

## レジオネラ属菌の検出状況について

生活科学部水道検査課

金城高子

玉城歩

### I. はじめに

近年、保養施設の浴槽水が原因とされるレジオネラ属菌の集団感染事例がマスコミに取り上げられている。その影響で施設管理者の間でレジオネラ属菌が注目されるようになってきた。

本菌は、土壌と淡水（川や湖）に分布するグラム陰性菌で、細菌や藻類の代謝産物を利用し、増殖する。又、他の細菌と比較して塩素への抵抗性を示す事があるが高濃度の塩素では死滅させる事は出来るとされている。

自然界では菌数は少ないと考えられるが、それとは対照的に20℃以上の水が停滞または循環する施設や、人工環境水には高率に生息する。

建築物の屋上に設置されている冷却塔などには藻類や他の細菌が生息しているのでレジオネラ属菌の増殖に適している。又、循環している浴槽水では湯が絶えず流れて見えるが、実際には閉鎖系内を循環している。このため各種微生物が、入浴者の体表等に由来する有機物を栄養原として増殖し、レジオネラ属菌の温床になりやすい状況をつくっている。

#### 1) 使用培地

WYO α 寒天培地・・・栄研化学株式会社

BCYE α 寒天培地・・・栄研化学株式会社

5%血液寒天培地・・・

— トリプトソイ寒天培地・・・栄研化学株式会社

— 綿羊保存血液・・・・・・・・日本バイオテスト

今回は平成12年度から平成14年度にかけて実施したの検査結果を基にレジオネラ属菌の検出状況を報告する。

### II. 調査、方法

#### 1. 期間

平成12年4月～平成15年3月

#### 2. 依頼検査数

循環風呂：449件

冷却塔：129件

プール：30件

その他：69件

※その他・・・給湯水、修景用水、貯水槽水、など。

#### 3. 検査方法

検体からのレジオネラ属菌の検査は厚生省監修レジオネラ症防止指針に準じておこなった(図1参照)。

## 2) 検査フロー

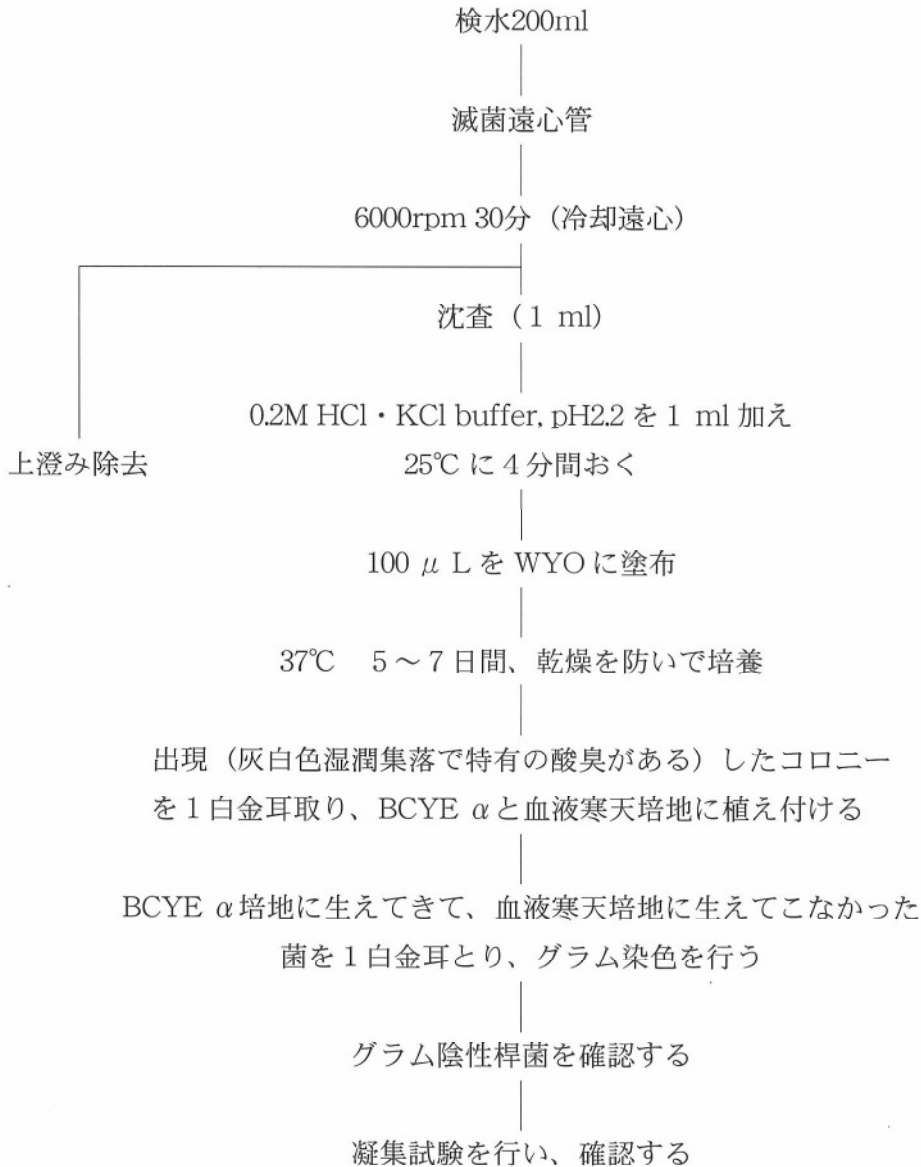


図1 レジオネラ属菌の検査法

