

第5章 含水銀 POPs 等農薬の無害化処理試験について

5.1 ロータリーキルン方式水銀廃棄物焙焼炉における試験条件及び試験結果

5.1.1 試験結果

ロータリーキルン方式水銀廃棄物焙焼炉を用いて水銀を含む POPs 等農薬および土壌の混焼試験を行い、POPs 等農薬の分解率及び処理プロセスによる環境負荷について検証を行った。試験に用いた POPs 等農薬は、地中にコンクリート槽内で埋設されていたものを掘削し、回収した上で試験に供した。POPs 等農薬が埋設されている埋設槽内では POPs 等農薬及び水銀剤と一緒に埋設されており、埋設槽内に水分が混入していた関係で、水銀剤および POPs 等農薬の分別が困難な状況であった。

表 5-1、表 5-2 に排ガス、焙焼滓（燃え殻）及び余剰水の分析結果を示す（余剰水とは、施設内の循環水であり、系外へ排出されることはない）。全ての試料が POPs 等農薬にかかる環境管理指針値の基準をクリアしている。ダイオキシン類については、一部の試料ではダイオキシン類特別措置法（以下、「ダイ特法」という。）が定める基準を超過する試料が見られた。

表 5-1 POPs 等農薬に係る評価

対象	物質	分析結果			環境管理指針値 ¹⁾	評価
		ブランク	Run1	Run2		
排ガス ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	BHC	0.006	<0.002	<0.002	0.3 (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	<0.002	<0.002	<0.002	1.7 (同上)	
	アルドリッ	<0.002	<0.002	<0.002	0.03 (同上)	
	エンドリッ	<0.002	<0.002	<0.002	0.1 (同上)	
	デイルドリッ	<0.002	<0.002	<0.002	0.03 (同上)	
	クロルデン	<0.002	<0.002	<0.002	0.2 (同上)	
	ヘプタクロ	<0.002	<0.002	<0.002	0.03 (同上)	
焼滓 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	BHC	<0.01	<0.01	<0.01	25	管理型最終処 分場の処分指 針値を満足し ている
	DDT	<0.01	<0.01	<0.01	125	
	アルドリッ	<0.01	<0.01	<0.01	2.5	
	エンドリッ	<0.01	<0.01	<0.01	5	
	デイルドリッ	<0.01	<0.01	<0.01	2.5	
	クロルデン	<0.01	<0.01	<0.01	12.5	
	ヘプタクロ	<0.01	<0.01	<0.01	2.5	
余剰水 ²⁾ ($\mu\text{g}/\text{L}$)	BHC	<0.01	<0.01	<0.01	25	余剰水濃度が 排水濃度指針 値を満足して いる
	DDT	<0.01	<0.01	<0.01	125	
	アルドリッ	<0.01	<0.01	<0.01	2.5	
	エンドリッ	<0.01	<0.01	<0.01	5	
	デイルドリッ	<0.01	<0.01	<0.01	2.5	
	クロルデン	<0.01	<0.01	<0.01	12.5	
	ヘプタクロ	<0.01	<0.01	<0.01	2.5	

¹⁾ 指針値の考え方については、平成 13 年度報告書を参照

²⁾ 余剰水は循環水の一部であり、系外へ排出されないため排水基準の対象外である

表 5-2 DXNs に係る評価

対象	分析結果			基準値	評価
	ブランク	RUN1	RUN2		
排ガス (ng-TEQ/m ³ _N) (O ₂ =12%)	0.14	0.17	0.069	0.1 ¹⁾	ブランク及び Run1 では排ガス基準を 超過している
焼滓 (ng-TEQ/g)	0.000056, 0.00024	0.000024, 0	0.000029, 0.000017	3 ²⁾	管理型最終処分場 の受入基準を満足
余剰水 ³⁾ (pg-TEQ/L)	510,600	490,470	210,340,0	-	(基準の対象外)

1) ダイオキシン類対策特別措置法で定める基準値

2) ダイオキシン類対策特別措置法で定める管理型最終処分場の受入基準

3) 余剰水は循環水の一部であり、系外へ排出されないため排水基準の対象外であるが、参考のため記載している

5.1.2 ロータリーキルン方式水銀廃棄物焙焼炉における試験条件

(1) 処理対象物について

平成 14 年度及び平成 15 年度は、産業廃棄物の焼却処理施設において、POPs 等農薬および他の汚泥系廃棄物の焼却処理試験を実施した。平成 16 年度は、同じ施設において、POPs 等農薬（粉剤、瓶入り農薬）、POPs 等成分により汚染されたコンクリートガラおよび POPs 等成分により汚染された汚染水の焼却処理（混焼）試験を実施した。平成 14 年度～平成 16 年度は投入物への水銀の混入を避けて試験を実施している。

本年度試験の特長は、投入物に水銀を混入しているものを対象としたところにある。本年度は、POPs 等農薬が埋設されている場所で掘削作業を行い、試験用の投入物を調達した。農薬はコンクリートの埋設ピットに保管されていた。埋設ピット内に POPs 等農薬、有機砒素系農薬、水銀系農薬等と一緒に埋設されていたが、水分の浸入により汚泥状になっており、農薬の分別は困難な状態であった。

本年度の試験に供した含水銀 POPs 等農薬は、上記の埋設ピットから掘削し回収したものを使用した。本章では、本年度の試験に供した POPs 等農薬、水銀剤及びその他の農薬の混合物を「農薬」と称する。

(2) 投入物の準備作業

試験に供した投入物は、埋設農薬の掘削現場でドラム缶に移した後、試験施設まで運搬した。ドラム缶内の農薬は、ドラム缶によってその種類が異なる可能性があったため、均一化が必要であった。農薬を均一化するために、下記の方法で混合・調整を行った。

- ① ドラム缶毎に梱包袋を除去した
- ② 1,870mmL×1,370mmW×330mmH のステンレス製角型容器を 6 個用意し、内 5 個を分散投入容器として使用した
- ③ 5 個の容器の農薬量が均一になり、農薬濃度も均一になるよう、1 本のドラム缶から 5 個の容器に農薬を分散投入した。さらにこの作業を継続し、12 ドラムの農薬が 5 個の容器に均一に入るようにした
- ④ 投入農薬に隗の混入がある場合は、スコップを用いて可能な限り解砕した
- ⑤ パワーシャベルのバケット部を使用して、容器ごとに試料を攪拌した。所定の攪拌時間(約 1.5～2h)経過後、容器内の 5 点からサンプルを採取し、混合状態をチェックした
- ⑥ 5 個の投入容器内の農薬を均一にした後、各容器から等量ずつ混合容器に移し、約 300kg をパワーショベルでさらに混合・攪拌作業を行った。この作業を継続して、10 点の農薬試料を調製した
- ⑦ 混合状態を確認するため、混合作業中、投入容器及び混合容器の 5 点からサンプリングを行い、均一化のチェックを行った。モニターとして、農薬中の水銀濃度を採用し、携帯型蛍光 X 線分析装置で分析した。水銀濃度がほぼ均一になった状態で、混合完了とした。混合方法は図 5-1 に示す通りである。
- ⑧ 最終的に、混合作業が終了した時点で、混合容器内の 5 点からサンプルを採取・縮分

し分析用試料とした

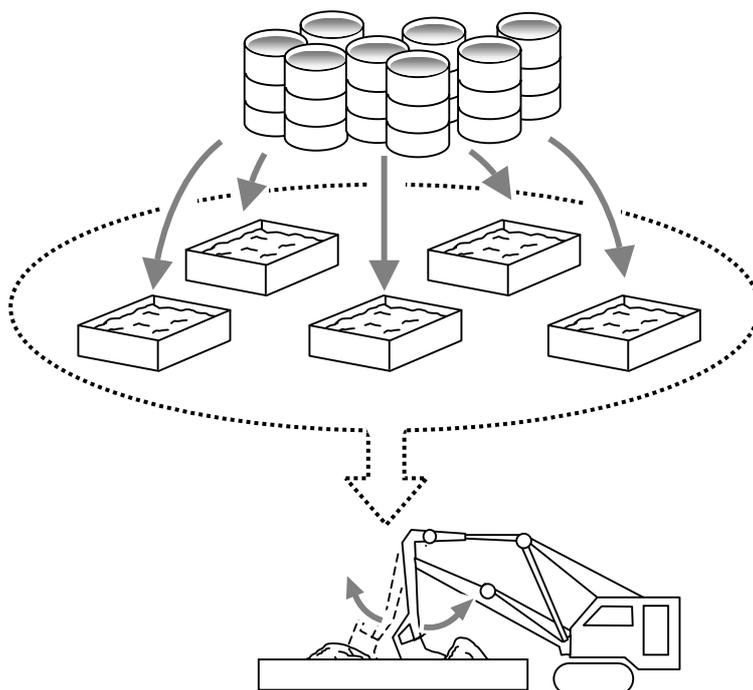


図 5-1 混合方法概念図

- ⑨ 混合農薬は、125mm×125mm×140mmH の PE 製の瓶に 2.0kg ずつ充填し、スクリューキャップをして密閉状態にし、投入に支障のないようにした

(3) 運転条件

ア) 運転温度

・ブランク

焙焼炉：平均 872℃ (Max915℃、Min595℃)

二次燃焼炉：平均 991℃ (Max1006℃、Min678℃)

・RUN1

焙焼炉：平均 952℃ (Max973℃、Min879℃)

二次燃焼炉：平均 1002℃ (Max1010℃、Min976℃)

・RUN2

焙焼炉：平均 945℃ (Max966℃、Min920℃)

二次燃焼炉：平均 1004℃ (Max1010℃、Min965℃)

