

<論文>

廃棄物焼却炉排ガス中ダイオキシン類濃度の 連続監視へのクロロベンゼン類濃度の適用

Application of Chlorobenzenes for Monitoring Dioxins in Exhaust Gas from Waste Incinerators

藤吉秀昭^{1*}, 永野英樹², 岩崎敏彦³, 横山 隆⁴, 田中 勝⁵

¹財団法人日本環境衛生センター環境工学部

²JFE スチール株式会社

³JFE エンジニアリング株式会社エンジニアリング研究所

⁴JFE エンジニアリング株式会社環境エンジニア事業部

⁵岡山大学大学院自然科学研究科

Hideaki Fujiyoshi^{1*}, Hideki Nagano², Toshihiko Iwasaki³, Takashi Yokoyama⁴ and Masaru Tanaka⁵

¹ Department of Environmental Engineering, Japan Environmental Sanitation Center

² Department of Analysis & Characterization Research, JFE Steel Corporation

³ Department of Environmental Research, Engineering Research Center, JFE Engineering Corporation

⁴ Department of Environmental & Recycling Plant Engineering Business and Technology, JFE Engineering Corporation

⁵ Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

Abstract

In this study, we focused on chlorobenzenes, which are known precursors of dioxins in waste incinerator flue gases, as a possible alternative to direct measurement of dioxins for monitoring purposes. Because the concentrations of chlorobenzenes are much easier to measure than those of dioxins, we examined whether chlorobenzenes can be used as an index for continuous measurement of dioxin levels at existing old, new, and advanced waste incinerators, employing an analyzer originally designed for dioxin precursor analysis. The analyzer demonstrated excellent performance in measuring dioxin precursors in long-term operation, and the correlation between the concentrations of chlorobenzenes measured by the proposed method and dioxin concentrations measured by the conventional method showed that the chlorobenzenes provide a reliable index of dioxin concentrations, especially at relatively high concentrations in the range up to approximately 1.0 ng-TEQ/m³N, which are typically emitted from superannuated and conventional-type incinerators. Continuous measurement of this index thus allows comprehensive control of dioxin emissions from waste incinerators.

Key Words : dioxines, chlorobenzenes, precursors, secondary generation, incinerator

1. はじめに

2002年12月から「ダイオキシン類対策特別措置法」で制定されたダイオキシン類排出に係る新基準値が適用された。新基準値を常時クリアするためには、年1回のダイオキシン類の濃度測定だけでは不十分で、ダイオキシン類の排出状況を短時間に把握しその排出量を安定的に抑制する必要がある。ごみ焼却施設等から排出される

ダイオキシン類濃度を常時監視し、その情報に基づき施設の総合的な運転管理を行うことは排出ダイオキシン量の低減化を進める上で非常に重要である。

しかしながら、ダイオキシン類濃度の公定分析法であるJIS法(JIS K 0311)においては、1ヶ月以上の分析時間と1検体あたり数十万円の分析費用がかかり、ダイオキシン類の排出状況を短時間に把握することは困難である。こうしたことから、ダイオキシン類濃度の簡易分析手法について種々検討されている。その1つにJIS法の迅速化があるが今のところ大幅な時間短縮は望めない。また、2週間以上の長時間サンプリングで1検体として

* 〒210-0828 川崎市川崎区四谷上町11-15
TEL: 044-288-4997 FAX: 044-288-5011
E-mail: fujiyoshi@jesc.or.jp

分析し期間平均的な値を求める手法もヨーロッパ等で広がっている¹⁾。この手法の特徴は、焼却施設からの長期的環境負荷の実態などについての評価はできるが、短時間でのダイオキシン類排出量の変化の検出とそれへの迅速な対応は不可能である。一方、ダイオキシン類濃度と相関のある代替指標の利用によるダイオキシン類濃度の推定法がある。このなかには、ダイオキシン類前駆体であるクロロベンゼン、クロロフェノール類^{2),3)}、あるいは有機ハロゲン化合物、半揮発性有機ハロゲン化合物等⁴⁾を利用する方法があり、多くの検討がなされてきた。代替指標を利用したダイオキシン類濃度の推定方法の利点は、ダイオキシン類と相関を持ちながら測定方法がダイオキシン類と比較して容易な代替指標を短時間に測定することにより、時間分解能の高いダイオキシン類濃度を推定することである。一方で代替指標を用いた場合には、ダイオキシン類濃度との相関関係が問題となる。例えば、有機ハロゲン化合物や半揮発性有機ハロゲン化合物を測定する方法ではハロゲン化合物の総量を測定しており、必ずしもダイオキシン類やその前駆体を測定しているとは限らないこともありダイオキシン類濃度を把握しているかどうかの問題である。また、ダイオキシン類前駆体のうち比較的ダイオキシン類に構造の近いクロロフェノール類については、極性物質ということもあり排ガスからのサンプリングを行う際に、排ガスに存在する水分に溶け込む可能性があることや、沸点が比較的高いため配管類への吸着が懸念されることがあり短時間での正確な測定が困難であるという問題がある。これに対し、クロロベンゼン類は排ガス中の水分の影響を受けにくく、沸点もクロロフェノール類と比較して低い傾向にあることから短時間測定に向いているといえる。