## III. 結果

循環風呂の検体449件のうち97件からレジオネラ属菌が検出された。

冷却塔の検体129件のうち46件からレジオネラ属菌が検出され、その他の検体（給湯水、修景水、貯水槽など）では69件のうち12件から菌が検出された。

プールの検体30件の中からは一度も菌は検出されなかった（表1）。

表1からも判るように、検査依頼は年々増加傾向にある。

表1 レジオネラ属菌の検出状況

陽性数/検体数（ ）内は%

年度 施設	H12年度	H13年度	H14年度	合計
浴槽水	21 / 61 (34.4)	23 / 92 (25.0)	53 / 296 (17.9)	97 / 449 (21.6)
冷却塔	8 / 28 (28.6)	25 / 49 (51.0)	13 / 52 (25.0)	46 / 129 (35.7)
プール	0 / 2 (0)	0 / 4 (0)	0 / 24 (0)	0 / 30 (0)
その他	2 / 4 (50)	1 / 28 (3.4)	9 / 37 (24.3)	12 / 69 (17.4)
合計	31 / 95	49 / 173	75 / 409	155 / 677

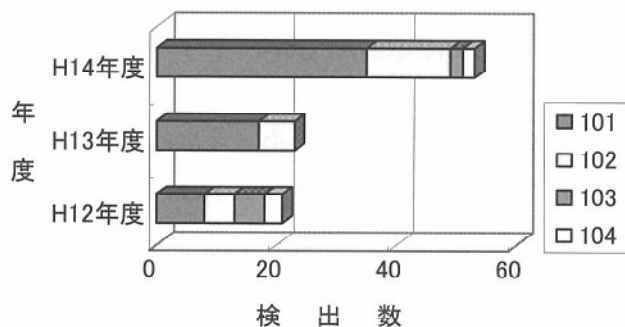


図2 個数レベル別データ分布（浴槽水）

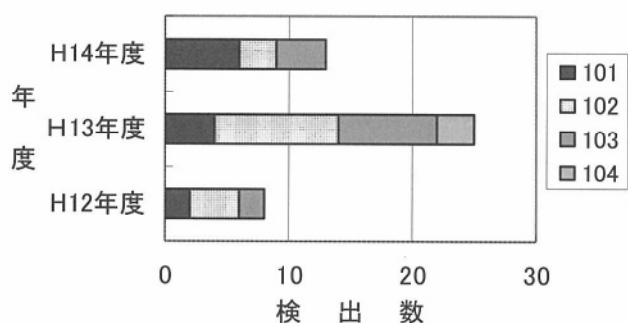


図3 個数レベル別データ分布（冷却塔）

※注意：101は $10^1$ を意味する。

次にそれぞれの施設の検査結果を数値別に見てみると図2、3のようになった。

H12年度からH14年度に浴槽水から検出された件数を個数レベル別にみると、 $10^1$ CFU/100mlが60件、 $10^2$ レベルが25件、 $10^3$ レベルが7件、 $10^4$ レベルが5件という結果になり、 $10^1$ レベルが全体の62%を占めていた。冷却塔の場合では、 $10^1$ レベルで12件、 $10^2$ レベルで17件、 $10^3$ レベルでは14件、 $10^4$ レベルでは3件という結果になり、偏りはあまりみられない。

