

# 千葉県における廃棄物焼却炉排ガス中ダイオキシン類の傾向について

## - 2005 年度から 2010 年度の立入検査結果の概要 -

植村匡詞 清水 明 吉澤 正

### 1 はじめに

ダイオキシン類は、難分解性で残留性が高く長期的にヒトなどの生物へ毒性を示すことから、ストックホルム条約により排出の削減が定められている。ダイオキシン類の環境中への排出量は、ダイオキシン類対策特別措置法（以後、ダイ特法という）等による規制によって、全国的に 1997 年以降急激に減少し、最近では暫減状態である<sup>1)</sup>。千葉県でもダイオキシン類の発生源対策として、ダイ特法の特定施設への立入検査を実施するなど排出基準の遵守状況を監視しており、全国と同様に排出量は着実に減少してきた<sup>2)</sup>。

今回、主要な排ガス発生源である廃棄物焼却炉における最近のダイオキシン類の排出状況について、過去 6 年間に実施した立入検査のデータを基に概要をまとめ、傾向を分析したので報告する。

### 2 解析方法

#### 2・1 解析対象

2005 年 6 月から 2010 年 12 月に県が実施した立入検査における、廃棄物焼却炉の排ガス測定データ 102 件を対象とした。

#### 2・2 測定・解析方法

ダイオキシン類の測定は、JIS K 0311 に準拠して行った。なお、ダイオキシン類は、JIS K 0311 で定義された 4～8 塩化ジベンゾパラジオキシン（以後、ダイオキシンという）及び 4～8 塩化ジベンゾフラン（以後、ジベンゾフランという）及びコプラナ PCB である。毒性等量の算出には WHO-TEF(2006)を用い、これを用いていなかった 2007 年以前のデータは WHO-TEF(2006)を用いて再計算した。ダイオキシン及びジベンゾフランの同族体濃度を標準化(平均値 0, 標準偏差 1)し、これを Microsoft Excel のアドインソ

フト Mulcel を用いてクラスター分析（ワード法、ユークリッド平方距離）した。102 件のうち 1 件では全ての同族体濃度が検出下限を下回り同族体組成が計算不能となったため、データから除外した。

### 3 結果と考察

#### 3・1 毒性等量

立入検査結果の概要を表 1 に示した。排出基準の超過は 7 件で、うち産業廃棄物焼却炉では 6 件と多くみられた。検査値を排出基準別にみると、排出基準 (ng-TEQm<sup>-3</sup>)0.1, 1, 5, 10, それぞれで中央値は 0.0057, 0.011, 0.26, 0.081 ng-TEQm<sup>-3</sup>であった。なお、廃棄物焼却炉排ガスの排出基準及び各排出基準における検査件数は、表 2 に示した。排出基準の区分ごとに検査

表 1 2005～2010 年度立入検査結果の概要

	産業廃棄物焼却炉	一般廃棄物焼却炉
検査件数/件	44	58
排出基準超過件数	6	1
中央値/ng-TEQm <sup>-3</sup>	0.14	0.031
最大値	120	3.2
最小値	0	0

表 2 排出基準及び区分毎の検査件数

基準値：ng-TEQm<sup>-3</sup><sub>N</sub>

廃棄物焼却炉 <sup>*1</sup>	新設施設 <sup>*2,3</sup>	既設施設
焼却能力	件数 / [排出基準]	件数 / [排出基準]
4t/h 以上	12 / [0.1]	14 / [1]
2t/h 以上 4t/h 未満	8 / [1]	38 / [5]
2t/h 未満	9 / [5]	21 / [10]

\*1 廃棄物焼却炉のうち、火床面積が 0.5 m<sup>2</sup>以上又は焼却能力が 50 kg/h 以上のもの。

\*2 新設施設とは、平成 12 年 1 月 15 日以降に設置工事がなされた特定施設をいう。

\*3 火床面積 2 m<sup>2</sup>又は焼却能力 200 kg/h 以上の廃棄物焼却炉のうち、平成 9 年 12 月 2 日以降に設置された施設については、新設施設基準と同一の排出基準が適用される。

