

# 2015年度 松葉ダイオキシン類等調査参加地域相互比較報告書

2016年8月31日

〒153-0022 目黒区大岡山 1-31-9-401

株式会社 環境総合研究所

顧問 池田 こみち

[ikeda@eritokyo.jp](mailto:ikeda@eritokyo.jp)

## はじめに

厳しい夏もそろそろ終わりに近づいています。皆様、お元気で乗り切られたことと思います。さて、遅くなりましたが、2015年度の松葉調査に参加された各地域の皆様のご了解が得られましたので、分析項目ごとに相互比較を行ってみたいと思います。それぞれの地域で参考にさせていただければ幸いです。地域ごとに分析項目が異なりますので、それぞれ該当する項目についてのみの比較となります。参加地域の概要は以下の通りです。この他、行政が調査した2地域については公表不可なので除外しています。

### (1) 栃木県大田原市 (PCDD/PCDF)

2001年度から15年目の継続調査となります。栃木県大田原市にある一般廃棄物処理施設、那須地区広域行政事務組合「広域クリーンセンター大田原」(旧大田原市清掃センター)周辺の監視活動です。調査を実施されているのは大田原市の市議も務められた方で、継続的な調査が事業者にとって大きな歯止めとなっていることが分かります。

### (2) 埼玉県寄居町 (金属類)

埼玉県寄居町に立地している複合的な産業廃棄物処理施設である「彩の国資源循環工場」をターゲットにダイオキシン類については施設の本格稼働前の2006年度から、金属類については2009年度から調査を継続して行っています。周辺を山に囲まれた工場敷地内の濃度は周辺地域に比べて常に高く、特に金属類では、水銀濃度が突出しています。調査は地元市民グループに加えて、生活クラブ生協熊谷支部の協力を得ています。

### (3) 埼玉県越谷市・草加市 (PCDD/PCDF、金属類)

東埼玉資源環境組合(越谷市・草加市・八潮市・三郷市・吉川市・松伏町)が建設する第二工場(草加市内)をターゲットに本格稼働前の調査を行いました。周辺には既に大規模発生源が多く立地しているためか、第二工場稼働前であるにもかかわらず、既汚染地域の様相を呈しています。ここでも生活クラブ生協草加支部が調査に協力し、「東埼玉5市1町大気調査隊」として市民活動が展開されています。また、越谷市の市議の方も調査に協力しています。

### (4) 東京都23区南エリア (PCDD/PCDF、金属類、PAH類、PBDE類)

東京23区では平成20年度からそれまで焼却不適物として埋め立ててきたプラスチック類を焼却処理することとなりました。23区南生活クラブ生協では、その方針転換を受け、廃プラ焼却開始前(2006年度)に対象エリアの調査を行い、開始後は、2009年度、2012年度、2015年度と3年ごとに継続調査を行っています。今回は開始後3回目の調査となります。金属類だけでなく、新たに未規制有害物質としてPAH(多環芳香族炭化水素類)とPBDE(臭素系難燃剤:ポリ・ブロモ・ジフェニル・エーテル)の分析も行いました。

(5) 三重県伊賀市桐ヶ丘地区 (PCDD/PCDF)

伊賀南部環境衛生組合による新設ごみ処理施設 (ガス化溶融炉: 伊賀南部クリーンセンター) の稼働に伴う環境影響を把握するため、稼働前と稼働後に桐ヶ丘地区内 (施設の西約 2~3km に位置する) から松葉を採取し、大気中のダイオキシン類濃度を把握することを目的として継続的な調査を行っています。稼働前は 2008 年 1 月の松葉調査を実施し、本格稼働 (2009 年 3 月) 後は 2010 年 12 月から 4 回の調査を行っています。

(6) 福岡県古賀市舞の里地区 (PCDD/PCDF、金属類、PAH 類、PBDE 類)

福岡県内にはガス化溶融炉が複数稼働していますが、そのうちのひとつ、玄界環境組合が古賀市内に建設したごみ処理施設は、ごみ熱分解・燃焼溶融施設: 260t/日 (キルン式ガス化溶融炉×2: 130t/日×2 炉) でした。2003 年の稼働前から、施設周辺の住宅地を中心とした市民グループは建設に反対し、2001 年度から松葉によるダイオキシン類調査を開始しました。その後、2006 年度から金属類と PAH 類、2008 年度から PBDE 類についても継続的な調査を行い、事業者に対して強い抑止力となっています。

1. ダイオキシン類

ダイオキシン類 (PCDD+PCDF) については、表 1-1 の通り、1 都 4 県 19 検体のサンプルを分析いたしました。

表1 -1 松葉中ダイオキシン類の測定結果 単位: pg-TEQ/g

都道府県	対象地域	PCDD	PCDF	Co-PCB
栃木県	大田原市	0.20	0.34	0.10
埼玉県	草加市・越谷市(風上)	0.09	0.20	0.07
	草加市・越谷市(風下)	0.22	0.33	0.14
東京都	練馬区豊玉北	0.31	0.43	0.40
	世田谷区東部	0.12	0.58	0.074
	世田谷区西部	0.11	0.50	0.064
	目黒区	0.30	0.65	0.10
	大田区東部	0.27	0.92	0.13
	大田区西部	0.17	0.46	0.068
	品川区	0.20	0.64	0.089
	江東区全域	0.39	1.4	0.19
	江東区臨海部	0.53	1.9	0.26
	江戸川区	0.39	1.2	0.17
	※大田区京浜島	0.21	0.75	0.10
	※世田谷清掃工場北側	0.21	0.59	0.086
	※世田谷清掃工場南側	0.11	0.22	0.035
	※新江東清掃工場周辺	0.23	0.73	0.10
三重県	伊賀市桐ヶ丘地区	0.10	0.33	0.15
福岡県	※古賀市・舞の里地区	0.19	0.45	0.21

測定値  
測定値

注 1) ※印は、発生源周辺地域。有効数字二桁表記。

注 2) Co-PCB については、練馬区豊玉北と世田谷区東部のみが測定値、その他の地域はそれぞれ PCDD、PCDF 濃度から推定した値を記載。

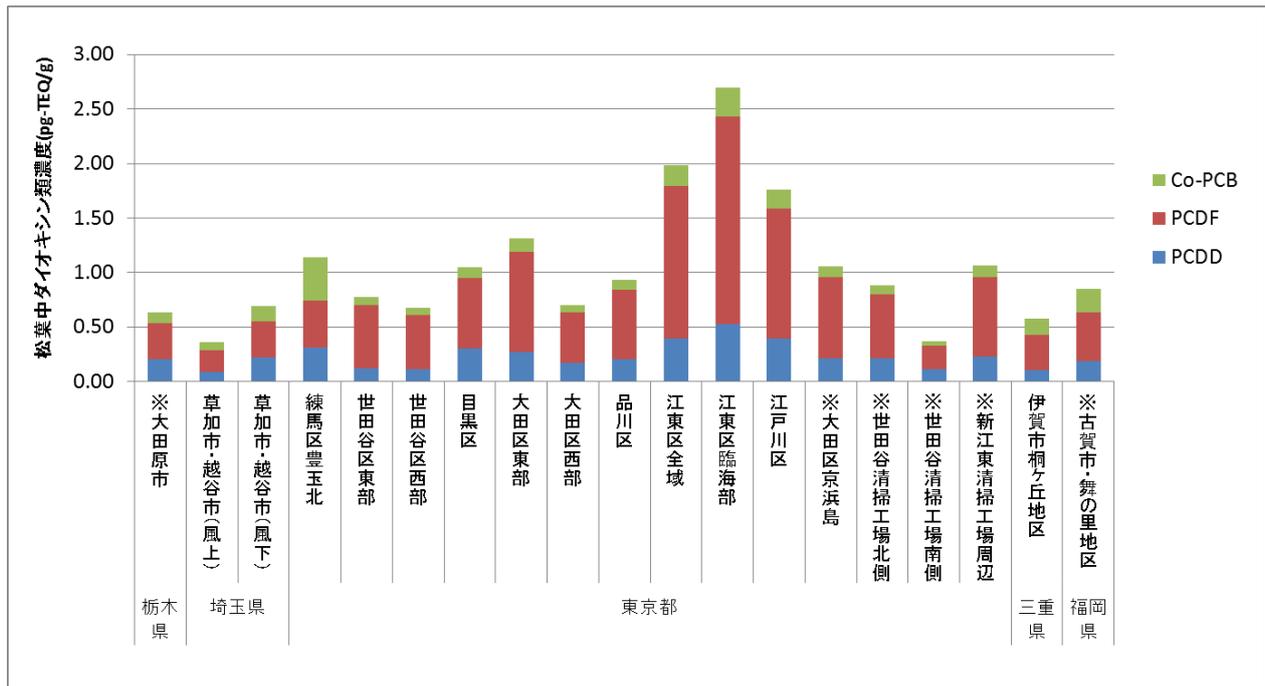


図 1-1 2015 年度 松葉中ダイオキシン類濃度測定結果

注) Co-PCB については、練馬区豊玉北と世田谷区東部のみが測定値、その他の地域はそれぞれ推定値を記載。

全 19 地域の中で、東京都江東区臨海部の濃度が最も高いことが分かりました。最も低かったのは、東京都世田谷区砧にある世田谷清掃工場の南側と草加市・越谷市の風上地域でした。風上地域とは、2016 年 4 月から本格稼働した東埼玉資源環境組合の第二工場（草加市内に立地）の風上を対象とした稼働前調査です。下図は、2014 年度調査結果を加えたグラフです。2014 年度には PCDD と PCDF の合計濃度は埼玉県寄居町の彩の国資源循環工場敷地内が最も高い濃度となりましたが、2015 年度には東京都江東

