

平成 20 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

レーダーおよび光学観測機器を用いた極域下部熱圏・中間圏の研究	6
オーロラ嵐とその学際領域の研究	8
AKRスペクトル解析によるオーロラ粒子加速域の構造と発達過程の研究	10
大気圏と電離圏との電磁結合に関する研究	12
オーロラX線の発生機構と高エネルギー粒子加速の研究	14
地球磁場減少に伴う超高層大気環境変動の総合調査	16
科学衛星「あけぼの」による波動観測と地上観測の対比による極域電磁圏プラズマの構造・ダイナミクスの解明	18
地上磁場観測網による磁気圏プラズマ密度の推定	20
SuperDARNと地磁気・GPS-TEC・衛星データを用いた極域電磁圏ダイナミクス	22

(2) 気 水 圏

同位体観測による北極域でのメタン変動の研究	26
リモートセンシングデータを用いた南極域における水蒸気・雲変動の研究	28
85GHz輝度温度画像を用いた冬期異常昇温現象の年変動に関する研究	30
極地氷コア中金属成分から探るエアロゾルの広域拡散過程	32
南極雪氷中の火山・宇宙起源物質の研究 (Ⅲ)	34
小型無人航空機を用いた極域における大気・海氷観測に関する研究	36
氷床コア中のイリジウム分析による小惑星衝突の検出	38
大気中粒子状物質評価法に関する研究	40
太陽光スペクトルを利用した極域のエアロゾル特性導出法に関する研究	42

(3) 地 圏

東ドロンニングモードランド・セールロンダーネ山地のテクトニクス	46
東ドロンニングモードランドの地殻構造に関する地震学的研究	50
凍土・周氷河プロセス観測網の極域への展開	52
後期新生代未固結堆積物による東南極氷床変動史に関する総合的研究	54
極域海洋堆積物および南極・アフリカ等の岩石を対象とする磁気物性からみた古環境と地磁気変動の研究	56
南極海海洋底リソスフェアの進化に関する研究	58
東南極中央ドロンニングモードランドの変成作用・火成作用に関する研究	60
ミグマタイトの精密年代測定による深成変成帯の形成過程解明	62

(4) 生 物 圏

南極海・海氷域におけるクロミンククジラの分布密度	66
繁殖期における大型動物の生理状態と行動の変動についての研究	68
外洋性海鳥の行動測定によるホットスポットの海洋環境変動の研究	70
極域表層土壌内有機炭素ダイナミクスの解明と温暖化影響評価	72

絶対的抗菌薬非暴露環境における耐性菌の出現と進化	74
データロガーを用いた動物行動学研究	76
(5) 極地工学	
南極条約地域におけるバイオプロスペクティング活動の国際法的検討	80

II. 研究集会報告

研究集会

国際極年～新船導入後の南極域における固体地球の振動特性研究に関する検討会	84
南極大気エアロゾル観測と観測結果検討のための研究会	88
極限環境における微生物研究の現状と展望	92
東南極地域の内陸氷床トラバース探査に関する研究集会	94
極域を含む学際的地球科学推進のためのeGYメタ情報システム構築の検討	98
ドームふじ氷床コア中の微隕石の起源と微隕石イベントによる大気環境への影響評価	100
両極域における海洋環境と気候変動研究に関する研究集会	102

III. 平成20年度共同研究課題一覧

1 平成20年度共同研究実施件数	106
2 一般共同研究	107
3 研究集会	113

1. 記号の説明

◎ …… 研究代表者

2. 表記例

(研究課題)

オーロラ嵐とその学際領域の研究

(研究代表者)

◎三澤浩昭 東北大学理学研究科・准教授

(共同研究員)

斎藤尚生 東北大学・名誉教授

(担当教員)

(国立極地研究所)

佐藤夏雄 教授

(研究期間)

平成18年～平成20年(3か年)

I. 共同研究報告（終了）

一般共同研究

(1) 宙 空 圏

共同研究報告書（終了）

レーダーおよび光学観測機器を用いた極域下部熱圏・中間圏の研究

□名古屋大学太陽地球環境研究所・准教授 野澤悟徳

名古屋大学太陽地球環境研究所・教授 藤井良一

国立極地研究所 担当教員・講師 小川泰信

国立極地研究所 担当教員 准教授 堤 雅基

平成 18 年～平成 20 年（3 か年）

[研究成果]

1. はじめに

極域超高層大気は、下層大気からの影響を受けているだけでなく、磁気圏との結合を通して、電磁気的エネルギーの注入を受ける特異な領域である。本研究課題の目的は、この特異な領域である下部熱圏・中間圏の大気ダイナミクスの理解を深めることである。この高度領域の大気ダイナミクスの理解は、磁気圏-地球大気結合を議論する上で非常に重要である。本研究課題の期間において、EISCATレーダー、MFレーダー、流星レーダーデータを用いて、（1）極域下部熱圏・中間圏における、大気潮汐波の研究、（2）下部熱圏における、磁気圏対流電場効果に関する研究を、実施した。さらに、2007年11月から稼働したベアアイランド流星レーダー(STEL)と、トロムソおよびロングイアビン流星レーダー(NIPR)の、計3つのレーダーによる、下部熱圏・上部中間圏風に関する比較研究を実施した。また、トロムソMFレーダーを用いた中間圏乱流についての研究も実施した。ここでは、テーマ（1）および（2）についてまとめる。

2. 中間圏における大気波動の研究

トロムソ(69.6°N, 19.2°E)とポーカーフラット(65.1°N, 147.5°W)MFレーダーにより取得された約4年分の風速データに基づいた、極域中間圏（高度70 km から91 km）における大気潮汐波（1日および半日）についてまとめた。1日潮汐波の振幅は、夏に強くなる季節変化を示した。位相は季節/高度によらず、ほぼ12時付近であった。半日潮汐波の振幅は、高度とともに強くなる傾向を示した。両サイトの位相を比較した結果、1日潮汐波については、東西波数1のin-situモードが卓越していたと考えられる。半日潮汐波については、夏には両サイト間の位相に大き

な差はないが、冬では数時間程度の位相差がある。このことは、夏にはmigrating modeが、冬にはmigrating modeに加えて、non-migrating modeが重要になることを示唆すると考えられる。さらに、両サイトにおける位相差から、東西波数1,2の分離を行い、それぞれの季節変動を調べた。両者の振幅を比較すると、non-migrating tide (s=1を仮定)の方が大きい期間があり、北極域中間圏において、non-migrating tideが重要であることが分かった。[Nozawa et al., 2007]

3. イオンドラッグによる大気潮汐波への影響

1999年7月1日1000 UTから7月7日1000 UTのEISCATスバルバルレーダー(ESR)データを詳細に解析し、1日の時間スケールの下部熱圏風ダイナミクス（すなわち、一日大気潮汐波）におけるイオンドラッグの重要性について調査した。前半3日間は、安定した電離圏対流電場の一日周期変動がみられたが、後半3日間では、はっきりとした電場の一日周期変動はみられなかった。この電場変動の違いを利用し、データセットを前半3日間と後半3日間の二つに分類し、両期間の中性風速度、イオン速度を比較した。前半3日間の高高度（110—120 km）では、中性風速度とイオン速度にはっきりとした違いがみられた。両期間の一日潮汐波の振幅・位相を求めて比較した。高度100—118 kmにおいて、前半3日間の振幅（南北成分）が後半3日間より有意に大きいことが判明した。イオンドラッグ加速度と全加速度（風速傾度）を定量的に比較し、イオンドラッグが、一日大気潮汐波の振幅変動へ重要な影響を及ぼしていたことを初めて定量的に示した。また、National Center for Atmospheric Research (NCAR) thermosphere-ionosphere-mesosphere-electrodynamics general circulation model (TIME-GCM) による計算結果と観測結果を

比較し、TIME-GCM計算結果からも、イオンドラッグが一日潮汐波へ影響を与え得るという結果を得た。[Tsuda et al., 2007]

2005年6月16日のESRデータを詳細に解析し、1時間の時間スケールの下部熱圏風ダイナミクスにおけるイオンドラッグの重要性、及びジュール加熱が生成する圧力勾配の重要性について調査した。その日の0843 UTにAdvanced Composition Explorer (ACE) 衛星は、太陽風磁場 (Interplanetary Magnetic Field: IMF) の南向き変化を観測した。ESR観測により、F領域イオン速度、及び下部熱圏 (高度118 km) の中性風速度が、 \sim 0900 UTから急激に加速し始める様子を捉えた。中性風速度は、1000 UTまでの \sim 1時間の間に \sim 500 m s⁻¹にまで大きく加速されていた。この速度は、典型的な中性風速度と比較して著し

く大きい速度であった。この高速中性風の生成に対するイオンドラッグの寄与を評価した。評価の結果、イオンドラッグでは、この短時間 (\sim 1時間) の内に、この高速中性風を生成できない事が判明した。このことから、ジュール加熱による水平圧力勾配が、高速中性風を生成した主要因である事が示唆される。ESRデータとSuper Dual Auroral Radar Network (SuperDARN) データを併用して、ジュール加熱による圧力勾配を初めて推定した。推定の結果、高速中性風の生成原因として、ジュール加熱による圧力勾配が最有力候補であることを定量的に示した。[Tsuda et al., 2009]

[研究発表]
査読あり

- Hall, C.M., T. Aso, M. Tsutsumi, S. Nozawa, C.E. Meek and A.H. Manson, A comparison of meteor and medium frequency radar kilometer scale MLT dynamics at 70°N, *J. Atm. Sol-Terr. Phys.*, 68, 309-316, 2006
- Hall, C., S. Nozawa, A. Manson, C. Meek, Tidal signatures in mesospheric turbulence, *Ann. Geophysicae*, 24, 453-465, 2006.
- Hall, C.M., A. Brekke, A. H. Manson, C. E. Meek, S. Nozawa, Trends in mesospheric turbulence at 70°N, *Atmospheric Science Letters*, 8, 80-84, 2007.
- Hall, C., C. Meek, A. Manson, S. Nozawa, Turbopause determination, climatology and climatic trends, using medium frequency radars at 52° and 70°N, *J. Geophys. Res.*, 113, D13104, doi:10.1029/2008JD009938, 2008
- Nozawa, S., Y. Ogawa, A. Brekke, T. Tsuda, C. M. Hall, H. Miyaoka, J. Kurihara, T. Abe, and R. Fujii, EISCAT observational results during the DELTA campaign, *Earth Planets Sci.*, 58, 1183-1192, 2006.
- Oyama, S. B. J. Watkins, S. Maeda, H. Shinagawa, S. Nozawa, Y. Ogawa, A. Brekke, C. Lathuillere, and W. Kofman, Generation of the lower-thermospheric vertical wind estimated with the EISCAT KST radar at high latitudes during periods of moderate geomagnetic disturbance, *Annales Geophysicae*, 26, 1491-1505, 2008
- Tsuda, T. T. , S. Nozawa, A. Brekke, Y. Ogawa, T. Motoba, R. Roble, and R. Fujii, An ion drag contribution to the lower thermospheric wind in the summer polar region, , *J. Geophys. Res.*, 112, A06319, doi:10.1029/2006JA011785,2007.
- Tsuda, T. T., Satonori Nozawa , Shin Oyama , Tetsuo Motoba , Yasunobu Ogawa , Hiroyuki Shinagawa , Nozomu Nishitani , Keisuke Hosokawa , Natsuo Sato , Mark Lester , Ryoichi Fujii, Acceleration mechanism of high-speed neutral wind observed in the polar lower thermosphere, *J. Geophys. Res.*, 113, in press, 2008

査読なし

- Nozawa, S., H. Iwahashi, T. Tsuda, S. Ohyama, R. Fujii, C. M. Hall, A. Manson, C. Meek, A. Brekke, S. Kawamura, and Y. Murayama, Tides in the polar mesosphere derived from two MF radar measurements at Poker Flat and Tromsø, *Journal of the National Institute of Information and Communications Technology*, 54, 77-86, 2007.

オーロラ嵐とその学際領域の研究

◎三澤浩昭 東北大学理学研究科・准教授(研究代表者)

斎藤尚生 東北大学・名誉教授 (共同研究者)

(国立極地研究所)

佐藤夏雄 教授 (担当教員)

平成 18 年～平成 20 年(3 か年) (研究期間)

[研究成果]

オーロラ・サブストームは、その名サブ・ストームが示す通り、その集積効果は地磁気嵐となる。地磁気嵐は突発性 Sc 嵐と、回帰性 Sg 嵐の二つに大別される。本研究ではその二つとも、新たな発見乃至は新しい知見を得た。

1. Tel 型 Sc 嵐の発見

Sc 嵐を起こす太陽源としてはこれまで、FLARE と FILAMENT 消失 (DB) が考えられてきた。ところが本研究で着目したのは、従来の FLARE のように小さな水平方向の発光現象ではなく、太陽風中でも水平型の FLUX ROPE を伴わないので、FLARE 型 Sc 嵐ではない。また H α 像にも TEL の場所に DARK FILAMENT が全く見られず、しかも消失現象ではないので、従来の DB 型 Sc 嵐にも属さない。太陽で TEL 現象が観測されたのち太陽風観測衛星 WIND で図 1B に示すような磁場の回転が観測され、それは図 1C のような垂直型 FLUX ROPE を想定すると見事に説明できる。いわば従来の水平思考に対する垂直思考的発想である。しかも垂直 FLUX ROPE の磁気主軸は北向きか南向きであり、図 1C で示すように、最初の南向き TEL が地球を襲って図 1D で示すように大きな Dst を伴う Sc 嵐を励起し、続いて北向き TEL が Si を起こして嵐を沈めたと解釈すると、太陽から地球までのさまざまな観測諸事実を一貫して見事に調和的に解釈される。従来の水平 FR では、衛星で観測される回転磁場は NES,NWS,SEN,SWN の 4 通りの筈であり、このうち南向き成分を持つのは、FR の前半または後半の通過時のみ、確率的には 1/4 のみである。これに対して本研究の垂直 FR では ENM,WNE,ESW,WSE の 4 通りであるが、ESW,WSE の FR が通過するときは、ROPE 全体が通過する間を通じて南向きになり、したがって確率も 1/2 で大磁気嵐を励起するはずである。

2. 回帰性 Sg 嵐を支配する NEWS の法則の発見

本研究では回帰性 Sg 嵐の研究でも大きな進展を見せた。回帰性嵐の太陽源は従来 CORONAL HOLE (CH) であることが知られ、それで問題が全部解決されたように錯覚されているが、それは単なる言い換えに過ぎない。

そこで過去約半世紀間 (4 SOLAR CYCLE) にわたっての全回帰性嵐が解析され、観測諸事実の共通性が見出された。その結果太陽諸現象の間に次のような NEWS の法則が発見された。回帰性嵐は太陽活動の極小期直前に必ず発生してきたが、嵐発生中の太陽諸現象を太陽面の磁気経緯度で捉え、かつ共通した SYNOPTIC CHART 上で総括すると、次のような特異領域にあることが見出された。

No	太陽現象	発生領域中心経度	
		北半球	南半球
1	CORONAL HOLE	0°	180°
2	SUNSPOT	90°	270°
3	FLARE 多発域	90°	270°
4	低速太陽風源	90°	270°
5	明るい SX CORONA	90°	270°

つまり表中の 2~5 の太陽現象は、太陽磁場が 22 年周期で反転するにも拘らず常に必ず太陽の同じ NE 四半球と SW 四半球に発生するところから、本研究によって NEWS の法則と命名された。これは太陽表面に強い双極磁場がその場所に発生するからであり、したがって磁気的には双極場の代わりに 1 個ずつ、南北で合計 2 個の DIPOLE を光球面に置くのと等価である。一方太陽中心には自転軸に平行な中心双極子を置くのと等価である。そこで合計 3 個の双極子の合成磁場を 3 双極子 MODEL で計算すると、結果は観測諸事実とすべてよい一致を示した。つまり太陽諸現象の配置は、NE&SW 四半球に活動領域が収束することによってすべてが決まる。なぜ太陽活動の極小期直前になってこの 2 か所に収束するかについては、最も放熱を効率的に行う 4 CELL 型 CONVECTION によって説明された。

[参考文献]

斎藤尚生・三澤浩昭・佐藤夏雄・赤祖父俊一・W. Sun・C. S. Deehr, 2009, TEL 型太陽大爆発に伴う新型磁気嵐, 南極資料, submitted.

Saito, T., W. Sun, C. S. Deehr and S.-I. Akasofu, 2007, Transequatorial magnetic flux loops on the sun as a possible new source of geomagnetic storms, J. Geophys. Res., 112, A05102.

Akasofu, S.-I., H. Watanabe and T. Saito, 2005, A new morphology of solar activity and recurrent geomagnetic disturbances; The late-declining phase of the sunspot cycle, Space Sci. Rev., 120, 27-65.

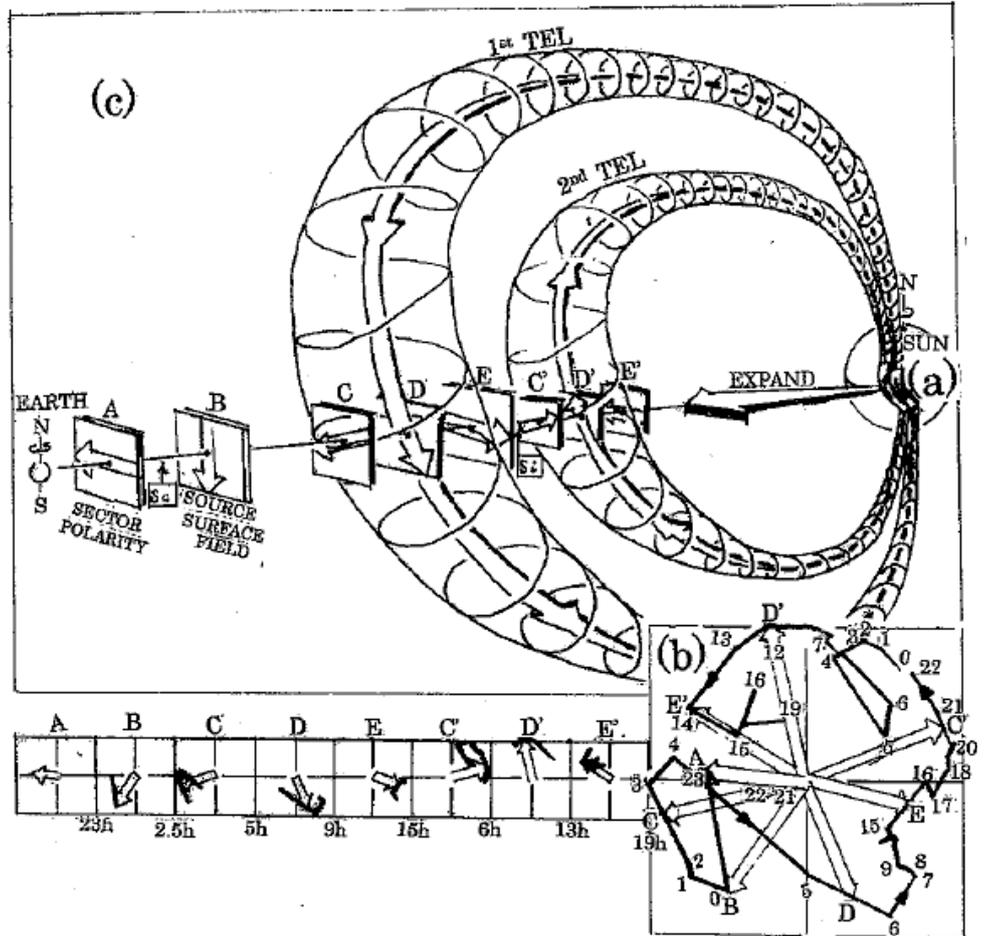


図 1(a) 太陽で見出された TEL 現象
 (b) 太陽風観測衛星 WIND で観測された 磁場回転
 (c) TEL 型 FLUX ROPE の MODEL による説明

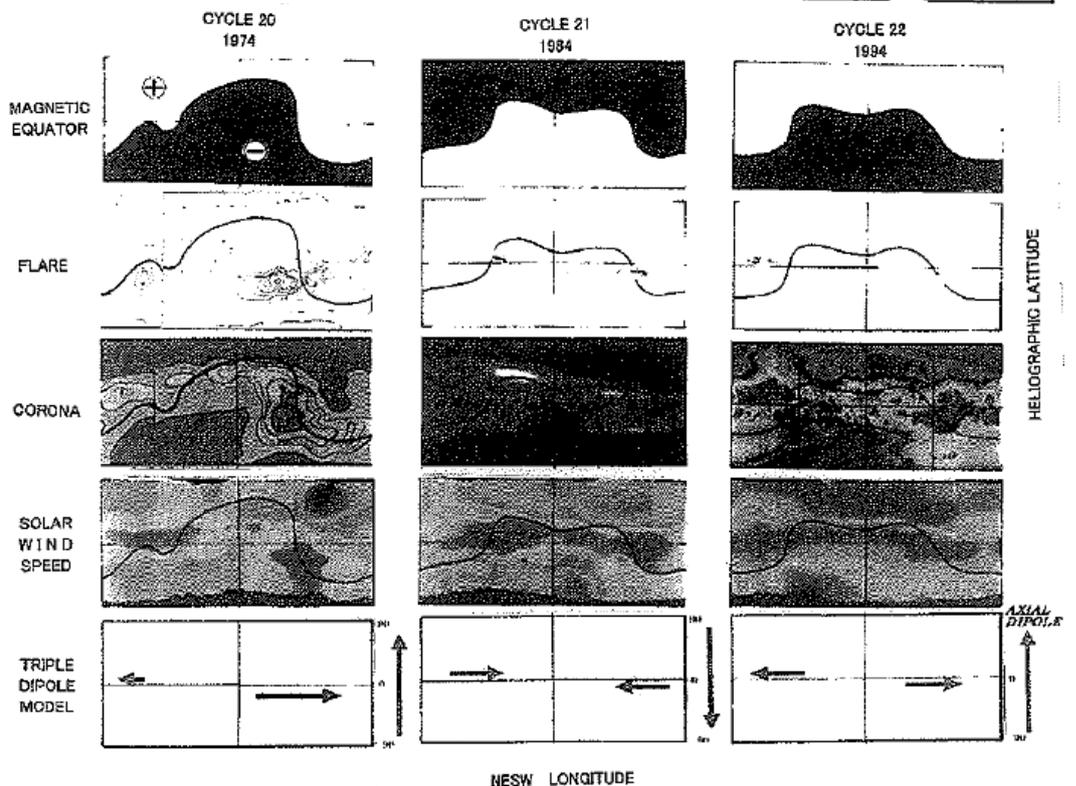


図 2 回帰性磁気嵐 について見出された NEWS の 法則

AKR スペクトル解析によるオーロラ粒子加速域の 構造と発達過程の研究

◎森岡 昭 東北大学名誉教授
 三澤浩昭 東北大学理学研究科・准教授
 土屋史紀 東北大学理学研究科・助教
 三好由純 名古屋大学太陽地球環境研究所・助教
 (国立極地研究所)
 佐藤夏雄 教授
 宮岡 宏 助教授

平成18年度～平成20年度

[研究成果]

サブストーム onset のシナリオは現在二つの説、すなわち、磁気圏近地球尾部プラズマシートにおける reconnection に端を発するという NENL モデル (near earth neutral line; e.g., *Shiokawa et al.*, 1998), 及びプラズマシートの地球側境界領域付近を流れている tail current が切断することがサブストームの開始であるという CD モデル(current disruption; e.g., *Lui*, 1996), が提案されている。いずれの説においても、磁気圏でサブストームが trigger されたとき、必然のこととして、極域電離圏には沿磁力線電場が生成され沿磁力線電流が電離圏に流入することを暗黙に要請している。しかし、この沿磁力線電場の形成プロセス、構造とその発展については、いまだ観測的に明らかになっていない。本研究では、AKR 電波のリモート観測から加速域の形成・発達・変動を導き、サブストーム onset における磁気圏-電離圏結合系 (M-I coupling region) の役割を解明する研究を行った。

本研究の成果として主に以下の5項目が挙げられる。

1. Onset 時の沿磁力線加速域：

サブストーム onset 時に急速に発達する加速は、サブストーム開始前から存在するグローバルに分布し準静的な大規模構造加速域 (inverted-V 加速域) (本研究では低高度加速域と称する) の上空に新たな高々度加速域が急速に形成されることに依ることが示された。低高度加速域の高度は、3000-5000km, 高々度加速域は 6000-12000km であることが示された。図1にサブストーム onset 時の AKR 高度の時間変動を示す。なお、本研究では、AKR source の高度はほぼ加速域高度に対応するとして議論を進める。