以上の状況を考慮して、本研究では、ダイオキシン類の迅速連続測定手法として、代替指標を用いた連続測定法を利用することを考え、その中でもダイオキシン類と化学構造の類似点が多く、排ガス中においてダイオキシン類と比較して1000～10000倍以上の高濃度で存在するクロロベンゼン類に着目した。特に、クロロベンゼン類濃度を短時間で測定できる連続分析計を用いて規模、形式の異なるごみ焼却施設におけるダイオキシン類濃度(公定法)とクロロベンゼン類濃度の相関を調べ、その代替指標性の評価を行うと同時に、それを利用したダイオキシン類の連続モニタリング手法について検討した結果、有用な知見を得たので報告する。

2. 方法

本研究ではクロロベンゼン類濃度とダイオキシン類濃度との相関性、代替指標性、ごみ焼却施設における操作因子との関連を調査し、得られた情報を基にダイオキシン類排出量を低減するための運転管理へ応用する方法を確立することを目的とした。具体的な検討項目は次の通りである。

- 1) ダイオキシン類の代替指標としてクロロベンゼン類に着目し、ECD検出器付きガスクロマトグラフによるクロロベンゼン類濃度測定によりその長期排出挙動を調査する。
- 2) 3種類のごみ焼却施設(ダイオキシン類排出量1.0 ng-TEQ/Nm³以下程度の既設ごみ焼却施設、ダイオキシン排出量0.1 ng-TEQ/m³N以下の新設ごみ焼却施設、低空気比高温燃焼ごみ焼却施設)におけるダイオキシン類濃度とクロロベンゼン類濃度との相関調査を行い、ダイオキシン類濃度の代替指標性の評価を行う。
- 3) 実機のごみ焼却炉におけるクロロベンゼン類濃度の長期連続測定を実施し、測定装置の長期耐用度と精度評価を行う。
- 4) 以上の調査解析結果を基にクロロベンゼン類濃度測定によるダイオキシン類濃度の連続モニタリングと排出抑制をめざした運転管理のあり方を検討する。

2.1 対象施設

クロロベンゼン類濃度測定を行った3ヵ所の焼却施設はそれぞれ、①既設ごみ焼却施設(焼却規模:300T/日×3炉、燃焼方式:全連続ストーカ方式、集塵器:電気集塵器)、②新設ごみ焼却施設(焼却規模:400T/日×3炉、燃焼方式:全連続ストーカ方式、集塵器:バグフィルタ)、③低空気比高温燃焼型ごみ焼却施設(焼却規模:85T/日×3炉、燃焼方式:全連続ストーカ方式、集塵器:バグフィルタ)である。排ガス採取は、全てのごみ焼却施設において集塵器後の煙道から行った。クロロベンゼン類濃度の測定期間は3週間～6ヶ月であった。

2.2 クロロベンゼン類濃度測定

クロロベンゼン類濃度の迅速測定には、ガスクロマトグラフを利用したダイオキシン前駆体分析計(Fig. 1)を用いた^{5),6)}。本分析計は、排ガスサンプリング、分析を全自動で行う装置で、検出器に非放射線源型電子捕獲型検

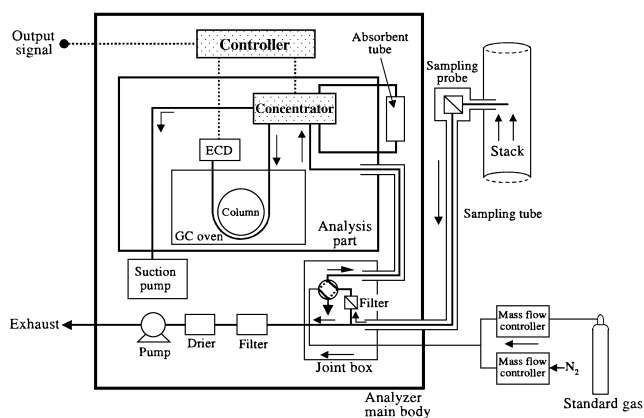


Fig. 1 Schematic diagram of a dioxin precursor analyzer designed by the authors.

