6) 測定結果

10 月 26 日、12 月 15 日の実験で得られた各種データを下記に示す。

(1) 固体、液体分析値（測定日 1999 年 10 月 26 日）

① 原ごみ処理量、RDF 製造量およびプラント排水量

種類	重量	単位
原ごみ	6.76	トン
RDF	3.54	トン
プラント排水（排水処理前）	4.27	m^3

② 原ごみ：RDF 分析値（単位：％　as　recived）

試料名	水分	灰分	可燃分
原ごみ	40.3	5.8	53.9
RDF	6.0	17.0	77.0

③ 原ごみ：RDF のダイオキシン類およびコプラナーPCB 濃度（Dry-base）

試料名	ダイオキシン類濃度 (ng-TEQ／g)	コプラナーPCB 濃度 (ng-TEQ／g)
原ごみ	0.00024	0.000039
RDF	0.0034	0.00015

④ プラント排水（排水処理前）のダイオキシン類およびコプラナーPCB 濃度

試料名	ダイオキシン類濃度 (ng-TEQ／L)	コプラナーPCB 濃度 (ng-TEQ／L)
プラント排水（排水処理前）	0.0019	0.00034

(2) 排ガス分析値

① 測定日：1999 年 10 月 26 日

測定項目	ガス流量	温度	水分	CO_2 濃度	酸素濃度	ダスト濃度	HCl 濃度
単位	m^3N/h	℃	%	%	%	g/m^3N	mg/m^3N
排ｶﾞｽ試料-1 乾燥機出口	乾き：2,090 湿り：2,510	154	16.9	0.2	20.0	0.049	＜3
排ｶﾞｽ試料-2 バグフィルタ入口	乾き：5,510 湿り：5,750	48	4.2	0.2	20.4	0.560	＜3
排ｶﾞｽ試料-3 湿式脱臭装置出口	乾き：5,790 湿り：5,910	17	2.0	0.6	19.8	＜0.001	＜3
排ｶﾞｽ試料-4 活性炭脱臭装置入口	乾き：9,510 湿り：9,710	28	2.1	0.2	20.0	0.003	＜3
排ｶﾞｽ試料-5 活性炭脱臭装置出口	乾き：9,320 湿り：9,490	36	1.8	0.4	20.4	＜0.001	＜3

② 測定日：1999 年 12 月 15 日

測定項目	ガス流量	温度	水分	CO_2 濃度	酸素濃度	ﾀﾞｽﾄ濃度	HCl 濃度
単位	m^3N/h	℃	%	%	%	g/m^3N	mg/m^3N
排ｶﾞｽ試料-1 乾燥機出口	乾き： 2,250 湿り： 2,740	152	17.9	0.6	19.4	0.040	10
排ｶﾞｽ試料-2 バグフィルタ入口	乾き： 4,320 湿り： 4,520	46	4.5	0.2	20.4	0.142	9
排ｶﾞｽ試料-3 湿式脱臭装置出口	乾き： 4,410 湿り： 4,470	10	1.3	0.8	19.6	＜0.001	10
排ｶﾞｽ試料-4 活性炭脱臭装置入口	乾き：10,000 湿り：10,100	20	1.0	0.0	21.0	＜0.001	9
排ｶﾞｽ試料-5 活性炭脱臭装置出口	乾き： 9,320 湿り： 9,430	30	1.2	0.4	20.2	＜0.001	5

(3) 排ガス中のダイオキシン類及びコプラナーPCB濃度（O_2濃度：16%換算値）

① ダイオキシン類濃度

	排ガス試料-1 乾燥機出口 (ng-TEQ/m³N)	排ガス試料-2 バグフィルタ入口 (ng-TEQ/m³N)	排ガス試料-3 湿式脱臭装置出口 (ng-TEQ/m³N)	排ガス試料-4 活性炭脱臭装置入口 (ng-TEQ/m³N)	排ガス試料-5 活性炭脱臭装置出口 (ng-TEQ/m³N)
10月26日	0.020	0.076	−	−	−
12月15日	0.13	0.51	0.00025	0.00032	0.028
6月30日	0.0094	−	−	−	0.00018
3月26日	0.10	−	−	−	0.041

② コプラナーPCB濃度（TEF：WHO-1997）

	排ガス試料-1 乾燥機出口 (ng-TEQ/m³N)	排ガス試料-2 バグフィルタ入口 (ng-TEQ/m³N)	排ガス試料-3 湿式脱臭装置出口 (ng-TEQ/m³N)	排ガス試料-4 活性炭脱臭装置入口 (ng-TEQ/m³N)	排ガス試料-5 活性炭脱臭装置出口 (ng-TEQ/m³N)
10月26日	0.0010	0.0022	−	−	−
12月15日	0.0037	0.063	0.00041	0.0011	0.021

排ガス中のダイオキシン類，コプラナーPCBは，湿式脱臭装置で99%以上低減される。

原料ごみ，RDFおよび乾燥機出口排ガス（10月26日，12月15日）ダイオキシン類の同族体分布を以下に示す。原料ごみに対して，RDFおよび排ガス低塩素のジベンゾフランが増加するのが特徴である。

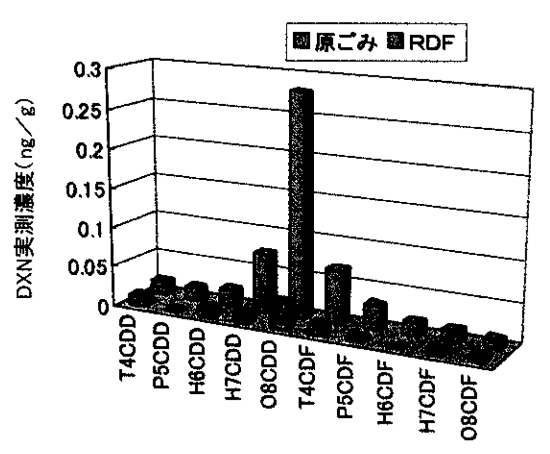


図2.1.3-2　原ごみ、RDFのﾀﾞｲｵｷｼﾝ同族体分布

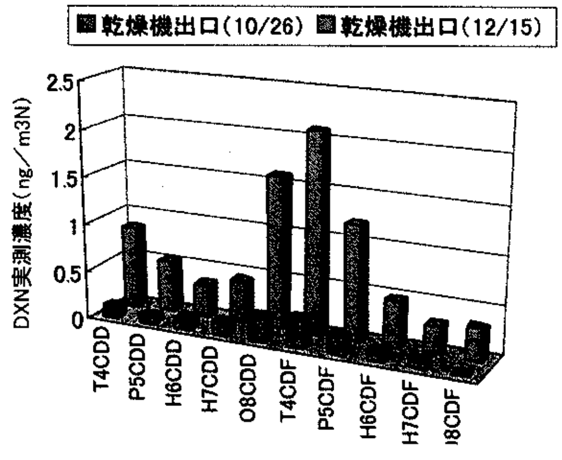


図2.1.3-3　乾燥機排ｶﾞｽのﾀﾞｲｵｷｼﾝ類同族体分布

7) ダイオキシン類及びコプラナーPCB の収支結果

	処理量	ダイオキシン類排出原単位	コプラナーPCB 排出原単位
原ごみ	1.69 トン/h	0.14μg-TEQ/ごみトン	0.023μg-TEQ/ごみトン
排気筒排ガス	9,490m^3N/h（湿）	0.031μg -TEQ/ごみトン	0.023μg-TEQ/ごみトン
排水	1.07m^3/h	0.0012μg- TEQ/ごみトン	0.00022μg-TEQ/ごみトン
RDF	0.885 トン/h	1.7μg -TEQ/ごみトン	0.074μg-TEQ/ごみトン