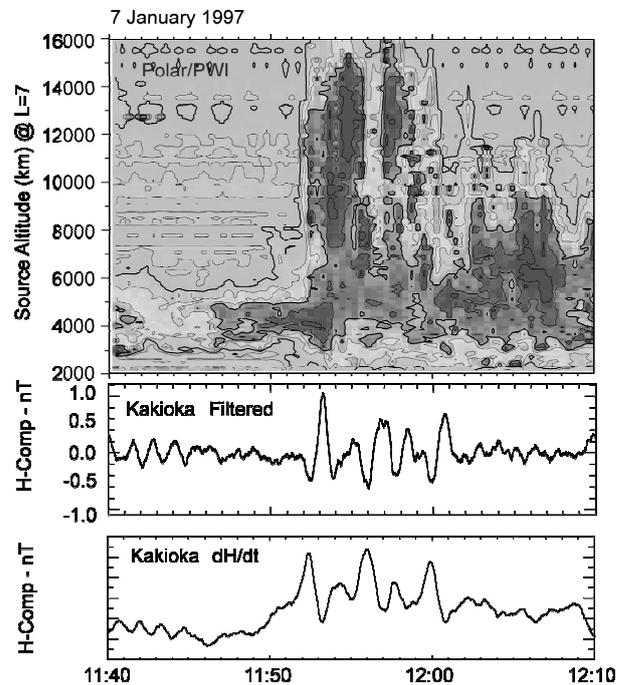


図1. AKR の高度-時間変化とサブストーム

2. Onset 時加速域形成のタイミング：

サブストーム onset と同時に高々度加速が形成される (図1参照)。これまで、オーロラサブストームの onset として UV オーロラの急速な増光が取り入れられてきたが、本研究が扱う AKR の急速な成長は、より正確なサブストーム onset のタイミングを示すと考える。

3. Onset 時加速域の成長速度：

加速域の成長速度が、AKR の急激な強度上昇のタイムスケールから推定された。その結果、onset 時に、高々度 AKR は 20 秒以内にその強度を 1000-10000 倍に増加しその成長を完了することが明らかにされた (図2参照)。この加速域の成長速度は、

加速域の形成過程の物理に関係し、現在提案されている種々の加速メカニズム理論に制約を課すデータとなる。

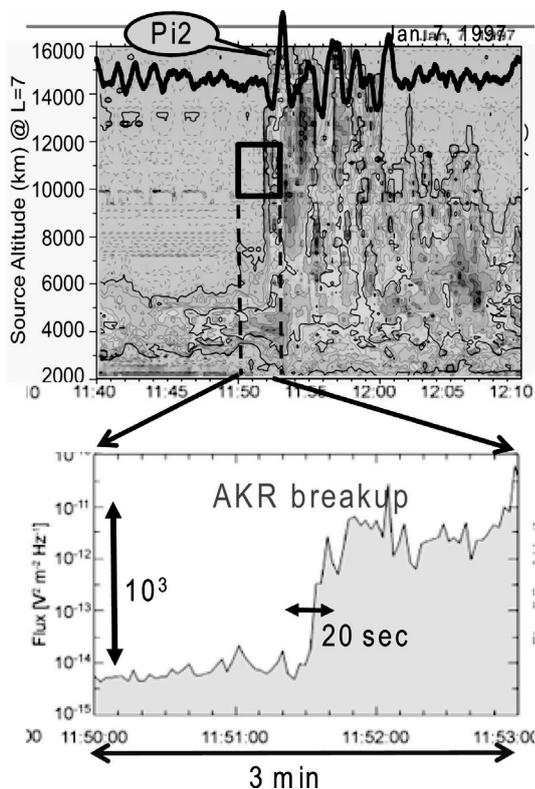


図2. 高々度 AKR (上図) の power profile (下図)

4. Onset 加速域出現直前の前兆現象 :

低高度加速域は onset 時の高々度加速域出現直前 (1-5 分前) に前兆現象と見なせる強度の漸増が見られている (図 1, UT 11:46-11:50 参照). この現象は、サブストーム onset 直前に、サブストーム growth phase の最終段階としての tail current の急増加, 沿磁力線電流の増強と密接に関連して、低高度加速域強度が漸増してくることを示している。

5. 南北両半球のサブストーム同時性・非同時性 :

磁気赤道面のプラズマダイナミクスが要請するサブストーム onset に対して、南北両半球の極域

[研究発表]

- Morioka, A., Y. Miyoshi, F. Tsuchiya, H. Misawa, T. Sakanoi, K. Yumoto, R. R. Anderson, J. D. Menietti, and E. F. Donovan, Dual structure of auroral acceleration regions at substorm onsets as derived from auroral kilometric radiation spectra, *J. Geophys. Res.*, 112, A0624, doi: 10.1029/2006JA012186, 2007.
- Morioka, A., Y. Miyoshi, F. Tsuchiya, H. Misawa, K. Yumoto, G. K. Parks, R. R. Anderson, J. D. Menietti, E. F. Donovan, F. Honary, and E. Spanswick, AKR breakup and auroral particle acceleration at substorm onset, *J. Geophys. Res.*, 13, A09213, doi: 10.1029/2008JA13322, 2008.
- Morioka, A., Y. Miyoshi, F. Tsuchiya, H. Misawa, K. Yumoto, G. K. Parks, R. R. Anderson, J. D. Menietti, and F. Honary, Vertical evolution of auroral acceleration at substorm onset, *Ann. Geophys.*, 27, 525-535, 2009.

M-I coupling 域はいかにレスポンスするか? 電離圏の事情によっては南北非対称のサブストーム current closure は存在するものか? 存在しないとしたら何が電離圏に強制しているのか? こうした観点から、サブストーム時の南北オーロラ帯加速域発達の同時性と相似性を調べたところ、図 3 の breakup-1 の event では、北半球のみで auroral breakup が発生している例が発見された。このことは、サブストーム onset は最終的には電離圏が決定していることを示している。

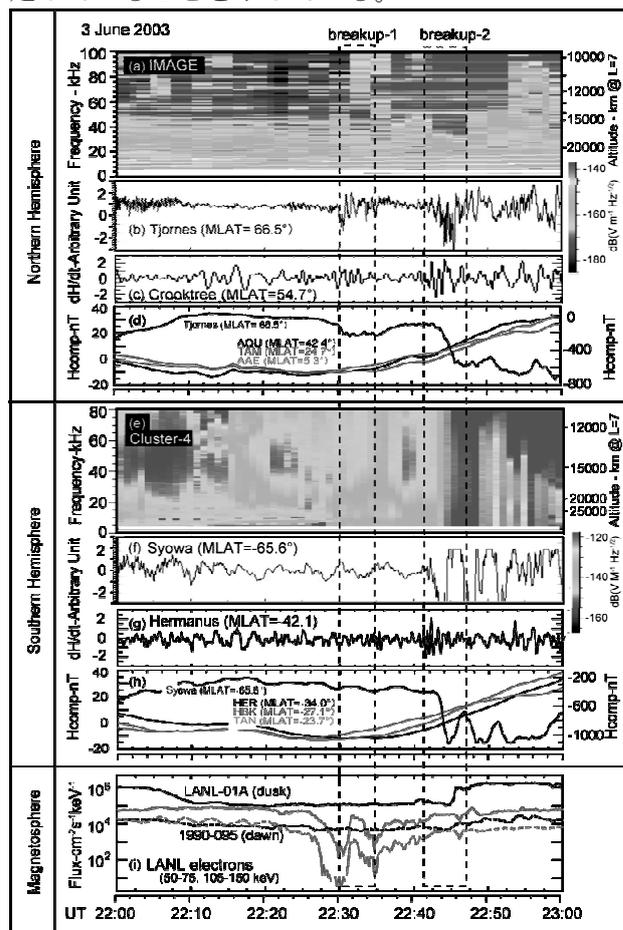


図3. 南北半球に於ける AKR, Pi2, 及び地磁気変動の比較。図中 breakup-1 は、北半球のみで発現している。

共同研究報告書（終了）

大気圏と電離層との電磁結合に関する研究 (研究課題)

◎ 早川正士 電気通信大学電気通信学部・教授 (研究代表者)

太田健次 中部大学工学部・教授 (共同研究者)

(国立極地研究所)

佐藤夏雄 教授 (担当教員)

平成18年～平成20年(3カ年) (研究期間)

【研究成果】

雷放電に伴う中間圏発光現象（スプライト等）及びその関連現象の総合的研究を行った。まず、スプライトキャンペーン観測としては、(1) 清水（及び調布）からの光学観測、(2) 北陸でのレーダ観測とVHF雷方探観測（SAFIRシステム）、(3) 北海道母子里でのELF観測、(4) 国内7観測点でのVLF/LF送信局電波受信による電離層擾乱観測を重点に行った。国内北陸地方（及び太平洋）での冬期雷観測に基づき、雷を通しての大気圏・電離層との電磁結合の解明を行った。重要な観測的成果を箇条書にして記す。

(1) 日本の北陸地方での冬期雷は正極性が全体のほぼ50%という特異な性質を持ち、また電荷量も大きい等のユニークな特徴を持つ。しかし、米国夏期雷の様な大規模雷に比して、スケールが著しく小さいので、スプライトが発生するか否かが問題であったが、この北陸地方での冬期雷に伴うスプライトは事実観測されることがわかった。また、米国でよく観測されるキャロット型ではなく、簡単な柱状のものがほとん

どである。スプライトを伴う源の雷の極性に関しては、多くが正極性であるが、負極性がゼロではないことも判明した。次にELF空電から求めた中和電荷量(Q_{ds})は150-200C・kmに下限があり、このしきい値以上であることがスプライト発生の必要条件である。

(2) レーダ観測、雷方探（SAFIR）、ELF観測結果を総合すると、ELF波で見るマクロプロセスとVHF波で見るミクロプロセスには顕著な差異が見られる。例えば、ELF波ではほぼ正極性雷とみえても、VHF波では極めて複雑な様相を呈することがわかる。即ち、負であったり、雲間放電とか。

(3) 雷レーダイメージに対するフラクタル解析を世界ではじめて実施した。その結果、スプライトが発生する前には源となる雷が自己組織化されていることを明らかにした。

(4) スプライトに伴う電離層擾乱をVLF/LF送信局電波を用いて明瞭に検出した。北陸スプライトと太平洋側スプライトに伴う電離層擾乱の差異を見出した。

以上の観測事実を説明すべく、計算機シミュレーションも実施した。即ち、正極性落雷、負極性落雷を想定し、電磁 (EM) コードを用い、源の雷放電の如何なるパラメータが本質的役割を果たすか? 即ち、電荷の高度、電荷量 (放電)、電流波形での立ち上がり時間等。計算機シミュレーションの結果重要な点を列記しよう。

- (1) スプライトの発生に関する基本的特性は垂直放電による QE 理論によりほぼ説明できる。
- (2) 北陸特有の long-delay スプライトに関しては、雷放電の連続電流中の高周波成分 (例えば、M 成分) が本質的な役割を果たすこと等が明らかになった。今後、観測結果と理論の更なる比較によりスプライトの全貌の解明を目指す。

【研究発表】

- Asano, T., M. Hayakawa, M. Cho, and T. Suzuki, Computer simulations on the initiation and morphological difference of Japan winter and summer sprites, *J. Geophys. Res.*, vol. 113, A02308, doi:10.1029/2007JA012528, 2008.
- Hayakawa, M., and K. Ohta, The importance of direction finding technique for the study of VLF/ELF sferics and whistlers, *IEEJ Trans. Fundamentals and Materials*, vol. 126, No.2, 65-70, 2006.
- Hayakawa, M., T. Suzuki, T. Nakamura, K. Michimoto, and D. Iudin, Fractal analysis of radar images of Japanese winter thunderclouds inducing sprites and its comparison with their corresponding life cycle, *J. Atmos. Electr.*, vol. 27, 113-121, 2007.
- Hobara, Y., M. Hayakawa, E. Williams, R. Boldi and E. Döwnes, Location and electrical properties of sprite-producing lightning from a single ELF site, in "Sprites, Elves and Lightning Discharges", Ed. by M. Fuellekrug et al., p.211-235, Springer, 2006.
- Matsudo Yu, T. Suzuki, M. Hayakawa, K. Yamashita, Y. Ando, K. Michimoto, and V. Korepanov, Characteristics of Japanese winter sprites and their parent lightning as estimated by VHF lightning and ELF transients, *J. Atmos. Solar-terr. Phys.*, vol. 69, 1431-1446, 2007.
- Suzuki, T., M. Hayakawa, Y. Hobara, K. Michimoto, and T. Hanada, Characteristics of the sprite parent winter thundercloud with positive single flash in Hokuriku, Japan (A case study on 14th December 2001), *IEEJ Trans. Fundamentals and Materials*, vol. 126, No.2, 78-83, 2006.
- Suzuki T., M. Hayakawa, Y. Matsudo, and K. Michimoto, How do winter thundercloud systems generate sprite-inducing lightning in the Hokuriku area of Japan, *Geophys. Res. Lett.*, vol.33, L10806, doi: 10.1029/2005GL025433, 2006.
- Williams, E., R. Boldi, J. Bor, G. Satori, C. Price, E. Greenberg, Y. Takahashi, K. Yamamoto, Y. Matsudo, Y. Hobara, M. Hayakawa, T. Chronis, E. Anagnostou, D. M. Smith, and L. Lopez, Lightning flashes conducive to the production and escape of gamma radiation to space, *J. Geophys. Res.*, vol. 111, D1629, doi:10.1029/2005JD006447, 2006.

オーロラ X 線の発生機構と高エネルギー粒子加速の研究

◎中川道夫 大阪産業大学工学部・教授
 山上隆正 宇宙科学研究本部・教授
 吉田哲也 宇宙科学研究本部・教授
 斉藤芳隆 宇宙科学研究本部・准教授
 山内 誠 宮崎大学工学部・准教授
 内田正美 大阪信愛・教諭
 村上浩之 立教大学理学部・実験職員
 (国立極地研究所)
 佐藤夏雄 教授、 山岸久雄 教授、
 門倉昭 准教授

平成18年～平成20年(3か年)

[研究成果]

南極大陸で大気球を編隊飛行させ観測を行うバルーンクラスター計画の下に、2003年1月13日0649UTにPPB8号機がこれより約6時間後にPPB10号機の2機が南極の昭和基地より放球された。両機は高エネルギー電子の制動放射過程によって発生するオーロラ硬 X 線の広域空間特性を観測する事とそのときのオーロライメージの時間変動を観測する事を目的としていた。このために、両機に搭載された検出器の性能諸元は同一になるように調整されていた。両機はフライト中に多くのオーロラ X 線イベントを観測した。特に、1月22日から25日では、数例のイベントが両機で同じ時間帯に観測されている。

これらの観測の内2例について以下に述べる。第1図に示すように2003年1月22日23時30分から45分にかけて、両機でオーロライイベントを同時に観測している。この間のMLTと磁気緯度は

図1 1月22日23時30分から23時50分までに得たNaI(Tl)検出器の20秒毎のカウント数。(a)は8号機、(b)は10号機である。

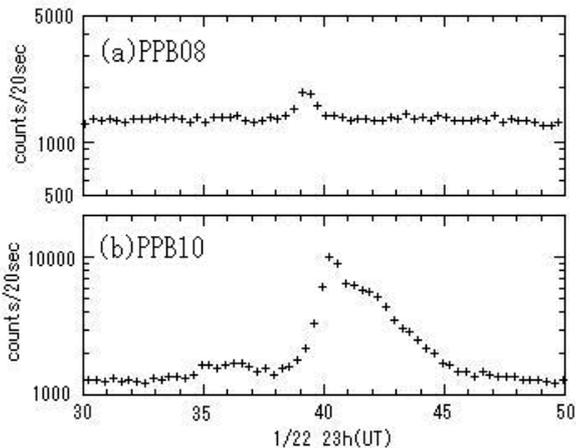
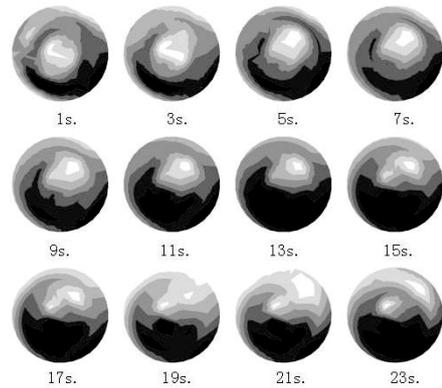


図2 1月22日23時40分01秒から23時40分23秒間の、2秒毎のオーロラ X 線のイメージ。

図の上は北を指しており、その中心はゴンドラの天頂で、半径は40°である。各イメージの下の数字は時刻(秒)である。



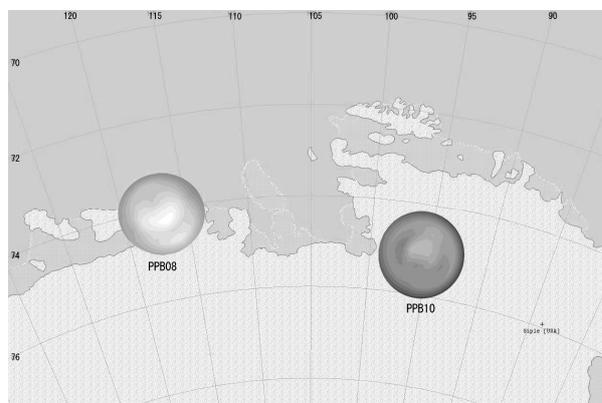
は8号機がそれぞれ17.7hと64°、10号機がそれぞれ18.5hと61°である。10号機では23時35分頃から23時37分にかけてブロードなオーロラ X 線イベントが、それに続いて非常に強いイベントが23時39分頃から23時45分にかけて観測されている。このイベントとほぼ同じ時刻の23時38分から23時41分にかけて、8号機で弱いイベントが観測されている。E₀は8号機が55.5±12.1keV、10号機はブロードなイベントが65.6±11.4keV、強いイベントが67.0±8.1keVである。第1図に示すように2003年1月22日23時40分には、10号機の強いイベントが立ち上がった、この様子を1月22日23時40分01秒から23時40分23秒間の、2秒毎のオーロラ X 線の2次元イメージで第2図に示した。この事はPPB10号機で観測したオーロラ X 線源の明るい領域が速さ約130km/min.で北東に向か

って動く現象が見られた事を示している。磁気緯度は61度、MLTは18.5hであった。

2003年1月23日23時30分から23時40分では、始めに10号機、218秒の間隔をあけて8号機でイベントが観測された。この時8号機は10号機の西630kmに位置していた(第3図)。両イベントのe-folding energy、光度曲線の相関およびオーロラX線源の領域の磁気緯度が良く一致している。このことはオーロラX線源の領域が速さ約3.0km/secで西に向かって移動していることを示唆している。この時の磁気緯度とMLTはPPB8号機が63度と17.4h、PPB10号機は61度と18.1hであった。

バースト状のオーロラX線イベントが2003年1月24日と25日に観測されている。24日の夕方には長時間にわたって継続するオーロラX線イベントがPPB8号機で観測された。このオーロラは18時30分(UT)にX線強度の増加が始まり、これに重なるように多数のバースト状のイベントが連続して観測されオーロライベントが終了するまで続いていた。この間に、PPB10号機では緩やかに増減するオーロラX線イベントが観測されていた。両機の観測したe-folding energyは誤差の範囲内で一致していた。25日の明け方には、天頂方向をオーロラX線源とする一連のバースト状のオーロラX線イベントが観測された。この時の磁気緯度とMLTは64度と22.6h~23.3hであった。

図3 1月23日23時36分の両機の位置と、高度100kmに投影したオーロラX線のイメージ、左側が8号機、右側が10号機である。両機は約650km離れている。



このようなオーロラX線イベントの様々な様相は、高エネルギー電子降下の機構になんらかの差があることを示唆していると考えられる。

本研究ではこれらの観測結果を用いて解析と議論を行い論文に纏めている。これらの解析の経過報告として(1)(2)(3)に論文を報告した。さらに、前述したような2機の気球の同時観測による成果を論文として(4)に発表した。

[研究発表]

- 1)中川道夫他；PPB8号機と10号機によるオーロラX線同時観測，
大気球シンポジウム(宇宙科学研究本部),平成19年1月，p103-p106.
- 2)中川道夫他；PPBによる短時間オーロラX線について，
大気球シンポジウム(宇宙科学研究本部),平成19年12月，p73-p76.
- 3)中川道夫他；PPB8号機と10号機によるオーロラX線について，
大気球シンポジウム(宇宙科学研究本部),平成20年9月，p105-p108.
- 4) Nakagawa, M., Y Ebihara, M Ejiri, M Fukuda, K Hirata, A Kadokura, M Kagotani, Y Matuzaka, H Murakami, T Nakamura, Y Nakamura, M Namiki, T Ono, Y Saito, N Sato, H Suzuki, Y Tomobuchi, Y Thunawaki, M Uchida, T Yamagami, H Yamagishi, M Yamamoto and M Yamauchi, The Concurrent Auroral X-ray Observations with PPB#8 and PPB#10, JAXA-RR-08-001, in press.

