

充填物及び降雨による模型槽へのダイオキシン類入力は約40mg-TEQと見積られる。このうち、飛灰が99.6%を占め、焼却灰が0.4%、破碎ごみが0.004%、降雨が0.001%となっている。

#### ・OUTPUT

INPUTを100%とした時の模型槽からのダイオキシン類出力はNo.1模型槽からの浸出水が0.000007%、No.2模型槽からの浸出水が0.000002%となっており、充填されたダイオキシン類の99.9%以上が模型槽内に貯留・貯留されているものと考えられる。

#### 4) ダイオキシン類と水質項目との関係

##### ・ダイオキシン類の存在形態

浸出水中のダイオキシン類はSS性（1 μm以上）が90%以上であった。ダイオキシン類除去には粒子除去が効果的であると言える。

##### ・ダイオキシン類とSSとの相関

浸出水中のダイオキシン類とSSには濃度相関が認められた(図5-4参照)。得られた1次回帰式から判断するとダイオキシン類濃度10pg-TEQ/Lを達成するためのSSはおよそ100mg/Lとなった。

##### ・ダイオキシン類とBOD及びTOCとの相関

浸出水中のダイオキシン類とBOD及びTOCの間にも一定の濃度相関が認められる。

##### ・ダイオキシン類とORP

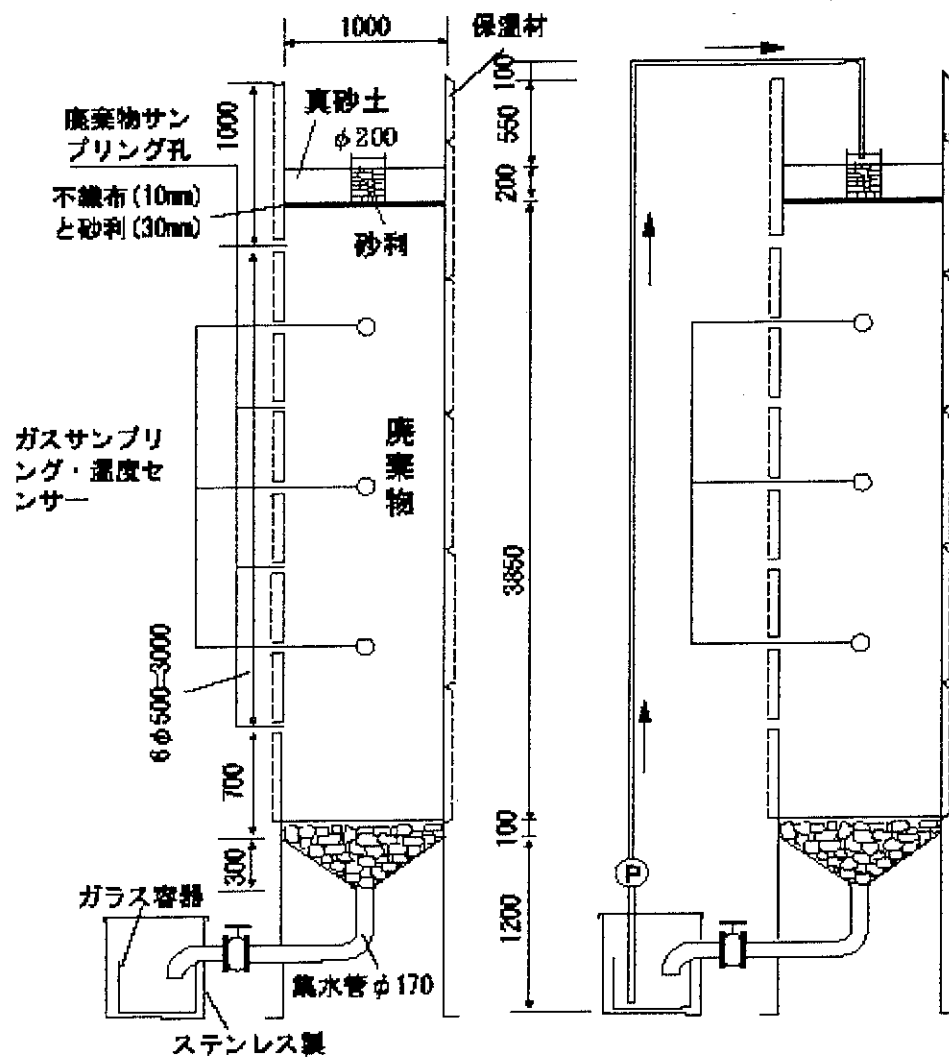
浸出水のダイオキシン類濃度とORPには逆相関が見られた。

##### ・ダイオキシン類とpH

浸出水のダイオキシン類濃度とpHを見ると、高pHでダイオキシン類濃度が高くなる傾向が見られるが、相関は必ずしも高くない。

##### ・ダイオキシン類濃度と塩素イオン

浸出水のダイオキシン類濃度と塩素イオンを見ると、塩素イオンの濃度が高いとダイオキシン類濃度が高くなる傾向が見られるが、相関は必ずしも高くない。



(単位：mm)

準好気性埋立槽 (No. 1槽)      循環式準好気性埋立槽 (No. 2槽)

