

最終氷期以降における西南極氷床の融解史：批判的レビュー

Retreat history of West Antarctic Ice Sheet after the last glacial maximum: A critical review

*大河内 直彦¹

*Naohiko Ohkouchi¹

1. 海洋研究開発機構

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

In the community of Antarctic paleoceanography, it has been long believed that the melting of West Antarctic Ice Sheet (WAIS) started just after the last glacial maximum (LGM), and occurred mainly in the deglaciation period (19-10 kyr BP), a timing of melting of Northern Hemisphere ice sheets such as Laurentide Ice Sheet. In contrast, some geological/geochemical evidences especially from Antarctic Continent have suggested that the melting occurred mainly in the Holocene and even in the latest Holocene. These two contrasting views can be at least partly ascribed to the lack of robust tools for the reconstruction of the ice sheet melting in the sedimentary record. Particularly, chronological framework in the sediments has been a key issue. Our recent evidence with compound-specific radiocarbon dating of the marine sediments suggested that the ice shelf edge in the Ross Sea retreated as large as 400 km during the last 5000 years, confirming above view. In this presentation, I critically review this problem, the timing of melting of WAIS after the LGM. I stress that the importance of precise sediment chronologies for the Antarctic paleoceanography.

南極氷床辺縁部のアイス・ライズとアイス・ランブル：分布と特徴、氷床と棚氷の動力学に与える影響、気候と氷床の変動復元に果たす役割

Antarctic ice rises and rumpled: Their properties and significance for ice-sheet dynamics and evolution

*松岡 健一¹

*Kenichi Matsuoka¹

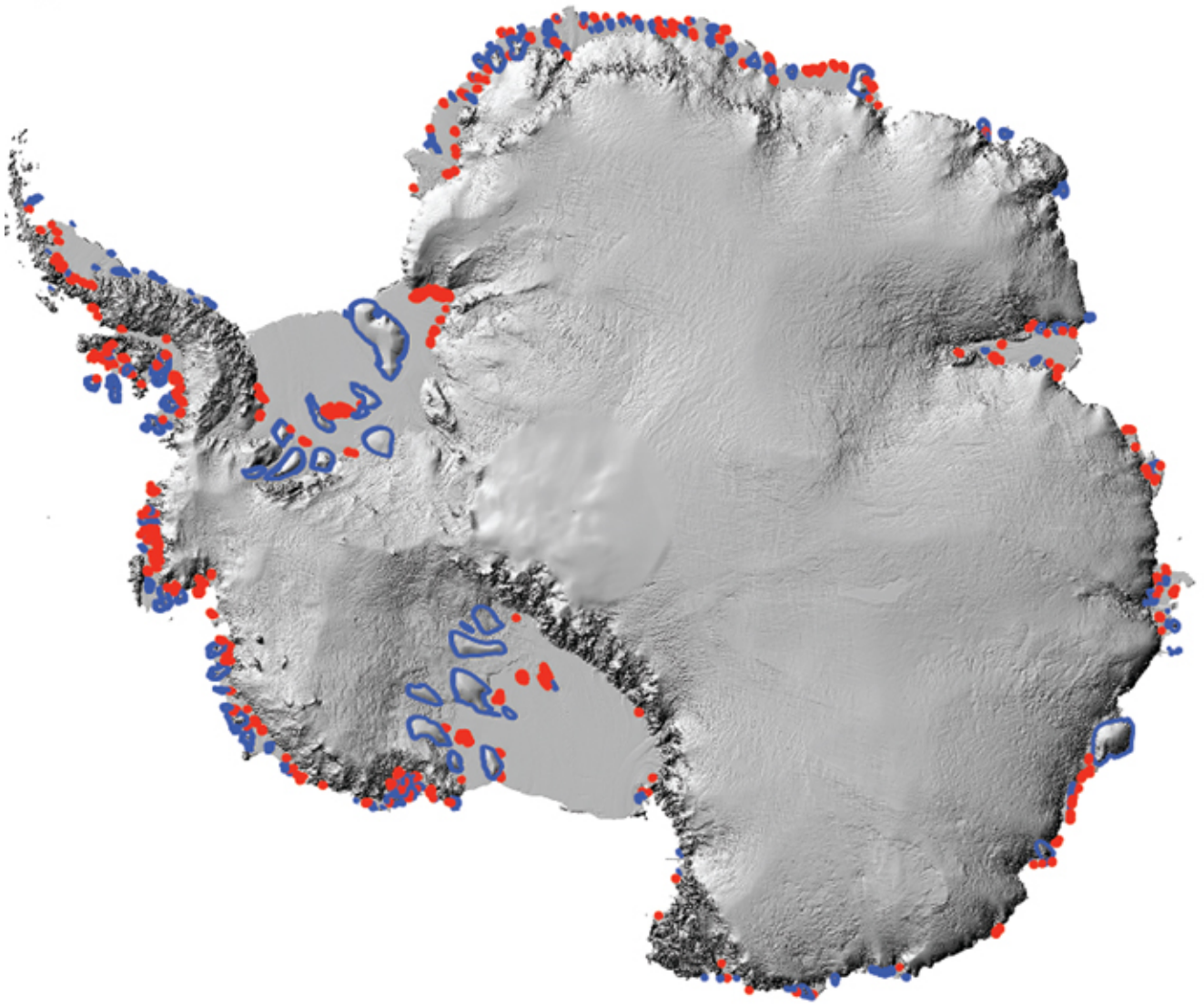
1. ノルウェー極地研究所

1. Norwegian Polar Institute

棚氷に囲まれ局地的に設置している地域（アイス・ライズまたはアイス・ランブルと呼ぶ）は、南極氷床からの氷の流出、すなわち海水準への寄与を抑制する大きな役割を果たしている。本発表では、昨年末に出版されたレビュー論文（Matsuoka and 19 others, 2015, Earth-Science Reviews）のなかから、アイス・ライズとアイス・ランブルの分布と特徴、氷床と棚氷の動力学に与える影響、気候と氷床の変動復元に果たす役割について概要を述べる。添付の図は、本論文で発表したインヴェントリに含まれる、194のアイス・ライズ（青、位置と大きさを示す）と510のアイス・ランブル（赤、位置のみを示す）の分布である。

キーワード：南極氷床、棚氷、アイス・ライズ

Keywords: Antarctic Ice Sheet, ice shelf, ice rise



氷床棚氷モデル IcIES の開発と MISMIP(+) 実験

Development of a numerical ice-sheet/ice-shelf model IcIES
and its performance on the MISMIP(+) experiments

*齋藤 冬樹¹、阿部 彩子²、高橋 邦生¹

*Fuyuki SAITO¹, Ayako Abe-Ouchi², Kunio Takahashi¹

1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所

1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2.Atmosphere and Ocean Research Institute,
The University of Tokyo

Ice sheet model for Integrated Earth-system Studies (IcIES) has
been developed to simulate Greenland and Antarctic ice sheets as
well as paleo-climate studies of past Northern Hemisphere ice
sheets.

