



東京大学 - 日本財団

FSI海洋プラスチックごみ対策のための研究プロジェクト

The University of Tokyo FSI - Nippon Foundation Research Project on Marine Plastics

東京大学大気海洋研究所 教授 伊藤 進一 / Prof. ITO Shin-ichi

「科学に基づいた情報をもとに将来きれいな海を取り戻すために」



海洋は、地球の約71%の表面積を覆い、人類に様々な恩恵（海洋生態系サービス）を提供しています。その恩恵は、食料だけでなく、水、有機物の分解、温和な気候、そして文化や心の豊かさなど多岐にわたります。一方で、時間スケールこそ70年余りと短いですが、安定した物質であるプラスチックからも人類は多くの恩恵を受けてきました。どちらも人類にとって重要なものですが、プラスチックは安定であるという性質のために、海洋で分解しきれず、海表面を漂流したり、海岸に漂着したりしている間に、劣化と破碎を重ねながら、マイクロプラスチックと呼ば

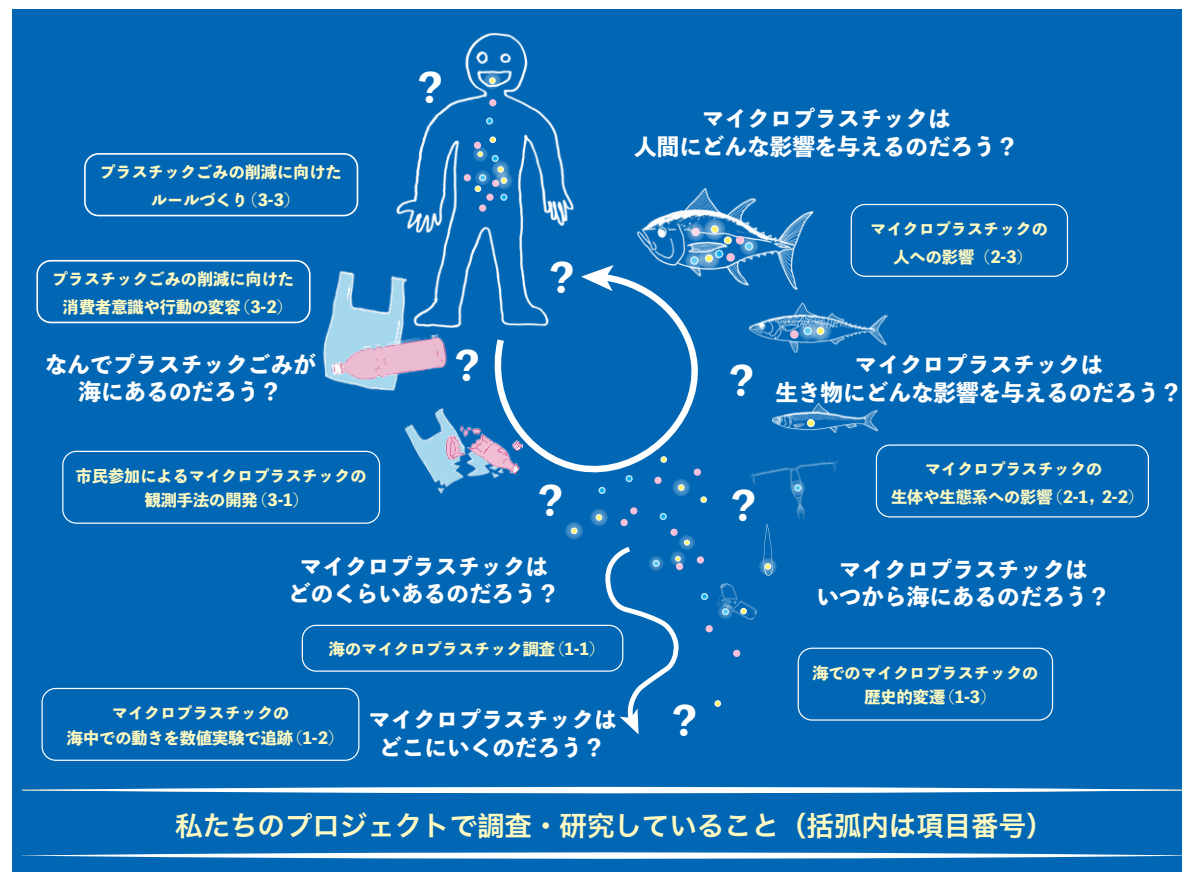
れる微細片となり、海洋生態系に悪影響を与えることが危惧されています。海洋プラスチックごみ問題は、国際的にも認識され、2019年のG20サミットでは「大阪ブルーオーシャンビジョン」を共有し、2050年までに海洋プラスチックの追加的汚染をゼロにすることをしました。この海洋におけるプラスチックごみに関する課題は1970年代には、科学的な見地から指摘されていたものですが、近年の研究の進展により、国際的な注目度が増しています。

特に、海洋に漂っているマイクロプラスチックの量が海洋に流入しているプラスチックから推定される量よりも少ないというミッシング・プラスチックの問題に象徴されるように、微細になったマイクロプラスチックの挙動に関しては不明な部分が多く残されており、どのような形で海洋生態系そして生体へ影響を与えているのか理解が進んでいません。海洋プラスチックごみの効果的な対策を講じるためには、海洋におけるマイクロプラスチックの挙動の実態を解明し、海洋生態系そして生体への影響評価を現在人類が持ちうる最善の科学的知識に基づき行う必要があります。東京大学でも、道田豊氏をプロジェクトリーダーとし、2019年度から日本財団との協力により、いくつかの大学や研

究機関等の参加も得て3年計画で関係の研究を開始し、2022年度からさらに3年間第2フェーズの研究を進めてきました。2024年度から、道田豊氏の後任を務めることになりましたが、引き続き本研究プロジェクトでは、特に実態がよくわかっていない1mm以下の小さなプラスチックに焦点を当て、その分布や輸送の実態解明、生体および生態系への影響評価を目指します。これら自然科学的課題に加え、プラスチックごみの全体量を削減するための方策やそれを担う自治体との連携などを視野に入れた社会科学的課題についても検討を進めることとしています。

これまで自然界には存在せず、新たに人類によって自然界に大量に放出されたプラスチックという物質の海洋での挙動は、未知であり、かつきわめて複雑ですが、学際的な研究を強力に進めることにより、できる限り確かな科学に基づく情報を社会に提供することを目指します。困難な課題であることは間違いありませんが、国内外の研究者と協力し、また多くの方々との意見や情報の交換を行い、協力することで、未来のきれいな海を実現するため、この課題に取り組んでいきたいと思ひます。

About this project 本プロジェクトについて



私たちは日常生活や産業活動で多量のプラスチックを使用します。残念ながら部分的には自然界に漏れ出て、海にも流れ込みます。

海洋に流出するプラスチックの量は世界のGDPと相応じて増え続け、環境汚染が顕在化しています。プラスチックはプランクトンや小魚、さらには海鳥などによって摂餌され、プラスチックそのものに含まれたり環境中から吸着したりした有害な化学物質を生体内に運ぶほか、太陽光を浴びるうちに劣化してメタンガスのような二酸

化炭素よりも強い温室効果を持つガスを放出することが知られるようになりました。世界中の多くの研究者から次々と報告されるプラスチックの問題は、もはや経済活動に影響を及ぼすまでになってきています。

しかし、地球規模での対策が急がれる中、具体的な政策に結びつく、根拠といえる実態を私たちはあまりよくわかっていないという現状があります。例えば、海を漂う多量のプラスチックごみはいったいどこに行ってしまうのでしょうか？

そこで東京大学は、日本財団から未来社会協創基金(FSI基金)に助成を受け、2019年に大気海洋研究所に「海洋プラスチック研究事務局」を設置し、「FSI海洋ごみ対策プロジェクト」を開始しました。日に日に切迫する海洋のプラスチックごみの包括的な対策にむけた研究、情報発信を、国内外の研究機関と連携して行っています。

2019年から3年間の研究成果を踏まえ、2022年度からさらに3年間、研究を推進することになりました。

Our mission ミッション

ACT1. 海洋プラスチックごみ問題に対する科学的知見充実

海洋プラスチックごみ問題に対応するための基盤となる科学的知見を充実させ、信頼できる科学的根拠に基づいた方策で問題解決に向かうことが必要です。このため、東京大学を中核とし、関係する大学と連携して、以下のテーマに取り組んでいます。

テーマ1. 海洋マイクロプラスチックの実態および挙動の把握

テーマ2. 海洋マイクロプラスチックの生体影響評価

テーマ3. プラスチックごみ削減方策に関する総合的研究

ACT2. 研究プラットフォームの構築および情報発信

国内外の異なる分野の学問領域の研究者等との横断的な連携を強化するため、「研究プラットフォーム」の構築を行い、あわせて研究成果等の情報発信を強化しています。

Members プロジェクトメンバー

ACT1 テーマ1. 海洋マイクロプラスチックの実態および挙動の把握

氏名	所属
津田 敦	東京大学 名誉教授
西部 裕一郎	大気海洋研究所 准教授
山下 麗	大気海洋研究所 特任研究員
小川 浩史	大気海洋研究所 教授
伊藤 進一	大気海洋研究所 教授
高橋 一生	大学院農学生命科学研究科 教授

