

上記の理屈からすると、2日目(26日)昼にも1日目昼と同様な飛散が予想される。しかし1日目、2日目夜と同様、粉じん量、ダイオキシン量はバックグラウンドと同程度である。風速が1日目よりも小さく、微風であったことの影響も考えられるが、埋立作業場所Bでさえも濃度が低く、原因については不明である。

重金属のうち、Znはダイオキシン類、粉じん量と同様な挙動を示したが、Cuは埋立作業が行われるBで低く、風上側のAで最も高いという特異な分布となった。

表4-6 大気(粉じん)中のダイオキシン類、重金属類の濃度

調査諸元			ダイオキシン類				重金属類				総粉じん量 mg/m <sup>3</sup>	参考 吸引 ガス量 m <sup>3</sup>
			Total PCDDs	Total PCDFs	Total PCDD/DFs	Total-TEQ PCDD/DF	Cd	Pb	Cu	Zn		
採取日	地点	試料採取時間	pg/m <sup>3</sup>			pg-TEQ/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>		
24日(昼)	A	9:10 ~ 16:39	1.8	1.5	3.3	0.023	<0.002	<0.02	0.047	0.047	0.1	422.00
	B	8:45 ~ 16:08	9.2	3.4	13.	0.088	<0.002	<0.02	0.035	0.16	0.19	424.70
	C	9:00 ~ 16:00	3.3	2.5	5.8	0.054	<0.002	<0.02	0.023	0.068	0.11	383.20
	D	9:03 ~ 16:00	1.6	2.1	3.7	0.032	<0.002	<0.02	0.026	0.054	0.11	331.90
	E	8:57 ~ 16:05	0.8	1.7	2.6	0.024	<0.002	<0.02	0.017	0.04	0.11	399.80
	F	9:20 ~ 16:27	1.3	1.2	2.5	0.016	<0.002	<0.02	0.02	0.048	0.082	419.80
24日(夜)	A	17:23 ~ 8:05	0.79	0.47	1.3	0.00052	<0.002	<0.02	0.21	0.018	0.037	840.30
	B	17:10 ~ 7:52	1.2	0.75	2.	0.014	<0.002	<0.02	0.019	0.023	0.039	857.00
	C	17:10 ~ 7:50	1.5	0.93	2.4	0.0086	<0.002	<0.02	0.015	0.03	0.03	839.30
	D	17:13 ~ 8:26	1.4	0.96	2.4	0.0092	<0.002	<0.02	0.045	0.022	0.029	729.40
	E	17:15 ~ 8:05	1.6	1.	2.6	0.0095	<0.002	<0.02	0.031	0.021	0.028	842.60
	F	17:00 ~ 7:45	1.9	1.	2.9	0.011	<0.002	<0.02	0.077	0.011	0.021	882.00
25日(昼)	A	9:12 ~ 16:14	1.2	1.	2.2	0.011	<0.002	<0.02	0.081	0.024	0.051	409.10
	B	9:00 ~ 16:00	1.6	1.6	3.2	0.015	<0.002	<0.02	0.022	0.015	0.053	413.00
	C	9:10 ~ 16:00	1.2	1.1	2.3	0.012	<0.002	<0.02	0.0098	0.01	0.049	397.50
	D	9:01 ~ 16:19	1.3	1.	2.3	0.01	<0.002	<0.02	0.022	0.0064	0.058	343.60
	E	8:57 ~ 16:10	1.3	0.92	2.2	0.0098	<0.002	<0.02	0.0052	0.011	0.055	425.70
	F	8:44 ~ 17:00	1.2	0.58	1.8	0.0015	<0.002	<0.02	0.025	0.0085	0.045	482.80
25日(夜)	A	17:27 ~ 8:20	0.86	0.52	1.4	0.00095	<0.002	<0.02	0.21	0.018	0.031	871.60
	B	16:53 ~ 7:39	1.1	0.58	1.7	0.0011	<0.002	<0.02	0.024	0.013	0.03	877.00
	C	16:46 ~ 7:42	1.	0.55	1.6	0.00091	<0.002	<0.02	0.0088	0.011	0.032	886.90
	D	17:15 ~ 8:00	0.85	0.54	1.4	0.00094	<0.002	<0.02	0.059	0.0097	0.037	868.60
	E	17:21 ~ 8:04	0.86	0.53	1.4	0.00092	<0.002	<0.02	0.0086	0.019	0.038	852.20
	F	17:03 ~ 7:48	1.	0.58	1.6	0.00089	<0.002	<0.02	0.0055	0.0072	0.036	876.00

大気環境基準
1 pg-TEQ/m <sup>3</sup>
大気排出基準(H14.12以降)
5.0 ng-TEQ/m <sup>3</sup>
施設NO.18 (H11.9 調べ)
焼却施設1号炉
2.1 pg-TEQ/m <sup>3</sup>
焼却施設2号炉
2.0 pg-TEQ/m <sup>3</sup>

凡例： 24日(昼) 24日(夜) 25日(昼) 25日(夜)

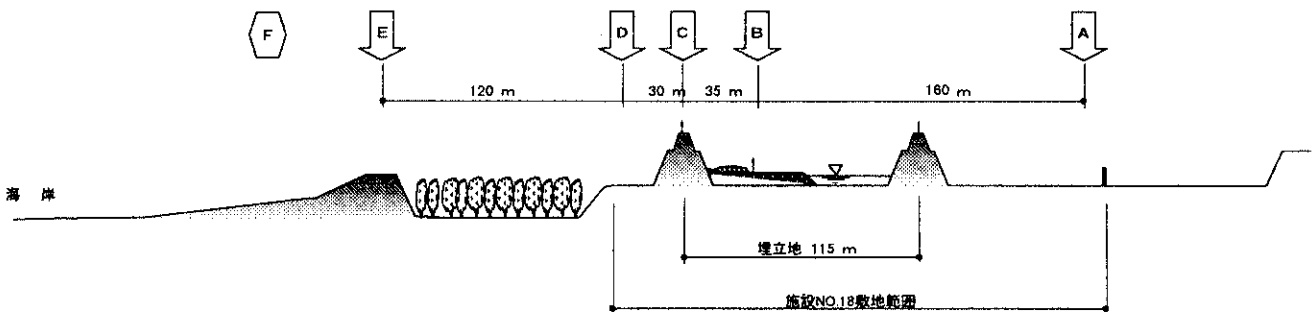
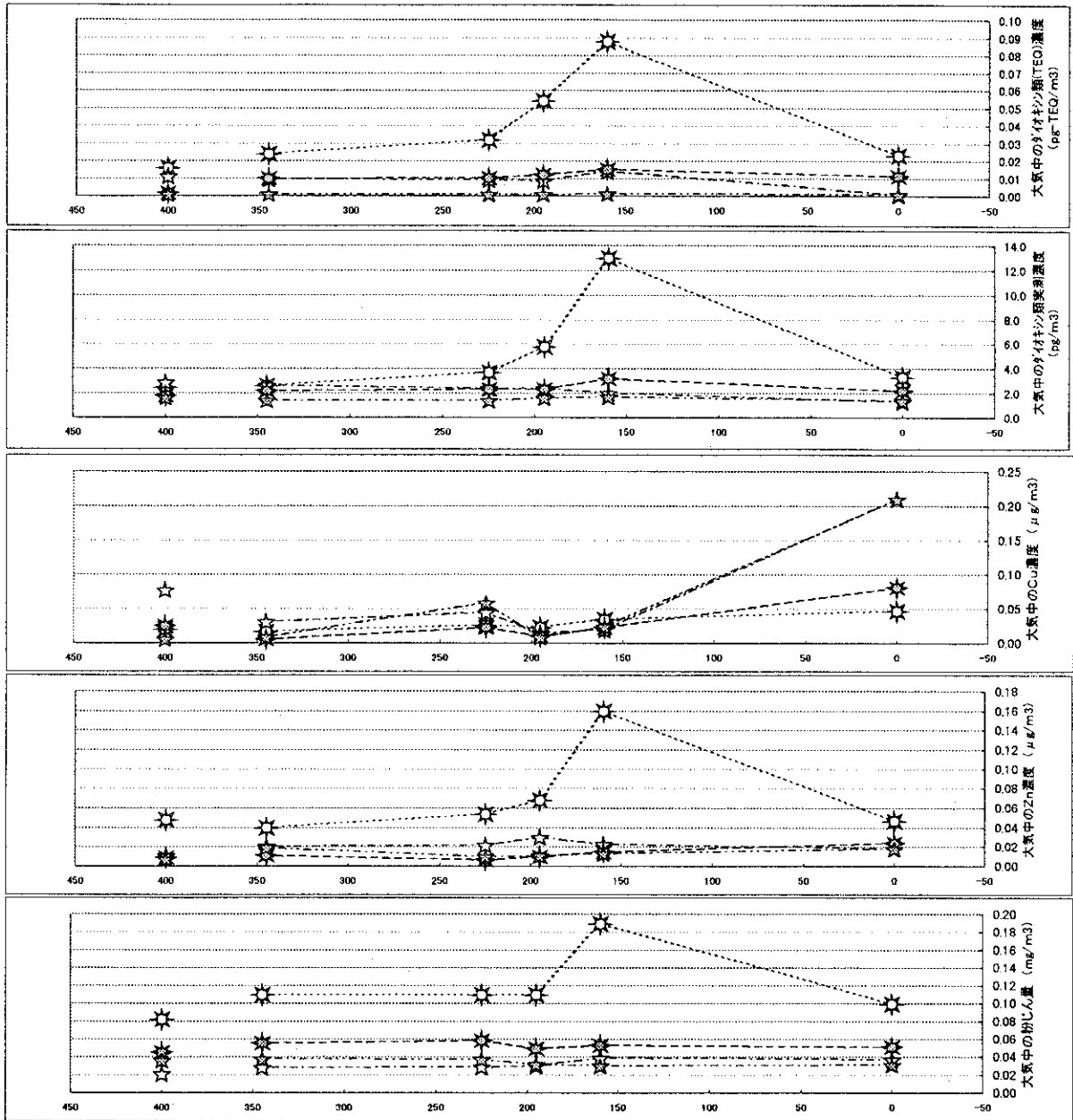


