

図 3 - 8 解析手順

表 3-6 各検体ごとの基準化

検体	T ₄ CDDs	P ₅ CDDs	H ₆ CDDs	H ₇ CDDs	O ₈ CDD	T ₄ CDFs	P ₅ CDFs	H ₆ CDFs	H ₇ CDFs	O ₈ CDF
埋立直前の主灰	1.02	1.14	1.76	0.78	1.17	1.98	1.05	0.71	0.30	0.09
埋立直前の飛灰	0.85	1.60	2.68	1.41	1.03	0.53	0.76	0.70	0.33	0.10
使用前の覆土	0.00	0.00	0.00	2.14	8.06	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
ホ-リソグ 焼却残渣・上部	1.62	2.58	4.32	0.84	0.33	0.10	0.09	0.08	0.03	0.01
ホ-リソグ 焼却残渣・下部	0.60	1.13	2.14	1.39	1.27	0.69	1.04	1.03	0.53	0.18
ホ-リソグ 覆土・上部	0.41	0.69	1.25	0.35	7.17	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01
ホ-リソグ 覆土・下部	0.15	0.31	0.59	0.53	7.44	0.20	0.26	0.29	0.17	0.07
処分場内ガス	0.86	1.24	2.45	1.06	3.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
処分場内保有水	0.27	0.41	0.83	0.74	6.59	0.19	0.33	0.34	0.23	0.07
環境大気 上流	0.94	0.39	0.29	0.36	0.67	2.58	0.79	0.00	0.16	0.00
環境大気 下流	1.79	0.59	0.27	0.39	0.79	2.60	0.89	0.00	0.21	0.00
降下ばいじん	0.57	1.03	2.31	2.00	3.07	0.00	0.29	0.00	0.71	0.00
ため池 水	0.10	0.05	0.14	0.48	8.99	0.02	0.04	0.00	0.11	0.07
河川 下流・水	0.08	0.04	0.12	0.44	9.05	0.03	0.07	0.00	0.08	0.08
放流口 上流・水	0.04	0.05	0.16	0.53	8.96	0.02	0.04	0.01	0.09	0.08
ため池 底泥	0.08	0.07	0.09	0.25	9.31	0.04	0.05	0.04	0.04	0.02
下流河川 底泥	0.19	0.06	0.11	0.46	8.77	0.05	0.06	0.08	0.12	0.12
汚泥(第一凝集沈殿槽)	0.75	1.41	2.25	1.49	1.82	0.46	0.64	0.56	0.46	0.16
汚泥(第二凝集沈殿槽)	0.13	0.38	1.51	1.91	2.27	0.08	0.60	1.01	1.33	0.77
雨水(ろ液+残渣)	1.47	0.62	0.85	1.35	3.49	0.16	0.29	0.21	0.71	0.79
浸出水	1.01	1.62	2.20	1.33	1.92	0.41	0.66	0.49	0.28	0.07
処理水	0.00	0.00	0.00	2.45	7.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 3-7 各検体ごとの標準偏差

検体	埋立直前の主灰	埋立直前の飛灰	使用前の覆土	ホ-リソグ 焼却残渣 上部	ホ-リソグ 焼却残渣 下部	ホ-リソグ 覆土・上部	ホ-リソグ 覆土・下部	処分場内ガス	処分場内保有水	環境大気 上流	環境大気 下流	降下ばいじん	ため池 水	河川 下流	放流口 上流	ため池 底泥	下流河川 底泥	汚泥(第一凝集沈殿槽)	汚泥(第二凝集沈殿槽)	雨水(ろ液+残渣)	浸出水	処理水
埋立直前の主灰	0.00	0.64	2.59	1.27	0.53	2.17	2.27	1.23	1.98	0.68	0.69	1.09	2.81	2.83	2.81	2.92	2.74	0.65	1.02	1.15	0.66	2.41
埋立直前の飛灰	0.64	0.00	2.62	0.83	0.32	2.19	2.33	1.05	2.03	1.21	1.23	0.83	2.89	2.91	2.87	3.00	2.82	0.32	0.88	1.15	0.35	2.43
使用前の覆土	2.59	2.62	0.00	3.15	2.49	0.83	0.64	1.73	0.77	2.71	2.73	1.89	0.64	0.66	0.62	0.76	0.61	2.31	2.10	1.70	2.30	0.25
ホ-リソグ 焼却残渣・上部	1.27	0.83	3.15	0.00	1.13	2.61	2.83	1.44	2.54	1.78	1.76	1.37	3.36	3.38	3.35	3.46	3.29	1.05	1.61	1.74	1.01	2.99
ホ-リソグ 焼却残渣・下部	0.53	0.32	2.49	1.13	0.00	2.10	2.20	1.06	1.90	1.07	1.12	0.80	2.76	2.78	2.75	2.87	2.69	0.31	0.67	1.03	0.40	2.30
ホ-リソグ 覆土・上部	2.17	2.19	0.83	2.61	2.10	0.00	0.32	1.21	0.34	2.37	2.38	1.54	0.75	0.77	0.74	0.85	0.69	1.90	1.83	1.38	1.87	0.86
ホ-リソグ 覆土・下部	2.27	2.33	0.64	2.83	2.20	0.32	0.00	1.41	0.31	2.42	2.43	1.68	0.56	0.58	0.55	0.67	0.49	2.03	1.88	1.45	2.01	0.70
処分場内ガス	1.23	1.05	1.73	1.44	1.06	1.21	1.41	0.00	1.12	1.62	1.62	0.50	1.94	1.96	1.92	2.04	1.87	0.80	1.01	0.73	0.75	1.58
処分場内保有水	1.98	2.03	0.77	2.54	1.90	0.34	0.31	1.12	0.00	2.16	2.18	1.38	0.86	0.89	0.85	0.98	0.79	1.73	1.59	1.17	1.71	0.73
環境大気 上流	0.68	1.21	2.71	1.78	1.07	2.37	2.42	1.62	2.16	0.00	0.29	1.50	2.93	2.95	2.92	3.03	2.85	1.18	1.35	1.36	1.19	2.53
環境大気 下流	0.69	1.23	2.73	1.76	1.12	2.38	2.43	1.62	2.18	0.29	0.00	1.53	2.94	2.96	2.94	3.04	2.86	1.20	1.42	1.33	1.19	2.56
降下ばいじん	1.09	0.83	1.89	1.37	0.80	1.54	1.68	0.50	1.38	1.50	1.53	0.00	2.20	2.23	2.19	2.32	2.14	0.55	0.67	0.70	0.58	1.70
ため池 水	2.81	2.89	0.64	3.36	2.76	0.75	0.56	1.94	0.86	2.93	2.94	2.20	0.00	0.00	0.00	0.13	0.09	2.58	2.42	1.96	2.56	0.85
河川 下流・水	2.83	2.91	0.66	3.38	2.78	0.77	0.58	1.96	0.89	2.95	2.96	2.23	0.00	0.00	0.05	0.11	0.11	2.61	2.44	1.99	2.58	0.87
放流口 上流・水	2.81	2.87	0.62	3.35	2.75	0.74	0.55	1.92	0.85	2.92	2.94	2.19	0.00	0.05	0.00	0.15	0.08	2.57	2.40	1.96	2.55	0.83
ため池 底泥	2.92	3.00	0.76	3.46	2.87	0.85	0.67	2.04	0.98	3.03	3.04	2.32	0.13	0.11	0.15	0.00	0.20	2.70	2.54	2.08	2.67	0.98
下流河川 底泥	2.74	2.82	0.61	3.29	2.69	0.69	0.49	1.87	0.79	2.85	2.86	2.14	0.09	0.11	0.08	0.20	0.00	2.52	2.34	1.89	2.49	0.81
汚泥(第一凝集沈殿槽)	0.65	0.32	2.31	1.05	0.31	1.90	2.03	0.80	1.73	1.18	1.20	0.55	2.58	2.61	2.57	2.70	2.52	0.00	0.65	0.86	0.15	2.12
汚泥(第二凝集沈殿槽)	1.02	0.88	2.10	1.61	0.67	1.83	1.88	1.01	1.59	1.35	1.42	0.67	2.42	2.44	2.40	2.54	2.34	0.65	0.00	0.76	0.76	1.90
雨水(ろ液+残渣)	1.15	1.15	1.70	1.74	1.03	1.38	1.45	0.73	1.17	1.36	1.33	0.70	1.96	1.99	1.96	2.08	1.89	0.86	0.76	0.00	0.85	1.52
浸出水	0.66	0.35	2.30	1.01	0.40	1.87	2.01	0.75	1.71	1.19	1.19	0.58	2.56	2.58	2.55	2.67	2.49	0.15	0.76	0.85	0.00	2.12
処理水	2.41	2.43	0.25	2.99	2.30	0.86	0.70	1.58	0.73	2.53	2.56	1.70	0.85	0.87	0.83	0.98	0.81	2.12	1.90	1.52	2.12	0.00

