

水銀排出施設の種類、規模及び排出基準の考え方（案）

I. 検討に当たっての基本的考え方

1. 水銀排出施設の分類
2. 水銀排出施設の規模要件
3. 排出基準の設定
4. 既存施設の扱い

II. 規制対象施設ごとの検討

1. 石炭火力発電所及び産業用石炭燃焼ボイラー
 - 1.1 対象施設の種類及び規模
 - 1.2 排出基準の設定
2. 非鉄金属製造に用いられる精錬^{注1}及び焙焼^{注2}の工程（一次施設）
 - 2.1 対象施設の種類及び規模
 - 2.2 排出基準の設定
3. 非鉄金属製造に用いられる精錬及び焙焼の工程（二次施設）
 - 3.1 対象施設の種類及び規模
 - 3.2 排出基準の設定
4. 廃棄物焼却炉^{注3}
 - 4.1 対象施設の種類及び規模
 - 4.2 排出基準の設定
5. セメントクリンカー製造設備
 - 5.1 対象施設の種類及び規模
 - 5.2 排出基準の設定

注1 条約附属書Dでは、「製錬」とされているが、この資料においては、大気汚染防止法の「金属の精錬の用に供する焙焼炉（ペレット焼成炉を含む。）、煨焼炉、溶鋳炉（溶鋳用反射炉を含む。）、転炉、平炉、溶解炉及び乾燥炉」（施行令別表第1の3、4、14又は24の項）で用いられている「精錬」に用語を統一する。

注2 条約附属書D及び廃棄物の処理及び清掃に関する法律（以下、「廃棄物処理法」という。）では、「ばい焼」とされているが、この資料においては、大気汚染防止法の「金属の精錬の用に供する焙焼炉（ペレット焼成炉を含む。）」（施行令別表第1の3又は14の項）で用いられている「焙焼」に用語を統一する。

注3 条約附属書Dでは、「廃棄物の焼却設備」とされているが、この資料においては、大気汚染防止法の「廃棄物焼却炉」（施行令別表第1の13の項）に名称を統一する。同様に、廃棄物処理法で「焼却施設」又は「ばい焼施設」とされているものについても、「廃棄物焼却炉」に名称を統一する。

I. 検討に当たっての基本的考え方

1. 水銀排出施設の分類

水銀に関する水俣条約（以下「条約」という。）附属書Dでは、排出規制の対象として、石炭火力発電所、産業用石炭燃焼ボイラー、非鉄金属（鉛、亜鉛、銅及び工業金）製造に用いられる精錬及び焙焼の工程、廃棄物焼却炉並びにセメントクリンカーの製造設備を掲げている。これらの施設及び工程を行う施設のうち、一定の規模以上のものについては、大気汚染防止法の「ばい煙発生施設」とされている（表 1-1 参照）。

表 1-1 条約の対象施設と大気汚染防止法のばい煙発生施設

条約の対象施設	大気汚染防止法のばい煙発生施設	
	分類	対象規模
石炭火力発電所 産業用石炭燃焼ボイラー	ボイラー（熱風ボイラーを含み、熱源として電気又は廃熱のみを使用するものを除く。）	伝熱面積が 10 m ² 以上であるか、又はバーナーの燃料の燃焼能力が重油換算 1 時間当たり 50 L 以上のもの。
非鉄金属（鉛、亜鉛、銅及び工業金）製造に用いられる精錬及び焙焼の工程	金属の精錬の用に供する焙焼炉、焼結炉（ペレット焼成炉を含む。）及び煅焼炉	1 時間当たりの原料処理能力が 1 トン以上のもの。
	金属の精錬の用に供する溶鋳炉（溶鋳用反射炉を含む。）、転炉及び平炉	
	金属の精製の用に供する溶解炉（こしき炉を除く。）	火格子面積が 1 m ² 以上であるか、羽口面断面積が 0.5 m ² 以上であるか、1 時間当たりのバーナー燃焼能力が重油換算 50 L 以上であるか、変圧器定格容量 200 kVA 以上のもの。
	銅、鉛又は亜鉛の精錬の用に供する焙焼炉、焼結炉（ペレット焼成炉を含む。）、溶鋳炉（溶鋳用反射炉を含む。）、転炉、溶解炉及び乾燥炉	1 時間当たりの原料処理能力が 0.5 トン以上であるか、火格子面積が 0.5 m ² 以上であるか、羽口面断面積が 0.2 m ² 以上であるか、1 時間当たりのバーナー燃焼能力が重油換算 20 L 以上のもの。
	鉛の二次施設の用に供する溶解炉	1 時間当たりの燃焼能力が 10 L 以上であるか、変圧器定格容量 40 kVA 以上のもの。
廃棄物焼却炉	廃棄物焼却炉	火格子面積が 2 m ² 以上であるか、又は焼却能力が 1 時間当たり 200 kg 以上のもの。

条約の対象施設	大気汚染防止法のばい煙発生施設	
	分類	対象規模
セメントクリンカーの製造設備	窯業製品の製造の用に供する焼成炉	火格子面積が 1 m ² 以上であるか、バーナーの燃料の燃焼能力が重油換算 1 時間当たり 50 L 以上であるか、又は変圧器の定格容量が 200 kVA 以上であるもの。

また、大気汚染防止法においては、ばい煙発生施設の分類を幅広く設定している特性から、複数の分類に該当する施設（例えば、「製銑、製鋼又は合金鉄若しくはカーバイドの製造の用に供する電気炉」であって「廃棄物焼却炉」にも該当する施設等）については、事業の主たる目的に照らして届出をすることとされている。