図5-1 大型埋立模型槽

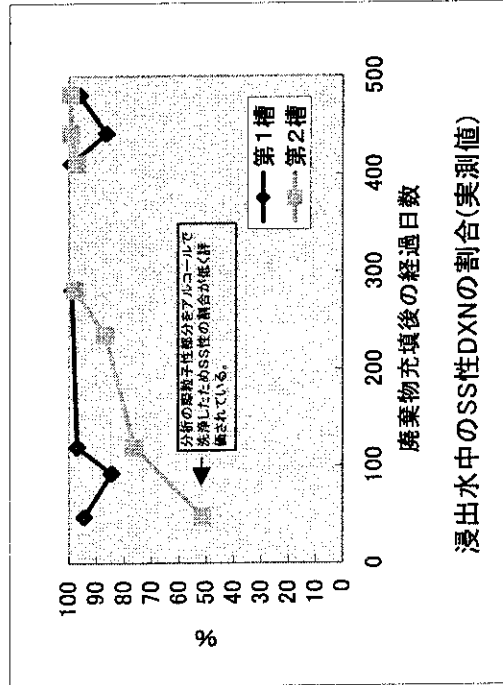
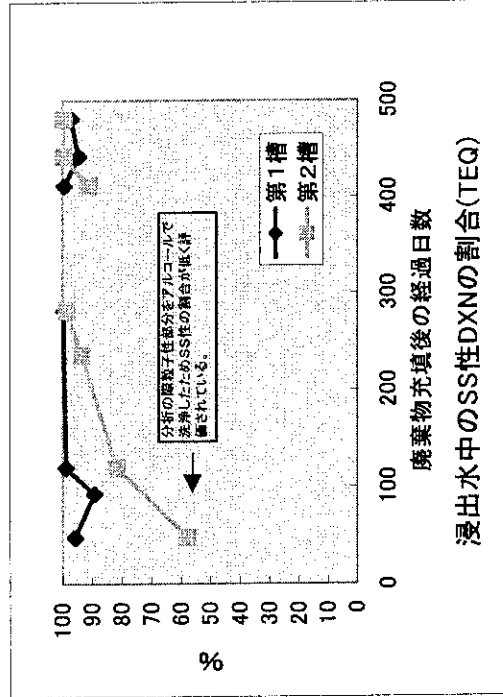
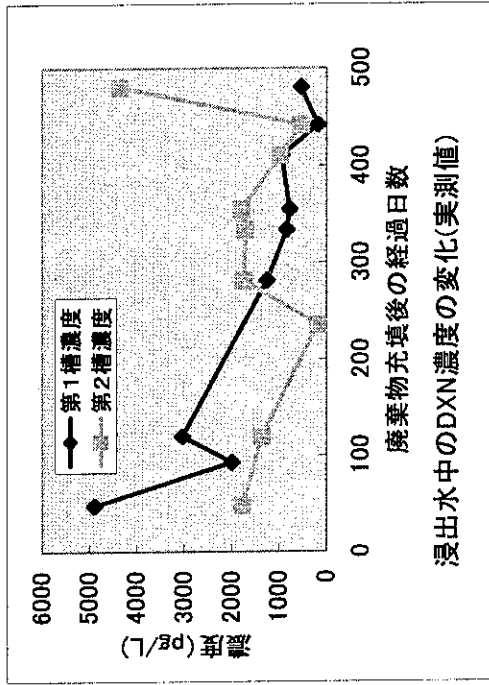
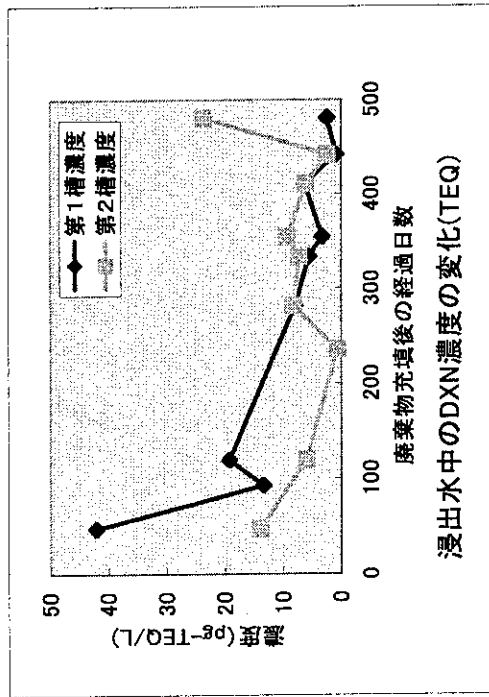


図5-2 浸出水中のDDXN濃度とSS性の割合の変化

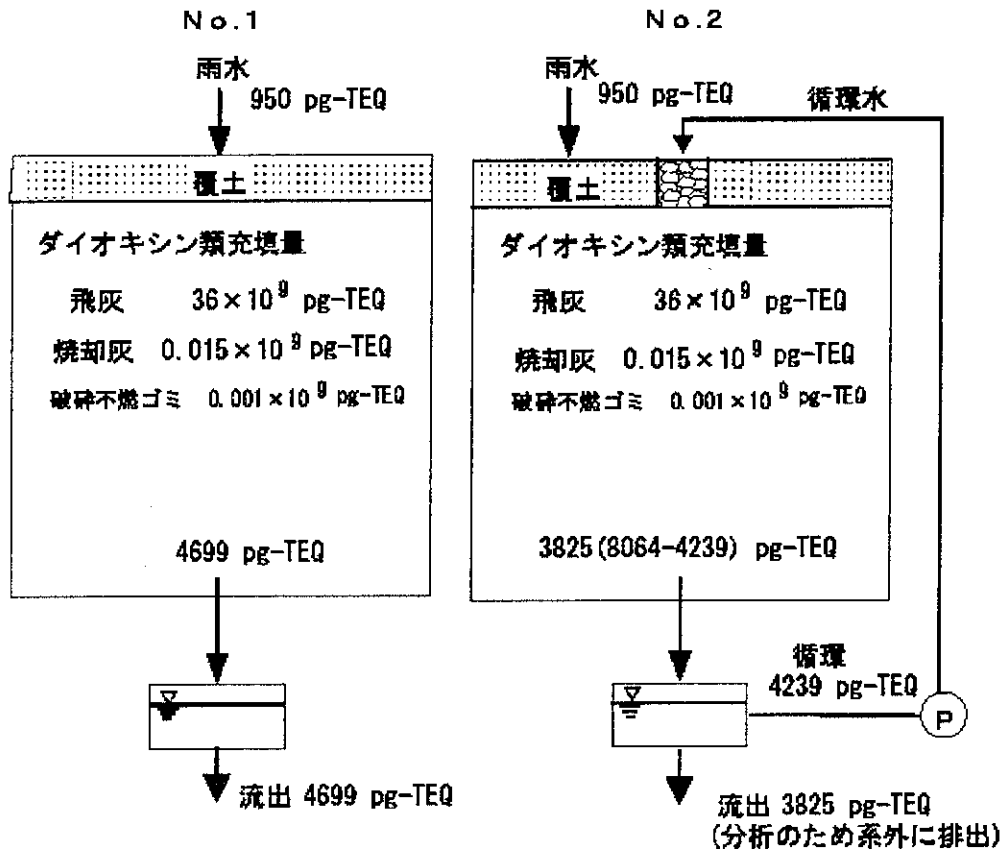


図5-3 模型槽におけるダイオキシン類の収支(TEQベース)  
(1999年11月8日時点)

