

窒素酸化物排出削減対策技術の 導入に係るガイドライン



株式会社エックス都市研究所

公益財団法人国際環境技術移転センター

目次

はじめに

1. 日本における窒素酸化物排出削減対策の概要	1
1.1 日本における大気汚染問題の歴史的推移	1
1.2 日本における大気汚染対策（法令整備）の変遷	2
1.2.1 重工業の発展に対応した大気汚染対策	2
1.2.2 高度経済成長期の大気汚染対策 ～地方自治体レベルの取組～	3
1.2.3 高度経済成長期の大気汚染対策 ～国レベルの取組～	4
1.2.4 公害国会での対策強化（1970年～）	5
1.2.5 環境基準の設定の推移	6
1.2.6 工場・事業場の総量規制の導入	6
1.2.7 自動車NOx法、自動車NOx・PM法	7
1.2.8 オフロード特殊自動車の規制	8
1.3 窒素酸化物を中心とした各種基準値の推移	8
1.3.1 環境基準	8
1.3.2 固定発生源に対する施設ごとの濃度規制	9
1.3.3 自動車排出ガス規制	9
1.4 対策装置の導入に係る助成の枠組	10
1.4.1 公害防止事業団による助成	11
1.4.2 中小企業に対する融資	13
1.4.3 日本開発銀行による融資	14
1.4.4 税制上の措置	14
1.5 監視・観測体制の整備と大気質の改善	15
1.5.1 地方自治体の組織整備	15
1.5.2 民間レベルでの組織整備	15
1.5.3 大気質の改善の状況	16

1.6	今後対策を進めるに当たっての中国への助言	17
2.	中国における窒素酸化物排出対策技術導入のポイント	19
2.1	火力発電所に関する NOx 排出対策技術・運転管理技術の近年の状況	19
2.2	火力発電所に関する対策技術導入の際の注意点、考慮すべきポイント	21
2.2.1	対策技術導入の際の注意点	21
2.2.2	施設立入検査時の考慮事項	23
2.3	工業用ボイラに関する NOx 排出対策技術・運転管理技術の近年の状況	26
2.4	工業用ボイラに関する対策技術導入の際の注意点、考慮すべきポイント	27
2.4.1	はじめに	27
2.4.2	工業用ボイラの NOx 排出削減に係わる背景	29
2.4.3	小型石炭焚きボイラにおけるケーススタディ事例	30
2.4.4	小型石炭焚き工業用ボイラに対する NOx 低減対策への提案	34
2.5	鉄鋼生産に関する NOx 排出対策技術・運転管理技術の近年の状況	38
2.5.1	鉄鋼業を取り巻く状況	38
2.5.2	各社の NOx 排出状況	40
2.5.3	各社の NOx 削減対策	41
2.6	鉄鋼生産に関する対策技術導入の際の注意点、考慮すべきポイント	42
2.6.1	技術導入の際の注意点・考慮すべき点	42
2.6.2	施設立入り検査時の考慮事項	43
2.7	セメント製造に関する NOx 排出対策技術・運転管理技術の近年の状況	47
2.7.1	セメント製造における窒素酸化物削減対策	47
2.7.2	中国のセメント工場における窒素酸化物削減対策の留意点	51
2.8	ガラス製造に関する対策技術導入の際の注意点、考慮すべきポイント	52
2.8.1	ガラス製造業の NOx 排出削減に係わる背景	52
2.8.2	ガラス製造業におけるケーススタディ事例（燃焼改善）	52
2.8.3	ガラス製造業に対する NOx 低減対策への提案（燃焼改善）	54
2.8.4	ガラス製造業におけるケーススタディ事例（排ガス処理）	56

2.8.5	ガラス製造業に対する NOx 低減対策への提案（排ガス処理）	60
3.	業種別 NOx 排出対策技術・運転管理技術	62
3.1	電力業における NOx 排出対策技術・運転管理技術	62
3.1.1	火力発電所における大気汚染防止技術	62
3.1.2	運転管理に関する情報（排煙脱硝装置、燃焼技術）	74
3.1.3	火力発電所の排ガス測定技術	76
3.2	鉄鋼業における NOx 排出対策技術・運転管理技術	79
3.2.1	鉄鋼業における大気汚染防止技術	79
3.2.2	製鉄所の排ガス測定技術	97
3.3	セメント業における NOx 排出対策技術・運転管理技術	106
3.3.1	窒素酸化物防止技術	106
3.3.2	セメント工場の監視・測定	108
3.4	ガラス製造業における NOx 排出対策技術・運転管理技術	118
3.4.1	ガラス製造業における NOx 対策設備の設計	118
3.4.2	ガラス製造業における燃焼管理	118
3.4.3	ガラス製造業における NOx の低減法	120
4.	中国における NOx 排出対策技術導入事例	137
4.1	電力業における NOx 排出対策技術導入事例	137
4.2	中国における焼結機排ガス向け乾式脱硫脱硝技術の導入事例	140
4.3	中国における工業用蒸気ボイラの効率向上と NOx 削減事例	147
4.4	NOx モニタリングの原理と中国でのモニタリング技術導入事例	156
4.5	光触媒技術を活用した大気中 NOx の削減事例	162

参考資料：日本企業が有する窒素酸化物削減に関する技術リスト

はじめに

この「窒素酸化物排出削減対策技術の導入に係るガイドライン」は環境省からの請負業務として、株式会社エックス都市研究所が実施した「日本モデル環境対策技術等の国際展開に基づく環境技術普及のための調査業務」の一環としてまとめたものに、公益財団法人国際環境技術移転センターが一部加筆したものです。

中国では、2011年から始まった第12次五カ年計画において窒素酸化物が新たに排出総量規制の対象に加えられたことにより、窒素酸化物削減対策について急速に関心が高まっています。日本では、第1章で紹介しているとおり、1940年代後半からの経済復興・高度経済成長ののち、1970年代ごろより大気汚染物質に対する対策が取られ始め、1981年より固定発生源からの窒素酸化物に対する総量規制が開始されました。こうした窒素酸化物削減対策については、発生抑制や排煙脱硝の技術のみならず、燃料の改善や転換、運転管理技術の向上など、総合的な取組みが行われてきました。このような日本の経験をこれから同じように窒素酸化物対策に取り組もうとしている中国において活用していただくため、削減対策技術の導入にまとめたものがこのガイドラインです。

今回の改訂では、新たにガラス製造業の分野をガイドラインに加えるとともに、2013年度に湖北省武漢市における小型石炭焚き工業用ボイラ、ガラス製造業分野のモデル企業を対象として作成したケーススタディーの成果を第2章、第4章へ追記しています。

このガイドラインは、中国の地方政府環境保護局の担当官を読者として想定しており、担当官が固定発生源に対して立ち入り検査や対策のアドバイスを行う際、窒素酸化物の削減対策技術・運転管理技術の種類、それらの特徴、削減効果等の基礎知識の一助となれば幸いです。

