

2 海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針の検討

2.1 海岸漂着物及び有害物質が及ぼす影響に係る情報収集整理

情報収集整理の条件と収集件数は以下のとおりである。表 2.1-1 ～表 2.1-5 にその一覧を示す。

条件 A	海岸に漂着したゴミの有害物質に関する文献 (3 件)	表 2.1-1
条件 B-1	生物がゴミを介して有害物質に曝露されている文献 (3 件)	表 2.1-2
条件 B-2	ゴミに含まれる又は吸着した有害物質が生物に及ぼす影響に関する文献 (3 件)	表 2.1-3
条件 C-1	生物によるゴミの取り込みに関する文献 (20 件)	表 2.1-4
条件 C-2	ゴミの取り込み又は暴露による生物影響に関する文献 (13 件)	表 2.1-5

表 2.1-1 条件 A : 海岸に漂着したゴミの有害物質に関する文献一覧

番号	書誌情報	文献タイトル(和訳)	対象媒体	対象物質	主な内容
A-01	Nakashima et al. (2016). "The potential of oceanic transport and onshore leaching of additive-derived lead by marine macro-plastic debris." Mar Pollut Bull 107(1): 333-339.	海洋マクロプラスチック片による添加剤由来鉛の海洋移動と沿岸における溶出	PVC 製漁具フロート	Pb	鉛(Pb)が高濃度で添加されている新品の PVC 製漁具用フロートを超純水を用いた溶出試験に供した。フロートからの Pb の溶出は 480 時間連続抽出後、フロートに含まれる鉛の約 0.1%が溶出した時点で止まったが、フロートの表面を削った場合、Pb 濃度が上昇した。フロートの表面には、Pb が溶出したことによる極薄い低 Pb 濃度層が存在することが示唆された。本実験より、この低 Pb 濃度層は海岸に打ち上げられた際の摩耗により破損し、海岸に Pb が溶出することが示唆された。
A-02	Wu et al. (2016). "Sorption of pharmaceuticals and personal care products to polyethylene debris." Environ Sci Pollut Res Int 23(9): 8819-8826.	PPCPs(医薬品及び日用品に含まれる化学物質)のポリエチレン片への吸着	PE	4MBC TCS EE2	PPCPs (4MBC(メチルベンジリデンカンファ), TCS(トリクロサン), EE2(エチニルエストラジオール))のポリエチレンへの吸着を試験した。試験から推定された吸着係数は物質の疎水性との関連が見られた。塩分濃度が上昇すると TCS は塩析の影響で吸着係数が上昇し、フミン酸を用いて溶解性有機物を増やすと 4MBC, EE2, TCS の吸着量がフミン酸の量に相関し減少した。実験よりマイクロプラスチックは、疎水性の PPCPs の環境中挙動や移動に重要な役割を果たす可能性が示唆された。
A-03	Zhan et al. (2016). "Sorption of 3,3',4,4'-tetrachlorobiphenyl by microplastics: A case study of polypropylene." Mar Pollut Bull 110(1): 559-563.	3, 3', 4, 4'-テトラクロロビフェニルのマイクロプラスチックへの吸着: ポリプロピレンのケーススタディ	PP	PCB77	PCB77 のポリプロピレンへの吸着を模擬海水中で試験し、粒径・温度・水溶液の特性が吸着に及ぼす影響について調査した。吸着平衡に達するまでの時間は約 8 時間であり、吸着容量は粒径が小さくなり、温度が低下するほど増加した。吸着容量の違いが 3 つの水溶液(n-ヘキサン・超純水・模擬海水)で確認され、これらの平衡データはラングミュア吸着モデルに適合しており、化学吸着が優勢なメカニズムであることが示唆された。

表 2.1-2 条件 B-1 : 生物がゴミを介して有害物質に曝露されている文献一覧

番号	書誌情報	文献タイトル(和訳)	生物	実験室・ 野外	対象物質	主な内容
B-01	Beckingham and Ghosh. (2017). "Differential bioavailability of polychlorinated biphenyls associated with environmental particles: Microplastic in comparison to wood, coal and biochar." Environ Pollut 220(Pt A): 150-158.	環境中粒子に付着したポリ塩化ビフェニルの生物学的利用能の違い: マイクロプラスチックと木、石炭、バイオ炭の比較	ゴカイ	実験室	PCBs	固体-水分配係数、消化管液での溶解性、底生無脊椎生物(ゴカイ)を用いた生物蓄積性の評価により、ポリプロピレンマイクロプラスチックに吸着した PCBs の生物学的利用能を評価し、木・石炭・バイオ炭と比較した。ポリプロピレンにおける PCB の分配係数は木のような天然有機物よりも高かったが、脂質や底質有機炭素の範囲であり、石炭やバイオ炭よりも低かった。消化管液での溶解能は、石炭<ポリプロピレン<バイオ炭<木の順で高かった。底生生物への生物学的吸収は、底質と比較した場合、ポリプロピレンでは76%低かった。摂食によるマイクロプラスチックを介した有機汚染物質の水生生物への移行は他の経路による曝露と比べて、寄与が小さいとされた。
B-02	Jang et al. (2016). "Styrofoam Debris as a Source of Hazardous Additives for Marine Organisms." Environ Sci Technol 50(10): 4951-4960.	海洋生物への有害添加物の曝露源としての発泡スチロールゴミ	イガイ	野外	HBCDs	発泡スチロール、高密度ポリエチレン、金属、岩に生息するイガイについて、臭素系難燃剤である HBCD の蓄積状況を調査した。イガイの HBCD 濃度は、発泡スチロールに生息するイガイで最も高く、5,160 ng/g 脂肪重量であった。また、その異性体構成は発泡スチロールと同様に γ -HBCD が主であった。これらの結果は、発泡スチロールからイガイへの HBCDs の移行を支持した。また、発泡スチロールに生息するイガイからは、マイクロサイズの発泡スチロール粒子が体内から見つかった。
B-03	Wardrop et al. (2016). "Chemical Pollutants Sorbed to Ingested Microbeads from Personal Care Products Accumulate in Fish." Environ Sci Technol 50(7): 4037-4044.	パーソナルケア製品に含まれるマイクロビーズに吸着した化学汚染物質の摂取による魚への蓄積	レインボーフィッシュ	実験室	PBDEs	臭素系難燃剤である PBDEs を吸着したマイクロビーズ (MBs) をレインボーフィッシュに曝露し、2つの対照群(餌のみの群、餌ときれいな MBs 曝露群)と比較した。曝露 21 日後、PBDEs 吸着 MBs を曝露した魚の PBDEs 濃度は有意に高く、蓄積量が増加していた(約 155 pg g ⁻¹ ww d ⁻¹)。魚に蓄積された PBDEs は、臭素数の少ない PBDEs が多く、臭素数の大きい PBDEs は MB から魚へと移行しなかったが、臭素数の少ない BDE-99 については魚に蓄積しなかった。

