

- ・ 研究課題名＝低濃度 P C B 汚染物の焼却処理に関する研究
- ・ 研究番号＝K2004
- ・ 国庫補助金精算所要額＝ (円)
- ・ 研究期間＝2008 年 4 月 1 日－2009 年 3 月 31 日
- ・ 研究年度＝2008 年
- ・ 代表研究者＝泉澤秀一（財団法人産業廃棄物処理事業振興財団）
- ・ 共同研究者＝酒井伸一（京都大学）、森田昌敏（愛媛大学）、細見正明（東京農工大学）、田辺信介（愛媛大学）、高菅卓三（株式会社島津テクノリサーチ）、松村徹（いであ株式会社）、片柳健一（株式会社環境管理センター）
- ・ 研究目的＝ P C B は残留性有機汚染物質であり、長期残留性、生物濃縮性、揮散移動性、毒性の 4 点の特性を持つことから、長期保管されている P C B 廃棄物については、安全かつ確実に処理することが早急に求められている。このため、我が国では、平成 13 年に P C B 廃棄物特別措置法が制定され、現在、日本環境安全事業（株）による処理体制の整備により、P C B 廃棄物を平成 28 年 7 月までに処理が完了するよう取組みがなされている。ところが、これとは別に、平成 14 年に低濃度 P C B 汚染物（P C B を使用していないとされるトランス等のうち、低濃度の P C B に汚染された絶縁油を含むもの）が多量に存在することが判明し、処理の見通しも立っていないことから、これらの処理は喫緊の課題となっている。  
本研究は、低濃度 P C B 汚染物の早期処理を図るという強い社会的要請を踏まえ、現に設置・稼動している既存の産業廃棄物焼却施設において実証試験を実施する可能性について事前調査した結果、次の 2 施設を用いた実証試験の実施により、処理条件と P C B 分解率の相関や焼却処理が及ぼす環境への影響等を明らかにすることで、低濃度 P C B 汚染物の早期処理の実現を図るものである。
- ・ 研究方法＝本研究は、現在設置・稼動している産業廃棄物焼却施設を用いて、低濃度 P C B 汚染物の焼却実証試験を以下の通り実施した。
  - 1) 実施場所
    - (1) エコシステム秋田株式会社  
秋田県大館市花岡町字堤沢 4 2
    - (2) 光和精鉱株式会社戸畑製造所  
福岡県北九州市戸畑区中原 4 6－9 3

## 2) 実施時期

### (1) エコシステム秋田株式会社

平成20年11月18日(火)～20日(木)

### (2) 光和精鉱株式会社戸畑製造所

平成20年12月9日(火)～11日(木)

## 3) 試験施設

### (1) エコシステム秋田株式会社

- ・固定床炉(新設の加熱試験炉)

炉内寸法: 2.5m 幅×1.4m 奥行×3.0m 高さ(容積≒10m<sup>3</sup>)

炉左右側壁の2本の助燃バーナー(燃料: 灯油)で加熱

- ・1号ロータリーキルン炉脇付近に加熱試験炉を新設し、1号ロータリーキルン炉にその排ガスが入るように設置されている。

### (2) 光和精鉱株式会社戸畑製造所

- ・固定床炉(通常は空ドラム缶プレス品を焼却している台車式バッチ炉)

炉内寸法: 3.2m 幅×5.2m 奥行×2.8m 高さ(容積≒45m<sup>3</sup>)

台車積載有効寸法: 2.8m 幅×5.0m 奥行×2.4m 高さ(容積≒32m<sup>3</sup>)

炉左右側壁の6本の助燃バーナー(燃料: LDG転炉ガス)で加熱

- ・固定床炉の排ガスはロータリーキルン式焼却炉の二次燃焼炉に導入されている。

### (3) 各試験施設の概要を表1に示す。

表1 試験施設の概要

試験施設設置者	エコシステム秋田(株)	光和精鉱(株)
施設形式	固定床炉 (加熱試験炉)	固定床炉 (台車式バッチ炉)
	ロータリーキルン式 焼却炉	ロータリーキルン式 焼却炉の二次燃焼炉
固定床炉の炉内温度	850℃以上	850℃以上
焼却炉の燃焼ガスの温度	1,100℃以上	1,100℃以上
燃焼ガスの滞留時間	2秒以上	2秒以上
処理能力	88.8 トン/日 固形: 52.8 トン/日 廃油: 9.6 トン/日 廃液: 26.4 トン/日	汚泥: 262 m <sup>3</sup> /日 廃油: 112 m <sup>3</sup> /日 廃プラ: 64 t/日 廃アルカリ: 155 m <sup>3</sup> /日 紙くず: 112 t/日
ロータリーキルンで 通常処理している主な廃棄物の 種類とその概ねの割合	固形: 89 % 廃油: 1 % 廃液: 10 %	汚泥: 65 % 廃油: 21 % 廃プラ: 14 %

本試験での廃棄物焼却量		固形： 8.8 トン/日 廃油： 7.1 トン/日	固形： 136.4 トン/日 (汚泥、廃プラ等) 廃油： 33.8 トン/日 廃液： 147.2 トン/日
設置年月日	固定床炉	平成 20 年 9 月 27 日	平成 14 年 9 月 20 日
	ロータリーキルン式焼却炉	昭和 63 年 6 月 20 日	平成 14 年 9 月 20 日

#### 4) 試験試料

##### (1) エコシステム秋田(株)

- ・試験試料①：微量PCBが混入した絶縁油を抜油後の変圧器 2 台（蓋を解放）  
（絶縁油中の PCB 濃度が 36～74mg/kg）  
変圧器仕様：柱上変圧器、50kVA、640φ×950mmH  
抜油後重量 224kg、
- ・試験試料②：微量PCBが混入した絶縁油を抜油したOFケーブルを 0.7m/本に切断し、それを 29 本充填したドラム缶 2 本（蓋を解放）  
（絶縁油中の PCB 濃度が 66～75mg/kg）  
ドラム缶+ケーブルの総重量は 1 ドラム缶あたり 526～531kg

図 1 に試験試料①である変圧器の内部を上から見た外観を示す。図 2 に試験試料②であるケーブルを入れたドラム缶の内部を上から見た外観を示す。またこれらを固定床炉内部へ設置した状態を図 3 に示す。



図 1 変圧器内部



図 2 ケーブルを入れたドラム缶



図3 変圧器及びケーブルを入れた  
ドラム缶の炉内設置状態

## (2) 光和精鋳(株)

光和精鋳(株)では、焼却実証試験の前処理として試験施設内で変圧器とドラム缶から絶縁油を抜いて試験用タンクに移送する作業を実施した。

- ・試験試料①：微量PCBが混入した絶縁油を抜油後の変圧器4台（蓋を解放）  
変圧器4台の内2台は、内部部材の鉄心等を変圧器内部から出して試験試料とした。（絶縁油中のPCB濃度：33～39mg/kg）  
変圧器仕様：柱上変圧器、50kVA、620φ×930mm H  
総重量230kg、絶縁油量64リットル/台（64×4台=256リットル）
- ・試験試料②：微量PCBが混入した絶縁油が入っていたドラム缶から抜油した空のドラム缶9本。絶縁油量合計1259リットル（ドラム缶9本の混合油中のPCB濃度48mg/kg）
- ・試験試料③：上記①と②の絶縁油量合計約1.5m<sup>3</sup>を合わせて試験用タンク内に入れ、これにA重油を追加して試験試料として合計3.0m<sup>3</sup>とした。これを約230リットル/時間、ロータリーキルン炉にて噴霧燃焼した。

試験試料①と試験試料②を固定床炉に設置した状況を図4、図5に示す。



図4 変圧器及び取外したコイル、鉄心  
及びドラム缶



図5 炉内部への設置状況

## 5) 試験日及び試験内容

### (1) エコシステム秋田(株)

#### ① 1日目 (11月18日) 通常運転

通常受け入れている産業廃棄物をロータリーキルン炉で焼却した。加熱試験炉である固定床炉は運転せず(試験試料は投入せず)所要の調査を実施した。なお、ロータリーキルン炉は、 $1100^{\circ}\text{C}$ 以上をキープした。

#### ② 2日目 (11月19日) 本試験1日目

固定床炉に試験試料①(変圧器1台)と試験試料②(OFケーブル入りドラム缶1本)を入れて、約5時間かけて昇温し、その後炉内温度を $850^{\circ}\text{C}$ 以上にして約4時間加熱した。固定床炉で発生したガスは、焼却処理炉であるロータリーキルン炉へ導入・焼却された。なお固定床炉の昇温時からロータリーキルン炉は温度 $1100^{\circ}\text{C}$ 以上をキープした。固定床炉は9時間加熱後冷却して、翌日に試験試料①と試験試料②を取り出した。

