

平成13・14年度 POPs 農薬無害化処理技術実証等  
検討調査結果

平成 13 年度

## はじめに

古くから農業生産活動において使用されていた農薬等の中には、その残留性・有害性が高いため、1970年代に使用が禁止された農薬がある。それらの中には、DDT、エンドリン等の残留性有機汚染物質（POPs）といわれる農薬成分があり、当時はその適切な処理方法が無かったため、当時の方法としては最善と考えられた「地中埋設処理」により、一般環境から隔離する方策がとられた。

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条約が提案されることとなった。同条約の批准により、我が国においても、POPs成分の削減/処理に係る国内行動計画を定めて遂行する必要がある。その中で、POPsを含む埋設農薬等については、適切に掘削して安全に保管するとともに、適切な技術により無害化することが求められる。

そこで、本調査は、POPs成分を含む埋設農薬等を適切に無害化するための技術を検討するために、環境省水環境部農薬環境管理室において企画され、当センターが受託した。検討に当たっては、国立環境研究所中杉修身センター長を座長とする検討会と永田勝也早稲大学教授を部会長とする技術検討部会の学識経験者の皆様のご議論・ご検討を踏まえて、作業を進めた。

調査を進めるに当たり、ご協力を頂いた自治体・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さんに厚くお礼を申し上げる次第である。

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事を心より祈念するものである。

平成 14 年 3 月

社団法人 土壌環境センター

POPs（残留性有機汚染物質）農薬無害化処理技術等検討会委員名簿

氏名	所 属	技術部会
伊東 祐孝	JAセレサ川崎営農経済本部 技術顧問	
岩本 公宏	三井化学株式会社 環境安全役員付部長	
上野 文男	北海道環境生活部環境室 廃棄物対策課長	
北原 武	東京大学大学院農学生命科学研究科教授	
酒井 伸一	(独)国立環境研究所 循環型社会形成推進・廃棄物研究センター長	
鈴木 規之	(独)国立環境研究所 内分泌かく乱化学物質及び ダイオキシン類のリスク評価と管理プロジェク トグループ総合化研究チーム 総合研究官	
中杉 修身	(独)国立環境研究所 化学物質環境リスク研究センター長	
永田 勝也	早稲田大学 理工学部機械工学科教授	部会長
細見 正明	東京農工大学工学部応用化学科教授	
松岡 俊和	北九州市環境局総務部計画課長	

(五十音順) : 座長

# 平成13年度 POPs 農薬無害化処理技術実証等検討調査 報告書

## 目次

1 . 平成13年度実証試験対象技術の選定	
1 . 1 選定に当たっての基本的考え方 . . . . .	2
1 . 2 選定過程と結果 . . . . .	6
2 . 実証試験計画の立案・検討	
2 . 1 実証試験におけるPOPs農薬等に関する処理目標値に ついて . . . . .	8
2 . 2 直接溶融キルン方式における実験計画 . . . . .	14
2 . 3 外熱式乾留炉+二次燃焼炉における実験計画 . . . . .	17
3 . 実証試験結果の概要	
3 . 1 直接溶融キルン方式における実験結果 . . . . .	20
3 . 2 <外熱式乾留炉 + 乾留ガス分解塔>方式における実験結果 . . . . .	54
4 . 今後の試験に向けての課題	
4 . 1 対象農薬の性状について . . . . .	73
4 . 2 無害化水準の確認方法について . . . . .	73
4 . 3 農薬処理の方向性について . . . . .	74

## ．平成13年度実証試験対象技術の選定

本年度は、「POPs 農薬無害化処理技術等検討会」における議論を踏まえて、2つの技術を選定して、実証試験を行った。

### 1．1 選定に当たっての基本的考え方の検討

#### (1) POPs 農薬無害化の対象物の性状について

無害化処理技術に求められる要件を考えるに当たって、まず無害化の対象とする POPs 農薬等の性質やそれらが実際に回収される際の状態を整理しておく。

##### 1) POPs 農薬ストックパイルの性状

POPs 条約で対象となる農薬は9種類（うち我が国で実際に農薬としての登録のあったものは6農薬）である。これらの農薬ストックパイルの性状を整理すると次のようになる。

条約で対象となる農薬を含む製剤は多岐にわたる

対象となる製剤は POPs 農薬を数種類混合している場合が多い

POPs 農薬の濃度は多岐にわたっている

製剤には、珪藻土等活性成分以外の増量材や添加物が多く含まれている

POPs 物質以外に水銀や砒素、銅等の無機化合物を含む有効成分と複合している製剤も多い

製剤の形状としては、粒状、粉末、乳剤、液体（エマルジョン含む）等がある  
農薬容器は、プラスチック容器、ガラス容器、紙袋等がある。

##### 2) POPs 農薬等の保管実態

POPs 条約の対象となる農薬は、既に登録が失効しており、国内では過去の行政指導等に則って、原則、地中埋設の形態で保管されている。ただし、埋設漏れ等により農家の納屋等において保管されているものもある。

#### (ア) 地中に埋設されている農薬

地中に埋設されている農薬は、行政指導や農水省からの通達に則って、処置された経緯がある。その形態や規模は、処置された時期によって大きく異なり、これまでの回収経験によるとおおよそ次のような形態になっている。

コンクリート性保管槽内に農薬を詰め込み、セメントで封じた上で、土砂で覆土している

地中に穴を掘り土木用作業シートを敷いた上に農薬を置き、シート全体で包み込んで封じた上で埋め戻している

農薬類を厚手のビニル袋に詰めたものを、セメントモルタルと一緒に詰め込んだ上で埋め戻している

既設の水槽等を利用して、農薬類を封じこめている

なお、このようにして周囲から隔離された状態で埋設されていても、その後の保管状況により、雨水が浸入したり、内部でガラス瓶などの農薬容器が破損していることもある。

#### (イ) 納屋に保管されている使用残農薬類の性状

使用中あるいは使用残の農薬類は嚴重に保管庫で保管することとなっているが、有効期限切れや失効した農薬等の古い農薬は、納屋等の奥に保管されている場合がある。いずれの場合にも、POPs 農薬以外のものも一緒に保管されている。これらの農薬類を回収する場合には、次のような性状で回収されると予想される。

最近まで使用されていた農薬類も一緒になっている

最近の農薬類の保管容器であるプラスチック瓶やラミネート袋も排出される可能性がある

## (2) POPs 農薬ストックパイルの回収時の状況と回収物の性状

### 1) 農薬類の回収時の状況

上記の2つの農薬ストックパイルについて、その無害化処理のために回収する場合、次のような性状で回収されるものと予想される。

#### (ア) 埋設農薬類の回収に際して

条約で対象となる POPs 農薬を含む製剤以外のものも大量に含まれている

有機物以外に水銀や砒素、銅等の無機化合物有効成分を含んだ農薬も同時に回収される

農薬の製造工程で添加された珪藻土等活性成分以外の増量材や各種の添加剤等、無機材料も含まれている

埋設場所・保管槽内にて農薬の容器が破損した場合には、他の農薬も全て破損した容器内の農薬で汚染されている可能性が高い

乳剤等の液状の農薬が散乱したり、雨水が浸透した場合には、当該場所内の農薬は全て、散乱している農薬で汚染されており、滞留水も汚染されている

容器が破損し、内部で散乱した場合、保管容器や保管槽そのものも農薬で汚染されている

粉末の農薬類に水分が加わると、柔らかい泥状になり取り扱いが難しい状態になる

埋設時期にもよるが、粉末の農薬は紙あるいは厚手のビニル袋に入っており、液状の農薬はガラス瓶に入っている

内部に雨水が浸透したり容器が破損しない限りは、袋のラベルは認識可能である

保管槽等の破損が酷い場合、シートで包んだ場合には、周辺土壌等も農薬類で汚染されている可能性がある

埋設状況によっては、周辺土壌と混在して回収される場合もある。

#### (イ) 使用残農薬類の回収に際して

容器は破損せずに回収可能である

古い農薬以外に比較的新しい農薬も回収される可能性が高い

比較的新しい農薬類の容器として、プラスチックやラミネート容器等も回収される可能性が高い

容器のラベルの多くは認識可能であるが、古いものは認識不可能なものも多い

## 2) 回収物の性状

上記のとおり、POPs 農薬ストックパイルを回収しようとした場合には、農薬そのものの以外に次のようなものも同時に回収されることになる。

農薬容器（ガラス瓶、紙袋、ビニル袋、プラスチック瓶、他）  
農薬で汚染された保管槽（コンクリート）や梱包用ビニルシート  
農薬で汚染された滞留水と泥状の農薬  
同時回収または混入した周辺土壌

実際には、以下のような物体が処理対象となると考えられる。

保管されていた農薬で容器に入ったもの  
保管されている間に容器が破損し周辺に散乱した農薬  
破損した容器で農薬により汚染されているもの  
農薬を保管していたコンクリート槽で農薬類に汚染されているもの  
梱包用シートで農薬類に汚染されているもの  
埋設場所周辺の土壌、混入した土壌  
埋設場所内に浸透し、農薬類を含有する汚水・汚泥  
農薬類の回収作業を通じて使用された小道具類（手袋・マスクなど）

## （3）POPs 農薬無害化の要件について

### 1) 無害化対象物の性状に基づく要件

POPs 農薬無害化の対象となる農薬類の性状は前項で整理したとおりである。したがって、これらの性状や回収時の状況を鑑みて、処理技術の選定にあたっての要件を整理すると、次のようになる。

POPs 農薬などの有機化合物を分解できる  
様々な農薬が混合した状態のものでも分解できる  
水銀や砒素、銅等の無機化合物が含有されていても、一括で処理できる  
ガラス容器やビニル袋などの共存物があっても、一括で処理できる  
コンクリートや土壌等が一部含まれていても、一括で処理できる  
増量材等の無機添加物（珪藻土等）も含めて処理できる  
農薬等に汚染された水や汚泥状の農薬類も一括で処理できる

### 2) 無害化施設の処理に係る基本要件

#### （ア）分解効率

POPs 農薬等の無害化の効率を評価する視点としては、以下の2つの考え方があるが、本検討会においては、後者の方法を採用することとした。

PCB 廃棄物等の処理を鑑み、農薬の分解効率は 99.9999% を目標とする。また、土壌等も合わせて処理する場合にも同等とする。

当該施設から排出される排ガス・排水・処理残さについて、ADI 値等に基づき別途定めた指針値を下回っている。

#### （イ）副生成物

処理に伴うダイオキシン類等環境汚染物質の排ガス、残渣、排水にかかる基準値を満足する。

### 3) 無害化施設の運転に係る要件

無害化施設の運転に係る要件としては、次のように整理できる。

#### (ア) 処理過程の安定性

- ・安定した状態で、対象となる農薬等を確実に分解可能である。
- ・分解により無害化している
- ・対象物を分解するために必要な、所定の運転条件等を適正に維持可能である。

#### (イ) 処理過程の安全性

- ・POPs 農薬を安全に処理できる。
- ・処理対象物を外界から適切に隔離した状態で、無害化設備に投入可能である。

#### (ウ) 設備そのものの安定性

- ・設備自体が頑強で、耐腐食性がある。
- ・無害化設備からの排ガス・排水を適切に処理できる。

#### (エ) 分解過程・周辺環境影響の監視

- ・分解状況を適宜点検可能である。
- ・周辺環境への排出影響を監視可能である。

#### (オ) 経済性

- ・無害化設備の初期投資ならびに運転管理費用が小さい。

## 1.2 選定過程と結果

### (1) 調査対象企業の選定と調査票の発送・回収

永田部会長と事務局の協議に基づいて、調査対象企業 10 社を選定し、別添の技術調査票を作成し、発送した。

全社から回答があった。回答表を取りまとめたものが参考資料 1 である。

### (2) 回答のあった技術の中からヒアリング対象の選定

回答のあった技術を表 1 のように整理し、永田部会長ならびに技術部会委員からの意見を参考にして、5 社を選定した。選定された技術は以下のとおりである。

- ・ 間接過熱式汚染土壌処理設備
- ・ 回転式表面溶融
- ・ 熱溶融（ロータリーキルン）
- ・ 溶融キルンシステム
- ・ 外熱式乾留炉 + 二次燃焼炉

### (3) ヒアリングの実施

上記の 5 技術に対して、技術部会におけるヒアリングを実施した。その際には、技術の概要とともに実証試験の可能性についても質疑応答があった。特に、実証に当たっては、水銀等を含む農薬を投入・処理可能である点、ならびに新たに付属設備等を整備する必要がない点について質疑がなされた。

その結果、以下の 2 つの施設（技術）が実証試験の候補として選出された。

- ・ 溶融キルンシステム
- ・ 外熱式乾留炉 + 二次燃焼炉



## 2. 実証試験計画の立案・検討

本章では、実証試験において POPs 農薬等の無害化状況の評価方法ならびに実証試験を行った施設における実験の概要を整理する。

### 2.1 実証試験における POPs 農薬等に関する処理目標値について

POPs 農薬等の無害化処理技術の有効性の判断に際しては、以下の2つの考え方があるが、今回は周辺環境への影響を評価する後者の方法による事とした。

(ア) 投入農薬と排ガスや処理残さ等に残留している農薬の比から算出する分解率による評価

(イ) 施設から排出される処理残さや排ガス等に含まれる POPs 等が環境に与える影響が許容範囲内にあることを確認

埋設農薬等による環境汚染が許容範囲にあるか否かの判断のための環境管理指針値は、技術検討部会において POPs 等に関する一日摂取許容量 (ADI: mg/kg-体重) に基づいて以下の考え方で算定を行った。

#### (1) 算出方法

##### 1) 大気中濃度の指針値の算出方法

$$\text{大気中濃度指針値} = \text{ADI} \times \text{体重} (50\text{kg}) \times \text{大気への経路配分}(0.1) \\ \div \text{一日呼吸量} (15\text{m}^3)$$

##### 2) 環境水 (表流水、地下水) の濃度の指針値

$$\text{環境水濃度指針値} = \text{ADI} \times \text{体重} (50\text{kg}) \times \text{水への経路配分}(0.1) \div \text{一日水摂取量} (2\text{L})$$

##### 3) 土壌濃度指針値

土壌の溶出試験結果が環境水濃度指針値 (2) 以下

農薬に使用された POPs 及び BHC、更に POPs 等農薬の有効成分として使用されたことのある (POPs 及び BHC 以外の) 化学物質のうち、環境基準の定められているものについて上記の考え方により算定された指針値は、「埋設農薬調査・掘削等暫定マニュアル (環境省環境管理局水環境部 平成 13 年 12 月)」において公表された。なお、その際、環境基準の定められている媒体については、環境基準を指針値として採用した。

POPs 農薬の処理及び処理残渣の処分による環境汚染の有無の判断のための環境管理指針値は、本来であれば、各種の処理技術の性能を評価し最良の技術により達成される水準を採用すべきであるが、実証試験が急がれること及び実証試験の評価のためにのみ用いることを目的とすることで、健康影響に基づき設定された上記の環境媒体中の濃度の指針値に基づき、以下のとおり設定することとされた。

#### 4) 排ガス濃度指針値

煙突高さ及び排出ガス量に応じた指針値とし、大気汚染防止法の K 値規制で用いている拡散式で算出した最大着地濃度が大気中濃度指針値を超えないこととする。  
計算式は以下のとおり。(導出法は本節の末に示す。)

$$q = C_{max} \times 25.64 \times (He)^2 \div Q_0$$

ここで、

$q$  : 排ガス濃度指針値 (15 における値) [mg/m<sup>3</sup>]

$C_{max}$  : 大気中濃度指針値 [mg/m<sup>3</sup>] (上記 1) による算定)

$He$  : 有効煙突高 [m] (実煙突高からの算定法は本節の末に示す。)

$Q_0$  : 15 における総排ガス量 [m<sup>3</sup>/s]

#### 5) 排水濃度指針値

水質環境基準と排水基準の一般的関係から、  
排水濃度指針値 = 環境水濃度指針値 × 10

#### 6) 管理型最終処分場への処分指針値

有機リン化合物(パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン、EPN)についての規制値(1mg/L)と、排水基準(1mg/L)が等しいことを考慮して、

$$\text{管理型処分指針値} = \text{排水濃度指針値}$$

農薬に使用された POPs 及び BHC についての環境管理指針値の算定結果を表 2.1 に示す。

表2-1 POPs農薬等の処理にあたっての環境管理指針値の考え方

農薬名(例名)	AD(一日摂取許容量) mg/kg体重		分析手法	備考	大気中濃度 指針値 mg/m <sup>3</sup>	環境水中濃度 指針値 mg/L	土壌濃度 指針値 mg/L	排ガス濃度 指針値 mg/m <sup>3</sup>	排水濃度 指針値 mg/L	管理型最終処分場 への処分 指針値 mg/L
	中央環境審議会 品衛生調査会で設 定された値	その他								
<b>POPs農薬等</b>										
BHC	0.0125	1975 暫定ADI(JMPR)	0.001	1997 A	異性体との含量で指針値と評価	0.0025	0.0025	0.0025	0.025	0.025
DDT	0.005	1975 PTD(JMPR)	0.01	2000 A	代謝物との含量で指針値と評価	0.017	0.0125	0.0125	0.125	0.125
アルドリン	0.0001	1973 PTD(JMPR)	0.0001	1994 A	デルタリンとの含量	0.0003	0.0003	0.0003	0.0025	0.0025
エンドリン	0.0002	1973 PTD(JMPR)	0.0002	1994 A	アルドリンとの含量	0.0001	0.0005	0.0005	0.005	0.005
ディルドリン	0.0001	1973 PTD(JMPR)	0.0001	1994 A		0.0003	0.0003	0.0003	0.0025	0.0025
クロルデン		PTD(JMPR)	0.0005	1994 A		0.0002	0.0013	0.0013	0.0125	0.0125
ヘプタクロル		PTD(JMPR)	0.0001	1994 A		0.00003	0.0003	0.0003	0.0025	0.0025

(参考)

環境基準設定物質

物質名	環境基準	分析手法	備考	大気中濃度 指針値 mg/m <sup>3</sup>	環境水中濃度 指針値 mg/L	土壌濃度 指針値 mg/L	排ガス濃度 指針値 mg/m <sup>3</sup>	排水濃度 指針値 mg/L	管理型最終処分場 への処分 指針値 mg/L
総水銀			土壌 水環境基準、WHO欧州事務局大気質ガイドライン	0.001*	0.0005*	0.0005*	0.0005*	0.005	0.005
チラム(チウラム)	0.0023	ADI(JMPR)	土壌 水環境基準	0.0008	0.006*	0.006*	0.006*	0.06	0.06
有機七素		PTM(JECFA)	土壌 水環境基準	0.0007	0.01*	0.01*	0.01*	0.1	0.1
有機燐(パラチオン、メチルパラチオン、EPN)			土壌環境基準、旧水環境基準		検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと
パラチオン	0.005	ADI(JMPR)		0.0013					
メチルパラチオン	0.015	ADI(JMPR)		0.0010					
EPN	0.0023			0.0008					

JECFA = FAO/WHO合同食品添加物委員会

JMPR = FAO/WHO合同残留農薬専門委員会

PTDI = 暫定1日受忍摂取量

PTM = 暫定過受忍摂取量

注1 平成5年の環境基準改正により、有機燐の水質環境基準値(検出されないこと)は削除された。有機燐(パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン及びEPN)については、急性毒性の観点から、当面、従来の水質汚濁防止法に基づき排水規制等が継続されること前提に環境基準から削除。

注2 排水濃度指針値は、水質環境基準と排水基準の一般的关系から、排水濃度指針値を環境水濃度指針値の10倍として設定

注3 管理型最終処分場への処分指針値は、埋設農薬調査・掘削等暫定マニユアルの別添4「農薬環境管理指針値一覧」には、記載されていないが、チラム(チウラム)及び有機リン化合物を含む産業廃棄物の埋立処分に関する判定基準と、排水基準が等しいことを考慮して、処分指針値を排水指針値と等しいとして算定し、追記したものである。

注4 指針値欄の\*印は既存の基準値等を採用したものである。

排ガス濃度指針値計算式

$$q = C_{max} \times 25.64(He)/QO$$

ここで、q 排ガス濃度指針値 [15] における値 [mg/m<sup>3</sup>]

C<sub>max</sub> 大気中濃度指針値 [mg/m<sup>3</sup>]

He 有効煙突高 [m]

〔排ガス濃度指針値の算定式〕

#### A.有効煙突高

有効煙突高( $H_e$ )を求める式としてはボサンケ 式に基づいて、次式を採用する。

$$H_e = H_0 + 0.65(H_m + H_t)$$

$$H_m = \frac{0.795\sqrt{Q_0 \cdot V}}{1 + \frac{2.58}{V}}$$

$$H_t = 2.01 \times 10^{-3} \cdot Q_0 \cdot (T - 288) \left( 2.30 \log J + \frac{1}{J} - 1 \right)$$

$$J = \frac{1}{\sqrt{Q_0 \cdot V}} \left( 1460 - 296 \cdot \frac{V}{T - 288} \right) + 1$$

ここで、

$H_0$ : 排出口の実高 (m)

$H_m$ : 排出口における上向きの運動量による上昇高さ (m)

$H_t$ : 排ガス温度と大気温度の温度差による上昇高さ (m)

$Q_0$ : 15 における総排ガス量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$V$ : 排ガスの排出速度 ( $\text{m}/\text{s}$ )

$T$ : 排ガスの温度 (K)

#### B. 最大着地濃度

大気汚染防止法のK値規制に準じて、サットンの拡散式により、煙源の風下主軸上の最大着地濃度  $C_{max}$  を求めると、

$$C_{max} = 0.234 \cdot \frac{Q}{6H_e^2}$$

ここで、

$C_{max}$ : 最大着地濃度 [ $\text{m}^3/\text{m}^3$ ]

$Q$ : 汚染物質排出量 (15 における値) [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

ここでは時間修正は考慮しないものとする。

#### C. 汚染物質排出量

したがって、汚染物質排出量を最大着地濃度で表すと、

$$Q = \frac{6H_e^2 \times C_{max}}{0.234} = 25.64 \cdot H_e^2 \times C_{max}$$

ここで、排ガス中の汚染物質の濃度を  $q$  [ $\text{m}^3/\text{m}^3$ ] とすると、総排ガス量  $Q_0$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] を用いて、

$$Q[\text{m}^3/\text{s}] = Q_0[\text{m}^3/\text{s}] \times q[\text{m}^3/\text{m}^3]$$

の関係が有る。これより、

$$q = 25.64 \frac{H_e^2}{Q_0} \times C_{max}$$

を得る。ここで、

q : 汚染物質濃度 (15 における値) [m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>]

これは、q、C<sub>max</sub>を共に[mg/m<sup>3</sup>]で表した場合の関係式でもあり、改めて、以下の式を用いて、排ガス濃度指針値を算定する。

$$q = 25.64 \frac{H_e^2}{Q_0} \times C_{max}$$

ここで、q : 排ガス濃度指針値 (15 における値) [mg/m<sup>3</sup>]

C<sub>max</sub> : 大気中濃度指針値[mg/m<sup>3</sup>]

H<sub>e</sub> : 有効煙突高[m]

Q<sub>0</sub> : 15 における総排ガス量(m<sup>3</sup>/s)

である。

( 2 ) 環境管理指針値

POPs 農薬等に関する一日摂取許容量 (ADI: mg/kg-体重) に基づいて、技術検討部会において環境中の管理指針値等を算出したところ、表 2.2 のようになった。

