の還元性があることを利用し、主燃料の一部をバイパスさせて脱硝用燃料として用い、脱硝反応もすべて炉内で完了させるものである。この方法は微粉炭ボイラーの NOx 低減に適用できる。

反応は以下のように進行する。一次燃料と一次空気による一次燃焼（主燃焼）は通常の空気比で行われ、ここでかなりのフューエル NOx とサーマル NOx が生成する。次にこの一次燃焼の後流に二次燃料のみを、一次燃焼後に残存する酸素より過剰に供給して還元燃焼（二次燃焼）させる。ここで一次燃焼で生成した NOx は N_2 と N に還元される。さらに、その後流に二次空気を供給し、三次燃焼を行わせ、二次燃焼域で残存する未燃焼分を完全燃焼させる。典型的なプロセスを図 3-41 に示す。

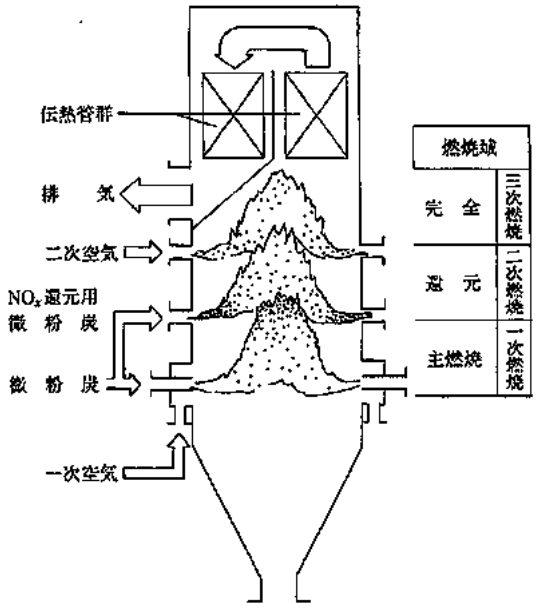


図 3-41 炉内脱硝法の燃焼状況

(2)　2 段燃焼、排ガス再循環、低 NOx バーナーを併用している火力発電所の典型的なプロセスを図 3-42 に示す。

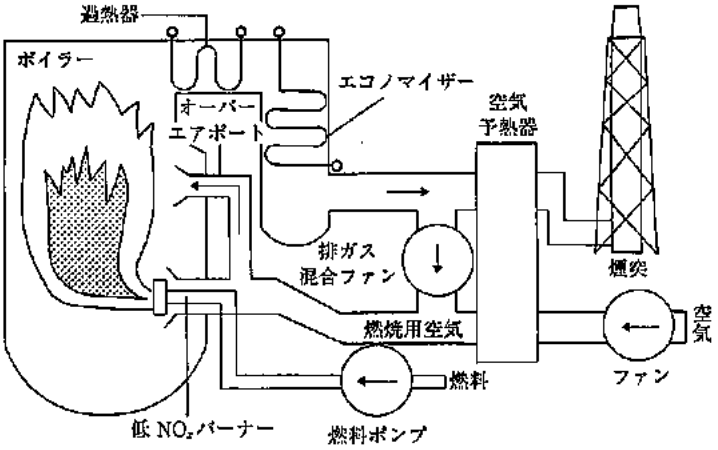


図 42　低 NOx 燃焼技術の組み合わせ適用例

3.4.2　排煙脱硝技術

乾式処理は、我が国で実用化されている最も一般的な処理方式である。乾式処理のうち、アンモニア接触還元法の処理能力は、日本では処理能力で全体の 90%以上を占めている。また、活性炭又は活性コークスを使用した排煙処理システムは、脱硫と脱硝が同時に可能である。これらのシステムは事業用発電ボイラーに採用されている。典型的な脱硝技術を表 3-4 に示す。

表 3-4　典型的な脱硝技術の一覧表

名称		反応例	方法	実用化の状況
乾式	アンモニア接触還元法	アンモニア、尿素	触媒を用いてアンモニアとNO_xを反応させ、無害な窒素と水蒸気に還元させる方法	ボイラー、ガスタービン、ディーゼル、ごみ焼却炉、加熱炉等に適用されており、現在実用化されている脱硝装置の処理能力で90%以上を占めている。
	無触媒還元法	アンモニア、尿素	アンモニアを還元剤として排ガス中に吹き込み、気相無触媒でNO_xを窒素に還元する。	石油加熱炉、ごみ焼却炉等に採用実績があるが、脱硝率が低く、未反応還元剤も多いので適用先は少ない。
	活性炭法	アンモニア	活性炭（又は活性コークス）により排ガスのSO_xを吸着し、NO_xは活性炭（活性コークス）の触媒作用により、アンモニアで窒素に還元させる同時脱硫・脱硝法	ボイラー、焼却炉等に数基採用されている。事業用流動層ボイラーの同時脱硫・脱硝装置として活性コークス法が実用化されている。
湿式	酸化還元法	オゾン、二酸化塩素、亜硫酸ナトリウム	NOをオゾン又は二酸化塩素で酸化し、亜硫酸ナトリウム溶液に吸収させる方法	比較的小形のボイラーや加熱炉に数基採用されている。酸化剤として使用されるオゾン、二酸化塩素等が高価なため、大形装置への適用は難しい。

3.4.2.1　排煙脱硝技術の種類と原理

アンモニアによるNOxの接触還元の原理は、以下のとおりである。

排ガス中のNOx（NOとNO_2）が、排ガス中に注入されたアンモニアガスと250～450℃で触媒により反応することによって、窒素（N_2）と水蒸気（H_2O）に還元される。その基本反応は以下のとおりである。

$$4NO + 4NH_3 + O_2 \longrightarrow 4N_2 + 6H_2O$$
$$NO + NO_2 + 2NH_3 \longrightarrow 2N_2 + 3H_2O$$

アンモニア接触還元法は1970年ごろから開発が始まり、現在はほとんど開発が終了し、実機において安定した自動運転ができるようになった。本法は、発電ボイラーをはじめ、産業用ボイラー、ディーゼル機関、ガスタービン、廃棄物焼却炉などに最も広く採用されている脱硝装置である。

アンモニアは強い刺激臭を持つため、近年、尿素水が代わりに使用され始めている。無触媒脱硝は、触媒脱硝に比べて脱硝効率が低く、より高い反応温度を要するものの、効果的である、

3.4.2.2 選択的触媒脱硝（SCR）

選択的触媒脱硝（SCR）の典型的な触媒の構成は、以下のとおりである。

(1)形状

当初、触媒はペレット状又はリング状のものが使用されていた。しかし、ダストによる触媒層の閉塞による圧力損失の増加の問題から、現在では図 3-42 のように、ハニカム（格子）状あるいはプレート状の並行流形が主に用いられている。

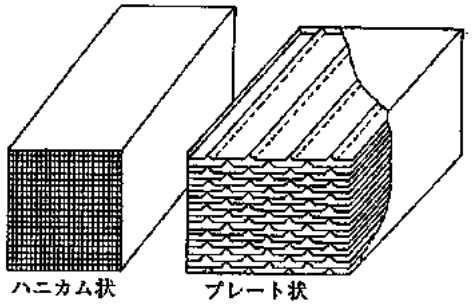


図 3-42　代表的な触媒の形状

(2)組成

触媒は基材、担体、活性金属から構成される。多くの場合、ハニカム状の触媒は担体自体が基材として働いている。一般に、次の材料が用いられている。

担体：酸化アルミニウム（Al_2O_3）、酸化チタン（TiO_2）

活性金属：Pt、V_2O_5、Fe_2O_3、CuO、Mn_2O_3、Cr_2O_3、MoO_3、CoO

酸化アルミニウムを担体とするものは、SOx と反応して硫酸アルミニウムを生成し、触媒を被毒する。その代わりとして、酸化チタン担体が開発された。

白金系触媒は活性が高いが SOx による被毒が著しく、また高価である。そこで酸化バナジウム（V_2O_5）が活性金属として広く用いられている。しかし、排ガス中のアルカリ金属塩（硫酸カリウム、硫酸ナトリウム）が酸化バナジウムの毒となるため、触媒の水洗が欠かせない。

(3)触媒の寿命

石炭燃焼ボイラー：5～6 年

油燃焼ボイラー　：7～8 年

ガス燃焼ボイラー：8～10 年

3.4.2.3　選択的無触媒還元（SNCR）

高温の排ガス中に NH_3 を添加し、触媒を用いないで選択的に NO を窒素（N_2）に還元する。900℃から反応が急激に進み、約 1000℃で最大の脱硝率が得られる。NH_3 の添加量が

多いほど脱硝率は高くなるが、酸素濃度が大きくなると脱硝率は若干低下する。

反応は以下の式にしたがって進むと考えられている。

$$O_2 + H \longrightarrow OH + O$$
$$H_2O \longrightarrow OH + H$$
$$H_2 + OH \longrightarrow H + H_2O$$
$$NH_3 + H \longrightarrow NH_2 + H_2$$
$$NH_3 + O \longrightarrow NH_2 + OH$$
$$NH_3 + OH \longrightarrow NH_2 + H_2O$$

生成した HH_2 は H、O、OH と反応して NH を生成し、さらに N などを生成する反応が起こる。結局 NO は次式のように HH_2、NH、N と反応し、N_2 に還元される。

$$NO + NH_2 \longrightarrow N_2 + OH + H$$
$$NO + NH \longrightarrow N_2 + OH$$
$$NO + N \longrightarrow N_2O$$

水素を添加すると、H_2 と O_2 との反応によって H、O、OH が生成されるため、反応温度を 200～300℃低下させることができる。NH_3 の添加量を多くすれば脱硝率は高くなるが、同時に未反応の NH_3 が多くなり、硫酸水素アンモニウムの析出という触媒接触還元法の場合と同様の問題を生じさせる。ボイラーなどでは、排ガスが脱硝に最適な温度範囲に滞留する時間は極めて短いので、脱硝率は 30～50%程度である。

また、還元剤として尿素（$CO(NH_2)_2$）を用いる方法も実用化されている。その反応は次のとおりである。

$$CO(NH_2)_2 + 2NO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow 2N_2 + 2H_2O + CO_2$$

尿素水溶液を微粒化し、燃焼炉内に噴霧する。イニシャルコスト、ランニングコストともに安価であり、尿素水溶液の取扱いも安全かつ容易である。

3.4.3　脱硝装置の構成、運転、維持管理

排煙脱硝装置の性能管理フローを図 3-43 に示す。

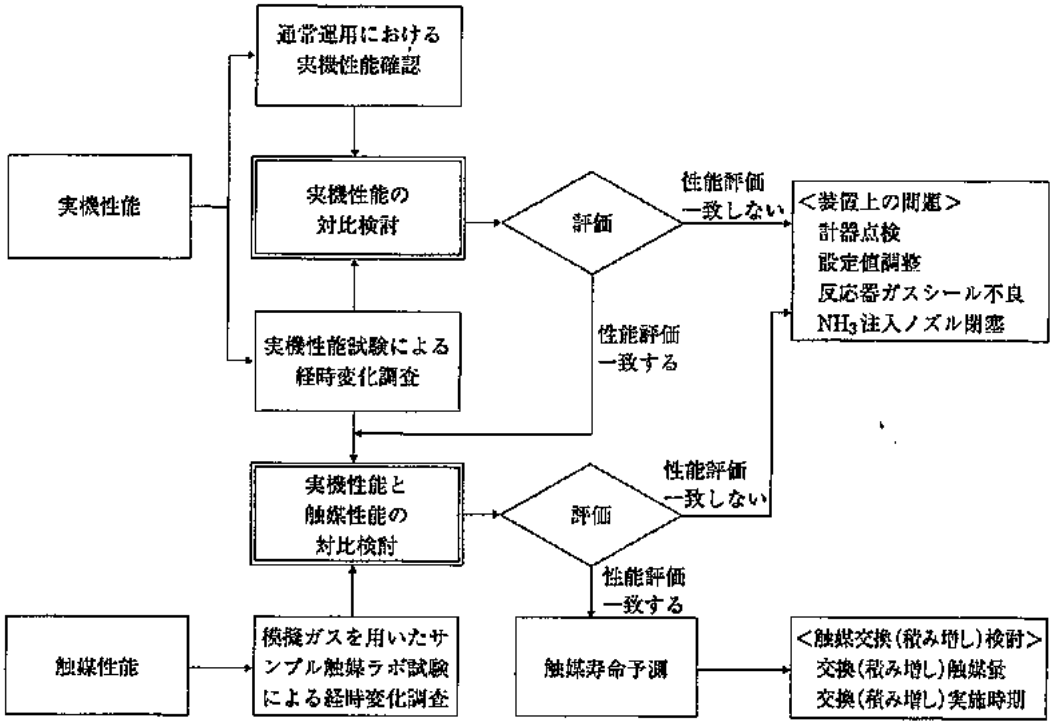


図 3-43　排煙脱硝装置の性能管理フロー

3.4.3.1　脱硝装置の点検及び維持管理

脱硝装置の点検及び性能管理は以下のとおりである。

(a) 通常運転時の性能管理

下記の運転データを記録・確認する。

・脱硝装置出入口の NOx 濃度

・排ガス中の残存 NH_3 濃度

・NH_3 注入量

(b) 実機性能試験による性能管理

・ダクト断面における排ガス成分の濃度分布の測定

・各注入ノズルにおける NH_3 注入量の調整

(c) 反応器の内部点検

破損、変形、ノズルの閉塞等の有無を目視点検し、必要に応じて清掃、補修する。

(d) ラボ活性検査による触媒性能管理

プラント停止時にサンプル触媒を抜き取り、ラボ活性検査により触媒活性の把握と触媒寿命の予測を行う。

脱硝装置の保守管理項目を表 3-5 に示す。

表 3-5　排煙脱硝装置の保守管理項目

対象	区分	頻度	内容
脱硝装置	通常運用時性能管理 (中央操作室データ確認)	1回/月 程度	①ユニット負荷 ②燃料性状 ③燃料流量 ④アンモニア注入量 ⑤脱硝入口排ガス温度 ⑥脱硝出入口 NO_x 濃度 ⑦残存アンモニア濃度 ⑧脱硝装置及びガスエアヒーター(GAH)差圧 ⑨その他プラント運転データ
	実機性能試験 (仮設計器によるトラバース計測)	定検ごと	①脱硝性能(脱硝率、残存アンモニア) ②SO_3 転化率(油、石炭焚きの場合)
	反応器内部点検	定検ごと	①触媒層での灰付着・灰堆積状況 ②触媒バスケットの状況 ③NH_3 注入ノズルの状況
脱硝触媒	触媒経時変化調査 (模擬ガスを用いたラボ活性検査)	定検ごと	①脱硝率 ②SO_3 転化率(油・石炭焚きの場合) ③物性・組成 ④摩耗状況(石炭焚きの場合)

3.4.3.2.　脱硝装置の長期運用計画

(a) 脱硝触媒の性能低下要因

脱硝触媒の活性は長期にわたり、徐々に低下する。その原因は、以下のとおりである。

(1) 熱的劣化

・触媒成分の結晶構造のシンタリングによる粗大化

・触媒中に含まれる硫黄分の飛散

(2) 化学的劣化

・被毒成分（ナトリウム、カリウム、ひ素、リン）の触媒への付着

(3) 物理的劣化

・ダストによる触媒表面の被覆

・酸性硫安（硫酸水素アンモニウム）による触媒細孔の閉塞

(4) その他の要因

・ダストによる触媒の摩耗

・脱硝触媒の強度低下

(b) 脱硝触媒の寿命予測

ラボ活性検査の結果を、脱硝反応の反応速度定数と比較して、触媒の寿命を予測する。

(c) 脱硝装置の性能回復

以下の方法により、脱硝性能を回復する。

・緊急対策：NH_3 注入量の増加

・抜本対策：触媒の交換、触媒の積み増し（あらかじめ脱硝反応器に予備層を設けておく。）

4 章 省エネルギーによる CO_2 の排出管理

4.1 企業内における温暖化対策の考え方

2015 年12 月にフランス・パリで、気候変動枠組条約第21 回締約国会議（COP21）において各国の温暖化対策の取組について2020年以降の新たな温暖化対策の枠組みが話し合われた。ベトナムも国家行動計画に温暖化対策の目標値を設定し、CO_2 排出削減の努力をすることが挙げられており、大気汚染防止と並行してCO_2 削減に取り組むことが重要となっていくものと思われる。特に、電力、鉄鋼、セメント等のエネルギー多消費型の産業はCO_2を多く排出するため、よりエネルギー効率の高い生産プロセスへの転換や技術の導入によりCO_2 排出削減が達成され、温暖化対策に寄与することができる。この章では、特に製造業の生産活動における省エネルギー技術に焦点を絞り説明する。

(1) 省エネルギーの考え方

事業所内のエネルギーは、電力や燃料、冷水、温水、蒸気など、様々な形態で存在している。一般的に工場では各種の装置が複雑に連携して生産プロセスが形成されているため、エネルギーの使用を合理化するためには、エネルギーの流れと装置の関係を整理することが重要である。エネルギーフローの概念と省エネルギーの関係を図4-1 に示す。

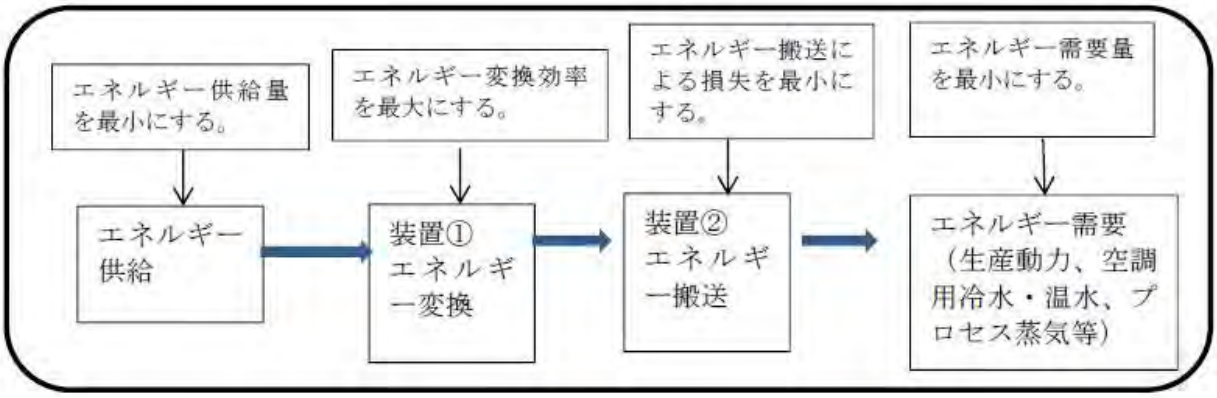


図4-1 エネルギーフローの概念と省エネルギーの関係[1]

工場内の究極の省エネルギー化は、エネルギーのロスを防止することで需要量を極限まで削減するとともに、装置の効率を最大レベルまで追求することで達成される。燃焼管理においても、適切な空気量で燃焼することにより、燃焼効率を上げることができる。

(2) 省エネルギーの評価項目

日本はエネルギー資源に乏しく、石油、天然ガス、石炭などは輸入に頼っている。1970 年代に中東情勢の影響を受けて 2 度の石油危機を体験し、1979 年には「エネルギーの使用の合理化に関する法律」（省エネルギー法）が制定されたことから、企業内での省エネルギー対策が推進されてきた。なお、本法律は、現在は温暖化対策に資する法律としても位置づけられている。日本の省エネルギー法で、省エネルギー対策を実施する上での評価基準項目が参考になるため以下に紹介する（表 4-1)。

なお、既存設備のエネルギーの使用の合理化に関しては、下記①～⑥の項目で網羅されるが、新設する場合には、設備・機器自体の高効率化についても留意しなければならない。

表 4-1　　エネルギーの使用の合理化に関する判断の基準となるべき事項[2]

①	燃料の燃焼の合理化
②	加熱及び冷却並びに伝熱の合理化
③	廃熱の回収利用
④	熱の動力等への変換の合理化
⑤	放射、伝導、抵抗等によるエネルギーの損失の防止
⑥	電気の動力、熱等への変換の合理

(3) 省エネルギーの具体的な取組内容

表 4-1 の各事項毎に、企業における省エネルギー取組内容の例を表 4-2 に、また、その具体例を以下に示す。

表 4-2　省エネルギー取組内容の例

①燃料の燃焼の合理化 （運転方法の改善を含む）	➢ 適正空気比燃焼 ➢ 燃焼灰中の未燃分の低減（石炭の燃焼時） ➢ 圧力、温度、流量、還流比など最適運転への条件変更
②加熱、冷却、伝熱の合理化	➢ 熱供給配管等の断熱強化（④にも関連） ➢ ヒートポンプの設置（⑥にも関連）
③廃熱の回収利用 （廃棄物の有効利用を含む）	➢ 排ガス等の廃熱の回収利用（熱利用、排熱発電）（④にも関連） ➢ 廃液、廃油、オフガス等の燃料化（①にも関連） ➢ 有機性廃棄物、廃水処理汚泥の燃料化（①にも関連） ➢ 生産工程からの廃棄物の原料としての再利用、リサイクル等
④熱の動力等への変換の合理化 （機器効率の改善を含む）	➢ 高効率ボイラーの導入（⑤にも関連） ➢ 高効率タービン等の導入 ➢ 熱供給配管等の断熱強化（②にも関連）
⑤放射、伝導、抵抗等によるエネルギーの損失の防止	➢ スートブローの実施（蒸気、圧縮空気、音波振動） ➢ 工場内の高圧幹線における送電損失の改善 ➢ コンプレッサー配管のループ化、適正圧、リーク防止、熱換気
⑥電気の動力、熱等への変換の合理化 （機器効率の改善を含む）	➢ 高性能・高効率な設備機器、材質への更新 ・照明、ファン・モーター、誘導溶解炉等の高効率化 ・トップランナー変圧器への更新、受変電設備の一部休止 ・ファン・モーターへの省エネＶベルトの適用 ➢ 電気使用におけるインバータ制御（①、②、④にも関連）
⑦共通項目、関連項目 （プロセスの合理化を含む）	➢ 過大な動力等の設備・機器の適正化 ➢ 燃焼設備・動力等の運転台数制御 ➢ 製法転換・生産方式変更、触媒変更 ・適正な維持管理による長期連続運転、寿命延長 ・生産工程の時間短縮・改善、生産計画の改善 ➢ 熱の多面的な有効利用 ・ピンチテクノロジー※の利用 ➢ 製造ラインへの管理制御技術の導入 ・エネルギー消費の見える化によるムダの排除

※ピンチテクノロジーとは、複数の装置、設備（プラント）、工場、企業（コンビナート）に広げた熱の授受に関して、熱のカスケード（Heat Cascade）利用を徹底する省エネ手法

① 燃料の燃焼の合理化

適正空気比燃焼については、 4-2 で詳述する。

② 加熱、冷却、伝熱の合理化

a. 蒸気利用プロセスに関する効率化

産業部門で消費されるエネルギーのうち、蒸気に係る消費は大きい。一般に蒸気は、ボイラーから乾燥・加熱設備への熱の伝達に用いられているが、蒸気設備が古くなると、経年劣化によりドレイン回収のための復水装置（steam condenser）や、復水分離装置(steam trap)などに蒸気漏れや閉塞故障などが発生してエネルギー損失が増える。このため、負荷変動に対応できる高効率ボイラー、蒸気モーター等の動力応用技術、高性能蒸気流量計、高圧用高性能スチームトラップ、完全クローズド方式ドレイン回収システムなどを用いることで、また、過剰蒸気の放出抑制などの蒸気供給の効率化や配管系統の断熱性能の向上による熱損失低減、循環システム面での改良を行うことで、エネルギーの浪費を抑制し、効率化が図れる。

b. 加熱・乾燥プロセスにおける効率向上

燃焼技術の改良による燃焼炉の燃費改善が行われている。

また、蒸気による熱輸送効率の向上のため、加熱を必要とする設備に直接熱を供給できる加熱技術の導入も効果がある。例えば、蒸気による熱輸送に代えて表面燃焼バーナー※の技術などを用いることにより、熱輸送損失を軽減することができる。

※表面燃焼バーナーとしては、セラミックプレートを使ったブンゼン式のガス赤外線バーナーや、金属ファイバを織り上げた材料で形状自在の表面燃焼バーナーなどがある。用途としては、食品の焼成や解凍、繊維や紙の乾燥のほか、金属熱処理、ガラス熱処理、熱風発生機器などのあらゆる焼成や乾燥工程に使用されている。

③ 排熱の回収利用

a. ボイラーや加熱炉等の廃熱回収

燃料を燃焼させることによって、燃焼排ガスとして排熱が大気中に放出されてエネルギーロスが生じる。燃焼排ガスとして持ち出される排熱は、エコノマイザー（節炭器）やレキュペレーター（燃焼用空気加熱器）などで回収され、エネルギー効率の向上に寄与している。また、伝熱面にスケールが付着するとボイラー効率を低下させるので、それを防止するために、ボイラー水の一部を外部にブロー（放出）し、新しい水を送り込んで不純物

の濃度を低下させる。しかし、そのまま捨てると熱損失となることから、ブローの回路に熱交換器を設置してボイラー給水を予熱することで廃熱回収する。

b.リジェネレーティブバーナー

リジェネレーティブバーナー（Regenerative burner）は、バーナーと蓄熱体をセットとした蓄熱型燃焼システムであり、2セットで1式とし、一定時間の間隔で交互に切り替えて使用する。一方のバーナーが燃焼しているときは、他方のバーナーに内蔵した蓄熱体に燃焼排ガス熱を蓄え、次に他方のバーナーが燃焼するときには加熱された蓄熱体に燃焼用空気を通して予熱することで、排熱を回収する。リジェネレーティブバーナーは、レキュペレーターによる排熱回収より費用対効果に優れており、高温を必要とする金属加熱炉やガラス溶融炉などで多く使用されている。

④　熱の動力等への変換の合理化

高効率な設備を導入するとともに熱輸送のロスを減らすことにより、熱を有効に動力に変換する。

⑤放射、伝導、抵抗等によるエネルギーの損失の防止

a.高圧空気稼働設備の省エネルギー

高圧空気配管では、圧力配管がループ化していない場合、末端で必要とする圧力を確保するために過大な圧力空気を送り出すことになるが、ループ化すれば適正圧での供給が可能となって省エネが実現する。また、コンプレッサー周辺の換気が悪く、熱がこもっている場合、高温空気を加圧することになってエネルギーロスを生じるので、自然換気などにも配慮する必要がある。

⑥電気の動力、熱等への変換の合理化

a.トップランナー変圧器への更新

日本では、2006年から変圧器に「トップランナー基準※」が施行され、2014年4月からは更に基準が強化された「トップランナー変圧器2014」の出荷が義務付けられている。「トップランナー変圧器 2014」は、変圧器自体の負荷放電、無負荷放電によるエネルギー損失を抑制したものであり、旧型変圧器に対して約40%の省エネ効果が見込まれている。

変圧器の更新による投資回収年数は長期間を要するが、実用耐用年数の目安も20～25年またはそれ以上の長期であることにも留意して、費用対効果を検討する。

※トップランナー基準とは、機器の省エネルギー基準を定めるに当たり、その時点で市場に存在する機器のうち最もエネルギー消費効率が優れている機器をベースにして定められる基準である。1998 年の省エネルギー法の改正により導入された。対象機器は、順次拡大指定されている。

b. IPM モーターへの更新と高効率制御[3]

IPM（Interior Permanent Magnet）モーターは、回転子（rotor）に永久磁石を使用したモーターのことであり、永久磁石には電流が流れないため、電気抵抗によるエネルギーロスを低減できる。また、負荷がかかったときの電流を必要最小限に抑えるように IPM モーターをインバータで制御する IPM 高効率制御により、通常のモーターに比べ、最大で約 70%の省エネが実現する。

c. モーターへのインバータの導入

モーターは、ファン・ポンプ、高圧空気利用や冷凍のためのコンプレッサーのような固定エネルギー消費の根幹をなす装置に用いられている。

これらの装置にインバータを導入すれば、液体や空気の供給量の変化に応じてモーターの回転数を制御し、効率的運転ができるため、省エネルギーに有効である。

例えば、ボイラーには燃焼用空気の供給ファンと燃焼排ガスの排気ファンがある。通常、ファン能力は過大に設計されており、しかも、燃焼量に応じてダンパーの開閉度で流量をコントロールすることから、定格のファン能力に応じた電力を消費する。一方、インバータは回転数制御のため、燃焼量の増減に応じて消費電力量をコントロールできることになる。また、排ガス中の酸素濃度や炉内圧によるインバータの回転数制御を行えば、空気過剰燃焼による排熱ロスや空気不足による黒煙発生などの抑制管理にも有効である。

⑦共通項目、関連項目

a. 過大な動力等の設備・機器の適正化

動力等の設備・機器は、フル稼働でも一定の余裕を持った性能で設計されている。しかし、場合によっては極めて過大な設備・機器が導入されている場合がある。このような場合には設備・機器性能の適正化による省エネルギーが考えられる。

b. 産業プロセスにおける固定エネルギー消費の削減

固定エネルギーとは、工場において生産量の変動に連動せずに、固定的に消費される不変のエネルギーである。常に稼働しているやコンプレッサーや油圧ポンプなどで消費される固定エネルギーを生産量の変動に連動させることで、その生産量に応じたエネルギーの消費が実現し、生産量当たりのエネルギー消費原単位が低下する。

c 小型ボイラーの台数制御

ボイラーは運転状況により効率が変化するので、1 台のボイラーで運転するよりも、小型ボイラーを複数設置し、蒸気の使用量に応じて必要台数のみを運転する方が省エネルギーとなる。

d. コンプレッサーの台数制御

高圧空気で稼働する機械への高圧空気供給では、コンプレッサーの配置等の関係で、製造ラインにおける生産量と関係なく、常に一定の吐出圧力・空気量を供給するシステムが構築されている場合が多い。また、コンプレッサーでの空気の高圧化では、投入エネルギーの 80%近くが熱の形で損失している。このため、高圧空気により稼働する機械とコンプレッサーを、生産量に応じて運転する台数制御を行うことにとって大幅な省エネルギーが実現する。

e. 熱の多面的な有効利用

産業における熱の有効利用のためには、廃熱利用等の熱そのものの有効利用に関わる技術の他に、熱の多面的な有効利用のためのシステム技術がある。システム技術のアプローチとして、単一の工場内の複数の設備や工業団地内の複数の近隣工場等で物質及び熱の流れを解析し、最適化を行う解析ツール「ピンチテクノロジー」がある。本技術は、元来は熱交換器群や蒸留塔の熱回収システムの最適設計のための熱力学に基づいた解析手法であり、高温から低温に至る熱落差に応じた熱有効利用システムの最適化に即した設計・評価技術として適用可能である。例えば、工業団地内にある製油所、化学工場、製鉄所、ガラス工場、発電所、食品工場、機械工場などが排熱を融通し合って、単独工場では成し得ない省エネルギーを実現するものである。

日本では、既に多くの事例があるが、モンゴル国の石炭火力発電所の例では、低圧タービンを駆動させた蒸気の一部を近隣工場に供給することで電熱供給を実現し、エネルギーの総合利用効率を高めている。

f. 製造ラインへの管理制御技術の導入

個別機器単体での省エネルギー化を進めることも必要であるが、総合的なエネルギーの有効利用を推進するために例えば、製造ラインの生産量の変動に応じて機器をフレキシブルに稼働させるなど、それぞれの機器が最適な稼働状況になるような管理制御技術や制御機器を導入する。

例えば、各製造ラインの主要設備毎にエネルギーの使用状況を「見える化」し、コントロール室で管理することで無駄な運転の排除を徹底し、エネルギー消費を効率化させるな

ども一つの手法である。

4.2　燃焼管理による省エネルギー

燃焼管理とは、ボイラー等の燃焼設備の運転において、適正な燃料の使用、燃焼方法、燃焼設備全体の管理を合理化し、燃焼効率の改善を行うことである。適切な燃焼管理を行うことは、燃料使用量を減少させて省エネルギーに寄与するだけでなく、SOx や NOx などの汚染物質の低減にもつながる大気汚染防止の基本となる技術である。

種々の燃料を燃焼させる時、熱をロスしないようにできるだけ少ない過剰空気で完全燃焼させることは燃焼管理の基本である。ここでは燃焼に必要な空気量や排ガス量の算定方法、過剰空気の量（空気比）の管理、すすを低減するための燃焼方法、排ガスによる金属腐食の防止方法について説明する。

4.2.1　燃焼計算

燃焼反応は燃料が酸素と反応し、熱や光を発する化学反応である。炭素や水素、硫黄を含む燃料は完全燃焼により、CO_2、H_2O、SO_2 に変換される。燃焼は化学反応であるため、質量保存の法則を適用して燃焼反応前後の物質収支の計算を行うことで、燃焼に必要な空気量、燃焼排ガス量、排ガス中の二酸化炭素濃度、二酸化硫黄濃度等を算出することができる。このような理論計算を行うここと は、燃焼管理や大気汚染防止管理において重要である。

(1) 理論空気量及び空気比

燃料を効率良く燃焼させるためには空気は多すぎても、少なすぎても良くない。

○空気が多すぎる場合：完全燃焼するが、過剰な空気によって、発生した熱量が持ち去られ、燃焼効率が悪くなる。

○空気が少ない場合：燃料が完全燃焼せず、すすの発生や一酸化炭素等の未燃焼ガスの発生が多くなる。

燃料を完全燃焼させるために必要な酸素の量を理論酸素量（O_0）と呼び、理論酸素量を含む空気量を理論空気量(A_0)と呼ぶ。通常、酸素は空気中に 21%含まれているので、理論酸素量と理論空気量の関係は以下のとおりである。

$$A_0 = O_0 / 0.21$$

通常、燃料を燃焼装置で燃焼させるとき、燃料と空気を完全に均一に混合させることができないので、理論空気量だけを供給したのでは完全燃焼させることは困難であるため、実際には理論空気量より多めの空気を供給しなければならない。実際に供給する空気量を所用空気量（A）という。

所用空気量 A と理論空気量 A_0 の比を、空気比又は空気過剰係数（m）という。

$$m = \frac{A}{A_0}$$

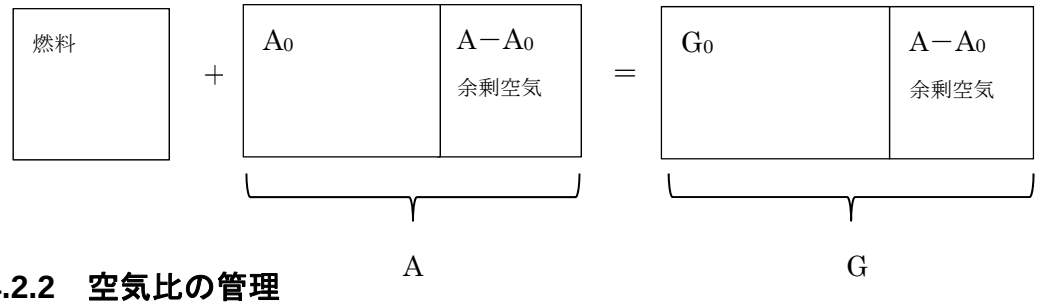
また、過剰空気率は以下の式で示される。

$$(m - 1) \times 100\%$$

(2) 燃焼ガス量と理論燃焼ガス量

燃料中に含まれる水素（H）は、燃焼により H_2O となる。燃焼排ガスの温度が高い場合、排ガス中の水分は水蒸気となる。燃料単位量当たりの、水蒸気を含めた燃焼後の全排ガス量を湿り燃焼ガス量（G）と呼び、特に理論空気量で完全燃焼したと仮定したときの湿り燃焼ガス量を理論湿り燃焼ガス量（G_0）という。

以上の関係を図で表すと、下図のようになる。



4.2.2 空気比の管理

(1) 空気比と最適燃焼

燃焼には燃料と空気（酸素）が必要であり、空気が不足すると燃料が残ってしまい、ばい煙や一酸化炭素を発生させ、いわゆる不完全燃焼状態となる。一方、空気は多ければ多いほど良いというわけではなく、空気過剰は排ガス量を増加させ、余分な空気を加熱することになり、熱効率が悪化する。つまり、良い燃焼状態とはできるだけ少ない空気量で完全燃焼させることであり、そのための最適な空気量がある。

図 4-3 に天然ガス火力発電用ボイラーにおける空気比と熱効率の関係を示す。グラフの横

軸は空気比で、燃料を燃やすために必要となる理論空気量に対して実際に供給する空気の比率である。天然ガス火力発電用ボイラーでは、空気比が 1.05～1.10 の領域が最適燃焼域と呼ばれ、熱効率が高く（不完全燃焼による炭素分の損失、燃焼に用いられなかった過剰空気の導入による熱損失が共に低く）、SO_2, NOx, CO の大気汚染物質の排出が最も少ない領域である。空気比が 1.05（排ガス中の残存酸素濃度は 1.0%）より小さくなると不完全燃焼により生成する CO 濃度が増加し、それが燃焼するため熱損失が大きくなる、最終的に未燃の炭素である黒煙（すす）が増加するとともに熱損失もさらに大きくなる。空気比が 1.10（排ガス中の残存酸素濃度は約 1.9%）を超えると余分な空気を加熱し、その空気は排ガスと一緒に熱として利用されることなく放出されるので熱損失が増加する。

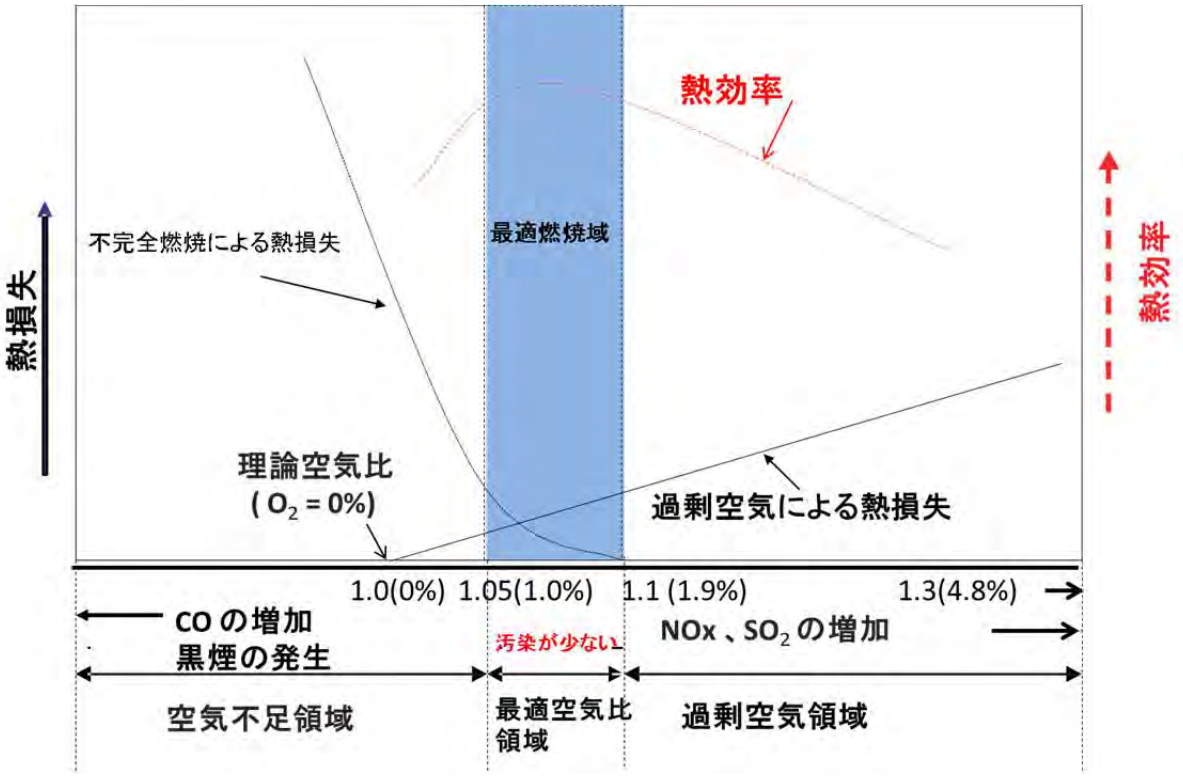


図 4-3　天然ガス火力発電所における空気比と熱効率の関係[3]

参考に日本のエネルギーの使用の合理化に関する法律（1979 年制定、2014 年改正）において、省エネルギーの観点より規定されているボイラーを運転する際の基準空気比を表 4-2 に示す。

表 4-2　ボイラーに関する基準空気比

カテゴリー		負荷率（%）	基準空気比				
			固体燃料		液体燃料	気体燃料	高炉ガス（製鉄）、その他の副生ガス
			固定床	流動床			
発電事業用ボイラー		75～100	1.15～1.3（注）	—	1.05～1.1	1.05～1.1	1.2
一般用ボイラー	蒸発量≧30t/時	50～100	1.3～1.45	1.2～1.45	1.1～1.25	1.1～1.2	1.2～1.3
	10t/時≦蒸発量<30t/時	50～100	1.3～1.45	1.2～1.45	1.15～1.3	1.15～1.3	---
	5t/時≦蒸発量<10t/時	50～100	---	---	1.2～1.3	1.2～1.3	---
	5t/時>蒸発量	50～100	---	---	1.2～1.3	1.2～1.3	---

（注）微粉炭を燃料とする場合

4.2.3　すすの発生と低減対策

(1) すすの性状と生成

種々の燃料の燃焼が完了した後に生成する炭素粒子をすす(soot)という。すすの生成機構は十分に解明されていないが、炭化水素燃料の燃焼過程では、脱水素や分解と同時に、重合により環状化合物などが生成し、次第に炭素の多い物質が生成すると言われている。燃料の性質とすすの生成のしやすさは大いに関係がある。例えば、炭素と水素の比（C/H）の大きい燃料ほどすすが発生しやすい。また、不完全燃焼※を起こすと、すすの発生は多くなるので、燃焼効率を上げことですすの発生も低減できる。

天然ガス（メタンが主成分）やLPG等のガス燃料では、すすの生成が少なく、重油や石炭等の液体又は固体燃料ではすすが生成しやすい。

※可燃物中の C、H や S 分がすべて、二酸化炭素、水、二酸化硫黄の形になるような燃焼を完全燃焼(Complete Combustion)といい、燃焼ガス中に一酸化炭素や可燃すすを含んだ燃焼を不完全燃焼(Incomplete Combustion)という。

(2) ガス燃料の燃焼におけるすすの生成

ガス燃料では液体燃料や石炭などの固体燃料に比べてすすの生成は最も少ない。ガス燃料の燃焼方法には以下の２つがある。

①予混合燃焼

燃料ガスと燃焼用空気をあらかじめ混合した後に、燃焼室で燃焼するものを予混合燃焼(Premixed Combustion)という。予混合燃焼の場合、火炎面の温度はかなり高く、燃料と空気の接触も十分であるため、脱水素や凝縮のような炭素生成速度より酸化速度がはるかに大きく、ほとんど炭素が生成されない。

②拡散燃焼

燃料ガスと燃焼用空気を燃焼室内で逐次混合させながら燃焼するものを拡散燃焼(Diffusion Combustion)という。拡散燃焼では酸化速度が空気の拡散によって制限されるため、炎の温度もそれほど高くならず脱水素や凝縮などに有利である。また炎の中に中間生成物が滞留する時間が長いので、その中に炭素が生成されやすく、すすも発生しやすい。

(3) 油燃焼におけるすすの生成

油の噴霧燃焼は、ガス燃料の拡散燃焼のように油燃料と空気を混合し、燃焼する。炎の中には炭素が生成されるが、空気の拡散速度が大きければ脱水素や凝縮の速度より酸化速度が大きいので、燃焼後にすすが残ることは比較的少ない。しかし、重油の噴霧燃焼では、油滴が蒸発した後に炭素が残る。これをセノスフェア（Cenosphere） という。このセノスフェアは気相反応によって生成される炭素よりはるかに大きく、噴霧油滴の大きさに関係する。特に、炎の中に火花状のものが観察されることがあるが、これはコークスが高温ガス中で加熱され輝きを発することによるもので、重質油の使用、噴霧油滴の大きいことに起因する。したがって、重油燃焼で生成される炭素は、気層反応によるものとセノスフェアとの両方から成る。

(4) 石炭燃焼におけるすすの生成

石炭の燃焼方法には、固定層燃焼、流動層燃焼、微粉炭燃焼の 3 つの方法がある。固定層燃焼ではストーカーボイラー、流動層燃焼では流動層ボイラーがあるが、近年は後者の方が広範囲な炭種への燃焼適応性、低公害性により、設置が増えている。ストーカー燃焼の場合は他燃焼方式に比べて空気比は高いが、可燃物と空気との混合が十分でないとき、部分的に空気不足の所ですすが発生する。すすの発生は燃焼方式と石炭の性状によるとこ

ろが多い。

近年、大規模な火力発電所で多く使用されている微粉炭燃焼は、石炭を粉砕して極めて微細な粒子とし、燃焼室内に吹き込んで燃焼させるもので、ストーカー燃焼とは異なり、むしろガス燃焼や油燃焼に近い。微粉炭燃焼施設は大規模で排ガス処理施設が整っているところが多いため、適切な処理を行えばすすやその他汚染物質の発生はほとんどない。この場合、すすよりもむしろ微粉炭機での石炭を細かく粉砕する際に発生する粉じんの集じんが問題となる。

(5) すす及び灰の除去による熱効率の維持

ボイラーの伝熱面へのすすの付着、火炉壁管のある輻射領域で発生するスラッギング(slagging)、過熱器管や再過熱器管で発生するファウリング(fouling)は、伝熱障害によるボイラー効率低下の原因となる。スラッギング及びファウリングとは、ボイラーの伝熱管や側壁に、溶融した石炭灰が溶着・堆積する現象である。これは、閉塞トラブルやクリンカの脱落による管損傷、伝熱面の腐食の原因ともなり、システムダウンを引き起こすなど、電力の安定供給に重大な影響を及ぼす。このため、日常のスートブローや定期点検における清掃など、可能な限りすすの付着や灰の付着・堆積を抑止する工夫が必要となる。

また、トラブル停止によりボイラーが完全冷却すると、立ち上げ時の燃料消費が大きな浪費となる。たとえ稼働中のボイラ効率が優れていても、通年で見た真のボイラー効率や発電効率は大きく低下することとなる。これらのことは、年間の発電電力量に対する投入石炭の熱量との関係（熱効率）を調べれば理解できる。一般に、石炭火力発電所の定常運転時のボイラ効率及び発電効率が正常に記録されているにもかかわらず、所定の熱効率が得られていない場合などは、トラブル等による停止回数が多い可能性を示唆している。このため、トラブル停止の原因を理解し、最適な対応策を講じる必要がある。

ボイラーの伝熱面のすすによる燃料損失の例を図 4-4 に示す。

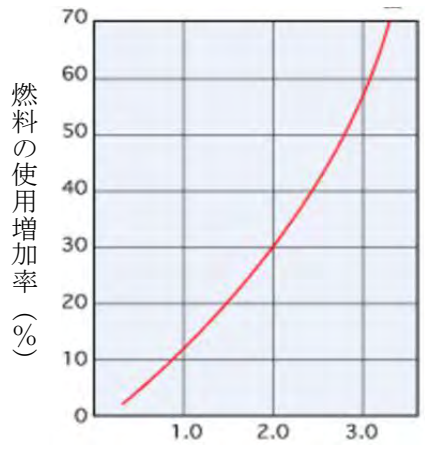


図 4-4　伝熱面のすす付着による燃料損失の例[5]

4.2.4　燃焼装置の腐食とその防止対策

(1) 低温腐食

燃料中に硫黄分があると、燃焼して SO_2 を生成する。燃焼排ガス中の SO_2 濃度は通常 0.2%以下であるが、その中の 2～5%が SO_3 である。SO_3 は水蒸気と反応して硫酸を生成し、燃焼ガス中の硫酸蒸気が凝縮する温度を高くする。

硫酸蒸気の凝縮温度は種々の条件により異なり、最高 160℃ぐらいまで上昇することがある。硫酸蒸気の凝縮し始める温度を酸露点というが、酸露点以下 15℃～40℃で硫酸の凝縮量は最大となり、酸による腐食も最大となる。燃焼排ガス出口温度の低い発電用ボイラー、あるいは種々の熱設備の熱交換器内のガスの流れが一様でないと、局部的にガス温度が酸露点以下になって伝熱面を腐食することがある。これを低温腐食と呼ぶ。硫酸を含んだすすの塊をアシッドマットと呼ぶ。酸による腐食を防止する方法として、以下の方法がある。

(a) 硫黄分の少ない燃料を利用する。

(b) 熱交換器の燃焼排ガスの流れを一様にする。

(c) 粉末状の酸化マグネシウム、ドロマイト、炭酸マグネシウム、酸化亜鉛などを二次空気に混ぜ燃焼室内に吹き込み、SO_3 を吸収、中和する。また重油に対しては、約 0.06%のアンモニアあるいは約 0.04%の複素環式アミンを燃焼ガスに添加すると、腐食を低減できる。

(d) 過剰空気をできるだけ少なくし、SO_2 から SO_3 になるのを防ぐ。

(e) 空気予熱器や節炭器の表面温度が酸露点以下にならないようにする。

※2 章の排ガスのモニタリングにおける採取においても、採取の配管は酸露点以上（150～160℃）に加熱することが重要である。

(2) 高温腐食

重油中に含まれるバナジウム、ナトリウム、カリウム、けい素、アルミニウム、ニッケルなどの金属酸化物が腐食性成分として灰中に残留し、これが過熱器、再熱器などの高温伝熱面に付着、堆積して腐食を生じる現象を高温腐食と呼ぶ。特にバナジウムを含む灰は伝熱面の表面の酸化被膜を溶融し腐食作用を進行させる。またナトリウムが硫酸ナトリウムを生成し、五酸化バナジウムの腐食を促進する（バナジウムアタック）。

高温腐食防止対策には以下がある。

(a) 高温部の過熱器、再熱器の伝熱面の表面温度を下げるよう、伝熱面の配置を考える。

(b) 付着物をできるだけ落とすようにスートブロワーを適切に配置する。

(c) ドロマイト（$CaMg(CO_3)_2$）などの添加剤を注入し、灰の融点上昇を図り、高温部での灰

付着を少なくする。

(d)バナジウムやナトリウムの少ない重油を使用する。

(e)定期点検時などを利用し、付着した灰を除去する。

5 章　重要産業におけるコベネフィット対策

ベトナムにおいて主要な大気汚染発生源とされている、石炭火力発電、鉄鋼、セメント、化学（肥料製造及び石油精製）の 4 産業における大気汚染対策と CO_2 削減対策について説明する。大規模工場の大気汚染対策と CO_2 対策は、業種に特有な工程に合わせた特別な対策技術もあるが、基本的には個別の要素技術を組み合わせたものである。このため、3 章と 4 章も参照されたい。

5.1 石炭火力発電

ベトナムの石炭火力発電では、燃料として自国で採掘される揮発分が少なく灰分の多い無煙炭が多く使用されている。無煙炭は石炭化が進んでいるため、亜炭や歴青炭に比べて着火温度が高く、固く燃えにくいため、発電には適していない。また、無煙炭に多くの不純物が存在し、これも燃焼効率を低下させる原因となっている。

現在のベトナムではボイラー等の定期点検や改修・修理による停止の他に、故障による緊急停止もあり、停電が多い。このため、工場の技術者が力を合わせてトラブルの原因を究明し、対策案を作成し、関係者と協議のうえで実行し、その成果を確認しつつ更なる可能性を探求することにより、発電効率を維持向上させることができる。

5.1.1　生産プロセス

現在主流の微粉炭発電では、石炭をミル（微粉炭機）により中央値 50 ミクロン程度に粉砕した後に燃焼用空気と共にバーナーからボイラー内に噴射し、燃焼している。ボイラーで発生した蒸気を蒸気タービンに送り、タービンに直結した発電機を回転させることにより電気を作り出している。

5.1.2　大気汚染対策

石炭燃焼では、ばいじん、SOx、NOx が発生するので、集じん機、排煙脱硫装置、排煙脱硝装置を設置することが必要となる。一般的な排ガス処理装置の設置を図 5-1 に示す。排ガスは、初めに、排煙脱硝装置で NOx が除去され、次に集じん機でばいじんが除去され、最後に排煙脱硫装置で SOx が除去される。排煙脱硝装置にはアンモニア接触還元装置が、集じん機には電気集じん機が、排煙脱硫装置は石灰スラリー吸収法が用いられることが多い。

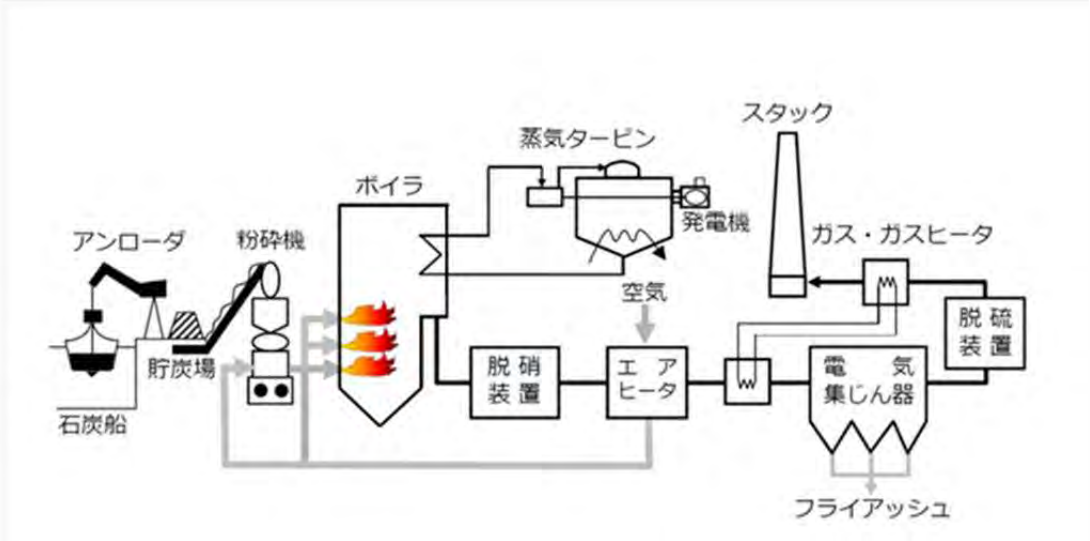


図 5-1　石炭火力発電所における排ガス処理システム[1]

微粉炭燃焼ボイラーで生成する NOx の 90%以上は fuel NOx で、thermal NOx の割合は少ない。このため、微粉炭燃焼用の低 NOx バーナーが開発されている。低 NOx バーナーによる NOx 低減に加え、二段燃焼法を用いることで、更に NOx を低減させることができる。二段燃焼法は燃焼が不安定になり、ばいじんや CO が発生しやすいので注意する必要があるが、日立グループは、HT-NR（Hitachi-NOx Reduction）バーナーと二段燃焼を組み合わせて、CO を増加させずに NOx 排出量を従来の技術に比べて 40%以上低減した[2]。

5.1.3　省エネルギー（CO_2 削減）対策

本章のすべての業種に共通することであるが、省エネルギー対策（燃料使用量の減少）は大気汚染物質の排出抑制にも結び付くものである。

火力発電所の省エネルギー対策は、基本的にはボイラー、タービン、電気、補機・配管関係に大別される。これらについては既に多くの対策メニューが提起されているので、これらを念頭に、発電所技術者には日常から改善を意識した行動が求められる。以下、稼働中の施設に関する対策メニューを中心に例示する。

a. ボイラー

省エネルギーのためのボイラーの燃焼管理としては、適正空気比燃焼、伝熱面へのすすの付着やスラッギング(slagging)、ファウリング(fouling)による伝熱障害によるボイラー効率低下の防止、日常点検によるトラブルの未然防止やトラブル発生時の迅速な回復（再起動

時の燃料損失の削減）などが挙げられる。表 5-1 に対策例を示す。

表 5-1　ボイラーの省エネルギー対策

	対策メニュー	内容
1	燃焼改善による燃費節減	空気過剰率の低減、微粉炭粒度の微小化による灰中未燃分の減少
2	スートブロー実施による熱伝導率、排熱回収率の向上	過熱器・再過熱器のスートブロー実施、節炭器へのスートブロワー設置
3	火炉、過熱器、節炭器等の伝熱面洗浄	伝熱面の化学薬品洗浄により熱伝導率を修復し、ボイラ効率を向上（伝熱管の破損防止効果もあり）
4	ボイラーブロー水の熱回収	給水加熱に利用
5	空気予熱器のエレメント洗浄及び不具合エレメントの交換	廃熱回収効率の修復
6	運転シミュレーターの活用	シミュレーションによる事故停止回数の減少（起動時の燃料損失の削減）

b. タービン

定期点検時やトラブルが予見される場合に実施する。表 5-2 に対策例を示す。

表 5-2　タービンの省エネルギー対策

	対策メニュー	内容
1	高効率タービンへの取替※4	ローター、翼、内部ケーシング、ガバナーの一体取替
2	コンデンサー周りの配管の空気漏れ低減※5	真空度を上げ、タービン効率を向上させる
3	高圧タービン経年劣化箇所の改善※6 によるタービン効率の修復	シールフィン取換、スケール除去
4	低圧タービン対策の実施※7 によるタービン効率の向上	動静翼の新製、動翼にフィンの設置、ダイヤフラム取替、内車室取替
5	給水加熱器の更新	ボイラーブロー水の熱回収（給水加熱に利用）
6	スチームトラップの採用	蒸気漏洩対策

c. 電気

変圧器は、旧型であるほどエネルギー消費効率が悪く、無駄なエネルギーロスを発生させているので、20 年以上使用している場合には、早めに高効率変圧器へ交換することが望ましい。表 5-3 に対策例を示す。

表 5-3　電気設備の省エネルギー対策

	対策メニュー	内容
1	発電機の更新	タービンと一体更新によるプラント効率向上
2	高効率変圧器への交換	消費電力の低減
3	空調機、冷凍機等の機能修復	メタライザーによる機能修復・延命

d. 補機･配管

補機・配管の消費電力の低減対策は、発電所内で消費される電力量の割合（所内率）の低減に寄与する。表 5-4 に対策例を示す。

表 5-4　補機･配管の省エネルギー対策

	対策メニュー	内容
1	給水ポンプの回転数制御	給水量の変動に追随した電力消費によるムダの抑制
2	ポンプ等の表面樹脂コーティング	復水ポンプ、冷却水ポンプ等の表面樹脂コーティングによる摩耗修復と延命･性能維持[1]
3	コンプレッサー等の摩耗修復	メタライザーによる摩耗修復による延命･性能維持
4	エアーコンプレッサーの高効率化	消費電力の削減
5	FDF、IDF の取替え	軸流押込ファン(FDF:forced draft fan)、軸流排ガス誘引通風機(IDF:Induced Draft Fan)の高効率化による省エネ
7	FDF、IDF の回転数制御	風量の変動に追随した電力消費でムダの抑制
8	屋外ダクトの空気漏入防止	IDF の動力のムダの抑制
9	主要配管の保温強化	主要配管からの放散熱量の低減
10	台数制御	必要な数のポンプ、ファン、コンプレッサーのみを動かし、無駄な運転を抑制

e. 超臨界圧ユニット

火力発電ではボイラーで高温・高圧の蒸気を発生させ、蒸気タービンを動かして電気を得る。この時、蒸気の温度と圧力が高い方が発電効率が高くなる。水は臨界点（物質の気相―液相間の相転換が起こりうる範囲の限界、374℃、22.6MPa）に達すると沸騰することなく、超臨界流体と呼ばれる特別の流体となるので、このことを利用した超臨界圧ユニット（SC）や超々臨界圧ユニット（USC）と呼ばれる高効率火力発電技術が開発されている。USC は従来の亜臨界圧の蒸気を使用するボイラーと比較すると、石炭消費量を 10%以上削減することが可能である。このため、日本では SC や USC がほとんどの発電所で使用されており、そのうち USC は石炭火力発電所の半数以上の設備で採用されている。

USC は、日本が 1990 年代に世界に先駆けて国家プロジェクトとして開発を行い、現在は、蒸気温度を 700℃クラスとする先進超々臨界圧（A-USC）ユニットの開発がスタートしており、2020 年くらいには実用化を目指している[3]。

5.2　鉄鋼業

5.2.1　生産プロセス

鉄鋼業の生産プロセスは鉄鉱石から高炉で銑鉄をつくり、更に鉄鋼製品まで製造する銑鋼一貫製鉄と、鉄のスクラップを原料として電気炉で熔解して鉄鋼製品を作る電気炉製鉄に分かれる。

（1）銑鋼一貫製鉄

鉄鉱石から鉄鋼材料を生産する銑鋼一貫製鉄プロセスは、図 5-2 で示すとおり、高炉で還元反応により銑鉄をつくる「製鉄」と、銑鉄を転炉で製錬して圧延、熱処理等の加工を材料に加え多様な特性を有する鉄鋼製品を生産する「製鋼」の二段階のプロセスである。鉄鉱石の還元反応では CO_2 を発生する。この還元反応を推進させるための熱源が必要となる。さらに鉄鋼製品を作り出すまでには、鉄鋼材料の精製、加工など多くのプロセスが必要となり、この間の加熱等に燃料を消費する。

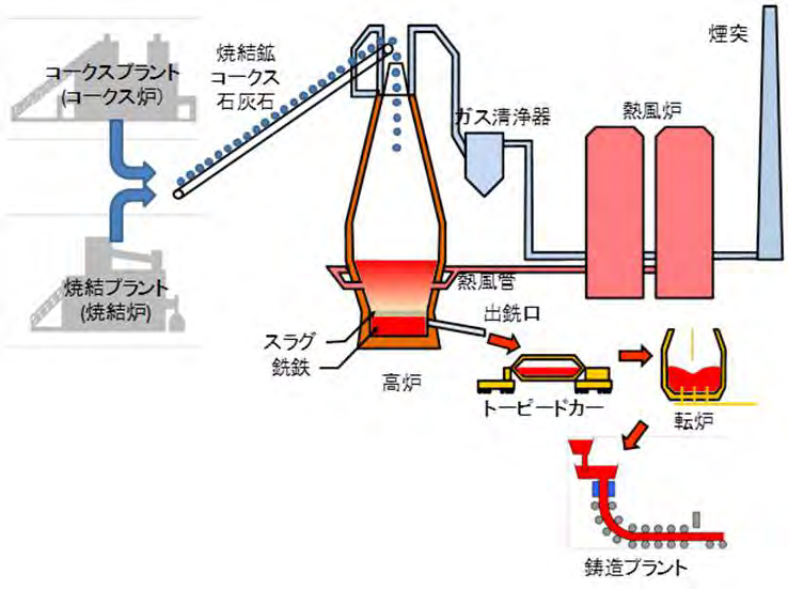


図 5-2　銑鋼一貫製鉄のプロセス

（2）電気炉製鉄

電気炉製鉄の製造プロセスは図 5-3 に示すとおり、鉄のスクラップを原料として電気炉で熔解して鋳造、圧延工程を経て鉄製品を製造する。最も一般的な電気炉のアーク式電気炉は、蓋の部分に黒鉛電極が取り付けられている。この電極に電流を流すと電極と炉中の鉄

スクラップとの間にアークを生じ、このアーク熱により鉄スクラップが溶かされる。電気炉では酸素を電気炉に吹き込み反応熱で炉の温度を上昇させる酸化精錬と、スラグを外部に出してからコークスと石灰を投入して脱酸、脱硫を行う還元精錬が行われる。

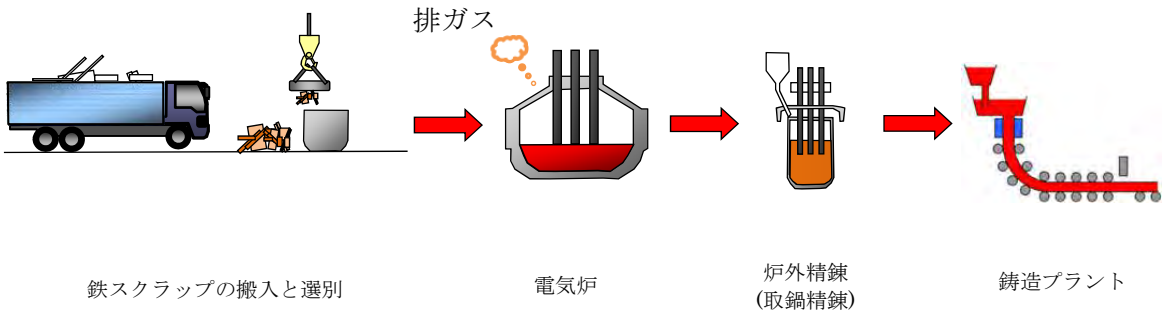


図 5-3　電気炉製鉄のプロセス

5.2.2　大気汚染対策

（1）銑鋼一貫製鉄における大気汚染対策

銑鋼一貫製鉄では多くの燃焼設備が用いられており、それぞれの設備で導入されている排ガス対策を表 5-5 に示す。

表 5-5　銑鋼一貫製鉄における排ガス処理[4]

製造プロセス	主な排ガス対策
焼結工程	電気集じん機、排煙脱硫装置、脱硝装置
コークスプラント	コークス炉空冷炉蓋、コークス炉ガス脱硫
高炉	ベンチュリースクラバー、電気集じん機
転炉	建屋集じん
鋳造・圧延	低 NOx 燃焼

（2）電気炉製鉄における大気汚染対策

電気炉による溶融工程でスクラップ鉄を電気炉に投入する際、蓋の開閉により粉じんや揮発性の物質が炉外へ放出される。このため、電気炉から発生する排ガスの直接処理と、建屋内に漏れた排ガスを吸引処理する建屋集じんが行われている。図 5-4 に処理フローを示す。

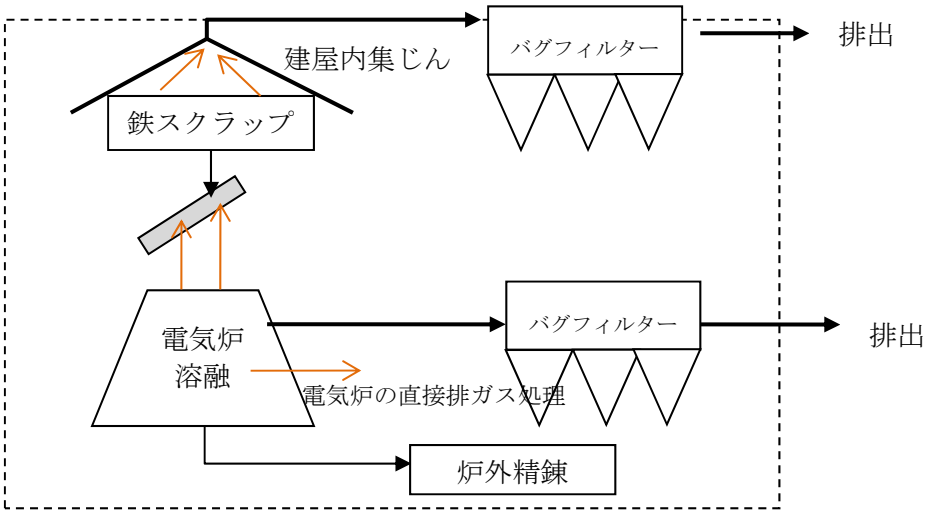


図 5-4　電気炉製鉄における排ガス処理

5.2.3　省エネルギー（CO_2削減）対策

（1）銑鋼一貫製鉄における省エネルギー（CO_2削減）対策

a. 焼結鉱の新製造技術

製鉄プロセスにおけるエネルギー消費量や CO_2 排出量は、生産量の増減に大きく影響する。このため日本の JFE スチールでは、操業技術の向上や設備投資による改善効果をより的確に把握するために「原単位（単位生産量当たりのエネルギー消費量及び CO_2 排出量）の削減」を重視して、省エネルギー活動に取り組んでいる。省エネ設備投資や新しい製鉄原料製造技術「Super-SINTER®OXY」※などの技術開発により、原単位で見ると、2014 年度のエネルギー消費原単位は 22.6GJ/t-スチールと、1990 年度比で 20%削減、CO_2 排出原単位は 2.00t- CO_2 /t-スチールと、1990 年度比で 19%削減している[5]。

※ 高炉で使用される塊状の焼結鉱は、粉状鉄鉱石と石灰石に凝結材である粉コークスを混合した後、焼結炉に装入・点火し、焼結反応を進行させて製造する。高品質の焼結鉱を製造するためには、焼結時の温度を 1,200℃から 1,400℃の間で一定時間維持する必要がある。Super-SINTER®OXY は、最適な温度を従来よりも 2 倍以上の時間保持することができる酸素・水素系ガス（都市ガス）の複合吹込み技術である。これにより、劣質原料使用時の課題であった焼結鉱の強度を 2%改善することで歩留まりが向上し、また、焼結反応速度の向上によって、焼結炉の生産性を従来より 5%向上させることができる。また、高炉用原料として、コークス比低減に有効な高品質焼結鉱の使用比率を向上させることができる。

（2）電気炉製鉄における省エネルギー（CO_2削減）対策

a. 環境対応型高効率アーク炉

ここでは、アーク式電気炉の省エネ対策として、排熱を効率的に回収する日本の最先端技術を紹介する。

“環境対応型高効率アーク炉「ECOARC」”は、省エネルギーとダイオキシン類の排出抑制を目指してスチールプランテック株式会社が開発したものである。日本における通常のアーク炉の電力使用原単位 400kWh/t と比べて、ECOARC は 40%以上の省エネ実績がある。ECOARC の特徴は、電気炉本体に原料を供給する予熱シャフトの中に、スクラップが連続して存在する状態を保ち、スクラップが熱回収しながら熔解するのでエネルギー効率が非常に高いことである。図 5-5 に ECOARC システムの概略を、図 5-6 に余熱原理を示す。

