

C. 調査結果

1. 気中粉塵濃度

焼却施設、固形燃料発電施設、家電リサイクル事業場及びプラスチック成形事業場の各施設及び事業場の気中粉塵濃度の測定結果を表 3.1 に示した。気中粉塵濃度として、日本産業衛生学会が定めた第 3 種の総粉塵の許容濃度 $10\text{mg}/\text{m}^3$ を超える曝露は、認められていないものの、4 業種間で比較すると家電リサイクル事業場が平均で $0.70 \pm 0.51\text{mg}/\text{m}^3$ 、最大値 $2.16\text{mg}/\text{m}^3$ と高値であった。しかしながら、気中粉塵濃度でみたとき、特に問題となる数値ではないと考えられる。

2. 臭素化ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の TEQ 濃度

1) 気中臭素化ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の TEQ 濃度

4 業種の気中臭素化ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の気中 TEQ 濃度を表 3.2 及び図 2.1 に示した。焼却施設と固形燃料発電施設の施設は、気中臭素化ダイオキシン類濃度は、平均で $0.01\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 未満、気中塩素化ダイオキシン類濃度は、平均で各々 $0.56 \pm 1.02\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、最大値 $3.4\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、 $0.65 \pm 1.68\text{pg}/\text{m}^3$ 、最大値 $4.45\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ であった。最大値は、厚生労働省が定めるダイオキシン類の管理すべき濃度 $2.5\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ を超える値も認められた。焼却施設と固形燃料発電施設の 2 業種間での比較は、固形燃料発電施設の方が若干高値であった。

家電リサイクル事業場とプラスチック成形事業場の事業場の臭素化ダイオキシン類の気中 TEQ 濃度は、各々平均で $2.76 \pm 2.36\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、最大値 $7.09\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、平均で $19.73 \pm 28.36\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、最大値 $72.73\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ であった。臭素化ダイオキシン類の有害性は、明らかでないが塩素化ダイオキシン類の有害性と同程度と考えられていることから、厚生労働省が定めたダイオキシン類の管理すべき濃度を適用すると平均値で $2.5\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 超えており、リスクが懸念される結果であった。塩素化ダイオキシン類に関しては、各々平均で $0.15 \pm 0.18\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、 $0.04 \pm 0.12\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ と焼却施設、固形燃料発電施設より低値であった。

図 3.1 には、臭素化ダイオキシン類の気中 TEQ 濃度と塩素化ダイオキシン類の気中 TEQ 濃度を示した。塩素化ダイオキシン類濃度は、臭素化ダイオキシン類濃度に比較し、低値であり、臭素化ダイオキシン類濃度は、家電リサイクル事業場とプラスチック成形事業場で認められ、特に、プラスチック成形事業場で高値であった。

これらの結果から、焼却施設、固形燃料発電施設では、塩素化ダイオキシン類曝露が主体であり、家電リサイクル事業場、プラスチック成形事業場では、臭素化ダイオキシン類曝露が主体であることが明らかとなった。

2) 気中臭素化ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類同族体 TEQ 濃度

表 3.3 及び表 3.4 は、気中臭素化ダイオキシン類同族体の TEQ 濃度、気中塩素化ダイオキシン類同族体の TEQ 濃度を示した。焼却施設、固形燃料発電施設の PBDD、PBDF は、共に $0.01\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 未満であった。家電リサイクル事業場、プラスチック成形では、PBDD が平均で各々 $0.06 \pm 0.10\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、 $0.11 \pm 0.16\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ であるが、PBDF は、平均で各々 $2.30\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、 $19.62 \pm 28.32\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ と、PBDF が PBDD と比較し高値であった。

気中塩素化ダイオキシン類同族体の TEQ 濃度の場合、焼却施設、固形燃料発電施設の PCDD が各々平均で各々 $0.08 \pm 0.12\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、 $0.11 \pm 0.27\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、PCDF が平均で各々 $0.37 \pm 0.67\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、 $0.46 \pm 1.19\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、Co-PCB が平均で各々 $0.11 \pm 0.24\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、 $0.08 \pm 0.21\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ であり、相対的に PCDF が高値である傾向が認められた。一方、家電リサイクル事業場、プラスチック成形事業場の PCDD が平均で各々 $0.04 \pm 0.06\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、 $0.01 \pm 0.01\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、PBDF が平均で各々 $0.09 \pm 0.11\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、 $0.03 \pm 0.03\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、Co-PCB が平均で各々 $0.02 \pm 0.01\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、 $0.01\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ であり、焼却施設、固形燃料発電施設より低値であった。

これらの結果から、TEQ 濃度は、毒性係数 (TEF) が乗じられているが、家電リサイクル事業場、プラスチック成形事業場の場合、臭素化ダイオキシン類曝露が主体であるが、同族体では、PBDF 曝露が主体と考えられた。また、焼却施設、固形燃料発電施設の場合、塩素化ダイオキシン類曝露が主体であるが、同族体では、PCDF 曝露が主体と考えられた。

3) 家電リサイクル事業場の作業分類別臭素化ダイオキシン類 TEQ 濃度

家電リサイクル事業場は、種々の作業が行われているので、作業を 4 群に分類し、検討を行った。その結果を表 3.5 及び図 3.2 に示した。臭素化・臭素系ダイオキシン類の TEQ 濃度は、作業分類 I $4.86 \pm 1.72\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、作業分類 II $1.68 \pm 0.46\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、作業分類 III $3.68 \pm 3.31\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ 、作業分類 IV $0.75 \pm 0.57\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ であった。図 3.2 は、その分布図を示したが、作業分類 I が他の作業分類と比較し、高い傾向を認めた。この作業は、主にテレビの手分解等テレビ関連の解体作業である。気中の値が高値を示す傾向は、テレビのキャビネットには臭素系難燃剤が含有されており、その解体時の粉塵の飛散によるためと考えられる。作業分類 III もやや高い傾向があるが、この作業は、テレビ、冷蔵庫、エアコン、洗濯機等のキャビネット等の機械粉砕による作業で、テレビのキャビネット等が混在しているためと考えられる。

4) 飛灰、焼却灰、RDF 及び固形物中の臭素化ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類 TEQ 濃度

飛灰、焼却灰、RDF 及び固形物中の臭素化ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の

TEQ濃度を表3.6に示した。飛灰、焼却灰、RDF中臭素化ダイオキシン類のTEQ濃度は、すべて0.01ngTEQ/g未満であったが、塩素化ダイオキシン類は、飛灰が高値で各々1.30±1.62ngTEQ/g、3.77±4.70ngTEQ/g、焼却灰は、焼却施設で0.55±0.45ngTEQ/g、固形燃料発電施設で0.35ngTEQ/gと低値であった。RDFは、0.01ngTEQ/g未満であった。

一方、家電リサイクル事業場及びプラスチック成形事業場で採取した固形物は、臭素化ダイオキシン類が検出されており、家電リサイクル事業場の場合、1.57±2.19ngTEQ/g、プラスチック成形事業場の場合、0.45±0.98ngTEQ/gと家電リサイクル事業場の方が高値であった。塩素化ダイオキシン類はいずれも0.01ngTEQ/g未満であった。

図3.3は、飛灰、焼却灰、RDF及び固形物中の臭素化ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類のTEQ濃度を示した。飛灰、焼却灰、RDFは、塩素化ダイオキシン類が認められ、家電リサイクル事業場及びプラスチック成形事業場では、臭素化ダイオキシン類が認められる。

これらの結果から、焼却施設、固形燃料発電施設の場合、塩素化ダイオキシン類曝露が主体で、その要因として、飛灰に起因した曝露と考えられた。一方、家電リサイクル事業場及びプラスチック成形事業場では、臭素化ダイオキシン類が高値であり、特に、家電リサイクル事業場で採取した固形物の臭素化ダイオキシン類濃度が高値であった。気中濃度は、家電解体時に飛散する固形物からの粉塵に起因しているものと考えられた。プラスチック成形事業場は、家電リサイクル事業場の固形物より低い、気中濃度が高いので他の要因が関与しているものと推察された。

