

報 文

都市ごみ焼却施設における塩素化ベンゼン類の自動測定

Automatic Analysis of Chlorobenzenes in the Exhaust Gas from MSW Incineration Plant

花井 義道・玉 坤・大塚 真志・加藤 龍夫

Yoshimichi HANAI*, Gon Ok*, Masashi OTUKA* and Tatsuo KATOU*

Synopsis

To control PCDDs and PCDFs exhausted from MSW incineration plants, it is necessary to monitor these compounds. But the analytical method of them is not so easy. Chlorobenzenes also chlorinated aromatic compounds are known the same contaminations, and concentrations of them are correlated with PCDDs and PCDFs. Analysis of chlorobenzenes is easy because of their volatileness and high concentration levels. So we developed an automatic analyzer of chlorobenzenes for MSW incineration plants. This system was composed from GC-FID (HP-5880A), a concentration tube packed with Tenax GC, a 6-way valve, a 3-way valve and a vacuum pump. This analytical system was set on a incineration plant. Exhaust gas out of EP was led and concentrated on Tenax GC for 10 minutes, and then heated at 270 °C to inject into a capillary column. Many compounds were separated, such as chlorobenzenes (mono~hexa), chlorophenols (di~tetra) and aromatic hydrocarbons, and then 21 compounds were quantified. This analytical cycle was an hour. By operating this system continuously many data were obtained.

1. はじめに

塩素化ベンゼンはダイオキシンと同じく都市ごみ焼却施設から排出される芳香族塩素化合物で、同様の過程で生成されるためEP出口ガス中濃度の相関性が高い。¹⁾²⁾ ダイオキシンの排出量抑制のために現場で値を直読できる測定器の開発が望まれるが、PCDDs, PCDFsの測定にはGC/MSを必要とし、技術的に困難である。そこで濃度レベルも高く、測定も容易な塩素化ベンゼン類の自動測定装置を試作して都市ごみ焼却施設のEP出口ガスを連続測定することにした。

2. 調査場所と測定項目

今回調査した都市ごみ焼却施設は全連続焼却式ストー

カ炉(110t/日)を2系列有している。通常の運転時にEP出口のガスを分析することにした。EP操作温度は300°Cである。

まず塩素化ベンゼンとPCDDs, PCDFsの濃度の相関性を調べた。これは従来のGC/MSによる方法で分析した。調査期間は約1週間で1日に1検体を採取するようにした。次に試料ガス中の分子量50~300程度の有機成分をGC/MSによって定性分析した。塩素化ベンゼンとそれ以外の検出成分についても測定対象としてGC-FID, ポンプ, 濃縮管などにより構成される自動測定装置をEP出口付近に設置して排ガス成分を連続測定した。

さらに都市大気中の塩素化ベンゼンの濃度レベルを知るため横浜国立大学の構内で1991年5月から6月にかけてGC/MS-SIM法で大気を分析した。

3. 分析方法

3.1 PCDDs, PCDFsと塩素化ベンゼン

試料の捕集と分析方法はこれまでと同様である。³⁾

* 横浜国立大学 環境科学研究センター 環境基礎工学研究室

Department of Environmental Engineering Science,
Institute of Environmental Science and Technology,
Yokohama National University 240 Yokohama
(1991年11月30日受領)

ガラス管 (10 cm ϕ \times 1 m) に Chromosorb, Florisil 活性炭を, 5 cm づつ充んした捕集管を E P 出口ガスタクトに挿入し真空ポンプで 2 時間吸引した。吸引量は 200~250 l であった。ソクスレー抽出時間は 6 時間とし, 1 ml まで濃縮した。GC/MS は日本電子 DX303HF, カラムは H P-1, 10 m \times 0.53 mm \times 2.65 μ m を用いた。4~8 の PCDDs と PCDFs, 3~6 の塩素化ベンゼンを質量数 M, M+2, または M+4 で SIM 法で分析した。

3.2 測定対象成分の定性

定性分析で測定対象とする成分は Tenax 捕集管 (1 ml ガラス管に 0.5 ml 充てん) に試料ガスを直接 10 l 濃縮した。この捕集管を 270°C に加熱してキャリアガスで吸着成分をカラムへ導入した。カラムは Crosslinked 5 % phenylmethyl silicone fused silica-capillary column 0.31 mm ϕ \times 50 m, 膜厚 0.52 μ m を 35°C (2 min) 10°C/min \rightarrow 240°C 昇温で使用した。GC/MS の走査範囲は 50~350 とした。