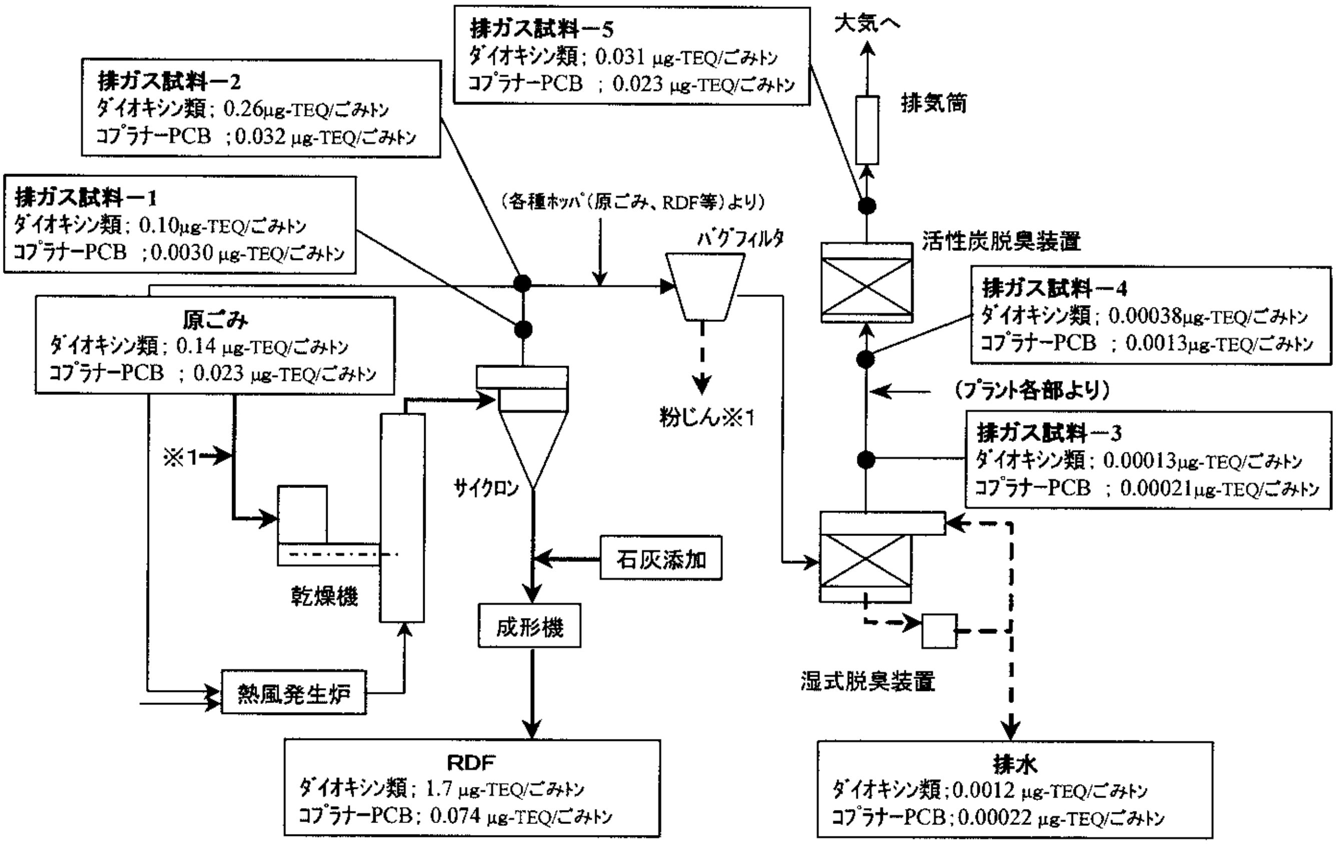


図 2.1.3-4　ダイオキシン類及びコプラナーPCB の収支

8) まとめ

(1) 乾燥機排ガスにより排出されるダイオキシン類は，バグフィルタ及び湿式脱臭装置により 99%以上低減されることが確認できた。排ガス中のダイオキシン類濃度は 0.028（0.00018～0.041）ng-TEQ/m^3N と 0.1ng-TEQ/m^3N 以下であり，コプラナーPCB を含んだダイオキシン類*でも約 0.05μg-TEQ/ごみトンと少ない。

(2) 本装置より排出される RDF，排ガス，排水中のダイオキシン類*の総量は 1.8μg-TEQ/ごみトンであり，5μg-TEQ/ごみトンと比較し低い。

(3) 但し，ごみ中のダイオキシン類*の量に比べて RDF 中の量が増加する傾向が認められる。

2.1.4 考察

稼働中の 2 個所の実機 RDF 化施設及び 1 個所の実証施設においてダイオキシン類*の収支を調査した結果は以下の様にまとめられる。

1) ダイオキシン類*収支では、ごみ中のダイオキシン類*は 0.16～1.1μg-TEQ/ごみトンであるのに対し、乾燥機出口排ガスでは 0.1～0.75 μg-TEQ/ごみトンの排出があり、これは排ガス処理により 0.001～0.05 μg-TEQ/ごみトンにまで低減される。RDF 中のダイオキシン類*は 5 μg-TEQ/ごみトン以下ではあるが 1.8～4.8 μg-TEQ/ごみトンとやや高かった。
2) 乾燥機出口の排ガス中には 0.1ng-TEQ/m^{3}N 以上のダイオキシン類が検出された。
3) 排ガス中のダイオキシン類は脱臭炉等の排ガスにより 0.1ng-TEQ/m^{3}N 以下に処理される。
4) ごみ中のダイオキシン類*より RDF 中のダイオキシン類*の方が多かった。

ダイオキシン類*収支では、乾燥機出口排ガス中に原料ごみとほぼ同程度のダイオキシン類*が検出された。乾燥機の入りロガス温度が高いものほど乾燥機出口排ガス中のダイオキシン類の量が多い傾向が伺える。排ガス中のダイオキシン類*は排ガス処理により 0.05 μg-TEQ/ごみトン以下にまで低減されるが RDF 中のダイオキシン類*は 1.8～4.8 μg-TEQ/ごみトンと原料ごみ中のダイオキシン類*を上回った。

乾燥機出口排ガス中のダイオキシン類の同族体分布はいずれの施設においても、通常の焼却排ガスの同族体分布とは異なり、OCDD を除いて低塩素化のダイオキシン類の濃度が高く、後述（2.2 ごみの加熱試験結果）の試験結果と同様に、原料中に含まれるダイオキシン類が揮散しているものの割合が多いように見られる。

また乾燥機の入りロガス温度が高いものほど乾燥機出口排ガス中のダイオキシン類濃度が高くなる傾向が窺える。

脱臭炉におけるダイオキシン類の除去率は 80～97%程度であり、湿式脱臭では 99%以上の除去が行われた。しかしながら、排ガス処理におけるダイオキシン類*除去効果を精査するには処理後のダイオキシン類*濃度レベルが 0.0007～0.03ng-TEQ/m^{3}N と現状の定量下限と同等以下であり、測定誤差により除去効果が大きくばらつく結果となっている。今回の結果を踏まえて、試料ガス採取量を測定精度に準じて設定して調査する必要がある。

2.1.1 の実機 RDF 化施設ではその原因は不明であるが、脱臭炉出口排ガス中のダ

イオキシン類のうち、T4CDFs が以上に高かった。

今回の調査結果ではごみ中のダイオキシン類に比して RDF 中のダイオキシン類が増加している傾向が伺えるが、ごみ中及び RDF 中のダイオキシン類はそもそもばらつきが大きく、それぞれの試料が代表サンプルとなっている保証もない。

また、分析値では T4CDDs 及び O8CDD が突出（CNP 及び PCP 由来と考えられる）しているものが混在しており、これらはデータのばらつきを更に大きくしている。