Experimental design for Marine Ice-Sheet and Ocean Model Intercomparison Projects
(MISOMIP) has been launched (Asay-Davis 2015, GMDD).

Marine Ice-Sheet Intercomparison Projects third phase (MISMIP+)
is one of the three subprojects of MISOMIP, which focuses on the
comparison among 'stand-alone' ice-sheet/ice-shelf models.

Seven sensitivity experiments are proposed: each of them is a
100-year (optionally 900-year) transient simulation under
prescribed basal melting below ice shelf.

This study reports preliminary tests of MISMIP+ experiments using
IcIES.

キーワード：棚氷、数値モデリング

Keywords: Ice shelf, Numerical modeling

東南極における海洋 - 海氷 - 氷床システムの相互作用と変動の解明

Research of Ocean-ice BOundary InTeraction and Change around Antarctica (ROBOTICA)

青木 茂²、*田村 岳史¹Shigeru Aoki², *Takeshi Tamura¹

1.国立極地研究所、2.低温科学研究所

1.National Institute of Polar Research, 2.Institute of Low Temperature Science

Antarctica and surrounding Southern Ocean are changing. Acceleration of ice mass loss and warming of the coastal ocean in the West Antarctica are the problems of substantial impacts on the global climate system. In the East Antarctica, which has been considered to be stable and attracted relatively less attention, regional characteristics of interactions among climate subsystems have been recently revealed and evidences of variations on various time scales from decades to millennium have been accumulating. Off Wilks Land underneath the Totten Glacier Ice Shelf, whose ice discharge is accelerating, a potential pathway of warm water access has been discovered (Greenbaum et al., 2015). Along the East Antarctic coast, at the same time, sea ice formation and subsequent brine rejection in polynyas, including Cape Darnley Polynya as the head of the list, result in production of Dense Shelf Water and lead to the export of bottom water (Ohshima et al., 2013; Kitade et al., 2014). In the Lutzow-holm Bay off Enderby Land, oceanic temperature variability on decadal time scale was observed, and disintegration/stabilization of the landfast ice and Shirase Glacier Tongue seem to have a quasi-periodicity of one to two decades. In the deep past during the Pliocene when the surface temperature was higher by several degrees than that of the present climate, geological evidence was found for the substantial disintegration of Ice Sheet for the George V Land (Cook et al., 2013). Despite the growing awareness on the importance of ice-ocean interaction and long-term variabilities off the East Antarctic Coast, quantitative descriptions and understandings of the mechanisms are still insufficient. Given the global impact of the coastal variability through the bottom water export, investigations of the mechanisms and variabilities in the East Antarctica are indispensable.

As for the oceans and ice sheets, importance of repeated observations to describe their variabilities and changes, even at an interval of two to three decades, was stressed at least as early as IGY period. From 1976, year-round hydrographic observations have been conducted occasionally in Lutzow-holm Bay by Japanese parties, which provides one of the longest observational records. Together with the asset of long record of tide gauge near Syowa station, Lutzow-holm Bay is the important monitoring site for the description of temporal variability. However, a constant and sustained observation system is not yet established due to the logistic difficulties of sea ice. Even the bathymetric information, which is essential in any discipline of oceanography, is still insufficient. However, recent rapid progress in the techniques of remote autonomous observation and satellite communication are beginning to change this situation. Hence, under the project called ROBOTICA for the coming 9th six-year plan (2016-2023), we plan to utilize state-of-the-art unmanned observations such as under-ice oceanographic, seafloor and cryospheric observations using ROV/AUVs, geodetic network observations of ice/ocean motion and deformation using GPS/ GNSS, and oceanographic observations using tethered and moored profiling observation systems. Combinations with the conventional and robust observational techniques will enable us to acquire the detailed environmental information both in time and space. Implementation of this project can provide us a big step forward for realization of the dream of the sustained observation system around Antarctica. Application of the remote observation techniques to the new horizons such as Totten Glacier and Cape Darnley regions will enhance the understandings of the mechanisms of

different ice-ocean interaction regimes.

氷期の大気中二酸化炭素変動に果たす南大洋の役割

Role of Southern Ocean in glacial atmospheric CO₂ reduction*小林 英貴¹、岡 顕¹、阿部 彩子¹*Hidetaka Kobayashi¹, Akira Oka¹, Ayako Abe-Ouchi¹

1. 東京大学大気海洋研究所

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

過去約 80 万年間の気候は、約 10 万年の周期で温暖な気候と寒冷な気候が繰り返し起こる氷期-間氷期サイクルと呼ばれる気候変動で特徴づけられる。氷期の大気中二酸化炭素濃度(pCO₂^{atm})は、間氷期と比べて約 100 ppmv 低かったことが知られている。これまでにその変動メカニズムに迫るため、海洋大循環モデル(Ocean General Circulation Model: OGCM)を用いた数値実験が多く行われてきたが、モデルでは pCO₂^{atm} の変動を再現することができず、メカニズムの詳細には未解明な点が多く残っている。

古気候プロキシを用いた古気候復元から、約 2 万年前の最終氷期には、南大洋底層に高塩分かつ水塊年齢が非常に古い水が存在していたことが示唆されている。これは、氷期の南大洋は塩分による成層が強く、表層から隔離された深層に多量の炭素が保持されていた可能性を示す。そのため、南大洋は氷期-間氷期の pCO₂^{atm} の変動メカニズムを議論する上で、重要な海域であることが認識されつつある。本研究では、古気候復元から推測された氷期の南大洋における深層の塩分や水塊年齢の分布を再現したうえで、氷期-間氷期の pCO₂^{atm} の変動に対する南大洋の物理過程の寄与を、OGCM を用いた数値実験で定量的に評価した。数値実験の結果から、氷期の南大西洋深層における高塩分データを説明するためには、東南極における深層水形成が重要であったが、そのような塩分場は、海洋の子午面循環の南極底層水起源の北向き流量を増加させるため、海洋中の炭素の滞留時間が小さくなり、pCO₂^{atm} を増加させる方向にはたらくことがわかった。一方、成層の強化に伴う鉛直混合の弱化を考慮すると、溶存無機炭素の鉛直勾配が大きくなるため、pCO₂^{atm} を減少させる。しかしながら、これら南大洋物理場の変化に加え、海面水温の低下、海洋循環場の変化、鉄肥沃化の寄与のすべてを合わせても、モデルでは氷期の pCO₂^{atm} の低下の半分程度しか説明できないことがわかった (Kobayashi et al., 2015)。