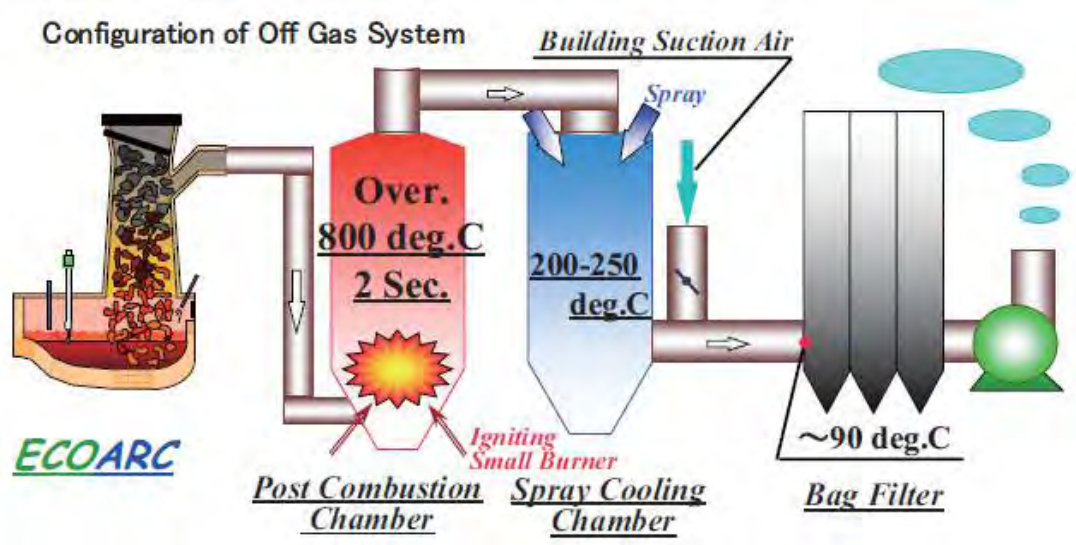


図 5-5　ECOARC システムの概要[6]

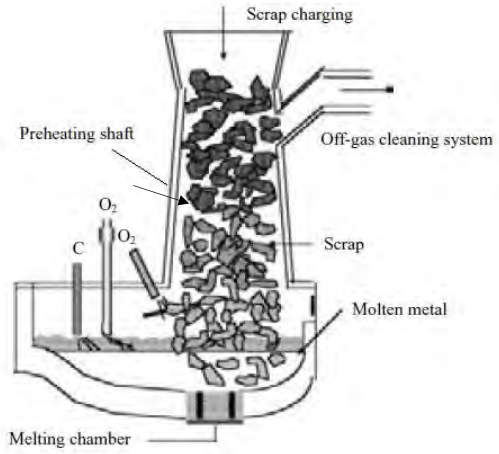


図 5-6　ECOARC の余熱原理

b. コヒーレントバーナー（coherent burner）

酸素とともにコークス粉や化石燃料を同時に吹込む超音速バーナーである。金属酸化熱やコールドスポット部のスクラップのカッティング効率向上による溶解促進により、省エネルギーを達成できる。

c. ファジィ論理による電極制御システム

電流、電圧、アーク抵抗などの複数の制御因子を取り込み、オートメーションで電気炉の操業を最適化する制御技術である。

d. 取鍋※用の酸素バーナーによる予熱方式

酸素バーナーは、空気の代わりに酸素を使用するため、燃焼後の排ガス量は約 25%まで低減する。このため火炎温度がより高温となり伝熱効率が上昇すること、及び排ガス量が減少し排ガスとともに排気される熱ロスが減少することより、省エネルギーが可能となる。

※　電気炉で溶融した鉄をすくって型に流し込むためのひしゃくのような容器

5.3　セメント生産

5.3.1　生産プロセス

図 5-7 にセメント製造プロセスを示す。セメント工場では原料である石灰石や粘土などをセメントに必要な所定の化学組成になるように調合し、細かく粉砕する。その後、ロータリーキルンにおいて 1450℃で焼成し、クリンカと呼ばれる小塊状の中間品を製造する。最後にクリンカを若干の石膏とともに粉砕・調合してセメントを製造している。

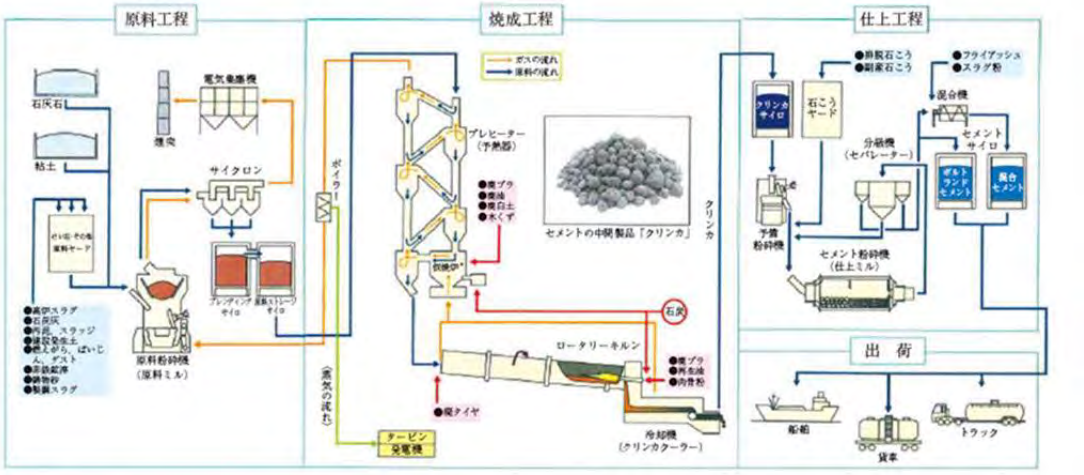


図 5-7　セメント製造のプロセス[7]

5.3.2　大気汚染対策

図 5-8 に示すとおり、セメント生産では原料工程と焼成工程より粉じんが発生する。これらはサイクロンと集じん機を組み合わせて捕集される。

なお、燃焼で発生した SO_2 はセメント原料の石灰石に吸着されるため、処理装置は要しない。

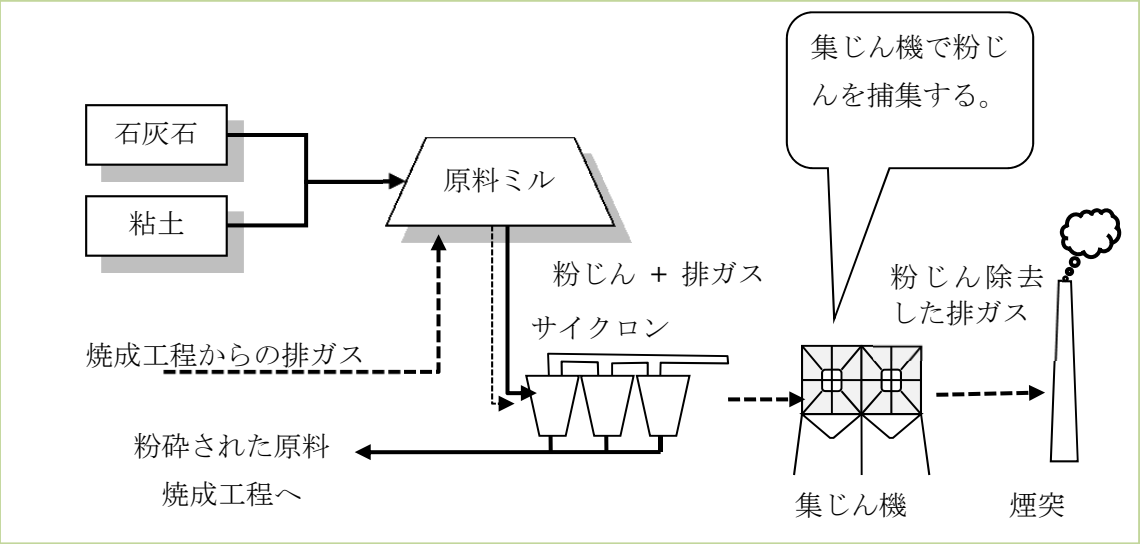


図 5-8　セメント製造における排ガス処理

5.3.3　省エネルギー（CO_2 削減）対策

セメント産業は燃料多消費産業であり、世界的に見ても電力、鉄鋼に次ぐ大量の CO_2 排出産業である。このため、省エネルギーによって大きな CO_2 削減効果が期待できる。

a. 代表的な省エネ対策技術

設備改善による方法として、従来設備に対して日本の代表的な対策技術を導入した場合の 1 基あたりの省エネ効果と投資額を表 5-6 に示す。

最先端の設備や技術の導入は、省エネルギーによるコスト削減という直接的な経済効果に加えて、製品の品質向上による競争力の強化などの二次的な経済効果、CO_2 や大気汚染物質排出削減による環境改善効果もあるので、このことについても考慮する必要がある。

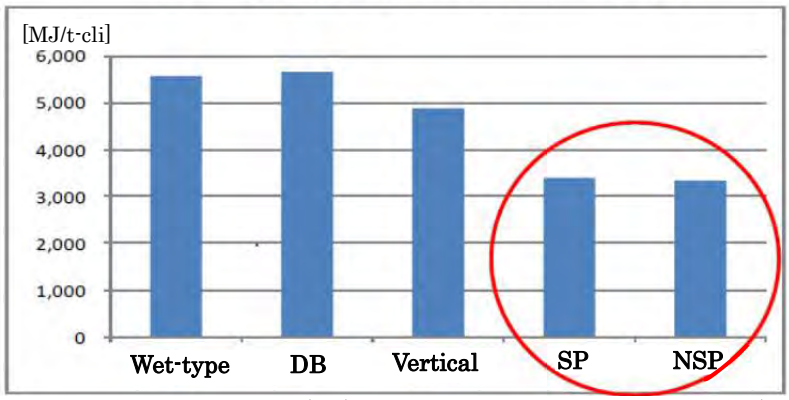
表 5-6　代表的な対策技術と従来設備に対する 1 基あたりの省エネ効果と投資額[8]

	対策技術	内容	省エネ率 (%)	省エネ効果 [原油換算 kl]	投資額 [百万 $]
①	SP･NSP焼成方式	熱効率の向上	40	77,000	300
②	廃熱発電	廃熱回収	25	6,000	30
③	エアービーム式クーラー	熱回収効率向上	3	3,000	4
④	竪型ミルによる原料粉砕	粉砕効率向上	30	1,000	25
⑤	竪型ミルによる石炭粉砕	粉砕効率向上	25	1,000	10
⑥	竪型ミルによるスラグ粉砕	粉砕効率向上	30	1,000	8
⑦	ローラーミル型予備粉砕設備	粉砕効率向上	15	1,000	10
⑧	セパレータの高効率化	分級効率向上	5	400	5

（100 円/US ドルとして換算）

〔備考〕 ･1 基あたりの設備規模については、100 万t-クリンカ／年のプラントを想定
･投資額は、設備の調達先や設置のローカル業者によって大幅な低減の可能性もある。

図 5-9 は、キルンのタイプ別の熱エネルギー原単位を示したものである。日本では 1990 年代にすべてのキルンが世界最先端の NSP 又は SP に転換されているが、Vertical タイプなどの旧式のキルンを使用している国では大きなエネルギー削減ポテンシャルがあることがわかる。



- Suspension Pre-heater (SP) and New-Suspension Pre-heater (NSP) kiln are the most efficient as the cement baking method
- DB: Dry-type with the Boiler (It is installed in the 1950's from 1940.

図 5-9　キルンタイプ別熱エネルギー原単位[8]

b. 廃熱発電設備

NSP（ニューサスペンションプレヒーター）方式の普及によりキルン 1 基当たりの生産規模が増大したことから、約 400℃のプレヒーター排ガスと約 250℃のクリンカクーラー排気の熱を廃熱ボイラーで回収し、蒸気タービンによる発電で電気に変換してエネルギーを

回収する廃熱発電設備が、日本では 1980 年頃から急速に普及した。その理由は、クリンカ１ｔ当たりの発電可能量が平均して 35～40kW であることから、5,000 t/day のキルンで時間当たり約 8,000 kW の出力が可能となり、投資採算に見合うものとなったことによる。

c. 高効率クリンカクーラー

ロータリーキルンから排出された高温クリンカはグレート(grate)上に落下するが、クリンカの粒度の偏りや不均一な層厚の状況が生じる。このため従来の空気室単位で冷却空気を供給する方式では、グレート位置によって冷却空気の通風状態が異なり、熱回収に限界があることから開発された技術であり、エアービーム式など様々なタイプがある。

d. 竪型原料ミル

セメント原料の粉砕には多大なエネルギーを要する。竪型原料ミルは円盤上のテーブルの間で粉砕する方式で、初期に使用されたチューブ式ミルに比べ、エネルギー効率が高い設備として開発された。

e. 廃棄物の燃料／原料としての利用

廃棄物をセメント製造の燃料や原料として利用することは、CO_2 排出削減のみならず廃棄物問題や資源問題の解決に大きく貢献するものである。日本では、高炉スラグ、製鋼スラグ、石炭灰、副産石こう、汚泥、スラッジ、燃えがら、ダストなどの廃棄物が大量に利用されている。ベトナムにおいても、廃棄物の有効利用のための制度構築に向けて、検討する余地がある。

5.4　化学工業

5.4.1　化学肥料製造

（1）生産プロセス

植物の成長には窒素、リン、カリウムの 3 元素が必要である。ここでは、窒素肥料の製造プロセスを取り上げ、説明する。図 5-10 に窒素肥料の主成分である硫酸アンモニウム（硫安）の原料となるアンモニアの合成工程を示す。アンモニアの製造は 20 世紀の初めにドイツのハーバーとボッシュにより開発された窒素ガスと水素の反応によるアンモニアの合成が一般的である。

なお、CO_2 除去工程で発生した CO_2 は、アンモニアとともに尿素の原料として利用される。これらの工場では、アンモニア合成プラントと尿素合成プラントが併設されることが多い。

$$2NH_3 + CO_2 = (NH_2)_2CO + H_2O$$

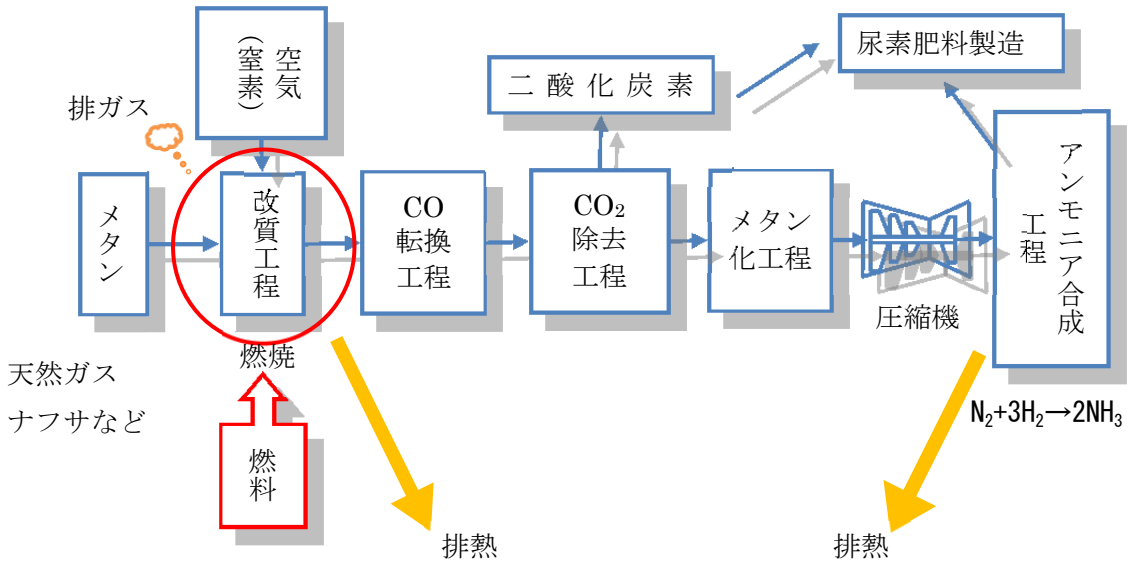


図 5-10　アンモニア製造のプロセス

（2）大気汚染対策

アンモニアの製造プロセスにおいて大気汚染防止のために重要な工程は、原料の改質工程で燃焼させる燃料の選定及び燃焼管理である。燃料に天然ガスなどを使用し、燃焼管理を適正に行えば、排ガス中のダスト、NO_X、SO_2濃度を下げることができる。

また、改質工程、アンモニア合成工程で発生する排熱を回収できれば、省エネルギーと温室効果ガスの排出削減を行うことができる。

（3）省エネルギー（CO_2削減）対策

窒素肥料の原料であるアンモニアを製造している昭和電工（株）川崎事業所にヒアリングした省エネルギーの内容を紹介する。

事業所内の生産設備へ蒸気供給を行っているボイラー3 基を、最も効率が良い発電用の１基に集約した。また、事業所内で廃熱が発生する複数のプラントから熱回収を行えるように配管した。一例として、アンモニアの合成塔で発生する熱を、発電用ボイラーの復水の加熱用に利用し、主ボイラーの燃料使用量の削減を図っている。

5.4.2　石油精製

（1）生産プロセス

原油は、まず常圧蒸留装置において、沸点の差により、ガス分、LPG、ナフサ、灯油、軽油および残油留分に分離される。これらの沸点範囲は、表 5-7 のとおりである。分離された留分は、そのままでは製品となるものはほとんどなく、さらに水素化精製装置、接触改質装置、接触分解装置、重油脱硫/分解装置等で処理される。これらの精製された留分を調合することにより、石油製品が製造される。

また製油所内で発生したガスは、主に各装置の燃料として利用される。水素化精製装置等で発生した硫化水素は、硫黄回収装置で硫黄に転化し回収される。

表 5-7　各留分の沸点範囲[9]

ガス分	メタン（沸点-163℃） エタン（沸点- 89℃）
ＬＰガス	プロパン（沸点- 42℃） ブタン（沸点- 1℃）
ガソリン	35～180℃
灯油	170～250℃
軽油	240～350℃
残油	350℃以上

（2）大気汚染対策

①　硫黄酸化物対策

製油所においては、原料油に含まれる硫黄分を除去する精製プロセスとして水素化精製や水素化脱硫装置、ならびに重質油の分解プロセスとして接触分解装置や水素化分解装置が導入されている。これら装置からの副生ガスは燃料として使用されるが、硫化水素（H_2S）が多量に含まれ、そのまま燃焼すると SO_2 を排出することになる。製油所では、次のような装置を設置し硫黄酸化物による大気汚染を防止している。

a.硫黄回収装置

硫黄回収装置（SRU：Sulfur Recovery Unit）は、副生ガス中に含まれる H_2S がガス洗浄設備で吸収分離される工程と、分離された高濃度の H_2S から単体硫黄として回収される工程からなる。回収された硫黄は主に硫酸原料として出荷される。

b.テールガス処理装置

SRU の硫黄回収率は 97%前後であるため、SRU からのオフガス（テールガス tail gas）は、テールガス処理装置（TGTU）に送られ、残りの硫黄分が回収される。これにより総合回収率は、99.90%以上にまで改善される。

c.排煙脱硫装置

ボイラー等の排煙に含まれる硫黄酸化物を除去するために排煙脱硫装置が設置されている。

②窒素酸化物対策

製油所で採用される主要な窒素酸化物対策は、低 NO x バーナーとアンモニア接触還元に

よる排煙脱硝装置である。一部で二段燃焼法、排ガス循環法も採用されている。

（3）省エネルギー（CO2 削減）対策

製油所には、既述のとおりエネルギーを消費する様々な設備が併設されており、省エネ対策の内容も多様である。省エネ対策については設備単体の対策だけでなく、これらの設備の間の熱の相互利用も重要となる。表 5-8 に製油所における精製設備やユーティリティ設備（スチーム及び電気）を対象とする省エネ対策の例を示す。

表 5-8　製油所における省エネ対策の例[10]

1	熱の有効利用	高効率熱交換器の導入、精製装置間の相互熱利用、等
2	高度制御・高効率機器の導入	コンピュータによる高度制御の推進、コージェネレーションシステムの導入、等
3	動力系の効率改善	高効率モーターへの置き換え、等
4	プロセスの大規模な改良・高度化	複数装置のインテグレーション／ホットチャージ化、等

6 章　工場における環境管理

6.1　全社的な環境管理の取組

企業活動に伴う環境汚染の要因や対策を最も良く知り得るのはその企業自身であり、その効果的な低減対策を行い得るのもその企業である。このため企業は、経営層から従業員にいたるまで、環境汚染防止の重要性を認識した上で、実効性のある適切な環境管理を自発的、主体的に進めることが必要である。このことにより、環境汚染を未然に防止し、あるいは問題を早期に発見し、是正していくことが可能となる。

効果的な環境管理のためには、企業は以下の要素を企業活動の要件として認識し、取り組んでいくことが必要である。①経営者が環境管理の重要性を理解し、全社的な環境管理の方針を定める。②経営者は、適切な環境管理を実施するための組織を構築するとともに、環境汚染防止設備を整備する。③全従業員は、環境汚染の発生のリスクを認識し、環境汚染の未然防止を図る。④環境管理上の不適正な事象が発生した場合には、早急に是正措置を講じるとともに、原因を究明し、今後の対処方針を定める。⑤地方行政部門や地域住民等と日頃から情報及び意見の交換を行い、環境汚染防止活動について認識の共有化を図り、関係者間の信頼関係を構築する。

6.2　環境管理体制の整備と環境管理者の役割

6.2.1　環境管理組織の設置

適切な環境管理を実施するためには、組織として取り組む必要がある。この環境管理組織では、トップから中間管理者を経て現場の作業者にいたるまで、その各々が職務に応じた責任と役割を持つ環境管理者として活動することが求められる。環境管理組織は、環境管理総責任者、環境管理の専門技術者、環境管理施設の運転担当者から構成するものとし、ここでは、排ガスにかかる各種環境管理者の役割について述べる。

6.2.2　各環境管理者の役割

(1) 環境管理総責任者の役割

環境管理総責任者は、環境管理のための予算や人事の権限を持ち、また、緊急時には操業の縮小・停止などを決定しなければならないため、環境管理部門だけではなく生産管理部門にも権限を有する経営層あるいは工場長を充てる必要がある。

その総括的な職務は、環境管理計画の策定、排ガス処理施設の設置、その適切な運用を行うための人員の配置、それらに伴う社内規定の制定、予算の確保、緊急時等の対策計画の策定などである。

(2) 排ガス関係の環境管理技術者の役割

環境管理技術者は、環境管理総責任者の指揮統括の下で、大気汚染防止に関する高度に専門技術的内容にわたる管理業務を行う。また、排ガス処理施設運転員を指揮、監督して適切な大気汚染防止業務を実施させなければならない。

排ガス関係環境管理技術者が管理する具体的な職務は次のようなものである。①使用する燃料や原料の点検管理、②燃焼施設及びその他の排ガス排出施設の点検管理、③排ガス処理施設の適切な運転及び維持補修の管理、④排ガスの測定及びその記録の管理、⑤測定機器の点検及び維持補修の管理、⑥排ガスの異常排出時における応急措置の実施、⑦行政機関へのインベントリなどの報告や立入検査への対応などである。これらの実施状況に関しては、適宜、環境管理総責任者へ報告する。

これらの業務を適切に実施するためには、環境管理技術者には、これらの事項に関する技術的知識とともに関係する各種の法律や規則についての知識も必要とされる。したがって、工場の環境管理及び環境汚染防止活動が実効を上げることができるか否かは、環境管理技術者にかかっているといっても過言ではない。

(3) 排ガス処理施設運転員の役割

排ガス処理施設運転員は、環境管理技術者の指揮監督の下で、排ガスに関する技術的内容にわたる環境汚染防止業務を実施する。排ガス処理施設運転員が実施する具体的な職務は次のようなものである。①排ガス処理施設の適切な運転及び日常点検、②排ガスの測定及び結果の記録、③測定機器の日常点検及び調整、④排ガスの異常排出時における応急措置の実施、⑤行政機関の立入検査への対応などである。これらの実施状況に関しては適宜、また、異常を発見した場合は直ちに、環境管理技術者に報告し、判断を仰ぐ。

6.3 職員の能力開発

環境管理技術者は率先して、自ら又は外部研修に参加するなどして、環境関連法規の最新情報を把握するとともに、最新の技術情報を収集し、修得する。これらの知見については、報告書を環境管理総責任者に提出するとともに、排ガス処理施設運転員に対しては環境管理技術者が講師となって社内研修を実施するなどして、新しい知識を関係者と共有するとともに排ガス処理施設運転員の環境汚染防止対策能力を向上させる。

また、緊急時において被害の拡大を防止するための対応措置については、定期的に排ガス処理施設運転員及び環境管理技術者も含めた実地訓練を行うことが効果的である。社内研修や実地訓練は、1 年に 1 回程度は必要である。

6.4　地方行政部門及び地域住民とのコミュニケーション

企業の存在は地域経済を潤す一方、住民の環境意識の高まりつつある現在、企業が持続的に発展していくためには地域住民の理解が欠かせない。事業者は法令に基づく諸規制を誠実に順守すべきことはもちろんであるが、同時に、企業の社会的責任（CSR：Corporate Social Responsibility,）に基づき、自発的に環境保全活動を行うことも期待されている。

環境報告書などによる環境情報の開示は、CSR 活動の重要な柱の一つである。その中で自発的かつ継続的な改善を目指す姿勢を示すことにより、企業の環境保全活動を理解してもらい、地方行政部門及び地域住民の信頼を得ていくことができる。このことは、企業の社会的評価を高め、企業価値の向上に結び付くものである。

6.5　日本の公害防止管理者制度の例

日本には、公害防止管理者制度という 40 数年の歴史を有する特有の制度があり、日本の環境汚染問題の解決に大いに貢献してきた。ここでは、企業における環境管理組織の例として紹介する。

6.5.1　概要

1971 年の産業構造審議会の答申に基づき制定された法律において、適用を受ける対象工場(特定工場)は、公害防止管理者、公害防止主任管理者及び公害防止統括者から構成される公害防止組織を設置することにより公害防止組織の整備を図り、公害防止に資することが義務付けられた。

この法律における特定工場とは、日本の標準産業分類における製造業、電気供給業、ガス供給業及び熱供給業のいずれかの業種に属している工場で、公害の主な発生源として考えられている一定の規模以上のばい煙発生施設、汚水排出施設、騒音・振動発生施設、ダイオキシン発生施設などを設置している工場である。また、公害防止統括者は公害防止に必要な業務を統括管理する者、公害防止主任管理者は公害防止管理者を指揮するとともに技術的事項について公害防止統括者を補佐する者、公害防止管理者は公害防止に関する技術的業務を管理する者である。また、これらの工場の従業員は、公害防止統括者、公害防止主任管理者や公害防止管理者が職務上必要な指示に従わなければならない。

(1) 公害防止管理組織の構成

公害防止組織の例を図 6-1 に示した。ここで、公害防止主任管理者は、下記に述べる大規模のばい煙発生施設及び大規模の汚水等排出施設の両方を設置する工場において、公害防止統括者と公害防止管理者の中間に配置される。

⑵ 特定工場について

特定工場とは、前述したように業種と保有する施設の両面から定義されている。すなわち、製造業（物品の加工業を含む。）、電気供給業、ガス供給業及び熱供給業のいずれかに属している工場で、一定の規模のばい煙発生施設、汚水排出施設、騒音・振動発生施設、ダイオキシン発生施設などを設置している工場である。４つの業種は、ほとんどの工場をカバーするが、建設現場、病院、学校、食堂等は他の別個の法律の対象となっている。

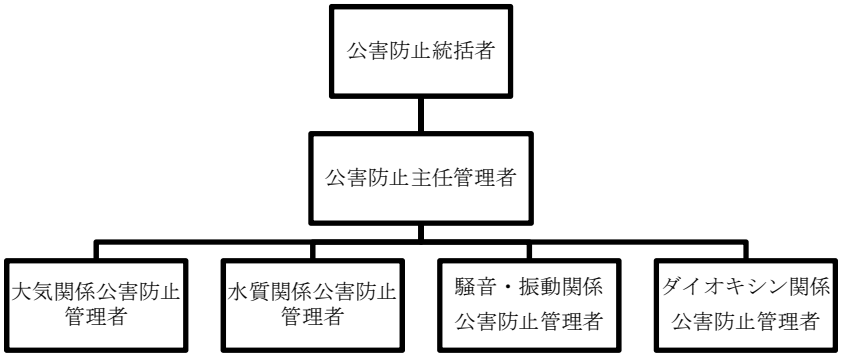


図 6-1　ばい煙及び汚水を排出する大規模工場における公害防止組織の例

ばい煙発生施設又は汚水排出施設を保有している特定工場は、排出ガス量又は排出水量の規模と大気汚染防止法及び水質汚濁防止法で規定されている有害物質を発生又は排出する施設の有無によって区分される。規模の区分は、表 6-1 のとおりである。有害物質を発生又は排出する施設を設置している工場は、規模の大小にかかわらず特定工場とされる。

表 6-1　特定工場の規模別区分

	排出ガス量	排出水量
大規模特定工場	40,000 ㎥/時以上	10,000 ㎥/日以上
小規模特定工場	40,000 ㎥/時未満	10,000 ㎥/日未満

⑶ 公害防止管理者等の区分

公害防止管理者は、対象とする排出物等の種類によって、大気関係、一般粉じん関係、特定粉じん関係、水質関係、騒音・振動関係、ダイオキシン類関係、公害防止主任管理者に区分される。大気関係及び水質関係公害防止管理者は、さらに、表 6-2 に示したように、

工場の規模及び有害物質発生・排出施設の有無によって、それぞれ、4 種類に区分され、合計 13 の種類に区分されている。ここで、大気関係又は水質関係の第 4 種公害防止管理者は、排出ガス量が 10,000 ㎥/時以上又は排出水量が 1,000 ㎥/日以上の特定工場で必要とされる。また、特定粉じんは、アスベストに係るものである。

表 6-2　大気関係及び水質関係公害防止管理者の区分

	大規模特定工場	小規模特定工場
有害物質発生施設：有	第 1 種公害防止管理者	第 2 種公害防止管理者
有害物質発生施設：無	第 3 種公害防止管理者	第 4 種公害防止管理者

(4) 公害防止管理者等の職務

公害防止統括者、公害防止主任管理者及び公害防止管理者の職務は法によって定められている。ここでは、ばい煙発生施設設置工場における職務について紹介する。

・公害防止統括者の職務：公害防止に必要な業務が適切に実施されるように措置を講じ、その実施状況を監督する。すなわち、適切な処理施設を設置するための予算を確保したり、公害防止のための人員を確保したりしなければならない。実務面では、ばい煙発生施設の使用方法の監視やばい煙処理施設等の維持・管理、排出ガスの測定・記録の管理、事故及び緊急時の措置の管理を行う。

・大気関係公害防止管理者の職務：使用する燃料又は原材料の検査、ばい煙発生施設の点検、ばい煙処理施設等の操作・点検及び補修、ばい煙量又はばい煙濃度の測定の実施及びその結果の記録、測定機器の点検及び補修、特定施設等の事故時の応急措置の実施、緊急時の、ばい煙量又はばい煙濃度の減少・ばい煙発生施設の使用制限その他の措置を実施する。

・公害防止主任管理者の職務：公害防止主任管理者は、前述したように排出ガス量及び排出水量がともに大規模の工場において、排出ガス及び排出水の両方の処理がバラバラに行われないように、大気及び水質の両方に係る公害防止管理者を指揮監督する。また、技術的専門家として公害防止統括者を補佐する。

・工場の従業員の義務：特定工場の従業員は、公害防止統括者、公害防止主任管理者、公害防止管理者がその職務を行う上で必要であると認めて行う指示に従わなければならない。

(5) 公害防止管理者等の資格

公害防止管理者及び公害防止主任管理者は、それぞれの区分ごとの国家試験に合格することによって資格を取得することができる。また、法で認められた他の技術資格、例えば技術士や計量士の特定の資格を有するもので、一定の学歴及び実務経験のあるものは、国の公認の資格認定講習を修了することにより、国家試験で取得する資格と同一の資格を取得することができる。公害防止統括者は、その工場の業務を統括管理する者、すなわち工場長等に該当する者であればよく、特に資格は要求されていない。

公害防止管理者の設置を義務付けられている工場の技術者は、資格取得のために法令や公害防止技術について学ぶとともに、工場は技術者に対し、資格の取得を促す。

(6) 試験科目

国家試験及び資格認定講習の科目・内容は同じであり、そのための標準的なテキストが準備されている。ここでは、大気関係のテキストの科目・内容を紹介する。科目は、公害総論、大気概論、大気特論、ばいじん・粉じん特論、大気有害物質特論、大規模大気特論の 6 科目で、第 1 種の公害防止管理者資格の受験のためには全 6 科目で合格又は修了しなければならない。第 2 種のためには大規模大気特論を除いた 5 科目、第 3 種のためには大気有害物質特論を除いた 5 科目、第 4 種のためには公害総論、大気概論、大気特論、ばいじん・粉じん特論の 4 科目で合格又は修了する必要がある。それぞれの科目の内容及び資格取得のために必要な科目は表 6-3 のとおりである。

表 6-3　国家試験等の内容と資格取得に必要な科目

試験/講習の内容		資格取得に必要な科目			
科目	内容	1種	2種	3種	4種
公害総論	環境基本法及び環境関連法規の概要、公害防止管理者法の法律体系、環境問題全般、環境管理手法等	○	○	○	○
大気概論	大気汚染防止対策の法規制、大気汚染の現状、大気汚染の発生機構、大気汚染の影響等	○	○	○	○
大気特論	燃料、燃焼計算、燃焼方法及び燃焼装置、排煙脱硫技術、窒素酸化物排出防止技術、測定技術等	○	○	○	○
ばいじん・粉じん特論	処理計画、集じん装置の原理・構造・特性・維持・管理、一般粉じん発生施設と対策、特定粉じん発生施設と対策・測定、ばいじん・粉じんの測定	○	○	○	○
大気有害物質特論	有害物質の発生過程、有害物質処理方式、特定物質の事故時の措置、有害物質の測定	○	○		
大規模大気特論	拡散現象一般、拡散濃度の計算法、大気関係環境影響評価のための拡散モデル、大気環境濃度の予測手法、大規模設備の大気汚染防止対策の事例	○		○	

6.5.2　海外における普及

この制度は、40 数年の歴史を有する日本特有の制度であり、これまでに、延べ 50 万人以上の技術者がこの資格を取得しており、現在でも、毎年約 3 万人が受験し、5000 人以上が新たに資格を取得している。このような実績はアジア各地で注目され、タイ国では環境スーパバイザ(EPCM)制度が、インドネシアでは地方分権が進んでいるために西ジャワ州が先行して環境公害防止管理者制度が、中国では企業環境監督員制度が日本の協力を得て、それぞれの国の特性を生かした資格制度が構築されている。タイ国ではこれまでに約 9,000 名が国家試験で資格を取得し、インドネシア西ジャワ州では約 500 名が資格を取得し、他の州にも普及中である。中国では約 7000 名が試行研修を修了している。また、ベトナムでもハノイ市域を対象とした水質関係の PCM 制度の試験的構築が進められてきた。

7 章　排ガスのインベントリ

7.1 インベントリ理論の概説

7.1.1　排出インベントリの概念、目的、意義

概念

排出インベントリとは、ある決められた期間の具体的な地域における汚染物質の排出量を推計し、発生源と汚染物質排出に関する十分な目録を構築することである。

目的と意義

排出インベントリは、大気汚染物質の排出源、排出を引き起こす活動の種類、環境に排出される汚染物質排出の程度及び規模を確認することを促進して、それにより、決められた範囲の空間及び時間における環境汚染問題の程度と規模を評価することを手助けする。排出インベントリは、排出量に関する規定を遵守しているか否かを評価することを手助けする。

排出インベントリは、環境質を評価、管理し、生産性を向上させる一つの重要なツールである。排出インベントリは、実際の排出状況を把握し、排出量を予測するための各計算ツールを通して、汚染源管理と排出制御の政策及び社会経済発展計画を実施することに資する。

公害防止政策の合理性及び効果は、排出インベントリの信頼性のあるデータにかかっている。

7.1.2　排出インベントリで使用される汚染物質量の計算方法

排出インベントリを実施する際に排出量を計算するために、通常以下のような方法が採用される。

(1) 発生源連続測定法 (CEMS)

実際の連続測定法は、排ガス流の中における汚染物質濃度と排ガス量を確定するために連続測定プログラムを確立することである。測定結果から、環境への汚染物質排出量は式(1)によって求められる。

$$E = C_0 \times Q_0 \times t \times 10^{-9} \qquad (1)$$

ここで、

E: 環境に排出される汚染物質の排出量（t／年）

C_0: 標準状態（25℃、760 mmHg）における汚染物質濃度(mg/Nm^3)

Q_0: 標準状態（25℃、760 mmHg）における排ガス量(Nm^3/h)

t: 発生源の活動時間 (h/年)

直接測定法は、発生源からの実際の排出量を確定するので、一般に他の方法よりも正確な排出量の結果を与える。しかし、以下の理由によりこの方法は適用が難しい場合がある。

(i) 費用が高い。工業排ガスの連続測定のための費用は、一般に非常に高い。

(ii) 短期間の測定結果では、限られた一時点の排出源の本質しか反映できない。したがって、時間的に不安定な活動システムに関して、短期観測の結果から排出量を類推するような場合、排出量計算結果に誤差が生じてしまうことが多い。

(iii) 一部の汚染物質に対して、まだ信頼できる連続測定法がない。

信頼できる結果を得るためには、発生源の活動のすべての過程において連続測定プログラムを確立する必要があるが、技術的、費用的な条件が満たせないために実現できない場合が多い。実際には、発生源の代表的なデータを得るための一定期間の観測プログラムを設計することになる。

この方法は正確度が高いため、調査プログラムの総排出量のうちに占める割合が大きい重要な発生源に適用されることが多い。

(2) 排出係数の使用方法

排出係数とは、排出源の、ある単位活動量に対する汚染物質の排出量を表す数値である。活動量とは、一般的に生産プロセスで使用される原料の量または燃焼過程で消費される燃料の量もしくは具体的な業種の製品生産量のように、確認又は容易に測ることができる数量である。

排出係数は、業種や生産技術ごとに求められる実験的数値である。業種ごとの排出係数はそれぞれの専門的な資料で公開されている。

排出係数を使用する方法の中で、排出量は以下の３つの基本的なパラメータにより計算される。

(i)　排出係数

(ii) 活動量に関する情報：環境に汚染物質を排出する生産活動の規模を知るための活動量データ

(iii) 生産施設の排ガス処理装置の処理効率についての情報

一つの発生源からの排出量を、排出係数を使用して計算する際の基本的な式は以下のとおりである。

$$E = EF \times A \times [(100-ER)/100] \times 10^{-3} \qquad (2)$$

ここで、

E: 発生源からの汚染物質の排出量（トン／年）

EF: 活動量に対する排出係数（kg／年）

A 発生源の活動レベル。例えばボイラーの石炭使用量（トン／年）又は各工場の製品生産量（トン／年）

ER: 排ガス処理装置の処理効果（%）

(3) 物質収支法と燃料分析

物質収支による方法では、排出量は、生産プロセスにおける原料の出入りの流れ及び製品に変わる原料の量によって計算される。排出量は、物質及びエネルギーの保存則を適用して確認できる。燃料分析は物質収支法の一つの例である。燃料中のある元素の存在が、排ガス中にその元素が存在すること予測できる。

例：石炭の硫黄含有率から、石炭燃焼過程からの SO_2 排出量を計算することができる。

物質収支法による排出量の計算式は以下のとおりである。

$$E = Q_{in} \times C_{in} - Q_{out} \times C_{out} \qquad (3)$$

ここで、

E: 汚染物質の排出量

Q_{in}: 汚染を引き起こす元素を含む物質の、生産プロセスに入る流れ

Q_{out}: 循環の流れ又は製品として、汚染物質を含む物質の、生産プロセスから出る流れ

C_{in}: マテリアルフロー中の生産プロセスに入る際の汚染物質の濃度

C_{out}: マテリアルフロー中の生産プロセスから出る際の汚染物質の濃度

7.2　各工業施設における排出インベントリの実施に関する規程

一般的に、すべての排出源の調査プログラムには、以下の 2 つの主要な内容をそのプログラム中に含まなければならない：

1)　工業施設における排ガスを発生する各活動の点検

生産プロセスにおける排ガスを発生する生産工程の十分な列挙及び生産プロセスから発生する汚染物質の特定を目的として、生産工程の点検を実行する。その他にも排ガスを発生する各工程の特徴を調査する必要がある。したがって、この過程において留意しなければいけない情報は以下のとおりである。

- 調査する必要がある汚染物質の確認
- 生産施設における、煙突からの排出、設備や倉庫からの発散、蒸発などの発生源の確認
- 生産施設の生産技術、各設備の能力、総合的な能力を精査すること
- 原料、燃料、水などの需要の確認
- 既存の環境保護対策などの排ガス処理システムの特徴の確認

2)　排ガス流の中の汚染物質の排出量の分析及び計算

生産プロセスの点検ステップから汚染物質と汚染源を特定した結果を基に、排出量の計算方法のように、排出インベントリを実施する方法を選択し、分析を進める。このことにより、計算に必要不可欠な情報データの収集を実施する。

7.2.1　インベントリを実施する汚染物質の確認

工業活動において、業種、生産技術、使用する原燃料によって、環境大気に排出する汚染物質は変わってくる。それぞれの排出インベントリプログラムの中で、調査が実施される汚染物質は、生産プロセスから発生する汚染物質のすべてであるか、又は排出インベントリの目的に沿った限定された一部の汚染物質に限ることができる。

排出インベントリ登録通達に従って行われる排出量登録をするための調査においては、工業排ガス及び汚染物質のインベントリ調査は、それぞれの業種ごとに以下の表 1 に定められている方法に従って実施されなければならない。

表 1　業種、排ガス発生源、通知に従って登録が必要な工業排ガス中の汚染物質

No	分類	総生産量	工業排ガス発生源	調査・登録すべき項目
1	鉄鋼	200,000 トン／年以上	焼結機	粉じん、PM_{10}、$PM_{2,5}$、CO
			高炉	粉じん、 PM_{10}、$PM_{2,5}$
			転炉	粉じん、 CO
			アーク炉	粉じん、PM_{10}、 $PM_{2,5}$、CO, NOx
			中間周波数炉	粉じん、PM_{10}、 $PM_{2,5}$
			コークス炉	粉じん、PM_{10}、$PM_{2,5}$、SO_2、CO、PAH、NH_3、VOCs
2	火力発電	すべて。ただし天然ガス火力発電所を除く	ボイラー	粉じん、PM_{10}、 $PM_{2,5}$、SO_2、 NOx
3	セメント	すべて	クリンカーキルン	粉じん、PM_{10}、 $PM_{2,5}$、SO_2、 NO_x
			クリンカー冷却設備	粉じん、 PM_{10}、 $PM_{2,5}$
			クリンカーミル	粉じん、PM_{10}、 $PM_{2,5}$
4	化学物質及び化学肥料	10,000 トン／年以上		
4.1	カ性ソーダ、塩素製造		Cl_2 液化装置	Cl_2
4.2	HNO_3 の生産		酸吸収塔	NOx
4.3	H_2SO_4 の生産		吸収塔	SO_2
4.4	H_3PO_4 の生産		分解反応槽、蒸発装置、ろ過装置	F_2
			水和化塔、ベンチュリ、静電フィルター、	粉じん

No	分類	総生産量	工業排ガス発生源	調査・登録すべき項目
			酸ミスト除去装置	
4.5	NH_4OH の生産		中和槽、濃縮槽、冷却装置	粉じん、 PM_{10}、 $PM_{2,5}$、 NH_3
4.6	尿素の生産		NH_3 回収吸収塔、尿素造粒塔	粉じん、NH_3
4.7	DAP(*)の生産		反応造粒塔	粉じん、HF
			冷却装置	粉じん、HF
			製品製造設備	粉じん、HF
4.8	焼成リン肥の生産		焼成炉	粉じん、 PM_{10}、 $PM_{2,5}$、 HF
4.9	化学物質及びその他の化学肥料の生産		排ガス量 5.000（m^3/h）以上の工業排ガス源	生産の特徴及び管理機関の要求に従うこと
5	石油製造業	10,000 トン／年以上	加熱炉	粉じん、PM_{10}、$PM_{2,5}$、SO_2、 NOx
			CO ガス燃焼炉	粉じん、SO_2、 NOx、CO、 CxHy、NH_3
			排ガス燃焼炉	SO_2
6	工業ボイラー	ボイラー1 基当たり 20 トン／時以上。ただし、天然ガスのみを使用するボイラーを除く	ボイラー	粉じん、PM_{10}、 $PM_{2,5}$、SO_2, NOx

DAP：Diammonium phosphate リン酸二アンモニウム

7.2.2 調査実施範囲の確認

各工業施設において、汚染物質の環境への排出形態は一般的に以下の二つがある。点源とは、煙突からの排気であり、例えば石炭火力発電におけるボイラーの煙突やセメント業

における焼成炉の煙突からの排出などがある。分散排出形態とは、各生産工程から汚染物質が発散することであり、例えば硫酸製造技術における酸吸収塔から発散する SO_2 、原燃料貯蔵庫から揮発する汚染物質、塗料製造業の溶剤貯蔵庫から蒸発する VOCs などである。汚染物質を発生する活動すべてを調査するか、あるいは具体的な生産工程の一部の範囲に絞って行うかは、調査の必要がある汚染物質と調査の目的次第で決められる。工業排ガス排出インベントリ登録通達にしたがい、前出の表 1 において、その工業が属する業種ごとに調査の範囲が詳細に定められている。

7.2.3 排出量の計算方法の選択

一部の調査プログラムを除いて、調査プログラムの確認の目的を満たすために、汚染物質排出量の計算方法が具体的に定められている。大半の調査プログラムにおいて、汚染物質排出量の適切な計算方法を選択する必要がある。汚染物質排出量の計算方法はそれぞれの具体的な状況に合わせて選択しなければならない。とはいえ重要な問題は、実施費用と計算結果に不可欠な正確性の間で合理的に検討するために一定の分析を行う必要があるということである。分析する際に考慮しておかなければならない問題は、以下のようなことを含めた費用と結果の正確性のバランスについてである。

- 計算に必要不可欠な既存の数量
- 各計算方法の適用可能性
- 作業実施に要する時間
- 排出源の様態
- 人手及び物資などを含めたリソース

各方法が要求する十分なデータがある時に、各方法の信頼度及び優先順位が選択される。

発生源連続測定法は、実際の排出量に最も近い結果を与える方法であり、測定機が定期的に校正され、インベントリ期間に対して十分な測定結果があるなど、信頼できる連続測定データが得られるときに優先的に適用される方法である。一定の決められた期間に連続して排出量が測定されるが、一般的にその期間は短い。その施設にインベントリ実施期間中に十分な連続測定データ（一般的には１年分）がなかった場合には、短期間（１日又は１か月）の測定データを参考にして、インベントリ実施期間における排出量を推定することになるが、測定データセットの代表性も考慮する必要がある。システムが正常に作動しているという前提条件で発生源測定データを収集することができる場合にのみ、排出イン

ベントリに資する排出量の計算に利用することができる。短期観測データは、火力発電やセメント業など安定稼働している、かつ、使用する原燃料も品質の安定が求められる業種においては、信頼性の高いデータとして利用することができる。

観測方法を利用する際に留意しておくべき重要事項は、排ガス中の汚染物質濃度及び対応する排ガス量に関する測定データを処理することである。

排出係数を利用する方法は、連続測定データが得られない又は一部の汚染物質のように連続測定ができないなどの理由で、連続測定法が適用できない場合に次善策として選択される方法である。生産プロセスからの排出、又は貯蔵庫からの排出は、観測または測定をすることができないので、これは分散排出源について効果のある方法である。排出係数は、各業種、各技術類型、各燃料（ボイラー、焼成炉などで燃焼させる場合）に対する平均値であることを留意しておく必要がある。このため、この方法による計算結果は概算にすぎない。

物質収支による方法は、一般的に物理的変化又は単純な化学的変化の工程だけを持つ業種においてのみ、又は燃焼過程において普遍的に用いることができる。この方法を使用するためには、生産プロセスに出入りする原料及び燃料の各流れの成分に関する詳細なデータ情報が必要である。

7.2.4　データ及び情報の収集

データの収集過程は、排出量の計算をするために必要な情報を収集するために、もっとも効果的な方法で行われる必要がある。排出量の計算過程におけるデータの収集方法は以下の３つの方法がある。

(i)　直接測定データ：　一般的には観測または測定したデータであり、排ガス量や排ガス中の汚染物質濃度などである。観測データの収集の際は、計算するのに信頼性の高いデータを得るために、各規定で具体的に定められた手順を遵守する必要がある。

(ii)　専門分野の資料を通じてのデータ収集：一般的には、汚染物質を排出する各活動の排出係数である。一般的に、排出係数は専門書などから入手することができる。使用する排出係数と、排出係数を適用する施設で実際に使われている技術類型及び原燃料が適合するかについて留意しておかなければならない。

(iii) 生産施設における情報とデータ収集：一般的には生産施設における技術的情報である。例えば、製品の種類と量、生産プロセスにおける原燃料の種類と量、生産技術、各制御設備、排ガス処理施設、これらの設備の活動度などである。

収集データは、選択する排出量計算法に依存する。

(1) 排出源における連続観測方法 (CEMS)

-汚染物質濃度：観測期間中、汚染物質濃度の値を調査する必要がある。排出インベントリ登録通達の規定によると、連続測定データは年間 20%以上の欠測時間があってはならない。

- 排ガス量の数値 : 排ガス量は、発生源からの排ガスの直接測定結果からの数値を使うことができる。排出インベントリ登録通達の規定によると、排ガス量を測定した数値がない場合には、下記の各方法により排ガス量を計算することができる。

・工業施設の建設計画に関する完了報告書

・排ガス処理系統の排風機の設計能力

・下式による排ガス流速に基づく計算

$$Q=3600\times V\times A$$

ここで、

Q：煙突の排ガス量（m^3/h）

A：煙突の断面積（m^2）

V：煙突中の気流の平均速度（m/s）

しかし、完了報告書や排風機能力による排ガス量計算は、施設の設計値であり、しかも通常、計算値は一定の誤差があるので、稼働施設は設計値には達しない。上の方法以外に、ボイラーに関しては、次式による燃焼過程の排ガス量計算を通して近似的な排ガス量を計算できる。

$$G=m\times A_0+5.6\times H+0.7\times O+0.8\times N+1.244\times W$$

ここで、

G：燃料 1kg 燃焼した場合の排ガス量（m^3/h）

A_0：燃料 1kg を燃焼させるための理論空気量（m^3/h）

m：空気比

H：燃料 1kg 中に含まれる水素の量（kg/kg）

O：燃料 1kg 中に含まれる酸素の量（kg/kg）

N：燃料 1kg 中に含まれる窒素の量（kg/kg）

W：燃料 1kg 中に含まれる水分の量（kg/kg）

A_0 は次式で計算できる。

$$A_0=8.89\times C+26.7\times(H-O/8)+3.33\times S$$

ここで、

C：燃料 1kg 中に含まれる炭素の量（kg/kg）

S：燃料 1kg 中に含まれる硫黄の量（kg/kg）

mは次式で計算できる。

$$m=21/(21-O\%)$$

ここで、

O%：排ガス中の酸素含有率（%）

- 排出源の活動時間に関する情報とデータ：排出時間は一般的に時間／年で計算される。このデータはシステムの運転日誌により収集することができる。断続的に稼働する施設については、数値の信頼性に注意しなければならない。

(2) 排出係数による方法

- 排出係数に関するデータの収集：施設の業種や生産技術に特有の排出係数は、専門資料から収集することができる。要求されるある特定の工業の排出係数に関するデータは、表 2 に規定されている通達にしたがい、排出インベントリを実施しなければならない。燃料の硫黄含有率や灰分に依存する、SO_2 やダスト（付録）などの汚染物質の排出係数を見つける

ことができる。したがって、排出係数の計算に資する燃料の特性を収集しなければならない。

- 活動量に関する数値： インベントリ実施期間中に、施設において生産の際に使用される原料及び燃料の種類と量、生産される製品の種類と量の数値を収集する。消費された原燃料類は、産業施設の経済技術目標報告や運転日誌から収集できる。施設の稼働能力に関する数値を参考にすることができる。計算結果の信頼性を高めるためには、活動量の数値は通常十分な期間収集する必要がある（１月又は１年単位で)。

- 汚染処理設備に関する情報について : 施設に使用されている排ガス処理装置の種類及び活動度、処理システムの処理効率についての詳細な情報が必要である。

(3) 物質収支による方法

- 各生産工程における発生過程に関する具体的な情報
- 各生産工程の詳細な入出力データ
- 燃料の詳細な成分、例えば石炭の硫黄含有量や灰分など

7.2.5 調査結果の計算

(1) 排ガスの連続測定法と排出源の検査方法

- 数量の処理:

(i) 排ガス濃度の変換

ppm 濃度から標準状態の mg/m^3 への変換

連続測定システムで測定された汚染物質濃度は、一般的に ppm(v/v)の単位で求められるため、排出量を求めるために、式(3)にしたがい、標準状態（25℃、760mmHg）における mg/m^3 に単位を変換する必要がある。表２は一般的な汚染物質の、ppm から 25℃における mg/m^3 への単位換算係数を表している。

$$C\left(\frac{mg}{m^3}\right) = C(ppm) \times \frac{MW}{24.45} = K \times C(ppm) \quad (3)$$

C (mg/m^3)：汚染物質の質量濃度

C(ppm)：汚染物質の濃度

MW：汚染物質の分子量

K：換算係数

表 2　体積濃度（ppm）から標準状態（25℃）における質量濃度への換算係数

No	**汚染物質**	**分子量**	**ppm から mg/m^3 への換算係数**
1	CO	28.01	1.14
2	NO	30.01	1.22
3	NO_2	46.01	1.88
4	SO_2	64.07	2.62
5	Cl_2	70.91	2.89
6	F_2	38	1.55
7	NH_3	17.04	0.70

測定条件（t^0、P）における mg/m^3 濃度から標準状態（25℃、760mmHg）への変換

排ガス濃度の測定単位が、標準状態（25℃、760mmHg）でなく、測定条件の mg/m^3 で表される場合、次式により標準状態に換算しなければならない。

$$\mathrm{C}(298\mathrm{K}, 760\mathrm{mmHg}) = C(t0, P) \times \frac{760 \times (t0 + 273)}{P \times 298}$$

ここで、

C(298K、760mmHg）：標準状態における汚染パラメータの濃度 (mg/m^3)

C(t^0、P)：実測の汚染パラメータの濃度 (mg/m^3)

t^0：煙突の実測温度 (℃)

P：実測圧力 (mmHg)

留意

発生源直接測定法について、排ガス中の汚染物質濃度の連続測定結果はリアルタイムの濃度値である。したがって、測定実施期間中における測定が必要で、各汚染物質の濃度の

平均値を計算する必要がある。

(ii) 排ガス量の変換

排ガス量の測定単位は標準状態（25℃、760mmHg）で表す必要がある。測定単位が標準状態と異なる条件で表されている場合は、次式により換算する必要がある。

$$\mathrm{Q}(298\mathrm{K}, 760\mathrm{mmHg}) = Q(t0, P) \times \frac{P \times 298}{760 \times (t0 + 273)}$$

ここで、

Q(298K、760mmHg）：標準状態における排ガス量(Nm^3/h)

Q(t^0、P)：実測の排ガス量(Nm^3/h)

t^0：煙突の実測温度 (℃)

P：実測圧力 (mmHg)

- 排出量の計算:

汚染物質の排出量は次式にしたがい算定される必要がある

$$E = C \times Q \times t \times 10^{-9}$$

E: 汚染物質の排出量（トン／年）

C:ある期間における汚染物質の平均濃度 (mg/m^3)

Q: 排ガス量 (m^3/h)

t: 排出源の活動時間（ｈ／年）

発生源の排ガス量が年間のある時点時点で変化する場合には、排ガス量が安定する期間の排出量を計算して、それから１年間の総排出量を計算する。

例： 表の測定値の石炭火力発電所から排出する SO_2 排出量の計算

測定期間	濃度(ppm)				排ガス量 (25^0C) (m^3/h)	活動時間 (h)
	SO_2	NO_X	CO	TVOCs		
1	150.9	142.9	42.9	554.2	11,735	1500
2	144.0	145.7	41.8	582.9	15,265	2000
3	123.0	112.7	128.4	515.1	19,530	1800

始めに表 2.2 の係数を使って SO_2 の濃度を ppm から mg/m^3 に変換して、次を得る。

No	濃度 (ppm)	ppm から mg/m^3 への換算係数	濃度 (mg/m^3)
1	150.9	2.62	395.4
2	144.0		377.3
3	123.0		322.3

SO_2 排出量を求める際の次式を適用する

$$E = C \times Q \times t \times 10^{-9}$$

始めに測定期間 1 について計算する。

C_1=395.4 mg/m^3

Q_1=11,735 m^3/h

t_1=1500

結論が出る　$E_1=395.4\times11,735\times1,500\times10^{-9}=6.96$ トン

同様に、引き続く２測定期間について結論が出る

E_2=11.52 トン

E_3=11.33 トン

このようにして 1 年間のインベントリにおける排出量は

$E=E_1+E_2+E_3=29.81$ トン／年となる。

(2) 排出係数による方法

排出係数を使用する方法によって汚染物質の排出量を求める場合は次式にしたがって行うこと。

$$E = EF\times A\times [(100-ER)/100]\times 10^{-3}$$

ここで、

E: 排出源からの汚染物質排出量（トン／年）

EF:活動量に対応する排出係数（kg／トン）

A: 排出源の活動レベル（トン／年）

ER: 排ガス制御システムの排ガス処理効率（%）

一部の業種の排出係数は、付録の中に詳細に記載されている。上記の公式の中で、活動量とは一般的に、火力発電所における 1 年間の燃料消費量もしくはその他の業種における 1 年間の製品生産量のことである。

例：下記の条件のときに、排出係数を使用する方法でクリンカの生産プロセスからの NOx 排出量を計算する。

- 対象設備：ロータリーキルン
- 製品の生産量：100 万トン／年
- NOx の処理設備：なし

始めにセメント生産ラインで NOx を発生する各工程を確認すると、キルンからである。セメント生産工場のキルンからの NOx の排出係数は 2.15kg／トン クリンカである。次式を適用して、以下のとおり NOx 排出量を計算できる。

$$E = EF\times A\times [(100- ER)/100]\times 10^{-3}$$

EF = 2.15 kg/トン

$A = 10^6$ トン/年

ER = 0

したがって $E = 2.15\times10^{6}\times[(100-0)/100]\times10^{-3} = 2{,}150$ トン／年

(3) 物質収支による方法について

排出インベントリ登録通達の規定によると、物質収支による方法は、各火力発電施設から排出される SO_2 の排出量を計算する際に適用される。石炭火力発電施設において、石炭や石油などの燃料中に含まれる硫黄の燃焼過程により、SO_2 が排出される。燃料中に含まれるすべての硫黄は熱化学反応を起こして SO_2 に変化し、大気中に排出される。

この施設における SO_2 の排出量は次式で計算される。

$$E = 2\times A\times(S/100)\times (100 - ER)/100$$

ここで、

- E ：SO_2 の排出量（トン／年）
- A ：１年間の燃料使用量（トン）
- S ：燃料中の硫黄含有率（%）
- ER ：SO_2 の処理効率(%)。施設が排ガス処理システムを有しない場合は、ER = 0 とする。

7.2.6 報告

排出者事業主の登録のためのインベントリ結果は、汚染物質排出量の結果を明確にして、報告しなければならない。報告書は生産施設における基本情報を十分に含んでいなければならない。例えば業種、生産技術、調査対象の汚染物質、調査実施期間などである。データ収集源と排出量の計算方法は、インベントリ活動の最新のプロセスに資するように詳細に記述されなければならない。

7.3 排出事業主の登録

7.3.1 排出事業主の概念、排出事業主登録の目的と意義

工業排ガス排出事業主とは、工業排ガスの発生源である施設の法律上の代表者である組織又は個人をいう。

排出事業主の登録とは、組織もしくは個人が所有または管理する大気汚染物質発生施設について、自身の工業排ガス排出源に関する情報の一覧表を作成し、政府の管理機関に報

告することをいう。

排出事業主の登録は、各環境管理者が、汚染制御活動の基礎として、環境への汚染物質排出量を測り、統計を作成することに資する。

7.3.2　排出事業主登録の実施の対象

現在、排出事業主の登録活動は、汚染物質を大気環境に排出している各生産施設について、登録義務化の促進及び研究をして、それによって汚染源を良好に管理することを目指している。

7.3.3　排出事業主登録の手続き

排出事業主登録の手順について：

手順 1. 排出インベントリの実施

排出事業主の登録を実施するためには、最初に工業排ガス排出事業主は、工業排ガス中の各汚染物質の排出量を確認するために、排出インベントリを実施しなければならない。

手順 2. 規程にしたがって、工業排ガス排出に関する申請書を完成させること。

手順 3. 工業排ガス排出事業主は、規定にしたがい環境総局に直接又は郵送で、工業排ガス発生源登録申請書を一部提出しなければならない。

参考文献

1 章

1. Kenneth Wark, Cevil F. Warner and Wayne T. Davis (1998) Air pollution - Its origin and control. Addison Wesley Longman, Inc.

2. Earth System Research Laboratory, Global Monitoring Division Trends in Atmospheric Carbon Dioxide, NOAA, 2016 Truy cập 22/02/2016. http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/

3. Barbara J. Finlayson-Pitts & James N. Pitts, Jr (2000) Upper and lower atmosphere, Academic Press, California

4. Trần Ngọc Chấn (2000/2004) Ô nhiễm không khí và xử lý khí thải (Tập 1)**.** Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

5. Truc and Kim Oanh, 2007, Roadside BTEX and other gaseous air pollutants in relation to emission sources, Atmospheric Environment, 41, 7685-7697

6. Chau Thuy Pham, Takayuki Kameda, Akira Toriba, Kazuichi Hayakawa (2013) Polycyclic aromatic hydrocarbons and nitropolycyclic aromatic hydrocarbons in particulates emitted by motorcycles, Environmental Pollution,183,175-183

7. Daniel D. Chiras. Environmental Science - Action for a Sustainable Future. The Benjamin/Cummings Company, Inc., USA, 1994.

8. WHO (2014) Thông cáo báo chí

9. WHO (2005) WHO air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide – Global update 2005- Summary of risk assessment

10. Kim Oanh N. T. , Upadhyay N. , Zhuang Y.-H., Hao Z.-P., Murthy D.V.S., Lestari P., Villarin J.T., Chengchua K., Co H.X., Dung N.T., Lindgren E.S., Particulate air pollution in six Asian cities: Spatial and temporal distributions, and associated sources, Atmospheric Environment 40 (2006) 3367-3380

11. Cohen D. D, Crawford J, Stelcer E., Bac V. T., Long range transport of fine particle windblown soils and coal fired power station emissions into Hanoi between 2001 to 2008, Atmospheric Environment 44 (2010) 3761-3769

12. Noel de Nevers (2000) *Air pollution control engineering*. 2nd Edition, McGraw-Hill Inc., New York.

4 章

1　エネルギー管理入門 山本 亨・加藤友美 オーム社。

2　工場又は事業場におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断基準

3　永久磁石モータ・ドライブシステム　東芝産業機器システム株式会社

4　Optimum Combustion Control by TDLS200 Tunable Diode Laser Gas Analyzer Yoshitaka Yuki, Akihiro Murata　Yokogawa Technical Report English Edition Vol.53 No.1 (2010)

5　ボイラー便覧　日本ボイラー協会編　丸善出版株式会社

5 章

1　第 5 回石炭基礎講座（石炭発電技術）　電力中央研究所

2　株式会社日立製作所

3　一般財団石炭エネルギーセンター

4　新日鉄住金株式会社

5　JFE スチール株式会社

6　スチールプランテック株式会社

7　「環境にやさしいセメント産業」一般社団法人セメント協会

8　一般社団法人セメント協会

9　石油便覧　ＪＸエネルギー株式会社

10　今日の石油産業 2015　日本石油連盟

付録１
産業排ガス登録インベントリ通達に係る主要産業の排出係数表

表１　発電用ボイラーの排出係数

No.	燃料	排出係数			
		ばいじん	PM_{10}	SO_2	NO_x
1	***重油***	**単位：kg/m^3**			
1.1	ボイラー>1 億 Btu／時 (蒸発量 46.7 t／時に相当)				
1.1.1	第 6 種燃料通常燃焼方式	1.1×S + 0.39		18.84×S	5.64
1.1.2	第 6 種燃料接線燃焼方式	1.1×S + 0.39		18.84×S	3.84
1.1.3	第 5 種燃料通常燃焼方式	1.2		18.84×S	5.64
1.1.4	第 5 種燃料接線燃焼方式	1.2		18.84×S	3.84
1.1.5	第 4 種燃料通常燃焼方式	0.84		18×S	5.64
1.1.6	第 4 種燃料接線燃焼方式	0.84		18×S	3.84
1.1.7	第 2 種燃料	0.24		17.04×S	2.88
1.2	ボイラー<1 億 Btu/時				
1.2.1	第 6 種燃料	1.1 ×S + 0.39		18.84×S	6.6
1.2.2	第 5 種燃料	1.2		18.84×S	6.6
1.2.3	第 4 種燃料	0.84		18×S	2.4
1.2.4	蒸留油	0.24		17.04×S	2.4
2	***無煙炭***	**単位: kg/トン**			
2.1	微粉炭炉	5×A	1.15×A	19.5×S	9.0
2.2	流動層炉			1.45	0.9
3	***瀝青炭及び亜瀝青炭***	**単位: kg/トン**			
3.1	Lò than phun đáy khô lửa tường	5×A	1.15×A		
3.2	Lò than phun đáy khô lửa tiếp tuyến	5×A	1.15×A		
3.3	Lò than phun đáy ướt	3.5×A	1.3×A		

No.	燃料	排出係数			
		ばいじん	PM_{10}	SO_2	NO_x
3.4	Lò phun than đáy khô. lửa tường Pre-NSPS dùng than bitum.			19×S	11
3.5	Lò phun than đáy khô lửa tường Pre-NSPS dùng than á bitum.			17.5×S	6
3.7	Lò phun than đáy khô. lửa tường NSPS dùng than bitum.			19×S	6
3.8	Lò phun than đáy khô lửa tường NSPS dùng than á bitum.			17.5×S	3.7
3.9	Lò phun than đáy khô. lửa ghi di động dùng than bitum.			19×S	15.5
3.10	Lò phun than đáy khô. lửa ghi di động dùng than á bitum.			19×S	7
3.11	Lò phun than đáy khô. lửa tiếp tuyến. Pre-NSPS dùng than bitum			19×S	7.5
3.12	Lò phun than đáy khô. lửa tiếp tuyến. Pre-NSPS dùng than á bitum.			17.5×S	4.2
3.13	Lò phun than đáy khô. lửa tiếp tuyến. NSPS dùng than bitum			19×S	5
3.14	Lò phun than đáy khô. lửa tiếp tuyến. NSPS dùng than á bitum.			17.5×S	3.6
3.15	Lò phun than đáy ướt. lửa tường Pre-NSPS dùng than bitum.			19×S	15.5
3.16	Lò phun than đáy ướt. lửa tiếp tuyến NSPS dùng than bitum.			19×S	7
3.17	Lò phun than đáy ướt. lửa tường dùng than á bitum.			17.5×S	12
3.18	循環式流動層炉				2.5
3.19	Lò tầng sôi dạng bọt (bubling bed)				7.6

注: *A 燃料中の灰分含有率 (%);*

S 燃料中の硫黄分含有率 (%).