ACT1 テーマ3. プラスチックごみ削減方策に関する総合的研究

氏名	所属
城山 英明	公共政策大学院 教授
高村 ゆかり	学際融合研究施設未来ビジョン研究センター 教授
伊藤 香苗	未来ビジョン研究センター 特任研究員
浅利 美鈴	総合地球環境学研究所 基盤研究部 教授
Miles Pennington	生産技術研究所 教授
左右田 智美	生産技術研究所 助教授

ACT1 テーマ2. 海洋マイクロプラスチックの生体影響評価

氏名	所属
高田 秀重	東京農工大学農学部 教授
水川 薫子	東京農工大学農学研究院 講師
井上 広滋	大気海洋研究所 教授
酒井 康行	大学院工学系研究科 教授
楠原 洋之	大学院薬学系研究科 教授

ACT2 国際的ラウンドテーブル等の開催による情報発信

氏名	所属
道田 豊	東京大学 名誉教授
牧野 光球	大気海洋研究所 教授
山本 光夫	農学生命科学研究科 教授

Research 研究内容

ACT1. 海洋プラスチックごみの科学的知見の充実

海洋プラスチックごみ問題対応の基盤となる科学的知見を充実させ、信頼できる科学的根拠に基づき正しく問題を伝えていきます。このため、東京大学を中核とし、関係大学との連携のもとで、以下の3つのテーマに取り組んでいます。

テーマ1. 海洋マイクロプラスチックの実態および挙動の把握

レジ袋、食品包装、車の部品や医療器具、様々な分野でプラスチックは用いられています。その特徴の一つは軽いことです。その性質は細くなったマイクロプラスチック（5mm以下のプラスチック片）になっても変わらないので、たくさん海面に浮かんでいてもおかしくありませんが、実際にはそうではありません。自然界の中をプラスチックはどう動いているのでしょうか？

海洋中のマイクロプラスチックの分布や挙動は、効果的な対策を行う上で必要不可欠な情報です。これまでの成果を踏まえ、海水中および海底泥中のマイクロプラスチックの組成分布や動態について仮説検証型の研究を進めています。さらに、過去数十年にわたり保管されていた試料を再解析して、海洋プラスチック汚染の歴史を明らかにします。

1-1. 海面から海底泥まで海洋空間でのマイクロプラスチックの動きを追跡・調査する

水中のマイクロプラスチック（MP）が少ないとされているのは、プラスチック片の表面に藻類や細菌が付着して重くなって沈んだり、動物プランクトンや小魚などの生き物が食べて、糞の粒子として沈んでいくことが可能性として考えられます。

そこでMPが多く分布するとされる日本周辺でも比較

的多いとされる日本海対馬周辺海域で2020年夏に観測を行いました。海表層では微小な生物の採集に使うニューストーンネット（網目315 μ m）を、海底の堆積物からは採泥器を用いてプラスチック粒子を採取しました。長崎・対馬周辺海域の試料におけるMPとそれよりも大きなプラスチック（メソプラスチックという）で比較すると、西側海域でMPの重量、個数が多く分布し、また、東側海域のMPで劣化している傾向が見られました（図1-1-1）。

水中や海底にあるMPを素材について比べると、水中でポリエチレン（PE）やポリプロピレン（PP）のように海水より比重の軽い素材が採取され、堆積物中からはPEやPPに加えポリ塩化ビニル（PVC）やポリカーボネイト（PC）といった比重の重いMPが採取されました。比重の重いMPは軽いMPと水中で異なる動きをしているようです（図1-1-2）。

MPは主に300 μ mを下限に調査されることが多いですが、より小さいMPがどうなっているのかを調べるための方法として、10-300 μ mのMPを海水から集める技術の開発に成功しました。今後は、海中にある微小なMPが海水から取り除かれるメカニズムにも焦点を当てて研究を進めていきます。

さて、水中のMPは単独で移動するばかりではありません。むしろマリンスノーのような何かにくっついて移動

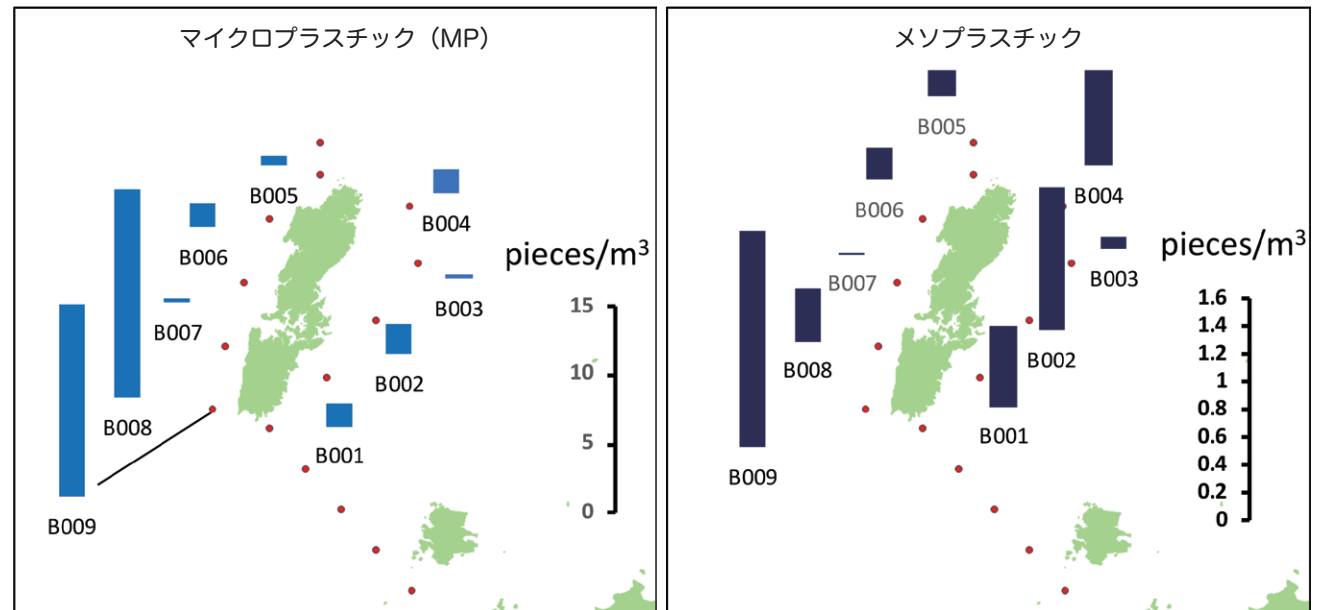


図1-1-1：対馬周辺海域に浮遊するマイクロプラスチックと5mmより大きいプラスチック片（メソプラスチック）の分布。図は測点ごとの立方メートルあたりの数（左右で個数のスケールが違うことに注意）。測点B009は観測時に潮目に当たっていた。MPの1立方メートルあたりの平均個数は2.74 (0.25-14.4)、メソプラスチックは0.40 (0.014-1.57)。

していることの方が多いと考えられます。水中には様々な大きさで様々な性質の物質が粒子として存在します。植物プランクトンは細胞外に透明な重合体粒子（TEP）を放出し、それが様々な粒子を取り込んだ凝集物になっ

ていきます（図1-1-3）。そうした凝集物にMPが付着して沈降することが考えられます。そこで室内実験を行なったところ、小さいMPほど凝集物と一緒に沈んでいきやすく、1mm以上の大きいMPでは付着が逆に凝集物に

浮力を与える現象を観察しました（図1-1-4）。この様に植物プランクトンがMPの動きに大きく関わることや、MPが沈降粒子の性質に変化を与えることで地球海洋における物質循環（特に炭素循環）にも関わっている可能性が出てきました。

