

平成 21 年 03 月 30 日現在

研究種目：特定領域研究（計画研究）

研究期間：2006～2010

課題番号：18067004

研究課題名（和文） 気象擾乱による大気 - 海洋系物質循環および海洋生態系の応答

研究課題名（英文） Responses of marine ecosystem to weather disturbances of synoptic scale

研究代表者

山中 康裕 (YAMANAKA YASUHIRO)

北海道大学・大学院地球環境科学研究所・准教授

研究者番号：40242177

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：海洋生態系・台風・モデリング・物質循環・気象現象・亜熱帯

1. 研究計画の概要

西部北太平洋において、(1) モデリングにより、高低気圧や台風などの総観規模の気象現象が大気による物質輸送や海洋表層における物質循環・生態系にどのような影響を与えるかを明らかにすること、および、(2) 海洋生態系モデルを海洋物質循環に注目して高度化し、他の項目 A02 や A03 と連携して、観測された事象について定量的な解釈を行うこと、などを研究目的としている。モデルを用いた従来の研究は、全球的な気候研究を利用して、海洋物質循環や海洋生態系の大まかな振る舞いを明らかにするトップダウン的視点であるのに対して、本研究は、逆に現場観測から出発しボトムアップ的視点で総観規模気象現象に対する物質循環や生態系の応答を扱う。

2. 研究の進捗状況

(1) 台風による海洋生態系および海洋物質循環の応答：計画研究班 A03-4 の衛星観測グループによって指摘された「台風の転向点付近に形成された 100km スケールのパッチ状の高濃度クロロフィル領域」について、計画研究班 A03-4 の海洋物理モデルグループとの共同研究として明らかにした。一般的に、熱帯域の栄養塩躍層は深さ 100-150m に存在し、それより浅い表層では栄養塩が枯渇している。台風の移動速度が時速 10km 以下になると、台風中央付近のエクマン発散に伴う湧昇が栄養塩躍層を上昇させ、強風によって深くなった海洋混合層に栄養塩が供給されると、衛星観測に見られるようなクロロフィル高濃度が海洋表層に形成されることが明らかになった。栄養塩躍層の上昇は、風応力によるエクマン発散に伴う湧昇と励起された慣性振動との関係で決まり、移動速度が時速 10km 以上になると、栄養塩が混合層に供給されにくくなる。これ

らの考察により、高濃度クロロフィル領域は、台風の強度よりも、むしろ移動速度に依存することが分かった。これより、台風の移動速度を観測されたもののように変化させると、衛星観測で見つけられた 100km スケールのパッチ状の高濃度クロロフィル領域を再現することが出来た。

(2) 海洋生態系モデルに組み込まれた海洋物質循環の高度化：海洋生態系モデル NEMURO に簡単な鉄循環過程を組み込み、日本近海の親潮域にある観測地点 A7 に適用した。鉄の予報変数として溶存鉄(自由態・錯体態)・粒子状鉄・ダストを扱い、境界条件として、大気物質輸送モデル SPRINTER から得られたダストデータ(1996年から2006年までの平均した気候値)や有光層下の粒子状鉄濃度を与え、そのもとの溶存鉄・鉄総量の季節変化を再現した。観測から推定されている各種のパラメータ(粒子状鉄の溶解速度・光合成における鉄濃度に対する半飽和定数)などの範囲内で、観測された季節変化(溶存鉄は冬季から春季まで $1 \mu\text{mol/l}$ 程度あるが、夏季には $0.1 \mu\text{mol/l}$ ぐらいの枯渇状況)を再現することに成功した。珪藻類の光合成は、春季ブルームの後半の時期は、ケイ酸塩制限となるが、それ以外の時期は、鉄制限状態にあることが分かった。また、有光層内への鉄の供給は、主として有光層下層からであった。

鉄循環過程を全球モデルに導入し、大気モデルから得られた全球ダストデータを利用して全球シミュレーションを行った(NEMURO+Fe 全球版)。赤道域と南太平洋の生物量は、鉄循環を導入する以前は観測された濃度に比べて大幅な過大評価であったが、導入することによってかなり観測されたものを再現できることが分かった。さらに、NEMURO+Fe 全球版から得られたクロロフィル a と混合層深度の全球分布から、Simo

and Dachs(2002)を用いた海洋表層中のDMS濃度を推定することを試みた。DMSの年平均された全球分布はそれなりに観測されたものを再現したが、その季節変化は、海洋混合層深度が観測値よりも浅く再現されているために、夏から秋にかけて過大評価となった。