表3.7及び表3.8には、飛灰、焼却灰、RDF及び固形物中臭素化ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の同族体のTEQ濃度を示した。飛灰、焼却灰、RDFは、PBDD、PBDF共に0.01ngTEQ/m³未満であるが、家電リサイクル事業場及びプラスチック成形事業場より採取した固形物からは、PBDD、PBDF共に臭素化ダイオキシン類が検出されているが、TEQ濃度では、PBDFの方が高値であった。表3.8は、塩素化ダイオキシン類であるが、家電リサイクル事業場及びプラスチック成形事業場より採取した固形物では、PCDD、PCDF共に0.01ngTEQ/m³未満であった。一方、飛灰、焼却灰、RDFは、飛灰でPCDD、PCDF、Co-PCB共に検出されており、その中でPCDFが高値である。焼却灰もまた、微量であるがPCDFが検出されている。RDFはすべて0.01ngTEQ/m³未満であった。

3. 臭素化・臭素系ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の実測濃度

1) 気中臭素化・臭素系ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の気中実測濃度

4 業種の気中臭素化・臭素系ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の気中実測濃度を

表 3.9 及び図 3.4 に示した。焼却施設と固形燃料発電施設の施設は、気中臭素化ダイオキシン類濃度は、平均で各々 $10.17 \pm 23.72 \text{pg/m}^3$ 、 $1.06 \pm 2.81 \text{pg/m}^3$ 、気中塩素化ダイオキシン類濃度は、各々平均で $52.34 \pm 91.43 \text{pg/m}^3$ 、最大値 334.03pg/m^3 、 $93.30 \pm 201.81 \text{pg/m}^3$ 、最大値 548.10pg/m^3 であった。焼却施設と固形燃料発電施設の 2 業種間での比較は、固形燃料発電施設の方が若干高値であり、これは、TEQ 濃度と同様の傾向であった。

家電リサイクル事業場とプラスチック成形事業場での臭素化・臭素系ダイオキシン類の気中実測濃度は、各々平均で $600.05 \pm 593.75 \text{pg/m}^3$ 、最大値 1774.21pg/m^3 、平均で $5529.10 \pm 9064.62 \text{pg/m}^3$ 、最大値 23722.74pg/m^3 であった。実測濃度での臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度は、焼却施設と固形燃料発電施設より極めて高値であり、特にプラスチック成形事業場で高値であった。塩素化ダイオキシン類に関しては、各々平均で $63.80 \pm 54.72 \text{pg/m}^3$ 、 $14.50 \pm 10.12 \text{pg/m}^3$ と焼却施設、固形燃料発電施設より低値であった。

図 3.4 には、臭素化・臭素系ダイオキシン類の気中実測濃度と塩素化ダイオキシン類の気中実測濃度を示した。塩素化ダイオキシン類濃度は、臭素化ダイオキシン類濃度に比較し、低値であり、臭素化ダイオキシン類濃度は、家電リサイクル事業場とプラスチック成形事業場で認められ、特に、プラスチック成形事業場で高値であった。

これらの結果は、TEQ 濃度と同様の傾向であった。

2) 気中臭素化・臭素系ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類同族体実測濃度

表 3.10 及び表 3.11 は、気中臭素化ダイオキシン類同族体の実測濃度、気中塩素化ダイオキシン類同族体の実測濃度を示した。焼却施設の PBDD は、平均で $0.77 \pm 2.61 \text{pg/m}^3$ 、PBDF は、 $1.47 \pm 3.72 \text{pg/m}^3$ 、MoBCDD は、平均で $2.78 \pm 7.30 \text{pg/m}^3$ 、MoBCDF は、平均で $4.48 \pm 13.47 \text{pg/m}^3$ であった。固形燃料発電施設は、PBDD、PBDF 共に 0.01pgTEQ/m^3 未満であったが MoBCDD は、平均で $0.39 \pm 1.03 \text{pg/m}^3$ 、MoBCDF は、平均で $1.06 \pm 2.81 \text{pg/m}^3$ であった。

家電リサイクル事業場では、PBDD が平均で $16.92 \pm 25.46 \text{pg/m}^3$ 、であるが、PBDF が平均で $580.74 \pm 576.92 \text{pg/m}^3$ 、MoBCDD が平均で $1.77 \pm 5.46 \text{pg/m}^3$ 、MoBCDF が平均で $0.62 \pm 1.41 \text{pg/m}^3$ であった。プラスチック成形は、PBDD が平均で $21.17 \pm 28.61 \text{pg/m}^3$ 、PBDF が $5507.33 \pm 9036.86 \text{pg/m}^3$ 、MoBCDD、MoBCDF 共に 0.01pg/m^3 未満であった。

気中塩素化ダイオキシン類同族体の実測濃度の場合、焼却施設、固形燃料発電施設の PCDD が各々平均で $7.73 \pm 10.99 \text{pg/m}^3$ 、 $15.26 \pm 37.66 \text{pg/m}^3$ 、PCDF が各々 $32.93 \pm 69.55 \text{pg/m}^3$ 、 $55.20 \pm 143.68 \text{pg/m}^3$ 、Co-PCB が各々 $11.68 \pm 14.09 \text{pg/m}^3$ 、 $22.77 \pm 29.78 \text{pg/m}^3$

であり、相対的に PCDF が高値である傾向が認められた。家電リサイクル事業場、プラスチック成形事業場の PCDD が各々 $6.12 \pm 6.90 \text{pg/m}^3$ 、 $1.20 \pm 0.72 \text{pg/m}^3$ 、PBDF が各々 $6.99 \pm 7.67 \text{pg/m}^3$ 、 $3.6 \pm 5.10 \text{pg/m}^3$ 、Co-PCB が各々 $50.66 \pm 52.67 \text{pg/m}^3$ 、 $9.59 \pm 5.23 \text{pg/m}^3$ であり、焼却施設、固形燃料発電施設より低値であった。

これらの結果は、TEQ 濃度の場合と同様であり、焼却灰、RDF 共に MoBCDD、MoBCDF が検出され、PBDD、PBDF より高値であった。また、家電リサイクル事業場、プラスチック成形は、PBDF が極めて高く、曝露の主体は、PBDF 曝露と考えられた。また、臭素系ダイオキシン類は、焼却施設、固形燃料発電施設よりも低値であった。塩素化ダイオキシン類は、家電リサイクル事業場、プラスチック成形事業場より焼却施設、固形燃料発電施設の方が高値であり、同族体では PCDF が高値であり、焼却施設、固形燃料発電施設は、PCDF 曝露が主体と考えられた。

3) 飛灰、焼却灰、RDF 及び固形物中の臭素化ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類 実測濃度

飛灰、焼却灰、RDF 及び固形物中の臭素化ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の実測濃度を表 3.12 に示した。飛灰、焼却灰、RDF 中臭素化ダイオキシン類の実測濃度は、すべて 0.01ng/g 未満から 115.64ng/g の範囲にあった。飛灰中の臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度が 115.64ng/g と高値であったが、これは臭素系ダイオキシン類濃度の影響によるためである。塩素化ダイオキシン類は、焼却施設、DDF 発電の飛灰が平均で各々 $183.87 \pm 323.57 \text{ng/g}$ 、 $224.46 \pm 246.81 \text{ng/g}$ 、焼却灰が平均で各々 $0.53 \pm 0.44 \text{ng/g}$ 、 20.65ng/g であり、飛灰が焼却灰より高値であった。RDF は、平均で $1.10 \pm 0.26 \text{ng/g}$ と低値である。

一方、家電リサイクル事業場及びプラスチック成形事業場で採取した固形物は、臭素化・臭素系ダイオキシン類が検出されており、家電リサイクル事業場の場合、 $358.74 \pm 630.50 \text{ng/g}$ 、プラスチック成形事業場の場合、 $205.74 \pm 455.42 \text{ng/g}$ と家電リサイクル事業場の方が高値であった。塩素化ダイオキシン類は、 $5.04 \pm 4.85 \text{ng/g}$ 、 $0.24 \pm 0.48 \text{ng/g}$ いずれも低値であった。

これらの結果から、焼却施設、固形燃料発電施設は、飛灰中の塩素化ダイオキシン類濃度が高値であり、同族体では、PCDF が高値であった。家電リサイクル事業場、プラスチック成形事業場では、臭素化ダイオキシン類のうち、PBDF が高値であった。一方、臭素系ダイオキシン類は、高値ではないものの焼却施設、固形燃料発電施設で検出されており、その濃度は、家電リサイクル事業場、プラスチック成形事業場の臭素系ダイオキシン類濃度より高値であった。

