

MIROC-ESMを用いた過去1000年シミュレーションにおけるシベリア雪氷圏の変動 The variation of the Siberian cryosphere in the Last Millennium experiment using MIROC-ESM

末吉 哲雄^{1*}, 大垣内 るみ¹, 吉森 正和², 羽島 知洋¹, 近本 めぐみ³, 阿部 学⁴, 岡島 秀樹¹, 齋藤 冬樹¹, 大石 龍太², 山本 彬友², 渡邊 真吾¹, 河宮 未知生¹, 阿部 彩子²

Tetsuo Sueyoshi^{1*}, Rumi Ohgaito¹, Masakazu Yoshimori², Tomohiro Hajima¹, Megumi O. Chikamoto³, Manabu Abe⁴, Hideki Okajima¹, Fuyuki SAITO¹, Ryouta O'ishi², Akitomo Yamamoto², Shingo Watanabe¹, Michio Kawamiya¹, Ayako Abe-Ouchi²

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² 東京大学大気海洋研究所, ³ ハワイ大学国際太平洋研究センター, ⁴ 国立環境研究所
¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ² Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo,
³ International Pacific Research Center, University of Hawai'i, ⁴ National Institute for Environmental Studies

1. はじめに

本研究では、MIROC 開発チームによって開発されている地球システム統合モデル MIROC-ESM を用いた過去 1000 年再現実験 (Last Millennium Experiment: 以後 LM と略記) の結果を解析し、モデルで再現される雪氷圏の応答を確認するとともに、可能な範囲で古気候指標データとの比較を行う。この実験で扱う西暦 850 年以降の期間には、ヨーロッパ地域が中世にやや温暖だったとされる「中世温暖期」や、ほぼ全球的に寒冷な気候が続いたとされる「小氷期」が含まれており、特に雪氷圏に関しては、小氷期の気候がどの程度再現されるかが課題になる。

2. モデルと境界条件

2.1 モデルの構成

本研究で用いるモデルは、東京大学・海洋研究開発機構・国立環境研究所を中心に継続的に開発が行われている大気海洋結合大循環モデル MIROC を地球システムモデル化した、MIROC-ESM(*1) である。水平解像度 T42 (2.8°格子)・80 層の大気モデルと中解像度 (0.5-1°×1.4°) の海洋モデルをベースに、6 層 14m の 1 次元陸面モデル MATSIRO、陸上動態植生モデル SEIB-DGVM、エアロゾル輸送モデル SPRINTARS、及び海洋生態系モデルを統合したものである。陸面モデルでは、雪面・氷床上での融解水によるアルベド低下、並びにダストおよびブラックカーボンの沈着によるアルベド低下を考慮している。

2.2 初期値と境界条件

実験設定は Paleoclimate Modelling Intercomparison Project Phase III (PMIP3) の仕様に従い、西暦 850 年から西暦 2000 年まで、時間変化する境界条件を与えて時間発展問題として実施した。与える境界条件は軌道要素、太陽の日射量変動、火山活動の影響、温室効果ガス濃度が含まれる。本実験では大気 CO₂ 濃度については強制条件とせず、炭素循環コンポネントが予報した値を大気モデルの放射過程で参照する、CO₂ 濃度予報実験とする。

初期値としては、大気海洋陸面とも、Preindustrial Control と呼ばれる 1850 年条件の標準実験から開始してスピニングを行った。西暦 850 年と 1850 年では強制条件の値が似通っており、地形などの境界条件に変更はないため、60 年分のスピニングで大気物理場が平衡に達したのちに本実験へと移行した。

3. 予備的な結果と今後の展望

得られた結果の中から、シベリア地域の雪氷圏に関わる変数について予備的な解析を行った。

20 世紀の温暖化は顕著であり、これにともなって積雪量の減少が起きていることが示されている。降水量全体としては変化は少なく、降水中の雨/雪比率の違いが原因である。この結果は、流出量の季節変動にも影響している。

一方、この実験では小氷期は顕著には現れておらず、これは今回の実験仕様で太陽放射の復元が変化の少ないものになったことに起因していると考えられる。

参考文献

*1) Watanabe, et al. (2011): MIROC-ESM: model description and basic results of CMIP5-20c3m experiments, Geosci. Model Dev. Discuss., 4, 1063-1128, 2011

キーワード: 地球システム統合モデル, 過去 1000 年, 気候変動, 雪氷圏

Keywords: Earth System Model, Last Millennium, climate change, cryosphere

東シベリアタイガ-ツンドラ境界の環境傾度と植物の分布

Vegetation distribution along environmental gradient at taiga-tundra boundary ecosystem in eastern Siberia