このガイドラインの第3章「業種別NO_x排出対策技術・運転管理技術」については、平成9年と平成11年に環境庁が監修した「開発途上国の大気汚染問題に係る固定発生源対策マニュアル」電力業編、鉄鋼業編、セメント製造業編、及び、平成13年に環境省が監修した同マニュアルのガラス製造業編の窒素酸化物削減対策に関する部分を抜粋（ガラス製造業編の排ガス脱硝については一部加筆）しています。

また、具体的な窒素酸化物削減技術情報として、巻末に参考資料として、平成22年に財団法人国際環境技術移転研究センター（現公益財団法人国際環境技術移転センター）が作成した「窒素酸化物削減に関する技術リスト」を掲載しています。

最後に、このガイドラインが日中の環境ビジネスの更なる発展の一助となることを希望するとともに、ガイドラインの作成にあたりご協力いただいた関係者の皆様に心より御礼申し上げます。

2014年3月

公益財団法人国際環境技術移転センター

1. 日本における窒素酸化物排出削減対策の概要

1.1 日本における大気汚染問題の歴史的推移

日本における大気汚染問題の源流は、1880～1890年代に遡るといわれている。この時代、明治維新政府による「殖産興業政策」のもとに工業近代化がすすめられ、足尾銅山、別子銅山、日立銅山などで、精錬工程からの硫黄酸化物による農作物被害などが発生している。このほか、東京深川でのセメント工場からの粉じん問題なども記録されている。

1910年代になると神奈川県、大阪府、福岡県などの工業都市で、製鉄業等を中心とした重工業化に伴い石炭の燃焼による大気汚染が進行した。1920～1940年代には製鉄業や機械工業等の重工業を中核とした産業活動が一層活発化する一方、農村地域から都市へ人口が流入して、都市の生活環境が悪化し、公害問題が次第に社会問題化してきた。

第二次世界大戦で日本の工業生産施設はほとんど破壊されたが、1950年以降、経済は急速に復興・成長を示した。1960年に発表された「所得倍増計画」に基づく高度経済成長政策によって鉱工業発展はさらに加速され、また、大規模な石油コンビナート、製鉄所などの建設が進められた。この時期、工業都市を中心に石炭燃焼に伴うすす・粉じん、硫黄酸化物による大気汚染が顕著となり、その後、燃料が重油に移るにしたがって、硫黄酸化物による汚染が進んだ。四日市市の大気汚染問題は、日本の公害史上でも特に著名なものであるが、1963年3月の四日市市磯津地区での測定結果では、1ppm近くの濃度が12時間連続して記録されている。

1970年は、公害問題がマスメディアに次々と取上げられ、国民の関心事となった。きっかけとしては、この年の5月に起きた東京都牛込柳町交差点付近の鉛汚染問題をあげることができよう。交差点周辺の住民を対象とした民間の医療団体の調査により、鉛中毒の恐れがあることが指摘され社会的な問題となった。この事件を契機に、日本ではガソリンの鉛添加量の低減、さらには世界に先駆けてガソリンの無鉛化が進むこととなった。これはその後の三元触媒による自動車排出ガスの窒素酸化物対策につながっていくこととなる。また、7月には、東京都杉並区立正高校で大気汚染による健康被害が発生した。この日、高校の校庭で活動中の生徒が、せき、めまい、目の痛み、吐き気などを訴え重症者は救急病院に搬送された。近くに設置されていた東京都の光化学オキシダント連続測定器では高濃度が記録されており、光化学反応によって引きこされた大気汚染公害の疑いが濃いとされた。この事件もマスメディアで大きく取上げられ、この年の12月の臨時国会（公害国会）での公害対策の集中審議のきっかけになったといわれている。日本の首都で発生したこの2つの事件は、日本の公害対策の進展に大きな影響を与えただけでなく、大気汚染防止の重要課題に大きな変化をもたらすこととなった。つまり、これまでは、工場・事業場からの降下ばいじん、すす・粉じん、硫黄酸化物、自動車排出ガスの一酸化炭素が大気汚染対策の主要課題であったが、この時点から窒素酸化物が関心の対象になり始めた。1973年には二酸化窒素の環境基準（日平均値0.02ppm）、光化学オキシダントの環境基準（時間値0.06ppm）が設定され、この達成に向けて工場・事業場、自動車それぞれに窒素酸化物の排出規制が展開されてい

った。

1970 年はアメリカで、1970 年大気清浄法改正案（マスキー法）が提案され成立した年でもある。この規制の内容は、おおむね 5 年後から一酸化炭素、炭化水素、窒素酸化物の許容排出量を 10 分の 1 まで下げるというもので、当然、輸入車（日本からアメリカに輸出される自動車）にも適用されるというものであった。技術的には窒素酸化物の低減が極めて困難と見られていたが、日本の自動車メーカーはこの規制値をクリアするための技術開発に取組み、アメリカが窒素酸化物のこの規制をキャンセルする中で日本では同じ水準の規制（1978 年規制：日本版マスキー法）を実施していくこととなった。

その後、1978 年に二酸化窒素の環境基準が見直され、日平均値 0.04ppm から「日平均値が 0.04ppm から 0.06ppm までのゾーン内又はそれ以下」と改められた。この過程で賛否をめぐって社会的に大きな関心を集め、その後、窒素酸化物対策にマスメディアからの注目が集まることとなった。また一方では、燃料対策、排煙脱硫装置の普及により硫酸化物汚染に改善がみられ、1970 年代後半以降、徐々に窒素酸化物対策の重要性が増していった。

1975 年から 1985 年頃にかけて、工場・事業場の窒素酸化物対策として、全国一律の施設種類ごとの濃度規制、汚染の著しい地域での総量規制が実施され、一般環境大気測定局（道路の影響の少ない地点）での二酸化窒素の環境濃度は徐々に改善していった。環境基準非達成地点として残されたのは、東京、横浜、川崎、大阪、神戸、名古屋などの大都市の幹線道路沿いであった。そこで、これ以降、自動車排出ガスの窒素酸化物対策が徐々にクローズアップされ日本の大気汚染対策の主要課題となった。

2000 年代後半になって、ようやく大都市の幹線道路沿いでの二酸化窒素濃度にある程度の改善傾向が見られるようになり、日本での大気汚染問題は、光化学オキシダント対策、ディーゼル排気微粒子対策などへと関心が移ってきている。

1.2 日本における大気汚染対策（法令整備）の変遷

1.2.1 重工業の発展に対応した大気汚染対策

1900 年代半ばからの重工業化に伴い全国の主要な工業都市で大気汚染が進行したが、これに対してまず地方自治体レベルでの対策が国レベルでの対策に先行して実施された。大阪府では、1891 年に煙突建設に対する規制が大阪府令として出され、煙突の設置に際してはその仕様書及び場合によっては周囲 60 間（約 108m）内の住民の承諾書を提出することが規定されていた。この規定はその後「製造場取締規則」と改められ、1920 年には「工場取締規則」となった。