3.3 自動分析装置の構成

自動分析装置の構成と流路を図 1 に示す。ガスクロマトグラフは Hewlett Packard 製の 5880A, FID 検出器を用いた。濃縮と分析の流路はタイムプログラムによって 6 方コック, 3 方電磁弁, 真空ポンプを作動させて切りかえた。3 方電磁弁を加えたのは採取口

と濃縮管との流路を短縮し, 高沸点成分の吸着を少なくするためである。ただし試料ガスには水蒸気を多量に含んでいるので間にガラス製のトラップを加えた。濃縮管は 3.5 mm ϕ \times 15 cm のガラス管で上部に吸着剤として Tenax GC を 5 cm 充てんし, 両端をシリカウールで固定してある。下部は空洞でガスクロマトグラフ導入部に挿入し, オリングとナットで固定した。Tenax を充てんした部分にはヒーター線が巻かれ, 熱電対と温度制御装置によって一定温度に加熱することができる。なお上部にはシリコンゴム製のマイクロシリンジ針導入口が付けられ, これより標準試料を注入することができる。自動分析は次のとおり進行する。まず分析流路の状態では真空ポンプが作動し, 試料ガスが吸引され流路がエイジングされる。1 分後, 濃縮流路に切り換わり, E P 出口ガスは 10 分間 3.2 l 濃縮される。再び分析流路とし, 濃縮管を 270°C まで加熱して吸着成分をガスクロマトグラフへ導入する。カラムは Crosslinked 5 % Phenylmethylsilicone fused silica capillary column 0.31 mm ϕ \times 25 m, 膜厚 0.52 μ m を 45°C (11 min) \rightarrow 10°C/min \rightarrow 240°C 昇温とした。GC クロマトグラム記録後, 予め分析した標準試料の各成分の保持時間と感度によって排ガス中の濃度 (μ g/m³) が計算され記録される。カラム恒温槽は冷却され, 再び一連の過程が開始される。

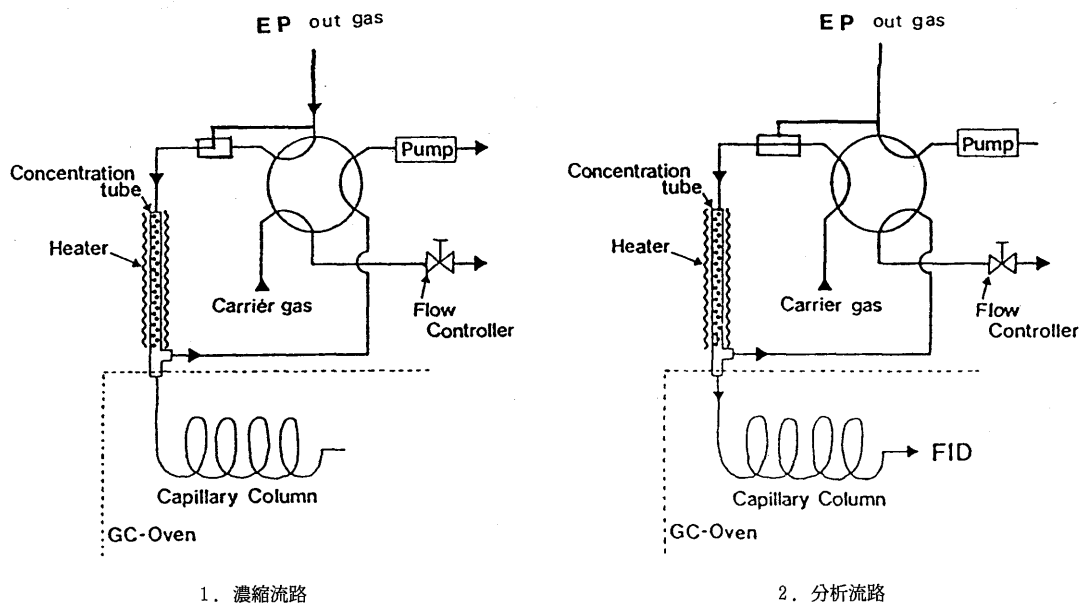


図 1 自動分析装置の構成と流路

3.4 大気中塩素化ベンゼンのSIM分析

大気中の塩素数2～6の塩素化ベンゼンはTenax捕集管に真空ポンプと積算流量計を接続し、窓の外の大気を6時間、300ℓ程度濃縮した。GC/MSへは捕集管を270℃に加熱し、キャリアガスで吸着成分を導入した。カラムはSilicone OV-101 2%Chromosorb WHP100/120 mesh, ガラス製2mmφ×1.2mを50℃(1min)→15℃/min→220℃昇温とし各成分ともM, M+2またはM+4の質量数で定量した。分解能は1500程度として選択性を高めた。