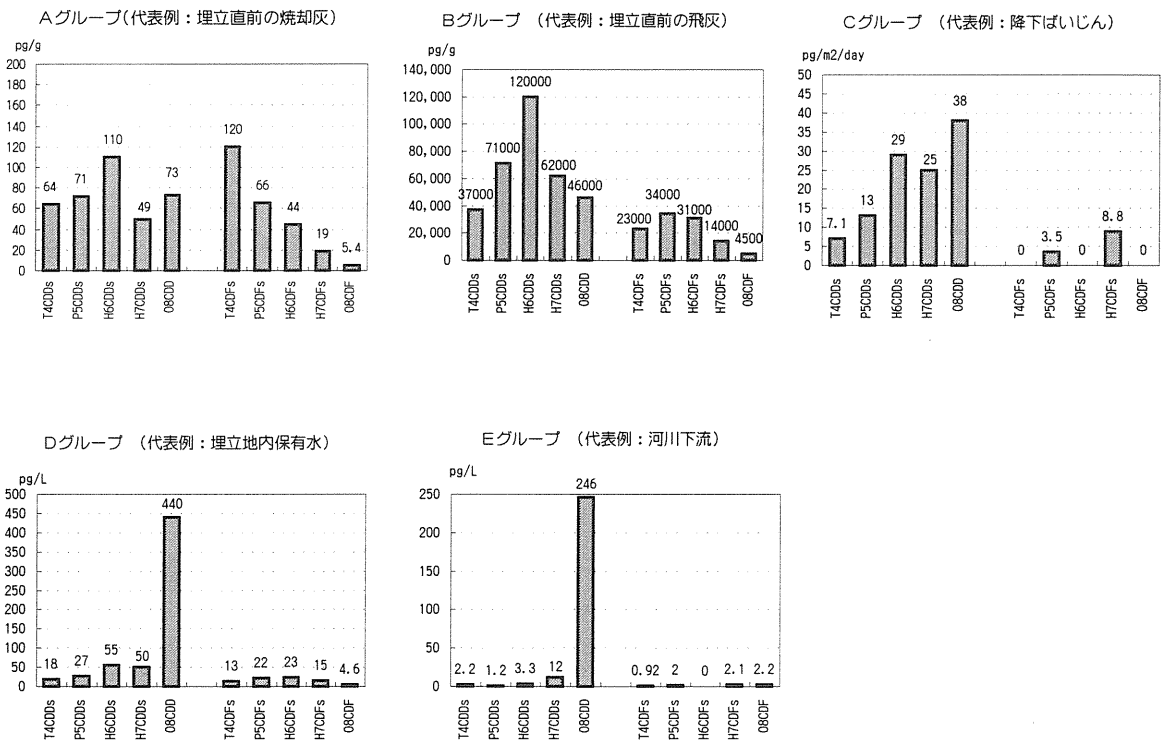
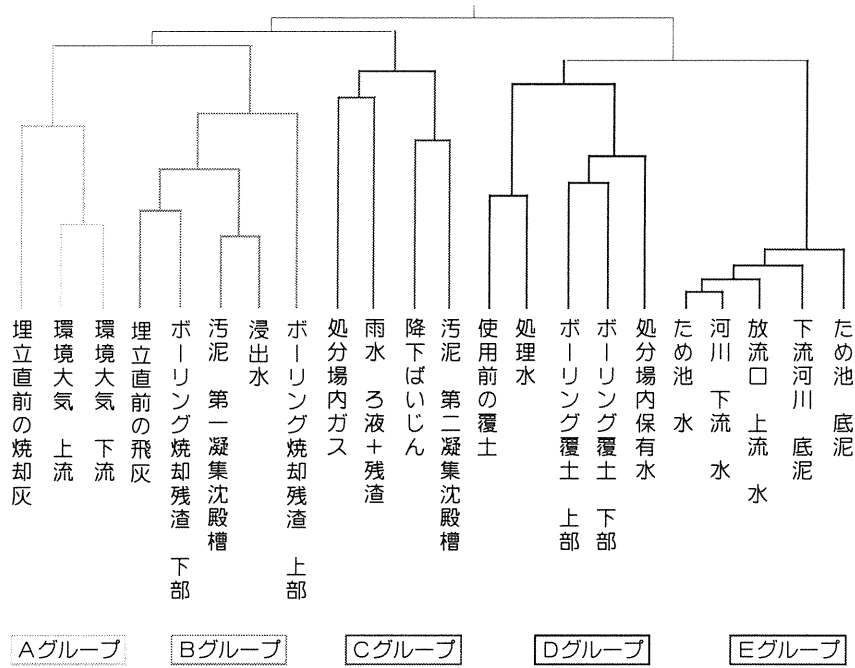


図 3-9 クラスタ分析樹形図 (5グループ化)

以上の分析から、つぎのことが推定できる。

- ① A, B, CグループとD, Eグループは、明らかに分布パターンが異なる。前者は、飛灰や焼却灰のパターンを典型とする焼却由来型であり、後者は、覆土、環境水を典型とする 0_8 CDDが卓越するパターンで、焼却由来型とは異なる同族体分布パターンを持つグループである。
- ② 前者(A, B, C)も詳細にみると、焼却灰を典型とするAグループ、飛灰を典型とするBグループ、いずれも属さないCグループとに区分できる。環境大気中のダイオキシン類は、処分量が多い焼却灰に類似したパターンを持つ。埋立地内の灰や浸出水などは、ダイオキシン類持ち込み量が圧倒的に多い飛灰に類似したパターンを持つ。
- ③ 後者(D, E)は、 0_8 CDDの構成比からD, Eの2つのグループに区分される。
Dグループは覆土を典型としているが、グループ内の濃度差は大きく、結果的に1つのグループに結ばれた可能性が強い。
Eグループは焼却起源以外の要因によるダイオキシン類が考えられるもので、最終処分場周辺環境のダイオキシン類が処分場に搬入された焼却残渣からもたらされたもののみとは限らないことが示唆される。

3) 今後の課題

本調査により、最終処分場を中心としたダイオキシン類のマスフローに関する収支の目安が得られた。また、最終処分場周辺環境中のダイオキシン類分布特性の例が明らかにされた。

今後、以下の事項に関して、さらに精査を行い、ダイオキシン類収支および周辺環境への影響を明らかにしていく必要がある。

1) 分析サンプルの代表性検証

- ①埋立層灰の未分析試料(4層)の分析
- ②焼却灰・飛灰の分離分析。焼却ごみ質の変動に合わせて2回実施。
- ③孔内水試料の追加分析
- ④持ち込み汚泥(水処理施設)の追加分析(脱水汚泥、分離水)
- ⑤浸出水試料の追加分析

2) 物質収支量の調査

- ①孔内水の水収支調査の実施(保有水量の推定)。

3) ダイオキシン類飛散状況の把握

- ①灰ダンピング時、乾燥時の灰の飛散特性(量、粒径、拡散特性)の解析。粒径別ダイオキシン類量の分析。
- ②数値解析または数値シミュレーションによる定量化モデルの作成。

3-4 まとめ

本調査により、以下のことが明らかとなった。

[最終処分場を中心とするダイオキシン類の収支]

- ① 中都市の焼却残渣等用最終処分場の事例として、当該最終処分場においては、ダイオキシン類は焼却灰、飛灰、覆土、雨水、降下ばいじんを媒体として持ち込まれている。飛灰を通じて持ち込まれる量が 99.66% (毒性等量ベース) と圧倒的に多い。
- ② ダイオキシン類の持ち込み量 (39.632g-TEQ) と貯留・保管量 (35.453～54.224g-TEQ) は、概ね同じオーダーであった。
- ③ ダイオキシン類の持ち出し量は、浸出水と発生ガスを媒体としており、浸出水による持ち出しがほとんどである。なお、飛散による持ち出しは、調査されておらず、今後の検討課題である。
- ④ 持ち込み量が、持ち出し量の 0.0006% (毒性等量ベース) とわずかであること、持ち込み量と貯留・保管量がオーダー的に一致することから、最終処分場に持ち込まれたダイオキシン類のほとんどが、そのまま最終処分場内に留まっていると推定できる。

[最終処分場周辺環境中のダイオキシン類分布]

- ① 当該最終処分場周辺環境 (大気・水質・底質) において、いずれの検体からもダイオキシン類が検出された。環境中のダイオキシン類は濃度として、大きな問題のあるものではなかった。河川水中のダイオキシン類濃度はやや高い傾向にあったが、最終処分場放流点との位置関係から両者の関連は小さいと考えられた。
- ② 最終処分場で検出されたダイオキシン類を含めて同族体分布パターンの解析を行ったところ、最終処分場との関連が示唆されたものとして、環境大気があげられた。しかし、環境大気中のダイオキシン類濃度は極めて低いものであった。

第4章 大型埋立模型槽によるダイオキシン類挙動調査（挙動部会B）

4-1. 調査概要

1) 調査目的

わが国では一般廃棄物及び産業廃棄物の焼却がダイオキシン類の環境への負荷の主要な起源となっている。このため厚生省は平成9年8月の政省令改正によって焼却施設に対する基準の強化を行い、以後焼却施設から大気環境へ放出されるダイオキシン類は徐々に低減されつつある。しかし一方で、焼却によって生じたダイオキシン類は飛灰や焼却灰といった焼却残渣中に残存しており、これらを処分する最終処分場への負荷が増大することも考えられる。このため本委員会では昨年度から最終処分場でのダイオキシン類対策にかかわる調査研究を開始し、既に全国のいくつかの処分場浸出水の実態調査を実施した。調査の結果、少なくとも処理水については問題になるような高濃度のダイオキシン類は認められず、原水についても処分場によるバラツキはあるものの当初の予想を下回る濃度がほとんどであった。しかし、焼却残渣中のダイオキシン類濃度と処分量を考慮すると、処分場に相当量のダイオキシン類が存在すると考えられる。従って、将来にわたってダイオキシン類が安全に隔離保管されるかどうかを評価するためには、処分場内でのダイオキシン類の挙動に係わる知見を蓄積する必要がある。

