

2025年2月28日

## 2024年度松葉によるPAHs・PBDEs分析調査結果報告書

市民参加による松葉ダイオキシン調査実行委員会事務局  
株式会社 環境総合研究所  
〒152-0033 東京都目黒区大岡山 1-31-9-401  
Tel: 03-6421-4610, Fax: 03-6421-4611  
E-mail:office@eritokyo.jp, Web:http://eritokyo.jp/

### 1. 調査の目的

東京 23 区清掃一部事務組合が廃プラスチックの焼却を開始する前から、廃プラ焼却に伴う環境への影響を把握するために 23 区生活クラブ生協と環境総合研究所の協同研究としてダイオキシン類および金属類の調査を行ってきた。

2015・2018 年度にはこれらに加え、タール、原油、石油などに含まれ、ゴム、可塑剤、プラスチックの着色顔料にも用いられる多環芳香族炭化水素（PAHs）および、臭素系難燃剤（PBDEs）の松葉中濃度調査を行った。2024 年度の調査はその後の環境を把握することを目的とし対象地域全体を 1 検体として調査を実施した。

### 2. 調査の内容

- (1) 調査対象 対象地域内のクロマツの針葉を 1 検体とした。
- (2) 対象地域 2018 年度までは下記の 3 地域に集約した 3 検体とした  
①低濃度想定地域：目黒区+世田谷区  
②中程度想定地域：大田区+品川区  
③高濃度想定地域：江東区+江戸川区  
2024 年度は下記の地域全体を 1 検体とした。  
目黒区、世田谷区、大田区、品川区、江東区、江戸川区  
**本調査で港区、渋谷区、中央区を追加**
- (3) 分析項目 多環芳香族炭化水素（PAHs）ポリ・アロマトニック・ハイドロカーボン  
臭素系難燃剤（PBDEs）ポリ・ブロモ・ジフェニル・エーテル
- (4) 測定分析機関  
Bureau Veritas Canada（旧 Maxxam Analytics）（カナダ・オンタリオ州） ISO/IEC Guide 25/17025 取得  
PBDEs: SGS AXYS Analytical Services Inc.（カナダ・BC 州） ISO/IEC Guide 25/17025 取得
- (5) 分析方法（含有濃度分析）  
PAHs：CARB 429m BRL SOP-00423  
PBDE：HR GC/MS SGS AXYS METHOD MLA-033 Rev 06

### 3. 測定結果

#### 3-1 多環芳香族炭化水素 (PAHs)

表3-1、図3-1に松葉に含まれる PAHs 濃度を示す。2015 年度、2018 年度は3地域の平均値を2024年度は全体を1検体として分析した結果を示した。2024年度は定量下限値が2015年度、2018年度より高いものが多い<sup>注)</sup>ため単純には比較できない。

注：過去の調査は高分解能 GCMS (HRMS) が用いられ RDL (定量限界) より低い EDL (検出限界) を比較できたが、機器の更新により今回の調査はトリプル四重極 GCMS (GCTQ) により分析され一部の RDL を HRMS よりも低く設定できるものの EDL との比較はできない。さらに今回のサンプルはクロマトグラム上で顕著なマトリックス干渉があり20倍の希釈が必要であったためより高い RDL が適用された。

2024年度はフルオランテンは2015年度と2018年度の間であった。他の検出された物質は全て過去の調査より低い濃度となっている。また定量下限値未満であるがクリセンは過去の調査より低い濃度であることは分かる。

表3-1 松葉に含まれる PAHs 濃度 単位：ng/g

分析項目	2015年度 平均	2018年度 平均	2024年度
アセナフテン	10	6.9	12未満
アセナフチレン	4.9	6.0	12未満
アントラセン	5.9	5.5	12未満
ベンゾ(a)アントラセン	2.5	2.5	12未満
ベンゾ(a)ピレン	3.2	3.1	12未満
ベンゾ(b)フルオランテン	6.5	6.2	12未満
ベンゾ(g,h,i)ペリレン	3.5	3.4	12未満
ベンゾ(k)フルオランテン	2.4	2.4	12未満
クリセン	21	21	12未満
ジベンゾ(a,h)アントラセン	0.5 未満	0.3 <sup>注)</sup>	12未満
フルオランテン	47	4.7	24
フルオレン	32	31	17
インデノ(1,2,3-cd)ピレン	1.9	1.8	12未満
ナフタレン	83	66	58
フェナントレン	108	108	40
ピレン	29	29	16
合計濃度	360	341	221

