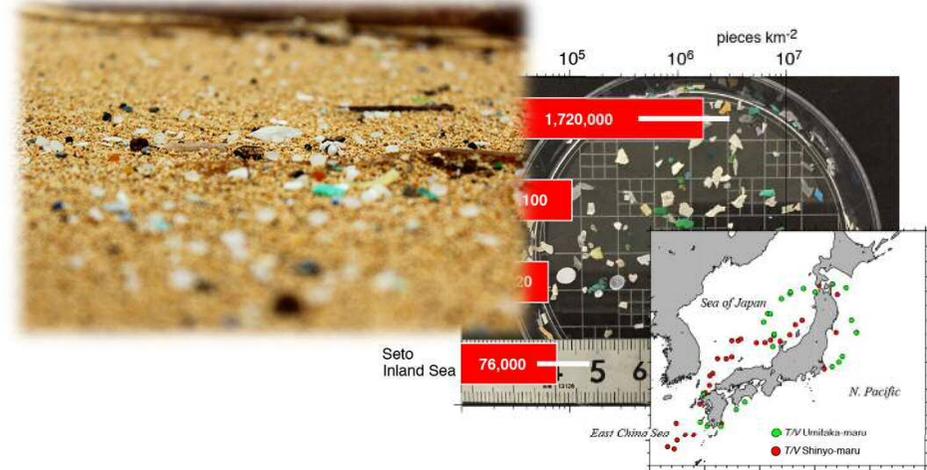


# 海洋プラスチックごみに係る動態・環境影響 の体系的解明と計測手法の高度化に係る研究

研究代表・テーマ1リーダー 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)  
テーマ2リーダー 高田秀重 (東京農工大学農学部環境資源科学科教授)  
テーマ3リーダー 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)

# 背景と目的

◆ マイクロプラスチックに象徴される“海洋プラスチック汚染”は、新たな、そして深刻な海洋環境問題としてクローズアップされている。 2050年には海洋中の魚の存在量<浮遊プラスチックとの見積もりがある(2016年ダボス会議)。



◆ マイクロプラスチックは、海洋中のPCB等の有害化学物質を吸着する性質があり、それを海洋生物が補食することにより、食物連鎖を通じて、海洋生物や生態系に影響を及ぼすことが懸念されている。

◆ 海洋プラスチック汚染に対する危惧は、すでに科学者だけのものではない。

2015年のG7エルマウサミット、国連の持続可能な開発目標のSDG14-1で海洋ごみが増え、G7サミットや環境大臣会合、G20サミット、国連海洋会議等様々な場で言及され、新聞・テレビなどでも多くの報道がなされ、国内外で政治的・社会的関心が高まっている。

## SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

世界を変えるための17の目標



### プラごみ 海の迷惑

#### 微小な破片 化学物質を吸着

#### 魚が食べ 生態系に影響も

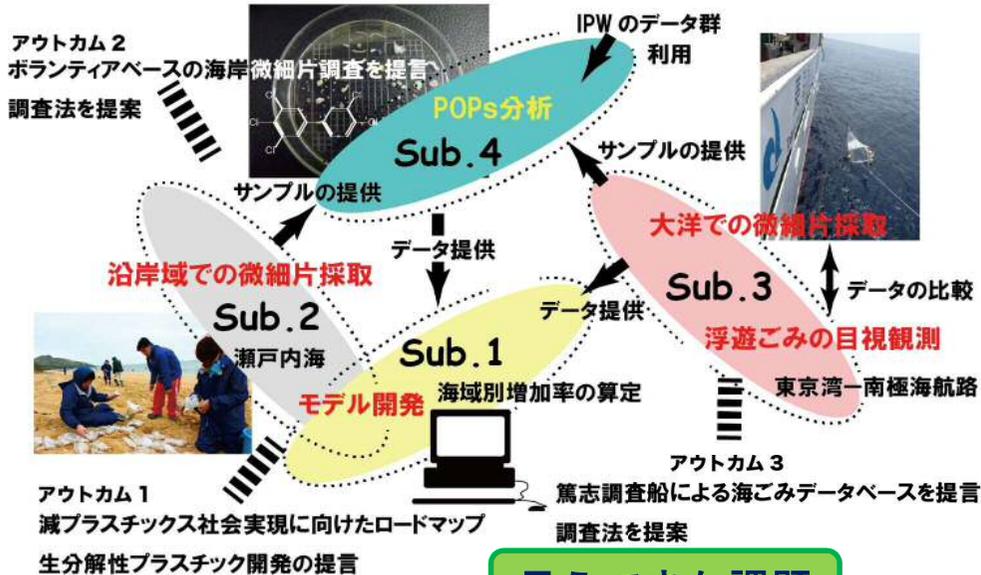
高知県高知港の南緯20度、東経132度付近に、プラスチックの破片が大量に漂着している。この破片は、海洋生物が食べると、体内に蓄積され、生態系に影響を及ぼす。また、破片は、化学物質を吸着し、海洋生物が食べると、体内に蓄積され、生態系に影響を及ぼす。

