

1. はじめに

瀬戸内海は紀伊水道、豊後水道および関門海峡で外海とつながる我が国最大の閉鎖性水域である。当海域では高度経済成長期には陸域からの栄養塩類（窒素・リン）負荷の増大により水質汚濁が進行し赤潮が頻発した。しかし現在は貧栄養化が進行し、栄養塩濃度の低下が漁獲量の減少につながっているとの指摘もある<sup>1)</sup>。そこで、播磨灘東部海域に面する兵庫県では「豊かで美しい瀬戸内海の再生」をかねて、栄養塩類管理計画を策定している。しかし、海域中の栄養塩は植物プランクトン等の生態系に形態を変化させながら取り込まれるなど、複雑に循環しているため、その動態については不明な部分が多い。このような環境動態を予測するためには数値モデルの利用が有効である。播磨灘のような浅海域の海水流動は摩擦速度、潜熱、及び顕熱フラックスなどが影響するなど大気環境と密接に相互作用している。そのため、正確な海洋のシミュレーションのためには、正確な気象場の再現が不可欠である。そこで本研究では大気海洋結合モデルを用いて播磨灘における栄養塩類の動態を解析することを最終的な目標として、まずはモデルによる気象・海洋場の再現性評価を行った。

2. 方法

2. 1 モデル概要

海洋-大気-波-堆積物結合モデル COAWST (Coupled-Ocean-Atmosphere-Wave-Sediment Transport Modeling System) バージョン 3.7 内部の気象モデル WRF (Weather Research and Forecasting model) および海洋モデル ROMS (Regional Ocean Modeling System) を大気海洋結合モデルとして使用した。これらのモデル間で交換される変数を表-1 に示す<sup>2)</sup>。

表-1 モデル間で交換される変数<sup>2)</sup>

	Symbol	Explanation
WRF→ROMS	Tair	Temperature
	RH	Relative humidity
	Patm	Atmospheric pressure
	U(V)wind	East-West(North-South) wind speed
	cloud	Cloud ratio
	rain	Precipitation
	SW(LW)rad	Short wave(long wave) net heat fluxes
ROMS→WRF	SST	Sea surface temperature

2. 2 計算条件

計算領域を図-2 に計算条件を表-2 に示す。解析対象期間は2010年4月から2011年3月とした。これらのモデルが双方向に結合しており、大気と海洋の複雑な相互作用を再現することが可能になる。各モデルのそれぞれの Domain 1 と Domain 2 は単方向に情報が送信されている。WRF の再現性評価には気象官署における観測データ<sup>3)</sup>を用いた。ROMS の再現性評価には、兵庫県浅海定線調査より入手した水温および塩分の観測データ<sup>4)</sup>を用いた。

3. 結果及び考察

WRF Domain2 内の観測地点における2010年4~12月の、気温 (Tair)、比湿 (SH)、風速 (WS) の再現性について、図-3 に日平均値の時系列変化、表-3 に各統計指標を Emery ら<sup>5)</sup> による下段括弧内に記載したベンチマークとともに示す。WRF は、Tair, SH, WS の時間変動を良好に再現し、ほとんどのベンチマークを満たした。以上よりモデルは計算領域の気象場を良く再現できており、海洋場を計算するために使用される WRF の結果が信頼できるものであると示された。ここで