なお、大気汚染防止法以外にも、廃棄物処理法やダイオキシン類特別措置法において、条約の対象施設を規制対象としている場合がある（例、亜鉛の回収施設）。

（論点）

- 水銀及びその化合物（以下「水銀等」という。）は、ばい煙の発生過程と同様、原料、燃料又は焼却対象物（以下、「原燃料」という。）への加熱に伴い大気中に排出されるため、施設の分類は、原則として大気汚染防止法の「ばい煙発生施設（条約の対象施設に限る。）」の分類を踏襲することが適当ではないか。
- 水銀排出施設の範囲内において複数の分類に該当する場合は、ばい煙発生施設と同様、事業の主たる目的に照らして届出をすることが適当ではないか。
- 廃棄物処理法やダイオキシン類特別措置法において、条約附属書 D 対象施設を規制対象としている場合には、水銀排出施設の分類をこれらの法律に沿ったものとするのが適当ではないか。

2. 水銀排出施設の規模要件

条約第 8 条第 2 項 (b) は、各施設分類に関し、当該分類からの排出量の 75% を含む水準であれば、裾切り基準を設けて良いとしている。

一方、裾切り基準を設ける場合、その設定値によっては、今後の活動量の増加等により排出量のカバー率が 75% を割り込むような場合も考えられることから、このような事態を避けるべく法的安定性のある値を設定する必要がある。

大気汚染防止法においては、ばい煙排出施設について、施設ごとに対象規模(例、原料の処理能力、火格子面積、バーナーの燃料の燃焼能力)を定めている。また、ばい煙排出規制への対応として従来から導入されている排ガス処理施設は、水銀の大気排出抑制に一定程度の効果があるものと考えられる。

(論点)

- 水銀等の排出の実態及び抑制のための取組の状況並びに事業者の負担を考慮し、75%のカバー率を法的安定性を持って満たすことを確認の上、原則として、ばい煙排出規制の対象規模を水銀排出施設についても適用することが適当ではないか。
- 施設規模に関わらず、水銀を確実に扱う施設については水銀排出施設とし、水銀を基本的に扱わない施設については対象外とすることが適当ではないか。特に、規制対象外とする施設の設定に当たっては、「水銀を基本的に取り扱わない」ことが、制度上、施設の構造上又は現実的に担保されるものに限定することが適当ではないか。

3. 排出基準の設定

平成 27 年 1 月 23 日に中央環境審議会からなされた答申「水銀に関する水俣条約を踏まえた今後の水銀の大気排出対策について」(以下「平成 27 年答申」という。)では、排出基準に関し、

- 濃度による排出限度値規制を行うに当たっては、排ガス中の水銀濃度には、一定の変動があること及び水俣条約の趣旨を踏まえ、平常時における排出口からの水銀の平均的な排出状況を捉えた規制とする必要がある
- 排出基準は、ばい煙排出規制における排出基準のように環境基準等の環境上の目標の維持達成を目指す観点から設定されるものではなく、水俣条約第 8 条第 4 項を踏まえ「利用可能な最良の技術に適合」した値とする必要がある
- 排出基準は、経済的かつ技術的考慮を払いつつ、排出源分類ごとの排出状況について十分に調査・検討を行い、これらを勘案した上で、現実的に排出抑制が可能なレベルで定めることとする
- 排出基準の値については、平常時に対象施設において達成されるべき値として設定することが適当である

としている。

排出源分類ごとの排出状況に関し、環境省では、排ガス処理施設の導入状況及び水銀の排出状況等の実態調査を実施したところである。

また、利用可能な最良の技術/環境のための最良の慣行 (Best Available Techniques/Best Environmental Practices :BAT/BEP) 専門家グループ会合では、BAT/BEP に関するガイダンスの案 (以下、「BAT/BEP ガイダンス案」という。) をとりまとめつつあり、第 1 回条約締約国会議で採択されることとされている。なお、BAT には、排ガス処理施設の設置のみならず、水銀含有量が低い原燃料等を用いることや水銀の排出抑制に関する施設の稼働条件の最適化等の措置も含まれている。

水銀濃度の測定方法については、事業者の負担軽減等の観点から、週単位又は月単位の排出状況を平準化することが可能な連続測定ではなく、数時間の排出状況を平準化するバッチ測定とすることを提案している (本専門委員会 (第 2 回) の資料 2)。その場合には、測定結果に、一定の濃度変動が内在することに留意する必要がある。

(論点)

- 「利用可能な最良の技術に適合」した値として、BAT/BEP ガイダンス案等を参考にして一定の排ガス処理施設を BAT と想定し、これらが導入されている施設の排ガス中の水銀濃度を排出基準値の検討に用いることが適当ではないか。
- 排ガス中の水銀濃度は原燃料中の水銀含有量に影響されるが、原燃料中の水銀含有量の抑制が困難な場合には、これを考慮した排出基準値を設定することが適当ではないか。
- 具体的には、施設の分類ごとに統一した設定方法を採用することとし、以下の観点を考慮して、排出基準値を設定することが適当ではないか。
 - BAT/BEP ガイダンス案における BAT に適合する水銀濃度と比較した排出状況
 - 原燃料中の水銀含有量及びその変動並びに排ガス中の水銀濃度及びその変動の程度
 - 諸外国の排出基準と比較した排出状況

また、技術水準や経済性を勘案して現状以上の排出抑制が困難な施設分類や、水銀排出濃度の変動幅が小さいことから現状においても原燃料の管理及び施設の安定稼働が行われていると考えられる施設分類については、その特徴に応じて排出抑制が可能なレベルとすることが適当ではないか。