「瀬戸内海」は、船がきしかかると、大量のプラスチックが漂着する。この破片は、海洋生物が食べると、体内に蓄積され、生態系に影響を及ぼす。また、破片は、化学物質を吸着し、海洋生物が食べると、体内に蓄積され、生態系に影響を及ぼす。

# 背景と目的

## 先行研究 【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

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



## マイクロプラスチックの包括的研究プロジェクト

### 成果

- マイクロプラスチック輸送の数値シミュレーションを開発し、海洋からのマイクロプラスチックの消失を指摘
- 海洋-海岸砂の海洋ごみ交換過程の実証実験により、海岸から海洋への交換時間を定量化
- 底泥からマイクロプラスチック採集により、表層からの微小片の沈降を示唆
- 南極での浮遊マイクロプラスチックの発見
- 東京湾の約80%のカタクチイワシからマイクロプラスチックを発見

## 見えてきた課題

### 海洋プラスチック循環の解明

海洋表層を浮遊するマイクロプラスチックは、想定される量より少なく、どこかに消失していると考えられる（missing sinkの存在）。海中や海底での分布実態は明らかではない。

### 海洋生態系への影響評価

吸着する汚染物質の実態は明らかになりつつあるが、添加物に関する知見や、何より生態系への影響評価は十分ではない。

### マクロ/マイクロプラスチック観測の効率化・高度化

現在の計測方法が手作業中心で効率が悪い。採集に用いるネットの網目のサイズに制限されて、より微細なマイクロプラスチックの浮遊実態がわからない。海岸でのマクロプラスチックの定量手法の開発が遅れている。

# 成果目標

## 全体目標

### 海洋プラスチック汚染の実態解明と地球規模での将来予測

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。

## 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。

# 本研究プロジェクトの全体構成

## 研究プロジェクトの総体的なアウトカム

各々が体系的な構造を持つ各テーマの組み合わせで、海洋プラスチックごみに由来する化学汚染物質の海域各セクターへの蓄積量、輸送量、海洋生態系への移行量、そして生態系への影響（リスク）を、体系的に検証・予測することができる。

推進費4-1502や環境省調査による浮遊マイクロプラスチックのデータセット・他海域における既存データ

モデル構成の基本設計・精度検証、影響評価実験に必要な浮遊密度データを提供

### テーマ1 モデリング

- 海洋プラスチック循環モデルによる地球規模での多様な輸送過程のモデル化
  - 海流や波浪による輸送(大規模物理環境)
  - + 海岸-砕波帯-海洋輸送(局所的物理環境)
  - + sink項(沈降や生態系への取り込み等)
  - + source項(廃プラスチックの流出とマクロからマイクロプラスチックの生成過程)
- 海洋プラスチック循環に関する過去や現況から将来に至る経年変化のモデリング

