

# 環オホーツク圏領域気候モデル

中村 知裕<sup>†</sup> , 三寺 史夫<sup>†</sup>

<sup>†</sup>北海道大学低温科学研究所環オホーツク観測研究センター 〒060-0819 札幌市北区北19条西8丁目

E-mail: nakamura@lowtem.hokudai.ac.jp, humiom@lowtem.hokudai.ac.jp

## 1. はじめに

環オホーツク圏（オホーツク海とその周辺の地域）特有の季節変動や気候変動は日本にも重要な影響を与えている。例えば、オホーツク海は夏でも冷たい海面水温を保ち、オホーツク高気圧の形成を促進することで、日本特に北日本の夏の気候に大きな影響を持つ。冬には、シベリア東部は北半球で最も低温となり、それに関連してシベリア高気圧が発達する。シベリア高気圧の形成は日本からオホーツク海に掛けて広い範囲に渡る寒気の吹き出しなどを通じ、日本を含め極東アジアの冬の気候を大きく決定している。

加えて、寒気の吹き出しに関連して、オホーツク海では大規模な海水生成が起こる。オホーツク海における海水の生成は北海道沿岸の気候や産業だけでなく、北太平洋ほぼ全域の海洋中層に影響を与えている。海水が生成される際には、海水が結氷点まで冷却される上に、海水が凍る際に不純物として塩が排出されるため、海水の密度が高くなる。この高密度水は、オホーツク海そして北太平洋の中層に広がり、それに伴って酸素・フロン・温室効果気体（CO<sub>2</sub> など）といった様々な気体が海洋中層に取り込まれ、北太平洋中層を「換気」する。

環オホーツク圏ではまた、シベリアを中心に顕著な温暖化が進行している<sup>1)</sup>。とりわけ冬に著しく、平均して10年間に2℃のペースで昇温している地域もある。昇温に伴うようにシベリア高気圧も弱化する傾向にあり、オホーツク海の海水面積も減少傾向にある。これらは上述の北太平洋中層の換気も弱まっていく可能性を示唆している。

このように、環オホーツク圏では興味深くかつ重要な季節変動や温暖化のような気候変動が生じている。また省略したが数年から数十年規模の変動も大きい。これらをより良く理解することは日本および北太平洋の変動を理解し予測する上でも重要である。

そこで環オホーツク観測研究センターでは、環オホーツク圏の気候およびその変動のより良い理解を目指し、観測的・理論的研究と相補するものとして、本講演で紹介する環オホーツク圏領域気候モデル構築を行っている。

## 2. オホーツク圏領域気候モデル

環オホーツク圏領域気候モデルは、図1に模式的に

示すように、大気 - 海洋 - 海水 - 陸面モデルを結合したモデルである。環オホーツク圏の気候形成したがつてその変動には、大気、海洋、海水、陸面の相互作用も重要になる。例えば、夏季にはオホーツク海の低い海面水温のため霧が発生し、霧は日射を遮り海面水温を低く保つといったフィードバックが働き、オホーツク高気圧を形成しやすくする。こうした相互作用も含めて、環オホーツク圏の気候とその変動を理解することを目指し結合モデルを用いている。

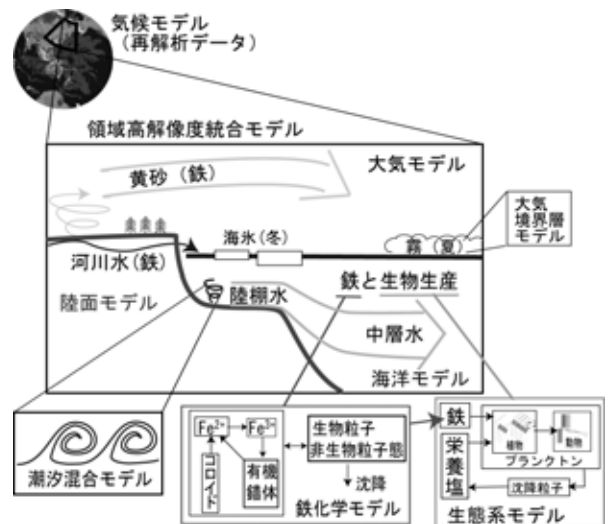


図1：環オホーツク圏領域気候モデル構成の模式図。

結合モデルの大気・陸面コンポーネントには国際太平洋研究センターの領域気候モデル<sup>2)</sup>を、海洋・海水コンポーネントには東京大学気候システム研究センターで開発された Iced COCO3.4<sup>3)</sup>を使わせて頂いた。前者は、東太平洋赤道から亜熱帯に掛けて雲の再現で優れた結果を出しているモデルで、陸面モデル BATS<sup>4)</sup>と結合されている。後者は、熱塩循環を含めた海洋大循環を再現するためのモデルで、いわゆる2カテゴリーの海水モデルを含む。

以上の結合モデルに、さらに潮汐混合モデルや河川流路網モデル等を順次組み込んで行く計画である。千島列島やオホーツク沿岸では強い潮汐混合が起こっており、これがオホーツク海の水塊構造や循環に大きな影響を与え、ひいては北太平洋中層の水塊・循環にも影響する可能性が示唆されている<sup>5)</sup>。河川流路網モデルは、アムール川などからの流出が水循環の変動に伴い変動する効果を考慮するためである。

今回のモデル領域は、大気は北太平洋およびシベリア東部(90E-100W, 15-70N)、海洋は北太平洋亜寒帯・亜熱帯循環を含む(110E-105W, 20-65N)。水平分解能は共に  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  とした。