出器 (ECD) を採用している。一定時間の排ガスサンプリングの後、採取試料を各成分に分離して目的成分を検出・定量する⁷⁾。本装置は実排ガスをを用いた測定において各種クロロベンゼン類、クロロフェノール類の異性体および同族体を分離、検出することが可能である⁷⁾。1測定あたりの分析時間は、通常60～90分程度、最速15分間で分析できる。Table 1 にクロロベンゼン類の測定条件を示す。ごみ焼却施設では、焼却施設ごとに投入されるごみ質の変動や、施設の運転状態の変化などが影響し、発生するダイオキシン類や前駆体などの異性体や同族体の濃度が異なる傾向がある。このため、本分析計によりクロロベンゼン類異性体および同族体を測定し、異性体のうち最も高濃度なものを代表として解析を行うこととした。

2.3 ダイオキシン類濃度測定

ダイオキシン類濃度は、公定分析法 (JIS K 0311) に従い測定した。排ガスサンプリングはクロロベンゼン類濃度測定と同様、集塵器後の煙道 (Fig. 2) から行った。各施設において10～15回のダイオキシン類濃度測定を行った。

3. 結果と考察

3.1 クロロベンゼン類濃度の代替指標性の評価

(1) 既設ごみ焼却施設における相関結果

既設ごみ焼却施設で実施したダイオキシン類濃度とダイオキシン前駆体分析計で測定したクロロベンゼン類濃度 (各塩素数代表化合物) との決定係数を Table 2 に示す。モノクロロベンゼンおよびジクロロベンゼン類については、ECDの感度が低く検出することができなかった。また、ヘキサクロロベンゼンは分析計での検出はできるが、本分析計の測定範囲での標準ガス濃度が正確でないため、定量できなかった。Fig. 3 に塩素数3～5のクロロベンゼン類濃度合算値とダイオキシン類濃度との相関および最も相関の高かった1,2,4-トリクロロベンゼン濃度とダイオキシン類濃度との相関を示す⁸⁾。Table 2 および Fig. 3 中の決定係数 R^2 は活性炭吹込みを除いた場合のものである。電気集塵器における活性炭吹込みによる効果の差異が不明確であったため、活性炭吹込み時の結果を省略して評価を行った。総じて、毒性換算値

Table 1 Analytical conditions of the dioxin precursor analyzer

Measurement cycle period	60 min./cycle
(1) Concentration condition	
Material of concentration tube	TENAX TA
Concentration temperature	100°C
Heating and recovery temperature	270°C
Concentration gas flow rate	30 ml/min.
(2) GC condition	
Column temperature	50°C, 10°C/min, 200°C, 16°C/min, 270°C
Column type	UA5-60M-0.25F 60 m×0.25 mmID×0.25 μm
Carrier gas and flow rate	He, 1.5 ml/min.
(3) ECD condition	
Discharged gas	He 30 ml/min.
Dopant gas	Xe 3%/He balance
Cell temperature	330°C

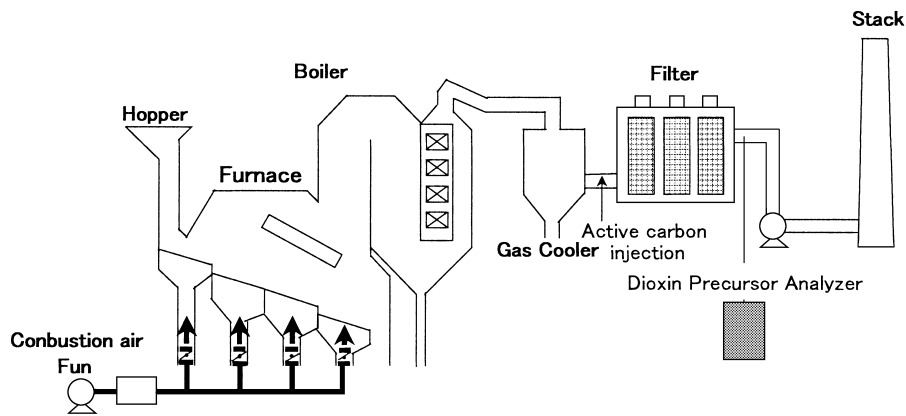


Fig. 2 Schematic diagram of incineration plants and a sampling point of the dioxin precursor analyzer.

Table 2 Determination coefficients between concentrations of dioxins and those of chlorobenzene isomers in the exhaust gas from the conventional waste incinerator

Chlorobenzenes	Dioxins	
	Converted to O ₂ conc. 12%	TEQ
Monochlorobenzene	N.D.*	N.D.
1,4-dichlorobenzene	N.D.*	N.D.
1,2,4-trichlorobenzene	0.97	0.91
1,2,4,5-tetrachlorobenzene	0.76	0.66
Pentachlorobenzene	0.88	0.80
Hexachlorobenzene	—**	—

*: Not detected.