両角 友喜^{1*}, 梁 茂¹, 新宮原 諒¹, 鷹野 真也¹, 鄭 峻介¹, 杉本 敦子¹

Tomoki Morozumi^{1*}, Maochang Liang¹, Ryo Shingubara¹, Shinya Takano¹, Shunsuke Tei¹, Atsuko Sugimoto¹

¹ 北海道大学大学院環境科学院/地球環境科学研究所

¹ Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University

北極圏における気温上昇に伴い予想される北極生態系の変化について、北極圏の生態系は炭素の蓄積や温室効果ガスの放出に大きな役割を果たしており、気候変動の影響を強く受けるとし、さらに気候変動による北極圏森林限界の北上を予想されている。これらの気候変動をうけて、物質循環の観点から北極圏陸上生態系の変化の研究がアラスカや北欧をはじめ各地でなされているが、世界最大最深の永久凍土帯であり、広大な森林を持つシベリアの森林限界域における研究はまだそれほど多くはない。そこで、本研究は北極圏のタイガ-ツンドラ植生の境界にみられる森林限界域のカラマツ林において、環境変動による生態系の変化をとらえることを目指し、森林限界での環境傾度に対する植生分類と植物種の分布に大きな影響を及ぼす植物種を探ること、植生に関わる物質循環を読み解くために植物の化学的な環境応答の解析を行った。

ここでは植生と環境傾度の対応関係の解明をめざし、典型的な植生を含むトランセクトにおいて種とバイオマスの分布の特徴を土壌水分に着目し植物葉の炭素及び窒素含有量・同位体比と合わせて調べた。

水分環境傾度に沿って植物種の分布を見ると、分布する水分傾度の広さは植物種ごとに異なっていた。ここでは植生を4つの群落タイプに分けることができ、最も乾燥した場所で Tree mound(Larix, Orthilia etc.)、Shrub(Betula etc.)、Sphagnum(Petasites etc.)、最も湿潤な Hollow (Carex etc.) となった。また、水分傾度の中間域にミズゴケが優占することで、コケを除く植物の葉面積や乾重量が減少した。

Rubus(キイチゴ属)を除く草本植物、ヤナギ、ミズゴケ及びその他の蘚苔類は湿潤な場所で生育するものほど delta 13C が高くなる傾向は見られた。

分類群ごとの delta 15N 値の違いは共生根菌のタイプに依存すると考えられている。水分との関係では、ヤナギについて N 含量は湿潤になるにつれて減少した。同じく水分中間域において、草本及び木本双子葉類、蘚苔類は、N 含量が減少し優先するミズゴケが優占し、N 循環の違いをもたらしていると考えられる。

キーワード: 北極圏植生, 炭素窒素同位体, カラマツ林, 環境傾度, 生態系変動, 泥炭湿原

Keywords: arctic vegetation, C / N isotope, Larch forest, environmental gradient, ecosystem change, peatland

東シベリアのカラマツ林2サイトにおける過去150年間のカラマツ年輪幅と炭素同位体比 Tree growth and tree-ring delta-13C over the past 150 years at two larch forests in eastern Siberia

鄭峻介^{1*}, 杉本敦子², 米延仁志³, Maximov Trofim⁴
Shunsuke Tei^{1*}, Atsuko Sugimoto², Hitoshi Yonenobu³, Trofim Maximov⁴

¹ 北海道大学大学院環境科学院, ² 北海道大学地球環境科学研究所, ³ 鳴門教育大学大学院学校教育研究科, ⁴ Institute for Biological Problems of Cryolithozone of Siberian Branch of Russian Academy of Science

¹Graduate School of Environmental Science., Hokkaido Univ., ²Faculty of Environmental Earth Science., Hokkaido Univ., ³College of Education, Naruto University of Education, ⁴ Institute for Biological Problems of Cryolithozone of Siberian Branch of Russian Academy of Science

Global climate change scenarios predict an increase in average global precipitation in the present century and this change will be most pronounced in high latitudes [IPCC, 2007]. Previous studies reported that decrease in precipitation with global warming cause quite severe drought stress and consequently significant reduction of tree growth [e.g. Barber et al., 2000; Sarris et al., 2007]. However, it is not clear whether increase in precipitation causes better tree growth even under global warming, especially in dry region like as eastern Siberia. Here, we report an analysis of larch tree-ring width and delta-13C over the past 150 years in eastern Siberian.

Radial growth and delta-13C of larch tree rings were measured at two larch dominated forests; Yakutsk (YK; 62N, 129E) and Elgeei (EG; 60N, 133E) in eastern Siberia.