氷期-間氷期の pCO₂^{atm} 変動のような千年スケールの海洋炭素循環変動を議論する上では、炭酸塩の堆積・溶解によるフィードバック作用である炭酸塩補償過程を考慮する必要がある。氷期には、深層での溶存無機炭素濃度が増加するため、炭酸塩は溶解しやすくなる。炭酸塩の溶解は二酸化炭素分圧を減少させる方向にはたらく、氷期の pCO₂^{atm} の低下にも寄与していた可能性が高いと考えられる。これまでの我々の数値実験では、海底に到達した粒子状有機物や炭酸塩は、海底でただちに溶解すると仮定していたため、炭酸塩補償過程を考慮することができていなかった。炭酸塩補償過程の影響を定量的に評価するためには、これまでの海洋内部での再循環のみを考慮した“クローズドシステム”から、海洋と海洋堆積層との物質のやり取りを陽に考慮する“オープンシステム”へとモデルを切り替える必要がある。現在、そのために、新たに海底堆積物モデルを開発し、それをOGCMと結合して数値実験を行うことで、炭酸塩補償過程を含む“オープンシステム”において、氷期のpCO₂^{atm}の低下がどのように説明されるのか、改めて定量的に議論することを目指して研究を進めている。講演では、新たに開発した堆積モデルによる数値実験の結果についても報告したいと考えている。

キーワード：炭素循環、氷期-間氷期サイクル、南大洋、子午面循環、堆積モデル

Keywords: carbon cycle, glacial/interglacial, Southern Ocean, meridional overturning circulation, sediment model

近年の地球温暖化の停滞における南大洋の役割

Role of the Southern Ocean in the post-2002 global warming hiatus

*岡 顕¹、渡部 雅浩¹*Akira Oka¹, Masahiro Watanabe¹

1. 東京大学大気海洋研究所

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

In spite of increasing atmospheric CO₂ concentration, the warming rate of the global-mean surface temperature slows down in the twenty-first century. Almost all of Coupled Model Intercomparison Project phase5 (CMIP5) climate model simulations fail to reproduce this global warming hiatus. Here, we discuss how the excess energy from top-of-atmosphere is stored in the ocean and quantify the influence of the ocean heat uptake on the surface temperature anomaly. Our numerical simulation, where wind stress anomaly in the equatorial Pacific Ocean is prescribed from reanalysis data, suggests that subsurface warming in the Pacific Ocean takes place at the beginning phase of global warming hiatus (1998-2002) as reported in a previous study. We newly clarify that this subsurface anomaly is transported into the Southern Ocean at the latter phase of hiatus (after 2002), which leads to Southern Ocean heating acceleration below subsurface. The historical observed data of ocean temperature also supports this scenario; warming trend of the Southern Ocean after 2002 is detected in data and its spatial pattern is consistent with our simulation. This result provides us with a clear evidence that the deeper parts of the Southern Ocean has a critical role in the post-2002 global warming hiatus.

キーワード：地球温暖化の停滞、海洋熱吸収

Keywords: global warming hiatus, ocean heat uptake

Temporal and spatial variability of the ACC, fronts and eddies in the Indian Sector of the Southern Ocean derived from satellite radar altimetry

Temporal and spatial variability of the ACC, fronts and eddies in the Indian Sector of the Southern Ocean derived from satellite radar altimetry

*Mizobata Kohei¹

*Kohei Mizobata¹

1.東京海洋大学

1.Tokyo University of Marine Science and Technology

In the Southern Ocean, the Antarctic Circumpolar Current (ACC) and fronts (e.g., Polar front) have been detected by using in-situ data, satellite data and numerical simulation (e.g., Gille, 1994; Belkin and Gordon, 1996; Feng et al. 2013). Except for numerical simulation, it is difficult to obtain temporal evolution of the ACC and fronts. In this study, the temporal and spatial variability of large-scale features such as the ACC and fronts are extracted from merged absolute dynamic topography (MADT) distributed by CNES/AVISO. To decompose MADT into those features, 2-D FFT and inverse FFT were applied. Results clearly show temporal variability of meandering of the ACC and fronts, and geostrophic velocity field in relation to the ACC variability. Using our method, mesoscale features without long-term trend was also derived, while the AVISO Sea level anomaly contains long-term and nonlinear trend.

キーワード : satellite radar altimetry、南極周極流、中規模渦

Keywords: satellite radar altimetry, Antarctic circumpolar current, mesoscale eddy

アフリカ南部の気候におけるウェッデル海氷変動の役割

Role of Weddell Sea ice variability in southern African climate

*森岡 優志¹、Engelbrecht Francois²、Behera Swadhin¹*Yushi Morioka¹, Francois Engelbrecht², Swadhin Behera¹

1.海洋研究開発機構、2.Council for Scientific and Industrial Research

1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2.Council for Scientific and Industrial Research

A potential role of interannual sea ice variability in the Weddell Sea in the southern African climate is investigated through data analysis and coupled general circulation model (CGCM) experiments. The Weddell Sea ice undergoes a distinct interannual variability during the austral summer when the southern African rainfall experiences most of its annual rainfall. The sea ice concentration in the Weddell Sea shows a significantly negative correlation with the southern African rainfall during the season. It is found that the low sea ice concentration anomalies in the Weddell Sea are associated with anticyclonic circulation anomalies to the northeast in the South Atlantic which facilitate more moisture advection from the southern Indian Ocean toward the southern Africa. The composite analysis reveals that the low sea ice concentration anomalies in the Weddell Sea may be attributed to the atmospheric forcing such as the increased solar radiation related to the decreased albedo and the northwesterly wind anomalies. This low sea ice concentration anomalies, in turn, act to cause the skin temperature warmer than normal and reduce the meridional temperature gradient to the north. This is a favoring condition for sustaining the anticyclonic circulation anomalies there by increasing the atmospheric stability. The observed association between the sea ice concentration and atmospheric circulation anomalies is simulated in the CGCM experiment, and the local sea-ice impact on the atmospheric circulation anomalies is also demonstrated in a sensitivity experiment where the interannual sea surface temperature variability in the tropical Pacific is suppressed by the model climatology. These model experiments suggest that besides the remote influence by the tropical Pacific climate variability such as El Niño-Southern Oscillation, the sea ice variability in the Weddell Sea may contribute to the atmospheric variability in the South Atlantic, which may be important for the southern African climate.

キーワード：ウェッデル海氷、経年変動、大気海洋海氷相互作用

Keywords: Weddell Sea ice, Interannual variability, Atmosphere ocean sea-ice interaction

南極海の沿岸ポリニヤ域におけるAMSR2薄氷厚アルゴリズムの開発

Development of a thin ice thickness algorithm of AMSR2 for Antarctic coastal polynyas

*Nihashi Sohey¹、大島 慶一郎²*Sohey Nihashi¹, Kay I. Ohshima²

1. 苫小牧高専機械科、2. 北大低温研

1. Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Tomakomai College,

2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

A coastal polynya is newly-forming thin sea-ice areas formed by divergent ice motion driven by prevailing winds and/or ocean currents. In coastal polynyas, huge amounts of heat flux from the ocean to the atmosphere occur because the heat insulation effect of sea-ice is greatly reduced in the case of thin ice, and accordingly sea ice is formed actively. Dense water formed in Antarctic coastal polynyas with the intense sea-ice production is a major source of Antarctic Bottom Water, which is a key player in the global climate system.