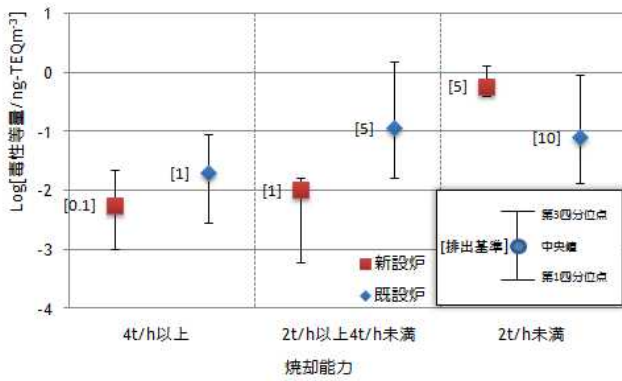


図1 排出基準区分毎の検査値の分布

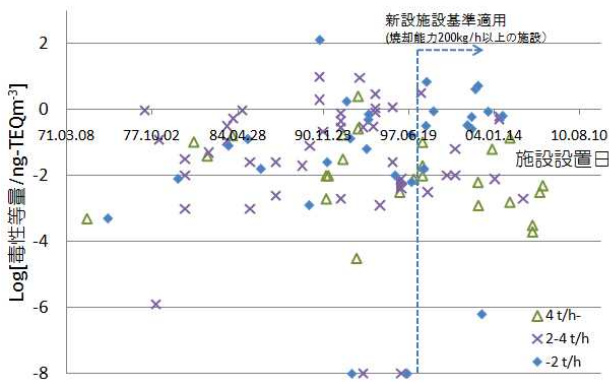


図2 設置日による検査値の分布

値の分布をみると、概ね設定された排出基準の通り、施設の規模（焼却能力）が大きいほど毒性等量は低く、同じ規模であれば新設炉の方が低くなった（図1）。しかし、焼却能力 2 t/h 未満の施設では、新設炉で中央値が 0.59 ng-TEQm<sup>-3</sup> となり既設炉の 0.081 ng-TEQm<sup>-3</sup> を上回った。施設の設置日との対応を焼却能力別に比較すると、焼却能力 2 t/h 未満の施設では、既設炉で 0.1 ng-TEQm<sup>-3</sup> 以下の施設がおよそ半数を占めたのに対し、新設炉では 0.1 ng-TEQm<sup>-3</sup> 以下の施設は 2 施設のみと分布の幅が狭く、ダイ特法施行後には特に低い値を示す施設の設置が少なくなっていた（図2）。一方で、いずれの規模においても、設置から 20 数年が経過した施設では 1 ng-TEQm<sup>-3</sup> を超えるような比較的高い値を示す施設がみられず、ダイ特法による規制に対して十分に対応可能な施設のみが残された結果と考えられた。

焼却物別にみると木くず等の焼却炉における中央値が 0.85 ng-TEQm<sup>-3</sup> と最も高く、廃プラスチック、都市ゴミ等の焼却炉がそれに続いた（図3）。木くず等

を主に扱う施設には、建設解体等の廃材を燃やす焼却能力 2 t/h 未満の小規模の施設が多く、廃材から除去しきれなかった壁紙や釘などが混入し、塩素源や触媒としてダイオキシン類の生成に影響を与えたことが考えられた。

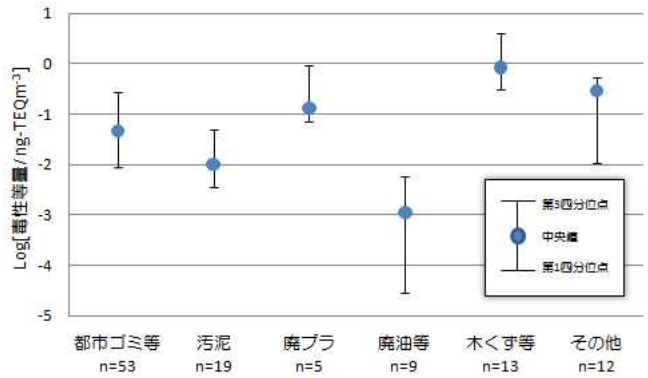


図3 焼却物別の検査値(n=件数)  
焼却物の内 30%以上含まれているデータを重複して使用

### 3・2 同族体組成

#### 3・2・1 クラスタ分析による分類

ダイオキシン類は、燃焼由来や農薬由来などの生成機構の違いや揮発性、分配係数等の物理的性質による媒体間での挙動の違いによって環境試料中の同族体組成が異なる<sup>3)</sup>。今回はいずれも廃棄物焼却炉の排ガス試料であったが、焼却能力等の発生源毎のパラメータによる同族体組成の違いを検討するため、クラスタ分析を行い<sup>4)</sup>、図4のように4つのグループ 1a~3 に分類された。