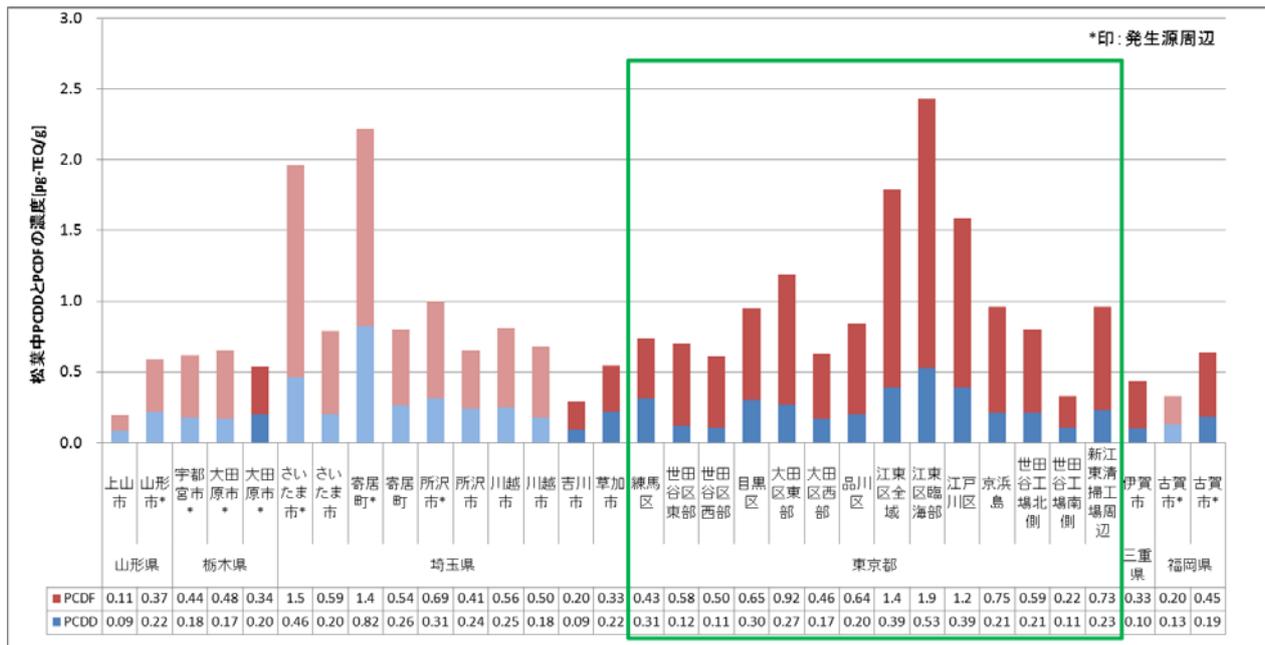


図 1-2 2014 年度及び 2015 年度 松葉中ダイオキシン類濃度測定結果 (PCDD+ PCDF)

区臨海部がそれを上回り、大規模清掃工場が林立する東京都臨海部の汚染の酷さが改めて浮き彫りとなりました。特に世田谷工場の南側が低い理由として、同工場が故障続きで年間 200 日以上も休炉の状態が何年も続いていたことや、2015 年度には風上に位置する練馬工場、杉並工場が建て替え工事で休止していたことも挙げられます。

## 2. 金属類 12 項目

国は最終処分場の延命化を計るため、プラスチック類の廃棄物を焼却処理する方針に転換し、サーマルリサイクルと称して廃棄物焼却による発電を行うことを条件に交付金を出すようになりました。そのため、従来からプラスチックを焼却処理していなかった自治体でも次々に可燃ごみへと変更し、可燃ごみに含まれる廃プラスチック類の混入率は顕著に上昇していきました。容器包装プラスチック類に加えてその他プラスチック類も可燃物として処理されるケースが増え、焼却条件は悪化していきましたが、一方で、焼却炉の排ガス規制は従来のまま見直されることがなく、僅か5項目（①ばいじん、②硫黄酸化物、③窒素酸化物、④塩素・塩化水素、⑤ダイオキシン類）が規制されているに過ぎません。それに対して、EU では、1990 年代半ばから焼却炉の排ガスに対する規制を強化し、12 項目の金属類を規制しています。金属類のガス状物質・粒子状物質、蒸気中濃度も規制の対象となっていました。

そこで、ERI では、2006 年度に松葉を用いた有害金属類のパイロット調査に着手し、これまでに全国各地の松葉中金属類濃度を測定してきました。

2015 年度は、栃木県大田原市を除く 18 地域で金属類の測定を行いました。対象とした金属類は、EU が規制している 12 項目です。そのうち、銅 (Cu)、マンガン (Mn)、ニッケル (Ni) の三項目は松など植物にとっての必須栄養元素であるため評価から外し、残りの 9 項目の微量金属元素について比較してみます。

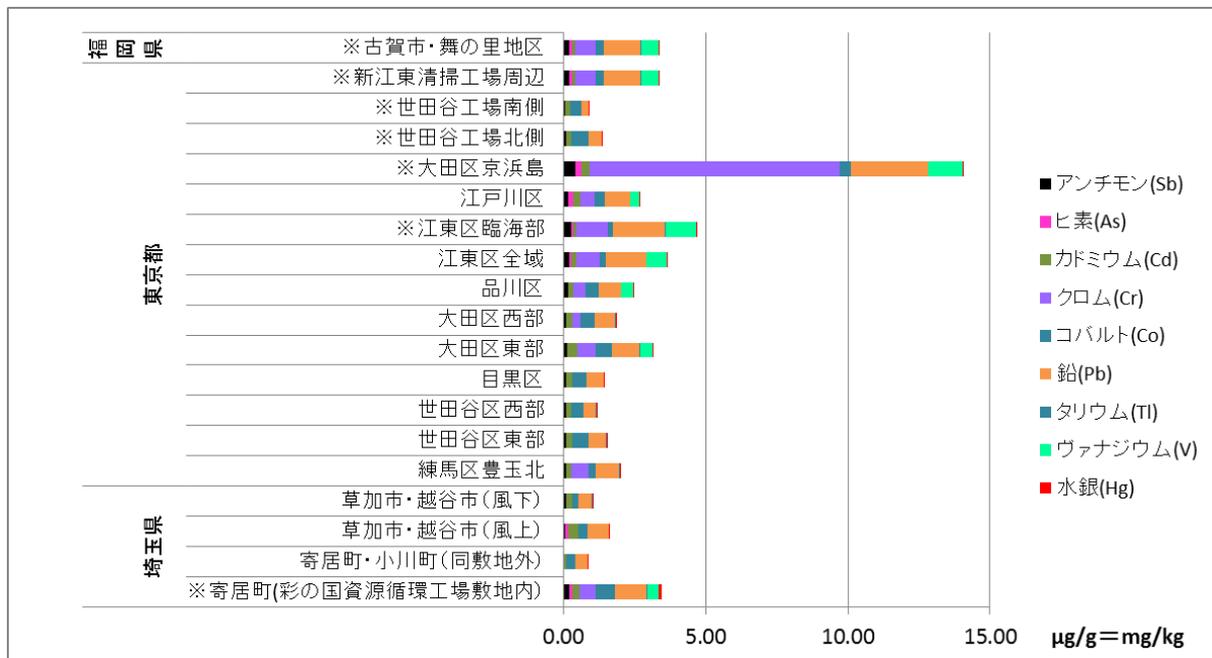


図 2-1 松に含まれる金属元素濃度の比較 (Cu, Mn, Ni を除く合計濃度)

図より、合計濃度では、東京都大田区京浜島が他の地域を大きく凌ぐ高い濃度となりました。京浜島は大田区内の中小製造業が多数移転しており、島内には大田清掃工場が稼働しています。ただし、羽田空港が近いことから、大田清掃工場の煙突は 49m と 23 区内で最も低い煙突となっています。

ダイオキシン類の濃度が低かった世田谷工場周辺地域や草加市・越谷市の清掃工場稼働前風下エリアなどが非金属類についても低い濃度となっていることが分かりました。次に、9項目の濃度構成を比較してみました。

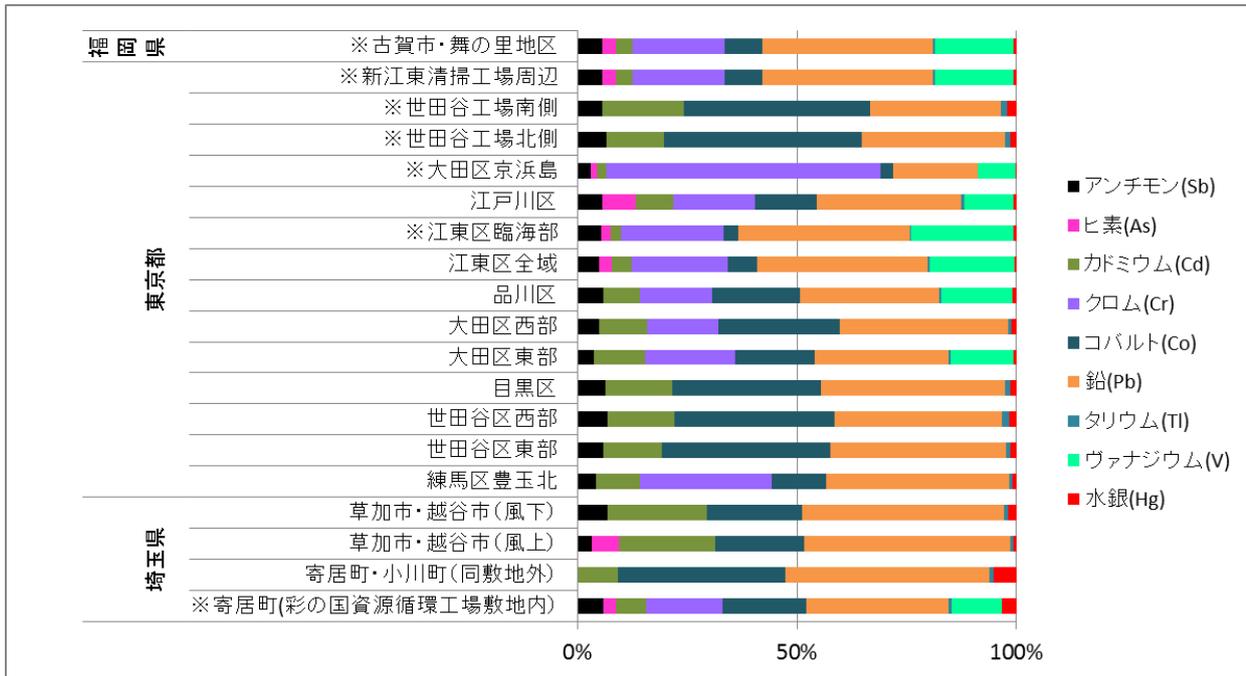


図 2-2 松に含まれる金属元素濃度の濃度構成比比較 (Cu, Mn, Ni を除く)

構成比を見ると、鉛とコバルトの割合が大きい地域が多く見られます。また、23区内では目黒区と世田谷区においては、クロムが不検出 (ND) であったのに対して、その他の地域では比較的多く検出されています。また、ヴァナジウムもクロムと同様に、西部地域の目黒区・世田谷区では不検出であるのに対して、東部地域の江東区・江戸川区では検出されています。その他、古賀市舞の里や新江東清掃工場周辺、また、埼玉県寄居町の彩の国資源循環工場敷地内といった発生源周辺エリアではヴァナジウムが検出されています。

町に植えられている松の針葉に吸収・蓄積されているこれらの金属元素類は、その多くが大気経路で葉の気孔から組織に取り込まれることから、私たち人間も呼吸によって体内に摂取している可能性が示唆されます。次に、12項目の金属類ごとのグラフを以下に示します。

松の針葉を生物指標とした重金属類の調査は、これまでの調査から、以下のことが明らかになっていますが、植物の生理メカニズムや土壤汚染との関係からまだ解明すべき点も多く、評価が難しいことも事実です。

- ◆継続調査を行っている地域の中で、明らかに上昇傾向を示した地域は、廃プラ焼却やごみ発電 (サーマルリサイクル) を始めた焼却炉周辺地域だった。対照地域の試料と比較しても高い傾向を示した。
- ◆これらの地域では、他に大規模な発生源もなく、影響が顕著に出やすい。
- ◆松葉に蓄積されているということは、気相化した金属元素が気孔から吸収されている可能性を示唆している。
- ◆廃棄物焼却炉や溶融炉の排ガスにはダイオキシン類以外にも多様な未規制物質が含まれていることを市民レベルで理解する上で有効な調査となる可能性がある。

