

資料編

<資料編 目次>

1 海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針の検討	資-1
1.1 海岸漂着物に含まれる有害物質に関する情報収集整理	資-1
1.2 【東京農工大学・高田秀重教授 提供】有機汚染物質の分析結果等	資-17
1.3 【東京農工大学・高田秀重教授 提供】有機汚染物質の分析結果等 第2報	資-31
1.4 【東京農工大学・渡邊泉教授 提供】重金属元素の分析結果等	資-55
1.5 【東京農工大学・渡邊泉教授 提供】重金属元素の分析結果等 第二報	資-71
1.6 【防衛大学校・山口晴幸名誉教授 提供】海岸漂着ゴミから溶出する有害化学物質の潜在的ポテンシャルの評価～定量的広域評価モデルの適用方針～	資-91
1.7 【防衛大学校・山口晴幸名誉教授 提供】海岸漂着物から溶出する有害化学物質の潜在的ポテンシャルの評価～西表島（2海岸）・座間味島（2海岸）	資-109
1.8 【防衛大学校・山口晴幸名誉教授 提供】マイクロプラスチックの甚大な供給源である海洋発泡スチロールの規制強化～沖縄島嶼での調査を踏まえて～	資-187
1.9 【沖縄県立芸術大学・藤田喜久准教授 提供】サンゴ礁砂浜海岸に生息するイソハマグリにおけるマイクロプラスチックの取り込み状況	資-201
1.10 【参考資料】令和元年度沖縄県海岸漂着物モニタリング調査業務報告書（抜粋版）	資-211

1 海岸漂着物及び有害物質の影響と対策方針の検討

1.1. 海岸漂着物に含まれる有害物質に関する情報収集整理

海岸漂着物に含まれる有害物質に関する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 1.1-1～表 1.1-3 にその一覧を示す。

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 (2件)	表 1.1-1
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 (5件)	表 1.1-2
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 (8件)	表 1.1-3

表 1.1-1 B-1 : 生物がゴミを介して有害物質に曝露されているかを調査した文献一覧

番号	書誌情報	文献タイトル (和訳)	生物	実験形態	対象 物質	主な内容
B1-01	Gassel, M. and Rochman, C. M. (2019). "The complex issue of chemicals and microplastic pollution: A case study in North Pacific lanternfish." Environmental pollution (Barking, Essex : 1987) 248: 1000-1009.	化学物質の複雑な問題とマイクロプラスチック汚染：北太平洋のハダカイワシにおけるケーススタディ	魚類（ハダカイワシ）	環境試料	BPA、4-nP、4-n-OP、APE、殺虫剤、PCBs、PBDEs	<p>プラスチックが蓄積していることで知られる北太平洋亜熱帯循環（North Pacific Subtropical Gyre、以下「Gyre」という。）の内外で採取したハダカイワシ中のビスフェノールA (BPA)、ノニルフェノール (4-NP)、オクチルフェノール (4n-OP)、アルキルフェノールエトキシレート (APEs)、殺虫剤 (DDTs)、ポリ塩化ビフェニル (PCBs)、ポリ臭素化ジフェニルエーテル (PBDEs) を測定し、化学物質濃度と試料採取地点のプラスチック密度の相関を調査した。</p> <p>Gyre の内外で、ハダカイワシ中のプラスチック関連物質 (BPA、4-NP、4n-OP、APE、PBDEs) の平均濃度は同程度だった。殺虫剤は Gyre 外の方が Gyre 内の個体よりも高濃度で、プラスチック濃度と負の相関があった。全 PCBs 合計濃度も Gyre 外の方が Gyre 内よりも高濃度だったが、低塩素 PCBs は Gyre 内の方が高く、プラスチック密度と正の相関があった。この結果は生物中の低塩素 PCBs とプラスチックの関係を調査した他の研究例の結果とも一致しており、マイクロプラスチックから生物への化学物質の輸送の可能性を示唆した。</p>