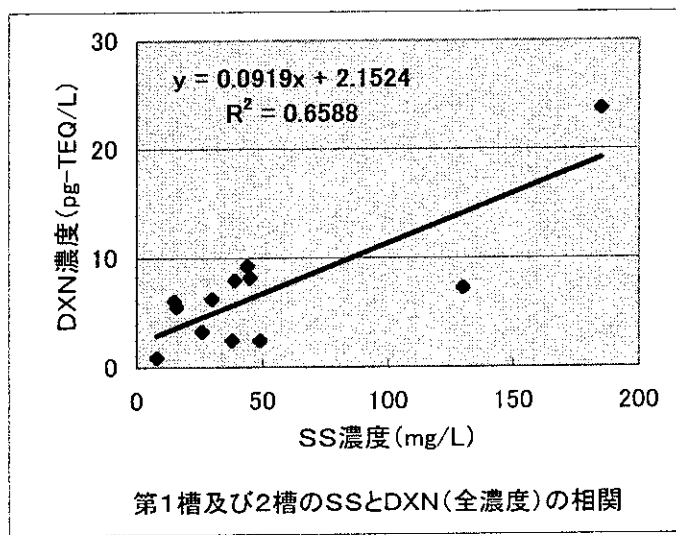
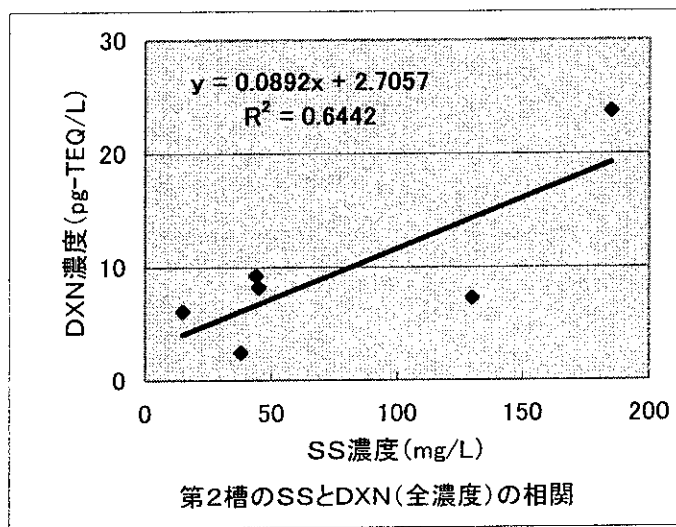
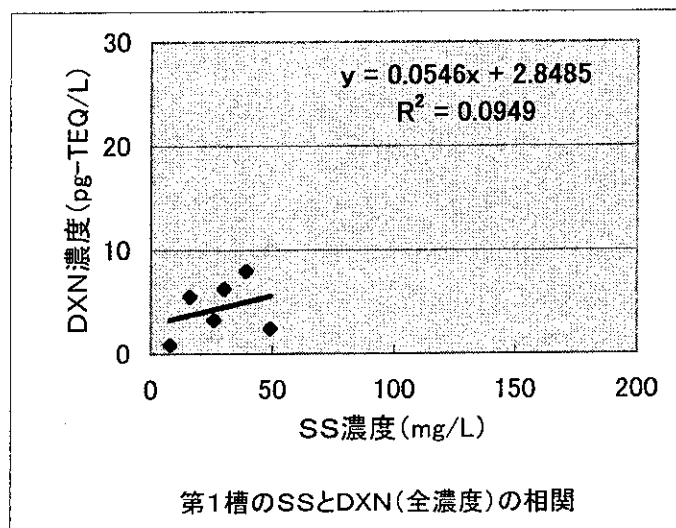


図5-4 SS異常値を除いたダイオキシン類とSSの濃度相関

## 第6章 溶出挙動試験

ダイオキシン類は水への溶解度が低く、土壌への吸着性も高いことから、廃棄物処分場へ埋め立てられた廃棄物中のダイオキシン類が溶出することは少ないと考えられる。しかしながら、平成9年度に行った調査では、低濃度ながらダイオキシン類の溶出が見られ、13カ所の埋立処分場における浸出水原水中のダイオキシン類濃度は0.0006pg-TEQ/l (0.6pg/l) から16pg-TEQ/l (1400pg/l) と広範囲にわたっていた。このことは、溶出に影響を与える何らかの因子が存在していることを示している。

そこで、浸出水へのダイオキシン類溶出に影響を与える因子を解明することを目的として、各種条件下で溶出実験を行い、ダイオキシン類の溶出特性を調査した。

### 1) 溶出試験結果

溶出試験結果を表6-1、表6-2に示す。

#### ・蒸留水溶出

蒸留水溶出では、原灰の性状によって、ダイオキシン類の溶出挙動も異なる結果であった。原灰からの溶出率は混合灰の方が数倍高いものであり、焼却灰を混合したことの影響が認められた。

#### ・海水溶出

塩濃度1%、2%溶出でカラム実験飛灰、施設No.14飛灰とも、蒸留水溶出に比べて溶出量が増加したが、3%溶出では逆に溶出量は減少した。塩濃度が溶出に影響を与えているのは明らかであり、ある濃度までは溶出が増加し、それ以上の濃度になると塩析効果で溶出量が減少しているものと考えられる。今後、塩濃度の条件幅を細かく設定して実験を行う必要がある。

#### ・LAS溶出

LAS100mg/lでは蒸留水溶出とほぼ同程度の溶出量であったが、1000mg/lでは100mg/l溶出の数倍高い溶出量であった。LAS溶出においては、界面活性剤の臨界ミセル濃度が関与しているものと考えられる。

#### ・メタノール溶出

メタノール10%、100mg/l溶出では、蒸留水溶出に比べて同程度か若干高い溶出量であったが、メタノール20%溶出では蒸留水溶出の数倍高い溶出量であった。メタノール20%溶出の0.45 $\mu$ mろ液では、溶出量は蒸留水溶出と同程度かそれ以下に減少しており、メタノール溶出ではLAS溶出と同様に、コロイドを形成していることが考えられる。

### 2) 海水浸漬試験結果

- ・海水浸漬時間と溶出量の関係

浸漬時間が長ければ、ダイオキシン類の溶出量も増加することが確認された。特に海水浸漬（塩濃度3%）で顕著であり、ろ液は0.45 $\mu$ mろ紙でろ過しているが、蒸留水振とう溶出、塩濃度3%振とう溶出の数倍高い溶出量であった。

### 3) ダイオキシン類同族体の溶出挙動

- ・カラム実験飛灰

カラム実験飛灰の同族体溶出パターンは、全ての溶出条件において、原灰の同族体濃度分布パターンと類似していた。同族体ごとの溶出率は高塩素化物ほど高くなる傾向にあり、特にOCDDの溶出液中の濃度割合は原灰のOCDD濃度割合を超えるものであった。

- ・施設No. 14飛灰

施設No. 14飛灰の同族体溶出パターンは、全ての溶出条件において、原灰の同族体濃度分布パターンとは異なるものであり、カラム実験飛灰と同様に高塩素化物ほど溶出量は多くなる傾向であった。特にH7CDD、OCDDの溶出液中の濃度割合が、原灰の濃度割合を超えていた。

- ・同族体の溶出挙動

今回の溶出実験における同族体の溶出挙動は、オクタノール/水分配係数に従っているものと考えられ、オクタノール/水分配係数の高い高塩素化物の溶出率が高いことを示している。

### 4) ダイオキシン類溶出関連物質

- ・ダイオキシン類の溶出量と相関

今回行ったダイオキシン類溶出関連物質の中で、ダイオキシン類の溶出量と相関が認められそうなものはカラム実験飛灰のTOC濃度であり、他の項目については、明確な関係は認められなかった。

### 5) 飛灰からの溶出

- ・底灰中の未燃炭素成分とpHの影響

主灰との混合により飛灰からのダイオキシン類の溶出が促進されること、また、その傾向はpHの上昇とともに高まる。

- ・ダイオキシン類の溶出ポテンシャルの指標物質

CBzsおよびCPhsは100~1000倍の濃度で溶出液中に検出されるため、浸出水中でダイオキシン類のレベルや、焼却灰からのダイオキシン類の溶出ポテンシャルを予想する指標物質として、溶出挙動をさらに詳しく調べる必要がある。