次に浴槽水、冷却塔以外の施設の検出状況を表2に示す。菌が検出された施設はほとんどが貯水槽であった。

貯水槽の場合掃除によって大部分が改善された。

表2 浴槽水、冷却塔以外の施設からの検出状況

	H12年度	H13年度	H14年度
$10^1$	1（厨房湯栓）	—	9（貯水槽8、浴槽への補給水1件）
$10^2$	—	1（貯水槽）	—
$10^3$	1（貯水槽）	—	—
$10^4$	—	—	—

次に浴槽水に関して残留塩素の濃度別にみた検出状況を図4に示す。

この図から解るように $10^2$ 、 $10^3$ 、 $10^4$ レベルの高濃度で検出されている検体は、残留塩素濃度が0.2mg/l以下の数値を示しているものが殆どである。

残留塩素濃度が0.2mg/l以上の数値を示しながらも菌が検出されている検体は34件で施設数としては14件であった。その施設に塩素注入のタイミングを聞き取り調査した（表3）。

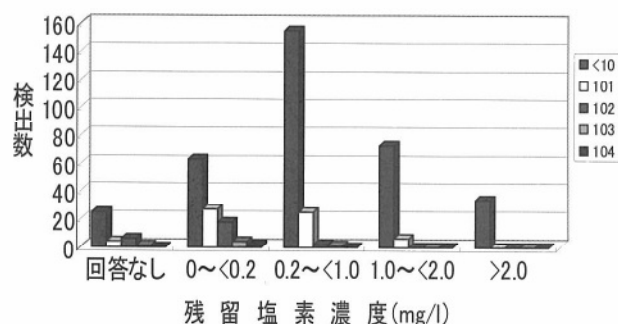


図4 残留塩素濃度別にみた検出レベルの分布

表3 塩素注入のタイミングに関して

(検体数 34 件、施設数 14 件)

設置状況	ろ過装置の前	ろ過装置の後	循環していない
設置数			
施設数	4件	9件	1件

一般に塩素注入装置はろ過装置前に設置する方が望ましいとされているが、表3に示すようにろ過装置前に塩素注入を行っても菌が検出される例が4件あった。

#### IV. 考察とまとめ

今回の調査より、浴槽水における検出率は21.6%、冷却塔の検出率は35.7%という結果が得られた。全体的にみて検査依頼件数は年々増加の傾向にある。浴槽水の場合、菌が検出された検体の62%が $10^1$ CFU/100mlレベルであるが、冷却塔では検出された菌数に偏りはあまりみられなかった。その他の施設では、貯水槽から菌が検出されることが多かった。プール水から菌が検出されることは一度もなかった。浴槽水の場合、塩素消毒を行っている施設からも菌が検出される事があるがその原因として塩素注入がろ過の後に行われ、ろ過装置が菌の増殖する温床となっている事が考えられる。またその他に浴槽内の掃除が不十分であったり、浴槽水に供給される水が、元々本菌で汚染されている可能性も考えられる。

今回は浴槽水を中心にまとめたが冷却水の検査依頼も年々増え、検出率も25%~51%を示しているので今後、冷却水への薬剤の使用や掃除等の管理状況を調査する必要がある。また、今回調査した浴槽水は殆どがろ過装置や塩素注入装置などの大型設備を備えている施設を対象としている。家庭で一般に使用されている、いわゆる24時間風呂についてはあまり調査されていない事が現状であり、これからは個人で使用して循環浴槽水にも注目する必要がある。

この調査研究成果については、平成15年6月13日開催の平成15年度西日本地区給水衛生検査協議会研究発表会及び平成15年11月14日開催の全国給水衛生検査協会主催の全国飲料水検査研究発表会にて発表したものである。

