

「マルチスケール・マルチフィジックス現象の統合シミュレーション」
平成 18 年度採択研究代表者

山中 康裕

北海道大学大学院 地球環境科学研究所・准教授

海洋生態系将来予測のための海洋環境シミュレーション研究

1. 研究実施の概要

地球温暖化、海洋酸性化による海洋生態系の応答、水産資源への影響を調べるために、海洋生態系と海洋物質循環を結合させた海洋物質循環-生態系モデルを開発する。他の国内研究計画と協力して個別に開発されてきたモデルを統合し、国際研究協力を行いながら、将来予測の技術を確立するのが本計画の特長である。本年度は、それに向けた基礎技術の整備として H18 年度から行ってきたオフライン手法の技術開発をまとめ、および個別モデルの改良、オフライン手法を用いた水平解像度 $1/4 \times 1/6$ 度の西部北太平洋領域の海洋生態系モデルを開発した。また、それを用いて、10 年間の長期時間積分を行った。

2. 研究実施内容

(文中にある参照番号は 4. (1)に対応する)

海洋生態系と海洋物質循環を結合させた海洋物質循環-生態系モデル開発の全体計画は以下の3つの項目からなる。

- [1] 海洋-水産科学統合モデル開発の基礎技術の整備
- [2] 海洋-水産科学統合モデルの開発
- [3] 海洋生態系変動再現・将来予測シミュレーションの実施

本年度は研究計画の第2年度であり、H18年度に着手した[1] 海洋-水産科学統合モデルに向けた基礎技術の整備として[1-1]オフライン手法の技術開発のまとめや[1-2]個別モデルの改良を行った。また、[2] 海洋-水産科学統合モデルの開発の第一歩として、オフライン手法を用いた水平解像度 $1/4 \times 1/6$ 度の西部北太平洋領域版モデルの開発を行った。

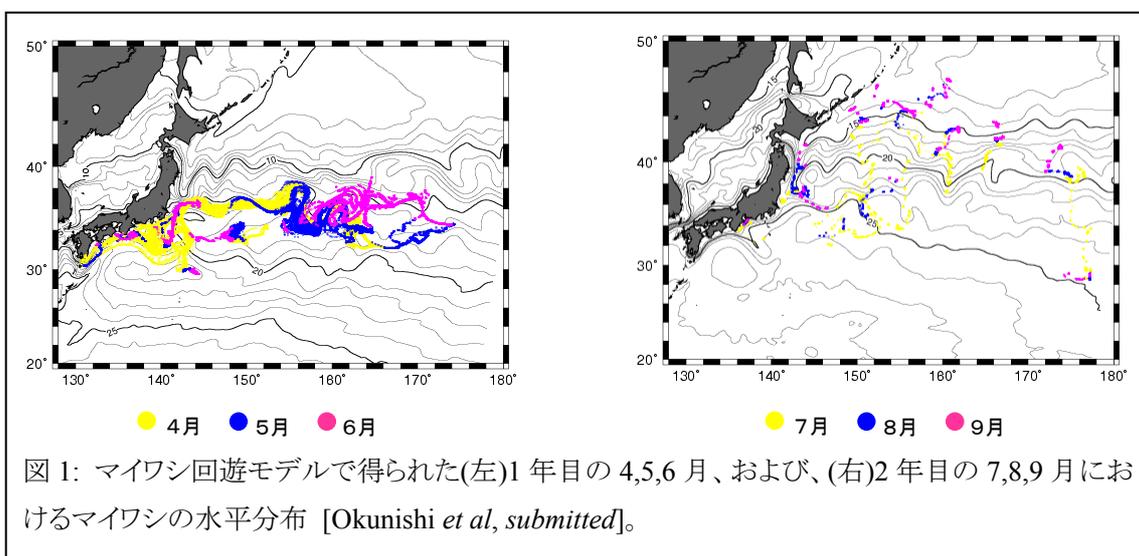
[1-1] オフライン手法の技術開発

オフライン手法は、ベースとなる海洋大循環モデルからの切り出しによって、ソースコードを開発する。橋岡(石田グループ)は、H18 年度開発したオフライン技術を生態系に適用して、オフライン高解像度海洋生態系モデルを開発し(項目[2])、オフライン技術の改良および計算効率などの見直しを行った。