原料ごみと RDF 中のダイオキシン類の濃度レベルを確認するには、分析データを積み重ねて統計的な解析を行う必要がある。

2.2 ごみの加熱によるダイオキシン類*生成試験

1) 目的

平成 10 年度の予備試験結果に基づき、ごみ加熱時のダイオキシン類生成に及ぼす各影響因子の効果を調査することを目的とした。

2) 試験実施場所及び試験実施日

試験実施場所：（株）島津テクノリサーチに試験委託した。

試験実施日：平成 11 年 9 月 10 日～11 月 1 日（分析除く）

3) 試験方法

平成 10 年度に使用したマッフル炉を用いて各影響因子について表 2.2-1 に示す条件でダイオキシン類を調査した。

表中 ▒▒ 部が条件変更を行ったものである。また Run7 として温度分布測定を実施した。

表 2.2-1　ごみの加熱によるダイオキシン類生成試験条件一覧

1	1	2	3	4	5	6
試験名称	加熱温度	加熱温度	加熱時間 加熱温度	組成	組成	組成
加熱温度	150 165	170 175	190 185	190 175	190 175	190 175
加熱時間	5	5	10 5	5	5	5
添加物	無し	無し	無し	消石灰添加	ﾌﾟﾗｽﾁｯｸ除去	金属除去
DXN 検体	3	2	3	2	2	2
コプラナーPCB		3	3			

変更理由は以下の通りである。

(1) Run3 を試験立会時（10 月 22 日）に実施したが、190℃温度保持の条件でごみが発火した。（当初 R-3 の温度チャート参照）

(2) 試験立ち会い時にはごみの温度分布を計測していなかったため、温度測定を実施し、最高温度を管理することとした。

(3) 今回の試験では、各試験の加熱条件を極力合わせるためにごみは予め乾燥して試験に供した。

（予備試験では予備乾燥なし。）このことで発火が起こり易くなったと思われる。

（ただし、使用したごみは平成 10 年度の予備試験で使用したものに比して、紙、プラスチックは変わらないが、厨芥が少なく木竹の多い組成であった。）

(4) 試験中に発火すると試験全体の進行に影響するため、CO の発生が見られる温度で発火を回避できるように、Run4～6 の加熱温度を 175℃とした。

ダイオキシン類の分析は表中のもののほか、原料ごみの各成分（紙、合成樹脂、

厨芥、繊維、木・竹、ゴム・皮、細塵）についても実施した。

コプラナーPCB の分析は表中の原料ごみ 2 検体 Run2､3）、排ガス 2 検体（Run2､3）および試験後試料 2 検体（Run2､3）について実施した。

その他に、ごみ加熱試験の各排ガスについて HCl および CO 分析を実施した。

4) 試験手順

試験手順を図 2.2-1 に示す。

試験用のごみは一般廃棄物で、組成分けの後風乾し、各試験に対応するごみを調合した。

各試験の間に、マッフル炉を 800℃に昇温し、クリーンアップを実施した。

試料（約 50kg：5℃以下で冷蔵保存）
↓
組成分け
↓
風乾（乾燥後約 25kg）
↓ → 組成ごとの DXN 分析
↓ → 各試験用試料調整（約 20kg）
　　↓ → Run1､3 原料 DXN 分析
　　↓ → 試料乾燥 (合計約 18kg)
　　　　↓
　　　　加熱試験
　　　　↓
　　　　試験後試料 DXN 分析

図 2.2-1 ごみの加熱試験フロー

試料の状況を写真 2.2-1 に示す。加熱試験のフローを図 2.2-2 に示す。

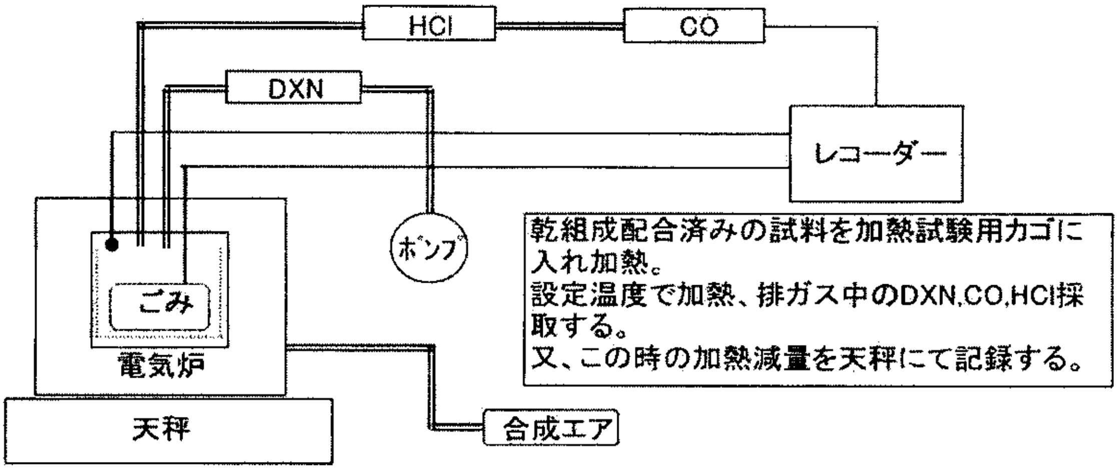
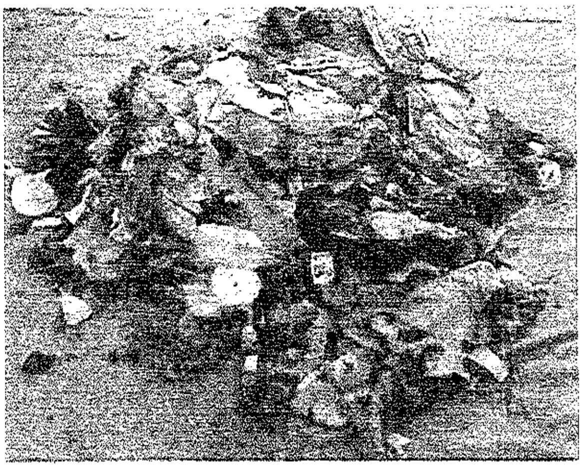
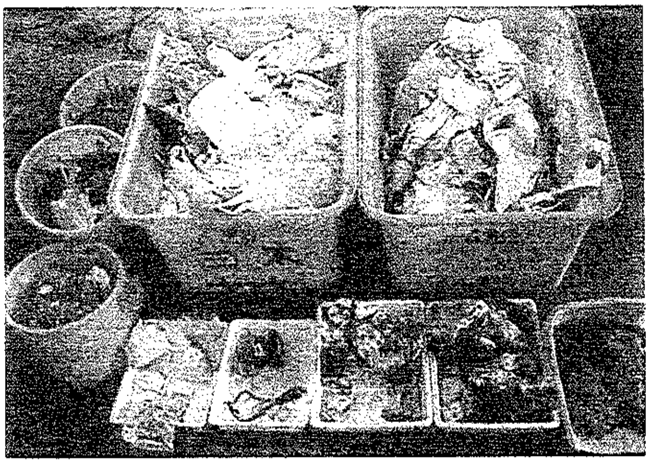


