

## 平成30年度戦略的研究開発領域課題（SII-2）の公募方針

## 1. プロジェクト名：

海洋プラスチックごみに係る動態・環境影響の体系的解明と計測手法の高度化に係る研究

## 2. 研究プロジェクトリーダー（候補）：

九州大学応用力学研究所大気海洋環境研究センター 教授 磯辺篤彦

## 3. 研究予算：

年間1億円

## 4. 研究期間：

3年間（平成30～32年度）

## 5. プロジェクトの概要

## (1) 背景と目的

海洋プラスチックごみによる海洋生態系への影響が国際的に懸念されており、海洋ごみ問題は国際社会に課せられた地球的課題となっている。2016年1月の世界経済フォーラム（ダボス会議）において、毎年少なくとも800万トン分のプラスチックが海に流出していること、2050年までに海洋中に存在するプラスチックの量が魚の量を上回る試算になること等が報告された。また、ダボス会議に先立ち開催された2015年G7エルマウ・サミットの首脳宣言では、生態系への影響等が懸念されるマイクロプラスチックを含む海洋ごみが世界的課題であるとの認識が共有され、同附属書「海洋ごみ問題に対処するためのG7行動計画」において、G7各国の優先取組課題の一つとして「海洋ごみ問題に取り組むための追加的な研究構想・戦略に対する支援及び要請」が挙げられた。続く2016年のG7伊勢志摩サミットや富山環境大臣会合、2017年6月のポーロニャ環境大臣会合においても、上述のG7行動計画及びその効率的な実施の重要性等について再確認された。さらに、2017年7月に開催されたG20ハンブルクサミットや同年6月の国連海洋会議等においても、海洋ごみの重要性やその調査研究の必要性が指摘されたところである。

我が国における海洋プラスチック汚染研究は、いくつかの先駆的研究を基盤としつつ、環境省環境研究総合推進費（【4-1502】沿岸から大洋を漂流するマイクロプラスチックの動態解明と環境リスク評価）によって初めて総合的な形で推進された。その中では、インターナショナルペレットワッチ（IPW）によって集積されたマイクロプラスチックを分析することで、マイクロプラスチックによる有機汚染物質の輸送実態を明らかにした。東京湾で採集されたカタクチイワシの8割にマイクロプラスチックの含有を確認し、沿岸海洋生態系への侵入が進行している事実を確認した。海洋底泥における採集にも取り組み、海洋表層からの沈降を示唆する微細マイクロプラスチックの卓越を見出した。海岸から海洋への流出過程（交換時間）を、現地実験を繰り返すことで定量化した。また、生活圏に最も遠い南極海にもマイクロプラスチックが漂流する事実を世界で初めて確認し、海洋プラスチック汚染が全地球の海洋で進みつつある実態を世界に示した。海洋での観測結果を再現するマイクロプラスチックの輸送シミュレーションの開発にも先鞭をつけている。物理と環境化学の研究者が協同した一連の研究プロジェクトは、我が国の海洋プラスチック汚染研究が世界をリードしていることを十分に示すものであった。

しかし、同時に先行推進費研究【4-1502】は、海洋プラスチック汚染に関して新たに取り組むべき課題を抽出するものであった。ここで、マイクロプラスチックをはじめとした海洋プラスチックごみ（以下、大型のプラスチックごみも含める）について、三つの研究課題を挙げたい。一つは、「海洋プラスチック循環モデル（シミュレーション）」の確立である。海洋プラスチックごみは、海流や波浪に運ばれるだけではない。微細片にまで破碎する過程、海岸との交換過程、生物に取り込まれる過程、生物付着によって（あるいはデトリタスに含まれることで）海底に沈降する過程、そして高緯度では海水に取り込まれる過程等で、海洋における浮遊濃度が決まる。これら諸過程を通じた海洋プラスチック循環（以下単に「海洋プラスチック循環」という。）を総