表 2.1-3 条件 B-2 : ゴミに含まれる又は吸着した有害物質が生物に及ぼす影響に関する文献一覧

番号	書誌情報	文献タイトル(和訳)	生物	実験室・ 野外	対象物質	主な内容
B-04	Gandara et al. (2016). "Leachate from microplastics impairs larval development in brown mussels." <i>Water Res</i> 106: 364-370.	マイクロプラスチックからの抽出液がイガイの幼生の成長を害する	イガイ	実験室	プラスチックペレット	イガイの胚発達を指標とし、新品及び海岸漂着プラスチックペレット抽出液の有害性を評価した。いずれの抽出液も、イガイの胚発達に影響を及ぼしたが、海岸漂着ペレットの抽出液は、新品プラスチックペレットの抽出液よりもはるかに高い毒性を示した。海岸漂着ペレットの高い毒性は吸着した有害物質、新品ペレットの毒性はプラスチック添加物によるものと考察された。
B-05	Paul-Pont et al. (2016). "Exposure of marine mussels <i>Mytilus</i> spp. to polystyrene microplastics: Toxicity and influence on fluoranthene bioaccumulation." <i>Environ Pollut</i> 216: 724-737.	海洋イガイのポリスチレンマイクロプラスチック曝露: 毒性とフルオランテンの生物蓄積への影響	イガイ	実験室	ポリスチレンマイクロビーズ、フルオランテン	ポリスチレンマイクロビーズ(micro-PS)と多環芳香族炭化水素(PAHs)の一種であるフルオランテン(FLU)を、7日間、単独及び複合的にイガイに曝露し、その影響を調査した。試験区内で、FLUは主に餌として与えた藻類に分配した。micro-PSを加えた場合、一部のFLUは藻類からmicro-PSへ移行した。しかし、イガイへのFLUの蓄積は緩和されず、micro-PSはFLUのイガイ組織への移行に大きな影響を及ぼさなかった。曝露の後、7日間の浄化期間を経てイガイのFLU蓄積状況を調査したところ、micro-PSとFLUの複合曝露群の方が、FLUの単独曝露群と比較して高い濃度のFLUが検出された。組織学的な影響、抗酸化マーカーの上昇についても、Micro-PSとFLUの複合曝露群が最も強い影響を示した。
B-06	Karami et al. (2016). "Virgin microplastics cause toxicity and modulate the impacts of phenanthrene on biomarker responses in African catfish (<i>Clarias gariepinus</i>)." <i>Environ Res</i> 151: 58-70.	新品マイクロプラスチックはアフリカナマズに対し毒性を示し、フェナントレンに対するバイオマーカー反応を変える	アフリカナマズ	実験室	低密度ポリエチレンマイクロプラスチックフェナントレン	新品のマイクロプラスチック(低密度ポリエチレン)、多環芳香族炭化水素(PAHs)の一種であるフェナントレンを添加したマイクロプラスチック、フェナントレンをアフリカナマズに96時間曝露し、バイオマーカーの反応を調査した。新品マイクロプラスチックもフェナントレンもアフリカナマズの組織変化度合やバイオマーカーに影響を及ぼした。マイクロプラスチックは、フェナントレンの魚への毒性発現に影響を及ぼした。