表6-1 原灰からの溶出率

実測値及びTEQ値の溶出率(×10<sup>-6</sup>%)

実験項目	カラム実験飛灰	カラム実験混合灰	施設 No.14 飛灰	施設 No.14 混合灰
蒸留水	24(8.8)	8.5(1.8)	150(21)	680(58)
	4.1(1.2)	5.1(0.98)	230(19)	410(36)
塩濃度 3%	14(3.0)	—	130(18)	—
	1.8(0.43)	—	92(7.9)	—
塩濃度 2%	46(21)	—	450(120)	—
塩濃度 1%	65(33)	—	490(140)	—
LAS1000mg/l	85(50)	—	480(52)	—
	17(7.1)	—	60(7.0)	—
LAS100mg/l	33(16)	—	110(10)	—
メノール 20%	100(66)	—	340(41)	—
	3.9(1.5)	—	170(18)	—
メノール 10%	35(13)	—	190(21)	—
メノール 100mg/l	37(12)	—	100(10)	—
蒸留水 1ヶ月	—	—	—	—
	26(14)	—	—	—
塩濃度 3%、1ヶ月	—	—	—	—
	130(88)	—	—	—

\* ( ) 内は TEQ 濃度からの溶出率。

\* 下段に数値があるものは 0.45 $\mu$ m ろ過によるもの。その他は全て 1 $\mu$ m ろ過。

\* 溶出率の計算においては、原灰のダイオキシン類濃度は水分補正を行っている。

\* 水分率: カラム実験飛灰 30.5%、カラム実験混合灰 23.7%、施設 No.14 飛灰 0.4%、  
施設 No.14 混合灰 1.1%。



表 6-2 蒸留水溶出を基準とした時の溶出比率

実測値及び TEQ 値の溶出比率

実験項目	カラム実験飛灰	カラム実験混合灰	施設 No.14 飛灰	施設 No.14 混合灰
蒸留水	1(1)	0.35(0.20)	1(1)	4.5(2.8)
	0.17(0.14)	0.21(0.11)	1.5(0.90)	2.7(1.7)
塩濃度 3%	0.58(0.34)	—	0.89(0.84)	—
	0.076(0.049)	—	0.61(0.37)	—
塩濃度 2%	1.9(2.4)	—	3.0(5.7)	—
塩濃度 1%	2.7(3.7)	—	3.3(6.3)	—
LAS1000ppm	3.5(5.7)	—	3.2(2.4)	—
	0.70(0.80)	—	0.40(0.33)	—
LAS100ppm	1.4(1.8)	—	0.72(0.49)	—
タノール 20%	4.3(7.4)	—	2.3(1.9)	—
	0.16(0.17)	—	1.1(0.86)	—
タノール 10%	1.5(1.4)	—	1.3(0.98)	—
タノール 100ppm	1.5(1.3)	—	0.67(0.49)	—
蒸留水 1ヶ月	—	—	—	—
	1.1(1.5)	—	—	—
海水 3%、1ヶ月	—	—	—	—
	5.5(10.0)	—	—	—

\* ( ) 内は TEQ 濃度からの溶出比率。

\* 下段に数値があるものは 0.45 $\mu$ m ろ過によるもの。その他は全て 1 $\mu$ m ろ過。

## 第7章 水処理施設におけるダイオキシン類挙動調査

最終処分場の浸出水処理施設の水処理工程、汚泥処理工程におけるダイオキシン類濃度を分析し、水処理工程における除去率、処理施設でのダイオキシン類収支をはじめとした挙動について把握を行った。

### 1) 水処理工程におけるダイオキシン類挙動

#### ・水処理工程における除去率

第1凝集沈殿入口から第2凝集沈殿出口までのダイオキシン類の総除去率は90%以上と高く、特に第1凝集沈殿における除去効果が高い(図7-1、7-2参照)。

#### ・微量有機物質

ダイオキシン類を可溶化する可能性のある微量有機物質として、クロロベンゼン、クロロフェノール、nヘキサン、フェノール類、陰イオン界面活性剤等を分析した。クロロフェノールは生物処理工程で除去されるが、その他はいずれの工程でもあまり除去されない。LAS、アルコール類については検出されなかった。

#### ・ダイオキシン類収支

発生汚泥量から求めたダイオキシン類総量と水量・水質データから計算したダイオキシン類総量とがほぼ一致した。これは測定期間を30日間、分析頻度を3回としたために精度が上がり、収支が一致したものと考えられる。

#### ・水質項目との相関

ダイオキシン類とSSあるいはBODとのある程度の相関は認められ、処理施設の運転指標としての検討の余地があることがわかった(図7-3、7-4参照)。

#### ・生物処理による挙動

データ数は少ないが、曝気によって、SS性、非SS性ともにダイオキシン類総量が増加する傾向にあった。非SS性ダイオキシン類が増加するのは汚泥の可溶化によるものと考えられる。

### 2) 汚泥収支

#### ・脱水機まわりの汚泥収支

脱水前汚泥、脱水後の脱水汚泥と脱離液、高分子凝集材のダイオキシン類総量を計算し、ダイオキシン類収支を検討した結果、脱水前のダイオキシン類総量に比べ、脱水後の総量が半分以下となった(図7-5参照)。今後データの蓄積による検討が必要である。