#### ③ 3日目 (11月20日) 本試験2日目

固定床炉に試験試料①(変圧器1台)と試験試料②(OFケーブル入りドラム缶1本)を入れて、約5時間かけて昇温し、その後炉内温度を $850^{\circ}\text{C}$ 以上にして4時間加熱した。なお固定床炉の昇温時からロータリーキルン炉は温度 $1100^{\circ}\text{C}$ 以上をキープした。固定床炉は9時間加熱後冷却して、翌日に試験試料①と試験試料②を取り出した。

#### ④ 11月21日 試験試料①と試験試料②のサンプリング

試験試料①の変圧器を解体して変圧器内部部材(コイル、鉄心、碍子等)から分析用試料を採取した。同様に試験試料②のOFケーブルやドラム缶からも分析用試料を採取した。

### (2) 光和精鉱(株)

#### ① 前処理 (11月27日～12月8日)

前処理設備に運び込まれた変圧器等から抜油作業を行った。消防法上の規定か

ら、前処理設備にて行う抜油作業は、1日当たりドラム缶1本か変圧器1台等に限られたので、11月27日～12月8日の間、8日間にわたり実施した。ドラム缶や変圧器からの抜油は、固定式エアードポンプにより廃油タンクへ移送された。ドラム缶の200リットルを移送するのに、準備から作業終了してドラム缶にビニールシートを被せるまで約45分かかった（油の移送は約10分程度）。作業環境測定は、12月2日のドラム缶1本からの抜油作業、12月3日のドラム缶1本と変圧器1台からの抜油作業で行った。

#### ②1日目（12月9日）通常運転

通常受け入れている産業廃棄物をロータリーキルン炉で焼却している状態で、加熱炉である固定床炉は、運転せず（試験試料は投入せず）、所要の調査を実施した。なお固定床炉の昇温時からロータリーキルン炉は温度1100℃以上をキープした。

#### ③2日目（12月10日）本試験1日目

試験試料①（変圧器2台の内1台は、蓋を外してコイル鉄芯等の内部素子と容器を分離したもの。他の1台は、蓋を外しただけの本体）と試験試料②（空ドラム缶5本）を固定床炉に入れて約2時間かけて昇温し、その後炉内温度を850℃以上にして約6時間加熱した。この間、同時に油の試験試料③もロータリーキルン炉へ投入（約230L/時×7時間）し噴霧燃焼した。ロータリーキルン炉の二次燃焼炉は、固定床炉の昇温時から温度1100℃以上をキープした。固定床炉は、8時間加熱後冷却して、翌日に試験試料①と試験試料②を取り出した。

#### ④3日目（12月11日）本試験2日目

試験試料①（変圧器2台を本試験1日と同様にセットした）と試験試料②（空ドラム缶4本）を固定床炉に入れて約1時間かけて昇温し、その後炉内温度を850℃以上にして約6時間加熱した。この間、同時に油の試験試料③もロータリーキルン炉へ投入（約230L/時×6時間）し噴霧燃焼した。ロータリーキルン炉の二次燃焼炉は、固定床炉の昇温時から温度1100℃以上をキープした。固定床炉は7時間加熱後冷却して、翌日に試験試料①と試験試料②を取り出した。

#### ⑤12月11日と12日 試験試料①と試験試料②のサンプリング

試験試料①の変圧器を解体して変圧器内部部材（コイル、鉄心、碍子等）やドラム缶から分析用の試料を採取した。

### ・結果と考察＝

#### 1. 運転結果

##### （1）エコシステム秋田(株)

##### ①固定床炉での運転状況

固定床炉を加熱開始後の炉内各温度推移を図6に示す。

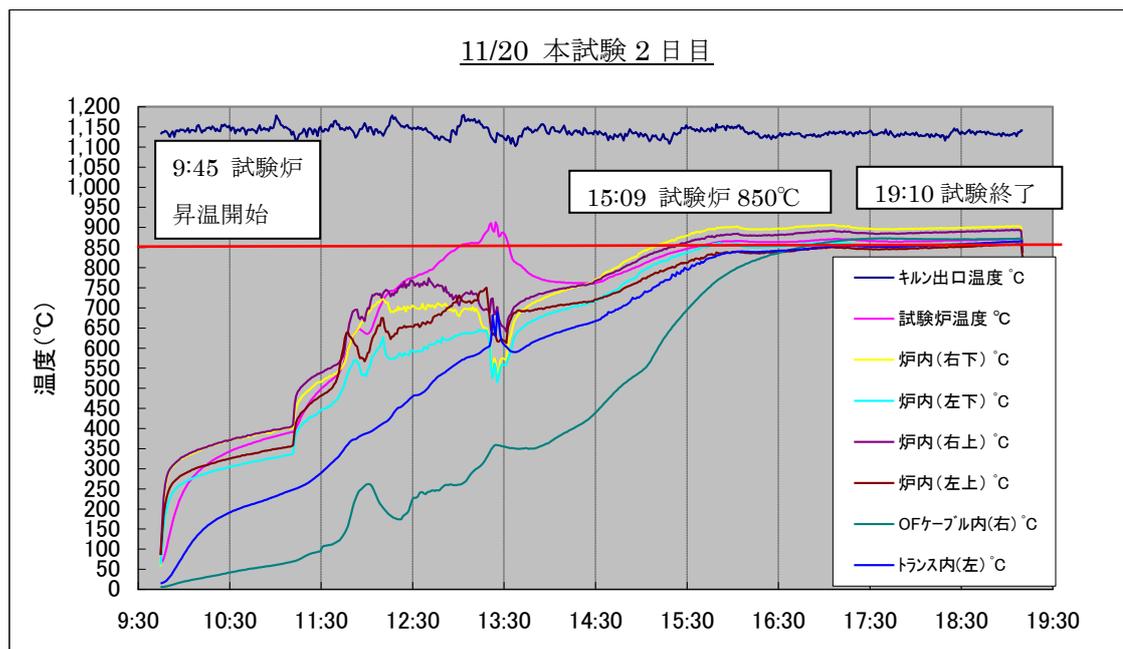
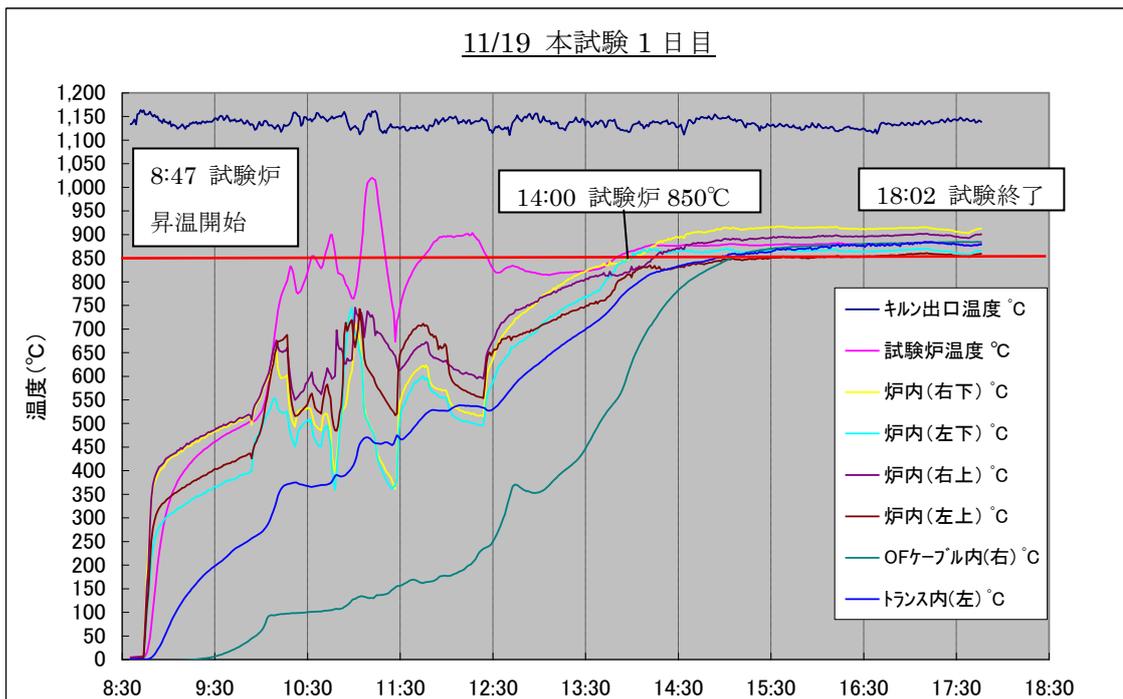


