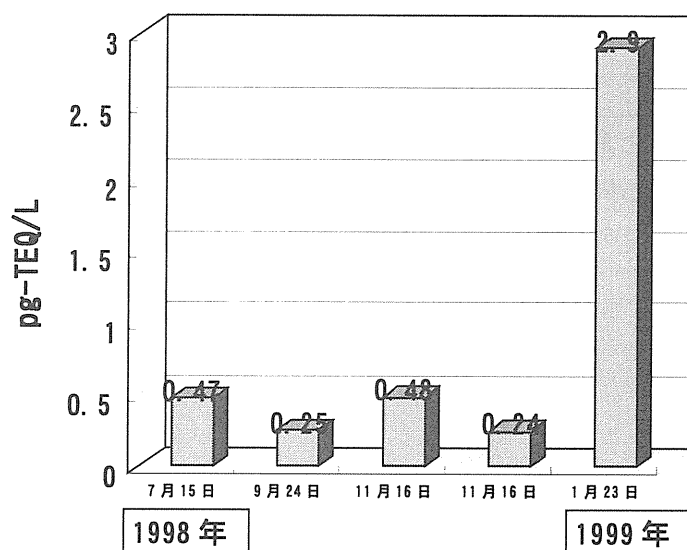


7) 雨水のダイオキシン類濃度と同族体分布

図 4-19 に本調査で採取した雨水のダイオキシン類濃度を示す。併せて表 4-6 にこれら雨水の採取前の降雨状況を示す。表 4-6 からわかるように今回調査した雨水は、高濃度を期待して採取前に比較的降雨量が少ない状況で採取されたものである。しかし、結果としては 1999 年 1 月 23 日のデータを除いてそれほど高濃度は得られなかった。今回は直径約 80cm の大型水盤を用いて 1 回の降雨の全般にわたって採取を行っている。仮に降雨の初期だけを採取するようなことが可能であれば、もっと高濃度の結果が得られる可能性がある。しかし、分析には少なくともリットルオーダーの試料が必要であり、その様な調査を行うことはほとんど不可能である。またその様な特別な状況で採取された雨水のデータは



申 4-19 雨水のダイオキシン類濃度

表 4-6 雨水試料採取前の降雨状況

日 時	1998年			1999年
	7月15日	9月24日	11月16日	1月23日
採取当日	64.0	66.0	13.5	27.5
採取前日	0.0	0.5	0.0	0.0
採取2日前	0.0	4.5	0.0	0.0
採取3日前	17.5	0.0	0.0	0.0
採取4日前	0.0	0.0	0.0	4.5
採取5日前	0.0	0.0	0.0	0.0
採取6日前	0.0	0.0	0.0	0.0
採取7日前	0.0	0.0	3.0	0.0
採取8~10日前	0.0	2.5	0.0	3.0
採取11~15日前	0.0	0.0	0.0	0.0

気象台調べ (単位: mm)

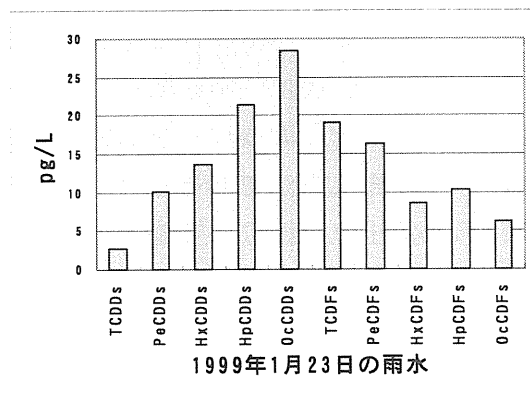
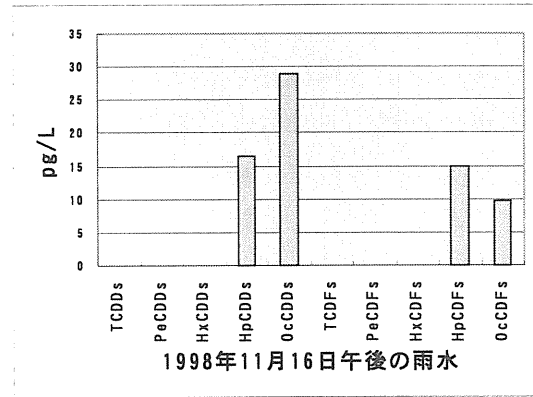
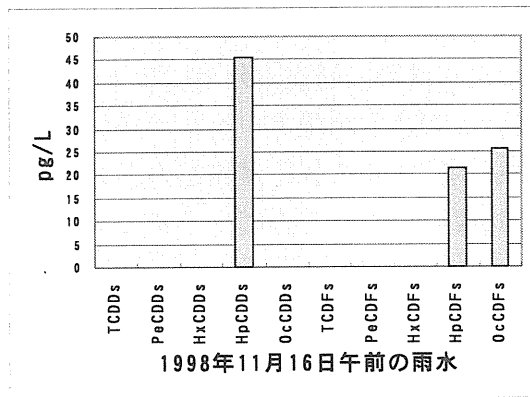
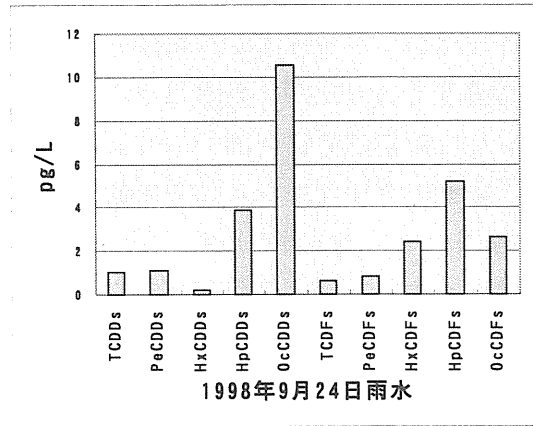
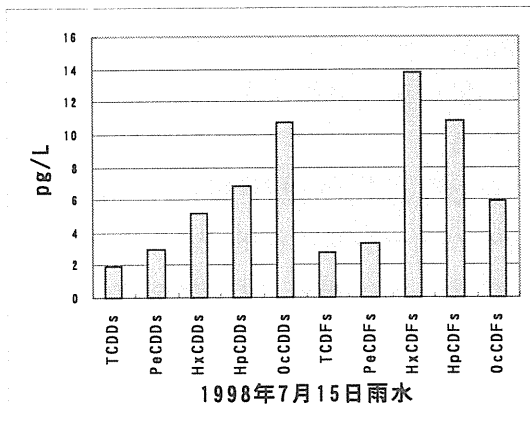


図 4-20 雨水中ダイオキシン類の同族体分布

評価の基礎にはならないと考えられる。今回採取した雨水のデータは雨水全般の評価を行うに当たって妥当なものであると考えられる。1998年11月16日は午前以降雨が降り、一旦雨が上がった後夕刻から再び降雨があった。このため時間的に接近した二つの雨水試料についてダイオキシン類の分析を行えた。結果として午前の雨が午後の雨より2倍程度高濃度であったが、雨水による大気中ダイオキシン類の洗浄効果があるのかどうかを見極めるためには更に何回かの同様の調査が必要であろう。

雨水中ダイオキシン類の同族体分布は降雨毎に異なることが予想される。1998年7月15日と9月24日を比較すると、全体としての分布パターンは相似しているが9月24日はダイオキシン、フランとも六塩素化体の比率が少ない。1998年11月16日の試料は、七塩素化体と八塩素化体のダイオキシンとフランしか検出されなかったが、一旦中断した午前と午後の雨では基本的に分布パターンは同じであった。このことは大気中のダイオキシン類の性格が極めて短時間の間に変化することはないことを示している。1999年1月23日の試料は、ダイオキシンは高塩素化体になるほど多くなり、フランは低塩素化体の方が多いという特徴を示した。1999年1月23日の雨水試料の同族体分布は図4-18に示した破碎不燃ゴミの分布に相似しているとも言える。このような雨水中ダイオキシン類の同族体分布の変化には局地的な発生源の寄与の他に、汚染物質の長距離輸送の影響なども考えられる。従って最終処分場へのダイオキシン類の供給源としての雨水を考えると、ローカル及びグローバルの両面からの検討が必要であろう。