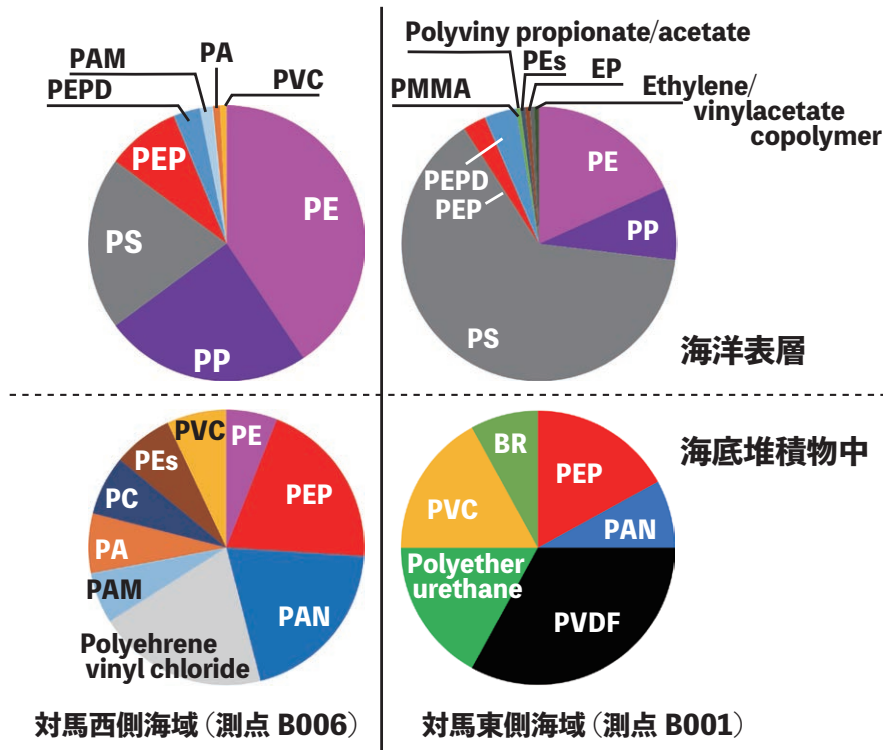


図1-1-2：対馬周辺海域に浮遊するMPと海底に沈んだ堆積物中のMPの材質構成。

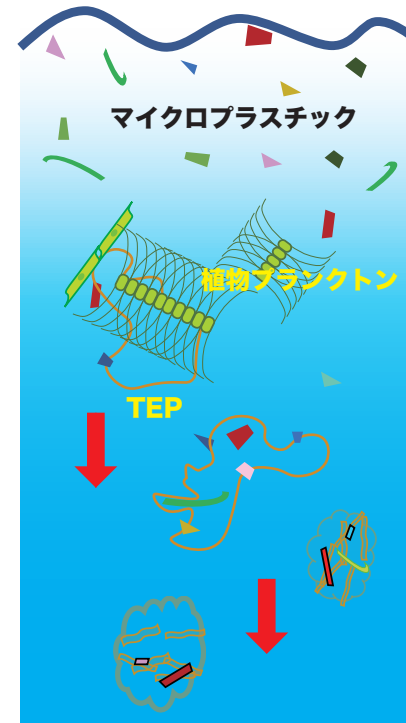


図1-1-3：海洋中のマイクロプラスチックと天然有機物の相互関係（イメージ）。

1-2. マイクロプラスチックの動きを現場データと数値実験モデルによって明らかにする

海の様子は刻々と変化します。風や波による攪乱、雨による塩分変化などがあり、マイクロプラスチック（MP）は水中で混ぜ返されたり劣化したりします。MPの大きさや形、表面のツルツル度合いなどが異なれば、同じ力が働いても浮き沈みの様子が変化します。そのことで生物への取り込みや環境中での有様が変わります。そこで、大きさや密度の異なるMPがどのように水中で動くのかを数値実験で明らかにしていきます。

材質の異なるMP（ポリエチレンPEとポリプロピレンPP）が海中でどのような振る舞いをするのか、そして鉛直的な分布がMPの粒子サイズによってどのように変わるかをコンピューター上の数値実験で調べました。PE、PPとも海水よりも軽いため、基本的には浮力があり、海面付近に滞留しますが、冬季は水温や塩分による成層が弱く鉛直的に混合しやすいため、かなり深い水深まで輸

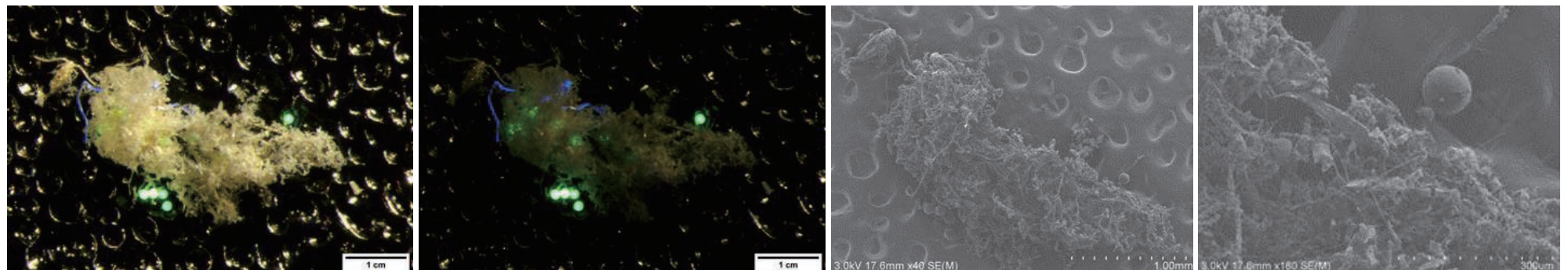


図1-1-4：植物プランクトンの凝集物に付着するビーズの観察（左2枚は実体顕微鏡に蛍光装置を用いた画像、右2枚は走査型電子顕微鏡の画像）。

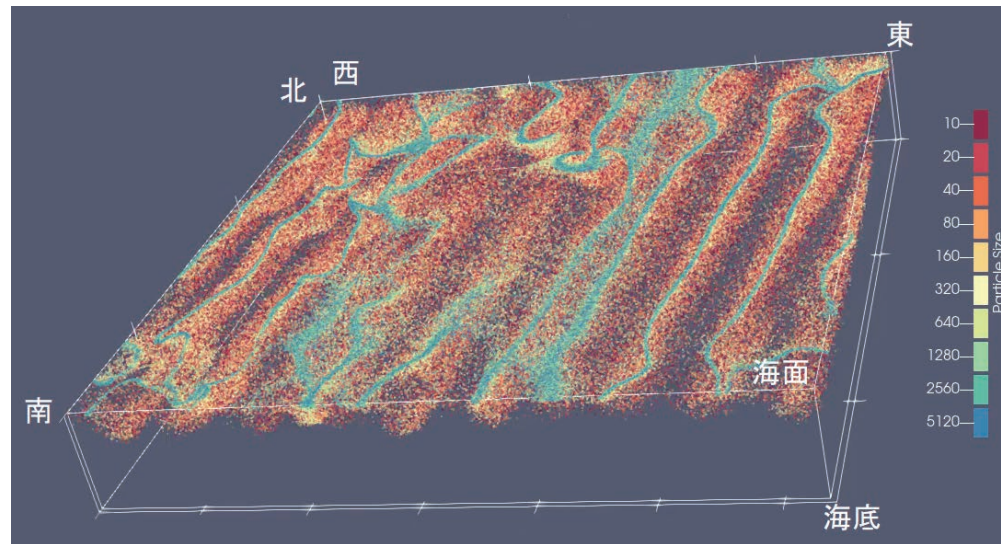


図1-2-1: 数値実験で計算された3次元的なマイクロプラスチックの分布。色はMPの粒径を示す。

送されることが数値実験から示されました。また、浮力のあるMPでも、生物が付着したりすると海水よりも重くなり沈む可能性があります。

そこで、数値実験によって、生物由来の有機物と凝集する確率を計算した結果、小さい粒径のMPでは静穏時に表層に集まるために凝集確率が增大するのに対し、大きい粒径のMPでは荒天時にラングミュア循環と呼ばれる組織だった表層の流れによって凝集確率が大きくなることがわかりました。また、粒径ごとの紫外線暴露量を計算した結果、320 μ m付近を境にそれより小さい粒径のMPでは紫外線を浴びる量が減少し、分解されにくくなることが数値実験の結果から示されました。

さらに、現場観測で対馬周辺海域では東西海域でMPの劣化度合いが

異なり、東側海域で分解が進んでいる傾向が観察されましたが、このことについて数値実験を行なったところ、東側のMPの方が輸送経過日数が多いこと、対馬の海岸で分解が進んだMPが再流出した際にも対馬の東岸に存在しやすいことがわかってきました。

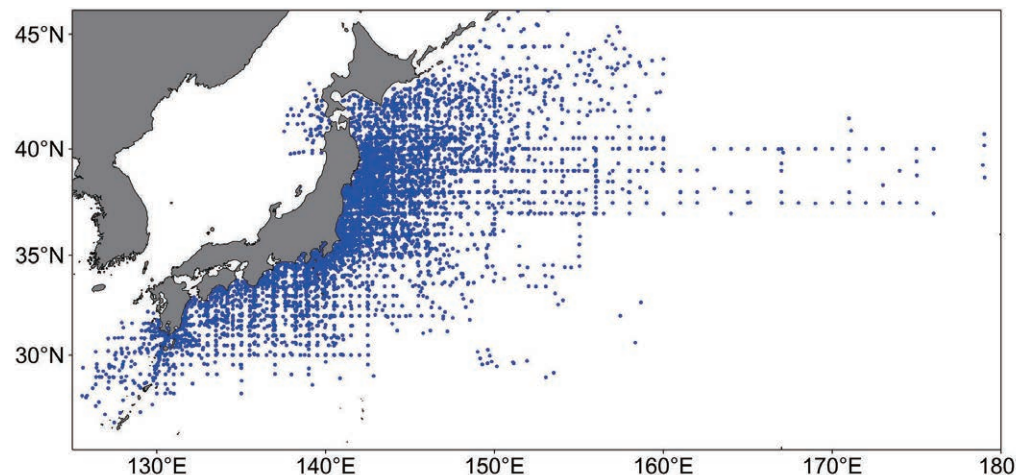


図1-3-1: 1949-2016年の北太平洋移行域表層調査点の分布図。

1-3. 日本周辺海域70年間の海洋プラスチックごみ時系列変化：海洋プラスチックごみの歴史の変遷を明らかにする

国立研究開発法人水産研究教育機構塩釜拠点に保管されていた1949年～2016年の北太平洋移行域（東北地方東方沖）で実施された表層の稚魚分布調査の試料の提供を受け、混入しているプラスチックごみの長期変動を調査しました（図1-3-1）。プラスチックごみは、最初は1953年8月に確認され、1980年代までに10年ごとに約10倍ずつ増え続けました（図1-3-2）。マイクロプラスチック（MP）と呼ばれる5mm以下のプラスチックは1950年代は全体の半分程度でしたが、2010年代には9割以上を占めていました。