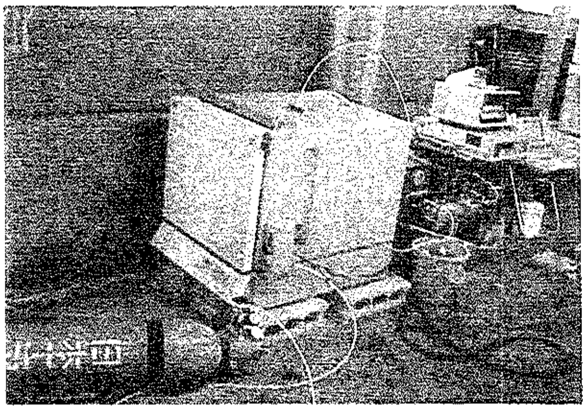
図 2.2-2　加熱試験フロー



送付サンプル（仕分け前）

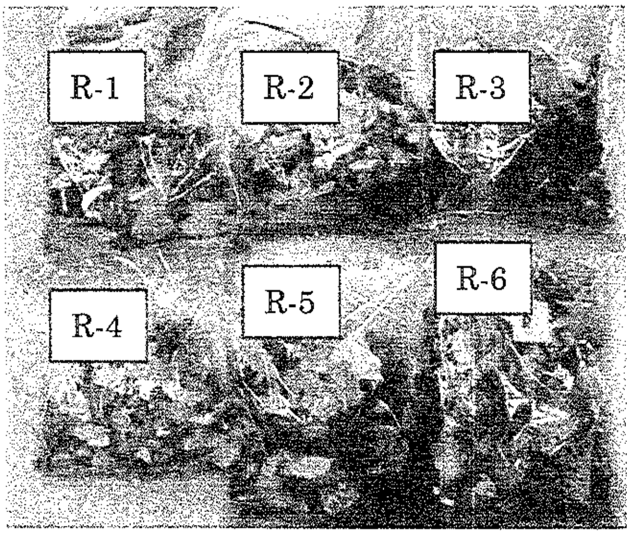


ごみ質調査（仕分け後）



乾燥風景

加熱実験用サンプル



加熱後サンプル

写真 2.2-1　　試料の状況

5) 試験結果

試験では合成空気をマッフル炉に流通させながらごみを加熱しているため、排ガスの酸素濃度は大気と変わらない。このため、排ガス中のダイオキシン類*濃度測定値はすべて酸素濃度換算は行わないで表示する。

(1) ごみ質調査結果

ごみ質の調査結果を表 2.2-2 に示す。

使用したごみは平成 10 年度の予備試験で使用したものに比して、紙、プラスチックは変わらないが、厨芥が少なく木竹の多い組成であった。

表 2.2-2　ごみ質調査結果

	全重量 (g)	湿重量比 (%)	乾重量 (g)	乾重量比 (%)	水分 (%)	ダイオキシン類 (pg-TEQ/g)
紙・セロファン	21,523	40.1	14,300	46.2	33.6	1.2
繊維類	1,219	2.3	746	2.4	38.8	5.1
プラスチック類	8,958	16.8	6,508	21.1	27.4	4.4
ゴム・皮革類	37	0.1	34	0.1	9.1	0.93
木竹わら類	8,855	16.6	4,226	13.7	52.3	6.1
厨芥類	9,728	18.2	2,606	8.4	73.2	0.22
金属類	775	1.5	714	2.3	7.9	
土砂・陶器	976	1.8	850	2.8	12.9	
ガラス	419	0.8	419	1.4	0	
その他（細塵）	947	1.8	493	1.6	48.0	8.5
計	53,437	100.0	30,896	100.0	42.2	2.6

（ダイオキシン濃度は乾燥固形物当たりの濃度）

原料ごみ中のダイオキシン類は細塵、木竹わら、繊維類、プラスチック類、紙・セロファン、ゴム・皮革の順に多く、厨芥中には 0.22pg/g と少なかった。ごみ全体のダイオキシン類平均濃度は 2.6 pg/g であった。