NSPS là lò hơi xây dựng sau 17/8/1971 với công suất lớn hơn 250 triệu BTU/giờ hoặc lò hơi xây dựng sau 18/9/1978 với công suất sinh hơi lớn hơn 250MMBTU/giờ

Pre-NSPS là lò hơi không thuộc nhóm NSPS

表 3　セメント工場の排出係数 (kg/tấn clinker)

No.	**活動量**	**排出係数**				
		ばいじん	**PM_{10}**	**$PM_{2.5}$**	**SO_2**	**NO_x**
1	湿式法クリンカーキルン	65	16	23.04	4.1	3.7
2	乾式法クリンカーキルン	-	-		4.9	3.0
3	部分加熱キルン	130	-		0.27	2.4

注: (-): 設定なし

付録 2 排ガス測定方法

I. ベトナムで規定されている排ガス測定方法

表 1 工場における排ガス測定方法[1]

No.	対象パラメータ	測定方法
1	煙道（ダクト、煙突）における測定点の決定	US EPA Method 1
2	流速	US EPA Method 2 ISO 10780
3	乾燥空気のモル体積	US EPA Method 3
4	水分量	US EPA Method 4
5	O_2、温度、圧力	measurement device Using online
6	粒子状物質	US EPA Method 5 US EPA Method 17 ISO 10155 AS 4323.2: 1995 JIS Z 8808: 2013 ISO 5977: 2005
7	二酸化硫黄（SO_2）	US EPA Method 6 US EPA Method 8 US EPA Method 8A TCVN 6750：2005 TCVN 7246: 2003 JIS K 0103: 2011 Using direct measurement equipment
8	窒素酸化物（NOx）	US EPA Method 7 ISO 7172: 2002

[1]通達 40/2015/TT-BTNMT

No.	対象パラメータ	測定方法
		ISO 7245: 2003 JIS K 0104: 2011 Using direct measurement device
9	硫酸（H_2SO_4）	US EPA Method 8 US EPA Method 8A
10	不透明度（Opacity）	US EPA Method 9
11	一酸化炭素(CO)	US EPA Method 10 TCVN 7242: 2003 Using direct measurement device
12	硫化水素（H_2S)、硫化カルボニル(COS)、二硫化炭素（CS_2)	US EPA Method 15 US EPA Method 15A
13	鉛（Pb)	US EPA Method 12 US EPA Method 29 ISO 7557-1: 2005 ISO 7557-3: 2005
14	全フッ素（F-),	US EPA13Amethod US EPA Method13B
15	有機物	US EPA 18 US EPA 0030
16	ダイオキシン類（PCDD / PCDF)	US EPA Method 23 ISO 7556-1: 2005 ISO 7556-2: 2005 ISO 7556-3: 2005
17	非メタン炭化水素（NMHC)	US EPA Method 25 US EPA Method 0031
18	臭化水素（HBr)、塩素（Cl_2)、臭素(Br_2)	US EPA Method 26 US EPA method 26A
19	フッ化水素（HF)	US EPA Method 26 US EPA Method 26A TCVN 7243: 2003

No.	対象パラメータ	測定方法
20	塩化水素（HCl）	US EPA Method 26 US EPA Method 26A TCVN 7244: 2003 JIS K 0107: 2012
21	アンチモン（Sb），ヒ素（As），バリウム（Ba），ベリリウム（Be），カドミウム（Cd），クロム(Cr)，コバルト（Co），銅（Cu），マンガン（Mn），ニッケル(Ni)，リン（P），セリウム(Se)，銀（Ag），チタニウム(Ti)、亜鉛（Zn）	US EPA Method 29 TCVN 7557: 2005
22	水銀（Hg）	US EPA Method 29 US EPA Method 30B US EPA Method 101A
23	PM_{10}	US EPA Method 201 US EPA Method 201A
24	多環芳香族(PAHs)	US EPA Method 23 US EPA Method 0010

II. ベトナムにおける自動計測器測定の規定

通達 40/2015/TT-BTNMT「工場排ガスのモニタリング」で規定されている自動計測器を使用した工場排ガス測定の要求事項は以下のとおりである。

① 計測器の性能

据え置き型の自動計測器に加え、以下の仕様を満たすものであれば可搬型（ポータブル型）計測器の使用が正式に認められている。

表２　自動.計測器に要求される仕様

	測定項目	精度	分解能	応答時間
1.	NO	± 5%　（読取り値）	1 ppm	<30 秒
2.	NO_2	± 5%	0.1 ppm	<40 秒

3	SO_2	± 5%	1 ppm	<30 秒
4.	CO	± 5%	1 ppm	<40 秒
5.	O_2	± 0.3 % （測定レンジ）	0.1%	<60 秒

通達 40/2015/TT-BTNMT

この場合でも、測定値の範囲が自動計測器の測定下限値以上であることが重要である。

② 測定作業日に最低１回のスパンガスチェックを行う

高圧容器詰め標準ガスとの比較試験を測定現場で実施することが義務付けられている。スパンガスチェックの結果、表示された測定値との差が 20%以上ある場合には自動計測器は使用できない。

③ スパンガスの精度

スパンガス（測定スパンの 70%~80%の濃度のガス）の精度は表示値の±５%以内。（日本は±2%以内）

④ 記録の保管

フィールド測定記録、スパンチェック記録、自動.計測器の維持管理記録、部品交換記録などの保管。当局の要請があれば提出すること。

工場に対する、今後の立入検査は、上記の要求事項を満足する.計測器、中でも最も普及しているポータブル型の.計測器を中心に行われることになるようである。従来の測定からの主な変更点は、測定現場での高圧容器詰め標準ガス（スパンガス）を用いたチェックが義務付けられ、許容されるスパンとの差が明記された点である。

III. SO_2 自動計測器が満足すべき性能

表 3　SO_2 自動計測器が満足すべき性能

項目	性能
繰り返し性	最大目盛値の±2%
ゼロドリフト	最大目盛値の±2%
スパンドリフト	最大目盛値の±2%
指示誤差	最大目盛値の±2%
応答時間	15 分以下（溶液導電率法）
	4 分以下（赤外線吸収方式）

	4 分以下（紫外線吸収方式）
	4 分以下（紫外線蛍光方式）
干渉成分の影響	最大目盛値の±5%
試料ガスの流量変化に対する安定性	最大目盛値の±2%

IV. NOx 自動計測器が満足すべき性能

表 4　NOx 自動計測器が満足すべき性能

項目	性能
繰り返し性	最大目盛値の±2%
ゼロドリフト	最大目盛値の±2%
スパンドリフト	最大目盛値の±2%
指示誤差	最大目盛値の±2%
応答時間	2 分以下
コンバータの NO_2－NO 変換効率	95%以上
コンバータのアンモニア変換効率	アンモニア濃度の 5%以下
干渉成分の影響	5%以下（化学発光方式）
	最大目盛の±5%
試料ガスの流量変化に対する安定性	最大目盛の±2%

資料２

天然資源環境省

No:……../2016./TT-BTNMT

ベトナム社会主義共和国
独立・自由・幸福

ハノイ、日付　2016 年

2016 年 7 月 14 日のドラフト

省令
産業排ガスの登録及びインベントリについて

天然資源環境省大臣

2014 年の環境保護法に基づき、

政府が 2013 年 3 月 4 日に公布し、天然資源環境省の機能、任務、権限及び組織について規定した政令第 21/2013/NĐ-CP 号に基づき、

政府が 2015 年 4 月 24 日に公布し、廃棄物及び廃材について規定した政令第 38/2015/NĐ-CP 号に基づき、

環境総局長及び法制局長の建言に基づき、

産業排ガスの登録及びインベントリについて以下に規定する。

第 1 条　適用範囲

本省令は、政府が 2015 年 4 月 24 日に公布し、廃棄物及び廃材について規定した政令第 38/2015/NĐ-CP 号の第 45 条及び第 48 条（以下「政令第 38/2015/NĐ-CP 号」と略す）を下記のことに関して詳細に規定する。

1. 産業排ガス源の登録及びインベントリを必要とする業種、排出源、ダストと排ガスに関する情報の一覧。

2. 産業排ガスの測定、排出源に関するインベントリ報告書の作成。

第 2 条　適用対象

本省令は、附則1に記載された国家の管理機関、排ガスの排出を関わる組織、或いは個人に適用されるものである。

第 3 条　用語解説

本政令に使用する用語は以下のように解釈される。

1.「産業排ガス」とは生産過程における煙突や排出口から大気に排出する物質成分から成る混合物である。

2.「排ガス排出源の登録」とは、国家の管理機関に産業排ガス排出源に関する情報のインベントリと報告である。

3. 産業排ガスに含まれる汚染物質の「排出量」とは、その物質が一定の時間に環境に排出する量のことである。

4.「産業排ガス源の所有者」とは、本省令の附則1に記載された規定で定められた、法律上その産業排ガス源の法人資格を有する組織、或いは個人のことである。

第 4 条　産業排ガス排出源の登録

1. 産業排ガス源の所有者は下記のことを実施すべきである。

ア）本省令の附則1の規定に基づき産業排ガスに含まれる汚染物の排出量を算定する。産業排ガスに含まれる汚染物の排出量の算定方法は本省令の附則2で定めれられる。

イ）産業排ガス源を登録する。本省令の附則1に記載されるリストで記述される排出源が複数ある場合、すべて登録すべきである。

2. 事業所はすべての産業排ガス源の排出量（産業排ガス総量の 20%以上）或いは排出源を増やす予定がある場合、その所有者が変更事前に変更内容を登録すべきである。

第 5 条　産業排ガス排出源登録の手順

1. 産業排ガス源の所有者は、本省令の第 6 条に基づき、産業排ガスの登録書類を 1 部作成し、環境総局に直接、または郵送で提出する。

2. 登録書類が規定に合わない場合或いは揃っていない場合、環境総局は受理してから 10 営業日以内に所有者に書類を整えるように通知する。

3. 産業排ガス源の所有者は、本省令の附則1に従った登録書類の送付後、環境総局の受理承認書或いは宅配機関の送付証書（郵送の場合）を貰えば登録責任を果たしたと言える。但し、本条の第 2 項で定められた環境総局からの書類整理に関する通知を送付される場合が除かれる。

第 6 条　産業排ガス排出源の登録書類

産業排ガス排出源の登録書類は下記のものを含む。

1. 本省令の附則 3 の様式に従った産業排ガス排出源登録書。

2. 本省令の附則 4 の様式に従った排出源情報表。

3. 次の書類のいずれかの写し一部：環境影響評価報告書（EIA）承認書、環境影響評価報告書（EIA）の追加承認書、環境基準達成登録書の証書、環境保護計画承認書、環境保護計画の登録済みの証明書、環境保護詳細計画の承認書、環境保護政策。

4. 次の書類のいずれかの写し一部（任意）：環境保護に関する整備や措置の終了証明書、環境保護詳細計画の実施終了証明書、またはそれに当たる書類や証書。

5. 燃料品質承認書或いは登録日まで一番新しい燃料品質分析結果表の写し一部（灰、硫黄の成分など掲載）。

6. 登録日より 6 カ月以内の産業排ガス源の最新観測結果。

第 7 条　産業はガス源の所有者の責任

1. 本省令の附則1に記載される規定に従い、すべての産業排ガス源のインベントリにむけての登録及び情報申告を正確かつ完全に実施する。

2. 本省令の附則 5 に記載される様式を用い、産業排ガスのインベントリにむけての申告書を作成し、翌年の 1 月 30 日までに環境総局に一部を直接に届けるか、郵送する。

4. 産業排ガス源登録及びインベントリ用のすべての情報、資料、書類を 3 年間保管する。

5. 環境総局に既に登録した産業排ガス源に関する情報や所有者の変更、生産力の減少や中止を 15 営業日以内に申告する。

第 9 条 環境総局の責任

1. 3 年に一回産業排ガスインベントリ報告書を作成し、天然資源環境省大臣宛に翌年の 3 月 30 にまでに送付する。

2. 事業所の産業排ガス源の登録・インベントリに関する情報、データを管理・保管し、常に国家の産業排ガスのデータベースを更新する。

3. 産業排ガス源の所有者に対し登録及びインベントリ実施に関してガイダンスを行いながら監視する。

4. 産業排ガスのデータシステムやデータベースを構築し、ホームページで産業排ガス源に関する情報を公開する。

5. 産業排ガス源に関して、紙の文書によるやりとりの代わりにオンラインで登録や申告できるようにガイダンスする。

6. ベトナムの条件に適する産業排ガス係数一覧を構築・更新する。

第 10 条 各省の天然資源環境局の責任

1. 登録及びインベントリを必要とする管轄範囲内にある事業所、産業はガス源に関する情報を環境総局に提出する。

2. ホームページがある場合、所管する産業排ガス源の所有者の排ガス源に関する情報を開示する。

第 11 条 実行

1. 環境総局は、本省令適用に関して指導・監視・評価する責任をもつ。

2. 大臣、省級の長官、政府直轄機関の長官、各級の人民委員会長、天然資源環境局長及び各組織・個人はこの省令を実施する責任がある。

第 12 条 実行効力

1. 本省令は 201○年○月○日から有効となる。

2. 本省令を実行する際に、もし困難があれば、省令を修正、補足するために、各機関、組織、個人は（環境総局を通じて）天然資源環境省にフィードバックする。

大臣

チャン・ホン・ハー

省令の送付先:

- 首相及び各副首相
- 国会事務所
- 国家主席事務所
- 政府事務所
- 中央党及び党の各班の事務所
- 最高裁判所
- 最高検察院
- 各省庁や政府直轄機関
- 国家監査機関
- ベトナム祖国前線中央委員会
- 各団体の中央機関
- 各省及び中央直轄市の人民委員会、人民協議会
- 司法省法規審査局
- 天然資源環境省の各副大臣
- 天然資源環境省直轄機関、ウェブサイト
- 各省及び中央直轄市の天然資源環境局
- 公報、政府電子情報ポータル
- 保管:VT, PC, TCMT (KSON).300

附則 1

登録及びインベントリを必要とする業種、排ガス排出源及び排ガス一覧

（天然資源環境省大臣の 201○年○月○日付第○号省令とともに公布）

Stt	**産業**	**設計能力**	**産業排ガス排出源**	**産業排ガス成分**
1	鉄鋼の鋼片（billet）製造	年間 20 万トン以上	焼結炉	ばいじん、PM_{10}, $PM_{2,5}$、CO, NOx
			高炉	ばいじん、PM_{10}, $PM_{2,5}$、CO, NOx
			BOF	ばいじん、PM_{10}, $PM_{2,5}$
			電気炉製鉄	ばいじん、PM_{10}, $PM_{2,5}$、CO, NOx
			アーク炉	ばいじん、PM_{10}, $PM_{2,5}$、CO, NOx
			コークス炉	ばいじん, PM_{10}, $PM_{2,5}$、SO_2, CO
2	火力発電所	すべて（天然ガス使用の火力発電所を除く）	ボイラー	ばいじん、PM_{10}, $PM_{2,5}$、SO_2、NOx
3	セメント製造施設	すべて	クリンカー焼成炉	ばいじん、PM_{10}, $PM_{2,5}$、SO_2、NOx
			クリンカーの冷却システム、	ばいじん、PM_{10}, $PM_{2,5}$
4	化学物質と化学肥料製造	年間 1 万トン以上		
4.1	NaOH, Cl 製造		Cl_2 液化設備	Cl_2
4.2	HNO_3 製造		酸吸収塔	NOx

4.3	H_2SO_4 製造		酸化塔	SO_2
4.4	H_3PO_4 製造		分解反応器、蒸発器、ろ過装置	F_2
			水和塔、ベンチュリ装置、電気フィルタ、酸ミスト除去装置	ばいじん
4.5	NH_4OH 製造		中和器、濃縮器、冷却設備	ばいじん，PM_{10}, $PM_{2,5}$、NH_3
4.6	尿素製造		尿素粒製造塔	ばいじん，PM_{10}, $PM_{2,5}$、NH_3
4.7	DAP(*)製造		ドラム乾燥機	ばいじん, PM_{10}, $PM_{2,5}$、NH_3
			造粒装置	ばいじん, PM_{10}, $PM_{2,5}$、NH_3
			全中和反応設備	ばいじん, PM_{10}, $PM_{2,5}$、NH_3
4.8	燐酸肥料(溶解)		リン鉱石の焼成炉	ばいじん, PM_{10}, $PM_{2,5}$、HF
6	製油施設	すべて	加熱炉	ばいじん，PM_{10}, $PM_{2,5}$、SO_2, NOx
			CO 燃焼炉	ばいじん，PM_{10}, $PM_{2,5}$、SO_2, NOx
			触媒再生設備	ばいじん，PM_{10}, $PM_{2,5}$、SO_2, NOx
			硫黄回収設備	ばいじん，PM_{10}, $PM_{2,5}$、SO_2, NOx
			排ガス焼却炉	ばいじん，PM_{10},

				$PM_{2,5}$、SO_2, NOx
7	産業ボイラー	1時間20トン以上。但し天然ガス使用のボイラーを除く	ボイラー	ばいじん，PM_{10}, $PM_{2,5}$、SO_2, NOx

＊注:DAP は Diammonium phosphate である。

附則 2

産業排ガス排出量算定

（天然資源環境省大臣の 201○年○月○日付第○号省令とともに公布）

I.算定単位の確定・換算

1. 排ガス排出流量の算定単位は、標準状態である Nm^3/h で表現すべき。測定単位が m^3/h の場合、産業排ガス源の排出者は次の数式をもって換算しなければならない。

$$Q_0 = 298 * P*Q/(760*(t^0+273))$$

そのうち

Q_0: 標準状態における排出量（Nm^3/h）;

P : 測定した実際の気圧 (mmHg);

Q: 測定した実際の排ガス流量(m^3/h);

t^0: 測定した実際の温度(^0C)

2. 標準状態における排ガス濃度の単位は mg/Nm^3 である。

a. 測定単位が mg/m^3 の場合、産業排ガス源の所有者は次の数式をもって換算しなければならない。

$$C_{i0} = 760 * C_i * (t^0+273)/(P*298)$$

そのうち

C_{i0} ：標準状態における排ガス濃度（mg/Nm^3）;

C_i ：煙突で測定した実際の排ガス濃度（mg/m^3）;

t^0 ：煙突で測定した実際の温度 (^0C);

P ：測定した実際の圧力（mmHg）.

b. 測定単位が ppm の場合、産業排ガス源の所有者は次の数式をもって換算しなければならない。

~~$Ci0 = 10-3*MW*Ci/(22,4*(t0+273)/273)$~~

$$C_{i0} = MW*C_i/(22,4*298/273)$$

そのうち

C_{i0} ：標準状態における排ガス濃度（mg/Nm^3）;

C_i ：煙突で測定した実際の排ガス濃度（ppm）;

~~t^0 ：測定した実際の温度 (^0C);~~

MW ：i という係数の分子量（g）

II. 排ガス流量の確定

産業排ガス源の所有者は既存のいくつかの書類やデータを基に排ガス流量 Q を算定する。たとえば:

a. 自動連続測定機で測定した結果

b. 製造施設の建設竣工の書類

c. 排気系ファンに記載された仕様数値

d. 排気速度から次の数式で算定する。

$$Q = 3{,}600 * V * A$$

そのうち

Q　　: 煙突における排ガス流量 (m^3/h);

A　　: 煙突の断面 (m^2);

V　　: 煙突における排気の平均的な速度 (m/s).

III.産業排ガスの各パラメータによる排ガス量の算定

産業排ガスの排出量は下記のいずれかの方法で算定する。

1. 排ガス排出源が自動連続測定機により測定され、測定機の中断や故障時間が 1 年間の 20%を超えない場合は、所有者は排ガス量の係数 i を次の数式で算定する。

$$E_i = 24 * Q_0 * C_{i0} * N/10^9$$

そのうち

E_i　　: i 成分の汚染排出量 (トン/年)

Q_0　　: 排出源の排ガス流量(Nm^3/h)

C_{i0}　　: i 成分の年間平均排ガス濃度(mg/Nm^3)

N　　:排出源の実際稼働日(日数)

2. 排ガスが自動連続測定機で測定されない場合、或いは自動測定機による測定結果が本附則のⅢI 項 1 目の規定を満たさない場合は、所有者は排ガス量の係数 i を次の 2 数式のいずれかで算定する。

2.1. 排出係数による算定

i の排ガス排出量は次のように算定される。

$$E_i = (A * EF_i/1{,}000) * (100 - ER)/100$$

そのうち

E_i　　: i 成分の汚染源からの排出量 (トン/年)

A　　: 施設の稼働度(火力発電所の場合は燃料のトン/年で、その他の施設は製品のトン/年)

EF_i　　: 本附則に記載された排出係数

ER　　: i 成分の排ガス処理効率(%)。排ガスが処理されない場合は、ER = 0.

2.2. 火力発電所の場合の物質収支による算定

$$ESO_2 = 2*A*S$$

そのうち

ESO_2 :排出源からの SO_2 排出量(トン/年)

A :年間の使用燃料(トン)

S :燃料における硫黄含量(%/100)

IV. 産業排ガス排出係数一覧

表 1. 鉄鋼ビレット製造工場の排出係数(kg/トン製品)

	技術	排出係数					
		ばいじん	PM_{10}	$PM_{2,5}$	SO_2	NOx	CO
1	高炉	0,3			-		
2	焼結炉	4,35			-		22
3	転炉	14,25			-	-	-
4	電気アーク炉	5,65	2,43	0,136	-		69
5	中間周波数炉(誘導炉)	0,05					
6	コークス炉		0,12		0,01	-	0,3

注: - は規定されないことである。

表 2. 火力発電の排出係数(kg/トン燃料)

	燃料	排出係数				
		ばいじん	PM_{10}	$PM_{2,5}$	SO_2	NOx
1	FO 油	(1,125S+0,394) /0,85	1,125S+0,394	(1,125S+0,394) /1,42	19,22S	5,75
2	廃油	7,834A	2,977A	2,037A	18,0S	2,33
3	無煙炭					
3.1.	微粉炭ボイラー	5A	1,85A	0,7A	19,5S	9,0
3.2.	流動床ボイラー	5A	1,85A	0,7A	2,9	1,8
4	瀝青炭と亜瀝青炭					
4.1.	ドライ底の注炭炉	5A	1,85A	0,7A	19S	11
4.2.	ウエット底の注炭炉	3,7A	1,369A	0,518A	19S	12

注: A とは燃料における灰の含量である(%)。

S とは燃料における硫黄の含量である(%)。

表 3. セメント工場の排出係数 （kg/トンクリンカー）

	技術	排出係数				
		ばいじん	PM_{10}	$PM_{2,5}$	SO_2	NOx
1	クリンカー焼成炉	128	23,04	23,04	1,02	2,15
2	クリンカー冷却システム	10,6	1,908	1,908	-	-

表 4.化学物質製造工場の排出係数（kg/トン製品）

	技術	排出係数								
		ばいじん	PM_{10}	$PM_{2,5}$	SO_2	NOx	CO	Cl2	NH_3	F_2
1	塩化ナトリウム製造									
	Cl_2の液化設備	-	-	-	-	-	-	35	-	
2	HNO_3酸製造									
	酸吸収塔	-	-	-	-	25,7	-	-	-	
3	H_2SO_4酸製造									
	変換効率= 93%	-	-	-	-	48	-	-	-	
	変換効率= 94%	-	-	-	-	41	-	-	-	
	変換効率= 95%	-	-	-	-	35	-	-	-	
	変換効率= 96%	-	-	-	-	27,5	-	-	-	
	変換効率 =97%	-	-	-	-	20	-	-	-	
	変換効率= 98%	-	-	-	-	13	-	-	-	
	変換効率= 99%	-	-	-	-	7	-	-	-	
	変換効率= 99,5%	-	-	-	-	3,5	-	-	-	
	変換効率= 99,7%	-	-	-	-	2	-	-	-	
4	H_3PO_4酸製造									
	反応設備	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19
	蒸発設備	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002
	ろ過設備	-	-	-	-	-	-	-	-	0,032
	水和塔	23,7	-	-	-	-	-	-	-	-
	ベンチュリ装置	50,8	-	-	-	-	-	-	-	-
	電気フィルタ	83	-	-	-	-	-	-	-	-

	酸除去装置	54,6	-	-	-	-	-	-	-	-
5	NH_4OH 製造									
	中和池	2,17	-	-	-	-	-	-	9,21	-
	濃縮池	0,26	-	-	-	-	-	-	8,49	-
	固体化設備	37,35	15,87	10,47	-	-	-	-	14,63	-
	冷却設備	22,04	0,23	0,02	-	-	-	-	0,32	-

注： *- は規定されないことである。*

表 5. 化学肥料製造工場の排出係数（kg/トン製品）

1	尿素製造									
	冷却塔	1,85			-	-	-	0,43	-	-
2	DAP 製造									
	変換塔	0,03				-	-	-	-	-
	分解・反応区	0,75			-	-	-	-		-
	造粒・反応区	0,76			-	-	-		-	-
3	燐酸肥料（溶解）									
	焼却炉				-	-	-	-	-	

表 6. 石油製造業の排出係数（kg/トン製品）

	汚染物質	係数
1	*ばいじん*	0,695
2	PM_{10}	
3	$PM_{2,5}$	
4	SO_2	1,413
5	NOx	0,204
6	CO	39,2
7	CxHy (VOCs)	0,63

注： *- は規定されないことである。*

表 7. 産業用ボイラー排出係数（kg/トン燃料）

	成分	燃焼排出係数			
		DO	FO	無煙炭	薪
1	*ばいじん*	0,28	0,4 + 1,32S	5A	4,4
2	PM_{10}	0,14	(0,4+1,32S)x0,85	0%	3,916
3	$PM_{2,5}$	0,034	(0,4+1,32S)x0,6	0%	3,388
4	SO_2	20S	20S	19,5S	0,015
5	NO_x	2,84	8,5	9	0,34

注:

A とは燃料における灰の含量である（%）。

S とは燃料における硫黄の含量である（%）。

附則 3

産業排ガス排出源登録書

（天然資源環境省大臣の 201○年○月○日付第○号省令とともに公布）

(1)	**ベトナム社会主義共和国**
No.:	**独立・自由・幸福**
(1)の産業排ガス排出源登録の件	
	地名、日付.

宛先:環境総局

1.登録事業所: .....

経営登録許可書 No.:.....

発行日:..... 発行所: .....

2. 本店住所: .....

産業排ガス源がある施設の住所(任意):.....

.....

3. 事業所の代表者の氏名:..... .....

電話番号.....Fax.....Email.....

4. 環境総局に産業排ガス登録を検討・承認するように本登録書とともに産業排ガス源の情報表を添付する。

5. 本登録諸に記載された申告情報が事実であることを誓い、操業中に産業排ガスの管理規定を遵守することを約束する。.

環境総局に産業排ガス排出源の登録を検討・ご承認いただくよう、お願い申し上げる。

(1)の代表者

<署名、押印>

送付先:

- 上述
- ....

注:

(1) 排ガスの排出施設

附則 4

産業排ガス情報表

（天然資源環境省大臣の 201○年○月○日付第○号省令とともに公布）

登録事業所名

ベトナム社会主義共和国
独立・自由・幸福

地名、日付

産業排ガス排出情報表

A – 一般情報

- 産業排ガス源登録年:.....
- 業種:.....
- 登録年度の生産量:.....
- 登録担当責任者: ..... 電話番号:..... Email: .....

B - 産業排ガス排出源の情報

順	排出源名	生産量(製品トン/年;ボイラーと波力発電は燃料量)	排ガス発生設備		使用燃料				排ガス処理効率(%)						排出量(トン/年)(3)				備
			設備名(1)	生産技術	燃料名(2)	使用料(トン/年)	灰成分 A (%)	S (%)	ばいじん	PM10	PM25	SO_2	NOx	Co	ばいじん	PM10	*PM25*	NOx	Co
1	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
…	総計(*)																		

注:

- 事業所は本省令の附則１に従い各排出源に関する情報を詳細に申告する。同じ排出源が多数ある場合、排出源ごとに詳細に申告するべき。

-(＊)は(2),(6),(15),(16),(17),(18)、(19)のコラムに記入すべき。

- (1) 例えばセメントの排出源ロータル炉、火力発電所はボイラーである。

- (2) 燃料名(炭、油、薪、天然ガス)を明確記入すること。

- (3) 本領例の附則２で定められる。

C – 変更事項(本省令の 4 条 C 項の規定を実施する事業所のみに適用)

産業はガス源の変更に関して下記の内容を詳細に説明すること。*(複数の排出源がある場合は、排出源ごとに詳細に説明する):*

1.規模・能力の変更:.....

.....

2.燃料の変更 *(種類、重量):*.....

.....

3.排ガスの排出設備(修理、または更新する内容を詳細に説明):.....

.....

4.排ガス処理設備(修理、または更新する内容を詳細に説明):.....

.....

5. 排ガス測定設備(修理、または更新する内容を詳細に説明):.....

.....

6. 排ガスの排出量(増加するか低減するか、またその量を説明):.....

.....

D– その他の情報

1. 排ガス源の稼働時間

順	*排ガス源 (*)*	*年間稼働月数 (月)*	*月間稼働週数 (週)*	*習慣稼働日数 (日)*	*一日の稼働時数 (時)*
1					
2					
3					
4					
...					

注:

- (*): **B 項で申告した排出源の順番を記入する。**

2. 排ガス処理

順	排ガスの種類	排ガス源 (*)	処理対策	操業年数 (年間)	処理効率(%)
1	ばいじん		□ 除去処置なし		

			□ 静電フィルター □ サイクロン(遠心式) □バグフィルター用ろ布(Fabric Filter) □ マルチサイクロン(遠心式) □ 洗浄式 □ その他 _____		
2	PM_{10}		□ 除去処置なし □ 静電フィルター □ サイクロン(遠心式) □バグフィルター用ろ布(Fabric Filter) □ マルチサイクロン(遠心式) □ 洗浄式 □ その他 _____		
3	PM_{25}		□ 除去処置なし □ 静電フィルター □ サイクロン(遠心式) □バグフィルター用ろ布(Fabric Filter) □ マルチサイクロン(遠心式) □ 洗浄式 □ その他 _____		
2	SO_2		□ FDG □ その他_____		
	NO_x		□ 触媒による SRC □ その他_____		
	…				

注:

- (*): **B 項で申告した排出源の順番を記入する。**

3. 煙突の情報

No.	煙突・採集管	座標（VN2000）		地表から排出口までの高さ (m)	煙突の排出口の直径 (m)	排ガスの平均温度 (oC)	平均圧力 (mmHg)	排ガスの流量 (Nm³/h)
		X	Y					
1								
2								

注:

- (*): B 項で申告した排出源の順番を記入する。

4. 最寄りの住宅団地までの距離:……..(m)

5. 主な風向き……

……..

6. 今後の排ガス防止計画書(導入設備の種類、据え付けの時間、燃料の変更、煙突、排ガスの処理など)……

……

……

……

施設の代表者

(署名、押印)

附則 5

産業排ガス源情報の報告（様式）

（天然資源環境省大臣の 201○年○月○日付第○号省令とともに公布）

（1）
番号:
産業は五月現状報告の件

ベトナム社会主義共和国
独立・自由・幸福

地名，日付

宛先: **環境総局**

1.事業所: .....

2. 本店住所: .....

産業排ガス源がある施設の住所:.....

.....

3. 事業所の代表者の氏名:..... .....

電話番号.....Fax.....Email.....

4. 情報報告の責任者の氏名 :.....

電話番号.....Fax.....Email.....

5. 環境総局に産業排ガス登録を検討・承認するように本登録書とともに産業排ガス源の情報表を添付する。

6. 本登録諸に記載された申告情報が事実であることを誓い、操業中に産業排ガスの管理規定を遵守することを約束する。.

環境総局に産業排ガス排出源の登録を検討・ご承認いただくよう、お願い申し上げる。

(1)の代表者
<署名、押印>

送付先:
- 上述
- 事業所管轄の天然資源環境局
- ....

注:
(1) 産業排ガス源情報を報告する事業所名

A. **産業排ガス源の情報**（事業所は各排ガス源の情報を詳細に報告すること）

順	排出源名	生産量（製品トン/年;ボイラーと波力発電は燃料量）	排ガス発生設備		使用燃料				排ガス処理効率（%）						付記
			設備名 (1)	生産技術	燃料名 (2)	使用料 (トン/年)	灰成分 A (%)	S (%)	ばいじん	PM_{10}	$PM2_5$	SO_2	NOx	Co	
1	(1)	(2)	(2)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	
2															
3															
4															
5															
6															
…	総計（*）														

注：

(*)：は(2), (6)のコラムのみ適用する。
(1)：はセメントの場合はロータル炉、火力発電所の場合はボイラーなど。
(2)：燃料は炭、油、薪、天然ガスなど、明確に記入する。

B.その他の情報

1. 排ガス源の稼働時間

順	排ガス源 (*)	年間稼働月数 (月)	月間稼働週数 (週)	習慣稼働日数(日)	一日の稼働時数(時)
1					
2					
3					
4					
…					

注：

- (*)：B 項で申告した排出源の順番を記入する。

2. 排ガス処理

順	排ガスの種類	排ガス源（*）	処理対策	操業年数（年間）	処理効率(%)
1	ばいじん		□ 除去処置なし □ 静電フィルター □ サイクロン（遠心式） □バグフィルター用ろ布（Fabric Filter） □ マルチサイクロン（遠心式） □ 洗浄式 □ その他 _____		
2	PM_{10}		□ 除去処置なし □ 静電フィルター □ サイクロン（遠心式） □バグフィルター用ろ布（Fabric Filter） □ マルチサイクロン（遠心式） □ 洗浄式 □ その他 _____		
3	PM_{25}		□ 除去処置なし □ 静電フィルター □ サイクロン（遠心式） □バグフィルター用ろ布（Fabric Filter） □ マルチサイクロン（遠心式） □ 洗浄式 □ その他 _____		
2	SO_2		□ FDG □ その他_____		
	NO_x		□ 触媒による SRC □ その他_____		
	…				

注:

- (*): B 項で申告した排出源の順番を記入する。

3. 煙突の情報

No.	煙突・採集管	座標 (VN2000)		地表から排出口までの高さ (m)	煙突の排出口の直径 (m)	排ガスの平均温度 (oC)	平均圧力 (mmHg)	排ガスの流量 (Nm3/h)
		X	Y					
1								
2								

注:

- (*): B 項で申告した排出源の順番を記入する。

4. **今後の排ガス管理計画書**(導入設備の種類、据え付けの時間、燃料の変更、煙突、排ガスの処理など)……

……

……

……

資料３－１

VN &JP expert meeting 2
2016/22th/ July

Japanese Idea of a Manual for Capacity Building of an Environmental Manager in a Plant

Japan environmental management association for industry (JEMAI)

Expected Environmental Manager's role in a plant for Pollution Prevention

1. To supervise an operation of facilities from which emit air pollutions (Check of fuel and raw materials)

2. Maintenance of treatment equipment of emission gases (Check and repair)

3. Maintenance of continuous emission monitoring system(CEMS) (Periodical check and calibration)

4. Measurement of emission gases (Recording concentration of air pollutants and calculation of total amount of air pollutants)

5. Emergency countermeasures in case of accidents

6. Coordination with authorities and communication with local residents

Necessary Knowledge	Owner	Managers	1 Air Pollution and Environmental Problems	2 Industrial Emission Source Registration and Inventory	3 Technologies to Reduce Air Pollutants	4 Measurement Technology of Air Pollutants	5 Global Warming Countermeasure and Technology (Co-Benefit)	6 Air Pollution Control in Large Plants, and Recommendation on Advanced Technology	7 Role of Environmental Managers in plants
Necessity of Environmental Measures in own Plants	✓	✓	✓						
Significance of Compliance	✓	✓		✓					
Technical Matters in Laws and Regulations		✓		✓					
Calculating and Reporting Emission		✓		✓					
Significance of Emissions Management	✓	✓		✓					
Treatment Mechanism and Types of Environmental Equipment		✓			✓				
Maintenance of Environmental Equipment		✓			✓				
Necessity of Maintenance of CEMS		✓				✓			
Installation and Periodic Check of CEMS		✓				✓			
Profits of Energy Conservation	✓	✓					✓		
Optimized Operation for Energy Conservation		✓					✓		
Investment Decision on Energy Conservation and Pollution Prevention	✓	✓			✓		✓		
Environmental Aspect Features of the Industrial Sector	✓	✓						✓	
Suggesting Solutions to an Owner		✓							✓
Communication with local residents		✓							✓

* As for Owner, checked in especially important duties.

1. Air Pollution and Environmental Problems

Points of learning:
Learners should understand background of the need for air pollution control and significance of preventing air pollution through understanding Health Damage by air pollutants.

1.1 Air Pollutants and Health Damage
  1.1.1 Sulphur Oxides and Health Damage
  1.1.2 Nitrogen Oxides and Health Damage
  1.1.3 Dust and Health Damage
1.2 Air Pollutants and Environmental Damage
1.3 Global Warming Problem Caused by green house gases(GHG) such as CO_2
1.4 Air Pollutant Sources

2. Industrial Emission Source Registration and Inventory

Points of learning:
Companies should understand the contents of circular and related regulations properly. Regarding the circular on Industrial Emission Source Registration and Inventory, they need to lean how to calculate an amount of pollutants in emission gas and report properly to authorities.
They understand that it is not only a tool to grasp current status but also for reducing emission further.

2.1 Purpose and Significance of Emission Source Registration
2.2 Methods of calculation ways of amount of emission gases according to the Circular
2.2.1 Calcuration of amounts of emission gases by using data of CEMS
2.2.2 Calcuration of amounts of emission gases by using emission coefficients
2.2.3 Calcurationof amounts of emission gases based on mass balances

Reference:
55/2014/QH13, No.38/2015/ND-CP, QCVN for each gas

3. Air Pollution Control Technologies (1)

Points of learning:
Learners understand how to reduce pollutants in flue gas based on the mechanism of abatements and maintain them. Especially, the periodical maintenance is significant to maintain high performance and minimize troubles in equipment installed in own plants

3.1 Desulfurization Technology
3.1.1 Types and Mechanism of Flue-Gas Desulfurization Process
3.1.1.1 Lime Slurry Absorption
3.1.1.2 Magnesium Hydroxide Slurry Absorption
3.1.2 Function, Operation and Maintenance of Flue-Gas Desulfurization Equipment
3.1.2.1 Function of Flue-Gas Desulfurization Equipment
3.1.2.2 Scaling Prevention
3.1.2.3 Raising Temperature of Processing Gas
3.1.2.4 Maintenance

3. Air Pollution Control Technologies (2)

3.2 Denitrification Technology
- 3.2.1 Law-Level NOx Combustion Technology
  - 3.2.1.1 Methods of NOx Suppression (Fuel Improvement and Combustion Improvement)
  - 3.2.1.2 Law-Level NOx Combustion Technologies
- 3.2.2 Flue-Gas Denitrification Technology
  - 3.2.2.1 Types and mechanisms of Flue-Gas Denitrification Technologies
  - 3.2.2.2 Selective Catalytic Reduction (SCR)
  - 3.2.2.3 Selective Non-Catalytic Reduction (SNCR)
- 3.2.3 Function, Operation and Maintenance of Flue-Gas Denitrification Equipment
  - 3.2.3.1 Check and Maintenance of Denitrification Equipment
  - 3.2.3.2 Long-Term Operation Plan

3. Air Pollution Control Technologies (3)

3.3 Dust Collection Technologies
- 3.3.1 Types of Dust Collectors
  - 3.3.1.1 Electrostatic Precipitator (EP)
  - 3.3.1.2 Bag Filter
  - 3.3.1.3 Centrifugal Dust Collector
  - 3.3.1.4 Scrubbing Dust Collector
- 3.3.2 Dust Collector Maintenance
  - 3.3.2.1 Electrostatic Precipitator
  - 3.3.2.2 Bag Filter
  - 3.3.2.3 Centrifugal Dust Collector
  - 3.3.2.4 Scrubbing Dust Collector

4. Measurement Technologies of Air Pollutants

Points of learning:
The Circular on Industrial Emission Source Registration and Inventory, provides the method of calculation of the amounts of pollutants in emission gas based on data from CEMS. Conducting a periodical maintenance and calibration is very important to collect accurate monitoring data.

4.1 The regulation of Continuous Emission Monitoring System (CEMS) (Performance requirements, record of data etc.)

4.2 Types of CEMS
4.2.1 Types and principals of CEMS for determination of SO2, NOx and Dust
4.2.2 Attention points for settlement of CEMS
4.2.3 Management of data
(Treatment of unit;ppm→mg/m^3)
4.2.4 Periodical maintenance and calibration

5. Global Warming Countermeasure and Technology

Points of learning:
Both saving fuel cost and reducing air pollutants can be achieved by burning at an appropriate air ratio in combustion facilities. Besides combustion control, learner can learn technologies for CO_2 reduction to apply to plants.

5.1 Global Warming Countermeasure in Each sector
5.2 Energy Conservation by Combustion Control
5.3 Examples of CO_2 Reduction Technology in each sector
(Power plant, steel, cement and chemical plants)

6. Air Pollution Control in Large Plants, and Recommendation on Advanced Technology

Points of learning:
Explanation for applying knowledge of '*3. Air Pollutants control technologies*' through exemplifying typical production process and emission control system in each industry sector. Also the introduction of advanced technologies made in Japan.

6.1 Coal-Fired Power Plant
6.2 Cement Plant
6.3 Steel Plant
6.4 Chemical Plant

7. Role of Environmental Managers in plants

Points of learning:
Expected roles and actions for environmental managers in plants will be described. For reference of successful experience, the pollution control manager system in Japan is also introduced in this section.

7.1 Suggesting Solutions to an Owner
7.2 Instructing and Educating Operators
7.3 Role of Environmental Manager to Build Functional Organization for Environmental Management
7.4 Communication with local residents
7.5 Pollution control manager system in Japan

We should discuss and determined at this meeting as follows

- Fixing Contents of Manual
- Assigning for Writing Chapters
- Time Schedule

資料３－２

日本の総量規制制度と シミュレーションモデルを用いた 排出削減効果評価手法について

田畑　亨
株式会社　数理計画

1

内容

１．日本の総量規制基準について
　１．１　日本の大気汚染防止法
　１．２　総量規制基準
　１．３　総量規制の対象範囲・規制値を定めるには

２．シミュレーションモデルを用いた排出削減効果評価手法について
　２．１　シミュレーションモデルの利用目的
　２．２　シミュレーションモデルに必要なデータ
　２．３　計算結果を利用した対策の選定

３．まとめ

2

１．日本の総量規制制度について

3

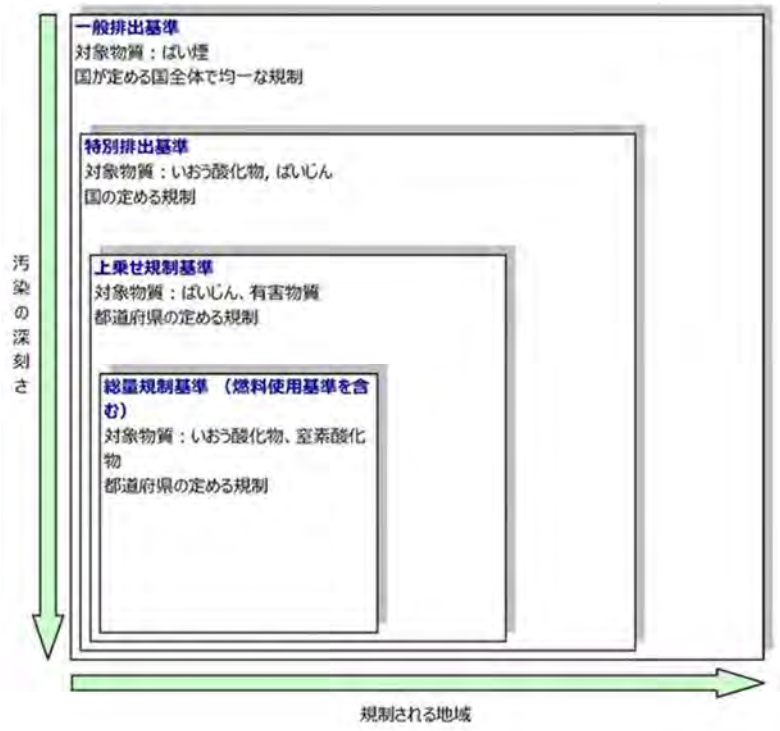
１．１　日本の大気汚染防止法（１）

- 工場・事業場の事業活動等からのばい煙（SOx, NOxなど）等の排出を規制することで、環境基準を達成し、国民の健康を保護することを目的としている。

4

１．１　日本の大気汚染防止法（２）

- 規制基準には、一般排出基準、特別排出基準、都道府県の上乗せ排出基準、総量規制基準がある。



１．１　日本の大気汚染防止法（３）

- 一般排出基準
  - 固定発生源に対する全国一律の排出基準（燃焼施設の種類および規模に応じた許容限度）⇒『濃度』規制基準
- 特別排出基準（SOx，ばいじん）
  - 施設集合地域の全部または一部の区域に限って一般排出基準に代えて適用する基準⇒『濃度』規制基準
- 都道府県の上乗せ排出基準（ばいじん，有害物質）
  - 都道府県知事が定める上記2つの基準より厳しい基準⇒『濃度』規制基準

１．１　日本の大気汚染防止法（４）

- 総量規制基準（SOx, NOx）
  - 前記3つの基準で大気環境基準の達成が難しい地域では、総量削減計画を作成し、総量規制基準を定める。
  - 総量規制基準とは、ある程度以上の規模の工場・事業場毎に、排出口から大気中に排出される『総量』の許容限度である⇒『総量』規制基準

7

１．２　総量規制基準（１）

目的

- 全国一律の排出基準だけでは、大都市の大気質が十分によくならない。

  ↓
- 全国一律の排出基準ではなく、大都市毎に異なる排出量抑制、規制値を定める。

8

１．２　総量規制基準（２）

総量規制基準設定までの流れ

- 拡散シミュレーションを通じて、環境基準超過地域を推定し、環境基準超過に大きく寄与している発生源を把握

↓

- 特定工場等からの総排出量の削減目標を設定（総量削減計画）

↓

- 削減目標が達成されるよう総量規制基準を設定

9

１．２　総量規制基準（３）

工場・事業場の規制手法

- 日本の『特定工場等』に対する窒素酸化物総量規制基準は2方式
  - 原燃料使用量方式（A）
  - 基礎排出量算定方式（B）

    - 『特定工場等』とは、『工場・事業場の窒素酸化物を排出する施設で、使用する原料・燃料が基準より多い』工場・事業場。地域内の工場・事業場からの窒素酸化物排出量の80%以上を占めるべき

10

１．２　総量規制基準（４）

原燃料使用量方式（A）

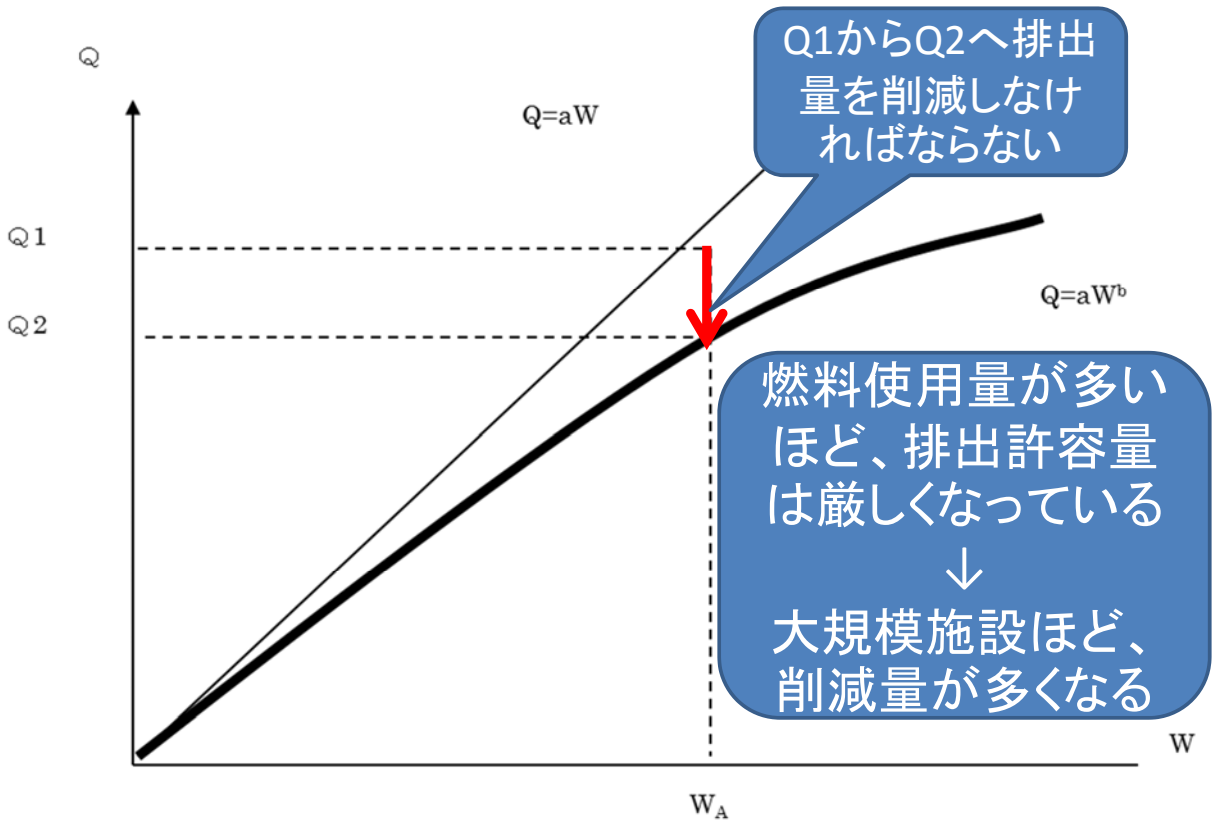
- 燃料使用量に応じた排出許容量で規制

$Q = a \cdot W^b$

- Q：排出の許容量(m^3N/h)
- a：削減目標量が達成されるように都道府県知事が定める定数
- W：原燃料使用量を重油換算した量(kL/h)
- b：0.8以上1.0未満の範囲内で都道府県知事が定める定数

係数の例　横浜市、川崎市：a=1.37, b=0.95

11



Q1：ある工場の現在の排出量
Q2：ある工場の燃料使用量に応じた排出許容量

12

１．２　総量規制基準（５）

基礎排出量算定方式（B）

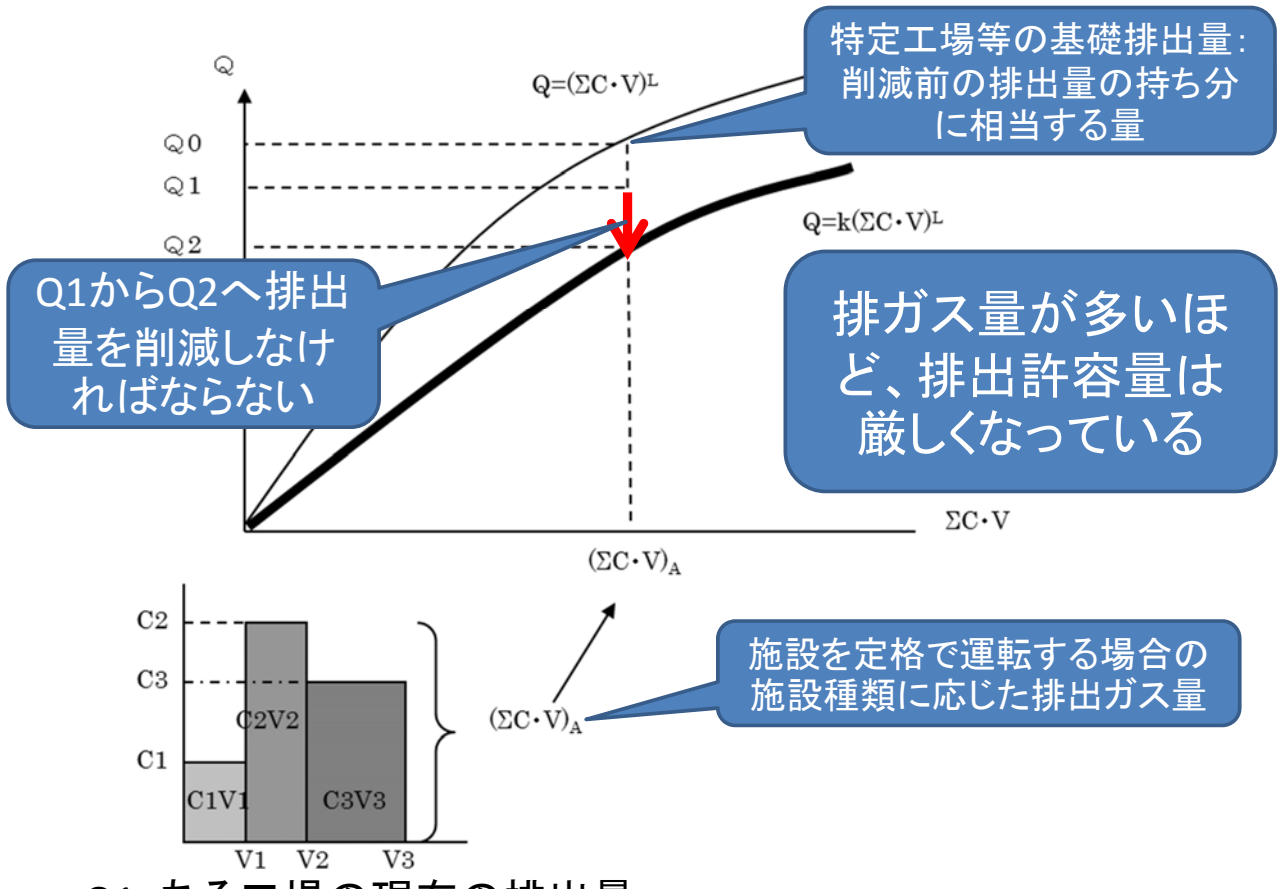
- 排出ガス量にばい煙発生施設の種類ごとに定められた施設係数を乗じて得た量の合計量で規制

$Q = k \cdot (\sum C \cdot V)^L$

- Q：排出の許容量(m3N/h)
- k：削減目標量が達成されるように都道府県知事が定める1.0未満の定数
- L：0.8以上1.0未満の範囲内で都道府県知事が定める定数
- V：施設の排出ガス量(万m3N/h、残存酸素濃度0%換算、乾き)
- C：施設の種類ごとに都道府県知事が定める施設係数

係数の例	東京都：	k=0.51, L=0.95
	大阪市、堺市：	k=0.6, L=0.95

13



Q1：ある工場の現在の排出量

Q2：ある工場の定格での排ガス量に応じた排出許容量

14

１．２　総量規制基準（６）

原燃料使用料方式（A）：燃料使用量に応じた排出許容量で規制
基礎排出量算定方式（B）：ばい煙発生施設の種類ごとに排出量を計算し
その合計量で規制

	原燃料使用料方式（A）	基礎排出量算定方式（B）
長所	ばい煙発生施設の特性を考慮せず一元的に排出量を算出するため作業が簡便	ばい煙発生施設の種類に応じて排出量を算出するため、排出量をより正確に把握できる
短所	ばい煙発生施設の特性を考慮しないため、排出量について正確性に欠ける	ばい煙発生施設の種類ごとに排出量を算出するため作業量が多い

１．３　総量規制の対象範囲・規制値を定めるには

総量規制基準設定までの流れ

- 拡散シミュレーションを通じて、環境基準超過地域を推定し、環境基準超過に大きく寄与している発生源を把握

↓

- 特定工場等からの総排出量の削減目標を設定（総量削減計画）

↓

- 削減目標が達成されるよう総量規制基準を設定

16

２．シミュレーションモデルを用いた排出削減効果評価手法について

17

２．１　シミュレーションモデルの利用目的

- 大気汚染濃度が環境基準以下になるためには、どこからの排出量を削減するべきかを調査するために用いる。
- 排出抑制を行った場合の大気汚染濃度を計算し、環境基準以下となるような対策であるかを確認するために用いる。

18

２．２　シミュレーションモデルに必要な排出量データ（１）

- 工場・事業場
  - 位置情報（緯度、経度）
  - 煙突の高さ、口径
  - 排ガス量もしくは排ガス速度
  - 燃料使用量、燃料性状
  - 燃焼施設と煙突の関係
  - 燃焼施設の稼働時間数（曜日別、月別、季節別）
  - 脱硝施設の有無及び脱硝率

19

２．２　シミュレーションモデルに必要な排出量データ（２）

- 自動車
  - 車種（型式、規制年、排出ガス対策方式等）
  - 重量（車両重量、積載重量）
  - 車種別交通量（幹線道路、細街路）
  - 道路に関する情報
    - 道路位置座標及び端点間距離
    - 道路形態（平面、高架、堀割等の構造）
    - 車線数

20

２．２　シミュレーションモデルに必要な排出量データ（３）

- 民生・商業
  - 地域別人口
  - 地域別燃料消費量
  - 地域別事業場数
  - 地域別面積など、排出量の地域別配分のための指標

21

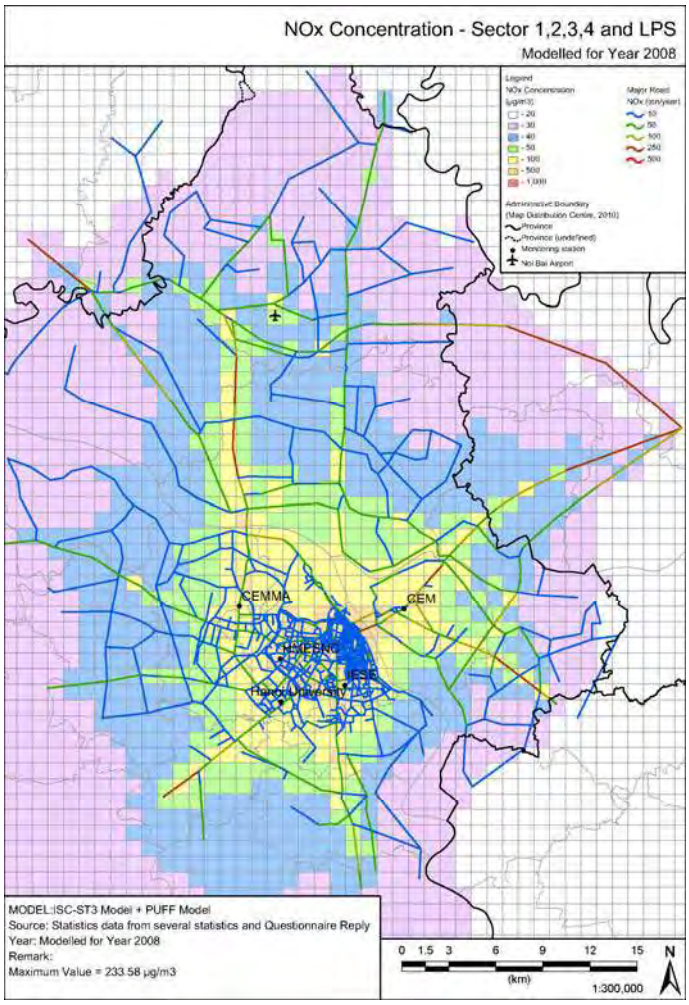
２．３　ベトナムでの対策効果評価の例

ハノイ市中心部を対象として、現況年(2008年)、将来年（2015年）の排出インベントリを作成し、シミュレーションによる濃度予測を行った。

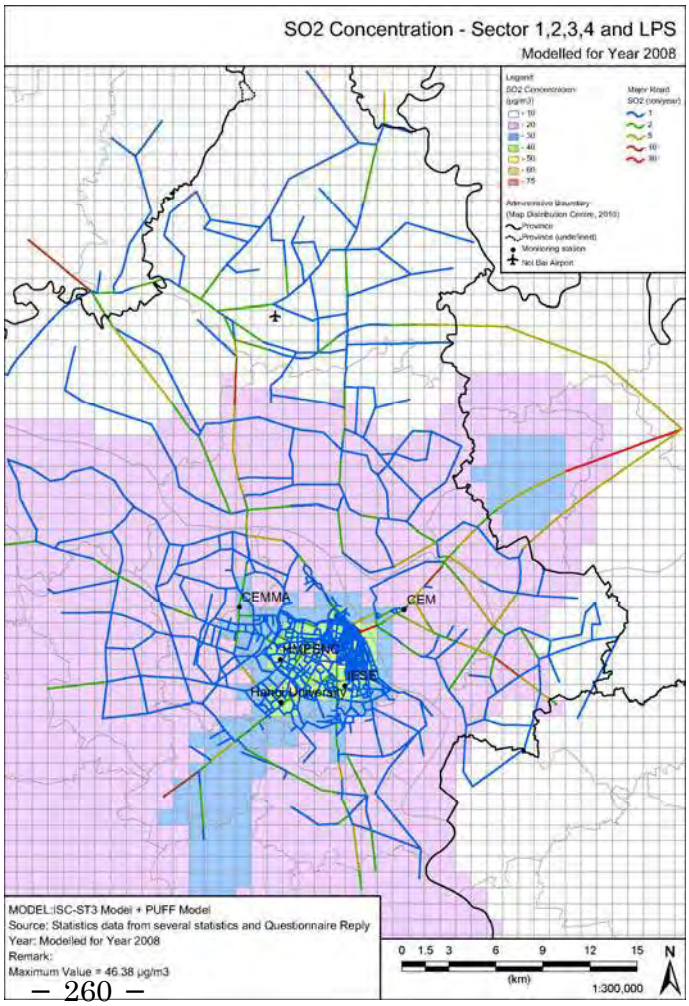
項目	内容
対象汚染物質	SOx、NOx、PM、CO
発生源	固定発生源、移動発生源
計算期間	2008年、2015年
対象地域	ハノイ市の中心部を含む約50km×70km
解像度	1km×1km
利用データ	気象データ、大気環境データ

22

- 現況年（2008年）の NOx濃度分布図



- 現況年（2008年）の SOx濃度分布図



2．3　ベトナムでの対策効果評価の例
計算濃度に対する発生源寄与解析（NOx）

測定局名	シミュレーションによる計算濃度（μg/m3）							合計（μg/m^3）
	大規模工場	幹線道路	細街路	航空機	鉄道	商業	民生	
Hanoi Univ.	4.9 (4.9%)	72.0 (72.3%)	8.0 (8.0%)	0.0 (0.0%)	0.2 (0.2%)	3.4 (3.4%)	11.1 (11.1%)	99.7 (100.0%)
CEMMA	0.5 (0.4%)	96.0 (76.9%)	8.8 (7.1%)	0.0 (0.0%)	0.2 (0.2%)	3.8 (3.0%)	15.5 (12.4%)	124.9 (100.0%)
IESE	0.3 (0.3%)	64.3 (67.9%)	8.0 (8.4%)	0.0 (0.0%)	0.3 (0.3%)	3.9 (4.1%)	17.9 (18.9%)	94.7 (100.0%)
HMESNC	1.1 (1.1%)	70.3 (67.5%)	8.3 (8.0%)	0.0 (0.0%)	0.2 (0.2%)	4.2 (4.0%)	20.0 (19.2%)	104.2 (100.0%)
CEM	0.1 (0.1%)	67.3 (76.6%)	8.2 (9.3%)	0.0 (0.0%)	0.3 (0.3%)	2.8 (3.2%)	9.2 (10.5%)	87.9 (100.0%)

25

2．3　ベトナムでの対策効果評価の例
計算濃度に対する発生源寄与解析（SOx）

測定局名	シミュレーションによる計算濃度（μg/m3）							合計（μg/m^3）
	大規模工場	幹線道路	細街路	航空機	鉄道	商業	民生	
Hanoi Univ.	7.6 (33.6%)	3.9 (17.3%)	0.3 (1.3%)	0.0 (0.0%)	0.3 (1.3%)	5.9 (26.1%)	4.6 (20.4%)	22.7 (100.0%)
CEMMA	0.9 (4.5%)	5.2 (26.1%)	0.4 (2.0%)	0.0 (0.0%)	0.3 (1.5%)	6.7 (33.7%)	6.4 (32.2%)	19.9 (100.0%)
IESE	0.5 (2.5%)	4.2 (21.3%)	0.3 (1.5%)	0.0 (0.0%)	0.4 (2.0%)	6.9 (35.0%)	7.4 (37.6%)	19.7 (100.0%)
HMESNC	1.8 (7.9%)	4.7 (20.6%)	0.4 (1.8%)	0.0 (0.0%)	0.3 (1.3%)	7.4 (32.5%)	8.2 (36.0%)	22.8 (100.0%)
CEM	0.2 (1.6%)	3.2 (24.8%)	0.3 (2.3%)	0.0 (0.0%)	0.6 (4.7%)	4.8 (37.2%)	3.8 (29.5%)	13.0 (100.0%)

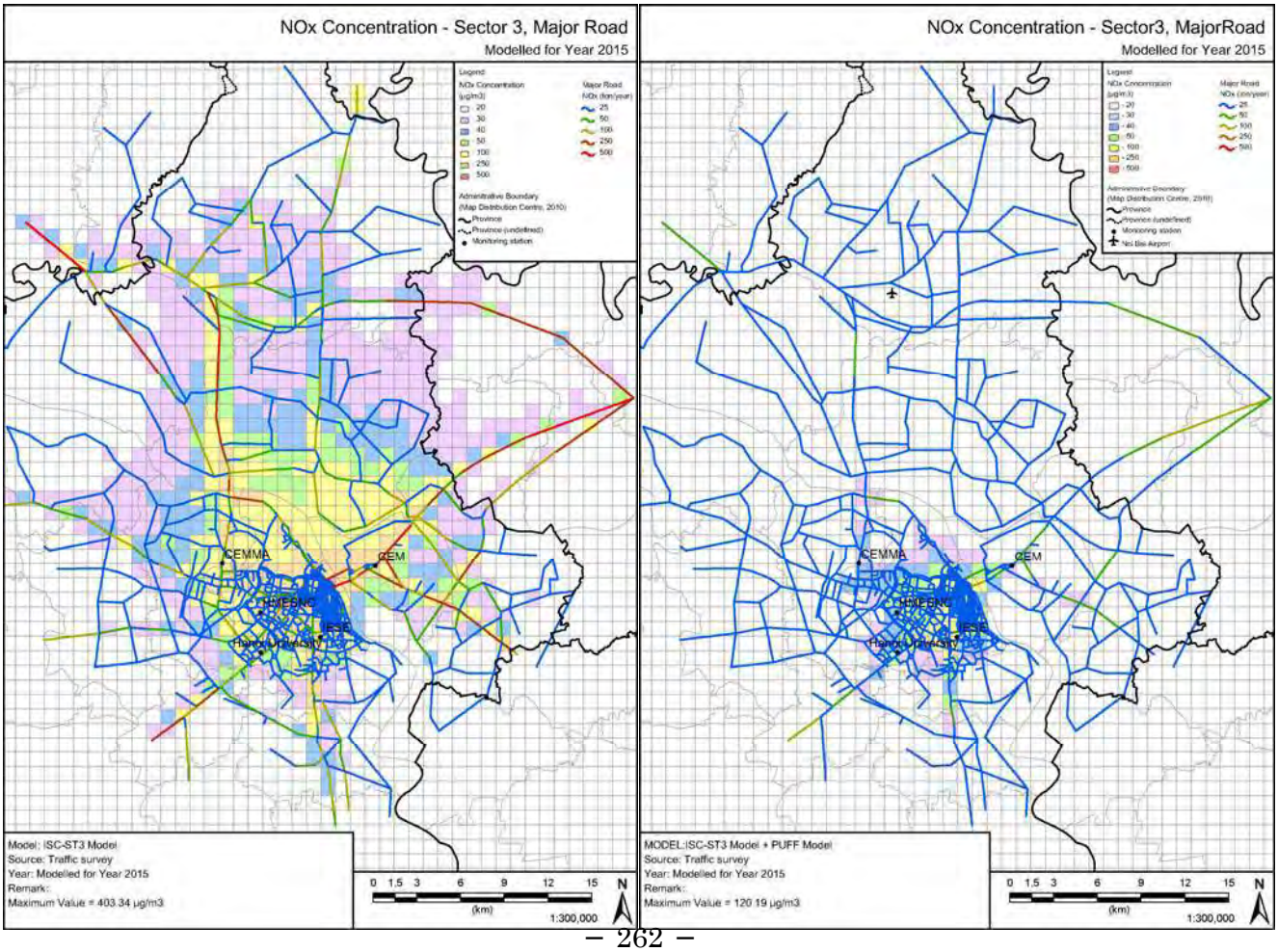
26

２．３　ベトナムでの対策効果評価の例

- 対策効果の予測計算例

単純将来ケース	自動車対策ケース
BAU (Business as Usual) 現況年(2008年)の排出インベントリに、現況年から将来年（2015年）にかけての人口、主要産業セクター毎のGDP、交通需要マスタープランでの交通量等の伸び率を反映させることにより、排出量を推計した。	単純将来（2015年）の設定に加えて、現在の二輪車の排出基準と比べて、排出係数が2011年より30%削減された場合について排出量を推計した。

27



２．３　ベトナムでの対策効果評価の例

- 対策の実施により、市内の汚染がどの程度低減できるかが予測できる。
- 対策を実施した後も汚染の残る地域が予測できる。

29

３．まとめ

- 日本の総量規制について
  - 環境基準を達成するために、特定工場等に対してより厳しい排出削減量を設定する。
  - 排出削減量は環境基準超過状況により様々である。
- 排出削減効果評価手法について
  - 適切な排出対策を選定するには、規制の対象範囲・規制値等をシミュレーションモデルで検証することが必要である。

30

資料４－１

Air Pollution Control Policy of Japan

Air Environment Division
Ministry of the Environment of Japan

History of Atmospheric Environmental Policy (i)

Air Pollution Pre-WWII

From the start of the Meiji Period (1868-1912), when policies were advanced to promote industry, air pollution caused by soot and smoke from factories and mines became a serious problem.

Worsening of Air Pollution Accompanying Rapid Economic Growth (i)

During the postwar period of rapid economic growth, industrial growth and advancement led to worsening of air pollution. Cases of severe industrial pollution, such as Yokkaichi asthma, occurred as well.

*The appearance of members of the public complaining of asthmatic symptoms in Yokkaichi (Mie Prefecture) in 1961

From the homepage of the city of Yokkaichi

History of Atmospheric Environmental Policy (ii)

Worsening of Air Pollution Accompanying Rapid Economic Growth (ii)

In response to air pollution and other problems arising nationwide in this way,

- Beginning in 1949: Local governments such as those of Tokyo, Osaka, and Kanagawa prefectures implemented anti-pollution regulations.

In addition, the Japanese government

- Established the Smoke and Soot Regulation Law in 1962
  (It was amended into the Air Pollution Control Law in 1968.)

Furthermore, in response to calls advocating for the need to make clear the basic principles on which promotion of related measures are based, such as clarification of the responsibilities of emitters of pollutants and the duties of government,

- In 1967 the Basic Law on Environmental Pollution Control was established.