処分場内での物質の挙動を調べる方法としては、実験室レベルからフィールドレベルまでいくつかの方法が考えられるが、最も現実的な方法としては実際の処分場を模擬した模型槽による実験がある。本調査では実際の処分場を模擬できる規模の大型模型槽を使用して、処分場内でのダイオキシン類の挙動に係わる知見を得るための実験を実施した。

2) 調査方法

最終処分場におけるダイオキシン類の挙動特性を検討するため、表4-1に示した埋立実験条件を設定した。大型模型槽は図4-1に示した2基を設け、その特徴はNo.1が従来の準好気性埋立、No.2は流出した浸出水を再度埋立地に循環することで埋立槽内で有機物やダイオキシン類の分解促進を図る循環式準好気性埋立とした。両槽とも覆土層として真砂土（厚さ20cm）を充填し、槽中央部には砂利を充填した直径20cmの循環柵を設置した。

実験に用いた廃棄物は焼却灰、飛灰及び破碎不燃物を混合調整したもので、1槽当たり3.76t（湿潤状態）を充填した。混合比は焼却灰:飛灰:破碎不燃物=6:2:2（湿潤状態）に設定したが、これは実際の処分場における埋立比率に比べて飛灰量が多い充填比率となっている。混合は総量15.04tをまとめて重機で行い、コンテナバックとトラックスケール（最小目盛0.01t）を用いて各3.76tを計量して模型槽に充填した。

模型槽に廃棄物を充填した後、上部をビニールシートで覆い雨水浸入を防止した状態で、約2週間廃棄物層の安定化を行った。その後ビニールシートを取り去り、自然降雨条件下で雨水を浸入させ、浸出水の採取を開始した。循環式準好気性埋立の模型槽であるNo.2は、浸出水のうちダイオキシン類等の分析に必要な量を定期的に分取し、残った浸出水を予測される1日当たり浸出水量の5倍量（5Q, 20L/day）の速度で模型槽に循環させた。

分析用の浸出水の採取は1～2ヶ月の間隔で実施し、ダイオキシン類、一般水質項目、重金属等の分析を行った。併せて、雨水及び充填物のダイオキシン類測定、埋立層の温度

変化の測定なども実施した。

一連の実験内容と実施期日を表 4-2 に示す。

表 4-1 埋立実験条件

実験槽 No.		No. 1	No. 2
埋立構造		準好気性	循環式準好気性
埋立廃棄物		調整ごみ (焼却灰 : 飛灰 : 破碎不燃物 = 6 : 2 : 2)	
充填廃棄物重量 (t)		3.76 t (焼却灰 2.26t, 飛灰 0.75t, 破碎不燃物 0.75t)	
単位体積重量 (t/m^3)		1.25	
覆土材	真砂土充填量 (kg)	220	
	々単位体積重量 (t/m^3)	1.4	
降雨条件		自然降雨	
循環水量 (L)		0	5Q=20/day (14ml/min)

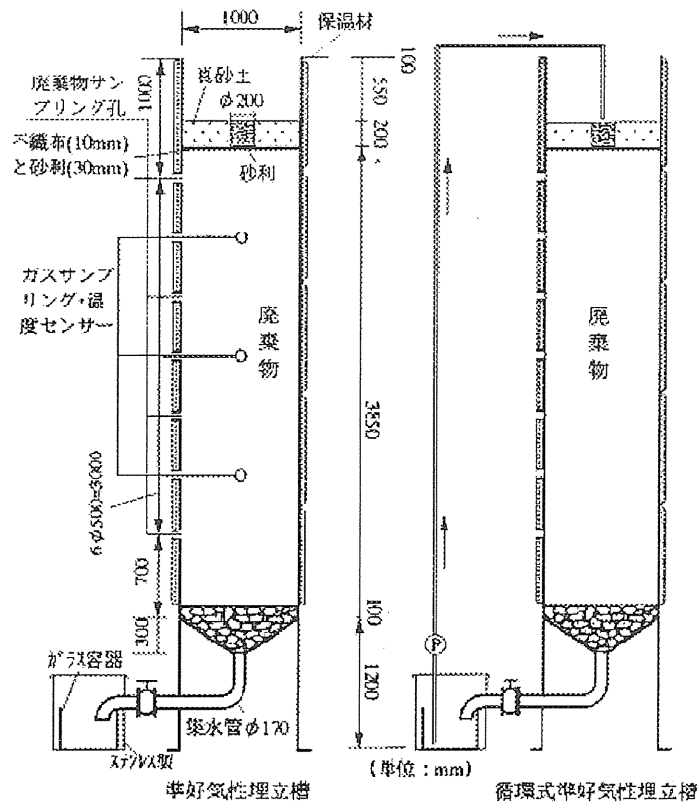


図4-1 大型埋立模型槽

表 4-2 実験内容と実施期日

実験内容	実施期日	備考
混合廃棄物の調整	平成 10 年 7 月 9 日	
模型槽への廃棄物充填	平成 10 年 7 月 15 日	29 日まで雨水浸入無し
自然降雨条件下での実験開始	平成 10 年 7 月 29 日	
1 回目浸出水採取	平成 10 年 9 月 1 日	
2 回目浸出水採取	平成 10 年 10 月 16 日	
3 回目浸出水採取	平成 10 年 11 月 12 日	
4 回目浸出水採取	平成 11 年 3 月 8 日	
5 回目浸出水採取	平成 11 年 5 月	
1 回目雨水採取	平成 10 年 7 月 15 日	
2 回目雨水採取	平成 10 年 9 月 24 日	
3 回目雨水採取	平成 10 年 11 月 16 日	午前・午後の 2 回採取
4 回目雨水採取	平成 11 年 1 月 23 日	

4-2. 調査結果

1) 浸出水量及び調査期間中の降雨状況

実験開始以降の埋立模型槽からの浸出水量及び累積浸出水量を表 4-3 及び図 4-2 に示す。併せて、現地気象台で観測された日降水量と月間降水量の経時変化を図 4-3 及び図 4-4 に示す。模型槽からの浸出水量は降雨量に依存するが、実験期間中の福岡市の降雨量は平年に比べるとやや少ない傾向があり、特に平成 10 年 11 月中旬以降はまとまった降雨がほとんど観測されなかった。従って、第 3 回目の浸出水採取から 4 回目の採取までは約 4 ヶ月を要した。以上の降雨状況から、平成 11 年 3 月までに合計 4 期間分の浸出水を採取した。なお、No.2 模型槽では浸出水から分析に供する量を抜き取り、残りはポンプを用いて模型槽へ循環させた。浸出水量が少ない場合は循環を停止したので、実験期間中常時循環していたわけではない。

表 4-3 浸出水量(単位 L)の変化

模型槽	期 間			
	7/29~9/1	9/1~10/16	10/16~11/12	11/12~3/8
No.1	21.35	26.73	58.00	5.80
No.2	30.86 0.00	13.17 11.17	40.00 15.00	38.20 15.00

* No.2 模型槽の下段は浸出水のうち模型槽への循環に供した量を示す。

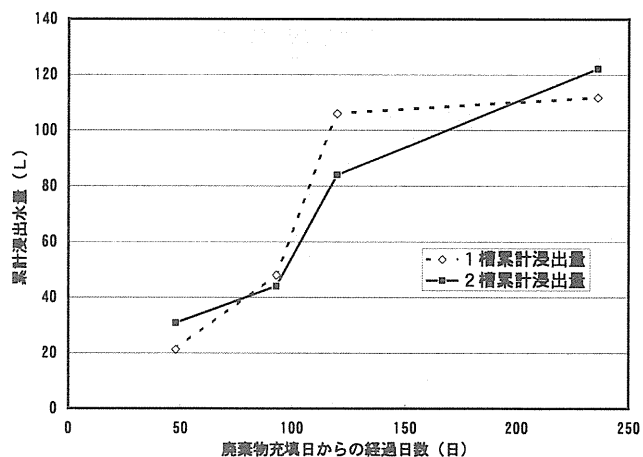


図4-2 埋立模型槽からの浸出水累計量

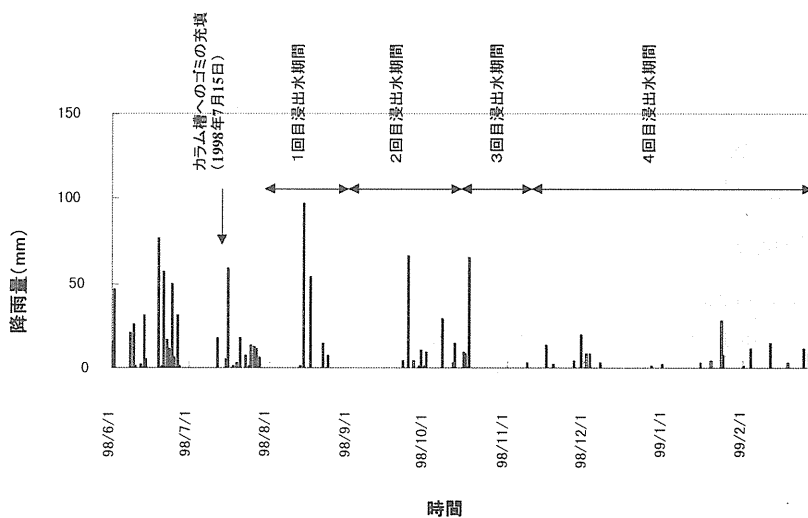


図4-3 実験場所の日降雨量の推移 (気象台調べ)

