

平成 18 年度 環境省請負業務

POPs 廃農薬等無害化処理技術検証事業

報 告 書
(第 1 部)

平成 19 年 3 月

社団法人 土壤環境センター

はじめに

過去に使用されていた農薬等の中には、残留性・有害性が非常に高い物質が含まれる農薬がある。国内では、DDT、エンドリンなど7種類の残留性有機汚染物質（POPs）が農薬の有効成分として使用されていたが、1970年代に使用が禁止され、当時の政策としては最善と考えられた「地中埋設処理」により一般環境から隔離された。

しかしながら、その後、地球全体においてPOPs成分が移動していることが明らかになり、POPs成分の地球上からの削減を目的としたPOPs条約が平成13年5月22日に採択された。同条約の批准により我が国においても、POPs成分の削減/処理に関わる国内行動計画を定めて安全に管理するとともに、POPs成分の無害化を進めることが求められている。

また、我が国では全国各地で埋設されているPOPs廃農薬等の中には水銀剤や砒素剤も同時期に埋設されている場合があることが報告されていることから、水銀剤・砒素剤とPOPs等農薬の同時処理の必要性もあると考えられる。特に水銀は揮発性が高く焼却処理した場合に環境中に放出されることが懸念されており、また世界的にも水銀の環境への排出を管理しようという動きが活発化していることから、適切な処理方法について検討する必要があると考えられる。

本年度は、本事業の最終年度として水銀を含むPOPs等農薬の無害化処理試験を実施し、含水銀POPs等農薬を適切に無害化処理ができることを確認した。また、埋設農薬調査・掘削暫定マニュアルの改訂を行った。

検討を進めるに当たっては、上智大学大学院地球環境学研究科・中杉修身教授を座長とした学識経験者で構成する検討会のご議論・ご検討を踏まえて作業を進めた。

調査を進めるに当たり、ご協力いただいた企業・自治体・団体ならびに検討委員の方々に深く感謝すると共に、ご指導を賜った農薬環境管理室の皆様には厚くお礼を申し上げます次第である。

最後に、本調査の成果が、POPs農薬等の適切な処理ならびに環境保全に資することを心より祈念する。

平成19年3月

社団法人 土壌環境センター

平成 18 年度 P O P s 廃農薬等無害化処理技術等検討会 委員名簿

氏 名	所 属
伊東祐孝	J A セレサ川崎技術顧問
岩本公宏	三井化学 (株) 環境安全役員付部長
島崎 昭	北海道環境生活部環境局循環型社会推進課長
酒井伸一	京都大学 環境保全センター教授
鈴木規之	(独) 国立環境研究所 環境リスク研究センター 曝露評価研究室長
中杉修身	上智大学大学院地球環境学研究科教授
細見正明	東京農工大学工学部教授
座長	

目 次

第1章 本調査の目的および内容	1-1
1.1 調査目的	1-1
1.2 これまでの経緯	1-1
1.3 本年度調査の内容	1-1
第2章 実証試験計画	2-1
2.1 実証試験の背景および目的	2-1
2.2 試験に使用する施設	2-1
2.3 排ガス処理設備の改善	2-3
2.4 試験条件	2-3
2.5 測定分析	2-6
第3章 実証試験結果	3-1
3.1 概況	3-1
3.2 試験条件（実測値）	3-4
3.3 試験中のPOPs等成分の挙動	3-13
3.4 試験中のダイオキシン類の挙動	3-17
3.5 その他の成分の挙動	3-23
3.6 POPsおよび水銀の物質収支の整理と分解率の解析	3-25
第4章 蛍光X線分析装置を用いた水銀・砒素簡易分析の実施検証の結果について	4-1
4.1 目的	4-1
4.2 実験方法	4-1
4.3 結果	4-4
4.4 蛍光X線分析の精度について	4-8
4.5 まとめ	4-10
第5章 まとめ	5-1
参考資料	
1. 各種指針値	
2. POPs+水銀農薬無害化処理試験 実証試験請負企業の自主試験結果	

第1章 本調査の目的および内容

1.1 調査目的

残留性有機汚染物質（以下、POPs）を削減、廃絶することを目的として 2001 年に採択され 2004 年 5 月に発効したストックホルム条約は、締約国に対して早期に POPs 廃農薬の適切な処理を図るよう求めている。

POPs 廃農薬の処理に用いる無害化処理技術については、我が国では、平成 13 年度～平成 15 年度にかけて実施された「POPs 農薬無害化処理技術等検討調査」で検討されている。上記調査では焼却による無害化処理方法に着目し、POPs および BHC（以降、POPs 等と表記）の分解率及び処理条件等について多角的な検討を行った。また、平成 16 年度は、POPs 等農薬及び POPs 等農薬の掘削現場で一緒に発生する夾雑物の同時処理についても検討を行った。

一方、我が国においては、POPs 等農薬と一緒に水銀剤も埋設されたことが報告されており、実際に埋設農薬の掘削・回収現場から水銀剤も併せて回収されている。しかしながら、埋設農薬の処理を行う際、水銀剤と POPs 等農薬を分別することは非常に困難であるため、同一施設における水銀剤と POPs 等農薬の同時処理が求められている。そこで、平成 17 年度には水銀（剤）を含む POPs 等農薬の同時処理について検証したが、POPs 等が無害化処理される一方で、ダイオキシン類の再合成が起こるという課題が残っている。

そこで今年度は、POPs 等の無害化処理するとともにダイオキシン類の再合成を防ぐことのできる処理条件や設備の運転条件を確立させることを目的とした。

1.2 これまでの経緯

POPs 等農薬の処理にむけて、平成 13 年度～平成 17 年度までの調査で主に以下に示す成果をあげた。

- ・「埋設農薬調査・掘削等暫定マニュアル」およびその改定版の作成
- ・POPs 等農薬（粉剤・液剤）そのものの実規模焼却処理による無害化処理の実証
- ・POPs 等農薬及び POPs 等農薬の掘削・回収現場で発生する夾雑物について、実規模焼却処理による無害化処理の実証
- ・埋設農薬の実処理の実態および実処理現場における課題の把握・整理

1.3 本年度調査の内容

専門家を交えた「平成 18 年度 POPs 農薬無害化処理技術等検討調査」検討会を 3 回実施し、POPs 等農薬の無害化処理に向けて残された課題について検討した。本年度の検討内容は以下の通りである。

（1）含水銀 POPs 等農薬の無害化処理方法の確立

含水銀 POPs 等農薬の無害化処理について、平成 17 年度調査で残った課題に取り組み、含水銀 POPs 等農薬の適切な無害化処理条件を検証した。

これまでの検討により、POPs 等農薬は炉内温度 1000℃以上、2 秒以上滞留という

条件で適切に無害化処理できることが確認されている。しかし、17年度の試験実施施設では1000℃という温度が水銀回収を行う通常運転温度よりも高いため、十分に排ガス処理できずダイオキシン類が再合成してしまうという課題があった。

そこで、施設の排ガス処理設備を増設することで、含水銀 POPs 等農薬を無害化処理するとともにダイオキシン類の再合成も抑制することができることを確認した。

(2) 埋設農薬中の水銀濃度の簡易分析に関する実施検証および取りまとめ

過去に埋設された POPs 等農薬の中には水銀や砒素を含む事例も報告されている。一方、我が国では水銀や砒素を高濃度に含む廃棄物の処理が可能な施設が限られているため、POPs 等農薬の水銀・砒素濃度に合せて適切な処理先を決定する必要があると考えられる。

そのため、掘削現場では作業効率性や飛散防止などの目的から、迅速で安価な簡易分析方法がより実用的である。そこで、蛍光 X 線分析装置を用いた水銀・砒素の簡易分析の実証試験を行い、水銀の簡易分析に関する平成 17 年度の検討結果と合わせて、実用化の可能性について検討した。

(3) 埋設農薬調査・掘削等マニュアル（最終版）の作成

平成 17 年度の本事業における埋設農薬の実処理現場の実態調査の結果、これまでに埋設農薬の実処理を行った現場では多くの場合暫定マニュアルを参考にして適切に対応していることが確認されたが、その一方で、書き足すべき事項や、現場担当者が課題に感じている事項もいくつか挙げられた。また、POPs 廃農薬の無害化処理を適切な方法で行うためにもこれまでに得られている知見を反映させることが望ましいと考えられる。

そこで、これまでに得られた知見を検討した上で追加・修正してマニュアルの改訂版（最終版）を作成した。

表 1-1 POPs 等農薬等無害化処理技術検証事業のまとめ

	実証／実規模試験での検証対象品目	H13 年度	H14 年度	H15 年度	H16 年度	H17 年度	H18 年度	
POP _s 等農薬の無害化処理の実証	POP _s 等農薬 そのもの	・外熱式乾留炉およびロータリーキルンにおける実証試験 その1	・外熱式乾留炉およびロータリーキルンにおける実証試験 その2 ・実規模の産業廃棄物処理施設での実規模試験 その1	・実規模の産業廃棄物処理施設での実規模試験 その2（実際の処理に近い条件で試験） ⇒「技術的留意事項」等へ反映 ※埋設された POP _s 等農薬を掘削して現場で水銀剤をきちんと分別しても水銀が混入することは避けられないことが判明				
	瓶剤 (ガラス混入型)		・実規模の産業廃棄物処理施設での実規模試験 その1		・POP _s 等農薬、POP _s 等農薬(瓶剤)、汚染水およびコンクリートガラ の無害化処理試験の実施			
	コンクリートガラ (コンクリート混入型)					・コンクリートガラの発生量について、実処理を行ったサイトにアンケート実施		
	汚染水 (埋設農薬周辺の二次的な汚染物)							
	水銀(剤)を含む POP _s 等農薬				→	・無害化処理できる施設の把握・整理 ・無害化技術の整理 ・燃焼による水銀挙動の文献調査 ・含水銀 POP _s 等農薬の実規模試験対象施設の選定、事前調整	・含水銀 POP _s 等農薬の実規模燃焼試験(その1) ・農薬そのものを対象とした、掘削現場での水銀濃度簡易分析手法の検証試験(その1)	・含水銀 POP _s 等農薬の実規模燃焼試験(その2) ・農薬そのものを対象とした、掘削現場での水銀濃度簡易分析手法の検証試験(その2)
	ドラム缶 (金属混入型)						・埋設農薬の埋設状態(ドラム缶に梱包、コンクリート槽に直接投入など)について、実処理を行ったサイトにアンケート実施	
	汚染土壌 (埋設農薬周辺の二次的な汚染物)					・農林水産省の事業により POP _s 農薬を処理できる技術であると技術評価を受けた技術の中から4技術を対象に、POP _s 農薬の漏洩により汚染された周囲の土壌の浄化についての実証調査を行い、安全確実に処理できることを確認。(環境省土壌環境課)	・汚染土壌の発生量について、実処理を行なったサイトにアンケート実施	
マニュアル対応	・「埋設農薬調査・掘削等暫定マニュアル」の作成				・「埋設農薬調査・掘削等暫定マニュアル」の改定		・「埋設農薬調査・掘削等マニュアル」の作成	

※ 上表の技術的留意事項とは「POP_s 廃農薬の処理に関する技術的留意事項」、マニュアルとは「埋設農薬調査・掘削等暫定マニュアル 改定版」を指す


第2章 実証試験計画

2.1 実証試験の背景及び目的

過去に使用されていた水銀剤が POPs 等農薬と一緒に埋設されている事例がいくつかの埋設現場で見られることを受けて、平成 17 年度の調査では、水銀廃棄物焙焼炉における含水銀 POPs 等農薬の無害化処理試験を行った。試験の結果、平成 17 年度の条件では、POPs 等農薬は 99.999%以上の分解率で適切に処理できるものの、排ガス処理工程でダイオキシン類が再合成してしまうという結果が得られた。

そこで本年度は、POPs 等農薬の無害化処理と水銀剤の処理を行うとともにダイオキシン類の再合成も防ぐことのできる処理条件や排ガス処理設備について検討することとした。

2.2 試験に使用する施設

本年度の試験施設のフローを次に示す。平成 17 年度の試験と同じ施設を一部改善し、使用する。改善した箇所を、図 2-1 中に  で示す。

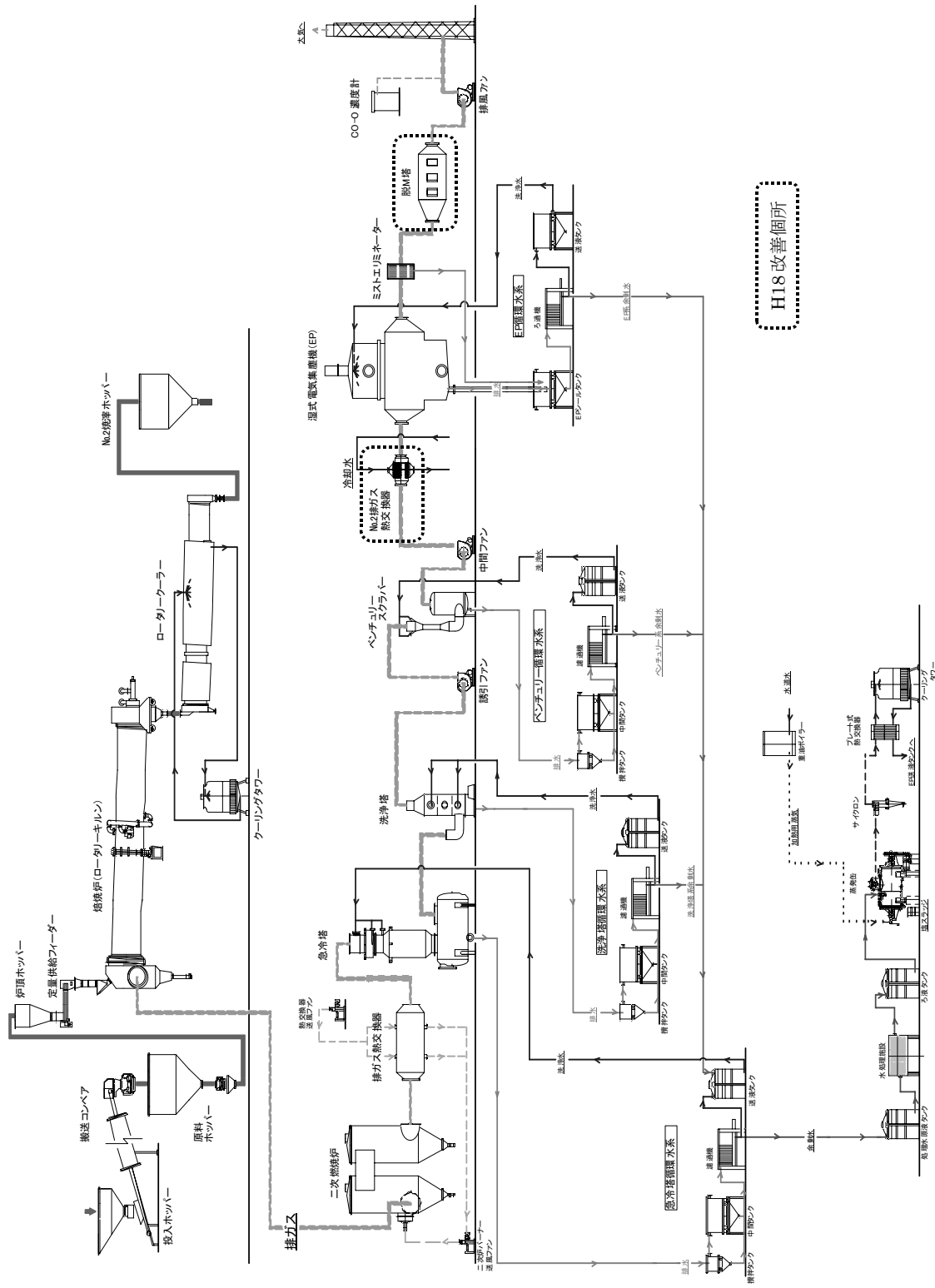


図 2-1：試験施設

- ・熱処理部分・・・ロータリーキルン、2次燃焼炉
- ・排ガス処理設備・・・排ガス熱交換器、急冷塔、洗浄塔、ベンチュリースクラバー、No2 排ガス熱交換器、湿式電気集塵機、脱M塔（活性炭吸着塔）
- ・排水処理設備・・・ろ過、蒸発（塩類を結晶にして除去）

※急冷塔、洗浄塔、ベンチュリースクラバー、湿式電気集塵機では水を循環利用しているが、急冷塔の塩濃度が設定値以上に上昇した場合に循環水を余剰水として抜き取り、排水処理する。

2.3 排ガス処理設備の改善

平成17年度の試験では、水銀を含むPOPs等農薬は99.999%以上の分解率で処理できることを確認するとともに各排出媒体（排ガス、排水、焼滓）におけるPOPs等成分濃度が該当する指針値をクリアすることを確認したが、ブランクおよびRun1試験中に排ガスにおけるダイオキシン類濃度が基準を超過してしまった。この主な原因は、通常の操業温度よりも高い温度で試験を行ったことから、冷却塔の冷却能力不足によりダイオキシン類が再合成してしまっただことであると考えられた。

そこで、平成18年度試験では、排ガス中のダイオキシン類濃度を下げるために以下の通り試験施設を改善して行うこととした。

【平成17年度からの変更点】

- ① 排ガス温度低減のためベンチュリースクラバーと湿式電気集塵機の間 No2 排ガス熱交換器(シェルアンドチューブ式)を設置。
- ② 脱M塔に活性炭層を追加し、活性炭容量を5%増量。

2.4 試験条件

2.4.1 運転温度（計画値）

炉の運転温度を次に示す。排ガス処理設備の改善効果を調べるため、炉の運転温度は平成17年度の試験と同じ条件とした。

表 2-1 温度条件（計画値）（℃）

	平成18年度		（参考）平成17年度：平均値	
	焙焼炉	二次燃焼炉	焙焼炉	二次燃焼炉
ブランク	850℃	1,000	872	991
Run1	～	1,000	952	1,002
Run2	950℃	1,000	945	1,004

2.4.2 投入原料（供試農薬の作成方法、供給方法）

（1）投入原料および計画投入量

POPs 等農薬及び土壌を混焼処理することとした。なお、混焼する土壌は、油汚染土壌を一度焼成処理したものをを用いている。

POPs 等農薬および土壌の投入量は次の通り。平成 17 年度試験と比較のため、農薬と土壌の投入量の比率は平成 17 年度試験と同程度になるように調整する。

表 2-2 投入原料および計画投入量（計画値）

	平成 18 年度		（参考）平成 17 年度：平均値	
	土壌	農薬 ¹⁾	土壌	農薬
ブランク	20,000kg	0kg	22,000kg	0kg
Run1	20,000kg	1,500kg	23,000kg	980kg
Run2	20,000kg	1,500kg	23,000kg	1,074kg

¹⁾ 水分を含む量。水銀剤および POPs 等農薬の量の合計。

（2）供試農薬

POPs 等農薬は、H 社の埋設場でコンクリート槽内に保管されていたものを使用した。POPs 等農薬は、種類別に分けて掘削することは困難だったため、埋設槽からバックホーで掘削し、15 本のドラム缶にそれぞれ梱包されていた。POPs の種類別には区別されておらず、水銀剤と POPs 農薬も混ざったままであった。

（3）供試農薬の作成

Run 1、Run 2 で投入する POPs 等成分や水銀の濃度を均質化するため、POPs 等農薬を下記の方法で混合・調製した。

【混合手順】

- ① 1,870mmL×1,370mmW×330mmH の混合容器(SUS304 製)を 4 個並べる。
- ② 第 1 回目として、掘削農薬が入ったドラム缶の奇数番号の 8 本選択し、1/3 ずつ順に 3 個の混合容器に投入していく。
- ③ 3 個の混合容器ごとに重機を使用して十分混合する。農薬の入った 3 個の混合容器をそれぞれ A、B、C とし、空の容器を D と呼ぶことにする。
- ④ 容器 A の農薬を 1/3 残して、2/3 は空の容器 D に入れる。
- ⑤ 容器 B、C の農薬をそれぞれ 1/3 ずつ容器 A に移し入れる。これで、容器 A には 3 種の農薬が等分ずつ入ったことになる。
- ⑥ 容器 B、C において、残っている農薬を半分ずつ入れ換える。

- ⑦ 容器 B、C に容器 D の農薬を半分ずつ投入する。これで、容器 B、C にも 3 種の農薬が等分ずつ入ったことになる。
- ⑧ 3 個の容器をそれぞれ重機を使用して十分混合し、均一な原料とする。
- ⑨ 第 2 回目は、残った偶数番号の 7 本のドラム缶について、第 1 回目と同じ調製作業を行う。分析試料のサンプリングは十分混合された状態で、混合容器毎に 200 g ずつ 10 点の試料を採取する。

2 回の調製作業の計 6 個の混合容器から採取した試料を同一番号について混合・均一化を行い、10 試料を調製した。図 2.3 に混合方法概念図を示す。4762 この農薬調製作業によって POPs 等農薬の重量は 4,762kg から 43.4kg 重量減少し、4,719kg となったが、これは水分の蒸発によると考えられる。本実証試験に使用した試料はこのうち 3,126kg である。

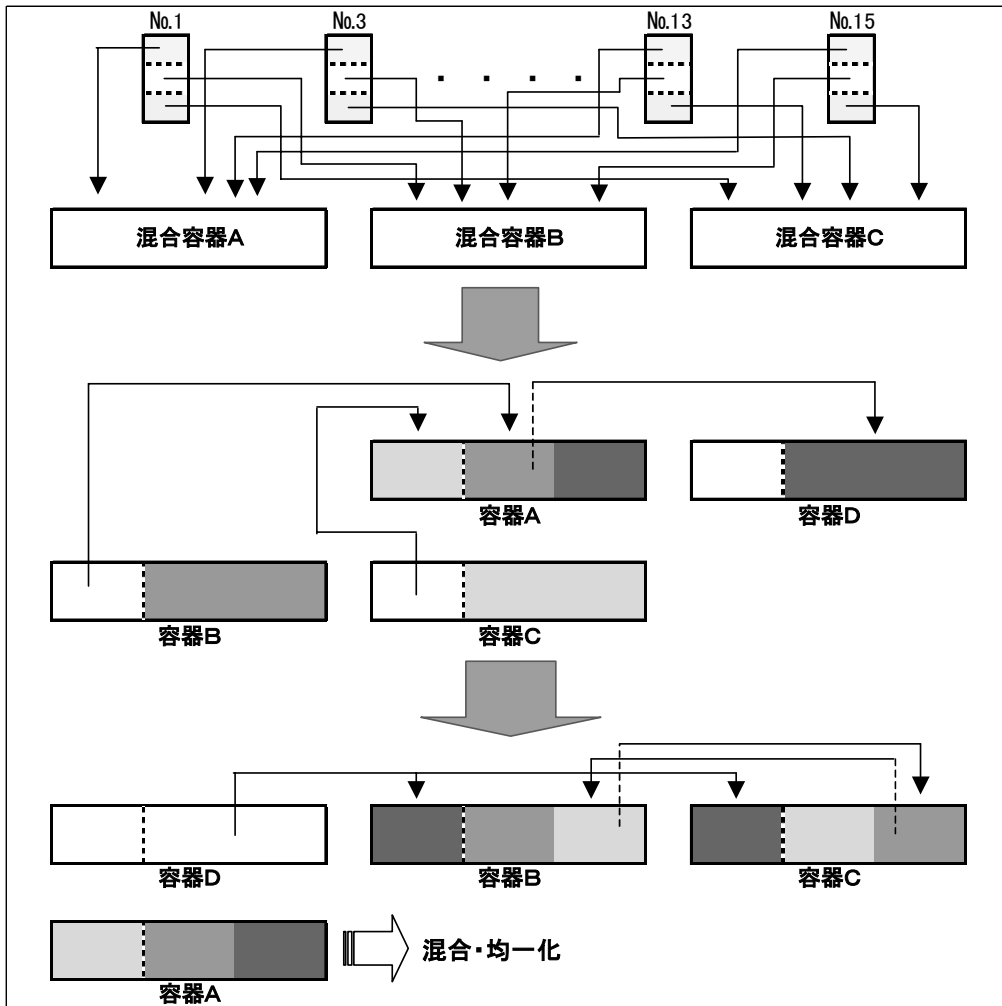


図 2-2 混合方法概念図

【焙焼炉供給農薬の小分け充填】

- ①調製農薬は、150mm×95mm×180mmH のポリ瓶に 2～3kg ずつ充填し、蓋をガムテープで固定して密閉状態にした。
- ②この作業で合計 1,033 本の試料農薬を調製した。
- ③農薬入りポリ瓶はランダムに整列して搬送容器に整理し、各試験において 1 日あたりの農薬量が平均化するようにした。