表 2.2 POPs 農薬等に関する環境管理指針値

農薬名	大気中 濃度指針値	環境水中 濃度指針値	土壌濃度 指針値 (溶出試験)	排水濃度 指針値	管理型最終 処分場への 処分指針値 (溶出試験)
単位	mg/m <sup>3</sup>	mg/L	mg/L	Mg/L	mg/L
BHC	0.0003	0.0025	0.0025	0.025	0.025
DDT	0.0017	0.0125	0.0125	0.125	0.125
アルドリン	0.00003	0.0003	0.0003	0.0025	0.0025
エンドリン	0.0001	0.0005	0.0005	0.005	0.005
ディルドリン	0.00003	0.0003	0.0003	0.0025	0.0025
クオルデン	0.0002	0.0013	0.0013	0.0125	0.0125
ヘプタクロル	0.00003	0.0003	0.0003	0.0025	0.0025
HCB(*)	0.00006	0.00043	0.00043	0.0043	0.0043
HCB(**)	0.00005	0.00040	0.00040	0.0040	0.0040

\*: WHO(非腫瘍性 TDI)に基づく値

\*\* : WHO(腫瘍性影響健康リスク評価指針値)に基づく値

なお排ガス濃度指針値は、以下の計算式によって算出される。

$$q = 25.64 \frac{H_e^2}{Q_0} \times C_{max}$$

ここで、  
 $q$  : 排ガス濃度指針値 (15 における値) [mg/m<sup>3</sup>]  
 $C_{max}$  : 大気中濃度指針値 [mg/m<sup>3</sup>]  
 $H_e$  : 有効煙突高 [m]  
 $Q_0$  : 15 における総排ガス量 (m<sup>3</sup>/s)

である。

## 2.2 直接溶融キルン方式における実験計画

### (1) 目的

標記実証試験に係る目的は、以下の通りである。

#### 1) 農薬の無害化状況の確認

実証試験施設において、試験的に投入された POPs 等農薬が適切に分解されているかどうかを確認する。評価指標は、投入物中の POPs 等 7 物質含有量と処理残さ中の含有量とする。最終的には、施設内の物質収支フローを明らかにする。

#### 2) 無害化プロセスから排出される環境負荷の確認

実証試験施設にて、POPs 等農薬を無害化処理する際に、排出される環境負荷を大気・水・廃棄物の 3 媒体・経路毎に確認し、POPs 等農薬無害化による環境影響を事前に評価する。なお、評価指標としては、環境基本法等に基づき環境基準値等が定められている項目はそれらの値を使用し、規定されていない POPs 等 7 項目ならびに HCB については、技術検討部会で設定した参考値とする。

### (2) 試験に使用する施設

月島機械（株）研究開発センター内 直接溶融ロータリーキルン炉

（所在地：千葉県市川市）

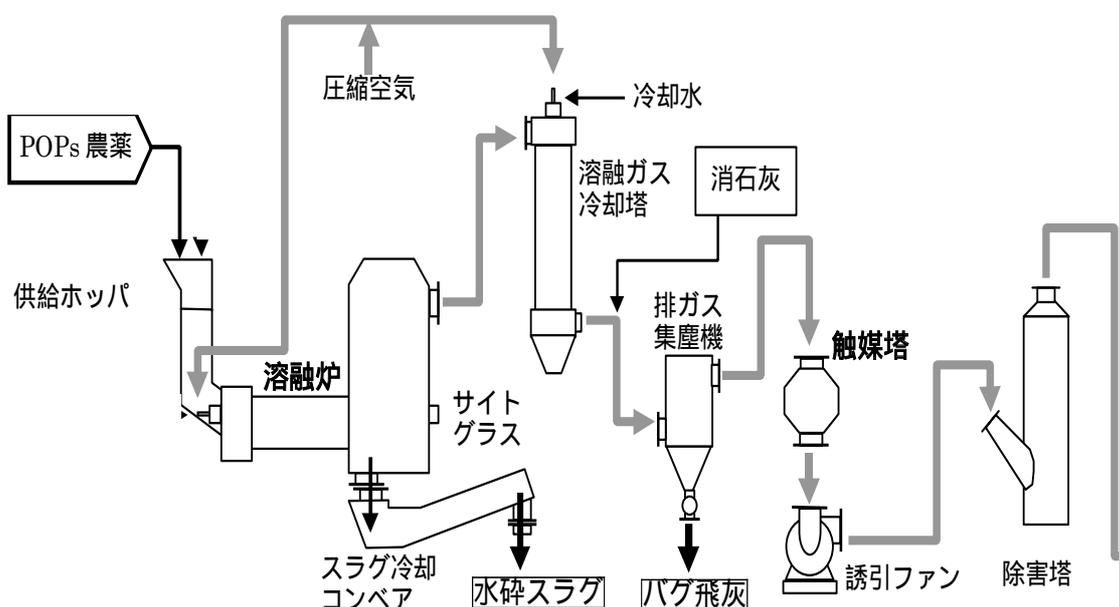


図 2.1 直接溶融ロータリーキルン炉の構成図

### (3) 処理対象物

農薬については、ラベル表示が認識可能なものとする。また、一緒に投入する燃焼材としては廃プラスチックと重油等を利用する。

### (4) 運転条件

#### 1) 運転温度

1,300 (溶融物の回収に最適な温度)

なお、温度管理はキルン排ガスならびに溶融物投下口の輻射式温度計にて行う。

#### 2) 運転中の溶融炉内の滞留時間

約 1 時間

これは、廃棄物を溶融して水砕スラグを回収する場合の最適条件として設定されるカラム回転数を維持している場合の滞留時間である。

#### 3) 農薬等の投入方法・条件

##### (ア) 投入方法

設備投入口より、作業員によるマニュアル投入とする。

なお、投入ヤードは屋外なので、シート等により風雨対策のための養生をする。

##### (イ) 投入間隔

10kg/3分毎 × 20回/時 = 200kg/時

##### (ウ) 投入条件

30cm × 30cm の寸法未満にする。

事前にビニル袋に詰めて、投入物を調製しておく。 作業安全に配慮必要

#### 4) 排ガス処理

##### (ア) 基本フロー

二次燃焼炉 + バグフィルター (石灰を噴霧) (+スクラバー)

##### (イ) 石灰噴霧量

投入物の塩素含有量分析結果に基づき、排ガス中の塩化水素目標値達成のために必要な量を算定する。

##### (ウ) スクラバー

投入物中の水銀等の量に応じて、使用するか否かを決定する。

### (5) 測定分析

#### 1) 投入物

##### (ア) 分析項目

強熱減量、重金属類 (Hg、Cu、As、Sn 他)、POPs 等 7 物質、DXNs

重金属類及び POPs 等 7 物質は、投入する農薬の性状に基づいて設定する

(1) 及び 2) の分析も同様)

##### (イ) 分析試料

- ・ POPs 等農薬の混合試料

## 2) 排ガス

### (ア) 分析項目

O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、CO、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、HCl、SPM、重金属類、POPs等7物質、DXNs

### (イ) 分析試料(1日分)

- ・ 農薬投入中： 1検体(4m<sup>3</sup>) × 2地点 投入後安定状態確認後から4時間

### (ウ) 採取地点

- ・ バグフィルター前(等流速採取可能)
- ・ 煙突前ガス採取口(等流速採取可能)

## 3) 排ガス処理設備のばいじん

### (ア) 分析項目

強熱減量、重金属類、POPs等7物質、DXNs

### (イ) 分析試料(1日分)

- ・ 10時間分を混合： 1検体(500g) × 2回/日

### (ウ) 採取地点

- ・ バグフィルター底部

## 4) 処理残さ(溶融物)

### (ア) 分析項目

強熱減量、重金属類(Hg、Cu、As、Sn他)、POPs等7物質、DXNs

### (イ) 分析試料(1日分)

- ・ 安定状態の下で、4時間分を混合： 1検体(500g) × 2回/日

## 5) 温度

運転監視用端子を使用して測定する。

## 2.3 外熱式乾留炉 + 二次燃焼炉における実験計画

### (1) 目的

標記実証試験に係る目的は、以下の通りである。

#### 1) 農薬の無害化状況の確認

実証試験施設において、試験的に投入された POPs 等農薬が適切に分解されているかどうかを確認する。評価指標は、投入物中の POPs 等物質含有量と処理残さ中の含有量とする。最終的には、施設内の物質収支フローを明らかにする。

#### 2) 無害化プロセスから排出される環境負荷の確認

実証試験施設にて、POPs 等農薬を無害化処理する際に、排出される環境負荷を大気・水・廃棄物の 3 媒体・経路毎に確認し、POPs 等農薬無害化による環境影響を事前に評価する。なお、評価指標としては、環境基本法等に基づき環境基準値等が定められている項目はそれらの値を使用し、規定されていない POPs 等 7 項目ならびに HCB については、技術検討部会で設定した参考値とする。

### (2) 使用する試験施設

三菱重工（株）横浜工場内 外熱式ロータリーキルン炉と二次燃焼炉

（所在地：神奈川県横浜市）

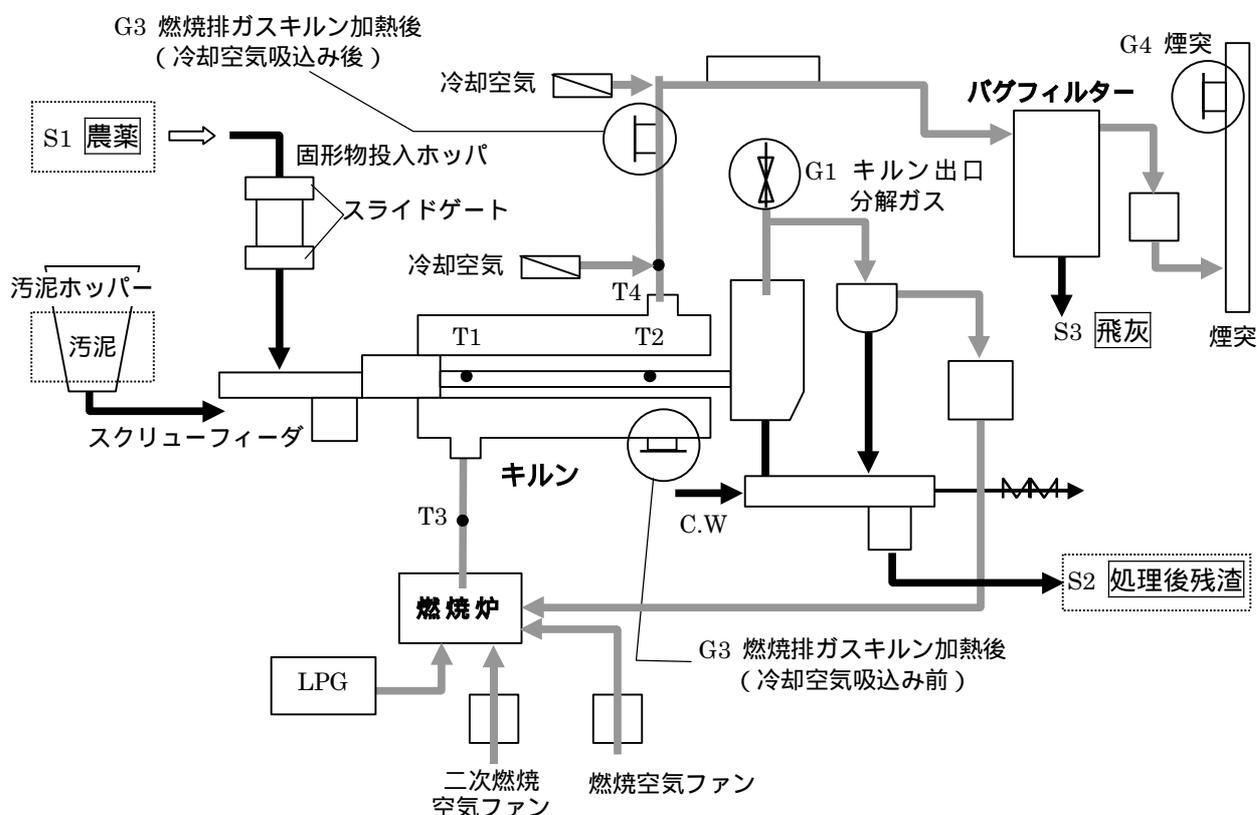


図 2.2 外熱式ロータリーキルン + 二次燃焼炉

### (3) 処理対象物

農薬については、ラベル表示が認識可能なものとする。同炉は施設内で発生する生活汚泥を炭化処理するのに使用されている。また、焼却試験時に発生する排ガス中の塩化水素濃度について規制値を満足するように、農薬のみではなく生活汚泥と一緒に処理することとした。

### (4) 運転条件

#### 1) 運転条件

##### (ア) 運転温度

500 (通常汚泥の炭化過程での最適温度)

なお、温度管理は内筒表面温度にて行っている。

##### (イ) 運転中の炭化炉内の滞留時間

約 45 分

これは、通常汚泥の炭化過程における温度を 500 とした場合の最適条件として設定されるカラム回転数を維持している場合の滞留時間である。

#### 2) 農薬等の投入方法・条件 汚泥は自動投入

##### (ア) 投入方法

設備投入口より、作業員によるマニュアル投入とする。

なお、投入ヤードは屋外なので、シート等により風雨対策のための養生をする。

##### (イ) 投入間隔

$1.25\text{kg}/5\text{分毎} \times 12\text{回/時} = 15\text{kg/時}$

または

$2.5\text{kg}/10\text{分毎} \times 6\text{回/時}$

##### (ウ) 投入条件

20cm × 30cm の寸法未満にする。紙袋等は裁断する。

ガラス瓶などは入れられない。

事前にビニル袋に詰めて、投入物を調製しておく。 安全に配慮必要

#### 3) 排ガス処理

##### (ア) 基本フロー

二次燃焼炉 + バグフィルター (石灰・活性炭を噴霧)

##### (イ) 石灰噴霧量

投入物の塩素含有量分析結果に基づき、排ガス中の塩化水素目標値達成のための必要量を算定する。

##### (ウ) 活性炭噴霧量

水銀等については、活性炭噴霧にて対応する。

## (5) 測定分析

### 1) 投入物

#### (ア) 分析項目

強熱減量、重金属類 (Hg、Cu、As、Sn 他)、POPs 等 7 物質、HCB、DXNs  
重金属類及び POPs 等 7 物質は、投入する農薬の性状に基づいて設定する  
(2) 及び 3) の分析も同様)

なお、試験実施前に、熱天秤分析も実施し、運転条件等を検討した。

#### (イ) 分析試料

- ・ POPs 等農薬：1 検体 (混合試料)
- ・ 汚泥： 1 検体

### 2) 排ガス

#### (ア) 分析項目

O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、CO、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、HCl、SPM、重金属類、POPs 等 7 物質、HCB、DXNs

#### (イ) 分析試料 (1 日分)

- ・ 農薬投入前：0 検体 (4m<sup>3</sup>) 過去の記録で代替する
- ・ 農薬投入中：1 検体 (4m<sup>3</sup>) × 2 地点 投入後 30 分後から 4 時間

#### (ウ) 採取地点

- ・ 煙突前ガス採取口 (等流速採取可能)
- ・ バグフィルター前

### 3) 処理残さと排ガス処理設備のばいじん

残さを 100kg/日程度と推定 (約 15% の残さ率)

試験前に熱天秤分析を行い、炭化温度ならびに石灰噴霧量等の推定を行う。

#### (ア) 分析項目

強熱減量、重金属類、POPs 等 7 物質、DXNs

#### (イ) 分析試料 (1 日分)

- ・ 農薬投入後 4 時間分：1 検体 (500g)

#### (ウ) 採取地点

- ・ 炭化物回収口

### 4) 温度

通常の運転管理用の計測端子設置点にて計測する。

### 3. 実証試験結果の概要

#### 3.1 直接溶融ロータリーキルンにおける実験結果

##### (1) 概況

- ① 廃プラスチックから得た固形燃料 (RDF) を助燃材とした POPs 農薬等による処理実験を行ったが、RDF 中の可燃分組成のばらつきによる排ガス性状の変動がみられた。
- ② そこで、助燃材を RDF から通常の灯油に変更して、改めて POPs 農薬の分析を行った。
- ③ 排出ガスならびに排出された処理残さ(スラグと飛灰)の性状は表 3.1 のとおりであり、POPs 農薬にかかる環境管理指針値ならびにダイオキシン特別措置法の基準をクリアしている。

表 3.1(1) POPs 農薬に係る評価

対象	物質	分析結果	環境管理指針値	評価
排ガス (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	BHC	N.D(<0.00001)	0.0003 (大気中)	排ガス中濃度が一般大気中指針値を満足している。
	DDT	同上	0.0017 (同上)	
	アルドリソ	同上	0.00003 (同上)	
	エンドリン	同上	0.0001 (同上)	
	ディルドリン	同上	0.00003 (同上)	
スラグ (mg/L)	BHC	0.014	0.025	管理型最終処分場の受入指針値を満足している。
	DDT	0.0012	0.125	
	アルドリソ	0	0.0025	
	エンドリン	0	0.005	
	ディルドリン	0	0.0025	
飛灰 (mg/L)	BHC	0.0155,0.003	0.025	同上
	DDT	0,0.001	0.125	
	アルドリソ	0	0.0025	
	エンドリン	0	0.005	
	ディルドリン	0	0.0025	

注. スラグと飛灰は、含有量分析 (有機溶媒によるソックスレー抽出及び超音波抽出法による) 値から、溶出値として、全て溶出するとした計算値。

表 3.1(2) DXNs に係る評価

対象	分析結果	ダイ特法の基準値	評価
排ガス(ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ) (O <sub>2</sub> =12%)	0.036、0.01	0.1	基準を満足している。
スラグ(ng-TEQ/g)	0.024、0.012	3	管理型最終処分場受入基準を満足
飛灰(ng-TEQ/g)	2.8*、16**	3	管理型最終処分場受入基準を超えるデータがある。

\*5 点の平均値。

\*\*3 点の平均値。

(2) 処理対象物

1) 一回目：RDF と POPs 農薬

投入した POPs 農薬等と助燃材の量は以下のとおりである。

POPs 等農薬 (水銀を含まないもの)：  $60\text{kg/時} \times 24^* \text{ 時/日} = 1389\text{kg/日}$

\*：排ガス性状 (CO) の変動等が激しかったため、約 1 時間停止して、運転条件変更後に試験を再開した。

廃プラスチック類：  $300\text{kg/時} \times 11 \text{ 時}$   
 $+ 200\text{kg/時} \times 13 \text{ 時 (試験再開後)}$   
 $= 5900\text{kg/日}$

表 3.2 投入農薬の内訳 (1 回目)

農薬名	品名	供給回数	供給量(kg)
エンドリン	エンドリン粉剤 2	209	627
アルドリ	アルドリ粉剤 4	12	36
DDT	キング ED 粉剤	22	66
DDT	キルソン、ヒトン	12	36
BHC	三共ガンマ粒剤	69	207
BHC	キングブラビー	139	417
合計			1389

2) 2 回目：灯油と POPs 農薬

投入した POPs 農薬等と灯油の量は以下のとおりである。

POPs 等農薬 (水銀を含まないもの)：  $60\text{kg/時} \times 11 \text{ 時/日} = 660\text{kg/日}$

灯油：  $220\text{L/時} \times 11 \text{ 時/日} = 2420\text{L/日}$

表 3.3 投入農薬の内訳 (2 回目)

農薬名	品名	供給回数	供給量(kg)
エンドリン	エンドリン粉剤 2	99	297
アルドリ	アルドリ粉剤 4	6	18
DDT	キング ED 粉剤	16	48
DDT	キルソン、ヒトン	0	0
BHC	三共ガンマ粒剤	33	99
BHC	キングブラビー	66	198
合計			660

1 回目、2 回目ともに、BHC とエンドリンを主体とした農薬を投入している。当初、予定していた水銀含有農薬は調達することが出来なかった。なお、各製品に含まれる農薬成分の種類と量はそれぞれ異なる。また、各製品の含有成分の種類と量の分析結果は後述する。

### (3) 運転条件

#### 1) 運転条件 (1回目、2回目ともに共通)

##### (ア) 運転温度 (輻射式温度計による測定)

- ・キルン出口排ガス温度基準： 1000～1300℃
- ・二次燃焼炉出口温度： 1000～1100℃

##### (イ) 運転中の溶融炉内の滞留時間

約 1 時間

#### 2) 農薬等の投入方法・条件

##### (ア) 投入方法

設備投入口より、作業員によるマニュアル投入とした。

##### (イ) 農薬投入間隔

$3\text{kg}/3\text{分毎} \times 20\text{回/時} = 60\text{kg/時}$

##### (ウ) 投入条件

事前にビニル袋に詰めて、投入物を調製しておく。先に示した農薬の構成比に基づいて均一な組成となるように投入した。

#### 3) 排ガス処理

##### (ア) 基本フロー

二次燃焼炉 + バグフィルター (消石灰を噴霧) + 触媒塔

##### (イ) 消石灰噴霧量

投入物の塩素含有量分析結果に基づき、排ガス中の塩化水素目標値達成のための必要量を算定する。

##### (ウ) 触媒塔

2 元触媒 (Ti-V) を充填した触媒塔を使用した。

(4) 測定分析結果

1) 投入物の分析結果

(ア) POPs 農薬の分析結果

(i) POPs 農薬成分の含有量

今回、実験に供した農薬の大半を占めた 5 製品について、POPs 成分とその異性体の含有量を分析した結果は表 3.4 に示すとおりである。

表 3.4 POPs 農薬の農薬成分含有量(mg/kg-dry)

農薬	BHC	BHC	DDT	アルドリ	エンドリン
製品名	キングブラビー	三共ガンマ粒剤	キング ED 粉剤	アルドリ粉剤4	エンドリン粉剤2
α-BHC	127,191	281,870	575	274	131
β-BHC	16,032	32,153	0	0	0
γ-BHC	30,462	68,697	1,796	949	382
δ-BHC	7,760	24,363	1,513	675	291
BHC(Total)	181,445	407,083	3,884	1,898	804
o,p'-DDE	0	0	0	0	0
p,p'-DDE	0	0	293	0	0
o,p'-DDD	0	0	0	0	0
p,p'-DDD	0	0	0	0	0
o,p'-DDT	0	0	424	0	0
p,p'-DDT	342	0	17,554	0	0
DDT(Total)	342	0	18,271	0	0
アルドリ	0	0	92	33,938	99
エンドリン	0	0	0	0	11,650
ディルドリ	0	0	363	569	131
Trans-クロルテン	0	0	0	0	0
cis-クロルテン	0	0	0	0	0
クロルテン(Total)	0	0	0	0	0
ヘプタクロル	0	0	0	0	0
ヘプタクロルエポキシド	0	0	0	0	0
ヘプタクロル(Total)	0	0	0	0	0
HCB*	---	---	---	---	---
Total	181,788.5	407,083.6	22,610	36,404	12,683

\*農薬原体としては含まれていないので、分析していない。

注. 農薬成分の分析は、有機溶媒(アセトン+ジクロロメタン(50:50))を用いたソックスレー抽出(6時間)による。

BHC 剤については、2 製品において含有量の差はあるものの、POPs 成分の含有量は「キングブラビー」が重量比で 18%、「三共ガンマ」が同じく 40%強を占めている。その大部分を BHC が占めており、中でも α-BHC が多く、POPs 農薬成分の総量の約 70%を占めている。なお、γ-BHC は製品全体の重量比で、それぞれ 3%、6.8%ずつ含まれている。2 つの製品において、その含有量は異なるものの、BHC の異性体成分の比率はほぼ同じであり、BHC 剤としての特徴を示しているものと考えられる。文献によれば、わが国の BHC 剤の製造工程では、γ-BHC を「リンデン」のように 99%以上含有するまで精製することがなく、

他の異性体も含むまま製品とした経緯があるので、今回の結果は妥当と考えられる。なお、「キングブラビー」では、DDT も検出された。

DDT 剤については、POPs 成分の含有量は重量比で 2.3%程度であるが、その約 80%を DDT が占めている。また、BHC やアルドリン、ディルドリンも含まれている。

