

海洋漂流マイクロプラスチックに含まれる
残留性有機汚染物質 (POPs) を含む添加剤の測定結果

国立研究開発法人国立環境研究所

資源循環領域 資源循環基盤技術研究室

鈴木 剛、田中厚資

令和7年3月21日

1. 件名

海洋漂流マイクロプラスチックに含有・吸着した有害物質の分析

2. 業務の目的

プラスチックごみ（プラごみ）による海洋汚染は、国際社会で対処すべき喫緊の課題である。2022年2月開催の国連環境総会で法的拘束力のある条約をつくることが決議され、条約案を検討して、2025年以降に条約採択を目指すこととなった。日本は、国際交渉に積極的に参加して、国際協調のもと対策の推進に貢献することとしている。効果的な対策の推進や対策効果の検証には、海洋プラごみを含む環境流出プラごみや挙動を共にする有害物質による汚染実態の把握が重要である。

プラごみ問題に対応するため、国内外で環境や海洋への流出量が推計されている。世界では、2022年4月に経済協力開発機構（OECD）が世界のプラスチックに関する課題と政策提言に関する報告書「Global Plastics Outlook」を発表し、2019年に2200万トンのプラスチックが不適切な管理を通じて環境流出し、このうちの264万トンがマイクロプラスチック（MicP）（タイヤやブレーキの摩耗じん、化学繊維の洗濯屑等）と推計した。日本では、2024年6月に環境省が日本の海洋プラごみ流出量の推計値を発表し、OECD報告書を含む既往研究や利用可能なデータから設定した国内の発生源・品目別に積み上げた海洋流出量を最大2.7万トン／年と推計しており、このうちの最大2.6万トン／年がMicPとなっている。世界全体では環境流出の9割がマクロプラスチック（MacP）で残りの1割がMicPであるのに対し、日本では海洋流出のほとんどがMicPである。MicPについては、最大長径が5mm未満と非常に小さいため、環境中から回収することが困難であり、発生源の見極めとそこでの管理・抑制対策が重要である。

人や生態系への影響に目を向けると、環境に流出したプラごみは、サイズに応じて多様な生物に有害な影響を与えており、その結果として個体群の減少や生態系のバランスを崩していることが指摘されている⁽¹⁾。具体的には、海洋に漂っている漁網やロープといったMacPが生物に絡みつくと、誤飲・誤食による消化管閉塞や穿孔に加えて、生物が摂取したMicPが細胞膜を通過して物理化学的な特性（サイズ、形態や含有化学物質等）に応じて有害な影響を生じることが挙げられている。海洋漂流MicPには、海水等から吸着した吸着由来化学物質が含まれるほか、プラスチック製造時に添加された添加由来化学物質が含有される。添加由来化学物質は、重量%レベル（1%＝10000ppm）で添加されることが多く、ppbからppmで検出される吸着由来⁽²⁾と比較して非常に高く、プラスチックと共に環境放出されたものが流出元から海流に乗って長距離輸送され、人や生物・生態系へ曝露している可能性が考えられる。

本業務では、本業務で収集若しくは環境省から提供されたMicPに含まれる残留性有機汚染物質（POPs）を含む添加由来化学物質等の含有量を調査した。具体的には、

先行業務で採取された海洋漂流懸濁物試料（以下、海洋試料）について前処理と材質分析を実施し、材質毎に回収した MicP について抽出と精製を実施して、MicP に含有する化学物質について GC-MS による同定・定量を実施した。当該分析の結果と国内外の文献を調査した結果を踏まえて、我が国の周辺海域における POPs 等添加由来化学物質による汚染状況について整理・考察した。

3. 業務概要

本業務では、東京湾、玄界灘、太平洋近海、北海道沖と日本近海で採取したマイクロプラスチック（MicP）を含む海洋漂流懸濁物試料（以下、海洋試料）を対象として、ネットによるろ過、有機物分解や比重分離といった前処理と材質分析を実施し、海洋試料毎にポリエチレン（PE）、ポリプロピレン（PP）やその他の材質の3つの画分にかけてまとめて回収して、POPs 等添加由来化学物質分析を実施した。本業務の海洋試料で同定された MicP では、酸化防止剤、フタル酸エステル類、ヒンダードアミン系光安定剤（HALS）、紫外線吸収剤、PAHs、デクロランプラス、リン系難燃剤、ビスフェノール類が検出された。PCBs は、いずれの MicP においても検出されなかった。PE、PP と Others のいずれにおいても最も高頻度かつ高濃度で検出されたものは、Irgafos168 酸化体であり、未反応体と酸化体の存在比が海洋漂流／漂着プラスチックの微細化のしやすさを示す指標として有用であると考えられた。POPs については、PS を含む Others で HBCD がバーゼルガイドラインの LPC に相当する高濃度で検出され、HBCD 含有 EPS が国外から日本近海に移流していることが示唆された。化審法監視・優先評価物質については、DEHP が高頻度で検出され、REACH 規則の上市制限濃度を上回る事例があった。HBCD と DEHP については、プラスチックから海洋に溶出していることが示唆された。海洋漂流や海岸漂着プラスチックにおける HBCD や DEHP の汚染実態、周辺水域への流出や、生物・生態系への影響の評価が求められる。

4. 調査方法

4. 1. マイクロプラスチックについて

本業務では、本業務で収集あるいは環境省等から提供されたホルマリンを含まない MicP を含む海洋試料を対象として、前処理と材質分析を実施し、同定された MicP のうち、海洋漂流 MicP の主要な材質のポリエチレン（PE）とポリプロピレン（PP）、これに加えてこれ以外の MicP をまとめたものを Others とした。Others のうち、分析試料量が確保できるものは、材質別に分画した。

4. 2. 海洋試料について

本業務の海洋試料を過年度評価試料と併せて各種情報（事業年度、試料採取機関、材質分析機関、曳網開始・終了地点）を表1に示す。海洋試料は、基本的に環境省

「漂流マイクロプラスチックに関するモニタリング手法調和のためのガイドラインについて」（環境省ガイドライン）に準じて、ニューストーンネット（目合い 300 μm 程度）で採取した。いずれの海洋試料も、含有化学物質分析への影響を考慮して、ホルマリンを添加していない。

4. 3. 前処理と材質分析について

海洋試料は、基本的に環境省ガイドラインに準じて、試料前処理を実施した。具体的には、目合い 100 μm のプランクトンネットによるろ過、ネット上懸濁物の 30%過酸化水素水による有機物分解、6.7M ヨウ化ナトリウム溶液による比重分離等の前処理を実施して、MicP 候補粒子を得た。MicP 候補粒子を対象として、レーザー顕微鏡による形態観察を実施した後、フーリエ変換赤外分光光度計（FT-IR）の全反射測定法（ATR 法）で材質分析を実施した。