4) 飛灰、焼却灰、RDF 及び固形物中の臭素化ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の同族体濃度

飛灰、焼却灰、RDF 及び固形物中の臭素化ダイオキシン類の同族体の実測濃度を表 3.13 に示した。飛灰、焼却灰中臭素化ダイオキシン類の実測濃度は、MoBCDD、MoBCDF が認められ、特に飛灰では、MoBCDD が高値であり、各々 $111.26 \pm 241.09 \text{ng/g}$ 、 $3.65 \pm 2.84 \text{ng/g}$ であった。RDF では、すべて 0.01ngTEQ/g 未満であった。

家電リサイクル事業場及びプラスチック成形事業場で採取した固形物には、PBDD、PBDF が検出されており、家電リサイクル事業場で採取の固形物の場合、PBDD が $53.64 \pm 130.11 \text{ng/g}$ 、PBDF が $305.10 \pm 503.17 \text{ng/g}$ と PBDF の方が高値であった。プラスチック成形事業場で採取の固形物の場合、PBDD が $109.36 \pm 243.42 \text{ng/g}$ 、PBDF が $96.38 \pm 212.01 \text{ng/g}$ と PBDD の方が高値であり、家電リサイクル事業場と異なる結果であった。これは、TEQ 濃度では PBDF が高値である結果と異なる結果であった。

飛灰、焼却灰、RDF 及び固形物中の塩素化ダイオキシン類の実測濃度を表 3.14 に示した。塩素化ダイオキシンの同族体濃度は、PCDD、PCDF が高く、特に飛灰が焼却灰より高値であった。飛灰中の PCDD は、平均で各々 $129.37 \pm 250.77 \text{ng/g}$ 、 $96.58 \pm 95.37 \text{ng/g}$ 、PBDF が、 $52.35 \pm 503.17 \text{ng/g}$ 、 $72.21 \pm 149.15 \text{ng/g}$ であった。家電リサイクル事業場及びプラスチック成形事業場で採取した固形物の塩素化ダイオキシン類同族体濃度は、低値であった。

これらの結果から、飛灰では MoBCDD が高値である傾向がみられ、これは気中濃度と同様の傾向を認められた。家電リサイクル事業場とプラスチック成形事業場に関しては、臭素化ダイオキシン類が高い傾向が認められた。しかし、臭素化ダイオキシン類の場合、TEQ 濃度と実測濃度で同族体濃度に違いを認めた。

4. 気中臭素化・臭素系ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の存在状態

PUF に捕集された気中臭素化・臭素系ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類をガス相、ろ紙に捕集された気中塩素化ダイオキシン類を粒子相と見なし、ガス相と粒子相の存在比について検討した。その結果は、気中臭素化・臭素系ダイオキシン類の存在状態を表 3.15 に、塩素化ダイオキシン類の存在状態を表 3.16 に示した。固形燃料発電施設では、濃度が検出下限以下が多く、存在比を求めることが出来なかったが、臭素化・臭素系ダイオキシン類の DF (PBDD/PBDF) 比の場合、ガス相が 0.2~4.9%、平均で $1.8 \pm 7.4\%$ 、粒子相が 95.1~99.8%、平均で $98.2 \pm 7.4\%$ であった。MoDF (MoBCDD/MoBCDF) 比に関しては、濃度が検出下限以下が多くて存在比を求められなかった。従い、TOTAL は、平均で $98.0 \pm 6.5\%$ であった。

塩素化ダイオキシン類では、DF (PCDD/PCDF) 比の場合、ガス相が 8.3~45.0%、平均で $24.3 \pm 20.8\%$ 、粒子相が 55.0~91.7%、平均で $75.7 \pm 20.8\%$ であり、Co-PCB 比の場合、ガス相が 48.6~79.9%、平均で $63.4 \pm 22.9\%$ 、粒子相が 20.1~51.4%、平均で $36.6 \pm 22.9\%$ であり、TOTAL (DF/Co-PCB) の場合、ガス相が 37.8~70.4%、平均で $49.0 \pm 23.0\%$ 、粒子相が 29.6~62.2%、平均で $51.0 \pm 23.0\%$ であった。

これらの結果から、臭素化ダイオキシン類は、粒子相の存在割合が高いことから、粒子として存在していることが分かった。この結果から、臭素化・臭素系ダイオキシン類は、通常の粉塵としての捕集が可能である。一方、塩素化ダイオキシン類は、DF (PCDD/PCDF) の場合、粒子としての存在する割合が高いが、Co-PCB の場合、ガスとしての存在が高く、従来どうり PUF とろ紙の併用による捕集が重要であることが分かった。

5. 臭素化・臭素系ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の同族体組成比

1) 気中臭素化・臭素系ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の同族体組成比

気中臭素化・臭素系ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の同族体組成比を表 3.17 及び表 3.18 に示した。実測濃度でみたとき、臭素化・臭素系ダイオキシン類の組成比は、焼却施設、固形燃料発電施設の場合、MoBCDF が最も高く、各々 47.2%、63.2% であり、家電リサイクル事業場、プラスチック成形事業場は、PBDF が最も高く、各々 96.8%、99.6% であった。一方、塩素化ダイオキシン類は、焼却施設、固形燃料発電施設の場合、PCDF が最も高く、各々 62.9%、59.2% であり、家電リサイクル事業場、プラスチック成形事業場は、Co-PCB が最も高く、各々 79.4%、66.2% であった。

これらの結果は、臭素化・臭素系ダイオキシンの場合、焼却施設、固形燃料発電施設が MoBCDF 曝露が主体で、家電リサイクル事業場、プラスチック成形事業場が PBDF 曝露が主体と考えられた。

また、塩素化ダイオキシン類の場合、焼却施設、固形燃料発電施設が PCDF 曝露が主体で、家電リサイクル事業場、プラスチック成形事業場が Co-PCB 曝露が主体と考えられた。

2) 飛灰、焼却灰、RDF 及び固形物中臭素化・臭素系ダイオキシン類及び塩素化

ダイオキシン類の同族体組成比

飛灰、焼却灰、RDF 及び固形物中臭素化・臭素系ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の同族体組成比を表 3.19 及び表 3.20 に示した。臭素化・臭素系ダイオキシン類では、焼却施設、固形燃料発電施設の飛灰の MoBCDD が高値で、各々 96.2%、68.2% であった。焼却灰に関しては、固形燃料発電施設で採取した焼却灰の MoBCDD が 71.8% と高値であった。家電リサイクル事業場、プラスチック成形では、臭素化ダイオキシン類が高値であるが、家電リサイクル事業場で採取した固形物の場合、PBDF が 85.0%、プラスチック

成形事業場では PBDD が高値で 53.2%であった。

塩素化ダイオキシン類の同族体組成比は、焼却施設の飛灰の場合、PCDD が高値で 70.4%、焼却施設の焼却灰、固形燃料発電施設の飛灰、焼却灰では、PCDF が高値で各々 69.8%、56.0%、63.1%であった。RDF は、Co-PCB が高値で 71.8%であった。家電リサイクル事業場、プラスチック成形事業場では、Co-PCB が高値で各々 94.0%、100%であった。

6. 臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体分布

1) 気中臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体分布

図 3.6～3.21 は、焼却施設、固形燃料発電施設、家電リサイクル事業場、プラスチック成形事業場の各業種より採取した気中の臭素化・臭素系ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の同族体・異性体分布を示した。

図 3.6～図 3.9 焼却施設での気中の同族体・異性体分布である。図 3.6 及び図 3.7 は、臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体分布である。臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体が多く認められ、臭素化ダイオキシン類では、f Te が認められ、臭素系ダイオキシン類では、Mof Tr、Mof Te、Mof Pe が認められた。図 3.8 及び図 3.9 は、塩素化ダイオキシン類であるが PCDF の異性体が多く認められ、特に f Te、f Pe、f Hx が認められた。Co-PCB の異性体分布も PCDF に比較し濃度が低値であるが、多数認められており、その中で #118 が多く認められていた。

