

平成 24 年 度

# 共同研究報告書



国立極地研究所

大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構

# 目 次

## I. 共同研究報告(終了)

### 一般共同研究

#### (1) 宙空圏

|       |  |           |    |
|-------|--|-----------|----|
| 22-1  | 全球的な宙空電磁場環境変動データの解析研究                          | 湯 元 清 文   | 6  |
| 22-2  | 極域熱圏・電離圏のモデリング研究                               | 藤 原 均     | 8  |
| 22-3  | サブストーム解明へ向けた磁気圏電離圏現象の整理およびMHDシミュレータの改良         | 中 溝 葵     | 10 |
| 22-4  | 昭和基地設置多波長共鳴散乱ライダーの特性評価                         | 川 原 琢 也   | 12 |
| 22-5  | LF標準電波を用いた放射線帯電子降下現象の実証的研究                     | 土 屋 史 紀   | 14 |
| 23-4  | アイスランドにおける宇宙線生成核種強度の時間変動と太陽活動の関係についての研究        | 櫻 井 敬 久   | 16 |
| 23-16 | オーロラサブストームにともなうカレントウェッジと昼側領域1型および2型沿磁力線電流発達の関係 | 橋 本 久 美 子 | 18 |
| 24-11 | SuperDARNで観測される地磁気脈動からの磁気圏領域推定可能性              | 河 野 英 昭   | 20 |

#### (2) 気水圏

|       |                                   |         |    |
|-------|-----------------------------------|---------|----|
| 22-6  | 衛星および現場観測データによる南極リュツォ・ホルム湾の海水変動解析 | 舘 山 一 孝 | 24 |
| 22-7  | 南極海インド洋セクターにおける係留観測研究             | 深 町 康   | 26 |
| 22-8  | しらせによる海洋航走モニタリング研究                | 青 木 茂   | 28 |
| 22-10 | 北半球寒冷域の急激な雪氷圏変動                   | 本 田 明 治 | 30 |
| 23-19 | 地球観測衛星から推定されたエアロゾルのしらせ船上観測との比較検証  | 久 慈 誠   | 32 |
| 23-20 | 多波長ライダーによる混合相雲の検出・解析手法の開発         | 津 田 敏 隆 | 34 |
| 24-17 | 南極雪氷中の火山・宇宙起源物質の研究(V)             | 福 岡 孝 昭 | 36 |

#### (3) 地圏

|       |  |         |    |
|-------|--|---------|----|
| 22-11 | ケイ酸塩鉱物中磁性包有物を有する南極産隕石と地球岩石の磁気・年代に関する研究         | 中 村 教 博 | 40 |
| 22-13 | 造岩鉱物の微細組織からみた東南極ナピア、リュツォ・ホルム岩体の熱史              | 三 宅 亮   | 42 |
| 22-14 | 「しらせ」海底地形及び地球物理データの標準化及び南極プレートインド洋区の精密構造に関する研究 | 松 本 剛   | 44 |
| 23-31 | 泥質変成岩を利用した東南極セールロンダーネ山地における流体活動のタイミング決定        | 河 上 哲 生 | 46 |
| 24-19 | 南極域での超小型VLBIアンテナ実利用に向けた受信部冷却に関する技術検討           | 市 川 隆 一 | 49 |

#### (4) 生物圏

|       |  |           |    |
|-------|--|-----------|----|
| 22-15 | 細菌の低温適応と細胞の疎水度                             | 奥 山 英 登 志 | 54 |
| 22-16 | 南極における生物に及ぼす紫外線の影響評価と好冷性微生物を用いた機能性食品に関する研究 | 高 橋 哲 也   | 56 |
| 22-17 | オホーツク海沿岸域における海水形成過程と基礎生産動態に関する研究           | 西 野 康 人   | 63 |

|       |                                      |           |       |    |
|-------|--------------------------------------|-----------|-------|----|
| 22-18 | 極域より分離した微生物と人工的に改変した微生物酵素の低温適応機構     | 田 口 精 一   | ..... | 65 |
| 22-19 | 昭和基地周辺における土壌藻類及び土壌微生物を用いた環境モニタリングの実施 | 大 谷 修 司   | ..... | 67 |
| 22-21 | 極地の植物に寄生する糸状菌の同定と遺伝子資源としての評価         | 東 條 元 昭   | ..... | 69 |
| 22-22 | 雪上藻類の光合成に関する研究                       | 菓 子 野 康 浩 | ..... | 71 |
| 22-23 | 海洋と南極湖沼における硫黄循環と窒素循環に対する嫌気呼吸の役割の解明   | 松 崎 雅 広   | ..... | 73 |
| 23-39 | 南極材料を用いた薬剤耐性菌および薬剤耐性遺伝子の検索           | 田 村 豊     | ..... | 75 |
| 23-40 | 陸上動物を対象とした遠隔操作によるバイオリギング研究           | 森 貴 久     | ..... | 77 |

## (5)極地工学

|       |                           |           |       |    |
|-------|---------------------------|-----------|-------|----|
| 22-24 | 昭和基地におけるエネルギー利用効率向上に関する研究 | 木 村 茂 雄   | ..... | 80 |
| 22-25 | 極寒地・南極大陸における高機能繊維素材の開発    | 奥 野 温 子   | ..... | 82 |
| 22-26 | 共同開発した新規南極ウェアの評価と検討       | 伊 豆 原 月 絵 | ..... | 84 |

## Ⅱ. 研究集会報告

### 研究集会

| No. | 研究課題名                         |           |
|-----|-------------------------------|-----------|
| 1   | SuperDARNによる極域超高層大気研究集会       | ..... 88  |
| 2   | 南極昭和基地大型大気レーダー研究集会            | ..... 89  |
| 3   | 中間圏・熱圏・電離圏研究集会                | ..... 91  |
| 4   | EISCAT研究集会                    | ..... 93  |
| 5   | 地上多点観測データの総合解析による超高層大気研究会     | ..... 94  |
| 6   | 極域電離圏—磁気圏結合研究集会               | ..... 96  |
| 7   | 極域からさぐる第四紀の地球気候変動史            | ..... 97  |
| 8   | 南極大気エアロゾル研究会                  | ..... 98  |
| 9   | 大気・雪氷間の物質循環と南極への物質輸送に関する研究小集会 | ..... 100 |
| 10  | 南大洋の海洋・海氷変動に関する研究集会           | ..... 102 |
| 11  | 北極域における過去の気候・環境変動             | ..... 104 |
| 12  | 二次イオン質量分析計を用いた共同研究に関する研究集会    | ..... 106 |
| 13  | 北極ツンドラ生態系の物質循環に関する研究集会        | ..... 108 |
| 15  | 極限環境における微小生態系の総合的研究           | ..... 110 |
| 16  | 2012年 南極医学・医療ワークショップ          | ..... 111 |

### Ⅲ. 平成24年度共同研究課題一覧

|   |                |           |
|---|----------------|-----------|
| 1 | 平成24年度共同研究実施件数 | ..... 116 |
| 2 | 一般共同研究         | ..... 117 |
| 3 | 研究集会           | ..... 122 |



1. 記号の説明

◎・・・・研究代表者

2. 表記例

(研究課題)

全球的な宙空電磁場環境変動データの解析研究

(研究代表者)

◎湯元清文 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター・センター長・教授

(共同研究者)

阿部修司 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター・特任助教  
前田丈二 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター・学術研究員  
魚住禎司 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター・テクニカルスタッフ

(担当教員)

(国立極地研究所)  
佐藤夏雄 教授

(研究期間)

研究期間：平成 22 年から平成 24 年（3 年）

# I . 共同研究報告（終了）

## 一般共同研究

### （1）宙 空 圏

## 全球的な宙空電磁場環境変動データの解析研究

◎湯元清文 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター・センター長・教授 (研究代表者)

阿部修司 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター・特任助教

前田丈二 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター・学術研究員

魚住禎司 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター・テクニカルスタッフ

(国立極地研究所)

佐藤夏雄 教授 (担当教官)

平成22年～平成24年(3か年) (研究期間)

### [研究成果]

国際太陽系観測年(IHY)事業の Post-IHY として国際宇宙天気主導(ISWI)事業が2010-2012年に計画され、全球的な視点から太陽-地球系を一つのシステムと捉えた宇宙天気研究のための地上ネットワーク観測がスタートした。本研究では、このISWI事業期間に集められる太陽面、太陽風、地球磁気圏・電離圏や大気圏で発生している様々な擾乱現象の中で、特に、領域間結合の視点からSq、赤道ジェット電流(EEJ)、サブストーム、Pi、Pc地磁気脈動等の短期/長期変動の現象に注目し、太陽表面-惑星間空間から磁気圏-電離圏-大気圏/地圏にいたる領域間のエネルギー流入過程、その伝播経路、それぞれの領域で発生する現象間の因果性、結合特性の解明を目指した。具体的には、地上のULTIMA(MAGDAS, McMAC, THEMIS, CANOPUS, MEASURE, SAMBA, SMALLなど)観測網のデータ、さらに、人工衛星データを加えた共同観測・解析研究から、太陽表面、太陽風領域、地球内部磁気圏や赤道域までの宙空領域におけるそれぞれについての因果性、関連性を明らかにするための解析研究を実施した。参考文献に例示する様に、研究期間を通じて多くの研究が進められ、成果を学術誌や国際学会にて発表した。主な研究成果を以下に報告する。

(1) 赤道ジェット電流や昼側低緯度の両半球間を繋ぐ沿磁力線電流を含めたグローバルなSq電流系のメカニズム解明を目的として、Sq等価渦電流構造の変動特性に関する解析を行った。本研究では、グローバル地磁気観測網(MAGDAS / CPMN)のうち、地方時がほぼ等しい磁気子午線96度(96MM)と210度(210MM)付近それぞれの観測点において得られた長期間の地上多点観測データや、九州大学が開発した赤道ジェット電流指数(EE-index)データを用いて解析が行われた。解析を通じてSq電流系の経験モデルが構築され、このモデルを参照することによって、SqとEEJの長期変動の相互関係にとどまらず、成層圏突然昇温や月潮汐波動といった大気圏起源の現象と電離圏の結合を示唆するSq、EEJの変動特性や、EEJと太陽輻射の長期的変動との相関など、領域間結合に関する新たな知見が得られた。

(2) 赤道ジェット電流と中間圏・熱圏下部の風速変動との関係を明らかにするために、赤道域地上磁場と大気レーダー(MF・流星レーダー)観測デ

ータの綿密な長期変動の解析を行い、また、衛星データとの比較解析を行った。本研究の結果、中間圏・熱圏下部における東西風風速変動の半年周期変動とRes-EEJの周期変動が非常によい相関を示すことが長期の観測事実として分かった。さらに、人工衛星にて観測された風速データを用いることで、付近に対応する磁力計/レーダーのないレーダー/磁力計観測点においても中性風と赤道ジェット電流の比較解析を行い、この特徴が磁気赤道に沿う全領域で観測される関係であると結論付けた。これらにより、電離圏E層下部(85-100km)の電磁環境には中性風の半年周期変動が寄与しており、赤道域の磁場変動に現れていること、そしてそれらは汎世界的に観測される現象であるという重要な結果を得ることができた。

(3) MAGDAS/CPMN地上磁場観測データに、POLAR衛星のオーロラ画像データ、プラズマ波動データ、静止軌道衛星ETS-8の磁場観測データ等を相互に比較解析することによって、サブストーム開始時に発生するPi2とサブストーム諸現象の関係を調査した。その結果、Pi2の振動とAKR(Auroral Kilometric Radiation)強度変動の間に良い相関があることが明らかになった。また地上および静止衛星高度でほぼ同時に発生したPi2の開始時刻およびSCWの振動特性に関する調査を行い、磁場の東西成分は、夜側の広い範囲で地上-静止軌道に関わらず同位相で波形相関の高い振動が開始する場合が多数を占めることが確認された。また中緯度のPi2の初動特性を解析し、中緯度Pi2の振動パターンによるSCWの位置推定に関するLesterモデルが抱えていた問題の解答を提案した。

(4) 世界各地で発生した大地震(台湾、ペルー)の発生と地上磁場の変動の関連性をMAGDAS/CPMNの地上多点磁場観測データを用いて調査を行った。その結果、地震発生前(数日-数週間)にPc3地磁気脈動の水平/垂直成分の振幅比に局所的な異常や、Sqパターンの局所的異常が認められた。また2011東北地震に関しても調査を行い、震源に最も近かった女川観測所で観測されたPc3の振幅比に異常が確認された。

[参考文献 (主な発表論文)]

1. Yamazaki, Y., K. Yumoto, T. Uozumi, S. Abe, M. G. Cardinal and D. McNamara, R. Marshall, B. M. Shevtsov, and S. I. Solov'ev, Re-examination of Sq-EEJ relationship based on extended magnetometer networks in the east Asian region, *J. Geophys. Res.*, VOL. 115, A09319, doi:10.1029/2010JA015339, 2010.
2. Ikeda, A., K. Yumoto, T. Uozumi, M. Shinohara, K. Nozaki, A. Yoshikawa, V. V. Bychkov, and B. M. Shevtsov, Phase relation between Pi2-associated ionospheric Doppler velocity and magnetic pulsations observed at a midlatitude MAGDAS station, *J. Geophys. Res.*, 115, A02215, doi:10.1029/2009JA014397, 2010.
3. Uozumi, T., K. Yumoto, T. Tokunaga, S. I. Solov'ev, B. M. Shevtsov, R. Marshall, K. Liou, S. Ohtani, S. Abe, A. Ikeda, K. Kitamura, A. Yoshikawa, H. Kawano, and M. Itonaga, AKR modulation and global Pi2 oscillation, *J. Geophys. Res.*, 116, A06214, doi:10.1029/2010JA016042, 2011.
4. Uozumi, T., K. Yumoto, T. Tokunaga, D. G. Baishev, B. M. Shevtsov, R. Marshall, K. Liou, S. Ohtani, S. Abe, A. Ikeda, K. Kitamura, A. Yoshikawa, H. Kawano, and M. Itonaga, AKR modulation and global Pi 2 oscillation, Workshop on Physical Processes in Non-Uniform and Finite Magnetospheric Systems - 50 Years of Tamao's Resonant Mode Coupling Theory -, 2011/Sept./12-15, Nishijin Plaza, Kyushu University, Fukuoka, Japan.
5. Uozumi, T.; Kiyohumi Yumoto; Shun Imajo; Kiyokazu Koga; Takahiro Obara; Dmitry G. Baishev; Boris M. Shevtsov; David K. Milling; Ian R. Mann; Akihiro Ikeda; Shuji Abe; Akimasa Yoshikawa; Hideaki Kawano, Simultaneous ground-satellite observation of Pi 2 pulsations associated with upward/downward FACs of the substorm current wedge, 2011 AGU Fall Meeting, San Francisco, CA, USA, 5-9 December 2011.
6. Yamazaki, Y., K. Yumoto, T. Uozumi, and M. G. Cardinal, Intensity variations of the equivalent Sq current system along the 210° magnetic meridian, *J. Geophys. Res.*, 116, A10308, doi:10.1029/2011JA016632, 2011.
7. Y. Yamazaki, K. Yumoto, M. G. Cardinal, B. J. Fraser, P. Hattori, Y. Kakinami, J. Y. Liu, K. J. W. Lynn, R. Marshall, D. McNamara, T. Nagatsuma, V. M. Nikiforov, R. E. Otadoy, M. Ruhimat, B. M. Shevtsov, K. Shiokawa, S. Abe, T. Uozumi, and A. Yoshikawa, An empirical model of the quiet daily geomagnetic field variation, *J. Geophys. Res.*, 116, A10312, doi:10.1029/2011JA016487, 2011.
8. Takla, E.M., K. Yumoto, J.Y. Liu, Y. Kakinami, T. Uozumi, S. Abe and A. Ikeda (2011), Anomalous geomagnetic variations possibly linked with the Taiwan Earthquake (Mw= 6.4) on 19 December 2009, *Intl. J. Geohys.*, Vol. 2011, p.1-10, doi:10.1155/2011/848467, 2011.
9. Takla, E.M., K. Yumoto, M. G. Cardinal, S. Abe, A. Fujimoto, A. Ikeda, T. Tokunaga, Y. Yamazaki, T. Uozumi, A. Mahrous, E. Ghamry, G. Mengistu, T. Afullo, A. Macamo, L. Joao, H. Mweene, N. Mwiinga, C. Uiso, P. Baki, G. Kianji, K. Badi, P. Sutcliffe, P. Palangio, A study of latitudinal dependence of Pc 3-4 amplitudes at 96 magnetic meridian stations in Africa, *SUN and GEOSPHERE* Vol.6, No.2, pp.65-70, 2011.
10. G. Maeda, K. Yumoto, Y. Kakinami, T. Tokunaga, A. Fujimoto, A. Ikeda, Y. Yamazaki, S. Abe, M. Sakai, N. Eto, H. Terada, M. Shinohara, Y. Fujita, K. Matsuyama, Deployment of MAGDAS in Africa, *Sun and Geosphere* (2011) Volume 6, Number 2, pages 55-59.
11. S. Gadimova, H.J. Haubold, D. Danov, K. Georgieva, G. Maeda, K. Yumoto, J.M. Davila, N. Gopalswamy, United Nations Basic Space Science Initiative: 2010 Status Report on the International Space Weather Initiative, *Sun and Geosphere* (2011) Volume 6, Number 1, pages 3-12.
12. Y. Yamazaki, K. Yumoto, D. McNamara, T. Hirooka, T. Uozumi, K. Kitamura, S. Abe, A. Ikeda, Ionospheric current system during sudden stratospheric warming events, *J. Geophys. Res.*, 117, A3, DOI: 10.1029/2011JA017453, 2012
13. Yamazaki, Y., Richmond, A. D., Yumoto, K. (2012), Stratospheric warmings and the geomagnetic lunar tide: 1958-2007, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-SPACE PHYSICS*, Vol.117, A04301, DOI: 10.1029/2012JA017514, Apr. 3, 2012
14. Yamazaki, Y., Yumoto, K. (2012), Long-term behavior of annual and semi-annual S-q variations, *EARTH PLANETS AND SPACE*, Vol. 64, No. 6, pp. 417- 423, DOI: 10.5047/eps.2011.01.014.
15. Yamazaki, Y., K. Yumoto, D. McNamara, T. Hirooka, T. Uozumi, K. Kitamura, S. Abe, and A. Ikeda (2012), Ionospheric current system during sudden stratospheric warming events, *J. Geophys. Res.*, 117, A03334, 7 PP., 2012 doi:10.1029/2011JA017453
16. Rabi, AB, Onwumechili, CA, Nagarajan, N, Yumoto, K. (2012), CHARACTERISTICS OF EQUATORIAL ELECTROJET OVER INDIA DETERMINED FROM A THICK CURRENT SHELL MODEL, *JOURNAL OF ATMOSPHERIC AND SOLAR-TERRESTRIAL PHYSICS*, Vol. 92, pp105-115, DOI :10.1016/j.jastp.2012.10.014, Jan. 2013
17. Bolaji, OS, Rabi, AB, Oyeyemi, EO, Yumoto, K. (2012), Climatology of the inter-hemispheric field-aligned currents system over the Nigeria ionosphere, *JOURNAL OF ATMOSPHERIC AND SOLAR-TERRESTRIAL PHYSICS*, Vol. 89, pp144-153, DI 10.1016/j.jastp.2012.07.008, Nov. 2012
18. El Hawary, R., Yumoto, K., Yamazaki, Y., Mahrous, A., Ghamry, E., Meloni, A., Badi, K., Kianji, G., Uiso, C. B. S., Mwiinga, N., Joao, L., Afflu, T., Sutcliffe, P. R., Mengistu, G., Baki, P., Abe, S., Ikeda, A., Fujimoto, A., Tokunaga, T. (2012), Annual and semi-annual S-q variations at 96 degrees MM MAGDAS I and II stations in Africa, *EARTH PLANETS AND SPACE*, Vol. 64, No. 6, pp. 425-432, DOI: 10.5047/eps.2011.10.013
19. Nurul Shazana Abdul Hamid, Huixin Liu, Teiji Uozumi and Kiyohumi Yumoto, Equatorial electrojet dependence on solar activity in the Southeast Asia sector, *Antarctic Record* in press.
20. E.M. Takla, K. Yumoto, S. Okano, T. Uozumi, S. Abe, The signature of the 2011 Tohoku mega earthquake on the geomagnetic field measurements in Japan, *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, in press

## 極域熱圏・電離圏のモデリング研究

◎藤原 均 成蹊大学 理工学部・教授 (研究代表者)

(国立極地研究所)

小川泰信 准教授

(担当教員)

平成 22 年～平成 24 年 (3 か年)

(研究期間)

### [研究成果]

IPY 期間中(2007 年 3 月～2008 年 2 月)の EISCAT スパールバルレーダー(ESR)観測データの解析、及び新たな特別実験を平成 22 年度～24 年度に各 1 回ずつ実施した。IPY データを用いて、太陽活動極小、及び地磁気静穏時のイオン温度の日変化や、季節変化に着目し極冠域での電離圏変動の特徴を調べた。また、CHAMP 衛星による熱圏大気質量密度の観測データと、上記データとの比較を実施した。地磁気静穏時において観測されたイオン温度が IRI-2007 モデルと比べて大きな時間変動をしていることが示されたほか、イオン温度と中性大気温度(GCM での計算値や経験モデルでの値)との差がほぼ常時 250 K 程度あることから、この差を作る熱源が極冠域内に存在することを指摘した。ここでの初期結果は、Earth, Planets and Space 誌にて公表した。

太陽活動が極小から極大へと遷移する期間の貴重な電離圏データの取得、IPY データとの比較を目的に 3 回の EISCAT 特別実験を実施した。特別実験の概要は以下のとおりである。

研究代表者(藤原)、共同研究者の野澤准教授(名古屋大学太陽地球環境研究所)が KST サイトにて、また極地研担当教員 小川准教授が ESR サイトにて現地観測に参加し、2011 年 1 月 10-11 日にレーダー観測を実施した。昼側極冠域での電離圏変動に着目し、07:00-13:00 UT の時間帯にて良質なデータ(電子密度、電子温度、イオン温度、イオンドリフト速度)の取得に成功した。また、同期間には名古屋大学太陽地球研究所のナトリウム Na ライダー観測も実施され、中間圏・下部熱圏における Na 層の連続観測にも成功した。

2012 年 3 月 12-13 日に藤原、野澤がトロムソ、小川がロングイアビンに赴き KST, ESR 観測を実施した。事前に、ESR 不調のため緯度方向にのみスキャン可能との連絡があり、当初予定していた CP2 観測から CP3 観測へと変更した。ただし、KST では仰角 30 度のとき経度方向へビームを振って電場導出を可能とした。また、ESR, KST ともに 07:00-13:00 UT に 2 日間の実験を予定していたが、ESR サイトの停電や KST トランスミッタの不調等のため観測時間が若干変更となった[3/12 ESR: 07:00-12:00 UT, KST: 07:00-13:00 UT, 3/13 ESR: 07:00-14:00, KST: 08:00-14:00]。3 月 12 日、13 日のコンディションはそれぞれ F10.7=115, 141 であり、また 3 月 12 日には数日前からの CME の影響による電離圏変動が観測された。

2013 年 3 月 12, 13 日に藤原、野澤がトロムソ、小川がロングイアビンに赴き、KST, ESR 観測を実施した。ESR, KST ともに緯度方向へビームをスキャンして (CP3 観測)、電離圏変動の空間構造を調べた。また、KST では仰角 30 度のとき経度方向へビームを振って電場導出を可能とした。ESR, KST ともに 07:00-13:00 UT に 2 日間 (合計 24 時間の観測) の実験を予定していたが、ESR サイトでの観測時のトラブルにより若干の変更をとまった。3 月 14 日、15 日のコンディションはともに F10.7=123, 14 日は地磁気静穏、15 日は観測開始直前に激しい太陽風変動が起こった。

現在、3 回の観測結果の比較、及び CME に伴う電離圏変動(23 年度観測結果)の詳細を理解するためにデータ解析を進めている。

[研究発表]

Tsuda, T. T., S. Nozawa, T. D. Kawahara, T. Kawabata, N. Saito, S. Wada, C. M. Hall, S. Oyama, Y. Ogawa, S. Suzuki, T. Ogawa, T. Takahashi, H. Fujiwara, R. Fujii, N. Matuura, and A. Brekke (2011), Fine structure of sporadic sodium layer observed with a sodium lidar at Tromso, Norway, *Geophysical Research Letters*, 38, L18102, doi:10.1029/2011GL048685.

Fujiwara, H., S. Nozawa, S. Maeda, Y. Ogawa, Y. Miyoshi, H. Jin, H. Shinagawa, and K. Terada (2012), Polar cap thermosphere and ionosphere during the solar minimum period: EISCAT Svalbard radar observations and GCM simulations, *Earth Planets Space*, 64, 459-465.

藤原均・野澤悟徳・小川泰信・三好勉信・陣英克・品川裕之・寺田香織, GCM シミュレーションと EISCAT 観測による熱圏・電離圏研究, 2010 年度 EISCAT 研究集会 (STEL 研究集会), 2010 年. (招待講演)

Fujiwara, H., Y. Miyoshi, H. Jin, H. Shinagawa, K. Terada, S. Nozawa, Y. Ogawa, A. Saito, Y. Otsuka, and M. Ishii (2011), Investigation of the global thermosphere and ionosphere from GCM simulations with observational data, the Asia Oceania Geo-sciences Society 8th Annual Meeting (AOGS 2011), August 8-12, Taipei. (招待講演)



## 共同研究報告書（終了）

### サブストーム解明に向けた磁気圏電離圏現象の整理および MHD シミュレータの改良

◎中溝葵 名古屋大学太陽地球環境研究所・研究員（研究代表者）

才田聡子 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（共同研究者）

（国立極地研究所）

門倉昭 教授（担当教員）

田中良昌 特任助教（担当教員）

平成 22 年～平成 24 年（3 か年）（研究期間）

#### [研究成果]

##### 1. はじめに

本研究は、サブストーム解明を目指し、データ解析および磁気圏 MHD シミュレーションという二つのアプローチにおいてまず整備が必要と考えられる基本的要素のうち、磁気圏現象と電離圏現象との対応関係の整理・磁気圏電離圏(MI)結合アルゴリズムの検討・シミュレーション結果の解析、を重点的に行うために申請したものである。具体的には、人工衛星データと極域各種データ（電離圏対流、オーロラ画像）の時系列/相互関係の整理・磁気圏 MHD シミュレータ MI 結合アルゴリズムにおける誘導場の考慮/ミドルスケール記述の検討、可視化システムを活用したシミュレーション結果の高度解析手法の開発検討、を行う予定であった。

しかしながら諸条件により、完全に申請内容に沿った研究を実施することはできなかったが、研究代表者が本研究期間と同時期（平成 22-24 年度）に従事した電離層全球ポテンシャルソルバー開発で得られた知見は、MI 結合アルゴリズムの検討に重要な情報をもたらし、将来的にみればサブストーム研究に有益なものになったと考えられるため、以下この電離層全球ポテンシャルソルバー開発過程で得られた成果を記述する。

##### 2. 電離層全球ポテンシャルソルバーの開発：ソルバーの性質と課題

本ソルバーは、基本的には、極域沿磁力線電流 (FAC) と高度積分した電気伝導度分布から電場ポテンシャルを導出する 2 次元近似ポテンシャルソルバー (thin shell model) と同じものであるが、従来のソルバーからの拡張点は、高緯度あるいは片側半球のみ解くのではなく、極域から磁気赤道域までの電離層全球をシームレスに解く点である。しかしこの拡張が、ソルバーの性質を再認識させるとともに課題ともなった。

具体的には、3 次元系を 2 次元系に近似する際に用いる「鉛直電流=0」という仮定が、【a: 2 次元近似ソルバーの性質】当然ながら、その条件（=電流閉じ込め条件）に基づく解を与えることになっているが、この状況は完全 Cowling channel 形成を自動的に計算していることと同義であること[Yoshikawa, 2007]<sup>1)</sup>、【b: 全球ソルバーの課題】磁力線が水平に近づいてくる低緯度～磁気赤道域では、子午面電流効果が記述できない・高度積分電気伝導度における平行伝導度の寄与を人為的に大きくしてしまう、といった無理を生じることである。

このうち【b: 全球ソルバーの課題】については、Tsunomura [1999]<sup>2)</sup> による高度積分電気伝導度補正法を導入して対処した。

##### 3. 極域沿磁力線電流分布と過遮蔽発生との関係

上記ソルバーを用い、R1-FAC と R2-FAC の強度比・相対位置と過遮蔽発生との関係を調べた。電気伝導度分布は、NRLMSISE-00・IRI-2007 モデルをもとに算出した背景分布にオーロラ帯増大分[Hardy et al., 1987]を加え、FAC 分布は経験モデル[Hori et al., in preparation]を参照した。伝導度と R1-FAC は変化させず、R2-FAC の強度・位置を変化させ計算を行った。

結果は次のようにまとめられる。(1) R2 が夜側へ移動すると、過遮蔽発生 (IR2/IR1 (R2 と R1 の電流量比) は 0.69-0.82 から IR2/IR1=0.55-0.69 となる。即ち、R2 が夜側へ移動するに従い小さい R2 電流量で効率よく過遮蔽が発生する。(2) 一方同時に、R2 電場ポテンシャルが夜側に偏るため、真昼側で部分的に遮蔽が弱まり R1 電場ポテンシャルが中低緯度まで侵入し、R2 電場構造の中に局所的に R1 電場構造を内包するという複雑な電場構造となる(図 1)。

特に (2) の結果は、R1・R2 配置によっては電離圏全体では過遮蔽となっていても限られた観測点ではその徴候が検出されない可能性があることを示唆している。この結果から、従来の遮蔽/過遮蔽という二極分離は不十分であり過遮蔽の完全性を考慮する必要があること、および、「complete overshielding・incomplete overshielding」という新しい分類法を提案する。

#### 4. 謝辞

磁気圏電離圏結合・2次元近似ポテンシャルソルバーの特質・電離圏低緯度域の3次元性について、大変有意義な議論をいただいた吉川顕正博士に感謝いたします。

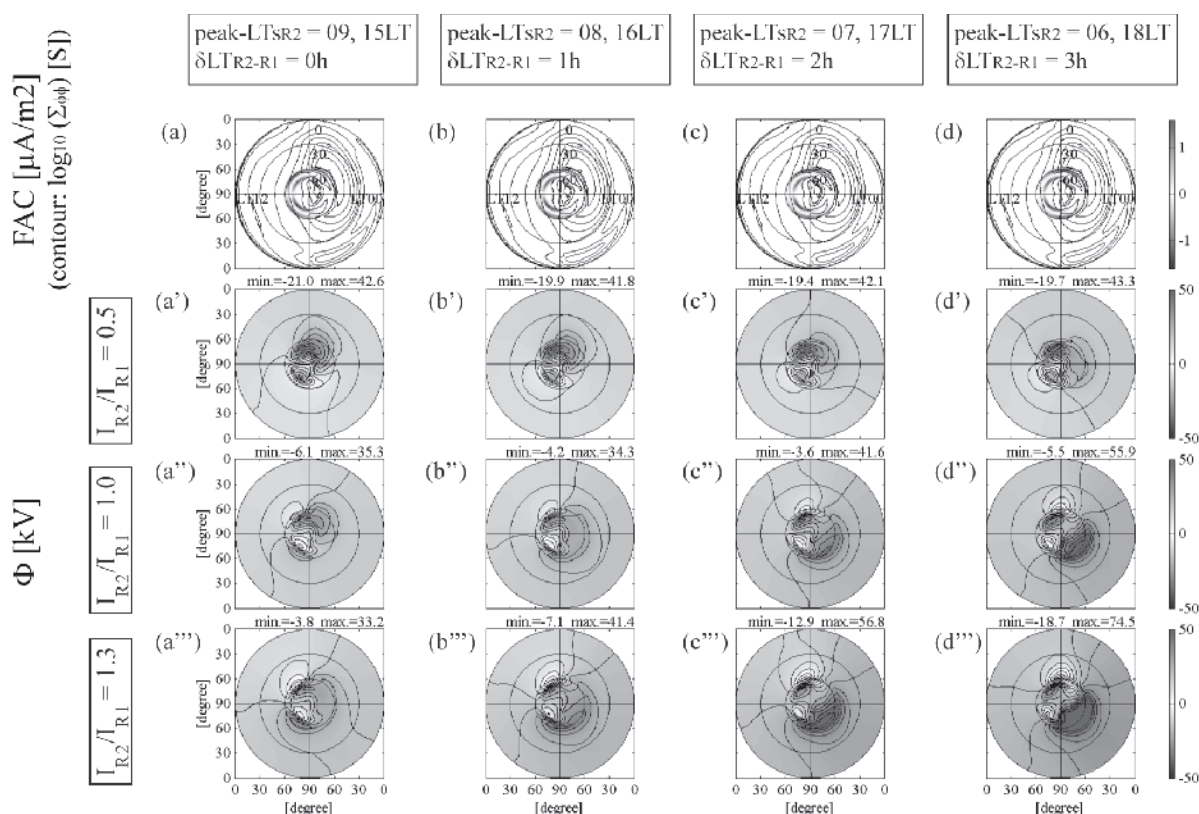


図 1. 電流密度および位置を固定した R1-FAC に対し R2-FAC を変化させた場合のポテンシャルパターンの概観。上段から下段に向かって、R2 の電流量を増加させ、左列から右列に向かって、R2 のピーク地方時を R1 のそれから 1 時間ずつ夜側へ動かしている。R2 が夜側へ移動するに従い、小さい電流量でも効率良く R2 のポテンシャルが生じ、同時に、真昼側では R2 センスの電場が弱まるため、R1 のポテンシャルが中低緯度に張り出す様子が見られる((b')-(d'))。

#### [参考文献]

- 1) Yoshikawa, A., Cowling channel formation model in the 3D-ionosphere, paper presented at IUGG XXIV General Assembly, The International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), Perugia, Italy, 2007.
- 2) Tsunomura, S., Numerical analysis of global ionospheric current system including the effect of equatorial enhancement, *Ann. Geophys.*, 17, 692–706, doi:10.1007/s00585-999-0692-2, 1999.

#### [研究発表]

- Nakamizo, A., Y. Hiraki, Y. Ebihara, T. Kikuchi, K. Seki, T. Hori, A. Ieda, Y. Miyoshi, Y. Tsuji, Y. Nishimura, and A. Shinbori, Effect of R2-FAC development on the ionospheric electric field pattern deduced by a global ionospheric potential solver, *J. Geophys. Res.*, 117, A09231, doi:10.1029/2012JA017669, 2012.
- Yoshikawa A., A. Nakamizo, O. Amm, H. Vanhamäki, R. Fujii, Y.-M. Tanaka, T. Uozumi, K. Yumoto and S. Ohtani, Self-consistent formulation for the evolution of ionospheric conductances at the ionospheric E-region within the M-I coupling scheme, *J. Geophys. Res.*, 116, A09223, doi:10.1029/2011JA016449, 2011.



共同研究報告書（終了）

昭和基地設置多波長共鳴散乱ライダーの特性評価

◎川原琢也 信州大学工学部・准教授（研究代表者）  
阿保 真 首都大学東京システムデザイン学部・教授（共同研究者）  
（国立極地研究所）  
中村卓司 教授（担当教員）  
堤 雅基 准教授  
江尻 省 助教  
平成22年～平成24年（3か年）（研究期間）

1. はじめに

国立極地研究所では、2010 年より 6 年間の南極地域重点研究観測を実施している。このサブプロジェクトの一つ「南極域中層・超高層大気を通して探る地球環境変動」では、PANSY レーダーとライダー観測が昭和基地に設置する重要な観測装置となっている。特にライダーとしては、対流圏上部と中層大気の温度の鉛直分布を観測するレイリー/ラマンライダーと、中間圏・下部熱圏(MLT)領域の温度を測定する共鳴散乱ライダーが軸となっている。レイリーライダーは昭和基地に導入されて 2011 年 2 月から観測を開始し上空 70-80km までの大気温度を測定している。今後導入を予定している共鳴散乱ライダーでは、さらに上空、中間圏・下部熱圏(MLT)領域の観測を行う。このライダーは波長可変のアレキサンドライトレーザーを用い、異なる共鳴線にチューニングして観測を行う。ターゲットはカリウム(K, 769.90 nm)、鉄(Fe, 385.99 nm)、カルシウムイオン(Ca<sup>+</sup>, 391.08 nm)、およびオーロラ活動により生じる窒素イオン(N<sub>2</sub><sup>+</sup>, 390.30 nm, 393.36 nm)の密度変動である。また、カリウムでは温度変動も測定する。本研究では、共鳴散乱ライダーのレーザーの評価とテスト観測、昼間観測に応用する際に使用する狭帯域フィルターのエタロンについて評価を行う。

表 1 ライダー送信系の諸パラメータ

| Pulsed Alexandrite Laser (by Light Age Inc.) |                              |
|--|------------------------------|
| Light source                                 | FL pumped Alexandrite        |
| Wavelength                                   | 768-788 nm, 384-394 nm (SHG) |
| Output power                                 | 4 W, 2 W (SHG)               |
| Energy                                       | 160 mJ, 80 mJ (SHG)          |
| Repetition rate                              | 25 Hz                        |
| Pulse width                                  | 50-200 ns                    |
| Freq. width                                  | <100 MHz                     |
| Freq. accuracy                               | <10 MHz                      |

2. 送信レーザーと予備観測

送信レーザーのフラッシュランプ励起アレキサンドライト・リングレーザーは、基本波として 768-788 nm、第 2 高調波として 384-394 nm のレーザーパルスを生成出来る。共鳴線に応じた基本波用のシーダーを用いることでレーザスペクトルの狭帯域化と波長の精密コントロールを行う。シーダーの波長は HighFinesse の WA-30 によりモニターし、射出レーザーの波長にフィードバックをかける。このライダーを用いて、カリウム層からの共鳴散乱光の受信テストを行った。レーザーの波長を掃引し、カリ

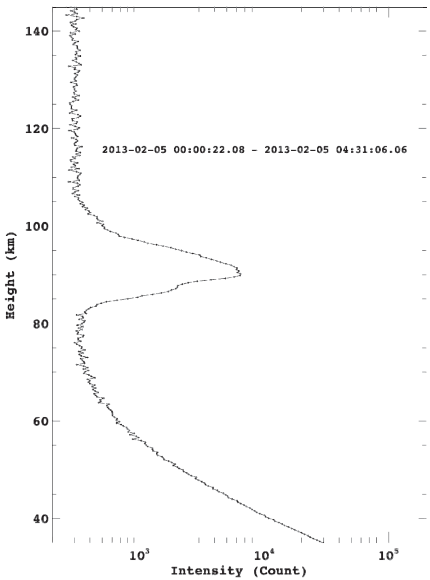


図 1 カリウム層からの共鳴散乱光の強度分布。高度約 90km にピークを持ち、層の厚さは約 20km。

ウムセルを用いてドップラーフリー飽和分光実験で絶対波長を計測し、その波長を基準にレーザー波長をあわせた。図 1 には得られたカリウムの共鳴散乱光強度を示す。散乱光強度からカリウム密度を求めるには、レーザー絶対周波数を把握しなくてはならないが、これは今後の実験課題となる。

3. 昼間観測用狭帯域エタロンフィルター

ライダーの送受信系とともに、昼間観測用のフィルターの研究も行ってきた。市販の干渉フィルター (FWHM 0.5nm) とともに、背景光となる太陽光を排除するための狭帯域フィルターとして、エタロンを用いる。エタロンは、反射面間の距離  $d$  と観測波長での反射率  $R$  が透過特性を決める簡易なフィルターであるが、同一波長でもエタロンの透過率が入射角度の関数となるため、エタロンに入射する観測波長の入射角を考慮しながら仕様決定する必要がある。昭和基地の 82cm 口径望遠鏡 (焦点距離 6400mm) での視野全角 1mrad 以下、で観測する場合の条件に合わせエタロンの仕様を決めた。コリメータレンズの後方に設置するエタロンは、望遠鏡の光軸に平行な方向からの光が垂直に入射する様に設置する。一方、視野の端から入射する光 (望遠鏡光軸と 0.5mrad の角度を持つ) は、同じ場所のエタロンに対し、約 10mrad の入射角度をもつ。従ってエタロン選定の思想としては、入射角度幅が  $\pm 10\text{mrad}$  の範囲で透過率が高くかつ角度依存性が大きくない仕様を考える。エタロン透過率を与える式で  $R$  と  $d$  を変化させ、観測波長における入射許容角が 10mrad 以上になるような組み合わせをリストアップする。次にその組み合わせから計算できるスペクトルの半値幅が最も狭いものを選んだ。

表 2 決定したエタロンのスペック

|         |                 |
|---------|-----------------|
| 有効径     | 25mm            |
| Air-Gap | 100 $\mu$ m     |
| 波長      | 354.72nm        |
| 屈折率     | 1.0003104       |
| 反射率     | 91%             |
| 材質      | 溶解石英            |
| FWHM    | 44.9GHz(18.9pm) |
| FSR     | 1495GHz(628pm)  |
| Finesse | 33              |

ここで、エタロン反射面間の光学的な厚さを最適化するために、空気の圧力を変えて調整する機構を用いる。そのため、エタロンを封入する圧力容器を製

作し、その圧力を変化させる事で最適化する試みを行う。このシステムに関しては今後の実験課題となる。

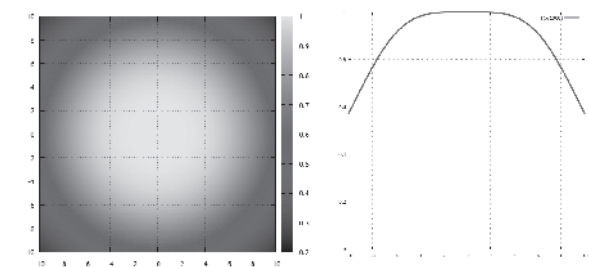


図 2 (a) 縦横軸をエタロンへの入射角度とした透過率のイメージ。(b) 中心を通る断面での透過率。中心  $\pm 10\text{mrad}$  では透過率 0.6 以上が達成できている。

論文  
H. Suzuki and A. Yamamoto, Variation of spectral radiance of the zenith sky during the annular eclipse on May 21, 2012, Earth, Moon, and Planets, in press, 2013.

## LF 標準電波を用いた放射線帯電子降下現象の実証的研究

◎土屋史紀 東北大学大学院理学研究科・助教（研究代表者）  
 三澤浩昭 東北大学大学院理学研究科・准教授（共同研究者）  
 森岡 昭 東北大学大学院理学研究科・名誉教授（共同研究員）  
 三好由純 名古屋大学太陽地球環境研究所・准教授（共同研究員）  
 小川泰信 国立極地研究所・准教授（担当教員）  
 平成 22 年～平成 24 年（3 か年）（研究期間）

## [研究成果]

VLF/LF 帯標準電波は地上と電離圏 D 領域間の伝搬経路上で生じた電離圏擾乱により受信信号の振幅・位相が変調を受けるため、領域擾乱現象のリモートセンシングとして利用できる。2010 年 3 月にノルウェー・ニーオルセン(Rabben 基地)に設置した LF 帯電波受信装置のデータを用い、放射線帯から大気圏に降下する高エネルギー電子(>数 100keV)による D 領域の局所的電離現象を検出し、その時間・空間的特性から放射線帯粒子損失過程について実証的な調査を実施した。ニーオルセンではイギリス(60.0kHz)とドイツ(77.5kHz)からの送信電波が受信されており、電波の伝搬経路は放射線帯外帯領域に対応する L 値(L=4-6)を跨いでいる(図 1)。図 2 に 2010 年 5 月 29 日に発生した磁気嵐主相時に観測された受信信号の位相変動を示す。静穏日(5 月 27 日)に比べ、UT8~17 時の長時間に渡り、特異な位相変動が検出されている。図 3 に、位相変動現象直前と最中(図 2 の(1),(2)の時間帯)に電波の伝搬経路上を通過した NOAA/POSE 衛星が観測した降下電子フラックスを示す。>30keV の降下電子フラックスは 2 つの時間帯で大きな相違がないのに対し、>100keV

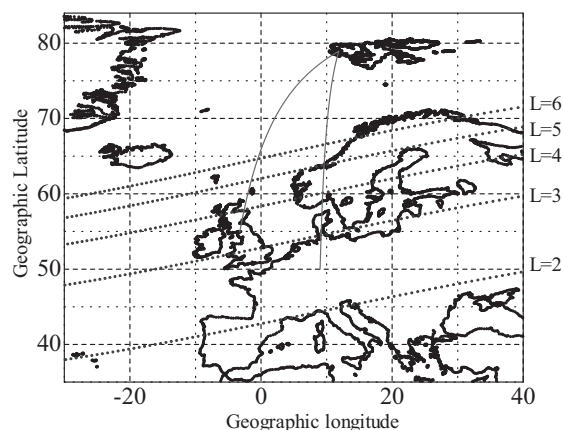


Figure 1: Radio propagation paths from transmitters (Anthorn, Cumbria, England, 60.0kHz and Mainflingen, Germany, 77.5kHz) to receiver (Ny-Ålesund).

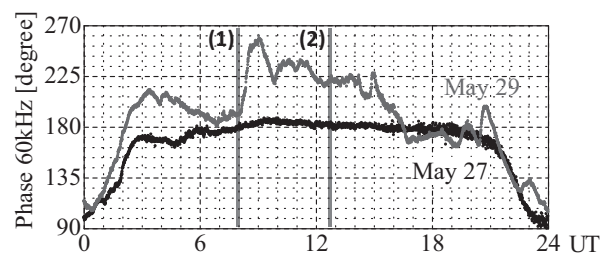


Figure 2: Phase variations during a quiet day (May 27, 2010) and a geomagnetic storm (May 29).

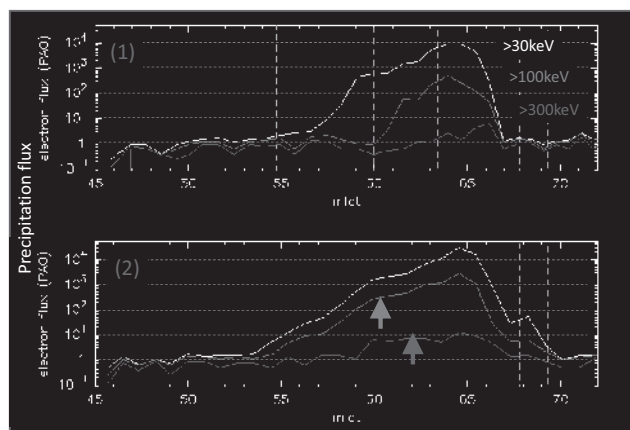


Figure 3: Precipitation electron fluxes measured by POSE/MEPED above the radio propagation path from Anthorn to Ny-Ålesund (60.0kHz).

と>300keV は(2)の時間帯で 10 倍以上高くなっており、位相変動を引き起こす電離圏下端の電離に寄与する降下電子エネルギーが 100keV より高いことを示唆する。電波の伝搬経路上を通過した POSE 衛星データを 10 日間・19 パス分使用し、電波の位相変動と降下電子フラックスの対応関係を統計的に調べた結果を図 4 に示す。両者には、良い対応関係があり、位相変動量が降下電子フラックスの良い指標となることが観測データから確認された。即ち、位相変動量はバウンズ・ロスコーン内の高エネルギー電子フラックスのよい指標となる。

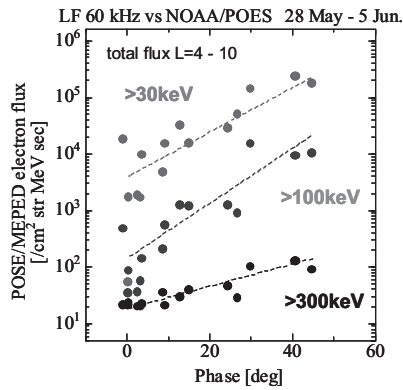


Figure 4: Comparison between precipitation electron fluxes measured by POSE/MEPED and phase variations of the 60 kHz radio component measured at Kakioka (middle) and horizontal magnetic field component at low magnetic latitudes (bottom) are shown. Thin and thick vertical lines show onset times of local electron precipitations and substorms determined by positive bays, respectively.

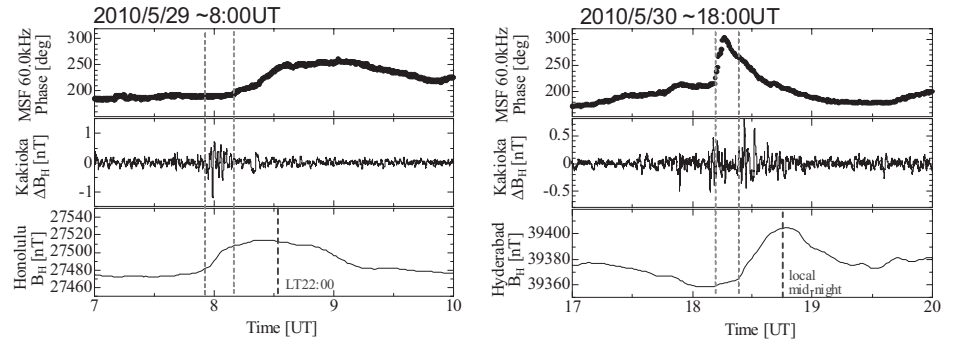


Figure 5: Electron precipitation events (top panel) occurred on dawn (left) and dusk (right) sides and the substorm onset timing. Horizontal magnetic field component measured at Kakioka (middle) and horizontal magnetic field component at low magnetic latitudes (bottom) are shown. Thin and thick vertical lines show onset times of local electron precipitations and substorms determined by positive bays, respectively.