表 2.1-4 条件 C-1 : 生物によるゴミの取り込みに関する文献一覧

番号	書誌情報	文献タイトル(和訳)	生物	主な内容
C-01	Gusmao et al. (2016). "In situ ingestion of microfibres by meiofauna from sandy beaches." Environ Pollut 216: 584-590.	砂浜海岸のメイオファウナによるマイクロファイバーの摂取	ムカシゴカイ	大西洋及び地中海の6つの砂浜海岸から採取したメイオファウナの胃内容物を調査した。20種のうち、一般的な環形動物であるムカシゴカイ3種については、すべての砂浜においてマイクロファイバーを摂取していた。実験室の観察では、ムカシゴカイはマイクロファイバーを排泄でき、生体に傷害はみられなかった。
C-02	Taylor et al. (2016). "Plastic microfibre ingestion by deep-sea organisms." Sci Rep 6: 33997.	深海生物によるプラスチックマイクロファイバー摂取	深海生物	海底に生息する深海生物をインド洋南西、大西洋中央(赤道付近)にて採集し、マイクロプラスチックの摂取状況を調査した。採集した9種の内6種の生物の表面または中からプラスチックマイクロファイバーが検出された。検出されたマイクロプラスチックは全てマイクロファイバーであった。
C-03	Davidson and Dudas (2016). "Microplastic Ingestion by Wild and Cultured Manila Clams (<i>Venerupis philippinarum</i>) from Baynes Sound, British Columbia." Arch Environ Contam Toxicol 71(2): 147-156.	ブリティッシュコロンビア州ベインズ海峡における天然並びに養殖アサリのマイクロプラスチック摂取状況	アサリ	カナダ、ブリティッシュコロンビア州ベインズ海峡における天然及び養殖アサリのマイクロプラスチック摂取状況を調査した。3つの養殖場と3つの海岸からアサリをそれぞれ27個体採取し、マイクロプラスチックの検出状況を比較した。天然と養殖アサリの間でマイクロプラスチック量に有意な差はなく、その検出量は0.07(天然)~5.47(養殖)個/gであった。検出されたマイクロプラスチックの種類は、繊維が90%であり、無色及び濃い灰色の繊維の頻度が高かった。
C-04	Li et al. (2016). "Microplastics in mussels along the coastal waters of China." Environ Pollut 214: 177-184.	中国の海岸沿いのムラサキイガイにおけるマイクロプラスチック	ムラサキイガイ	2015年に中国の海岸22ヶ所にてムラサキイガイのマイクロプラスチック汚染を調査した。マイクロプラスチックの数は1gあたり0.9-4.6個、1個体あたり1.5-7.6個であった。天然のイガイ(2.7個/g)は養殖のイガイ(1.6個/g)よりも多くのマイクロプラスチックを含んでおり、人間活動が活発な地域のイガイ(3.3個/g)は人間活動が少ない地域のイガイ(1.6個/g)よりも有意に多くプラスチックを含んでいた。もっとも一般的なマイクロプラスチックは繊維、次に破片であった。250µm未満のマイクロプラスチックの割合は全体のマイクロプラスチックの17-70%であった。
C-05	Santana et al. (2016). "Microplastic contamination in natural mussel beds from a Brazilian urbanized coastal region: Rapid evaluation through bioassessment." Mar Pollut Bull 106(1-2): 183-189.	ブラジルの都市化された海岸地域のイガイ生息地のマイクロプラスチック汚染: 生物を用いた評価	ペルナイガイ	ブラジルのサンパウロ州の海岸域で最も都市化が進んでいるサントス河口にて、ペルナイガイを生物指標としたマイクロプラスチック汚染の実態調査を行った。採取したイガイの75%がマイクロプラスチックを摂取していた。マイクロプラスチックは全調査地点のイガイから検出され、場所による分布傾向は明らかではなかった。

番号	書誌情報	文献タイトル(和訳)	生物	主な内容
C-06	Bellas et al. (2016). "Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts." <i>Mar Pollut Bull</i> 109(1): 55-60.	スペイン沖大西洋と地中海沿岸の底生魚におけるマイクロプラスチック摂取	ツノザメ、ヨーロッパヘイク、ウミヒゴイ	スペイン沖大西洋と地中海沿岸の底生魚 3 種について、マイクロプラスチックの摂取状況を調査した。ツノザメ 72 個体、ヨーロッパヘイク 12 個体、ウミヒゴイ 128 個体の合計 212 個体を調査したところ、その 17.5% からマイクロプラスチックが検出された。1 個体あたりのマイクロプラスチック片検出量は 1.56 個であり、その大きさは 0.38-3.1 mm であった。
C-07	Liboiron et al. (2016). "Low plastic ingestion rate in Atlantic cod (<i>Gadus morhua</i>) from Newfoundland destined for human consumption collected through citizen science methods." <i>Mar Pollut Bull</i> 113(1-2): 428-437.	食用タイセイヨウダラにおける低いプラスチック摂取率: ニューファンドランドにおける市民科学調査	タイセイヨウダラ	カナダ、ニューファンドランドにて、食用として販売されているセイヨウダラ 205 個体を調査した結果、5 個体 (2.4%) がプラスチックを摂取していた。この結果は他の文献と比較して 2 番目に低い摂取率であり、北大西洋の魚を調査した研究の中では最も低い摂取率であった。
C-08	Nadal et al. (2016). "High levels of microplastic ingestion by the semipelagic fish bogue <i>Boops boops</i> (L.) around the Balearic Islands." <i>Environ Pollut</i> 214: 517-523.	バレアレス諸島付近の半遠洋魚 <i>Boops boops</i> (L.) による高レベルのマイクロプラスチック摂取	タイ科の魚 (<i>Boops boops</i> (L.))	地中海バレアレス諸島の近海 4 地点からタイ科の魚 <i>Boops boops</i> (L.) 337 個体を捕獲し、マイクロプラスチックの誤食状況を調査した。消化管に内容物が残っていた個体の 68% においてマイクロプラスチックが検出され、1 個体あたりの平均摂取量は 3.75 個であった。検出されたマイクロプラスチックは繊維状のもののみであった。マイクロプラスチックの検出頻度は他の内容物に比べて高く、42-80% であった。調査地点間における空間的変動性は高いことから、マイクロプラスチックが普遍的に分布し、複数の発生源をもつことが示唆された。
C-09	Peters and Bratton (2016). "Urbanization is a major influence on microplastic ingestion by sunfish in the Brazos River Basin, Central Texas, USA." <i>Environ Pollut</i> 210: 380-387.	都市化は米国テキサス中央のブラズス川流域のサンフィッシュ科魚類のマイクロプラスチック摂取に大きな影響を及ぼす	ブルーギル、ロンゲイヤーサンフィッシュ	米国テキサス中央部のブラズス川のサンフィッシュ科魚類 (ブルーギル、ロンゲイヤーサンフィッシュ) を捕獲し、マイクロプラスチックの誤食状況を調査した。14 の調査地点を都市部、上流部、下流部に分類し、比較した。合計 436 個体を捕獲し、その内 196 個体 (45%) の腹部からマイクロプラスチックが検出された。検出物の 4% はマクロサイズ (>5 mm) であり、プラスチック、金属、発砲スチロール及び釣り具が含まれ、残りの 96% は糸状のマイクロプラスチックであった。魚の体長は検出されたマイクロプラスチックの数と統計的に有意な相関を示した。平均マイクロプラスチック摂取量は、都市部が最も多く、次いで下流部、上流部であった。マイクロプラスチックの摂取状況は、他の摂食物とも関連を示し、魚卵、ミズ及び軟体動物との間に相関が見られた。このことから、サンフィッシュ科の魚類は、採餌活動の中で付随的にマイクロプラスチックを誤食していることが示唆された。