In Antarctic coastal polynya areas, algorithms that detect the polynya areas and estimate the thin ice thickness from passive microwave satellite (SSM/I or AMSR-E) data have been developed to estimate the ice and dense water production. The spatial (grid) resolution of AMSR-E, which was launched in May 2002 onboard NASA's Aqua satellite, is four times higher than that of SSM/I in the pixel density. This advantage of AMSR-E is critical for the monitoring of the coastal polynyas because of their fairly small areal extent (i.e., from 10 to 100km at most). Although AMSR-E failed in October 2011, AMSR2 (Advanced Microwave Scanning Radiometer 2), the successor to AMSR-E, was launched in May 2012 onboard the GCOM-W (Shizuku) satellite. The spatial resolution of AMSR2 is improved about 17% from AMSR-E (about 5 km at 89 GHz). In this study, we present a thin ice thickness algorithm for AMSR2 data.

The thin ice algorithm has been developed based on a relationship between polarization ratios (PR) of AMSR2 brightness temperatures (TBs) and thermal ice thickness, as in previous algorithms of AMSR-E. We used AMSR2 TBs at 89 GHz and 36.5 GHz. The thermal ice thickness is based on heat flux calculation using sea-ice surface temperatures derived from satellite thermal infrared images. As the first step of the AMSR2 algorithm development, we used 14 clear-sky MODIS images acquired in the Ross Ice Shelf polynya area. The AMSR2 PR is negatively correlated with the thermal ice thickness. The AMSR2 PR vs. ice thickness relationship is similar to that of AMSR-E. We plan to develop the AMSR2 algorithm also using clear-sky MODIS images acquired in other Antarctic coastal polynya areas, such as the Ronne Ice Shelf and Cape Darnley polynyas.

キーワード：南極海、沿岸ポリニヤ、AMSR2

Keywords: Antarctic Ocean, Coastal polynya, AMSR2

ポリニヤタイプを考慮した薄氷厚アルゴリズムの開発

Estimation of thin ice thickness discriminating polynya type from AMSR-E passive microwave data

*中田 和輝¹、大島 慶一郎²、二橋 創平³

*Kazuki Nakata¹, Kay I. Ohshima², Sohey Nihashi³

1.北海道大学大学院環境科学院、2.北海道大学低温科学研究所、3.苫小牧工業高等専門学校

1.Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 2.Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 3.National Institute of Technology, Tomakomai College

In Antarctic coastal polynyas, high production of sea ice occurs due to huge heat loss to atmosphere, resulting in the formation of dense water, precursor of Antarctic Bottom Water. Detection of thin ice area and estimation of ice thickness are inevitable for the calculation of sea-ice production. Several studies have developed algorithms for estimation of the thin ice thickness from brightness temperature (TB) of satellite passive microwave sensor [e.g., Martin et al., 2004; Nihashi and Ohshima, 2015]. In these algorithms, ice thickness of less than 20 cm is empirically estimated by utilizing negative correlation between the ice thickness and a ratio of the horizontally to vertically polarized TBs (PR).

Thin ice (polynya) areas are classified roughly into two types. One is frazil ice type: a mixture of open water and grease ice/pancake areas. This type is formed under strong wind condition. The other is nilas or thin consolidated ice type: nearly uniform thin ice covered area. This type is formed under relatively calm condition. It has been speculated that difference in polynya type causes reduced accuracy of the ice thickness algorithm because the two type polynyas likely show quite different microwave characteristics. In this study, we examined the PR-thickness relationship on these two types separately, and developed the thin ice algorithm discriminating the polynya type.

We used 36 GHz and 89 GHz TBs data of Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS (AMSR-E, the resolution of 12.5 and 6.25 km, respectively), MODerate resolution imaging Spectroradiometer (MODIS, the resolution of 1 km) data and the Advanced Synthetic Aperture Radar (ASAR, the resolution of 150 m) data, obtained from the major three polynya around the Antarctica (Ross Ice Shelf polynya (RISP), Ronne Ice Shelf polynya (RONP) and Cape Darnley polynya (CDP)). We estimated sea ice thickness for the AMSR-E footprint using MODIS and ERA-interim atmospheric data. After thin ice areas are divided into the two types from the ASAR data, we examined the AMSR PR-MODIS ice thickness relationship for each polynya type. The result shows the clear difference of PR-thickness relationship between the two polynya types. The exponential fitted curves for frazil and nilas types are similar to those of Martin et al. [2004] and Nihashi and Ohshima [2015], respectively. We considered that the difference of PR-thickness relationship is caused by the presence or absence of open water fraction. Because the ratio of open water in sea-ice region is largely reflected in gradient ratio (GR) of 36 and 89 GHz vertically polarized TBs, the two types can be clearly discriminated by the PR-GR plane. Based on these, we have developed a new thin ice algorithm in which polynyas are classified into the two types by a quadratic discriminant method. Sea ice thickness is estimated from the fitted exponential curve of PR-thickness relationship for each polynya type. Using this algorithm, daily polynya type and ice thickness for the three polynyas have been estimated during April-November in 2003-2010. Sea-ice production has been also estimated by heat flux calculation using the ice thickness and ERA-interim atmospheric data.

It is found that the occurrence frequencies of the two polynya types are largely different among the three polynyas. In the CDP, frazil type is more predominant, compared with other two polynyas.

In previous algorithms, ice thickness was overestimated because the PR-thickness relationship is similar to that of the nilas type. Therefore, sea-ice production in the CDP with high occurrence frequency of frazil type is calculated to be about twice as that of previous studies.

キーワード：沿岸ポリニヤ、氷厚、海氷生産量、AMSR-E

Keywords: coastal polynya, ice thickness, sea-ice production, AMSR-E

南大洋インド洋区季節海水域における溶存炭酸物質の空間分布と時間変化

Temporal and spatial variation of dissolved inorganic carbonates in the summer of Antarctic seasonal sea ice zone

*橋田 元¹、高村 友海¹、野村 大樹²、吉川 久幸³

*Gen Hashida¹, Tomomi Takamura¹, Daiki Nomura², Hisayuki Yoshikawa³

1.大学共同利用機関法人 情報システム研究機構 国立極地研究所、2.北海道大学大学水産学部、3.北海道大学大学院環境科学院

1.Inter-university Research Institute Corporation Research Organization of Information and Systems / National Institute of Polar Research, 2.Hokkaido University, Faculty of Fisheries Science, 3.Hokkaido University, Graduate School of Environmental Science

To clarify the variations of carbonate system in the Southern Ocean, multi-ship observations and line observation which closes ice edge were performed since JARE-51st (2009/10 austral summer) on-board Icebreaker "SHIRASE" and T/V Umitaka-Maru of TUMSAT (Tokyo University of Marine Science and Technology). Although seasonal changes of $p\text{CO}_2$ are attributed to thermodynamics and biological activity, Analysis of DIC vertical profiles reveal that biological uptake and entrainment of sub-surface water played major role and air-sea CO_2 exchange can contribute a little.