(4) 投入方法

ポリ瓶に充填密閉した POPs 等農薬を炉頂にある定量供給フィーダから 3 分に 1 回程度の間隔で炉内へ投入する。

土壌は、汚染土壌の投入ホッパーから投入する。

2.5 測定分析

分析項目は次の通りとする。平成 17 年度の試験と比較を行うため、本年度の試験においてもサンプリング箇所および分析項目は基本的には平成 17 年度と同様とする。サンプリング箇所は後述の図 3-1 に示す。

1) 投入物（含水銀 POPs 等農薬）

- ・ POPs 等成分、ダイオキシン類、PCBs、重金属類

2) 投入物（混焼対象物）

- ・ POPs 等成分、ダイオキシン類、PCBs、重金属類

3) 排ガス

- ・ POPs 等成分、ダイオキシン類、重金属類、PCBs
- ・ 試料採取は、2 次燃焼炉出口及び脱 M 塔出口とする

4) 焼滓

- ・ POPs 等成分、ダイオキシン類、PCBs、重金属類

5) 循環水（余剰水）

- ・ POPs 等成分及びダイオキシン類濃度の測定は余剰水で行う。
- ・ その他、急冷塔排水、洗浄塔排水、ベンチュリースクラバー排水、EP 排水及び余剰水により重金属類濃度の測定を行う（各設備は、排水という名称であるが循環使用している工程液である。）

第3章 実証試験結果

3.1 概況

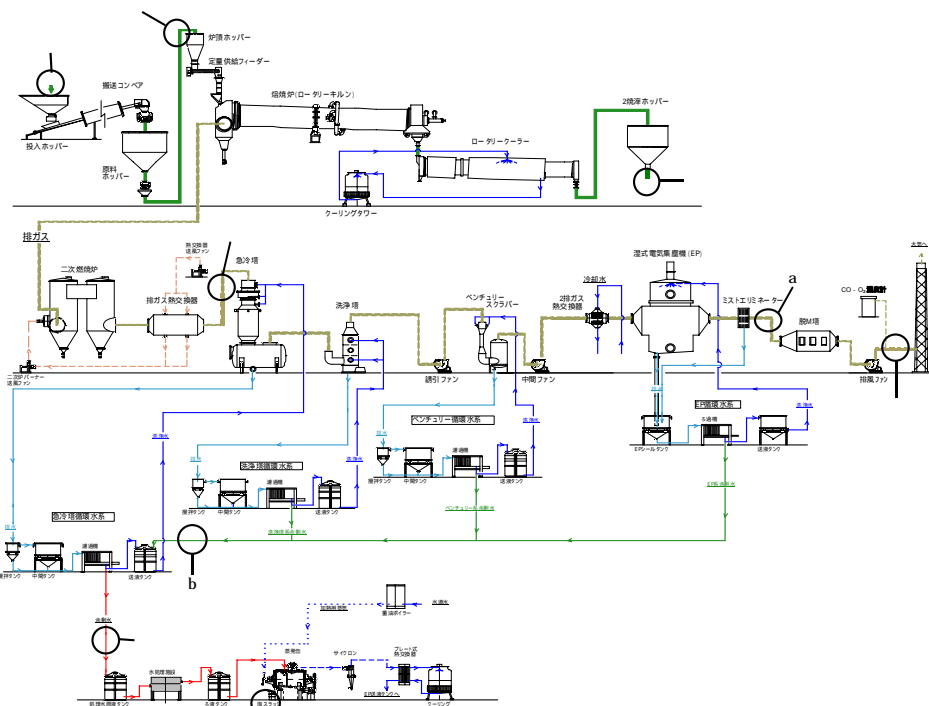
3.1.1 本試験の特徴

POPs 農薬の埋設現場に使用が禁止された水銀剤を含む農薬と一緒に埋設されている場合がある。水銀剤と一緒に埋設されていた POPs 農薬を焼却処理しようとする場合、水銀が高濃度で含まれるため含水銀廃棄物を処理できる施設で処理しなければならないが、我が国では含水銀廃棄物を処理できる施設が限られている。

平成 17 年度に実施した水銀廃棄物焙焼炉における含水銀 POPs 等農薬の無害化処理試験では、POPs 等は適切に分解されたものの、排ガス中のダイオキシン類が基準値を若干上回る結果となった。そこで本試験は、平成 17 年度と同じ水銀廃棄物焙焼炉の排ガス処理システムを改善してダイオキシン類の排出抑制効果を高め、再度、含水銀 POPs 農薬の無害化処理実証試験を行った。

3.1.2 施設概要および分析試料サンプリング箇所

試験実施施設の工程図および分析試料のサンプリング箇所を図 3-1 に示す。



目的	サンプリング箇所
投入量把握	投入農薬：農薬は投入準備中にサンプリングを実施し、炉頂ホッパーより投入する。 投入土壌：土壌は投入ホッパーより投入する。ここでサンプリングを実施。
工程中の挙動把握	二次炉：二次燃焼炉の出口から～排ガス処理設備の間の排ガス
排出量把握	煙突（スタック）：排ガス処理後、大気へ排出される排ガス 焙焼滓：処理後の焙焼滓を焙焼滓ホッパーより採取。通常は最終処分場へ搬出される。 余剰水：排水処理システムの循環水から抜き出された水。 蒸発残留水：余剰水を真空蒸発させた後の残留水。通常運転ではさらに濃縮し、塩類だけがヘレシヨフ炉で再処理される。

図 3-1 試験実施施設の工程図および分析試料のサンプリング箇所

POPs 分解率の算出や処理工程における水銀の挙動等の把握のため、分析を行う試料と分析項目を以下に示す。また、各項目の分析方法は次ページの表の通りである。

表 3-1 分析試料および分析項目一覧

条件	分析試料名	分析項目					
		POPs		DXNs	PCBs	重金属	
		含有	溶出			含有 ¹	溶出 ²
共通	投入農薬						
	投入土壌						
ブランク Run1 Run2	二次炉出口ガス ³						
	a 排ガス(脱M塔前)						
	排ガス(煙突) ³						
	焙焼滓						
	b 保有水						
	余剰水 ⁴						
	蒸発残留水 ⁴						

・分析試料名の ~、a、b は、図 3-1 と対応。

1...分析項目は、Hg, As, Pb, Cd, T-Cr

2...分析項目は、Hg, As, Pb, Cd, T-Cr, Cr⁶⁺

3...「ガス量、水分、ばいじん、HCl、O₂、CO、CO₂、NO_x、SO_x」も分析する。

4...「pH、SS、塩化物イオン」も分析する。

この他、試料に合わせて熱灼減量、含水率、発熱量を分析する。

表 3-2 試料の分析法

対象物	分析法																					
POPs	<p>()前処理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・排ガス試料の前処理は、濾紙はトルエンでソックスレー抽出を、樹脂はアセトンでソックスレー抽出を、吸収液はヘキサンによる抽出を行い、3つの液を合わせて2% DEG・アセトン溶液を添加して減圧濃縮を行い、試験試料とした。 ・農薬、土壌および焙焼滓はアセトン・水で震盪抽出後、ヘキサン抽出を行い濃縮し、試験試料とした。 ・余剰水は、ヘキサン抽出後脱水を行い、濃縮して試験試料とした。 <p>()精製および測定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・試験液はフロリジルミニカラムをヘキサンで予備洗浄後、試験液を負荷しヘキサンエーテル(1:1)で溶出操作を行う。2% DEG・アセトン溶液を添加して減圧濃縮し、窒素ガスにて乾固する。 ・乾固後、速やかにヘキサンで適宜希釈してガスクロマトグラフ(μ-ECD)に注入する。ガスクロマトグラフの測定条件を下表に示す。 <p style="text-align: center;">表 3-3 ガスクロマトグラフの測定条件</p> <table border="1" data-bbox="544 734 1291 981"> <tr> <td>ガスクロマトグラフ</td> <td colspan="2">Agilent社 6890型</td> </tr> <tr> <td>検出器</td> <td colspan="2">μ-ECD</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">カラム</td> <td>J&W社 DB-1701</td> <td>0.32mm×30mL×0.25 μmT</td> </tr> <tr> <td>Agilent社 HP-5型</td> <td>0.32mm×30mL×0.25 μmT</td> </tr> <tr> <td>キャリアガス</td> <td>窒素ガス</td> <td>20ml/min</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">温度</td> <td>検出器</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>注入口</td> <td>280</td> </tr> <tr> <td>カラムオープン</td> <td>140 (1min)-10 /min-260 (1min)</td> </tr> </table>	ガスクロマトグラフ	Agilent社 6890型		検出器	μ-ECD		カラム	J&W社 DB-1701	0.32mm×30mL×0.25 μmT	Agilent社 HP-5型	0.32mm×30mL×0.25 μmT	キャリアガス	窒素ガス	20ml/min	温度	検出器	300	注入口	280	カラムオープン	140 (1min)-10 /min-260 (1min)
ガスクロマトグラフ	Agilent社 6890型																					
検出器	μ-ECD																					
カラム	J&W社 DB-1701	0.32mm×30mL×0.25 μmT																				
	Agilent社 HP-5型	0.32mm×30mL×0.25 μmT																				
キャリアガス	窒素ガス	20ml/min																				
温度	検出器	300																				
	注入口	280																				
	カラムオープン	140 (1min)-10 /min-260 (1min)																				
ダイオキシン類	<ul style="list-style-type: none"> ・排ガス試料は、JIS-K-0311 に従って行った。 ・農薬は、「ダイオキシンに係る底質調査マニュアル」環境庁水質保全局編に従って行った。 ・土壌は、「ダイオキシン類に係る土壌調査測定マニュアル」環境庁編に従って行った。 ・焙焼滓は、「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物の係る基準の検定方法別表第1」に従って行った。 ・水質試料は、JIS-K-0312 に従って行った。 																					
PCB	<p>排ガス中 PCB 分析</p> <p>()前処理</p> <p>JIS-K-0311 に準拠して採取した試料は、ダイオキシン類分析と同じ方法で前処理を実施した。液体捕集部はジクロロメタンによる抽出、固形部はトルエンによるソックスレー抽出を行い、両抽出液を合せて粗抽出液とした。</p> <p>()精製および測定</p> <p>クリーンアップ操作も JIS-K-0311 に準拠した。多層シリカゲルカラムおよびアルミナカラムを使用してクリーンアップを実施した。測定には、高分離能ガスクロマトグラフ二重収束型高分解能質量分析計を使用した。</p> <p>その他の PCB 分析</p> <ul style="list-style-type: none"> ・農薬、汚染土壌および焙焼滓は、環水管 127 号底質調査法 15 GC 法に従って分析を行った。 ・溶出試験は、環境庁告示第 13 号に従って分析を行った。 ・水質試料は、環境庁告示第 59 号付表 3 に掲げる方法に従って分析を行った。 																					
重金属類	<ul style="list-style-type: none"> ・排ガス試料は、水銀が JIS-K-0222、カドミウム、鉛、クロムおよび砒素については、JIS-K-0083 に従って分析を行った。 ・農薬と土壌は、環水管 127 号底質調査法に従って分析を行った。 ・土壌中水銀は、環境省告示第 19 号に従って分析を行った。 ・焙焼滓は、環境庁告示第 13 号に従って分析を行った。 ・水質試料は、JIS-K-0102 に従って分析を行った。 																					

3.2 試験条件（実測値）

3.2.1 焙焼炉の運転状況

試験中の焙焼炉の運転状況を以下に示す。焙焼炉および二次燃焼炉内の温度は、ほぼ計画値（2章 表 2-1 参照）の範囲内であった。また、試験期間中、排ガス中のCO濃度に大きな変動はなく、1ppm以下でほぼ一定であった。

表 3-4 試験中の焙焼施設温度

測定位置		ブランク ()	Run1()	Run2()
焙焼炉	最高	920	917	886
	最低	782	850	817
	平均	884	887	848
二次燃焼炉	最高	1,068	1,069	1,077
	最低	1,002	1,004	1,014
	平均	1,041	1,043	1,042

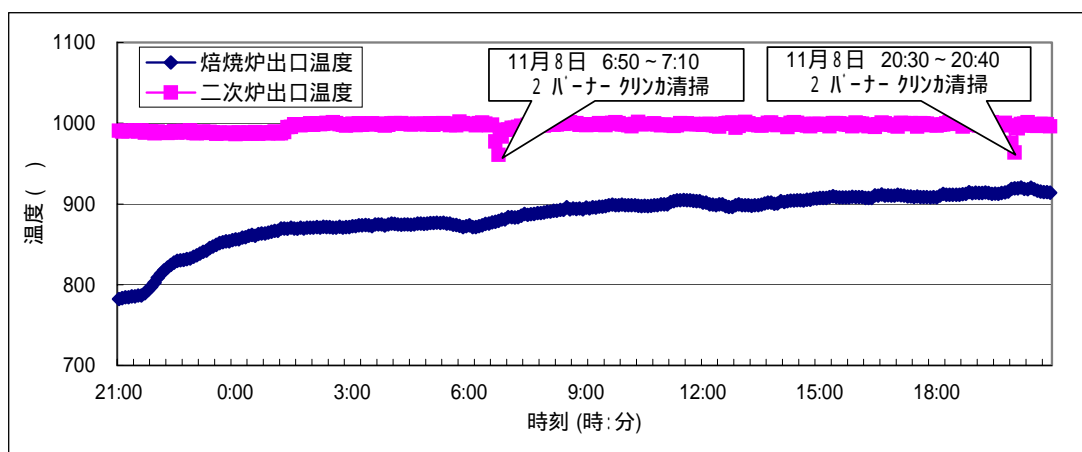


図 3-2 ブランクにおける焙焼炉および二次炉の温度推移

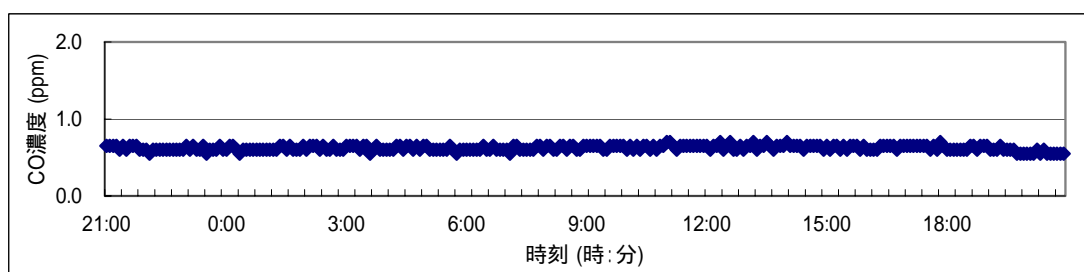


図 3-3 ブランクにおける排ガス中CO濃度推移

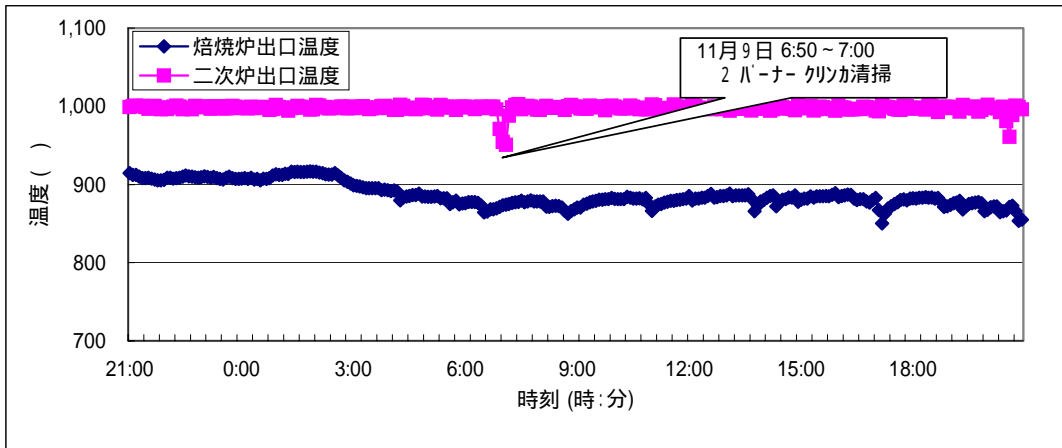


図 3-4 Run1 における焙焼炉および二次炉の温度推移

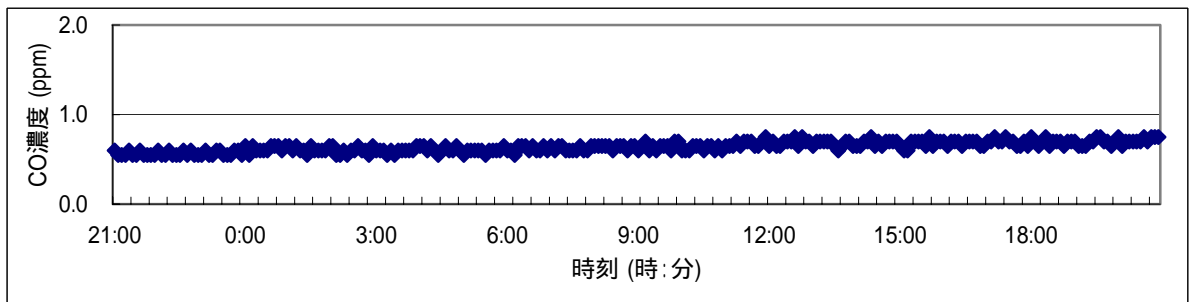


図 3-5 Run1 における排ガス中 CO 濃度推移

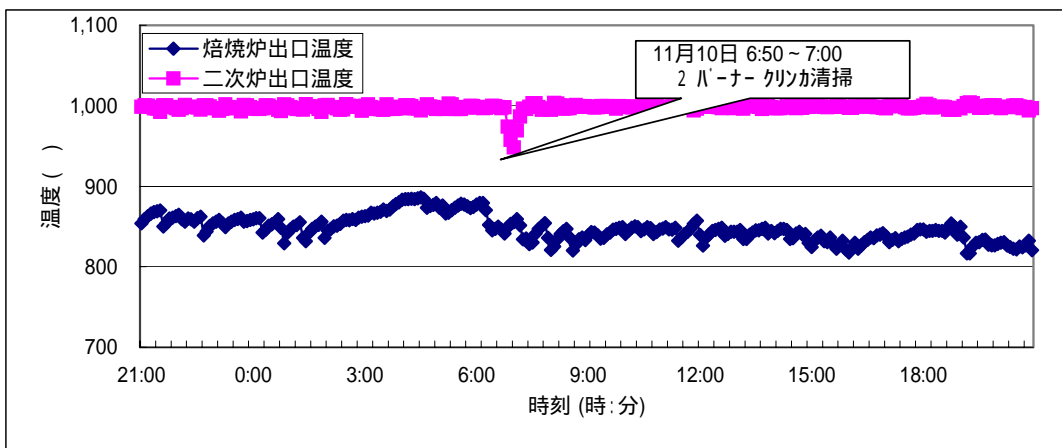


図 3-6 Run2 における焙焼炉および二次炉の温度推移

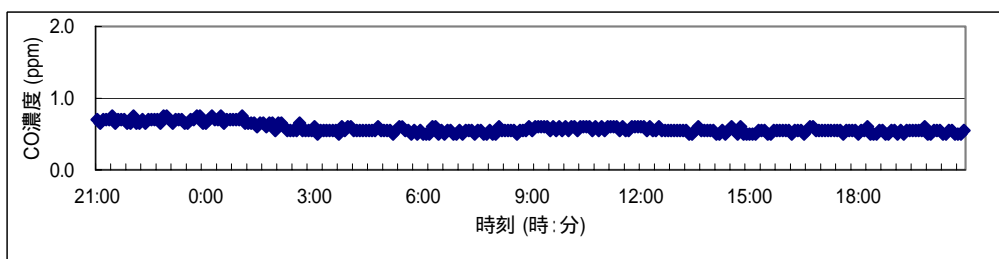


図 3-7 Run2 における排ガス中 CO 濃度推移

3.2.2 投入農薬の濃度および投入量

投入農薬中の POPs 等成分濃度、水銀濃度および投入量を以下に示す。

農薬は、RUN 1 で 1,034kg、RUN 2 で 1,038kg を投入し、処理した。

POPs 等成分の投入量は、農薬投入量および POPs 等成分の平均濃度から、RUN1 では約 142kg、RUN2 では約 143kg と推計された。成分ごとの内訳を見ると、BHC が最も多く約 81%、次いで DDT が約 18%であった。エンドリンも 1%とわずかに含まれていた。

なお、投入農薬中の POPs 等成分および重金属成分の分析に当たっては、準備した含水銀 POPs 等農薬の全量を均質化（均質化の手順については前述の 2.4.2（3）参照）したのち、ランダムに 10 サンプル（農薬 1～農薬 10）を採取し、分析を行った。1 サンプルにつき 2 回ずつ分析を行うとともに、この平均値を各サンプルの代表値とし、表中に示している。

また、投入農薬中のダイオキシン類および PCBs の分析に当たっては、均質化した含水銀 POPs 等農薬からランダムに 2 サンプル（農薬 、 ）を採取し、分析を行った。こちらにも、1 サンプルにつき 2 回ずつ分析を行うとともに、この平均値を各サンプルの代表値とし、表中に示している。