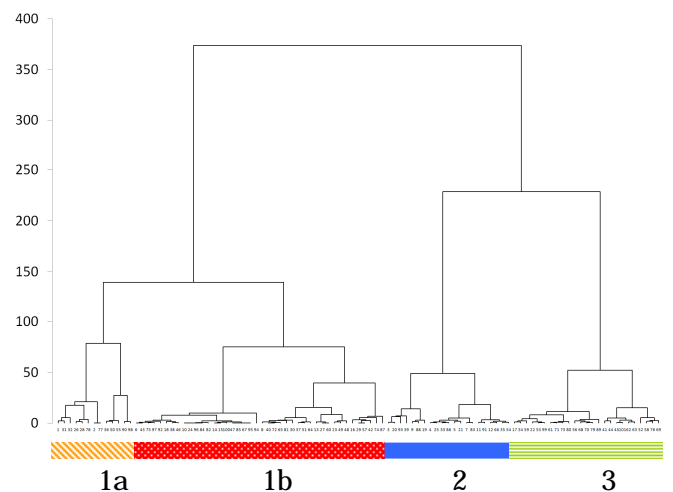


図4 同族体組成に基づく樹状図

各グループの同族体組成を図5に示した。1aおよび1bは、ジベンゾフランの比率が高く、1aではさらに8塩化ダイオキシンも特徴的に高いパターンを示していた。1bは該当する件数が最も多く、4塩化ジベンゾフ