合的・有機的に含むモデリングが、海洋プラスチック汚染の現況再現や将来予測には必須である。二つ目は、海洋プラスチックごみによる海洋生態系への影響評価である。先行推進費研究【4-1502】によって、海洋プラスチックごみによる有機汚染物質の輸送過程の一端が明らかになりつつある。しかし、これが各生物種や生態系全体に与える影響等に関する科学的知見は国際的に不足しているのが現状である。本研究プロジェクトに与えられた期間は三年間と限られてはいるものの、低次栄養段階生物生態系から稚仔魚に至る影響評価や、海鳥等の大型生物への影響評価を見据え、研究を包括的に推進する必要がある。三つ目はモニタリング技術・手法の高度化である。海岸に漂着・散乱する海洋プラスチックごみの現存量把握のためのモニタリングに加え、海洋に漂流するマイクロプラスチックや海底に堆積するマイクロプラスチックのモニタリングについては、まだ方法論が確立していない状況にある。さらに注視すべきは、既往研究では技術的限界から観測が困難であった数百マイクロメートル以下のマイクロプラスチックやナノプラスチック（以下「極微細片」という。）の現存量評価である。海洋プラスチックごみ（漂着・漂流・海底ごみ）のサンプリング・分析等の計測技術は必ずしも高度化されていないのが現状であり、上述の科学的知見の集積を深化・加速化させていく上で律速となっている。大型海岸ごみやマイクロプラスチックのモニタリングの高度化や、極微細片の計測技術の確立は、今後の海洋プラスチック汚染研究の高度化・加速化に必須である。

このような背景のもと、本研究プロジェクトは、海洋プラスチックごみの海洋中での動態及び海洋生物への影響に関する科学的知見を体系的かつ総合的に集積するとともに、現在課題となっている海洋プラスチックごみの各種モニタリング手法の高度化を図ることで海洋プラスチックごみに関する科学的知見の集積を加速化させることを目的とする。得られた知見・成果は、国内における各種海洋ごみ施策・対策に有効に活用するのみならず、様々な国際的な枠組み等を通じて、海洋プラスチックごみの主要排出国である東アジア・東南アジア地域をはじめ各国・国際機関等に積極的に情報発信・普及啓発を行う。これらの活動を通じて、地球規模での海洋プラスチックごみの実態把握や対策の推進に貢献する。

## （2）研究概要

本研究プロジェクトは、海洋プラスチックごみの沿岸～地球規模での海洋中の分布状況及び動態に関する実態把握及び予測を行う数値モデリング（研究テーマ1）、海洋プラスチックごみ及びそれに含まれる化学物質による生物影響評価（研究テーマ2）、海洋プラスチックごみのモニタリング・計測手法等の高度化に関する研究（研究テーマ3）の3つの研究テーマにより構成される（各研究テーマの詳細は6. 参照）。本研究プロジェクトは、これらの研究テーマを相互に関連させ、あるいは成果を相互に活用しつつ、有機的かつ効果的に研究を実施することによりプロジェクト全体としての成果の最大化を図り、海洋プラスチック汚染がもたらす将来の地球規模の環境の現状を捉えて将来を予測するものであり、海洋プラスチックごみに係る動態・環境影響を体系的に解明するというビジョンを持った研究プロジェクトである。本研究プロジェクトでは、現状と将来の海洋プラスチックごみの存在状況や輸送量を明らかにし、特にマイクロプラスチックによる低次から高次の生態系を視野に入れた生物影響を検証していく。海洋プラスチックごみの現存量やその将来予測には、海流や波浪による物理的な輸送系だけではなく、生物付着に伴う沈降などを含む新たな「海洋プラスチック循環論」の構築が必須である。本研究プロジェクトで取り組む海洋生態系に対する影響評価は、本研究プロジェクトが確立する海洋プラスチック循環論に裏打ちされた浮遊密度の知見を積極的に取り入れてゆく。

本研究プロジェクトのうち、研究テーマ1は海洋プラスチックごみ（主にマイクロプラスチックを扱う）の数値輸送モデル（シミュレーション）の構築を行う。モデルは、既往研究にある廃プラスチックの海域負荷量をソースとして、海流や波浪による物理的な輸送に加えて、海岸で破碎され微細片が生成される過程や海岸との交換、生物付着に伴う沈降等の海洋プラスチック循環の諸過程を組み込んでいく。そのために、例えば生物への取り込み速度や下層への沈降率など、海洋プラスチック循環の諸過程をパラメタライズする循環素過程の研究を行う。研究テーマ1が明らかにするマイクロプラスチックの現存量や将来量の見積もりは、研究テーマ2に供される。研究テーマ2では、小魚や節足動物等の比較的低次の生態系から、海鳥等の高次生態系まで幅広