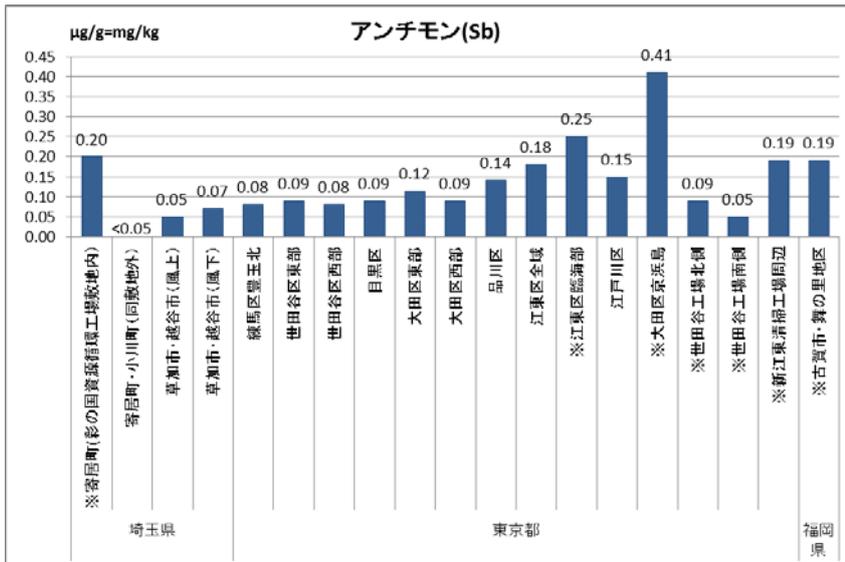


図 2-2 アンチモン (Sb)

アンチモンは、難燃剤として繊維製品やプラスチック製品に多く用いられています。

測定した地域の中で最も高濃度となったのは大田区京浜島で 0.41mg/kg でした。江東区臨海部、埼玉県寄居町彩の国資源循環工場敷地内、新江東清掃工場周辺（江東区）、古賀市舞の里地区と続き、比較的高濃度となったのはいずれも大規模清掃工場周辺や産業廃棄物処理施設近傍でした。

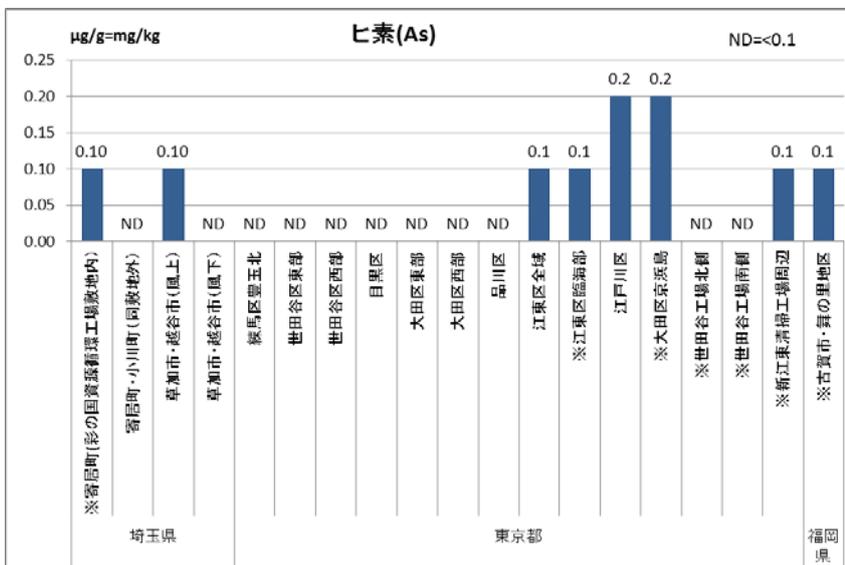


図 2-3 ヒ素 (As)

これまでの調査でも、松葉からヒ素が検出されるのは希なケースです。2015 年度の調査では、江戸川区、大田区京浜島で 0.2mg/kg が検出されるなど、検出された地域はいずれも、発生源が集中する地域や発生源周辺地域となりました。23 区内の練馬、世田谷、目黒、大田などの住宅地域では、不検出、また、長期に亘って工場が休止していた世田谷工場周辺も不検出となりました。

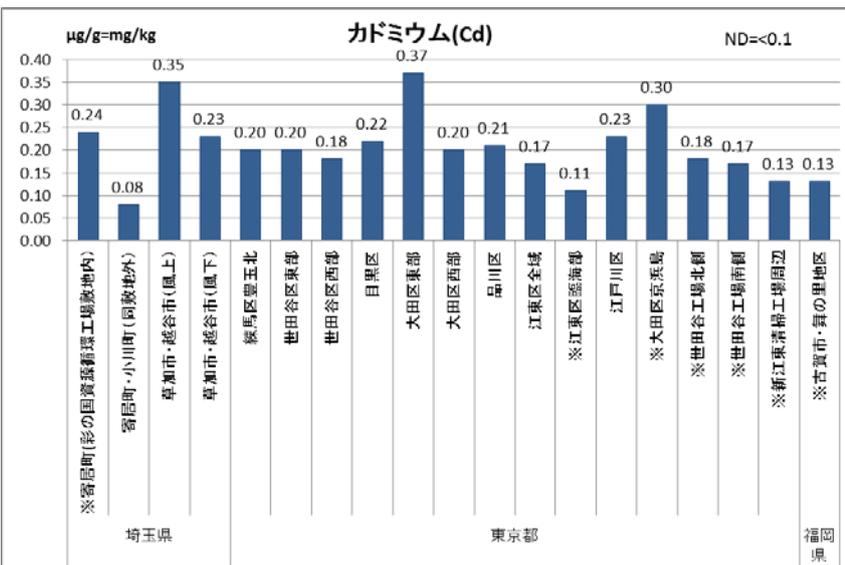


図 2-4 カドミウム (Cd)

カドミウムは全地域で検出されました。0.3mg/kg を超える濃度が検出されたのは、草加市・越谷市の風上エリア、大田区東部（海側）、大田区京浜島の 3 地域となりました。

ダイオキシン類が高い濃度となった江東区臨海部ではカドミウム濃度は低く、その理由については今後検証していく必要があります。

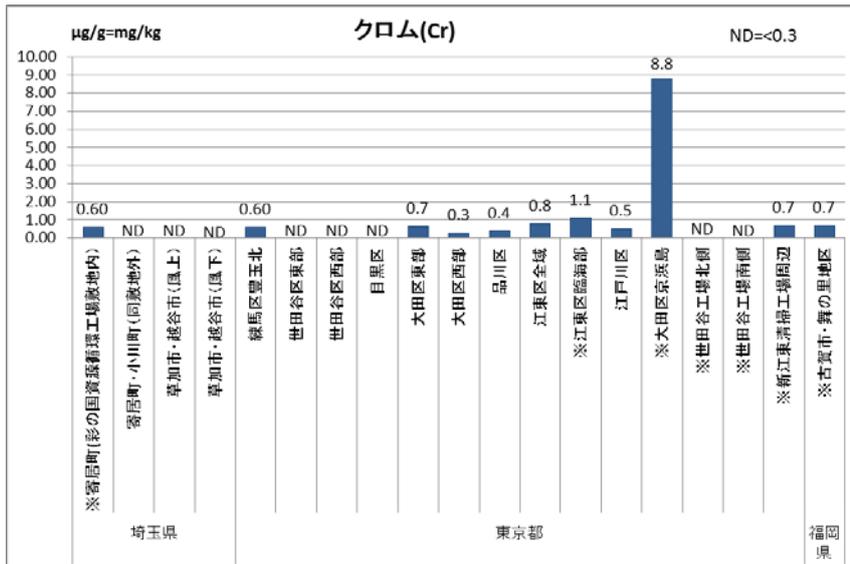


図 2-5 クロム (Cr)

クロムも、ヒ素と同様に、松葉中に検出されるケースは他の金属に比べて少ない金属の一つです。

今回の調査では、大田区京浜島が 8.8mg/kg と他に比べて著しく高く、突出していました。その他、1.0mg/kg 前後の濃度が検出された地域を見ると、いずれも、清掃工場近傍や周辺地域であることがわかります。ただ、練馬区や大田区、品川区、江戸川区などでも検出されており、広域的・複合的な影響も考えられます。

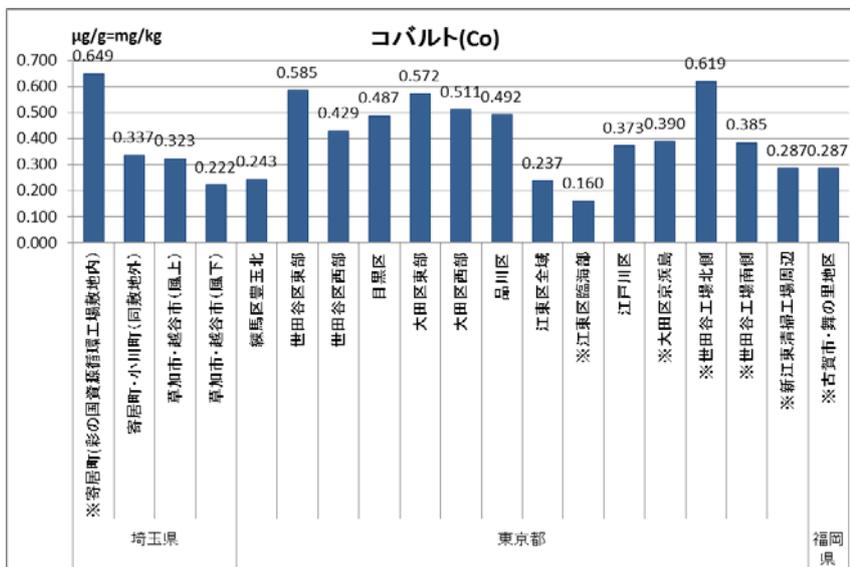


図 2-6 コバルト (Co)

コバルトは、全地域で検出されています。0.5mg/kg 以上の濃度が検出されたのは、世田谷区、大田区、寄居町（彩の国資源循環工場敷地内）などとなり、発生源周辺以外でも高濃度となっています。コバルトは合金として航空産業にも使用され、また、顔料として産業用に使用されています。

