

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-10	<p>accumulation and oxidative stress response in the blue mussel, <i>Mytilus edulis</i>." J Toxicol Environ Health A. 81(16): 761-773.</p> <p>Rehse, S., Kloas, W. and Zarfl, C. (2018). "Microplastics Reduce Short-Term Effects of Environmental Contaminants. Part I: Effects of Bisphenol A on Freshwater Zooplankton Are Lower in Presence of Polyamide Particles." Int J Environ Res Public Health. 15(2).</p>	<p>マイクロプラスチックは環境化学汚染物質の短期間の影響を低減させる。第1部：ポリアミド粒子の存在により淡水動物プランクトンに対するビスフェノールAの影響は小さくなる</p>	<p>甲殻類 (オオミジンコ)</p>	<p>実験室</p>	<p>ビスフェノールA</p>	<p>と消化管における抗酸化反応（スーパーオキシドアニオン、カタラーゼ、グルタチオンペルオキシダーゼの活性、グルタチオン濃度など）が有意に変化したことから、マイクロプラスチック及びFluの曝露により酸化還元状態が変化したことが示唆された。Flu単独、マイクロプラスチック単独の曝露は、それぞれ異なる反応を引き起こしたが、複合曝露および吸着曝露による相加的あるいは相乗的な反応は見られなかった。また、マイクロプラスチックを単独で曝露した場合にも、カタラーゼ活性、グルタチオンペルオキシダーゼ活性への影響が見られたことから、マイクロプラスチックは、酸化ストレスシステムに直接的に影響を及ぼす可能性があることが示唆された。</p> <p>マイクロプラスチック（ポリアミド粒子）の存在により、淡水動物プランクトンに対するビスフェノールA（BPA）の急性影響が、どのように変化するか調べるため、オオミジンコにポリアミド粒子単独、BPA単独、ポリアミド粒子とBPAの両方を曝露し、影響を調べた。</p> <p>ポリアミド粒子自体はオオミジンコに悪影響を与えなかったが、BPAは用量依存的に影響を及ぼした。BPAとポリアミド粒子の両方を曝露した場合、オオミジンコはポリアミド粒子を摂取したが、遊泳阻害は低下した。ポリアミド粒子が存在していた方が、オオミジンコのBPA負荷量が低いことが、計算結果により示唆された。これらの結果から、本研究のマイクロプラスチック濃度の場合、マイクロプラスチックからのBPAの取り込みは無視できるレベルであることが確</p>

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-11	Zhang, S., Ding, J., Razanajatovo, R. M., Jiang, H., Zou, H. and Zhu, W. (2019). "Interactive effects of polystyrene microplastics and roxithromycin on bioaccumulation and biochemical status in the freshwater fish red tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> )." <i>Sci Total Environ.</i> 648: 1431-1439.	淡水魚（レッドテ イラピア）におけ る生物蓄積と生化学 的状態に対する、ポ リスチレン製マイクロプラ スチック及びロキシ スロマイシンの相互 影響	魚（レ ッドテ イラ ピア）	実験室	抗生 質（ロキ スロシ マイシ ン）	認された。 ポリスチレン製マイクロプラスチックが抗生物質ロ キシスロマイシン（ROX）の淡水魚（レッドテイラピア） への分配及び生物蓄積に及ぼす影響を評価するた め、レッドテイラピアにROXの単独曝露、ROXとマ イクロプラスチックの複合曝露を実施した。その結 果、マイクロプラスチックとの複合曝露により、ROX の生物蓄積が増加した。また、ROXの単独曝露に比 べ、ROXとマイクロプラスチックの複合曝露の方が、 ROXの神経毒性が低いことが確認された。ROXとマ イクロプラスチックの複合曝露は、ROXの単独曝露 よりも肝臓中のシトクロム P450 (CYP) 活性の変化 が大きく、マイクロプラスチックはROXの代謝に影 響を与える可能性が示唆された。加えて、スーパーオ キシドジスムターゼ (SOD) 活性が有意に上昇し、マ ロンジアルデヒド (MDA) が減少したことから、ROX とマイクロプラスチックの複合曝露により、魚の肝臓 における酸化損傷が軽減されたことが示唆された。
B-12	Guilhermino, L., Vieira, L. R., Ribeiro, D., Tavares, A. S., Cardoso, V., Alves, A. and Almeida, J. M. (2018). "Uptake and effects of the antimicrobial florfenicol, microplastics and	淡水外来生物タ イワシジミにお ける、抗菌剤（フ ロルフェニコー ル）、マイクロプラ スチック、それら の混合物の摂取と その影響	貝類（タ イワシ ジミ）	実験室	抗生 質（フロ ルフェ ニコー ル）	タイワシジミを対象に、マイクロプラスチックと抗 生物質（フロルフェニコール）の摂取とその影響を調 べるため、タイワシジミをフロルフェニコール（1.8、 7.1mg/L）、マイクロプラスチック（0.2、0.7mg/L）ま たはそれらの混合物に96時間曝露する実験を行った。 マイクロプラスチックは消化管内、消化腺腔、結合組 織、血リンパ洞、鰓表面で確認された。フロルフェニ コールまたは0.2mg/Lのマイクロプラスチックの曝 露により、コリンエステラーゼ（ChE）活性が低下し た。また、その両方の曝露により、摂食が阻害され、