番号	書誌情報	文献タイトル (和訳)	生物	実験形態	対象物質	主な内容
B1-02	Rivera-Hernandez, J. R., Fernandez, B., Santos-Echeandia, J., Garrido, S., Morante, M., Santos, P. and Albentosa, M. (2019). "Biodynamics of mercury in mussel tissues as a function of exposure pathway: natural vs microplastic routes." The Science of the total environment 674: 412-423.	自然の経路・マイクロプラスチックを介した経路で曝露した場合の、イガイ中水銀のバイオダイナミクス	二枚貝 (ムラサキイガイ)	実内曝露実験	水銀	<p>ムラサキイガイに、MP に吸着させた状態、微細藻類に吸着させた状態、溶存態で、水銀を曝露し、パルスフェイズ実験（瞬間標識追跡実験）を実施した。粒子の種類に関係なく、ムラサキイガイは同程度の水銀を蓄積した。これは、両方の粒子に水銀が含まれ、その利用可能性が類似していたためである。</p> <p>水經由で水銀に曝露した場合は鰓で、水銀を吸着した粒子經由で水銀に曝露した場合は消化管で、水銀の濃度が最も高かった。</p> <p><u>1) MP の一部は摂食されず体表面に付着した可能性があること、2) MP は栄養がないため胃で拒絶され、消化管に入らずに糞便として排泄されること、3) MP と水銀の高い親和性により多くの水銀はMP と一緒に排泄されたことから、MP による水銀の摂取量のうち70%以上が迅速に除去された。</u></p> <p>微細藻類は消化され、その表面についていた水銀を放出することで、水銀の消化管への侵入を促進する。この場合、消化管から吸収された水銀は足糸まで運ばれ、より深いレベルまで行き届く。</p> <p>溶存態から曝露した場合は組織内部に浸透し、鰓から消化管に運ばれる。</p> <p>水銀を吸着させたMP を曝露した場合の水銀の除去率は、他の経路で曝露した場合より高かったが、浄化期間でも水銀がムラサキイガイ内に保持されたため、MP 水銀のベクター効果を無視するべきではない。</p>

表 1.1-2 B-2：ゴミに含まれる/吸着した有害物質が生物に及ぼす影響を調査した文献一覧

番号	書誌情報	文献タイトル (和訳)	生物	実験形態	対象 物質	主な内容
B2-01	Gao, M., Liu, Y. and Song, Z. (2019). "Effects of polyethylene microplastic on the phytotoxicity of di-n-butyl phthalate in lettuce (Lactuca sativa L. var. ramosa Hort)." <i>Chemosphere</i> 237: 124482.	レタスへのフタル酸ジ・n・ブチルの植物毒性に対するポリエチレン製マイクロプラスチックの影響	植物 (レタス)	室内曝露実験	DBP	<p>フタル酸ジ・n・ブチル (DBP) 及び様々な濃度でのマイクロプラスチックの曝露 (14 日間、28 日間) に対する、レタスの光合成パラメータ及び抗酸化システムの反応を調査した。</p> <p><u>MP 単独・DBP 単独・MP と DBP の両方に曝露した後、レタスの成長・光合成パラメータ・クロロフィル含有量が対照区と比べて有意に減少した (p<0.05)。</u>この結果から、<u>マイクロプラスチックの曝露は、レタスの成長、光合成、抗酸化防御システムを阻害しうる</u>ことが示された。</p> <p>すべての <u>MP+DBP 処理群では、DBP 単独曝露群に比べ、成長パラメータ (葉及び根の乾重量と湿重量、葉の数) が有意に減少した (p<0.05)。</u>さらに、<u>光合成速度、気孔コンダクタンス、蒸散速度、蛍光パラメータ、葉のクロロフィル含有量、ルビスコ活性が減少し、細胞間二酸化炭素濃度は増加した。</u>この結果から、<u>MP は DBP の光合成への影響を悪化させたことが示唆された。</u>また、すべての <u>MP+DBP 処理群では DBP 単独曝露群に比べ、レタスの葉と根のスパーオキシドラジカルと過酸化水素の含有量が増加した。MP 濃度の増加により抗酸化レベルは上昇した (1.0 mg/mL、14 日間の曝露群を除く)。</u>なお、<u>1.0 mg/mL、14 日間の曝露群では細胞膜が損傷していた。細胞の損傷の程度はレタスの成長に従って軽減し、常に根は葉よりも損傷が大きかった。</u></p> <p><u>結論として、MP の曝露により DBP の影響が悪化した。</u></p>