モデル構成(サイズ組成、計算領域等)や再現性検証データを提供・更新

### テーマ2 生物/生態影響評価

- 様々なサイズ・種類の海洋プラスチックごみが含有する、吸着物から添加剤に至る多様な有害化学物質(残留性有機汚染物質(POPs)等)の定量、吸脱着・溶出特性の評価
- 低次栄養段階(プランクトン・稚仔魚等)から高次栄養段階(二枚貝・海鳥等)に至る多様な海洋生態系への影響評価

影響評価実験に適正な、現況のマイクロプラスチック浮遊情報(密度、サイズ等)を提供・更新

影響評価実験に適正な、現況と将来のマイクロプラスチック浮遊情報(密度、サイズ等)を提供・更新

### テーマ3 モニタリングの高度化

- 大型漂着ごみ(マクロプラスチック)から数百 $\mu\text{m}$ の漂流マイクロプラスチック、さらにはこれまで検出が困難であった数十 $\mu\text{m}$ のマイクロプラスチックを含めた、多段階サイズの分布のモニタリング
- 海岸・海表面から海中や海底質に至る、海洋の各セクターにおける分布のモニタリング

# テーマ構成

## 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

- 【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
- 【サブテーマ2(公募)】 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
- 【サブテーマ3(公募)】 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
- 【サブテーマ4(公募)】 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

## 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

- 【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
- 【サブテーマ2(公募)】 マイクロプラスチックの生物影響評価
- 【サブテーマ3(公募)】 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

## 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

- 【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
- 【サブテーマ2(公募)】 海底堆積物中のプラスチックごみの計測技術の高度化
- 【サブテーマ3(公募)】 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

## 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

- 海洋プラスチック循環のMissing sink（生物付着による海底への沈降、海洋生物の誤食、デトリタスとしての沈降、海水への取り込み等）を可能な限り探求し、モデルに導入。

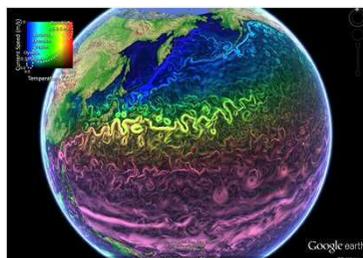
→二世代後(50年程度)の浮遊マイクロプラスチックの現存量を予測する。

### 素過程を探求しプラスチック循環モデルを構築

## モデル対象海域を全球へ拡張

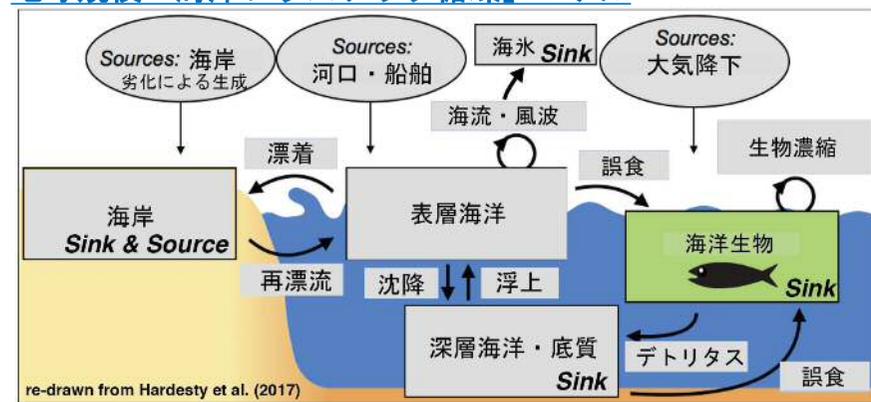
- 極域をモデル対象領域に含める。
- 地球シミュレータを用いた全球海洋循環モデル(OFES)を利用し、マイクロプラスチックを模した仮想粒子の追跡実験を実施。

→地球規模での輸送系を解明。  
→浮遊マイクロプラスチックの現存量を評価する海洋プラスチック循環モデルの基盤とする。



## 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

## 地球規模「海洋プラスチック循環」モデル



## 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

- セジメントトラップによるマイクロプラスチックの沈降フラックスの実測等パラメタリゼーションに資する実験や観測を実施。
- 海洋生物への取り込み、デトリタスとしての沈降、海水への取り込み等海洋プラスチック循環のmissing sinkの解明

