

研究課題名：懸濁粒子の動態および環境負荷物質との相互作用を考慮した沿岸海洋長期環境予測モデルの開発

課題代表者：国立環境研究所地域環境研究センター 東 博紀
 共同研究者：国立環境研究所地域環境研究センター 中田聡史・吉成浩志
 水産研究・教育機構水産工学研究所水産土木工学部 古市尚基
 大阪大学大学院工学研究科 入江政安

実施年度：平成 28 年度～令和元年度

1. 研究目的

閉鎖性海域環境の再生、海底土放射性物質の動態、地球温暖化や海底資源開発による生態系・環境影響など、近年の沿岸海洋環境問題の解決に向けた各種検討では、数十年スケールに及ぶ長期間の水質・底質的的確な将来予測・アセスメントが求められている。しかし、沿岸海洋の長期環境予測にはいまだ多くの不確実性が残されている。中でも長期スケールの物質循環や水質・底質環境の形成を強く支配する海底堆積物、とくにシルト・粘土など細粒径の懸濁粒子の動態を如何に的確に再現・予測するかが重要な課題となっている。本課題では、懸濁粒子の動態・環境負荷物質との相互作用を考慮した水質・底質の長期予測モデルを開発し、東アジア・日本近海から国内の沿岸・内湾までの様々なスケールで直面している海洋環境問題への適用を通じて検証・改良を重ね、モデルの確立を目指す。

2. 研究計画

海底近傍における懸濁粒子動態を領域スケールモデルで解析する際に必要なパラメタリゼーションに関する知見を得るため、現地観測と Large Eddy Simulation (LES) 実験を実施する。その知見を活用して、海洋流動・水質・底質の長期・領域スケールモデルを構築し、以下の沿岸海洋環境問題の対応研究に応用する。

- (a) 東日本太平洋沿岸域・松川浦における放射性物質の長期動態予測
- (b) 海底資源開発による環境・生態系への影響評価
- (c) 日本近海・瀬戸内海の水質・底質の長期変動傾向と気候変動影響予測

3. 進捗状況

今年度は上記(c)に関する研究の進捗・成果を報告する。我々は平成 28 年度より、「閉鎖性海域における気候変動による影響把握等検討業務」(環境省)のもと、瀬戸内海の水質・生態系を対象とした気候変動影響の将来予測を進めている。昨年度は、瀬戸内海の流域圏全体を 3 次メッシュ(約 1km)で解析する陸域降水流出-

海域流動モデルを構築するとともに、モデルの物理場の再現性について報告した。今年度は、陸域モデルに汚濁負荷流出モデルを、海域モデルに水質・底質モデルを組み込み、現在気候と将来気候(RCP8.5 の 21 世紀末)それぞれ 20 年間のシミュレーションを実施した(図 1)。陸域モデル、海域モデルともに気象場には、気象庁気象研究所の協力のもと、地域気候モデル NHRCM を用いて日本周辺を 20km の空間解像度で計算された、「地域気候変動予測データ」(環境省)の現在気候(HPA_m02)および将来気候(HFA_rcp85_c3)を使用した。解析対象期間は、現在気候 1984 年 9 月～2004 年 8 月、将来気候 2080 年 9 月～2100 年 8 月である。陸域の汚濁負荷条件は、点源負荷については現在気候と将来気候で同じ発生量とし、面源負荷については降水依存の流出を考慮した。プログラムコードは MPI と OpenMP のハイブリッドで並列化を行い、主に v160CPU で計算を実施した(20 年間の計算に約 2 週間必要)。

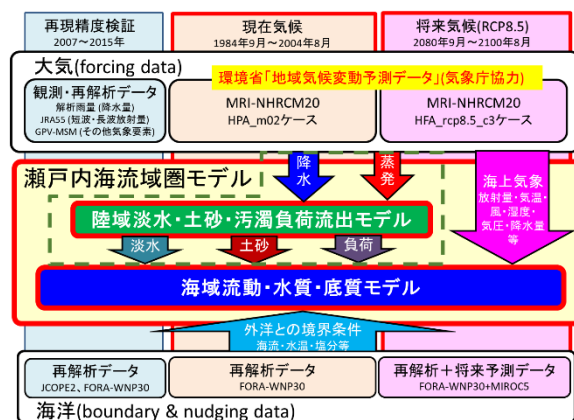


図 1 瀬戸内海の気候変動影響予測のフロー

現在気候に比べて将来気候の河川流量は、年間流量に顕著な変化は見られないものの、出水の頻度は減少、洪水時の流量は顕著に増加、平水・低水時の流量は減少の傾向となり、降水二極化の影響がさらに強まることが示唆された。この傾向を示す一級河川は全体の約 8 割を占めた。残り約 2 割の河川では、豊水流量と平