増田(山中グループ)も OFES をベースとした数 10 年間以上時間積分出来るオフライン手法を開発した。開発したモデルを用いた実験として、(財)地球環境産業技術研究機構(RITE)と協力して二酸化炭素深海投入の挙動シミュレーションを行った。想定されている投入シナリオに沿った投入 30 年後まで二酸化炭素分布の計算結果、および、海洋物理学的に特徴を持ついくつかの海域に投入した計算結果から海洋の中規模渦活動との関係を示した考察、などを2編の論文にまとめた[論文 1, 2]。

[1-2] 個別モデルの改良

吉江(研究協力者)とともに、簡単なプロセスモデルからより現実に近い複雑なプロセスを含むモデルへと、複雑さのレベルの異なる複数の生態系モデルを相互比較することにより、生態系の特定のプロセスの役割を評価することに着手した。相田(石田グループ)は鉄循環や炭素循環などを中解像度で海洋生態系モデル NEMURO に組み込み、鉄循環の役割について評価を行っている。また、奥西(山中グループ)はニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズムを用いた小型浮魚類マイワシの回遊モデルを開発し、学会発表や、論文投稿を行った(図 1)。



[2] 海洋-水産科学統合モデルの開発

CREST におけるシミュレーション技術開発の中心的な項目である。技術開発する海洋-水産科学統合モデルは、項目[3]の生態系変動再現実験と将来予測という実証実験を行いながら、問題を明らかにし、改良を進めていく。

橋岡(石田グループ)が、岡田(山中グループ)・相田のサポートを受けながら、オフライン技術を用いて、オフライン高解像度海洋生態系モデルCOCO-NEMURO およびCOCO-eNEMUROの西部北太平洋領域版(海洋大循環モデル COCO をベースとした、西部北太平洋を領域とする水平解像度 1/4×1/6 度の海洋生態系モデル NEMURO および eNEMURO)を開発し、数十年以上の生態系の長期時間積分が可能となった。さらに、Corinne Le Quere (イギリス・East Anglia 大学)から得た生態系モデル PlankTOM5 を組み込んだ高解像度海洋生態系オフラインモデル COCO-PlankTOM5 も開発した(ソースコードが完成した段階)。これらの成果を国際学会などで口頭発表し、論文の執筆に着手した。H20 年度に予定されている生態系変動再現実験の予備的実験として、産業革命前の状態で計算された高解像度気候モデルMIROCの10年間分の結果を用いて、計算を行い、論文の執筆に着手した(図2)。