注：定量下限値未満の値は定量下限値の半分として平均値を計算した。

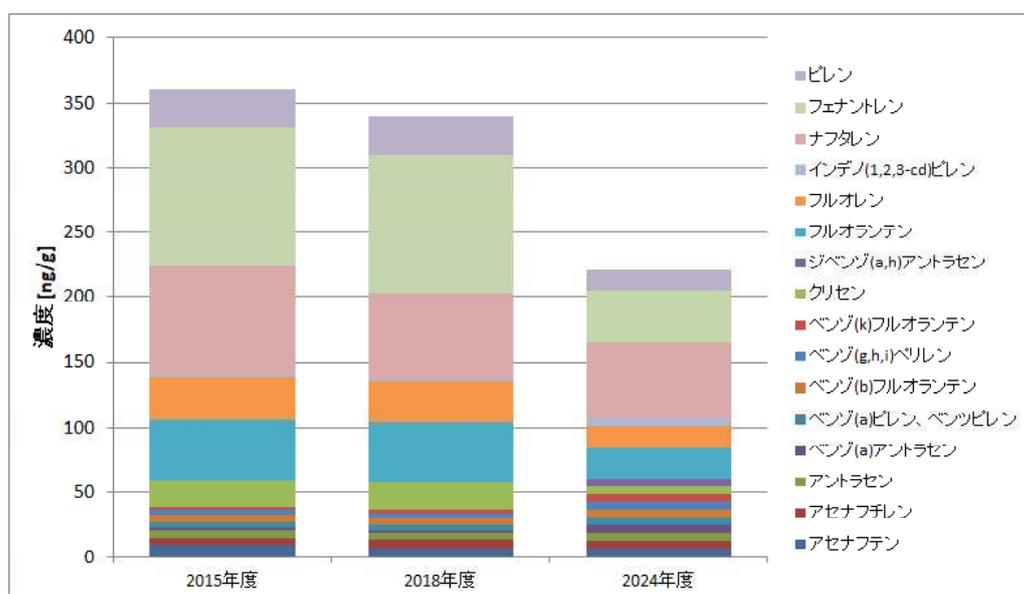


図3-1 多環芳香族炭化水素 (PAHs) 濃度の合計値比較

※報告下限値未満の結果は定量下限値の半分としてグラフを作成した。

### 3-2 臭素系難燃剤 (PBDEs)

表3-2、図3-2、図3-3に松葉に含まれるPBDE濃度より同族体濃度を示す。2015年度、2018年度は3地域の平均値を2024年度は全体を1検体として分析した結果を示した。

表3-2 松葉に含まれるPBDEs濃度

単位：pg/g

臭素系難燃剤 (PBDEs)	臭素数 (読み方)	2015年度 平均	2018年度 平均	2024年度
Di-BDE	2 (ジ)	35.2	26.5	27.3
Tri-BDE	3 (トリ)	113	104	164
Tetra-BDE	4 (テトラ)	131	117	115
Penta-BDE	5 (ペンタ)	39.2	33.8	24.3
Hexa-BDE	6 (ヘキサ)	12.2	10.6	6.84
Hepta-BDE	7 (ヘプタ)	15.4	8.97	4.63
Octa-BDE	8 (オクタ)	31.2	55.7	5.25
Nona-BDE	9 (ノナ)	902	2,695	118
Deca-BDE	10 (デカ)	5,430	12,310	949
Total-PBD		6,709	15,361	1,414

※ 2018年度「低濃度想定地域」のNona-BDE、Deca-BDEは非常に濃度が高いため、ラボによる精度管理データの再チェックおよび再分析作業を行い、誤りでないことを確認済み