共同研究報告書(終了)

地球磁場減少に伴う超高層大気環境変動の総合調査

巻田和男 拓殖大学工学部・教授 (代表研究者)
星野光男 拓殖大学工学部・助手 (共同研究者)
池田 慎 武蔵大学人文学部・教授
西野正徳 名大 STE 研究所・研究員

国立極地研究所

山岸久雄 教授 (担当教員)

平成 18 年 - 平成 20 年 (3 ヶ年) (研究期間)

研究成果

(1) 現状

これまで 10 年余りにわたり、南米の磁気異常帯 (ブラジル・チリ・アルゼンチン 9 リオメータ、CCD カメラ等を設置し継続的に観測を行っているが、当該研究期間 (平成 18 年から 20 年まで) において行った観測とその結果について報告する。

(A) リオメータ観測

高エネルギー粒子のモニターとして、イメージング・リオメータ ($f=38.2\text{MHz}$) をブラジル南部宇宙観測所 (29.6S, 306.2E)、プンタアレナス (53.1S, 289E)、コンセプション (37.5S, 291E) 及び柿岡 (36.2S, 140E) に設置し、4 点でのデータ解析を行った。

観測結果

これまでのイメージング・リオメータデータの解析から、磁気嵐時に磁気異常帯で吸収現象が見られることが明らかになった。しかし、このような吸収現象は磁気嵐時のみに観測されるわけではなく、時々、静穏時にも吸収現象が見られることがある。また、柿岡で見られる吸収現象は入射粒子による D 層領域の吸収でなく、電離層擾乱に

伴う F 層領域の電子密度変動が原因と思われる。今後、吸収がどのような状況下で起こるのかを明確にするためには、電離層データや衛星の入射粒子データとの比較を行っていく必要がある。

(B) 光学観測

CCD カメラやフォトメータによる光学観測をブラジル南部宇宙観測所と沖縄で行ってきた。しかしながら、目的としている顕著な光学現象はみつかっていない。これは、観測期間が限られていることや天候の関係で、これまでのところ磁気嵐時に観測された光学観測データはまだ得られていないことにも起因している。他方、沖縄での光学観測データとの比較においては、プラズマバブルや大気重力波の出現頻度は磁気異常帯に比べて大変少ない傾向が見られる。更に、これまで磁気異常帯で得られたデータを精査する中で、静穏時に静止した多重アークが数時間安定して存在する現象が磁気異常帯において数例見つかっている。これらの現象が本当に磁気異常帯特有な現象なのか否か、またその発生条件について検討していく。

(C) 紫外線と DNA 損傷

磁気異常帯に入射する高エネルギー粒子によりオゾン層破壊が起きていないかを調べるため、ナタール (6S,325E), サンパウロ (23S,314E), ブラジル南部宇宙観測所 (29.6S,306.2E)、プンタアレナス (53.1S,289E) に紫外線計を設置し観測を行っている。2008 年より、サンパウロ大学の微生物学研究グループと紫外線が DNA にどのような損傷を引き起こすかを明らかにするため、紫外線強度と DNA 損傷との比較観測を開始した。

観測結果

磁気異常帯ではこれまでのところ高エネルギー粒子の入射にともなう顕著な紫外線増加は観測されていない。他方、チリのプンタアレナスでは 10 月頃 (南半球の春先) にオゾンホール内の蛇行運動に伴い、観測所がオゾンホール内に入るため、紫外線量の急増が見られることがある。また、DNA 損傷と UVA/UVB データとを比較したところ、従来言われている UVB のみならず、UVA によっても DNA の一部に損傷が起こることが明らかになった。

(D) データ公開

南米域で得られたイメージング・リオメータデータ及び 1ch リオメータデータについては、極地研究所の田中氏の支援を得て、ホームページ (SARINET) を作成し、データを公開することにした。今後、収集した

データを整理し、ホームページ上で公開していきたい。

データ解析に関してはマンパワー不足等のため、十分に進んでいるとは言いがたい。他方、田中氏が MATLAB によるイメージング・リオメータデータの解析 Program を完成させた。この Program は従来の NECPC98 による解析 Program に比べ、取り扱いが容易で結果もすぐ得られ、得られた結果も汎用性がある。また、従来の Program による解析結果とも一致することが確認できたので、今後は本 Program を用いて解析を効率的に進めることができる。

参考文献

地磁気ホールの研究 -地球磁場変動に伴う環境変動- 拓殖大学研究叢書 (自然科学) 7、pp.1-167,2008

H.Nozawa,H.Yamamoto,K.Makita,N.J.Schuch,D.K.Pinheiro,S.Carbone,R.M.Mac-Mahon and A.J.Foppiano, Ground-Based observations of solar UV radiation in Japan, Brazil and Chile, Revista Brasileira de Geofisica, 25(2) 17-25,2007

科学衛星「あけぼの」による波動観測と地上観測の対比による極域電磁圏プラズマの構造・ダイナミクスの解明

- ◎小野高幸 東北大学大学院理学研究科・教授 (研究代表者)
飯島雅英 淑徳大学・教授 (共同研究者)
熊本篤志 東北大学大学院理学研究科・准教授 (共同研究者)
(国立極地研究所)
宮岡 宏 准教授 (担当教員)
平成18年～平成20年(3か年) (研究期間)

[研究成果]

1. 目的

本研究はあけぼの衛星をはじめとする複数の磁気圏衛星データの解析によって、電場・磁場・プラズマ波動の磁気嵐に伴う変動を明らかにするとともに、放射線帯粒子計測による粒子フラックス、ピッチ角分布変動と比較解析を行い、放射線帯粒子形成における外部供給と内部加速の寄与の評価や、内部加速過程におけるプラズマ波動の寄与、背景プラズマ密度の影響を観測的に明らかにすることを目的とする。2008年度の研究では特に(1)磁気嵐時の磁気圏内での対流電場の時空間変動(2)磁気嵐時の極域電離圏から磁気圏への低エネルギー酸素イオンの供給過程を調べた。

2. 方法

(1) 磁気嵐時の磁気圏対流電場

あけぼの衛星をはじめとする複数の衛星観測データを用いて磁気圏の広い領域での IMF southward turning に伴う電場の応答を調べた。地上磁場との同時観測から、電離圏-磁気圏結合系における電場の高速応答、region 2 電流系の発達過程を調べた。また、7年分の Akebono 衛星、5年分の Cluster 衛星データを用いて磁気圏電場の統計解析を行い、その空間分布を調べた。

(2) 磁気嵐時の低エネルギー酸素イオン

あけぼの衛星・DMSP 衛星のプラズマ波動データ・低エネルギーイオンデータを用いて、磁気嵐時の極冠域における低エネルギーイオンの密度・組成・フラックスのイベント解析を行った。またあけぼの衛星・DMSP 衛星・Polar 衛星で観測されたイオンの組成・速度をもとに、Ebihara et al. [2006]¹⁾で開発された計算コードによる粒子軌道計算を実施し、これらのイオンが磁気圏内でどのように輸送されるかを調べた。

3. 結果・考察

(1) 磁気嵐時の磁気圏対流電場

電子プラズマシートより地球側では IMF southward turning に伴い5分以内に電場強度が増大する様子が見られた。これに対し、電子プラズマシートでは電場の速い応答は見られなかった。同様の時間遅れは夜側オーロラ帯電離圏でも見られた。これらの領域による IMF に対する応答の違いは、2つの異なる電磁エネルギー伝送の機構が存在することを示している。

lobe の電場も DP 2 電流系の変動に伴いすぐに応答することが Cluster 衛星の観測から示された。これらの領域での電場の高速応答は、磁力線に沿った電離圏電場の投影により理解できる。しかし、実際にはその電場は磁力線に沿って伝搬する Alfvén 波により運ばれる。lobe 領域に位置していた Cluster 衛星は、磁気急始の preliminary impulse に対応して磁力線上向きの Poynting flux を観測した。量的な見積もりをするために導波管方程式を解いた。その結果、Poynting flux の大きさと時間遅れは電離層-地上導波管から磁気圏へと流出する Poynting flux で定量的に説明できることが分かった。この結果から、電離圏電場は Alfvén 波により磁力線に沿った Poynting flux として磁気圏に伝送され、磁気圏対流を変動させていることが分かった。磁力線上向き Poynting flux は IMF southward turning 時の電場強度増大に伴っても観測された。電離圏から磁気圏への電磁エネルギー輸送は、大規模沿磁力線電流を伴う地球物理学的現象に共通して見られるものといえる。

IMF southward turning や substorm の発生に伴う内部磁気圏電場の高速応答は、地上-電離層導波管中を伝搬する TM 0 mode が担っていると考えられ

る。極域電離圏に流入する沿磁力線電流は電離圏の電場分布を変動させる。これは夜側サブオーロラ帯を含め電離圏全体にすぐに伝送される。この電場はサブオーロラ帯の磁力線に沿い内部磁気圏へと Alfvén 波として伝搬し、内部磁気圏の電位分布を変化させる。本研究では、電離圏を介した内部磁気圏への高速なエネルギー輸送モードが存在することを観測的に実証した。

本研究では磁気圏電場の時空間変動を宇宙空間の電場の直接計測により調べ、電離圏が電磁エネルギーの伝送路の役割を果たし、沿磁力線電流として電離圏に流入するエネルギーは電離圏-磁気圏結合系の広い領域に瞬時に伝送されることを、Poynting flux の観測を通じて示した。電離圏と磁気圏の間の電場の伝送は単純な mapping を仮定することで理

解されてきたが、本研究の結果は Poynting flux を介した電磁的な結合が電場の時空間発展の解明に重要になることを表している。

(2) 磁気嵐時の低エネルギー酸素イオン

磁気嵐時にあけぼの衛星で観測される極冠内でのプラズマ密度の増大が、極域電離圏から磁気圏に向かう酸素イオンを主としたイオン上昇流の増大によって引き起こされていることが、あけぼの、DMS, Polar の低エネルギーイオンデータの解析から明らかとなった。また磁気嵐時の強い電場によって電離圏起源の酸素イオンの一部が脱出速度を超えてプラズマシートに達し、最終的には加速を受けてリングカレントの形成に寄与する可能性を示した。

[参考文献]

- 1) Ebihara, Y., M. Yamada, S. Watanabe, and M. Ejiri (2006): Fate of outflowing suprathermal oxygen ions that originate in the polar ionosphere, *J. Geophys. Res.*, 111, A04219, doi:10.1029/2005JA011403.
- [研究発表]
- Nishimura, Y., A. Shinbori, T. Ono, M. Iizima, and A. Kumamoto (2006): Storm-time electric field distribution in the inner magnetosphere, *Geophys. Res. Lett.*, 33(22), L22102, doi:10.1029/2006GL027510.
- Shinbori, A., T. Ono, M. Iizima, and A. Kumamoto (2006): Enhancements of magnetospheric convection electric field associated with sudden commencements in the inner magnetosphere and plasmasphere regions, *Adv. Space Res.*, 38(8), 1595-1607.
- Kumamoto, A., T. Ono, and M. Iizima (2006): Solar zenith angle and solar activity dependences of vertical profile of electron number density in the nightside auroral region, Submitted to *Adv. Polar Upper Atmos. Res.*, 20, 27-37.
- Kawano, H., P. J. Chi, A. Kumamoto, and A. Morioka (2006): In situ observation at $L = 2.3-5$ by the Akebono satellite of the plasmaspheric depletion during the September 1998 magnetic storm, *J. Geophys. Res.*, 111, A04204, doi:10.1029/2005JA011134.
- Nishimura, Y., T. Ono, M. Iizima, A. Shinbori, A. Kumamoto, and H. Oya (2006): Statistical studies of fast and slow Z-mode plasma waves in and beyond the equatorial plasmasphere based on long-term Akebono observations, *Earth Planets Space*, 58, 343-346.
- Shinbori, A., T. Ono, M. Iizima, A. Kumamoto, K. Okamoto, F. Hanaoka, S. Shirai, M. Ohashi, and H. Oya (2007): Electrostatic electron cyclotron harmonic waves observed by the equatorial region of the plasmasphere, *Earth Planets Space*, 59, 613-629.
- Uemoto, J., T. Ono, A. Kumamoto, and M. Iizima (2007): Comparison of the IRI 2001 model with electron density profiles observed from topside sounder on-board the Ohzora (EXOS-C) and the Akebono (EXOS-D) satellites, *Advances in Space Research*, 39(5), 750-754, doi:10.1016/j.asr.2006.10.019.
- Nishimura, Y., T. Ono, M. Iizima, A. Shinbori, and A. Kumamoto (2007): Generation Mechanism of Z-mode Waves in the Equatorial Plasmasphere, *Earth Planets Space*, 59, 1027-1034.
- Nishimura, Y., A. Shinbori, T. Ono, M. Iizima, and A. Kumamoto (2007): Evolution of ring current and radiation belt particles under the influence of storm-time electric fields, *J. Geophys. Res.* 112, A06241, doi:10.1029/2006JA012177.
- Nishimura, Y., J. R. Wygant, T. Ono, M. Iizima, A. Kumamoto, D. H. Brautigam, and F. J. Rich (2008): Large-amplitude wave electric field in the inner magnetosphere during substorms, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2007JA012833.
- Nishimura, Y., J. Wygant, T. Ono, M. Iizima, A. Kumamoto, D. Brautigam, R. Friedel (2008): SAPS measurements around the magnetic equator by CRRES, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L10104, doi:10.1029/2008GL033970.
- Nishimura, Y., J. R. Wygant, T. Ono, M. Iizima, A. Kumamoto, D. H. Brautigam, and F. J. Rich (2008): Large-amplitude wave electric field in the inner magnetosphere during substorms, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2007JA012833.
- Kitamura, N., A. Shinbori, A., Y. Nishimura, T. Ono, M. Iizima, and A. Kumamoto (2009): Seasonal variations of the electron density distribution in the polar region during geomagnetically quiet periods near solar maximum, *J. Geophys. Res.*, 114, A01206, doi:10.1029/2008JA013288.

共同研究報告書（終了）

- ・研究課題：地上磁場観測網による磁気圏プラズマ密度の推定
- ・研究代表者：河野英昭 九州大学宙空環境研究センター・助教授
- ・共同研究者：才田(高崎)聡子 国立極地研究所・プロジェクト研究員（平成18年度）、
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（平成19-20年度）
- ・国立極地研究所 担当教員：海老原祐輔 助教（平成18年度）、
佐藤夏雄 教授（平成18-20年度）
- ・研究期間：平成18-20年度（3か年）

[研究成果]

本研究の研究目的は、地上磁場観測網のデータを用いて磁気圏のプラズマ密度を推定しその時間発展を調べる事であった。九州大学が中心となって設置・維持・運営している磁力計ネットワークである CPMN/MAGDAS (Circum-Pan Pacific Magnetometer Network/MAGnetic Data Acquisition System) のデータについて、九州大学の大学院生の研究を指導する形で解析研究を進めた。具体的には、その磁場データ中の磁力線固有振動の情報を抽出し、その磁力線固有振動の周波数から、その磁力線に沿ってのプラズマ密度分布を推定した。また、CPMN/MAGDAS が一点でなく広い緯度範囲をカバーしている事から、密度分布の L 依存性を調べる事も目標とした。

磁場データ中の磁力線固有振動の情報

を抽出する事については、本研究開始当初は *Schulz* [参考文献(1)] の方法を使っていたが、磁場がダイポール型から外れる場合には *Singer et al.* [参考文献(2)] の方法が良いと近年提唱され、共同研究者の才田(高崎)博士がそのプログラムを作成した。それを用いることで、より精確な推定が可能となった。

推定したプラズマ密度の緯度依存性とその時間変化を、磁気圏の活動度に対応付けて調査した。また、推定したプラズマ密度の変動を、人工衛星 Cluster の直接観測データと比較し、磁気圏の活動度に対応付けて調査し、その結果は学術論文として掲載受理された。

[参考文献]

- 1) Schulz, M., Eigenfrequencies of geomagnetic field lines and implications for plasma-density modeling, *J. Geophys. Res.*, vol. 101, No. A8, pp.17385-17397, 1996.
- 2) Singer, H. J., D. J. Southwood, R. J. Walker, and M. G. Kivelson, Alfvén wave resonances in a realistic magnetospheric magnetic field geometry, *J. Geophys. Res.*, vol. 86, No. A6, pp.4589-4596, 1981.

[研究発表]

Maeda, N., S. Takasaki, H. Kawano, S. Ohtani, P. M. E. Decreau, J. G. Trotignon, S. I. Solovvey, D. G. Baishev, and K. Yumoto (2008), Simultaneous observations of the plasma density on the same field line by the CPMN ground magnetometers and the Cluster satellites, *Advances in Space Research*, doi:10.1016/j.asr.2008.04.016, in press.

SuperDARN と地磁気・GPS-TEC・衛星データを用いた極域電磁圏ダイナミクス

- ◎ 細川 敬祐 電気通信大学・電気通信学部・助教 (研究代表者)
田口 聡 電気通信大学・電気通信学部・准教授 (共同研究者)
家森 俊彦 京都大学大学院理学研究科・教授 (共同研究者)
斉藤 昭則 京都大学大学院理学研究科・助教 (共同研究者)
能勢 正仁 京都大学大学院理学研究科・助教 (共同研究者)

国立極地研究所

佐藤 夏雄 教授, 行松 彰 准教授

平成 19 年 - 平成 20 年 (2 か年)

[研究成果]

1. 研究目的

極域大型短波レーダー(SuperDARN)によって観測される極域電離圏電場のデータに、地上磁場観測・GPS 電離圏全電子数観測・IMAGE 衛星中性粒子撮像観測によって得られる情報を加えて、極域電離圏への磁気圏からのエネルギーの流入過程、および極域電離圏から中低緯度電離圏へのエネルギー輸送過程に関して考察を行う。

2. 代表的な研究成果

[研究発表] の項目に挙げられているように、研究期間中に多くの成果が得られた。その全てが SuperDARN レーダーのデータに他の様々な観測機器から得られるデータを組み合わせることによって得られたものである。ここでは、その中から特に[研究発表]の 6 に挙げた脈動オーロラの光学・レーダーによる同時観測についてその詳細を紹介する。

この論文では、アイスランドのチョルネスに設置されている極地研所有の全天 TV カメラと Iceland East SuperDARN レーダーによるオーロラの高時空間分解能同時観測に基づき、脈動オーロラの背景に、その明滅と同周期で振動する電離圏電場が存在することを初めて示した。本観測は、高い時空間分解能の特別観測モードを用いて SuperDARN レー

ダーを運用することによって、数秒で明滅を繰り返す脈動オーロラに伴う電離圏電場の観測に成功したという点において画期的である。さらに、観測された電場は、脈動オーロラの領域で電気伝導度が局所的に増大した状況において、電離圏電流の連続性を保つために発生した分極電場であるとするモデルを提唱している。

脈動オーロラの成因やその性質の決定に関して、電離圏が影響を与えている可能性が古くから指摘されてきた。この発見は、脈動オーロラのような短周期の変動であっても、電離圏高度における電場や電気伝導度が連動して変化していることを明らかにし、変調を受けた電離圏が逆に脈動オーロラの成因や性質の決定に対してフィードバックをかけている可能性を指摘するものである。

3. まとめ

上述のように、極域に展開されている SuperDARN レーダーとそれを取り巻く様々な観測機器によって得られたデータの融合研究は順調に推移し、期待以上の成果を得ることができた。今後も、ますます充実していくであろう極域・中緯度の様々な観測機器のデータを組み合わせて、磁気圏から極域、そして極域から中緯度へのエネルギー輸送過程の解明に貢献していきたいと考えている。

[研究発表]

1. Ogawa, T., N. Nishitani, Y. Otsuka, K. Shiokawa, T. Tsugawa and K. Hosokawa, Medium-scale traveling ionospheric disturbances observed with the SuperDARN Hokkaido radar, all-sky imager and GPS network, and their relation to concurrent sporadic-E layer irregularities, *Journal of Geophysical Research*, in press.
2. Hosokawa, K., K. Shiokawa, Y. Otsuka, T. Ogawa, J.-P. St-Maurice, G. J. Sofko, D. A. Andre, The relationship between polar cap patches and field-aligned irregularities as observed with an all-sky airglow imager at Resolute Bay and the PolarDARN radar at Rankin Inlet, *Journal of Geophysical Research*, in press.
3. Taguchi, S., K. Hosokawa, A. Nakao, M. R. Collier, T. E. Moore, N. Sato, and A. S. Yukimatu, HF radar polar patch and its relation with the cusp during By-dominated IMF: Simultaneous observations at two altitudes, *Journal of Geophysical Research*, in press.
4. Ebihara, Y., N. Nishitani, T. Kikuchi, T. Ogawa, K. Hosokawa, M.-C. Fok, M. F. Thomsen, Dynamical property of SAPS as a manifestation of fine structures of the ring current during the magnetic storm of 15 December 2006, *Journal of Geophysical Research*, in press.
5. Miyashita, Y., K. Hosokawa, T. Hori, Y. Kamide, S. Machida, N. Sato, A. S. Yukimatu, M. Fujimoto, I. Shinohara, T. Mukai, Y. Saito, and J. B. Sigwarth, Response of large-scale ionospheric convection to substorm expansion onsets: A case study, *Journal of Geophysical Research*, 113, doi:10.1029/2008JA013586, 2008.
6. Hosokawa, K., A. Kadokura, N. Sato, S. E. Milan, M. Lester, G. Bjornsson, and Th. Saemundsson, Electric field modulation behind pulsating aurora, *Journal of Geophysical Research*, 113, doi:10.1029/2008JA013601, 2008.
7. Hosokawa, K., S. Taguchi, S. Suzuki, M. R. Collier, T. E. Moore, and M. F. Thomsen, Estimation of magnetopause motion from low-energy neutral atom emission, *Journal of Geophysical Research*, 113, doi:10.1029/2008JA013124, 2008.
8. Koustov, A., K. Hosokawa, N. Nishitani, T. Ogawa, and K. Shiokawa, Rankin Inlet PolarDARN radar observations of duskward moving Sun-aligned optical forms, *Annales Geophysicae, Ann. Geophys.*, 26, 2711–2723, 2008.
9. Milan, S. E., K. Hosokawa, M. Lester, N. Sato, H. Yamagishi, and F. Honary D region HF radar echoes associated with energetic particle precipitation and pulsating aurora *Ann. Geophys.*, 26, 1897-1904, 2008.
10. Suzuki, S., S. Taguchi, K. Hosokawa, M. R. Collier, T. E. Moore, H. U. Frey, and S. B. Mende, Conjugate observations of ENA signals in the high-altitude cusp and proton auroral spot in the low-altitude cusp with IMAGE spacecraft, *Geophysical Research Letters*, 35, doi:10.1029/2008GL034543, 2008.
11. Ishida, T., K. Hosokawa, T. Shibata, S. Suzuki, N. Nishitani, and T. Ogawa, SuperDARN observations of daytime MSTIDs in the auroral and mid-latitudes: Possibility of long-distance propagation, *Geophysical Research Letters*, 35, doi:10.1029/2008GL034623, 2008.
12. Ebihara Y, N. Nishitani, T. Kikuchi, T. Ogawa, K. Hosokawa, and M. -C. Fok, Two-dimensional observations of overshielding during a magnetic storm by the SuperDARN Hokkaido radar, *Journal of Geophysical Research*, 113, doi:10.1029/2007JA012641, 2007
13. Fujiwara, H., R. Kataoka, M. Suzuki, S. Maeda, S. Nozawa, K. Hosokawa, H. Fukunishi, N. Sato, and M. Lester, Electromagnetic energy deposition rate in the polar upper thermosphere derived from the EISCAT Svalbard radar and CUTLASS Finland radar observations. *Annales Geophysicae*, 25, 2393-2403, 2007
14. Kataoka, R., N. Nishitani, Y. Ebihara, K. Hosokawa, T. Ogawa, T. Kikuchi, and Y. Miyoshi, Dynamic variations of a convection flow reversal in the subauroral postmidnight sector as seen by the SuperDARN Hokkaido HF radar, *Geophysical Research Letters*, 34, doi:10.1029/2007GL031552, 2007
15. Murata, Y., S. Taguchi, K. Hosokawa, A. Nakao, M. R. Collier, T. E. Moore, N. Sato, H. Yamagishi, A. S. Yukimatu, Correlative variations of the neutral atom emission in the high-altitude cusp and the fast anti-sunward convection in the low-altitude cusp, *Journal of Geophysical Research*, 112, doi:10.1029/2007JA012404, 2007
16. Kunori, T., M. Nose, S. Taguchi, K. Hosokawa, M. R. Collier, and T. E. Moore, Storm phase dependence of ion outflow: Statistical signatures obtained by IMAGE/LENA, *Geophysical Research Letters*, 34, doi:10.1029/2007GL029877, 2007

I. 共同研究報告（終了）

一般共同研究

(2) 気 水 圏

同位体観測による北極域でのメタン変動の研究

- ◎中澤高清 東北大学大学院理学研究科・教授 (研究代表者)
青木周司 東北大学大学院理学研究科・教授 (研究分担者)
石戸谷重之 東北大学大学院理学研究科・研究員 (研究分担者)
菅原 敏 宮城教育大学教育学部・准教授 (研究分担者)

(国立極地研究所)

山内 恭 教授

森本真司 助教

橋田 元 助教

平成 18 年～20 年

【研究成果】

大気中のメタン (CH_4) 濃度は、産業革命以降の人間活動の活発化によって急激に増加してきたことが氷床コア中の気泡分析で明らかにされており、二酸化炭素 (CO_2) に次いで重要な温室効果気体としてその動態が注目されている。地球表層での CH_4 収支を明らかにするため、その放出・消滅過程に関する情報を持つ CH_4 の炭素と水素の安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ 、 δD) が注目されているが、これまで観測例は限られていた。我々は、少量の大気試料から CH_4 の $\delta^{13}\text{C}$ 、 δD を高精度で分析可能なシステムを新たに開発し、国立極地研究所・ニーオルスン観測拠点で定期的に採取されている大気試料を用いて CH_4 の $\delta^{13}\text{C}$ 、 δD 観測を開始した。現在までに得られている $\delta^{13}\text{C}$ 、 δD データと CH_4 濃度データと併せて解析し、北極域大気中の CH_4 濃度変動の原因について考察を行った。

我々が開発した分析システムは、独自の改造を加えた CH_4 試料濃縮装置とガスクロマトグラフ質量分析計で構成されており、大気試料から CH_4 のみを分離抽出した後に酸化炉 ($\delta^{13}\text{C}$ 分析) あるいは熱分解炉 (δD 分析) でそれぞれ CO_2 、 H_2 に変換し、質量分析計で炭素・水素の同位体分析を行うものである。

従来の分析方法(オフライン分析)では 6-10L ($\delta^{13}\text{C}$)、100-400L (δD) の大気試料が必要であったが、本システムではわずか 100ml の大気試料を消費するだけで、従来方法と同程度の精度 ($\delta^{13}\text{C}$: 0.07‰、 δD : 2.2‰) での同位体比分析が可能になった。

国立極地研究所・ニーオルスン観測拠点で週に一度採取されている大気試料を分析して得られた、 CH_4 濃度、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 δD の変動を図 1 に示す。図 1 から明らかな通り、 CH_4 濃度、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 δD の季節変化が明瞭に捉えられており、それぞれに特徴的な経年変化傾向を示している。 CH_4 濃度と δD の季節変化はほぼ同位相であるが、 $\delta^{13}\text{C}$ の極大は CH_4 濃度の極小よりも約 1 ヶ月遅れて出現し、極小値は CH_4 濃度が上昇中の 10 月頃に現れている。 CH_4 濃度の季節変化の原因を調べるため、大気中の CH_4 、 $^{13}\text{CH}_4$ ($\delta^{13}\text{C}$)、 CH_3D (δD) それぞれの収支式を解くことにより、主要な CH_4 放出源(湿地、化石燃料、バイオマスバーニング)の寄与を見積もった。 CH_4 の OH ラジカルとの反応による消滅量は、大気中の OH ラジカル量推定値 (Spivakovsky et al. 2000) から計算して与えた。得られた結果を図 2 に示す。この図から、湿地からの CH_4 放出量と OH ラジカルによる CH_4 分解量のバランスが

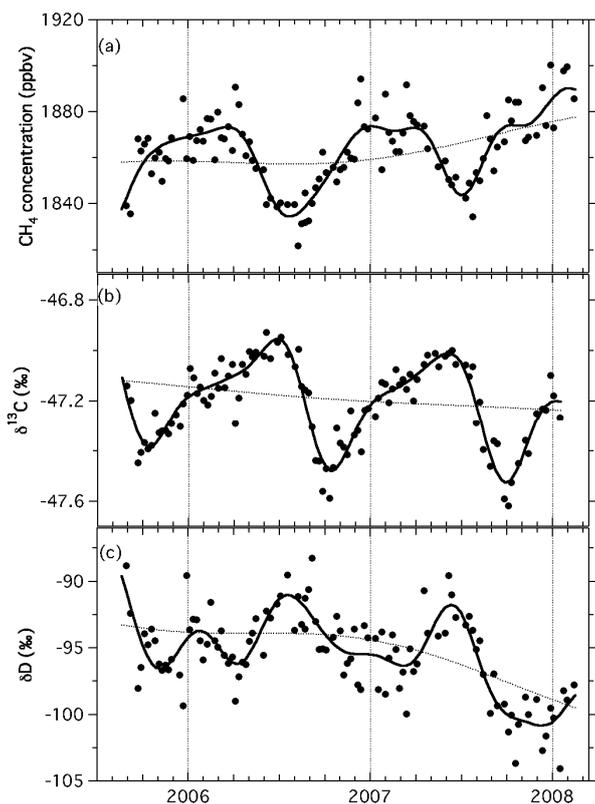


図1 スバルバール諸島ニーオルスンにおける大気中のCH₄濃度(上)と、CH₄のδ¹³C(中)、δD(下)の変動

CH₄濃度の季節変化に大きな影響を与えて

【参考文献】

Mastepanov et al., Nature 456, doi:10.1038/nature07464, 2008.