## 沖縄県内の廃棄物焼却施設におけるダイオキシン類について

生活科学部分析計測課

桑江義之 名嘉山 隆\*

浦崎 誠 上里 晋作

### はじめに

我が国では、平成11年にダイオキシン類対策特別措置法が設けられダイオキシン類に係る各種規制基準が定められた。当センターでは、平成11年7月に高分解能質量分析計を導入するとともにダイオキシン類分析用の施設を整備し、これまでに年間約400から500検体のダイオキシン類分析をおこなってきている。

ダイオキシン類対策特別措置法は、排ガス中の排出規準について平成14年11月30日まで猶予期間を設けたが、それ以降はすべて新基準を適用することとした。それをうけて各焼却施設ではあわただしく機関改良や新炉の建設等を行ってきた。平成14年度以降はやや落ち着きをみせ平成15年度で新焼却炉の建設等は、ほぼ終了している。

ダイオキシン類とは、ポリ塩化ジベンゾーパラジオキシン (PCDD) 及びポリ塩化ジベンゾフラン (PCDF) とコプラナー PCB の総称であり PCDD は75種、PCDF は135種、コプラナー PCB は12種 (現在ジオルト体はダイオキシン類の中に含まない) の異性体が存在する。

ダイオキシン類の分析は、採取した試料を各種クリンナップ操作にて精製し、その後高分解能のガスクロマト質量分析計を用いて毒性を持つ29種の異性体を個別に分析測定する方法が公定法として採用されている。

これまでも29種ある異性体の中からダイオキシン類の毒性当量 (TEQ) の指標となる異性体に

ついて報告された事例<sup>1)</sup>はあるが、本報告では特に沖縄県内の焼却施設に限定して各異性体濃度と毒性当量 (TEQ) の関係についてまとめた。

### 試料・方法

検討を行った試料は、機関改良等も落ち着いたとみられる平成14年度以降の排ガス試料について限定し、一般ゴミ焼却施設及び産業廃棄物焼却施設について解析をおこなった。ポリ塩化ジベンゾーパラジオキシン (PCDD) 及びポリ塩化ジベンゾフラン (PCDF) の毒性を持つ17異性体の濃度と毒性当量の関係について相関を求めた。

排ガスの分析は JIS K 0311 に従い行い、毒性当量は WHO/IPCS (1997) の毒性等価係数を用いて算出した。

### 各異性体濃度と毒性当量

#### 【平成14年度から15年度全施設対象】

平成14年度から平成15年度にかけて分析を行った排ガス試料は144試料であるが、その中から県外施設や焼却施設以外の排ガス試料を除いた試料数は110試料である。

それら110試料について行った解析の結果を表1にまとめた。

※現生活科学部参事

表1 各異性体の実測濃度とTEQの関係 (n=110)

TEQ = a × 異性体実測濃度 + b			
異性体名	a	b	R=
2378-TeCDD	9.6041	1.0566	0.8563
2378-TeCDF	1.9893	0.8901	0.7038
12378-PeCDD	2.9954	0.5692	0.9585
12378-PeCDF	1.4815	0.5078	0.9333
23478-PeCDF	1.9013	0.0471	0.9813
123478-HxCDD	4.2907	0.1956	0.8895
123678-HxCDD	2.3453	0.1164	0.7084
123789-HxCDD	3.2534	0.0307	0.7734
123478-HxCDF	1.8952	0.1339	0.8779
123678-HxCDF	1.8818	0.3492	0.8175
123789-HxCDF	09.013	0.3666	0.6894
234678-HxCDF	1.8639	0.3996	0.7218
1234678-HpCDD	0.4685	0.8608	0.3755
1234678-HpCDF	0.7734	0.6131	0.6908
1234789-HpCD	4.5883	0.7108	0.5384
OcCDD	0.4184	1.1635	0.2877
OcCDF	0.7439	2.3544	0.2588