** : Not quantitated.

(TEQ) よりも毒性換算をしない酸素換算濃度との相関のほうが高く、ダイオキシン類濃度との最も高い相関が得られたのは1,2,4-トリクロロベンゼン濃度であり、毒性換算濃度との決定係数 R^2 は0.91であった。

最もダイオキシン類濃度との相関の高い1,2,4-トリクロロベンゼン濃度を用いてダイオキシン類濃度推定式を作成した。推定式を式1に示す。

$$[DXN] = 37 * [CB - 3]^{0.23} \quad \text{式 1}$$

ここで、式中、[DXN]はダイオキシン類濃度（毒性換算値）、[CB-3]は1,2,4-トリクロロベンゼン濃度（at O₂ 12%）を示す。この式により推定したダイオキシン類濃度の推移をFig. 4に示した。概ね1.0ng-TEQ/Nm³以下の濃度推移であることが推定され、ダイオキシン類濃度推定式を作成できれば、ダイオキシン前駆体濃度測定と同時にダイオキシン類推定濃度に変換できる。このように、ダイオキシン類排出量1.0ng-TEQ/Nm³以下程度の既設ご

み焼却施設においては、ダイオキシン類濃度を小さい誤差で推定できると考えられる。

(2) 新設ごみ焼却施設における相関結果

新設ごみ焼却施設での測定結果を用いてダイオキシン類濃度とクロロベンゼン類濃度との相関調査を行った。両者の相関関係のうち、1,2,4,5-テトラクロロベンゼンとダイオキシン類濃度との関係をFig. 5に示した。新設ごみ焼却施設では、ダイオキシン類濃度およびクロロベンゼン類濃度が低く、同時にその変動も小さい。このため、相関関係のプロットは、実用的な判断から線形でのプロットとした。

これらの関係を見てみると、ダイオキシン類濃度と各種クロロベンゼン類濃度との相関は、O₂ 12%換算濃度、毒性換算濃度ともに低い結果となった。これらの中で最も相関の高かった1,2,4,5-テトラクロロベンゼンにおいても決定係数 $R^2=0.298$ であった。ダイオキシン類濃度が全体的に非常に低く、濃度推定を行なえるほどの関係