8) 関連した最終処分場の浸出水のダイオキシン類

浸出水中のダイオキシン類の性格（同族体・異性体分布）は基本的に埋立物中のダイオキシン類の性格を反映すると思われる。今回の実験でも充填した廃棄物と浸出水中のダイオキシン類の同族体分布が比較的良好に一致している。そして、仮に今回充填した廃棄物と同じ廃棄物が埋め立てられている処分場浸出水が採取され、その同族体分布が模型槽とよく一致するようであれば、今回の実験が現場を再現する妥当な方法であるということの証左となる。しかし今回の調査枠組みの中ではそのような浸出水の採取は実施していない。そこで、平成9年度の本委員会調査で実施した処分場浸出水との比較検討によって妥当性の検証を試みることにした。

平成9年度に調査した処分場の中で施設番号2、5、9及び13は焼却残渣を主として埋め立てているので、これらの調査結果を表4-7及び図4-21に例示する。図4-21を見ると、浸出水中ダイオキシン類の同族体分布は処分場によってそれぞれに異なっており、これは埋め立てられた焼却残渣の分布に依存していると思われる。例示した四つの処分場の浸出水と今回の模型槽浸出水との間に同族体分布において高い相関があるとは言えないが、充填されている廃棄物そのものが別物であることから当然の帰結でもある。今回模型槽に充填した廃棄物を処分している処分場の浸出水中ダイオキシン類の同族体分布が模型槽浸出水と比較的一致すれば、模型槽実験が現場を反映するものであることの証明になる。残念ながら本実験の枠組みではそのような調査を行っていないが、別途実施他調査ではこの点が確認された。

表 4-7 平成 9 年度実施の浸出水中ダイオキシン類濃度（原水，pg-TEQ/L）

	施設番号 2	施設番号 5	施設番号 9	施設番号 13
粒子性	0.048	<0.18	4.5	0.80
溶解性	1.0	0.69	3.7	1.2

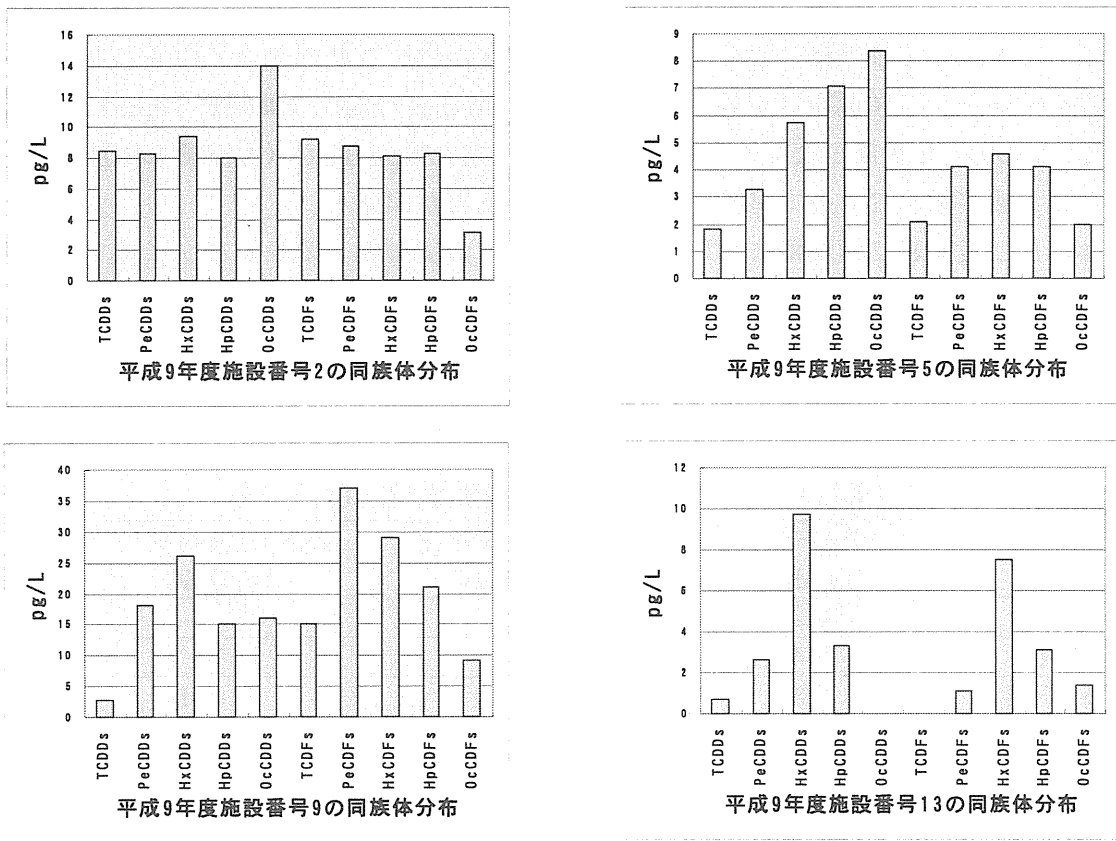


図 4-21 最終処分場の浸出水中ダイオキシン類の同族体分布（粒子性）

9)埋立模型槽におけるダイオキシン類の物質収支

模型槽におけるダイオキシン類のインプットは廃棄物と雨水によっており、アウトプットは浸出水によっている。厳密には覆土材の真砂土に含まれるダイオキシン類もインプットとして扱うべきであり、また No.2 模型槽では一部浸出水の循環を行っているのでこの分も考慮しなければならない。しかし、本実験では覆土材のダイオキシン類濃度は他に比べて無視できるほど低いと考えられ、また、循環によって再インプットされる量も無視できるほど少なかったため、これらを考慮せず評価した。雨水によるインプットは過去5回の雨水のダイオキシン類濃度測定値と降雨量で大まかにつかめる。廃棄物によるインプットは飛灰、焼却灰及び破碎不燃ゴミのダイオキシン類測定値と模型槽への充填量でほぼ正確につかめる。

模型槽に自然降雨条件で雨水の供給を開始した 1998 年 7 月 29 日から 1999 年 2 月 28 日までの地元気象台の降水量は 563mm である。実験サイトで同じ量の降水量があったとすれば、内径 1m の模型槽にはこの間 442L の雨水が供給されたことになる。5 回行った雨水のダイオキシン類濃度は単純に平均すると 0.864pg-TEQ/L (実測値 79pg/L) である。従って、1999 年 2 月末日までにそれぞれの模型槽に 382pg-TEQ (実測値 34918pg) のダイオキシン類が雨水によって供給されたと考えることが出来る。

表 4-8 及び表 4-9 に模型槽における乾重量ベースの廃棄物充填量及びダイオキシン類充填量をしめす。次に浸出水によるアウトプットは表 4-3 の浸出水量データと、表 4-4 の浸出水中ダイオキシン類濃度から計算される。計算の結果を表 4-10 及び表 4-11 に示す。

表 4-8 模型槽におけるダイオキシン類充填量 (TEQ レベル)

	廃棄物充填量 (kg-dry)	廃棄物の DXN 濃度 (pg-TEQ/g-dry)	DXN 充填総量 (mg-TEQ)
飛灰	562	64000	36
焼却灰	764	190	0.15
破碎不燃ゴミ	373	3.5	0.001
		合計	36.151

表 4-9 模型槽におけるダイオキシン類充填量 (実測値レベル)

	廃棄物充填量 (kg-dry)	廃棄物の DXN 濃度 (ng/g-dry)	DXN 充填総量 (mg)
飛灰	562	7100	4000
焼却灰	764	2.2	1.7
破碎不燃ゴミ	373	0.27	0.1
		合計	4001.8

表 4-10 浸出水によるダイオキシン類のアウトプット (pg-TEQ)

No.1 槽	98/7/29-9/1	98/9/2-10/16	98/10/17-11/12	合 計
粒子性	854	321	1102	2277
溶解性	38	37	14	89
合 計	892	358	1116	2366
No.2 槽	98/7/29-9/1	98/9/2-11/12	98/11/13-99/3/8	合 計
粒子性	250	261	24	535
溶解性	182	58	2	242
合 計	432	319	26	777