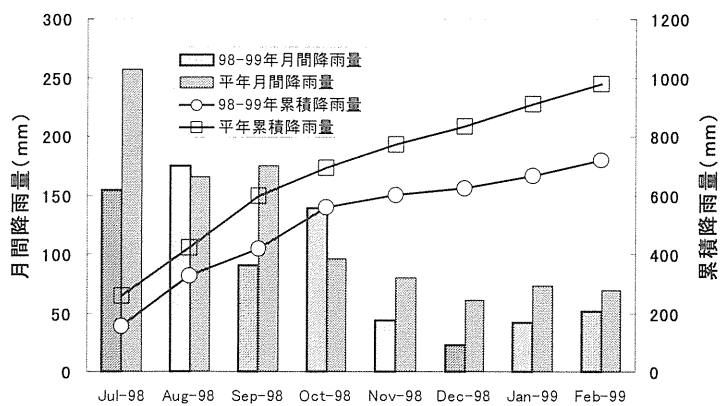


図4-4 実験場所の月間降雨量(気象台調べ)

2) 模型槽内温度と外気温の変化

図 4-5 に埋立模型槽内の温度と外気温の経時変化を示した。模型槽内の温度計は槽中央部に設置したが、No.1 及び No.2 と同様の経時変化を示した。埋立後 40 日経過時点では 5~7℃の温度差で槽内温度が高く、埋立 80 日経過頃まで温度差が認められた。このことから、埋立初期には廃棄物中の有機物の分解に伴う発酵熱が生じ、このため槽内外に温度差が生じたと考えられる。

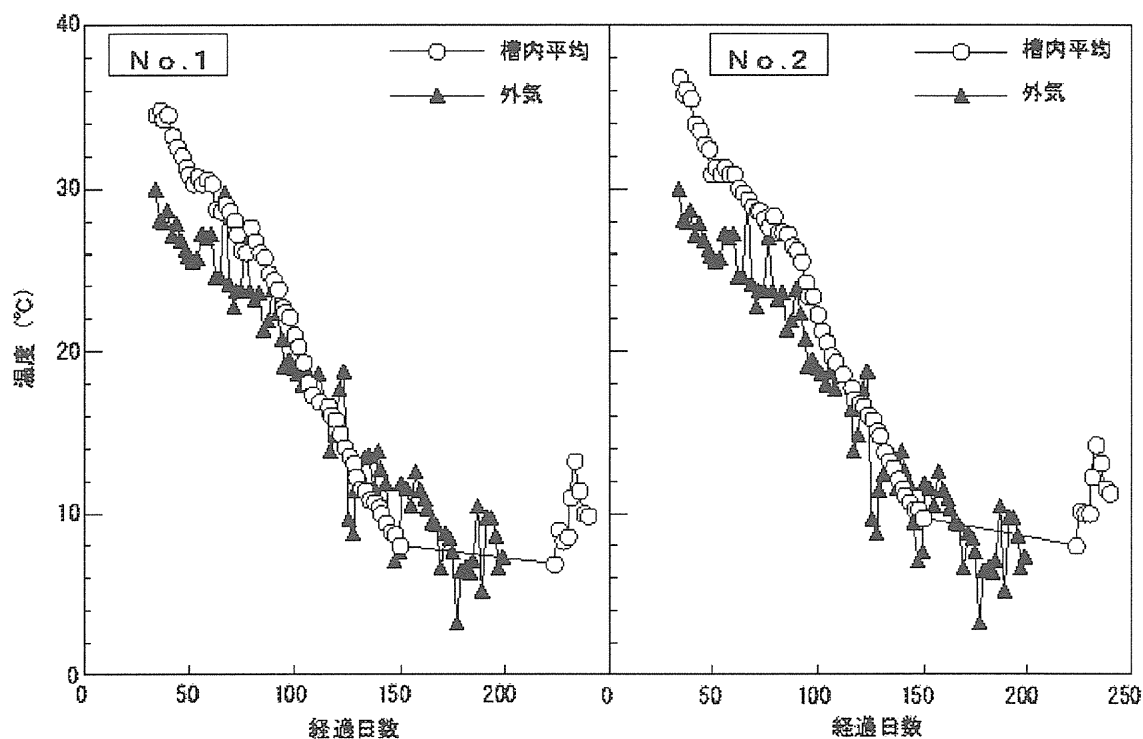


図4-5 大型埋立模型槽内温度及び外気温の経時変化

3) 浸出水の一般項目の分析結果

浸出水中の塩素イオンの濃度変化を図 4-6 に示す。浸出水中の塩素イオン濃度は 60000~120000mg/L の範囲で変化したが、濃度変化は浸出水量または降雨量に関係していると思われ、全体として継続的に塩素イオンが流出している。これまでの塩素イオンの流出量は No.1 及び No.2 槽とも 10kg 以上にものぼる。大量の塩素イオンが流出していることは対イオンとしての陽イオンもまた流出していることを示しており、模型槽からは継続的に無機イオンが流出することを示している。このことは、図 4-7 に示した浸出水中の鉄イオンの濃度変化が塩素イオンのそれと類似していることから窺える。

図 4-8 には浸出水の pH 及び酸化還元電位 (ORP) の変化を示した。pH は廃棄物充填後 120 日の時点で一旦中性付近に回復しているが、全体としては酸性領域であり、特に埋立初期の低下傾向が顕著である。ORP はどの時期も 200mV 以上で、200 日経過後はさらに高くなっている。pH-ORP ダイアグラムから判断すると、鉄はこのような ORP と pH

の領域では Fe^{2+} の化学形が支配的であり、 $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeOH}^{2+} + \text{H}^+ + \text{e}^-$ などの化学反応によって水素イオン濃度の上昇 (pH 低下) が起きると考えられる。従って、鉄などの金属イオンの流出が続く間は、言い換えると塩素イオンの高濃度が継続する間 pH は酸性領域で推移すると思われる。

