

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：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
 国立環境研究所地域環境研究センター 吉成浩志・中田聡史

実施年度：平成 28 年度～平成 30 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・底質の的確な将来予測・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。日本では過去約 100 年間、年間降水量には明確な変化傾向が見られないが、日降水量 100 mm 以上の大雨や 1 mm 未満の無降水の日数は有意に増加しており、気候変動による降水の二極化が報告されている。最新の気候変動の予測結果によると、この二極化傾向は将来さらに強まるものと予想されており、陸域からの水・物質流入に支配される閉鎖性海域環境においては、その影響を評価・予測する必要がある。

以上を踏まえ、我々は瀬戸内海流域圏全体を 3 次元メッシュ(約 1km)で解析する陸域-海域統合モデルを構築した(図 1)。モデルの再現性を検証するため、まずは物理場(陸域降水流出-海域流動・水温・塩分)

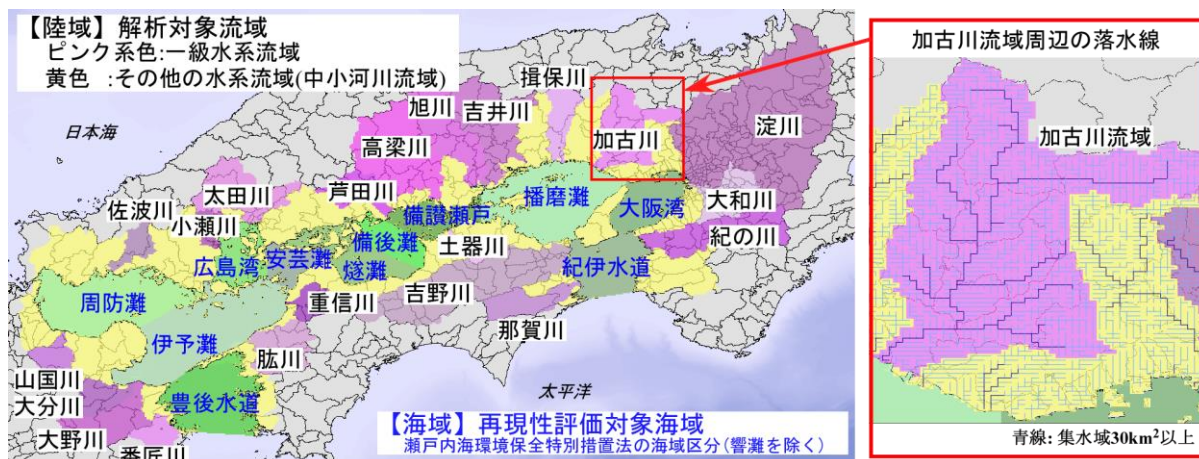


図 1. 陸域降水流出シミュレーションの対象流域と海域流動シミュレーションの再現性評価対象海域。

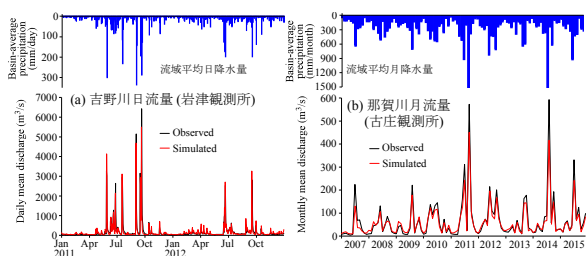


図 2. 吉野川の日流量と那賀川の月流量の再現性。

を対象として、2007～2015年の再現シミュレーションを実施した。プログラムコードには OpenMP/MPI のハイブリッド並列化技法を用い、主に v160CPU で計算を行った。

陸域降水流出の再現性は 21 一級水系の流量年表(国交省)を用いて検証した。日流量・月流量ともに、流量ピークに誤差が大きいときが散見されたものの、全体的に計算値は観測値を良好に再現した(図 2)。流出解析の再現性の評価指標である Nash-Sutcliffe 係数は 20 水系で高いスコア(0.6 以上)を示したが、琵琶湖と多数の大規模ダムを有する淀川では再現性に課題を残した。

中小河川をも含めた集水域全体の陸域降水流出シミュレーションの結果を海域の淡水流入条件として与え、流動シミュレーションを実施した。中小河川の影響を見るため、計算は一級水系のみ (case 1) のときと、全

河川の流量を与えたとき (case 2) の 2 つを実施し、海域区分 (湾灘) ごとの水温・塩分の再現性を比較した。中小河川からの淡水流入を考慮することにより、塩分の再現性は大幅に向上し (図 3)、case 1 に見られた過大評価のバイアスが case 2 ではほぼ解消された(表 1)。

4. 今後の計画

現在、陸域土砂・汚濁負荷流出モデルのパラメータ調整と再現性の検証を進めている。それが終わり次第、RCP8.5 の気候シナリオを用いた陸域-海域の将来予測シミュレーションを実施し、水質・底質・生態系を対象とした気候変動影響の抽出、脆弱海域の特定、適応策の検討へと研究を進める。