内部磁気圏からの高エネルギー電子の降下は波動粒子相互作用によるピッチ角散乱により生じると考えられており、プラズマ波動の空間分布によって、電子降下領域に LT 依存性が生じる事が期待される。そこで、高エネルギー電子降下現象の時間変動の特徴と substorm onset からの時間差に注目した LT 依存性を調査した。図 5 に朝～昼側(左)と夕方側(右)で観測される電子降下現象の典型例を示す。朝～昼側で生じる現象は立ち上がりが遅く、継続時間が長いのにに対し、夕方側の現象は立ち上がりが速く、継続時間が短い。柿岡の Pi2 と真夜中付近での positive bay を参照して決めた substorm onset 時間と電子降下の開始時間を比べると、朝～昼側では substorm onset から局所的な電子降下の発生までに時間差がある。53 例の磁気嵐時の substorm についてこの時間差の LT 分布を統計解析した結果を図 6 に示す。時間差は真夜中からの経度差が大きいほど長くなり、100keV ~ 数 100keV 電子のドリフト時間で説明できる。これは、夜側で内部磁気圏に注入された高エネルギー電子が朝側へドリフトする過程でバウンス・ロスコ [研究発表]

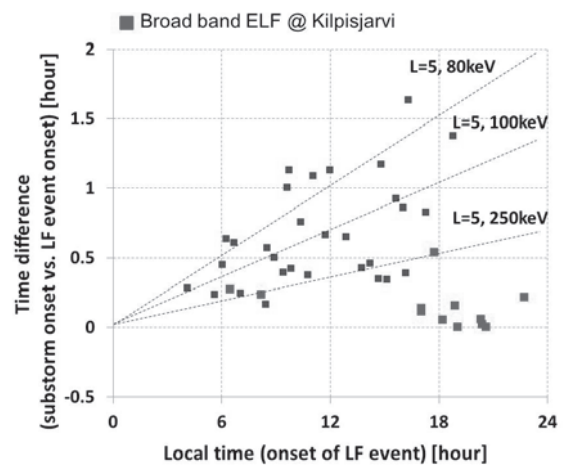


Figure 6: Time difference between substorm onset and the precipitation event as a function of local time. Solid lines indicate expected magnetic drift time of energetic electron. Red rectangular show the precipitation events which accompanied broad band ELF noise observed at Kilpisjärvi.

ーンへのピッチ角散乱を受けている事を示す。一方、夕方側では substorm onset とほぼ同時に電子降下が生じ、広帯域の ELF ノイズを伴うことから、朝～昼側とはピッチ角散乱過程が異なることを示唆する。

Tsuchiya, F., T. Obara, H. Misawa, A. Morioka, Y. Miyoshi, K. Shiokawa, T. Kikuchi, M. Connors, Y. Ogawa, LF 電波観測と ERG プロジェクトとの連携, 第 1 回 ERG サイエンス会議, 宇宙科学研究所, 2012 年

土屋史紀, 森岡 昭, 三澤浩昭, 三好由純, 塩川和夫, 菊池 崇, 小川泰信, Loss of high-energy electrons into the atmosphere during the magnetic storm and substorm, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, 2011 年

土屋史紀, 三澤浩昭, 森岡 昭, 三好由純, 塩川和夫, 菊池崇, 小川泰信, Storm time loss of radiation belt electrons into the atmosphere: initial results from VLF/LF observation at Ny-Alesund, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 2010 年

土屋史紀, 三澤浩昭, 森岡 昭, 三好由純, 塩川和夫, 菊池崇, 小川泰信, The radiation belt electron loss into the atmosphere: Initial analyses with LF radio observations at Ny-Alesund, 第 34 回極域宇宙圏シンポジウム, 2010 年

土屋史紀, 三澤浩昭, 森岡 昭, 佐藤慎也, 三好由純, 塩川和夫, 菊池崇, 小川泰信, M. Connors, 高緯度域での VLF/LF 帯波動観測による放射線帯電子損失過程の実証的研究, GEMSIS-太陽、磁気圏、電離圏ワークショップ 2010, 2010 年



## アイスランドにおける宇宙線生成核種強度の 時間変動と太陽活動の関係についての研究

◎櫻井敬久 山形大学理学部・教授

乾恵美子 山形大学 RI 総合実験室・教務職員

(国立極地研究所)

門倉 昭 教授, 佐藤夏雄 教授

G. Bjornsson アイスランド大学

平成 23 年度 ～ 平成 24 年度 (2 か年)

### [研究成果]

本研究は、宇宙線生成核種の大気中濃度の長期連続測定により、太陽 11 年周期変動の極小期前後における太陽活動と宇宙線生成核種の年変動および季節変動との関連を調べることを目的としている。2000 年より山形大学において宇宙線生成核種 Be-7 の日変動観測を継続しており、2003 年 9 月よりアイスランドにおいて同様な連続観測を始め 2012 年までに約 10 年間の測定結果を得ている。

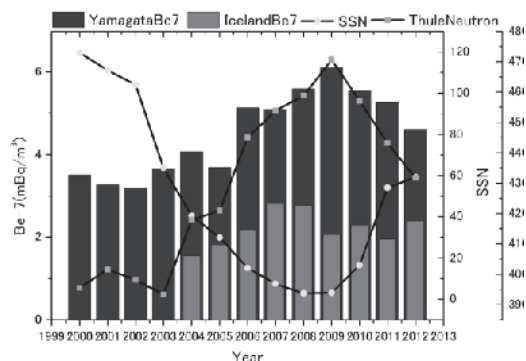


図 1：アイスランドおよび山形の Be-7 濃度年変動

図 1 は、アイスランド（北緯 64.7°）と山形（北緯 38.3°）の大気中 Be-7 濃度、太陽黒点数（SSN）<sup>1)</sup>、Thule（北緯 76.5°）での地上中性子強度<sup>2)</sup>の年変動である。

1) 太陽活動は黒点数の推移が示すように、2008～2009 年に極小期を示し、その後黒点数は増加しているが、2012 年に早くも極大に近づいている可能性がある。これに対応して地磁気 cut-off が 0 GV の Thule での宇宙線中性子強度変動は、2009 年にピークを持ちその後減

少していて、山形の Be-7 濃度変動も同様な変化を示している。

しかし、中性子強度変化と山形の Be-7 濃度変化のパターンは良くあっているが、上昇期および減少期の山形 Be-7 濃度の変動は中性子強度変動の約 3 倍であった。このことから、Be-7 の生成に寄与している宇宙線は中性子観測より低エネルギーの宇宙線であることが分かる。さらに、このような低エネルギー宇宙線は地磁気カットオフを考慮すると極域への入射宇宙線によるしかなく、山形で観測している Be-7 には、極域の成層圏で生成されたものが多く含まれていることが、年変動プロファイルから明らかになった。即ち、高緯度上層大気の中緯度への移流拡散を必要とする。

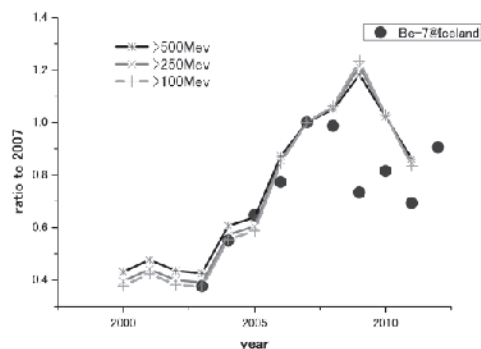


図 2：アイスランド Be-7 濃度年変動と宇宙線下限エネルギー

2) アイスランドの Be-7 濃度は、2004 年から 2007 年へ 48% 上昇し、その後 3 年間減少して停滞しているが 2012 年に増加に転じた兆候を示している。2005 年から 2008 年の山形の

増加率は約 34%なので、アイスランドでの増加率の方が大きく、アイスランドの Be-7 はさらに低エネルギー宇宙線によって成層圏高高度で生成されたものであることを示唆している。図 2 は、アイスランドの Be-7 濃度年変動データを 2007 年濃度に対して正規化して、一次宇宙線スペクトルのモデル式 (Castanioli et al.) とモジュレーションパラメータから計算した宇宙線強度変化と比較したものである。図からカットオフが 100 ~200 MeV 程度以上の宇宙線により生成される Be-7 もアイスランドの濃度に寄与していることを示しているが、100MeV の陽子の大气進入高度は約 30 km なので、成層圏で生成される Be-7 の対流圏への移流・拡散のメカニズムが必要となる。

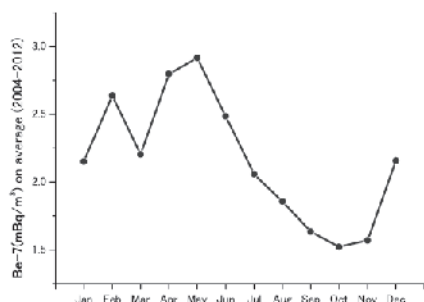


図 3：10 年間のアイスランド平均 Be-7 濃度月変動

3) アイスランドの地表 Be-7 濃度は、2 ~ 3 mBq/m<sup>3</sup> 程度であり、生成率との平衡状態を仮定すると地表 5 km では約 15 日の滞在時間が必要となるが、それ以上の高度で同様な

Be-7 濃度であれば約 2 日以下の滞在時間である。従って、アイスランドにおける地表の Be-7 は、短時間での成層圏成分が流入している可能性がある。そして、一部は中緯度へ移流していることを示唆している。

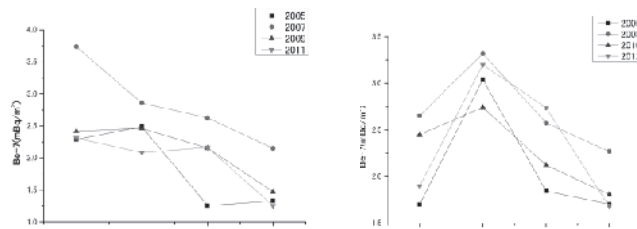


図 4：アイスランドの Be-7 季節変動パターン

図 3 は、アイスランドにおける 10 年間の平均の大气中 Be-7 濃度月変動である。冬から春に高く秋に低いパターンになっている。しかし、図 4 に示すように、月変動は奇数年と偶数年で分類できる特徴的なパターンを示していることが分かってきた。奇数年は冬と春がほぼ同じ強度であり、偶数年は春にピークを持っている。このような季節変動は大气運動を表しているが、準 2 年振動などとの関係性を調べる必要がある。2013 年度は特異的な第 24 期太陽活動の重要な転移点の可能性があり、アイスランドでの継続観測は重要である。

#### [参考文献]

1) Solar Influences Data Analysis Center – SIDC, <http://sidc.oma.be/>

2) <http://neutronm.bartol.udel.edu/>

#### [研究発表]

・「2000 年から 11 年間の宇宙線生成核種 Be7 の大気中濃度変動」 櫻井敬久<sup>A</sup>, 佐藤太一<sup>B</sup>, 菊地聡<sup>C</sup>, 高橋唯<sup>D</sup>, 大江毅<sup>E</sup>, 生井沙織<sup>F</sup>, 乾恵美子<sup>G</sup>, 郡司修一<sup>H</sup>, 門叶冬樹<sup>I</sup>, 松原豊<sup>A</sup>, 大橋英雄<sup>B</sup>, 増田公明<sup>A</sup>, 宮原ひろ子<sup>C</sup>, 門倉昭<sup>D</sup>, 佐藤夏雄<sup>D</sup>, G. Bjornsson<sup>E</sup>, W. Tavella<sup>F</sup>, J. Salinas<sup>F</sup> 日本物理学会秋季大会 (2011)

・ “Daily Variation of Cosmogenic Nuclide Be-7 Concentrations in High Altitude Atmosphere at Mt. Chacaltaya at the solar minimum from 2009” H. Sakurai et. Al, 2011, Proceedings of the 32<sup>nd</sup> International Cosmic Ray Conference (SH) @ Beijing (関連論文)

オーロラサブストームにともなうカレントウェッジと昼側領域 1 型および 2 型沿磁力線電流発達の関係

- ◎ 橋本久美子 吉備国際大学環境経営学部・教授 (研究代表者)  
菊池崇 名古屋大学太陽地球環境研究所・教授 (共同研究者)  
(国立極地研究所)  
山岸 久雄 教授 (担当教員)  
平成 23～24 年度 (2 カ年) (研究期間)

### 【研究の目的】

平成 20-23 年度の一般共同研究の成果として、サブストーム爆発相開始時に午後側のオーロラ帯とサブオーロラ帯でそれぞれ領域 1 型および 2 型沿磁力線電流 (R1-、R2-FAC) が急激に発達することを示した。この結果は、サブストーム電流系が夜側オーロラ帯だけでなく昼側の極から赤道電離圏まで広がることを示している。この研究において、午後側の R1-FAC および R2-FAC の発達開始はほぼ同時であり、夜側から伝搬する特徴がみられなかった。そのため、夜中付近から朝側、夕方側に伝搬するサブストーム電流 (カレントウェッジ) と関係があるのかが新たな疑問として生じた。そこで、本研究課題では、これらのサブストーム時の電流系のダイナモ領域を推定する手がかりを得ることを目的とする。

### 【研究成果】

#### ① 昼側・夜側サブストーム電流系発達開始の時間的關係

サブストーム時の夜側のカレントウェッジと、昼側のサブオーロラ帯に流れ込む領域 2 型沿磁力線電流の発達開始時刻の時間的な比較を行うために、これまでは夜側中緯度 (柿岡) で観測されたポジティブベイと午後側サブオーロラ帯の西向き電流の発達開始の時間差を解析してきた。夜側のカレントウェッジと昼側の R2-FAC のどちらが先に発達するかという点は、爆発相開始機構における中低緯度電離圏電場の役割を知るために非常に重要である。このサブストーム爆発相の開始の基準を明確にし、これら 2 つの電流系発達の時間的關係を精度良く調べるために、GEOTAIL で観測された AKR と昼側赤道のカウンター赤道ジェット電流 (CEJ) の比較を試みた。魚住禎司研究員 (九州大学) (Uozumi et. al, 2011) らによってすでにオーロラブレイクアップが同定されている AKR 発達の事例を解析した。ほとんどの事例では擾乱の規模が非常に小さく、地上の地磁気で明瞭な CEJ をとらえることが難しかったが、1 事例について高高度 AKR が発達し始める直前に CEJ が増大したことが確認された。しかし、AKR の開始時刻が同定できる事例は、非常に静穏な状態から開始する小規模な (あるいは局所的な) オーロラブレイクアップに限られるため、本研究では活用が難しいことがわかった。

Pi2 地磁気脈動やオーロラ光学観測などを組み合わせたサブストーム開始時刻の同定基準を用いて比較を行うことが今後の課題である。

#### ② サブオーロラ帯の過遮蔽電場の季節依存性

我々はサブストーム発生事例を抽出し、解析を進める中でサブオーロラ帯において過遮蔽発生頻度に季節依存性が存在することを見いだした。過遮蔽の季節依存性は、対流電場と遮蔽電場を電離圏に印荷する電流系のダイナモ (発電機構) が異なることを示唆しており、サブストーム爆発相に発達する R1-FAC と R2-FAC のダイナモ領域を推定する手がかりを与えると考えられる。統計的な解析にあたって、まず夜側中緯度の柿岡 (KAK) でポジティブベイが発生し昼側磁気赤道 Huancayo (HUA) で過遮蔽 (赤道カウンタージェット電流) が発達する事例を抽出した。太陽活動が高かった 2001-2003 年の期間中に発生した 469 の事例を抽出した。赤道へは南北両半球の極域から電場が侵入するため、赤道過遮蔽に季節依存性が現れないと予想したが、発生頻度は 10-12 月に高く 4-7 月に低いという傾向が現れた。これは解析した期間のサブストームの発生そのものの傾向を示している。次にこれらの事例について、サブオーロラ帯の電場が DP2 電場か過遮蔽電場のどちらが卓越したかを調べた結果、263 例で午後側のサブオーロラ帯で過遮蔽が発生し、206 例で過遮蔽が観測されず DP2 電場が卓越した。発生頻度分布から、サブオーロラ帯の過遮蔽は、11-2 月に頻度が高く、4-9 月には DP 2 (対流) 電場が卓越した。DP2 電場と過遮蔽電場はそれぞれ R1-FAC と R2-FAC により極域電離圏へ伝送された電場であり、過遮蔽の発生はこれらの電場の競合関係によって決まると考えられる。R1-FAC は太陽風が南向きになり磁気圏対流が発達するときに、カスプ領域に発達するダイナモ (Tanaka, 1995) により発達し、R2-FAC は、磁気圏対流が発達した結果として内部磁気圏に形成される非対称環電流により発生する場合 (Vasyliunas, 1970, 1972; Wolf, 1970 など) とサブストームの双極子化により発生する (Tanaka et al., 2010) 場合がある。サブストーム時に伴う過遮蔽の多くは前者の場合であるが、ここで示した可遮蔽は後者のサブストーム双極子化が原因と考えられる。

#### 【参考文献】

1. Tanaka, T. (1995), Generation mechanisms for magnetosphere-ionosphere current systems deduced from a three-dimensional MHD simulation of the solar wind-magnetosphere-ionosphere coupling processes, *J. Geophys. Res.*, 100, 12,057–12,074, doi:10.1029/95JA00419.
2. Uozumi, T., K. Yumoto, T. Tokunaga, S. I. Solov'ev, B. Shevtsov, R. Marshall, K. Liou, S. Ohtani, S. Abe, A. Ikeda, K. Kitamura, A. Yoshikawa, H. Kawano, M. Itonaga, AKR modulation and Global Pi 2 oscillation, *J. Geophys. Res.*, 116, A06214, doi:10.1029/2010JA016042, 2011
3. Vasyliunas, V. M. (1970), Mathematical models of magnetospheric convection and its coupling to the ionosphere, in *Particle and Field in the Magnetosphere*, edited by B. McCormac, pp. 60–71, D. Reidel, Hingham, Mass.
4. Vasyliunas, V. M. (1972), The interrelationship of magnetospheric processes, in *Earth's Magnetospheric Processes*, edited by B. M. McCormac, pp. 29–38, D. Reidel, Norwell, Massachusetts.
5. Wolf, R. A. (1970), Effects of ionospheric conductivity on convective flow of plasma in the magnetosphere, *J. Geophys. Res.*, 75, 4677–4698, doi:10.1029/JA075i025p04677.

#### 【研究発表】

1. K. K. Hashimoto, T. Kikuchi, S. Watari, and M. A. Abdu, Polar - equatorial ionospheric currents driven by the region 2 field - aligned currents at the onset of substorms, *J. Geophys. Res.*, 116, A09217, doi:10.1029/2011JA016442, 2011
2. T. Kikuchi, K. K. Hashimoto, A. Shinbori, Y. Tsuji and S. Watari, Penetration of Magnetospheric Electric Fields to the Low Latitude Ionosphere During Storm/Substorms, *Aeronomy of the Earth's Atmosphere and Ionosphere*, 443-453, IAGA Special Sopron Book Series 2, doi: 10.1007/978-94-007-0326-1\_34, Edit. M.A. Abdu, D. Pancheva, A. Bhattacharyya, Springer Science Business Media B.V., 2011



## 共同研究報告書（終了）

SuperDARN で観測される地磁気脈動からの磁気圏領域推定可能性 （研究課題）

◎河野英昭 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター・准教授 （研究代表者）

才田聡子 大学共同利用法人情報・システム研究機構・

新領域融合研究センター・融合プロジェクト研究員（共同研究者）

（国立極地研究所）

行松 彰 准教授 （担当教員）

田中良昌 助教 （担当教員）

平成 24 年～平成 24 年（1 か年） （研究期間）

### [研究成果]

磁力線共鳴により励起される磁力線固有振動（ULF 波動現象の一つ）は、その周波数（磁力線共鳴周波数）が磁力線の長さ（磁力線沿いのプラズマ密度に依存する。特に、プラズマ圏境界面では密度が急変し、それに伴い磁力線共鳴周波数も急変する。磁力線固有振動は電離圏プラズマも振動させるので、SuperDARN radar によってその振動数の 2 次元分布を観測しプラズマ圏境界面の位置を時間の関数としてモニター出来る可能性がある。

本研究の目的は、その可能性を SuperDARN データの解析により検証し、更に、SuperDARN で得られた磁力線共鳴周波数分布から磁気圏密度分布を推定出来るか検証する事であり、それに向けてまず過去の研究の survey と review を行った。その結果、直接的に関連する論文として、タスマニア島の SuperDARN TIGER radar のデータを解析した Ponomarenko et al. [2003] 及び Ponomarenko et al. [2005] の 2 論文が見いだされた。

Ponomarenko et al. [2003] は、タスマニア島に設置された SuperDARN TIGER radar で観測されたデータから、ground/sea-scattered echoes 中に ULF 波動現象が高頻度で観測される事を初めて示した論文である。磁力線固有振動は磁力線に frozen-in した電離層プラズマも振動させる。Ionospheric echoes であれば電離層自体の動き

をモニター出来るので磁力線固有振動の影響が観測される事は自然に期待出来るが、ground/sea-scattered echoes の場合、その強度が変化するためには radar と地上／海上電波反射点との間の電波伝搬経路の長さが変化しなければならないので、Ponomarenko et al. [2003] の ULF 波動が磁力線固有振動で生じたとすると、電離層が磁力線固有振動に伴い上下に振動していた、と考えなければならない。

磁力線固有振動は大別して toroidal mode と poloidal mode に分類される。toroidal mode では磁力線は東西方向に振動する。東西方向の電離層振動は電離層高度を変化させ難いので、ground/sea-scattered echoes 中では toroidal mode は見え難いと考えられる。

一方、poloidal mode では磁力線は地球近傍では南北方向に振動する。地上高緯度では磁力線は電離層に対しほぼ垂直であるため、磁力線の南北方向の振動も電離層を水平方向に振動させ、よって ground/sea-scattered echoes 中には見えにくいと考えられるが、一方中低緯度では、磁力線は子午面内で傾いており電離層との角度は 90 度以下となっているため、磁力線の南北方向の振動に伴い、磁力線に frozen-in した電離層プラズマの振動方向は鉛直成分も持ち、よって、電離層を上下振動させる事が可能と考えられる。

（裏面に続く）

Ponomarenko et al. [2005] は ground/sea-scattered echoes について更に解析を進め、上記の考えに矛盾しない結果を得た。すなわち、観測された ULF 波動が磁力線固有振動によるものであれば、磁力線固有振動数は磁力線の長さに強く依存するので低緯度ほど大きくなる（短い磁力線ほど速く振動する）傾向がある筈であり、Ponomarenko et al. [2005]はその実例を一例示した。

上記の研究は、高頻度で観測されると言われている ground/sea-scattered echoes を用いた磁気圏密度推定の可能性を支持するものである。

我々は、この可能性を更に追求する為、SuperDARN Hokkaido radar のデータを解析している。解析には IUGONET プロジェクト、及び ERG プロジェクトで開発された UDAS を使用している。UDAS は有用なソフトであるが新しく出来たもので、河野がその使用法を習得するのに時間を要してしまっただが、Hokkaido radar の PI である西谷博士が発見していた ground/sea-scattered echo の具体例 1 例についての解析を現在共同研究として進めている所であり、今後更に統計的研究へと進めていきたいと考えている。

#### [参考文献]

- 1) Ponomarenko, P. V., F. W. Menk, and C. L. Waters, Visualization of ULF waves in SuperDARN data, *Geophys. Res. Lett.*, 30(18), 1926, doi:10.1029/2003GL017757, 2003.
- 2) Ponomarenko, P. V., F. W. Menk, C. L. Waters, and M. D. Sciffer, Pc3–4 ULF waves observed by the SuperDARN TIGER radar, *Annales Geophysicae*, 23, 1271–1280, 2005.

#### [研究発表]

Kawano, Hideaki, Akira Sessai Yukimatu, Yoshimasa Tanaka, Satoko Saita, Nozomu Nishitani and Tomoaki Hori, Possibilities of the magnetospheric region identification by using magnetic pulsations observed by SuperDARN radars, 平成 24 年度 第 3 回極域科学シンポジウム／第 36 回極域宙空圏シンポジウム、2012 年 11 月 27-28 日、国立極地研究所.

Kawano, Hideaki, Akira Sessai Yukimatu, Yoshimasa Tanaka, Satoko Saita, Nozomu Nishitani and Tomoaki Hori, Toward identifying magnetospheric regions by using magnetic pulsations observed by SuperDARN radars, SuperDARN 研究集会、2013 年 2 月 15 日、国立極地研究所.



# I . 共同研究報告（終了）

## 一般共同研究

### （2）気 水 圏

## 共同研究報告書（終了）

### 衛星および現場観測データによる南極リュツォ・ホルム湾の海水変動解析

◎館山一孝 北見工業大学工学部・准教授  
 尾関俊浩 北海道教育大学札幌校・准教授  
 中村和樹 日本大学工学部・准教授  
 (国立極地研究所)  
 牛尾収輝 准教授  
 田村岳史 助教  
 平成 22 年～平成 24 年（3 か年）

#### 【研究成果】

第 42 から 53 次南極地域観測隊にかけて（43 次と 50 次を除く）、「しらせ」航路上および昭和基地周辺のリュツォ・ホルム湾を対象として、衛星観測（AVHRR、MODIS、AMSR-E）および現地観測（電磁誘導式氷厚計「EM」、マイクロ波放射計「PMR」、目視）によって氷厚や氷上積雪の状況を測定したデータを整理・解析し、過去 10 年間の定着氷の拡大および流出、氷厚の変動を調査した。

電磁誘導式氷厚計 EM（Electro-Magnetic induction）は、磁場を送信し導電体である海水および海水との境界面で誘導電流を発生させる。誘導電流によって二次磁場が発生し、それを受信コイルで検知することで EM 氷厚計と海水底面までの距離  $Z_E$  を測定することができる。同時にレーザー距離計で海水の表面（海水の表面が雪で覆われている場合は雪面）までの距離  $Z_L$  を測定する。 $Z_E$  と  $Z_L$  の差をとることで全氷厚  $Z_I$  を求めることができる。全氷厚とは、積雪がある場合に海水厚に積雪深も含んだ厚さのことである。EM 観測時には、GPS 及びジャイロも使用してセンサの位置や姿勢による補正のための情報も記録している。

海水上の積雪深のデータは EM で自動測定ができないため、30 分から 1 時間の間隔で行われている目視観測の積雪深データを使用した。

衛星データは、2000 年から 2008 年の期間は衛星 TIROS/NOAA に搭載されていた AVHRR センサによって観測された昭和基地周辺の画像データを用いた（空間分解能 1.1km）。2009 年以降の画像データは、衛星 Terra や Aqua に搭載されている MODIS センサによって観測されたデータを用いた（空間分解能 250m）。

JARE42 から 53 の期間において、しらせによる海水観測データが存在する地点をプロットした地図を図 1 に示す。この航跡は 1 時間に 1 回の位置をプロットしたものであるが、昭和基地に近づくにつ

れ航跡の間隔が狭くなる。これは次第に海水が厚くなりチャージングを行って船速が低下するためである。しらせはシブタイムを節約するために海水が薄く積雪量が少ない良好な氷況の航路を選択している。接岸断念した JARE53 の航跡を見るとその傾向が顕著であり、頻繁に航路を変更し苦労した

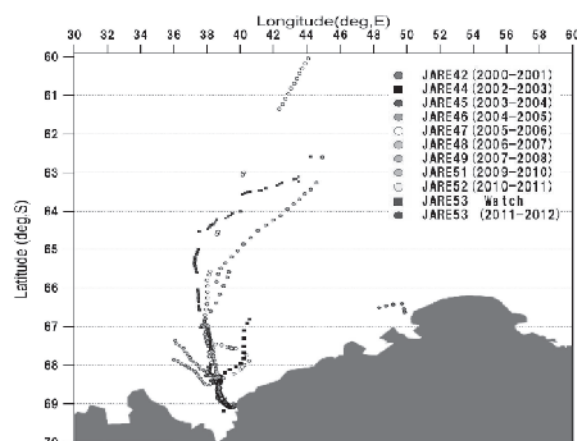


図 1 しらせによる海水観測地点（JARE42～53）

様子が伺える。JARE53 は南緯  $68^{\circ} 95' 57.3''$  東経  $39^{\circ} 07' 82.2''$  において接岸を断念したが、昭和基地まで直線距離にして約 20km の地点であった。

図 2 に衛星画像による 2000 年から 2011 年の 12 月における流氷と定着氷の分布を示す。この期間において定着氷縁は概ね南緯  $68^{\circ} 30'$  付近に存在している。2000 年から 2002 年の間に定着氷の一部が流出し、定着氷縁が大きく後退している。それ以降定着氷の流出はなく、徐々に元の定着氷縁の位置に戻っている。2010 年において、他の観測年に比べると大きく南東方向に迂回しているが、流氷帯において大氷盤を避けて航行しているためである。

図 3 と 4 は EM および目視観測で測定した全氷厚と積雪深の空間分布とその年変動を示したものである。定着氷の流出があった 2002 年以降、全氷厚は年々厚さを増しており、特に JARE53 では顕著に



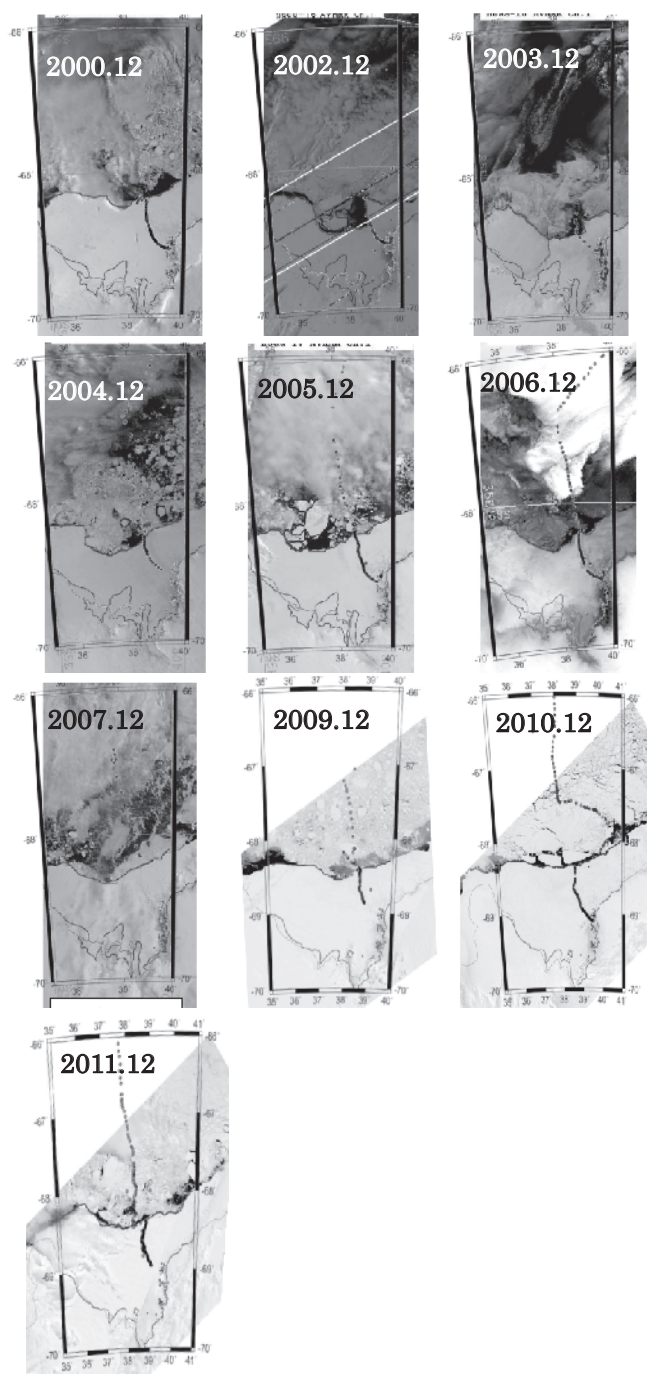


図2 AVHRR と MODIS の衛星画像

厚くなっている。

また JARE53 を除くすべての観測年で、南緯 68° 40' 地点において海水分布が密になっている。これはこの地点に乱氷帯があり、それ以降定着氷が広がっていることを意味している。JARE52以降は特殊な氷厚分布をしており、定着氷内部の複数の地点において乱氷帯が存在することがわかる。昭和基地沖に接近するにつれて、海水が徐々に薄くなる傾向にあるが、JARE53 では 20m を超える全氷厚の乱氷帯を通過できず、接岸を断念していたことがわかる。

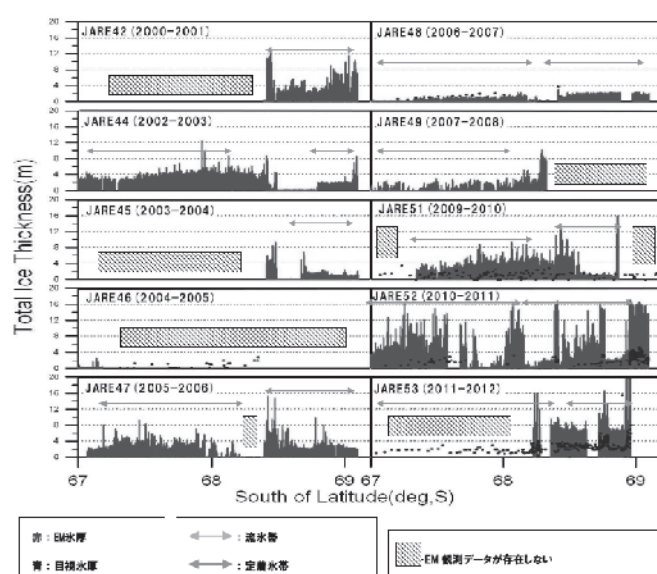


図3 EM と目視観測による全氷厚分布と年変化

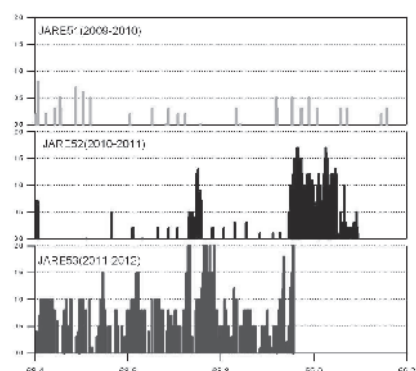


図4 目視観測による積雪深分布と年変化

本研究から、昭和基地周辺の定着氷の氷厚と積雪深は 2002 年以降年々増加しており、定着氷が大規模に流出しない限りはこの傾向は継続すると考えられる。また 2010 年以降、積雪深が著しく増加しており、積雪の摩擦により砕氷航行を困難にしている。さらに 2010 年以降、10m 以上の厚さを示す複数の乱氷帯が定着氷内部に形成され、地球上で最も航行が困難な海水域の 1 つになっていることがわかった。今後も衛星観測としらせによる EM と目視の氷厚観測を継続し、定着氷分布と厚さの変動を監視することが必要である。衛星観測で事前に把握することが困難な 10m 以上の厚さを示す乱氷帯を避けるためには、航空機搭載型 EM の導入が効果的であると考えられる。

#### [研究発表]

牛尾収輝、海水変動解析プロジェクトチーム、2011/12 シーズン「しらせ」砕氷航行を阻んだ南極リュツォ・ホルム湾の海水状況～ 極めて厚く成長した積雪起源の海水 ～、第 35 回極域気水圏シンポジウム、2012 年 11 月 29 日、極地研。

## 共同研究報告書（終了）

研究課題：南極海インド洋セクターにおける係留観測研究

◎深町 康 北海道大学低温科学研究所・准教授  
 大島 慶一郎 北海道大学低温科学研究所・教授  
 松村 義正 北海道大学低温科学研究所・助教（平成 24 年度のみ）  
 清水 大輔 国立極地研究所/北海道大学低温科学研究所・特任研究員  
 小野 数也 北海道大学低温科学研究所・技術専門職員  
 岩本 勉之 国立極地研究所/新潟大学理学部・特任研究員（平成 22～23 年度のみ）  
 田村 岳史 国立極地研究所・助教（平成 22 年度のみ）  
 （国立極地研究所）  
 牛尾 収輝 准教授  
 橋田 元 准教授  
 田村 岳史 助教（平成 24 年度のみ）  
 平成 22 年～平成 24 年（3 か年）

### 【研究成果】

南極海のインド洋セクターは、これまでに多くの観測が実施されているウェッデル海やロス海と比較すると、まだ観測データの蓄積が十分とは言えない海域である。しかしながら、この海域はオーストラリアと昭和基地の間の「しらせ」の航行域であることから、日本南極地域観測隊による研究対象域としては最適であると言える。

このインド洋セクターには、ウェッデル海、ロス海と共に、海洋大循環を駆動する南極底層水の生成域の一つとして知られているアデリーランド沖の海域が存在する。この南極底層水の低緯度域への流出は、オーストラリアとアフリカの中間に存在する南大洋で最大のケルゲレン海台の西側斜面域における深層西岸境界流によってなされていることが船舶観測から明らかになってきたが、その流量の変動については明らかになっていなかった。そこで、2003-05 年にオーストラリアと共同で実施したこの海域においては初めてとなる係留系による連続観測のデータの解析を進め、南極底層水の流出には非常に大きな変動があり、その平均流量はウェッデル海の流量よりも多いことを明らかにした（Fukamachi et al., 2010）。

南極底層水の生成域としては、前述したウェッデル海、ロス海、アデリーランド沖が良く知られていたが、過去の船舶観測データからは、ウェッデル海の東方のインド洋セクターにもう 1 つの生成域が存在することが推測されていた。更に、衛星データを用いた海氷生産量の見積りにより、アメリー棚氷の西方に位置するケープダンレーポリニヤにおける生産量が、ロス海ポリニヤに次いで南極海で 2 番目に

多いことが明らかとなっていた（Tamura et al., 2008）。海氷生産に伴う高塩分水の排出は南極底層水生成の重要な過程であるため、この海域が未知の南極底層水生成域である可能性が高いと考え、国際極年期間中の 2008-09 年に係留観測を実施した。（係留点は図 1 に黒丸で示す。）この係留観測データの解析を進めることにより、実際にこの海域で南極底層水が生成されており、その量は南極海全体の 6-13%にあたることを明らかにした（Ohshima, Fukamachi and Williams et al., 2013）。

ケープダンレー沖での南極底層水の生成過程およ

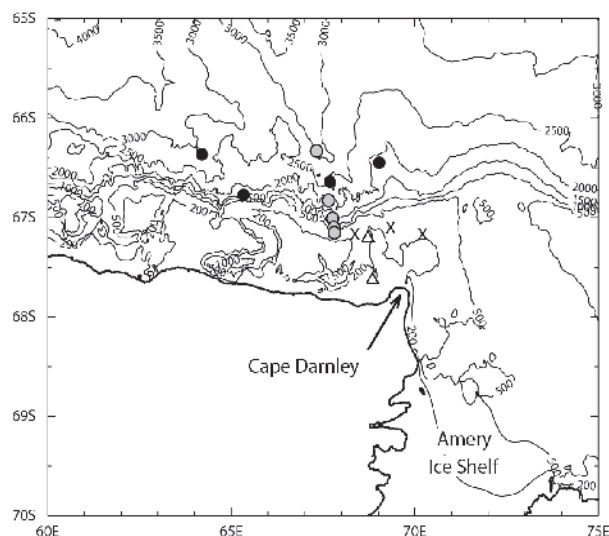


図 1：ケープダンレー周辺の海底地形図。黒丸は国際極年期間の係留点。三角、灰色丸、x 印はそれぞれ 51、52、54 次隊で設置した係留点。

び低緯度域への流出過程を詳細に調べるため、日本

南極地域観測隊の 51、52、54 次隊において係留観測を実施した。まず、51 次隊においては、ケーブダンレーポリニヤ内での海氷生産の実態を明らかにするため、超音波氷厚計を含む係留系を 2 ヶ所に設置した (図 1 の三角)。これらの係留系は続く 52 次隊において回収され、南極沿岸ポリニヤでは初めてとなる海氷厚データを始めとする良好なデータの取得に成功した。また、52 次隊においては、国際極年期間中の係留観測結果やこの海域の数値モデルの計算結果を参考にして、主要な南極底層水の流出経路とみられるワイルド峡谷沿いの 5 ヶ所に係留系を設置した (図 1 の灰色丸)。53 次隊においては、ケーブ

ダンレーポリニヤ内での超音波氷厚計を含む係留系の再設置を予定していたが、シップタイムの不足によりキャンセルとなったため、これらの係留系の設置は続く 54 次隊で実施した (図 1 の×印)。また、54 次隊においては、52 次隊で設置したワイルド峡谷沿いの係留系の回収を試みたが、切離装置の不具合によって回収することが出来なかった。この点を踏まえて、今後切離装置の不具合の原因究明をする予定である。また、これらの係留系の回収作業については、54 次隊で新たに設置した 3 系と共に、55 次隊で再度実施する予定である。

#### [参考文献]

1. Tamura, T., K. I. Ohshima, and S. Nishihashi (2008); Mapping of sea ice production for Antarctic coastal polynyas, *Geophysical Research Letters*, Vol. 35, L07606, doi:10.1029/2007GL032903.

#### [研究発表]

1. Fukamachi, Y., S. R. Rintoul, J. A. Church, S. Aoki, S. Sokolov, M. A. Rosenberg, and M. Wakatsuchi (2010); Strong export of Antarctic Bottom Water east of the Kerguelen plateau, *Nature Geoscience*, Vol. 3, 327-331.
2. Tamura, T., K. I. Ohshima, S. Nishihashi, and H. Hasumi (2011); Estimation of surface heat/salt fluxes associated with sea ice growth/melt in the Southern Ocean, *Scientific Online Letter on the Atmosphere*, Vol. 7, 17-20, doi:10.2151/sola.2011-005.
3. Ohshima, K. I.\*, Y. Fukamachi\*, G. D. Williams\*, S. Nishihashi, F. Roquet, Y. Kitade, T. Tamura, D. Hirano, L. Herraiz-Borreguero, I. Field, M. Hindell, S. Aoki, and M. Wakatsuchi (2013); Antarctic Bottom Water production by intense sea-ice formation in the Cape Darnley polynya, *Nature Geoscience*, Vol. 6, 235-240. (\*These authors contributed equally to this work.)



## しらせによる海洋航走モニタリング研究

◎青木 茂（北海道大学低温科学研究所・准教授）

深町 康（北海道大学低温科学研究所・准教授）

清水 大輔（北海道大学低温科学研究所・博士研究員）

嶋田 啓資（北海道大学低温科学研究所・博士研究員）

（国立極地研究所）

牛尾収輝 准教授    橋田 元    准教授    飯田 高大 助教

平成 22 年～平成 24 年（3 か年）

### 〔研究成果〕

20 世紀後半からのここ半世紀ほど、南極周極流の構造に暖水化や淡水化といった顕著な変化が起きている。こうした変化の研究には、JARE のもとで継続されてきた観測成果が大いに貢献してきた。例えば IPCC AR4 には JARE データを基礎とした四編の成果が引用され、こうした変化の存在に関する理解、認識の向上に非常に大きな役割を果たした。このように、周極流変化の継続的なモニタリング観測の重要性は一層増している。こうした機運の一方で、しらせ上での海洋停船観測を廃止し、航走観測機能の高度化、無人観測化の方向性が打ち出されている。実際に、新しらせには航走 ADCP や XCTD のオートランチャーなどが新たに装備され、観測実施のための設備はむしろ強化されている。このため、航走観測に軸足を移した観測継続のためのモニタリング観測体制の再構築が急務となっており、本研究ではこのための環境整備に取り組んだ。

観測の実施体制として、未だ確固たる基盤が確立できた訳ではないが、観測を継続することには成功している。XCTD 観測は、海上保安庁による水深測定と一般研究観測

の一部の用途とで実施されている。ADCP 観測は、上記の観測体制の改変に伴い、研究観測として極地研が主体となって運用している。平成 22 年度は、こうした体制による運用経験に基づき、まず新しらせに新たに導入された船舶搭載型 ADCP に関する現場での運用マニュアルを作成した。これにより、運用経験のない隊員でも容易にメンテナンスできることを期待している。また実際に 51 次で得られた ADCP データの解析を行い、フロント構造の把握など良好な結果が得られていることを確認した（図 1）。また航走観測中に行った XCTD 観測についても解析を行い、フロント位置など ADCP と良好な一致を見せていることを確認した。これにより、周極流の挙動把握において、両者が有益なことを改めて確認した。

平成 23 年度からも引き続き XCTD および船舶搭載型 ADCP の観測が行われた。XCTD はほぼ正常に観測されたものの、東経 110 度の亜南極前線に相当する重要な海域で中途断線の不具合がめだち、十分な解像度が得られていない。CPR など他測器との干渉対策などを検討する必要がある。船舶搭載型 ADCP については観測パラメータの設定

等にやや問題があった。こうした点の対処法をマニュアルで徹底するなど改善する必要がある。また、ADCP についてはその後も設置方法にも問題がある可能性が指摘されており、データの精査が必要である。

これらの観測結果に基づき、特に XCTD から得られたフロントの長期変動に関する解析を実施した(図 2)。亜熱帯フロント(STF)については南下が顕著で、南の亜南極フロント(SAF)、極フロント(PF)など南側のフロントではそれほど南下していない等、フロントによる挙動の違いの可能性を示した。こうした観測成果は、南極周極流の長期変動の現場観測として極めて重要な結果と考えられる。また、数値実験の結果など

を評価、拘束するうえでも重要な示唆を与えるものである。

観測継続の基盤は脆弱であるものの、継続的な観測は維持することに成功した。今後は、多分野の同様のモニタリング観測の一括推進体制の導入など、より抜本的な基盤整備を考えていくべきである。これに加えて、不具合の対処法などを観測マニュアルのさらなる整備が必要である。体制の整備とあわせて得られたデータの公開方法の検討が不可欠であるが、まずは観測結果の論文への公表を足掛かりとして、個別的な対応から順次拡張させていくことが有効であろう。

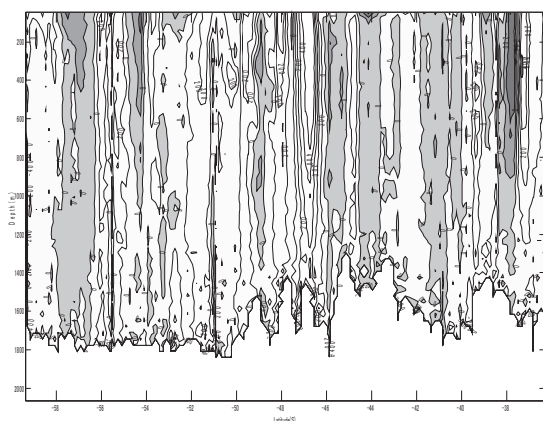


図 1. ADCP による 110 度ライン上での東西流速分布。東向きが正(白抜)。

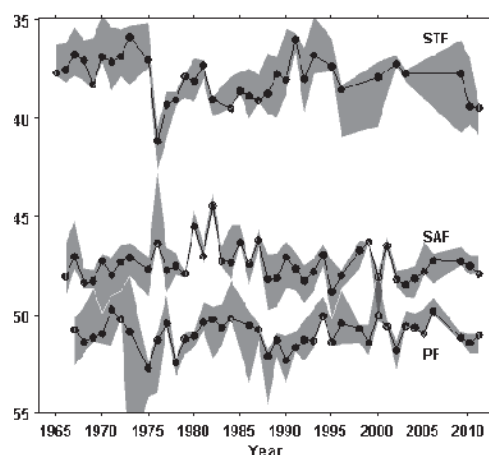


図 2. 1965 年からの 110 度における南極周極流フロントの緯度変化。

#### [研究発表]

- 1) Aoki, S., Long-term Japanese observations of oceanic physical parameters in the Indian sector of the Southern Ocean, SCAR Open Science Conference, July 18, Hotel Hilton, Portland. 2012.
- 2) 嶋田啓資, 大島慶一郎, 青木茂; 地形による異方性を考慮した南大洋格子化データセットの作成, 日本海洋学会秋季大会, 福岡, 2011 年 9 月 29 日.
- 3) 青木茂: 南大洋発のブレイクスルー、2010 年度日本海洋学会秋季大会シンポジウム「ブレイク・スルー研究をめざして」、2010 年 9 月 6 日、網走(東京農業大学)

## 共同研究報告書（終了）

## 北半球寒冷域の急激な雪氷圏変動

◎本田明治 新潟大学理学部・准教授（研究代表者）  
 浮田甚郎 新潟大学理学部・教授（共同研究者）  
 立花義裕 三重大学生物資源学部・教授（共同研究者）  
 小守信正 海洋研究開発機構・チームリーダー（共同研究者）  
 堀 正岳 海洋研究開発機構・研究員（共同研究者）  
 （国立極地研究所）  
 平沢尚彦 助教（担当教員）  
 平成22年度～平成24年度（3か年）（研究期間）

## [研究成果]

近年の北極など北半球寒冷域では、夏季の北極海の海水の激減、ユーラシア北部の地温上昇による永久凍土融解及び積雪域の減少など、異常事態が継続している。温暖化に伴って雪氷圏は総じて減少傾向にあり、特に北極海の海水域の減少は顕著で温暖化モデルの予想を大きく上回っている。一方ユーラシア大陸では積雪期間が長期化している地域もあるなど、地域や雪氷要素によって変動は一様でない。本研究では雪氷圏変動の中でも特に海水域に着目して、観測・再解析データ、数値シミュレーション結果の解析を通じ、海水域の減少の実態及び気象・気候システムへのかかわりを、近年多発する異常気象との関係を明らかにすることを目的とする。

本研究期間の2010年～2012年においても、北半球寒冷域において雪氷圏の減少は着実に進行している。北半球の海水域に着目すると、例年9月に海水域面積は最小となり2010年の時点では、2007年9月に記録した約420万km<sup>2</sup>が最小面積であった。この3年間では、2010年9月に約460万km<sup>2</sup>、2011年9月に約440万km<sup>2</sup>と2007に迫る勢いであったが、2012年9月は一気に更新して約340万km<sup>2</sup>となった（図1）。この3年間、北半球各地で異常気象が多く発生しており、雪氷圏変動（減少）の実態把握とともに、これに伴う大気（循環）場の応答の事

例を中心に調べてきた。特に近年は、雪氷圏変動との密接な関係が示唆される。今回は夏～秋の北極海の海水域減少が続く冬季の日本を中心とした極東の気象・気候に及ぼす影響に焦点を当てる。

近年の冬季、欧州から極東にかけてのユーラシア大陸の中高緯度帯はしばしば強い寒気に見舞われ、最近では2005/06年、2007/08年、2009/10年、2010/11年、2011/12年の冬、直近の8冬中、実に6冬が顕著な低温傾向となっている。一方冬季の北極海上では高温状態が続いており、近年の北極海の顕著な海水減少と関連が深いと考えられる。日本では05/06年のいわゆる「平成18年豪雪」<sup>1)</sup>以降、07/08年は並冬であったが、09/10年は寒暖の差が大きかったものの、しばしば強い寒気に見舞われ、続く10/11年は1月を中心に寒気が持続し各地で大雪となった。また11/12年冬は季節を通じて3ヶ月の間寒気が居座り久しぶりのいわゆる寒冬大雪となった。また12/13年冬も北日本を中心に寒気が居座り、2冬続けて寒冬多雪となったのはおよそ30年ぶりである。近年8冬（2005/06年～12/13年冬季：12月～2月）平均の大気循環場の特徴をみると、ユーラシア大陸では、シベリア北部上空で高気圧性偏差、日本と欧州上空で低気圧性偏差となっている（図2）。

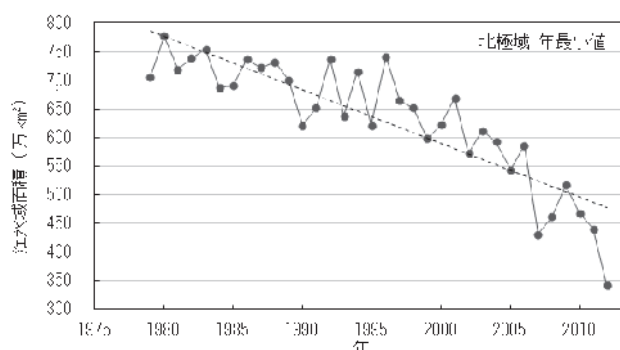


図1. 北極域海水域面積の年最小値（気象庁 HP）

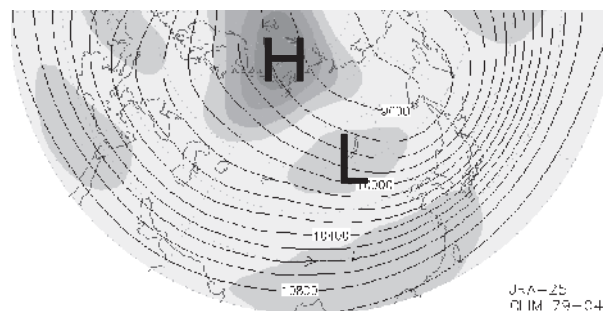


図2. 2005/06年～12/13年冬季(12月～2月)平均の250 hPa高度場 (m)。陰影は高度偏差で20 m 間隔。

地表付近では、ユーラシア大陸の高緯度一帯は広く高気圧性偏差に覆われ（シベリア高気圧の発達に対応）、この高気圧偏差の東側～南側一帯は寒気移流によって広く低温域に覆われやすくなる（図略）。

近年の冬のユーラシアの低温の要因はいくつかあると考えられるが、先行する夏～秋の北極海の海水域変動との関連に着目すると、北極海の海水が夏場に減少すると続く秋～初冬にかけて露出した海面からの加熱で、バレンツ海上で高度は上昇して上空には高気圧性偏差が形成される。これによって上空の偏西風ジェット蛇行しやすくなり、いわゆる定常ロスビー波が励起され、ユーラシア大陸上に伝播し、下流に当たる極東の上空では低気圧性偏差になりやすい<sup>2)</sup>。この波列形成に伴って、シベリア一帯には寒気が入りやすくなり、大陸上の寒気蓄積はシベリア高気圧の発達と東方への拡大をもたらし、寒気移流によってユーラシア中高緯度帯は広く低温偏差に覆われやすくなると考えられる（図3）。

このように近年の冬季日本に寒冬大雪をもたらす大気循環場変動に、先行する夏～秋の北極域の海水域減少が寄与することが強く示唆されるが、各冬によって大気循環場のパターンや継続する期間は異なる。特に2011/12年、12/13年の両冬は冬季を

通じて極東一帯に寒気が入りやすいパターンが持続しており、北極の海水域変動では十分に説明できるものではない。近年の冬の循環場をより詳しく解析していくことによって、大気循環場の形成及び維持過程を明らかにしていく必要がある。また海水域のみならず雪氷圏変動の総合的は実態把握と気候システムの応答の事例解析を観測・再解析データを用いて進め、過去事例などとの比較を通じて、雪氷圏変動の気候システムへの影響評価を行っていく必要がある。

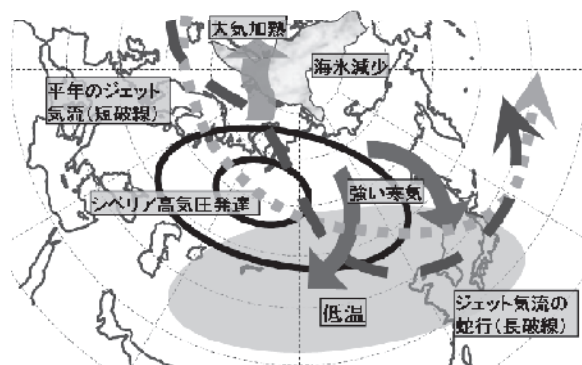


図3. 北極海の海水減少によって極東一帯に寒波がもたらされるメカニズム。

#### [参考文献]

- 1) 本田明治・楠昌司編, 2007: 2005/06年 日本の寒冬・豪雪. 気象研究ノート, **216**, 290pp.
- 2) Honda, M., J. Inoue and S. Yamane, 2009: Influence of low Arctic sea-ice minima on anomalously cold Eurasian winters. *Geophys. Res. Lett.*, **36**, L08707, doi:10.1029/2008GL037079.