い生態系を対象とするが、いずれの生態系を対象にする場合でも、海洋プラスチック量の確からしい見積もりが得られることにより、現在及び将来における実際の海洋環境を意識しつつ、海洋生物への影響評価実験の設計及び実験結果の考察をより現実的な形で行うことが可能となる。実海域で想定しにくい高濃度での曝露実験（一部の研究で実際に散見される）は、実海域環境との関係性の観点からの考察が困難であり、科学的意義を見出しにくいことに加え、海洋プラスチック汚染に関する昨今の関心の高まりを鑑み、過度の社会不安をもたらす可能性があることに十分留意する必要がある。

本研究プロジェクトは、研究テーマ1と2が密接に連携を図ることで、より確からしい海洋プラスチック汚染の将来像を、学術分野のみならず行政や社会に向けて提示・発信することが可能となるが、その一方で、海洋循環モデルの精度検証には十分な観測データが必要不可欠である。本研究プロジェクトでは、すでに成果を上げている先行推進費研究【4-1502】や、別途実施されている環境省沖合海洋ごみ調査結果で得られたマイクロプラスチックの浮遊密度データを活用することで、研究テーマ1のモデルについて一定の精度検証を行うことができるが、これらの先行推進費研究及び環境省調査による浮遊密度データは海洋表層（<1 m 程度）に限られている。そこで、研究テーマ3では、モデルの精度検証を多様な海洋セクターで可能にすべく、表層下や海底質にまで対象を広げ、高度化された海洋プラスチックごみのモニタリングを確立させる。さらに、研究テーマ3ではこれまでの海洋プラスチック汚染研究では観測が困難であった極微細片を観測する技術開発に取り組む。浮遊極微細片と海底質に含有されるものを対象とした海洋プラスチックごみの分布を明らかにすることで、研究テーマ1には新たな計算対象を、研究テーマ2には生物影響の新たなパスの可能性をそれぞれ与えることができる。

本研究プロジェクトは全球的な海洋プラスチック汚染の解明を目指しており、例えば太平洋の特定のごみ集積海域など研究対象海域を限定することはしないが、実際の調査フィールドとしては、アクセシビリティを鑑みて日本周辺海域（沿岸域を含む）を中心とした西太平洋域を主に取り扱うこととする。研究テーマ3の重点調査海域は、研究テーマ1のモデル結果を踏まえつつ適宜設定される。なお、研究の普遍性を担保するため、特定の種類の海洋プラスチックごみを選択的に扱うことはせず、その起源は生活ごみから漁具など多様な種類を対象とする。

### （3）成果目標

#### 1) 全体目標

- 全球プラスチック循環モデルを構築し、二世帯程度（～50年程度）将来のマイクロプラスチック浮遊量を推算する。これを参照しつつ、環境影響（ここでは主として、海洋生態系への影響）評価を実施する。モデルの精度検証や今後のモニタリングの高度化・加速化を可能とする、海洋プラスチックごみをモニタリング・計測する標準的な手法を提示する。

#### 2) 個別目標

- 数値海洋プラスチック循環モデルを構築し、二世帯程度（～50年程度）先における全球（極域を含む全海洋）でのマイクロプラスチックの浮遊濃度を予測する。
- 様々なサイズの海洋プラスチックごみ（漂着ごみ・漂流ごみ・海底ごみ）中の化学物質の濃度・存在特性及び吸脱着・溶出特性を明らかにする。さらに、プラスチックを媒介した有害化学物質の生物への移行・蓄積の規模を明らかにし、生物影響を評価する。
- 海洋中の各種プラスチックごみ（漂流・海底・漂着ごみ）をモニタリング・計測する標準的な手法を提示するとともに、海洋中に存在する数百～数十マイクロサイズのマイクロプラスチックの検出及び計測のための基礎技術を確立する。

## 6. プロジェクトの研究テーマ構成及びサブテーマ構成

本プロジェクトは、以下の3つのテーマ構成により、当該3テーマの下にサブテーマを設けて、各テーマ及びサブテーマ研究者が一体的に研究を実施する。全体構成及びテーマ・サブテーマ間の関係については、概要資料も参照のこと。

URL : <http://www.erca.go.jp/suishinhi/koubo/>

研究提案の公募は、テーマ1からテーマ3の【公募】サブテーマについて行う。サブテーマは、原則として一つの研究機関で行う。

(留意事項)