表 3-5 投入農薬中の POPs 等成分濃度および POPs 等成分投入量

項目	異性体	単位	農薬 1	農薬 2	農薬 3	農薬 4	農薬 5	農薬 6	農薬 7	農薬 8	農薬 9	農薬 10	農薬 1~10	構成比 (%)	POPs 等成分投入量(g)	
			平均	平均	平均	平均	平均	平均	平均	平均	平均	平均	平均		RUN1	RUN2
	農薬投入量	kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,034 [kg]	1,038 [kg]
BHC	-BHC	g/kg	80.5	71.2	97.0	88.8	97.3	76.5	72.6	66.4	66.6	71.4	78.8	57%	81,464	81,779
	-BHC	g/kg	3.7	5.8	6.7	6.2	7.6	4.3	3.1	3.4	3.9	6.5	5.1	4%	5,263	5,283
	-BHC	g/kg	17.9	17.7	26.3	20.9	23.1	19.9	21.0	17.6	20.7	17.4	20.2	15%	20,913	20,994
	-BHC	g/kg	6.6	6.2	9.3	8.1	9.2	6.8	7.4	6.8	8.0	6.5	7.5	5%	7,708	7,738
	計	g/kg	108.6	100.8	139.1	124.0	137.1	107.4	103.9	94.1	99.0	101.7	111.6	81%	115,348	115,794
DDT	o,p'-DDE	g/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.0	0%	0	0
	p,p'-DDE	g/kg	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0%	62	62
	o,p'-DDD	g/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.0	0%	0	0
	p,p'-DDD	g/kg	1.5	1.3	2.6	1.5	1.3	2.8	3.6	3.6	3.0	2.5	2.3	2%	2,420	2,429
	o,p'-DDT	g/kg	1.6	1.4	2.4	1.5	1.3	2.5	3.2	3.1	2.8	2.4	2.2	2%	2,275	2,284
	p,p'-DDT	g/kg	12.7	11.0	22.5	12.5	11.5	23.6	30.9	31.3	25.1	21.9	20.3	15%	20,970	21,051
	計	g/kg	15.8	13.7	27.5	15.4	14.1	28.9	37.7	38.1	30.8	26.8	24.9	18%	25,726	25,825
ヘプタクロル	ヘプタクロル	g/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.0	0%	0	0
	ヘプタクロルエボキシド	g/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.0	0%	0	0
	計	g/kg	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.0	0%	0	0
クロルデン	Cis-クロルデン	g/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.0	0%	0	0
	trans-クロルデン	g/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.0	0%	0	0
	Cis-ナノクロル	g/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.0	0%	0	0
	trans-ナノクロル	g/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.0	0%	0	0
	オキシクロルデン	g/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.0	0%	0	0
	計	g/kg	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.0	0%	0	0
ドリソ系	アルドリソ	g/kg	0.6	0.5	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.55	0%	566	568
	エンドリソ	g/kg	0.6	1.0	1.5	0.9	0.8	0.9	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1%	1,057	1,061
	ディルドリソ	g/kg	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0%	54	54
	計	g/kg	1.3	1.5	2.3	1.5	1.4	1.5	1.8	1.8	1.6	1.6	1.6	1%	1,678	1,684
HCB		g/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.0	0%	0	0
POPs 等成分合計		g	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	142,751.5	143,303.7

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

投入農薬中に、水銀は約 1,400mg/kg 含まれていた。

水銀の投入量は、農薬投入量および水銀の平均濃度より、RUN1、RUN2 とともに約 1.5kg と推計された。

また、農薬からは鉛、総クロム、砒素も検出された。

表 3-6 投入農薬中の重金属濃度および重金属投入量

項目	単位	農薬 1	農薬 2	農薬 3	農薬 4	農薬 5	農薬 6	農薬 7	農薬 8	農薬 9	農薬 10	農薬 1~10
		平均	平均	平均	平均	平均	平均	平均	平均	平均	平均	平均
	農薬投入量	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
カドミウム	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
鉛	mg/kg	15.5	15.5	17	17.5	14.5	17	18.5	16.5	16	15.5	16.4
総クロム	mg/kg	5.8	6.9	6.95	4.45	4.8	5.35	5.15	4.95	5.2	5.5	5.5
砒素	mg/kg	4.2	4.4	3.95	3.65	4.05	3.6	3.85	4.2	4.35	4.15	4.0
水銀	mg/kg	1,055	2,190	1,490	1,235	1,305	1,590	1,105	1,110	1,055	2,190	1,433
水分	wt%	30.4	31.9	32.7	34.6	32.6	34.3	33.8	44.9	31.7	33.7	34.1

投入農薬中から検出されたダイオキシン類の同族体濃度は 1.8 µg/g-Dry (n=2 の平均値) で、TEQ 換算では 924pg-TEQ/g-dry (n=2 の平均値) であった。

また、投入農薬中から検出された PCB の同族体濃度は 14.5mg/kg-Dry であった。

これらは、BHC や DDT 中に副生成物として含まれていたものだと考えられる。

表 3-7 投入農薬中のダイオキシン類濃度 (同族体) (pg/g-Dry)

項目	農薬	農薬	農薬、	構成比 (%)
	平均	平均	平均	
TeCDDs	215,000	100,000	157,500	8.6%
PeCDDs	32,000	22,500	27,250	1.5%
HxCDDs	1,550	1,350	1,450	0.1%
HpCDDs	22,000	10,500	16,250	0.9%
OCDD	545,000	225,000	385,000	21.1%
Total PCDDs	815,550	359,350	587,450	32.2%
TeCDFs	9,550	9,350	9,450	0.5%
PeCDFs	3,850	3,700	3,775	0.2%
HxCDFs	5,300	3,350	4,325	0.2%
HpCDFs	24,000	12,500	18,250	1.0%
OCDF	34,000	16,000	25,000	1.4%
Total PCDFs	76,700	44,500	60,800	3.3%
Total (PCDDs+PCDFs)	890,000	405,000	648,250	35.5%
Co-PCB (ノンオルト)	4,300	2,700	3,500	0.2%
Co-PCB (モノオルト)	1,450,000	900,000	1,175,000	64.3%
Total Co-PCBs	1,450,000	900,000	1,178,500	64.5%
Total DXNs	2,300,000	1,300,000	1,826,750	

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

表 3-8 投入農薬中のダイオキシン類濃度（異性体）(pg-TEQ/g-Dry)

項目	農薬	農薬	農薬、	構成比 (%)
	平均	平均	平均	
2,3,7,8-TeCDD	415	84	250	27.0%
1,2,3,7,8-PeCDD	70	75.5	72.5	7.8%
1,2,3,4,7,8-HxCDD	10	11	11	1.1%
1,2,3,6,7,8-HxCDD	33.5	21.5	27.5	3.0%
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0	0	0	0.0%
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	155	73.5	114.3	12.4%
OCDD	54.5	22.5	38.5	4.2%
Total PCDDs	738	288	513	55.5%
2,3,7,8-TeCDF	0	0	0	0.0%
1,2,3,7,8-PeCDF	0	0	0	0.0%
2,3,4,7,8-PeCDF	39	36	38	4.1%
1,2,3,4,7,8-HxCDF	77	46	61	6.6%
1,2,3,6,7,8-HxCDF	12	10	11	1.2%
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0	0	0	0.0%
2,3,4,6,7,8-HxCDF	30	29	29	3.1%
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	46	24	35	3.8%
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	7	0	3	0.4%
OCDF	3	2	3	0.3%
Total PCDFs	214	145	179	19.4%
Total (PCDDs+PCDFs)	951	433	692	74.9%
3,4,4',5-TeCB (#81)	0	0	0	0.0%
3,3',4,4'-TeCB (#77)	0	0	0	0.0%
3,3',4,4',5-PeCB (#126)	70	50	60	6.4%
3,3',4,4',5,5'-HxCB (#169)	0	0	0	0.0%
Total ノンオルト体	70	50	60	6.5%
2',3,4,4',5-PeCB (#123)	1	1	1	0.1%
2,3',4,4',5-PeCB (#118)	86	54	70	7.6%
2,3,3',4,4'-PeCB (#105)	34	22	28	3.0%
2,3,4,4',5-PeCB (#114)	12	8	10	1.1%
2,3',4,4',5,5'-HxCB (#167)	0	0	0	0.0%
2,3,3',4,4',5-HxCB (#156)	65	40	52	5.7%
2,3,3',4,4',5'-HxCB (#157)	13	8	10	1.1%
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (#189)	0	0	0	0.0%
Total モノオルト体	212	133	172	18.6%
Total Co-PCBs	282	183	232	25.1%
Total DXNs	1,233	616	924	

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

表 3-9 投入農薬中の PCB 濃度（同族体）

項目	単位	農薬	農薬	平均
PCB	mg/kg-Dry	6.9	22	14.5

3.2.3 投入土壌の濃度および投入量

投入土壌中の POPs 等成分濃度、水銀濃度および投入量を以下に示す。

土壌は、RUN1、RUN2 とそれぞれ約 13.8t ずつ投入し、処理した。

投入土壌の POPs 等成分濃度を確認したところ、2 サンプル中、1 サンプルからオキシクロルデンが検出された。ただし、投入土壌由来の POPs は 1g 以下であり、農薬由来の POPs 量と比べると無視できるレベルの量である。

なお、投入土壌中の各成分濃度の分析に当たっては、準備した投入土壌からランダムに 2 サンプル（土壌 1、2）を採取し、分析を行った。1 サンプルにつき 2 回ずつ分析を行うとともに、この平均値を各サンプルの代表値として表中に示している。

表 3-10 投入土壌中の POPs 等成分濃度および POPs 等成分投入量

項目	異性体	単位	土壌 1	土壌 2	土壌 1,2	POPs 等成分投入量(g)	
			平均	平均	平均	RUN1	RUN2
	土壌投入量	kg	-	-		13,844 [kg]	13,852 [kg]
クロル デン	Cis-クロルデン	mg/kg	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	0	0
	trans-クロルデン	mg/kg	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	0	0
	Cis-ナノクロル	mg/kg	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	0	0
	trans-ナノクロル	mg/kg	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	0	0
	オキシクロルデン	mg/kg	0.0014	< 0.0002	0.0007	0.0097	0.0097
POPs 等成分合計		mg/kg	0.0014	< 0.001	0.0007	0.0097	0.0097

クロルデン以外の POPs 成分は検出されなかった。

投入土壌中の水銀濃度は約 2.1mg/kg であり、投入土壌由来の水銀投入量は約 29g と推計された。

表 3-11 投入土壌中の重金属濃度および重金属投入量

項目	単位	土壌 1	土壌 2	土壌 1,2	重金属投入量(g)	
		平均	平均	平均	RUN1	RUN2
	土壌投入量			-	13,844 [kg]	13,852 [kg]
カドミウム	mg/kg	3.55	3.8	3.675	51	51
鉛	mg/kg	17	20.5	18.75	260	260
総クロム	mg/kg	9.45	9.3	9.375	130	130
砒素	mg/kg	3.2	3.45	3.325	46	46
水銀	mg/kg	2.2	2	2.1	29	29
水分	wt%	2.6	3.4	3	42	42
熱灼減量	wt%	0.81	0.83	0.82		

投入土壌から約 1,000pg/g-Dry のダイオキシン類が検出され、毒性等量は約 10pg-TEQ/g-Dry であった。

表 3-12 投入土壌中のダイオキシン類濃度 (同族体) (pg/g-Dry)

項目	土壌 1	土壌 2	土壌 1,2	構成比
	平均	平均	平均	(%)
TeCDDs	6.15	5.9	6.0	0.6%
PeCDDs	13.5	12	13	1.3%
HxCDDs	38	38.5	38	3.8%
HpCDDs	120	115	118	11.8%
OCDD	310	290	300	30.0%
Total PCDDs	490	460	475	47.5%
TeCDFs	120	115	118	11.8%
PeCDFs	93	86.5	90	9.0%
HxCDFs	105	81	93	9.3%
HpCDFs	125	88	107	10.7%
OCDF	84	56.5	70	7.0%
Total PCDFs	530	430	477	47.8%
Total (PCDDs+PCDFs)	1,000	890	952	95.3%
Co-PCB (ノンオルト)	12	10.5	11	1.1%
Co-PCB (モノオルト)	39.5	32	36	3.6%
Total Co-PCBs	51.5	42.5	47	4.7%
DXNs	1,100	930	999	100%

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

表 3-13 投入土壌中のダイオキシン類濃度 (異性体) (pg-TEQ/g-Dry)

項目	土壌 1	土壌 2	土壌 1,2	構成比
	平均	平均	平均	(%)
2,3,7,8-TeCDD	0	0	0	0.0%
1,2,3,7,8-PeCDD	1.15	1.05	1.10	11.1%
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.185	0.18	0.18	1.8%
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.31	0.31	0.31	3.1%
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.345	0.355	0.350	3.5%
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.56	0.535	0.548	5.5%
OCDD	0.031	0.029	0.030	0.3%
Total PCDDs	2.6	2.5	2.5	25.4%
2,3,7,8-TeCDF	0.32	0.29	0.31	3.1%
1,2,3,7,8-PeCDF	0.21	0.19	0.20	2.0%
2,3,4,7,8-PeCDF	3.15	3.05	3.10	31.3%
1,2,3,4,7,8-HxCDF	1.00	0.8	0.9	9.1%
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.94	0.80	0.87	8.7%
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0	0	0	0.0%
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.9375	0.835	0.886	8.9%
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.845	0.57	0.71	7.1%
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.06	0.05	0.06	0.6%
OCDF	0.0084	0.0057	0.0070	0.1%
Total PCDFs	7.5	6.6	7.0	70.9%
Total (PCDDs+PCDFs)	10.1	9.0	9.6	96.3%
3,4,4',5-TeCB (#81)	0.00014	0.00012	0.00013	0.0%
3,3',4,4'-TeCB (#77)	0.00055	0.00051	0.00053	0.0%
3,3',4,4',5-PeCB (#126)	0.375	0.325	0.350	3.5%
3,3',4,4',5,5'-HxCB (#169)	0.013	0.011	0.012	0.1%
Total ノンオルト体	0.39	0.34	0.36	3.7%
2',3,4,4',5-PeCB (#123)	0	0	0	0.0%
2,3',4,4',5-PeCB (#118)	0.00200	0.00155	0.00178	0.0%
2,3,3',4,4'-PeCB (#105)	0.00100	0.00081	0.00090	0.0%
2,3,4,4',5-PeCB (#114)	0.00050	0.00048	0.00049	0.0%
2,3',4,4',5,5'-HxCB (#167)	0.00001	0.00001	0.00001	0.0%
2,3,3',4,4',5-HxCB (#156)	0.00183	0.00165	0.00174	0.0%
2,3,3',4,4',5'-HxCB (#157)	0.00065	0.00058	0.00061	0.0%
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (#189)	0.00014	0.00013	0.00013	0.0%
Total モノオルト体	0.0062	0.0052	0.0057	0.1%
Total Co-PCBs	0.40	0.34	0.37	3.7%
Total DXNs	10	9.0	10	

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

表 3-14 投入土壌中の PCB 濃度 (同族体)

項目	単位	土壌 1	土壌 2	土壌 1,2
PCB	mg/kg-Dry	< 0.05	< 0.05	< 0.05

3.3 試験中の POPs 等成分の挙動

3.3.1 排ガス中の POPs 等成分の濃度

試験期間中の排ガス中の POPs 等成分濃度を以下に示す。二次炉は、二次燃焼炉出口～排ガス処理前までの間のガスの濃度であり、スタックとは煙突排ガスの濃度である。

二次炉出口排ガスではクロルデンや DDT がわずかに検出されたが、排ガス処理後の煙突排ガスでは POPs 等成分が全て定量下限値未満であった。また、POPs 等成分についての大気中の濃度指針値¹を十分に満たしていた。

表 3-15 試験時の排ガス中の POPs 成分

項目	異性体	単位	ブランク		RUN1		RUN2	
			二次炉	スタック	二次炉	スタック	二次炉	スタック
BHC	-BHC	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	-BHC	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	-BHC	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	-BHC	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	計	μg/m ³ N	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
DDT	o,p'-DDE	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.002	<0.002
	p,p'-DDE	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	o,p'-DDD	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	p,p'-DDD	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	o,p'-DDT	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	p,p'-DDT	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	計	μg/m ³ N	<0.012	<0.012	0.002	<0.012	0.002	<0.012
ヘブタクロル	ヘブタクロル	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	ヘブタクロルエボキシド	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	計	μg/m ³ N	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
クロルデン	Cis-クロルデン	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	trans-クロルデン	μg/m ³ N	0.007	<0.002	<0.002	<0.002	0.008	<0.002
	Cis-ナノクロル	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	trans-ナノクロル	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	オキシクロルデン	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	計	μg/m ³ N	0.007	<0.010	<0.010	<0.010	0.008	<0.010
ドリン系	アルドリン	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	エンドリン	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	ディルドリン	μg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	計	μg/m ³ N	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
合計 ¹		mg/m ³ N	0.007	0	0.002	0	0.01	0
		mg/m ³ N	0.045	0.040	0.040	0.040	0.046	0.040
HCB ²		mg/m ³ N	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

- 1 上段：定量下限値未満 = 0 として計算した値。
下段：定量下限値未満 = 定量下限値として計算した値。
- 2 HCB は投入物に含まれておらず、また炉内で非意図的に生成する可能性があるため別扱いとした。

¹ 本報告書の参考資料 1 ; 「大気中濃度指針値」参照

3.3.2 焼滓中の POPs 等成分の濃度

焼滓中の POPs 等成分の濃度を以下に示す。焼滓は、ブランク、Run1、Run2 実施中にそれぞれ 2 サンプルずつ採取し、それぞれの含有量と溶出量を測っている。

含有量は、全ての成分について定量下限値未満であった。また、溶出量も全ての成分について定量下限値未満で、管理型最終処分場の受け入れ指針値（処理指針値）²を十分に満たす値であった。

表 3-16 焙焼滓中の POPs 成分（含有量）

項目	異性体	単位	ブランク		Run1		Run2	
BHC	-BHC	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	-BHC	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	-BHC	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	-BHC	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	計	μg/kg	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.8
DDT	o,p'-DDE	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	p,p'-DDE	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	o,p'-DDD	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	p,p'-DDD	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	o,p'-DDT	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	p,p'-DDT	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	計	μg/kg	< 1.2	< 1.2	< 0.2	< 1.2	< 1.2	< 1.2
ヘプタクロル	ヘプタクロル	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	ヘプタクロルエポキシド	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	計	μg/kg	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4
クロルデン	Cis-クロルデン	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	trans-クロルデン	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	Cis-ナノクロル	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	trans-ナノクロル	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	オキシクロルデン	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	計	μg/kg	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
ドリン系	アルドリン	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	エンドリン	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	ディルドリン	μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	計	μg/kg	< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6
HCB		μg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
合計	(1)	μg/kg	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
	(2)	μg/kg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

1：定量下限値未満に定量下限値を代入した場合の合計量

2：定量下限値未満に 0 を代入した場合の合計量

² 本報告書の参考資料 1；「処理指針値（溶出量）」参照

表 3-17 焙焼滓の POPs 成分溶出試験結果 (溶出量) ($\mu\text{g/L}$)

項目	異性体	単位	ブランク		Run1		Run3	
BHC	-BHC	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	-BHC	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	-BHC	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	-BHC	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	計	$\mu\text{g/L}$	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
DDT	o,p'-DDE	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	p,p'-DDE	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	o,p'-DDD	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	p,p'-DDD	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	o,p'-DDT	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	p,p'-DDT	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	計	$\mu\text{g/L}$	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06
ヘブタクロル	ヘブタクロル	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	ヘブタクロルエポキシド	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	計	$\mu\text{g/L}$	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
クロルデン	Cis-クロルデン	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	trans-クロルデン	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	Cis-ナノクロル	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	trans-ナノクロル	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	オキシクロルデン	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	計	$\mu\text{g/L}$	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
ドリソ系	アルドリソ	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	エンドリソ	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	ディルドリソ	$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	計	$\mu\text{g/L}$	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
HCB		$\mu\text{g/L}$	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
合計	(1)	$\mu\text{g/L}$	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	(2)	$\mu\text{g/L}$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

1 : 定量下限値未満に定量下限値を代入した場合の合計量

2 : 定量下限値未満に 0 を代入した場合の合計量

3.3.3 排水中の POPs 等成分の濃度

余剰水および蒸発残留水中の POPs 等成分濃度を以下に示す。

余剰水および蒸発残留水からは BHC、DDT、クロルデンがそれぞれわずかながら検出された。

-BHC や -BHC に関しては、蒸発残留水中の濃度が余剰水中の濃度よりもわずかに高く検出されており、蒸発処理により濃縮された可能性も考えられる。しかし、その他の成分については濃縮されている傾向は見られなかった。また、環境水中濃度指針値³と比較すると、余剰水および蒸発残留水とも十分に低い濃度であった。

表 3-18 余剰水および蒸発残留水中の POPs 成分(μg/L)

項目	異性体	単位	ブランク		Run 1		Run2	
			余剰水	蒸発残留水	余剰水	蒸発残留水	余剰水	蒸発残留水
BHC	-BHC	μg/L	< 0.01	0.03	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01
	-BHC	μg/L	< 0.01	0.07	0.01	0.04	< 0.01	0.02
	-BHC	μg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	-BHC	μg/L	< 0.01	0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	計	μg/L	< 0.04	0.15	0.01	0.04	< 0.04	0.03
DDT	o,p'-DDE	μg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	p,p'-DDE	μg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	o,p'-DDD	μg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	p,p'-DDD	μg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	o,p'-DDT	μg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	p,p'-DDT	μg/L	0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	計	μg/L	0.01	0.01	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06
ヘブタクロル	ヘブタクロル	μg/L	< 0.01	< 0.01	0.02	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	ヘブタクロルエポキシド	μg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	計	μg/L	< 0.02	< 0.02	0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
クロルデン	Cis-クロルデン	μg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	trans-クロルデン	μg/L	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01
	Cis-ナノクロル	μg/L	< 0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	trans-ナノクロル	μg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01
	オキシクロルデン	μg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.04	< 0.01
	計	μg/L	0.01	0.01	< 0.05	< 0.05	0.06	< 0.05
ドリ系	アルドリン	μg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	エンドリン	μg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	ディルドリン	μg/L	< 0.01	0.0150	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	計	μg/L	< 0.03	0.0350	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
HCB		μg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
合計	(1)	μg/L	0.21	0.33	0.225	0.235	0.24	0.225
	(2)	μg/L	0.01	0.18	0.03	0.035	0.055	0.03

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

1：定量下限値未満に定量下限値を代入した場合の合計量

2：定量下限値未満に 0 を代入した場合の合計量

³ 本報告書の参考資料 1；「環境水中濃度指針値」参照

3.4 試験中のダイオキシン類の挙動

3.4.1 排ガス中のダイオキシン類の濃度

試験中の排ガス中のダイオキシン類濃度を以下に示す。平成 17 年度の試験では試験中に排ガスにおけるダイオキシン類濃度が基準値⁴を超過してしまう例が見られたが、今回の試験ではブランク、Run1、Run2 とも排出基準値を十分に満たす結果が得られた。また、PCDFs に関しては二次燃焼炉の出口から煙突出口までの間にダイオキシン類濃度が高くなる傾向が見られたが、PCDDs に関しては同様の傾向は見られずいずれも定量下限値未満であった。今回の試験では、熱交換器や活性炭層を新たに増設して排ガス処理性能の向上を図ったため、ダイオキシン類の排出抑制が適切にできたと考えられる。

⁴ ダイオキシン類対策特別措置法に基づく排出基準値（当該施設の場合、0.1ng-TEQ/m³N）

表 3-19 試験時の排ガス中の DXN 類毒性等価濃度 (pg-TEQ/m³N, 12%O₂)