#### [研究発表]

- Tachibana, Y., T. Nakamura, H. Komiya and M. Takahashi, 2010: Abrupt evolution of the summer Northern Hemisphere annular mode and its association with blocking, *Journal of Geophysical Research*, **115**, D12125.
- Overland, J. E., M. Honda, and R. Graversen, 2010: Hot Arctic-Cold Continents: Global Impacts of Arctic Change, *Eos*, **91**, 373.
- 本田明治, 2010: 海洋・海水域変動が世界各地に異常気象をもたらす—中高緯度大気循環場の大規模な波動の役割—, 海の科学がわかる本 (藤岡換太郎編), 成山堂書店, 38-51.
- 本田明治, 2011: 夏季北極海の海水域減少がもたらす冬季ユーラシアの低温, 第10章, 気象研究ノート「北極の気象と海氷」(山崎孝治編), **222**, 133-143.
- Hori, M. E., J. Inoue, T. Kikuchi, M. Honda, and Y. Tachibana, 2011: Recurrence of Intraseasonal Cold Air Outbreak during the 2009/2010 Winter in Japan and its Ties to the Atmospheric Condition over the Barents-Kara Sea. *SOLA*, **7**, 25-28.
- Otomi, Y., Y. Tachibana, and T. Nakamura, 2012: A possible cause of the AO polarity reversal from winter to summer in 2010 and its relation to hemispheric extreme summer weather, *Climate Dynamics*, **38**, DOI 10.1007/s00382-012-1386-0, 2012.
- 江崎雄治, 平沢尚彦, 林政彦, 山内恭, 2013: 1997年春季に南極昭和基地において発現した地上オゾン消失現象, *天気*, **60**(2), 91-96.
- Komori, N., B. Taguchi, A. Yamazaki, T. Enomoto, and T. Miyoshi, 2013: Ensemble simulations of the global coupled ocean-sea-ice system. *Proceedings of the 28th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice*, The Okhotsk Sea & Cold Ocean Research Association, 196-199.
- 浮田甚郎, 本田明治, 2013: ENSO-NAOのリンクについて, 気象研究ノート「エルニーニョ・南方振動(ENSO)研究の現在 (渡部雅浩編)」, 印刷中.



## 地球観測衛星から推定されたエアロゾルのしらせ船上観測との比較検証

◎久慈 誠 奈良女子大学大学院自然科学系・准教授

内山明博 気象庁気象研究所・室長

(国立極地研究所)

塩原匡貴 准教授

平成 23 年～平成 24 年 (2 年)

### [研究成果]

#### はじめに

エアロゾルは太陽放射を散乱または吸収する性質があることから直接的に、また雲の凝結核となることによって間接的に、地球の放射収支に影響する。しかし、時空間変動が大きく、またその生成、変質、輸送、そして消失の諸過程、および形状や光学特性などの実態が十分に理解されていないため、地球の放射収支への影響を評価することは容易ではない。

従って全球的なエアロゾルの動態を把握すること、特に地球の約 7 割を占める海上における動態を明らかにすることは重要である。しかし現在は海上における観測事例は少なく、長期観測データが蓄積されているとは必ずしも言えない。そのため船舶による定期的な観測は重要な役割を担っている。

そこで本研究では、海上エアロゾルの動態を明らかにすることを目的に、南極観測船「しらせ」に搭載されたスカイラジオメータ観測データを解析し、光学特性について調べた。

#### 観測データと解析方法

南極観測船「しらせ(5002)」は、例年 11 月中旬から翌年の 2 月ないし 4 月迄の期間に、日本と南極大陸の間を航海する。船上にはエアロゾル観測機器が多数設置されており、長期観測が行われている。その中でもスカイラジオメータは太陽放射を複数波長で観測しており、大気カラムの光学特性を推定することができる。

本研究では、第 42 次 (2000-2001 年) から 47 次 (2005-2006 年) のうち、GPS データが利用できた第 42・44・45・46・47 次南極航海におけるしらせスカイラジオメータ観測データに対し、ミー散乱理論に基づいたインバージョンツール (SKYRAD.PACK)<sup>1)</sup> を適用し、解析を行った。

#### 解析結果

各南極航海中の観測データから得られた全解析結果を領域 A (太平洋上; 往路)、B (インドネシ

ア諸島およびマレー半島周辺)、C (オーストラリア西海岸)、D (オーストラリア東海岸)、そして E (太平洋上; 復路) の 5 領域とそれ以外の南緯 40° 以南の領域 S (南極域) に分けた。本稿ではローカルな汚染による影響を受けやすい停泊中を除いた日本とオーストラリア間の領域 A から E の解析結果を示す(図 1)。

結果的に、日本とオーストラリア間の海上においてエアロゾルの光学特性を推定出来たのは全観測事例のうちの約 0.4% であった。これは船舶の揺動、気象条件、あるいは GPS データ不良の影響を受けて少なくなったと考えられる。また領域毎にデータ数を比較すると、日本近海である領域 A と領域 E において比較的多く解析結果が得られたものの、マレー半島やインドネシア付近の領域 B とオーストラリア東海岸の領域 C ではインバージョン解析できたデータ数が少なかったことが分かる。これは領域 B が赤道付近であるため、太陽天頂角が小さく、散乱角度範囲を十分に確保出来なかったことが原因のひとつであると考えられる。また、領域 C では船舶の動揺または気象条件による影響が考えられる。

次に 2000 年から 2006 年で領域平均した光学特性 (光学的厚さ、オングストローム指数、及び一次散乱アルベド) の時系列を図 2 に示す。これより領域 A、B、そして E では他の領域と比べ、光学的厚さは 0.17 以上と大きいことが分かった。また、領域 A の 2003・2005 年と D の 2001 年は他の領域と比べてオングストローム指数の値が 1.44 以上と高く、小粒径の物質が卓越していたことが分かった。また複数の解析事例が得られた領域 E ではオングストローム指数の年々変動が大きかったことから、空気塊起源毎に大粒子または小粒子の両方の事例が観測されたと考えられる。一方、領域 C と D ではオングストローム指数が約 0.0 となり、大粒子が卓越していたことが分かった。そして一次散乱アルベドについては領域 A、D、そして E において 0.9 以下の事例が多く、吸光性の物質の存在を示した。

## まとめと今後の展望

南極観測船しらせに搭載されたスカイラジオメータ観測データを解析する事により、海上広域エアロゾルの光学特性を調べた。その結果、船舶

揺動や気象条件の影響が大きいものの、地域特性を把握できることが明らかになった。今後の展望としては、船上サンプリング観測や衛星観測等との比較を行う事が考えられる。

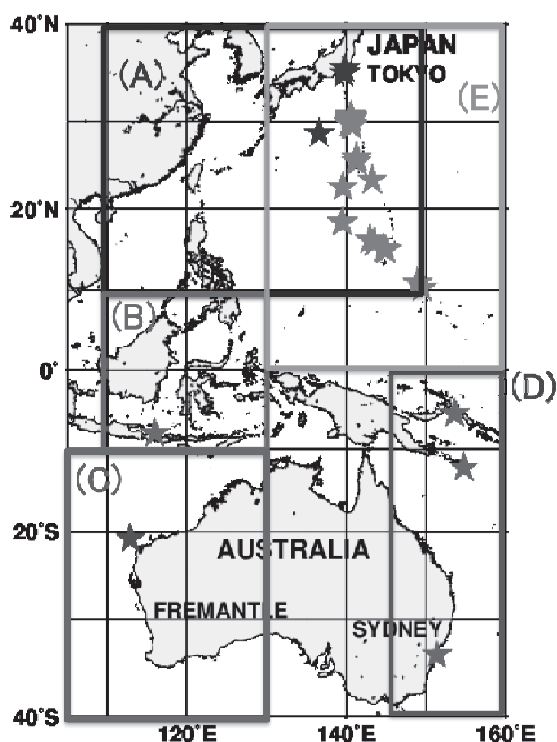


図1 日本とオーストラリア間の解析地点(★)と領域AからEの分類図。各領域の地域及び観測時期はそれぞれ(A) 太平洋上(11月中旬;往路)、(B) インドネシア及びマレー半島周辺海域(11月中旬;往路)、(C) オーストラリア西海岸(11月下旬から12月初旬;往路)、(D) オーストラリア東海岸(3月下旬;復路)、及び(E) 太平洋上(4月上旬;復路)である。

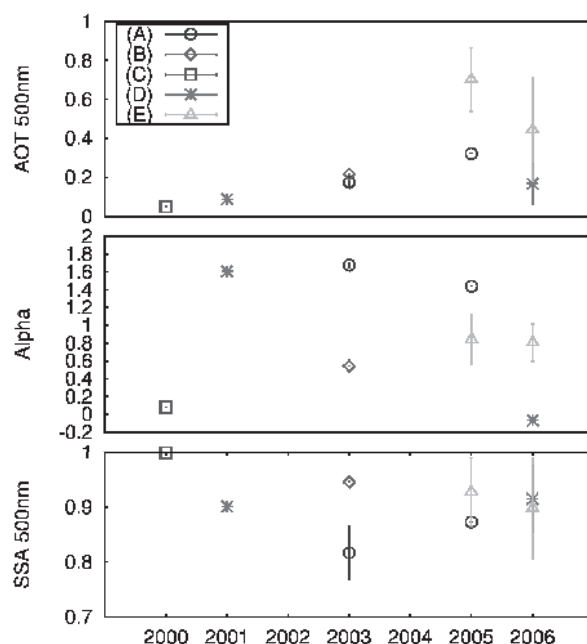


図2 2000年から2006年における光学特性の時系列。波長500nmでの光学的厚さ(上段)、オングストローム指数(中段)、波長500nmにおける一次散乱アルベド(下段)。図1の領域AからEがそれぞれ○、◇、□、\*、及び△に対応している。各領域において解析事例が複数存在した場合、平均と標準偏差(エラーバー)を図示している。

## [参考文献]

- 1) T. Nakajima, G. Tonna, R. Rao, P. Boi, Y. Kaufman, and B. Holben, 1996: Use of sky brightness measurements from ground for remote sensing of particulate polydispersions, Appl. Opt., 35, 2672-2686.

## [研究発表]

中村麻耶、2013：船上天空光観測データ解析によるエアロゾルの研究、2012年度修士学位論文、奈良女子大学大学院人間文化研究科。

M. Nakamura, Y. Azuma, M. Kuji, and M. Shiobara: Interannual variability of aerosols determined from skyradiometer observation onboard Shirase, The 35th Symposium on Polar Meteorology and Glaciology, Tokyo, Japan, Nov. 30, 2012.

M. Nakamura, Y. Azuma, M. Kuji, and M. Shiobara: Aerosols characteristics retrieved with a sky radiometer onboard R/V Shirase, in preparation.

## 共同研究報告書（終了）

多波長ライダーによる混合相雲の検出・解析手法の開発

◎津田敏隆 京都大学生存圏研究所・教授（研究代表者）

矢吹正教 京都大学生存圏研究所・助教（共同研究者）

（国立極地研究所）

塩原匡貴 准教授

（担当教員）

平成 23 年～平成 24 年（2 か年）

（研究期間）

## [研究成果]

## 1. はじめに

気温 $-40\sim 0$ 度で出現する氷晶と液滴の粒子で構成される混合相雲は、極域における主要な雲であり、放射強制を通じた気候変動に与える重要性が高いと指摘されている。しかしながら、雲生成における雲過程の複雑さから、その動態や物理特性についての十分な理解には至っていない。本研究では、混合相雲観測に有効な観測手法を提案するとともに、試験観測を実施してその有用性を確かめることを目的とする。

## 2. 偏光マイクロパルスライダー（MPL）を用いた混合相雲の観測

MPL（Model 1-3, SESI; Model 4, Sigma Space Corp.）は、エアロゾルや雲の鉛直分布を連続計測することができる小型のライダーシステムである。極域における MPL 観測は、南極昭和基地（69.00S, 39.59E）では 2001 年から、北極スバル諸島（78.93N, 11.86E）では 1998 年から現在に至るまで継続して実施している。取得された連続データは、雲出現高度の季節変動特性の抽出や、衛星搭載ライダーの検証観測<sup>1)</sup>など幅広い大気研究分野に使用されてきた。従来の MPL では、後方散乱光のみの情報しか得られなかったが、MPL-4B 以降は、オプションにより偏光計測を追加することができるようになった。

雲相の研究には、後方散乱光の情報に加えて粒子形状の推定を可能とする偏光解消度の計測が有効である。ここでは、偏光観測を追加した MPL-4B-IDS が、混合相雲の検出に有用であることを確かめるため、MPL と比較可能な多波長偏光ライダーが設置された京都大学生存圏研究所信楽 MU 観測所にて試験観測を実施した。システムの安定性能を確かめるため、最小設定となる時間分解能 1 秒、距離分解能 15 m で計測を実施した。図 1 に、MPL により観測された(a)後方散乱光強度の距離補正信号、(b)偏光解消度、および(c)ラジオゾンデより観測され

た同時刻の気温・湿度プロファイルを示す。高度 7.1～7.5 km 付近に雲が存在しており、10 秒～1 分程度の周期で後方散乱強度や偏光解消度の大きい領域が移動している様子が捉えられた。他のライダーを用いた計測からも同様の特徴が抽出できていることから、この変動はシステムに起因するもの

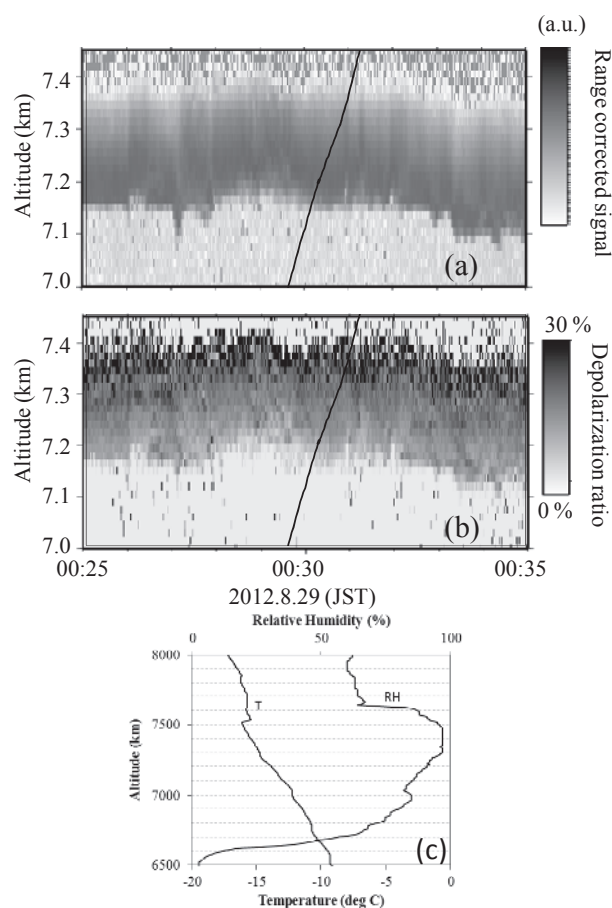


図 1 MPL により取得された(a)距離補正信号、および(b)偏光解消度（時間分解能：1 s、距離分解能：15 m）。図中の黒線はラジオゾンデの時間・高度飛跡を示す。(c)ラジオゾンデにより取得された気温、湿度の鉛直分布（2012/8/29 00:25-00:35 JST, 信楽（滋賀県））。

ではなく自然現象を捉えたものと考えられる。また、雲頂に近づくほど偏光解消度は大きく、非球形（氷晶）の粒子の存在を示唆する結果が得られた。一方で、ラジオゾンデで計測された過冷却水に対する相対湿度は、雲がある高度でほぼ 100%に達していた。液相の雲粒が生成可能であることから、MPL で観測された雲は混合相雲の可能性が高い。

既存のライダーと比べると、MPL で計測される偏光解消度の変動傾向は一致した。しかしながら、その絶対値は、MPL から求めた値が数%~10 %過大評価されるという問題点も見つかった。その要因として、用いるレーザーの偏光面制御の違いにより、導出される偏光解消度の値が異なることが考えられる<sup>2)</sup>。しかしながら、MPL と多波長ライダーの偏光解消度の差はそれだけでは説明できないため、完全に偏光成分が分離できていないなどハード上の問題が存在している可能性がある。この件については、他バージョンの偏光 MPL データを精査するなど、原因究明に向けた更なる解析を進めている。

### 3. 雲の空間分布構造の把握を目指したライダーシステムの改良

1 点のみを計測するライダーのみでは、時空間変動が大きい雲の特性を捉えることは難しい。本研究では、既存のライダーシステムに適用可能な、雲や水蒸気量の鉛直断面分布を取得できる走査機構を製作して検証観測を実施した<sup>3)</sup>。改良したライダーはアイセーフ性の高い紫外レーザーを光源とし、角度 90 度の範囲を 1 度/秒で観測視野を走査することができる。図 2 に、(a)ライダー後方散乱比の鉛直断面分布、および(b)同時刻の全天カメラ画像を示す。ライダーにより描写される不均一な雲の空間分布と、全天カメラから推定できる雲種や雲量の変化と

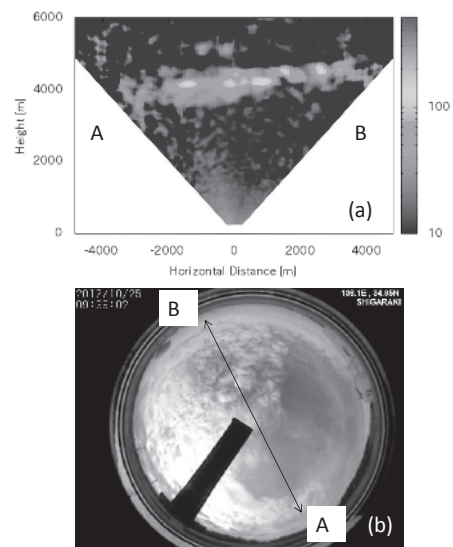


図 2 (a) ライダー後方散乱比の鉛直断面分布および(b)同時刻の全天カメラ画像 (2012/10/25 9:38 JST, 信楽 (滋賀県))。図中の A-B はライダーによる走査方向を示す。

を比較することで、混合相雲の複雑な分布構造の理解に役立つと考えられる。

### 4. まとめと今後の展望

本研究では極域で現在運用している MPL や全天カメラ画像の計測に、新たな付加価値を付ける観測手法を提案し、その有用性について評価した。今後は、ここで明らかになった MPL 偏光観測などの問題点を解決しつつ、気象条件の厳しい極域において、混合相雲観測を安定して行うためのハード面の改良等を進めていく必要がある。

#### [参考文献]

- 1) Shiobara M., M. Yabuki, R. Neuber, J.D. Spinhirne, E.J. Welton, J.R. Campbell, W.D. Hart, T.A. Berkoff: Arctic experiment for ICESat/GLAS ground validation with a Micro-Pulse Lidar at Ny-Alesund, Svalbard. *Polar Meteorol. Glaciol.*, 20, 28-39, 2006.
- 2) Connor J. F., A. Mendoza, Y. Zheng, and S. Mathur, Novel polarization-sensitive micropulse lidar measurement technique, *OPTICS EXPRESS*, 15(6), 2785-2790, 2007.
- 3) 松田真, Development of a scanning Raman lidar for observing the spatio-temporal distribution of water vapor, 京都大学修士論文, 2013.

#### [研究発表]

Yabuki, M., C. Miyawaki, T. Tsuda, T. Nakamura, M. Shiobara, K. Takahashi, “Rayleigh-Mie-Raman Lidar for Simultaneous Measurements of Aerosol Optical Properties, Atmospheric Temperature, and Water Vapor in the Troposphere”, *Thermodynamic Profiling Technologies Workshop*, 2011.



## 南極雪氷中の火山・宇宙起源物質の研究 (V)

◎福岡 孝昭 立正大学地球環境科学部・教授  
田澤 雄二 立正大学地球環境科学部・研究員  
楠野葉瑠香 立正大学大学院地球環境科学研究科・  
研究生  
(国立極地研究所)  
東 久美子 准教授  
平成24年(1年間)

### [研究成果]

#### 1. はじめに

南極は海に囲まれ、氷で覆われているので、宇宙起源物質、火山起源物質等の保存が良いと考えられている。これまでその有意性を利用して氷中の宇宙塵・火山灰について研究を行ってきた。ドーム Fuji コアは過去 72 万年間の情報を保存していることになる。本研究ではこの特徴にも注目してきた。

宇宙塵については、①宇宙塵粒子の分析から太陽系形成時の情報が得られる、②約 70 万年間の宇宙塵降下量の経年変化を知ることができる、という 2 つの点に着目して研究を行っている。

南極氷床には過去の環境情報が多種保存されている。その研究には年代の情報が極めて重要である。氷中に存在する火山灰の噴火年代から氷の年代を求める方法は重要な方法である。

本研究課題は主にこれらの問題に注目して行った。

#### 2. 宇宙塵粒子の回収と降下量の経年変化

277m 深と 2900m 深の切削氷を利用して粒径 30  $\mu\text{m}$  (実体顕微鏡下でハンドピック出来る大きさの限界) 以上の宇宙塵粒子を探した。277m 深からは透明なガラス質球粒(径約 100  $\mu\text{m}$ ) が多数回収された。SEM/EDS での分析結果から、かつてドーム Fuji 基地の水槽から検出されたガラス玉と同種の物であることがわかった。すなわち基地内の断熱材(ロックウール) に由来するものであって、宇宙塵でも火山起源物質でもなかった。2900m 深からは SEM/EDS による化学組成から一粒のみ宇宙起源である可能性のある粒子が回収できた。しかし、Ir、

Au など宇宙起源であることを決める元素の分析(中性子放射化分析) ができる原子炉(日本原子力機構東海研究所の JRR-3M 号炉) が東日本大震災以降運転されていないため分析できなかった。これは本研究にとって極めて残念なことであった。

また昨年度まで行ってきた降下量の経年変化に関する研究(Miura et al., 2012) の継続も、切削氷融解水のろ過に使用したフィルターは確保できているものの、原子炉が止まっている関係で、分析ができなかった。これも極めて残念であった。2900m 深の氷は約 70 万年であることを考えると、現在~70 万年の間の経年変化をチェックできた筈であった。

#### 3. 氷中火山灰の起源

氷中火山灰の噴火年代がわかれば、氷の年代がわかることになるので、南極氷を用いた研究に正確な年代を入れる方法としては第一級の研究課題である。しかし、氷中の火山灰量は極めて少なく、直接噴火年代を測定することはほぼ不可能である。この時、氷中火山灰の給源火山を求め、その給源火山の火山活動から噴火年代を知る方法がある。

本研究では残念ながら 277m 深と 2900m 深のドーム Fuji コア切削氷から火山灰(火山ガラス) を識別回収することはできなかった。そこで、今回西尾によって採集されたサウスサンドイッチ諸島の Zavodovski 島と Thule 島の火山岩各 2 種の化学組成(XRF による主成分化学組成とレーザーアブレーション ICP-MS による希土類元素組成)をやまと隕石氷原地域でかつて採取された火山灰の化学組成(Fukuoka et al., 1987) とを比較した。これら 2 つの島を給源とする火山灰がやまと隕石氷原地域まで飛来していないかを検討した。その結果、Thule 島の火山岩試料の 1 つがやまと山脈地域の火山灰 Belgica IA と、Zavodovski 島の火山岩試料の 1 つが RY180 火山灰と、それぞれ希土類元素組成を含めて一致した(図 1)。すなわち、これら 2 種の氷床中火山灰はこれらの 2 つの島から飛来したことが明らかになった(大久保・他, 2012)。しかし、これら 2 つの火山岩の噴火年代が未測定であるため、まだ氷床の年代を決定するには至っていない。

#### 4. まとめ

研究代表者福岡の定年により本共同研究課題は今回で終了とするしかない。本研究課題全体ではやに残したことが一杯あり、達成できなかったことは極めて残念である。本課題の内容はこの方面の研究に

としては大変重要な問題ばかりである。いつの日にか解決されることが期待される。

最後に長年にわたりお世話になった国立極地研究所ほか、本課題遂行にあたりお世話になった方々に感謝申し上げます。

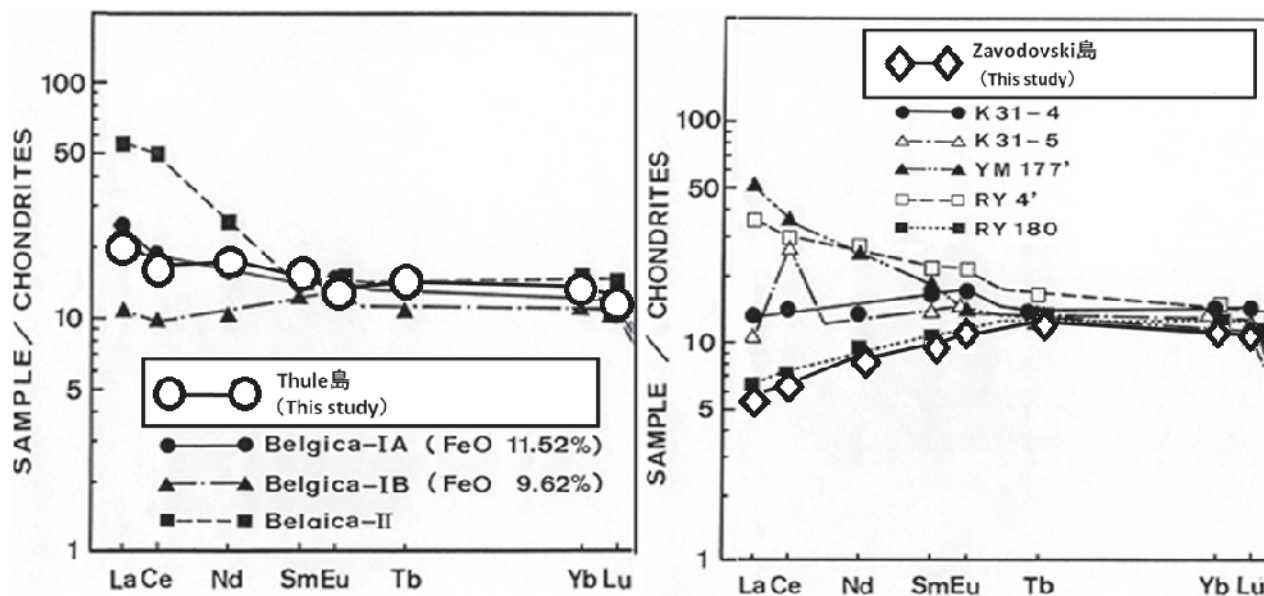


図1 サウスサンドイッチ諸島（Thule島とZavodovski島）の火山岩とやまと地域氷床中火山灰の希土類元素パターンの比較（大久保・他, 2012）

#### [参考文献]

Fukuoka, Arai and Nishio (1987) : Correlation of tephra layers in Antarctic ice by trace element abundances and refractive indices of glass shards. Bull. Volcanol. Soc. Japan, 32, 103-118.

Miura, Saito, Tazawa, Fukuoka, Noguchi and Motoyama (2012) : Micrometeorites in Antarctic ice detected by Ir: estimation of 120k year old accretion rate. J. Radioanal. Nucl. Chem. 291, 213-216.

#### [研究発表]

稲垣・福岡・本山：南極ドーム Fuji アイスコアの切削氷から出てきた球粒. 第3回極域科学シンポジウム. 2012年11月.

大久保・福岡・西尾：南極氷中火山灰の起源推定. 第3回極域科学シンポジウム. 2012年11月.



# I . 共同研究報告（終了）

## 一般共同研究

### （3）地 圈

## 共同研究報告書

ケイ酸塩鉱物中磁性包有物を有する南極産隕石と地球岩石の磁気・年代に関する研究（研究課題地図）

◎中村 教博 東北大学大学院理学研究科地学専攻・准教授 （研究代表者）

庄野 安彦 東北大学金属材料研究所・名誉教授 （共同研究者）

寺田健太郎 広島大学理学研究科地球惑星システム学専攻・准教授

（現：大阪大学理学研究科宇宙地球科学専攻・教授） （共同研究者）

小飼 真人 （財）高輝度光科学研究センター・研究員・

（東京大学物性研究所客員准教授） （共同研究者）

（国立極地研究所）

船木 實 准教授 （担当教員）

平成19年～平成21年（3ヵ年） （研究期間）

### [研究成果]

隕石衝突を被った岩石はしばしば衝撃熔融脈を形成し、岩石形成時の磁化情報がリセットされてしまう。本研究では、このリセット時の磁化情報から隕石衝突時の初期地球や原始太陽系の磁場環境を復元することを試み、衝撃熔融脈を有する南極産コンドライト数種とクレーター起源の断層シュードタキライトの磁気的特長を明らかにした。これまでに1) 磁気力顕微鏡(MFM)を用いた隕石中の衝撃熔融脈の微細磁場観察（研究成果1）、2) 極地研の超伝導磁力計と局所レーザー消磁装置をもちいた局所古地磁気測定方法の開発、3) 南アフリカ・ヴェデフォート隕石孔花崗岩の異常磁化の解明、4) 炭酸塩岩の古地磁気を利用した津波性巨礫の定置機構解明に関する研究を共同研究としておこなってきた。

#### （1）隕石中衝撃熔融脈の古地磁気：

衝撃を受けた隕石中には、衝撃熔融脈が発達する。この衝撃熔融脈は隕石の相互衝突時の高温高压時に隕石が熔融することで形成される。したがって、熔融脈形成時に新しく磁性鉱物が生成されて、熔融脈冷却時に周りの磁場を新しく記録する。この磁場の記録を読み取る事で、隕石衝突時の外部磁場の情報を復元する事が出来る。磁場の起源としては、隕石母天体が数百キロメートル以上に成長している場合は、母天体が発現していた小天体ダイナモ磁場が考えられ、比較的小規模の天体

の場合は原始惑星系の太陽磁場の可能性がある。そこで、まず衝撃熔融脈が有する古地磁気情報が衝突時の磁場を安定的に保存しているかどうかを確認する必要がある。そのため、極地研所有の磁気力顕微鏡を利用して、衝撃熔融脈中の磁性鉱物の形態と磁区構造を測定し、さらに極地研の超伝導型磁力計をもちいて、熔融脈の微小試料の古地磁気測定をおこなった。その結果、衝撃熔融脈はその形成時の外部磁場の記録を変質する事なく有している事を解明した。この成果は研究成果1で報告済みである。

#### （2）レーザー消磁装置の温度管理：

安定した高出力レーザー光に偏光板回転式レーザー出力調整器を導入した局所レーザー熱消磁実験装置によって、薄片試料のスポット加熱を実施し、その都度極地研究所所有の超伝導磁力計で微弱な残留磁化を測定し、局所段階熱消磁実験を実施した。また、加熱領域に安定な直流磁場を発生させるためのコイルを導入し、制御磁場環境下での熱消磁・着磁が行えるように改良した。現在はこの装置を利用して、隕石中の衝撃熔融脈を削りだす事なくその場で熱消磁をおこなう実験と、野島断層岩中に発達する磁化しているケルビン・ヘルムホルツ型の褶曲帯形成時の最高到達温度の推定を実施している。今後、この技術開発を



推し進め、スポット古地球磁場推定実験に取り組んでゆく。

### (3) 南アフリカ Vredefort 隕石孔周辺の強く磁化した花崗岩：

地球最大の隕石クレーターである Vredefort 隕石孔には、地表磁気探査によってリング状の地殻磁気異常が見出されている。この地殻磁気異常の原因として、基盤花崗岩の衝撃磁化・雷磁化と衝撃貫入岩（グラノファイヤー）の熱残留磁化があげられている。雷磁化は一番有力ではあるもののリング状に落雷することは難しい一方、グラノファイヤー岩脈はリング状に貫入しているものの幅数十メートルのため強く磁化していない限り、地殻磁気異常として観測されない。そこで、南アフリカ・Vredefort 隕石孔の強く磁化した基盤花崗岩に関して、極地研究所の磁気力顕微鏡と Spring-8 の高輝度放射光による磁気円 2 色性磁区解析を実施した結果、磁鉄鉱が強く磁化している原因として、軟磁性の磁鉄鉱中に硬磁性の赤鉄鉱のラメラが発達することを解明した。

### (4) 石垣島産津波巨礫の回転史：

石垣島東岸には 1771 年の明和大津波によって運ばれたサンゴ礁起源の巨礫が分布する。一

部 700 トンを超える巨礫が陸上に打ち上げられている。水理学シミュレーションではこのような巨礫を陸上に運搬することは困難であるため、その運搬起源が謎である。また、放射性炭素年代から過去数回の津波を経験していることが明らかであるが、個々の巨礫が複数回の津波によって運搬されたかどうかは不明である。石垣島の基盤岩は変成岩や枕状溶岩から構成されているため、磁性碎屑粒子がサンゴ礁に取り込まれ、当時の地磁気の方に磁化を獲得する。そのサンゴ礁が津波によって運搬されると、その時点からの年月に比例して、2 次的な残留磁化を獲得する。この 2 次的な残留磁化を用いることで 1 つの津波石が幾度の津波をいつ経験したかを探ることができる。今回、石垣島において津波性巨礫がもつ微弱な古地磁気シグナルを極地研究所所有の超伝導型磁力計によって測定することで、海拔 12m に定置している 700 トンを超える津波大石が 3000 年前と 1000 年前の過去 2 回の明和津波クラスの巨大津波によって運搬され、定置したことを示す結果を得た。この結果は、津波の数値計算の結果との整合していることが判明している。

[参考文献]

[研究発表]

1. Y. Sato and N. Nakamura (2010), Shock melt veins of Tenham chondrite as a possible paleomagnetic recorder: rock magnetism and high-pressure minerals, *Geochemistry, Geophysics, and Geosystems*. 11 (Q04Z16), (2010), 1-15 査読有(ISI誌)
2. Nakamura, N. (2010) 段階加熱レーザースポット熱消磁装置の開発 [地球惑星科学関連学会] (2010年5月25日, 幕張) ポスター (一般) SEM032-P02
3. Kubo, H., Nakamura, N., Kotsugi, M., Ohkochi, T., Fukuda, K. and Terada, K. (2011) Synchrotron X-ray magnetic circular dichroism analysis of strained magnetite from Vredefort granites [地球電磁気・地球惑星圏学会] (2011年11月4日, 神戸) ポスター (一般) A004-P007
4. 佐藤哲郎、中村教博、箕浦幸治(2012), 石垣島サンゴ礁津波石の粘性残留磁化による回転史 [日本地質学会第119回年会] (2012年9月16日、大阪・堺), 口頭発表, R18-0-7

平成24年度国立極地研究所共同研究報告書（終了）

造岩鉱物の微細組織からみた東南極ナピア、リュツオ・ホルム岩体の熱史

◎三宅 亮 京都大学大学院理学研究科・准教授  
下林典正 京都大学大学院理学研究科・准教授  
(国立極地研究所)  
白石和行 教授  
本吉洋一 教授  
外田智千 准教授  
平成22年～平成24年（3か年）

【研究成果】

長石などの造岩鉱物は様々な微細組織を持つことが知られている。こうした微細組織は、その鉱物・岩石の経てきた温度・圧力などの履歴を反映している。東南極ナピア岩体およびリュツオ・ホルム岩体は超高温変成作用を受けており、そこに産出する造岩鉱物中には非常に特異かつ複雑な微細組織を持つことが見出されている。

例えば、Riiser Larsen 山は超高温変成岩体であるナピア岩体に属し、そこに産する珪長質片麻岩に含まれる長石は、ternary feldspar（以下、TF）組成を持ち、oligoclase ( $\text{An}_{29}\text{Ab}_{70}\text{Or}_1$ ; 以下 Olg) と orthoclase ( $\text{An}_2\text{Ab}_8\text{Or}_{90}$ ; 以下 Or) とのラメラからなる複雑な離溶組織を持つことが知られている。この組織を高温での離溶前の組成に還元し、その固溶可能温度から、変成温度は少なくとも1070-1110°C 以上であったと見積もられている(Hokada, 2001)。さらに、その珪長質片麻岩のうち、岩石のほとんどが長石類で構成されている岩石 (specimen No. TH97012006; 以下 12006) 中には、Olg 粒子および多様な組織を呈する TF 粒子が不均質に分布し、その多様な長石の組織解釈から超高温変成作用後の冷却過程に関する多くの情報を引き出せることが期待される。

そこで、本研究では、長石中の微細組織について、ユニバーサルステージを用いた光学顕微鏡観察、走査型電子顕微鏡 (SEM) による EDX、WDX 組成分析・後方散乱電子回折法 (EBSD) 方位解析、X 線分析顕微鏡 (XGT) を用いた組成分析および透過型電子顕微鏡 (TEM) を用いて分析・観察を行った。

さらに、三宅ら (2006) が報告したナピア岩体 Riiser-Larsen 山に産するザクロ石斜方輝石片麻岩中の石英中に ferropseudobrookite の針状結晶について、集束イオンビーム装置を用いて TEM 試料作製を行い、TEM-EDS による組成分

析を行った。

長石について

本研究では 12006 に含まれる TF 粒子を離溶組織の産状に基づき分類を行った。離溶組織の SEM-EBSD による方位解析および TEM による観察結果から、典型的に見られる Olg ラメラと Or ラメラは(-901)の界面方位を持ち、その組織がスピノーダル分解によって形成されたものであることを明らかにした。しかし TF 粒子中に上記の Olg ラメラと Or ラメラの安定界面(-901)では説明できない組織も存在していた。そこで続いて、(-901)とは異なる界面を持つ離溶組織およびその組織を含む TF 粒子について、SEM-EBSD を用いて離溶組織の観察とその界面方位の決定をおこなった。その結果、(-901)とは異なる界面を持つ離溶組織は(010)の方位で接しており、その離溶組織の組合せは幅 10 $\mu\text{m}$  以上の Olg ラメラと TF ラメラであることがわかった。

さらに 12006 中には、Olg ラメラとは化学組成の異なる Olg 粒子と TF 粒子が不均質に分布し共生していた。こうした本サンプルの Olg 粒子や TF 粒子の分布や離溶組織の産状は、薄片サンプルのスケールでは把握できないため、岩石スラブ(<10cm)について XGT や WDX による元素マッピングをおこない、複数の離溶組織の成因とその不均質な分布についての検討をおこなった。その結果、(010)の離溶組織を持つ TF 粒子は(-901)の離溶組織のみを持つ TF 粒子に比べ Olg-rich であり、岩石中での分布も Olg 粒子に隣接して分布するものが多いことがわかった。

これらの結果から 12006 に産する Olg よび TF の産状について次のような形成史が示唆される。(1)何らかの作用により 12006

のバルク組成に不均質性が生じる (2)分別結晶作用により、Olg 粒子、Olg-rich ~ Olg-poor 組成の TF 粒子が晶出する (3)Olg-rich TF において、Olg ラメラと Olg-poor TF ラメラが離溶し、比較的粗大な離溶組織を形成する (4)Olg-poor TF ラメラ中においてさらにスピノーダル分解により Olg ラメラと Or ラメラが離溶し、比較的微細な組織を形成する。(3)で言及した分相は、12006 中に観察される長石の化学組成において、現在多く用いられている An-Ab-Or 系の相図では説明できない分相であるため、Olg 組成近傍の相関係について検証が必要であることが分かった。

#### 石英について

石英中の ferropseudobrookite 針状結晶 (図 1) を SEM-EDX, TEM-EDX および電子線回折により詳細に調べたところ、

化学組成:  $\text{Mg}^{2+}_{0.11}\text{Fe}^{2+}_{0.70}\text{Al}^{3+}_{0.04}\text{Fe}^{3+}_{0.34}\text{Ti}^{4+}_{1.81}\text{O}_5$   
空間群: *Cmcm*

格子定数:  $a = 9.8 \text{ \AA}$ ,  $b = 3.7 \text{ \AA}$ ,  $c = 10.0 \text{ \AA}$

であり、若干量の Mg, Al を含んでいた。

また、Ferropseudobrookite 針状結晶は、b-軸に伸長しており (図 1、2)、その伸長方向は母相である石英の  $\langle 101 \rangle$  または  $\langle 111 \rangle$  と平行であることが分かった。また石英の c 軸を軸に 6 回対称を持つように伸長している。石英の生成時に Ti, Fe 成分が石英中に固溶し、冷却過程のある段階で ferropseudobrookite として離溶したと考えられる。それらの方位関係が六回対称を持つことから、高温石英時に離溶したと考えられる。

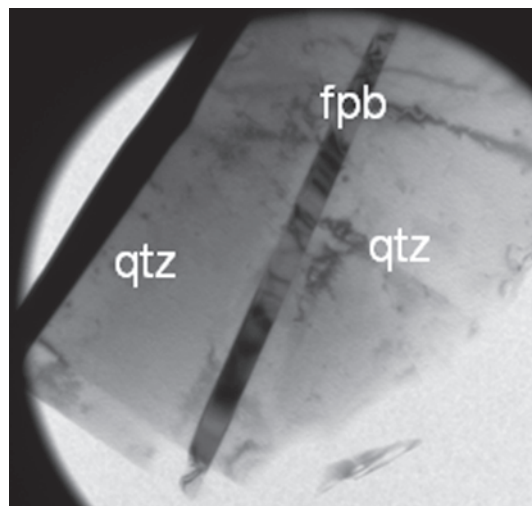


図 1 石英(qtz)中の ferropseudobrookite (fpb) 針状結晶

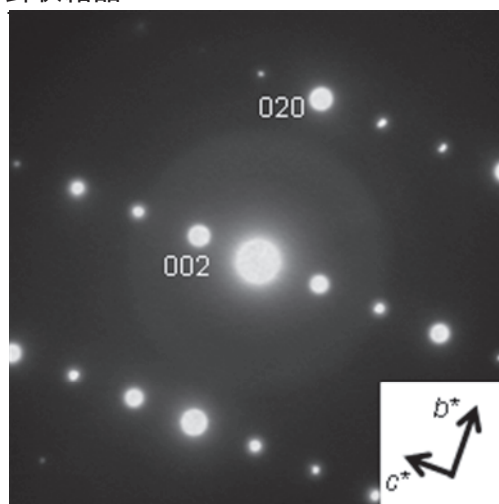


図 2 ferropseudobrookite から得られた電子回折像

#### 【研究発表】

Akira Miyake & Tomokazu Hokada (2013). First find of ferropseudobrookite in quartz from Napier Complex, East Antarctica. *European Journal of Mineralogy*, 25, 33-38.