Negative responses of larch tree growth to summer temperature were observed in YK for the past 100 years, which may be explained as temperature-induced drought stress [Barber et al., 2000]. On the other hand, larch trees in EG had shown no negative response to summer temperature probably due to large summer precipitation until 1990. However, the negative response with rapid temperature rise was observed after 1990 even in EG. Since 1990, higher tree ring delta-13C revealed iWUE (intrinsic water-use efficiency) improvements at both two sites sharply. These results indicate that higher temperature after 1990 cause more severe drought resulting in great improvement of iWUE and reduction of tree growth, suggesting that the improvement of iWUE seem to be insufficient to compensate for the negative effects of the increasing water limitation on growth.

Therefore, even if precipitation increases, reduction of larch tree growth and in consequence the fall of the carbon assimilation of a forest in eastern Siberia under global warming might be expected.

キーワード: タイガ林, カラマツ, 年輪, 炭素同位体比, 温暖化, 乾燥

Keywords: Taiga forest, Larch, Tree ring, Carbon isotope ratio, Global warming, Drought

東シベリアカラマツ林における二酸化炭素吸収特性 - 群落構造と地中環境の影響 Carbon dioxide exchange of larch forest at eastern Siberia - effect of canopy structure and soil environment

林美晴¹, 小谷 亜由美^{1*}, 太田 岳史¹
Miharu Hayashi¹, Ayumi Kotani^{1*}, Takeshi Ohta¹

¹ 名古屋大学生命農学研究科

¹ Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University

東シベリア地域の2ヶ所の森林における二酸化炭素フラックスの観測値を用いて、群落CO₂吸収量の環境応答の比較と、その時間変動に対する影響要素の抽出を行なった。いずれの森林も高木のカラマツを中心に、中・低木のシラカンバやヤナギで構成されるが、樹高や植物量、樹種構成には違いがある。2サイト間では大気環境の違いは小さいが、土壌特性には違いがあり凍土融解や土壌水分量が異なる。2サイトでの個葉スケールの光合成能力には違いがみられなかったが、群落CO₂吸収量には最大1.5倍の違いがあり、群落内の葉量の違いによるものと考えられる。群落CO₂吸収量の環境応答を比較すると、光合成有効放射量、気温、大気飽差に対する応答に違いがみられた。カラマツの樹冠面積が比較的大きく、林内の中・低木の樹冠への透過光が少ないサイトではカラマツの応答特性が、カラマツの樹冠が疎で林内への透過光が比較的大きいことに加えて、シラカンバの構成比が大きいサイトではシラカンバの応答特性が、群落スケールの応答に現われていた。夏季の群落CO₂吸収量の変動を説明する環境要素を重回帰分析(変数選択)によって抽出したところ、上記のカラマツ応答のサイトでは光合成有効放射量が、シラカンバ応答のサイトでは地温が、CO₂吸収量の変動を説明する主要因であった。また、サイト間の違いも含めた変動を説明する要素は、主に土壌水分と地温であった。

キーワード: 東シベリア, 北方林, 群落光合成

東シベリアタイガ ツンドラ境界における凍土及び表面水の安定同位体比の観測 Observations on stable water isotopes in permafrost and surface water in taiga-tundra boundary ecosystem of northeastern

鷹野 真也^{1*}, 岩花 剛², 鄭 峻介¹, 新宮原 諒¹, 杉本 敦子³

Shinya Takano^{1*}, Go Iwahana², Shunsuke Tei¹, Ryo Shingubara¹, Atsuko Sugimoto³

¹北海道大学大学院環境科学院, ² アラスカ大学国際北極圏研究センター, ³ 北海道大学大学院地球環境科学研究院

¹Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, ²IARC, University of Alaska, ³Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University

ユーラシア大陸北東部に位置する東シベリアは世界最大の永久凍土帯であり、永久凍土は東シベリアの水循環システムの中で重要な役割を担っている。東シベリアを北極海に向かって流れる Indigirka 川は流域が北極圏内にあり、中下流域に低地が広がっている。地球温暖化により永久凍土のシステムの攪乱が懸念されているが、それにより水循環や物質循環、植生の変化にまで影響が及ぶ可能性があり、低地の広がる Indigirka 中下流域ではその影響が極めて大きいと予想される。永久凍土帯での水循環システムや水の安定同位体比を用いた研究は報告されるようになってきたが、東シベリアでの研究例はまだ少なく、知見は極めて限られている。そこで本研究では 2009~2012 年に、Indigirka 下流部の村 Chokurdakh 周辺に 6ヶ所の観測サイトを設定し、河川と陸の間の水の動き、及び氷の形成と融解過程を明らかにすることを目的として河川水や土壌水、凍土の水(氷)、降水を採取し、その水素・酸素同位体比を測定した。また地温・土壌水分の他に植生や微地形、比高を観測した。