4. 既存施設の扱い

平成 27 年答申において、既存施設については「排出基準については、施設の大幅な改変が必要な場合等技術的な制約もあり得ることから、既存施設の種類ごとに講じられている水銀除去の対策の実態を調査・把握し、水銀の排出削減に有効と評価される対策を踏まえ、新規施設とは別に、既存施設としての利用可能な最良の技術に適合した値を設けることが適当である。」とされている。

また、条約第 8 条第 2 項 (c) の規定により、実質的な改修をした既存施設は、条約上新規施設として扱われるため、大気汚染防止法においても新規施設に係る排出基準を適用する必要がある。実質的な改修とは、条約第 8 条第 2 項 (d) の規定により、関係する発生源（附属書 D に掲げる発生源の分類の一に該当する発生源をいう。）であって排出の実質的な増加（副産物の回収から生ずる排出に関する変化を除く。）をもたらすものの改修とされている。

(論点)

- 一般的に、水銀排出量は施設規模と相関があると考えられるため、「実質的な改修」とは、施設の基本構造（面積、形状又は施設本体の材質）の変更により、施設規模（裾切りの指標と同一）が一定程度以上増加する場合とすることが適当ではないか（ただし、水銀排出施設からの水銀排出量の増加を伴うものに限る。）。
- 既存施設において、施設の大幅な改変が行われる場合には、排出基準の遵守にかかる猶予期間（改変にかかる期間に限る。）を設けることが適当ではないか。

II. 規制対象施設ごとの検討

1. 石炭火力発電所及び産業用石炭燃焼ボイラー

1.1 対象施設の種類及び規模

条約附属書Dでは、「石炭火力発電所」と「産業用石炭燃焼ボイラー」を別の分類としている。一般的に、石炭火力発電所と産業用石炭燃焼ボイラーとの違いは、発電を目的にボイラーを稼働させているか否かによるものと考えられるが、産業用石炭燃焼ボイラーを自家発電用に使用している事業所も多く、石炭火力発電所と産業用石炭燃焼ボイラーを明確に区別することは困難な面がある。大気汚染防止法のばい煙発生施設では、「ボイラー（熱風ボイラーを含み、熱源として電気又は廃熱のみを使用するものを除く。）」として一括りの区分にしている。

また、ボイラーには、専ら石炭を燃料とするもの（以下「石炭専焼ボイラー」という。）、石炭を燃料としつつ石炭以外のものも燃料とするボイラー（以下「石炭混焼ボイラー」という。）及び専ら石炭以外を燃料とするものがある。このうち、石炭混焼ボイラーについては、全てのボイラーというわけではないものの、事業系ボイラーでは、カロリー管理している場合もあり、燃料に占める石炭の割合（以下「石炭比」という。）が大きく変動することが知られている。このため、規制対象施設を石炭比が一定以上のものに限定した場合、日々変動し得る石炭比について、その確認作業が繁雑になることが想定される。

実態調査の結果によると、石炭混焼ボイラーにおける石炭以外の燃料としては、木片チップ・木くず、ガス（メタンガス、改変ガス、水素ガス、高炉ガス等）、固形燃料、廃タイヤ、廃プラスチック等が該当し、石炭比が低い施設であっても、石炭専焼ボイラーと同等程度以上の排ガス中水銀濃度が検出されていた。なお、ボイラーの中には、石炭を通常の燃料としないものの、施設の立ち上げ時に石炭を燃焼する場合がある。

(論点)

- 条約附属書Dに掲げる「石炭火力発電所」及び「産業用石炭燃焼ボイラー」に該当するものは、「石炭を燃料とするボイラー（熱風ボイラーを含む。）」とし、一つの施設分類として扱うことが適当ではないか。ただし、一つの施設分類として扱う場合でも、条約附属書Dの施設分類ごとに排出量を推計できるよう整理しておくことが適当ではないか。
- 石炭混焼ボイラーについて、燃料に占める石炭の割合によらないとすることが適当ではないか。

- 施設の規模に関しては、ばい煙発生施設と同様、「伝熱面積が 10 m² 以上であるか、又はバーナーの燃料の燃焼能力が重油換算 1 時間当たり 50 L 以上のもの。」とすることが適当ではないか。
- 石炭混焼ボイラーについては、事業の主たる目的に照らして対象分類を判断することが適当ではないか（例えば、廃棄物処理を主たる目的とする場合、廃棄物焼却炉に該当すると考えられる）。

1.2 排出基準の設定

石炭中の水銀が硫化水銀の形態をとると考えられるところ、我が国においては、ばい煙排出規制における硫黄酸化物排出対策等により、硫黄分が少ない石炭を使用する傾向があり、比較的水銀含有量も少ない傾向がある（表 2-1 参照）。

表 2-1 石炭中の水銀含有量 (mg/kg)

国	石炭の種類	水銀含有量		
		算術平均値	範囲	データ数
日本※	瀝青炭	0.0454	0.01-0.21	86
アメリカ	亜瀝青炭	0.1	0.01-8.0	640
	褐炭	0.15	0.03-1.0	183
	瀝青炭	0.21	<0.01-3.3	3527
	無煙炭	0.23	0.16-0.30	52
ドイツ	瀝青炭	記載なし	0.7-1.4	記載なし
	褐炭	0.05	最大値:0.09	記載なし
中国	瀝青炭/亜瀝青炭	0.17	0.01-2.248	482