4. 測定結果

EP出口ガスのGC/MS-SIM測定結果を表1に示す。PCDDsの濃度は塩素数4から8まで同程度であるがPCDFsは4と5が比較的に高く、塩素化ベンゼンも4と5の値が高かった。PCDDsとPCDFsの4～8と塩素化ベンゼンの3～6の合計値を比較して濃度相関を調べた結果を図2に示す。塩素化ベンゼンとPCDDsは相関係数 $r=0.95$ と高い相関が認められた。塩素化ベンゼンとPCDFsの相関係数は $r=0.70$ とこれより低かった。

EP出口ガスのTICクロマトグラムを図3に示す。

表1 EP出口ガス GC/MS-SIM 測定結果 単位 [ng/m³]

| | No 1 | No 2 | No 3 | No 4 | No 5 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| • PCDDs | | | | | |
| 4CDD | 150 | 120 | 91 | 130 | 99 |
| 5CDD | 180 | 290 | 180 | 220 | 260 |
| 6CDD | 107 | 140 | 67 | 140 | 150 |
| 7CDD | 140 | 290 | 150 | 290 | 220 |
| 8CDD | 160 | 160 | 91 | 450 | 300 |
| Total | 737 | 1000 | 570 | 1230 | 1029 |
| • PCDFs | | | | | |
| 4CDF | 680 | 330 | 190 | 310 | 340 |
| 5CDF | 300 | 610 | 290 | 340 | 480 |
| 6CDF | 240 | 290 | 130 | 260 | 270 |
| 7CDF | 160 | 360 | 150 | 220 | 230 |
| 8CDF | 105 | 120 | 52 | 230 | 210 |
| Total | 1485 | 1710 | 812 | 1360 | 1530 |
| • Chlorobenzenes | | | | | |
| 3CLB | 11800 | 15300 | 10900 | 18200 | 15200 |
| 4CLB | 15500 | 19900 | 13600 | 24900 | 19900 |
| 5CLB | 17300 | 18400 | 11800 | 21000 | 17600 |
| 6CLB | 12600 | 7100 | 5000 | 8000 | 9800 |
| Total | 57200 | 60700 | 41300 | 72100 | 62500 |

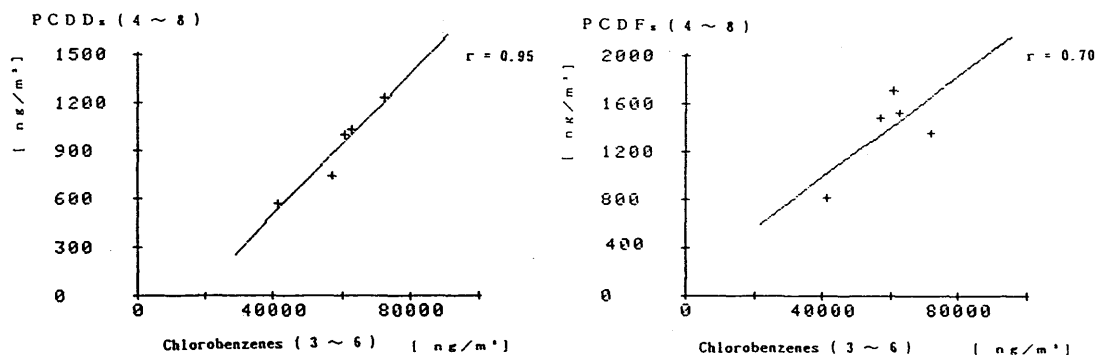


図2 PCDDs (4~8) PCDFs (4~8) Chlorobenzenes (3~6) 濃度相関

TIC Data File: 6-APR-91 18:45
 Sample: HINO TENAX
 Scan# 1 to 1803(1803) RT 0'00" to 30'00"(30'00") EI(Pos.) LV 0.00
 Operator:

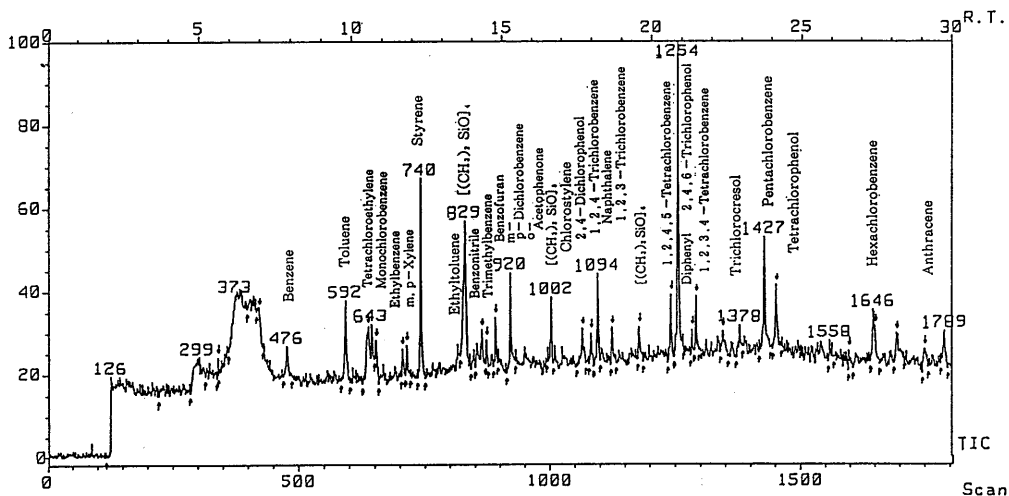


図3 EP出口ガス GC/MS-TIC クロマトグラム

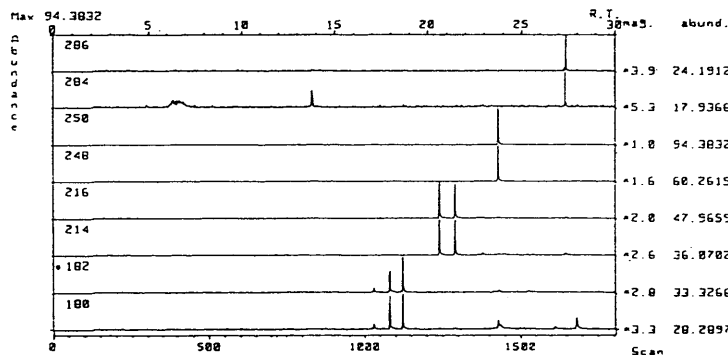
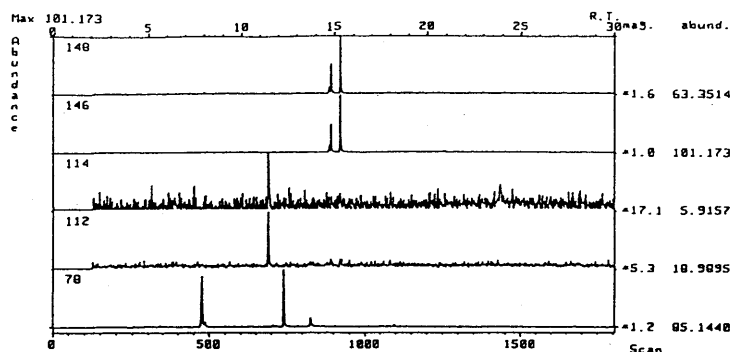
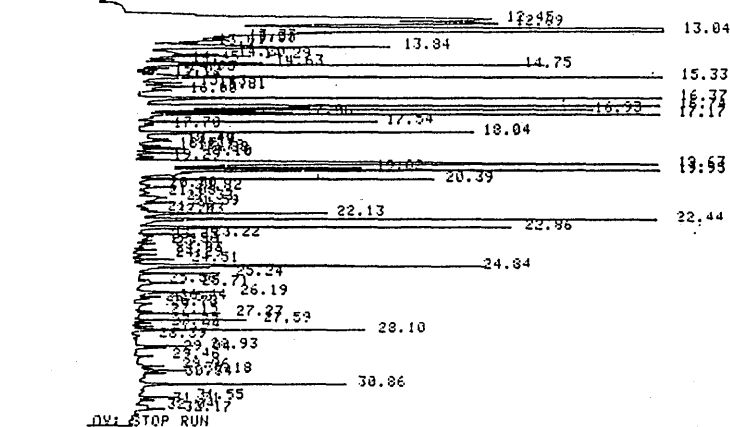