図7-1 工程別ダイオキシン類濃度について-1

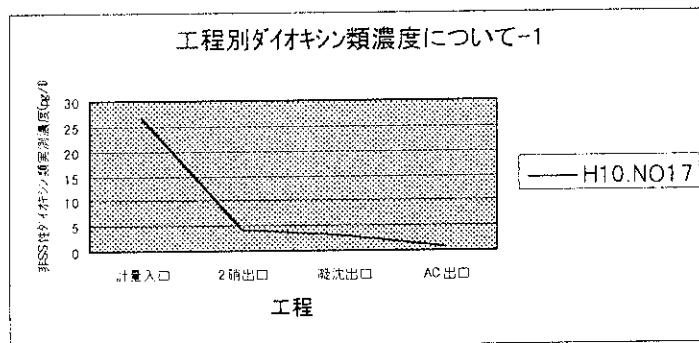
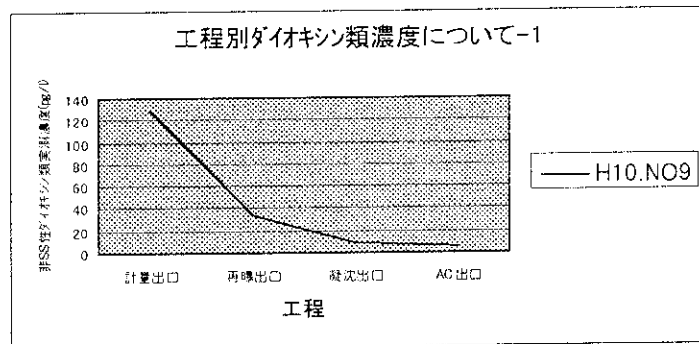
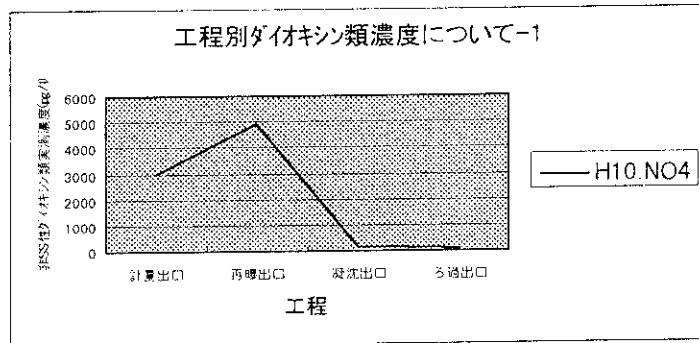
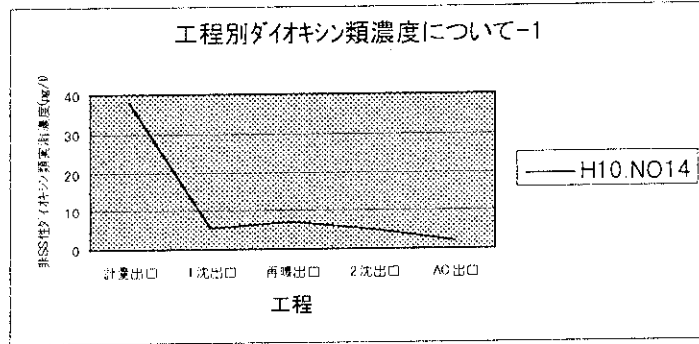
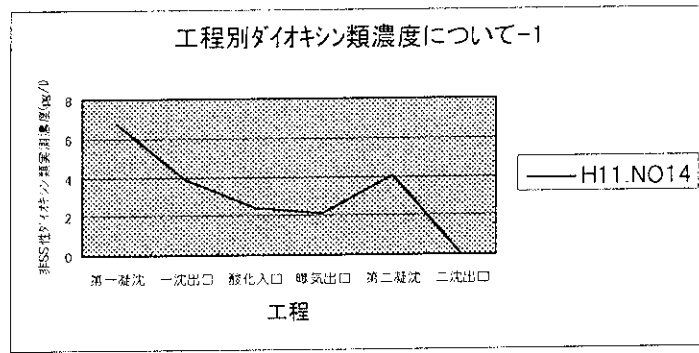


図7-2 工程別ダイオキシン類濃度について-2

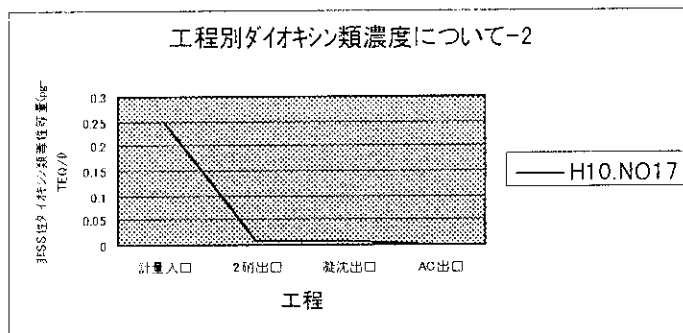
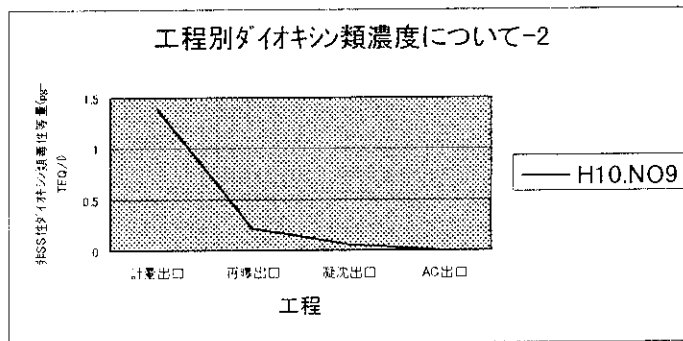
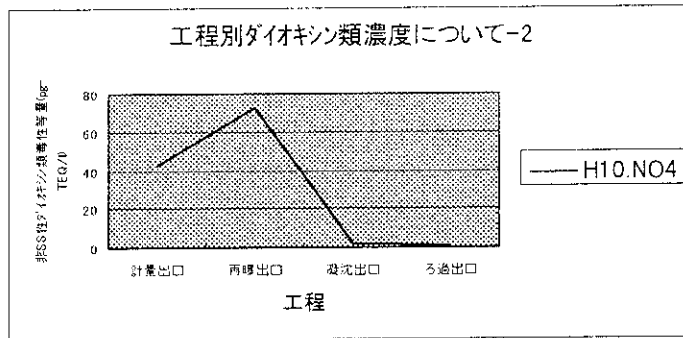
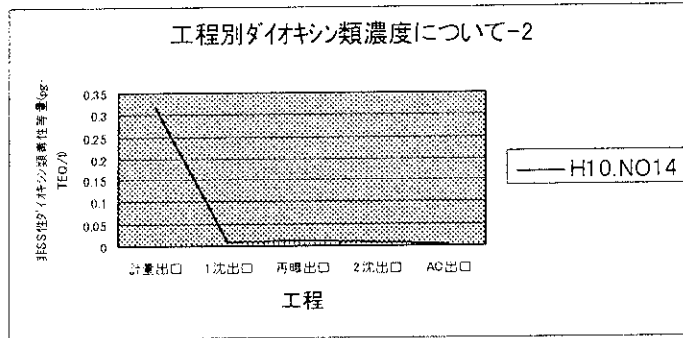
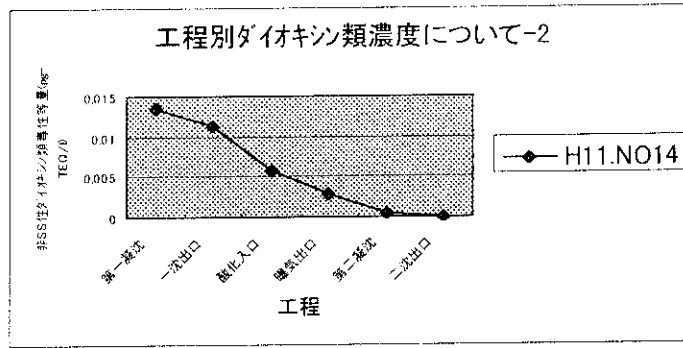