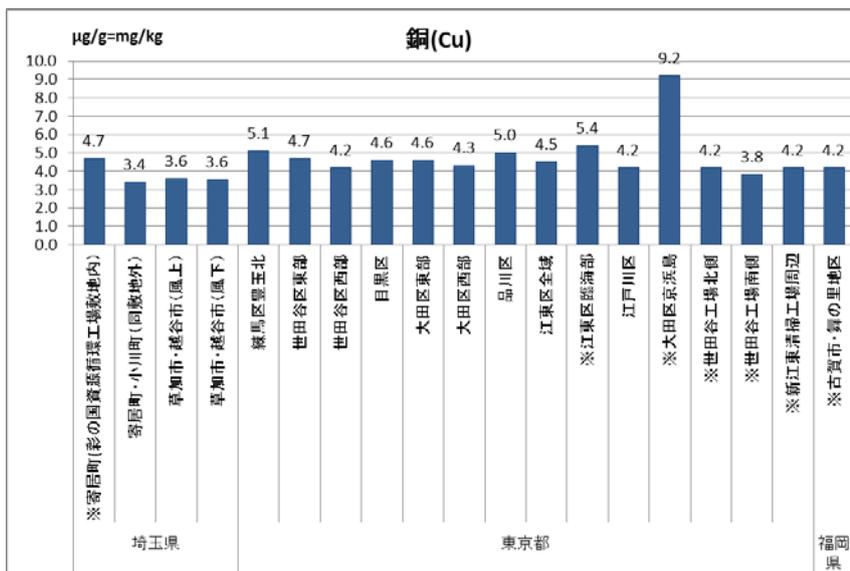


図 2-7 銅 (Cu)

銅は、植物にとっての必須栄養元素の一つとされています。調査結果を見ると、大田区京浜島を除き、各地域ともほぼ同じレベルの濃度であることがわかります。

松葉中の銅の濃度が高いことがどのような意味をもつのか、さらに調査研究を進める必要があります。

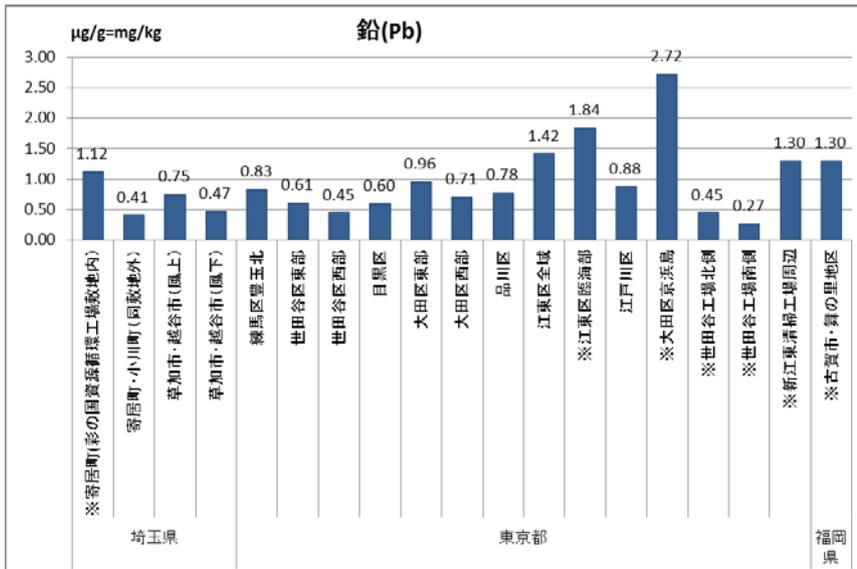


図 2-8 鉛 (Pb)

鉛の濃度には地域差がみられ、大田区京浜島が最も高濃度で 2.7mg/kg、最も低かったのは、世田谷工場南側の 0.27mg/kg に対して 10 倍の濃度となりました。1.0mg/kg を超える濃度となったのは、古賀市、新江東清掃工場周辺、江東区臨海部、江東区全域、寄居町彩の国資源循環工場敷地内などで焼却炉周辺地域が高濃度となりました。

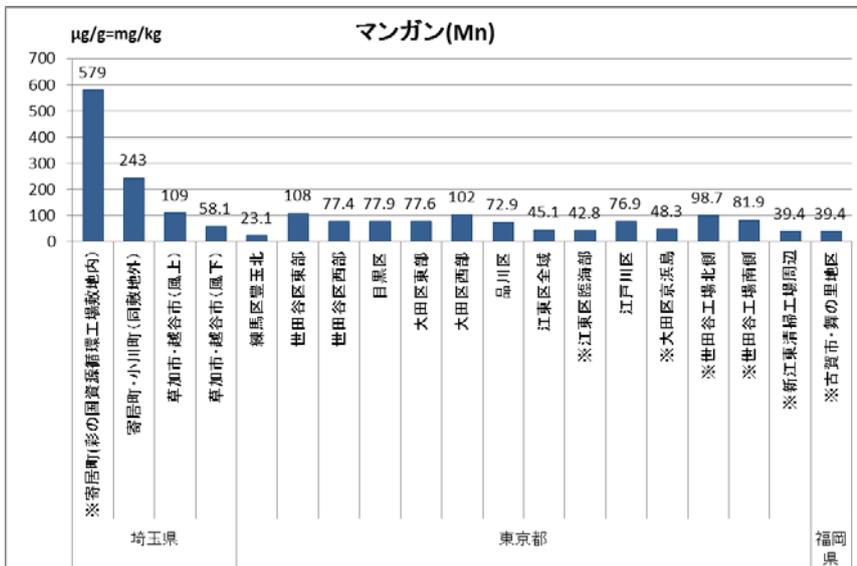


図 2-9 マンガン (Mn)

マンガンは、銅、ニッケルと並び、植物の必須元素であり、地球上に多く存在する元素です。今回の調査では、寄居町の彩の国資源循環工場敷地内が突出して高濃度となり次いでその敷地外となりました。一方、練馬区のサンプルは寄居町の 1/10 以下と濃度が低くなっています。植物にとっての適正濃度については知見がありませんが、今後の課題です。

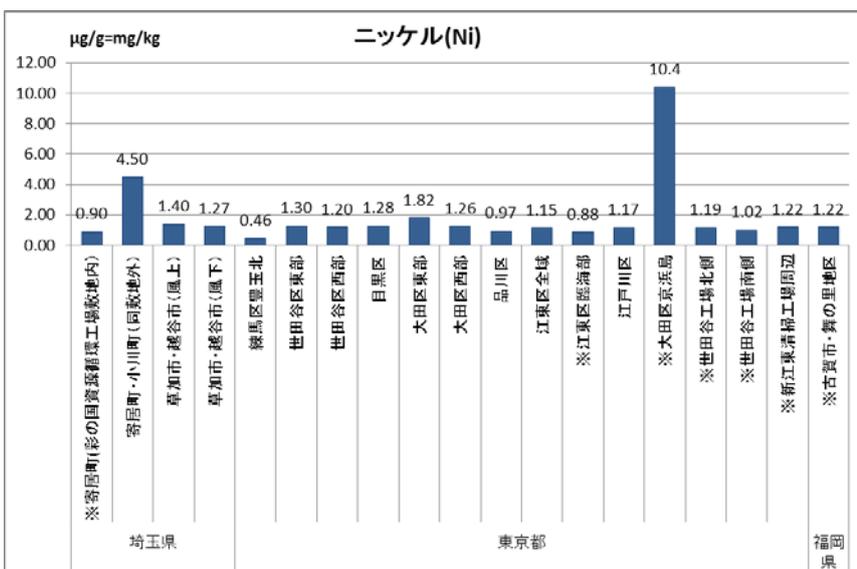


図 2-10 ニッケル (Ni)

ニッケルも必須元素の一つです。多くの地点で 1.0mg/kg 前後の濃度であるのに対して、大田区京浜島は 10.4mg/kg と高く、次いで寄居町の敷地外が 4.50mg/kg となりました。

植物にとっての必須元素ではありますが、マンガン、ニッケルは有害大気汚染物質であり、銅も該当する可能性がある物質とされています。

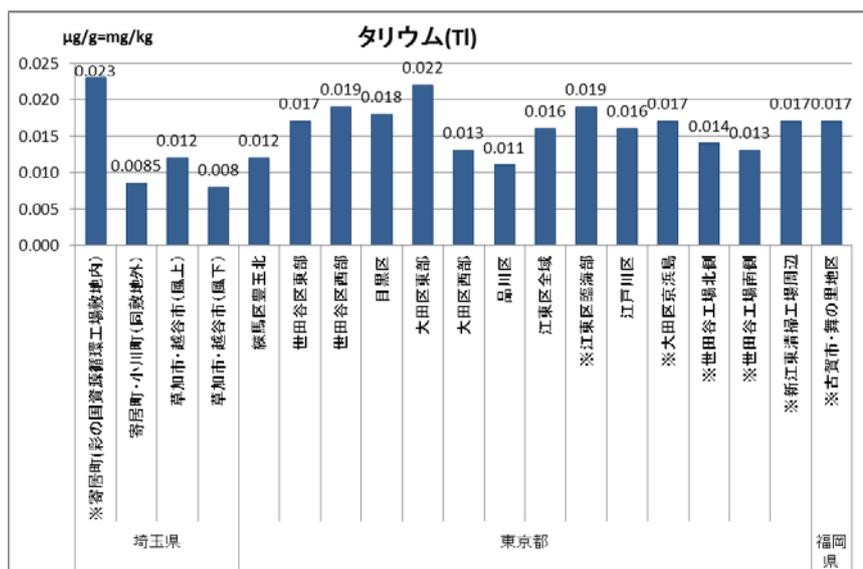


図 2-11 タリウム (Ta)

タリウムは、全地点で検出されています。寄居町の彩の国資源循環工場周辺地域や草加市・越谷市が 0.01mg/kg 以下と低くなっていますが、発生源との関係はあまり明確となっていません。

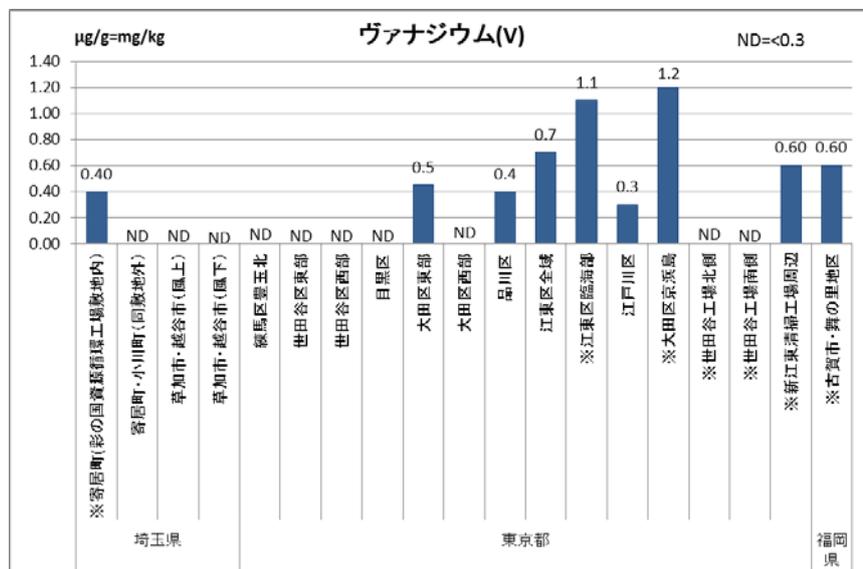


図 2-12 ヴァナジウム (V)

ヴァナジウムは、10 地域が不検出となり、9 地域で検出されました。世田谷工場周辺は工場が休炉していた時期が長いことを考慮すると、発生源が集中しているところで検出されている傾向が見られます。