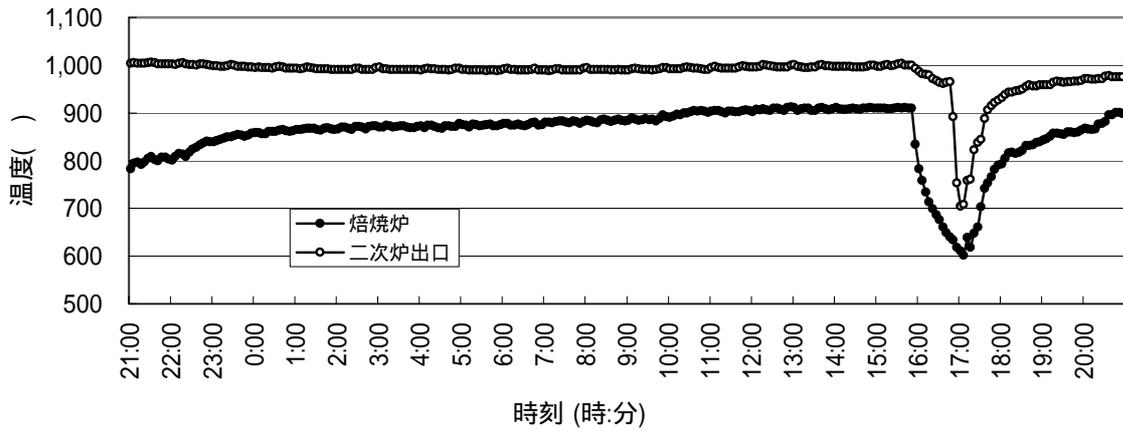


図 5-2 ブランクにおける温度条件

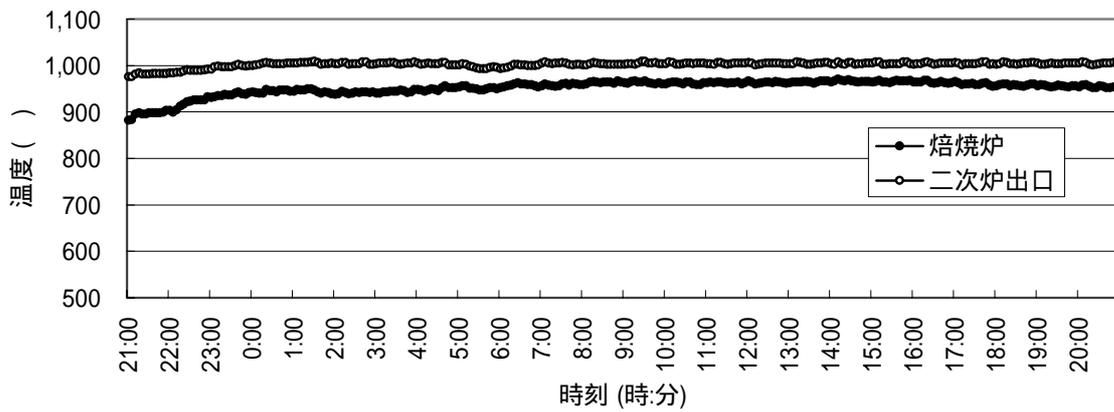


図 5-3 Run1 における温度条件

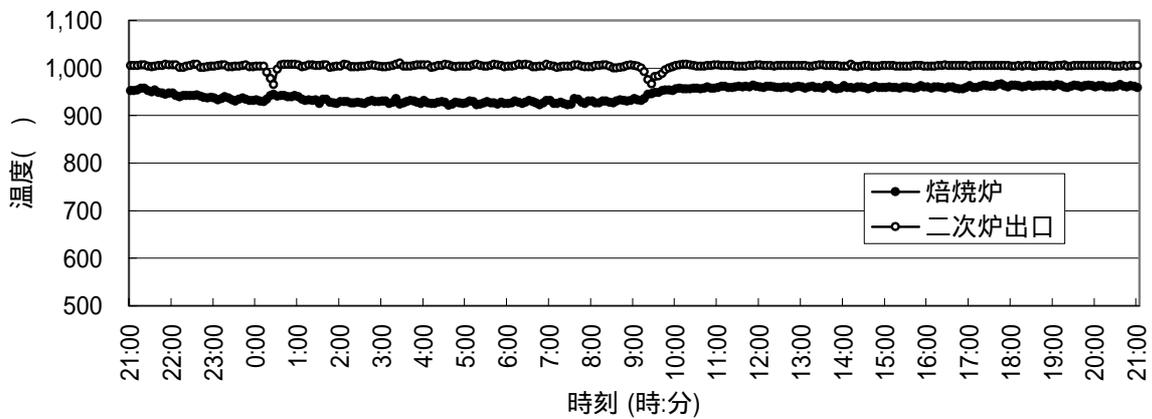


図 5-4 Run2 における温度条件

ブランクにおいて、焙焼炉及び 2 次燃焼炉の温度が一次的に急降下したことが見られる (15:58~17:39)。これは、コンプレッサのファンベルトの切断により一次炉・2 次炉バーナーが停止したためである。

また、Run2 においても 2 次燃焼炉の温度が 2 回ほど 2 次燃焼炉の温度がわずかに低下しているが、これはクリンカ除去のため一時的に 2 次炉バーナーを停止したためである。

イ) CO 濃度の推移

試験中の排ガスにおける CO 濃度の推移は下記に示すとおりである。ブランクで一時的に CO 濃度が高くなっているが、これはコンプレッサのファンベルトが切断したためである。

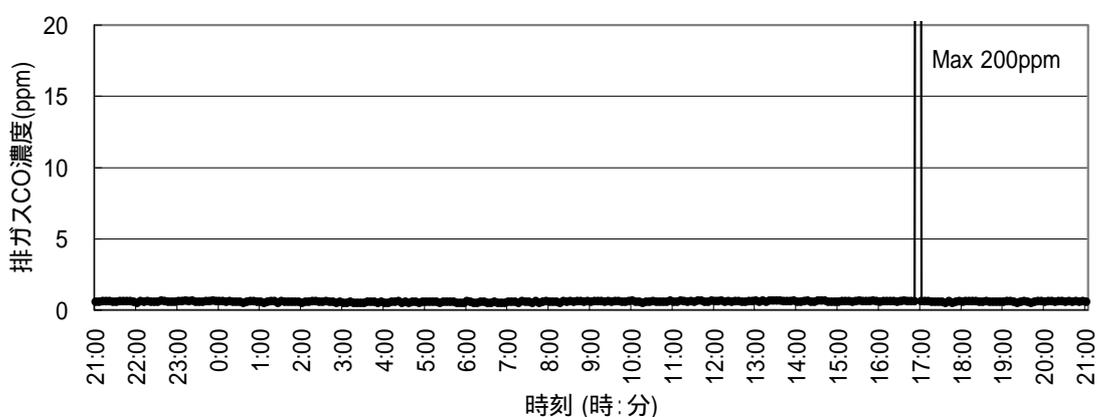


図 5-5 排ガス中の CO 濃度の推移 (ブランク)

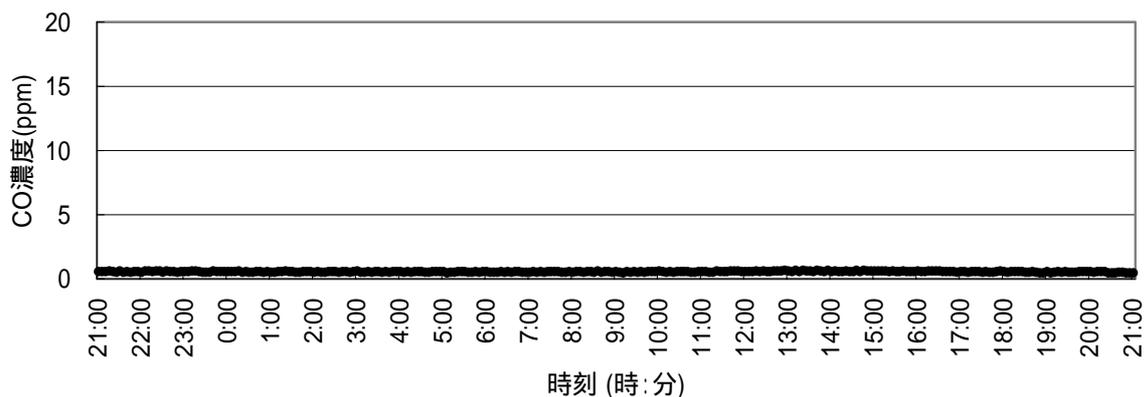


図 5-6 排ガス中の CO 濃度の推移 (Run1)

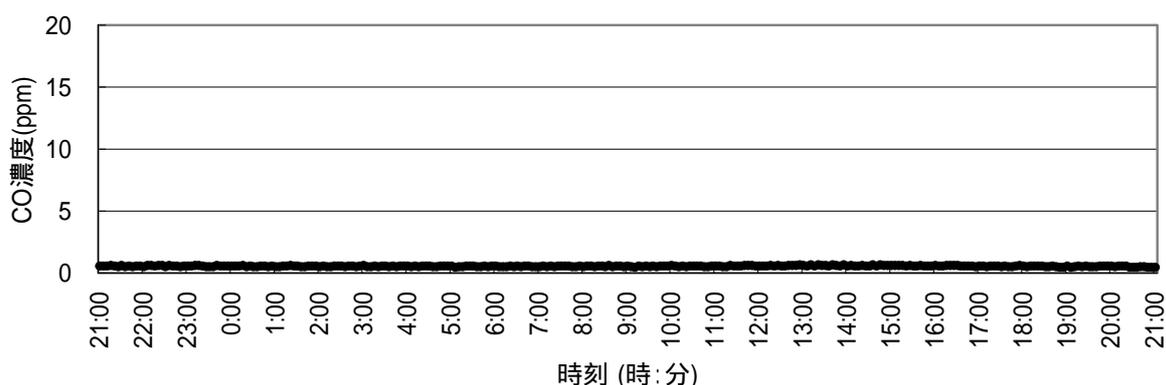


図 5-7 排ガス中の CO 濃度の推移 (Run2)

ウ) 運転中の滞留時間

投入物のキルン内の平均滞留時間は約 1 時間。燃焼ガスの滞留時間は、二次燃焼炉で 3 秒となっている。

エ) 排ガス処理

- ・ 基本フロー
急冷塔、洗浄塔、ベンチュリースクラバー、湿式電気集塵機、ミストエリミネーター、活性炭塔
- ・ 水酸化ナトリウムの量
急冷塔、洗浄塔、ベンチュリースクラバー及び湿式電気集塵機の工程液へ注入する水酸化ナトリウム量は系内に設置されている pH 計で自動的に調整しており、酸性ガス処理量としては 80kg/h 以上の能力を持つ

