

## 北極海の海水激減－海洋生態系へのインパクト－

Catastrophic reduction of sea-ice in the Arctic Ocean  
- its impact on the marine ecosystems  
in the polar region-

原田 尚美 (HARADA NAOMI)

(独) 海洋研究開発機構・地球環境変動領域・チームリーダー



### 研究の概要

予測以上に早く進行している北極海の海水融解に伴って海洋生態系がどのような影響を被るのか明らかにすることを目的に、北極海の環境変化並びに生態系変化の黎明を捉え、北極海の疑似環境下を再現した室内実験において、動・植物プランクトンの生理・機能変化を理解すると共に、北極海生物資源モデルを構築し、低次生態系変化の記述と魚資源の将来像の推測を行う。

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：極域環境監視・海洋生態系

### 1. 研究開始当初の背景

北極域における古環境研究により、太陽の日射量遮減などにより2000年前から $-0.22^{\circ}\text{C}/1000$ 年と長期にわたり寒冷化傾向にあった気温の変化が、20世紀以降上昇に転じた事が明らかとなってきた。その結果、海水減少が進行し、2007年以降は加速している。海水減少に伴う北極域の海洋生態系を取りまく環境は複雑で、海洋酸性化の進行という「悪影響」と海水消失による光環境の改善という「好影響」の変化が同時に進行している。このため、北極海における海水の有無の海洋生態系への影響解明が喫緊の課題となっている。

### 2. 研究の目的

本研究では、近年、海水融解が最も激しく生じている海域、チャクチ海深海平原、カナダ海盆西部海域において、北極域の海水厚や海洋構造及び海水面積変化の把握や生物起源粒子の沈降量の時系列変化を把握し、培養・飼育実験による海水融解に伴う昇温や低塩化への低次生産者の生理機能の応答の把握、海洋生態系モデルにこれら現場データを組み込み、低次生産変化の再現、魚類資源の応答の予測を目的としている。

### 3. 研究の方法

現場観測班と精密培養・飼育班及び海洋生態系モデル班の3つのグループの相互協力の元で実施する。具体的な研究方法を以下に

示す。

- 北極域の海水厚や海洋構造及び海水面積変化の把握のために、流向・流速計などを取り付けた物理係留系による水塊の時系列観測や船舶観測を実施する。海水の成長・融解に伴う海洋物理環境の年変化を明らかにする。
- 物理係留系の近傍にセジメントトラップ係留系を設置し、生物起源粒子を捕捉する。この沈降粒子試料を用いて、粒子束に含まれる動物・植物プランクトンの群集解析及び沈降量の測定を行い、低次生産者の存在量や構成群集の季節・年変化を明らかにする。
- 海水融解に伴う低次生産者の生理機能応答を理解するために、培養・飼育実験を実施し、昇温や低塩化、二酸化炭素濃度の変化などに応答して炭酸塩殻を持つ円石藻と浮遊性有孔虫の生理機能が、どう変化するかを明らかにする。
- 上記の現場観測結果や室内実験の結果を組み込みながら、5kmの高い解像度を持つ海洋生態系モデルの北極海版を構築する。このモデルを用いて、低次生産者の現場生産の再現とその機構の記述を行う。さらに、資源変動モデルを構築し、魚資源を含んだ海洋生態系の将来像を推測する。

### 4. これまでの成果

【現場観測班】チャクチ深海平原ならびにノースウインド深海平原において2010年から

2012年まで毎年、海洋地球研究船「みらい」あるいはカナダの砕氷船を用いた現場観測やセジメントトラップならびに水塊の物理化学観測を行ってきた。2010年の航海では、直径が100km、中心部の水温が+7°Cにも達する巨大暖水渦を発見した。詳細観測の結果、この巨大暖水渦は陸棚起源の栄養塩に富むこと、小型の植物プランクトンが渦周辺より多く存在していた。従って、このような巨大暖水渦は陸棚域から熱や栄養塩を海盆域へ輸送し、海盆域の生態系に影響を与えている可能性がある。また、ノースウインド深海平原のSt.NAPに設置されたセジメントトラップ係留系観測により、2010年10月から2012年9月分までの沈降粒子試料が得られた。約60-80%が粘土鉱物(粒径5-30 $\mu\text{m}$ )で、有機物含有量は5-20%程度であった。また、有機物の主要構成粒子は植物プランクトンの珪藻であり、この沈降量は北太平洋亜熱帯における珪藻の沈降量に匹敵する量であることがわかった。St.NAP近傍で2004-2005年に実施されたセジメントトラップ観測から、夏には生物生産はほとんど起きていないことが知られている。北太平洋亜熱帯域は、貧栄養で生産の低い海域として知られるが、本研究の結果は、ノースウインド海嶺付近が生物不在の不毛地帯から北太平洋亜熱帯域に匹敵するほどの生物生産可能な海域に変わりつつあることを示す貴重な成果と言える。