4. 4. POPs 等添加由来化学物質分析について

4. 4. 1. 分析対象化学物質

本業務での分析対象化学物質を表 2 に示す。紫外線吸収剤 4 種、酸化防止剤 2 種、ヒンダードアミン系光安定剤（HALS）2 種、フタル酸エステル類 11 種、臭素系難燃剤（ポリ臭素化ジフェニルエーテル（PBDEs）、ヘキサブロモシクロヘキササン（HBCD）、1,2-ビス（2,4,6-トリブロモフェノキシ）エタン（BTBPE））27 種、デクロランプラス 2 種、リン系難燃剤 6 種、ビスフェノール類 2 種、顔料由来ポリ塩素化ビフェニル（PCB-11）1 種、多環芳香族炭化水素（PAHs）17 種を対象物質として選定した。分析対象化学物質の用途と選定理由を表 3 に示す。国連環境計画（UNEP）報告書「Chemicals-in-plastics」⁽³⁾、海洋プラ中添加剤分析の先行研究^(4,5)等を参考に選定した。

4. 4. 2. 分析試料

同定した MicP は、試料毎に、基本的に、PE、PP、Others の 3 つに分画して回収し、50 試料について添加剤等化学物質の分析を行った。500 μm 程度以上 5 mm 未満の MicP について、地点別の材質ごとに 4 粒以上の MicP をコンポジットして 1 試料としたところ、各画分の MicP の重量は、中央値で 8.0 mg（0.1~24.6 mg）であり、採取地点や材質によって、回収量が大きく異なった。

4. 4. 3. 分析方法

MicP は、0.1~10 mg を分取して、トルエン 0.35 mL を加え 120°C で溶解した。メタノール 0.35 mL を加えポリマーを析出させたのち、遠心分離と上澄みの採取を 3 回繰り返した。集めた上澄みを窒素吹き付けで乾固し、内部標準物質として

Fluoranthene-d10 を含むトルエン 200 µL~2 mL で定容し、GC-MS で分析を行った。GC-MS の分析メソッドは既報⁽⁵⁾ に従いスキャンモード (m/z=50~1000) で分析し、表 2 に示す対象化学物質の同定・定量を行なった。これに加え、ピークとして検出された対象化学物質以外の化学物質については、マススペクトルを NIST のライブラリと照合することなどにより化学物質の推定を行なった。

5. 結果

5. 1. PE に含まれる添加剤由来化学物質

PE に含まれる添加剤由来化学物質の結果を表 4 と図 1 に示す。検出頻度は、酸化防止剤 (100%) =フタル酸エステル類 (100%) >HALS (35%) >紫外線吸収剤 (29%) >PAHs (18%) >デクロランプラス (6%) =リン系難燃剤 (6%) =ビスフェノール類 (6%) の順であった。臭素系難燃剤と PCBs は検出されなかった。検出濃度は、酸化防止剤 (中央値 185.0 µg/g、n=17) >フタル酸エステル類 (22.2 µg/g、n=17) >デクロランプラス (18.8 µg/g、n=1) >HALS (18.2 µg/g、n=6) >紫外線吸収剤 (7.4 µg/g、n=5) >ビスフェノール類 (5.2 µg/g、n=1) >リン系難燃剤 (1.3 µg/g、n=1) >PAHs (0.7 µg/g、n=3) の順であった。

個別物質では、酸化防止剤の Irgafos168 酸化体 (検出率 100%、185.0 µg/g、n=17) がいずれの試料でも濃度高く検出された。POPs では、デクロランプラス (6%、18.8 µg/g、n=1) が検出された。化審法監視・優先評価物質は、紫外線吸収剤の UV-327 (12%、4.8 µg/g、n=2)、フタル酸エステル類の DEHP (100%、11.4 µg/g、n=17) と DEP (6%、3.7 µg/g、n=1)、ビスフェノール類の BPA (6%、5.2 µg/g、n=1) が検出された。検出された化審法監視・優先評価物質の中では、検出頻度と検出濃度共に DEHP が高かった。

5. 2. PP に含まれる添加剤由来化学物質

PP に含まれる添加剤由来化学物質の結果を表 5 と図 2 に示す。検出頻度は、酸化防止剤 (100%) =フタル酸エステル類 (100%) >HALS (41%) >紫外線吸収剤 (35%) >PAHs (29%) >リン系難燃剤 (12%) の順であった。デクロランプラス、臭素系難燃剤、ビスフェノール類と PCBs は検出されなかった。検出濃度は、酸化防止剤 (中央値 409.0 µg/g、n=17) >フタル酸エステル類 (32.7 µg/g、n=17) >HALS (36.6 µg/g、n=6) >紫外線吸収剤 (15.0 µg/g、n=6) >PAHs (1.9 µg/g、n=5) >リン系難燃剤 (1.1 µg/g、n=2) の順であった。

個別物質では、酸化防止剤の Irgafos168 酸化体 (検出率 100%、409.0 µg/g、n=17) がいずれの試料でも濃度高く検出された。POPs は、検出されなかった。化審法監視・優先評価物質は、紫外線吸収剤の UV-327 (6%、17.6 µg/g、n=1)、フタル酸エステル類の DEHP (100%、31.4 µg/g、n=17) と DEP (6%、1.8 µg/g、n=1) が検出され

た。検出された化審法監視・優先評価物質の中では、検出頻度と検出濃度共に DEHP が高かった。

5. 3. Others に含まれる添加剤由来化学物質

Others に含まれる添加剤由来化学物質の結果を表 6 と図 3 に示す。検出頻度は、フタル酸エステル類 (100%) > 酸化防止剤 (87%) > HALS (43%) > 紫外線吸収剤 (36%) > 臭素系難燃剤 (29%) = PAHs (29%) > リン系難燃剤 (14%) の順であった。デクロランプラス、ビスフェノール類と PCBs は検出されなかった。検出濃度は、酸化防止剤 (中央値 414.5 µg/g, n=12) > 臭素系難燃剤 (310.5 µg/g, n=4) > フタル酸エステル類 (23.9 µg/g, n=14) > 紫外線吸収剤 (11.4 µg/g, n=5) > HALS (5.0 µg/g, n=6) > リン系難燃剤 (2.3 µg/g, n=2) > PAHs (1.4 µg/g, n=4) の順であった。

個別物質では、酸化防止剤の Irgafos168 酸化体 (検出率 86%、414.5 µg/g, n=12) がほとんどの試料で濃度高く検出された。POPs は、紫外線吸収剤の UV-328 (7%、1.3 µg/g, n=1) と臭素系難燃剤の HBCD (検出率 29%、310.5 µg/g, n=4) が検出された。HBCD については、玄界灘②の Others で分取した PS を対象に測定したところ、330 µg/g と高い濃度で検出された。

化審法監視・優先評価物質は、紫外線吸収剤の UV-327 (14%、6.5 µg/g, n=2)、フタル酸エステル類の DEHP (100%、23.9 µg/g, n=14) と DEP (14%、18.6 µg/g, n=2) が検出された。検出された化審法監視・優先評価物質の中では、検出頻度と検出濃度共に DEHP が高かった。

6. 考察

ここでは、本業務の海洋漂流 MicP で検出された添加剤由来化学物質のうち、高頻度かつ高濃度で検出された酸化防止剤の Irgafos168、POPs として濃度高く検出された HBCD、化審法監視・優先評価物質として高頻度かつ高濃度で検出された DEHP を対象として考察した。