- ・サブテーマのうち、各テーマの「【総括】サブテーマ(1)」は、テーマリーダーが担当し、テーマの総括を行うため公募は行わない。
- ・テーマリーダーが担当する【総括】サブテーマ(1)は各テーマ全体の総括班として機能し、サブテーマ間の研究調整・進捗管理を担当する。
- ・研究提案は、【総括】サブテーマ及びその他の【公募】サブテーマと研究内容が連携するものであることが必要である。
- ・各サブテーマのリーダーは、研究プロジェクトリーダー及びテーマリーダーの指示のもとで、他テーマ、サブテーマの研究者と緊密に連携し、一つの研究プロジェクトを構成する研究活動として研究を実施する。
- ・サブテーマリーダーは、応募したサブテーマの内容及びヒアリングの審査過程での連絡・対応について、総括的な責任を持つ。

研究提案を行う申請者は、研究提案の提出前にテーマリーダーに連絡をして提案内容（申請書）についてテーマに相応しい内容かどうか確認することができる（公募〆切の1週間前まで（厳守））。確認のあった提案内容（申請書）について、テーマリーダーはプロジェクトリーダーと相談の上、申請者にコメントを回答する。テーマリーダーの連絡先は、環境省水・大気環境局水環境課海洋環境室（KAIYOU02@env.go.jp）までメールにて問い合わせること。

各テーマ及び公募するサブテーマの構成

テーマ名 及び テーマリーダーの担当するサブテーマ	公募を行うサブテーマ
<b>テーマ1</b> ：海洋プラスチックごみの沿岸～地球規模での海洋中の分布状況及び動態に関する実態把握及びモデル化 <b>サブテーマ(1)</b> ：地球規模でのプラスチック循環モデルの構築と将来予測	<b>サブテーマ(2)</b> ：海洋プラスチックごみの大洋内及び大洋間動態の物理過程のモデル化 <b>サブテーマ(3)</b> ：海洋プラスチックごみの沿岸海洋における動態解明とモデル化 <b>サブテーマ(4)</b> ：海洋プラスチックごみの循環モデルに要するパラメタリゼーションの研究
<b>テーマ2</b> ：海洋プラスチックごみ及びその含有化学物質による生態影響評価 <b>サブテーマ(1)</b> ：海洋プラスチック及びその含有化学物質の海洋環境における分布と動態	<b>サブテーマ(2)</b> ：マイクロプラスチックの生物影響評価 <b>サブテーマ(3)</b> ：海洋プラスチック（マクロからマイクロまで）の海洋生態系への影響評価
<b>テーマ3</b> ：海洋プラスチックごみのモニタリング・計測手法等の高度化 <b>サブテーマ(1)</b> ：各種技術等を活用した漂流ごみ等（マイクロプラスチックを含む）のモニタリング・計測手法の高度化	<b>サブテーマ(2)</b> ：海底堆積物中のプラスチックごみの計測技術の高度化 <b>サブテーマ(3)</b> ：漂着ごみ等のモニタリング・計測手法の高度化

## テーマ1：海洋プラスチックごみの沿岸～地球規模での海洋中の分布状況及び動態に関する実態把握及びモデル化

テーマリーダー（候補）：磯辺篤彦（九州大学応用力学研究所大気海洋環境研究センター 教授）

### 1 成果目標

- 数値海洋プラスチック循環モデルを構築し、二世帯程度（50年程度）先における全球（極域を含む全海洋）でのマイクロプラスチックの浮遊濃度を予測する。
- 海洋プラスチック循環モデルの基盤となる全球海洋循環や、海岸・沿岸海洋での輸送過程を再現する数値モデルを構築する。
- 海洋プラスチック循環モデルの基盤となる、沈降フラックスの定量などプラスチック循環に関する素過程を探求し、パラメタライゼーションを行う。