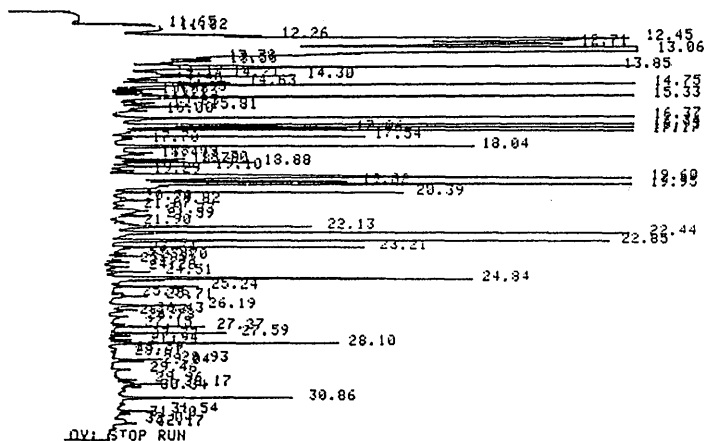
図4 EP出口ガス GC/MS マスクロマトグラム



NO: STOP RUN
 KHP] 5380A VALVE #12 INJECTION @ 13:04 MAY 22, 1991
 EP-OUT-EXHAUST-GAS
 ESTD

| RT | EXP RT | AREA | TYPE | WIDTH | CAL | AMOUNT | NAME |
|-------|--------|--------|------|-------|-----|---------|-------------------------------|
| 0.00 | | | | | | | BASELINE @ START RUN = 5.43 |
| 0.00 | | | | | | | THRESHOLD @ START RUN = 20 |
| 0.00 | | | | | | | PEAK WIDTH @ START RUN = 0.04 |
| 11.00 | | | | | | | RT: THRESHOLD + 0 |
| 13.04 | 13.07 | 907.92 | VV | 0.039 | 1 | 368.616 | BENZENE |
| 13.84 | 13.89 | 84.54 | PV | ----- | 2 | 19.783 | TOLUENE |
| 14.29 | 14.34 | 18.93 | VV | ----- | 22 | 26.883 | TETRA-CE |
| 14.75 | 14.76 | 58.23 | VV | ----- | 3 | 9.240 | 1-CLB |
| 15.33 | 15.40 | 211.29 | VV | ----- | 21 | 49.819 | STYRENE |
| 16.93 | 16.98 | 60.10 | VV | ----- | 5 | 13.041 | P-2CLB |
| 17.77 | 17.77 | 87.81 | VV | ----- | 6 | 18.913 | P-2CLB |
| 19.10 | 19.14 | 10.78 | PV | ----- | 7 | 3.175 | 1,3,5-TCB |
| 19.82 | 19.87 | 37.36 | VV | ----- | 23 | 11.007 | 1,2,4-3CLB |
| 19.95 | 20.00 | 190.79 | VV | ----- | 9 | 21.703 | NAPHTHALENE |
| 20.39 | 20.45 | 41.98 | VV | ----- | 24 | 12.367 | 1,2,3-3CLB |
| 22.13 | 22.20 | 46.13 | VV | ----- | 10 | 14.605 | 1,2,4,5-4CLB |
| 22.44 | 22.47 | 165.63 | VV | ----- | 11 | 59.626 | 2,4,6-TCP |
| 22.86 | 22.90 | 79.57 | VV | ----- | 13 | 10.535 | DIPHENYL |
| 23.22 | 23.20 | 11.70 | VV | ----- | 25 | 3.704 | 1,2,3,4-4CLB |
| 24.29 | 24.39 | 7.82 | PV | ----- | 14 | 1.154 | ACENAPHTENE |
| 24.34 | 24.88 | 80.94 | PV | /SYM | 15 | 34.383 | PENTA-CLBZ |
| 25.24 | 25.27 | 13.06 | BV | ----- | 16 | 5.197 | 2,3,4,6-4CP |
| 27.27 | 27.32 | 14.24 | VV | ----- | 18 | 6.121 | HEXA-CLBZ |
| 28.10 | 28.16 | 38.92 | VP | ----- | 19 | 4.917 | PHENANTRENE |
| 32.04 | 31.95 | 7.11 | PV | ----- | 20 | 0.950 | PYRENE |
| 33.00 | | | | | | | RT: THRESHOLD + 20 |