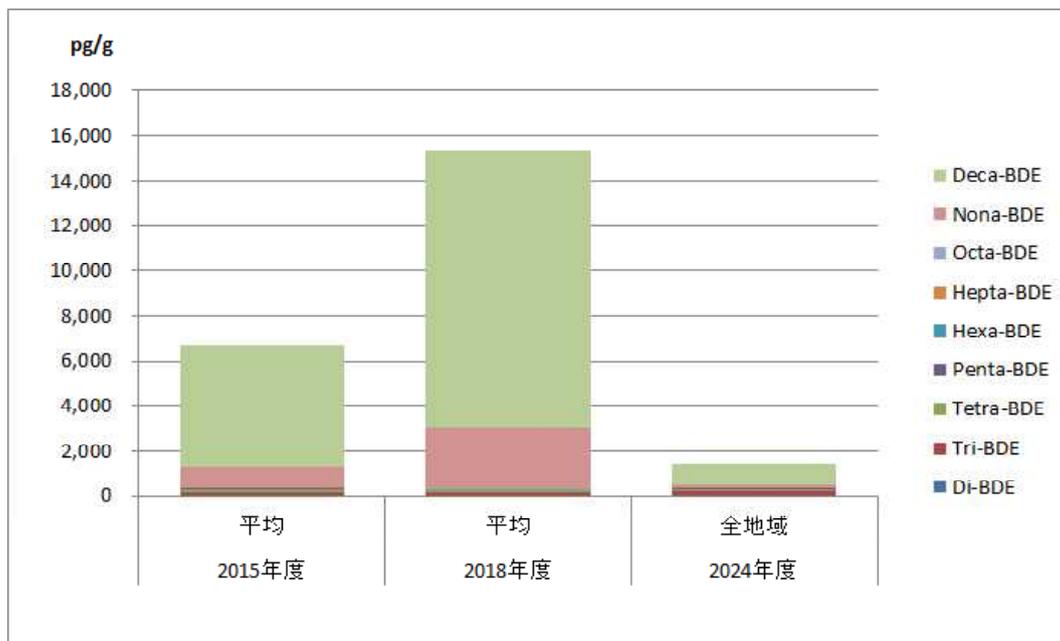


図3-2 臭素数別 (同族体別) PBDE合計濃度 (全同族体)

内訳を見ると、10 臭素化ジフェニル・エーテル (Deca-BDE) が最も多く、次いで 9 臭素化ジフェニル・エーテル (Nona-BDE) が多く、2015 年度、2018 年度はこの 2 つで全体の 9 割以上を占めていたが 2024 年度には 80%弱に変化した。

難燃剤業界では、自主規制により毒性の強いとされる 8 臭素化および 5 臭素化の PBDE は使用しておらず、2018 年度までは 10 臭素化 PBDE のみを使用していると説明しているが、それを反映した結果となっている。2024 年度には 10 臭素化 PBDE も低下した。

なお 2018 年度の低濃度想定地域の 9 臭素化および 10 臭素化 BDE は他と比較して文字通り桁違いに高い濃度であった。低濃度想定地域で松葉を採取した地点の一部で 10 臭素化 PBDE が非常に高濃度に排出されたなどの原因が示唆される。

2015 年度、2018 年度は、圧倒的に 10 臭素化 BDE の濃度が高いことから、使用されている難燃剤が焼却されて環境中に排出されたり、直接、埃等に混じって環境中を浮遊してい

ることが考えられた。これが 2024 年度には大きく低下したことになる。

ヨーロッパでは 10 臭素化ジフェニル・エーテル (Deca-BDE) については、EU 司法裁判所から 2008 年 4 月 1 日に除外決定無効の判決が出されており、2008 年 7 月 1 日以降含有制限対象となっている。

注) EU における RoHS 指令について

プラスチックはそのままでは非常に燃えやすい事から、用途に応じた難燃剤が配合されています。それら難燃剤の中でも臭素系難燃剤の PBB (ポリブロモビフェニル) ・PBDE (ポリブロモジフェニルエーテル) については、廃樹脂を射出成型する工程から有毒なポリ臭素化ジベンゾフランやポリ臭素化ダイオキシンが生成されます。この為リスクが大きく、2006 年 7 月 1 日に施行されました RoHS 指令では、電子・電気機器等対象物質の均質材料中における含有の基準値が 1000mg/kg (ppm) 以下に規制と定められており、基準値を超えて含有した製品の上市 (販売) が制限される事から、製品中の規制物質管理は極めて重要となっています。

出典：<http://www.knights.jp/knightsreport/reports/KR07008.pdf>

2015 年度、2018 年度では、本来使用されていない低臭素化ジフェニル・エーテル類が多く検出されていたことから 10 臭素化化合物が様々なプロセスを経て分解され、より有害な低臭素化化合物に変化してバックグラウンド濃度となっている可能性が考えられた。

しかし 2024 年度に 10 臭素化化合物が大幅に低下しても低臭素化ジフェニル・エーテル類が変わらず検出されていることから発生源が異なる可能性が示唆される。

臭素数ごとの同族体別の濃度割合を以下に示す。2015 年度、2018 年度には 10 臭素化化合物が 90% 以上、9 臭素化化合物と併せるとこの二種類で 95 %前後を占めてたのが、2024 年度には 80%を下回ったことが分かる。

