

第3章 実証試験結果

3.1 概況

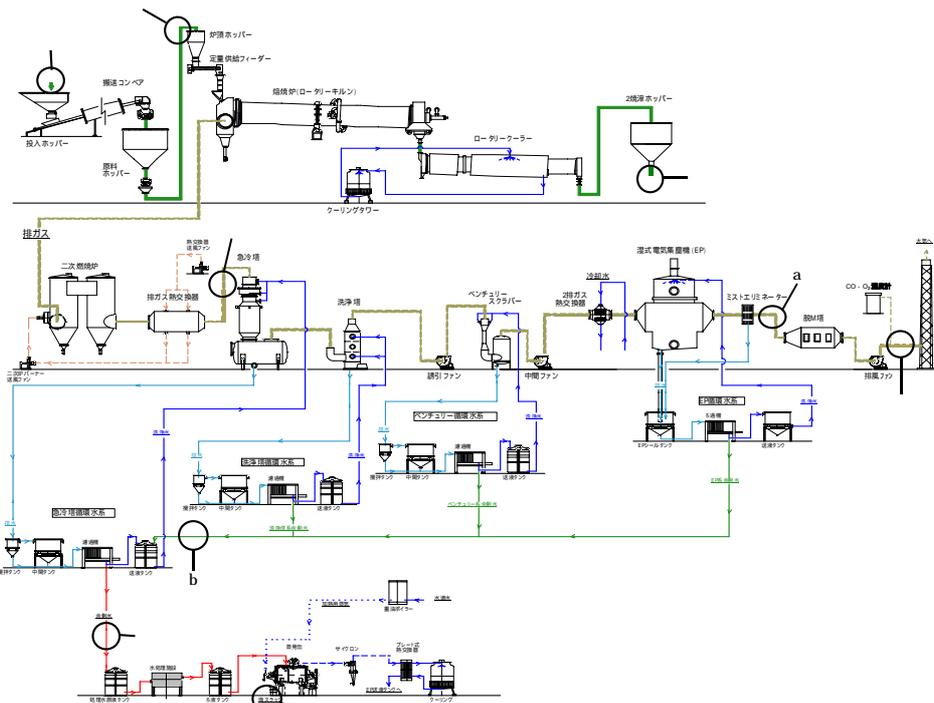
3.1.1 本試験の特徴

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

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

3.1.2 施設概要および分析試料サンプリング箇所

試験実施施設の工程図および分析試料のサンプリング箇所を図 3-1 に示す。



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

図 3-1 試験実施施設の工程図および分析試料のサンプリング箇所

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

表 3-1 分析試料および分析項目一覧

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

・分析試料名の ~、a、b は、図 3-1 と対応。

1...分析項目は、Hg, As, Pb, Cd, T-Cr

2...分析項目は、Hg, As, Pb, Cd, T-Cr, Cr⁶⁺

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

4...「pH、SS、塩化物イオン」も分析する。

この他、試料に合わせて熱灼減量、含水率、発熱量を分析する。

表 3-2 試料の分析法

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

3.2 試験条件（実測値）

3.2.1 焙焼炉の運転状況

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

表 3-4 試験中の焙焼施設温度

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

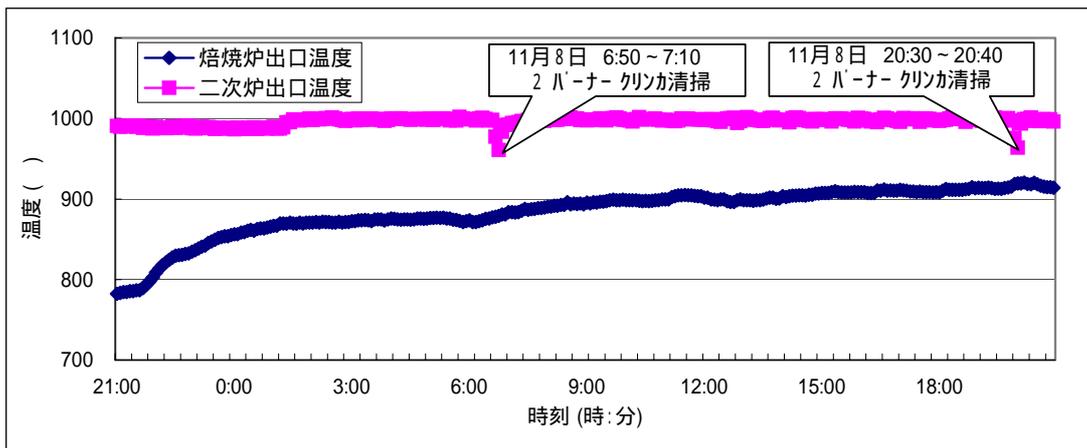


図 3-2 ブランクにおける焙焼炉および二次炉の温度推移

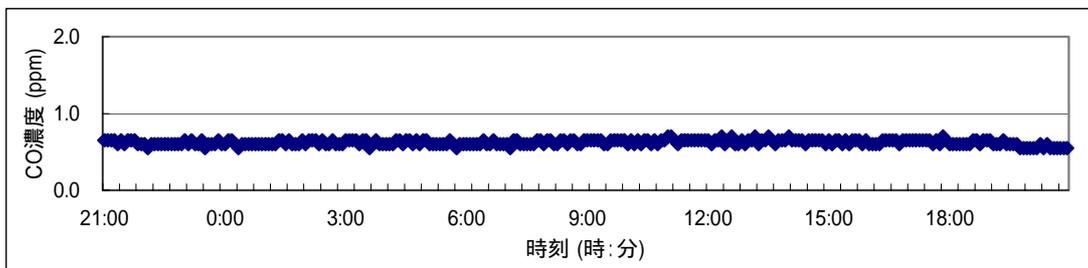


図 3-3 ブランクにおける排ガス中CO濃度推移

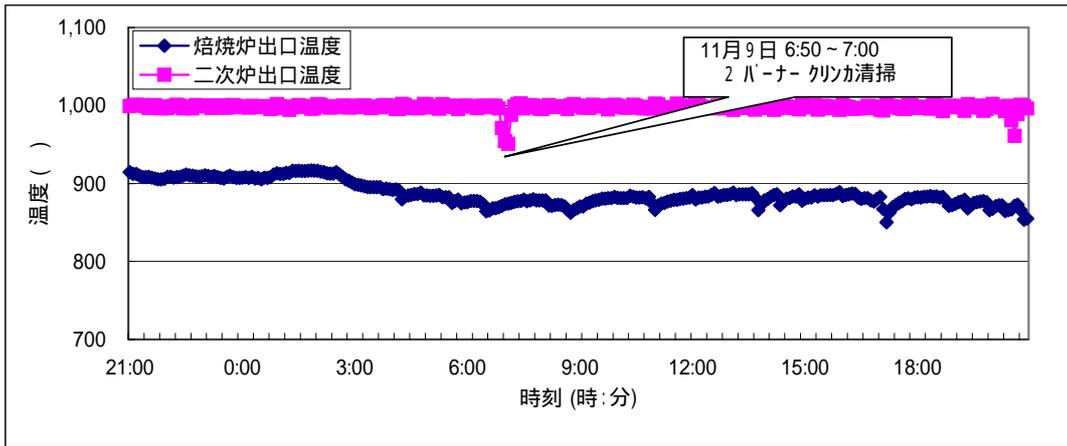


図 3-4 Run1 における焙焼炉および二次炉の温度推移

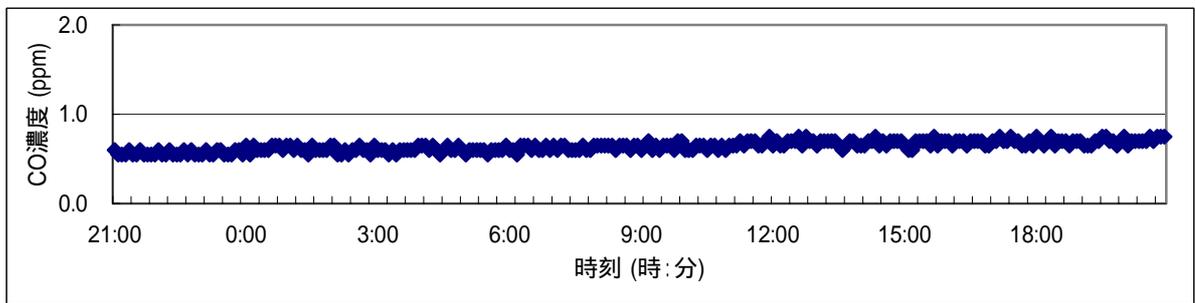