図6 エコシステム秋田(株)固定床炉における温度推移

固定床炉内温度の目安として、試験炉温度が安定して850°Cを示すまでの時間を昇温時間とし、その温度が850°C以上で4時間保持するようにした。特にOFケーブル内の昇温が1番遅く、試験炉温度が850°Cになってから約1時間後に850°Cになった。いずれにしても試験炉内全ての温度計7本が850°C以上で2時間以上保持されたことを示している。また、固定床炉内の圧力は、負圧で推移した。

図6に示す加熱開始後の炉内各温度は、本試験の1日目、2日目ともに850℃に達成して安定するまで、5時間以上を要している。これは、加熱試験炉の上部から炉内の排ガスを仮設した煙道を経由してロータリーキルンへ導いているが、その耐熱構造上、炉上部温度を900℃程度に保つ必要があったことと、炉上部温度は、加熱開始当初、OFケーブル内の温度と比較し上昇が早いため、全体に加熱を抑制する必要があったことから時間を要した。定常的に焼却処理を行う場合には、温度上昇が遅れると想定されるOFケーブル内の温度がより短時間で上昇し、全体の温度が850℃以上に早く達するような炉全体の構造を設計し、効率的に処理ができるよう全体の処理時間を短縮することが望ましい。

#### ②ロータリーキルン炉等での運転状況

試験試料が焼却されている11月19日と11月20日の二次燃焼室出口温度（固定床炉からの排ガスはロータリーキルンの投入口から導入）は、図7に示される通り1,100℃を超えており、ガス滞留時間の検証において2秒以上（二次燃焼を含めて）が十分に確保されていた。

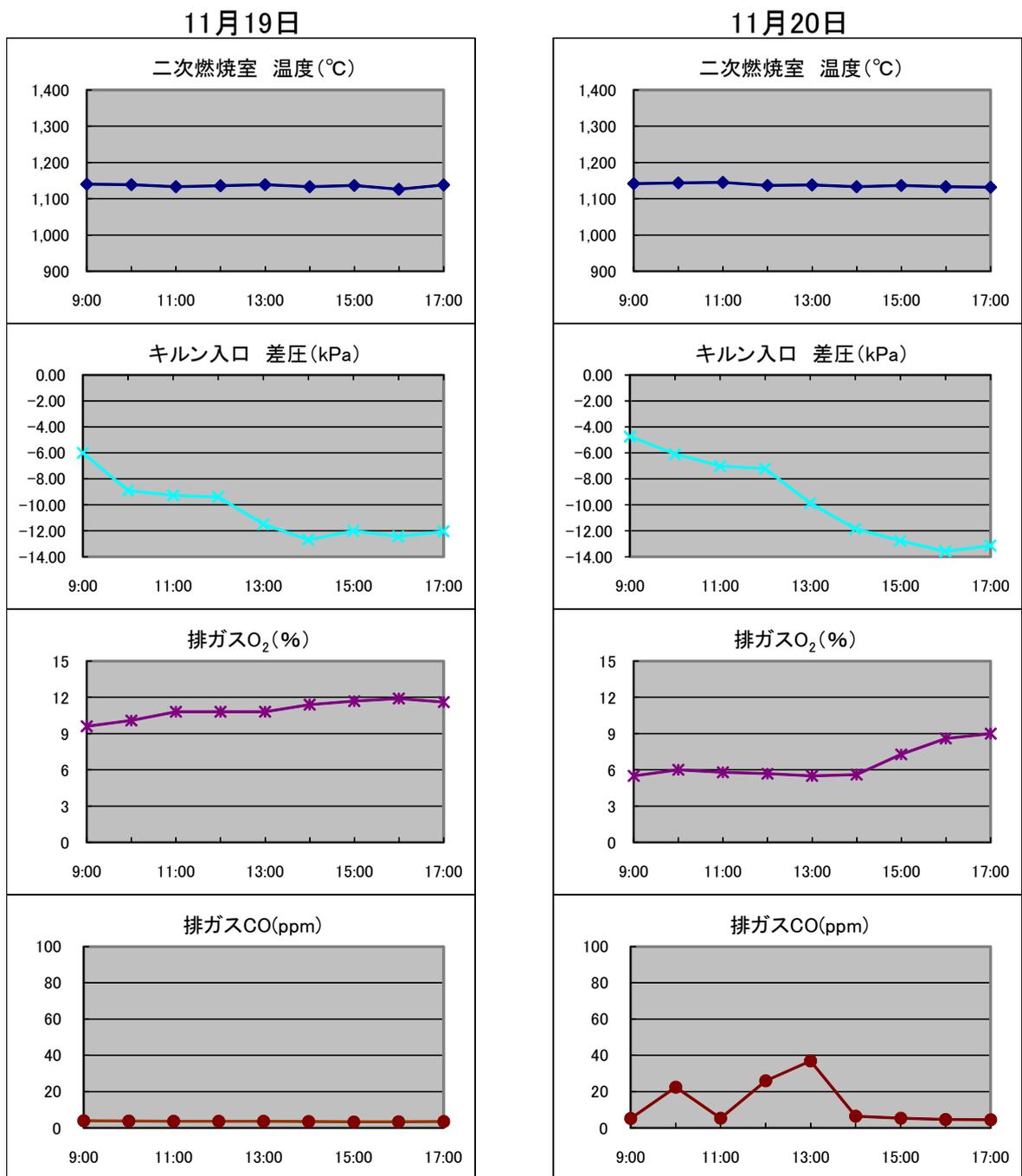


図7 エコシステム秋田 (株) における運転データ

(2) 光和精鉱(株)

①固定床炉での運転状況

固定床炉内の炉温は、常設の温度計が1本、炉内の上部にある。今回は、試験試料①の変圧器内と試験試料②の空ドラム缶内に温度計を設置した。固定床炉の加熱開始後の炉内各温度推移を図8に示す。炉温は12月10日は、約2時間で850℃に達したが、12月11日は、約1時間で850℃に達した。これは、燃料として使用している製鉄所の転炉ガスのカロリー差によることらしい。炉温

が 850℃に達してから、約 6 時間保持するようにした。空ドラム缶の温度は、炉温と同じ傾向を示したが、変圧器内温度は少し遅れて昇温された。いずれにしても変圧器内温度は、850℃以上で 4 時間保持されたことを示している。また、固定床炉内の圧力は、負圧で推移した。

②ロータリーキルン炉等での運転状況

試験試料が焼却されている 12 月 10 日と 12 月 11 日の二次燃焼室出口温度（固定床炉からの排ガスはロータリーキルンの二次燃焼室に導入）は、図 9 に示される通り 1,100℃を超えており、ガス滞留時間の検証において 2 秒以上（二次燃焼を含めて）が十分に確保されていた。