項目	ブランク		RUN1		RUN2	
	二次炉	スタック	二次炉	スタック	二次炉	スタック
2,3,7,8-TeCDF	0	0.60	0	0.70	0	0.80
1,2,3,7,8-PeCDF	0	0.32	0	0.35	0	0.44
2,3,4,7,8-PeCDF	0	4.2	0	4.25	0	5.5
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0	0	0	0.90	0	1.3
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0	0.80	0	0	0	1.0
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0	0	0	0	0	0
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0	0	0	0	0	0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0	0.14	0	0.13	0	0.19
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0	0	0	0	0	0
OCDF	0	0	0	0	0	0
Total PCDFs	0	6.1	0	6.3	0	9.2
2,3,7,8-TeCDD	0	0	0	0	0	0
1,2,3,7,8-PeCDD	0	0	0	0	0	0
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0	0	0	0	0	0
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0	0	0	0	0	0
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0	0	0	0	0	0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0	0	0	0	0	0
OCDD	0	0	0	0	0	0
Total PCDDs	0	0	0	0	0	0
Total (PCDDs+PCDFs)	0	6.1	0	6.3	0	9.2
3,4,4',5-TeCB (#81)	0	0.0024	0	0.0023	0	0.0023
3,3',4,4'-TeCB (#77)	0	0.0054	0	0.0055	0.0018	0.0072
3,3',4,4',5-PeCB (#126)	0	1.4	0	1.7	0	0.0019
3,3',4,4',5,5'-HxCB (#169)	0	0	0	0	0	0
Total ノンオルト体	0	1.4	0	1.7	0.0018	1.9
2',3,4,4',5-PeCB (#123)	0	0	0	0	0	0.001
2,3',4,4',5-PeCB (#118)	0.0011	0.0039	0.0010	0.0036	0.005	0.009
2,3,3',4,4'-PeCB (#105)	0.0005	0.0028	0.0005	0.0031	0.0041	0.0076
2,3,4,4',5-PeCB (#114)	0	0.0060	0	0.0055	0	0.0075
2,3',4,4',5,5'-HxCB (#167)	0	0.000060	0	0.00007	0	0.00012
2,3,3',4,4',5-HxCB (#156)	0	0.0065	0	0.0070	0.0080	0.015
2,3,3',4,4',5'-HxCB (#157)	0	0.0023	0	0.0028	0.0022	0.0050
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (#189)	0	0	0	0	0	0.00070
Total モノオルト体	0.0016	0.022	0.0015	0.022	0.019	0.045
Total Co-PCBs	0.0016	1.4	0.0015	1.7	0.021	2.0
Total DXNs	0.0016	7.5	0.0015	8.1	0.02105	11

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

次に、試験時の排ガス中の PCB 濃度を以下に示す。

いずれの条件においても、昭和 47 年環境庁大気保全局長が通知した暫定排出許容限界値における、PCB 等の焼却施設周辺の環境大気監視濃度 $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (「PCB 等の焼却処分における排ガス中の暫定排出許容限界」における環境大気監視濃度(環大企 141 号)) を十分下回っていた。

表 3-20 試験時の排ガス中の PCB 測定結果 ($\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$)

項目	ブランク		Run1		Run2	
	二次炉出口	スタック	二次炉出口	スタック	二次炉出口	スタック
M1CBs	0.37	1.6	0.26	1.4	0.22	1.2
D2CBs	0.22	1.4	0.16	1.3	0.17	0.95
T3CBs	0.53	1.2	0.33	1.2	0.43	1.2
T4CBs	0.47	0.72	0.24	0.62	0.55	0.74
P5CBs	0.29	0.75	0.22	0.68	0.33	0.83
H6CBs	0.037	0.096	0.052	0.11	0.15	0.17
H7CBs	N.D.	(0.008)	N.D.	(0.019)	N.D.	(0.027)
O8CBs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
N9CBs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
D10CBs	N.D.	(0.009)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
合計値	1.9	5.9	1.3	5.4	1.8	5.1

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

3.4.2 焼滓中のダイオキシン類の濃度

焼滓中のダイオキシン類の濃度を以下に示す。

ブランク、Run 1、Run2 でそれぞれ 2 試料ずつ採取して分析した結果、Run1 で採取した試料から OCDD と 2,3,7,8-TCDF、1,2,3,4,6,7,8-HpCDF がわずかに検出されたが、それ以外は全て定量下限値未満であった。また、最終処分場への受け入れ基準値⁵の $3\text{ng-TEQ}/\text{g}$ と比較しても十分に低い濃度であった。

⁵ 廃棄物焼却炉に係るばいじん等に含まれるダイオキシン類の量の基準及び測定の方法に関する省令(平十二厚令一)第 1 条

表 3-21 焙焼滓の DXN 類毒性等価濃度 (pg-TEQ/g)

項目	ブランク		Run1		Run2	
2,3,7,8-TeCDD	0	0	0	0	0	0
1,2,3,7,8-PeCDD	0	0	0	0	0	0
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0	0	0	0	0	0
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0	0	0	0	0	0
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0	0	0	0	0	0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0	0	0	0	0	0
OCDD	0	0	0	0.0014	0	0
Total PCDDs	0	0	0	0.0014	0	0
2,3,7,8-TeCDF	0	0	0	0	0	0
1,2,3,7,8-PeCDF	0	0	0	0	0	0
2,3,4,7,8-PeCDF	0	0	0	0	0	0
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0	0	0	0	0	0
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0	0	0	0	0	0
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0	0	0	0	0	0
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0	0	0	0	0	0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0	0	0	0.15	0	0
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0	0	0	0	0	0
OCDF	0	0	0	0.0024	0	0
Total PCDFs	0	0	0	0.15	0	0
Total (PCDDs+PCDFs)	0	0	0	0.15	0	0
3,4,4',5-TeCB (#81)	0	0	0	0	0	0
3,3',4,4'-TeCB (#77)	0	0	0	0	0	0
3,3',4,4',5-PeCB (#126)	0	0	0	0	0	0
3,3',4,4',5,5'-HxCB (#169)	0	0	0	0	0	0
Total ノンオルト体	0	0	0	0	0	0
2',3,4,4',5-PeCB (#123)	0	0	0	0	0	0
2,3',4,4',5-PeCB (#118)	0	0	0	0	0	0
2,3,3',4,4'-PeCB (#105)	0	0	0	0	0	0
2,3,4,4',5-PeCB (#114)	0	0	0	0	0	0
2,3',4,4',5,5'-HxCB (#167)	0	0	0	0	0	0
2,3,3',4,4',5-HxCB (#156)	0	0	0	0	0	0
2,3,3',4,4',5'-HxCB (#157)	0	0	0	0	0	0
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (#189)	0	0	0	0	0	0
Total モノオルト体	0	0	0	0	0	0
Total Co-PCBs	0	0	0	0	0	0
Total DXNs	0	0	0	0.15	0	0

次に、焼滓中の PCB 濃度を以下に示す。ブランク、Run1、Run2 のいずれにおいても、含有量は定量下限値未満であった。また、溶出量は最終処分場への受け入れ基準値⁶の 0.003mg/L 未満であった（ただし、今回の分析では、定量下限値 = 0.003mg/L）。

表 3-22 焙焼滓中の PCB 濃度 (mg/kg)

項目	ブランク		Run1		Run2	
PCB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

表 3-23 焙焼滓の PCB 溶出試験結果 (mg/L)

項目	ブランク		Run1		Run2	
PCB	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003

3.4.3 排水中のダイオキシン類の濃度

余剰水および蒸発残留水中のダイオキシン類濃度を以下に示す。

余剰水とは、急冷塔や湿式電気集塵機など排ガス処理用の循環水を一部抜き出したものであり、余剰水を蒸発濃縮させたものが蒸発残留水である。また、蒸発残留水は、ヘレシヨフ炉で焙焼処理した後に施設外へ排出されるため、これらの排水が施設外へ直接排出されることはない。

余剰水のダイオキシン類濃度はブランク試験中が最も高く、2600pg-TEQ/L であった。また、Run1、Run2 試験中のダイオキシン類濃度は 350pg-TEQ/L 前後であった。

蒸発残留水のダイオキシン類濃度は、ブランク、Run1、Run2 とともに排水基準値の 10pg-TEQ/L を満たしていた。蒸発残留水の濃度レベルは余剰水の濃度より 2 オーダー低くなっていたが、ろ過処理により SS が除去されていることから、排水処理の効果であると考えられる。なお、蒸発処理を行うことにより、余剰水中のダイオキシン類の一部は循環水に混じって系内に戻っている可能性も考えられる。ただし、ブランクから Run1、Run2 と運転を続けても余剰水中のダイオキシン類濃度が上がる傾向は見られないことから、ダイオキシン類が系内に戻ったとしても、循環水からのスラッジ回収等により適切に除去できていると考えられる。

⁶ 金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令（昭四十八総令五）（別表第 1）

表 3-24 余剰水および蒸発残留水中の DXN 類毒性等価濃度 (pg-TEQ/L)

項目	ブランク		Run 1		Run 2	
	余剰水	蒸発残留水	余剰水	蒸発残留水	余剰水	蒸発残留水
2,3,7,8-TeCDD	105	0.25	9.7	0.255	7.85	0.48
1,2,3,7,8-PeCDD	745	1.2	76.5	1.0	74	1.55
1,2,3,4,7,8-HxCDD	65	0.054	6.85	0.0555	6.15	0.0825
1,2,3,6,7,8-HxCDD	195	0.125	21.5	0.145	18.5	0.195
1,2,3,7,8,9-HxCDD	140	0.10	14.5	0.10	12	0.145
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	69	0.0295	9.55	0.032	6.8	0.064
OCDD	0.54	0.00089	0.115	0.000475	0.0765	0.000985
Total PCDDs	1300	1.8	140	1.6	130	2.5
2,3,7,8-TeCDF	59	0.33	7.15	0.325	6.7	0.455
1,2,3,7,8-PeCDF	27	0.1075	3.7	0.1125	4.4	0.165
2,3,4,7,8-PeCDF	675	2.8	102.5	2.7	95	3.475
1,2,3,4,7,8-HxCDF	104.5	0.365	21	0.355	21.5	0.535
1,2,3,6,7,8-HxCDF	103	0.33	21.5	0.355	21	0.53
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0	0.032	1.5	0.026	1.7	0.0505
2,3,4,6,7,8-HxCDF	120	0.325	24.5	0.335	25.5	0.485
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	33	0.0685	11	0.0815	8.4	0.15
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	2.6	0.013	1.35	0.016	1.4	0.0285
OCDF	0.11	0.00046	0.093	0.000685	0.0745	0.00125
Total PCDFs	1100	4.4	190	4.3	190	5.9
Total (PCDDs+PCDFs)	2400	6.1	330	5.9	310	8.4
3,4,4',5-TeCB (#81)	0.0835	0.000985	0.00755	0.00056	0.0048	0.00034
3,3',4,4'-TeCB (#77)	0.255	0.0025	0.025	0.0015	0.0155	0.00145
3,3',4,4',5-PeCB (#126)	150	0.77	16	0.46	11	0.455
3,3',4,4',5,5'-HxCB (#169)	2.95	0.011	0.39	0.0075	0.285	0.008
Total ノンオルト体	150	0.78	16	0.47	11	0.46
2',3,4,4',5-PeCB (#123)	0.032	0.000205	0.0025	0.00012	0.00175	0.00010
2,3',4,4',5-PeCB (#118)	0.0995	0.0032	0.013	0.0017	0.0091	0.0020
2,3,3',4,4'-PeCB (#105)	0.13	0.0017	0.013	0.00098	0.00875	0.0011
2,3,4,4',5-PeCB (#114)	0.2075	0.00145	0.018	0.00090	0.01275	0.00105
2,3',4,4',5,5'-HxCB (#167)	0.00425	0.0000255	0.00041	0.000013	0.00029	0.0000135
2,3,3',4,4',5-HxCB (#156)	0.55	0.0029	0.055	0.001725	0.03925	0.001675
2,3,3',4,4',5'-HxCB (#157)	0.265	0.000975	0.02725	0.000625	0.018	0.000625
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (#189)	0.0615	0.00014	0.00735	0.000125	0.00525	0.00011
Total モノオルト体	1.3	0.011	0.13	0.0062	0.0095	0.0067
Total Co-PCBs	150	0.80	17	0.48	11	0.47
Total DXNs	2600	6.9	350	6.4	320	8.9

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

次に、排水中の PCB 濃度を以下に示す。

余剰水および蒸発残留水ともに、いずれの同族体も定量下限値未満であった。

表 3-25 余剰水および蒸発残留水中の PCB 濃度 (mg/L)

項目	ブランク		Run1		Run2	
	余剰水	蒸発残留水	余剰水	蒸発残留水	余剰水	蒸発残留水
PCB	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003

3.5 その他の成分の挙動

3.5.1 排ガス中の濃度

排ガス中の重金属等の濃度を以下に示す。

二次燃焼炉の出口から煙突出口までで重金属類の濃度が下がっているが、これは、主に、排ガスの湿式処理により重金属を捕捉したためだと考えられる。

煙突出口排ガスの水銀濃度は約 0.02mg/m³N で、施設の自主管理基準値の 0.04mg/m³N を満たしていた。

また、ばいじん等の大気汚染防止法の規制項目⁷についても基準値を満たしていた。

表 3-26 排ガス中のその他成分濃度

項目	単位	ブランク		Run1		Run2	
		二次炉出口	スタック	二次炉出口	スタック	二次炉出口	スタック
カドミウム	mg/m ³ N	0.16	< 0.001	0.23	< 0.001	0.37	< 0.001
鉛	mg/m ³ N	0.24	< 0.001	0.27	< 0.001	0.47	< 0.001
総クロム	mg/m ³ N	0.13	< 0.001	0.17	< 0.001	0.22	< 0.001
砒素	mg/m ³ N	0.11	< 0.001	0.12	< 0.001	0.13	< 0.001
水銀	mg/m ³ N	0.41	0.018	7.3	0.025	10.5	0.024
ばいじん	g/m ³ N	4.5	< 0.001	1.1	0.001	1.5	0.001
窒素酸化物	Vol-ppm	110	74	120	60	120	67
硫黄酸化物	Vol-ppm	83	1	93	4	84	2
	(K 値)	0.59	(0.01)	0.64	(0.06)	0.59	(0.03)
塩化水素	mg/m ³ N	120	4	160	4	110	6

ばいじん、窒素酸化物、塩化水素濃度は酸素 12% 換算値

3.5.2 焼滓中の濃度

焼滓中の重金属濃度を以下に示す。

焼滓の水銀含有量は、ブランク、Run1、Run2 とともに約 0.3mg/kg であった。水銀、カドミウム、鉛、総クロムの濃度はブランクと Run1、Run2 とでほとんど変わらなかった。砒素についてはブランク時の 1.65mg/kg に対して Run1、Run2 で 2.1mg/kg と、わずかに濃度が高くなる傾向が見られた。砒素は投入農薬中からも検出されていることから、この影響と考えられる。

また、溶出量については砒素がわずかに検出されたものの、廃棄物の処理及び清掃に関する法律の産業廃棄物の埋立処分にかかる判定基準値を十分に満たしていた。

⁷ 大気汚染防止法施行規則（昭四十六厚・通令一）（ばいじん：0.04g/m³N、窒素酸化物：250Vol-ppm、硫黄酸化物：17.5(K 値)、塩化水素：700mg/m³N）

表 3-27 焙焼滓中の重金属濃度（含有量）

項目	単位	ブランク		Run1		Run2	
カドミウム	mg/kg	2.4	1.95	2.1	1.9	2.2	2.1
鉛	mg/kg	10.5	9.9	11.5	12	12	11
総クロム	mg/kg	8.3	8.2	7.85	8.4	8.1	8.5
砒素	mg/kg	1.4	1.65	2.1	2.1	2.3	2.15
水銀	mg/kg	0.34	0.325	0.305	0.31	0.31	0.345
熱灼減量	wt%	0.02	0.015	0.02	0.025	0.02	0.02

表 3-28 焙焼滓中の重金属溶出試験結果（溶出量）

項目	単位	ブランク		Run1		Run2	
カドミウム	mg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
鉛	mg/L	< 0.01	< 0.01	0.02	< 0.01	< 0.01	< 0.01
総クロム	mg/L	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
六価クロム	mg/L	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
砒素	mg/L	0.033	0.048	0.048	0.053	0.050	0.065
水銀	mg/L	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005

3.5.3 排水中の濃度

排水中の重金属等の濃度を以下に示す。

前述の通り、余剰水をろ過処理し、さらに蒸発処理したものが蒸発残留水である。また、通常運転の場合、余剰水および蒸発残留水はこのまま環境中に排出されることはなく、SS 分および蒸発残留水はヘレシヨフ炉で焙焼処理され、水分は工程内で循環利用される。

ろ過処理により、SS 濃度は一定濃度まで下がっているが塩素イオンは 10 倍程度濃縮されている。また、重金属のうちカドミウムや鉛はろ過処理で濃縮される傾向があるが、総クロム水銀はほとんど濃度変化がない。このような挙動の違いは、水溶解性や蒸気圧など物性の違いにより生じる可能性が考えられる。つまり、SS 分に付着しやすい物質や揮発しやすい物質が、ろ過・蒸発処理により除去された可能性が考えられる。

表 3-29 余剰水および蒸発残留水中の重金属濃度

項目	単位	ブランク		Run1		Run2	
		余剰水	蒸発残留水	余剰水	蒸発残留水	余剰水	蒸発残留水
pH	pH/	4.1/15	5.0/15	4.6/15	4.6/15	4.4/15	4.0/15
SS	mg/L	94	6.35	465	8.4	410	10
塩素イオン	mg/L	2,100	21,500	2,650	23,500	3,050	24,500
カドミウム	mg/L	2.25	7.6	1.35	5.1	1.5	4.8
鉛	mg/L	1.45	11	1.3	9.2	1.25	8.95
総クロム	mg/L	0.365	0.44	0.41	0.58	0.315	0.64
六価クロム	mg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
砒素	mg/L	0.26	0.59	0.21	0.52	0.245	0.58
水銀	mg/L	0.125	0.79	0.80	0.57	0.46	0.72

3.6 POPs および水銀の物質収支の整理と分解率の解析

3.6.1 施設全体における POPs 等成分の物質収支

(1) 排ガス経由の POPs 等成分およびダイオキシン類の系外への総排出量

排ガス処理系統からの POPs 等成分およびダイオキシン類の総排出量を次に整理する。

表 3-30 POPs 等成分、DXNs の排出量 (ブランク)

	単位	排ガス
運転時間 (農薬投入時間)	hr	24
ガス流量 (乾き)	m ³ N/hr	7,370
POPs 等成分濃度	μg/m ³ N	0 (0.042)
DXNs 濃度 (Total PCDFs+PCDDs)(実測)	ng/m ³ N	1.4
DXNs 濃度 (O ₂ 12%換算 TEQ)	ng-TEQ/m ³ N	0.0075
POPs 等成分総排出量 (24h)	g	0 (0.007429)
ダイオキシン類総排出量 (24h)	μg-TEQ	1.3

()内の数値は、測定結果が定量下限値未満の場合に定量下限値を代入した時の値

表 3-31 POPs 等成分、DXNs の排出量 (Run1)

	単位	排ガス
運転時間 (農薬投入時間)	hr	24
ガス流量 (乾き)	m ³ N/hr	7,620
POPs 等成分濃度	μg/m ³ N	0 (0.042)
DXNs 濃度 (Total PCDFs+PCDDs)(実測)	ng/m ³ N	1.4
DXNs 濃度 (O ₂ 12%換算 TEQ)	ng-TEQ/m ³ N	0.0081
POPs 等成分総排出量 (24h)	g	0 (0.007681)
ダイオキシン類総排出量 (24h)	μg-TEQ	1.5

()内の数値は、測定結果が定量下限値未満の場合に定量下限値を代入した時の値

表 3-32 POPs 等成分、DXNs の排出量 (Run2)

	単位	排ガス
運転時間 (農薬投入時間)	hr	24
ガス流量 (乾き)	m ³ N/hr	7,290
POPs 等成分濃度	μg/m ³ N	0 (0.042)
DXNs 濃度 (Total PCDFs+PCDDs)(実測)	ng/m ³ N	1.5
DXNs 濃度 (O ₂ 12%換算 TEQ)	ng-TEQ/m ³ N	0.011
POPs 等成分総排出量 (24h)	g	0 (0.007348)
ダイオキシン類総排出量 (24h)	μg-TEQ	1.9

()内の数値は、測定結果が定量下限値未満の場合に定量下限値を代入した時の値

(2) 焼滓経由の POPs 等成分およびダイオキシン類の系外への総排出量

焼滓に含まれて系外に排出される POPs 等成分の総量とダイオキシン類の総量を算出した結果を次に整理する。

表 3-33 POPs 等成分、DXNs の排出量 (ブランク)

	単位	焼滓
燃え殻の排出量	kg	13,779
POPs 等成分濃度	mg/kg	0 (0.0042)
DXNs 濃度 (Total PCDFs+PCDDs)(実測)	ng/g	0.032
DXNs 濃度 (TEQ)	ng-TEQ/g	0
POPs 等成分総排出量 (24h)	g	0 (0.058)
ダイオキシン類総排出量 (24h)	μg-TEQ	0

() 内の数値は、測定結果が定量下限値未満の場合に定量下限値を代入した時の値

表 3-34 POPs 等成分、DXNs の排出量 (Run1)

	単位	焼滓
燃え殻の排出量	kg	14,565
POPs 等成分濃度 (含有量)	mg/kg	0 (0.0042)
DXNs 濃度 (Total PCDFs+PCDDs)(実測)	ng/g	0.071
DXNs 濃度 (TEQ)	ng-TEQ/g	0.000074
POPs 等成分総排出量 (24h)	g	0 (0.061)
ダイオキシン類総排出量 (24h)	μg-TEQ	1.1

() 内の数値は、測定結果が定量下限値未満の場合に定量下限値を代入した時の値

表 3-35 POPs 等成分、DXNs の排出量 (Run2)

	単位	焼滓
燃え殻の排出量	kg	14,404
POPs 等成分濃度	mg/kg	0 (0.0042)
DXNs 濃度 (Total PCDFs+PCDDs)(実測)	ng/g	0.020
DXNs 濃度 (TEQ)	ng-TEQ/g	0
POPs 等成分総排出量 (24h)	g	0 (0.060)
ダイオキシン類総排出量 (24h)	μg-TEQ	0

() 内の数値は、測定結果が定量下限値未満の場合に定量下限値を代入した時の値

(3) 余剰水経由の POPs 等成分およびダイオキシン類の系外への総排出量

余剰水に含まれて系外へ排出される POPs 等成分の総量とダイオキシン類の総量を算出した結果を次に整理する。試験施設では、通常運転時には余剰水をろ過処理・蒸発処理して、水分を系内で再利用している。また、排水処理工程で発生するスラッジは再度焙焼処理し、水銀を回収している。そのため、余剰水は通常運転時には工場外へは排出されない。以下は、分解率の計算のために系外へ排出されるものと想定して計算したものである。

表 3-36 POPs 等成分、DXNs の排出量 (ブランク)

	単位	余剰水
水量	L	9,000
POPs 等成分濃度	μg/L	0.01 (0.21)
DXNs 濃度 (Total PCDFs+PCDDs) (実測)	pg/L	332,450
DXNs 濃度 (TEQ)	pg-TEQ/L	2,597
POPs 等成分総排出量 (24h)	g	0.00009(0.0019)
ダイオキシン類総排出量 (24h)	μg-TEQ	23

() 内の数値は、測定結果が定量下限値未満の場合に定量下限値を代入した時の値

表 3-37 POPs 等成分、DXNs の排出量 (Run1)

	単位	余剰水
水量	L	9,000
POPs 等成分濃度	μg/L	0.03 (0.225)
DXNs 濃度 (Total PCDFs+PCDDs) (実測)	pg/L	30,505
DXNs 濃度 (TEQ)	pg-TEQ/L	349
POPs 等成分総排出量 (24h)	g	0.00027(0.0020)
ダイオキシン類総排出量 (24h)	μg-TEQ	3.1

() 内の数値は、測定結果が定量下限値未満の場合に定量下限値を代入した時の値

表 3-38 POPs 等成分、DXNs の排出量 (Run2)

	単位	余剰水
水量	L	9,000
POPs 等成分濃度	μg/L	0.055 (0.24)
DXNs 濃度 (Total PCDFs+PCDDs) (実測)	pg/L	25,615
DXNs 濃度 (TEQ)	pg-TEQ/L	322
POPs 等成分総排出量 (24h)	g	0.00050(0.0022)
ダイオキシン類総排出量 (24h)	μg-TEQ	2.9