図7-3 BODとダイオキシン類の関係

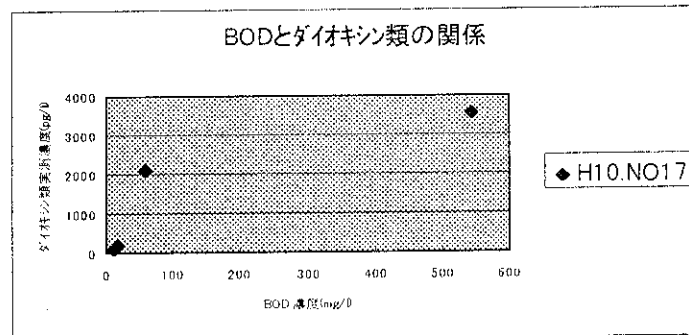
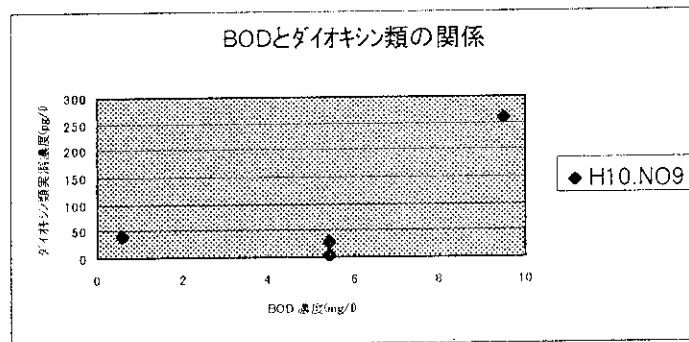
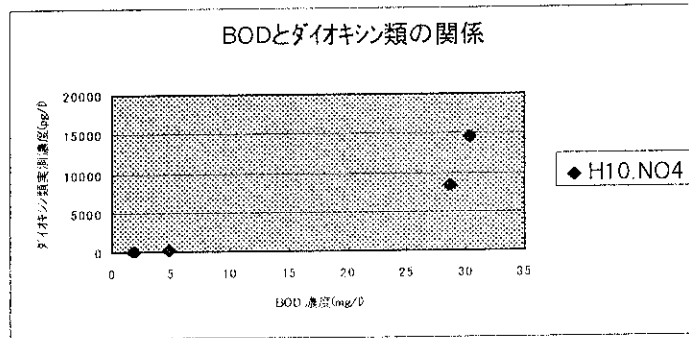
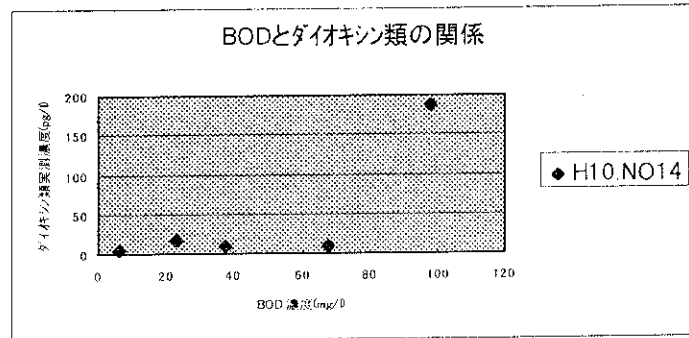
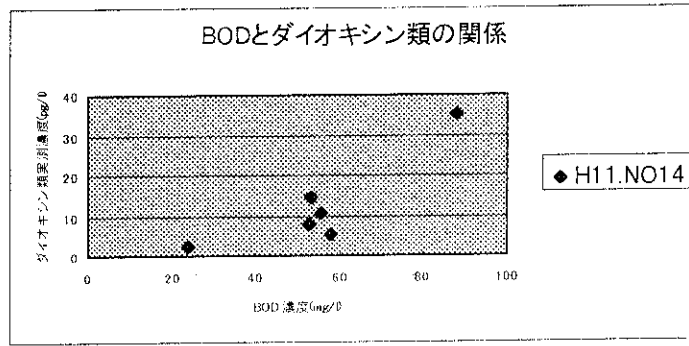


図7-4 SSとSS性ダイオキシン類の関係

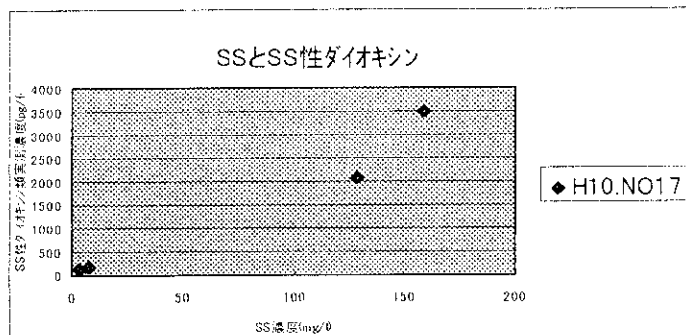
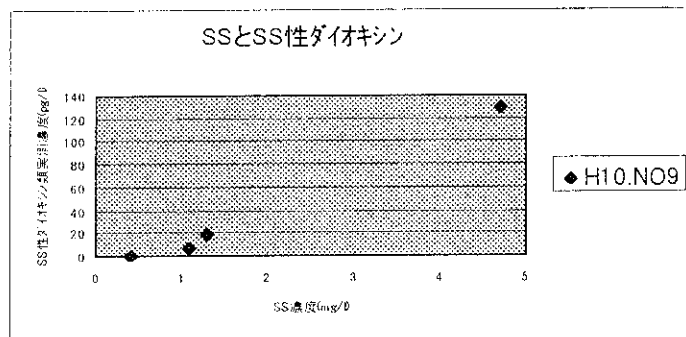
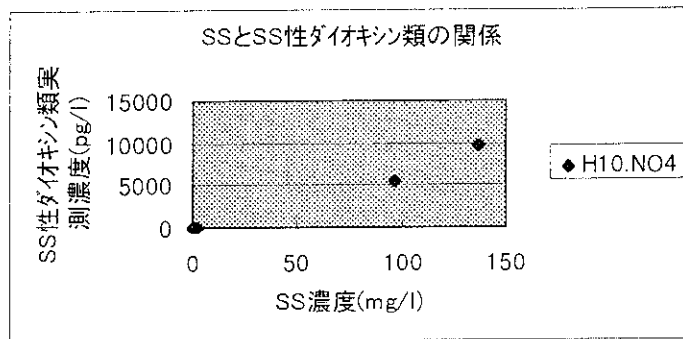
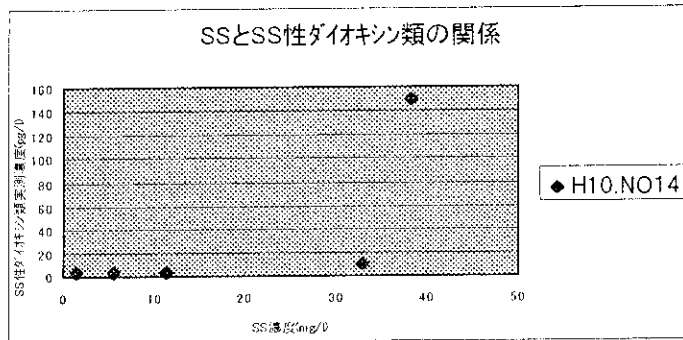
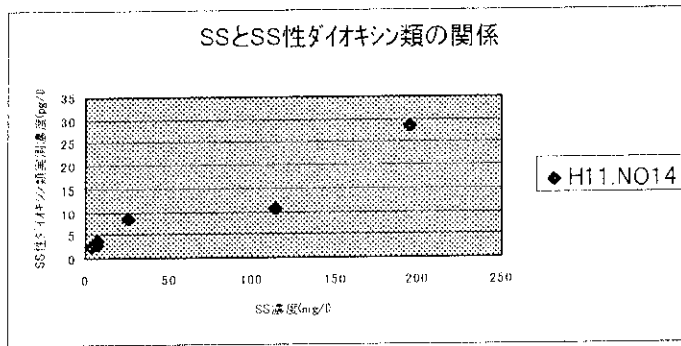
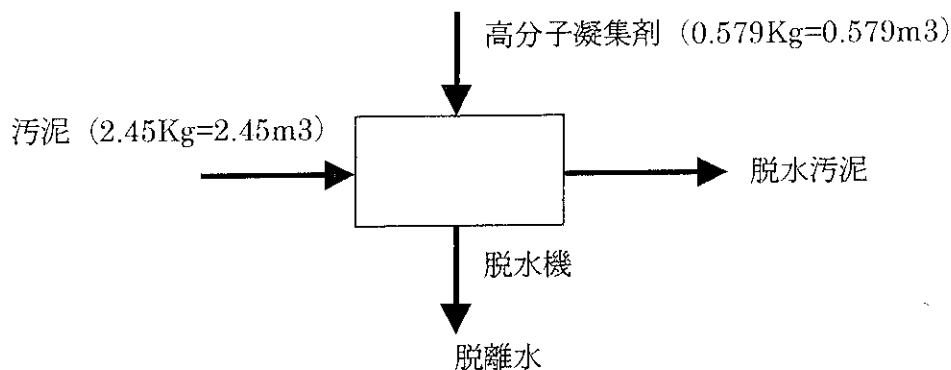