\*濃度は、12%換算濃度

12378-PeCDD、23478-PeCDFの2異性体は、毒性当量 (TEQ) と R=0.95 以上の高い相関をみせた (表中に、太枠にて表示)。

これは、この2異性体のいずれかを測定し、その実測濃度にそれぞれの係数；aを掛けることにより容易に毒性当量 (TEQ) を推定することができることを意味する。

次ページに2異性体の実測濃度とTEQ相関グラフを示す。

### 一般ごみ焼却施設と産業廃棄物焼却施設

#### 【各異性体濃度と毒性当量】

平成14年度から平成15年度に測定した一般ごみ焼却施設のダイオキシン類の濃度範囲は、毒性当量で0~73ng-TEQ/m<sup>3</sup>Nであり、産業廃棄物焼却施設のダイオキシン類の濃度は、毒性当量で0.00046~37ng-TEQ/m<sup>3</sup>Nの範囲であった。

排ガス試料を一般ごみ焼却施設と産業廃棄物焼却施設とにわけ同様な方法で各異性体とTEQの関係について表2にまとめた。

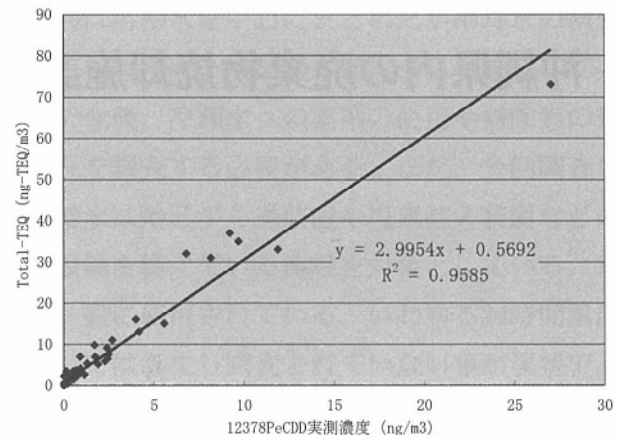


図1-1 12378-PeCDDとTEQの相関

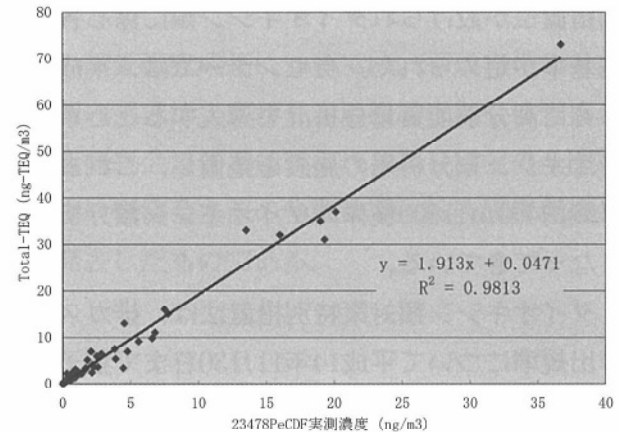


図1-2 23478-PeCDFとTEQの相関

表2 各異性体の実測濃度とTEQの関係

TEQ = a × 異性体実測濃度 + b				
異性体名	一般ごみ		産廃施設	
	a	R=	a	R=
2378-TeCDD	10.932	0.8824	8.1278	0.8331
2378-TeCDF	2.977	0.9064	1.4275	0.5480
12378-PeCDD	2.8111	0.9802	3.4005	0.9477
12378-PeCDF	1.7208	0.9732	1.2681	0.9161
23478-PeCDF	1.9074	0.9861	1.9559	0.9700
123478-HxCDD	4.0595	0.9630	4.7891	0.7989
123678-HxCDD	2.1686	0.8044	3.2136	0.6839
123789-HxCDD	3.3558	0.8232	2.9226	0.6983
123478-HxCDF	2.4958	0.9005	1.5583	0.9793
123678-HxCDF	2.6629	0.8548	1.5089	0.9315
123789-HxCDF	16.913	0.5579	22.396	0.9380
234678-HxCDF	1.7627	0.6832	1.9818	0.7797
1234678-HpCDD	0.4056	0.3658	0.7695	0.5788
1234678-HpCDF	0.9042	0.6010	0.6775	0.8606
1234789-HpCDF	4.8546	0.4374	4.1390	0.6889
OcCDD	0.3503	0.2569	0.6983	0.5008
OcCDF	1.0959	0.2065	0.5779	0.3606