表 4-11 浸出水によるダイオキシン類のアウトプット (実測値 ng)

No.1 槽	98/7/29-9/1	98/9/2-10/16	98/10/17-11/12	合 計
粒子性	98.2	45.4	168.2	311.8
溶解性	5.8	8.3	5.5	19.6
合 計	104.0	53.7	173.7	331.4
No.2 槽	98/7/29-9/1	98/9/2-11/12	98/11/13-99/3/8	合 計
粒子性	28.4	53.2	6.1	87.7
溶解性	26.5	17.0	0.9	44.4
合 計	54.9	70.2	7.0	132.1

以上の結果を総合的に考えると、現時点で模型槽内から流出したダイオキシン類は模型槽への供給量に比べて無視できるほど少ない量である。模型槽における現在までのダイオキシン類の収支を模式的に表すと図 4-22 及び図 4-23 のようになる。No.2 模型槽では一部浸出水を模型槽に循環しており、厳密には表 4-10 及び表 4-11 に示したアウトプットがすべて系外に出ているわけではないので、図 4-22 及び図 4-23 はこの点を考慮した表現とした。結論として、No.1 槽においては 1998 年 11 月 12 日時点で、No.2 槽では 1999 年 3 月 8 日時点で、雨水及び廃棄物として模型槽に供給されたダイオキシン類はほとんど槽内に残留しており僅かに 10^{-5} % 以下程度が流失しただけである。

供給量全体に対する流出量の割合は微々たるものであるが、浸出水として検出可能な量のダイオキシン類が流出することも確かである。そして、流出の形態は前述したように粒子性が主であり、現時点までの同族体分布は粒子性、溶解性ともに充填された飛灰を反映したものである。しかし、ここで扱っている粒子性とは孔径 $1\mu\text{m}$ を通過しないという意味であり、溶解性の中には本来粒子性の性格を有する部分がかかなりあると思われる。このことは浸出水中の溶解性ダイオキシン類であっても飛灰と相似性の高い同族体分布を示すことから窺われる。ダイオキシン類の処分場内での挙動を理解するためには同族体分布の評価は有効な手段の一つであると思われるが、それと相まって適切な挙動モデルを設定しておくことも重要である。図 4-24 に No.1 模型槽を例に一般的に考えられる挙動モデルを例示した。基本的には溶出作用による溶解性の部分の溶出と脱離作用による粒子性部分の脱離であり、これらの繰り返しの結果が最終的な浸出水に現れると思われる。さらに粒

子性と溶解性との吸脱着反応もあると思われる。そして、これらの反応や作用を繰り返す間に本来廃棄物中のダイオキシン類が有していた性格（同族体分布）が変化する可能性がある。大型模型槽での実験では浸出水の分析を通してこれらの挙動を評価することになるが、現時点での浸出水データは飛灰との関連を濃厚に示すものがほとんどである。今後浸出水のデータを引き続き取得することによってこれらに言及できる可能性があると思われる。

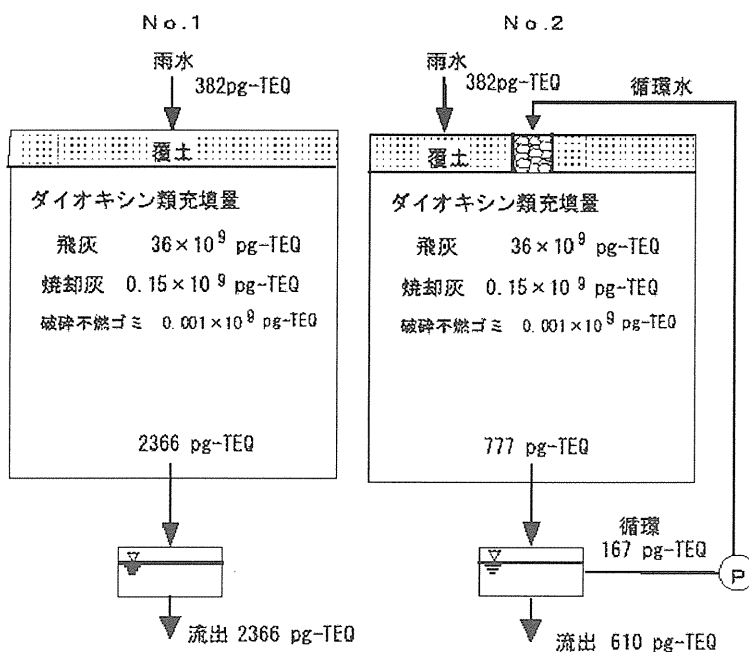


図4-22 模型槽におけるダイオキシン類の收支 (TEQレベル)

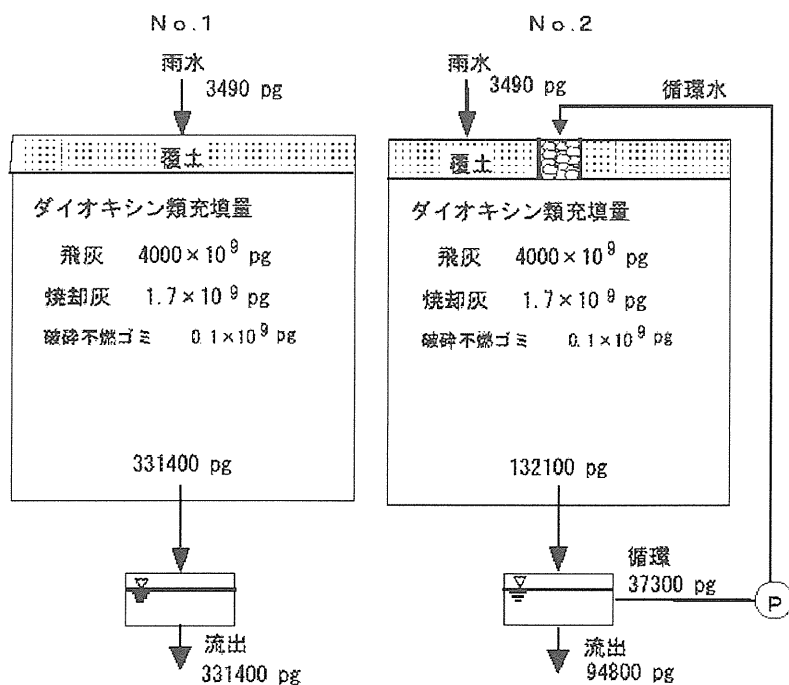


図4-23 模型槽におけるダイオキシン類の收支 (実測値レベル)

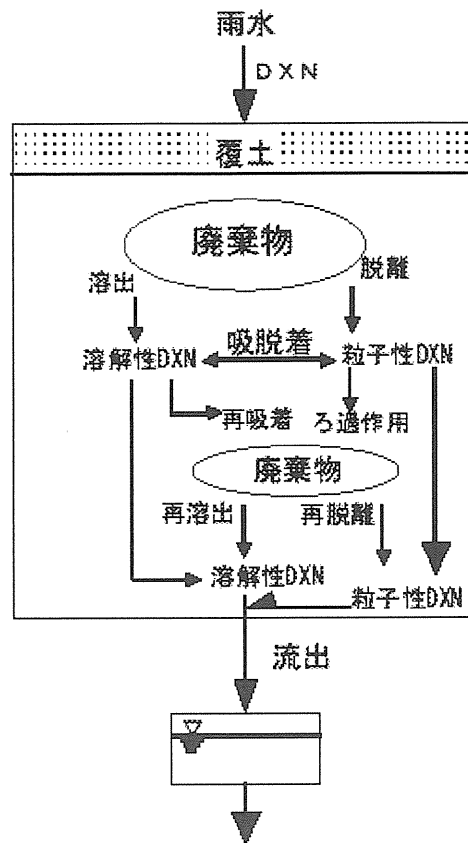


図4-24 模型槽内でのダイオキシン類の挙動モデル

10)重金属類とダイオキシン類の流出の比較

埋立地からのダイオキシン類の流出について重金属との比較検討を行うことは、リスクアセスメントの観点から重要と思われる。今回の調査では浸出水の重金属については濃度測定を行ったが、充填した廃棄物については行っていないため、過去に取得した類似の廃棄物に関するデータを使って大まかな評価を行った。

