

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：62611

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2010～2014

課題番号：22221002

研究課題名(和文) グリーンランド深層氷床コアから見た過去15万年の温暖化とその影響評価

研究課題名(英文) Warming events and their impacts during the past 150,000 years viewed from Greenland ice

研究代表者

東 久美子 (Azuma, Kumiko)

国立極地研究所・研究教育系・教授

研究者番号：80202620

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 168,100,000円

研究成果の概要(和文)：国際深層氷床掘削プロジェクトに参加し、グリーンランド氷床コアを掘削・分析することで、最終間氷期や完新世初期の温暖期と最終氷期の急激な温暖化イベント発生時の気候・環境変動を高時間分解能で復元し、温暖化が氷床変動や環境変動に及ぼす影響を研究した。その結果、最終間氷期の最温暖期は現在よりも気温が 8 ± 4 高く、北グリーンランドで顕著な氷床表面融解が起こり、氷床の厚さが 400 ± 250 m減少したことが示された。グリーンランドの氷の減少量は予想よりも小さく、最終間氷期における海面上昇には南極氷床の縮小が寄与したことが示唆された。また、温暖化に伴う大気・物質循環、微生物活動、海水温の変化が明らかになった。

研究成果の概要(英文)：We analyzed the ice core drilled under the international project North Greenland Eemian Ice Drilling. The air temperature during the warmest period of Eemian interglacial was warmer than the present by 8 ± 4 , which caused extensive surface melt in north Greenland. The thickness of the northwest Greenland ice sheet decreased by 400 ± 250 m during 6000 years, which was much smaller than that had been expected. Mass loss of Antarctic ice sheet should have played a role in sea-level rise during the Eemian. Variations of methane, nitrous oxide, noble gases in the air extracted from the ice core, and those of ionic species and bacterial cell concentrations in ice provided us with valuable information on changes in atmospheric circulation, vegetation, microbial activities, mean ocean temperature etc during the warm periods and abrupt warming events.

研究分野：雪氷学、古気候学

キーワード：グリーンランド 氷床コア 温暖化 最終間氷期 環境変動

1. 研究開始当初の背景

近年、地球温暖化に伴い北極域が急激に変化しており、その影響が懸念されている。特にグリーンランド氷床の縮小は、海面上昇や海洋循環の変化を通じて全球的にも大きな影響を及ぼすため、その動向が注目されている。地球温暖化に対する北極域の気候・環境やグリーンランド氷床の応答を正確に予測するには、過去に生じた温暖化とその影響に関する長期のデータを取得し、それをもとに気候モデルや氷床モデルの改良を進める必要がある。このため、グリーンランドの NEEM 地点において、最終間氷期にまで遡る氷床コアを掘削する国際共同掘削プロジェクト (NEEM 計画) が開始された。

2. 研究の目的

グリーンランド氷床コアを分析し、過去十数万年の気候・環境変動を復元する。温暖化が環境変動や氷床変動に及ぼす影響を解明するため、現在よりも温暖だったとされる最終間氷期の気温とグリーンランド氷床の縮小量、現間氷期 (完新世) と最終間氷期の類似性又は相違、最終氷期に生じた急激な温暖化イベント (DO イベント) が環境変動に及ぼした影響、最終間氷期における急激な気候変動発生の有無、等を明らかにする。また、グリーンランド氷床コアのデータを気候・氷床モデルへの入力データとして提供する。

3. 研究の方法

NEEM 計画に参加し、掘削した氷床コア (NEEM コア) を分析することで、最終間氷期や完新世初期の温暖期及び DO イベントにおける気候・環境変動を、高時間分解能で復元する。NEEM コアの年代決定のため、コアから抽出した空気の O_2/N_2 を分析し、全球平均海水温の復元のため、空気の希ガス (Kr, Xe) を分析する。氷床変動や環境変動を推定するために、イオン分析、微生物分析、気体分析を行う。これらの分析結果を、外国の共同研究者が取得する気温等のデータと併せて解析し、温暖化と気候・環境変動、氷床変動の関わりを研究する。