また、神奈川県では 1907 年に最初の「製造工場取締規則」が制定され、1916 年には「工場取締規則」の公布によって、「有毒ガス、悪臭もしくは音響を発生又は著しく粉じんを飛散する」工場、「危害を生じ又は健康を害しもしくはそのおそれのある」工場に対して取締が実施される

こととなった。

一方、国レベルでは、1911年に「工場法」が制定・公布され、一定規模以上の工場の立地が許可制になり、操業についても種々の監督処分を行なえる仕組みが設けられた。

1932年には、大阪府で「煤煙防止規則」が施行され、翌年には京都府で同様の規則が発令されている。このような規則の発令には至らなかったものの東京や神奈川県といった大都市においても大気汚染防止のための様々な施策が同時期にとられている。

1.2.2 高度経済成長期の大気汚染対策 ～地方自治体レベルの取組～

1940年代後半からは経済復興・高度経済成長の時代に入っていく。ばい煙等による大気汚染やそれによる被害が表面化し始めた1949年に東京都で「工場公害防止条例」が制定されたのを皮切りに、1950年に「大阪府事業場公害防止条例」、1951年に「神奈川県事業場公害防止条例」、1955年には「福岡県公害防止条例」が次々に制定された。このように条例を通じて各地方自治体はそれぞれ独自の立場から大気汚染防止対策に取組み始めた。これらの条例は、主に特定の工場や事業場から発生する騒音、振動、粉じん、ばい煙、廃水等による周辺への被害の防止を目的としたものであり、公害関連施設の設置に際しての許認可制、事前届出義務、改善命令、操業停止命令などを備えていたが、具体的な大気汚染物質の排出基準等は設けられていなかった。

大気汚染について最初に排出規制基準が設定されたのは、1955年の東京都の「ばい煙防止条例」である。この条例では、ばい煙は「燃焼に伴って空気中に飛散するすす、もえがら等の可視物質」と定義され、濃度の測定方法、濃度基準が定められた。さらに、この基準の違反者に対する警告、立入検査、改善命令や命令違反への罰則の適用などの規定が設けられ、現在の公害規制法の原型が形成された。この東京都の「ばい煙防止条例」を皮切りに、1950年代半ばで全国各地の地方自治体で大気汚染防止にかかる条例が制定された。

この時代、地方自治体レベルでの取組として特筆すべきものとして、「公害防止協定」を挙げることができる。1964年に横浜市は同市根岸臨海工業用埋立地に進出予定の火力発電所との間で、「公害防止協定」を締結した。公害防止協定の先駆は、1952年に島根県がパルプ工場及び紡績工場との間で結んだ「公害の防止に関する覚書」と言われているが、横浜市が結んだ「公害防止協定」には次のような特徴を備えていた。

- ① 大気汚染の現況と将来の予測値などの科学的データを基にして、世論を背景として結ばれたものであった。
- ② 用地の分譲に絡めて企業の建設計画及び公害防止計画を提出させ、それに対して市が申し入れを行い、それを企業が応諾する形をとった。
- ③ 市による申し入れの内容を出来るだけ具体的に示した。

このような手法による「公害防止協定」が成功をおさめたことで、この方式は「横浜方式」と呼ばれ、その後公害防止条例等の法的措置とともに、地方自治体による環境保全・公害防止施策

の重要な手段として広く全国に普及していった。現在、日本では高度な窒素酸化物対策として排煙脱硝装置が千数百基設置されているが、これは、大気汚染防止法や地方自治体の公害防止条例の規制基準に適合するためのものではなく、公害防止協定に基づくものが多いといえる。

1.2.3 高度経済成長期の大気汚染対策 ～国レベルの取組～

1962年に成立した「ばい煙規制法」は、大気汚染の著しい地域を規制対象地域として指定し、その指定地域内においてばい煙発生施設を設置する場合には届出を要するものとするともに、ばい煙発生施設から排出されるばい煙の濃度が規制基準を超える場合には、構造改善等を命令する仕組みとなっていた。一方、自動車排出ガスは規制対象となっていなかった。本法に基づいて、東京、川崎、大阪、四日市、北九州等の主要な工業都市のほとんどが規制対象地域に指定され、規制が実施された。

ばい煙規制法は、「ばい煙発生施設」に対する規制措置により、当時最も問題となっていた降下ばいじんによる大気汚染の緩和に一定の役割を果たしたものの、石炭から石油への大規模なエネルギー転換に伴って発生した硫黄酸化物や自動車排出ガスに対しては、適切な措置をとるには不十分であったため、これらによる大気汚染がより深刻化していくこととなった。

1967年には、公害対策基本法が制定された。1950～1960年代にかけて国レベルでは、前述した「ばい煙規制法」をはじめとして、「公共用水域の水質の保全に関する法律（1958年）」や「工場排水等の規制に関する法律（1958年）」等による発生源の排出規制や公害防止事業団（1965年設立）による公害防止施設に対する助成や優遇措置等が実施される一方、地方自治体レベルでも公害防止条例による規制措置や公害防止協定による対策の推進が実施されてきた。しかし、これらの対策はいずれもどちらかと言えば応急的、個別的な措置であった。そこで、公害対策を総合的かつ計画的に推進する体制の整備を行なうため、公害の範囲や国・地方公共団体・事業者の責務あるいは対策のあり方等に関する基本原則を明確にする必要があるとの認識の高まりを受けて公害対策基本法が制定された。

公害対策基本法は、公害対策を総合的に推進すること、国民の健康を保護し生活環境を保全することを目的として、事業者、国及び地方公共団体の責務を明確にし、公害防止のための基本的施策を示すなど基本原則を定めたものである。特に、公害防止のための基本的施策として掲げられた以下の項目は、その後の日本の公害問題解決に重要な役割を果たしたといえることができる。

- (a) 公害防止のための規制措置の整備強化
- (b) 環境基準の設定
- (c) 公害防止計画の策定
- (d) 公害紛争処理制度及び被害救済制度の確立

この法律は、1993年に地球環境問題への対応を可能とすべく規定等の追加や改正が行なわれ

「環境基本法」として現在に受継がれている。

1968年には、公害対策基本法の趣旨を受けて「ばい煙規制法」が全面的に見直され、「大気汚染防止法」として制定された。新たに盛り込まれた項目は次のとおりである。

- (a) 事前予防の見地からの指定地域の拡大
- (b) 排出基準の設定方式の合理化（いわゆるK値規制方式の導入）
- (c) 特別排出基準の設定（新施設に対する厳しい基準）
- (d) 緊急時における措置の強化
- (e) 自動車排出ガスの許容限度の設定

1.2.4 公害国会での対策強化（1970年～）

1968年の「大気汚染防止法」制定以降も、引続く日本の高度経済成長によってばい煙等の排出は増大し、大気汚染問題は全国各地に広域化する様相を呈していた。また、光化学スモッグ事件、鉛汚染事件あるいはフッ化水素による大気汚染問題など大気汚染自体も多様化し、さらに深刻の度を高まりつつあった。このような広域化・多様化する大気汚染問題に対応していくため、1970年に行なわれた第64回国会（いわゆる「公害国会」）で、次のような事項を主な改正点とする大気汚染防止法の改正が行なわれた。