## 海洋プラスチック循環のmissing sinkを解明



- 海洋と海岸の交換過程（マイクロプラスチックの海岸滞留時間として定量評価が可能）をパラメタライズし、モデルに導入。
- 海岸はマイクロプラスチックのsinkであるとともに、劣化・破砕によるsourceでもある。そこで、マイクロプラスチックでの海岸生成過程も定量評価し、モデルに導入。

→ 生活圏(=廃プラスチックの供給源)に近い沿岸や陸棚域での浮遊現存量の計算精度を向上

## 海洋と海岸の交換過程を表現

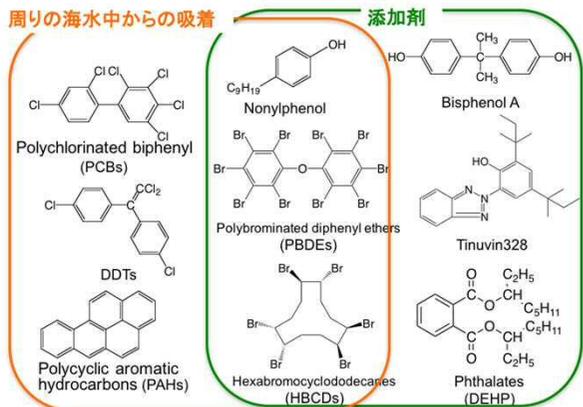


## サブテーマ(3)：海洋プラスチックごみの沿岸海洋における動態解明とモデル化

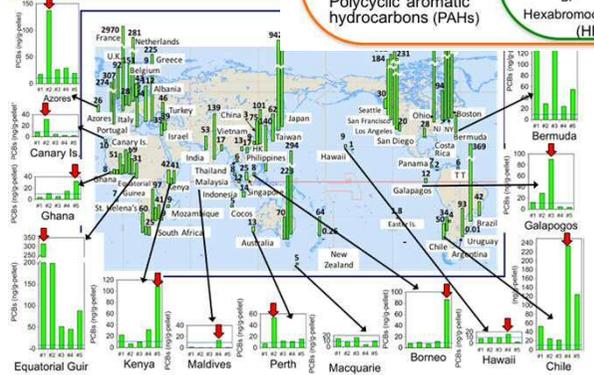
# テーマ2：海洋プラスチックごみ及びその含有化学物質による生態影響評価

## 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

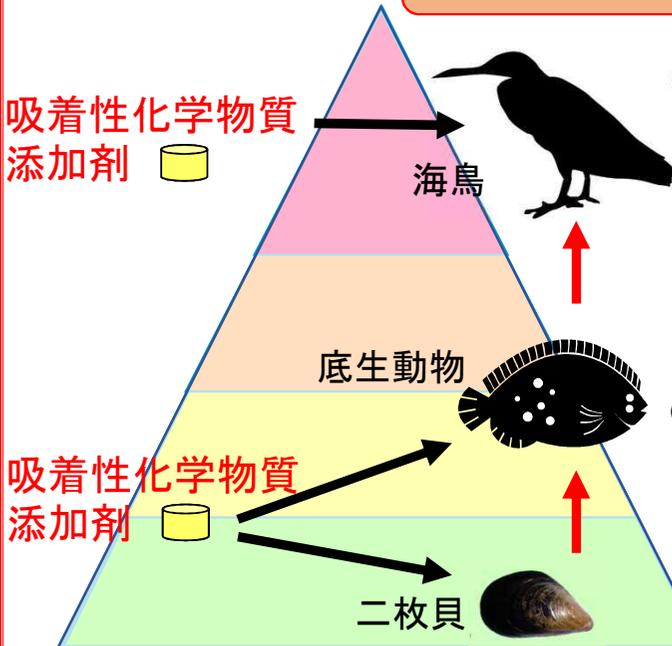
- レジ袋やペットボトルの蓋も含めてポイ捨てされやすい使い捨てプラスチックにも配合される紫外線吸収剤や酸化防止剤も含めて、多種の添加剤のマイクロプラスチック中での化学物質の分布やその水及び消化液への溶出特性等を明らかにする。