4. 研究成果

(1) 氷床コア中の空気の希ガス分析法を確立し、NEEM コアから抽出した空気の Kr/ N_2 と Xe/ N_2 を分析した。最終氷期最盛期から退氷期にかけて希ガス濃度が上昇したことから、この時代に平均海水温が上昇したことを示した。また、同時代のグリーンランド GISP2 コアの Kr/ N_2 と Xe/ N_2 を高時間分解能で分析し、退氷期の前半に平均海水温が大きく上昇したことを明らかにした。本研究の結果を南極の氷床コアの分析結果と併せて解析し、海水温の上昇が南極の気温及び CO_2 濃度の上昇とほぼ同時に起きたことを示した (投稿準備中)。この成果は CO_2 濃度の変動や全球の気候変動における南極や南大洋の重要性を示す画期的なものであり、内外の学会での発表は気候変動研

究者の注目を集めた。

(2) NEEM コアの分析結果から、最終間氷期の気候と氷床の変動を復元した (図 1、「主な発表論文等」の雑誌論文⑭、以後「論文⑭」と記す)。北グリーンランドでは、最終間氷期初期の 12 万 6 千年前頃が最も温暖で、気温が現在よりも約 $8^{\circ}C \pm 4^{\circ}C$ 高かった。12 万 8 千年前～12 万 2 千年前の 6 千年間に北グリーンランドの氷床の厚さは $400 \pm 250m$ 減少し、12 万 2 千年前には氷床表面高度が現在よりも $130 \pm 300m$ 低下していた。この解析結果に基づく、最終間氷期におけるグリーンランド氷床の水の量は現在の 90% 以上もあったと推定され、従来の推定値よりもはるかに大きくなった。従来の氷床モデルは、気温が数度上昇すると、グリーンランド氷床の大部分が消失してしまうと予測していたが、この成果が 2013 年に Nature 誌に発表されたことで、氷床モデル研究者に大きなインパクトを与え、IPCC の第 5 次報告書に反映された。

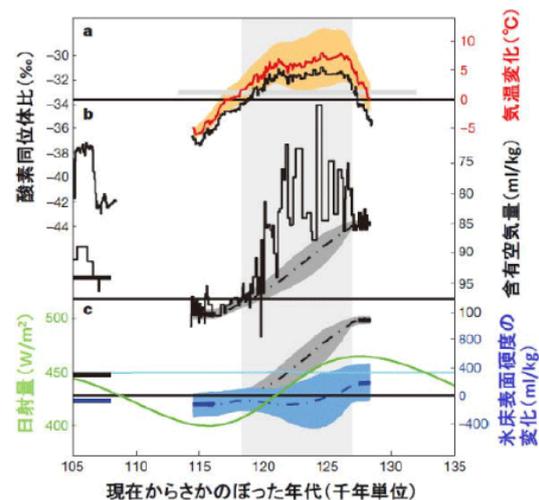


図 1 : 最終間氷期の気温と氷床高度の変動

最終間氷期には海水準が現在よりも 4~8m 高かったと推定されているが、NEEM コアから復元されたグリーンランド氷床の縮小だけでは、これだけの海面上昇が説明できない。本研究の結果は、最終間氷期に南極氷床が縮小し、海面上昇に大きく寄与していたことを示唆しており (論文⑭)、各国の研究者が南極氷床変動の研究を強化する引き金となった。

最終間氷期の NEEM コアで CH_4 濃度が異常に高い値を示す深度域について、Kr/Ar 及び Xe/Ar を分析した。これらの値も異常に高い値を示しており、最終間氷期の温暖期には、現代は殆ど融雪が生じない北グリーンランド内陸部でも、異常に高温だった 2012 年 7 月と同様の氷床表面融解 (論文⑥) が頻繁に生じていたことが明らかになった。更に、最終間氷期の表面融解量を定量的に求めることができた (論文③、⑭)。また、最終間氷期には急激な気候変動は殆ど見られず、完新世と同様、安定した気候だったことが分かった (論文⑭)。