6. 1. Irgafos168

酸化防止剤の Irgafos168 は、PE、PP と Others のいずれにおいても、未反応体でなく、酸化体が高頻度かつ高濃度で検出された。Irgafos168 については、環境中での熱や紫外線による酸化劣化を防ぐ目的でプラスチックに添加されているため、酸化する環境にあると未反応体から酸化体になる。本業務で Irgafos168 酸化体が検出された海洋漂流 MicP は 48 試料であり、このうち未反応体が検出されたのはわずか 3 試料であった。先行研究をみると、山口県の海岸で採取した PE、PE/PP、PP と PP/PE のマイクロメソプラスチック (Mic-MesP) については、57 試料で Irgafos168 酸化体が検

出される一方で、未反応体が検出されたのは2試料であった⁽⁴⁾。同じ海岸で採取したPE、PE/PP、PPとPP/PEのMacPでは、Irgafos168酸化体が検出された23試料のうち、7試料で未反応体が検出されている⁽⁴⁾。また、日本近海や東シナ海の海底や東京都の河川で採取したMacPについては、未反応体と酸化体の存在比が逆転しており、28試料でIrgafos168未反応体が検出され、このうちの10試料で酸化体が検出された⁽⁶⁾。これらの結果は、MacPの酸化防止剤が表面から酸化して酸化体となり、未反応体が枯渇するとプラスチックの酸化劣化が進行して、表面から微細化していくことを示唆しており、Irgafos168の未反応体と酸化体の存在比が微細化のしやすさの指標となることを示唆している。

6. 2. HBCD

HBCDは、Others 14試料のうち4試料（玄界灘②、太平洋近海③、日本海近海①・③）と玄界灘③のPSで検出されており、検出濃度が114～587 µg/gと高い濃度であった。また、本業務では、玄界灘、北海道沖、日本海近海といった沖合域で採取した海洋試料のPSを含むOthersでHBCDが検出されている。

先行研究⁽⁴⁾をみると、山口県の海岸で採取したMic-MesPでは、PS 10試料のうち1試料で、高濃度（2600 µg/g）のHBCDを検出している。MacP（漁具）では、PS 1試料のうち1試料で、同様に高濃度（3660 µg/g）のHBCDが検出されている。検出濃度の順位は、MacP、Mic-MesP、MicP（本業務：330 µg/g）であり、容積の大きいプラスチックほど濃度が高くなる傾向であった。プラスチックが海洋に漂流している時間、距離や経路等の違いを考慮する必要があるものの、HBCDがプラスチックから海洋水に溶出した結果として、比表面積の大きいMicPでHBCD含有濃度が低くなったことを示唆している。

HBCDが検出されたPSのプラスチックは、形状と材質からビーズ法発泡ポリスチレン（EPS）であると考えられる。HBCDは、EPSと押出法発泡ポリスチレン（XPS）に難燃剤として利用されてきた実績がある⁽⁷⁾。2013年4月にPOPs条約の附属書Aに追加されることが決定し、2014年5月に化審法第一種特定化学物質に指定されHBCDそのものの製造・輸入・使用が禁止され、同年10月にEPS等のHBCD使用製品の輸入が禁止されている。従って、国内では、2013年5月以降に、新たにHBCD含有EPSを製造・輸入していないと考えられる。本業務では、測定例が少ないものの、東京湾湾奥・荒川河口・鶴見川河口のPSを含むOthersでHBCDが検出されておらず、国内でHBCD含有EPSの海洋流出が確認されなかった。先行研究⁽⁴⁾においても、HBCDは、山口県の日本海側の海岸で採取したEPSで検出されるものの、瀬戸内海の海岸で採取したEPSで検出されていない。本業務において沖合域で採取したPSを含むOthersでHBCDが検出されていることも踏まえると、HBCD含有EPSは国外を起源とする可能性がある。

本業務で EPS と考えられる MicP で検出された HBCD 濃度は、少なくとも 114~587 $\mu\text{g/g}$ (ppm) である。これは、バーゼル条約のバーゼルガイドラインで分解処理を判断する 100 ppm あるいは 1000 ppm に相当する濃度 (LPC) であった。なお、分解処理されない場合については、地下水汚染の防止策等が講じられた特別に管理された埋立地での埋め立て処分等が挙げられている。本業務により LPC に相当する HBCD 含有 MicP が海洋を漂流しており、先行研究⁽⁴⁾の結果に基づくとその一部が海岸に漂着していると考えられ、海岸での HBCD の環境リスクが懸念される状況にあるといえる。例えば、HBCD の鳥類の予測無影響濃度 (PNEC) は餌となる魚類濃度で 0.17 $\mu\text{g/g-wet}$ ⁽⁷⁾ と試算されている。本業務で得られた HBCD 含有 MicP の最高濃度 587 $\mu\text{g/g}$ を用いると、EPS の比重を 0.1 g/cm^3 で EPS 1 粒の直径を 3 mm とすると 1 粒あたりの HBCD 含有濃度は 22 $\mu\text{g/粒}$ と試算される。また、鳥類の PNEC を生物濃縮係数 (BCF) 3652⁽⁷⁾ と餌経由の濃縮係数 (BMF) 3⁽⁷⁾ で除して導出する海水中濃度は 0.016 pg/L (海水の比重を 1 g/ml と設定) と計算される。海鳥が飛来して HBCD 含有の EPS の粒を摂取することや EPS から HBCD が周辺水域に溶出することを考慮して、リスク評価を試行してみる必要があるかもしれない。このためには、海洋漂流プラスチックが溜まりやすい海域や漂着しやすい海岸における HBCD 含有 EPS の汚染実態の把握や HBCD 溶出の評価が必要である。

6. 3. DEHP

DEHP は、本業務で評価した全ての MicP で検出されており、Irgafos168 酸化体に次ぐ濃度レベルであり、検出濃度が 2.6~2790 $\mu\text{g/g}$ と試料間の濃度差が大きかった。濃度差の原因を考察するため、MicP で検出された DEHP 濃度について、材質と試料採取地点に着目して統計解析を行った。

材質については、PE、PP と Others で検出された DEHP の中央値を比較したところ、統計的に有意な差がみられなかった。これは、DEHP が特定の材質で検出されるものではなく、材質を問わずに濃度差をもって検出されることを示している。試料採取地点については、東京湾、玄界灘、太平洋近海、北海道沖と日本近海で漂流していた MicP で検出された DEHP の中央値あるいは平均値を比較した。MicP で検出された DEHP 濃度は、東京湾と太平洋近海 (中央値 : 68.8 $\mu\text{g/g}$ vs 18.1 $\mu\text{g/g}$, $P = 0.04$)、東京湾と北海道沖 (中央値 : 68.8 $\mu\text{g/g}$ vs 10.7 $\mu\text{g/g}$, $P = 0.003$)、東京湾と日本近海 (平均値 : 68.8 $\mu\text{g/g}$ vs 9.7 $\mu\text{g/g}$, $P = 0.001$) で有意な差が検出され、玄界灘を除くその他海域と比較して東京湾で高かった。東京湾と玄界灘については、中央値に有意な差がみられなかったが (68.8 $\mu\text{g/g}$ vs 24.9 $\mu\text{g/g}$, $P = 0.119$)、東京湾で高い傾向であった。試料採取地点をみると、東京湾については陸域から海洋に流出して間もない MicP を採取している可能性があるものの、それ以外の試料採取地点については流出元から比較的長い距離を漂流してきた MicP を採取していると考えられる。これは、