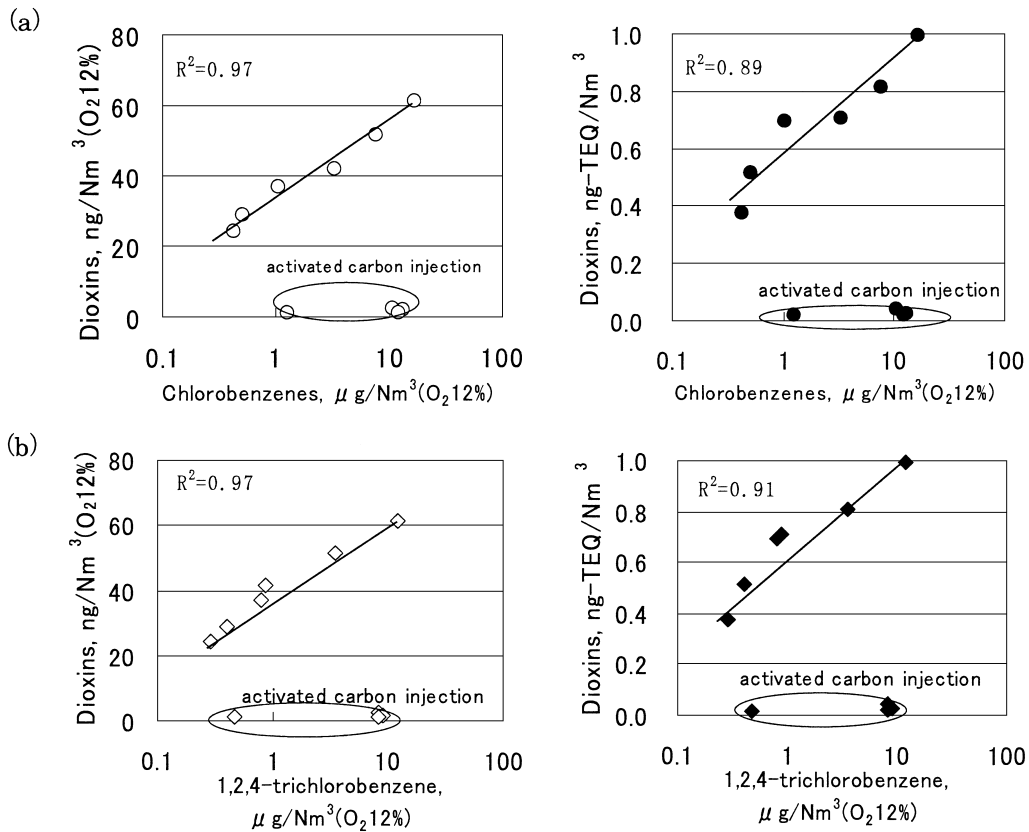


Fig. 3 Relationship between concentrations of chlorobenzenes (at O₂12%) and dioxins in the exhaust gas from the conventional waste incinerator⁸⁾. (a) Chlorobenzenes(3-5 Cl-sum). (b) 1,2,4-trichlorobenzene.

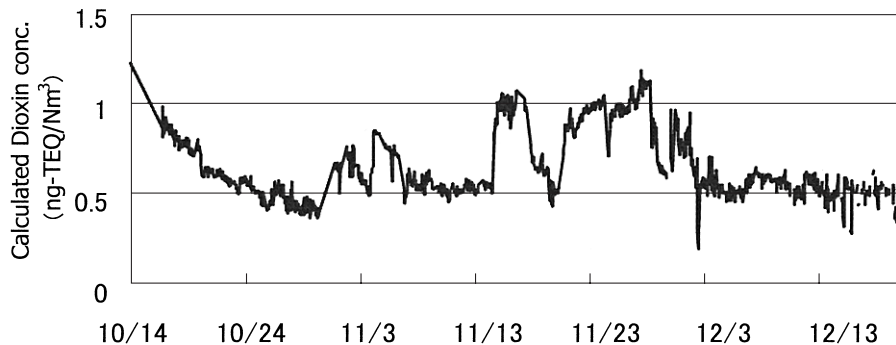


Fig. 4 Time profile of the estimated dioxin concentration in the exhaust gas from the conventional waste incinerator.

は得られなかった。新設ごみ焼却施設では、燃焼制御方法の改善や、排ガス処理設備の充実、集塵器の変更などを行っているため、ごみ質の変動があるものの、既設ごみ焼却施設と比較して発生するダイオキシン類やクロロベンゼン類が減少しており、さらに発生量の変動も抑えられているため、ダイオキシン類との相関関係が低くなったものと考えられる。

Fig. 6 にダイオキシン類濃度との相関の最も高かった1,2,4,5-テトラクロロベンゼンとの回帰直線を作成し、そ

のときの回帰誤差について示した。回帰式は、

$$[DXN] = 0.011 \times [TeCB] + 0.0012 \quad \text{式 2}$$

となった。[DXN] はダイオキシン類毒性換算濃度を、[TeCB] は1,2,4,5-テトラクロロベンゼン濃度を示す。先に示した既設ごみ焼却施設のようにクロロベンゼン類濃度とダイオキシン類濃度との間にある程度相関が確認できる場合には、回帰による近似的方法によりダイオキシ

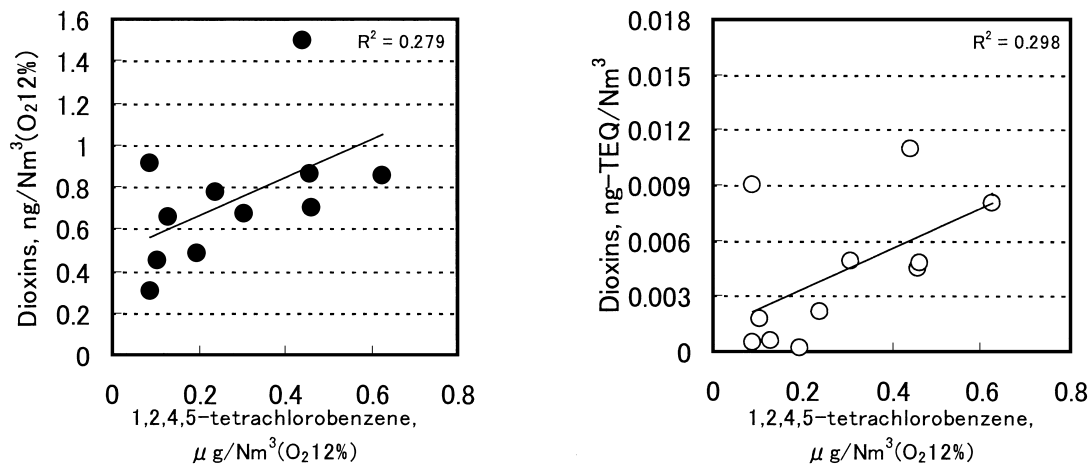


Fig. 5 Relationship between concentrations of 1,2,4,5-tetrachlorobenzene and dioxins in the exhaust gas from the newly installed waste incinerator.