各成分中のダイオキシン類同族体分布を図 2.2-3 および 2.2-4 に示す。

ごみのどの成分でも OCDD が突出して高濃度であるのが特徴的である。

TCDDs は塩素置換数が多いものほど濃度が高く、TCDFs は逆に塩素置換数が多くなるほど低濃度となる傾向が見られる。

プラスチック類やその他の細塵では T4CDDs の比率がやや高かった。

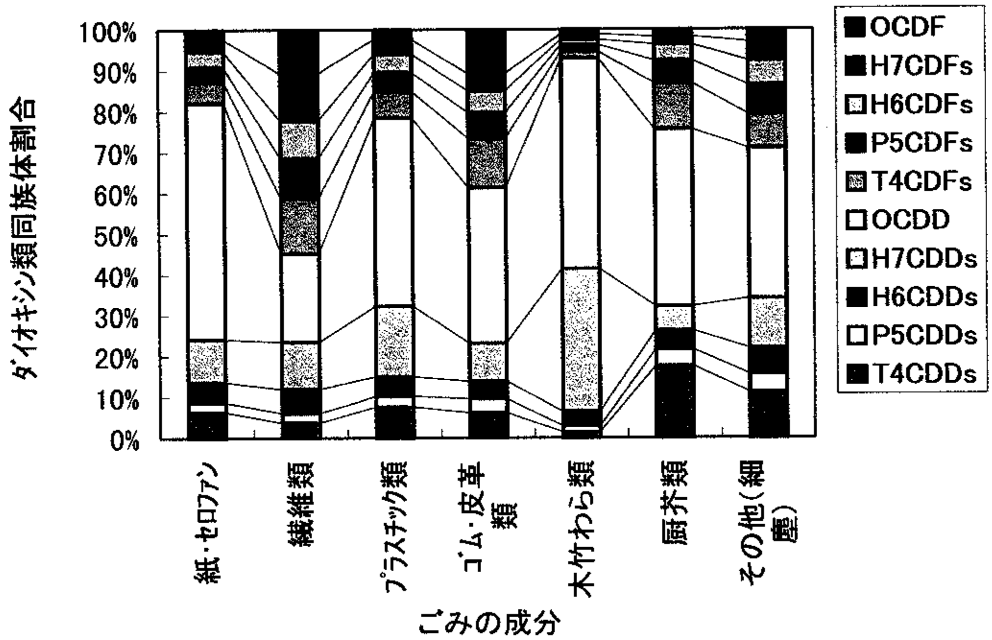


図2.2-3 ごみの各成分ごとのﾀﾞｲｵｷｼﾝ類同族体分布

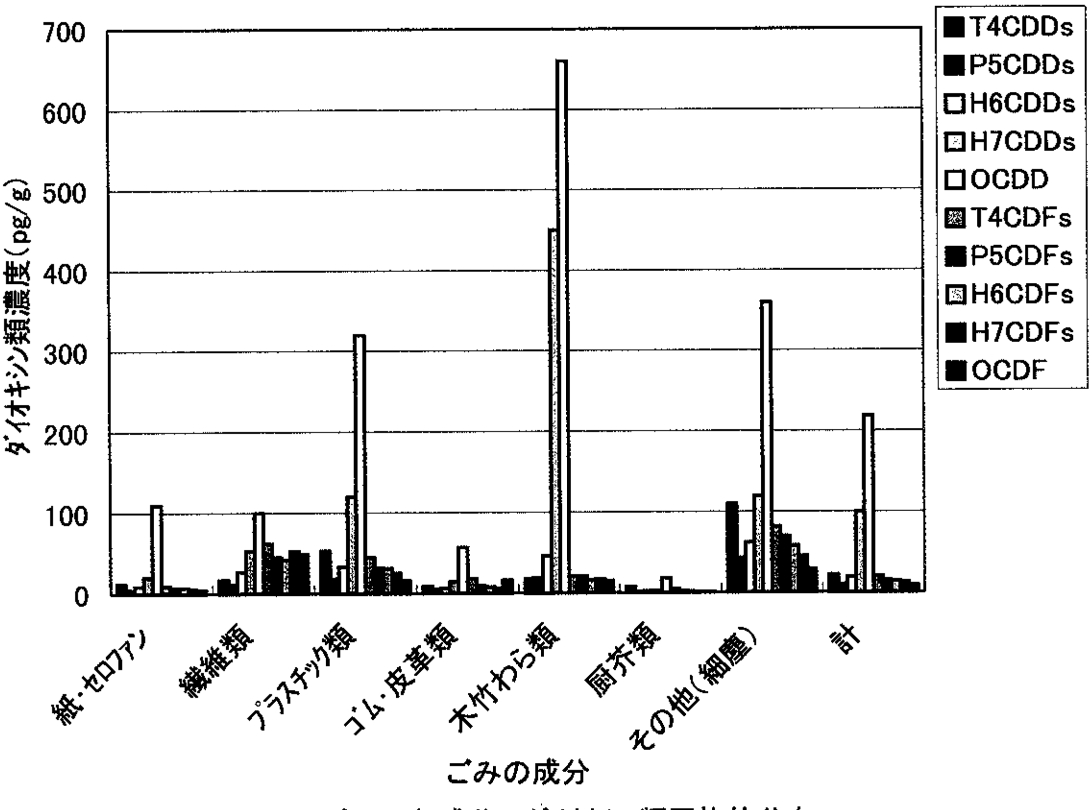


図2.2-4 ごみの各成分のﾀﾞｲｵｷｼﾝ類同族体分布

(2) 加熱試験結果

各 Run の温度、CO 濃度及び重量減少をチャート集に添付する。

各 Run の温度は Run7 のサンプル温度分布測定結果から、サンプル各位置の温度は以下の関係にあり、温度の管理を最高温度（側温）で行なった。

本体センサー位置温度＜サンプル上部温度＜サンプル側温

加熱実験結果の一覧を表 2.2-3 に示す。

① ダイオキシン類の収支

ダイオキシン類の収支を図 2.2-5 に示す。

	pg-TEQ/g			百分比		
	ごみ	排ガス	加熱後試料	ごみ	排ガス	加熱後試料
Run.1	1.6	0.051	1.8	100	3	113
Run.3	2.2	0.064	2.2	100	3	100

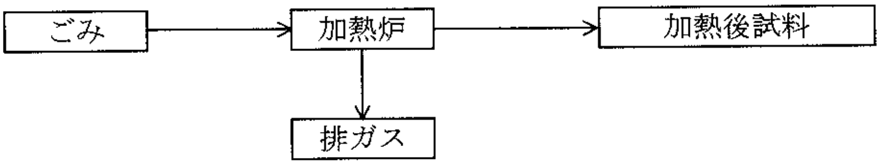


図2.2-5　ごみの加熱におけるダイオキシン類収支

ダイオキシン類の収支で見る限り、ごみ中のダイオキシン類と加熱後の試料においてその量はほとんど差がなく、排ガス中に排出されるダイオキシン類はごみ中ダイオキシン類の 3%にすぎなかった。

② 各因子の影響

図 2.2-6～8 にごみ加熱の最高温度とダイオキシン類排出、CO 発生および HCl 発生の関係を示す。

図 2.2-6 より、ごみを加熱すると加熱温度の上昇とともにダイオキシン類の排出は僅かに増加する傾向が見られる。

同様に図 2.2-7 および図 2.2-8 から加熱温度の上昇とともに HCl 及び CO の発生も増加することがわかる。

プラスチック除去のごみでは、CO の発生は温度依存試験と同程度であるが、HCl の発生が少なくダイオキシン類の排出は多い。

金属除去のごみでは、CO の発生は温度依存試験と同程度であるが、HCl の発生は多くダイオキシン類の排出は少なかった。

消石灰添加のごみでは HCl 及びダイオキシン類の排出が少なかったが、CO 発生も少なく、加熱によるごみの性状変化自体が少なかった可能性がある。

③ コプラナーPCB

表 2.2-3 から次の事が分かる。

a) ごみおよび加熱後試料中のコプラナーPCB は TEQ で PCDDs/PCDFs の 2～3 割程度とやや比率が高いが加熱前後ではほとんど差がみられない。

b) 排ガス中のコプラナーPCB は TEQ で PCDDs/PCDFs の 6～7 割程度におよび焼却排ガスに比べて存在比が高い。

　これらから、ごみ中のコプラナーPCB もダイオキシン類と同様に、加熱前後でほとんど変化せず、ごく一部が揮散しているものと思われる。

④ ダイオキシン類の同族体

図 2.2-9 にごみの加熱試験における原料ごみ、加熱後試料および排ガスのダイオキシン類同族体分布を示す。

ごみ中のダイオキシン類と加熱後試料中のダイオキシン類の同族体分布にはほとんど相違がなく、OCDD が突出しているものが多い。一部には T4CDDs が多いものも見られる。

排ガス中に排出されるダイオキシン類の同族体分布は原料ごみや加熱後試料とは異なり、PCDDs 及び PCDFs ともに低塩素化物が多い。揮散しやすいものが揮散しているようにみえる。これは焼却排ガスのダイオキシン類同族体分布とも異なる。

ダイオキシンと揮発性重金属の蒸気圧の比較を図 2.2-10 に示す。

5) まとめ

ごみの加熱試験により以下の知見を得た。

(1) 乾燥ごみを 1 時間程度の長時間 190℃程度に加熱すると発火することがある。

(2) ごみ中のダイオキシン類と加熱後の試料でダイオキシン類の量はほとんど差がなく、排ガス中に排出されるダイオキシン類はごみ中ダイオキシン類の 3%にすぎなかった。

(3) 加熱最高温度の上昇とともに HCl 及び CO の発生が増加しダイオキシン類の排出も僅かに増加する傾向を示す。

(4) プラスチック除去のごみでは、HCl の発生は少ないがダイオキシン類の排出は多かった。

(5) 金属除去のごみでは、HCl の発生は多いがダイオキシン類の排出は少なかった

(6) 消石灰添加のごみでは HCl 及びダイオキシン類の排出が少なかったが、CO 発生も少なく、加熱自体が不十分であった可能性がある。

(7) 排ガス中に排出されるダイオキシン類は PCDDs 及び PCDFs ともに低塩素化物が多いのが焼却排ガスとは異なる特徴であり、揮散しやすいものが揮散しているようにみえる。

(8) ごみ中のダイオキシン類と加熱後試料中のダイオキシン類の同族体分布にはほとんど相違がなく、OCDD が突出しているものが多く、一部は T4CDDs が多いものもある。

(9) ごみおよび加熱後試料中のコプラナーPCB は TEQ で PCDDs/PCDFs の 2～3 割程度とやや比率が高いが加熱前後ではほとんど差がみられない。

(10) 排ガス中のコプラナーPCB は TEQ で PCDDs/PCDFs の 6～7 割程度におよび焼却排ガスに比べて存在比が高く、新たな生成というより原料ごみからの揮散のように見受けられる