キーワード：溶存無機炭酸物質、南大洋、季節海水域

Keywords: Dissolved inorganic carbonates, Southern Ocean, Seasonal sea ice zone

南極分野横断研究と次期南極地域観測第IX期6か年計画

Integrated multidisciplinary study in Antarctica and next six-year Japanese Antarctic Research Project phase IX

*野木 義史¹、橋田 元¹

*Yoshifumi Nogi¹, Gen Hashida¹

1.国立極地研究所

1.National Institute of Polar Research

The changes in the Antarctic ice sheet and the Southern Ocean most likely indicate the precursor and driving force of the global environmental changes, and these changes are essential for future projection of the Earth system. The six-year Japanese Antarctic Research Project phase IX centered on main scientific theme of "Investigation of changes in the Earth system from Antarctica" will be commenced from 2016/2017 austral summer season with the three subthemes. The three subthemes are followings, "Investigation of the whole global atmospheric system through precise observation of the Antarctic atmosphere", "Investigation of the interaction of atmosphere, ice sheets, sea ice, and ocean from integrated research in areas bordering ice sheets and sea ice" and "Reconstruction of the Antarctic paleoclimate to elucidate changes in the Earth system." Integrated multidisciplinary study are required to promote these subthemes under the main scientific theme in order to elucidate changes in the Antarctic subsystem and its effect to the Earth system. Especially, multidisciplinary study is key to understand the interactions around the boundary between ice sheet and ocean, namely ice shelf and sea ice areas, in the context of the Southern Ocean and the Antarctic ice sheet, which correspond to the second subtheme. We will present the outline of the six-year Japanese Antarctic Research Project phase IX briefly and the necessity of integrated multidisciplinary study in Antarctica is discussed.

キーワード：南極、氷床、海洋

Keywords: Antarctica, ice sheet, ocean

固体地球と氷床の相互作用

Interaction of the solid Earth and the Antarctic ice sheet

*福田 洋一¹、土井 浩一郎²、青山 雄一²、菅沼 悠介²、奥野 淳一²、中村 和樹³、金田 平太郎⁴、西島 潤⁵

*Yoichi Fukuda¹, Koichiro Doi², Yuichi Aoyama², Yusuke Suganuma², Jun'ichi Okuno², Kazuki Nakamura³, Heitaro Kaneda⁴, Jun Nishijima⁵

1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室、2.国立極地研究所、3.日本大学工学部情報工学科、4.千葉大学大学院理学研究科 地球生命圏科学専攻地球科学コース、5.九州大学大学院工学研究院 地球資源システム工学部門

1.Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University, 2.National Institute of Polar Research, 3.College of Engineering, Nihon University, 4.Department of Earth Sciences, Chiba University, 5.Department of Earth Resources Engineering, Graduate School of Engineering, Kyushu University

南極氷床は、海水準上昇や海洋循環を通して全球的環境変動と密接に関係した、将来環境予測に不可欠な地球システムの構成要素である。しかしながら、従来から実施されている地形学的・地質学的調査、測地観測や衛星重力・高度計データに基づく氷床変動の研究では、氷床荷重に対する固体地球の粘弾性応答 (Glacial Isostatic Adjustment: GIA) の不確定性が大きく、GIAの影響を知ることは、喫緊の最重要課題の一つとなっている。一方、GIAは、地球内部の粘弾性的構造を知るための貴重な情報を与えてくれるものであり、氷床変動に対する固体地球のレスポンスとしてGIAの影響を観測的に知ることが、地球の内部構造の研究にとっても重要な貢献となる。このようにGIAをキーワードとした固体地球と氷床の相互作用の研究は、環境変動予測といった実生活に直結した問題解決とともに、地球の深部構造の探究といった純粋に科学的な興味からも重要な研究テーマである。

本研究では、GIAモデルを拘束する地上データに乏しい東南極の内陸山地地域や沿岸地域での広範な地形地質調査や測地観測、昭和基地での高精度なSLR(Satellite Laser Ranging)やVLBI (Very Long Baseline Interferometer)などの宇宙測地観測、大陸棚海底でのROV (Remotely operated Vehicle)やAUV (Autonomous Underwater Vehicle)など新技術を取り入れた観測、大陸棚の海底掘削で得られる海底コア解析に加え、衛星データ解析やモデル計算との連携により、GIAに伴う固体地球の応答や海水準変動を計測するとともに、これらのデータを利用することで高精度なGIAモデルを構築し、最終氷期以降の氷床融解史や地球内部の粘弾性構造を解明する。また、その延長として、過去数十万年の定量的な氷床変動史の復元や未来の全球的環境変動予測モデルの精度向上を目指している。本講演では、研究計画の概要について報告する。

キーワード：GIA、南極氷床、海面上昇

Keywords: GIA, Antarctic ice sheet, Sea level rise

南大洋インド洋区における海洋地質探査の概要：白鳳丸KH-16-1次航海速報

Summary of marine geological survey in the Indian sector of the Southern Ocean:
Preliminary reports of KH-16-1 cruise

*池原 実¹、白鳳丸KH-16-1 乗船研究者一同

*Minoru Ikehara¹, Scientific Members of the KH-16-1 Cruise

1. 高知大学海洋コア総合研究センター

1.Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

南大洋インド洋区において、白鳳丸を用いた海洋地球科学総合観測（KH-16-1）を実施した。デルカノライズおよびコンラッドライズにおいて、将来のIODP掘削を目指したサイトサーベイ（反射法地震探査）を行った。過去の航海においてコンラッドライズで明らかにした南極周極流起源のセディメントウェーブ（Oiwane et al., 2014）が、デルカノライズの海底下に断続的に認められることが明らかとなった。これは過去の南極周極流（の強流帯）が周期的に南北移動していたことを示唆する。

キーワード：南大洋インド洋区、南極周極流、海洋地質探査、KH-16-1次航海、デルカノライズ、コンラッドライズ

Keywords: Southern Ocean of the Indian sector, ACC, Multichannel seismic reflection survey, KH-16-1 cruise, Del Cano Rise, Conrad Rise

