

沿岸海洋シンポジウム
「マクロスケールの沿岸海洋研究に向けて」

日時：2025年9月21日（日）10:00～17:00

会場：北海道大学函館キャンパス&オンライン

コンピーナー：羽角 博康・伊藤 幸彦・田中 潔（以上、東京大学）・松村 義正（国立環境研究所）

主催：日本海洋学会沿岸海洋研究会

挨拶：磯辺 篤彦（日本海洋学会沿岸海洋研究会会長）

10:00～10:10

趣旨説明：羽角 博康（東京大学）

10:10～10:30

1. 多重ネストモデルと粒子追跡手法を組み合わせた日本沿岸域の統合モデリングシステムの開発

10:30～11:00

松村 義正（国立環境研究所）

2. 解像度 2 km 日本沿岸モデルを用いた平均沿岸滞留時間分布の推定

11:00～11:30

坂本 圭（京都大学）

3. 沿岸海洋環境に与える間隙水流入の役割

11:30～12:00

中島 壽視（東京大学）

（昼食・休憩 12:00～13:30）

4. 黒潮起源の暖水渦が北海道・噴火湾にもたらす物理的影響と酸素供給を通じた漁業活動への波及

13:30～14:00

阿部 泰人（北海道大学）

5. シミュレーションによる藻場由来炭素貯留量の推定

14:00～14:30

西川 悠（海洋研究開発機構）

6. 海洋炭素循環における河川の役割：栄養塩・炭素輸送の影響を探る

14:30～15:00

小林 英貴（富山大学）

（休憩 15:00～15:15）

7. 大気―海洋間の微量元素循環に対する人間活動の影響

15:15～15:45

栗栖 美菜子（東京大学）

8. 利根川―黒潮移行域の水塊形成と生物生産

15:45～16:15

伊藤 幸彦（東京大学）

9. 総合討論

16:15～17:00

趣旨

沿岸海洋の環境は人間活動の影響を受けて大きく変化している。地球温暖化に伴うグローバルな海洋変化の影響が沿岸海洋に及ぶ一方で、陸域からは人間活動が生み出した様々な物質の供給が増えている。陸域から沿岸海洋に物質を運ぶ河川も地球温暖化の影響を大きく受け、例えば日本では大量出水の強度や頻度が増している。そうした沿岸海洋における現代的な問題を扱い、影響評価や将来予測というニーズに応えるためには、より大きな視点から沿岸海洋研究を展開することが求められる。すなわち、沿岸海洋と外洋の相互作用、異なる沿岸海域間の相互影響、および陸域の影響といった要素を沿岸海洋研究に適切に取り込んでいく必要がある。そのような沿岸海洋のマクロスケール展開に関して、本シンポジウムにおいて具体的な方向性を議論したい。

1. 多重ネストモデルと粒子追跡手法を組み合わせた日本沿岸域の統合モデリングシステムの開発

松村義正（国立環境研究所）

マクロ沿岸海洋学の推進にむけて、我々は海洋循環モデル・河川氾濫モデル・粒子追跡モデル・低次生態系モデル・非静力学モデルを組み合わせた日本沿岸域の統合シミュレーションシステムを構築している。COCOの4重ネストによる北西太平洋域 $1/180^\circ$ （約500mメッシュ）モデルを基盤とし、これにCaMa-Floodによる日本河川の高解像度流出データを河口点格子にマッピングして統合することで、河川水及び陸起源物質の流出・輸送・拡散動態を高い精度で再現する。得られる高解像度・高頻度出力に粒子追跡を適用し、河川水の遠方輸送や陸起源栄養物質の海洋生態系への寄与をラグランジュ的に追跡することも可能である。また同出力を側面境界としてKinacoによる非静力ダウンスケール実験を駆動するオフライン連携の整備も進んでいる。講演では研究成果の概要に加え、オープンソース化への取り組みなどモデル開発に関する最近の動向についても紹介する。