ン類濃度を推定できる。しかし、新設ごみ焼却施設の場合には、ダイオキシン類が低濃度でありクロロベンゼン類濃度との相関が無相関ではないがあまり高くなく、ダイオキシン類濃度推定を行うには誤差が大きくなり実用的でない。しかしながら、得られた測定値を基に誤差解析を行うことにより一定の信頼度で安全側の推定値を警告値として利用することができると考えられる。具体的には、得られた測定値を正規分布と仮定して95%信頼限界から回帰誤差を求めた(細線)。さらに信頼区間を一部外挿して(破線)、その結果からクロロベンゼン類濃度から推定されるダイオキシン類の排出濃度範囲を算出しておき、ダイオキシン類濃度が比較的高濃度になると思われるクロロベンゼン類濃度で排出警告を発するような使用方法が考えられる。この施設を例にとると、1,2,4,5-テトラクロロベンゼン濃度が $0.8 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ を超えた場合、ダイオキシン類濃度 $0.02 \text{ ng-TEQ}/\text{Nm}^3$ 以上となる可能性を示しうる。

(3) 低空気比高温燃焼型ごみ焼却施設での相関結果

ダイオキシン類濃度とダイオキシン前駆体分析計で測定されたクロロベンゼン類濃度との相関を Fig. 7 (a), (b) に示した。図中 (a) は全てのデータ、(b) は焼却炉立上げ時のデータを除いたものである。焼却炉立上げ直後は、立下げ時に付着した未燃炭素等が温度上昇と共に反応してダイオキシン類を生成し、安定燃焼時よりも多くのダイオキシン類が発生すると考えられる⁹⁾。このため、立上げ時のデータを含むものと除いたもので解析を行った。また新設ごみ焼却施設と同様に、ダイオキシン

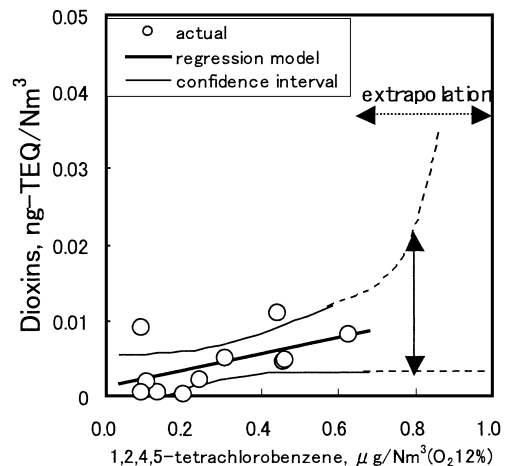


Fig. 6 Regression error of the estimated dioxin concentration in the exhaust gas from the newly installed waste incinerator.

類濃度が低く濃度変動も立上げ時以外については小さいため、相関解析は線形のプロットで行った。相関は、1,2,4-トリクロロベンゼンが最も高く、焼却炉立上げ時のデータを含むもので $R^2=0.9$ (相関係数: 0.95)、省略したもので $R^2=0.38$ (相関係数: 0.62) であった。このように低空気比高温燃焼型ごみ焼却施設における相関調査結果は、新設ごみ焼却施設と同様、安定燃焼時ではダイオキシン類濃度との相関は高くなかった。しかし、焼却炉立上げ直後のように、焼却炉の運転状況によっては高濃度のダイオキシン類が排出される可能性があることも示され、そのような場合には、クロロベンゼン類濃度をダイオキシン類濃度の推定に用いることができる可能性があ