MULTIPLIER = 1



NO: STOP RUN
 KHP] 5380A VALVE #12 INJECTION @ 14:01 MAY 22, 1991
 EP-OUT-EXHAUST-GAS
 ESTD

図5 EP出口ガス中濃度自動測定 GCクロマトグラム

検出された成分はベンゼン、トルエン、スチレン、ナフタレン、ジフェニルなど炭化水素、塩素数1～6の塩素化ベンゼン、塩素数2～4の塩素化フェノール、そのほかベンゾフラン、ベンズニトリル、シリコン樹脂熱分解成分などが検出された。塩素化ベンゼンについてはマスキングマトグラムを図4に示す。異性体が分離され、選択性の高い良好なクロマトグラムが得られた。Tenax 捕集、SIM 分析によれば1 ℓ程度の採取量で塩素化ベンゼンを容易に測定できることを示している。

自動分析装置でのGCクロマトグラムを図5に、1時間周期で24回測定した21成分の測定結果を統計して表2に、成分間の濃度相関を表3に示す。平均値が最も高かったのはベンゼンで986 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ついでスチレン 207 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2,4-ジクロルフェノール 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、が高い値であった。ペンタクロルベンゼンは20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ヘキサクロルベンゼンは5.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、でSIMで測定した表1の結果と大差はない。ベンゼン、スチレン、ペンタクロルベンゼン、ヘキサクロルベンゼンの濃度変化を図6に示す。ベンゼンとスチレンは高分子の熱分解成分で濃度レベルも高く変動パターンが類似している。しかしペンタクロルベンゼン、ヘキサクロルベンゼンの変動はこれらとは異なり変動も小さかった。成分間で濃度の相関係数が高くなったグ

ループは2つ認められた。1つはベンゼン、モノクロルベンゼン、p-ジクロルベンゼン、スチレン、ナフタレン、ジフェニルの6成分。もう1つは1,2,4-トリクロルベンゼン、1,2,3-トリクロルベンゼン、1,2,4,5-テトラクロルベンゼン、ペンタクロルベンゼン、ヘキサクロルベンゼンの5成分のグループである。前者は紙、プラスチックなどの高分子が熱分解した生成物とこれに気相中で塩素が付加した成分と考えられる。後者は飛灰中の塩素化反応によって生成された成分と考えられる。1,2,3,4-テトラクロルベンゼンは後者のグループに入るはずであるが、他の3～6の塩素化ベンゼンとの相関は低く、スチレンとの相関が高かった。ピークの分離が不十分で他の成分の影響を受けたためとも考えられる。

大気中の塩素化ベンゼンの測定結果の統計値を表4に示す。異性体は分離不十分だったので各塩素数合計値で示す。ジクロルベンゼンの値が極端に高いが、これは家庭用の防虫剤としてp-ジクロルベンゼンが大量に使用されているためである。3～6の塩素化ベンゼンではトリクロルベンゼンの値が高く、4～6はほぼ同程度であった。ペンタクロルベンゼンとヘキサクロルベンゼンは化学製品として製造されておらず、ごみ焼却場以外の発生源としては不純物として含有して

表2 EP出口ガス中濃度自動測定結果 単位 (ng/ m^3)
測定時間 10分 1時間周期 24検体

| | 平均値 | 最小値 | 最大値 | 変動係数 % |
|----------------------------|-----|-----|------|-----------|
| Benzene | 986 | 51 | 2100 | 52 |
| Monochlorobenzene | 18 | 3.6 | 34 | 43 |
| p-Dichlorobenzene | 35 | 4.2 | 65 | 48 |
| o-Dichlorobenzene | 6.7 | 1.8 | 19 | 88 |
| 1,3,5-Trichlorobenzene | 4.6 | 1.9 | 7.6 | 32 |
| 1,2,4-Trichlorobenzene | 11 | 5.7 | 18 | 29 |
| 1,2,3-Trichlorobenzene | 11 | 4.3 | 21 | 37 |
| 1,2,4,5-Tetrachlorobenzene | 13 | 5.5 | 25 | 37 |
| 1,2,3,4-Tetrachlorobenzene | 15 | 1.7 | 47 | 90 |
| Pentachlorobenzene | 20 | 9.0 | 36 | 32 |
| Hexachlorobenzene | 5.2 | 2.9 | 9.5 | 29 |
| 2,4-Dichlorophenol | 120 | 27 | 186 | 32 |
| 2,4,6-Trichlorophenol | 53 | 33 | 79 | 23 |
| 2,3,4,6-Tetrachlorophenol | 7.9 | 3.9 | 45 | 103 |
| Toluene | 60 | 16 | 168 | 72 |
| Styrene | 207 | 19 | 530 | 68 |
| Naphthalene | 43 | 8.4 | 78 | 46 |
| Diphenyl | 13 | 4.7 | 22 | 35 |
| Acenaphthene | 1.5 | 0.5 | 5.0 | 60 |
| Phenanthrene | 4.0 | 2.3 | 5.0 | 20 |
| Tetrachloroethylene | 56 | 23 | 134 | 47 |

