

## 国際活動報告：

# 北太平洋における生態系変動メカニズムの解明と予測可能性

テキサス大学オースティン校 近本 めぐみ（報告者）

### 1. 要旨

2019年6月24日～7月7日にかけて、海洋研究開発機構、東京大学大気海洋研究所に滞在し、計画班である原田尚美博士、野口真希博士、藤木徹一博士を中心に生物地球化学サイクルの観測データとモデル結果を評価し、数年規模の海洋生態系変動のメカニズムを議論した。さらに、過去の温暖化イベントにおける地球生物化学サイクルの応答に関する研究発表を行い、古気候指標（プロキシ）データと地球システムモデルの実験結果の相互比較や、地球システムモデルによる過去の気候・生態系変動の再現性を検討した。

### 2. 研究の背景

西部北太平洋域は、海洋混合が顕著な海域として特徴づけられ、海水の鉛直混合の変化が、海洋表層への栄養塩の供給や、大気-海洋間の二酸化炭素のガス交換、海洋表層に生息する動植物プランクトン等の低次生態系にまで影響を及ぼすと考えられている。報告者の過去の研究により、アリューシャン低気圧が強い年に海洋混合が強まると、北太平洋広域において、下層から供給される栄養塩が増加し、数年規模で動植物プランクトンのブルームを起こす可能性を、地球システムモデルの実験結果より示した(Chikamoto et al., 2015)。このことは、栄養塩といったトレーサーや、季節変動の大きい動植物プランクトンといった生物量さえも、海洋の物理変化を捉える長期メモリになりうることを示唆している。もし、このような生物地球化学的な指標が、過去に遡ってデータとして得られれば、過去における気候や海洋の鉛直混合の状態の復元に応用できるかもしれない。

これまでは、水温などの物理的な観測と比べ、生物地球化学的なデータには、測定の煩雑さや観測の制約が大きく、研究対象となる北太平洋全域を長期間カバーするようなデータセットが得られていなかった。近年、安中らの研究により、過去50年を広域にカバーした海洋表層の栄養塩のデータセットが作成され、観測データから数年から十年規模の気候変動と物質循環の関係性が明示された(Yasunaka et al., 2016)。また、全球をカバーした衛星観測データの蓄積から、長期的なプランクトン量やその値から算出する生物の基礎生産量も時空間データとして得られ、数年規模の気候と海洋生態系変動の関係性も議論されている。

この観測データの発展と同様に、地球システムモデルの開発も進み、気候や物理過程と結合した海洋生態系シミュレーションの再現性が高まり、モデルから得られる様々な変数の解析は、気候などのフォーシングに対する海洋生態系応答のメカニズムの解明に用いられている(Chikamoto et al., 2016 他)。さらに、近年では、水温や塩分の観測データを地球システムモデルに直接与えるデータ同化手法が発展し、過去における海洋の物理変化がより正確に再現されるようになった(Chikamoto et al., 2019)。この同化手法では、地球システムモデル内の海洋生態系も同時に計算されるため、観測された海洋内部の物理変化が栄養塩や植物プランクトンに及ぼす影響を抽出できる。これらの観測データとモデル結果を総合的に評価することで、海洋混合学の創設の目的である「鉛直混合の長周期変動が、気候・物質循環・生物生産に与える影響とその伝搬過程を明らかにする」研究が可能となってきた。

### 3. 研究計画・作業仮説・方法

本研究では、過去の西部北太平洋海域における気候変動とそれに伴う物理変化に対し、生物地球化学サイクルがどのように応答するのか評価した。研究では、栄養塩、植物プランクトン量、基礎生産量の観測データを集積・解析し、地球システムモデル (Community Earth System Model; CESM) によるデータ同化実験の結果と比較し、鉛直混合の長期変動が、物質循環や生物生産に与える影響を評価し、そのメカニズムを議論した。