オ) 排水処理設備

排水処理は硫化ソーダ等の添加により水銀等の不溶化を急冷塔、洗浄塔、ベンチュリースクラバー及び湿式電気集塵機の各装置で行う。工程液は急冷塔以外は液量が増加するため、順次急冷塔に送液している。急冷塔の塩素濃度が設定値以上に上昇した場合、余剰水として処理水原液タンクに送液される。余剰水は排水処理を行い、その濾液を真空蒸発処理し、蒸留水は再利用されている。このため、当施設の工程液はクローズドシステムとなっており、系外への排水の発生はない

(4) 測定状況

試験の際、試料を採取した地点は以下に示す。図 5-8 で採取箇所を表示した。

ア) 投入

- ・ 農薬 (水銀系農薬及び POPs 等農薬の混合物)、土壌

イ) 排ガス

- ・ 2次燃焼炉出口
- ・ 排ガス（活性炭塔出口）

ウ)循環水

- ・ 急冷塔排水
- ・ 洗浄塔排水
- ・ ベンチュリースクラバー排水
- ・ 湿式電気集塵機排水
- ・ 余剰水（循環液から排水処理設備へ抜け出す液）

ウ)焼滓

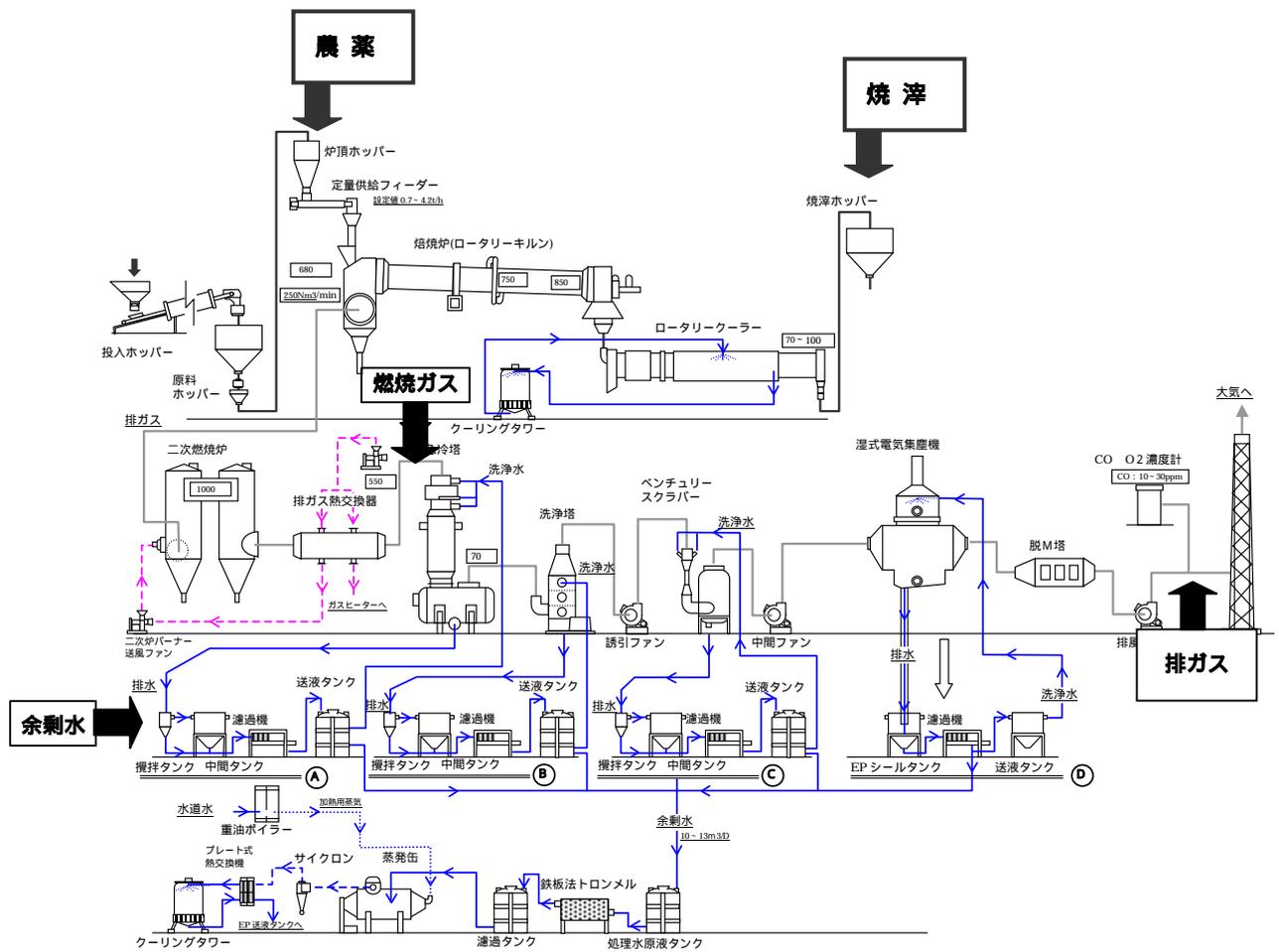


図 5-8 試験施設及び試料採取箇所

(5) POPs等農薬の分析方法について

ア) 前処理

- ・ 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。

前処理は、「農薬等の環境残留実態調査分析法/環境庁水質保全局編」に準拠して行った。

イ) 精製及び測定

- ・ 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)で溶出操作を行った。続いて2%DEG・アセトン溶液を添加して減圧濃縮し、窒素ガスにて乾固した
- ・ 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)に注入した

5.1.3 処理対象物の供給について

(1) 処理対象物の供給方法

本年度の試験において、処理対象物として水銀を含む POPs 等農薬（以降、「農薬」と称する）及び土壌を炉内に投入した（ブランクの条件では、農薬の投入は行っていない）。農薬は PE 製の瓶（125mm×125mm×140mmH）に充填し、スクリーキャップをして密閉状態にし、炉頂ホッパーにより炉内へ投入した。土壌については投入ホッパーにより投入した（図 5-8 参照）。

(2) 処理対象物の供給量

本試験でにおいて施設内に投入した供給物の量は表 5-3 にまとめた通りである。

表 5-3 水銀を含む POPs 等農薬及びその他の処理対象物の供給量

処理対象物	ブランク	Run1	Run2
	kg/day	kg/day	kg/day
A 重油	6,796	7,321	7,116
土壌（乾燥重量） ¹	21,828	22,825	23,075
POPs 等農薬（乾燥重量） ²	0	980	1,074
農薬投入容器（PE 製瓶）	0	97	98
合計供給量	28,624	31,223	31,363
（括弧中の数字は A 重油を含まない量）	(21,828)	(23,902)	(24,247)

1 投入土壌の有姿重量はブランクで 22,740kg、Run1 で 24,480kg、Run2 で 24,480kg となっている

2 POPs 等農薬の有姿重量は Run1 で 1,379kg、Run2 で 1,525kg となっている

POPs 等農薬の投入量は、Run1 で 980kg、Run2 で 1,074kg となっている。また、農薬の投入のために用いた投入容器の投入量も Run1 及び Run2 でほぼ同程度である。土壌の投入量は各条件でほぼ同程度とした。

合計供給量（助燃剤である A 重油の重量の除いた場合）のうち、POPs 等農薬が占める割合は Run 1 及び Run2 でそれぞれ 4.1%、4.4%となっており、同程度の負荷となっている。

5.2 処理対象物の性状について

5.2.1 POPs等成分

本試験において、処理対象物である農薬及び土壌の POPs 等成分の分析を実施した。

(1) 農薬

ここで「農薬」とは、試験に投入する POPs 等農薬、水銀剤、有機砒素剤等の混合物であり、PE 製の瓶に充填し、炉内へ投入したものを意味する。農薬は、5.1.2 (2) で示した方法により混合をした後、10 検体の試料を採取した。

農薬中の POPs 等成分の濃度は表 5-4、表 5-5 でまとめた。

表 5-4 投入農薬中の POPs 等成分濃度 (Run1)、(g/kg)

		試料番号					平均値	割合 (%)
		1	2	3	4	5		
B H C	α -BHC	10.4	10.9	11.2	10.4	10.6	10.7	60.2
	β -BHC	0.2	0.4	0.3	0.2	0.2	0.26	1.5
	γ -BHC	2.1	2.2	2.2	2.3	2.1	2.18	12.3
	δ -BHC	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.52	2.9
	Total	13.2	14.1	14.1	13.4	13.4	13.66	76.9
D D T	o, p' -DDE	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0	0
	p, p' -DDE	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0	0
	o, p' -DDD	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0	0
	p, p' -DDD	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	2.3
	o, p' -DDT	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.1
	p, p' -DDT	3.5	3.5	3.4	3.6	3.5	3.5	19.7
	Total	4.0	4.1	4.0	4.2	4.1	4.1	23.1
合計(※)		17.2	18.2	18.1	17.6	17.5	17.7	

注 ヘプタクロル、クロルゲン、アルドリン、エンドリン、ディルドリン及び HCB についても分析を実施したが定量下限値 (0.1g/kg) 以下であったため、表中に記載していない

(※) 有効数字を3桁としているため、各成分の合計と合わないことがある

表 5-5 投入農薬中の POPs 等成分濃度 (Run2)、(g/kg)

		試料番号					平均値	割合 (%)
		1	2	3	4	5		
B H C	α -BHC	9.2	11.1	10.5	10.6	12.3	10.74	59.7
	β -BHC	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.28	1.6
	γ -BHC	2.1	2.2	2.1	2.2	2.5	2.22	12.3
	δ -BHC	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.52	2.9
	Total	12.0	14.1	13.5	13.5	15.7	13.76	76.5
D D T	o, p' -DDE	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0
	p, p' -DDE	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0
	o, p' -DDD	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0
	p, p' -DDD	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	2.2
	o, p' -DDT	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.1
	p, p' -DDT	3.6	3.6	3.4	3.5	4.0	3.62	20.1
	Total	4.2	4.2	4.0	4.1	4.7	4.22	23.5
合計(※)		16.2	18.3	17.5	17.6	20.4	18.0	

注 ヘクサクロル、クロルデン、アルドリノ、エンドリノ、ディルドリノ及び HCB についても分析を実施したが定量下限値 (0.1g/kg) 以下であったため、表中に記載していない