Sporadic high concentrations of PCBs  
Microplastics carry contam

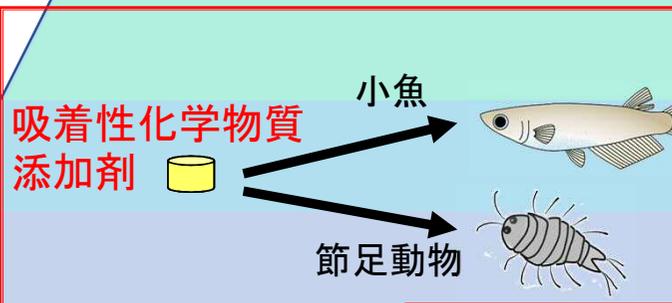


## サブテーマ(3)：海洋プラスチック（マクロ及びマイクロプラスチック）の海洋生態系への影響評価



- 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、甲殻類、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施設での飼育実験を中心に実施し、生物組織への化学物質の移行・蓄積による影響を調べる。

- 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、プラスチックを媒介した海鳥への化学物質曝露による遺伝子レベルでの異常を捉えることを主眼に調査を行う。

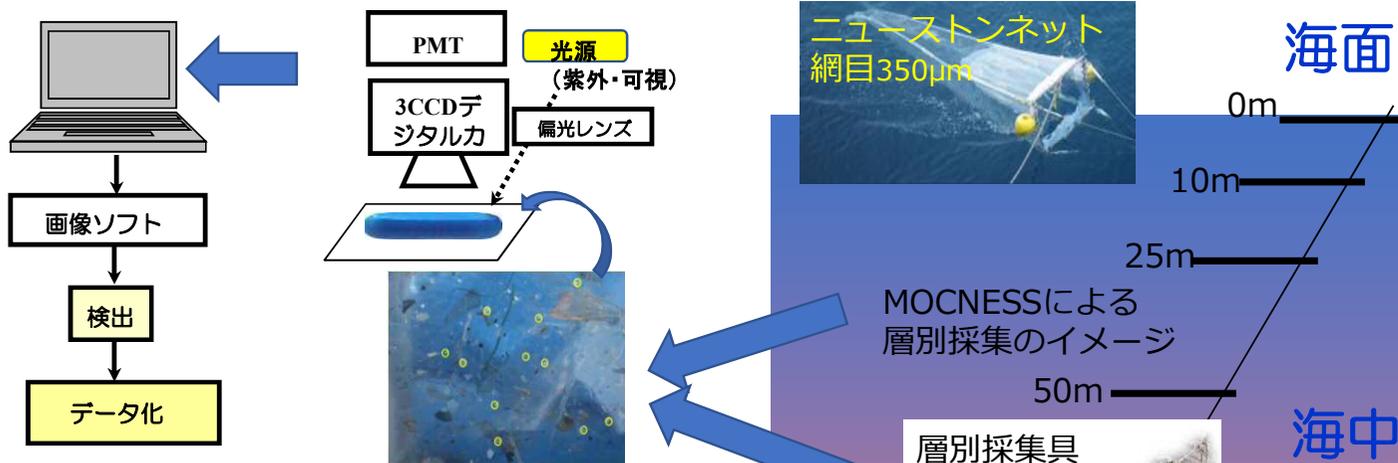


- プラスチックを曝露させた生物への直接的な影響に力点を置き、動物プランクトン、小魚や節足動物等の比較的低下栄養段階の生物を対象にした室内実験により、生物への影響を調べる。

## サブテーマ(2)：マイクロプラスチックの生物影響評価

# 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

## 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



- 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。
- 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（定量）のための基礎技術を確立する。