2. 解像度2km日本沿岸モデルを用いた平均沿岸滞留時間分布の推定

坂本圭（京都大学）

海水または物質が沿岸域に滞留する期間を示す「平均滞留時間」 T_r は、外洋・沿岸海水交換の有用な指標の1つであり、日本沿岸でもいくつかの湾・内海で推定されてきた。我々は、日本沿岸全体の海水交換を把握する第一歩として、日本周辺の T_r の空間分布の評価を試みた。この目的のために、粒子追跡モデル実験に基づき、沿岸滞留域自体と T_r を推定する新しい手法を考案した。本手法は既存の方法と異なり、滞留域を事前に仮定しないため、特定の対象海域だけでなく、半閉鎖領域や開放領域を含めて海域全体を把握できる。我々が開発した水平解像度約2kmの日本沿岸モデルを用いて日本沿岸全域に本手法を適用し、 T_r の空間分布を推定した。その結果、日本沿岸で半閉鎖領域と開放域を定量的に区分できた。半閉鎖領域は瀬戸内海をはじめ10か所で、 T_r は50から400日に達した。一方、黒潮や強い沿岸流にさらされる沿岸域では10日以下、その他では10から数十日程度となった。加えて、年齢トレーサー流し実験による沿岸水の年齢推定も行い、粒子追跡による評価と整合する結果が得られた。これは、 T_r の新しい推定手法の妥当性を示唆する。

3. 海水－堆積物境界における栄養塩輸送が沿岸海洋に果たす役割

中島壽視（東京大学）

海洋堆積物は沿岸域の一次生産を支える栄養塩供給源の一つとして重要な役割を担っている。陸域から河川を介して運ばれる懸濁物質や、海洋で生産された有機物は海底に沈降・堆積し、堆積物中での無機化・溶解を経て間隙水中に栄養塩として濃縮される。これらの栄養塩は、分子拡散等のプロセスを介して水柱へと輸送される。近年の研究では、地下水流入や、水－堆積物間の水交換（間隙水交換）などのプロセスも重要な役割を果たすことが指摘されている。これらは、従来考えられているよりも沿岸域の栄養塩動態や生物生産に対して影響を及ぼしている可能性がある。本発表では利根川沖陸棚海域で進めてきた研究事例を中心に、地下水流入や間隙水交換を含めた海水－堆積物境界における物質輸送過程と沿岸環境におけるその重要性について報告する。

4. 黒潮起源の暖水渦が北海道・噴火湾にもたらす水温上昇と酸素供給の強化

阿部泰人（北海道大学）

北海道南部に位置する噴火湾は、カレイ・ヒラメ類やタラ類、ホタテガイなど水産資源の豊富な海域である。閉鎖的な海域であることから、夏季になると底層で酸素濃度が著しく低下する貧酸素水塊が数年に1度の頻度で発生し、年によっては漁業被害が発生する。冬季はオホーツク海の海水の融解水に起源があると考えられている冷たく塩分の低い沿岸親潮が流入し、栄養塩供給を通じて春季ブルームに影響する。近年、黒潮起源の暖水渦が北海道太平洋沿岸に接近し、沿岸親潮の噴火湾への流入が妨げられ、冬季の水温が例年よりも3℃程度高くなる事例が報告されている。冬季は、季節風による海面冷却で100mの海底に達する深い対流や、酸素濃度が比較的高い表層との混合で底層の酸素が回復する重要な時期であり、冬季の水温上昇でこの対流と酸素供給が強化されていることが最近の研究で判明した。また表層においても、夏季の水温が上昇傾向にある。本発表では、閉鎖的な海域ではあるものの周辺海域との水塊交換が生じる北海道噴火湾の海洋環境の変化について、主に水温上昇と酸素供給の強化の観点から話題提供したい。

5. シミュレーションによる藻場由来炭素貯留量の推定

西川悠（海洋研究開発機構）

沿岸部に繁茂するアマモやコンブは、切離した一部が深海に輸送されブルーカーボンとして貯留されると考えられるが、二酸化炭素の海洋隔離に対する量的な貢献度は不明である。一般的な隔離の基準は生物由来炭素が100年間表層に現れないこととされており、このスケールでの試算にはシミュレーション研究が欠かせない。また沿岸部の藻場は陸域からの栄養塩供給の影響を強く受けることから、ブルーカーボンに対しては沿岸と外洋をシームレスに繋ぐ研究を行う必要がある。本研究では、まず河川からの栄養塩流入を考慮したアマモ成長モデルからアマモの枯葉が外洋に流出する量を見積もった。次にこの結果を高解像度海洋モデルの流速場による輸送モデルと組み合わせてアマモ由来粒子の三次元的な移動を追跡し、沿岸部のアマモ場からの炭素貯留量を推定した。