図 3-5 Run1 における排ガス中 CO 濃度推移

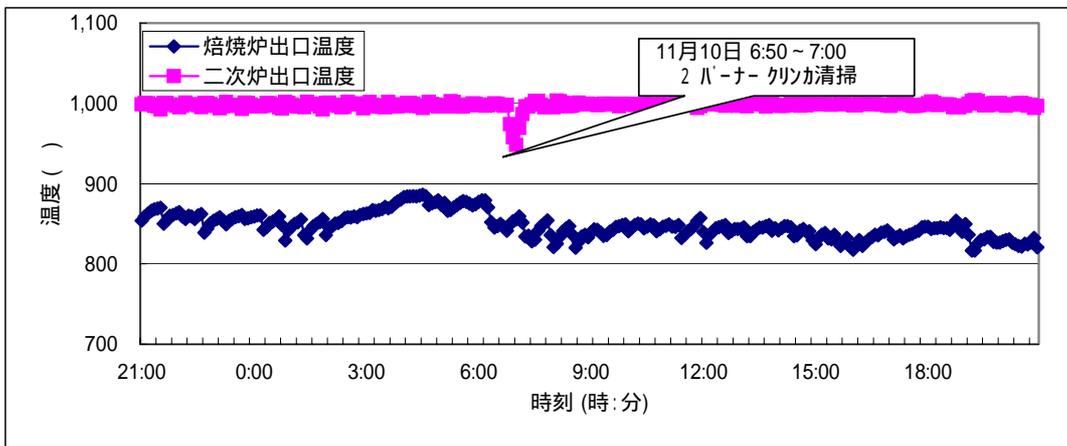


図 3-6 Run2 における焙焼炉および二次炉の温度推移

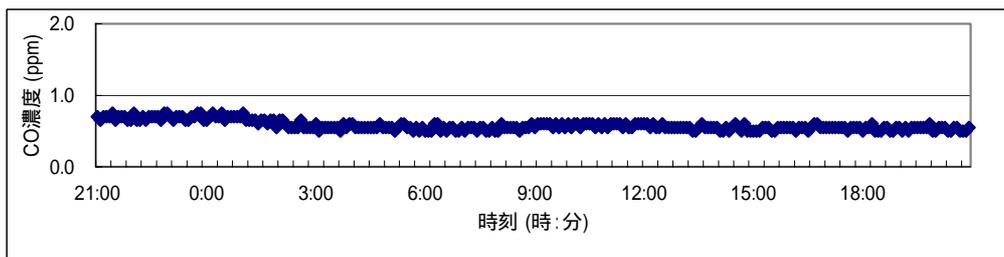


図 3-7 Run2 における排ガス中 CO 濃度推移

3.2.2 投入農薬の濃度および投入量

投入農薬中の POPs 等成分濃度、水銀濃度および投入量を以下に示す。

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

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

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

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

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

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

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

投入農薬中に、水銀は約 1,400mg/kg 含まれていた。

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

また、農薬からは鉛、総クロム、砒素も検出された。

表 3-6 投入農薬中の重金属濃度および重金属投入量

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

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

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

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

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

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

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

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

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

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

表 3-9 投入農薬中の PCB 濃度（同族体）

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

3.2.3 投入土壌の濃度および投入量

投入土壌中の POPs 等成分濃度、水銀濃度および投入量を以下に示す。

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

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

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

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

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

クロルデン以外の POPs 成分は検出されなかった。

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

表 3-11 投入土壌中の重金属濃度および重金属投入量

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

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

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

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

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

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

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

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

表 3-14 投入土壌中の PCB 濃度 (同族体)