また、笹井(石田グループ)はOFESによるNPZDモデルの結果を発表した[論文3]。

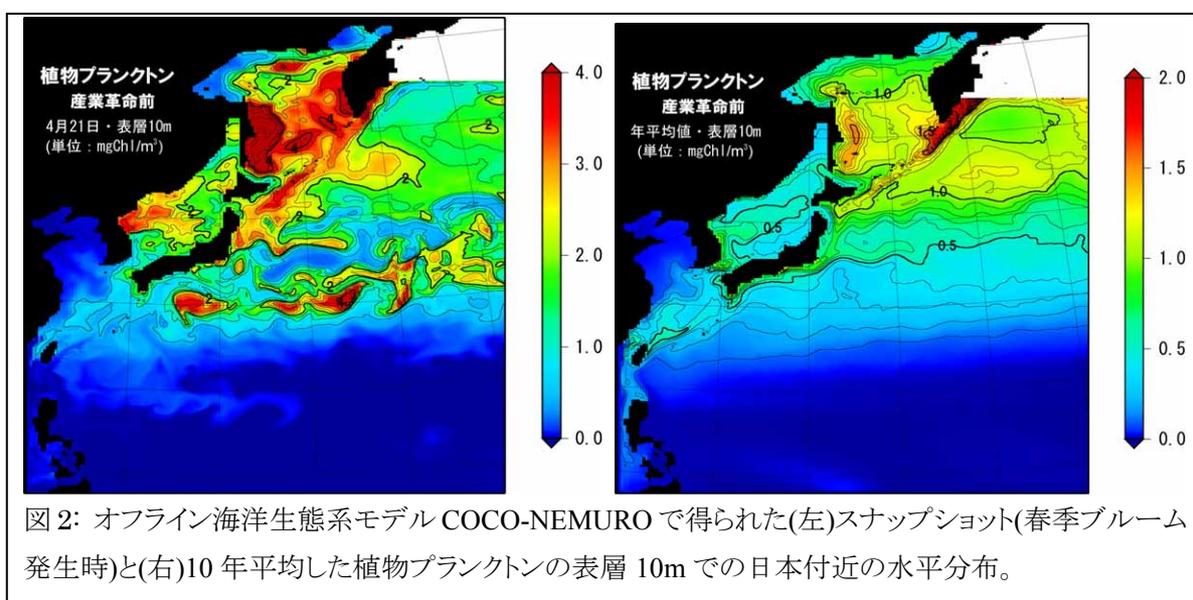


図2: オフライン海洋生態系モデルCOCO-NEMUROで得られた(左)スナップショット(春季ブルーム発生時)と(右)10年平均した植物プランクトンの表層10mでの日本付近の水平分布。

研究協力体制:

H19年度、笹井は、モナコ・海洋環境研究所に約2ヶ月間滞在し、(海洋酸性化の権威であり、OCMIPで共同研究を行った)James Orrとの共同研究として、データ交換や解析法の共通化など具体的な作業を行った。橋岡は、UK・イーストアングリア大学に約2ヶ月間滞在し、Corinne Le Quereとの共同研究としてPlankTOM5を含む相互比較を行った。山中は、サバティカル研修での3ヶ月間の滞在を利用し、Corinne Le Quereとともに国際的なモデル相互研究計画を立案した。また、北太平洋海洋科学機関PICESの2007年次大会(Victoria, Canada)では、オフライン高解像度海洋生態系モデルによる予備的実験の結果が注目され、得られた動物プランクトンのデータを用いた水産資源量の再現や予測に関する国際共同研究に関する話し合いが行われた。

国内協力として、CREST「マルチスケール・マルチフィジックス現象の統合シミュレーション」研究領域羽角チームから、経年変動データの提供を受けることとした。また、CRESTで開発中のオフラ

イン高解像度生態系モデル全球版による実験において、文部科学省 21 世紀気候変動予測革新プログラム「高解像度気候モデルによる近未来気候変動予測に関する研究」による温暖化実験のデータを利用すること、および、H19 年度より農林水産省委託プロジェクト研究「環境変動に伴う海洋生物大発生の予測・制御技術の開発」によって開発された小型浮魚類モデルを提供してもらい、本 CREST で開発する海洋-水産科学統合モデルに組み込むことを決定した。

3. 研究実施体制

(1)「山中」グループ

① 研究分担グループ長:山中 康裕(北海道大学大学院地球環境科学研究院、准教授)

② 研究項目

[1] 海洋-水産科学統合モデルに向けた基礎技術の整備

[1-1] OFES ベースのオフライン手法の技術開発

[1-2] 個別モデルの改良

[2] 海洋-水産科学統合モデルの開発

(2)石田グループ

① 研究分担グループ長:石田 明生((独)海洋研究開発機構 地球環境フロンティア研究センター、研究員)

② 研究項目

[1] 海洋-水産科学統合モデルに向けた基礎技術の整備

[1-1] COCO ベースのオフライン手法の技術開発

[2]海洋-水産科学統合モデルの開発

4. 研究成果の発表等

(1) 論文発表(原著論文)

[1] 増田良帆, 山中康裕, 笹井義一, 藤井賢彦: 海洋大循環モデルによる年間 5000 万トン注入ケースのシミュレーション, 海洋理工学会誌, accepted, 2008.

[2] Y. Masuda, Y. Yamanaka, Y. Sasai, M. Magi and T. Ohsumi: Site selection in CO₂ ocean sequestration: dependence of CO₂ injection flux on eddy activity distribution. *International J. Greenhouse Gas Control*, accepted, 2008.

[3] Y. Sasai, H. Sasaki, K. Sasaoka, A. Ishida and Y. Yamanaka: Marine ecosystem simulation in the eastern tropical Pacific with a global eddy resolving coupled physical-biological model. *Geophys. Res. Lett.*, **34**, L23601, doi:10.1029/2007GL031507, 2007.