

図3-4-6 ダイオキシン類の生成と排出フロー

前図での各装置・機器への出入量を測定値等から直接計算できるものもあれば、他の量から差し引き計算するものもある。施設が休止中のため、美化センターで取得したデータだけでは求められないものが多いので足りないデータは現在稼働中の類似施設のものを使って類推する必要がある。

2. 施設内及び施設外周辺への影響

前図で点線で囲った範囲は施設境界線を示すもので、排出を示す矢印が施設内に留まるものは施設内汚染に、施設外を示すものは施設外周辺汚染に関係する。これら矢印で表された汚染物についてその周辺環境への作用をそれぞれ検討する。

1) 残さ

周辺土壌等環境への残さの影響はほとんどないと考えられる。残さ中のダイオキシン類の濃度が集じん灰に比べて低い上に、排出された残さは貯留ホッパから直接トラックに積み込まれて場外搬出されるため、埋立地以外では土壌汚染の原因になる可能性は低い。また今回採取した残留残さ試料からは6.8ng-TEQ/gという一般の焼却炉に比べて2桁高いと考えられる数値が出ているが、周辺土壌でこれを上回っているものもあり、このことも汚染の主原因が残さ以外であることを示唆している。

2) 固化飛灰

集じん灰中の濃度は残さに比べてもともと高く、その上固化の際に洗煙排水処

理装置から出る汚泥を加えるため更に濃度が上がる。また、流動床方式の炉では飛灰の率が高いため、施設外への排出量として大きいものとなる。ただし、残さ同様に貯留ホッパから直接トラックに積み込み場外搬出されるため、周辺土壤の汚染につながることは通常考えられない。場内ヤード等に仮置きした場合などは雨等により流出する可能性があるが、組合やメーカーによれば固化飛灰について場内仮置きが行われたことはないとのことである。また、雨等で流れ出したとすると施設敷地より高い位置にある北側斜面は汚染しないはずであるが、北側にも南側と同様の土壤汚染があったことから固化飛灰が土壤汚染に関係がないものと考えられる。

3) 煙突排ガス

一般に焼却施設周辺の土壤汚染を考えると、まず考えられるのは煙突排ガスの影響である。美化センターでも排ガス中のダイオキシン類濃度測定で第1回180、第2回150 (単位ng-TEQ/Nm³) と高濃度であったことから、この線で検討された。しかし、環境影響評価で使用される排ガス拡散式では、今回のように煙突から200m以内に1000pg-TEQ/gを超える高濃度の土壤汚染が発生することを説明できない(組合の実施した環境影響調査では約600m離れた場所で汚染のピークが出るし、その場合土壤汚染レベルももっと低いはずである) ことから、煙突排ガス以外に原因を求める必要があると考えられた。これら拡散関係の詳細検討については後記する。

4) 冷水塔排気

前にも述べているように、間接冷却式の冷水塔では冷却水の蒸発や飛散があり、この蒸発・飛散に伴って水中の成分が大気に放出される可能性が高い。冷却水中ダイオキシン類濃度は現地調査の結果1300ng-TEQ/Lとなっており、冷水塔を流れる水量は約75m³/hである。これは冷水塔に97,500,000 ng-TEQのダイオキシン類が1時間に注入されていることになる。煙突排ガスの場合は180 ng-TEQ/Nm³の濃度で29,000Nm³/hとすると1時間で5,220,000ng-TEQであるから冷水塔には煙突の20倍近くのダイオキシン類が常時流れているという計算になる。問題は冷水塔に流れ込むダイオキシン類の内どの位が大気中に出て行くかであるが、美化センターの場合前にも述べたように休止中で調査する方法がない。別途行われた類似施設での冷水塔排気の測定で、循環量の数%は空気中に排出されていることが判

明したことから、冷水塔排気は煙突排ガスに近いレベルでダイオキシン類を排出し、その設置位置が地上に近く、しかも粒径の大きいミストを放出するため拡散の結果でも近距離に高い濃度を示す結果となりうるということが判明してきている。

5) 冷却水槽からの排出

今回の現地調査で上記冷水塔の冷却水槽の周辺で高濃度汚染土壌があることが判明した。冷却水の中にダイオキシン類が存在することからこれとの関係が当然考えられ、特に土壌が黒く変色していた部分が冷却水槽のオーバフロー・ドレン管の位置する場所であったため、水槽内から何らかの理由で汚染水が排出されたものと考えられる。排ガスとは違って排出されたダイオキシン類は直接に全部が土壌に入るので、排出量＝土壌汚染量となる。今回の場合は汚染の範囲があまり広がっていないため、離れた場所での土壌汚染とは別の局所的な汚染と考えることができる。

3. 土壌中のダイオキシン類の水平距離減衰図とその考察

前記で各排出物の施設周辺への影響について検討した結果、今回の周辺土壌汚染に関係している排出物は、第一に冷水塔からの排出ガス、第二として煙突排ガスということが確実性を増すこととなった。図3-4-7に冷水塔からの距離による土壌（地表から5cmまで）中ダイオキシン類濃度の変化を示す。この図によれば近距離では極めて高く、距離が増えるにしたがってダイオキシン類濃度が減衰していることがわかる。この現象を拡散計算によって説明できるかどうかについては別に検討する。

4. 同族体分布パターン、異性体パターンからの解析

1) 各排出源の代表例と土壌とのパターン比較

排出源として排ガス、水、堆積物、集じん灰、その他として、それぞれの代表的なパターン2～3例と汚染土壌3例とを比較して、この中でどの排出源が汚染の直接原因になったのかを検討する。