南大洋Conrad Rise (KH10-7)の海底堆積物中のC、Fe、Pの化学種別存在量から探る最終氷期以降の酸化還元状態と栄養塩濃度の変遷

Transitions of redox state and nutrient status in the Southern Ocean since the last glacial: Evidence from speciation analyses of C, Fe, and P in sediments at the Conrad Rise

*下出 直幸¹、山口 耕生^{1,2}、池原 実³

*Naoyuki Shimode¹, Kosei E. Yamaguchi^{1,2}, Minoru Ikehara³

1.東邦大学大学院理学研究科化学専攻、2.NASA Astrobiology Institute、3.高知大学海洋コア総合研究センター

1.Chemistry, Graduate School of Science, Toho University, 2.NASA Astrobiology Institute, 3.Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, Japan

南極寒冷圏 (Antarctic Cryosphere)を構成する南大洋は、地球規模の気候システム変動に重要な役割を果たしてきた。現在の南大洋は、高栄養塩・低クロロフィル (HNLC: high-nutrient, low-chlorophyll) 海域として知られており、リンや鉄などの微量の制限栄養塩によって基礎生物生産が制御されている。過去の南大洋は、約4万年前～現在までの海底堆積物の記録から、最終氷期から完新世に向けて、(少なくとも堆積物は) 還元的な環境から酸化的な環境へと変化したことが知られている。しかしながら、当時の海洋の酸化還元状態や栄養塩状態の変化の解明はほとんど進んでいない。

本研究では、南極寒冷圏の構成要素の一つである海水が、氷期-間氷期サイクルで分布が変化することに起因する海水の酸化還元状態の変化に着目して、当時の生物生産や栄養塩状態の変化をリン・鉄の化学種別存在量・堆積物中の有機炭素 (C_{org})量から制約し、また海水による陸成起源有機物の寄与の有無を有機炭素の安定同位体組成から探ることを目的とした。

試料は南大洋インド洋区のConrad Riseで2010年に採取された堆積物コアCOR-1bPC、37試料を用いた。リンはRuttenberg (1992)のSEDEX法を改良した方法により、吸着性リン (P_{abs})、鉄結合態リン (P_{Fe})、自生アパタイト態リン (P_{auth})、碎屑性リン (P_{det})、有機態リン (P_{org})、の5形態に分画し、鉄はPoulton et al. (2005)により、 Fe_{HCl} 、 Fe_{carb} 、 Fe_{ox} 、 Fe_{mag} の4形態に分画した。有機炭素の量と安定同位体組成は高知大学海洋コア総合研究センターのEA-IRMSを用いて測定した。

大陸からの流入量を示す P_{det} の存在量は、最終氷期の方が間氷期よりも多く、それぞれ平均で0.004 wt.%、0.002 wt.%であった。 $\delta^{13}C_{org}$ 値は、最終氷期は間氷期よりも低く、それぞれ平均で-23.63 ‰、-21.73 ‰であった。これらの結果は、海水が最終氷期にコア採取地点であるConrad Rise (南緯54.2°)まで到達していたことを示唆する。最終氷期では還元的な堆積環境で生成する黄鉄鉱が存在したため、海水によって大気-海洋相互作用が制限されて海中の溶存酸素濃度が減少し、還元的な堆積環境を形成したと考えられる。さらに、 P_{Fe} 、 Fe_{ox} 存在量の増減の繰り返しは、最終氷期の間に短期的な酸化イベントが起こっていたことを示唆する。最終氷期から完新世への遷移期にあたる融氷期 (Deglacial period)では、完新世に移行するにつれて C_{org} 量は減少するが、制限栄養塩元素のPの各形態と Fe_{ox} 、 Fe_{HCl} の存在量は急激に増大した後で減少した。これは、海水の融解量が増加して栄養塩供給が増大し、同時に溶存酸素の供給も増加して急激に酸化的な環境に変化し、鉄酸化物量が増大し有機物分解が促進されたため、と考えられる。この溶存酸素の供給の増加は成層化の解消、南極周極流の南下に起因していると考えられる。

本研究により、最終氷期では、海水の存在が還元的な堆積環境を形成したが、鉄酸化物量の増減により、短期的な酸化イベントも起こっていたと示唆される。融氷期では、成層化の解消と南極周極流の南下による溶存酸素の供給増大が、リン・鉄の形態別存在量・有機物存在量の変化に反映されていた。これらの化学種分析は、海洋の酸化還元状態や栄養塩状態を復元する上で有用なものであると言える。

ドレーク・タスマニア海峡の閉鎖が南極域や底層水温に及ぼす影響

The impact of Drake and Tasmanian Passages on Antarctic regions and deep ocean temperature

*植原 啓太¹、阿部 彩子¹、陳 永利¹*Keita Uehara¹, Ayako Abe-Ouchi¹, Wing-Le Chan¹

1. 東京大学大気海洋研究所

1. AORI, the University of Tokyo

新生代において地球は氷床の存在しない温暖な環境から氷床の存在する寒冷な環境へ変化してきた。新生代で特に大きな気候変化とされるE/O境界では、ドレーク海峡やタスマニア海峡が開き南極周極流が形成され南極が熱的に孤立したことが考えられており(Kennett, 1977)、それらの海峡を閉じた実験が複数の気候モデルで行われている(Sijp and England, 2004, 2011, Zhang et al., 2010)。さらに海峡だけでなく大陸配置を変えた研究も行われている(Sijp et al., 2014, Lunt et al., 2015)。またCO₂濃度も新生代寒冷化の強いフォーシングと考えられている(Hansen et al., 2013)。長期の気候変化に対して、大陸配置やCO₂濃度などのフォーシングがどの程度寄与したかについては十分に理解されていない。これらの先行研究では大陸配置やCO₂濃度に加え南極氷床の有無の設定が異なり、海峡閉鎖前後の南極域の応答の大きさを左右していると考えられる。

本研究では、気候モデルMIROCを用いて、南極氷床を置いた場合と置かない場合についてCO₂濃度を変化させ、ドレーク海峡とタスマニア海峡を陸橋で遮り平衡状態まで計算し、海洋循環の変化や南極域のSAT・SST応答について調べた。現在地形実験と比較してドレーク・タスマニア海峡を閉じた時には、南極周極流がなくなり南大洋で強い沈み込みが生じ、南向きの海洋熱輸送が増加して南極SAT・南大洋SSTが上昇した。底層水温は海峡閉鎖やCO₂濃度の増加ではほとんど変化せず、南極氷床を置かない実験で大きく上昇する結果となった。本研究の結果からドレーク・タスマニア海峡を閉じた時の南極域や底層水温の応答はCO₂濃度より南極氷床の有無により大きく影響されることが示された。

キーワード：海峡、新生代、古気候

Keywords: Passage, Cenozoic, Paleoclimate

氷床モデルを用いた氷床海洋相互作用と南極氷床の安定性に関する数値実験

Numerical experiments using ice sheet models on the ice-ocean interaction and stability of Antarctic Ice Sheet