【海洋生態系モデル班】セジメントトラップの沈降粒子の観測結果は、2010年11-12月の結氷期に沈降量の極大を示し、しかも直前まで生きている動物プランクトンが捕捉されていることを示した。結氷期は既に日射量がほとんどないので植物プランクトンの光合成は生じていないと考えられるが動物プランクトンの生産が行われているということはどういうことなのか？この課題を解き明かすために、海洋生態系モデルを利用してこの海域に特徴的な沿岸流・渦活動・湧昇などの背景物理場が低次生態系に果たす役割を明らかにするシミュレーションを実施した。結果、西部北極海に多く存在する中規模渦が基礎生産に及ぼしていることを突き止めた。鉛直対流が活発で、栄養塩や粒子に富んだ垂表層の水塊を表層へもたらす効果があること、これらの栄養や粒子を餌に動物プランクトンの生産が渦の中で生じ、ビューフォート循環に沿ってカナダ海盆陸棚斜面域からSt.NAPへと生物起源粒子を運ぶ機能がある可能性を示唆した。

【培養・飼育班】世界で初めて北極海産の円石藻 *Emiliania huxleyi* の単藻単離培養株を確立することに成功した。培養実験の結果、最適成長水温が20°Cであるも、低温耐性を持ち、北極海のような低温下において生産可能な特殊な株であることがわかった。

## 5. 今後の計画

北極域の水温・塩分・流向流速構造変化の把握と生物起源粒子量季節変化把握のため、観測船等による航海を実施し、海水・海洋物理観測係留系ならびに、セジメントトラップ係留系の設置を行う。CTD/採水観測を実施し、栄養塩、全炭酸、アルカリ度、pHを分析にする。北極海の単離株を用いて海水融解時の円石藻の動態変化を解析する。マイクロX線CT法を用い、沈降粒子中の炭酸塩骨格動物プランクトンを用いて海洋酸性化応答の季節変化について解析する。海洋生態系モデルによる現場の低次生態系の生産変化を記述し、将来、夏の海水消失を想定した計算を実施する。

## 6. これまでの発表論文等(受賞等も含む) 【論文】

- How does Arctic summer wind modulate ocean heat balance in sea ice reduction zone? Watanabe, E., M. Ogi, Geophys. Res. Lett., in press, 2013.
- Linkages among halocline variability, shelf-basin interaction, and wind regimes in the Beaufort Sea demonstrated in pan-Arctic Ocean modeling framework. Watanabe, E., Ocean Modelling, doi:10.1016/j.ocemod.2012.12.010, in press, 2013.
- Does Arctic sea ice reduction foster shelf-basin exchange? Ivanov V. and E. Watanabe, Ecological Applications, doi:10.1890/11-1069.1, in press, 2013.
- Shoaling of the nutricline with an increase in near-freezing temperature water in the Makarov Basin. Nishino, S. et al., J. Geophys. Res., doi:10.1029/2012JC008234, in press, 2013.
- Western Arctic primary productivity regulated by shelf-break warm eddies. Watanabe, E. et al., J Oceanogr., 68, 703-718, doi:10.1007/s10872-012-0128-6, 2012.
- Recent environmental changes enhance coccolithophorid blooms in the Bering Sea. Harada N. et al., Global Biogeochem. Cycles, 26, GB2036, doi:10.1029/2011GB004177, 2012.

## 【受賞】

- 2012年3月28日 小野寺丈尚太郎(海洋研究開発機構研究員、連携研究員) 日本海洋学会岡田賞受賞
- 2013年3月17日 伊藤史紘(筑波大学大学院修士課程2年、研究協力員) ブルーアースシンポジウム若手奨励賞受賞 ホームページ等

<http://www.jamstec.go.jp/arctic-eco/index.html>