

平成21年 6月18日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18340144
 研究課題名（和文）同時・多点・立体観測による、オホーツク海高気圧の力学及び熱力学の解明
 研究課題名（英文） Observational study on the thermodynamics of Okhotsk high
 研究代表者 立花 義裕 (TACHIBANA YOSHIHIRO)
 三重大学・大学院生物資源学研究科・教授
 研究者番号：10276785

研究成果の概要：

オホーツク海高気圧とそれに伴う下層雲の変動を理解するために、ロシア船と日本船の二艘の観測船にてロシアが領有権を主張しているオホーツク海の内部に入り、そこでラジオゾンデ観測を行った。また、観測データの解析と、既存の客観解析データを解析してオホーツク海高気圧の力学、熱力学、大気海洋双方向作用の研究を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	13,700,000	0	13,700,000
2007年度	600,000	180,000	780,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	15,300,000	480,000	15,780,000

研究分野：気象学・気候力学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・気象・海洋物理・陸水学

キーワード：オホーツク海高気圧、冷夏、下層雲、霧、ラジオゾンデ、ロシア船

1. 研究開始当初の背景

オホーツク海高気圧は日本に極端な冷夏をもたらすことから、日本社会にとって極めて重要な現象である。高気圧が著しく発達した2003年の日本の夏は異常冷夏であった。夏季のオホーツク海は、同緯度帯の他の海洋と比較すると世界で最も寒冷な海洋である。夏季海面水温は10度程度である。一方、西方や北方に隣接するロシア極東域は、最高気温が30度にも達する。このような極端な温度コントラストが存在する世界的にも希な地域である。この環境場が、上空のブロッキング高気圧の発達に影響を及ぼすことを中村や立花は相次いで発表した。また、2003年

の冷夏は、「夏の北極振動」という新しい概念によって説明づけられ、この年に日本とは逆にヨーロッパで発生した異常熱波も「夏の北極振動」によって説明づけられることを示した。このような例に示すように、夏季の中高緯度の異常気象研究に関して、我々研究グループは世界的にみて先駆的研究を次々と発表してきている。ただ、これら研究業績は、すべて毎日の天気図に代表される多くの客観解析データを用いた大規模大気大循環という視点からの研究であり、オホーツク海高気圧そのものの現場観測に基づいた成果ではない。

夏季の高緯度の気象大循環の研究は、冬に

対して大変遅れている。特にブロッキング高気圧研究のほとんどは冬の研究に終始している。立花や中村らは、夏季のブロッキングはシベリア大陸北岸の極ジェット気流の変動との関連することを示した。また立花らは、冬とは異なる構造を持つ高緯度の気象大循環を「夏季北極振動」と名付け、これが半球規模の冷夏猛暑に密接に関連することを示した。このように、夏季の中高緯度の異常気象研究に関して、我々は世界的にみて先駆的研究を次々と発表してきた。ところでオホーツク海は、夏季には下層雲や霧に広範囲に覆われる世界的に見ても希少な地域である。同様な地域として、北大西洋北部、カリフォルニア沖などがあるが、気候値としては、オホーツク海の下層雲量は北極を除けば世界1である。しかしながら前述のように、ここは観測空白域である。そのような海域に日本は隣接しており、これが日本の冷夏をもたらす直接原因にも拘わらず、直接観測研究は遅れを取っている。だからこそ直接観測が必要なのである。一方、猪上は、北極海の夏季の下層雲の観測的研究及びモデル研究を精力的に行ってきた。また、総合地球環境学研究所の「アムール川・オホーツク海プロジェクト」は、立花とロシア研究者らによって発表した、アムール川の流量変動とオホーツク海の海水の関連性に関する研究がその発端であり、この研究成果がもし無ければ、上記プロジェクトは発案すらされていないであろう。このような我々の多年にわたる努力によって、オホーツク海高気圧のロシア観測船による直接観測の一手手前の位置まで到達することができた。