番号	書誌情報	文献タイトル(和訳)	生物	主な内容
C-10	Tanaka and Takada(2016). "Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters." Sci Rep 6: 34351.	都市沿岸水域に生息するプランクトン食魚類の腸管からのマイクロプラスチック片とマイクロビーズの検出	カタクチイワシ	東京湾のカタクチイワシの腸管からのマイクロプラスチック検出状況を調査した。捕獲した 64 個体中 49 個体(77%)からプラスチックが検出され、1 個体あたりの平均検出数は 2.3 個、最高検出数は 15 個であった。検出されたプラスチックのほとんどは、ポリエチレン(52.0%)とポリプロピレン(43.3%)であった。プラスチックのほとんどは破片(86%)であったが、7.3%はビーズであり、一部は洗顔料に含まれるマイクロビーズと類似していた。検出されたプラスチックの大きさは、80%が 150-1000µm であり、海表面に浮遊しているプラスチックで報告されている大きさよりも小さかった。カタクチイワシは海表面よりも深い層で採餌することから、表層と表層より下の層に分布するプラスチックの大きさの違いを反映している可能性が示唆された。
C-11	Fukuoka et al. (2016). "The feeding habit of sea turtles influences their reaction to artificial marine debris." Sci Rep 6: 28015.	海洋人工ゴミがウミガメの採餌活動に与える影響	アカウミガメ、アオウミガメ	ウミガメが海洋の人工ゴミに対しどのような反応を示すのかを調査するため、2007-2015 年にかけて、ウミガメにビデオカメラを取り付けた調査、並びに排泄物と胃内容物調査を行った。アカウミガメでは、排泄物の 35.7%(10/25)、胃内容物の 84.6%(11/13)から人工ゴミが検出され、アオウミガメでは、全ての排泄物(25/25)及び胃内容物(10/10)から人工ゴミが検出された。人工ゴミの摂取量についても、アオウミガメの方が多かった。録画を解析したところ、アオウミガメの方が見つけた人工ゴミを摂取する率が有意に高かった。アカウミガメはゼラチン状の餌を主食としており、アオウミガメは海草を主食としゼラチン状の餌はたまに食する程度であった。ウミガメは浮遊している海ゴミを餌と誤認識し、雑食性のアオウミガメは人工ゴミに誘引され易いことが示唆された。
C-12	Ryan et al. (2016). "Impacts of plastic ingestion on post-hatchling loggerhead turtles off South Africa." Mar Pollut Bull 107(1): 155-160.	南アフリカのアカウミガメの仔ガメにおけるプラスチック摂取の影響	アカウミガメ	2015 年 4 月に南ケープ海岸に打ち上げられ、2 ヶ月以内に死亡したアカウミガメの仔ガメ(甲羅が 9 cm 未満)の胃内容物と死因を調査した。死亡した 40 個体のうち 24 個体(60%)が人為起源のゴミを摂取していた。ゴミの 99%はプラスチックであり、その内訳は 77%が硬質プラスチック片、10%が包装、8%が繊維状、3%が工業用ペレットであった。カメは、白(38%)と青(19%)のゴミを選択的に摂取しており、半透明のゴミ(23%)の摂取状況は海岸の 1-10 mm のゴミと比べると少なかった。11 個体はプラスチックによる腸管や浮き袋の閉塞が死因であり、別の 5 個体についても、プラスチックが死因に寄与していた。