兒玉優, 三宅亮, 川寄智佑; 高温高压実験による長石高温相の再検討・日本地球惑星科学連合 2011 年大会・2011 年 5 月 22~27 日

兒玉 優・三宅 亮; 東南極大陸ナピア岩体 Riiser Larsen に産する珪長質片麻岩中の oligoclase と ternary feldspar の成因・日本地球惑星科学連合 2012 年大会・2012 年 5 月 20~25 日

兒玉 優・三宅 亮; 東南極大陸 Mt. Riiser-Larsen 産の片麻岩中に含まれる ternary feldspar の離溶組織・日本鉱物科学会 2012 年年会・2012 年 5 月 19~21 日

研究協力者 (共同研究者ではない参加者。大学院生等)

・兒玉優 (大学院生)



「しらせ」海底地形及び地球物理データの標準化及び南極プレートインド洋区の精密構造に関する研究

◎松本 剛 琉球大学理学部・教授 (研究代表者)

佐藤 暢 専修大学経営学部・准教授 (共同研究者)

(国立極地研究所)

野木義史 教授 (担当教員)

白石和行 教授 (担当教員)

本吉洋一 教授 (担当教員)

平成 22 年度～平成 24 年度 (3 か年) (研究期間)

## 【研究成果】

### 1. 序

南東インド洋海嶺 (Southeast Indian Ridge: SEIR) は南極プレートとインド・オーストラリアプレートの境界を構成する中速拡大海嶺であり、その拡大速度は59~75km/Ma である (Small *et al.*, 1999)。拡大軸の海底地形を見ると、東経102°より西側は中軸に高まりがみられ、高速拡大の特徴を示し、東側は中軸谷が発達しており低速拡大の特徴を示している (Ma and Cochran, 1997)。さらに、この海域の地磁気 3 成分値からIntensity of the Spatial Differential Vectors (ISDV) を計算し、Magnetic Boundary Strike (MBS) を求めると、東経97.5°付近ではMBS はMuller *et al.* (2008)によるIsochron とほぼ平行になっているが、東経102°より東側において、MBS とIsochron model (Muller *et al.*, 2008) は平行になっておらず頻繁に拡大の向きを変えている。このことから、高速拡大海嶺では一定の向きに一樣に安定した拡大を行っており、低速拡大では向きが不均一な不安定な拡大をしているという可能性が指摘されている (松本・野木, 2008)。

本研究は、最新の地磁気 3 成分データを用いて SEIRの拡大速度を再吟味し、松本・野木 (2008) で指摘されている点をより定量的に明らかにすることを目的とした。

### 2. 使用データ

本研究では、海洋地球研究船「みらい」MR03-K04-Leg6 (2004年1月27日~2月19日)、南極観測船「しらせ」JARE45 (2003年12月3日~2004年3月20日) において得られたデータを使用した。調査海域と航路図を図 1 に示す。前者についてはA-1 からA-6 まで6 分割、また後者についてはB-1 か

らB-4 まで4 分割して解析・考察を行った。

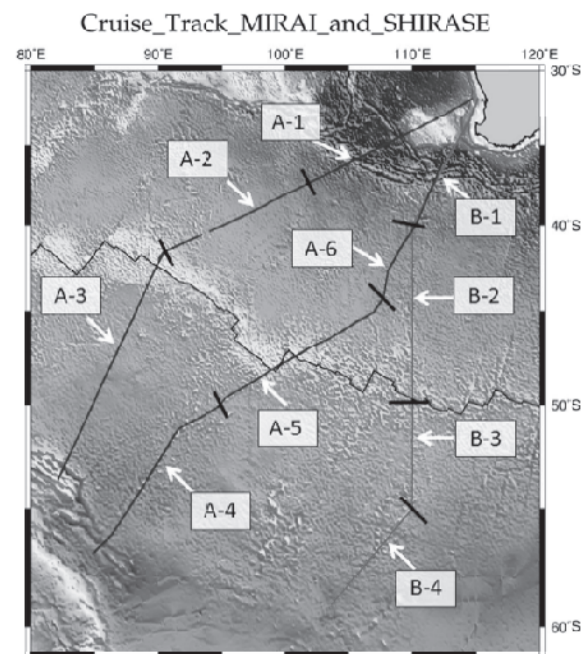


図 1: 「みらい」(青)・JARE (赤) 測線

### 3. 結果・考察

ここでは紙面の関係から、測線A-3及び測線B-3の結果について示す。

#### 測線A-3

Isochron モデルと本研究での年代がほぼ一致していることから、SEIR は東経90°付近において安定拡大していると言える (図 2)。MBS についても、海嶺に近い場所ほどほぼ一定の値に収束しており、標準偏差も小さいことから安定拡大していると言える。但し、南にいくにつれてMBS のばらつきが大きくなっている (図 2)。

全磁力異常とモデルとの対比で、26.1 Maまでの年代を決定した (図 3)。この測線の拡大速度は2.8~3.6cm/yr と推定でき、拡大速度はほぼ一定である (図 3)。

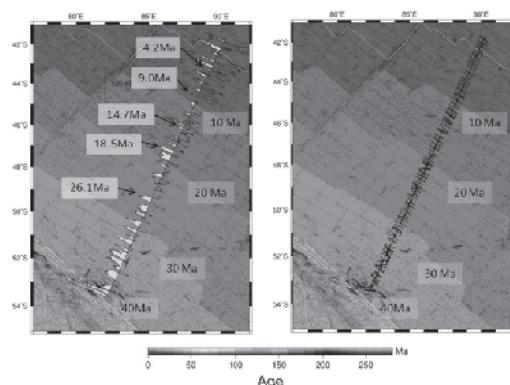


図 2：測線A-3の全磁力異常及びMBS

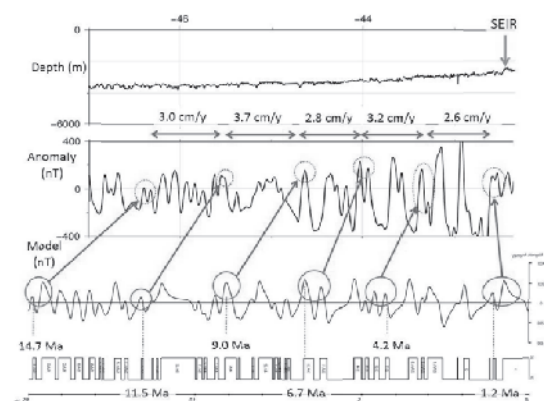


図 3：測線A-3で求められた年代と拡大速度  
測線B-3

SEIR から東経110° を南下する測線である（図 4）。MBS については、北側はIsochron と平行になっておらず、ばらつきが大きい（図 4）。全磁力異常とモデルとの対比の結果、15.0 Maまで年代決定できた。拡大速度を算出した結果、2.6～6.1 cm/yr と拡大速度のばらつきがみられる（図 5）。

#### 4. まとめ

SEIR 西側では拡大速度がほぼ一定していて両側に安定的に拡大しており、一方で東側では拡大速度のばらつきが顕著に見られた。これらはマグマの供給が関係していると考えられ、その境界は東経100° 付近に存在するセグメント境界である可能性がある。すなわち、これより西側では安定

#### 【研究発表】

松本 剛・土井明日加・阿部なつ江, 海洋地球物理観測データに基づくチリ三重点のテクトニクス, 国立極地研究所 極域地学シンポジウム 2010 年 12 月, 国立極地研究所.

佐藤幸隆, 野木義史, 松本 剛, 南東インド洋海嶺における拡大速度と拡大の安定性の関係, 日本地球惑星科学連合 2012, SCG66-P12.

Matsumoto, T., Mori, A., Kise, S., and Abe, N., Tectonics and mechanism of a spreading ridge subduction at the Chile Triple Junction based on new marine geophysical data, *Geochem. J.*, 47, 印刷中.

拡大しており、東側では不安定な拡大をしていることになる。松本・野木（2008）では高速・低速と云う観点からの議論であったが、本研究の結果、拡大速度の安定性と拡大方向の安定性が一致していることが示唆され、このことを今後更に他の海嶺域でも検証していく必要がある。

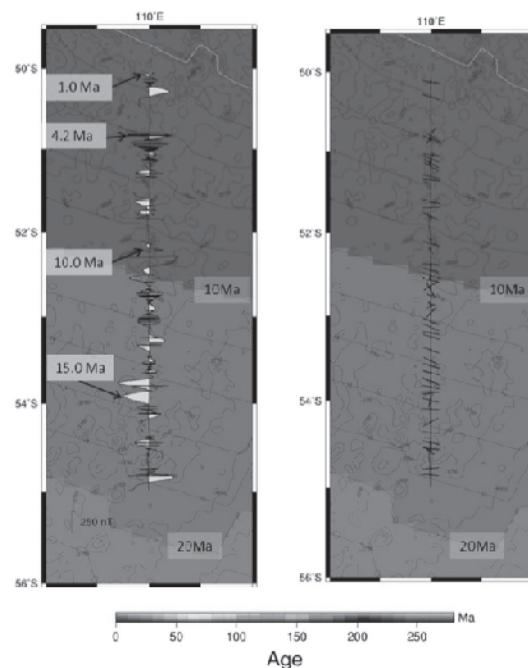


図 4：測線B-3の全磁力異常及びMBS

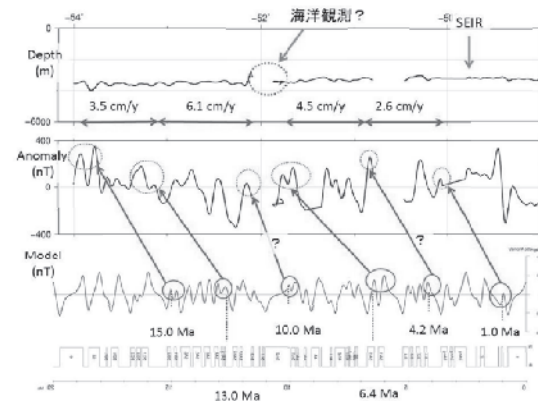


図 5：測線B-3で求められた年代と拡大速度



## 泥質変成岩を利用した東南極セールロンダーネ山地における流体活動のタイミング決定

◎河上哲生 京都大学大学院理学研究科・助教  
土屋範芳 東北大学大学院環境科学研究科・教授  
サティシュ・クマール 新潟大学大学院理学研究科・教授  
石川正弘 横浜国立大学大学院環境情報研究院・教授  
(国立極地研究所)  
白石和行 教授  
本吉洋一 教授  
外田智千 准教授  
平成 23 年～平成 24 年 (2 年)

### [研究成果]

塩素に富む黒雲母 (0.4wt%Cl 以上)、角閃石、燐灰石富む流体活動の痕跡である塩素に富む黒雲母は、塩素に富む流体が共存したことの証拠になる。そこで本研究では、第 51 次南極地域観測隊によってセール・ロンダーネ山地から採取された泥質変成岩 33 個に含まれる黒雲母や燐灰石の産状を分類し、それぞれの塩素濃度を、WDS を用いて測定した。その結果、セール・ロンダーネ山地の 7 地点から、塩素に富む黒雲母が見いだされた。これらはいずれもザクロ石に包有されているため、変成作用のピーク付近で塩素に富む流体の活動があったことを示す (Higashino et al., 2013)。

それらのうち、バルヒェン山の試料について、塩素に富む流体流入時期を地質温度・圧力計を用いて制約し、約 800 °C、8 kbar の条件下で塩素に富む流体流入が起きたことが明らかとなった (Higashino et al., 2013)。同地域における変成ピーク温度は、ザクロ石-黒雲母温度計や GASP 圧力計による見積もり (東野ほか, 2012) のほか、方解石-石墨炭素同位体地質温度計により (Satish-Kumar et al., 2011) 約 850°C と推定されている。

同試料中への塩素に富む流体流入のタイミングは、ザクロ石中のリンの累帯構造を用いて認識できる。すなわち、ザクロ石中ではリンによる振動累帯構造を持つコアが、リン濃度が低いリムが不連続にオーバーグロウしており、この境界はザクロ石の融食再成長境界と解釈できる。この境界よりもリム側にのみ、粗粒な丸いジルコンと塩素に富む黒雲母が包有されるから、この境界こそが塩素に富む流体流入のタイミングを示している。したがって、塩素に富む流体活動のタイミングは、粗粒ジルコンの年代を決定することで決定できる。そこで、

LA-ICP-MS を用いてザクロ石リムに包有される粗粒ジルコンの U-Pb 年代測定を行ったところ、603±14 Ma を得た (Higashino et al., 2013)。これはセール・ロンダーネ山地が広域的な高温変成作用を被った時期と一致する (e.g., Shiraishi et al., 2008)。一方、同試料のマトリクスに含まれるジルコンは 564±17 Ma を与えた (東野ほか, 2013)。

また、ブラットニーパネの変マフィック岩からは、塩素に富む流体活動の結果形成された、角閃石+ザクロ石脈が見つかった。この脈は片麻状構造を高角に切って産する。角閃石・黒雲母は脈の中央に近いほど塩素に富み、脈から離れるにつれて塩素濃度が低下する。ザクロ石-角閃石温度計を適用すると、壁岩が 690°C、<8.5 kbar 程度の時に、塩素に富む流体が流入したと解釈できる (河上ほか, 2012)。このような脈の存在は、塩素に富む流体流入が、泥質変成岩特有の現象ではないことを示す。

こうした塩素に富む流体活動の痕跡を残す変成岩は、東西約 200 km に渡り線状に分布しており、それらの露頭は主たる延性剪断帯近くに位置しているものが多い。過去の研究では、剪断帯沿いに塩素に富む流体活動の痕跡が見いだされた例はあるものの、せいぜい cm から数 km までのオーダーにとどまり (Kullerud, 1995; Harlov & Förster, 2002; Rubenach, 2005)、200 km に渡る広範囲での報告は未だない。泥質変成岩 7 地点の塩素に富む流体活動が同時期の活動と解釈できるか否かは今後の検討課題であるが、仮に塩素に富む流体活動の線状配列が同時期のものであれば、こうした塩素に富む流体活動が、大陸衝突に伴うテクトニックなイベントに関連する可能性を示す。

Otsuji et al. (2012)はバルヒェン山地域の 3 ヶ所に

産する石灰質変成岩中のマトリクスに産するジルコンの SHRIMP 年代測定を行い、それぞれ  $545 \pm 1$  Ma、 $546 \pm 2$  Ma、 $549 \pm 2$  Ma の年代値を得た。これらのジルコンはフラットな REE パターンと、HREE に乏しい特徴を持ち、熱水活動に伴う特徴をもつ (Otsuji et al., 2012)。この年代はバルヒェン山地域の泥質変成岩中のマトリクスのジルコンに記録さ

れている年代値  $564 \pm 17$  Ma (東野ほか, 2013) と誤差の範囲で一致するため、570-550Ma 前後の変成イベント時 (Shiraishi et al., 2008) に、バルヒェン山地域では、マトリクスに産するジルコンを再結晶化させるような組成を持つ流体の活動が起きていたことがわかった。

---

#### [引用文献]

1. Harlov, D.E., Förster, H.-J., 2002. *Journal of Petrology* 45, 769–799.
2. Higashino, F., Kawakami, T., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Maki, K., Tsuchiya, N., Grantham, G. H. & Hirata, T. 2013, *Precambrian Research*, in press.
3. 東野文子, 河上哲生, サティシュ・クマール, 土屋範芳, 石川正弘, ジェフ・グランサム, 2012, 第 32 回極域地学シンポジウム講演要旨.
4. 東野文子, 河上哲生, サティシュ・クマール, 石川正弘, 土屋範芳, ジェフ・グランサム, 2013, 地殻流体研究会 2013 講演要旨, P2\_17.
5. 河上哲生, 東野文子, 土屋範芳, サティシュ・クマール, 石川正弘, ジェフ・グランサム, 2012, 第 32 回極域地学シンポジウム講演要旨.
6. Kullerød, K., 1995. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 120, 42–59.
7. Otsuji, N., Satish-Kumar, M., Hokada, T., Horie, K., Kamei, A., Grantham, G.H., Tsuchiya, N., Kawakami, T. and Ishikawa, M., 2012, 第 32 回極域地学シンポジウム講演要旨.
8. Rubenach, M.J., 2005. *The Canadian Mineralogist* 43, 349–366.
9. Satish-Kumar, M., Otsuji, N., Tsuchiya, N., Kawakami, T., Ishikawa, M. & Grantham, G.H., 2011, Abstract of the 11th International Symposium on Antarctic Earth Sciences (Edinburgh), 10-16, July, 2011.
10. Shiraishi, K., Dunkley, D.J., Hokada, T., Fanning, C.M., Kagami, H., Hamamoto, T., 2008. *Geological Society of London, Special Publications*, 308. pp. 21-67.

#### [研究発表]

1. Higashino, F., Kawakami, T., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Maki, K., Tsuchiya, N., Grantham, G.H. & Hirata, T. 2013, Chlorine-rich fluid or melt activity during granulite facies metamorphism in the Late Proterozoic to Cambrian continental collision zone – an example from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica. *Precambrian Research*, in press.
2. Otsuji, N., Satish-Kumar, M., Kamei, A., Tsuchiya, N., Kawakami, T., Ishikawa, M. & Grantham, G.H. 2013, Late-Tonian to early-Cryogenian apparent depositional ages for metacarbonate rocks from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica. *Precambrian Research*, in press.
3. Higashino, F., Kawakami, T., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Maki, K., Tsuchiya, N., Grantham, G.H. & Hirata, T., 2012, Chlorine-rich fluid in granulite facies continental collision zone. *Goldschmidt 2012*, poster #21.
4. Higashino, F., Kawakami, T., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Maki, K., Tsuchiya, N., Grantham, G.H. & Hirata, T., 2012, Chlorine-rich fluid activity in granulite facies continental collision zone –An example from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica. *Joint Symposium of Misasa-2012 and Geofluid-2 Dynamics and Evolution of the Earth's Interior: special emphasis on the role of fluids*. March 19, 2012 (Misasa).
5. Otsuji, N., Satish-Kumar, M., Kamei, A., Kawakami, T., Ishikawa, M., Tsuchiya, N. and Grantham G.H. 2011, Apparent age of deposition of metacarbonate rocks from Sør Rondane Mountains, East Antarctica. Abstract of the 11th International Symposium on Antarctic Earth Sciences, 10-16, July, 2011.

(別紙)

参 加 者 一 覧

|  |      |   |       |
|--|------|---|-------|
| <input type="checkbox"/> 研究プロジェクト <input checked="" type="checkbox"/> 一般共同研究 <input type="checkbox"/> 研究集会 |      | 課題番号                                    | 23-31 |
| 研究課題名  |      | 泥質変成岩を利用した東南極セールロンダーネ山地における流体活動のタイミング決定 |       |
| 氏名   |      | 所属                                      | 職     |
| 所内   |      |   |       |
|  |      |   |       |
|  |      |   |       |
| 小計   | 名    |   |       |
| 所外   | 東野文子 | 京都大学大学院理学研究科                            | 大学院生  |
|  | 大辻奈穂 | 新潟大学大学院理学研究科                            | 大学院生  |
|  |      |   |       |
|  |      |   |       |
|  |      |   |       |
|  |      |   |       |
| 小計   | 2 名  |   |       |
| 合計   | 2 名  |   |       |

※研究プロジェクト・一般共同研究・研究集会、いずれかを■にしてください。

※外国人研究者の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

※大学院生も含めてください。その場合、「職」の欄に「大学院生」と記入してください。

※行が不足する場合、適宜追加してください。

# 南極域での超小型 VLBI アンテナ実 利用に向けた受信部冷却に関する技 術検討

市川隆一 情報通信研究機構電磁波計測研究所  
時空標準研究室 研究マネージャー  
(研究代表者)  
関戸 衛 情報通信研究機構電磁波計測研究所  
時空標準研究室 副室長  
(共同研究者)  
岳藤一宏 情報通信研究機構電磁波計測研究所  
時空標準研究室 専攻研究員  
(共同研究者)  
池田 博 筑波大学  
研究基盤総合センター 准教授  
(共同研究者)

(国立極地研究所)

澁谷和雄 教授 (担当教員)  
土井浩一郎 准教授 (担当教員)  
青山雄一 助教 (担当教員)  
平成 24 年 4 月 1 日—平成 25 年 3 月 31 日 (1 か年)  
(研究期間)

## [研究成果]

## 1 はじめに

南極昭和基地では口径 11m の多目的大型アンテナを使用した国際 VLBI 観測実験を 1997 年以来計測している。多目的大型アンテナは 1989 年の完成以来、長年にわたり運用されているが、近年、アンテナレドームの主風向風上側の経年劣化が著しく、強風時、レドームパネルが破れ、アンテナ、あるいは風下側の建物や他の観測機器を破損する危険があることから、2015 年 12 月–2016 年 1 月にアンテナ、ならびにアンテナレドームの解体・撤去が予定されている。昭和基地 VLBI アンテナは、南半球、特に南極プレート上という希有な観測局であることから、VLBI 観測実験の継続が要請されている。そのような国際的な要請に基づき、2014 年予算獲得、2015 年発注・製作、2016 年 7 月末国内試験、2016 年 8 月末納入、2017 年 1 月アンテナ建設、2017 年 2 月

以降現地にて調整というスケジュールで、VLBI アンテナ (およびアンテナレドーム) を国際的な VLBI アンテナ仕様 (VLBI2010 仕様) に更新する計画を申請している。しかし、予算獲得の目処が立っておらず、かと言って、現状の VLBI アンテナ解体・撤去から VLBI2010 アンテナに更新するまでの期間、国際 VLBI 観測実験を中断する訳にも行かないため、その間を、情報通信研究機構 (以後 NICT とする) が開発している超小型 VLBI アンテナ “MARBLE システム (Multiple Antenna Radio-interferometer for Baseline Length Evaluation System/距離基準用多アンテナ干渉計システム)[1,2]” を昭和基地に導入し、つなぎ観測の実施を検討している。MARBLE は口径 1.5m 程度の超小型アンテナを使用するシステムのため、大陸間規模の長基線で他の VLBI アンテナと相関を得るには受信感度 (SN 比) を上げる必要がある。つまり、受信部の雑音を下げるべく、受信部を 10K 程度まで冷却する必要がある。そこで、本研究では、超小型 VLBI アンテナを極低温に冷却するための技術検討を行った。

## 2 VLBI2010 アンテナ

mm 精度を目標とする国際的な VLBI アンテナ仕様、VLBI2010 規格のアンテナの国内での建設を国土地理院が進めている。VLBI2010 のアンテナの特徴としては、10–13m の口径を持つアンテナ、大気の影響を除去しつつ、準星からの電波受信回数を増やす (従来 200 スキャン/24 時間だったのを 2000–3000 スキャン/24 時間にする) ため、方位角 (水平) 方向で 12 度/秒、仰角 (鉛直) 方向で 6 度/秒の高速駆動させる。従来の VLBI アンテナ ( $\geq 20$ m) にくらべ、口径が小さくなり建設コストは下がるものの、感度低下は避けられないため、広帯域・高感度 (高 SN 比) 電波受信システムが必須技術となる。VLBI2010 規格はこれからの VLBI 観測の標準仕様であり、全球測地観測システム (GGOS) 局でも採用されており、また、この条件 (特に広帯域化) を満たすことで天文学などへの利用も可能であることから、昭和基地でも導入することが国内外から期待されている。国土地理院が国内に建設予定の VLBI2010 アンテナは、口径 13.2m、受信周波数 2–14GHz、開口効率 50% 以上である。また、開発が進められている広帯域・高感度 (高 SN 比) 電波受信システムについては、広帯域フィード (Eleven feed) を 6.5–7.5kW



の 20KGM 冷凍機を用いて雑音温度を 30K 以下、システム雑音を 40K 以下に抑える機構になっている。アンテナは主鏡で集光した電波を副反射鏡で反射させ、主鏡中心部のカセグレン焦点にフロントエンドを置くが、副反射鏡をリングフォーカスとして視野角 65 度の広帯域フィード (電波の焦点位置) を副反射鏡近傍に設置する方式が採用されている。従って、アンテナ主鏡面に 20KGM 冷凍機付きの受信部を設置しなくてはならない。20KGM 冷凍機は、エアコンと同様で、コンプレッサーで圧縮した純ヘリウムガスを冷凍機内部で断熱膨張させ温度を下げる仕組みである。コンプレッサーと冷凍機間のヘリウムガスの供給には、フレキシブルホースという曲げに比較的強いステンレス製チューブが使われる。高速で駆動するアンテナ部にコンプレッサーを設置することができないため、アンテナ架台部のコンプレッサーからアンテナ面の GM 冷凍機間をフレキシブルホースでつなぐことになるが、アンテナが色々な方位角・仰角方向に高速回転するため、フレキシブルホースにねじれが加わり、ガス漏れが高頻度で発生することが予想されており、この対応が大きな課題となる。

### 3 冷凍機

20K 以下の極低温に冷却する装置としては、純ヘリウムガスを冷媒とした冷凍機があり、現在は その機構の違いから、GM 冷凍機、パルスチューブ冷凍機、スターリング冷凍機等がある。

1) **GM 冷凍機** 蓄冷材がシリンダ内部を往復運動し、冷媒ガスを断熱膨張し、寒冷を発生させる機械式冷凍機で、モータを用いて蓄冷材を往復運動させるため、冷凍機の取り付け方向に制約がない。冷凍能力も高く、最も広く普及しており低コストであり、信頼性も高い。ただし、冷凍機内部に機械的な可動部分があるため、極低温環境から冷凍機を脱着して定期的にメンテナンスする必要がある。

2) **パルスチューブ冷凍機** 蓄冷機およびパルス管と名付けられた単純な管によって構成される熱振動型の冷凍機で、GM 冷凍機との大きな違いは蓄冷材がシリンダ内を往復運動しない、つまり機械的な可動部分がなく、振動が小さい。冷凍能力は、同じ大きさの GM 冷凍機に比べると少し劣るが、冷凍機内部に機械的な可動部分がないため、メンテナンスが容易 (室温部

分の部品だけ脱着して行えば良い) であるという利点を持つ。低コストで、長寿命であることも利点である。

3) **スターリング冷凍機** 衛星搭載でも使用され、小型・高効率、低消費電力の冷凍機で、5 年くらいはメンテナンスフリーで運用することができる。エンジンと同じような機構を持ち、ピストン運動で冷媒の圧縮と膨張を繰り返し、熱交換で冷却する。ただし、大容量化が難しく、冷却能力は低い。

現状では、冷却する受信部の熱量にも依存するが、パルスチューブ冷凍機が、メンテナンス、コスト、冷凍能力の見地から、最適な冷凍機であると言える。

## 4 超小型 VLBI システム (MARBLE)

昭和基地の現在の VLBI 撤去から VLBI2010 アンテナが建設できるまでの期間、口径 1.6m の小型アンテナ、高速稼働 (5 度/秒) 架台、広帯域受信システムで構成された超小型 VLBI アンテナ、MARBLE で昭和基地 VLBI 国際観測を継続する予定である。昭和基地は大気中の不純物が少なく、大気雑音が低いのでアンテナ口径が小さくても、他の VLBI 局と相関処理ができると期待されるが、それでも LNA だけでも 20K まで冷却し、受信感度を上げた方が良い。NICT が開発した MARBLE 超小型 VLBI システムはプライムフォーカス方式を採用しており、現状で LNA と広帯域フィードが搭載されたフロントエンドに冷凍機をさらに取り付けることは重量バランスの点からほぼ不可能と考えられる。一方、MARBLE 超小型 VLBI システムの改良版としてリングフォーカスを考慮した方式のアンテナも検討されている [3]。図 4 はその模式図であり、表 1 には現行のシステムとの比較を示す。ここでは、アンテナ口径 2.4m とし、冷凍機を含めたフロントエンドの重量を約 60kg と想定している。

しかしながら、この構想のアンテナであっても、先に述べた VLBI2010 アンテナに比べて小型である分、冷凍機の実装は容易ではないと思われる。採用する冷凍機として、現状ではスターリング冷凍機しか解がなさそうに見えるが、冷凍能力が十分間に合うか否かも含め、MARBLE に最適な冷却方法を、電波受信方法も含めて再考する必要がある。



表 1: 現行 MARBLE 超小型 VLBI システムと冷凍機搭載型超小型 VLBI システムとの比較

|               | MARBLE          | 冷却型 MARBLE       |
|---------------|-----------------|------------------|
| アンテナ口径        | 1.5–1.6m        | 2.4m             |
| アンテナと受信機重量の合計 | 50kg            | 150kg            |
| アンテナ焦点型式      | プライムフォーカス       | リングフォーカス         |
| フィード          | Quad Ridge Horn | Eleven Feed[4,5] |

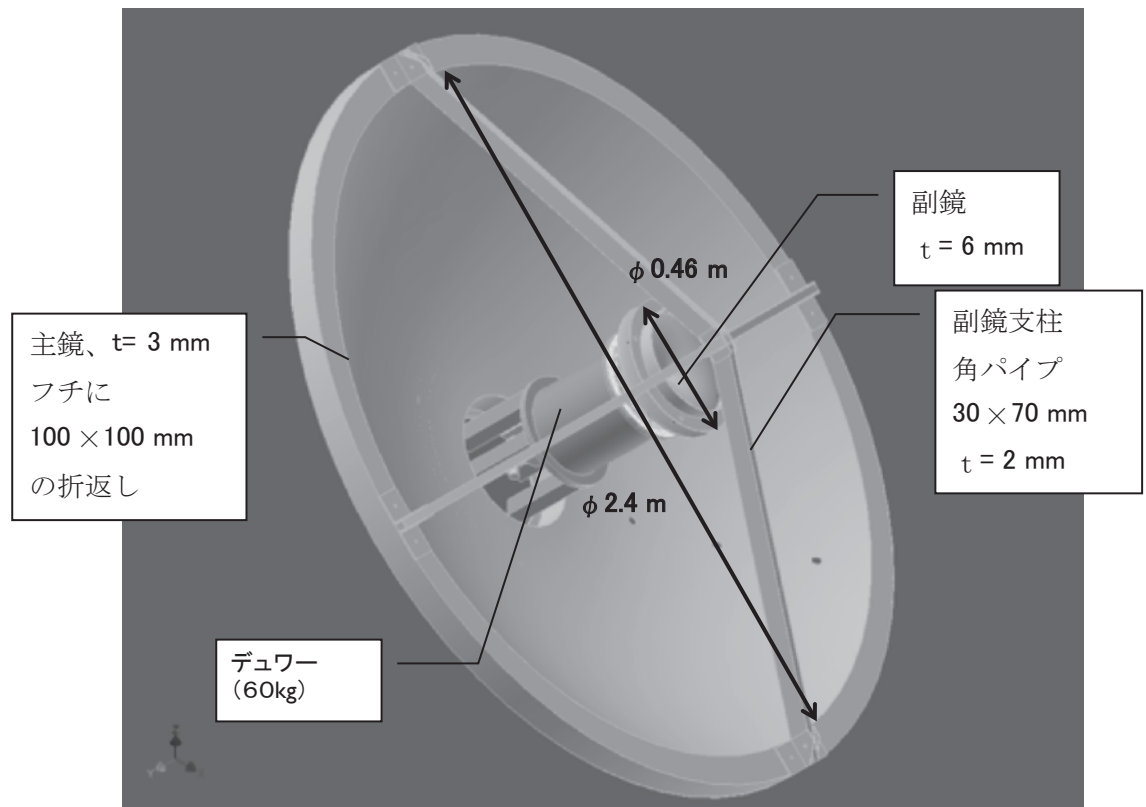


図 1: 冷凍機搭載の改良型 MARBLE 超小型 VLBI システムのコンセプト

[参考文献]

1. Ishii A., Ichikawa R., Takiguchi H., Kuboki H., Sekido M., Koyama Y., Ohuchi Y.,  
Evaluation of a Laser-pumped Cs Gas-cell Frequency Standard on Geodetic VLBI,  
*Journal of the Geodetic Society of Japan*, **54**, 4, 259-268, 2008.
2. Ichikawa R., Ishii A., Takiguchi H., Koyama Y., Kondo T., Kokado K., Kurihara S.,  
and Matsuzaka S., Present Status and Outlook of Compact VLBI System Development for  
Providing over 10km Baseline Calibration, *TDC/News*, **Vol.30**, pp.22-25, 2009.
3. (株)AES、極小型 VLBI アンテナ・受信系システムの設計検討業務報告書、2011 年 3 月.
4. Olsson, R., P.-S. Kildal, S. Weinreb,  
The Eleven antenna: a compact low-profile decade bandwidth dual polarized feed for  
reflector antenna, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 54, no.2,  
pt.1, pp.368-375, Feb. 2006.
5. Beaudoin, C., P.-S. Kildal, J. Yang, and M. Pantaleev,  
Development of a Compact Eleven Feed Cryostat for the Patriot 12-m Antenna System,  
*IVS 2010 General Meeting Proceedings*, pp.420-424, 2011.

# I . 共同研究報告（終了）

## 一般共同研究

### （4）生 物 圈

## 共同研究報告書（終了）

## 細菌の低温適応と細胞の疎水度（研究課題）

◎奥山英登志 北海道大学大学院地球環境科学研究院・環境生物学部門・環境分子生物学分野・准教授  
（研究代表者）

佐藤 眞美子 日本女子大学・研究支援課・技術員（研究分担者）

（国立極地研究所）

渡邊 研太郎 教授（担当教員）

平成 22 年～平成 24 年（2 か年）（研究期間）

## [研究成果]

[はじめに] 一般的にタンパク質、脂質などの分子間疎水相互作用は温度の低下とともに弱まる。従って、もし細菌などの変温生物が低温条件におかれたとき、あるいは特にその生物が低温環境に積極的に適応しようという場合で、疎水相互作用（疎水結合）が生体物質の構造がその機能に緊密に関わっている際には、生物はそれを補償しなければならないと考えられる。例えば、タンパク質の場合では、同じ触媒活性をもつ酵素で低温適応型のものは相対的に疎水性アミノ酸残基の割合が高いこと、膜脂質であれば、より炭素鎖長の長い脂肪酸をアシル基としてもつということが予想される。本研究では好冷性細菌由来の多価不飽和脂肪酸であるエイコサペンタエノエン酸（EPA）合成酵素遺伝子（*pfa* 遺伝子）を導入した大腸菌の形質転換体を用いて、これらの細菌の細胞、脂質、タンパク質の疎水性を調べ、細菌の細胞の疎水度がその低温適応性に関わるかを検討した。

[材料と方法] 本研究では細菌細胞の疎水性を調べるために、好冷菌 *Shewanella pneumatophori* SCRC-2738 由来の EPA 合成にかかわる *pfa* 遺伝子：pEPAΔ1, 3, 4, 9 および pEPAΔ1, 2, 3 + pSTV::*pfaE* を用いた。これらのベクターを導入して EPA 合成能を持つにいたった株を DH5αEPA+ とした。EPA を合成しない対照株は DH5αEPA- とし、必要に応じて EPA 合成に関わる遺伝子をインサートとして持たない空ベクターを導入した。用いた菌株、ベクターの性質などについては Table 1 にまとめた。ホストとしては大腸菌 DH5α を用いた。形質転換体の疎水度は既報により行った。細胞の脂肪酸はメチルエステルとして GC により分析した。細胞の疎水度が生理機能に与える影響をみつため様々な増殖阻害物質の影響を調べた。活性酸素分子種（ROS）として過酸化水素、tert-ブチルヒドロペルオキシド、ラジカル生成物として AAPH、AMVN、抗生物質としてアンピ

Table 1. Strains and vectors used in this study

| Strain/plasmid/cosmid        | Relevant characteristics   |
|------------------------------|--|
| Strain                       |  |
| <i>Escherichia coli</i> DH5α | <i>deoR</i> , <i>endA1</i> , <i>gyrA96</i> , <i>hsdR17</i> (rK <sup>-</sup> mK <sup>-</sup> ), <i>recA1</i> , <i>phoA</i> , <i>relA1</i> , <i>thi-1</i> , <i>Δ(lacZYA-argF)</i> U169, <i>Δ80dlacZAM15</i> , F', <i>Δ<sup>-</sup></i> , <i>supE44</i> |
| Plasmid/Cosmid <sup>b</sup>  |  |
| pSTV28                       | Low-copy-number cloning vector, Cm <sup>r</sup>  |
| pSTV:: <i>pfaE</i>           | pSTV28 carrying <i>pfaE</i> from <i>S. pneumatophori</i> SCRC-2738   |
| pNEB139                      | High-copy-number expression vector, Amp <sup>r</sup>   |
| pEPAΔ1,3,4,9                 | pNEB carrying <i>pfaA-E</i> from <i>S. pneumatophori</i> SCRC-2738   |
| pWE15                        | Cosmid expression vector, Km <sup>r</sup> , Amp <sup>r</sup>   |
| pEPAΔ1,2,3                   | pWE15 carrying an EPA gene cluster that lacks <i>pfaE</i> from <i>S. pneumatophori</i> SCRC-2738   |

<sup>a</sup> Takara Bio Inc., Tokyo, Japan. <sup>b</sup> Abbreviations of antibiotics: Km, kanamycin; Amp, ampicillin; and Cm, chloramphenicol.

シリン、カナマイシン、ストレプトマイシン、酸化リン酸化阻害剤として CCCP を用い、その最少阻害濃度（MIC）をマイクロタイタープレートを用いた培養法により決定した。EPA をもつか否かで細胞表層構造に違いがあるかどうかを調べるために、*Shewanella marinintestina* IK-1 (IK-1) とその EPA 欠損株である IK-1Δ8 を用い、透過型電子顕微鏡観察をした。タンパク質の疎水性に関しては、本研究で用いた菌株によらずゲノムの塩基配列が決定されている細菌のデータベース上のデータを利用して検討した。

[結果と考察] DH5αEPA+ と DH5αEPA- の様々な増殖阻害物質に対する MIC を求めた。ここで作用機序の異なる増殖阻害物質を各種用いているが、大きく水溶性と非水溶性（疎水性）に分けることができる。非水溶性の AMVN と CCCP は 1%エタノールに溶解している。Table 2 に示すように水溶性の ROS 2 種、ラジカル生成物質である AAPH、3 種の抗生物質はいずれも DH5αEPA+ が DH5αEPA- に比べて高い MIC を示した。一方、疎水性のラジカル生成物である AMVN と CCCP を用いた場合は、DH5αEPA- が DH5αEPA+ に比べてより高い MIC を示した。これらの結果は、大腸菌の細胞膜

Table 2. Effects of various hydrophilic and hydrophobic compounds on the growth of cells of *E. coli* DH5 $\alpha$  recombinants with EPA (DH5 $\alpha$ :EPA+) and without EPA (DH5 $\alpha$ :EPA-).

|                                      |                         | MICs of various compounds <sup>a</sup> |                                       |
|--------------------------------------|-------------------------|--|---------------------------------------|
|                                      |                         | Solvent                                | DH5 $\alpha$ :EPA+ DH5 $\alpha$ :EPA- |
| Reactive oxygen species (MW)         |                         |  |                                       |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (34.0) | Water                   | 100 $\mu$ M                            | 10 $\mu$ M                            |
| <i>tert</i> -BHP (90.1)              | Water                   | 100 $\mu$ M                            | 10 $\mu$ M                            |
| Radical generator                    |                         |  |                                       |
| AAPH (271.19)                        | Water                   | 10 $\mu$ M                             | 1 $\mu$ M                             |
| AMVN (248.37)                        | 1% Ethanol <sup>b</sup> | 1 $\mu$ M                              | 10 $\mu$ M                            |
| Antibiotics                          |                         |  |                                       |
| Ampicillin sodium (371.4)            | Water                   | >500 $\mu$ g/ml                        | 500 $\mu$ g/ml                        |
| Kanamycin sulfate (582.6)            | Water                   | >500 $\mu$ g/ml                        | 500 $\mu$ g/ml                        |
| Streptomycin sulfate (415.74)        | Water                   | 3 $\mu$ g/ml                           | 0.3 $\mu$ g/ml                        |
| Oxidative phosphorylation uncouplers |                         |  |                                       |
| CCCP (204.1)                         | 1% Ethanol              | 1 mM                                   | 10 mM                                 |

<sup>a</sup> MW, molecular weight; MICs, minimal inhibitory concentrations: AAPH, 2,2'-azobis-(2-amidopropane)hydrochloride; AMVN, 2,2'-azobis-(2,4-dimethyl)valeronitrile; *tert*-BHP, *tert*-butyl hydroxyl peroxide; CCCP, carbonyl cyanide *m*-chloro phenyl hydrazone. <sup>b</sup> Final concentration.

Table 3. Effects of various concentrations of ethanol on the growth of cells of *E. coli* DH5 $\alpha$  recombinants producing various levels of EPA.

|   | OD <sub>600</sub> of cultures containing ethanol at approximately <sup>a</sup> |               |               |                 |                 |
|---|--|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
|   | 0%   | 3%            | 5%            | 6%              | 7%              |
| <i>E. coli</i> DH5 $\alpha$ cells <sup>b</sup> carrying |  |               |               |                 |                 |
| pEPA $\Delta$ 1,3,4,9                                   | 3.4 + 0.1  | 3.1 + 0.4     | 1.5 + 0.1     | 0.03 + 0.01     | NG <sup>c</sup> |
| pl:pAA1,2,3   | 3.4 $\pm$ 0.2  | 2.9 $\pm$ 0.4 | 1.0 $\pm$ 0.1 | 0.01 $\pm$ 0.00 | NG              |
| pSTV::pfaE <sup>d</sup>                                 | 3.2 $\pm$ 0.2  | 2.8 $\pm$ 0.4 | 0.4 $\pm$ 0.1 | NG              | NG              |
| pEPA $\Delta$ 1,2,3 - pSTV <sup>d</sup>                 |  |               |               |                 |                 |

<sup>a</sup> Values are average  $\pm$  standard deviation of three independent measurements.

<sup>b</sup> Cells were grown for 7 days at 20  $^{\circ}$ C.

<sup>c</sup> No growth detected.

<sup>d</sup> pEPA $\Delta$ 1,2,3 + pSTV::pfaE and pEPA $\Delta$ 1,2,3 + pSTV are DH5 $\alpha$ :EPA+ and DH5 $\alpha$ :EPA-, respectively.

の中の（膜リン脂質成分として）EPA が存在することによって、親水性化合物の膜透過は抑制され、逆に疎水性物質の細胞膜への透過（または溶解）が促進されたことを示唆している。

次に、大腸菌に導入する *pfa* 遺伝子のコンストラクト及び培養温度を変え、形質転換体中の EPA 変えて EPA 含量が直接細胞の疎水性に影響を与えるかどうかを検討した。Table 3 に示すように、EPA の含量の増加とともに疎水度が増加することが明らかになった。

EPA の存在が大腸菌の低温での増殖に影響を与えるか否かについて 20 $^{\circ}$ Cでの増殖能を調べた限り、DH5 $\alpha$ :EPA+と DH5 $\alpha$ :EPA-に有意差は認められなかった。

EPA の存在が細胞膜と細胞外膜の構造に影響を与えるか否かを、IK-1 と IK-1  $\Delta$ 8 を材料にして透過型電子顕微鏡で観察したが、細胞膜や外膜の厚さなどに有意な差は認められなかった。

好冷菌のタンパク質が常温菌のものに比べてより疎水性に富むかどうかは明らかにできなかった。一般的には好冷性のタンパク質は  $\beta$ -シート構造に比べて  $\alpha$ -ヘリックス構造の割合が多く、より柔軟性に富むとされているが、この構造の差異は疎水性アミノ酸含量ではなくむしろ極性アミノ酸による電気的な反発によるとされている。しかし、このことが膜タンパク質に当てはまるかどうかは検討が必要である

## 研究発表

- 1) 吉田磨仁、奥山英登志、折笠善丈（2013）細菌の長鎖多価不飽和脂肪酸合成酵素遺伝子. オレオサイエンス 印刷中
- 2) A. I. Bin Haji Mohd Taha, R. Z. Ahmed, T. Motoigi, K. Watanabe, N. Kurosawa and H. Okuyama (2013) Lipids in Cold-adapted Microorganisms. In Cold-Adapted Microorganisms. Ed. By I. Yumoto, Caister Academic Press, UK, in press.
- 3) A. I. Bin Haji Mohd Taha, T. Kimoto, and H. Okuyama (2013) Growth optimization of thraustochytrid strain 12B for the commercial production of docosahexaenoic acid. Food Sci. Biotechnol. 22(S): 53-58.
- 4) T. Wakahama, A. Laza-Martinez, A. I. Bin Haji Mohd Taha, H. Okuyama, K. Yoshida et al. (2012) Structural confirmation of a unique carotenoid lactoside, P457, in *Symbiodinium* sp. strain NBRC 104787 isolated from a sea anemone and its distribution in dinoflagellates and various marine organisms. J. Phycol. 48: 1392-1402.
- 5) A. I. Bin Haji Mohd Taha, 佐藤真美子、東條元昭、神田啓史、木元貴士、金田輝之、奥山英登志 (2012) 微生物を用いた二段階培養法による 長鎖多価不飽和脂肪酸含有リン脂質の発酵生産. New Food Industry 54: 1-8.
- 6) S. Sugihara, I. A. Bin Haji Mohd Taha, T. Motoigi, A. Ueno, S. Shimizu, M. Sato, T. Kaneko, K. Watanabe, I. Yumoto, and H. Okuyama (2012) *Shewanella oshoroensis* sp. nov., a mesophilic eicosapentaenoic acid and hentriacontanoic acid-producing bacterium. Res. J. Microbiol. 7: 131-138.
- 7) A. I. Bin Haji Mohd Taha, H. Okuyama, T. Ohwada, I. Yumoto, and Y. Orikasa (2011) Exogenous catalase gene expression as a tool for enhancing metabolic activity and production of biomaterials in host microorganisms. In Innovations in Biotechnology, InTech - Open Access Publisher, pp. 251-274
- 8) R. Hori, T. Nishida and H. Okuyama (2011) Hydrophilic and Hydrophobic Compounds Antithetically Affect the Growth Eicosapentaenoic acid-synthesizing *Escherichia coli* recombinants. Open Microbiol. J. 5: 114-118.
- 9) T. Motoigi and H. Okuyama (2011) Fatty acid and hydrocarbon composition in tropical marine *Shewanella amazonensis* strain SB2B<sup>T</sup>. J. Basic Microbiol. 51: 1-6.