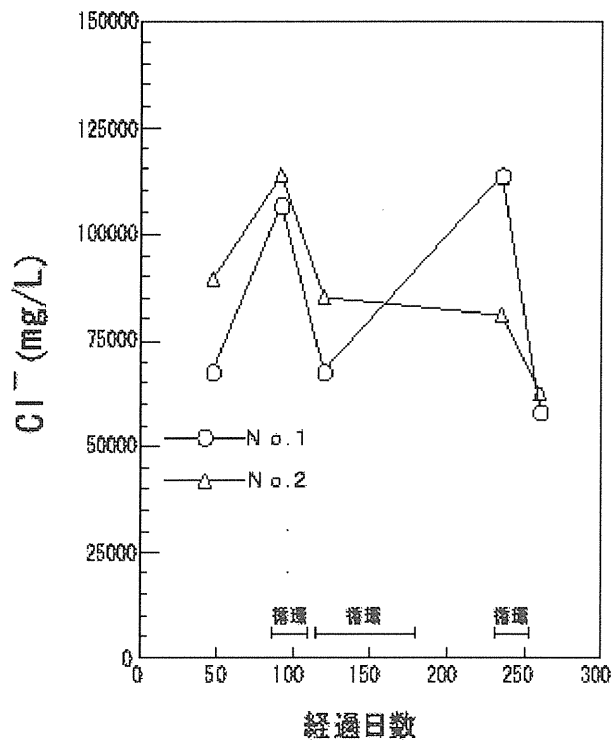


図4-6 浸出水中の塩素イオン濃度の経時変化

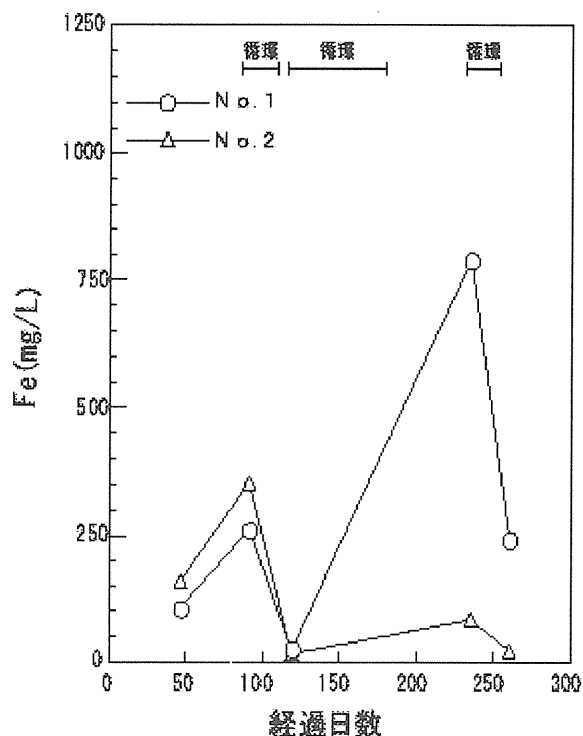


図4-7 浸出水中の鉄濃度の経時変化

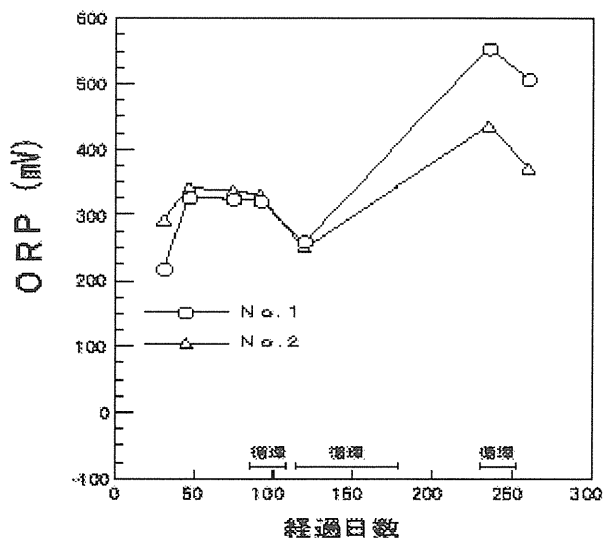
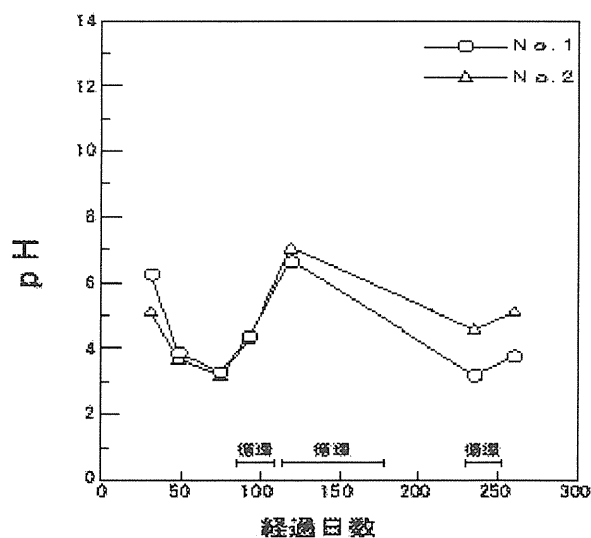


図4-8 浸出水のpHとORPの経時変化

図 4-9 及び図 4-10 に浸出水中の BOD 及び窒素 (T-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$) 濃度の経時変化を示す。BOD は No.1 及び No.2 槽とも埋立直後は高濃度であったが次第に減少し、200 日経過以後は 25mg/L 以下になっている。T-N は 100 日経過時点までは 100mg/L 以上であったが、それ以後は概ね 50~80mg/L の範囲である。 $\text{NO}_3\text{-N}$ は低濃度であるが実験期間中増加の傾向があるので、模型槽内で一部硝化反応が進んでいることも考えられる。T-N と $\text{NH}_4\text{-N}$ の差は有機態窒素とも考えられるが、埋立 100 日経過以降はこの差がほとんど無いことは、外気温と槽内温度の差から示唆されたように有機物の分解がこの時点までにほとんど終了したと思われる。同様に BOD の急激な減少もこれに関連していると考えられる。図中棒線で No.2 槽での浸出水循環期間を示しているが、No.1 と比較して BOD、窒素とも循環による顕著な変化は認められなかった。

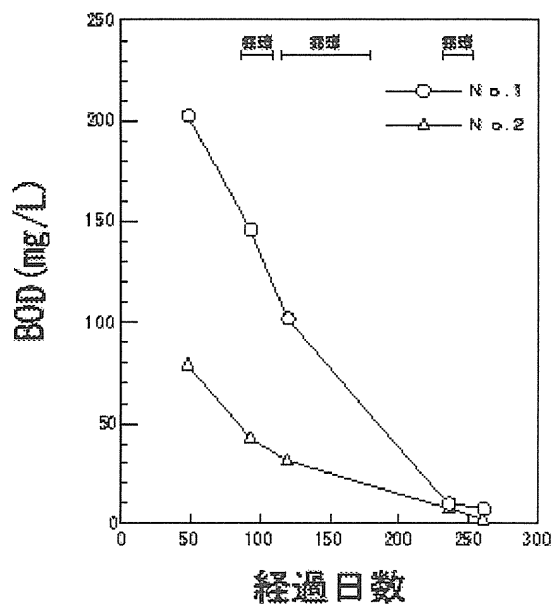


図4-9 浸出水中のBODの経時変化

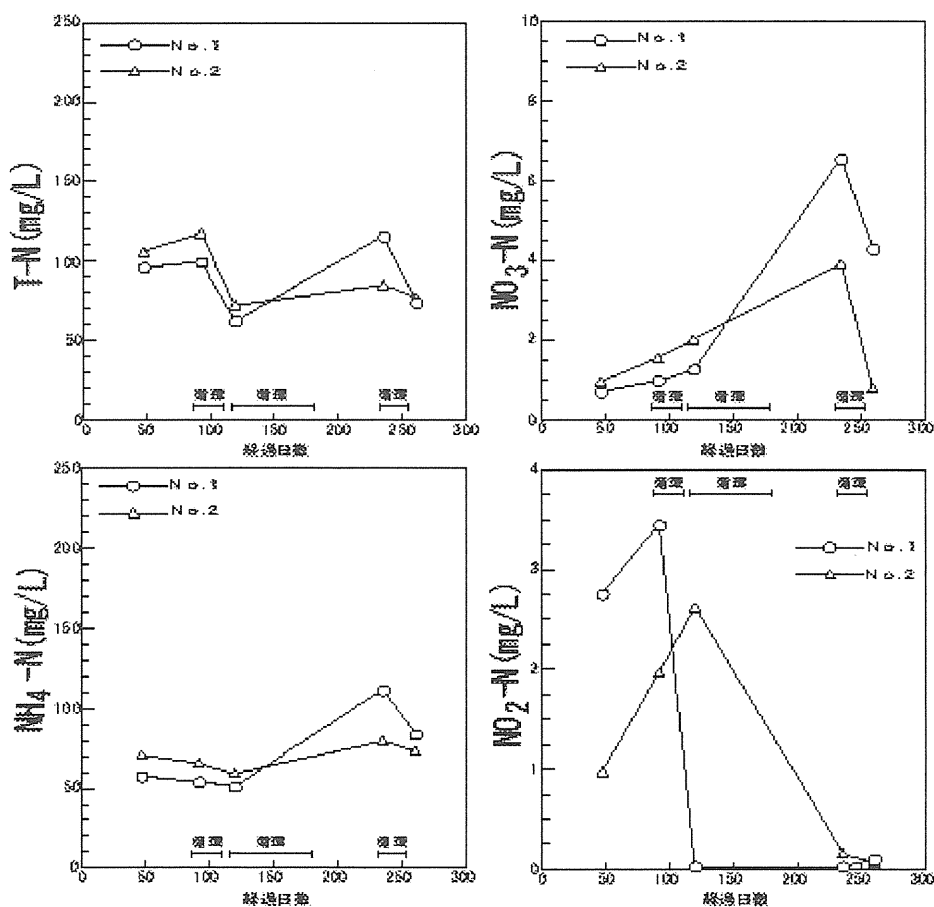


図4-10 浸出水中の窒素の経時変化

図 4-11 に浸出水の SS の経時変化を示す。No.1 及び No.2 模型槽とも埋立後 900mg/L 前後で推移したが、1998 年 11 月から 1999 年 3 月の間の浸出水は両模型槽とも SS 濃度が急に上昇した。これはこの間の小雨と関係していると思われる。従って、図に見られるように SS の累積流出量は濃度の上昇ほど急激に上昇しておらず、No.1 模型槽においては浸出水量が極端に少なかったため累積流出量はほとんど増加しなかった。

別途行った 0.45 μ m メンブランフィルターを用いた浸出水の金属の形態別分析では、埋立直後は粒子性の Ca、Na、K が多く、その後は粒子性の Fe が増加した。このことから、埋立直後は充填した焼却残渣の微粒子が SS として流出したが、その後は浸出水中の Fe が水酸化物となって SS の増加に寄与したと思われる。浸出水は量が少ないため浸出後暫く容器内で放置されるが、この間に水酸化物の生成が促進されることも一つの理由であろう。