History of Atmospheric Environmental Policy (iii)

The "Pollution Parliament" of 1970

Amendment of the Air Pollution Control Law

1. Overcoming the follow-up administration
   - Shifting from a system of implementing restrictions in some regions to nationwide restrictions
   - Uniform base emissions standards + additional standards
2. Strengthening restrictions to ensure conformity to standards
   - Direct penalty for violations

In addition, 13 other bills related to pollution (for a total of 14 bills), including amendment of the Basic Law on Environmental Pollution Control, passed in this parliament

History of Atmospheric Environmental Policy (iv)

Since Establishment of the Environment Agency (1971)

1971: Offensive Odor Control Law

1976: Vibration Regulation Law

1978: Massive strengthening of restrictions on nitrogen oxide in motor-vehicle emissions (Japanese Muskie Act)

1990: Studded Tires Regulation Law

1992: Law Concerning Special Measures for Total Emission Reduction of Nitrogen Oxides from Automobiles in Specified Areas

1993: Basic Environment Law
(Basic Law on Environmental Pollution Control abolished)

1999: Law Concerning Special Measures against Dioxins

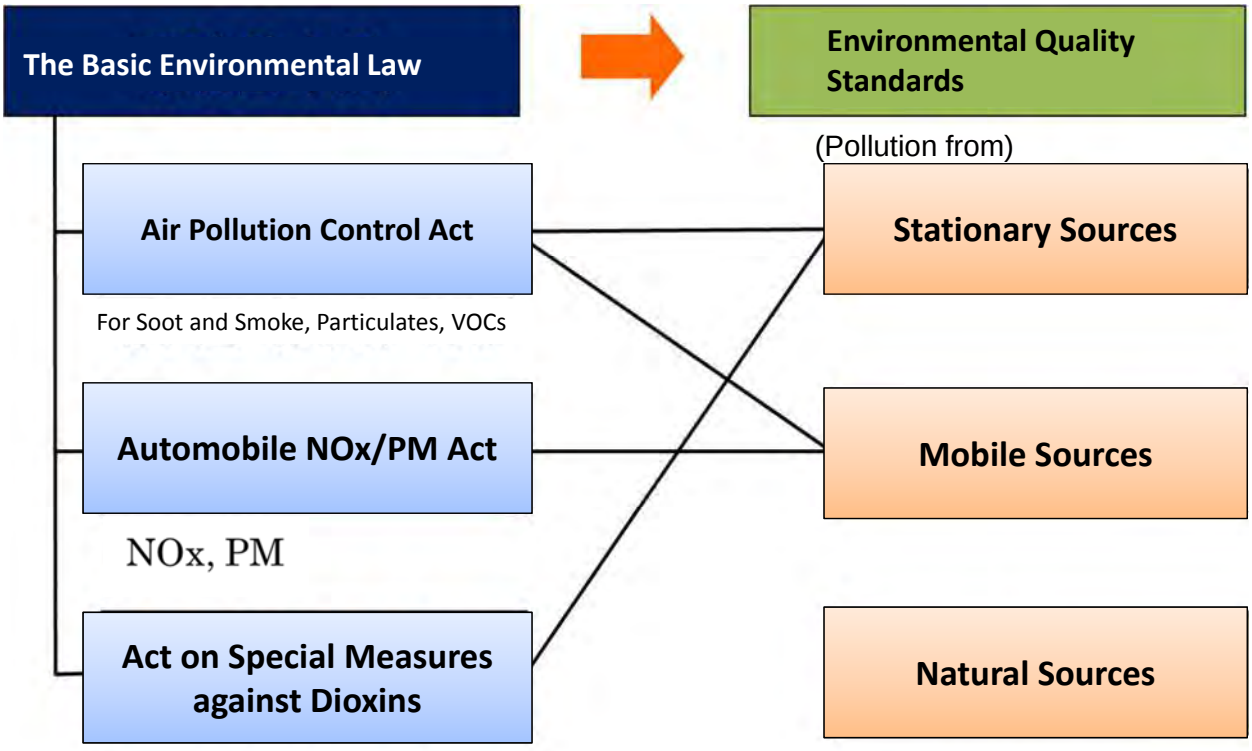
2001: Ministry of the Environment established

Law Concerning Special Measures for Total Emission Reduction of Nitrogen Oxides and Particulate Matters from Automobiles in Specified Areas (amendment of Law Concerning Special Measures for Total Emission Reduction of Nitrogen Oxides from Automobiles in Specified Areas)

2005: Act on Regulation, Etc. of Emissions from Non-road Special Motor Vehicles

Outline of Air Pollution Control Policy

Japan's regulations on Air Pollution Control



Environmental Quality Standards

- Article 16 of the Basic Environment Law

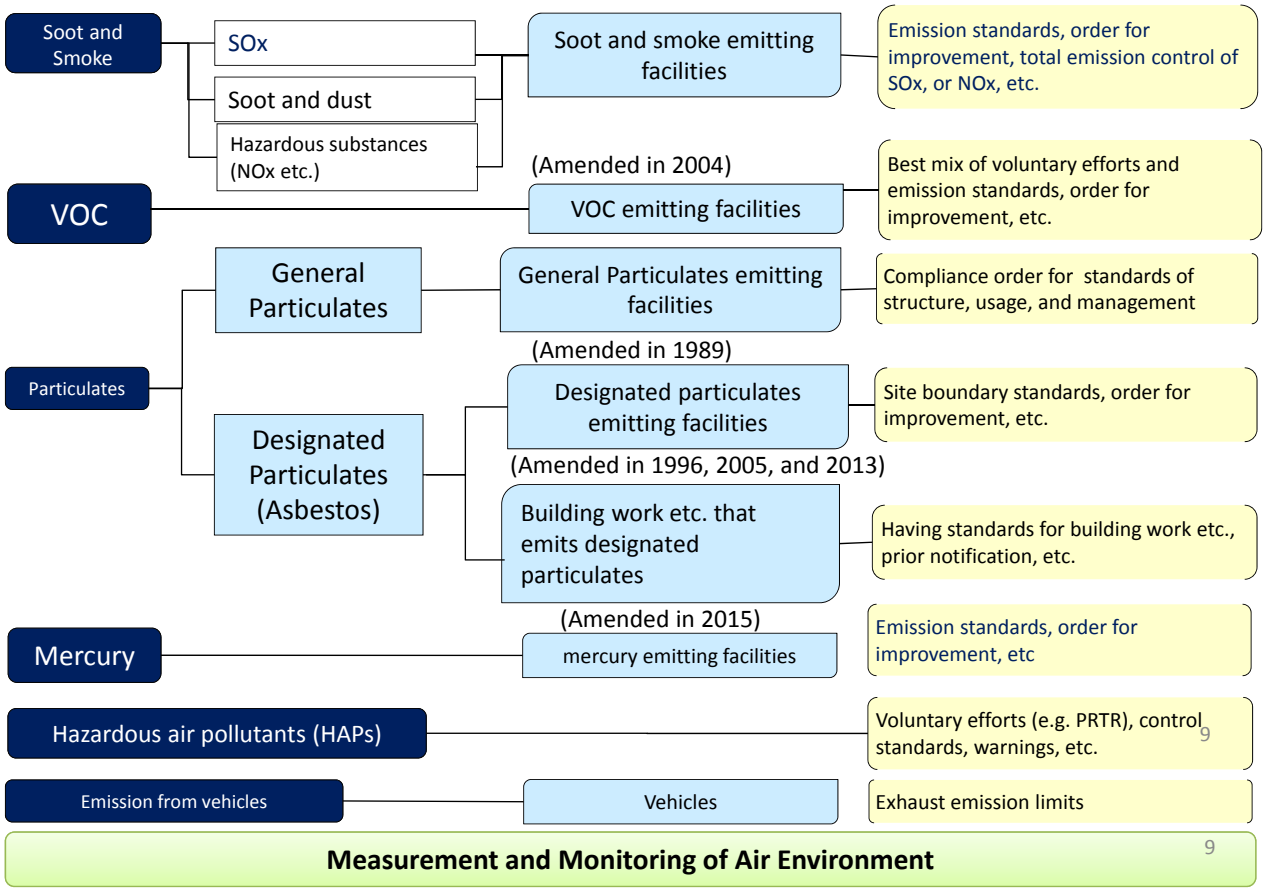
  "With regard to the environmental conditions related to air pollution, water pollution, soil contamination and noise, the Government shall respectively establish environmental quality Standards, the maintenance of which is desirable for the protection of human health and the conservation of the living environment."

  The government shall establish environmental quality standards indicating the degree to which, as policy objectives, the air, water, and other aspects of the environment shall be protected and shall implement various measures toward achievement of these standards.

Environmental Quality Standards on Air Pollution

Substance	Environmental Conditions
Sulfur dioxide (SO_2)	Daily average hourly value of 0.04 ppm or less, and hourly value of 0.1 ppm or less.
Carbon monoxide (CO)	Daily average hourly value of 10 ppm or less, and eight-hour average hourly value of 20 ppm or less.
Suspended particulate matter (SPM)	Daily average hourly value of 0.10 mg/m^3 or less, and hourly value of 0.20 mg/m^3 or less.
Nitrogen dioxide (NO_2)	Daily average hourly value within the range 0.04 ppm to 0.06 ppm, or less.
Photochemical oxidants (Ox)	Hourly value of 0.06 ppm or less.
Particulate matter (PM2.5)	Annual average value of 15 $\mu g/m^3$ or less, and daily average value of 35 $\mu g/m^3$ or less.

Air Pollution Control Act of 1968



Role of national and local government in tackling air pollution

National government
(Ministry of the environment)

- Establishing the law
- Establishing environmental standard and emission standard
- Preparing technical guidelines and manuals
- International cooperation

- Prefecture (47)
- ordinance-designated city (83)

- Implementation of the law (checking the registration statement of facilities, order for reports on emissions, on-site inspection etc.)
- Enacting the agreement on pollution prevention
- International cooperation

Stipulations of Air Pollution Control Act in relation to stationary sources

- Registration of Soot and smoke emitting facilities

→ order for changing the plan of such as structure of facilities or the way of treatment of emission gases

- Compliance of emission standards

→ order for improvement

- Monitoring, record and archiving data of emissions
- Order for reports and on-site inspection of status of facilities
- Conducting constant monitoring of air quality

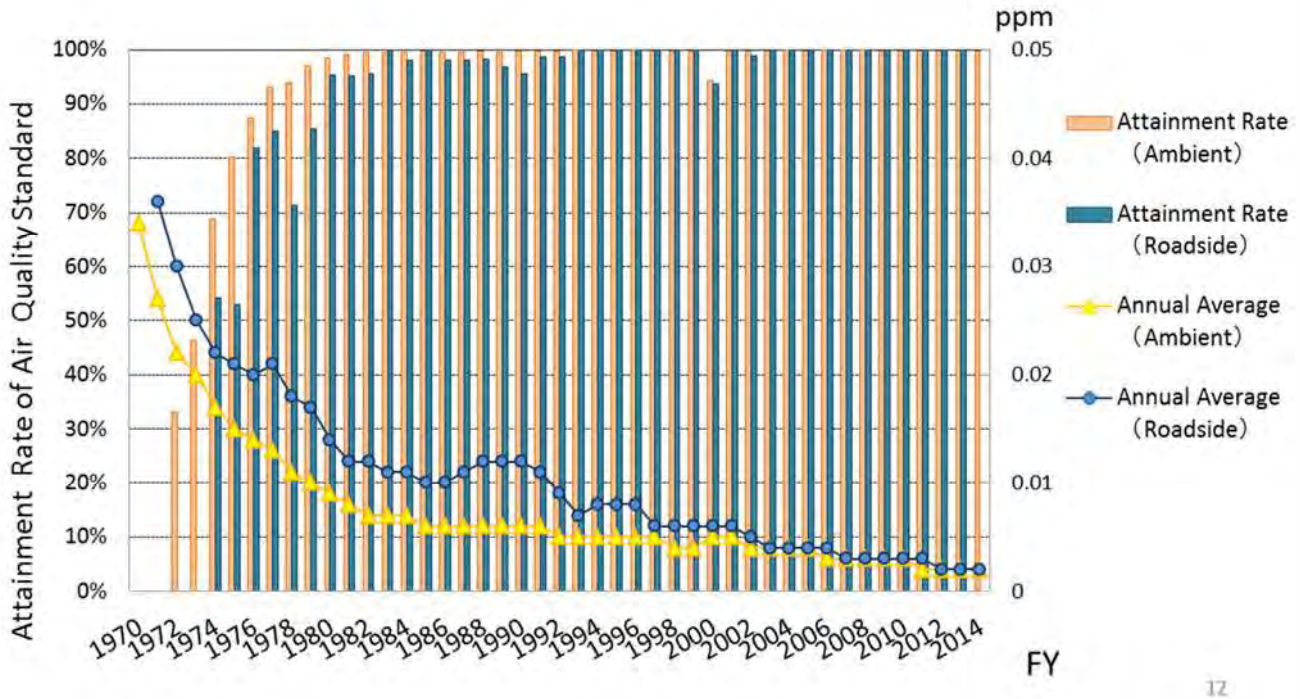
Implementation status in 2014

On-site inspection	14,731
Order for changing the plan	0
Order for improvement	0
Administrative advise	3,605

- Conducted by business operator
- Conducted by local government

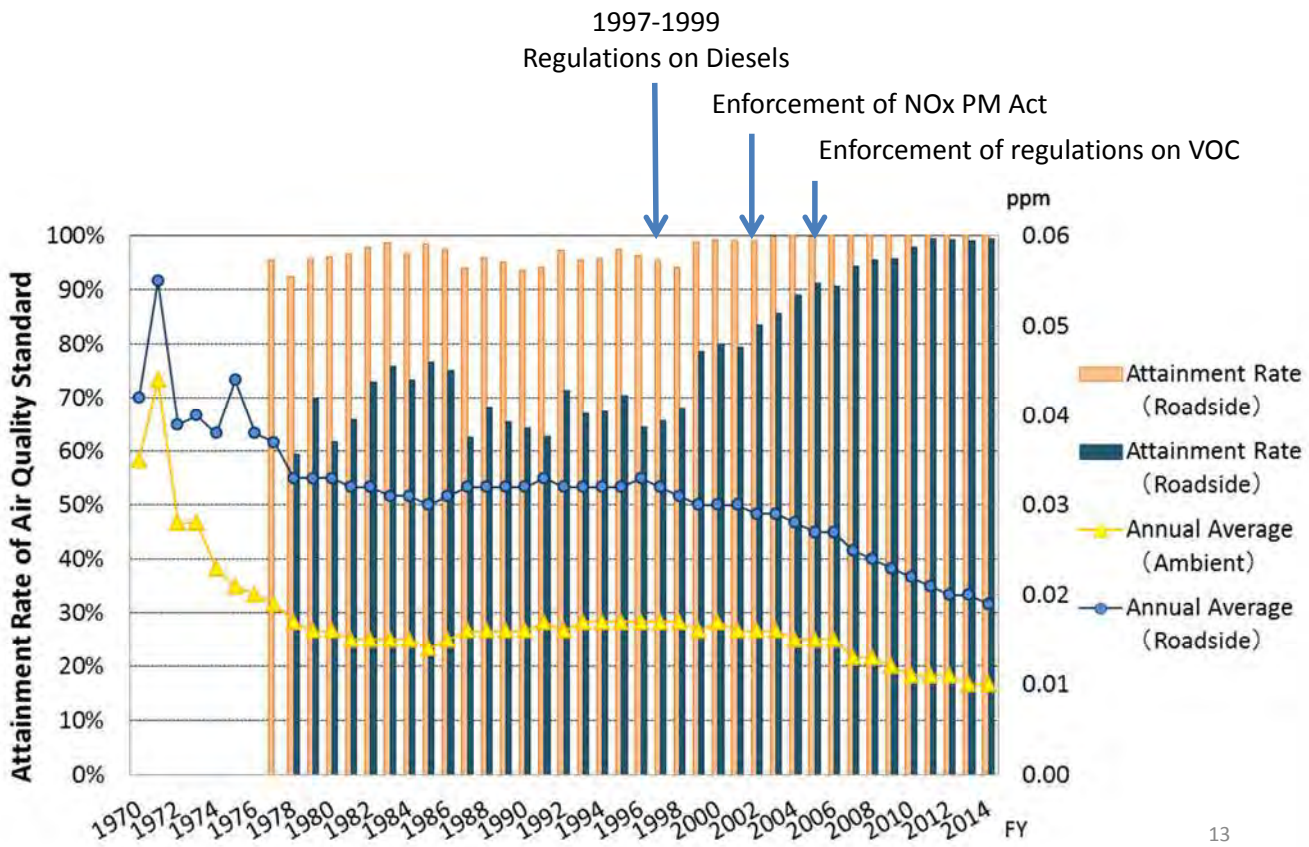
11

Changes in Annual Average Concentrations of SO_2



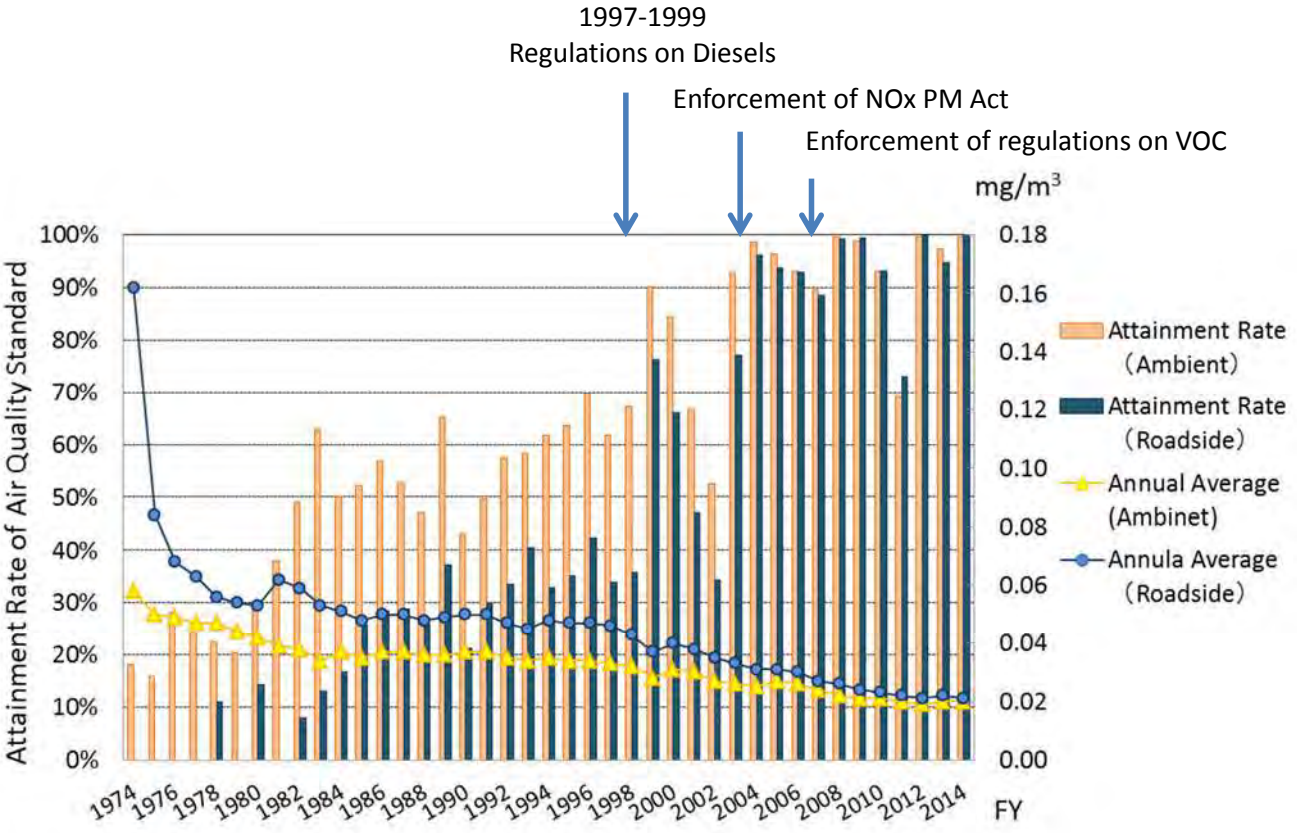
12

Changes in Annual Average Concentrations of NO_2



13

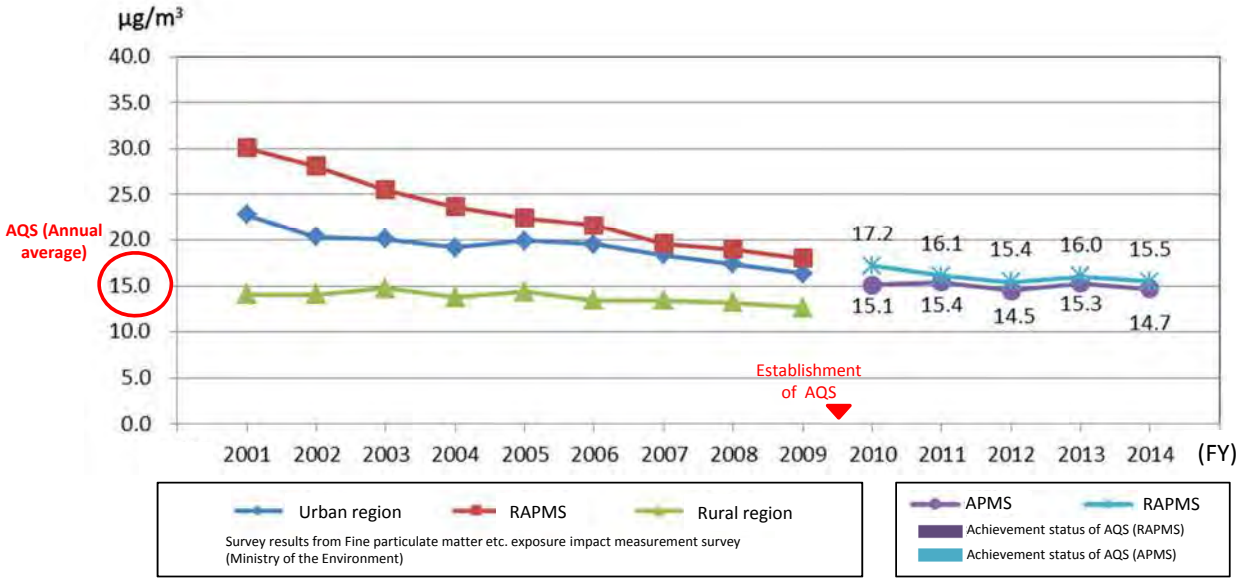
Changes in Annual Average Concentrations of SPM



14

Trends of PM2.5 concentration in Japan

- Annual average PM2.5 concentration is on a decreasing trend.
- However, the achievement rate of the Air Quality Standards are low (approximately 30-40 %)

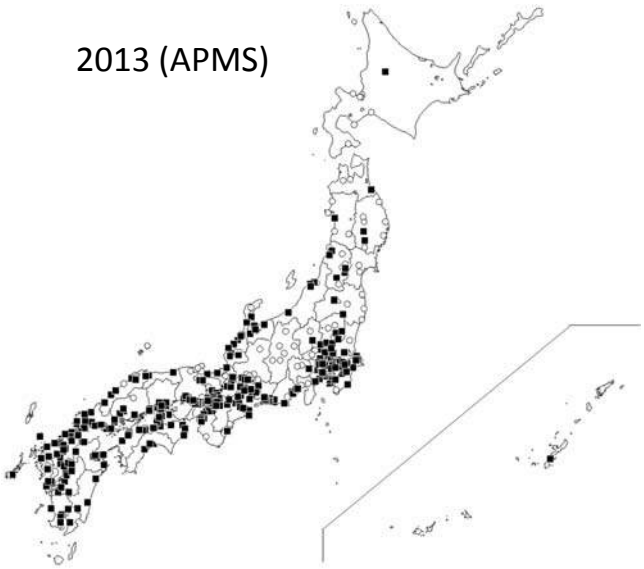


[**APMS** (Ambient air pollution monitoring station)] A monitoring station which monitors the state of ambient air pollution in residential areas
[**RAPMS**(Roadside air pollution monitoring station)] A monitoring station which monitors the state of pollution from automobile exhaust by the roadside

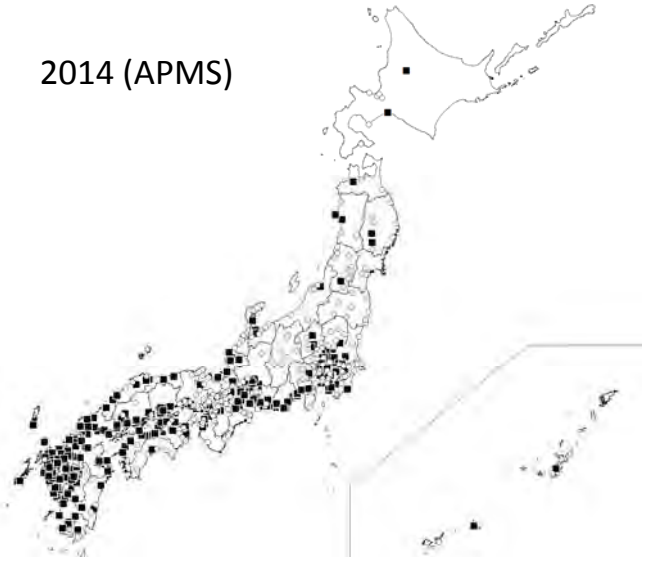
* The monitoring results from FY2001 to FY2009 are by the pilot monitoring project conducted by the Ministry of the Environment, Japan. Since FY2010, nationwide monitoring has been started by local governments through standard monitoring methods.
* Regulations of soot and dust or dioxin emissions for waste incinerators, diesel vehicle emissions, etc. are appreciated as they contributed to the reduction of PM2.5 in the air environment

Achievement Status of PM2.5 Air Quality Standards

2013 (APMS)



2014 (APMS)

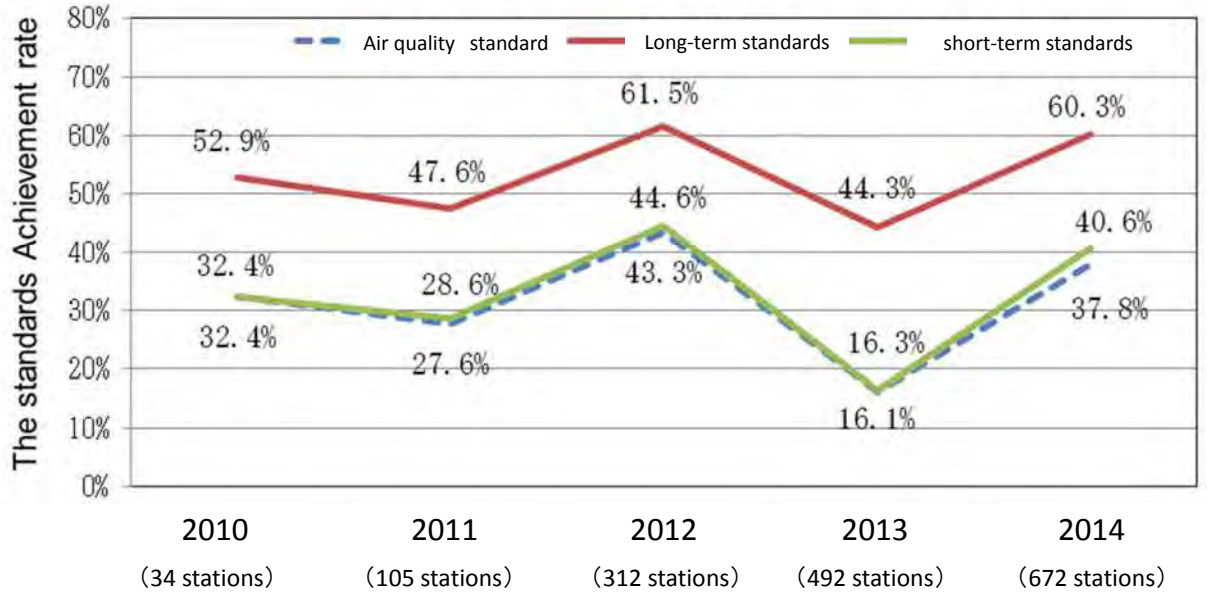


▲■ : Stations where AQS has Not been achieved
○ : Stations where AQS has been achieved

- The Air Quality Standards have not been achieved in the large urban regions and in Western Japan

Trends of achievement rate of air quality standards (AQS)

- The achievement rate of AQS in 2014 is **37.8%**
- Especially, the achievement rate in short-term standard is low.



【Long-term standard】 Annual average is less or equal to 15 μg/m^3
【Short-term standard】 Annual 98 percentile value of daily average is less than or equal to 35 μg/m^3

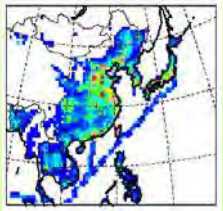
17

Comprehensive Efforts on PM2.5 (December 2013)

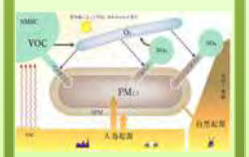
Goal 1 To secure the safety and reassurance of our nation	Goal 2 To achieve Air Quality Standards	Goal 3 To share clean air among the whole Asian region
✓ Improvement of forecast/prediction accuracy ✓ Issuance of alerts	✓ Phenomenon clarification of PM2.5 and Examination of reduction measures	✓ Promotion of collaboration in the region

Projects serving as a foundation for these efforts

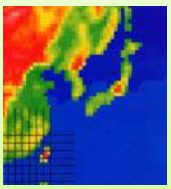
- ✓ Accumulation of Source Information



- ✓ Clarification of Secondary Generation Mechanism



- ✓ Building of Simulation model



- ✓ Enhancement of environmental air quality monitoring

- ✓ Accumulation of information on Health effects

18

The Intermediate Summary Proposal for the National Interim Emission Control Measures for Fine Particulate Matter

of the Central Environment Council Air/Noise and Vibration Committee , Expert Committee on Fine Particulate Matters

National immediate measures for reducing emissions of PM2.5 is summarized in March, 2015.

【Summary】**Based upon the fact that there have been issues to be scientifically clarified with regard to the PM2.5 generation mechanism or attributable proportion of individual source, the short, mid- and long-term agendas should be sorted out and the step-by-step measures should be promoted.**

[Short-term Agenda]

Based on current knowledge, existing air pollution control policies will be further promoted, with the perspective of PM2.5 measures.

- The strengthening of emission regulations of soot and dust, and nitrogen oxides (NOx) will be reviewed.
- The introduction of measures against evaporative fuel emissions, etc., will be reviewed.

In addition, measures against motor vehicle emissions, etc. will be steadily implemented.

[Mid- and Long-term Agendas]

Phenomenon clarifications, information gathering, etc., which are fundamental to addressing comprehensive measures, will be worked on, and, depending on progress, additional measures will be examined.

- The status of Volatile organic **compounds** (VOC) which **have** high ability of generating PM2.5 and photochemical oxidant will be clarified, and countermeasures of them will be examined
- Air pollution sources with high attributable proportion will be estimated through source information gathering and advanced simulation, etc.

19

PM2.5 component measurement

(Variation in number of monitoring point)

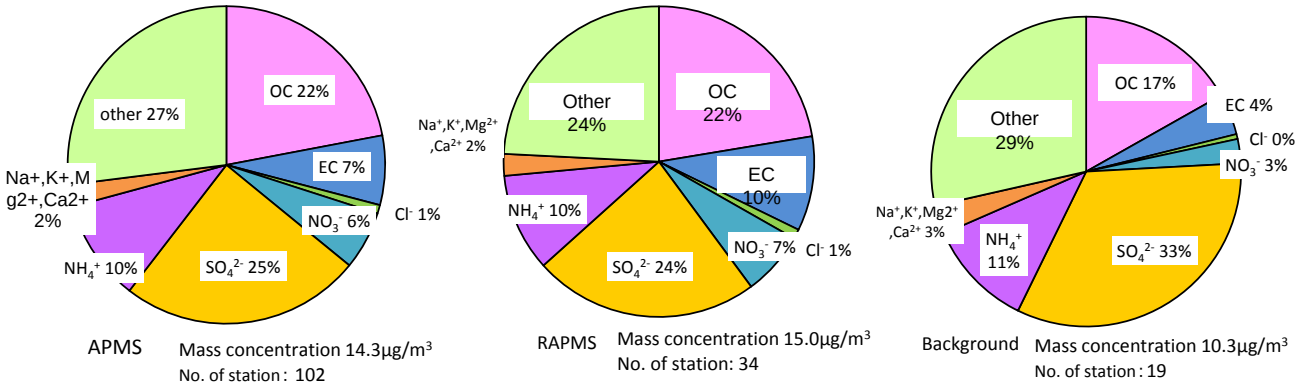
	2011	2012	2013	2014
Hokkaido/Tohoku	1 (1)	4 (1)	13 (1)	18 (2)
Kanto	17	22 (1)	33 (1)	40(2)
Hokuriku/Chubu	11	15	38 (1)	39 (2)
Kinki	12 (1)	21 (1)	28 (1)	32 (1)
Chugoku/Shikoku	9	13	19 (1)	20(1)
Kyushu	8 (2)	12 (5)	21 (6)	31 (6)
Total	58 (4)	87 (8)	152 (11)	180 (14)

( ) conducted by National government

Based on the guideline of the survey, the national government measures background conditions such as in remote island

20

Results of PM2.5 component measurement (2014)



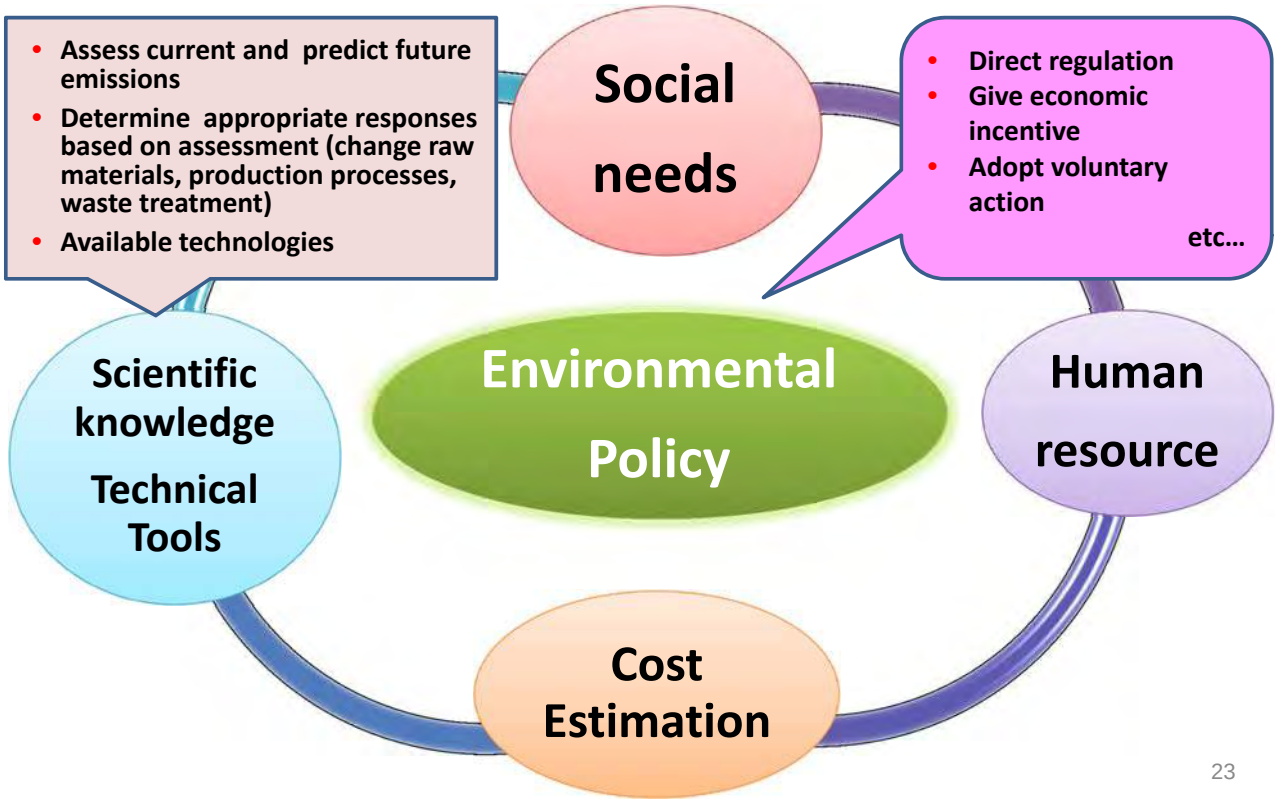
- Concentration of Elemental Carbon at RAPMS are slightly higher than other stations.
- Concentrations of Nitrate ion and Elemental Carbon are lower, and concentration of sulfate ion is slightly higher at background.

Case Study

Combined application of the tools in policy making

- VOC Regulation -

Key considerations in establishing environmental policy



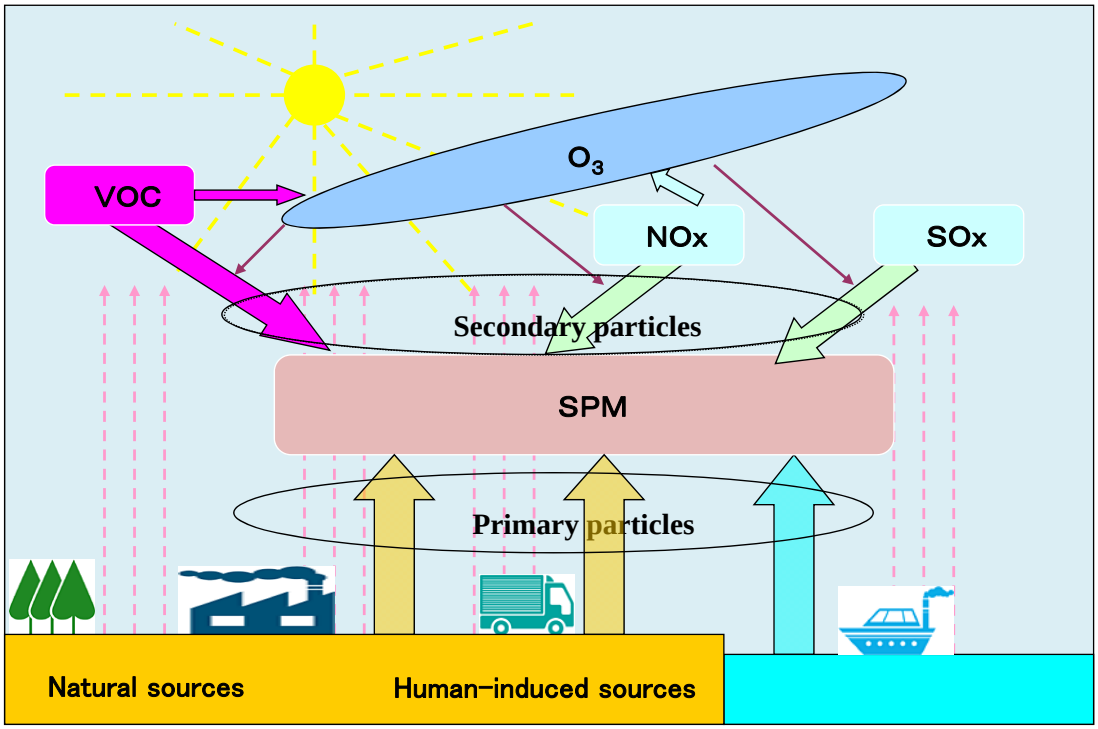
This presentation will focus on how some of these elements are applied to…

Volatile Organic Compounds (VOCs)

What is VOC

- **Volatile Organic Compounds(abbreviation; VOC)**
- **Main VOCs; Toluene , Xylene, Ethyl acetate etc. (200 kinds of VOCs)**
- **It is included in a Solvent (thinner), Adhesive, Ink for melting paint.**
- **One of the cause of SPM* and Photochemical oxidant. *SPM（Suspended Particle Matter）**

VOC's Reaction in the Air

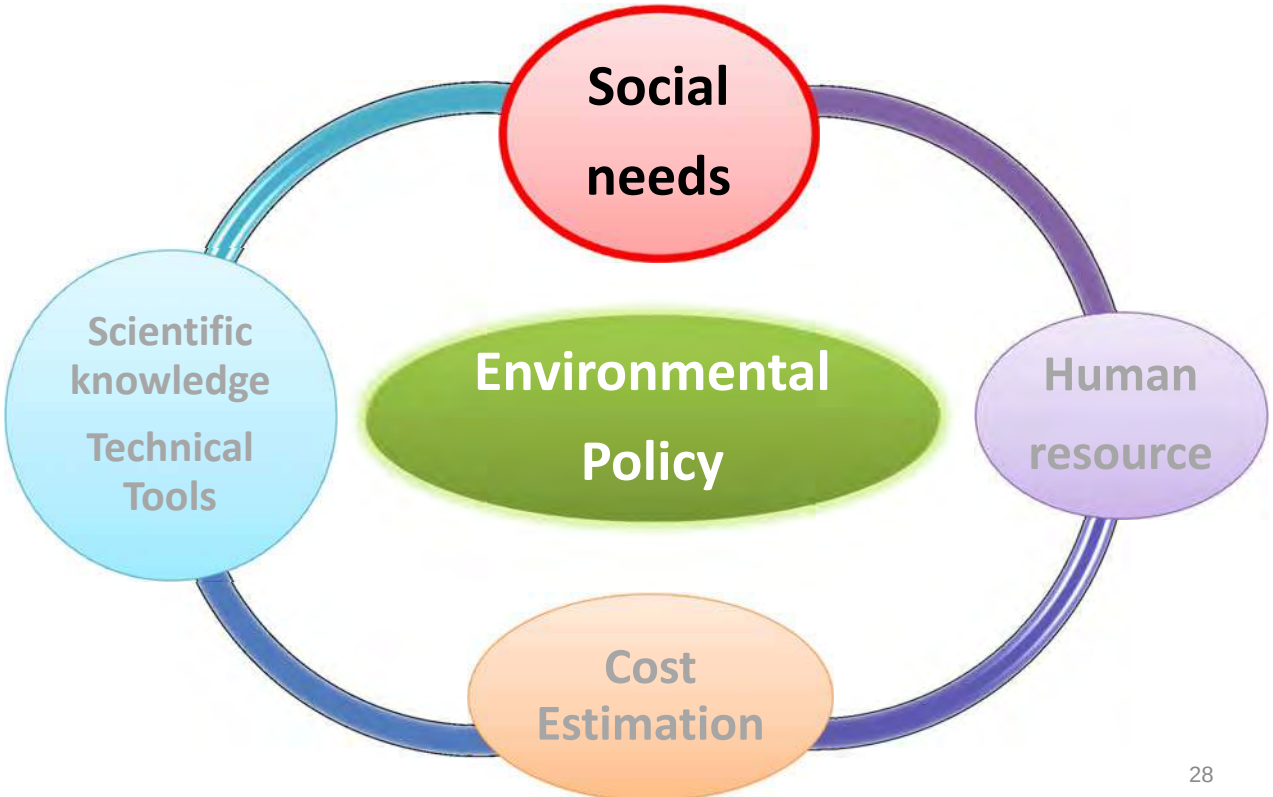


Air pollution by VOC

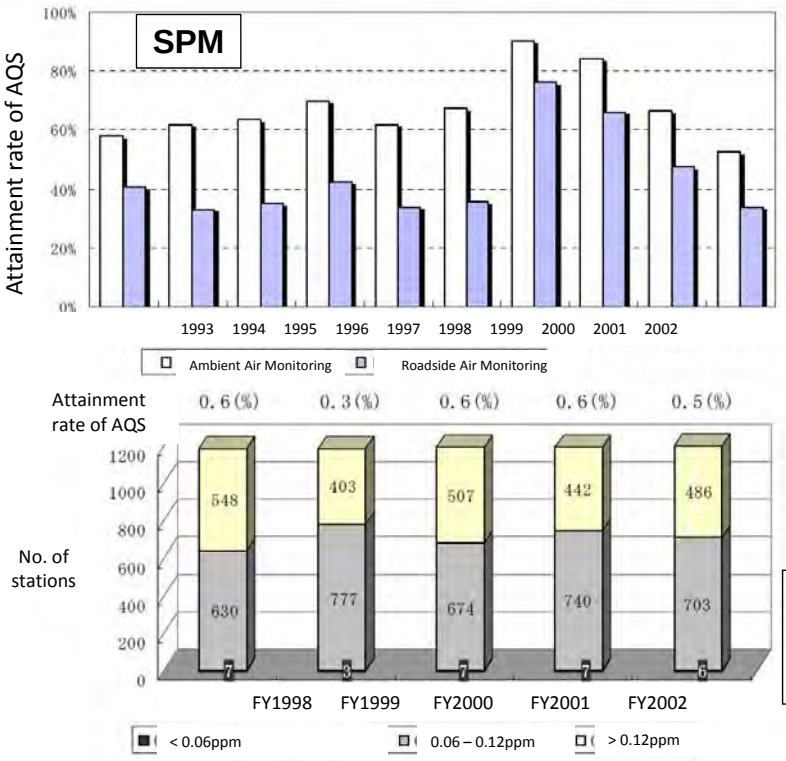
2003/9/3

2003/9/4

Key considerations in establishing environmental policy



Background of the policy
- social needs -

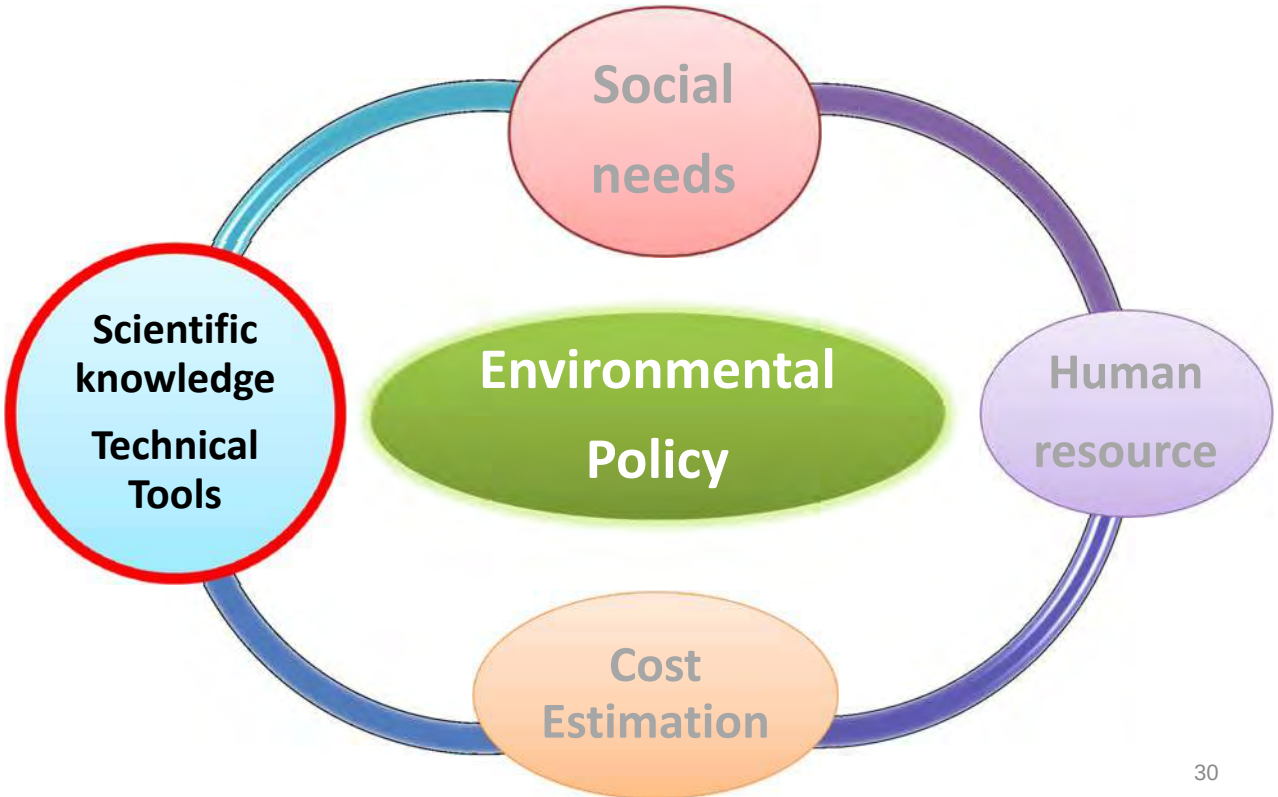


- Monitoring results of SPM and photochemical oxidant were presented as the evidences of lower attainment rate of AQS on SPM, especially in metropolitan areas
- Extremely low attainment rate of AQS on photochemical oxidant and increasing annual average values.

← **Photochemical oxidant**

Figure: Trends in attainment rate of AQS on SPM (Top) and photochemical oxidant (Bottom) (Source: MOEJ)

Key considerations in establishing environmental policy



30

Scientific knowledge & Technical Tools ①
(Identify the source of emission: Emission Inventory)

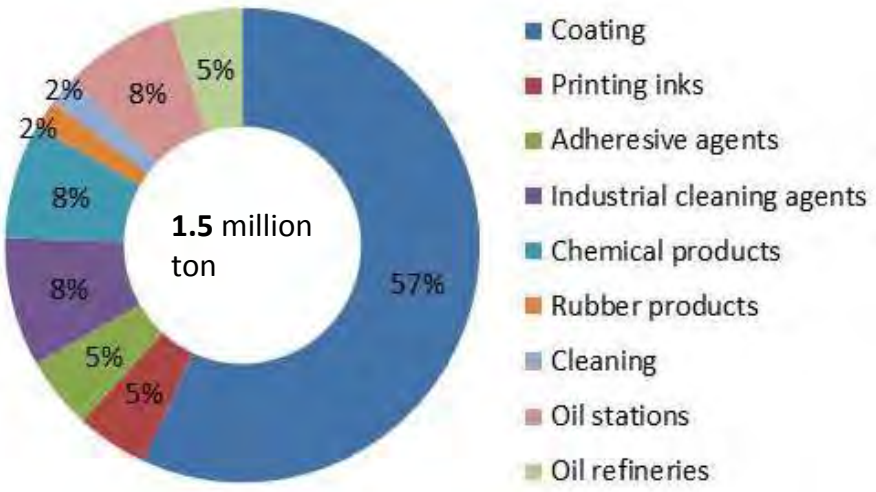


Figure: VOC emissions from stationary sources in FY2000 (MOEJ's own study) (Source: MOEJ)

- **A study by MOEJ concluded that 1.5 million ton of VOCs were emitted from stationary sources.**
- **Solvents accounted for approximately 70% of the total.**

Scientific knowledge & Technical Tools ②
(expected outcome by model simulation)

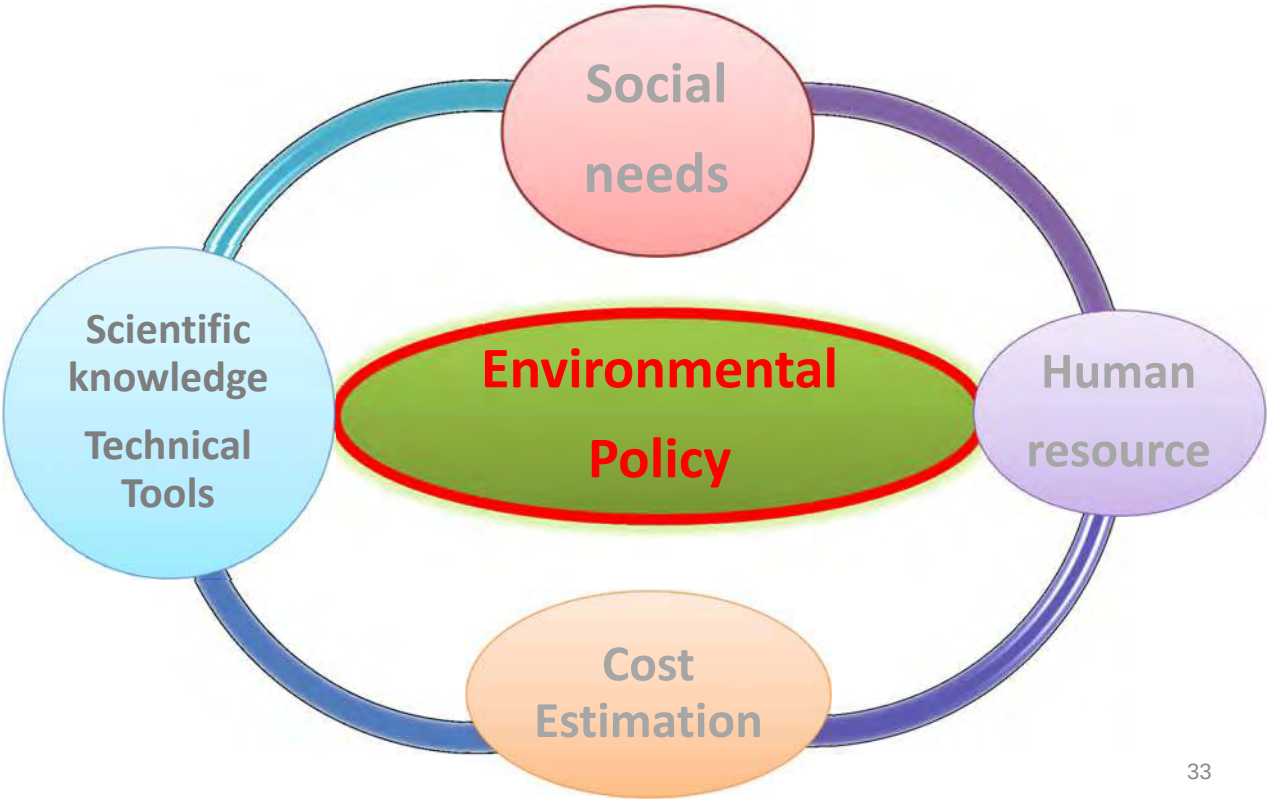
VOC emissions reduction	0%	10%	20%	30%	40%	50%
SPM AQS attainment rate	87.9%	-	91.8%	93.1%	94.2%	94.3%
Rate of stations w/o photochemical oxidant warning	57.4%	71.0%	79.4%	89.2%	95.0%	99.2%

Table: Estimated impacts of VOC reduction on attainment rate of AQS on SPM and rate of stations without photochemical oxidant warning (Source: MOEJ)

30% VOC reduction can…

- **increase the attainment rate for AQS for SPM in metropolitan areas to 93%**
- **increase the number of stations without photochemical oxidant warnings by approx. 90%.**

Key considerations in establishing environmental policy



33

Policy measure for VOC control

■ Statutory regulation (20%)

Regulation based on controlling total VOC emissions

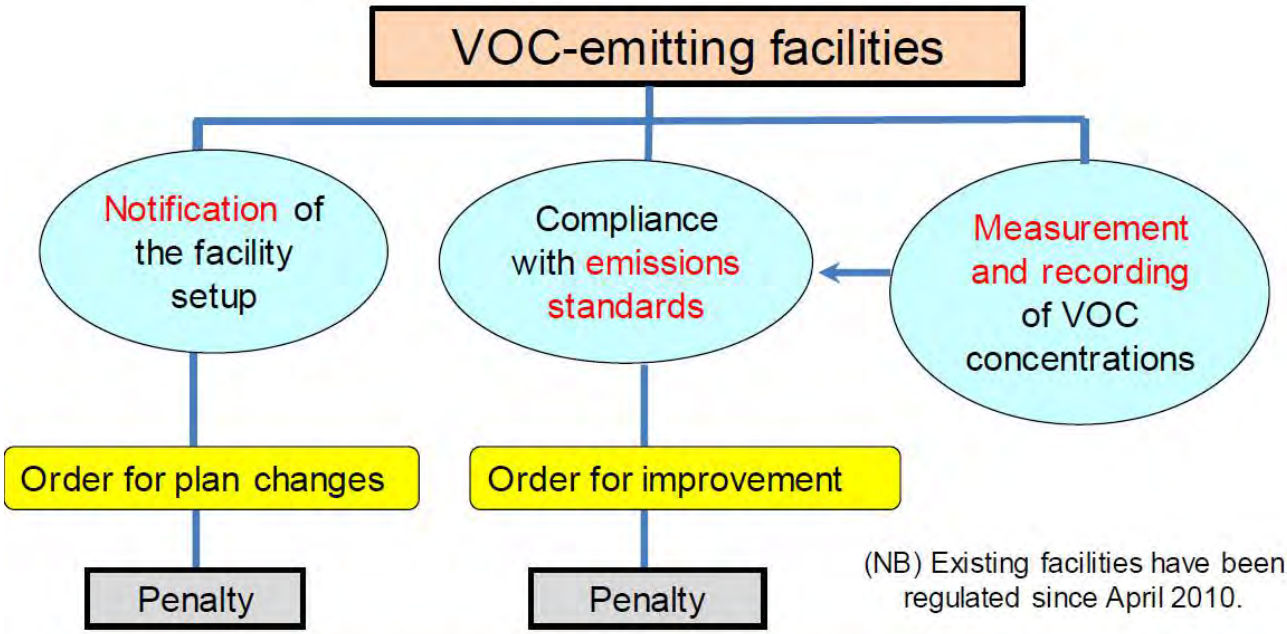
(1) Drying facilities for chemical manufacturing
(2) Spray coating facilities, Drying facilities for coating
(3) Drying facilities for adhesion
(4) Drying facilities for printing
(5) Washing facilities for industrial products
(6) VOCs storage tanks

■ Voluntary corporate efforts (10%)

Adopting a broad range of emission control technologies which are actually applicable in reference to such technologies actually adopted (10%)

Emission control via the **Best Mix**

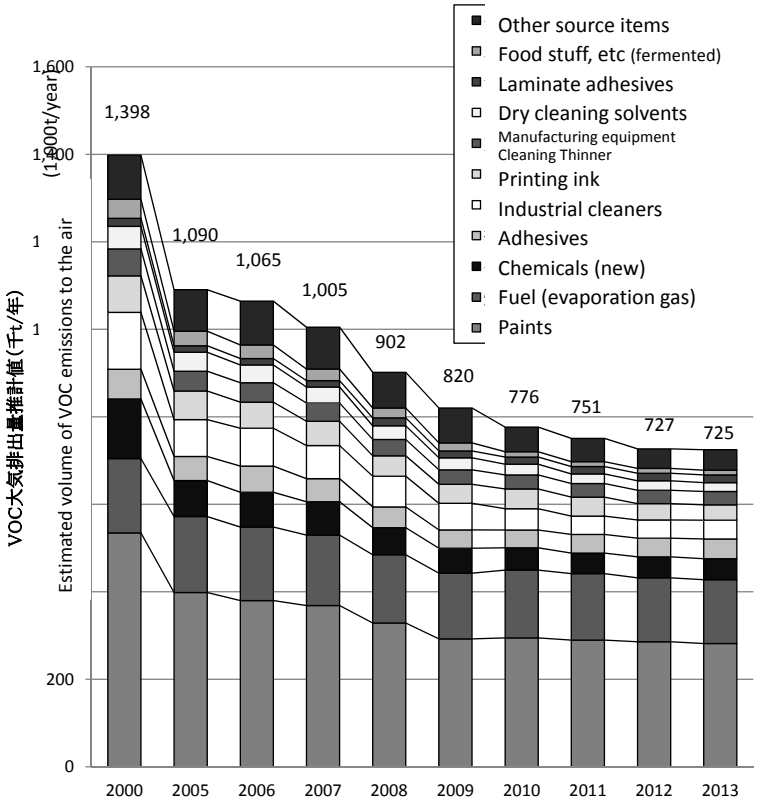
Regulation of VOC Emissions



(NB) Existing facilities have been regulated since April 2010.

(1) Drying facility for chemical manufacturing	(4) Drying facility for printing
(2) Drying facility for spray painting and for painting	(5) Industrial cleaning facility
(3) Drying facility for adhesives	(6) Storage tank

Results: VOC Emissions Reductions



Emissions from stationary sources in Japan

1.40 million tons in FY2000

1.09 million tons in FY2005

725,000 tons in FY2013

(48% reduction compared to the 2000 level)

(33% reduction compared to the 2005 level)

[Reference]

Emissions from mobile sources in Japan

490,000 tons in FY2005

350,000 tons in FY2009

VOC emissions have been reduced steadily.

International Cooperation

Overview o international cooperation toward Clean Air in Asia

Efforts by Japan, China, and Korea under the TEMM framework

- **Holding of Tripartite Policy Dialogue on Air Pollution (TPDAP)**
- **In TEMM17, three countries agreed to enhance cooperation through two working groups under the TPDAP**

Strengthening of Bilateral Collaboration

Cooperation with China

• Intercity collaboration and cooperation projects, in which local government's or industries' knowledge and know-how are used for capacity building and human resources development in the major cities in China, have been promoted.

Cooperation with Korea

• Cooperation on PM2.5 monitoring, prediction, inventory, data sharing, etc., has been implemented.

Collaborative Efforts with International Organizations

- **Collaborative efforts with the United Nations Environment Programme（UNEP）**
  Establishing Joint Forum through the Asia Pacific Clean Air Partnership (APCAP) programme
- **Collaborative efforts with Clean Air Asia (CAA)***
  Established by the Asian Development Bank, the World Bank, and the US Agency for International Development in 2001. Acting as NGO since 2007.

Achievement of TEMM18

（Meaning of TEMM18）
1．First opportunity to check the progress of Joint Projects based on the Tripartite Joint Action Plan adopted last year
2．First TEMM meeting after the adoption of 2030 Agenda for Sustainable Development & the Paris Agreement

（TEMM18' Achievement）
1. Shared the recent progress in each country and confirmed continuing and expanding this Joint Action（listed below）
2. Agreed with importance of Implementation of policies and measures from this year, to achieve goals of two abovementioned international frameworks.
3. Agreed to sharing the experience and policies against disaster, such as Waste management generated from disaster sites.

Review of Progress on Tripartite Joint Action Plan on Environmental Cooperation (2015)

（9 priority areas）**I.**Air Quality Improvement **II**.Biodiversity **III**.Chemical Management and Environmental Emergency Response **IV**.Circulative Management of Resources/3R/Transboundary Movement of E-Waste **V**.Climate Change Response **VI**. Conservation of Water and Marine Environment **VII**.Environmental Education, Public Awareness and Corporate Social Responsibility **VIII**.Rural Environmental Management **IX**.Transition to Green Economy

(Major progress on each area)
1. launching "Tripartite Cooperation Network for Environmental Pollution Prevention and Control Technologies" as a new platform to promote **matching needs and seeds on environmental technologies**.
2. Confirmed **tackleing air pollution caused by PM2.5 has most priority**. Agreed **to enhance information exchanges in areas of research on source of PM2.5 and technical measures to reduce PM2.5** by utilizing the abovementioned network.
3. Hold the first workshop on marine litter **with China and Korea, which should work together**. Decided to enhance exchanging information on research results of the three countries.

Tripartite Policy Dialogue on Air Pollution (TPDAP)

■ Backgounds

・Agreed to hold this Dialogue in TEMM15 in 2013
・2 WG established in accordance with the agreement on TEMM17

3rd dialogue（2016/2 in Tokyo）

■ Results

- 1st dialogue (2014/3 in Chaina) Exchanged information about Nation-level / Local-level action, Monitoring/Alert, Countermeasures against automobile exhausted gas etc.
- 2nd dialogue(2015/2 in Korea) Shared information about the situation of air pollution, Countermeasures against VOCs and exhausted gas from off-road vehicle.
- 3rd dialogue(2016/2 in Japan)

  Shared information about the Progress of whole countermeasures against air pollution, Current situation & Action on PM2.5.

  → New Action among three nations: Discussed Strengthening the cooperation on countermeasures against air pollution, analyzing chemical composition of Air pollutants

- 1st meeting were held in 2 WGs

  WG1（2015/9/24 in China）Discussed "Latest countermeasures against air pollution" and "Action plan for the future".
  WG2（2015/10/15,16 in Korea）Exchanged information about "Monitoring and prediction of air environment" and discussed "Action plan for the future"

Framework of Inter-City Cooperation with China

Provinces
(Liaoning, Jiangsu, Hebei, Canton, Shanxi)

Cities
(Beijing, Tianjin, Shanghai, Shenyang, Wuhan, Handan, Xian, Xiamen, Chongqing, Zhuha, Tangshan)

(Examples of ways of cooperation)
- Training in Japan
- Dispatching experts
- Japan-China joint research
- Model project, etc

Inter-City cooperation

(Examples of areas of cooperation)
- VOC emission measures
- Vehicle emission measures (including off-road vehicles, etc)
- Dust pollution control measure of construction works
- Forecast and warning system
- Emission source analysis
- Monitoring, etc.

Tokyo Metropolitan Government

Prefectures
(Saitama, Toyama, Nagano, Hyogo, Fukuoka)

Cities
(Kawasaki, Yokkaichi, Kobe, Kitakyushu)

Support organization
(Japan Environmental Sanitation Center)

- Support each inter-city cooperation (arrangement, coordination, etc)
- Financial Management and execution

- Support each inter-city cooperation (arrangement, coordination, etc)
- Financial Management and execution

Platform for Inter-City Cooperation
(Supporting Japan-China inter-city cooperation with finance and technology)

Guidance and support

Guidance and support
Provide finance

CHINA（MEP）

Intergovernmental coordination

Overall coordination

JAPAN（MOE）

41

Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET)

(Establishment History)

- Due to the recent remarkable growth etc. of the East Asian region, the emission amount of air pollutants which cause acid deposition has been increasing, and, therefore, the serious impacts of this are a matter of concern. Regular Phase Activities started from January 2001.
- The Asia Center for Air Pollution Research(ACAP) has been designated as the Network Center for the EANET.

(Objectives)

- To create a common understanding on acid deposition problems in East Asia
- To provide basic input on policy decision-making towards acid deposition prevention measures
- To promote international cooperation on acid deposition problems in East Asia

(Recent activities)

- New Medium Term Plan for the EANET(2016-2020) was approved at EANET IG17 in November 2015.
- The plan includes new activities such as promotion of the monitoring of ozone and $PM_{2.5}$ and promotion of research and technical cooperation on emission inventory.

42

Asia Pacific Clean Air Partnership (UNEP)

■ Backgrounds

- This program aims at enhancing partnership among countries in Asia Pacific region through sharing experiences and knowledge about tackling air pollution.
- The Joint Forum was established in collaboration with MOEJ and UNEP.

■ The Joint forum for air pollution in Asia Pacific region.

- 1st meeting: 26th and 27th November, 2015 at Bangkok
- 120 participants: policy makers from 30 countries, experts, NGO, aid organization such as ADB
- Program:

1. Sharing information of activities of existing initiatives and latest scientific knowledge
2. Discussion about the framework of the regional assessment reports etc.