(3) 最終間氷期の NEEM コアの年代は、南極氷床コアとの同期によって間接的に推定されていたが、その検証が待たれていた。そのため、南極のコアで確立されている O_2/N_2 を用いた年代決定手法を適用し、NEEM コアの最終間氷期の氷から空気を抽出して分析した。その結果、 O_2/N_2 と夏期日射量との相関が認められた。一方、融解の指標となる CH_4 の異常高濃度ピークとの相関は見られず、これは NEEM での氷床表面融解が O_2/N_2 に大きな影響を与えなかったことを示している（投稿準備中）。本研究の結果は上記の年代推定が正しいことを示し、南極氷床コアとは独立した検証結果として意義が大きい。また、最終間氷期の温暖期の持続期間の推定値も正しかったことを意味しており、氷床モデルの検証データとしての意義も大きい。

(4) NEEM コアのイオン分析を実施したところ、他のグリーンランド氷床コアと同様、最終氷期において Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} の濃度が、DO イベントに伴って大きく変動していた。海塩起源の Na^+ と Cl^- 、鉱物ダスト起源の Ca^{2+} 、及び両者を起源とする Mg^{2+} の濃度は寒冷期に高く、温暖期に低かったが、気温と濃度の関係が、寒冷期と温暖期で異なっていたことを初めて明らかにした。これは、寒冷な氷期にローレンタイド氷床が拡大し、偏西風の流れを変えたためであることを示唆しており、気候モデル・氷床モデルの制約条件として重要である（投稿準備中）。

本研究ではイオンクロマトグラフによる分析法の改良を行ったことで、主要イオンだけでなく、極微量成分であるリン酸、フッ化物、ギ酸、シュウ酸、酢酸イオンの濃度を初めて最終間氷期まで遡って復元することができた。そして氷期のグリーンランドでリン酸、フッ化物、シュウ酸、酢酸イオンの濃度が DO イベントに伴って大きく変動していたことを初めて明らかにした（投稿準備中）。

リンについては、一部の深度でイオンクロマトグラフ以外の 3 種類の分析法を併用することで、リン酸イオンだけでなく全リン濃度等も測定し、溶存態と非溶存態を区別することができた。その結果、リンの主要な供給源が鉱物ダストであったこと、氷期にはダストの増加に伴ってリンの堆積量が現在の 4~11 倍もあったこと、溶存態の割合は氷期よりも間氷期の方が高かったことなどを初めて明らかにした（論文④）。リンは海洋の植物プランクトンの活動に必要な成分であり、生物ポンプによる CO_2 の吸収とも関係していることから、この研究成果は気候学・海洋学の分野で注目を集め、マスコミにも取り上げられた。

最終氷期から完新世へ移行した際、温暖化に伴って海塩起源やダスト起源のイオンの濃度が低下したのとは対照的に、植生や土壌のバクテリアを起源とする NO_3^- 、 NH_4^+ 、ギ酸、酢酸イオンの濃度が増加した。これは、北半球を覆っていた氷床が温暖化に伴って縮小し、

植生や微生物活動が増加したことを示唆している。一方、これらのイオンの濃度は現間氷期中盤で一時低下した後、再び増加した。これらのイオンは最終間氷期にも同様の変化を示しており、両間氷期で微生物活動や植生が同様の変化過程をたどっていた可能性を示唆する（投稿準備中）。

(5) NEEM コアから完新世の大気中 CH_4 と N_2O の濃度を高時間分解能で分析した。 CH_4 濃度は、先行研究で最も信頼性の高いオレゴン州立大学の結果とよく一致し、双方のデータの信頼性の高さが確認された。 N_2O 濃度も先行研究と比べて高時間分解能で復元し、先行研究のデータに問題があった可能性を示した。本研究の結果から、完新世の初期温暖期には CH_4 、 N_2O 濃度とも安定的に高濃度であったことが判明した。北半球高緯度地域は当時氷床に覆われていたか開放されて間もなかったと考えられることから、これらの気体に共通の放出源である低緯度の陸域環境が、完新世の中期・後期より高温かつ多湿であった可能性を示した（投稿準備中）。 CH_4 濃度が完新世中期に一時減少した後、増加した原因については様々な議論があり、まだ決着がついていないが、本研究から植生や微生物を起源とするイオンの濃度も CH_4 濃度と同様の変化を示したことが明らかになり、今後のモデル研究による原因解明が期待される。