※ 有効数字を3桁としているため、各成分の合計と合わないことがある

Run1 と Run2 では、それぞれ5つの試料の分析を行ったが、5つの試料の濃度の平均値を代表値とすることにした。農薬中の POPs 等成分濃度の平均値は Run1 で 17.7g/kg, Run2 では 17.9g/kg となっている。

POPs 等成分の構成を見ると、BHC 及び DDT しか検出されておらず、ヘクサクロル、クロルデン及びドリノ系農薬 (アルドリノ、エンドリノ、ディルドリノ) の濃度が定量下限値以下となっている。

構成比で見た場合、Run1 及び Run2 の試料で共通して、BHC が占める割合は約 77% となっており、DDT が占める割合が約 23% となっている。BHC の中でも α -BHC が占める割合が一番高く (全体の約 60%)、 γ -BHC、 δ -BHC 及び β -BHC も検出されている。DDT については、p, p' -DDT が占める割合が一番高い (全体の約 20%)。また、p, p' -DDD 及び p, p' -DDT もわずかながら検出されている。

また、対象とした全ての試料 (Run1 の 5 つ、Run2 の 5 つの合計で 10 試料) の構成比もほぼ同じく、準備段階の農薬の混合作業により、均一な試料が得られたことを示唆している。

(2) 投入土壌

試験において、農薬の混焼対象物とした土壌中の POPs 等成分の測定も行った。ブランク、Run1 及び Run2 の各条件で投入した土壌は同じものであるが、各条件で試料を採取し、POPs 等成分の測定を行った。

その結果は表 5-6 でまとめた。

試験に投入した土壌からもわずかながら POPs 等成分が検出されている。試料によって差が見られるものの、BHC (α 、 β)、DDT (o, p' -DDE、o, p' -DDT、p, p' -DDT) 及びディルトリンが投入土壌より検出されている。しかし、土壌中の POPs 等成分の濃度は低く、ブランクでは 0.0023mg/kg、Run1 では 0.0057 mg/kg 及び Run2 では 0.0075 mg/kg となっている。

表 5-6 土壌中の POPs 等成分濃度 (mg/kg)

		ブランク		Run1		Run2	
		濃度	割合 (%)	濃度	割合 (%)	濃度	割合 (%)
BHC	α -BHC	0.0002	8.7	0.0004	7.0	<0.0002	0
	β -BHC	0.0005	21.7	0.0004	7.0	0.0005	6.7
	γ -BHC	<0.0002	0	<0.0002	0	<0.0002	0
	δ -BHC	<0.0002	0	<0.0002	0	<0.0002	0
	Total	0.0007	30.4	0.0008	14.0	0.0005	6.7
DDT	o, p' -DDE	<0.0002	0	<0.0002	0	0.0003	4.0
	p, p' -DDE	<0.0002	0	<0.0002	0	<0.0002	0
	o, p' -DDD	<0.0002	0	<0.0002	0	<0.0002	0
	p, p' -DDD	<0.0002	0	<0.0002	0	<0.0002	0
	o, p' -DDT	<0.0002	0	0.0020	35.1	0.0027	36.0
	p, p' -DDT	0.0016	69.6	0.0025	43.9	0.0036	48.0
	Total	0.0016	69.6	0.0045	78.9	0.0066	88.0
ヘプタクロル	ヘプタクロル	<0.0002	0	<0.0002	0	<0.0002	0
	ヘプタクロルエポキシド	<0.0002	0	<0.0002	0	<0.0002	0
	Total	<0.0002	0	<0.0002	0	<0.0002	0
クロルテン	Cis-クロルテン	<0.0002	0	<0.0002	0	<0.0002	0
	trans-クロルテン	<0.0002	0	<0.0002	0	<0.0002	0
	Cis-ナノクロル	<0.0002	0	<0.0002	0	<0.0002	0
	trans-ナノクロル	<0.0002	0	<0.0002	0	<0.0002	0
	オキシクロルテン	<0.0002	0	<0.0002	0	<0.0002	0
	Total	<0.0002	0	<0.0002	0	<0.0002	0
ドリリン系	アルドリリン	<0.0002	0	<0.0002	0	<0.0002	0
	エンドリリン	<0.0002	0	<0.0002	0	<0.0002	0
	ディルトリン	<0.0002	0	0.0004	7.0	0.0004	5.3
	Total	<0.0002	0	0.0004	7.0	<0.0002	5.3
合計(※)		0.0023		0.0057		0.0075	

注意 全ての試料は n=3 で分析を実施しており、表の数字は平均値である

注意 HCB も分析の対象としたが、定量下限値 (0.0002mg/kg) 以下であったため表中に記載していない

5.2.2 処理対象物中のダイオキシン類の含有量

(1) 処理対象物中のダイオキシン類およびPCBの実測濃度

試験に供した処理対象物（農薬、土壌）についてはブランク、Run1 及び Run2 の条件で試料を採取し、分析を実施した。その結果は表 5-7 に示した通りである。

表 5-7 投入農薬中のダイオキシン類濃度

	農薬		土壌		
	Run1 (※)	Run2 (※)	ブランク	Run1 (※)	Run2 (※)
	pg/g-dry				
TeCDDs	260,000	280,000	2.6	16	24
PeCDDs	34,000	45,000	4.3	31	110
HxCDDs	1,600	2,000	15	120	560
HpCDDs	1,600	1,800	58	350	1,000
OCDD	57,000	62,000	280	1,000	1,300
Total PCDDs	350,000	390,000	360	1,500	3,000
TeCDFs	17,000	20,000	11	46	190
PeCDFs	4,800	5,600	23	170	670
HxCDFs	1,600	1,800	65	360	1,700
HpCDFs	3,000	3,500	160	540	1,600
OCDF	4,600	5,200	240	500	940
Total PCDFs	31,000	36,000	500	1,600	5,100
Total (PCDDs+PCDFs)	380,000	420,000	860	3,200	8,100
Co-PCB (ノンオルト)	590	670	3.2	22	59
Co-PCB (モノオルト)	31,000	35,000	9.7	48	98
Total Co-PCBs	32,000	36,000	13	70	160
Total DXNs	410,000	460,000	880	3,200	8,300

(※)2つの試料の平均値である。全ての試料は n=3 で分析している

5.2.3 その他の成分

(1) 重金属類

投入物のうち、農薬についてはカドミウム、鉛、総クロム、砒素及び水銀の測定を行った。投入土壌については、水銀の含有量試験を行った。その結果は以下に示すとおりである。

農薬には水銀系農薬や有機砒素剤も含まれており、Run1 と Run2 の両方の試料で他の重金属より高濃度で検出されている。水銀については、Run1 で 291ppm、Run2 で 277ppm となっている。また、土壌においても、わずかながら水銀が検出されている。

表 5-8(1) 農薬中の重金属類濃度 (Run1)

項目	単位	試料 1	試料 2	試料 3	試料 4	試料 5	平均
カドミウム	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
鉛	mg/kg	17	13	12	11	14	13
総クロム	mg/kg	74	67	87	88	84	80
砒素	mg/kg	1,583	1,717	2,017	2,137	1,417	1,774
水銀	mg/kg	273	278	310	288	307	291
水分	wt%	29.0	29.3	28.5	29.1	28.7	28.9

表 5-8(2) 農薬中の重金属類濃度 (Run2)

項目	単位	試料 6	試料 7	試料 8	試料 9	試料 10	平均
カドミウム	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
鉛	mg/kg	21	16	13	17	15	16
総クロム	mg/kg	89	85	80	86	84	85
砒素	mg/kg	1,480	1,680	1,313	1,910	1,803	1,637
水銀	mg/kg	286	291	283	256	270	277
水分	wt%	29	31	29	29	30	29.6

表 5-8(3) 投入土壌中の水銀濃度 (mg/kg)

	試料 1	試料 2	試料 3	平均値
ブランク	2.04	3.98	3.43	3.15
Run1	2.26	2.09	2.45	2.27
Run2	2.06	2.33	2.00	2.13

(2) PCB

投入農薬及び土壌中の PCB 濃度の測定を行った。投入農薬については Run1 及び Run2 からそれぞれ 5 つの試料を採取し、分析を実施したが、全ての試料では PCB 濃度が定量下限値 (0.05mg/kg) 以下であった。

また、試験に投入した土壌を対象に PCB の測定を行ったが、PCB 濃度が定量下限値 (0.05mg/kg) 以下であった。

5.3 試験中の POPs 等成分の挙動

5.3.1 試験に供給された POPs 等成分

試験に供した農薬及び土壌に含まれた POPs 等成分については、5.2 (1) 及び 5.2 (2) でまとめた。ここでは、Run1 及び Run2 で炉内に供した POPs 等分量を算出した。POPs 等分量の算出は投入した農薬に含まれる POPs 等成分及び投入した土壌に含まれる POPs 等成分にわけて算出した。

表 5-9 供給物中の POPs 等分量(g)

POPs等成分		Run1		Run2	
		農薬 ¹⁾	土壌 ²⁾	農薬 ³⁾	土壌 ⁴⁾
BHC	α-BHC	10,486	0.00913	11,534.76	0
	β-BHC	254.8	0.00913	300.72	0.011538
	γ-BHC	2,136.4	0	2,384.28	0
	δ-BHC	509.6	0	558.48	0
	Total	13,386.8	0.01826	14,778.24	0.011538
DDT	o, p' -DDE	-	0	-	0.006923
	p, p' -DDE	-	0	-	0
	o, p' -DDD	-	0	-	0
	p, p' -DDD	392	0	429.6	0
	o, p' -DDT	196	0.04565	214.8	0.062303
	p, p' -DDT	3,430	0.057063	3,887.88	0.08307
	Total	4,018	0.102713	4,532.28	0.152295
ディルトリン	-	0.00913		0.00923	
POPs成分合計		17,404.8	0.1301025	19,310.52	0.1730625
合計 (※)		17,000		19,000	

1) 表 5-4 の POPs 等成分濃度と Run1 の投入農薬量 (980kg) の掛け算により算出

2) 表 5-6 の POPs 等成分濃度と Run2 の土壌投入量 (22,825kg) の掛け算により算出

3) 表 5-5 の POPs 等成分濃度と Run1 の投入農薬量 (1074kg) の掛け算により算出

4) 表 5-6 の POPs 等成分濃度と Run2 の土壌投入量 (23,075kg) の掛け算により算出

注意 炉内供給物 (農薬、土壌) の POPs 等成分の分析で検出されていない POPs 等成分 (ヘプタクロル、クロルゲン、アルドリノ、エンドリン) は表中に記載していない