図7-5 脱水機まわりのダイオキシン類収支  
(脱水時間1時間あたりでの物質収支)



		ダイオキシン類流入量			ダイオキシン類流出量		
		汚泥	高分子凝集剤	合計	脱離水	脱水汚泥	合計
流量(Q=Q1+Q2)	kg	2450.000	579.000	3029.000	1680.244	1348.756	3029.000
SS分(Q1)	kg	264.600	0.000	264.600	0.244	264.356	264.600
水分(Q2)	kg	2185.400	579.000	2764.400	1680.000	1084.400	2764.400
SS比(Q/Q1)	—	0.108	0.0	—	0.000145	0.196	—
ダイオキシン濃度(SS分)	pg/g	820	0	820	37	270	307
C1	pgTEQ/g	9.8	0	9.8	0.15	3.4	3.6
ダイオキシン濃度(水分)	pg/kg	0	0	0	2.8	0	2.8
C2	pgTEQ/kg	0	0	0	0.005	0	0.005
ダイオキシン総量(SS分)	ng	216,972	0	216,972	9.0	71,376	71,385
S1=Q1 × C1	ngTEQ	2,593	0	2,593	0.037	899	899
ダイオキシン総量(水分)	ng	0	0	0	4.7	0	4.7
S2=Q2 × C2	ngTEQ	0	0	0	0.0084	0	0.0084
ダイオキシン総量合計	ng	216,972	0	216,972	13.7	71,376	71,390
S1+S2	ngTEQ	2,593	0	2,593	0.045	899	899
				0.000			0
Co-PCB濃度(SS分)	pg/g	74	0	74	18	37	55
C3	pgTEQ/g	0.23	0	0.23	0.028	0.10	0.13
Co-PCB濃度(水分)	pg/kg	0	0	0	3.3	0	3.3
C4	pgTEQ/kg	0	0	0	0.00045	0	0.00045
Co-PCB総量(SS分)	ng	19,580	0	19,580	4.4	9,781	9,786
S3=Q1 × C3	ngTEQ	61	0	61	0.0068	26	26
Co-PCB総量(水分)	ng	0	0	0	5.5	0	5.5
S4=Q2 × C4	ngTEQ	0	0	0	0.00076	0	0.000756
Co-PCB総量合計	ng	19,580	0	19,580	9.9	9,781	9,791
S3+S4	ngTEQ	61	0	61	0.0076	26	26

注1 水分は1L=1kgとし、またSS分は比重1とした。  
 注2 数字はすべて1時間あたりを表している。  
 注3 高分子凝集剤にはダイオキシン類は含まれないものとした。

## 第8章 ダイオキシン類低減化技術研究

浸出水中ダイオキシン類の分解・除去実験として、ダイオキシン類の分解・除去実験は、促進酸化法、触媒酸化法、逆浸透膜法によるダイオキシン類分解・除去実験を実施し、そのダイオキシン類分解・除去特性について、把握した。

更に、浸出水処理によって除去されたダイオキシン類を含む水処理汚泥を対象に、高電圧パルス法、オゾン・紫外線促進酸化法、加熱処理法、過熱還元脱塩素化法によるダイオキシン類分解除去実験を行った。

### 1) 浸出水中のダイオキシン類分解除去実験

実験結果を表8-1にまとめて示す。

#### ・ダイオキシン類除去

浸出水中のダイオキシン類は33～99.99%で、0.00027～4.9pg-TEQ/Lまで処理された。添加オゾン量の相違、BOD等の有機物量等の実験条件の相違、目的と適応性、コストの違いなどがあり、処理効率だけの単純な優劣の比較はできない。排水基準10pg-TEQ/Lはすべての方式で達成できる。また、全国一律の排出基準よりも厳しい基準による規制を受けた場合でも対応の可能性はある。