MicP 中の DEHP が海洋を漂流する過程で海洋に溶出していることを示唆している。

欧州の REACH 規則では、フタル酸エステル類の 4 物質 (DEHP、DBP、BBP、DIBP) の合計で 1000 µg/g 以上を含有する成形品の上市を制限している。本業務では、評価した MicP のうち、太平洋近海で採取した MicP の Others でこれを超える値 (2790 µg/g) が検出され、PE と PP 以外のプラスチックで DEHP を高い濃度で含む事例があることが示された。MicP を含むプラスチックから DEHP が周辺水域へ溶出している可能性を考慮すると、海洋漂流プラスチックが溜まりやすい海域や漂着しやすい海岸において、漂流あるいは漂着プラスチックの種類や材質別の DEHP の含有濃度を明らかにし、周辺水域の DEHP 濃度との関連性を評価すると共に、水質における DEHP の PNEC (0.77 µg/L)⁽⁸⁾ と比較してその生物・生態系影響を評価することが望ましい。これは、海洋を漂流するプラスチックの回収に向けた動機づけになるかもしれない。

6. 4. 結論

本業務では、東京湾、玄界灘、太平洋近海、北海道沖と日本近海で採取した MicP を材質別に分けて、POPs を含む添加由来化学物質等の含有量を調査した。PE、PP と Others のいずれにおいても最も高頻度かつ高濃度で検出されたものは、Irgafos168 酸化体であり、未反応体と酸化体の存在比が海洋漂流/漂着プラスチックの微細化のしやすさを示す指標として有用であると考えられた。POPs については、PS を含む Others で HBCD がバーゼルガイドラインの LPC に相当する高濃度で検出され、HBCD 含有 EPS が国外から日本近海に移流していることが示唆された。化審法監視・優先評価物質については、DEHP が高頻度で検出され、REACH 規則の上市制限濃度を上回る事例があった。HBCD と DEHP については、プラスチックから海洋に溶出していることが示唆された。得られた結果は、UNEP 報告書「Chemicals-in-plastics」⁽³⁾で懸念されているプラスチック製品や廃棄物からの化学物質の放出やプラスチック製品や廃棄物を通じた POPs の長距離輸送を支持するものであった。海洋漂流や海岸漂着プラスチックにおける HBCD や DEHP の汚染実態、周辺水域への流出や、生物・生態系への影響の評価が求められる。

5. 6. 今後の課題

本業務では、海洋試料の MicP を材質別にまとめて回収して、POPs を含む添加由来化学物質を測定した。MicP をまとめて回収することは試料量を確保できるメリットがあるものの、個別の MicP を評価できないデメリットがある。次回は、個別に回収した MicP の評価を検討する。これにより、少なくとも、PE と PP 以外の材質の MicP の評価、サイズと化学物質濃度の関係性が可能となる。また、MicP の流出元を考察できるようにするため、国内の陸域から流出している可能性の高い閉鎖系湾内での海洋試料と、国外から日本近海に流入する海域で海洋試料を採取することを検討したい。ま

た、海洋漂流プラスチックが溜まりやすい海域や漂着しやすい海岸として、対馬の海岸や沿岸をとりあげることができるのであれば、生物・生態系影響評価に資する MacP と MicP の採取を検討したい。

参考文献

- (1) Worm et al. Ann. Rev. Environ. Res. 2017 Vol. 42 Pages 1-26
- (2) 日本エヌ・ユー・エス株式会社. 令和元年度 漂着ごみ対策総合検討業務 報告書
- (3) United Nations Environment Programme and Secretariat of the Basel, Rotterdam and Stockholm Conventions (2023). Chemicals in plastics: a technical report. Geneva
- (4) Tanaka et al. Mar. Pollut. Bull. 2023 Vol. 186 Pages 114438
- (5) Tanaka et al. Mar. Pollut. Bull. 2019 Vol. 145 Pages 36-41
- (6) 河村知彦ら. 【SII-10-3】環境研究総合推進費 中間研究成果報告書. 2024
- (7) 独立行政法人製品評価技術基盤機構. 1, 2, 5, 6, 9, 10-ヘキサブロモシクロドデカンのリスク評価. 2010
- (8) 環境省. 化学物質の環境リスク初期評価 1巻. [29] フタル酸ジ(2-エチルヘキシル)

表1 本業務で対象とする海洋試料の各種情報

年度	試料名	試料採取機関	材質分析機関	曳網開始		曳網終了	
				北緯（度分秒）	東経（度分秒）		
R5	東京湾湾奥	三洋テクノマリン	三洋テクノマリン	35° 36′ 56″	140° 02′ 07″	35° 37′ 26″	140° 01′ 37″
R5	東京湾荒川河口	三洋テクノマリン	三洋テクノマリン	35° 36′ 19″	139° 52′ 16″	35° 36′ 09″	139° 51′ 24″
R5	東京湾鶴見川河口	三洋テクノマリン	三洋テクノマリン	35° 27′ 42″	139° 42′ 15″	35° 28′ 18″	139° 41′ 51″
R6	東京湾湾奥	三洋テクノマリン	三洋テクノマリン	35° 37′ 38″	140° 01′ 45″	35° 37′ 03″	140° 02′ 24″
R6	東京湾荒川河口	三洋テクノマリン	三洋テクノマリン	35° 36′ 19″	139° 52′ 09″	35° 36′ 09″	139° 51′ 08″
R6	東京湾鶴見川河口	三洋テクノマリン	三洋テクノマリン	35° 27′ 49″	139° 42′ 10″	35° 28′ 21″	139° 41′ 49″
R5	玄界灘①	東京海洋大学	国立環境研究所	33° 39′ 26″	130° 03′ 47″	33° 40′ 07″	130° 04′ 12″
R5	玄界灘②	東京海洋大学	国立環境研究所	34° 01′ 00″	130° 33′ 55″	34° 01′ 29″	130° 34′ 38″
R5	太平洋近海①	東京海洋大学	国立環境研究所	29° 48′ 51″	136° 21′ 41″	29° 48′ 15″	136° 22′ 12″
R5	太平洋近海②	東京海洋大学	国立環境研究所	27° 53′ 44″	137° 27′ 46″	27° 53′ 23″	137° 28′ 28″
R5	太平洋近海③	東京海洋大学	国立環境研究所	28° 01′ 59″	137° 08′ 36″	28° 02′ 33″	137° 09′ 03″
R5	北海道沖①	北海道大学	国立環境研究所	41° 43′ 48″	141° 59′ 11″	41° 42′ 48″	142° 00′ 21″
R5	北海道沖②	北海道大学	国立環境研究所	42° 39′ 36″	144° 04′ 05″	42° 40′ 16″	144° 04′ 64″
R5	北海道沖③	北海道大学	国立環境研究所	42° 43′ 16″	144° 42′ 22″	42° 43′ 01″	144° 43′ 17″
R5	日本海近海①	東京海洋大学	国立環境研究所	35° 36′ 59″	132° 09′ 17″	35° 37′ 36″	132° 09′ 08″
R5	日本海近海②	東京海洋大学	国立環境研究所	37° 41′ 23″	136° 50′ 00″	37° 41′ 21″	136° 49′ 01″
R5	日本海近海③	東京海洋大学	国立環境研究所	38° 24′ 58″	138° 22′ 37″	38° 25′ 24″	138° 23′ 32″