観測サイトには湿地の景観のエリア (wet area) と、ヤナギ等の低木やカラマツが生育するハンモック (ここでは tree mound と呼ぶ) が広がっている。観測サイトのうち集中観測を行った K サイトにおいて、異なる植生・地形を含んだトランセクトを設定し、約 1m の永久凍土コアを採取した。2011 年は 30m のトランセクトで 6m 毎、2012 年は 15m のトランセクトで 3m 毎に採取した。

2010~2012 年における Indigirka 本流の同位体比は、融雪が起こり流量が増え始める 5~6 月に急激に低下し、流量がやや減った夏に上昇するという規則的な季節変化を示した。2011 年夏期に Indigirka 支流の水同位体比が本流と同程度の値を示し、7 月末に急上昇した。これは 2011 年の河川水位が高かったため、本流の水が支流に逆流したと考えられる。

融解層と永久凍土層の土壌水(氷)の同位体比は上部の植生と微地形に対応した特徴が見られた。サンプリングサイトごとに差が見られたが、全体として深度が増すにつれて低下する傾向が見られた。tree mound の地下には氷の豊富な層が見られ、wet area の地下にはあまり見られなかった。氷が豊富で含水率が高い層では 値の上昇が見られ、これは凍結フロントに水が移動し、同位体分別が起こったためだと考えられる。2011 年トランセクトでは tree mound の融解層内の土壌水同位体比に特徴的なピーク(低い 値)が見られ、直下の凍土層の氷にも 値の低下が見られた。これは同位体比の低い水が表層から融解層下部へ浸透し、凍結層上部で再凍結した可能性を示唆している。一方、湿地においては全ての年で融解層や凍結層上部の水同位体は比較的 low、鉛直方向の変動幅は小さかった。また、融解層及び凍結層上部の水同位体比が低い 値と高い d-excess を示したことで、それらの起源となる水が融雪水である可能性が示唆された。

キーワード: 東シベリア, インディギルカ川, 水安定同位体比, 永久凍土

Keywords: eastern Siberia, Indigirka river, stable water isotopes, permafrost

アラスカのクロトウヒ林における光合成有効放射吸収率の空間依存特性の解析 Spatial scale-dependent characteristics of the fraction of absorbed photosynthetically active radiation

小林 秀樹^{1*}, 鈴木力英¹, 永井信¹, 中井太郎², 金龍元²

Hideki Kobayashi^{1*}, Rikie Suzuki¹, Shin Nagai¹, Taro Nakai², Yongwon Kim²

¹ 海洋研究開発機構, ² アラスカ大学フェアバンクス校国際北極圏研究センター

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²International Arctic Research Center, University of Alaska Fairbanks

The fraction of absorbed photosynthetically active radiation (FAPAR) is a ratio of absorbed PAR to incident PAR in plant canopies and is an important vegetation parameter and is widely used for the gross primary production estimation. The absorbed PAR and incident PAR are both sphereradiance (actinic fluxes). The FAPAR definition that ignores the horizontally incident PAR component (FAPAR1d) results in unrealistic FAPAR estimates in heterogeneous forest when looking at high spatial resolution. We investigated the spatial-scale dependence of the relationship between FAPAR1d and the normalized difference vegetation index (NDVI) in highly heterogeneous Alaskan black spruce forest. We collected most of the necessary forest structural datasets used for three-dimensional radiative transfer simulation. At high spatial resolutions (0.1 m), FAPAR1d reaches 6. As the pixels are merged, it converges on the domain-average values. To estimate a domain-average FAPAR from satellite data, 5-meter or coarser resolution is required in sparse forests, depending on the canopy structural conditions and solar geometry.

キーワード: リモートセンシング, 極域, 放射計算

Keywords: remote sensing, polar region, radiative transfer

衛星リモートセンシングによるアラスカの陸域生態系のフェノロジー観測に関する地上検証

Ground-truthing for phenological observations by using satellite remote sensing in terrestrial ecosystem in Alaska

永井 信^{1*}, 中井太郎², 小林秀樹¹, 鈴木力英¹, 金龍元²

Shin Nagai^{1*}, Taro Nakai², Hideki Kobayashi¹, Rikie Suzuki¹, Yongwon Kim²

¹ 海洋研究開発機構地球環境変動領域, ² アラスカ大学フェアバンクス校国際北極圏研究センター

¹Research Institute for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²International Arctic Research Center, University of Alaska Fairbanks