- (a) 目的の改正（経済調和条項の削除）
- (b) 規制対象地域の全国への拡大（指定地域制の廃止）
- (c) 規制対象物質の拡大（有害物質、粉じん、自動車排出ガス）
- (d) 都道府県知事に対するばいじん、有害物質に係る上乘せ基準設定の権限の付与
- (e) ばい煙に係る排出基準違反に対する直罰制度の導入
- (f) 排出基準に対する継続的な違反者に対する施設の使用一時停止命令の導入
- (g) 燃料使用規制の導入
- (h) 粉じん発生施設に対する規制
- (i) 緊急時の措置の強化（緊急措置命令、交通規制の要請等の追加）

この大気汚染防止法の全面的改正によって、法律による窒素酸化物の規制がスタートすることになった。すなわち、大気汚染防止法の規制対象物質として、固定発生源からの「有害物質」のひとつとして、また「自動車排出ガス」のひとつとして窒素酸化物が指定され、規制の枠組みに組込まれた。

1.2.5 環境基準の設定の推移

環境基準は、公害対策基本法（現在では環境基本法）で「人の健康を保護する上で維持されることが望ましい基準」と規定され、また「政府は、公害の防止に関する施策を総合的かつ有効適切に講ずることにより、環境基準が確保されるように努めなければならない」と定められている。

大気環境基準の設定は、1969年の「硫黄酸化物にかかる環境基準」を皮切りに、対象物質の追加・拡大及び基準の強化等がこれまで順次行なわれてきている。（表 1.2-1参照）

表 1.2-1 大気環境基準設定の推移

1969年	硫黄酸化物（SO _x ）に係る環境基準の設定
1970年	一酸化炭素（CO）に係る環境基準の設定
1972年	浮遊粒子状物質（SPM）に係る環境基準の設定
1973年	二酸化窒素及び光化学オキシダントに係る環境基準の設定 硫黄酸化物に係る環境基準の改定（二酸化硫黄にかかる環境基準へ）
1978年	二酸化窒素に係る環境基準の改定
1997年	ベンゼン、トリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンに係る環境基準の設定
1999年	ダイオキシン類に係る環境基準設定（ダイオキシン類対策特別措置法）
2001年	ジクロロメタンに係る環境基準の設定
2009年	微小粒子状物質に係る環境基準の設定

1.2.6 工場・事業場の総量規制の導入

当初、濃度規制として始まった硫黄酸化物の規制は、次いで個別の排出源における排出量を煙突の高さに応じて規制する「K値規制方式」に移行し、その後逐次、規制の強化が実施されていた。しかしながら、工場・事業場が密集している地域では、環境濃度の改善が十分でなく環境基準の達成までに至らなかった。そこで1974年5月に大気汚染防止法が改正され、「総量規制方式」が導入された。この規制では、一定の地域内で、工場・事業場から排出される大気汚染物質の許容総量を科学的に算定し、これ以下に排出量を抑えるよう個別発生源の規制を行なうものである。この方式による対策が進むにつれて、全国的に二酸化硫黄による大気汚染は徐々に改善されていった。

窒素酸化物に係る総量規制制度は、1974年に法改正がなされた時点でもその必要性についての議論があったが、工場・事業場のみならず自動車も含めた発生源の多様性や燃焼用空気中の窒素に起因する複雑な排出特性、さらには大気中でのNOからNO₂への変化等により、汚染予測手法・規制手法が二酸化硫黄に比べて複雑なものとなることから、総量規制の導入までにさらに検討を要することとなった。

窒素酸化物の総量規制の導入に向けて、1974年より汚染予測手法の検討を始めとして、窒素酸

化物低減技術開発状況の調査及び評価、規制手法等についての検討が行なわれた。1979年からは高濃度汚染の6地域（東京都特別区等、横浜市等、名古屋市等、大阪市等、神戸市等及び北九州市等）で1985年度（当時、環境基準の達成期限として設定されていた年限）における大気環境濃度のレベルを検討するための調査が行なわれた。これらの調査の結果、3地域（東京特別区等、横浜市等、大阪市等）で、1981年に総量規制が導入された。

この3地域では、翌1982年に「総量削減計画」が策定され、環境基準の1985年3月における確保を目的として排出負荷量を20～30%削減する目標が定められ、これに基づき一定規模以上の工場・事業場単位で総量規制基準が適用されることとなった。

この結果、これらの地域内における固定発生源からの排出量は着実に削減され、1985年度の排出量は各地域とも1975年度の6割以下にまで減少することとなった。しかし、このような固定発生源からの窒素酸化物の排出削減にもかかわらず、大気環境濃度の改善は十分ではなく、特に、自動車排出ガス測定局を中心に環境基準非達成が多く見られた。そこで、1980年代半ば以降は、自動車を中心とする対策の更なる強化が進められることとなった。

1.2.7 自動車NO_x法、自動車NO_x・PM法

1980年代を通して、車両ごとの自動車排出ガス規制（単体規制）の逐次強化にもかかわらず、自動車交通量の増大や貨物車両に占めるディーゼル車両の増加等によって、大都市地域を中心に二酸化窒素による大気汚染の改善が進まない状況が続いた。これを受けて、1992年に制定された「自動車NO_x法（自動車から排出される窒素酸化物の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法）」は、二酸化窒素（NO₂）による大気環境基準の確保を直接の目的として制定されたものである。この法律に基づく自動車排出ガスに対する措置は、主として次の3点から構成されている。

- 1) 自動車から排出される窒素酸化物による大気汚染の著しい特定の地域について、「総量削減基本方針」と「総量削減計画」を策定すること。
- 2) 当該特定地域内を使用の本拠とする一定の自動車について窒素酸化物排出基準（特別排出基準）を定めること。
- 3) 事業活動に係る自動車の使用に関する窒素酸化物の排出の抑制のための所要の措置を講じること。

この法律に基づき、1992年に6都府県（埼玉、千葉、東京、神奈川、大阪、兵庫）にまたがる区域が特定地域として指定され、特別の排出基準（車種規制）が実施されてきた。しかしながら、二酸化窒素の大気環境濃度は容易に改善されず、また、浮遊粒子状物質による大気汚染も著しい状況が継続し、さらにはディーゼル自動車から排出されるディーゼル排気微粒子の発がん性が示唆されるなど国民の健康への悪影響が懸念されていたことから、2001年に法律の改正が行なわれ

た。（「自動車 NOx・PM 法」）この改正法では、対象物質に浮遊粒子状物質が追加され、さらに指定地域に愛知県、三重県にまたがる地域が追加された。

2007 年には、指定地域に流入してくる自動車の対策などを盛り込んだ法改正が行なわれている。

1.2.8 オフロード特殊自動車の規制

2005 年には、建設現場で使用されるブルドーザーなど公道を走行しない特殊自動車からの排出ガスを規制するための「特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律」が制定された。これは、大都市地域を中心に二酸化窒素、浮遊粒子状物質の環境基準達成状況が十分でない一方で、建設機械・産業機械等の公道を走行しない特殊自動車（いわゆるオフロード特殊自動車：それまでは排出ガスは規制対象外）からの大気汚染物質の排出寄与率が無視できない（自動車全体の排出量に占める割合が、窒素酸化物で約 25%、粒子状物質で約 12%）ことから、従来からのオンロード自動車に対する規制の強化に合わせて規制体系の中に組込んだものである。