表2 本業務での分析対象化学物質

分類	化学物質名	詳細等	CAS#	POPs 条約	化審法
紫外線吸収剤	UV-326	2-tert-Butyl-6-(5-chloro-2H-benzotriazol-2-yl)-4-methylphenol	3896-11-5		
	UV-328	2-(2H-Benzotriazol-2-yl)-4,6-di-tert-pentylphenol	25973-55-1	→付属書 A	→第一種特定
	UV-327	2,4-Di-tert-butyl-6-(5-chloro-2H-benzotriazol-2-yl)phenol	3864-99-1		監視化学物質
	BP-12	2-Hydroxy-4-n-octyloxybenzophenone	1843-05-6		
酸化防止剤	Irgafos168	Tris(2,4-di-tert-butylphenyl) Phosphite	31570-04-4		
	Irganox1010	Pentaerythritol Tetrakis[3-(3',5'-di-tert-butyl-4'-hydroxyphenyl)propionate]	6683-19-8		
ヒンダードアミン系 光安定剤 (HALS)	Tinuvin770	Bis(2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl) sebacate	52829-07-9		
	Tinuvin765	bis(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidiny) sebacate and Methyl(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidiny) sebacate	41556-26-7 7/8219-37-7		
フタル酸エステル類	DEP	Diethyl Phthalate	84-66-2		優先評価
	DPrP	Dipropyl Phthalate	131-16-8		
	DIBP	Diisobutyl phthalate	84-69-5		
	DBP	Dibutyl phthalate	84-74-2		
	DPeP	Dipentyl phthalate	131-18-0		
	DnHP	Di-n-hexyl phthalate	84-75-3		
	DCHP	Dicyclohexyl Phthalate	84-61-7		
	BBP	Benzyl Butyl Phthalate	85-68-7		
	DEHP	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	117-81-7		優先評価
	DINP	Diisononyl phthalate	28553-12-0		
	DIDP	Diisodecyl Phthalate	26761-40-0		
臭素系難燃剤	低臭素化 PBDEs	BDE-28, 47, 49, 99, 100, 153, 154, 183, 209		付属書 A	第1種特定
	高臭素化 PBDEs	BDE-194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209		付属書 A	第1種特定
	HBCD	α -1,2,5,6,9,10-hexabromocyclohexane (α -HBCDD)	134237-50-6	付属書 A	第1種特定
	BTBPE	1,2-Bis(2,4,6-tribromophenoxy)ethane	37853-59-1		
デクロランプラス	synDP	Dechlorane Plus Syn	135821-03-3	→付属書 A	→第一種特定
	antiDP	Dechlorane Plus Anti	135821-74-8	→付属書 A	→第一種特定

表2 本業務での分析対象化学物質（続き）

分類	化学物質名	詳細等	CAS#	POPs 条約	化審法
リン系難燃剤	TCEP	Tris(2-chloroethyl) phosphate	115-96-8		
	TCIPP	Tris(2-chloroisopropyl) phosphate	13674-84-5		
	TDCIPP	Tris(1,3-dichloroisopropyl) phosphate	13674-87-8		
	TPHP	Triphenyl phosphate	115-86-6		
	TBOEP	Tris(2-butoxyethyl) phosphate	78-51-3		
	TEHP	Tris(2-ethylhexyl) phosphate	78-42-2		
ビスフェノール類	BPA	Bisphenol A	80-05-7		優先評価
	BPF	Bisphenol S	80-09-1		
顔料由来 PCB	PCB-11	3,3'-Dichloro-1,1'-biphenyl	2050-67-1	付属書 A	第1種特定
多環芳香族炭化水素 PAHs		Acenaphthene	83-32-9		
		Anthracene	120-12-7		
		Benz(a)anthracene	56-55-3		
		Benz[a]pyrene	50-32-8		
		Benzo(b)fluoranthene	205-99-2		
		Benzo(g,h,i)perylene	191-24-2		
		Benzo(k)fluoranthene	207-08-9		
		Chrysene	218-01-9		
		Dibenz(a,h)anthracene	53-70-3		
		Fluoranthene	206-44-0		
		Fluorene	86-73-7		
		Indeno(1,2,3-cd)pyrene	193-39-5		
		Naphthalene	91-20-3		優先評価
		Phenanthrene	85-01-8		
		Pyrene	129-00-0		
	Carbazole	86-74-8			
	Acenaphthylene	208-96-8			

表3 本業務の分析対象化学物質の用途と選定理由

分類	用途	選定理由
紫外線吸収剤	紫外線吸収剤	<ul style="list-style-type: none"> ・UV-328 について肝臓毒性が報告 ・UV-328 の POPs 条約付属書 A への追加が決定 ・UV-327, 328 は REACH の高懸念物質 (SVHC) にリスト ・海洋プラでの検出報告^(4,5)
酸化防止剤	酸化防止剤	<ul style="list-style-type: none"> ・海洋プラで最も高い頻度で検出^(4,5)
ヒンダード系光安定剤 (HALS)	光安定剤	<ul style="list-style-type: none"> ・Tinuvin770、Chimassorb 944 は EU で食品に接触する製品での使用に規制あり ・海洋プラでの検出が報告^(4,5)
フタル酸エステル類	可塑剤、重合時添加物	<ul style="list-style-type: none"> ・疫学研究で、生殖障害等への影響が示唆⁽³⁾ ・EU で、DEHP は生殖毒性 (category 1B) に分類 ・EU で、DEHP, DBP, BBP, DIBP は玩具・育児用品で規制、DINP, DIDP, DNOP は口に入る可能性のある玩具・育児用品において規制 ・ブラジル、カナダ、アメリカ等で玩具等での規制あり ・海洋プラにおいて高い頻度で検出^(4,5)
臭素系難燃剤	難燃剤	<ul style="list-style-type: none"> ・PBDEs の普遍性、残留性、生物蓄積性、内分泌攪乱、発達神経毒性等 ・PBDEs, HBCD は POPs 条約付属書 A にリスト ・海洋プラでの検出が報告^(4,5)
デクロランプラス	難燃剤	<ul style="list-style-type: none"> ・POPs 条約付属書 A への追加が決定
リン系難燃剤	難燃剤	<ul style="list-style-type: none"> ・神経、生殖、内分泌攪乱毒性の可能性 ・TDCPP は発がん性、遺伝毒性の可能性
ビスフェノール類	樹脂原料、酸化防止剤、可塑剤	<ul style="list-style-type: none"> ・BPA は、生殖毒性、肥満毒性の可能性 ・BPS も同様の毒性の可能性が示唆されている ・BPA は REACH の高懸念物質 (SVHC) にリスト ・BPA は海洋プラでの検出が報告^(4,5)
顔料由来 PCBs	顔料不純物	<ul style="list-style-type: none"> ・POPs 条約付属書 A にリスト ・海洋プラでの検出が報告^(4,5)
多環芳香族炭化水素	ゴム等において、可塑剤、油、カーボンブラック由来、発泡 PS での非意図的混入	<ul style="list-style-type: none"> ・発がん性、変異原性、生殖毒性が指摘されている ・8 種の PAHs (Benzo[a]pyrene, Benz[e]pyrene, Benzo[a]anthracene, Chrysene, Benzo[b]fluoranthene, Benzo[j]fluoranthene, Benzo[k]fluoranthene, Dibenzo[a, h]anthracene) は発がん性 (category 1B) に分類され、REACH で規制 ・海洋プラでの検出が報告^(4,5)