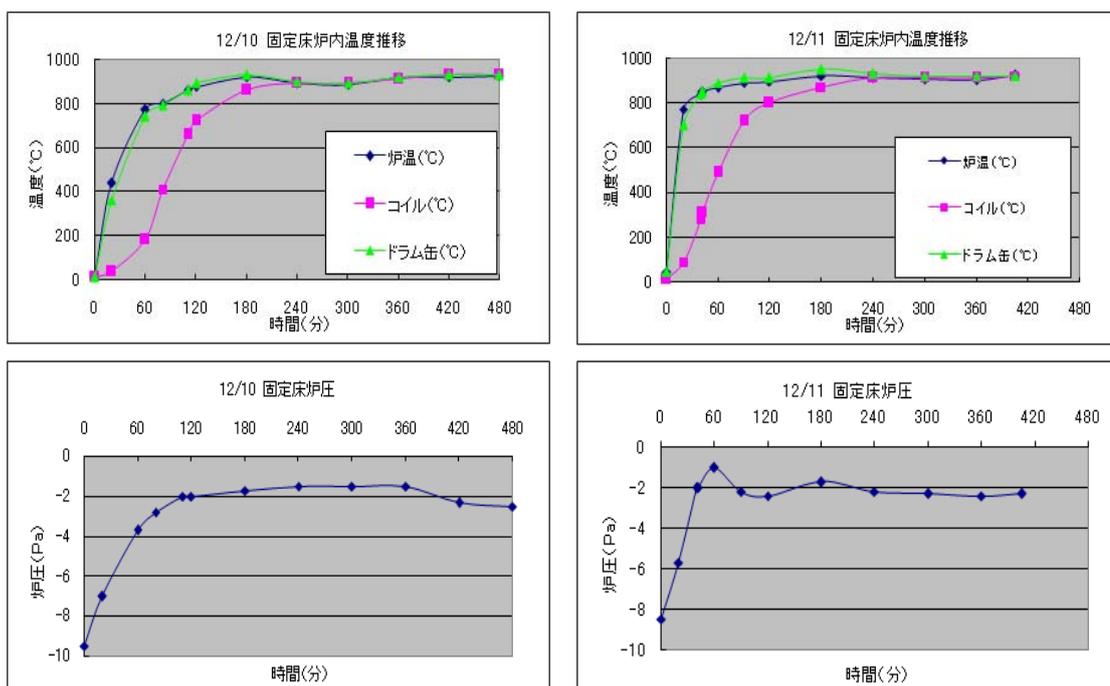


図 8 光和精鉱(株)固定床炉における温度推移

12月10日

12月11日

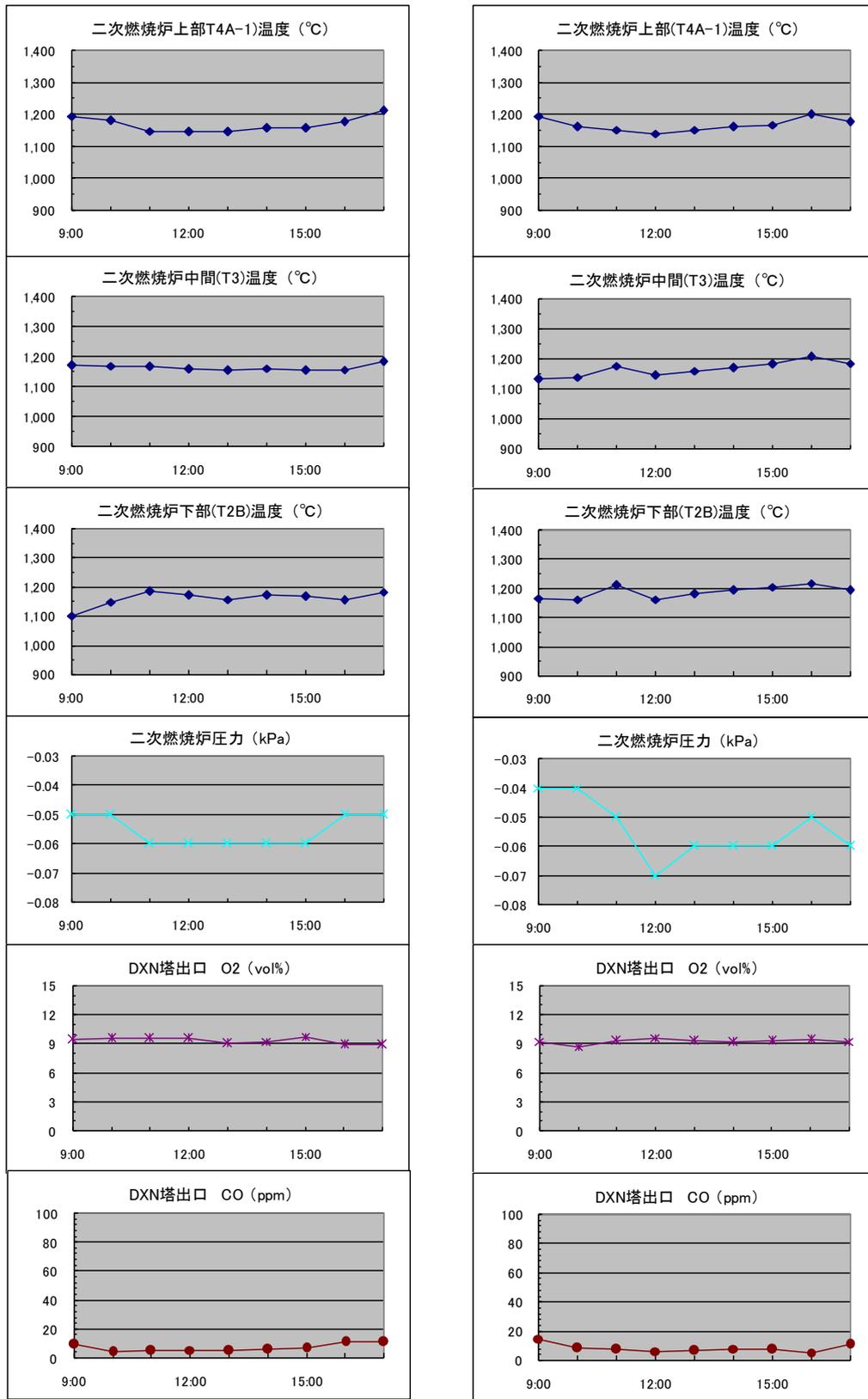


図9 光和精鋼(株)における運転データ

## 2. 分析項目

エコシステム秋田(株)及び光和精鋳(株)での分析項目をそれぞれ表2と表3に示す。

試験試料を加熱、焼却することによって生ずる排ガス、排水、燃え殻に含まれるPCB及びDXNs濃度を測定することにより、PCBが確実に分解されていること、及びDXNs濃度が生活環境の保全上支障を生ずるおそれがないものであることを確認する。また、固定床炉で加熱後の試験試料の各部材等のPCB濃度を測定することにより、それが無害化されていることを確認する。なお、煙突排ガス中の酸素濃度、一酸化炭素、硫黄酸化物、ばいじん、塩化水素、窒素酸化物の濃度も測定した。

また、試験期間中は敷地境界において、大気中のPCB濃度を測定した。さらに、排出ガス中のDXNsの影響を確認するため、敷地外において、周辺大気中のDXNs濃度を測定した。

## 3. 測定方法

エコシステム秋田(株)及び光和精鋳(株)における分析項目の測定方法をそれぞれ表4と表5に示す。

## 4. サンプルング位置

サンプルングは、施設内の所定の位置及び敷地境界で行った。また、DXNs濃度測定のサンプルングは施設外で行った。エコシステム秋田(株)におけるサンプルング位置を図10に示す。また光和精鋳(株)におけるサンプルング位置を図11に示す。

## 5. 分析機関

エコシステム秋田(株)での分析は、(株)環境管理センター、光和精鋳(株)での分析は島津テクノリサーチ(株)が実施した。

表2 エコシステム秋田(株)における分析項目

調査内容	分析項目	分析機器	分析時期			
			通常運転	本試験		
			1日目	2日目	3日目	
試験試料に入っていた絶縁油	PCB	HRGC-HRMS	4検体 (トランス、OFケーブル)			
排ガス※1	PCB	HRGC-HRMS	1検体	1検体	1検体	
	DXNs	HRGC-HRMS	1検体	1検体	1検体	
	Pb	ICP 等	1検体	1検体	1検体	
排水	PCB	HRGC-HRMS	1検体	1検体	1検体	
	DXNs	HRGC-HRMS	1検体	1検体	1検体	
	Pb	ICP 等	1検体	1検体	1検体	
燃え殻 (含有試験)	PCB	HRGC-HRMS	1検体	1検体	1検体	
	DXNs	HRGC-HRMS	1検体	1検体	1検体	
	Pb	ICP 等	1検体	1検体	1検体	
ばいじん (脱水汚泥) (含有試験)	PCB	HRGC-HRMS	1検体	1検体	1検体	
	DXNs	HRGC-HRMS	1検体	1検体	1検体	
	Pb	ICP 等	1検体	1検体	1検体	
トランスの加熱残渣	トランス容器	PCB	GC-ECD	—	1検体	1検体
	鉄心	PCB	GC-ECD	—	1検体	1検体
	一次コイル 銅線	PCB	GC-ECD	—	1検体	1検体
	二次コイル 銅線	PCB	GC-ECD	—	1検体	1検体
	紙・木	PCB	GC-ECD	—	1検体	1検体
		PCB	HRGC-HRMS	—	1検体	1検体
磁器	PCB	GC-ECD	—	1検体	1検体	
OFケーブルの加熱残渣	導体 (銅)	PCB	GC-ECD	—	1検体	1検体
	絶縁紙	PCB	GC-ECD	—	1検体	1検体
		PCB	HRGC-HRMS	—	1検体	1検体
	被覆管 (鉛)	PCB	GC-ECD	—	1検体	1検体
	外側の樹脂	PCB	GC-ECD	—	1検体	1検体
ドラム缶	PCB	GC-ECD	—	1検体	1検体	
敷地境界※2 (東西南北)	PCB	HRGC-HRMS	24時間 1検体	24時間 1検体	24時間 1検体	
周辺大気※3 (大館観測局)	DXNs	HRGC-HRMS	24時間 1検体	24時間 1検体	24時間 1検体	