() 内の数値は、測定結果が定量下限値未満の場合に定量下限値を代入した時の値

3.6.2 実験における物質収支

(1) POPs 等成分全体の物質収支

以上の結果から、投入農薬に由来する POPs 等成分の物質収支を整理すると次のとおりになる。

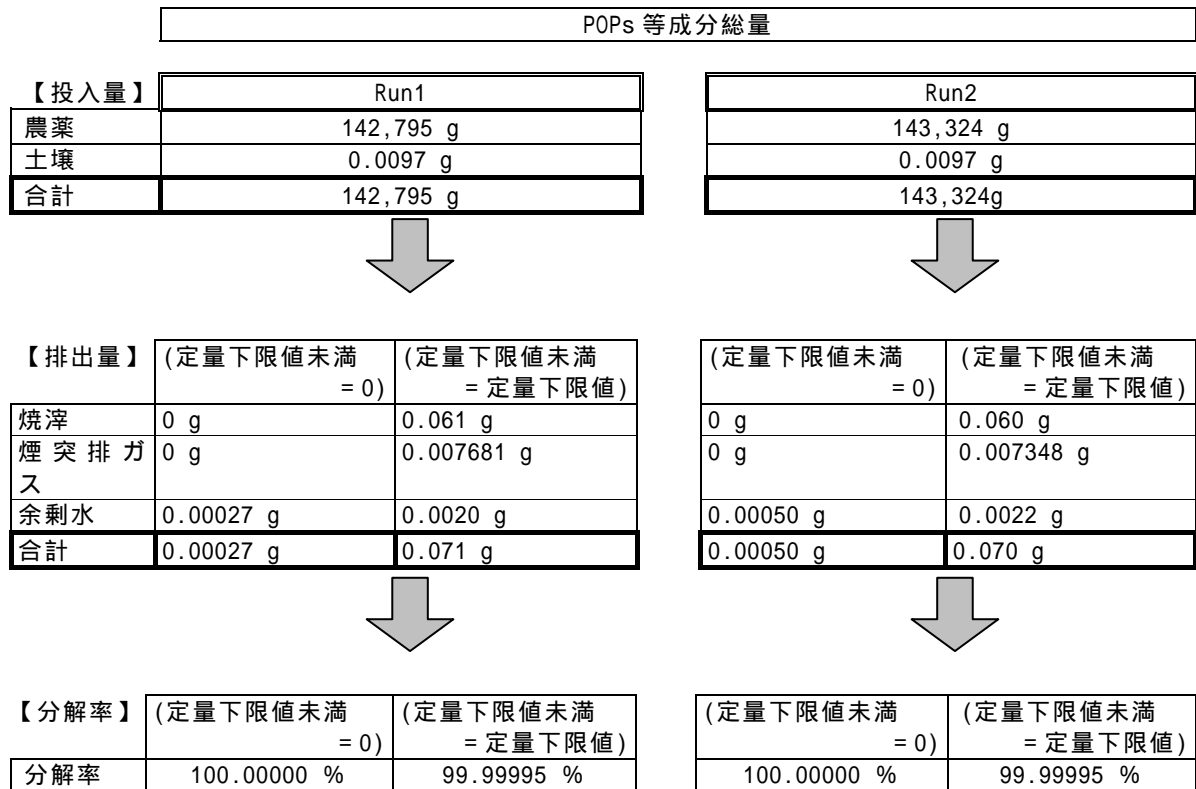


図 3-8 POPs 等成分の物質収支

3.6.3 水銀の物質収支（施設外への水銀の排出量）

（１）平成 17 年度の試験結果との比較

まず、平成 17 年度の試験における水銀の物質収支を以下に示す。Run1、Run2 で投入した農薬、土壌により、683.63g の水銀が炉内へ投入された。これに対して、排ガスとして大気中へ排出された量は 10.36g で投入量の 1.52%、焼滓中に残って最終処分場へ運ばれる量は 107.87g で投入量の 15.78% と推計された。

表 3-39 施設から系外への水銀の排出量（平成 17 年度）

	媒体	対象	数量	水銀濃度	水銀量	投入量に対する割合
投入	農薬	Run1	980 kg	291mg/kg	285.18 g	-
		Run2	1,074 kg	277mg/kg	297.49 g	
	土壌	Run1	22,825 kg	2.27mg/kg	51.81 g	
		Run2	23,075 kg	2.13mg/kg	49.15 g	
	水銀投入量合計					
施設外への排出量	排ガス	Run1	176,640m ³ N	0.022mg/m ³ N	3.89 g	1.52%
		Run2	174,960m ³ N	0.037mg/m ³ N	6.47 g	
		排出量（ガス）				
	焼滓	Run1	22,980kg	2.225mg/kg	51.13 g	15.78%
		Run2	23,110kg	2.455mg/kg	56.74 g	
		排出量（焼滓）				
系外への水銀排出量合計					118.23g	17.29%

次に、今年度の試験における水銀の物質収支を以下に示す。Run1、Run2 で投入した農薬、土壌により 3,026g の水銀が炉内へ投入された。これに対して、排ガスとして大気中へ排出された量は、8.77g で投入量の 0.29%、焼滓として最終処分場へ運ばれる量は、9.2g で投入量の 0.3% と推計された。

平成 17 年度と比較すると、投入量は約 4.5 倍であったが、これは農薬中の水銀濃度が高くなったためである。

施設外への排出では、排ガスからは 17 年度と同程度の濃度で排出されているが、焼滓中の濃度は約 1/7 まで減少している。これにより、投入量に対する割合は合計で 0.59% と、前年度より小さい値になった。

表 3-40 施設から系外への水銀の排出量（平成 18 年度）

	媒体	対象	数量	水銀濃度	水銀量	投入量に対する割合
投入	農薬	Run1	1,034 kg	1,433 mg/kg	1,481 g	-
		Run2	1,038 kg	1,433 mg/kg	1,487 g	
	土壌	Run1	13,844 kg	2.1 mg/kg	29 g	
		Run2	13,852 kg	2.1 mg/kg	29 g	
	水銀投入量合計					
施設外への排出量	排ガス	Run1	182,880 m ³ N	0.025 mg/ m ³ N	4.57 g	0.29%
		Run2	174,960 m ³ N	0.024 mg/ m ³ N	4.20 g	
		排出量（ガス）				
	焼滓	Run1	14,565 kg	0.308 mg/kg	4.48 g	0.30%
		Run2	14,404 kg	0.328 mg/kg	4.72 g	
		排出量（焼滓）				
	系外への水銀排出量合計					17.97 g

焼滓中の水銀濃度の違いについて、試験の実施施設では、平成 17 年度の値は通常運転時より高い濃度であり、焙焼炉の温度が高すぎたために焼滓が“焼き締まり”を起こしたことが原因だと考察している。POPs を適切に分解するために二次燃焼炉で 1000 以上の高温を保持しなければならない一方で、水銀の回収の視点からは、焙焼炉の温度が高すぎるのは望ましくないと考えられる。

今年度は、POPs の分解と水銀の回収を両立できるように炉の温度を調整し、焙焼炉の温度を下げるなどしたために、焼き締まりが解消して、施設外への排出量が減少したと考えられる。

参考として、試験中の焙焼施設温度の比較を以下に示す。

表 3-41 試験中の焙焼施設温度の比較

測定位置		ブランク	Run1	Run2
焙焼炉 （平均温度）	H17 年度	872	952	945
	H18 年度	884	887	848
二次燃焼炉 （平均温度）	H17 年度	991	1,002	1,004
	H18 年度	1,041	1,043	1,042

（ 2 ）施設内で回収される水銀の挙動

次に、施設外へ排出されず、施設内で回収される水銀の挙動について以下に整理する。

当該施設では、焙焼炉で揮発させた水銀を排ガス処理により捕集し、回収・精製している。

炉内へ投入された水銀は、第 1 段階として、下図のような経路をたどる。

炉前後のフロー：炉に投入された水銀は、焙焼により気化して排ガスとして出てくる。焼滓中に残るものや、炉壁に残留する分もある。

排ガス処理前後のフロー：湿式処理で排ガス中の水銀を捕集したあと、残りを活性炭で吸着させて、排ガス中の水銀濃度

を自主管理基準値以下まで下げる。

保有水の循環利用：排ガスの湿式処理用水（保有水）は循環利用する。保有水は塩類濃度を調整するため一部を抜き出し（余剰水）フィルタープレスにかけたあと蒸発させて水分のみを再利用している。蒸発残留水はスラッジや活性炭と一緒に別系統の水銀回収炉（ヘレシヨフ炉）に投入され、水銀回収される。

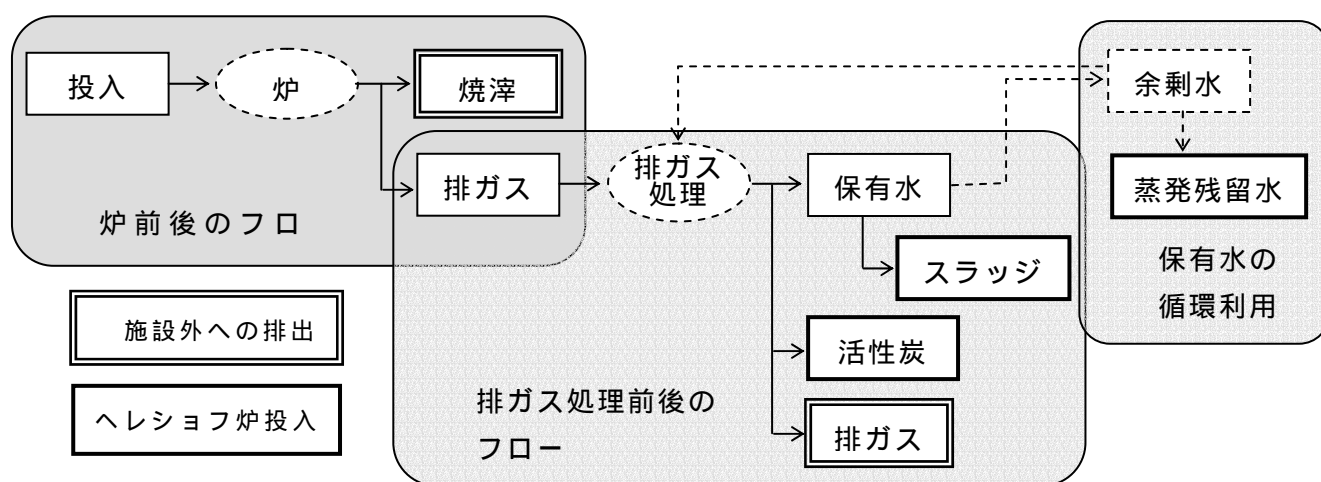


図 3-9 炉に投入された水銀の移動経路

以降、～の順に、水銀の物質収支を切り出して整理する。但し、ブランク、Run1、Run2 が連続運転されていることに加え、排ガスへや保有水への水銀の移行にもタイムラグがあると考えられることから、正確な物質収支ではない。投入水銀のどの程度が捕集されたか、おおよその量を整理するものである。

炉前後の水銀の物質収支

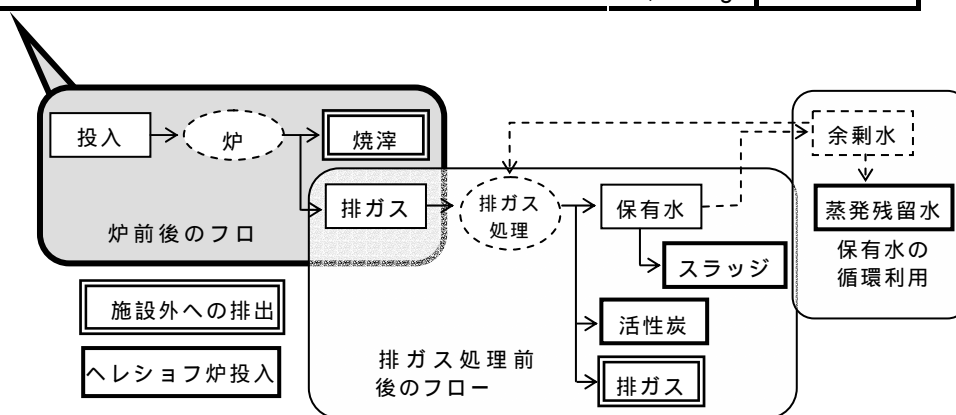
炉へ投入された水銀は、焙焼炉・二次燃焼炉を経て二次燃焼炉排ガスあるいは焙焼滓として排出される。

二次燃焼炉排ガスとして排出された水銀量は 2,705g であり、投入量の 89.4% と推計された。また、焼滓として排出された水銀量は 9.2g であり、投入量の 0.3% と推計されたことから、投入量の 90% の水銀が排ガス又は焙焼滓として排出されていることが確認できた。

試験実施施設のこれまでの知見では、炉に投入された水銀の一部は炉壁等に付着し、徐々に排出されると考えられている。実際に、ブランク試験中の二次燃焼炉排ガスからも 0.41mg/m³N の水銀が検出されていることから、投入水銀の一部は炉内に滞留していると推察される。今回、投入量の約 10% の水銀の挙動が確認できなかったが、このうち一部は炉内に滞留しており、運転を続けることにより少しずつ排出されると考えられる。

表 3-42 炉前後の水銀の物質収支

	媒体	対象	数量	水銀濃度	水銀量 (g)	投入量に対する割合
炉への水銀投入量	農薬	Run1	1,034 kg	1,433 mg/kg	1,481 g	100%
		Run2	1,038 kg	1,433 mg/kg	1,487 g	
	土壌	Run1	13,844 kg	2.1 mg/kg	29.1 g	
		Run2	13,852 kg	2.1 mg/kg	29.1 g	
水銀投入量合計					3,026 g	
炉後方の水銀の排出量	二次燃焼炉排ガス	Run1	5,920 m ³ N	7.3 mg/ m ³ N	1,037 g	89.40%
		Run2	6,620 m ³ N	10.5 mg/ m ³ N	1,668 g	
		排出量 (ガス)			2,705 g	
	焼滓	Run1	14,565 kg	0.308 mg/kg	4.5 g	0.30%
		Run2	14,404 kg	0.328 mg/kg	4.7 g	
		排出量 (焼滓)			9.2 g	
炉後方への水銀排出量合計					2,715 g	89.70%



排ガス処理前後の水銀の物質収支

二次燃焼炉で揮発して排ガス中に含まれて出てきた水銀は、排ガス処理工程で回収される。

最初に湿式排ガス処理がされるが、湿式処理工程は急冷塔、洗浄塔、ベンチュリースクラバー、湿式電気集塵機の4工程から成る。湿式処理工程の使用水は、各工程で循環利用されているとともに、使用水の一部が後ろの工程から前の工程へ送られて工程間でも循環利用されている。下表では、湿式処理工程の使用水を全量合わせたものを「保有水」として、水量と水銀濃度を示している。

急冷塔循環水系、洗浄塔循環水系、ベンチュリースクラバー循環水系、湿式電気集塵機循環水系にはそれぞれろ過機が設置されており、ろ過機で発生するスラッジは1ヶ所に集められる。下表では、Run1、Run2それぞれで集められたスラッジの量とスラッジ中の濃度を示している。

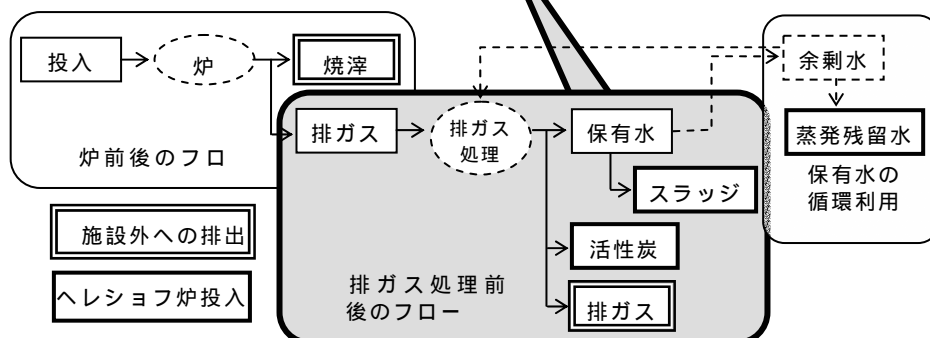
保有水とスラッジでの水銀回収量については、保有水が循環利用されているため必ずしも正確な値が得られなかったものの、およそ70%程度の水銀は湿式排ガス処理により回収されていると考えられた。

また、15%程度の水銀は、活性炭に吸着されていると推計された。ここで、活性炭への吸着量は、脱M塔（活性炭塔）の前後のガス濃度の低減量に、脱M塔を通過した排ガス量をかけて算出している。

今回得られたデータでは、排ガス中の水銀量の17%程度の挙動が把握できなかった。これは、スラッジあるいは保有水中の水銀濃度にタイムラグがあるなどの制約により、正確な値が得られなかったことが原因と考えられる。煙突排ガスの水銀濃度は低レベルに抑えられていることから、今回把握できなかった分の水銀は、最終的には保有水にあるいはスラッジとして回収されるものと考えられる。

表 3-43 排ガス処理前後の水銀の物質収支

	媒体	対象	数量	水銀濃度	水銀量 (g)	投入量に対する割合
二次燃焼炉 排ガス中 水銀濃度	排ガス	Run1	5,920 m ³ N/h	7.3 mg/ m ³ N	1,037 g	89.40%
		Run2	6,620 m ³ N /h	10.5 mg/ m ³ N	1,668 g	
	水銀投入量合計					2,705 g
排ガス 処理による 水銀回収量	保有水	Run1	52,210 L	0.22 mg/L	11.5 g	0.77%
		Run2	55,270 L	0.17 mg/L	9.4 g	
		合計			20.9 g	
	スラッジ	Run1	271 kg	2,975 mg/kg	806.2 g	68.04%
		Run2	257 kg	4,025 mg/kg	1034.4 g	
		合計			1840.7 g	
	活性炭吸着 (排ガス中 水銀低減量)	Run1	7,620 m ³ N/h	0.925 mg/m ³ N	169.2 g	13.86%
		Run2	7,290 m ³ N/h	1.176 mg/m ³ N	205.8 g	
		合計			374.9 g	
	排ガス中水銀の回収量合計					2,236 g
煙突 排ガス中 水銀量	煙突 排ガス	Run1	7,620 m ³ N/h	0.025 mg/ m ³ N	4.6 g	0.48%
		Run2	7,290 m ³ N/h	0.024 mg/ m ³ N	4.2 g	
		合計			8.8 g	
排ガス中水銀の挙動把握割合					2,245 g	82.99%



余剰水の処理により系内へ戻る水銀量

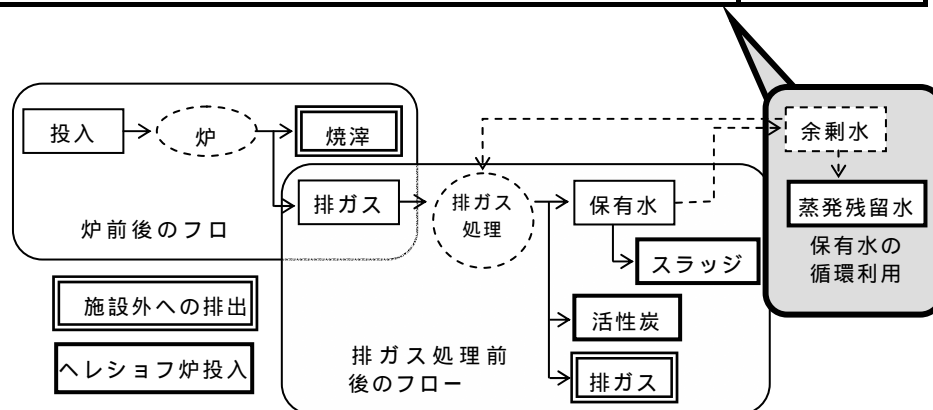
保有水は処理時間が経過するにしたがって塩類濃度が上がるため、定期的に一定量を抜き出して水処理を行い、塩類濃度を低減させた後に水分のみを排ガス処理工程に戻し、排ガス処理水として再利用している。水処理とは、具体的にはろ過処理によりSS分を除去した後、低圧にして水分を蒸発させるというものである。塩類を高濃度に含む蒸発残留水は別系統の水銀回収炉(ヘレシヨフ炉)に投入され、水銀回収される。

下表は、余剰水および蒸発残留水の水量と水銀濃度を示したものである。余剰水に含まれる水銀のうち、約10%は蒸発残留水中に残るが、残りの約90%は、排ガス処理工程に戻っていることが分かる。水銀は揮発しやすい性質のため、他の塩類とは挙動が異なると考えられる。

排ガス処理工程に戻る水銀量11.1gと推計されたが、これは上表3-42に示した保有水・スラッジで回収される水銀量(1,861g)の1%以下であり、物質収支の把握にあたっては無視できるほど少ない。

表 3-44 余剰水の処理により系内へ戻る水銀量

媒体	対象	数量	水銀濃度	水銀量(g)	投入量に対する割合
余剰水	Run1	9,000 L	0.80 mg/L	7.2 g	0.37%
	Run2	9,000 L	0.46 mg/L	4.1 g	
余剰水中水銀量合計				11.3 g	
蒸発残留水	Run1	710 L	0.57 mg/L	0.4 g	0.04%
	Run2	960 L	0.72 mg/L	0.7 g	
ヘレシヨフ炉で回収される水銀量合計				1.1 g	
系内へ戻る水銀量				10.2 g	0.34%



ヘレシヨフ炉における水銀の挙動

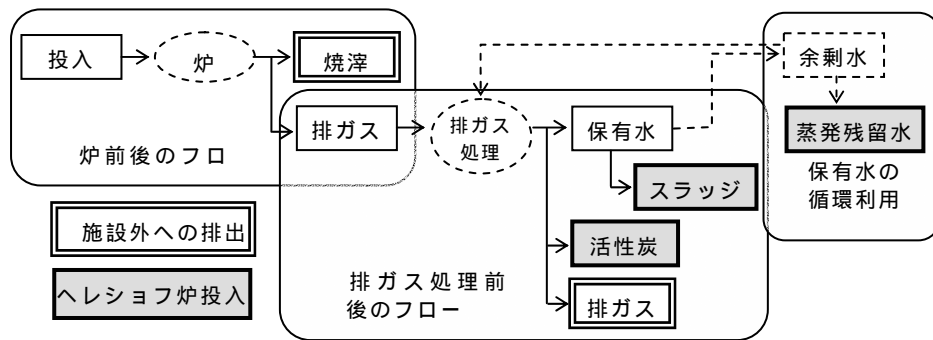
前述の通り、スラッジ、活性炭、蒸発残留水は、別系統の水銀回収炉（ヘレシヨフ炉）に投入され、水銀回収をされる。

試験実施施設が整理した、ヘレシヨフ炉における水銀の回収量と割合を以下に示す。ヘレシヨフ炉に投入された水銀のうち、99.8%が回収されると報告されている。

表 3-45 ヘレシヨフ炉での処理後の水銀の分布

	水銀回収量	焙焼滓		大気放出		回収水銀	
		(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
活性炭 (脱M塔)	374.9g	1.18	0.3%	2.57	0.7%	371	99%
蒸発残留水	1.1g	0.08	7.3%	0.07	6.4%	0.94	86%
スラッジ	1840.7g	0.25	0.014%	0.02	0.001%	1840	100%
合計	2216.7g	1.51	0.068%	2.66	0.12%	2212	99.8%