図4-3 サンプル地点とダイオキシン類，重金属類濃度及び総粉じん量との対応



(3) 降下ばいじん中の濃度

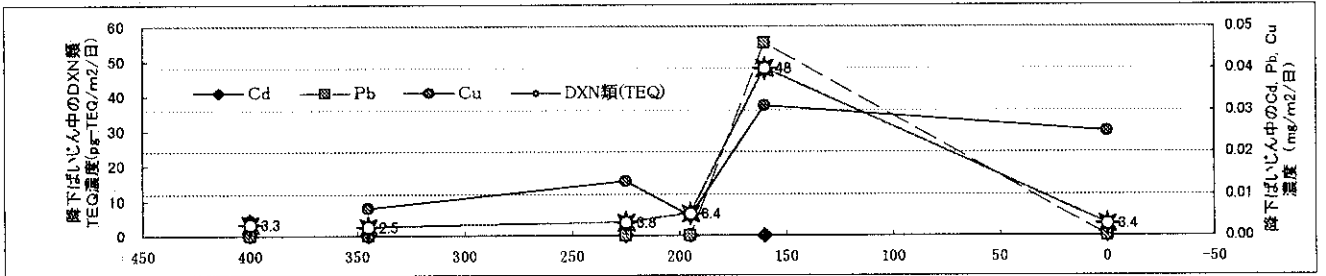
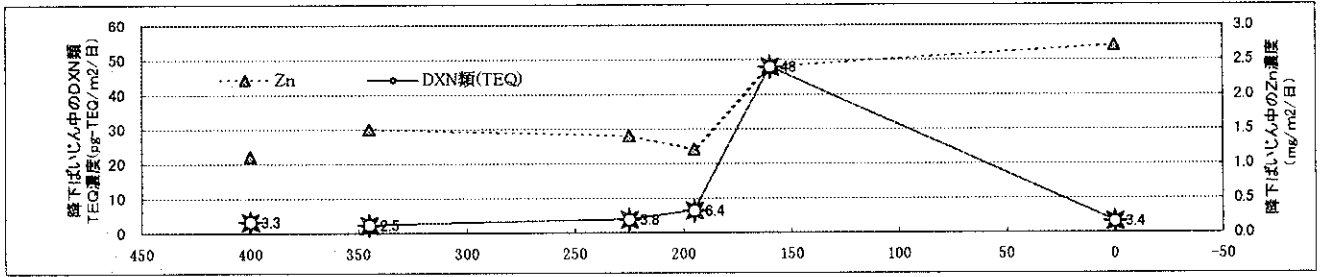
降下ばいじん中のダイオキシン類及び重金属類分析結果を表4-7に示す。

また、サンプリング地点と対応させて図示すると図4-5のようになる。ダイオキシン類濃度は、埋立地内B地点が最大で次いで風下のC地点が高いという傾向は、1日目昼の大気中濃度と一致している。重金属はB地点で高いが、大気中粉じんのCu濃度が高かったA地点でCu、Znが高く、傾向は大気中濃度とは異なっている。

表4-7 降下ばいじん中のダイオキシン類、重金属類の濃度

調査諸元			ダイオキシン類				重金属類				参考		ばいじん量
採取日	地点		Total PCDDs	Total PCDFs	Total PCDD/DFs	Total-TEQ PCDD/DF	Cd	Pb	Cu	Zn	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	
			pg/m <sup>2</sup> /日										
8/25 ~ 9/24 (32日間)	A		310.	98.	410.	3.4	<0.01	<0.03	0.025	2.7	10.	8.2	77
	B	発生源	6900.	810.	7700.	48.	<0.01	0.046	0.031	2.4	13.	9.9	93
	C		750.	190.	940.	6.4	<0.01	<0.03	0.0048	1.2	18.	9.3	29
	D		380.	130.	510.	3.8	<0.01	<0.03	0.013	1.4	7.7	5.4	140
	E		160.	78.	240.	2.5	<0.01	<0.03	0.0066	1.5	19.	12.	48
	F	バックグラウンド		0.									
			180.	85.	270.	3.3	<0.01	<0.03	0.0035	1.1	5.	5.	32

<ダイオキシン類TEQ濃度と重金属類濃度>



<ダイオキシン類実測濃度と重金属類濃度>

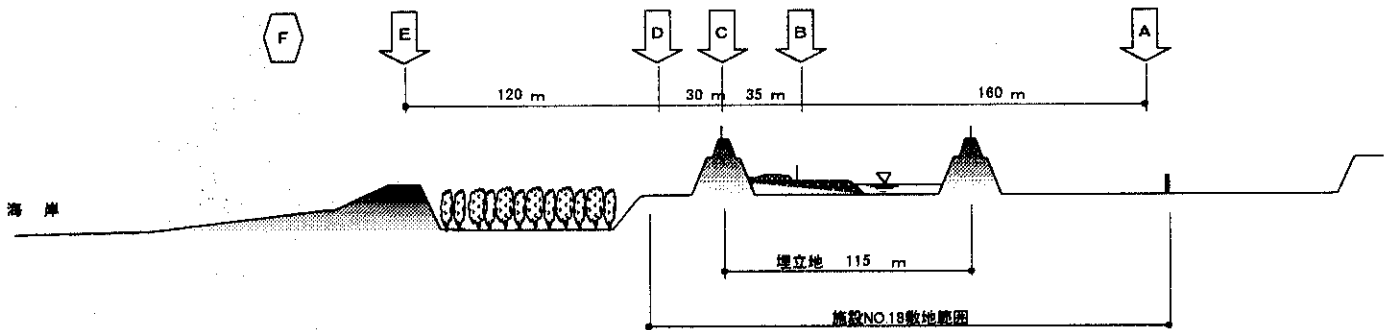
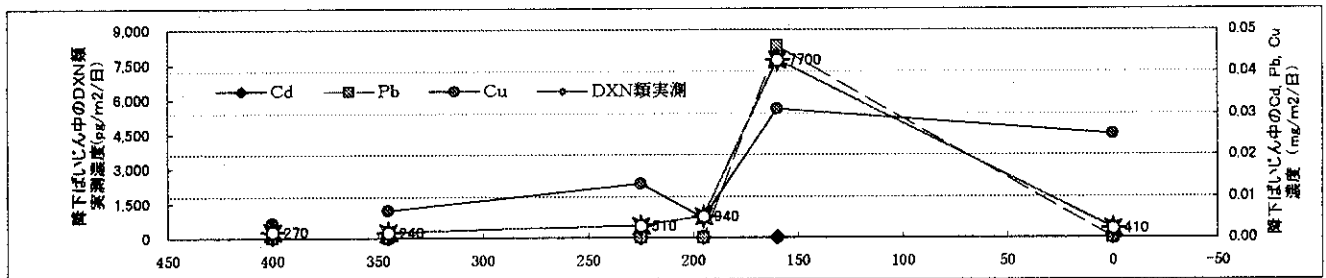
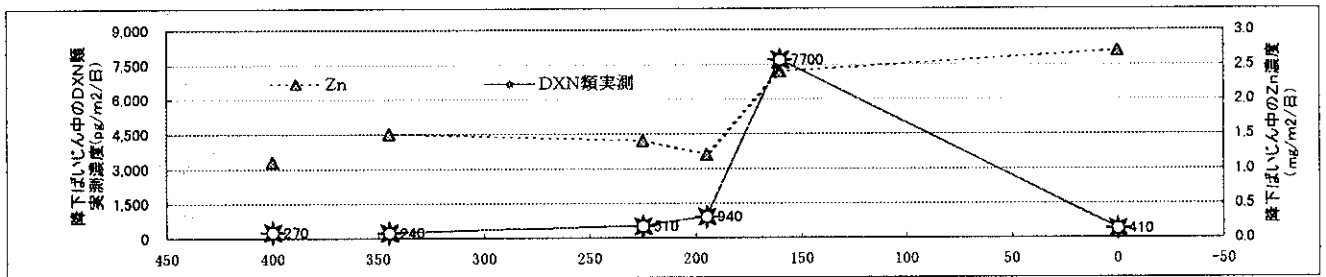