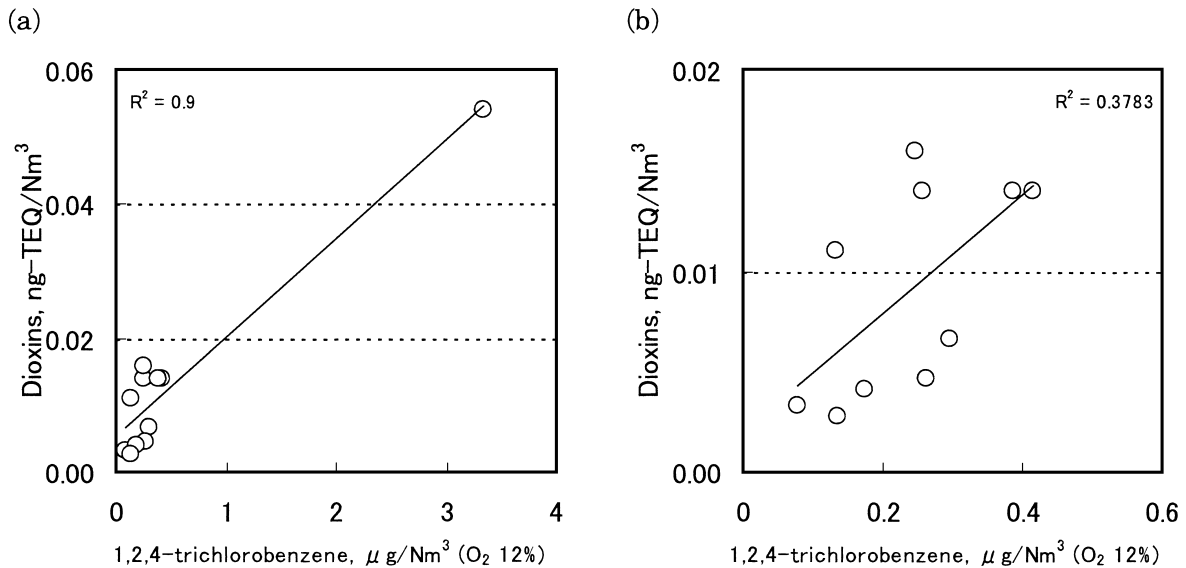


Fig. 7 Relationship between concentrations of 1,2,4-trichlorobenzene and dioxins in the exhaust gas from the advanced waste incinerator.

る。

そこで、焼却炉立上げ時の測定値が運転異常時等の上昇したダイオキシン類濃度と考え、立上げ時のデータを含めた全データを用いて回帰誤差の解析を行った。新設ごみ焼却施設の測定結果と同様に、ダイオキシン類濃度とクロロベンゼン類濃度との相関調査結果から最も相関の高かった1,2,4-トリクロロベンゼン濃度を用いて回帰式を作成し、その回帰誤差について Fig. 8 に示した。回帰式は、

$$[DXN] = 0.015X \times [1, 2, 4 - TrCB] + 0.006 \quad \text{式 3}$$

となった。[DXN] はダイオキシン類毒性換算濃度を、[1,2,4-TrCB] は1,2,4-トリクロロベンゼン濃度を示す。新設ごみ焼却施設における結果と同様に95%信頼限界から回帰誤差を求めた(細線)。この結果、1,2,4-トリクロロベンゼン濃度が3.0 μg/m³_Nを超えた場合、ダイオキシン類濃度が0.04 ng-TEQ/m³_N以上となる可能性が示された。このように焼却炉立上げ時のデータを含む相関調査を行うことができれば、運転異常時等のダイオキシン類濃度上昇への警告がより高い精度で行えると考えられる。

3.2 ダイオキシン類濃度低減のためのクロロベンゼン類濃度の適用方法

以上の結果を踏まえてダイオキシン前駆体分析計を用いて測定したクロロベンゼン類濃度を使用したダイオキ

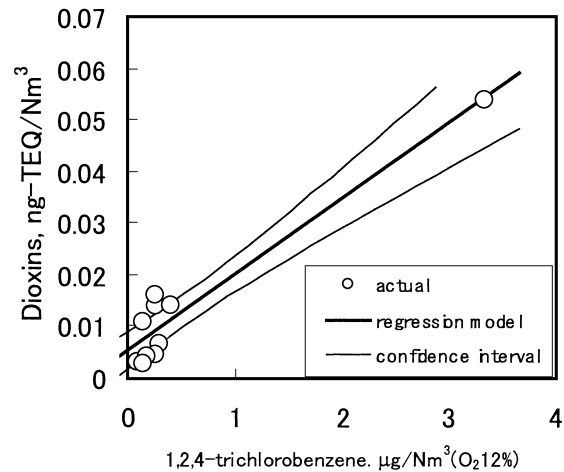


Fig. 8 Regression error of the estimated dioxin concentration in the exhaust gas from the advanced waste incinerator.