(%) は、水銀回収量に対する各媒体への水銀分布量の割合



まとめ

今回の試験期間中の水銀の投入量、水銀内で回収される水銀量、施設外への水銀排出量の分布を以下に示す。()内の数字は、投入量に対する割合を示している。保有水やスラッジ中の水銀量については、系内を循環している分や、試験前後のタイムラグが含まれるが、試験施設では、水銀投入量の73%が回収され、0.6%が施設外へ排出されたという結果が得られた。

3-36

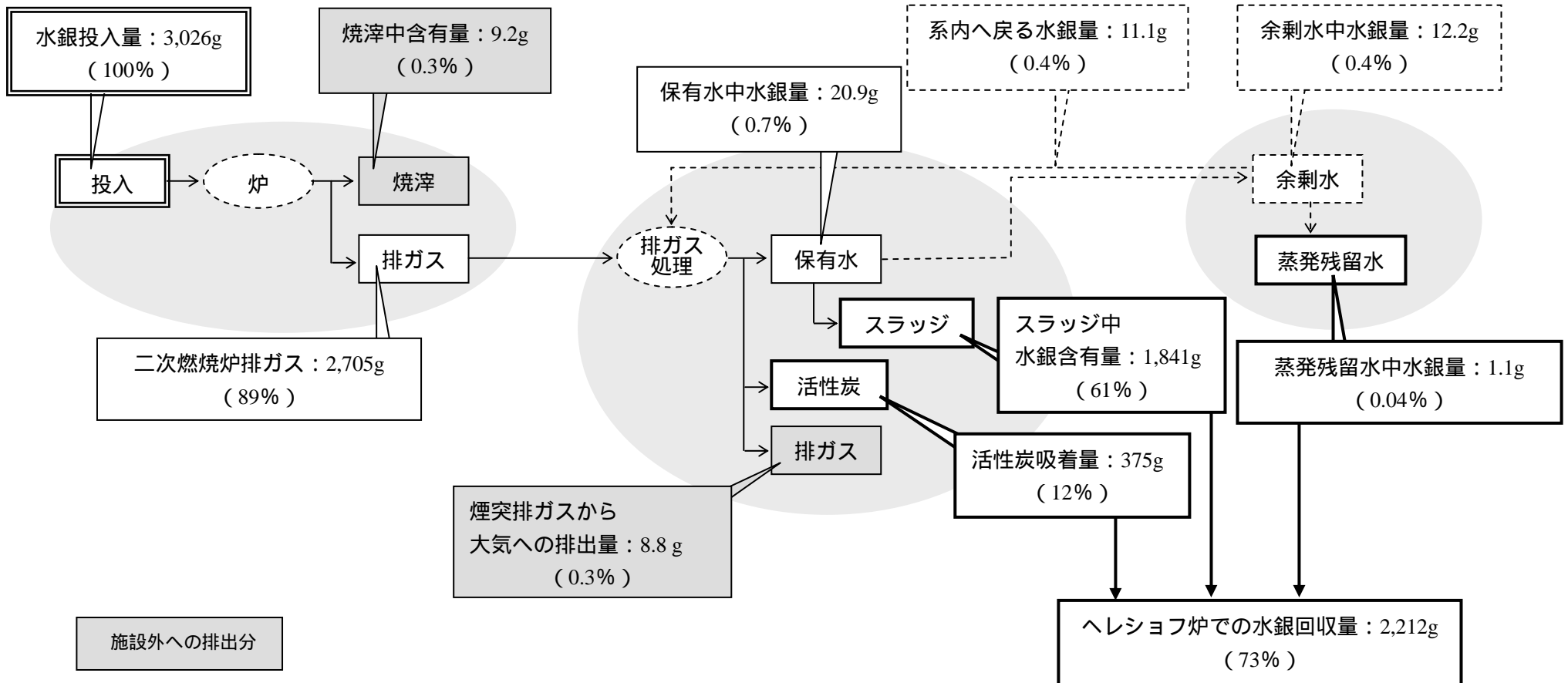


図 3-10 実証試験期間中の水銀の挙動

第4章 蛍光 X 線分析装置を用いた水銀・砒素簡易分析の実施検証の結果について

4.1 目的

POPs 廃農薬の埋設場所のうち、いくつかのサイトでは水銀剤や水銀（砒素）を含む POPs 等農薬と一緒に埋設されたことが報告されている。我が国では、水銀や砒素を高濃度で含む廃棄物を処理できる施設が限られていることから、POPs 等農薬の掘削・回収時にこれら成分の濃度を把握し、濃度に合わせて適切な処理先を決定する必要がある。

そこで、平成 17 年度に簡易分析手法として選定した蛍光 X 線分析法を対象として定量下限値付近の分析精度を確認し、埋設農薬掘削現場における水銀・砒素の簡易分析の活用のための検討を行った。

4.2 実験方法

日時	10月16日（月）～17日（火）
場所	農薬メーカー A 工場の敷地内にある埋設農薬の掘削現場
使用機器	エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 平成 17 年度実証試験時と同じ



表 4-1 実施検証に使用した蛍光 X 線分析装置の仕様

測定原理	エネルギー分散型蛍光 X 線分析法	
測定対象	電子材料、プラスチック、土壌	
測定元素	^{20}Ca ~ ^{92}U	
試料形状	最大 80mm ~ 80mmH	
試料室雰囲気	大気	
X 線定格出力	48kV、1mA	
検出器	電子冷却式シリコンドリフトディテクタ	
計数回路	デジタル処理方式	
使用条件	温度	5 ~ 27
	湿度	20 ~ 75%
	電源 (電源口)	AC 100V、5A (50 / 60Hz) バッテリー、発電機、商用電源は使用可能。 2 口必要 (分析機器と PC 用)
	接地	D 種接地
寸法	580 (W) × 490 (D) × 390 (H) mm	
質量	約 44kg	
コンピュータ (オプション)	<ul style="list-style-type: none"> ・データ整理、データ印字に使用。 ・PC/AT 互換機 (Windows XP) ・インクジェット式カラープリンタ 	

分析対象成分	水銀 (Hg)、砒素 (As)
対象試料	掘削・回収した埋設農薬 (特に低濃度のもの) その他夾雑物 (コンクリートガラ)

実施検証の概要

表 4-2 実施検証の概要

	平成 17 年度調査	平成 18 年度調査
試料調整方法 (簡易分析)	基本的に、ラベルを見て分別できた埋設農薬を、それぞれ分析用セルに採取。	滞留水により泥状になった埋設農薬を、10～15 倍程度の土壌で希釈したものを分析用セルに採取。
(公定法)	基本的に、ラベルを見て分別できた埋設農薬(簡易分析用と同じ袋)から、公定法用に採取。	分析用セル内の試料、および、セルに入れる直前の試料(乳鉢で攪拌したもの)を公定法分析用に採取。
試料の性状	・粘土状 	・湿った土状 
測定回数	2 回 / 1 試料	1 回 / 1 試料
測定時間	300s / 1 試料	300s / 1 試料
検量線	1%付近にあわせた	20ppm 以下の濃度範囲にあわせた

【試料の調整方法】

埋設農薬の採取

【コンガラ】

- 1) 埋設ピットで滞留水中に沈んでいたコンクリートの破片(10cm 程度)を複数採取
それぞれジップロックに入れて、コンガラ、コンガラ、コンガラ とした。

【埋設農薬】

- 1) 埋設農薬を埋設ピットからバックホーで回収してドラム缶に移したあと、ドラム缶の中から埋設農薬をスコップですくい、ジップロックに採取。
- 2) または、ドラム缶に入れる際にバックホーからこぼれ落ちてしまった埋設農薬をスコップですくってジップロックに採取。
- 3) 1本のドラム缶から3サンプル程度採取した。

① - 1、1 - ② などと番号付け

ドラム缶

2 個目という意味

分析用セルの調整

採取した埋設農薬は水銀、砒素濃度が高く、そのままでは今回の試験目的にあったデータが得られないため、土壌で希釈して試験に用いることとした。作業手順は以下の通り。

<p>【コンガラ】</p> <p>1)ハンマーで0.1~1cm程度の大きさになるまで粉碎。</p> <p>2)砕いたものを乳鉢に入れて、さらに細かくすり潰す。</p>	
<p>3)砂状になったものを分析セルに入れる。乳鉢の中に余ったものは、ジップロックの中に戻す。</p>	
<p>【埋設農薬】 -</p> <p>1)中身ができるだけ均一になるように、埋設農薬をジップロックの上からよく揉み込む。</p> <p>2)サンプル番号1-1~7-3まではジップロックの中身をそのまま薬さじで分析セルに入れ、蛍光X線分析にかけた(分析後、セルはジップロックの中に戻した)</p>	
<p>【埋設農薬】 -</p> <p>3)サンプル番号8-1以降のものは、埋設農薬を土壌で希釈して蛍光X線分析にかけた。サンプル番号8-2以降の埋設農薬の中から、柔らかく土壌とよく混ざりそうな性状のものを選定して使用した。</p>	
<p>4)土壌は、A工場敷地内から採取した。 ドラム缶置き場の後ろ側の、砂利等が積んである付近から採取した。埋設ピットから20m程度離れているところ。</p>	
<p>5)ビニール袋に、埋設農薬を少量(薬さじ一杯程度)入れる。その中に土壌を少しずつ振り混ぜてよく混合。最終的に、埋設農薬の10倍~15倍程度の土壌を投入した。</p>	
<p>6)上記5)の試料を乳鉢に数10g程度移して試料が均一になるようにさらに混合。できあがったものを分析に用いた。 混合に用いた薬さじや乳鉢は、試料を入れ替えるごとに、アルコールでよくふき取ってから使用した。</p>	

4.3 結果

平成 17 年度、18 年度の調査で得られた測定結果を以下に示す。

表 4-3 水銀の測定結果一覧

分析方法 サンプル番号	水銀の測定値 (mg/kg)		
	蛍光 X 線分析法	底質調査方法 .5	環境庁告示第 59 号 付表 1
		全含有量	有効含有量
S2()	N.D.	2.5	0.8
S4()	N.D.	1.6	0.73
S12()	N.D.	0.76	0.17
S6()	N.D.	3.6	0.46
13-1	5.6	2.6	1.4
土	6.7	0.06	0.03
13-2	6.9	1.7	1.2
12-1	7.1	8.2	3.6
9-1	8.2	1.1	0.60
11-3	10.6	7.6	4.8
8-2	11.4	5.0	5.6
12-2	14.2	4.1	0.87
C-2	15.2	4.6	1.2
10-1	15.2	4.4	1.6
S10()	24	25	4.5
C-1	35.6	15	3.0
11-2	38.8	21	12
8-3	46.1	35	11
10-4	48.1	33	15
S11()	67	45	29
C-3	101.1	44	7.3
S5()	131	110	32
S13()	486	190	81
S7()	1,953	2,000	1,100
S8()	2,518	1,900	110
S3()	2,521	3,100	1,000
S9()	7,560	11,000	450
S1()	22,819	11,000	220

() : 平成 17 年度のデータ。蛍光 X 線分析結果は、1 サンプルにつき 2 回測定した平均値

表 4-4 砒素の測定結果一覧

分析 方法	砒素の測定値 (mg/kg)		
	蛍光 X 線分析法	底質調査方法 .13	JIS K 0102 61.2
サンプル 番号	全含有量		有効含有量
13-2	0.9	3.5	2.1
12-1	2.8	3.4	2.2
土	3.2	3.1	1.9
12-3	6.3	7.9	5.9
11-3	6.5	4.9	4.0
13-1	7.1	5.3	2.1
10-4	8.1	4.2	4.1
11-2	8.5	6.8	4.5
9-1	8.7	4.7	3.3
C-1	9.6	10	8.7
10-1	13.4	5.1	2.5
C-2	14.4	6.9	7.1
8-2	22.7	12	16
C-3	35.6	19	20
8-3	36	17	17
2-2	134.6	61	83
7-2	241.8	130	140
2-1	289.3	74	68
7-3	296.7	100	200

() : 平成 17 年度は砒素の分析を行っていない。

次に、蛍光 X 線分析法と公定法の分析結果を比較する。蛍光 X 線分析ではあらゆる形態の水銀・砒素を評価する。そのため、分析結果の比較には底質調査法の分析結果（全含有量）を用いることとする。（有効含有量は酸などで溶解しやすい形態の水銀・砒素のみを分析するため、化合物の形態によって蛍光 X 線分析の方が高く評価される可能性がある。）

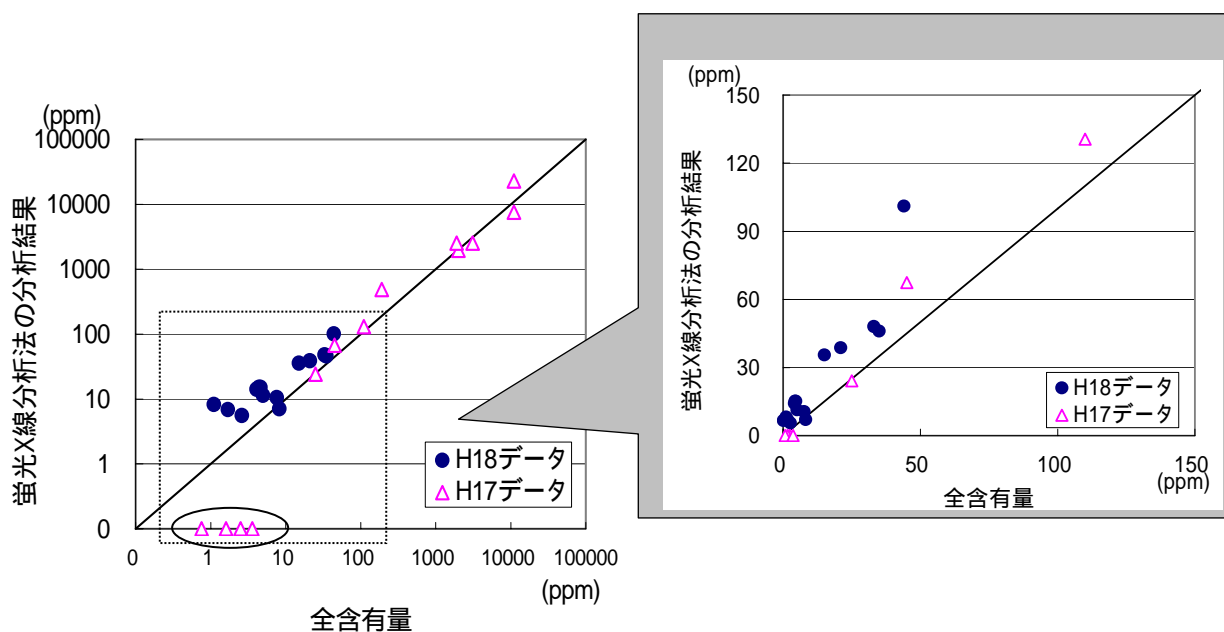
水銀

【相関関係】

- ・全含有量と蛍光 X 線分析法の水銀分析結果を両対数グラフにプロットする(図 4-1)。
- ・平成 17 年度調査でデータが不足していた 20ppm 以下の濃度範囲についてはデータを補足することができた。
- ・両対数グラフで見ると、1 対 1 の相関関係に近いデータが得られている。

【低濃度付近の相関】

- ・比較的 low 濃度付近のデータについて、水銀の含有量基準値の 10 倍の 150ppm の濃度範囲を目安にグラフを作成した。
- ・全含有量に比べて蛍光 X 線分析法の方が高い値が出る傾向があるが、全含有量よりも低い値が出たサンプルも複数あり、値にはばらつきがみられる。
- ・平成 17 年度調査では、5ppm 以下の濃度範囲は蛍光 X 線では N.D. になるという結果だったが、平成 18 年度調査では蛍光 X 線分析でも水銀を感知することができた。この理由としては、平成 18 年度調査で 1 サンプルにつき 1 回の測定であること、および、試料の性状が異なること（粒径と水分量）による測定値のばらつきの影響や、検量線の適切な設定による分析感度の改善、などの理由が考えられる。
- ・なお、水銀の土壌含有量基準は 15mg/kg、溶出量基準は 0.0005mg/L である。



：蛍光 X 線分析で N.D.（公定法で 0.8～3.6ppm）だったデータ。

図 4-1 公定法（全含有量）と蛍光 X 線分析法による水銀濃度の比較

150mg/kg の濃度範囲のデータについて、平成 17 年度と平成 18 年度のデータをそれぞれ分けて相関関係をとると、図 4-2 のとおりになる。

平成 18 年度のデータは、平成 17 年度のデータと比較すると相関係数が小さく、傾きにも差がある。この理由としては、平成 18 年度の実施検証においては、試料の調整作業が必要であったり、1 試料あたり 1 回の測定に限られてしまったりしたことが、複合的に影響していると考えられる。しかしながら、個々の因子が、値のばらつきにどの程度影響しているかを個別に考察することは難しい。

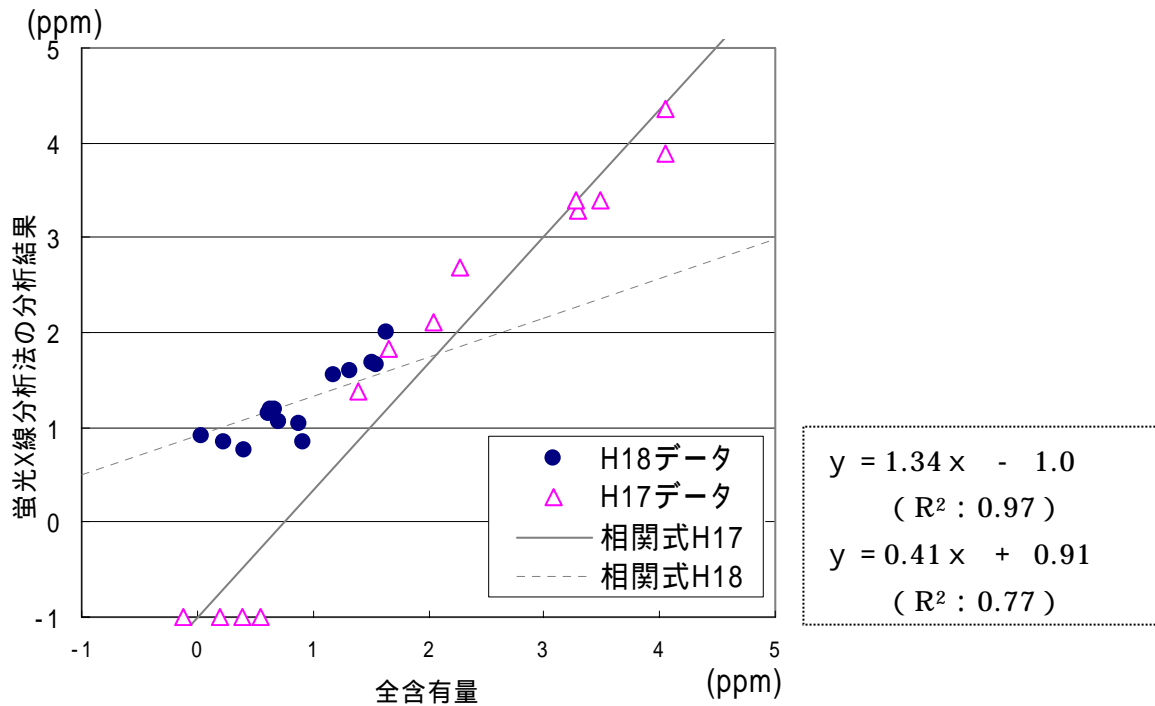


図 4-2 平成 17 年度データと平成 18 年度データの相関関係の比較 (水銀)

砒素

【相関関係】

- ・全含有量と蛍光 X 線分析法の水銀分析結果を実数グラフにプロットする(図 4-3)。
- ・今回使った試料では、蛍光 X 線の分析結果のほうが全含有量よりも大きな値になる傾向があった。
- ・原点 0 を通る近似式を求めると、『 $y = 2.5x$ $R^2 : 0.88$ 』と算出された。

【低濃度付近の濃度について】

- ・データ数が多い 40ppm 以下の濃度範囲に着目して低濃度付近のグラフを作成すると、吹き出しのようになる。
- ・40ppm 以下のデータだけの近似式は『 $y = 2.1x - 3.56$ 』と求められた。このように切片がマイナスになる場合、ごく低濃度の範囲では砒素が含まれていることを蛍光 X 線分析で感知できない可能性がある。
- ・ただし、砒素の土壌含有量基準は 150mg/kg、溶出量基準は 0.3mg/L である。

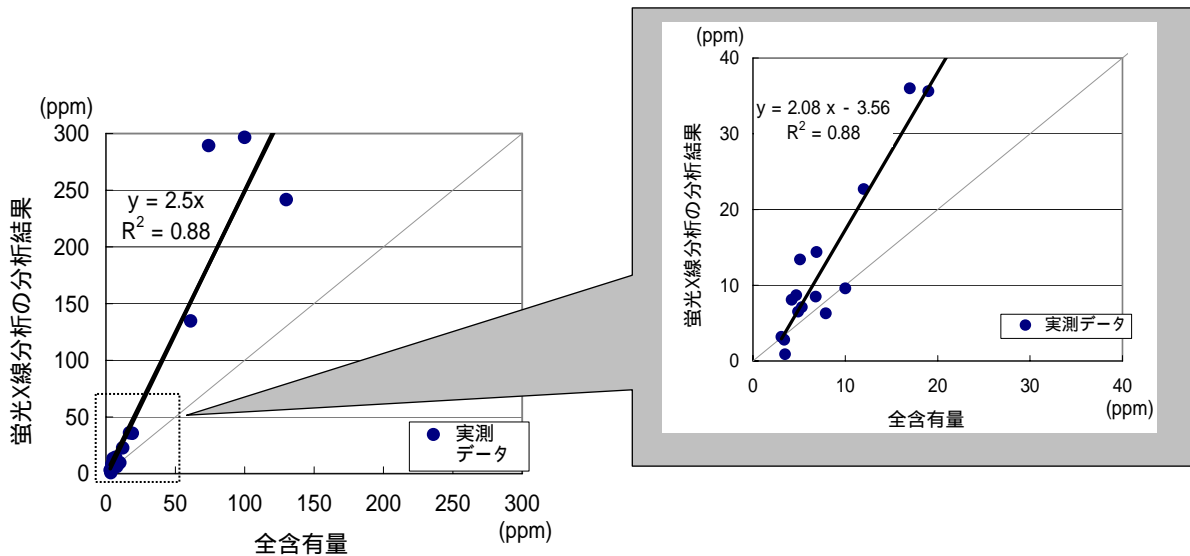


図 4-3 公定法（全含有量）と蛍光 X 線分析法による砒素濃度の比較

4.4 蛍光 X 線分析の精度について

蛍光 X 線の分析結果と、全含有量にどの程度の誤差があるのかを図 4-4 に示した。図 4-4 は横軸に“全含有量（底質調査法の分析結果）”、縦軸に“比（蛍光 X 線分析結果は全含有量の何倍）”をとってグラフに示したものである。

低濃度になるほど蛍光 X 線の分析結果と全含有量とのずれが大きくなるという傾向が得られた。特に、20ppm 以下の濃度のサンプルについては全含有量と 4 倍かそれ以上の差が生じる可能性があると考えられた。また、水銀濃度が 1 % と濃いサンプルであっても全含有量と 2 倍程度の差が生じる可能性がある。