(6) イオンクロマトグラフに四重極型質量分析計を接続し、分析の高感度化を行うことで、NEEM コアに含まれる極微量のハロゲン化学種 (Br^- 、 I^- 、 IO_3^- イオン) の分析を可能にした。その結果、これらイオンの濃度が DO イベントに対応して変動したことや、3 化学種が異なる挙動を示す時期があったことを初めて明らかにした。氷床コア中の極微量ハロゲン化学種は、これまで測定が困難だったため着目されてこなかったが、海氷面積、海洋藻類の活動、オゾン濃度低下を招く光化学反応等と関係しており、新しい古環境指標として利用できることが期待される（投稿準備中）。

(7) 共焦点レーザー顕微鏡を用いた微生物分析法を改良したことで、NEEM コア中の微量微生物粒子の分析が可能になった（論文⑤）。微生物粒子濃度は先行研究で報告された値よりも小さく、先行研究では微生物粒子以外の粒子も計測していた可能性が高いことを示唆した。本研究により氷期・間氷期サイクルを通じての微生物粒子の濃度変動を初めて復元した結果、微生物粒子濃度は完新世に低く、氷期に高かった。これは鉱物ダストの変動と概ね類似した傾向であるが、細かく見ると、氷期の温暖期（亜間氷期）は、鉱物ダスト濃度が低いにもかかわらず、微生物粒子濃度が高かった。従来は微生物粒子が鉱物ダストとともに飛来すると考えられてきたが、氷期には微生物粒子濃度と海塩成分濃度との間に相関が

見られることから、海洋起源のエアロゾルも微生物の発生源や輸送経路として重要であった可能性がある（投稿準備中）。

(8)NEEM コアの浅い深度についてマイクロ波誘電率測定、X線CT計測、イオン分析を行い、雪が氷に変化していく圧密過程を詳細に研究した。その結果、ClとFが高濃度で含まれている冬の積雪層で圧密が促進されることを見出した。両イオンは氷結晶の酸素原子と置換することで配向欠陥を生成し、結晶の変形を促進することが1970年代に示唆されていたが、自然界の氷でこのメカニズムが実際に働いていることを示したのは本研究が初めてである(論文⑦)。これは氷床流動を定量化する上で不可欠な情報であり、氷床モデルに組み込むことで、温暖化による海面上昇の高精度予測に貢献することが期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計35件)