## 研究協力者一覧

I. A. Bin Haji Mohd Taha, 杉原慎二、本猪木太朗、吉田磨仁、堀龍二、西田孝伸、若浜貴宏、小亀一弘（北海道大学）；折笠善丈（帯広畜産大学）；湯本勲（産業技術総合研究所）、木元貴士、金田輝之（備前化成㈱）；東條元昭（大阪府立大学）；神田啓史（国立極地研究所）、上野晃生、清水悟（幌延地圏環境研究所 (H-RISE))、黒沢則夫（創価大学）；栗井光一郎（静岡大学）；高市真一（日本医科大学）；河地 正伸（国立環境研究所）；Laza-Martinez, (バスク大学)



## (共同研究報告書 (終了))

南極における生物に及ぼす紫外線の影響評価と好冷性微生物を用いた機能性食品に関する研究 (研究課題)

◎高橋哲也 島根大学教育学部・教授 (研究代表者)  
麻生祐司 島根大学教育学部・准教授 (共同研究者)  
(国立極地研究所)  
伊村智 教授 (担当教員)  
平成 22 年～平成 24 年 (3 年) (研究期間)

### [研究成果]

#### 要 旨

オゾンホール発生時の南極にて、コラーゲンシートを用いるユニークな評価方法によって短波長紫外線の皮膚へのダメージについて調べた。コラーゲンシートに対して、オゾンホール発生時期である春季と発生時期ではない秋季に、各々25日間と50日間の屋外曝露を行った。曝露後のコラーゲンシートから得た抽出液中の総タンパク質量と末端アミノ基濃度を調べた。その結果、春季曝露の場合では、秋季曝露の場合に比べて総タンパク質量は約2倍、末端アミノ基濃度は約5倍もの値に達していた。また、同じオゾンホールの発生期間であっても、コラーゲン抽出液中の末端アミノ基濃度は9月中旬から10月末までの50日間の場合では9月中旬から10月上旬までの25日間の場合に比べて5倍程度も大きかった。このことは、9月にはオゾンホールは発生しているものの、まだ太陽高度が低いために短波長紫外線が充分には地上に届かなかったためと考えられる。事実、昭和基地での紫外線測定でも、オゾンホールの発生が開始してから1~2カ月程度も遅い時期にならないと290~295nmの短波長紫外線が地上には届かないこともわかった。

#### 1. 緒論

現在、南極上空ではフロンガスによってオゾン層破壊が進行している。南極の春季にオゾン全量が減少する現象(オゾンホール)は、1980年頃に最初に認識できるようになり<sup>1)2)</sup>、その後毎年発生している。春先になると、オゾン量が平常の半分から1/3にまで減少している。オゾン層破壊に伴って、南極の地上に到達する紫外線量が増大するとともに、より短波長領域まで広がることが懸念されている。南極だけでなく、オーストラリアやニュージーランドの南端に当たる南緯45度の緯度の地域にまで、オゾン量の減少傾向が見られる。南極オゾンホールが南半球の地上の気候に影響を与えていることを示す証拠が増えている。高エネルギー紫外線は人間を含む

生物界に重大な影響を及ぼし、軽度の皮膚障害から日光角化症、さらには皮膚癌へと進行する危険もある。

オゾンホール発生時期の短波長紫外線がヒト皮膚へのダメージを調べることは非常に重要であるものの、危険であるために定量的に且つ簡便に評価をすることは困難である。以前より、コラーゲン分子鎖がUVによって分解されることは知られている。また、UVが皮膚に照射されると、皮膚細胞が分解酵素を分泌し、コラーゲンが分解されることも報告されている。そこで、著者らはヒト皮膚の代わりにコラーゲンシートを用いるユニークな評価方法を提案した。前報では、その予備実験として、真夏の南極にてコラーゲンシートに各種の紫外線カット素材を貼り合わせて屋外曝露を行い、紫外線カット素材のコラーゲンシートに対する防御効果を調べた。本研究では、オゾンホールが発生している春季の南極にて屋外曝露を行った。その比較として、太陽高度が全く同じである秋季でも屋外曝露を行った。両季節の曝露結果を比較することにより、オゾンホール発生時の高エネルギー紫外線による皮膚への影響について調べた。

#### 2. 実験

##### 2.1 試料

##### 2.1.1 コラーゲンシート

豚皮由来のコラーゲン線維を蒸留水に分散し、クエン酸にてpH3.5に調整した。ワリーングブレンダーを用いて均一に破碎した後、脱泡を行い、終濃度2.0wt%のコラーゲン分散液を調製した。FTS社製凍結乾燥機DURA-DRYを用いてコラーゲン分散液を凍結乾燥し、得られたスポンジ状物を厚さ1.5mmにスライスした。目付29g/m<sup>2</sup>のコラーゲンシートを得た。このコラーゲンシートの厚みは、測定圧0gf/cm<sup>2</sup>では1,500μm、50gf/cm<sup>2</sup>では1,402μm、240gf/cm<sup>2</sup>では1,193μmである。なお、豚の皮膚は比較

的人間に近いとされるため、豚皮由来のコラーゲン線維を本実験で用いた。

## 2.2 曝露方法

### 2.2.1 曝露試料

コラーゲンシートを5枚積層し、南極での屋外曝露を行った。但し、風雪などの影響を直接受けないようにするため、厚み12.16 $\mu$ mのポリエチレンフィルムでコラーゲンシートを覆った。このフィルムは極薄であるために、紫外線の透過性は非常に高い。このポリエチレンフィルムの透過率は、波長280nm、310nm、350nmで各々88%、92%、89%と高い値を示している。また、ポリエチレンは耐寒性に優れ、且つ紫外線に劣化し難い素材でもある。

### 2.2.2 曝露装置

第48次日本南極地域観測隊によって、南極リュツオ・ホルム湾沿岸部に位置する東オングル島・昭和基地内に曝露用架台を設置した。曝露サンプルは、高さ1.5mの曝露用架台に垂直方向（頭上）と水平方向（真北）に向けて設置した。なお、垂直方向（頭上）と水平方向（真北）の曝露試料での傾向の差があまり見られなかったため、今回は垂直方向（頭上）での結果のみ報告する。

### 2.2.3 曝露期間

年によって多少の差はあるものの、春季である9月～10月頃にはオゾン量が大幅に低下し、220DU以下になっている。いわゆるオゾンホールが発生が確認できる。そこで、曝露期間としては、オゾンホールの発生時期として知られる春季の9月11日～10月5日の25日間と9月11日～10月30日の50日間に設定した。比較として、秋季の3月9日～4月2日の25日間と2月12日～4月2日の50日間にも曝露を行った。ミッドウィンターは6月22日である。つまり、本実験における春季と秋季の曝露は、太陽高度が全く同じになるように期間を設定した。

前述のように、春季はオゾンホールが出現して短波長紫外線が地表に到達する時期であり、秋季はオゾンホールが全く出現しない時期である。つまり、春季と秋季の曝露結果を比較することにより、オゾンホールの有無による高エネルギー紫外線の影響を定量的に調べることができる。なお、紫外線のみの影響について評価すべく、比較としてアルミ箔で遮光したコラーゲンシートも同じ期間に曝露架台に設置した。

## 2.3 測定方法

### 2.3.1 走査型電子顕微鏡（SEM）による観察

電子顕微鏡用ステージに蒸着用カーボンテープ

を貼り、その上に試料を固定した。これを室温で24時間乾燥を行った後、日立サイエンスシステムズ(株)製E-1010形イオンスパッター装置を用いて、試料に金の蒸着を施した。その後、日立サイエンスシステムズ(株)製S-3000N形・走査電子顕微鏡を用い、曝露後のコラーゲンシートの表面観察を行った。なお、加速電圧は20kVで実施した。

### 2.3.2 曝露後のコラーゲンシートの色相変化

曝露後のコラーゲンシートの色相変化を調べるため、積分球を取り付けた上記の分光光度計を用いて曝露後のコラーゲンシートに対して反射光での吸光度を測定した。スリット幅は2.0nm、サンプリングピッチ0.5nmの条件で、波長領域220～700nmでの吸光度スペクトルを得た。なお、標準白板の吸光度を0として補正した。

### 2.3.3 コラーゲンシートからの抽出液の作製

コラーゲンシートの分析を行なうため、コラーゲンを抽出することにした。まず、曝露後のコラーゲンシートを3×3mm程度の大きさに細断して約0.1gを秤量瓶に入れ、その100倍量の50mM酢酸水溶液を加えて浸漬させた。振盪器を用いて振盪速度120rpmで24時間振盪し、上清のみを採取してコラーゲンの抽出液を得た。

### 2.3.4 抽出液中のコラーゲン溶出量の定量

2.3.3項で得られたコラーゲン抽出液100 $\mu$ lに等量の12N HClを加えて、110℃で24時間の塩酸加水分解を行った。反応後、蒸発乾固することにより塩酸を除き、150 $\mu$ lの0.02N HClに再溶解してアミノ酸分析のサンプルとした。日立製作所(株)製L-8800型高速アミノ酸分析計を用いてアミノ酸分析を行い、検出されたアミノ酸の総量とヒドロキシプロリン量を各々算出した。

また、 $1.83 \times 10^{-2}$  mol/lの硫酸銅水溶液42mlに9.49 mol/lの水酸化ナトリウム水溶液80mlを加えて攪拌し、ビューレット試薬を調整した。コラーゲン抽出液1,000 $\mu$ lに、作製したこのビューレット試薬500 $\mu$ lを加えて攪拌し、10分間放置した。分光光度計を用いて310nmの吸光度を測定し、コラーゲン抽出液中の総タンパク量を算出した。なお、総タンパク量の定量化には、異なるコラーゲン標準液(0.01～0.1%)を使用した。

### 2.3.5 抽出液中の末端アミノ基濃度の定量

2.3.3項で得られたコラーゲン抽出液0.1mlを試験管に入れ、和光純薬工業(株)製ニンヒドリン溶液(プロピレングリコールモノメチルエーテル、ニンヒド

リン)を1mlと和光純薬工業(株)製 緩衝液(プロピレングリコールモノメチルエーテル、酢酸リチウム二水和物)を1ml加えた。100℃で10分間加熱した後、室温下で3時間程度放置した。分光光度計を用いて波長570nmでの試料液の吸光度を測定した。

また、コラーゲン分子鎖と同様に1分子中に1つの末端アミノ基を持つ牛血清アルブミンの異なる濃度の溶液も作製し、同様の処理をしてその吸光度を測定した。ニンヒドリンは末端アミノ基のみに反応すると仮定して末端アミノ基濃度と吸光度の検量線を作成し、試料液の吸光度より液中の末端アミノ基濃度を算出した。

### 2.3.6 ドデシル硫酸ナトリウム-ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (SDS-PAGE)

日本バイオ・ラッド ラボラトリーズ(株)製ミニプロティアン3セルを用いて電気泳動を実施した。まず、コラーゲン抽出液 0.1mlを東京理化工業(株)製凍結乾燥機 FD-1000型を用いて凍結乾燥し、抽出液を濃縮した。次に、Laemmliの方法に準じ、厚み0.75mmの5%濃縮ゲル及び15%分離ゲルを調製した。Laemmliのサンプルバッファーに2-Mercaptoethanolを5%加えた溶液を濃縮したコラーゲン抽出液に15μl加えて、95℃で5分間の加熱処理を行った。この試料液をゲルのウェルに全量注入し、100Vの定電圧で約2時間の泳動を行った。その後、クマシーブリリアントブルーR-250でゲルを染色しバンドを検出した。その際、分子量マーカーとしてPrecision Plus Protein™ All Blue Standardsもウェルに10μl注入した。

## 3. 結果および考察

### 3.1 電子顕微鏡による曝露後のコラーゲン人工皮膚の形態観察

コラーゲンシートを5枚積層し、オゾンホールが発生していない時期である秋季と発生している時期である春季に屋外曝露を行った。両季節とも、各々25日間と50日間の曝露を行った。

短波長紫外線によるコラーゲンシートへの影響を調べるべく、SEMを用いて50日間曝露後のコラーゲンシートの形態観察を行った。2.2.1項で述べた積層して曝露したコラーゲンシートの最外層(1層目)と5層目を試料として用いた。また、オゾンホール発生時期である春季と発生していない時期である秋季での垂直方向(頭上)での曝露試料を比較した。

その結果、最外層(1層目)のコラーゲンシートでは、秋季、春季の曝露の場合ともスポンジ状構造

に亀裂を生じて部分的に崩壊していることがわかった。また、秋季と春季の曝露における構造上の差はあまり見られなかった。

一方、5層目のコラーゲンシートでは、春季と秋季の曝露の場合とも規則正しい細かな空洞を持つスポンジ状構造をしていた。また、両者には構造による大きな差は見られず、曝露前のコラーゲンシートとの構造上の差も殆ど無かった。つまり、5層目のコラーゲンシートでは紫外線の構造に及ぼす影響は見られないことがわかった。

曝露後の1層目のコラーゲンシートの色相変化を定量的に調べるべく、分光光度計を用いて反射光での吸光度スペクトルを測定した。図1に、垂直方向(頭上)にて25日間と50日間の曝露を行った場合の結果を示す。その結果、50日間の春季曝露が他のものよりも吸光度が高く、最も変色していることがわかる。また、春季曝露、秋季曝露の場合とも50日間曝露の方が25日間曝露よりも吸光度が高く、より変色していることもわかる。これらのことより、50日間の春季曝露の場合には短波長紫外線によってコラーゲン分子鎖に酸化などの化学変化が生じ、色相変化が生じたものと考えられる。

一方、遮光していたコラーゲンシートでは春季曝露と秋季曝露には吸光度に差がなく、しかも吸光度が比較的低いこともわかった。また、目視による評価でも、曝露前とほとんど差が見られなかった。

上述のように、分光光度計による測定からも色相変化が定量的に確認でき、紫外線によってコラーゲンシートには化学変化が生じて脆化しているものと考えられた。

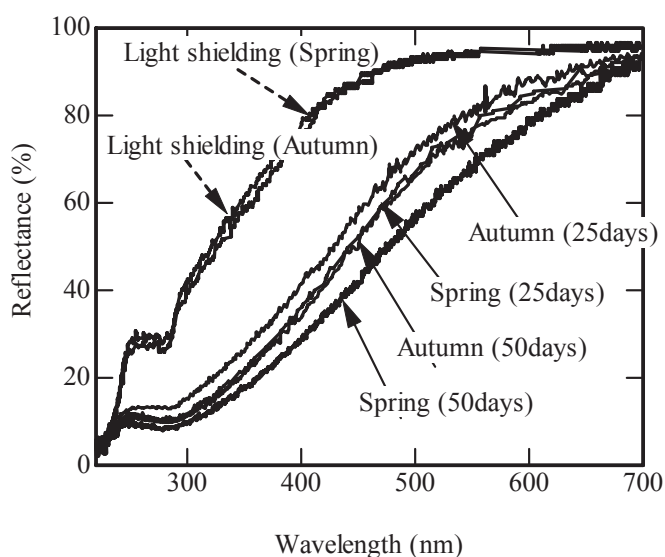


図1 曝露後のコラーゲン人工皮膚の反射率スペクトル  
(秋季曝露と春季曝露の比較)



表 1 積層して曝露したコラーゲン人工皮膚のアミノ酸分析の結果（秋季曝露と春季曝露の比較）

|                 | Amounts of<br>Amino Acids<br>( $\mu\text{g}/100\mu\text{l}$ ) | 1st layer | 2nd layer | 3rd layer | 4th layer | 5th layer | Light<br>shielding |
|-----------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|
| Autumn exposure | Total   | 196.8     | 89.9      | 53.7      | 29.8      | 22.4      | 11.1               |
|                 | Hydroxyproline  | 22.49     | 10.30     | 7.02      | 3.32      | 2.34      | 1.15               |
| Spring exposure | Total   | 249.4     | 110.7     | 109.9     | 76.9      | 37.4      | 10.4               |
|                 | Hydroxyproline  | 30.99     | 13.70     | 13.68     | 9.38      | 4.47      | 1.01               |

### 3.2 コラーゲンシートに及ぼす短波長紫外線の影響

コラーゲン線維はダメージを受けないとほとんど水には溶けない。そこで、垂直方向（頭上）において 50 日間曝露を行ったコラーゲンシートから抽出液を採取し、アミノ酸分析を行った。表 1 に、検出されたアミノ酸の総量とコラーゲンに特有であるヒドロキシプロリンの量を示す。その結果、アミノ酸の総量、ヒドロキシプロリン量とも最外層である 1 層目が最も大きく、2 層目から 5 層目へと進むのに従ってそれらの値が小さくなっている。つまり、紫外線によって表面層ほどコラーゲン分子が切断され、酢酸に抽出されやすくなっていることが定量的にわかった。また、春季曝露の場合は、秋季曝露に比べて明らかにその値が多いこともわかる。このことは、春季にはオゾンホールが発生しているため、短波長紫外線によってコラーゲン分子鎖が切断され、酢酸により抽出されやすくなったものと考えられる。

なお、アミノ酸分析の詳細なデータについては省略しているが、グリシンの構成割合が約 1/3 を占めていると共に、プロリン、ヒドロキシプロリン、アラニンなどもコラーゲンシートの原料である豚皮由来のコラーゲン線維と構成比率に大きな差が見られなかった。つまり、抽出された成分はコラーゲン由来のフラグメントであることがわかった。

次に、垂直方向（頭上）において曝露したコラーゲンシートから抽出液を採取し、抽出液中の総タンパク質量と末端アミノ基濃度も調べた。図 2 に、秋季と春季に各々 25 日間と 50 日間の曝露を行った結果を示す。なお、総タンパク質量とはコラーゲンシートの紫外線曝露によって酢酸に抽出されやすくなった成分の量を示し、紫外線によって生じた低分子量物の量に比例する。一方、末端アミノ基濃度は、紫外線によって切断されたコラーゲン分子鎖の量に比例する。その結果、コラーゲン抽出液中の総タ

ンパク質量、末端アミノ基濃度は、最外層である 1 層目が 25 日間、50 日間の曝露とも最も高かった。さらに、2 層目から 5 層目へと奥の層に進むのに従って、その値が小さくなることが確認できた。つまり、紫外線の影響は、積層したコラーゲンシートの表面層ほど大きいことが定量的に捉えられた。

また、春季の 50 日間の曝露は、春季の 25 日間曝露や秋季での 25 日間や 50 日間曝露の場合に比べて、紫外線による劣化が特に大きいことがわかる。ここで注目されることは、秋季と春季の結果を 50 日間の曝露同士で比較すると、コラーゲン抽出液中の総

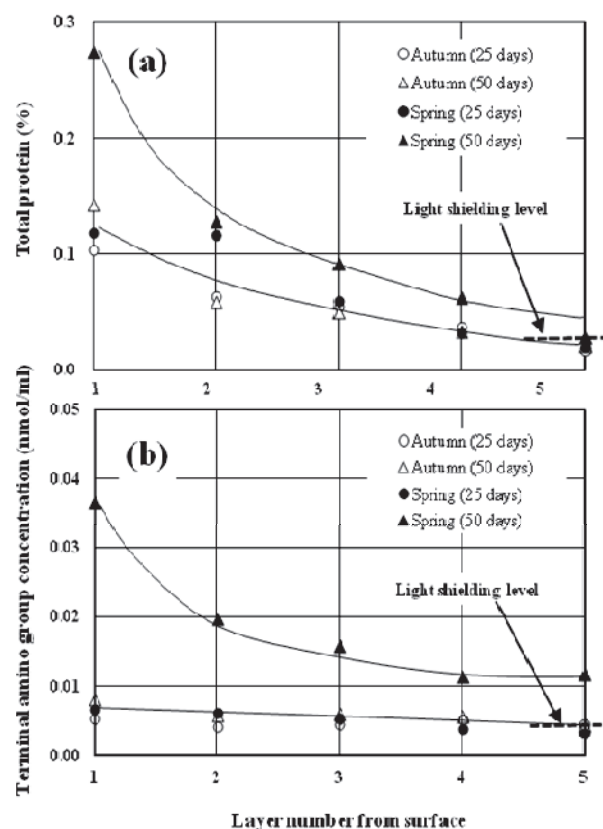


図 2 積層して曝露したコラーゲン人工皮膚から得た抽出液中の総タンパク質量(a)と末端アミノ基濃度(b)

タンパク質量はオゾンホール発生時期である春季は秋季に比べて2倍程度であったのに対して、末端アミノ基濃度の方はその値が5倍程度も大きいことである。このことは、春季曝露では短波長紫外線によってコラーゲン分子鎖がより細かく切断されていたことを示している。つまり、オゾンホールの影響が明確に現われている。また、同じオゾンホールが発生している春季曝露であっても、25日間と50日間では末端アミノ基濃度が5倍程度も異なることにも注目される。この理由については後述する。

比較として、アルミ箔で遮光したコラーゲンシートについても秋季と春季に曝露架台に各々50日間セットした。その結果を図2中に破線で示す。その結果、秋季曝露と春季曝露による相違はほとんど無かった。また、アルミ箔で遮光したコラーゲンシートの総タンパク質量と末端アミノ基濃度は、曝露後の5層目のものとほぼ同じ値であった。つまり、紫外線による総タンパク質量、末端アミノ基濃度への影響は、5層目になると殆ど無くなることがわかった。また、その値は曝露前のコラーゲンシートとほぼ同じであった。以上のことから、曝露したコラーゲンシートの劣化は紫外線のみ影響であり、気温や湿度などの紫外線以外の影響は無いと云える。

このように、オゾンホール発生時期である春季とオゾンホール発生時期ではない秋季では、紫外線による劣化が大きく異なっていた。また、同じオゾンホール発生時の春季の50日間曝露であっても、前半の9月11日～10月5日の期間と後半の10月6日～10月30日の期間の曝露では紫外線による影響が非常に大きく異なることもわかった。

次に、図3に垂直方向（頭上）で50日間曝露したコラーゲンシートの電気泳動の結果を示す。図3の左側のゲルは秋季曝露の場合であり、図3の右側のゲルは春季曝露の場合である。それぞれの曝露時期に設置した遮光したコラーゲンシートの結果も合わせて示す。その結果、遮光したコラーゲンシートでは、両方の曝露季節の場合ともコラーゲン分子鎖の $\alpha$ 鎖、 $\beta$ 鎖のバンドが見られている。一方、曝露したコラーゲンシートでは、それらのバンドは全て消失している。

最外層である1層目には、コラーゲン分子鎖の分解によって生じた15 KDa程度の低分子量物が多く見られている。また、春季と秋季の曝露結果を比較すると、春季曝露の方が低分子量物は明らかに多い。高エネルギー紫外線によって、コラーゲン分子鎖の分解物である低分子量物がより多く発生している。このことは、春季にはオゾンホールが発生しているためと考えられ、短波長紫外線の影響が明らかに現れている。

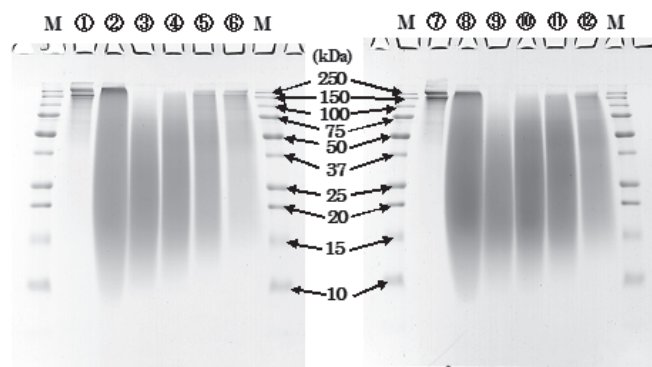


図3 50日間曝露したコラーゲン人工皮膚から得た抽出液の電気泳動（SDS-PAGE）

① 遮光（秋季曝露）、⑦ 遮光（春季曝露）、  
②⑧ 1層目、③⑨ 2層目、④⑩ 3層目、  
⑤⑪ 4層目、⑥⑫ 5層目；M：分子量マーカー

つまり、高エネルギー紫外線によって生じた15 KDa程度の低分子量物は、コラーゲン由来のフラグメントであると云える。つまり、コラーゲンの分解によって生じたペプチドである。以上のように、紫外線によってコラーゲンシート中のコラーゲン分子鎖に架橋が生じるとともに、さらに分解も生じていることがわかった。

### 3.3 南極上空の総オゾン量と紫外線量

以上のようにオゾンホール発生が知られている春季曝露であっても、9月11日～10月5日（25日間）と9月11日～10月30日（50日間）ではコラーゲンシートに対する紫外線の影響が大きく異なっていた。そこで、上空の総オゾン量と紫外線量との関係について着目することにした。図4に、気象庁によって測定された2007年の昭和基地上空の総オゾン量と紫外線量の日平均値を示す<sup>3)</sup>。図4(a)は総オゾン量であり<sup>3)</sup>、図4(b)は紫外線量である<sup>3)</sup>。

その結果、本研究の春季の曝露期間である9月11日～10月30日には、総オゾン量がオゾンホールの定義である220 m atm-cmを下回っていた。つまり、2007年においてもオゾンホールが発生していたことがわかる。11月になると、総オゾン量は230～330 m atm-cm程度にまで大きく回復していることもわかった。ちなみに、日本付近では、250～450 m atm-cm程度が通常値である。

一方、地上に届いた紫外線量は、ミッドウィンターである6月22日付近を極小値を持つ下に凹な曲線で示されている（図4(b)）。ここで注目されることは、10月～12月の期間に290～295nmの短波長紫外線が測定されていることである。また、既に9月に



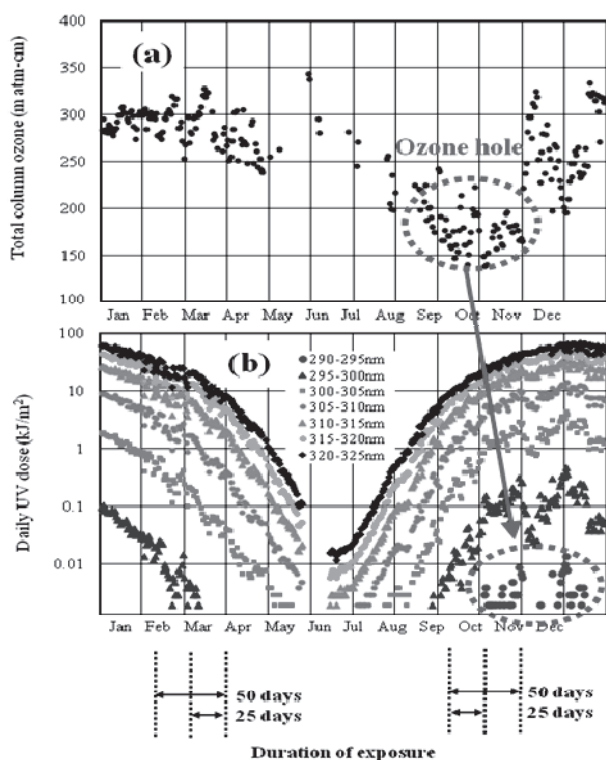


図4 昭和基地上空のオゾン濃度(a)と観測された紫外線量(b)

はオゾンホールは発生しているが(図4(a))、短波長紫外線は9月には地表に到達していないことにも注目される(図4(b))。むしろ、短波長紫外線は、総オゾン量がすでに回復している11月～12月の時期にも地上に到達している(図4(b))。

一般的に、オゾンホール発生時には上空の総オゾン量が少ないために太陽からの短波長紫外線が地上に届きやすくなると考えられている。しかし、本研究の春季の25日間曝露の期間(9月11日～10月5日)は太陽高度が低いために、太陽から降り注が

#### 4. 結論

オゾンホールが発生している南極にて、高エネルギー紫外線のヒト皮膚に及ぼす影響についてコラーゲンシートを用いるユニークな評価方法によって調べた。

- (1) コラーゲンシートを積層して屋外曝露した。曝露後のコラーゲンシートから得た抽出液中の末端アミノ基濃度は、オゾンホール発生時である春季曝露では秋季曝露に比べて5倍程度も大きいことがわかった。
- (2) 同じオゾンホール発生時期の春季曝露であっても、9月中旬から10月上旬まで(25日間)と9月中旬から10月末まで(50日間)では、コラーゲン抽出液中の末端アミノ基濃度が5倍程度も異

れる紫外線の照射量が少ない。それに比べて、春季の50日間曝露の後半時期(10月5日～10月30日)になると、太陽高度が高くなるために紫外線照射量が多くなる。つまり、9月11日～10月5日の期間では太陽から降り注がれる紫外線量が少ないために地上に届く短波長紫外線(290～295nm)が比較的少ないのに対し、10月5日～10月30日の期間では南極上空の総オゾン量自体は9月11日～10月5日の期間と大きな差はないものの、太陽からの日射が増すために地表に届く短波長紫外線(290～295nm)が多くなるものと考えられる。

波長ごとの人体への相対影響度として、国際照明委員会により定義されたCIE作用スペクトルがある。このCIE作用スペクトルから、300nm以下の短波長UVが人体に対する影響が大きいことが知られている。本研究において、波長290～295nmの紫外線が地上に降り注ぐ春季の50日間曝露がコラーゲンに大きなダメージを与えていた。このことは、春季曝露のコラーゲンシートへのダメージがオゾンホールの発生に関与していることを示しており、非常に興味深い。

以上のように、短波長紫外線が実際に地上に届く時期は、南極上空の総オゾン量の低下が開始する時期に比べて、1～2カ月遅い時期であることがわかった。以上のような理由によって、同じオゾンホール発生時の曝露であっても、9月中旬から10月上旬までの25日間と9月中旬から10月末までの50日間では、地上に届く短波長紫外線量は大きく異なったものと考えられる。また、本研究のコラーゲンシートを使った実験からも、短波長紫外線はオゾンホール発生時期には必ず地上に降り注ぐわけではなく、オゾンホール発生が開始する時期よりも1～2ヶ月遅れて地上に降り注ぐことが確かめられた。

なっていた。つまり、10月の曝露の方が、9月の曝露よりも短波長紫外線による影響ははるかに大きかった。

- (3) 昭和基地上空の総オゾン量は、9月～10月には220 m atm-cm以下となり、オゾンホールの発生が確認できた。また、11月～12月になると、総オゾン量は230～330 m atm-cm程度にまで回復していた。一方、地上に届く290～295nmの短波長紫外線は、9月にはオゾンホールは発生しているにもかかわらず地上にはほとんど届かず、10月～12月頃になると地上に届くようになっていた。つまり、オゾンホールの発生開始時期よりも1～2カ月程度も遅い時期になって、短波長紫外線が地上に届くようになることがわかった。

[参考文献]

- 1) S. Chubachi, Preliminary result of ozone observation at Syowa Station from February 1982 to January 1983, *Mem. Natl. Inst. Polar Res., Spec. Issue*, 1984, 34, 13-19.
- 2) J.C. Farman, B.G. Gardiner, and J.D. Shanklin, Large losses of total ozone in Antarctica reveals seasonal ClOx/NOx interaction, *Nature (London, U. K.)*, 1985, **315**, 207-210.
- 3) *Antarctic Meteorological Record*, Japan Meteorological Agency Ed., Japan Meteorological Business Support Center, CD-ROM, 2005-2008.

[研究発表]

1. Tatsuyuki Yamamoto, Keisuke Yoshikiyo, Young-Kun Min, Hiro-o Hamaguchi, Satoshi Imura, Sakae Kudoh, Tetsuya Takahashi, and Naoyuki Yamamoto: A near infrared Raman spectroscopic study on the bovine lens applied to the solar radiation in Antarctica, *Journal of Molecular Structure*, Vol.968, Issues 1-3, pp. 115-119 (2010)
2. Tetsuya Takahashi, Tetsuo Kondo, Keisuke Tanaka, Shunji Hattori, Shinkichi Irie, Sakae Kudoh, Satoshi Imura, and Hiroshi Kanda: Measurement of solar UV radiation in Antarctica with collagen sheets, *Photochemical & Photobiological Sciences* (The Royal Society of Chemistry), Vol.11, pp. 1193-1200 (2012)
3. Tetsuya Takahashi, Tetsuo Kondo, Keisuke Tanaka, Shunji Hattori, Shinkichi Irie, Sakae Kudoh, Satoshi Imura, and Hiroshi Kanda: Using collagen artificial skin to estimate the protection effects of UV-cut materials against sunlight under the Antarctic ozone hole, *Polymer Degradation and Stability* (Elsevier) Vol.97, Issue 6, pp.1002-1009 (2012)
4. Tatsuyuki Yamamoto, Hideo Akiyoshi, Keisuke Yoshikiyo, Tetsuya Takahashi, Yukiko Tanabe, Sakae Kudoh, Satoshi Imura, and Naoyuki Yamamoto: A spectroscopic study on the effect of ultra-violet solar radiation at Antarctica on the human skin fibroblast cells, *Geoscience Frontiers*, (2012)
5. Tetsuya Takahashi, Tamotsu Hoshino, Tetsuo Kondo, Satoshi Imura, Sakae Kudoh, and Katsumi Yoshino: Biosynthesis of Microbial Cellulose from the Antarctic Microorganisms, *Journal of the Society of Electrical Materials Engineering*, Vol.21, No.1, pp.5-10 (2012)

## 共同研究報告書（終了）

オホーツク海沿岸域における海水形成過程と基礎生産動態に関する研究（研究課題）

◎西野康人 東京農業大学生物産業学部・准教授（研究代表者）  
谷口 旭 東京農業大学生物産業学部・教授（共同研究者）  
塩本明弘 東京農業大学生物産業学部・教授（共同研究者）  
朝隈康司 東京農業大学生物産業学部・講師（共同研究者）  
韓 東勲 合同会社 水圏科学技術支援センター・代表（共同研究者）

（国立極地研究所）

渡邊研太郎 教授（担当教員）

平成 22 年～平成 24 年（3 か年）（研究期間）

### 【研究成果】

能取湖は湖口部でオホーツク海に開口し、湖内の水は潮汐変動により交換される。また、流入河川が少なく、湖水の塩分はオホーツク海と同等の値（33 psu 前後）を示す海水であり、閉鎖性の高い湾としての側面も有する。そのため、能取湖は道東オホーツク海沿岸域の低次生産層の動態を反映していると考えられる。この能取湖の特徴として、冬季の結氷があげられる。例年、12 月下旬から 1 月上旬にかけて湖面の氷結がはじまり、1 月中旬から 3 月下旬にかけて全面的に結氷する。ここでの海水は定着氷であり、海水の生成期から崩壊期にわたり生物生産におよぼす影響を調査研究できる場と言える。そこで、われわれは海水と生物生産の関わりを解明を目標に、能取湖の中央最深部を調査地（水深約 20 m）として、H22-H24 年度に観測を実施した。

調査項目はアイスオーガーによる氷コアの採集、バンドン ー ン 採水器による層別採水（0, 5, 10, 15, 18m）、北原式プランクトンネット（目合：100 $\mu$ m、330 $\mu$ m）による水深 15m からの鉛直曳き採集、水温塩分計（ASTD、JFE アドバンテック社製）による水温・塩分・蛍光値等の鉛直分布の測定、光量子計（AL30-CMP, JFE アドバンテック社製）による光量の鉛直分布、ならびに水深 5m にセディメントトラップをセットし沈降物の乾重量の測定に供した。セディメントトラップにはメモリー式の水温計と光量子計（MDS-MkV/T&L, JFE アドバンテック社製）もセットした。

氷コアサンプルは上部、中央部、底部（海水に接する部分）の 3 層をそれぞれ 5 cm 採取し、サイズ

別クロロフィル（>10  $\mu$ m、2-10  $\mu$ m、<2 $\mu$ m）、栄養塩、検鏡用サンプルに供した。層別に採水した試水も同様の項目を測定した。クロロフィルの測定は蛍光光度計（10-AU、ターナーデザイン社製）、栄養塩の測定はオートアナライザー（swAAt、ビーエルテック社製）により測定した。

#### 1）海水中のクロロフィル量

海水コア中の 1 平方メートルあたりの積算クロロフィル量の推移を図 1 に示す。結氷後、さほど時間がたっていない調査開始の 2 月 3 日がもっとも低い値を示し、2 月中は 5 mg/m<sup>2</sup> を超えることはなかった。3 月になると 5 日に 20.6 mg/m<sup>2</sup>、12 日に 30.1 mg/m<sup>2</sup> と増加し、海水の厚さが 35cm を超え、海水中の環境が安定してきた状況でアイスアルジーが増加することが示唆された。3 月 16 日には 11.4 mg/m<sup>2</sup> と前回の調査時のおよそ 1/3 に減少した。このときアイスアルジーが水柱に放出された可能性が推察される。3 月 22 日にはふ

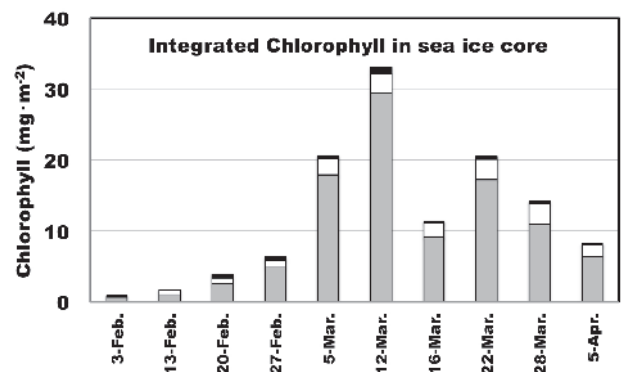


図1. 海水中の積算サイズ別クロロフィル量の推移  
■:2 $\mu$ m以下、□:2-10 $\mu$ m、■:10 $\mu$ m以上

たたび  $20.5 \text{ mg/m}^2$  と増加し、以降、減少していった。

## 2) 水柱のクロロフィル量

水柱の積算クロロフィル量の推移を図2に示す。結氷後間もない2月3日には  $295.6 \text{ mg/m}^2$  ともっとも高い値を示し、その後、2月中は  $50 \text{ mg/m}^2$  以上の値を示した。3月になると  $50 \text{ mg/m}^2$  以下となり、海水

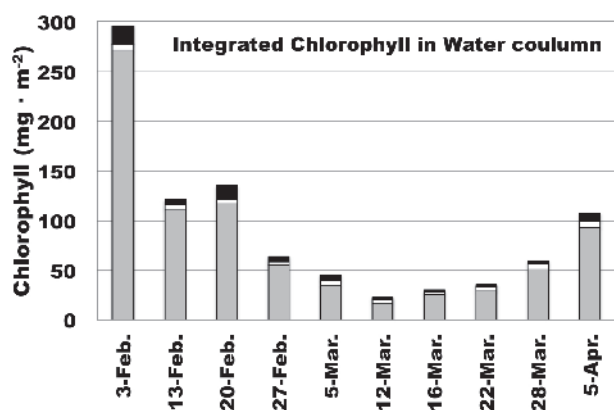


図2. 水柱中の積算サイズ別クロロフィル量の推移  
■:  $2\mu\text{m}$ 以下、□:  $2-10\mu\text{m}$ 、■:  $10\mu\text{m}$ 以上

中でもっとも高いクロロフィル量を示した3月12日の水柱のクロロフィル量は  $22.4 \text{ mg/m}^2$  ともっとも低い値を示した。海水の成長ならびにアイスアルジーの増加にともない水中への光量の減少が影響したことが示唆される。その後、徐々に増加していき、4月5日には  $107.4 \text{ mg/m}^2$  となった。

## 3) セディメントトラップ

採集された沈降物の1日あたりの乾重量の変動を図3に示す。2月13日から3月5日にかけて減少  
[研究発表]

していき、水柱中の積算クロロフィル量の変動と同様の傾向を示した。一方、3月5日から12日にかけてクロロフィル量は増加し、16-22日には減少と、この期間は水柱のクロロフィル量の変動と同様の傾向を示した。そして3月22日以降は増加し、水柱中と同様の傾向を示した。すなわち、氷柱のアイ

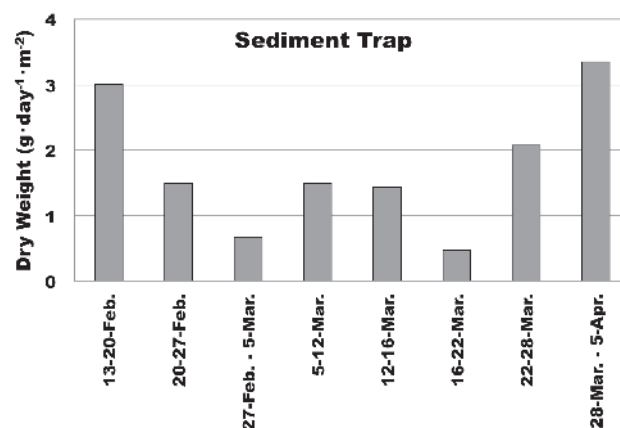


図3. 海水下、5m水深に設置したセディメントトラップで採集した沈降物の乾重量の変動

スアルジーと水柱の植物プランクトンの現存量は逆相関の関係にあることが示唆された。また、結氷期における能取湖内での一次生産は、海水生成初期は水柱中の植物プランクトンによる影響が大きく、海水が成長し安定した状態になると氷柱のアイスアルジーによる生産が大きくなった。そして気温の上昇にともない海水が融解期になると植物プランクトンによる一次生産が大きくなる傾向がみられた。すなわち、海水の状態が湖内の一次生産に多大な影響を与えていることが示唆された。

- 1) 品田晃良、多田国秀、西野康人、川尻敏文、(2010) 能取湖における風による貧酸素水塊の特性分布、北海道水産試験場研究報, 78, 69-71.
- 2) 品田晃良、西野康人、佐藤智希、菊地隆太、工藤亮太、瀬戸鈴代、松井大宇 (2011) 能取湖の低次生産と貧酸素化、沿岸海洋研究, 49, 31-35.
- 3) 西野康人、(2011) オホーツク沿岸能取湖における低次生産層に関する研究., オホーツク地域における生物多様性に関する研究, 東京農業大学 1-7.
- 4) 西野康人、(2011) 流氷(海水)がもたらす恵み、新・実学ジャーナル 81, 3-5.
- 5) 塩本明弘 (2011) 晩春から初秋の知床半島沿岸域における植物プランクトン現存量と生産力: オホーツク海側と根室海峡側との比較. 沿岸海洋研究 49, 37- 48.
- 6) Sugie, K., Taniguchi, A. (2011) Continuous supply of bioavailable iron for marine diatoms from steelmaking slag. ISIJ International, 51, 513-520.
- 7) Shiomoto, A., Koji Asakuma, Han-Dong Hoon, Koichi Sakaguchi and Kimihiko Maekawa (2012) An early spring bloom of large diatoms in the ice-covered Saroma-ko Lagoon, Hokkaido, Japan. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 92, 29-37.
- 8) 谷口 旭 (2012) 海洋生態系の再生計画はどうあるべきか. 環境情報科学, 41-2: 35-38.



## 極域より分離した微生物と人工的に 改変した微生物酵素の低温適応機構

◎田口精一 北海道大学大学院工学研究院・教授

井上和仁 神奈川大学理学部・教授

鈴木智順 東京理科大学理工学部・准教授

長島秀行 東京理科大学理学部・教授

(国立極地研究所)

伊村 智 教授

平成 22 年～平成 24 年(3 カ年)

### [研究成果]

#### 1. アゾ色素の生物学的脱色分解を目指した 微生物酵素のキャラクタリゼーション

アゾ色素はアゾ基(-N=N-)をひとつ以上持つ化合物であり、繊維製品、皮革製品、プラスチック製品、化粧品、食品など広範囲の製品に多用されている合成染料である。東南アジアの国々で盛んな繊維産業の染色プロセスでは、染色後のアゾ染料を含む廃液が未処理のまま河川など自然界に放出され問題となっているが、未だ有効な処理方法は確立されていない。そこで、低温河川流域における浄化能力・制御性ともに優れている微生物を用いた生物学的システムの利用が期待されている。本研究では、*Bacillus* sp. B29 由来 2 種の遺伝子 *azr8*、*azr18* を大腸菌により大量発現させ、精製して性質を調べることを目的とした。

クローン化されたアゾ分解酵素遺伝子を挿入した高発現ベクターを用いて *E. coli* BL21(DE3)pLysS を形質転換した。IPTG により誘導発現を行った各形質転換株の培養液から菌体を集め、超音波破碎後、その遠心上清を粗酵素液を各種クロマトグラフィーに供して当該両酵素を精製した。酵素活性は、基質としてメチルレッドを用い、補酵素として NADH を加えて反応させ、メチルレッドの減少量を 430 nm の吸光度で測定した。回収率はそれぞれ 27.8% (*Azr8*)、18.8% (*Azr18*)であり、精製酵素の比活性は 4.9 unit/mg (*Azr8*)、2.7

unit/mg (*Azr18*)であった。両酵素とも 15℃近傍でも低温活性を示した。

*Azr8* および *Azr18* の補酵素特異性の検討の結果、両酵素ともに NADH の添加で NADPH の添加より活性が 10 倍以上高くなった。FMN と FAD の酵素への結合量を検討した結果、両酵素ともモノマーあたり 1 モルの FMN あるいは FAD と結合した。基質特異性は、両酵素ともにメチルレッドに対して活性が最大であり、ジアゾ化合物にも活性を示した。

#### 2. 窒素固定能を持つシアノバクテリアを利用した水素生産

ニトロゲナーゼの反応では必然的副産物として H<sub>2</sub> が発生する。この反応は多量の ATP を必要とするので、光-水素変換の理論的最大エネルギー効率は、ヒドロゲナーゼに比べて低いが、不可逆的に H<sub>2</sub> を生産するという利点がある。シアノバクテリアが持つ双方向性ヒドロゲナーゼ(*HupL*)は、むしろ、発生した H<sub>2</sub> を再吸収してしまう。*HupL* を破壊し、水素生産能が 10 倍程度高まった *Nostoc* sp. PCC 7422  $\Delta$ *HupL* を用いて、Ar をベースに N<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 濃度を変えて、H<sub>2</sub> の生産性を調べた。

*Nostoc* sp. PCC 7422  $\Delta$ *HupL* を、BG11 培地から硝酸塩類を除いた培地(BG11<sub>0</sub> 培地)に移し、ブチルゴム栓で密閉したガラス容器内で培養気相の組成を変えて、12 時間ごとの明暗周期光下に置いた。BG11<sub>0</sub> 培地に移してから期間を、2-4 日間(ヘテロシスト形成と水素生産の開始期)とそれ以降(水素生産期)に分け、それぞれの培養気相中の N<sub>2</sub> 濃度を 1-80%(v/v)、また、CO<sub>2</sub> 濃度を 0.03-5%(v/v)と変えて H<sub>2</sub> 生産に対する影響を調べた。その結果、培養気相中の N<sub>2</sub> 濃度は、ヘテロシスト形成期では影響が低かったが、H<sub>2</sub> 生産期では高濃度で水素生産に強く阻害的に働き、濃度 1%程度の時に H<sub>2</sub> 生産の持続性がよく、最終的な H<sub>2</sub> の蓄積濃度も高かった。CO<sub>2</sub> 濃度の影響はそれほど大きくなかったが、この条件下では 5%程度の時に H<sub>2</sub> 生産の持続性がよく、



最終的な蓄積濃度も有意に高かった。

耐寒性、耐乾燥性に優れた極域由来のシアノバクテリアを用いた水素生産への展開が次の課題となる。

### 3. 低温でプロテアーゼ、リパーゼ活性をもつ細菌の分離

山間部や野外での污水处理装置には、微生物の代謝活性を保つために保温装置が備わっているが、その分エネルギーを必要としている。そこで、低温で污水处理を行える細菌を得るために、南極昭和基地周辺の土壌から、6℃でプロテアーゼ、リパーゼ、セルラーゼ活性を持つ細菌のスクリーニングを行った。

その結果、8株の好冷性プロテアーゼ産生株、13株の好冷性リパーゼ産生株、3株の好冷性セルラーゼ産生株が得られた。16S rRNA 遺伝子塩基配列による同定の結果、プロテアーゼ産生株は *Pseudomonas fluorescens* に近縁な株と *Microbacterium foliorum* に近縁な株であった。*Microbacterium foliorum* に近縁な株は similarity の値から新種の可能性が高いと思われた。リパーゼ産生株は *Arthrobacter flavus* に非常に近縁であった。残りの細菌株については現在、16S rRNA 遺伝子の塩基配列を解析中である。

### 4. 南極産単細胞藻類の好冷性と耐凍性

南極大陸のドライヴァレー地域の岩石表層から分離され、同定された単細胞緑藻 *Chlorella vulgaris* A789-12 株と *Stichococcus bacillaris* A789-13 株、それに南極スコット基地より分離された糸状黄緑藻 *Xanthonema* [研究発表]

*sessile* PAB759 株では、培養による生育温度は 5–35℃で、20–25℃付近が最適であった。

緑藻 *C. vulgaris* A789-12 株と *S. bacillaris* A789-13 株における凍結融解後の光合成活性は、凍結温度を–10℃～–80℃と下げにしたがって低下し、その後の培養によって、–30℃まではある程度回復したが、–40℃以下ではほとんど回復しなかった。黄緑藻 *X. sessile* PAB759 株では、–30℃まではわずかに活性が認められた。常温産の *C. vulgaris* C-135 株では–10℃凍結までは活性があったが、–20℃凍結では活性を失った。凍結(–20℃)・融解速度による光合成活性への影響は、*C. vulgaris* A789-12 株と *S. bacillaris* A789-13 株では–/+0.03～–/+0.06℃/min で光合成活性が最も高かった。凍結(–20℃)・融解後、培養すると、凍結・融解速度に関わらず、すべての株で生育が認められた。したがって、凍結・融解による細胞の損傷は、何らかの方法で修復されるか、あるいは残存する正常細胞により、増殖した可能性があると思われる。

以上の結果から、緑藻 *Chlorella vulgaris* A789-12 株と *Stichococcus bacillaris* A789-13 株は、凍結耐性があり、南極陸域に固有な種である可能性がある。それに対し、黄緑藻 *Xanthonema sessile* PAB759 株は、凍結耐性が弱いので、南極固有種ではなく、自然的、あるいは人為的に南極以外から移入された可能性があることが示唆された。

○Toshihiko Ooi, Daiki Ogata, Ken' ichiro Matsumoto, Gen Nakamura, Jian YU, Yao Min, Masaya Kitamura, Seiichi Taguchi(2012): “Flavin-binding of azoreductase: Direct evidences for dual-binding property of apo-azoreductase with FMN and FAD”, J. Mol. Cat. B, 74(3-4): 204-208.

○Masaharu Kitashima, Hajime Masukawa, Hidehiro Sakurai, Kazuhito Inoue (2012): Flexible plastic bioreactors for photobiological hydrogen production by hydrogenase-deficient cyanobacteria. Biosci. Biotechnol. Biochem. 76:831-833.