上記について比較したものを図3-4-8に示す。

2) 排出経路特定

上記の比較結果によると、排出源と土壌との間で一番パターンが一致している

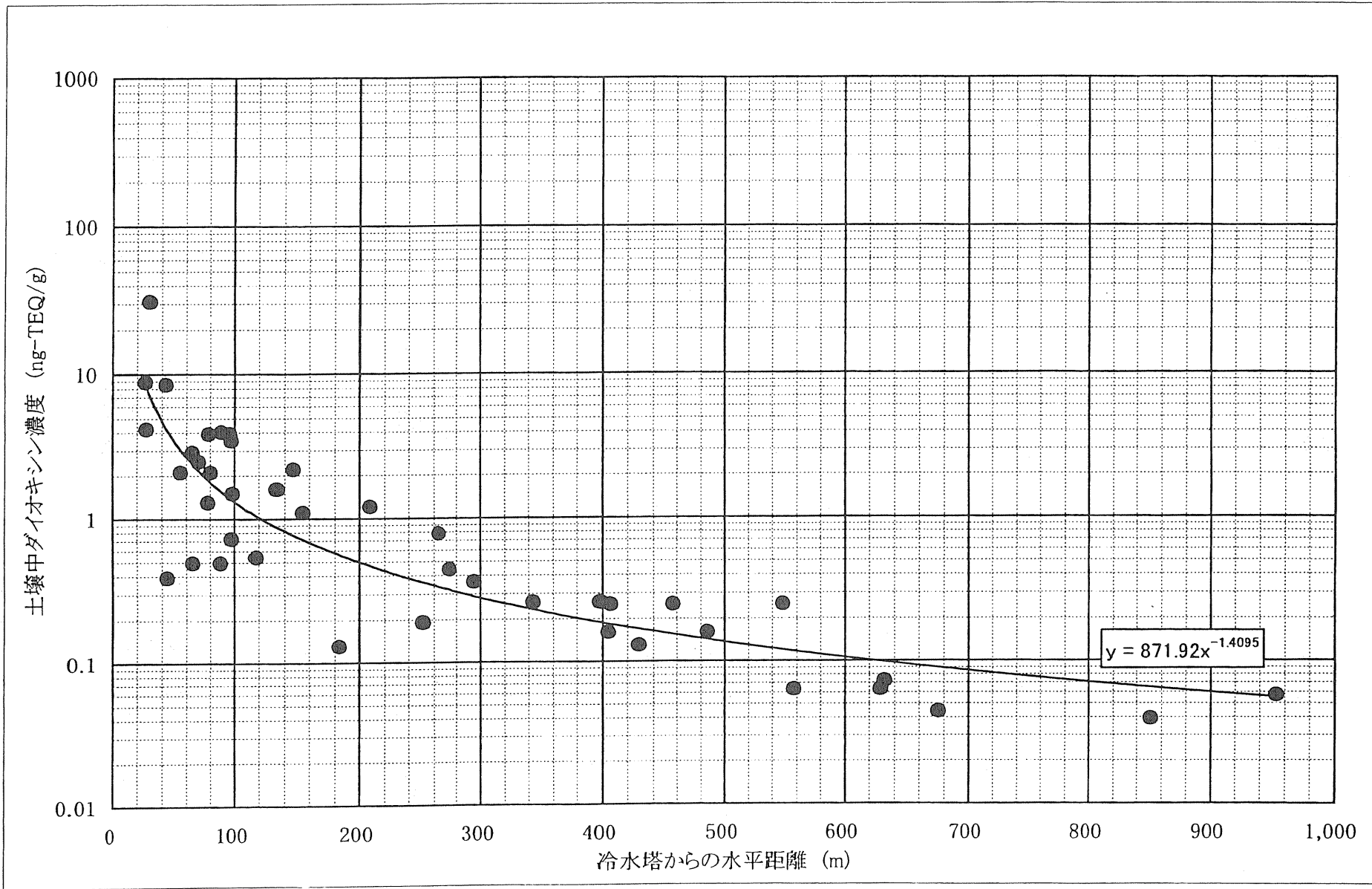
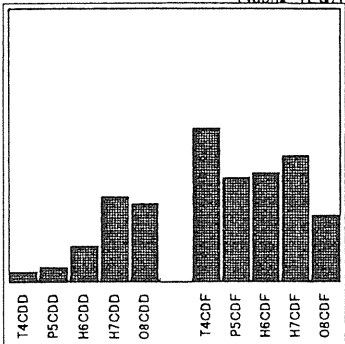
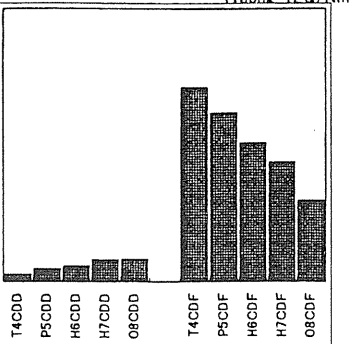


図 3-4-7 冷水塔からの距離と土壌中ダイオキシン類濃度

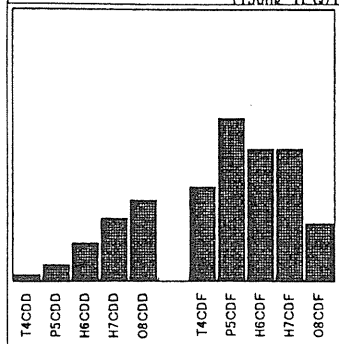
H8. 11. 14 煙突出口ガス 33,000ng/Nm³
(430ng-TEQ/Nm³)



H9. 1. 29 煙突出口ガス 12,000ng/Nm³
(180ng-TEQ/Nm³)

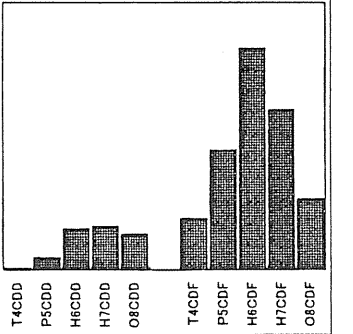
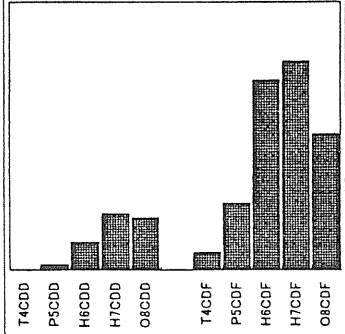


H9. 5. 2 煙突入口部 12,000ng/Nm³
(150ng-TEQ/Nm³)

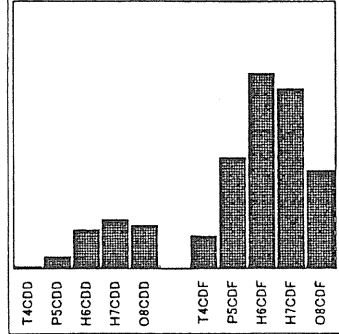


煙突排ガス

No.23 湿式洗煙塔吸収部残留水 200,000,000ng (3,000,000ng-TEQ/L)
No.28 冷却水槽残留水 76,000ng/L (1,300ng-TEQ/L)

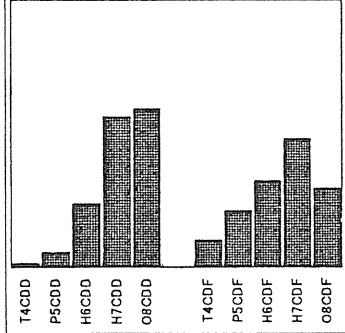


No.15 屋上冷水塔内堆積灰 5,200,000ng/g (91,000ng-TEQ/g)