一般ごみ焼却施設では12378-PeCDD、12378-PeCDF、23478-PeCDF、123478-HxCDDの4異性体が毒性当量 (TEQ) と R=0.95以上の高い相関をみせた (表中に、太枠にて表示)。

産業廃棄物焼却施設では、23478-PeCDF、123478-HxCDFの2異性体が毒性当量 (TEQ) と R=0.95以上の高い相関をみせた。

### 【異性体の構成比】

表2にみられる様に一般廃棄物焼却施設と産業廃棄物焼却施設では、各異性体と毒性当量との相関について違いがみられる。

毒性当量は、各異性体毎の実測濃度にそれぞれの毒性等価係数を掛け合わせた数値の合計である。

一般廃棄物焼却施設と産業廃棄物焼却施設の17異性体の構成比を実測濃度と毒性当量のそれぞれについてグラフに示す (図2-1、2-2)。それぞれの焼却施設の構成比の平均を 左側が実測濃度による構成比、右側が毒性当量による構成比としてグラフ化した。

一般ごみ焼却施設と産業廃棄物焼却施設の異性体の構成比は違っており相関係数に差が出たのは、そのためであると推察される。

12378-PeCDD、23478-PeCDF異性体が毒性当量

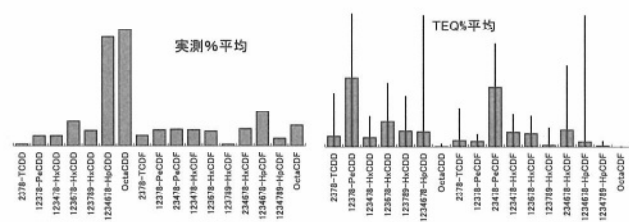


図2-1 一般廃棄物焼却施設排ガス中の異性体構成比

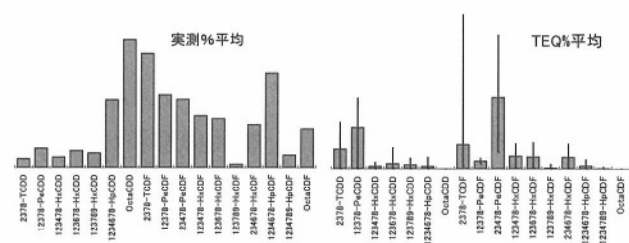


図2-2 産業廃棄物焼却施設排ガス中の異性体構成比

に占める割合は、一般ごみ焼却施設で22.8%、産業廃棄物焼却施設で32.5%と比較的大きい割合を占める。中でも23478-PeCDF異性体は、比較的変動の割合も小さく安定しているため一般ごみ焼却施設、産業廃棄物焼却施設の両方において毒性当量との相関が高くなったと考えられる。

### 集塵装置の違いによる各異性体濃度と毒性当量

調査を行った焼却施設の中で集塵装置の種類がわかっている施設は、93施設ある。集塵装置の種類及びそれらの施設数をグラフにした (図3)。

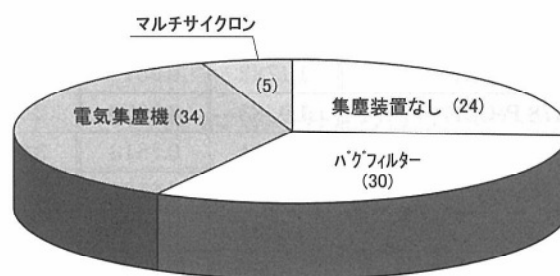


図3 集塵装置の設置状況

集塵装置なしと分類した24施設の中で実際に集塵装置を設けてなかった施設は1施設で、残りは集塵装置はあったが機能していなかった(1施設)、あるいは集塵装置前で排ガスを採取した施設である。

表3に集塵装置の種類ごとに各異性体と毒性当量 (TEQ) 関係を示す。

毒性当量 (TEQ) と R=0.95以上の高い相関をみせた (表中に、太枠にて表示) 異性体は、集塵装置なしで6異性体、バグフィルターで2異性体、電気集塵機で6異性体、マルチサイクロンで4異性体であった。