※ 有効数字を 2 桁としているため合計と各成分の和が一致しない

施設内に供給された POPs 等成分は Run1 で約 17kg、Run2 で約 19kg となっており、そのほとんどが農薬由来である。

5.3.2 排ガス中のPOPs等成分

(1) 排ガス流量

ブランク、Run1 及び Run2 の条件で、2 次燃焼炉出口及び煙突前（活性炭塔出口）における排ガス中の POPs 等成分の濃度を測定した。試料採取時間は 4 時間である。この間の平均流量は以下に示すとおりである。

表 5-10 排ガスの流量 (乾- m^3_N /h)

条件	2 次燃焼炉出口	煙突前
ブランク	6, 550	7, 350
Run1	6, 420	7, 360
Run2	6, 370	7, 290

(2) 排ガス中のPOPs等成分

2 次燃焼炉出口及び煙突前で測定した排ガス中の POPs 等成分については表 5-11 でまとめた。系外へ排出される排ガス（煙突前）については、Run1 及び Run2 の両条件で全ての POPs 等成分が定量下限値 ($0.002 \mu g/Nm^3$) 以下となっている。ブランクでは農薬の投入を行っていないにも係わらず煙突前の排ガスで β -BHC 及び δ -BHC がわずかながら検出されている。これは土壤に含まれた POPs 等成分の影響だと考えられる。

また、投入物である農薬及び土壤に検出されていない¹⁾「タクロホキド」がブランク条件における 2 次炉燃焼ガスで排出されている。

なお、全ての条件において、排ガス中の POPs 等成分は大気の濃度指針値をクリアする濃度となっている。

表 5-11 排ガス中の POPs 等成分 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N-Dry, O}_2=12\%$)

項目	異性体	ブランク		R u n 1		R u n 2	
		二次炉	スタック	二次炉	スタック	二次炉	スタック
BHC	α -BHC	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.008	<0.002
	β -BHC	0.016	0.004	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	γ -BHC	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.007	<0.002
	δ -BHC	0.006	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	Total	0.022	0.006	<0.002	<0.002	0.015	<0.002
DDT	α, p' -DDE	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	p, p' -DDE	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	α, p' -DDD	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	p, p' -DDD	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	α, p' -DDT	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	p, p' -DDT	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	Total	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
ヘプタクロ ロール	ヘプタクロル	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	ヘプタクロルエキストラ	0.056	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	Total	0.056	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
クロル デン	Cis-クロルデン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	trans-クロルデン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	Cis-ナノクロル	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	trans-ナノクロル	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	オキシクロルデン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	Total	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
ドリン 系	アルドリン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	エンドリン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	ディルドリン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	Total	<0.006	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
合計	0.218	0.006	0	0	0.015	0	
合計 (補正) ¹⁾	-	0.042	-	0.04	-	0.04	
HCB ²⁾	0.140	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	

1) 分解率の検証のため、排出側の定量下限値以下及びNDは定量下限値で代入した値の合計。

2) HCB は投入物にふくまれておらず、また炉内に非意図的に生成される可能性があるため別扱いとしている。

5.3.3 焼滓中のPOPs等成分

試験施設で発生した焙焼滓については、ブランク、Run1 及び Run2 の条件で試料採取を行い POPs 等成分の分析を行った。なお、各条件で2つの試料を採集しており、その平均値を代表値とした。表 5-12 に含有試験の結果、表 5-13 に溶出試験の結果をまとめた。焙焼滓には、POPs 等成分が検出されておらず、すべての POPs 等成分が定量下限値以下となっている。

表 5-12 焼滓中の POPs 等成分 (含有試験、mg/kg)

項目	異性体	ブランク		R u n 1		R u n 2	
		試料 1	試料 2	試料 1	試料 2	試料 1	試料 2
BHC	α-BHC	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	β-BHC	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	γ-BHC	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	δ-BHC	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	計	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
DDT	O, p'-DDE	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	P, p'-DDE	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	O, p'-DDD	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	P, p'-DDD	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	O, p'-DDT	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	P, p'-DDT	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	計	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
ヘプタクロル	ヘプタクロル	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	ヘプタクロルホキソト ¹⁾	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	計	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
クロルデン	Cis-クロルデン	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	trans-クロルデン	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	Cis-ナノクロル	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	trans-ナノクロル	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	オキシクロルデン	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	計	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
ドリン系	アルドリン	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	エンドリン	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	ディルドリン	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	計	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
合計		0	0	0	0	0	0
合計 (補正) ¹⁾		0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
HCB ²⁾		<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002

1) 分解率の検証のため、排出側の定量下限値以下及びNDは定量下限値で代入した値の合計。

2) HCB は投入物にふくまれておらず、また炉内に非意図的に生成される可能性があるため別扱いとしている。

表 5-13 焼滓中の POPs 等成分 (溶出試験、 $\mu\text{g}/\ell$)

項目	異性体	ブランク		R u n 1		R u n 2	
		試料 1	試料 2	試料 1	試料 2	試料 1	試料 2
BHC	α -BHC	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	β -BHC	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	γ -BHC	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	δ -BHC	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Total	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
DDT	o,p'-DDE	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	p,p'-DDE	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	o,p'-DDD	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	p,p'-DDD	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	o,p'-DDT	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	p,p'-DDT	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Total	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06
ヘプタクロル	ヘプタクロル	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	ヘプタクロルエキソ	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Total	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
クロルデン	Cis-クロルデン	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	trans-クロルデン	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Cis-ナノクロル	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	trans-ナノクロル	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	オキシクロルデン	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Total	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ドリソ系	アルドリソ	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	エンドリソ	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	ディルドリソ	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Total	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
合計	0	0	0	0	0	0	
HCB ¹⁾	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	

1) HCBは投入物にふくまれず、また炉内に日意図的に生成されて可能性があるため別扱いとしている。

また、各条件で発生した焼滓の量は表 5-14 でまとめた。

表 5-14 焼滓の発生量 (kg/day)

	ブランク	Run1	Run2
発生量	20,209	22,980	23,110

5.3.4 排水中のPOPs等成分

当施設から系外へ排出される排水は存在しないためクローズドシステムとなっている。排ガス処理装置の循環水の一部が余剰水として処理水原液タンクへ送液される部分があり、POPs等成分の分解率の検証のため余剰水中のPOPs等成分を用いることとした。余剰水は排水処理を行い、その濾液を真空蒸発処理され蒸留水は施設内で最利用されている。余剰水中のPOPs等成分は表5-15に示した。

表5-15 余剰水中のPOPs等成分 ($\mu\text{g}/\text{l}$)

項目	異性体	ブランク		Run1		Run2		終了後
		試料1	試料2	試料1	試料2	試料1	試料2	
BHC	α -BHC	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	β -BHC	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	γ -BHC	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	δ -BHC	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Total	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
DDT	o, p' -DDE	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	p, p' -DDE	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	o, p' -DDD	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	p, p' -DDD	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	o, p' -DDT	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	p, p' -DDT	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Total	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.06
ヘブ タク ロ ル	ヘブタクロル	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	ヘブタクロルホキソト	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Total	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02
カ ロ レ ン	Cis-クロルデン	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	trans-クロルデン	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Cis-ナノクロル	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	trans-ナノクロル	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	オキシクロルデン	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Total	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ド リ ン 系	アルドリン	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	エンドリン	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	ディルドリン	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Total	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
合計		0.06	0	0	0	0	0	0
合計 (補正) ¹⁾		0.25	0.20	0.20	0.20	0.20	0.2	-
HCB ²⁾		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

1) 分解率の検証のため、排出側の定量下限値以下及びNDは定量下限値で代入した値の合計。

2)HCBは投入物にふくまれておらず、また炉内に非意図的に生成されて可能性があるため別扱いとしている。

ブランク、Run1、Run2の各条件で2つの試料を採取しているが、Run1及びRun2では全ての試料におけるPOPs等成分は定量下限値 ($0.01\mu\text{g}/\text{l}$) 以下となっている。ブランク条件では δ -BHCが検出されているが、これは土壌中に含まれたPOPs等成分によるものと考え

られる。また、余剰水についてはタイムラグの影響を考慮して試験終了後（Run 2 終了 12 時間後）にも試料採取を行い POPs 等成分の分析を実施したが、全ての POPs 等成分は定量下限値以下となっている。

5.4 試験中のダイオキシン類の挙動

5.4.1 排ガス中のダイオキシン類

ブランク、Run1 及び Run2 の各条件で 2 次燃焼炉及び煙突排ガスの試料を採取し、ダイオキシン類の分析を実施した。

(1) ダイオキシン類の実測濃度

排ガス（2 次燃焼炉出口ガス、煙突前排ガス）におけるダイオキシン類濃度（実測値）は表 5-16 にまとめた。全ての条件において、2 次燃焼炉出口におけるダイオキシン類濃度よりも煙突前排ガス（表中はスタックと表示）における濃度が大きくなっており、排ガス処理装置でダイオキシン類が再合成されている可能性を示唆している。

表 5-16 燃焼ガス（2 次燃焼炉出口）におけるダイオキシン類濃度（実測値、ng/m³N）

	ブランク		R u n 1		R u n 2	
	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
TeCDDs	0.63	1.8	0.030	1.8	0.082	0.67
PeCDDs	0.12	0.63	0.0051	0.68	0.0023	0.25
HxCDDs	0.008	0.19	0.007	0.25	0.001	0.081
HpCDDs	0.003	0.051	0.005	0.075	N. D.	0.018
OCDD	N. D.	0.024	0.011	0.043	N. D.	N. D.
Total PCDDs(※)	0.76	2.7	0.058	2.9	0.086	1.0
TeCDFs	0.26	4.6	0.52	5.5	0.088	2.4
PeCDFs	0.052	2.4	0.032	3.0	0.011	1.3
HxCDFs	0.017	1.0	0.024	1.4	0.007	0.51
HpCDFs	0.005	0.30	0.010	0.38	N. D.	0.14
OCDF	N. D.	0.040	N. D.	0.052	N. D.	0.020
Total PCDFs(※)	0.33	8.4	0.58	10	0.11	4.3
Total (PCDDs+PCDFs)	1.1	11	0.64	13	0.19	5.4
Co-PCB (ノンオルト)	0.056	0.36	0.061	0.45	0.044	0.21
Co-PCB (モノオルト)	0.061	0.89	0.027	1.0	0.040	0.45
Total Co-PCBs(※)	0.12	1.2	0.088	1.5	0.088	0.66
Total DXNs(※)	1.2	12	0.73	15	0.28	6.1