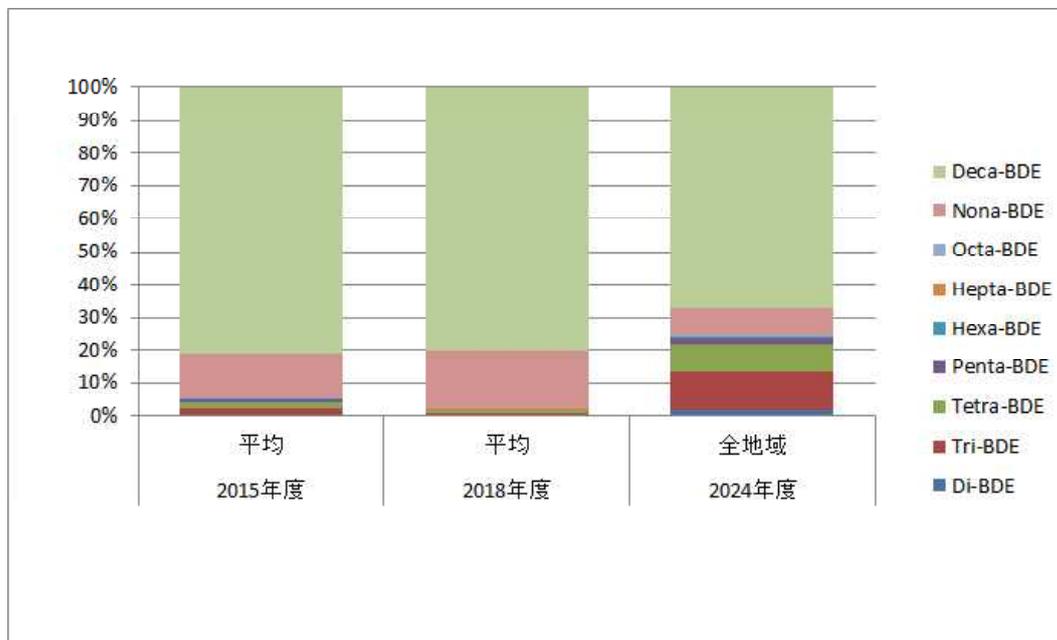


図 3 - 3 臭素数別 (同族体別) PBDE濃度の構成比 (%)

そこで 10 臭素化と 9 臭素化を除き、8 臭素化以下の低臭素化化合物について同様に濃度合計を以下に示す。図 3-4 より、8 臭素化以下の低臭素化化合物の合計は横ばいであることがわかる。

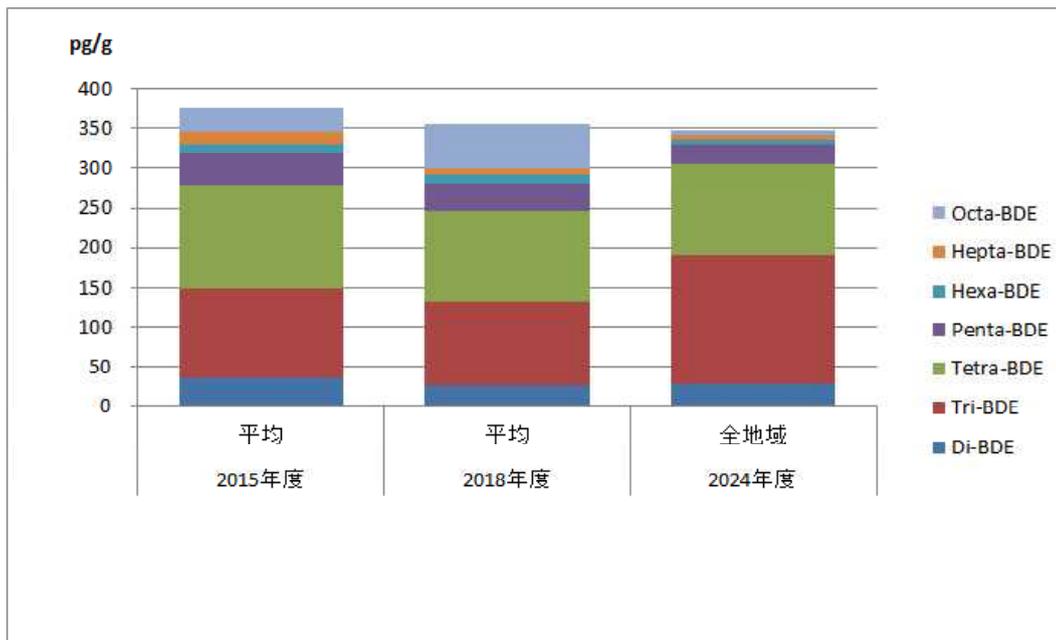


図 3-4 10臭素化と9臭素化を除いた臭素数別（同族体別）PBDE濃度合計

上記について、同族体別構成比を示したものが図 3-5 である。2024 年度には 2015 年度、2018 年度と比較素手 3 臭素化の割合が大きくなり、8 臭素化の割合が小さくなっている。

