

第II部門

気候変動が大阪湾の貧酸素水塊に及ぼす影響についてのアンサンブル予測を用いた検討

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○中田 龍太
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 入江 政安

大阪大学大学院工学研究科 学生員 永野 隆紀
 九州大学大学院比較社会文化研究院 正会員 渡部 哲史

1. はじめに

近年、地球温暖化による気候変動の進行により、平均気温の上昇や降雨形態の変化が報告されている。外洋においても温暖化を主要因とした酸素濃度の減少の傾向が報告されており、海洋生態系への悪影響が危惧されている。大阪湾を対象とした気候変動予測では、RCP8.5 シナリオに基づく気温上昇により、大阪湾奥部における貧酸素水塊の早期拡大と体積の増加の可能性が示唆されている。しかし、単年のみの比較であることや、気温上昇以外の気候変動要素を考慮できていないことなど予測における不確実性は少なくない。

そこで本研究では、不確実性を考慮する予測手法の1つであるアンサンブル予測を用いて、気候変動による大阪湾の貧酸素水塊への影響の評価を試みた。

2. 流動水質モデル ROMS とその再現性

本研究では、3次元流動水質モデルに ROMS (Regional Ocean Modeling System) を使用した。水質モデルの概念図を図-1に示す。計算領域は大阪湾の東西 58.5 km × 南北 62 km とし、水平解像度は 500m に設定した。2012年の6~9月を対象とした再現計算の結果、数時間スケールのごく短期間の溶存酸素の変動の再現には至らなかったものの、月変動や季節変動の良好な再現性が見られた。よって、本モデルは晩春から初秋にかけての大阪湾の溶存酸素の変動を、一定の精度で再現できていると判断した。

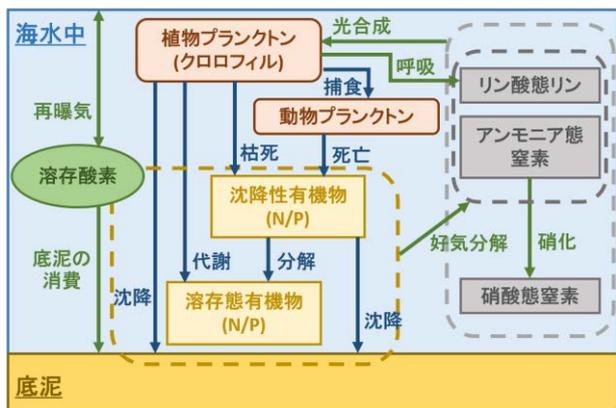


図-1 水質モデルの概念図

3. 計算条件

気候変動による影響の比較を行うため、計算ケースには、参考 (REFERENCE), 現在 (PRESENT), 将来 (FUTURE) の3ケースを設定した。入力条件の作成には、参考は観測値、現在と将来は d4PDF_RCM の過去実験値と将来4度昇温実験値を使用した。その際、計算サンプル数として参考では2012~2016年の5か年、現在と将来ではそれぞれランダムに30アンサンブルを選択した。また、現在と将来の降雨、気温条件については、渡部ら²⁾と同様のバイアス補正を行ったものを使用した。それぞれの計算期間は6~9月とし、助走計算を5月の1か月間とした。図-2に各ケースのアンサンブル平均気温の時間変化を示す。将来では現在と比較して平均して約3.9℃の上昇がみられた。図-3に各ケースの淀川の月平均日流量を示す。現在および将来の淀川と大和川の流量は2015~2019年における雨量と流量の観測値より求めた関係式により推定した。将来では、いずれの月も現在より流量が減少しており、特に8月には約35%減少している一

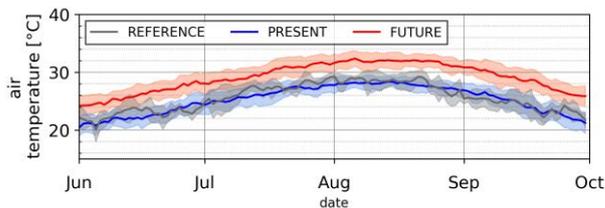


図-2 参考、現在、将来ケースのアンサンブル平均気温 (網掛け範囲は平均±標準偏差を示す。)

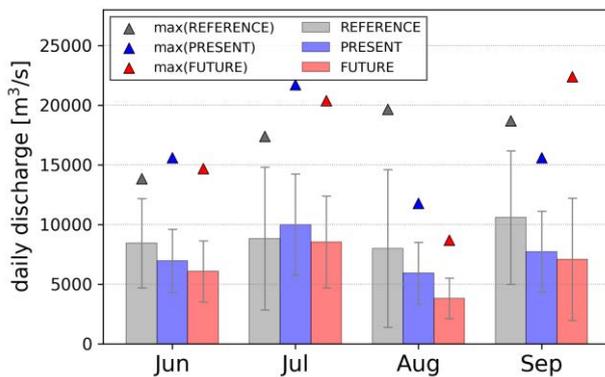


図-3 参考、現在、将来ケースにおける淀川の月平均日流量 (エラーバーは標準偏差、マーカーは最大日流量を示す。)