Satellite remote-sensing is a useful tool to detect seasonal and interannual variations in sub- and Arctic terrestrial ecosystems with a high spatio-temporal resolution. However, from the *in situ* ecological research view point, the satellite remote-sensing approach has not been sufficiently tested and validated by ground-truthing. We examined the relationships between seasonal patterns of camera-based canopy surface indices, eddy-covariance-based gross primary productivity (GPP) and satellite-observed vegetation indices at a daily time step by performing field studies in an open canopy black spruce (*Picea mariana*) forest in Alaska. The ratio of the green digital number to the total digital number, green-excess index, hue (in the hue, saturation, and intensity colour model), GPP, satellite-observed normalized difference vegetation index (NDVI), enhanced vegetation index (EVI) and green-red vegetation index (GRVI) showed bell-shaped seasonal patterns (increasing in spring and decreasing in autumn) and their correlations were detected. Although the upper layer of forest is fully covered by evergreen black spruce, canopy surface images mainly detected seasonal changes in forest-floor vegetation (*Sphagnum* moss and shrubs) and snow cover on the forest floor. These facts suggest the importance of the seasonal patterns of forest canopy and floor status for the observations of satellite-remote sensing in sparse boreal forest in Alaska. Further consideration of parameters such as the degree of canopy openness and the seasonal changes in forest-floor vegetation will therefore be required to accurately detect the intra- and interannual phenological changes in sub- and Arctic ecosystems by using the satellite remote-sensing approach.

キーワード: 衛星リモートセンシング観測, 地上検証, 植生フェノロジー, アラスカ

Keywords: satellite remote sensing, ground-truthing, phenology, Alaska

衛星観測による GRENE 北極プロジェクト各観測点の年々変動および地域差 Interannual and regional variations of GRENE Arctic observation sites by Satellite

アリマス ヌアスムグリ^{1*}, 榎本 浩之¹, 高橋修平², 亀田貴雄²
Nuerasimuguli Alimasi^{1*}, Hiroyuki Enomoto¹, Shuhei Takahashi², Takao Kameda²

¹ 国立極地研究所, ² 北見工業大学

¹National Institute of Polar Research, ²Kitami Institute of Polar Research

2011年度よりグリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス (GRENE) 北極気候変動研究プロジェクトが開始し、北極圏の各地で雪氷に関わる観測開始した。マイクロ波放射計のデータを用いて観測地点の積雪期間、融雪期間、凍結開始などの観察を行った。北極研究プロジェクトで注目する北極圏の雪氷情報の取得、観測地域や観測時期の確認などを行ない、地域差や年々変動の特徴をつかむ。

観測地域は北極域の GRENE 北極プロジェクトの雪氷及び陸域観測サイトおよび関連サイトであり、地域差の確認のために、アラスカ、グリーンランドではそれぞれ南北および東西の観測トランセクトを設定して、アラスカ南北の地域差やグリーンランド氷床の高度別の地位差を観測した。シベリアでは内陸/沿岸、高山の違い、北極海沿岸では結氷との比較も見られるようサンプリングサイトを選んでマイクロ波データを抽出した。

キーワード: 北極, 積雪, 衛星観測, GRENE 北極プロジェクト

Keywords: Arctic, snow, satellite observation, GRENE Arctic project

北極域での地表面熱水収支の広域長期変動の解析

Large-scale analysis on long-term changes in the energy-water balance in the Arctic

高田 久美子^{1*}, 徐 健青³, 原 政之³, 野沢 徹²

Kumiko TAKATA^{1*}, Jianqing Xu³, HARA, Masayuki³, Toru Nozawa²

¹ 国立極地研究所, ² 国立環境研究所, ³ 海洋研究開発機構

¹National Institute of Polar Research, ²National Institute for Environmental Studies, ³Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

地表面の熱水収支は、大気の下端条件を左右し、地表面付近の気候に大きな影響を及ぼす。これまで、気温と降水量を組み合わせた経験式による干ばつ指数を用いた研究や、地表気温による変動解析が行われてきた。一方、熱収支式に基づいて算定した気候湿潤度 (WI, Kondo and Xu, 1997) を用いた研究では、中国のステーションデータを用いて気候区分や植生分布とよく対応することが示されている (Xu et al., 2005) ほか、全球再解析データを用いて NDVI や植生タイプの分布との関係が示されている (Suzuki et al., 2006)。

WI は、可能蒸発散量 (Ep) と、降水量 (Pr) との比 (Pr/Ep) で定義され、Ep は地表面熱収支式：

$$R_{net} = H + E_p$$

から、一様な浅い水面 (e.g. 田植え直後の水田) を仮定したパラメタを用いて算定する。Ep は月平均で算定し、地中熱流量は 0 と仮定する。本研究では、長期全球データを用いて WI を算定し、広域スケールでの変動特性を明らかにすることを目的とし、北極域に着目して WI の長期変動の特徴を解析した。