参考文献

1) 平岡正勝編著；廃棄物処理ダイオキシン対策、環境公害新聞社、P. 42, 1993年発行

表2.2-3　試験結果一覧

実験番号	ﾌﾞﾗﾝｸ	R－1	2	3	4	5	6
実験日	11月1日	10月21日	10月28日	10月27日	10月29日	10月30日	10月31日
実験名	ブランク	温度	温度	温度	消石灰5%添加	ﾌﾟﾗｽﾁｯｸ除去	金属・細塵除去
実験条件	175℃	165℃	175℃	185℃	175℃	175℃	175℃
平均温度（℃)	176	164	171	175	172	172	172
(最低-最高)(℃)	171～182	136～170	61～179	30～187	28～178	67～179	73～179
最高温度（℃)	182	170	179	187	178	179	179
CO平均 (ppm)		31	77	104	23	52	73
(最低～最高)(ppm)	——	0～54	0～238	0～248	0～63	0～104	0～202
加熱前重量 (g)		1730	1730	1730	1730	1365	1662
重量減 (g)		118	136	130	43	80	94
HCl総量 (μg)		1800	5000	15000	1500	1700	25000
HCl発生量 (μg/g)		1.04	2.89	8.67	0.87	1.25	15.04
PCDDs (ng)	0.31	4.3	4.7	7.3	2	21	1.1
PCDFs (ng)	0.48	4.3	4.7	9	1.9	7.5	2.4
ﾄｰﾀﾙ (ng)	0.79	8.6	9.4	16	3.9	29	3.5
排ガスDXN (ng-TEQ/m^3)	0.0034	0.026	0.038	0.046	0.016	0.072	0.0072
排ガスco-PCB (ng-TEQ/m^3)	0.0000027		0.023	0.033			
DXN排出総量 (ng-TEQ)	0.0096	0.088	0.089	0.11	0.042	0.19	0.02
DXN排出 (pg-TEQ/g)		0.051	0.051	0.064	0.024	0.139	0.012
原料ごみDXN (pg-TEQ/g)		1.6		2.2			
加熱試料DXN (pg-TEQ/g)		1.8	4.1	2.2	2.3	2.0	3.4
原料ごみco-PCB (pg-TEQ/g)			0.69	0.47			
加熱試料co-PCB (pg-TEQ/g)			0.66	0.52			
排ガス捕集液色調(油層)	無色ほぼ透明	薄い茶色	茶色	やや濃い茶色	薄い茶色	茶色	茶色
残渣の状況	——	全体的に薄く黄変	ﾗｯﾌﾟ、ﾁｮｺﾚｰﾄﾄﾚｰやや溶融	ﾗｯﾌﾟ、ﾁｮｺﾚｰﾄﾄﾚｰ溶融。牛乳ﾊﾟｯｸ、新聞渇変。厨芥少々焦げ有	黄変ほとんど認められず。	新聞・牛乳ﾊﾟｯｸ黄変	ﾗｯﾌﾟ少々溶融。他は少々黄変