※1 排ガスの分析は、一酸化炭素、酸素、いおう酸化物、ばいじん、塩化水素及び窒素酸化物の濃度を同時に測定

※2 敷地境界の分析は、風向、風速、温度及び湿度を同時に測定

※3 周辺大気分析は、風向、風速、温度及び湿度を同時に測定

表3 光和精鉱(株)における分析項目

調査内容	分析項目	分析機器	前処理	分析時期			
				通常運転	本試験		
				1日目	2日目	3日目	
試験試料の絶縁油	PCB	HRGC-HRMS	—	5検体(トランス4台&タンク)			
排ガス※1	PCB	HRGC-HRMS	—	1検体	1検体	1検体	
	DXNs	HRGC-HRMS	—	1検体	1検体	1検体	
排水	PCB	HRGC-HRMS	—	1検体	1検体	1検体	
	DXNs	HRGC-HRMS	—	1検体	1検体	1検体	
燃え殻 (含有試験)	PCB	HRGC-HRMS	—	1検体	1検体	1検体	
	DXNs	HRGC-HRMS	—	1検体	1検体	1検体	
トランスの加熱残渣	トランス容器	PCB	GC-ECD	—	—	2検体	2検体
	鉄心	PCB	GC-ECD	—	—	2検体	2検体
	一次コイル銅線	PCB	GC-ECD	—	—	2検体	2検体
	二次コイル銅線	PCB	GC-ECD	—	—	2検体	2検体
	紙・木	PCB	GC-ECD	—	—	2検体	2検体
		PCB	HRGC-HRMS	—	—	2検体	2検体
磁器	PCB	GC-ECD	—	—	2検体	2検体	
ドラム缶	PCB	GC-ECD	—	—	2検体	2検体	
敷地境界※2 (東西南北)	PCB	HRGC-HRMS	—	24時間 1検体	24時間 1検体	24時間 1検体	
周辺大気※3 (若松観測局)	DXNs	HRGC-HRMS	—	24時間 1検体	24時間 1検体	24時間 1検体	
抜油作業環境※4	PCB	GC-ECD	2時間以上 2検体×2回	—	—	—	
	DXNs	HRGC-HRMS	2時間以上 1検体×2回	—	—	—	
抜油作業建屋周辺※5	PCB	HRGC-HRMS	24時間 2検体×2回	—	—	—	

※1 排ガスの分析は、一酸化炭素、酸素、いおう酸化物、ばいじん、塩化水素及び窒素酸化物の濃度を同時に測定

※2 敷地境界の分析は、風向、風速、温度及び湿度を同時に測定、またブランク 1 検体測定

※3 周辺大気分析は、風向、風速、温度及び湿度を同時に測定

※4 作業環境のブランクとしてPCBを2検体、DXNsを1検体測定

※5 ブランクとして排気口付近でPCBを1検体測定

表4 エコシステム秋田(株)における測定方法

調査内容	分析項目 及び 分析機器	公定 法 の有 無	測定方法	
			サンプリング～抽出	クリーンアップ～分析
試験試料 (絶縁油)	PCB HRGC-HRMS	無	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号別表第2に準拠	
排ガス	PCB HRGC-HRMS	無	JISK0311「排ガス中のダイオキシン類の測定方法」に準拠	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号 別表
	DXNs HRGC-HRMS	有	JISK0311「排ガス中のダイオキシン類の測定方法」	
	Pb ICP 等	有	JIS K 0083「排ガス中の金属分析方法」	
排水	PCB HRGC-HRMS	無	JISK0312「工業用水・工場排水中のダイオキシン類の測定方法」に準拠	JISK0093「用水・排水中のポリクロロビフェニル（PCB）の試験方法」に準拠
	DXNs HRGC-HRMS	有	JISK0312「工業用水・工場排水中のダイオキシン類の測定方法」	
	Pb ICP 等	有	JISK0102「工場排水試験方法」	
燃え殻及び、 ばいじん (含有試験)	PCB HRGC-HRMS	無	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」平成4年7月3日 厚告192号別表第1に準拠	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号 別表
	DXNs HRGC-HRMS	有	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号別表第1	
	Pb ICP 等	有	「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」昭和48年2月17日 環境庁告示13号	
トランスの 加熱残渣	トランス容器	無	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」平成4年7月3日 厚告192号別表第1に準拠	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号 別表第3の第2に準拠
	鉄心	無	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」平成4年7月3日 厚告192号別表第1に準拠	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号 別表第3の第3に準拠
	一次コイル			
	二次コイル			
	磁器			
紙・木	PCB GC-ECD	無	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」平成4年7月3日 厚告192号別表第1に準拠	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号 別表第4に準拠

	紙・木	PCB HRGC-HRMS	無	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」平成4年7月3日 厚告192号別表第1に準拠	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」平成4年7月3日 厚告192号 別表第2に準拠
ケーブルの加熱残渣	導体（銅）	PCB GC-ECD	無	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」平成4年7月3日 厚告192号別表第1に準拠	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」平成4年7月3日 厚告192号 別表第3の第3に準拠
	被覆管（鉛）				
	外側の樹脂				
	絶縁紙	PCB GC-ECD	無	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」平成4年7月3日 厚告192号別表第1に準拠	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」平成4年7月3日 厚告192号 別表第4に準拠
		PCB HRGC-HRMS	無	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」平成4年7月3日 厚告192号別表第1に準拠	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」平成4年7月3日 厚告192号 別表第2に準拠
ドラム缶	PCB GC-ECD	無	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」平成4年7月3日 厚告192号別表第1に準拠	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」平成4年7月3日 厚告192号 別表第3の第2に準拠	
敷地境界	PCB HRGC-HRMS	無	「ダイオキシン類に係る大気環境調査マニュアル」平成20年環境省に準拠	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」平成4年7月3日 厚告192号 別表第2に準拠	
周辺大気	DXNs HRGC-HRMS	有	「ダイオキシン類に係る大気環境調査マニュアル」平成20年環境省		

表5 光和精鉱(株)における測定方法

調査内容	分析項目 及び 分析機器	公定 法 の 有 無	測定方法	
			サンプリング～抽出	クリーンアップ～分析
試験試料 (絶縁油)	PCB HRGC-HRMS	無	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号別表第2に準拠	
排ガス	PCB HRGC-HRMS	無	JISK0311「排ガス中のダイオキシン類 の測定方法」に準拠	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業 廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号別表第2に 準拠
	DXNs HRGC-HRMS	有	JISK0311「排ガス中のダイオキシン類の測定方法」	
排水	PCB HRGC-HRMS	無	JISK0312「工業用水・工場排水中のダ イオキシン類の測定方法」に準拠	JISK0093「用水・排水中のポリクロロ ビフェニル（PCB）の試験方法」に 準拠
	DXNs HRGC-HRMS	有	JISK0312「工業用水・工場排水中のダイオキシン類の測定方法」	
燃え殻 (含有試験)	PCB HRGC-HRMS	無	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産 業廃棄物に係る基準の検定方法」平成4 年7月3日 厚告192号別表第1準拠	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産 業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号別表第2に 準拠
	DXNs HRGC-HRMS	有	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号	
トランスの加熱残渣	トランス容器	無	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産 業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号別表第1に 準拠	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産 業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号 別表第3 の第2に準拠
	鉄心	無	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産 業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号別表第1に 準拠	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産 業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号 別表第3 の第3に準拠
	一次コイル銅線			
	二次コイル銅線			
	磁器	無	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産 業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号別表第1に 準拠	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産 業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号 別表第4 に準拠
紙、木	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産 業廃棄物に係る基準の検定方法」平成4 年7月3日 厚告192号別表第1準拠			
ドラム缶	PCB GC-ECD	無	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産 業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号別表第1に 準拠	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産 業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号 別表第3 の第2に準拠
敷地境界	PCB HRGC-HRMS	無	「ダイオキシン類に係る大気環境調査 マニュアル」平成20年環境省準拠	「特別管理一般廃棄物及び特別管理産 業廃棄物に係る基準の検定方法」 平成4年7月3日 厚告192号別表第2 に準拠

周辺大気	DXNs HRGC-HRMS	有	「ダイオキシン類に係る大気環境調査マニュアル」平成20年度環境省
作業環境	PCB GC-ECD	無	個体捕集、ガスクロマトグラフ（ECD）法 作業環境測定ガイドブック（平成15年5月発行）Ⅱの9に準拠
	DXNs HRGC-HRMS	有	「ダイオキシン類に係る大気環境調査マニュアル」平成20年度環境省