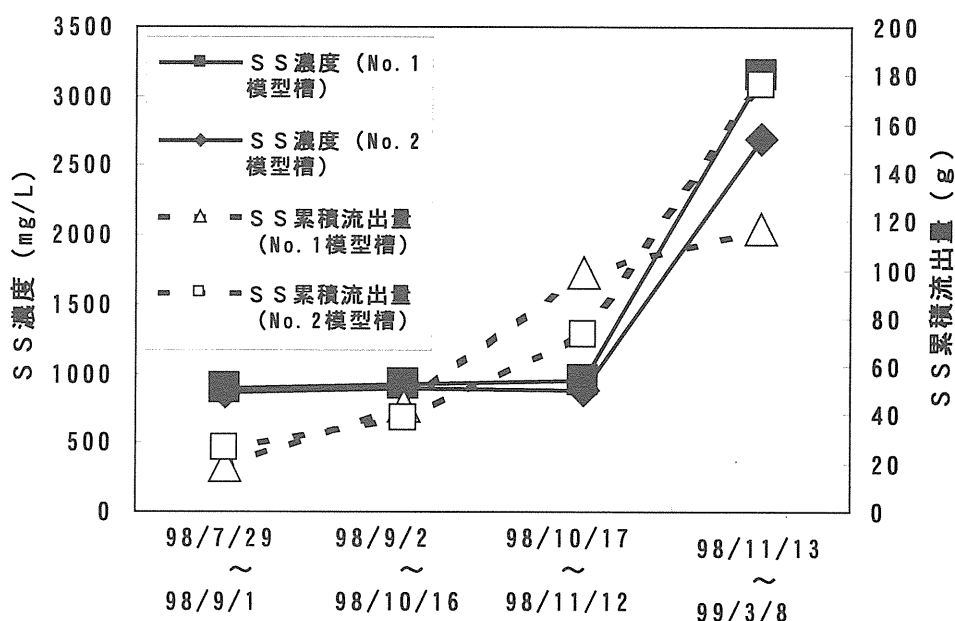


図4-11 浸出水のSS

図 4-12 に浸出水中の Cd、Pb 及び Zn 濃度の経時変化を示す。分析は、浸出水を直接分析したものと 0.45 μ m のメンブランフィルターでろ過したものについて実施した。Cd は埋立直後比較的高い濃度で検出されたが、ほとんどが粒子性で SS に伴って流出したと思われる。埋立後 200 日以上経過した時点で No.1 及び No.2 槽とも Cd の濃度が上昇したが、分析結果からこれらはほとんど溶解性であると判断できる。小雨のため浸出水の採取期間が長期にわたったことが影響していると思われるが、原因追及のためには今後さらに継続調査する必要がある。Pb は排水基準より高い濃度で継続的に流出している。初期においては粒子性の割合が高かったが、200 日以上経過した時点ではほとんど溶解性と思われる。Zn は埋立 48 日後のデータでは粒子性の割合が高いが、それ以後のデータではほとんど溶解性であると判断できる。以上の結果から、ごく初期の時点で SS に伴う Cd、Pb 及び Zn の流出があったと思われるが、それ以後は溶出作用による流出が主であると判断できる。

なお、一部 Cd と Zn でろ過後の方が濃度が高いものがあり、明らかに矛盾するデータであるが、これはサンプリングを含めた分析誤差に起因していると思われる。今回は前述のように分析に供することができる量が限られているので追試は行わなかった。

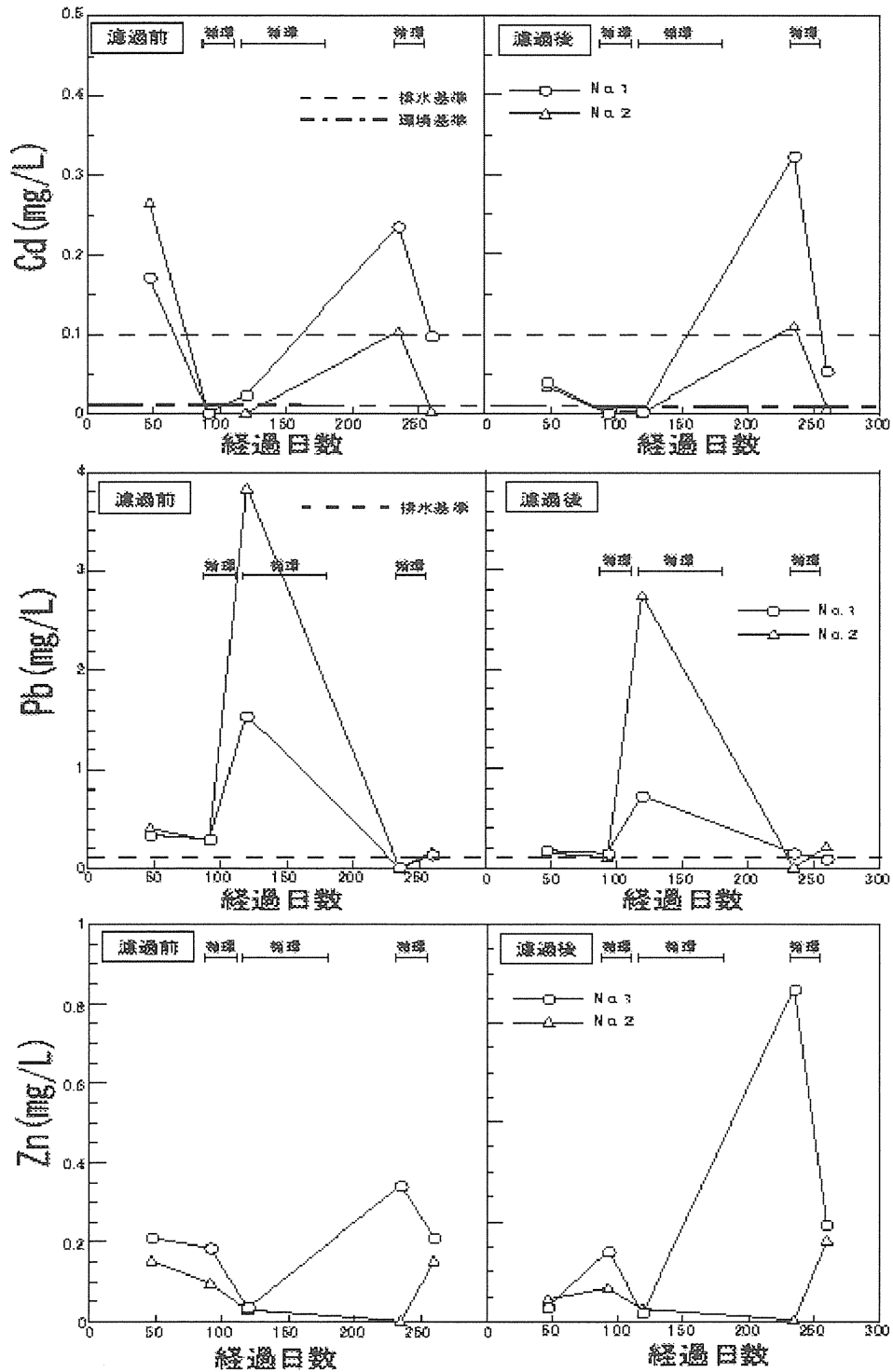


図4-12 浸出水中の重金属濃度の経時変化

4) 浸出水のダイオキシン類濃度、累積流出量及び存在形態

浸出水のダイオキシン類について濃度の経時変化、累積流出量及び存在形態を図 4-13、図 4-14 及び図 4-15 に示す。濃度については No.2 模型槽は明らかに減少傾向であり、No.1 模型槽においても 250 日以上経過後のデータがまだ無いが基本的には減少傾向であると推測される。累積流出量は No.2 模型槽で既に頭打ちの状況が出ているが、この点は今後の降雨状況などとも関連するので引き続き調査する必要がある。

存在形態は 1 μm のガラスフィルター上に残ったものを粒子性、通過したものを溶解性として表した。No.2 模型槽の 1 回目の浸出水において溶解性のものが比較的高い比率で流出している結果になっているが、これは試料水をろ過した際にろ紙上の懸濁物を誤ってアルコールで洗浄したために溶解性の比率が実際より高く評価されたものである。従って、基本的には浸出水中のダイオキシン類は粒子性で流出していると結論できる。また表 4-4 に見られるように、時間の経過とともに溶解性の比率が減少し、粒子性が主となる傾向があり、日常の監視モニタリングにおいて SS を指標とすることの有効性が示唆される。ただし、No.2 模型槽では 1998 年 11 月から 1999 年 3 月の間に SS 流出量が大幅に増加したがダイオキシン類は増加しなかったことから、必ずしも SS とダイオキシン類の間に強い相関があるとは言えない。

表 4-4 浸出水中ダイオキシン類の濃度と存在形態

浸出水採取期間		粒子性 DXN		溶解性 DXN		合計 DXN
No.1 模型槽						
98/7/29-9/1	pg-TEQ/L	40	(95.7)	1.8	(4.3)	41.8
	pg/L	4600	(94.5)	270	(5.5)	4870
98/9/2-10/16	pg-TEQ/L	12	(89.6)	1.4	(10.4)	13.4
	pg/L	1700	(84.6)	310	(15.4)	2010
98/10/17-11/12	pg-TEQ/L	19	(98.8)	0.24	(1.2)	19.24
	pg/L	2900	(96.9)	94	(3.1)	2994
No.2 模型槽						
98/7/29-9/1	pg-TEQ/L	8.1	(57.9)	5.9	(42.1)	14
	pg/L	920	(51.7)	860	(48.3)	1780
98/9/2-11/12	pg-TEQ/L	4.9	(81.7)	1.1	(18.3)	6
	pg/L	1000	(75.8)	320	(24.2)	1320
98/11/13-99/3/8	pg-TEQ/L	0.64	(94.1)	0.04	(5.9)	0.68
	pg/L	160	(87.0)	24	(13.0)	184