番号	書誌情報	文献タイトル(和訳)	生物	主な内容
C-13	Hu et al. (2016). "Uptake, accumulation and elimination of polystyrene microspheres in tadpoles of <i>Xenopus tropicalis</i> ." <i>Chemosphere</i> 164: 611-617.	ネッタイツメガエルのオタマジャクシによるポリスチレンマイクロ粒子の取り込み、蓄積、排泄	ネッタイツメガエル	ネッタイツメガエルのオタマジャクシにポリスチレンマイクロ粒子(1及び10µm)を48時間曝露し、その取り込み量及び排泄量を調査した。曝露開始1時間以内にえらと消化管でマイクロ粒子が観察され、6時間後には排泄された。オタマジャクシにおけるマイクロ粒子の蓄積は曝露濃度に依存したが、曝露時間には依存しなかった。曝露終了後、オタマジャクシを浄水に移したところ、オタマジャクシ中のマイクロ粒子数は1日で劇的に減少し、その後も減少が続いた。餌の有無がポリスチレンの取込みに及ぼす影響について調査したところ、餌を与えなかった群におけるポリスチレン粒子の取込み量は、餌を与えた群よりも有意に高かった。餌を与えた群は、浄水に移した後、取り込んだポリスチレン粒子の量が有意に減少した。一方で、餌を与えなかった群については、ポリスチレン粒子の量に有意な変化はみられなかった。
C-14	Acampora et al. (2016). "The use of beached bird surveys for marine plastic litter monitoring in Ireland." <i>Mar Environ Res</i> 120: 122-129.	アイルランドにおける海岸漂着海鳥を活用した海洋プラスチックゴミモニタリング	海鳥	2014年1月にアイルランドにて海岸漂着海鳥調査(RIBBS)を立ち上げ、2016年までに16種121個体の海鳥の死骸を収集し、解剖により海洋プラスチックゴミの誤飲状況を調査した。16種中12種、121個体中33個体(27.3%)からプラスチックがみつかった。ゴミの平均摂取量は0.141gであった。誤飲はフルマカモメが有意に多く、14個体中13個体がプラスチックゴミを摂取しており、その量は全て0.1gを超過していた。
C-15	Amelineau et al. (2016). "Microplastic pollution in the Greenland Sea: Background levels and selective contamination of planktivorous diving seabirds." <i>Environ Pollut</i> 219: 1131-1139.	グリーンランド海のマイクロプラスチック汚染: バックグラウンドレベルとプランクトン食潜水海鳥の選択的汚染	ヒメウミスズメ	東グリーンランド沖にて、マイクロプラスチックの量と動物プランクトン群における構成比を2005年、2014年に調査した。また、動物プランクトンを餌とするヒメウミスズメのマイクロプラスチック汚染を評価した。沖にて検出されたゴミのうち97.2%は繊維であった。すべての鳥がプラスチック繊維を摂取しており、雛への1回の餌あたり8.99(2014年)あるいは9.99個(2005年)等、バックグラウンドと比較して高いレベルでプラスチックを摂取していた。ヒメウミスズメは、薄い色のマイクロプラスチックを多く摂取する傾向が見られ、餌と間違えて選択的に誤食している可能性が強く示唆された。

番号	書誌情報	文献タイトル(和訳)	生物	主な内容
C-16	Avery-Gomm et al. (2016). "A study of wrecked Dovekies (<i>Alle alle</i>) in the western North Atlantic highlights the importance of using standardized methods to quantify plastic ingestion." <i>Mar Pollut Bull</i> 113(1-2): 75-80.	北大西洋の西海岸に漂着ヒメウミスズメの調査:プラスチック摂取量調査に標準的手法を用いる重要性	ヒメウミスズメ	カナダのニューファンドランド島において、海岸に漂着したヒメウミスズメの死骸からプラスチック摂取量を調査した。調査した 171 個体のうち 30.4%がプラスチックを摂取していた。検出されたプラスチックは主にポリエチレンあるいはポリプロピレンの破片であり、37%が燃焼または溶解していたことから、これまでの報告にはない摂取源(燃焼廃棄物)の存在が示唆された。プラスチック摂取と年齢、性別、身体の状態との間に関連は見られなかった。また、近隣地域で行われた先行研究との比較から、このような調査には標準的手法を用いることが重要であることを示した。
C-17	Kain et al. (2016). "Plastic ingestion by Newell's (<i>Puffinus newelli</i>) and wedge-tailed shearwaters (<i>Ardenna pacifica</i>) in Hawaii." <i>Environ Sci Pollut Res Int</i> 23(23): 23951-23958.	ハワイのハワイセグロミズナギドリとオナガミズナギドリにおけるプラスチック摂取状況	ハワイセグロミズナギドリ、オナガミズナギドリ	2007-2014 年にかけて、ハワイのハワイセグロミズナギドリとオナガミズナギドリの死骸を解剖し、プラスチックの誤食状況を調査した。雛については、ハワイセグロミズナギドリの 50.0%、オナガミズナギドリの 76.9%について、消化管からプラスチックが検出された。成鳥については、オナガミズナギドリの 42.1%の消化管からプラスチックが検出された。両種とも、1980 年代と比べプラスチック摂取の頻度は増加しており、1 個体あたりの摂取量と個数も増加した。ミズナギドリが摂取したプラスチックの特徴を海岸に打ち上げられたプラスチックとジャッカー指数により比較したところ、両種が摂取したプラスチックの色とオナガミズナギドリが摂取した種類は、生息環境からも検出されているプラスチックと一致していた。
C-18	Roman et al. (2016). "Anthropogenic Debris Ingestion by Avifauna in Eastern Australia." <i>PLoS One</i> 11(8): e0158343.	東オーストラリアの鳥類による人為起源ゴミの摂取	鳥類	東オーストラリアにおいて 61 種、378 個体の鳥の死骸を収集し、胃内容物を調査した。調査個体は 9 目の生物学的分類、5 つの生息地、6 つの採餌方法を含んだ。調査した種の内、30%がゴミを摂取していた。ゴミは、ミズナギドリ目、カツオドリ目、チドリ下目及びペリカン目の鳥類から検出された。ゴミは、5 つ全ての生息地の鳥類から検出され、水面採餌、飛び込み及び目視探索により採餌する鳥類から検出された。ミズナギドリ目、遠洋に生息する鳥及び水面採餌をする鳥の摂取頻度が最も高かった。海洋ゴミの摂取が確認された鳥について、ゴミの形と色の選択性を調査したところ、生物学的分類(目)、生息地及び採餌方法と有意な関連があった。