## 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

分析・計測工程  
データ化  
データベース化



前  
処  
理  
工  
程



- 海底堆積物中に存在するプラスチックの検出及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。

## 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

海岸



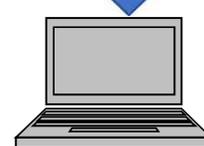
砂浜性海岸での漂着ごみ清掃によりデータは蓄積されている。



ドローンによる空撮



人が入れない急峻な崖下



画像処理による  
プラスチック  
ごみの検出

海岸形状など様々な条件下における漂着ごみ量の推定

- 海岸での漂着ごみ量の推定のためのモニタリング・計測手法を提示する（海洋へのマイクロプラスチック供給量の基礎資料となる）。

# 研究の全体スケジュール（想定）

		平成30年度	平成31年度	平成32年度
テーマ1	サブテーマ1	プラスチック循環モデルの整備。消失項の試験的導入と既存観測データとの比較	プラスチック循環モデルと海洋循環モデルとの結合。消失項の導入と観結果との比較	全サブテーマの結果を結合する循環モデルの完成と将来予測
	サブテーマ2	海洋循環モデルの整備。OFESを基盤にした粒子追跡モデルの構築	海洋循環モデルによる物理輸送系の解明	海洋循環モデルによる物理輸送系の解明、結果の取りまとめ
	サブテーマ3	微細片に見立てた粒子の散布実験、及び海岸海洋交換時間(拡散係数)の設計と予備試験	海岸実験の継続と平均滞留時間の算定。海岸～海洋交換サブモデルの構築	海岸実験の継続と平均滞留時間の算定、結果の取りまとめ
	サブテーマ4	海岸漂着ごみ観測の予備実験、海洋における微小マイクロプラスチックの検出試験	海岸漂着ごみ観測システムの構築。海洋実験の継続と沈降フラックス等の消失速度の算定。	海洋実験の継続と沈降フラックス等の消失速度の算定、結果の取りまとめ
テーマ2	サブテーマ1	環境中のマイクロプラスチック中の添加剤の分析	マイクロプラスチックからの化学物質の吸脱着試験 海水から化学物質を吸着プラスチックの作成	マイクロプラスチックからの添加剤の溶出試験
	サブテーマ2	節足動物、小魚への無添加マイクロプラスチックの曝露実験	節足動物、小魚への添加剤入りマイクロプラスチックの曝露実験	節足動物、小魚へのPOPs吸着マイクロプラスチックの曝露実験
	サブテーマ3	二枚貝と底生動物への無添加マイクロプラスチックの曝露実験 海鳥の孵化と飼育（プラスチック投与無し）	二枚貝と底生動物への添加剤入りマイクロプラスチックの曝露実験 飼育海鳥への添加剤入りプラスチックの投与実験	二枚貝と底生動物へのPOPs吸着マイクロプラスチックの曝露実験 飼育海鳥へのPOPs吸着プラスチックの投与実験
テーマ3	サブテーマ1	マイクロプラスチック粒子の表・中層からの採取方法、微細なプラスチック（粒子数百～数十マイクロサイズ）の採取方法、採取物からの光学的検出方法の整備	表・中層マイクロプラスチックの採取調査の実施 海中における鉛直分布と微細なプラスチックを含むマイクロプラスチック粒径分布の解明	調査の継続と海中における鉛直分布と微細なプラスチックを含むマイクロプラスチック粒径分布の結果とりまとめ
	サブテーマ2	海底堆積物中のマイクロプラスチック採取と検出方法の整備	海底におけるマイクロプラスチックの採取調査の実施	調査の継続と海底における分布の解明、結果とりまとめ
	サブテーマ3	リモートセンシング調査手法と画像解析技術の整備、立案と実施	異なる形状の海岸におけるリモートセンシング調査の実施及びデータの解析	調査の継続と海岸漂着物現存量推定結果の取りまとめ
	全体	モデリングや実験、実海域でのサンプリング開始	テーマ3からテーマ1へのデータセット提供開始 テーマ1からテーマ2へのモデル結果の提供開始	全テーマの結果の統合、地球規模での海洋プラスチック汚染の将来像の提示