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

3.3 試験中の POPs 等成分の挙動

3.3.1 排ガス中の POPs 等成分の濃度

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

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

表 3-15 試験時の排ガス中の POPs 成分

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

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

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

¹ 本報告書の参考資料 1 ; 「大気中濃度指針値」参照

3.3.2 焼滓中の POPs 等成分の濃度

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

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

表 3-16 焙焼滓中の POPs 成分（含有量）

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

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

1：定量下限値未満に定量下限値を代入した場合の合計量

2：定量下限値未満に 0 を代入した場合の合計量

² 本報告書の参考資料 1；「処理指針値（溶出量）」参照

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

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

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

1 : 定量下限値未満に定量下限値を代入した場合の合計量

2 : 定量下限値未満に 0 を代入した場合の合計量

3.3.3 排水中の POPs 等成分の濃度

余剰水および蒸発残留水中の POPs 等成分濃度を以下に示す。

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

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

表 3-18 余剰水および蒸発残留水中の POPs 成分(μg/L)

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

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

1：定量下限値未満に定量下限値を代入した場合の合計量

2：定量下限値未満に 0 を代入した場合の合計量

³ 本報告書の参考資料 1；「環境水中濃度指針値」参照

3.4 試験中のダイオキシン類の挙動

3.4.1 排ガス中のダイオキシン類の濃度

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

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

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

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

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

次に、試験時の排ガス中の PCB 濃度を以下に示す。

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

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

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

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

3.4.2 焼滓中のダイオキシン類の濃度

焼滓中のダイオキシン類の濃度を以下に示す。

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

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

表 3-21 焙焼滓の DXN 類毒性等価濃度 (pg-TEQ/g)

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

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

表 3-22 焙焼滓中の PCB 濃度 (mg/kg)

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

表 3-23 焙焼滓の PCB 溶出試験結果 (mg/L)

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

3.4.3 排水中のダイオキシン類の濃度

余剰水および蒸発残留水中のダイオキシン類濃度を以下に示す。

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

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

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

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

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

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

表中の数値は四捨五入しており、合計値は必ずしも一致しない。

次に、排水中の PCB 濃度を以下に示す。

余剰水および蒸発残留水ともに、いずれの同族体も定量下限値未満であった。

表 3-25 余剰水および蒸発残留水中の PCB 濃度 (mg/L)

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

3.5 その他の成分の挙動

3.5.1 排ガス中の濃度

排ガス中の重金属等の濃度を以下に示す。

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

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

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

表 3-26 排ガス中のその他成分濃度

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

ばいじん、窒素酸化物、塩化水素濃度は酸素 12%換算値

3.5.2 焼滓中の濃度

焼滓中の重金属濃度を以下に示す。

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

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

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

表 3-27 焙焼滓中の重金属濃度（含有量）

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

表 3-28 焙焼滓中の重金属溶出試験結果（溶出量）

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

3.5.3 排水中の濃度

排水中の重金属等の濃度を以下に示す。

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

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

表 3-29 余剰水および蒸発残留水中の重金属濃度

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

3.6 POPs および水銀の物質収支の整理と分解率の解析

3.6.1 施設全体における POPs 等成分の物質収支

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

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

表 3-30 POPs 等成分、DXNs の排出量 (ブランク)

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

()内の数値は、測定結果が定量下限値未満の場合に定量下限値を代入した時の値

表 3-31 POPs 等成分、DXNs の排出量 (Run1)

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

()内の数値は、測定結果が定量下限値未満の場合に定量下限値を代入した時の値

表 3-32 POPs 等成分、DXNs の排出量 (Run2)

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

()内の数値は、測定結果が定量下限値未満の場合に定量下限値を代入した時の値

(2) 焼滓経由の POPs 等成分およびダイオキシン類の系外への総排出量

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

表 3-33 POPs 等成分、DXNs の排出量 (ブランク)

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

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

表 3-34 POPs 等成分、DXNs の排出量 (Run1)

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

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

表 3-35 POPs 等成分、DXNs の排出量 (Run2)

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

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

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

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

表 3-36 POPs 等成分、DXNs の排出量 (ブランク)

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

()内の数値は、測定結果が定量下限値未満の場合に定量下限値を代入した時の値

表 3-37 POPs 等成分、DXNs の排出量 (Run1)

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

()内の数値は、測定結果が定量下限値未満の場合に定量下限値を代入した時の値

表 3-38 POPs 等成分、DXNs の排出量 (Run2)