アルドリン剤では、POPs 成分が重量比で約 3.6%を占めている。その 90%以上がアルドリンである。

エンドリン剤では、POPs 農薬成分が 1.2%程度含まれているが、その大部分はエンドリンであり、その他に BHC、アルドリン、ディルドリンが検出された。

なお、今回、使用した農薬からは、クロルデン、ヘプタクロルは検出されなかった。また、HCB については、農薬の原体としては含まれていないので、分析対象外とした。

### (ii) DXNs の含有量 (質量ベース)

次に、各農薬に含有される DXNs を分析した結果を表 3.5 に示す。

表 3.5 POPs 農薬の DXNs 成分含有量(ng/g)

農薬	BHC	BHC	DDT	アルドリン	エンドリン
製品名	キングブラビー	三共ガンマ粒剤	キング ED 粉剤	アルドリン粉剤4	エンドリン粉剤2
TeCDDs	0.27	4.2	N.D	0.36	0.12
PeCDDs	0.41	0.13	0.038	N.D	N.D
HxCDDs	0.55	4.7	0.018	0.016	N.D
HpCDDs	1.4	13	N.D	N.D	N.D
OCDD	1.1	36	0.065	0.061	0.066
Total PCDDs	3.7	58	0.12	0.44	0.19
TeCDFs	35	52	3.6	5.9	8.3
PeCDFs	4.8	12	0.21	0.14	0.61
HxCDFs	1.2	22	N.D	N.D	0.098
HpCDFs	0.065	9.2	N.D	N.D	0.047
OCDF	N.D	4.0	N.D	N.D	N.D
Total PCDFs	41	99	3.8	6.0	9.0
Total PCDD/Fs	45	160	3.9	6.5	9.2
Co-PCB(Non o-)	94	48	10	2.3	1.6
Co-PCB(mono o-)	30	29	2.2	0.93	0.6
Total Co-PCB	120	77	12	3.2	2.3
DXNs	170	230	16	9.7	12

注. 計算に使用している各農薬の DXNs 量の数値を有効数字 2 桁としているため、PCDDs、PCDFs、Co-PCB の計は各成分量の合計と一致しない。

BHC を含む 2 製品がそれぞれ 170ng/g、230ng/g の DXNs を含有している。その構成比は、製品によって異なり、一方は Co-PCB が DXNs の 71%を占めるが、他方は PCDFs が 43%を占める結果となっている。

DDT 剤では、16ng/g の DXNs を含有しており、その 75%を Co-PCB が占めている。

アルドリン剤では、9.7ng/gのDXNsを含有しており、その62%をPCDFsが占めている。

エンドリン剤は、12ng/gのDXNsを含有しているが、その75%をPCDFsが占めており、アルドリン剤に似た傾向を示している。

### (iii) DXNsの毒性等量

各農薬に含有されているDXNsの毒性等量を整理すると、表3.6のようになる。

BHC剤では、DXNsの毒性等量がそれぞれ、1.4ng-TEQ/g、1.1ng-TEQ/gである。そのうち、一方の製品はCo-PCB（特に、Non o-体）が大部分を占めるのに対して、他方の製品はCo-PCBばかりではなくPCDFsも高い濃度を示している。ただし、双方ともに、Co-PCBのうちNon o-体の3,3',4,4',5-PeCB(#126)が高い濃度となっている。ちなみに、一般廃棄物最終処分場における焼却残さの受け入れ基準値は、3ng-TEQ/gであり、それを下回っている。

DDT剤では、DXNs毒性等量が0.098 ng-TEQ/gであり、その大部分はNon o-体の3,3',4,4',5-PeCB(#126)によるものである。

アルドリン剤、エンドリン剤のDXNs毒性等量は、それぞれ0.022 ng-TEQ/g、0.018 ng-TEQ/gであり、どちらもその大部分がNon o-体の3,3',4,4',5-PeCB(#126)に由来するものである。これはDDT剤と同様の傾向を示している。

表 3.6 POPs 農薬の DXNs 成分毒性等量(ng-TEQ/g)

農薬 製品名	BHC キングアフラトキシン	BHC 三共ガンマ粒 剤	DDT キングED粉剤	アルドリン アルドリン粉剤 4	エンドリン エンドリン粉剤 2
2,3,7,8-TeCDD	0	0	0	0	0
1,2,3,7,8-PeCDD	0	0	0	0	0
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0	0.0070	0	0	0
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0	0.022	0	0	0
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0	0	0	0	0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.0039	0.057	0	0	0
OCDD	0.00011	0.0036	0	0	0
Total PCDDs	0.004	0.15	0	0	0
2,3,7,8-TeCDF	0	0	0	0	0
1,2,3,7,8-PeCDF	0.059	0.17	0.0014	0.0016	0.0024
2,3,4,7,8-PeCDF	0	0	0	0	0
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.0074	0.20	0	0	0
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0	0	0	0	0
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0	0	0	0	0
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0	0.0056	0	0	0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0	0.0065	0	0	0
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0	0.0071	0	0	0
OCDF	0	0.00040	0	0	0
Total PCDFs	0.066	0.39	0.0014	0.0016	0.0024
Total PCDD/Fs	0.070	0.54	0.0014	0.0016	0.0024
3,4,4',5'-TeCB(#81)	0.000048	0.000039	0.0000091	0	0
3,3',4,4'-TeCB(#77)	0.0080	0.0042	0.00090	0.00021	0.00015
3,3',4,4',5'-PeCB(#126)	1.3	0.55	0.097	0.020	0.016
3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	0.0014	0.0019	0	0	0
Co-PCB(Non o-)	1.3	0.56	0.098	0.020	0.016
2',3,4,4',5'-PeCB(#123)	0.00013	0.0001	0	0	0
2,3',4,4',5,5'-PeCB(#118)	0.0015	0.0022	0.00012	0.000054	0.000032
2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0.0006	0.00026	0.000058	0	0.00002
2,3,4,4',5'-PeCB(#114)	0.000093	0.000095	0.00004	0	0
2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	0.000014	0.0000094	0	0	0
2,3,3',4,4',5-HxCB(#156)	0.0018	0.0007	0.000091	0.000055	0.000037
2,3,3',4,4',5,5'-HxCB(#157)	0.00029	0.00027	0	0	0
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	0.00015	0.000035	0.0000078	0	0
Co-PCB(mono o-)	0.0046	0.0037	0.00032	0.00011	0.00009
Total Co-PCB	1.3	0.56	0.098	0.020	0.016
DXNs	1.4	1.1	0.098	0.022	0.018

注. 計算に使用している各農薬の DXNs 量の数値を有効数字 2 桁としているため、PCDDs、PCDFs、Co-PCB の計は各成分量の合計と一致しない。

(イ) 助燃材

RDF ならびに灯油については、POPs 農薬成分や DXNs は含まれないものと想定した。いずれについても、POPs 農薬成分ならびに DXNs に関する分析はしていない。

(ウ) 投入農薬中の POPs 農薬成分及び DXNs

(i) POPs 農薬成分含有量

表 3.2~3.6 の結果に基づいて、投入された農薬に含まれる POPs 農薬成分の量を算出すると、次のようになる。

表 3.7 投入農薬の POPs 農薬成分含有量(g)、平均濃度(mg/kg-dry)

農薬	1回目			2回目		
	総量 (g)	平均濃度 (mg/kg)	構成率 (%)	総量 (g)	平均濃度 (mg/kg)	構成率 (%)
α-BHC	111536	80,299	64.98	53160	80,545	64.99
β-BHC	13341	9,605	7.77	6357	9,632	7.77
γ-BHC	27380	19,712	15.95	13049	19,771	15.95
δ-BHC	8640	6,220	5.03	4120	6,242	5.04
<b>BHC(Total)</b>	<b>160,897</b>	<b>115,837</b>	<b>93.74</b>	<b>76,687</b>	<b>116,192</b>	<b>93.75</b>
o,p'-DDE	0	0	0.00	0	0	0.00
p,p'-DDE	30	22	0.02	14	21	0.02
o,p'-DDD	0	0	0.00	0	0	0.00
p,p'-DDD	0	0	0.00	0	0	0.00
o,p'-DDT	43	31	0.03	20	30	0.02
p,p'-DDT	1933	1,392	1.13	910	1,379	1.11
<b>DDT(Total)</b>	<b>2006</b>	<b>1,444</b>	<b>1.17</b>	<b>944</b>	<b>1,430</b>	<b>1.15</b>
アルドリン	1,293	931	0.75	645	977	0.79
エンドリン	140	101	0.08	67	102	0.08
ディルドリン	7,305	5,259	4.26	3,460	5,242	4.23
Trans-クロルテン	0	0	0.00	0	0	0.00
cis-クロルテン	0	0	0.00	0	0	0.00
<b>クロルテン(Total)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>
ヘプタクロル	0	0	0.00	0	0	0.00
ヘプタクロルエホキソト	0	0	0.00	0	0	0.00
<b>ヘプタクロル(Total)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>
<b>HCB*</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>171,641</b>	<b>123,572</b>	<b>100.00</b>	<b>81,803</b>	<b>123,941</b>	<b>100.00</b>

\*農薬原体としては含まれていないので、分析していない。

注. 農薬成分の分析は、有機溶媒(アセトン+ジクロロメタン(50:50))を用いたソックスレー抽出(6時間)による。

投入された農薬に占める POPs 農薬成分の総量を計算すると、1 回目が 171.6kg、2 回目が 81.8kg となる。そして、その構成比をみると、BHC が 90% を越え、ディルドリンが 5% 弱となり、さらに DDT、アルドリン、エンドリンが少量みられた。この構成比は 1 回目と 2 回目で大きな相違はなく、ほぼ同一の性状を有する農薬が実験の 1 回目と 2 回目で投入されたと考えられる。なお、HCB は農薬原体としては含まれないので、分析してい

ない。

(ii) DXNs 含有量 (質量ベース)

投入農薬に含有される DXNs の総量を算出すると、表 3.8 のとおりである。

表 3.8 投入農薬に含有される DXNs 総量\*(mg)

	1回目	平均濃度 (ng/g)	構成率 (%)	2回目	平均濃度 (ng/g)	構成率 (%)
TeCDDs	1.07	0.77	0.84	0.51	0.77	0.84
PeCDDs	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02
HxCDDs	1.2	0.86	0.94	0.58	0.88	0.95
HpCDDs	3.27	2.35	2.56	1.56	2.36	2.56
OCDD	7.96	5.73	6.23	3.81	5.77	6.26
<b>Total PCDDs</b>	<b>13.53</b>	<b>9.74</b>	<b>10.58</b>	<b>6.47</b>	<b>9.80</b>	<b>10.63</b>
TeCDFs	31.14	22.42	24.35	14.82	22.45	24.35
PeCDFs	4.89	3.52	3.82	2.33	3.53	3.83
HxCDFs	5.12	3.69	4.00	2.44	3.70	4.01
HpCDFs	1.96	1.41	1.53	0.94	1.42	1.54
OCDF	0.83	0.60	0.65	0.40	0.61	0.66
<b>Total PCDFs</b>	<b>43.94</b>	<b>31.63</b>	<b>34.37</b>	<b>20.93</b>	<b>31.71</b>	<b>34.38</b>
<b>Total PCDD/Fs</b>	<b>57.47</b>	<b>41.38</b>	<b>44.95</b>	<b>27.40</b>	<b>41.52</b>	<b>45.01</b>
Co-PCB(Non o-)	51.24	36.89	40.08	24.36	36.91	40.02
Co-PCB(mono o-)	19.15	13.79	14.98	9.11	13.80	14.97
<b>Total Co-PCB</b>	<b>70.39</b>	<b>50.68</b>	<b>55.05</b>	<b>33.47</b>	<b>50.71</b>	<b>54.99</b>
<b>DXNs</b>	<b>127.86</b>	<b>92.05</b>	<b>100.00</b>	<b>60.87</b>	<b>92.23</b>	<b>100.00</b>

\*毒性等量係数がない成分についても、その質量を測定している。

投入農薬に含まれる DXNs としては、1 回目が 128mg、2 回目が 61mg である。その構成比をみると、PCDDs が 11% 弱、PCDFs が 34%、Co-PCB が 55% となっており、Co-PCB の占める割合が多い。なお、Co-PCB の中でも、Non o-体が多い事が判る。DXNs の構成率からも 1 回目と 2 回目で大きな相違は見られないので、ほぼ同じ性状の農薬を投入したと考えられる。

(iii) DXNs 毒性等量

投入農薬に含まれる DXNs の毒性等量の総量を算出すると、表 3.9 に示すとおりである。DXNs の毒性等量の総量としては、1 回目が 834  $\mu\text{g-TEQ}$ 、2 回目が 397  $\mu\text{g-TEQ}$  である。そのうち、Non o-体の Co-PCB である 3,3',4,4',5-PeCB(#126)が 80% 以上を占めている。ちなみに、過去の PCB や農薬等の分析結果からみて、3,3',4,4',5-PeCB(#126)は製品由来の DXNs 成分といわれており、農薬等の製造過程で生成したものと考えられる。一方、3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)は焼却由来の DXNs に多く見られる成分といわれている。

表 3.9 投入農薬中の DXNs 毒性等量換算総量(μg-TEQ)

農薬	1回目	平均濃度 (pg-TEQ/g)	構成率 (%)	2回目	平均濃度 (pg-TEQ/g)	構成率 (%)
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	14.49	10	1.8	6.93	11	1.8
1,2,3,6,7,8-HxCDD	4.55	3.3	0.55	2.18	3.3	0.55
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0	0	0	0	0	0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	13.43	9.7	1.6	6.42	9.7	1.6
OCDD	0.79	0.57	0.095	0.38	0.58	0.096
<b>Total PCDDs</b>	<b>33.26</b>	<b>24</b>	<b>4.0</b>	<b>15.91</b>	<b>24</b>	<b>4.0</b>
2,3,7,8-TeCDF	0	0	0	0	0	0
1,2,3,7,8-PeCDF	61.5	44	7.4	29.32	44	7.4
2,3,4,7,8-PeCDF	0	0	0	0	0	0
1,2,3,4,7,8-HxCDF	44.49	32	5.4	21.27	32	5.4
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	1.16	0.84	0.14	0.55	0.83	0.14
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1.35	0.97	0.16	0.64	0.97	0.16
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	1.47	1.1	0.18	0.7	1.1	0.18
OCDF	0.08	0.058	0.0097	0.04	0.061	0.010
<b>Total PCDFs</b>	<b>110.05</b>	<b>79</b>	<b>13</b>	<b>52.52</b>	<b>80</b>	<b>13</b>
<b>Total PCDD/Fs</b>	<b>142.68</b>	<b>103</b>	<b>17</b>	<b>68.43</b>	<b>104</b>	<b>17</b>
3,4,4',5'-TeCB(#81)	0.03	0.022	0.0036	0.01	0.015	0.0025
3,3',4,4'-TeCB(#77)	4.4	3.2	0.53	2.09	3.2	0.53
3,3',4,4',5'-PeCB(#126)	676.6	487	82	321.62	487	82
3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	0.98	0.71	0.12	0.47	0.71	0.12
Co-PCB(Non o-)	682.01	491	82	324.19	491	82
2',3,4,4',5'-PeCB(#123)	0.07	0.050	0.0085	0.04	0.061	0.010
2,3',4,4',5,5'-PeCB(#118)	1.12	0.81	0.14	0.53	0.80	0.13
2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0.32	0.23	0.039	0.15	0.23	0.038
2,3,4,4',5'-PeCB(#114)	0.06	0.043	0.0073	0.03	0.045	0.0076
2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	0.01	0.0072	0.0012	0	0	0
2,3,3',4,4',5-HxCB(#156)	0.93	0.67	0.11	0.44	0.67	0.11
2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	0.18	0.13	0.022	0.08	0.12	0.020
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	0.07	0.050	0.0085	0.03	0.045	0.0076
Co-PCB(mono o-)	2.76	2.0	0.33	1.3	2.0	0.33
<b>Total Co-PCB</b>	<b>684.77</b>	<b>493</b>	<b>83</b>	<b>325.49</b>	<b>493</b>	<b>83</b>
<b>DXNs</b>	<b>827.45</b>	<b>596</b>	<b>100</b>	<b>393.92</b>	<b>597</b>	<b>100</b>

したがって、本実験で投入された農薬に由来する POPs 農薬成分及び DXNs の総量は次のようになる。

1 回目 POPs 農薬 : 171,641 g    DXNs : 128mg    827μg-TEQ  
 2 回目 POPs 農薬 : 81,803 g    DXNs : 61mg    393μg-TEQ

2) 排ガス処理プロセスにおける分析結果

(ア) 1回目

BF\*の前後と煙突の3点におけるガス組成分析結果をまとめると次のようになる。

(i) POPs 農薬成分

排ガス処理プロセスにおける POPs 農薬成分の挙動については、表 3.10 に示すとおりで、煙突で測定したデータしかないため、その挙動について評価することはできない。しかし、煙突では不検出となっていたことから、本施設からの POPs 農薬成分の大気系への排出は無かったと考えられる。

(ii) DXNs 濃度 (質量ベース)

排ガス処理プロセスにおける DXNs (質量ベース) の挙動は、表 3.10 及び表 3.11 から判るとおり、溶融キルンから発生した燃焼ガスが BF の前で 541 ng/m<sup>3</sup>N であったものが、触媒塔入口に 980 ng/m<sup>3</sup>N となっているものが、煙突にて 5.16ng/m<sup>3</sup>N となっており、急激に低下している。

表 3.10 排ガス処理プロセスにおける POPs 農薬成分 (ng/m<sup>3</sup>N) と DXNs (ng/m<sup>3</sup>N)

	BF*前	触媒塔入口		煙突	
		ブランク**		ブランク**	
平均流量 (m <sup>3</sup> N/時)	2800	3700	3700	4000	3700
POPs 農薬	-	-	-	-	N.D(<10)
PCDDs	140.8 (26.0)	787 (44.3)	391 (39.9)	1.011 (14.9)	1.063 (20.6)
PCDFs	352 (65.1)	860 (48.5)	480 (49.1)	2.269 (33.5)	1.429 (27.6)
Co-PCBs	48.65 (9.0)	128 (7.2)	109.2 (11.1)	3.506 (51.8)	2.671 (51.8)
DXNs	541	1775	980	6.78	5.16

\*BF : Bag Filter(バグ・フィルター)

\*\*RDF のみの燃焼によるブランク試験値である。

注 1. 計算に使用している各農薬の DXNs 量の数値を有効数字 2 桁としているため、PCDDs、PCDFs、Co-PCB の合計は DXNs と一致しない。

2. ( ) 内の数値は各成分の DXNs に対する比率を%表示したものである。

表 3.11(1) 排ガス処理プロセスにおける DXNs 濃度\* (ng/m<sup>3</sup>N) <ブランク\*\*>

	触媒塔入口		煙突	
	濃度	構成率(%)	濃度	構成率(%)
TeCDDs	37	2.1	0.091	1.3
PeCDDs	100	5.6	0.12	1.8
HxCDDs	250	14.1	0.25	3.7
HpCDDs	230	13.0	0.19	2.8
OCDD	170	9.6	0.36	5.3
<b>Total PCDDs</b>	<b>787</b>	<b>44.3</b>	<b>1.011</b>	<b>14.9</b>
TeCDFs	120	6.8	1.0	14.7
PeCDFs	190	10.7	0.69	10.2
HxCDFs	260	14.6	0.31	4.6
HpCDFs	190	10.7	0.17	2.5
OCDF	100	5.6	0.099	1.5
<b>Total PCDFs</b>	<b>860</b>	<b>48.5</b>	<b>2.269</b>	<b>33.5</b>
<b>Total PCDD/Fs</b>	<b>1647</b>	<b>92.8</b>	<b>3.280</b>	<b>48.4</b>
Co-PCB(Non o-)	45	2.5	0.816	12.0
Co-PCB(mono o-)	82.7	4.7	2.69	39.7
<b>Total Co-PCB</b>	<b>128</b>	<b>7.2</b>	<b>3.51</b>	<b>51.8</b>
<b>DXNs</b>	<b>1775</b>	<b>100.0</b>	<b>6.78</b>	<b>100.0</b>

\*毒性等量係数がない成分についても、その質量を測定している。

\*\*RDF のみの燃焼によるブランク試験値である。

表 3.11(2) 排ガス処理プロセスにおける DXNs 濃度\* (ng/m<sup>3</sup>N) <農薬及び RDF>

	BF 前		触媒塔入口		煙突	
	濃度	構成率(%)	濃度	構成率(%)	濃度	構成率(%)
TeCDDs	5.8	1.1	30	3.06	0.073	1.41
PeCDDs	17	3.1	69	7.04	0.11	2.13
HxCDDs	39	7.2	130	13.27	0.28	5.43
HpCDDs	38	7.0	100	10.2	0.26	5.04
OCDD	41	7.6	62	6.33	0.34	6.59
<b>Total PCDDs</b>	<b>140.8</b>	<b>26.0</b>	<b>391</b>	<b>39.9</b>	<b>1.063</b>	<b>20.6</b>
TeCDFs	30	5.5	81	8.27	0.57	11.05
PeCDFs	48	8.9	110	11.22	0.37	7.7
HxCDFs	65	12.0	130	13.27	0.25	4.84
HpCDFs	79	14.6	98	10	0.15	2.91
OCDF	130	24.0	61	6.22	0.089	1.72
<b>Total PCDFs</b>	<b>352</b>	<b>65.1</b>	<b>480</b>	<b>49.1</b>	<b>1.429</b>	<b>27.6</b>
<b>Total PCDD/Fs</b>	<b>492.8</b>	<b>91.1</b>	<b>871</b>	<b>88.9</b>	<b>2.492</b>	<b>48.2</b>
Co-PCB (Non o-)	19.1	3.5	34.6	3.53	0.391	7.58
Co-PCB (mono o-)	29.55	5.5	74.6	7.61	2.28	44.19
<b>Total Co-PCB</b>	<b>48.65</b>	<b>9.0</b>	<b>109.2</b>	<b>11.1</b>	<b>2.671</b>	<b>51.8</b>
<b>DXNs</b>	<b>541</b>	<b>100.0</b>	<b>980</b>	<b>100</b>	<b>5.16</b>	<b>100</b>

\*毒性等量係数がない成分についても、その質量を測定している。

排ガス中の DXNs の内訳をみると、BF 前、触媒塔入口、煙突の順にみると、PCDDs、PCDFs、Co-PCB とともに BF で増加して、3 つとも触媒塔で激減している。触媒塔入口及び煙突での構成率は、ブランク(RDF のみ)と本実験との構成は類似している。

### (iii) DXNs 毒性等量

排ガス処理プロセスにおける DXNs 毒性等量の挙動を見ると、表 3.12 のようになる。DXNs の毒性等量は BF 前後で、5.2 ng-TEQ/m<sup>3</sup>N から 26 ng-TEQ/m<sup>3</sup>N へと約 5 倍になっている。2 日目のデータにおいて BF の前後で、O<sub>2</sub> が 1.5 倍、CO が 1.3 倍になっている。これは、大気の流れによるガス量の増加が生じたためと考えられるが、DXNs の濃度上昇には寄与していないと考えられるので、BF 内で DXNs が再合成された可能性がある。なお、触媒塔入口と煙突では、O<sub>2</sub>、CO とともに濃度に変化がみられないことから、この 2 つのプロセスの間では、1 日目、2 日目ともに大気の流れ等は見られなかったと考えられる。

表 3.12 各排ガス処理プロセスにおける O<sub>2</sub>、CO、DXNs 毒性等量 (ng-TEQ/m<sup>3</sup>N)

	BF 前	触媒塔入口		煙突	
		ブランク*		ブランク*	
DXNs (実測ベース) (ng-TEQ/m <sup>3</sup> N)	7.5	31	16	0.058	0.036
DXNs (O <sub>2</sub> 12%換算) (ng-TEQ/m <sup>3</sup> N)	5.2	26	16	0.049	0.036
CO(ppm)	87	70	112	64	119
O <sub>2</sub> (%)	7.9	10.2	11.8	10.4	11.9