こうした調査と並行しておこなった調査や実験から、ゼラチン質の動物プランクトンで、サルパ類の胃内容物を調べることで現場のMP濃度を推定することに利用できるかもしれないという発見がありました。また、動物プランクトンがMPを食べた時にどうなるか観察したところ、合成繊維糸の切れ端のような繊維状MPをカイアシ類が摂食すると致死的な影響をもたらす可能性があることがわかってきました。

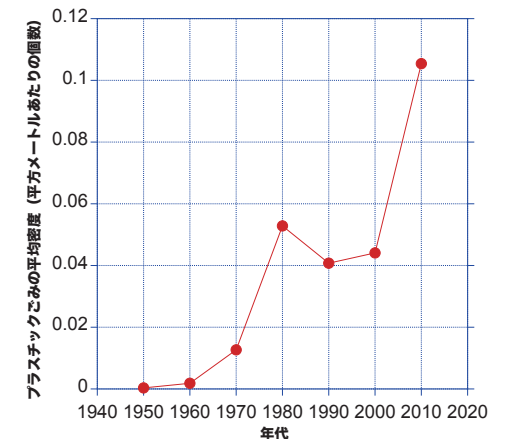


図1-3-2: プラスチックごみの平方メートルあたりの個数の年代変化。

テーマ 2. 海洋マイクロプラスチックの生体影響評価

小さくなったプラスチックは海洋生物のみならず、海洋生態系を介して人体にも入り込み、その影響が危惧されていますが、基本的な科学的知見は決定的に不足しています。海洋生物、海洋生態系のみならず、それを通して人体への影響可能性も指摘されており、これまでに、ごく微小なプラスチック粒子は血管やリンパに取り込まれることや、プラスチック関連化学物質の生体内での反応等が明らかになってきました。こうしたことを踏まえ、長期的な影響を含め、微小なプラスチック粒子の生態系および人体に対する物理的影響及び化学的影響の評価に関する研究を推し進めています。

2-1. 陸域から海域へのマイクロプラスチックの流出過程とMPに起因する化学的・物理的生体影響

300 μm より小さいサイズのマイクロプラスチック(MP)について、都市発生源から追跡した結果、プラスチックは陸域で微細化して海域に達していました。その経路の一つは、家庭での洗濯に由来する化学繊維(繊維状MP)が下水を介して海に流れ出ます。晴天時であれば下水処理で98%は取り除かれますが、それでもその処理水中の濃度は粒子毒性の閾値を超えていました。別の経路としては、タイヤ摩耗物やプラスチック製品が粉砕してMPになって道路わきの排水溝から道路排水として、特に雨天時の出水で海に吐き出されます(図2-1-1, Sugiura et al, 2021)。流出したMPは都市内湾に沈降・堆積しており、東京湾の海底堆積物の調査から、1960年代以降に蓄積していることが明らかになりました(図2-1-2, Takada et al, 2022)。

10-300 μm の微小なMPの生物による取り込みを調べ

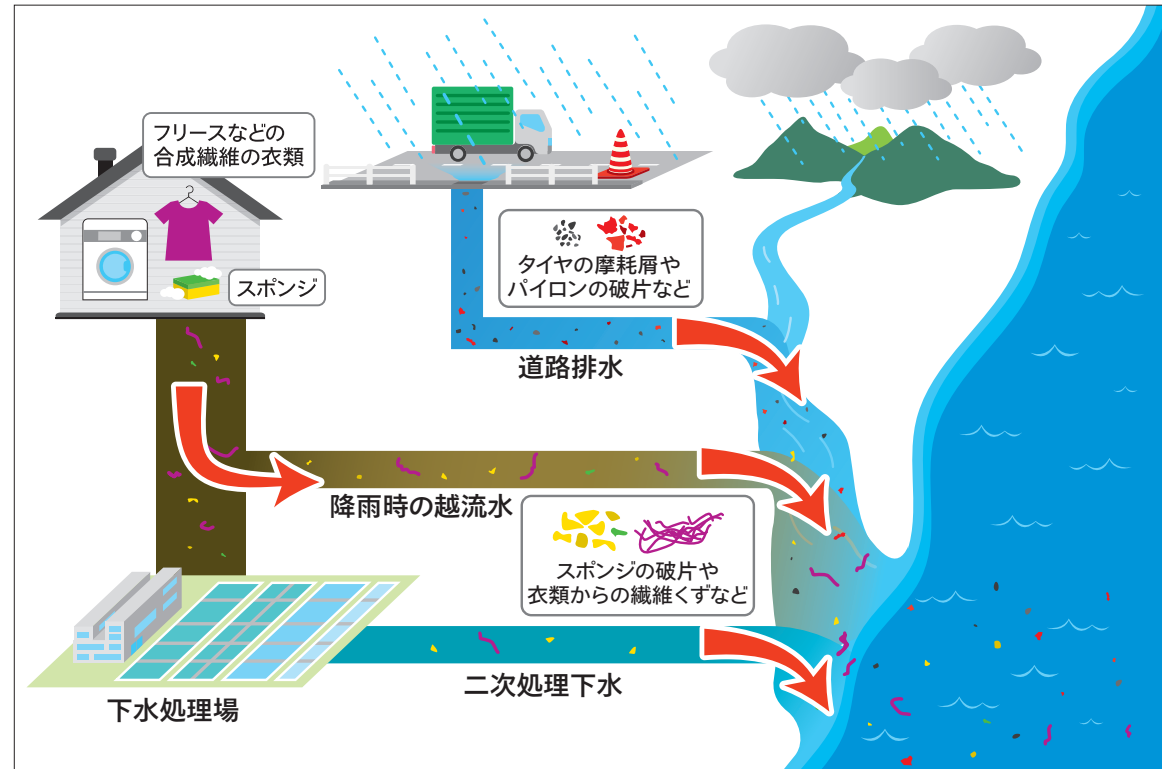


図2-1-1：都市で発生したプラスチックの海への経路。道路排水(Road Runoff)、降雨時の越流水(CSO)、下水処理場(STPs)からの二次処理下水(Secondary Effluents)の3つの経路が示されている。

たところ、東京都多摩川河口域ではハゼ、オサガニ、アサリ、ホンビノスガイなどで体内に蓄積していることがわかりました(図2-1-3、図2-1-4)。同じように沖縄県でもイソハマグリやオカヤドカリで確認されました。生物組織内の微小なMPを測定する方法を開発し、岩手県気仙沼の漁港と東京湾湾岸のイガイで調べたところ、気仙沼のイガイでポリスチレン(PS)を有意に検出しました。漁業活動で多用される発泡スチロールに由来する可能性が考えられます。

沖縄県西表島でプラスチックの漂着の多いノバルザキ西とほとんどないハエミダの2ヶ所の浜で採取したオカヤドカリの肝臓中の臭素系難燃剤含有量を調査したと

ころ、ノバルザキ西の試料からは高濃度のBDE209とその代謝物のPBDEsを検出しました。ところがハエミダからはほとんど検出されませんでした。そこで実験室でオカヤドカリにBDE209を経口曝露したところ、数日後には肝臓からBDE209とその代謝物のPBDEsが検出された(図2-1-5)。BDE209は代謝の過程で臭素が外れることで毒性が増すことから、プラスチック自体が含んでいる添加剤が、生物体内に移行・蓄積するだけでなく、代謝による有害化が起こることが確認され、添加剤の体内移行後の影響を今まで以上に注視する必要があることが示されました。