43

資料4－2

東京都の概況Overview of Tokyo Metropolitan

E139° 42′

N35° 41′

多摩地域Tama Area
(30市町村30 cities & towns)
面積：約1,160km2
Area: approx. 1,160km2
人口：約420万人
Population: approx. 4.2 million

特別区Special Ward Area
（23区）(23 wards)
面積：約622km^2
Area: approx. 622km^2
人口：約900万人
Population: approx. 9 million

島しよIslands Area
(9町村9 towns & villages)
人口：約2万7千人
Population: approx. 27 thousands

大気汚染の状況

1970年代

現在

千代田区霞ヶ関祝田橋からの眺望

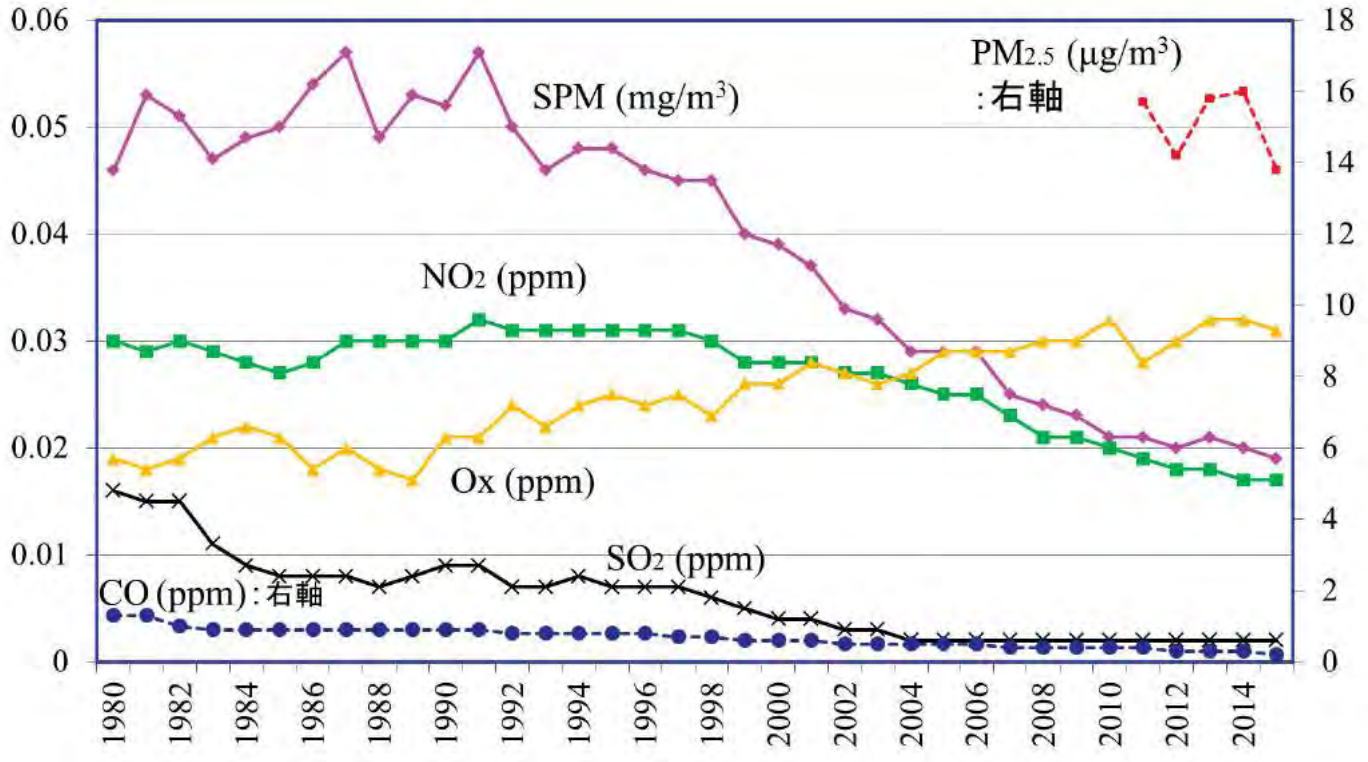
大気汚染物質の年平均濃度及び環境基準達成状況（2015年度）

物質名	環境基準	一般環境大気測定局（一般局）			自動車排ガス測定局（自排局）		
		年平均濃度	適合局数／測定局数	適合率	年平均濃度	適合局数／測定局数	適合率
二酸化硫黄（SO_2）	1日平均値 0.04 ppm 1時間値 0.1ppm	0.002	20／20	100%	0.002	5／5	100%
浮遊粒子状物質（SPM）	1日平均値 0.10 mg/m³ 1時間値 0.20 mg/m³	0.019	47／47	100%	0.021	35／35	100%
二酸化窒素（NO_2）	1日平均値 0.06 ppm	0.017	44／44	100%	0.025	34／35	97%
微小粒子状物質（$PM_{2.5}$）	1年平均値 15 μg/m³ 1日平均値 35 μg/m³	13.8	40／47	85%	15.0	14／35	40%

※　光化学オキシダント（Ox）の環境基準（1時間値 0.06ppm）は全局未達成。
　　一酸化炭素（CO）の環境基準（1日平均値 10ppm、8時間平均値 0.1ppm）は全局で達成。

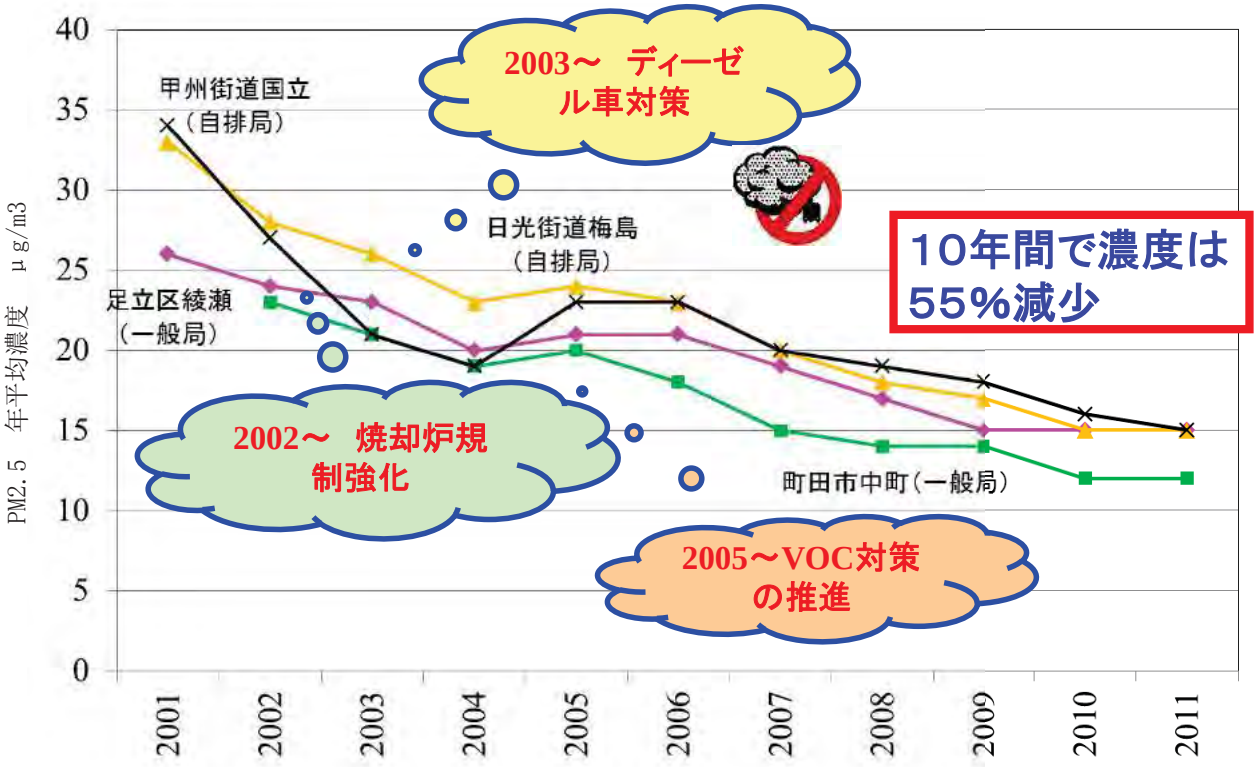
3

大気汚染の推移（一般環境大気測定局）



4

微小粒子状物質（PM2.5）の経年変化

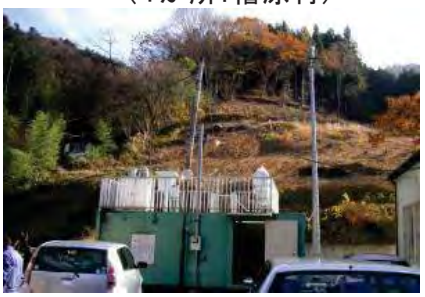


※ PM2.5常時監視の法制化以前に、都独自で測定した結果。
前ページの標準法とは異なるため測定結果はやや低めとなる

5

東京の大気汚染常時監視測定局

■ バックグラウンド
（1か所：檜原村）



▲ 立体測定局
（1か所：東京タワー）

6

一般環境大気測定局（47か所）

住宅地など

(10-20m^2)

自動車排出ガス測定局（35か所）

幹線道路沿い

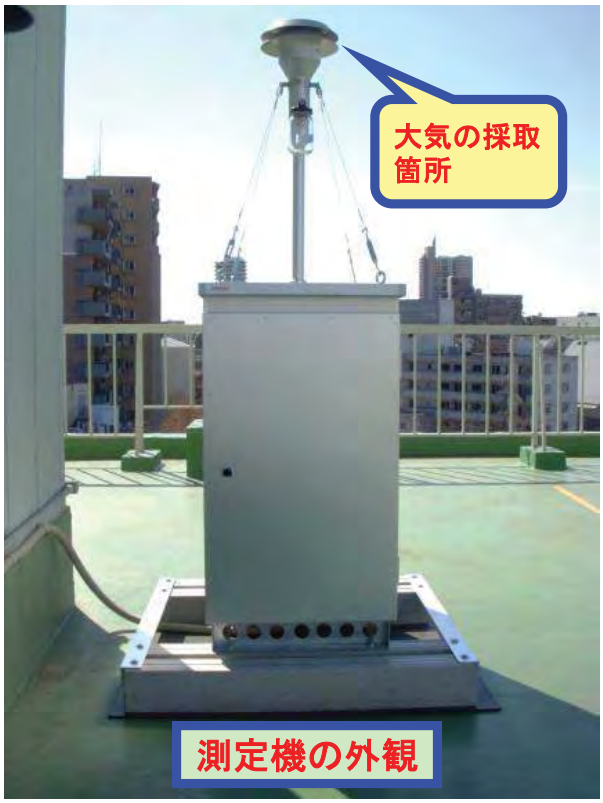
7

各種測定機

8

$PM_{2.5}$ 測定機

H22~24年度にかけて
都内全局に設置



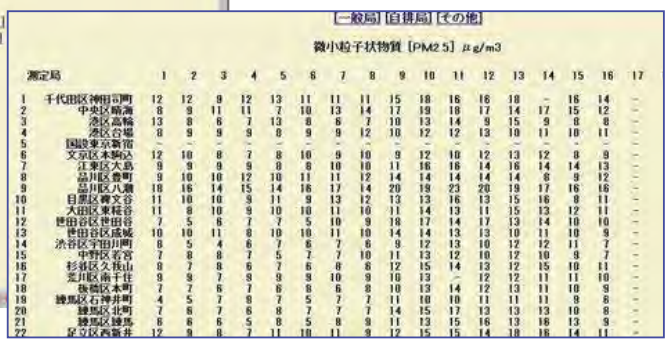
9

参考①

大気汚染地図情報（ホームページ）

http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/cgi-bin/bunpu1/p101.cgi

1時間ごとの測定結果を
リアルタイムに公表



参考②

Twitter

毎週火曜に前週分の値を提供

東京都環境局【公式】 @tochokankyo
１２月１７日～１２月２３日の都内一般測定局のＰＭ2.5の日平均値は順に9.8、18.3、6.5、5.5、12.9、3.8、12.7μｇ／㎥でした。
最新の各局の測定値はHP参照。→kankyo.metro.tokyo.jp/cgi-bin/bunpu1...（環境改善担当）

14

緊急時の基準および措置（光化学スモッグ）

段階	発令の基準	措置（注意事項）	
		緊急時協力工場・事業場	一般
予報	気象条件から高濃度汚染が予想されるとき	燃料使用量の削減協力要請	屋外にはなるべく出ない。 屋外運動は差し控える。 被害にあったときは保健所に届け出る。
注意報	オキシダント濃度0.12ppm以上でその継続が認められるとき	通常の燃料使用量より20%程度削減勧告	
警報	オキシダント濃度0.24ppm以上でその継続が認められるとき	通常の燃料使用量より40%程度削減勧告	
重大緊急報	オキシダント濃度0.40ppm以上でその継続が認められるとき	通常の燃料使用量より40%以上削減命令	

※　緊急時協力工場・事業場：定格能力１時間当たり1kL以上（重油換算）の工場、事業場
揮発性有機化合物（VOC）を排出する大気汚染防止法対象工場

15

資料４－３

補足説明資料

目次

①遵法への取り組み

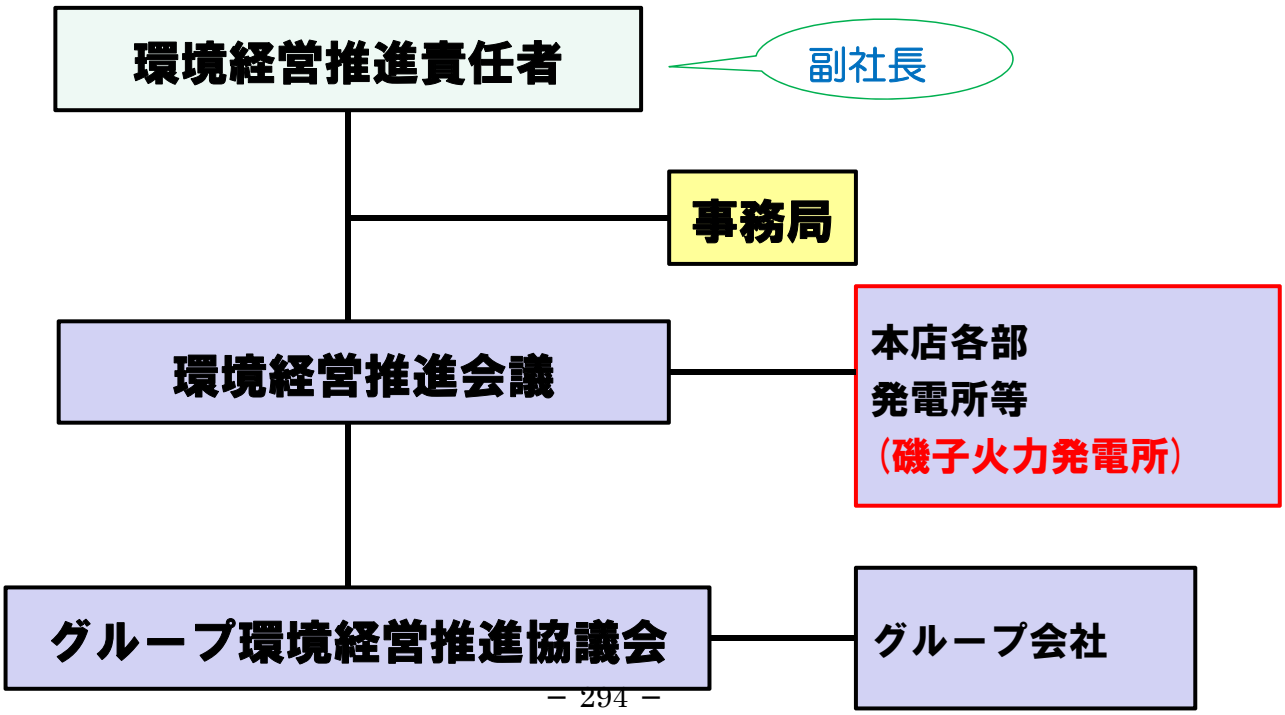
②従業員教育

③ステークホルダーとのコミュニケーション

①遵法への取り組み

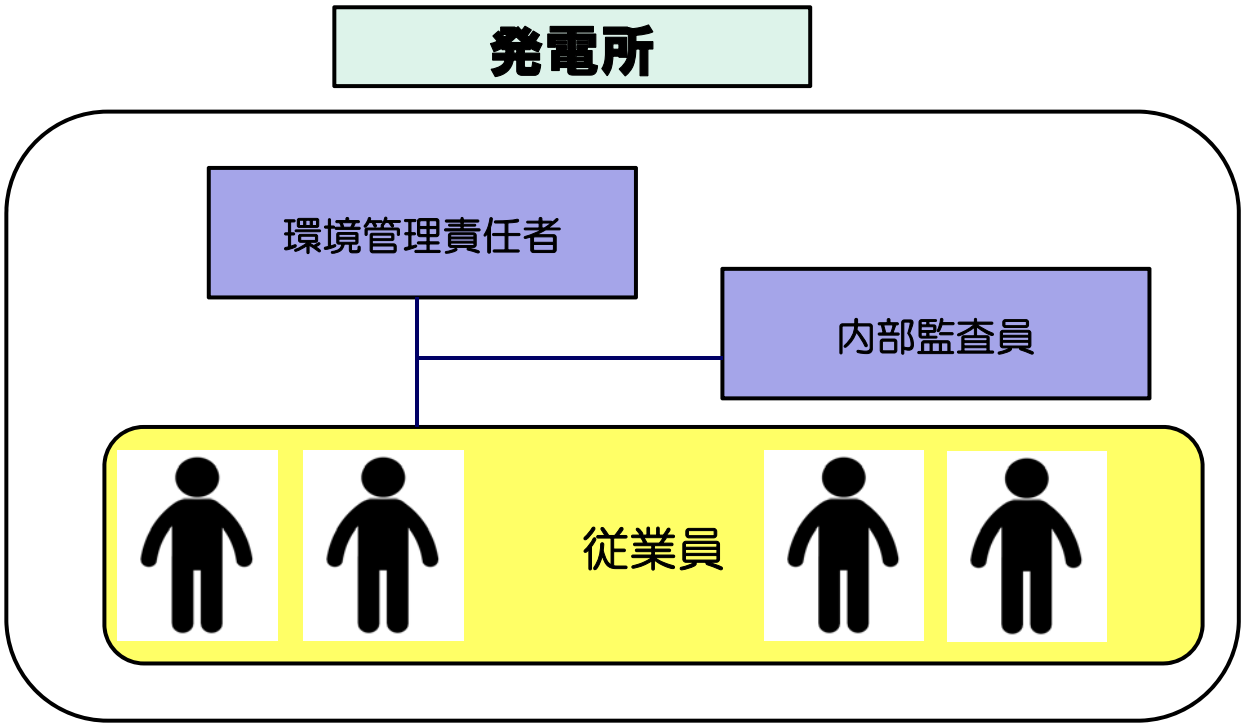
J-POWERグループの環境経営推進体制

- 会議体における審議内容はJ-POWERグループ各社まで周知される体制。

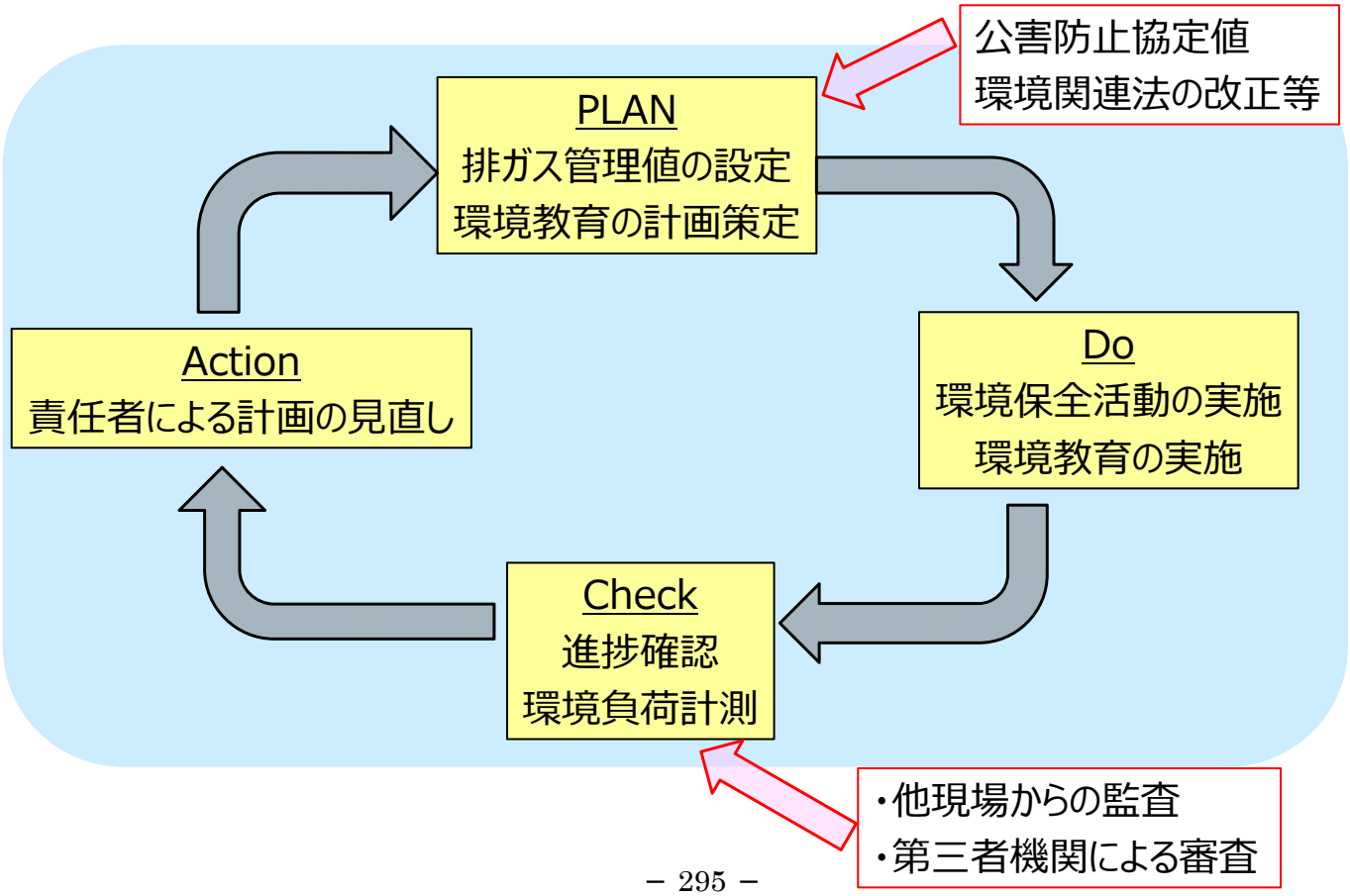


発電所の環境管理体制

- 各発電所では環境管理責任者を選任しており、会議体の内容は責任者を通じて、従業員へ周知される体制。



発電所による環境管理（環境マネジメントシステム）



横浜市との公害防止協定の締結①

公害防止協定･･･地方自治体と企業の間で締結される私的契約
（法律には基づかないもの）

自治体側メリット
→地域の諸条件を踏まえた個別対応が可能。
→事業者に対して、立入検査・指導権限を持つことが可能。

企業側メリット
→地域住民との関係円滑化。
→環境配慮企業というイメージ戦略。

横浜市との公害防止協定の締結②

- 公害防止協定は、法規制値よりも厳しい設定となっている。
- 通常は法や公害防止協定よりも更に厳しい値で運転管理。
- 所内管理値に近づいた場合は、その原因究明を行い、もし公害防止協定を超える恐れのある場合は、発電所減負荷も含め検討を行う。

煙突排ガス物質の法規制値と公害防止協定値（磯子2号機の例）

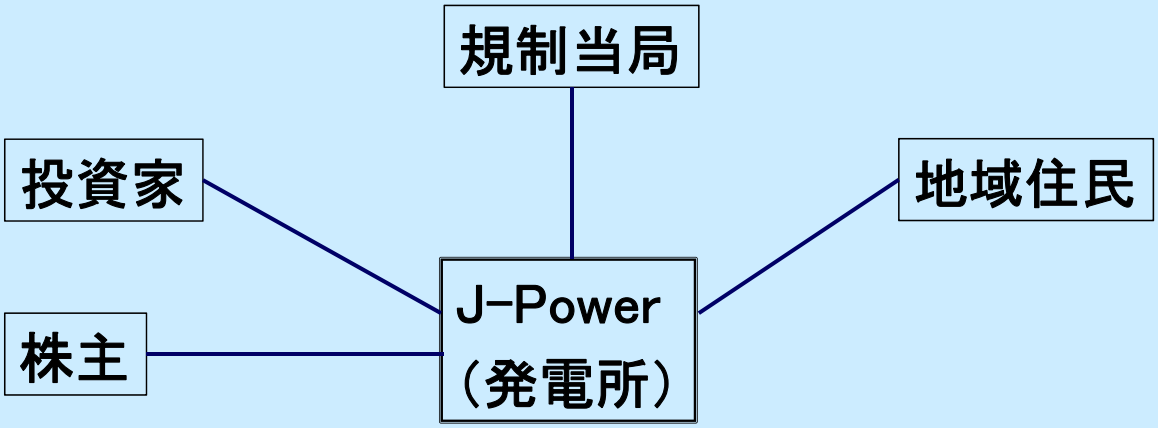
	法規制値	公害防止協定	警報発信値
SOx	95ppm	10ppm	9ppm
NOx	370ppm	13ppm	11ppm
ばいじん	50mg/m3N	5mg/m3N	4mg/m3N

※1時間平均値で管理

遵法の意識

- 法（公害防止協定）を守らないと罰金刑等もあるが、それ以上に各種ステークホルダーとの関係が悪化して、事業に影響が出る恐れがあると認識。

J-POWERの主なステークホルダー



②従業員教育

環境教育

- 環境教育では、環境関連法や法改正について実施。
- 従業員全員が実施できるWeb（e-ラーニング）の方法でも各種教育を実施。

種類	内容
環境管理説明会	グループの環境管理の取り組みや、環境管理法令の周知等
e-ラーニング	環境問題に関する基礎知識の習得（Web） 環境マネジメントシステムの基礎知識など
環境マネジメントシステム内部環境監査委員養成研修	環境マネジメントシステムの内部監査を実施するために 必要な知識を習得した監査員の養成
環境法令研修	環境関連法の解説等

③ステークホルダーとのコミュニケーション

ステークホルダーとのコミュニケーション

- 各ステークホルダーに対して、J-Powerとのコミュニケーションの場を提供。

投資家、株主

→会社説明会、発電所見学会を開催

地域住民

→発電所開放イベントを開催し、地域の方々を発電所に招き、発電所見学等を実施。

資料４－４

大気環境行政について

－川崎市の大気汚染対策　－

2016年11月10日
川崎市環境局大気環境課

1

Colors, Future!
いろいろって、未来。
川崎市

本日の内容

川崎市の概要

川崎市の大気汚染対策

○川崎市が直面した公害問題

○大気環境の現状

（大気汚染物質の濃度推移等）

○大気環境改善への取組

・工場・事業場の規制・立入

・発生源自動監視システム

3

Colors, Future!
いろいろって、未来。
川崎市

川崎市の概要

3

Colors, Future!
いろいろって、未来。
川崎市

川崎市の概要

●面積：１４４ ㎢

●人口：１４７万人（全国第８位）
（2016年3月1日現在）

●世帯数：６８万世帯
（2016年3月1日現在）

●市内総生産：約５兆1千億円（2013年度）

●主要産業：製造業（鉄鋼・精密機械・石油化学）

●成長産業：情報通信・環境・福祉・ライフサイエンス

首都圏の好位置にある優位性

道路・鉄道・航空など交通利便性の高さ

・羽田空港まで　15分
・東京駅まで　　18分
・横浜駅まで　　10分

工場の多くは臨海部の地域に集中

4

Colors, Future!
いろいろって、未来。
川崎市

川崎市の大気汚染対策

○川崎市が直面した公害問題

3

Colors, Future!
いろいろって、未来。
川崎市

川崎市が直面した公害問題

日本の高度経済成長時代（1960年代～70年代）、京浜工業地帯の中核として牽引した川崎では、負の側面として大気汚染や水質汚濁などの環境悪化を急速に招いた。

西暦	事　項
1950年代	・工業地帯の造成 ・大気汚染により農作物に被害が発生
1960年代	・工業地帯を形成 ・硫黄酸化物による大気汚染の発生
1970年代	・市内で初めて光化学スモッグが発生 ・公害病認定患者が数千人に及ぶ

川崎市が直面した公害問題

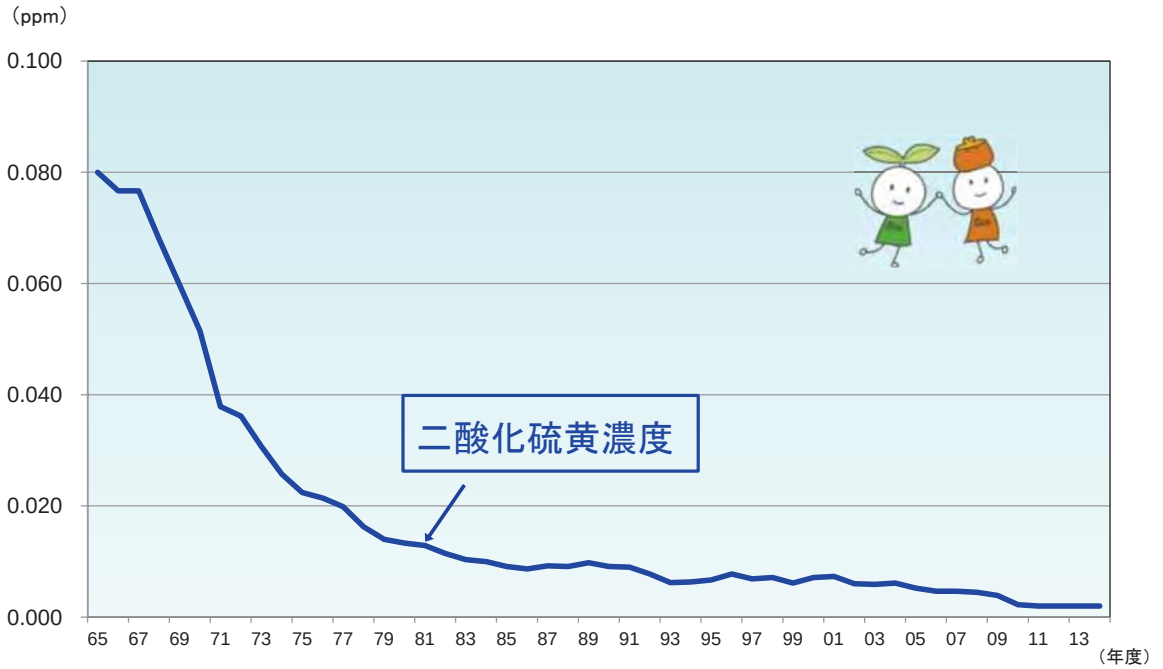
１９６０年代の川崎臨海部の写真

川崎市の大気汚染対策

○大気環境の現状
（大気汚染物質の濃度推移等）

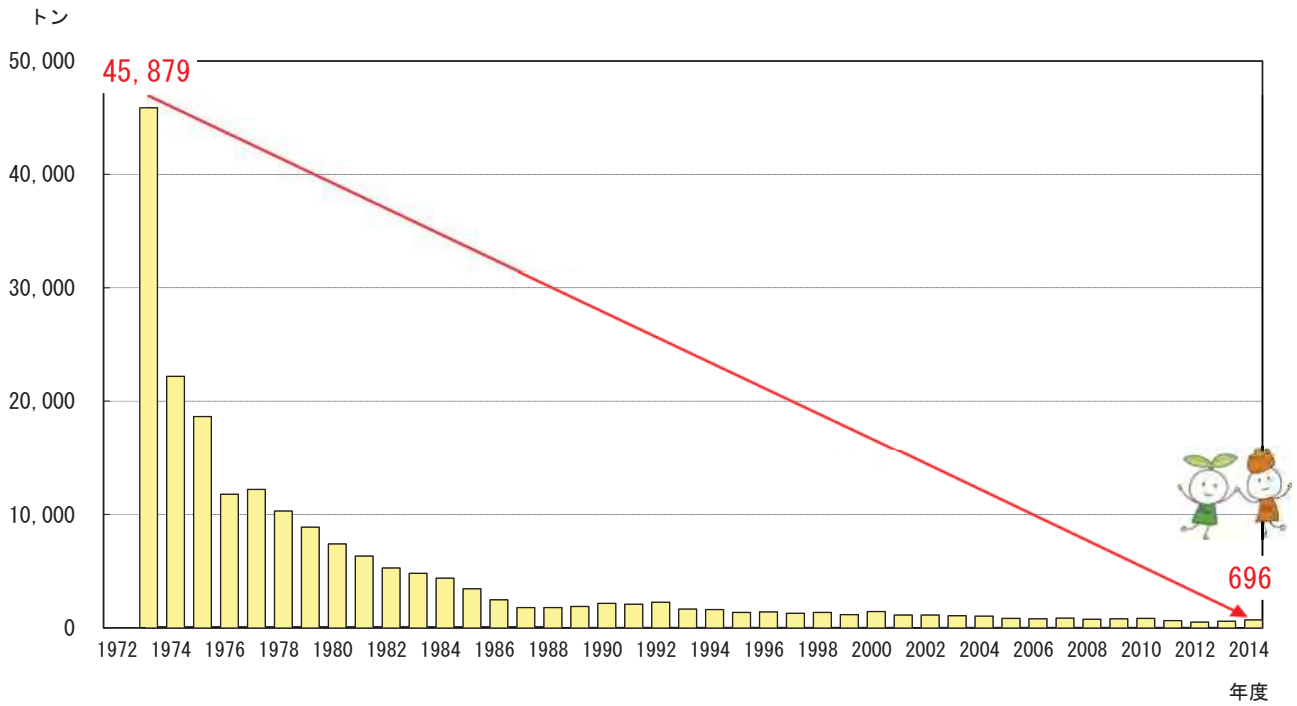
3

大気環境の現状(二酸化硫黄濃度の推移)



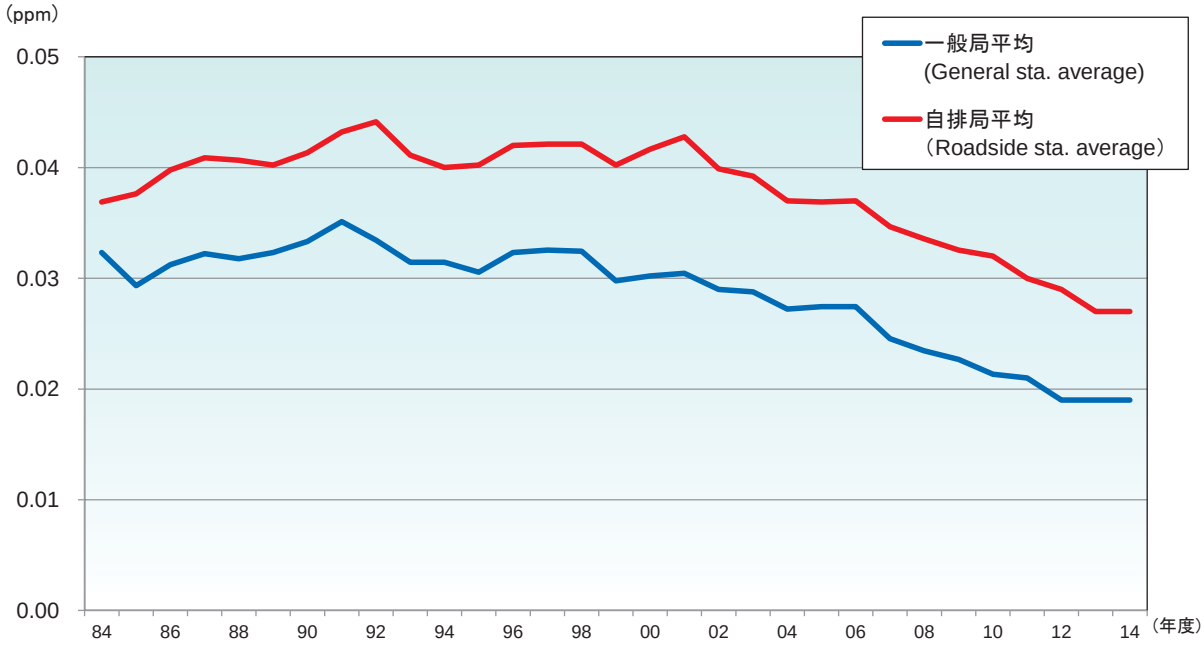
9

大気環境の現状(硫黄酸化物排出量の推移)



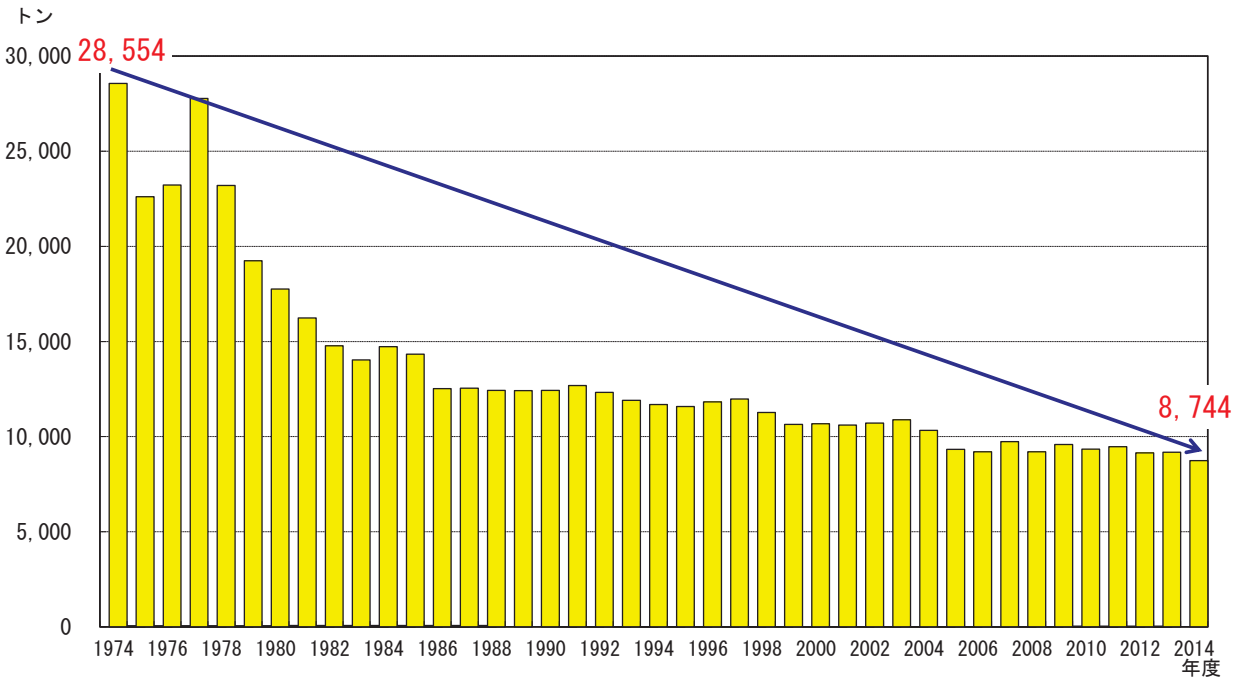
10

大気環境の現状(二酸化窒素濃度の推移)



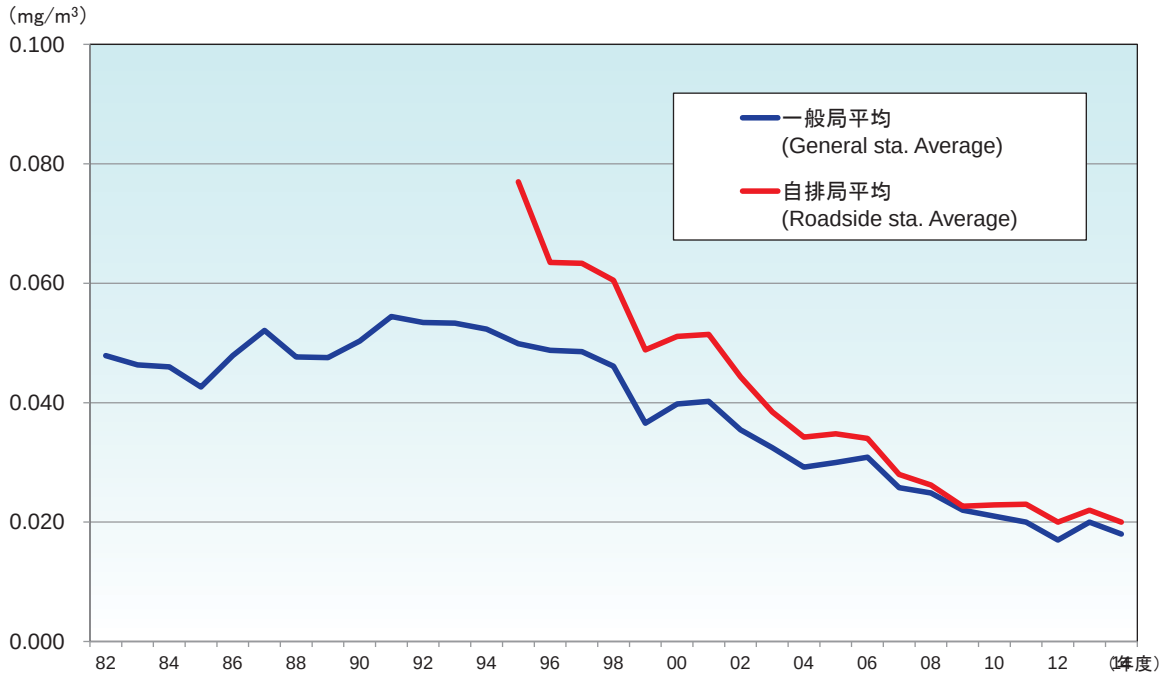
11

大気環境の現状(窒素酸化物排出量の推移)

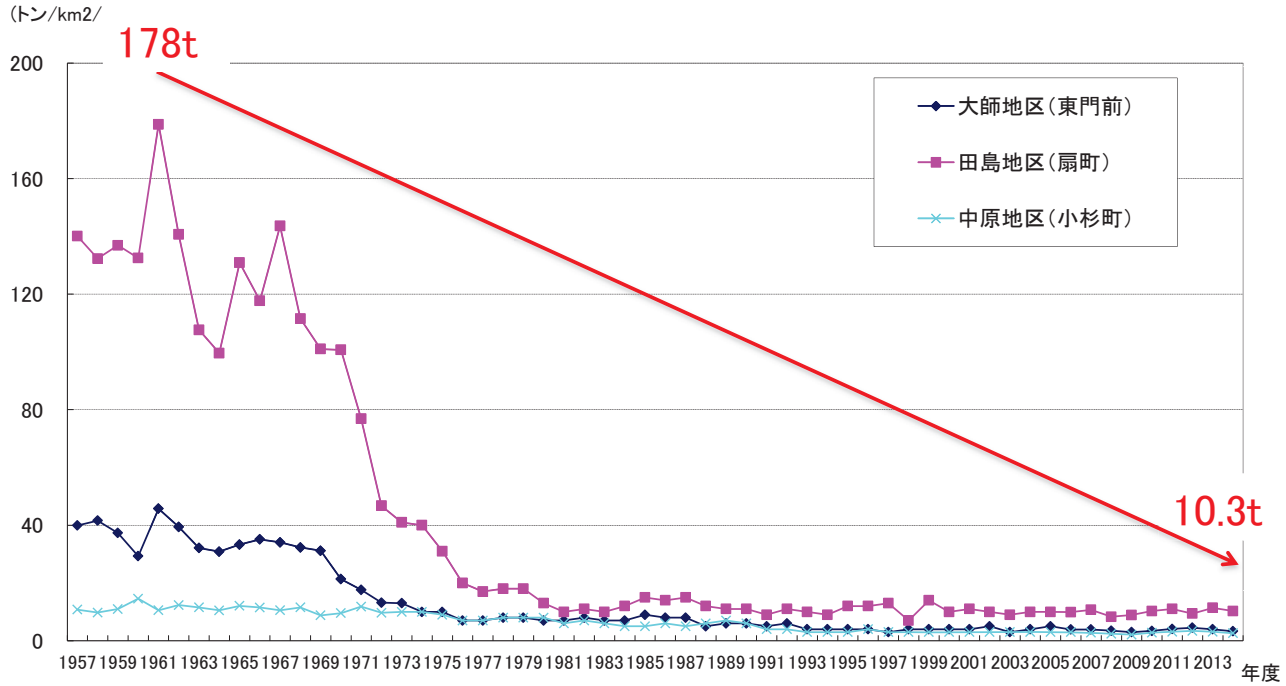


12

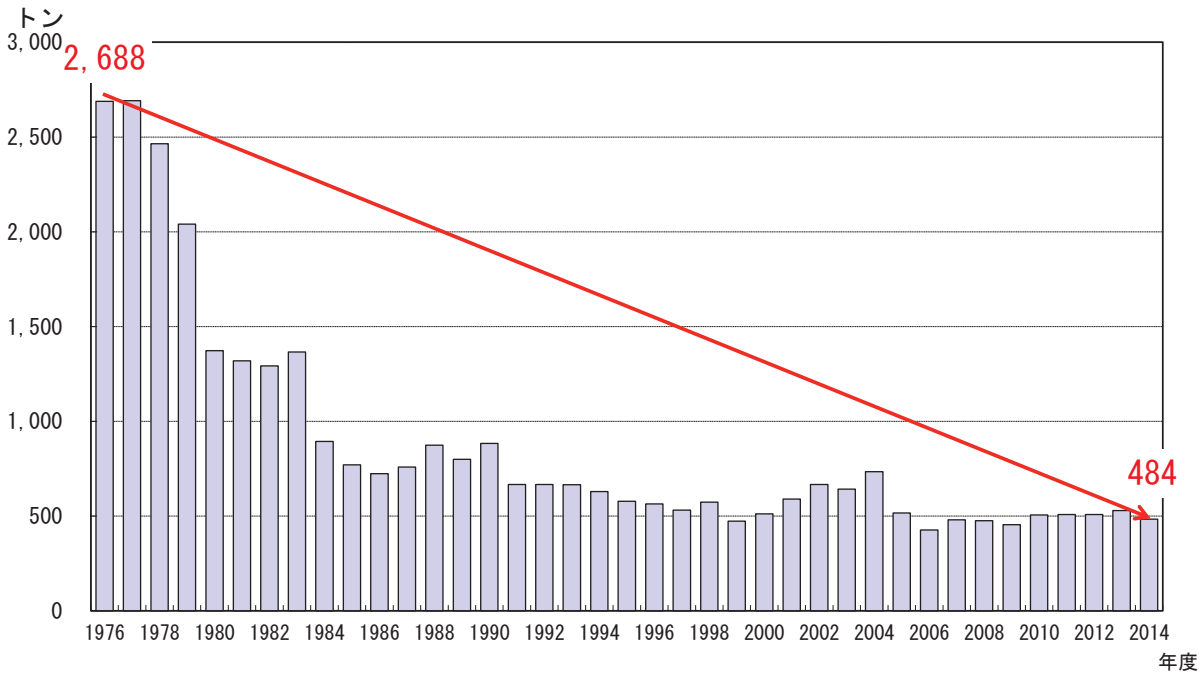
大気環境の現状(浮遊粒子状物質濃度の推移)



大気環境の現状(降下ばいじんの推移)



大気環境の現状(ばいじん排出量の推移)



15

川崎市の大気汚染対策

○大気環境改善への取組

- 工場・事業場の規制、立入
- 発生源自動監視システム

3

工場・事業場への規制

○ばい煙発生施設設置工場・事業場数

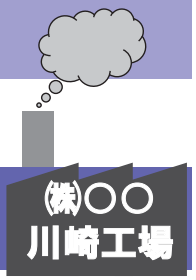
工場・事業場数：478、施設数：1642（2015年3月末）

○規制物質

硫黄酸化物（SOx）、窒素酸化物（NOx）、ばいじん、塩化水素（HCl）等

○規制方式

- 濃度規制（施設毎の排出口からの排出濃度ー
  一般排出基準、特別排出基準、上乗せ排出基準）
- 総量規制（工場・事業場全体からの排出量）
- 設備規制（施設の構造・公害防止装置）



○根拠条文

- 大気汚染防止法
- 川崎市公害防止等生活環境の保全に関する条例

ばい煙発生施設の設置の届出
（設置・変更）

大気汚染物質を排出するばい煙発生施設（ボイラーなど）の設置・変更時に、法律や条例に基づく届出を受け、内容を審査する。

根拠：大気汚染防止法第6、7、8条
川崎市公害防止等生活環境の保全に関する条例
第17、18、19、22、24条

○届出事項（大気汚染防止法）

1 氏名又は名称及び住所並びに法人にあっては、その代表者
2 工場又は事業場の名称及び所在地
3 ばい煙発生施設の種類
4 ばい煙発生施設の構造
5 ばい煙発生施設の使用の方法
6 ばい煙の処理の方法

工場・事業場からの主な届出の状況

１　大気汚染関係資料

（1）大気汚染防止法に基づく届出状況　（２０１５年３月末現在）

・ばい煙発生施設

ばい煙発生施設届出工場又は事業場の数	４７８
ばい煙発生施設届出数	１６４２

※ばい煙発生施設：硫黄酸化物や有害物質を排出する法で規定する一定規模以上の施設ボイラー、ガスタービン、廃棄物焼却炉などが３３の項目に分けてある。

・一般粉じん発生施設

一般粉じん発生施設届出工場又は事業場の数	４２
一般粉じん発生施設設置届出数	８６３

※一般粉じん発生施設：「粉じん」とは、物の破砕やたい積等により発生し、又は飛散する物質をいう。一般粉じん発生施設とは、破砕機や堆積場等の施設をいう。

（2）条例に基づく指定事業所数、施設設置許可数（２０１４年度実績）

年度始指定事業所数	２９１２
設置許可数	１８
廃止届出数及び許可執行・取消数	２１
年度末指定事業所数	２９０８

立ち入り調査等現場調査

実際の工場･事業所への立ち入り調査
実際の施設･状況を確認
根拠：大気汚染防止法　第26条、
川崎市公害防止等生活環境の保全に関する条例　第129条

ばい煙測定の実施
（排ガス量、温度、流速、大気汚染物質（ばいじん、硫黄酸化物、窒素酸化物、塩化水素等）
排ガス処理設備等の確認
記録保管の確認　など

ばい煙測定の様子

立入検査等の状況（2014年度）

	立入検査	報告聴取	改善等指示
大気汚染物質規制関係	72	55	1
粉じん規制関係	31	0	5
悪臭関係	45	0	2
屋外燃焼関係	37	0	0
水質関係	351	750	15
騒音・振動関係 （飲食店営業騒音関係含む。）	155	0	155
石綿飛散関係	924	0	533
土壌・地下水関係	72	22	0
地盤沈下関係	15	202	0
化学物質関係	9	244	0
自動車関係	22	5	0
合　計	1733	1278	711

出典：川崎市環境局事業概要

大気環境改善の取組（市と事業者の協定の締結）

○公害防止協定の締結

○川崎市では、工場等の改善対策を促進するため、1970年に市内大手企業37社（39工場）と大気汚染防止に関する協定を締結、1972年には8社（8工場）と協定を締結

○その内容は、

大気汚染防止計画の策定、大気汚染緊急時の対応、燃料使用量、その硫黄含有量などの報告等

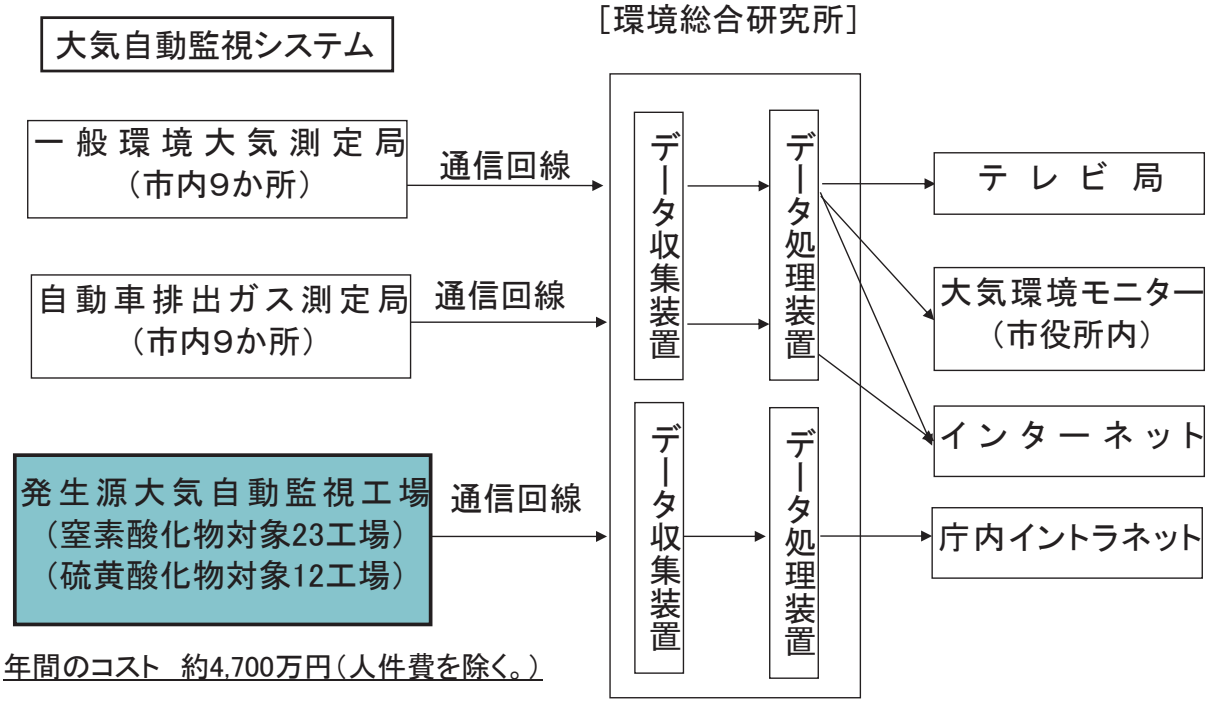
○発生源テレメータによる監視

○川崎市では、これらの工場のうち硫黄酸化物排出量が5m^3_N/h以下となった5工場を除く大手42工場を対象に、1972年、発生源テレメータを設置し、硫黄酸化物の監視を強化

○窒素酸化物については1979年からテレメータでの監視を開始

○現在、硫黄酸化物12工場、窒素酸化物23工場でテレメータ監視継続

大気環境改善の取組（大気自動監視システム）



年間のコスト　約4,700万円（人件費を除く。）

※工場内の測定は、事業者の負担で実施、テレメータ装置は川崎市が設置、工場内のデータ回線の敷設は事業者が実施

23

大気環境改善の取組（規制の強化・総量規制の導入）

「川崎市公害防止条例」の策定、施行（1972年）

大気環境を改善するためには、汚染物質の量を減らすことが基本と考え、工場から排出される硫黄酸化物の総量を抑制するため、全国に先駆けて総量規制方式を導入

「総量規制方式」の設定方法等

○市民の健康を保護し、生活環境を保全するために必要な**環境目標値を市独自で設定**
○この目標を維持するため、市域の汚染負荷量を勘案して**地区ごとに許容排出総量を設定**
○この地区別許容排出総量が維持されるように、**工場から排出される大気汚染物質の排出基準を制定**
○排出基準設定に当たっては、科学的な根拠を得るため、汚染源の位置や排出量などの発生源情報と気象をモデル化し、**大気拡散シミュレーションにより、環境濃度を推計する手法を使用**
○この総量規制方式は、当時「川崎方式」と呼ばれ、国における総量規制の草分けとして 、国や他自治体における公害防止対策の推進に先駆的役割を果たした。
○1974年に、硫黄酸化物及びばいじんに係る総量排出基準を適用
○1978年に、窒素酸化物に係る総量排出基準を適用
○**2000年からは、ばいじんに代わり、粒子状物質の包括的な総量規制基準を適用**

24

川崎市の環境対策による成果
（臨海地区上空の状況）

【1966年の臨海地区上空】

【2010年の臨海地区上空】

川崎市環境局環境対策部、環境総合研究所 業務体制

環境局
- 総務部
- 地球環境推進室
- 環境評価室
- 環境対策部
  - 環境管理課（15名）　許認可・融資、公害調整、環境情報システム、化学物質、放射線
  - 大気環境課（30名）　環境大気、発生源大気、悪臭、アスベスト、騒音振動、交通環境対策
  - 水質環境課（15名）　環境水質、発生源水質、地盤環境、土壌
- 生活環境部
- 施設部
- 環境総合研究所
  - 事業推進課（15名）　環境教育、国際展開・環境技術情報、国際連携・研究推進
  - 都市環境課（5名）　都市環境研究、産学公民連携研究
  - 環境リスク調査課（14名）　環境リスク評価、環境化学物質研究、生物学的調査研究
  - 地域環境・公害監視課（14名）　大気環境研究、水環境研究、公害監視

＊課の人員は非常勤職員を含む

川崎市環境局環境対策部関係　所・課
（2016年4月1日現在）

Colors, Future!
いろいろって、未来。
川崎市

ご清聴ありがとうございました

The Continuous Ambient Air Pollution Monitoring in Kawasaki City

Toward the acquisition of high-precision environmental data based on preventive maintenance for the monitoring instruments and so on

1 The Purpose of Continuous Air Pollution Monitoring

The national government enforced the Air Pollution Control Law in 1968, which made continuous monitoring of air pollution obligatory for local government.

Therefore, Kawasaki-city government has been conducting continuous monitoring of air pollution since 1964 as the statutory entrusted function in accordance with Article 22 of the Air Pollution Control Law.

2 Monitoring Place

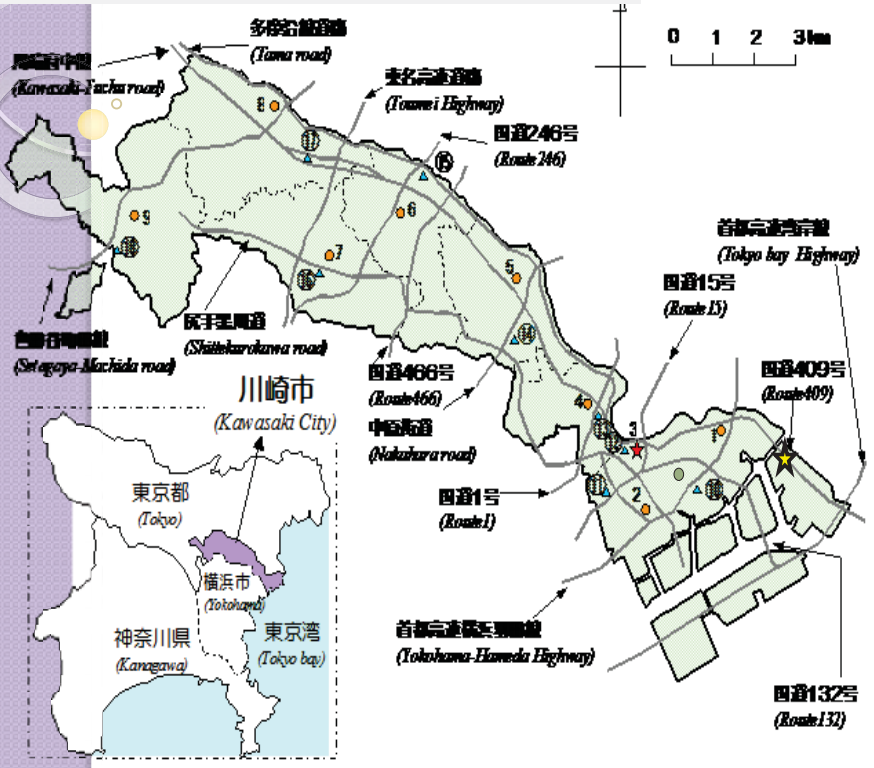


Fig.1 The installation sites of Air Pollution Monitoring Stations in Kawasaki Ccity

Type of Station		Name of Station
General Station	1	Daishi
	2	Tajima
	3	Kawasaki
	4	Saiwai
	5	Nakahara
	6	Takatsu
	7	Miyamae
	8	Tama
	9	Asao
Roadside Station	⑩	Ikegami
	⑪	Nissincho
	⑫	Shiyakushomae
	⑬	Endocho
	⑭	Nakaharaheiwakoen
	⑮	Futago
	⑯	Miyamaedairaekimae
	⑰	Honmurabashi
	⑱	Kakio

Table1 Monitoring Items

Type of Station		Name of Station	Air Monitoring Items										Meteorological Monitoring Items						Installation
			NO2	NO	SPM	Ox	SO2	CO	NMHC	CH4	PM2.5	Acid Rain	WD	WS	TEMP	HUM	SUN	RAIN	
General Station	1	Daishi	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○			1965
	2	Tajima	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	1967
	3	Kawasaki	○	○	○	○	○		○	○	○		○	○	○	○			1965
	4	Saiwai	○	○	○	○	○		○	○	○		○	○	○	○	○		1971
	5	Nakahara	○	○	○	○	○		○	○	○		○	○	○	○			1965
	6	Takatsu	○	○	○	○	○		○	○	○		○	○	○	○			1971
	7	Miyamae	○	○	○	○	○				○		○	○	○	○			1978
	8	Tama	○	○	○	○	○		○	○			○	○	○	○			1971
	9	Asao	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○			1979
Roadside Station	⑩	Ikegami	○	○	○			○			○		○	○					1981
	⑪	Nissincho	○	○	○			○			○								1974
	⑫	Shiyakushomae	○	○	○			○											1973
	⑬	Endocho	○	○	○			○											1973
	⑭	Nakaharaheiwakoen	○	○	○														1973
	⑮	Futago	○	○	○						○								1975
	⑯	Miyamaedairaekimae	○	○	○						○								1979
	⑰	Honmurabashi	○	○	○						○								1978
	⑱	Kakio	○	○	○						○								1981

3 The purpose of general stations

General stations are established to obtain data for the purposes described below

(1) To determine if meets environmental quality standards for air pollution.
(2) To obtain data which need to take measures for emergency due to the prevention of damage to human health and living environment by air pollution.
(3) To establish air pollution control measures and evaluate their effects.
(4) To check trends of air pollutant and their effects for long time.

5

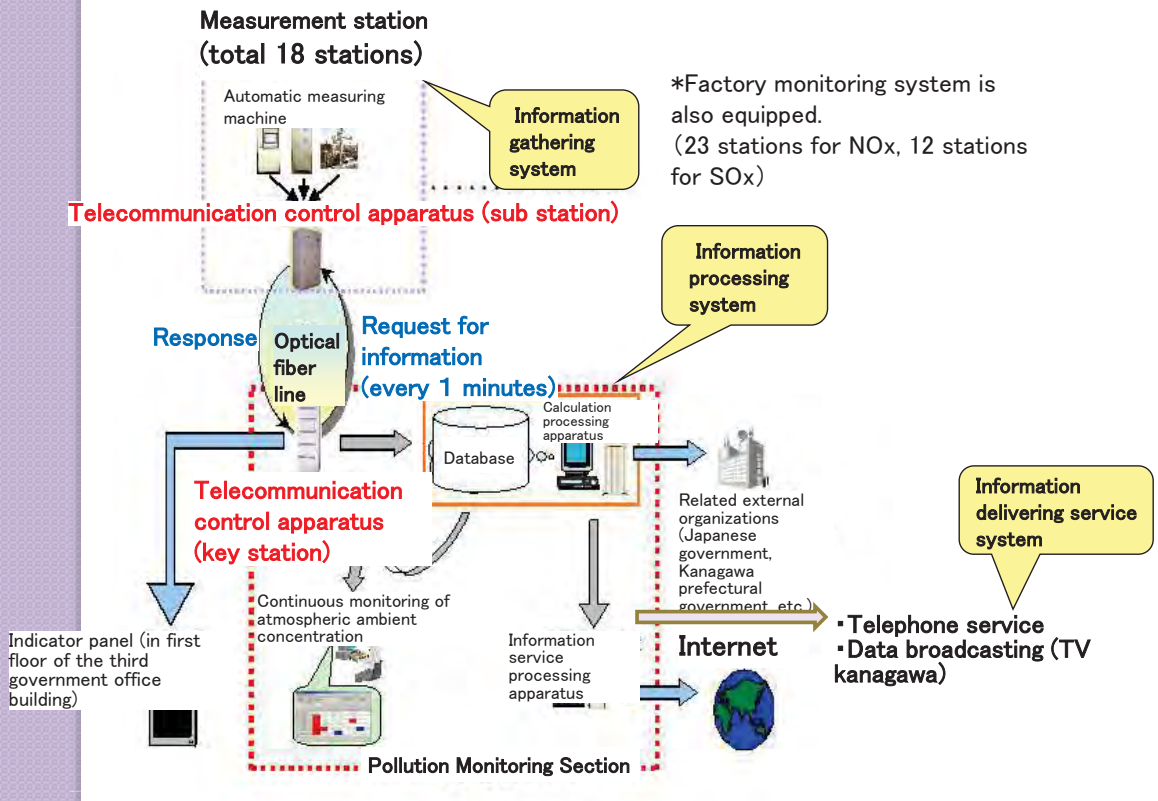


Fig.2 The schematic diagram for the Continuous Air Pollution Monitoring System of Kawasaki-city

6

Table 3 Guiding Principles behind Analyzing Methods for Pollutants

Pollutant	Analyzing Method	Guiding Principle
SO2	Fluorescence spectroscopy	A spectrofluorometer is used to excite electrons in molecules of SO2 compounds by shining a beam of ultraviolet light on them, which causes them to emit measurable light.
NO2	Chemiluminescence spectroscopy	NO2 is first broken down to NO and Oxygen using a converter. A beam of O3 is emitted at the air sample and reacts with the NO, making it excited NO2. Chemiluminescence occurs as this excited NO2 releases energy to return to normal NO2, and this light is recorded and analyzed.
SPM PM2.5	Beta attenuation monitoring	According to the Beer–Lambert–Bouguer law, the amount of beta radiation absorbed by a solid matter is dependent on its mass and not any other feature, such as density or chemical composition. This method records the amount of beta radiation absorbed by a sample of air particles and thus makes clear the amount of SPM and PM2.5 in the sample.

7

Table 4 Guiding Principles behind Analyzing Methods for Pollutants

Pollutant	Analyzing Method	Guiding Principle
Ox	Ultraviolet absorption spectroscopy	Oxidant molecules absorb ultraviolet rays of a wavelength of about 254nm when they are emitted through the sample. The amount absorbed can be used to determine the concentration of oxidants in the sample.
CO	Infrared spectroscopy	CO molecules absorb infrared light. The amount of infrared light absorbed when emitted through the sample is used to determine the amount of CO in the sample.

8

9 Maintenance of the measuring instruments (1)

Maintenance management of measuring instruments, which are carried out to keep the accuracy and reliability of measured values on a continuous high level, are prescribed in the Monitoring Manual based on Administrative Processing Standard.

○Operation and Maintenance plan

In order to properly inspect and maintain all the measuring instruments, they are maintained and managed based on the maintenance plan and **the equipment update plan** according to the inspection procedure prescribed for each measuring instruments.

Daily inspections and periodic inspections of measuring instruments are entrusted to the professional vendors.

9 Maintenance of the measuring instruments (2)

○ Maintenance – Inspection plan

Management classification	Objective	Frequency of implementation	Contents
Daily check Ordinary check Patrol check	Operate the automatic measuring instrument normally and continuously (Acquisition of data)	At least once a week	1. Confirmation of operating condition of measuring machine 2. Replacement and Supply of Consumables 3. Simple calibration, check 4. Cleaning and replacing simple parts
Periodic inspection Precise inspection Transmission accuracy check	Maintenance of equipment performance and failure prevention maintenance (Guarantee accuracy within reference width)	At least once a year	1. Inspection of flow path 2. Inspection of detection section 3. Inspection of control and transmission system 4. Inspection of amplification and recording section
Emergency inspection	Quick and emergency inspection at the occurrence of abnormality or failure (Return to normal state)	When an error occurs	1. Discovery of faults and minor repair 2. Cause investigation and repair (by manufacturer)
Performance test	Maintain continuity in maintenance or data evaluation, prevent trouble (Grasp equipment characteristics)	• When purchasing equipment (including remodeling, replacement, updating) • Failure related to accuracy After repair • Periodic inspection and after overhaul	1. Equipment performance test (reference gas meter, standard gas, equivalent liquid check etc) 2. Equipment stability test (zero span drift, repeatability, linearity, flow stability) 3. Evaluation of measurement data (consistency with old measuring instruments, etc.)
Dynamic calibration	Determine the contents of accuracy width	At any time	1. Check with standard gas 2. Creating a calibration curve

10 Internal QC Activities

1. **Precision and Accuracy (P & A) Checks** -
These checks can be used to provide an overall assessment of measurement uncertainty**;**

2. **Zero/Span Checks** –
These checks provide an internal quality control check of proper operation of the measurement system**;**

3. **Periodical Certifications** –
A certification is the process which ensures the traceability and viability of various QC standards**;**

4. **Calibrations** –
Calibrations should be carried out at the field monitoring site by allowing the analyzer to sample test atmospheres containing known pollutant concentrations.

11 Calibrate instruments and telemeter systems

Improperly calibrated instruments frequently cause poor results.

All calibrations must also include a zero-span check covering the full range of concentrations expected during data collection.

Linearity of instrumental response must be demonstrated not assumed.

Telemeter systems, too, must be tested thoroughly, to verify that it is performing as planned.

12 Maintenance of the measuring instruments

○ Durable life of measuring instruments （the equipment update plan）

The durable life of the measuring instruments are roughly 5 to 7 years

- Dry type automatic measuring instruments, Suspended particulate matter (SPM) measuring instruments, PM2.5 measuring instruments
  - ➢ 7 years (at least once every 7 years)

- CO measuring instruments
  - ➢ 8 years

  Meteorological instruments
  - ➢ 5 years

13 Instrument Equipment Testing, Inspection and Maintenance

Preventive Maintenance

Preventive maintenance is what its name implies; maintaining the equipment within a network to prevent downtime and **costly repairs** and **data loss**.

Preventive maintenance is an ongoing element of quality control and is typically enveloped into the daily routine.

In addition to the daily routine, scheduled activities must be performed monthly, quarterly, semi-annually and annually.

14 Determination of measurement value (1)

Regarding the handling and evaluation method of the measured value, it is prescribed as follows in the administrative processing standard.

1) Evaluation of the continuous monitoring results

1-1) SO_2, CO, SPM, O_X, NO_2

As a result of continuous monitoring, short-term and long-term evaluations will be conducted for each measurement station according to environmental quality standards, and shall be as follows.

A. Shout-term evaluation (SO_2, OX, SPM, CO)

In the case of short-term evaluation of the state of air pollution in light of environmental standards, the environmental standard is set as a condition for 1 hour value or 1 hour average value per day value. Evaluate the date or time on which the measurement was made according to the measurement results continuously or occasionally by the specified method.

10 Determination of measurement value (2)

B. Long-term evaluation (SO_2, CO, SPM, NO_2)

a) SO_2, CO, SPM

Evaluate by excluding those that are within 2% of the higher one of the average daily values over the year (measured values for 7 days if there are 365 days worth of measurements).

b) NO_2

Evaluate at the equivalent of 98% from the lowest one (98% of the average daily value) out of the daily average value of the 1 hour value over the year.

2-2) Suspended particulate matter (SPM)

For the evaluation on the long-term standard, the one-year average value of the measurement result is compared with the long-term standard (1 year average value).

For the evaluation on the short term standard, 98% of the average daily value of the measurement result is selected as a representative value, and it is compared with the short term standard (1 day average value).

14 Conclusion

The most important things for continuous air pollution monitoring are to continue confirming and improving the followings;

① To accurately monitor the changes according to time
② To effectively place air pollution monitoring stations from the point of the regional representation and perform preventive maintenance of them appropriately

The monitoring data have been utilized as a basic material of the administrative policy for the local environmental improvement.

17

Thank you for listening

18

TỔNG CỤC MÔI TRƯỜNG
CỤC KIỂM SOÁT Ô NHIỄM

資料５－１

DỰ ÁN HỢP TÁC ĐỒNG LỢI ÍCH VIỆT NAM – NHẬT BẢN VỀ KIỂM SOÁT KHÍ THẢI CÔNG NGHIỆP

ĐỊNH HƯỚNG QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ TẠI VIỆT NAM

Tháng 02 năm 2017

DỰ ÁN HỢP TÁC ĐỒNG LỢI ÍCH VIỆT NAM – NHẬT BẢN VỀ KIỂM SOÁT KHÍ THẢI CÔNG NGHIỆP

I. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ DỰ ÁN

- Dự án hợp tác đồng lợi ích Việt Nam – Nhật Bản được phối hợp thực hiện giữa Cục Kiểm soát ô nhiễm và Hiệp hội Môi trường Công nghiệp Nhật Bản, Viện Khoa học Công nghệ và Môi trường, Đại học Bách Khoa Hà Nội dưới sự tài trợ của Bộ Môi trường Nhật Bản.

- Thời gian thực hiện: Tháng 3 năm 2016 đến tháng 3 năm 2017

- Mục tiêu: Tăng cường năng lực kiểm soát khí thải công nghiệp, tập trung vào các lĩnh vực có nguồn thải lớn, góp phần giảm phát thải khí nhà kính tại Việt Nam.

II. CÁC HOẠT ĐỘNG CHÍNH

1. *Xây dựng tài liệu hướng dẫn kỹ thuật về kiểm soát khí thải và kiểm kê khí thải công nghiệp, thí điểm đối với ngành nhiệt điện*

- Điều tra, khảo sát thu thập thông tin về hoạt động sản xuất và bảo vệ môi trường tại các cơ sở nhiệt điện;

- Lựa chọn Nhà máy nhiệt điện Uông Bí để thực hiện thí điểm các giải pháp kỹ thuật giảm thiểu khí thải trong sản xuất;

- Xây dựng dự thảo hướng dẫn kỹ thuật kiểm soát khí thải và đăng ký, kiểm kê khí thải (cụ thể hóa đối với ngành nhiệt điện) dành cho đối tượng là cán bộ kỹ thuật tại các doanh nghiệp;

- Tổ chức họp chuyên gia tại Hà Nội để hoàn thiện tài liệu hướng dẫn kỹ thuật.