シン類排出量を低減化するための焼却炉の運転管理方法について提言する。

〈安定燃焼時〉

- ① 焼却炉の安定燃焼時においては、クロロベンゼン類の排出量を連続測定によりモニターする。
- ② クロロベンゼン類各同族体の排出量とダイオキシン類濃度との相関について調査する。

既設ごみ焼却施設(ダイオキシン類排出濃度: 1.0 ng-TEQ/Nm³以下程度)では、相関が高いと考えられるので、ダイオキシン類濃度の推定式を作成する。新設ごみ焼却施設や低空気比高温燃焼型ごみ焼却施設

設等のダイオキシン類排出濃度：0.1ng-TEQ/Nm³以下の施設では、ダイオキシン類濃度を推定できるほどの相関は得られないと考えられるが、ダイオキシン類排出量に関して警告を発するような使用方法が考えられる。

- ③ ②で決定した推定式あるいは警告値を用いてモニターを行い、燃焼状態の安定化に努める。

〈焼却炉立上時及び運転条件変更時〉

- ① 焼却炉立上時及び運転条件変更時には、ダイオキシン類、クロロベンゼン類が通常より多く排出される傾向があるため¹⁰⁾、クロロベンゼン類をモニターしつつ、活性炭噴霧量を増やすなどの運転管理を行う。
- ② 焼却炉内の温度の低い状態を極力なくすため、速やかな温度上昇に努める。
- ③ 休炉時に焼却炉内の十分な清掃（煙道配管など）を実施し、未燃炭素などの付着量を低減させた後に立上を行う。

4. まとめ

本研究で得られた結果をまとめると以下の通りである。

- ① 既設、新設、低空気比高温燃焼型ごみ焼却施設におけるクロロベンゼン類濃度の連続測定を通し、分析計の長期運転性能を示すとともに、クロロベンゼン類濃度がダイオキシン類濃度の指標として優れていることがわかった。
- ② 特にダイオキシン類排出量1.0ng-TEQ/Nm³程度の既設ごみ焼却施設においては高い精度でダイオキシン類濃度を推定でき、ダイオキシン類排出量の推定が可能である。

ごみ焼却施設からのダイオキシン類排出量の低減を目的として、ダイオキシン類濃度の代替指標としてクロロベンゼン類濃度に着目し、検討を進めてきた。短時間でのダイオキシン類排出量の変動の把握と変動への迅速な対応を行うには時間分解能の高いダイオキシン類排出量

の測定が必要である。ダイオキシン前駆体分析計のような時間分解能の高い測定方法を用いることで、より高度なダイオキシン類低減制御が可能になると考えられる。

最後に、本研究は環境省廃棄物処理等科学研究費補助金「ダイオキシン類低減化技術の総合化に関する研究」の補助を受けて行ったものであり、本研究実施にご協力いただいた関係者各位に深く感謝いたします。

〔参考文献〕

- 1) Jurgen Reinmann, "RESULT OF ONE YEAR CONTINUOUS MONITORING OF THE PCDD/PCDF EMISSIONS OF WASTE INCINERATORS IN THE WALLOON REGION OF BELGIUM WITH AMESA", ORGANOHALOGEN COMPOUNDS, **59**, pp. 77-80 (2002).
- 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**, pp. 266-278 (1993).
- 3) 橋本雄一郎, 山田益義, 菅 正男, 木村宏一, 坂入 実, 田中真二, 水本 守, 阪本将三, "大気圧化学イオン化イオントラップ型質量分析計を用いた有機塩素化合物のオンライン測定" 分析化学, **49**, pp. 49-54 (2000).
- 4) 川本克也, "排ガス中有害物質指標としての全有機ハロゲン化合物 (TOX) の測定方法", 第 7 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp. 567-569 (1996).
- 5) Koji Ichioka, Hideki Nagano, "Continuous measurement apparatus of chlorobenzenes in stack gas of municipal solid waste incinerator", 第 10 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp. 788-790 (1999).
- 6) 永野英樹, "ダイオキシン前駆体自動分析装置による焼却炉排ガスのモニタリング", 第 20 回全国都市清掃研究発表会講演論文集, 263-265 (1999).
- 7) 前田恒昭, "クロロベンゼン・クロロフェノール測定による焼却炉煙道でのダイオキシンの連続測定", 資源環境対策, **37**, pp. 44-49 (2001).
- 8) Masaru Tanaka, Yasuhiko Kobayashi, Hideaki Fujiyoshi, Satoshi Hatazawa, Hideki Nagano, Toshihiko Iwasaki, "Evaluation of substituted indexes for chlorobenzenes using dioxin precursor analyzer", Organohalogen compounds, **54**, pp. 222-225 (2001).
- 9) 古角雅行, "排ガス処理過程における DXN の挙動と未燃炭素との関係", 第 13 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 733 (2002).
- 10) 藤吉秀昭, 永野英樹, 岩崎敏彦, 横山 隆, 田中 勝, "廃棄物焼却炉排ガス中クロロベンゼン類濃度の変動特性とダイオキシン類二次生成信号としての利用", 環境システム計測制御学会誌, 投稿中.

(受付 2004. 6. 16)

(受理 2004. 10. 7)