(※)PCDDs、PCDFs、Co-PCB 及び Total-DXNs の各 total 値は有効数字を二桁としているため各異性体の和とは一致しない

(2) ダイオキシン類の毒性等量

排ガスにおけるダイオキシン類濃度（毒性等量）は表 5-17 にまとめた。

表 5-17 排ガス中のダイオキシン類濃度（毒性等量、ng-TEQ/m³N-Dry, O₂=12%）

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
2,3,7,8-TeCDD	0	0.0056	0	0.0052	0	0.0027
1,2,3,7,8-PeCDD	0	0.015	0	0.017	0	0.0078
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0	0.0006	0	0.0008	0	0
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0	0.0013	0	0.0017	0	0.0006
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0	0.0010	0	0.0013	0	0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0	0.00028	0	0.00038	0	0.00009
OCDD	0	0.0000026	0	0.0000044	0	0
Total PCDDs	0	0.024	0	0.026	0	0.011
2,3,7,8-TeCDF	0.0004	0.0079	0	0.0095	0	0.0045
1,2,3,7,8-PeCDF	0	0.0044	0	0.0050	0	0.0022
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0013	0.060	0	0.075	0	0.029
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0	0.011	0	0.014	0	0.0057
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0	0.011	0	0.013	0	0.0051
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0	0	0	0.0009	0	0
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0	0.0071	0	0.0080	0	0.0030
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0	0.0019	0	0.0024	0	0.00085
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0	0.00024	0	0.00030	0	0.00011
OCDF	0	0.0000043	0	0.0000053	0	0.0000020
Total PCDFs	0.0017	0.10	0	0.13	0	0.050
Total (PCDDs+PCDFs)	0.0017	0.13	0	0.15	0	0.062
3,4,4',5'-TeCB (#81)	0	0.0000061	0	0.0000071	0	0.0000036
3,3',4,4'-TeCB (#77)	0.0000045	0.000016	0.0000046	0.000019	0.0000036	0.0000088
3,3',4,4',5'-PeCB (#126)	0.0004	0.013	0.0006	0.017	0	0.0073
3,3',4,4',5,5'-HxCB (#169)	0	0.00031	0	0.00037	0	0.00016
Total ノンオルト体	0.00040	0.013	0.00060	0.017	0.0000036	0.0075
2',3,4,4',5'-PeCB (#123)	0	0.0000036	0	0.0000038	0	0.0000016
2,3',4,4',5'-PeCB (#118)	0.0000033	0.000036	0	0.000038	0.0000020	0.000017
2,3,3',4,4'-PeCB (#105)	0.0000021	0.000021	0.0000014	0.000023	0.0000013	0.0000099
2,3,4,4',5'-PeCB (#114)	0	0.000025	0.00000094	0.000025	0	0.000014
2,3',4,4',5,5'-HxCB (#167)	0	0.00000059	0	0.00000066	0	0.0000029
2,3,3',4,4',5'-HxCB (#156)	0.0000020	0.000065	0	0.000080	0	0.000033
2,3,3',4,4',5'-HxCB (#157)	0	0.000027	0	0.000032	0	0.000014
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (#189)	0	0.0000057	0	0.0000075	0	0.0000028
Total モノオルト体	0.0000074	0.00018	0.0000023	0.00021	0.0000033	0.000092
Total Co-PCBs	0.00041	0.014	0.00061	0.018	0.0000069	0.0076
Total DXNs¹⁾	0.0021	0.14	0.00061	0.17	0.0000069	0.069

1) 各異性体の DXNs 量を有効数字二桁としており、各異性体の合計とは一致しない

全ての条件において、2次燃焼炉出口の燃焼ガスよりも煙突前の排ガスにおけるダイオキシン類濃度が高くなっており、当施設内でダイオキシン類の再合成が確認できる。

ブランク及び Run1 の条件では、ダイオキシン類濃度がダイ特法が定める排ガス基準 (0.1ng-TEQ/m³N) を超過している。

実証試験の実施施設において、通常の操業時は2次燃焼炉温度が800℃程度となっており、後段の急冷塔及び排ガス処理装置の能力もこの温度領域を想定して設定されている。しかし、実証試験時は2次燃焼炉の温度は通常より200℃も高い温度で試験を実施した。そのため、急冷塔に流入する排ガスの温度が通常よりも高くなっていると考えられる。通常の操業時は急冷塔で排ガスの温度が一気に80℃程度にまで落ちるが、実証試験時は流入ガスの温度が高かったため、冷却効果が小さかったと考えられる。ダイオキシン類は200～500℃の温度領域で再合成すると言われており、本実証試験においても、急冷塔において、排ガスが一気に80℃まで落ちず、ダイオキシン類が再合成する温度領域にガスが滞留する時間が長くなってしまい、ダイオキシン類が生成されてしまった可能性が高い。

5.4.2 焙焼滓中のダイオキシン類

(1) ダイオキシン類の実測濃度

試験期間中の焙焼滓中のダイオキシン類の実測濃度は表5-18でまとめた。分析はn=3で実施しており、表5-18ではその最大値を示している。

表5-18 焙焼滓中のダイオキシン類濃度 (実測濃度、ng/g)

	ブランク		R u n 1		R u n 2	
	試料 1	試料 2	試料 1	試料 2	試料 1	試料 2
TeCDDs	0.0033	0.17	0.0026	0.0003	0.0003	N. D.
PeCDDs	N. D.	0.026	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
HxCDDs	N. D.	0.0020	N. D.	0.0005	0.0010	N. D.
HpCDDs	0.012	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
OCDD	0.036	0.061	N. D.	N. D.	N. D.	0.002
Total PCDDs	0.051	0.26	0.0026	0.0008	0.0017	0.002
TeCDFs	0.0063	0.018	0.0022	0.0011	0.0020	0.0008
PeCDFs	0.0015	0.014	0.0013	0.0017	0.0028	0.0018
HxCDFs	N. D.	0.0053	0.0022	0.0019	0.0046	0.0022
HpCDFs	0.010	0.010	0.003	0.0023	0.0048	0.0025
OCDF	0.026	0.008	N. D.	0.0013	N. D.	0.0013
Total PCDFs	0.044	0.055	0.011	0.0083	0.014	0.0085
Total (PCDDs+PCDFs)	0.095	0.31	0.013	0.0091	0.016	0.010
Co-PCB (ノンオルト)	N. D.	0.0014	0.0009	N. D.	N. D.	N. D.
Co-PCB (モノオルト)	0.0015	0.014	0.0031	0.0003	0.004	0.0004
Total Co-PCBs	0.0015	0.015	0.0040	0.0003	0.004	0.0004
DXNs (※)	0.097	0.33	0.015	0.0094	0.020	0.011

(※)PCDDs、PCDFs、Co-PCB及びTotal-DXNsの各total値は有効数字を二桁としているため各異性体の和とは一致しない

(2) ダイオキシン類の毒性等量

焼滓中のダイオキシン類の毒性等量は表 5-19 でまとめた。焼滓中のダイオキシン類濃度は、管理型最終処分場における受け入れ基準を満足している結果となっている。

表 5-19 焼滓中のダイオキシン類濃度 (毒性等量、ng-TEQ/g)

	ブランク		Run 1		Run 2	
	試料 1	試料 2	試料 1	試料 2	試料 1	試料 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	0.0000036	0.0000061	0	0	0	0
Total PCDDs	0.0000036	0.0000061	0	0	0	0
2, 3, 7, 8-TeCDF	0	0	0	0	0	0
1, 2, 3, 7, 8-PeCDF	0	0.00018	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	0.00012	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	0.00005	0.00005	0.000024	0	0.000029	0.000017
1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-HpCDF	0	0	0	0	0	0
OCDF	0.0000026	0.0000008	0	0	0	0
Total PCDFs	0.000053	0.00023	0.000024	0	0.000029	0.000017
Total (PCDDs+PCDFs)	0.000056	0.00024	0.000024	0	0.000029	0.000017
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	0.0000011	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	0.0000011	0	0	0	0
Total Co-PCBs	0	0.0000011	0	0	0	0
Total DXNs 1)	0.000056	0.00024	0.000024	0	0.000029	0.000017

1) 各異性体の DXNs 量を有効数字二桁としており、各異性体の合計とは一致しない

5.4.3 余剰水中のダイオキシン類

当施設において、余剰水は系外へ排出されないが、参考のため余剰水中のダイオキシン類の濃度も測定した。POPs等成分と同様、ブランク、Run1、Run2に加え、試験終了12時間後の試料もサンプリングの対象とした。

(1) ダイオキシン類の実測濃度

余剰水中のダイオキシン類の濃度は表5-20でまとめた。

表5-20 余剰水中のダイオキシン類濃度（実測値、pg/l）

	ブランク		R u n 1		R u n 2		試験終了 12時間後
	試料1	試料2	試料1	試料2	試料1	試料2	
TeCDDs	2,600	2,400	1,800	2,100	990	10,000	5,400
PeCDDs	1,500	1,700	1,300	1,300	560	8,000	3,600
HxCDDs	1,000	1,400	1,100	1,000	430	8,800	3,700
HpCDDs	600	930	800	670	280	6,700	2,700
OCDD	350	570	470	400	170	4,400	1,900
Total PCDDs	6,100	7,000	5,500	5,400	2,400	38,000	17,000
TeCDFs	7,200	6,100	4,600	5,100	2,500	23,000	11,000
PeCDFs	6,500	7,200	5,800	5,800	2,600	35,000	16,000
HxCDFs	8,300	6,900	5,500	5,000	2,100	46,000	19,000
HpCDFs	3,600	5,300	4,500	3,800	1,600	44,000	18,000
OCDF	1,600	2,600	2,200	1,800	760	25,000	9,700
Total PCDFs	24,000	28,000	23,000	22,000	9,600	170,000	73,000
Total (PCDDs+PCDFs)	30,000	35,000	28,000	27,000	12,000	210,000	90,000
Co-PCB (ノオルト)	480	450	350	390	190	1,400	650
Co-PCB (モノオルト)	700	680	480	540	270	2,100	1,000
Total Co-PCBs	1,200	1,100	830	930	460	3,600	1,700
DXNs ¹⁾	34,000	36,000	29,000	28,000	12,000	210,000	93,000