* カッコ内は%。

5) 浸出水中ダイオキシン類の同族体分布

浸出水中のダイオキシン類の同族体分布を図 4-16 及び図 4-17 に示す。これらの図から見る限り、1999 年 3 月に採取した No.2 模型槽の浸出水を除くすべての浸出水の同族体分布は後述する飛灰や焼却灰の分布とほぼ同じである。特に飛灰との相似性が極めて高い。そして、このことは粒子性、溶解性に係わらず当てはまる。従って同族体レベルにおいては、埋立初期において浸出水中のダイオキシン類は飛灰の性格をそのまま持って流出して

いると考えられる。しかし、1999年3月のNo.2模型槽浸出水の同族体分布は他のものと異なり、四塩素化、五塩素化のダイオキシンやフランの比率が高い。従って、埋立後ある程度時間が経過した浸出水中のダイオキシン類は、何らかのプロセスを経る間に同族体分布が変化している可能性がある。この点は今後さらに調査する必要がある。

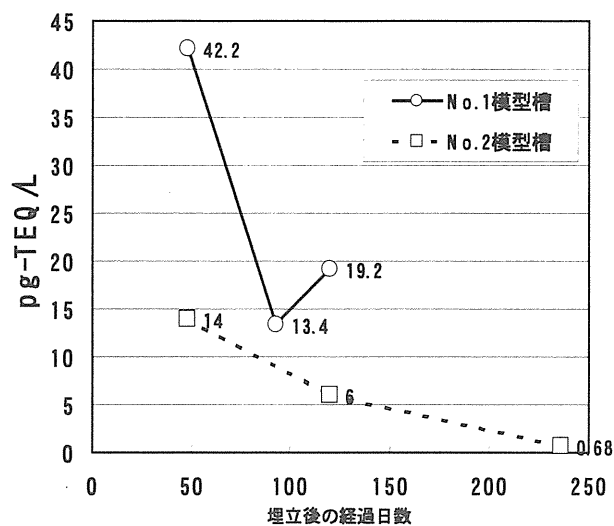


図4-13 浸出水のダイオキシン類濃度の経時変化

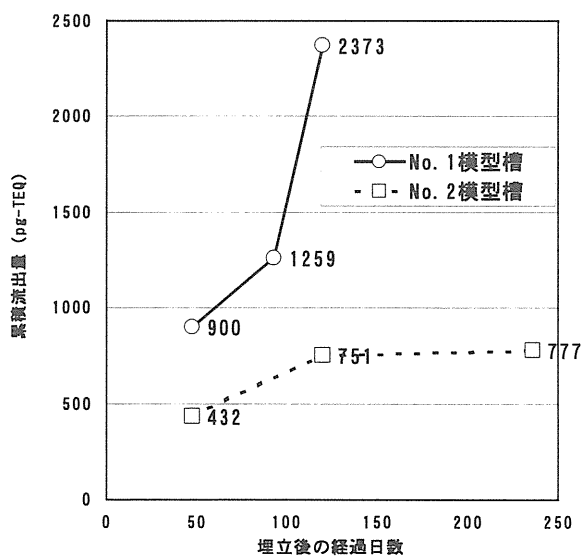


図4-14 ダイオキシン類の累積流出量

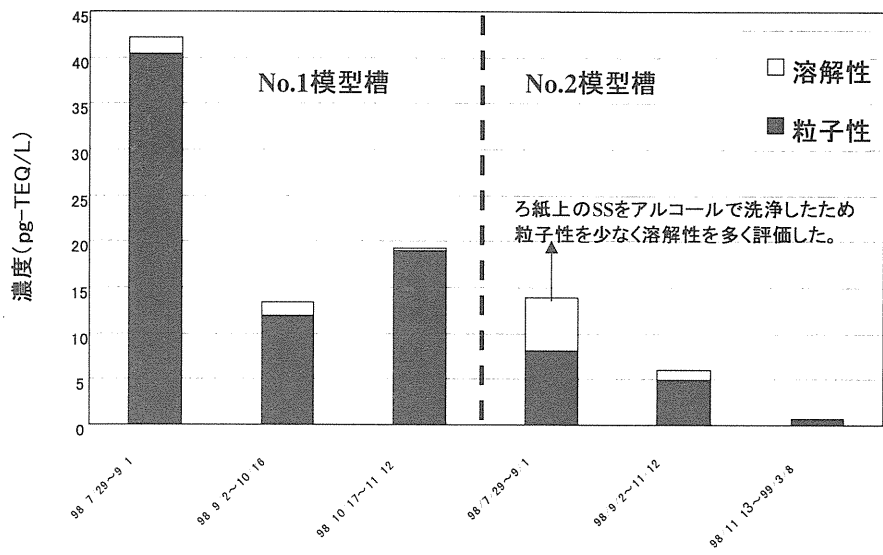


図4-15 浸出水のダイオキシン類の形態

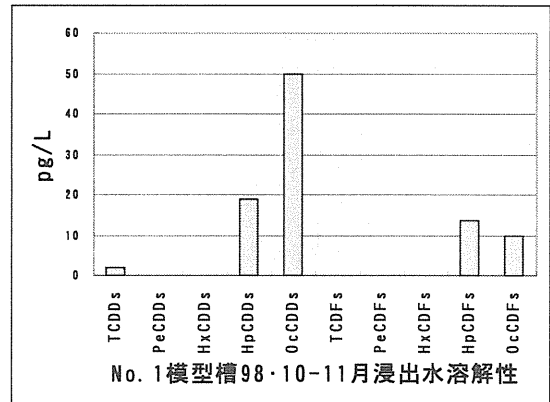
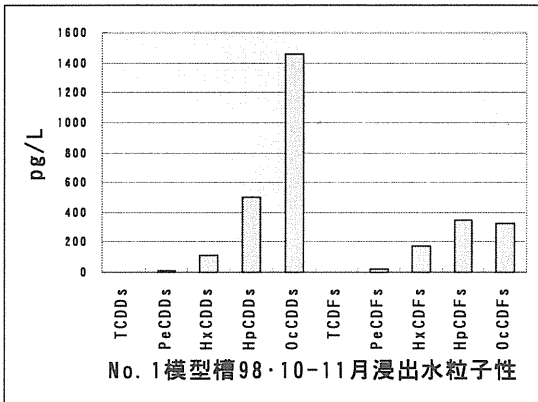
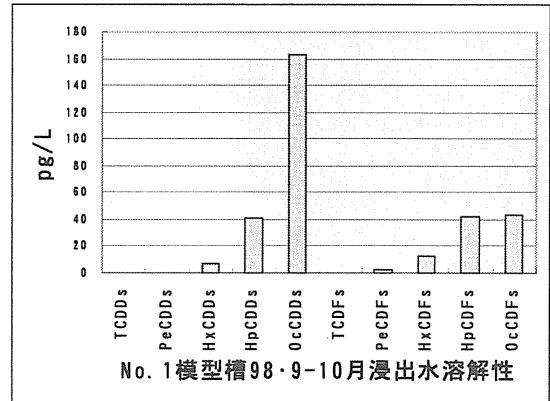
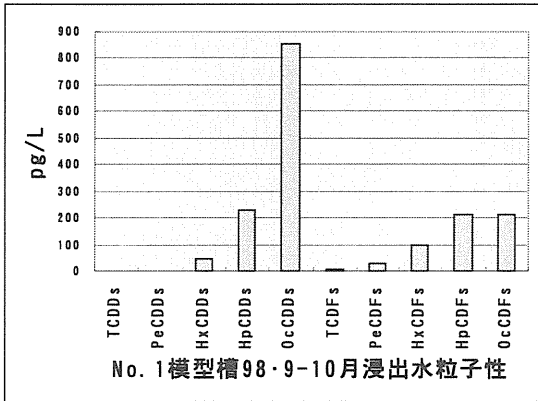
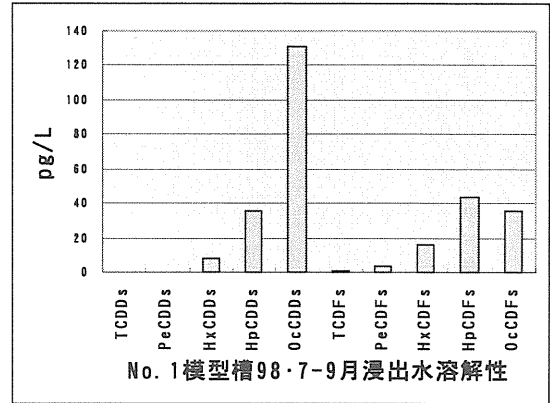
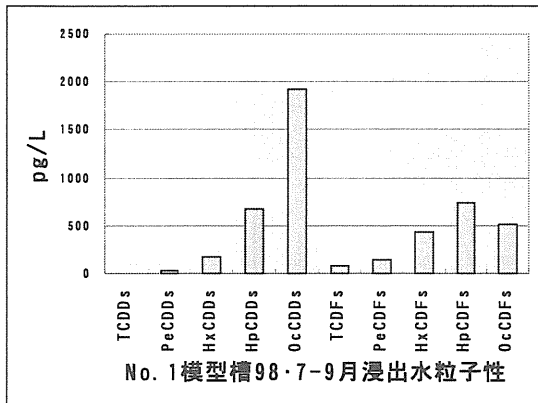


