

山中 康裕

国立大学法人 北海道大学  
教授

植物プランクトン群集の多様性に注目したナウキャスト技術開発

## § 1. 研究実施体制

### (1) 「山中」グループ

- ① 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院、教授)
- ② 研究項目
  - ・ 植物プランクトン群集の多様性を表現する次世代モデルの開発
  - ・ ナウキャスト用オペレーショナルモデルの開発
  - ・ 衛星観測アルゴリズムの改良と検証
  - ・ オペレーショナルモデルへのデータ同化を通じたナウキャストの基盤形成

### (2) 鈴木グループ(研究機関別)

- ① 主たる共同研究者: 鈴木 光次 (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
  - ・ 連続自動海水ろ過システムの開発
  - ・ 超高速液体クロマトグラフィーによる植物プランクトン色素分析法の開発と応用
  - ・ 色素データに基づいた植物プランクトン群集組成の推定とその検証

## § 2. 研究実施の概要

スーパーコンピュータを用いたシミュレーションでは数百種の植物プランクトンを競争させて、植物プランクトンの共存メカニズムを調べている。今年度は特に海流が植物プランクトンの多様性に及ぼす影響に着目し、仮に海流がなければどうなるか調べるシミュレーションを行った。種の多様性は海洋だけでなく、例えば陸上植物等にも共通する大きな問題であるが、海流は海洋にのみ存在する顕著な特徴である。仮に陸上植物と海洋植物プランクトンで種の共存メカニズムが大きく異なっていれば、海流が共存メカニズムに大きな影響を及ぼしている可能性が高いと考えた。シミュレーションの結果、もし海流が無ければ海洋全体で生き残れる植物プランクトンの数は海流がある場合に比べて増加する事が判った。海流が存在するとある種が本来の生息地から流されてしまう上に競合する種が侵入するので(図)、生物量の少ないマイナー種が生き残れる可能性が下がる。

全11グループの植物プランクトンの現存量を推定する衛星アルゴリズムを改良・検証した。他国で開発されるアルゴリズムと比較した結果、南極海の珪藻の現存量を過小評価している可能性が示唆されたため、現場データを編纂・再解析しアルゴリズムを改善した。全球を対象とした検証の結果、プロロコッカスおよびシネコッカスの2グループを除き、3サイズグループ(マイクロ、ナノ、ピコ)および6グループ(fucoxanthin 含有珪藻、peridinin 色素含有渦鞭毛藻、ハプト藻、緑藻、クリプト藻、ピコ真核)の計9グループの現存量推定で良い結果を得た。また、検証済アルゴリズムを NASA SeaWiFS および MODIS、ならびに ESA MERIS といった衛星測器より得られたデータに適用し、ナウキャストモデルで利用する衛星データセットを完成させた。

また、昨年度までに各植物プランクトンの細胞サイズの多様性を海色観測に基づき表現できるという理論的結果に基づき、実際に現場観測された全懸濁粒子の粒径分布と植物プランクトンの群集構造を調べた。結果、両者には顕著な相関があることがわかった。よって、衛星観測への拡張を目指して衛星アルゴリズム開発を行った。得られた衛星データの解析によれば、最大細胞サイズと最小細胞サイズの差を、サイズ多様性を示す指標と仮定すると、全植物プランクトン群集の生物指標のクロロフィル-a 色素量の少ない貧栄養海域では、どの植物プランクトン群集もサイズならびにその多様性が小さくなる傾向が示された。

水温および海面高度を同化した気象研究所で開発された海洋同化モデル(MOVE)の物理場を用いて、中～高解像度の西部北太平洋生態系モデルの駆動を開始した。現場データを利用しながら、遺伝的アルゴリズムを適用することによって、モデルパラメータの同化的最適化を行った。さらに、この最適化パラメータを用いて、「衛星アルゴリズムの改良と検証」で得られた植物プランクト