過去に測定した類似の廃棄物に関する重金属濃度を表 4-12 に示す。模型槽には焼却灰 2.26 トン、飛灰 0.75 トン、破碎ゴミ 0.75 トンの混合物が充填されており、覆土として真砂土 220kg が使われている。過去において類似の実験を行う場合飛灰と焼却灰の区別を行わず、これらが一定の割合で混合されたものを焼却灰として扱っており、混合割合はおおむね 1 : 10 (飛灰 : 焼却灰) 程度であった。今回は 1 : 3 になっているが、この計算では $0.75 + 2.26 = 3.01$ トンの灰 (焼却灰) が充填されていると見なした。従って、表 4-12 のデータを基に計算すると表 4-13 に示された量の金属類が模型槽内に当初存在したことになる。なお、水銀については焼却灰は検出限界以下の濃度である場合が多いので、飛灰にのみ含まれるとした上で計算した。

一方、1998 年 11 月 12 日までに浸出液によって模型槽から流出した金属類の量は表 4-14 に示すとおりであり、この結果から流出割合の計算を行った。流出割合を見ると、カルシウム、ナトリウム及びカリウムが 10^{-2} のオーダーで、カドミウムが 10^{-3} 、鉄が 10^{-4} 、

マンガン、銅及び鉛が 10^{-5} 、亜鉛が 10^{-6} のオーダーである。最も流出しにくいのは水銀で 10^{-7} のオーダーである。

これら金属類の流出割合とダイオキシン類の流出割合を比較すると、ダイオキシン類についてはこれまで全体量に対して No. 1 槽では 6.4×10^{-8} 、No. 2 槽では(循環水も含めて) 2.0×10^{-8} の割合に相当する量が流出している。従って、ダイオキシン類は今回評価したどの金属類よりも流出割合が少ないと考えられる。しかし、リスク評価を行う場合は単に濃度や流出量という観点から行うのは危険であり、このような結果に毒性の強さを加味した評価が行われるべきであろう。

表 4-12 埋立廃棄物の金属類含有試験結果の例(単位：mg/kg)

	焼却灰	破碎ゴミ	真砂土	調整ゴミ
Mn	550	810	220	870
Fe	22470	4980	12940	49280
Cu	2290	32.8	7.6	7730
Pb	2000	640	2.0	2320
Cd	0.4	0	0	57
Zn	770	570	24.8	3690
Hg	10*			
Ca	2720	16180	13.2	4860
K	15610	45800	10900	18470
Na	13940	52520	2980	13140

*飛灰の例。

表 4-13 模型槽内に存在したと思われる金属類の量 (単位：kg)

	焼却灰	破碎ゴミ	真砂土	合計
Mn	1.655	0.6075	0.0484	2.311
Fe	67.63	3.735	2.847	74.21
Cu	6.893	0.0246	0.0017	6.919
Pb	6.02	0.48	0.0004	6.500
Cd	0.0012	0	0	0.0012
Zn	2.318	0.4275	0.0055	2.751
Hg	0.075*			0.075
Ca	8.187	12.14	0.0029	20.33
K	46.99	34.35	2.398	83.74
Na	41.96	39.39	0.6556	82.01

* 飛灰から計算

表 4-14 11月12日までの浸出液によって流出した金属の量
(上段, mg) と当初の含有量に対する割合 (下段)

		No. 1 槽の流出量	No. 2 槽の流出量	当初の含有量
Mn	mg	148	90	2.311 × 10 ⁶
	割合	6.4 × 10 ⁻⁵	3.9 × 10 ⁻⁵	
Fe	mg	10545	10018	74.21 × 10 ⁶
	割合	1.4 × 10 ⁻⁴	1.3 × 10 ⁻⁴	
Cu	mg	100	76	6.919 × 10 ⁶
	割合	1.4 × 10 ⁻⁵	1.1 × 10 ⁻⁵	
Pb	mg	104	169	6.500 × 10 ⁶
	割合	1.6 × 10 ⁻⁵	2.6 × 10 ⁻⁵	
Cd	mg	5	8	0.0012 × 10 ⁶
	割合	4.2 × 10 ⁻³	6.7 × 10 ⁻³	
Zn	mg	12	7	2.751 × 10 ⁶
	割合	4.4 × 10 ⁻⁶	2.5 × 10 ⁻⁶	
Hg	mg	0.02	0.02	0.075 × 10 ⁶
	割合	3.1 × 10 ⁻⁷	3.1 × 10 ⁻⁷	
Ca	mg	1.16 × 10 ⁶	1.74 × 10 ⁶	20.33 × 10 ⁶
	割合	0.057	0.086	
K	mg	0.758 × 10 ⁶	0.998 × 10 ⁶	83.74 × 10 ⁶
	割合	0.009	0.012	
Na	mg	1.24 × 10 ⁶	1.11 × 10 ⁶	82.01 × 10 ⁶
	割合	0.015	0.014	

11)濃度相関マトリックスとクラスター分析による評価

これまでたびたびダイオキシン類の同族体分布から試料の相似性（類似性）について述べた。同族体分布をグラフの上で比較評価することによって、目視的に試料間に相似性があるかどうか判断できる。しかしこれを一定の統計的な方法によって行うことで、主観を除いたより客観的な評価が行えると考えられる。従来このような統計的な手法としてクラスター分析や主成分分析が行われてきた。今回は試料が持つデータの相似性を評価するのに最も有効であると思われる濃度相関マトリックス法を同族体データに適用して、データの相似性、近縁性の評価を行った。併せてクラスター分析の適用も行った。

濃度相関マトリックス法の概要については成書（日本地球化学会編「水汚染の機構と解析」, 産業図書 など）や論文（Analytical Chemistry, Vol.44, 1930(1972)など）に詳述されているので、ここでは最終的な計算結果のみを図 4-25 に示す。今回の計算では、定量下限値以下のデータについては「0」を入れるのではなく定量下限値を入力した。濃度相関マトリックスでは相関数 0.33 以上の度数分布率が 10%程度になるように判定基準 (F) を設定するのが一般的で、通常は F=1.3 または F=1.5 が採用される。今回は図に示した F=1.5 を設定して計算した。相関数の分布図から相関数 0.45 以上であれば二つの試料間には信頼度 90%で「データの相似性がある」と判断できる。また今回のデータ群の場合は相関数 0.30 であっても 70%の信頼性で「相似性あり」と判断でき、全体的に見て相関数 0.25

以上であれば一定の相似性があるとして良さそうである。

飛灰と混合ゴミは相関数 1 となり、完全に相似の同族体分布を有することが図 4-25 からわかる。また No.1 と No.2 模型槽の第 1 回目浸出水の粒子性同士は 0.82 という極めて高い相似性を示す。飛灰との相似性が高い物として No.1 及び No.2 模型槽の 1 回目浸出水の粒子性があり、この他 7 月 15 日と 1 月 23 日の雨水も高い。No.1 及び No.2 模型槽の 1 回目浸出水の粒子性は焼却灰とも高い相似性を有する。実験に用いた破碎不燃ゴミは施設番号 2、5 及び 9 の浸出水（粒子性）と相似性があり、とくに施設番号 2 及び 5 とは高い相似性がある。模型槽の浸出水同士は全般的に相似性が高く、特に採取時期が近いもの同士の相似性が高い。しかし、1999 年 3 月 8 日に採取した No.2 模型槽の浸出水はそれまでのどの浸出水とも相似性が低く、浸出水中のダイオキシン類の挙動変化を暗示するものかもしれない。施設番号 2、5 及び 9 の浸出水は互いに相似性が高い。1999 年 1 月 23 日の雨水は破碎不燃ゴミ、施設番号 2、5、9 の浸出水と高い相似性を示している。異なる採取日の雨水同士の相似性は低いが、1998 年 11 月 16 日の午前の雨と一旦降雨が中断した後の夕刻の雨は極めて高い相似性を示す。雨水の同族体分布は大気中ダイオキシン類の発生源情報を与えると思われるが、今回の調査では大気中ダイオキシン類の発生源は多岐にわたると推測される。