（出典：BAT/BEP ガイダンス案 表 1 一部のみ抜粋）

※ この他、電気事業連合会より提供された石炭中の水銀含有量についてのデータ（データ数：1224）では、平均：0.039 mg/kg、範囲：0.001-0.62 mg/kg であった。

石炭混焼ボイラーについて、実態調査の結果によると、石炭以外の燃料中の水銀含有量は、石炭中水銀含有量に比べ、最大のもので平均値が 2 倍程度であり、石炭に比べ水銀含有量が高いものも含まれていた（最大値の明確な差はみられなかった）。また、石炭混焼ボイラーは、ほぼバーナーの燃焼能力（重油換算）が 10 万 L/時未満であった。

これまで実施されてきたばい煙対策は、相乗便益として高い水銀排出抑制効果があるとされている。BAT/BEP ガイダンス案では、脱硝設備、除じん設備及び脱硫設備による排ガス処理の水銀排出抑制効果は 74%で、水銀濃度は平均 0.0012 mg/m³ (=1.2 µg/m³)、最大 0.013 mg/m³ (=13 µg/m³) という日本の事例が紹介さ

れている。欧州、米国、中国の事例も踏まえ、結論としては、無煙炭を燃焼させる場合、脱硝設備、除じん設備及び脱硫設備の組み合わせで、水銀除去率最大95%、排ガス中水銀濃度 $1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ を達成できるとしている。なお、この水銀濃度が常時達成可能な値なのか、年平均値等として達成可能な値なのかについては記載されていない。

実態調査結果によると、排ガス処理施設の設置状況が把握できた150施設のうち、約50%の施設において脱硝設備、除じん設備及び脱硫設備が設置されており、約30%の施設において除じん設備及び脱硫設備が設置されていた。また、排ガス中の水銀濃度の測定(76施設、134データ)の結果、濃度は $<0.1 \sim 10 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、算術平均値は $1.3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均値は $0.7 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。一方、環境省法以外の水銀濃度の測定(87施設、565データ)の結果では、濃度は $<0.1 \sim 13 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、算術平均値は $1.2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均値は $0.7 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。なお、現在使用されている石炭は、概ね瀝青炭であったことから、石炭の種類による水銀濃度の違いは、解析できなかった。ただし、将来的に燃料として使用する石炭の種類が変動し、水銀濃度に影響を与えることも想定される。

これらのことから、我が国において、石炭使用量当たりの水銀排出量は、諸外国と比べて低いものと考えられる。また、石炭の燃焼効率が高水準であることから、発熱量当たりの水銀排出量も諸外国に比べて低い。さらに、排ガス中の水銀濃度が他の施設種類に比較して低濃度(算術平均 $1.3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均 $0.7 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、最高値でも $10 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$)であることを考慮すると、平均的な排出状況において現状以上の排出抑制は相当困難と考えられる。

加えて、水銀濃度の変動幅が小さいことから、水銀の排出抑制にかかる原燃料管理並びに水銀排出施設及び排ガス処理装置の稼働条件の最適化についても、安定的に行われていると考えられる。

(論点)

- 新規施設の排出基準について、水銀の排出抑制にも効果がある脱硝設備、除じん設備及び脱硫設備を一体として設置すること等によって、平常時における平均的な排出状況として達成し得る水準として設定することが適当ではないか。
- 既存施設の排出基準について、水銀の大気排出抑制効果があるとされる技術を採用すること等によって、平常時における平均的な排出状況として達成し得る水準として排出基準を設定することが適当ではないか。
- 新規施設と既存施設の排出基準をそれぞれ設定する際には、施設規模や石炭比によらず一律の基準を設定することを基本とすることが適切ではないか。
- ただし、石炭混焼ボイラーについては、廃棄物処理法の廃棄物焼却炉とされている施設もあることから、燃料中の水銀濃度が比較的変動することを想定し、バーナーの燃焼能力が10万L/時未満の施設については、別途、廃棄物

焼却炉に対する排出基準と大幅な差が生じないように水準で設定することが適当ではないか。

2. 非鉄金属製造に用いられる精錬及び焙焼の工程（一次施設）

2.1 対象施設の種類及び規模

条約附属書Dでは、規制の対象として、非鉄金属（鉛、亜鉛、銅及び工業金）製造に用いられる精錬及び焙焼の工程を掲げている。我が国においては、非鉄金属の精錬について、原料として、主として鉱石を用いる一次施設と、リサイクル原料等を用いる二次施設があり、原料や工程の違いにより水銀の排出実態が大きく異なるため、本資料では区別して検討することとした。

一次施設では、原料鉱石から粗製品（粗銅、粗鉛、亜鉛焼鉱）を得るまでに、金属の種類や製法によって焼結炉、焙焼炉、溶解炉、転炉等が単一で又は組み合わせて使用されている。また、粗銅、粗鉛又は蒸留亜鉛は、溶解炉で精製される。精製のための溶解炉の原料となる粗銅、粗鉛又は蒸留亜鉛は、一般的に水銀を含まないと考えられる。実態調査の結果においても、精製のための溶解炉の排ガス中水銀濃度は、 $<0.1\sim 0.4\ \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ （3箇所、9データ）と低い値であった。排ガス処理前であっても、 $<0.2\sim 0.5\ \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ （1箇所、2データ）と低い値であった。

また、硫化鉱中の水銀の形態は、概ね硫化水銀であると考えられることから、乾燥炉のように炉内温度が $200\sim 300^\circ\text{C}$ 程度であれば、水銀の大気への排出は多くないと考えられる。