Spivakovski et al., J. Geophys. Res. 105, 8931-8980, 2000.

【研究発表】

Morimoto, S., S. Aoki, T. Nakazawa and T. Yamanouchi, Temporal variations of the carbon isotopic ratio of atmospheric methane observed at Ny Ålesund, Svalbard from 1996 to 2004, Geophys. Res. Lett., 33, L01807, doi:10.1029/2005GL024648, 2006

Umezawa, T., S. Aoki, S. Morimoto, T. Nakazawa and T. Yamanouchi, Temporal variations of CH₄ and its δ¹³C and δD at Ny Aalesund, Svalbard, International Symposium on Isotopomers 2008, Tokyo Japan, Oct. 4-8, 2008.

Morimoto, S., S. Aoki, T. Nakazawa. High-precision measurements of the carbon isotope ratio of atmospheric methane using a continuous flow mass-spectrometer. Antarctic Record, in press, 2009.

Umezawa, T. S., S. Aoki, S. Morimoto and T. Nakazawa, A high-precision measurement system for carbon and hydrogen isotopic ratios of atmospheric methane and its application to air samples collected in the western Pacific region, submitted to J. Meteorol. Soc. Japan, 2009.

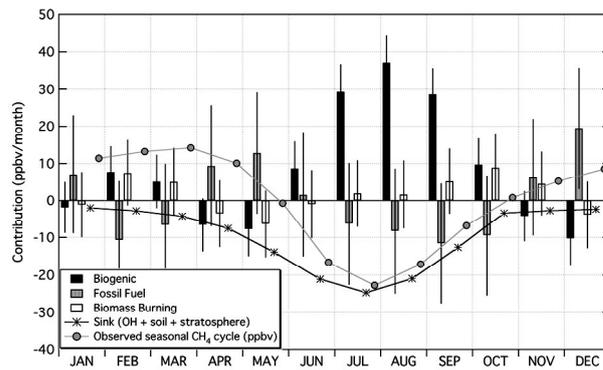


図2 ニーオルスンにおける大気中のCH₄濃度の季節変化に対する各CH₄放出源の寄与細線は、各推定値について見積もった誤差

いることが分かる。また、観測された9-10月のCH₄濃度増加とδ¹³Cの急減を再現するためには、OHラジカルによるCH₄分解が弱まった9-10月にも湿地からのCH₄放出が継続している必要があることが明らかになった。この結果は、ツンドラ域において夏期に土壤中で生成されたCH₄が、土壤の凍結に伴って大量に大気中に放出されているとする最近の報告(Mastepanov et al., 2008)を支持するものである。

リモートセンシングデータを用いた南極域における水蒸気・雲変動の研究

◎久慈 誠 奈良女子大学理学部・講師

内山 明博 気象研究所・室長

菊地 信行 宇宙航空研究開発機構・招聘研究員（平成 18-19 年度）

(国立極地研究所)

山内 恭 教授 平沢 尚彦 助教

平成 18 年～平成 20 年(3 か年)

【研究成果】

はじめに

南極域において、雲・水蒸気量の分布とその時間変動等の水循環の動態を把握することは、基本的であると同時に重要である。ここで、雲・水蒸気は時空間変動が大きいいため、人工衛星による観測が有効である。特に、高緯度帯では、NOAA 等の極軌道衛星が最適である。

そこで、本共同研究では、NOAA 衛星搭載の AVHRR と TOVS のデータを用いて、特に南極極夜域での雲・水蒸気の分布を推定するアルゴリズムの開発を行い、更に、その解析結果を用いて、南極域での水循環を把握する事を目標とする。

方法

南極域におけるリモートセンシングデータを用いて、雲・水蒸気の変動を導出するために、まず南極昭和基地で受信された HRPT データ処理システムの開発を行った。このうち特に、AVHRR データに対して、処理システムの構築を行った¹⁾。

ここで、AVHRR 等の受動式光学センサでは、水蒸気量の導出を行う際に、まずは雲域と晴天域を判別する、すなわち、雲検知を行う必要がある。ところが、南極大陸上、特に極夜域における雲を検知することは、衛星観測特性量に関する、雲とその下にある雪氷面との類似性のため、困難が伴う。更に、従来から用いられている AVHRR の熱赤外波長帯による方法²⁾では、例えばダイヤモンドダストのように粒径が比較的大きい場合(数 10 μm 程度)には、その有効性に限界がある。そこで、AVHRR と同じ HRPT データに含まれている、TOVS (HIRS/2) データも併せて、より高精度な雲識別を試みた。

結果

まず、HRPT データ処理ツールの開発を行った。その一例を Fig. 1 に示す。この図は、国立極地研究所にアーカイブされている HRPT データを切り出し、フリーの X Window をベースに処理システムを構築し、作成された。これにより、特定の高価な商用処理ソフトウェアにあまり依存せずに、それ以降のデータ解析が行えるようになった。

次にその処理システムを用いて、従来から用いられている AVHRR の熱赤外 2 チャンネル(スプリットウィンドウ)による方法²⁾に加え、雲の不均質性についての指標を得る方法を開発した³⁾。

ところで、上記の方法では、雲粒径が比較的大きい場合(数 10 μm 程度)、原理的に識別が難しいことが判っているため、更に TOVS (HIRS/2) データを組み合わせた手法

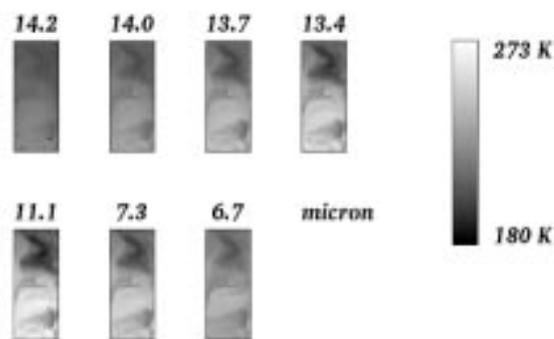


Fig. 1. An example of brightness temperature images of NOAA-14 / TOVS / HIRS/2 data: several spectral channels from 14.2 to 6.7 μm wavelengths. These data were received at Syowa Station (69° 00' S, 39° 35' E) on 1345 UTC July 6, 1997 and are archived in the National Institute of Polar Research. The level slice is assigned as a gray scale linearly from 273 K (white) to 180 K (black). The South Pole is located in the right top corner of the panel. The NOAA polar orbiter flew from top (polar region) to bottom (lower latitude over ocean) along a central line (not illustrated explicitly) of the image.

を開発した。基本的には、CO₂ Slicing method⁴⁾を参考にしている。ここで、この手法は、もともと晴天域が識別済みである場合に、雲層の高さを推定するものである。今回の場合、晴天域が明確でないため、そのまま適用することが出来ない。そこで、それに替わる実用的な手法として、次の評価式(1)を用いた解析を行った。

$$H^{13.7/14.0} = \frac{T_b^{13.7} - T_{b,\min-\delta}^{13.7/14.0}}{T_b^{14.0} - T_{b,\min-\delta}^{13.7/14.0}} \quad (1)$$

ここで、 $T_b^{13.7}$ と $T_b^{14.0}$ は、それぞれ 13.7 μm と 14.0 μm における輝度温度(K)である。また、 $T_{b,\min-\delta}^{13.7/14.0}$ には、13.7 μm と 14.0 μm における輝度温度の画像領域中の最低値より若干小さな値を設定する。これにより、(1)式を評価する際、分母が 0 になる不具合を回避する。このようにして得られた結果を Fig. 3(a) に示す。ここで、 $T_{b,\min-\delta}^{13.7/14.0}$ には 200(K) という値を設定した。このパネル(a)において、白い部分が雲域を示しており、さらにパネル(b)の AVHRR の輝度温度画像と比べると、雲域と晴天域のコントラストがより明瞭になっていると考えられる。というのも、極夜域では一般に晴天域(地表雪氷面)の方が大気下層よりも低温であるという性質があるためである。特に、Dome Fuji 基地(77° 19'S, 39° 42'E, 3810m a.s.l.; 図中央部右下付近)にある楔状

のパターンは、従来の AVHRR の熱赤外 2 チャンネル (スプリットウィンドウ) による方法では雲域と識別されなかった³⁾。しかし、この時の現場観測からは、雲の出現が示唆されている。そのため TOVS データを加味した解析手法が、雲識別の精度を向上させている事が示された。

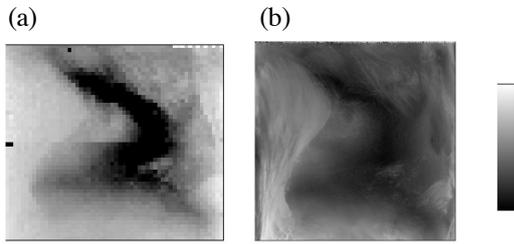


Fig. 2. A result of HRPT data analysis for an inland and nighttime region: (a) the pseudo CO₂ Slicing analyses (13.7 μ m/14.0 μ m) with TOVS (HIRS/2) data, and (b) channel 4 (11 μ m) brightness temperature imagery of AVHRR data. The both panels show the top portion in Fig. 1. The level slice is assigned as a gray scale linearly from the maximum value (white) to the minimum value (black) for each panel: (a) 1.7 to 0.6, and (b) 273K to 180K. There is discontinuity in line due to a data loss in the panel (a).

更に、この疑似 CO₂ Slicing method の有効性を検証するため、放射伝達シミュレーションによる感度解析を行った。放射伝達スキームは rstar4b を用いた。これを用いて、TOVS HIRS/2 の放射輝度を計算し、それをプランク関数を用いて輝度温度に変換した。チャンネルは Ch. 6 (13.7 μ m; 732cm⁻¹) と Ch. 5 (14.0 μ m; 716cm⁻¹) の二つを検討した。今回は、センサのレスポンス関数を考慮せず、中心波長についてのみ計算を行った。また、気温プロファイルは高緯度冬モデルを参考にした。特に、地表面付近の温度プロファイルはラジオゾンデ観測⁵⁾を参考にした。そして、雲の光学的厚さは 10 (@10.8 μ m) とした。更に、雲粒は球形であるとし、モード半径 30 μ m の体積対数正規分布を仮定した。

このようなシミュレーションにより、(1) 式の評価を行った結果を Fig. 3 に示す。ここで $T_{b,min-\delta}^{13.7/14.0}$ は 170K とした。疑似 CO₂ Slicing method による結果 (H) のプロファイルを見ると、逆転層のトップ (600hPa) 付近で、値が 0.86 から 1.1 付近まで大きくジャンプしていることが判る。これは、Fig. 2(a) では、晴天域で暗く (H の値が小さく)、Dome Fuji 付近で明るく (H の値が大きく)、画像上、大きなコントラストが現れている事に対応していると考えられる。尚、極成層圏雲が発生する高度 25km (気圧 30hPa) 付近では、H の値 (0.90) は地表面と同程度であり、晴天域とのコントラストは小さいものと考えられる。

【参考文献】

- 1) Development of a tool to read out HRPT data of NOAA polar orbiter received at Syowa station, 2001: M. Kuji and N. Kikuchi, *Antarct. Rec.*, **45**, 353-361.
- 2) Detection of clouds in Antarctica from infrared multispectral data of AVHRR, 1987: T. Yamanouchi, K. Suzuki, and S. Kawaguchi, *J. Meteorol. Soc. Japan*, **65**, 949-962.
- 3) A method of cloud field detection over Antarctica during the polar night using AVHRR data, 2001: M. Kuji, N. Kikuchi, N. Hirasawa, and T. Yamanouchi, *Polar Meteorol. and Glaciol.*, **15**, 114-123.
- 4) Remote sensing of cloud, aerosol, and water vapor properties from the moderate resolution imaging spectrometer (MODIS), 1992: M. D. King, Y. J. Kaufman, W. P. Menzel, and D. Tanre, *IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing*, **30**, 2-27.
- 5) Aerological sounding data at Dome Fuji Station in 1997. Data of Project on Atmospheric Circulation and Material Cycle in the Antarctic, Part 1, 1999: N. Hirasawa, M. Hayashi, S. Kaneto, and T. Yamanouchi, *JARE Data Rep.*, **238** (Meteorology 32), pp183.

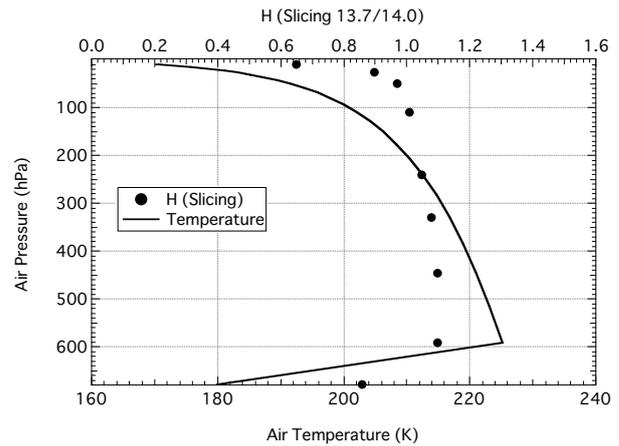


Fig. 3. A result of numerical simulations with radiative transfer calculations. Solid line shows air temperature profile, which is based upon radiosonde observation at Dome Fuji station from 680hPa (surface) to 30hPa. Closed circles, on the other hand, indicate the simulated results (H) of a pseudo CO₂ Slicing analysis (13.7 μ m/14.0 μ m) using the TOVS (HIRS/2) data with Eq. (1). Corresponding to the temperature inversion around surface, the value of the parameter H jumps with good contrast.

まとめと今後の課題

南極域における雲・水蒸気の変動を導出するために、南極昭和基地で受信された HRPT データの処理システムと解析アルゴリズムの開発を行った。

極夜域、特に接地逆転層の存在する領域において雲識別をするために、中低緯度付近では有効であるとされている CO₂ Slicing method に基づいて、疑似 CO₂ Slicing method を開発した。その手法を、越冬隊による現地観測で雲の存在が示唆されていた領域に適用した。その結果、TOVS (HIRS/2) の sounding 機能を用いる事により、AVHRR 等、従来の赤外窓領域 (スプリットウィンドウ) を用いた手法では検知出来なかった、接地逆転層付近に発生する雲域の検知の可能性が示唆された。更に、今回開発した疑似 CO₂ Slicing method で明瞭に認識された画像上のコントラストが、放射伝達シミュレーションの結果とも矛盾しないことを確認した。

この共同研究期間中、HRPT データ処理システムと雲識別法の開発が中心となった。今後は、本研究で開発した手法に基づいて雲域を把握し、さらにそれ以外の晴天域に対して水蒸気量の導出を行い、最終的には、定常運用されている衛星観測データを用いた、南極域の雲・水蒸気の動態の定量的把握を行うことが期待される。

85GHz 輝度温度画像を用いた冬期異常昇温現象の年変動に関する研究

◎畑中 雅彦 室蘭工業大学工学部・教授
 本田 泰 室蘭工業大学工学部・准教授
 塩谷 浩之 室蘭工業大学工学部・准教授
 施 建明 室蘭工業大学工学部・准教授
 佐藤 之紀 室蘭工業大学工学部・技術職員
 (国立極地研究所)
 和田 誠 教授、平沢 尚彦 助教
 平成18年～平成20年(3か年)

【研究成果】

DMSP 衛星 SSM/I の 85GHz 輝度温度画像データから南極大陸の地上気温分布を算出し^[1]、29日間移動平均値との差異から冬期異常昇温現象の検出を試みてきた^[2]。その後、この計算過程で利用したポラステレオ図法の投影面設定に不整合があることが判明し、冬季を中心に再検討を行った。地上気温観測値と再計算前後の結果の例を図1に示す^[3]。図上段のみずほ基地のような標高の比較的低い沿岸部での冬季の推定気温は、観測値と非常に良く対応する結果となった。図下段のポストーク基地やドーム F 基地などの標高の高い内陸部では、再計算前後の差異は小さく、報告済みの結果^[1]と同等であった。

この再計算の後、地上気温とその29日移動平均の差(昇温の指標)についても、再検討した。その結果、以前に報告^[2]と比べて、図2に示すように沿岸部に近い昭和基地・H21 観測点・みずほ基地において観測値と非常に良く一致する結果となった^[4]。図2中の○印は、各基地における最大昇温のイベントを示すが、観測値とも一致して内陸部に推移していることがみてとれる。

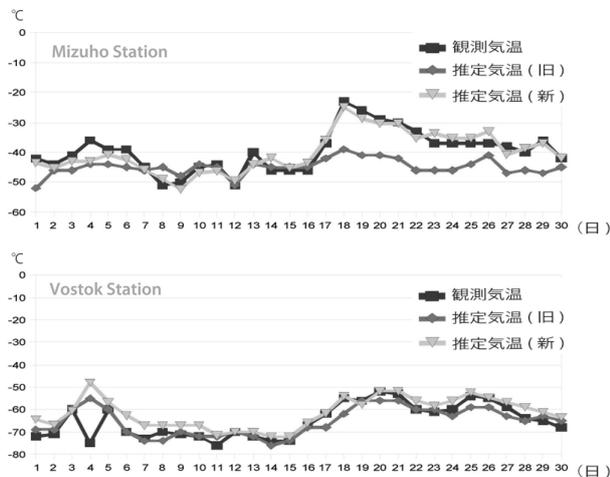


図1. 1997年6月の地上気温推移^[3]
 上段：みずほ基地、下段：ポストーク基地(下段)

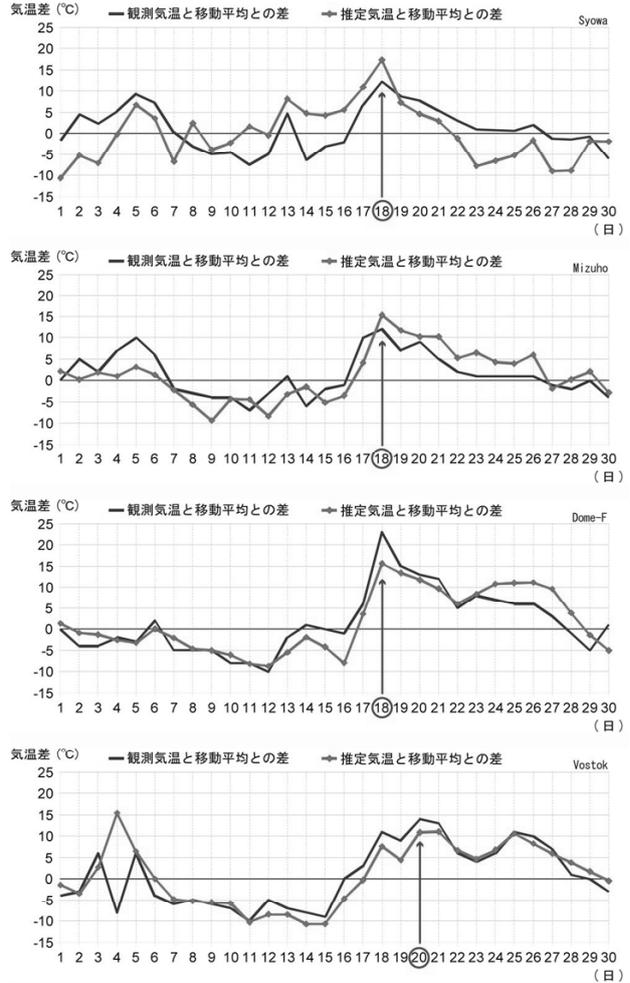


図2. 地上気温とその29日移動平均値との差^[4]
 (上段から、昭和基地・みずほ基地・ドームF基地・ポストーク基地についての再計算の結果)

表1. 1995年～2004年に出現した大規模昇温域

年	月/日	出現場所	規模
1995	6/23-6/27	豪州沖	大陸東部を覆う
	7/7-7/13	インド洋	大陸東部を覆う
	7/27-31	インド洋	大陸東部を覆う
1996	6/15-6/20	南米沖	大陸中央部を覆う
	7/16-7/27	大西洋	大陸中央部を覆う
1997	6/18-6/21	インド洋	大陸東部を覆う
	6/23-6/26	南米沖	大陸中央部を覆う
1998	6/4-6/7	アフリカ沖	大陸北部を覆う
	7/28-7/31	アフリカ沖	大陸東部を覆う
1999	6/24-6/30	アフリカ沖	大陸北部を覆う
2000	5/31-6/6	太平洋	大陸南部を移動

次に、1995年から2004年の10年間に出現した大規模な昇温域の一覧を表1に示す。表中の出現場所および規模の記述は、筆者の主観に基づいてい

る。調査方法は、推定気温から求めた6月と7月の昇温指標画像(warming-sign 画像)^[6]を動画表示などとして、目視により確認・判定した。典型的で規模の大きい昇温域は1999年までは毎年2回程度は確認できた。しかし2000年5月31日から6月6日の間に昇温域として認められるものがあつたが、大規模なものは2004年までの期間確認できなかった。

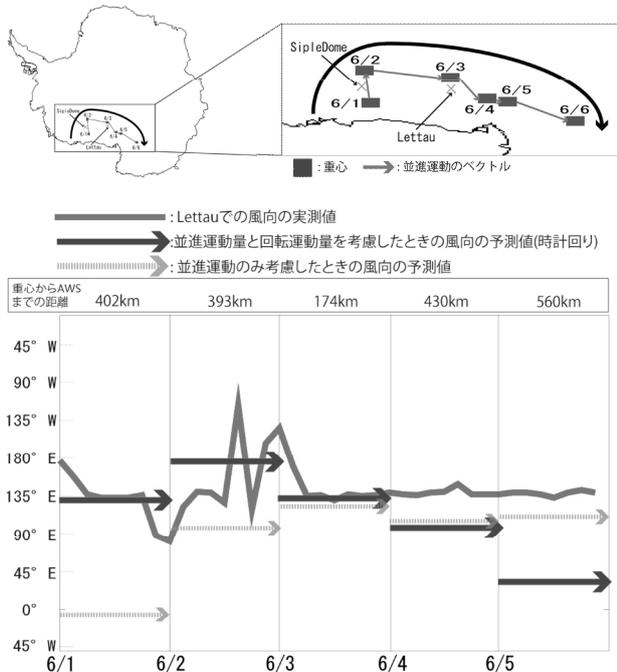


図3. 昇温域の重心の推移方向と風向との関係^[6]