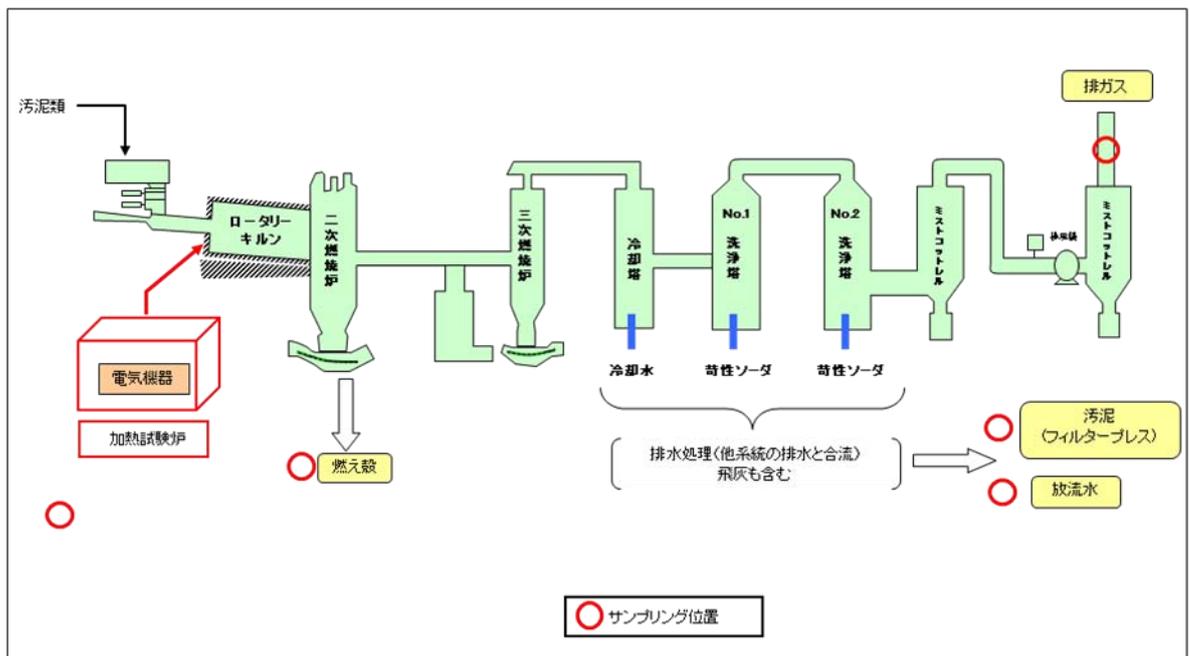


図10 エコシステム秋田(株)におけるサンプリング位置

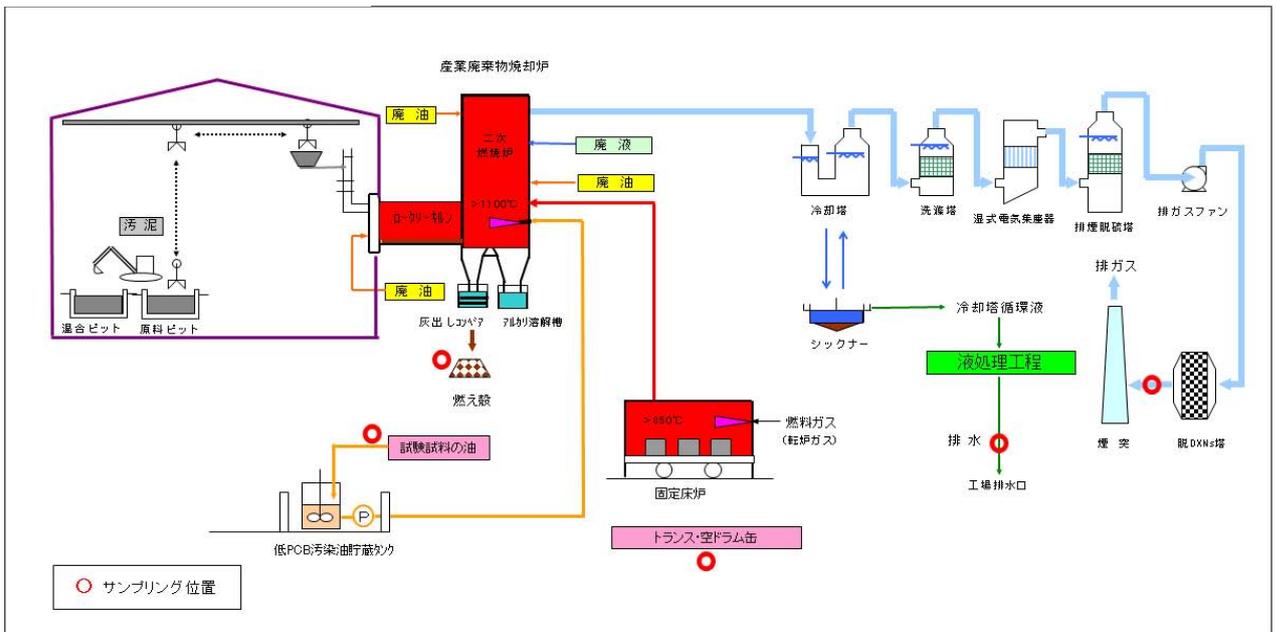


図 1 1 光和精鉱(株)におけるサンプルング位置

## 6. 分析結果

エコシステム秋田(株)の排ガス・排水等の分析結果は、表 6 に示す。光和精鉱(株)の排ガス・排水等の分析結果は、表 7 に示す。エコシステム秋田(株)の試験試料である OF ケーブルには被覆材の一部に鉛が含まれていたため排ガス、排水、燃え殻(ロータリーキルンから排出)、ばいじん(脱水汚泥)において鉛の分析を行った。光和精鉱(株)では、敷地内の建屋内に仮に設置したシートハウスの抜油作業室で変圧器とドラム缶から絶縁油を抜油しタンクへ移送する作業を実施した。作業は活性炭を通した簡易排気設備を装備した作業室で行い、室内にて PCB と DXNs 濃度を室外の近接場所にて大気中の PCB 濃度を測定した。その結果を表 8 に、そのサンプルング位置を図 1 2 に示す。

### (1) 試験試料の PCB 分析結果について

試験試料は、保管事業者が GC-ECD 法によって PCB 濃度を分析していたが、試験に際し改めて HRGC-HRMS 法により PCB 濃度の分析を実施した。

エコシステム秋田(株)で使用した変圧器と OF ケーブルを入れたドラム缶の底に残っていた絶縁油(サンプルングは、保管場所を実施)は、それぞれ 36 mg/kg、74mg/kg と 66mg/kg、75 mg/kg であった。

一方、光和精鉱(株)で使用した変圧器 4 台の絶縁油(サンプルングは、保管場所を実施)中 PCB 濃度は 33mg/kg~39mg/kg、また、ドラム缶 9 本(サンプルングは、保管場所を実施)の混合油中 PCB 濃度は 48 mg/kg であった。施設内でドラム缶と変圧器から抜油してタンクに移送された油は、試験試料として必要量確保のため、A 重油と混合され、その混合油(サンプルングは、タンクのポンプから実施)中の PCB 濃度は 12mg/kg であった。

表6 エコシステム秋田(株) PCB、DXNs 及び Pb 濃度分析結果一覧

調査項目		分析項目	単位	11/18 (火)	11/19 (水)	11/20 (木)	基準値 (規制値)等
運転状況				通常運転	本試験1日目	本試験2日目	
排ガス	PCB	ng/m <sup>3</sup> N (O <sub>2</sub> 濃度 12%換算)		18	67	24	10000ng/m <sup>3</sup>
	DXNs	pg-TEQ/m <sup>3</sup> N (O <sub>2</sub> 濃度12%換算)		140	660	230	5000 pg-TEQ/m <sup>3</sup>
	Pb	mg/m <sup>3</sup> N		<0.01	<0.01	<0.01	-
排水 *1	PCB	ng/L		0.93	0.99	0.59	3000ng/L
	DXNs	pg-TEQ/L		0.24	1.0	0.30	10pg-TEQ/L
	Pb	mg/L		<0.01	<0.01	<0.01	0.1mg/L
燃え殻 *2	PCB	ng/g		0.075	0.026	0.024	-
	DXNs	pg-TEQ/g		4.2	26	0.000087	3000pg-TEQ/g
	Pb	mg/L		0.04	0.05	<0.01	0.3mg/L
		mg/kg		73	23	14	-
ばいじん(脱水汚泥)	PCB	ng/g		7.0	6.0	4.5	-
	DXNs	pg-TEQ/m <sup>3</sup> N (O <sub>2</sub> 濃度12%換算)		76	200	69	3000pg-TEQ/g
	Pb	mg/L		<0.01	<0.01	<0.01	0.3mg/L
		mg/kg		5700	4500	3700	-
加熱 残渣 の トランス	トランス容器	μg/100cm <sup>2</sup>		-	<0.04	<0.04	0.1μg/100cm <sup>2</sup>
	鉄心	mg/kg		-	N	<0.002	0.01mg/kg
	一次コイル銅線	mg/kg		-	0	<0.002	0.01mg/kg
	二次コイル銅線	mg/kg		-	0	<0.002	0.01mg/kg
	紙(溶出試験)	mg/L		-	1	<0.0005	0.003mg/L
	紙(含有試験)	mg/kg		-	-	0.0044	0.0018
	碍子	mg/kg		-	-	<0.002	<0.002
OF ケーブル の 加熱 残渣	導体(銅)	mg/kg		-	<0.002	<0.002	0.01mg/kg
	鉄	mg/kg		-	N	<0.002	0.01mg/kg
	絶縁紙(溶出試験)	mg/L		-	0	<0.0005	0.003mg/L
	絶縁紙(含有試験)	mg/kg		-	0	0.00097	0.0020
	被覆管(鉛)	mg/kg		-	2	<0.002	<0.002
	外側の樹脂(残渣)	mg/kg		-	-	<0.002	<0.002
	ドラム缶	μg/100cm <sup>2</sup>		-	-	<0.04	<0.04
敷地 境界	東	PCB ng/m <sup>3</sup> (20°C,101.3kPa)		0.051	0.031	0.032	500ng/m <sup>3</sup>
	西			0.19	0.029	0.028	
	南			0.056	0.031	0.035	
	北			0.063	0.10	0.15	
周辺大気	DXN	pg-TEQ/m <sup>3</sup> (20°C,101.3kPa)		0.0082	0.0078	0.0082	0.6 pg-TEQ/m <sup>3</sup>

