



Title	TOXを用いた焼却施設運転管理方法の検討
Author(s)	安田, 宣夫; 宮田, 治男; 定塚, 徹治 他
Description	第8回衛生工学シンポジウム (平成12年11月16日 (木) -17日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 1 廃棄物 . 1-2
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 8, 5-10
Issue Date	2000-11-01
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/7199">https://hdl.handle.net/2115/7199</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	8-1-2_p5-10.pdf



## 1-2

### TOX を用いた焼却施設運転管理方法の検討

○安田 宣夫、宮田 治男、定塚 徹治（三機工業株式会社）  
川本 克也（関東学院大学）

#### 1. はじめに

廃棄物焼却施設から排出されるダイオキシン類（以下 DXNs とする）問題に対応するため、各処理場において DXNs を測定する機会が増えている。しかしながら、測定に要するコストが高いため、排出 DXNs の評価については、法律で義務づけられている 1~2 回/年程度の測定のみで実施されているのが現状である。さらに、DXNs の測定はコストが高いことに加えて、結果が出るまでに通常 1~2 ヶ月程度を要するため、DXNs 低減化を目指した最適運転条件等の調査を行う場合の障害になっている。そこで、DXNs と相関がある「代替指標」を用いて、より迅速・簡便かつ安価に DXNs 濃度を推定するための研究が進められている<sup>1)</sup>。

従来、DXNs の代替指標としては、一酸化炭素（以下 CO とする）、クロロベンゼン類、クロロフェノール類、全有機ハロゲン化合物（以下 TOX とする）等が提案されている<sup>2)</sup>。ここで、CO は焼却施設での燃焼管理としての連続的モニタリングには最も適している。しかし、DXNs の低濃度域（おおむね  $1 \text{ ng-TEQ/m}^3_{\text{N}}$  以下）においては、CO と DXNs との相関性は低下すると考えられている<sup>2)</sup>。これに対し、クロロベンゼン類（2 または 3 塩素化物以上の総濃度、あるいはモノクロロベンゼン、ペンタクロロベンゼンなどの特定成分）やクロロフェノール類は DXNs の前駆体物質といわれていることから、DXNs の生成に密接に関連すると考えられており、DXNs 代替指標として研究が進められている。

一方、TOX はクロロベンゼン類やクロロフェノール類だけでなく、DXNs も包括するものであり、DXNs との相関が高い代替指標であろうと評価され、研究が進められている<sup>1), 2)</sup>。TOX は、公定法の DXNs 測定に比べてサンプリングが容易で、結果も数日以内で出すことが可能なうえ、費用も安価であり、また有害な試薬を用いることもない。以上の点から、川本は、この TOX に着目し、実施場における DXNs との比較調査を多数実施し、両者の相関を確認した<sup>3)</sup>。

そこで本研究では、さらに TOX と DXNs のデータを追加し、両者の相関性を改めて確認した上で、以下の点を検討した。

- 1) データをグループ分けした場合の TOX と DXNs の相関性
- 2) サンプリング時間短縮の可能性
- 3) TOX を用いた実施場における DXNs 低減化のための運転管理条件の比較検討

3) については、具体的には、40t/16h のストーカ炉において、

- ①活性炭吹き込み量
- ②バグフィルター（以下 BF とする）入口温度

の 2 つのパラメータの変化に対する TOX 濃度の変化を調査、解析した。本報では以上の検討結果について報告する。

## 2. 実験方法

### 2. 1 TOX の測定方法<sup>3)</sup>

TOX のサンプリングについては、集塵装置出口の排ガスを対象とし、図 1 に示す構成の装置を用いて測定を行った。ガス洗浄びんにおいて、ドレン水とともに、水溶性で難揮発性の TOX を捕捉し、その後 3 本連結の活性炭充填カラム（1 本当り 0.5 g 充填）によって非水溶性で揮発性の TOX 成分を吸着させ、この両者を市販装置（(株)ダイアインズツルメンツ製 TOX100）で適用されている燃焼-電量滴定法によるハロゲン量の一括定量法により定量した。