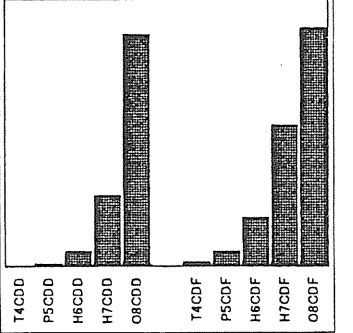


洗煙関係

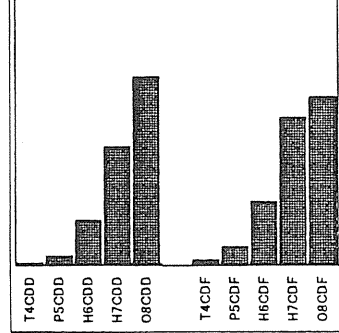
平成8年11月14日 EP灰 1.100ng/g (15ng-TEQ/g)



平成9年1月29日 EP灰 2.400ng/g (14ng-TEQ/g)

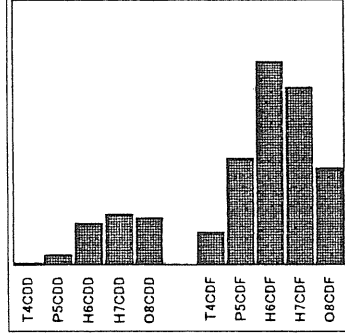


平成9年5月2日 集じん灰 440ng/g (3.0ng-TEQ/g)

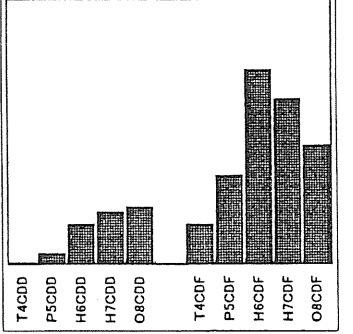


集じん灰

No.22 1,2号炉混合流動砂 60ng/g (1.0ng-TEQ/g)

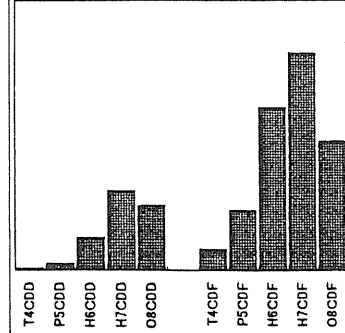


No.32 保管残渣 430ng/g (6.8ng-TEQ/g)

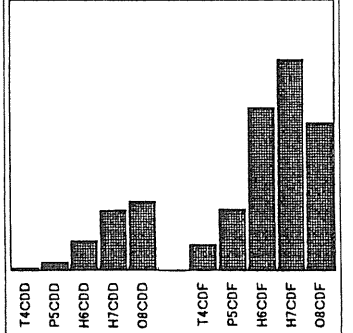


その他

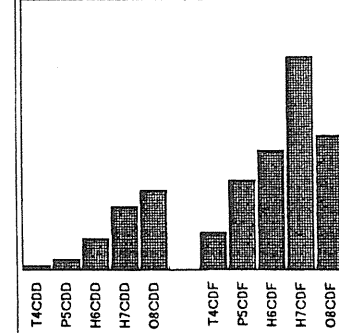
B-35 51ng/g(冷水塔から100m) (720pg-TEQ/g)



メ-9 17ng/g(冷水塔から400m) (250pg-TEQ/g)



メ-15 3.9ng/g(冷水塔から630m) (63pg-TEQ/g)



周辺土壌

図 3-4-8 排出源と汚染土壌の同族体パターン比較

と見られるのが冷水塔関係であり、洗煙装置の減湿部を通過した排ガス成分が冷却水に取り込まれた後、冷水塔から排出されて大気拡散の結果周辺土壤に沈着蓄積したというプロセスが最も可能性が高いと考えられる。ただし、前節で解析したように、煙突排ガスについても冷水塔の影響が弱くなる中距離からその影響が大きくなっているものと思われる。

なお、異性体のパターンについては TEQ によるもの、実測濃度によるものについて作成し、排出源と土壤との間で比較し排出経路の特定について検討を行った。異性体のパターンについても同族体と同様、冷水塔関係とのパターンに最も類似性がみられた。

3. 4. 4 その他関連調査事項

1. 重金属類

美化センター調査の中でダイオキシン類の調査を補完するものとして試料中の重金属類等についても分析を行っている。平成 10 年 7 月の現地調査時の採取試料についての調査結果（水銀、鉛、カドミウム等 20 項目）を表 3-4-2 に示した。

2. 排水処理関係

美化センターでは施設排水はクローズド化しているため、施設排水処理水による周辺汚染については検討しなかった。しかし排水がクローズド化されているとしても高濃度にダイオキシン類を含む洗煙排水汚泥が残さや飛灰等に混合されて埋立地へ運ばれ、公共用水へ排出される等の危険性もある。このため、美化センターの施設についても施設内での水の動き、処理の考え方を整理した。

1) 洗煙排水処理のフロー概要

美化センターの洗煙排水処理フローの概要を図 3-4-9 に示す。

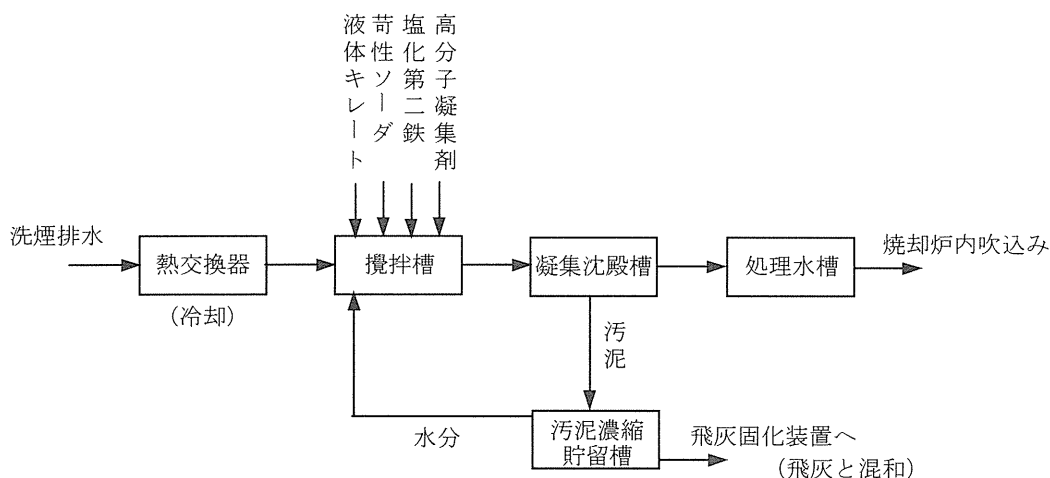


図 3-4-9 美化センター洗煙排水処理フロー

2) 排水処理装置でのダイオキシン類の挙動

洗煙排水処理装置ではダイオキシン類が発生汚泥中に濃縮する。汚泥は飛灰固化装置に送られるが、ダイオキシン類も汚泥とともに固化装置に送られるので、結果的には洗煙排水中のダイオキシン類の大部分は集じん灰とともに持出され、埋立地に運ばれることになる。また、処理水が炉へ返されている際にダイオキシン類が汚泥ほどではないが相当の高濃度で含まれているものと見られ、吹込み箇所が適切でなければ分解しないまま後段の集じん器以降に流れ、濃縮の可能性がでてくる。これら排水処理装置でのダイオキシン類の挙動に対し、今後適切な対応を検討する必要がある。