番号	書誌情報	文献タイトル (和訳)	生物	実験形態	対象物質	主な内容
B2-02	Gonzalez-Soto, N., Hatfield, J., Katsumiti, A., Duroudier, N., Lacave, J. M., Bilbao, E., Orbea, A., Navarro, E. and Cajaraville, M. P. (2019). "Impacts of dietary exposure to different sized polystyrene microplastics alone and with sorbed benzo[a]pyrene on biomarkers and whole organism responses in mussels <i>Mytilus galloprovincialis</i> ." The Science of the total environment 684: 548-566.	ムラサキイガイに異なるサイズのマイクロプラスチック及びベンゾ[a]ピレンを吸着したマイクロプラスチックを摂食曝露することによるバイオマーカー及び組織全体の反応への影響	二枚貝 (ムラサキイガイ)	室内曝露実験	BaP	MPの大きさと吸着したベンゾ[a]ピレン (BaP) の生物への影響を明らかにするため、ムラサキイガイにポリエチレン製MP (0.5 µm、4.5 µm) 単独、BaPを吸着させたMPを曝露し、影響を調査した。 ムラサキイガイに26日間毎日、0.058 mg/Lの濃度でMP (バージン MP と BaP を吸着させた MP) を曝露した (4.5 µm の MP の場合 1000 個/mL、0.5 µm の MP の場合 7.44 × 10 ⁵ 個/mL に相当)。 イガイ中 BaP 濃度は時間経過とともに増加し、特により小さいサイズのMPで顕著だった。大きいサイズのMPは胃内腔と消化管に多く存在し、上皮細胞内にもまれに存在した。すべての影響は曝露時間の経過とともに大きくなった。血球の生存率、カタラーゼ活性、消化管上皮の構造に着目すると、MP単独よりもBaPを吸着したMPの方が毒性が高かった。また、消化管のDNA損傷と細胞組成に着目すると、4.5 µmよりも0.5 µmのMPのほうが毒性が高かった。組織レベルではすべての曝露区で炎症反応がわずかに増加した。 ただし、全体で見ると26日目にMPの影響を補う効果 (吸収効率の上昇) が観察され、その結果BaPを吸着させた小さいサイズのMPの曝露群では成長量が増加した。これはストレスに対処するためにエネルギー需要が増加したことに関係している可能性がある。

番号	書誌情報	文献タイトル (和訳)	生物	実験形態	対象物質	主な内容
B2-03	Magara, G., Khan, F. R., Pinti, M., Syberg, K., Inzirillo, A. and Elia, A. C. (2019). "Effects of combined exposures of fluoranthene and polyethylene or polyhydroxybutyrate microplastics on oxidative stress biomarkers in the blue mussel (<i>Mytilus edulis</i>)." <i>Journal of toxicology and environmental health. Part A</i> 82(10): 616-625.	ムラサキガイの酸化ストレスバイオマーカーに対するフルオランテンとポリエチレン製またはポリヒドロキシブチレート製マイクロプラスチックの複合影響	二枚貝 (ムラサキガイ)	室内曝露 実験	Flu	本研究は、ムラサキガイに、ポリエチレン (PE) 製及びバイオプラスチックであるポリヒドロキシブチレート (PHB) 製のマイクロプラスチック (MP) を、それぞれ単独またはフルオランテン (Flu) と同時に曝露し、消化腺と鰓の解毒酵素への影響を比較することを目的とした。 ムラサキガイに96時間8実験区 (対照区、Flu 単独、PE 製 MP 単独、PHB 製 MP 単独、PE 製 MP と Flu、PHB 製 MP と Flu、Flu を吸着させた PE 製 MP、Flu を吸着させた PHB 製 MP) で MP や Flu に曝露した。スーパーオキシドジスムターゼ (SOD)、カタラーゼ (CAT)、グルタチオンペルオキシダーゼ (GPx)、グルタチオン S-トランスファアーゼ (GST)、グルタチオンレダクターゼ (GR) は消化腺と鰓の両方の組織において Flu 及び MP の影響を受けやすいことが明らかとなった。PHB 製 MP 単独の曝露により鰓の CAT、GST、消化腺の SOD、両方の組織の SeGPx の活性が低下した。複合曝露及び Flu を吸着させた MP の曝露による生化学的応答は、PE 製 MP 単独及び PHB 製 MP 単独と同等であり、MP と化学物質の複合曝露の影響がないことを示唆した。