1.3 窒素酸化物を中心とした各種基準値の推移

1.3.1 環境基準

窒素酸化物は、肺深部にまで到達して肺等の臓器に影響を及ぼすほか、太陽光の照射の下で、炭化水素、ことに不飽和炭化水素と反応して二次的に光化学オキシダント等の汚染物質を生成することが知られていた。また、光化学オキシダントは、目の刺激、呼吸器への影響を及ぼし、1970 年前後には実際に急性影響による被害事例が多発した。このため、環境基準の設定が求められ、1970 年以降審議会で検討が進められた。

1973 年 5 月、二酸化窒素及び光化学オキシダントに係る環境基準が設定された。基準値は、二酸化窒素については、その影響特に慢性影響が憂慮されていること、さらに二酸化硫黄との相加作用があることに注目して「1 時間値の 1 日平均値が 0.02ppm 以下であること」、光化学オキシダントについては、短期間暴露の影響を防止するということに注目して「1 時間値が 0.06ppm 以下であること」とされた。

この基準設定の根拠となった科学的知見は、当時、動物実験のデータについては相当の蓄積があったものの、疫学等人的健康影響に関する利用可能なデータは限られていた。また、環境測定データも、硫黄酸化物に比べて乏しく精度上も問題があった。しかしながら、従来の大気汚染防止対策が疾病の増加という健康被害を経験した後の事後対策であったことの反省のもとに、二酸化窒素については具体的な健康被害の報告がないなかで、光化学スモッグ事件を契機とする社会的関心の高まり、窒素酸化物の環境濃度の増加傾向等を背景に、健康被害を未然に防止するという観点に立ち、限られた知見のもとで思い切った安全性を見込んだ環境基準が設定された。

この環境基準設定の根拠については、その後様々な議論がなされたが 1975 年頃から内外にお

ける二酸化窒素の健康影響に関する科学的知見の充実、蓄積が認められるようになってきた。そこで、1977年から公害対策審議会で審議が開始され、翌1978年に答申をもとに「1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmのゾーン内又はそれ以下であること」と見直された。

1.3.2 固定発生源に対する施設ごとの濃度規制

固定発生源の排出基準の設定・強化の推移を見てみると、1973年5月に二酸化窒素に係る環境基準が設定され、この達成を目指した規制として同年8月に第一次の規制が実施された。その後、発生源の実態把握や対策技術の評価が進むにつれて数次にわたり規制の強化・規制対象施設の追加が実施されている。(表 1.3-1参照) この大気汚染防止法に基づく全国一律の濃度規制の基準値は、燃焼方法の改善を前提とした対策技術のレベルを評価して設定されたものであり、排煙脱硝装置の設置を求めるレベルのものではなかった。

表 1.3-1 固定発生源に係る窒素酸化物の濃度規制の強化

	規制の概要		規制対象施設数
	第一次規制 1973年	NOX 排出基準の設定	大型ボイラ等
第二次規制 1975年	排出基準値の強化 規制対象施設の規模拡大 規制対象施設の種類拡大	中型ボイラ等 大型セメント焼成炉等	約 3,400 (全ばい煙発生施設の 2.5%)
第三次規制 1977年	排出基準値の強化 規制対象施設の規模拡大 規制対象施設の種類拡大	小型ボイラ等 焼結炉等	約 13,000 (全ばい煙発生施設の 9.5%)
第四次規制 1979年	排出基準値の強化 規制対象施設の規模拡大 規制対象施設の種類拡大	小型ボイラ等 ガス発生炉等	約 105,000 (全ばい煙発生施設の 72.9%)
第五次規制 1983年	排出基準値の強化	個体燃焼ボイラ等	約 105,000 (全ばい煙発生施設の 72.9%)

1.3.3 自動車排出ガス規制

日本における大気汚染物質の自動車に対する規制措置は、1966年にガソリン車の普通自動車及び小型自動車に対して、当時の運輸省の行政指導によって一酸化炭素の濃度規制が実施されたのが始まりである。この当時は、大都市の交差点周辺で交通渋滞による一酸化炭素の大気汚染が注目されていた。1968年には大気汚染防止法の制定に伴い自動車排出ガスが規制対象物質として明記され、規制のための法体系が整備されることとなった。その後、光化学スモッグ問題などの影

響で、窒素酸化物、炭化水素の規制が加わってきた。

1978年からはガソリン自動車に対する日本版マスキー法の規制が実施され、また、対策技術として三元触媒が普及していった。このため、ガソリン自動車1台1台の窒素酸化物の排出量はきわめて微量となり、相対的にディーゼル自動車の窒素酸化物、排気微粒子の対策の強化に関心が移っていった。ディーゼルエンジンの排気ガスでは、三元触媒が有効でないため、ディーゼル自動車の排出規制は、おもにエンジンの燃焼改善技術を中心に評価して、小刻みに規制強化を繰り返すこととなった。概略は、図 1.3-1、図 1.3-2 に示すとおりである。(平成 22 年版環境・循環型社会・生物多様性白書より)