## 昭和基地周辺における土壤藻類及び土壤微生物を用いた環境モニタリングの実施

◎大谷修司 島根大学教育学部・教授  
巢山弘介 島根大学生物資源科学部・  
(国立極地研究所)  
伊村 智 教授  
平成 22 年～平成 24 年 (3 か年)

### 〔研究成果〕

#### はじめに

大谷と巢山は 41 次夏隊に参加し、昭和基地周辺の土壤藻類の種組成に新たに土壤微生物群集構造を加えた土壤環境のモニタリングを行うために 8 定点を定めた (大谷他 2000)。平成 13 年から平成 18 年の共同研究ではモニタリングが効率よく行えるように土壤藻類の生物指標種や人間の影響のある地点とその他の地点における微生物群集の特徴についても検討を加えた (大谷・巢山 2003, 2007)。平成 19 年から 21 年度の共同研究では、それらのモニタリング研究を継続し実施した。平成 22 年から 24 年の 3 か年については、まだ未解析の土壤試料を用いて、土壤藻類の種類の組成の研究を行った。また、緑藻 *Macrochloris multinucleata* については分類学的研究を実施した。土壤分析については、新たに導入した全炭素・全窒素分析装置を用いて、分析精度の確認を行った。

#### 材料および方法

1) 土壤藻類は、JARE45, 49 によって採集された土壤試料を用いて、種組成の調査を行った。45 次の試料については地点 5, 6 について、また、49 次の試料については地点 5, 6, 7, 8 について培養を行った。

*Macrochloris multinucleata* についてはこれまでのモニタリング研究で蓄積した結果をもとに分類学的研究を行った。

土壤藻類の培養には BBM 寒天培地を用い、15℃, 500～1500lux, 12 時間, 12 時間の明暗周期の条件で約 2 ヶ月培養を行なった。その後はアルミホイルで被い遮光した。寒天培地

上に出現した土壤藻類を柄付き針で取り出し、その形態を微分干渉顕微鏡 (オリンパス BX60) を用いて観察し、種の同定を行なった。

2) 土壤分析は、新たに導入した全炭素・全窒素分析装置 (SUMIGRAPH Model NC-22) を用いて土壤中の全炭素・全窒素量を測定するための予備検討を JARE46～JARE48 によって各地点から採取された後、冷凍されて持ち帰られた土壤を試料として行った。

#### 結果及び考察

##### 1) 土壤藻類の種組成

JARE45 及び JARE 49 の地点 5, 6 出現種はこれまでの出現傾向と類似しており、藍藻 *Leptolyngbya* 属, *Nostoc* 属, 緑藻 *Bracteacoccus* 属, *Chlorella* 属, *Schizochlamydeella* 属, *Diplosphaera* 属, *Macrochloris* 属, *Raphidonema* 属, 黄緑藻 *Xanthonema* 属, *Botrydiopsis* 属, などが出現した。両地点から珪藻類が出現しないこともこれまでと同様であった。

JARE 49 の地点 7 では、これまでの出現傾向と類似しており、藍藻 *Leptolyngbya* 属, 緑藻 *Chlorella* 属, *Trebouxia* 属, 黄緑藻 *Botrydiopsis* 属の 4 属が出現した。地点 8 ではこれまでに比べ著しく出現種は少なく、わずかに *Leptolyngbya* 属の種のみが出現した。

##### 2) 緑藻 *Macrochloris multinucleata* の分類学的研究

本種は、地点の 1, 3, 4, 5 でたびたび出現した。本種は単細胞で、小さいときは楕円体で (14×10μm～15×13μm)、成長するに従って球

形となる。球形細胞の径は14~65 $\mu\text{m}$ で最大で約90 $\mu\text{m}$ に達する。細胞壁は厚く3~4 $\mu\text{m}$ に肥厚する。葉緑体は中央から多くの裂片に分かれ、細胞表面に焦点をあわせるとその裂片が縞模様に見える。明瞭なピレノイドを1個有し、形はほぼ球形で澱粉鞘が全縁の場合や断片化した場合がある。多核細胞であり染色しなくても核は明瞭に観察され、核の数は成長にともない増加する。核の数は径14 $\mu\text{m}$ で1個、径20 $\mu\text{m}$ で2~3個、径26 $\mu\text{m}$ で6個、径45 $\mu\text{m}$ で10個程度ある。

無性生殖は遊走子形成による。単藻培養株での遊走子の観察はできていないが、粗培養において、球形の栄養細胞に接して本種の遊走子と考えられる細胞が観察された。形は変異に富み、先の細い長楕円体から楕円体で、先端がやや平らに成る場合があった。運動は停止しており鞭毛は観察されず、大きさは(11 $\times$ 5 $\mu\text{m}$ ~14 $\times$ 9 $\mu\text{m}$ )、細胞の前端に2個の収縮胞と眼点を1個有す。核は細胞の前側に1個、葉緑体は細胞の後側に1個有し、葉緑体の中央に明瞭なピレノイドを1個有す。遊走子由来と考えられる小さい楕円体の細胞では、細胞前端に二つの小突起を有す場合があり、核は細胞の前方に1個、葉緑体は細胞の後側に1個有す。

## 引用文献

- 大谷修司・巢山弘介・神田啓史 2000. 昭和基地周辺における土壤藻類および土壤微生物による環境モニタリング. 南極資料 44: 265-276.  
大谷修司, 巢山弘介 2003. 南極基地周辺における土壤藻類を用いた土壤環境評価方法の確立平成13~14年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))研究成果報告書, 6-58 頁  
大谷修司, 巢山弘介 2007. 昭和基地周辺における土壤藻類及び土壤微生物を用いた環境モニタリングの実施. 平成18年度共同研究報告書, 58-59 頁

## 研究発表

- 大谷修司 2010. Distribution of freshwater algae in the vicinity of Syowa Station, Antarctica. 第32回極域生物シンポジウム, 国立極地研究所  
大谷修司 2011. 昭和基地周辺の土壌より分離された緑藻 *Macrochloris multinucleata* の分類学的研究. 第33回極域生物シンポジウム, 国立極地研究所  
井上源喜, 本多英介, 谷幸則, 瀬戸浩二, 渡邊隆広, 大谷修司, 他5名. 2012年. 湖底堆積物コアによる完新世における南極宗谷海岸湖沼の古陸水学的研究. 第34回極域生物シンポジウム, 国立極地研究所

Reisigl (1969) はヒマラヤの標高6150mの土壌から本種を分離し、*Chlorozebra multinucleatum* の学名で新種記載した。Ettl and Gärtner (1987) は、本種は *Macrochloris* 属と同様に、細胞が球形、多核で、細胞壁は厚く、葉緑体は縁辺で縞状となることなどの特徴をもつことから本属に組替えた。昭和基地周辺土壌から分離された培養株の形態は、Reisigl (1969) の原記載と大きさ、形、核の数などが良く一致していた。本属の種類の正確な同定のためには遊走子の観察が必要であるが、今のところ単藻培養株での遊走子の観察はできていない。しかし、粗培養において、本種の遊走子と考えられる細胞が観察された。これらの細胞の大きさ、核や葉緑体の位置、2個の収縮胞と、1個の眼点を有することなどの形質は Reisigl (1969) の原記載と一致したことから本種に同定した。

## 3) 土壌分析

新たに導入した全炭素・全窒素分析装置を用いることにより土壌中の全炭素・全窒素量を精度よく測定可能であることが確認できた。

## (共同研究報告書 (終了))

極地の植物に寄生する糸状菌の同定と遺伝子資源としての評価

◎東條 元昭 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科・准教授 (研究代表者)

(国立極地研究所)

伊村 智 教授 (担当教員)

平成22年～平成24年 (3か年) (研究期間)

### [研究成果]

極地にはコケ、藻類および高等植物に寄生する糸状菌が生息しており、その中には低温での活性を示す酵素や未知の脂肪酸類を産生するなど遺伝子資源として有用なものが見られる。極地の他の生物種と同様に、これらの糸状菌も近年の温暖化等の気候変動の影響で近い将来に生息場所が失われる可能性があるが、種の同定や生理・生態的特性の解明はほとんど行われていない。この研究は、極地の未同定の植物寄生性糸状菌の種を特定してその分類学的位置、生理的性状、生態等を明らかにし、遺伝子資源としての有用性を評価することを目的として実施した。成果の概要を以下に示す。

#### <南極域で分離された糸状菌の凍結耐性の確認>

南極の露岩域から分離された糸状菌（真菌および卵菌）がマイナス1℃で生育することや、これらが未知の凍結耐性タンパク質を産生することを確認した (Xao et al. 2010)。

#### <極地のピシウム属菌の分類的位置の考察>

卵菌の主要属で、極域を含む様々な環境中で生きた植物やその遺体を利用して生息するピシウム属菌について、本属内の12の分子系統群と植物病原性との関係を考察した。その中で、極地に生息する植物病原性ピシウム菌は、温帯域で麦類などに褐色雪腐病を引き起こす同属菌と同じ分子系統群に属することに着目し、分類学的に互いに近縁であることを指摘した (東條 2011a)。

#### <ピシウム属菌の分離方法の考案>

極地などの実験操作に制約が多い環境でピシウム属菌を効率的に分離するための方法を考案した (東條 2011b)。

<スピッツベルゲン島のコケから分離された *Trichoderma polysporum* の分類学的位置、コケへ

の感染性、および低温活性酵素産生能の解明>

スピッツベルゲン島のカギハイゴケから分離された糸状菌を *Trichoderma polysporum* と同定し、この菌種がカギハイゴケ表皮の壊死した細胞の中に菌糸で侵入して腐生的に増殖することや、植物細胞壁などの分解に関与するポリガラクトナーゼを低温 (0℃) の培養条件下で生産することなどを明らかにした (Yamazaki et al. 2011)。

<微生物を用いた二段階培養法による長鎖多価不飽和脂肪酸含有リン脂質の発酵生産>

極地に生息する菌でも培養時の生産が確認されている長鎖多価不飽和脂肪酸が、2種類の培地を用いた二段階培養法で効率的に生産できることを明らかにした (Ahmad Iskandar ら 2012)。

<雪腐症状を起こす糸状菌の極地環境における分布と種構成についての考察>

南極と北極のコケ類や高等植物に雪腐症状を起こす糸状菌の分布と種構成を、文献情報とともにとりまとめた。その結果、下記のことが明らかになった。まず、コケなどの地上部にリング状の白化や褐変などの雪腐症状を起こす糸状菌は、そのほとんどが南極と北極の海洋性気候域内に分布する。種類別では、子のう菌では *Thyronectria antarctica* var. *hyperantarctica* や *Sclerotinia borealis* 等が、担子菌では *Typhula ishikariensis* 等が、卵菌では *Pythium* 属菌が報告されており、いずれも低温環境下での生存に適した生育特性を示す。南極や北極の海洋性気候域は地球上で温暖化が最も速く進行する地域とされており、そこに生息する糸状菌をとりまく環境も急速に変化しつつある。一方、極地で雪腐症状を起こす糸状菌の研究例は少なく、とくに、植生に及ぼす影響と、未知種が多いこれらの糸状菌自体を保護する視点からの評価が必要である (Tojo and Newsham 2012)。

<南極と北極でカギハイゴケに褐変を起こす



*Pythium polare* sp. nov. の記載>

北極と南極でカギハイゴケの茎や葉に褐変を起こす *Pythium polare* を新種記載した。本種は極域のみに分布が見られ、褐変を起こしたカギハイゴケから分離されやすいが、土壌や水中からも検出される。5℃下でカギハイゴケに接種すると5週間後までに茎や葉に感染し褐変を起こす。培養形態は *P. iwayamai*, *P. canariense*, *P. violae* などと類似するが、遊走子が形成される際の逸出管が長いこと (av. 34.1 μm) や、雌雄異株性であることなどの特徴によって区別することができる。また、0℃下の培地

上で菌糸が安定して伸長する (2.0~2.8 mm/day)。リボソーム DNA の ITS 領域の塩基配列に基づく系統解析では、北極と南極の互いに遠く離れた5つの地点から分離された本新種の8菌株が、互いに99.9%以上の相同性を示した。さらに、*P. iwayamai* などの麦類褐色雪腐病菌と同じ分子系統群に属することがわかった。これらの結果より、麦類褐色雪腐病菌等と分類および生態的特性が類似する *P. polare* が、北極と南極の広範な地域で野生植物の病原菌として生息していることが明らかになった (Tojo et al. 2012)。

[研究発表]

- Xiao N, Inaba S, Tojo M, Degawa Y, Fujiu S, Hanada Y, Kudoh S, Hoshino T (2010) Antifreeze activities of various fungi and Stramenopila isolated from Antarctica. North American Fungi 5: 215-220.
- 東條元昭 (2011a) 総論：ピシウム菌の病原菌としての特徴. 植物防疫, 65: 71-76. 2011.
- 東條元昭 (2011b) ピシウム菌の分離のコツ. 植物防疫, 65: 107-108. 2011.
- Yamazaki Y, Tojo M, Hoshino T, Kida K, Sakamoto T, Ihara H, Yumoto I, Tronsmo AM, Kanda H (2011) Characterization of *Trichoderma polysporum* from Spitsbergen, Svalbard archipelago, Norway, on species identity, infectivity to moss, and polygalacturonase activity. Fungal Ecology 4: 15-21.
- Ahmad Iskandar Bin Haji Mohd Taha、佐藤 眞美子、東條 元昭、神田 啓史、木元 貴士、金田 輝之、奥山 英登志 (2012) 微生物を用いた二段階培養法による長鎖多価不飽和脂肪酸含有リン脂質の発酵生産. New Food Industry 54: 1-8
- Tojo M, Newsham KK (2012) Snow mould in polar environments. Fungal Ecology 5: 395-402.
- Tojo M, Van West P, Hoshino T, Kida K, Fujii H, Hakoda H, Kawaguchi Y, Mühlhauser HA, Van den Berg AH, Küpper FC, Herrero ML, Klemsdal SS, Tronsmo AM, and Kanda H (2012) *Pythium polare*, a new heterothallic Oomycete causing brown discoloration of *Sanionia uncinata* in the Arctic and Antarctic. Fungal Biology 116: 756-768.



(共同研究報告書 (終了))

雪上藻類の光合成に関する研究 (研究課題)

◎○菓子野康浩 兵庫県立大学理学部・准教授 (研究代表者)  
○原慶明 山形大学・名誉教授 (共同研究者)  
○田邊優貴子 東京大学・学術振興会特別研究員 (共同研究者)  
(国立極地研究所)  
○工藤栄 准教授 (担当教員)  
平成22年～平成24年 (3か年) (研究期間)

[研究成果]

雪上藻類は、通常の藻類が十分な光合成を行うことができない雪上や氷河で増殖する藻類で、黄金色藻や緑藻などを含む。日本では山形県・月山等で、またカナディアンロッキーや、ニュージーランド、スイスアルプスなど、世界各地で見出される。黄金色藻 *Ochromonas smithii* と *O. itoi* は、5月下旬から6月上旬にかけて、豪雪地帯の山地に黄色いパッチを形成する。低温・低栄養・強光というような藻類にとっては不安定な環境下でブルームを起こすには、キサントフィルサイクルや遮光色素が有効であると考えられる。しかし、黄金色藻綱雪上藻の強光からの保護機構はまだ明らかになっていない。そこで、黄金色藻綱雪上藻がどのようにしてそのような厳しい環境下で増殖し、さらにブルームを起こすことができるのか、とくに強光に対する応答機構に注目して解析を進めた。

本研究では、月山で5月のブルームが起こった時に黄色に染まった雪から *O. smithii* と *O. itoi* を単離し、強光に曝されたときの光合成特性等を解析した。

図1は、*O. itoi* に  $1,500 \mu\text{mol photons/m}^2/\text{s}$  の強光を6時間の間照射し、光合成特性の変化を測定したものである。強光照射前の *O. itoi* は、光化学系IIの最大量子収率が0.70であり(図1A)、この光強度では強光ストレスがかかっていないことが明らかである。光強度を変えながら相対電子伝達速度を測定すると、 $495 \mu\text{mol photons/m}^2/\text{s}$  の光強度で光障害が起こり始めた(図1B)。またキサントフィルサイクル活性の指標となるNPQは、 $145 \mu\text{mol photons/m}^2/\text{s}$  の光強度で観測されるようになった(図1C)。6時間の強光照射した *O. itoi* では、光化学系IIの最大量子収率が若干下がり、0.63となった(図1A)。相対電子伝達速度がどの光強度でも下がり(図1

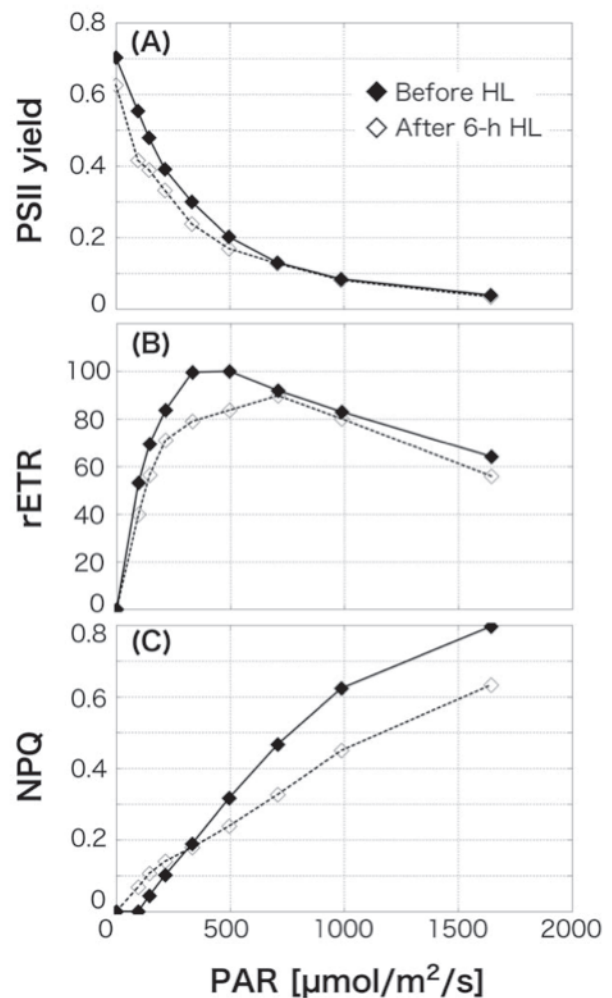


図1. 強光照射前(黒菱形)と照射6時間後(白抜菱形)の *Ochromonas itoi* の光合成特性の変化。

B)、また NPQ はより弱光の  $96 \mu\text{mol photons/m}^2/\text{s}$  の光強度で観測された。このことから、*O. itoi* は、強光下でキサントフィルサイクル活性を上げ、  
(裏面に続く)

(2 枚目)

過剰な光エネルギーを効率的に熱として放散していることが明らかである。その活性は、弱光環境下でも高いが（黒菱形）、強光環境下に長時間滞在することでさらに高くなることが明らかとなった。

このキサントフィルサイクルは、高等植物等ではバイオラキサンチン、アンテラキサンチン、ゼアキサンチンの3種のキサントフィル色素の間の相互変換により機能する。暗所ではバイオラキサンチンの形を取るが、光照射により脱エポキシ化されてアンテラキサンチン、ゼアキサンチンへと順次変換されていく。一方、珪藻等のクロロフィル *c* を有する藻類では、キサントフィルサイクルはいっぱんにディアディノキサンチンとディアトキサンチンの2種のキサントフィル色素の間の相互変換で機能する。弱光下の分子型はディアディノキサンチンで、光照射により脱エポキシ化され、ディアトキサンチンの形となる。脱エポキシ化された分子型（ディアトキサンチンやゼアキサンチン）が過剰な光エネルギーを熱として放散する働きを行う。そこで、*O. smithii* と *O. itoi* に強光照射したときのキサントフィル色素の変化を HPLC により測定した。いっばんにキサントフィルサイクル色素の相互変換は非常に迅速であるため、光照射後の色素抽出処理には十分に注意を払い、色素変化を正確に評価できるように測定を行った。*O. smithii* と *O. itoi* の色素組成を分析したところ、黄色植物に特徴的なクロロフィル *c* が含まれていた。しかし、意外にもディアディノキサンチンやディアトキサンチンの含量は非常に小さく、緑色植物のキサントフィルサイクル色素であるバイオラキサンチン、アンテラキサンチン、ゼアキサンチンが多量に検出された（図2）。暗所でのディアディンキサンチンはクロロフィル *a* の1%程度であったが、バイオラキサンチンは

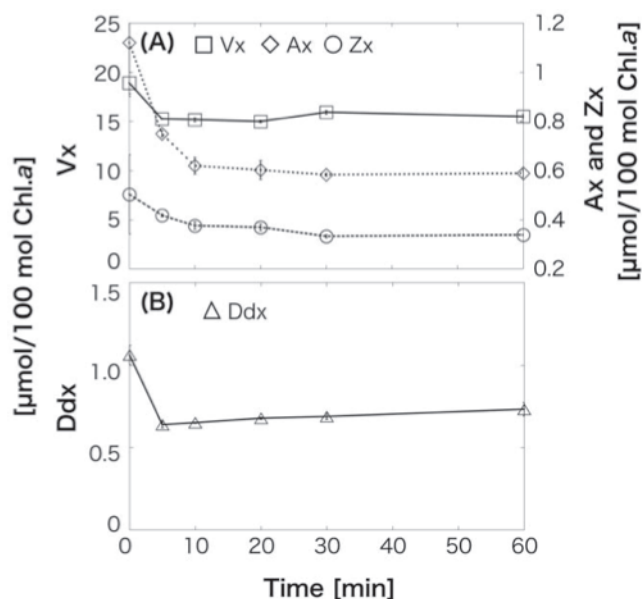


図2. *Ochromonas itoi* に強光照射を行ったときのキサントフィルサイクル色素の変化。クロロフィル *a* 100 分子当たりの分子の数で示してある。

25%近くも含まれていた。実際、強光を照射すると、バイオラキサンチンの含量が減少し、キサントフィルサイクルの変換が起こっていることが示された。

これらの結果から、黄金色藻綱雪上藻 *O. smithii* と *O. itoi* が他の黄色植物類とは異なるキサントフィルサイクル、つまり緑色植物型のバイオラキサンチンサイクルを有し、高い活性のキサントフィルサイクルにより過剰な光エネルギーを有効に熱に変換することで、初夏の雪上の強い光の下でも光阻害を起こすことなく増殖し、さらにブルーム現象を見せるほどの増殖能力のバックグラウンドとなっていることを示している。

[参考文献]

[研究発表]

Tanabe Y, Shitara T, **Kashino Y**, Hara Y & Kudoh S (2011) Utilizing the effective xanthophylls cycle for blooming of *Ochromonas smithii* and *O. itoi* (Chrysophyceae) on the snow surface. **PLoS ONE** 6: e14690.



大半であった。このことはこれらの細菌が現在までに培養分離されていない細菌種であるか、もしくは氷河期後に大陸が上昇し取り残された細菌がそのまま南極湖沼において生き続けてきた古い細菌種である可能性も考えられる。

## 2) 塩湖すりばち池と舟底池の DMSP 量と DMSO 呼吸細菌の相関関係

植物プランクトン由来の DMSP (ジメチルスルフォニオプロピオネート) が細胞破壊などにより海水中に放出され、DMSP リアーゼなどの酵素反応によって DMS (ジメチルスルフィド) に変換されることが考えられている。揮発性物質である DMS は環境中に放出される

と酸化され、DMSO に変化する。塩湖すりばち池と舟底池の DMSP 量と DMSO 呼吸細菌の相関関係について調べた。*Marinobacter* sp.が比較的多い水層は、すりばち池の表層、2m、5m、舟底池の 0m であり、この水層では DMSP の存在量が少なくなっており、負の相関関係があると考えられた。

以上の結果は夏の時期の細菌群集構造を解析したものである。今後は氷で湖沼表面が覆われる時期から開氷までの期間の細菌群集構造の変化を調べることで、細菌群集の変化と物質循環に関する研究の端緒となることが期待できる。

| すりばち池     |                         |                             | 舟底池       |                         |                             |
|-----------|-------------------------|-----------------------------|-----------|-------------------------|-----------------------------|
| 水深<br>(m) | DMSPp conc.<br>(nmol/L) | DMSPd+DMS<br>conc. (nmol/L) | 水深<br>(m) | DMSPp conc.<br>(nmol/L) | DMSPd+DMS<br>conc. (nmol/L) |
| 0         | 0.44                    | 1.15                        | 0         | 0.28                    | 0.81                        |
| 2         | 0.27                    | 2.07                        | 1         | 0.28                    | 14.03                       |
| 5         | 0.00                    | 2.52                        | 2         | 0.44                    | 12.35                       |
| 10        | 1.44                    | 19.66                       | 3         | 0.40                    | 13.47                       |
| 11        | 5.73                    | 22.61                       | 5         | 0.45                    | 13.20                       |
| 15        | 2.06                    | 23.25                       | 7         | 1.41                    | 3.62                        |

図2. 塩湖であるすりばち池と舟底池の DMSP 量

## [参考文献]

- 1) Matsuzaki, M., Kubota, K., Ban, S., Imura, S., Kunugi, M., and Satoh, T.; Dimethyl sulfoxide-respiring bacteria in Suribati Ike, a hypersaline lake, in Antarctica and the marine environment, Polar Bioscience, Vol. 20, p73-p82.

## [研究発表]

- 1) Kudoh, S., Tanabe, Y., Matsuzaki, M. and Imura, S. ; In situ photochemical activity of the phytobenthic communities in two Antarctic lakes. (2009) Polar Biol., Vol.,32, No.11, p1617-p1627.
- 2) Kimura, S., Ban, S., Imura, S., Kudoh, S. and Matsuzaki, M.; Limnological characteristics of vertical structure in the lakes around Syowa Oasis, East Antarctica. (2010) Polar Science, Vol., 3, p262-p271.



## 共同研究報告書（終了）

南極材料を用いた薬剤耐性菌および薬剤耐性遺伝子の検索

◎酪農学園大学獣医学部 田村 豊教授（研究代表者）  
酪農学園大学獣医学部 臼井 優講師（共同研究者）  
（国立極地研究所）  
伊村 智准教授（担当教員）  
平成 23 年～平成 24 年（2 か年）（研究期間）

### 【研究成果】

医療現場では抗菌薬の効かない耐性菌の出現と拡散が問題となっており、その対策が急務とされている。こうした抗菌薬耐性菌が保有している耐性遺伝子の起源と伝播については多くの研究がなされているが、その全容は未だに明らかになっていない<sup>1)</sup>。本研究においては、耐性菌の出現と拡散のメカニズムの解明の一助とするため、人為的影響が皆無である南極のアイスコアを用いて、そこに存在する細菌種の特定制および抗菌薬耐性遺伝子の検出を行った。

まず、南極ドームふじ基地にて過去に採材された、年代の異なる 2 つのアイスコア（Sample A, 約 1,800 年前；Sample B, 約 2,700 年前）について、その融解液から全 RNA を抽出した後に 16S rRNA のメタゲノム解析を行ない、内部に含まれている細菌叢を特定した（表 1、2）。その結果、2 つのアイスコアからそれぞれ多数の解析リードが取得でき、この手法がアイスコア中の細菌叢特定に有効であることが確認された。また、検出された細菌種の多くは水系や土壌中に生息しているとされる環境細菌であり、アイスコアの堆積時に雪や塵の中に含まれていたものがそのまま保存されていたものと考えられた。その一方、検出された細菌叢は両サンプルで大きく異なっており、同じアイスコアであってもその形成年代によって内部に包含される細菌種に違いがあることが示唆された。

以上の結果より、アイスコアサンプルのメタゲノム解析が細菌叢特定に有効な手法であることが示された。アイスコア中に含有される細菌叢を明らかにすることにより、温度条件や風向きなど、古環境の推定につながる可能性が考えられる。より古い年代のアイスコアで同手法を用いることで、化石証拠の残りにくい細菌の貴重なデータが得られる可能

性も今後の展望として予想される。また、アイスコアが形成された当時の細菌を調査することにより、現代の抗菌薬耐性遺伝子の起源となった遺伝子や、未知の耐性遺伝子の発見が期待される。

次いで、PCR 法による抗菌薬耐性遺伝子（66 種類）の検出を、上記の 2 サンプルに 3 つの別年代のアイスコアを加えた計 5 サンプルで実施した。その結果、深さ 72 メートル部分（約 1,500 年前）のアイスコアから、アミノグリコシド系抗菌薬耐性遺伝子である *strA*、*strB* が検出された。これらの遺伝子は基質のリン酸化酵素であり、アミノグリコシド系の一種であるストレプトマイシンを不活性化させることにより本薬剤に耐性化をもたらす遺伝子であることが明らかになっている<sup>2)</sup>。また、これらの遺伝子は様々な細菌種からの検出報告がある他、ヒトや動物の医療現場、および環境中といった幅広い領域から検出されている<sup>3)</sup>。

以上より *strA* と *strB* は、人類による抗菌薬の開発と使用がなされる以前から、南極も含めた広範な環境中に存在していたことが示唆され、抗菌薬耐性菌の蔓延は選択圧による細菌の生存戦略の結果であるという従来の仮説を裏付けるものであった。今後、検出された遺伝子とその周辺構造の塩基配列を解析し、現代において検出される *strA*、*strB* と比較することで、これらの遺伝子の分子進化や伝播経路について解明していることが望まれる。その一方、*strA* と *strB* 以外の抗菌薬耐性遺伝子が検出できなかったこと、および他の 4 サンプルでは耐性遺伝子が全く検出されなかったことは、選択圧が無い条件下での耐性菌の希少さを表しているものと考えられた。

本研究により、南極アイスコア中の細菌叢の特定と、そこに存在する耐性遺伝子の検出に成功した。



確認できた遺伝子数は限定的であるが、検出された遺伝子の詳細な解析、および今後サンプル数を増やした広範な調査を行なうことにより、抗菌薬耐性遺

伝子の起源や伝播についてより詳しい知見を得ることができると期待される。

表 1. Sample A 中の構成細菌叢

| Phylum                    | Family                        | Sample A<br>(1,800年前) |            | Total      |
|---------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------|------------|
|                           |                               | Direct                | Filtered   |            |
| <i>Actinobacteria</i>     | <i>Cellulomonadaceae</i>      | 2                     | 336        | 338        |
|                           | <i>Thermomonosporaceae</i>    | 0                     | 5          | 5          |
|                           | <i>Conexibacteriaceae</i>     | 0                     | 2          | 2          |
| <i>Proteobacteria</i>     |                               |                       |            |            |
| class Alphaproteobacteria | <i>Phyllobacteriaceae</i>     | 1                     | 4          | 5          |
|                           | <i>Beijerinckiaceae</i>       | 0                     | 3          | 3          |
|                           | <i>Bartonellaceae</i>         | 0                     | 1          | 1          |
| class Betaproteobacteria  | <i>Methylophilaceae</i>       | 0                     | 1          | 1          |
| class Gammaproteobacteria | <i>Aeromonadaceae</i>         | 0                     | 192        | 192        |
|                           | <i>Moraxellaceae</i>          | 0                     | 46         | 46         |
|                           | <i>Pasteurellaceae</i>        | 13                    | 8          | 21         |
|                           | <i>Ectothiorhodospiraceae</i> | 0                     | 1          | 1          |
| class Deltaproteobacteria | <i>Pelobacteraceae</i>        | 6                     | 0          | 6          |
|                           | <i>Geobacteraceae</i>         | 0                     | 1          | 1          |
| <i>Firmicutes</i>         | <i>Planococcaceae</i>         | 0                     | 10         | 10         |
|                           | <i>Fermentococcaceae</i>      | 1                     | 3          | 4          |
| <i>Cyanobacteria</i>      | <i>Microchaetaceae</i>        | 12                    | 0          | 12         |
| <i>Bacteroidetes</i>      | <i>Bacteroidaceae</i>         | 0                     | 2          | 2          |
| <b>Total</b>              |                               | <b>35</b>             | <b>615</b> | <b>650</b> |

表 2. Sample B 中の構成細菌叢

| Phylum                       | Family                        | Sample B<br>(2,700年前) |           | Total      |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------|------------|
|                              |                               | Direct                | Filtered  |            |
| <i>Deinococcus-Thermus</i>   | <i>Deinococcaceae</i>         | 353                   | 0         | 353        |
|                              | <i>Trueperaceae</i>           | 184                   | 0         | 184        |
| <i>Actinobacteria</i>        | <i>Micromonosporaceae</i>     | 0                     | 32        | 32         |
|                              | <i>Micrococcaceae</i>         | 4                     | 11        | 15         |
|                              | <i>Thermomonosporaceae</i>    | 1                     | 0         | 1          |
|                              | <i>Kineosporiaceae</i>        | 4                     | 0         | 4          |
|                              | <i>Nakamurellaceae</i>        | 3                     | 0         | 3          |
|                              | <i>Actinosynnemataceae</i>    | 0                     | 1         | 1          |
|                              | <i>Nocardioidaceae</i>        | 0                     | 1         | 1          |
|                              | <i>Promicromonosporaceae</i>  | 1                     | 0         | 1          |
|                              | <i>Streptosporangiaceae</i>   | 0                     | 1         | 1          |
|                              | <i>Tsakamurellaceae</i>       | 0                     | 1         | 1          |
| <i>Proteobacteria</i>        |                               |                       |           |            |
| class Alphaproteobacteria    | <i>Phyllobacteriaceae</i>     | 0                     | 1         | 1          |
|                              | <i>Beijerinckiaceae</i>       | 1                     | 0         | 1          |
|                              | <i>Hyphomonadaceae</i>        | 0                     | 2         | 2          |
|                              | <i>Xanthobacteriaceae</i>     | 0                     | 1         | 1          |
| class Betaproteobacteriaceae | <i>Methylophilaceae</i>       | 0                     | 2         | 2          |
| class Gammaproteobacteria    | <i>Aeromonadaceae</i>         | 0                     | 4         | 4          |
|                              | <i>Moraxellaceae</i>          | 0                     | 1         | 1          |
|                              | <i>Vibrionaceae</i>           | 0                     | 28        | 28         |
|                              | <i>Ectothiorhodospiraceae</i> | 1                     | 0         | 1          |
|                              | <i>Halomonadaceae</i>         | 1                     | 0         | 1          |
|                              | <i>Piscinickettiaceae</i>     | 0                     | 1         | 1          |
|                              | <i>Bdellovibrionaceae</i>     | 0                     | 1         | 1          |
|                              | <i>Desulfobacteraceae</i>     | 0                     | 1         | 1          |
|                              | <i>Syntrophaceae</i>          | 1                     | 0         | 1          |
| <i>Firmicutes</i>            | <i>Planococcaceae</i>         | 1                     | 0         | 1          |
|                              | <i>Clostridiaceae</i>         | 1                     | 2         | 3          |
|                              | <i>Leuconostocaceae</i>       | 2                     | 0         | 2          |
|                              | <i>Listeriaceae</i>           | 1                     | 0         | 1          |
| <i>Bacteroidetes</i>         | <i>Sphingobacteriaceae</i>    | 1                     | 3         | 4          |
| <b>Total</b>                 |                               | <b>560</b>            | <b>94</b> | <b>654</b> |

[参考文献]

1. Julian Davies and Dorothy Davies. Origin and evolution of antibiotic resistance. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 2010, 74(3):417-433.
2. K. J. Shaw, P. N. Rather, R. S. Hare, and G. H. Miller. Molecular genetics of aminoglycoside genes and familial relationship to the aminoglycoside-modifying enzymes. *Microbiol. Rev.*, 1993, 57(1):138-163.
3. George W. Sundin. Distinct recent lineages of the *strA-strB* streptomycin-resistance genes in clinical and environmental bacteria. *Curr. Microbiol.*, 2002, 45(1):63-69.

[研究発表]

1. 大久保 寅彦、佐藤豊孝、中村昇太、飯田哲也、臼井 優、能田 淳、萩原克郎、田村 豊：南極の氷中に含まれていた細菌叢の解析、第 154 回日本獣医学会学術集会、2012 年 28 日～29 日、帯広。
2. 大久保 寅彦、佐藤豊孝、中村昇太、飯田哲也、臼井 優、能田 淳、萩原克郎、田村 豊：南極の氷中に含まれていた細菌叢の解析、第 154 回日本獣医学会学術集会、2012 年 9 月 14 日～16 日、岩手。

## (共同研究報告書 (終了))

陸上動物を対象とした遠隔操作によるバイオリギング研究

◎森 貴久 帝京科学大学生命環境学部・准教授 (研究代表者)

佐藤克文 東京大学大気海洋研究所・准教授 (共同研究者)

宮崎信之 東京大学名誉教授

(国立極地研究所)

高橋晃周 准教授

(担当教員)

渡辺佑基 助教

平成23年～平成24年 (2か年)

(研究期間)

### [研究成果]

平成23年度は、将来、野生個体を対象とした本実験を実施する前段階の予備的調査として、イギリスのブリストルにおけるハヤブサ実験と、ナミビアの Harnas Wildlife Foundation におけるチーター実験を実施した。いずれも飼育個体に GPS と加速度計を取り付け、一定期間動物が動き回った後、装置を回収し、その間の移動速度や各種活動性を加速度時系列データから解析した。

当初、水生動物の動きを測定する目的で開発されたこれらの装置は、陸上動物の詳細な動きを測定する事にも十分用いる事ができる事が確認できた。

平成24年度は、南知多ビーチランドで飼育されているバンドウイルカを用いた行動実験を実施した。任意の高さに設置したボールをタッチするようトレーニングした個体に速度や加速度を測定できる記録計を取り付け、飛び出し速度と到達高度の関係を調べようとした。

実際に実験を実施すると、高速遊泳時にプロペラの回転数(1秒間の回転数)をセンサーが検知できないという問題があることが発覚した。そこで、プロペラの枚数を減らし attack angle を浅くするなどの工夫を加え、回転数を下げるといった対応をした。得られたデータは現在解析しているところである。

また、イエネコを対象に GPS ロガーと加速度ロガーを首輪を用いて装着し、個体の行動範囲と運動量を測定した。イエネコの飼育には、屋外にも自由に出入れる外飼い方法と、基本的に屋内のみで飼育する内飼い方法がある。そこで、加速度ロガーを用いて、外飼いと内飼いの飼育方法でイエネコの運動量に差があるかを調べ、同時に、外飼いのイエネコの行動範囲と運動量に相関が生じるかを調べた。

結果は、外飼いのイエネコと内飼いのイエネコの運動量に有意な差はなかった。また、行動範囲と運動量には明瞭な相関はみられなかった。ただし、これらの結果は、主に秋から冬にかけて得られた結果であり、季節によって飼育方法による運動量への影響がある可能性がある。

さらに、ヒトの素潜り漁に着目し、ヒトにおける潜水行動をバイオリギングで調査した。素潜り漁では海底でアワビなどを素潜り(息堪え潜水)で獲り、それを漁協に売ることによって利益を得る。したがって、ヒトの素潜り漁にも潜水動物の採餌行動と同じ最適採餌理論が適用できるように考えられる。本研究では、素潜り漁を行なう5人のダイバー(海士)にデータロガーを装着し、延べ16回の漁から699回の潜水記録を得てこれを解析した。

結果(表1)は、平均水深は6.5-6.9mで個体差はなかったが、平均潜水時間は28.5-56.1秒で大きな個体差があった。1日の平均潜水回数は23.5-67.5回/日で、漁獲したアワビは10-15kgだった。潜水深度と潜水時間の相関は、全体では0.31(0.06-0.85)とあまり大きくなかった。本研究の結果では、各自がほぼ同じ水深で漁をしながら潜水時間は大きく異なり、また、潜水回数にも海士によって3倍近い違いがありながら漁獲量は2倍以下の違いしかなかった。ヒトの素潜り漁を潜水動物の最適採餌の観点から解釈することはそれほど容易ではないと考えられる。

以上の調査の他には2ヶ月に1回程度の頻度で極地研と東京大学大気海洋研究所の合同ゼミを実施し、学生同士の交流を深めることを行った。

(裏面に続く)

表 1

| Divers                                 | #1    | #2    | #3    | #4    | #5    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Age                                    | 35    | 72    | 65    | 31    | 43    |
| Experience (yrs)                       | 5     | 50    | 35    | 1     | 2     |
| N of fishing                           | 3     | 4     | 2     | 3     | 4     |
| N of total dives                       | 91    | 94    | 105   | 154   | 277   |
| Mean dive time                         | 35.9s | 56.1s | 32.6s | 28.5s | 45.3s |
| S.D.                                   | 13.2  | 10.3  | 5.6   | 7.5   | 10.6  |
| Mean dive depth                        | 6.5m  | 6.9m  | 6.9m  | 6.5m  | 6.9m  |
| S.D.                                   | 1.8   | 1.5   | 1.1   | 1.7   | 1.2   |
| Mean asc. time                         | 9.8s  | 9.3s  | 9.5s  | 7.6s  | 10.1s |
| S.D.                                   | 2.9   | 2.8   | 2.9   | 2.4   | 2.9   |
| Mean bottom time                       | 19.2s | 38.1s | 15.4s | 11.6s | 23.4s |
| S.D.                                   | 11.6  | 10.3  | 7.0   | 5.3   | 10.2  |
| Mean dive interval                     | 206s  | 674s  | 183s  | 120s  | 155s  |
| S.D.                                   | 247   | 481   | 282   | 289   | 253   |
| Mean total dive time/day               | 1085s | 1318s | 1712s | 1459s | 3082s |
| Correlation (dive depth vs. dive time) |       |       |       |       |       |
| *P<0.05                                | 0.85* | 0.27* | 0.02  | 0.78* | 0.43* |

# I . 共同研究報告（終了）

## 一般共同研究

### （5）極 地 工 学



## 昭和基地におけるエネルギー利用効率向上に関する研究

- ◎ 木村 茂雄 神奈川工科大学工学部・教授  
 森 武昭 神奈川工科大学工学部・教授  
 吉本 一穂 早稲田大学理工学術院・教授  
 矢田 直之 神奈川工科大学工学部・准教授  
 山岸 陽一 神奈川工科大学工学部・准教授

( 国立極地研究所 ) 菊池 雅行

平成22年 ~ 平成24年 ( 3 年 )

### 【研究成果】

#### 1. 緒言

南極昭和基地におけるエネルギー事情は観測活動の活発化に伴い十分に余裕のある状況ではなくなっている。こうしたことより、太陽光発電や風力発電の積極的な利用が試みられてきた。こうした自然エネルギー利用のさらなる利用の一環として、発電や熱供給を太陽に大きく依存した設計とした「自然エネルギー棟」が昭和基地に建設された(翼状の屋根は未建設)。自然エネルギー棟では、太陽光パネルを壁面に配置し、さらに、太陽光の熱エネルギー利用のために集熱装置をも壁面に設置している。両装置ともにその性能を高く維持するためには、吹雪発生時にパネル面上に雪の堆積・付着が発生させないことが要求される。この観点から、本研究では、数値的手法により自然エネルギー棟廻りの雪の輸送を解析し、雪の堆積・付着について検討を行った。

また、建物上、あるいはその周囲への雪の堆積に関する調査・研究においては風を正しく観測することが要求される。そして、これは、上述した風力の利用においても同様に必要な作業となる。寒冷環境下での風観測では加熱型の風速計を用いることが一般であるが、雪の飛散がある場合に、それが真に有効であるかは問題であるとの報告もある。本研究では、こうした観点から、吹雪環境下での風観測機器の性能評価も実施した。

#### 2. 研究成果

##### 2-1. 建屋における雪の堆積に関する研究

建屋廻りの雪の飛散・堆積状態を数値的に解析した。解析の対象とした建屋を図1に示す。自然エネルギー棟を主たる解析対象とし、その比較のために形状を若干変えたケースを考慮した。吹雪を雪粒子と空気の固気二相流として扱い、汎用熱流体解析ソフト (FLUENT6.3) を用いて、三次元非定常乱流混相流解析を行った。混相流モデルには、体積占有率 (雪と空気の体積の割合) の輸送方程式を解き、粒子同士の衝突や摩擦を取り扱うことができるオイラー多粒子モデルを、乱流モデルには RNGk-εモデルを使用した。積雪分布は、体積占有率の分布で近似できると仮定した。計算領域を図2に、計算条件を表1に示す。

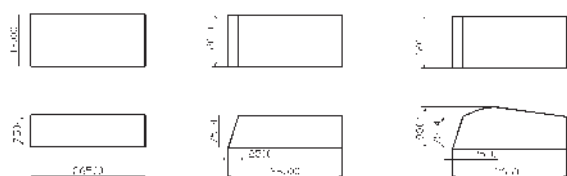


図1. 計算対象構造物 ( 自然エネルギー棟を基本として )

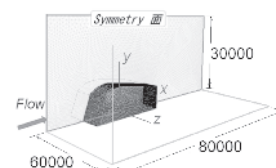


図2. 計算領域

表1. 計算条件

| Flow                       | Snow   |
|----------------------------|--|
| Velocity of wind: 18 m/s   | Real density: 900 kg/m <sup>3</sup>            |
| Turbulence intensity: 10 % | Particle diameter: 0.07 mm                     |
| Air temperature: -10 °C    | Average volume fraction: $1.84 \times 10^{-7}$ |

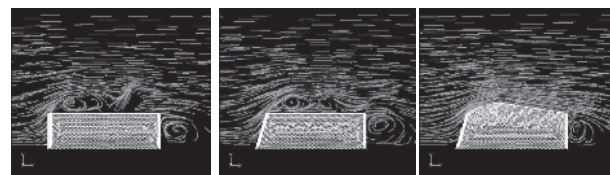


図3. 建物周辺の流れの様子

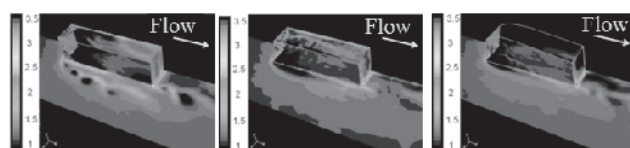


図4. 建屋周辺の雪の堆積状況

建屋廻りの流れの状況を図3に、建屋周辺の雪の堆積状況を図4に示す。自然エネルギー棟で導入された傾斜した前面部と翼状の屋根構造により剥離を伴わない建屋横断面での風の流れが形成され、結果として建屋廻りでの雪の堆積・付着が大幅に低減されていることがわかった。

##### 2-2. 風観測の安定化に関する研究

寒冷環境下においては加熱型の風観測機器を用いることが一般とされている。南極基地においては、絶対的な湿度が低いことや、液相の水の含有量が極めて低い雪質であることから、経験的に加熱を行わないと聞く。そこで、実際に飛雪環境を風洞内に形成し、加熱型の2種の風観測機器 (超音波型、およびカップ型風速計) にお

る雪の影響を試験的に調査した。

図 5(a)には、降雪装置を風洞天井部に設置して実施した風洞試験の全体を示す。試験条件は、環境温度-12℃、風速 6m/s とした。降雪装置には乾き雪を充填して風洞計測部に散布して飛雪環境を形成した。図 5(b)に、超音波風速計のトランスデューサ部に発生した着氷を示す。当該風速計のトランスデューサ部は、中央部にヒータが内蔵されているが、上下部は非加熱で、このため、中央部で融解した液相の水がこの非加熱部で凍結し、時間とともに中央に向かって成長する。結果、この着氷が中央部で結合して橋状となり (Ice-bridge)、トランスデューサ同士の交信を阻害して、図 6 にみられるような異常値の出力となる。



(a). 着雪風洞試験全体 (b). Secondary icing  
図 5. 飛雪環境下での加熱型超音波風速計上の Ice-Bridge 形成

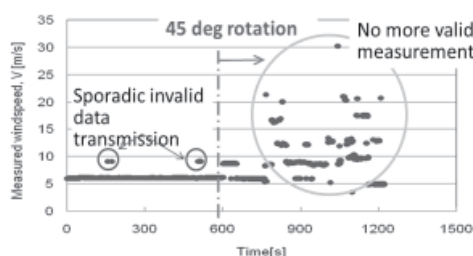


図 6. Ice-bridge 形成による計測異常値発生

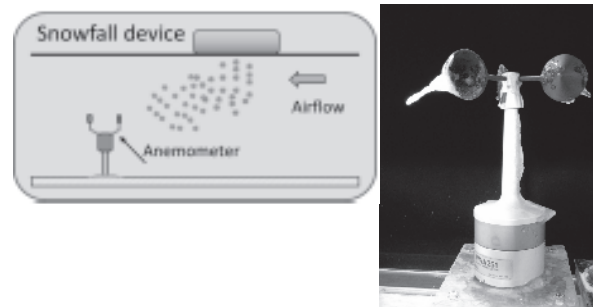


図 7. 飛雪環境下でのカップ型風速計上の Secondary icing

他方、加熱型カップ型風速計でも、本質的には付着が極めて低い乾き雪の場合であっても、図 7.にみられるような氷柱状の着氷がカップ外縁部に発生して風計測に影響を与えることが判明した。

### 3. 結言

南極基地において太陽光や太陽熱を効率的に利用するためには、太陽光パネル面や集熱装置面上への雪の堆積を防止することが肝要となる。新たに建設された自然エネルギー棟では実際にこうした装置を壁面に設置している。本解析において、自然エネルギー棟に適用した特異な形状が、建屋廻りの流れをスムーズとし、結果雪の堆積・付着の低減が実現された。また、こうした試みの検証や、風力エネルギー利用に必要な風の観測に用いられる観測機器の問題点を試験的に指摘した。

### 研究成果の発表 (発表予定を含む)

- (1) 山岸陽一, 木村茂雄, 他 5 名: 数値解析による南極基地自然エネルギー棟周りの吹雪による積雪状況, 寒地技術論文・報告集 2010, Vol.26, pp.53-58, 2010
- (2) 山岸陽一, 木村茂雄, 他 4 名: 画像による模擬雪の積雪深計測, 寒地技術論文・報告集 2011, Vol.27, pp.23-27, 2011
- (3) Yoichi Yamagishi, Shigeo Kimura, et al.: Visualization of Snowdrift around Cube by Experiments and Numerical-simulations The 11th ASIAN SYMPOSIUM ON VISUALIZATION, 5pages, 2011
- (4) Yoichi Yamagishi, Sigeo Kimura, et al.: Visualization of snowdrift around buildings of an Antarctic base through numerical simulation, Journal of Visualization, Vol.15, No.1, pp.77-84, 2011
- (5) Yamagishi, Y., S. Kimura, H. Morikawa, T. Kojima, K. Kawakami, K. Ishizawa and M. Kikuchi: Study of snowdrift around buildings of Antarctica base on numerical analysis, IWAI2011 Chongqing, May. 2011 5pages
- (6) 山岸陽一, 石蔵慶紀, 木村茂雄, 他 2 名: “吹雪による高床式建屋周りの流動特性と建屋形状”, 第 28 回寒地技術シンポジウム査読論文 (2012)
- (7) 山岸陽一, 石蔵慶紀, 木村茂雄, 他 2 名: “高床式建屋周りのスノウドリフトの可視化”, 可視化情報, Vol.32, No.2 (2012), pp.159-160
- (8) 山岸 陽一, 木村 茂雄, 石沢 賢二, 菊池 雅行, 他 2 名: 固気二相流解析による南極建屋周りの積雪予測、機械学会論文集 (掲載予定)
- (9) Kimura, S., H. Morikawa, T. Sato, Y. Yamagishi and T. Kojima: Effect of snowing on wind speed measurement in view of wind power production, 4<sup>th</sup> International Solar Energy Society Conference, 2010, Yokohama
- (10) Shigeo Kimura, Hiroshi Morikawa, Takeshi Sato, Yoichi Yamagishi, Tetsuya Kojima: Incorrect Wind Measurement Due to Icing on Heated Ultrasonic Anemometer, IWAI2011, 6pages, 2011
- (11) Kimura, Shigeo, Takeshi Sato, Yohichi Yamagishi, et al.: Identification of ultrasonic anemometer's invalid data transmission, Winterwind2012, 2012, Sweden
- (12) Kimura, S., Y. Yamagishi, et al. DE-ICING TESTING AND DEVELOPMENT OF ULTRASONIC WIND SENSOR FOR COLD CLIMATE, WinterWind2013 International Wind Energy Conference, 2013, 6-pages

## 共同研究報告書（終了）

### 極寒地・南極大陸における高機能繊維素材の開発

◎奥野温子 武庫川女子大学生生活環境学部・教授

横山宏太郎 (独)農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター・専門員

吉田恭子 武庫川女子大学生生活環境学部・准教授

中野由美子 武庫川女子大学生生活環境学部・助教

(国立極地研究所)

菊池雅行 助教

平成 22 年～平成 24 年（3 か年）

#### [研究成果]

##### 1. はじめに

平成 15 年より、南極地域観測隊員の協力のもと、昭和基地からドームふじまでの高所・極寒の厳しい環境下で繊維素材を曝露し、その劣化のメカニズムについて検討を続けてきた<sup>1,2)</sup>。その間において、第 49 次南極地域観測隊員により昭和基地で実施した曝露実験（平成 19 年 5 月～平成 20 年 1 月）で 82 日間曝露された試料の表面形態を観察したところ、図 1 のように、ナイロン 6 及びポリエステルでは表面にオリゴマーの生成がみられ、天然繊維である綿、絹繊維においても表面に結晶状の物質が観察された。特にナイロン 6 では、曝露日数の経過に伴いオリゴマーの成長がみられ、絹についてもナイロンと同様、曝露日数の経過に伴い繊維表面上に結晶状の物質の成長がみられた。また、南極域において繊維表面から徐々に中心部へと劣化していく特異な形態変化は、結晶物の付着とともに、温かな地域では観察されず興味深い現象である。この要因として、水分、温度、雪、紫外線、強風など南極特有の環境による影響が考えられることから、同じような寒冷環境を想定した低温下での条件を考慮し、実験室的に検討した結果、結晶物の生成には、水分が大きく関与していることが示唆された<sup>3)</sup>。

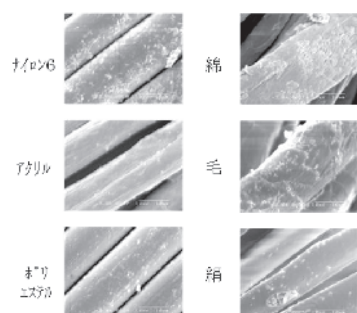


図 1 南極域で 82 日間曝露された各繊維の表面形態

そこで本研究では、南極以外の寒冷環境においても同様の現象がみられるのかを検討するため、冬期の気温が昭和基地の夏期と近い新潟県上越市にお

いて曝露実験を行い、南極域での結果と比較検討した。

また、繊維表面に撥水加工を施し水分の付着を軽減させた試料と未加工試料を曝露し、それらを比較することによって、前記の結晶物生成への水分の関与と、撥水加工による効果についても検討を試みた。

##### 2. 実験方法

曝露試料は 6 種類の繊維素材（綿、羊毛、絹、アクリル、ポリエステル、ナイロン 6 の平織物）及びそれらの素材表面に撥水加工を施したものである。

試料の曝露には、図 2 に示すように新潟県上越市においては、ポールに旗状に吊るし、平成 23 年 1 月～4 月の期間、南極昭和基地においては、第 53 次南極地域観測隊員の協力によりアンテナ支柱にとりつけ、平成 24 年 2 月～5 月の期間、いずれも約 30 日毎に計 3 回の試料回収を行った。なお、南極昭和基地において曝露された試料は、第 53 次南極地域観測隊の帰国後に受け取るため、観察及び分析結果は改めて報告する。



図 2 試料の曝露  
(左：新潟県上越市、右：南極昭和基地)

曝露試料の表面形態の観察には、走査電子顕微鏡（日立, SEM model S-2100B）、表面分析の測定には ESCA（島津, ESCA-850）、照射 X 線源は Mg-Kα 線（8 kV, 30mA）、走査速度 0.05eV/s で分析を行った。撥水加工の処理には、CF<sub>4</sub> ガスを用いて低温炭化装置（International Plasma, ICP 1005 248AN）により、プラズマ処理を行った。なお、撥水効果の確認には接触角測定により判定を行った。



### 3. 新潟県上越市における曝露試料の表面形態

走査電子顕微鏡により曝露試料の表面観察を行った結果を図3に示した。未加工試料の場合(B, C)、曝露35日間では繊維表面層の剥離や劣化の進行が観察され、特に羊毛では92日間の曝露で結晶状の物質の生成がみられた。このような現象は、図1の南極域での曝露82日間に観察された時と同様の傾向を示し興味深い。また、35日間の曝露でポリエステルにオリゴマーの生成、ナイロン6では分子間力の弱い部分にスポットが観察された。