番号	書誌情報	文献タイトル (和訳)	生物	実験形態	対象物質	主な内容
B2-04	<p>Pannetier, P., Cachot, J., Clerandeanu, C., Faure, F., Van Arkel, K., de Alencastro, L. F., Levasseur, C., Sciacca, F., Bourgeois, J. P. and Morin, B. (2019). "Toxicity assessment of pollutants sorbed on environmental sample microplastics collected on beaches: Part I- adverse effects on fish cell line." Environmental pollution (Barking, Essex : 1987) 248: 1088-1097.</p>	<p>砂浜で採取したマイクロプラスチックに吸着した化学物質の毒性評価：パート I・魚の細胞株に対する悪影響</p>	<p>魚類 (ニジマス)</p>	<p>室内実験 (バイオアッセイ)</p>	<p>MP抽出物 (PAHs、PCBs、DDTsを含む)、B[a]P</p>	<p>ニジマス肝細胞株 (RTLW-1) を用い、2015年に世界中の様々な島の砂浜 (6地点; ポルトガル、バルミューダ、チリ、グアム、ハワイ Oahu Island、ハワイ Big Island) で採取したマイクロプラスチック (MP) に吸着した汚染物質の毒性を評価した。</p> <p>分析対象物質は、MP に関連のある残留性有機汚染物質 (POPs) である多環芳香族炭化水素 (PAHs)、ポリ塩化ビフェニル (PCBs)、ジクロロジブフェニルトリクロエタン (DDTs) を対象とした。</p> <p>また、バージン MP (新品のプラスチック)・B[a]P で人工的にコーティングされた MP・環境中で採取された MP のジメチルスルホキシド (DMSO) 抽出物を複数のバイオアッセイ (MTT アッセイ (MTT)、エトキシレゾフィン・O・デエチラゼアッセイ (EROD)、コメットアッセイ) で分析した。</p> <p>砂中の MP はポリエチレンが優占的に存在し、次にポリプロピレンが続いた。</p> <p>バルミューダは PAHs が、ハワイ (Oahu Island) は DDTs が最も高い濃度で検出された。</p> <p>バージン MP は毒性が観察されなかった。</p> <p>MP 抽出物に曝露した細胞では細胞毒性は観察されなかった。一方、EROD 活性が誘発され、採取地点によってその程度は異なったことから、抽出物中の汚染物質や添加剤が異なることが示唆された。コメットアッセイの結果、6地点中4地点で DNA 損傷が観察された。EROD 活性レベルと DNA 損傷率の変化は、MP 抽出物の魚類の細胞株への毒性を示している。</p>

番号	書誌情報	文献タイトル (和訳)	生物	実験形態	対象物質	主な内容
B2-05	<p>Pannetier, P., Morin, B., Clerandeu, C., Laurent, J., Chapelle, C. and Cachot, J. (2019). "Toxicity assessment of pollutants sorbed on environmental microplastics collected on beaches: Part II-adverse effects on Japanese medaka early life stages." Environmental pollution (Barking, Essex : 1987) 248: 1098-1107.</p>	<p>砂浜で採取したマイクロプラスチックに吸着した化学物質の毒性評価：パートII・初期発達段階のニホンメダカへの悪影響</p>	<p>魚類（ニホンメダカ）</p>	<p>室内実験</p>	<p>B[a]P、MP抽出液</p>	<p>太平洋上の3つの島の砂浜で採取したマイクロプラスチックに吸着した汚染物質の毒性影響を評価することを目的とした。</p> <p>バージンMP（新品のMP）、人工的にB[a]PでコーティングしたMP、イースター島、グアム、ハワイで採取したMPの発毒性を、ニホンメダカの胚と幼生を用いて評価した。</p> <p>MPのDMSO抽出物をニホンメダカの胚・幼生曝露した後、死亡率、孵化率、奇形、EROD活性及びDNA損傷について調査した。</p> <p>バージンMPの抽出物ほどのエンドポイントについても毒性はなかった。B[a]Pを250 µg/gコーティングしたMPは高い胚死亡率(+81%)・低い孵化率(-28%)といった致死効果、及び生体計測と遊泳行動の変化・EROD活性上昇(+94%)・DNA損傷(+96%)を含む重致死効果を誘発した。</p> <p>3つの島で採取した環境中MPはそれぞれ異なるポリマー素材、汚染物質、毒性のパターンを示した。最も高い毒性は、ハワイのMPの抽出液を曝露した場合の体長と遊泳速度の減少及びEROD活性とDNA鎖切断の誘発に現れた。</p> <p>本研究はMPに吸着した有機汚染物質の、初期発達段階の魚類に対する重致死毒性を示した。</p>