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
	their mixtures on freshwater exotic invasive bivalve <i>Corbicula fluminea</i> ." Sci Total Environ. 622-623: 1131-1142.					ChE、イソクエン酸デヒドロゲナーゼ活性が低下し、抗酸化酵素活性、脂質過酸化レベルが上昇した。この結果より、フロルフエニコール及びマイクロプラズチックは単独でタイワンシジミに対して毒性があるが、その混合物の方が毒性が高いことが確認された。
B-13	Oliveira, P, Barboza, L. G. A., Branco, V., Figueiredo, N., Carvalho, C. and Guilhermino, L. (2018). "Effects of microplastics and mercury in the freshwater bivalve <i>Corbicula fluminea</i> (Muller, 1774): Filtration rate, biochemical biomarkers and mercury bioconcentration." Ecotoxicol Environ Saf. 164: 155-163.	淡水二枚貝タイワンシジミに対する、マイクロプラズチック及び水銀の毒性：濾過速度、生化学的バイオマーカー、水銀の蓄積	貝類(タイワンシジミ)	実験室	水銀	淡水二枚貝(タイワンシジミ)について、マイクロプラズチック及び水銀の曝露影響、曝露後の回復、水銀の蓄積を調べるため、タイワンシジミをマイクロプラズチック(0.13mg/L)、水銀(30µg/L)、それらの混合物に8日間曝露した。曝露後の回復を調べるため、曝露終了後、6日間コントロール区で飼育した。水銀の生物蓄積係数(BCF)は、水銀のみ曝露した場合の方が、マイクロプラズチックと水銀を両方曝露した場合よりも高く、マイクロプラズチックによる水銀の生物蓄積量の減少が確認された。マイクロプラズチック、水銀、それらの混合物によって、濾過速度、脂質過酸化レベルが低下し、健康状態の悪化と脂質酸化ストレスが示唆された。また、マイクロプラズチック単独に曝露した場合、閉殻筋のコリエンステラーゼ(ChE)活性が低下し、神経毒性が示唆された。水銀単独に曝露した場合、イソクエン酸デヒドロゲナーゼ活性が抑制され、細胞エネルギー生産の変化が示唆された。曝露後6日間の回復期間は、毒性影響を完全になくし、水銀を体内から完全に排出するには不十分であった。
B-14	Rainieri, S., Conlledo, N., Larsen, B. K.,	ゼブラフィッシュの臓器毒性に対する	魚(ゼブラフィッシュ)	実験室	メチル水銀、フ	水生生物に対する、マイクロプラズチック及びマイクロプラズチックに吸着した化学汚染物質の複合影響