図4-5 サンプル地点と降下ばいじん中のダイオキシン類、重金属類(Cd,Pb,Cu,Zn)濃度の対応

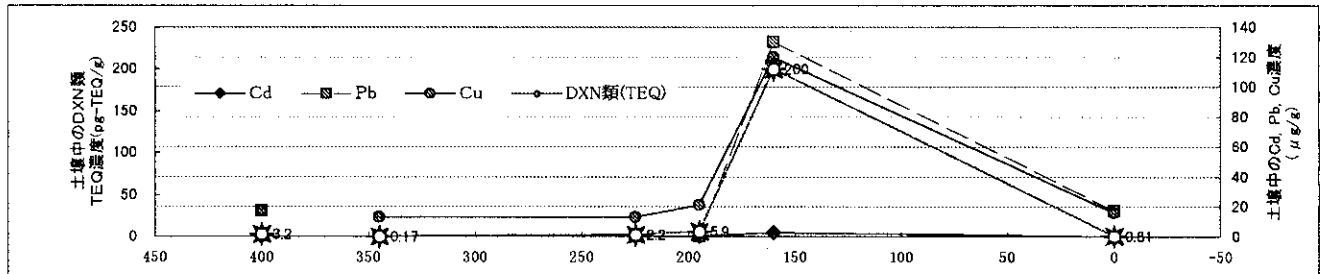
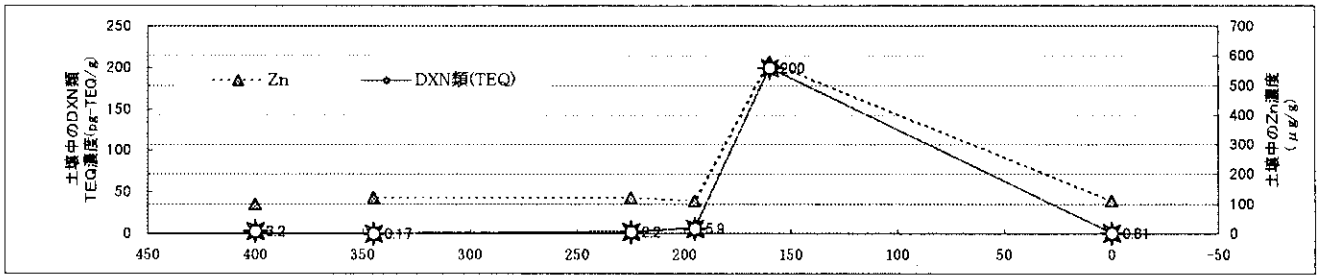
(4) 土壌中の濃度

土壌中のダイオキシン類及び重金属類分析結果を表4-8に示す。また、図4-6上段に地点別の濃度を示す。B地点は埋立後の焼却灰なので考察から除くと、ダイオキシンはB地点から遠くなるに従って濃度が低い。しかし、A、D、E地点に較べてバックグラウンド地点F、覆土材の方が高く、埋立地を中心としてはっきりと減衰しているとは言えない。重金属には、Bを除けば明らかな距離的傾向は認められない。

表4-8 土壌中のダイオキシン類，重金属類の濃度

調査諸元			ダイオキシン類				重金属類				含水率 (風乾後)	熱しやく 減量
採取日	地点		Total PCDDs	Total PCDFs	Total PCDD/DFs	Total-TEQ PCDD/DF	Cd	Pb	Cu	Zn	%	%dry
			pg/g		pg-TEQ/g		μg/g	μg/g	μg/g	μg/g		
25日	A		65.	21.	86.	0.8	<1	17	16	110	0.59	1.7
	B	発生源	28000.	3500.	32000.	200.	2.7	130	120	580	1.3	3.5
	C		59.	370.	960.	5.9	<1	<10	21	110	2.8	5.3
	D		89.	160.	250.	2.2	<1	<10	13	120	0.49	1.9
	E		41.	11.	52.	0.2	<1	<10	13	120	0.37	1.6
				0.								
	F	バックグラウンド	210.	170.	380.	3.2	<1	17	17	100	0.83	3.1
	覆土	340.	250.	590.	4.9	<1		16	96	4.4	13.1	

<ダイオキシン類TEQ濃度と重金属類濃度>



<ダイオキシン類実測濃度と重金属類濃度>

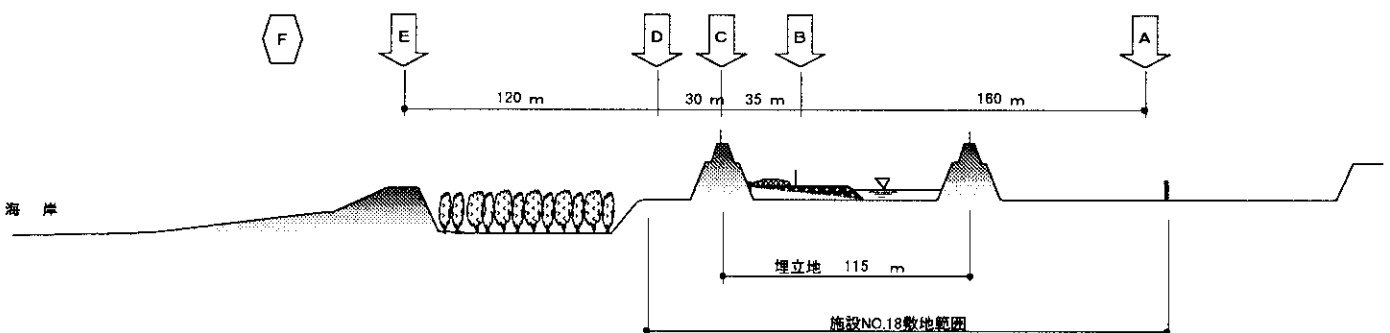
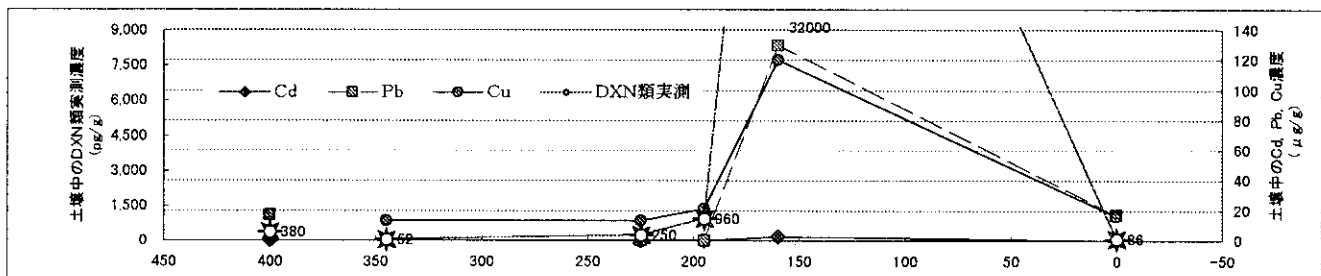
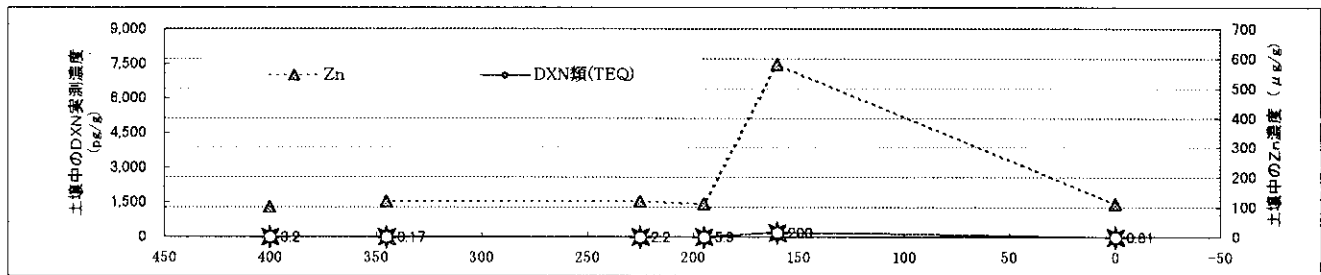