1) 各異性体のDXNs量を有効数字二桁としており、各異性体の合計とは一致しない

(2) ダイオキシン類の毒性等量

余剰水中のダイオキシン類濃度は表5-21でまとめた。余剰水は、排水基準の対象外であるが、ダイ特法が定める排水基準（10pg-TEQ/L）と比較した場合、基準を超過する濃度となっている。2次燃焼炉で再合成されたダイオキシン類は工程液へと移行し、結果的に余剰水の濃度を大きくしていると考えられる。

表 5-21 余剰水中のダイオキシン類濃度（毒性等量、pg-TEQ/l）

項目	ブランク		R u n 1		R u n 2		試験終了 12 時間後
	試料 1	試料 2	試料 1	試料 2	試料 1	試料 2	
2, 3, 7, 8-TeCDD	7.7	7.7	6.3	7.1	3.1	32	11
1, 2, 3, 7, 8-PeCDD	43	48	39	41	18	260	120
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDD	3.6	4.9	4.3	3.7	1.6	31	13
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDD	7.6	9.8	8.1	7.3	3.2	61	26
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDD	6.9	9.4	8.1	6.8	3.0	57	25
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD	3.3	5.0	4.3	3.6	1.5	36	14
OCDD	0.035	0.057	0.047	0.040	0.077	0.44	0.19
Total PCDDs	72	85	70	70	30	480	210
2, 3, 7, 8-TeCDF	15	14	10	12	6.1	52	25
1, 2, 3, 7, 8-PeCDF	11	12	10	9.5	4.3	65	28
2, 3, 4, 7, 8-PeCDF	210	230	190	190	90	1100	490
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDF	57	74	59	54	22	470	190
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDF	53	68	56	49	21	460	200
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDF	5.0	6.7	5.5	5.2	2.2	50	19
2, 3, 4, 6, 7, 8-HxCDF	45	61	50	46	20	390	160
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDF	21	29	25	21	8.9	240	97
1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-HpCDF	3.7	5.7	4.8	4.0	1.6	47	19
OCDF	0.16	0.26	0.22	0.18	0.076	2.5	0.97
Total PCDFs	420	500	410	390	180	2900	1200
Total (PCDDs+PCDFs)	490	590	480	460	210	3400	1400
3, 4, 4', 5-TeCB (#81)	0.0071	0.0058	0.0045	0.0051	0.0026	0.017	0.0074
3, 3', 4, 4'-TeCB (#77)	0.019	0.016	0.012	0.014	0.0072	0.043	0.021
3, 3', 4, 4', 5-PeCB (#126)	20	18	13	15	7.1	59	26
3, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB (#169)	0.55	0.59	0.46	0.46	0.22	2.6	1.1
Total ノンオルト体	21	19	13	15	7.3	62	27
2', 3, 4, 4', 5-PeCB (#123)	0.0029	0.0024	0.0018	0.0019	0.00095	0.0068	0.0033
2, 3', 4, 4', 5-PeCB (#118)	0.022	0.019	0.013	0.016	0.0082	0.053	0.026
2, 3, 3', 4, 4'-PeCB (#105)	0.016	0.015	0.0099	0.012	0.0061	0.037	0.018
2, 3, 4, 4', 5-PeCB (#114)	0.020	0.017	0.013	0.014	0.0070	0.046	0.021
2, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB (#167)	0.00045	0.00044	0.00032	0.00034	0.00015	0.0016	0.00073
2, 3, 3', 4, 4', 5-HxCB (#156)	0.060	0.055	0.040	0.045	0.021	0.20	0.090
2, 3, 3', 4, 4', 5'-HxCB (#157)	0.026	0.024	0.018	0.019	0.0090	0.080	0.038
2, 3, 3', 4, 4', 5, 5'-HpCB (#189)	0.0071	0.0079	0.0061	0.0059	0.0026	0.039	0.017
Total モノオルト体	0.15	0.14	0.10	0.11	0.055	0.46	0.21
Total Co-PCBs	21	19	14	16	7.4	62	27
Total DXNs	510	600	490	470	210	3,400	1,500

1) 各異性体の DXNs 量を有効数字二桁としており、各異性体の合計とは一致しない

5.5 その他の成分について

5.5.1 排ガス成分について

排ガス成分（ばいじん、NO_x、SO_x及び重金属等）の基準値との比較を表 5-22 に示した。測定の対象としていたばいじん、NO_x、SO_x（k 値）及び HCl 濃度は大気汚染防止法が定める基準値をクリアしている。また、排ガス中の水銀濃度も、試験施設の自主管理基準値である濃度（0.04 mg/m³N）をクリアしている。

表 5-22 排ガス中の各成分濃度

項目	単位	ブランク		Run1		Run2		規制値
		二次炉	スタック	二次炉	スタック	二次炉	スタック	
カドミウム	mg/m ³ N	0.17	<0.001	0.16	<0.001	0.18	<0.001	-
鉛	mg/m ³ N	0.15	0.012	0.36	0.014	0.51	0.015	-
総クロム	mg/m ³ N	0.86	0.014	0.24	0.020	0.21	0.019	-
砒素	mg/m ³ N	0.08	0.013	0.27	<0.001	0.45	0.031	-
水銀	mg/m ³ N	0.15	0.014	1.26	0.022	1.54	0.037	0.04 ¹⁾
ばいじん	g/m ³ N	2.13	<0.0005	3.13	<0.0005	3.33	<0.0005	0.04 ²⁾
窒素酸化物	Vol-ppm	110	91	103	92	103	88	250 ²⁾
硫黄酸化物	Vol-ppm	37	<0.1	123	<0.1	142	<0.1	-
	(K 値)		(<0.01)		(<0.01)		(<0.01)	17.5 ²⁾
塩化水素	mg/m ³ N	230	2.3	360	1.1	400	1.1	700 ²⁾

1) 試験施設の自主管理基準値

2) 大気汚染防止法が定める基準値

5.5.2 焼滓中の成分について

焼滓については重金属類の含有試験及び溶出試験等を実施した。各成分の含有試験結果は表 5-23、溶出試験結果及び基準値との比較は表 5-24 でまとめた。

表 5-23 焼滓中の重金属等の含有試験の結果

項目	単位	ブランク		R u n 1		R u n 2		基準値*1
		試料 1	試料 2	試料 1	試料 2	試料 1	試料 2	
カドミウム	mg/kg	7.4	5.6	1.5	2.3	2.5	2.4	-
鉛		34.7	63.3	19.0	20.7	25.3	54.7	-
総クロム		3.5	2.7	3.5	7.1	10.7	9.4	-
砒素		3.3	9.1	22.3	20.7	20.7	28.3	-
水銀		2.59	3.30	2.30	2.15	2.43	2.48	-
熱灼減量	w t %	0.02	0.04	0.11	0.02	0.02	0.04	10 ¹⁾

1) 廃掃法による焼却炉維持管理基準

表 5-24 焼滓中の重金属等の溶出試験の結果 (mg/l)

項目	ブランク		Run1		Run2		基準値 ¹⁾
	試料 1	試料 2	試料 1	試料 2	試料 1	試料 2	
カドミウム	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.3
鉛	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.3
総クロム	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	-
六価クロム	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	1.5
砒素	0.013	0.007	0.064	0.072	0.063	0.097	0.3
水銀	0.0005	<0.0005	0.0006	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.005

1) 管理型最終処分場の受け入れ基準

焼滓中の重金属類の濃度は、管理型最終処分場における受け入れ基準を満足する結果となっている。当施設で発生する焼滓中の重金属類等の濃度は管理型最終処分場の受け入れ基準をクリアしていることを確認した上、管理型最終処分場へ投入される。

5.5.2 余剰水中の成分について

余剰水中の重金属類等の濃度は表 5-25 でまとめた。POPs 等成分やダイオキシン類と同様、Run2 終了 12 時間後も重金属類等の測定を行った。

塩素イオン、クロム、砒素及び水銀については、時間の経過（ブランク⇒Run1⇒Run2）とともに濃度が増加する傾向が見られた。余剰水中の重金属類は投入農薬由来のものと考えられるが、焙焼炉で揮発したものが燃焼ガス（排ガス）から工程液へ移行し、工程液（及び余剰水）へ蓄積していと考えると考えられる。

表 5-25 余剰水中の重金属類等の濃度

項目	単位	ブランク		Run 1		Run 2		終了 12 時間後	排水基準値 (※)
		①	②	①	②	①	②		
pH	pH	7.6	6.5	6.7	5.7	6.4	6.4	9.3	5.8~8.6
温度	℃	20	20	20	20	20	20	20	--
SS	mg/L	8.8	7.6	29.0	7.4	11.2	7.6	21.0	--
塩素イオン		2,750	3,230	4,540	6,430	8,150	9,200	9,300	--
カドミウム		0.46	3.33	1.91	2.32	2.59	2.42	0.35	0.1
鉛		0.051	0.081	0.553	0.091	0.066	0.047	0.068	0.1
総クロム		0.17	0.22	0.25	0.28	0.36	0.36	0.38	2
六価クロム		0.09	0.12	0.14	0.18	0.27	0.27	0.29	0.5
砒素		0.09	0.11	0.12	0.41	0.27	0.49	0.40	0.1
水銀		0.52	0.82	2.12	4.56	6.11	9.31	9.63	0.005

網掛表示：時間とともに濃度が増加する傾向にある項目

()：余剰水は基準値の対象外であるが、参考のため比較している。

当施設では、余剰水は排水処理を行い、その濾液を真空加熱蒸発処理し、蒸留水は再利用している。回収スラッジは別の焙焼炉で再処理されるため系外への排出はない

5.6 施設全体における物質収支の整理と分解率の解析

5.6.1 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

排ガス中の POPs 等成分及びダイオキシン類の濃度と排ガス処理系統からの総排出量を算出した結果を表 5-26～表 5-28 に整理した。

表 5-26 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	m ³ _n /hr	7,350
POPs 等成分濃度	μg / m ³ _n	0.006 (0.042)
DXNs 濃度 (実測)	ng / m ³ _n	12
DXNs 濃度 (O ₂ 12%換算 TEQ)	ng -TEQ / m ³ _N	0.14
POPs 等成分総排出量	g	0.0010584 (0.007409)
ダイオキシン類総排出量	ng -TEQ	24,696

