

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[H23-28 年度]
 - ・ ナウキャスト用のオペレーショナルモデルの開発[H23-28 年度]
 - ・ 衛星観測アルゴリズムの改良と検証[H23-26 年度]
 - ・ 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[H25-28 年度]

(2)「鈴木」グループ

- 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 [H24-26 年度]
 - ・ 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 [H23-28 年度]
 - ・ 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 [H25-28 年度]

§ 2. 研究実施の概要

海洋の植物プランクトンは多様性に富んでおり、総計で約7万種以上が存在すると見積もられている。海洋が陸域に比べて比較的単調な環境に見えるにも関わらず、これほどの多様性があるのは驚きと言える。この多様性がどのように成立し、何故可能となっているかを解明するために、シミュレーショングループ・現場観測グループ・衛星を用いた観測グループ、3者の協力によって研究を進めた。

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る計算を行った。その結果、数十種の植物プランクトンが生き残り、それらが共生している状況を作り出すことに成功した。生き残りと絶滅を分けるメカニズムについても研究し、相対的な増殖速度が他のグループより大きい事が重要である事が判った。陸上植生では多少性能が劣る種でも長期間存在する可能性があるが、海洋ではこのような事態は起こりにくいようであるが、詳細は今後検討する。

人工衛星を用いた海洋の植物プランクトン群集構造を推定するための技術改良を行った。技術改良に必要である植物プランクトン群集に関するデータを世界中から収集・編纂し、これまでのデータ量の倍以上のデータセット(13,500点以上)を新たに構築した。その結果、これまでの技術による人工衛星から探知される植物プランクトン分類は9グループであったのに対し、今年度の研究で11グループに拡大させた。また、植物プランクトンの種数というよりは、植物プランクトンの細胞サイズ分布によって定義される多様性の概念を導入し、人工衛星による観測に応用可能な、植物プランクトンの粒径分布を推定する新技術を、いくつかの植物プランクトングループ対して開発した。その結果、この新技術によって推定される植物プランクトンの細胞サイズは、人工衛星観測には応用できない別の手法で推定される細胞サイズと、おおよそ近い値となり、新技術の人工衛星観測へ応用の可能性が生まれた。

連続自動ろ過海水システムの開発をアドバンテック東洋(株)および東洋濾紙(株)と行い、2014年1月末に装置が北海道大学に納品された。研究室にて、ろ過条件を設定し、装置の一連の動作確認を実施した。また、本年度、超高速液体クロマトグラフ(UHPLC)および従来装置である高速液体クロマトグラフ(HPLC)を用いて、ベーリング海およびチャクチ海から採取した色素試料の分析を行った結果、両者のデータに良い一致が見られた。さらに、蒼鷹丸 SY-13-4、陽光丸 KY1301、白鳳丸 KH-13-7 次研究航海で採取した色素試料の分析を行い、分析値が確定したデータを山中グループに提供した。これまでに得た植物色素データの検証のため、明視野および走査型電子顕微鏡による植物プランクトン細胞の検鏡観察、次世代シーケンサーを用いたラン藻 *Synechococcus*、不等毛藻類、ハプト藻類の分子系統解析および多様性評価などを実施した。この *Synechococcus* の解析は、CREST 国際強化支援課題「西部北太平洋および周辺海域における原核植物プランクトン群集の多様性評価」の一環として、香港科技大学 Hongbin Liu 博士とともに実施した。

§ 3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

論文詳細情報(国際)

1.Hashioka,T., M.Vogt, Y.Yamanaka, C. LeQuéré, E.T.Buitenhuis, M.N.Aita, S.Alvain, L.Bopp, T.Hirata, I.Lima, S.Sailley, S.C.Doney, “Phytoplankton competition during the spring bloom in four Plankton Functional Type Models”, *Biogeosciences*, Vol. 10, pp. 6833-6850, 2013 (DOI:10.5194/bg-10-6833-2013)

2.Sailley, S.F., M. Vogt, S.C. Doney, M.N. Aita, L. Bopp, E.T. Buitenhuis, T. Hashioka, I. Lima, C. LeQuéré, Y. Yamanaka, “Comparing food web structure and dynamics across a suite of global marine ecosystem models”, *Ecological Modelling*, Vol. 261-262, pp 43-57, 2013 (DOI:10.1016/j.ecolmodel.2013.04.006)

3.Palacz,A., M.A.St.John, R.J.W. Brewin, T.Hirata, W.W.Gregg, “Distribution of phytoplankton functional types in high-nitrate low-chlorophyll waters in a new diagnostic ecological indicator model”, *Biogeosciences*, Vol. 10, pp.7553-7574, 2013 (DOI:10.5194/bg-10-7553-2013)

4.Werdell, P.J., B.A.Franz, S.W.Bailey, G.C.Feldman, E.Boss, V.E.Brande, M. Dowell, T.Hirata, S.J.Lavender, Z.P. Lee, H. Loisel, S. Maritorena, F. Melin, T. S. Moore, T. J. Smyth, D. Antotone, E. Devred, O. H.F. d’Andon, A. Mangin, “Generalized ocean color inversion model for retrieving marine inherent optical properties”, *Applied Optics*, Vol. 52, pp. 2019-2037, 2013 (DOI: 10.1364/AO.52.002019)