図 3.10～図 3.13 は、固形燃料発電施設での気中の同族体・異性体分布である。図 3.10 及び図 3.11 は、臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体分布である。臭素化ダイオキシン類は、認められていないが、臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体が多く認められ、特に Mof Hp、Mod Hp、Mod2346789 が認められた。図 3.8 及び図 3.9 は、塩素化ダイオキシン類であるが PCDF の異性体が多く認められ、特に f Te、f Pe、f Hx が認められた。Co-PCB の異性体分布では多くの異性体が認められるが、その中で #118 が多く認められた。

図 3.14～図 3.17 は、家電リサイクル事業場での気中の同族体・異性体分布である。図 3.14 及び図 3.15 は、臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体分布である。臭素化ダイオキシン類の同族体・異性体が多く認められ、f1234678、f Hp、f Hx、f O が認められ、臭素系ダイオキシン類は、認められているものの濃度が低値である。図 3.16 及び図 3.17 は、塩素化ダイオキシン類であるが PCDF、OCDF の異性体が多く認められ、OCDD、d Hp、f Te、f Pe、f Hx が多く認められるが濃度は、Co-PCB より低値である。Co-PCB の異性体分布では #118、#105、#77 が認められた。

図 3.18～図 3.21 は、家電リサイクル事業場での気中の同族体・異性体分布である。図 3.18 及び図 3.19 は、臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体分布である。臭素化ダイオキシン類の同族体・異性体が多く認められ、f1234678、fHp、fO の濃度が極めて高値である。臭素系ダイオキシン類は、認められていない。図 3.20 及び図 3.21 は、塩素化ダイオキシン類であるが PCDF、OCDF の異性体が多く認められ、OCDD、dHp、fTe、fPe、fHx が多く認められるが濃度は、Co-PCB より低値である。Co-PCB の異性体分布では #118、#105、#77 が認められた。

2) 飛灰、焼却灰、RDF 及び固形物の同族体・異性体分布

図 3.22～3.49 は、焼却施設、固形燃料発電施設、家電リサイクル事業場、プラスチック成形事業場の各業種より採取した飛灰、焼却灰、RDF 及び固形物の同族体・異性体分布の臭素化・臭素系ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の同族体・異性体分布を示した。

図 3.22～図 3.25 は、焼却施設で採取した飛灰中の同族体・異性体分布である。図 3.22 及び図 3.23 は、臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体分布である。臭素化ダイオキシン類の同族体・異性体が多く認められており、fPe、fTe、fHx、fO が認められるが、臭素系ダイオキシン類の濃度に比して低値である。臭素系ダイオキシン類は、ModPe、ModHp、Mod2346789 が認められる。図 3.16 及び図 3.17 は、塩素化ダイオキシン類であるが PCDF、OCDF の異性体が多く認められており、異性体では、dHx、dHp、dTe、dPe、OCDD が多く認められる。Co-PCB は、PCDF、OCDF より低値であるが、#126、#77、#189 等が認められた。

図 3.26～図 3.29 は、焼却施設で採取した焼却灰中の同族体・異性体分布である。図 3.26 及び図 3.27 は、臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体分布である。臭素化ダイオキシン類の同族体・異性体が多く認められており、fPe、fTe、fHx が認められるが、臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体に関しては、認められない。図 3.28 及び図 3.29 は、塩素化ダイオキシン類であるが PCDF、OCDF の異性体が多く認められており、異性体では、fTe、fPe、fHx が認められる。Co-PCB は、PCDF、OCDF より低値であるが、#118、#156、#77 が認められた。

図 3.30～図 3.33 は、固形燃料発電施設で採取した飛灰中の同族体・異性体分布である。図 3.30 及び図 3.31 は、臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体分布である。臭素化ダイオキシン類の同族体・異性体が多く認められていない。臭素系ダイオキシン類は、MoBCDD、MoBCDF 共に認められ、異性体としては ModHp、Mod2346789、MofPe、MofHx、MofHp が認められる。図 3.32 及び図 3.33 は、塩素化ダイオキシン類であるが PCDF、OCDF の異性体が多く認められており、異性体では、PCDD が dHx、dHp、dTe、

d Pe、OCDD、PCDF が f Hx、f Pe、f Te、f Hp 等多く認められる。Co-PCB は、PCDF、OCDF より低値であるが、#126、#77、#189 等が認められた。

図 3.34～図 3.37 は、固形燃料発電施設で採取した焼却灰中の同族体・異性体分布である。図 3.34 及び図 3.35 は、臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体分布である。臭素化ダイオキシン類の同族体・異性体が認められていない。臭素系ダイオキシン類は、濃度が低いものの MoBCDD、MoBCDF 共に認められ、異性体としては Mod2346789、Mod Hp、Mod2346789、Mof Pe、が認められる。図 3.36 及び図 3.37 は、塩素化ダイオキシン類であるが PCDD、PCDF の異性体が多く認められており、異性体では、PCDD が d Hx、d Hp、d Te、d Pe、OCDD、d1234678、PCDF が f Te、f Pe、f Hx、f Hp 等多く認められる。Co-PCB は、PCDF、OCDF より濃度が低値であるが、#77、#118、#126、#105 等が認められた。

図 3.34～図 3.37 は、固形燃料発電施設で採取した焼却灰中の同族体・異性体分布である。図 3.34 及び図 3.35 は、臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体分布である。臭素化ダイオキシン類の同族体・異性体が認められていない。臭素系ダイオキシン類は、濃度が低いものの MoBCDD、MoBCDF 共に認められ、異性体としては Mod2346789、Mod Hp、Mod2346789、Mof Pe、が認められる。図 3.36 及び図 3.37 は、塩素化ダイオキシン類であるが PCDD、PCDF の異性体が多く認められており、異性体では、PCDD が d Hx、d Hp、d Te、d Pe、OCDD、d1234678、PCDF が f Te、f Pe、f Hx、f Hp 等多く認められる。Co-PCB は、PCDF、OCDF より濃度が低値であるが、#77、#118、#126、#105 等が認められた。

図 3.38～図 3.41 は、固形燃料発電施設で採取した RDF 中の同族体・異性体分布である。図 3.38 及び図 3.39 は、臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体分布である。臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体が認められていない。図 3.40 及び図 3.41 は、塩素化ダイオキシン類であるが PCDD の異性体が認められており、異性体では、OCDD、d1234678、d Hp が認められる。Co-PCB は、#118、#105、#77 等が認められた。

図 3.42～図 3.45 は、家電リサイクル事業場で採取した固形物中の同族体・異性体分布である。図 3.42 及び図 3.43 は、臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体分布である。臭素化ダイオキシン類の同族体・異性体が認められており、PBDD が d Te、PBDF が f1234678、f Hx、f Hp、f O 等が認められている。図 3.44 及び図 3.45 は、塩素化ダイオキシン類であるが PCDD、PBDF の同族体・異性体が認められており、同族体・異性体では、OCDD、d Hp、d Te、OCDF 等が認められる。Co-PCB は、#118、#105、#77 等が認められた。

図 3.46～図 3.49 は、プラスチック成形事業場で採取した固形物中の同族体・異性体分布である。図 3.46 及び図 3.47 は、臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体分布である。臭素化ダイオキシン類の同族体・異性体が認められており、PBDD が d123456789、d O、PBDF が f1234678、fHp、fO 等が認められている。臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体は、認められていない。図 3.48 及び図 3.49 は、塩素化ダイオキシン類であるが PCDD、PBDF の同族体・異性体が認められていない。異性体では、OCDD、d Hp、d Te、OCDF 等が認められる。Co-PCB は、#118、#105 が認められた。

D. 考察及びまとめ

臭素化・臭素系ダイオキシン類は、その有害性に関して、未だ科学的に明らかにされていないもののそのリスクは、塩素化ダイオキシン類と同程度と考えられている。

平成 14 年度は、塩素化ダイオキシン類曝露で高濃度曝露が認められた、焼却施設で臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度と塩素化ダイオキシン類濃度の測定を行った。気中臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度は、すべての施設で検出されたものの、実測濃度の平均で、 $10.17 \pm 23.72 \text{pg/m}^3$ 、臭素化ダイオキシン類の TEQ 濃度で 0.01pgTEQ/m^3 未満であった。気中塩素化ダイオキシン類濃度は、実測の濃度の平均で、 $52.34 \pm 91.43 \text{pg/m}^3$ 、臭素化ダイオキシン類の TEQ 濃度で $0.56 \pm 1.02 \text{pgTEQ/m}^3$ であった。気中臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度は、すべての施設で検出されたが、その濃度は、塩素化ダイオキシン類と比較して約 1/15 であった。臭素化・臭素系ダイオキシン類のリスクが塩素化ダイオキシン類と同程度ならば、臭素化・臭素系ダイオキシン類は、塩素化ダイオキシン類より低濃度であり、また、TEQ 濃度でも低値であるので今回対象とした焼却施設に従事する労働者のリスクは低いものと考えられる。