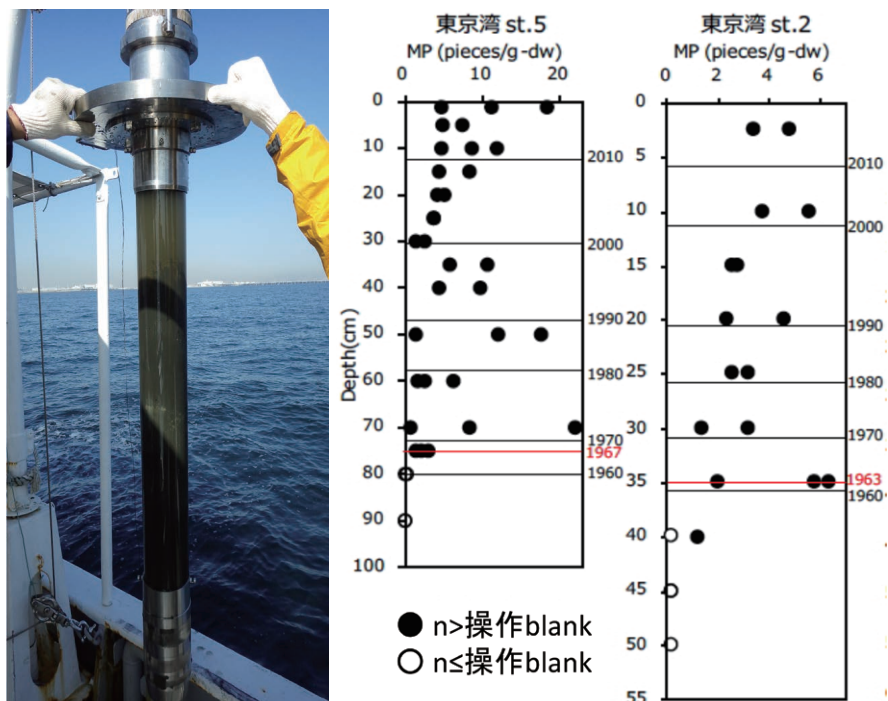
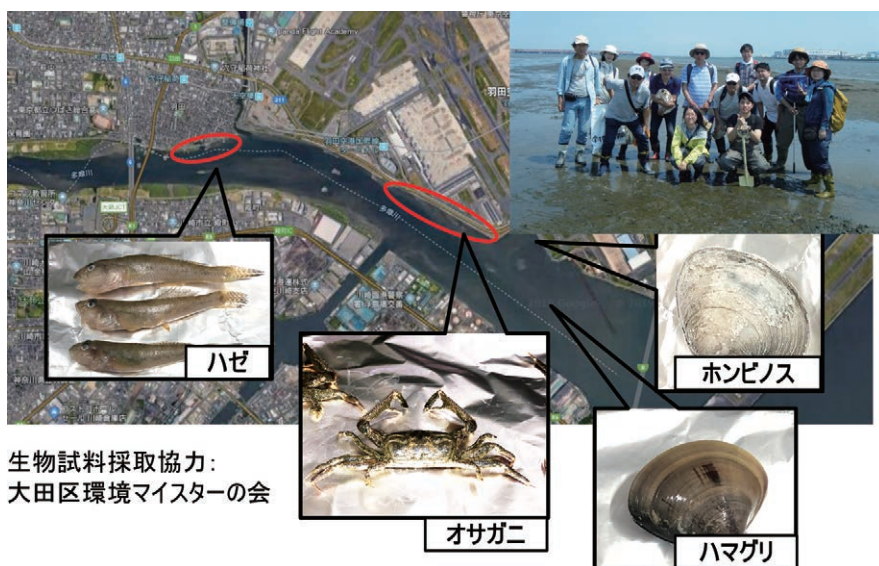


図2-1-2: 東京湾の海底から採取した柱状堆積物中のマイクロプラスチックの鉛直分布。堆積物中のMPの個数が示すMP汚染の歴史変遷。



生物試料採取協力:
大田区環境マスターの会

図2-1-3: 市民と協働した多摩川河口でのマイクロプラスチック調査のための底生生物採取。

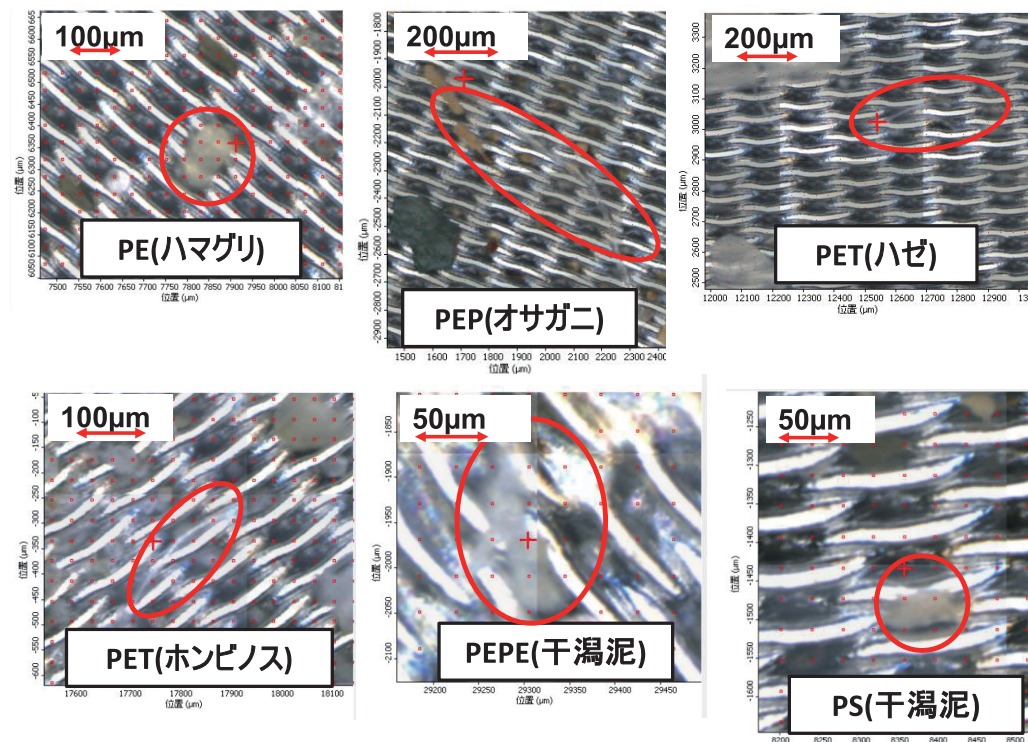


図2-1-4: 多摩川河口域生物の体内からは目で見えない小さいマイクロプラスチックを検出。

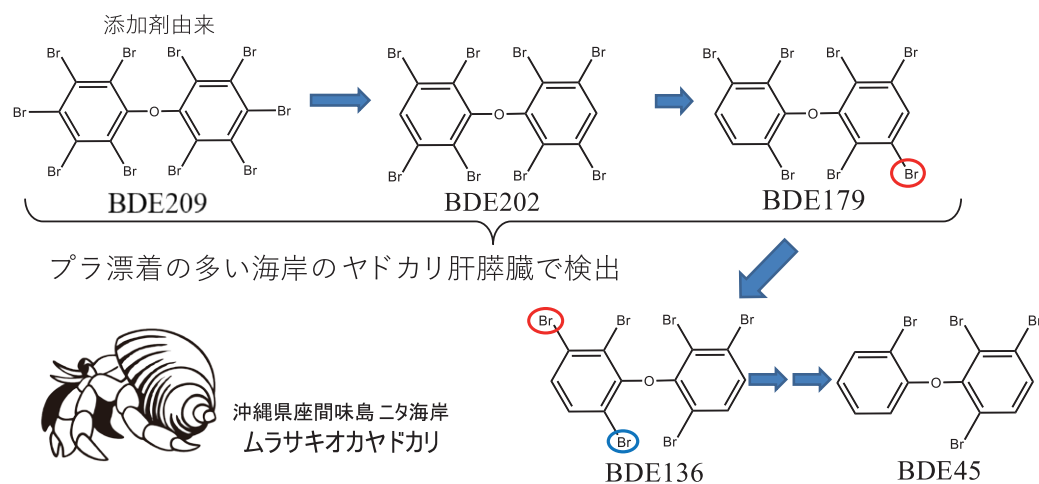


図2-1-5: プラスチック製品の添加剤で臭素系の難燃剤BDE209をヤドカリの肝臓から検出。

2-2. 食物連鎖の中でのプラスチック関連物質の挙動、遺伝子応答

日本沿岸に広く分布するムラサキイガイを使ってマイクロプラスチック (MP) の取り込みを調べる実験系を確立しました (図2-2-1、2-2-2)。この実験系を用いて、MPを模してPS製のビーズ粒子を与えたところ、粒子のサイズによって体内残留時間などが異なることが判明しました (図2-2-3)。すなわち、直径1, 10, 90 μm の粒子を取り込ませ、その排出を40日間調べると、90 μm の粒子は、平均残留時間は長いものの最終的にすべて排出されるのに対し、1 μm の粒子は、平均残留時間は短いものの少数の粒子が体内に長期間残存し続けることがわかりました。さらに、ムラサキイガイにPE単体とPE製のビーズにPCBを吸着させた粒子をそれぞれ与えて、現在遺伝子解析を行なっています。この解析により、MPが海洋生物に及ぼす未知の影響が明らかになりつつあります。

研究対象は魚類にも拡げています。海水魚のモデルであるジャワメダカ (図2-2-4) を使った実験から、濾過摂餌をしない魚種でも粒子を取り込み、淡水中よりも海水中で取り込みがより活発であることがわかってきました (図2-2-5)。今後ジャワメダカを用いて、MPがどのような影響を及ぼすのかを遺伝子レベルで調べていきます。そのために必要な全ゲノム配列の解読や、遺伝子ノックアウト技術の確立もすでに完了しています。

2-3. プラスチックの細胞組織への導入機構と人体影響評価

マイクロプラスチック (MP) のヒトへの主な侵入経路として経口摂取による腸管吸収が考えられ、腸管からの吸収や蓄積、さらにその先の人体影響を知る必要

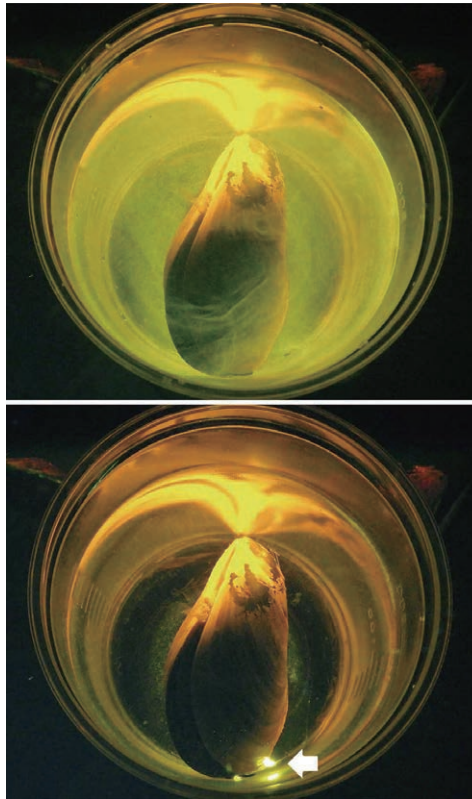


図2-2-1：マイクロプラスチックを取り込むムラサキイガイ。上がMP投入したところ、下が取り込んだ後。(Fisheries Science, 87, 761, 2021)

