

# 研究課題名：閉鎖性水域における水環境・生態系への気候変動影響の予測と適応策に関する研究

課題代表者：国立環境研究所地域環境保全領域 東 博紀  
 共同研究者：国立環境研究所地域環境保全領域 中田聡史・吉成浩志  
 広島大学環境安全センター 西嶋 渉  
 大阪大学大学院工学研究科 入江政安  
 京都大学フィールド科学教育研究センター 小林志保

実施年度：令和2年度～令和4年度

## 1. 研究目的

閉鎖性水域では、水温の上昇とそれに伴う生態系の変調が全国各地で報告されており、水環境・生態系への気候変動影響の全容解明とその適応策が求められている。我々は先行研究において、陸域淡水・汚濁負荷流出－海域流動・水質・底質モデルを開発するとともに、集水域からの流出変動を考慮した瀬戸内海の水質の将来予測を実施した。本研究では、開発したモデルを展開して全国各地の閉鎖性水域における水環境・生態系の将来予測を進め、水域間に見られる気候変動影響の共通性や相違性を明らかにするとともに、貧酸素水塊など水質の極端事象の発生やそれに伴う生物多様性・生物生産性への影響などの気候変動リスクを水域ごとに評価する。それを踏まえて、気候変動リスクの軽減・回避に向けた陸域負荷管理など水環境分野の適応策を検討・提示することを目的とする。

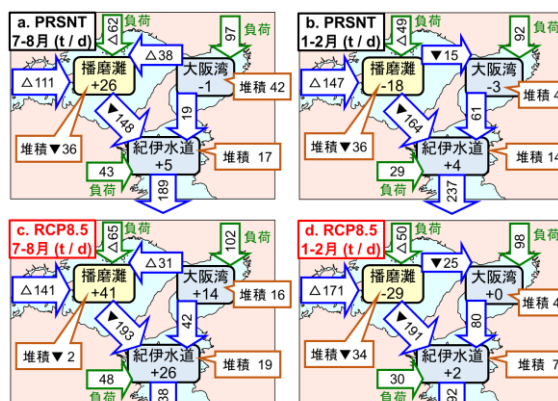
## 2. 研究計画

今年度は、昨年度までに実施した瀬戸内海の水質変動影響予測の解析を進めるとともに、水平解像度 2km の NHRMCM など、より高解像度の気候シナリオを用いた予測シミュレーションを実施し、アンサンブル化を進める。また、予測シミュレーションを東京湾と伊勢湾に展開し、水環境への気候変動影響の海域間比較を行う。さらに、石川県の七尾湾を対象として陸域－海域モデルの開発を進め、日本海側の閉鎖性海域の水環境への気候変動影響予測に着手する。

## 3. 進捗状況

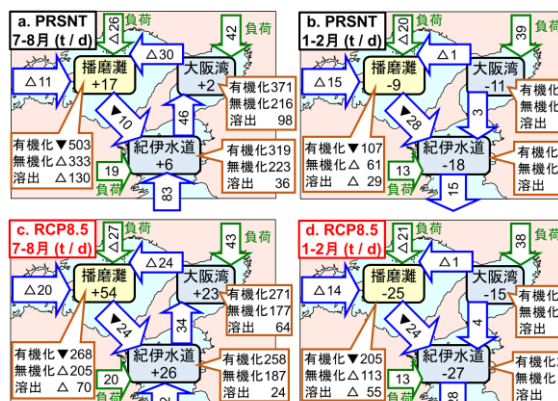
### 3.1 瀬戸内海の窒素フローへの影響評価

昨年度までに実施した水平解像度 20km の NHRMCM 20 を用いた気候変動影響予測シミュレーションに基づき、現在気候と RCP8.5 の将来気候の窒素フローを瀬戸内海東部の播磨灘に着目して解析した。海域間のフローは、移流と拡散の輸送を考慮し、予測計算より直接出力した。窒素については、海水中の TN と DIN



海域中央の符号付数値：海水中のTN現存量の増加量，△・▼：播磨灘のTN収支に直接関わる増加・減少フロー，堆積：海底の堆積－巻上げ－溶出。

図1. 現在気候 (PRSNT)と将来気候 (RCP8.5) の7～8月と1～2月における瀬戸内海東部海域のTNフロー (19年平均値)。



海域中央の符号付数値：海水中のDIN現存量の増加量，△・▼：播磨灘のDIN収支に直接関わる増加・減少フロー。

図2. 現在気候 (PRSNT)と将来気候 (RCP8.5) の7～8月と1～2月における瀬戸内海東部海域のTNフロー (19年平均値)。

を対象とし、海域内での生成・消滅フロー、すなわち海水中の一次生産による有機化、有機物分解による無機化、海底への堆積および海底からの巻上げ・溶出を併せて集計した。現在気候と将来気候のそれぞれ20年間の予測値のうち、初期条件の影響が比較的強い最初の1年を除く、19年間の気候値を対象に考察を行った。

水のフローには現在気候と将来気候で顕著な違いが見られなかったが、TN (図 1) と DIN (図 2) については、夏～秋の高温化によって一次生産が低下し、DIN の有機化-沈降-海底への堆積が大きく減少するため、現在気候よりも紀伊水道・外洋に流出しやすくなると予測された。冬～春では、水温上昇に伴う一次生産の活性化によって将来気候の DIN 消費量は現在気候の約 2 倍に増え、季節変動として見られる海水中の DIN の減少が気候変動によって加速すると予測された。