3. 4. 5 拡散モデルによる解析

焼却場近辺の土壤中から高濃度のダイオキシン類が出されたことを説明する一つの試みとして、冷水塔からの飛散ミストに重力沈降の影響を付加した拡散シミュレーションを行なった。

結果として、冷水塔から20~200m程度というごく近いエリアで高濃度汚染が起きる可能性があることがわかった。

1. 重力沈降の影響付加

通常の拡散モデル式（パフ、プルーム式）に重力沈降の影響項を付加することによりシミュレーションを行なった。

文献1)浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル P221 b. 重力沈降による効果の適用

$$He \rightarrow He - V_s \cdot x / u$$

u: 平均風速

x: 風下距離

V_s : 粒子の落下速度

粒子半径 80 μm 以下 ストークス式

粒子半径 80 μm 以上 アレン式

また、土壌への沈着を考慮するため、煙源減衰の大気拡散モデルを用いた。

文献1)浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル P223 a. 乾性沈着補正式

なお、後述するように、煙突排ガスについては、降雨による湿性沈着によって土壌への汚染物質沈着量が多くなるが、冷水塔からの排ガス（ミストを含む）については、粒径を次に示すように大粒径と仮定しているため、乾性沈着に着目してシミュレーションを行った。

2. 条件設定

1) 粒径データ

文献データを参考に冷水塔排ガス（ミストを含む）の粒径を次表のように設定した。

粒子直径 μm	冷水塔排ガス比率	煙突
0 μm	0%	100%
40 μm	5%	0%
80 μm	6%	0%
120 μm	7%	0%
160 μm	8%	0%
200 μm	8%	0%
240 μm	8%	0%
280 μm	9%	0%
320 μm	9%	0%
360 μm	10%	0%
400 μm	10%	0%
440 μm	10%	0%
480 μm	10%	0%

なお、煙突排ガスが粒子を含む場合の影響を検討するため、煙突排ガスについては、粒子直径が 20 μm 、30 μm の場合の計算も行った。

2. 気象条件

長期平均濃度を算出するにあたって設定した気象データは現地の観測値を参考に次のように設定した。なお、静穏時(0.3m/s)以外の風速(0.7m/s~7.0m)については、16方位の出現頻度のうち、最大の比率(25%)を乗算することにより着地濃度を求めた。

風 速			大気安定度 出現頻度		
風速階級(m/s)	代表風速(m/s)	出現頻度	B	D	G
0.0~0.9 m/s	0.3 m/s	4%	0.80%	1.20%	2.00%
	0.7 m/s	18%	3.60%	5.40%	9.00%
1.0~1.9 m/s	1.2 m/s	18%	5.40%	7.20%	5.40%
	1.7 m/s	18%	5.40%	7.20%	5.40%

2.0～2.9 m/s	2.5 m/s	19%	4.75%	14.25%	0.00%
3.0～4.9 m/s	4.0 m/s	17%	0.00%	17.00%	0.00%
5.0～ m/s	7.0 m/s	6%	0.00%	6.00%	0.00%

3) 排出源条件

拡散計算に用いた冷水塔と煙突の排出源条件を次表に示す。

排ガス中のダイオキシン類濃度は過去3回の測定では150～430 ng-TEQ/Nm³であったので、最悪の条件として、煙突排ガス中のダイオキシン類濃度を430 ng-TEQ/Nm³と設定した。

冷水塔については排出ガス中の濃度データがないため、屋上冷水塔内残留水中の濃度1,300ngTEQ/L及び類似施設での運転中の測定結果(減湿水中濃度26ngTEQ/L、冷水塔排ガス中濃度0.9 ng-TEQ/Nm³)から最大45 ng-TEQ/Nm³とし、20 ng-TEQ/Nm³、5 ng-TEQ/Nm³の3通りのシミュレーション計算を行った。

	冷水塔	煙突
排出口高さ	17m	40m
内径	2.3m	0.7m
吐出ガス速度	12.7m/s	14.4m/s
排ガス温度	30℃	90℃
排ガス量	(190,000Nm ³ /h)	(20,000Nm ³ /h)
排ガス中DXN濃度	45, 20, 5ngTEQ/Nm ³	430ngTEQ/Nm ³
大気温度	15℃	15℃
稼働率	16.3%	27.1%

3. 長期平均大気中濃度の算出

冷水塔、煙突それぞれについて、上記の条件設定により着地濃度を計算し、各出現頻度による重みづけを行い、長期平均着地濃度を算出した。

長期平均着地濃度を図3-4-10～3-4-13に示す。

- ・ 図3-4-10 冷水塔からの排出による長期平均大気中濃度 45、20、5ngTEQ/Nm³

排出源濃度が45ngTEQ/Nm³の場合、長期平均着地濃度は冷水塔からの距離が50m前後で最

大 19pg-TEQ/m³、30m～100m で 10pg-TEQ/m³ 以上の濃度になるという結果が得られた。排出源濃度が低くなると、長期平均濃度もそれに比例して低下する。

・図 3-4-11 煙突からの排出による長期平均大気中濃度 粒子直径 0、20、30 μm

煙突からの距離が 500～1000m 付近で長期平均着地濃度は最大となるが、濃度的には 0.5～1.0pg-TEQ/m³ 程度で、冷水塔による汚染に比べて低い値である。粒径が大きいほど着地濃度は高くなるが、粒径 30 μm の場合でも 0 μm の 2 倍以下の濃度にとどまっている。