プラズマ処理により撥水加工を施した試料を曝露した場合の繊維表面形態(図3D, E)には、撥水加工による効果はみられなかったが、接触角測定によりアクリル及びポリエステルにおいては92日間曝露をおこなっても撥水効果は減少していなかった。一方、天然繊維の綿及び羊毛においては、曝露によって撥水効果は減少傾向にあった。これは、天然繊維表面の微細な凹凸のため、プラズマ処理効果の均一性を欠くこと、また、表面層のごく浅い部分のみの処理加工のため、曝露によって表面層がダメ

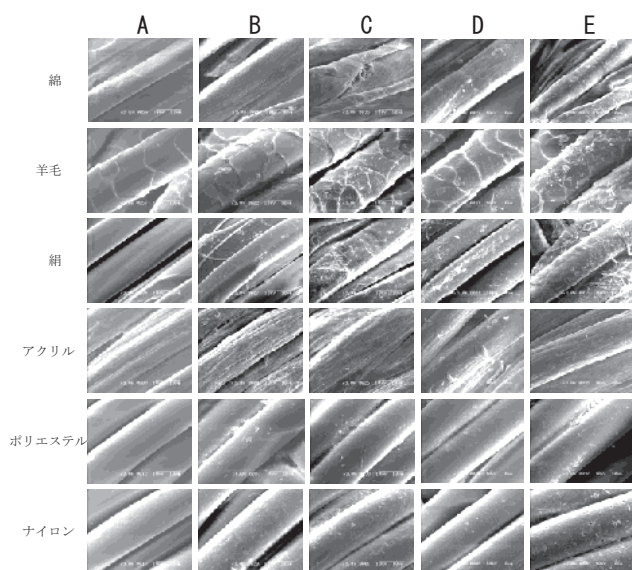


図3 新潟県上越市における曝露試料の表面形態

A: 曝露前  
B: 未加工試料曝露35日間  
C: 未加工試料曝露92日間  
D: 撥水加工試料曝露35日間  
E: 撥水加工試料曝露92日間

### [参考文献]

- 1) T. Okuno, Y. Nakano, K. Yoshida, K. Yokoyama, M. Hamaguchi, K. Yano, and M. Matsuo; Morphology and Mechanical Property of Nylon 6 Fibers in the Flags Exposed on the Route between Syowa Station and Dome Fuji in the Antarctic, Polymer Journal, Vol. 37, No. 3, p169-p176 (2005)
- 2) 中野由美子, 吉田恭子, 横山宏太郎, 奥野温子; 極地での曝露による繊維表面形態と物性(第一報)—南極大陸及び西宮市におけるナイロン6繊維の表面形態について—, 武庫川女子大学紀要(自然科学編), Vol. 58, p7-p14 (2010)
- 3) 中野由美子, 野田明日香, 横山宏太郎, 奥野温子; 極地での曝露による繊維表面形態と物性(第二報)—寒冷環境が繊維形態に及ぼす影響—, 武庫川女子大学紀要(自然科学編), Vol. 59, p17-p25 (2011)

ージを受けることで撥水効果も薄れてしまったと考えられ、天然繊維に対しては処理条件の一要が必要と思われる。しかし、撥水加工による繊維素材への酸化防止効果について、表面分析測定により検討した結果、曝露前の各試料に対する92日間曝露した各試料の $O_{1s}/C_{1s}$ 面積比の増加率(試料表面の酸化の程度を示す)は、図4のように、撥水加工を施した試料においてマイナス値を示したことから、本実験のプラズマ処理による撥水加工の有用性が実証された。

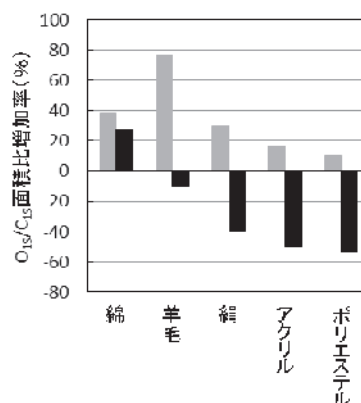


図4 新潟県上越市において92日間曝露した各試料の $O_{1s}/C_{1s}$ 面積比の増加率  
(■: 未加工 ■: 撥水加工)

### 4. まとめ

南極域での曝露によって、繊維にオリゴマーや結晶状の物質が確認されたことから、日本の寒冷地である新潟県上越市にて冬期に同様の曝露を行ったところ、羊毛繊維に結晶状の物質が確認され、このような結晶物の生成の原因の1つに、低温下での水分の存在が大きく関与していることが明らかとなった。また、プラズマ処理による撥水加工についての有用性が認められ、中でも特に絹・アクリル・ポリエステルでは撥水効果とともに、曝露による表面酸化の防止効果が見出され、紫外線による劣化に効果が期待できる。

### 謝辞

南極における試料の曝露について多大なご協力をいただきました南極地域観測隊員ならびに国立極地研究所の皆様に、心より感謝申し上げます。

## 共同研究報告書（終了）

共同開発した新規南極ウェアの評価と検討（研究課題）

◎ 大阪樟蔭女子大学学芸学部・教授  
日本大学・名誉教授  
帝国繊維(株)・繊維部門・部長

(研究代表者) 伊 豆 原 月 絵  
(共同研究者) 平 山 善 吉  
前 田 昭 夫

(国立極地研究所)

極地工学 助 教

(担当教員) 菊 池 雅 行

平成 22 年～平成 24 年（3 か年）

(研究期間) 3 年間

### [研究成果]

#### 1. 緒言

南極観測隊ウェアは、国立極地研究所と伊豆原月絵の共同研究の成果として、2007 年 11 月に意匠登録申請を行い、2009 年 10 月に南極観測隊ウェアの上衣、下衣の 2 件の意匠登録が認められた。この開発ウェアは、南極観測越冬隊のユニホームとして採用されている。

本研究では、この南極観測隊の越冬隊のユニホーム（越冬服）の機能性について検討を行った。

このユニホームは、人間工学に基づいた労作性と機能性を考慮したデザイン（意匠）およびパタ

ーン（衣服構成）研究を元に制作され、寒冷な極地に適した作業服としての機能をもち、ウェアのデザインは、南極観測隊として、外部者に南極観測隊の役割である研究とその研究の平和利用をアピールすることを目的として制作された。

本研究では、一般の方に、南極観測隊のイメージ調査とウェアについての認識調査を行い、ウェアの機能性については、着心地や衣服内気候について調査を行い、検討した。また、運動生理機能試験についても予備調査を行い検討した。

#### 2. 研究成果

**2-1.研究方法：**1. 開発された南極観測隊のユニホームのデザイン性と南極観測隊のイメージについてアンケートの手法を用いて、調査を行った。

1. 評価：着用者に聞き取り調査を行い、統計的な手法により評価を行った。

また、観測隊のイメージ調査を18歳から24歳までを対象に調査を行い、ユニホームのあり方を検討した。

2. 被験者に南極観測隊ウェアを気温15度～18度の時期に着装し、その際に着心地についてアンケートを実施した。



3. 衣服内気候の検討：ウェアを着装し衣服内気候（温度分布、湿度）を計測した。国立極地研究所の低温温室で、着心地についてアンケートを行った。

#### 2-2結果

1. 2003年7月に18歳から20歳の学生300人（男性85人、女性215人）を対象に南極観測隊ユニホームの色彩についてアンケート調査を行った。その結果、「わからない」が70%、次いで「青」が15%、「紫」が7%「赤」が7%、その他が1%で「迷彩色」「黄色」「黒」などであった。この結果、南極観測隊ウェアの色彩について、ほとんど認識されていないことが明らかになった。

しかし、2011年10月に258人（男性28人、女性230人）に行ったアンケート調査結果では、「青」が65%、「紫」が20%、「わからない」が8%、「オレンジ」6%、「赤」「迷彩」合わせて1%であった。このことから、現在では、南極観測隊について認知度が上がり、ユニホームの色は、85%の人が青か紫の青系と認識していることがわかった。

2. 2012年 10月～2013年1月までに、16歳から30歳までの女性60人に南極観測隊ユニホームを着装した際に、アンケート調査を実施した。

図1 南極観測隊越冬ウェア



## 2-3考察

現在の南極観測越冬隊のユニホームの色彩は、首から肩・腕に濃い青を用い、胴体部分は、青みの紫を用いてある。本研究のアンケート結果から、現在は、一般者にユニホームの色彩の認識が高まっていることを示し、このことから、南極観測隊の存在は、認知されていることがわかった。

2009年8月公開の映画の『南極料理人』（東京テアトル配給）では、観測隊の衣服として青紫の衣服が着装されていた。以上から、現在のユニホームの色の青と紫が広く認識されていることが証明された。着心地についてのアンケート結果では、全ての被験者が、軽い、暖かい、動きやすい、着心地が良い、かっこいい、欲しいと答え、用途は、スキー、スノーボードの時に着装したいとのことであった。

アンケート結果に「暖かい」と高い評価がされた理由は、このウェアの中綿に軽量、蒸散性、透湿性、保温性などを考慮して選択し、表地には、軽量の透湿防水繊維を用いたことによると考えられる。保温性が高く、透湿防水性、蒸散拡散性などの機能性が高い繊維材料を用いて、身体に負担がかからないよう軽量化を図った結果、このウェアの上下の合計は、860 gである。これらのことから、着心地が良いとの結果を得られたといえる。また、以下の図2、3のように、このウェアの中綿に用いられているプレスサーモの試験結果では、羽毛よりも発熱性が高く、吸湿性が高いため、衣服内の湿度が高くないこ

とが示されている。

3. 衣服内気候について試験を行い、市販のスキーウェアと南極観測隊・越冬ユニホームと比較した。その結果、南極観測隊のウェアの衣服内湿度は、運動静止後15%ほど湿度が高くなったが、5分後には運動前の数値に戻った。しかし、スキーウェアのそれは、25%高くなり、20分後まで高い数値を持続していた。このことから、南極観測隊ウェアは、衣服内気候において、評価できることがわかった。このことは、この試験のアンケート結果の着心地の高さを裏付ける結果となった。今後は、様々な条件下で衣服内気候試験を行い検討したい。

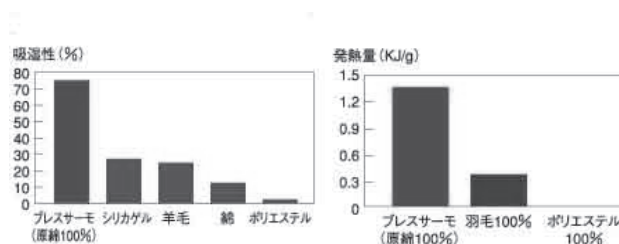


図2 原綿の吸湿能力図

図3 吸湿による発熱性比較

ミズノ(株)プレスサーモ資料より転載

## おわりに

南極観測隊ウェアの着装試験およびアンケート調査にご協力いただきました高校生、専門学校生、大学生、大学院生の皆さまに感謝申し上げます。衣服内気候試験および調査に協力いただいた大阪樟蔭女子大学の伊豆原研究室の学生に感謝します。

## 発表

- 1) 日本家政学会被服衛生学部会、『アパレルと健康—基礎から進化する衣服まで—』第2章・2 寒い環境に適した衣, (株)井上書院, p32-35, 越冬隊ユニホーム掲載 p35, 2012年4月10日
- 2) 読売新聞 2012年9月9日(日)、32面上半ページに「面白い学問・服飾美学」紙面で、南極観測隊ユニホームについて、デザインコンセプトと機能性について紹介された。
- 3) 2012年11月9日(金)、Advanced Functional Apparel Design、文化学園大学大学院生活環境学研究科グローバルファッション専修(修士課程)、寒冷下の体温調節と衣服に関して、現代の衣服科学を極めた素材・デザインの集大成として南極観測隊越冬ユニホームが紹介され、受講者が着装された。

## 参考文献

- 1) 伊豆原月絵『極地調査に適した機能的なウェア』第4回南極設営シンポジウム-極地でのエネルギー利用と環境保全, 建築・土木・装備-論文報告集 p161-p166, 平成19年2月
- 2) 伊豆原月絵, 『南極地域観測隊の装備ウェア』, 洗濯の化学財, 団法人 洗濯化学協会, 通巻208号, No.53, 第1号 p42- p48, 平成20年2月
- 3) 伊豆原月絵, 『南極観測隊装備ウェアの開発』, Vol. 64, No.6, 平成20年6月, 繊維学会誌 繊維と工業, 平成20年6月 Vol. 64, No.6 p173-p177
- 4) 伊豆原月絵『南極観測隊装備ウェアの研究開発』, 南極資料, Vol. 52, No.2, p399-p408, 平成20年9月
- 5) 伊豆原月絵『南極観測事業における開発ウェアの機能性について』平成19年6月, 第4回南極設営シンポジウム-新エネルギー利用と環境保全-国立極地研究所
- 6) 伊豆原月絵『安全, 健康, 持続可能社会を目指したファイバー材料・南極地域観測隊・装備ウェアのデザイン性と機能性』平成19年12月, 社団法人繊維学会主催, 関東支部講演会, 東京工業大学
- 7) 『南極観測隊ウェア・装備の機能性とデザイン』社団法人繊維学会主催, 第33回関西繊維科学講座, 平成20年12月, p399-p408
- 8) 伊豆原月絵『南極観測隊装備の開発研究について』第6回南極設営シンポジウム論文報告集, 国立極地研究所, 平成21年10月, p229-p261
- 9) 佐藤聡, エクストリームウェア-究極の服をつくる技術-』技術評論社, 平成21年3月13日, p210-221



## Ⅱ．研究集会報告

### 研究集会

## 集 会 等 実 施 報 告 書

|  |            |  |          |          |             |
|--|------------|--|----------|----------|-------------|
|  |            |  |          | ※係記入欄    |             |
| <input type="checkbox"/> シンポジウム <input type="checkbox"/> ワークショップ <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会 <input type="checkbox"/> 会合 <input type="checkbox"/> その他<br>いずれかを■にしてください。 |            |  |          |          |             |
| 集会名  |            | 極地研研究集会「SuperDARNによる極域超高層大気研究集会」   |          |          |             |
| 開催日時   |            | 2013年2月15日 10:00～17:30   |          | 開催場所     | セミナー室(C301) |
| 概要   |            | 国際短波レーダー観測網プロジェクトである「SuperDARN」は、1995年に創設以来、日本を含む加盟研究機関、レーダー数、観測研究手法、研究分野を今尚大きく拡大しながら、電離圏・磁気圏研究のみならず、中性大気や上下結合研究も含めた多岐に亘る研究成果をあげてきた。本研究集会では、現在進行中の様々な共同研究の進捗や成果について発表し合い、情報交換を行うと共に、今後日本のSuperDARN研究界が世界を牽引してゆくべき重要課題やその戦略について掘り下げた議論を行い、更なる極域超高層大気共同研究の発展に寄与することを目的として開催した。 |          |          |             |
| 報告者<br>(担当者)   |            | 行松 彰   |          |          |             |
| 所<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>内   | 氏名         | 所属   |          | 備考       |             |
|  | 佐藤夏雄       | 宙空圏研究グループ  |          |          |             |
|  | 田中良昌       | 宙空圏研究グループ  |          |          |             |
|  | 堤雅基        | 宙空圏研究グループ  |          |          |             |
|  | 山岸久雄       | 宙空圏研究グループ  |          |          |             |
|  | 宮岡宏        | 宙空圏研究グループ  |          |          |             |
|  | 佐藤由佳       | 宙空圏研究グループ  |          |          |             |
|  | 津田卓雄       | 宙空圏研究グループ  |          |          |             |
|  | 行松彰        | 宙空圏研究グループ  |          |          |             |
|  | 小計         | 8  | 名        |          |             |
| 所<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>外   | 氏名         | 所属   |          | ※注       | 備考          |
|  | 小川忠彦       | NICT   |          | 大学院生 外国人 |             |
|  | 藤田茂        | 気象大学校  |          | 大学院生 外国人 |             |
|  | 長妻努        | NICT   |          | 大学院生 外国人 |             |
|  | 西谷望        | 名古屋大学  |          | 大学院生 外国人 |             |
|  | 河野英昭       | 九州大学   |          | 大学院生 外国人 |             |
|  | 渡辺正和       | 九州大学   |          | 大学院生 外国人 |             |
|  | 堀智昭        | 名古屋大学  |          | 大学院生 外国人 |             |
|  | 窄山勝也       | 名古屋大学  |          | 大学院生 外国人 |             |
| 才田聡子   | ROIS融合センター |  | 大学院生 外国人 |          |             |
| 小計   | 9          | 名  |          |          |             |
| 合計 17 名  |            |  |          | 大学院生     | 1 名 (内数)    |
|  |            |  |          | 外国人      | 0 名 (内数)    |

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、どちらかを選んでください。それ以外は選択不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例: 北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。



集 会 等 実 施 報 告 書

|  |  |          |  |    |
|--|--|----------|--|----|
|  |  |          | ※係記入欄  |    |
| <input type="checkbox"/> シンポジウム <input type="checkbox"/> ワークショップ <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会 <input type="checkbox"/> 会合 <input type="checkbox"/> その他 |  |          |  |    |
| いずれかを■にしてください。   |  |          |  |    |
| 集会名  | 南極昭和基地大型大気レーダー研究集会   |          |  |    |
| 開催日時   | 2012年12月17日  | 開催場所     | 国立極地研究所<br>大会議室  |    |
| 概要   | 2001年以来、毎年開催している標記研究集会を、本年は12月17日に大会議室において開催した。所内および所外からそれぞれ少なくとも12名および29名の計41名が参加した。第53次隊において物資輸送状況の厳しい中で設置調整された南極昭和基地大型大気レーダー(PANSYレーダー)は、まだ1/4システムながらもすでに南極最大の大気レーダーとして本格的な観測を開始している。研究集会では、まずPANSY研究グループからその初期観測成果および今後の計画についての報告がなされた後、各参加者から、関連観測装置による研究、精密大気モデルによる研究、さらに理論研究について発表がなされた。特に、複数の相補的な観測装置を融合させた総合的観測研究の重要性、また、観測と数値モデルの間でフィードバックをかけながら研究を推進してゆく重要性について活発な議論が交わされた。 |          |  |    |
| 報告者<br>(担当者)   | 堤 雅基   |          |  |    |
| 所<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>内   | 氏名   | 所属       | 備考   |    |
|  | 白石和行   | 所長       | 参加者が多かったために全体把握が難しく、本リストには受付の参加者記入表に自主的に記名してくれた方だけを移し書きしたので、少なからず漏れがあると思われる。 |    |
|  | 山内恭  | 副所長／気水   |  |    |
|  | 中村卓司   | 副所長／宙空   |  |    |
|  | 山岸久雄   | 宙空       |  |    |
|  | 堤 雅基   | 宙空       |  |    |
|  | 行松彰  | 宙空       |  |    |
|  | 平沢尚彦   | 気水       |  |    |
|  | 江尻省  | 宙空       |  |    |
|  | 津田卓雄   | 宙空       |  |    |
|  | 阿部浩一   | 南極観測センター |  |    |
|  | 江口真紀   | 共通事務センター |  |    |
|  | 小西小巻   | 共通事務センター |  |    |
|  | 小計   |          | 12 名   |    |
| 所  | 氏名   | 所属       | ※注   | 備考 |
|  | 加藤進  | 京都大学     |  |    |
|  | 廣田勇  | 京都大学     |  |    |
|  | 佐藤薫  | 東京大学     |  |    |
|  | 佐藤亨  | 京都大学     |  |    |
|  | 斉藤昭則   | 京都大学     |  |    |
|  | 廣岡俊彦   | 九州大学     |  |    |
|  | 三好勉信   | 九州大学     |  |    |

|         |       |          |      |         |
|---------|-------|----------|------|---------|
| 外       | 堀之内武  | 北海道大学    |      |         |
|         | 若尾裕衣  | 北海道大学    |      |         |
|         | 秋吉英治  | 環境研      |      |         |
|         | 藤原均   | 成蹊大学     |      |         |
|         | 陣英克   | 情報通信研究機構 |      |         |
|         | 渡辺真吾  | JAMSTEC  |      |         |
|         | 小玉知夫  | JAMSTEC  |      |         |
|         | 小川忠彦  | 情報通信研究機構 |      |         |
|         | 品川裕之  | 情報通信研究機構 |      |         |
|         | 村山泰啓  | 情報通信研究機構 |      |         |
|         | 木下武也  | 情報通信研究機構 |      |         |
|         | 足立アホロ | 気象研      |      |         |
|         | 斎藤享   | ENRI     |      |         |
|         | 三浦裕亮  | 東京大学     |      |         |
|         | 平野創一郎 | 東京大学     | 大学院生 |         |
|         | 岡本功太  | 東京大学     | 大学院生 |         |
|         | 土屋主税  | 東京大学     | 大学院生 |         |
|         | 高麗正史  | 東京大学     | 大学院生 |         |
|         | 野本理裕  | 東京大学     | 大学院生 |         |
|         | 雨宮新   | 東京大学     | 大学院生 |         |
|         | 澁谷亮輔  | 東京大学     | 大学院生 |         |
|         | 増田陽洋  | 東京大学     | 大学院生 |         |
|         | 小計    | 29 名     |      |         |
| 合計 41 名 |       |          | 大学院生 | 8 名(内数) |
|         |       |          | 外国人  | 0 名(内数) |

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、どちらかを選んでください。それ以外は選択不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例:北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。

# 集 会 等 実 施 報 告 書

|  |  |                                  |          |    |
|--|--|----------------------------------|----------|----|
|  |  | ※係記入欄                            |          |    |
| <input type="checkbox"/> シンポジウム <input type="checkbox"/> ワークショップ <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会 <input type="checkbox"/> 会合 <input type="checkbox"/> その他 |  |                                  |          |    |
| いずれかを■にしてください。   |  |                                  |          |    |
| 集会名  | 中間圏・熱圏・電離圏研究集会   |                                  |          |    |
| 開催日時   | 2012年8月23-24日  | 開催場所                             | 情報通信研究機構 |    |
| 概要   | 極地研・情報通信研究機構・名古屋大学太陽地球環境研究所の共催で上記の研究集会を開催、国内のMTI領域の研究者50名が一堂に会して活発な議論を行った。研究集会の前半は、大学院生を含む若手研究者を中心に26件(口頭16件、ポスター10件)の研究発表があり、中層・超高層大気、磁気圏・電離圏の最新の観測研究や、数値実験結果、両者の比較結果など、幅広い成果報告がなされた。特に口頭発表では、質疑応答のための時間を定例の学会より長めに設定したこともあって、活発な議論、情報交換が行われた。また、研究会の後半には、試験的な試みとして、小グループに分かれてMTI研究分野の将来を考えるブレインストーミングを行ったのだが、予想以上に壮大で活発な意見交換がなされた。 |                                  |          |    |
| 報告者<br>(担当者)   | 江 尻 省 (江 尻 省)  |                                  |          |    |
| 所<br><br><br><br><br><br><br><br><br>内   | 氏名   | 所属                               | 備考       |    |
|  | 江 尻 省  | 宙空                               |          |    |
|  | 小川 泰信  | 宙空                               |          |    |
|  | 津田 卓雄  | 宙空                               |          |    |
|  | 中村 卓司  | 宙空                               |          |    |
|  | 松田 貴嗣  | 宙空                               | 大学院生     |    |
|  |  |                                  |          |    |
|  |  |                                  |          |    |
|  | 小計   | 5 名                              |          |    |
| 所  | 氏名   | 所属                               | ※注       | 備考 |
|  | 秋谷 祐亮  | 京都大学理学研究科                        | 大学院生     |    |
|  | 大松 直貴  | 名古屋大学太陽地球環境研究所                   | 大学院生     |    |
|  | 五井 紫   | 京都大学                             | 大学院生     |    |
|  | 幸野 淑子  | 東京工業大学                           | 大学生      |    |
|  | 最所 崇   | 電気通信大学 大学院 情報理工学研究科<br>情報・通信工学専攻 | 大学院生     |    |
|  | 坂井 純   | 電通大                              | 大学院生     |    |
|  | 福島 大祐  | 名古屋大学太陽地球環境研究所                   | 大学院生     |    |
|  | 穂積 裕太  | 京都大学大学院理学研究科<br>地球物理学教室          | 大学院生     |    |
|  | 望月 香織  | 東京学芸大学大学院                        | 大学院生     |    |
|  | 渡辺 大規  | 名古屋大学太陽地球環境研究所                   | 大学院生     |    |
|  | Kornyanat Watthanasangmechai   | 京都大学 生存圏研究所                      | 大学院生 外国人 |    |
|  | 大塚 雄一  | 名古屋大学太陽地球環境研究所                   |          |    |
|  | 大山 伸一郎   | 名古屋大学太陽地球環境研究所                   |          |    |
|  | 小川 忠彦  | 情報通信研究機構                         |          |    |

|         |                           |  |      |          |
|---------|---------------------------|--|------|----------|
| 外       | 尾花 由紀                     | 大阪電気通信大学 工学部<br>基礎理工学科   |      |          |
|         | 川崎 春夫                     | 宇宙航空研究開発機構(JAXA) 宇宙利用ミッション本部<br>利用推進プログラムシステムズエンジニアリング室  |      |          |
|         | 北内 英章                     | 情報通信研究機構   |      |          |
|         | 國武 学                      | NICT   |      |          |
|         | 児玉 哲哉                     | JAXA/EORC  |      |          |
|         | 齊藤 昭則                     | 京都大学・理   |      |          |
|         | 坂野井 和代                    | 駒沢大学   |      |          |
|         | 坂口 歌織                     | NICT   |      |          |
|         | 品川 裕之                     | 情報通信研究機構   |      |          |
|         | 新堀 淳樹                     | 京都大学 生存圏研究所  |      |          |
|         | 陣 英克                      | 情報通信研究機構   |      |          |
|         | 須賀 秀一                     | 東芝   |      |          |
|         | 津川 卓也                     | 情報通信研究機構   |      |          |
|         | 寺本 万里子                    | 名古屋大学太陽地球環境研究所   |      |          |
|         | 中田 裕之                     | 千葉大学大学院工学研究科   |      |          |
|         | 西岡 未知                     | 情報通信研究機構   |      |          |
|         | 西谷 望                      | 名古屋大学太陽地球環境研究所   |      |          |
|         | 野崎 憲朗                     | NICT   |      |          |
|         | 藤原 均                      | 成蹊大学 理工学部  |      |          |
|         | 細川 敬祐                     | 電気通信大学 情報理工学部  |      |          |
|         | 松村 充                      | 電気通信大学   |      |          |
|         | 丸山 隆                      | NICT   |      |          |
|         | 皆越 尚紀                     | NICT   |      |          |
|         | 三好 勉信                     | 九州大学   |      |          |
|         | 村山 泰啓                     | NICT   |      |          |
|         | 山本 衛                      | 京大RISH   |      |          |
|         | 横山 竜宏                     | 京都大学 生存圏研究所  |      |          |
|         | Huixin Liu                | 九大理  |      |          |
|         | Narukull Venkateswara Rao | RISH, Kyoto University   | 外国人  |          |
|         | Radchagrit SUPAKULOPAS    | Earth Sciences Program, Department of Geology,<br>Faculty of Science, Chulalongkorn University, Thailand | 外国人  |          |
|         | Shi Run                   | 九州大学地球惑星科学専攻   | 外国人  |          |
|         |                           |  |      |          |
|         | 小計                        | 45 名   |      |          |
| 合計 50 名 |                           |  | 大学院生 | 11 名(内数) |
|         |                           |  | 外国人  | 4 名(内数)  |

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、どちらかを選んでください。それ以外は選択不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例: 北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。



# 研 究 集 会 報 告 書

|                |   |           |                           |       |  |
|----------------|---|-----------|---------------------------|-------|--|
|                |   |           | ※係記入欄                     |       |  |
| 研究課題名<br>(集会名) | EISCAT研究集会  |           |                           |       |  |
| 開催日時           | 2013年 3月 27日(水) 10:30～18:00   | 開催場所      | 国立極地研究所<br>3階セミナー室及び5階会議室 |       |  |
| 概要             | <p>北極域電磁気圏研究の中心的な役割を担う欧州非干渉散乱(EISCATレーダー)の全国共同利用の推進と、EISCATレーダーを軸とする北極域の超高層大気観測研究の戦略を議論することを目的として、国内研究集会を開催した。</p> <p>まず前半に、ノルウェーのEISCAT_3D予算申請代表者であるCesar La Hoz 教授(トロムソ大、SOC議長)による特別講演を開催した。ノルウェーの予算申請内容やEISCAT_3Dに適応可能なレーダーイメージング手法について様々な討論を行うと共に、日本のEISCAT_3D予算化に向けた活動内容について議論した。</p> <p>後半には、2012年度のEISCAT特別実験の実施状況や初期観測結果に関する報告や、2013年度のEISCAT特別実験に関する情報交換・意見交換を行った。さらに、EISCAT_3Dに関する最新の情報交換及びサイト候補地などに関する幅広い議論を行った。</p> |           |                           |       |  |
|                | 氏名  | 所属        | 職                         | 備考    |  |
| 所内             | 中村 卓司   | 宙空圏研究グループ | 教授                        |       |  |
|                | 山岸 久雄   | 宙空圏研究グループ | 教授                        |       |  |
|                | 門倉 昭  | 宙空圏研究グループ | 教授                        |       |  |
|                | 宮岡 宏  | 宙空圏研究グループ | 准教授                       |       |  |
|                | 小川 泰信   | 宙空圏研究グループ | 准教授                       |       |  |
|                | 堤 雅基  | 宙空圏研究グループ | 准教授                       |       |  |
|                | 行松 彰  | 宙空圏研究グループ | 准教授                       |       |  |
|                | 田中 良昌   | 宙空圏研究グループ | 特任助教                      |       |  |
|                | 津田 卓雄   | 宙空圏研究グループ | 特任研究員                     |       |  |
|                | 佐藤 由佳   | 宙空圏研究グループ | 特任研究員                     |       |  |
|                | 石田 哲朗   | 総研大       | 大学院生                      |       |  |
|                | 小計  |           | 11 名                      |       |  |
| 所外             | 藤原均   | 成蹊大学      | 教授                        |       |  |
|                | 野澤悟徳  | 名大・STE研   | 准教授                       |       |  |
|                | 川原琢也  | 信州大       | 准教授                       |       |  |
|                | 坂野井 健   | 東北大       | 准教授                       |       |  |
|                | Cesar La Hoz  | トロムソ大     | 教授                        | ノルウェー |  |
|                | 小計  |           | 5 名                       |       |  |
|                | 合計  |           | 16 名                      |       |  |

※外国人研究者の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

※大学院生も含めてください。その場合、「職」の欄に「大学院生」と記入してください。

※行が不足する場合、適宜追加してください。

## 集 会 等 実 施 報 告 書

|  |         |  |  |          |                    |
|--|---------|--|--|----------|--------------------|
|  |         |  |  | ※係記入欄    |                    |
| <input type="checkbox"/> シンポジウム <input type="checkbox"/> ワークショップ <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会 <input type="checkbox"/> 会合 <input type="checkbox"/> その他<br>いずれかを■にしてください。 |         |  |  |          |                    |
| 集会名  |         | 地上多点観測データの総合解析による超高層大気研究会  |  |          |                    |
| 開催日時   |         | 2012年 8月 10日(金) 10:00～17:30  |  | 開催場所     | 国立極地研究所<br>3階セミナー室 |
| 概要   |         | <p>IUGONETプロジェクト中間報告会に引き続き、8月10日(金)に、極地研研究集会「地上多点観測データの総合解析による超高層大気研究会」を極地研3階セミナー室に於いて開催した。この研究会は、IUGONETプロジェクトで開発しているデータ解析ソフトウェア(略称:UDAS)を使って、地上観測データ(主に、地磁気、EISCATレーダー、SuperDARNレーダー、流星レーダー等のデータ)を描画・解析することにより、UDASユーザの拡大とプロジェクト参加機関が所有するデータの流通を目的としており、今回で3回目の開催となる。</p> <p>参加者には、各自ノートPCを持参してもらい、実際にUDASのインストール、データ解析をしていただいた。研究会には、大学院生やポスドク、シニアの先生方を含む計32名が参加した。研究会後に取ったアンケート結果によると、超高層大気分野以外からの参加者にとってはやや難しいというコメントがあったものの、それ以外は概ね良好であり、極地研のデータの宣伝、共同研究の促進にも貢献できたと考えている。</p> <p>最後に、UDASの情報や研究会の講演資料は、UDASウェブサイト(<a href="http://www.iugonet.org/software.html">http://www.iugonet.org/software.html</a>)、及び、研究集会ウェブサイト(<a href="http://www.iugonet.org/meetings/2012-08-10.html">http://www.iugonet.org/meetings/2012-08-10.html</a>)により閲覧可能である。</p> |  |          |                    |
| 報告者<br>(担当者)   |         | 田中良昌   |  |          |                    |
| 所<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>内   | 氏名      | 所属   |  | 備考       |                    |
|  | 中村 卓司   | 宙空圏研究グループ  |  |          |                    |
|  | 門倉 昭    | 宙空圏研究グループ  |  |          |                    |
|  | 宮岡 宏    | 宙空圏研究グループ  |  |          |                    |
|  | 堤 雅基    | 宙空圏研究グループ  |  |          |                    |
|  | 小川 泰信   | 宙空圏研究グループ  |  |          |                    |
|  | 富川 喜弘   | 宙空圏研究グループ  |  |          |                    |
|  | 佐藤 夏雄   | 宙空圏研究グループ  |  |          |                    |
|  | 田中 良昌   | 宙空圏研究グループ  |  |          |                    |
|  | 佐藤 由佳   | 宙空圏研究グループ  |  |          |                    |
|  | 榎本 浩之   | 北極観測センター   |  |          |                    |
|  | 金尾 政紀   | 地圏研究グループ   |  |          |                    |
|  | 松田 貴嗣   | 総研大  |  |          |                    |
|  |         |  |  |          |                    |
| 小計   |         | 12 名   |  |          |                    |
| 所  | 氏名      | 所属   |  | ※注       | 備考                 |
|  | 谷田貝 亜紀代 | 京大・生存研   |  | 大学院生 外国人 |                    |
|  | 新堀 淳樹   | 京大・生存研   |  | 大学院生 外国人 |                    |
|  | 浜口 良太   | 京大・生存研   |  | 大学院生 外国人 |                    |
|  | 小山 幸伸   | 京大・理   |  | 大学院生 外国人 |                    |

|    |       |              |      |            |       |
|----|-------|--------------|------|------------|-------|
| 外  | 上野 悟  | 京大・飛騨天文台     | 大学院生 | 外国人        |       |
|    | 荒木 徹  | 京大           | 大学院生 | 外国人        |       |
|    | 堀 智昭  | 名大・STE研      | 大学院生 | 外国人        |       |
|    | 梅村 宜生 | 名大・STE研      | 大学院生 | 外国人        |       |
|    | 萩野 竜樹 | 名大・STE研      | 大学院生 | 外国人        |       |
|    | 菊池 崇  | 名大・STE研      | 大学院生 | 外国人        |       |
|    | 阿部 修司 | 九大・ICSWSE    | 大学院生 | 外国人        |       |
|    | 八木 学  | 東北大・PPARC    | 大学院生 | 外国人        |       |
|    | 高橋 直子 | 東北大          | 大学院生 | 外国人        |       |
|    | 村山 泰啓 | NICT         | 大学院生 | 外国人        |       |
|    | 片岡 龍峰 | 東工大          | 大学院生 | 外国人        |       |
|    | 木下 武也 | 東大・理         | 大学院生 | 外国人        |       |
|    | 櫻井 亨  | 東海大          | 大学院生 | 外国人        |       |
|    | 中川 裕美 | 茨城大          | 大学院生 | 外国人        | 学部4年生 |
|    | 松本 晴久 | JAXA宇宙環境グループ | 大学院生 | 外国人        |       |
|    | 荒井 武彦 | 国立天文台        | 大学院生 | 外国人        |       |
|    |       |              | 大学院生 | 外国人        |       |
|    | 小計    | 20 名         |      |            |       |
| 合計 |       |              | 大学院生 | 4(1) 名(内数) |       |
|    |       |              | 外国人  | 0 名(内数)    |       |

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、どちらかを選んでください。それ以外は選択不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例:北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。

## 研究集会実施報告書

|                |   |         |         |    |
|----------------|---|---------|---------|----|
|                |   |         | ※係記入欄   |    |
| 研究課題名<br>(集会名) | 極域電離圏－磁気圏結合研究集会   |         |         |    |
| 開催日時           | 平成 25 年 2 月 19, 20 日  | 開催場所    | 国立極地研究所 |    |
| 概要             | 昨年度に開催した同研究集会後に進めてきた観測と理論との共同研究を基に、「サブストームオンセット前のオーロラアークの構造化」と「オームの法則による MIC モデリング」の2つのトピックを柱として、少人数による議論を中心とした形で行った。また、研究集会の最後には、これらのトピックを中心とした観測と理論双方の共同研究を進展させるために必要な予算申請(大型科研費など)についても議論を行った。 |         |         |    |
|                | 氏名  | 所属      | 職       | 備考 |
| 所内             | 小川泰信  | 国立極地研究所 | 准教授     |    |
|                | 門倉昭   | 国立極地研究所 | 教授      |    |
|                | 田中良昌  | 国立極地研究所 | 助教      |    |
|                |   |         |         |    |
|                |   |         |         |    |
|                |   |         |         |    |
|                |   |         |         |    |
|                | 小計  | 3 名     |         |    |
| 所外             | 細川敬祐  | 電通大     | 准教授     |    |
|                | 吉川顕正  | 九州大学    | 講師      |    |
|                | 平木康隆  | 核融合研    | 研究員     |    |
|                | 家田章正  | 名古屋大学   | 助教      |    |
|                |   |         |         |    |
|                |   |         |         |    |
|                | 小計  | 4 名     |         |    |
|                | 合計  | 7 名     |         |    |

※外国人研究者の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

※大学院生も含めてください。その場合、「職」の欄に「大学院生」と記入してください。

※行が不足する場合、適宜追加してください。

# 集 会 等 実 施 報 告 書

|  |  |                    |          |          |         |
|--|--|--------------------|----------|----------|---------|
|  |  |                    |          | ※係記入欄    |         |
| <input type="checkbox"/> シンポジウム <input type="checkbox"/> ワークショップ <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会 <input type="checkbox"/> 会合 <input type="checkbox"/> その他 |  |                    |          |          |         |
| いずれかを■にしてください。   |  |                    |          |          |         |
| 集会名  | 極域からさぐる第四紀の地球気候変動史   |                    |          |          |         |
| 開催日時   | 平成25年3月28日～29日   |                    | 開催場所     | 国立極地研究所  |         |
| 概要   | ドームふじ氷床コアの最新の研究成果を集めた研究集会を実施した。議論の軸は、最新の南極調査報告、浅層コア・フィルン研究の進捗、物理化学の古気候プロキシ、気候変動史、アイスコア年代決定、アイスコア解析技術の進捗およびコア管理整備である。 |                    |          |          |         |
| 報告者<br>(担当者)   | 本山秀明（川村賢二、藤田秀二）  |                    |          |          |         |
| 所<br><br><br><br><br><br><br>内   | 氏名   | 所属                 |          | 備考       |         |
|  | 本山秀明   | 国立極地研究所 研究教育系      |          |          |         |
|  | 藤田秀二   | 同上                 |          |          |         |
|  | 東久美子   | 同上                 |          |          |         |
|  | 川村賢二   | 同上                 |          |          |         |
|  | 小端拓郎   | 同上                 |          |          |         |
|  | 渡辺興亜   | 国立極地研究所 名誉教授       |          |          |         |
|  | 小計   | 6 名                |          |          |         |
| 外  | 氏名   | 所属                 |          | ※注       | 備考      |
|  | 飯塚芳徳   | 北海道大学低温科学研究所       |          | 大学院生 外国人 |         |
|  | 植村立  | 琉球大学理学部            |          | 大学院生 外国人 |         |
|  | 鈴木香寿恵  | 統計数理研究所            |          | 大学院生 外国人 |         |
|  | 青木周司   | 東北大学大学院理学研究科       |          | 大学院生 外国人 |         |
|  | 笹公和  | 筑波大学 研究基盤総合センター    |          | 大学院生 外国人 |         |
|  | 櫻井俊光   | レーザー技術総合研究所        |          | 大学院生 外国人 |         |
|  | 藤田耕史   | 名古屋大学大学院 環境学研究科    |          | 大学院生 外国人 |         |
|  | 鈴木啓助   | 信州大学理学部            |          | 大学院生 外国人 |         |
|  | 望月優子   | 理化学研究所 仁科加速器研究センター |          | 大学院生 外国人 |         |
|  | 保科優  | 名古屋大学大学院 環境学研究科    |          | 大学院生 外国人 |         |
| 岡本彩加   | 北海道大学低温科学研究所   |                    | 大学院生 外国人 |          |         |
| 小計   | 11 名   |                    |          |          |         |
| 合計      17      名  |  |                    |          | 大学院生     | 2 名(内数) |
|  |  |                    |          | 外国人      | 0 名(内数) |

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、どちらかを選んでください。それ以外は選択不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例: 北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。



**研究課題名:**

**南極大気エアロゾル研究会**

日時:2012 年 8 月 8 日 13:00~18:00、8 月 9 日 09:30~15:30

場所:極地研究所(立川) 総研大講義室(4階C401)

参加者(敬称略・五十音順)

安達正樹(JARE54 越冬)、梅本紫衣奈(JARE54 同行者・福岡大)、川合(茨城大)、木津暢彦(気象庁)、木名瀬 健(JARE52 越冬)、古賀聖治(産総研、JARE51 夏)、小林 拓(山梨大)、小林史尚(JARE54 同行者・金沢大)、塩原匡貴(極地研)、鈴木香寿恵(統数研)、竹中規訓(大阪府大)、田中典章(山梨大)、長島(茨城大)、林 政彦(福岡大)、早川由紀子(JARE54 越冬)、原圭一郎(福岡大)、東野伸一郎(JARE54 夏・九大)、平沢尚彦(極地研)、村山利幸(東京海洋大)、山内 恭(極地研):計 16 名

**開催の目的:**

最新の観測計画の実施状況、将来の観測計画の立案・調整を研究関係者で議論すること、これまでの観測から得られたデータ・サンプルの解析・分析結果の比較・討論を行うために、南極大気エアロゾル研究会を開催した。

**経 過:**

研究会は下記のプログラムで開催された。

**8 月 8 日:**

|        |                                  |                |
|--------|----------------------------------|----------------|
| 13:00  | 今回の研究会内容紹介                       | 原              |
| 13:05- | <b>観測報告:</b>                     |                |
|        | 52 次モニタリング観測報告と雪・エアロゾルの分析状況      | 木名瀬(茨城大)       |
|        | JARE53 夏季エアロゾル観測報告               | 佐賀(代理で原)       |
|        | <b>越冬状況:</b>                     |                |
|        | JARE53 越冬観測状況報告                  | 池田(代理で原)       |
|        | <b>観測計画:</b>                     |                |
|        | 昭和基地における気球分離型無人航空機によるエアロゾル観測について | 東野(九大)・梅本(福岡大) |
|        | 新旧エアロゾルゾンデの比較と今後のゾンデ観測           | 林(福岡大)         |

**休憩(15:00-15:15)**

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| 越冬観測: 南極ヘイズ観測                | 原(福岡大)  |
| JARE54 しらせ船上エアロゾル観測(リモセン)    | 塩原(極地研) |
| JARE54 しらせ船上エアロゾル観測(in-situ) | 古賀(産総研) |

### 最近の経過報告 1 :

「しらせ」第一観測室でのエアロゾル観測 古賀 (産総研)  
52 次しらせ船上観測解析結果の経過報告 川合・長島 (茨城大)

8 月 9 日 :

09 : 30-

### 観測計画 2 :

南極域の風送バイオエアロゾル実相調査 : 気球等を使った先駆的生態系観測  
の展開 小林 (金沢大)

### 最近の経過報告 2 :

新型スカイラジオメータデータの解析状況 田中 (山梨大)  
JARE52 しらせ搭載シーロメーターによるエアロゾル・雲の観測  
村山 (東京海洋大)  
南極域で観測された海塩粒子の組成分別 原 (福岡大)  
夏季南極大陸上のエアロゾル組成と混合状態 : JASE トラバース  
原 (福岡大)

13 : 00-

### VIII 期後半観測計画

VIII 期後期計画提案について 林 (福岡大)  
南極観測 VIII 期後半の全体と内陸計画の動向 平沢 (極地研)  
水蒸気安定同位体連続観測計画の紹介 藤吉・栗田 (代理で平沢)  
S17 でのエアロゾル集中観測 原 (福岡大)  
南極域の夏季の地表面-大気間の水・物質循環-ドームふじ~  
積雪表面から出てくる亜硝酸ガス、硝酸ガス、窒素酸化物  
竹中 (大阪府大)  
しらせ船上観測 塩原 (極地研)

### 成 果 :

研究会初日には、JARE52 のエアロゾル越冬観測、JARE52 夏時期に行ったエアロゾル観測に参加した各担当者により観測結果の解析状況報告や得られた結果や今後の改善点についての紹介がなされた。現在、越冬観測中の観測作業状況・改善点などの紹介も行われた。さらに、JARE53 の夏に実施予定の観測計画の紹介・議論も行なうことができた。また、新たに開発されたエアロゾルゾンデの性能比較、これまでに進められた解析・分析結果の紹介・議論も行われ、各観測データ間の比較も行うことができた。

研究会2日目は、初日に引き続き、これまでに進められた解析・分析結果の紹介・議論を行った。さらに VIII 期後半のエアロゾル観測計画の詳細について、提案者や計画関係者から紹介・話題提供がなされた。その結果、具体的な計画内容について、計画・方針を調整・議論することができた。

**研究課題名：** 大気・雪氷間の物質循環と南極への物質輸送に関する研究小集会

日時：2012 年 10 月 15 日 13:00 - 16 日

於：極地研究所 3 階 セミナー室

参加者(敬称略・五十音順)

青木輝夫(気象研)、東久美子(極地研)、植竹 淳(極地研)、小川佳美(極地研)、川村賢二(極地研)、鈴木香寿恵(統数研)、関 宰(北大低温研)、竹中規訓(大阪府立大)、中澤文男(極地研)、野呂和嗣(大阪府立大)、原圭一郎(福岡大)、平沢尚彦(極地研)、藤田秀二(極地研)、的場澄人(北大低温研)、本山秀明(極地研)、平林幹啓(極研)、藤田秀二(極研)、藪下彰啓(京都大)、山内 恭(極地研)

**開催の目的：**

極域の物質循環を議論する上では、アイスコア・雪・大気微量成分・気象・室内実験を総合的に議論することが重要となるが、これまでは、それぞれの分野ごとに個別に議論がされることが多かった。物質交換・循環の観点から大気圏と雪氷圏間の物質移動・交換の議論を総合的に進めるため、本研究会を開催した。

**経 過：**

研究会は下記のプログラムで開催された。

日時：2012 年 10 月 15 日 13:00 -

**室内実験・観測計画：**

|   |            |
|---|------------|
| 凍結した水溶液表面上での気体オゾンとヨウ化物イオンの反応による気相中へのヨウ素放出 | 藪下彰啓・京都大   |
| 積雪表面から出てくる亜硝酸ガス、硝酸ガス、窒素酸化物                | 竹中規訓・大阪府立大 |
| 北極カナダレゾリュートでのフロストフラワーの観察                  | 的場澄人・北大低温研 |
| 北極季節海氷域のフロストフラワー・海氷起源海塩粒子観測計画             | 原圭一郎・福岡大   |

**観測・解析 (1)**

15:15-17:30

|  |            |
|--|------------|
| グリーンランド・カナック域氷床上における積雪不純物観測            | 青木輝夫・気象研   |
| グリーンランドアイスコア中の有機化合物分析による過去 450 年間の気候変動 | 関 宰・北大低温研  |
| アラスカ山岳アイスコアに見られる近年の気候変化                | 的場澄人・北大低温研 |
| 総観規模循環に関連した南極内陸への大気移流                  | 平沢尚彦・極地研   |
| 内陸旅行ルート上の年間涵養量と大気輸送の関係                 | 鈴木香寿恵・統数研  |

10 月 16 日

09:30-12:00

## 観測・解析 (2)

JASE トラバースで得られた夏季南極大陸上のエアロゾル組成と分布

原圭一郎・福岡大

これまでの観測から見えてきた南極での海塩組成分別過程

原圭一郎・福岡大

ブルーハ氷河中のマツ属花粉 1 粒ずつの DNA 分析から導き出された

花粉長距離輸送の可能性

中澤文男・極地研

北海道十勝岳における降雪中の微生物濃度と種の変動

植竹 淳・極地研

13 : 00-15 : 00

## 今後の研究計画 提案

南極大陸ドロンニングモードランド地域での雪氷研究の今後について考えること

藤田秀二・極地研

私的観点から見た堆積環境研究の現在と将来

本山秀明・極地研

今後の大気エアロゾル観測で思うこと：妄想的観測案

原圭一郎・福岡大

まとめ

## 成 果:

初日は、雪氷化学とエアロゾル化学それぞれに非常に密接に関係する室内実験の結果の紹介と議論が行われた。室内実験系の研究者と観測系の研究者の情報・意見交換は、物質循環を理解する上で必須ではあるが、各々の所属する学会の違いから両者が討論する機会は非常に少ないため、本研究会は非常に貴重な機会となった。さらに、大気⇄雪氷の物質交換で重要なトピックの一つである「海塩粒子の動態」を理解するための観測計画の紹介も行われた。

初日後半～2 日目にかけては観測・解析を中心に話題提供がなされた。初日は、GRENE の一環で、グリーンランドで行われた観測をはじめ、これまでに北極圏で行われた観測・研究から最新の解析・分析件などの報告・討論が行われた。さらに、南極での大気・気象・雪氷の観測や解析結果についても話題提供がなされ、活発な議論と相互の意見交換を行うことができた。

2 日目の後半部では、これまでに行われてきた研究観測から近未来に抑えるべき課題や現象の整理を目的として、計画の提案をする時間を設ける試みをした。今後の研究の方向性を提案する準備段階として今後も本研究会を継続させる重要性、および共同研究の目指す方向性は確認できた。本研究会は、雪氷・大気微量成分・気象・生物・化学(室内実験系)と他分野の研究者が一堂に会しているため、話題提供・議論・意見交換する場として非常に重要な研究会である。