図 4-26 にクラスター分析の結果を示す。クラスター分析でも定量下限値以下のデータに定量下限の値を当てはめた。クラスター分析の結果は、模型槽から出てくる浸出水同士は強い相関を示し、特に同時期の No.1 槽及び No.2 槽の同じ形態（粒子性、溶解性）同士は強い相関を示すように見える。そして、No.1 及び No.2 模型槽とも 1 回目の浸出水とそれ以降の浸出水はある程度区別されるようであるし、No.2 模型槽の 3 回目の浸出水は更に距離が遠い。クラスター分析では、模型槽浸出水の同族体分布は飛灰よりむしろ焼却灰に近いものとして分類されたが、この点は目視の結果とやや異なる。

濃度相関分析とクラスター分析は少し異なった観点からデータを統計的に扱ったものであるが、二つの結果をあわせて考えることによってより正確に試料の近縁性、類似性あるいは相似性を評価できる。また、これらの統計的手法で見た同族体分布は目視で評価した場合とやや異なる結果を与えているが、客観的な評価を行うためには目視と複数の統計的手法を組み合わせることが重要と思われる。

F=

1.5

	飛灰	焼却灰	破碎不燃 ゴミ	混合物	1槽浸出 水7-9月 粒子性	1槽浸出 水7-9月 溶解性	1槽浸出 水9-10月 粒子性	1槽浸出 水9-10月 溶解性	1槽浸出 水10-11 月粒子性	1槽浸出 水10-11 月溶解性	2槽浸出 水7-9月 粒子性	2槽浸出 水7-9月 溶解性	2槽浸出 水9-11月 粒子性	2槽浸出 水9-11月 溶解性	2槽浸出 水11-3月 粒子性	2槽浸出 水11-3月 溶解性	7月15日 雨	9月24日 雨	11月16日 午前の雨	11月16日 午後の雨	1月23日 雨	施設番号 2浸出水	施設番号 5浸出水	施設番号 9浸出水	施設番号 13浸出水
飛灰	1																								
焼却灰	0.222222	1																							
破碎不燃ゴミ	0.2	0.288889	1																						
混合物	1	0.266667	0.155556	1																					
1槽浸出水7-9月粒子性	0.355556	0.333333	0.088889	0.444444	1																				
1槽浸出水7-9月溶解性	0.155556	0.177778	0.044444	0.177778	0.288889	1																			
1槽浸出水9-10月粒子性	0.133333	0.155556	0.044444	0.155556	0.266667	0.577778	1																		
1槽浸出水9-10月溶解性	0.111111	0.155556	0.044444	0.088889	0.2	0.622222	0.288889	1																	
1槽浸出水10-11月粒子性	0.133333	0.222222	0.111111	0.177778	0.222222	0.266667	0.422222	0.311111	1																
1槽浸出水10-11月溶解性	0.111111	0.222222	0.155556	0.088889	0.155556	0.133333	0.2	0.133333	0.222222	1															
2槽浸出水7-9月粒子性	0.422222	0.377778	0.088889	0.466667	0.822222	0.244444	0.266667	0.177778	0.311111	0.133333	1														
2槽浸出水7-9月溶解性	0.177778	0.222222	0.044444	0.222222	0.4	0.266667	0.533333	0.333333	0.222222	0.133333	0.4	1													
2槽浸出水9-11月粒子性	0.155556	0.133333	0.044444	0.133333	0.222222	0.422222	0.4	0.488889	0.466667	0.111111	0.222222	0.422222	1												
2槽浸出水9-11月溶解性	0.155556	0.111111	0.066667	0.133333	0.222222	0.244444	0.355556	0.288889	0.466667	0.244444	0.155556	0.244444	0.422222	1											
2槽浸出水11-3月粒子性	0.088889	0.244444	0.222222	0.088889	0.222222	0.133333	0.222222	0.177778	0.222222	0.222222	0.177778	0.2	0.155556	0.133333	1										
2槽浸出水11-3月溶解性	0.088889	0.133333	0.088889	0.066667	0.133333	0.177778	0.2	0.177778	0.2	0.355556	0.111111	0.088889	0.111111	0.2	0.244444	1									
7月15日雨	0.266667	0.266667	0.288889	0.244444	0.2	0.155556	0.088889	0.111111	0.066667	0.111111	0.155556	0.133333	0.088889	0.111111	0.177778	0.111111	1								
9月24日雨	0.2	0.177778	0.133333	0.244444	0.4	0.2	0.155556	0.088889	0.111111	0.155556	0.333333	0.244444	0.111111	0.244444	0.266667	0.088889	0.111111	1							
11月16日午前の雨	0.088889	0.133333	0.111111	0.066667	0.088889	0.066667	0.066667	0.133333	0.133333	0.466667	0.066667	0.066667	0.155556	0.155556	0.288889	0.133333	0.133333	0.133333	1						
11月16日午後の雨	0.133333	0.177778	0.133333	0.088889	0.155556	0.155556	0.111111	0.155556	0.133333	0.622222	0.133333	0.133333	0.088889	0.244444	0.155556	0.222222	0.177778	0.2	0.622222	1					
1月23日雨	0.288889	0.222222	0.444444	0.266667	0.177778	0.088889	0.088889	0.066667	0.066667	0.222222	0.155556	0.111111	0.044444	0.111111	0.2	0.133333	0.244444	0.2	0.155556	0.177778	1				
施設番号2浸出水	0.111111	0.155556	0.444444	0.088889	0.066667	0.066667	0.044444	0.111111	0.022222	0.288889	0.088889	0.088889	0.066667	0.177778	0.177778	0.222222	0.222222	0.177778	0.377778	0.4	0.444444	1			
施設番号5浸出水	0.2	0.244444	0.355556	0.222222	0.155556	0.066667	0.044444	0.044444	0.066667	0.177778	0.133333	0.088889	0.111111	0.066667	0.177778	0.066667	0.488889	0.177778	0.177778	0.222222	0.488889	0.488889	1		
施設番号9浸出水	0.155556	0.133333	0.266667	0.133333	0.111111	0.044444	0	0.066667	0.088889	0.155556	0.088889	0.044444	0.066667	0.066667	0.088889	0.088889	0.355556	0.155556	0.177778	0.133333	0.333333	0.377778	0.4	1	
施設番号13浸出水	0.088889	0.111111	0.088889	0.066667	0.066667	0.066667	0.066667	0.066667	0.066667	0.111111	0.044444	0.044444	0.088889	0.044444	0.088889	0.155556	0.2	0.133333	0.155556	0.088889	0.2	0.155556	0.133333	0.244444	1

相関数範囲	度数	累積度数	分布率(%)
1	1	1	0.333333
0.95	0	1	0.333333
0.9	0	1	0.333333
0.85	1	2	0.666667
0.8	0	2	0.666667
0.75	0	2	0.666667
0.7	0	2	0.666667
0.65	3	5	1.666667
0.6	1	6	2
0.55	1	7	2.333333
0.5	8	15	5
0.45	15	30	10
0.4	8	38	12.66667
0.35	6	44	14.66667
0.3	19	63	21
0.25	53	116	38.66667
0.2	54	170	56.66667
0.15	55	225	75
0.1	59	284	94.66667
0.05	0	16	300