・図 3-4-12 冷水塔と煙突の影響を個別に表示

以降では、冷水塔からのダイオキシン類排出濃度を設定の中央の値である 20ng-TEQ/Nm³ としてシミュレーションを行った。

冷水塔によるダイオキシン類の着地濃度は排出源から 30～100m で高濃度となるが、遠方、特に、500m 以上離れると、大気中濃度への寄与は小さくなる。

一方、煙突によるダイオキシン類の着地濃度は排出源からの距離の影響は小さく、ほぼ一定の値となっており、300m 以遠で冷水塔からの汚染よりも濃度が高くなっている。

・図 3-4-13 冷水塔と煙突の影響を合算したもの

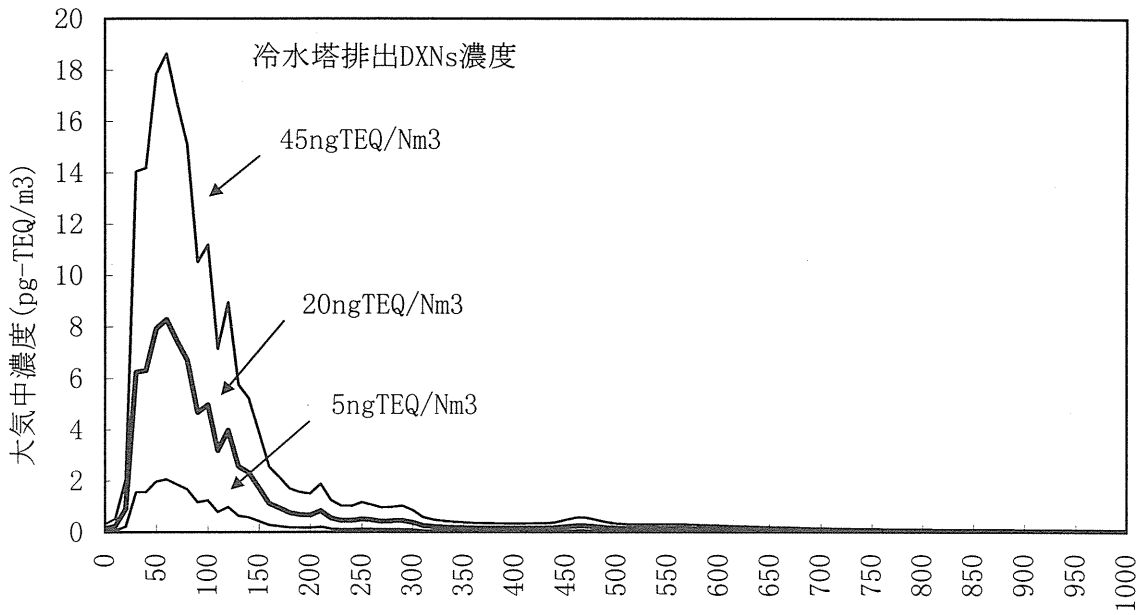


図3-4-10 長期平均大気中濃度 距離(m)

冷水塔の計算結果

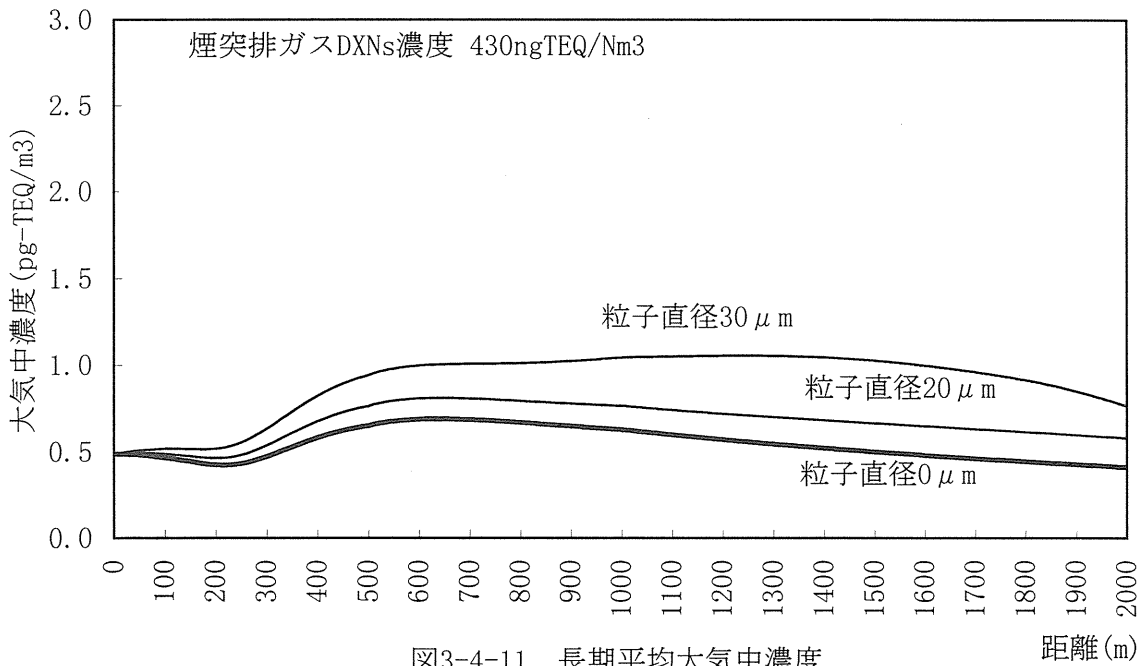


図3-4-11 長期平均大気中濃度 距離(m)