図4-6 サワリク地点と土壤中のダイオキシン類、重金属類(Cd,Pb,Cu,Zn)濃度の対応

### 3) ダイオキシン類の環境調査との比較

図4-7に、環境庁が全国を対象に調査した結果と、No.18処分場における測定値を比較する。大気中濃度、降下ばいじん濃度は都市大気と同程度のレベルにある。特に大気中濃度は、埋立地内においてもバックグラウンドの範囲である。

土壌は、焼却灰であるBを除けば、やはりバックグラウンドの濃度とほぼ同じである。

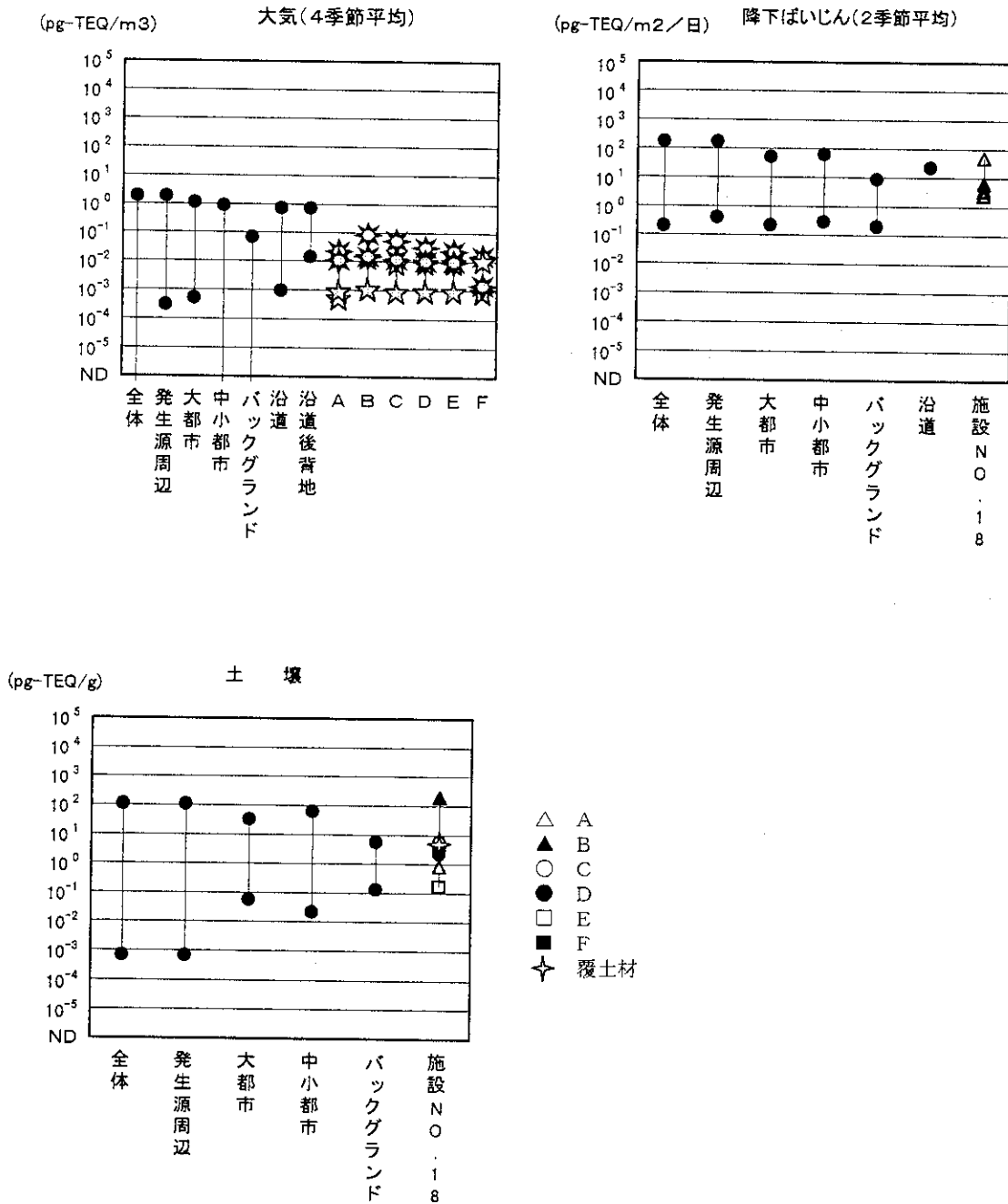


図4-7 本調査結果と全国対象調査結果（環境庁）との比較



#### 4) ダイオキシン類の同族体分布

ダイオキシン類の同族体分布を、10種類の同族体濃度の平均をゼロとして基準化して図4-8に示す。

焼却灰と飛灰の同族体分布はよく似ている。また、粒径別の違いは見られなかった。

飛散の影響があると考えられるB地点の1日目昼の大气、ばいじんは、6塩化ダイオキシンのピークがあり、焼却灰、飛灰のピークと一致している。これからも、飛散が起こっていることが確認できる。焼却灰中のフランはダイオキシンに較べて少なく、右下がりのフラン分布はバックグラウンド大气によると思われる。

1日目昼のBを除く大气は、4塩化、8塩化ダイオキシンが多く、フランが4塩化を最大として右下がりとなるというパターンを示している。1日目昼のCのダイオキシン分布は焼却灰とB以外の大气の間である。

B地点以外の大气、降下ばいじん、土壌を較べると

	ダイオキシン	フラン
大气	4、8塩化が多い(U字型)	低塩化が多い(右下がり)
ばいじん	8塩化が多い(J字型)	ダイオキシンに較べて少ない
土壌	4、8塩化が多い(U字型)	高塩化が多い(右上がり)
焼却灰	6塩化が多い(Λ型)	ダイオキシンに較べて少ない

となり、部分的な共通点が認められるのみである。

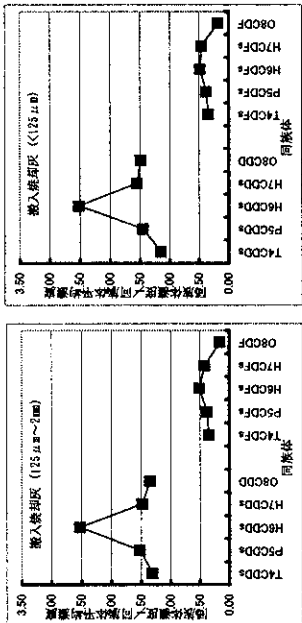
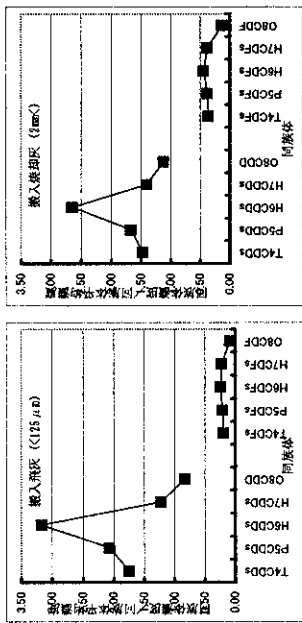
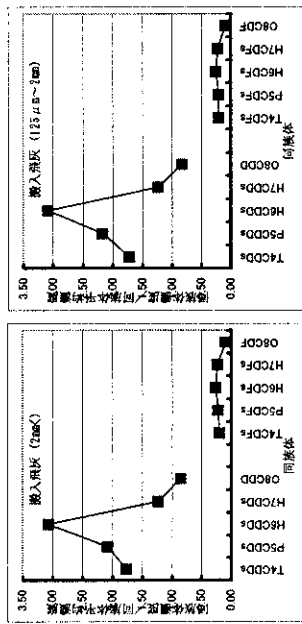
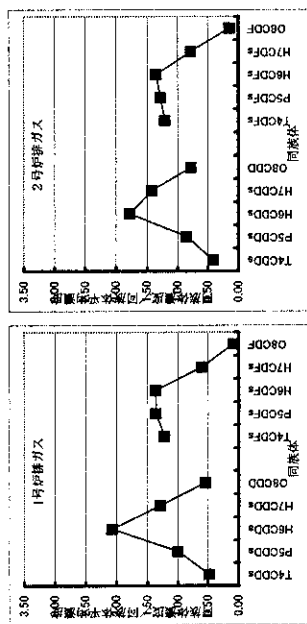
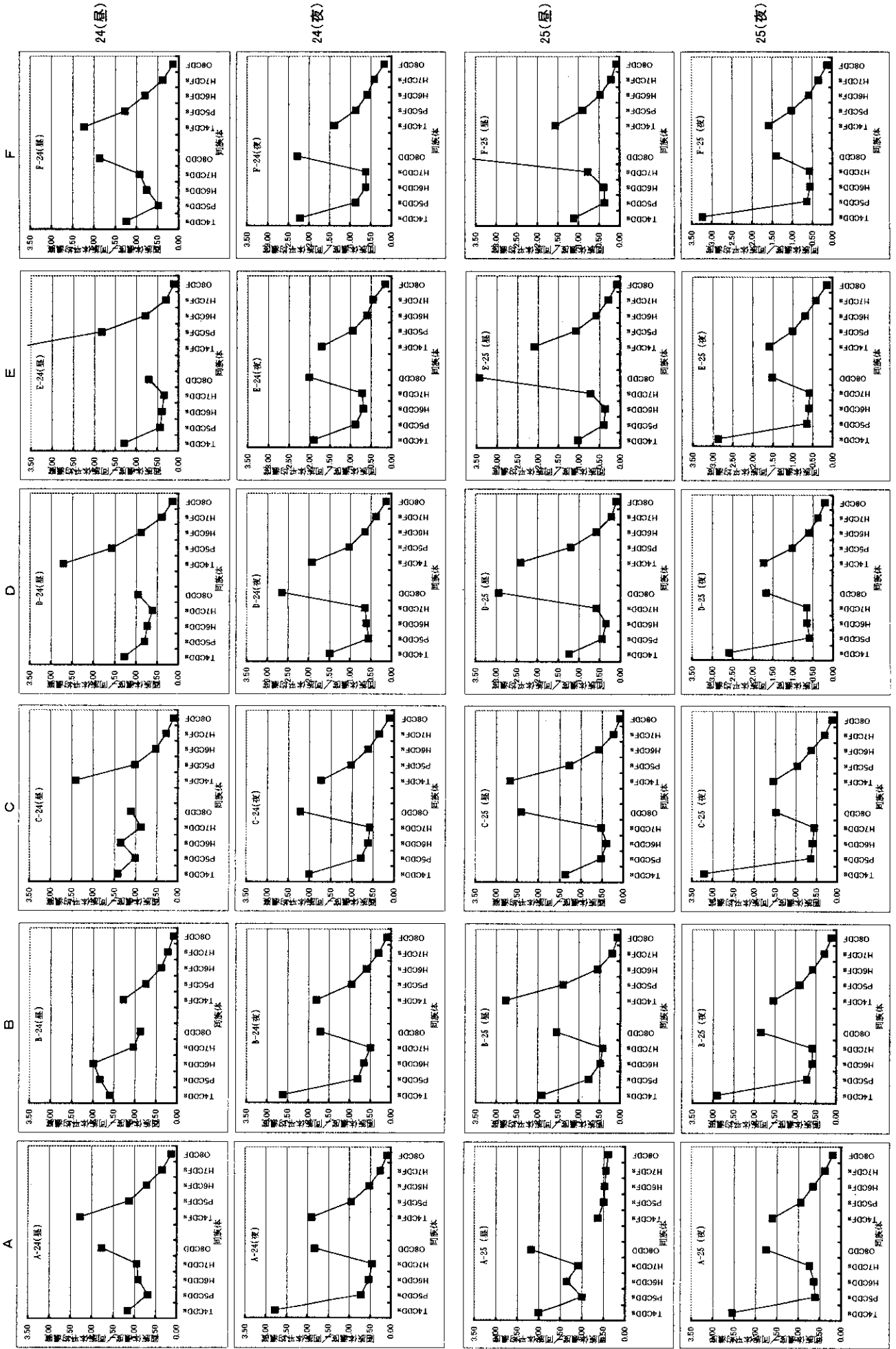