6. 海洋炭素循環における河川の役割：栄養塩・炭素輸送の影響を探る

小林英貴（富山大学）

海洋は、大気の約 60 倍の炭素を蓄える巨大な炭素貯蔵庫である。海水中の炭素量は、大気との二酸化炭素交換、河川からの流入、堆積物への埋没といったプロセスによって制御されている。大気との交換が短期的な変動に関与するのに対し、河川流入や堆積物への埋没は、数百年から数万年に及ぶ長期的なプロセスである。そのため、従来の全球海洋生物地球化学モデルでは、後者のプロセスはしばしば無視されてきた。しかし、河川を通じた炭素の流入は、海洋による人為起源二酸化炭素の吸収量と同程度のオーダーにあり、その正確な評価には、陸域からの物質輸送の影響を考慮することが不可欠である。近年では、風化・侵食モデルや陸域生物圏からの有機物流出量に基づき、河川負荷を全球海洋生物地球化学モデルに導入する試みが進められている。本発表では、こうした研究動向を概観し、河川負荷を考慮した海洋生物地球化学モデルの必要性について論じる。とりわけ、海洋とその外部（陸域・堆積物）との物質交換を明示的に扱うモデルの開発、沿岸域における高解像度モデリング、気候変動に伴う極端降水事象の影響評価の重要性を展望する。

7. 大気—海洋間の微量元素循環に対する人間活動の影響

栗栖美菜子（東京大学）

大気エアロゾルは、太陽光の反射・吸収や雲水形成に影響を与えるほか、海洋に沈着することで栄養塩または毒として働き海洋の生物生産にも変化を及ぼすなど、地球システムの重要なパーツである。東アジアは世界で 2 番目の鉱物ダストの発生域であるとともに、人為的な活動によるエアロゾルの一大発生域でもある。そのため、西部北太平洋はエアロゾルの影響による生産性の変化が見えやすい地域である。特に、エアロゾルに含まれる微量金属元素のうち、鉄は海洋の鉄欠乏域への重要な供給源となっており、生物生産への影響や、その人間活動による変動の理解は重要な課題である。本発表では、起源を推定する上で有効な鉄安定同位体比や、大気中でのプロセスを反映する化学種など、化学分析に基づいた鉄の挙動に関する研究について紹介し、沿岸海洋研究におけるエアロゾルの重要性や今後の展望についても述べる。

8. 利根川—黒潮移行域の水塊形成と生物生産

伊藤幸彦（東京大学）

陸棚域は沿岸海域の沖合側を占めており、内湾と比べ河川水の直接的な影響は小さいものの、沿岸域全体の生物生産に大きく貢献している。本研究では利根川河口から沖合の陸棚域に広がる「利根川—黒潮移行域」を対象海域として、生物生産を支える栄養塩循環を指標する水塊と流速の分布と変動、乱流鉛直混合の観測を実施した。2021–2024年にかけての5回の観測において、クロロフィル濃度は河川水流出に起因すると考えられる表層の低塩分水よりも、亜熱帯モード水に対応する $25.0\text{--}25.5 \sigma_\theta$ の密度面深度によく対応していた。等密度面上の塩分は全体的に沿岸から沖合に向けて高くなる傾向があったが、スナップショットの断面には相互貫入や数 km スケールのパッチ、密度面の変動が多く検出された。陸棚上では沖合に比べて貫入構造が維持されておらず、鉛直混合の影響が示唆された。陸棚上の係留観測からは、波長 1 km 以下の非線形内部波の波列が突発的に伝播し、強い鉛直混合をもたらしたことが捉えられた。以上のことから、利根川—黒潮移行域では、外洋中層由来の栄養塩が等密度面上を陸棚域に貫入、内部波等による乱流により水柱に再分配され、湧昇によって表層にもたらされていると考えられた。