*小長谷 貴志¹、阿部 彩子^{1,2}、齋藤 冬樹²、草原 和弥³、羽角 博康¹*Takashi Obase¹, Ayako Abe-Ouchi^{1,2}, Fuyuki SAITO², Kazuya Kusahara³, Hiroyasu Hasumi¹

1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構、3.タスマニア大学南極域気候生態系共同研究センター

1.Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2.Japan Agency for Marine Science and Technology, 3.Antarctic Climate and Ecosystems Cooperative Research Centre, University of Tasmania, Hobart

南極氷床における棚氷を通した氷床と海洋の相互作用は、気候や海水準を理解する上で重要な問題である。南極氷床を後退させる氷床外部の要因として、北半球氷床変動による海水準上昇による浮力の増加とその速度(Ritz et al., 2001; Goelzer et al., 2016)、海水温上昇による棚氷底面の融解速度の増加(Huybrechts 2002; Pollard and Deconto 2009)、および氷床融解水が南大洋の成層をつよめて垂表層の水温をあげることで氷床融解を加速するという(Golledge et al., 2014)がいられている。棚氷底面融解に対して重要な棚氷近傍の水温は、大陸棚上の海水生産による水塊形成があるために、大陸棚より沖合いの南大洋の水温と異なることが示されてたが(Obase et al., submitted)、これまでの氷床モデリング研究では南大洋の水温を使っていたために、氷床と海洋との相互作用の物理の表現が不十分だった。そのため、南極域の領域海洋モデルと気候モデルによる実験の結果をつかって、気候変化および南大洋への氷床融解水と棚氷底面融解との関係性を調べて、氷床モデルに入力として使うことが可能な棚氷底面融解の速度を求める式を導出する。導出した棚氷底面融解の式を用い、水平-鉛直2次元の氷床-棚氷結合モデルを用いた数値実験によって、棚氷底面融解の速度変化と海水準変化に対する氷床-棚氷の振る舞いの物理特性を調べる。複数箇所の南極大陸鉛直断面を地形の境界条件として使用して海底地形への依存性も同時に調べ、氷床後退のしきい値の決定要因を定量的に整理する。

キーワード：南極氷床、南大洋、南極氷床海洋相互作用、棚氷

Keywords: Antarctic Ice Sheet, Southern Ocean, Antarctic ice-ocean interaction, Ice shelf

南極海ケーブダンレーポリニヤにおける海氷・海洋の係留観測

Mooring measurement of sea ice and ocean in the Cape Darnley Polynya, Antarctica

*Fukamachi Yasushi¹、清水 大輔²、大島 慶一郎¹、小野 数也¹、松村 義正¹、田村 岳史²、青木 茂¹、牛尾 収輝²、橋田 元²

*Yasushi Fukamachi¹, Daisuke Simizu², Kay I. Ohshima¹, Kazuya Ono¹, Yoshimasa Matsumura¹, Takeshi Tamura², Shigeru Aoki¹, Shuki Ushio², Gen Hashida²

1.北海道大学、2.国立極地研究所

1.Hokkaido University, 2.National Institute of Polar Research

Recent remote-sensing, hydrographic and mooring studies have shown that the Cape Darnley Polynya located northwest of the Amery Ice Shelf is an active formation region of Antarctic Bottom Water (Ohshima, Fukamachi and Williams et al., 2013). To reveal production of sea ice and high salinity shelf water, total of five moorings were deployed between 2010 to 2015 by the Japanese Antarctic Research Expedition over the continental shelf within the Cape Darnley Polynya. The experiment yielded sea-ice thickness data for the first time in the Antarctic coastal polynyas as well as velocity and water property data. The water property data revealed high salinity shelf water associated with sea-ice production in the polynya.

キーワード：ポリニヤ、海氷、係留系

Keywords: polynya, sea ice, mooring

ケーブダンレー底層水形成に関わる乱流混合の役割

The role of turbulent mixing in the modified Shelf Water overflows that produce Cape Darnley Bottom Water

*平野 大輔¹、北出 裕二郎²、大島 慶一郎³、深町 康³

*Daisuke Hirano¹, Yujiro Kitade², Kay I. Ohshima³, Yasushi Fukamachi³

1.国立極地研究所、2.東京海洋大学、3.北海道大学低温科学研究所

1.National Institute of Polar Research, 2.Tokyo University of Marine Science and Technology,

3.Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

The mixing process associated with modified Shelf Water (mSW) overflows that eventually mix to form Cape Darnley Bottom Water (CDBW) was investigated by hydrographic and microstructure observations off the Cape Darnley Polynya (CDP), East Antarctica, in January 2009. Closely spaced microstructure observations revealed that mSW properties varied considerably within a distance of ~4 km across the shelf edge. Near the bottom, the rate of turbulent kinetic energy dissipation was enhanced to values greater than $10^{-7} \text{ W kg}^{-1}$, and the vertical scale of the bottom boundary layer (BBL) was on the order of 10 m. The observed BBL around the shelf edge was characterized by strong vertical mixing with turbulent eddy diffusivities of $\sim O(10^{-3}\text{--}10^{-2}) \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. A geostrophically balanced density current, which resulted from the presence of mSW over the continental shelf, is considered the primary energy source for the turbulent mixing in the BBL. This turbulent mixing transforms the overflowing mSW through mixing with ambient water masses, specifically with the overlying modified Circumpolar Deep Water. The BBL is also thought to partly contribute to the gradual descent of mSW down the continental slope through bottom Ekman transport. We conclude that turbulent mixing, primarily caused by a density current, plays an important role in CDBW formation, by modifying the mSW overflowing from the CDP.

キーワード：乱流混合、変質陸棚水、ケーブダンレー底層水

Keywords: turbulent mixing, modified Shelf Water, Cape Darnley Bottom Water

オーストラリア南極海盆の南極底層水におけるビンセネス湾起源底層水の重要性

Relative importance of bottom water originating from the Vincennes Bay Polynya on AABW in the Australia-Antarctic Basin

*北出 裕二郎¹、嶋田 啓資¹、白井 優¹、青木 茂²、田村 岳史³、深町 康²、大島 慶一郎²

*Yujiro Kitade¹, Keishi Shimada¹, Yu Shirai¹, Sigeru Aoki², Takeshi Tamura³, Yasushi Fukamachi², Kay I. Ohshima²

1.東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科、2.北海道大学低温科学研究所、3.国立極地研究所

1.Tokyo University of Marine Science and Technology, 2.Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 3.National Institute of Polar Research

Antarctic Bottom Water (AABW) is the densest water in the ocean and globally significant. Historically there have been three well-known source regions in the Weddell and Ross Seas, and off Adélie Land. One-year moorings in 2013-14 at 3200m and 3400m depths on the eastern slope of ridge at the north of Vincennes Bay reveal the property of the AABW originating from the Vincennes Bay Polynya (hereinafter VBBW). The VBBW had a thickness of 300m at least and reached at the bottom of 3400m depth. Observational result obtained from 2011 to 2016 have shown that the water property of AABW off Vincennes Bay was mainly influenced by Australian-Antarctic Basin AABW (AA-AABW), which is the mixed water of Ross Sea Bottom Water (RSBW) and Adélie Land Bottom Water (ADLBW), and the VBBW were distributed over them. Long-term water mass changes during 1994-2015 have been examined and significant freshening trends of AA-AABW were detected along 110E. This change of water property was considered to increase relative impact of the VBBW on the AABW in the Australian-Antarctic Basin.