方で、9月には月最大日流量が参考や現在を上回っており、出水形態の変化が示唆された。

4. 各水質項目の応答の比較

図4に神戸波浪観測塔位置における各ケースの4種類の水質項目の時間変化を示す。将来の表層水温では現在と比較して平均約3.21°Cの上昇が見られた。一方で、夏ごろには参考の水温が将来と同程度となっていた。これは、参考と将来の熱収支が同程度でありことが原因であり、長波放射など熱収支に係る気温以外の入力条件のバイアス補正の必要性を示唆している。表層クロロフィルでは、6月下旬以降、将来が現在を常に下回る傾向が見られた。この理由として、将来の表層水温が夏型植物プランクトンの最適水温26°Cを超える時期と一致していることに加え、表層TNが大きく変化していないことを考慮すると、夏季の高水温による植物プランクトンの一次生産の阻害が考えられる。底層DOでは、参考と現在が概ね同様の変化をしている一方、将来ではより早期に2.0 mg/Lを下回り、6月中旬ごろからは無酸素状態であった。9月に入ると、いずれのケースも上昇傾向にあり、底層DOの回復時期は変化しないことが示唆された。

5. 貧酸素水塊の体積の比較

図5に各ケースにおける貧酸素水塊の体積の時間変化を示す。アンサンブル平均に着目すると参考と現在では、7月中旬までは概ね同様の増加率であったが、8,9月では、参考が現在および将来を上回る。一方で、現在と将来では、アンサンブル間のばらつきを考慮しても8月まではほとんどの時点で将来が上回っており、貧酸素水塊の規模の増加と拡大時期の早期化が示唆された。6月から9月の平均増加量は0.28 km³であり、将来では約34%体積が増加する可能性がある。また、各ケースの網掛け、つまり標準偏差は予測における不確実性を表しているが、いずれのケースもその大きさが季節的に大きく変動している。これは、貧酸素水塊が出水や風などの外力の短期的変動に影響を受けるためと考えられる。ただし、標準偏差は参考が最も大きく、これはサンプル数の少なさに起因しており、ケース間の比較では、本来、同程度のサンプル数が必要である。

6. 結論

本研究では、アンサンブル予測を用いて、気候変動が大坂湾の貧酸素水塊に及ぼす影響の評価を試みた。その結果、夏の高水温によって植物プランクトンの一次生産が阻害されることや、貧酸素水塊の規模が約3割増加するこ

と、貧酸素水塊の拡大時期が早期化することが示唆された。また、入力条件となる気象外力のバイアス補正の必要性、および、アンサンブル予測を行って不確実性を十分に考慮することの有効性が示された。

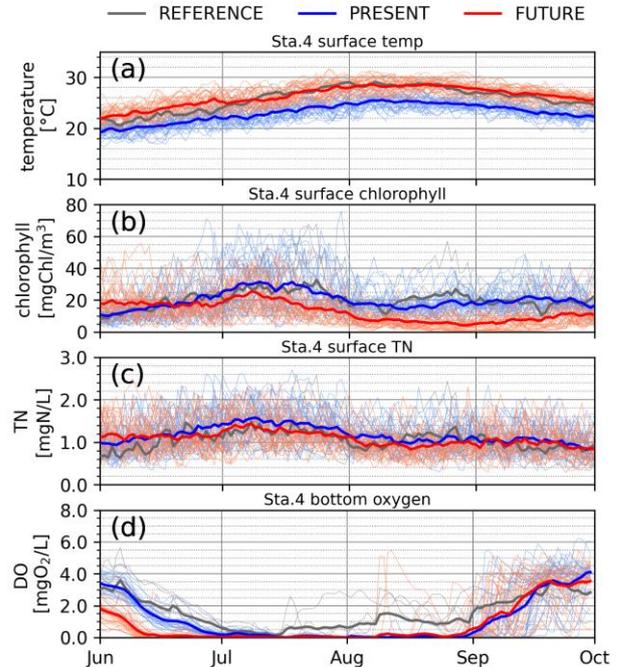


図4 神戸波浪観測所における参考、現在、将来の(a)表層水温、(b)表層全窒素(TN)、(c)表層クロロフィル濃度、(d)底層溶存酸素(DO)。

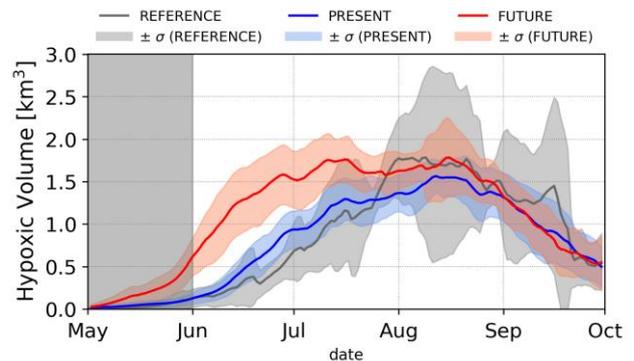


図5 参考、現在、将来ケースの貧酸素水塊の体積の時間変化。(実線はアンサンブル平均、網掛けは平均±標準偏差(σ)を示す。)

謝辞 本研究は環境研究総合推進費 JPMEERF20231003 の助成を受けて実施した。記して深甚の謝意を表する。

参考文献

- 1) 永野ら：気候変動に伴う水温上昇が大坂湾の貧酸素水塊と酸素循環におよぼす影響評価，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，第 78 巻，第 2 号，pp. I_841-I_846，2022。
- 2) Watanabe et al. : Bias correction of d4PDF using a moving window method and their uncertainly analysis in estimation and projection of design rainfall depth, Hydrological Research Letters, 14(3), 2020