さらに、昇温域の推移を定量的に把握することを目指して、画像処理による昇温域の抽出を行った。この結果を用いて、昇温域の面積重心の並進移動方向と昇温域近隣の観測点で得られた風向との関係^[6]や昇温域の移動ベクトルと初期高度500hPaにおける粒跡線との関係についても調査した^[7]。2000年6月初旬に生じた昇温域を対象とした、昇温域の重

【研究発表】

- 畑中, 山田, 平沢, 和田: 85GHz 輝度温度に基づいた1997年6月の昇温現象の検出, 平成21年電気学会全国大会講演論文集第3分冊, p.98 (2009)
- 山田, 畑中, 佐藤, 平沢, 和田: 南極冬季昇温域の推移と粒跡線の関係, 平成20年度極域気水圏・生物圏合同シンポジウム, pp.43-44 (2008)
- 山田, 畑中, 平沢, 和田: 南極冬季昇温域の回転運動量の推定について, 平成19年度開発技術研究会研究発表会, pp.18-19 (2007)
- 篠原, 山田, 山本, 畑中: 南極気象データベース用Webアプリケーションの作成, 平成18年度開発技術研究会研究発表会, p.8 (2006)
- 山田, 一ノ瀬, 畑中, 平沢, 和田: SSM/I 輝度温度データを用いた南極大陸における昇温現象の検出, 平成18年電気・情報関係学会北海道支部連合大会講演論文集, No.123, p.172 (2006)

心の推移方向とAWS Lettauにおける風向を比較した結果を図3に、昇温域推移と粒跡線との関係を検討した結果を、図4に示す。

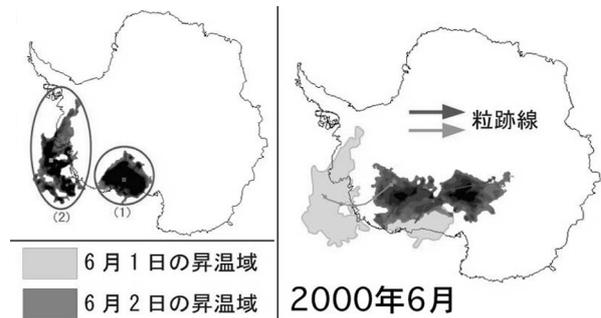


図3. 昇温域推移と粒跡線との比較^[7]

【参考文献】

- [1]. 志賀, 畑中, 他: 85GHz 帯輝度温度画像を用いた南極大陸の気温分布の推定, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J87-B, No.5, pp.706-714 (2004)
- [2]. 畑中, 高橋, 他: 85GHz 輝度温度に基づいた1997年6月の昇温現象の検出, 第28回極域気水圏シンポジウムプログラム・講演要旨, pp.84-85 (2005)
- [3]. 山田: 85GHz 輝度温度データを利用した南極冬季昇温域の推移と動態の検討, 平成20年度室蘭工業大学修士論文, pp.5-13 (2009)
- [4]. 畑中, 山田, 他: 85GHz 輝度温度に基づいた1997年6月の昇温現象の検出, 平成21年電気学会全国大会講演論文集第3分冊, p.98 (2009)
- [5]. 畑中, 高橋, 他: 85GHz 輝度温度画像に基づいた1997年6月の昇温現象域の推移, 第28回極域気水圏シンポジウムプログラム・講演要旨, pp.82-83 (2005)
- [6]. 山田, 畑中: DMSP 85GHz 輝度温度データを利用した冬季昇温域の追跡, 第30回極域気水圏シンポジウムプログラム・講演要旨, pp.66-67 (2007)
- [7]. 山田, 畑中, 他: 南極冬季昇温域の推移と粒跡線の関係, 平成20年度極域気水圏・生物圏合同シンポジウム講演要旨, pp.43-44 (2008)

極地氷コア中金属成分から探るエアロゾルの広域拡散過程

◎鈴木利孝 山形大学理学部・准教授

(国立極地研究所)

本山秀明 教授

東久美子 准教授

藤田秀二 准教授

平成 18 年～平成 20 年 (3 か年)

【研究成果】

エアロゾルは、それが持つ放射強制力や化学組成により、地表のエネルギーと物質の循環をコントロールし、地球の気候と環境の変動に深く関与している。過去の地球気候変動にエアロゾルが果たしてきた役割を解明するために、南北両極において採取された氷床コア中の金属成分測定が多くなされている。これまで、氷コアに含まれる溶存イオン種の CFA (e.g. Bigler et al., 2006)、濾過によって集めた粒子の PIXE 測定 (e.g. Ghermandi et al., 2003)、酸可溶性部分の ICP-SFMS 測定 (e.g. Gaspari et al., 2006) 等の研究例が報告されてきた。南極氷床に供給、保存されている粒状物、特に鉱物粒子、に含まれる金属成分の多くは難溶性であり、コア中の難溶性金属成分の重要性が指摘されている (e.g. Traversi et al., 2004; Gaspari et al., 2006)。イオンや酸可溶部分の解析では難溶性エアロゾルの挙動を解析するには不十分であるし、濾過法によりコア中の難溶性粒状物を 100%回収できるという保証もない。また濾過法では、氷床には粒子として供給されたがコア融解時に溶けてしまった成分は解析にかからないことになる。このような問題をクリアするためには、コアの全分解分析が有効であるが、これまで鉄についてのわずかな測定例 (Gaspari et al., 2006) があるのみである。本研究では、氷コアを蒸発乾固させ、その残留物を酸で全分解することにより、氷コアに含まれる Al、Na 等金属成分の全濃度 (溶存態+粒子態) を測定することを試みた。これにより、粒状物、溶存物を問わず、南極氷床に供給された鉱物および海塩エアロゾルの定量的解析を進めることが可能となる。

本研究では、全長 2503m の第 1 期ドームふじ深層氷コア (以下 DF1 コア) に含まれる Al、Na をはじめとする金属成分全濃度 (溶存態+粒子態) の鉛直分布を測定し、過去 34 万年の気候変動に伴う、(1) 海洋および地殻起源エアロゾルの南極氷床への輸送量の変遷、(2) エアロゾルの供給源の変遷および変質等を明らかにすることを目的とした。

DF1 コアから厚さ約 7cm、質量約 50g の氷片を分取して 1 試料とした。氷表面の汚染を除去した後、ポリエチレン容器内で全量を融解させ、0.1N 硝酸溶液とした。溶液をテフロン製容器内で蒸発乾固させた後、残渣を硝酸とフッ化水素酸を用いたマイクロ波分解法で全分解し、ICP 質量分析法 (国立極地研究所共同利用施設、ヒューレットパッカード製 HP4500) により、金属成分濃度を検量線法により測定した。

図 1 に、ドームふじコアに記録された過去 34 万年間 (Kawamura et al., 2007) の Al 全濃度と Na 全濃度の変動を、酸素同位体比のそれとともに示した。データポイントは浅部で約 3 年、深部で約 30 年平均の値となる。水中 Al 全濃度の範囲は 2.61-282 $\mu\text{g kg}^{-1}$ であった。Al 濃度は、氷期末期の最寒期に濃度ピークを示し、それ以外の時期、特に温暖期には、低濃度を示した。この変動パターンは従来報告されている南極深層氷コアにおける陸源金属成分の測定結果 (e.g. De Angelis et al., 1987) と一致した。この結果は、

氷期には、寒冷化に伴い地表の乾燥化と海水準低下が進み、さらに子午面循環も活発化したことにより、温暖期よりも地表エアロゾルが多く発生していたことを示している。本研究で得られた DF1 コア中全 Al 濃度の最大値は 282 $\mu\text{g kg}^{-1}$ であり、この値はボストークコアの中性子放射化分析による Al 濃度 (De Angelis et al., 1987) よりも約 2 倍大きかった。この差の考えられる原因として、掘削地点の違い、試料の年代の違い、試料の時間分解能の違い、分析法の違い (非破壊と全分解) 等が考えられるが、これまで行われてきた氷コア中金属に関する研究の中に全分解分析を行った例がほとんど無いため、現時点で結論を出すことはできない。

本研究で得られた DF1 コア中 Al 全濃度の完新世平均値は 7.15 \pm 4.16 $\mu\text{g kg}^{-1}$ 、最終氷期平均値は 102 \pm 51.7 $\mu\text{g kg}^{-1}$ であった。この 2 つの値の比、すなわち Al 濃度の LGM/HOL 濃度比は 14 となる。Marino et al. (2004) は Dome C コアに含まれる粒子態 Ti 濃度 (Al と同様の難溶性地殻起源金属) を測定している。この粒子態 Ti 濃度における LGM/HOL 比も 14 であり、本研究における Al 全濃度から得た結果と一致する。また、固体微粒子測定による粒子質量濃度の LGM/HOL 比は Dome F コアで 11 (Fujii et al., 2003)、Dome C コアで 17 (Ram et al., 1988) と報告されており、これらの値と比べても本研究で得た Al 全濃度の LGM/HOL 比は同程度の値を示している。これらの測定項目はいずれも主に鉱物エアロゾルの最終氷期最寒期-完新世のエアロゾル変動を反映していると考えられる。

DF1 コア中 Na 全濃度は 11.8-362 $\mu\text{g kg}^{-1}$ の範囲にあり、Al と同様の変動パターンを示したが、最寒期から温暖期への移行に伴う濃度低下率は Al におけるそれよりも小さかった。この原因として、ドームふじへの Na の供給源 (海洋あるいは海氷) が、Al の供給源 (地殻) よりも距離的に近いこと、輸送量が Al ほど激しく増減しないこと、地表から大気へ供給される Al の大部分が地殻起源であり、海洋からの供給は無視できる一方、Na は海洋起源と地殻起源の両方が有意であることなどが考えられる。DF1 コア中 Na 全濃度の完新世における平均値は 51.7 \pm 27.6 $\mu\text{g kg}^{-1}$ 、最終氷期における平均値は 149 \pm 69.3 $\mu\text{g kg}^{-1}$ であった。Na 全濃度の LGM/HOL 比は 3 となる。Dome C コアにおける Na の

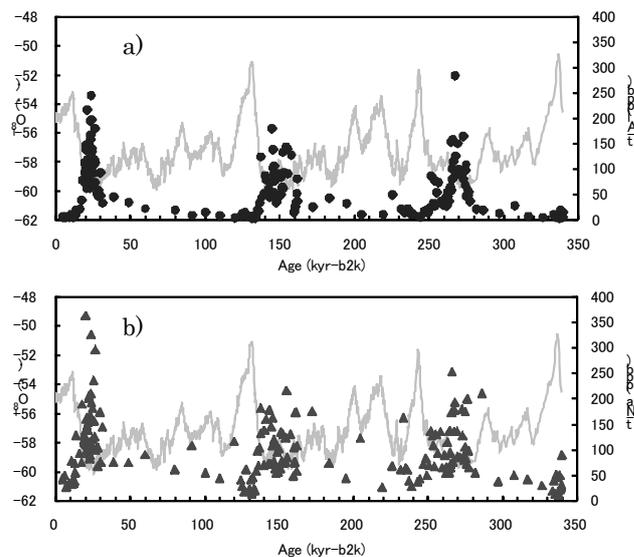


図 1 ドームふじコア中の a)Al 全濃度と b)Na 全濃度

LGM/HOL 濃度比としては溶存 Na 濃度についての結果として 5 という値が報告されている (Bigler et al., 2006)。両者の 2 倍近い差は本研究結果が全濃度 (溶存態+粒子態) の測定結果である一方、他方は溶存態のみの測定結果であるためだろう。

測定した全濃度をもとに、ドームふじへの鉱物エアロゾルフラックス (F_{mineral}) と海塩エアロゾルフラックス (F_{seasalt}) を求めてみる。Al は地殻に 8.23%含まれる主成分である一方、海水中にはわずか 0.8ppb しか検出されない微量成分である。したがって、エアロゾルとして存在する Al のほとんど全ては地殻から放出された鉱物粒子起源であると考えることができる。コア中 Al の全てが地殻起源であると仮定すると、 F_{mineral} は、次式により算出できる。

$$F_{\text{mineral}} = [t\text{-Al}] \times 100/8.23 \times Rd \quad (1)$$

ここで、 $[t\text{-Al}]$ はコア中 Al 全濃度、8.23 は Al の平均地殻組成百分率、 Rd は深度 d におけるドームふじの氷床堆積速度である。Na は海水に 1.06%含まれる主成分であるのと同じに、地殻でも 2.36%を占める主成分である。したがって、鉱物エアロゾル供給が多い時期や場所においては、エアロゾル中 Na の大部分が海塩起源であるとは仮定できない (Suzuki and Tsunogai, 1988)。Bigler et al. (2006) は、南極氷床コアにおいても、特に氷期の高ダスト期においては、地殻起源の Na が有意であることを報告している。我々は、コア中 Al は全て地殻起源であると仮定することにより、海水のみに由来する Na 濃度、 $[Na_{\text{seawater}}]$ を次式で得ることができる。

$$[Na_{\text{seawater}}] = [t\text{-Na}] - (Na/Al)_{\text{crust}} \times [t\text{-Al}] \quad (2)$$

ここで、 $[t\text{-Na}]$ はコア中 Na 全濃度、 $(Na/Al)_{\text{crust}}$ は地殻中 Na/Al 比 (0.29) である。 $[t\text{-Na}]$ に対する $[Na_{\text{seawater}}]$ の割合は最大で 99.0%、最小で 40.3%であり、完新世における平均値は $96.0 \pm 1.04\%$ 、最終氷期最寒期における平均値は $78.7 \pm 10.7\%$ であった。これらの数値は、温暖期すなわち低ダスト期に南極氷床に輸送された Na の大部分は海塩起源と考えても差し支えないが、寒冷期すなわち高ダスト期においては地殻から隔たった南極氷床においても地殻起源の Na が有意に供給されていたことを示している。ちなみに図 1

【参考文献】

- De Angelis et al., Aerosol concentrations over the last climatic cycle (160 kyr) from an Antarctic ice core, *Nature*, **325**, 318-321, 1987.
- Fujii et al., A 320 k-year record of microparticles in the Dome Fuji, Antarctica ice core measured by laser scattering method, *Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue*, **57**, 46-62, 2003.
- Gaspari et al., Atmospheric iron fluxes over the last deglaciation: Climatic implications, *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L03704, 2006.
- Ghermandi et al., Elemental composition determined by PIXE analysis of the insoluble aerosol particles in EPICA-Dome C ice core samples representing the last 27000 years, *Geophys. Res. Lett.*, **30**, 2176, doi:10.1029/2003GL018169, 2003
- Bigler et al., Aerosol deposited in East Antarctica over the last glacial cycle: Detailed apportionment of continental and sea-salt contributions, *J. Geophys. Res.*, **111**, D08205, doi:10.1029/2005JD006469, 2006
- Kawamura et al., Northern Hemisphere forcing of climatic cycles in Antarctica over the past 360,000 years, *Nature*, **448**, 912-916, 2007.
- Marino et al., Elemental composition (Si, Fe, Ti) of atmospheric dust over the last 220 kyr from the EPICA ice core (Dome C, Antarctica). *Annals Glaciol.*, **39**, 110-118, 2004.
- Ram et al., Insoluble Particles in Antarctic ice: Background aerosol size distribution and diatom concentration, *J. Geophys. Res.*, **93**, 8378-8382, 1988.
- Suzuki, T. and S. Tsunogai, Origin of calcium in aerosols over the western North Pacific, *J. Atmos. Chem.*, **6**, 363-374, 1988.
- Traversi et al., Aluminum and iron record for the last 28 kyr derived from the Antarctic EDC96 ice core using new CFA methods, *Annals Glaciol.*, **32**, 300-306, 2004.

【研究発表】

- Suzuki et al., Mineral and seasalt aerosol fluxes over the last 340 ka reconstructed from the total concentration of Al and Na in the Dome Fuji ice core, in preparation.

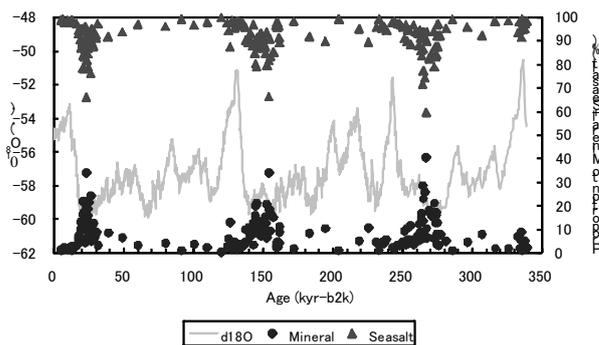


図2 ドームふじにおける鉱物/海塩粒子フラックス比の変動

に示した 3 回の氷期それぞれの最寒期 (高ダスト期) における地殻起源 Na の最大寄与率は、それぞれ、40.8%、36.9%、59.7%であった。氷コア解析やエアロゾル組成解析においては全てのケースについて Na を海塩指標として用いることができるわけではなく、むしろ多くの場合 Na の地殻補正が必須であることに留意すべきである。

ドームふじへの海塩エアロゾルフラックス、 F_{seasalt} は次式により得られる。

$$F_{\text{seasalt}} = [Na_{\text{seawater}}] \times 100/1.06 \times Rd \quad (3)$$

F_{mineral} および F_{seasalt} 、それぞれの比率の変動を図 2 に示した。ドームふじにおいては全般的に、寒冷期・温暖期を通して 2 大天然エアロゾルフラックスのうち 95%以上を海塩エアロゾルフラックスが占めているが、終末期直前の最寒期には鉱物エアロゾルのフラックスが最大 40%に達することがわかる。このことから結論として次のようなエアロゾル気候変動シナリオを考えた。氷期・間氷期を通して南極大陸周辺海域で生成された海塩エアロゾルは大陸内陸部まで空輸されており、ドームふじ大気中で鉱物エアロゾルの占める割合は 1 割に満たない。氷期最寒期に至り、大気の子午面循環の増大と海面低下に伴う大陸棚露出面積の増加に加え、陸域の乾燥化もピークに達し、海塩エアロゾル量に匹敵するほど大量の鉱物エアロゾルがドームふじに空輸された。

南極雪氷中の火山・宇宙起源物質の研究 (Ⅲ)

◎福岡孝昭 立正大学地球環境科学部・教授
島村 匡 北里大学医療衛生学部・教授
田澤雄二 立正大学地球環境科学部・研究員
河野美香 国立極地研究所・プロジェクト研究員
(国立極地研究所)
東 久美子 准教授
平成18年～平成20年(3年間)

[研究成果]

1. はじめに

本研究の最終目標は、氷床コア中の火山灰微粒子の給源火山を求め、その噴火年代から氷床コアの年代を明確にするとともに、火山起源エアロゾルの量から過去の世界の大規模噴火の性質と規模、気候変動との関係を明らかにする。さらに宇宙塵等の宇宙起源物質を特定し、降下量の時間変化を明らかにすることである。

ここでは、過去3年間の成果の一部として氷床コア試料のバックグラウンドを知る目的で、みずほ基地のコア氷について59元素をICP-MSにより定量した結果とドームFujiの深層コア掘削時に生じた切削氷からの宇宙塵回収について報告する。

2. 南極みずほ基地コア氷の元素組成

氷床コアの微量元素を定量分析することで地球大気中のバックグラウンド組成を知るための基礎的研究を行った。すなわちこの地域のバックグラウンドを知ることで大気中の浮遊塵(微小火山灰粒子等)の起源に関する情報が得られると考えられる。

氷表面の汚染を除去する方法を検討するため、超純水を凍らせた氷にCo, Zn, Sb, Cs, Ba, Pr, Pbの7元素(10ppm)を吹きかけて汚染させた。この汚染氷の表面を超純水で氷重量の10%、30%、50%まで洗浄しながら溶解させ、何%まで洗浄すれば汚染が除去できるかを検討した。その結果、50%まで洗浄しながら溶解することでほぼ汚染が除去できた。この方法でアラスカの氷、1984年みずほ基地で採集された氷床コア(深さ約560m、長さ50cm)を3分割したものの氷表面汚染を除去し、微量元素の分析を行った。分析には、四重極型ICP質量分析計

(PQ-ExCells, Thermo Elemental と HP4500, Agilent)を用いた。みずほ氷において、濃度が高かった主要元素では、Naが0.9~15ppb、Mgが1.3~1.5ppb、Kが0.7~0.8ppb、Caが0.8~1.2ppbであった。他の元素として、Feが128~170ppt、Coが0.07~0.1ppt、Cuが0.6~17ppt、Pbが1~3pptであった。最も低い濃度であったのはLuで0.0006pptであった。他の元素は主に濃度が低すぎて定量できなかった。これらの結果について、Na、Alを基準にして海塩起源(ss)、土壌起源(s)から氷中の濃縮計数(Enrichment Factor, EF)を求めた。EF値は元素がssとs成分に対してどれだけ濃縮されているかを定義としており、EF値が1に近い元素は自然起源と考えられる。みずほ氷は堆積年代が約7千年前のものであり、人為的要因の汚染がないと考えられる。EF値が1に近い元素はLi, Mg, K, Ca, Ti, Cr, Fe, Mn, Co, Zn, Ga, Sr, Y, Zr, Nb, Cs, Ba, 希土類元素, Hf, Ta, W, Bi, Uとほとんどの元素が1に近い値となった。EF値が高い元素は、Ruが400、Pdが12,000、Sbが14,000、Snが800となった。本研究の南極氷は人為的汚染がないと考えられるため、EF値が高い元素については、火山起源、宇宙塵起源、大規模な山火事等が考えられる。Snは火山起源、Ruは宇宙塵とも考えられるが、Pd, Sbについてはその起源を特定することはできなかった。またEF値が高い元素についてのもう一つの要因としては、コアを掘削する時に用いた掘削機により生じた氷表面の汚染が氷内部へと浸透した可能性も考えられる。

3. ドームFujiコア切削氷からの宇宙塵回収

地球外粒子である宇宙塵の起源は、主に彗星や小惑星と考えられている。その宇宙塵の地球への降下量は、年間 $10^4 \sim 10^6$ トンと言われている(Barker and Anders, 1968)。これだけ大量に降下している宇宙塵が過去にどのような時間変化をしていたかを求めることは太陽系の進化を知る上では重要なテーマであり、過去に彗星や小惑星の接近があった時期を知ることができる。ドームFujiでは、地形上積もった雪が垂直に堆積している。そのため、氷床コアの長さから年代を追うことが可能である。ここでは、最終目的を達成するための第一段階として宇宙塵を氷床から回収することを目的とした。ドームFujiコアは降下量を

求める上で有用な試料であるが、多くの古環境情報を保持しているため、すべて用いることはできない。そこで掘削時に同じ深度からかき出される削りカスの塊である切削氷（深さ 1700m の約 40kg）を用いた。

切削氷には大量の地球起源粒子が含まれている(表 1)。これらと宇宙塵を効率よく分別しながら回収していくための回収法を考案した。

切削氷は国立極地研究所冷凍室(−20℃)で保管されていた。これを粗く砕き、急激な氷の密度変化で宇宙塵が壊れないように、立正大学のサンプル保管室(室温 3℃)でゆっくり自然融解させた。融解水を穴径 8.0 μm のポリカーボネートフィルターで吸引ろ過した。この段階で掘削時に混入した不凍液(酢酸ブチル)は水とともに除去された。固形物の残ったフィルターを、水の入ったビーカーに入れ超音波洗浄器を用いて、固形物をフィルターから剥離した。固形物をビーカー中でデカンテーションを 60、30、20 秒と 3 回行い浮遊物(主に繊維、木屑)を取り除いた。最後に 10 秒間のデカンテーションを行い、沈降物と浮遊物をそれぞれ回収した。宇宙塵は金属鉄を含んでいるため、沈みやすいと考え沈降物からの回収を第一に試みた。沈降物を比重 3.3 のヨウ化メチレンで重液分

離を行った後、磁性による分離(ハンドマグネットに着く：有、着かない：無)を行った。宇宙塵が集まりやすいフラクションから宇宙塵と思われる粒子を実体顕微鏡下でハンドピックした。

ハンドピックした粒子を SEM/EDS で形態観察と定性分析を行った。Fe, Ni, Si, Mg, S が確認できた粒子を INAA(機器中性子放射化分析)で親石元素(Al, Ti, Ca, V, Mg, Cr, Mn, Na)、希土類元素(La, Sm, Eu, Yb, Lu, Sc)、親鉄元素(Ir, Fe, Co, Au)を分析した。

Au と Ir は宇宙物質であるか否かを判定するのに重要な元素であるが、両方の元素を確認できた試料がなく、かつ全体的に値が低い傾向となった。ハンドピックした全ての粒子には SEM/EDS により掘削ワイヤーのメッキに使われている Zn のピークが確認できた。Au, Ir はこの Zn による汚染から来た可能性も考えられる。したがって本研究で回収・分析された粒子が宇宙塵であるという確証は得られなかった。

4. おわりに

以上、最終目的にはそれぞれ到達しなかったが、基礎的な情報は得ることができた。今後も続けていく計画である。

表 1 本研究で回収したドーム Fuji 切削氷中の固体粒子の種類と性質

	起源	比重	磁性 ¹⁾	形状	サイズ	存在比(%)
宇宙塵(石質)	彗星・始原的隕石母天体 分化した隕石の母天体	~2.2 ~2.1	有 無?	不定形または 球粒	<1mm	<1 ?
地球物質						
繊維	手袋・衣類	<1.0	無	繊維状	5-20mm	20
木くず・紙片	ダンボール・木箱	0.4-1.1	無	木片・紙切れ	1-15mm	30
スス・炭	発電機	0.4-1.0	無	球粒? 不定形	<1mm-20mm	<1
亜鉛メッキ片	掘削ワイヤーのメッキ	7.1	無	薄板状	<5mm	10
鉄粒子	宇宙塵?・掘削機の破片	7.8	有	球粒または 薄板状	<5mm	10
砂粒	岩石(鉱物・ガラス)	1.9-2.3 5.2	大半は無 有(磁鉄鉱)	不定形?	<1mm	30

1)磁石に付くか付かないかで判断した。分化した宇宙塵は不明。

[参考文献]

Barker and Anders (1968) Accretion rate of cosmic matter from iridium and osmium contents of deep-sea sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta* **32**,627-645.