### 2 研究概要

マイクロプラスチックを含む海洋プラスチックごみの動態を再現し、将来予測を可能とする数値海洋プラスチック循環モデルを開発する。モデリングの精度検証には、当面のところ既存のデータセット（2014年度からの環境省沖合海洋ごみ調査データや先行推進費研究【4-1502】）を活用するが、本研究プロジェクトテーマ3によるマイクロプラスチックのモニタリング新手法の開発によって飛躍的な増大が見込めるデータ数が、さらにモデリング精度の向上に資する期待がある。さらにテーマ2が取り組む海洋生態系への影響評価を組み入れて、マイクロプラスチックの浮遊密度の予測を生態系への影響評価に展開させる。本研究テーマの構成と連携は以下の通りである。まず、既往研究にある廃プラスチックの海域負荷量を、プラスチック消費が始まってからの60年程度で増加する source として与え、マイクロプラスチックを想定した仮想粒子の追跡実験モデル（水平移流や混合、浮上速度と鉛直混合）を構築する（サブテーマ(2)）。これを、マクロプラスチックからマイクロプラスチック（さらには極微細片）への生成過程（従って、モデルの粒子サイズは複数）や、沈降過程や生物への取り込みを表す sink（消失）項、あるいは海岸との交換過程を組み込んだ、海洋プラスチック循環モデルに発展させる（サブテーマ(1)及びサブテーマ(2)）。なお、生成過程に紫外線による劣化過程などは組み込まず、時間でのみ制御されるようパラメタライズする。サブテーマ(1)と(2)は全球モデルであって、source から海洋への移行に重要な海岸過程や沿岸過程を再現する解像度がないため、別途に並行して海岸や沿岸での輸送過程を扱う（サブテーマ(3)）。なお、海洋プラスチック循環モデルに必要な sink 項の定量的表現（パラメタライゼーション）について、未だ十分な知見が集積されているとは言えない状況にある。そこで本研究では、海洋生物への取り込みや沈降過程といった基礎過程について研究を進め、必要なパラメタライゼーション（プラスチック微細片のサイズ別沈降速度等）を行うことで、海洋プラスチック循環モデルの構築に資する（サブテーマ(4)）。ただし、海洋プラスチック循環モデルを構築するにあたっては、テーマ3が実海域で作成する浮遊マイクロプラスチック濃度のマッピングを参照しつつ、sink 項を逆推定することも試みる。これによって、サブテーマ(4)の成果を待つことなく、海洋プラスチック循環モデルの開発を担保しておく。本研究プロジェクトの研究期間内での全基礎過程の解明には困難が予想され、特にパラメタライズの難易度が高いと思われる生物への取り込み速度や海岸での生成速度（又はこれらの組み合わせ）等を、この sink 項の逆推定によって、モデルに実装することも想定しておく。本テーマのミニマム・サクセスは、逆推定した sink 項を含む海洋プラスチック循環モデルの構築と、それによる海洋プラスチック汚染の将来予測である。フル・サクセスは、sink 項の確からしさをサブテーマ(4)で担保し、また海域や季節で sink 項の大きさを調整した循環モデルで実施する将来予測である。

#### 【総括】サブテーマ(1)：地球規模でのプラスチック循環モデルの構築と将来予測

- マクロプラスチックからマイクロプラスチックをターゲットとして、海洋中における輸送過程に組み入れるべき諸過程をモデル化する。具体的には沈降、生物による取り込み、海岸における生成、海岸と海洋との交換過程等である。
- これらの過程をサブテーマ(2)やサブテーマ(3)の輸送モデルと組み合わせることで、統合的な海洋プラスチックごみの循環モデルを確立させる。

**【公募】サブテーマ**

以下のサブテーマ(2)～(4)について研究提案を公募する。

**◇【公募】サブテーマ(2)：海洋プラスチックごみの大洋内及び大洋間動態の物理過程のモデル化**

- 極域を含む全球での輸送過程をモデル化する。
- 特に Earth Simulator を用いた海流データセットである OFES（大気海洋結合過程を含まない海洋循環モデル）等を利用し、この中で輸送される仮想粒子の追跡モデルを、マクロプラスチックからマイクロプラスチックの海洋輸送に適合させていく。
- 輸送過程の計算にあたっては、波浪モデル又は波浪データを利用した海表面の質量輸送（ストークスドリフト）を考慮する。

**◇【公募】サブテーマ(3)：海洋プラスチックごみの沿岸海洋における動態解明とモデル化**

- 海岸から砕波帯、さらには沿岸海洋間のマクロプラスチックからマイクロプラスチックの輸送過程を現地調査し、輸送モデルを構築する。
- サブテーマ(1)やサブテーマ(2)で開発する海洋プラスチックごみの循環モデルに組み入れ可能な、海洋－海岸間のマイクロプラスチックの交換過程(拡散過程)を定量化する。