なお、表1-1に示すとおり、非鉄金属（鉛、亜鉛、銅及び工業金）の製造に用いられる精錬及び焙焼の工程は、大気汚染防止法のばい煙発生施設として指定されており、施設規模に関する裾切り基準も設定されている。

（論点）

- 専ら粗銅、粗鉛又は蒸留亜鉛を原料とする精製のための溶解炉については、規制対象外とすることが適当ではないか。
- 精製のための溶解炉以外は、原料について何ら制限されるものではないことから、規制対象とすることが適当ではないか。
- 施設規模に関しては、ばい煙発生施設のとおりとすることが適当ではないか（表1-1参照）。

2.2 排出基準の設定

BAT/BEP ガイダンス案では、これまで実施されてきたばい煙対策（バグフィルター、湿式電気集じん機、湿式スクラバー及び排ガス洗浄と硫酸プラントの組合せによる排ガス処理）は、相乗便益として高い水銀排出抑制効果があるとしており、日本の事例（排ガス中の水銀濃度 1.7～6.1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）が紹介されている。これらのばい煙対策が実施されてきた我が国において、非鉄金属生産量当たりの水銀排出量は、諸外国に比べて低い。

表 2-2 大気排出係数についての世界との比較（大気排出量は二次施設を含む。）

	大気排出量（トン/年）	地金生産量（千トン/年）				大気排出係数（kg-Hg/千トン）
		銅	鉛	亜鉛	全体	
非鉄（世界）	188	18,981	9,850	12,896	41,915	4.5
非鉄（日本）	0.9	1,549	216	574	2,340	0.4

（出典：中央環境審議会大気・騒音振動部会水銀大気排出小委員会（第2回）資料3-3）

BAT/BEP ガイダンス案では、Boliden-Norzink プロセス、セレンフィルター、活性炭フィルターベッド、DOWA、Jerrit といった排出削減技術についての削減率（71～99.97%）が示されている。また、排ガス処理技術及び硫酸プラントの相乗便益も受容可能な水銀排出レベルを達成できるとしている。

実態調査結果によると、排ガス処理施設の設置状況が把握できた 11 事業所、22 箇所のうち 13 箇所において、排ガス洗浄及び硫酸製造設備が設置されていた。特に、硫酸製造設備の水銀排出抑制効果は、BAT/BEP ガイダンス案にも事例として紹介されている。また、銅の一次施設における排ガス中水銀濃度の測定（14 箇所、38 データ）の結果、濃度は $<0.1\sim 1.2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、算術平均値は $0.4 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均値は $0.3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。一方、環境省法以外の水銀濃度の測定（2 箇所、29 データ）の結果では、濃度は $<0.1\sim 18 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、算術平均値は $2.4 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均値は $1.1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。

亜鉛の一次施設における排ガス中水銀濃度の測定（4 箇所、20 データ）の結果、濃度は $<0.1\sim 39 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、算術平均値は $9.4 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均値は $1.4 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。ただし、亜鉛の一次施設のうち 1 施設は、粒子状水銀の濃度がガス状水銀の濃度の 10 倍程度の値で検出されていた。一方、環境省法以外の水銀濃度の測定（2 箇所、6 データ）の結果では、濃度は $<0.4\sim 17 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、算術平均値は $7.7 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均値は $4.6 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。

専ら粗銅、粗鉛又は蒸留亜鉛を原料とする溶解炉並びに専ら硫化亜鉛を原料とする乾燥炉のデータを除く銅又は亜鉛の一次施設における排ガス中水銀濃度の測定（14 箇所、48 データ）の結果、濃度は $<0.1\sim 39 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、算術平均値は $4.2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均値は $0.6 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。ただし、将来的に原料として使用する鉱石

の種類が変動し、水銀濃度に影響を与えることも想定される。

なお、現在、我が国における唯一の鉛の一次施設の事業所における実態調査結果は、一次施設と二次施設の排ガスが混合した排ガスの水銀濃度の結果であることから、鉛の一次施設単独の結果は得られなかった。この他、精錬及び焙焼の工程により鉱石から工業金を製造する施設は、現在我が国には存在しない。

これらのことから、銅又は亜鉛の一次施設から排出される水銀の濃度が他の施設分類に比較して低濃度（算術平均 4.2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均 0.6 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、最高値でも 39 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ）であり、原燃料当たりの水銀排出量が諸外国に比較して低いことから、平均的な排出状況において現状以上の排出抑制は相当難しいと考えられる。

加えて、水銀濃度の変動幅が小さいことから、水銀の排出抑制にかかる原燃料管理並びに水銀排出施設及び排ガス処理装置の稼働条件の最適化が、安定的に行われていると考えられる。

鉛又は工業金の一次施設単独の水銀濃度は得られなかったが、硫化鉱を原料とし、排ガス処理施設も同様であることと、亜鉛と銅の一次施設の水銀濃度に明確な違いがみられなかったことから、鉛又は工業金の一次施設についても排ガス中の水銀濃度は銅や亜鉛の一次施設と同水準と考えられる。

(論点)

- 銅又は亜鉛の一次施設について、新規施設及び既存施設ともに、水銀の排出抑制にも効果がある排ガス洗浄及び硫酸製造設備を一体として設置すること等によって平常時における平均的な排出状況として達成し得る水準を、排出基準として設定することが適当ではないか。
- 鉛又は工業金の一次施設の排出基準について、銅又は亜鉛と同一の基準とすることが適当ではないか。