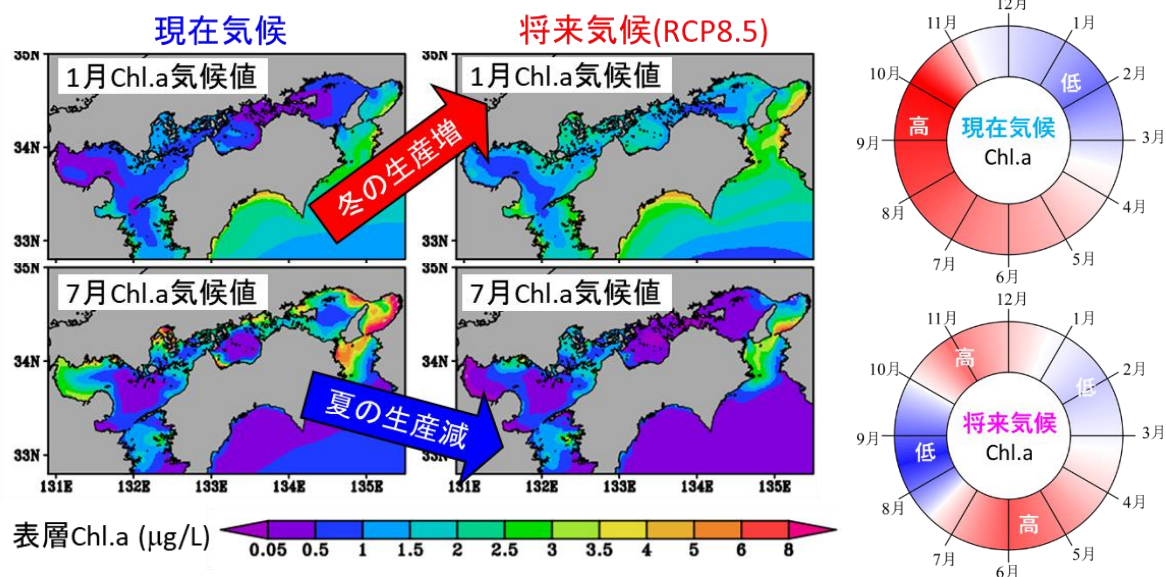


図2 現在気候と将来気候(RCP8.5)における表層 Chl. a の1・7月気候値(左)および季節性の変化イメージ(右)

水流量はあまり変化せず、低水流量のみが減少した。この傾向は瀬戸内海西部で顕著であった。また、現在気候の降水変動は6~7月に極大を持つが、将来気候では8~9月にシフトする季節性の変化も見られた。汚濁負荷流出量については、洪水時流量の増加によって将来気候のSSの流出量は約1.5倍に増加した。一方、COD、TN、TPについては、降水に左右されない点源負荷の割合が高いため、現在気候と将来気候の年間流出量に顕著な差は見られなかった。しかし、それらの年々変動は、瀬戸内海東部で大きく、西部で小さくなる傾向が見られ、東部海域では年ごとに流入負荷量が増加する極端化が示唆された。

海域においては、将来気候では全ての湾灘において表層水温が年間を通じて有意に上昇、瀬戸内海全体の月別気候値では各月3.2~4.2℃の昇温となり、とくに夏~秋(7~9月)の水温上昇が顕著であることが示された。この水温上昇によって瀬戸内海の一次生産は、夏~秋(7~10月頃)に高温阻害が発生し、顕著に低下すると予測された(図2)。それによって夏~秋の栄養塩の消費が減り、陸域からの負荷が海水中に蓄積されることになるが、11月に移って水温が徐々に低下すると、豊富な栄養塩に支持されて現在気候を上回る秋季ブルームが生じた。その後の冬に入っても、将来気候では、現在気候よりも水温が高いため、秋季ブルームが維持される傾向が見られた(図2)。それに連動して、将来気候では現在気候よりも冬から春にかけての表層栄養塩濃度が有意に低くなる傾向が示された。このような一次生産および栄養塩濃度の将来変化は、比較的水温上昇が

小さい豊後水道を除き、ほぼ全ての湾灘において確認された。また、大阪湾の底層DOについては、現在気候の5~11月に湾奥部に広がる強い貧酸素水塊が、夏~秋の一次生産の低下によって、将来気候では弱まる傾向が見られた。しかし、その前後の月(4・12月)においては、現在気候では湾奥部のごく一部に留まる貧酸素水塊が将来気候では広がる傾向にあり、貧酸素水塊の発生時期が長期化することが示唆された。

以上の知見は、最も気候変動影響が大きい気候シナリオRCP8.5のものであること、不確実性が含まれる仮説・仮定をいくつも積み重ねて構築されたモデルの予測であること、1つの気候シナリオ・1つのモデルの結果に基づいたものであることに留意が必要である。

4. 今後の計画

現在、気候変動の進行に応じた影響の予測と適応策の検討に向けて、他のRCPシナリオの計算を進めている。モデルの精緻化・高精度化を引き続き進めるとともに、予測結果の信頼性・不確実性を評価するためのアンサンブル化や他の閉鎖性海域への展開を予定している。

5. 計算機資源の利用状況(2018年10月1日~2019年11月30日)

実行ユーザ数: 5

CPU 時間 v_deb: 2,208.33 hours, v_32cpu: 24,229.83 hours, v_96cpu: 91,594.47 hours, v_160cpu: 2,764,780.28 hours, 計: 2,882,812.91 hours