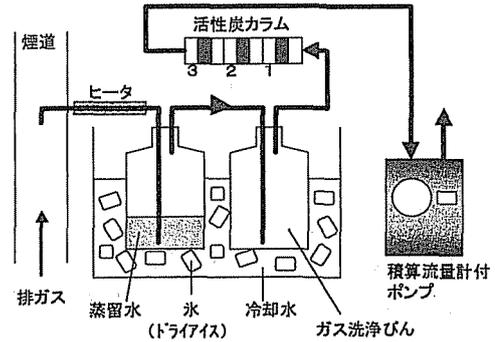


図 1 TOX のサンプリング方法

### 2. 2 TOX と DXNs の相関調査

川本らによって 1999 年以前に測定された実施設における TOX および DXNs の相関データに、さらに今回新たに 4 カ所の廃棄物焼却処理施設（すべてストーカ炉）の集塵装置出口の排ガスを対象とし測定したデータ（延べ 13 回）を追加し、相関性の調査とデータ解析を行った。また、サンプリング時間の短縮可能性を検討するため、いくつかの試料において、DXNs 測定 4 時間の間に各 1 時間ごとで 4 回の TOX サンプリングを行った。

### 2. 3 運転管理条件の比較検討

図 2 のフローを有する廃棄物焼却施設（ストーカ炉、40t/16h）の BF 出口において、以下の 2 つの運転管理条件を変化させたときの TOX 濃度を測定した。

- ①活性炭吹き込み量
- ②BF 入口温度

なお、活性炭は、消石灰と混合したもの（重量比：活性炭 10%、消石灰 90%）を吹き込んでいる。実験条件の設定値、各実施 RUN の一覧表を表 1 に示す。このときの TOX のサンプリング時間は、2 時間とした。

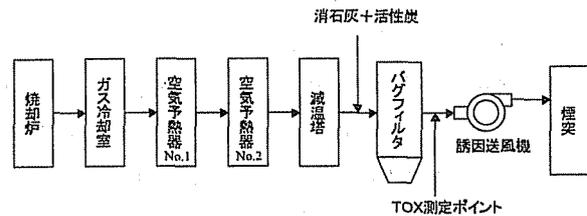


図 2 ごみ焼却施設フロー

表 1 実験条件と実施 RUN

		活性炭吹き込み量(g/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )			
		0.05	0.1	0.15	0.2
BF入口 温度(°C)	160	●	○	●	○
	180	○	○	○	○
	200	●	○	●	○

## 3. 結果と考察

### 3. 1 TOX と DXNs の相関

TOX と DXNs の測定結果について、従来のデータと今回新たに測定を行ったデータを図 3 および図 4 に示した。また従来のデータと追加分を含めたデータの各々についての相関式を式 (1)~(4) に示した。なお、DXNs のデータはコプラナー PCB を含むものではなく、毒性等量の係数は I-TEF を用いている。

この結果より、データを追加することによって相関性が高くなったことがわかる。ただし、最近、廃棄物焼却施設において DXNs 排出濃度の低減化対策がなされたため、プロットから分かるように追加データが比較的濃度の低いところに集中している。従って、低濃度領域における公定法 DXNs 濃度と TOX 濃度の相関について、今後検討していく必要がある。