3. 非鉄金属製造に用いられる精錬及び焙焼の工程（二次施設）

3.1 対象施設の種類及び規模

非鉄金属の精錬及び焙焼の工程のうち、リサイクル原料等を用いる二次施設について、鉛バッテリーやハンダくず等のリサイクルプロセスや、銅線等のリサイクルプロセスでは、溶鉱炉又は溶解炉から粗製品（粗鉛・粗銅）が排出され、排ガスは主に集じん機（バグフィルター）で処理される。集じん機にスクラバーや脱硫設備を組み合わせる施設もある。なお、鉛バッテリー、ハンダくず又はハン

ダクリームのように、一般的に水銀を含まないと考えられるものも原料として用いられている場合がある。

条約附属書Dの対象施設に該当する施設としては、鉛、亜鉛、銅又は工業金の製造に用いられる炉として、ばい煙発生施設とされている施設（表1-1参照）のほか、「亜鉛の回収（鉄鋼の用に供する電気炉から発生するばいじんであって、集じん機により集められたものからの亜鉛の回収に限る。）の用に供する焙焼炉、焼結炉、溶鉱炉、溶解炉及び乾燥炉」（ダイオキシン類対策特別措置法施行令別表第1第3号）がある。これは、製鋼煙灰からの亜鉛を回収するプロセスにおいて、精錬炉（焙焼炉）内で亜鉛は還元揮発し、排ガス中で再酸化して集じん機で半製品（粗酸化亜鉛）が回収されるものである。

（論点）

- 対象施設としては、大気汚染防止法のばい煙発生施設に該当するものに加え、ダイオキシン類特別措置法において亜鉛の回収のための炉とされているものについても規制対象とすることが適当ではないか。
- 専ら水銀を含まないと考えられるもののみを原料とする炉は、水銀を排出しない施設と考えられるが、これらの原料のみを使用することについて、制度上、施設の構造上又は現実的に制限されるものではないことから、規制対象とすることが適当ではないか。
- 施設規模に関しては、ばい煙発生施設のとおりとすることが適当ではないか。

3.2 排出基準の設定

リサイクル原料等を主な原料とする二次施設については、諸外国の非鉄金属生産量が把握できないため、非鉄金属生産量当たりの水銀排出量の国際的な比較は困難である。また、BAT/BEP ガイダンス案では、二次施設について記載されていない。

実態調査結果によると、排ガス処理施設の設置状況が把握できた22事業所、30箇所のうち約3割の施設において除じん設備及び脱硫設備が設置されていた。水銀濃度を収集できた28箇所、121データについて、10 µg/Nm³以下のものが多い一方1000 µg/Nm³を超えるデータもあり、水銀濃度に大きな差があった。我が国では、廃棄物等の再資源化が進んでおり、非意図的に水銀が濃縮された鉱滓が二次施設の原料に用いられている場合があり、水銀濃度に差が生じたことは原料中の水銀含有量に起因すると考えられる。

具体的には、銅の二次施設における排ガス中水銀濃度の測定（5箇所、20データ）の結果、濃度は<0.1~360 µg/Nm³、算術平均値は68 µg/Nm³、幾何平均値は6.1 µg/Nm³であった。一方、環境省法以外の水銀濃度の測定（3箇所、6データ）

の結果では、濃度は 14～430 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、算術平均値は 150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均値は 77 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。

鉛の二次施設における排ガス中水銀濃度の測定（9 箇所、46 データ）の結果、濃度は $<0.1\sim 2300$ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、算術平均値は 230 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均値は 3.5 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。水銀濃度が高い値が検出されたのは、水銀が濃縮された鉍滓を原料にしているためと考えられる。一方、環境省法以外の水銀濃度の測定（3 箇所、10 データ）の結果では、濃度は 1.8～2000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、算術平均値は 560 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均値は 240 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。

亜鉛の二次施設における排ガス中水銀濃度の測定（12 箇所、49 データ）の結果、濃度は $<0.1\sim 1100$ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、算術平均値は 90 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均値は 13 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。一方、環境省法以外の水銀濃度の測定（5 箇所、48 データ）の結果では、濃度は 0.5～1600 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、算術平均値は 280 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均値は 130 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。

金の二次施設における排ガス中水銀濃度の測定（2 箇所、6 データ）の結果、濃度は $<0.1\sim 6.2$ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、算術平均値は 1.1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均値は 0.2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。一方、環境省法以外の水銀濃度の測定（1 箇所、1 データ）の結果では、濃度は 16 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。

これらのことから、製造する金属の種類により排ガス中の水銀濃度が他の施設分類に比較して同等程度である場合や、著しく高い場合があった。水銀濃度が高い場合については、原料の安定的な調達を妨げない範囲において、水銀含有量が一定以下のものに制限する等、更なる排出削減の余地が考えられる。

（論点）

- 新規の二次施設においては、水銀含有量の高い鉍滓を主な原料とする場合には除じん及び高度な排ガス洗浄を採用すること等によって、それ以外の場合には除じん及び排ガス洗浄を採用すること等によって、平常時における平均的な排出状況として達成し得る水準を排出基準として設定することが適当ではないか。
- 既存の二次施設においては、水銀含有量の高い鉍滓を主な原料とする場合には除じん及び高度な排ガス洗浄を採用すること等によって、それ以外の場合にはバグフィルター又は湿式集じん機を採用すること等によって、平常時における平均的な排出状況として達成し得る水準を排出基準として設定することが適当ではないか。
- 二次施設の製造対象となる金属（鉛、亜鉛、銅及び工業金）の種類によって排出基準に差を設けるべきか、あるいは同一の基準とすべきか。