表3 E P 出口ガス中成分の濃度相関マトリックス

n = 24

| | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | ⑩ | ⑪ | ⑫ | ⑬ | ⑭ | ⑮ | ⑯ | ⑰ | ⑱ | ⑲ | ⑳ | ㉑ |
|---------------------------------|-----|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| ① Benzene | 1.0 | 0.91 | 0.97 | -0.33 | 0.65 | 0.56 | 0.57 | 0.54 | 0.80 | 0.47 | 0.39 | 0.49 | 0.24 | 0.14 | 0.76 | 0.92 | 0.94 | 0.92 | 0.17 | 0.19 | 0.37 |
| ② monochlorobenzene | | 1.0 | 0.93 | -0.26 | 0.78 | 0.64 | 0.61 | 0.54 | 0.61 | 0.56 | 0.47 | 0.55 | 0.28 | 0.20 | 0.55 | 0.79 | 0.87 | 0.85 | 0.23 | 0.28 | 0.52 |
| ③ p-Dichlorobenzene | | | 1.0 | -0.36 | 0.76 | 0.59 | 0.60 | 0.58 | 0.70 | 0.50 | 0.47 | 0.52 | 0.28 | 0.24 | 0.74 | 0.93 | 0.95 | 0.94 | 0.25 | 0.22 | 0.39 |
| ④ o-Dichlorobenzene | | | | 1.0 | -0.16 | -0.12 | 0.02 | -0.11 | -0.21 | 0.12 | 0.10 | -0.14 | -0.02 | -0.25 | -0.46 | -0.44 | -0.33 | -0.27 | 0.10 | 0.13 | 0.09 |
| ⑤ 1, 3, 5-Trichlorobenzene | | | | | 1.0 | 0.58 | 0.64 | 0.60 | 0.32 | 0.54 | 0.54 | 0.40 | 0.24 | 0.46 | 0.29 | 0.59 | 0.69 | 0.71 | 0.33 | 0.27 | 0.39 |
| ⑥ 1, 2, 4-Trichlorobenzene | | | | | | 1.0 | 0.93 | 0.82 | 0.23 | 0.89 | 0.85 | 0.63 | 0.05 | 0.58 | 0.19 | 0.48 | 0.61 | 0.66 | 0.21 | 0.40 | 0.55 |
| ⑦ 1, 2, 3-Trichlorobenzene | | | | | | | 1.0 | 0.88 | 0.29 | 0.93 | 0.85 | 0.56 | -0.01 | 0.62 | 0.22 | 0.52 | 0.60 | 0.69 | 0.22 | 0.32 | 0.55 |
| ⑧ 1, 2, 4, 5-Tetrachlorobenzene | | | | | | | | 1.0 | 0.34 | 0.83 | 0.83 | 0.61 | 0.07 | 0.58 | 0.29 | 0.56 | 0.61 | 0.64 | 0.11 | 0.38 | 0.28 |
| ⑨ 1, 2, 3, 4-Tetrachlorobenzene | | | | | | | | | 1.0 | 0.20 | -0.01 | 0.32 | 0.30 | -0.15 | 0.73 | 0.79 | 0.74 | 0.67 | 0.00 | 0.18 | 0.13 |
| ⑩ Pentachlorobenzene | | | | | | | | | | 1.0 | 0.84 | 0.57 | -0.07 | 0.61 | 0.08 | 0.39 | 0.46 | 0.57 | 0.11 | 0.30 | 0.54 |
| ⑪ Hexachlorobenzene | | | | | | | | | | | 1.0 | 0.59 | -0.01 | 0.72 | 0.14 | 0.38 | 0.46 | 0.59 | 0.16 | 0.37 | 0.34 |
| ⑫ 2, 4-Dichlorophenol | | | | | | | | | | | | 1.0 | 0.66 | 0.25 | 0.16 | 0.52 | 0.56 | 0.61 | 0.13 | 0.74 | 0.12 |
| ⑬ 2, 4, 6-Trichlorophenol | | | | | | | | | | | | | 1.0 | -0.29 | 0.18 | 0.28 | 0.35 | 0.35 | 0.13 | 0.77 | -0.29 |
| ⑭ 2, 3, 4, 6-Tetrachlorophenol | | | | | | | | | | | | | | 1.0 | -0.08 | 0.12 | 0.19 | 0.29 | 0.11 | -0.10 | 0.27 |
| ⑮ Toluene | | | | | | | | | | | | | | | 1.0 | 0.85 | 0.73 | 0.73 | 0.15 | 0.03 | 0.08 |
| ⑯ Styrene | | | | | | | | | | | | | | | | 1.0 | 0.89 | 0.89 | 0.15 | 0.21 | 0.24 |
| ⑰ Naphthalene | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.0 | 0.92 | 0.19 | 0.35 | 0.27 |
| ⑱ Diphenyl | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.0 | 0.27 | 0.37 | 0.33 |
| ⑲ Acenaphthene | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.0 | 0.06 | 0.57 |
| ㉑ Phenanthrene | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.0 | -0.16 |
| ㉒ Tetachloroethylene | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.0 |