(3) 大気物質循環のモデリング: アジアスケールを対象とした対流圏物質輸送モデルに人気起源汚染質の発生量の年々変動を加味して1980年から2003年まで長期積分を行った。その結果、東シナ海や日本海の縁辺海に大気経由で海上に沈着する人為起源の全硝酸塩がこの24年間で1.8-4.2倍に増加し、沈着量は中国国内の人為起源NOxの発生量の増加と非常に高い相関が見いだされた。2002年について東シナ海に沈着する全硝酸塩の量は140GgN/yearと推定され、その量は揚子江起源のNの30%程度の相当することも示された。

3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している。

海洋生態系モデルによる台風による海洋生態系への影響に関しては、本研究計画の中心的課題であり、ここまでで、観測と連携したモデリングを行うことにより、その影響を明らかにしてきた。当初の予定通りに原罪論分化しているところであり、おおむね順調に進展していると判断した。

4. 今後の研究の推進方策

計画研究班 A03-4 との共同研究として、熱帯海域における水温や栄養塩の典型的な鉛直分布を仮定した際に、台風強度、空間的な大きさや移動速度に対する、生物量や生物生産の応答について、ケーススタディーを行う。それらの結果を参照テーブルとしてまとめ、台風強度、経路のデータベースを組み合わせることにより、台風で励起される生物生産量を台風毎、年毎にまとめる。これらにより、熱帯域の総生産に関する台風の影響、経年変動などを明らかにする。また、計画研究班 A03-3 との共同研究として、台風通過に伴う生態系応答培養実験結果の再現を試み、生物種間競争を表現した海洋生態系モデルを開発する。

海洋生態系モデルに組み込まれた海洋物質循環の高度化

鉛直一次元海洋生態系モデルに組み込まれている鉄循環過程や窒素・炭素・酸素同位体に関する過程の高度化や、DMSに関するプロセスベースのモデリングなどを行い、項目 A02 や A03 の計画研究班との連携により、観測から提案された現象に関するシミュレーションを行う。そのことにより、観測結果のモデルによる統合化と同時にモデルの高度化を目指す。また、全球 3 次元海洋生態系モデルに鉄循環過程を組み込む。高気圧・低気圧などの気象擾乱によるダスト・フラックスを与え、気象擾乱の役割を明らかにしていく。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4 件)

1. S. L. Smith, Y. Yamanaka: Quantitative Comparison of Photoacclimation models for marine phytoplankton. *Ecological Modeling*, 査読有, **201**, 547-552, doi:10.1016/j.ecolmodel.2006.09.016, (2007).
2. Aita M. N., Y. Yamanaka, M. J. Kishi: Interdecadal Variation of the Lower Trophic Ecosystem in the Northern Pacific between 1948 and 2002, in a 3-D implementation of the NEMURO model. *Ecological Modeling*, 査読有, **202**, 1-2, 81-94, (2007).
3. Hashioka, T. and Y. Yamanaka: Seasonal and regional variations of phytoplankton groups by top-down and bottom-up controls obtained by a 3-D ecosystem model. *Ecological Modeling*, 査読有, **202**, 1-2, 68-80, (2007).
4. Yoshie N., Y. Yamanaka, K. A. Rose, D. L. Eslinger, D. M. Ware and M. J. Kishi: Parameter sensitivity study of the NEMURO lower trophic level marine ecosystem model. *Ecological Modeling*. 査読有, **202**, 1-2, 26-37, (2007).

[学会発表](計 4 件)

1. 柴野良太・山中康裕・岡田直資・中田隆・鈴木真一・新野宏: 台風に対する海洋生態系の応答. 2008 年度日本海洋学会, 広島, 2008 年 9 月 26 日.
2. 重光雅仁, 山中康裕, 渡辺豊, 前田亘宏, 乗木新一郎: 生態系モデルを用いた沈降粒子中窒素安定同位体比の季節変動の解析. 2008 年度日本地球化学会年会, 東京, 2008 年 9 月 18 日.
3. 重光雅仁, 渡辺豊, 山中康裕, 本多牧生: 西部北太平洋亜寒帯域"Twilight zone"における沈降粒子中窒素の分解過程とそれが窒素同位体比に及ぼす影響. 日本地球化学会, 岡山, 2007 年 9 月 19 日.
4. M. N. Aita, A. Ishida, Y. Yamanaka: Interannual to interdecadal variations of Primary Production and Air-Sea CO₂ flux in the North Pacific using a 3-D NEMURO MODEL. IUGG XXIV General Assembly, Perugia, Italy, Jul. 6, 2007.