\*1: 排水のサンプリングはそれぞれ1日後に実施

\*2: ロータリーキルンの二次燃焼炉下部から回収した水砕スラグ

調査項目	分析項目	単位	トランス	OFケーブル	トランス	OFケーブル
			No.1	No.2	No.3	No.4
試験試料に入っていた絶縁油	PCB	mg/kg	36	66	74	75

表7 光和精鉱(株) PCB及びDXNs濃度分析結果一覧

調査項目		分析項目	単位	12/9 (火)	12/10 (水)	12/11 (木)	基準値 (規制値)等
運転状況				通常運転	本試験1日目	本試験2日目	
排ガス	PCB	ng/m <sup>3</sup> N (O <sub>2</sub> 濃度12%換算)		1.7	1.7	1.4	100000ng/m <sup>3</sup>
	DXNs	pg-TEQ/m <sup>3</sup> N (O <sub>2</sub> 濃度12%換算)		6.4	3.3	4.6	100pg-TEQ/m <sup>3</sup>
排水 *1	PCB	ng/L		0.89	0.76	2.3	3000ng/L
	DXNs	pg-TEQ/L		0.80	0.95	0.68	10pg-TEQ/L
燃え殻 *2	PCB	ng/g		2.9	5.7	2.1	-
	DXNs	pg-TEQ/g		19	36	13	3000pg-TEQ/g
トランスの加熱残渣	トランス容器	PCB	μg/100cm <sup>2</sup>	-	No.2385 <0.01	No.2185 <0.01	0.1μg/100cm <sup>2</sup>
	鉄心		mg/kg	-	No.2385 <0.001	No.2185 <0.001	0.01mg/kg
	一次コイル銅線		mg/kg	-	No.2385 <0.001	No.2185 <0.001	0.01mg/kg
	二次コイル銅線		mg/kg	-	No.2385 <0.001	No.2185 <0.001	0.01mg/kg
	紙(溶出試験)		mg/L	-	No.2385 <0.0003	No.2185 <0.0003	0.003mg/L
	紙(含有試験)		mg/kg	-	No.2385 0.021	No.2185 0.016	-
	碍子		mg/kg	-	No.2385 <0.001	No.2185 <0.001	0.01mg/kg
	トランス容器	PCB	μg/100cm <sup>2</sup>	-	No.2391 <0.01	No.2389 <0.01	0.1μg/100cm <sup>2</sup>
	鉄心		mg/kg	-	No.2391 <0.001	No.2389 <0.001	0.01mg/kg
	一次コイル銅線		mg/kg	-	No.2391 <0.001	No.2389 <0.001	0.01mg/kg
	二次コイル銅線		mg/kg	-	No.2391 <0.001	No.2389 <0.001	0.01mg/kg
	紙(溶出試験)		mg/L	-	No.2391 <0.0003	No.2389 <0.0003	0.003mg/L
	紙(含有試験)		mg/kg	-	No.2391 0.011	No.2389 0.0048	-
	碍子		mg/kg	-	No.2391 <0.001	No.2389 <0.001	0.01mg/kg
ドラム缶	PCB	μg/100cm <sup>2</sup>	-	No.78 <0.01	No.11 <0.01	0.1 μg/100cm <sup>2</sup>	
			-	No.79 <0.01	No.71 <0.01		
敷地境界	PCB	ng/m <sup>3</sup> (20°C,101.3kPa)	東	0.44	0.34	0.27	500ng/m <sup>3</sup>
			西	0.74	0.46	0.45	
			南	0.40	0.39	1.0	
			北	0.58	0.50	0.64	
周辺大気	DXN	pg-TEQ/m <sup>3</sup> (20°C,101.3kPa)	0.13	0.13	0.060	0.6 pg-TEQ/m <sup>3</sup>	

\* 1: 排水のサンプリングは、それぞれ4日後に実施

\* 2: ロータリーキルンの二次燃焼炉下部から回収した水砕スラグ

調査項目	分析項目	単位	トランスNo.			
			2385	2391	2185	2389
試験試料に入っていた絶縁油	PCB	mg/kg	33	39	35	38

調査項目	分析項目	単位	ドラム缶9本の混合油	タンク	
				絶縁油	クリーニング後
絶縁油	PCB	mg/kg	48	12	<0.5

表 8 光和精鉱(株) 作業環境分析結果一覧

採取状況			ブランク	抜油 作業中 (12/2)	抜油 作業中 (12/3)	
調査項目	分析項目	単位				
排気口 周辺環境③	PCB	ng/m <sup>3</sup>	0.32	0.62	0.53	
屋外南側 周辺環境④			-	0.78	0.60	
作業環境		①	mg/m <sup>3</sup>	<0.005	<0.005	<0.005
		②		<0.005	<0.005	<0.005
作業環境①	DXN	pg-TEQ/m <sup>3</sup>	0.16	0.23	0.22	

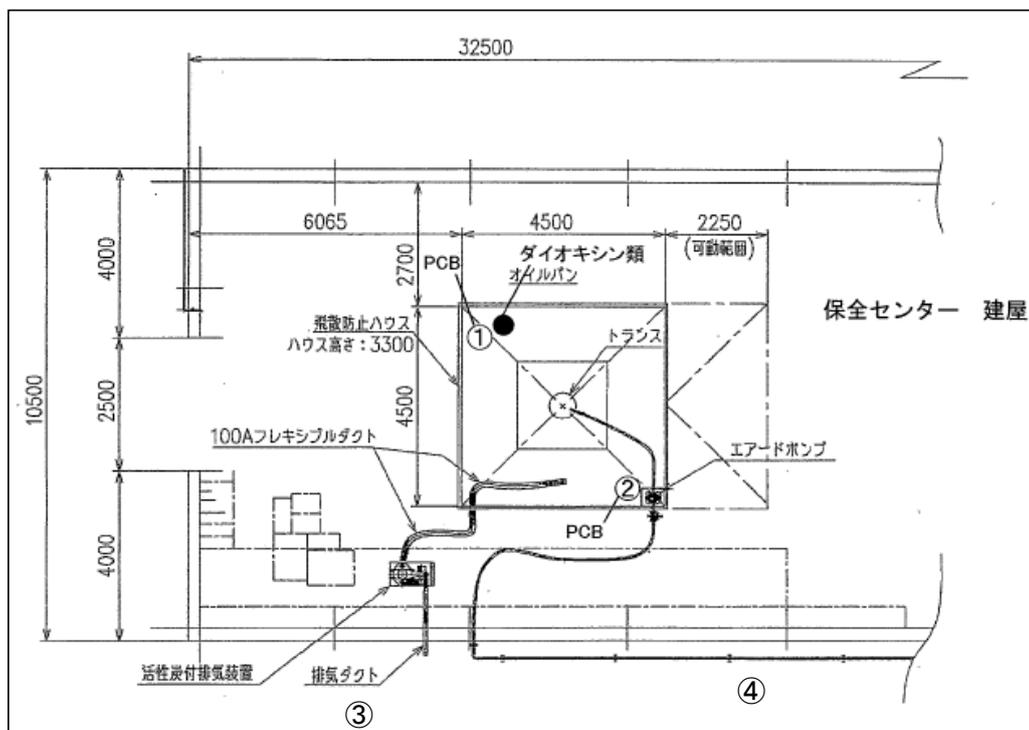


図 1 2 光和精鉱(株) 作業環境分析のサンプリング位置

(2) 排ガス中のPCB、DXNs濃度等について

○排ガス中のPCB及びDXNs濃度については、関係法令に定める基準値等よりも低く、エコシステム秋田(株)のPCB濃度は基準値等の約1,500分の1～約4,000分の1、光和精鉱(株)のPCB濃度は約7万分の1～約9万分の1、エコシステム秋田(株)のDXNs濃度は基準値等の約8分の1～約20分の1、光和精鉱(株)のDXNs濃度は約20分の1～約30分の1であった。各施設とも通常運転時と本試験時において顕著な変化がないことから、試験試料を投入したことによる排ガス中のPCB及びDXNs濃度への影響はないことを確認した。