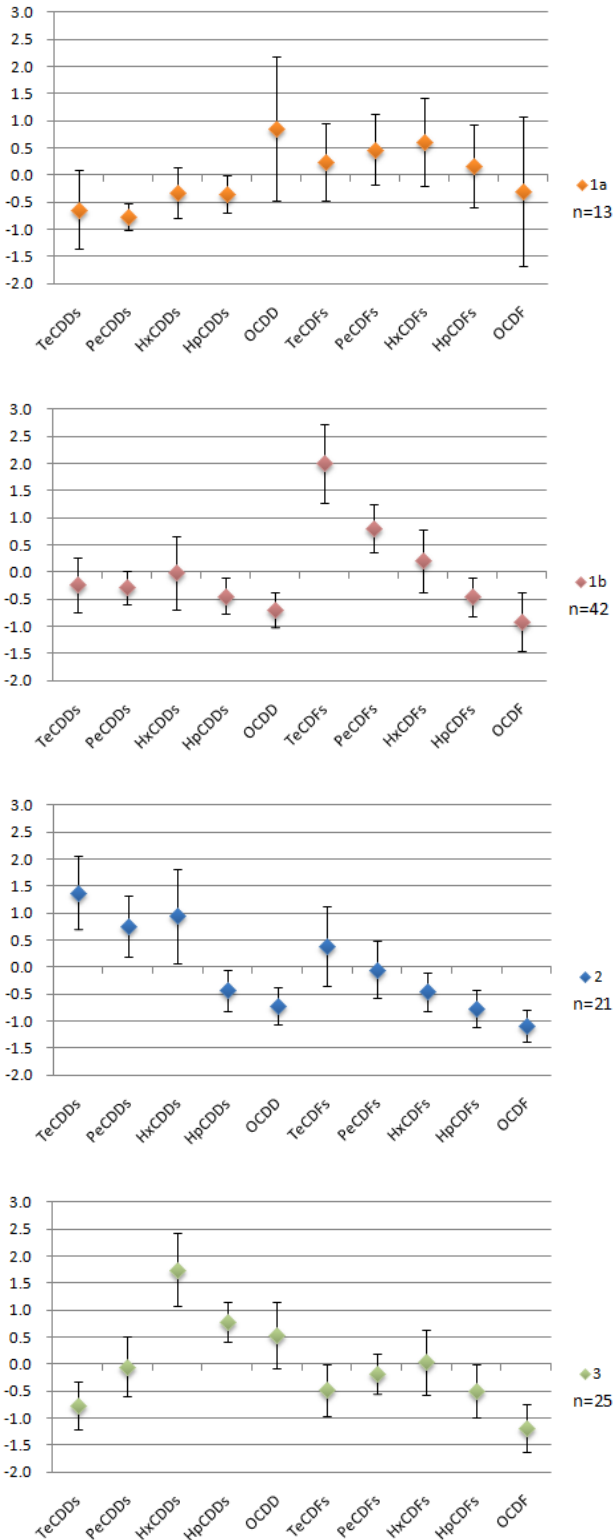


図5 クラスタ分析により分類された4グループの同族体組成 (平均値、標準偏差、n=件数)

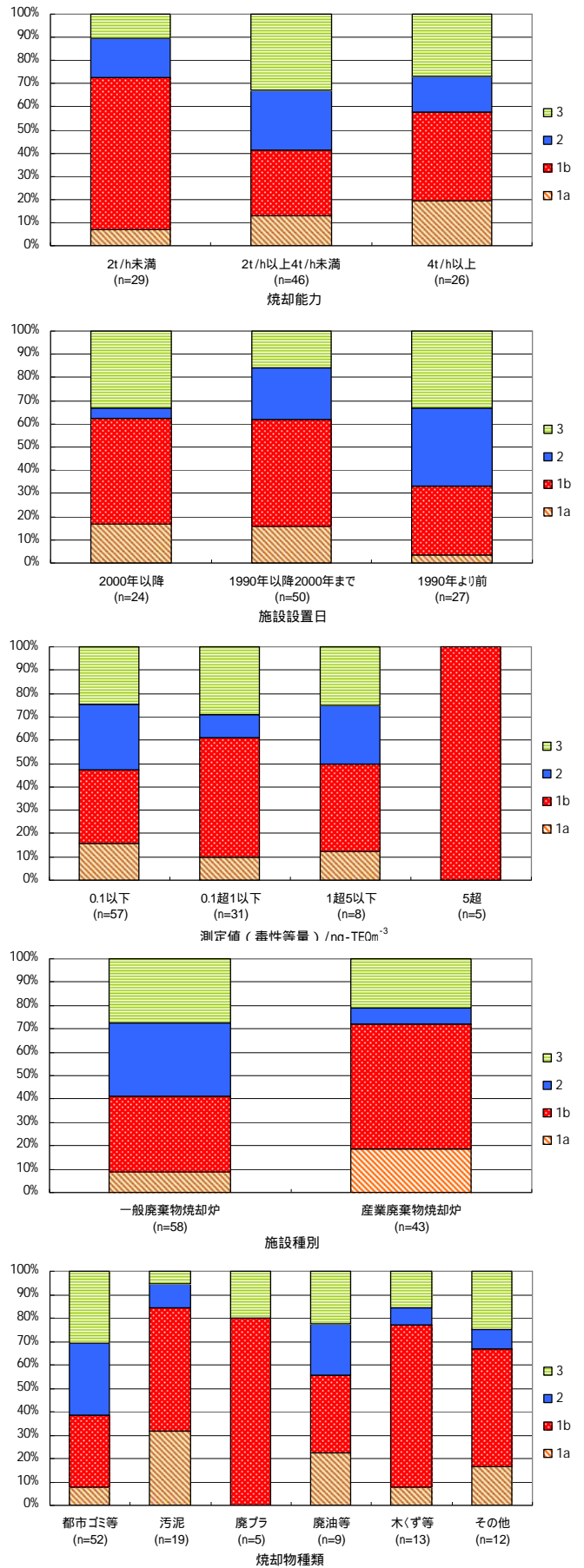


図6 クラスタ分析により分類された4グループの施設データ毎の構成割合 (n=件数)

ランの比率が高く高塩素体になるにつれて比率は低下し、典型的な都市ゴミ焼却炉排ガスのパターンと一致していた<sup>3)</sup>。2 および 3 については、ダイオキシン類の比率が高く、2 では低塩素体、3 では 6 塩素体のダイオキシンとジベンゾフランの比率が高かった。