2. 研究の目的

本研究の第1の目的は、オホーツク海中央部でのロシア観測船と日本観測船の2隻による同時高層観測を2006年と2007年の2カ年の夏季に実施し、オホーツク海高気圧の力学的、熱力学的立体構造を、GPSラジオゾンデ観測によって解明することである。オホーツク海の非常に冷たい海水上に下層雲が形成する。そして下層雲の雲頂での強い上向き赤外放射によって下層雲トップが強く冷却される。下層雲トップでの放射冷却による成層の不安定化によって、鉛直混合が駆動され、結果として寒冷で湿潤な混合層が維持されている。つまり、雲頂放射冷却が鉛直混合を駆動し、駆動された鉛直混合によって、雲頂冷却を伴う下層雲も維持される。従って下層寒気層の維持には放射過程が本質的に重要である。第2の目的は、観測結果を基にオホーツク海高気圧の発生メカニズムを解明することである。寒冷な下層大気形成と、上空の高気圧との相互作用の強さ（対

流圏上層の擾乱と対流圏下層の擾乱のカップリング)を、観測事実に基づき数値モデルやPVインバージョンなどの手法を用いて量的に見積もる。中村らは、この一旦出来た寒気層は地表の熱的ロスビー波として振舞い、西向きの温度傾度の下で南下していき、オホーツク海上の寒気層における放射冷却は、その南下に逆らい、高気圧を停滞させ維持させる働きがあることを示した。つまり上空高気圧の、下層寒気層の維持に果たす役割も示唆される。このような下層寒気と上層高気圧との双方向の影響の実態を、観測によって定量化する。

3. 研究の方法

我々はこれまで、科研費の海外学術調査などを通じて極東ロシアの研究者と太いパイプを築いてきた。そのパイプを利用し、ロシア側とのねばり強い交渉によって、2006年の夏に限り、ロシアの観測船によるオホーツク海内部での観測の実施に漕ぎ着けた。高気圧中心部のオホーツク海内部及び千島列島は、高層気象観測点が皆無であるデータ空白域となっている。これは大問題である。例えば観測空白域であるために、客観解析データの品質はオホーツク海高気圧の立体構造や形成力学を正確に捉えるにはまだ不十分である。特に冷夏をもたらすヤマセ雲(下層雲)や霧の客観解析や数値モデルの再現性は著しく悪いことが知られている。この大問題を克服するために、ロシアの観測船によるラジオゾンデを用いた現場での直接観測を実施した。観測終了後は取得データを用いた研究に直ちに着手した。

寒冷な混合層付近の各観測高度において、熱力学方程式の各項の大きさを見積もり、その時間変化を記述した。これと混合層トップの逆転層の高度および強度の時間変化とを比較することにより、混合層の変動をもたらす原因が何かを特定することができる。

上記観測に基づいた研究2加えて、既存の公開データを用いて、オホーツク海高気圧とそれに伴う大気、海洋、海水の長期変動について解析を行った。

4. 研究成果

オホーツク海高気圧とそれに伴う下層雲の変動を理解するために、ロシア船と日本船の二艘の観測船にてロシアが領有権を主張しているオホーツク海の内部に入り、そこでラジオゾンデ観測を行った。また、観測データの解析と、既存の客観解析データを解析してオホーツク海高気圧の力学、熱力学、大気海洋双方向作用の研究を行った。

研究代表者は、この科研費の研究期間3年間に、関連論文として査読付き国際誌に11

本の論文を発表した。内訳は代表者が主著者の論文3本、代表者が指導した学生が主著者の論文が5本であり、研究代表者が実質的に corresponding author 的役割を演じた論文は8本である。科学論文ばかりではなく、代表者は一般向けの解説書として、「オホーツク海の気象」を発行し、科研費によって得られた研究成果を広く国民や社会へ発信した。