\*RDF のみの燃焼によるブランク試験値である。

表 3.11、3.12 の分析結果からみて、排ガスプロセスの中の BF の前後において、DXNs の濃度 (質量ベース) と同様に毒性等量が上昇していることが判る。一方、CO ならびに O<sub>2</sub> の濃度は 1.3~1.5 倍となっており、外部からの大気流入の可能性はあるものの、燃焼ガスはそのまま BF ならびに触媒塔を通過していると考えられる。したがって、BF において DXNs の (再) 合成が起きているものと考えられる。

しかしながら、煙突において、DXNs が減少しているため、BF で (再) 合成された DXNs は分解されており、触媒塔からの排ガスには POPs 農薬も含まれず、清浄な状態になっている。

### (iv) 重金属等

排ガス処理プロセスにおけるばいじん量および重金属類濃度をみると、表 3.13 のようになる。

ブランク、本実験ともに、BF 前では、Pb、Cu、As 等の重金属類濃度が高いが、触媒塔入口ではほとんど検出されないようになっている。また、BF 前についても、ブランクの方が高い濃度を示している。これは、本実験を行う前に、当施設においてシュレッターダストの焼却処理実験を行った際に、投入物中の重金属類が炉体に吸着された結果と推測される。本実験で低くなっているのは、ブランク試験により吸着していた重金属類が排出

されたものと推測される。

なお、BF 前において Cu が高濃度で検出されていることから、DXNs の再合成を説明する因子として、Cu の触媒反応が考えられるが、さらに検証が必要であると考えられる。なお、Cu の発生源としては、当実験前に当該処理施設において、重金属類を含むシュレッターダスト等の処理実験を行ったことによる、炉体への吸着（メモリー効果）あるいは BF への残留が原因として考えられるが、更なる検証が必要である。

表 3.13 各排ガス処理プロセスにおけるばいじん量及び重金属類

	BF 前		触媒塔入口	
	ブランク*		ブランク*	
SPM(g/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	1.5	1.6	<0.004	<0.004
Pb(mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	103	39	<0.5	<0.5
Cd(mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	5	2	<0.05	<0.05
Cu(mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	519	190	<0.5	<0.5
Ni(mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	0.3	0.3	<0.25	<0.25
Cr(mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	<2	<2	<2	<2
As (SPM) (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	40	5	<0.005	<0.005
As (Gas) (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	6	1	<0.02	<0.02
Hg(mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	0.1	0.24	0.06	0.11

\*RDF のみの燃焼によるブランク試験値である。

(v) 排ガス経由での系外への排出総量

排ガス流量と排ガス中の POPs 農薬成分及び DXNs 濃度（質量ベース・毒性等量ベース）から、本実験において排ガス処理系を通じて施設外へ排出された対象物質の量を計算すると、表 3.14 のようになる。

表 3.14 POPs 農薬成分、DXNs の排出量

	単位	1 回目
運転時間（農薬投入時間）	hr	24
ガス流量（BF 出口）	m <sup>3</sup> <sub>N</sub> /hr	3700
POPs 農薬濃度	mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	N.D
DXNs（実測濃度）	ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	5.16
DXNs（実測ベース TEQ）	ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	0.036
DXNs（O <sub>2</sub> 12%換算 TEQ）	ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	0.036
POPs 農薬総量	mg	0

(イ) 2 回目

2 回目の分析結果は表以下のとおりである。なお、この時のガス流量と運転時間は、平均で 3700 m<sup>3</sup><sub>N</sub>/時（触媒塔入口及び煙突）、11 時間であった。

(i) POPs 農薬成分と DXNs 濃度（質量ベース）

排ガス処理プロセスにおける燃焼ガス中の POPs 農薬成分、DXNs の濃度を整理すると、表 3.15 のようになる。BF 前の測定を実施していないため、キルンで熱分解された燃焼ガス中の POPs 農薬成分や DXNs の発生動向を評価することはできない。また、触媒塔入口のガス中の POPs 農薬成分は測定していない。煙突では POPs 農薬成分は不検出であり、DXNs も 2.8ng/m<sup>3</sup>N であった。なお、触媒塔入口の DXNs 濃度は 1 回目の 980 ng/m<sup>3</sup>N よりも高い結果となっている。

表 3.15 排ガス処理プロセスにおける POPs 農薬成分(ng/m<sup>3</sup>N)と DXNs (ng/m<sup>3</sup>N)

	触媒塔入口	煙突
POPs 農薬	-	N.D(<10)
PCDDs	610	0.34
PCDFs	400	0.77
Co-PCBs	61	1.7
DXNs	1100	2.8

(ii) DXNs の毒性等量

次に、DXNs の毒性等量 (ng-TEQ/m<sup>3</sup>N) (O<sub>2</sub>12%換算) を、焼却炉の運転指標である O<sub>2</sub>、CO と一緒に整理すると、表 3.16 のとおりである。DXNs は触媒塔入口に 9.3 ng-TEQ/m<sup>3</sup>N (O<sub>2</sub>12%換算、以下略) となっているが、煙突では 0.010 ng-TEQ/m<sup>3</sup>N と著しく低下しており、1 回目と同様の傾向を示している。なお、触媒塔入口の DXNs の毒性等量濃度は 1 回目の 16 ng-TEQ/m<sup>3</sup>N に比べて低い結果となっており、助燃材の違いや 1 回目で懸念された Cu の存在による影響が現れていると考えられる。

表 3.16 各排ガス処理プロセスにおける O<sub>2</sub>、CO、DXNs 毒性等量 (ng-TEQ/m<sup>3</sup>N)

	触媒塔入口	煙突
DXNs (実測ベース)	12	0.0127
DXNs (O <sub>2</sub> 12%換算)	9.3	0.010
CO(ppm)	7	7
O <sub>2</sub> (%)	9.7	7.6

(iii) 重金属等

各排ガス処理プロセスにおけるばいじん量と重金属濃度を整理すると、表 3.17 のようになる。ばいじん量は定量下限値以下となっており、BF が有効に機能していることが判る。また、Cr と Hg 以外の重金属については、どちらのプロセスでも定量下限値以下であり、前回と同様の結果となっている。なお、BF 前の重金属についての測定を行っていないため厳密な評価はできないが、Hg 濃度は触媒塔入口で 0.016mg/m<sup>3</sup>N であり、前回の 0.06~0.11 mg/m<sup>3</sup>N と比べて一桁小さい数値となっており、燃焼ガス中 (BF 前) の重金属類濃度は全般的に前回より低かった可能性がある。また、今回、助燃剤として灯油を用いたため、RDF に含まれる色素・顔料等に由来する重金属類が排除された影響も考えられる。即ち、これらの状況からみて、BF 内での DXNs の (再) 合成を促進したと考えられる Cu が少なかった可能性を示唆している。2 回目では、1 回目の処理実験で溜まっていた Cu

が放出されたためか、BF 出口の DXNs 濃度が 1 回目に比べて低い結果となったことの説明として考えられる。

表 3.17 各排ガス処理プロセスにおけるばいじん量及び重金属類

	触媒塔入口	煙突
SPM(g/m <sup>3</sup> N)	<0.001	<0.001
Pb(mg/m <sup>3</sup> N)	N.D	N.D
Cd(mg/m <sup>3</sup> N)	N.D	N.D
Cu(mg/m <sup>3</sup> N)	N.D	N.D
Ni(mg/m <sup>3</sup> N)	N.D	N.D
Cr(mg/m <sup>3</sup> N)	N.D	0.02
As(mg/m <sup>3</sup> N)	N.D	N.D
Hg(mg/m <sup>3</sup> N)	0.016	0.015

(iv) 排ガス経由での系外への排出総量

排ガス流量と排ガス中の POPs 農薬成分及び DXNs 濃度 (質量ベース・毒性等量ベース) から、本実験において排ガス処理系を通じて施設外へ排出された対象物質の量を計算すると、表 3.18 のようになる。

表 3.18 POPs 農薬成分、DXNs の排出量

	単位	2 回目
運転時間 (農薬投入時間)	hr	11
ガス流量 (BF 出口)	m <sup>3</sup> N/hr	3200
POPs 濃度	ng/m <sup>3</sup> N	N.D(<10)
DXNs (実測濃度)	ng/m <sup>3</sup> N	2.8
DXNs (実測ベース TEQ)	ng-TEQ/m <sup>3</sup> N	0.013
DXNs (O <sub>2</sub> 12%換算 TEQ)	ng-TEQ/m <sup>3</sup> N	0.010
POPs 濃度総量	ng	0(<44000)

3) 処理残さ

(ア) 1回目

24時間の運転を経て、排出されたスラグと飛灰の量は、それぞれ2330kg、420kgであった。

(i) 残さ中の POPs 農薬成分

溶融スラグと飛灰 (BF 灰) の POPs 農薬成分について、産業廃棄物の分析法に則り、重量体積比 10 倍の溶出試験を行った。その際、スラグ、飛灰ともに 5mm 篩を通過したので破碎は行っていない。なお、溶出性を高めるために有機溶媒を用いた。その分析結果を整理すると表 3.19 のようになる。

表 3.19 処理残さの溶出試験結果(μg/L)

時刻	スラグ				Bag Filter灰			
	23 : 00	1 : 00	5 : 45	平均	23 : 00	1 : 00	5 : 45	平均
α-BHC	1.4	4.2	1.2	2.3	0.84	0	0	0.28
β-BHC	0	0.93	0	0.31	0.19	0	0	0.06
γ-BHC	0.64	1.2	0.2	0.68	0.21	0	0	0.07
δ-BHC	0	0.41	0	0.14	0.31	0	0	0.1
BHC(Total)	2.04	6.74	1.4	3.43	1.55	0	0	0.51
o,p'-DDE	0	0	0	0	0	0	0	0
p,p'-DDE	0	0	0	0	0	0	0	0
o,p'-DDD	0	0	0	0	0	0	0	0
p,p'-DDD	0	0	0	0	0	0	0	0
o,p'-DDT	0	0	0	0	0	0	0	0
p,p'-DDT	0	0.091	0.14	0.08	0.1	0	0	0.03
DDT(Total)	0	0.091	0.14	0.08	0.1	0	0	0.03
アルドリン	0	0	0	0	0	0	0	0
エンドリン	0	0	0	0	0	0	0	0
ディルドリン	0	0	0	0	0	0	0	0
Trans-クロルデン	0	0	0	0	0	0	0	0
Cis-クロルデン	0	0	0	0	0	0	0	0
クロルデン(Total)	0	0	0	0	0	0	0	0
ヘプタクロル	0	0	0	0	0	0	0	0
ヘプタクロルエポキシド*	0	0	0	0	0	0	0	0
ヘプタクロル(Total)	0	0	0	0	0	0	0	0
HCB*	---	---	---	---	---	---	---	---
Total	2.0	6.8	1.5	3.4	1.7	0	0	0.57

\*HCB の分析は行わなかった。

注. 農薬の分析は、ソックスレー抽出によった。

この分析結果は、有機溶媒によるソックスレー抽出(スラグ：アセトン+ジクロロメタン(50:50)、BF 灰：n-ヘキサンを用い、6 時間抽出)を行っているため、通常の産業廃棄物の埋立処分に係る基準値への適合を判定するための方法よりも、高い濃度となると考えられ

る。その結果は、POPs 農薬に係る環境管理指針値よりも低い値となっている。次に時間変動等による影響をみると、スラグについては、時間によって大きな変化を示している。1:00 の採取試料では高い値を示しており、加熱により投入農薬に含まれる POPs 農薬成分が十分にガス化していなかった可能性を示している。一方、飛灰については、初期には POPs 農薬成分が確認されたが、その後は一切確認されていないので、ガス化後の燃焼・分解は上手く進んだものと考えられる。

処理残さに係る含有量分析を実施していないので、表 3.19 の結果から、残さから溶出した POPs 農薬成分量を含有量近似値として算出して整理すると表 3.20 のようになる。この近似値は、含有量分析の前処理である試料の破碎を実施していないので、実際の含有量値よりも低めの値を示す可能性が高いことになる。特に、スラグは粒径が大きいので、その傾向は強いと考えられる。

表 3.20 処理残さ中の農薬成分含有量近似値(ng/g-dry)

時刻	スラグ				Bag Filter灰			
	23 : 00	1 : 00	5 : 45	平均	23 : 00	1 : 00	5 : 45	平均
$\alpha$ -BHC	14	42	12	23	8.4	0	0	2.8
$\beta$ -BHC	0	9.3	0	3.1	1.9	0	0	0.6
$\gamma$ -BHC	6.4	12	2.0	6.8	2.1	0	0	0.7
$\delta$ -BHC	0	4.1	0	1.4	3.1	0	0	1.0
<b>BHC(Total)</b>	<b>20.4</b>	<b>67.4</b>	<b>14</b>	<b>34.3</b>	<b>15.5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5.1</b>
o,p'-DDE	0	0	0	0	0	0	0	0
p,p'-DDE	0	0	0	0	0	0	0	0
o,p'-DDD	0	0	0	0	0	0	0	0
p,p'-DDD	0	0	0	0	0	0	0	0
o,p'-DDT	0	0	0	0	0	0	0	0
p,p'-DDT	0	0.91	1.4	0.8	1.0	0	0	0
<b>DDT(Total)</b>	<b>0</b>	<b>0.91</b>	<b>1.4</b>	<b>0.8</b>	<b>1.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
アルドリン	0	0	0	0	0	0	0	0
エンドリン	0	0	0	0	0	0	0	0
ディルドリン	0	0	0	0	0	0	0	0
Trans-クロルデン	0	0	0	0	0	0	0	0
Cis-クロルデン	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>クロルデン(Total)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
ヘプタクロル	0	0	0	0	0	0	0	0
ヘプタクロルエポキシト	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ヘプタクロル(Total)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>HCB*</b>	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>68</b>	<b>15</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5.7</b>

\*HCB の分析は行わなかった。

注. 農薬の分析は、ソックスレー抽出によった。

## (ii) 処理残さ中の DXNs (実測ベース)

処理残さ中の DXNs 濃度を分析した結果は表 3.21 に示すとおりである。

表 3.21(1) 処理残さ (スラグ) 中の DXNs 含有量 (ng/g)

	濃度 (21:00)	構成率 (%)	濃度 (3:10)	構成率 (%)	濃度 (8:00)	構成率 (%)	濃度 (11:00)	構成率 (%)	濃度 (13:00)	構成率 (%)	平均	構成率 (%)
TeCDDs	0.12	1.9	0.0037	0.64	0.080	2.1	0.029	1.7	0.017	2.3	0.050	1.9
PeCDDs	0.41	6.3	0.024	4.2	0.30	7.9	0.11	6.4	0.037	5.0	0.18	6.6
HxCDDs	1.1	17	0.065	11	0.73	19	0.29	17	0.077	10	0.45	17
HpCDDs	1.2	19	0.088	15	0.79	21	0.35	20	0.11	15	0.51	19
OCDD	0.95	15	0.15	26	0.93	24	0.40	23	0.17	23	0.52	20
<b>Total PCDDs</b>	<b>3.8</b>	<b>58</b>	<b>0.33</b>	<b>58</b>	<b>2.8</b>	<b>74</b>	<b>1.2</b>	<b>69</b>	<b>0.41</b>	<b>55</b>	<b>1.7</b>	<b>64</b>
TeCDFs	0.22	3.4	0	0	0.096	2.5	0.032	1.9	0.0023	0.3	0.070	2.6
PeCDFs	0.35	5.4	0.023	4.0	0.17	4.5	0.084	4.9	0.040	5.4	0.13	5.0
HxCDFs	0.54	8.3	0.041	7.1	0.19	5.0	0.11	6.4	0.061	8.2	0.19	7.1
HpCDFs	0.61	9.4	0.080	14	0.20	5.3	0.13	7.6	0.098	13.2	0.22	8.4
OCDF	0.73	11	0.094	16	0.24	6.3	0.15	9	0.13	18	0.27	10
<b>Total PCDFs</b>	<b>2.5</b>	<b>38</b>	<b>0.24</b>	<b>41</b>	<b>0.90</b>	<b>24</b>	<b>0.51</b>	<b>29</b>	<b>0.33</b>	<b>45</b>	<b>0.88</b>	<b>33</b>
<b>Total PCDD/Fs</b>	<b>6.2</b>	<b>96</b>	<b>0.57</b>	<b>99</b>	<b>3.7</b>	<b>98</b>	<b>1.7</b>	<b>98</b>	<b>0.74</b>	<b>100</b>	<b>2.6</b>	<b>97</b>
Co-PCB (Non o-)	0.10	1.5	0.0054	0.94	0.045	1.2	0.022	1.3	0	0	0.035	1.3
Co-PCB (mono o-)	0.14	2.2	0.00	0	0.037	1.0	0.014	0.8	0	0	0.039	1.5
<b>Total Co-PCB</b>	<b>0.24</b>	<b>3.8</b>	<b>0.0054</b>	<b>0.94</b>	<b>0.083</b>	<b>2.2</b>	<b>0.036</b>	<b>2.1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.073</b>	<b>2.8</b>
<b>DXNs</b>	<b>6.5</b>	<b>-</b>	<b>0.57</b>	<b>-</b>	<b>3.8</b>	<b>-</b>	<b>1.7</b>	<b>-</b>	<b>0.74</b>	<b>-</b>	<b>2.7</b>	<b>-</b>

表 3.21(2) 処理残さ (BF 灰) 中の DXNs 含有量 (ng/g)

	濃度 (21:00)	構成率 (%)	濃度 (3:10)	構成率 (%)	濃度 (8:00)	構成率 (%)	濃度 (11:00)	構成率 (%)	濃度 (13:00)	構成率 (%)	平均	構成率 (%)
TeCDDs	4.0	0.60	2.0	0.73	5.9	2.6	1.1	0.72	0.70	0.75	2.7	1.0
PeCDDs	15	2.3	6.8	2.5	10	4.5	3.7	2.4	2.6	2.8	7.6	2.7
HxCDDs	54	8.1	23	8.4	21	9.4	13	8.5	9.1	10	24	8.5
HpCDDs	100	15	44	16	32	14	24	16	15	16	43	15
OCDD	160	24	75	27	60	27	43	28	27	29	73	26
<b>Total PCDDs</b>	<b>333</b>	<b>50</b>	<b>151</b>	<b>55</b>	<b>129</b>	<b>58</b>	<b>85</b>	<b>56</b>	<b>54</b>	<b>58</b>	<b>150</b>	<b>53</b>
TeCDFs	9.4	1.4	4.3	1.6	4.8	2.2	2.4	1.6	1.5	1.6	4.5	1.6
PeCDFs	23	3.5	9.1	3.3	8.0	3.6	4.7	3.1	3.2	3.4	9.6	3.4
HxCDFs	51	7.7	20	7.3	15	6.7	10	6.6	5.9	6.3	20	7.2
HpCDFs	86	13	33	12	24	11	17	11	9.6	10	34	12
OCDF	150	23	53	19	38	17	30	20	17	18	58	20
<b>Total PCDFs</b>	<b>319</b>	<b>48</b>	<b>119</b>	<b>43</b>	<b>90</b>	<b>40</b>	<b>64</b>	<b>42</b>	<b>37.2</b>	<b>40</b>	<b>126</b>	<b>45</b>
<b>Total PCDD/Fs</b>	<b>652</b>	<b>98</b>	<b>270</b>	<b>98</b>	<b>219</b>	<b>98</b>	<b>149</b>	<b>98</b>	<b>91.6</b>	<b>98</b>	<b>276</b>	<b>98</b>
Co-PCB (Non o-)	4.1	0.61	1.7	0.63	1.5	0.65	1.2	0.75	0.65	0.69	1.8	0.64
Co-PCB (mono o-)	9.1	1.4	3.5	1.3	2.9	1.3	2.3	1.5	1.4	1.4	3.8	1.4
<b>Total Co-PCB</b>	<b>13</b>	<b>2.0</b>	<b>5.2</b>	<b>1.9</b>	<b>4.4</b>	<b>2.0</b>	<b>3.5</b>	<b>2.3</b>	<b>2.0</b>	<b>2.1</b>	<b>5.6</b>	<b>2.0</b>
<b>DXNs</b>	<b>666</b>	<b>-</b>	<b>275</b>	<b>-</b>	<b>223</b>	<b>-</b>	<b>152</b>	<b>-</b>	<b>93.6</b>	<b>-</b>	<b>282</b>	<b>-</b>

## (iii) 処理残さ中の DXNs (毒性等量)

処理残さ中に含まれる DXNs 毒性等量を分析した結果は表 3.22 のとおりである。

表 3.22(1) 処理残さ (スラグ) 中の DXNs 毒性等量 (pg-TEQ/g)

	濃度 (21:00)	構成率 (%)	濃度 (3:10)	構成率 (%)	濃度 (8:00)	構成率 (%)	濃度 (11:00)	構成率 (%)	濃度 (13:00)	構成率 (%)	平均	構成率 (%)
2,3,7,8-TeCDD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,2,3,7,8-PeCDD	11	14	0	0	8.7	23	0	0	0	0	3.9	17
1,2,3,4,7,8-HxCDD	2.3	3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.46	2.0
1,2,3,6,7,8-HxCDD	7.0	9.2	0	0	4.8	13	2.0	40	0	0	2.8	12
1,2,3,7,8,9-HxCDD	4.1	5.4	0	0	3.0	7.9	0	0	0	0	1.4	6.0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	5.6	7.4	0.42	50	3.5	9.2	1.6	32	0.55	35	2.3	10
OCDD	0.095	0.13	0.015	1.8	0.093	0.25	0.040	0.80	0.017	1.1	0.052	0
<b>Total PCDDs</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>0.44</b>	<b>52</b>	<b>20</b>	<b>53</b>	<b>3.6</b>	<b>73</b>	<b>0.57</b>	<b>36</b>	<b>11</b>	<b>47</b>
2,3,7,8-TeCDF	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,2,3,7,8-PeCDF	2.1	2.8	0	0	1.05	2.8	0.60	12	0.42	26	0.83	3.5
2,3,4,7,8-PeCDF	15	19.8	0	0	7.5	20	0	0	0	0	4.5	19
1,2,3,4,7,8-HxCDF	8.3	10.9	0	0	2.7	7.1	0	0	0	0	2.2	9.3
1,2,3,6,7,8-HxCDF	6.0	7.9	0	0	2.0	5.3	0	0	0	0	1.6	6.8
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,3,4,6,7,8-HxCDF	6.7	8.8	0	0	3.1	8.2	0	0	0	0	2.0	8.3
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	3.5	4.6	0.4	47	1.2	3.2	0.74	15	0.58	37	1.3	5.4
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.73	1.0	0	0.0	0.23	0.6	0	0	0	0	0.19	0.81
OCDF	0.073	0.10	0.0094	1.1	0.024	0.063	0.015	0	0.013	0.83	0.027	0
<b>Total PCDFs</b>	<b>42</b>	<b>56</b>	<b>0.41</b>	<b>48</b>	<b>18</b>	<b>47</b>	<b>1.4</b>	<b>27</b>	<b>1.0</b>	<b>64</b>	<b>13</b>	<b>53</b>
<b>Total PCDD/Fs</b>	<b>72</b>	<b>95</b>	<b>0.84</b>	<b>100</b>	<b>38</b>	<b>100</b>	<b>5.0</b>	<b>100</b>	<b>1.6</b>	<b>100</b>	<b>24</b>	<b>100</b>
3,4,4',5'-TeCB(#81)	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,3',4,4'-TeCB(#77)	0.0030	0.0040	0	0	0.0018	0.0047	0	0	0	0	0.00096	0
3,3',4',5'-PeCB(#126)	3.2	4.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.64	2.7
3,3',4,4',5',5'-HxCB(#169)	0.22	0.29	0	0	0	0	0	0	0	0	0.044	0
<b>Co-PCB(Non o-)</b>	<b>3.4</b>	<b>4.5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.0018</b>	<b>0.0047</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
2',3,4,4',5'-PeCB(#123)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,3',4,4',5,5'-PeCB(#118)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,3,4,4',5'-PeCB(#114)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,3',4,4',5',5'-HxCB(#167)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,3,3',4,4',5'-HxCB(#156)	0.0165	0.022	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0033	0.014
2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,3,3',4,4',5',5'-HpCB(#189)	0.0057	0.0075	0	0	0.0018	0.0047	0	0	0	0	0.0015	0.0064
<b>Co-PCB(mono o-)</b>	<b>0.022</b>	<b>0.029</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.0018</b>	<b>0.0047</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.020</b>
<b>Total Co-PCB</b>	<b>3.4</b>	<b>4.5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.0036</b>	<b>0.0095</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.020</b>
<b>DXNs</b>	<b>76</b>	<b>-</b>	<b>0.84</b>	<b>-</b>	<b>38</b>	<b>-</b>	<b>5.0</b>	<b>-</b>	<b>1.6</b>	<b>-</b>	<b>24</b>	<b>-</b>