## 集 会 等 実 施 報 告 書

|  |   |                |                   |    |
|--|---|----------------|-------------------|----|
|  |   |                | ※係記入欄             |    |
| <input type="checkbox"/> シンポジウム <input type="checkbox"/> ワークショップ <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会 <input type="checkbox"/> 会合 <input type="checkbox"/> その他<br>いずれかを■にしてください。 |   |                |                   |    |
| 集会名  | 南大洋の海洋・海氷変動に関する研究集会 —SIPEX II計画打合せ—   |                |                   |    |
| 開催日時   | 平成24年7月10日(火) 14:00～17:30<br>7月11日(水) 9:30～12:15  | 開催場所           | 極地研<br>中会議室、5階会議室 |    |
| 概要   | 集会名の副題にあるSIPEXとは、豪州が主導する国際共同研究計画 Sea Ice Physics and Ecosystems Experiment の略称で、2003年および2007年の観測に続くものである。今回は2012年9月中旬～11月初旬の航海期間中、東経110度付近で南極の晩冬期の海氷域を豪碎氷船 Aurora Australisで観測する計画で、総勢約40名の研究者が乗船予定である。同計画では船上の他、ヘリコプターや氷盤をプラットフォームとして、海氷物理と生態系に関する研究観測を国際共同で実施する。航海観測には日本から4名が乗船参加することになっており、日本チームの最終打合せとして位置付けた本集会では、豪側との調整や物資輸送など準備状況報告に続き、各乗船者から、研究・観測計画として「ヘリからのマイクロ波放射計観測」、「氷縁域における波—海氷相互作用および氷盤分布」、「氷上における大気—海氷—海洋間の物質輸送プロセス」、「電磁誘導型センサによる氷厚計測」、「酸素安定同位体比を用いた淡水循環」、「底層水の分布」に関する話題が紹介され、意見交換した。総合討論では、乗船者や豪側への提案や要望、国内外共同研究の進め方、平成25年度研究集会、解析・ワークショップ参加・成果発表のための外部資金申請などについて議論した。<br>2日目(11日)は乗船者中心の打合せとした。国内準備、現地における観測手順や相互支援の要領、豪側への問合せ事項、観測終了後の物資返送、帰国後の極域科学シンポジウムでの発表など詳細を確認、調整した。 |                |                   |    |
| 報告者<br>(担当者)   | 牛尾収輝  |                |                   |    |
| 所<br>内   | 氏名  | 所属             | 備考                |    |
|  | 牛尾 収輝   | 気水圏            |                   |    |
|  | 田村 岳史   | 気水圏            |                   |    |
|  | 橋田 元  | 気水圏            |                   |    |
|  | 榎本 浩之   | 気水圏            |                   |    |
|  | 小計  | 4 名            |                   |    |
| 所<br>外   | 氏名  | 所属             | ※注                | 備考 |
|  | 豊田 威信   | 北大低温研          |                   |    |
|  | 青木 茂  | 北大低温研          |                   |    |
|  | 中田 和輝   | 北大地球環境院(低温研)   | 大学院生              |    |
|  | 舘山 一孝   | 北見工大           |                   |    |
|  | 野村大樹  | 北大低温研／ノルウェー極地研 |                   |    |
|  | 若林裕之  | 日大             |                   |    |
|  | 中村和樹  | 日大             |                   |    |
|  | 小野 純  | 東大／極地研         |                   |    |
| 小計   | 8 名   |                |                   |    |



|    |    |   |      |         |
|----|----|---|------|---------|
| 合計 | 12 | 名 | 大学院生 | 1 名(内数) |
|    |    |   | 外国人  | 0 名(内数) |

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、どちらかを選んでください。それ以外は選択不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例:北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。

## 研 究 集 会 報 告 書

|                |  |                   |         |                |  |
|----------------|--|-------------------|---------|----------------|--|
|                |  |                   |         | ※係記入欄          |  |
| 研究課題名<br>(集会名) | 北極域における過去の気候・環境変動  |                   |         |                |  |
| 開催日時           | 2013年 3月25日(月)～3月26日(火)  |                   | 開催場所    | 国立極地研究所 多目的会議室 |  |
| 概要             | <p>近年、北極域における気候・環境の激変が大きな社会問題になっている。北極域の気候・環境変動のメカニズムを解明し、気候モデル・氷床モデルの予測精度を高めるためには、過去に生じた気候・環境変動を研究することが必要である。北極域における古気候・古環境研究に関する情報交換を行い、今後、重点的に取り組むべき課題について議論を行うために、標記で研究集会を開催した。アイスコア、海底コア、地形地質観測、氷床観測、温暖化増幅の再現モデル、古気候モデルなど、北極域の古気候・古環境研究に関する様々な分野の研究成果に関するレビュー、最新の研究成果、今後の研究展望等に関する研究発表が行われた。また、古気候・古環境研究と、現在から未来の気候変動の研究の接点についての発表も行われた。総合討論では、日本の研究コミュニティとして、異分野間の連携が重要であること、データアーカイブの作成を実施していくべきであることなどが議論された。また、研究推進のためには、砕氷船やコア掘削技術の開発などのインフラ整備が必要であるとの指摘がなされた。所内外の研究者から、今後も同様の研究集会を開催すべきとの要望が強かった。</p> |                   |         |                |  |
|                | 氏名   | 所属                | 職       | 備考             |  |
| 所内             | 川村 賢二  | 気水圏研究グループ         | 准教授     |                |  |
|                | 藤田 秀二  | 気水圏研究グループ         | 准教授     |                |  |
|                | 小端 拓郎  | 気水圏研究グループ         | 特任研究員   |                |  |
|                | 三浦 英樹  | 地圏研究グループ          | 助教      |                |  |
|                | 兒玉 裕二  | 北極観測センター          | 特任教員    |                |  |
|                | 奥野 淳一  | 北極観測センター          | 特任研究員   |                |  |
|                | 井上 康   | 北極観測センター          | 特任専門員   |                |  |
|                | 吉岡 美紀  | 極域観測系北極観測センター     | 特任専門員   |                |  |
|                | 早川 順子  | 情報図書室             | 図書係長    |                |  |
|                | 東 久美子  | 気水圏研究グループ         | 准教授     |                |  |
|                | 小計   |                   | 10 名    |                |  |
| 所外             | 矢吹 裕伯  | 海洋研究開発機構          | 技術研究副主幹 |                |  |
|                | 公文 富士夫   | 信州大学理学部物質循環学科     | 教授      |                |  |
|                | 卜部 輔   | 信州大学大学院理工学系研究科    | 学生      |                |  |
|                | 阿部 彩子  | 東京大学気候システム研究センター  | 准教授     |                |  |
|                | 吉森 正和  | 東京大学大気海洋研究所       | 特任助教    |                |  |
|                | 市野 美夏  | 東京大学大気海洋研究所       | 技術補佐員   |                |  |
|                | 堀川 恵司  | 富山大学大学院理工学研究部(理学) | 助教      |                |  |
|                | 杉山 慎   | 北海道大学低温科学研究所      | 講師      |                |  |
|                | 関 宰  | 北海道大学低温科学研究所      | 准教授     |                |  |
|                | 對馬 あかね   | 北海道大学低温科学研究所      | 大学院生    |                |  |

|        |                   |      |  |
|--------|-------------------|------|--|
| 大場 忠道  | 北海道大学大学院地球環境科学研究院 | 名誉教授 |  |
| 山本 正伸  | 北海道大学大学院地球環境科学院   | 准教授  |  |
| 堀 彰    | 北見工業大学土木開発工学科     | 准教授  |  |
| 高橋 孝三  | 北星学園大学社会福祉学部      | 教授   |  |
| 乾 靖    | (有)オフィス・イヌイ       |      |  |
| キムリカ 研 | シュプリンガー・ジャパン(株)   |      |  |
| 近藤 美津枝 |                   |      |  |
| 小計     | 17 名              |      |  |
| 合計     | 27 名              |      |  |

※外国人研究者の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

※大学院生も含めてください。その場合、「職」の欄に「大学院生」と記入してください。

※行が不足する場合、適宜追加してください。

## 研究集会実施報告書

|                |  |                   |                    |    |
|----------------|--|-------------------|--------------------|----|
|                |  |                   | ※係記入欄              |    |
| 研究課題名<br>(集會名) | 二次イオン質量分析計を用いた共同研究に関する研究集会   |                   |                    |    |
| 開催日時           | 2012年12月1日   | 開催場所              | 国立極地研究所<br>3階セミナー室 |    |
| 概要             | <p>本研究集会は、極地研究所にある二次イオン質量分析計(SHRIMP II)を用いてこれまでにこなわれてきた共同研究の成果と新たな共同研究の提案についての意見交換をおこない、今後の共同研究の発展につなげることを目的として開催した。極地研SHRIMPの現況を説明する趣旨説明に引き続き、第1部のSHRIMP共同研究成果発表では12件の講演、第2部の新たなSHRIMP共同研究提案では3件の講演と関連する質疑応答がおこなわれた。また、午後には、広島大学SHRIMPラボの責任者である日高洋教授から「広島SHRIMPの17年の履歴と今後」という演題で、SHRIMP開発の歴史的経緯や広島での研究成果などに関する特別講演をいただいた。第3部では、SHRIMP共同研究立案に向けてということで、共同研究を立案・申し込みする際の注意事項、試料の準備と申込方法、また極地研でSHRIMP分析や試料準備がどのようにおこなわれているのかといった実際上のことについての紹介と説明をおこなった。引き続いて、1階の分析室に移動してSHRIMPや関連設備の見学と説明をおこなった。</p> |                   |                    |    |
|                | 氏名   | 所属                | 職                  | 備考 |
| 所内             | 外田智千   | 地圏研究グループ          | 准教授                |    |
|                | 海田博司   | 地圏研究グループ          | 助教                 |    |
|                | 堀江憲路   | 地圏研究グループ          | 特任研究員              |    |
|                | 白石和行   |                   | 所長                 |    |
|                | 本吉洋一   | 地圏研究グループ          | 教授                 |    |
|                |  |                   |                    |    |
|                |  |                   |                    |    |
| 小計             |  | 5 名               |                    |    |
| 所外             | 日高 洋   | 広島大               | 教授                 |    |
|                | 谷健一郎   | 海洋研究開発機構          | 技術研究副主任            |    |
|                | 小笠原 正継   | 産総研               | 客員研究員              |    |
|                | Daniel Dunkley   | Curtin University | オーストラリア            |    |
|                | 福山繭子   | 秋田大               | 助教                 |    |
|                | 川寄智佑   | 愛媛大               | 教授                 |    |
|                | 堤 之恭   | 国立科学博物館           | 研究員                |    |
|                | 柚原雅樹   | 福岡大               | 助教                 |    |
|                | 伊藤久敏   | 電力中央研究所           | 上席研究員              |    |
|                | 河上哲生   | 京都大               | 助教                 |    |
|                | 東野文子   | 京都大               | 大学院生               |    |
|                | 小林 記之  | 千葉大               | 学振特別研究員            |    |
|                | 宮本知治   | 九州大               | 助教                 |    |
|                | 角替敏昭   | 筑波大               | 准教授                |    |
|                | 馬場 壮太郎   | 琉球大               | 教授                 |    |

|  |                 |         |        |  |
|--|-----------------|---------|--------|--|
|  | 加藤睦実            | 千葉大     | 大学院生   |  |
|  | M. Satish-Kumar | 新潟大     | 教授     |  |
|  | 大辻奈緒            | 新潟大     | 大学院生   |  |
|  | 宮崎一博            | 産総研     | 副研究部門長 |  |
|  | 志村俊昭            | 新潟大     | 准教授    |  |
|  | 重岡昌子            | 国立科学博物館 | 技術補佐員  |  |
|  | 橋本里子            |         |        |  |
|  | 竹原真美            | 九州大     | 大学院生   |  |
|  | 猪川千晶            | 神戸大     | 学部生    |  |
|  |                 |         |        |  |
|  | 小計              | 24 名    |        |  |
|  | 合計              | 29 名    |        |  |

※外国人研究者の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

※大学院生も含めてください。その場合、「職」の欄に「大学院生」と記入してください。

※行が不足する場合、適宜追加してください。



## 集 会 等 実 施 報 告 書

|  |   |                 |          |    |
|--|---|-----------------|----------|----|
|  |   | ※係記入欄           |          |    |
| <input type="checkbox"/> シンポジウム <input type="checkbox"/> ワークショップ <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会 <input type="checkbox"/> 会合 <input type="checkbox"/> その他 |   |                 |          |    |
| いずれかを■にしてください。   |   |                 |          |    |
| 集会名  | 北極ツンドラ生態系の物質循環に関する研究集会  |                 |          |    |
| 開催日時   | 平成24年11月29日   | 開催場所            | 国立極地研究所  |    |
| 概要   | <p>ツンドラ生態系における物質循環研究の最新の情報を共有すること、および現在進行しているプロジェクトの今後の観測計画と海外の研究者との共同研究の可能性について議論することを目的に本研究集会を開催した。参加者は所内4名、所外13名、計17名だった。</p> <p>氷河後退域の一次遷移における土壌環境の違いが維管束植物に与える影響、土壌のガスフラックスや窒素動態、植生モニタリング、および湿地における植生・物質循環研究の成果に加え、本年夏に実施された観測に関する報告があった。各発表では活発な意見交換が行われ、論文化する際のコメントや、観測手法の改良に関する助言などがあった。一方、今後の計画については、緊急度の高い観測項目の洗い出しや人員派遣計画などについて方針が示された。最後に、海外の研究者との共同研究に関する議論では、現在国立極地研究所に外国人研究員(客員)として滞在されているトロムソ大学のエリザベス・クーパー博士から具体的な研究提案を頂いた。今後は、クーパー博士と密に連絡を取りながら、共同研究の実現に向けた準備を進めていくことが確認された。</p> |                 |          |    |
| 報告者<br>(担当者)   | 内田雅己  |                 |          |    |
| 所<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>内   | 氏名  | 所属              | 備考       |    |
|  | 内田雅己  | 研究教育系           |          |    |
|  | 神田啓史  | アーカイブ室          |          |    |
|  | 増本翔太  | 総研大             |          |    |
|  |   |                 |          |    |
|  |   |                 |          |    |
|  |   |                 |          |    |
|  |   |                 |          |    |
|  | 小計  | 3 名             |          |    |
| 所  | 氏名  | 所属              | ※注       | 備考 |
|  | 中坪孝之  | 広島大学生物圏         | 大学院生 外国人 |    |
|  | 小島覚   | 北方生態環境研究学房      | 大学院生 外国人 |    |
|  | 村岡裕由  | 岐阜大学流域圏科学研究センター | 大学院生 外国人 |    |
|  | 野田響   | 筑波大学生命環境系       | 大学院生 外国人 |    |
|  | 田邊優貴子   | 東京大学新領域         | 大学院生 外国人 |    |
|  | 林健太郎  | 農業環境技術研究所物質循環   | 大学院生 外国人 |    |
|  | 吉竹晋平  | 岐阜大学流域圏科学研究センター | 大学院生 外国人 |    |
|  | 大塚俊之  | 岐阜大学流域圏科学研究センター | 大学院生 外国人 |    |
|  | 飯村康夫  | 岐阜大学流域圏科学研究センター | 大学院生 外国人 |    |
|  | 岸本文紅  | 農業環境技術研究所物質循環   | 大学院生 外国人 |    |

|         |                  |                |                     |         |
|---------|------------------|----------------|---------------------|---------|
| 外       | 廣田 充             | 筑波大学生命環境系      | 大学院生 外国人            |         |
|         | 米村正一郎            | 農業環境技術研究所物質循環  | 大学院生 外国人            |         |
|         | 和田直也             | 富山大学極東地域研究センター | 大学院生 外国人            |         |
|         | Elisabeth Cooper | トロムソ大学         | 大学院生 <del>外国人</del> | ノルウェー   |
|         | 小計               | 14 名           |                     |         |
| 合計 17 名 |                  |                | 大学院生                | 1 名(内数) |
|         |                  |                | 外国人                 | 1 名(内数) |

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、どちらかを選んでください。それ以外は選択不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例:北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。

## 研究集会実施報告書

|                |  |                    |                          |    |
|----------------|--|--------------------|--------------------------|----|
|                |  |                    | ※係記入欄                    |    |
| 研究課題名<br>(集会名) | 極限環境における微小生態系の総合的研究  |                    |                          |    |
| 開催日時           | 2012/10/26 13:00-17:30   | 開催場所               | 国立極地研究所<br>(統計数理研セミナー室2) |    |
| 概要             | 南極スカーレン大池の藻類集合体内部の微小生態系に関する本年度の研究結果および、現在開発中の微小環境測定装置の開発の現状と問題点について報告し、参加者間で情報を共有した。その他、南極バクテリア等に関する研究の経緯について報告があり、今後の課題を議論した。 |                    |                          |    |
|                | 氏名   | 所属                 | 職                        | 備考 |
| 所内             | 伊村智  | 生物圏                | 教授                       |    |
|                | 加藤健吾   | 生物圏                | 大学院生                     |    |
|                | 小計 2 名   |                    |                          |    |
| 所外             | 小川麻里   | 安田女子大学教育学部         | 准教授                      |    |
|                | 大林由美子  | 横浜国立大学大学院          | 研究教員                     |    |
|                | 遠藤慎一   |                    | 書術業                      |    |
|                | 高橋淳一   | 日本電信電話<株>先端技術総合研究所 | 主任研究員                    |    |
|                | 宮川厚夫   |                    |                          |    |
|                | 若菜勇  | 釧路市教育委員会           | マリモ学芸主幹                  |    |
|                | 倉持卓司   | 神奈川県立逗葉高等学校        | 教員補助                     |    |
|                | 吉村義隆   | 玉川大学農学部            | 教授                       |    |
|                | 伊藤洋貴   | 玉川大学農学部            | 学生                       |    |
|                | 井上源喜   | 大妻女子大学社会情報学部       | 教授                       |    |
|                | 齊藤威  | <株>IAS総合研究所        | 代表取締役                    |    |
|                | 三田肇  | 福岡工業大学工学部          | 教授                       |    |
|                | 小計 12 名  |                    |                          |    |
|                | 合計 14 名  |                    |                          |    |

※外国人研究者の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

※大学院生も含めてください。その場合、「職」の欄に「大学院生」と記入してください。

※行が不足する場合、適宜追加してください。

# 集会等実施報告書

※係記入欄

□シンポジウム    ■ワークショップ    □研究集会    □会合    □その他  
 いずれかを■にしてください。

集会名 2012年 南極医学・医療ワークショップ

開催日時 平成24年7月28日      開催場所 国立極地研究所

概要 添付資料参照

報告者  
(担当者) 渡邊研太郎(小林 香)

| 所内 | 氏名     | 所属                     | 備考        |    |
|----|--------|------------------------|-----------|----|
|    | 大野 義一郎 | 国立極地研究所客員教授<br>東葛病院副院長 | 南極医学研究班主宰 |    |
|    | 金尾政紀   | 国立極地研究所                |           |    |
|    | 樋口和夫   | 国立極地研究所                |           |    |
|    | 渡邊 研太郎 | 国立極地研究所                |           |    |
|    | 大江洋文   | 国立極地研究所                | 54次医療     |    |
|    | 長谷川達央  | 国立極地研究所                | 54次医療     |    |
|    | 橋本 信子  | 国立極地研究所                | 53次医療     |    |
|    | 桑原 悠一  | 国立極地研究所                | 54次医療     |    |
|    | 小計     | 8 名                    |           |    |
| 所外 | 氏名     | 所属                     | ※注        | 備考 |
|    | 青山 貴子  | 5 2 次医療隊員              | 大学院生 外国人  |    |
|    | 池田 篤史  | 日立総合病院/筑波大学            | 大学院生 外国人  |    |
|    | 石原 京子  | 大阪警察病院臨床検査センター         | 大学院生 外国人  |    |
|    | 太田 敏子  | JAXA                   | 大学院生 外国人  |    |
|    | 大野 義一郎 | 東葛病院/ 3 9 次医療隊員        | 大学院生 外国人  |    |
|    | 大平 宇志  | JAXA                   | 大学院生 外国人  |    |
|    | 岡田 豊   | つばさクリニック/5 1 次医療隊員     | 大学院生 外国人  |    |
|    | 加藤 奈奈子 | 京都文教大学                 | 大学院生 外国人  |    |
|    | 川端 博子  | 埼玉大学                   | 大学院生 外国人  |    |
|    | 川部 哲也  | 大阪府立大学                 | 大学院生 外国人  |    |
|    | 桑原 知子  | 京都大学大学院                | 大学院生 外国人  |    |

|              |                               |      |         |         |
|--------------|-------------------------------|------|---------|---------|
| 佐々木 玲仁       | 九州大学大学院                       | 大学院生 | 外国人     |         |
| 佐々木 麻子       | 立命館大学                         | 大学院生 | 外国人     |         |
| 嶋田 和人        | JAXA                          | 大学院生 | 外国人     |         |
| 島田 玲子        | 埼玉大学                          | 大学院生 | 外国人     |         |
| 下枝 宜史        | 下都賀総合病院／43次医療隊員               | 大学院生 | 外国人     |         |
| 高橋 哲也        | 島根大学                          | 大学院生 | 外国人     |         |
| 武岡 元         | JAXA                          | 大学院生 | 外国人     |         |
| 田辺 敏子        |                               | 大学院生 | 外国人     |         |
| 鳴岩 伸生        | 京都光華女子大学                      | 大学院生 | 外国人     |         |
| 堀内 正久        | 鹿児島大学大学                       | 大学院生 | 外国人     |         |
| 本間 善之        | JAXA                          | 大学院生 | 外国人     |         |
| 山内 潤一郎       | 首都大学東京                        | 大学院生 | 外国人     |         |
| 吉田 二教        | (財)神奈川県予防医学協会／35, 41, 51次医療隊員 | 大学院生 | 外国人     |         |
| グエン ミンフェ     | JAXA                          | 大学院生 | 外国人     |         |
| Wu Quan      | Beijing Jishuitan Hospital    | 大学院生 | 外国人     | 中国より招へい |
| Jheong Jinho | KOPRI                         | 大学院生 | 外国人     | 韓国より招へい |
| 桐浴 隆嘉        | キリンホールディングス株式会社               | 大学院生 | 外国人     |         |
| 森川 健太郎       | 多摩総合医療センター／50次医療隊員            | 大学院生 | 外国人     |         |
| 渡辺 尚彦        | 東京女子医大                        | 大学院生 | 外国人     |         |
|              |                               | 大学院生 | 外国人     |         |
|              |                               | 大学院生 | 外国人     |         |
| 小計 30 名      |                               |      |         |         |
| 合計 38 名      |                               | 大学院生 | 0 名(内数) |         |
|              |                               | 外国人  | 3 名(内数) |         |

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、どちらかを選んでください。それ以外は選択不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例: 北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。



## 2012年 南極医学・医療ワークショップ

渡邊研太郎

標記ワークショップを7月28日（土）に開催し、中国、韓国の南極観測隊医師を含め、南極医学、医療に関わる約40名の参加があった。本ワークショップは観測隊での医学研究の成果や今後の研究の方向に関する意見を集約するとともに、当年出発する観測隊での医学研究の実施計画策定にも資することを目指して毎年この時期に開催している。日・中・韓の南極観測基地における医学研究の概要や医療に関する最近の状況報告のほか、JAREで実施してきた医学研究の結果の一端を紹介し、例年より時間をとって意見交換ができた。

越冬隊員の心理調査では、解析結果を希望者に説明する際に実施した聴き取り調査から、帰国後の隊員の心理状況を、原因により類型化し、それらの間の関係、時間的変化について紹介した報告が興味をひいた。レジオネラ属菌の研究では、昨年持帰った昭和基地およびスカルプスネスで採取した土壌からレジオネラのDNA断片、共生するとされるアメーバのDNAが複数の点で検出され、活発な議論が行われた。生物学的観点からも興味深く、レジオネラ研究に新たな展望を与え得る分析結果として注目される。レジオネラ研究では論文文化に向けて検討がなされ、8月31日にはレジオネラの分析を担当されてきた東邦大学医学部の石井先生の研究室にてワークショップが開催された。来年も7月下旬に開催を予定している。



韓国世宗基地の医療環境を説明する Jheong Jinho 博士



懇親会のワークショップ参加者

プログラム（実施版）  
2012 年 南極医学医療ワークショップ  
2012 年 7 月 28 日（土曜日） 午前 9 時 30 分開場  
国立極地研究所 2F 大会議室（東京都立川市）

- 10:00 開会のあいさつ:南極医学医療ワークショップの役割 大野義一朗(東葛病院/39 次)
- 10:15 01) JARE 越冬報告 最新の南極越冬の現状 青山貴子(52 次)
- 各国の南極医学・医療報告
- 10:45 02) Introduction of King Sejong Station and Applying of ICF  
JHEONG, Jinho (Korea Polar Research Institute)
- 11:15 03) Summary of medical missions at Zhongshan Station in 2011 WU, Quan (Beijing Jishuitan Hospital)
- 11:45 04) 国立極地研究所医学研究倫理委員会の新設—南極医学研究における倫理手続きについて  
渡邊研太郎(極地研)
- 12:00 05) 南極越冬隊の越冬および帰国後の心理学研究 1 川部哲也(大阪府立大)
- 12:20 06) 南極越冬隊の越冬および帰国後の心理学研究 2 佐々木麻子(立命館大学)
- 13:00 昼 食
- 14:00 07) 昭和基地でのコラーゲン人工皮膚を使った紫外線曝露に関する調査 高橋哲也(島根大学)
- 14:30 08) 53 次南極観測セールロンダーネ夏隊員の南極滞在における生理的応答  
山内潤一郎(首都大学東京)
- 15:00 09) 過酷環境における体内オルニチンの変動—疲労とアミノ酸代謝の検討 堀内正久(鹿児島大学)
- 15:40 コーヒーブレイク
- 15:50 10) 昭和基地から 橋本信子、桑原悠一(53 次)
- 16:20 11) 遠隔医療:51 次で経験した遠隔医療事例と、その有効性の検討 岡田 豊(つばさクリニック/51 次)
- 16:40 12) 南極におけるレジオネラ調査 下枝宣史(下都賀病院/43 次)
- 17:00 13) 第 50 次隊での栄養研究—速報 森川健太郎・井口まり(50 次)
- 17:20 14) 第 54 次隊で計画している医学研究 大江洋文、長谷川達央(54 次)
- 17:40 15) 泌尿器科からみた越冬ストレスの評価について 池田篤史(日立総合病院/筑波大)
- 18:00 閉 会
- 18:10-19:00 懇親会(2F 大会議室前ロビー)

コンピーナー  
大野義一朗  
東葛病院/国立極地研究所客員教授  
oonog@mb.infoweb.ne.jp  
渡邊研太郎  
国立極地研究所  
kentaro@nipr.ac.jp

事務局  
渡邊研太郎  
国立極地研究所  
〒190-8518 立川市緑町 10-3  
Phone: 042-512-0646  
FAX: 042-528-314

### Ⅲ. 平成 24 年度共同研究課題一覧

1. 平成24年度共同研究実施件数

| 区分     | 研究分野 | 平成24年度実施件数 |    |     | 平成24年度<br>終了件数 | 平成24年度<br>継続件数 |
|--------|------|------------|----|-----|----------------|----------------|
|        |      | 継続         | 新規 | 計   |                |                |
|        |      | 件数         | 件数 | 件数  |                |                |
| 一般共同研究 | 宙空圏  | 21         | 12 | 33  | 8              | 25             |
|        | 気水圏  | 13         | 7  | 20  | 7              | 13             |
|        | 地圏   | 12         | 3  | 15  | 6              | 9              |
|        | 生物圏  | 21         | 6  | 27  | 10             | 17             |
|        | 極地工学 | 4          | 3  | 7   | 3              | 4              |
|        | 計    | 71         | 31 | 102 | 34             | 68             |
| 研究集会   |      | 15         |    |     | 15             | 0              |

## 2. 一般共同研究

| 分野  | No.   | 研究課題名   | 研究代表者     | 所属・職                     | 研究期間      |    |
|-----|-------|---|-----------|--------------------------|-----------|----|
| 宙空圏 | 22-1  | 全球的な宇宙電磁場環境変動データの解析研究                           | 湯 元 清 文   | 九州大学宇宙環境研究センター・センター長     | H22 - H24 | 3年 |
|     | 22-2  | 極域熱圏・電離圏のモデリング研究                                | 藤 原 均     | 成蹊大学理工学部共通基礎・教授          | H22 - H24 | 3年 |
|     | 22-3  | サブストーム解明へ向けた磁気圏電離圏現象の整理およびMHDシミュレータの改良          | 中 溝 葵     | 名古屋大学太陽地球環境研究所・研究員       | H22 - H24 | 3年 |
|     | 22-4  | 昭和基地設置多波長共鳴散乱ライダーの特性評価                          | 川 原 琢 也   | 信州大学工学部・准教授              | H22 - H24 | 3年 |
|     | 22-5  | LF標準電波を用いた放射線帯電子降下現象の実証的研究                      | 土 屋 史 紀   | 東北大学・助教                  | H22 - H24 | 3年 |
|     | 23-1  | 高感度光学観測ネットワークによる電離圏・熱圏・中間圏ダイナミクスの研究             | 塩 川 和 夫   | 名古屋大学太陽地球環境研究所・教授        | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-2  | プラズマ輸送シミュレーションへの物理乱数の応用                         | 菅 野 龍 太 郎 | 自然科学研究機構核融合研究所・准教授       | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-3  | 北極での高エネルギー電子降下によるガンマ線バーストの定点観測                  | 谷 森 達     | 京都大学大学院理学研究科・教授          | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-4  | アイスランドにおける宇宙線生成核種強度の時間変動と太陽活動の関係についての研究         | 櫻 井 敬 久   | 山形大学理学部・教授               | H23 - H24 | 2年 |
|     | 23-5  | 地磁気とSuperDARNデータによる磁力線共鳴振動同時観測手法の開発研究           | 尾 花 由 紀   | 大阪電気通信大学工学部基礎理工学科・講師     | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-6  | GPSトモグラフィーの開発と地圏—大気圏—電離圏結合に関連する研究               | 服 部 克 巳   | 千葉大学大学院理学研究科・教授          | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-7  | パルセーティングオーロラに伴うVLF降下電子の観測的研究                    | 加 藤 雄 人   | 東北大学大学院理学研究科・助教          | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-8  | 衛星プラズマ電磁環境に関する粒子シミュレーション研究                      | 臼 井 英 之   | 神戸大学大学院システム情報学工学研究科・教授   | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-9  | SuperDARN観測と数値実験による極域電離圏対流システムの解明               | 渡 辺 正 和   | 九州大学宙空環境研究センター・准教授       | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-10 | ノルウェー・トロンソの光学観測装置を中心とした中間圏大気重力波の研究              | 大 山 伸 一 郎 | 名古屋大学太陽地球環境研究所・助教        | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-11 | SuperDARNによる極域・中緯度電離圏ダイナミクスの比較研究                | 西 谷 望     | 名古屋大学太陽地球環境研究所・准教授       | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-12 | 大気電場観測データを用いたグローバルサーキットの研究                      | 鴨 川 仁     | 東京学芸大学教育学部・助教            | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-13 | シンチレーション及び全電子数観測による極域電離圏擾乱の研究                   | 大 塚 雄 一   | 名古屋大学太陽地球環境研究所・助教        | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-14 | グローバルな電離圏擾乱ダイナモの発達過程に関する研究                      | 林 寛 生     | 京都大学生存圏研究所・特定准教授         | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-15 | EISCAT/SuperDARNレーダーを用いたCowlingチャンネル検出手法の検討     | 吉 川 顕 正   | 九州大学大学院理学研究院・助教          | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-16 | オーロラサブストームにともなうカレントウェッジと昼側領域1型および2型沿磁力線電流の発達の関係 | 橋 本 久 美 子 | 吉備国際大学・国際環境経営学部環境経営学科・教授 | H23 - H24 | 2年 |
|     | 24-1  | Substorm発達過程とUFL波動との関係                          | 櫻 井 亨     | 東海大学・名誉教授                | H24 - H25 | 2年 |



研究集会

| 分野  | No.   | 研究課題名   | 研究代表者   | 所属・職                                       | 研究期間      |    |
|-----|-------|---|---------|--|-----------|----|
| 宙空圏 | 24-2  | 地上磁場データを用いた放射線帯粒子変動の研究                        | 北村 健太郎  | 徳山工業高等専門学校・准教授                             | H24 - H26 | 3年 |
|     | 24-3  | 衛星および地上多点観測を用いた極域Pc3-4地磁気脈動の研究                | 寺本 万里子  | 名古屋大学太陽地球環境研究所・研究機関研究員                     | H24 - H26 | 3年 |
|     | 24-4  | 太陽活動上昇期の磁気嵐の研究                                | 齋 藤 尚 生 | 東北大学・名誉教授                                  | H24 - H26 | 3年 |
|     | 24-5  | 光学・レーダー・地磁気・GPS-TECデータを用いたオーロラ帯電離圏の研究         | 細 川 敬 祐 | 電気通信大学・助教                                  | H24 - H26 | 3年 |
|     | 24-6  | 極域とブラジル磁気異常帯の超高層大気現象の相関について                   | 巻 田 和 男 | 拓殖大学・教授                                    | H24 - H25 | 2年 |
|     | 24-7  | 大気面と電離圏/磁気圏との電磁結合に関する研究                       | 早 川 正 士 | 電気通信大学・名誉教授(電通大先端ワイヤレスコミュニケーション研究センター客員教授) | H24 - H26 | 3年 |
|     | 24-8  | 衛星観測ならびに地上観測に基づく内部磁気圏プラズマダイナミクス及び電離圏-磁気圏結合の研究 | 小 野 高 幸 | 東北大学大学院理学研究科・教授                            | H24 - H26 | 3年 |
|     | 24-9  | 北極域対流圏・成層圏から超高層大気への大気重力波伝搬の観測                 | 鈴 木 臣   | 名古屋大学高等研究院・特任助教                            | H24 - H26 | 3年 |
|     | 24-10 | 北欧におけるレーダーおよび光学観測機器を用いた下部熱圏・中間圏大気ダイナミクスの解明    | 野 澤 悟 徳 | 名古屋大学太陽地球環境研究所・准教授                         | H24 - H26 | 3年 |
|     | 24-11 | SuperDARNで観測される地磁気脈動からの磁気圏領域推定可能性             | 河 野 英 昭 | 九州大学宙空環境研究センター・准教授                         | H24 - H24 | 1年 |
|     | 24-12 | グローバル磁力計・オーロラTV観測によるPi2電流系の研究                 | 菊 池 崇   | 名古屋大学太陽地球環境研究所・教授                          | H24 - H26 | 3年 |
| 気水圏 | 22-6  | 衛星および現場観測データによる南極リュッソ・ホルム湾の海水変動解析             | 舘 山 一 孝 | 北見工業大学・助教                                  | H22 - H24 | 3年 |
|     | 22-7  | 南極海インド洋セクターにおける係留観測研究                         | 深 町 康   | 北海道大学低温科学研究所・助教                            | H22 - H24 | 3年 |
|     | 22-8  | しらせによる海洋航走モニタリング研究                            | 青 木 茂   | 北海道大学低温科学研究所・准教授                           | H22 - H24 | 3年 |
|     | 22-10 | 北半球寒冷域の急激な雪氷圏変動                               | 本 田 明 治 | 新潟大学自然科学系・准教授                              | H22 - H24 | 3年 |
|     | 23-17 | 南極氷コアに含まれる硫酸イオンの安定同位体計測に関する研究                 | 植 村 立   | 琉球大学理学部・助教                                 | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-18 | 地中レーダー(GPR)の積雪や氷河氷への適用に関する研究                  | 福井 幸太郎  | 立山カルデラ砂防博物館・学芸員                            | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-19 | 地球観測衛星から推定されたエアロゾルのしらせ船上観測との比較検証              | 久 慈 誠   | 奈良女子大学理学部・講師                               | H23 - H24 | 2年 |
|     | 23-20 | 多波長ライダーによる混合相雲の検出・解析手法の開発                     | 津 田 敏 隆 | 京都大学生存圏研究所・教授                              | H23 - H24 | 2年 |
|     | 23-21 | スカイラジオメーター観測に基づく極域のエアロゾルの光学的特性                | 青 木 一 真 | 富山大学大学院理工学研究部・准教授                          | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-22 | 南極の沿岸から内陸の積雪堆積環境の解明                           | 亀 田 貴 雄 | 北見工業大学工学部・准教授                              | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-23 | 飛翔体搭載小型エアロゾルゾンデによる極域自由対流圏・成層圏エアロゾル観測の展開       | 林 政 彦   | 福岡大学理学部・教授                                 | H23 - H25 | 3年 |

| 分野  | No.   | 研究課題名  | 研究代表者 | 所属・職                        | 研究期間      |    |
|-----|-------|--|-------|-----------------------------|-----------|----|
| 気水圏 | 23-24 | タイムラプスビデオを用いた白瀬氷河流動観測                          | 齊藤 隆志 | 京都大学防災研究所・助教                | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-25 | ダイヤモンドダストによる降雪の降水量実測の試み                        | 小西 啓之 | 大阪教育大学・准教授                  | H23 - H25 | 3年 |
|     | 24-13 | 氷河・氷床の中層掘削技術に関する研究                             | 古崎 睦  | 旭川工業高等専門学校・教授               | H24 - H26 | 3年 |
|     | 24-14 | 成層圏における温室効果気体の変動に関する研究                         | 青木 周司 | 東北大学大学院理学研究科・教授             | H24 - H26 | 3年 |
|     | 24-15 | グリーンランドおよび山岳氷河雪氷試料の化学解析による北極域の気候変動に関する研究       | 的場 澄人 | 北海道大学低温科学研究所・助教             | H24 - H26 | 3年 |
|     | 24-16 | 船舶用スカイラジオメータの性能評価                              | 小林 拓  | 山梨大学大学院医学工学総合研究部・准教授        | H24 - H26 | 3年 |
|     | 24-17 | 南極雪氷中の火山・宇宙起源物質の研究(V)                          | 福岡 孝昭 | 立正大学地球環境科学部・教授              | H24 - H24 | 1年 |
|     | 24-18 | 氷床コア同位体連続分析用融解装置の高分解能化                         | 東 信彦  | 長岡技術科学大学機械系・教授              | H24 - H26 | 3年 |
|     | 24-30 | 南極域エアロゾルの季節挙動に関する研究                            | 浅野 比  | 山口東京理科大学・助教                 | H24 - H26 | 3年 |
| 地圏  | 22-11 | ケイ酸塩鉱物中磁性包有物を有する南極産隕石と地球岩石の磁気・年代に関する研究         | 中村 教博 | 東北大学理学研究科・准教授               | H22 - H24 | 3年 |
|     | 22-13 | 造岩鉱物の微細組織からみた東南極ナビア、リュツォ・ホルム岩体の熱史              | 三宅 亮  | 京都大学大学院理学研究科・准教授            | H22 - H24 | 3年 |
|     | 22-14 | 「しらせ」海底地形及び地球物理データの標準化及び南極プレートインド洋区の精密構造に関する研究 | 松本 剛  | 琉球大学理学部・教授                  | H22 - H24 | 3年 |
|     | 23-26 | コンドライトの分類と角礫化作用に関する研究                          | 木村 眞  | 茨城大学理学部・教授                  | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-27 | 地震学的データを用いた極域の地球内部不均質構造に関する研究                  | 趙 大鵬  | 東北大学大学院理学研究科・教授             | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-28 | 極域での固体地球振動と地震波動の伝播特性に関する研究                     | 平松 良浩 | 金沢大学理工研究域自然システム学系・准教授       | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-29 | 南極域における氷河地震の活動度と発生過程に関する研究                     | 坪井 誠司 | (独)海洋研究開発機構地球情報研究センター・部長    | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-30 | グラニュライト中のナノ花崗岩包有物による大陸衝突型造山帯の研究                | 廣井 美邦 | 千葉大学大学院理学研究科・教授             | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-31 | 泥質変成岩を利用した東南極セールロンダーネ山地における流体活動のタイミング決定        | 河上 哲生 | 京都大学大学院理学研究科・助教             | H23 - H24 | 2年 |
|     | 23-32 | 合成開口レーダ(SAR)による南極域の地表変動観測手法の改善                 | 大村 誠  | 高知県立大学生活科学部・教授              | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-33 | 地上および衛星重力データによる昭和基地周辺の重力場精密決定                  | 福田 洋一 | 京都大学大学院理学研究科・教授             | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-34 | 昭和基地地電流データの解析                                  | 坂中 伸也 | 秋田大学大学院工学資源研究科・助教           | H23 - H24 | 2年 |
|     | 24-19 | 南極域での超小型VLBIアンテナ実利用に向けた受信部冷却に関する技術検討           | 市川 隆一 | 情報通信研究機構電磁波計測研究所時空標準研究室・副室長 | H24 - H24 | 1年 |

研究集会

| 分野  | No.   | 研究課題名                                      | 研究代表者     | 所属・職                        | 研究期間      |    |
|-----|-------|--|-----------|-----------------------------|-----------|----|
| 地圏  | 24-20 | インフラサウンド計測に基づく極地大気-海洋-固体圏相互作用の研究           | 山 本 真 行   | 高知工科大学工学部・准教授               | H24 - H26 | 3年 |
|     | 24-21 | 完新世グリーンランド氷床融解史に関する地形・地質学的研究               | 前 圭 英 明   | 広島大学大学院教育学研究部・教授            | H24 - H26 | 3年 |
| 生物圏 | 22-15 | 細菌の低温適応と細胞の疎水度                             | 奥 山 英 登 志 | 北海道大学大学院地球環境科学研究院・准教授       | H22 - H24 | 3年 |
|     | 22-16 | 南極における生物に及ぼす紫外線の影響評価と好冷性微生物を用いた機能性食品に関する研究 | 高 橋 哲 也   | 島根大学教育学部・教授                 | H22 - H24 | 3年 |
|     | 22-17 | オホーツク海沿岸域における海水生成が低次生産層におよぼす影響             | 西 野 康 人   | 東京農業大学生物産業学部・准教授            | H22 - H24 | 3年 |
|     | 22-18 | 極域より分離した微生物と人工的に改変した微生物酵素の低温適応機構           | 田 口 精 一   | 北海道大学大学院工学研究科・教授            | H22 - H24 | 3年 |
|     | 22-19 | 昭和基地周辺における土壌藻類および土壌微生物を用いた環境モニタリングに関する研究   | 大 谷 修 司   | 島根大学教育学部・教授                 | H22 - H24 | 3年 |
|     | 22-21 | 極地の植物に寄生する糸状菌の同定と遺伝子資源としての評価               | 東 條 元 昭   | 大阪府立大学・准教授                  | H22 - H24 | 3年 |
|     | 22-22 | 雪上藻類の光合成に関する研究                             | 菓子野 康 浩   | 兵庫県立大学・准教授                  | H22 - H24 | 3年 |
|     | 22-23 | 海洋と南極湖沼における硫黄循環と窒素循環に対する嫌気呼吸の役割の解明         | 松 崎 雅 広   | 広島大学大学院理学研究科・助教             | H22 - H24 | 3年 |
|     | 23-35 | 極域における菌類の生物多様性と生態系機能に関する研究                 | 大 園 享 司   | 京都大学生態学研究センター・准教授           | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-36 | 極域における環境変動と生物相の変遷に関する研究                    | 井 上 源 喜   | 大妻女子大学社会情報学部・教授             | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-37 | 極域微生物の汎存性と固有性に関する研究                        | 長 沼 毅     | 広島大学大学院生物圏科学研究科・准教授         | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-38 | 南極海の深層生態系:多様性と生活史戦略                        | 谷 村 篤     | 三重大学大学院生物資源学研究科・教授          | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-39 | 南極材料を用いた薬剤耐性菌および薬剤耐性遺伝子の検索                 | 田 村 豊     | 酪農学園大学獣医学部食品衛生学ユニット・教授      | H23 - H24 | 2年 |
|     | 23-40 | 陸上動物を対象とした遠隔操作によるバイオロギング研究                 | 森 貴 久     | 帝京科学大学・准教授                  | H23 - H24 | 2年 |
|     | 23-41 | 海水中の微小生物圏の環境応答に関する生態学的研究                   | 田 口 哲     | 創価大学工学部・教授                  | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-42 | 南極露岩域湖沼における生態系発達史と多様性維持機構の解明               | 山 室 真 澄   | 東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻・教授 | H23 - H25 | 3年 |
|     | 23-43 | 南極湖沼に生息する動物相の分析およびその多様性機構について              | 斎 藤 裕 美   | 東海大学生物理工学部・講師               | H23 - H25 | 3年 |

| 分野   | No.   | 研究課題名                                      | 研究代表者   | 所属・職                     | 研究期間      |    |
|------|-------|--|---------|--------------------------|-----------|----|
| 生物圏  | 23-44 | 南極海に生息する魚類の繁殖及び摂餌生態に関する研究                  | 岩 見 哲 夫 | 東京家政学院大学・教授              | H23 - H25 | 3年 |
|      | 23-45 | 寒冷海域の海洋酸性化が有殻翼足類に与える影響                     | 佐 々 木 洋 | 石巻専修大学理工学部・教授            | H23 - H25 | 3年 |
|      | 23-46 | 寒冷環境下における身体機能への生理的影響                       | 山内 潤一郎  | 首都大学東京・准教授               | H23 - H25 | 3年 |
|      | 23-47 | 南氷洋産ヒモムシ由来生理活性物質の探索研究                      | 稲 垣 昌 宣 | 安田女子大学薬学部・講師             | H23 - H25 | 3年 |
|      | 24-22 | ジャイロロガーを用いたアデリーペンギンの行動解析                   | 三田村 啓理  | 京都大学大学院情報学研究所・助教         | H24 - H26 | 3年 |
|      | 24-23 | 高緯度海域における海洋環境変動が高次捕食者に与える影響                | 三 谷 曜 子 | 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・助教 | H24 - H26 | 3年 |
|      | 24-24 | オオミズナギドリ の 餌 生 物 の DNA 分 析                 | 山 本 麻 希 | 長岡技術科学大学生物系・助教           | H24 - H26 | 3年 |
|      | 24-25 | 極域における微小環境測定装置の実用性に関する試験、研究                | 小 川 麻 里 | 安田女子大学・講師                | H24 - H26 | 3年 |
|      | 24-26 | 動物装着型記録計を用いたオオミズナギドリ の 繁 殖 生 態 に 関 す る 研 究 | 渡 辺 伸 一 | 福山大学生命工学部・講師             | H24 - H26 | 3年 |
|      | 24-31 | 動物装着用超小型アルゴス送信機の設計と試作                      | 塚 本 勝 巳 | 東京大学大気海洋研究所・教授           | H24 - H26 | 3年 |
| 極地工学 | 22-24 | 昭和基地におけるエネルギー利用効率向上に関する研究                  | 木 村 茂 雄 | 神奈川工科大学工学部・教授            | H22 - H24 | 3年 |
|      | 22-25 | 極寒地・南極大陸における高機能繊維素材の開発                     | 奥 野 温 子 | 武庫川女子大学・教授               | H22 - H24 | 3年 |
|      | 22-26 | 共同開発した新規南極ウェアの評価と検討                        | 伊豆原 月絵  | 大阪樟蔭女子大学・教授              | H22 - H24 | 3年 |
|      | 23-48 | 極寒環境下での電力供給システムの開発                         | 小 原 伸 哉 | 北見工業大学工学部・教授             | H23 - H25 | 3年 |
|      | 24-27 | 新ドームふじ基地建設にむけた圧雪手法の研究                      | 白 川 龍 生 | 北見工業大学社会環境工学科・助教         | H24 - H26 | 3年 |
|      | 24-28 | 積雪強度測定手法の開発および広温度領域にわたる積雪物性値の比較測定          | 竹内 由香里  | 森林総合研究所十日町試験地・主任研究員      | H24 - H26 | 3年 |
|      | 24-29 | 南極ドームふじきちにおける赤外線望遠鏡による天体観測のための減災研究         | 市 川 隆   | 東北大学理学研究科天文学専攻・教授        | H24 - H26 | 3年 |

## 3. 研究集会

| No. | 研究課題名                          | 研究代表者  | 所属・職                |
|-----|--------------------------------|--------|---------------------|
| 1   | SuperDARNによる極域超高層大気研究集会        | 行松 彰   | 国立極地研究所・准教授         |
| 2   | 南極昭和基地大型レーダー計画(PANSY)研究集会      | 佐藤 薫   | 東京大学・教授             |
| 3   | 中間圏・熱圏・電離圏研究集会                 | 江尻 省   | 国立極地研究所・助教          |
| 4   | EISCAT研究集会                     | 宮岡 宏   | 国立極地研究所・准教授         |
| 5   | 地上多点観測データの総合解析による超高層大気研究会      | 堀 智昭   | 名古屋大学太陽地球環境研究所・特任助教 |
| 6   | 極域電離圏—磁気圏結合研究集会                | 細川 敬祐  | 電気通信大学・助教           |
| 7   | 極域からさぐる第四紀の地球気候変動史             | 本山 秀明  | 国立極地研究所・教授          |
| 8   | 南極大気エアロゾル研究会                   | 原 圭一郎  | 福岡大学・助教             |
| 9   | 大気・雪氷間の物質循環と南極域への物質輸送に関する研究小集会 | 原 圭一郎  | 福岡大学・助教             |
| 10  | 南大洋の海洋・海氷変動に関する研究集会            | 牛尾 収輝  | 国立極地研究所・准教授         |
| 11  | 北極域における過去の気候・環境変動              | 東 久美子  | 国立極地研究所・准教授         |
| 12  | 二次イオン質量分析計を用いた共同研究に関する研究集会     | 外田 智千  | 国立極地研究所・准教授         |
| 13  | 北極ツンドラ生態系の物質循環に関する研究集会         | 内田 雅己  | 国立極地研究所・准教授         |
| 15  | 極限環境における微小生態系の総合的研究            | 小川 麻里  | 安田女子大学・講師           |
| 16  | 南極医学・医療ワークショップ2012             | 渡邊 研太郎 | 国立極地研究所・教授          |



本報告書は、平成24年度で終了した共同研究の各研究代表者から提出された報告をとりまとめたものである。