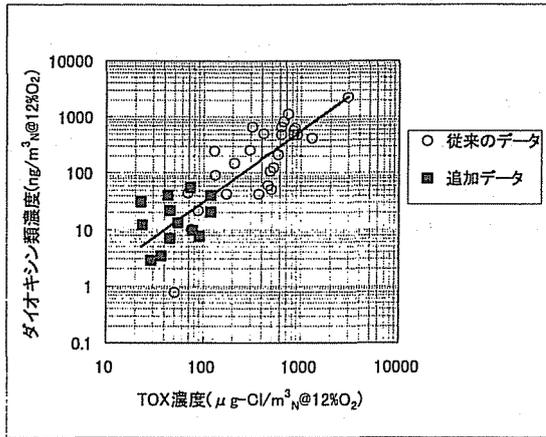


図3 TOXとDXNsの相関

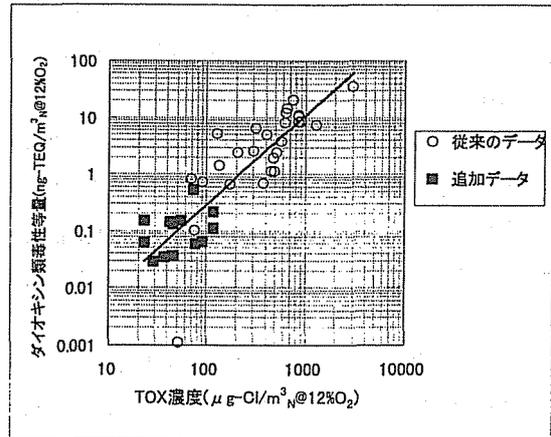


図4 TOXとDXNs毒性等量との相関

追加前の相関式  $DXNs = 2.80 \times 10^{-2} (TOX)^{1.45}$  (R = 0.81) (1)

$DXNs_{TEQ} = 1.20 \times 10^{-4} (TOX)^{1.66}$  (R = 0.78) (2)

追加後の相関式  $DXNs = 9.39 \times 10^{-2} (TOX)^{1.26}$  (R = 0.86) (3)

$DXNs_{TEQ} = 2.00 \times 10^{-4} (TOX)^{1.57}$  (R = 0.87) (4)

### 3. 2 データのグループ分けによる TOXとDXNsの相関性の評価

廃棄物焼却施設でのDXNsの再合成においては、PCDDsよりもPCDFsの増加率が高いとの報告<sup>4)</sup>がある。したがって低濃度領域において、施設のシステムや条件の違いによりDXNsの再合成の状況が異なり、同族体構成も異なると想定される。

そこで、DXNsの構成要素であるPCDDsとPCDFsの毒性等量の比率に基づいて各データのグループ分けを試みた結果を図5に示した。この結果より、各データによってその比率が異なることが分かる。例えば、全体のうち、PCDDs濃度毒性等量の比率がB焼却施設①やA焼却施設①、②は35%以下の値となっているが、D焼却施設①、②は、50%以上と高くなっている。

次に同族体の構成の違いがTOXとDXNsの生成率の違いにどう影響するかをみるために、PCDDsとPCDFsの毒性等量の比率を図5の中で線でグループ分けした。

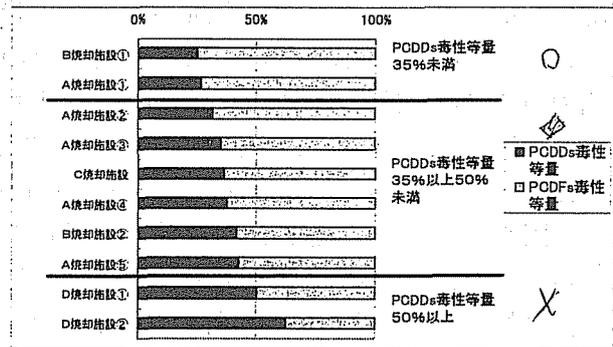


図5 ダイオキシン類毒性等量におけるPCDDs、PCDFsの比率

※焼却施設の各番号は、サンプリング時期の違いを示している。ただし、A焼却施設の①と②、③と④は、同時期に行った。

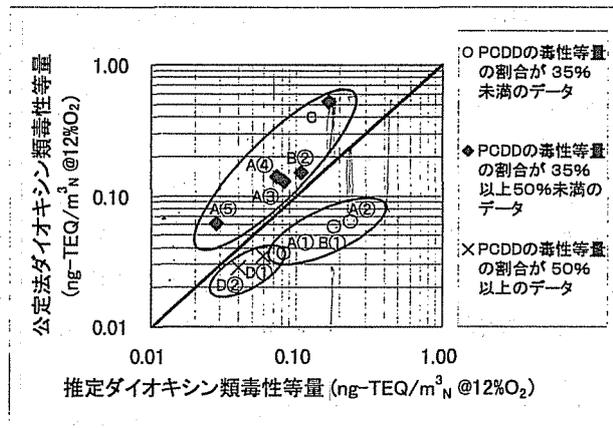


図6 PCDDs、PCDFs毒性等量の比率別の推定DXNs毒性等量と公定法DXNs毒性等量の関係

そのグループごとにプロットの記号を変えて、TOX 濃度から式(4)の相関式を用いて計算した推定 DXNs 毒性等量と公定法 DXNs 毒性等量の関係を示す図を作成し、図 6 に示した。なお、図中の記号は図 5 の焼却施設の種類を示している。