表4 PEに含まれる添加剤由来化学物質

分類	化学物質名	IDL	R5 東京湾			R6 東京湾			玄界灘		太平洋近海			北海道沖			日本海近海		
			湾奥	荒川河口	鶴見川河口	湾奥	荒川河口	鶴見川河口	①	②	①	②	③	①	②	③	①	②	③
紫外線吸収剤	UV-326	0.9				9.5	1.9												
	UV-328	1.2																	
	UV-327	0.8							7.4	2.3									
	BP-12	1.8				8.4		9.8											
酸化防止剤	Irgafos168	6.0																	
	Irgafos168 酸化体	6.0	6.0	81.1	32.0	97.6	410	544	447	269	236	67.6	24.8	119	319	345	258	185	145
ヒンダードアミン系光安定剤 (HALS)	Tinuvin770	3.0				22.8	19.3	21.0	5.67							17.1		2.8	
	Tinuvin765	8.2																	
フタル酸エステル類	DEP	0.1							3.7										
	DPrP	0.1												0.9					
	DIBP	0.1																0.6	
	DBP	0.3				0.37	1.1	2.2	1.2	4.5		0.6	1.6	2.2	1.8	0.8	1.3	0.5	1.5
	DPeP	0.1																	
	DnHP+BBP	0.1												12.2					
	DCHP	0.2																	
	DEHP	1.7	23.7	68.8	40.8	25.1	175	127	163	17.7	6.7	4.5	8.9	11.4	9.9	10.2	5.3	9.2	5.0
	DINP	1.9		9.0		8.2	40.3	161	17.9					30.0			8.4		
DIDP	3.1																		
臭素系難燃剤	HBCD	27																	
	BTBPE	4.9																	
	PBDEs	71																	
デクロランプラス	synDP	1.7							15.5										
	antiDP	1.9							3.3										
リン系難燃剤	TCEP	2.2																	
	TCIPP	0.6																	
	TEHP	0.4																	
	TDCIPP	1.2							1.3										
	TPHP	1.2																	
	TBOEP	7.0																	
ビスフェノール類	BPF	2.5																	
	BPA	2.5												5.2					
顔料由来 PCBs	PCB-11	0.1																	
PAHs	Fluorene	0.1																	
	Phenanthrene	0.1					0.1												
	Anthracene	0.1							0.1										
	Fluoranthene	0.1					0.2												
	Pyrene	0.1					0.5	0.5											
	Benz(a)anthracene	0.1					0.2												
	Chrysene	0.1					0.2	0.2											
	Benzo(b)fluoranthene	0.6																	
	+Benzo(k)fluoranthene																		
	Benz[a]pyrene	1.2																	