練馬区、世田谷区、目黒区、大田区西部などの住宅地では不検出となっています。

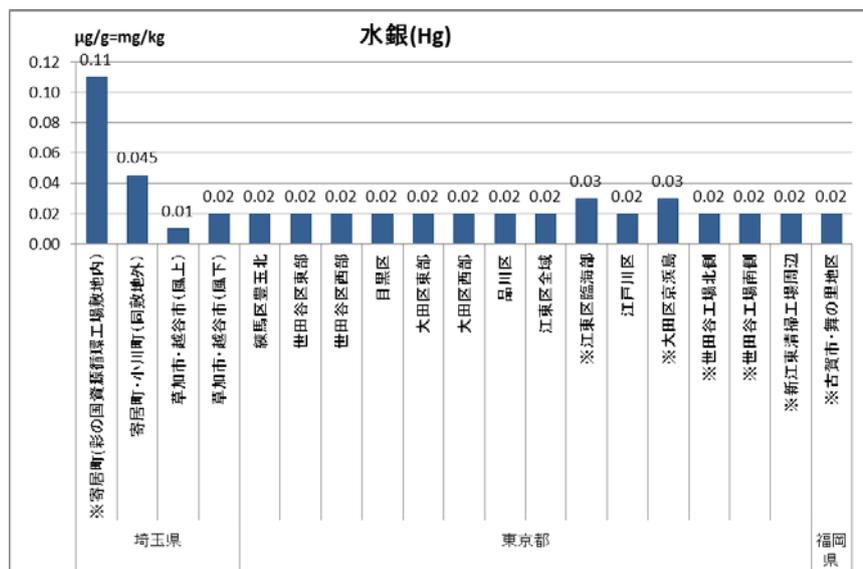


図 2-13 水銀 (Hg)

水銀については、東京 23 区が廃プラ混合焼却開始後、2012 年度の調査において全地域で濃度が上昇し危惧されましたが、2015 年度の調査では江東区臨海部と大田区京浜島を除いて濃度の上昇は収まりを見せ一安心です。

ただ、埼玉県寄居町の彩の国資源循環工場敷地内は依然として高濃度の状態が続いています。地形の影響も考えられます。

### 3. PAH 類（多環芳香族炭化水素類）

#### ●概要

PAHs は polycyclic aromatic hydrocarbon の略であり、日本語では多環芳香族炭化水素と呼ばれます。PAH としては、ナフタレン、アントラセン、フェナントレン、ピレンを始めとする 150 種類以上の化合物があります。PAH は様々な石油化学製品に含まれます。例を挙げると、プラスチック、ゴム、原油、油脂、錆止め油、離形剤、鋳物油及びタール、さらに殺虫剤、炭、殺菌剤、虫よけ剤など日常の化学薬品などがあります。

主に、タール、原油、石油に含まれており、ゴム、可塑剤、プラスチックの着色顔料に用いられています。油や石炭、乾留液（タール）の沈殿物、化石燃料やバイオマス燃料の燃焼の副生成物、焼き肉のように加熱処理した食物で見られます。

環境中に存在する PAH は主として有機物の不完全燃焼による産物であり、ディーゼル車や暖房施設などの燃焼機関において熱分解され、それらが化学変化を繰り返すことにより生成すると考えられています。このような燃焼由来の一次発生源より放出された PAH は、その蒸気圧によりガス状物質、粒子状物質に分かれて大気中に拡散します。

#### ●毒性

多環芳香族炭化水素のいくつかは発癌性、変異原、催奇形物質であることが確認されています。毒性の強さは、ダイオキシン類同様に、異性体や環の数に依存します。多環芳香族炭化水素の一つ、ベンゾ[a]ピレンは初めて発癌性が見つかったことで有名です。アメリカ合衆国環境保護庁は 18 種類を規制しており、そのうち、7 種（ベンゾ[a]アントラセン、ベンゾ[a]ピレン、ベンゾ[b]フルオランテン、ベンゾ[k]フルオランテン、クリセン、ジベンズ[a,h]アントラセン、インデノ[1,2,3-cd]ピレン）を発癌性物質に分類しています。発癌性、変異原、催奇形物質であることが知られているものには、ベンゾ[a]アントラセン、クリセン、ベンゾ[b]フルオランテン、ベンゾ[j]フルオランテン、ベンゾ[k]フルオランテン、ベンゾ[a]ピレン、ベンゾ[ghi]ペリレン、コロネン、ジベンズ[a,h]アントラセン、インデノ[1,2,3-cd]ピレン、オバレンがあります。近年、塩素化・臭素化といったハロゲン化した PAH 類や高い濃度の硝酸などと反応してニトロ化した PAH 類の毒性が特に問題となっています。

#### ●結果

2015 年度の松葉調査では、古賀市舞の里地区、東京 23 区内 4 地域において調査を行いました。古賀市舞の里地区は、古賀市清掃工場（ガス化溶融炉）周辺の住宅地で継続的に 2006 年度から毎年継続調査を行っています。

一方、東京 23 区内南エリア（目黒区・世田谷区・大田区・品川区・江東区・江戸川区）については、廃プラ焼却開始前と後の調査を 10 年にわたって実施していますが、PAH 類については、ダイオキシン類濃度の結果を踏まえ、目黒区・世田谷区を低濃度想定地域、大田区・品川区を中程度想定地域、江東区・江戸川区を高濃度想定地域と 3 つに区分し松葉をブレンドしてサンプルとしました。また、23 区北部のサンプルとして練馬区豊玉北の池田宅の松を試料としました。他地区の松葉がブレンドであるのに対し、池田宅の松は固有の松（特定の 1 本の松から採取した松葉）であることに注意が必要です。

表 3-1 松葉に含まれる PAHs 測定結果（単位：ng/g）

測定項目 (PAHs)	福岡県	東京23区内			
	古賀市	目黒・世田谷	大田・品川	江東・江戸川	練馬区
アセナフテン	3.8	11	13	4.5	0.62
アセナフチレン	2.7	3.5	6.1	5	1.1
アントラセン	3.4	3.6	6.7	7.3	1.9
ベンゾ(a)アントラセン	1.4	1.2	3.6	2.7	1.4
ベンゾ(a)ピレン、ベンツピレン	1.2	1.1	5.4	3	3.8
ベンゾ(b)フルオランテン	3.4	3.5	8.4	7.5	6.3
ベンゾ(g,h,i)ペリレン	1.3	2.1	4	4.5	5.0
ベンゾ(k)フルオランテン	1.3	0.8	3.7	2.6	1.6
クリセン	11	11	24	28	20
ジベンゾ(a,h)アントラセン	0.25	0.25	0.25	0.25	5.0
フルオランテン	24	25	49	66	47
フルオレン	22	23	35	39	5.8
インデノ(1,2,3-cd)ピレン	0.25	1.3	2	2.3	5.0
ナフタレン	9.8	74	88	87	3.3
フェナントレン	69	65	110	150	89
ピレン	16	16	34	36	51
合計濃度	171	242	393	446	248

注) 測定結果が不検出 (ND) となった項目については、定量下限値の 1/2 を計上。(黄色セル)

上記の測定結果について、以下の視点からグラフを作成し比較を行います。

- ①測定を行った 16 項目の PAH の合計濃度について各地域を比較
- ②物質ごとの濃度比較
- ③最も発癌性が高いとされるベンゾ(a)ピレンの濃度の比較
- ④発癌性物質とされている 7 項目の合計濃度の比較
- ⑤発癌性、変異原性、催奇形性が指摘されている 7 項目の合計濃度の比較

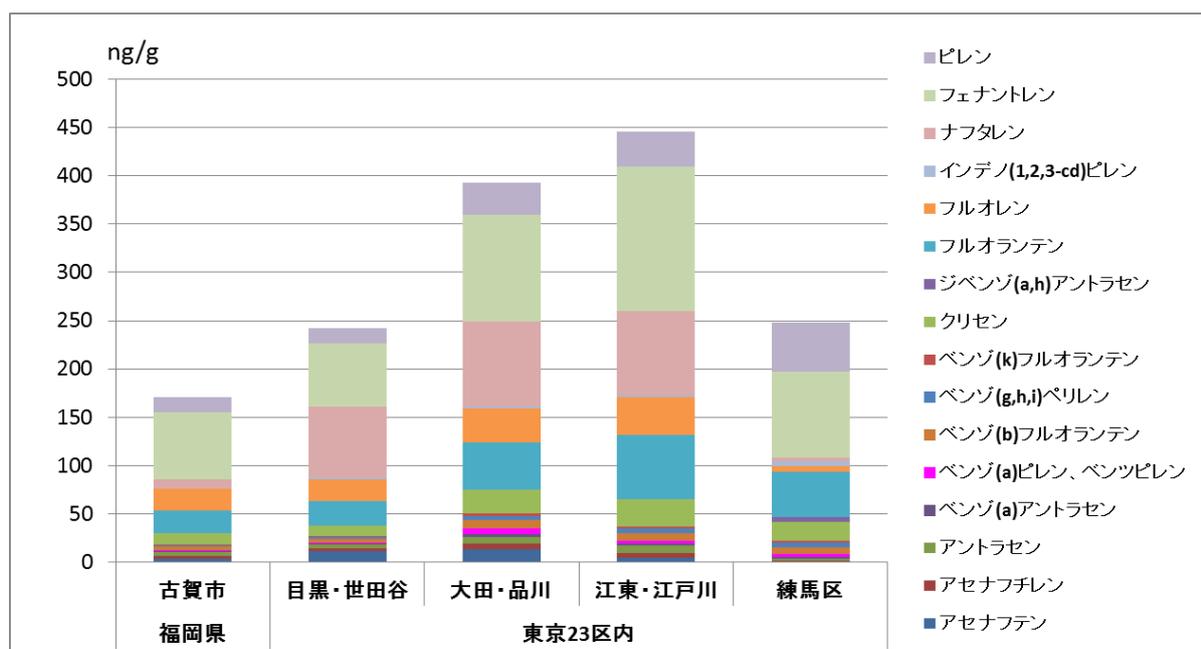


図 3-1 16 項目の PAH の合計濃度について各地域

注) 不検出については、定量下限値の 1/2 を計上

東京 23 区南エリアでは、他物質の結果塔から想定された通り、目黒・世田谷が低く、次いで大田・品川、そして江東・江戸川が最も高くなりました。それに対して、23 区北部に位置する練馬区は目黒・世田谷と同程度でしたが、汚染物質の構成がやや南部エリアとは異なっていました。一方、福岡県古賀市は東京 23 区よりは低く、濃度構成も異なっていることが分かりました。