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
	Granby, K. and Barranco, A. (2018). "Combined effects of microplastics and chemical contaminants on the organ toxicity of zebrafish ( <i>Danio rerio</i> ). <i>" Environ Res.</i> 162: 135-143.	マイクロプラスチックと化学汚染物質の複合影響	ツシユ)		化合物 結合 (PFCs) )、臭素 系難燃 剤 (BFRs) : PBDEs 、 $\alpha$ -HBCD 、2,4,6- トリブ ロモフ エノー ル)、 PCBs	を調べるため、ゼブラフィッシュに、(A) 餌のみ、(B) 餌とポリエチレン (PE) 粒子 (直径 125-250 $\mu$ m)、(C) 餌と化学汚染物質 (PCBs、BFRs、PFCs、メチル水銀) を添加した PE 粒子、(D) 餌と化学汚染物質を 3 週間曝露し、臓器 (肝臓、腸、筋肉組織、脳) への影響を調べた。その結果、餌と化学汚染物質を添加した PE 粒子 (C) の実験区で最も明確な影響が見られ、特に肝臓における影響が顕著に見られた。PE 粒子のみ曝露した場合 (B)、影響は見られなかった。マイクロプラスチックと化学汚染物質を両方曝露した場合 (D) よりも、臓器のホメオスタシスを有意に変化させた。
B-15	Beiras, R., Bellas, J., Cachot, J., Cormier, B., Cousin, X., Engwall, M., Gambardella, C., Garaventa, F., Keiter, S., Le Bihanic, F., Lopez-Ibanez, S., Piazza, V., Rial, D., Tato, T. and Vidal-Linan, L. (2018).	マイクロプラスチックの摂取及び接触は海生動物プラシキを引き起こさない	動物 プラン トン (初 期発達 段階の ワムシ 類、二枚 貝、棘皮 動物、 魚)	実験室	BP-3	海生動物プランクトンに対するマイクロプラスチック (1-10 $\mu$ m) の毒性を調べるため、BP-3 を添加した / 添加していないポリエチレン (PE) 粒子を初期発達段階の動物プランクトン (ワムシ類、二枚貝、棘皮動物、魚) に曝露する実験を行った。その結果、環境中より高濃度の PE 粒子を曝露しても、無脊椎動物に対する急性毒性は見られなかった。一方、魚に BP-3 添加 PE 粒子を 10mgL <sup>-1</sup> で 12 日間曝露した場合、未成熟卵の孵化、孵化数の減少などの影響が見られた。これらの結果は、環境中のマイクロプラスチックが海洋動物プランクトンに対しリスクとなりうることを支

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
	"Ingestion and contact with polyethylene microplastics does not cause acute toxicity on marine zooplankton." J Hazard Mater. 360: 452-460.					持しなかった。
B-16	Rochman, C. M., Parnis, J. M., Browne, M. A., Serrato, S., Reiner, E. J., Robson, M., Young, T., Diamond, M. L. and Teh, S. J. (2017). "Direct and indirect effects of different types of microplastics on freshwater prey ( <i>Corbicula fluminea</i> ) and their predator ( <i>Acipenser transmontanus</i> )." PLoS One. 12(11): e0187664.	淡水生の餌生物 (タイワンシジミ) と捕食者 (シロチョウザメ) における、様々なホリマタータイプのマイクロプラスチックの直接的、間接的影響	貝類 (タイワンシジミ)、魚類 (シロチョウザメ)	実験室	PCBs	ポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリエチレン (PE)、ポリ塩化ビニル (PVC)、ポリスチレン (PS) の粒子 (それぞれ PCBs 添加あり、添加なし) を環境中と同程度の濃度 (PET; 4.1 mg/L, PE; 2.8 mg/L, PVC; 4.2 mg/L, PS; 3.2 mg/L) で、タイワンシジミに 28 日間曝露した。その後、同タイワンシジミをシロチョウザメに 28 日間与え、餌生物とその捕食者への PCBs の蓄積とその影響 (免疫組織化学、組織学、行動、状態、死亡) を調査した。どちらの種においても PCBs の蓄積は確認されず、ポリマータイプによる PCBs 蓄積の違い、食物連鎖を通じた生物濃縮は見られなかった。そこで、モデル計算により PCBs の生物蓄積量を予測したところ、タイワンシジミは PET、PVC よりも PE、PS から、より多くの PCBs を濃縮することが示唆された。曝露試験の結果、タイワンシジミに生じた影響はわずかであったが、これらは PCBs 単独の曝露よりもマイクロプラスチックによる影響であると考えられた。例えば、PCBs のみに曝露したタイワンシジミよりも PCBs 添加マイクロプラスチックに曝露した方が管拡張が大きかった。
B-17	Granby, K., Rainieri,	ヨーロピアンシー	魚 (ヨー	実験室	PCBs、	ハロゲン化合物とマイクロプラスチックを同時に摂