Ep を算定する入力データは地上の気温、湿度、風速、下向き放射 (日射 + 赤外)、気圧で、NCEP による全球再解析データ NRP を用い、降水量は GPCC を用いて、月平均値で算定する。北半球の水文年を考慮して、前年 11 月?10 月までの年間 Pr と年間 Ep から年間 WI を算定し、解析期間は 1951-2010 年とした。

全球陸上を Sheffield and Wood (2007) を参考に 26 地域に分け、地域毎に WI、Pr、Ep の長期トレンドを直線回帰により調べた。北緯 45 以北の地域のうち、2 要素以上で 60 年間のトレンドが RMSE より大きくなったのは北欧と東シベリアだった。北欧では、WI にトレンドが無かったが、Pr と Ep には正トレンドがあり、これらが打ち消し合ったと考えられる。東シベリアでは、WI に負トレンド、Ep に正トレンドがあった。WI は、その定義 (Pr/Ep) から、通常 Pr の変動の影響を寄り強く受けるが、東シベリアでは Pr のトレンドが小さく、Ep の正トレンドによって WI が負トレンドを示したと考えられる。

WI は、これまでに用いられてきた経験的な式やパラメタを用いた干ばつ指数と異なり、熱収支式に基づいて算定していることから、その定義式を用いてトレンドをもたらしている要因について定量的な評価ができる可能性がある。今後は、変動要因の定量評価を試みるとともに、トレンドを算定する期間やトレンドの有意性について検討を進める予定である。

(謝辞：本研究の一部は、GRENE 北極気候変動研究事業によって実施された。)

キーワード: 地表面熱水収支, 長期変動, 北極域, 広域解析

Keywords: surface energy-water balance, long-term changes, Arctic regions, large-scale analysis

Diagnostic analysis of temperature changes in the Arctic region Diagnostic analysis of temperature changes in the Arctic region

Alexandre Laine^{1*}, Abe-Ouchi Ayako¹

Alexandre Laine^{1*}, Abe-Ouchi Ayako¹

¹AORI, University of Tokyo

¹AORI, University of Tokyo

The Arctic region is experiencing one of the greatest warming on Earth and is expected to continue doing so in the near future. Because of the specificities of its climate, especially in terms of snow and sea-ice cover, the mechanisms associated with this warming are partly different from the ones of other regions in the world. One obvious contribution comes from albedo effect due to sea-ice retreat, but other specific mechanisms are possibly linked with this specific thermal response, e.g. in terms of cloud cover changes.

In this study, we decompose the surface energetic fluxes locally in order to consider the different factors influencing the temperature changes at the surface. The relative role of the different factors is considered for the Arctic region and for the whole globe separately in order to highlight the specificities of the Arctic warming.

キーワード: Arctic, Surface energetics, climate warming, temperature change

Keywords: Arctic, Surface energetics, climate warming, temperature change

海水分布が地上気温に与える影響評価

Influences of the sea ice concentration and sea surface temperature to the atmosphere

寺崎 康児^{1*}, 田中 博²

Koji Terasaki^{1*}, Hiroshi Tanaka²

¹ 国立極地研究所, ² 筑波大学計算科学研究センター

¹National Institute of Polar Research, ²Center for Computational Sciences, University of Tsukuba

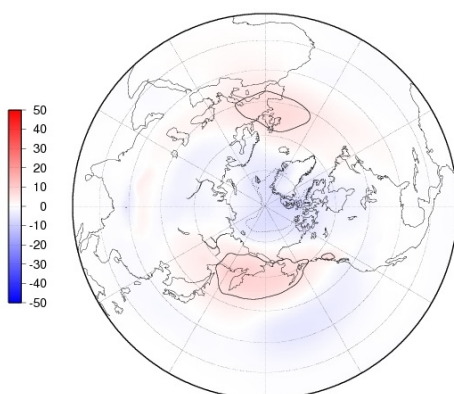
Since 1980s the sea ice extent in the Arctic Ocean has been decreasing. It is important for the climatology in the Arctic whether the sea ice exists or not. The purpose of this study is to investigate the differences of the influences to the atmosphere due to the different conditions in sea ice concentration and sea surface temperature with global atmospheric model NICAM (Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model).

Two experiments will be carried out. One is that the monthly climatology of the sea ice concentration and sea surface temperature is used as the boundary condition (normal year), and the other is that the monthly data of them in 2007 is used (less sea ice year). The time integration will be conducted for 50 years for each experiment. The sea ice concentration, sea ice mass and sea surface temperature are fixed within each month during the integration. The horizontal resolution is 112 km (glevel-6) and 40 points are taken for the vertical grid. The experiment is now in progress.