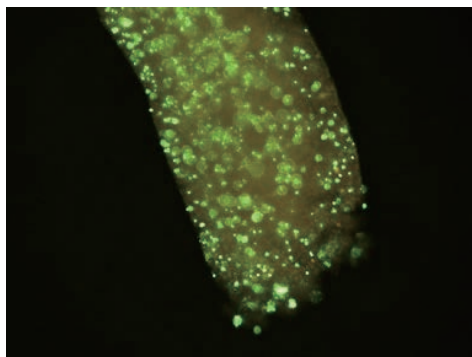


図2-2-2：排泄された糞の中のMP。(撮影者 金城梓氏)

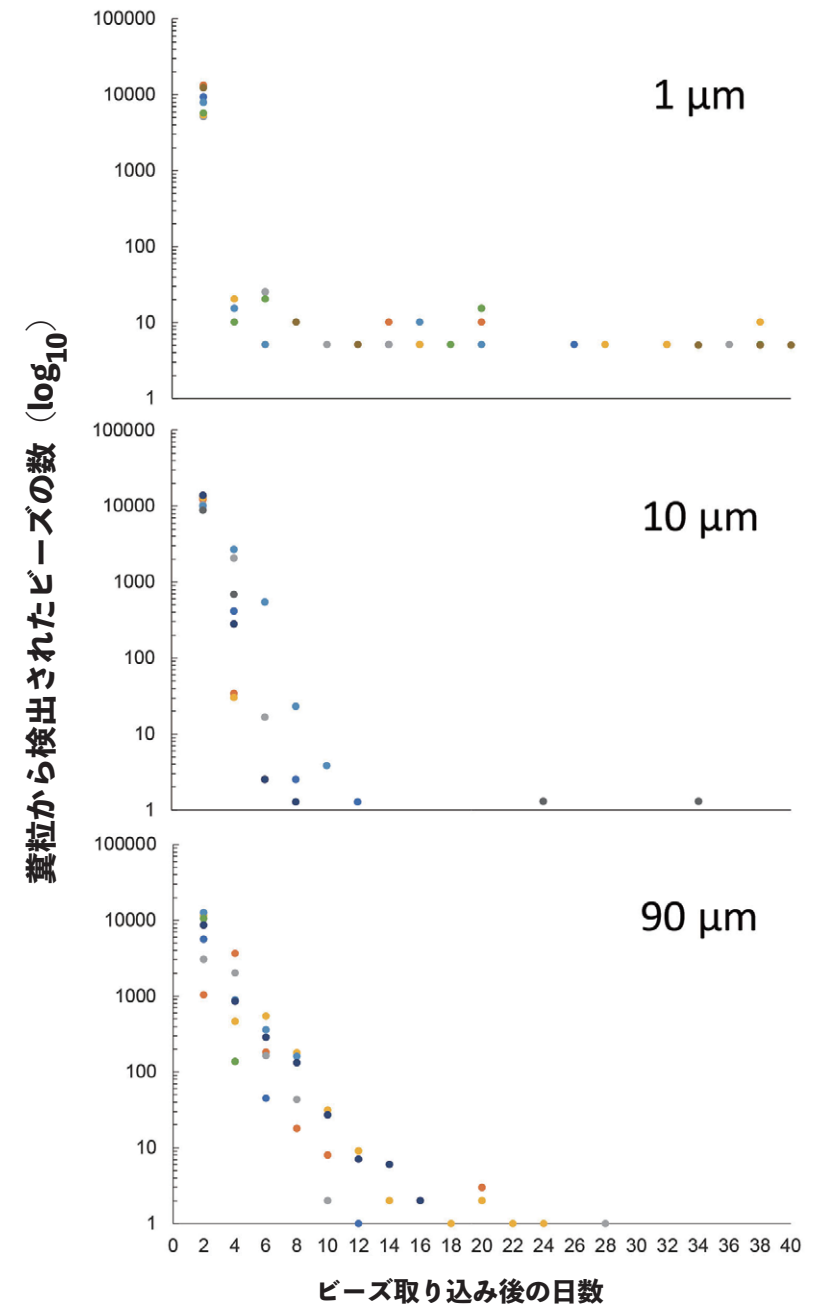


図2-2-3：MPモデル粒子のサイズごとの排泄量と時間の関係。(Marine Pollution Bulletin, 149, 110512, 2019)

があります。高度なヒト小腸モデル細胞実験では、取り込み経路とメカニズムの検討のために、50, 100, 500nmのPS粒子に暴露したところ、50, 100nmのMPは主に血液中に、500nmのものはバクテリアの認識機構を通じて主にリンパ管に取り込まれました。今まで動物実験における経口投与で、数~数十 μm の粒子が臓器に分布蓄

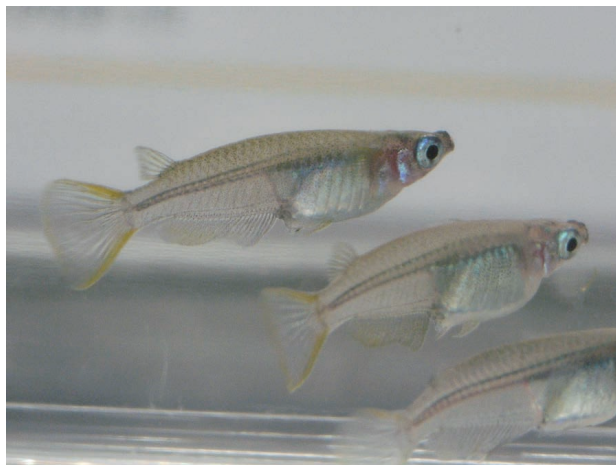


図2-2-4: モデル生物のジャワメダカ。

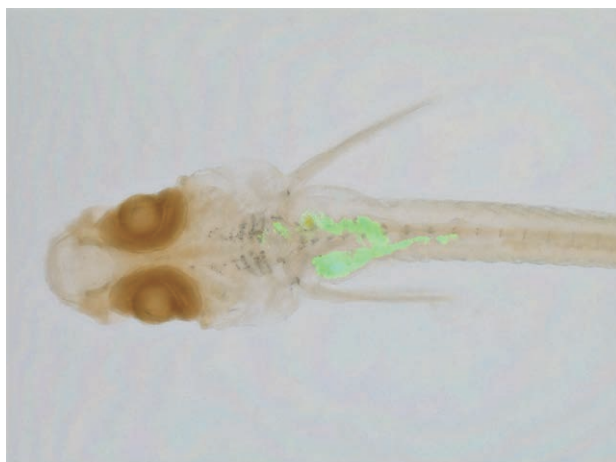


図2-2-5: 海水中でマイクロプラスチック粒子を取り込んだジャワメダカ稚魚 (撮影者 Hilda Mardiana Pratiwi)

積することが報告されていましたがその経路は不明でした。今回の細胞実験で、大きな粒子がリンパ系に取り込まれた後に血液に流入すると推察されたことは、重要な知見です。リンパ系に取り込まれたMPは、免疫細胞を一定程度活性化させたものの、プラスチックが非分解性のため、抗原提示を通じた獲得免疫（一度体内に侵入した異物を記憶し、次に侵入した際に攻撃する）は起こらないと考えられました。しかしながら今後は、長期の継続的なMPの取り込みを想定し、持続的な免疫細胞の活性化（自然免疫）・臓器細胞障害・組織修復の結果としての組織炎症障害など、より正確な長期毒性予測を行っていきます。

さらに、MPは最終的には肝臓が重要な分布臓器にな

ります。MPが小腸から吸収された後、直接血流を介して全身に分布することを想定して、ヒト肝臓モデルを用いたMP (50nm, 1 μm) の肝組織への蓄積と毒性の解明を進めました。ミトコンドリア活性測定に基づく各細胞の毒性発現濃度を適用すると、肝組織内ではどの粒径でも自然免疫に主に関与する免疫細胞である肝のクッパー細胞において強い毒性が現れました。肝臓細胞実験ではMPの毒性と蓄積を測定し、数理モデルと組み合わせることによって、微細PS粒子の曝露量に対する肝組織中のMP蓄積量と毒性を推測できるようになりました。今後はさらに様々な仮説に検証を加え、慢性毒性機構を基にMP影響の理解を深めていきます。