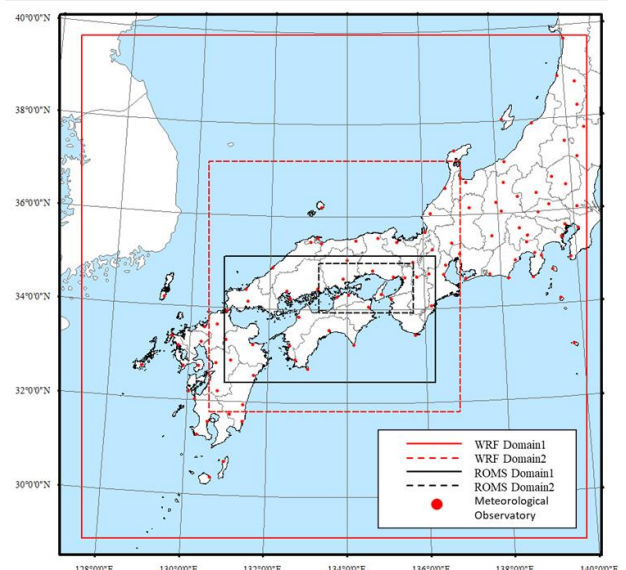


図-2 計算領域

は WRF Domain2 内の Tair, SH, WS の結果を示したが, WRF Domain1 内や他の変数についても同様の結果を確認している。

#### 4. まとめ

COAWST 内の気象モデル WRF は瀬戸内海周辺の気象場を良好に再現し, その結果が海洋場の境界条件に使用する妥当性が示された。

ここでは気象場の結果のみを示したが ROMS による海洋場の再現性評価については, 発表の際に言及する。

表-2 計算条件

		Domain1	Domain2	
WRF	Horizontal grid	200×200 (6 km)	199×199 (3 km)	
	Vertical grid	30		
	Timestep	25 s	12.5 s	
	Initial condition	ERA5 (3h, 0.25°)	ERA5 (3h, 0.25°)	
	Boundary condition	ERA5 (3h, 0.25°)	Domain 1	
	Physics option			
	1	microphysics option	Morrison 2-moment scheme	
	2	cumulus option	no cumulus	
	3	PBL option	YSU scheme	
	4	land-surface option	Noah LSM	
5	radiation option	rrtmg scheme		
ROMS	Horizontal grid	201×101 (3 km)	272×119 (1km)	
	Vertical grid	30		
	Timestep	90 s	30 s	
	Initial and climatological condition	HYCOM-NCODA (1 day, 1/12° )		
	Boundary condition	HYCOM-NCODA (1 day, 1/12° )	Domain 1	
	Tide condition	OSU TPX09 Tide Model	Domain 1	

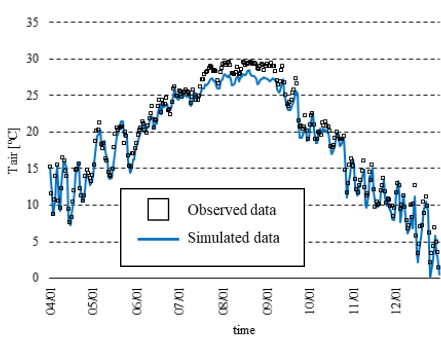


図-3 Tair の時間変動

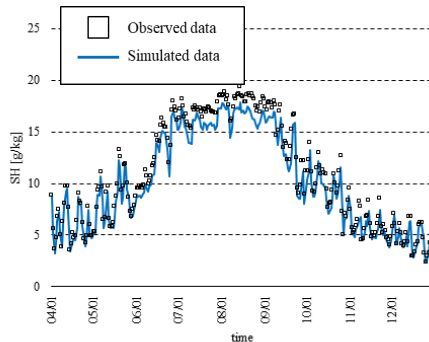


図-4 SH の時間変動

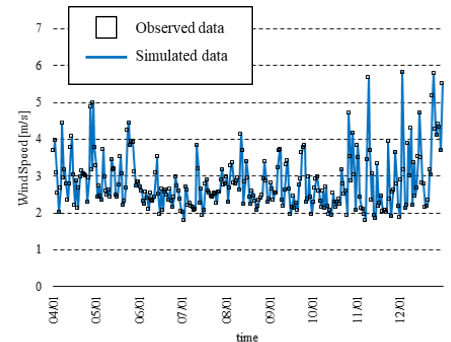


図-5 WS の時間変動

表-3 観測平均値, 計算平均値および統計指標およびベンチマーク

	Number of data	Observed average	Calculated average	R	MBE	MAE	RMSE	IA
T <sub>air</sub> [°C]	310118	19.17	18.47	0.94	-0.70	1.93	2.74	0.97
					( MBE  < 0.5)	(< 2)		(0.8 <)
SH [g/kg]	309903	10.91	10.15	0.96	-0.77	1.18	1.69	0.97
					( MBE  < 1)	(< 2)		(0.6 <)
WS [m/s]	310043	2.83	3.07	0.61	0.24	1.34	1.82	0.78
					( MBE  < 0.5)		(< 2)	(0.6 <)

- 1) 山本民次, 瀬戸内海の貧栄養化について (再考), 日本マリンエンジニアリング学会誌, 第 49 巻, 第 4 号, 2014.
- 2) John C. Warner, Brandy Armstrong, Ruoying He, Joseph B. Zambon, Development of a Coupled Ocean-Atmosphere-Wave-Sediment Transport (COAWST) Modeling System, Ocean Modelling 35, pp. 230-244, 2010.
- 3) 一般財団法人 気象業務支援センター. 気象観測月報, <http://www.jmbc.or.jp/jp/offline/cd0061.html> (accessed 9 May 2023)
- 4) 兵庫県農林水産技術総合センター 水産技術センター. 漁場環境情報, <https://www.hyogo-suigi.jp/gi> (accessed 10 May 2023)
- 5) Emery C., Tai E, Yarwood G. Enhanced Meteorological Modeling and Performance Evaluation for Two Texas Ozone Episodes, Prepared for The Texas Natural Resource Conservation Commission 12118 Park 35 Circle Austin, Texas 78753. 2001.

キーワード: Harima\_nada, Ocean-Atmosphere coupled model, Meteorological model, Ocean model