図4-8 ダイオキシン類の同族体分布 (1/3)

図4-8 ダイオキシンの同族体分布 (2/3)



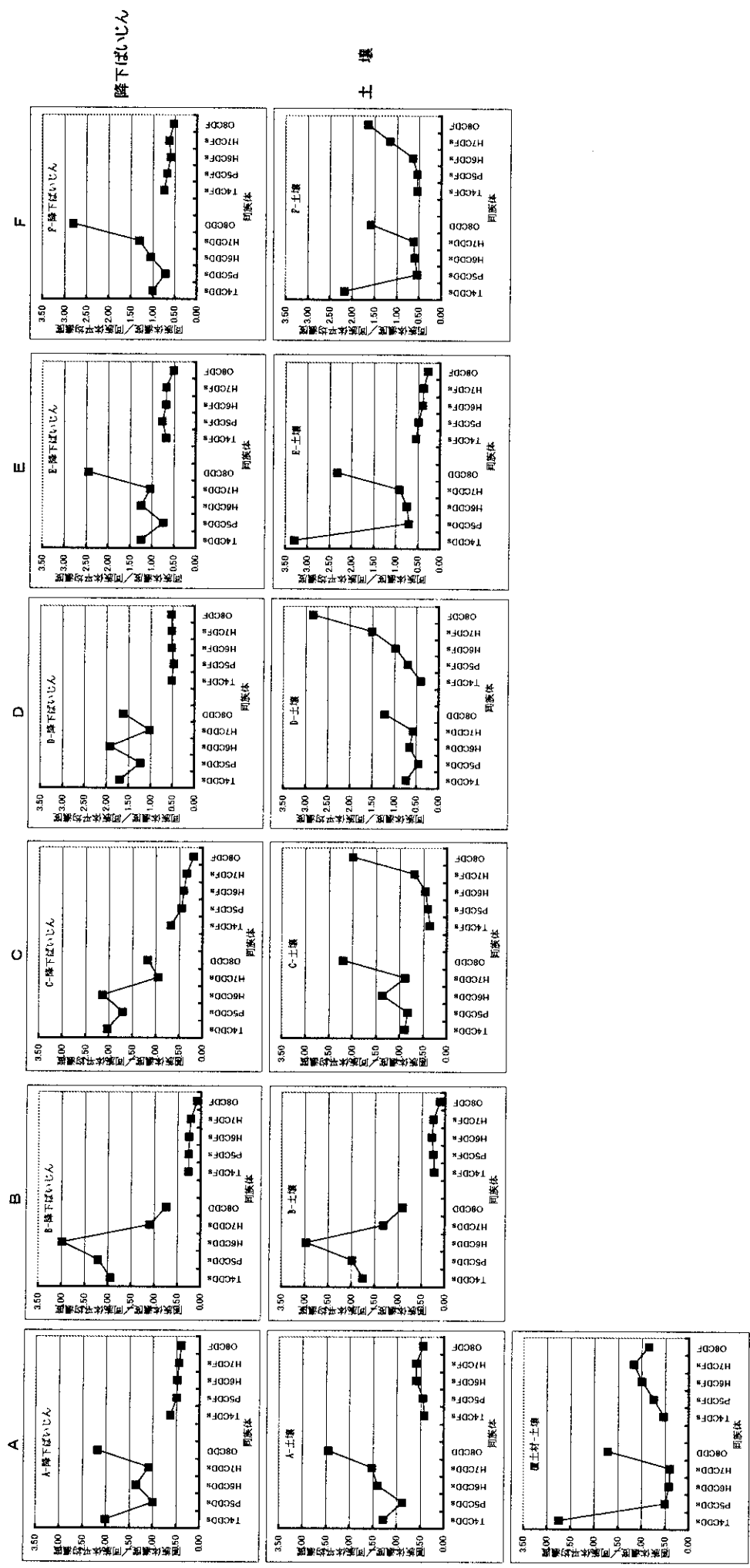
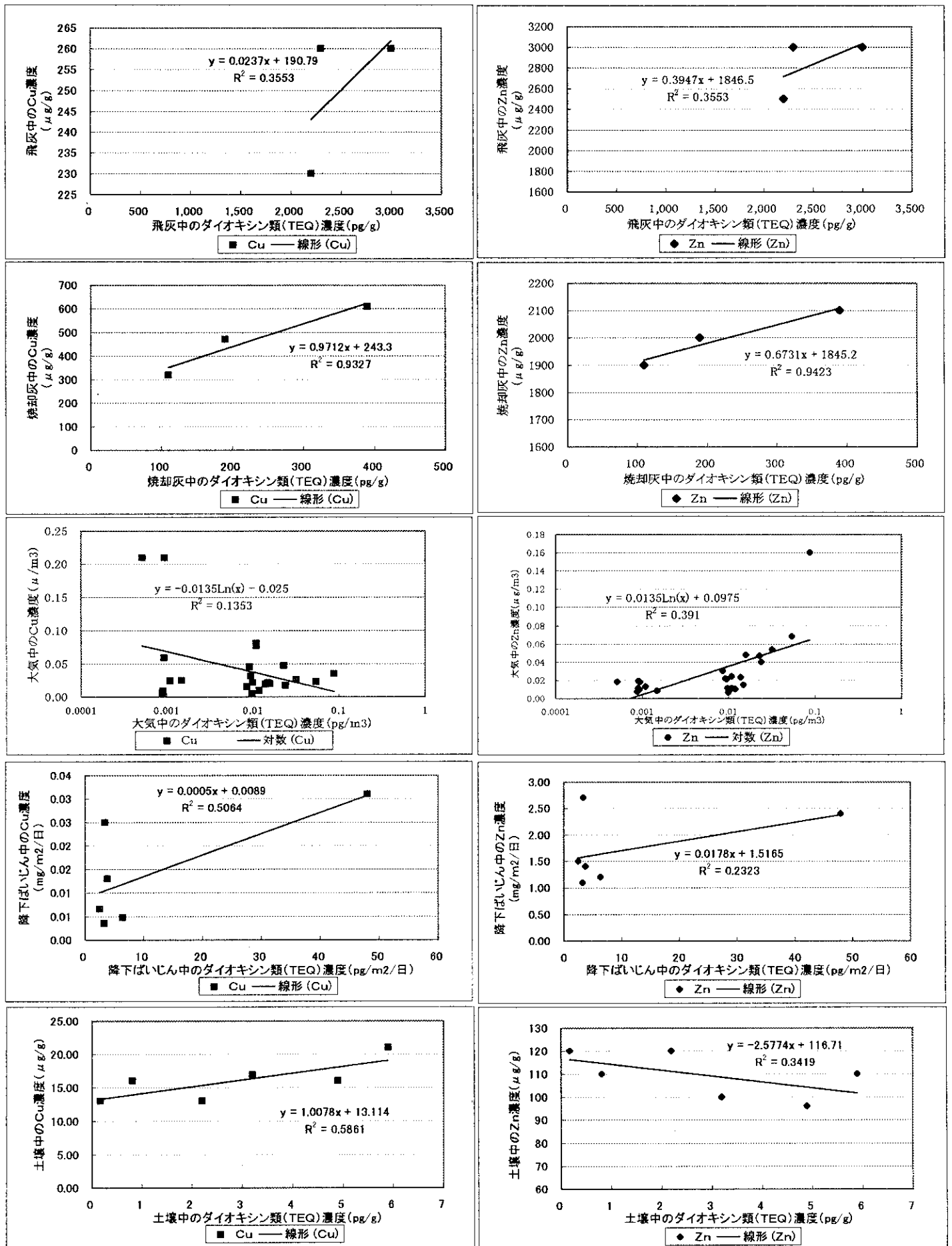