- ① Fujita, S., K. Goto-Azuma, M. Hirabayashi, A. Hori, Y. Iizuka, Y. Motizuki, H. Motoyama and K. Takahashi, Densification of layered firn of the ice sheet at Dome Fuji, Antarctica, *J. Glaciol.*, 査読有, 62, 2016, 103-123.
DOI: 10.1017/jog.2016.16
- ② Ghosh, A., P. K. Patra, K. Ishijima, T. Umezawa, A. Ito, D. M. Etheridge, S. Sugawara, K. Kawamura, J. B. Miller, E. J. Dlugokencky, P. B. Krummel, P. J. Fraser, L. P. Steele, R. L. Langenfelds, C. M. Trudinger, J. W. C. White, B. Vaughn, T. Saeki, S. Aoki, and T. Nakazawa, Variations in global methane sources and sinks during 1910–2010, *Atmos. Chem. Phys.*, 査読有, 15, 2015, 2595-2612.
DOI: 10.5194/acp-15-2595-2015
- ③ Orsi, A. J., K. Kawamura 他 4 名 Differentiating bubble-free layers from melt layers in ice cores using noble gases, *J. Glaciol.*, 査読有, 61, 2015, 585-594.
DOI: 10.3189/2015JoG14J237
- ④ Kjær, H. A., R. Dallmayr, J. Gabrieli, K. Goto-Azuma, M. Hirabayashi, A. Svensson, and P. Vallenga, Greenland ice cores constrain glacial atmospheric fluxes of phosphorous, *J. Geophys. Res.*, 査読有, 120, 2015, 10810-10822.
DOI: 10.1002/2015JD023559
- ⑤ Kobashi, T., J. E. Box, B. M. Vinther, K. Goto-Azuma, T. Blunier, J. W. C. White, T. Nakaegawa and C. S. Andresen, Modern solar maximum forced late twentieth century Greenland cooling, *Geophys. Res. Lett.*, 査読有, 42, 2015, 5992-5999.
DOI: 10.1002/2015GL064764
- ⑥ Nilsson, J., P. Vallenga, S. B. Simonsen, L. S. Sørensen, R. Forsberg, D. Dahl-Jensen, M. Hirabayashi, K. Goto-Azuma 他 3 名, Greenland 2012 melt event effects on CryoSat-2 radar altimetry, *Geophys. Res. Lett.*, 査読有, 42, 2015, 3919-3926.
DOI: 10.1002/2015GL063296
- ⑦ Fujita, S., M. Hirabayashi, K. Goto-Azuma, R. Dallmayr, K. Satow, J. Zheng and D. Dahl-Jensen, Densification of layered firn of the ice sheet at NEEM, Greenland, *J. Glaciol.*, 査読有, 60, 2014, 905-921.
DOI: 10.3189/2014JoG14J006
- ⑧ Montagnat, M., N. Azuma, D. Dahl-Jensen, J. Eichler, S. Fujita, 他 5 名, Fabric along the NEEM ice core, Greenland, and its comparison with GRIP and NGRIP ice cores, *The Cryosphere*, 査読有, 8, 2014, 1129-1138.
DOI: 10.5194/tc-8-1129-2014
- ⑨ Steen-Larsen, H. C., V. Masson-Delmotte, M. Hirabayashi 他 16 名, What controls the isotopic composition of Greenland surface snow?, *Clim. Past*, 査読有, 10, 2014, 377-392.
DOI: 10.5194/cp-10-377-2014
- ⑩ Takeuchi, N., N. Nagatsuka, J. Uetake and R. Shimada, Spatial variations in impurities (cryoconite) on glaciers in northwest Greenland, *Bull. Glaciol. Res.*, 査読有, 32, 2014, 85-94.
DOI: http://doi.org/10.5331/bgr.32.85
- ⑪ Kawamura, K., 他 7 名, Kinetic fractionation of gases by deep air convection in polar firn, *Atmos. Chem. Phys.*, 査読有, 13, 2013, 11141-11155.
DOI: 10.5194/acp-13-11141-2013
- ⑫ 川村 賢二, 青木 周司, 中澤 高貴, 氷床コアから見た南北気候のつながり, 天気, 査読有, 60, 2013, 894-901.
- ⑬ Kobashi, T., K. Kawamura, K. Goto-Azuma, 他 3 名, Causes of Greenland temperature variability over the past 4000 years: implications for Northern Hemispheric temperature change, *Climate of the Past*, 査読有, 9, 2013, 2299-2317.
DOI: 10.5194/cp-9-2299-2013
- ⑭ NEEM community members (著者 132 名はアルファベット順, N. Azuma, K. Goto-Azuma, M. Hirabayashi, Y. Iizuka, K. Kawamura, T. Kuramoto, J. Uetake は著者), Eemian

interglacial reconstructed from a Greenland folded ice core. *Nature*, 査読有, 493, 2013, 489-494.

DOI: 10.1038/nature11789

- ⑮ Kobashi, T., D. T. Shindell, K. Kodera, J. E. Box, T. Nakaegawa, and K. Kawamura, On the origin of multi-decadal to centennial Greenland temperature anomalies over the past 800 years, *Clim. Past*, 査読有, 9, 2013, 583-596.
DOI: 10.5194/cp-9-583-2013

- ⑯ Segawa, T., N. Takeuchi, A. Rivera, A. Yamada, Y. Yoshimura, G. Barcaza, K. Shinbori, H. Motoyama, S. Kohshima and K. Ushida, Distribution of antibiotic resistance genes in glacier environments. *Environ. Microbiol. Rep.* 査読有, 5, 2013, 127-134.
DOI: 10.1111/1758-2229.12011