表 3.22(2) 処理残さ (BF 灰) 中の DXNs 毒性等量 (pg-TEQ/g)

	濃度 (21:00)	構成率 (%)	濃度 (3:10)	構成率 (%)	濃度 (8:00)	構成率 (%)	濃度 (11:00)	構成率 (%)	濃度 (13:00)	構成率 (%)	平均	構成率 (%)
2,3,7,8-TeCDD	46	0.7	34	1.3	140	5.8	21	1.5	15	1.7	51	1.9
1,2,3,7,8-PeCDD	580	9	250	10	480	20	140	10	86	9.9	310	11
1,2,3,4,7,8-HxCDD	150	2.3	58	2.2	46	1.9	32	2.2	20	2.3	61	2.2
1,2,3,6,7,8-HxCDD	450	7	190	7.3	160	6.6	110	7.7	77	8.9	200	7.2
1,2,3,7,8,9-HxCDD	310	5	140	5.4	120	5.0	75	5.3	45	5.2	140	5.0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	560	9	240	9.2	180	7.4	140	10	85	10	240	8.8
OCDD	16	0.25	7.5	0.29	6.0	0.25	4.3	0.30	2.7	0.31	7.3	0.27
<b>Total PCDDs</b>	<b>2,100</b>	<b>33</b>	<b>920</b>	<b>35</b>	<b>1,100</b>	<b>47</b>	<b>520</b>	<b>37</b>	<b>330</b>	<b>38</b>	<b>1,000</b>	<b>36</b>
2,3,7,8-TeCDF	34	0.53	18	0.69	24	0.99	11	0.77	7.1	0.82	19	0.68
1,2,3,7,8-PeCDF	140	2.2	60	2.3	60	2.5	35	2.5	24.5	2.8	64	2.3
2,3,4,7,8-PeCDF	1,050	16	405	16	325	13	220	15	150	17	430	16
1,2,3,4,7,8-HxCDF	770	12	300	12	230	9.5	160	11	91	11	310	11
1,2,3,6,7,8-HxCDF	600	9.3	240	9.2	180	7.4	130	9.1	68	7.9	240	8.9
1,2,3,7,8,9-HxCDF	93	1.4	39	1.5	24	1.0	19	1.3	14	1.6	38	1.4
2,3,4,6,7,8-HxCDF	820	13	310	12	220	9.1	160	11	88	10	320	12
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	520	8.1	190	7.3	140	5.8	100	7.0	56	6.5	200	7.3
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	120	1.9	45	1.7	29	1.2	23	1.6	13	1.5	46	1.7
OCDF	15	0.23	5.3	0.20	3.8	0.16	3.0	0.21	1.7	0.20	5.8	0.21
<b>Total PCDFs</b>	<b>4,100</b>	<b>65</b>	<b>1,600</b>	<b>62</b>	<b>1,200</b>	<b>51</b>	<b>860</b>	<b>60</b>	<b>510</b>	<b>59</b>	<b>1,700</b>	<b>61</b>
<b>Total PCDD/FS</b>	<b>6,300</b>	<b>97</b>	<b>2,500</b>	<b>98</b>	<b>2,400</b>	<b>98</b>	<b>1,400</b>	<b>97</b>	<b>840</b>	<b>98</b>	<b>2,700</b>	<b>97</b>
3,3',4,4',5'-TeCB(#81)	0.036	0.00056	0.026	0.0010	0.027	0.0011	0.022	0.0015	0.016	0.0018	0.025	0.00092
3,3',4,4'-TeCB(#77)	0.061	0.00095	0.028	0.0011	0.028	0.0012	0.018	0.0013	0.010	0.0012	0.029	0.0011
3,3',4,4',5'-PeCB(#126)	160	2.5	56	2.2	44	1.8	36	2.5	19	2.2	63	2.3
3,3',4,4',5',5'-HxCB(#169)	15	0.23	6.3	0.24	4.6	0.19	3.9	0.27	2.0	0.23	6.4	0.23
<b>Co-PCB(Non o-)</b>	<b>180</b>	<b>2.7</b>	<b>62</b>	<b>0.00019</b>	<b>49</b>	<b>2.0</b>	<b>40</b>	<b>2.8</b>	<b>21</b>	<b>2.4</b>	<b>69</b>	<b>2.5</b>
2',3,4,4',5'-PeCB(#123)	0.012	0.00019	0.0049	0.00092	0.0053	0.00022	0.0043	0.00030	0.0024	0.00028	0.0058	0.00021
2',3,4,4',5,5'-PeCB(#118)	0.063	0.0010	0.024	0.00085	0.024	0.00099	0.015	0.0011	0.0093	0.0011	0.027	0.00098
2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0.062	0.0010	0.022	0.0021	0.025	0.0010	0.016	0.0011	0.0092	0.0011	0.027	0.00098
2,3,4,4',5'-PeCB(#114)	0.125	0.0019	0.055	0.00011	0.055	0.0023	0.0445	0.0031	0.0325	0.0038	0.062	0.0023
2,3',4,4',5',5'-HxCB(#167)	0.0075	0.00012	0.0029	0.013	0.0023	0.00010	0.0018	0.00013	0.00096	0.00011	0.0031	0.00011
2,3,3',4,4',5-HxCB(#156)	0.90	0.014	0.335	0.0077	0.26	0.011	0.22	0.015	0.135	0.016	0.37	0.013
2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	0.50	0.0078	0.20	0.0038	0.165	0.0068	0.145	0.010	0.085	0.0098	0.22	0.0080
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	0.39	0.0060	0.15	0.0038	0.12	0.0050	0.096	0.0067	0.054	0.0062	0.16	0.0059
<b>Co-PCB(mono o-)</b>	<b>2.1</b>	<b>0.032</b>	<b>0.79</b>	<b>0.031</b>	<b>0.66</b>	<b>0.027</b>	<b>0.54</b>	<b>0.038</b>	<b>0.33</b>	<b>0.038</b>	<b>0.88</b>	<b>0.032</b>
<b>Total Co-PCB</b>	<b>180</b>	<b>2.7</b>	<b>63</b>	<b>2.4</b>	<b>49</b>	<b>2.0</b>	<b>40</b>	<b>2.8</b>	<b>21</b>	<b>2.5</b>	<b>70</b>	<b>2.56</b>
<b>DXNs</b>	<b>6500</b>	<b>-</b>	<b>2600</b>	<b>-</b>	<b>2400</b>	<b>-</b>	<b>1400</b>	<b>-</b>	<b>870</b>	<b>-</b>	<b>2800</b>	<b>-</b>

注. DXNs 量の有効数字を 2 桁としているため、PCDDs、PCDFs、Co-PCB の計は成分量の合計と一致しない。

(iv) 残さ經由での系外への排出総量

処理残さとして、施設外へ排出される POPs 農薬成分と DXNs の量を算出すると、表 3.23 のようになる。POPs 農薬成分は、スラグ、飛灰として、それぞれ 79mg、2.4mg 排出されたことになる。

表 3.23 POPs 農薬成分、DXNs の排出量

	単位	スラグ	BF 灰
排出量	kg	2330	420
POPs 農薬成分濃度	µg/kg	34	5.7
DXNs (実測濃度)	ng/g	2.7	280
DXNs (TEQ)	ng-TEQ/g	0.024	2.8
POPs 農薬成分総量	mg	79.22	2.394

(イ) 2 回目

11 時間の運転で発生したスラグならびに BF 灰はそれぞれ 720kg、115kg である。また、2 回目の分析結果では、表 3.24 に示すとおり α-BHC のみが検出された。なお、分析にあたっては 1 回目と同様ソックスレー抽出によった。

表 3.24(1) スラグ中の農薬成分含有量近似値(ng/g)

時刻	19:30	20:00	22:00	24:00	平均
α-BHC	5.5	7.3	5.3	9.3	6.85

表 3.24(2) BF 灰中の農薬成分含有量近似値(ng/g)

時刻	15:50	18:35	20:00	21:00	22:00	24:00	平均
α-BHC	3.9	3.8	6.1	1.6	1.1	1.3	2.97

この処理システムにおいては、処理残さとしては溶融スラグと BF 灰の 2 つが発生する。今回の分析結果からみて、溶融スラグ中に数十 ng/g 程度と微量の POPs 農薬が残留するのに対して、BF 灰ではさらに 5~6ng/g と低くなっており、溶融プロセスにおいて POPs 農薬がほぼガス化していると考えられる。また、2 回目のスラグや BF 灰中の α-BHC の含有量については、助燃材が灯油であり品質のばらつきが少ないと期待されたが、採取時刻によって数倍の変動が見られた。

(ii) 処理残さ中の DXNs (実測ベース)

処理残さ中の DXNs 濃度を分析した結果は表 3.25 に示すとおりである。

表 3.25 処理残さ中の DXNs 含有量 (ng/g)

	スラグ		BF 灰							
	濃度	構成 (%)	濃度 (15:50)	構成 (%)	濃度 (18:35)	構成 (%)	濃度 (20:00)	構成 (%)	平均	構成 (%)
TeCDDs	0.029	3.8	54	2.7	21	2.5	19	2.5	31	2.6
PeCDDs	0.069	9.0	150	7.5	68	8.0	57	7.5	92	7.7
HxCDDs	0.16	20.8	470	23.5	170	20.0	150	19.7	260	21.7
HpCDDs	0.14	18.2	190	9.5	140	16.5	130	17.1	150	12.5
OCDD	0.12	15.6	250	12.5	140	16.5	130	17.1	170	14.2
<b>Total PCDDs</b>	<b>0.52</b>	<b>67.5</b>	<b>1200</b>	<b>60</b>	<b>540</b>	<b>63.5</b>	<b>490</b>	<b>64.5</b>	<b>700</b>	<b>58.3</b>
TeCDFs	0.054	7.0	80	4.0	30	3.5	25	3.3	45	3.8
PeCDFs	0.049	6.4	130	6.5	48	5.6	44	5.8	74	6.2
HxCDFs	0.064	8.3	250	12.5	88	10.4	70	9.2	140	11.7
HpCDFs	0.034	4.4	140	7.0	68	8.0	59	7.8	90	7.5
OCDF	0.011	1.4	140	7.0	56	6.6	49	6.4	82	6.8
<b>Total PCDFs</b>	<b>0.21</b>	<b>27.3</b>	<b>740</b>	<b>37</b>	<b>290</b>	<b>34.1</b>	<b>250</b>	<b>32.9</b>	<b>430</b>	<b>35.8</b>
<b>Total PCDD/Fs</b>	<b>0.72</b>	<b>93.5</b>	<b>1900</b>	<b>95.0</b>	<b>830</b>	<b>97.6</b>	<b>740</b>	<b>97.4</b>	<b>1170</b>	<b>97.5</b>
Co-PCB(Non o-)	0.019	2.5	31	1.6	11	1.3	8.2	1.1	17	1.4
Co-PCB(mono o-)	0.021	2.7	50	2.5	13	1.5	9.8	1.3	24	2.0
<b>Total Co-PCB</b>	<b>0.04</b>	<b>5.2</b>	<b>82</b>	<b>4.1</b>	<b>24</b>	<b>2.8</b>	<b>18</b>	<b>2.4</b>	<b>41</b>	<b>3.4</b>
<b>DXNs</b>	<b>0.77</b>		<b>2000</b>		<b>850</b>		<b>760</b>		<b>1200</b>	

注. DXNs 量の数値を有効数字 2 桁としているため、PCDDs、PCDFs、Co-PCB の計は各成分量の合計と一致しない。

(iii) 処理残さ中の DXNs (毒性等量)

処理残さ中に含まれる DXNs 毒性等量を分析した結果は表 3.26 のとおりである。DXNs 毒性等量はスラグで 12 pg-TEQ/g であり、その 51%が PCDDs、40%を PCDFs が占めており、Co-PCB は少ない。また、BF 灰の平均値が 16000 pg-TEQ/g で、約 40%が PCDDs、60%弱を PCDFs が占めており、スラグとはその構成比が異なっている。

表 3.26 処理残さ中の DXNs 毒性等量 (pg-TEQ/g)

	スラグ		BF灰						平均
	濃度	構成 (%)	濃度 (15:50)	構成 (%)	濃度 (18:35)	構成 (%)	濃度 (20:00)	構成 (%)	
2,3,7,8-TeCDD	0.38	3.2	430	1.5	98	1.0	78	0.9	200
1,2,3,7,8-PeCDD	3.1	25.8	3800	13.1	1400	14.0	1100	12.9	2100
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.55	4.6	870	3.0	300	3.0	250	2.9	470
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.91	7.6	3200	11.0	1000	10.0	890	10.5	1700
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.7	5.8	1700	5.9	480	4.8	410	4.8	860
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.6	5.0	1000	3.4	650	6.5	600	7.1	750
OCDD	0.012	0.1	35	0.1	14	0.1	13	0.2	21
<b>Total PCDDs</b>	<b>6.2</b>	<b>51.7</b>	<b>11000</b>	<b>37.9</b>	<b>4000</b>	<b>40.0</b>	<b>3400</b>	<b>40.0</b>	<b>6100</b>
2,3,7,8-TeCDF	0.11	0.9	170	0.6	50	0.5	44	0.5	88
1,2,3,7,8-PeCDF	0.2	1.7	640	2.2	220	2.2	200	2.4	350
2,3,4,7,8-PeCDF	2.2	18.3	5000	17.2	1700	17.0	1600	18.8	2800
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.73	6.1	3000	10.3	930	9.3	750	8.8	1600
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.66	5.5	2700	9.3	890	8.9	680	8.0	1400
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0	0.0	370	1.3	150	1.5	130	1.5	220
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.69	5.8	3700	12.8	1300	13.0	1100	12.9	2000
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.26	2.2	650	2.2	350	3.5	310	3.6	440
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.016	0.1	220	0.8	84	0.8	70	0.8	130
OCDF	0.0011	0.0	14	0.0	5.6	0.1	4.9	0.1	8.0
<b>Total PCDFs</b>	<b>4.8</b>	<b>40.0</b>	<b>1600</b>	<b>55.2</b>	<b>5800</b>	<b>58.0</b>	<b>4800</b>	<b>56.5</b>	<b>8900</b>
<b>Total PCDD/Fs</b>	<b>11</b>	<b>91.7</b>	<b>2800</b>	<b>96.6</b>	<b>9700</b>	<b>97.0</b>	<b>8200</b>	<b>96.5</b>	<b>15000</b>
3,4,4',5'-TeCB(#81)	0.00029	0.0	0.34	0.0	0.11	0.0	0.085	0.0	0
3,3',4,4'-TeCB(#77)	0.00074	0.0	0.52	0.0	0.17	0.0	0.12	0.0	0
3,3',4,4',5'-PeCB(#126)	0.66	5.5	1200	4.1	400	4.0	300	3.5	630
3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	0.023	0.2	100	0.3	40	0.4	31	0.4	57
Co-PCB(Non o-)	0.68	5.7	1300	4.5	440	4.4	330	3.9	690
2',3,4,4',5'-PeCB(#123)	0	0.0	0.081	0.0	0.027	0.0	0.020	0.0	0
2,3',4,4',5,5'-PeCB(#118)	0.00069	0.0	0.24	0.0	0.065	0.0	0.050	0.0	0
2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0.00045	0.0	0.61	0.0	0.13	0.0	0.089	0.0	0
2,3,4,4',5'-PeCB(#114)	0	0.0	0.29	0.0	0.14	0.0	0.11	0.0	0
2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	0.000011	0.0	0.029	0.0	0.0074	0.0	0.0051	0.0	0
2,3,3',4,4',5'-HxCB(#156)	0.0016	0.0	4.9	0.0	1.1	0.0	0.86	0.0	2
2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	0.00099	0.0	4.7	0.0	1.2	0.0	0.89	0.0	2
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	0.00024	0.0	1.8	0.0	0.49	0.0	0.39	0.0	1
Co-PCB(mono o-)	0.004	0.0	13	0.0	3.2	0.0	2.4	0.0	6
<b>Total Co-PCB</b>	<b>0.88</b>	<b>7.3</b>	<b>1300</b>	<b>4.5</b>	<b>440</b>	<b>4.4</b>	<b>330</b>	<b>3.9</b>	<b>690</b>
<b>DXNs</b>	<b>12</b>		<b>29000</b>		<b>10000</b>		<b>8500</b>		<b>16000</b>

注. DXNs 量の数値を有効数字 2 桁としているため、PCDDs、PCDFs、Co-PCB の計は各成分量の合計と一致しない。

(iv) 残さ経由での系外への排出総量

処理残さとして、系外に排出される POPs 農薬成分や DXNs の排出量を計算すると、表 3.27 のとおりになる。

表 3.27 POPs 農薬成分、DXNs の排出量

	単位	スラグ	BF 灰
排出量	kg	720	115
POPs 農薬成分濃度	ng/g	6.85	2.97
DXNs (実測濃度)	ng/g	0.77	1200
DXNs (TEQ)	ng-TEQ/g	0.012	16
POPs 農薬成分	mg	4.93	0.34

4) 実験における物質収支

以上の結果から、投入農薬に由来する POPs 農薬成分の物質収支を整理すると表 3.28 及び図 3.1 のとおりである。

表 3.28(1) POPs 農薬成分の物質収支<1回目>

	POPs 農薬成分総量
	mg
投入農薬	171,641×10 <sup>3</sup>
排ガス	0
処理残さ (スラグ)	79
処理残さ (BF 灰)	2.4
処理残さ(計)	81
排ガス+残さ (合計)	81 (分解率>99.9999%)

1 回目の試験では、POPs 農薬成分については、0.00001%程度まで分解されている。

表 3.28(2) POPs 農薬成分の物質収支<2回目>

	POPs 農薬成分総量
	mg
投入農薬	81,803×10 <sup>3</sup>
排ガス	0
処理残さ (スラグ)	4.93
処理残さ (BF 灰)	0.34
処理残さ(計)	5.27
排ガス+残さ (合計)	5.27 (分解率>99.99999%)

2 回目の試験では、POPs 農薬成分については、スラグ中への残留分が 1 回目よりも少ないようである。

## 5) 結果のとりまとめ

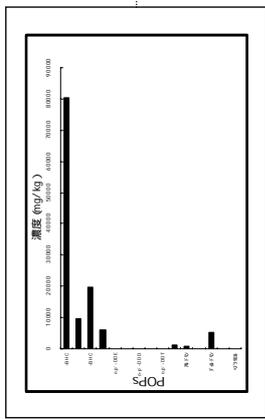
本施設における実証試験結果を取りまとめると、次のようになる。

- ① 排出ガス濃度からみて、周辺環境に影響を生じないようにして、**POPs** 農薬を焼却・熔融処理できた。
- ② 熔融キルン内は 1100～1300℃と高温で維持されていた。そのため、熔融過程で **POPs** 農薬成分がほぼ完全にガス化していると考えられる。物質収支をみると、**POPs** 農薬は大部分が分解されるが、熔融固化物中に微量ながら残る。
- ③ 排ガス、残さ中の **POPs** 農薬濃度はいずれも指針値を下回る値であるが、熔融固化物に **BF** 灰よりも高濃度の **POPs** 農薬を含有する結果となった。
- ④ **DXNs**は、熔融キルン内よりも排ガス処理段階の**BF**にて再合成されたためか、触媒塔入口に高濃度を示しているが、その後触媒塔にて分解されているため、煙突からの排出ガスでは排出基準を満足している。

直接溶融ローターキレン(1回目)・POPs

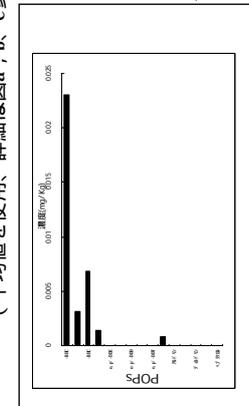
投入

投入農薬量 (kg)	
濃度	1389
POPs農薬含有量 (ng/kg-dry)	123572
量	POPs農薬成分含有総量 (ng) 171641000



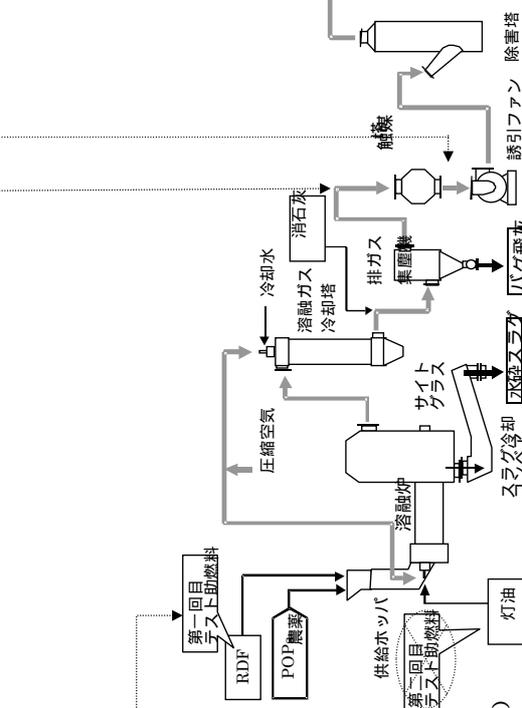
スラグ経由で系外への排出

スラグ総量 (kg)	
濃度	2330
POPs農薬含有量 (ng/kg)	0.034
量	POPs農薬成分含有総量 (ng) 79.22
投入量比 (%)	0.000046



BF後排ガス

測定なし



系外排出

平均流量 (m <sup>3</sup> N/時)	
濃度	3700
POPs農薬成分 (ng/m <sup>3</sup> )	—
量	POPs農薬成分含有総量 (ng) 0、(79.92)
分解率 (%)	100、(99.999926)

( ) 測定値がNDのため定量下限値の1/2を採用

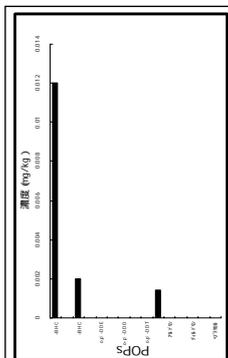
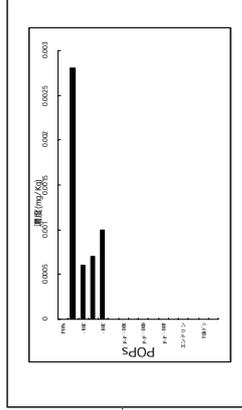
POPs	定量下限値の1/2	濃度の1/2
BHC	100	ND
γ-HCH	50	ND
α-HCH	50	ND
カドパソ	100	ND
デェトソ	50	ND
エンドソソ	500	ND
DDT	50	ND