相関数>= 0.333333
14 %

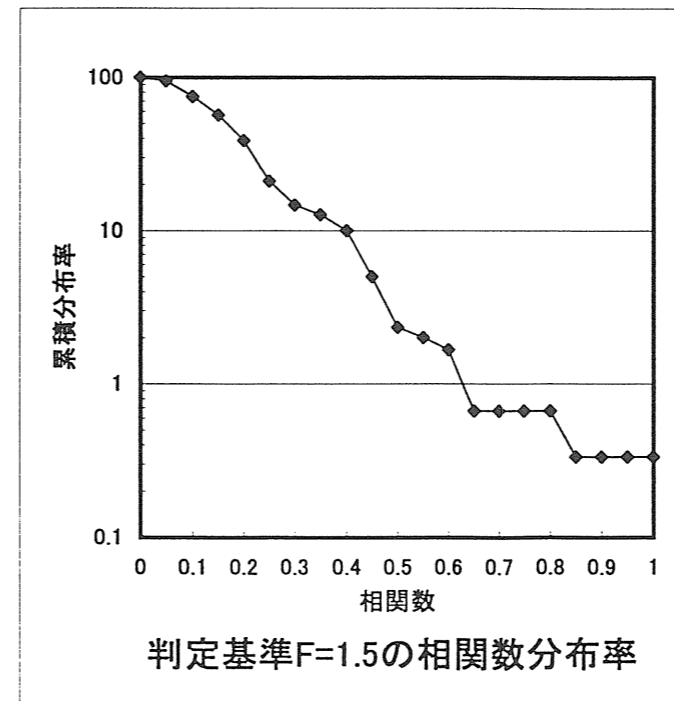


図4-25 濃度相関マトリックスの計算結果

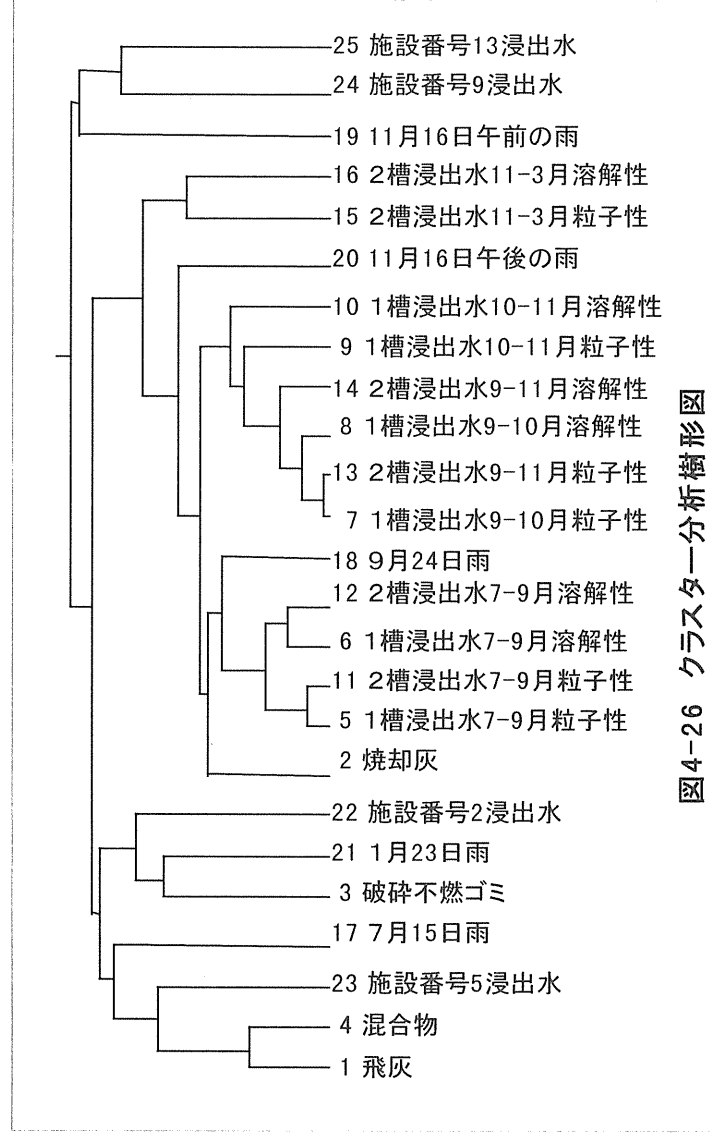


図4-26 クラスター分析樹形図

4-3. まとめ

No.1 及び No.2 の二つの大型模型槽を用いてダイオキシン類の処分場における挙動を究明するための基礎実験を行った。平成 10 年度の結果として次のような成果が得られた。

- 浸出水のダイオキシン類濃度は、No.1 槽が 14～42pg-TEQ/L、No.2 槽が 0.68～14pg-TEQ/L であった。濃度レベルは埋立からの経過時間とともに減少しており、No.2 槽では埋立 250 日時点で 1 pg-TEQ/L 以下になった。これらを総合的に見ると模型槽浸出水のダイオキシン類濃度は、昨年度本委員会で実施した全国の処分場浸出水原水の濃度レベルと同等であると判断できる。言い換えると、60ng-TEQ/g という極めて高濃度のダイオキシン類を含む飛灰を 0.75 トン充填した過酷な条件の下でも、浸出水のダイオキシン類濃度はそれほど上昇しないということである。
- 浸出水のダイオキシン類の存在形態は粒子性が主であると判断された。
- これまでの結果では、浸出水の同族体分布は廃棄物（飛灰や焼却灰）の分布とほぼ同じである。このことはダイオキシン類の存在形態が粒径 1 μm 以下のものも含めて基本的に粒子性であることと関係していると思われる。しかし、No.2 槽の 3 回目浸出水の同族体分布は以前の No.1 及び No.2 槽からのものとやや異なっており、模型槽内で溶出→吸着→再溶出が起きたり、あるいは何らかの分解反応が起きたりするなどダイオキシン類の挙動変化の可能性も示唆される。今後の調査によってこれらの点を明らかにする必要がある。
- 埋立 250 日経過時点で模型槽内のダイオキシン類はほとんど槽内に留まっており、浸出水として流出したのは $10^{-5}\%$ 以下である。しかも、埋立直後の洗い出しによる流出が主であると思われ、処分場自体の貯留・保管機能が高いことを示唆している。これまでの結果では、循環式準好気性として設定した No.2 槽の方が単純な準好気性の No.1 よりダイオキシン類の流出量が少なくなっている。
- 処分場内でのダイオキシン類の貯留・保管性を重金属類と比較すると、ダイオキシン類の流出割合は重金属の中で最も貯留・保管性が高いと思われる水銀よりも 1 桁低く、種々の物質の中でもダイオキシン類は処分場における貯留性が高い方に属すると思われる。

以上平成 10 年度調査によっていくつかの成果が得られたが、今後更に継続調査し処分場におけるダイオキシン類の挙動について知見を蓄積する予定である。

第5章 水処理施設におけるダイオキシン類挙動調査

5-1. 調査目的と概要

1) 調査目的

昨年度実施した12ヶ所の浸出水処理施設実態調査に引き続き、本年度はより詳細に、処理工程ごとの実態調査を実施した。主要な調査目的は次の3項目である。

- (1) 水処理施設におけるダイオキシン類収支
- (2) 水処理工程ごとのダイオキシン類除去特性
- (3) 水処理過程の諸条件とダイオキシン類濃度の関係など

2) 調査対象

調査対象処分場は、昨年度調査した処分場から2ヶ所（No. 4、No. 9）と今年度新たに選定した3ヶ所の処分場とした。表5-1にこれらの処分場の概要を示す。

No. 4およびNo. 9は昨年度の調査で流入水のダイオキシン類濃度が1 [pg-TEQ/L] を上まわった処分場である。

No. 14は本年度に最終処分場におけるダイオキシン類挙動調査2（第3章）で調査対象としている処分場である。No. 16は生物処理工程に活性汚泥法を採用した施設である。また、No. 17は産業廃棄物処分場の浸出水処理施設である。

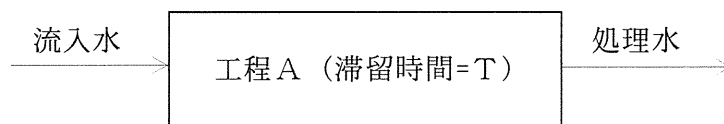
生物処理方式の内訳としては、回転円板法が1ヶ所、接触ばっ気法が2ヶ所、活性汚泥法が1ヶ所、活性汚泥法と接触ばっ気法の併用が1ヶ所となっている。

5-2. 調査方法とサンプリング時の状況

1) 調査方法

それぞれの施設について、水処理工程ごとのダイオキシン類収支や除去特性の検討が可能となるように、サンプリング位置を決定した。

すなわち、サンプリング位置には各処理工程に最も近い流入点、流出点を選定した。また、処理施設内での水の滞留時間を考慮して、各工程の処理水は流入水採水後滞留時間Tだけ遅らせて採水した。