次に、具体的な成果を項目別に挙げる。

- 1) オホーツク海高気圧の下層には、非常に寒冷・湿潤な混合層が形成され、それは大気と海洋の微妙な双方向の作用によって形成・維持されていることが、観測データの解析によって明らかとなった(業績2)。言い換えると、寒冷な海洋が大気へ及ぼす影響についての事例が観測によって明らかになった、ということである。
- 2) 日本の冷夏は、直接的にはオホーツク海高気圧の発生に依存するが、さらに夏の北極振動の強弱がオホーツク海高気圧の発達に影響を及ぼすことを示した(業績18)。
- 3) オホーツク海高気圧に影響を及ぼす北極振動には冬から夏、夏から冬への持続性があり、それが夏と冬のオホーツク海の気候や海氷に影響を及ぼしていることが示された(業績18)。
- 4) オホーツク海に流れ込む大気中の水蒸気のフラックスについて調べた。その水蒸気源は、太平洋からのモンスーンに伴う流れとともに、シベリア内陸部からもやってきていることが示された(業績3)。
- 5) 冬と夏の二つの季節の日本を含むユーラシア上に卓越するテレコネクションパターンを調べた。その結果、Siberian-Japan patternをはじめとする、幾つかのシベリア横断型のパターンを抽出することが出来た(業績1、18)。
- 6) 北極振動が、オホーツク海高気圧に影響を及ぼすことは上述の通りであるが、それがさらに低緯度のエルニーニョにまで影響が及ぶ可能性があるということを示した(業績8、19)。
- 7) オホーツク海、バレンツ海、ラブラドル海、ベーリング海の海氷の長期変動と、夏のオホーツク海高気圧の長期

変動に関連性があることを示した(業績10、17)。これは海氷が夏の日本の気候に影響を及ぼす可能性を示唆した研究である。

5. 主な発表論文等

(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24件)

- 1) Takano, Y., Y. Tachibana, and K. Iwamoto, Influences of large-scale atmospheric circulation and local sea surface temperature on convective activity over the Sea of Japan in December, **SOLA**, 4, 113-116, 2008.
- 2) Tachibana, Y., K. Iwamoto, H. Ogawa, M. Shiohara, K. Takeuchi, and M. Wakatsuchi, Observational study on atmospheric and oceanic boundary-layer structures accompanying the Okhotsk anticyclone under fog and non-fog conditions, **Journal of Meteorological Society of Japan**, 86, 753-771, 2008.
- 3) Tachibana, Y., K. Oshima, and M. Ogi, Seasonal and interannual variations of Amur River discharge and their relationships to large-scale atmospheric patterns and moisture fluxes, **Journal of Geophysical Research**, 113, D16102, 2008
- 4) Inoue, J., T. Kikuchi, and D. K. Perovich, Effect of heat transmission through melt ponds and ice on melting during summer in the Arctic Ocean, **J. Geophys. Res.**, 113, C05020, 2008.
- 5) Inoue, J., J. A. Curry, and J. A. Maslanik, Application of Aerosondes to melt-pond observation over Arctic sea ice, **J. Atmos. Ocean. Tech.**, 25, 327-334, 2008.
- 6) Kosaka Y and H. Nakamura, A comparative study on the dynamics of the Pacific-Japan (PJ) teleconnection pattern based on reanalysis datasets, **SOLA**, 4, 9-12, 2008
- 7) Tachibana, Y., T. Nakamura, and N. Tazou, Interannual variation in snow-accumulation events in Tokyo and its relationship to the Eurasian pattern, **SOLA**, 3, 129-132, 2007.
- 8) Nakamura, T., Y. Tachibana, and H. Shimoda, The importance of cold and dry surges in substantiating the NAM and ENSO relationship, **Geophysical Research Letters**, 34, L22703, 2007.
- 9) Iwasaki S., K. Maruyama, M. Hayashi, S. Y. Ogino, H. Ishimoto, Y. Tachibana, A. Shimizu, I. Matsui, N. Sugimoto, K. Yamashita, K. Saga, K. Iwamoto, Y. Kamiakito, A. Chabangborn, B. Thana, M.