表4 大気中の塩素化ベンゼン類測定結果 単位 (ng/m³)

於横浜国立大学環境科学研究センター
1991年5月13日～6月24日28検体

| | 平均値 | 中央値 | 最小値 | 最大値 | 変動係数 % |
|--------------------|------|------|------|------|-----------|
| Dichlorobenzene | 1120 | 945 | 380 | 2790 | 61 |
| Trichlorobenzene | 7.0 | 6.1 | 1.8 | 21.5 | 64 |
| Tetrachlorobenzene | 0.95 | 0.84 | 0.21 | 2.7 | 61 |
| Pentachlorobenzene | 1.07 | 1.04 | 0.31 | 3.0 | 51 |
| Hexachlorobenzene | 0.80 | 0.75 | 0.17 | 1.8 | 50 |

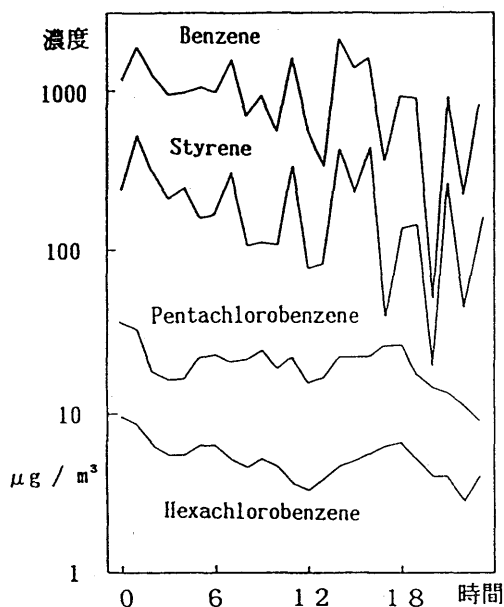


図6 EP出口ガス中濃度の変化

いる土壌殺菌剤ペンタクロルニトロベンゼンを使用した農地があげられる。⁴⁾ しかし測定地点の地理的条件と4～6の塩素化ベンゼンの濃度比が都市ごみ焼却場と類似していることから都市大気中の4～6の塩素化ベンゼンの主な発生源はごみ焼却場と考えられる。

おわりに

都市ごみ焼却施設から排出されるガス中の塩素化ベンゼンの自動測定装置を試作し、実際に運転してその有効性を示した。4～8のPCDDs, PCDFsと3～6の塩素化ベンゼンのそれぞれの合計値の間には相関が高い。ダイオキシンの排出量を効果的に削減するためには、測定が容易な塩素化ベンゼンを指標として技術的な対策を推進すべきであると考ええる。

文 献

- 1) K. Olie, J. W. A. Lustenhout and O. Hutzinger: Polychlorinated dibenzo - p - dioxins and related compounds in incinerator effluents, Pergamon Series on Environmental Science, 5, 227 (1982)
- 2) 花井義道・加藤龍夫・井手敬善: ごみ焼却施設における塩素化合物の生成過程に関する調査研究, 横浜国大環境研紀要 13, 37 (1986)
- 3) 花井義道・神田広興・高須賀玄太郎・加藤龍夫: 都市ごみ焼却施設の塩素化合物抑制技術, 横浜国大環境研紀要 15, 17 (1988)
- 4) 槌田博・花井義道・佐川房江・加藤龍夫: 土壌殺菌剤 PCNB の環境動態, 横浜国大環境研紀要, 14, 1 (1987)