濃度的には、低リスクと判断されるが、空気中での存在状態は、臭素系ダイオキシン (MoBCDD/MoBCDF) より、臭素化ダイオキシン類 (PBDD/PBDF) の約 3 倍多く認められた。

塩素化ダイオキシン類は、平成 14 年度の調査研究で空気中濃度と飛灰中濃度間の相関も高く ($R^2=0.7964$)、塩素化ダイオキシン類曝露によるリスクの低減には、飛灰対策が最も重要な対策であることが明らかになった。なお、1 施設においては、飛灰中塩素化ダイオキシン類濃度が 3ng/g を超える値を示していた。

同族体・異性体分布は、臭素系・臭素化ダイオキシン類に関しては、臭素化ダイオキシン類より臭素系ダイオキシン類の方が多くの同族体・異性体を検出する傾向が認められる。

これらの結果から、焼却施設での臭素化・臭素系ダイオキシン類曝露は、臭素系ダイオキシン類曝露が主体と考えられた。しかし、気中濃度は、塩素化ダイオキシン類に比し低濃度であった。一方、血液中ダイオキシン類の同族体・異性体分布で極めて多く認められる OCDD は、気中、飛灰及び焼却灰中には極めて多いということはない。また、PCDD/PCDF の存在比は、気中及び焼却灰の場合 PCDD より PCDF 方が高濃度であり、飛灰の場合、PCDF より PCDD の方が高濃度であった。この調査研究結果より、焼却施設における臭素化・臭素系ダイオキシン類の曝露は、塩素化ダイオキシン類より低曝露と考えられた。従い、焼却施設では、第一次的に塩素化ダイオキシン類曝露対策を講じておれば臭素化・臭素系ダイオキシン類曝露による健康リスクは、低減されるものと考えられた。

平成 15 年度は、家電リサイクル事業場を対象として行った。臭素系難燃剤は、発熱を伴う家電製品の火災の危険性を防止するためにプラスチックに添加されており、そのプラスチックの成型過程において臭素化・臭素系ダイオキシン類が生成される可能性がある。一方、ヨーロッパ連合 (EU) では、WEEE 指令によるリサイクル義務が 2005 年 8 月および RoSH 指令による有害物質規制が 2006 年 7 月に施行される。この指令はポリ臭素化ビフェニル (PBB)、ポリ臭素化ジフェニルエーテル (PBDE) が超難分解性、超生体蓄積性物質であることから、電気電子製品への使用を禁止した指令である。従って、今後の家電製品への使用は低下傾向であると考えられ、家電リサイクル事業場工場は、過去に製造したテレビ、エアコン、冷蔵庫、洗濯機等をリサイクルすることから、これらの製品の解体時に、臭素化・臭素系ダイオキシン類を含有したプラスチック粉塵に曝露される可能性がある。従い、家電リサイクル事業場工場を対象として臭素化・臭素系ダイオキシン類の曝露の実態について調査研究を行った。

調査結果は、気中粉塵濃度の平均が $0.70 \pm 0.51 \text{mg/m}^3$ と日本産業衛生学会が勧告した粉塵許容濃度 10mg/m^3 より低く、それほど粉塵曝露が大きいとは言えない。しかし、3 年間にわたり実施した、4 業種間の中では最高値であった。気中臭素化・臭素系ダイオキシン類は、実測濃度の平均で、 $600.05 \pm 593.75 \text{pg/m}^3$ であり、臭素化ダイオキシン類の TEQ 濃度で $2.76 \pm 2.36 \text{pgTEQ/m}^3$ であった。塩素化ダイオキシン類濃度は、実測濃度の平均で $68.80 \pm 54.72 \text{pg/m}^3$ 、TEQ 濃度の平均で、 $0.15 \pm 0.18 \text{pgTEQ/m}^3$ であった。平成 14 年度に実施した焼却施設での臭素化・臭素系ダイオキシン類の実測濃度が $0.1 \sim 21.95 \text{pg/m}^3$ 、塩素化ダイオキシン類の実測濃度が $3.19 \sim 333.65 \text{pg/m}^3$ であるので、家電リサイクル事業場工場の臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度は、焼却施設と比較して高値であった。

臭素化・臭素系ダイオキシン類の気中での存在状態は、粒子相が平均で $99.8 \pm 0.4\%$ であるので、粉塵としての労働衛生対策が可能であることも分かった。また、臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体の存在状態は、PBDD/PBDF が平均で 99.6% を占め、大部分が臭素化ダイオキシン類であることが分かった。特に、PBDF が臭素化ダイオキシン類の 96.8%

を占め、家電リサイクル事業場工場での臭素化・臭素系ダイオキシン類曝露は、PBDF 曝露が主体であるものと考えられた。焼却施設での臭素化・臭素系ダイオキシン類は、臭素化ダイオキシン類より臭素系ダイオキシン類が約 3 倍程度多いことと比較し、異なる結果であった。

また、気中臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度を作業分類し、作業内容ごとの臭素化・臭素系ダイオキシン類曝露を検討すると作業分類 I のテレビキャビネット等のテレビ関連製品の手解体等で臭素化・臭素系ダイオキシン類の TEQ 濃度が最も高い結果であった。原因としては、プラスチックに添加された臭素系難燃剤由来の臭素化・臭素系ダイオキシン類が生成されていることによると考えられた。一方、気中塩素化ダイオキシン類は、 $0.15 \pm 0.18 \text{pgTEQ/m}^3$ と厚生労働省が定めた 2.5pgTEQ/m^3 より低値である。

固形試料中の臭素化・臭素系ダイオキシン類は、平均で $358.74 \pm 630 \text{ng/g}$ 、臭素化ダイオキシン類の TEQ 濃度で $1.57 \pm 2.19 \text{ngTEQ/g}$ と 3ngTEQ/g を超える濃度の試料も認められた。この試料は、テレビのキャビネットの粉碎試料である。また、臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体存在比は、PBDD/PBDF が 100% であり、そのうち、PBDF が 85.0% であった。この結果は、気中の同族体組成比と良く一致した結果であると言える。一方、固形試料中塩素化ダイオキシン類は、実測濃度の平均で $5.04 \pm 4.85 \text{ng/g}$ 、TEQ 濃度の平均で 0.01ngTEQ/g 未満と低値であった。

これらの結果から、家電リサイクル事業場工場では、臭素化・臭素系ダイオキシン類曝露、特に PBDF 曝露のリスクが懸念され、リスク管理の立場から労働衛生対策として粉塵対策を検討すべきと考えられた。

平成 16 年度は、平成 15 年度に家電リサイクル事業場を実施したので、プラスチックの加熱成形時の臭素化・臭素系ダイオキシン類の発生状況を調査することを目的として臭素化難燃剤入りプラスチック成形事業場を対象として臭素化・臭素系ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の曝露の実態について調査研究を行った。また、併せて、固形燃料発電施設で RDF 製造及びその焼却施設所で調査研究を行った。

調査結果は、RDF 施設の場合、気中粉塵濃度が平均で、 $0.06 \pm 0.05 \text{mg/m}^3$ 、プラスチック成形事業場の場合、平均で $0.12 \pm 0.08 \text{mg/m}^3$ とそれほど粉塵曝露が大きいとは言えない。気中臭素化・臭素系ダイオキシン類は、RDF 施設の場合、実測濃度の平均で、 $0.16 \pm 2.81 \text{pg/m}^3$ 、臭素化ダイオキシン類の TEQ 濃度で 0.01pgTEQ/m^3 未満、プラスチック成形事業場の場合、実測濃度の平均で $5529.10 \pm 9064.62 \text{pg/m}^3$ 、臭素化ダイオキシン類の TEQ 濃度の平均で、 $19.73 \pm 28.36 \text{pgTEQ/m}^3$ であった。特に試料の中で臭素化・臭素系ダイオキシン類が高濃度である試料が認められた。塩素化ダイオキシン類濃度は、RDF 施設の場合、