表 1.1-3 C-2 : ゴミの取込み/曝露による生物への影響を調査した文献

番号	書誌情報	文献タイトル (和訳)	生物	主な内容
C2-01	Baudrimont, M., Arini, A., Guegan, C., Venel, Z., Gigault, J., Pedrono, B., Prunier, J., Maurice, L., Ter Halle, A. and Feurtet-Mazel, A. (2019). "Ecotoxicity of polyethylene nanoplastics from the North Atlantic oceanic gyre on freshwater and marine organisms (microalgae and filter-feeding bivalves)." Environmental science and pollution research international.	北大西洋還流で採取したポリエチレン製ナノプラスチックの淡水棲及び海棲生物(微細藻類とろ過摂食性二枚貝)に対する生態毒性	微細藻類(淡水棲微細藻類、海棲珪藻類)、二枚貝(タイワンシジミ)	<p>ナノプラスチック (NP) の潜在的な毒性を明らかにするため、2種の微細藻類(淡水棲藻類 <i>Scenedemus subspicatus</i>、海棲珪藻類 <i>Thalassiosira weissflogii</i>) に 48 時間、1、10、100、1,000、10,000 µg/L の濃度で、ポリエチレン製 NP (PER) 及び北大西洋還流 (Gyre) で 2015 年に採取したポリエチレンから作られた NP (PEN) を曝露した。また、淡水棲でろ過摂食の二枚貝 <i>Corbicula fluminea</i> に PER と PEN を 1000 µg/L、48 時間曝露し、ろ過・消化能力の変化を調査した。</p> <p>PER と PEN は海棲珪藻類の細胞成長に影響を与えなかった。一方淡水棲藻類については、PEN はすべての曝露区において、PER は 10,000 µg/L の曝露区で成長阻害が起こった。PER または PEN の濃度が高い (10,000 µg) と、成長阻害の程度が大きかった。</p> <p>海棲珪藻類は淡水棲藻類よりもプラスチック汚染の影響を受けにくかった。</p> <p>NP の曝露は二枚貝のろ過摂食に影響を与えなかったが、PEN の曝露後は糞便及び偽糞が増加し、食物でない粒子に対する拒絶メカニズムが示唆された。</p>

番号	書誌情報	文献タイトル (和訳)	生物	主な内容
C2-02	Goncalves, C., Martins, M., Sobral, P., Costa, P. M. and Costa, M. H. (2019). "An assessment of the ability to ingest and excrete microplastics by filter-feeders: A case study with the Mediterranean mussel." Environmental pollution (Barking, Essex : 1987) 245: 600-606.	ろ過摂食動物によるマイクロプラスチックの摂食・排出能力の評価：ムラサキイガイにおけるケーススタディ	二枚貝（ムラサキイガイ）	<p>ろ過摂食の海棲生物によるマイクロプラスチック（MP）摂取の潜在的な病態生理学的影響を調査することを目的とした。</p> <p>ムラサキイガイに球状でポリスチレン製のMP（2 μm、10 μm）を短期間・長期間、高濃度であるが現実的な濃度（10 個/mL、1000 個/mL）で曝露した。</p> <p>その結果、MP の大きさに関わらず、ろ過によって水柱からMP が迅速に除去された。MP 摂食後、消化管内腔（主に中腸腺）にMP が確認され、その後糞便として排出された。しかし、鰓や消化管憩室にはMP が見つからなかった。酸化ストレスの生化学的指標は一般的に組織や曝露時間に関係なく、反応がなかった。MP 摂取との関連は明らかではないが、胃上皮に血球湿潤の小さな病巣が発見された。全体的に、ムラサキイガイの切片に明らかな組織病理学的損傷はなかった。</p> <p><u>MP の迅速な除去や内部損傷が少ないことは、二枚貝の適応能力を示唆している。</u>しかし、環境中では鋭利なMP 片も摂取することから、ろ過摂食動物はMP の影響を受けることが懸念される生物である。</p>