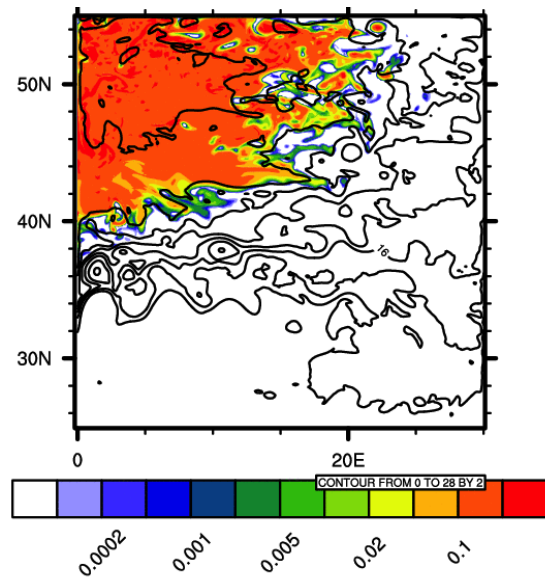


図: 競合の結果、最も卓越する植物プランクトンの濃度分布( $\mu$  mol/l). 等値線は温度を示す(2度毎). 計算開始から11年目の7月、深度55mの結果.

ン群集(珪藻 PL および小型群集 PS)の衛星データを日単位でナジングし、予報変数の同化を目的とする作業を開始した。

昨年度に開発した連続自動海水ろ過システムについて、陸上の研究室において、ろ過条件の設定、一連の動作確認を実施した。また、同システムに小型船舶用 GPS 受信装置を追加する改造を行い、ろ過の開始および終了時の正確な時間および位置情報を保存できるようになった。さらに、平成 27 年 3 に実施した(独)海洋研究開発機構・学術研究船白鳳丸 KH-15-1 次研究航海において、白鳳丸の研究用海水配管と連続自動海水濾過システムを連結させ、船底(約 5 m 深)からの汲み上げ海水を同システムで処理し、多量のフィルター試料を取得することに成功した。超高速液体クロマトグラフィー(UHPLC)による植物プランクトン色素分析法の開発に関しては、光路長 85 mm のキャピラリーセルを備えたフォトダイオードアレイ検出器を導入したことにより、色素ピークの検出感度が、従来の検出器に比べ、著しく増加させることができた。また、UHPLC オートサンプラーの試料導入法について、再検討を行った。これらの結果、より高感度、高精度の色素分析が可能になった。白鳳丸 KH-14-3 次(平成 26 年 6 月 23 日～8 月 11 日:中部太平洋、ベーリング海、チャクチ海)および上記 KH-15-1 次(東部北海道沖)研究航海、ロシア研究船 Prof. Multanovskiy 航海(平成 26 年 6 月 2 日～7 月 8 日:千島列島海域)で得た試料の他、国立環境研究所との共同研究の一環として、平成 26 年 9 月より貨物船 New Century 2 を用いた日米間の北太平洋表層観測で得た試料を UHPLC 等で順次分析し、山中グループにデータ提供するためのデータ解析を実施した。

#### 代表的な論文

Soppa, M., T. Hirata, T. Dinter, B. Silva, I. Peeken, S. Wiegmann, A. Bracher, Global retrieval of diatoms abundance based on phytoplankton pigment and satellite data, *Rem. Sens.* 6, 10089-10106, 2014: doi:10.3390/rs61010089

Suzuki, K., A. Hattori-Saito, Y. Sekiguchi, J. Nishioka, M. Shigemitsu, T. Isada, H. Liu, and R. M. L. McKay (2014) Spatial variability in iron nutritional status of large diatoms in the Sea of Okhotsk with special reference to the Amur River discharge. *Biogeosciences*, 11, 2503-2514, doi: 10.5194/bg-11-2503-2014.

Takao, S., T. Iida, T. Isada, S.-I. Saitoh, T. Hirata, and K. Suzuki, Bio-optical properties during the summer season in the Sea of Okhotsk. *Prog. Oceanogr.*, 126, 233-241, 2014: doi: 10.1016/j.pocean.2014.04.010