実測濃度の平均で、 $93.30 \pm 201.81 \text{ pg/m}^3$ 、TEQ 濃度の平均で、 $0.63 \pm 1.68 \text{ TEQ/m}^3$ であった。プラスチック成形事業場の場合、実測濃度の平均で、 $14.50 \pm 10.12 \text{ pg/m}^3$ 、TEQ 濃度の平均で、 $0.04 \pm 0.04 \text{ pgTEQ/m}^3$ であった。固形燃料発電施設では、1 試料で 2.5 pgTEQ/m^3 を超える試料も見受けられるが、プラスチック成形事業場は、固形燃料発電施設と比較し低値であった。一方、平成 14 年度に実施した焼却施設での臭素化・臭素系ダイオキシン類の実測濃度の平均が $10.17 \pm 23.72 \text{ pg/m}^3$ 、塩素化ダイオキシン類の実測濃度の平均が $52.34 \pm 91.43 \text{ pg/m}^3$ 、平成 15 年度に実施した家電リサイクル事業場での臭素化・臭素系ダイオキシン類の実測濃度の平均が $63.80 \pm 54.72 \text{ pg/m}^3$ 、塩素化ダイオキシン類の実測濃度の平均が $63.80 \pm 54.72 \text{ pg/m}^3$ であるので、家電リサイクル事業場、プラスチック成形事業場の臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度は、焼却施設、固形燃料発電施設と比較して、高値であった。

臭素化・臭素系ダイオキシン類の気中での存在状態は、固形燃料発電施設の場合、濃度が検出されないために不明であるが、プラスチック成形事業場では、粒子相に平均で、 $99.8 \pm 0.7\%$ であるので、家電リサイクル事業場と同様に粉塵としての労働衛生対策が可能であることも分かった。また、臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体の組成比は、PBDD/PBDF が 100% を占め、すべてが臭素化ダイオキシン類であることが分かった。固形燃料発電施設での臭素化・臭素系ダイオキシン類は、臭素化ダイオキシン類が検出されず、臭素系ダイオキシン類のみが検出されていることから、焼却施設と同様の傾向であった。

一方、気中での塩素化ダイオキシン類の存在状態（実測濃度）は、固形燃料発電施設の場合、粒子相で $44.6 \pm 35.5\%$ と粉塵としての存在割合が低い。また、個々の同族体別でも粒子相での平均の存在割合が PCDD/PCDF で 68.5%、Co-PCB で 25.8% であった。これらのことから塩素化ダイオキシン類は粒子相とガス相で存在することが明らかとなった。特に、Co-PCB がガス相での存在割合が高い傾向がある。

これらの結果をまとめると焼却施設、固形燃料発電施設は、臭素化・臭素系ダイオキシン類曝露に関して、極めて低濃度曝露といえる。また臭素化ダイオキシン類と臭素系ダイオキシン類に関しては、臭素系ダイオキシン類曝露であり、TEQ 濃度でみたとき、リスクは、極めて低いといえる。しかし、塩素化ダイオキシン類に関しては、厚生労働省の定めたダイオキシン類の管理すべき濃度 2.5 pgTEQ/m^3 を超える施設も見られ、また、曝露も PCDD/PCDF 曝露、特に PCDF 曝露が主体と考えられ、今後、一層のリスク評価が重要と考えられた。

それに対して、家電リサイクル事業場、プラスチック成形は、焼却施設、固形燃料発電施設と異なり塩素化ダイオキシン類に関しては、極めて低濃度であり、TEQ 濃度でみた

き、リスクは、極めて低いといえる。しかし、臭素化・臭素系曝露は、中～高濃度曝露をうける可能性のある事業場も認められる。曝露の主体も臭素化ダイオキシン類が主体であり、特に PBDF 曝露が主体と考えられる。臭素化ダイオキシン類が塩素化ダイオキシン類と等しい毒性があると仮定して、塩素化ダイオキシン類の管理すべき濃度 $2.5\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ と比較すると多くの場所でこの値を上回る傾向がある。これらの点から、労働者の健康確保の立場から、更なるリスク評価が必要であろう。

臭素化・臭素系ダイオキシン類の労働衛生対策に関しては、塩素化ダイオキシン類が、ガス状及び粒子状で存在するのに対して、臭素化・臭素系ダイオキシン類は、業種別で 94.6～99.8% (平均 99.8%) が粒子状で存在するので粉塵対策で足りるものとする。

ダイオキシン類の曝露源であるが、焼却施設、固形燃料発電施設、家電リサイクル事業場は、焼却施設、固形燃料発電施設は、飛灰が主因と考えられ、家電リサイクル事業場は、家電製品の破砕物から発生する粉塵と考えられる。これらの結果は、飛灰、焼却灰、RDF、家電リサイクル事業場の固形物の同族体・異性体の分析結果とほぼ一致している。一方、プラスチック成形事業場では、臭素化ダイオキシン曝露が主体であることは明確であるが、採取した原料である固形物であるペレット中の臭素化ダイオキシン類の濃度が家電リサイクル事業場より採取した試料より低値であるのに高濃度の気中濃度を認めている。原因としてはペレット溶融・押出過程での温度による臭素化ダイオキシン類 (PBDF) の生成が懸念される。また、塩素化ダイオキシン類に関し、焼却施設 1 施設、固形燃料発電施設 1 施設の計 2 施設でダイオキシンの管理すべき濃度 $2.5\text{pgTEQ}/\text{m}^3$ を超えたが、これらの施設の特徴は、最近、建造された施設で、灰の溶融設備を持つ施設である。灰の溶融は、極めて高温で行われているが、温度上昇過程でダイオキシン類がガス状で発生している可能性が示唆される。この問題は、今後の課題と言える。ダイオキシン類の健康リスクは、現在までの科学的知見によると急性的なものでないので、今後、リスク評価のための労働現場での長期的、継続的な調査研究が必要と考える。

E. 健康危険情報

特になし。

F. 研究発表

- 1) Mistuhiro Kudo. Occupational exposure to dioxin and the preventive measures for incineration plant workers in Japan. 12th International Society for Respiratory Protection, November, 9th, 2004, Yokohama.

G. 知的財産権の出願・登録状況

特になし。

表 3.1 気中粉塵濃度

業種	n 数	気中粉塵濃度 (mg/m ³)			
		平均	標準偏差	最大	最小
焼却施設	14	0.25	0.37	1.29	0.02
固形燃料発電施設	7	0.06	0.05	0.15	0.02
家電リサイクル事業場	16	0.70	0.51	2.16	0.07
プラスチック成形事業場	10	0.12	0.08	0.23	0.03

表 3.2 気中臭素化ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類濃度 (TEQ 濃度)

業種	n 数	気中臭素化ダイオキシン類濃度 (pg TEQ/m ³)				気中塩素化ダイオキシン類濃度 (pg TEQ/m ³)			
		平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小
焼却施設	14	n.d	0.01	0.02	n.d	0.56	1.02	3.40	0.01
固形燃料発電施設	7	n.d	-	n.d	n.d	0.65	1.68	4.45	n.d
家電リサイクル事業場	16	2.76	2.36	7.09	0.01	0.15	0.18	0.75	0.02
プラスチック成形事業場	10	19.73	28.36	72.73	0.01	0.04	0.04	0.12	n.d