**◇【公募】サブテーマ(4)：海洋プラスチックごみの循環モデルに要するパラメタリゼーションの研究**

- 海洋プラスチック循環における諸過程に関する基礎的知見を得る。
- マイクロプラスチックの沈降率や、生物の取り込み率、海岸や海洋でのマイクロプラスチック生成速度など、本テーマで構築する海洋プラスチック循環モデルに組み入れるパラメタリゼーションに資する実験や観測等を行う。

**テーマ2：海洋プラスチックごみ及びその含有化学物質による生態影響評価**

**テーマリーダー（候補）：高田秀重（東京農工大学農学部環境資源科学科 教授）**

**1 成果目標**

- 様々なサイズの海岸漂着及び海洋漂流プラスチック中の添加剤を中心とした化学物質の濃度・存在特性、吸脱着・溶出特性を明らかにする。
- 低次栄養段階生物へのマイクロプラスチック及びそれらに含有される化学物質の影響を明らかにする。
- 餌経由での化学物質曝露との比較や、各種プラスチック等の添加剤や吸着性化学物質に着目し、プラスチックとそれが媒介する化学物質曝露と食物連鎖を通じた生態系への侵入とその影響を明らかにする。

**2 研究概要**

本テーマでは、海洋プラスチックの生物及び生態系への影響の解明のため、生物とその曝露源中のプラスチック及びそれらに吸着・含有される有害化学物質の精密かつ網羅的な分析を行う。それに基づき、室内や屋外施設での摂食実験及び野外での観測を行い、海洋プラスチックによる生態影響を調査する。

海洋プラスチックによる生物及び生態系への影響は、a) 生物に取りこまれたプラスチックが生物体内で物理的な異物として作用することによる影響、b) プラスチックに添加剤として添加された化学物質が海洋プラスチック中に残留し、それがプラスチックを摂食した生物体内で内部曝露源となる化学的な影響、c) 有害化学物質を吸着したプラスチックを摂食した生物への当該化学物質の移行と影響、が考えられ、これらが複合的に作用していると考えられる。本テーマでは、これらの影響のうち、有害化学物質による影響（a）b）に着目し、研究を進める。

マイクロプラスチックに関する既往研究（先行推進費研究【4-1502】等）により、プラスチックに吸着する有害化学物質についてその地球規模での分布が明らかにされつつあるが、添加剤の分布やその溶出速度、溶出メカニズムに関する知見は著しく不足しており、マイクロプラスチックの化学的なリスクの評価を限定的なものにしている。また、マイクロプラスチックとそれに含まれる有害化学物質（マイクロプラスチックに残留している添加剤中の化学物質、マイクロプラスチックに吸着しやすい化学物質）について、マイクロプラスチックを取り込んだ低次栄養段階生物への体内移行・蓄積の規模や、食物連鎖を通じた高次生物への体内移行など生物影響についての知見も極めて限られている。一方、野外の生物でプラスチックに媒介された有害化学物質による影響はこれまで確認されておらず顕在化していないが、海洋プラスチック汚染が今後も進行することを考えると、これらの生物への生体影響を評価する上で、有害化学物質による軽微又は潜在的な影響を検知する手法の開発が必要である。

以上を踏まえて、本テーマでは、海洋プラスチック中の有害化学物質による生態影響に焦点を当て、以下の3つのサブテーマを設定して、相互に連携して研究に取り組む。これまで臭素系難燃剤の一種のポリ臭素化ジフェニルエーテル類について測定が行われてきており、外洋のマイクロプラスチックからも高濃度のポリ臭素化ジフェニルエーテル類が散発的に検出されることが明らかになってきたが、紫外線吸収剤や酸化防止剤などの極性の高い添加剤については、より広範囲なプラスチック製品に含まれるにも関わらず、海洋プラスチックにおける存在はほとんど明らかにされていない。そこで、サブテーマ(1)では、海岸、海洋表層、海底堆積物中のマイクロプラスチックに含まれる広範囲な種類の化学物質を網羅的に測定する。サブテーマ(2)及び(3)では、生物が摂食によって取り込んだプラスチックに含まれる化学物質による影響について研究を進める。サブテーマ(2)では、プラスチックを暴露させた生物への直接的な影響に力点を置き、動物プランクトン、小魚や節足動物等の比較的low栄養段階の生物を対象にした室内実験により研究する。また、サブテーマ(3)では食物網内でのマイクロプラスチックと有害化学物質の栄養段階間での移行・蓄積に力点を置き、二枚貝、エビ、底生生物及び海鳥等の比較的栄養段階の高い生物を対象に屋外の施設での飼育実験を中心に研究する。既往研究において、野生の生物においてプラスチックの影響を受けやすい生物は海鳥と報告されていることを踏まえ、サブテーマ(3)では、今後海洋プラスチック汚染が進行した場合に顕在化する影響を早期に検知するという点か