番号	書誌情報	文献タイトル(和訳)	生物	主な内容
C-19	Ryan et al. (2016). "Regional differences in plastic ingestion among Southern Ocean fur seals and albatrosses." Mar Pollut Bull 104(1-2): 207-210.	南極海のオットセイとアホウドリによるプラスチック摂取の地域差	オットセイ アホウドリ	南極海のオットセイの糞を採取し、その内容を調査した。また、南アフリカ沖で混獲されたアホウドリの胃内容物を調査した。1990年代のマッコリー島に繁殖するオットセイの糞からはハダカイワシからの二次的なものと思われるプラスチック片(主に2-5 mm)が検出されたとの報告があったが、今回調査した南西インド及び中央南大西洋の3つの島で繁殖するオットセイの糞からは、ハダカイワシがこれらの地域においても主食であるにも関わらず、プラスチックは検出されなかった。アホウドリについては、868個体内、海洋ゴミを誤食していたのは16個体であり、そのほとんどは釣り針であった。プラスチックを誤食していた個体は3個体のみ(0.3%)であり、南米の東海岸沖で調査された近年のアホウドリの報告と比較しても低い割合であった。
C-20	Unger et al. (2016). "Large amounts of marine debris found in sperm whales stranded along the North Sea coast in early 2016." Mar Pollut Bull 112(1-2): 134-141.	2016年初期に北海沿岸に打ち上げられたマッコウクジラから検出された大量の海洋ゴミ	マッコウクジラ	2016年1-2月に北海沿岸に打ち上げられた30個体のマッコウクジラの内、死亡した22個体の消化管を調査した。9個体からは、ネット、ロープ、ホイル、包装材及び車のパーツを含む海洋ゴミが見つかった。これらのゴミは、死因とは直接的に結びつかなかったものの、マッコウクジラ等の大型の捕食動物が高いレベルで海ゴミとその関連するリスクに曝されていることを示した。

表 2.1-5 条件 C-2 : ゴミの取り込み又は暴露による生物影響に関する文献一覧

番号	書誌情報	文献タイトル(和訳)	生物	影響有・影響無	主な内容
C-21	Sjollema et al. (2016). "Do plastic particles affect microalgal photosynthesis and growth?" <i>Aquat Toxicol</i> 170: 259-261.	プラスチック粒子は微細藻類の光合成と成長に影響を及ぼすか？	微細藻類	影響有	微細藻類にポリスチレン粒子を 72 時間曝露し、電荷の有無と大きさ (0.05、0.5、6 μm) による影響を調査した。光合成への影響は見られなかった。成長への影響については、電荷をもたない粒子の高濃度曝露区 (250mg/L) でのみ悪影響がみられた。また、粒子の大きさが小さいほど影響が強まる傾向が示された。
C-22	Blarer and Burkhardt-Holm (2016). "Microplastics affect assimilation efficiency in the freshwater amphipod <i>Gammarus fossarum</i> ." <i>Environ Sci Pollut Res Int</i> 23(23): 23522-23532.	マイクロプラスチックが淡水端脚類のヨコエビの同化効率に及ぼす影響	ヨコエビ	影響有	2 種類のマイクロプラスチック(ポリアミド繊維、ポリスチレンビーズ)をヨコエビに曝露しその影響を調査した。ヨコエビをポリアミド繊維に曝露した結果、曝露濃度とポリアミド繊維摂取量との間に相関がみられた。0.5 時間曝露の時点で消化管から繊維が見つかったが、排出は早く、曝露終了 16 時間後には消化管は空になった。ポリスチレンビーズについては、ポリスチレンビーズがヨコエビの消化管の上皮細胞並びに中腸腺に取り込まれるかを調査したところ、腸管内腔にのみ存在していた。2 種類のマイクロプラスチックを 28 日間の曝露試験に供し、摂食速度、同化効率、湿重量の変化を調査したところ、ポリアミド繊維はヨコエビの同化効率を有意に低下させた。
C-23	Ogonowski et al. (2016). "The Effects of Natural and Anthropogenic Microparticles on Individual Fitness in <i>Daphnia magna</i> ." <i>PLoS One</i> 11(5): e0155063.	自然起源及び人為起源マイクロ粒子のオオミジンコの健康状態への影響	オオミジンコ	影響有	二次マイクロプラスチック(SMPs: プラスチックごみの分解物)、一次マイクロプラスチック(PMPs: 化粧品や工業用の製品)、並びに天然のカオリナイト粒子をオオミジンコに曝露し、その影響を比較した。SMPs 曝露群では、曝露量が最も多い試験区(浮遊粒子個数率で74%がSMPs)のみ、死亡率が上昇し、抱卵期間の間隔が延び、繁殖が低下した。PMPs とカオリナイト粒子ではこのような影響はみられなかった。餌である藻類濃度が低い条件下では、いずれの粒子を曝露した場合でも個体成長率は最大で 15%低下した。一方、藻類濃度が高い条件下では、いずれの粒子を曝露した場合でも個体成長率は上昇した(カオリナイト 17%、PMPs54%、SMPs40%)。曝露粒子が試験区の浮遊粒子の 22%を占める条件下では、SMPs 及び PMPs 曝露区では餌の摂取量が 30%まで低下したが、カオリナイト曝露区では影響がみられなかった。さらに、SMPs は濃度依存的に凝集したため、SMPs の取込み量は PMPs よりも 77%低かった。MPs の消化管通過時間と排泄速度を調査したところ、SMPs と PMPs では異なり、MPs と藻類との割合に依存していた。