[研究発表]

Fukuoka, Fukushi, Hoshi, Tazawa and Saito: Development of Instrumental Neutron Activation Analysis for μ g-size of Micrometeorite samples, The 69th Annual Meeting of the Meteoritical Society, 2006 年 8 月.

Tazawa, Fukuoka, Hoshi, Fukushi, Saito, Noguchi and Yada: Chemical compositions of Antarctic Micrometeorites and their Types, The 69th Annual Meeting of the Meteoritical Society, 2006 年 8 月.

小型無人航空機を用いた極域における大気・海氷観測に関する研究

猪上 淳 海洋研究開発機構・地球環境観測研究センター・研究員

(国立極地研究所)

山内 恭 教授

平沢尚彦 助教

1. はじめに

雪氷圏での熱・水輸送過程を考える上で、地表面や海面の状態が大気へどのように応答しているかは重要な課題のひとつである。特に雪氷圏では表面の分布が多様多様であるため、表面状態がどの程度の空間スケールで大気に影響を及ぼしているかを調べることは、数値モデルを構築する際にも参考となる。表面状態を詳細に観測するには現地での調査や、衛星観測などの手法があるが、上空の大気状態を同時に調べるにはGPSゾンデなどによる高層観測が必要となる。ただし、境界層内の特徴は表面状態に依存するため、その空間的代表性には乏しいことがある。そこで本研究では、極域での大気・雪氷の機動的観測手法として無人飛行機を用いた研究を行った。過去に取得されたデータ解析に加え、2008年7月から8月にかけてノルウェーのスピッツベルゲン島ネーオルスン付近で実際に観測を行った。

2. Aerosonde による海氷観測とその応用

毎年9月になると北極海の家氷面積の多寡について報告が行われる。海氷のモニタリングにはSSM/IやAMSR-Eなど衛星搭載型のセンサーに頼る部分が多いが、夏季の家氷密接度には相当の誤差が含まれていることも知られている。これは melt pond の発達で、センサーが開水面と誤認することが原因であるとされている。可視センサーとの比較で誤差の見積りを試みた研究例もあるが、夏季特有の下層雲によって解析できる時間と場所が限定されることが多い。一方、砕氷船による目視観測では領域に限られるため、衛星データとの比較には最適とは言えない。そこで本研究では、海氷観測の比較的新しい手法として、UAV を利用した観

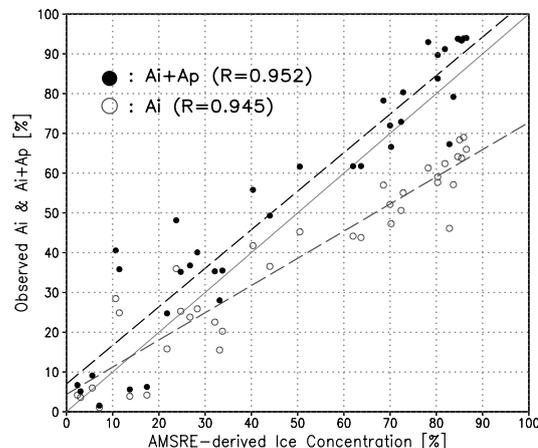


図 2: 観測衛星 (AMSR-E) による海氷密接度 (Bootstrap アルゴリズムを使用) と観測結果との比較。

測を行い、衛星データを検証した。

無人飛行機は Aerosonde (以下、エアロゾンデ) を利用した。エアロゾンデは気象観測用に開発された UAV で、2000km 以上の航続距離を活かして台風など有人飛行機では困難な観測に利用されている。極域利用を目的とした観測は 2000 年から 2005 年までアラスカのバロー岬沖で毎年行われ、必要な改良が行われてきた。エアロゾンデには気象センサーやデータ通信のイリジウム電話の他に、様々な payload オプションが用意されている。本研究ではデジタルカメラを搭載し、様々な海水域 (一年氷・多年氷) を短時間かつ広範囲に観測した。

本研究で使用したデータは、2003 年 7 月 20 日にアラスカのバロー岬沖の 71.5°N から 73.8°N までの海水域 (約 300km) で得られた海水画像である (図 1)。エアロゾンデは 30 秒毎に海水面を撮影しながら北上し、合計 470 枚の画像を取得した。1 枚当たりの撮影範囲は高度 200m で 220m×169m である。観測中は気象データも同時に取得した。

海水画像は画像解析を通じて 1 枚毎に開水面 (A_o), melt pond (A_p), 海氷 (A_i) の 3 カテゴリーに分類し、各カテゴリーの面積を求めた。melt pond の面積比率は 20%~30% であることから、観測日は融解期の後半に該当すると考えられる。melt pond の形状は南部 (図 1a) と北部 (図 1d) で異なるが、これは海氷の厚さに依存することが知られている。海水域 ($A_i + A_p$) の空間分布は AMSR-E による海氷密接度と概ね一致したが (図省略)、観測衛星の空間分解能 (12.5km) に合わせて詳細に比較すると、衛星データは海氷密接度を 7.0% 過小評価していることが分かった (図 2)。これは画像解析の見積り誤差 (3.2%) を大きく上回る値であることから、

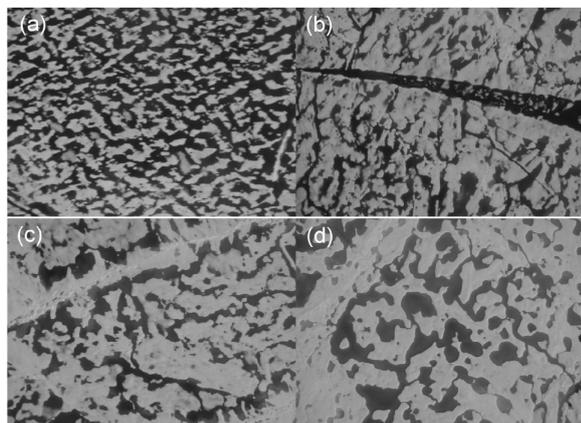


図 1: エアロゾンデで得られた海水画像の例 (高度 200m)。 (a) 72.8°N, (b) 73.1°N, (c) 73.4°N, (d) 73.7°N。



図 3: 着陸時の CryoWing。日本基地付近の滑走路を利用。

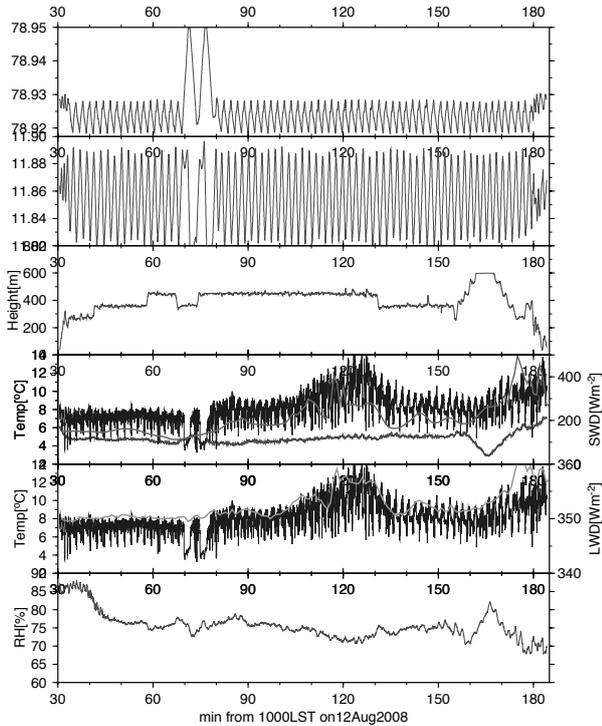


図 4: CryoWing で得られたデータの例 (2008 年 8 月 12 日)。上から緯度、経度、高度、気圧、気温・表面温度、湿度。参考のためドイツ基地で取得された地上での下向き短波放射・上向き長波放射データもプロット (単位: 右軸参照)。

AMSR-E による海水密度には melt pond の影響が含まれていることを表している。

3. CryoWing によるニーオルスンでの観測

ニーオルスンでは 2008 年 8 月に国立極地研究所の「ラベン」に滞在しながら、基地沿いの滑走路を利用して UAV 観測を行った。使用 UAV は NORUT が運用する CryoWing (図 3) で、これまでノルウェー国内や南極での気象・雪氷観測の実績がある。CryoWing は気象センサーやデータ通信のイリジウムモデムの他に、デジタルカメラ、赤外線温度計などを同時に搭載できる (燃料込で 10kg までのペイロード可)。本研究では、デジタルカメラで表面状態や雲の有無を確認しながら、表面温度の分布や上空の大気への影響 (気温等) を、「ラベン」付近の矩形領域での連続観測と、フラム海峡の氷縁域付近までの長距離観測によって調べた。

ラベン付近で行った矩形パターン連続観測では、土壌の違いによる表面温度・気温変化が顕著で、特に短

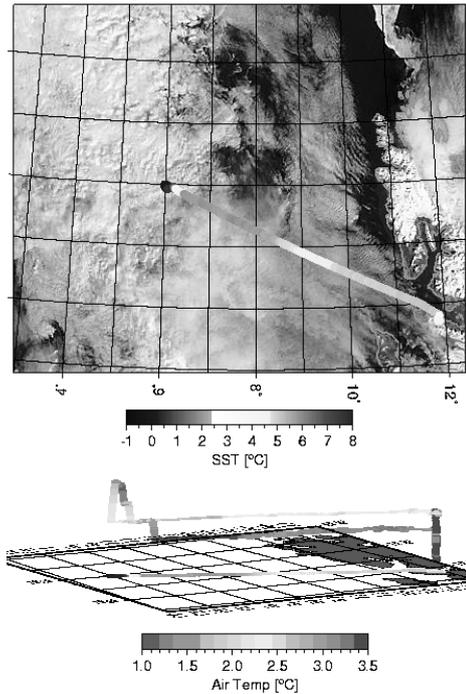


図 5: 8 月 14 日に CryoWing によって観測されたフラム海峡上の SST (上) と気温 (下)。衛星画像は MODIS 可視画像。

波放射の時間変化に伴う表面温度の応答が、気温にも反映されていた (図 4)。曇天時 (8 月 10 日) と晴天時 (8 月 12 日) の事例を比較することで、地表面に対する大気応答を詳細に調べることが可能となる。

図 5 は 8 月 14 日にフラム海峡へ向けて片道 150km の長距離観測で得られた海面水温 (SST) (上図) と高度 150m と 250m での気温 (下図) の分布である。フラム海峡は暖かい大西洋水が北極海へ向けて北上する海域であるが、その SST は西方に向けて 4°C から 5.5°C まで変化し、高度 150m や 250m での気温でもこの SST の変化に伴う気温上昇が観測されていた (下図)。さらに西方の氷縁域では、海水の融解の影響で SST が 0°C まで急低下し、その SST フロントの水平スケールは約 10km であった。今回取得されたデータは、気象データが乏しい地域での気象予測可能性の研究や、氷縁域での SST 衛星プロダクトの検証にも応用可能である。

4. まとめ

本共同研究により、UAV を用いた北極観測が気象・雪氷・海洋の各分野で応用可能であることが示された。UAV 運用のコストパフォーマンスの向上や新しい搭載測器の開発、視程不良による観測の遅延など、課題も残っているが、ニーオルスンは滑走路沿いに「ラベン」があること、有人飛行機の往来が非常に少ないことから、UAV 観測を行うのに最も適した場所であることが確認できた。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金若手研究 A (18681994)、および宇宙航空研究開発機構 GCOM 共同研究の下で行われた。

研究発表

Inoue, J., J. A. Curry, and J. A. Maslanik, 2008: Application of Aerosondes to melt-pond observation over Arctic sea ice, *J. Atmos. Ocean. Tech.*, **25**(2), 327-334.

共同研究報告書（終了）

氷床コア中のイリジウム分析による小惑星衝突の検出（研究課題）

矢坂裕太 大阪大学環境安全研究管理センター・講師（研究代表者）

（国立極地研究所）

本山秀明 教授、神山孝吉 教授（担当教員）

藤田秀二 准教授、東久美子 准教授

平成 19 年～平成 20 年（2 か年）（研究期間）

[研究成果]

1. 背景・研究目的

イリジウムは地表付近にはほとんど存在せず、隕石中には高濃度で存在するため、地球外物質のトレーサーとして有用であると考えられる¹⁾。

隕石の衝突頻度は月面クレーターから、直径 10 km の隕石で 1 億年に 1 回、1 km で 100 万年に 1 回、直径 100 m 程度で 1 万年に 1 回と推測されているが、その衝突実態は明らかになっていない。当研究室が開発した ppq (fg/g) レベルのイリジウム分析法では、バックグラウンドレベルの低い南極氷雪においてこの直径 100 m 程度の隕石衝突の痕跡すなわちイリジウムの正の濃度異常が検出できる可能性がある。そこで本研究では、極微量レベルのイリジウム分析法を開発・評価し、南極氷雪中のバックグラウンドレベルのイリジウム濃度を決定した。

2. 実験装置・方法

南極氷雪中の微量かつ極低濃度のイリジウムを ETV-ICP-MS により分析した。図 1 に示す ETV（加熱気化）法の修飾剤に硝酸アンモニウムを用いることで、イリジウムに対して検出限界が数 fg の超高感度分析が可能であった。みずほ中層氷床コア試料（深さ 10 cm ごとにカットしたプレート）は、クラス 100 のクリーンベンチ内で表面を溶かした後、汚染されていない部分を本試料として回収した。この氷雪試料約 50 g を高度洗浄したテフロン製 100 ml ビーカーに入れ、¹⁹¹Ir 同位体濃縮スパイク溶液を添加し、ホットプレート上で穏やかに加熱し、50-100

μl まで蒸発濃縮させた（図 2）。濃縮試料に硝酸アンモニウム水溶液を添加し、よく混合した後 ETV のグラフアイトキューベットに試料 10 μl をのせ測定を行った。同位体希釈法により測定同位体比からイリジウム濃度を算出した。

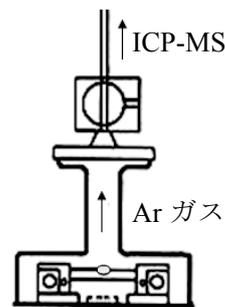


図 1 ETV 装置図



図 2 濃縮操作

3. 実験結果

3.1 添加回収実験・分析ブランク

まず分析精度を確認するために、超純水にイリジウム標準溶液を添加して、添加回収実験を行った（図 3）。同位体希釈法で定量しているため、ppq レベルでも回収率 105% と良好な値が得られた。

また極微量レベルで分析を行う際には、分析時の汚染が最大の問題となる。そこで使用した容器、試薬などからの汚染による分析ブランクを見積もるために、同一氷雪試料の試料量を 50 g、100 g と変えて分析し、図 4 に示すグラフを作成した。この傾きより汚染のない正味のイリジウム濃度は 1.0 ppq (fg/g)、切片より分析ブランクは 23 fg と求まった。容器の最終洗浄、濃縮

操作は、クラス 100 のクリーンベンチ内で慎重に行ったが、イリジウム汚染を完全に除くまでには至らなかった。そこで次の定量分析では、この分析ブランクを測定値から差し引いて定量値を求めることとした。

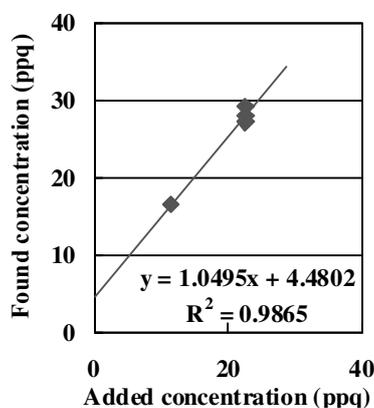


図 3 添加回収実験

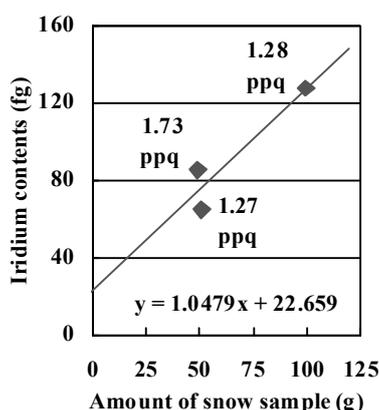


図 4 分析値とブランク

3.2 南極氷雪中のイリジウム濃度

本研究では、ドームふじ付近で採取した最近 1-2 年の積雪試料とみずほ中層コア M'895 の深度 567.78-568.28 m (約 7000 年前) の試料を深さ方向に 10 cm 毎に分析した (表 1)。氷雪中のイリジウム濃度は、表層で 1.0 ppq、コア部分で最大 9.6 ppq であり、10 倍程度のばらつきが見られた。M'895-5 においては夾雑物による妨害の影響からか、イリジウムのシグナルが得られなかった。南極氷床コア中のイリジウムを分析した他のグループの論文の分析値と同レベルの分析値であった。²⁾

表 1 南極氷雪中のイリジウム濃度

Sample	Determined value (ppq)
Antarctic snow	1.0
Mizuho core M'895-1	9.6±1.5
M'895-2	0.53-2.7
M'895-3	1.0±0.2
M'895-4	1.5±0.4
M'895-5	測定不可

4. まとめ

高感度 ETV-ICP-MS 分析法と蒸発濃縮を組み合わせることで、sub-ppq レベルでのイリジウム分析を達成し、南極氷雪中のイリジウムが定量できた。今回の分析では、約 7 年分の氷床コアにおいて 10 倍程度のばらつきが検出できたが、今のところこれを解釈できるところまでは達していない。今後、深さ方向に対する氷床コアの分析数を増やすことで、過去の隕石衝突の解明から将来の危険性の予測や日常的に宇宙から降下している隕石煙粒子の降下量分析³⁾などにもつながるものと期待される。

[参考文献]

- 1) L. W. Alvarez, W. Alvarez, F. Asaro, H. V. Michel ; *Science*, **1980**, 208, 1095-1108
- 2) P. Gabrielli, J. M. C. Plane, C. Boutron, S. Hong, G. Cozzi, P. Cescon, C. Ferrari, P. Crutzen, J. Robert, V. Y. Lipenkov, C. Barbante ; *Earth and Planetary Science Letters*, **2006**, 30, 459-469
- 3) P. Gabrielli, C. Barbante, J. M. C. Plane, A. Varga, S. Hong, G. Cozzi, V. Gaspari, F. Planchon, W. Cairns, C. Ferrari, P. Crutzen, P. Cescon, C. Boutron ; *Nature*, **2004**, 432, 1011-1014

[研究発表]

日本分析化学会第 57 年会要旨集、P343, (2008)

大気中粒子状物質評価法に関する研究

◎菊地 正 山口東京理科大学基礎工学部・教授 (研究代表者)

(国立極地研究所)

和田 誠 教授

(担当教員)

平沢 尚彦 助教

(担当教員)

平成 20 年～平成 21 年 (1 年間)

(研究期間)

[研究成果]

【目的】 近年、電子デバイス、大気環境、金属材料など様々な分野において、ナノ粒子の計測や生態影響等に関する研究が行われている。電子デバイスでは、微細化加工技術の進歩によりナノサイズレベルでコントロールされており、ナノ粒子がデバイス特性に与える影響が懸念されている^{1,2)}。大気環境中でのナノ粒子は、鼻腔、気管支、肺胞に沈着し、血液循環系へ移行する可能性が示唆され、心臓や脳等への健康影響が懸念されている³⁾。さらに今後、ナノ機能性材料を用いた材料や商品の増加が予測され、ナノ粒子のモニタリング評価が求められている。金属材料では、高浄化に伴う介在物量の低減と介在物粒子の微細化から、介在物のコントロールがより重要になってきている。以上のように各分野において個々のナノ粒子に関し、形態や組成等を明確に把握することが必要とされている⁴⁾。演者らはヘリウムマイクロ波誘導プラズマ発光分光法(He-MIP-AES)を用い、個々の固体微粒子に関し、粒径分布、粒子個々の成分組成、化学状態の評価を行ってきた。しかしながら、本法(He-MIP-AES)は大気や溶液の混入によりプラズマが消失するため、フィルター上へ粒子を捕集し分析に供する必要がある。

そこで本研究では、励起源に高出力で安定したプラズマを供給可能な岡本キャビティを導入し、大気および溶液中粒子の直接分析評価装置の構築を目的とした。ここでは①環境中ナノ粒子に関する本法の応用として大気中粒子状物質評価、②岡本キャビティへ粒子直接導入可能な試料導入器の開発を行った。

【方法】 ①環境中ナノ粒子に関する本法の応用では、He-MIP-AES (堀場製作所製、マイクロ波出力: 150 W, 2.45 GHz) を用い、C, Na, Mg, Al, Si, S, Cl, Ca, Fe, Cu, Zn, Hg, Pb 元素について検討を行った。試料は、2008 年 2 月 4

日、4 月 24 日、6 月 7 日、11 月 9 日に山口東京理科大学 5 号館屋上にて、メンブレンフィルター上に捕集したものを分析に供した。

②試料導入器の開発では、作製した試料導入器を用い岡本キャビティ用トーチへ試料 (Ni 粒子: 平均粒径 0.4 $\mu\text{m}\phi$) の導入を行い、トーチより放出された試料をメンブレンフィルターに捕集し、SEM にて試料導入量および粒子分散評価を行った。

【結果】 大気中粒子状物質評価では、粒径/発光強度の関係から Si と Fe の間に相関が得られた。

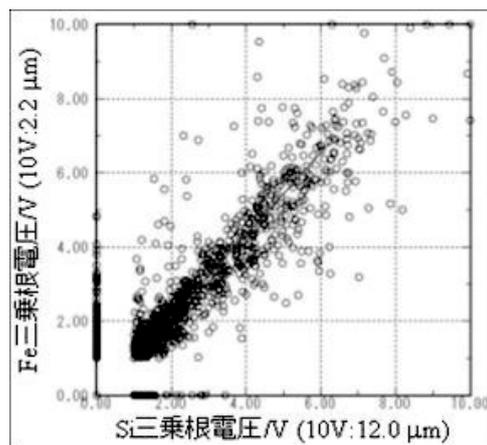


図1 パーテクルアナライザーによる大気中粒子の Fe-Si の相関

図1から明らかなように Fe と Si の間に一種類の組成が存在していること明確である。

つぎに Si と Mg の相関について検討をおこなった。その結果を図2に示した。

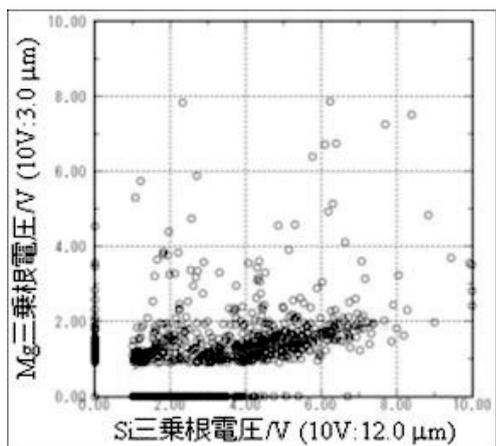


図2 パーテクルアナライザーによる大気中粒子のFe-Mg 相関

同様に、Fe と Mg の間からも異なる 2 種類の相関が得られ、捕集した大気中粒子状物質中に Si, Fe, Mg から成る複数の化合物が存在しており、かんらん石類 $(\text{MgSiO}_4)_x(\text{FeSiO}_4)_y$ 、角閃石類 $(\text{Mg,Fe})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ 、輝石類 $(\text{Mg,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$ といった土壌起源粒子であると示唆された。