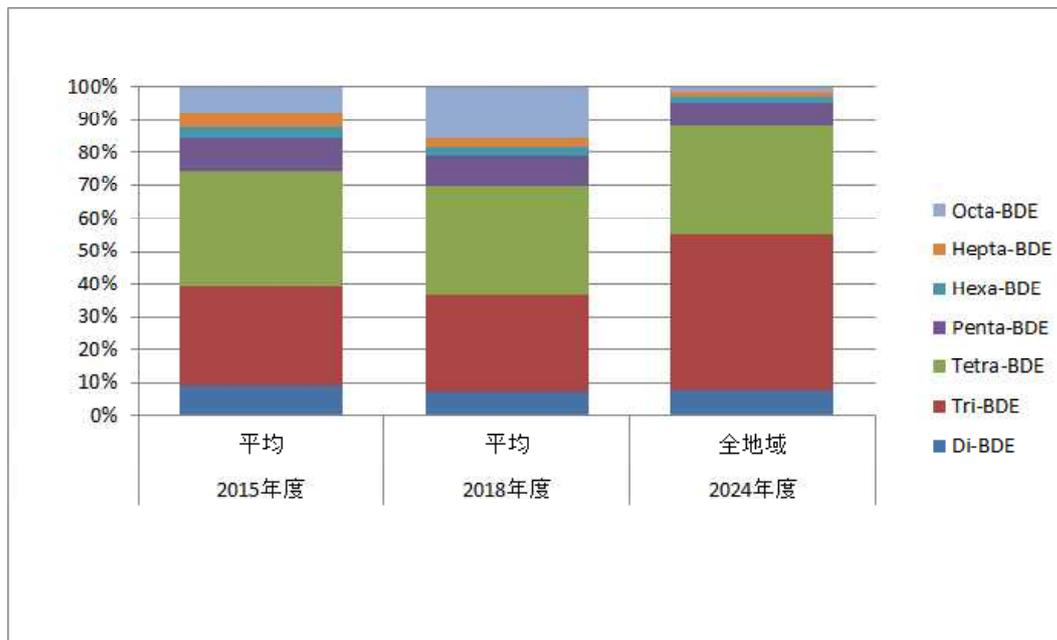


図 3-5 10臭素化と9臭素化を除いた臭素数別（同族体別）PBDE濃度構成（%）

毒性が高いとされる 4、5 臭素化化合物を含めて低臭素化化合物が一定の割合で存在しているが、これらの濃度は低下傾向にあることが分かった。

発生源については清掃工場の分布に加えて、その他の工場事業所などからの影響も考えられることから引き続き、国内外の学術研究成果や行政による測定調査などにも注目していくこととしたい。

また、環境省では、過去には廃棄物のリサイクルに関連し、自動車製品に含まれる有害物質に着目した調査も行っている。以下、環境省の関連報告書から調査目的を抜粋する。

「昨今、ポリ臭化ジフェニルエーテル等の化学物質を含む廃棄物のリサイクルの在り方に関して国際的に議論が進んでおり、今年開催された残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約（POPs 条約）締約国会議においても、POPs 条約附属書 A に掲げられた臭素系難燃剤を含む廃棄物のリサイクル防止に向けた提言（※）が締約国間で共有されたところである。また、他の臭素系難燃剤についても、規制の必要性について検討が進められているところである。

自動車については、内装材等に難燃性が求められることから、臭素系を含めた難燃剤が用いられてきた。そこで、自動車リサイクルにおける有害物質対策の検討に資するため、国際的な規制動向及び臭素系難燃剤を含有する廃棄物の分別技術等について調査を行う。」

（出典：平成 23 年度使用済自動車再資源化に係る臭素系難燃剤等対策調査業務報告書）

市民、消費者は、こうした動向にも関心をもっていく必要がある。今回の調査がそのきっかけとなれば幸いである。