- Hashizume, T. Koike, T. Oki, Characteristics of particle size distributions in the tropical tropopause based on optical particle counter and lidar measurements, **Atmospheric Chemistry and Physics Discussions**, 7, 1595-1622, 2007
- 10) Ukita J., M. Honda, H. Nakamura, **Y. Tachibana**, D. J. Cavalieri, C. L. Parkinson, H. Koide, K. Yamamoto, Northern Hemisphere Sea Ice Variability: Lag and Propagation, **Tellus**, 59, 261-272, 2007
- 11) **Inoue, J.**, and T. Kikuchi, Outflow of summertime Arctic sea ice observed by ice drifting buoys and its linkage with ice reduction and atmospheric circulation patterns, **J. Meteor. Soc. Japan**, 85, 881-887, 2007.
- 12) Kikuchi, T., **J. Inoue**, and D. Langevin, Argo-type profiling float observations under the Arctic multiyear ice, **Deep-Sea Res. I**, 54, 1675-1686, 2007.
- 13) Liu, J., Z. Zhang, **J. Inoue**, and R. M. Horton, Evaluation of snow/ice albedo parameterizations and their impacts on sea ice simulations, **Int. J. Climatol.**, 27, 81-91, 2007.
- 14) Honda M, S. Yamane, **H. Nakamura**, Inter-basin link between the North Pacific and North Atlantic in the upper-tropospheric circulation: Its dominance and seasonal dependence, **Journal of Meteorological Society of Japan**, 85, 895-908, 2007
- 15) Ohfuchi, W, H. Sasaki, Y. Masumoto, **H. Nakamura**, "Virtual" atmospheric and oceanic circulations in the Earth Simulator, **Bull. American Meteorological Society**, 88, 861-866, 2007
- 16) Ashok, K, **H. Nakamura**, T. Yamagata, Impacts of ENSO and IOD events on the Southern Hemisphere storm track activity during austral winter, **Journal of Climate**, 20, 3147-3163, 2007
- 17) Yamamoto, K., **Y. Tachibana**, M. Honda, and J. Ukita, Intra-seasonal relationship between the Northern Hemisphere sea ice variability and the North Atlantic Oscillation, **Geophysical Research Letters**, 33, L14711, 2006.
- 18) Ogi, M. and **Y. Tachibana**, Influence of the annual Arctic Oscillation on the negative correlation between Okhotsk sea ice and Amur River discharge, **Geophysical Research Letters**, 33, L08709, 2006.
- 19) Nakamura, T, **Y. Tachibana**, M. Honda, S. Yamane, Influence of the Northern Hemisphere annular mode on ENSO by modulating westerly wind bursts, **Geophysical Research Letters**, 33, L07709, 2006.
- 20) Nodzu, M. I., Shin-Ya, Ogino, **Y. Tachibana**, M. D. Yamanaka, Climatological description of seasonal variations in lower-tropospheric inversion layers over the Indochina Peninsula, **Journal of Climate**, 19, 3307-3319, 2006
- 21) **Inoue, J.**, and T. Kikuchi, Effect of summertime wind conditions on lateral and bottom melting in the central Arctic, **Ann. Glaciol.**, 44, 37-41, 2006.
- 22) **Inoue, J.**, J. Liu, J. O. Pinto, and J. A. Curry, Intercomparison of Arctic regional climate models: Modeling clouds and radiation for SHEBA in May 1998, **J. Climate**, 19, 4167-4178, 2006.
- 23) Nonaka M, **H. Nakamura**, Y. Tanimoto, T. Kagimoto, H. Sasaki, North Pacific decadal variability in SST and frontal structure simulated in a high-resolution OGCM, **Journal of Climate**, 19, 1970-1989, 2006
- 24) Kosaka Y. and **H. Nakamura**, Structure and dynamics of the summertime Pacific-Japan (PJ) teleconnection pattern, **Quarterly Journal of Royal Meteorological Society**, 132, 2009-2030, 2006
- 〔図書〕 (計 1 件)
- 1) **立花義裕・本田明治編**, オホーツク海の気象-大気と海洋の双方向作用-. 気象研究ノート, **214**, 184pp, 2008.
- 〔その他〕
- WEB PAGE
<http://www.bio.mie-u.ac.jp/kankyo/shizen/lab1/>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
 立花 義裕 (TACHIBANA YOSHIHIRO)
 三重大学・大学院生物資源学研究所・教授
 研究者番号 : 10276785
- (2) 研究分担者
- (3) 連携研究者
 中村 尚 (NAKAMURA HISASHI)
 東京大学・理学研究所・准教授
 研究者番号 : 10251406
- 猪上 淳 (INOUE JUN)
 独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境観測研究センター・研究員
 研究者番号 : 00421884