5.Hardman-Mountford, N.J., L. Polimene, T. Hirata, R.J.W. Brewin, J. Aiken, “Impacts of light shading and nutrient enrichment geo-engineering approaches on the productivity of a stratified, oligotrophic ocean ecosystem”, *J. Royal Soc. Interface* 6, Vol.10, no.89 20130701 (DOI: 10.98/rsif.2013.0701)

6.Isada, T., T. Iida, H. Liu, S.-I. Saitoh, J. Nishioka, T. Nakatsuka, and K. Suzuki, “Influence of Amur River discharge on phytoplankton photophysiology in the Sea of Okhotsk during late summer”, *J. Geophys. Res.: Oceans*, Vol. 118, ppl. 1995-2013, 2013, (DOI: 10.1002/jgrc.20159).

7.Kameyama, S., H. Tanimoto, S. Inomata, H. Yoshikawa-Inoue, U.Tsunogai, A. Tsuda,

- M. Uematsu, M. Ishii, D. Sasano, K. Suzuki, and Y. Nosaka, “Strong relationship between dimethyl sulfide and net community production in the western subarctic Pacific”, *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 40, pp. 3986-3990, 2013, (DOI: 10.1002/grl.50654)
8. Yoshimura, T., K. Suzuki, H. Kiyosawa, T. Ono, K. Kuma, J. Nishioka, “Impacts of elevated CO₂ on particulate and dissolved organic matter production: Microcosm experiments using iron deficient plankton communities in open subarctic waters”, *J. Oceanogr.*, Vol. 69, pp. 601-618, 2013 (DOI: 10.1007/s10872-013-0196-2)
9. Sugie, K., H. Endo, K. Suzuki, J. Nishioka, H. Kiyosawa, and T. Yoshimura, “Synergistic effects of pCO₂ and iron availability on nutrient consumption ratio of the Bering Sea phytoplankton community”, *Biogeosciences*, Vol. 10, pp. 6309-6321, 2013 (DOI: 10.5194/bg-10-6309-2013)
10. Omori, Y., H. Tanimoto, S. Inomata, S. Kameyama, S. Takao, and K. Suzuki, “Evaluation of using unfiltered seawater for underway measurement of dimethyl sulfide in the ocean by online mass spectrometry”, *Limnol. Oceanogr.: Methods*, Vol. 11, pp. 549-560, 2013 (DOI: 10.4319/lom.2013.11.549)
11. Jing H., L. Kong, K. Suzuki, and H. Liu, “Vertical profiles of *Bacteria* in the subarctic and subtropical oceanic waters revealed by pyrosequencing”, *PLoS ONE*, Vol. 8, e79423, 2013 (DOI: 10.1371/journal.pone.0079423)
12. Yamashita, Y., Y. Nosaka, K. Suzuki, H. Ogawa, K. Takahashi, and H. Saito, “Photobleaching as a factor controlling spectral characteristics of chromophoric dissolved organic matter in open ocean”, *Biogeosciences*, Vol. 10, pp. 7207-7217, 2013 (DOI: 10.5194/bg-10-7207-2013)
13. Nosaka, Y., T. Isada, I. Kudo, H. Saito, H. Hattori, A. Tsuda, and K. Suzuki, “Light utilization efficiency of phytoplankton in the Western Subarctic Gyre of the North Pacific during summer”, *J. Oceanogr.*, Vol. 70, pp. 91-103, 2014 (DOI:10.1007/s10872-013-0217-1)
14. Fujiwara, A., T. Hirawake, K. Suzuki, I. Imai, and S.-I. Saitoh, “Timing of sea ice retreat can alter phytoplankton community structure in the western Arctic Ocean”, *Biogeosciences*, Vol. 11, pp. 1705-1716, 2014 (DOI: 10.5194/bg-11-1705-2014)
15. Sato-Takabe, Y., K. Hamasaki, and K. Suzuki, “Photosynthetic competence of the

marine aerobic an oxygenic phototrophic bacterium *Roseobacter* sp. under organic substrate limitation”, *Microb. Environ.*, Vol. 28, pp. 100-103, 2014 (DOI: 10.1264/jsme2.ME13130)

16.Kameyama, S., S. Yoshida, H. Tanimoto, S. Inomata, K. Suzuki, and H. Yoshikawa-Inoue, “High-resolution observation of dissolved isoprene in surface seawater in the Southern Ocean during austral summer 2010-2011”, *J. Oceanogr.*, 2014 (DOI: 10.1007/s10872-014-0226-8)

17.Suzuki, K., A. Hattori-Saito, Y. Sekiguchi, J. Nishioka, M. Shigemitsu, T. Isada, H. Liu, and R. M. L. McKay, “Spatial variability in iron nutritional status of large diatoms in the Sea of Okhotsk with special reference to the Amur River discharge”, *Biogeosciences*, in press.