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

()内の数値は、測定結果が定量下限値未満の場合に定量下限値を代入した時の値

3.6.2 実験における物質収支

(1) POPs 等成分全体の物質収支

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

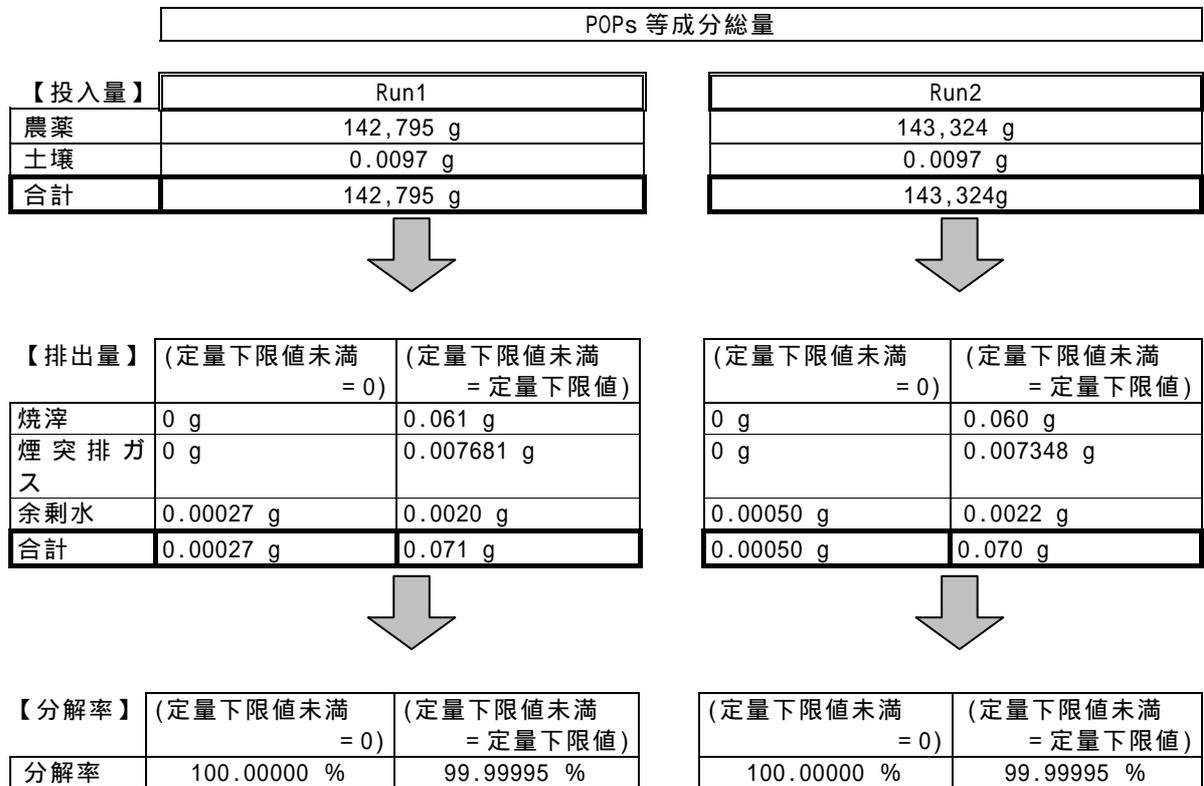


図 3-8 POPs 等成分の物質収支

3.6.3 水銀の物質収支（施設外への水銀の排出量）

（１）平成 17 年度の試験結果との比較

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

表 3-39 施設から系外への水銀の排出量（平成 17 年度）

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

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

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

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

表 3-40 施設から系外への水銀の排出量（平成 18 年度）

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

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

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

参考として、試験中の焙焼施設温度の比較を以下に示す。

表 3-41 試験中の焙焼施設温度の比較

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

（ 2 ）施設内で回収される水銀の挙動

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