特徴的であったのは、2378-TeCDDである。電気集塵機以外では、2378-TeCDDと毒性当量をあらかず近似式の傾きが8~10であったのに比べ電気集塵機の場合は傾きが36と約3倍の違いがみられた。近似式の傾きが3倍高いということは2378-TeCDDの占める割合が他に比較して3分の

1ということになる。集塵装置の違いによる2378-TeCDDと毒性当量の関係を図4に示す。

今回の取りまとめの結果では、電気集塵機にて煤じんを除去すると他の方式で煤じんを除去するより2378-TeCDDの除去率が高いといえるが、集塵装置の前後にて煤じんの除去前と除去後のデー

タの比較をはじめ今後の検討課題である。

23478-PeCDFについては、集塵装置の種類に関係なく毒性当量との間にR=0.95以上といずれも高い相関を見せ、23478-PeCDFが集塵装置の種類に関係なく指標異性体として有効であることが示唆された。

表3 集塵装置の違いによるの各異性体の実測濃度とTEQの関係

異性体名	TEQ= a × 異性体実測濃度 + b							
	集塵装置なし n=24		バグフィルター n=30		電気集塵機 n=34		マルチサイクロン n=5	
	a	R=	a	R=	a	R=	a	R=
2378-TeCDD	7.9827	0.9304	8.9118	0.8975	36.1998	0.9618	10.5359	0.8808
2378-TeCDF	1.6268	0.8013	2.3439	0.9264	7.3916	0.9538	1.5649	0.7465
12378-PeCDD	3.2367	0.9538	2.6322	0.9692	3.6881	0.9797	2.8306	0.9152
12378-PeCDF	1.1782	0.9513	1.7331	0.8885	2.2075	0.9452	1.5287	0.9444
23478-PeCDF	1.9483	0.9679	2.0793	0.9502	1.7800	0.9605	1.8488	0.9596
123478-HxCDD	5.4361	0.7613	3.8636	0.8748	3.4161	0.9091	3.7179	0.8153
123678-HxCDD	4.3136	0.6131	1.6677	0.8321	1.3351	0.7101	2.7020	0.8291
123789-HxCDD	4.3424	0.7841	2.4632	0.8448	2.0997	0.7325	3.4523	0.7631
123478-HxCDF	1.4820	0.9943	2.6935	0.8909	1.7055	0.9826	2.5569	0.9877
123678-HxCDF	1.3736	0.9942	2.7641	0.9146	1.7996	0.9724	2.8852	0.9870
123789-HxCDF	22.6578	0.9658	9.5336	0.9442	9.0394	0.5974	36.1573	0.8622
234678-HxCDF	2.7822	0.8194	3.4739	0.8259	1.0835	0.8836	2.7204	0.9493
1234678-HpCDD	0.8896	0.3731	0.4829	0.6393	0.2402	0.5101	1.0708	0.7706
1234678-HpCDF	0.9242	0.8916	2.3946	0.7131	0.5854	0.9217	1.9230	0.9556
1234789-HpCDF	8.5377	0.8120	12.6993	0.8007	3.1574	0.7476	7.9661	0.5512
OcCDD	0.5708	0.1768	0.4749	0.2976	0.2495	0.5416	1.9463	0.7476
OcCDF	0.6077	0.0483	6.8830	0.4408	1.0944	0.7210	5.6871	0.5270

### 他の調査事例との比較

これまでに柴山<sup>1)</sup>らは、全国120試料の排ガスのデータを取りまとめ23478-PeCDFと毒性当量(TEQ)の間に

$$TEQ=1.88 \times 23478\text{-PeCDF} \quad (R=0.992)$$

の式が成り立つとの報告がある。

今回の取りまとめの結果では、

$$TEQ=1.91 \times 23478\text{-PeCDF} \quad (R=0.986)$$

とほぼ同様な結果が得られた。県内の焼却施設についても他の県と比べ23478-PeCDFと毒性当量(TEQ)の関係に相異なることがわかる。

### まとめ

排ガス中のダイオキシン類について12378-PeCDDや23478-PeCDFにおいて毒性当量との間に高い相関があった。特に23478-PeCDFについては、焼却施設の種類や、集塵装置の種類に関係なく毒性当量との間に高い相関があり23478-PeCDFの実測濃度の約2倍が毒性当量になる。