5. 昨年度の研究課題名

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

5. 計算機資源の利用状況 (2017年10月1日～2018年11月30日)

実行ユーザ数: 4

CPU 時間 v_deb: 1,069.98 hours, v_32cpu: 34,758.36 hours, v_96cpu: 151,578.53 hours, v_160cpu: 1,232,974.86 hours, 計: 1,420,381.73 hours

表 1. 海域ごとの年間河川流量(陸域降水流出モデルの計算値)と海域流動シミュレーションのスコア。

		豊後水道		伊予灘		周防灘		広島湾		安芸灘		燧灘		備後灘		備讃瀬戸		播磨灘		大阪湾		紀伊水道		全海域	
		一級水系	全水系	一級水系	全水系	一級水系	全水系	一級水系	全水系	一級水系	全水系	一級水系	全水系	一級水系	全水系	一級水系	全水系	一級水系	全水系	一級水系	全水系	一級水系	全水系	一級水系	全水系
陸域	流域面積 (km ²)	0.5	1.5	3.8	5.0	1.0	5.2	2.1	3.8	0.0	0.6	0.0	2.3	0.0	0.5	3.8	4.9	6.6	10.4	9.4	11.0	6.4	7.5	33.5	52.9
	(%)	(31)	(3)	(77)	(9)	(19)	(10)	(54)	(7)	(0)	(1)	(0)	(4)	(0)	(1)	(76)	(9)	(63)	(20)	(86)	(21)	(84)	(14)	(63)	(100)
年間	流量 (km ³ /yr)	0.6	1.7	4.4	5.3	1.1	5.4	2.3	4.2	0.0	0.4	0.0	2.0	0.0	0.3	2.4	3.0	5.4	8.1	9.8	11.2	9.8	11.4	35.9	53.0
	(%)	(38)	(3)	(83)	(10)	(20)	(10)	(55)	(8)	(0)	(1)	(0)	(4)	(0)	(1)	(80)	(6)	(67)	(15)	(88)	(21)	(86)	(21)	(68)	(100)
海域	表層水温 RMSE	1.87	1.90	1.53	1.41	1.54	1.45	1.44	1.38	1.58	1.51	1.69	1.68	1.65	1.59	2.00	1.97	1.55	1.51	1.59	1.62	1.74	1.74	1.63	1.59
	ME	-1.16	-1.21	0.52	0.52	1.04	0.97	0.85	0.79	1.21	1.16	1.27	1.26	1.08	1.05	1.76	1.73	1.09	1.10	0.40	0.37	-0.51	-0.51	0.64	0.61
	表層塩分 RMSE	0.54	0.45	0.84	0.62	1.48	0.88	2.98	2.62	1.67	1.32	1.42	1.05	1.65	1.14	1.20	0.65	1.40	1.51	1.73	1.61	1.41	1.31	1.54	1.28
	ME	0.20	-0.04	0.54	0.10	1.12	-0.08	1.13	0.19	0.82	0.19	0.96	0.02	1.19	-0.02	0.98	-0.03	0.37	-0.62	0.38	-0.04	0.74	0.43	0.74	-0.04
使用測点数		12		15		21		9		4		9		7		6		16		9		8		116	
データ数N		372		465		651		293		124		279		217		186		496		297		248		3628	

*「一級水系」列の値は海域内で占める割合、「全水系」列の値(赤字)は全海域に対する割合

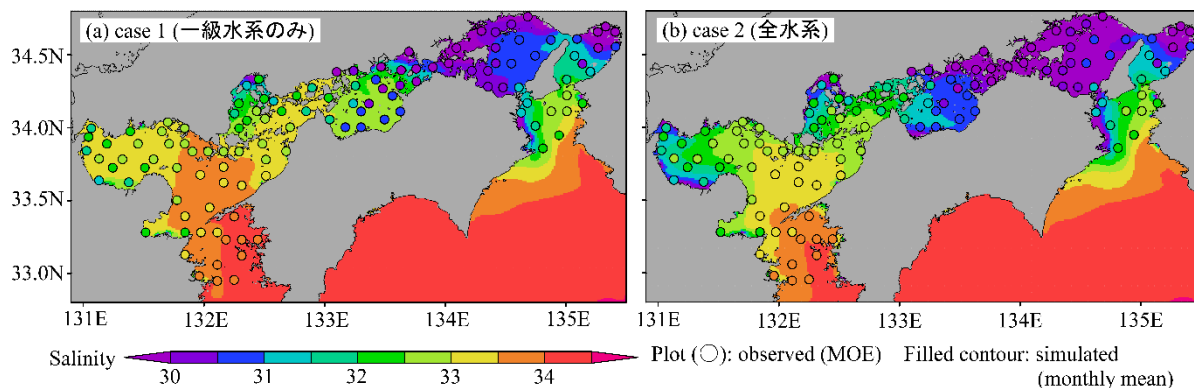


図 3. 2011 年 10 月における case 1・2 の表層塩分の空間分布(月平均値)と観測値(環境省広域総合水質調査)。