BF灰経由で系外への排出

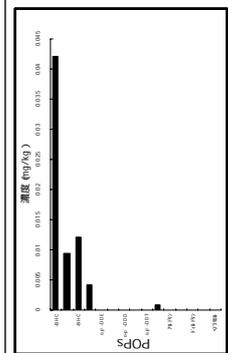
BF総量 (kg)	
濃度	420
POPs農薬含有量 (ng/kg)	0.0057
量	POPs農薬成分含有総量 (ng) 2.394
投入量比 (%)	0.0000014

(平均値を使用)

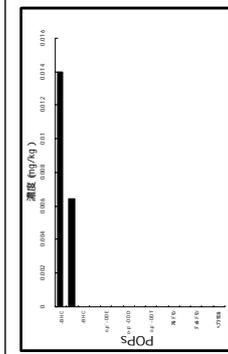
POPs	濃度 (ng/kg)
-BHC	0.0028
-BHC	0.0006
-BHC	0.0007
-BHC	0.0001



図a 11:00H時



図b 13:00H時



図c 15:45H時

図3-1(1)各プロセスでの測定結果 (POPs:1回目)

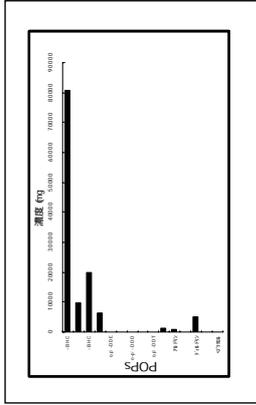
直接溶融ローターリーキルン(2回目):POPs  
BF後排ガス

系外排出

投入

投入農薬量 (kg)	
濃度	660
POPs農薬含有量 (mg/kg-dry)	123941
量	81803

POPs	濃度 (mg/kg)
-BHC	80545
-BHC	9632
-BHC	19771
-BHC	6242
o,p'-DDE	0
p,p'-DDE	21
o,p'-DDD	0
p,p'-DDD	0
o,p'-DDT	30
p,p'-DDT	1379
γ-HCH	977
エンドリン	102
ディルドリン	5242
加ワブリン	0
γ-HCH	0



測定なし

濃度	平均流量 (m <sup>3</sup> N/時)	3200
POPs農薬成分含有総量 (mg)	—	—
POPs農薬成分含有総量 (mg)	0.123	—
分解率 (%)	100、0.9999998	—

( ) 測定値がNDのため定量下限値の1/2を採用した時の値

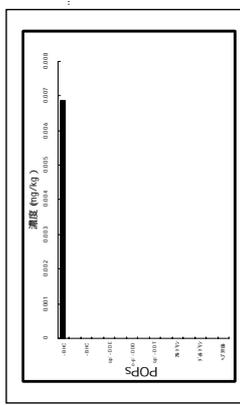
POPs	定量下限値の1/2	濃度
BHC	5	ND
γ-HCH	5	ND
エンドリン	5	ND
ディルドリン	5	ND
加ワブリン	5	ND
エンドリン	5	ND
DDT	5	ND

BF灰經由で系外への排出(平均値)

濃度	BF総量 (kg)	115
POPs農薬含有量 (mg/kg)	0.00297	—
POPs農薬成分含有総量 (mg)	0.34	—
投入量比 (%)	0.000000415	—

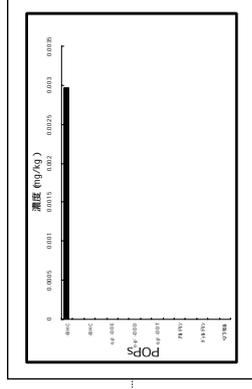
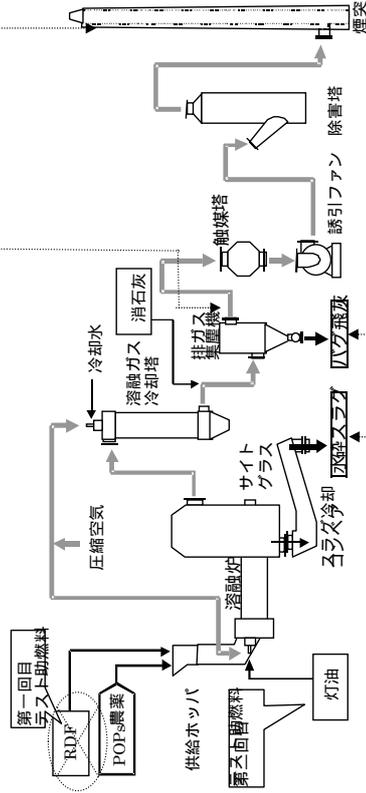
測定時間	BHC濃度 (mg/kg)
平均	0.0069
19:30	0.0055
20:00	0.0073
22:00	0.0053
24:00	0.0092

BHC以外は不検出



スラグ經由で系外への排出(平均値)

濃度	スラグ総量 (kg)	720
POPs農薬含有量 (mg/kg)	0.00685	—
POPs農薬成分含有総量 (mg)	4.932	—
投入量比 (%)	0.0000006	—



測定時間	BHC濃度 (mg/kg)
15:50	0.0039
18:35	0.0038
20:00	0.0067
21:00	0.0016
22:00	0.0011
24:00	0.0013

BHC以外は不検出

図3-1(2)各プロセスでの測定結果 (POPs:2回目)

直接溶融ローターリーキルン(1回目プランク)DXNs  
BF後排ガス

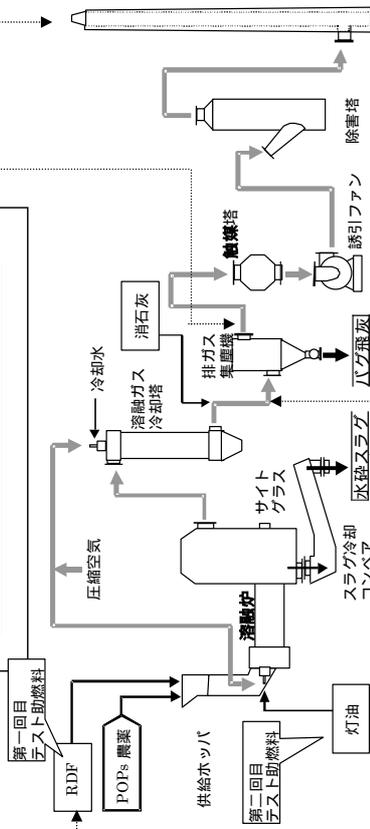
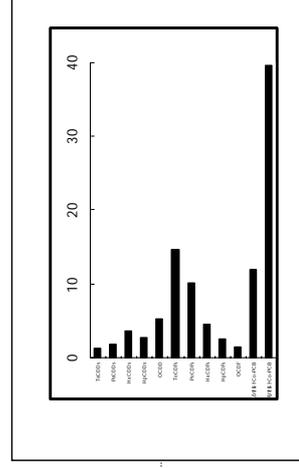
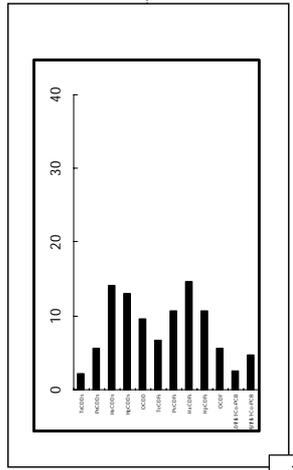
投入

RDFのみ

濃度	平均流量 (m <sup>3</sup> N/時)	3700
	DXNs実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> N)	1775
	DXNs毒性等量 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> N) (12% O <sub>2</sub> 換算)	31(26)

系外排出

濃度	平均流量 (m <sup>3</sup> N/時)	4000
	DXNs実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> N)	6.78
	DXNs毒性等量 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> N) (12% O <sub>2</sub> 換算)	0.058(0.049)



スラッグ経由で系外への排出

なし

BF灰経由で系外への排出

なし

BF入口

測定なし

図3-1(3)各プロセスでの測定結果 (DXNs1回目プランク)

直接溶融ローターリーキルン(1回目):DXN s

投入

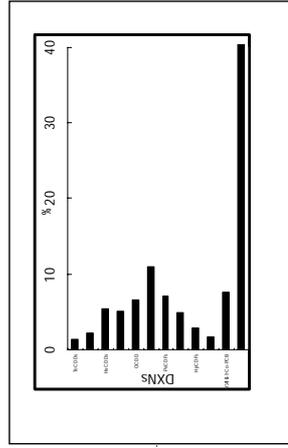
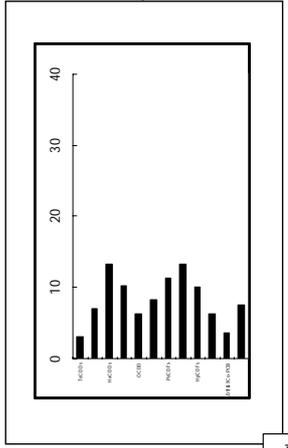
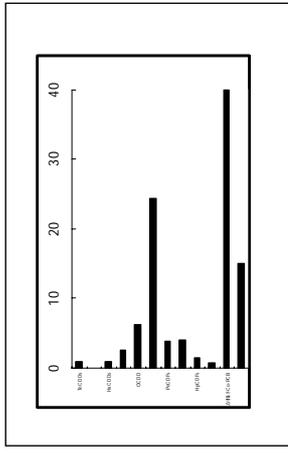
投入農薬量(kg)	1389
DXNs実質ベース総量 (ng/g)	92.05
DXNs毒性等量 (ng-TEQ/kg)	596

触媒塔入口

平均流量 (m <sup>3</sup> N/時)	3700
DXNs実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> N)	980
DXNs毒性等量 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> N) (12% O <sub>2</sub> 換算)	16

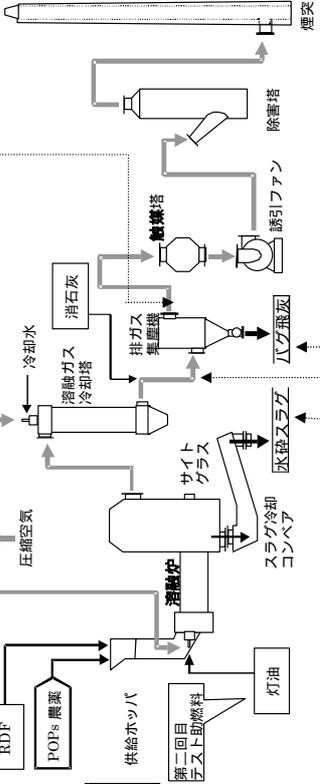
系外排出

平均流量 (m <sup>3</sup> N/時)	3700
DXNs実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> N)	5.16
DXNs毒性等量 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> N) (12% O <sub>2</sub> 換算)	0.036



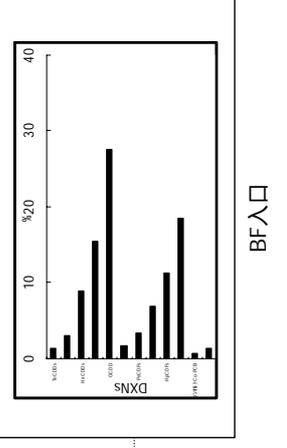
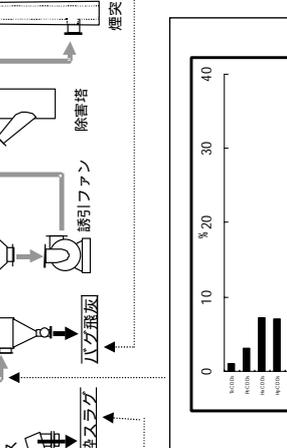
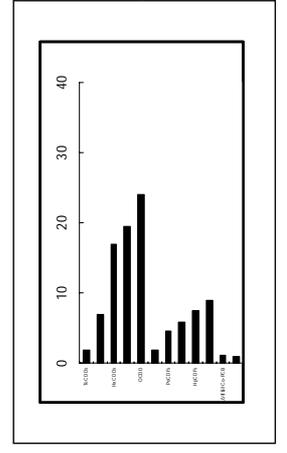
スラグ經由で系外への排出(平均値、詳細は別紙(参照))

スラグ総量 (kg)	2330
DXNs含有量 (ng/g)	2.7
DXNs等量 (ng-TEQ/kg)	24



BF灰經由で系外への排出(平均値、詳細は別紙(参照))

BF灰総量(kg)	420
DXNs含有量 (ng/g)	280
DXNs等量 (ng-TEQ/kg)	2800



BF入口

平均流量 (m <sup>3</sup> N/時)	2800
DXNs実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> N)	541
DXNs毒性等量 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> N) (12% O <sub>2</sub> 換算)	5.2

図3-1(4)各プロセスでの測定結果 (DXN s1回目)

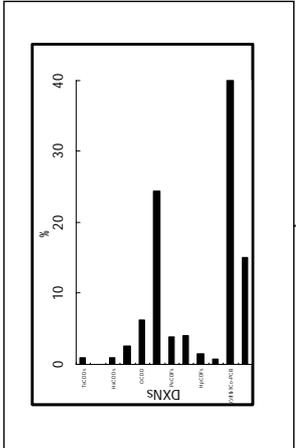




直接溶融ローターリーキルン(2回目):DXN s  
触媒塔入口

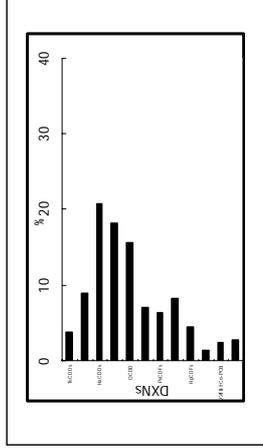
投入

投入農薬量(kg)	660
DXNs実質ベース総量 (ng/g)	92.23
DXNs毒性等量 (ng-TEQ/kg)	597
濃度	



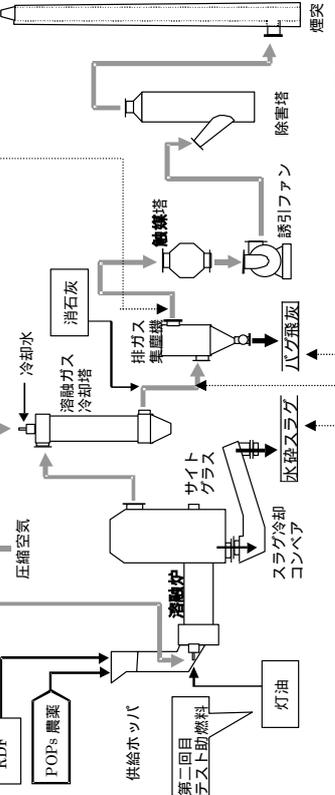
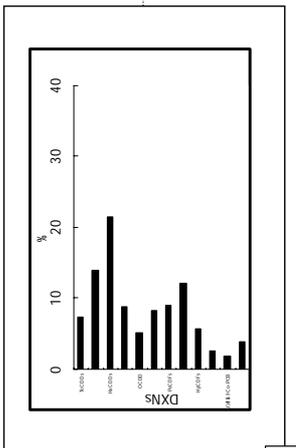
スラグ経由で系外への排出

スラグ総量(kg)	720
DXNs含有量 (ng/g)	0.77
DXNs等量 (ng-TEQ/kg)	12
濃度	

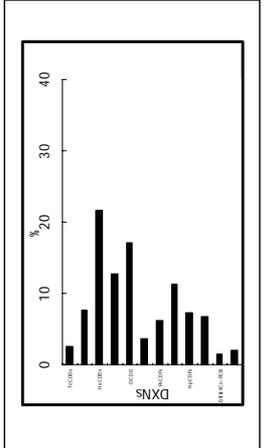


系外排出

平均流量 (m <sup>3</sup> N/時)	3200
DXNs実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> N)	1100
DXNs毒性等量 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> N) (12% O2換算)	12(9.3)
濃度	



BF灰総量	115
DXNs含有量 (ng/g)	1213
DXNs等量 (ng-TEQ/kg)	16000
濃度	



BF入口

平均流量 (m <sup>3</sup> N/時)	3700
DXNs実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> N)	測定なし
DXNs毒性等量 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> N)	
濃度	

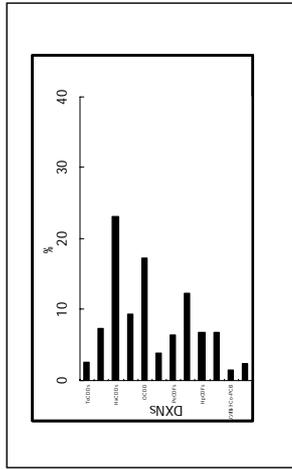
図3-1(7)各プロセスでの測定結果 (DXN s2回目)

直接溶融ローターリーキリン (2回目) DXNs

BF灰經由で系外への排出

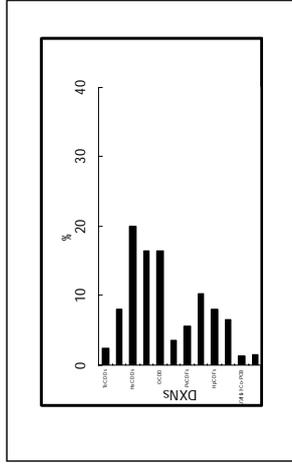
4月26日、15:50時

BF灰総量 (kg)		115
濃度	DXNs 含有量 (ng/g)	2035
	DXNs 等量 (ng-TEQ/kg)	29000



4月26日、18:35時

BF灰総量 (kg)		115
濃度	DXNs 含有量 (ng/g)	853
	DXNs 等量 (ng-TEQ/kg)	10000



4月26日、20:00時

BF灰総量 (kg)		115
濃度	DXNs 含有量 (ng/g)	751
	DXNs 等量 (ng-TEQ/kg)	8500

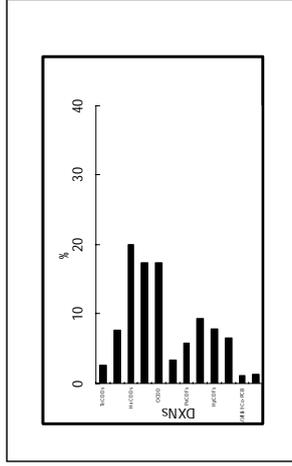


図3-1(8)BF灰の測定結果 (OXN s2回目)

### 3.2 外熱式乾留炉 + 二次燃焼炉における実験結果

#### (1) 概況

前節の直接溶融ロータリーキルン施設にて開封した農薬のうち、DDT、BHC、エンドリンの3種について先に当処理施設に搬入し、混合したものを処理対象物として実験した。なお、上記3種の農薬の構成比は、なるべく別施設にて処理した農薬構成と同等になるようには配慮したが、全ての農薬を開封するまで、当施設分の農薬の調製を待つ時間がなかったため、一致はしていない。

農薬のみを当入した場合には、排ガス中のHClが地元自治体の規制水準を超える可能性があるため、地元自治体と協議の上で、通常、当施設にて処理している排水処理汚泥を混合材として用いた。

実証施設にて処理試験を行う前に、ラボにて加熱秤量試験を行った。

表 3-29 POPs 農薬に係る評価

対象	物質	分析結果	環境管理指針値	評価
排ガス (mg/m <sup>3</sup> N)	BHC	0.00099、0.0086	0.0003 (大気中)	BHCが一般大気中指針値の最大29倍*となる以外は、排ガス濃度が大気指針値を満足している。
	DDT	0.0001、0.0002	0.0017 (同上)	
	エンドリン	N.D. ( < 0.00001 )	0.0001 (同上)	
処理後残さ (mg/L)	BHC	N.D. ( < 0.0005 )	0.025	管理型最終処分場の受入指針値を満足している。
	DDT	N.D. ( < 0.0005 )	0.125	
	エンドリン	N.D. ( < 0.0005 )	0.005	
飛灰 (mg/L)	BHC	N.D. ( < 0.0005 )	0.025	管理型最終処分場の受入指針値を満足している。
	DDT	N.D. ( < 0.0005 )	0.125	
	エンドリン	N.D. ( < 0.0005 )	0.005	

\*：煙突による希釈効果は29倍以上と考えられ、排ガスによる環境影響は無視できる水準にある。

表 3-30 DXNsに係る評価

対象	分析結果	ダイ特法の基準値	評価
排ガス(ng-TEQ/m <sup>3</sup> N) ( O <sub>2</sub> = 12% )	0.084、0.22	5(焼却能力 2t / 時未満)	基準を満足している。
処理後残さ (ng-TEQ/g)	0.019、0.039	3	管理型最終処分場受入基準を満足
飛灰(ng-TEQ/g)	0.76、5.4*	3	同上

\*本試験実施以前からの灰と混合されている可能性がある

(2) 処理対象物

1) 排水処理汚泥と POPs 農薬

投入した POPs 農薬等と配合汚泥の量は以下のとおりである。

POPs 等農薬 (水銀を含まないもの):  $10\text{kg/時} \times \text{約 } 6.5 \text{ h/日} = \text{約 } 65\text{kg/日}$

排水処理汚泥:  $75\text{kg/時} \times \text{約 } 12\text{h} = 3120\text{kg/日}$

表 3.31 投入農薬の内訳

農薬名	品名	袋数	供給量(kg)
エンドリン	エンドリン粉剤 2	21	63
DDT	DDT 粉剤、キルソン	13	13
BHC	キングブラビー	15	45

(3) 運転条件

1) 運転条件

(ア) 運転温度 (輻射式温度計による測定)

- ・外熱式ロータリーキルン内部: 460
- ・二次燃焼炉出口温度: 850

(イ) 運転中の滞留時間

- ・外熱式ロータリーキルン: 45 分
- ・二次燃焼炉: 2 秒

2) 農薬等の投入方法・条件

(ア) 投入方法

設備投入口より、作業員によるマニュアル投入とした。

(イ) 農薬投入間隔

$400\text{g/袋} \times 25 \text{ 袋/時} = 10\text{kg/時}$

(ウ) 投入条件

事前にビニル袋に詰めて、400g の投入物を調製しておく。調製前に 3 種の農薬を十分に混合してから試料調製を行った。

3) 排ガス処理

(ア) 基本フロー

二次燃焼炉 + バグフィルター (石灰を噴霧)

(イ) 石灰噴霧量

投入物の塩素含有量分析結果に基づき、排ガス中の塩化水素目標値達成のための必要量を算定する。

(4) 測定分析結果

1) 投入物

(ア) POPs 農薬の分析結果

(i) POPs 農薬成分の含有量

投入農薬として調製した POPs 農薬についての分析を行った結果は表 3.32 に示すとおりである。これらのうち、(イ)のラベルからの推定値というのは、各農薬のラベルに表示されている有効成分量から推計したものである。また、別途、投入農薬の主要製品について分析した結果から、各農薬量を乗じて算出したのが(ウ)の農薬分析結果からの推定値である。

なお、混合試料の分析に当たっては、混合試料をアセトン/n-ヘキサン混合液(1:1)100mL で約 15 分間超音波抽出して、GC/MS にかけて分析した。

表 3.32 POPs 農薬の農薬成分含有量(μg/g)

	(ア)混合農薬試料の分析結果	(イ)ラベルからの推定値*	(ウ)混合農薬の各分析結果からの推定値**
-BHC	30,000		47,432
-BHC	6,700		5,962
-BHC	9,100	11,300	11,721
-BHC	3,500	-	3,200
<b>BHC(Total)</b>	<b>49,300</b>	<b>11,300 +</b>	<b>68,315</b>
o,p'-DDE	<20		0
p,p'-DDE	<20		31
o,p'-DDD	22		0
p,p'-DDD	<20		0
o,p'-DDT	900	5,500	46
p,p'-DDT	3,100		2,013
<b>DDT(Total)</b>	<b>4,022</b>	<b>5,500 +</b>	<b>2,090</b>
アルドリン	<20		61
エンドリン	6,200	10,300	6,066
ディルドリン	<20		107
Trans-クロルデーン	<20		0
Cis-クロルデーン	<20		0
<b>クロルデーン(Total)</b>	<b>&lt;20</b>		<b>0</b>
ヘプタクロル	<20		0
ヘプタクロルイソキシル	<20	---	---
<b>ヘプタクロル(Total)</b>	<b>&lt;20</b>		<b>0</b>
HCB	<20	---	---
<b>Total</b>	<b>59,522+</b>		