番号	書誌情報	文献タイトル(和訳)	生物	影響有・影響無	主な内容
C-24	Rehse et al. (2016). "Short-term exposure with high concentrations of pristine microplastic particles leads to immobilisation of <i>Daphnia magna</i> ." <i>Chemosphere</i> 153: 91-99.	高濃度のマイクロプラスチック粒子の短期曝露はオオミジンコの遊泳阻害を生じる	オオミジンコ	影響有	1µm 及び 100µm のポリエチレン粒子をオオミジンコに 96 時間曝露し、マイクロプラスチックの取込み状況及び短期曝露による影響を調査した。1µm 粒子の 96 時間遊泳阻害濃度は EC50(50%効果濃度)で 57.43 mg/L であった。100µm 粒子はオオミジンコに取り込まれず、影響はみられなかった。
C-25	Watts et al. (2016). "Effect of Microplastic on the Gills of the Shore Crab <i>Carcinus maenas</i> ." <i>Environ Sci Technol</i> 50(10): 5364-5369.	マイクロプラスチックがイソガニのえらに及ぼす影響	イソガニ	影響有	表面の修飾状況が異なる 3 種の 8µm のポリスチレンマイクロ粒子(修飾なし、カルボキシル基修飾、アミノ基修飾)をイソガニに 24 時間曝露し、鰓への影響を調査した。マイクロプラスチックへの曝露は、鰓に一時的ではあるものの有意な影響を及ぼした。曝露 1 時間目には、鰓腔に吸入された粒子は少量ながら、酸素消費量に対し、用量依存的に影響を及ぼしたが、曝露 16 時間目には通常レベルに戻った。カニのイオン交換にも小さいながら有意な影響が認められた。カニの浸透圧調整に対する影響を調査するため、マイクロプラスチック曝露後に飼育水の塩分濃度を下げた。マイクロプラスチックは、曝露濃度に係らずカニの浸透圧ストレスへの反応に影響を及ぼさなかった。マイクロプラスチックの鰓表面での分布状況は、カルボキシル基とアミノ基で異なったが、どちらも鰓の機能に対し有意な有害影響は与えなかった。
C-26	Welden and Cowie (2016). "Long-term microplastic retention causes reduced body condition in the langoustine, <i>Nephrops norvegicus</i> ." <i>Environ Pollut</i> 218: 895-900.	マイクロプラスチックの長期保持はアカザエビの体調の低下を引き起こす	アカザエビ	影響有	アカザエビを 8 ヶ月間マイクロプラスチックに曝露し、長期曝露が摂食率、体重及び栄養状態に及ぼす影響を調査した。曝露の結果、スコットランドのクライド湾の小さな個体とほぼ同程度のマイクロプラスチック凝集体を含んでいた。対照区との比較では、プラスチック曝露群は、摂食率、体重及び代謝率の低下、貯蓄脂質の異化が示唆された。
C-27	Rist et al. (2016). "Suspended micro-sized PVC particles impair the performance and decrease survival in the Asian green mussel <i>Perna viridis</i> ." <i>Mar Pollut Bull</i> 111(1-2): 213-220.	マイクロサイズポリ塩化ビニル粒子はアジアのミドリイガイの活動及び生存率を低下させる	ミドリイガイ	影響有	ポリ塩化ビニル(PVC)粒子(0, 21.6, 216, 2160 mg/l)をミドリイガイに 1 日 2 時間、91 日間曝露し、その影響を調査した。曝露 44 日後、ろ過・呼吸速度と足糸産生は粒子濃度と負の関係にあった。また、曝露 91 日以内に、イガイの生存率は PVC 増加とともに減少した。