さらに、流入水、処理水とも30分おきに3点ずつ採水しそれぞれ低温状態で即日分析機関へ送付した。送付した試料は、各分析機関にてコンジットサンプルとした。生物処理工程の場合など、滞留時間が長くなり1日では採水できない場合でも、採取した試料はその日の内に分析機関へ発送した。

凝集沈殿、活性汚泥法における沈殿槽容量は滞留時間の計算に含めた。複数の処理工程がある場合は上流側から採水を開始し、同様の考え方に基づいて順次採水した。

採水・分析と並行して、施設に関する必要情報も関係者の協力を得て収集した。

2) 分析項目

分析項目は、pH、BOD、COD、TOC、DOC、SS、VSS、T-N、Cl⁻、AOX（吸着性全有機性ハロゲン）、電気伝導度、ORP、DO、吸光度（220nm、240nm、260nm）、水温、バイオア

ッセイ指標（マイクロトックス、MRL試験）、ダイオキシン類、とした。また、参考項目としてコプラナPCBも全調査対象において測定した。

分析調査回数は、各処理施設とも、原則として1回とした。

ダイオキシン類の分析結果を表記するに当たり、数値は「定量下限値あり」を採用している。また、毒性等量の算出には「分析マニュアル」に従い、毒性等価係数はInternational-TEF(I-TEF)を用いた。コプラナPCBの毒性等価係数はWHO(1997)を用いた。

3) 調査期間

施設ごとの調査期間は下記の通りである。

対象施設	調査期間	備考
No. 4	平成10年10月26日～平成10年10月28日	
No. 9	平成10年11月10日～平成10年11月12日	
No. 14	平成10年10月 6日～平成10年10月 9日	
No. 16	平成11年 1月14日～平成11年 1月27日	
No. 17	平成11年 3月 6日～平成11年 3月18日	

4) サンプルング時の状況

サンプルング時の状況を表5-2に示した。表中に現場計器の測定値も参考として記載した。

また、採水前の降水状況と処理施設及び埋立地の状況を表5-3にまとめた。

5-3. 調査結果

1) 施設別調査結果

各試料中のダイオキシン類および各種水質の分析結果を表5-4にまとめた。また、各施設ごとの概略フローおよび水質結果を一覧としたものを図表5-1～5に示す。

(1) 処分場No.4

〔施設概要と調査時点における運転状況〕

No.4施設に係わる最終処分場は、平成5年4月に埋立を開始し、機械化バッチ炉からの焼却残渣（主灰及び飛灰、比率は約7:3）、不燃物、粗大ごみ及び固形物が主体で埋立処分している。不燃物及び粗大ごみは粉砕処理された後、埋立処分されている。平成10年10月時点で埋立は約30%が終了している。焼却施設は、旧施設が平成10年9月で廃止され、新焼却施設による処理が開始されている。

浸出水処理施設は図表5-1に示すように、「調整槽＋生物脱窒素法（接触ばつ気法）＋凝集沈殿（PAC）＋砂ろ過＋滅菌」というフローで構成されている。生物処理においては処理水量の約3倍量を循環する方式が採用されている。施設の処理設計値は85m³/日である。平成5年から平成9年までの処理水量平均値43m³/日であり、設計値の約50%負荷水量であった。調査を実施した平成10年10月の処理水量はサンプルング10日前までは36m³/日、サンプルング10日前からは設計値処理量に近い条件とするため72m³/日の処理を実施した。

表5-2 水処理施設部会（平成10年度）採水時の状況

施設番号	試料番号	採水日	採水種類	採水位置	採水量(L)	採水方法	天候	気温 ℃	水温 ℃	pH	ORP mV	DO	EC mS/m	臭気	懸濁物質	沈降物質	色	備考	
4	①	10月26日	生物処理流入水	PH調整分配槽の前		ひしゃく バケツ、ロート	はれ	16.0	20.5	8.06	+148	6.75		あり (かび臭)	少し	懸濁状態	淡黄色		
	②	10月28日	生物処理処理水	再ばっ気槽出口		ひしゃく バケツ、ロート	はれ	16.5	21.4	7.80	+228	3.90		なし	中程度	少量(茶色)	淡黄色		
	③	10月28日	凝集沈殿処理水	中和槽出口		ひしゃく バケツ、ロート	はれ	20.0	22.1	6.94	+283	6.08		なし	なし	なし	淡黄色		
	④	10月28日	急速ろ過処理水	ろ過器出口		ひしゃく バケツ、ロート	はれ	21.0	22.5	7.28	+252	4.43		なし	なし	なし	淡黄色		
	⑤	10月28日	凝沈引抜汚泥			ひしゃく バケツ	はれ		21.5	6.7	-13	0.86		あり (少し生臭い)	-	-	-	-	
9	①	11月10日	生物処理流入水	原水計量槽	13リットル×3	ひしゃく	はれ	15.5	19.1	中性	+41			あり (微有機臭)	中程度	あり	少し白濁		
	②	11月11日	生物処理処理水	生物処理後	13リットル×3	直接		15.8	16.2	中性	+85			なし	なし	なし	なし	リン酸、メタノール 薬注なし	
	③	11月11日	凝集沈殿処理水	沈殿槽後	13リットル×3	ひしゃく		13.1	16.4	中性	+60			なし	なし	なし	なし	凝集設備薬注なし	
	④	11月12日	活性炭塔処理水	吸着塔出口	13リットル×3	直接		10.2	15.8	中性	+69			なし	なし	なし	なし		
	⑤	11月11日	調整槽沈殿汚泥			直接													
	⑥	11月11日	回転円板汚泥			直接													
14	①	10月6日	第1凝沈流入水	計量槽出口	14リットル×3	ひしゃく	はれ	25.8	21.4	8.30	-23	1.2	1500	あり (有機質)	少し	-	白濁		
	②	10月6日	第1凝沈処理水		14リットル×3	ひしゃく	はれ	22.6	22.0	9.50	-16	3.4	1500	あり (有機質)	少し	少量	淡黄色	炭酸ソーダ注入なし	
	③	10月9日	生物処理処理水		14リットル×3	ひしゃく	はれ	19.5	22.9	7.00	+17	3.8	1350	あり (有機質)	少し	少量	淡黄色		
	④	10月9日	第2凝沈処理水	砂ろ過塔の前	14リットル×3	バケツ	はれ	24.0	23.1	6.90	+59	6.2	1330	あり (少し有機質)	少し	鉄の沈殿	淡黄色		
	⑤	10月9日	活性炭塔処理水	活性炭塔の後	14リットル×3	ひしゃく	はれ	24.5	23.5	6.00	+77	4.9	1340	なし	なし	なし	なし		
16	①	1月14日	生物処理流入水	計量槽	ガロンビン×3	ひしゃく	はれ	10.0	16.0	7.82	-	-	-	あり	多い	多い	淡黄色		
	②	1月27日	生物処理処理水	沈殿槽上澄	ガロンビン×3	ひしゃく	はれ	11.0	19.1	7.26	-	3.43	385	あり	多い	多い	淡黄色		
	③	1月27日	返送汚泥	返送汚泥計量槽	1リットル×3	直接	はれ	11.0	19.3	-	-	-	-	あり	多い	多い	黄褐色		
17	①	3月6日	生物処理流入水	計量槽出口	15リットル×3	ひしゃく	はれ	9.0	13.6	中性	-113	-	-	あり	多い	多い	黒灰色	前日 晴	
	②	3月16日	生物処理処理水	第2酸化槽出口	15リットル×3	ひしゃく	はれ	-	23.8	中性	+55	-	-	あり	少し	-	淡黄色	前日 雨 洗剤による発泡 多	
	③	3月17日	凝集沈殿処理水	ろ過原水槽	15リットル×3	バケツ	はれ	-	23.8	中性	+55	-	-	なし	なし	なし	淡褐色	前日 晴 発泡 少	
	④	3月18日	活性炭塔処理水	放流槽	15リットル×3	ひしゃく	はれ	-	23.6	-	+100	-	-	なし	なし	なし	無色	前日 晴	
	⑤	3月18日	沈殿槽引抜汚泥	沈殿槽	8リットル	採泥器	はれ		26.5		-287			なし			黒色		
	⑥	3月17日	凝沈引抜汚泥	凝集沈殿槽	4リットル	採泥器	はれ		23.0		-217			なし			黒色		
	⑦	3月18日	汚泥貯槽汚泥	汚泥貯槽	4リットル	採泥器	はれ		21.8		-343			あり			黒色		