- ⑰ Svensson, A., M. Bigler, T. Blunier, H. B. Clausen, D. Dahl-Jensen, H., Fischer, S. Fujita, K. Goto-Azuma, S. J. Johnsen, K. Kawamura 他 16 名, Direct linking of Greenland and Antarctic ice cores at the Toba eruption (74 kyr BP), *Climate of the Past*, 査読有, 9, 2013, 749-766.
DOI: 10.5194/cp-9-749-2013

- ⑱ Buizert, C., 他 2 5 名 (K. Kawamura, は 2 5 番目), Gas transport in firn: multiple-tracer characterization and model intercomparison for NEEM, Northern Greenland, *Atmos. Chem. Phys.*, 査読有, 12, 2012, 4259-4277.
DOI: 10.5194/acp-12-4259-2012

- ⑲ Witrant, E., P. Martinerie, C. Hogan, J. C. Laube, K. Kawamura 他 6 名, A new multi-gas constrained model of trace gas non-homogeneous transport in firn: evaluation and behaviour at eleven polar sites, *Atmos. Chem. Phys.*, 査読有, 12, 2012, 11465-11483.
DOI: 10.5194/acp-12-11465-2012

- ⑳ Uetake, J., 他 3 名, Diversity of cold adapted yeast isolate from the supra-glacial environments of different altitude on the Gulkana Glacier, *FEMS Microbiology Ecology*, 査読有, 82, 2012, 279-286.
DOI: 10.1111/j.1574-6941.2012.01323.x

- ㉑ 植竹淳, 東久美子, 本山秀明, アイスコアサンプルを対象とした蛍光顕微鏡による微生物定量方法の検討、南極資料, 査読有, 56, 2012, 57-67.
https://nopr.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=9641&item_no=1&page_id=

13&

- ㉒ Azuma, N., T. Miyakoshi, S. Yokoyama and M. Takata, Impeding effect of air bubbles on normal grain growth of ice. *J. Structural Geology*, 査読有, 42, 2012, 184-193.
DOI: 10.1016/j.jsg.2012.05.005

- ㉓ Kobashi, T., K. Kawamura 他 6 名, High variability of Greenland surface temperature over the past 4000 years estimated from trapped air in an ice core, *Geophys. Res. Lett.*, 査読有, 38, 2011, L21501.
DOI: 10.1029/2011GL049444

- ㉔ Kuramoto, T., K. Goto-Azuma, M. Hirabayashi, T. Miyake, H. Motoyama, D. Dahl-Jensen, and J. P. Steffensen, Seasonal variations of snow chemistry at NEEM, Greenland, *Ann. Glaciol.*, 査読有, 52, 2011, 193-200.
DOI: 10.3189/172756411797252365

- ㉕ Uetake, J., 他 4 名, Communities of algae and cyanobacteria on glaciers in west Greenland. *Polar Science*, 査読有, 4, 2010, 71-80.
DOI: 10.1016/j.polar.2010.03.002

- ㉖ Kobashi, T., Severinghaus, J.P., Barnola, J.-M., Kawamura, K. 他 2 名, Persistent multi-decadal Greenland temperature fluctuation through the last millennium, *Climatic Change*, 査読有, 100, 2010, 733-756.
DOI: 10.1007/s10584-009-9689-9

〔学会発表〕 (計 1 1 7 件)

招待講演が 1 7 件

- ① 川村賢二, 堀内賞受賞記念講演: 極域氷床コア及びフィルン空気を基にした過去の大气組成・気候の復元と変動メカニズムの研究, 日本気象学会 2015 年秋季大会, 京都テルサ (京都府・京都市), 2015 年 10 月 29 日 (招待講演)

- ② 東久美子, 東信彦, 平林幹啓, 川村賢二, 倉元隆之, 宮本淳, 植竹淳, グリーンランド NEEM 氷床コアによる最終間氷期の環境復元, 日本地球惑星科学連合大会 2013 年大会, 幕張メッセ (千葉県・千葉市), 2013 年 5 月 23 日 (招待講演)

- ③ 東久美子, 極域アイスコアにおける化学成分の変動と気候・環境復元, 大気化学討論会, ホテル パーレンス小野屋 (福岡県・朝倉市), 2012 年 11 月 8 日 (招待講演)