図4-8 ダイオキシン類の同族体分布 (3/3)

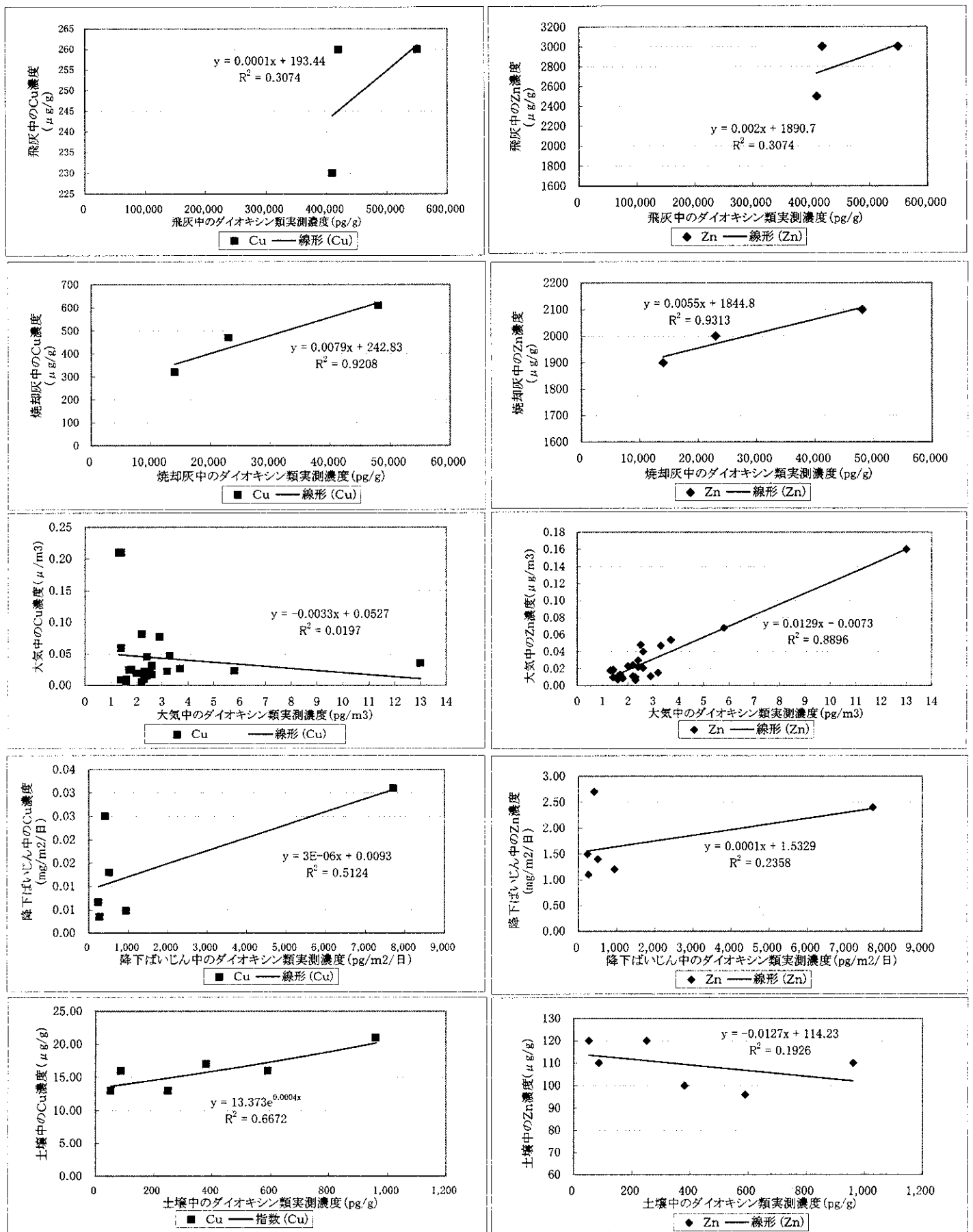
#### 5) ダイオキシン類と重金属の相関

図4-9に、ダイオキシン類濃度と重金属濃度の相関図を示す。両者に正の相関があることが期待されたが、焼却灰中のCu、Zn濃度、大気中のZn濃度とのみ有意な相関があった。Zn濃度についても図4-5で示したように、降下ばいじんではダイオキシンとの相関が認められず、簡便な指標として用いるには問題がある。



※土壌については、調査地点Bが埋立地内表土であり、他地点に比して高濃度であることから除外した。

図4-9 存在形態別のダイオキシン類 (TEQ) 濃度と重金属類 (Cu,Zn) の相関(1/2)



※土壌については、調査地点Bが埋立地内表土であり、他地点に比して高濃度であることから除外した。

図4-9 存在形態別のダイオキシン類実測濃度と重金属類 (Cu, Zn) の相関(2/2)

#### 4-4 室内実験方法

##### 1) 目的

埋立地における飛散状況の調査においては、風向、風速などの気象条件、焼却灰の投入状況が時間とともに変化し、これらの条件は埋立地によっても異なる。また、飛散粒子を直接計測するわけではないので、バックグラウンドのレベルおよび変化との区別が困難である。さらに、測定されるのは数時間の積分値であり、測定地点も限られる。

そこで、飛散に影響すると考えられる風速、焼却灰の特性をパラメータとして、小風洞を用いた飛散実験を行い、焼却灰の飛散を直接測定した。実験結果をもとに焼却灰飛散をモデル化し、実験値との比較を行い、埋立地における飛散の可能性評価と、飛散を防止するための方法を示した。

##### 2) 実験装置と方法

###### (1) 実験装置

図 4-10 に小風洞実験装置概要図を示す。装置は透明アクリル板で製作し、プロア（昭和電機 KSB-2200; 最大風量 42m<sup>3</sup>/min）で吸引した。小風洞の上・下流端には、ほこりの吸引、試料の外部への流出を避けるため、スポンジシートを貼り、この装置で得られる小風洞内最大風速は 3m/s であった。装置風上側から 0.5m の位置より試料焼却灰を投入し、