次に、項目ごとの地域差を見てみることにします。

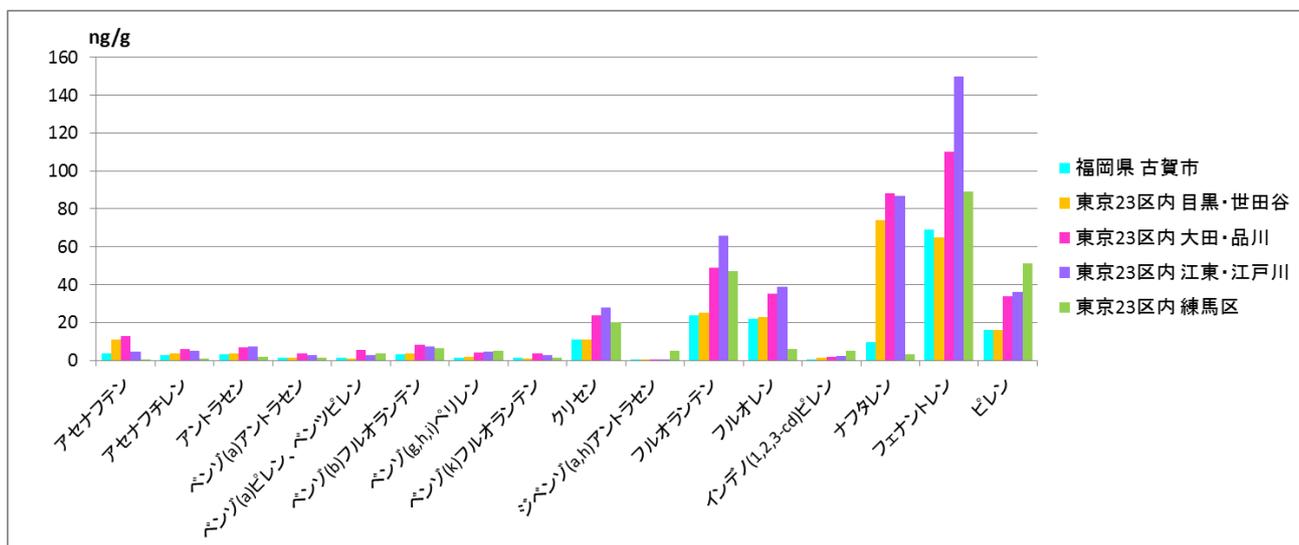


図 3-2 PAHs 項目別、地域別比較 (ND の場合には定量下限値の 1/2 を計上)

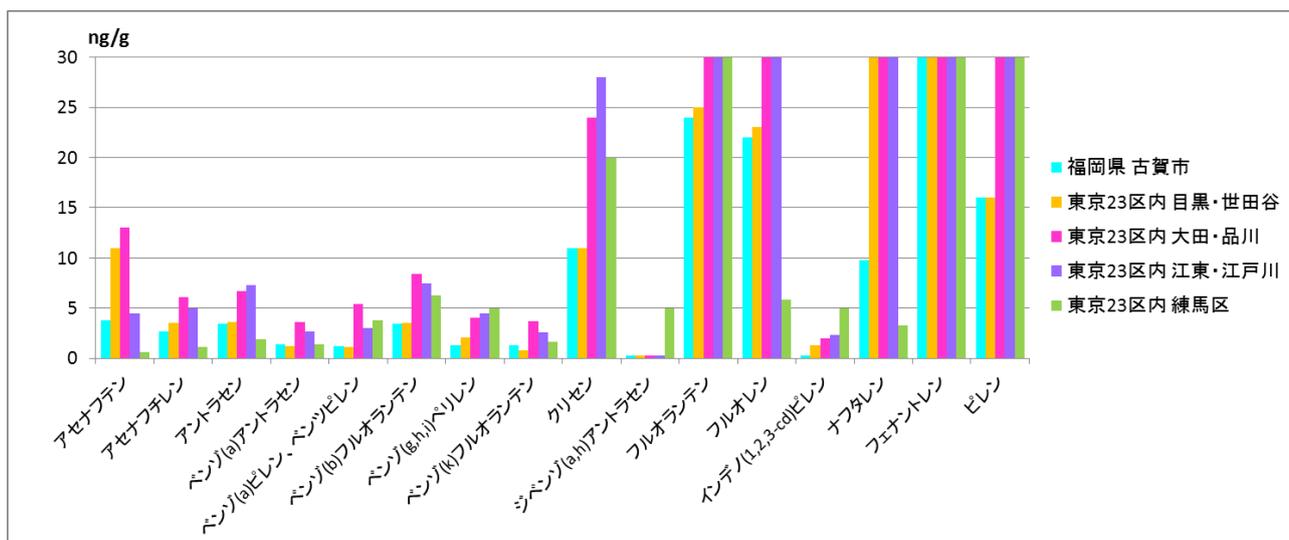


図 3-3 PAHs 項目別、地域別比較 (ND の場合には定量下限値の 1/2 を計上) : 拡大図

図より、東京 23 区内においては、高濃度想定地域の江東区・江戸川区が最も高い項目が 5 項目、中程度想定地域の大田区・品川区が高い項目 6 項目となっていることが分かります。また、都内南部エリアで高い項目が練馬区では低かったり、都内では高いナフタレンが福岡県は比較的低かったりと地域差があることも分かります。

PAHs の発生源としては、移動発生源 (自動車排ガス) や焼却炉以外の固定発生源 (他発電所や製造業、ボイラーなど) も考えられるため複合的な発生源の影響をうけていると考えられます。地域の産業の特徴や交通状況なども考慮して評価する必要があります。

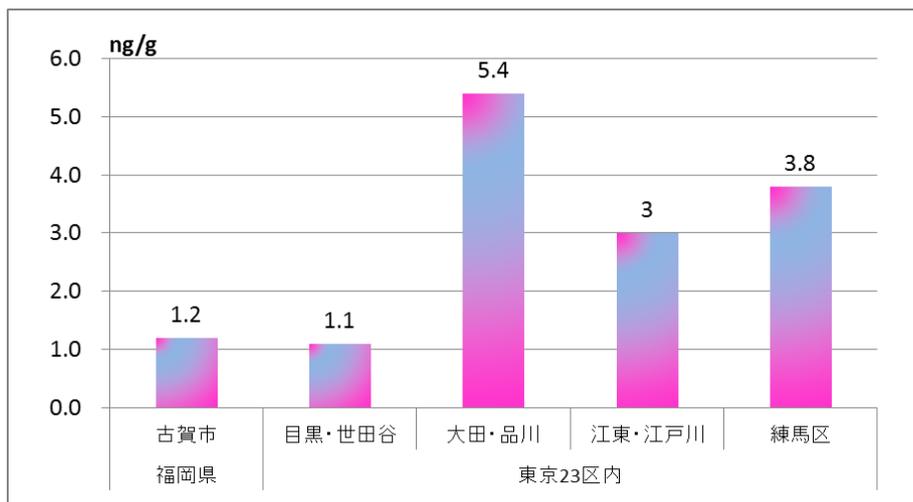


図 3-4 ベンゾ(a)ピレン濃度の地域別比較

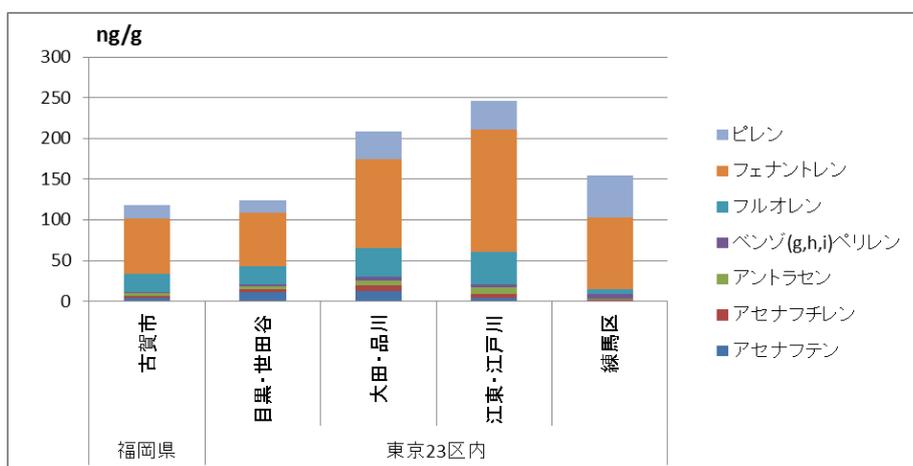


図 3-5 発癌性物質とされる7項目の合計濃度による比較

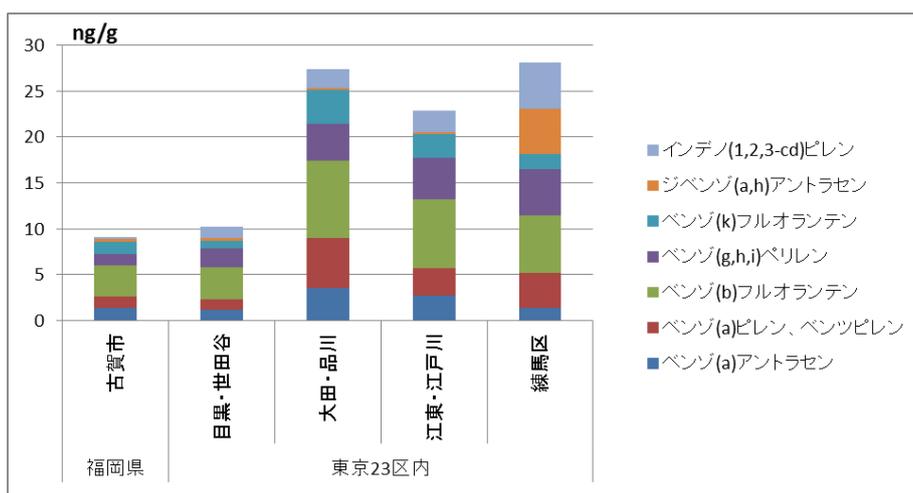


図 3-6 発癌性・変異原性・催奇形性が指摘される7項目の合計濃度による比較

ここでも、練馬区とその他の都内の地域とは構成が異なっており、練馬区ではジベンゾ (a,h) アントラセンが他地域に比べて高く全体の濃度を押し上げています。

PAH 類の中でもベンゾ(a)ピレンは最も発癌性のリスクが高い物質とされています。行政による大気中濃度の測定も行われています。

これについては、合計濃度と異なり、都内の大田・品川エリアが最も高濃度となり、次いで練馬区、福岡県古賀市と目黒・世田谷は同程度となりました。

アメリカ環境保護局 (EPA) が規制する 18 項目の内、発癌性物質として分類している 7 項目についてみると、ほぼ合計濃度と同じ傾向を示しました。23 区南エリアは東側ほど濃度が高く、北部の練馬区は目黒・世田谷よりやや高い傾向です。古賀市は目黒・世田谷と同程度となっています。

構成比を見ると、練馬区はフルオレンの濃度が低いことが分かります。

次に、発癌性だけでなく、変異原性や催奇形性が指摘されている 7 項目の合計濃度を見ると、練馬区が高くなりました。次いで、大田・品川、江東・江戸川となり、23 区内は目黒・世田谷がやや低めですが総じて高い傾向となっています。大規模な発生源が集中していることや、自動車からの影響も考えられます。