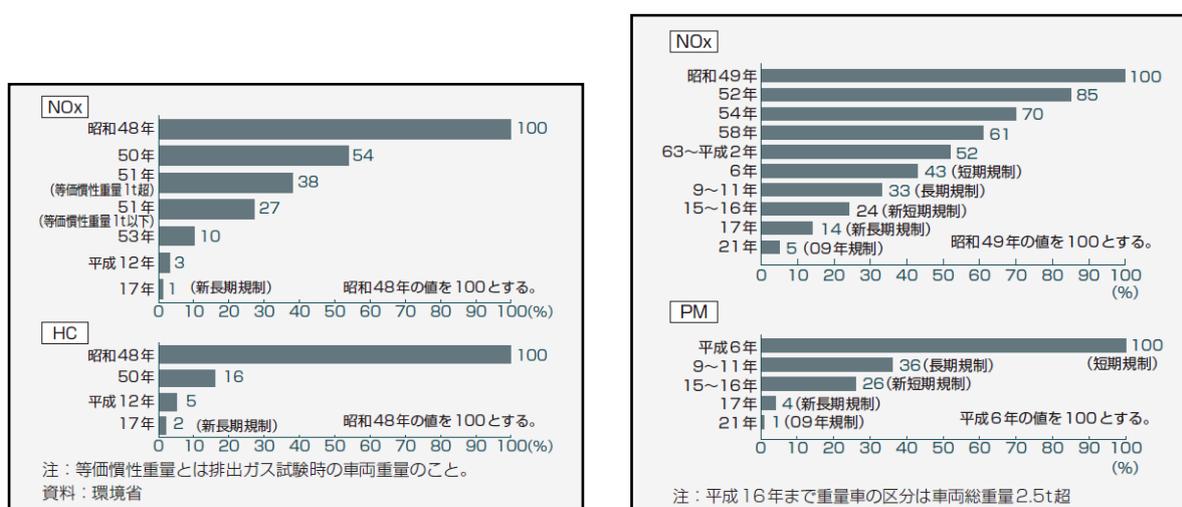


図 1.3-1 ガソリン乗用車の規制強化の推移 図 1.3-2 ディーゼル重量車の規制強化の推移

1.4 対策装置の導入に係る助成の枠組

1967年に制定された公害対策基本法の第24条では、「国又は地方公共団体は、事業者が行う公害防止のための施設の整備について、必要な金融上および税制上の措置その他の措置を講ずるよう努めなければならない」とされ、また、「前項の措置を講ずるにあたっては、中小企業者に対する特別の配慮がなされなければならない」と規定された。このような基本的な考え方に沿って、日本では汚染発生源である事業者の公害対策を促すための施策として、補助金、公的金融、税制優遇措置、工場立地の移転・誘導措置、技術指導・情報提供、企業内部の組織・人材の育成のための措置などが実施されてきた。その後、政府系機関では統合整理が進み機関・団体の名称、事業内容は頻繁に変更されているものが多いが、ここでは、日本の産業公害対策が活発化してきた1960年代以降の主要な取組を、当時の名称で述べていくこととする。

1.4.1 公害防止事業団による助成

公害事業団は、1965年に設立された政府の公害問題に対する助成施策実施のための専門機関である。1992年の法律改正により環境事業団に、さらに2004年には環境保全機構に名称変更され、事業内容も見直されてきた。また、発足当時の監督権限は通商産業省に置かれていたが、環境庁の発足に伴い環境庁へ移管されている。公害防止事業団が実施してきた主な助成事業は次のとおりである。

建設譲渡事業

技術・資金面で公害防止施設の設置が困難であるような事業者及び公共団体に対して事業団が直接に施設の建設を行い、完成後に譲渡する事業をいう。建設費用は低金利である政府からの借入金を用いられ、譲渡後は注文主である事業者及び公共団体が事業団へ返済する仕組みになっていた。返済期間は施設に対しては20年以内、機械装置に対しては15年以内であり、低い金利が設定されていた。具体的な事業は以下のとおりであった。

- ・共同公害防止施設

同業の類似した工場が集中している地域では、各々の工場や事業者が単独で処理施設を整備するよりも、共同で施設を設置した方がよりコスト安になる可能性が高い。この点に着目して共同公害防止施設の建設譲渡事業が行なわれた。大気関連ではばい煙処理施設、粉じん防止施設等が対象となった。

- ・集団設置建物

都市化の進展や産業構造の変化等により、公害防止施設設置のための空間確保が困難であったり、近隣公害の発生が避けられない等の理由により、複数の企業が集団で移転するための用地の取得・造成、工場建物施設や公害防止施設の建設及び施設の譲渡を行なうものである。この事業には移転先での共同公害防止施設の設置が含まれる場合もある。

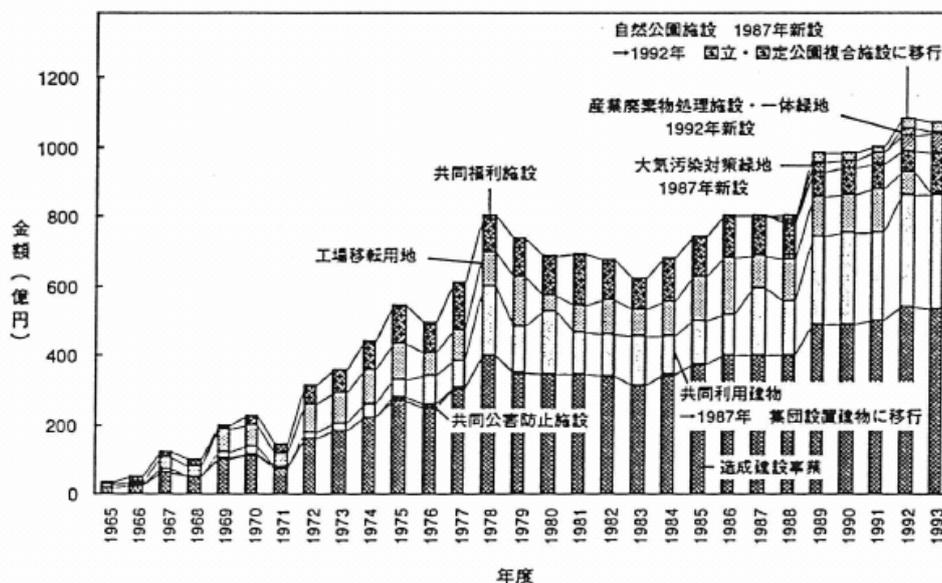
- ・緩衝緑地帯

工業地帯から排出されるばい煙や粉じん等による公害を防止するためには、工業地帯と居住地帯の間を遮断するグリーンベルトが有効である。大規模な緑地の造成には多額の費用を要することから、地方公共団体に代わって事業団がグリーンベルトの建設譲渡を行なうものである。

- ・大気汚染対策緑地

樹木は汚染物質を吸収して、大気を浄化する機能を有している。この長所を利用して大気汚染を緩和する緑地帯を建設する事業である。この事業には工場の周辺における緑地帯整備に加えて、都市域内にまとまった緑地を建設する事業も含まれている。

図 1.4-1は建設譲渡事業の実績の推移を示したものである。



出典：環境事業団の概要と事例、環境事業団、1994

図 1.4-1 建設譲渡事業の実績の推移

融資事業

事業体及び公共団体に対して低金利での融資を行い、公害防止活動を促進させるものである。事業団への返済期間は一部事業を除いて、施設に対しては20年以内、機械装置に対しては15年以内であった。融資が利用できる施設や事業は以下の通りであった。