Surface air temperature over the Arctic Ocean on 2007 Experiment is much higher than that on climatological experiment especially in winter. The difference in horizontal distribution of the surface air temperature in summer season is very small compared to in winter season. The maximum difference locates where the sea ice does not exist on September but on January. The strong warming over the Arctic Ocean occurs, the difference is more than 10 degree Celsius. It is found that differences of the sea level pressure in September and January between 2007 experiment and climatological experiment shows positive AO (Arctic Oscillation) distribution, which indicates positive anomaly in mid-latitudes and negative anomaly in Arctic region.

キーワード: 北極温暖化増幅, 北極振動, NICAM, 海水

Keywords: Polar amplification, Arctic Oscillation, NICAM, Sea ice



西部北極海の淡水寄与と栄養塩分布 Freshwater and nutrient distribution of the western Arctic Ocean

平山 翔子^{1*}, 張 勁¹, 成田 尚史², 西野 茂人³, 川合 美千代⁴, 菊池 隆³, 島田 浩二⁴

Shoko Hirayama^{1*}, Jing Zhang¹, Hisashi Narita², Shigeto Nishino³, Michiyo Yamamoto-Kawai⁴, Takashi Kikuchi³, Koji Shimada⁴

¹ 富山大学, ² 東海大学, ³ 海洋研究開発機構, ⁴ 東京海洋大学

¹University of Toyama, ²Tokai University, ³Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ⁴Tokyo University of Marine Science and Technology

近年、北極海での夏季の海氷面積の減少は顕著であり、2012年には、最小記録を更新した。それまで海氷が制限していた熱・物質交換がなくなることで、海洋環境の大きな変化が懸念されている。夏季の海洋環境は冬季の海氷生成にも影響するため、その実態を把握することは重要である。

本研究では、海氷の生成・融解を支配している要因として淡水寄与の影響を評価すること、栄養塩環境として海底堆積物中の間隙水が海水中に及ぼす影響を評価することを目的とした。試料は2000・2004・2012年の夏季(9-10月)に海洋地球研究船「みらい」で採取された水試料(2000・2004年)及び堆積物から採取した間隙水試料(2000・2012年)を利用した。CTDデータ(水温・塩分・溶存酸素)・栄養塩データの解析および酸素同位体比(測定誤差:±0.04)を使用した。

2004年と2012年の水温・塩分を比べると、塩分に差がないのに対し、水温が2℃上昇していた。この水温変化は、淡水寄与による塩分の供給では補えない上昇分であった。ベーリング海峡～カナダ海盆を縦断する西経168度の観測点では、陸棚上で低塩の海水が密度躍層を形成しており、特に2012年9月で顕著で、密度差は大きかった。密度躍層以浅で河川水・海氷融解水・海水の混合割合を算出した結果、2004年では河川水起源の淡水は10%以下でそのほとんどが海水起源の太平洋水であったのに対し、2012年9月では15～30%の河川水起源の淡水が流入していて、10月でも表層で約10%の淡水が流入していることがわかった。2012年の観測結果から、陸棚域海底付近で溶存酸素濃度が9月から10月にかけて低下した。これは、淡水の流入強化による結果と考えられた。

溶存無機窒素(DIN)と溶存無機リン(DIP)の比(塩分33以下でDIP1以上)を、緯度で比較したところ、ベーリング海峡から北上するにつれて、その比が大きくなった(海峡:11.8, 陸棚:13.5, 海盆:14.2)。この結果から、ベーリング海峡を流入した海水は北上するにつれてDINの大きな水と混合している可能性が示唆された。2012年に堆積物試料から採取した間隙水中の栄養塩濃度は、DINで29.3～1241μmol/kg, DIPで0.9～7.17μmol/kgで、底層水(海底直上～1m)のDINの16.1～49およびDIP1.04～3.3μmol/kgと比べて有意に高いことから、チャクチ海内で堆積物試料からのDINの付加がある可能性が高い。

キーワード: 西部北極海, 淡水寄与, 栄養塩, 酸素同位体比

Keywords: Western Arctic Ocean, freshwater distribution, nutrient, oxygen isotope ratio

鉛直1次元熱力学モデルによる北極海の海氷の経年変動の解析 Simulations of interannual variations in Arctic sea ice thickness with a one-dimensional vertical thermodynamic model

森本 有利恵^{1*}, 山根 省三²
Yurie Morimoto^{1*}, Shozo Yamane²

¹ 同志社大学工学研究科, ² 同志社大学理工学部

¹Graduate School of Engineering, Doshisha University, ²Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