番号	書誌情報	文献タイトル(和訳)	生物	影響有・ 影響無	主な内容
C-28	Green (2016). "Effects of microplastics on European flat oysters, <i>Ostrea edulis</i> and their associated benthic communities." Environ Pollut 216: 95-103.	マイクロプラスチックがヨーロッパヒラガキと底生生物群集に及ぼす影響	ヨーロッパヒラガキ 底生生物群集等	影響有	マイクロプラスチックが、ヨーロッパヒラガキとその他底生生物群に及ぼす影響を調査するため、その生息環境を屋外のメソコスムに再現し、マイクロプラスチックを曝露する実験を行った。生分解性プラスチックと通常のマイクロプラスチックを、実験期間中水中濃度が決められた濃度(低濃度・高濃度)となるよう60日間繰り返し追加した。実験の結果、カキへの影響はほとんど見られなかったが、底生生物群集については、対照区の種の豊富さは約1.2倍、生物数は約1.5倍、高濃度曝露区よりも高かった。特にタマシキゴカイの幼生は約2倍、等脚類の一種は約8倍対照区の方が高濃度曝露区よりも多く、サギガイモドキも約1.5倍大きかった。
C-29	Green et al. (2016). "Effects of conventional and biodegradable microplastics on a marine ecosystem engineer (<i>Arenicola marina</i>) and sediment nutrient cycling." Environ Pollut 208(Pt B): 426-434.	通常及び生分解性プラスチックが海洋生態系のエンジニア(タマシキゴカイ)と底質の物質循環に及ぼす影響	タマシキゴカイ 微細藻類	影響有	マイクロプラスチックがタマシキゴカイと底質の窒素循環、一次生産に及ぼす影響を調査するため、屋外にてメソコスム実験を行った。生分解性プラスチック(ポリ乳酸)と2つの通常のプラスチック(ポリエチレン及びポリ塩化ビニル)を、底質に三段階の濃度で添加した。31日後、マイクロプラスチックを含む底質では、タマシキゴカイのらせん状のふんが少なくなった。高濃度曝露区では、タマシキゴカイの代謝率が上昇し、微細藻類のバイオマスは減少した。最も強い影響を示したのはポリ塩化ビニルであり、素材により影響が異なる可能性が示唆された。
C-30	Kesy et al. (2016). "Polystyrene influences bacterial assemblages in <i>Arenicola marina</i> -populated aquatic environments <i>in vitro</i> ." Environ Pollut 219: 219-227.	ポリスチレンがタマシキゴカイ生息水環境のバクテリア集合体に与える影響 <i>in vitro</i> 試験による調査	タマシキゴカイ	—	タマシキゴカイにポリスチレンを曝露し、ポリスチレン上のバクテリア集合体が、ゴカイの内臓を通過することによりその構成が変化し、病原体の生物膜を形成するか調査した。また、ゴカイが排泄した粒子を培養し、ポリスチレンが消化管の生物膜集合体の形成媒体として機能するかを調査した。ポリスチレン上のバクテリア集合体の種構成は、ゴカイの消化管を通過後、対照区ガラスビーズとより類似の構成を示し、一般的な底質バクテリアを含んでいた。共生生物の内、 <i>Amphritea atlantica</i> は、ポリスチレンでのみ生物膜、ふん、水において増殖した。

番号	書誌情報	文献タイトル(和訳)	生物	影響有・影響無	主な内容
C-31	Jeong et al. (2016). "Microplastic Size-Dependent Toxicity, Oxidative Stress Induction, and p-JNK and p-p38 Activation in the Monogonont Rotifer (<i>Brachionus koreanus</i>)." <i>Environ Sci Technol</i> 50(16): 8849-8857.	ワムシにおけるマイクロプラスチックのサイズ依存有害性、酸化ストレスの誘導、p-JNK 及び p-p38 活性化	ワムシ	影響有	ワムシを 0.05, 0.5, 6µm のポリスチレンマイクロビーズに曝露し、摂取による蓄積と影響を調査した。マイクロビーズへの曝露の結果、成長率、繁殖率及び寿命が低下し、繁殖にかかる時間が長くなった。この影響は、どの大きさのビーズでも見られたが、小さいビーズほど強い毒性を示した。6 µm の蛍光ラベルマイクロビーズをワムシに曝露したところ、24 時間後にはほとんど発光が見られなくなったが、0.05、0.5 µm の蛍光ラベルマイクロビーズでは、48 時間後まで発光が見られ、6µm のマイクロビーズの方がより効果的にワムシから排泄されることが示唆された。また、 <i>in vitro</i> 試験より、抗酸化関連酵素及び MAPK 情報伝達経路は、マイクロプラスチック曝露にサイズ依存的に反応し、有意に活性化していた。
C-32	Lonnstedt and Eklov. (2016). "Environmentally relevant concentrations of microplastic particles influence larval fish ecology." <i>Science</i> 352(6290): 1213-1216.	実環境中で想定される濃度のマイクロプラスチック粒子が稚魚の生態に及ぼす影響	ヨーロッパアンパーチ	影響有	ヨーロッパアンパーチの稚魚を実環境中で想定される濃度のポリスチレン粒子(90 µm)に曝露した。曝露の結果、孵化の抑制、成長速度の減少、えさの好み及び先天的習性が変化した。さらに、曝露した個体は、危険を知らせる嗅覚の危険信号に反応を示さなかったことから、捕食され易くなる可能性が示唆された。
C-33	Lu et al. (2016). "Uptake and Accumulation of Polystyrene Microplastics in Zebrafish (<i>Danio rerio</i>) and Toxic Effects in Liver." <i>Environ Sci Technol</i> 50(7): 4054-4060.	ゼブラフィッシュによるポリスチレンマイクロプラスチックの取り込み、蓄積と肝臓への影響	ゼブラフィッシュ	影響有	ゼブラフィッシュをポリスチレンマイクロプラスチック(MPs)に曝露し、その取り込み及び組織蓄積と肝臓への影響を調査した。7 日間の曝露を行った結果、5 µm の MPs はえら、肝臓及び消化管に蓄積した。一方で、20 µm の MPs はえら及び消化管のみに蓄積した。5 µm と 70 nm の MPs は肝臓の炎症と脂肪蓄積を引き起こした。MPs の曝露は、スーパーオキシドディスムターゼとカタラーゼの活性の顕著な上昇を引き起こし、酸化ストレスが誘発されたことが示唆された。また、MPs の曝露により、肝臓における代謝プロファイルが変化し、脂肪とエネルギーの代謝に影響を及ぼしたことが示唆された。

3 発生抑制対策に係る事業

3.1 海外交流事業の計画・運営