<注> n.d : 0.01pg TEQ/m³未満

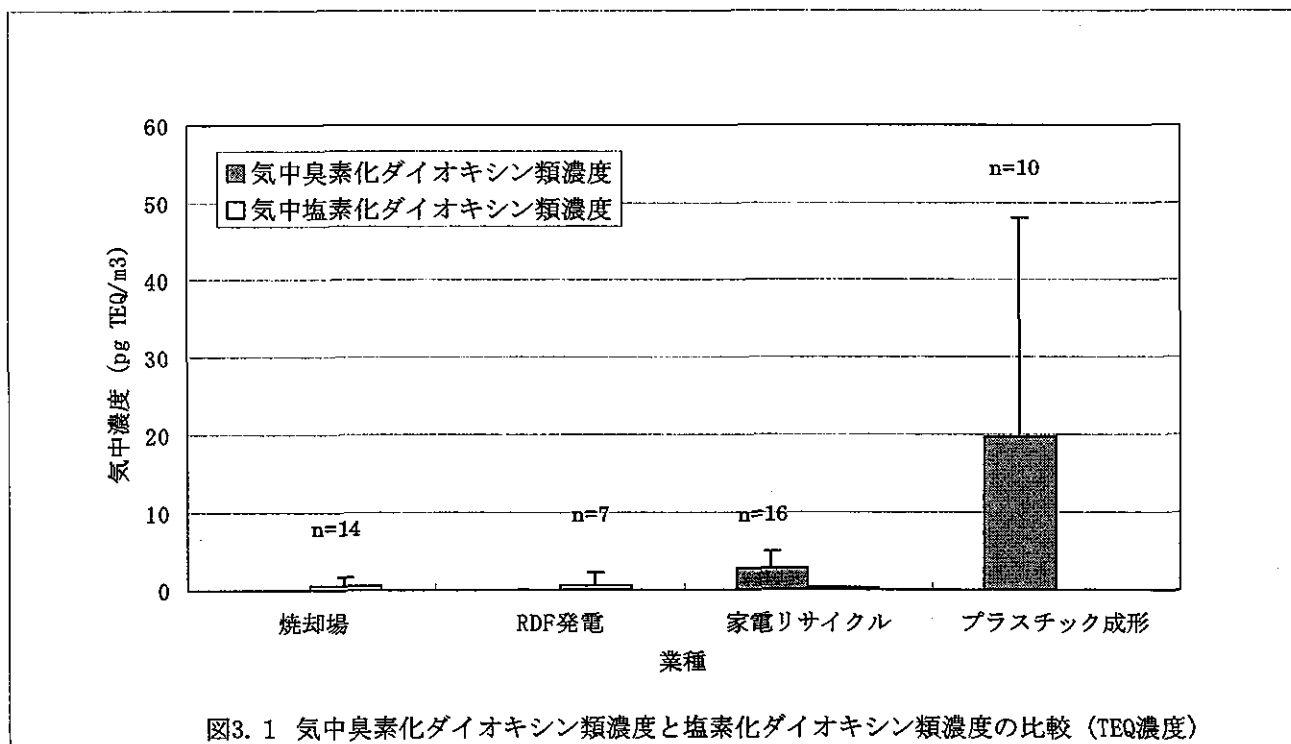


表 3.3 気中臭素化ダイオキシン類の同族体濃度 (TEQ 濃度)

業種	n 数	PBDD (pg TEQ/m ³)				PBDF (pg TEQ/m ³)			
		平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小
焼却施設	14	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0.01	0.02	n.d
固形燃料発電施設	7	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
家電リサイクル事業場	16	0.06	0.10	0.33	n.d	2.70	2.30	7.09	0.01
プラスチック成形事業場	10	0.11	0.16	0.43	n.d	19.62	28.32	72.66	0.01

<注> n.d : 0.01pg TEQ/m³未満

表 3.4 気中塩素化ダイオキシン類の同族体濃度 (TEQ 濃度)

業種	n 数	PCDD (pg TEQ/m ³)				PCDF (pg TEQ/m ³)				PCB (pg TEQ/m ³)			
		平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小
焼却施設	14	0.08	0.12	0.36	n.d	0.37	0.67	2.20	0.01	0.11	0.24	0.84	n.d
固形燃料発電施設	7	0.11	0.27	0.73	n.d	0.46	1.19	3.17	n.d	0.08	0.21	0.55	n.d
家電リサイクル事業場	16	0.04	0.06	0.26	n.d	0.09	0.11	0.44	0.01	0.02	0.01	0.05	0.01
プラスチック成形事業場	10	0.01	0.01	0.03	n.d	0.03	0.03	0.08	n.d	0.01	-	0.02	n.d

<注> n.d : 0.01pg TEQ/m³未満

表 3.5 家電リサイクル事業場の作業分類別気中臭素化ダイオキシン類濃度 (TEQ 濃度)

No.	作業分類 (pg TEQ/m ³)			
	I	II	III	IV
1	6.19	1.22	0.49	0.01
2	3.07	1.84	3.46	1.52
3	4.54	1.97	7.09	0.69
4	7.05	-	-	0.49
5	3.46	-	-	1.05
n 数	5	3	3	5
平均	4.86	1.68	3.68	0.75
標準偏差	1.72	0.40	3.31	0.57
最大	7.05	1.97	7.09	1.52
最小	3.07	1.22	0.49	0.01

<注> n.d : 0.01pg TEQ/m³未満

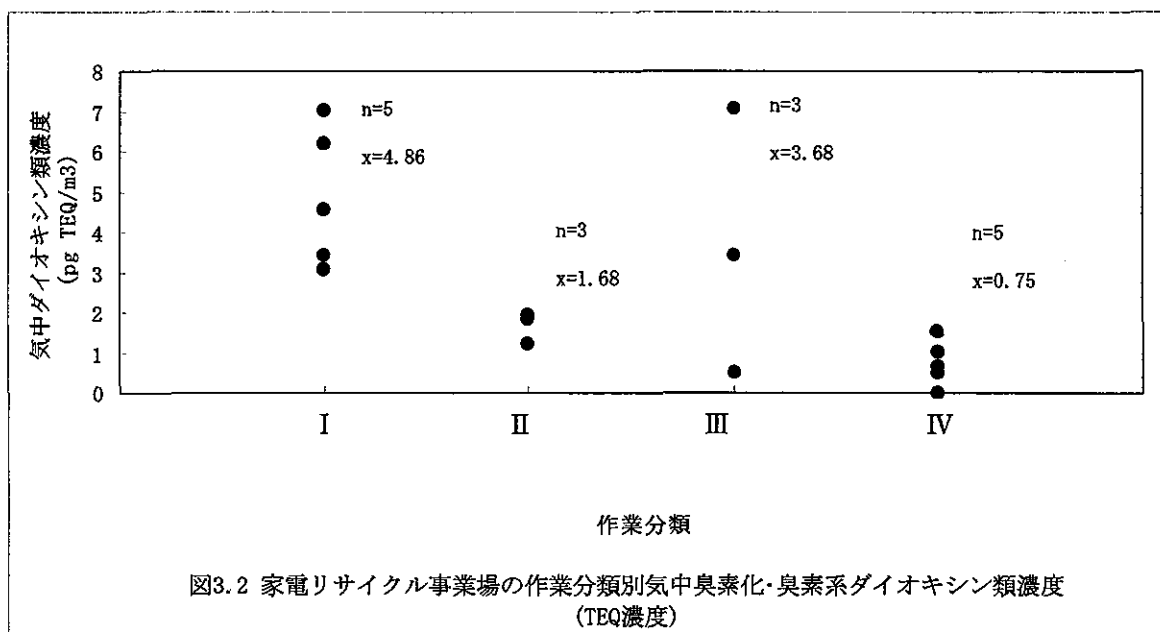


表 3.6 飛灰、焼却灰、固形物等中臭素化ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類濃度 (TEQ 濃度)

業種	対象物	n 数	臭素化ダイオキシン類濃度 (ng TEQ/g)				塩素化ダイオキシン類濃度 (ng TEQ/g)			
			平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小
焼却施設	飛灰	6	n.d	n.d	n.d	n.d	1.30	1.62	4.09	n.d
	焼却灰	5	n.d	n.d	n.d	n.d	0.55	0.45	1.20	0.13
固形燃料発電施設	飛灰	2	n.d	n.d	n.d	n.d	3.77	4.70	7.10	0.45
	焼却灰	1	n.d	-	-	-	0.35	-	-	-
	RDF	2	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
家電リサイクル事業場	固形物	7	1.57	2.19	6.05	0.08	n.d	n.d	n.d	n.d
プラスチック成形事業場	固形物	5	0.45	0.98	2.20	n.d	n.d	n.d	n.d	

<注> n.d : 0.01ng TEQ/g 未満

表 7 飛灰、焼却灰、固形物等中臭素化ダイオキシン類の同族体濃度 (TEQ 濃度)