※分解率の検証のため、排出側の定量下限値以下及びNDを、①ゼロで代入、②定量下限値で代入して計算を行った。括弧内の数字は、定量下限値以下及びNDは定量下限値を代入した時の値である

表 5-27 POPs 等成分、DXNs の排出 (Run 1)

	単位	排ガス
運転時間 (農薬投入時間)	hr	24
ガス流量	m ³ _n /hr	7,360
POPs 等成分濃度	μg / m ³ _n	0 (0.04)
DXNs 濃度 (実測)	ng / m ³ _n	15
DXNs 濃度 (O ₂ 12%換算 TEQ)	ng -TEQ / m ³ _N	0.17
POPs 等成分総排出量	g	0(0.007066)
ダイオキシン類総排出量	ng -TEQ	30,028.8

※分解率の検証のため、排出側の定量下限値以下及びNDを、①ゼロで代入、②定量下限値で代入して計算を行った。括弧内の数字は、定量下限値以下及びNDは定量下限値を代入した時の値である

表 5-28 POPs 等成分、DXNs の排出 (Run 2)

	単位	排ガス
運転時間 (農薬投入時間)	hr	24
ガス流量	m ³ _n /hr	7, 290
POPs 等成分濃度	μg / m ³ _n	0 (0.04)
DXNs 濃度 (実測)	ng / m ³ _n	6.1
DXNs 濃度 (O ₂ 12%換算 TEQ)	ng -TEQ / m ³ _N	0.069
POPs 等成分総排出量	g	0 (0.006998)
ダイオキシン類総排出量	ng -TEQ	12, 072. 24

※分解率の検証のため、排出側の定量下限値以下及びNDを、①ゼロで代入、②定量下限値で代入して計算を行った。括弧内の数字は、定量下限値以下及びNDは定量下限値を代入した時の値である

(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表 5-29～表 5-31 に整理した。

表 5-29 POPs 等農薬成分、DXNs の排出 (ブランク)

	単位	焼滓
燃え殻の排出量	kg	20, 209
POPs 等成分濃度	mg/kg	0 (0.004)
DXNs 濃度 (実測)	ng/g	0.21 ¹⁾
DXNs 濃度 (TEQ)	ng -TEQ/g	0.000148 ¹⁾
POPs 等成分総排出量	g	0 (0.080836)
ダイオキシン類総排出量	ng -TEQ	2, 990. 9

※分解率の検証のため、排出側の定量下限値以下及びNDを、①ゼロで代入、②定量下限値で代入して計算を行った。括弧内の数字は、定量下限値以下及びNDは定量下限値を代入した時の値である

¹⁾ 2つの試料の平均値

表 5-30 POPs 等成分、DXNs の排出 (Run 1)

	単位	焼滓
燃え殻の排出量	kg	22,980
POPs 等成分濃度	mg/kg	0(0.004)
DXNs 濃度 (実測)	ng/g	0.0122 ¹⁾
DXNs 濃度 (TEQ)	ng -TEQ/g	0.000012 ¹⁾
POPs 等成分総排出量	g	0(0.09192)
ダイオキシン類総排出量	ng -TEQ	275.76

※分解率の検証のため、排出側の定量下限値以下及びNDを、①ゼロで代入、②定量下限値で代入して計算を行った。括弧内の数字は、定量下限値以下及びNDは定量下限値を代入した時の値である

¹⁾ 2つの試料の平均値

表 5-31 POPs 農薬成分、DXNs の排出 (Run 2)

	単位	焼滓
燃え殻の排出量	kg	23,110
POPs 等成分濃度	mg/kg	0(0.004)
DXNs 濃度 (実測)	ng/g	0.0155
DXNs 濃度 (TEQ)	ng -TEQ/g	0.000023
POPs 等成分総排出量	g	0(0.09244)
ダイオキシン類総排出量	ng -TEQ	531.53

※分解率の検証のため、排出側の定量下限値以下及びNDを、①ゼロで代入、②定量下限値で代入して計算を行った。括弧内の数字は、定量下限値以下及びNDは定量下限値を代入した時の値である

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

本施設において、余剰水経由で系外へPOPs等成分及びダイオキシン類の排出はないが、分解率の計算のため、系外へ排出されると想定し計算を行う。

表 5-32 POPs 等成分、DXNs の排出 (ブランク)

	単位	余剰水
水量	l	55, 770
POPs 等成分濃度	$\mu\text{g}/\text{l}$	0.03(0.225)
DXNs 濃度 (実測)	pg/l	35, 000
DXNs 濃度 (TEQ)	$\text{pg-TEQ}/\text{l}$	555
POPs 等成分総排出量	g	0.001673(0.01255)
ダイオキシン類総排出量	ng-TEQ	30, 952

※分解率の検証のため、排出側の定量下限値以下及びNDを、①ゼロで代入、②定量下限値で代入して計算を行った。括弧内の数字は、定量下限値以下及びNDは定量下限値を代入した時の値である

表 5-33 POPs 等成分、DXNs の排出 (Run 1)

	単位	余剰水
水量	l	55, 150
POPs 等成分濃度	$\mu\text{g}/\text{l}$	0(0.2)
DXNs 濃度 (実測)	pg/l	28, 500
DXNs 濃度 (TEQ)	$\text{pg-TEQ}/\text{l}$	480
POPs 等成分総排出量	g	0(0.01103)
ダイオキシン類総排出量	ng-TEQ	26, 472

※分解率の検証のため、排出側の定量下限値以下及びNDを、①ゼロで代入、②定量下限値で代入して計算を行った。括弧内の数字は、定量下限値以下及びNDは定量下限値を代入した時の値である

表 5-34 POPs 等成分、DXNs の排出 (Run 2)

	単位	余剰水
水量	l	54,490
POPs 等成分濃度	$\mu\text{g}/\text{l}$	0(0.2)
DXNs 濃度 (実測)	pg/l	111,000
DXNs 濃度 (TEQ)	$\text{pg-TEQ}/\text{l}$	2,450
POPs 等成分総排出量	g	0(0.010898)
ダイオキシン類総排出量	ng -TEQ	133,500

※分解率の検証のため、排出側の定量下限値以下及びNDを、①ゼロで代入、②定量下限値で代入して計算を行った。括弧内の数字は、定量下限値以下及びNDは定量下限値を代入した時の値である

5.6.2 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表 5-35 のとおりである。

表 5-35 POPs 等成分物質収支

		POPs 等成分総量 (g)	
		Run1	Run2
投入量 ¹⁾		17×10^3	19×10^3
排出 ²⁾	排ガス	0(0.007066)	0(0.006998)
	焼滓	0(0.09192)	0(0.09244)
	余剰水	0(0.01103)	0(0.010898)
	排出合計	0(0.110016)	0(0.110336)
分解率		100(>99.9993)	100(>99.9994)

¹⁾ 農薬及び土壌に含まれている POPs 等成分量の合計

²⁾ 分解率の検証のため、排出側の定量下限値以下及びNDを、①ゼロで代入、②定量下限値で代入して計算を行った。括弧内の数字は定量下限値以下及びNDは定量下限値を代入した時の値である。

(2) 施設から水銀の排出量

試験期間中における系外への水銀の排出量は表 5-36 にまとめた。Run1 及び Run2 における土壌及び農薬由来の水銀投入量は 683.63g となっている。これに対し、Run1 と Run2 の水銀の排出量は 108.23g となっており、投入量に対して 17.29%が系外へ排出された結果となっている（余剰水や排ガス処理装置の工程液中の水銀は系外へ排出されないため計算の対象とはしていない）。実際に大気中へ排出される量は投入量の 1.52%になっているが、濃度レベルは当施設の自主管理基準値を満足している。投入量の 15.78%が焼滓に含まれているが、焼滓中の水銀濃度が管理型最終処分場の受け入れ基準（溶出基準）を満足しており、さらに管理型最終処分場においても、浸出水が適切に処理されると考えられ、水銀の環境への排出は極めて少ないと考えられる。

系外へ排出されない部分（投入量の 82.71%）は保有水に含まれ（一部は活性炭塔や排ガス処理装置に付着すると考えられる）、回収することも可能である¹。

表 5-36 施設から系外への水銀の排出量

	媒体	対象	数量	水銀濃度	水銀量(g)
投入	農薬	Run1	980 kg	291mg/kg	285.18
		Run2	1,074 kg	277mg/kg	297.49
	土壌	Run1	22,825 kg	2.27mg/kg	51.81
		Run2	23,075 kg	2.13mg/kg	49.15
	水銀投入量合計				
系外への排出量	排ガス	Run1	176,640m ³ N	0.022mg/m ³ _N	3.89
		Run2	174,960m ³ N	0.037mg/m ³ _N	6.47
		排出量（ガス）			
	焼滓	Run1	22,980kg	2.225mg/kg	51.13
		Run2	23,110kg	2.455mg/kg	56.74
		排出量（焼滓）			
系外への水銀排出量合計					108.23g（17.29%） ^注

注 括弧内の数値は投入量に対する割合

¹当施設では、循環水からスラッジの分離・回収を行い、別の焙焼施設で水銀の回収を実施しており、回収率は水銀濃度が高い場合は高く、水銀濃度が低い場合は低い。

5.7 結果のとりまとめ

- ① 本施設（ロータリーキルン方式水銀廃棄物焙焼炉）における水銀を含む POPs 等農薬の無害化試験において、Run1 及び Run2 では 99.999%以上の分解率が達成された（分解率の検証のため排出側の定量下限値以下及び ND には定量下限値を代入した時の値）。また、各排出媒体（排ガス、排水、焼滓）における POPs 等成分濃度は該当する指針値をクリアしている。
- ② ブランク及び Run1 における排ガス中のダイオキシン類濃度は基準を超過する結果となった。これは、当施設における通常の操業温度よりも高い温度で試験を行ったため、冷却塔の冷却能力不足により、ダイオキシン類が再合成されてしまったためと考えられる。当施設における通常の温度条件で試験を行い、ダイオキシン類の挙動を把握することは今後の課題である。