以上の結論はモデルの一次生産の温度依存性に強く左右されるものであり、高温の耐性を有する種の追加などによって結果が大きく変わる可能性があることに留意が必要である。また、現在気候、将来気候の 20 年間の中にも水温上昇と窒素減少のトレンドがあり、黒潮との関連性も含めて今後詳細に解析していきたい。

### 3.2 東京湾と伊勢湾への展開と気候シナリオの高解像度化

瀬戸内海で構築した予測モデルを活用して、東京湾と伊勢湾の水環境を対象とした気候変動影響予測シミュレーションを実施した。気候シナリオは、NHRCM20に加え、「創生プログラム 2km 格子 NHRCM 日本域気候予測データセット」(以降、NHRCM02) を使用し、高解像度化による再現性への影響を検討した。

一例として表層水温の月別気候値の計算結果を図 3 に示す。なお、同図の現況気候 (CRRNT) は 2009~2015 年の 7 年間の月別平均値であり、気象条件に GPV-MSM (気象庁) を与えて計算を行ったものである。それと現在気候 (PRSNT) を比較すると、NHRCM20 に比べて NHRCM02 の再現性は顕著に高いことが分かる。夏期の NHRCM02 の表層水温は現況気候よりも過小の傾向が見られるものの、比較の期間が違うことと、気候変動による水温上昇は夏期が比較的強いことを踏まえると、妥当な誤差とも考えられる。一方、冬期については、NHRCM20 では両海域において過大評価のバイアスが認められるが、NHRCM02 ではそのバイアスが大きく軽減されている。水温の再現性の向上は水質の予測結果にも影響が及び、NHRCM20 の底層 DO に見られる冬期の過小評価が高解像度の NHRCM02 では解消されることを確認している (図 4)。

再現性の向上は瀬戸内海よりも東京湾や伊勢湾の方が顕著であった。原因はまだ特定できていないが、高解像度化によって東京湾や伊勢湾の空間スケールでも海上風が適切に表現できるようになったためではないかと推察している。

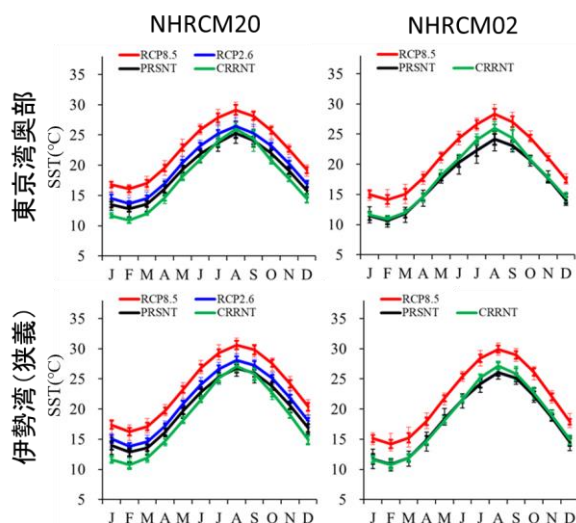


図 3. 東京湾奥部と伊勢湾(狭義)における現況気候 (CRRNT)、現在気候 (PRSNT)、将来気候 (RCP2.6, RCP8.5) の表層水温の月別気候値。

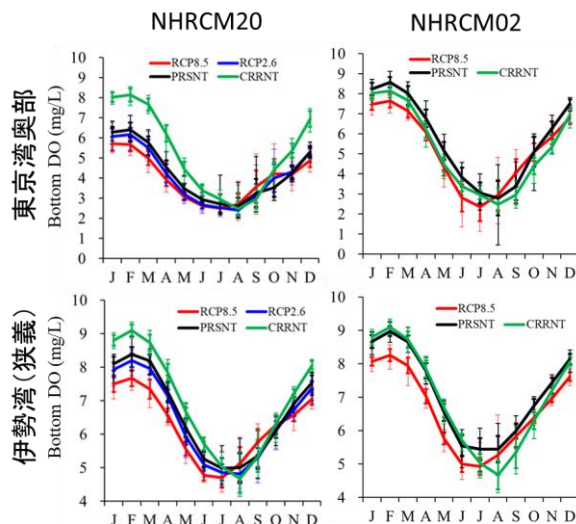


図 4. 東京湾奥部と伊勢湾(狭義)における現況気候 (CRRNT)、現在気候 (PRSNT)、将来気候 (RCP2.6, RCP8.5) の底層 DO の月別気候値。

### 4. 今後の計画

東京湾と伊勢湾の予測計算と解析を進めるとともに、NHRCM02 を用いた瀬戸内海の予測シミュレーションを実施し、アンサンブル化を進める。また、日本海側の閉鎖性海域の水環境への気候変動影響予測に向けて、七尾湾を対象とした陸域-海域モデルの開発を進める。

### 5. 計算機資源の利用状況 (2020年11月1日～2021年10月31日)

実行ユーザ数: 6

VE 時間積 v\_debug: 81.35 hours, v\_normal: 670,040.27 hours, 計: 670,121.63 hours, (全体の VE 時間積に対する占有率: 47.1%)