

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

複数の閉鎖性水域の気候変動影響予測を引き続き進めるとともに、予測結果の比較を通じて水域間の気候変動影響の共通性や相違性を明らかにする。また、水質管理の方向性が異なる表層の栄養塩濃度の低下と底層の貧酸素化に着目し、瀬戸内海、伊勢湾、東京湾に即した気候変動適応策としての陸域負荷管理の方策を検討するとともに、その効果評価を行う。

3. 進捗状況

3.1 東京湾と伊勢湾における貧酸素化の抑制

前年度報告した陸域－海域モデルによる東京湾と伊勢湾の将来予測結果に基づき、底層溶存酸素量（底層DO）・貧酸素水塊への気候変動影響の評価と適応策の検討を行った。DO<2mg/LとDO<4mg/Lの貧酸素水塊の体積に着目したところ、RCP8.5の将来気候の東京湾では貧酸素水塊の発達と衰退が1ヶ月ほど早期化するとともに、6～7月の貧酸素水塊は現在気候の1.4～1.7倍に増加すると予測された（図1）。この気候変動

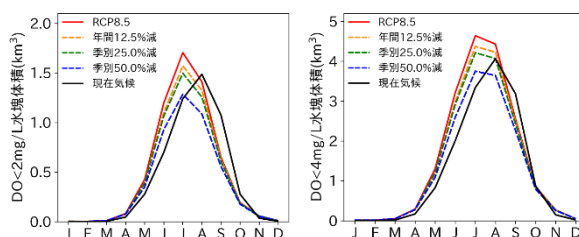


図 1. 現在気候、RCP8.5、負荷削減時の東京湾の貧酸素水塊の体積（左：DO<2 mg/L、右：DO<4mg/L）。

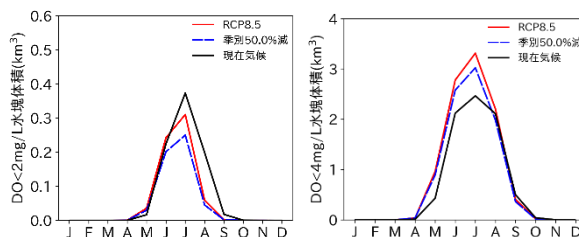


図 2. 現在気候、RCP8.5、負荷削減時の伊勢湾の貧酸素水塊の体積（左：DO<2 mg/L、右：DO<4mg/L）。

による貧酸素水塊の増大抑制に必要な陸域負荷の削減量について数値実験による検討を行った。生活系点源負荷のみを対象として、COD、TN、TPを年間一律削減したケースと4～9月の季別削減したケースにおいて、将来気候のDO<2mg/LとDO<4mg/Lの貧酸素水塊はいずれも年間で約1割、季別で約2割の削減によって現在気候並みに抑制できると推計された（図1）。

将来気候の伊勢湾では、DO<4mg/Lの貧酸素水塊は東京湾と同様の増加傾向が見られたが、DO<2mg/Lについては逆に減少傾向となった。また、DO<4mg/Lの貧酸素水塊の増加に対しては、季別50%の負荷削減を適用しても有意な抑制には繋がらなかった（図2）。伊勢湾のDO<4mg/Lの貧酸素水塊の増加は、もともと貧酸素化しやすい湾央で見られたことより、成層強化など物理場の変化が原因と推察され、負荷削減のみでは抑制が難しいと考えられた。

3.2 瀬戸内海・播磨灘における栄養塩類管理

先行研究の陸域-海域モデルを用いた RCP シナリオに基づく将来予測では、瀬戸内海・播磨灘のノリの色落ちの原因と目されている冬～春の栄養塩濃度の低下が気候変動によって深刻化すると予測された。本研究では、気候変動の影響を抑制するための栄養塩類管理を検討した。陸域の点源負荷において第8次水質総量削減で国が定めた海域別・産業別の上限濃度で排出したときに相当する COD、TN、TP 負荷量を 12～3 月（季別）に与えることとし、それを瀬戸内海の全湾灘と大阪湾を除いて適用したときの 2 ケースの数値実験を行った。播磨灘の表層 DIN 濃度は負荷流入地点周辺の限られた範囲では有意に上昇し、一定の効果が認められるものの、灘全体では底層の方が DIN 濃度の上昇幅が大きく、供給された栄養塩の多くが一次生産で有機化し、沈降してしまう（下層で無機化される）ことが示された（図 3）。また、大阪湾への影響も無視できず、大阪湾の負荷を増やさないケースにおいて貧酸素水塊の体積が有意に増加することが予測された（図 4）。