IDL: 装置の検出下限、ブランク: IDL 以下

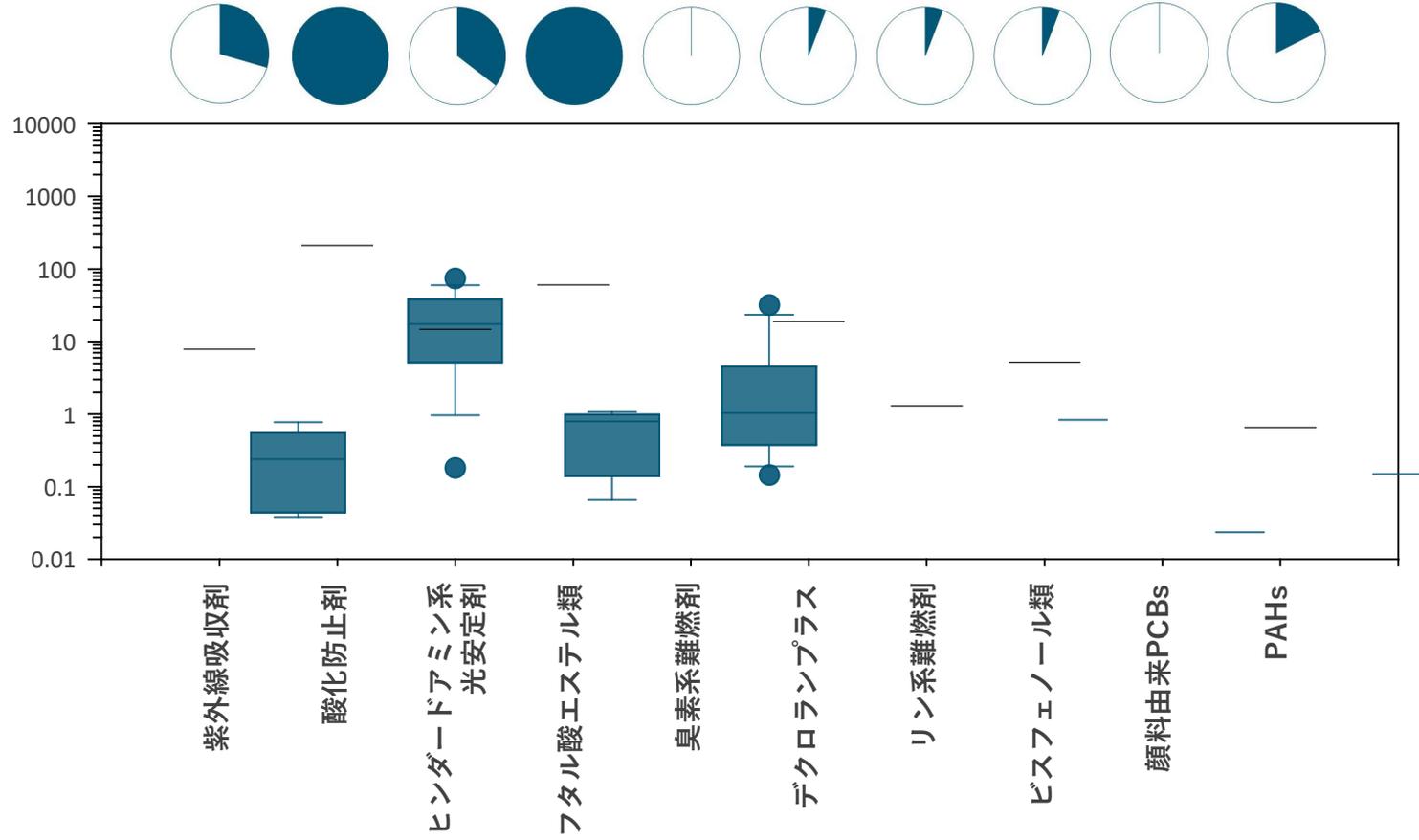


図1 PEに含まれる添加剤由来化学物質の検出頻度と箱ひげ図

表5 PPに含まれる添加剤由来化学物質

分類	化学物質名	IDL	R5 東京湾			R6 東京湾			玄界灘		太平洋近海			北海道沖			日本海近海		
			湾奥	荒川河口	鶴見川河口	湾奥	荒川河口	鶴見川河口	②	②	①	②	③	①	②	③	①	②	③
紫外線吸収剤	UV-326	0.9	5.2	3.8		2.2	1.2												
	UV-328	1.2																	
	UV-327	0.8						17.6											
	BP-12	1.8	6.9	8.4		9.9	16.7	8.1						90.3					
酸化防止剤	Irgafos168	6.0							197						681			145	
	Irgafos168 酸化体	6.0	328	796	427	409	385	269	143	725	230	612	496	151	552	396	418	552	378
ヒンダードアミン系光安定剤 (HALS)	Tinuvin770	3.0	36.6	52.6		106	17.4	3.6	5.9					122			20.1		
	Tinuvin765	8.2																	
フタル酸エステル類	DEP	0.1							1.8										
	DPrP	0.1																	
	DIBP	0.1																1.3	
	DBP	0.3				1.9	1.1	1.9	1.3	10.6	11.5	2.6	2.4	10.6	1.6	2.2		0.6	1.9
	DPeP	0.1																	
	DnHP+BBP	0.1																	
	DCHP	0.2																	
	DEHP	1.7	110.0	31.4	88.1	170	111	36.0	4.8	32	103	8.2	18.1	135	15.7	10.7	8.2	2.6	30.4
	DINP	1.9	21.4			154	173	136											
DIDP	3.1																		
臭素系難燃剤	HBCD	27																	
	BTBPE	4.9																	
	PBDEs	71																	
デクロランプラス	synDP	1.7																	
	antiDP	1.9																	
リン系難燃剤	TCEP	2.2																	
	TCIPP	0.6																	
	TEHP	0.4																	
	TDCIPP	1.2																	
	TPHP	1.2																	
	TBOEP	7.0																	
ビスフェノール類	BPF	2.5																	
	BPA	2.5																	
顔料由来 PCBs	PCB-11	0.1																	
PAHs	Fluorene	0.1																	
	Phenanthrene	0.1					0.179		0.113										
	Anthracene	0.1							0.111				3.58						
	Fluoranthene	0.1						0.181											
	Pyrene	0.1						0.262	0.0379										
	Benz (a) anthracene	0.1				0.120		0.147											
	Chrysene	0.1					0.113	0.102											
	Benzo (b) fluoranthene	0.6																	
	+Benzo (k) fluoranthene																		
	Benz [a] pyrene	1.2						1.24	1.93										