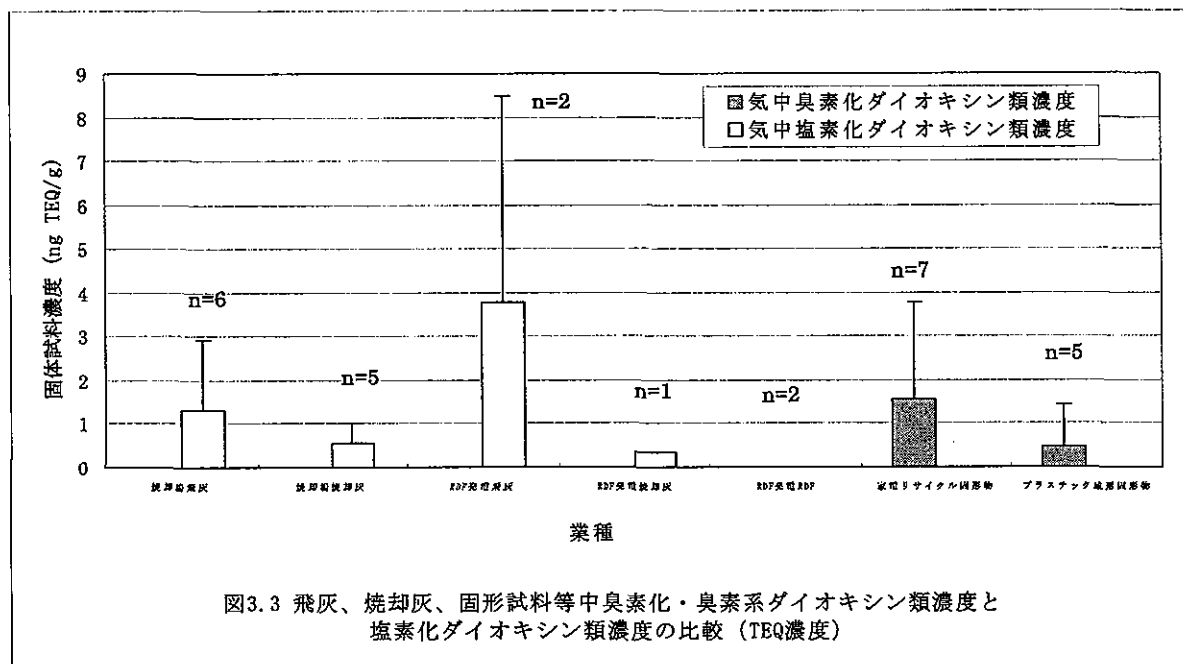


表 3.7 飛灰、焼却灰、固形物等中臭素化ダイオキシン類の同族体濃度 (TEQ 濃度)

業種	対象物	n 数	PBDD (ng TEQ/g)				PBDF (ng TEQ/g)			
			平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小
焼却施設	飛灰	6	n.d	-	n.d	n.d	n.d	-	n.d	n.d
	焼却灰	5	n.d	-	n.d	n.d	n.d	-	n.d	n.d
固形燃料発電施設	飛灰	2	n.d	-	n.d	n.d	n.d	-	n.d	n.d
	焼却灰	1	n.d	-	-	-	n.d	-	-	-
	RDF	2	n.d	-	-	-	n.d	-	-	-
家電リサイクル事業場	固形物	7	0.03	0.09	0.23	n.d	1.53	2.17	6.05	0.08
プラスチック成形事業場	固形物	5	0.05	0.11	0.24	n.d	0.40	0.87	1.96	n.d

<注> n.d : 0.01ng TEQ/g 未満

表 3.8 飛灰、焼却灰、固形物等中塩素化ダイオキシン類の同族体濃度 (TEQ 濃度)

業種	対象物	n 数	PCDD (ng TEQ/g)				PCDF (ng TEQ/g)				PCB (ng TEQ/g)			
			平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小
焼却施設	飛灰	6	0.53	0.68	1.61	n.d	0.73	0.89	2.32	n.d	0.04	0.06	0.16	n.d
	焼却灰	5	n.d	-	0.01	n.d	0.01	0.01	0.02	n.d	n.d	-	n.d	n.d
固形燃料発電施設	飛灰	2	1.49	1.87	2.81	0.17	2.24	2.79	4.21	0.27	0.04	0.05	0.07	0.01
	焼却灰	1	0.14	-	-	-	0.21	-	-	-	n.d	-	-	-
	RDF	2	n.d	-	n.d	n.d	n.d	-	n.d	n.d	n.d	-	n.d	n.d
家電リサイクル事業場 プラスチック成形事業場	固形物	7	n.d	-	n.d	n.d	n.d	-	n.d	n.d	n.d	-	n.d	n.d
	固形物	5	n.d	-	n.d	n.d	n.d	-	n.d	n.d	n.d	-	n.d	n.d

<注> n.d : 0.01ng TEQ/g 未満

表 3.9 気中臭素化・臭素系ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類濃度 (実測濃度)

業種	n 数	気中臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度 (pg/m ³)				気中塩素化ダイオキシン類濃度 (pg/m ³)			
		平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小
焼却施設	14	10.17	23.72	89.10	0.10	52.34	91.43	334.03	3.11
固形燃料発電施設	7	1.06	2.81	7.43	n.d	93.30	201.81	548.10	1.24
家電リサイクル事業場	16	600.05	593.75	1774.21	5.69	63.80	54.72	203.87	7.48
プラスチック成形事業場	10	5529.10	9064.62	23722.74	0.14	14.50	10.12	34.78	3.56

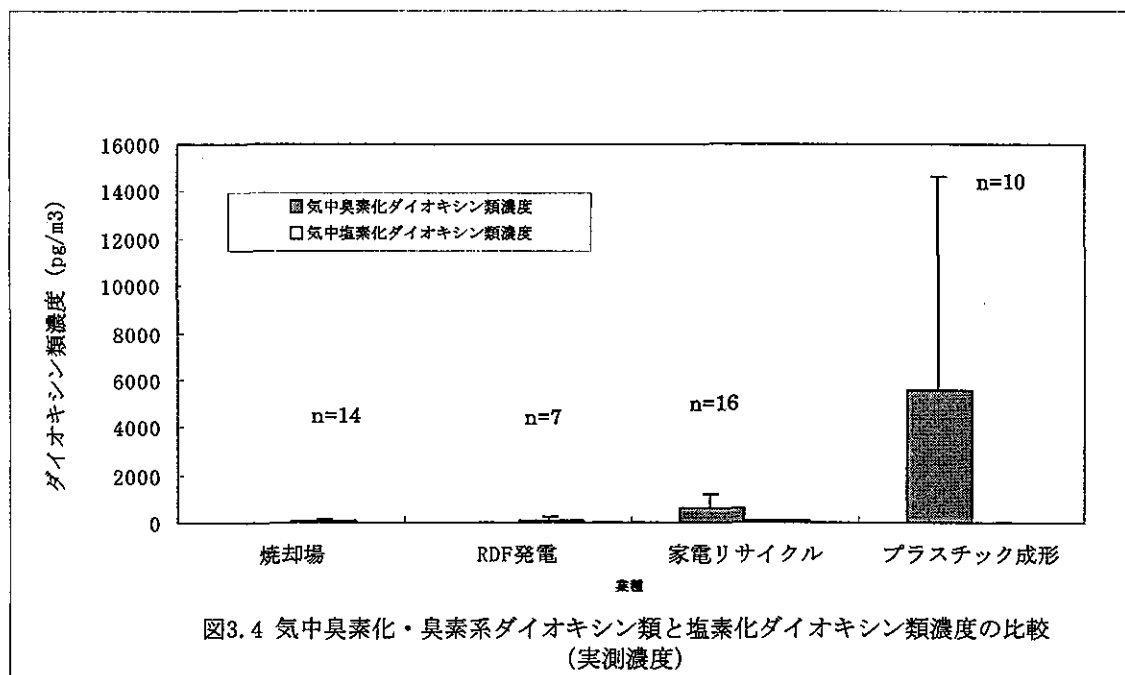


図3.4 気中臭素化・臭素系ダイオキシン類と塩素化ダイオキシン類濃度の比較 (実測濃度)