Recently, Arctic sea-ice in summer decreases and the rate of decrease increases. The decrease of Arctic sea-ice affects on the climate not only in Arctic region but also in mid-latitudes, such as Japan. We have investigated the factors affecting on the interannual variations in sea ice thickness around Arctic sea ice by means of numerical experiments with a one-dimensional vertical thermodynamic model, introduced by Bitz and Lipscomb (1999). The model needs four surface flux inputs to calculate the temporal variations of sea ice thickness: downward shortwave radiation, downward longwave radiation, sensible heat, and latent heat. These four inputs are generated from the daily Japanese 25-year Reanalysis (JRA-25) and JMA Climate Data Assimilation System (JCDAS) from 1979 to the present, averaging over the area of 75-90N and 135-225E. The influences of each surface flux input on the interannual variations in sea ice thickness have been examined by conducting numerical experiments with some inputs for some seasons replaced by their 33-year daily climatology. The interannual variability and trend of the sea ice thickness in the control experiment, with all four inputs having interannual variability in all times, are in reasonable correspondence with those of the observed sea ice extent in the area. It is found that this correspondence is mainly attributed to the interannual variations in summertime longwave radiation, and that the interannual variations in summertime shortwave radiation play a role in suppressing the influences of longwave radiation. The recent decrease in sea ice extent brings the increase in upward sensible and latent heat flux from the ocean, and promotes the formation of thick sea ice in cold seasons. However, the promotion is almost canceled by the simultaneous increase in downward longwave radiation, presumably owing to the increase in air temperature and water vapor content. The results obtained with the model exhibits a strong sensitivity of the interannual variations in sea ice thickness to summertime (June and July) downward radiations.

キーワード: 鉛直一次元モデル, 海氷厚さ, 熱収支, 経年変動

Keywords: one-dimensional vertical model, sea ice thickness, heat balance, interannual variability

MODIS データを用いたグリーンランド氷床表面温度と表面反射率の時間変化 Recent temporal change of Greenland ice sheet surface temperature and reflectance derived from MODIS data

島田 利元^{1*}, 竹内望¹, 青木輝夫²

Rigen Shimada^{1*}, Nozomu Takeuchi¹, Teruo Aoki²

¹ 千葉大学, ² 気象研究所

¹Chiba University, ²Meteorological Research Institute

Rapid Arctic climate changes are reported in recent decades. Greenland ice sheet holds approximately 10% of the fresh water on earth. If it melts all, sea level rises about 7.2meter. It is reported that mass of Greenland ice sheet is decreasing with temperature rising of climate change. However many climate models aren't able to simulate the recent melting of snow and ice in the Arctic including Greenland. One of the possible causes is albedo reduction of snow and ice surface by light absorbing snow impurities such as black carbon and dust and by glacial microorganisms. In addition, there are reports that the dark region darkened with glacial microorganisms has emerged in the southwestern part of Greenland (Wientjes and Oerleman., 2010). However there are few researches for effect of glacial microorganisms in wide area. So it is important to clarify the impact of glacial microorganisms in wide area.

The goal of this study is to clarify the effect of microorganism on Greenland ice sheet surface temperature change using satellite images and observation carried out in northwestern Greenland.

In this paper, we show the temporal change of monthly average ice sheet surface temperature derived from MODIS/Aqua July in recent years, from 2002 to 2010.

We use MODIS LST Product as ice sheet surface temperature. It estimates land surface temperature using Land Surface Temperature Algorithm based on split window method (Wan et al., 1996). We analyzed surface temperature on dark region (68.45N, 49W), downstream of dark region (68.45N, 50W) and upstream of dark region (68.45N, 48W).

Monthly average ice sheet surface temperature is falling in recent years around dark region. The rate of temperature change on downstream is -0.08 degree Celsius per year and the rate of temperature change on upstream is -0.07 degree Celsius per year. The rate of temperature change on dark region is -0.007 degree Celsius per year, it shows less change than the other area. It is considered that low surface reflectance advances solar radiation absorption caused by glacial microorganism. Cooling on the other area seems to be caused by appearance of low temperature ice body under the snow cover especially downstream of dark region. Low temperature ice body controls glacial microorganism growth. Cooling trend on downstream of dark region is caused by suppression of glacial microorganism.

In the future, in order to clarify the relationship between temperature change and glacial microorganism, we will develop product to determine the quantity of glacial microorganism by satellite images.

キーワード: グリーンランド, 表面温度, 反射率, 雪氷微生物

Keywords: Greenland, Surface temperature, Reflectance, Glacial microorganism