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

炉内へ投入された水銀は、第 1 段階として、下図のような経路をたどる。

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

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

を自主管理基準値以下まで下げる。

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

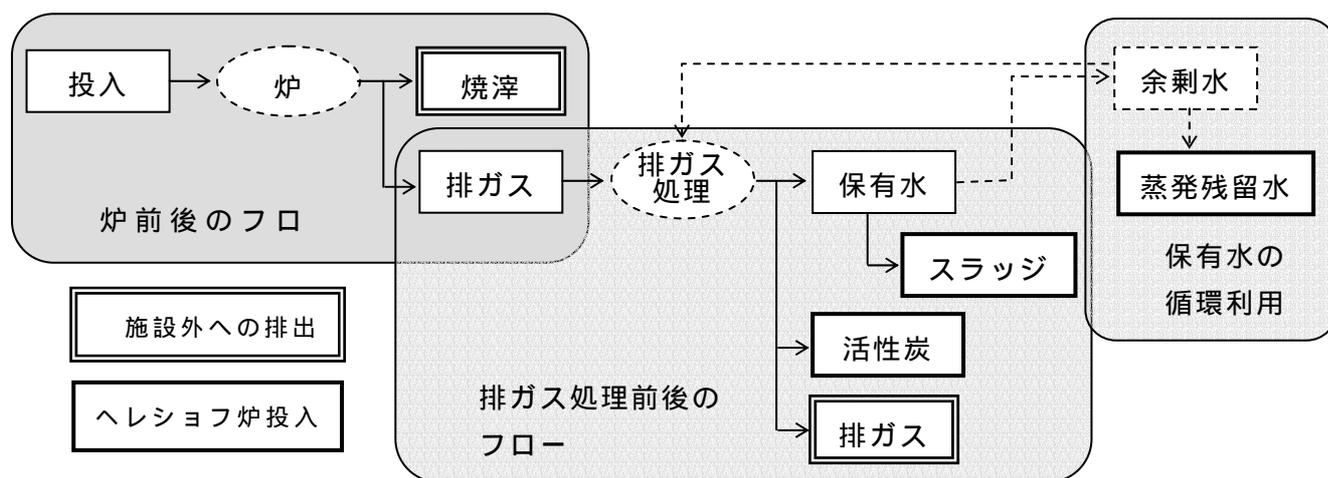


図 3-9 炉に投入された水銀の移動経路

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

炉前後の水銀の物質収支

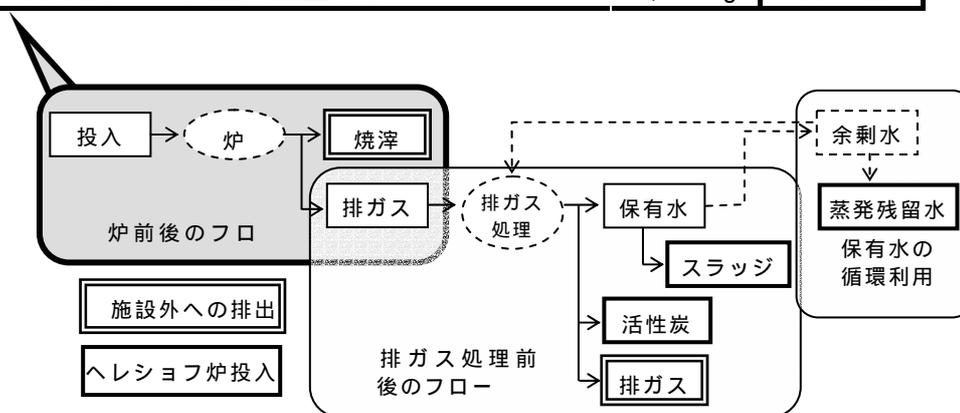
炉へ投入された水銀は、焙焼炉・二次燃焼炉を経て二次燃焼炉排ガスあるいは焙焼滓として排出される。

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

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

表 3-42 炉前後の水銀の物質収支

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



排ガス処理前後の水銀の物質収支

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

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

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

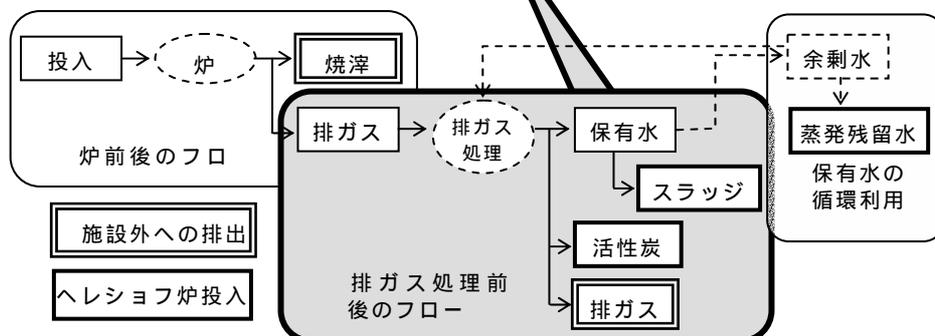
保有水とスラッジでの水銀回収量については、保有水が循環利用されているため必ずしも正確な値が得られなかったものの、およそ70%程度の水銀は湿式排ガス処理により回収されていると考えられた。