煙突排ガスの計算結果

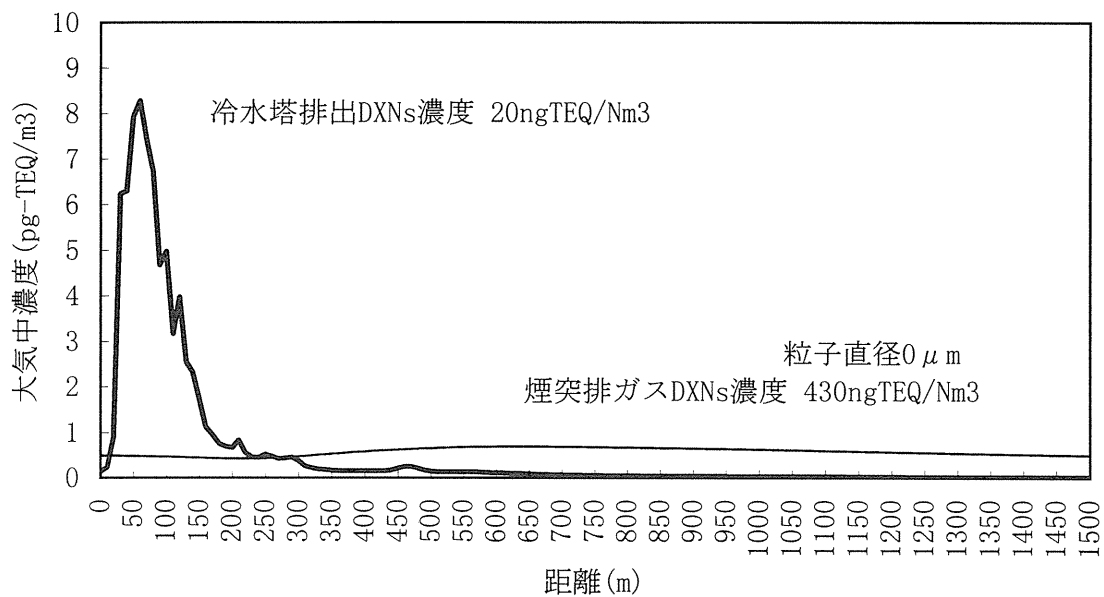


図3-4-12 長期平均大気中濃度

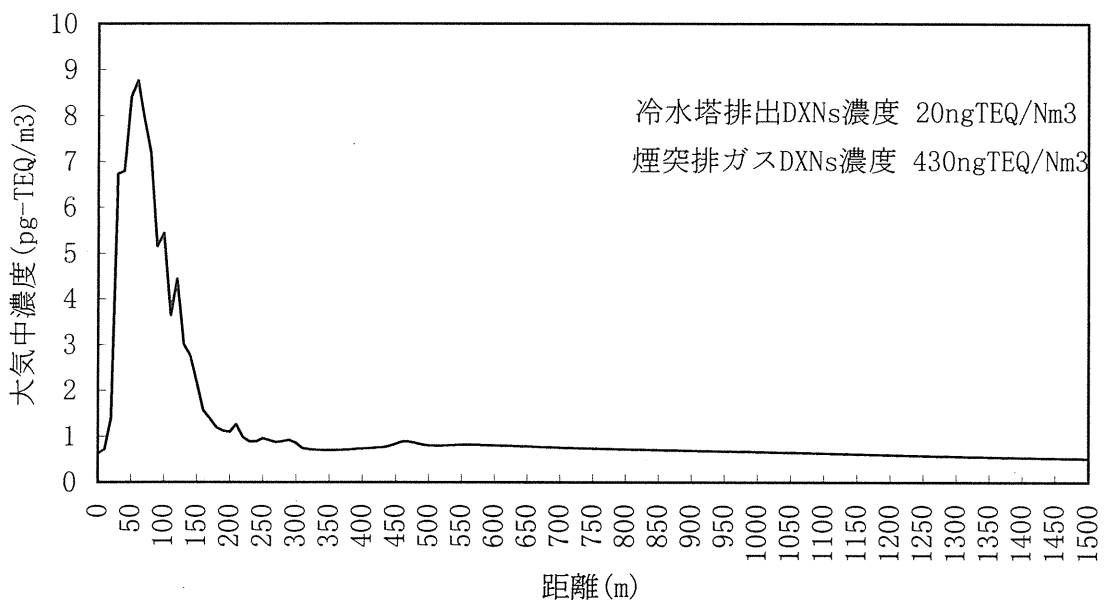


図3-4-13 長期平均大気中濃度(合算結果)

冷水塔、煙突排ガスの影響を合算したもの

4. 大気中濃度から地表面沈着量への変換

ストークス式、アレン式から計算した粒子沈降速度 V_s (m/s)、及び、沈着速度式
文献 1) 浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル P224 c. 沈着速度

$$V_d \text{ (m/s)} = V_s + 0.006u$$

V_d : 沈着速度 (m/s)

V_s : 粒子沈降速度 (m/s)

u : 地上風速 (m/s)

から、次のように、風速=1m/sとして沈着速度の設定を行なって、地表面沈着量を計算した。

粒径(例)	沈降速度 V_s	沈着速度 V_d
0 μm	0.0m/s	0.006m/s
40 μm	0.046m/s	0.052m/s
120 μm	0.418m/s	0.424m/s
240 μm	1.079m/s	1.085m/s
480 μm	2.158m/s	2.164m/s

5. 地表面沈着量から土壌濃度への変換

地表面沈着量 (ng-TEQ/m²/day) から土壌濃度 (ng-TEQ/g) への変換は次の設定により算出した。

項目	設定値
施設稼働期間	3353 日
施設稼働率	冷水塔 16.3%、煙突 27.1%
土壌表層蓄積係数	0.8
土壌密度	1.5 t/m ³
土壌深さ	5cm、10cm、20cm

$$\begin{aligned} \text{土壌濃度 (ng-TEQ/g)} = & \text{地表面沈着量 (ng-TEQ/m}^2\text{/day)} \times \text{施設稼働期間 (day)} \times \text{稼働率} \\ & \times \text{土壌表層蓄積係数} \div \text{土壌深さ (m)} \div \text{土壌密度 (g/m}^3\text{)} \end{aligned}$$

なお、煙突の稼働率については、総焼却量と定格焼却量から計算した総運転時間を運転開始から停止までの時間で除算したものをを用いた。また、冷水塔稼働率は冬場に蒸発量を抑える必要があるため、煙突稼働率の60%として設定した。

・煙突稼働率 27.1% = 総運転時間 21,818hr ÷ 運転開始～停止までの時間 80,472hr

総運転時間 21,818 時間 (総焼却量 ÷ 定格焼却量)

運転開始～停止までの時間 昭和63年4月1日～平成9年6月6日

3,353日 × 24時間 = 80,472時間

・稼働率 16.3% = 炉の稼働率 × 60% = 27.1% × 0.6

土壌濃度の計算結果を図3-4-14～3-4-17に示す。

冷水塔と煙突排ガスの影響を合算した図3-4-16で見ると、土壌深さを10cmと設定した場合に、発生源から50m前後の地点で最大20ng-TEQ/g、20m～200m地点で1ng-TEQ/g以上、500m地点で約0.05ng-TEQ/g、1000m地点で約0.01ng-TEQ/gの土壌濃度となっており、遠方では実測値と比べて少し低いがほぼ近い値となった。

今回のシミュレーションでは、排出源のダイオキシン類濃度の設定、粒径の設定、大気中濃度から土壌濃度への変換(土壌への沈降速度)の設定、土壌表層蓄積係数の設定、土壌深さの設定等、パラメータの設定に不確かな点がある。しかし、冷水塔からの排出ガスの粒子が数百 μ mの粒径を持っていれば、20m～200mというごく近辺に高濃度の汚染が起こりうるということがシミュレーションにより明らかとなった。

参考文献

- 1) 浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル 環境庁大気保全局大気規制課監修 浮遊粒子状物質対策検討会
- 2) ごみ焼却施設環境アセスメントマニュアル (社)全国都市清掃会議