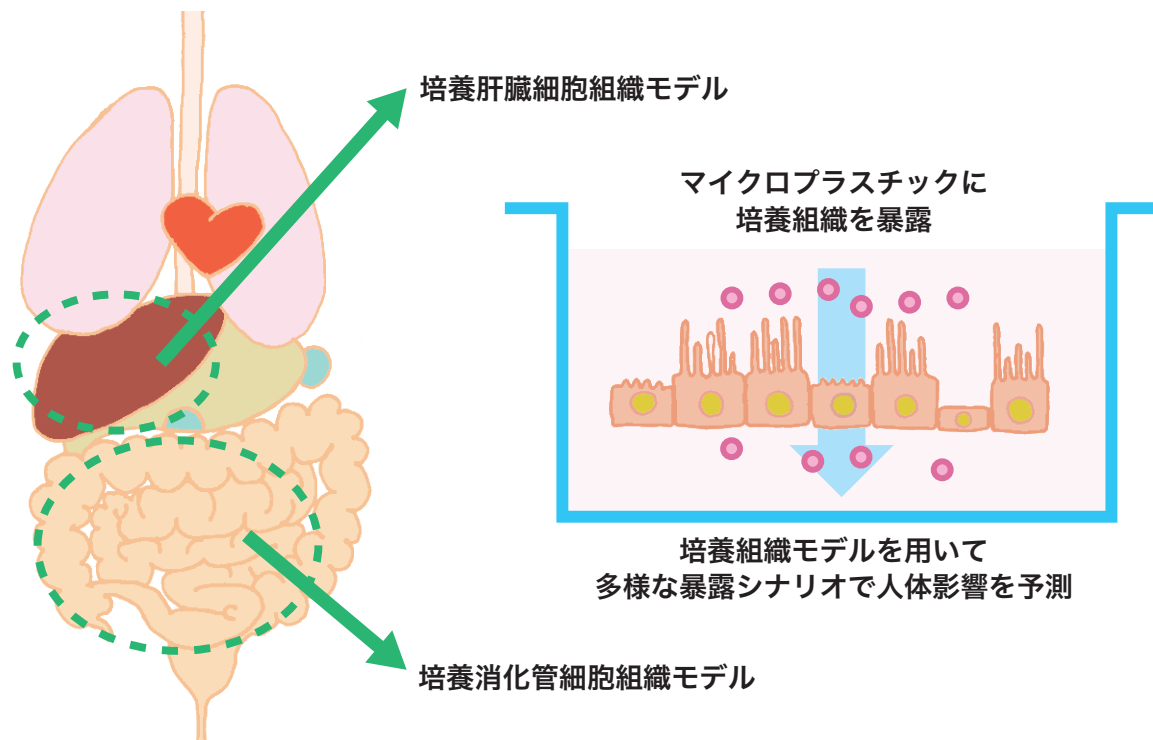


図2-3-1: マイクロプラスチックの培養細胞モデルでの影響評価に関する実験系の概念図。

テーマ 3. プラスチックごみ削減方策に関する総合的研究

海洋プラスチックごみは陸上の人間社会に由来しています。したがって、その削減には産業構造ばかりでなく、個々人の生活様式にもダイナミックな変化が求められます。海洋プラスチック汚染は海に流れ込むプラスチックを減らすことが対策になりますが、そもそも、私たちがプラスチックを使用する量を減らすということが基本です。

そこで、自然科学の成果を踏まえつつ、人文社会科学の視点を融合して、海洋プラスチックの削減に向け、ごみ削減策、管理方策、そして社会全体としてプラスチックごみを減らすための効果的な政策オプションの提示および市民の行動変容勧奨に向けた社会科学的な研究を進めています。今後は自治体と連携して、市民参加型の活動の効果測定や制度面での検討など社会実装のためのパイロット事業をさらに発展させていきます。

3-1. 市民参加によるマイクロプラスチック調査

市民が参加できる海洋マイクロプラスチック調査や海ごみ問題の解決に向けて地域の人々を巻き込み、デザインの力を活用した様々な活動を行っています。主な手段として、ワークショップデザインと実施、ごみ拾い用デバイスの開発、そしてメディアを使用した研究の普及活動を行っています。地域と連携し、楽しく取り組めるデザインを通じた海ごみ問題の解決を目指しています。

現在のフェーズでは、神奈川県逗子市、愛媛県四国中央市、長崎県の3つの自治体と協力し、地域のニーズに合った解決策をデザインの手法を用いて実施しています。逗子市では、行政や地域コミュニティの協力を得て、ビーチクリーンのガイドラインのデザイン（図3-1-1）や



図3-1-1：逗子市のビーチクリーンのガイドライン。



図3-1-2：逗子市でのごみ拾いツールデザインのテスト。



図3-1-3：逗子海岸で行われた300人規模のマイクロプラスチックサンプリングイベント。



図3-1-4：四国中央市の地域の人々を対象に行ったアイデアワークショップ。

ごみ拾いのためのツールデザイン（図3-1-2）を行いました。作成されたガイドラインは逗子海岸に掲示され使用されています。川ごみ拾いのツールデザインも、地域の自治会の協力や助言を受けながら進めています。また企業と連携し、300人規模のマイクロプラスチックのサンプリングイベントも実施しました（図3-1-3）。四国中央市では、市の産業である紙を活用した脱プラスチックのプロダクトデザインを行っています。行政、地元企業、高校生など幅広いステークホルダーを巻き込み、紙

製品のアイデアを考えるワークショップを実施し（図3-1-4）、プロダクトのユーザーテストも行いました。現在、アイデアの実現に向けたデザインを進めています。長崎県では、海ごみが漂着しやすい地形を考慮し、県内の3つの高校と連携した海ごみ問題解決ワークショップを実施し、長崎の高校生や大学生と共にアイデアやごみ拾い用ツールのデザインを行っています。

このように、全国の3つの地域で異なる取り組みを実施することで、それぞれの地域に合った解決策を作り出

し、他の自治体でも応用できるデザイン手法やプロダクトの開発に取り組んでいます。

3-2. プラスチックごみ削減に向けた消費者意識・行動変容の社会的実践的研究

消費者のプラスチック製品に対する意識を可視化するツール「京都大学プラ・イド (Plastic Identification of the略) チャート」を考案しました(図3-2-1)。これは、製品の特徴や消費者の意識に合わせて、再生や削減、再利用などの方策を可視化することができるもので、学生や企業関係者を含めて議論を重ねて作成したことで、現在、さまざまな人たちが広く引用・活用しています。

ペットボトル削減に向けたマイボトル利用促進のためのアンケート調査、それをもとにした実証実験を京都大学やリコー等で進め、ウォーターサーバーなどのインフラ整備など、研究調査手法のノウハウを得ることができました。さらに進めて、消費者の意識・行動変容にかかるモデル開発につなげていこうとしています。

また、各種行動のトリガーや国際展開として、清掃活動の重要性に着目し、ごみゼロアプリを開発しました。2025大阪・関西万博を含め、実践的に効果を検証します(図3-2-2)。

3-3. プラスチックごみ削減に向けた政策・ルールづくり

2019年からの第1期においては、プラスチックごみを削減するための方策を提示するために、国連や日米欧の先進7か国(G7)、先進国に新興国を加えた主要20か国(G20)における国際ルールの検討や、経済協力開発機構(OECD)及び世界貿易機関(WTO)において循環型経済と貿易の観点からの検討といった国際動向、さらには中央省庁、地方自治体、企業といった国内のステークホルダー分析を行ってきました。その上で、2022年からの第2期においては、海岸清掃、河川管理、リサイクルの深化等に関して地域レベルで自治体等が取りうる政策や持続可能なルールづくりに焦点を当て、いくつかの自治体と連携し研究を進めるとともに、政策提言を進めます。

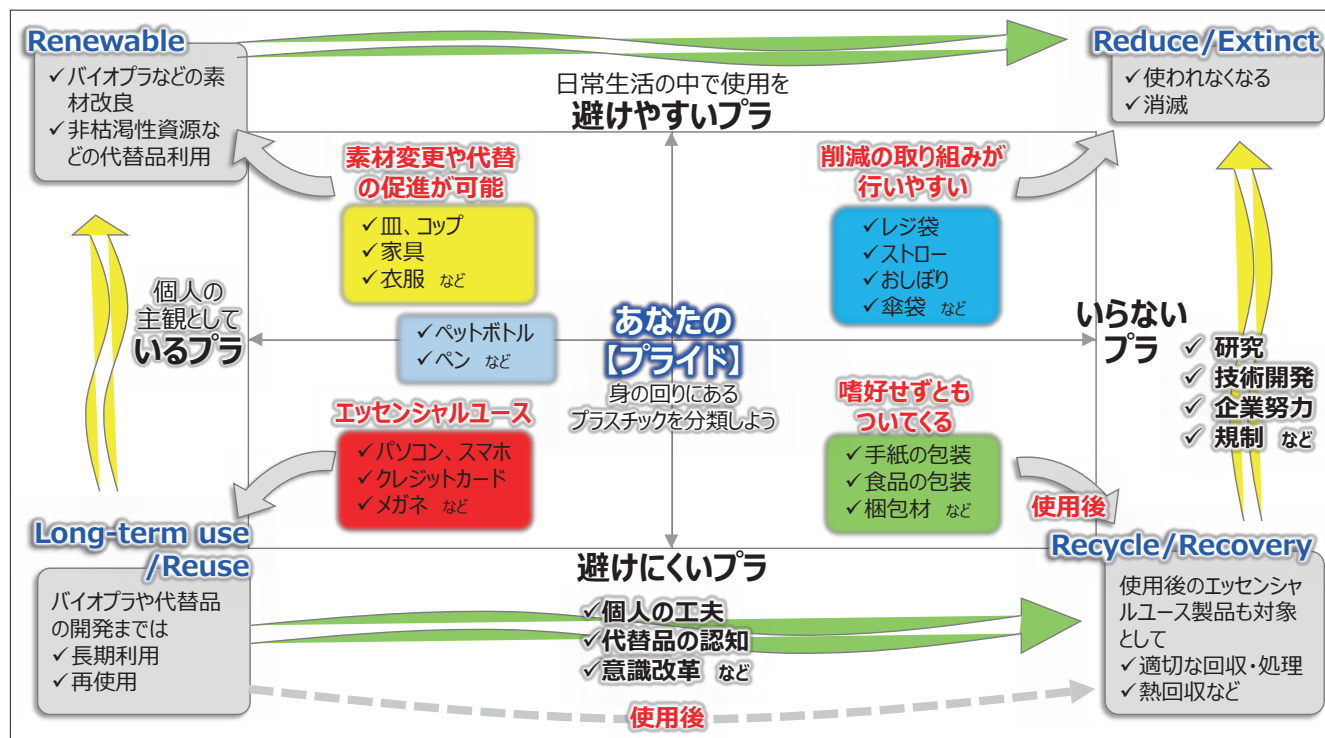


図3-2-1: 「プラ・イド (Plide)」チャート Ver. 1 個人の主観・認識レベルを可視化する。浅利美鈴ほか(2021)プラスチック製品に対する消費者意識・行動の可視化ツール - プラ・イドチャートの提案と意義について。環境と安全, 12(1), 1-10: <https://doi.org/10.11162/daikankyo.20G0901>