\*) 農薬のラベルに記してある成分表の数値から算出した

\*\*\*) 別途分析した3つの農薬の各成分分析結果に、3農薬の混合比を乗じて推計した

混合試料の分析結果とラベルの成分表示を比べてみると、ラベルに表示されている成分

については、-BHC、DDT、エンドリンともにラベルよりも、今回の分析値が少ない結果となっている。これは、使用した農薬が地中に 20 年以上埋設保管されていた事を考慮すると、埋設中に農薬成分が劣化したためと考えられる。その劣化の程度は、-BHC、DDT が約 2 割減で、エンドリンが 4 割減となっている。

次に、使用した農薬 3 製品の別途分析した結果に基づいて、混合試料の成分含有量を推定した結果と混合試料の分析結果を比較すると、BHC については推定値の方が高く、エンドリンについてはほぼ同等であるのに対し、DDT は推定値が低目の値を示す結果となった。混合試料については混合前の各農薬成分の分析値による推定値よりも混合試料からの採取試料の分析結果の信頼性が高いと考えられる。そこで、以下の検討に当たっては、実際の混合試料の分析結果を投入物の性状を示す値として用いる。

(ii) DXNs 含有量 (実質ベース)

投入農薬に含まれる POPs 農薬成分の含有量は表 3.33 に示す通りである。

表 3.33 POPs 農薬の DXNs 成分含有量(pg/g) (有効数字 2 桁)

	混合農薬試料の 分析結果	構成比 (%)
TeCDDs	460*	0.5
PeCDDs	700**	0.7
HxCDDs	430*	0.4
HpCDDs	420	0.4
OCDD	380	0.4
<b>Total PCDDs</b>	<b>2,400</b>	<b>2.4</b>
TeCDFs	34,000*	33.3
PeCDFs	5,300	5.2
HxCDFs	570	0.6
HpCDFs	110	0.1
OCDF	9.4	0.0
<b>Total PCDFs</b>	<b>40,000</b>	<b>39.2</b>
<b>Total PCDD/Fs</b>	<b>42,400</b>	<b>41.6</b>
Co-PCB(Non o-)		
Co-PCB(mono o-)		
<b>Total Co-PCB</b>	<b>60,000</b>	<b>58.8</b>
<b>DXNs</b>	<b>102,000</b>	

\* : クロマトグラム上に試料由来の妨害成分があり、ピークに一部影響がみられる。

\*\* : 妨害成分による影響が最も強い。

: 計算に使用している各農薬の DXNs 量の数値を有効数字 2 桁としているため、PCDDs、PCDFs、Co-PCB の計は各成分量の合計と一致しない。

(iii) 農薬中の DXNs 毒性等量

農薬中の DXNs の毒性等量を分析した結果は表 3.34 に示す通りである。

表 3.34 POPs 農薬の DXNs 成分毒性等量 (pg-TEQ/g) (有効数字 2 桁)

	混合農薬試料の分析結果	構成比 (%)
2,3,7,8-TeCDD	6.7*	0.8
1,2,3,7,8-PeCDD	7.4	0.8
1,2,3,4,7,8-HxCDD	1.6	0.2
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.33	0.0
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.49	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	1.2	0.1
OCDD	0.038	0.0
<b>Total PCDDs</b>	<b>17.8 (10.6)</b>	<b>2.0</b>
2,3,7,8-TeCDF	1.2	0.1
1,2,3,7,8-PeCDF	27	3.1
2,3,4,7,8-PeCDF	19	2.2
1,2,3,4,7,8-HxCDF	3.2	0.4
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.81	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0	0.0
2,3,4,6,7,8-HxCDF	1.6	0.2
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.17	0.0
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.067	0.0
OCDF	0.0009	0.0
<b>Total PCDFs</b>	<b>53.0 (51.8)**</b>	<b>6.0</b>
<b>Total PCDD/Fs</b>	<b>70.8 (62.4)**</b>	<b>8.0</b>
3,4,4',5'-TeCB(#81)	0.014	0.0
3,3',4,4'-TeCB(#77)	2.0	0.2
3,3',4,4',5'-PeCB(#126)	800	90.9
3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	2.0	0.2
Co-PCB(Non o-)	804	91.4
2',3,4,4',5'-PeCB(#123)	0.015*	0.0
2,3',4,4',5,5'-PeCB(#118)	0.87	0.1
2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0.57	0.1
2,3,4,4',5'-PeCB(#114)	0.070	0.0
2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	0.0081	0.0
2,3,3',4,4',5'-HxCB(#156)	4.7	0.5
2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	0.21	0.0
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	0.65	0.1
Co-PCB(mono o-)	7.09	0.7
<b>Total Co-PCB</b>	<b>811 (806)**</b>	<b>92.0</b>
<b>DXNs</b>	<b>880 (870)**</b>	

\* : クロマトグラム上に試料由来の妨害成分があり、ピークに一部影響がみられる。

\*\* : 括弧内の数値は妨害成分による影響を受けた数値を除いた合計値である。  
: 計算に使用している各農薬の DXNs 量の数値を有効数字 2 桁としているため、PCDDs、PCDFs、Co-PCB の計は各成分量の合計と一致しない。

DXNsの毒性等量は880pg-TEQ/gであり、その大部分をCo-PCBが占めている。中でも、Non o- 体の3,3',4,4',5'-PeCB(#126)が高い濃度となっている。これは別途行った実証試験で

用いた農薬と同じ傾向である。

(イ) 助燃材

排水汚泥ならびに LPG については、POPs 農薬成分や DXNs は含まれないものと想定した。

(ウ) 投入農薬中の成分量

今回、実験にて投入した農薬中の POPs 農薬及び DXNs の総量を、表 3.32 ~ 34 に基づいて算出すると、表 3.35 ~ 37 のとおりである。

したがって、本実験で投入された農薬に由来する POPs 農薬成分及び DXNs の総量は次のようになる。

POPs 農薬 : 7,202g      DXNs : 12mg    110µg-TEQ

表 3.35 投入農薬中の POPs 農薬成分含有量

	投入農薬*中の POPs農薬成分含有 量(g)	構成比(%)
-BHC	3,630	50.40%
-BHC	811	11.26%
-BHC	1,101	15.29%
-BHC	424	5.89%
<b>BHC(Total)</b>	<b>5,965</b>	<b>82.82%</b>
o,p'-DDE	N.D.	-
p,p'-DDE	N.D.	-
o,p'-DDD	3.0	0.04%
p,p'-DDD	N.D.	-
o,p'-DDT	109	1.51%
p,p'-DDT	375	5.21%
<b>DDT(Total)</b>	<b>487</b>	<b>6.76%</b>
アルドリン	N.D.	-
エンドリン	750	10.41%
デイルドリン	N.D.	-
Trans-クワルテン	N.D.	-
Cis-クワルテン	N.D.	-
<b>クワルテン(Total)</b>	<b>0</b>	<b>0.00%</b>
ハブタクロル	N.D.	-
ハブタクロルイソキト	N.D.	-
<b>ハブタクロル(Total)</b>	<b>0</b>	<b>0.00%</b>
HCB	-	-
<b>Total</b>	<b>7,202</b>	

\*総計 121kg。POPs 農薬の農薬成分含有量は混合農薬試料分析結果(表 3.32)を使用。

表 3.36 投入農薬中の DXNs 成分含有量(μg)(有効数字 2 桁)

	投入農薬*中のDXNs成分含有量(μg)	構成比(%)
TeCDDs	56**	0.47%
PeCDDs	85***	0.71%
HxCDDs	52**	0.43%
HpCDDs	51	0.43%
OCDD	46	0.38%
<b>Total PCDDs</b>	<b>290</b>	<b>2.4%</b>
TeCDFs	4,100**	34.%
PeCDFs	640	5.3%
HxCDFs	69	0.58%
HpCDFs	13	0.11%
OCDF	1.0	0.0083%
<b>Total PCDFs</b>	<b>4,800</b>	<b>40%</b>
<b>Total PCDD/Fs</b>	<b>5,100</b>	<b>43%</b>
Co-PCB(Non o-)		
Co-PCB(mono o-)		
<b>Total Co-PCB</b>	<b>7,300</b>	<b>61%</b>
<b>DXNs</b>	<b>12,000</b>	

\*: 総計 121kg。POPs 農薬の DXNs 成分含有量は混合農薬試料分析結果(表 3.33) を使用。

\*\* : クロマトグラム上に試料由来の妨害成分があり、ピークに一部影響がみられる。

\*\*\* : 妨害成分による影響が最も強い。

: 計算に使用している各農薬の DXNs 量の数値を有効数字 2 桁としているため、PCDDs、PCDFs、Co-PCB の計は各成分量の合計と一致しない。

表 3.37 投入農薬中の DXNs 成分毒性等量( $\mu\text{g}\cdot\text{TEQ}$ ) (有効数字 2 桁)

	投入農薬***中のDXNs 成分毒性等量( $\mu\text{g}\cdot\text{TEQ}$ )	構成比 (%)
2,3,7,8-TeCDD	0.81*	0.74%
1,2,3,7,8-PeCDD	0.90	0.82%
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.19	0.17%
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.040	0.036%
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.059	0.054%
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.15	0.14%
OCDD	0.0046	0.0042%
<b>Total PCDDs</b>	<b>2.2(1.3)**</b>	<b>2.0%</b>
2,3,7,8-TeCDF	0.15	0.14%
1,2,3,7,8-PeCDF	3.3	3.0%
2,3,4,7,8-PeCDF	2.3	2.1%
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.39	0.35%
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.098	0.089%
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0	0
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.19	0.17%
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.021	0.019%
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.0081	0.0074%
OCDF	0.00011	0.00010%
<b>Total PCDFs</b>	<b>6.4(6.3)**</b>	<b>5.8%</b>
<b>Total PCDD/Fs</b>	<b>8.6(7.6)**</b>	<b>7.8%</b>
3,4,4',5-TeCB(#81)	0.0017	0.0015%
3,3',4,4'-TeCB(#77)	0.24	0.22%
3,3',4,4',5-PeCB(#126)	97	88%
3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	0.24	0.22%
Co-PCB(Non o-)	97	88%
2',3,4,4',5-PeCB(#123)	0.0018*	0.0016%
2,3',4,4',5,5-PeCB(#118)	0.11	0.10%
2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0.069	0.063%
2,3,4,4',5-PeCB(#114)	0.0085	0.0077%
2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	0.00098	0.00089%
2,3,3',4,4',5-HxCB(#156)	0.57	0.52%
2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	0.025	0.023%
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	0.079	0.072%
Co-PCB(mono o-)	0.8643	0.78%
<b>Total Co-PCB</b>	<b>98(98)**</b>	<b>89%</b>
<b>DXNs</b>	<b>110(110)**</b>	

\* : クロマトグラム上に試料由来の妨害成分があり、ピークに一部影響がみられる。

\*\* : 括弧内の数値は妨害成分による影響を受けた数値を除いた合計値である。

\*\*\* : 総計 121kg。POPs 農薬の DXNs 成分含有量は混合農薬試料分析結果(表 3.34)を使用。

: 計算に使用している各農薬の DXNs 量の数値が有効数字 2 桁としているため、PCDDs、PCDFs、Co-PCB の計は各成分量の合計と一致しない。

2) 排ガス処理プロセス

BF\*の前後とキルン出口の3点におけるガス組成分析結果をまとめると次のようになる。この間の平均流量と運転時間は、途中で停止・運転条件の変更があったので、次の通りである。

Run1： 燃焼排ガス 1880 m<sup>3</sup>N/時 (冷却空気吸い込み後) 6時間 20分 (農薬投入)  
 煙突： 5510m<sup>3</sup>N/時  
 Run2： 燃焼排ガス 2030 m<sup>3</sup>N/時 (冷却空気吸い込み後) 6時間 35分 (農薬投入)  
 煙突： 5510 m<sup>3</sup>N/時

(i) POPs 農薬成分

排ガス処理プロセスにおける POPs 農薬成分の挙動については、表 3.38 及び表 3.39 に示すとおりである。

表 3.38 各排ガス処理プロセスにおけるPOPs農薬成分とDXNs (µg/m<sup>3</sup>N)

	キルン出口	燃焼排ガス (BF 前) 編流による影響あり		煙突 (BF 後)	
	Run2	Run1	Run 2	Run1	Run 2
-BHC	760,000	21	4.2	0.22	8.1
-BHC	55,000	<0.02	<0.01	0.18	<0.01
-BHC	100,000	1.2	0.49	0.33	0.51
-BHC	84,000	0.34	<0.01	0.26	<0.01
<b>BHC(Total)</b>	<b>999,000</b>	<b>22.5</b>	<b>4.69</b>	<b>0.99</b>	<b>8.61</b>
o,p'-DDE	2,400	0.03	<0.01	0.26	0.04
p,p'-DDE	2,600	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01
o,p'-DDD	970	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01
p,p'-DDD	6,500	0.09	<0.01	0.26	0.03
o,p'-DDT	<12	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01
p,p'-DDT	400	<0.02	<0.01	<0.01	0.13
<b>DDT(Total)</b>	<b>12,870</b>	<b>0.12</b>	<b>0</b>	<b>0.10</b>	<b>0.20</b>
アルドリ	---	---	---	---	---
エンドリン	<12	0.34	<0.01		<0.01
ディルトリン	---	---	---	---	---
Trans - コルテン	---	---	---	---	---
Cis - コルテン	---	---	---	---	---
<b>コルテン(Total)</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>
ヘptaコル	---	---	---	---	---
ヘptaコルイホキト	---	---	---	---	---
<b>ヘptaコル(Total)</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>
HCB	---	---	---	---	---
<b>POPs 農薬</b>	<b>1012000</b>	<b>22.9</b>	<b>4.69</b>	<b>1.51</b>	<b>8.81</b>
PCDDs	---	0.0013	0.0056	0.00054	0.00015
PCDFs	---	0.0015	0.054	0.0015	0.00043
Co-PCBs	---	0.00052	0.0036	0.00034	0.00004
DXNs	---	0.0032	0.0632	0.00238	0.00062

キルン出口における観測値が Run2 のみであるが、高濃度の POPs 農薬成分がガス中に見られる。しかし、2 次燃焼炉からの排ガス中には少量の POPs 農薬成分しか見られず、Run2 で比較すると、濃度は 2 次燃焼過程で 0.0005%まで低下しているが、BF 後に若干上昇している。なお、Run1 では、燃焼ガス中に  $\gamma$ -BHC が Run2 よりも高い濃度で残っていたが、BF 後には低濃度となっており、Run2 とは異なった挙動を示している。これは、2 次燃焼炉出口濃度測定口に偏流があるためと考えられる。

また、ガス中には  $\gamma$ -BHC と  $\beta$ -BHC が残っているが、Run2 においてその比はキルン出口で  $[\gamma\text{-BHC}]/[\beta\text{-BHC}]$  が 7.6 であるのに対し、燃焼ガス中で 8.6、BF 後で 15.9 となっており、 $\beta$ -BHC は  $\gamma$ -BHC に比べて分解・除去し難い傾向が見られる。ちなみに、投入農薬中では、 $[\gamma\text{-BHC}]/[\beta\text{-BHC}]$  は 3.3 である。

(ii) DXNs 濃度 (質量ベース)

排ガス処理プロセスにおける DXNs の挙動については、表 3.38 に示すとおりである。

分析結果からみて、Run1 では排ガスプロセス中の BF の前後において DXNs 濃度が増加しているのに対し、Run2 では減少するといった異なる挙動を示している。

(iii) DXNs 濃度 (毒性等量ベース)

排ガス処理プロセスにおける DXNs(毒性等量ベース)の挙動については、表 3.39 に示すとおりである。

分析結果からみて、Run1 では排ガスプロセス中の BF の前後において、DXNs の毒性等量が若干上昇している。また、Run2 では、BF の後で大幅に減少し、BF の前後で DXNs の毒性等量が約 50 分の 1 になっている。なお、 $O_2$ 12%換算値でみると、Run2 の 2 次燃焼炉排ガスが高いものの、いずれも小型焼却炉の排ガス基準値 5 ng-TEQ/ $m^3_N$ を下回っている。

表 3.39 各排ガス処理プロセスにおける  $CO$ 、 $O_2$ 濃度

	燃焼排ガス(冷却前)		燃焼排ガス (BF 前)		煙突 (BF 後)	
	Run 1	Run2	Run1	Run 2	Run1	Run 2
PCDDs(ng-TEQ/ $m^3_N$ )	-	-	0.0032	0.066	0.00031	0.00021
PCDFs(ng-TEQ/ $m^3_N$ )	-	-	0.019	0.37	0.025	0.0092
Co-PCBs(ng-TEQ/ $m^3_N$ )	-	-	0.0033	0.066	0.0020	0.0000026
DXNs(ng-TEQ/ $m^3_N$ ) (実測濃度)	-	-	0.026	0.5	0.027	0.0094
DXNs(ng-TEQ/ $m^3_N$ ) ( $O_2$ 12%換算)	-	-	0.086	1.6	0.22	0.084
$CO$ (ppm)	--	--	3	1	1	0
$O_2$ (%)	13.6	14.4	18.4	18.4	20.0	20.0

注) 燃焼排ガス(冷却前)と燃焼排ガス(BF前)についてはサンプリング座での煤塵の偏流の影響が考えられる。

(iv) 重金属等

排ガス処理プロセスにおけるばいじん量及び重金属類の挙動については、表 3.40 に示すとおりである。

表 3.40 各排ガス処理プロセスにおけるばいじん量及び重金属類(mg/m<sup>3</sup>N)

	BF 前		煙突 (BF 後)	
	Run 1	Run2	Run 1	Run2
SPM(g/m <sup>3</sup> N)	0.095	<0.001	<0.001	<0.001
Cu(SPM)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Cu(Gas)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
As ( SPM )	0.014	0.005	<0.005	<0.005
As ( Gas )	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Hg(SPM)	<10	<10	<10	<10
Hg(Gas)	28	<10	<10	<10

注) BF 前については、編流による影響の可能性はある。

(v) 排ガス経由での系外への排出総量

排ガス総量と排ガス中の POPs 農薬成分及び DXNs 濃度(質量ベース、毒性等量ベース)から、本実験において排ガス処理系を通じて施設外へ排出された対象物質の総量を計算すると、表 3.41 のとおりである。

表 3.41 POPs 農薬成分、DXNs の排出量

	単位	1 日目 ( Run1 )	2 日目 ( Run2 )
運転時間 ( 農薬投入時間 )	Hr	6.333 ( 6 時間 20 分 )	6.583 6 時間 35 分
ガス流量 ( 煙突 )	m <sup>3</sup> N/hr	5510	5510
POPs 濃度	mg/m <sup>3</sup> N	0.00109	0.00881
DXNs 濃度 ( 実測質量 )	ng/m <sup>3</sup> N	2.341	0.62
DXNs 濃度 ( 実測毒性等量 )	ng-TEQ/m <sup>3</sup> N	0.027	0.0094
DXNs濃度 ( O <sub>2</sub> 12%換算毒性等量 )	ng-TEQ/m <sup>3</sup> N	0.22	0.084
POPs 総量	Mg	38	320

3) 処理残さ（処理後残さと BF 灰）

この処理システムにおいては、系外に排出されるものとして処理後残さと BF 灰の2つが発生する。排出される処理後残さと BF 灰の量は、時間当たり発生量から計算すると、それぞれ次のようになった。

Run1： 処理後残さ	64.0kg	BF 灰	22.2kg
Run2： 処理後残さ	73.6 kg	BF 灰	19.0kg

(i) 残さ中の POPs 農薬成分

処理残さ中の POPs 農薬成分の濃度は、表 3.42 に示すとおりである。

表 3.42 処理残さ中の農薬成分含有量(mg/kg dry)

	処理後残さ			Bag Filter灰		
	Run1	Run2	平均	Run1	Run2	平均
-BHC	0.010	0.41		23	90	
-BHC	0.0015	0.099		2.4	11	
-BHC	0.0012	0.075		3.5	14	
-BHC	0.0008	0.067		0.88	2.3	
<b>BHC(Total)</b>	<b>0.0135</b>	<b>0.651</b>	<b>0.3322</b>	<b>29.78</b>	<b>117.3</b>	<b>73.5</b>
o,p'-DDT	0.0005	<0.0005		0.0015	0.030	
p,p'-DDT	<0.0005	0.0009		0.0029	0.087	
o,p'-DDD	<0.0005	0.0019		0.019	0.021	
p,p'-DDD	0.0017	0.099		0.17	0.12	
o,p'-DDE	0.0006	0.0064		0.075	0.097	
p,p'-DDE	<0.0005	0.0042		0.022	0.024	
<b>DDT(Total)</b>	<b>0.0023</b>	<b>0.033</b>	<b>0.0177</b>	<b>0.2904</b>	<b>0.379</b>	<b>0.3347</b>
アルドリツ*	---	---	---	---	---	---
エンドリン	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.031	0.0155
ディルトリツ*	---	---	---	---	---	---
Trans - クロルデソン*	---	---	---	---	---	---
Cis - クロルデソン*	---	---	---	---	---	---
<b>クロルデソン(Total) *</b>	---	---	---	---	---	---
ヘプタクロル*	---	---	---	---	---	---
ヘプタクロルエポキシト*	---	---	---	---	---	---
<b>ヘプタクロル(Total) *</b>	---	---	---	---	---	---
HCB**	---	---	---	---	---	---
<b>Total</b>	<b>0.0158</b>	<b>0.684</b>	<b>0.350</b>	<b>30.1</b>	<b>118</b>	<b>74.4</b>

\*：定性分析で検出されなかったもので、定量分析していない。

\*\*：分析していない。

今回の分析結果からみて、処理後残さ中には処理後残さにはほとんど POPs 農薬が残留しないのに対して、BF 灰では 30～120ng/g となっており、外熱式加熱プロセスにおいて POPs 農薬の大部分がガス化していると考えられる。

しかしながら、Run1 と Run2 とで大きく結果が異なっているので、さらに安定した運

転条件での処理試験が望まれる。なお、実施企業によれば Run1 ではサイクロン灰を運転期間中定期的に取り出さずに運転処理していたため、BF 灰中の DXNs 濃度が高くなったと説明している。Run2 では、適宜、サイクロン灰取りだしを行った。

( ) 処理残さ中の DXNs

処理残さ中の DXNs の濃度は、表 3.43、表 3.44 に示すとおりである。

表 3.43 処理残さ中の POPs 農薬成分と DXNs (質量ベース)

	処理後残さ			BF灰		
	Run1	Run2	平均	Run1	Run2	平均
POPs(mg/kg)	0.0158	0.684	0.352	30.1	118	74.1
PCDDs(ng/g)	0.160	0.520		60	17	
PCDFs(ng/g)	1.200	2.100		180	32	
Co-PCBs(ng/g)	0.150	0.440		16	3.70	
DXNs(ng/g)	1.50	3.10	2.30	260	53	160

注) RUN1 BF 灰、サイクロン灰取り出しを行わなかった

表 3.44 処理残さ中の DXNs 含有量 (毒性等量ベース)(ng-TEQ/g)

	処理後残さ			Bag Filter 灰		
	Run1	Run2	平均	Run1	Run2	平均
PCDDs	0.0038	0.0131			0.175	
PCDFs	0.0132	0.0216			0.545	
Co-PCBs	0.0015	0.0038			0.036	
DXNs	0.019	0.039	0.029		0.76	