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
	S., Rasmussen, R. R., Kotterman, M. J. J., Sloth, J. J., Cederberg, T. L., Barranco, A., Marques, A. and Larsen, B. K. (2018). "The influence of microplastics and halogenated contaminants in feed on toxicokinetics and gene expression in European seabass ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )." <i>Environ Res.</i> 164: 430-443.	バスにおける餌中のマイクロプラスチック及びハロゲン化合物のトキシコキネティクスと遺伝子発現への影響	ロピアー ンシン バス)		臭素系 難燃剤 (BFRs : α -HBCD 、 PBDEs )	食した場合の魚への影響を調べるため、ハロゲン化合物を添加したマイクロプラスチック、ハロゲン化合物無添加のマイクロプラスチックとハロゲン化合物、またはハロゲン化合物のみを、それぞれ餌に混ぜ魚に曝露し、魚中のハロゲン化合物の濃度を調べた。ハロゲン化合物を添加したマイクロプラスチックを与えた魚は、PCBs、臭素系難燃剤の濃度が有意に高かった。また、肝臓におけるシトクロム P450 等の遺伝子発現により、マイクロプラスチックは、化学物質の毒性影響を強める可能性が示唆された。ハロゲン化合物を添加したマイクロプラスチックを曝露した場合、BDE99 以外の物質の排出係数は、その他の実験区に比べ、有意に低かった。この結果から、マイクロプラスチックは汚染物質の肝臓における無毒化と脂質への分配に影響を与えることが示唆された。

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
C-1	<p>Bour, A., Haarr, A., Keiter, S. and Hylland, K. (2018). "Environmentally relevant microplastic exposure affects sediment-dwelling bivalves." Environ Pollut. 236: 652-660.</p>	<p>環境中と同程度のマイクロプラスチック曝露は堆積物に生息する二枚貝に影響を与える</p>	<p>貝類 (コグルミガイ、リュウグウザクラ属の一種)</p>	<p>マイクロプラスチックへの曝露が、堆積物中に生息する二枚貝に与える長期的影響を調査するため、コグルミガイとリュウグウザクラ属の一種に、ポリエチレン粒子 (4-6、20-25、125-500<math>\mu\text{m}</math>) を 1、10、25mg/kg-sediment で 4 週間曝露した。その結果、生存、肥満度、穴を掘る行動に影響は見られなかった。一方、エネルギー貯蔵量に有意な変化が見られた。コグルミガイにおいては、脂質含有量が減少した一実験条件 (20-25 <math>\mu\text{m}</math>、10mg/kg) を除き、たんぱく質・炭水化物・脂質の含有量に、対照区との有意差はなかった。しかし、125-500<math>\mu\text{m}</math> の粒子を曝露した場合、用量依存的にエネルギー貯蔵量が減少した。一方、リュウグウザクラ属の一種においては、125-500<math>\mu\text{m}</math> の粒子を曝露した場合、エネルギー貯蔵量に変化は見られなかったが、たんぱく質含有量が有意に減少した。マイクロプラスチックの貝類への影響は、曝露濃度と粒子の大きさによる影響を受けており、大きな粒子、濃度が高いほど影響が大きかった。これらの結果から、マイクロプラスチックの長時間曝露は、底生生物</p>

番号	書誌情報	文献タイトル (和訳)	生物	主な内容
C-2	Brate, I. L. N., Blazquez, M., Brooks, S. J. and Thomas, K. V. (2018). "Weathering impacts the uptake of polyethylene microparticles from toothpaste in Mediterranean mussels ( <i>M. galloprovincialis</i> )." <i>Sci Total Environ.</i> 626: 1310-1318.	ムラサキガイに含まれる歯磨き粉によるポリエチレン粒子の摂取に対する、粒子の風化の影響	貝類 (ムラサキガイ)	影響を与える可能性が示唆された。歯磨き粉に含まれるポリエチレン粒子をムラサキガイに 21 日間曝露する実験を行った。ポリエチレン粒子は、新品と屋外にて 21 日間風化させたものを用いた。ムラサキガイは新品及び風化した粒子の両方を摂取した。摂取量を粒子の重さで比較すると、新品よりも風化した粒子を有意に多く摂取した。一方、摂取量を粒子数で比較すると、その傾向は確認されなかった。ポリエチレン粒子の摂取は、鰓及び消化管の構造の変化、外套膜等の組織の壊死を引き起こした。ポリエチレン粒子が新品か風化しているかによって、組織の変化の程度に違いはなかった。本研究により、実環境中での影響を調べるには、風化したプラスチック粒子を用いて曝露実験を行う必要が示唆された。
C-3	Capolupo, M., Franzellitti, S., Valbonesi, P., Lanzas, C. S. and Fabbri, E. (2018). "Uptake and transcriptional effects of polystyrene microplastics in larval stages of the	ムラサキガイの幼生に対するポリスチレン粒子の摂取と遺伝子の転写への影響	貝類 (ムラサキガイ)	発達初期段階の海生生物に対するマイクロプラスチックの亜致死性の影響を調べるため、発達初期段階のムラサキガイの幼生にポリスチレン(PS)粒子 (3µm、50-10000 個/mL) を曝露する実験を行った。受精 3 日後～9 日後は PS 粒子の濃度が増加するにつれて摂取量は直線的に増加した。摂取した PS 粒子は最長 192 時間、ムラサキガイの幼生の消化管内に滞