○エコシステム秋田(株)の鉛濃度は、基準値等はないが、定量下限値0.01 mg/m<sup>3</sup>N未満であった。通常運転時も定量下限値0.01 mg/m<sup>3</sup>N未満であり、本試験時において顕著な変化がないことから、試験試料を投入したことによる排ガス中の鉛濃度への影響はないことを確認した。

(3) 排水について

○排水中のPCB濃度及びDXNs濃度については、関係法令に定める基準値よりも十分に低く、エコシステム秋田(株)のPCB濃度は基準値の約3千分の1、光和精鉱(株)のPCB濃度は基準値の約1,300分の1～約4千分の1、エコシステム秋田(株)のDXNs濃度は基準値の約10分の1～40分の1、光和精鉱(株)のDXNs濃度は基準値の約10分の1～約15分の1であった。各施設とも通常運転時と本試験時において顕著な変化がないことから、試験試料を投入したことによる排水中のPCB及びDXNs濃度への影響はないことを確認した。

○エコシステム秋田(株)の鉛濃度は、基準値よりも十分低い、定量下限値0.01 mg/リットル未満であった。また、通常運転時と本試験時において顕著な変化がないことから、試験試料を投入したことによる排水中の鉛濃度への影響はないことを確認した。

(4) 燃え殻、ばいじんについて

○燃え殻中のPCB濃度について

含有量については基準値は無いが、エコシステム秋田(株)で0.026ng/g～0.024ng/g、光和精鉱(株)で2.1ng/g～5.7ng/gであった。各施設の通常運転時の値は、それぞれ0.075 ng/g、2.9 ng/gであり、本試験時において顕著な変化がないことから、試験試料を投入したことによる燃え殻中のPCB濃度への影響はないことを確認した。

○燃え殻中のDXNs濃度について

燃え殻中のDXNs濃度については、関係法令に定める基準値よりも十分に低く、エコシステム秋田(株)においては、基準値の約120分の1から3千4百万分の1であり、光和精鉱(株)においては、約230分の1～約80分の1であった。また各施設とも通常運転時と本試験時において顕著な変化がないことから、試験試料を投入したことによる燃え殻中のDXNs濃度への影響はないことを確認した。

○エコシステム秋田(株)の燃え殻中の鉛濃度について

基準値よりも十分低く、基準値の6分の1～定量下限値未満であり、また通常運転時と本試験時において顕著な変化がないことから、試験試料を投入したことによる燃え殻中の鉛濃度への影響はないことを確認した。

○エコシステム秋田(株)のばいじん中のPCB濃度、DXNs濃度と鉛濃度について  
ばいじん中のPCB濃度（含有量）については基準値は無いが、4.5ng/g～6.0ng/gであり通常運転時の値7.0ng/gと本試験時において顕著な変化がないことから、試験試料を投入したことによるばいじん中のPCB濃度への影響はないことを確認した。DXNs濃度については基準値より十分低く、基準値の約40分の1～約15分の1であった。鉛濃度は、基準値より十分低く、定量下限値0.01mg/リットル未満であった。DXNs濃度と鉛濃度は、通常運転時と本試験時において顕著な変化がないことから、試験試料を投入したことによるばいじん中のDXNs濃度及び鉛濃度への影響はないことを確認した。

(5) 変圧器、OFケーブル等について

エコシステム秋田(株)及び光和精鉱(株)の固定床炉で変圧器やOFケーブル等を加熱して発生するガスは、ロータリーキルン炉で焼却する方式で実証試験を実施した。その試験試料である変圧器やOFケーブル等を固定床炉から取り出して解体し、その加熱残渣である鉄心、銅線、紙等のPCB濃度を測定して無害化できているかどうか確認した。また変圧器容器やドラム缶内の拭き取り試験も行った。その結果、各施設のいずれの焼却残渣もPCBの基準値を満足していた。

(6) 大気中のPCB及びDXNs濃度について

○施設の敷地境界における大気中のPCB濃度及び施設の周辺における大気中のDXNs濃度については、関係法令に定める基準値等よりも低く、エコシステム秋田(株)のPCB濃度は基準値等の約3千分の1～約18,000分の1、光和精鉱(株)のPCB濃度は約500分の1～約1,900分の1、エコシステム秋田(株)のDXNs濃度は基準値等の約8分の1～約190分の1、光和精鉱(株)のDXNs濃度は約5分の1～約10分の1であった。また各施設とも通常運転時と本試験時において顕著な変化がないことから、試験試料を投入したことによる施設の敷地境界における大気中のPCB及び施設の周辺における大気中のDXNs濃度への影響はないことを確認した。

○施設の周辺における大気中のDXNs濃度は、過去の試験施設周辺大気中のDXNs濃度と変わりはない。

以上のことから、試験試料については、確実に周辺環境へ影響を及ぼすことなく安全に処理されたことを確認した。

(7) 作業環境中のPCB及びDXNs濃度について

光和精鉱(株)において変圧器やドラム缶から絶縁油を抜油する作業を実施した。そ

の作業中の環境濃度を測定した。

作業環境中のPCB及びDXNs濃度については、関係法令に定める基準値よりも低く、PCB濃度は基準値 0.1mg/m<sup>3</sup>、最近の日本産業衛生学会によるPCBの作業環境許容濃度 0.01mg/m<sup>3</sup>より十分低い定量下限値 0.005mg/m<sup>3</sup>未満、DXNs濃度は基準値の約 10 分の 1 であった。また、通常運転時と絶縁油抜油作業時において顕著な変化がないことから、作業環境での安全性が確保されていたことを確認した。

・結論＝

低濃度PCB汚染物である微量PCBが混入した絶縁油が入っていた変圧器等を抜油後、固定床炉に入れて、850℃以上加熱し、その発生するガスは、焼却炉等に導入し、1,100以上の温度で2秒以上滞留することにより処理した。試験施設として固定床炉を有する産業廃棄物焼却施設2箇所にて実証試験を行った。

試験を実施した2施設の運転条件は、前述の試験条件を満たしていたことを確認した。また、変圧器の内部部材等は無害化され、周辺環境へ影響を及ぼすことなく処理されたことを確認した。

## 英語概要

- ・ 研究課題名 =  
A study on Incineration Treatment for Low-Level PCB Contaminated Waste
- ・ 研究代表者名及び所属 =  
Shuichi Izumisawa : Japan Industrial Waste Management Foundation  
共同研究者名及び所属 =  
Shinichi Sakai : Kyoto University、 Masatoshi Morita : Ehime University、  
Masaaki Hosomi : Tokyo University of Agriculture and Technology、 Shinsuke  
Tanabe : Ehime University、 Takumi Takasuga : Shimadzu Techno-Research Inc.、  
Toru Matsumura : IDEA Consultants ,Inc.、 Kenichi Katayanagi : Environmental  
Control Center Co.LTD
- ・ 要旨 =  
In 2002, nearly three decades after official ban, some insulation oil used in transformers, capacitors, etc. was found contaminated by PCBs in very low concentrations. With the objective of developing workable national regulatory standards for effective and efficient disposal of these low-concentration PCB wastes, feasibility of their disposal in commercially operating facilities was investigated. Tests were carried out at two sites with a view to clarifying correlation between the combustion conditions and the PCB destruction efficiencies as well as studying the environmental impacts. Transformers and the like, emptied of their low-level PCB-contaminated insulation oil, were placed in a batch furnace and were heated at temperatures no lower than 850 degrees Celsius. And the generated gas was introduced into an incinerator, where it was treated at temperatures no lower than 1,100 degrees Celsius and with a gas retention time of no shorter than 2 seconds. Internal parts and materials of the transformers and the like, vent gas, incineration slag , soot and dust on site as well as ambient air at the site border and in the neighborhood were sampled out. They were analyzed for PCBs and Dioxins by the HR-GC/HR-MS (high-resolution gas chromatography / high-resolution mass spectrometry) method. The concentrations of PCBs and Dioxins in Vent gas, ambient air, etc. were all below the applicable regulatory standards. The PCB concentrations of the internal parts and materials of the transformer were also below the standard. The test results indicate that the PCBs in the sample wastes were decomposed securely and safely without causing any significant environmental impact.
- ・ キーワード =  
Insulation oil, low-concentration PCB wastes, incinerators, Dioxins,  
HR-GC/HR-MS(high-resolution gas chromatography/high-resolution mass spectrometry)