注) RUN 1 BF 灰、サイクロン灰取り出しを行わなかった。

( ) 残さ経由での系外への排出総量

処理残渣として、系外へ排出される POPs 農薬成分と DXNs の総量を算出すると、表 3.45 のとおりである。

表 3.45 POPs 農薬成分、DXNs の排出総量

	単位	処理後残さ		BF 灰	
		Run1	Run2	Run1	Run2
運転時間 (農薬投入時間)	hr	6.333	6.583	6.333	6.583
発生量	kg/hr	10.1	11.2	3.5	3.4
水分量	%	1.19	1.13	2.3	2.04
POPs 濃度	mg/kg-dry	0.0158	0.684	30.1	118
DXNs 濃度 (実測質量)	ng/kg-dry	1,500	3,100		53,000
DXNs 濃度 (毒性等量)	ng-TEQ/kg-dry	19	39		760
POPs 総量	mg	1	50	650	2587

注) RUN 1, サイクロン灰取り出しを行わなかったため除外した。

#### 4) 実験における物質収支

以上の結果から、投入農薬に由来する POPs 農薬成分の物質収支を整理すると表 3.46 のとおりである。

表 3.46(1) POPs 農薬成分物質収支 < Run1 >

	POPs 農薬成分総量
単位	mg
投入農薬	3,601 x 10 <sup>3</sup>
排ガス	38
処理残さ (処理後残さ)	1.0
処理残さ (BF 灰)	650
処理残さ (合計)	651
排ガス + 残さ	689 (分解率>99.98%)

注) サイクロン灰取り出しを行わなかった。

Run1 においては、処理後残さ中に POPs 農薬成分はほとんど残っていないが、BF 灰として排出されている。

表 3.46(2) POPs 農薬成分の物質収支 < Run2 >

	POPs 農薬成分総量
単位	mg
投入農薬	3,601 x 10 <sup>3</sup>
排ガス	320
処理残さ (処理後残さ)	50
処理残さ (BF 灰)	2587
処理残さ (合計)	2637
排ガス + 残さ	2957 (分解率>99.91%)

#### 5) 結果のとりまとめ

本施設の実証試験結果をまとめると次のようになる。

周辺環境に影響を生じないようにして、POPs 農薬を炭化・焼却処理できた。

外熱キルン内は 500 と比較的低い温度で維持されていたが、処理後残さに BF 灰よりも低い濃度の POPs 農薬しか残っておらず、処理対象物からの POPs 農薬成分のガス化はこの温度で十分に進む事が確認できた。しかしながら、BF 灰に若干量の POPs 農薬成分が残存していることから、ガス化した後の二次燃焼過程においてより効率的な分解反応を実現できる可能性がある。

物質収支をみると、POPs 農薬は大部分が分解されるが、BF 灰中に微量ながら残る。

DXNs については、2 日間の試験のうち 1 日目はサイクロン灰の取出しを行っておらず、異なった結果となっており、今後、さらにデータを取るとともにより長期的な運転・処理を通じた評価が必要と考えられる。

外熱式乾留炉 + 二次燃焼炉 (RUN 1): POPs

### 投入量

平均流量 (m <sup>3</sup> /h)	60
濃度	59522
量	3601000
分解率 (%)	99.992428

濃度 (ng/kg)	30000
-BHC	6700
-BHC	9100
-BHC	3500
エンドリン	6200
o,p'-DDT	900
p,p'-DDT	3100
o,p'-DDD	22
p,p'-DDD	0
o,p'-DDE	0
p,p'-DDE	0

### 燃焼排ガス

平均流量 (m <sup>3</sup> /h)	1880
濃度	22.9
量	272.65
分解率 (%)	99.992428

濃度 (ng/kg)	21
-BHC	0
-BHC	1.2
-BHC	0.34
エンドリン	0
o,p'-DDT	0
p,p'-DDT	0
o,p'-DDD	0
p,p'-DDD	0.09
o,p'-DDE	0.03
p,p'-DDE	0

### 系外排出

平均流量 (m <sup>3</sup> /h)	5510
濃度	1.51
量	53
分解率 (%)	99.998528

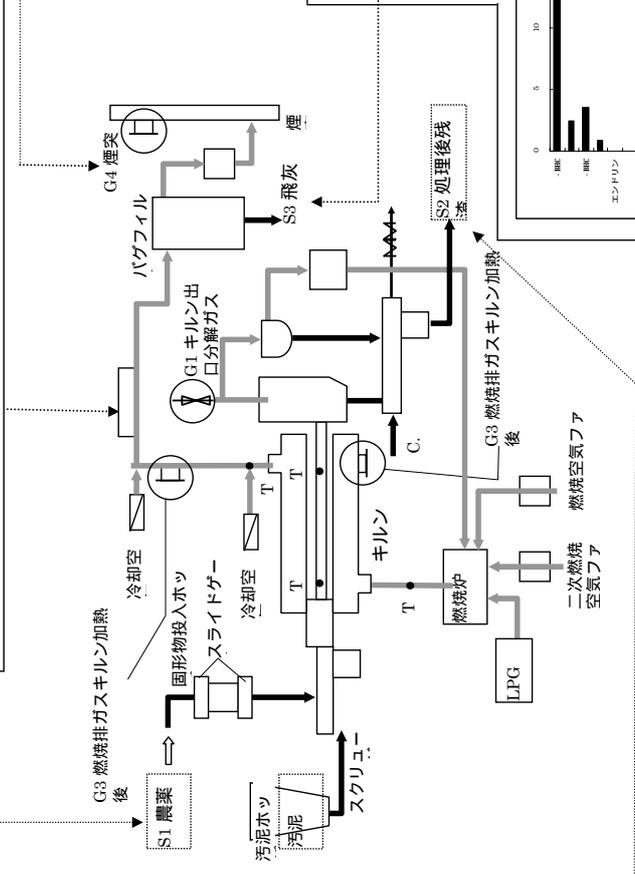
濃度 (ng/Nm <sup>3</sup> )	0.00022
-BHC	0.00018
-BHC	0.00033
-BHC	0.00026
エンドリン	0
o,p'-DDT	0
p,p'-DDT	0
o,p'-DDD	0.00026
o,p'-DDE	0.00026
p,p'-DDE	0

### 処理後残さ

残さ総量 (kg)	64
濃度	0.016
量	1
投入量比 (%)	0.000028

濃度 (ng/kg)	0.01
-BHC	0.0015
-BHC	0.0012
-BHC	0.0008
エンドリン	0
o,p'-DDT	0
p,p'-DDT	0
o,p'-DDD	0.0017
o,p'-DDE	0.0006
p,p'-DDE	0



### BF灰経由で系外への排出

BF総量 (kg)	22.2
濃度	30
量	666
投入量比 (%)	0.018

濃度 (ng/kg)	23
-BHC	2.4
-BHC	3.5
-BHC	0.88
エンドリン	0
o,p'-DDT	0.0015
p,p'-DDT	0.0029
o,p'-DDD	0.17
p,p'-DDD	0.075

図3-2 (1) 各プロセスでの測定結果 (POPs、RUN1)

外熱式乾留炉 + 二次燃焼炉 (RUN 2): POPs

**投入量**

投入農薬量 (kg)	60
濃度 POPs農薬含有量 (ng/kg)	59522
量 POPs農薬成分含有総量 (ng)	3601000

POPs	濃度 (ng/kg)
-BHC	30000
-BHC	6700
-BHC	9100
-BHC	3500
エンドリン	6200
o,p'-DDT	900
p,p'-DDT	3100
o,p'-DDD	22
p,p'-DDD	20以下
o,p'-DDE	20以下
p,p'-DDE	20以下

**燃焼排ガス**

平均流量 (m <sup>3</sup> /h)	2030
濃度 POPs農薬成分 (μg/m <sup>3</sup> )	4.75
量 POPs農薬成分含有総量 (ng)	61.02
分解率 (%)	99.998305

POPs	濃度 (μg/Nm <sup>3</sup> )
-BHC	4.2
-BHC	0.01以下
-BHC	0.49
-BHC	0.01以下
エンドリン	0.01以下
o,p'-DDT	0.01以下
p,p'-DDT	0.01以下
o,p'-DDD	0.01以下
p,p'-DDD	0.01以下
o,p'-DDE	0.01以下
p,p'-DDE	0.01以下

**系外排出**

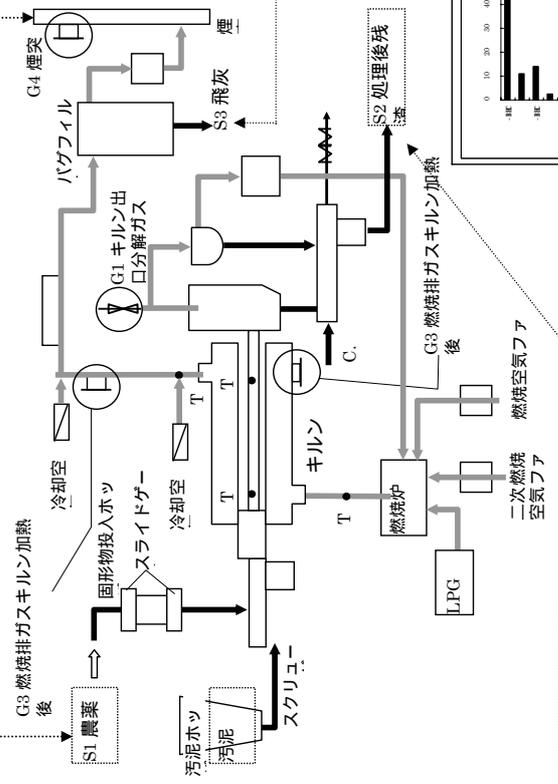
平均流量 (m <sup>3</sup> /h)	5510
濃度 POPs農薬成分 (μg/m <sup>3</sup> )	8.81
量 POPs農薬成分含有総量 (ng)	320
分解率 (%)	99.991114

POPs	濃度 (ng/Nm <sup>3</sup> )
-BHC	0.0081
-BHC	0.01以下
-BHC	0.00051
-BHC	0.01以下
エンドリン	0.01以下
o,p'-DDT	0.01以下
p,p'-DDT	0.00013
o,p'-DDD	0.01以下
p,p'-DDD	0.00003
o,p'-DDE	0.00004
p,p'-DDE	0.01以下

残さ経由で系外排出

残さ総量 (kg)	73.6
濃度 POPs農薬含有量 (ng/kg)	0.69
量 POPs農薬成分含有総量 (ng)	50
投入量比 (%)	0.001389

POPs	濃度 (ng/kg)
-BHC	0.41
-BHC	0.099
-BHC	0.075
-BHC	0.067
エンドリン	0.0005以下
o,p'-DDT	0.0005
p,p'-DDT	0.0009
o,p'-DDD	0.0019
p,p'-DDD	0.099
o,p'-DDE	0.0064
p,p'-DDE	0.0042



BF灰経由で系外への排出

BF総量 (kg)	19
濃度 POPs農薬含有量 (ng/kg)	118
量 POPs農薬成分含有総量 (ng)	2242
投入量比 (%)	0.062

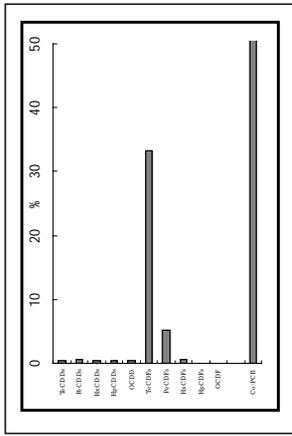
POPs	濃度 (ng/kg)
-BHC	90
-BHC	11
-BHC	14
-BHC	2.3
エンドリン	0.031
o,p'-DDT	0.03
p,p'-DDT	0.087
o,p'-DDD	0.021
p,p'-DDD	0.12
o,p'-DDE	0.097
p,p'-DDE	0.024

図3-2 (e) 各プロセスでの測定結果 (POPs, RUN2)

外熱式乾留炉 + 二次燃焼炉 (RUN1):DXN S

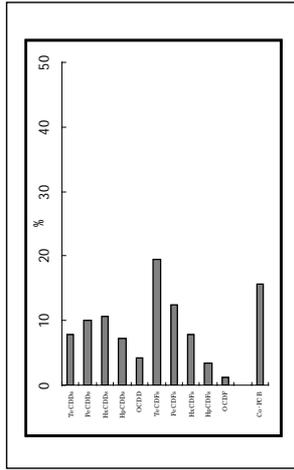
投入量

量	投入農薬量 (kg)	60
濃度	DXNs成分含有量 (ng/kg)	102000
	DXN成分毒性等量 (ng-TEQ/g)	0.88



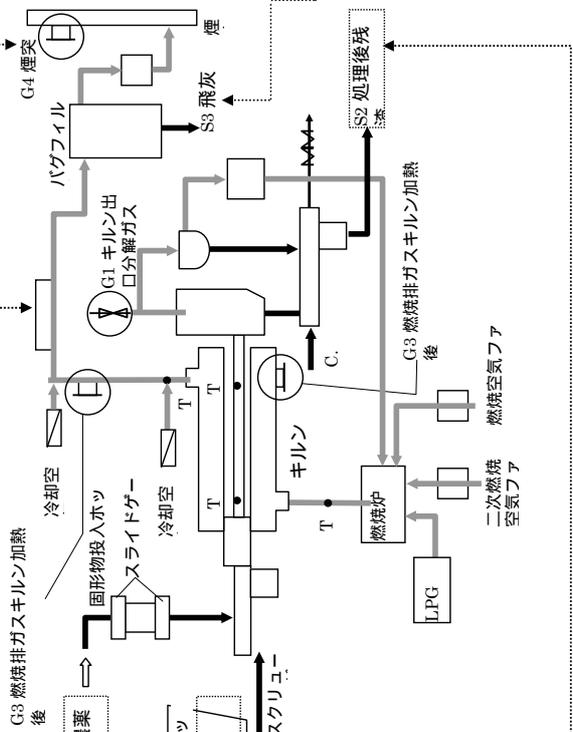
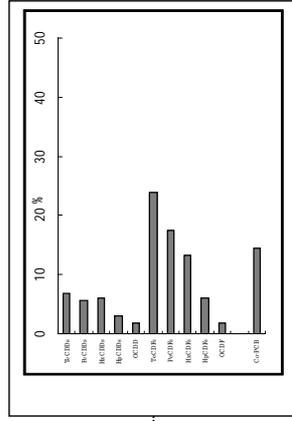
燃焼排ガス

量	平均流量 (m <sup>3</sup> N/時)	1880
濃度	DXNs実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> N)	3.3
	DXNs毒性等量 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> N) (12% O2換算)	0.026(0.086)



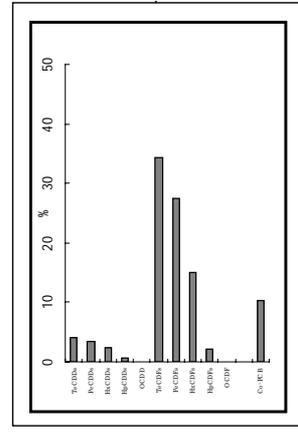
系外排出

量	平均流量 (m <sup>3</sup> N/時)	5510
濃度	DXNs実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> N)	2.38
	DXNs毒性等量 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> N) (12% O2換算)	0.027(0.22)



残渣經由で系外への排出

量	残渣総量 (kg)	64
濃度	DXNs含有量 (ng/kg-dry)	1500
	DXNs等量 (ng-TEQ/g)	0.019



BF灰經由で系外への排出量

量	BF灰総量 (kg)	22.2
濃度	DXNs含有量 (ng/kg-dry)	26000
	DXNs等量 (ng-TEQ/g)	5.4

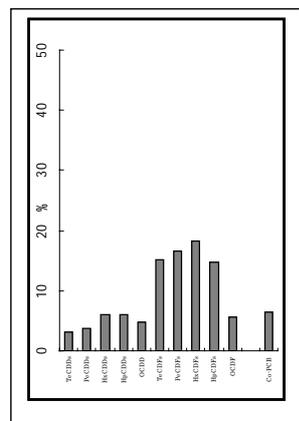


図3-2 (8) 各プロセスでの測定結果 (DXNs, RUN1)

外熱式乾留炉 + 二次燃焼炉 (RUN2) DXN S

投入量

投入農薬量 (kg)	60
DXNs成分含有量 (ng/kg)	102000
濃度	DXN成分毒性等量 (ng-TEQ/g) 0.88

燃焼排ガス

平均流量 (m <sup>3</sup> N/時)	2030
DXNs実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> N)	63.2
濃度	DXNs毒性等量 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> N) (12% O <sub>2</sub> 換算) 0.5(1.6)

系外排出

平均流量 (m <sup>3</sup> N/時)	5510
DXNs実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> N)	0.62
濃度	DXNs毒性等量 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> N) (12% O <sub>2</sub> 換算) 0.0094(0.084)

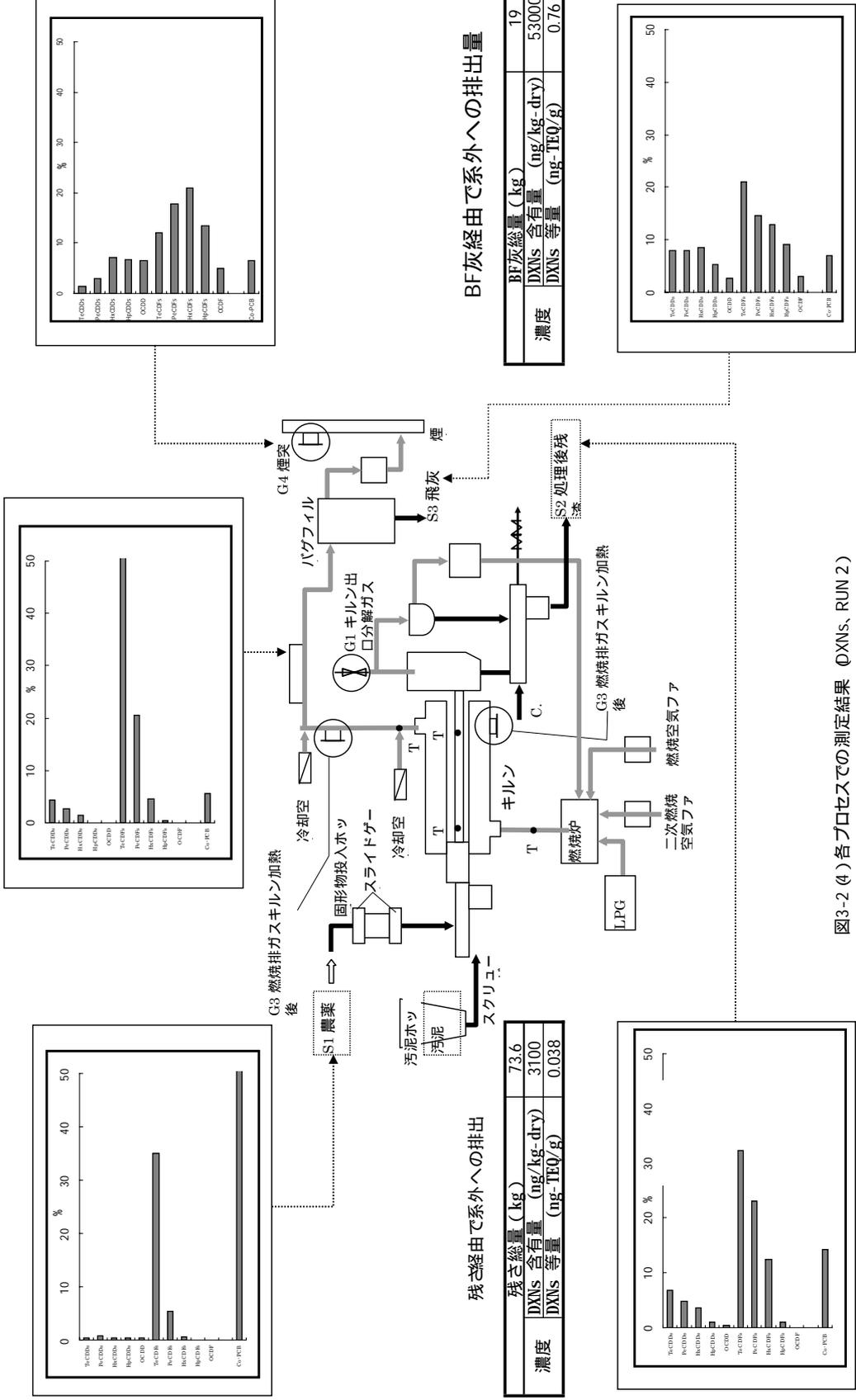


図3-2 (4) 各プロセスでの測定結果 (DXNs, RUN 2)

## 4．今後の試験に向けての課題

### 4．1 対象農薬の性状について

今回、実験に使用した農薬の性状について、得られた知見を以下に整理する。

#### (1) 埋設農薬の劣化状況

今回、実験に使用した農薬は昨年秋に掘削・回収された埋設農薬を使用した。その分析結果によると、製造段階において確認されていた濃度よりも農薬成分濃度が低下しており、埋設期間中の劣化が起きたものと推察される。その減量割合は3割程度であった。

#### (2) 埋設農薬の保管記録と内容物の整合

使用した農薬は、保管先にて管理されていたドラム缶の中から、掘削時の記録等から保管状況が良好と考えられるドラム缶を開封して、目視により浸水の有無等を確認して選定した。これらのドラム缶の中には使用済みの肥料・穀物20kg詰め袋（大型ビニル袋）に、農薬製品が紙袋のまま充填されていた。埋設時の記録では、これらの大袋の表層・上面に見られた農薬の名称が優先的に記載されているため、今回、農薬の調達時には、DDT製品が主体であるとの情報を得ていたが、実際はその内容は大きく異なり、BHC製品が多かった。

#### (3) 農薬製品中のDXNs

使用した農薬を分析したところ、 $\gamma$ -BHC、DDT、エンドリンを含む農薬製品からDXNsが検出された。特に、 $\gamma$ -BHC製品やエンドリン製品には、DXNsのなかでもCo-PCBが比較的高い比率で存在していた。文献調査等では、これらの農薬については、PCDDsやPCDFsについての分析実績は見られるものの、Co-PCBについての分析は見当たらなかったが、今後更なる情報収集を行う必要がある。

### 4．2 無害化処理技術について

#### (1) 直接溶融ロータリーキルン方式について

最終分解生成物である排ガス・処理残さ等については、環境管理指針値を下回る結果となっていたが、中間プロセスにおいて、DXNs等が検出されている。同施設では、本事業の実証試験を行う前に、重金属を含むシュレッターダストの処理試験が行われていた。そのため、炉壁やバグフィルターに過去の試験の際に発生した重金属類が吸着している可能性がある。炉内については、炉壁を加熱して重金属類を追い出すために一日ほど空炊きしたが、BFについては新規のものと交換していなかったため、BF表面に残っていた過去の灰による影響が考えられる。

そこで、本施設においては、BFを新規のものに交換して、同様の試験を行い、これらの共存物質による影響の有無について確認する必要があると考えられる。

## (2) 外熱式乾留炉 + 二次燃焼炉方式について

排ガス等については、POPs農薬成分等の環境管理指針値を下回る結果が得られた。検討委員からは、OECDでのPOPs成分の分解に係る議論では99.9999%の分解効率に取り上げられている点の指摘があった。そこで、今後、更なる分解効率を得るための確認試験が必要である。そのため、更に高い運転温度条件にて、分解効率がどのようになるのか確認する必要があると考えられる。

## 4.3 農薬処理の方向性について

本調査では、POPs農薬の無害化処理技術の実証を目的としているが、実際の処理を考えた場合、POPs農薬以外の農薬等が排出される可能性がある。そこで、今後、関係者が共同して、POPs農薬以外の使用残農薬等の処理も含めた不要となった農薬全体の処理体系についての議論が必要であるとの意見が検討会で出された。