### 4. 成果

北太平洋広域における観測値と地球システムモデルの実験結果から、気候と生物地球化学データの長周期変動の抽出を試みた。まず初めに、観測とモデル実験の水温データを比較したところ、北太平洋域で主要な十年規模変動の太平洋十年規模振動 (Pacific Decadal Oscillation; PDO) に対する水温応答は一致し (図 1)、観測値とモデル結果は 0.9 以上の相関関係を得た。このことは、地球システムモデルを用いた同化実験が水温などのドリフトすることなく観測と一致し、過去の水温変化を良く再現している事を示している。

そこで、さらに、栄養塩の時系列データが同化実験の結果と一致するかを検証した。この結果は、海域によって大きくバラつき、観測値とモデル結果が 0.35 以上を示す海域と、栄養塩の種類によって、観測値とモデル結果の相関値が大きく異なる海域も見られた。これは、生物生産を制限する栄養塩の種類が、北太平洋内においても東西南北で異なるため (Chikamoto et al., 2015)、栄養塩の種類によって、鉛直混合等の物理変化に対する応答が異なることに起因すると考えられる。さらに、観測に関しても、栄養塩の種類によって観測数が異なり、それぞれの観測値にバイアスがある可能性も考えられた。

### 5. 謝辞

本研究は、新学術領域研究「海洋混合学の創設 (OMIX)」プロジェクトの一環として実行されました。原田研究員を PI とした計画班の観測データの取

得の強みと、アメリカ側の地球システムモデル同化実験開発の強みを合わせ、観測とモデルの双方から北太平洋の長周期変動の共同研究を推進する貴重な研究機会となりました。OMIX 代表の安田一郎教授、事務局の小林奈緒美さんに厚く感謝を申し上げます。

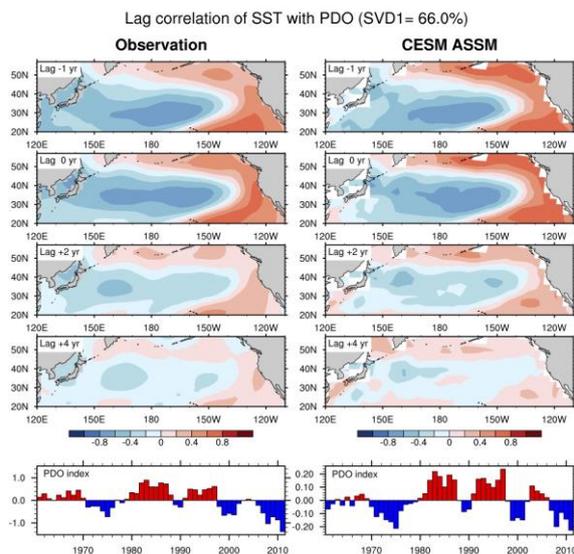


図 1. (右) 観測データ、(左) 地球システムモデルによる PDO に対する海面水温のラグ相関マップと PDO 時系列データ。

### 6. 引用文献

- Chikamoto, M. O., Timmermann, A., Chikamoto, Y., Tokinaga, H., & Harada, N. (2015). Mechanisms and predictability of multiyear ecosystem variability in the North Pacific. *Global Biogeochemical Cycles*, 29(11). <https://doi.org/10.1002/2015GB005096>
- Chikamoto, M. O., Timmermann, A., Yoshimori, M., Lehner, F., Laurian, A., Abe-Ouchi, A., et al. (2016). Intensification of tropical Pacific biological productivity due to volcanic eruptions. *Geophysical Research Letters*, 43(3). <https://doi.org/10.1002/2015GL067359>
- Chikamoto, Y., Timmermann, A., Widlansky, M. J., Zhang, S., & Balmaseda, M. A. (2019). A Drift-Free Decadal Climate Prediction System for the Community Earth System Model. *J. Climate*. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0788.1>
- Yasunaka, S., Ono, T., Nojiri, Y., Whitney, F. A., Wada, C., Murata, A., et al. (2016). Long-term variability of surface nutrient concentrations in the North Pacific. *Geophysical Research Letters*, 43, 3389–3397. <https://doi.org/10.1002/2016GL068097>