番号	書誌情報	文献タイトル (和訳)	生物	主な内容
C2-03	Green, D. S., Colgan, T. J., Thompson, R. C. and Carolan, J. C. (2019). "Exposure to microplastics reduces attachment strength and alters the haemolymph proteome of blue mussels (<i>Mytilus edulis</i>)." Environmental pollution (Barking, Essex : 1987) 246: 423-434.	マイクロプラスチックの曝露は、ムラサキガイの付着強度を減少させ、血リンパプロテオームを変化させた	二枚貝 (ムラサキガイ)	<p>メスocosム環境において、ムラサキガイに52日間、ポリ乳酸製MP (PLA) の曝露区、高密度ポリエチレン製MP (HDPE) の曝露区、対照区でMPの曝露実験を実施し、ムラサキガイへの影響を調査した。なお、PLAは平均直径65.6 μm (0.6~363 μm)、HDPEは平均直径102.6 μm (0.48~316 μm) で、毎日餌 (微細藻類) と混合し、メスocosム内の濃度が25 μg/Lとなるように曝露した。</p> <p>HDPEに繰り返し曝露すると、足糸数と付着強度 (粘着性) が約50%減少した。<u>PLA、HDPEの両方の曝露区で血リンパプロテオームが変化し、MP曝露にから保守する反応が観察されたが、HDPE曝露区の方がPLA曝露区よりも変化が大きかった。</u>影響を受けたタンパク質の多くは、免疫調節、解毒、代謝、発達に関与している。この結果から、質量分析ベースのプロテオミクスの有用性と従来のプラスチックと生分解性プラスチックがサンゴ礁を形成・維持する能力に影響を及ぼす可能性を示している。</p>

番号	書誌情報	文献タイトル (和訳)	生物	主な内容
C2-04	Li, Q., Sun, C., Wang, Y., Cai, H., Li, L., Li, J. and Shi, H. (2019). "Fusion of microplastics into the mussel byssus." Environmental pollution (Barking, Essex : 1987) 252(Pt A): 420-426.	イガイの足糸へのマイクロプラスチックの侵入	二枚貝 (ムラサキイガイ)	<p>マイクロプラスチック (MP) が生物の体の一部に侵入するという仮説を検証するため、ムラサキイガイの足糸を対象として調査した。</p> <p>ポリスチレン製マイクロビーズ、ポリアミド製MP (破片)、ポリエステル製繊維をムラサキイガイに曝露した結果、足糸中でこれらのMPが検出された。この結果から、MPは生物の表面に付着するだけでなく、足糸に入り込むことが確認された。</p> <p>足糸はイガイの生存に非常に重要であり、MPが入り込むと足糸の機能が損なわれる可能性がある。</p>