図3-2-2: 530(ごみゼロ)大作戦キックオフには、大阪府吉村知事・滋賀県三日月知事・地球研山極所長ら200名が参加。

第1フェーズで終了した研究成果

1. 環境保全に取り組む市民の行動原理と環境意識

海洋環境保全を実践する人々の行動原理を解明し、プラスチックごみを清掃する市民や排出削減に取り組む市民がそれを行う動機を理解することで、そうした原理を織り込んだプラスチック削減の良い方策を生み出すことができそうです。そこで個人が有する自然観とプラスチック問題への対応の相関を知るために、食料品の買い物と海のプラスチックごみ問題に関する質問票調査を2020年10月に国内で実施しました。エコバッグの使用回数は、水産物の消費頻度と相関があり、水産物を週に4~5回以上消費している層はエコバッグの使用頻度が有意に高い関係にありました。一方、自然環境との心理的位置関係（自己の生活環境が自然環境の一部か、接するか、つながりがないかの3つの関係）とエコバッグの使用頻度は有意な相関関係がありませんでした。同じ調査で、自然環境からの連想を回答してもらった結果、自然環境との心理的距離が近い回答者ほど地球環境規模の環境問



インドネシアのKampung Warna-Warniにて。左側手前の住宅の川辺にゴミがみえる。陸（Land-based）から川を通じてごみが海に流される例。（撮影者 オスカー氏）



沖縄県新里海岸にて。海外から流れ着いたごみの例。（撮影者 野村英明氏）

題を想起する傾向がありました。こうした調査を海外でも実施することで、環境意識と環境行動が国ごとに多様な場合は現場ごとの方策を、多様でない場合には共通の方策を用いて、プラスチック汚染への施策を検討していきます。

2. 農業廃棄物を有効活用したプラスチック代替品製造と利用促進

エジプトにおける石油由来プラスチックの生産・消費削減に向け、国際連合工業開発機関（UNIDO）との共同プロジェクトを進め、プラスチック代替素材としてサトウキビバガス（サトウキビ搾汁後の残渣）からの紙製造について検討しました。

そこで紙製造可能量や環境影響の観点からの妥当性評価とともに、バガス由来の紙製品導入に向けた消費者の嗜好性を把握するために、プラスチック問題や代替素材などに関するアンケート調査（1020人）を行いました。現状の解析（219人分）からは、エジプトの消費者はプ

ラスチック問題への関心は高く、紙袋の利用に対して前向きであることがわかりました。



エジプト・アスワンにあるKom Omboの製糖工場では、毎年約66万トンのサトウキビ・バガスが生産されます。

ACT 2. 研究プラットフォームの構築および情報発信

国内外の異なる分野の学問領域の研究者等との横断的な連携を強化するため、「研究プラットフォーム」の構築を行い、あわせて研究成果等の情報発信を強化しています。その一環として、国連工業開発機関（UNIDO）や、欧州の研究プロジェクト等との連携を進めます。



大量のプラスチック破片が散らばる千葉県・豊砂の浜。（撮影者 野村英明氏）

トピックス

国際連合工業開発機関 (UNIDO) との連携

農学生命科学研究科 山本 光夫

「ACT 2. 研究プラットフォームの構築および情報発信」では、その活動の一環として、これまで国際連合工業開発機関 (UNIDO) との連携を行ってきました。

UNIDOとの連携は、東京大学海洋アライアンス連携研究機構で2014年度から実施されている海外インターンシッププロジェクトがきっかけで始まりました。このインターンシップは、国際的な海事人材育成を目的として、総合海洋基盤 (日本財団) プログラム「海外インターンシップ人材育成プロジェクト」としてスタートし、現在も海洋学際教育プログラムにおいて継続されているものです。UNIDO、国際連合食糧農業機関 (FAO)、国際原子力機関 (IAEA) をはじめとする10の国際機関・研究機関と連携し、大学院生の派遣を行ってきましたが、UNIDOはこれまで最も多くの学生を派遣してきた国際機関です。この教育面での緊密な連携が、本FSI海洋プラスチック研究での連携へとつながりました。

本研究が始まった2019年度、UNIDOにおいても、廃棄物管理が不十分でプラスチックごみ問題が深刻なアフリカ地域を対象として、農業廃棄物を活用したプラスチック代替素材の製造と利用促進による石油由来のプラスチック使用量の削減を目指したプロジェクトが開始されました。このプロジェクトをUNIDOと東大が共同で実施する形として、(1) アフリカにおいて代替品の原料として利用できる農業廃棄物 (作物残渣) の賦存量調査、(2) それを原料とした生分解可能な素材や代替品製造技術等の導入可能性の検討、(3) 農業廃棄物収集からそれを原料とした生分解可能な素材や代替品製造に至るまで

のシステム設計及び経済性評価、といったアセスメントを実施し、最終的にはプラスチックごみ削減の具体的な方策の提示を目指すことになりました。

本取組みの大きな長は、UNIDOとのプロジェクト推進・連携をインターンシップに基づく大学院生のキャリアパス形成という教育活動を通じて実施していることです。私が所属する農学生命科学研究科農学国際専攻には、農林水産業・環境に関わる社会的課題に対して英語での議論・グループワークにより解決策を検討する必修授業 (演習) があります。そこで「農業廃棄物を活用したプラスチック代替素材の製造」に関わるテーマを毎年提示し、グループワークに参加した学生 (留学生・日本人) の希望者からインターン生を選抜し、UNIDOに毎年2名程度を派遣して海洋プラスチックごみ問題に関わるプロジェクト・業務にUNIDO本部 (ウィーン) で取り組む形にしています。これまで9名もの学生がUNIDOでのインターンシップに参加しました (2024年6月現在)。

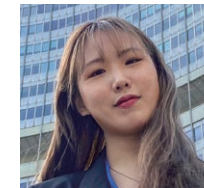
この枠組みによって、エジプトでのプラスチック代替素材製造については、UNIDOだけでなく現地の大学・研究機関との連携とも広がって上記 (1) ~ (3) が着実に進められており、当研究室における研究活動の一つの柱となっています。これはACT 2が目的とする「研究プラットフォームの構築」と言えます。一方で、継続的なインターンシップ生の派遣により、エジプト以外のアフリカ諸国や他地域におけるUNIDOの新たなプロジェクト形成にも貢献しているほか、例えばケニア・東アフリ

カ共同体におけるプラスチック代替素材製造への農業廃棄物の活用など、グループワークでの成果を国際学会で学生が発表するにも至っています。インターンシップに参加した学生の感想 (別掲) から、UNIDOでのインターンシップが学生のキャリアパス形成に役立っていることも見て取れます。

今後もUNIDOとの連携を更に強化しながら、研究プラットフォーム構築および情報発信をより一層進めていきたいと考えています。

国際連合工業開発機関 (UNIDO) との連携
学生の感想

2022年参加・国際農業開発学コース (IPADS)・博士1年



UNIDOでのインターンシップで、私は多くを学ぶことができました。例えば、UNIDOのプロジェクトの企画立案から実施までのプロセスや、職場環境をはじめ、国連で働くということがどのようなことなのか知ることができました。このプログラムは、将来国際機関で働きたいと考えている学生にはまたとない機会だと思います。

2024年参加・国際農業開発学コース (IPADS)・修士1年



UNIDOでのインターンシップは、ネットワーキングと実践的な学習・実地体験という意味でとても充実した経験となりました。様々な専門家やインターン生とのネットワークの広がりだけでなく、概念と実際の両面を踏まえたプロジェクトデザインのスキルを身につけることができました。このインターンシップは学生にとって大変有益で、将来専門家として働くための自信につながると思います。



撮影者 野村英明氏

東京大学 大気海洋研究所 FSI 海洋プラスチック研究事務局

〒277-8564 千葉県柏市柏の葉5-1-5

TEL: 080-7124-7351

URL: <https://fsi-mp.aori.u-tokyo.ac.jp/>

私たちは持続可能な開発目標 (SDGs) の達成に向けた取り組みを進めています。



ホームページ



成果はこちら

2024年9月