各グループの特徴について施設データを基に考察した(図 6)。焼却能力では、2 t/h 以下の施設の排ガスで 1b の同族体組成になった割合が高かった。施設の設置日では、1990 年より前に設置された古い施設の排ガスでは他の施設に比べ 2、3 の同族体組成が占める割合が高く、2000 年以降設置の施設の排ガスの場合には 2 の同族体組成になる割合が低かった。また検査時の毒性等量が 5 ng-TEQm<sup>-3</sup> を超えた場合には全てが 1b の同族体組成であった。施設の種別では、一般廃棄物焼却炉の排ガスで 1b、2、3 の割合がそれぞれ約 30% であったのに対して、産業廃棄物焼却炉の排ガスでは 1b の割合が 50% 超であった。焼却物の種類では、汚泥を主に扱う焼却炉の排ガスで 1a の同族体組成になった割合が比較的高かった。

### 3・2・2 排出基準超過時の排ガスにおける傾向

排出基準を超過した 7 件における同族体組成は、1a、1b にそれぞれ 1 件、6 件といずれもジベンゾフランの比率が高い 2 つのグループに偏っていた。超過した施設は、焼却能力、焼却物の種類、排ガス基準値等に共通した特徴はみられず、排ガスの同族体組成を特徴付けた素因は超過事由に関連するものと推察された。超過原因は、投入量、燃焼温度や一酸化炭素濃度等の運転管理の不備や排ガスの処理設備のメンテナンス不足であり、これらがダイオキシン類の生成や除去に絡み同族体組成が変化したと考えられた。以下に排出基準を超過した 3 件の事例を示した。

A は、都市ゴミを扱う清掃工場の焼却炉で焼却能力は 4 t/h を超える。排出基準の超過の原因は、排ガス処理系統内の一部流路の密閉性不足および活性炭吸着塔への活性炭補充量不足など、排ガスの処理設備の問題であり、対策として流路の接続部分の清掃や活性炭供給量の監視の強化等が行われた。毒性等価係数の与えられたダイオキシン類(図 7)及び同族体(図 8)の超過時と改善確認時の濃度を示した。図 7 より、A では改善後は全てのダイオキシン類の濃度が減少していた

が、特に 7 及び 8 塩化ダイオキシンに比べ、コプラナ PCB 及び低塩素体のダイオキシン、ジベンゾフラン等の高温で比較的ガス化しやすいダイオキシン類の減少比率が大きく、活性炭量の不足によってガス状のダイオキシン類が十分に除去できていなかったことが伺えた。

B は、食品製造会社設置の焼却能力 200 kg/h 以下の小型焼却炉である。2004 年度にも排出基準を超過したが、その際は紙類、ビニール、プラスチック等が焼却されており、投入間隔が短く焼却量が多いために不完全燃焼が起こり煙突からは黒煙が上がっていた。また炉の温度は断続的に 800 度以下になっており、ダイオキシン類の発生しやすい状態が起きていた。2005 年度の改善確認時は、焼却物を分別・計量し、紙類と木くずのみを量・間隔を決めて投入するよう管理しており、燃焼温度は 820～900 度で推移し、黒煙も認められなかった。運転管理の見直しによって、特に 4、5、6 塩化ジベンゾフランが大幅に減少し、毒性等量は排出基準以下までは改善できなかったが超過時の 1/3 以下に減少した。なお、B は排ガスの冷却設備がなく施設の構造上ダイオキシン類の発生を十分に抑えることが困難であったため廃止された。

C については、上記 2 例と同様に超過時には低塩素体のジベンゾフランの濃度が高くなっていったが、同時に 8 塩化ダイオキシンの濃度も高くなっていった(図 8)。C は、産業廃棄物処理施設の焼却炉で主に汚泥を焼却しており焼却能力は 4 t/h を超える。超過原因は、バグフィルターへと活性炭を注入する装置の不備であった。汚泥は 8 塩化ダイオキシンの濃度が高いことが知られており<sup>3)</sup>、これが排ガスへ移行し十分な処理を受けずに排出されて、1a のような同族体組成になったと考えられた。

いずれの例においても、排出基準超過時には低塩素体のジベンゾフランは大幅に増加していた。また、A や C では同族体組成のグループが改善後に変化しており、同族体組成が燃焼状態や排ガス処理設備の管理に影響を受けて変化することが確認された。