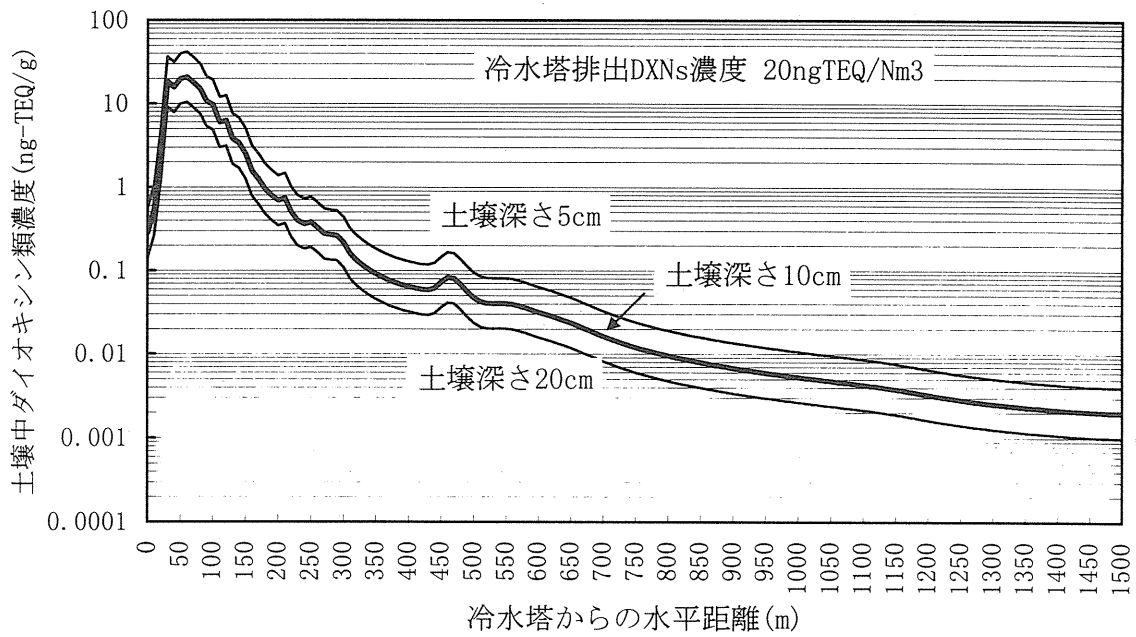


図3-4-14 土壌中濃度シミュレーション結果

・冷水塔の影響を土壌深さ設定を変えて計算したもの

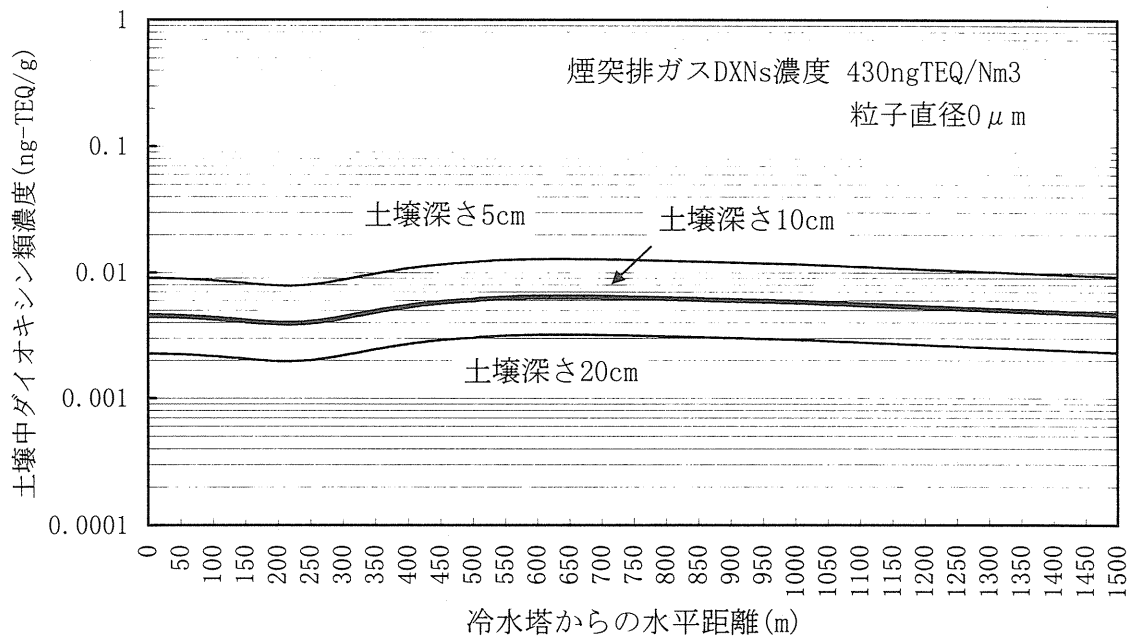


図3-4-15 土壌中濃度シミュレーション結果

・煙突排ガスの影響を土壌深さ設定を変えて計算したもの

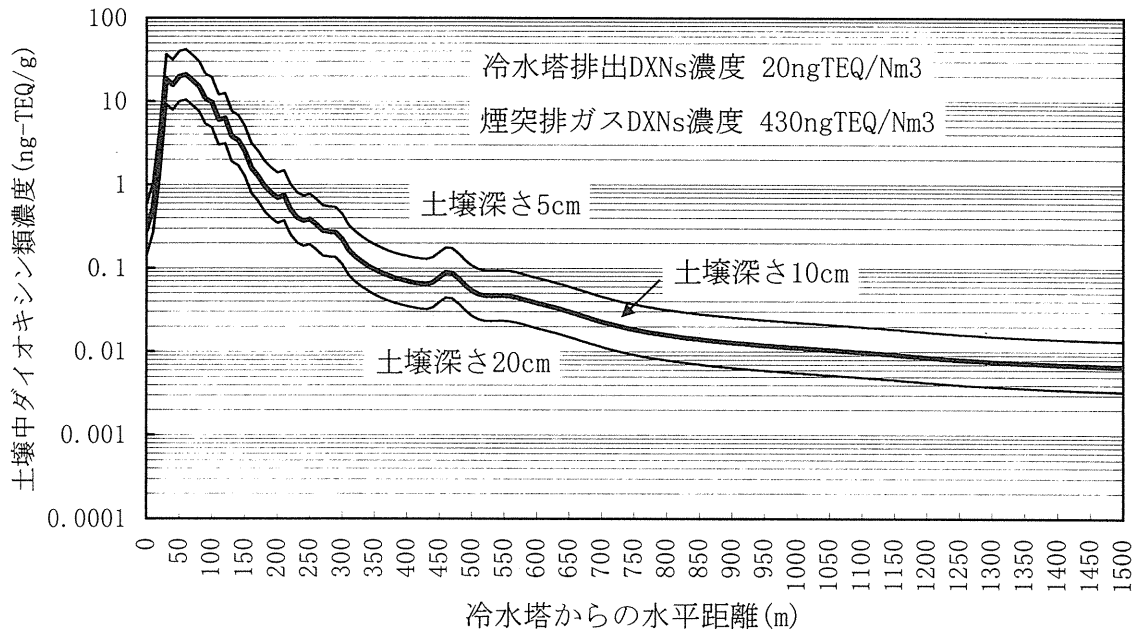


図3-4-16 土壌中濃度シミュレーション結果(合算結果)