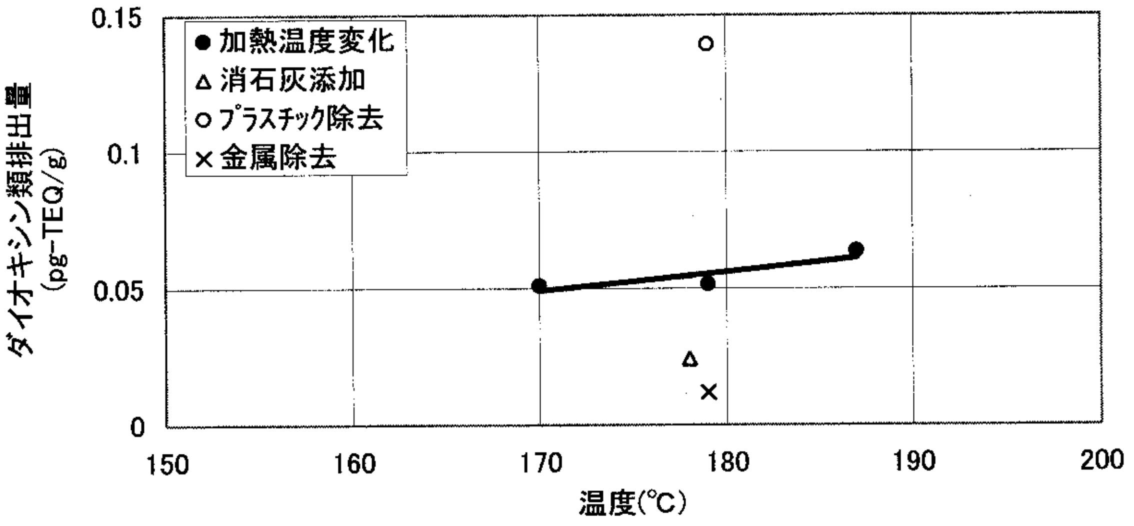


図2.2-6 加熱最高温度とダイオキシン類排出量

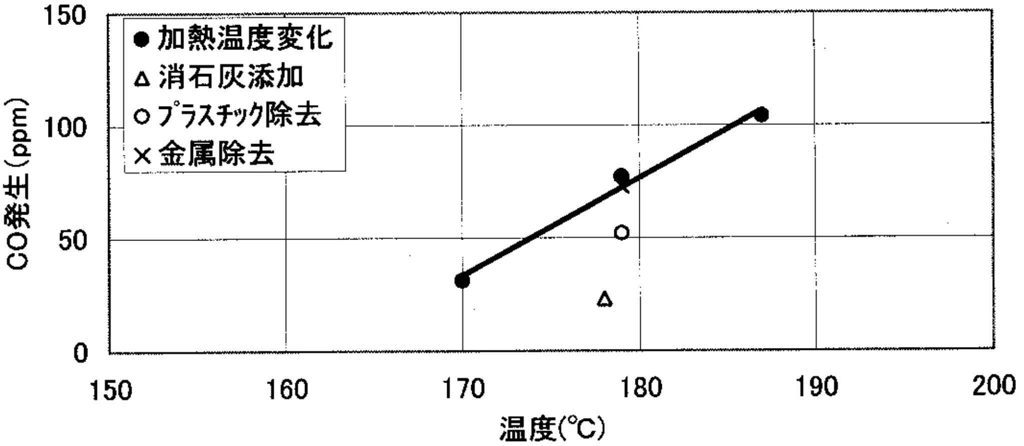


図2.2-7 加熱最高温度とCO発生

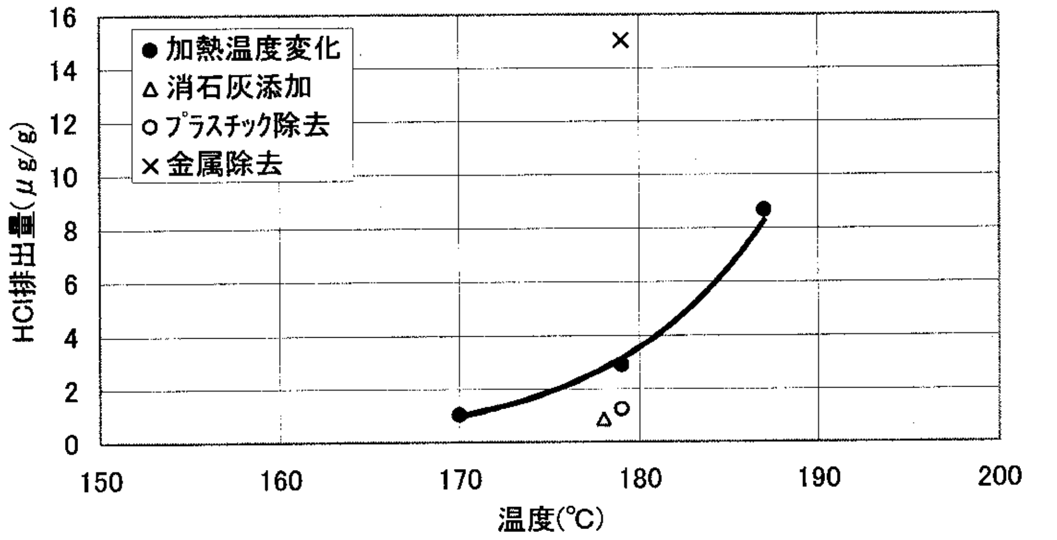
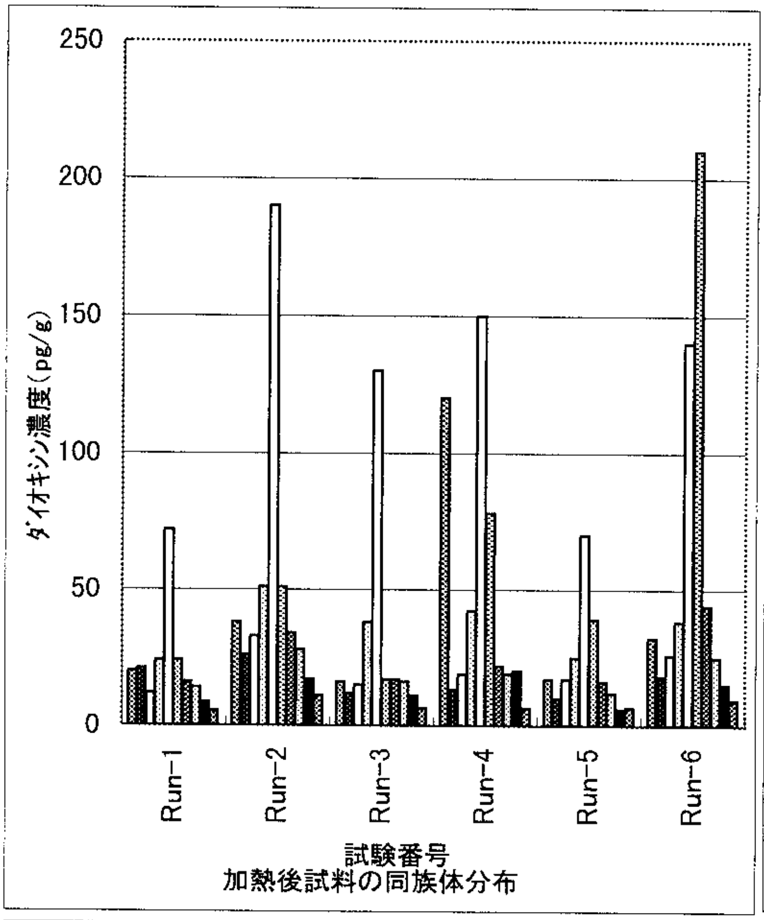
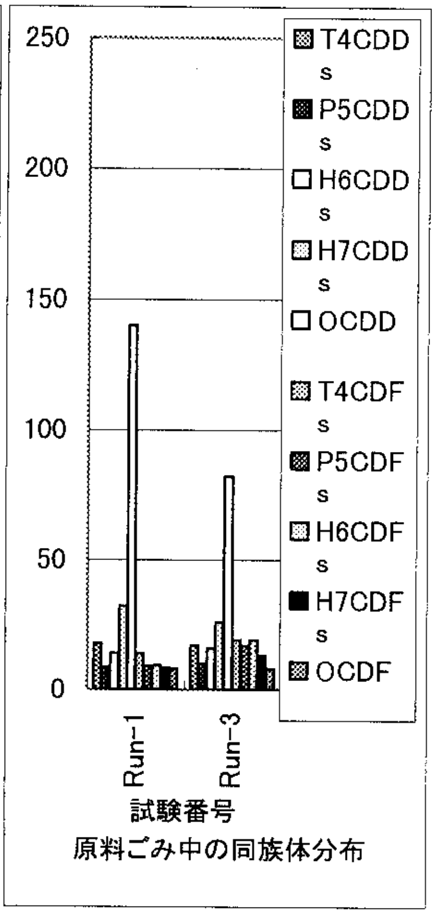