## 4 まとめ

過去 6 年間における廃棄物焼却炉排ガス中ダイオキ

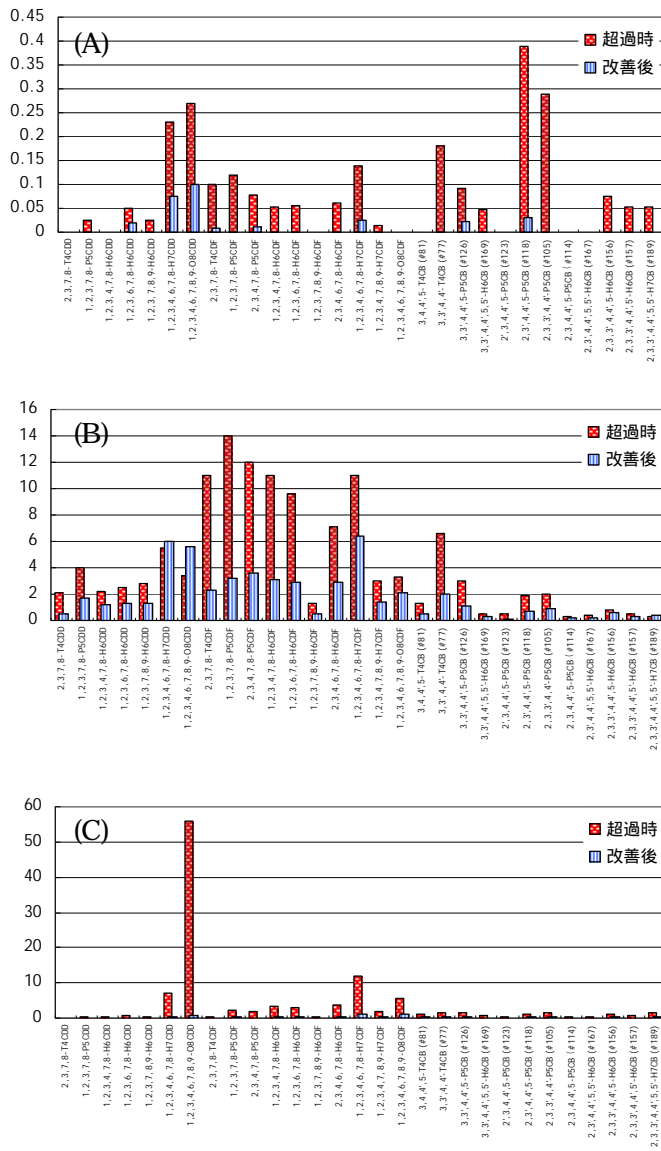


図7 排出基準を超過した施設 A, B, C の超過時及び改善後のダイオキシン類濃度 (12%酸素換算濃度/ngm<sup>3</sup>)

シン類データの解析を行った。毒性等量の分布は概ね排出基準の区分に従っていたが、焼却能力 2 t/h 未満の施設ではダイ特法施行後に設置された施設の方が既存の施設よりも毒性等量が高い傾向であった。焼却物の種類では、木くず等を主に扱う施設の毒性等量が高い傾向であった。また、同族体組成をクラスター分析したところ、4 つのグループに分類された。このうち排出基準を超過した事例は、ジベンゾフランの比率の高い 2 つのグループに偏在しており、同族体組成は施設における燃烧状態や排ガス処理設備の管理を反映していたものと考えられた。