## 4. PBDEs (ポリ・臭素化・ジフェニル・エーテル類 : Poly brominated diphenyl ether)

### ●概要

PBDE は、広く難燃剤として様々な製品（プラスチック製品、繊維製品、電線類、自動車等）に使用されています。商業用 PBDE として3種類（ペンタ-BDE 類、オクタ-BDE 類、デカ-BDE）が使われてきましたが、ペンタ-BDE 類（5 臭素化）及びオクタ-BDE 類（8 臭素化）の製造及び輸入は 2004 年以降なくなり、現在は、デカ-BDE（10 臭素化）のみが使用されています。2000 年当初は、年間 2,000～3,000 トンが製造輸入され、使用されていましたが、2014 年には年間 1,000 トン程度まで使用量が減少してきています。ただ、PBDE を含む製品は長く使用されるため、過去に使用された物質がまだ多く環境中に存在しています。

### ●毒性

人体（母乳中など）並びに環境中にはこれらの PBDE の異性体が依然として混在していることが明らかになっており、一部の報告によれば、濃度は上昇傾向にあるとされています。過去に使用されたペンタ-BDE 及びオクタ-BDE 類を含む輸入製品が人体及び環境中の PBDE の原因と見られています。また、現在も製造・使用されているデカ-BDE が、脱臭素化や臭素元素の物理的また代謝の過程で、より毒性が強く、生物濃縮の強い低臭素化（臭素の数が少ない化合物）の PBDE 異性体に変化している可能性があり、それらの変化した異性体への曝露によるリスクは一層高まっていると考えられています。

現在も使用されているデカ-BDE は、急性毒性・慢性毒性が低く、変異原性や発がん性も極めて弱いとされていますが、一方で、テトラ-BDE やペンタ-BDE などの低臭素化化合物は、生物蓄積性が高く、ポリ塩化ジフェニル (PCBs) に匹敵する高い蓄積性を示すと言われています。

ラットを用いた動物実験では、ペンタ-BDE とオクタ-BDE には血中の甲状腺ホルモン濃度を低下させる作用があることが報告されています。甲状腺ホルモンは神経発育に重要なホルモンであり、胎児・新生児期におけるこれらの欠乏は深刻な健康影響を及ぼすことがあります。また、新生仔マウスにペンタ-BDE の主成分を大量投与した実験で、回復不能な脳神経機能の障害（学習障害・行動異常）が報告されており、ヒトの場合でも胎児や新生児期における PBDEs の大量曝露によって同様の障害が引き起こされることが懸念されます。

また、PBDE 類は、ほ乳類、鳥類、魚類、無脊椎動物類に対する生態毒性を有していると考えられています。人体への曝露レベルについて比較してみると、現状では、アメリカでの濃度が高く、ヨーロッパやアジアは低いレベルとされています。ただし、日本国内では十分な監視が行われているとは言えないのが実態です。

### ●結果

環境総合研究所 (ERI) では、PAHs 類と同様に、2005 年度から PBDE の汚染に着目し、松葉による測定監視パイロット調査を行ってきました。古賀市のガス化溶融炉周辺地域の市民グループは、早い段階から継続調査を行っています。2015 年度の松葉調査では、PAHs 同様、福岡県古賀市と東京 23 区内の 4 地域について PBDEs の調査を行いました。

まず、2005 年度のパイロット調査の結果を見て頂き、続いて、2015 年度の結果をご紹介します。

難燃剤を添加した製品を焼却処理した場合には煙突から排出される可能性があることから、ERI では、2005年に松葉を生物指標として大気中のPBDEの測定を試みました。現在、製品としてのPBDEは毒性が低いとされる10臭素化ジフェニル・エーテルのみと業界では説明していますが、松葉に蓄積されるPBDEの種類は多く、毒性の強い4臭素化や5臭素化化合物が多く含まれていることがわかりました。

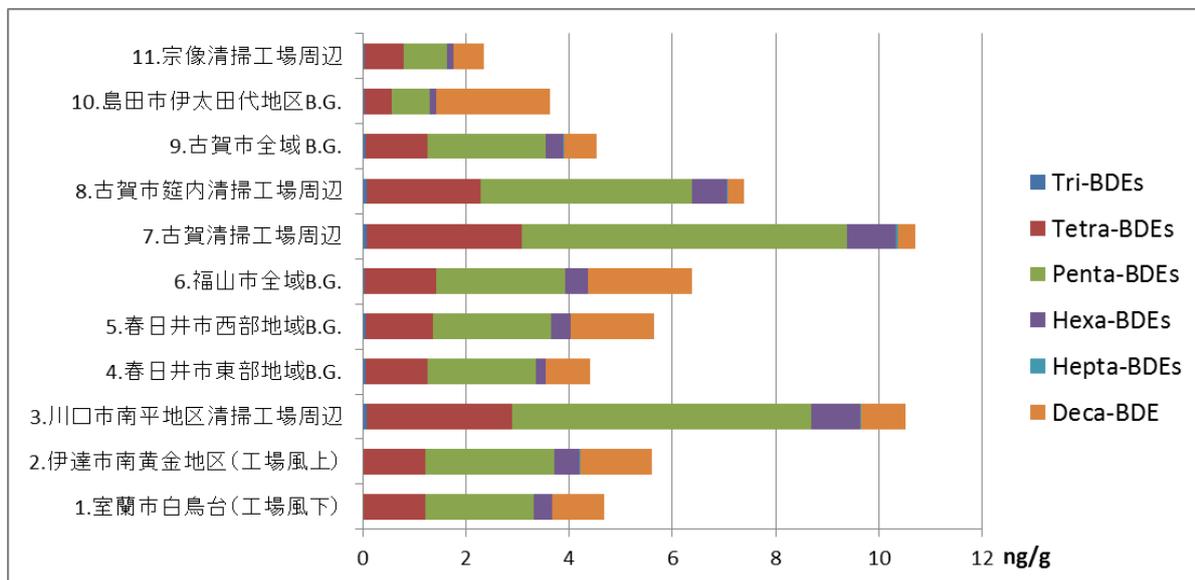


図 4-1: 松葉に含まれる地域別 PBDE の異性体別濃度合計 (3 臭素化～10 臭素化化合物)

出典: ERI による 2005 年度のパイロット調査結果報告書より

注) 調査地点のうち、5.春日井市西部、6.東部及び9.古賀市全域は広域平均濃度、その他はガス化溶解炉周辺地域の調査です。

さて、2015 年度の調査結果を見てみましょう。最初は、同族体濃度を合計した PBDE 合計濃度の比較です。地域区分は PAH と同じです。図 4-2 と比較して、図 4-1 に示した 2005 年の古賀市や川口市は 1 万 pg/g (10ng/g) 超の高い濃度であったことが分かります。(図 4-1 は単位が ng/g であることに注意)

表 4-1 2015 年度 同族体別 PBDEs 測定結果 (単位: pg/g)

	福岡県	23区南生活クラブエリア			23区北部
	古賀市	目黒・世田谷	大田・品川	江東・江戸川	練馬
Di: 2臭素化	8.1	36	38	32	22
Tri: 3臭素化	36	117	121	102	116
Tetra: 4臭素化	39	121	145	126	129
Penta: 5臭素化	19	34	43	40	48
Hexa: 6臭素化	6.4	10	13	13	10
Hepta: 7臭素化	4.3	12	17	16	8.5
Octa: 8臭素化	9.00	30	36	28	35
Nona: 9臭素化	226	850	932	923	1091
Deca: 10臭素化	904	4,990	5,210	6,090	4,320
Total: 合計	1,252	6,201	6,556	7,370	5,780

低濃度想定地域: 目黒区・世田谷区

中程度想定地域: 大田区・品川区

高濃度想定地域: 江東区・江戸川区

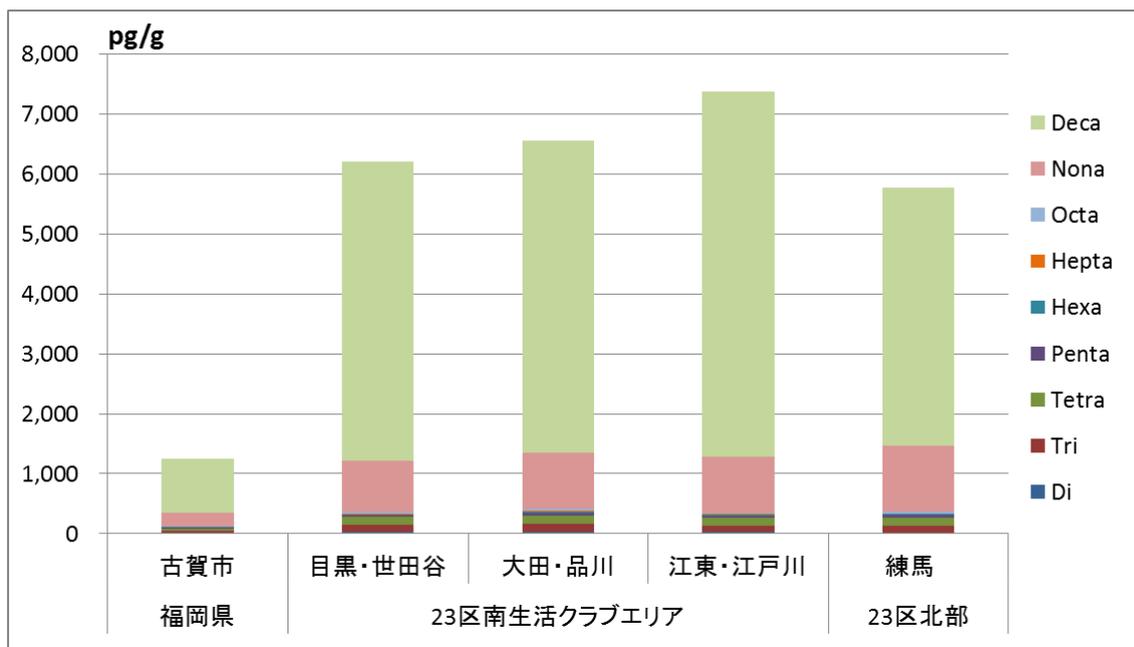


図 4-1 : 2015 年度 地域別 PBDEs 合計濃度の比較

結果は、PAHs ほど差が大きくありませんが、東京都 23 区の南部エリアは想定通り、低濃度地域（目黒・世田谷）、中程度（大田・品川）、高濃度（江東・江戸川）の順となり、北部の練馬は目黒・世田谷よりやや低く、福岡県古賀市は都内の 1 / 6 ~ 1 / 7 の低い濃度であることが分かりました。ちなみに、古賀市の経年変化（分析機関が同じ 2012 年度以降）を見ると、下図の通り、年々改善傾向にあることが分かります。