### 2) 水処理汚泥中のダイオキシン類分解実験

実験結果を表8-2にまとめて示す。

#### ・ダイオキシン類分解

加熱分解、加熱脱塩素化法では90%以上の分解除去が可能である。その他汚泥の元である浮遊物質を含む浸出源水での実験で、80%以上の分解効率を得た。



表8-1 平成11年度及び10年度の浸出水中ダイオキシン類分解除去実験

	分解除去方法	原水	供試水濃度	処理水濃度	処理効率
平成十一年度	オゾン・紫外線併用法	浸出水処理水	70	4.9	93
			51	2.4	95
			10.4	1.4	87
			2.5	0.16	94
	浸出水原水	8.1	2.2	73	
			1.3	84	
オゾン・過酸化水素水	浸出水+DXN	0.52	0.025	95	
触媒酸化法	浸出水処理水	0.56	0.073	87	
逆浸透膜法	浸出水原水	2.35 (0.064*)	0.00049	99.98 (99.92*)	
		2.08 (1.98*)	0.00027	99.99 (99.99*)	
平成十年 年度	チューブラータイプによる凝集膜分離法	浸出水生物処理水+DXN	2.01	0.38	81.1
			22.4	0.3	98.6
			54.5	0.03	99.96
	UV・オゾン促進酸化法	浸出水原水+DXN 生物処理水+DXN	20.3	2.0	90.2
			14.8	0.44	97
	膜分離型活性汚泥	浸出水+DXN	35	0.06	99.8
	UV/オゾン併用法	浸出処理水+DXN	36	23	36
				9.4	74
	逆浸透膜法	浸出水原水+DXN	14	0.062	99.6
			2.3	0.0052	99.98
	触媒酸化法	浸出水原水+DXN	塩素無 140	3.4	97.6
			塩素有 95	13	86.8
	オゾン・過酸化水素	浸出原水+DXN	51	2.2	96
				3.3	93
	触媒酸化法	浸出水原水+DXN	塩素無 37.4	0.21	99.4
			H2O2有 35.9	24.1	32.9
	中空糸膜処理	浸出処理水	1.05	0.0064	99.4
	膜処理+UV30分	〃	1.05	0.016	98.5
	UV 30分処理	〃	1.05	0.098	90.6
	UV 60分処理	〃	1.05	0.10	90.5
UV+O3-30分処理	〃	1.05	0.01	99.0	
UV+O3-60分処理	〃	1.05	0.00064	99.94	
UV 60分処理	浸出水原水	3.09	1.54	50.2	
UV+O3-60分処理	〃	3.09	1.42	54.0	
UV 30分処理	EP抽出液	6.15	0.93	84.9	
UV+O3-30分処理	〃	(加圧) 6.15	0.34	94.5	
UV+O3-60分処理	〃	6.15	0.18	97.1	
UV+O3-30分処理	〃	(加圧無) 6.15	1.84	70.1	
触媒酸化法	浸出処理水+DXN	27	2.7	90.0	
			3.7	86.3	

単位：pg-TEQ/L

\*はRO入口を供試水とした場合の濃度と処理効率を表す。

+DXNは飛灰から抽出した高濃度のダイオキシン類を含む溶液を添加したものである。

表 8-2 汚泥中ダイオキシン類分解実験結果

分解方法	対象汚泥	原汚泥濃度	処理汚泥濃度	処理効率
高電圧パルス法	沈殿池汚泥		0.042pg-TEQ/g	
オゾンUV法	浸出原水+DXN	72 pg-TEQ/L	12 pg-TEQ/L	83%
		37 pg-TEQ/L	12 pg-TEQ/L	68%
加熱分解法	焼却炉汚泥	3.4 pg-TEQ/g	0.028 pg-TEQ/g	99.2%
	浸出水処理汚泥	1.3 pg-TEQ/g	0.24 pg-TEQ/g	82%
加熱脱塩素化法	浸出水処理汚泥 + DXN	1316 pg-TEQ/g	967 pg-TEQ/g	27%
		1316 pg-TEQ/g	160 pg-TEQ/g	88%

## 第9章 環境リスクに関する情報分析調査

最終処分場からのダイオキシン類排出濃度レベル設定の検討に資するため、学術的な知見やマスメディアを通じた最新情報に関する情報を収集し、リスクの特徴(分解性、水・大気・土壌分配比、拡散性、生物蓄積性)、物質の毒性(毒性の種類、対象、発現期間、範囲)、物質の拡散(排出源、生産量、使用量、放出量、環境存在量)に基づいて、分類した。

### 1) 情報分析結果

#### ・キーワード別集計

学術的な知見に関して387報、マスメディアを通じた最新情報に関して454報の情報を収集・分類した。この中で、キーワード別には、物質の毒性、物質の拡散に含まれる知見が比較的によく、物質の特性に含まれる知見は少ない。学術的な知見については物質の拡散が最も多かった。

#### ・最終処分場対象

最終処分場を対象とした知見も、11報が得られたに留まり、当該領域の知見の蓄積・整理は今後も継続していくことが必要と考えられた。

## 第10章 まとめ

最終処分場を対象とした浸出水、処理水中の濃度調査により、原水中のダイオキシン類濃度は最小で検出限界(0.2pg-TEQ/L)以下、最大で16pg-TEQ/Lであり、一廃と産廃を混合で埋め立てている処分場、准連炉の灰や機械化バッチ炉の灰を埋め立てている処分場で比較的高い濃度を示す場合が多く、また、埋立開始から10年以上経過している処分場での濃度が低くなっていることがわかった。

一方、処理水中のダイオキシン類濃度は最大で1pg-TEQ/Lであり、水処理施設におけるダイオキシン類の除去率はほぼ95%以上であった。

最終処分場におけるダイオキシン類の収支計算では、処分場へのINPUTは飛灰が99%以上を占め、焼却灰、降下ばいじんの影響は非常に小さいこと、INPUTを100%として、処分場からのOUTPUTは浸出水、発生ガスはわずかであり、埋め立てられたダイオキシン類の99.9%以上が処分場内に貯留保管されているという結果が得られた。

最終処分場での粉じん飛散調査では、粒径別のダイオキシン類濃度では飛灰は粒径による差は小さいが、焼却灰は粒径が小さいほど濃度が高いこと、大気(粉じん)中濃度、降下ばいじん中濃度は埋立作業地点をピークに遠方になるに従って濃度が低くなることわかった。

また、室内飛散実験の結果、焼却残渣の飛散は粒径69 $\mu$ m以下の粒子が関係し、含水率を増加すると粒径は大きくなること、従って、投入時の水分管理が飛散防止に重要であるということがわかった。

カラム実験では、埋立後481日経過した時点での模型槽からのダイオキシン類の漏出率は10<sup>-7</sup>のオーダーであり、金属元素に比べて2~3オーダー低い値であること、浸出水中のダイオキシン類はSS性(1 $\mu$ m以上)が90%以上であり、浸出水中のダイオキシン類とSSには高い濃度相関があることから、ダイオキシン類除去には粒子除去が効果的であるという結果が得られた。

溶出実験により、蒸留水溶出では、原灰の性状によって、ダイオキシン類の溶出挙動が異なり、飛灰単独よりも飛灰と焼却灰の混合灰からの溶出率が数倍高いこと、蒸留水溶出に比べて、塩濃度1%、2%溶出、LAS1000mg/L溶出、メタノール20%溶出で溶出量が高い結果となった。

また、海水浸漬試験の結果、浸漬時間が長ければ、ダイオキシン類の溶出量も増加すること、特に海水浸漬(塩濃度3%)で顕著であることがわかった。

浸出水処理施設におけるダイオキシン類挙動調査により、第1凝集沈殿入口から第2