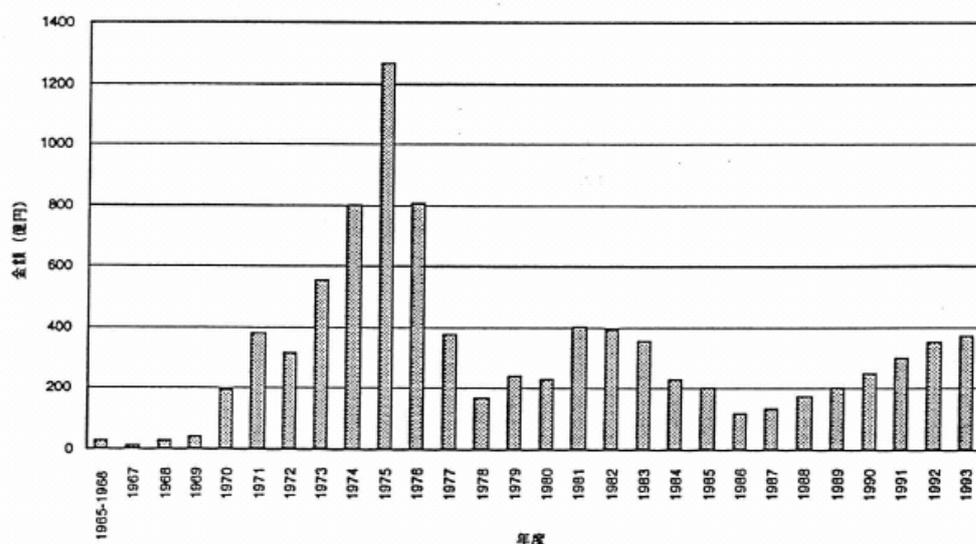
- ・産業公害防止施設

単独もしくは複数の工場が共同で利用する公害防止施設を設置するための費用を融資するものである。公害防止施設には、ばい煙処理施設や粉じん防止施設等の大気汚染防止施設が含まれていた。

- ・特定フロン排出抑制施設

オゾン層破壊防止のために、特定のフロン及びハロンの排出抑制施設又は再生利用施設を設置する事業体に対して融資を行なうものである。

図 1.4-2に融資実績額の推移を示す。



出典：環境事業団の概要と事例、環境事業団、1994

図 1.4-2 融資実績額の推移

1.4.2 中小企業に対する融資

中小企業金融公庫

中小企業の成長・発展を促進するため、一般の金融機関から融資を受けにくい設備資金や長期運転資金を中小企業者に融資することを目的として設立された全額政府出資の金融機関である。1965年より、産業公害防止施設の整備や公害防止のための工場移転等の実施に必要な資金の特別金利による貸付を行っていた。大気汚染防止関係では、集じん・除じん装置や燃焼改善施設、測定分析装置等が融資対象となっていた。

国民金融公庫

銀行その他一般金融機関からの資金の融資を受けることが困難な国民大衆に対して、必要な事業資金の供給を行なうことを目的として設立された全額政府出資の金融機関である。1970年より産業公害防止施設の設置に対する特別貸付を実施した。対象となる企業及び施設は、中小企業金融公庫の場合とほぼ同じである。

中小企業事業団

「中小企業事業団法」に基づいて中小企業施策を総合的に実施する機関として、旧中小企業振興事業団と旧中小企業共済事業団とを統合して設立された。産業公害防止に関連する以下の事業

に対して資金助成を実施していた。

- ・ 共同公害防止事業
- ・ 公害防止施設共同利用事業
- ・ 工場等集団化事業（工業団地等の建設）
- ・ 工場共同化事業（共同工場の建設）
- ・ 共同施設事業

中小企業設備近代化資金

「中小企業近代化資金等助成法」に基づき、中小企業の設備の近代化の促進に寄与することを目的として、都道府県が窓口となって個別中小企業に対して貸付を行なうものである。通商産業大臣が指定する業種に属する企業及び通産局長の承認を得て都道府県知事が指定した地方産業振興業種に属する企業を対象に、公害防止施設に対する貸付を実施していた。

1.4.3 日本開発銀行による融資

長期設備資金の供給を行なうことにより、経済の再建及び産業の開発を促進するため、一般の金融機関が行なう金融などを補完し、又は奨励することを目的として設立された。1960年より産業公害防止に対する融資を開始し、再生資源施設や省エネルギー施設等の幅広い範囲に及ぶ環境対策に対する融資や利子補給、債務保証等の事業を実施していた。

1.4.4 税制上の措置

公害防止対策に対する税制面での優遇措置として、国税、地方税についてそれぞれ以下のような措置がとられていた。

(国税)

- ・ 公害防止関連特定設備等の特別償却
- ・ 耐用年数の特例
- ・ 特定の資産の買換えの場合の課税の特例

(地方税)

- ・ 固定資産税の非課税措置
- ・ 固定資産税の課税標準の特例

- ・特別土地保有税の非課税
- ・事業所税の特例

1.5 監視・観測体制の整備と大気質の改善

1.5.1 地方自治体の組織整備

大気汚染等の公害は地域住民に対して影響を及ぼす地域性の強いものであったため、1950年代中ごろから重工業地区等を抱える地方自治体では公害対策を遂行するための組織が国に先駆けて整備されてきた。そして、1960年代中ごろから公害対策基本法の制定や環境庁の設立による国レベルでの環境行政の流れを受けて、全国的に都道府県、市町村の環境関連部局の整備が急速に進んできた。

1.5.2 民間レベルでの組織整備

公害対策基本法に基づいて公害の規制面での強化が図られる一方で、工場・事業場における公害防止体制を強化するために、事業体に公害防止組織の設置を義務付け、公害防止の強化を図る目的で1971年に「特定工場における公害防止組織の整備に関する法律」が制定された。この法律は、「公害防止統括者等の制度を設けることにより、特定工場における公害防止組織の整備を図り、もって公害の防止に資すること」を目的とするものである。製造業、電気供給業、ガス供給業及び熱供給業に属する工場であって、一定のばい煙発生施設、汚水等排出施設、騒音発生施設、粉じん発生施設又は振動発生施設を設置している工場が特定工場として定められ、以下の設置が義務付けられている。

・公害防止統括者

公害防止統括者は公害を防止するための指導・監督業務を遂行する者である。ただし、公害防止統括者はその工場の業務を管理統括するもの、すなわち工場長に該当するものであり、特別の資格は要求されていない。

・公害防止管理者

公害の防止を遂行するに当たって、技術的な業務管理を行なう者である。公害防止管理者は所定の国家資格を有するものに限られている。

・公害防止主任管理者

公害防止管理者と同様に技術的な管理業務を遂行する者であるが、公害防止主任管理者は大気と水質の両方の関係工場において、双方の管理技術を有している必要がある。公害防止主任管理