ら、プラスチックを媒介した海鳥への化学物質曝露の遺伝子レベルでの異常を捉えることを主眼に取り組む。

**【総括】サブテーマ(1)：海洋プラスチック及びその含有化学物質の海洋環境における分布と動態**

- 生物及びその曝露源となる海水、堆積物、海岸砂中のマイクロプラスチックの種類（ポリマータイプ、形状、大きさ）毎にマイクロプラスチックにそれらに含まれる化学物質の種類と濃度を網羅的かつ精密に明らかにする。
- マイクロプラスチックに含まれる添加剤の溶出や、海水中からの化学物質の吸脱着特性を明らかにする。
- これらの情報は生態系への影響を考える上で不可欠な基礎情報となる。化学物質の吸脱着・溶出実験においては、汎用プラスチックに加えて、代替品であるバイオマス素材も含める。

**【公募】サブテーマ**

以下のサブテーマ(2)～(3)について研究提案を公募する。

**◇【公募】サブテーマ(2)：マイクロプラスチックの生物影響評価**

- マイクロプラスチックの小魚や節足動物への室内曝露実験を行い、プラスチック粒子自体の生物影響の有無を明らかにする。
- 上記も踏まえて、化学物質を吸着させ、また、添加剤を含有させた微細プラスチックを、小魚や節足動物に曝露し、生物影響を調べる。
- 影響のエンドポイントは、広く生存、再生産から内分泌攪乱（行動異常、生殖異常、免疫力の低下）までを捉えることとする。

**◇【公募】サブテーマ(3)：海洋プラスチック（マクロ及びマイクロプラスチック）の海洋生態系への影響評価**

- 屋外施設を使って有害化学物質を添加剤として含有または吸着させたプラスチック摂食実験を行い、二枚貝、甲殻類、底生魚類、海鳥等の生物へのプラスチックとプラスチックに含まれる化学物質の曝露、生物組織への移行と蓄積について、餌経由での曝露と比較しながら調査する。
- プラスチックを媒介して生物組織へ蓄積した化学物質による生物影響を調べる。
- 生物影響のエンドポイントとして、遺伝子レベルでの異常を検知する手法を開発し、海鳥等の遺伝子レベルでの影響を調べる。

### テーマ3：海洋プラスチックごみのモニタリング・計測手法等の高度化

テーマリーダー（候補）：東海正（東京海洋大学副学長/船舶・海洋オペレーションセンター長/教授）

#### 1 成果目標

- 海面・海中を漂流するプラスチックごみをモニタリング・計測する標準的な手法を提示する。また、海洋中に存在する数百～数十マイクロサイズのマイクロプラスチックの検出および計測のための基礎技術を確立する。
- 海底堆積物中に存在するプラスチックの検出および計測技術を提示し、自動化に向けた基礎技術を確立する。
- 海岸に漂着しているプラスチックごみの現存量推定のための計測手法を提示する。

#### 2 研究概要

現行の漂流・海岸漂着ごみの調査、マイクロプラスチックの曳網調査や堆積物調査及びそこからのマイクロプラスチックの採取・分析方法等では、観測の効率を上げて調査密度を高めることやさらにはデータ精度の向上に限界があることが認識されている。そこで、本研究では、それらのブレイクスルーとなる新手法や技術の開発に取り組む。また、本研究で開発する新たな手法・技術の確立に当たっては、それらの手法等が一定の普遍性をもって国際的に標準化・統一化されることも視野に入れつつ研究を進めることとする。