当センターのダイオキシン類の分析工程をみると採取したガスが搬入されてから、前処理に約10日間、GC-MS測定に10日間、結果の解析に約1週間を要している。今回の結果より公定法に従った分析を行いながらもGC-MS測定の途中段階で23478-PeCDFを指標異性体として定量すれば約



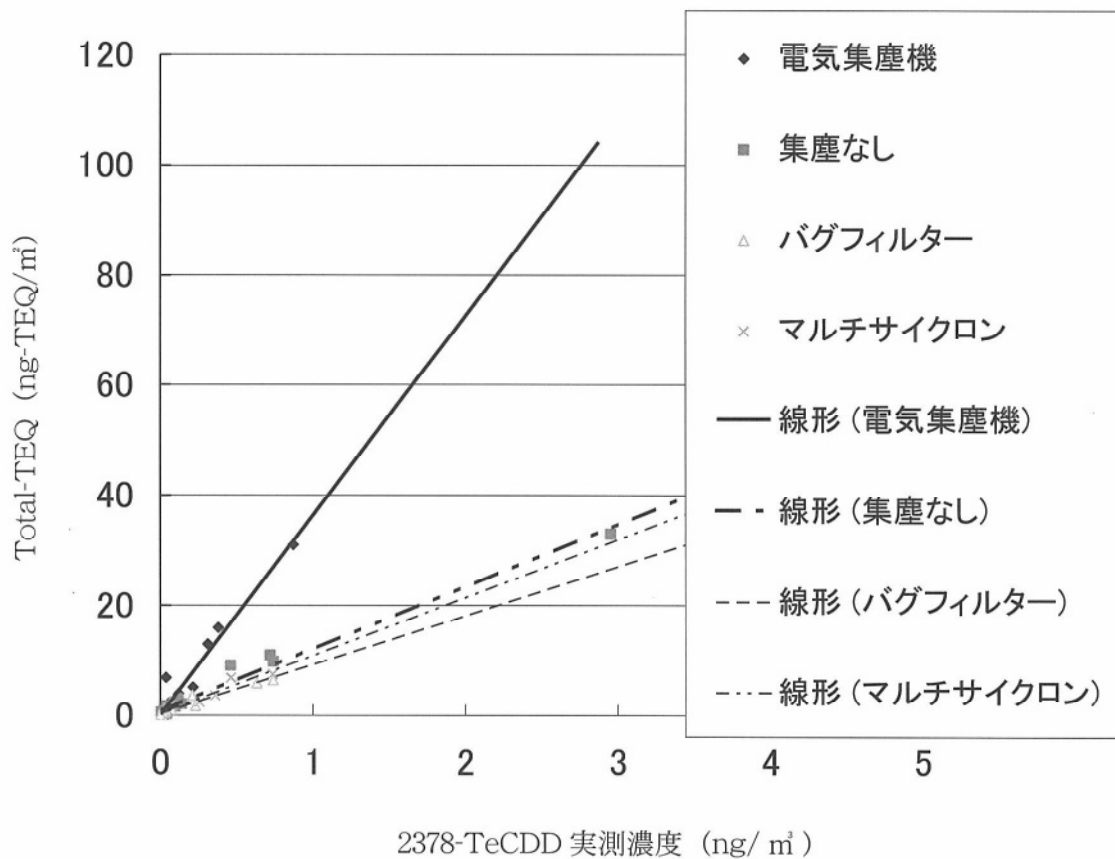


図4 集塵装置の違いによる2378-TeCDD と毒性当量の関係

2週間でおおよそのダイオキシン類濃度の把握が可能であり、簡易法として迅速な報告ができるものと思われる。

集塵装置の違いによる各異性体の除去率については、さらなるデータの集積をはじめ今後の検討

課題である。

参考文献

- 1) 柴山基・安田賀子・井上毅・高菅卓三 (2000) ダイオキシン類分析における指標異性体について。第9回環境化学討論会要旨集 P.170