者も所定の国家資格を有するものに限られている。

1.5.3 大気質の改善の状況

図 1.5-1と図 1.5-2 に二酸化硫黄と二酸化窒素の大気環境濃度（各測定局の年平均値の全国平均値）の1970年からの推移を示す。

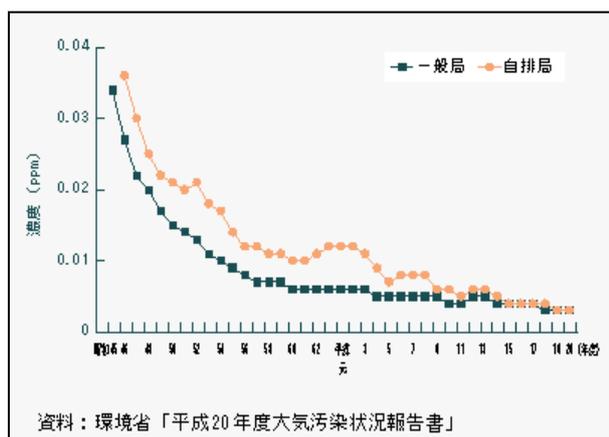


図 1.5-1 二酸化硫黄の環境濃度の推移

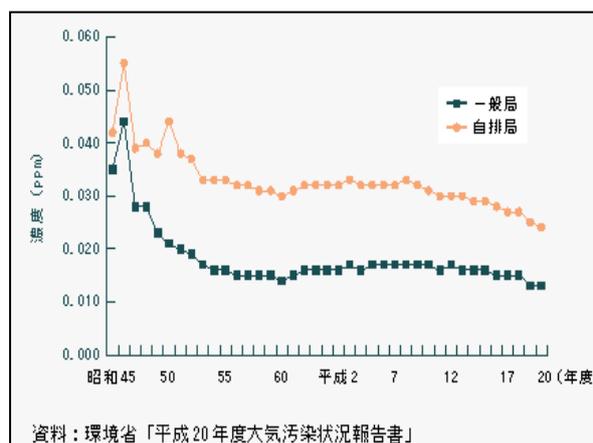


図 1.5-2 二酸化窒素の環境濃度の推移

二酸化硫黄に関しては、1968年の大気汚染防止法のK値規制導入及びその後の規制強化、1970年改正による燃料使用規制導入、1974年改正の総量規制導入などの効果と考えられるが、一般環境大気測定局、自動車排出ガス測定局とも1980年頃まで着実に減少が見られ、その後はなだらかな減少傾向が続いている。

二酸化硫黄の大気環境基準は1日平均値で0.04ppm以下とされているが、このレベルは年平均値にすると概ね0.02ppmに相当するといわれており、現在では、この水準よりもはるかに低いレベルで推移していることが確認できる。

次に、二酸化窒素についてみると、一般環境大気測定局では1980年ごろまで減少傾向が認められ、その後は、ほぼ横ばいの状況を示している。1980年ごろまでの濃度減少は、固定発生源に対して、1973年からの全国一律の濃度規制及び数次にわたる規制強化の効果と考えることが出来る。二酸化窒素の大気環境基準は1日平均値で0.04~0.06ppmのゾーン内又はそれ以下とされているが、このレベルは年平均値にすると概ね0.02~0.03ppmに相当するといわれている。一般環境大気測定局では、二酸化硫黄と同様に、環境基準のレベルよりも低い水準で推移していることが認められる。一方、自動車排出ガス測定局のデータを見ると、1970年から1990年頃まで減少の傾向が見られているが、その後はほぼ横ばいの状況が長期間続いている。しかも、この濃度

レベルは、環境基準の上限（年平均値での比較の目安は0.03ppm）を超えていた。1978年のガソリン乗用車に対する規制（日本版マスキー法）やその後の数次にわたるディーゼル自動車に対する規制強化の効果が、自動車走行量の増加等に打ち消されたと考えられる。1990年代後半から、自動車NOx法（1992年）の車種規制が効果を発揮し始め、2005年にはオフロード特殊自動車規制法が制定され、また、この頃になってようやく日本の自動車保有台数も飽和状態に到達し、NO₂の大気環境濃度は微減の傾向になってきている。

1.6 今後対策を進めるに当たっての中国への助言

硫黄酸化物にかかる大気汚染の発生は、主として固定発生源からのものであり、しかも燃料、原料中の硫黄分が燃焼施設、反応施設等で酸化され、硫黄酸化物となって大気中に排出されるものである。したがってその対策は、燃料中の硫黄分をコントロールすること等により比較的容易に実施することが出来る。また、排出量の把握は、直接排出ガス量と排出濃度を測定しなくても、燃料、原料中の硫黄分とその使用量から求めることも出来る。後者の方法は、長期間（たとえば月間、年間）の総排出量を求める際に極めて有効である。これに比較すると、窒素酸化物対策は単純ではない。大きな違いを列挙すると次のとおりである。

- 1) 固定発生源からの排出に関しては、燃料、原料中の窒素分が酸化され排出されるもののほか、燃焼用空気中の窒素が燃焼過程の高温下で酸化され窒素酸化物が生成される。いわゆるサーマルNOxと呼ばれるものであるが、これは、燃焼施設の種類や形態により一様ではないので排出量を管理することは技術的に容易ではない。
- 2) 排出量の把握は、排出ガス量と濃度を測定し算定する方法が基本となる。この場合、一定期間（たとえば、月間、年間）の総排出量を求めようとすると連続的に測定する必要があるが、連続測定器を設置しない中小規模の施設では実態的には困難である。したがって一定の仮定を置いて推計するなどの工夫が求められることとなる。
- 3) 固定発生源のほか、自動車からの排出、特にディーゼル自動車からの排出が大きな割合を占めている。したがって、窒素酸化物対策の場合、固定発生源と移動発生源の対策のバランスをどのように考えるかという問題も発生してくる。
- 4) 硫黄酸化物が、一次汚染物質としての二酸化硫黄の形で生成され排出されるのに比べ、窒素酸化物の場合、燃焼過程では主として一酸化窒素（NO）の形で発生し大気中に排出される。これが大気環境中で酸化されて二酸化窒素となり人の健康へ影響を及ぼすこととなる。このほか、大気環境中では炭化水素と光化学反応を起こして光化学オキシダントを生成し、これが人や植物等へ影響を及ぼす。さらには、大気環境中で反応し硝酸の形となり雨水に取込まれて酸性雨を発生させることになる。これらの大気中の反応は単純ではなく、科学的な予測・シミュレーションの手法は複雑なものとなる。

以上のような特徴を持つ窒素酸化物の大気汚染対策は、硫黄酸化物に比べるとあらゆる面で難

易度が高い。したがってまずは、これらの側面を十分に認識して、柔軟な削減方策を組み立てる必要がある。

次に、中国の社会、経済、文化等の実情を踏まえてこれに即した対策方法を創造することが望ましい。日本や米国で実施されてきている窒素酸化物の排出削減政策は、中国で実施する際の参考にはなるものの、そのとおり実施することが最善であると結論付けられるものではないと考えられる。たとえば、日本の場合、当時の社会的な背景の下に組み立てられた政策であり、経済的に合理的なツールを追求するという発想は薄弱であったとしかいえない。現在では、国全体として最も経済的に一定の排出量削減を達成するためには、キャップ・アンド・トレードの方式が効果的といわれているが、日本の制度構築にはこのような考え方は無かった。しかし一方で、日本の工場事業場の総量規制制度は、このキャップ・アンド・トレードを制度化するに必要な要素はほぼ備えているともいえる。

参考資料

1. 「開発途上国の大気汚染問題に係る固定発生源対策マニュアル ー総集編ー」、社団法人海外環境協力センター、1997年3月
2. 「日本の大気汚染の歴史」、大気環境学会史料整理研究委員会、2000年3月
3. 「日本の産業公害対策経験ー開発途上国と価格、市場、クリーナープロダクションの観点からー」、独立行政法人国際協力機構（JICA）、2004年3月
4. 「平成22年版環境・循環型社会・生物多様性白書」、環境省、2010年6月