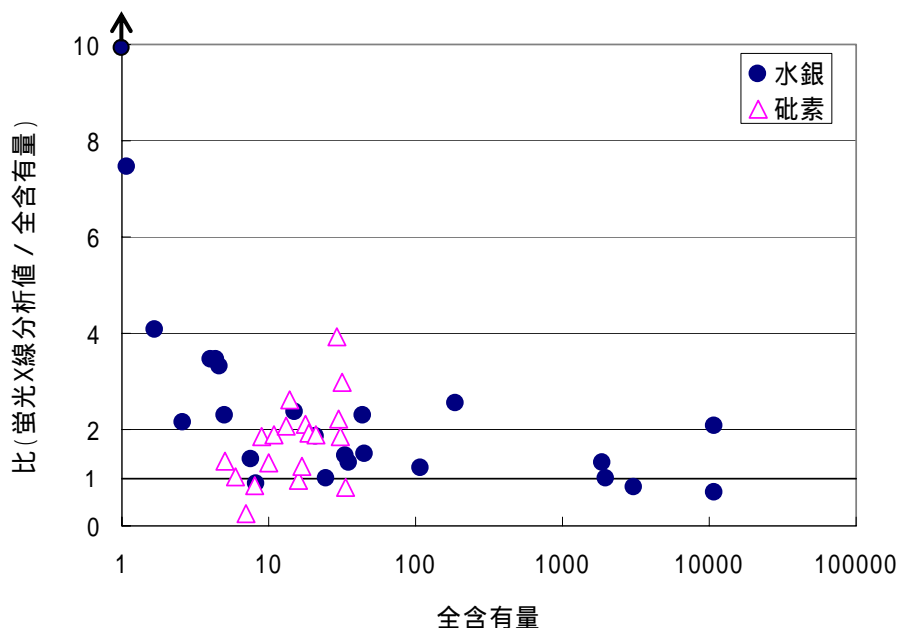
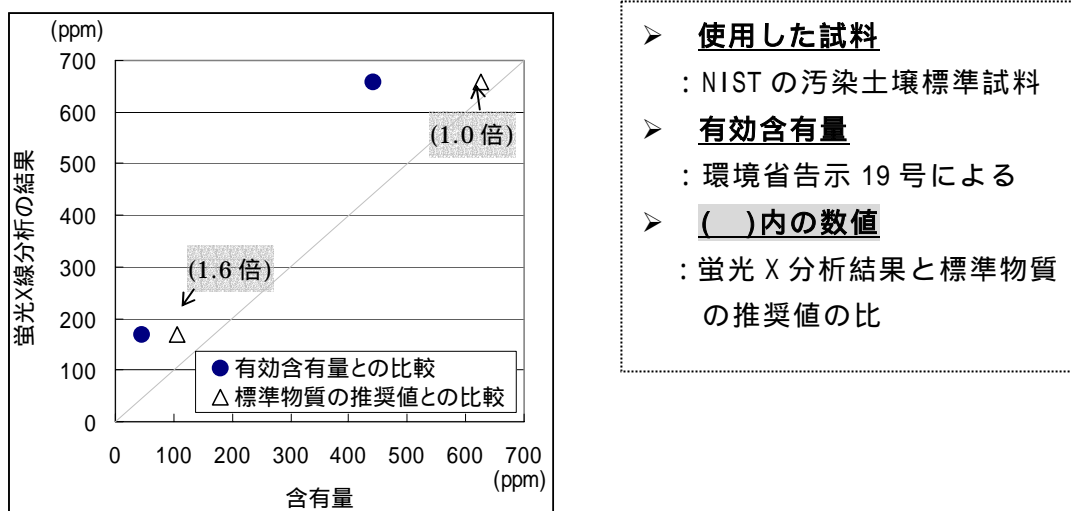


図 4-4 蛍光 X 線の分析結果と全含有量の誤差

参考として、以下に蛍光 X 線分析と公定法分析に関する文献報告を紹介する。



- **使用した試料**
: NIST の汚染土壌標準試料
- **有効含有量**
: 環境省告示 19号による
- **()内の数値**
: 蛍光 X 分析結果と標準物質の推奨値の比

出典：エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置(EDXRF)による土壌中の砒素・鉛含有量評価、丸茂克美他

図 4-5 砒素の、蛍光 X 線分析結果と含有量データの比較（文献報告）

図 4-5 では、標準物質を使って、標準物質の推奨値（全含有量）と蛍光 X 線分析の測定値を比較している。また、環境省告示 19号で得られた“有効含有量”と蛍光 X 線分析の結果についても比較している。

標準物質を使った測定でも、100ppm 程度の試料について蛍光 X 線分析値は推奨値よりも 1.6 倍大きい測定結果となっている。さらに、環境試料を対象とする場合は水分量や試料の粒度が不揃いであるため、蛍光 X 線の分析精度への影響が懸念される。

4.5 まとめ

平成 17 年度、18 年度の実施検証により得られた結果から、蛍光 X 線分析の精度については以下のように整理できる。

- 1) 蛍光 X 線分析で水銀や砒素を測定すると、“全含有量（底質調査法の測定結果）”と同じオーダーの分析結果が得られる。
- 2) しかし、物質の濃度にかかわらず、蛍光 X 線の分析結果と全含有量には $\pm 1 \sim 2$ 倍かそれ以上の差があり、低濃度になるほど差が大きくなる傾向がある。

埋設農薬の掘削現場で蛍光 X 線分析を用いた水銀・砒素の簡易分析を活用する場合には、分析結果が上記のような精度の値であることを念頭に置いたうえで、それぞれの目的に合わせて使う必要があると考えられる。

（参考）各測定法の原理（概要）と特徴

今回、精度を検討した蛍光 X 線分析、及び底質調査法と環境省告示 19 号に示す方法の分析方法は次に示すとおりである。

分析方法ごとに、分析できる対象物がそれぞれ異なっており、これが測定結果の差に影響していると考えられる。

表 4-5 各測定法の原理（概要）と特徴

	蛍光 X 線分析法	底質調査法 (全含有量)	環境省告示 19 号 (有効含有量)
分析方法 (概要)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 試料に X 線を照射 ・ 原子特有のエネルギーが蛍光 X 線として放出される ・ 蛍光 X 線の波長と強度から、物質の種類と濃度を測定する 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土壌試料を硝酸・硫酸・過マンガンカリウム溶液で反応 ・ 反応した対象成分を検液中に移動 ・ 検液中の成分を原子吸光分析法で分析 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土壌試料を 1mol/L の塩酸等で反応 ・ 反応した対象成分を検液中に移動 ・ 検液中の成分を原子吸光分析法で分析
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・ 物質の形態によらず、対象成分(原子)の全量を測定する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 強酸で溶出させるため、様々な形態のものを分析することができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1mol 塩酸で溶け出す形態のものだけを分析する。

第5章 まとめ

POPs 廃農薬等無害化処理技術の検証事業では、これまでに、以下の成果が得られている。

◇平成 13 年～15 年度

- ・①直接溶融ロータリーキルン方式、②外熱式乾留路＋二次燃焼炉方式、③ロータリーキルン方式廃棄物焼却炉の 3 方式を対象に、POPs 等農薬の無害化処理試験を実施した。いずれの方式でも POPs 等成分を 99.999%以上分解できることを確認するとともに、99.999%以上の分解率を確保するための処理方式毎の課題や燃焼温度条件等について整理した。

◇平成 16 年度

- ・実処理にあたっては、粉剤だけでなく瓶剤あるいは POPs 等成分に汚染されたコンクリートガラや汚染水も処理の対象になることから、ロータリーキルン方式廃棄物焼却炉で混焼試験を行い、いずれの対象物も無害化処理が可能であることを確認した。

◇平成 17 年度

- ・処理対象の POPs 等農薬中に水銀剤・砒素剤等が混入する事例があるため、埋設農薬の掘削現場で水銀剤の有無や含有量を確認するための簡易分析の利用可能性について検討した。簡易分析技術としては、掘削現場での作業効率等を勘案して蛍光 X 線分析装置と検知管を選定し、水銀の分析する場合の分析精度について実地検証を行った。実施検証の結果、検知管は、掘削現場における埋設農薬中の水銀・砒素の分析には適さないことを確認した。また、蛍光 X 線分析装置は掘削現場での使用が可能と考えられたが、特に低濃度の範囲の精度について更なる検証が必要であるという結論を得た。
- ・水銀を含む廃棄物（乾電池、土壌等）の処理を行う産業廃棄物処理施設において含水銀 POPs 等農薬の無害化処理試験を行い、POPs・水銀の適正処理に向けた課題を明らかにした。

平成 18 年度は、平成 17 年度の結果を踏まえて引き続き検討し、以下の成果を得た。

- ◆蛍光 X 線分析で埋設農薬中の水銀・砒素を分析すると、公定法で得られる値（全含有量）と“同じオーダー”の分析結果は得られるが、 $\pm 1\sim 2$ 倍程度の差が生じるとともに、低濃度になるほどその差が大きくなる傾向があることを確認した。このことから、蛍光 X 線分析を用いた簡易分析は、蛍光 X 線分析の結果と公定法分析結果との間には差が生じることを念頭に置いた上で、各自の目的・用途に合わせて使用するのがよいと考えられた。
- ◆水銀を含む産業廃棄物処理施設において、新たに熱交換器の増設および活性炭容量を増量することでダイオキシン類の排出抑制効果を高めることができた。また、当該施設において POPs 等農薬の無害化処理と水銀の回収が適切に実施できることを確認した。

參考資料 1
各種指針值

参考資料 表 1 - 1 農薬等に関する環境管理指針値一覧

農薬名等(別名)	ADI(一日摂取許容量) mg/kg 体重		分析法	大気中濃度 指針値 注2	環境水中濃 度指針値 注3	土壌濃度指針 値(溶出量) 注4	処理指針値 (溶出量) 注5	土壌濃度指 針値(含有 量) 注6	備考
	日本 注1	その他		mg/m ³	mg/L	mg/L	mg/L	mg/kg	
POPs 農薬等									
BHC	0.0125	1975	PTDI(JMPR) 注7	0.0017	0.0013	0.0013	0.013	50	各指針値は異性体との 含量としての値
DDT	0.005	1975	PTDI(JMPR)	0.0035	0.026	0.026	0.26	50	各指針値は代謝物との 含量としての値
アルドリ ン	0.0001	1973	PTDI(JMPR)	0.000035	0.00026	0.00026	0.0026	4.1	ディルドリンとの 含量
エンドリ ン	0.0002	1973	PTDI(JMPR)	0.000071	0.00053	0.00053	0.0053	8.3	
ディルド リン	0.0001	1973	PTDI(JMPR)	0.000035	0.00026	0.00026	0.0026	4.1	アルドリ ンとの 含量
クロル デン			PTDI(JMPR)	0.00017	0.0013	0.0013	0.013	20	各指針値は trans-ク ロル デン、cis-ク ロル デン、 trans-ノ ナク ロル、 cis-ノ ナク ロル、 オキ シク ロル デン の 含 量 と し て の 値
ヘプ タク ロ ル			PTDI(JMPR)	0.000035	0.00026	0.00026	0.0026	4.1	各指針値は代謝物との 含量としての値
環境基準設定物質									
水銀及びその化合物				0.00004 注9	0.0005 注10	0.0005 注11	0.005	15 注12	
チ ラ ム (チ ウ ラ ム)	0.0084	1999	ADI(JMPR)	0.0029	0.006 注10	0.006 注11	0.06		
砒素及びその化合物			PTWI(JECFA)	0.00076	0.01 注10	0.01 注11	0.1	150 注12	
有機リン(パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン、EPN)					検出されな いこと (旧水環 境 基 準) 注13	検出されな いこと (土壌環 境基 準) 注14	1 (排水基 準) 注15		
パラチオン	0.005		ADI(JMPR)	0.0014					
メチル パラチ オン	0.015		ADI(JMPR)	0.0010					
メチル ジメ トン			ADI(JMPR)	0.00010					
EPN 注16	0.0014	2003		0.00049					

(説明)

JMPR = FAO/WHO 合同残留農薬専門家会議
JECFA = FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議
PTDI = 暫定耐容 1 日摂取量
PTWI = 暫定的耐容週間摂取量

A は「農薬等の環境残留実態調査分析法」に分析法が定められている物質
B は水質汚濁に係る環境基準について(昭 46 環告 59) 付表 1 又は 4 に分析法が定められている物質
C は JIS K 0102「工場排水試験方法」に分析法が定められている物質
D は排水基準に係る検定方法(昭 49 環告 64) 付表に分析法が定められている物質

・指針値算定の考え方 (ADI 等は最新の値を採用。有効数字 2 桁とし、端数は切り捨てとした。)

注 1 : 中央環境審議会・食品衛生調査会・食品安全委員会・残留農薬安全性評価委員会で設定された値。

注 2 : 大気中濃度指針値

大気中濃度指針値=ADI×体重(53.3kg)×大気への経路配分(0.1)÷一日呼吸量(15m³)

注 3 : 環境水中濃度指針値

環境水中濃度指針値=ADI×体重(53.3kg)×水への経路配分(0.1)÷一日水取水量(2L)

注 4 : 本マニュアルでは、土壌濃度指針値(溶出量)は、別途既存の規定がない限り、環境水中濃度指針値を採用することとしている。

注 5 : 土壌汚染対策法に基づく特定有害物質の埋立処分に関する判定基準(第二溶出基準)(土壌汚染対策法施行規則第 24 条及び同規則別表 4)は、土壌溶出基準(土壌汚染対策法施行規則第 18 条及び同規則別表 2)の 10~30 倍に設定されている。これを参考にして本マニュアルの処理指針値は、土壌濃度指針値(溶出量)の 10 倍とすることとした。

注 6 : 土壌濃度指針値(含有量)の設定方法

土壌濃度指針値(含有量) = ADI×体重(53.3kg)×土壌への経路配分(0.1)÷土壌濃度指針値(含有量)
= ADI×体重(53.3kg)×土壌への経路配分(0.1)÷ {生涯平均一日土壌摂取量(108.6mg)
+ 生涯平均一日土壌皮膚接触量(463.8mg)×吸収率(0.04)}

ここでは以下のように設定している。

- ・生涯平均一日土壌摂取量 = (一日土壌摂取量(子供)(200mg/日)×6(年) + 一日土壌摂取量(大人)(100mg/日)×64(年))÷生涯年数(70年)
- ・生涯平均一日土壌皮膚接触量 = {皮膚面積当り一日土壌接触量(0.5mg/m²/日)×皮膚面積(子供)(2800cm²)×晴天率(0.6)
×屋外で土に触れる率(子供毎日)(7/7)×6(年) + 皮膚面積当り一日土壌接触量(0.5mg/m²/日)
×皮膚面積(大人)(5000cm²)×晴天率(0.6)×屋外で土に触れる率(大人週末)(2/7)×64(年)}÷生涯年数(70年)
- ・吸収率 : POPs 農薬の吸収率が出ているものの内、最大の値を用いた。(出典 : U.S. EPA, RAGS, Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment, Interim Guidance, 2001.)
- ・有害物質の摂取量の算定方法は「土壌の摂取等による有害物質の摂取量の算定方法」(平成 13 年 土壌の含有量リスク評価検討会報告書)を準用した。

注7：JMPRの作成したPTDIは-BHC（リンデン）であるが、本マニュアルではこの値を用いることとした。

注8：バーゼル条約のPOPs廃棄物の環境上適正な管理に関する一般的技術ガイドラインにおいて、処理についての優先順位の低い”Low POPs Content”の区分を置き、その基準を50ppm以下としている。これを参考にBHC,DDTは、注6の計算式で算出される値より低い値の50ppmとした。

注9：今後の有害大気汚染物質対策のあり方について（第7次答申）（平15.7.31中央環境審議会）の別添2の水銀の値。

注10：水質汚濁に係る環境基準について（昭46環告59）付表1「人の健康の保護に関する環境基準」の値（その表中では水銀及びその化合物は総水銀、砒素及びその化合物は砒素の値）。

注11：土壌の汚染に係る環境基準について（平3環告46）別表の値（その表中では水銀及びその化合物は総水銀、砒素及びその化合物は砒素の値）。

注12：土壌汚染対策法施行規則（平14環令29）第18条第2項別表3の値。

注13：旧水質汚濁に係る環境基準：有機リン（パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン、EPN）は検出されないこと（平成5年削除）。

「検出されないこと」とは、4種の有機リン系農薬の合計が「排水基準を定める省令（昭49環告64）の規定に基づき環境大臣が定める検定方法」（昭49環告64）により排出水の汚染状態を検定した場合において、その結果が表中C,Dの検定方法の定量限界を下回ることとされており、分析法D「排水基準を定める省令の規制に基づく環境大臣が定める排水基準に係る検定方法（昭49環告64）」においては、有機リンの定量限界の値を0.1mg/lとしている。

注14：土壌の汚染に係る環境基準について（平3環告46）別表の値。

「検出されないこと」とは、4種の有機リン系農薬の合計が「排水基準を定める省令（昭49環告64）の規定に基づき環境大臣が定める検定方法」（昭49環告64）により排出水の汚染状態を検定した場合において、その結果が表中C,Dの検定方法の定量限界を下回ることとされており、分析法D「排水基準を定める省令の規制に基づく環境大臣が定める排水基準に係る検定方法（昭49環告64）」においては、有機リンの定量限界の値を0.1mg/lとしている。

注15：排水基準を定める省令（昭46総令35）第1条別表1の値。

注16：EPNの環境水中濃度指針値は、平成16年3月31日に定められた水質汚濁に係る指針値では0.006mg/l（環境省水環境部長通知「水質汚濁に係る人の健康の保護に関する環境基準等の施行等について」）となっており、それを10倍した処理濃度指針値は0.06mg/lとなる。しかし、有機リン系農薬の基準としては4種の合計として定められている（注13参照）ため、表中の表記とした。なお、平成19年10月26日の厚生科学審議会生活環境水道部会では、EPNの水質基準を0.006mg/lから0.004mg/lに変更する方向で検討しているところである。

以上

参考資料 2

POPs+水銀農薬無害化処理試験 実証試験請負企業の自主試験結果

水銀廃棄物焙焼施設による POPs+水銀農薬無害化処理自主試験結果

(平成 18 年度実証試験に追加して実施)

1 はじめに

平成 18 年度は、前年度の結果を踏まえ、焙焼施設の排ガス処理系統に改善を加えた上で、前年度と同じ焙焼条件で処理試験を実施した。さらに、適正な水銀含有 POPs 処理条件の模索と化石燃料の削減・環境負荷の逡減を目指し、本試験に続いて焙焼温度および二次燃焼炉の燃焼温度をそれぞれ 100 度低下させた処理試験を、自主試験として実施した。

2 試験方法

ロータリーキルン方式水銀廃棄物焙焼炉を用いて POPs+水銀農薬と汚染土壌の混合焙焼試験を実施し、以下の項目の調査を行った。試験は H 社・北海道工場の埋設場から採取した POPs+水銀農薬をポリ瓶に充填密閉し、汚染土壌の焙焼時に並行投入した。汚染土壌は原料ホッパから供給し、POPs+水銀農薬は炉頂にあるコンスタントフィーダから、所定時間ごとに人手によりロータリーキルンへ供給した。採取農薬には予想どおり水銀農薬が含まれており、物質収支を取れる品位であったため、特別に水銀化合物の添加は行わなかった。

2.1 調査項目

2.1.1 POPs 農薬等の分解性能

水銀廃棄物等の焙焼処理を行っている焙焼施設で、汚染土壌との混合焙焼時の POPs 農薬等の分解率を調査する。なお、農薬系 POPs の分解率は、H 社の埋設場から採取した農薬混合物の濃度とその供給量、焙焼施設から排出される排ガス、焙焼滓、工程液の濃度と排出量から算出する。

2.1.2 POPs+水銀農薬処理時の環境負荷

POPs 農薬等処理時に処理施設から排出物に含まれる POPs+水銀農薬の環境負荷を調査する。対象となる排出物は、排ガス、焙焼滓および工程液の 3 媒体とし、濃度を指針値と比較し評価する。また、濃度と排出量についてはブランク時の比較も合わせて行う。なお、工程液は最終的に蒸発処理するクローズドシステムを採用しているため、工程液の環境負荷は参考値である。

2.1.3 水銀収支

投入物の水銀濃度および量、排ガス、焙焼滓、工程液の濃度および量から、処理施設における水銀収支を解析する。

2.1.4 関連する調査

HCB などの非意図的生成 POPs やダイオキシン類（以下、DXN 類と記す）の検証も合わせて行う。また、POPs 成分以外についても濃度等を規制値と比較し評価する。

2.2 試験施設

試験に使用したN社・北海道事業所の産業廃棄物焼却施設を本試験に続いて使用した。

2.3 試験条件および測定

2.3.1 試験概要

試験は、平成18年11月7日21:00からのブランク試験、11月8日21:00から11月10日21:00までのPOPs+水銀農薬を供給した本試験に続き実施した。本試験後、1時間かけて炉温を低下させ、11月10日22:00から24時間実施した。自主試験はRun3とした。焼却炉の運転条件は、焼却温度を800以上、二次炉の温度を900以上とした。試験のスケジュールを図2-1示す。

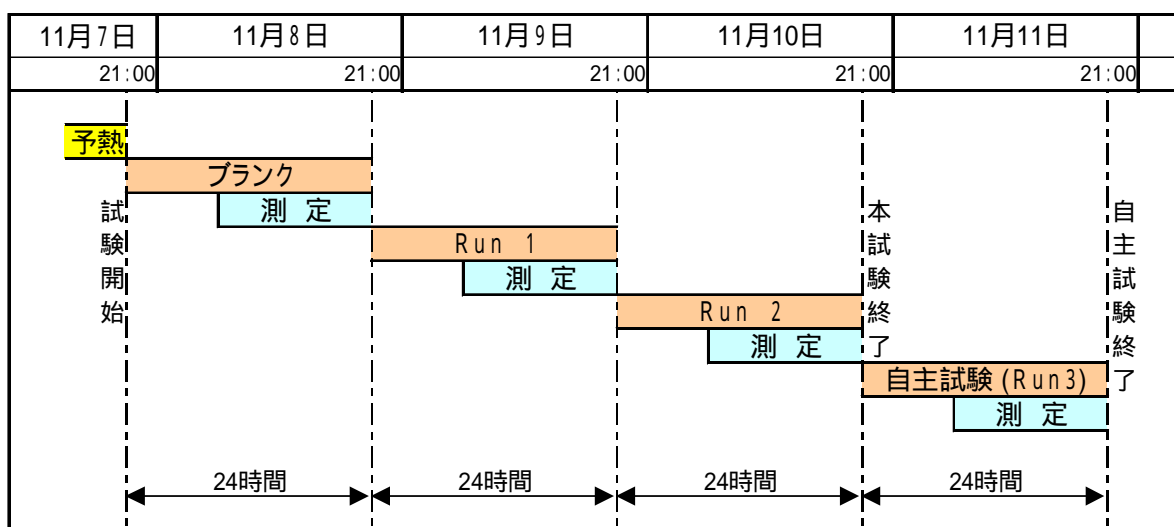


図 2-1 試験スケジュール

2.3.2 POPs 農薬および水銀農薬の調製

POPs+水銀農薬は、H社の埋設場でコンクリート槽内に保管されていたものを掘削した4,762kgのうち1,593kgを自主試験の試料として使用した。農薬の調製および小分け充填作業は、本試験報告書に記載したとおりである。

2.3.3 焼却炉の運転条件

(1) 焼却温度

自主試験時の焼却温度を表2-1に示す。管理温度は、焼却温度を800、二次炉温度を900以上に設定し、ほぼその範囲内に管理されていた。試験時の温度変化および排ガス中のCO濃度変化を図2-2および図2-3に示す。