- ・ 冷水塔と煙突排ガスの影響を合算したもの
- ・ 土壌深さ設定を変えて計算したもの

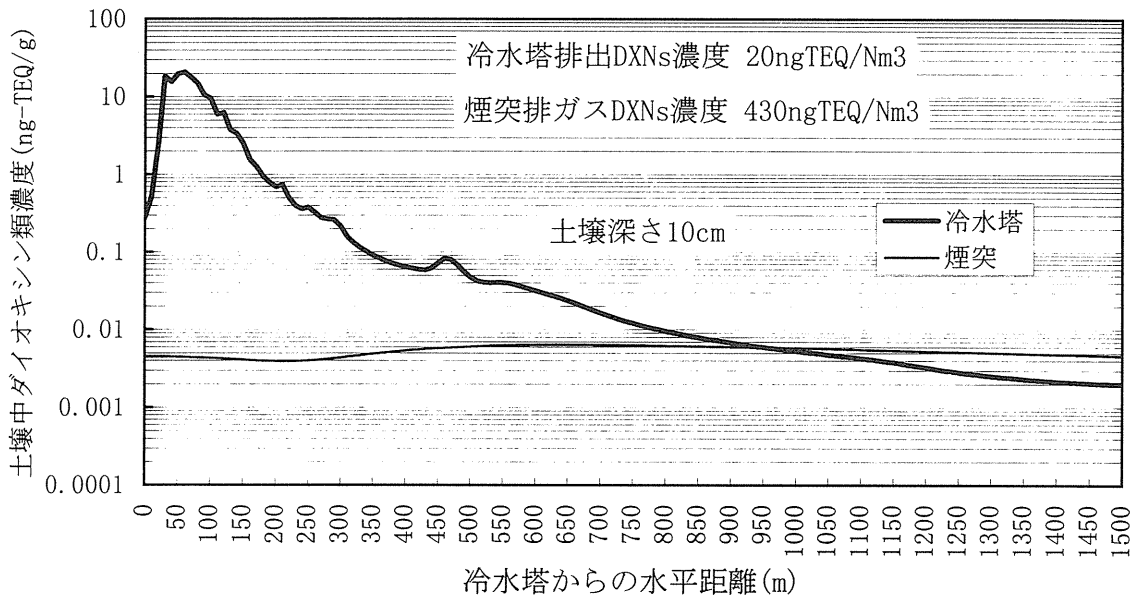


図3-4-17 土壌中濃度シミュレーション結果

- ・ 冷水塔と煙突排ガスの影響を分けて表示

第4章 ごみ処理施設におけるダイオキシン
排出削減のための改造とその効果に
関する研究

第4章 ごみ処理施設におけるダイオキシン排出削減のための 改造とその効果に関する研究

4. 1 ごみ処理施設の改善効果に関する研究

4. 1. 1 調査目的

ダイオキシンガイドラインに準拠して設計、建設された新設の焼却施設と約20年前に建設された焼却施設のそれぞれの運転状態における、施設から排出されるダイオキシン量や施設周辺の環境中のダイオキシン濃度を比較調査することにより、ごみ焼却施設のダイオキシン類削減対策による環境負荷の低減効果の把握を目的とするものである。

4. 1. 2 調査方法

A組合において約20年間使用されてきた機械化バッチ式ごみ焼却炉が全連続式焼却炉に更新されるに当たり、新旧施設のそれぞれの運転状態における焼却炉からのダイオキシン類発生量の調査とそれに並行して周辺の環境調査を実施した。調査方法を以下に述べる。

1. 測定対象施設

表4-1-1に新旧施設の概要を示す。

表4-1-1 新旧施設の比較

	旧施設	新施設
処理能力	30t/8h×4 炉=120t/日	85t/24h×3 炉=255t/日
炉形式	ストーカ炉+水噴射 (2 炉 1 系)	ストーカ炉+ボイラ (発電)
排ガス処理	マルチサイクロン (2 炉 1 系) +EP (4 炉 1 系) 煙突高さ 55m	減温塔+BF (活性炭) +白防空気 (1 炉 1 系) 煙突高さ 59m
備考	新旧の施設は敷地が接しており、煙突間の距離は直線で約130m。 施設周辺は田園地帯で、見渡す限り平坦な土地。	

2. 測定項目及びサンプリング日時

新旧施設の運転状態における焼却炉および周辺環境調査項目とサンプリング日時を表 4-1-2 及び表 4-1-3 に示す。

周辺環境調査地点は焼却施設を中心として、煙突直下及びこの地区で風向の発現傾向の高い東西方向に、半径 1km 地点、2km 地点、5km 地点並びにブランク地点として西 10km 地点の合計 8 地点とした。

煙突直下の環境大気及び降下ばいじんのサンプリング位置については、旧施設では煙突より東北東約 90m 地点の地上、新施設では煙突より北東約 70m の焼却施設工場棟の屋上(地上約 31.5m) とした。

気象データについては地方気象台の気象月報を採用した。

ダイオキシン類及び CO-PCB の分析はそれぞれ 1 回としたが、新施設運転時の煙突直下地点と東 5km 地点における環境大気は追加で再サンプリング、分析を行った。

表 4-1-2 旧施設運転時の測定項目

計測項目		計測日時	計測要領							
煙突排ガス		H.10 年 9 月 11 日	<ul style="list-style-type: none"> ・焼却炉立上時×1 (ガス体、粒子体) ・焼却炉通常時×1 (") ・焼却炉立下時×1 (") ・同時に、ばいじん、CO、NO_x、O₂ も測定 ・臭素化ダイオキシン (ガス体、粒子体) の分析 (焼却炉通常時) ×1 							
焼却残渣		H.10 年 9 月 11 日	<ul style="list-style-type: none"> ・主灰のDXNおよびCO-PCB ・飛灰のDXNおよびCO-PCB 							
周辺環境	以下の項目のDXN及びCO-PCB	——	煙突直下	1km		2km		5km		10km
	降下ばいじん	8月25日～9月17日	1	1	1	1	1	1	1	1
	環境大気	9月10日～11日	1	1	1	1	1	1	1	1
	土壌	9月10日～11日	1	1	1	1	1	1	1	1
	松葉	9月10日～11日	1	1	1	1	1	1	1	1
	風速、風向	8月25日～9月17日	地方の気象データ							