番号	書誌情報	文献タイトル (和訳)	生物	主な内容
C2-05	Liu, Z., Yu, P., Cai, M., Wu, D., Zhang, M., Chen, M. and Zhao, Y. (2019). "Effects of microplastics on the innate immunity and intestinal microflora of juvenile <i>Eriocheir sinensis</i> ." <i>The Science of the total environment</i> 685: 836-846.	チュウゴクモクズガニの幼体の自然免疫及び町内最近に対するマイクロプラスチックの影響	甲殻類 (チュウゴクモクズガニ)	<p>チュウゴクモクズガニ (<i>Eriocheir sinensis</i>) の幼体に、7・14・21日間、様々な濃度のマイクロプラスチック (MP) (0、0.04、0.4、4、40mg/L) を曝露し、その影響を調査した。</p> <p>血リンパ及び肝臓において、低用量・短期間の MP 曝露後、ほとんどの免疫関連因子 (ヘモシアニン (Hc)、アルカリホスファターゼ (AKP)、フェノールオキシダーゼ (PO)、リゾチーム (LSZ)、酸性ホスファターゼ (ACP)) が、最初に増加した後減少した。Hc 及び LSZ の遺伝子発現は酵素活性に対応する変化と一致していた。</p> <p>MP 曝露区では対照区よりも、カスパーゼ及び MyD88 の血球での発現レベルが高かったが、肝臓での発現レベルは最初に増加した後、減少した。</p> <p>また、ファーマキユータスとバクテロイデスの存在量は、40mg/L の曝露区で減少した。</p> <p>これらの結果から、MP は免疫酵素活性と免疫関連遺伝子の発現に影響を及ぼし、チュウゴクモクズガニの腸内細菌の多様性と組成を変化させることを示唆した。</p>

番号	書誌情報	文献タイトル (和訳)	生物	主な内容
C2-06	Luan, L., Wang, X., Zheng, H., Liu, L., Luo, X. and Li, F. (2019). "Differential toxicity of functionalized polystyrene microplastics to clams (Meretrix meretrix) at three key development stages of life history." Marine pollution bulletin 139: 346-354.	官能基を付与したポリスチレン製マイクロプラスチックの、主要な3つの発達段階のハマグリ (<i>Meretrix meretrix</i>) に対する異なる毒性	二枚貝 (ハマグリ)	<p>3つの主要な発生段階 (受精卵、ベリジャー幼生、アンボ期) のハマグリ (<i>Meretrix meretrix</i>) の、カルボキシ化ポリスチレン製 (PS-COOH) 及びアミノ化ポリスチレン製 (PS-NH2) のマイクログラスチックに対する毒性影響を評価することを目的とし、ハマグリに PS-COOH (オレンジ色、200nm) 及び PS-NH2 (赤色、100nm) を異なる濃度 (0、0.02、0.2、0.5、1、2mg/L) で曝露し、影響を調査した。</p> <p>PS-COOH 曝露区及び PS-NH2 曝露区では、<u>孵化率が 5.79 ~ 39.5%、成長率 (異なる発生段階に成長した個体の割合) が 5.79 ~ 39.5% 有意に減少した</u>。MP の毒性は、<u>孵化段階 > 変態段階 > ベリジャー幼生期</u>の順で高く、発生段階に依存した毒性効果を示唆した。また、流体力学的直径がより小さい PS-NH2 は発生段階の幼生に対して PS-COOH よりも強い毒性を示した。</p>

番号	書誌情報	文献タイトル (和訳)	生物	主な内容
C2-07	Magni, S., Della Torre, C., Garrone, G., D'Amato, A., Parenti, C. C. and Binelli, A. (2019). "First evidence of protein modulation by polystyrene microplastics in a freshwater biological model." Environmental pollution (Barking, Essex : 1987) 250: 407-415.	淡水モデル生物におけるポリスチレン製マイクロプラスチックによるタンパク質の変化（モジュレート）の初めての証拠	二枚貝（カワホトトギスガイ）	<p>水生生物におけるマイクロプラスチック（MP）の毒性の作用メカニズムを明らかにするため、機能的プロテオミクスに基づく質量分析により、淡水モデル生物であるカワホトトギスガイ（<i>Dreissena polymorpha</i>）のたんぱく質組成の変化を評価した。</p> <p>カワホトトギスガイに 2 種類のバーゼン MP（大きさが 1 μm、10 μm）の混合物に 6 日間曝露した。濃度はどちらの大きさも、5×10^5 個/L と 2×10^6 個/L で曝露した。鰓のプロテオーム解析では、<u>低濃度曝露区ではタンパク質に変化がなかったが、高濃度曝露区では 78 のたんぱく質が変化し、閾値があることが示唆された。</u>変化したタンパク質は、リボソームの構造と機能、エネルギー代謝、細胞輸送、RNA 結合と細胞骨格に関連するグループに属し、すべて酸化ストレスに対する応答に関連があった。</p>