図 4-16 No. 1 模型槽浸出水中ダイオキシン類の同族体分布

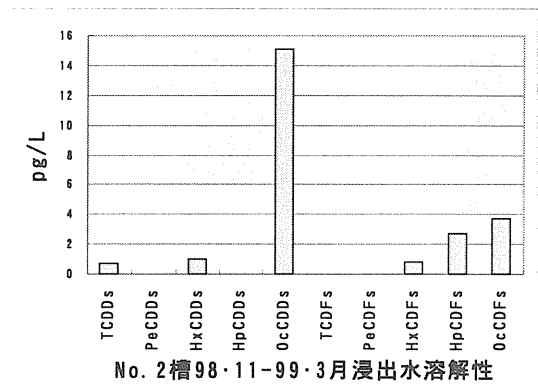
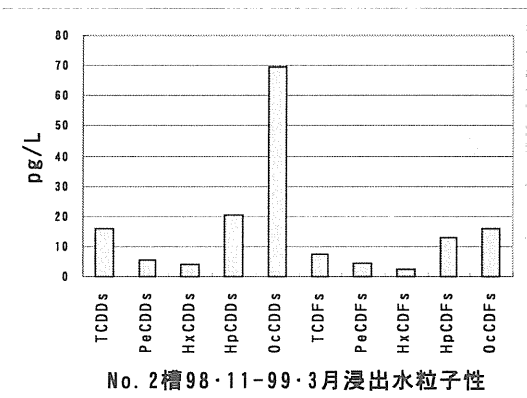
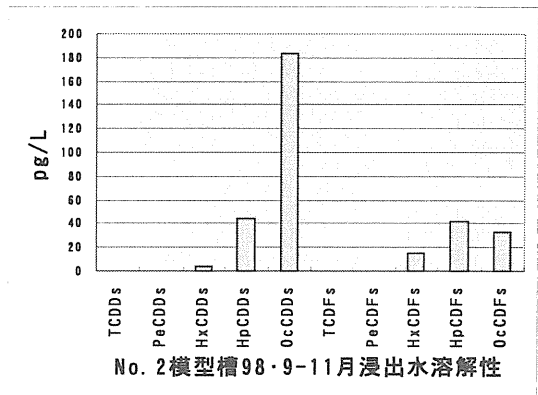
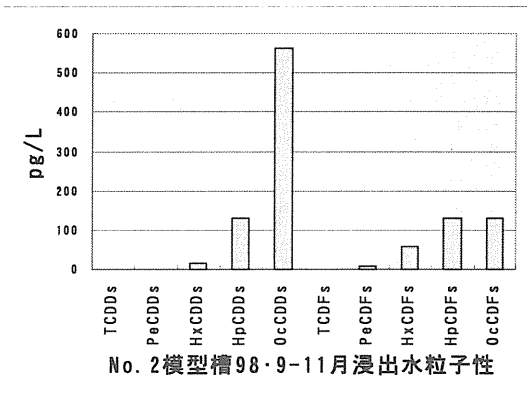
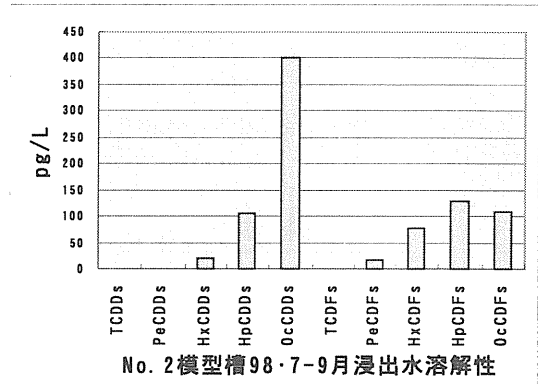
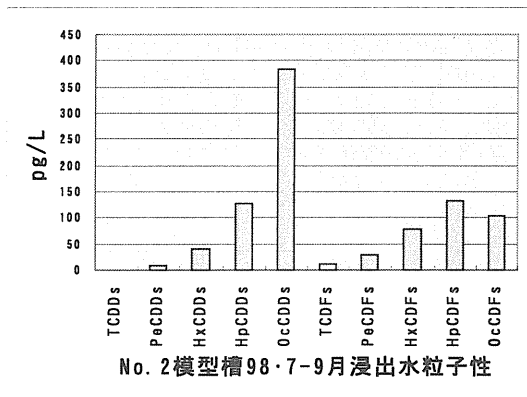


図 4-17 No. 2 模型槽浸出水中ダイオキシン類の同族体分布

6) 廃棄物中のダイオキシン類濃度及び同族体分布

埋立模型槽に充填した廃棄物のダイオキシン類濃度を表 4-5 に示す。これらの結果と表 4-1 の埋立実験条件を考慮すると、廃棄物中のダイオキシン類の 99.9%は飛灰によるものである。図 4-18 に同族体分布を示す。混合ゴミ（充填割合と同じ割合で飛灰、焼却灰、破碎不燃ゴミを混合したもの。ただし、金属片等は除いて分析した）と飛灰の分布形状がほぼ同じであることから前述のことが言える。焼却灰は飛灰に比べると七塩素化のダイオキシンが少なく四塩素化のフランが多い結果となった。

表 4-5 充填廃棄物中のダイオキシン類濃度

廃棄物名	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/g-dry)	分析試料の含水比（充填試料 の実際の含水比はやや異なる）
飛灰	64000	含水比 29.9%
焼却灰	19	含水比 8.7%
破碎不燃ゴミ	3.5	含水比 0.6%
混合ゴミ	14000	含水比 9.2%

* 破碎不燃ゴミと混合ゴミの含水比は鉄屑などを除いて求め、ダイオキシン類の分析も同様に除いて行った。

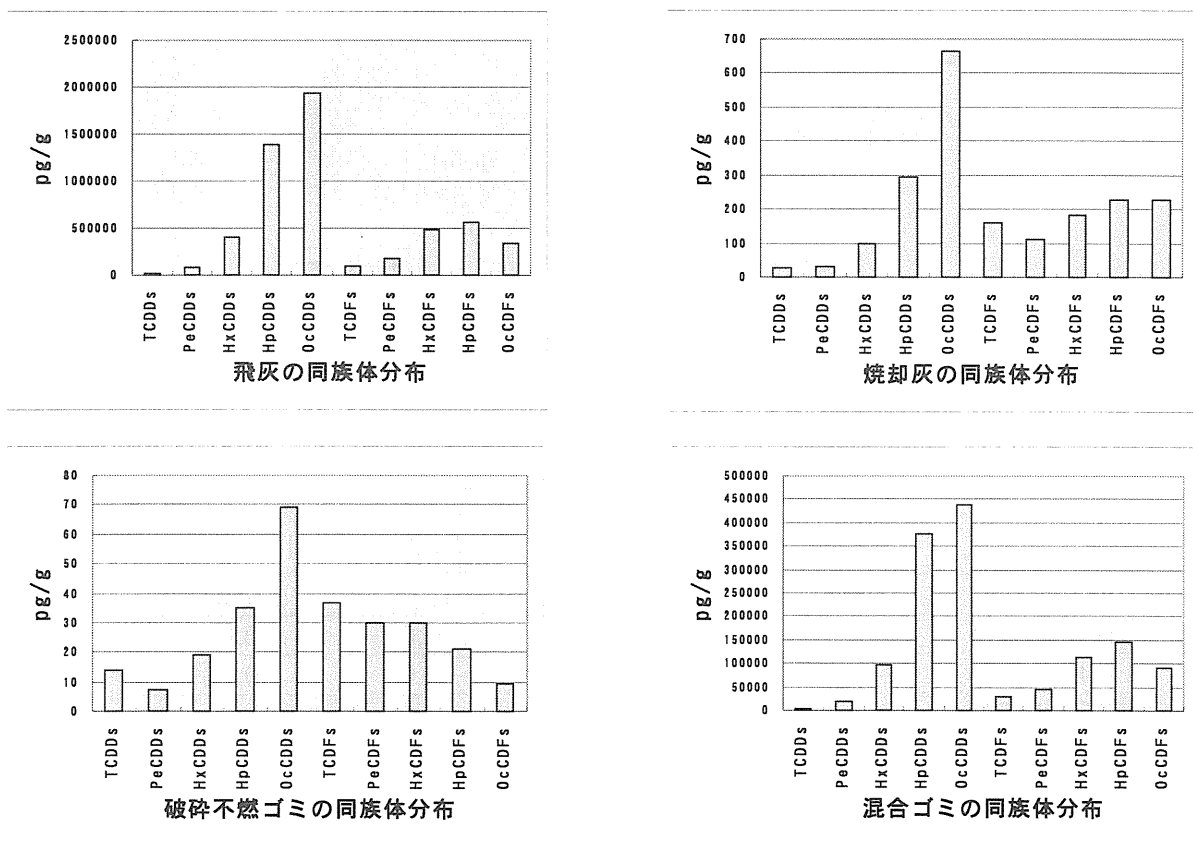


図 4-18 充填した廃棄物中ダイオキシン類の同族体分布