そこで大気粒子状物質 (○) と道路体積物質 (△) に付いての相関を求めた。その結果を図3に示した。

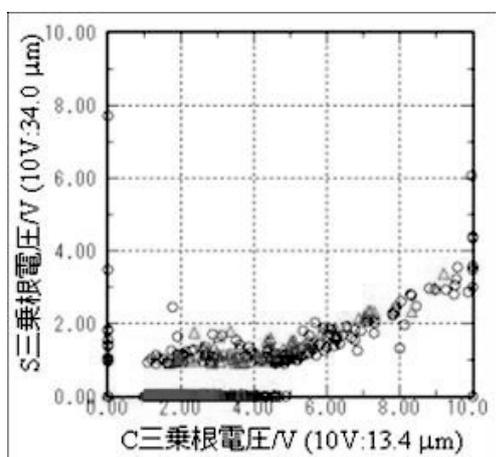


図3 パーテクルアナライザーによる大気中粒子のS-C 相関

これより明らかなように捕集された大気粒子

[参考文献]

- 1) 森 良弘, 上村 賢一: 分析化学(*Bunseki Kagaku*), **53**, 61(2004)
- 2) 鈴木道夫: エアロゾル研究 (*J. Aerosol Res.*), **8**, 98 (1993)
- 3) 酒井俊史, 野島 雅, 二瓶好正: 分析化学(*Bunseki Kagaku*), **56**, 631(2007)
- 4) 近藤裕之: 鉄と鋼 (*Tetsu-to-Hagané*), **90**, 758 (2004)

子状物質組成と道路体積物質が同一成分であった。同様に C, Na, Al, Si, S, Fe, Zn の間から得られた相関は道路堆積物から得られた相関と良好に一致し、これらの発生起源が道路堆積物であると示唆された。

以上のことから、本法が大気中粒子状物質評価法として有力な手法であると示唆できた。

試料導入器の開発では、試作した試料導入器を用いて Ni 粒子を導入した結果、SEM 像より、キャリアガス流量によっては凝集した粒子が観測されたが、個々に分散し捕集されているものが多く観測された。これより、キャリアガス流量を最適化することで、岡本キャビティへの試料導入器として十分利用できることが明らかとなった。

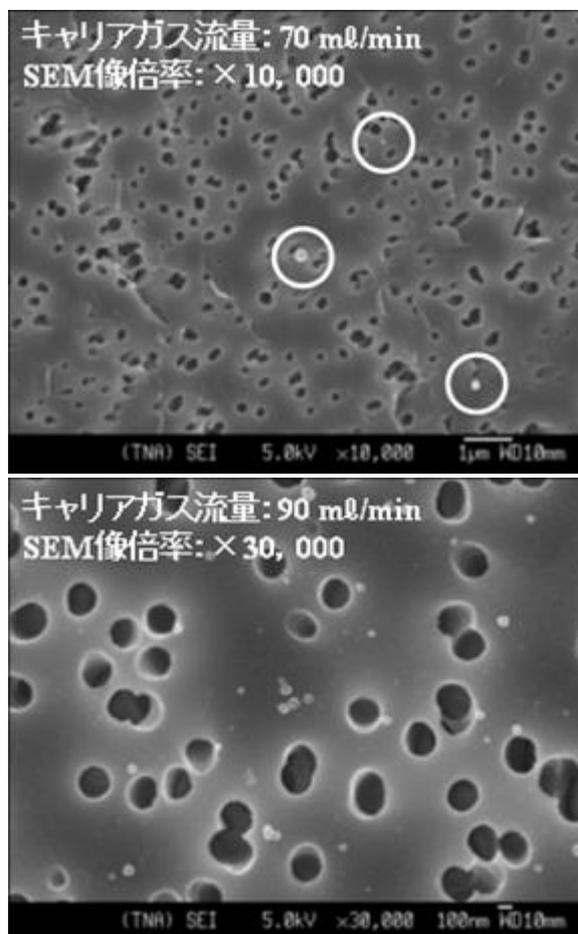


図4 Ni 標準粒子を用いた試作型大気中浮遊物質捕集装置の評価

共同研究報告書（終了）

太陽光スペクトルを利用した極域のエアロゾル特性導出法に関する研究

◎久世 宏明 千葉大学環境リモートセンシング研究センター・教授 (研究代表者)
 眞子 直弘 千葉大学環境リモートセンシング研究センター・協力研究員 (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 20 年～平成 年 (1 か年) (研究期間)

[研究成果]

1. はじめに

地球の放射収支や人の健康に多大な影響を与える対流圏エアロゾルの分布は時間的、空間的変動が激しく、その測定手段を確立することが重要である。本研究では直達・散乱太陽光のスペクトルからエアロゾル光学特性を導出する方法を開発した。

2. 観測

2007 年 8 月から 2009 年 3 月までの約 1 年半に渡り、千葉大学環境リモートセンシング研究センター (CEReS、北緯 35.6 度、東経 140.1 度) において直達・散乱太陽光スペクトルの実測データを取得した。CEReS は東京湾沿岸から約 3km の距離にあり、周辺には住宅地や工場地帯が広がっており、都市型と海洋型のエアロゾルが混在する環境にある。スペクトルの取得には携帯型分光放射計 (英弘精機、MS-720) を用いた。MS-720 の主なスペックを Tab. 1 にまとめる。

Practical range	350 - 1050nm
Sampling interval	3nm
Optical Resolution	10 nm (FWHM)
Exposure time	5ms - 5s
Field of View	180degree

Tab.1 Specification of MS-720

MS-720 が持つ全角 180 度の視野を独自の入射筒を用いて制限し、直達光、散乱光をそれぞれ全角 5 度および全角 20 度の視野で測定した。太陽近傍の散乱光 (オリオールと呼び、他の散乱光と区別する) は全角 20 度の中心 5 度を遮蔽して測定した。散乱光は観測地点から見て北、東、南、西のそれぞれの方角について 15 度から 90 度までの 6 仰角 (15 度刻み) のべ 24 方向について測定した。直達光およびオリオールは散乱光測定の前後に測定した。

3. 解析方法

放射伝達シミュレーションコード MODTRAN⁴⁾ を使って直達・散乱太陽光の実測スペクトルを再現し、計算スペクトルと実測スペクトルがなるべく一致するようにシミュレーションに入力するエアロゾル光学パラメータにフィードバックをかけてそれらを最適化する。このエアロゾル光学パラメータには消散係数、単一散乱アルベド、位相関数が含まれ

るが、これらは波長や散乱角の関数であり、自由度が非常に大きい。そこで、エアロゾル光学パラメータ自体を可変パラメータとする代わりに、より少ないパラメータで記述できる 3 成分エアロゾルモデルを仮定し、このモデルパラメータを最適化することを考える。各成分にはエアロゾルデータベース²⁾ から選んだ 3 つの異なるタイプ、Water Soluble、Oceanic、Soot に相当する波長依存性を持つ複素屈折率を与える (Fig. 2)。エアロゾル粒子の形状は球形であり、単峰性対数正規分布に従う粒径を持つと仮定する。この 3 成分エアロゾルモデルは視程 (1 個)、各成分の混合率 (2 個)、モード半径 (3 個)、粒径分布の広がり幅 (3 個) という 9 個のモデルパラメータによって記述でき、これらと H₂O カラム量を最適化することによって計算スペクトルと実測スペクトルを一致させることができる。エアロゾル光学パラメータは 3 成分エアロゾルモデルに Mie 散乱理論を適用して計算する。

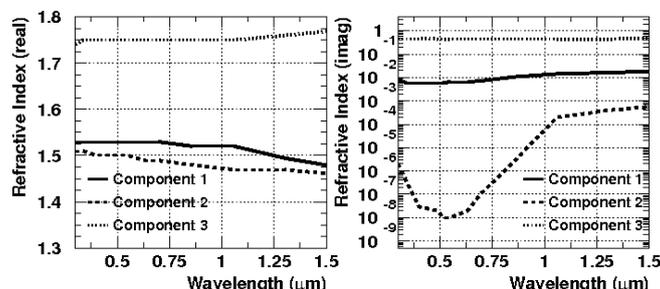


Fig.2 Complex refractive indexes of 3-component aerosol model

エアロゾルの光学パラメータを正確に求めるためには実測スペクトルに含まれる系統誤差を極力減らす必要がある。そのため、測定装置の温度較正および絶対値較正を行い、その結果を用いて測定値を補正している。また、測定装置の入射角依存性を測定し、その結果を用いて直達太陽光測定値に混入する散乱太陽光および散乱太陽光の視野内における非均一性を補正している。さらに、測定装置の光学的分解能測定結果を用いて測定装置とシミュレーションの分解能を一致させている。

4. 結果

本研究で開発された方法を使って導出したエアロゾル光学パラメータの例を Fig.3 に示す。このデータは2008年12月30日に取得されたものである。この日は平均的な冬の日に比べて大気透明度が低く、視程 38km という値が得られた。H₂O カラム量は 0.62g/cm² という値が得られたが、同じ季節の空気が清浄な日と比べると2倍近い値であり、水蒸気によるエアロゾル粒径の増大が大気透明度低下の原因であると考えられる。

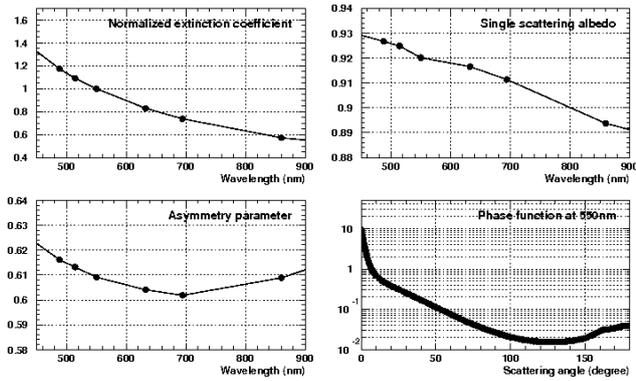


Fig.3 Aerosol optical parameters measured on Dec.30,2008.

同様の解析を2007年8月～2009年3月までに取得した全データに適用し、エアロゾル光学パラメータの季節変動を調べた結果を Fig.4 に示す。最も顕著な特徴は夏季に H₂O カラム量が多く、視程が小さいことである。春季および秋季はオングストローム指数が小さく、非対称性パラメータが大きくなっていることから大粒径の粒子が卓越していることが伺える。このような粒子として、春季は黄砂や花粉、秋季は南風に運ばれた海塩粒子が考えられる。逆に、冬季はオングストローム指数が大きく、非対称性パラメータが小さいことから小粒径の粒子が卓越していると考えられ、単一散乱アルベドが小さいことから吸収性が大きいすすの影響であると思われる。この時期の風向は主に北西からであり、CEReS から同方向に向かって都市部が広がっていることから工場や車が排出するすすの影響を強く受けると考えられる。

[参考文献]

- 1) G. P. Anderson et al., "MODTRAN4 version 2: radiative transfer modeling," Proc. SPIE, Vol. 4381, pp.455-459 (2001)
- 2) C. Levoni, et al., "Atmospheric aerosol optical properties: a database of radiative characteristics for different components and classes," Applied Optics, Vol.36, No.30, pp.8031-8041 (1997)

[研究発表]

- 1) N. Manago, M. Yabuki, H. Kuze, "Optical characteristics of the atmosphere retrieved from spectral measurements of direct and scattered solar radiation," Proceedings of the 14th CEReS International Symposium and SKYNET Workshop," pp. 117-120 (2008)
- 2) 眞子直弘、久世宏明、矢吹正教、塩原匡貴、「直達光の分光観測による対流圏エアロゾルの特性評価」計測自動制御学会第16回リモートセンシングフォーラム予稿集 pp.19-20 (2009)

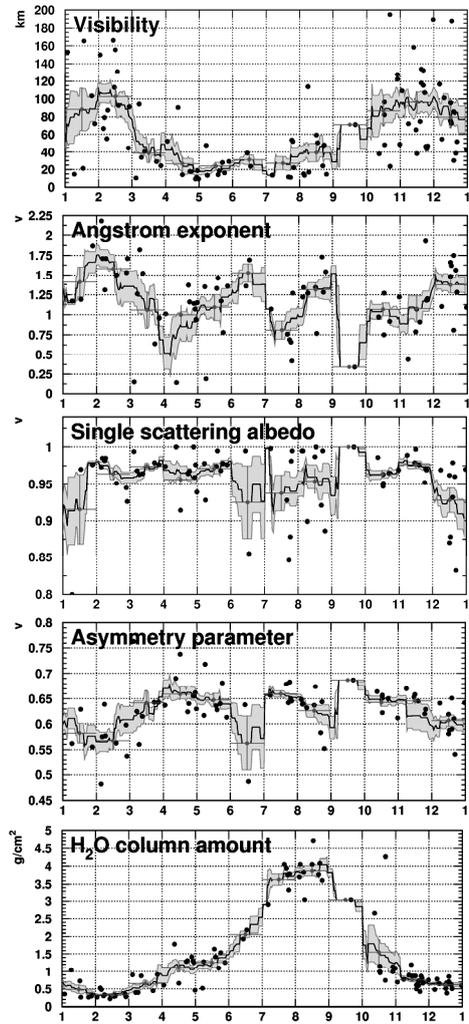


Fig.4. Seasonal variation of aerosol optical parameters and H₂O column amount based on the analysis of data between August 2007 and February 2009. Obtained values (circles) are plotted with monthly mean (crosses) and moving average over 1 month (solid line). Shaded areas indicate the error estimation for the average.

5. 結論

直達・散乱太陽光スペクトルを利用してエアロゾル光学パラメータを導出する方法を開発した。この方法を用いて実際にエアロゾル光学パラメータを導出し、その有効性を確かめた。

I. 共同研究報告（終了）

一般共同研究

(3) 地 圏

東南極ドラニンモードランド・セールロンダーネ山地のテクトニクス

- ◎ 小山内康人 九州大学・大学院比較社会文化研究院・教授
 川崎 智佑 愛媛大学・大学院理工学研究科・教授
 土屋 範芳 東北大学・大学院環境科学研究科・教授
 志村 俊昭 新潟大学・大学院自然系・准教授
 石川 正弘 横浜国立大学・教育人間科学部・准教授
 河上 哲生 京都大学・大学院理学研究科・助教
 中野 伸彦 九州大学・大学院比較社会文化研究院・助教

(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 18 年～平成 20 年 (3 年間)

【研究成果】

本研究では, IPY2007-2008 の一環として実施される JARE-49-51 のセールロンダーネ山地調査を支障なく行うための基礎的データ収集と, 最新の分析手法・機器を駆使した岩石化学的・鉱物化学的・同位体年代学的データの収集による精密な地質過程解析を行い, 衝突型変動テクトニクスについて考察することを目的とした. そのためには, 主要な研究対象地域となるセールロンダーネ山地のほか, 比較研究のためにリュッツォホルム岩体やナピア岩体の研究も並行して実施し, 衝突型変動テクトニクスを解析する上で重要な東アジアの変動帯についても検討した. 本研究期間に実施された研究の概要は以下の通りであり, 3 年間の成果は, 研究代表者が関与する学術論文として以下のような 31 編が公表され, 分担者による多数の公表論文と執筆中の論文を合わせ多大な成果を得た.

本研究期間内に, JARE-49 および JARE-50 によるセールロンダーネ山地の野外調査が実施され, それぞれ小山内・中野・外田および志村が参加し, 得られた基礎データをもとに精密地質調査を行った. また, 調査 3 年目となる 2009 年度の JARE-51 には, JARE-50 までの成果を受けて土屋・石川・河上・本吉が参加する. 従来の JARE-32 までの成果では, セールロンダーネ山地の地質は, ほぼ東西系のセールロンダーネ縫合帯 (SRS) によって北東部および南西部ユニットに区分されるとみなされてきた. しかし本研究により, 同山地におけ

る主要な構造境界は SRS よりも北東部に位置する剪断帯として再確認され, これが北東部ユニットと南西部ユニットの衝突境界とみなされるようになった. 北東部ユニットはグラニュライト相変成岩類が主要構成岩石であり, 単純な時計回りの変成プロセスを示すのに対し (図 1), 南西部ユニットは同山地南西部から北東側の衝突境界に向かって変成度が上昇する地殻断面ととらえられる. 両ユニットの衝突は約 630Ma に始まり 550-500Ma には衝突帯火成活動が進行した. また, 南西部ユニットの初期変成作用は約 1000Ma のグレンビル造山期に進行し, その後の衝突型変成作用が重複したものであることも明らかになった. 特に南西部ユニットの北東端 (ブラットニーパネ山塊) では, 衝突型変成作用により, 反時計回りの P-T 経路が見出された (図 1).

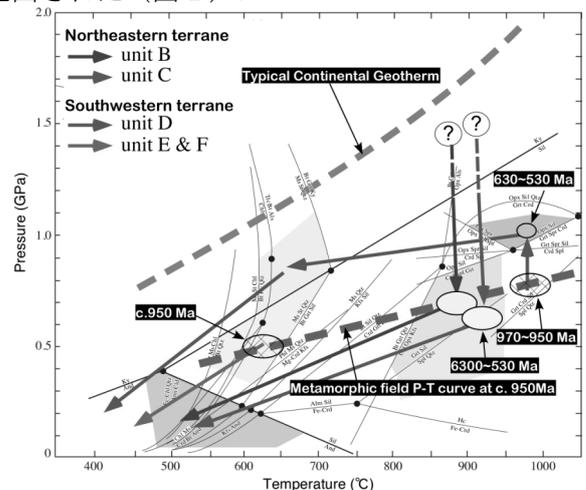


図 1 セールロンダーネ山地の変成プロセス

詳細な岩石化学的・鉱物化学的・同位体年代学的解析は現在も進行中であり，2009年度内に公表予定である．現時点での衝突テクトニクスモデルを図2に示す．

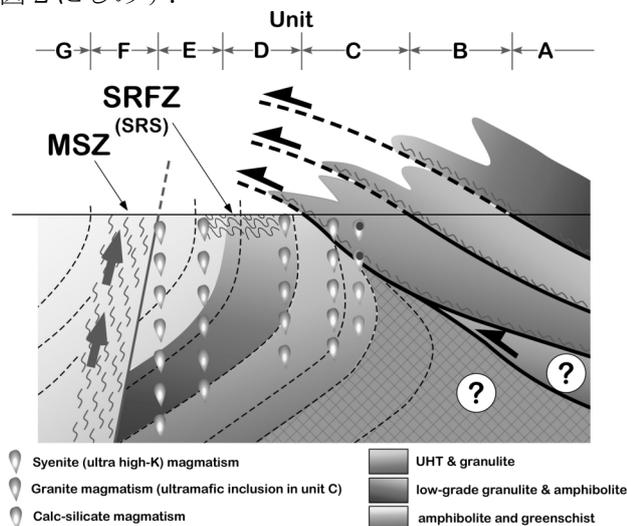


図2 衝突テクトニクスモデル

ナピア岩体に関しては，アムンゼン湾周辺の小露岩を含む広域的な変成岩の形成・発展過程が検討された．その結果，ナピア岩体は大規模な剪断

帯によって，いくつかの地質ブロックに区分できることが明らかになり，広域的な変成作用の解析から，時計周りの変成過程をしめす東側のユニットと，反時計周りの変成過程をしめす西側のユニットの衝突帯として認識できるようになった．太古代～原生代における衝突型変成作用の解析も進行中である．さらには，研究代表者らによる東アジア地域の野外調査が実施され， Gondwana 超大陸の分裂とユーラシア大陸形成に関するテクトニクスの検討も行われた．特に東南アジア地域の Gondwana 大陸断片からは，衝突帯変成作用を特徴づける超高温変成岩とダイヤモンドやモアッサナイトを含む超高压変成岩が発見され， Gondwana - アジアのリンクが明らかにされた．これらの成果から，東南極 ドロンニングモードランド・セールロンダーネ山地地域における大陸衝突型造山運動についても，詳細な検討を加えることが可能になり， Gondwana 超大陸形成期の変動テクトニクスを精密に解析することが可能となった．

【研究発表】

- Osanai, Y., Owada, M., Kamei, A., Hamamoto, T., Kagami, H., Toyoshima, T., Nakano, N. and Tran Ngoc Nam, 2006. The Higo metamorphic complex in Kyushu, Japan as the fragment of Permo-Triassic metamorphic complexes in East Asia. *Gondwana Res.*, 9, 152-166
- Osanai, Y., Sajeev, K., Owada, M., Kehelpannala, K.V.W., Prame, W.K.B., Nakano, N. and Jayatileke, S., 2006. Metamorphic evolution of ultrahigh-temperature and high-pressure granulites from the Highland Complex, Sri Lanka. *Jour. Asian Earth Sci.*, 28, 20-37 (DOI: 10.1016/j.jseas.2004.09.013).
- Satish-Mumar, M., Hermann, J., Tsunogae, T. and Osanai, Y., 2006. Carbonation of Cl-rich scapolite boudins in Skallen, East Antarctica: Evidence for changing fluid condition in the continental crust. *Jour. Metamorphic Geol.*, 24, 241-261.
- Choi, S.H., Mukasa, S.B., Andronikov, A.V., Osanai, Y., Harley, S.L. and Kelly, N.M., 2006. Lu-Hf Systematics of the Ultra-High Temperature Napier Metamorphic Complex in Antarctica: Evidence for the Early Archean Differentiation of Earth's Mantle. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 246, 305-316.
- Owada, M., Osanai, Y., Hokada, T. and Nakano, N., 2006. Timing of metamorphism and formation of garnet granite in the Kontum Massif, central Vietnam: Evidence from monazite EMP dating. *Jour. Mineral. Petrol. Sci.*, 101, 324-328.
- Miyamoto, T., Osanai, Y., Nakano, N., Owada, M., Nguyen T. Minh, Duong D. Kiem and Tran N. Nam, 2006. Isotope compositions of mineral fractions in metamorphic rocks from Po Ko and Dien Bien Phu regions: a preliminary report for geochronological research of Indochina Peninsula. *Jour. Geol. Vietnam, Ser. A*, 296, 38-45.
- Nakano, N., Osanai, Y., Nguyen T. Minh, Miyamoto, T., Tran N. Nam and Owada, M., 2006. Discovery of eclogites and related high-pressure rocks from the Song Ma Suture zone in northern Vietnam. *Jour. Geol. Vietnam, Ser. A*, 296, 16-27.
- Owada, M., Osanai, Y., Nakano, N., Tran N. Nam, Pham Binh, Toyoshima, T. and Tsunogae, T., 2006. Petrogenesis of Plei Man Ko granite: Evidence from mineral texture and chemistry. *Jour. Geol. Vietnam, Ser. A*, 296, 28-37.
- Osanai, Y., Shiraishi, K., Owada, M. and Toyoshima, T., 2007. Geological evolution of Sør Rondane Mountains, East Antarctica: viewed from Asian Collision Zone. *Proc. Intl. Symp. Asian Collaboration in IPY 2007-2008*, National Institute of Polar Research, 18-20.
- Sajeev, K., Osanai, Y., Connolly, J.A.D., Suzuki, S., Ishioka, J., Kagami, H. and Rino, S., 2007. Extreme Crustal