番号	書誌情報	文献タイトル (和訳)	生物	主な内容
	Mediterranean mussel <i>Mytilus galloprovincialis</i> ." Environ Pollut. 241: 1038-1047.			留し、消化機能への物理的な影響が示唆された。PS 粒子の曝露によってムラサキガイの幼生による微生物類の摂食行動に影響はなかった。胚の発達に形態的な変化はなかったが、50、500 個/mL の PS 粒子を曝露した場合、貝殻の形成や免疫調節に関係する遺伝子の発現が上昇し、リゾソーム酵素をコードする遺伝子の発現が低下した。この結果から、PS 粒子には、環境ストレスへの耐性の低下を引き起こす亜致死性影響があることが示唆された。
C-4	Detree, C. and Gallardo-Escarate, C. (2018). "Single and repetitive microplastics exposures induce immune system modulation and homeostasis alteration in the edible mussel <i>Mytilus galloprovincialis</i> ." Fish Shellfish Immunol. 83: 52-60.	ムラサキガイにマイクロプラスチックを単回または繰り返し曝露した場合、免疫機構の抑制及び恒常性の変化が引き起こされる	貝類 (ムラサキガイ)	ムラサキガイに様々な濃度のマイクロプラスチックを曝露し、mRNA 組成を調べる実験を行った。まず、汚染事故があった場合のマイクロプラスチック濃度 (ポリエチレン粒子 $4.6 \times 10^5$ 個/L) で 18 日間曝露した後、回復期間を設け、その後順応を調べるためマイクロプラスチックへの反復曝露を行った。18 日間の単回曝露の結果、恒常性が影響を受け、ストレス及び免疫関連たんぱく質が生産された結果、成長に充てられるエネルギーが減少した。回復期間中は、アポトーシスが活性化し、免疫受容体及びストレス関連たんぱく質が増加する反応が見られた。この結果から、回復期間における反応は、最初の曝露によるダメージを

番号	書誌情報	文献タイトル (和訳)	生物	主な内容
C-5	Gardon, T., Reisser, C., Soyez, C., Quillien, V. and Le Moullac, G. (2018). "Microplastics Affect Energy Balance and Gametogenesis in the Pearl Oyster <i>Pinctada margaritifera</i> ." <i>Environ Sci Technol.</i> 52(9): 5277-5286.	マイクロプラスチックは、クロコウガイのエネルギバランス及び配偶子形成に影響を与える	貝類 (クロコウガイ)	補うには不十分であることが示唆された。単回曝露と反復曝露では遺伝子発現が異なることから、ムラサキイガイはマイクロプラスチックの曝露に対するストレスを記憶することができる可能性が示された。
C-6	Magni, S., Gagne, F., Andre, C., Della Torre, C., Auclair, J., Hanana, H., Parenti, C. C.,	淡水貝 (カワホトトギスガイ) による新品のポリスチレン粒子の摂取及び慢性毒性の評価	貝類 (カワホトトギスガイ)	クロコウガイに対するマイクロプラスチックの生理学的影響を評価するため、クロコウガイにポリスチレン (PS) 粒子 (6µm、10µm) を 2 か月間曝露した。曝露実験は、コントロール区、PS 粒子濃度 0.25、2.5、25µg/L の実験区で行った。その結果、ポリスチレン粒子の濃度の増加により同化効率が有意に減少した。エネルギバランス (Scope For Growth, SFG) は、粒子濃度依存的に減少し、25µg/L の実験区では負になった。代謝を維持するために不足したエネルギーを、生殖細胞のファゴサイトーシスにより生成した代謝産物で補った可能性がある。本研究の結果から、ポリスチレン粒子は、同化効率やエネルギバランスに影響を与え、生殖に悪影響を及ぼすことが示唆された。