今後多くのデータを蓄積し評価する必要があるが、現状のデータにおいて、DXNs の生成条件の違いによって相関が異なるのではないかと考えられた。従って、焼却システムや運転条件等の違いによって、TOX と DXNs の相関をグループ分けして、より相関の高い代替指標とするための検討を行う必要があると考えられた。

### 3. 3 短時間での TOX モニタリング

公定法 DXNs の測定時間は通常 4 時間で行われているが、実際の濃度の変化を確かめるためには、サンプリング時間の短縮を図る必要があると考えられる。今回は、前述したように、いくつかの試料において、公定法 DXNs 測定の 4 時間の間に各 1 時間ごとに 4 回の TOX サンプルングを行った。その結果を図 7 に示した。なお、図 3,4,6 で示した TOX の値、推定 DXNs 毒性等量は、4 時間の平均値を示している。4 時間連続測定値と 1 時間ごとの 4 回の平均値のプロットが、公定法との相関の中で異常な値を示していなかったことより、1 時間ごとの TOX を用いた評価が可能であることが考えられる。

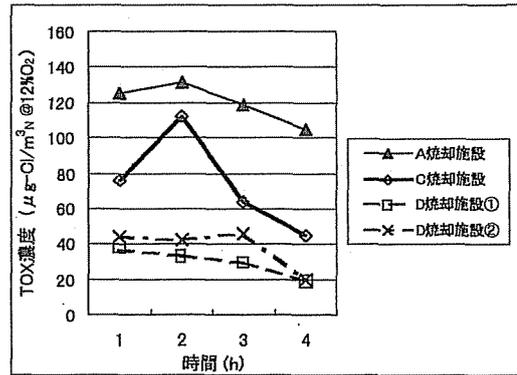


図 7 1 時間ごとの TOX 濃度の変化

また、1 時間ずつサンプリングを行った 4 時間の間において、全て燃焼は安定的に推移していた。図 7 より、A, D 施設では、4 時間を通して比較的変動が少なく安定した濃度推移を示している。一方、C 焼却施設においては、TOX 濃度に変動が見られるが、その変化の原因は、この間に粗大破碎残渣の混焼が行われたことから、ごみ質が変動したことが主原因ではないかと考えられた。

### 3. 4 TOX を用いた運転管理方法の検討

#### 3. 4. 1 活性炭吹き込み量の影響

排ガス中 TOX 濃度に対する活性炭吹き込み量の影響について、図 8 に示した。活性炭吹き込み量の範囲は、 $0.05 \sim 0.2 \text{ g/m}^3_{\text{N}}$  の範囲で、BF 入口温度が、 $160^\circ\text{C}$ 、 $180^\circ\text{C}$ 、 $200^\circ\text{C}$  の 3 通りの条件のもと行った。活性炭吹き込み量は、入口温度が  $180^\circ\text{C}$  の場合のみ  $0.05$ 、 $0.1$ 、 $0.15$ 、 $0.2 \text{ g/m}^3_{\text{N}}$  の 4 パターンで変動させ、他の条件では、 $0.1$ 、 $0.2 \text{ g/m}^3_{\text{N}}$  の 2 パターンで変動させた。

図 8 より、BF 入口温度が  $180^\circ\text{C}$  の場合、活性炭吹き込み量の増加に伴って TOX 濃度が減少するという結果となった。また、吹き込み量が多くなるほど、TOX 濃度の減少の度