- ④ Kobashi, T., K. Kawamura, J.-M. Barnola, J. P. Severinghaus, Holocene climate change; a perspective from Greenland's

temperature, International Partnership in Ice Core Sciences (IPICS), キーノート講演, コートダジュール (フランス), 2012年10月1日 (招待講演)

- ⑤ 東久美子, 両極の氷床コアから復元された過去数十万年のエアロゾル変動, 日本第四紀学会公開シンポジウム, 立正大学 (埼玉県・熊谷市), 2012年8月22日 (招待講演)
- ⑥ Goto-Azuma, K., Past climate change recorded in polar ice cores, UPV&BC3 seminar, Bilbao (スペイン), 2012年6月22日 (招待講演)
- ⑦ Kobashi, T., Kawamura, K., Severinghaus, J.P., Barnola, J.-M., Nakaegawa 他 6 名, High variability of Greenland temperature over the past 4000 years, Santa Fe Third Conference for Global and Regional Climate Change, Santa Fe (米国), 2011年11月2日 (招待講演)
- ⑧ 川村賢二, 青木周司, 中澤高清, 氷床コアから見た南北気候のつながり, 日本気象学会春季大会シンポジウム「変動する地球気候の鍵 -南極・北極-」, 国立オリンピック記念青少年総合センター (東京都・渋谷区) 2011年5月20日 (招待講演)
- ⑨ 東久美子, 南極・北極の氷から見た地球環境変動, 土木学会 平成 22 年度 全国大会全体討論会, 北海道大学 (北海道・札幌市), 2010年9月2日 (招待講演)

[図書] (計 5 件)

- ① 南極 OB 会編集委員会編, (著者: 東久美子を含む 24 名), 成山堂書店, 北極読本, 2015, 220 ページ.
- ② 藤井理行・本山秀明 (編著), (著者: 本山秀明, 東久美子, 飯塚芳徳, 川村賢二, 藤田秀三を含む 13 名), 極地研ライブラリー, 成山堂書店, アイスコアー地球環境のタイムカプセル, 2011, 268 ページ.

[その他]

ホームページ: <http://polaris.nipr.ac.jp/~NEEM>

新聞報道: 朝日新聞等 10 件以上

アウトリーチ活動: サイエンスカフェ及び中高生対象の講演多数、中谷宇吉郎雪の科学館のグリーンランド展示協力

6. 研究組織

(1) 研究代表者

東久美子 (AZUMA, Kumiko)
国立極地研究所・研究教育系・教授

研究者番号: 80202620

(2) 研究分担者

川村賢二 (KAWAMURA, Kenji)
国立極地研究所・研究教育系・准教授
研究者番号: 90431478

藤田秀二 (FUJITA, Shuji)
国立極地研究所・研究教育系・准教授
研究者番号: 30250476

植竹淳 (UETAKE, Jun)
情報・システム研究機構・新領域融合研究センター・融合プロジェクト特任研究員
研究者番号: 40455473

(3) 連携研究者

本山秀明 (MOTOYAMA, Hideaki)
国立極地研究所・研究教育系・教授
研究者番号: 20210099

平林幹啓 (HIRABAYASHI, Motohiro)
国立極地研究所・研究教育系・特任助手
研究者番号: 20399356

小端拓郎 (KOBASHI, Takuro)
国立極地研究所・研究教育系・特任助教
研究者番号: 00527129
(平成 22 年度～25 年度)

高村近子 (TAKAMURA, Chikako)
国立極地研究所・研究教育系・特任研究員
研究者番号: 00584666
(平成 22 年度～24 年度)

倉元隆之 (KURAMOTO, Takayuki)
国立極地研究所・研究教育系・特任研究員
研究者番号: 30511513
(平成 22 年度～23 年度)

瀬川高弘 (SEGAWA, Takahiro)
情報・システム研究機構・新領域融合研究センター・特任助教
研究者番号: 90425835

青木周司 (AOKI, Shuji)
東北大学・理学研究科・教授
研究者番号: 00183129

東信彦 (AZUMA, Nobuhiko)
長岡技術科学大学・工学部・教授
研究者番号: 70182996

飯塚芳徳 (IIZUKA, Yoshinori)
北海道大学・低温科学研究所・助教
研究者番号: 40370043