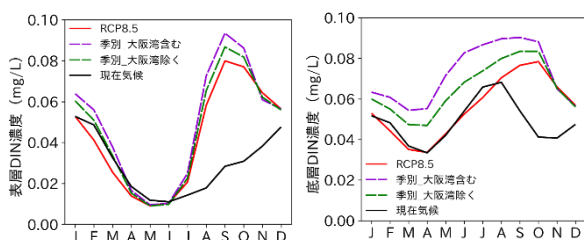


図 3. 現在気候、RCP8.5、季別調整運転時の播磨灘平均の表層 DIN 濃度 (左) と底層 DIN 濃度 (右)。

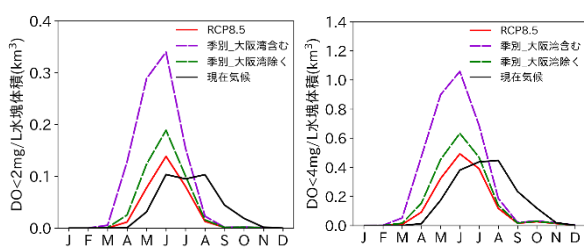


図 4. 現在気候、RCP8.5、季別調整運転時の大阪湾の貧酸素水塊の体積 (左: $DO < 2 \text{ mg/L}$ 、右: $DO < 4 \text{ mg/L}$)。

3.3 大阪湾の貧酸素水塊の疑似温暖化実験

大阪湾の DO を対象に高解像度の数値シミュレーションと収支解析を実施し、貧酸素化要因の解析を行った。また、瀬戸内海の先行予測結果で得られた気象・海象の気候値の変化を活用して、大阪湾の貧酸素水塊

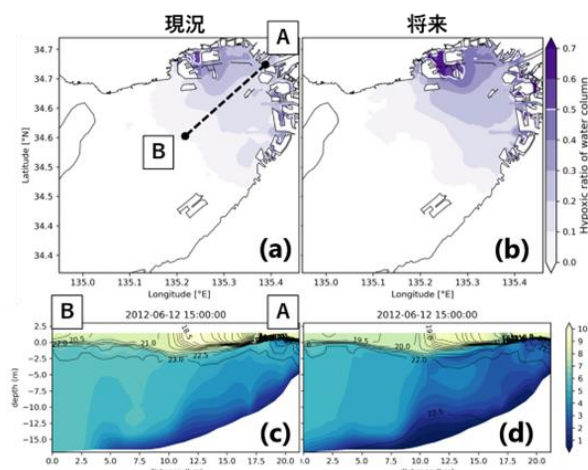


図 5. (a, b) 6 月における貧酸素水塊が水深に占める割合の水平分布。(c, d) 断面 A-B における横断分布。等値線は海水密度 σ_t (kg/m^3)、ラスターコンタは DO ($\text{mg-O}_2/\text{L}$) を表す。(a, c) は現況 (2012 年)、(b, d) は将来 (RCP8.5) ケースを表す (永野ら, 2022)。

への気候変動影響に関する疑似温暖化実験を実施し、貧酸素水塊の動態変化を検討した。その結果、RCP8.5 の気候変動による水温上昇は、大阪湾東部の中層域において分解される有機物量を増加させ、貧酸素水塊の層厚を増加させる (図 5) とともに、貧酸素水塊の発生を早期化させる可能性が示された。また、夏季後半においては、一次生産量の減少に伴い、現在よりも貧酸素水塊が早く縮小することが分かった。

4. 今後の計画

現在着手している七尾湾、霞ヶ浦、有明海・八代海等、他の閉鎖性水域の水環境への気候変動影響予測を行う。また、高温化・貧酸素化・貧栄養化 (植物プランクトンの減少等) など、底層環境の変化に伴う底生動物への影響評価を行う。特に、近年頻発化している豪雨出水が水環境・生態系に及ぼす短期的・長期的影響について調査研究を進める。

5. 計算機資源の利用状況 (2021 年 11 月 1 日～2022 年 10 月 31 日)

実行ユーザ数: 6
VE 時間積 v_debug: 61.38 hours, v_normal: 241,789.58 hours, 計: 241,850.97 hours (全体の VE 時間積に対する占有率: 19.1%)