IDL: 装置の検出下限、ブランク: IDL 以下

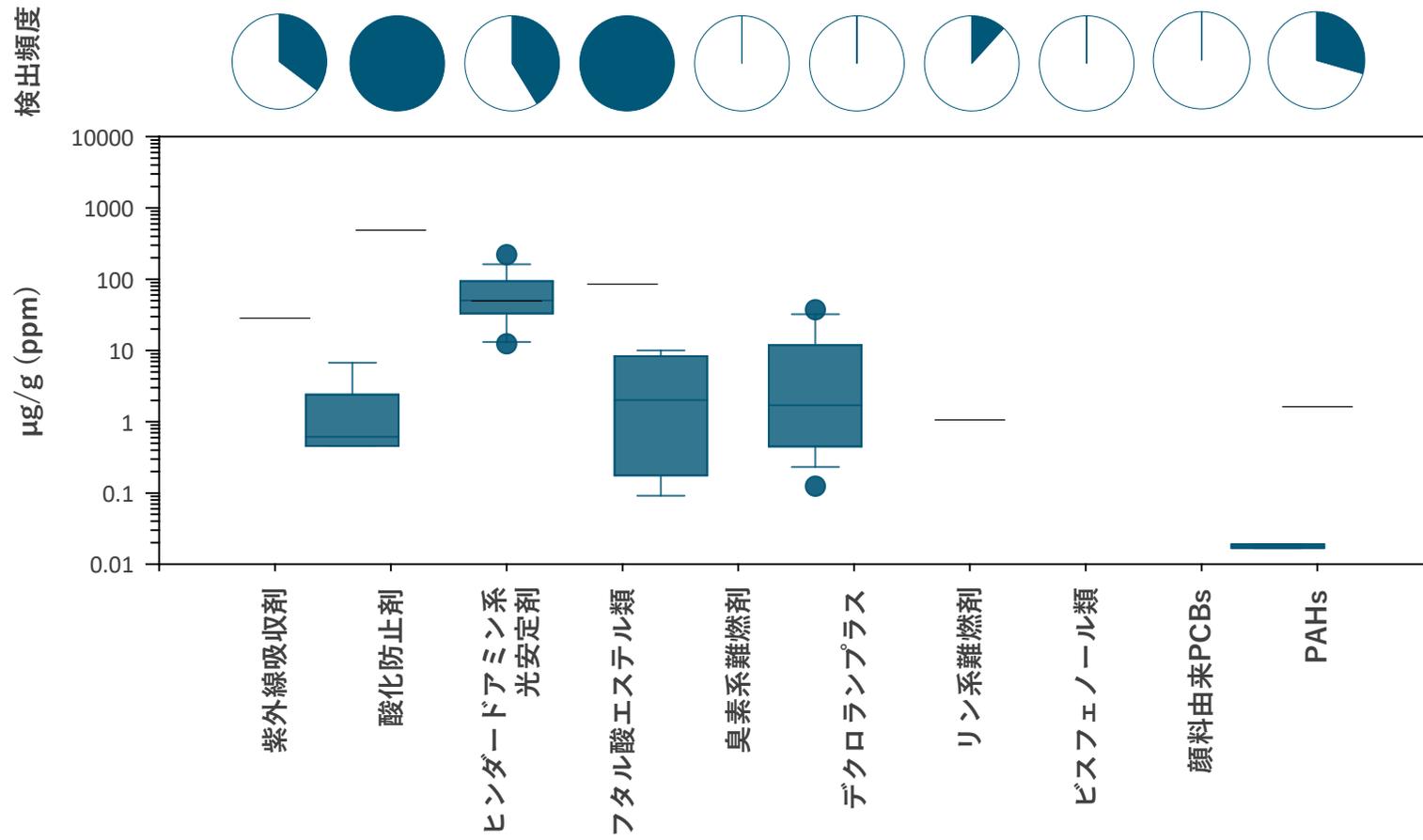


図2 PPに含まれる添加剤由来化学物質の検出頻度と箱ひげ図

表6 Othersに含まれる添加剤由来化学物質

分類	化学物質名	IDL	R5 東京湾			R6 東京湾			玄界灘			太平洋近海			北海道沖			日本海近海		
			湾奥	荒川河口	鶴見川河口	湾奥	荒川河口	鶴見川河口	③	②	①	②	③	①	②	③	①	②	④	
紫外線吸収剤	UV-326	0.9				NA	NA	NA	1.9								2.4			
	UV-328	1.2				NA	NA	NA		1.3										
	UV-327	0.8			13.0	NA	NA	NA												
	BP-12	1.8	17.4			NA	NA	NA	2.6								9.0			
酸化防止剤	Irgafos168	6.0				NA	NA	NA												
	Irgafos168 酸化体	6.0	504	463	391	NA	NA	NA	708	399			625	530	125	218	358	320	430	
ヒンダードアミン系光安定剤 (HALS)	Tinuvin770	3.0	11.1	4.8	25.1	NA	NA	NA	3.9								5.3			
	Tinuvin765	8.2				NA	NA	NA												
フタル酸エステル類	DEP	0.1				NA	NA	NA	4.8	32.4										
	DPrP	0.1				NA	NA	NA												
	DIBP	0.1	0.8			NA	NA	NA											1.8	
	DBP	0.3	5.8	1.4	2.8	NA	NA	NA	1.4	17.4		8.6	3.4	2.9	1.3	2.9	0.7	1.3		
	DPeP	0.1				NA	NA	NA												
	DnHP+BBP	0.1				NA	NA	NA												
	DCHP	0.2				NA	NA	NA												
	DEHP	1.7	35.6	17.5	91.2	NA	NA	NA	8.2	67.6	2790	34.1	30.3	5.08	33.4	9.2	7.7	11.6	7.6	
	DINP	1.9	20.3			NA	NA	NA					41.0							
	DIDP	3.1				NA	NA	NA												
臭素系難燃剤	HBCD	27				NA	NA	NA		114.8			405				216		587	
	BTBPE	4.9				NA	NA	NA												
	PBDEs	71				NA	NA	NA												
デクロランプラス	synDP	1.7				NA	NA	NA												
	antiDP	1.9				NA	NA	NA												
リン系難燃剤	TCEP	2.2				NA	NA	NA												
	TCIPP	0.6				NA	NA	NA												
	TEHP	0.4				NA	NA	NA									0.7			
	TDCIPP	1.2	4.0			NA	NA	NA												
	TPHP	1.2				NA	NA	NA												
	TBOEP	7.0				NA	NA	NA												
ビスフェノール類	BPF	2.5				NA	NA	NA												
	BPA	2.5				NA	NA	NA												
顔料由来 PCBs	PCB-11	0.1				NA	NA	NA												
PAHs	Fluorene	0.1				NA	NA	NA												
	Phenanthrene	0.1		0.2	0.4	NA	NA	NA	0.1											
	Anthracene	0.1			0.6	NA	NA	NA	0.1											
	Fluoranthene	0.1				NA	NA	NA												
	Pyrene	0.1	0.4		0.2	NA	NA	NA												
	Benz (a) anthracene	0.1	0.3			NA	NA	NA	0.2											
	Chrysene	0.1	0.2			NA	NA	NA												
	Benzo (b) fluoranthene	0.6				NA	NA	NA												
	+Benzo (k) fluoranthene				1.9	NA	NA	NA	0.1											
	Benz [a] pyrene	1.2	1.21			NA	NA	NA												

IDL: 装置の検出下限、ブランク: IDL 以下、NA: 分析していない

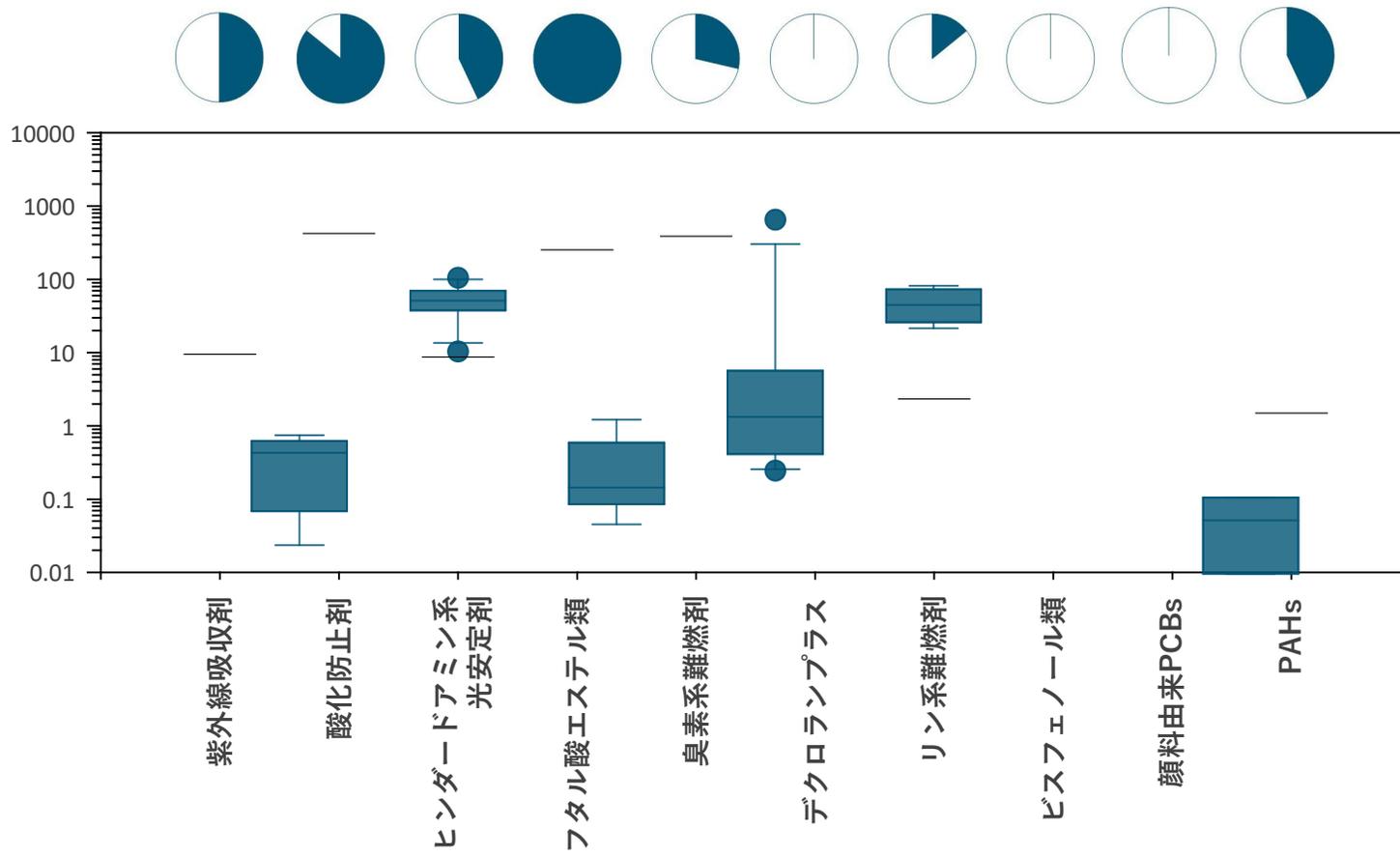


図3 Othersに含まれる添加剤由来化学物質の検出頻度と箱ひげ図