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

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

表 3-43 排ガス処理前後の水銀の物質収支

	媒体	対象	数量	水銀濃度	水銀量 (g)	投入量に対する割合
二次燃焼炉 排ガス中 水銀濃度	排ガス	Run1	5,920 m ³ N/h	7.3 mg/ m ³ N	1,037 g	89.40%
		Run2	6,620 m ³ N /h	10.5 mg/ m ³ N	1,668 g	
	水銀投入量合計					2,705 g
排ガス 処理による 水銀回収量	保有水	Run1	52,210 L	0.22 mg/L	11.5 g	0.77%
		Run2	55,270 L	0.17 mg/L	9.4 g	
		合計			20.9 g	
	スラッジ	Run1	271 kg	2,975 mg/kg	806.2 g	68.04%
		Run2	257 kg	4,025 mg/kg	1034.4 g	
		合計			1840.7 g	
	活性炭吸着 (排ガス中 水銀低減量)	Run1	7,620 m ³ N/h	0.925 mg/m ³ N	169.2 g	13.86%
		Run2	7,290 m ³ N/h	1.176 mg/m ³ N	205.8 g	
合計			374.9 g			
排ガス中水銀の回収量合計					2,236 g	82.67%
煙突 排ガス中 水銀量	煙突 排ガス	Run1	7,620 m ³ N/h	0.025 mg/ m ³ N	4.6 g	0.48%
		Run2	7,290 m ³ N/h	0.024 mg/ m ³ N	4.2 g	
		合計			8.8 g	
排ガス中水銀の挙動把握割合					2,245 g	82.99%



余剰水の処理により系内へ戻る水銀量

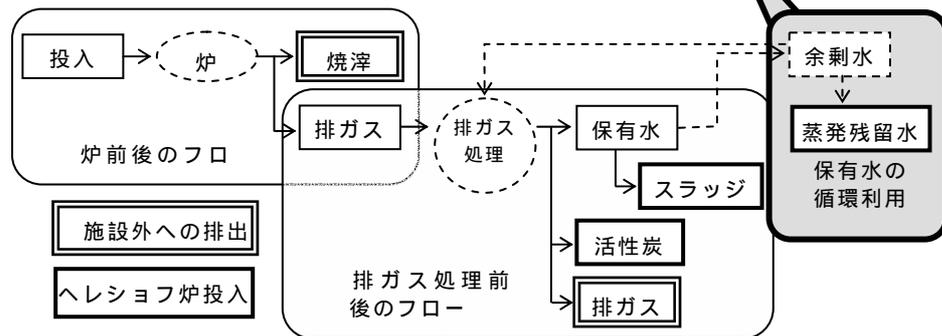
保有水は処理時間が経過するにしたがって塩類濃度が上がるため、定期的に一定量を抜き出して水処理を行い、塩類濃度を低減させた後に水分のみを排ガス処理工程に戻し、排ガス処理水として再利用している。水処理とは、具体的にはろ過処理によりSS分を除去した後、低圧にして水分を蒸発させるというものである。塩類を高濃度に含む蒸発残留水は別系統の水銀回収炉(ヘレシヨフ炉)に投入され、水銀回収される。

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

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

表 3-44 余剰水の処理により系内へ戻る水銀量

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



ヘレシヨフ炉における水銀の挙動

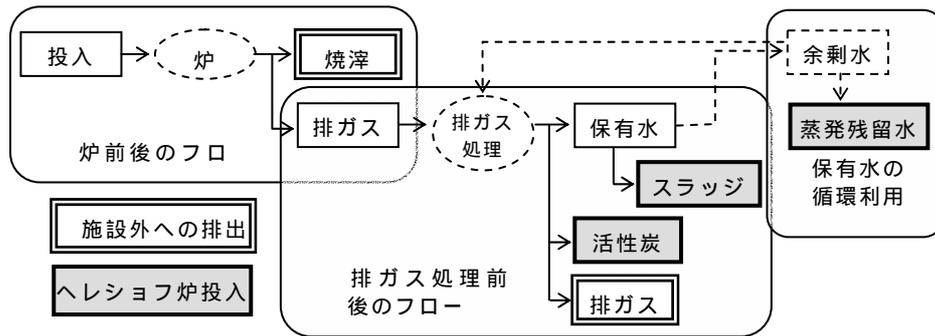
前述の通り、スラッジ、活性炭、蒸発残留水は、別系統の水銀回収炉（ヘレシヨフ炉）に投入され、水銀回収をされる。