法規制によって千葉県の大気中のダイオキシ

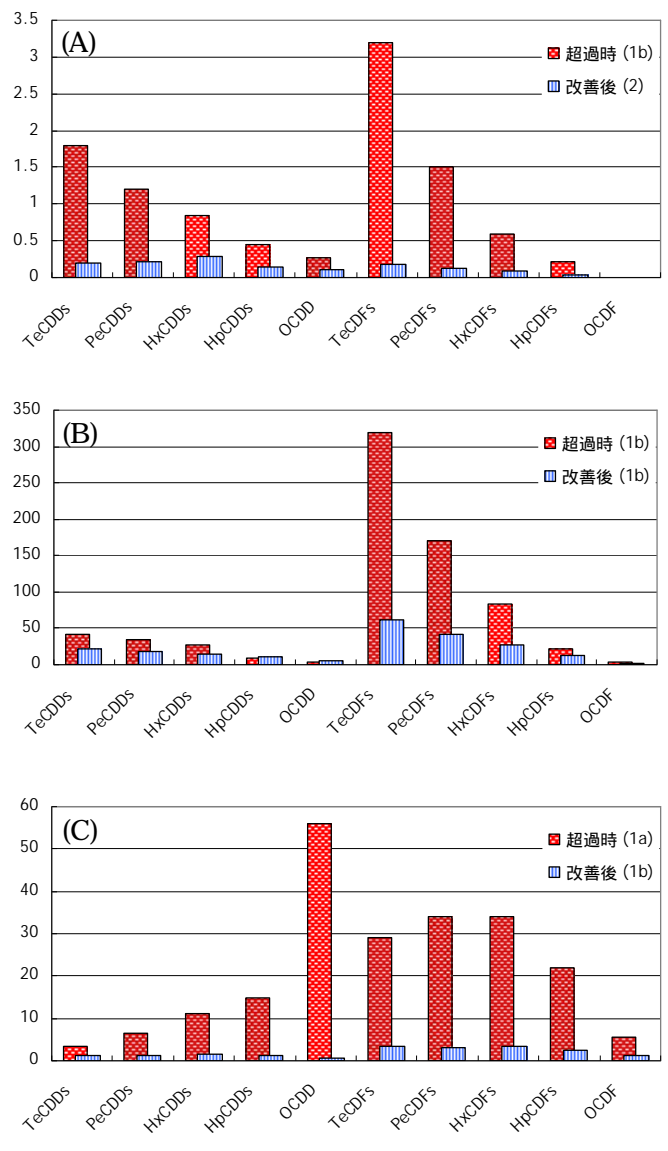


図8 排出基準を超過した施設 A, B, C の超過時及び改善後の同族体濃度 (12%酸素換算濃度/ngm<sup>3</sup>)

ン類濃度は環境基準を下回り減少傾向を示している<sup>5)</sup>が、一方で未だに毎年 1 件程度の排出基準の超過が確認されている。今後も各施設の特徴を捉えながら、遵守状況を注意深く見守り汚染の防止に努めていく必要がある。

#### 引用文献

- 1) 環境省：ダイオキシン類の排出量の目録(排出インベントリ)。22p(2010)。
- 2) 清水明, 堀本泰秀：千葉県におけるダイオキシン法特定施設からのダイオキシン類年間排出量の推移と大気環境濃度について。第 47 回大気環境学会年会講演

要旨集(2006)

3) H. Hagenmaier ,C. Lindig ,J. She : Correlation of environmental occurrence of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans with possible sources . Chemosphere , 29 , 2163~2174(1994) .

4) 橋本俊次 ,伊藤裕康 : ダイオキシン類による地域環

境汚染の実態とその原因解明に関する研究 . 環境省地域密着共同研究報告書(2005) .

5) 山本徹 , 半野勝正 , 吉澤正 , 清水明 , 杉山寛 : 千葉県における環境大気中のダイオキシン類濃度について - 2009 年度の結果 - . 千葉県環境研究センター年報 , 第 9 号(2010) .

## Emission trend of dioxins from waste incinerator in Chiba - summary of inspection results from 2005 to 2010 -

Masashi UEMURA, Akira SHIMIZU, Tadashi YOSHIZAWA

千葉県におけるダイオキシン類排出の傾向について、ダイオキシン類の主要な排ガス発生源である廃棄物焼却炉における立入検査結果を基に解析を行った。排ガス中ダイオキシン類の毒性等量の分布は施設における排出基準の区分に概ね従っていたが、焼却能力 2 t/h 未満の施設ではダイオキシン類対策特別措置法施行後に設置された施設の方が、排出基準がより高い既存の施設よりも毒性等量が高い傾向であった。焼却物の種類では、木くず等を主に扱う施設の毒性等量が高い傾向であった。また、同族体組成をクラスター分析したところ、排出基準を超過した際の同族体組成はジベンゾフランの比率の高い特定のグループに属しており、施設における燃焼状態や排ガス処理設備の管理が同族体組成に影響したものと考えられた。

キーワード：ダイオキシン類，毒性等量，同族体組成，排ガス，廃棄物焼却炉