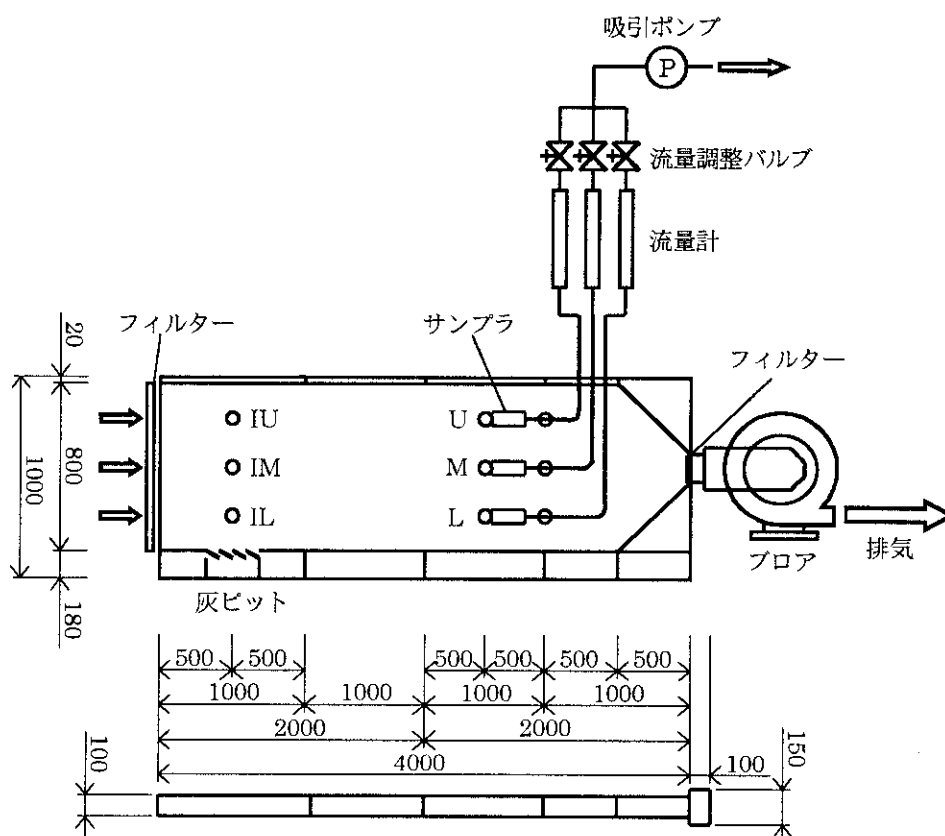


図 4-10 小風洞実験装置



2.5m の位置にサンプラーを設置した。装置側板には、焼却灰投入、サンプラー挿入・支持、各位置での風速測定のため直径 50mm の穴をあけ、使用しないときは装置内部に凹凸ができないようシリコン栓でシールした。

試料はアクリル円筒に入れ、先端を風洞中央まで挿入し、ピストン状の板で徐々に押し出した。サンプラーは、円筒ろ紙 25φ×90mm を内径 21.9mm のホルダーに入れたが、吸引ポンプの吸引量が最大 30L/min で、吸引速度が 1.33m/s までしか上げられなかったため、等速吸引を行うため内径 14.6mm のノズルをホルダー先端に取り付けた。

焼却灰投入位置、サンプラー位置における風速を熱線風速計 (Kanomax Climometer Model6511) で測定したところ、

投入部分 上 2.25m/s、中 2.30m/s、下 1.88m/s

サンプラー位置 上 2.96m/s、中 3.09m/s、下 2.93m/s

であり、投入部分の風速が小さい。これは小風洞入り口からの区間が短く、流れが安定していないためと思われる。以下、特に断らない場合は風速 3m/s で飛散実験を行っている。

## (2) 粒径分布測定

試料の粒径分布はレーザー回折粒径分布測定装置 (島津 SALD3000) によって測定した。粒子を液相に分散させ、レーザー光照射により検出される散乱強度分布が粒径に依存する原理を利用しており、球形とみなして体積分布を測定する。以下では粒子の密度が粒径によらないと仮定し、体積分布=重量分布とみなす。焼却灰は水に溶けるので、分散媒としてはエタノールを用いた。

## (3) 試料

実験には、3つの施設から採取した試料を用いた。

I 焼却灰、I 飛灰 (ストーカ式焼却炉 60t/16h×2 基、電気集塵機)

H 焼却灰 (ストーカ式焼却炉 300t/24h×2 基)

K 飛灰 (ストーカ式焼却炉 300t/24h×2 基、電気集塵機)

I 焼却灰、H 焼却灰はいずれも灰ピットより採取した。I 飛灰は加湿後、灰ピットに投入されたものを、H 焼却灰は加湿前のものを採取した。飛散実験は、このうち I 焼却灰、H 焼却灰を用いて行った。なお、I 施設は施設 No.18 に隣接する焼却施設である。

## 4-5 結果

### 1) 試料の粒径分布

各試料を乾燥し、2mm 以下の粒径分布を測定した。結果を図 4-11 に示す。各試料は 75、125、250、500、2000μm の標準ふるいで 5 分画し、それぞれ葉さじ一杯 (約 5g) をとって粒径分布を求め、重量割合で重み付けして全体の粒径分布とした。2mm 以下としたのは後述するように大粒径粒子は飛散の可能性がないためであり、原試料に占める割合は

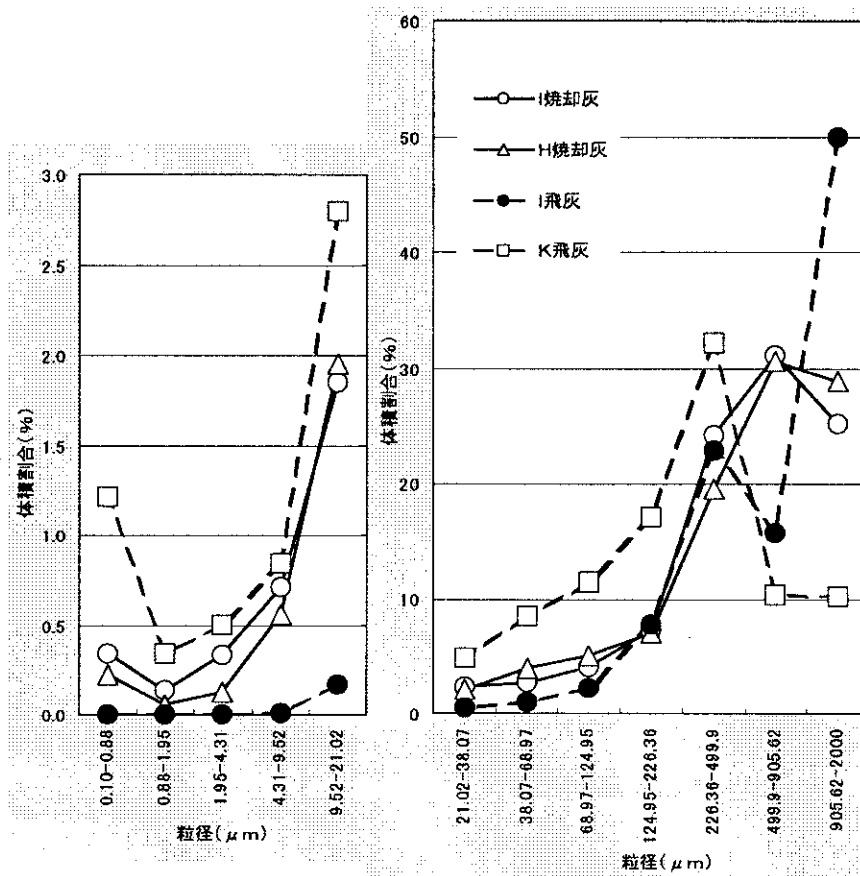


図 4-11 試料の粒径分布 (乾燥 焼却灰・飛灰、2mm 以下)

図中に示した。

図より I 焼却灰と H 焼却灰にほとんど差がない。一方 K 飛灰は焼却灰と比べて  $500\mu\text{m}$  以下の割合が高いが、逆に I 飛灰は小粒径粒子が非常に少なく、電気集塵機で捕捉されたのちの調湿によると考えられる。飛灰を用いた飛散実験は行っていないが、後述の 5) でその飛散可能性を評価する。

なお、焼却灰の粒径幅は 2mm 以下試料としても 3 桁 (1000 倍) にわたり、かつ大粒径粒子ほど割合が大きい。こうした試料の粒径分布を測定すると、体積割合の小さな小粒径粒子が測定できない (ゼロとなる)。試料を 5 分画して測定したのはこれを避けるためである。サンプラーで捕集された試料をふるい分けすることは不可能だが、粒径幅が原試料より狭くなり、分布形状も正規分布に近く (大粒径割合が小さい)、原試料の測定のような問題はないと思われる。

## 2) 乾燥試料の飛散実験

大きな粒子は重力落下するので、従来の調査・研究においては飛散対象粒子を  $200\mu\text{m}$  以下、あるいは  $500\mu\text{m}$  以下<sup>1)</sup>としている。そこで完全に乾燥させた I 焼却灰をふるい分けし、 $250\mu\text{m}$  以下を試料として飛散実験を行った。目的は小風洞内における飛散状態と実験の再現性を確かめることであり、上段(図 4-10 の IU)から 2 回、中段(同 IM)から 1 回

試料を投入し、上段(図 4-10 の U)、中段(同 M)のサンプラー捕集試料の粒径分布を図 4-12 に示す。図中の分布は、捕集重量に体積粒径分布を乗じて求めた。試料投入量は 100 g 程度である。ただし、捕集量はサンプラーで捕集した試料をビーカーに移して測定したので、正確ではない。