これまでに、海表面に漂流するマクロプラスチックについては世界的にも標準的な手法として目視観測による現存量推定が行われ、ライントランセクト法を組み合わせることによる推定精度向上に取り組んできた。また、海表面のマイクロプラスチックについても、350 $\mu\text{m}$ の網目のニューストンネット（あるいはマンタネット）による採取が標準的に用いられて、持ち帰った採取物から目視によって標本を拾い出しと FTIR による材質確認を一粒ごとに行うという手間を要する作業を通じてではあるが、精力的に分布調査が行われている。しかし、マイクロプラスチックについては、海中や海底におけるマイクロプラスチックの分布に関する情報はほとんどなく、かつ 350 $\mu\text{m}$ の網目を抜けるサイズのマイクロプラスチックの分布動態は明らかでない。また、海岸に漂着したプラスチックごみについては、自治体等により海岸清掃で回収された量などの情報が蓄積されつつあるが、体制面・予算面での制約や人が立ち入れない海岸での調査の困難性などのため、清掃・回収が行われる海岸は限られており、また、各地の海岸の漂着ごみ量を系統的に推計する手法が確立されていないことから、全国的な漂着ごみ量の現存量の把握ができていない。

そこで、本研究では、サブテーマ(1)として、多段式ネットを用いて深度別に海表面から海中面に漂流するマイクロプラスチックを採取する手法を確立する。また、このときに網目の細かなネットを用いて、これまでより微細な（350 $\mu\text{m}$ 以下）のマイクロプラスチックの採取を行うとともに、まずは研究室内で光学技術などを用いた検出技術の基礎を確立する。本研究で得られる多段式ネットによる採取手法は、現在環境省で実施されている沖合域での海洋ごみ調査に適宜導入するなど、標本・データの蓄積と手法の確立に努める。また、サブテーマ(2)として、海底におけるマイクロプラスチックについて、その採取方法とともに検出の自動化について手法を確立する。さらに、サブテーマ(3)として、プラスチックがマイクロ化、マイクロ化する過程で紫外線劣化の影響を大きく受ける海岸に漂着しているプラスチックごみについて、自律式マルチコプター等からの観測によって現存量を推定する方法を確立する。また、様々な条件の海岸での漂着物の現存量の推定にも取り組む。

こうしたモニタリングや計測手法の高度化を通して、海面・海中・海底・海岸におけるプラスチックごみの分布を把握する手法の確立及びその調査の結果から、調査フィールドにおける海岸ごみ量の二次元マップや、海面や海底に現存するマイクロプラスチック密度の二次元及び海中に漂流するマイクロプラスチックの三次元マップの作成を行う。これらの情報、特に海表面や海中に漂うマイクロプラスチックの鉛直分布データは、テーマ1とテーマ2に受け渡され、プラスチックの循環モデルにおける全球的な分布と動態の解明につなげるとともに、サイズ別のプラスチックの分布とその偏在が生態系やそれを構成する生物への影響の評価につなげる。また、海岸を条件別に分類してその特徴に応じた現存量推定方法を用いることで全国の海岸漂着物現存量の推

定方法の確立・高度化につなげる。本テーマで確立されるマイクロプラスチック検出の基礎技術は、今後のマイクロプラスチック現存量推定の自動化やナノプラスチック検出の技術開発にとって先導的なものとなることが期待される。

**【総括】サブテーマ(1)：各種技術等を活用した漂流ごみ等（マイクロプラスチックを含む）のモニタリング・計測手法の高度化**

- 多段式ネット等を用いた表層～中層の漂流ごみのモニタリング手法を確立し、鉛直的な分布の情報を得て、テーマ1の海洋プラスチック循環の物理モデルに引き渡す。
- 従前のニューストーンネット採集法よりも微細なプラスチック（粒子数百～数十マイクロサイズ）の検出・採取方法を確立させ、より微細なプラスチックの海洋中での存在を明らかにする。
- 光学手法等を用いることで、海洋中に存在するマイクロプラスチック粒子の検出・定量手法を確立させる。

**【公募】サブテーマ**

以下のサブテーマ(2)～(3)について研究提案を公募する。

**◇【公募】サブテーマ(2)：海底堆積物中のプラスチックごみの計測技術の高度化**

- 海底堆積物からマイクロプラスチックを検出する手法を確立させる。
- この検出を自動化させるために必要な機器の選定及びそれに必要な前処理なども合わせて確立する。

**◇【公募】サブテーマ(3)：漂着ごみ等のモニタリング・計測手法の高度化**

- リモートセンシング（自律式マルチコプター等を含む）手法による海岸漂着ごみ量の推定手法を確立させる。
- 幾何補正処理や、漂着物と背景海岸との色差等を利用した漂着ごみの抽出など、漂着後の現存量推定に係る画像解析技術を合わせて確立させる。
- 全国海岸における海岸漂着物の現存量推定に適用可能であることを技術要件とする。