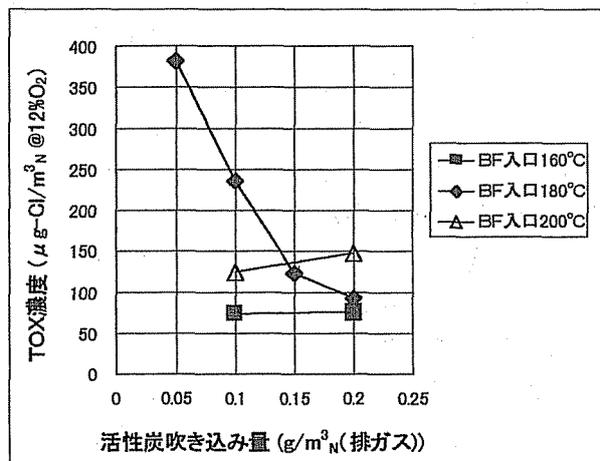


図 8 排ガス中 TOX 濃度に対する活性炭吹き込み量の影響

合いがやや小さくなった。

活性炭吹き込み量と DXNs 濃度の関係を調査した報告<sup>5)</sup>によると、吹き込み量を  $0.1 \text{ g/m}^3_{\text{N}}$  から  $0.2 \text{ g/m}^3_{\text{N}}$  に増やしたときの DXNs 濃度の低減化率が 43%であった。今回の実験では、同様の条件での TOX 濃度の低減化率が 39%であり、DXNs と同程度の値を示すことが分かった。このことから、TOX を DXNs の代替指標として利用することの妥当性が示唆された。

### 3. 4. 2 BF 入口温度の影響

排ガス中 TOX 濃度に対する BF 入口温度の影響について、図 9 に示した。図 8 の場合と同じ実験で、BF 入口温度を横軸にとった解析である。

図 9 より、BF 入口温度が  $180^\circ\text{C}$ 、活性炭吹き込み量が  $0.1 \text{ g/m}^3_{\text{N}}$  の場合を除いて考えると、入口温度の高い方が若干 TOX 濃度が高くなった。

BF 入口温度を  $160^\circ\text{C}$  付近から  $200^\circ\text{C}$  付近に上げたとき排ガス中の DXNs 濃度が高くなるという報告<sup>6)</sup>があり、BF 入口温度の上昇による DXNs 濃度の変化を TOX を用いて調査した今回の結果は、これと一致していた。

BF 入口温度が  $180^\circ\text{C}$  で吹き込み量が  $0.1 \text{ g/m}^3_{\text{N}}$  の点において、TOX が高濃度になった理由としては、排ガス処理システムで空気予熱器を 2 段設けていることによる DXNs の再合成の影響があったこと、また後述するが、BF 差圧が低かった、すなわちフィルター付着層の形成が小さかったことが考えられた。

### 3. 4. 3 他のパラメータの影響

排ガス中 TOX 濃度に対する CO 濃度の影響について図 10 に示した。

これより、CO が  $0\sim 15\text{ppm}$  の濃度範囲で CO 濃度と TOX 濃度との相関はまったく認められなかった。従って、その領域における CO 濃度と DXNs 濃度の相関性も低いと考えられる。これは、この施設における BF 出口の DXNs 濃度は従来  $0.1 \text{ ng-TEQ/m}^3_{\text{N}}$  前後の低濃度であり、ごみの不完全燃焼の影響をほとんど受けていないためであると考えられる。