キーワード：南極底層水、低塩化、オーストラリア南極海盆

Keywords: Antarctic Bottom Water, freshening, Australian-Antarctic Basin

豪州南極海盆における南極底層水の急速かつ持続的な低塩分化**Rapid and persistent freshening of Antarctic Bottom Water in the Australian-Antarctic Basin**

*嶋田 啓資¹、北出 裕二郎¹、溝端 浩平¹、青木 茂²、大島 慶一郎²、田村 岳史³、小達 恒夫³

*KEISHI SHIMADA¹, Yujiro Kitade¹, Kohei Mizobata¹, Shigeru Aoki², Kay I. Ohshima², Takeshi Tamura³, Tsuneo Odate³

1.東京海洋大学、2.北海道大学低温科学研究所、3.国立極地研究所

1.Tokyo university of marine science and technology, 2.Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 3.National Institute of Polar Research

2011年以降取得している110°E上のCTDデータを用いて、豪州南極海盆の深・底層における長期変動を調べた。データは2011年以降毎夏得られており、2000年代初頭に報告されたこの海盆における南極底層水の低塩分化は継続的に進行していることが確認された。低塩分化は海底に向かってより顕著になっており（即ち新しく沈み込んだ南極底層水ほど低塩分化が顕著）、南極底層水の形成域の近傍での淡水供給量の増加に起因すると考えられる。

また、低塩分化は淡水供給量の増加によって海面が上昇していることを示唆する。淡水供給量の増加による海面上昇を見積もったところ、2011年以降では2005年の凡そ4倍にあたる~13.5 mmに増加していた。これは海水温の温度上昇の寄与(11.0 mm)と同等であり、近い将来、南極海では淡水供給量の増加の寄与が海面上昇の主要な要因となることが危惧される。

キーワード：南極底層水、低塩分化、海面上昇

Keywords: Antarctic Bottom Water, freshening, sea level rise

アルゴフロートで観測された南大洋の渦 Southern Ocean eddies observed by Argo floats

*勝又 勝郎¹

*Katsuro Katsumata¹

1. 海洋研究開発機構

1. JAMSTEC

南大洋を東向きに流れる世界最大の海流である南極環海流を遮る大陸は存在しない。すなわち南大洋上層には東西の圧力勾配によって駆動される大規模定常な地衡流は存在せず、西風によるエクマン輸送と傾圧不安定由来とされるメソスケール渦が南北輸送を担う。従来はこの渦の観測は海面高度計データによる表層の観測に限られてきたが、ここ数年コミュニティの努力によって増加してきた南大洋のアルゴフロートを用いた中層（1000 m 深）における渦の観測が可能になってきた。これらの渦は南極環海流と海底地形の相互作用が大きい数カ所に局在化している。これら「渦のホットスポット」では西風によって注入された東向き運動量が海底に向かって効率よく輸送されたり、線形傾圧不安定理論が教えるのと逆向きの渦輸送があるなど物理的に重要な現象が観測される。

キーワード：南大洋、渦

Keywords: Southern Ocean, Eddy

南大洋上における海上風経年変動とDPOI

Interannual Variation of Surface Wind Field over the Southern Ocean and DPOI

*八木 雅文¹、轡田 邦夫¹、永延 幹男²*Masafumi Yagi¹, Kunio Kutsuwada¹, Mikio Naganobu²

1.東海大学大学院地球環境学研究科、2.国際水産資源所

1.School of Geo-environmental Science, Tokai University, 2.NRIFSF/Fisheries Research Agency

南極大陸を取り囲む通称南大洋は、大陸に妨げられず、緯度方向に地球を周回する南極周極流という強い流れが存在する。特に偏西風は、西から東方向へ流れる南極周極流を駆動させ、偏東風は南極大陸周辺に沿って西方向への流れに重要であることが指摘されている。南大洋上における主な大気現象として南半球環状モード(Southern Annular Mode: SAM), 南極振動(Antarctic Oscillation :AAO), 太平洋南米パターン(Pacific South American: PSA)が知られている。これらと偏西風の強弱との関係や、南極大陸を取り囲んで周極的に吹く偏西風帯の南進を伴う強風化が、南極海の環境変化に重要な影響を与えることが指摘されている(Boyd and Roberts, 1993)。先行研究において、ドレーク海峡上における地域スケールの偏西風変動指数として導入されたDPOI(Drake Passage Oscillation Index)は、ドレーク海峡周辺における生物資源量や上層海洋の年々変動に関係していることから、南極半島海域の大気-海洋-生態系への気候変動指数となり得ることが指摘された(Naganobu et al., 1999, 2008, 2014)。

本研究では、DPOIが南大洋の如何なる海域における海上風変動を反映しているのかに注目するとともに、海上風データを用いて卓越する変動の時空間特性を調べる。それらの結果から、従来の研究で指摘されていた変動パターン(AAO)との特徴の違いを明らかにし、南大洋上における海上風場の経年スケール変動の特性に注目する。

南大洋上における支配的な変動パターンを抽出するために、東西風に経験的直交関数(EOF)解析を行った結果、東西風EOF第1モード(寄与率27.6%)の高振幅域は太平洋セクターの南緯50度付近にみられ、東西風標準偏差場の極大域と類似した。第1モードのスコアとAAOIとの相関は高相関(0.74)を示したことから、南大洋上における代表的な大気現象に関連すると考えられる。次に東西風EOF第2モード(寄与率15.4%)の高振幅域は大西洋・インド洋セクターの南緯60度付近にみられ、第1モードに比し高緯度(南極大陸側)に存在する。このスコアとDPOIとの相関は0.62と高相関を示し、その高振幅域がDPOIの定義域に対応することから、DPOIに関連づけられる変動と考えられる。以上より、DPOIで指標化される変動は東西風EOF第2モードで示される空間特性を有すると考えられるが、そのメカニズムが明確ではなく、南半球における大気海洋相互作用の理解のために今後解明の必要がある。

キーワード：偏西風、DPOI、AAOI、経年変動、大気海洋相互作用

Keywords: Westerly Wind, DPOI, AAOI, Interannual Variation, Air-Sea interaction