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

表 3-45 ヘレシヨフ炉での処理後の水銀の分布

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

(%) は、水銀回収量に対する各媒体への水銀分布量の割合



まとめ

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

3-36

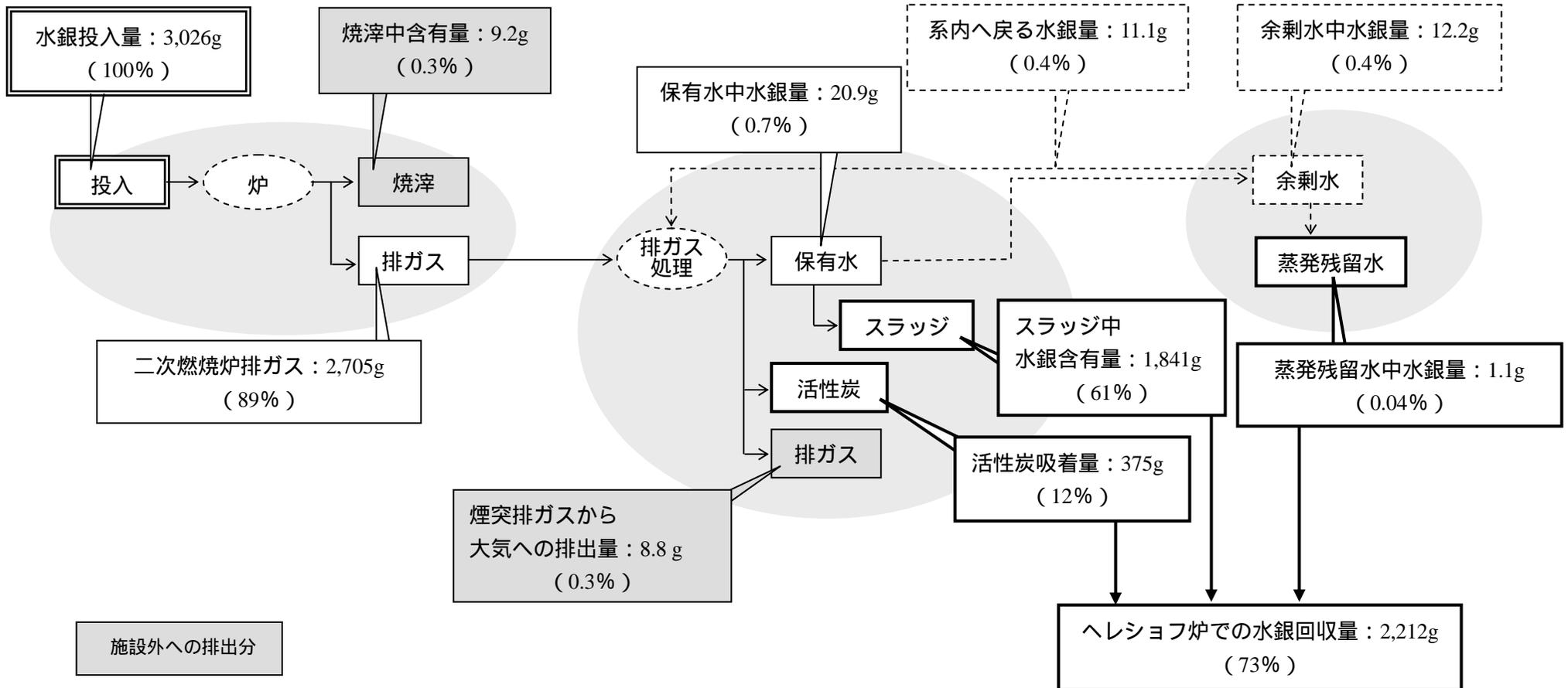


図 3-10 実証試験期間中の水銀の挙動