II. CÁC HOẠT ĐỘNG CHÍNH

2. Nghiên cứu, tổng hợp kinh nghiệm quốc tế về phương pháp luận xây dựng quy định về cấp phép xả khí thải công nghiệp

-Tổng hợp thông tin quy định cấp phép xả thải của một số quốc gia như Hoa kỳ, Nhật Bản, Chi Lê, Trung Quốc, Ấn Độ. Trong đó:

+ Hoa kỳ và Nhật Bản đã áp dụng cơ chế cấp phép xả thải từ vài chục năm trước đây;

+ Trung Quốc và Chi Lê, Ấn Độ mới chỉ áp dụng thí điểm;

+ Một số quốc gia Châu Á – Thái Bình Dương thì áp dụng đối với khí nhà kính trong trao đổi hạn ngạch xả thải (trong đó có VN) thông qua cơ chế phát triển sạch CDM, chưa phải chính thức.

- Đánh giá việc thực hiện các phương pháp cấp phép xả thải của các quốc gia và định hướng xây dựng quy định và thực hiện việc cấp phép xả khí thải công nghiệp tại Việt Nam.

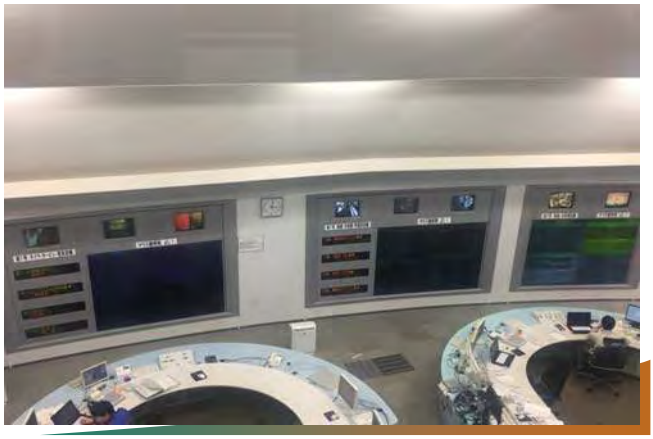
II. CÁC HOẠT ĐỘNG CHÍNH

3. Tham quan, làm việc tại Nhật Bản về quản lý chất lượng không khí và kiểm soát khí thải công nghiệp:

- Thông tin chung về hệ thống văn bản QPPL về quản lý chất lượng không khí Nhật Bản: Luật kiểm soát ô nhiễm không khí; hệ thống tiêu chuẩn quốc gia về chất lượng không khí; hệ thống tổ chức quản lý môi trường không khí từ trung ương đến địa phương;

- Làm việc tại thành phố Kawasaki: Các phương pháp xây dựng tiêu chuẩn thải công nghiệp (khí thải, nước thải), các phương pháp giám sát xả thải công nghiệp;

- Tham quan kinh nghiệm quản lý môi trường và kiểm soát khí thải tại nhà máy nhiệt điện ISOGO, nhà máy thép KEIHIN.



II. CÁC HOẠT ĐỘNG CHÍNH

3. Tham quan, làm việc tại Nhật Bản về quản lý chất lượng không khí và kiểm soát khí thải công nghiệp:

a/ Thành phố Kawasaki đã xây dựng và áp dụng một số giải pháp quản lý và kiểm soát khí thải công nghiệp:

- Xây dựng quy chế về hoạt động của cơ sở công nghiệp.

-Xây dựng quy định về đăng ký nguồn thải khí thải công nghiệp khi có hoạt động phát sinh khí thải.

-Giám sát hoạt động kiểm soát ô nhiễm không khí của cơ sở công nghiệp

-Kiểm soát thông tin trên hệ thống thông tin điện tử từ thiết bị quan trắc tự động đặt tại các cơ sở công nghiệp.

- Áp dụng quy định về hạn ngạch xả thải.

II. CÁC HOẠT ĐỘNG CHÍNH

b/ Nhà máy nhiệt điện ISOGO

- Được thành lập vào những năm cuối của thập niên 60, qua quá trình phát triển, đến năm 2016, tổng sản lượng điện của 02 khu vực sản xuất là 1,2 triệu kW/ năm.

- Nhà máy đã cam kết với chính quyền thành phố Yokohama về việc thực hiện các biện pháp xử lý chất thải, hướng tới môi trường sống đảm bảo chất lượng đối với cộng đồng.

II. CÁC HOẠT ĐỘNG CHÍNH

c/ Nhà máy thép KEIHIN

- Với vị trí nằm trên địa phận 2 tỉnh là Kawasaki và Yokohama, trên cơ sở các quy định chung của Chính phủ và quy định của chính quyền địa phương, nhà máy đã ký hiệp định về kiểm soát chất lượng môi trường với 02 thành phố Kawasagi và Yokohama, đồng thời có hiệp định 3 bên nhằm đưa ra thoả thuận chung về kiểm soát phát thải.

II. CÁC HOẠT ĐỘNG CHÍNH

4. Một số khó khăn, vướng mắc:

** Đối với việc xây dựng tài liệu hướng dẫn kỹ thuật:*

- Dữ liệu đầu vào chưa được hệ thống hóa, còn phân tán;

- Dữ liệu đo đạc thực tế chưa đầy đủ, phương pháp lưu trữ dữ liệu chưa phù hợp với yêu cầu kiểm kê khí thải;

- Thiết bị đo đạc, quan trắc hoạt động thiếu tính ổn định nên dữ liệu chưa phục vụ hiệu quả cho công tác kiểm soát khí thải;

- Dây chuyền sản xuất tại các doanh nghiệp được thiết lập theo kế hoạch hàng năm;

Do đó sự điều chỉnh phương pháp kiểm soát khí thải theo kiến nghị của chuyên gia cần một khoảng thời gian nhất định để xác định tính hiệu quả, từ đó điều chỉnh tài liệu hướng dẫn kỹ thuật cho phù hợp.

II. CÁC HOẠT ĐỘNG CHÍNH

4. Một số khó khăn, vướng mắc:

** Đối với việc nghiên cứu, tổng hợp thông tin về phương pháp cấp phép xả khí thải công nghiệp:*

- Các thông tin, dữ liệu quốc tế mặc dù tương đối phong phú, tuy nhiên đều từ các quốc gia phát triển, có công nghệ kiểm soát khí thải đồng bộ với điều kiện kinh tế xã hội và nhận thức cộng đồng cao;

- Những quốc gia trong khu vực hoặc có điều kiện kinh tế xã hội tương tự phần lớn mới chỉ áp dụng cơ chế cấp phép xả thải nói chung, xả khí thải nói riêng ở dạng thí điểm từng ngành/lĩnh vực; chưa mang tính phổ quát;

- Việc đánh giá thông tin về cấp phép xả thải mới chỉ trên phương diện lý thuyết sơ bộ, chưa đủ thời gian và kinh phí để khảo sát rộng rãi nên chưa có điều kiện đề xuất áp dụng ở Việt Nam.

III. ĐỀ XUẤT HỢP TÁC NĂM 2017

1. Hoàn thiện tài liệu hướng dẫn kỹ thuật kiểm soát khí thải và kiểm kê khí thải công nghiệp:

- Hoàn thiện sổ tay hướng dẫn kỹ thuật kiểm soát khí thải công nghiệp và kiểm kê khí thải công nghiệp dành cho đối tượng là cán bộ kỹ thuật: Nhóm chuyên gia tiếp tục hướng dẫn cán bộ kỹ thuật của Nhà máy Uông Bí trong việc tính toán kiểm kê, kiểm soát khí thải công nghiệp, hoàn thiện sổ tay hướng dẫn chung;

- Xây dựng các nội dung sổ tay hướng dẫn kiểm soát khí thải công nghiệp dành cho đối tượng là cán bộ quản lý.

III. ĐỀ XUẤT HỢP TÁC NĂM 2017

2. Hoàn thiện báo cáo nghiên cứu kinh nghiệp quốc tế về cấp phép xả khí thải công nghiệp:

-Tiếp tục nghiên cứu, đánh giá hiệu quả các phương pháp cấp phép xả khí thải công nghiệp trên cơ sở các điều kiện phát triển kinh tế xã hội ở Việt Nam;

-Đề xuất phương pháp cấp phép xả khí thải công nghiệp phù hợp với trình độ phát triển và quản lý của Việt Nam để xây dựng dự thảo quy định.

ĐỊNH HƯỚNG QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ TẠI VIỆT NAM

HOÀN THIỆN CHÍNH SÁCH PHÁP LUẬT QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ

- Tổ chức thực hiện các quy định quản lý chất lượng không khí trong Luật bảo vệ môi trường năm 2014 và các nghị định hướng dẫn;
- Xây dựng cơ chế chính sách pháp luật quản lý chất lượng không khí, kiểm soát ô nhiễm khí thải công nghiệp.
- Rà soát, điều chỉnh hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về môi trường không khí, kiểm soát khí thải;
- Triển khai Kế hoạch hành động quốc gia về quản lý chất lượng không khí.

HƯỚNG DẪN KỸ THUẬT VỀ QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ

- Tổ chức thực hiện, hướng dẫn đăng ký, kiểm kê khí thải công nghiệp đối với các ngành công nghiệp có phát sinh lượng thải lớn như thép, lọc hóa dầu, phân bón, hóa chất; từ đó xây dựng hướng dẫn kỹ thuật và tăng cường năng lực cho các ngành.
- Nghiên cứu, lựa chọn và đề xuất phương pháp luận để dự thảo quy định cấp phép xả khí thải công nghiệp phù hợp với thực trạng công nghệ hiện có ở Việt Nam.
- Tổ chức và hướng dẫn thực hiện quy định về quan trắc khí thải tự động theo quy định tại Thông tư số 31/2016/TT-BTNMT ngày 14 tháng 10 năm 2016 của Bộ Tài nguyên và Môi trường về bảo vệ môi trường cụm công nghiệp, khu kinh doanh, dịch vụ tập trung, làng nghề và cơ sở sản xuất, kinh doanh, dịch vụ.

ĐẨY MẠNH HỢP TÁC QUỐC TẾ VỀ QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ

- Triển khai các dự án hợp tác quốc tế với WB, ADB, JICA, CAI – ASIA… trong quản lý chất lượng không khí và kiểm soát khí thải công nghiệp.

- Tiếp tục phối hợp với Bộ Môi trường Nhật Bản, Hiệp hội Môi trường công nghiệp Nhật Bản thực hiện các hoạt động nâng cao năng lực kiểm soát ô nhiễm khí thải, giảm phát thải khí nhà kính.

Trân trọng cảm ơn!

資料５－２

ベトナムにおける環境人材育成とコベネフィット対策
（平成28年度コベネフィット事業の紹介と成果）

（一社）産業環境管理協会(JEMAI)
大野香代

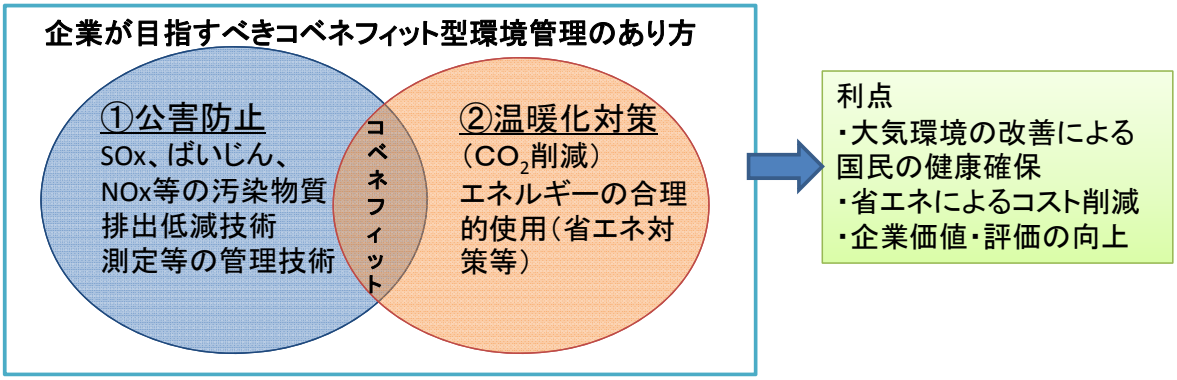
日本国環境省　平成28年度コベネフィット型環境対策技術等
の国際展開に係るベトナムとの二国間協力事業

目　次

１．日越のコベネフィット協力事業について
２．平成28年度の実施内容
　①環境人材育成
　②法政策支援
　③モデル工場における環境改善指導
３．本年度事業の成果
４．本年度事業を通しての今後の期待

1. 日越のコベネフィット協力事業について

環境汚染対策と温室効果ガスの削減対策を同時に効果的に達成するコベネフィット（共通便益）・アプローチを推進！！



2つを同時に達成、両立させることは可能か？

ベトナムを含むアジア諸国への国際貢献

制度、技術、人材育成の3方面に対して協力する。

①公害防止
1960年代の高度成長期に経験した深刻な公害問題とその克服の経験を、アジア諸国の公害対策に生かす。

②温暖化対策
資源の少ない日本で2回のオイルショックを経験
省エネルギーへの取り組みの経験を生かす。

3

大気環境保全に必要な3つの要素

ベトナムの実情に即した「環境保全の制度体系」、「人材育成」、「環境対策・測定技術」などをパッケージとした取組の実施

①法制度の整備

大気汚染関連法規
・大気環境・排出基準、・測定・モニタリング義務
・届け出、監査等の規定、・罰則等
省エネ関連法規
・省エネ判断基準策定、・登録・報告の義務等

②環境技術普及

排ガス
・燃料改質　・燃焼管理
・排ガス処理装置（集じん、脱硫、脱硝等）や測定装置の導入や適切な運転維持管理
省エネ
・エネルギー需要量の削減
・エネルギー変換効率向上

③人材育成

・法律や排ガス処理や省エネ等の知識を持つ人材の育成
・社内の環境活動の中心として活躍できる人材の育成
・住民の苦情への対応

②と③は法制度を適切かつ効果的に実行するための柱である。

4

ベトナムの産業分野における主な発生源と大気汚染防止への課題

主な固定発生源

鉄鋼、火力発電（天然ガス使用を除く）、セメント、化学（肥料製造、製油施設）、産業ボイラー使用施設

排出基準の強化
2016年1月排出基準の改正、より厳しい値へ変更。
排ガスの常時モニタリングとテレメータシステムの構築推進
排出登録・インベントリ通達、 排出枠許可制度（2018年制定を目標にしている。）

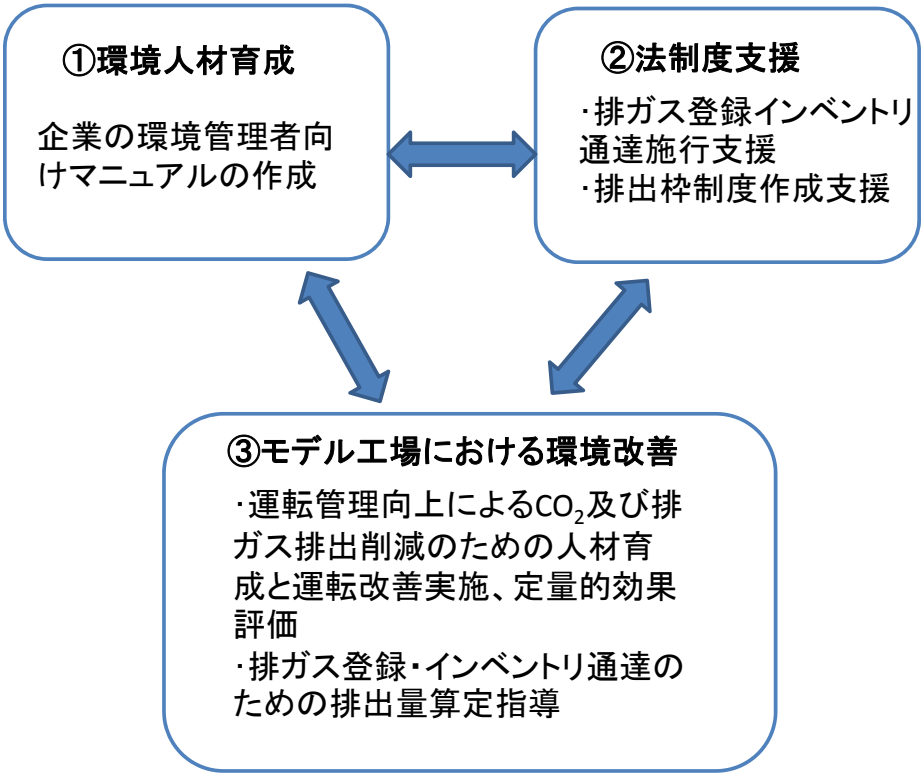
対象企業は喫緊の対応を迫られている!!

企業の課題

- **大手の最新工場でも、排ガスの新たな排出基準に対応できていない。**
  特にNOxの排出抑制はこれから着手する企業がほとんど。
- **既存の処理装置の性能を100%発揮できるような運転管理ができていない。**
- **自動計測器の維持メンテナンス、正確なデータの取得に課題がある。**
- **処理装置や自動計測器を正しく、維持管理し、データを記録、保存するシステムが不十分。**

5

2. 平成28年度のコベネフィット事業の実施内容



6

①環境人材育成

目差す環境人材のコンセプト

・環境関係の法律の知識を持ち、それを着実に実行できる人
・環境技術の知識を持ち、それを適切に利用し、汚染防止の管理に役立てることができる人

課題解決のために
・環境対策や設備の管理運転に従事する人が、技術や法規に関する知識を身に着ける。
・経営層の環境意識を向上させ、工場内に環境管理部門を設置し、知識のある人を配置し、環境対策を企業全体で行う。

↓ 環境人材の育成促進

企業の環境管理者向けのマニュアル作成

対象：企業の社長、技術管理者のレベルを想定した人材育成
ただし、行政官、教育機関やコンサルの人に対しても活用できる内容

マニュアル作成の日越協力体制

MONRE　VEA　PCD
排ガス登録・インベントリ通達　発布　施行支援

企業の管理者が汚染物質排出量を算定できるよう支援

企業の環境管理者向けのマニュアル

内容：・大気汚染の概要　・排ガス測定技術
・排ガス処理技術　・CO_2削減技術
・主な産業の排ガス処理事例
・企業の環境管理
・排ガス登録インベントリ通達のガイド

INESTの教員と日本専門家でマニュアル執筆分担。ベトナムの実情に合わせた内容を検討し、作成。

マニュアルの対象者、目的、難易度、内容の妥当性を審議

ベトナム教育機関と日本専門家との連携

日越専門家会合による意見収集

② 法政策支援

登録インベントリ通達の施行に関する支援

通達内容：指定工場は、ダスト、SOx及びNOx等の汚染物質の排出量を算定し、国に報告する。

- ○ 本通達のガイドを作成し、人材育成用のマニュアルに入れ込んだ。
- ○ モデル工場にて、実際に算定方法を指導、課題点を抽出し、マニュアルに反映
- ○ 通達施行後に起こりえる、データ収集等の課題についてとりまとめ、PCDへ情報提供、INESTの教員が日越専門家会合で発表

排出枠許可制度作成のための支援

制度目的：個別企業からの汚染物質排出量を制限し、地域の大気環境を保全する。

○Prof.Co（CEMM)の海外の排出枠制度の調査を支援

○日本の総量規制制度の概要について第1回専門家会合でプレゼンし情報提供を行う。

○PCDの担当官が来日し、日本環境省及び川崎市、鉄鋼（JEF)、火力発電所（J-Power ）を訪問し、総量規制や企業の環境管理の取り組み等について学んだ。

9

③モデル工場での環境改善実施

モデル工場の選定

業種：石炭火力発電所
理由：2020年までに石炭火力発電所の増設が予定。（ベトナム第7次国家電力マスタープランより）
CO_2排出量が他業種に比べ多い。コベネフィット事業の効果が大きく見込める。

選定方法：
ベトナム北部の火力発電所4カ所を視察、ヒアリング調査を行う。
クアンニン省のUong Bi火力発電所をモデル工場として選定した。

モデル工場での指導

a.発電効率向上のための運転管理

b.環境装置の維持管理

c.計測技術と排出量算定方法の理解

10

a. 発電効率向上のための運転管理について

指導内容:
・日本専門家による発電設備の運転状況診断と発電効率向上の可能性調査
・ボイラーの燃焼効率向上検討(空気比管理)
・設備全体の熱効率の経年変化調査と改善検討
・技術者とのディスカッション、設備メンテナンスの可能性検討

燃焼管理ついては、工場側は非常に努力をしており、石炭性状やボイラー設備の状況にあった運転をしていることが分かった。
主蒸気管、再熱蒸気管の放熱ロスの低減、AGH改修によるボイラー出口の排ガス温度の低減による発電効率の向上を示唆。これらの改善により節約できる燃料使用量とCO2排出削減量を推計した。また、排ガス温度を下げることは、ESPやFGDの処理効率も向上できるため、一石二鳥である。

b. 環境装置の維持管理

指導内容:
・排ガス処理システム全体及び燃焼設備との関係を理解
・電気集塵器(ESP)の運転管理の留意点　現状診断と改善策
・脱硫装置(FGD)の運転管理の留意点　　現状診断と改善策
・NOx低減技術　(燃料管理、燃焼管理、脱硝装置)についての理解を深める。設備選定のポイント等を理解

ESPの立ち上げ時の電圧の調整、FGDのデミスター洗浄回数を増やすなどの改善実施に繋がった。
技術管理者や運転技術者の知識を深めることができた。

c. 計測技術と排出量算定方法の理解

指導内容:
・SO_2、NOx、ダストの自動計測器の維持管理方法と留意点について学ぶ。
・登録インベントリ通達対応のための自社の汚染物質排出量の算定を実際に行う。
3つの算出方法を用いて算出した。

自動計測器の定期的な校正の重要性について理解
汚染物質排出量を算定するために必要な各種データについて、理解し、今後の対応について検討できた。

今回のモデル工場事業に参加した、工場側の感想

日本の専門家とのディスカッションを通し、現状の把握と改善について
理解を深めることができた。環境装置については、今後厳しくなる規制に対応するため、喫緊の課題となっており、今回は運転管理者が装置について深く理解する、良い機会であった。

3. 本年度事業の成果

·ベトナムの現状に即した、大規模排出事業所の環境管理者のための基礎的マニュアルを作成した。

·モデル工場での排出量届出の指導を通して、得た課題等を反映し、排ガス登録インベントリ通達を実施するための排出量届出ガイドを作成した。

·排出枠制度策定のための基礎情報として、日本及び海外の規制制度等の情報を収集してVEA/PCDに提供した。

·モデル工場におけるCO_2及び汚染物質排出削減を目的に、現状診断を実施して改善策の提案や改善に係る人材育成を実施した。

4. 本年度事業を通しての今後の期待

・基礎的マニュアルは、今後もベトナムの状況を反映させて、加筆や見直しを行い、実効性のある教材として、今後も環境人材育成に活用。
·本年度作成した排出量届出ガイドを活用した排ガス登録・インベントリ通達の円滑な実施。
・収集したデータを活用して、ベトナムの実情に即したより効果的で実行可能な排出枠制度の策定。
・モデル工場での成果の同業種、他業種への水平展開、CO_2及び汚染物質排出削減への持続的取組

終わり

平成28年度事業に対する
MONRE/VEA Pollution Control Department（PCD），
School of Environmental Science and Technology（INEST），
Research Center for Environmental Monitoring and Modeling（CEMM），
Uong Bi　Power Plant
の皆様のご協力に深く感謝いたします。

環境省
Ministry of the Environment
Government of Japan

資料５－３

HỘI THẢO
Tăng cường năng lực kiểm soát ô nhiễm không khí từ các ngành công nghiệp Việt Nam

SỔ TAY
HƯỚNG DẪN KIỂM SOÁT KHÍ THẢI CÔNG NGHIỆP

02/2017

Nội dung trình bày

- Bối cảnh ra đời của Sổ tay
- Mục tiêu của Sổ tay
- Cách tiếp cận trong Sổ tay
- Cấu trúc Sổ tay
- Đối tượng và phạm vi áp dụng của Sổ tay

Bối cảnh ra đời của Sổ tay

- Báo cáo MTQG 2013- MT Không khí:
  - Ô nhiễm không khí, đặc biệt bụi, tại các thành phố, KCN vv.. ở mức cao
  - Nguồn:
    - Giao thông, công nghiệp, xây dựng vv..
    - Công nghiệp: Thép, nhiệt điện, SX vật liệu XD vv…
  - Hạn chế trong QLCLKK:
    - Kiểm soát nguồn thải chưa hiệu quả
    - Kiểm kê nguồn thải chưa được triển khai ở quy mô rộng
  - Một nguyên nhân: Năng lực kỹ thuật, quản lý chưa đáp ứng yêu cầu thực tế.

3

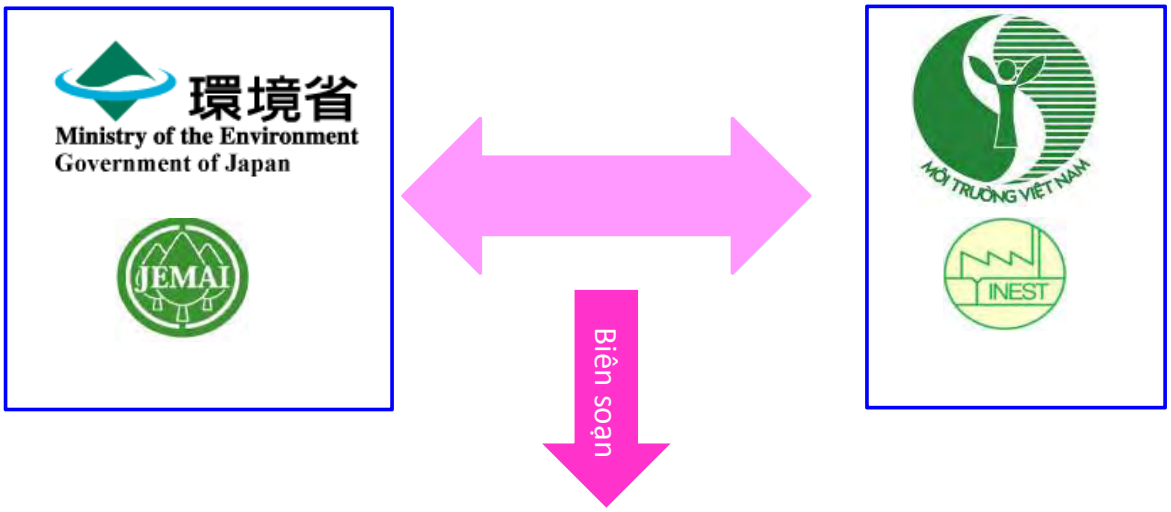
Bối cảnh ra đời của Sổ tay (tiếp)

- Bộ Môi trường Nhật Bản hỗ trợ "**Dự án Hợp tác Việt Nam – Nhật Bản về Đồng lợi ích**".
- Mục tiêu của Dự án là "đồng lợi ích": Cải thiện chất lượng không khí và cắt giảm phát thải CO_2
- Phương thức: Hỗ trợ xây dựng khung thể chế, đào tạo nguồn nhân lực về kiểm soát khí thải công nghiệp.

➔ Cuốn Sổ tay được biên soạn nhằm cung cấp một tài liệu kỹ thuật để thực hiện các mục tiêu của Dự án

4

Bối cảnh ra đời của Sổ tay (tiếp)



SỔ TAY
HƯỚNG DẪN KIỂM SOÁT KHÍ THẢI CÔNG NGHIỆP

5/20

Mục tiêu của Sổ tay

Cung cấp hướng dẫn kỹ thuật phục vụ đào tạo nguồn nhân lực kiểm soát khí thải cho các ngành công nghiệp của Việt Nam nhằm:

- Nâng cao chất lượng không khí
- Giảm phát thải khí CO_2

6

Cách tiếp cận trong Sổ tay

- Cung cấp kiến thức cơ bản theo định hướng thực hành
- Cung cấp sơ đồ công nghệ, thiết bị
- Trang bị những giải pháp cụ thể, những tình huống, sự cố hay gặp trong thực tế cùng cách khắc phục chúng.
- Cung cấp kinh nghiệm của Nhật Bản

7

Cấu trúc sổ tay

- Chương 1: Sơ lược về không khí và ô nhiễm không khí
- Chương 2: Quan trắc khí thải
- Chương 3: Kiểm soát bụi, SO_2 và NOx
- Chương 4: Kiểm soát phát thải CO_2 bằng giải pháp tiết kiệm năng lượng
- Chương 5: Áp dụng giải pháp đồng lợi ích trong một số ngành CN trọng điểm
- Chương 6: Quản lý môi trường tại nhà máy
- Chương 7: Kiểm kê phát thải

8/20

Chương 1
Sơ lược về không khí và ô nhiễm không khí

1.1. Không khí và sự ô nhiễm không khí

- Cấu tạo của khí quyển
- Ô nhiễm không khí: Chất gây ô nhiễm, Nguồn ô nhiễm, …

1.2. Tác hại của ô nhiễm không khí

- Tác hại trực tiếp
- Tác hại đối với kinh tế - môi trường
- Gây ra những vấn đề môi trường toàn cầu

Chương 2. Quan trắc khí thải

2.1. Phương pháp đo O_2, CO, CO_2 trong khí thải để kiểm soát quá trình cháy

2.2. Phương pháp đo nhiệt độ, hàm ẩm và vận tốc của khí thải

2.3. Tính toán lưu lượng

2.4. Phương pháp quan trắc thủ công

- Phương pháp lấy mẫu và đo trực tiếp
- Phân tích SO_2, NOx và lấy mẫu bụi

2.5. Phương pháp quan trắc tự động

Chương 3. Kiểm soát bụi, SO_2, NOx

3.1. Các cách tiếp cận trong kiểm soát ô nhiễm không khí
- Tăng cường mức độ phát tán
- Giảm thiểu tại nguồn
- Xử lý cuối nguồn

3.2. Công nghệ xử lý bụi
- Các loại thiết bị xử lý bụi: buồng lắng, cyclone, tháp rửa khí, ESP …
- Vận hành và bảo dưỡng các thiết bị xử lý bụi

3.3. Công nghệ xử lý SO_2
- Các công nghệ và cơ chế xử lý SO_2
- Chức năng, vận hành và bảo dưỡng thiết bị xử lý SO_2

3.4. Công nghệ kiểm soát NOx
- Công nghệ đốt phát sinh NOx thấp
- Công nghệ xử lý NOx trong khí thải
- Chức năng, vận hành và bảo dưỡng thiết bị xử lý NOx

Chương 4

Kiểm soát phát thải CO_2 bằng giải pháp tiết kiệm năng lượng

4.1. Quan điểm về tiết kiệm năng lượng trong doanh nghiệp
- Quan điểm về tiết kiệm năng lượng
- Tiêu chí đánh giá tiết kiệm năng lượng
- Một số giải pháp tiết kiệm năng lượng cụ thể

4.2. Tiết kiệm năng lượng bằng quản lý quá trình cháy
- Tính toán quá trình cháy
- Quản lý tỉ lệ khí cấp
- Sự phát sinh và biện pháp giảm thiểu khói đen
- Ăn mòn thiết bị đốt và biện pháp phòng chống

Chương 5

Áp dụng giải pháp đồng lợi ích trong một số ngành công nghiệp trọng điểm

- **Khái niệm Đồng lợi ích:** Lợi ích thu được khi đồng thời:
  - Cắt giảm được phát thải các chất ô nhiễm không khí
  - Cắt giảm được phát thải CO_2
- **Mục tiêu**
  - Mô tả các giải pháp đồng lợi ích áp dụng cho 4 ngành công nghiệp được coi là nguồn phát sinh ô nhiễm không khí chủ yếu ở Việt Nam
    - Nhiệt điện
    - Gang thép
    - Sản xuất xi măng
    - Hóa chất

Chương 5

Áp dụng giải pháp đồng lợi ích trong một số ngành công nghiệp trọng điểm

- **Nội dung**
  - 5.1. Nhiệt điện than
  - 5.2. Công nghiệp gang thép
  - 5.3. Sản xuất xi măng
  - 5.4.Công nghiệp hóa chất:
    - Sản xuất phân bón
    - Lọc dầu

❖ Quy trình sản xuất
❖ Kiểm soát ô nhiễm không khí
❖ Biện pháp tiết kiệm năng lượng (để giảm phát thải CO_2)

Chương 6

Quản lý môi trường tại nhà máy

- **Mục tiêu**

  Giới thiệu kinh nghiệm và mô hình quản lý môi trường tại nhà máy ở Nhật Bản

- **Nội dung**

  6.1. Tổ chức quản lý môi trường cho doanh nghiệp

  6.2. Xây dựng cơ chế quản lý và vai trò của người quản lý môi trường

  6.3. Phát huy nặng lục đội ngũ cán bộ

  6.4. Đối thoại với cơ quan quản lý địa phương và cư dân sở tại

  6.5. Hệ thống người quản lý kiểm soát ô nhiễm (Pollution Control Manager: PCM) của Nhật Bản

15/20

Chương 7

Kiểm kê phát thải

- **Mục tiêu**

  – Giới thiệu khái quát về khái niệm kiểm kê phát thải và phương pháp thực hiện

  – Hướng dẫn các cơ sở công nghiệp để họ có thể tự thực hiện kiểm kê phát thải của cơ sở theo quy định của thông tư về kiểm kê phát thải

16/20

Chương 7. Kiểm kê phát thải

- **Nội dung**

7.1. Tổng quan về kiểm kê phát thải

- Khái niệm
- Cách tiếp cận
- Phương pháp ước tính thải lượng: quan trắc, hệ số phát thải, cân bằng vật chất.

7.2. Quy trình kiểm kê phát thải tại các cơ sở công nghiệp

- Xác định chất ô nhiễm thực hiện kiểm kê
- Xác định phạm vi thực hiện kiểm kê
- Lựa chọn phương pháp ước tính phát thải
- Thu thập thông tin, số liệu
- Tính toán kết quả
- Báo cáo

7.3. Đăng ký chủ nguồn thải

- Khái niêm, mục tiêu, ý nghĩa
- Đối tượng thực hiện
- Thủ tục đăng ký chủ nguồn thải

Đối tượng và phạm vi áp dụng của Sổ tay

- **Đối tượng sử dụng chính**
  - Cán bộ quản lý nhà máy
  - Cán bộ kỹ thuật và cán bộ phụ trách môi trường của nhà máy
- **Phạm vi áp dụng**
  - Các cơ sở sản xuất công nghiệp ở Việt Nam, bước đầu tập trung vào 4 ngành trọng điểm: nhiệt điện, gang thép, xi măng, hóa chất

資料５－４

TỔNG CÔNG TY PHÁT ĐIỆN 1
CÔNG TY NHIỆT ĐIỆN UÔNG BÍ

BÁO CÁO THAM LUẬN

Giảm ô nhiễm không khí và phát thải CO_2 ở nhà máy nhiệt điện

HỘI THẢO TĂNG CƯỜNG NĂNG LỰC KIỂM SOÁT KHÍ THẢI CÔNG NGHIỆP Ở VIỆT NAM

NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN UÔNG BÍ

- Khởi công xây dựng: 19/05/1961
- Trực thuộc Tổng công ty phát điện 1
- Sản lượng hàng năm: 3 tỷ kWh

NỘI DUNG THỰC HIỆN DỰ ÁN

Dây chuyền triển khai: 300 MW

Thời gian thực hiện : 6/2016 – 1/2017

Số lần khảo sát : 04

Thời điểm khảo sát : 7/2016, 8/2016, 10/2016, 1/2017

NỘI DUNG THỰC HIỆN DỰ ÁN

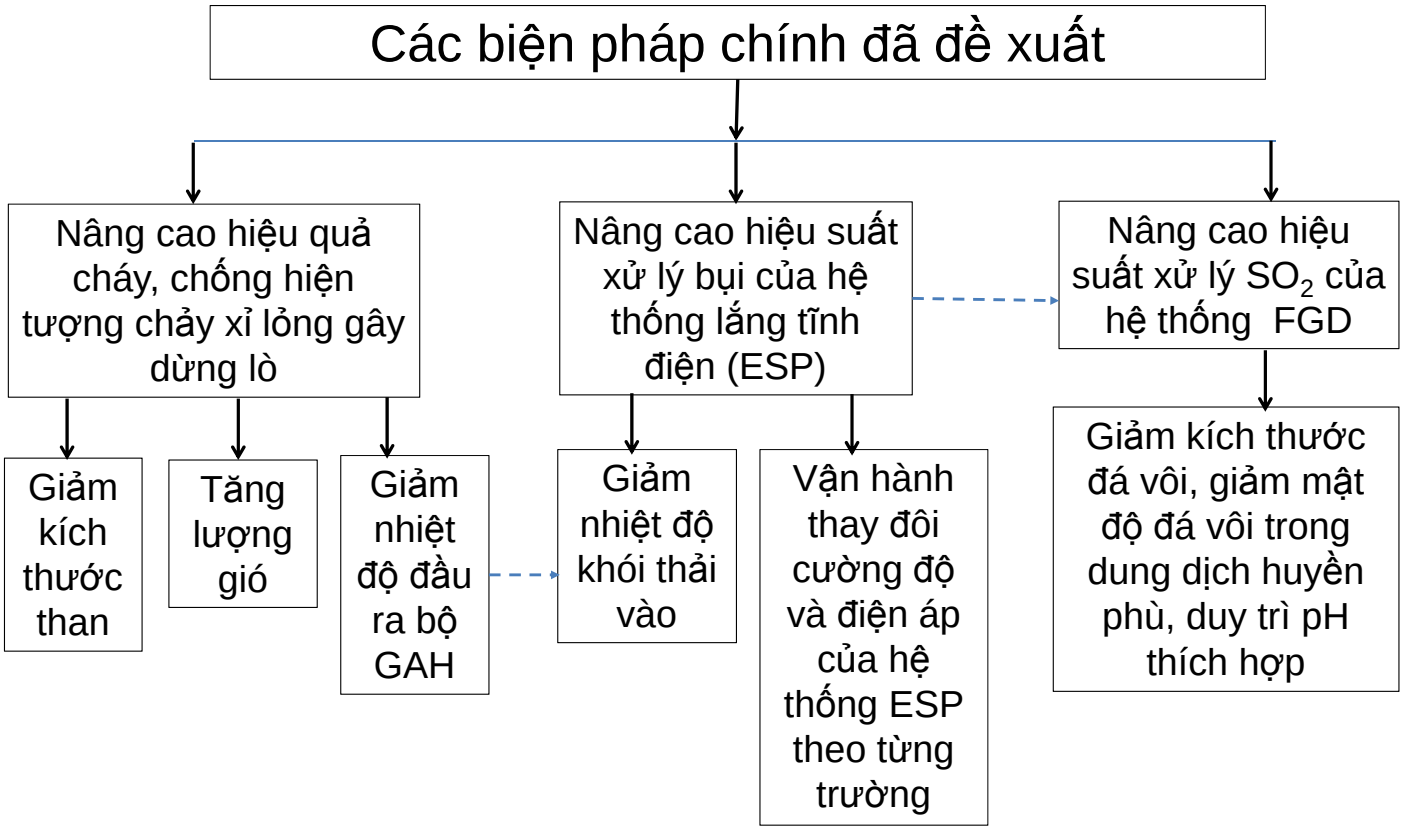
07/2016: Đoàn làm việc khảo sát các thông số thiết kế và làm việc của lò và hệ thống xử lý khí thải thông qua bảng câu hỏi.

08/2016: Đoàn làm việc thảo luận với cán bộ nhà máy về các tình hình hoạt động, sự cố của nhà máy và giảng bài về hệ thống lắng tĩnh điện xử lý bụi (ESP), hấp thụ xử lý SO_2 (FGD) và hệ thống quan trắc tự động.

10/2016: Đoàn làm việc trao đổi với cán bộ nhà máy và tiến hành thử nghiệm tăng gió để giảm phát thải CO_2 và hướng dẫn cán bộ nhà máy tính toán kiểm kê theo dự thảo thông tư hướng dẫn.

01/2017: Đoàn làm thu thập các số liệu đánh giá hiệu quả thử nghiệm, hiệu suất nhiệt của nhà máy sau thời gian hoạt động và tiếp tục hướng dẫn trao đổi về các biện pháp quản lý, vận hành hệ thống ESP, FGD, khử NOx và đánh giá hiệu quả của các tư vấn về môi trường.

NỘI DUNG THỰC HIỆN DỰ ÁN



NỘI DUNG THỰC HIỆN DỰ ÁN

Các bài giảng kỹ thuật đã thực hiện

- Vận hành, bảo dưỡng đánh giá kết quả hệ thống quan trắc tự động
- Tính toán kiểm kê tải lượng phát thải khí thải
- Vận hành, quản lý hệ thống xử lý môi trường: ESP, FGD, khử NOx

KẾT QUẢ THỰC HIỆN DỰ ÁN

Kết quả thử nghiệm tăng O_2 (5% gió cấp 2)
(chế độ phụ tải cao > 280 MW)

Dự kiến là có thể nâng cao công suất tổ máy 1,4%

nhưng chưa thể đánh giá chính xác do điều kiện phụ tải biến động

Thời gian thực hiện: 14 – 16/11/2016

KẾT QUẢ THỰC HIỆN DỰ ÁN

Đề xuất giảm nhiệt độ hơi đầu ra bộ GAH bằng các biện pháp kỹ thuật trong giai đoạn trung tu năm tới

Ước tính nâng cao hiệu suất tổ máy 1,4%

Ước tính giảm 14.000 tấn than/ năm

Tiết kiệm 900.000USD/năm

Giảm 30.000 tấn CO_2 /năm

KẾT QUẢ THỰC HIỆN DỰ ÁN

Đối với hệ thống ESP:

Để tránh hiện tượng khói đen khi khởi động lò hơi công ty đã tiến hành thử nghiệm điều chỉnh điện áp cho từng trường của hệ thống ESP để đưa ESP và làm việc ngay khi khởi động lò hơi.

Giảm hiện tượng khói đen khi khởi động

Đang tiến hành đánh giá chi tiết

KẾT QUẢ THỰC HIỆN DỰ ÁN

Đối với hệ thống FGD:

Để giảm thiểu hiện tượng tắc bộ khử sương của FGD, công ty đã điều chỉnh giảm nồng độ dung dịch huyền phù đá vôi.

Lượng nước đưa vào để giảm nồng độ được tận dụng rửa luôn bộ khử sương. Trước đây là 8 tiếng/ lần, giờ là 2 tiếng/ lần.

Đã giảm vấn đề tắc

Và đang tiến hành đánh giá chi tiết hiệu quả kinh tế

KẾ HOẠCH TRONG NĂM NAY

Cải tiến hiệu suất lọc bụi của bộ ESP thông qua việc cân bằng dòng khí thải qua các nhánh, điều chỉnh điện áp từng trường tương ứng với nồng độ bụi.

Kỳ vọng giảm thiểu vấn đề tắc bộ khử sương của FGD, giảm số lần dừng lò hơi, cải tiến được hiệu suất phát điện

DỰ ÁN TƯƠNG LAI

Dự án 2017-2019, kinh phí 1400 tỷ đồng

- Chuyển đổi từ dầu FO - DO
- Cải tạo nâng cấp hệ thống xử lý khí thải lò hơi
- Lắp đặt mới bộ khử NOx
- Cải tạo nâng cấp hệ thống lắng tĩnh điệnxử lý bụi, hệ thống xử lý SO_2

Trân trọng cảm ơn!

資料５－５

2017年2月

排ガス登録インベントリへの事業所対応について

（一社）産業環境管理協会(JEMAI)
池田　茂

日本国環境省　平成28年度コベネフィット型環境対策技術等の国際展開に係るベトナムとの二国間協力事業

目次

1. 排出量の計算方法
2. 必要なデータと集計方法
3. インベントリの活用方法

Photos:Tokyo Metropolitan Government

排ガス登録インベントリ通達の要求

- 汚染物質の排出量を計算する。
  - 汚染物質ごと
  - 施設ごと
- 様式にしたがって国に報告する。

⇒工場からの汚染物質の排出量を正しく把握し、国に報告すること。

1. 排出量の計算方法

- 連続測定値を利用する方法
  - E=k×Q×C
- 排出係数を利用する方法
  - E=k×A×EF
- 物質収支を利用する方法
  - E=k×A×S

◆計算自体は容易であるが、計算に必要なデータを準備することに注意が必要

連続測定値を利用する方法

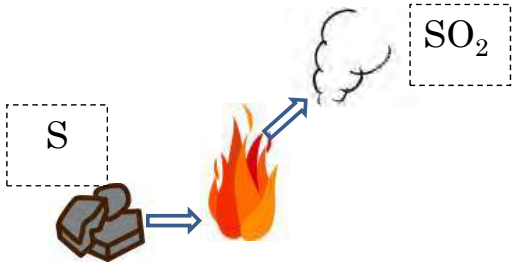
- E=k×Q×C
  - E:汚染物質の排出量(t/年)
  - Q:排ガス量(m^3/年)
  - C:汚染物質の平均濃度(mg/m^3)

排出係数を利用する方法

- E=k×A×EF×(100-ER)/100
  - E:汚染物質の排出量(t/年)
  - A:活動量(トン/年(燃料、製品))
  - EF:排出係数(kg/トン(燃料、製品))
  - ER:排ガス処理装置の処理効率(%)

物質収支を利用する方法

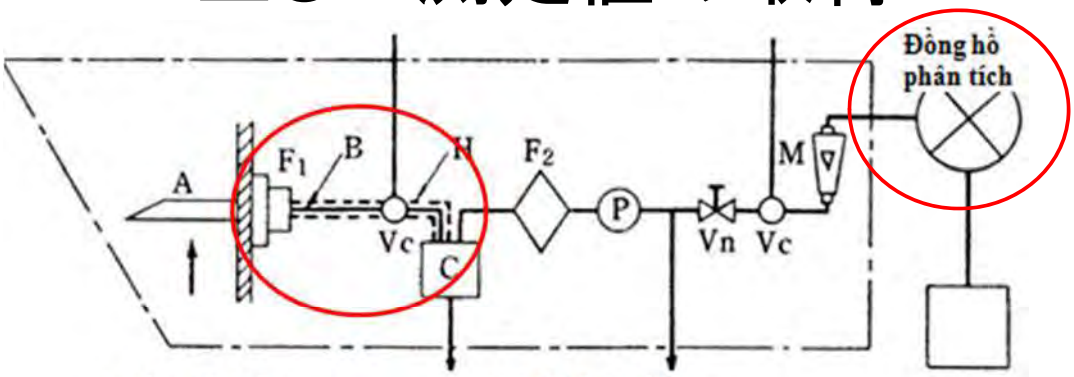
- E=k×A×S×(100-ER)/100
  - E:汚染物質の排出量(t/年)
  - A:燃料消費量(トン/年)
  - S:燃料中の硫黄分(%)
  - ER:排ガス処理装置の処理効率(%)



2. 必要なデータと集計の方法

必要なデータ	集計の方法
C:汚染物質の濃度(mg/m³)	濃度の連続測定値を年間平均値に集計する。
Q:排ガス量(m³/年)	年間の排ガス量を集計する。
A:燃料消費量(トン/年)	燃料種類ごとの年間消費量を集計する。
A:製品生産量(トン/年)	各製造施設ごとの製品生産量の年間消費量を集計する。
S:燃料中の硫黄分(%)	燃料種類ごとに、複数回の分析値を平均する。
ER:排ガス処理装置の処理効率(%)	平均的な稼働状況における処理効率を求める。
EF:排出係数(kg/トン(燃料、製品))	当該施設の技術に近い排出係数を見つける。

正しい測定値の取得

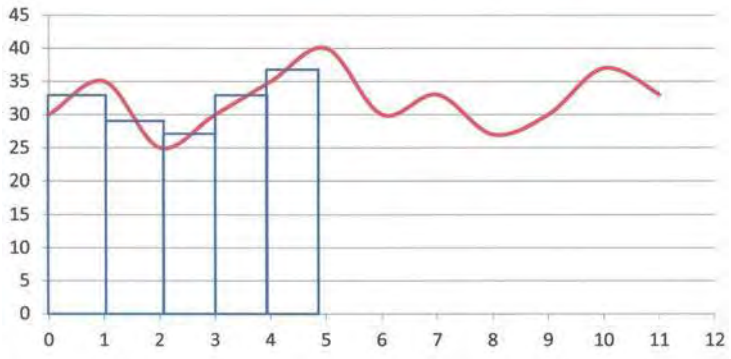


A :Ống lấy mẫu
B :Ống dẫn
C :Thiết bị khử ẩm
D,D´ :Cửa dẫn khí để hiệu chỉnh
F_1 :Bộ lọc thô
F_2 :Bộ lọc mịn
H :Bộ làm nóng
Vc :Van chuyển đổi
M :Lưu lượng kế
P :Bơm hút
Vn :Van xiết

・水分の凝縮による導管の詰りの防止
・分析計の定期的な校正と維持管理

測定値の集計と保管

- 連続測定値を1時間平均値に集計する。
- 測定データを保管する。



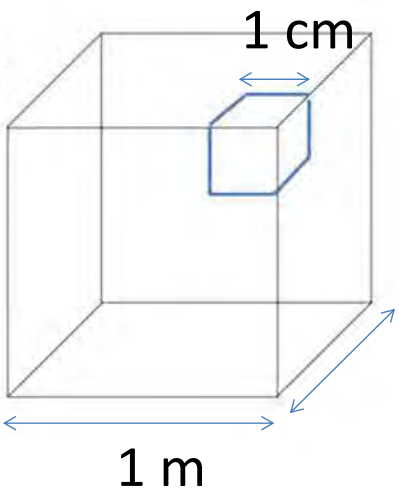
yy/mm/dd/hh	NOx (mg/m^3)
2017010101	33
2017010102	29
2017010103	27
2017010104	33
2017010105	37
2017010106	
2017010107	

2つの濃度表示

- 体積濃度（ppm）
  - ➢ 汚染物質の体積/排ガスの量
- 重量濃度（mg/m^3）
  - ➢汚染物質の重量/排ガスの量

◆単位の変換方法

ppm⇔mg/m^3

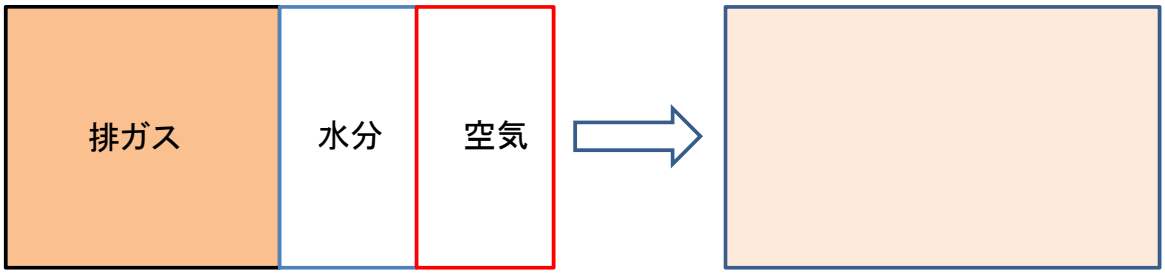


排ガス量の求め方

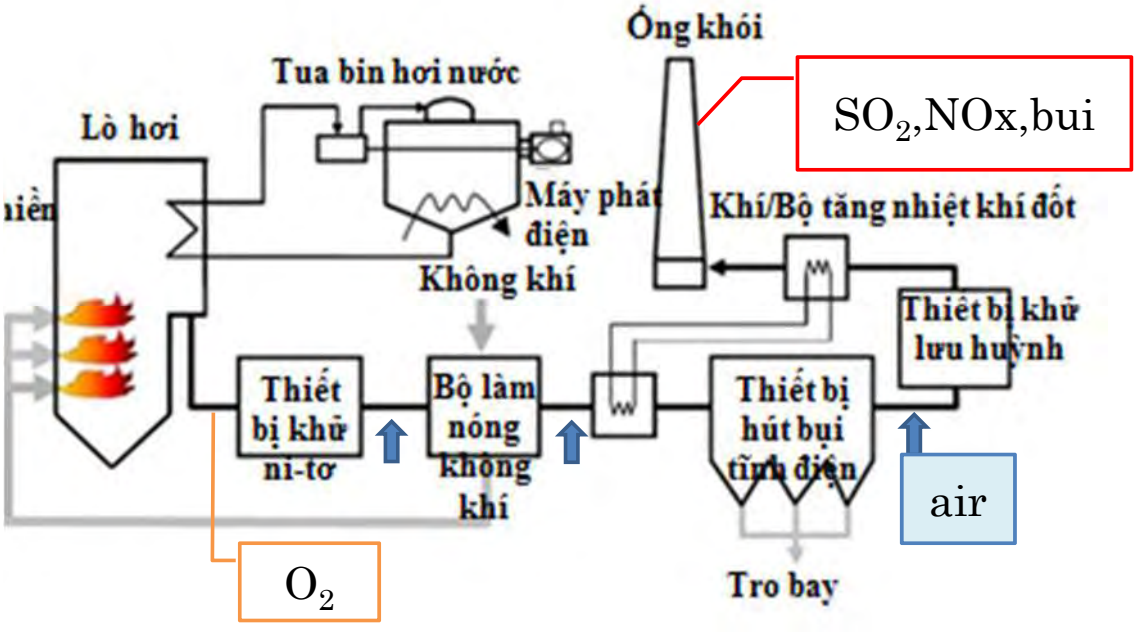
- 排ガス流速計による実測
- 燃料使用量からの計算
  - ➢燃料組成（C,H,O,N,S）のデータが必要
  - ➢理論排ガス量（燃焼用空気を過不足なく燃焼した場合の排ガス量）
- 排風機の設計能力

排ガス量に与える影響要因

- 温度
- 圧力
- 水分
- 空気による希釈



煙道には空気の漏れがある



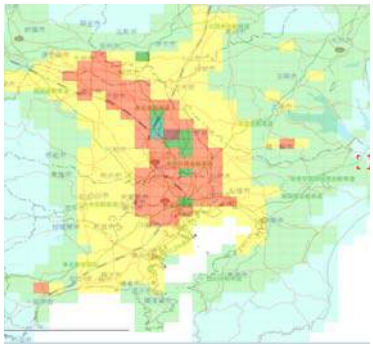
理想的なモニタリングの例

※　汚染物質の濃度と排ガス流量は、同じ位置で採取する。

3. インベントリの活用方法

- 行政
  - 既存の施策の効果確認
  - 実態を踏まえた合理的な新施策の立案
    - 地理的な排出量の分布
    - 大気拡散シミュレーション
- 企業
  - 工場の環境管理
    - 排出基準の順守
    - 問題個所の把握と自主的改善
  - CSRの推進と市民からの評価

    Corporate Social Responsibility



資料５－６

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN HẠN NGẠCH VÀ CẤP PHÉP PHÁT THẢI KHÍ THẢI CÔNG NGHIỆP Ở VIỆT NAM

Soạn thảo theo Điều khoản tham chiếu (TOR) của Cục Kiểm soát ô nhiễm Việt Nam và theo Hợp đồng dịch vụ giữa Hiệp hội Quản lý môi trường công nghiệp Nhật Bản (JEMAI)và Trung tâm Nghiên cứu Quan trắc và Mô hình hóa môi trường (CEMM)

GS.TS. Hoàng Xuân Cơ
ThS. Đinh Mạnh Cường
NCS. Đặng Thị Hải Linh
CN. Đặng Thanh An
CN. Hoàng Thị Bích Vân

1

CONTENTS

1. Sự cần thiết của tính toán hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp trong quản lý môi trường không khí
2. Cơ sở lý thuyết về tính toán hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp
3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia
4. Khả năng xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở Việt Nam
5. Đề xuất dạng hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở Việt Nam và lộ trình thực hiện

2

1. Sự cần thiết của tính toán hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp trong quản lý môi trường không khí

•Các hoạt động phát triển, đặc biệt là phát triển kinh tế đã và đang được gia tăng. Công nghiệp phát triển mạnh mẽ trong nửa sau của thế kỷ 20.

•Ngày càng nhiều hàng hóa, dịch vụ chất lượng cao đã được tạo ra đáp ứng sự gia tăng dân số và gia tăng chất lượng sống của con người

•Con người đã và đang phải đối mặt với hai vấn đề quan trọng: cạn kiệt tài nguyên thiên nhiên và suy giảm chất lượng cuộc sống.

•Lượng thải nhiều đến mức chất lượng môi trường bị suy giảm nghiêm trọng ở một số khu vực, gây ra những thảm họa không mong muốn.

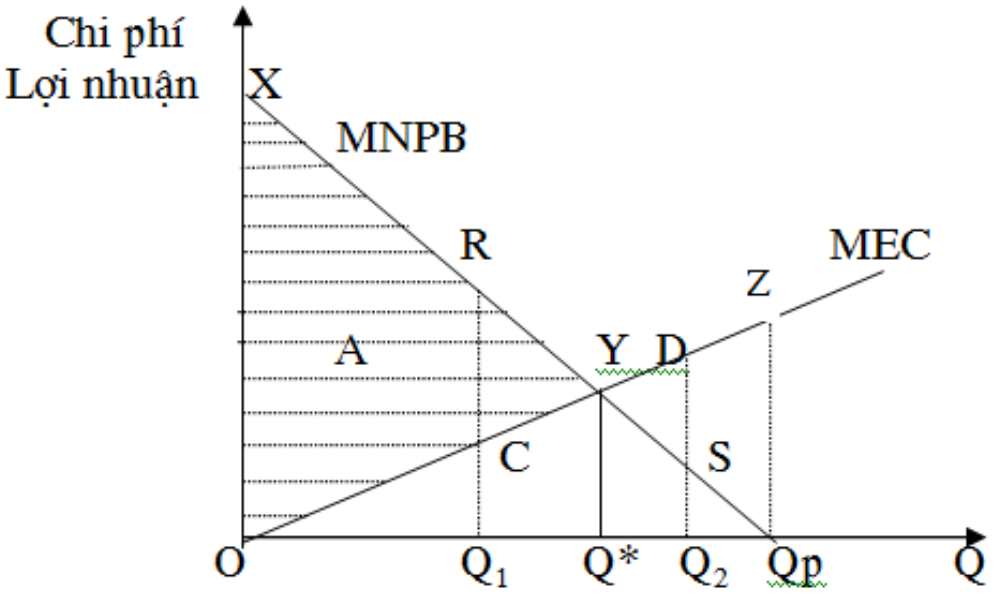
•Trên thế giới đã có những sự cố về ô nhiễm không khí gây chết người như ở Bỉ, Anh, Nhật, …

1. Sự cần thiết của tính toán hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp trong quản lý môi trường không khí

- Công cụ quản lý, kinh tế, công nghệ đã được đề xuất, thực hiện để cải thiện chất CLMT.
- Giảm phát thải chất ô nhiễm nhưng vẫn đảm bảo phát triển, nâng cao đời sống con người.
- Giảm phát thải cần có cơ sở pháp lý, cơ sở khoa học để không làm ảnh hưởng đến hoạt động sản xuất mà chi phí cắt giảm chất thải ở mức chấp nhận được.
- Việt Nam có quá trình phát triển công nghiệp muộn, đã cố gắng rút kinh nghiệm để phát triển đúng hướng, giảm thiểu tác động xấu đến môi trường.
- Tốc độ tăng trưởng cao, quá trình công nghiệp hóa, đô thị hóa diễn ra mạnh mẽ đã gây ra những tác động bất lợi đến môi trường, ô nhiễm, sự cố môi trường ở một số nơi.
- Nhà nước Việt Nam đã có những chính sách hạn chế phát thải chất ô nhiễm môi trường nói chung và chất ô nhiễm không khí nói riêng ra môi trường.
- Cần nghiên cứu cơ sở lý thuyết, thực tiễn, ban hành các văn bản pháp luật nhằm cắt giảm chất thải, kiểm soát phát thải .
- Báo cáo trình bày kết quả nghiên cứu tổng quan về phương pháp tính toán hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp trong quản lý môi trường không khí.
- Báo cáo được thực hiện theo yêu cầu của Cục kiểm soát ô nhiễm, Tổng cục môi trường Việt Nam với sự hỗ trợ của các chuyên gia Nhật Bản, Hiệp hội Quản lý môi trường công nghiệp Nhật Bản.

2. Cơ sở lý thuyết về tính toán hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp

2.1. Mức ô nhiễm tối ưu và hạn ngạch phát thải đối với từng doanh nghiệp



2. Cơ sở lý thuyết về tính toán hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp

2.2. Quy chuẩn/ tiêu chuẩn nồng độ cho phép chất ô nhiễm trong khí thải và hạn ngạch phát thải

Quy chuẩn QCVN 22-2009/BTNMT đã quy định nồng độ nhiều chất thải trong khí thải công nghiệp nhiệt điện như SO_2, NO_x, bụi tổng số.

Nồng độ này lại phụ thuộc vào công suất phát điện (công suất càng cao thì nồng độ quy định càng giảm) và vùng khu vực đặt nhà máy (theo 5 loại từ thành phố lớn đến nông thôn miền núi) theo hướng càng ở khu vực thành phố lớn nồng độ quy định càng nhỏ.

Đơn vị nồng độ quy định trong QCVN này là mg/Nm^3 nên khi biết tổng lưu lượng khí thải với đơn vị là Nm^3/thời gian thì có thể tính được hạn ngạch phát thải của từng nhà máy nhiệt điện. Kí hiệu T là hạn ngạch phát thải trong thời gian (tháng, quý, năm); Co là nồng độ quy định trong QCVN 22 và L là lưu lượng khí thải thì có thể xác định T theo công thức T = Co.L.

2. Cơ sở lý thuyết về tính toán hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp

Ví dụ tính hạn ngạch phát thải SO_2 của nhà máy nhiệt điện chạy than công suất 600 MW hoạt động sau 17/10/2005 đặt ở ngoại thành đô thị đặc biệt thì tra trong QCVN ta được C_o = 500 mg/Nm^3 x 0,85 x 0,8 = 340 mg/Nm^3. Nếu nhà máy hoạt động 300 ngày/năm, 24h/ngày, tiêu thụ than 6000 tấn/ngày mỗi tấn than phát sinh 8000 Nm^3 khí thải, ta có thể tính được hạn ngạch mức thải đối với nhà máy này là:

T = 340 mg/Nm^3 x 300 ngày/năm x 8000 Nm^3/tấn than x 6000 tấn than/ngày
= 340 x 300 x 8000 x 6000 (mg/năm)
= 34 x 3 x 8 x 6 = 4.896 tấn/năm

Đây cũng là gợi ý cách tính hạn ngạch cho từng cơ sở sản xuất công nghiệp. Bằng kiểm kê phát thải hàng năm ta có thể kiểm soát được mức thải có tuân thủ hạn mức hay không

7

2. Cơ sở lý thuyết về tính toán hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp

2.3. Chất lượng không khí xung quanh và hạn ngạch phát thải

- Chất lượng không khí (CLKK) xung quanh và mức phát thải ở một khu vực nhất định có mối quan hệ rõ rệt.
- Từ các nguồn thải, các chất ô nhiễm sẽ lan truyền trong không khí để đến các điểm/trạm đo CLKK xung quanh.
- Bằng các mô hình lan truyền từ các loại nguồn khác nhau (điểm, đường, mặt, di động,…) có thể tính được nồng độ chất ô nhiễm ở môi trường không khí xung quanh.
- Chất lượng không khí được đánh giá thông qua số liệu đo đạc của hệ thống quan trắc.
- Nếu nhận thấy CLKK suy giảm hay ô nhiễm thì chắc chắn phải có giải pháp khắc phục. Một trong những phương pháp khắc phục là giảm phát thải trên phạm vi rộng, có thể là của tất cả các nguồn thải. Đây là bài toán về xác định hạn ngạch phát thải chung của một khu vực rộng lớn, từ đó xác định mức thải cho từng nhà máy, cơ sở sản xuất.

8

2. Cơ sở lý thuyết về tính toán hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp

2.3. Chất lượng không khí xung quanh và hạn ngạch phát thải

- Thông qua kết quả quan trắc của hệ thống đo CLKK cả khu vực đánh giá mức CLKK
- Nếu thấy CLKK bị suy giảm hay đã xảy ra ô nhiễm không khí thì phải xem xét khả năng ảnh hưởng của các nguồn thải liên quan.
- Từ số liệu thải của các nguồn và số liệu khí tượng, địa hình toàn vùng thì có thể sử dụng mô hình lan truyền tính nồng độ chất ô nhiễm của toàn khu vực do các nguồn này gây ra.
- Số liệu tính toán từ mô hình và số liệu đo sẽ được so sánh để chỉ ra thực chất CLKK khu vực và xác định mức thải cần phải giảm để đạt được mục tiêu về CLKK xung quanh.
- Để có thể đạt mục tiêu CLMTKK xung quanh ta phải có hệ thống quan trắc (nhiều trạm quan trắc tự động liên tục),
- Phải có số liệu đủ độ tin cậy về các nguồn thải, các điều kiện địa hình, số liệu khí tượng và có mô hình được các bên công nhận sử dụng chung.
- Giải bài toán phức tạp này cần nhiều số liệu nhưng vẫn có thể áp dụng ở một số công đoạn trong xác định hạn ngạch phát thải của toán khu vực, thậm chí của một nguồn cụ thể để đáp ứng CLKK ở mức chấp nhận được.

2. Cơ sở lý thuyết về tính toán hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp

2.4. Lý thuyết chi phí hiệu quả và hệ thống giấy phép xả thải

- Trong kinh tế môi trường, lý thuyết chi phí hiệu quả được dùng để chứng minh hiệu quả kinh tế của hệ thống cấp hạn ngạch phát thải cho khu vực có nhiều đối tượng (doanh ngiệp) xả thải.
- Giả sử ở một khu vực, nhà nước quy định hạn ngạch xả thải một chất ô nhiễm không khí là Q đơn vị ô nhiễm (đvon) và có nhiều doanh nghiệp với mức xả thải chất ô nhiễm đó lần lượt là q1, q2, …, qn và

  $q1 + q2 + \ldots + qn = Q' > Q.$

  Khi đó tổng lượng chất ô nhiễm phải xử lý là Q' – Q (đvon). Vấn đề đặt ra là phân bổ mức xử lý của từng nhà máy q'1, q'2, …q'n như thế nào để

  $q'1 + q'2 + \ldots + q'n = Q' - Q$ mà tổng chi phí xử lý của tất cả doanh nghiệp nhỏ nhất. Bài toán có thể giải được khi biết các hàm chi phí xử lý biên MCCn (q'n) của từng doanh nghiệp.
- Người ta đã chứng minh được rằng khi n = 2 (chỉ có 2 doanh nghiệp) thì dễ dàng giải hệ phương trình hai ẩn:

  $q'1 + q'2 + \ldots + q'n = Q' - Q$

  $CC1(q'1) + CC2(q'2) = \min$

từ đó rút ra $MCC_1(q'_1) = MCC_2(q'_2)$.

2. Cơ sở lý thuyết về tính toán hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp

2.4. Lý thuyết chi phí hiệu quả và hệ thống giấy phép xả thải

- Một bài toán tính chi phí hiệu quả phức tạp hơn đã được đặt ra khi mục tiêu đạt được là nồng độ chất ô nhiễm không khí xung quanh nhỏ hơn quy chuẩn/tiêu chuẩn cho trước.
- Bài toán này chỉ giải được khi tính toán được mức đóng góp vào nồng độ chất ô nhiễm của từng nhà máy. Mức đóng góp này được tính qua hệ số chuyển đổi từ mức phát thải sang nồng độ tại nơi tiếp nhận. Bài toán này phức tạp hơn nhưng là định hướng cho các bước kiểm soát tiếp theo khi có số liệu nguồn thải, có mô hình khuếch tán chất ô nhiễm phù hợp, có đầu vào đủ độ tin cậy.
- Lý thuyết chi phí hiệu quả giúp giảm thiểu tổng chi phí xử lý khí thải của tất cả doanh nghiệp, thông qua thỏa thuận mức xử lý của mỗi đơn vị dựa vào chi phí xử lý biên khác nhau.
- Doanh nghiệp nào có chi phí xử lý lớn sẽ cố gắng mặc cả với các doanh nghiệp khác thải để được phát thải nhiều hơn, còn cơ sở có chi phí xử lý biên ít hơn sẽ nhận xử lý nhiều hơn.
- Các doanh nghiệp sẽ phải tự liên hệ, thỏa thuận với nhau không cần can thiệp của nhà nước. Nhà nước hoặc chính quyền chỉ xác định hạn mức, cấp phép thông báo đến các doanh nghiệp và tiến hành kiểm soát tổng mức thải đảm bảo hạn ngạch.
- Ở các nước có nền kinh tế thị trường hoạt động hiệu quả, có nền tài chính hiện đại, việc áp dụng lý thuyết chi phí hiệu quả sẽ có phần dễ dàng hơn so với các nước lạc hậu hơn.

11

2. Cơ sở lý thuyết về tính toán hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp

2.5. Quota ô nhiễm và hệ thống giấy phép xả thải

- Quota (Cô ta) ô nhiễm cũng là hệ thống hoạt động có phần tương tự như lý thuyết chi phí hiệu quả nêu ở mục trên.
- Sau khi xác định hạn ngạch phát thải cho khu vực, nhà nước hoặc chính quyền địa phương có thể chia hạn ngạch thành các quota để cho phép phát thải.
- Cơ sở có phát thải sẽ có hai sự lựa chọn, một là xử lý chất thải để không phát thải ra môi trường, hai là dựa vào giá quota và đường chi phí xử lý biên của mình để mua quota phát thải.
- Nếu số quota được phân bổ ban đầu ít hơn nhu cầu, doanh nghiệp có thể liên hệ mua lại quota từ các doanh nghiệp khác có chi phí xử lý thấp hơn.
- Như vậy, cùng với việc phát hành số lượng quota, mức phát thải của mỗi quota thì phải tính ra mức giá quota, đủ thấp để số lượng quota được các doanh nghiệp mua hết và đủ cao để các doanh nghiệp nhận thức sâu sắc về trách nhiệm xử lý chất thải của mình.