表 2-1 自主試験中の焙焼施設温度

測 定 位 置		Run 3 ()
焙 焼 炉	最 高	861
	最 低	794
	平 均	826
二 次 炉	最 高	911
	最 低	882
	平 均	899

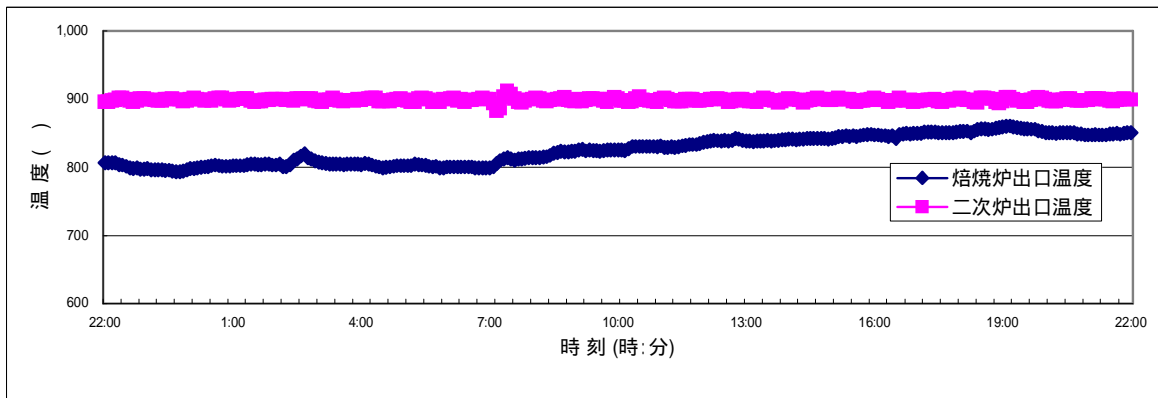


図 2-2 自主試験における焙焼炉および二次炉の温度推移

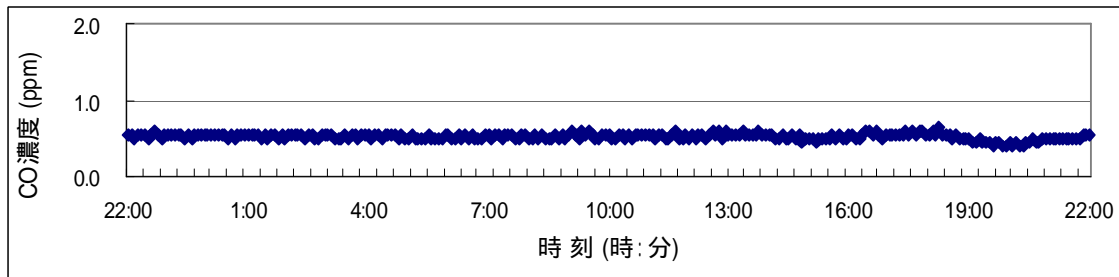


図 2-3 自主試験における排ガス中 CO 濃度推移

(2) 供給及び排出物数量

自主試験で POPs+水銀農薬と同時に供給し混燃した汚染土壌及び燃料の量、及び焼却炉施設から排出される排ガス、燃え殻の量を 24 時間ベースで整理したものを表 2-2 に示す。なお、燃料として使用した A 重油については、POPs 成分は無視できるものとした。

表 2-2 試験時の供給量と排出量(24 時間あたり)

	項 目	単 位	R u n 3	
			勇姿数量	乾燥重量
供 給	汚 染 土 壤	kg	15,409	14,947
	農 薬	kg	1,593	1,056
	農薬投入容器	kg	89	89
	A 重 油	kg	6,923	6,923
供 給 計		kg	24,014	23,015
排 出	排 ガ ス	m ³ N	-	174,960
	焙 焼 滓	kg	14,011	14,011
	蒸発処理水	L	9,200	-
	蒸発残留水	L	950	-

ポリ瓶投入：519 本

2.3.4 測定および分析

試験時の試料採取および分析は、本試験と同じ方法で実施した。

3 投入物の性状

試験に使用した農薬および汚染土壌は、本試験と同じものを使用した。

4 試験時の各成分の挙動

4.1 投入物

4.1.1 投入物中の POPs 成分

試験時の POPs 成分の投入量を、農薬については表 4-1 に、汚染土壌については表 4-2 に示した。

表 4-1 投入農薬中の POPs 成分重量

項 目	異性体	平均濃度 (g/kg-Dry)	Run 3
			重 量 (g)
BHC	- BHC	78.8	83,212.8
	- BHC	5.1	5,385.6
	- BHC	20.2	21,331.2
	- BHC	7.5	7,920.0
	計	111.6	117,849.6
DDT	o,p'-DDE	-	-
	p,p'-DDE	0.1	105.6
	o,p'-DDD	-	-
	p,p'-DDD	2.3	2,428.8
	o,p'-DDT	2.2	2,323.2
	p,p'-DDT	20.3	21,436.8
	計	24.9	26,188.8
ドリン系	アルドリン	0.55	580.8
	エンドリン	1.0	1,056.0
	ディルドリン	0.05	52.8
	計	1.6	1,689.6
合 計		138.1	145,728.0

投入農薬量は、1,056kg (Dry).

表 4-2 投入土壌中の POPs 成分重

異性体	平均濃度 (mg/kg-Dry)	Run 3
		投入重量 (mg)
オキシクロルデン	0.0007	10.5

投入土壌量は、14,947kg (Dry).

4.1.2 投入物中の DXN 類

試験時の DXN 類の投入量を、農薬については表 4-3 に、汚染土壌については表 4-4 に示した。

表 4-3 投入農薬中の DXN 類重量

項 目	平均濃度	Run 3
	(pg/g-Dry)	(μ g)
TeCDDs	160000	169
PeCDDs	27000	29
HxCDDs	1400	1
HpCDDs	16000	17
OCDD	385000	407
Total PCDDs	589400	622
TeCDFs	9400	10
PeCDFs	3800	4
HxCDFs	4300	5
HpCDFs	18000	19
OCDF	25000	26
Total PCDFs	60500	64
Total (PCDDs+PCDFs)	649900	686
Co-PCB (ノゾルト)	3500	4
Co-PCB (モノゾルト)	1200000	1267
Total Co-PCBs	1200000	1,271
DXNs	1800000	1,957

投入農薬は、1,056kg (Dry).

表 4-4 投入土壌中の DXN 類重量

項 目	平均濃度	Run 3
	(pg/g-Dry)	(μ g)
TeCDDs	6.25	0.1
PeCDDs	13	0.2
HxCDDs	38	0.6
HpCDDs	120	1.8
OCDD	300	4.5
Total PCDDs	470	7.1
TeCDFs	120	1.8
PeCDFs	90	1.3
HxCDFs	92.5	1.4
HpCDFs	110	1.6
OCDF	70	1.0
Total PCDFs	480	7.2
Total (PCDDs+PCDFs)	950	14.3
Co-PCB (ノゾルト)	11	0.2
Co-PCB (モノゾルト)	36	0.5
Total Co-PCBs	47	0.7
DXNs	1000	15.0

投入土壌は、14,947kg (Dry).

4.1.3 投入物中の PCB

試験時の PCB の投入量を、農薬については表 4-5 に示した。汚染土壌については定量下限値未満であったため、ゼロとして扱った。

表 4-5 投入農薬中の PCB 重量

項目	平均濃度 (mg/kg-Dry)	Run 3 (g)
PCB	14.5	15.3

投入農薬量は、1,056kg (Dry).

4.1.4 投入物中の水銀

試験時の水銀の投入量を、農薬については表 4-6 に、汚染土壌については表 4-7 に示した。

表 4-6 投入農薬中の水銀重量

項目	平均濃度 (mg/kg)	Run 3 (g)
水銀	1,433	1,513.2

投入農薬量は、1,056kg (Dry).

表 4-7 投入土壌中の水銀重量

項目	平均濃度 (mg/kg)	Run 3 (g)
水銀	2.1	31.4

投入土壌量は、14,947kg (Dry).

4.2 排ガス

自主試験における、二次炉出口とスタックの排ガス流量を表 4-8 に示した。

表 4-8 自主試験時の排ガス流量

項目	単位	Run 3	
		二次炉出口	スタック
乾きガス	m ³ N/h	6,010	7,390

4.2.1 排ガス中の POPs 成分

試験時における、二次炉出口およびスタック排ガス中の POPs 成分の測定結果を表 4-9 に示した。

二次炉排ガスでは p,p'-DDE が 0.007 μg/m³N、スタックではヘプタクロルエポキシド¹ が 0.007 μg/m³N 検出された。この原因は不明である。しかし、排ガスとしては大気中の濃度指針値¹を下回った。

表 4-9 試験時の排ガス中の POPs 成分 (μg/m³N)

項目	異性体	Run 3	
		二次炉	スタック
BHC	-BHC	< 0.002	< 0.002
	-BHC	< 0.002	< 0.002
	-BHC	< 0.002	< 0.002
	-BHC	< 0.002	< 0.002
	計	< 0.008	< 0.008
DDT	o,p'-DDE	< 0.002	< 0.002
	p,p'-DDE	0.007	< 0.002
	o,p'-DDD	< 0.002	< 0.002
	p,p'-DDD	< 0.002	< 0.002
	o,p'-DDT	< 0.002	< 0.002
	p,p'-DDT	< 0.002	< 0.002
	計	0.007	< 0.012
ヘプタクロル	ヘプタクロル	< 0.002	< 0.002
	ヘプタクロルエポキシド ¹	< 0.002	0.007
	計	< 0.004	0.007
クロルデン	Cis-クロルデン	< 0.002	< 0.002
	trans-クロルデン	< 0.002	< 0.002
	Cis-ナノクロル	< 0.002	< 0.002
	trans-ナノクロル	< 0.002	< 0.002
	オキシクロルデン	< 0.002	< 0.002
	計	< 0.010	< 0.010
ドリン系	アルドリン	< 0.002	< 0.002
	エンドリン	< 0.002	< 0.002
	ディルドリン	< 0.002	< 0.002
	計	< 0.006	< 0.006
HCB		< 0.002	< 0.002
合計 ¹		0.007	0.007

*1 定量下限値未満を 0 とした場合

*2 分解率算出のため定量下限値未満に定量下限値を代入した場合

1 本報告書の参考資料 1 ; 「大気中濃度指針値」参照

4.2.2 排ガス中の DXN 類

試験時の排ガス中の DXN 類毒性等価濃度を表 4-10 に示した。DXN 類実測濃度は、添付資料に掲載した。スタックにおける排ガス中の DXN 類の毒性等価濃度は、いずれも基準値²を下回った。

表 4-10 排ガス中の DXN 類毒性等価濃度 (ng-TEQ/m³N, 12%O₂)

項目	測定箇所	
	二次炉出口	煙突 (スタック)
2,3,7,8-TeCDD	0	0
1,2,3,7,8-PeCDD	0	0
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0	0
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0	0
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0	0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.00005	0
OCDD	0.0000019	0
Total PCDDs	0.0000519	0
2,3,7,8-TeCDF		0.00021
1,2,3,7,8-PeCDF	0.000125	0.000105
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0011	0.0016
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.0005	0
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0	0
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0	0
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0	0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.00016	0.00008
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0	0
OCDF	0.0000058	0
Total PCDFs	0.0018908	0.001995
Total (PCDDs+PCDFs)	0.0019427	0.001995
3,4,4',5-TeCB (#81)	0	0.0000004
3,3',4,4'-TeCB (#77)	0	0.0000011
3,3',4,4',5-PeCB (#126)	0	0.00042
3,3',4,4',5,5'-HxCB (#169)	0	0
Total ノンオルト体	0	0.0004215
2',3,4,4',5-PeCB (#123)	0	0
2,3',4,4',5-PeCB (#118)	0.0000019	0.0000018
2,3,3',4,4'-PeCB (#105)	0.0000010	0.0000012
2,3,4,4',5-PeCB (#114)	0	0
2,3',4,4',5,5'-HxCB (#167)	0	0
2,3,3',4,4',5-HxCB (#156)	0.0000024	0.00000295
2,3,3',4,4',5'-HxCB (#157)	0	0.00000115
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (#189)	0	0
Total モノオルト体	0.0000053	0.0000071
Total Co-PCBs	0.0000053	0.0004286
Total DXNs	0.0019	0.0024

² ダイオキシン類対策特別措置法に基づく排出基準値 (当該施設の場合、0.1ng-TEQ/m³N)

4.2.3 排ガス中の PCB

自主試験時の排ガス中の PCB 濃度を表 4-11 に示した。いずれの条件においても、昭和 47 年環境庁大気保全局長が通知した暫定排出許容限界値における、PCB 等の焼却施設周辺の環境大気監視濃度 $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 「PCB 等の焼却処分における排ガス中の暫定排出許容限界」における環境大気監視濃度（環大企 141 号）を下回った。

表 4-11 排ガス中の PCB 測定結果 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)

項目	Run 3	
	二次炉出口	スタック
M1CBs (塩化ビフェニル)	0.00022	0.00077
D2CBs (二塩化ビフェニル)	0.00024	0.00078
T3CBs (三塩化ビフェニル)	0.00029	0.00074
T4CBs (四塩化ビフェニル)	0.00021	0.00049
P5CBs (五塩化ビフェニル)	0.000068	0.00039
H6CBs (六塩化ビフェニル)	0.000018	0.000085
合計値	0.0011	0.0033

4.2.4 排ガス中の重金属とその他の項目

試験時における排ガス中の重金属を含む測定結果を表 4-12 に示した。重金属のうち、水銀については自主管理基準 ($0.04\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$) を定めているが、この基準はいずれの条件も下回っていた。他の重金属項目には、基準値は設定されていないが、いずれの項目も $1\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$ を下回っていた。その他の一般項目についても、大気汚染防止法による基準値³を下回っていた。

表 4-12 試験時の排ガス測定結果

項目	単位	Run 3	
		二次炉出口	スタック
カドミウム	$\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$	0.15	< 0.001
鉛	$\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$	0.34	< 0.001
総クロム	$\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$	0.14	< 0.001
砒素	$\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$	0.12	< 0.001
水銀	$\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$	9.0	0.028
ばいじん	$\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	1.5	< 0.001
窒素酸化物	Vol-ppm	110	65
硫黄酸化物	Vol-ppm	140	4
	(K値)		(0.06)
塩化水素	$\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$	120	4

³大気汚染防止法施行規則（昭四十六厚・通令一）（ばいじん： $0.04\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ 、窒素酸化物： 250Vol-ppm 、硫黄酸化物： $17.5(\text{K 値})$ 、塩化水素： $700\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$ ）

4.3 焙焼滓

4.3.1 焙焼滓中の POPs 成分

試験により発生した焙焼滓中の POPs 成分分析結果を表 4-13 に、溶出試験結果を表 4-14 に示す。焙焼滓中の POPs 成分は、含有量および溶出試験ともに定量下限値未満であった。焙焼滓中の POPs 成分は、管理型最終処分場の処理指針値⁴を下回った。

表 4-13 焙焼滓中の POPs 成分 (mg/kg)

項目	異性体	Run3	
BHC	-BHC	<0.0002	<0.0002
	-BHC	<0.0002	<0.0002
	-BHC	<0.0002	<0.0002
	-BHC	<0.0002	<0.0002
	計	<0.0008	<0.0008
DDT	o,p'-DDE	<0.0002	<0.0002
	p,p'-DDE	<0.0002	<0.0002
	o,p'-DDD	<0.0002	<0.0002
	p,p'-DDD	<0.0002	<0.0002
	o,p'-DDT	<0.0002	<0.0002
	p,p'-DDT	<0.0002	<0.0002
	計	<0.0012	<0.0012
ヘブタクロル	ヘブタクロル	<0.0002	<0.0002
	ヘブタクロルエポキシド	<0.0002	<0.0002
	計	<0.0004	<0.0004
クロルデン	Cis-クロルデン	<0.0002	<0.0002
	trans-クロルデン	<0.0002	<0.0002
	Cis-ナノクロル	<0.0002	<0.0002
	trans-ナノクロル	<0.0002	<0.0002
	オキシクロルデン	<0.0002	<0.0002
	計	<0.0010	<0.0010
ドリン系	アルドリン	<0.0002	<0.0002
	エンドリン	<0.0002	<0.0002
	ディルドリン	<0.0002	<0.0002
	計	<0.0006	<0.0006
HCB		<0.0002	<0.0002
合計 ^{*1}		0	0
合計(補正) ^{*2}		0.0042	0.0042

*1 定量下限値未満を0とした場合..

*2 分解率算出のため定量下限値未満に定量下限値を代入した場合..

⁴ 本報告書の参考資料 1 ; 「処理指針値 (溶出量)」参照

表 4.14 焙焼滓の POPs 成分溶出試験結果 (μg/L)

項目	異性体	Run 3	
BHC	-BHC	< 0.01	< 0.01
	-BHC	< 0.01	< 0.01
	-BHC	< 0.01	< 0.01
	-BHC	< 0.01	< 0.01
	計	< 0.04	< 0.04
DDT	o,p'-DDE	< 0.01	< 0.01
	p,p'-DDE	< 0.01	< 0.01
	o,p'-DDD	< 0.01	< 0.01
	p,p'-DDD	< 0.01	< 0.01
	o,p'-DDT	< 0.01	< 0.01
	p,p'-DDT	< 0.01	< 0.01
	計	< 0.06	< 0.06
ヘプタクロル	ヘプタクロル	< 0.01	< 0.01
	ヘプタクロルエポキシド	< 0.01	< 0.01
	計	< 0.02	< 0.02
クロルデン	Cis-クロルデン	< 0.01	< 0.01
	trans-クロルデン	< 0.01	< 0.01
	Cis-ナノクロル	< 0.01	< 0.01
	trans-ナノクロル	< 0.01	< 0.01
	オキシクロルデン	< 0.01	< 0.01
	計	< 0.05	< 0.05
ドリン系	アルドリン	< 0.01	< 0.01
	エンドリン	< 0.01	< 0.01
	ディルドリン	< 0.01	< 0.01
	計	< 0.03	< 0.03
HCB		< 0.01	< 0.01
合計 ^{*1}		0	0
合計(補正) ^{*2}		0.21	0.21

*1 定量下限値未満を0とした場合.

*2 分解率算出のため定量下限値未満に定量下限値を代入した場

4.3.2 焙焼滓中の DXN 類

焙焼滓中の DXN 類毒性等価濃度を表 4-15 に示した。最終処分場への受け入れ基準値⁵を下回った。

表 4-15 焙焼滓の DXN 類毒性等価濃度 (ng-TEQ/g)

項目	Run 3	
2,3,7,8-TeCDD	0	0
1,2,3,7,8-PeCDD	0	0
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0	0
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0	0
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0	0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0	0
OCDD	0.0000021	0
Total PCDDs	0.0000021	0
2,3,7,8-TeCDF	0	0
1,2,3,7,8-PeCDF	0	0
2,3,4,7,8-PeCDF	0	0
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0	0
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0	0
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0	0
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0	0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0	0
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0	0
OCDF	0	0
Total PCDFs	0	0
Total (PCDDs+PCDFs)	0.0000021	0
3,4,4',5'-TeCB (#81)	0	0
3,3',4,4'-TeCB (#77)	0	0
3,3',4,4',5'-PeCB (#126)	0	0
3,3',4,4',5,5'-HxCB (#169)	0	0
Total ノンオルト体	0	0
2',3,4,4',5'-PeCB (#123)	0	0
2,3',4,4',5'-PeCB (#118)	0	0
2,3,3',4,4'-PeCB (#105)	0	0
2,3,4,4',5'-PeCB (#114)	0	0
2,3',4,4',5,5'-HxCB (#167)	0	0
2,3,3',4,4',5'-HxCB (#156)	0	0
2,3,3',4,4',5'-HxCB (#157)	0	0
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (#189)	0	0
Total モノオルト体	0	0
Total Co-PCBs	0	0
Total DXNs	0.0000021	0

4.3.3 焙焼滓中の PCB

焙焼滓中の PCB 濃度を表 4-16 に、同溶出試験結果を表 4-17 に示した。含有量は定量下限値未満であり、溶出量は最終処分場への受け入れ基準値⁶を下回った。

表 4-16 焙焼滓中の PCB 濃度 (mg/kg)

項目	Run 3	
PCB	< 0.05	< 0.05

表 4-17 焙焼滓の PCB 溶出試験結果 (mg/L)

項目	Run 3	
PCB	< 0.05	< 0.05

⁵廃棄物焼却炉に係るばいじん等に含まれるダイオキシン類の量の基準及び測定の方法に関する省令(平十二厚令一)第1条

⁶金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令(昭四十八総令五)(別表第1)

4.3.4 焙焼滓中の重金属

焙焼滓の重金属濃度を表 4-18 に、同溶出試験結果を表 4-19 に示す。焙焼滓中の重金属類は、全ての項目が廃棄物の処理及び清掃に関する法律の産業廃棄物の埋立処分にかかる判定基準値を下回った。また、熱灼減量も維持基準を下回った。

表 4-18 焙焼滓中の重金属濃度

項目	単位	Run 3	
カドミウム	mg/kg	2.2	2.1
鉛		12	11
総クロム		8.1	8.5
砒素		2.3	2.15
水銀		0.31	0.345
熱灼減量	wt%	0.02	0.02

表 4-19 焙焼滓中の重金属溶出試験結果(mg/L)

項目	Run 3	
カドミウム	< 0.01	< 0.01
鉛	< 0.01	< 0.01
六価クロム	< 0.05	< 0.05
砒素	0.078	0.070
水銀	< 0.0005	< 0.0005

4.4 余剰水および蒸留水

4.4.1 余剰水中の POPs 成分

余剰水は、ヘブタクロルとクロルデン、蒸発残留水では BHC が僅かに検出されたが、余剰水および蒸発残留水ともに、各試験において POPs 成分の環境水中濃度指針値⁷を下回った。

表 4-20 余剰水および蒸発残留水中の POPs 成分 (µg/L)

項目	異性体	Run 3	
		余剰水	蒸発残留水
BHC	-BHC	< 0.01	0.02
	-BHC	< 0.01	< 0.01
	-BHC	< 0.01	0.01
	-BHC	< 0.01	< 0.01
	計	< 0.04	0.03
DDT	o,p'-DDE	< 0.01	< 0.01
	p,p'-DDE	< 0.01	< 0.01
	o,p'-DDD	< 0.01	< 0.01
	p,p'-DDD	< 0.01	< 0.01
	o,p'-DDT	< 0.01	< 0.01
	p,p'-DDT	< 0.01	< 0.01
	計	< 0.06	< 0.06
ヘブタクロル	ヘブタクロル	0.02	< 0.01
	ヘブタクロルイソキッド	< 0.01	< 0.01
	計	0.02	< 0.02
クロルデン	Cis-クロルデン	< 0.01	< 0.01
	trans-クロルデン	< 0.01	< 0.01
	Cis-ナノクロル	< 0.01	< 0.01
	trans-ナノクロル	< 0.01	< 0.01
	オキシクロルデン	0.01	< 0.01
	計	0.01	< 0.05
ドリン系	アルドリン	< 0.01	< 0.01
	エンドリン	< 0.01	< 0.01
	ディルドリン	< 0.01	< 0.01
	計	< 0.03	< 0.03
HCB		0.01	< 0.01
合計 ¹		0.04	0.03
合計(補正) ²		0.22	0.22

*1 定量下限値未満を0とした場合。

*2 分解率算出のため定量下限値未満に定量下限値

⁷ 本報告書の参考資料 1 ; 「環境水中濃度指針値」参照