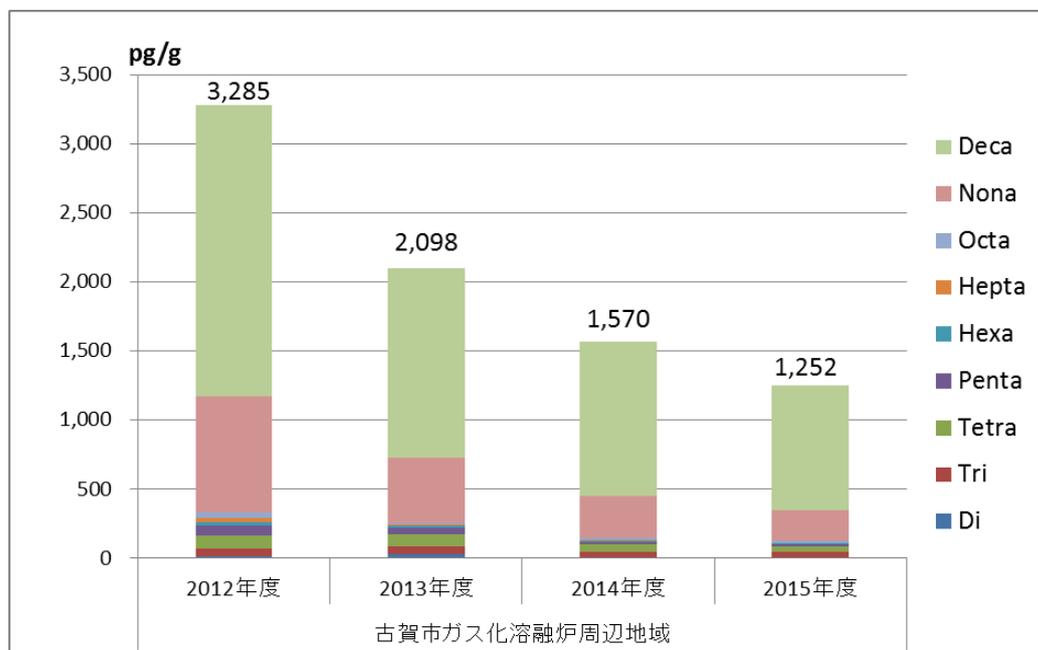


図 4-2 : 古賀市ガス化溶解炉周辺地域における PBDEs の経年変化 (合計濃度)

上記より、いずれの結果も Deca-BDE (10 臭素化化合物) の濃度が高い (割合が大きい) ことがわかります。しかし、本来使用されていないはずの、低臭素化化合物も多く含まれていました。

同族体の構成比を見ると、合計濃度の8割ほどがDeca-BDE（10臭素化）であり、Nona-BDE（9臭素化）を含めると90%~95%を占めていることが分かります。

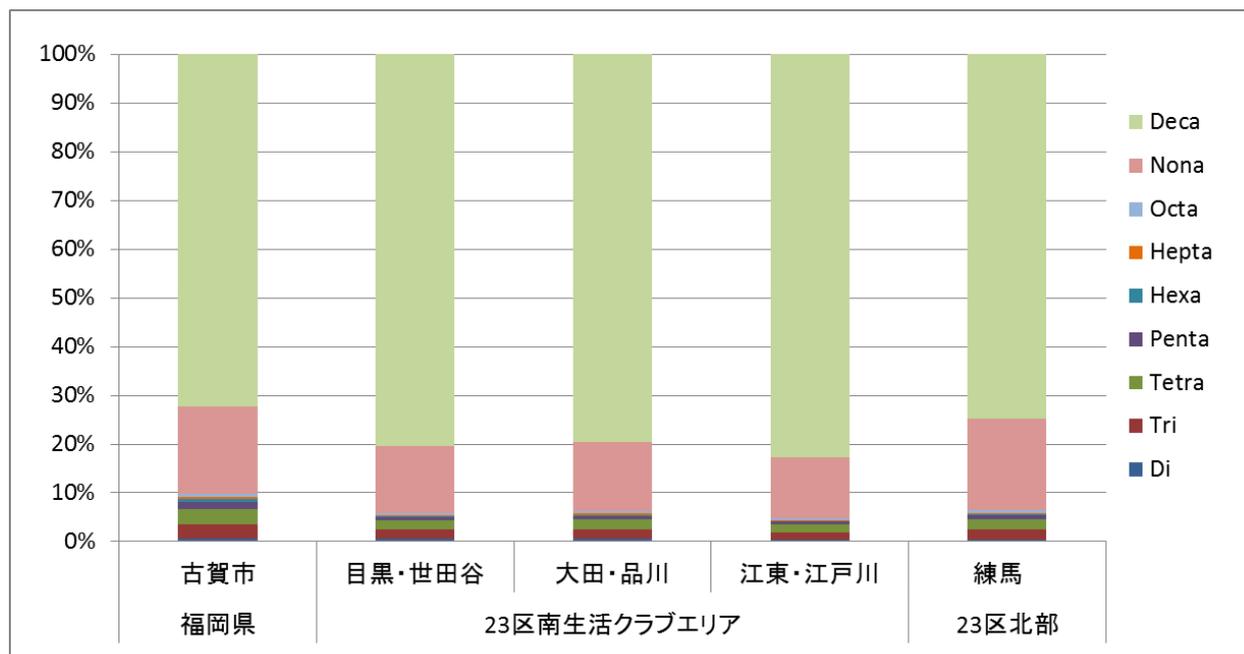


図 4-3：地域別・同族体別 構成比の比較

次に、Deca（10臭素化）とNona（9臭素化）を除いた、同族体の濃度について見てみます。同族体の中では、Octa-BDE（8臭素化）やTetra-BDE（4臭素化）の毒性が強いとされています。その結果、下図に示すとおり、23区南エリアでは、中程度を想定した大田・品川が最も高濃度となり、練馬、目黒・世田谷、江東・江戸川と続きました。福岡県古賀市のガス化溶解炉周辺地域は、都内の1/3程度の低い濃度であることが分かりました。

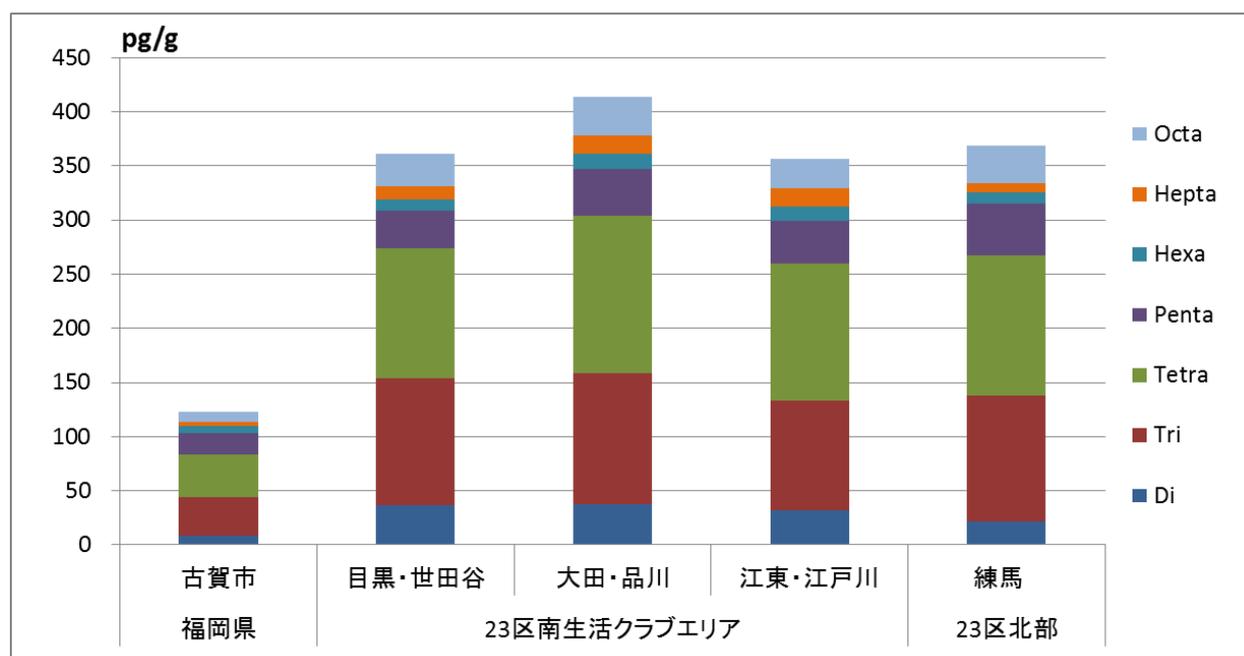


図 4-4：Deca と Nona を除いた地域別の同族体の構成と合計濃度比較

## 5. まとめ

2015年度は環境総合研究所設立30年の年に当たりましたので、これまでの市民参加による松葉ダイオキシン類調査の成果と金属類、PAH類、PBDE類など、未規制有害物質についての私どもの調査研究成果を皆様にご報告し情報を共有化することと致しました。皆様のご協力により、参加地域相互に比較した資料をまとめることができました。改めて調査に参加された地域の皆様に御礼を申し上げます。

こうした情報の共有化が、各地域の市民活動を一層元気づけ、よりよい環境をつくる運動を広げていく上での一助となれば幸いです。市民と研究者・専門家が連携することにより、行政では行う事ができない行政区域を越えた調査、各地で市民が相互に情報交流し分かりやすく比較できる調査を実施することが可能です。改めて、松葉調査の意義と成果を纏めておきます。

### ■松葉ダイオキシン調査の有効性

1999年度から継続して行われてきた全国の市民による松葉調査の結果、松葉による大気中ダイオキシンの長期平均濃度測定が有効であることが改めて立証されました。

- ①測定地点に影響されない地域代表性があること。
- ②測定日の気象条件に影響されない長期平均値が得られること。
- ③市民参加により、環境教育効果が高いこと。
- ④結果がわかりやすくしかも速やかに提供可能。
- ⑤費用対効果に優れていること。
- ⑥地域別の比較が行いやすいこと。

### ■市民活動としての意味と成果

- ①まず、自分が住んでいる地域の大気汚染の実態を知る（見える化）
- ②なぜ、自分の地域の濃度は隣町に比べて高いのかなどについての原因追求／発生源の探索へと続く。
- ③行政や事業者に対して関連情報の提供や開示をもとめ、情報収集や分析を行うきっかけとなる。
- ④自分たちの町の廃棄物政策についてのチェックを行ってみる。減量化目標は？リサイクル率は？
- ⑤焼却炉に依存しないごみ処理のあり方について、代替案の検討へ。脱焼却・脱埋め立てに向けての政策づくりに市民も参加。
- ⑥松葉調査を通じて全国の仲間と交流、コミュニケーションのきっかけとなる。
- ⑦行政や事業者と闘う市民にとって有力な証拠に（裁判へ）
- ⑧より費用対効果が高く、わかりやすいモニタリングの方法として、地方から国を動かす第一歩に。
- ⑨Not in my backyardではなく、科学的に知的に情報発信・政策提言のできる市民運動の展開へ。

今後は、水銀に関する水俣条約の発効に向け、国内法が整備され、焼却炉の排ガス中の水銀濃度が法律で規制されることとなりますが、どのような測定体制、測定方法でモニタリングが行われることになるのか、引き続き注目して行く必要があります。この成果をそれぞれの地域の皆様に共有して頂ければ幸いです。

Copyright : 株式会社 環境総合研究所（東京都目黒区）  
無断転載をお断りします。