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.1. Kinh nghiệm của Mỹ

- Sau chiến tranh Thế Giới thứ II, Mỹ là một trong những nước có tốc độ tăng trưởng kinh tế nhanh, đặc biệt là công nghiệp.
- Mỹ cũng là nước sớm đối mặt với những vấn đề môi trường, trong đó có ô nhiễm môi trường do phát thải quá nhiều chất độc hại vào môi trường.
- Mỹ cũng đã sớm đưa ra chính sách, luật pháp nhằm giảm thiểu tác động môi trường của các hoạt động phát triển.
- Các công cụ kinh tế môi trường, đánh giá tác động môi trường, đánh giá môi trường chiến lược,…cũng đã được áp dụng để kiểm soát chất lượng môi trường.
- Hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải được nghiên cứu và sử dụng khá sớm ở Mỹ.

13

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.1. Kinh nghiệm của Mỹ

- Trong tạp chí Ecology Law Quarterly, Vol. 5, No. 3, 1976 đã có bài đăng về chiến lược sử dụng quota phát thải như một kỹ thuật kiểm soát ô nhiễm không khí.
- Chiến lược quota phát thải chỉ ra lượng thải cho phép cao nhất tại một khu vực, trên cơ sở phân tích hiện trạng chất lượng không khí và khả năng đồng hóa chất thải của không khí đối với lượng ô nhiễm mà không vi phạm tiêu chuẩn môi trường.
- Những nguồn phát thải tĩnh mới đề xuất chỉ được phê chuẩn nếu đạt tiêu chuẩn thực hiện và những quy định kiểm soát chất lượng không khí liên quan, đồng thời không làm cạn kiệt quota ô nhiễm khu vực dự án.
- Khi quota ô nhiễm đã hết thì không cho phép có thêm nguồn ô nhiễm hoạt động ở khu vực.
- Điều tiên quyết cơ bản để thực thi bất kì chiến lược quota cũng đã được chỉ rõ, bao gồm:

  (1) Các phương pháp tính lượng phát thải đã có từ các hoạt động ở một khu vực

  (2) Tính được lượng phát thải cao nhất mà vẫn đảm bảo chất lượng không khí

  (3) Có chính sách rõ ràng đối với nguồn mới đảm bảo tuân thủ giới hạn mức ô nhiễm cho phép.

14

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.1. Kinh nghiệm của Mỹ

- Trong một tài liệu khác đã chỉ ra 3 kiểu chương trình trao đổi/mua bán/thương mại phát thải *(emission trading)* :
  - Chương trình *thẻ giảm thải*,
  - Chương trình *mức thải trung bình* và
  - chương trình *mức thải trần có thể trao đổi/mua bán*.
- Cả 3 chương trình này đều dựa trên yêu cầu kiểm soát, giảm phát thải của một địa phương xuống dưới mức cần thiết. Mức giảm chi phí thu được khi thực hiện các chương trình trên phụ thuộc vào thay đổi chi phí giảm thải của từng nguồn cụ thể. Cả 3 chương trình này cũng chỉ hoạt động tốt nếu yêu cầu phát thải phải được tuân thủ nghiêm ngặt.
- Trên thực tế, chương trình thẻ giảm phát thải, chương trình mức thải trung bình đã được US.EPA áp dụng cho nhiều loại chất thải từ năm 1979 đối với nguồn trên toàn nước Mỹ. Chương trình mức thải trần có thể trao đổi/mua bán được 'huyện/quận' thuộc lưu vực Los Angeles áp dụng đối với NO_x, SO_2 từ năm 1994 của các nguồn tĩnh. Chương trình này cũng được US.EPA, 12 bang và D.C áp dụng đối với NO_x nguồn tĩnh ở khu vực phía Bắc nước Mỹ từ năm 1999.

15

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.1. Kinh nghiệm của Mỹ

- Một chương trình áp dụng cho hiệu quả cao, sử dụng cả mức thải trần có thể mua bán và thẻ giảm phát thải để kiểm soát SO_2 và mưa axit từ nhà máy phát điện đã được thực hiện từ 1995 cho toàn nước Mỹ.
- Mức giảm chi phí khi thực hiện chương trình này lên đến 20,05 tỷ đô la Mỹ trong 13 năm đầu thực hiện (1995 – 2007).
- Mức giảm phát thải SO_2 và mức giá mua bán giấy phép phát thải được thống kê cho thấy quá trình thực hiện chương trình này đã có hiệu quả rõ rệt.
- Giá ban đầu, giá của EPA thay đổi trong khoảng vài chục đến 200$ US cho một tấn SO_2 mua bán.

16

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.1. Kinh nghiệm của Mỹ

- Những tài liệu khác cũng đã nêu rõ hơn về thực chất của hệ thống mức thải trần có thể trao đổi/mua bán, những điều kiện có thể tiến hành, các bước thực hiện và lợi ích có thể thu được khi áp dụng hệ thống này.
- Việc thực hiện chương trình mức thải trần có thể trao đổi/mua bán cũng có những mặt mạnh, yếu khi so sánh với công cụ kinh tế khác như thuế ô nhiễm.
- Những hạn chế của việc thực hiện chương trình này thể hiện rõ ở những nền kinh tế thị trường chưa hoàn hảo và vì vậy có thể sử dụng thuế ở đây sẽ hiệu quả hơn.
- Phân tích chi phí lợi ích, chi phí hiệu quả làm rõ khả năng giảm chi phí thực hiện hệ thống mức thải trần có thể trao đổi/mua bán qua tham gia thị trường giấy phép phát thải của các công ty, nhà máy liên quan.
- Quy mô không gian cũng được phân tích, nêu rõ mối quan hệ giữa thực thi hệ thống này ở quy mô toàn liên bang và những quy định riêng của các bang (của Mỹ) và các đơn vị nhỏ hơn.

17

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.1. Kinh nghiệm của Mỹ

- Trong một tài liệu viết về chương trình giao dịch/mua bán/ thương mại phát thải SO_2 ở Trung Quốc nhưng lại có phần phân tích rất kỹ về kinh nghiệm từ các chương trình tương tự ở Mỹ. Theo đó, Mỹ đã có một số dạng giao dịch/mua bán/thương mại phát thải đã được áp dụng rất sớm trong những điều kiện nhất định và đã đạt được hiệu quả kinh tế, môi trường đáng ghi nhận. Một số dạng đến nay vẫn còn có thể áp dụng với quy mô hạn chế. Lý do tại sao Mỹ không sử dụng thuế mà lại sử dụng hệ thống giao dịch/mua bán phát thải cũng được làm rõ trong tài liệu này.
- Hoạt động của hệ thống mức thải trần có thể trao đổi/mua bán ở Mỹ cũng được phân tích kỹ, từ việc xác định mức phát thải trần đến cấp giấy (quota) phát thải, vấn đề kiểm soát và đánh giá hiệu quả. Hiệu quả môi trường (giảm phát thải SO_2), hiệu quả kinh tế (giảm chi phí tuân thủ) cũng được chỉ rõ, làm tiền đề cho việc áp dụng ở những nơi khác. Có tới 8 bài học đã được rút ra và trình bày giúp những ai muốn áp dụng chương trình này có thể hiểu kỹ hơn về mục tiêu, cách tiếp cận, các bước tiến hành hệ thống, kế hoạch mức thải trần có thể trao đổi/mua bán để thu được hiệu quả mong muốn.
- Như vậy, có thể khẳng định Mỹ là nước đi đầu trong việc thực hiện các chương trình cấp phép xả thải chất ô nhiễm không khí và chất khí nhà kính.

18

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.1. Kinh nghiệm của Nhật Bản

- Nhật Bản cũng là nước sớm áp dụng hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải chất ô nhiễm.
- Nội dung chính về quy định tổng thải lượng và phương pháp đánh giá hiệu quả của phát thải sử dụng mô hình mô phỏng đã được ông Tabata Toru trình bày trong hội thảo vào tháng 10 năm 2016 ở Hà Nội. Qua đó cho thấy, luật phòng chống ô nhiễm không khí của Nhật Bản chỉ rõ mục đích bảo vệ sức khỏe người dân bằng đảm bảo tiêu chuẩn môi trường thông qua quy định về phát thải khói bụi (PM, SO_2, NOx…) do hoạt động của các nhà máy và cơ sở sản xuất.
- Trong các quy định phát thải, luật này xác định rõ tiêu chuẩn phát thải chung đồng nhất áp dụng trong cả nước đối với nguồn phát thải cố định. Tiêu chuẩn phát thải đặc biệt (SO_x, bụi) có thể thay thế cho tiêu chuẩn chung trong một khu vực nhất định và tiêu chuẩn hệ số phát thải của các tỉnh, thành phố đối với bụi, chất độc hại (tiêu chuẩn này nghiêm ngặt hơn so với 2 tiêu chuẩn trên).

19

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.1. Kinh nghiệm của Nhật Bản

- Những địa phương khó đạt được quy định về môi trường không khí theo 3 tiêu chuẩn trên thì có thể tự lập kế hoạch giảm thiểu tổng thải lượng và ban hành tiêu chuẩn quy định tổng thải lượng, tiêu chuẩn tổng thải lượng riêng. Quá trình xây dựng tiêu chuẩn quy định tổng thải lượng thông qua các bước như sau:
- Mô phỏng tình trạng lan truyền chất thải,
- Dự đoán khu vực vượt ngưỡng tiêu chuẩn môi trường,
- Tìm ra các nguồn phát thải lớn gây tình trạng vượt ngưỡng tiêu chuẩn môi trường;
- Từ đó xác định mục tiêu giảm tổng lượng thải từ các nhà máy chỉ định, xây dựng kế hoạch giảm tổng lượng thải và xây dựng tiêu chuẩn quy định tổng lượng thải nhằm đạt mục tiêu đã đề ra.

20

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.1. Kinh nghiệm của Nhật Bản

- Với những quy định như trên, Nhật Bản và các địa phương đã đưa ra cách tính lượng giảm thải theo nhiều phương pháp khác nhau. Chẳng hạn, công thức tính tiêu chuẩn quy định tổng thải lượng theo lượng nhiên liệu sử dụng được cho dưới đây:
- $Q = a.W^b$
- trong đó:
- Q: lượng thải cho phép (m^3N/h);
- a,b là các hằng số do lãnh đạo tỉnh quy định (b trong khoảng từ 0,8 đến 1);
- W là lượng nguyên nhiên liệu sử dụng quy đổi ra dầu nặng (kL/h).
- Ở thành phố Yokahama, Kawasaki, các giá trị hệ số được quy định là a = 1,37; b = 0,95.

21

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.1. Kinh nghiệm của Nhật Bản

- So sánh quy định tổng thải lượng theo phương thức tính lượng nguyên nhiên liệu sử dụng (A) và phương thức tính lượng thải cơ bản (B), rút ra những ưu, nhược điểm của hai phương thức này như sau:
- Phương thức A có ưu điểm là khi các loại cơ sở phát sinh khí thải không nhiều, lượng nguyên nhiên liệu sử dụng nhìn chung tỷ lệ với lượng thải NO_x và việc áp dụng phương thức này đơn giản.
- Mặt ưu điểm phương thức B thể hiện rõ khi có nhiều cơ sở phát thải và mặc dù có cùng mức nguyên nhiên liệu sử dụng như nhau nhưng sẽ phát thải lượng khí thải NO_x khác nhau, do đó phải tính chi tiết cho từng loại cơ sở để đảm bảo công bằng. Đó là nhược điểm của phương thức B vì xác định hệ số cho từng loại cơ sở sẽ yêu cầu nhiều khâu như điều tra hiện trạng phát thải, tính toán hệ số phát thải.
- Quy trình xây dựng tiêu chuẩn quy định thải lượng không dễ dàng. Cần phải có công cụ mô hình để đánh giá hiệu quả giảm phát thải. Mô hình mô phỏng được sử dụng với hai mục tiêu chính là: điều tra xem cần giảm phát thải từ những nguồn nào, mức giảm bao nhiêu để đảm bảo nồng độ chất ô nhiễm dưới ngưỡng tiêu chuẩn môi trường và sử dụng để xác nhận giải pháp giảm thải có thực sự giảm nồng độ chất ô nhiễm xuống dưới ngưỡng hay không. Công cụ mô hình cần được xây dựng thành phần mềm.

22

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.3. Kinh nghiệm của Trung Quốc

- Tính đến ngày 01 tháng 01 năm 2012, các nhà máy điện xây dựng mới ở Trung Quốc phải đạt tiêu chuẩn khí thải khó khăn hơn cho lưu huỳnh đioxit (SO_2), oxit nitơ (NO_x) và các chất ô nhiễm dạng hạt (PM).
- Đối với các nhà máy điện hiện có, các tiêu chuẩn mới sẽ có hiệu lực kể từ ngày 01 tháng 07 năm 2014. Hơn nữa, bắt đầu từ năm 2015, tất cả các nhà máy điện (mới và cũ) sẽ phải tuân thủ thêm tiêu chuẩn phát thải thủy ngân.
- Tiêu chuẩn khí thải mới của Trung Quốc đối với các chất ô nhiễm không khí từ các nhà máy nhiệt điện đã được thông qua bởi Bộ Bảo vệ Môi trường (MEP) của Trung Quốc trong tháng 07 năm 2011, thay thế các tiêu chuẩn đã có hiệu lực từ năm 2003.

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.3. Kinh nghiệm của Trung Quốc

Đối với các nhà máy điện đốt than, các tiêu chuẩn mới của Trung Quốc nói chung là nghiêm ngặt hơn tiêu chuẩn tối thiểu ràng buộc hiện tại ở EU, cho cả nhà máy mới và cũ. Trong nhiều trường hợp, chúng chặt chẽ hơn so với tiêu chuẩn tại Hoa Kỳ

Table: Air pollutant emission standards for coal-fired power plants in China, European Union and the United States (mg/m^3)

		China	EU	US
SO_2	New	100	200	160
	Existing	200/400[1]	400	160/640[3]
NOx	New	100	500/200[2]	117
	Existing	100/200[4]	500/200[2]	117/160/640[5]
PM	New & existing	30	50	22.5
Mercury	New	0.03	–	0.001
	Existing	0.03	–	0.002

1) 400 for four provinces with high-sulphur coal
2) 500 until end 2015; 200 as from 2016
3) 160 for plants built 1997-2005; 640 for plants built 1978-1996
4) 100 for plants built 2004-2011; 200 for plants built before 2004
5) 117 for plants built after 2005; 160 for plants built 1997-2005; 640 for plants built 1978-1996

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.3. Kinh nghiệm của Trung Quốc

- Chín vùng trọng điểm ở Trung Quốc còn phải đối mặt với tiêu chuẩn khí thải nghiêm ngặt hơn nữa, tất cả các nhà máy điện đốt than hiện có và mới sẽ phải đạt được giá trị giới hạn phát thải cho SO_2, NO_x và PM tương ứng là 50, 100 và 20 mg/m^3.
- Hiện tại, Trung Quốc đã nâng giá điện sử dụng trong công nghiệp để trả cho các khoản đầu tư cần thiết làm giảm bớt ô nhiễm không khí.
- Vào tháng 04 năm 1999, Cục Môi trường Mỹ (US EPA) và Cơ quan nhà nước về bảo vệ môi trường Trung Quốc (SEPA) đã có thỏa thuận hợp tác về nỗ lực giảm thiểu các mối đe dọa của SO_2 và bụi (PM). Cơ chế dựa vào thị trường, đặc biệt là cách tiếp cận mức trần và trao đổi/mua bán (cap and trade approach) trong chương trình mưa axit của EPA đã làm giảm đáng kể lượng khí thải SO_2 từ ngành điện của Hoa Kỳ với chi phí nhỏ hơn dự kiến.
- Tài liệu này cung cấp một cách tiếp cận phù hợp để theo đuổi các mục tiêu kép của Trung Quốc, đó là tăng trưởng kinh tế và môi trường sạch.

25

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.3. Kinh nghiệm của Trung Quốc

- Qua nghiên cứu kinh nghiệm của Hoa Kỳ, tài liệu này đã chỉ ra rằng một hệ thống mức trần - thương mại có thể giảm được phát thải SO_2 theo lý thuyết chi phí-hiệu quả. Các bài học chính từ thực tiễn Hoa Kỳ có thể được chuyển giao cho Trung Quốc bao gồm:
  - *Thiết kế*. Một số nguyên tắc bao quát - đơn giản, có thể kiểm đếm, tính minh bạch, có thể dự đoán và nhất quán - cần có để phát triển một chương trình mức trần và thương mại. Tôn trọng những nguyên tắc này có thể thúc đẩy việc tuân thủ và tạo thị trường giao dịch/thương mại phát thải hiệu quả.
  - *Cơ sở hạ tầng*. Các tổ chức/thể chế và các ưu đãi cần thiết cho thị trường giao dịch hoạt động bao gồm một hệ thống các hợp đồng tư nhân và quyền sở hữu, ít nhất là một phần vì lợi nhuận khu vực tư nhân hoặc các doanh nghiệp tiết kiệm chi phí tối thiểu, và tôn trọng các quy tắc của pháp luật.

26

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.3. Kinh nghiệm của Trung Quốc

- *Độ chính xác dữ liệu.* Điều này rất quan trọng để có thông tin khí thải chính xác, phù hợp, đầy đủ và minh bạch; đảm bảo cả sự tín nhiệm môi trường và hiệu quả kinh tế.
- *Theo dõi dữ liệu.* Một hệ thống hiệu quả để quản lý và theo dõi khí thải và bổ sung dữ liệu sẽ tạo điều kiện quản lý tốt chương trình, tăng cường hoạt động của thị trường, và giảm sai sót.
- *Tuân thủ và thực thi.* Như với tất cả các chương trình môi trường, một chương trình mức trần và thương mại cần thực thi hiệu quả để đảm bảo rằng mục tiêu môi trường và tiết kiệm chi phí được đáp ứng. Đối với một thị trường phát thải khi được phát triển phải đảm bảo rằng khí thải sẽ được đo và báo cáo một cách chính xác, việc tuân thủ phải được thực thi, và khi không tuân thủ phải có hình phạt lớn hơn đáng kể chi phí tuân thủ.

27

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.3. Kinh nghiệm của Trung Quốc

Trong tài liệu này cũng đã làm rõ thêm một số khái niệm làm cơ sở cho việc xây dựng và điều hành hệ thống hạn ngạch phát thải, chẳng hạn như:

- *Mức trần và thương mại* (Cap and Trade) là một chương trình quy định, theo đó chính phủ đặt một mức thải trần tổng hợp và phân phối quyền (mức cho phép/hạn ngạch) cho phép các nguồn phát thải. Mức cho phép/hạn ngạch là cơ sở đánh giá tuân thủ và có thể mua bán giữa các nguồn thải. Nguồn (cơ sở) phát thải tham gia chương trình có thể điều chỉnh chiến lược tuân thủ của họ phù hợp để dàn xếp thực hiện cách tiếp cận chi phí ít nhất của riêng họ, hoặc thay đổi công nghệ hoặc tham gia thị trường phát thải bằng cách mua hoặc bán các mức thải cho phép (giấy phép/hạn ngạch thải).

28

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.3. Kinh nghiệm của Trung Quốc

- *Mức cho phép* (Allowances): Mức cho phép phát thải một lượng nhất định một chất ô nhiễm theo chương trình mức trần và thương mại. Ví dụ, ở chương trình mức trần và thương mại SO_2 của Mỹ, với mỗi mức cho phép có thể phát thải một tấn SO_2. Mức cho phép được sử dụng để chứng minh sự tuân thủ và có thể được giao dịch giữa các nguồn tham gia vào chương trình mức trần và thương mại SO_2 của Mỹ.
- *Mẫu chuyển giao mức cho phép* (Allowance Transfer Form - ATF) là biểu mẫu sử dụng để báo cáo chuyển giao mức cho phép tới hệ thống quản lý giao dịch mức cho phép. ATF liệt kê các danh sách các khoản chuyển giao mức cho phép và bao gồm các thông tin tài khoản của cả hai bên chuyển nhượng và bên nhận chuyển nhượng
- *Thương mại* (Trade): trao đổi, mua bán các mức cho phép.
- *Người thực hiện thương mại* (Trader): Bất cứ ai mua hoặc bán các mức cho phép.

29

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.3. Kinh nghiệm của Trung Quốc

Nghiên cứ khả thi về chương trình thương mại đioxit lưu huỳnh ở Trung Quốc tập trung vào bảy lĩnh vực sau đây:

1. *Phạm vi và khả năng áp dụng của chương trình Thương mại*. Phần này mô tả nghiên cứu chung về dữ liệu quốc gia, phân tích nguồn bị ảnh hưởng, đề xuất các lĩnh vực kinh doanh và chiến lược thực hiện một chương trình giao dịch trên toàn quốc, đồng thời khuyến cáo các biện pháp để đối phó với các nguồn mới. Do những hạn chế về ngân sách, chỉ dữ liệu hiện có được sử dụng cho phân tích này mà không thực hiện thêm các cuộc khảo sát để phát triển dữ liệu. Phần này cũng trả lời những câu hỏi như những nguồn nào được tính đến, những khu vực nào bị ảnh hưởng, chương trình sẽ được chia theo bước thực hiện hoặc thí điểm tại một số khu vực hay một nguồn nào đó, làm thế nào để đối phó với các nguồn mới, và làm thế nào với nơi mà các dự án thí điểm sẽ được thực hiện.

30

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.3. Kinh nghiệm của Trung Quốc

2. Dữ liệu phát thải: Thu thập và báo cáo. Phần này xem xét hiện trạng đo đạc, kiểm tra, báo cáo và quản lý phát thải ở Trung Quốc, chỉ ra những khoảng cách giữa năng lực hiện có và năng lực cần thiết để thực hiện một chương trình giao dịch, và đề xuất cách giải quyết các vấn đề liên quan đến dữ liệu phát thải cho một chương trình giao dịch. Phần này cũng giải thích dữ liệu phát thải được thu thập và báo cáo như thế nào, bao gồm cả bởi ai và cho ai, thông tin về xác minh, kiểm tra việc tuân thủ và thủ tục kiểm soát chất lượng. Nó cũng trả lời các câu hỏi về quá trình định lượng khí thải như thế nào, và việc thẩm tra cần phải được thay đổi để hỗ trợ thực hiện chương trình trao đổi khí thải thành công.

3. Kết nối với các chương trình hiện có. Phần này xem xét mối liên hệ giữa chương trình kinh doanh và các chương trình kiểm soát SO_2 hiện có và đề xuất cách lồng ghép các chương trình giao dịch với các chương trình kiểm soát SO_2 hiện đang thực hiện. Ở Trung Quốc, chương trình kiểm soát SO_2 bao gồm một hệ thống kiểm soát tổng lượng khí thải, hệ thống thuế ô nhiễm, và một hệ thống báo cáo phát thải. Phần này cũng sẽ cố gắng để giải quyết vấn đề làm thế nào để kết nối với các chương trình kiểm soát ô nhiễm SO_2 hiện có, và làm thế nào để thay đổi các chương trình giao dịch sẽ được thực hiện. Phần này cũng trả lời những câu hỏi như: liệu chương trình giao dịch dự kiến có thể cùng tồn tại với hệ thống thuế ô nhiễm hiện có và kiểm tra các mối quan hệ giữa chính sách kiểm soát tổng thải lượng và chương trình thương mại.

31

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.3. Kinh nghiệm của Trung Quốc

4. Phân tích dữ liệu hiện có và đề xuất khuyến nghị cho các mục tiêu môi trường của chương trình. Phân tích này lập cả các mục tiêu môi trường tổng thể và cụ thể cho các chương trình mua bán phát thải được đề xuất. Các phân tích bao gồm thông tin về phương pháp, công nghệ và chi phí kiểm soát khí thải cũng như mọi hệ quả môi trường của việc kiểm soát khí thải gây ra mưa axít ở Trung Quốc.

5. Xác định mức cho phép. Phần này tập trung vào một số vấn đề, bao gồm: định nghĩa của các mức cho phép; lựa chọn và đề xuất cách phân phối mức cho phép; tần suất phân phối mức cho phép; ngân hàng của các mức cho phép còn sót lại; và thảo luận về việc sử dụng các cơ chế ưu đãi để khuyến khích thực hành.

6. Các nhà chức trách và vai trò pháp lý. Phần này thảo luận về tình trạng pháp lý của thương mại khí thải SO_2, cả ở cấp quốc gia và địa phương. Nó không chỉ nêu ra những kẽ hở pháp lý trong pháp luật mà có thể ngăn chặn giao dịch SO_2 và đề xuất một số khuyến nghị có thể được sử dụng để cho phép thương mại khí thải (đặc biệt là sử dụng tại các cấp địa phương). Nó bao gồm các khuyến nghị cho cơ cấu hành chính của chương trình và giải quyết các vấn đề về tuân thủ và thực thi. Phần này cũng tóm tắt các thủ tục và thực thi tuân thủ hiện có và đề xuất những thay đổi cần thiết để thực hiện một chương trình thương mại phát thải.

7. Phân tích thông tin và hệ thống theo dõi hỗ trợ. Phần này phân tích tình trạng hiện tại của hệ thống thông tin hỗ trợ và khuyến nghị sửa đổi của các hệ thống thông tin để sử dụng trong một chương trình thương mại phát thải

32

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.3. Kinh nghiệm của Trung Quốc

Tài liệu này cũng đưa ra nhận xét về hai hệ thống kiểm soát phát thải chất ô nhiễm không khí, đó là *Hệ thống kiểm soát tổng lượng và cấp phép phát thải* và *Chính sách sử dụng thị trường để kiểm soát đioxit lưu huỳnh*.

- <u>*Hệ thống kiểm soát tổng lượng và cấp phép phát thải*</u>
  - Để hỗ trợ việc thực hiện các mục tiêu đề ra trong Kế hoạch 5 năm lần thứ IX của Trung Quốc, một kế hoạch kiểm soát tổng phát thải được xây dựng. Đối tượng hướng tới chính của kế hoạch này là SO_2. Dựa trên mức phát thải năm 1995 của từng khu vực và mức độ phát triển kinh tế, mức trần của tổng lượng phát thải quốc gia được xây dựng và các mức cho phép trong khuôn khổ mức trần đó được phân bổ đến từng tỉnh, khu vực tự trị đặc biệt, và thành phố. Như vậy, kế hoạch quản lý tổng phát thải đã được thực hiện từ trên xuống, dần dần chuyển từ các cấp chính quyền cao hơn xuống các cấp thấp hơn. Mỗi khu vực được dự kiến sẽ sử dụng quản lý chặt chẽ và áp dụng các biện pháp thích hợp để đảm bảo rằng tổng lượng phát thải đã giảm thấp hơn so với mức trần theo kế hoạch. Tính đến năm 2000, mục tiêu tổng lượng phát thải là 24,6 triệu tấn SO_2 và tổng lượng phát thải thực tế ít hơn 19.950.000 tấn.
  - Kế hoạch tổng lượng phát thải SO_2 trong ngành nhiệt điện được xây dựng, theo đó, vào năm cơ sở - 2000 mức thải là 8,9 triệu tấn, sau đó sẽ giảm và đạt mức lần lượt là: 8 triệu tấn (2005), 7,3 triệu tấn (2010), 6,7 triệu tấn (2015) và 6,3 triệu tấn (2020)

33

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.3. Kinh nghiệm của Trung Quốc

- Năm 1991, SEPA quyết định thử nghiệm khái niệm phép giấy phép phát thải ô nhiễm ở 16 các thành phố. Tính đến năm 1994, với ba năm làm việc lien tục, 987 đơn vị đã nhận được giấy phép, kiểm soát 6646 nguồn ô nhiễm.
- Sau khi triển khai các hệ thống giấy phép phát thải, các cơ sở gây ô nhiễm dựa trên cân nhắc về điều kiện, yếu tố kinh tế và kỹ thuật có thể chọn kế hoạch xử lý tại một số doanh nghiệp gây ô nhiễm cụ thể hoặc kế hoạch xử lý ô nhiễm tập thể. Các ngành công nghiệp gây ô nhiễm có thể thông qua việc thành lập một chương trình giao dịch giấy phép để mua bán quyền phát thải chất ô nhiễm. Như vậy, thể chế thị trường có thể được sử dụng để phân bổ tối ưu nguồn lực trong khu vực, đồng thời đảm bảo tiếp tục bảo vệ chất lượng môi trường. Dựa trên tổng số chỉ tiêu phát thải ở hai vùng kiểm soát, phương pháp giấy phép phát thải có thể được sử dụng để phân phối tổng mức thải xuống các đơn vị gây ô nhiễm và do đó làm rõ tổng chỉ tiêu phát thải của từng đơn vị. Hệ thống này giúp cho cơ quan bảo vệ môi trường địa phương tiến hành kiểm tra ô nhiễm dễ dàng hơn.

34

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.3. Kinh nghiệm của Trung Quốc

- Chính sách sử dụng điều tiết thị trường để kiểm soát đioxit lưu huỳnh. Quy định chính dựa trên thị trường của Trung Quốc là đánh thuế phát thải và các chính sách khác có sử dụng ưu đãi tài chính để khuyến khích giảm bớt phát thải.
  - Mức thuế giai đoạn 1 (1982 – 1993) chỉ đánh vào lượng SO_2 vượt tiêu chuẩn cho phép với mức thuế rất thấp chỉ khoảng $4,4/tấn, và được áp dụng trên phạm vi cả nước, các giai đoạn sau được chia ra theo địa phương cụ thể và mức thuế đánh vào tổng lượng phát thải với mức thuế cao hơn, khoảng $22/tấn.
  - Tuy nhiên, theo đánh giá thì mức thuế vẫn thấp, chưa phản ánh đúng chi phí biên xã hội do ô nhiễm cũng như chi phí xử lý ô nhiễm trung bình.

35

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.4. Kinh nghiệm của Ấn Độ

- Ấn Độ là một nước lớn có dân số đứng thứ hai thế giới, có mức phát triển kinh tế, khoa học kỹ thuật mạnh mẽ, nhất là từ những năm đầu thế kỷ 21.
- Ấn độ cũng đang đối mặt với nhiều vấn đề môi trường, trong đó có suy giảm chất lượng không khí, thậm chí ô nhiễm không khí ở một số khu vực của đất nước.
- Ấn Độ cũng tích cực tìm kiếm các công cụ kinh tế để áp dụng nhằm giảm và kiểm soát phát thải chất ô nhiễm không khí.
- Theo các tài liệu thu thập được, Ấn Độ đang từng bước áp dụng hệ thống hạn ngạch và cấp phép phát thải đối với một số loại chất thải tại một số khu vực của đất nước.
- Cách tiếp cận các hệ thống này của Ấn độ cũng có những nét giống như ở Trung Quốc, vì vậy những nét chung này cũng sẽ không được nhắc lại mà sẽ tập trung hơn vào một số điểm, nét khác biệt.

36

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.4. Kinh nghiệm của Ấn Độ

- Trong tài liệu *Hướng tới một kế hoạch thương mại đối với chất ô nhiễm không khí ở Ấn Độ* do một nhóm nghiên cứu thuộc Viện Công nghệ Massachusetts (MIT), Đại học Harvard và J-PA soạn thảo theo yêu cầu của chính Bộ trưởng Bộ Môi trường và Rừng Ấn Độ đã đề cập nhiều vấn đề liên quan tới khả năng và các bước cần thực hiện để có thể thực thi kế hoạch này. Dưới đây sẽ trình bày tóm tắt những điểm chính trong tài liệu này.
- Phần 1 của tài liệu là phần giới thiệu tóm tắt về thương mại phát thải, chỉ rõ tại sao phải tiến hành thương mại phát thải. Trong đó, tài liệu nhấn mạnh rằng *thương mại phát thải là một công cụ điều tiết được sử dụng để giảm lượng khí thải ô nhiễm với tổng chi phí thấp*. Trong đó, người có quyền quyết định tổng mức phát thải chất ô nhiễm nhưng không sẽ quyết định mức phát thải cho từng nguồn.
- Các nhà máy công nghiệp và những người gây ô nhiễm khác, không bị áp đặt một giới hạn khí thải cố định mà phải đối mặt với một mức giá cho phát thải của họ và chọn mức phát thải trong giới hạn hợp lý có tính đến mức giá này.

37

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.4. Kinh nghiệm của Ấn Độ

- Kinh nghiệm từ các chương trình xây dựng hạn ngạch, cấp phép phát thải, thương mại phát thải của Mỹ đã được đúc kết và chỉ ra bốn lĩnh vực đặc biệt quan trọng để thực hiện thành công một kế hoạch thương mại phát thải, đó là:
  - Thiết lập mức trần (hạn ngạch phát thải)
  - Phân bổ mức thải, giấy phép phát thải.
  - Quan trắc mức thải thực tế
  - Kiểm tra tuân thủ

38

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.4. Kinh nghiệm của Ấn Độ

- Các thành phần cơ bản của một hệ thống thương mại phát thải cũng được thảo luận tập trung vào các vấn đề dưới đây.

A. Mục đích.

- *Chất ô nhiễm*. Chọn chất ô nhiễm không khí cần giảm thải trong khu vực, có hệ thống quan trắc đầy đủ và được phát thải từ một nhóm các nguồn điểm lớn. Mục đích của hệ thống thương mại phát thải chính là giảm được lượng khí thải của một số chất gây ô nhiễm không khí thông thường, chẳng hạn như SO_2, NOx hoặc SPM, cải thiện sức khỏe con người và giảm chi phí tuân thủ.
- Các chất gây ô nhiễm được xác định bằng cách xem xét các mục tiêu và các vấn đề do cơ quan bảo vệ môi trường yêu cầu, cũng như cân nhắc thiết kế thị trườngvới số lượng các nguồn lớn và dễ theo dõi.
- Thị trường có nhiều nguồn lớn và giám sát tốt hơn thường sẽ hoạt động trơn tru hơn

39

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.4. Kinh nghiệm của Ấn Độ

B. Mức trần phát thải.

- Mức *trần phát thải* là một quyết định quan trọng trong việc thiết lập một hệ thống mức trần và thương mại. Mức trần phát thải không thể cao đến mức mà hệ thống không thể đạt được và cũng không quá thấp để tốn chi phí các hãng, công ty. Có hai lựa chọn chính: sử dụng lượng khí thải đường cơ sở để thiết lập các mức trần phát thải hoặc sử dụng mục tiêu về mức ô nhiễm môi trường xung quanh chấp nhận được. Cả hai cách đều đòi hỏi có dữ liệu về phát thải đường cơ sở từ các đơn vị. Cách thứ hai còn yêu cầu thông tin về các nguồn ô nhiễm không khí và mối quan hệ giữa phát thải và nồng độ môi trường xung quanh.
- *Phát thải đường cơ sở*. Thiết lập mức phát thải trần tại mức độ phát thải đường cơ sở lịch sử hoặc giảm (ví dụ: 25%) dưới mức này.
- *Mục tiêu chất lượng môi trường xung quanh*. Thiết lập mức trần phát thải ở mức có thể đạt được mức giảm mong muốn của nồng độ chất ô nhiễm môi trường xung quanh. Ví dụ, tổng mức phát thải là 100 tấn và ước tính rằng lượng khí thải ở mức 60 tấn sẽ mang lại mức độ chất lượng môi trường không khí xung quanh mong muốn.

40

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.4. Kinh nghiệm của Ấn Độ

Lợi ích của việc thiết lập theo nồng độ môi trường xung quanh là được cộng đồng ủng hộ. Tuy nhiên, vấn đề chính của phương pháp này là khó khăn trong việc liên kết phát thải từ nhiều nguồn khác nhau và với nồng độ ô nhiễm môi trường xung quanh. Ban Kiểm soát ô nhiễm trung ương (CPCB) có trách nhiệm cung cấp các thông tin cần thiết cho phép chỉ rõ liên kết này, chẳng hạn như dữ liệu ô nhiễm môi trường xung quanh và kết quả nghiên cứu tỷ lệ đóng góp của nguồn như giao thông vận tải, ngành công nghiệp, điện, dân sinh, cháy rừng hoặc bụi. Hiện đã có kết quả dạng này đối với bụi PM_{10} tại các thành phố Delhi, Bangalore, Pune, Mumbai, Chennai và Kanpur trong năm 2007-2008.

- *Biện pháp bảo vệ*. Thiết lập thông số bổ sung, chẳng hạn như mức trần chặt hơn hoặc các giới hạn khác đối với phát thải tần suất cao, giúp ngăn ngừa tích hợp của các chất ô nhiễm ở địa phương.
- *Giá trần*. Cam kết với chính phủ sẽ bán giấy phép bán nếu giá tăng quá cao.

41

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.4. Kinh nghiệm của Ấn Độ

C. Thực hiện.

- *Miễn phí phân bổ* của Giấy phép. Giấy phép cung cấp miễn phí cho các đơn vị dựa trên một số công thức cố định thường theo tỷ lệ phát thải đường cơ sở.
- *Bán đấu giá giấy phép*. SPCB hoặc cơ quan khác tiến hành một cuộc bán đấu giá tổng khối lượng giấy phép theo quyết định mức trần.

D. Thương mại.

- *Các cân nhắc chính* để thiết kế một hệ thống thương mại là dựa vào chính bản chất của giấy phép và cách theo dõi giấy phép của người tham gia đang nắm giữ.
- *Số lượng và thời hạn giấy phép:* Quyết định các đơn vị ô nhiễm mà giấy phép đại diện và thời hạn hiệu lực của chúng.

42

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.4. Kinh nghiệm của Ấn Độ

E. Quan trắc.

- Quan trắc là nền tảng cho bất kỳ hệ thống thương mại, đảm bảo tính minh bạch và sự thành công của thị trường giấy phép.
- *Quan trắc*. Thiết lập một quy trình quan trắc chính xác và liên tục tổng lượng phát thải chất ô nhiễm và cung cấp cách xử lý những khoảng trống dữ liệu.

F. Kết quả.

- *Đánh giá*. Theo dõi quá trình hoạt động của các hệ thống thương mại phát thải thông qua phát thải, hoạt động của thị trường giấy phép, và mức giảm chi phí cho từng công ty, hãng.

43

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.4. Kinh nghiệm của Ấn Độ

- Trong một tài liệu khác do cơ quan J-PAL South Asia phối hợp với cơ quan kiểm soát môi trường của các địa phương Gujarad, Maharashtra và Tamil Nadu soạn thảo đã trình bày báo cáo chi tiết dự án *Thí điểm các kế hoạch thương mại phát thải tại Gujarad, Maharashtra và Tamil Nadu*.
  - Thương mại phát thải, một công cụ pháp lý có thể chuyển sự đánh đổi giữa chất lượng môi trường và tăng trưởng thành việc cải thiện môi trường của Ấn Độ.
  - Giới thiệu, thực hiện một kế hoạch thương mại phát thải, còn được gọi là "Mức trần và Thương mại", sẽ là một bước nhảy vọt về góc độ pháp lý và kinh tế. Từ góc nhìn của các công ty gây ô nhiễm, thương mại phát thải có thể giảm được chi phí tuân thủ và nâng cao khả năng đầu tư và tăng trưởng. Trong dài hạn, giảm chi phí tuân thủ để đưa ra các quy định mới làm tăng chất lượng môi trường dễ dàng hơn.

44

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.4. Kinh nghiệm của Ấn Độ

Về bối cảnh của quy định ô nhiễm công nghiệp và phạm vi dự án,

- Gujarat, Maharashtra và Tamil Nadu là những bang công nghiệp hàng đầu của Ấn Độ. Tăng trưởng trong ngành công nghiệp đã làm tăng phát thải các chất ô nhiễm khác nhau vào không khí và nước, trong đó chất ô nhiễm không khí dạng hạt.
- Theo các tiêu chuẩn mới về chất lượng không khí xung quanh quốc gia, nhiều khu vực công nghiệp phải cắt giảm đáng kể lượng khí thải dạng hạt theo tiêu chuẩn thống nhất chặt chẽ hơn trên địa bàn.
- Việc cắt giảm theo kế hoạch thương mại phát thải như vậy sẽ dễ dàng hơn và ít tốn kém hơn so với quy định mệnh lệnh và kiểm soát truyền thống. Ngay cả khi tuân thủ ở mức hoàn hảo, hệ thống định mức nồng độ hiện tại cũng không áp đặt bất kỳ giới hạn nào về tổng lượng phát thải ở các khu công nghiệp.
- Để hạn chế lượng khí thải, cơ quan có trách nhiệm quản lý môi trường đã phải áp đặt thẳng thừng nhằm hạn chế đầu tư mới và tăng trưởng công nghiệp. Một hệ thống thương mại phát thải với mức trần về tổng lượng phát thải sẽ linh hoạt hơn, và là cách hạn chế lượng khí thải từ ngành công nghiệp ít tốn kém hơn.
- Đề án thương mại phát thải thí điểm sẽ bao gồm 1.000 ngành/cơ sở công nghiệp ở khu vực Gujarat, Maharashtra và Tamil Nadu. Các cơ sở công nghiệp sẽ được lựa chọn theo khu vực địa lý, ngành và các thông số như công suất lò hơi và loại nhiên liệu có khả năng phát thải ô nhiễm.
- Cơ quan kiểm soát ô nhiễm xác định các tiêu chí rõ ràng về điều kiện, nhiệm vụ và thực thi các kế hoạch thương mại phát thải như một hình thức duy nhất của quy định đối với chất ô nhiễm dạng hạt cho tất cả các ngành công nghiệp được coi là đủ điều kiện. Phạm vi thí điểm sẽ bao gồm phần đáng kể các nguồn phát thải lớn chất ô nhiễm dạng hạt trong từng khu vực ở mỗi bang.

45

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.4. Kinh nghiệm của Ấn Độ

- *Về mục tiêu của đề án*, thí điểm hệ thống thương mại phát thải sẽ cho phép Bộ Môi trường và Lâm nghiệp đưa ra mức trần tổng lượng phát thải ô nhiễm tại các khu vực lựa chọn, tăng tính minh bạch và trách nhiệm. Đề án này được đưa ra như một thử nghiệm ngẫu nhiên có kiểm soát, đánh giá khắt khe. Việc đánh giá đó sẽ cung cấp bằng chứng tiêu chuẩn vàng về lợi ích môi trường và kinh tế của dự án. Lượng phát thải ô nhiễm được đo trong thời gian thực hiện, sử dụng hệ thống quan trắc phát thải liên tục, và các lợi ích kinh tế sẽ được đánh giá qua số liệu điều tra thường xuyên. Với các bằng chứng này, các chương trình thí điểm sẽ cung cấp một mô hình có thể mở rộng trong phạm vi toàn Ấn Độ và một khuôn khổ cho việc thực hiện chính sách môi trường toàn cầu.
- *Về luật và các quy định môi trường*, đã có khung pháp lý và năng lực kỹ thuật để thực hiện thương mại phát thải và để đạt được những mục tiêu mong muốn. Trong Bộ Luật (bảo vệ) Môi trường, năm 1986 và các quy định kèm theo, các Bộ đã được uỷ quyền để hạn chế tác động xấu đến môi trường từ hoạt động công nghiệp và đã sẵn sàng để áp dụng quyền lực để hỗ trợ đề án thương mại phát thải. Bộ phận kiểm soát ô nhiễm nhà nước có đủ quyền lực để thực hiện kế hoạch dạng này. Một loạt các tổ chức công cộng và tư nhân ở Ấn Độ sẽ được tập hợp lại để cải thiện các tiêu chuẩn quan trắc, giám sát khí thải và thực hiện thương mại phát thải.

46

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.4. Kinh nghiệm của Ấn Độ

- *Về dự toán chi phí*, tổng ngân sách cho việc thiết kế một chương trình thương mại phát thải với 1.000 cơ sở/ngành công nghiệp tại ba bang được ước tính là 3.600 triệu Rupi (tiền Ấn Độ). Ngân sách này để chi tiêu cho tất cả các bên, từ Bộ Môi trường và Lâm nghiệp cho đến Hội đồng Trung ương kiểm soát ô nhiễm và Bộ phận kiểm soát ô nhiễm các bang, J-PAL South Asia trong việc đánh giá các chương trình và các ngành công nghiệp trong việc áp dụng chương trình này. BANG
- Một phần của chi phí này dùng để đầu tư cho các quy định về môi trường tại Ấn Độ trong tương lai. Thiết kế của chương trình và những thay đổi quy định cần thiết sẽ lập thành một khuôn khổ cho thương mại phát thải được áp dụng trong tương lai.
- Các vấn đề nêu trên được phân tích kỹ hơn trong tài liệu, đặc biệt là dự toán kinh phí. Đây là một gợi ý tốt cho việc thí điểm thiết kế và thực hiện một kế hoạch thương mại phát thải ở Việt Nam.

47

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.5. Kinh nghiệm của một số quốc gia Đông Nam Á và các nước khác

- Thái Lan là nước gần Việt Nam, phát triển trước Việt Nam chưa lâu, từng đối mặt với một số vấn đề về môi trường nên có kinh nghiệm nhất định trong quản lý môi trường nói chung và quản lý phát thải chất ô nhiễm không khí nói riêng.
- Thái Lan có hệ thống tiêu chuẩn phát thải khá chi tiết, quy định cho từng loại hình công nghiệp như nhiệt điện, xi măng, thép,... và đôi khi quy định đến nhà máy cụ thể (BBB). Đối với ngành nhiệt điện, tiêu chuẩn được tính cho từng chất ô nhiễm, theo mức công suất, theo loại nhiên liệu sử dụng.

48

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.5. Kinh nghiệm của một số quốc gia Đông Nam Á và các nước khác

- *Đối với nhà máy nhiệt điện xây dựng mới*
  - Với nhà máy nhiệt điện chạy than và dầu thì với công suất lần lượt là: <300 MW; 300 – 500 MW; >500 MW sẽ có mức tiêu chuẩn phát thải SO_2 (ppm) tương ứng là 640; 450; 320. Tuy nhiên, nhà máy chạy bằng khí ga chỉ áp dụng một tiêu chuẩn phát thải SO_2 là 20 ppm.
  - Đối với phát thải ôxit nitơ (NOx theo NO_2) thì không theo công suất mà tính theo loại nhiên liệu sử dụng, với than là 350 ppm, với dầu là 180 ppm.
  - Đối với bụi (PM), mức tiêu chuẩn phát thải chỉ tính theo loại nhiên liêu, với than là 120 mg/m^3, với dầu là 120 mg/m^3 còn với khí ga là 60 mg/m^3 (*nồng độ được xác định ở điều kiện chuẩn với nhiệt độ 25 ^oC và áp suất 1 atm hoặc 760mmHg, ở mức dư không khí 50% hoặc ở mức dư O_2 là 7% trong điều kiện khô).*

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.5. Kinh nghiệm của một số quốc gia Đông Nam Á và các nước khác

- Một nhà máy dùng nhiên liệu cùng lúc thì tiêu chuẩn phát thải chung của khí thải được tính như sau:

  Tiêu chuẩn phát thải = AX + BY + CZ

  Trong đó:

  A = Tiêu chuẩn phát thải khi chỉ sử dụng than làm nhiên liệu

  B = Tiêu chuẩn phát thải khi chỉ sử dụng dầu làm nhiên liệu

  C = Tiêu chuẩn phát thải khi chỉ sử dụng khí ga làm nhiên liệu

  X = Tỷ lệ đóng góp nhiệt lượng khi chỉ sử dụng than làm nhiên liệu

  Y = Tỷ lệ đóng góp nhiệt lượng khi chỉ sử dụng dầu làm nhiên liệu

  Z = Tỷ lệ đóng góp nhiệt lượng khi chỉ sử dụng khí ga làm nhiên liệu

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.5. Kinh nghiệm của một số quốc gia Đông Nam Á và các nước khác

- Trong trường hợp có hơn 01 ống khói thì giá trị phát thải trung bình phải được tính theo tỷ lệ của từng lưu lượng và nồng độ phát thải theo công thức sau:
- Phát thải trung bình = $\frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i C_i}{\sum_{i=1}^{n} Q_i}$
- Q_i = Lưu lượng phát thải của ống khói thứ i của nhà máy (m^3/hr)
- C_i = Nồng độ phát thải ở ống khói thứ i của nhà máy (ppm) hoặc với bụi là (mg/m^3)
- n = Số thứ tự ống khói
- i = 1, 2,3,.....n

51

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.5. Kinh nghiệm của một số quốc gia Đông Nam Á và các nước khác

- Theo các tài liệu thu thập được, các nước Đông Nam Á chưa thực hiện các chương trình thương mại phát thải có thể do chưa có nhiều cơ sở công nghiệp có phát thải chất ô nhiễm không khí (SO_2, NOx, PM). Riêng các chương trình thương mại phát thải đối với khí nhà kính CO_2 đã và đang nghiên cứu áp dụng ở một số nước.
- Trong tài liệu do Ngân hàng Châu Á ấn hành năm 2015 đã tổng kết tình hình tiếp cận các hướng giảm phát thải khí nhà kính của các nước vùng Châu Á - Thái Bình Dương.
- Ở các nước lớn như Trung Quốc, Ấn Độ hay Nhật Bản, cách tiếp cận thương mại phát thải đã có kết quả tốt. Tuy nhiên, các nước như Thái Lan, Indonesia hay Việt Nam, kết quả áp dụng công cụ hạn ngạch và cấp phép xả thải hay mức trần và thương mại khí thải còn hạn chế.
- Các nước này đang tự chuẩn bị cho việc thực hiện tiếp cận thị trường carbon, bao gồm cả hệ thống thương mại phát thải và cơ chế tín dụng, để thực hiện trong những năm tới. Bảng dưới đây tóm tắt các mục tiêu và hoạt động chuẩn bị được tiến hành ở mỗi nước để đạt được điều này. BANG

52

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.5. Kinh nghiệm của một số quốc gia Đông Nam Á và các nước khác

- Một kinh nghiệm khác từ việc áp dụng thương mại phát thải ở Santiago, Chi Lê cũng rất cần được xem xét với những nét khác biệt với các chương trình đã đề cập ở phần trên.
- Năm 1992, Bộ Y tế Chi Lê đã ban hành Nghị định Số 4 để kiểm soát phát thải P M10 từ các nguồn tĩnh ở khu vực thủ đô Santiago . Nghị định này bao gồm ba quy định quan trọng đối với các nguồn đốt tĩnh (ví dụ, nồi hơi công nghiệp và thương mại, lò công nghiệp, nhà máy điện) với lưu lượng khí xả lớn hơn 1000 m3/giờ:
  1. Một tiêu chuẩn nồng độ phát thải tối đa;
  2. Một mức trần về tổng lượng phát thải tiềm năng hàng ngày từ các nguồn điểm; và
  3. Một chương trình thương mại phát thải.

53

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.5. Kinh nghiệm của một số quốc gia Đông Nam Á và các nước khác

- Nồng độ PM_{10} tối đa cho các loại khí thải được đặt ở mức 112 mg/m^3 - mức mà có thể nhìn thấy khói xuất hiện.
- Tuy nhiên, như với bất kỳ tiêu chuẩn nồng độ khác, các nguồn thải có thể đáp ứng các tiêu chuẩn bằng cách pha loãng các chất khí thải mà không làm giảm thực sự lượng thải.
- Để đảm bảo rằng lượng khí thải PM10 đã giảm, Nghị định đưa ra một mức trần về lượng khí thải hàng ngày với sự đáp ứng linh hoạt mức trần này thông qua một chương trình thương mại phát thải.
- Theo chương trình này các nguồn hiện có được phân bổ một số lượng cụ thể các giấy phép phát thải hàng ngày (DEPS) dựa trên lượng khí thải tiềm năng. Mỗi DEP là một ủy quyền để phát thải lên đến một kg PM10 mỗi ngày.
- Nguồn mới và mở rộng các nguồn hiện có hoạt động sau 02 tháng ba 1992 hoặc đăng ký với cơ quan Dịch vụ sức khỏe Môi trường đô thị (SESMA) sau ngày 31 tháng 12 năm 1997 đã không nhận được DEPS. Những nguồn mới và mở rộng đã phải mua DEPS từ các nguồn hiện có.

54

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.5. Kinh nghiệm của một số quốc gia Đông Nam Á và các nước khác

- SESMA sử dụng công thức sau đây để phân bổ DEPS đến khoảng 600 nguồn hiện có:

  DEP (kg/ngày) = Fo(m^3/giờ) x Co(mg/m^3) x 10^{-6} (kg/mg) x 24(giờ/ngày)

  trong đó:

  - DEP là số lượng giấy phép phát thải hàng ngày được cấp cho nguồn
  - Fo là lưu lượng tối đa của khí thải được xác định bởi kích thước đơn vị đốt
  - Co là nồng độ mặc định của PM10 trong khí thải

    Trong giai đoạn đầu của chương trình (1994 - 1999), nồng độ mặc định của PM_{10} trong khí thải (Co trong công thức trên) là 56 mg/m^3. Mức này được chọn vì nó là một nửa giới hạn nồng độ tối đa 112 mg/m^3. Đối với giai đoạn 2000 đến 2004, nồng độ mặc định (Co) đã được giảm xuống còn 50mg/m3. Bắt đầu từ năm 2005, nồng độ mặc định (Co) được tiếp tục giảm đến mức 32 mg/m^3.

55

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.5. Kinh nghiệm của một số quốc gia Đông Nam Á và các nước khác

- Để đánh giá việc tuân thủ Nghị định số 4, nguồn thải phải đo nồng độ khí thải của họ mỗi năm một lần bởi phòng thí nghiệm đo lường và phân tích do SESMA ủy quyền. Ngoài ra còn có kiểm tra ngẫu nhiên trong suốt cả năm để xác định nồng độ khí thải và bảo đảm nguồn đang sử dụng đúng nhiên liệu đăng ký.
- Phát thải tiềm năng hàng ngày của nguồn được tính bằng cách nhân nồng độ khí thải đo được với lưu lượng ngày tối đa tiềm năng của nguồn (giả thiết 24 giờ hoạt động mỗi ngày). Kết quả này được so sánh với số lượng DEPS nguồn đang có. Nếu nguồn đang có đủ DEPS theo yêu cầu thì sẽ được coi là phù hợp với chương trình thương mại phát thải. Ngoài các yêu cầu phải có đủ DEPS, nồng độ khí thải đo của nguồn phải dưới nồng độ PM10 tối đa được thiết lập bởi Nghị định - 112 mg/m^3 - bất kể số lượng DEPS một nguồn giữ là bao nhiêu.
- Bởi vì phát thải được tính toán bằng cách sử dụng lưu lượng khí thải tối đa tiềm năng, việc lựa chọn để nguồn "giảm" lượng phát thải rất hạn chế đối với giảm lưu lượng tối đa tiềm năng hoặc nồng độ chất ô nhiễm trong khí thải. Điều này có thể được thực hiện bằng cách chuyển sang nhiên liệu sạch hơn hoặc lắp đặt hệ thống xử lý ô nhiễm.

56

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

3.5. Kinh nghiệm của một số quốc gia Đông Nam Á và các nước khác

- Nguồn nào giảm lượng phát thải tiềm năng hàng ngày của mình đến một mức thấp hơn số DEPs đang nắm giữ thì có thể bán lượng số lượng dư thừa. Tuy nhiên, vì các DEPs cho phép phát thải lên đến một kilogram PM10 mỗi ngày trong thời gian dài nên cần xem xét kỹ hơn việc chuyển ngượng về lâu về dài của cả người bán và người mua.
- Ngoài những thay đổi về nồng độ mặc định cho công thức phân bổ đề cập trước đó, SESMA tăng tỷ lệ cân bằng cho nguồn mới và nguồn mở rộng từ một DEP cho mỗi kg khí thải tiềm năng hàng ngày đến 1,2 DEPS một kg trong năm 1998. Trong năm 2001, tỷ lệ cân bằng được tiếp tục tăng lên 1,5 DEPS mỗi kg.

57

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

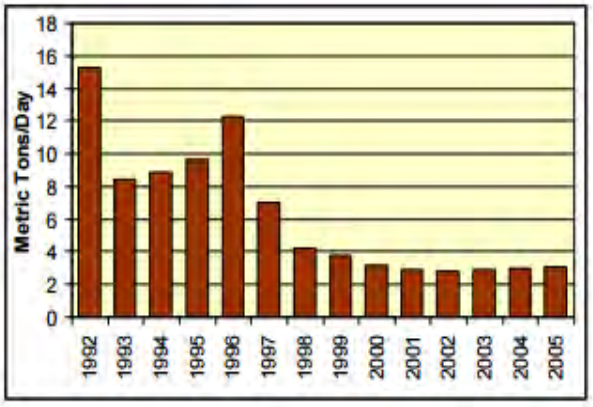
3.5. Kinh nghiệm của một số quốc gia Đông Nam Á và các nước khác

- Sau khi thực hiện đầy đủ các chương trình thương mại phát thải vào năm 1997, chất lượng không khí trong khu vực thủ đô Santiago đã được cải thiện đáng kể.
- Giữa năm 1992 và 2005, nồng độ PM_{10} giảm gần 40% và lượng khí thải PM_{10} tiềm năng giảm gần 80% từ 15,3 tấn mỗi ngày xuống 3,1 tấn mỗi ngày.
- Nguồn tĩnh đã giảm phát thải PM_{10} tiềm năng đáng kể so với yêu cầu để đáp ứng các mục tiêu giảm khí thải của Nghị định số 4.

58

3. Kinh nghiệm xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở một số quốc gia

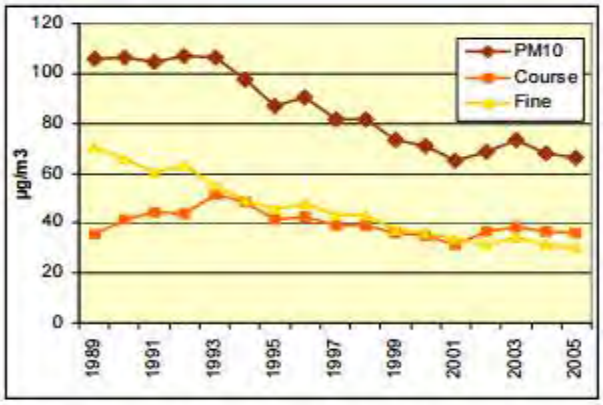
3.5. Kinh nghiệm của một số quốc gia Đông Nam Á và các nước khác



Source: CONAMA, 2007

Phát thải trung bình ngày ở Santiago

Nồng độ trung bình ngày của PM10, PM2,5-10 (Coase) và PM2,5 (Fine) ở Santiago



Source: 1989 – 2002: Alliende Correa, 2003;
2003 – 2005: SESMA, 2007b

4. Khả năng xây dựng, vận hành hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở Việt Nam

4.1. Hệ thống pháp lý liên quan

4.2. Mật độ tập trung nguồn phát thải ở một số khu vực.

4.3. Hệ thống xử lý và hệ thống quan trắc phát thải tại nguồn.

4.4. Kiểm kê phát thải và hiện trạng mức thải

4.5. Hiện trạng hệ thống đo chất lượng môi trường không khí xung quanh.

4.6. Hiện trạng chất lượng môi trường không khí ở những nơi tập trung nguồn phát thải cao.

5. Đề xuất dạng hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở Việt Nam và lộ trình thực hiện

5.1. Loại chất thải cần xây dựng hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp

5.2. Một số ngành công nghiệp cần xây dựng hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải

5.3. Quy mô hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp.

5.4. Lộ trình xây dựng và thực hiện hệ thống hạn ngạch và cấp phép xả thải khí thải công nghiệp ở Việt Nam

61

Kết luận

1. Để xây dựng và vận hành có hiệu quả hệ thống hạn ngạch, cấp phép xả thải hay chương trình thương mại phát thải cần vận dụng tốt các lý thuyết liên quan, đặc biệt là kinh tế môi trường (mức ô nhiễm tối ưu, lý thuyết chi phí hiệu quả, quota ô nhiễm). Ngoài ra phải biết cách khai thác thế mạnh công nghệ, kỹ thuật chuyên sâu như mô hình lan truyền chất ô nhiễm trong không khí, kỹ thuật, công nghệ quan trắc nồng độ khí thải, nồng độ chất ô nhiễm trong không khí xung quanh,... Vì vậy, rất cần nghiên cứu thêm trong tương lai.
2. Kinh nghiệm của Mỹ, Nhật Bản, những nước đã phát triển cho thấy quá trình xây dựng và vận hành có hiệu quả hệ thống hạn ngạch, cấp phép xả thải hay chương trình thương mại phát thải đã trải qua thời gian khá dài, từ nghiên cứu lý thuyết, thí điểm xây dựng và vận hành hệ thống cho đến lúc có được kết quả tốt như hiện nay, góp phần quản lý, kiểm soát phát thải chất ô nhiễm trên đất nước. Bài học từ nghiên cứu xây dựng, áp dụng và vận hành có hiệu quả hệ thống hạn ngạch, cấp phép xả thải hay chương trình thương mại phát thải của Nhật Bản và Mỹ đã và đang giúp các nước khác thực hiện các chương trình, hệ thống phù hợp với điều kiện riêng của nước mình.

62

Kết luận

- Kinh nghiệm từ hai nước lớn nhất châu Á (Trung Quốc và Ấn Độ cho thấy mức quyết tâm, tập trung nguồn lực xây dựng các dự án thí điểm theo các bài học rút ra từ các nước phát triển. Từ các dự án thí điểm này có thể rút ra những bài học và áp dụng trực tiếp để xây dựng và vận hành hệ thống hạn ngạch, cấp phép xả thải hay chương trình thương mại phát thải. Việc coi xây dựng và vận hành hệ thống này như một dự án cần huy động các nguồn lực (cả nhân lực, kỹ thuật, kinh phí), chỉ ra lộ trình thực hiện chi tiết ở Ấn Độ có thể giúp hình dung rõ hơn khả năng xây dựng dự án ở địa phương, nước khác.
- Việc tiếp cận xây dựng và vận hành hệ thống hạn ngạch, cấp phép xả thải hay chương trình thương mại phát thải đối với khí nhà kính (CO_2) ở các nước Đông Nam Á cũng là tiền đề để áp dụng hệ thống tương tự đối với nước khác. Riêng kinh nghiệm xây dựng và vận hành hệ thống đối với bụi PM_{10} ở Santiago, Chi Lê có thể áp dụng cho khu vực nhỏ, quy mô thành phố.
- Những nghiên các vấn đề lý thuyết kinh tế môi trường, công nghệ, kỹ thuật và kinh nghiêm từ nhiều nước sẽ định hướng cho việc xây dựng và vận hành hệ thống hạn ngạch, cấp phép xả thải hay chương trình thương mại phát thải ở Việt Nam. Tuy nhiên vẫn còn rất nhiều việc, nhiều vấn đề cần nghiên cứu, làm rõ mới có thể sớm áp dụng vào điều kiện Việt Nam.

Cảm ơn Quý vị đã lắng nghe

資料６

VNU UNIVERSITY OF SCIENCE

RESEARCH CENTER FOR ENVIRONMENTAL MONITORING AND MODELING

----------000----------

SCIENTIFIC REPORT

STUDY ON THE METHODOLOGY OF AIR POLLUTANT EMISSION LOADING, EMISSION QUOTA CALCULATION FOR LICENSE IN CASE OF INDUSTRIAL SOURCES

Submitted following the TOR of Vietnam Pollution Control Department and the Contract for service between Japan Environmental Management Association for Industry (JEMAI) and Center for Environmental Monitoring and Modeling, VNU University of Science (CEMM).

By: **Prof.Dr. Hoang Xuan Co**

Mr. Đinh Manh Cuong

Ms. Dang Thi Hai Linh

Ms. Dang Thanh An

Ms. Hoang Thi Bich Van

Hanoi, January 2017

0

I. The role of air pollutant emission loading, emission quota calculation for license in air quality management.

To meet the conditions of life, to improve living standards for people, development activity, especially economic development has been increased. Humanity has seen the strongly development of industrial activities in the latter half of the 21st century. More and more goods and high quality service has been produced to meet the increase in population and increase in quality of human life. Due to unexpected effects could occur to natural resources and the environment, a time just after the quick development of the industry, people were faced with two important problems that can affect human lives. In the long run, that is: depletion of natural resources because of increase of input of industrial sectors, as raw materials, fuel and gas, heat, ... and declining quality of life because of pollution. The amount of waste is much more and environmental quality seriously declines in some areas, causing the disaster not desire. Regarding air pollution has deadly incident in Belgium, Britain, Japan, ... So, people have to more carefully aware the development process, seeking solutions to limit unwanted effects. Many management tools, economic, technology has been proposed for improving the environmental quality. A remarkable attempt to reduce the emissions of pollutants into the environment, while ensuring the development, improve people's lives has been doing. However, to reduce the emissions should have a legal basis, the scientific basis, economic basis, so the production activities are not much effected and emission mitigation costs are at an acceptable level.

Industrial development in Vietnam was later than many countries and Vietnam has been learning experiences from all the world to develop in right direction, to minimize adverse environmental impacts. However, in recent years with high growth rates, the process of industrialization and urbanization has caused strong adverse impacts on the environment, even environmental pollution has been occuring in some places. Therefore, the State of Vietnam has policies to reduce emissions of pollutants in general and air pollutants in particular into the environment . To accomplish this goal, it needs to have the study of theoretical basis and practical as axiomatic for the promulgation of legislation to control emissions in the near future time. In this report will present the results of a small project related to methodology of air pollutant emission loading, emission quota calculation for license in case of industrial sources in Vietnam. The report was done at the request of the Pollution Control Department, General Department of Vietnam Environment with the support of Japanese experts in the Association of Industrial Environmental Management in Japan.

II. Theory base of air pollutant emission loading, emission quota calculation for license in case of industrial sources

2.1. Optimum pollution and air pollutant emission loading in a company.

In environmental economic theory, for the economic development people must surely accept a certain pollutant emissions and optimized emissions/pollution will be identified to ensure the common interests of the entire society is at a maximum.

In microeconomics, when considering a development project the project owner must consider the profitability and calculate how to get the highest profit. Business owners always identify their Marginal Net Private Benefit of their business (MNPB). This marginal benefit depends on the quantity of goods produce and also meaning the pollutant emissions from production activities. This level of harmful emissions has been impacting on many areas of production and human health outside the enterprise walls. This emission levels caused the Marginal External Costs (MEC) because people must pay for health maintenance, cost of crops loss, cost of benefit loss of other sectors by the pollution. Both of MNPB and MEC are the functions of quantity of production/pollution and cutoff point between their curves will determine the optimal value of optimal production (or pollution) quantity. This optimal level of emissions is also considered as a basis for determining emission standard/quota for each business.

2.2. Standard and/or technical regulation of air pollutant concentrations in flue gas and emission loading and emission quota calculation for license in case of industrial sources.

In many countries including Vietnam, emission regulations, standards of pollutant emission are issued. For example, the Vietnam National Technical Regulation on Emission of Thermal Power industry (QCVN 22-2009/BTNMT) prescribed maximum permission concentration of pollutants SO_2, NO_x, total suspended particulate matter (TSP) as following:

Cmax = C x Kp x Kv

Cmax (mg/Nm3): maximum permission concentration of pollutants

C: concentration of pollutants as required in this Regulation

Kp: Coefficient depends on capacity of thermal power plant as required in this Regulation

Kv: Coefficient depends on areas (urban, rural, industrial zone,…) of the thermal power plant as required in this Regulation.

Each of thermal power plants can calculate value of Cmax for themselves. And, when having the flow rate of flue gases F(Nm^3/year) the total permission amount of pollutant per year Qm(tons/year) can be calculated as following:

$Qm = 10^{-9} \times Cm \times F$.

This value of Qm can be used as the emission standard/quota of the plant.

2.3. Ambient air quality and emission.

There is a close relationship between ambient air quality and emissions in a given area . From emission sources the pollutants will be dispersed and transported into the air and come to sensors of ambient air quality monitoring stations. By using dispersion models/software the concentration of pollutants coming from different types of sources (point, line, surface, mobile, ...) into the ambient air environment can be also calculated . Air quality is assessed through data of the monitoring system, and it needs to have solutions if ambient air quality decreases or polluted. One of these solutions is to reduce emissions from sources using the economic tools. For example, the basic elements in an emission quota strategy are the translation of ambient air quality standards into maximum emission quotas for each subarea of the air quality control region, and the application of the quota on a case-by-case basis to new stationary sources of pollution [5]. So, the data from ambient air quality monitoring system can be used for proposing and also for assessing the efficiency of the emission reduction strategy.

2.4. Effectiveness cost and emission permits/quota.

In environmental economics, cost effectiveness theory is used to prove the economic efficiency of the system of emission quotas granted for areas with multiple emission sources.

Suppose that the government issued quota system allowing total pollutant amount Q units emitted into the environment in an area. The total emission amount of all n companies in this area respectively q1, q2, ... qn with $q1 + q2 + ... + qn = Q' > Q$. It means that total pollutant amount must be treated is Q' - Q.

Using cost effectiveness theory can find the pollutant amounts that each of company needs to treat respectively q'1, q'2, ... q'n meeting $q'1 + q'2 + ... + q'n = Q' - Q$ and total treatment cost is minimum.

Cost effectiveness theory helps to reduce the total emission abatement costs of all businesses through bargaining between companies based on their marginal abatement costs (MAC). Company with higher treatment cost can bargain for more emission quota.

Of course, businesses will have to contact, deal one another without the intervention of the state. State or authorities only issue total emission quota and proceed control ensures total emission. In countries with perfect market economies and good financial system, the application of cost-effectiveness theory would be somewhat easier than the more backward countries.

As above mentioned, the basic elements in an emission quota strategy are the translation of ambient air quality standards into maximum emission quotas for each subarea of the air quality control region, and the application of the quota on a case-by-case basis to new stationary sources of pollution. The emission quota places a threshold limit on allowable emissions within the air quality region as assigned to specific geographic sub-areas. New stationary sources of pollution will be approved only so long as these threshold limits are not exceeded. The difficulty is that the pollution holding capacity of a region or sub-area may not be altered, as density and use restrictions may be altered in conventional zoning, to afford greater leniency to individual sources in order to forestall constitutional attacks. Eventually, additional sources of pollution must be prohibited so that emission quotas will not be exceeded.