4. 廃棄物焼却炉

4.1 対象施設の種類及び規模

条約附属書 D では、規制の対象として、廃棄物焼却炉を掲げている。また、「廃棄物」の定義について、条約第 11 条第 1 項は、有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約（以下「バーゼル条約」という。）の関連する定義をこの条約の対象となる廃棄物に適用するとしている（図 1 参照）。

条約の対象となる廃棄物のうち、確実に水銀が含有するものとして、廃棄物処理法施行令第 7 条第 10 号に規定する「水銀又はその化合物を含む汚泥」及び水銀による環境の汚染の防止に関する法律第 2 条第 2 項に規定する「水銀含有再生資源」が考えられる。

廃棄物のうち廃油に関して、原油を原料とする精製工程から排出される場合には、水銀が濃縮された廃油が発生する可能性が否定できないが、一般の化学品を製造する施設から水銀が濃縮された廃油が排出されることは想定しにくい。実態調査の結果においても、専ら廃油のみを焼却する廃棄物焼却炉の排ガス中水銀濃度は、 $<0.1\sim 1.4\ \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ （7 施設、23 データ）と低い値であった。

なお、大気汚染防止法においても、廃棄物焼却炉をばい煙発生施設として指定しており、施設規模について裾切り基準を設けている（表 1-1 参照）。

第5号に規定する廃油の焼却炉の許可のみを有し、かつその廃油は、原油を原料とする精製工程から排出された廃油以外のものである場合には、規制対象外とすることが適当ではないか。

- 「水銀又はその化合物を含む汚泥のばい焼施設」（廃棄物処理法施行令第7条第10号）及び「水銀含有再生資源」（水銀による環境の汚染の防止に関する法律第2条第2項）の加熱処理をする炉は、水銀を確実に扱う施設として、裾切り基準を設けないことが適当ではないか。

4.2 排出基準の設定

実態調査において、把握した焼却対象物中の水銀含有量は、 $<0.0005\sim 410$ mg/kgであった。平成29年10月1日以降は、水銀使用製品産業廃棄物又は水銀含有ばいじん等のうち、高濃度に水銀又は水銀化合物を含むものについては、水銀回収が義務付けられることにより、高濃度に水銀を含有する焼却対象物は減少することが見込まれる。

諸外国の焼却量が把握できないため、焼却量当たりの水銀排出量の国際比較はできないが、我が国の特徴として、焼却処理により埋め立て処分量を削減する必要があり、焼却量が諸外国に比較して多いと想定される。このため、諸外国で埋め立て処分する水銀含有廃棄物であっても、我が国では場合によっては焼却処理されている。

BAT/BEP ガイダンス案では、BATにより、年平均値として水銀濃度を $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下に達成可能とされている。なお、我が国から、重金属議定書（Protocol on Heavy Metals (United Nations Economic Commission for Europe) 24 July, 2013）や排出実態を踏まえ、「日平均値として、 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下に達成可能」に変更すべきではないかという意見を提出している。

また、BAT/BEP ガイダンス案において、ダイオキシン対策により普及したバグフィルターは、揮発性物質を抑制する乾式・湿式システムとの組合せにより、高い水銀排出抑制効果があるとされている。

実態調査結果によると、一般廃棄物焼却炉における排ガス中水銀濃度の測定（18施設、64データ）の結果、濃度は $<0.1\sim 130\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、算術平均値は $17\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均値は $5.1\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。ただし、実態調査には水銀濃度が全国的に見て高いことが見込まれる施設が含まれている。なお、環境省法以外の水銀濃度の測定結果は提供されなかった。

産業廃棄物焼却炉における排ガス中水銀濃度の測定（100施設、350データ）の結果、濃度は $<0.1\sim 380\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、算術平均値は $8.7\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均値は $1.7\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。一方、環境省法以外の水銀濃度の測定（84施設、160データ）の結果では、濃度は $<0.01\sim 300\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、算術平均値は $23\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均値は $1.4\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。このうち、水銀含有汚泥を取り扱う施設及び水銀含有再生

資源の熱処理施設については、8施設、29データを収集することができ、その濃度は1.4～300 µg/Nm³、算術平均値は110 µg/Nm³、幾何平均値は65 µg/Nm³であった。それ以外の76施設、131データの結果では、濃度は<0.01～51 µg/Nm³、算術平均値は4.3 µg/Nm³、幾何平均値は0.6 µg/Nm³であった。

下水汚泥焼却炉における排ガス中水銀濃度の測定（12施設、33データ）の結果、濃度は<0.02～58 µg/Nm³、算術平均値は11 µg/Nm³、幾何平均値は5.9 µg/Nm³であった。一方、環境省法以外の水銀濃度の測定（25施設、40データ）の結果では、濃度は<0.01～43 µg/Nm³、算術平均値は9.9 µg/Nm³、幾何平均値は4.1 µg/Nm³であった。

これらの調査結果から、環境省法以外の測定結果ではあるものの、水銀含有汚泥等の水銀含有量の高い焼却対象物を取り扱う施設の水銀濃度がその他の廃棄物焼却炉の水銀濃度に比べ高い傾向がみられた。その他の施設においては、平常時において焼却対象物中の水銀含有量の差が、非鉄金属の二次施設ほど大きくないことが把握できた。また、一部の施設については、更なる排出抑制の余地が考えられる。