### 3. 予備的結果

テストとして、海洋・海水コンポーネントを気候学的日平均値を用いて20年間スピナップした後、大気・陸面コンポーネントと結合して1年間計算した結果を紹介する。講演では、大規模な場、夏季および冬季のイベントについて紹介する予定だが、ここでは紙面の都合上、夏季のイベントのみ紹介する。

夏季のイベントとして、結合モデルで見られたオホーツク海の下層雲(または霧)とオホーツク高気圧について紹介する。図2(a)は、モデルの8月8日における1000hPaにおける雲量と海面気圧の日平均分布である。前者はモデル大気の最下層の雲量にほぼ等しく、モデルの分解能では接地しているため下層雲と霧の区別がつかなくなっている。

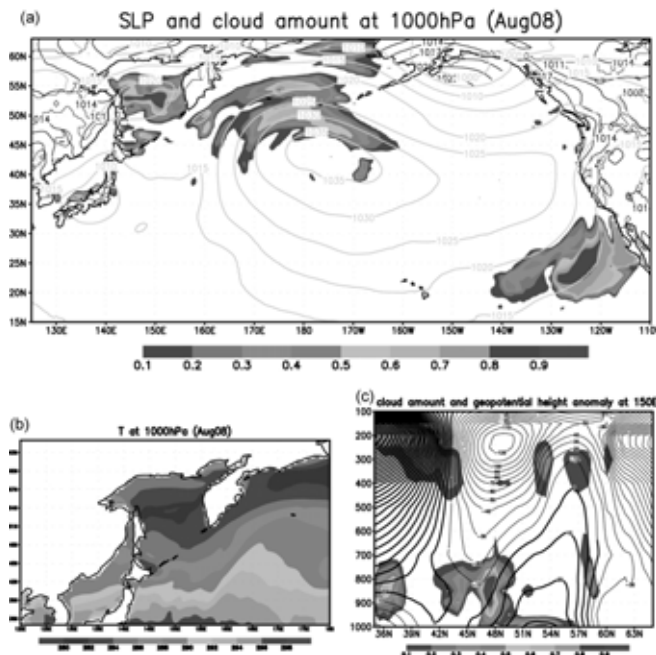


図2：モデルの8月8日において日平均した、(a) 1000hPaにおける雲量(カラー)と海面気圧(hPa:コンター)、(b) 1000hPaにおける気温(K)、(c) 150Eにおける雲量(カラー)とジオ・ポテンシャル高度アノマリ(m:コンター)の鉛直断面。(c)の太実線は正、細点線は負を表す。

オホーツク海に注目すると、中央部で下層雲または霧が濃く、その付近で地上高気圧が形成されている。海面気温を見ると(図2(b))、オホーツク海中央部の下層雲の多いところで気温も下がっている。すなわち、下層雲・霧の発生により気温が低く抑えられ高気圧の形成を促進している。これはまた、はじめに触れた霧

- 海面水温フィードバックが働いていることを示唆している。

オホーツク海の高気圧の鉛直構造を見るため、雲量とジオ・ポテンシャル高度アノマリの南北断面を図2(c)に示す。50N~57Nの海面付近にある雲量の濃い領域が先程のオホーツク海中央部の下層雲に対応している。この下層雲の高さは950hPa程度までに限られ、それに対応するかのようには地表付近で高気圧偏差が大きくなっている。しかし、高気圧自体は比較的背が高く、対流圏上部へ伸びている。こうした構造は、オホーツク高気圧に見られる典型的構造の内の一つである。

### 4. おわりに

以上は環オホーツク圏の物理過程についての話だが、環オホーツク圏は生物・地球化学的にも興味深く重要な海域である。環オホーツク圏は海洋植物プランクトンによる基礎生産が世界的に見ても大きい。高い基礎生産は、気候の観点からすると温暖化物質である二酸化炭素を海洋へ取り込む等重要な役割を果たす上、水産の観点からしても漁獲を支えるのに欠かせない。最近の研究により、この高い基礎生産は豊富な栄養塩だけでなく、海水中に微量に存在する鉄により支えられていることが明らかになった。実際、環オホーツク圏、特にオホーツク海の中層は他海域に比べ鉄濃度が非常に高い<sup>6)</sup>。

しかしながら、海洋中の鉄の分布や循環は未だ大部分が不明である。主な供給源についても議論は収まっていない。従来は大気中を風により運ばれる砂塵(風送塵)によると考えられていたが、最近になり、アムール川起源の鉄が冬季の海氷生成に伴って形成された高密度水によって運ばれるという供給路も注目され始めた。いずれにせよ、どちらの起源からの鉄供給量も、温暖化によって大きく変化する可能性がある。

そこで次の目的として図1にもあるように、構築した気候モデルに海洋生態系モデル、鉄化学モデル、風送塵モデルを順次組み込み、環オホーツク圏の栄養物質循環の3次元像とその変動の解明を目指している。

### 謝辞

本要旨は<sup>7)</sup>に基づいている。

### 文献

- [1] M.C. Serreze, J.E. Walsh, and F.S. Chapin: Clim. Change, 46(1-2), p.159-207, 2000.
- [2] Y. Wang: Mon. Wea. Rev., 132, p.274-296, 2004.
- [3] H. Hasumi: CCSR Rep., 13, 68pp, 2000.
- [4] R.E. Dickinson, A. Henderson-Sellers, and P.J. Kennedy: NCAR Tech. Note, 387, 72pp, 1993.
- [5] T. Nakamura, T. Toyoda, Y. Ishikawa, and T. Awaji: J. Oceanogr., 60, p.411-423, 2004.
- [6] J. Nishioka: Proc Amur-Okhotsk international workshop, 2004.
- [7] 中村知裕,三寺史夫: 低温科学(印刷中).