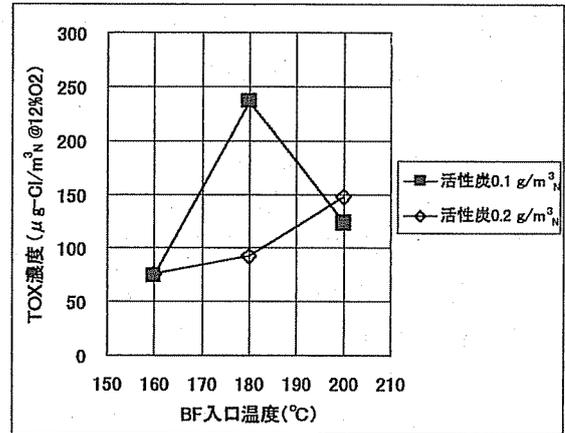


図 9 排ガス中 TOX 濃度に対する BF 入口温度の影響

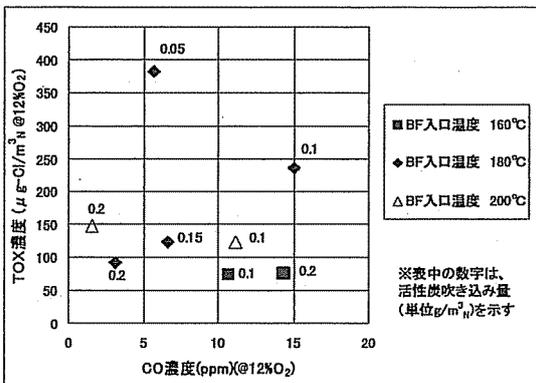


図 10 排ガス中 TOX 濃度に対する CO 濃度の影響

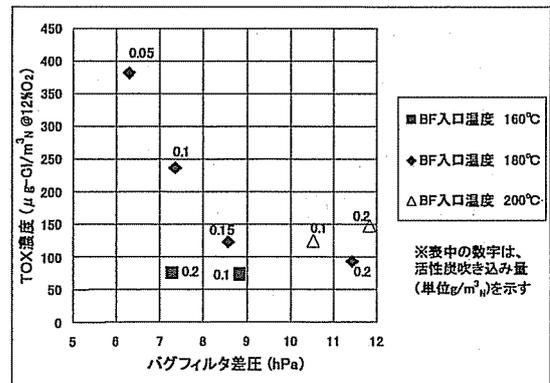


図 11 排ガス中 TOX 濃度に対する BF 差圧の影響

次に、排ガス中 TOX 濃度に対する BF 差圧の影響について図 11 に示した。BF 差圧は、飛灰、消石灰および活性炭で形成されるフィルター付着層の厚さにほぼ比例し、その層が DXNs を吸着すると考えられる。

BF 差圧の影響について評価してみると、これが 8 hPa あたりまでは、逆方向に相関の傾向が若干見られ、それ以上の場合はほぼ横ばいとなった。つまり、本施設においては、およそ 8 hPa 以下の差圧に相当するフィルター付着層の厚さでは、TOX を低濃度に抑制することができないと考えられた。従って、本施設において、TOX と DXNs の相関があると考えられるならば、DXNs 低減化のためには、BF 差圧を一定値以上に維持するように活性炭吹き込み量を調整して運転管理をすることが有効と考えられた。

#### 4. まとめと今後の課題

TOX を用いて焼却施設の運転管理方法を検討した結果、以下のことが分かった。

- ①DXNs が低濃度となる焼却施設では、施設のシステムや運転条件等により、データをグループ分けすることにより、TOX と DXNs の相関性がさらに良好になることが確認された。
- ②短時間で TOX をモニタリングすることが可能であることが確認された。
- ③活性炭吹き込み量および BF 入口温度の変化に対して、TOX 濃度が DXNs と同様の変化をすることが分かり、一つの焼却施設において、TOX を運転管理指標として利用することの可能性が確認された。
- ④DXNs が低濃度の場合には、CO 濃度と DXNs 濃度の関係と同様、CO 濃度と TOX 濃度の相関も見られなかった。
- ⑤BF 差圧がある一定値以下になると、TOX が高濃度になり、DXNs 排出抑制のための運転管理に指標として適用できることが示された。

今後の課題として以下の点が挙げられる。

- 1) TOX と DXNs のデータを蓄積し、解析することにより、より高い相関性を抽出可能なグループ分け方法等を検討すること。
- 2) 排ガス中 TOX 濃度に対する BF 入口温度、活性炭吹き込み量の影響について、再現性等の面でより詳細に検討すること。

#### 参考文献

- 1) 廃棄物研究財団：「有害性廃棄物の分析手法の総合化・簡素化に関する研究」セミナー講演資料集(2000)
- 2) 川本克也：焼却排ガス中クロロベンゼン類の測定方法とその適用，大気汚染学会誌，28(5)，266～278(1993)
- 3) 川本克也：TOX：排ガス中ダイオキシン類および有害物指標としての有用性，第 10 回廃棄物学会研究発表会講演論文集，791～793(1999)
- 4) 廃棄物研究財団：平成 10 年度ダイオキシン海外調査報告書，117～120(1999)
- 5) 青木孝、宮田治男他：反応助剤を用いたダイオキシン類の低減，日本機械学会第 6 回環境工学総合シンポジウム講演論文集，154～156(1996)
- 6) 田中勝他：ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止等技術，第 5 講，101～123，エヌ・ティー・エス(1998)