図 4-12(a)では粒径分布がほとんど同一で、中段から投入したとき(③)の捕集量が上段から(①②)のそれよりも小さく、上下方向に拡散していることを伺わせる。一方中段のサンプラーで捕集された図 4-12(b)は、上段から投入した場合(①②)の粒径が大きく、中段から投入(③)との差は重力落下する粒子も捕らえているためと考えられる。これより、以下では上段投入→上段捕捉 (IU→U) により飛散を議論する。また、①と②の粒径分布に差がないことから、実験の再現性が認められる。なお、ふるい分けにより 250  $\mu\text{m}$  以下の試料を用いたにもかかわらず図 4-12(a)(b)でそれ以上の粒子割合がゼロでないのは、焼却灰の表面に凹凸が多く、SALD3000 が散乱光をもとに等価球として測定するため大きめに評価するものと思われる。

### 3) 含水率の影響

#### (1) サンプラー捕集量の変化

I 焼却灰、H 焼却灰を乾燥させて含水率を調整し、飛散実験を行った。乾燥は試料をアルミトレイに入れ、105°Cの乾燥機に入れて均一にするためおよそ 30 分ごとに混合し、重量を測定して所定の含水率となったときに取り出した。含水率は試料の一部を用いて測定し、飛散実験は試料をふるい分けし、250  $\mu\text{m}$ 以下を用いた。円筒ろ紙フィルターの重量変化を捕集量とし、捕集試料の粒径を測定する際には、フィルター表面に小粒径粒子が残ることを避けるためエタノールで洗浄した。捕集量が少ないと粒径分布が測定できないため含水率が高い試料ほど投入量を多

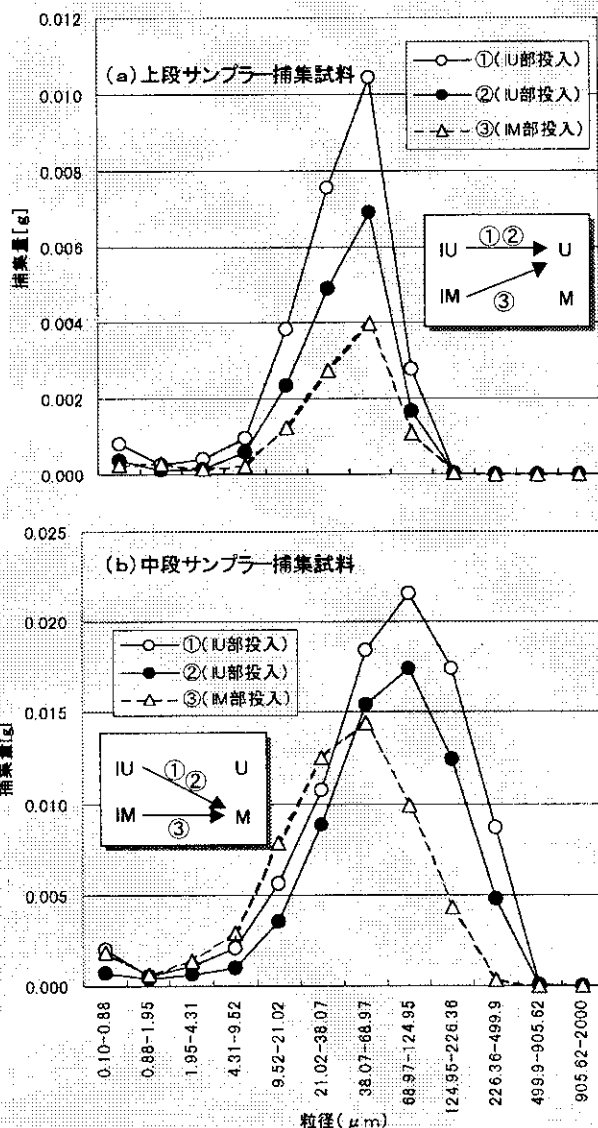


図 4-12 捕集試料の粒径分布  
試料：乾燥 I 焼却灰)  
粒径分布 (体積割合) に捕集量をかけて  
粒径別捕集量とした。

くし、I 焼却灰で 60~150 g、H 焼却灰で 130~330 g とした。

図 4-13 に、投入量に対する上部サンプラー捕集量の割合（捕集率と呼ぶ）を示す。図より、明らかに含水率が高くなるにしたがって捕集量は小さい。乾燥方法による違いを見るため室温約 20°C の状態に放置して自然乾燥した試料についても実験を行ったが、捕集率には差がなかった。I 焼却灰と H 焼却灰では含水率に対する捕集率の低下割合が異なっている。焼却炉から採取した時点での含水率はそれぞれ 20%、36% と大きく異なっており、この 70~80% で捕集率がゼロとなる点では一致している（限界保持含水率は測定していない）。含水率ゼロの時の捕集率が異なる理由については不明である。

### (2) 捕集試料の粒径分布

図 4-14 にフィルター捕集試料の粒径分布を示す。試料量が少な目だった I 焼却灰は図 4-13 に示した 12 回の実験のうち 7 回は捕集量が少なく、粒径分布を測定できなかった。H 焼却灰は試料量を増したが、9 回のうち 3 回は粒径分布が得られなかった。図より、特に I 焼却灰のばらつきが大きいのが、含水率との関係は見られない。また、焼却灰による差もなく、飛散するかどうかは粒径のみに依存すると考えられる。すなわち、含水率が高くなるに従って捕集量が少なくなるのは、飛散しやすい小粒径粒子が減少するためと想像される。

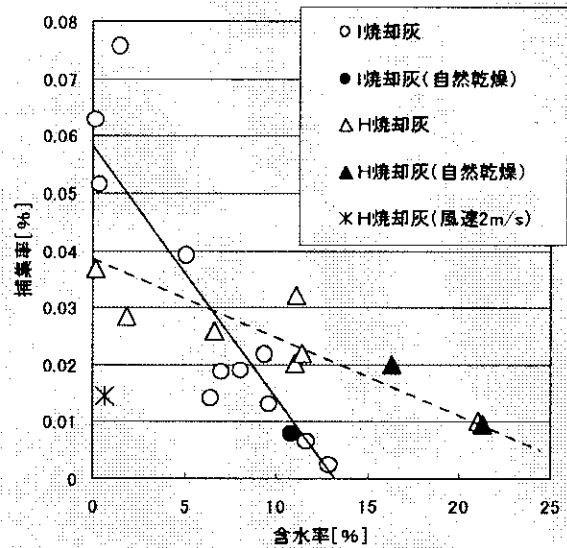


図 4-13 試料の含水率とサンプラー捕集率の関係（上段より投入し、上段サンプラーで捕集）

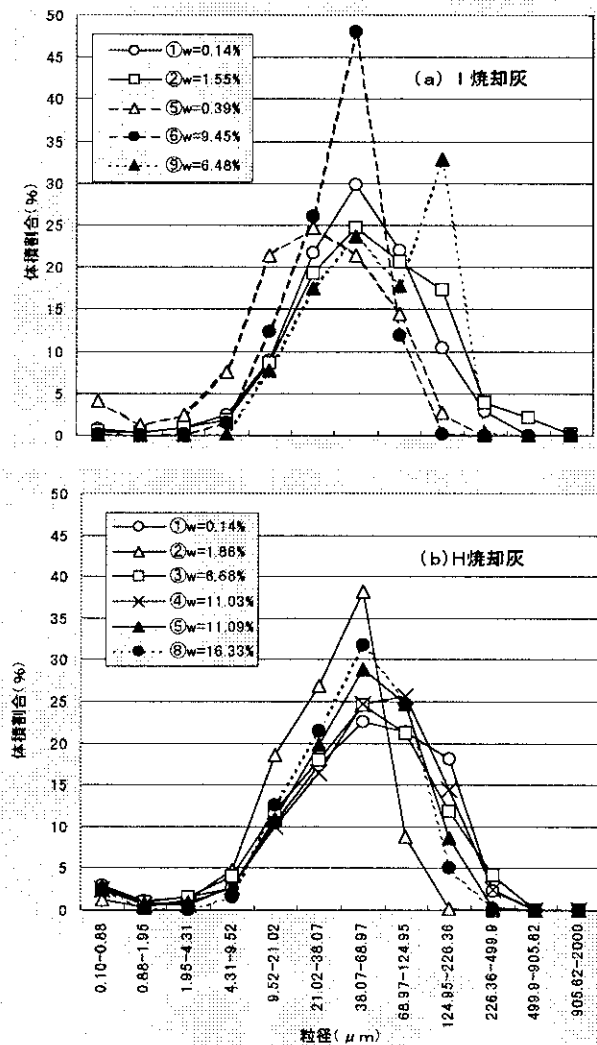


図 4-14 含水率の異なる試料を用いた際の捕集試料粒径分布上段投入→上段サンプラー捕集)