（論点）

- 新規施設においては、廃棄物中の水銀含有量に応じて想定するBATが異なるものの、実態調査結果において、排ガス中水銀濃度に大幅な差がなかったことから、原則として一律の排出基準を設定することが適当ではないか。
- ただし、水銀含有汚泥及び水銀含有再生資源等の水銀含有量の高い焼却対象物を取り扱う施設については、非鉄金属製造の二次施設の類似性等その事業実態を勘案した排出基準を設定することが適当ではないか。
- 既存施設においては、バグフィルター又は排ガス洗浄設備を採用すること等によって、平常時における平均的な排出状況として達成し得る水準を排出基準として設定することが適当ではないか。

5. セメントクリンカー製造施設

5.1 対象施設の種類及び規模

セメントクリンカーは、セメントの原料をキルン等で焼成して製造され、その後の仕上げ工程を経てセメントとなる。大気汚染防止法では、セメントクリンカー製造施設について「窯業製品の製造の用に供する焼成炉」としてばい煙発生施設の一つとしており、施設規模に関する裾切り基準も設けている（表 1-1 参照）。

セメントクリンカー製造施設は、製造工程が施設間で類似しているものの、原料の種類や配合、原料中の水銀濃度は異なる。

(論点)

- 条約附属書 D に掲げる「セメントクリンカー製造設備」に該当するものは、「セメントの製造の用に供する焼成炉」とすることが適当ではないか。
- 施設規模に関しては、ばい煙発生施設と同様とすることが適当ではないか。

5.2 排出基準の設定

セメントクリンカーを生産するに当たり、天然原料である石灰石や粘土等の他、代替原料として、石炭灰や汚泥等も用いられている。我が国においては、原料に占める代替原料の割合が、諸外国に比較して高い傾向がある。一般的に天然原料中の水銀含有量に比べ、石炭灰等の代替原料中の水銀含有量は高い傾向がある(表 2-3 参照)。

表 2-3 原料種類ごとの水銀含有量 (mg/kg)

原料の種類	算術平均	範囲	出典
石灰石*	0.04	0.005-0.1	FZKA, (2003)
	—	<0.005-0.4	Renzoni et al., (2010)
	—	<0.01-0.13	Bref CLM, (2013)
	0.02 (50パーセンタイル値)	—	Oerter, (2007)
	0.017	—	US PCA, (2006)
粘土	0.2	0.01-0.5	FZKA, (2003)
	—	0.002-0.45	Renzoni et al., (2010)
	—	0.02-0.15	Bref CLM, (2013)
	0.09 (50パーセンタイル値)	—	Oerter, (2007)
石炭灰	0.3	0.04-2.4	FZKA, (2003)
	—	<0.002-0.8	Renzoni et al., (2010)
	0.34 (50パーセンタイル値)	—	Oerter, (2007)
	0.2	—	US PCA, (2006)

(出典：BAT/BEP ガイダンス案 表 1 一部のみ抜粋¹)

※ この他、セメント協会が実施した調査結果によると、我が国における石灰石中の水銀含有量は、算術平均で 0.044 mg/kg (<0.01~0.185 mg/kg (データ数 31)) であった。

¹ UNEP (DTIE) /Hg/INC. 7/6/Add.1 Annex VII Cement clinker production facilities

BAT/BEP ガイダンス案では、BAT により、年平均値として水銀濃度を $30 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 以下に達成可能とされているが、石灰石中の水銀濃度が高い場合はその数値の達成が困難な場合もあるとの記載がある。また、水銀含有量の低い原料を選択する方法、捕集した水銀含有灰を製品であるセメントに添加する方法、ばいじん排出抑制対策による方法、相乗便益としての排ガス処理対策（湿式脱硫設備又は脱硝設備）による方法が BAT として紹介されている。

実態調査結果によると、排ガス中水銀濃度の測定（49 基、48 箇所、98 データ）の結果、濃度は $0.9 \sim 260 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、算術平均値は $47 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均値は $27 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。一方、環境省法以外の水銀濃度の測定（51 基、50 箇所、280 データ）の結果では、濃度は $0.2 \sim 220 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、算術平均値は $39 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均値は $21 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ であった。

一方、Renzoni et al., (2010) の報告書によると、62 カ国における 1681 の排ガス濃度（乾ガス、酸素濃度 10%）データを分析し、算術平均 $12 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、幾何平均 $5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ と記載があるとおり、上述の日本のデータを比較した場合、諸外国と比べ高めの傾向がある。

国内のセメントの生産工程では、ばい煙の排ガス処理のため、集じん設備が設置されているが、セメントの品質を確保するため、集じん設備によって捕集した水銀含有灰を製品に添加していない。また、水銀含有灰を外部に処理委託せず、原料として再利用して内部で循環させているため、既存の排ガス処理施設による水銀の大气排出抑制の効果が期待できない。これらのことが、日本の水銀濃度が諸外国より高い原因の一つと考えられる。

これらのことから、水銀濃度が他の施設分類に比較して高濃度であること、現状のセメントクリンカー製造設備に設置されている排ガス処理施設には水銀の排出抑制効果がないこと等を考慮すれば、何らかの排出抑制を検討する必要があるものと考えられる。

（論点）

- 新規施設においては、水銀の大气排出抑制効果があるとされる技術を採用すること等によって、平常時における平均的な排出状況として達成し得る水準として排出基準を設定することが適当ではないか。
- 既存施設においては、現状の技術水準や経済性を勘案した上で、平常時における平均的な排出状況として達成し得る水準として排出基準を設定することが適当ではないか。
- ただし、既存施設においては、立地や原料確保等により水銀含有量が低い原料（代替原料を含む。）に変更することが困難な場合が想定されるが、このような特殊事情をどのように勘案することが可能か。