図2.2-8 加熱最高温度とHCl排出量





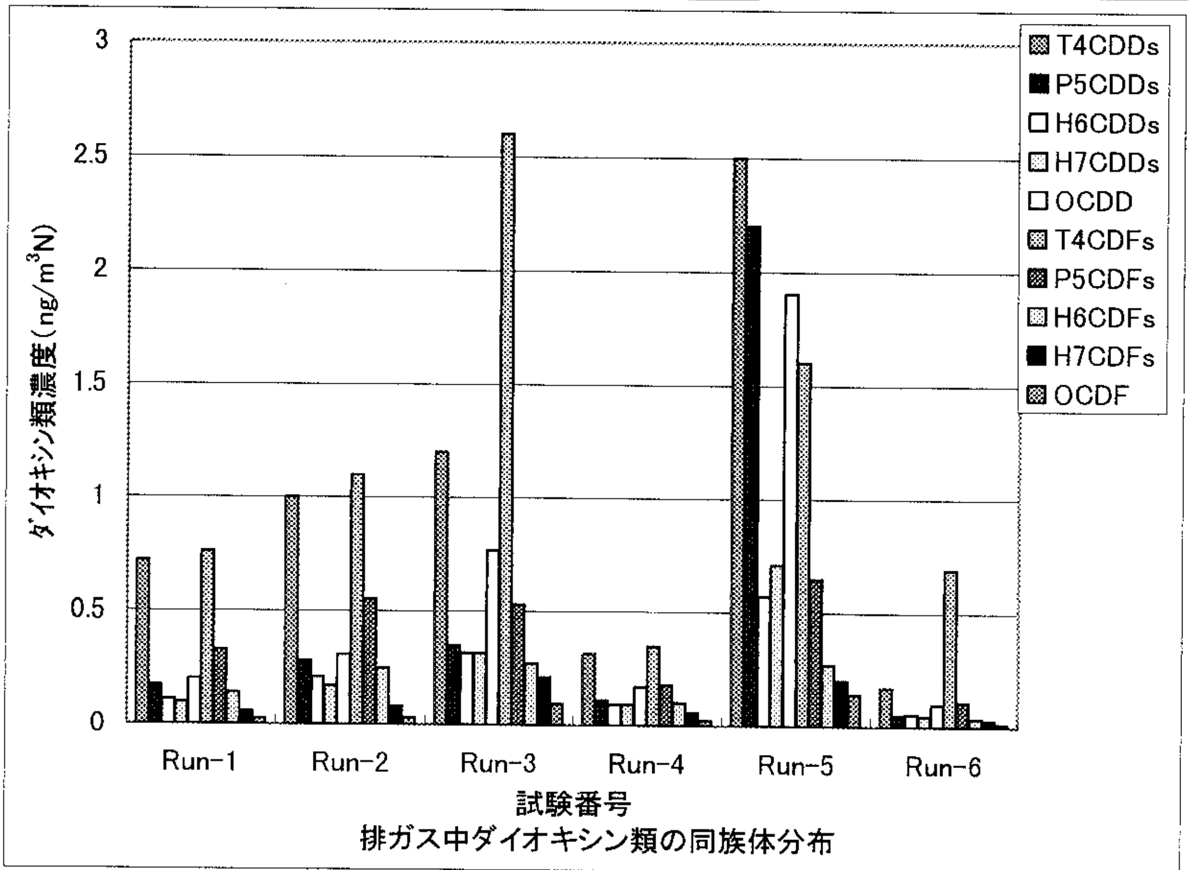


図2.2−9 PCDDs/PCDFsの同族体分布

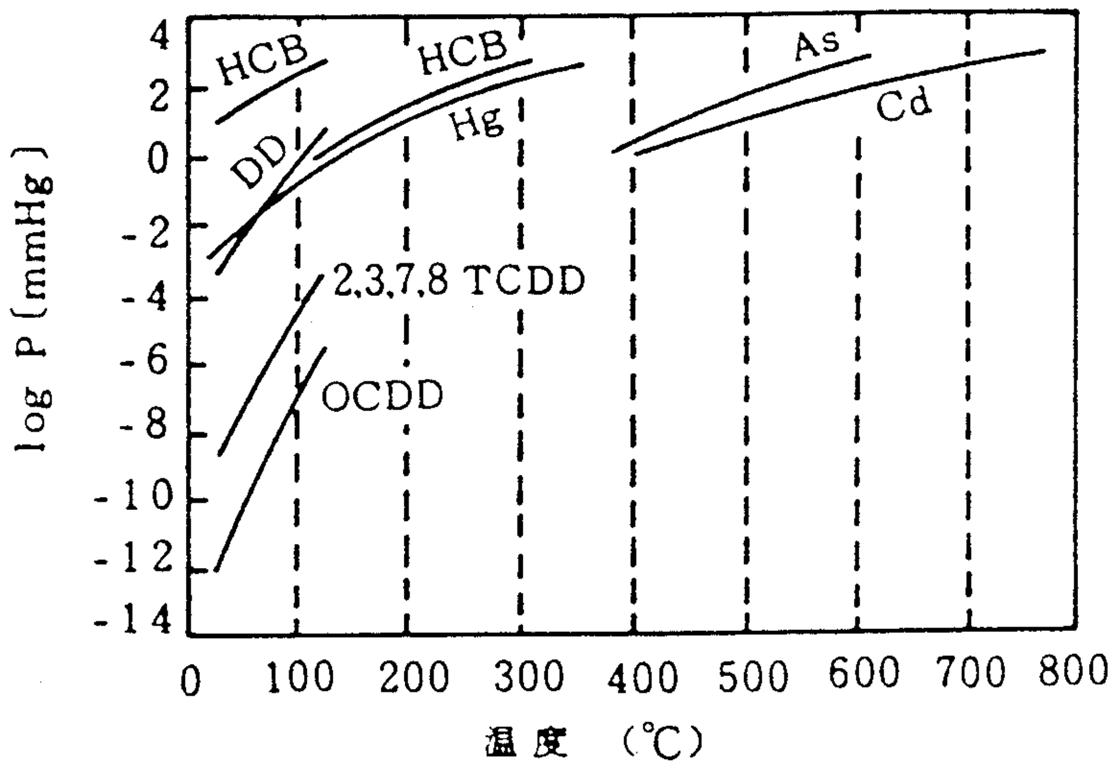
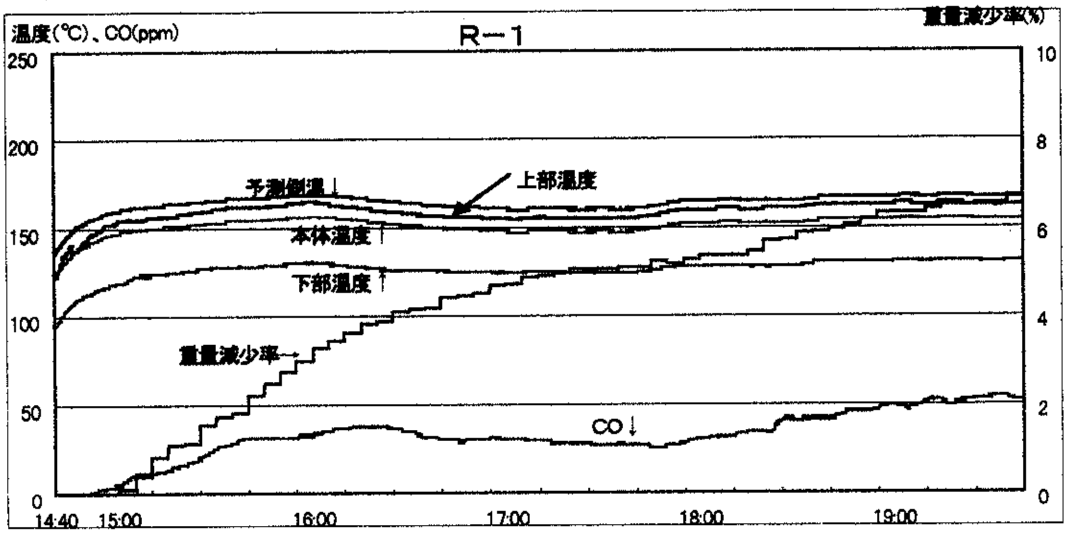
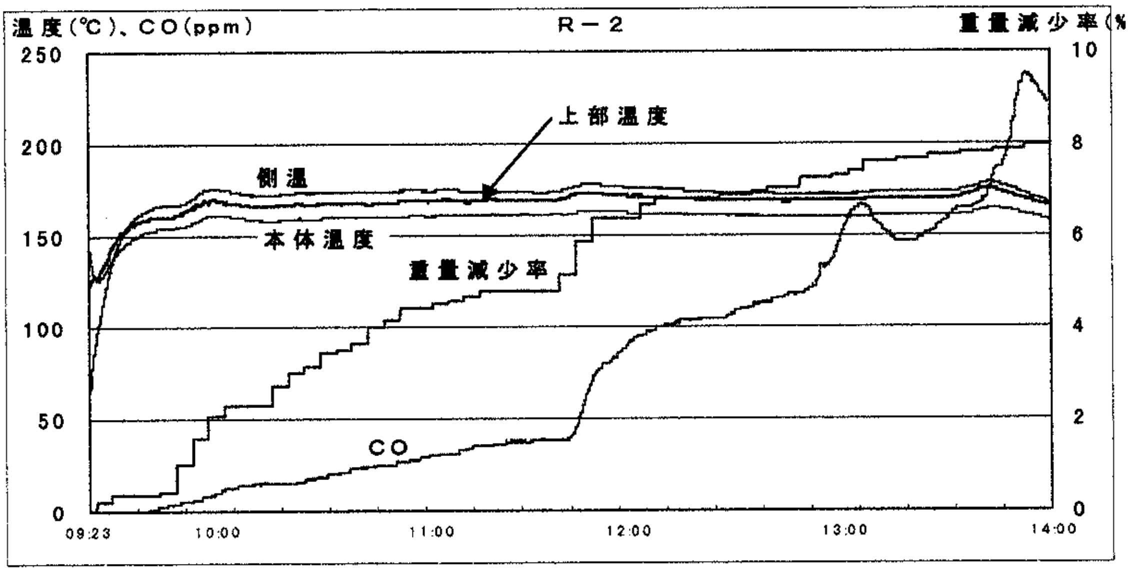


図 2. 2-10 ダイオキシンと揮発性重金属の蒸気圧の比較

チャート集





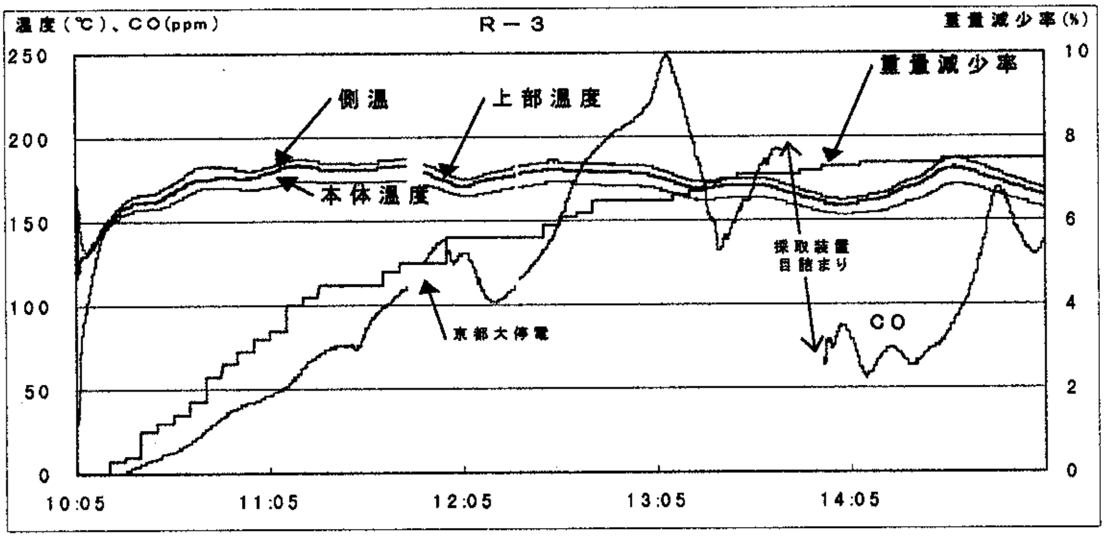


図 加熱試験温度、CO及び重量減少（１／３）