表5-3 水処理施設部会（平成10年度）埋立地の状況

施設番号	降雨・浸出水の状況	月間降水量 (mm)			週間降水量 (mm)			調整槽の容量、埋立の状況	処理施設の状況	埋立方法	覆土方法			覆土材質
		採水 3ヶ月前	採水 2ヶ月前	採水 1ヶ月前	採水 3週間前	採水 2週間前	採水 1週間前				即日覆土	中間覆土	最終覆土	
4	処理水量：36m ³ /日（10/19～14） 72m ³ /日（10/15～）	データ無	→	→	→	→	→	調整槽容量：684m ³ 埋立状況：約23.4%埋立 埋立内容物：粗大ごみ 52.8% 焼却残渣 23.4% その他・覆土 19.7%	全工程で処理実施。 （バイパスなし） 場内貯留なし。		○			粘土質
9	採水1ヶ月前より降雨が少ないため、浸出水も少ない状況。	データ無	→	→	→	→	→	・採水時、設計条件で運転するため、約200m ³ 調整槽に貯留。 ・処分場内貯留無し。	降雨量が少ないため負荷少。	セル方式	○			残土利用
14	調査前日および当日に合計20mm程度の降雨があり。河川水はうすく濁るが、浸出水量、水質に変化なし。 浸出水量は、調査7日前から、概ね定格の70m ³ /日を維持した。これ以前は40m ³ /日程度。水質には大きな変動なし。	184	137	250	69	131	50	浸出水調整槽：670m ³ （コンクリート水槽） 埋立の状況：焼却灰専用埋立地であり、特別な変動はなし。 平成10年度、中間覆土を施工。	・カルシウム対策のため設置した第1凝集沈殿槽は施設稼働後、1年程度で炭酸ソーダの添加は中止している、自然沈殿のみ ・高塩類対策のため、1年間のうちかんがい期は処理水を埋立地内に戻し、浸出水を循環している。	サンドイッチ方式 焼却灰をブルドーザーで混合敷きならしし、一定厚さで中間覆土を施工。 大雨時、浸出水循環時は埋立地内上流に池を作りこれに貯留。覆土の透水係数が低く、浸出水の鉛直移動はガス抜き管内。	×	○	未施工	現地発生土（風化凝灰岩）
16	採水1ヶ月前から降雨無し。（昨年実績92.5mm） 採水前3ヶ月間の平均浸出水量は40m ³ /日。 調整槽へは週2回ポンプ井からポンプ圧送している。	101	58	0	0	0	0	・調整槽容量は800m ³ ・埋立はH6.9に完了	・施設運転は5日/週、8時間/日。 ・処理フローは計画通りで、安定した処理を行っている。	サンドイッチ方式	○		○ 覆土厚 平均1.5m	山砂
17	浸出水量は140～150m ³ /日で安定。梅雨期は400m ³ /日となるが、冬期水量は少ない。 2/11 26mm/日降雨が最大。	2	14	43	4	12	0	浸出液調整池（3000m ³ ）及び流量調整槽（70m ³ ）にて均質化。 調整池には地下水が流入。	スチーム、硫酸、消泡剤は現在使用していない。 脱水機故障により、引抜汚泥は貯留後オーバーフローにて流量調整槽に循環。 （1ヶ月間脱水機停止中）	構造：安定型＋管理型 立地：山間埋立	-	-	-	埋立地掘削土

表5-4 水処理施設部会（平成10年度）測定結果のまとめ

試料番号	採水種類	pH (-)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	TOC (mg/L)	Total PCDD/DFs (pg実測/L) 定量下限値あり			Total PCDD/DFs (pg-TEQ/L) 定量下限値あり			粒子体比率 (粒子体÷計)		SS当りのダイオキシン類*1		除 去 率	
								粒子体	溶解性	計	粒子体	溶解性	計	(実測値)	(TEQ)	実測値 (ng/g)	(ng-TEQ/g)	(実測値)	(TEQ)
4-①	生物処理流入水	7.9	78.6	96.8	64.4	3700	70	5500	3000	8500	91	43	130	65%	70%	57	0.94	0%	0%
②	生物処理処理水	7.6	55.2	137	11.2	3190	50	9600	4900	15000	160	73	230	64%	70%	70	1.2	-	-
③	凝集沈殿流出水	7.0	31.9	1.9	6.7	3200	38	16	120	140	0.18	1.6	1.8	11%	10%	8.4	0.095	98%	99%
④	急速ろ過処理水	7.4	30.5	0.3	6.4	3200	38	1.5	77	79	0.0015	1.1	1.1	2%	0%	5.0	0.005	99%	99%
⑤	凝沈引抜汚泥	7.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67	1.0	-	-
9-①	生物処理流入水	7.9	6.3	4.7	16.7	8950	15	130	130	260	0.98	1.4	2.4	50%	41%	28	0.21	0%	0%
②	生物処理処理水	7.6	3.3	1.1	16.2	8680	7	7.0	33	40	0.014	0.21	0.22	18%	6%	6.4	0.013	85%	91%
③	凝集沈殿処理水	7.6	3.7	1.3	16.1	8650	8	19	9.6	29	0.071	0.049	0.12	66%	59%	15	0.055	89%	95%
④	活性炭塔処理水	7.0	4.9	0.4	14.9	8630	6	ND	5.1	5.1	ND	0.0067	0.0067	0%	0%	0	0	98%	100%
⑤	調整槽沈殿汚泥	8.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	1.0	-	-
⑥	回転円板汚泥	8.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	0.24	-	-
14-①	第1凝沈流入水	8.3	45.3	38.1	43.0	4560	51	150	38	190	1.7	0.32	2.1	80%	85%	4.0	0.046	0%	0%
②	第1凝沈処理水	9.5	34.9	11.3	40.2	4540	53	4.1	5.4	9.5	0.0077	0.010	0.018	43%	43%	0.36	0.00068	95%	99%
③	生物処理処理水	7.0	23.9	32.8	16.1	4040	20	10	7.2	17	0.012	0.013	0.025	58%	50%	0.31	0.00038	91%	99%
④	第2凝沈処理水	6.9	19.0	5.6	21.9	3810	22	3.9	5.1	9.0	0.0066	0.011	0.018	43%	37%	0.69	0.0012	95%	99%
⑤	活性炭塔処理水	6.0	5.3	1.4	12.0	3970	3	3.1	1.8	4.9	0.0062	0.0055	0.012	62%	53%	2.2	0.0044	97%	99%
16-①	生物処理流入水	7.7	15.7	42.6	28.6	1217	23	47	11	58	0.090	0.025	0.12	81%	75%	1.1	0.0021	0%	0%
②	生物処理処理水	7.3	21.0	47.1	13.3	1135	20	96	22	120	0.68	0.11	0.79	80%	86%	2.0	0.014	-	-
③	返送汚泥	7.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.26	0.00040	-	-
17-①	計量槽	8.2	433	159	308	2510	330	3500	27	3500	29	0.25	29	100%	100%	22	0.18	0%	0%
②	酸化槽出口	8.3	166	129	17.4	2260	140	2100	4.4	2100	16	0.0076	16	100%	100%	16	0.12	40%	45%
③	ろ過原水槽	8.2	133	7.8	14.0	2260	100	180	3	180	1.5	0.0074	1.5	100%	100%	23	0.19	95%	95%
④	放流槽	8.3	34.5	3.6	14.0	2200	36	120	0.95	120	0.84	0.0095	0.84	100%	100%	33	0.23	97%	97%
⑥	凝集沈殿槽	8.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.3	0.016	-	-

*1 汚泥試料については試料分析値（ドライベース）の値を記入している。