Emission quota strategies has been considered and applied to the non-reactive pollutants produced by stationary sources, such as particulates and sulfur dioxide. Most discussion of emission quotas has centered on their application to these pollutants. Emission quota strategies can also be developed for indirect sources, but problems of application in this important context have not been extensively considered.

With emission quota system, total emission amount of pollutants for an area will be regulated by the government and exchanged into tradable permit/quota. Each of firm/company has to get/buy quota for emission in this area and treat the entire remained pollutant amount. Emission quota system is one of the most cost-effective ways to reduce emissions and also to minimize the cost for business community.

The emission quota system is one of the uses of market-based approaches to pollution control. The manager does belief that market-based approaches would help level out the marginal costs of emission reductions among the affected facilities, dramatically reducing the overall costs of control. It was also believed that market-based approaches would provide greater incentive to innovate, which could in turn contribute to further cost savings and perhaps even greater emission reductions

III. International experiences of development and perform of emission permits system in case of industrial sources.

3.1. US experiences

After World War II, the US is one of the countries with rapid growth economic in general and industry in particular. So, the US was also the country facing environmental problems soon, such as the environmental quality reduction because of too many toxic substances emitted into the environment. US policy and laws was early built to minimize the environmental impact of development activities. Quota and emission licensing systems were studied and used quite soon in the US

Daniel R. Mandelkq and Thea A. Sherry, 1976 [5] had shown that:_Emission quota strategies provide a method for relating the production of emissions by pollution sources to air quality standards. These strategies are based on the application of air quality standards to stationary sources of pollution in the land use control process. The emission quota strategy first designates the maximum amount of pollution allowable in any one area based on an analysis of present air quality and the assimilative capacity of the air to absorb additional pollution without violating environmental standards. New stationary sources of pollution are then approved only if they meet applicable performance standards and related air quality control regulations, and do not exhaust the emission quota for the area in which they are located. Once the emission quota for an area is exhausted no additional stationary sources of pollution are allowed within that area. Basic prerequisites to the implementation of any emission quota strategy are: *first*, a method for translating existing and proposed land use activities into equivalent pollutant emissions; *second*, a determination of the maximum amount of pollutant emissions allowed by air quality standards; and *third*, constraints on new development which will keep pollutant levels within these limits. While conceptually simple, this process creates many technical problems of execution which may be difficult to overcome in practice.

In practice, at least four exist for applying emission quotas with the list of these methods are following:

- Emission Allocation Planning
- Floating Zone Emission Quotas
- C. District Emission Quotas
- D. Emission Density Zoning

Some Emission Quotas Systems were in practice in US in the period of 1960 to 1980 such as:

- The Cook County Approach to Emission Quotas
- B. The Jefferson County Approach to Emission Quotas

The jurisdictional problems in Jefferson and Cook Counties were considered and showed in this document. In both Jefferson and Cook Counties, jurisdictional conflicts have arisen between pollution control and zoning agencies regarding the enforcement of emission quotas. These conflicts have threatened the potential effectiveness of emission quotas as an air pollution control technique. Emission quotas in their purest form require more than the traditional air quality enforcement effort. To function at their optimum, emission quotas require the coordination of air pollution standards and enforcement with land use planning and controls. These latter functions by definition are delegated to the planning and land use control agencies.

Experience with emissions trading, including both the design and operation of trading programs, provides a number of general lessons for future applications. This report reviews the experience with the emissions trading programs with which one or more of the authors have considerable experience [3]:

• The early Environmental Protection Agency (EPA) Emissions Trading programs that began in the late 1970s;

• The Lead Trading program for gasoline that was implemented in the 1980s;

• The Acid Rain program for electric industry sulfur dioxide (SO_2) emissions and the Los Angeles air basin (RECLAIM) programs for both nitrogen oxides (NO_x) and SO_2 emissions, all of which went into operation in the mid-1990s;

• The federal mobile source averaging, banking, and trading (ABT) programs that began in the early 1990s; and

• The Northeast NO_x Budget trading program, which began operations in the late 1990s.

Overview of the Concept of Emissions Trading. The basic rationale for emissions trading is straightforward. By giving firms the flexibility to reallocate (trade) emissions credits or allowances among themselves, trading can reduce the compliance costs of achieving the emissions target.

Three Basic Types of Emissions Trading Programs. The term “emissions trading” is used, often very loosely, to refer to three different types of trading programs: (1) reduction credit trading, in which credits for emission reductions must be pre-certified relative to an emission standard before they can be traded; (2) emission rate averaging, in which credits and debits are certified automatically according to a set average emission rate; and (3) cap-and-trade programs, in which an overall cap is set, allowances (i.e., rights to emit a unit) equal to the cap are distributed, and sources

subject to the cap are required to surrender an allowance for every unit (e.g., ton) they emit.

Experience shows that properly designed emissions trading programs can reduce compliance costs significantly compared to command-and-control alternatives. While it is impossible to provide precise measures of cost savings compared to hypothetical control approaches that might have been applied, the available evidence suggests that the increased compliance flexibility of emissions trading yields costs savings of as much as 50 percent.

Other Features of Emissions Trading Programs. There are many features that must be specified in an emissions trading program, some of which do not apply to all of the three basic emissions trading types. The following is a list that categorizes the major features of emissions trading programs into two major categories: *design issues and implementation issues*.

Design Issues. These include the decisions that arise as the program is designed and turned into a specific regulatory program.

Allocation of initial allowances. This issue is only relevant in cap-and-trade programs. Some method is required to distribute the initial allowances. Basic methods include various formulas to distribute initial allowances to participants on the basis of historical information ("**grandfathering**") or on the basis of updated information ("**updating**") as well as auctioning of the initial allowances.

Geographic or temporal flexibility or restrictions. This includes the possibility of restricting trades among different parts of the geographic range of the program (Tietenberg 1995). It also includes the possibility of banking (i.e., reducing emissions more than required in a given year and "**banking**" the surplus for future internal use or sale) or borrowing (i.e., reducing less than required in a given year and thus "**borrowing**," with the borrowed amount made up by reducing more than required in subsequent years).

Emission sources that are required or allowed to participate. This includes specification of the universe of sources that must participate in the trading program. It also includes the possibility of allowing additional sources to **opt-in** to the program.

Institutions established to facilitate trading. This includes the possibility of encouraging third parties (e.g., brokers) to participate in trading as well as the possibility of setting up an ongoing auction or other institutions to increase liquidity and establish market prices.

Implementation Issues. A number of decisions come into play as the program is implemented, such as:

Certification of permits. This decision applies to reduction credit programs, which require that emission reductions be certified before they can be traded.

Monitoring and reporting of emissions. Methods must be designed to monitor and report emissions from each participating source.

Determining compliance and enforcing the trading program. These decisions relate to the means of determining whether sources are in compliance and enforcing the program if sources are out of compliance.

Maintaining and encouraging participation. This relates to decisions made to keep sources in the program and encourage participation of sources whose participation is optional (e.g., those given the opportunity to opt-in).

Objective and Organization of this Report. Table 1 summarizes the six major programs considered in this document. The six programs-which represent the bulk of existing experience with emissions trading-include examples of all three basic types.

Table 1. Summary of Emissions Trading Programs

Program	Agency	Type	Emissions	Source	Scope	Year
EPA Emissions Trading Program	U.S. EPA	Reduction Credit, Averaging	Various	Stationary	U.S.	1979–Present
Lead-in-Gasoline	U.S. EPA	Averaging	Lead	Gasoline	U.S.	1982–87
Acid Rain Trading	U.S. EPA	Cap-and-Trade, Reduction Credit	SO_2	Electricity Generation	U.S.	1995–Present
RECLAIM	South Coast Air Quality Management District	Cap-and-Trade	NO_x, SO_2	Stationary	Los Angeles Basin	1994–Present
Averaging, Banking, and Trading (ABT)	U.S. EPA	Averaging	Various	Mobile	U.S.	1991–Present
Northeast NO_x Budget Trading	U.S. EPA, 12 states, and D.C.	Cap-and-Trade	NO_x	Stationary	Northeastern U.S.	1999–Present

Lessons from Experience with Emissions Trading were found as follow:

A. Economic Effectiveness

B. Environmental Effectiveness

C. Ability to Trade

D. Banking

E. Initial Allocation

Taxes vs. Cap and Trade. Emission taxes are a market-based alternative to cap and trade [9]. Like cap and trade, they create a price signal that provides incentives for

emissions reductions while leaving individual firms the flexibility to pursue whatever abatement strategy is least costly for them. Emission taxes have some potentially important advantages over cap and trade: First, they do not require the government to track or allocate allowances and thereby avoid questions about how to allocate allowances in the first place. (Calculating tax charges does require monitoring of actual emissions, just as determining compliance with an allowance trading system would.) Second, taxes provide price certainty—once government sets the tax rate, everyone knows exactly what the cost per ton will be for as long as the tax is in place (Weitzman 1974). Third, taxes avoid concerns about distortion, manipulation, or excessive price volatility in allowance markets. Finally, in countries that may not have a well-developed institutional infrastructure to support commodity markets, taxes may be a more feasible option, administratively.

In a document written on programs dealing with SO_2 emissions trade in China [14,20] but carefully analyzed the experiences of similar programs in the US. Accordingly, the United States had some types of emissions trade that have been adopted very early in certain conditions and has achieved remarkable economic and environmental efficiencies. At present, some of these types can still be applied for a limited scale. The reason why the US did not use the tax system instead to use emissions trading system has also been identified in this document.

In the document: “Air Quality Management in the United States” [1], the target of emission cutting and the roles of Air Quality Modeling. Emissions Estimation Models were mentioned as below:

1990 Clean Air Act Title I: Nonattainment regions Amendments Title IV: Acid rain (Electricity Generation Facilities) NO_x: cut emissions by 2.0 × 106 tons/yr SO_2: by 2000, reduce to 9.2 × 106 tons/yr (U.S. total); by 2010, reduce to 8.9 × 106 tons/yr (U.S. total) Phase I (beginning 1995): 110 large power plants Phase II (beginning 2000): remaining units Policy: market-based “cap and trade” rather than “command and control” If a utility reduces SO_2 emissions below its emissions “allowance,” the utility can sell its extra “allowance” to another utility Title V: Permits New and existing major sources must secure permits, duration ≤ 5 yr Fees to sustain state air pollution control agencies

Air Quality Modeling. There are three major classes of air quality models: (1) statistical and empirical models that are based on observed relationships between pollutant concentrations and emission rates with little or no explicit consideration of the underlying physical and chemical processes that determine these relationships; (2)

deterministic models that solve mathematical equations that describe the physics and chemistry of air pollutant emissions, formation, transport, and removal; and (3) a hybrid of the former two that, although essentially empirical or statistical in its approach, makes use of physically and chemically based algorithms.

Emissions Estimation Models This approach makes use of the same method as that used in the development of emission inventories, in which emissions are estimated as the product of an empirically derived emission factor and a facility-specific activity factor.

The more contents related to Emission Trading in US were presented in other documents, such as [2], [6], [12], [16], [17].

3.2. Japanese experiences

Japan also is the early application of the system of air pollutant emission loading, emission quota calculation for license. The main content of the total waste regulations and methods of evaluating the effectiveness of emissions using simulation models were presented by Mr. Tabata Toru in seminar in October 2016 in Hanoi. This indicates that, laws on air pollution prevent in Japan indicate the purpose of protecting people's health by ensuring environmental standards through regulations on flue gas emissions (PM, SO_2, NO_x, ...) by the operation of the plants and facilities.

The local area can develop the plan for total emission reduction and issue their total emission standards if three above standards were not in practice. The process of developing the standards prescribed total quantity of waste through the following steps:

- Simulation of pollutant dispersion,
- Predict the region where concentration of pollutants exceeded environmental standards,
- Find out the largest emission sources that were the causes of these situations;

Hirofumi Aizawa [10] has overviewed and showed the Air Pollution Control Policy in Japan for Mitigating Sulfur Emission. Summary of laws related to air pollution; More detail regulation of air pollution control in Japan were introduced. The SOx emission limit depending on effective stack height is set so that maximum ground concentration of SOx from specified facilities keep below a certain value. Stringent emission standards is applied to the facility established in the area or a part thereof where such emitting facilities are concentrated. Total Mass Emission Control Standard was applied to large-scale plants in specified area where attainment of air quality standard is difficult by the standard in each facility. Total Mass Emission Control

Standard was calculated belong to either fuel use formula or ground concentration formula.

Formula of SOx emission standard:

$$\mathbf{q = K \times 10^{-3} \times He^2}$$

where:

q: Emission limit (mass of SOx, Nm3/h)

K : The constant value (depending on region: 3.0-17.5)

He: Effective stack height (Factor calculated based on the rising momentum of exhaust gas)

The special emission standards were developed for the regions as k values and showed in the table 2.

Table 2. The special emission standards in Japan

Rank	K-value	
1	1.17	Special wards of Tokyo, Osaka/Sakai, Yokohama/Kawasaki, Kobe/Amagasaki, Yokkaichi, Nagoya (6 areas)
2	1.75	Chiba/Ichihara, Fuji, Handa/Hekinan, Kishiwada/Ikeda, Himeji, Wakayama/Kainan, Kurashiki(Mizushima), Kitakyushu (8 areas)
3	2.34	Kashima, Kawaguchi/Soka, Toyama/Takaoka, Shimizu, Kyoto, Fukuyama, Ohtake, ube, Tokuyama, Iwakuni, Marugame/Sakaide, Niihama, Ohmuta, Ohita (14 areas)

Total NO_x emission from given plants (as special regulation) were calculated by the formula:

$$Q = k.(\sum C.V)^L,$$

in which:

Q: permissible emission (m^3N/h);

k: coefficient (max. 1) given by local (province) leader;

L: coefficient (0,8 – 1,0) given by local (province) leader;

V: flow rate (m^3N/h);

C: coefficient belong to equipment given by local (province) leader

In Tokyo: k = 0,51; L = 0,95, in Osaka, Sakai: k = 0,6; L = 0,95.

3.3. Chinese experiences

According to Air pollution & Climat secreteriad (AirClim) [4], China's new emission standards for power plants are comparable to, and in some cases even stricter than, current standards in the EU and the United States.

As of 1 January 2012, newly constructed power plants in China must achieve tougher emission standards for sulphur dioxide (SO_2), nitrogen oxides (NO_x) and particulate matter (PM). For existing power plants, the new standards will take effect as from 1 July 2014. Moreover, starting in 2015, all power plants (new and existing) will be subject to mercury emission standards.

The new Chinese emission standards for air pollutants from thermal power plants were adopted by China's Ministry of Environmental Protection (MEP) in July 2011, and they replace standards that had been in effect since 2003.

The new emission standards are differentiated by fuel type, and plants using gas or oil have standards at least as strict as those for coal-fired plants.

In addition, nine key regions in China with the most severe air pollution problems will face even stricter emission standards than those set out in the. In these regions all existing and new coal-fired power plants will have to achieve emission limit values for SO_2, NO_x and PM of 50, 100 and 20 milligrams per cubic metre (mg/m3), respectively.

In Preface One of a document [20], Christine Todd Whitman, Administrator U.S. Environmental Protection Agency had mentioned that, recognizing that the United States and China share a common interest in reducing the threat posed by SO_2 and fine particle pollution, EPA and China's State Environmental Protection Administration (SEPA) agreed to collaborate on this effort in April 1999.

Key lessons learned in the U.S. that might be transferable to China include:

• *Design.* Several overarching principles-simplicity, accountability, transparency, predictability, and consistency-should guide the development of a cap and trade program. Adhering to these principles can promote compliance and an efficient emissions trading market.

• *Infrastructure*. Institutions and incentives needed for the trading market to function include a system of private contracts and property rights, at least a partially profit-driven private sector or cost-minimizing enterprises, and respect for the rule of law.

• *Data accuracy*. It is critical to have accurate, consistent, complete, and transparent emissions information. This ensures both environmental credibility and economic efficiency.

• *Data tracking*. An efficient system for managing and tracking emissions and allowance data will facilitate administration of the program, enhance market operations, and reduce errors.

• *Compliance and enforcement.* As with all environmental programs, a cap and trade program requires effective enforcement to ensure that environmental and cost-savings objectives are met. For an emissions market to develop, there must be confidence that emissions will be correctly measured and reported, that compliance will be verified, and if there is noncompliance, that a penalty significantly greater than the cost of compliance will be assessed.

This document also clarifies some concepts as a basis for the formulation and administration of emission quota system, such as:

- Cap and Trade
- Allowances
- Allowance Transfer Form – ATF
- Trade
- Trader

Seven areas relating to the development of an SO_2 emissions trading framework in China were found and analyzed:

- Scope and applicability of the trading program;
- Collecting and reporting emissions data;
- Integrating the trading program with existing programs;
- Analyzing existing data and making recommendations for the environmental goals of the program;
- Defining allowances;
- Legal authorities and roles; and
- Managing information

China’s Acid Rain and Sulfur Dioxide Pollution Control Policies were presented showing the effort of Chinese Government to reduce the negative impacts of acid rain:

- China’s Total Emissions Control and Emissions Permit System

To support the realization of goals proposed in the "Ninth Five-Year Plan," a "Total Emissions Control Plan" was formulated. SO_2 targets were a significant part of this plan.

- Using Market Driven Policies To Control Sulfur Dioxide.

Sulfur Dioxide Levy. Based on the "polluter pays principle (PPP)," China has been implementing a pollution levy system since 1978. The levy has played a critical role in pollution abatement. The SO_2 levy has become a central component of the overall levy system, and its introduction marked an important stage in using financially based tools to control air pollution and acid rain.

The current SO_2 emission levy regulation assesses a 0.2 Yuan per kg charge on emissions, a rate that is too low (equivalent to about $22 per ton). The regulation does not fully factor in the average marginal social costs of pollution nor does it reflect the average cost of pollution abatement, hence it is not able to completely serve its purpose as a pollution reduction stimulus.

Piloting Sulfur Dioxide Tradable Permits. In 1994, SEPA, using the 16-city air pollution permit pilot program as a foundation, began experimenting with tradable permits in six cities (Baotou, Kaiyuan, Yangzhou, Pingdingshan, and Yangzhou). Trades can be executed in at least four ways. Enterprises can purchase pollution rights from the local environmental bureau; industries can invest money in regional pollution clean up to acquire pollution rights; and, enterprises that own emission rights above current emissions can sell the excess to an enterprise in need of additional rights or to a newly opening industry.

Incentive-Based Policies. Policies that use financial incentives or measures that deliver financial benefits to reduce sulfur emissions have yet to emerge nationally.

- Technology Policies

Limiting the Extraction and Use of High Sulfur Coal. In 1995, the coal from China's key mines could be categorized in the following manner. Approximately 6.4 percent of the coal had a sulfur concentration above three percent; 4.7 percent had a sulfur concentration between two and three percent; 17.8 percent had a sulfur concentration between 2 and one percent; and over 70 percent had a sulfur concentration below one percent.

Coal Washing. The percentage of washed coal in China is relatively low. In 1995, for instance, only 22 percent of China's coal was washed; whereas, the comparable figure over the same period in the United States was 55 percent. Out of the 380 million tons of coal washing capacity, 65 percent is used for washing coke coal;

and out of the 280 million tons of coal that is actually washed, 70 percent is refined. Approximately half of the 9 million or more tons of that is transported via rail is not washed.

Desulfurization. Article 30 of the Air Pollution Prevention and Control Law clearly stipulates that "if newly opened or recently renovated thermal power plants and other large to mid-sized industries that emit SO_2 exceed regulatory standards or total emissions standards, they must install desulfurization equipment and dust removal equipment or adopt other methods to curb emissions. In the two control zones, if already operating industries surpass limits, they should, in line with Article 48 of this legislation, reduce their emissions within a given period. The country encourages enterprises to use advanced desulfurization and dust removal technology.

- Sulfur Dioxide Key Control Zones

Defining the Parameters of the "Two Control Zones" . On January 12, 1998, the State Council ratified a plan designating "two control zones" and approved new regulatory standards and counter measures in line with this plan. In 2000, the National People's Congress revised the Air Pollution Prevention and Control Law. Section two, Article 18 of this law clearly stipulates that "the State Council's environmental protection administration working with relevant departments and according to the atmospheric, topographic and land conditions as well as other natural conditions, can with regard to regions that already or might possibly become important acid rain or SO_2 emission areas, pending the approval of the State Council, designate special control zones." This law made significant progress toward establishing a legal standing for the two control zones.

Policy Regulations in the "Two Control Zones" . China's most recent revision of the Air Pollution Prevention and Control Law designates two regions where acid rain and sulfur emissions have been particularly acute. According to the law, special policies and measures are to be implemented within these regions with the hope of mediating and gradually controlling the steadily mounting acid rain and sulfur pollution problems. The following are among the policies.

Increasing Investment within the "Two Control Zones". Gradually increasing government investment in the two zones will expand environmental monitoring capability, environmental management capacity and strengthen environmental research as well as other public finance projects. Increasing national funding to support desulfurization efforts and gathering funds from local governments, enterprises, and individual investors is also essential for key abatement projects.

Continue to Implement the Total Emissions Control System in the "Two Control Zones". Nationally, total control SO_2 standards should be divided among each province,

municipality, and autonomous region based upon the different stages of total emissions in the two control zones and the basic controls imposed on individual sources of SO_2 emissions. Each province, municipality or autonomous region should then allocate those standards to each city based upon the city's environmental conditions and the level of economic development. In this way, the implementation of total emissions control would be managed at each regional level of the environmental protection organizational structure.

Extending the Use of Permits. Each level of the environmental protection department, based upon control zones standards, should determine a level of allowable total emissions. From here, the department can take full advantage of the permit system by devolving emission quotas down to each polluting unit and focusing on compliance and inspection.

In other documents [14], [21] the circumstances necessary for SO_2 emission trading in China, outline the experience to date, and analyse implementation opportunities and barriers in China were introduced. The contents of the paper are: (1) SO_2 emission control policies in China; (2) institutional requirements and the basis for introducing SO_2 emission trading in China; (3) case studies of emission trading in China; (4) opportunities and barriers to implementing emission trading in China; (5) recommendations to transition from pilot projects to a nationwide SO_2 emission trading program; and (6) conclusions and suggestions.

Early in the 1980s, China began discussing and piloting emission trading in combination with new projects. The transition has occurred over three stages: (1) 1990 to 1995 – establishing the concept; (2) 1996 to 2001 – exploring the theory and methods of emission trading; and (3) 2002 to present – piloting and designing emission trading programs.

In 1994, SEPA conducted policy experiments in air pollutant emission trading in six cities (Baotou, Kaiyuan, Liuzhou, Taiyuan, Pingdingshan and Guiyang) on the basis of air pollutant emission permit pilots in 16 cities. The pilot trades took many different forms, including:

• Allowance transfers within an enterprise;

• Environmental compensation fees to obtain additional emission rights;

• Investments in non-point source pollution control to obtain additional emission rights; and

• Allowance transfers from sources with surplus allowances to new or existing sources with insufficient allowances.

Two case studies of emission trading were introduced as following:

SO_2 Emission Trading in Jiangsu Province

Located in Eastern China, Jiangsu is a province with a relatively advanced economy and effective management institutions. SO_2 emissions in the province are significant – 1.2 million tonnes in 2000 – and acid rain has had serious effects on the region. In order to control total SO_2 emissions and attain the TEC limit (1 million tonnes) allocated by the central government, Jiangsu introduced an emission trading program to promote cost-effective SO_2 abatement in the power sector. The policy framework is outlined in Table 3.

Jiangsu focused on the power sector for the pilot study. The sector makes the largest contribution to SO_2 emissions in the province. The two power plants that participated in the allowance trade were located in different cities; thereby making the transaction the first inter-city allowance trade in China. Some of the reasons for the program's initial success where: (1) total allowable SO_2 emissions from the power sector are controlled by the provincial EPB; (2) allowances were allocated according to uniform standards set by the provincial EPB; and (3) allowances were allocated based on an emission performance standard, or generation performance standard, which is an advanced concept that promotes efficiency.

Table 3: The Emission Trading Framework in Jiangsu

Scope:	Power sector – 196 power plants in Jiangsu Province
Region:	The province
Total Emission Target:	TEC limits for the Tenth Five-Year Plan period
Allocation Method:	Emission performance standards
Legal Basis:	Document by provincial EPB and Economic and Trade Commission
Trading Situations:	Two power plants conducted a trade
Monitoring and Measurement:	CEMs, periodic source monitoring, and material balance

SO_2 Emission Trading in Taiyuan City

SO_2 pollution in Taiyuan is very severe – ambient SO_2 concentrations were 0.2 μg/m3 in 2000, three times higher than the Class II standards of 0.06 μg/m3. In an effort to improve urban air quality, the city formulated an ambitious TEC target of 50% below 2000 emissions by 2005. With financial assistance from ADB and technical support from RFF and CAEP, Taiyuan initiated the emission trading project to attain the TEC target at lower cost. After one year of preparation and study, Taiyuan promulgated the "Administrative Regulation for SO_2 Emission Trading in Taiyuan City" in 2002 as a local regulation to conduct emission trading. Twenty-three major sources were identified to participate in the first phase of the emission trading program. On the

basis of a detailed survey and analysis of SO_2 emissions from the sources, allowances were allocated using historic emissions or performance agreements with the city EPB as the basis for the new allocations. The U.S. EPA held training classes for the local EPB and the enterprises participating in the program. In addition, the U.S. EPA helped create SO_2 emission and allowance tracking systems. The policy framework for the Taiyuan emission trading program is outlined in Table 4).

The Administrative Regulation for SO_2 Emission Trading in Taiyuan City creates a strong foundation for emission trading and provides detailed implementation requirements. There are seven key aspects of the regulation:

• Identifies Taiyuan city EPB as the supervising institution for SO_2 emission trading.

• Stipulates enterprises participating in the emission trading program are not exempt from other environmental protection responsibilities.

• Specifies the allowance allocations for each year of the Tenth Five-Year Plan period. New sources must obtain allowances through purchases from the city EPB or other sources.

• Allows for the trading and banking of allowances. Surplus allowances from the current year can be banked for use in the future or sold to other sources. If surplus allowances are sold, the trading parties determine the price based on market conditions.

• Authorises an allowance auction by the Taiyuan EPB. Auction income is set aside for improving urban environmental quality.

• Requires the implementation of an emission tracking system and allowance tracking system to manage emission data and allowance transactions.

• Specifies legal liability of enterprises and financial penalties for non-compliance.

Table 4: The Emission Trading Framework in Taiyuan

Scope:	23 key pollution sources accounting for 50% of total SO_2 emissions
Region:	Urban area (excluding suburb districts and counties)
Total Emission Target:	TEC limits for the Tenth Five-Year Plan period –125,000 tonnes
Allocation Method:	Historical emissions
Legal Basis:	Regulation on TEC in Taiyuan City and administrative regulation for SO_2 emission trading in Taiyuan City
Trading Situations:	Training, trading simulation, and implementation beginning January 1, 2003
Monitoring and Measurement:	CEMs, periodic source monitoring, and material balance
Management:	Emission and allowance tracking systems

More detail assessment of Taiyuan case was conducted in other paper [18]. How the system will actually work, whether the design will prove viable in Taiyuan, whether tangible environmental improvements can be obtained at reasonable cost, and what modifications might be necessary to improve the system are all unknown at this time. What is known is that there is strong interest in trying to adapt the western-style emissions trading experience to the real-world conditions in China-and a major effort is under way to demonstrate the viability of such an approach

The above analysis shows that China has focused on controlling emissions and actively looking for ways to be able to apply. Policy makers, scientists have studied the US experience in the use of control tools, including tools of emission quotas, licensing discharge and the ability to apply to the actual conditions of China. It can be seen that, the Chinese are very careful in deciding measures, economic instruments to control emissions of air pollutants. The surveys for understanding the current state of air quality, acid rain situation was conducted along with the pilot implementation tools to find out the experience for more efficient official implementation of emission control system.

3.4. Indian experiences.

India is a big country with the second largest population in the world, with rather high economic growth rates, strong science and technology development, especially from the early years of the 21st century. India is also facing many environmental problems, including the reduction of air quality, even air pollution in some areas of the country. India is also actively seeking economic tools to apply in order to reduce and control emissions of air pollutants. According to the documents obtained, India is taking steps to apply the emission trading system for some types of pollutants in some areas of the country. The approach of this system of India also has features like in China, so the general contents would not be repeated, but will focus more on some points, the distinction

In "*Towards an Emissions Trading Scheme for Air Pollutants in India*" [8], prepared by a team from Massachusetts Institute of Technology (MIT), Harvard University and J-PAL the potential and steps for implementation of this scheme were presented. Main content of this document will be showed in following parts.

- *Why emissions trading?* An emissions trading scheme is a regulatory tool used to reduce pollution emissions at a low overall cost.

Setting the Cap. The target for aggregate emissions from the sector where trading is introduced must be set to produce reasonable prices and emissions reductions.

Allocating Permits. The permits to emit must be distributed in an equitable way to build support for the scheme. In many successful cases this allocation has been made for free relative to baseline emissions, greatly reducing the cost of compliance for industries.

Monitoring. The quantity of emissions from each industrial plant must be reliably and continuously monitored with high integrity recognized by all sides.

Compliance. The regulatory framework must make industries confident that buying permits is the only reliable way to meet environmental obligations.

Key components of an emissions trading scheme was discussed and focused in the following contents:

- *Purpose*.

Targeted pollutants. Select air pollutant(s) that require reduction in participating areas, have adequate monitoring technology and are emitted by a group of large point sources. The purpose of the ETS is assumed to be the reduction of emissions of some conventional air pollutant, such as SO_2, NO_x or SPM, for the betterment of human health and the reduction of compliance costs.

- *Emissions Cap.*

Setting the *emissions cap* is a key decision in establishing a cap-and-trade system. The cap must be neither so high that the system does not achieve reductions nor so low as to be prohibitively costly to fi rms. There are two primary options: using baseline emissions to set the cap or using a targeted or desired level of level of ambient pollution. Both ways require data on baseline emissions from the included units. The second way additionally requires information on the local sources of air pollution and the relation between emissions and ambient concentrations.

Baseline emissions. Set emissions cap at the level of historical baseline emissions or at some arbitrary reduction (e.g. 25%) below this level.

Ambient targets. Set emissions cap at the level projected to achieve a desired reduction in ambient pollutant concentrations.

Safeguards. Set additional parameters, such as hard caps or other limits on high-frequency emissions, which prevent local accumulation of pollutants.

Safeguards. Set additional parameters, such as hard caps or other limits on high-frequency emissions, that prevent local accumulation of pollutants.

Price ceiling. Commit to the government selling permits if the price rises too high.

- *Implementation.*

Free Allocation of Permits. Supply permits for free to units based on some fixed formula, usually in proportion to baseline emissions.

Auctioning permits. SPCB or other authority conducts an auction of the total volume of permits decided under the cap.

- *Trading*.

The main considerations to design a trading system will be what the nature of the permit itself will be and how the permit holdings of participants will be tracked.

Permit quantity and duration. Decide the unit of pollution that permits represent and the period of their validity.

Set up a permit market. Create an exchange system that sets clear prices and enables easy trading.

- *Monitoring.*

Monitoring is the foundation for any trading system. The accurate, comprehensive monitoring of total emissions in the U.S. Sulfur Dioxide program helped ensure the transparency and success of the permit market

Monitoring. Establish a monitoring protocol that accurately and continuously monitors total pollutant emissions and provides clear procedures in case of data gaps.

- *Outcomes*.

Evaluation. Track the progress of the emissions trading system through emissions, permit market functioning, and the reduction in costs to firms themselves.

A document [15] prepared by J-- PAL South Asia in collaboration with the Gujarat Pollution Control Board, the Maharashtra Pollution Control Board and the Tamil Nadu Pollution Control Board for the Ministry of Environment & Forests, Government of India has presented the detail report on *Pilot Emission Trading Scheme in Gujarat, Maharashtra and Tamil Nadu.* The main content of this document included as following.

Purpose of emissions trading scheme. The proposed emissions trading scheme will set a new model for environmental regulation in India. The scheme will be a leap forward from both a regulatory and economic perspective. It aims to cap total pollution emissions, increase regulatory transparency and accountability and reduce compliance costs for all participants.

Five objectives and monitoring of the pilot emissions trading scheme: Objective 1. Extend regulatory framework; Objective 2. Implement continuous monitoring; Objective 3. Create emissions market; Objective 4. Document emissions cuts and Objective 5. Document cost savings. Metric of each objectives were also determined.

Purpose and structure of evaluation. Emissions trading, while successful as a regulatory instrument, has never been introduced and evaluated at this high standard anywhere in the world. The Ministry of Environment & Forests has selected J-PAL South Asia at IFMR to serve as an independent evaluator of the completion of these objectives with respect to regulation, pollution and compliance costs

Existing regulations. The legal basis for an emissions trading scheme (ETS) can be drawn from India's existing environmental laws. The Air (Prevention and Control of Pollution) Act, 1981 (hereafter Air Act) and the Environment (Protection) Act, 1986 (hereafter EP Act) do not specifically establish emissions trading as a regulatory instrument, but the broad powers of the Central government, Central Pollution Control Board and State Pollution Control Boards under these laws would support the establishment of an ETS at the regulatory, as opposed to the legislative, level. Regulatory authority empowers both the Centre and the State to make the changes necessary for an ETS.

Required regulatory changes. The framework above suggests clearly how regulations would need to be modified in order to put emissions trading on firm regulatory footing. The MoEF will issue a notification stating the regulatory authority for emissions trading, the purpose of introducing an emissions trading scheme, the applicability of such a scheme by sector and area and the broad powers that enable SPCBs to implement the scheme themselves.

Relevant institutions and decision process. The proposed pilot emissions trading scheme will be a collaboration amongst many parties. The scheme is taken up under the authority of the Ministry of Environment & Forests (MoEF), Government of India. The Central Pollution Control Board (CPCB) will advise on technical aspects of the scheme implementation. The respective State Pollution Control Boards (SPCBs) of Gujarat, Maharashtra and Tamil Nadu will be responsible for implementing the scheme, both directly and indirectly, through private consulting firms with expertise in relevant technical and financial fields. J-PAL South Asia at IFMR will serve as independent advisor and evaluator for the scheme. A list (name, position) of the people (both officers and technical) needed for the scheme were found and presented.

Regulatory review process. MoEF in consultation with an environmental lawyer, will make specific take action and direct CPCB and SPCBs regarding steps to be taken in several important areas towards the implementation of the pilot emissions trading scheme.

Technical review process. The scheme will rely on accurate, continuous monitoring of emissions. The technical task force will oversee the development and adoption of appropriate instrumentation and data validation standards.

Trading review process. The emissions trading system itself will be based on the reliable, established platforms of India's commodity exchanges. To allow multiple parties to conduct trading and to verify the right of parties to trade, the project will develop a single permit accounting and compliance reconciliation system.

1. Permit accounting.
2. Registration of emissions permits.
3. Accounting platform.
4. Trading capacity building.
5. Interim conference on trading.

Pilot emissions trading scheme and evaluation. The pilot emissions trading scheme is closely integrated with evaluation components. The structure of the roll-out will be to first allocate permits to all pilot industries under CEMS and then to begin trading with a subset of these units. All units with permits, whether permitted to trade or not, will be subject to total emissions norms for the targeted pollutant.

1. Plant survey.
2. Permit allocation.
3. Selection of trading group.
4. First compliance period.
5. First reconciliation.
6. Second compliance period and reconciliation.
7. Continuation and scale-up.
8. Dissemination of results

Project Cost. The overall project cost is summarized in the table 5 below. The costing is for the complete design, roll-out and evaluation of an emissions trading pilot scheme in three states over a roughly three-year period. The budget for the initial, six-month design phase is presented separately from the ongoing oversight and evaluation cost and the cost of continuous emissions monitoring systems. This distinction between the Emissions trading scheme design phase costing and the Ongoing oversight and

evaluation costing is maintained in subbudgets for MoEF, SPCBs and J-PAL South Asia. The CEMS cost is not broken out by timing but will depend on cost-sharing arrangements and the speed of adoption.

Table 5.Total project budget

Activity	Total cost (Rs. Lakh)	Total cost (1000 $US)
Phase 1 - Emissions trading scheme design (March - August 2011)		
Ministry of Environment & Forests	69	152
Gujarat Pollution Control Board	33	73
Maharashtra Pollution Control Board	21	47
Tamil Nadu Pollution Control Board	25	56
J-PAL South Asia at IFMR	86	191
	234	**520**
Phase 2 – Ongoing Oversight and Evaluation Sep 2011 – Jun 2014		
Ministry of Environment & Forests	157	350
Gujarat Pollution Control Board	65	145
Maharashtra Pollution Control Board	44	97
Tamil Nadu Pollution Control Board	44	97
J-PAL South Asia at IFMR	366	813
J-PAL South Asia tại IFMR – Industry surveys	791	1758
	1467	**3259**
Continuous emissions monitoring system installation		
Gujarat Industry	10037	22304
Maharashtra Industry	7500	16667
Tamil Nadu Industry	7500	16667
	25037	**55638**
Continuous emissions monitoring system maintenance	3680	8178
Gujarat Industry	2760	6133
Maharashtra Industry	2760	6133
Tamil Nadu Industry	2760	6133
Total cost	**9200**	**20444**

A significant part of this cost will be an investment in the future of environmental regulation in India. For example, the development of regulatory changes, technical standards and a trading platform are one-time costs that will make expanding emissions

trading to different pollutants and states much easier in the future. The installation of continuous monitoring systems is also an investment. This is a capital cost that will pay back in terms of facilitating comprehensive, accurate monitoring of large industries in Gujarat and Tamil Nadu for many years and should not be taken as an annual expense.

The costing is presented to give an overall budget without regard to funding source. Cost sharing with industry for the adoption of continuous emissions monitoring systems could defray a significant portion of the up-front project costs, as industry costs account for over 95% of the overall project budget.

State Pollution Control Board cost. The primary cost for SPCBs is capacity-building and labor to oversee the introduction of the scheme. Unlike for industry, the capital cost for the monitoring equipment is relatively small for SPCBs. The capacity-building element will be important for SPCBs. Staff must be trained to understand the function of the new continuous monitoring equipment, from recognizing signs of erroneous data in the office to calibrating equipment in the field.

Ministry of Environment & Forests and Central Pollution Control Board cost. The cost from the MoEF and CPCB side is purely labor and services, and hiring of technical and legal consultancy services for the establishment of the standing committee and the development of the scheme.

Evaluation cost. The cost of evaluation will support J-PAL South Asia staff in designing and supervising an evaluation of the ETS roll-out. Some of this cost is for expert consultancy from the public, private and non-profit sectors in order to ensure a sound scheme design. The bulk of this cost is for field surveys of pollution abatement efforts and expenditures at an industry level for all industries participating in the scheme. The data collected by these five survey rounds, along with the emissions data collected from the CEMS, will be the basis for evaluating the success of the pilot scheme.

The lesion and experiments from a case study in India was fount and presented in a document [11].

3.5. Experiences from ASEAN and other countries

Thailand is a country closed to Vietnam and has rather good tools for emission control, especially the Emission Standard of the Power Plant. Main regulation of this standard will be presented as bellow.

According to the Notification of the Ministry of Industry "Emission Standard of the Power Plant" B.E. 2547 (2004) [19]: By the virtue of clause 16 of the Ministerial Regulation No. 2 B.E. 2535 (1992) issued pursuant to the Factory Act B.E. 2535(1992) which contains some provisions concerning the limitation of the people rights and liberties that is permissible by the provisions of section 29 together with section 35, section 48 and section 50 of the Constitution of the Kingdom of Thailand, the Minister of Industry hereby issues the Ministerial Notification as follows:

Article1: The Notification of the Ministry of Industry regarding emission standard of the power plant B.E. 2544 (2001) dated 11th December B.E. 2544 (2001) shall be repealed.

Article 2: In this Notification,

"*Old Power Plant using Coal, Oil or Natural Gas as Fuel*" means a power plant that has received an operation license or a plant-expansion license before 31 January 1996.

"*New Power Plant using Coal, Oil or Natural Gas as Fuel*" means a power plant that has received an operation license or a plant-expansion license from 31 January 1996.

"*Existing Power Plant*" means the following power plants: (1) Bangpakong Power Plant (2) South Bangkok Power Plant (3) North Bangkok Power Plant (4) Suratthani Power Plant (5) Lan Krabue Power Plant (6) Nong Chok Power Plant (7) Wang Noi Power Plant (8) Nam Phong Power Plant (9) Mae Moh Power Plant

In case the above-mentioned 9 existing power plants have any changes affecting to power generation process and fuel used, the changed unit would be complied with the standard of the New Power Plant.

"*Biomass fuel*" means fuels produced from organic substance or living things that includes products from agriculture, livestock, and forestation; for example, firewood, woodchip, husk, straw, baggasse, stem and leaves of sugar cane, palm fiber, palm shell, palm cluster, coconut shell, plant's residue, animal's dung, biogas, sludge, or waste from agricultural product processing factory, etc.

"*Old Power Plant using Biomass as fuel*" means a power plant that uses biomass as fuel having received an operation license or a plant-expansion license before 1 October 2004.

"*New Power Plant using Biomass as fuel*" means a power plant that uses biomass as fuel having received an operation license or a plant-expansion license from 1 October 2004.

Article 3: Emission standard of a power plant shall be as follows (Table 6):

Table 6. Emission standard of a power plant in Thailand

Type and Size of a Power Plant	**Emission Standard**		
	SO_2 (ppm)	NO_x as NO_2 (ppm)	Particulate (mg/m3)
1. Old Power Plant of any sizes that uses the following fuels:			
1.1. Coal	700	400	320
1.2. Oil	950	200	240
1.3. Natural Gas	60	200	60
1.4. Biomass	60	200	320
2. New Power Plant 2.1. New Power Plant using coal as fuel, of the following capacity:			
(1) < 300 MW	640	350	120
(2) 300-500 MW	450	350	120
(3) > 500 MW	320	350	120
2.2. New Power Plant using oil as fuel, of the following capacity:			
(1) < 300 MW	640	180	120
(2) 300-500 MW	450	180	120
(3) > 500 MW	320	180	120
2.3. New Power Plant of all sizes using natural gas as fuel	20	120	60
2.4. New Power Plant of all sizes using biomass as fuel	60	200	120
3. Old Power Plant			
3.1. Bangpakong Power Plant (1) Unit 1-4 (Thermal Power)	320	200	120
(2) Unit 1-2 (Combined Cycle)	60	450	60
(3) Unit 3-4 (Combined Cycle)	60	230	60

3.2. South Bangkok Power Plant			
(1) Hydro Power Unit	320	180	120
(2) Unit 1 (Combined Cycle)	60	250	60
(3) Unit 2 (Combined Cycle)	60	175	60
3.3. North Bangkok Power Plant	500	180	150
3.4. Suratthani Power Plant			
(1) Gas Turbine Unit	60	230	60
(2) Combined Cycle Unit	20	120	60
3.5. Lan Krabue Power Plant	60	250	60
3.6. Nong Chok Power Plant	60	230	60
3.7. Wang Noi Power Plant	60	175	60
3.8. Nam Phong Power Plant	60	250	60
3.9. Mae Moh Power Plant			
(1) Unit 1-3	1,300	500	180
(2) Unit 4-13	320	500	180

Article 4: In case a power plant using coal, oil, natural gas or biomass as mixed fuel, emission standard values must be calculated based upon the ratio of each type of fuel as follows:

Emission Standard = A W + BX + CY+DZ

When

A = Emission Standards for utilizing only coal as fuel

B = Emission Standards for utilizing only oil as fuel

C = Emission Standards for utilizing only natural gas as fuel

D = Emission Standard for utilizing only biomass as fuel

W = Ratio of Heat Input from utilizing only coal as fuel

X = Ratio of Heat Input from utilization only oil as fuel

Y = Ratio of Heat Input from utilization only natural gas as fuel

X = Ratio of Heat Input from utilization only biomass as fuel

Article 5: Measurement of emission from the power plant shall be carried out at a power plant's stack during an operation time.

Article 6: Measurement of emission from the power plant's stack shall follow the following methods:

(1) SO_2

- Determination of Sulfur Dioxide Emissions from Stationary Sources of U.S. EPA; OR

- Determination of Sulfuric Acid Mist and Sulfur Dioxide Emissions from Stationary Sources of U.S. EPA; OR

- Other methods approved by DIW

(2) NO_x as NO_2

- Determination of Nitrogen Oxide Emissions from Stationary Sources of U.S. EPA; OR

- Other methods approved by DIW

(3) Particulate

- Determination of Particulate Emission from Stationary Sources of U.S. EPA; OR

- Other methods approved by DIW

Article 7: In case of an existing power plant utilizing emission stack more than one, emission average values must be calculated base upon the ratio of each emission flow rate and emission concentration as follow:

$$\text{Emission Average} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i c_i}{\sum_{i=1}^{n} Q_i}$$

Qi = Emission flow rate of stack i from existing power plant, thermal power plant, combine cycle plant, gas turbine power plant or other existing power plant (m3/hr)

Ci = Emission concentration of stack i from existing power plant, thermal power plant, combine cycle plant, gas turbine power plant as SO_2 or NO_x as NO_2 (ppm) or participate (mg/m3)

n = Number of stack

i = 1, 2, 3,...n

Article 8: Reference condition is at 25 degree Celsius at 1 atm or 760 mmHg, excess air at 50% or excess O2 at 7%, at dry basis.

According to the documents obtained, the Southeast Asian countries have not implemented the emissions trading scheme because of limitation amount of industries

emitting air pollutants (SO_2, NO_x, PM). Particularly the emission trading scheme for greenhouse gas CO_2 has been applied in some countries.

In documents prepared by the Asian Development Bank published in 2015 [7] the approach towards reducing greenhouse gas emissions of the countries of the Asia - Pacific has been reviewed. In countries like China, India or Japan, approach emissions trading has had good results. However, in countries such as Thailand, Indonesia and Vietnam, the results of application of these tools were limited. These countries have been preparing themselves for the implementation of carbon markets approach, including emissions trading system and credit mechanism to implement in the coming years.

If these countries develop and implement the emission loading, emission quota calculation for license system or the cap and trade emissions of greenhouse gases, it is easier to apply to other pollutants (SO_2, NO_2, PM).

Another experience from the application of emissions trading in Santiago, Chile [13] also needed to be considered. The differences with the programs mentioned above will be explained below.

In 1992, the Ministry of Health issued Supreme Decree Number 4 to control PM10 emissions from stationary sources in the Santiago Metropolitan Region. The Decree included three key provisions for stationary combustion sources (e.g., industrial and commercial boilers, industrial ovens, power plants) with a rated exhaust gas flow rate greater than 1,000 m3/hour:

1. A maximum emission concentration standard;

2. A cap on total daily potential emissions from point sources; and

3. An emission trading program.

The maximum PM10 concentration for exhaust gases was set at 112 mg/m3 – the level at which visible smoke appears. However, as with any concentration standard, sources can meet the standard by diluting the exhaust gases without making real reductions. To ensure that PM10 emissions were reduced, the Decree included a cap on daily emissions with the flexibility to meet that cap through an emission trading program. Under the emission trading program, existing sources were allocated a specific quantity of daily emission permits (DEPs) based on potential emissions. Each DEP is an authorization to emit up to one kilogram of PM10 per day in perpetuity. New sources and expansions to existing sources placed in operation after March 2, 1992 or

registered with SESMA after December 31, 1997 did not receive DEPs. These new and expanded sources had to purchase DEPs from existing sources.

SESMA used the following formula to allocate DEPs to the approximately 600 existing sources:

DEP (kg/day) = F0 (m^3/hour) x Co (mg/m3) x 10^{-6}(kg/mg) x 24 (hours/day)

Where:

- DEP is the number of daily emission permits granted to the source
- Fo is the maximum flow rate of exhaust gas determined by a combustion unit's rated size
- Co is a default concentration of PM10 in the exhaust gas

During the first phase of the program (1994 – 1999), the default concentration of PM10 in exhaust gas (Co in the above formula) was 56 mg/m^3. This level was chosen because it was half the maximum concentration limit of 112 mg/m^3. For the period 2000 through 2004, the default concentration (Co) for the allocation formula was reduced to 50mg/m^3. Beginning in 2005, the default concentration (Co) was further reduced to 32 mg/m^3.

To assess compliance with Supreme Decree Number 4, stationary sources are required to measure and certify their emissions concentration once per year. The measurement must be conducted by Measurement and Analysis Laboratories authorized by SESMA (CONAMA, 2004b). There are also random inspections throughout the year to verify the emissions concentration and ensure the source is using the specified fuel(s) on which the emission concentration is based. The source's daily potential emissions are calculated by multiplying the measured emission concentration and the source's maximum potential daily flow rate of exhaust gas (assuming 24 hours of operation.) This result is compared to the number of DEPs the source holds. If the source holds sufficient DEPs, it is in compliance with the emissions trading program. In addition to the requirement to hold sufficient DEPs, the source's measured emission concentration must be below the maximum PM10 concentration established by the Decree – 112 mg/m3 – regardless of the number of DEPs a source holds.

Because emissions are calculated using the maximum potential flow of exhaust gases, the options available to sources to "reduce" emissions are limited to reducing the maximum potential flow or the pollutant concentration in the exhaust gases. This can be accomplished by switching to cleaner-burning fuels or installing pollution controls.

A source that reduces its daily potential emissions to a level below the number of DEPs it holds can sell the surplus amount. However, because the DEPs are an authorization to emit up to one kilogram of PM10 per day in perpetuity, a trade results in a permanent reduction in the transferor's DEPs and a corresponding permanent increase in the recipient's DEPs. In addition to the changes to the default concentrations for the allocation formula mentioned earlier, SESMA increased the offset ratio for new and expanded sources from one DEP for each kilogram of potential daily emissions to 1.2 DEPs per kilogram in 1998. In 2001, the offset ratio was further increased to 1.5 DEPs per kilogram.

Following full implementation of the emission trading program in 1997, air quality in the Santiago Metropolitan Region has improved significantly (see Figure 1). Between 1992 and 2005, PM10 concentrations decreased by almost 40% and potential PM10 emissions decreased by almost 80% from 15.3 tons per day to 3.1 tons per day (see Figure 2). Stationary sources had reduced potential PM10 emissions significantly more than required to meet the emission reduction goal of Supreme Decree Number 4.

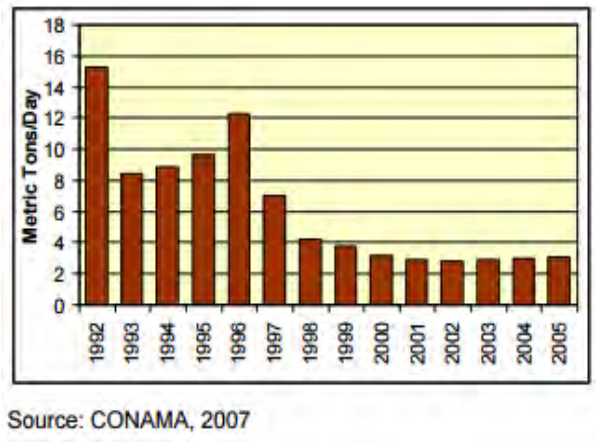


Figure 1. Santiago Average Daily PM10 Emissions

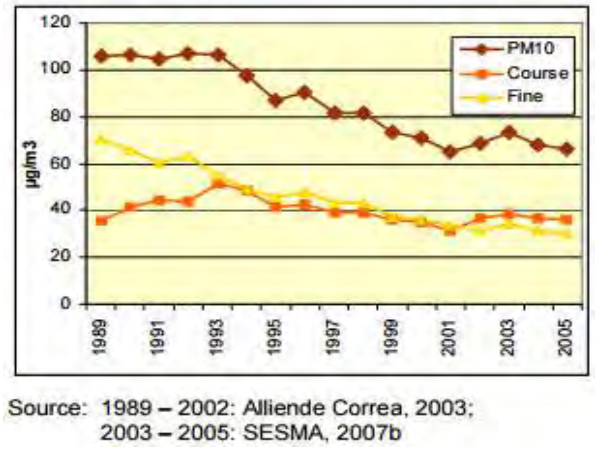


Figure 2. Santiago Annual Average PM10 Concentrations – Course & Fine

Clearly, the experience of Chile can apply for smaller geographic areas, for PM10, for shorter time application, close to the conditions in Vietnam.

IV. Conclusions

- United States and Japan are the developed countries and have good experiences of building and implementing the air pollutant emission loading, emission quota calculation for license in air quality management. The good market economic and financial systems as well as high amount of industries are main reasons of their successes.

- China and India are large countries with high growth rates and are facing declining air quality. Therefore, in recent years these countries are trying to build and operate the system of air pollutant emission loading, emission quota calculation for license in air quality management. The lessons and experiences from this activity in China and India are very useful for other countries. However, much always remember that they are large countries with a big number of industries.
- At present years, ASEAN countries are in the first step on studying the air pollutant emission loading, emission quota calculation for license in air quality management. But they have the good experiences on using the emission standards for controlling the emission of air pollutants and protecting the air quality.
- The lessons and experiences of the controlling PM10 emissions from stationary sources in the Santiago Metropolitan Region with a maximum emission concentration standard; cap on total daily potential emissions from point sources; and an emission trading program in Chile are very useful for applying in a limitation of geographic area, limitation of industries and for PM10.
- All the above lessons and experiences are the useful for Vietnam to study, develop and implement the system of air pollutant emission loading, emission quota calculation for license in air quality management.

References

[1]. *Air Quality Management in the United States*, Committee on Air Quality Management in the United States, National Research Council, ISBN: 0-309-51142-9, 426 pages, 6x9, (2004). This PDF is available from the National Academies Press at: http://www.nap.edu/catalog/10728.html.

[2]. A. Denny Ellman, et al., 2000, Markets for clean air: US acide rain program, Cambridge University Press.

[3]. A. Denny Ellerman, Paul L. Joskown, David Harrison, Jr., May 2003, *Emissions trading in the U.S.- Experience, Lessons, and Considerations for Greenhouse Gases*, available at: http://web.mit.edu/globalchange/www/PewCtr_MIT_Rpt_Ellerman.pdf.

[4]. China: New emission standards for power plants**,** Acid News 2012 No. 3, October 2012, available at: http://www.airclim.org/acidnews/china-new-emission-standards-power-plants.

[5]. Daniel R. Mandelker Thea A., 1976, *Sherry, Emission Quota Strategies as an Air Pollution Control Technique,* Ecology Law Quarterly Vol. 5 No. 3.

[6]. Dallas Burtraw and Sarah Jo Szambelan, October 2009, *U.S. Emissions Trading Markets for SO_2 and NOx*, available at: http://www.rff.org/files/sharepoint/WorkImages/Download/RFF-DP-09-40.pdf.

[7]. *Emissions trading schemes and their linking - challenges and opportunities in Asia and the Pacific*, Asian Development Bank, 2016, available at:

https://www.adb.org/sites/default/files/publication/182501/emissions-trading-schemes.pdf.

[8]. Esther Duflo, Michael Greenstone, Rohini Pande and Nicholas Ryan, August 2010, MoEF Discussion Paper, *Towards an Emissions Trading Scheme for Air Pollutants in India, A Concept Note*, Prepared for: Ministry of Environment & Forests Government of India.

[9]. Gabriel Chan, Robert Stavins, Robert Stowe, and Richard Sweeney, Harvard Kennedy School, January 2012, *The SO_2 Allowance Trading System and the Clean Air Act Amendments of 1990: Reflections on Twenty Years of Policy Innovation*, available at:
https://www.hks.harvard.edu/m-rcbg/heep/papers/SO2-Brief_digital_final.pdf.

[10]. Hirofumi Aizawa, *Air Pollution Control Policy in Japan for Mitigating Sulphur Emission*International Conference on Transboundary Air Pollution in North-East Asia,

17-19 December 2008, Tokyo, Japan, available at:
http://www.neaspec.org/sites/default/files/S2_17pm_Aizawa(MoEJ)final.pdf .

[11]. *India: An Emissions Trading Case Study*, May, 2015, available at: http://www.ieta.org/resources/Resources/Case_Studies_Worlds_Carbon_Markets/india_case_study_may2015.pdf.

[12]. Jeffrey K. Mangis NorControl S.A. Infanta Mercedes, 31 28020 Madrid Spain, Project Manager Paolo G. Meozzi European Environment Agency, EEA, Copenhagen 1998, *The United States' Sulfur Dioxide Emissions Allowance Program: An Overview with Emphasis of Monitoring Requirements and Procedures and a summary report on U.S. experience with Environmental Trading Systems*, Technical report No 29, available at: www.eea.europa.eu/publications/TEC29/download.

[13]. Jeremy Schreifels, *Emissions Trading in Santiago, Chile: A Review of the Emission Offset Program of Supreme Decree No 4*, available at:

https://www.researchgate.net/publication/228296649_Emissions_Trading_in_Santiag Chile_A_Review_of_the_Emission_Offset_Program_of_Supreme_Decree_No_4.

[14] Jinnan WANG, Jintian YANG, Chazhong GE, Dong CAO Chinese, Academy for Environmental Planning, Beijing, 100012, Jeremy Schreifels US Environmental Protecion Agency, Washington D.C. *Sulfur Dioxide Emission Trading in China Piloting Programs and Its Perspective*, available at:

https://www.researchgate.net/publication/237010478_Sulfur_Dioxide_Emission_Tradin g_in_China_Piloting_Programs_and_Its_Perspective.

[15]. J---PAL South Asia in collaboration with the Gujarat Pollution Control Board, the Maharashtra Pollution Control Board and the Tamil Nadu Pollution Control Board, *Detailed Project Report: Pilot Emissions Trading Schemes in Gujarat, Maharashtra and Tamil Nadu*, Prepared by For the Ministry of Environment & Forests, Government of India, February 2011.

[16]. Lawrence H. Goulder, *Markets for Pollution Allowances: What Are the (New) Lessons?*, Journal of Economic Perspectives-Volume 27, Number 1-Winter 2013-Pages 87-102.

[17]. *Regulatory Measures against Air Pollutants Emitted from Factories and Business Sites and the Outline of Regulation*, Latest Amendment on April 10, 1998, available at: https://www.env.go.jp/en/air/index.html.

[18]. Richard Morgenstern, Robert Anderson, Ruth Greenspan Bell, Alan Krupnick, and Xuehua Zhang, Summer 2002, *Demonstrating Emissions Trading in Taiyuan, China*, Issue 148 Resources 7, available at:

http://www.rff.org/files/sharepoint/WorkImages/Download/RFF-Resources-148-emissions.pdf.

[19]. The Notification of the Ministry of Industry "*Emission Standard of the Power Plant*" B.E. 2547 (2004), available at: https://www.jetro.go.jp/thailand/e_activity/pdf/moinoti36.pdf.

[20]. Wang Jinnan,Yang Jintian, Stephanie Benkovic Grumet, Jeremy, China Environmental Science Press, January 2002, *SO_2 Emission Trading Program: A Feasibility Study for China*, available at: https://www.researchgate.net/publication/237010466_SO2_Emissions_Trading_Program_A_Feasibility_Study_for_China.

[21]. YANG Jintian, CAO Dong, GE Chazhong, GAO Shuting, Chinese Academy for Environmental Planning, Jeremy Schreifels, U.S. Environmental Protection Agency, *Practice on SO_2 Emission Trading in China*, available at: https://www.env.go.jp/earth/coop/neac/neac13/symposium/025-053.pdf.

Appendix. Schedule for 2017

V. ***Potential of development and implementation of air pollutant emission loading, emission quota calculation for license in case of industrial sources in Vietnam.***

5.1. Related legal system in Vietnam

5.2. Density of emission sources in Vietnam.

5.3. Source treatment and monitoring systems in Vietnam.

5.4. Emission inventory in Vietnam.

5.5. Current status of ambient air quality monitoring system in Vietnam.

5.6. Current status of ambient air quality at high source intensity places in Vietnam.

VI. Proposes to development and perform road map of system for air pollutant emission loading, emission quota calculation for license in case of industrial sources in Vietnam.

6.1. Proposed air pollutants.

6.2. Proposed industrial sectors.

6.3. Scale of system for air pollutant emission loading, emission quota calculation for license in case of industrial sources in Vietnam.

6.4. Road map for development and implementation of air pollutant emission loading, emission quota calculation for license in case of industrial sources in Vietnam.

資料 7

JP-VN cooperative project on mrasurements for reducing both air pollutants and CO_2 (Co-benefit approach) in Vietnam
FY 2016

Questionnaire sheet for coal-fired power plants

(2016.06.23)

JEMAI

(1) Explanation of Japan and Vietnam cooperative project on co-benefits

The JP and VN cooperative project on co-benefits aims to reduce the CO2 and air pollutants such as dust and SOx in flue gases from plants in Vietnam by improving environmental control skills and knowledge for managers and officers.

(2) Purpose of this questionnaire

This questionaire is conducted as a part of the JP and VN cooperative project on co-benefits. Japanese and Vietnamese experts visit tthe candidate plants which have a high potential to achieve co-benefits (reduction of emission of CO2 and air pollutants) and check their states of environmental performance and give some advice to improve it. This questionaire is used to collect the information about state of environmental performance in the plant before experts visiting.

(3) Approach of visiting survey

First visiting: Experts check the state of environmental performance such as the efficiency of combustion, operation of facilities and so on with interview to plant's managers

Second visiting: Experts provide the improving ways for co-benefits and managers do them for few months.

Third visiting: Experts verify the effect of co-benefit approach.

The appropriate manual for capacity building for managers is also developed through this program.

Note) Dealing with data obtained in the model plant project

Obtained all data in this project shall be dealt with quite care. When the result of survey is disclosed, we obligate that specific factory names can't be identified.

Thank you for cooperation to fill in the questionaire

1 Outline of yourf plant

Plants name	Name of plant : Name of manager : Position : Tel E-mail
Address of plant	
Detail of plant	・date of completion of construction: (year/month/day) ・date of beginning of operation: (year/month/day) ・date of expansion: (year/month/day) ・date of renovation: (year/month/day) ・total floor space (m^2):
Supply of heat	Do you supply heat as well as electricity? Yes or No
Neighbor plants[1]	What types of industry are located nearby your plant?
Employees	Number of all employees: Number of employees in environmental division: Number of environmental managers:

2 Operating Status in your Plant

(1)Divisions of production

・Number of operating days per a year: （ ） days

・Hours of operation per a day: （ ） hours

・Minutes of break time per a day: （ ） minutes

・Shift works in operation: （ ） shifts[2]

(2)Divisions of office work

・Number of operating days per a year: （ ） days

・Hours of business:per a day （ ） hours

3 Main Questions

(1) Process Flow Diagram,(PFD), give us a copy when we visit.

[1] To investigate availability of reusing waste heat from boiler, write down types of industry located nearby your plant . For example, '2 Sement plant and 1 steel plant'

[2] Write down times of changing operating shifts in a day. For example, daytime shift and nighttime shift is 2 shifts.

（we also need information on piping outline, length, design temperature and insulating materials of bleed air pipes and water supply pipes.）

(2) Plant manufacturers / Country providing technology

(3) Information on electricity generation

a. Electricity generation capacity(design value)

b. Output of generating-end and sending-end（previous year's monthly result）

c. Electricity usage for your own plant

d. Coal combustion amount(monthly result)

e. Coal procurement amount(monthly result) and cost(VND/t)

f. Consumption of tap water or industrial water and cost(VND/m^3)

(4) Fuel and Combustion

a. Types of coal and calorific value (gross calorific value/low calorific value)

b. Result of industrial analysis at the time of acceptance（Moisture content, Ash content, Volatile matter content, Solid carbon content）

c. Results of Elemental analysis without water and ash（C, H, N, O, S）

d. Amount of fly ash and bottom ash, carbon concentration of unburnt combustible content(t/y)[3]

e. Carbon concentration of unburnt combustible content (%)

(5) Design specification and operation status for boiler[4]

Boiler Number			1	2	3
Boiler Manufacture					
Boiler type (ex. pulverized coal boiler, fluidized-bed boiler..)					
Flow rate / temperature / pressure of steam at boiler outlet[5]	Flow rate (t/h)	Rating			
		Actual performance			
	Temperature (°C)	Rating			
		Actual performance			
	Pressure (kgf/cm^2 or others)	Rating			
		Actual performance			
Generated steam calorific amount (GJ/y)					
Temperature / pressure of the boiler feed water	Temperature (°C)				
	Pressure (kgf/cm^2 or others)				

[3] Fly ash is dust with flue gases and is collected by electrostatic precipitator(EP). Bottom ash is part of the non-combustible residue of combustion in the bottom of a boiler.

[4] If you have more than 2 boilers, please write down data about each boiler in the table. If spec of the boilers are common, you can also write 'ibid'.

[5] Write down measured value as well as design value into 'Actual performance'

Combustion air temperature at outlet of the preheater (°C)[6]				
Exhaust gas temperature at outlet of the preheater (°C)				
Oxygen concentration of exhaust air	%			
Coefficient of excess air[7]	–			
External air entering exhaust gas duct(%)[8]	%			
Generated amount of fly ash （t/y）				
Coal consumption of the boiler	t/h			
	t/y			
Boiler efficiency at steady operation (%)	Rating			
	Actual performance			
Boiler efficiency during one month (%)	Rating			
	Actual performance			
Flow rate of boiler feed water before economizer (t/h)[9]				
Flow rate of blow water (t/h)[10]				
Auxiliary fuel consumption (heavy oil) (t/y)				
Power consumption of feed water pump				
Power consumption of forced draft fan (FDF) (kWh/y)				
Power consumption of induced draft fan (IDF) (kWh/y)				

(6) Design specification and operation status for Turbine

Unit Number			1	2	3
Maker					
Type					
Rated capacity （MW）					
Turbine efficiency (%)	Rating				
	Actual performance				
Power generation （MWh/y）					
Flow rate / temperature / pressure of steam at turbine inlet	Flow rate (t/h)	Rating			
		Actual performance			
	Temperature (°C)	Rating			
		Actual performance			
	Pressure (kgf/cm^2 or others)	Rating			
		Actual performance			
Degree of vacuum at steam condenser (%)					
Turbine discharge pressure （kgf/cm^2 or others）					

[6] Write down temperature combustion air at the point of outlet passing through preheater

[7] Calculate using oxygen concentration (%) in exhaust gas, 21 / (21 – O_2 (%))

[8] External air enters into flue because of cracks of flue etc.

[9] Write down amount of feeding water before economizer into condensate circulating water pipe from steam turbine. Monthly data and year's data will be appreciated.

[10] Write down amount of water blown from the bottom of a boiler. Monthly data and year's data will be appreciated.

Cooling water temperature (°C)	steam condenser inlet			
	steam condenser outlet			
Flow rate of cooling water (m^3/day)				
Frequency for start-up/shut-down (times/y)				
Starting date of commercial operation				

(7) Records of facility shut down (during 3 years from 2013 to 2015)

Unit Number	1	2	3
Records of turbine shut down (Frequency for each failure)			
Boiler feed-water heater (Frequency for each failure)			
Hot water heater for heat supply (Frequency for each failure)			
Condenser pump (Frequency for each failure)			
Cooling water pump(Frequency for each failure)			

(8) Quality of boiler water, and quality of boiler feeding water

a. Do you regulary measure quality of water used for a boiler? Yes or No

(If yes, please attach documents of the measurement)

b. Does your measurement meet standard of boiler water? Yes or No

(9) Chemical cleaning method of water tube in boiler

Cleaning method	answer
Alkali treatment (ex: NaOH)	Yes/No
Phosphatization treatment	Yes/No
Na_2SO_3 treatment	Yes/No
Volatile treatment (ex: hydrazine, NH_3)	Yes/No
Others (writ down your method in right column.)	( )

(10) Kinds of boiler feed water

Treatment method	answer
Ion-exchange water	Yes/No
Fresh water (Hard water, Soft water)	Yes/No
Others(wriite down your method in right column.)	( )

(11) Measurement data for air pollutants (ex.) Dust、SOx、NOx、CO、O_2

Name of measuring air	Actual measurement data of concentration	Actual measurement data of O_2	Flow rate of exhaust gas (Nm^3/h)	Measurement date

pollution substance	in exhaust gas (mg/Nm^3)	concentration in exhaust gas (%)		

a) Do you install CEMS(Continuous Emission Monitoring System)?Yes or No

If Yes, write down all your monitoring pollutants _____

b) Height of chimney, diameter of the top of chimney Height: m Diameter m

(12) Regarding exhaust-gas treatment equipment

(ex.) Electrostatic precipitator (EP), Flue gas desulfurization equipment, Flue gas denitrification equipment

Kinds of treatment equipments	Maker name	Type/model[11]	Rated capacity (m^3/h)	Installation date

(13) Do you take measures for dust in coal storage yard? Yes or No

(14) Do you reuse ash? (ex. Cement material) Yes or No

(15) Write down your disposal method for ash. (　　)

4 Others

(1) General management matters

a) Do you have energy management system? Yes or No

b) Do you have air emission management system? Yes or No

c) Do you measure and record? Yes or No

d) Do you manage energy use? How do you manage?

【describe specifically】

e) Do you manage maintainance of equipments? How do you manage?

[11] For example on Electrostatic Precipitator(EP), WET/DRY. As for Flue-Gas Desulfurization (FGD), Lime Slurry Absorption / Magnesium Hydroxide Slurry Absorption. As for Flue-Gas Denitrification, Selective Catalytic Reduction/Selective Non-Catalytic Reduction

【describe specifically】

(2)Air conditioning and refrigeration facilitieses

a) Do you have managers for operating air conditioning facilities? Yes or No

b) Do you take measures for saving energy of air conditioning? Yes or No

c) Do you manage operating cooling facilities? Yes or No

d) Do you manage operating refrigeration facilitieses? Yes or No

【describe specifically】

(3)Describe specifically, if you have troubles or need our help on managing air emission and saving energy.

This is the end of questionnaire.Thank you!