- Metamorphism during a Neoproterozoic Event in Sri Lanka: A Study of Dry Mafic Granulites. *J. Geol.* 115, 563-582.
- Nakano, N., Osanai, Y., Owada, M., Tran Ngoc Nam, Toyoshima, T., Binh, P. Tsunogae, T. and Kagami, H., 2007. Geologic and metamorphic evolution of the basement complexes in the Kontum massif, central Vietnam. *Gondwana Res.*, 12, 438-453.
 - Owada, M., Osanai, Y., Nakano, N., Matsushita, T., Tran Ngoc Nam, Tsunogae, T., Toyoshima, T., Pham Binh and Kagami, H., 2007. Crustal anatexis and formation of two types of granitic magmas in the Kontum massif, Vietnam: Implications for magma processes in collision zones. *Gondwana Res.*, 12, 428-437.
 - Nakano, N., Osanai, Y. and Owada, M., 2007. Multiple breakdown and chemical equilibrium of silicic clinopyroxene under extreme metamorphic conditions in the Kontum Massif, central Vietnam. *Am. Mineral.*, 92, 1844-1855.
 - Baba, S., Owada, M., Li, Z., Nakano, N. and Osanai, Y., 2007. Multiple-collision zones in the Sanjiang Region, SW China. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 113, XIII-XIV.
 - Nakano, N., Osanai, Y., Minh, N.T., Miyamoto, T., Hayasaka, Y. and Owada, M., 2008. Discovery of high-pressure granulite-facies metamorphism in northern Vietnam: Constraints on the Permo-Triassic Indochinese continental collision tectonics. *Comptes Rendus Geoscience*, 340, 127-138.
 - Nakano, N., Osanai, Y. and Owada, M., 2008. Textural varieties in the Indochinese metamorphic rocks: A key for understanding Asian tectonics. *Island Arc*, 17, 2-5.
 - Yamada, S., Owada, M. and Osanai, Y., 2008. Amphibolite-facies metamorphic rocks of the Mt. Tenzan area, northern Kyushu, Southwest Japan: Correlation with the Higo metamorphic rocks. *Jour. Mineral. Petrol. Sci.*, 103, 291-296.
 - Osanai, Y., Nakano, N., Owada, M., Tran Ngoc Nam, Miyamoto, T., Nguyen Thi Minh, Nguyen Van Nam and Tran Van Tri, 2008. Collision zone metamorphism in Vietnam and adjacent South-eastern Asia: Proposition for Trans Vietnam Orogenic Belt. *Jour. Mineral. Petrol. Sci.*, 103, 226-241.
 - Kawasaki, T. and Osanai, Y., 2008. Empirical thermometer of TiO₂ in quartz for ultrahigh-temperature granulites of East Antarctica. In: *Geodynamic Evolution of East Antarctica: a Key to the East-West Gondwana Connection* (eds. M. Satish-Kumar, Y. Motoyoshi, Y. Osanai, Y. Hiroi and K. Shiraishi), Geological Society of London, Special Publications, 308, 419-430.
 - Toyoshima, T., Osanai, Y. and Nogi, Y., 2008. Macroscopic geological structures of the Napier and Rayner Complexes, East Antarctica. In: *Geodynamic Evolution of East Antarctica: a Key to the East-West Gondwana Connection* (eds. M. Satish-Kumar, Y. Motoyoshi, Y. Osanai, Y. Hiroi and K. Shiraishi), Geological Society of London, Special Publications, 308, 139-146.
 - Satish-Kumar, M., Miyamoto, T., Hermann, J., Kagami, H., Osanai, Y. and Motoyoshi, Y., 2008. Pre-metamorphic carbon, oxygen and strontium isotope signature of high-grade marbles from the Lützow-Holm Complex, East Antarctica: apparent age constraints of carbonate deposition. In: *Geodynamic Evolution of East Antarctica: a Key to the East-West Gondwana Connection* (eds. M. Satish-Kumar, Y. Motoyoshi, Y. Osanai, Y. Hiroi and K. Shiraishi), Geological Society of London, Special Publications, 308, 147-164.
 - Miyamoto, T., Satish-Kumar, M., Dunkley, D.J., Osanai, Y., Yoshimura, Y., Motoyoshi, Y. and Carson, C.J., 2008. Post-peak (530 Ma) thermal history of Lützow-Holm Complex, East Antarctica, based on Rb-Sr and Sm-Nd mineral chronology. In: *Geodynamic Evolution of East Antarctica: a Key to the East-West Gondwana Connection* (eds. M. Satish-Kumar, Y. Motoyoshi, Y. Osanai, Y. Hiroi and K. Shiraishi), Geological Society of London, Special Publications, 308, 165-182.
 - Owada, M., Baba, S., Osanai, Y. and Kagami, H., 2008. Geochemistry of post-kinematic mafic dykes from central to eastern Dronning Maud Land, East Antarctica: evidence for a Pan-African suture in Dronning Maud Land. In: *Geodynamic Evolution of East Antarctica: a Key to the East-West Gondwana Connection* (eds. M. Satish-Kumar, Y. Motoyoshi, Y. Osanai, Y. Hiroi and K. Shiraishi), Geological Society of London, Special Publications, 308, 235-252.
 - Tsunogae, T., Santosh, M., Dubessy, J., Osanai, Y., Owada, M., Hokada, T. and Toyoshima, T., 2008. Carbonic fluids in ultrahigh-temperature metamorphism: evidence from Raman spectroscopic study of fluid inclusions in granulites from the Napier Complex, East Antarctica. In: *Geodynamic Evolution of East Antarctica: a Key to the East-West Gondwana Connection* (eds. M. Satish-Kumar, Y. Motoyoshi, Y. Osanai, Y. Hiroi and K. Shiraishi), Geological Society of London, Special Publications, 308, 317-332.
 - Nakano, N., Osanai, Y., Owada, M., Hayasaka, Y. and Tran Ngoc Nam, 2008. Permo-Triassic Barrovian metamorphism in the Kontum Massif, central Vietnam: constraints on continental collision tectonics in Southeast Asia. *Island Arc*, 18, 126-143.
 - Osanai, Y., Shiraishi, K., Toyoshima, T., Owada, M., Baba, S., Hokada, T., Nakano, N. adachi, T. and Motoyoshi, Y., 2008. Pan-African collision metamorphism in the Sør Rondane Mountains, Eastern Dronning Maud Land, East Antarctica. *The Gondwana 13 Program and Abstract*, Dali, China, 158-159.
 - Sajeed, K., Osanai, Y., Kon, Y. and Itaya, T., 2009. Stability of pargasite during ultrahigh-temperature metamorphism: A consequence of titanium and REE partitioning? *American Mineralogist*, 94, (in press: DOI: 10.2138/am.2009.2815).

東ドロンニングモードランドの地殻構造に関する地震学的研究

- ◎ 宮町 宏樹 鹿児島大学理学部・教授
松島 健 九州大学大学院理学研究院・准教授
戸田 茂 愛知教育大学教育学部・准教授
筒井 智樹 秋田大学工学資源学部・准教授
宮澤 理稔 京都大学防災研究所・准教授
村越 匠 防衛大学校応用科学群・助教
渡邊 篤志 東京大学地震研究所・技術職員
石原 吉明 国立天文台水沢 VERA 観測所・研究員
山下 幹也 独立行政法人海洋研究開発機構・研究員

(国立極地研究所)

澁谷和雄 教授 金尾政紀 助教

平成18年 - 平成20年 (3か年)

[研究 成果]

「東南極リソスフェアの構造と進化研究計画 (SEAL)」で実施した、みずほ高原の大陸氷床上での地震探査 (JARE-41, -43) のデータによる垂直反射断面の再処理を行い (CDP 解析)、地殻内部の反射層やモホ面の不均質構造について、これまでより詳細な構造を得た。その結果を、他の地球科学データとの対比することで、リュツォ・ホルム岩体のテクトニクス史を考察した。

みずほ高原での人工地震探査記録中には、遠地震や局所的な氷震とは明らかに異なる振動継続時間の長い波群 (X-phase) も観測された。これらのイベントについて南極大陸周辺での励起源を明らかにすることは今後の課題として重要である。探査中に記録された遠地震や X-phase は、波形と周波数解析の特徴から、測線下の基盤構造の不均質特性を大きく反映している可能性がある。

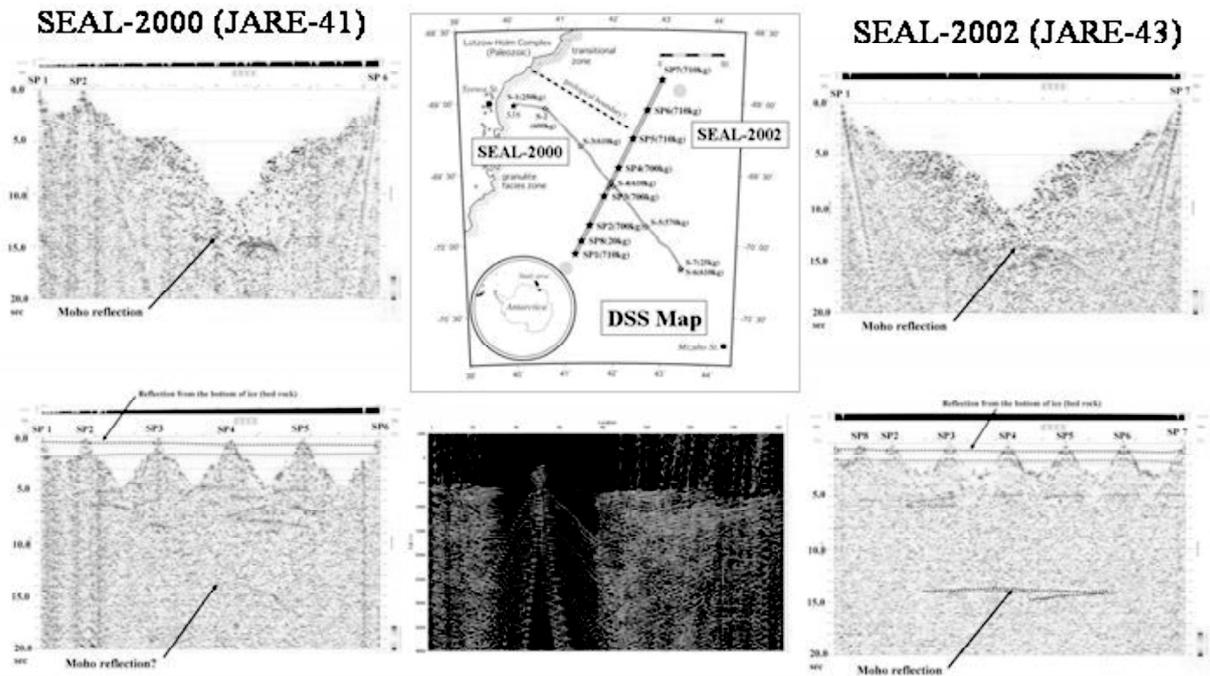
こうした結果を踏まえ、今後みずほ基地を東西にまたぐ測線をとることで、リュツォ・ホルム岩体の海岸部でみられる表層地質の変成層境界 (グ

ラニュライト層～角閃岩層) の内陸部での延長構造について知ることができる。

また、JARE-49 で観測を開始した微気圧変動計 (インフラサウンド計) のデータを用いて、遠地の大地震や火山大爆発、さらには局所的な氷河地震活動、など地殻の短周期変動現象に伴い励起される大気微震動を検知する試みを行った。

インフラサウンドは、20Hz 以下の超低周波の不可聴音であり、南極大陸内の既設4点を含め、これまでに核実験探知用として世界中に約60点が設置されている。近年、地震・氷震・火山噴火・津波・海洋変動・積乱雲・オーロラ・火球落下など様々な自然現象に伴うインフラサウンドが報告されており、超高層-大気-海洋-固体地球の物理的相互作用の理解が進むと期待される。

さらに、地殻 (地球表層) のダイナミック応答を評価すると共に、地殻内部の散乱体を含む弾性波の数値計算を行った。これらをまとめて、極域をはじめフロンティア地震学研究の現状と展望についても考察した。



図：far offset shots による CDP スタック反射断面（上）と、near offset traces による CDP 断面（下）

[研究 発表]

1. Kanao, M., Fujiwara, A., Miyamachi, H., Ito, K., Ikawa, T., Deep seismic reflection imaging of the Pan-African mobile belt, the Lützow-Holm Complex, East Antarctica, in Antarctica: A Keystone in a Changing World - Online Proceedings of the 10th ISAES, edited by A.K. Cooper and C.R. Raymond et al., USGS Open-File Report 2007-1047, 180, 4 p., 2007
2. Kanao, M., Yamada, A., Yamashita, M., Kaminuma, K., Characteristic Seismic Signals Associated with Ice Sheet & Glacier Dynamics, Eastern Dronning Maud Land, East Antarctica, in Antarctica: A Keystone in a Changing World - Online Proceedings of the 10th ISAES, edited by A.K. Cooper and C.R. Raymond et al., USGS Open-File Report 2007-1047, 182, 4 p., 2007
3. 石原吉明、山本真行、戸田 茂、青山雄一、金尾政紀、松島 健、鈴木敏史、臼井佑介、インフラサウンド観測プロジェクト 2.南極昭和基地でのパイロット観測、日本地球惑星科学連合 2008 年大会、プログラム J241-P003、5 月 25-30 日、幕張メッセ国際会議場、2008
4. 石原吉明、山本真行、戸田茂、青山雄一、金尾政紀、松島健、鈴木敏史、臼井佑介、インフラサウンド観測プロジェクト 2.南極昭和基地でのパイロット観測、第2回南極研究観測シンポジウム、プログラム P12、6 月 26 日、国立極地研究所、2008
5. 戸田 茂、金尾政紀、極域での反射法を中心とした地震探査の展望、地球惑星科学関連学会 2006 年連合大会プログラム S205-P004、5 月 14-18 日、幕張メッセ国際会議場、2006
6. 金尾政紀、坪井誠司、松島 健、フロンティア地震学研究の現状と展望、月刊地球、2006 年 9 月号(通巻 327 号)、585-591、2006
7. Yamashita, M., Miyamachi, H., Kanao, M., Matsushima, T., Toda, S., Takada, M., Watanabe, A., Deep Reflection Imaging beneath the Mizuho Plateau, East Antarctica, by SEAL-2002 Seismic Experiment, Futterer D.K., Damaske D., Kleinschmidt G., Miller H., Tessensohn F. (eds) Antarctica: Contributions to global earth sciences, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 147-154, 2005

凍土・周氷河プロセス観測網の極域への展開

◎松岡憲知 筑波大学生命環境科学研究科・教授
 石川 守 北海道大学地球環境科学研究科・准教授
 曾根敏雄 北海道大学低温科学研究所・助教
 荻谷愛彦 専修大学文学部環境地理学専攻・准教授
 池田 敦 筑波大学生命環境科学等支援室・準研究員
 (国立極地研究所)
 三浦英樹 助教
 平成18年～平成20年(3か年)

[研究成果]

地球温暖化の急速な影響として、極地の陸域では、永久凍土の融解による周氷河プロセスの性質や速度の変化と、その結果としての地盤の不安定化が予想される。本研究では、凍土・周氷河プロセス観測網を広域に展開し、周氷河環境変動の気候依存性をモデル化することを目的とした。また本研究は、国際極年に向けて提案された国際永久凍土学会のプロジェクトの一環として実施したもので、各国の凍土・周氷河研究者の協力を得て、観測網を拡大した。観測対象地域は、北極圏スバルバル諸島、南極、欧州アルプス、アラスカ、モンゴル、チベット、日本アルプスである(表1)。

まず、北極圏スバルバル諸島にモデル観測地を設置し、典型的な周氷河プロセスの試験的な観測を実施し、観測技術を標準化した。そして、気候条件の異なる世界各地の極域に観測網を展開した。スバルバ

ルでは、氷楔破壊や永久凍土変形の観測データを取得するとともに、周氷河地形の地下構造の可視化を推進した。欧州アルプス、アラスカ、南極沿岸部では、周氷河斜面プロセスの観測データを取得するとともに、地形変動と永久凍土の内部構造の関連を調べた。南極内陸部では、火星の地表環境の理解に向けて、極寒砂漠の風化・熱収縮破壊プロセスの観測を実施した。モンゴルでは、凍土状態の違いが熱収支・水文環境に与える影響を観測によって評価した。日本の山岳地域では、以上の地形・凍土プロセスに加えて、凍結融解による河岸侵食、氷期の周氷河土層変形のシミュレーション実験、融雪性落石による災害予測を行った。

今後は、さらに最適な手法を確立し、高精度の長期連続データを取得するとともに、過去の周氷河環境の理解、地形の長期変動予測、災害予測等の研究に拡張する。

表1 観測地域・対象・発表論文一覧

地域	対象	発表論文番号
南極内陸部	塩類風化, 氷楔破壊	3, 5
南極沿岸部	斜面侵食, 永久凍土変動	6, 8, 11, 13, 14
スバルバル	氷楔破壊, 凍上, 凍結風化, 永久凍土クリープ	24, 26
アラスカ	永久凍土クリープ	17
モンゴル	凍土の熱・水収支	2, 18, 19
チベット	凍土の熱収支, 永久凍土変動	10, 25
欧州アルプス	凍結風化, 斜面侵食, 永久凍土クリープ	15, 16, 23
日本の山岳地域	凍結風化, 斜面侵食, 落石, 岩盤崩壊, 土層変形	7, 9, 12, 20, 21
世界各地	研究方法論, 研究レビュー	1, 4, 18, 22

[研究発表] (下線は本研究の構成員を示す)

2006年

- 1) 石川 守, 齊藤和之(2006). 気候・水循環に関わる凍土研究—現状と展望—. 雪氷 68, 639-656.
- 2) Ishikawa M et al. (2006). Hydrothermal regimes of the dry active layer. *Water Resources Research* 42, WR04401, doi:10.1029/2005WR004200.

- 3) Matsuoka N, Hirakawa K. (2006). High-centered polygons in the Sør Rondane Mountains, East Antarctica: Possible effect of ice wedge sublimation. *Polar Geoscience* 19, 189-201.
- 4) Matsuoka N. (2006). Monitoring periglacial processes: Towards construction of a global network. *Geomorphology* 80, 20-31.
- 5) Matsuoka N et al. (2006). Quaternary bedrock erosion and landscape evolution in the Sør Rondane Mountains, East Antarctica: Reevaluating rates and processes. *Geomorphology* 81, 408-420.
- 6) 森 淳子, 曾根敏雄ほか (2006). 南極半島ジェームズ・ロス島リンク台地の気温・地温特性と活動層厚の経年変化の復元. 雪氷 68, 287-298.
- 7) Yumoto M, Matsuoka N, et al. (2006). Riverbank freeze-thaw erosion along a small mountain stream, Nikko volcanic area, central Japan. *Permafrost and Periglacial Processes*, 17, 325-339.

2007年

- 8) Fukui K, Sone T, Mori J. et al. (2007). Ground penetrating radar sounding on an active rock glacier on James Ross Island, Antarctic Peninsula region. *Polish Polar Research* 28, 13-22.
- 9) Kariya Y et al. (2007). Rockfall hazard in the Daisekkei Valley, the northern Japanese Alps, on 11 August 2005. *Landslides* 4, 91-94.
- 10) Ikeda A, Matsuoka N, et al. (2007). Permafrost sounding (2003-2005) in the source area of the Yellow River, northeastern Tibet. *Geographical Review of Japan* 80, 259-271.
- 11) Mori J, Sone T, et al. (2007). Internal structure of stone-banked lobes and terraces on Rink Plateau, James Ross Island, Antarctic Peninsula region. *Polish Polar Research* 28, 23-30
- 12) Ogino Y, Matsuoka N. (2007). Involutions resulting from annual freeze-thaw cycles: a laboratory simulation based on observations in northeastern Japan. *Permafrost and Periglacial Processes* 18, 323-335.
- 13) Sone T, et al. (2007). A glacier lake outburst flood on James Ross Island, Antarctic Peninsula Region, *Polish Polar Research* 28, 3-12.

2008年

- 14) Fukui K, Sone T, et al. (2008). Dynamics and GPR stratigraphy of a polar rock glacier on James Ross Island, Antarctic Peninsula. *Journal of Glaciology* 54, 445-451.
- 15) Ikeda A, Matsuoka N, Käab A. (2008). Fast deformation of perennially frozen debris in a warm rock-glacier in the Swiss Alps: An effect of liquid water. *Journal of Geophysical Research* 113, F01021, doi:10.1029/2007JF000859.
- 16) Ikeda A. (2008). Reassessment of DC resistivity in rock glaciers by comparing with P-wave velocity: a case study in the Swiss Alps. In Hauck C & Kneisel C (eds), *Applied Geophysics in Periglacial Environments*. Cambridge University Press, pp. 137-152.
- 17) Ikeda A, Yoshikawa K. (2008): Topographical controls on the distribution and size of rock glaciers in the central Brooks Range, Alaska. *9th International Conference on Permafrost*, 767-772.
- 18) Ishikawa M. 2008. DC resistivity imaging. In Hauck C & Kneisel C (eds), *Applied Geophysics in Periglacial Environments*. Cambridge University Press.
- 19) Ishikawa M. et al. 2008. Comparable energy balance measurements on the permafrost and immediately adjacent permafrost-free slopes at the southern boundary of Eurasian permafrost, Mongolia., *9th International Conference on Permafrost*, 795-800.
- 20) 荻谷愛彦ほか(2008). 北アルプス・白馬大雪渓における落石および雪面滑走岩片のモニタリング. 地学雑誌 117, 870-877.
- 21) Kariya Y et al. (2008). Recent geohazards along a popular mountain trail in a Pleistocene glaciated valley in the Northern Japanese Alps. *Proceedings of the International Conference on Management of Landslide Hazard in the Asia-Pacific Region*, 777-782.
- 22) Matsuoka N, Murton J. (2008). Frost weathering: Recent advances and future directions. *Permafrost and Periglacial Processes* 19, 195-210.
- 23) Matsuoka N. (2008). Frost weathering and rockwall erosion in the eastern Swiss Alps: Long-term (1994-2006) observations. *Geomorphology* 99, 353-368.
- 24) Matsuoka N, Christiansen HH. (2008). Ice-wedge polygon dynamics in Svalbard: High resolution monitoring by multiple techniques. *9th International Conference on Permafrost* 2, 1149-1154.
- 25) Sueyoshi T, Ikeda A, Matsuoka N, Ishii T. (2008). Thermal history of degrading permafrost in the source area of Yellow River, northeastern Tibet. *9th International Conference on Permafrost* 2, 1733-1738.
- 26) Watanabe T, Matsuoka N, Christiansen HH, Ikeda A. (2008). Sounding ice and soil wedge structures with ground-penetrating radar. *9th International Conference on Permafrost* 2, 1933-1938.

後期新生代未固結堆積物による東南極氷床変動史に関する総合的研究 (研究課題)

◎前杵英明 広島大学大学院教育学研究科・教授 (研究代表者)

高田将志 奈良女子大学文学部・教授 (共同研究者)

横山祐典 東京大学海洋研究所・准教授

原田尚美 海洋研究開発機構・サブリーダー

(国立極地研究所)

三浦英樹 助教 (担当教員)

平成 18 年～平成 20 年 (3 年) (研究期間)

[研究成果]

本研究計画の目的は、東南極氷床の後期新生代における変動(消長)に関する新たな知見を得ることである。東南極リュツォ・ホルム沿岸に分布する後期新生代未固結堆積物は、南極氷床の変動の影響を受けて形成されたものと考えられ、氷河起源、融氷河起源、風成、海成などさまざまな起源をもっているものがある。これらについて、総合的かつ詳細な堆積環境や形成年代に関する分析を行なうことによって、上記目的を達成する。具体的には、東南極氷床の後期新生代未固結堆積物として JARE45 など最近本地域において新たに発見された堆積層に関する年代分析、堆積学的分析、地形学的分析を行うとともに、これまで個別的に記載されてきた個々の堆積層を総合的にその関連性などを考察することによって、リュツォ・ホルム湾全体の氷床変動について総合的検討を行なった。

特にスカーレン周辺に関する堆積層の形成環境に関する分析や議論を重点的に行ない、第 26 回極域地学シンポジウムにおいて「東南極氷床における中期完新世以降の氷床変動と温暖化イベント」というタイトルで成果の公表を行なった。

スカーレンの未固結の表層堆積物は、主に露岩の底部を覆うように分布している。特に中央低地部のスカーレン大池周辺や露岩東側のスカーレン氷舌に面した場所では、海棲の貝化石を含む厚さ数メートルの氷河性海成堆積物が分布している (Omoto,1977; Yoshida,1983)。まごけ池周辺には氷床縁の前進・後退に伴って生産された碎屑物が、表層堆積層として広く分布している。また、堆積物中には海水の浸入に伴って棲息した二枚貝(ラテルヌーラ)の貝殻に至る所に露出しており、貝殻の¹⁴C年代測定によって堆積時期の推定が可能であることから、完新世中期以降 (Igarashi et.al., 1995) の東南極氷床縁の変動(前進・後退)を復元できる絶好のフィールドであると言える。まごけ池周辺で採取された貝殻片 13 点について、東京大学において¹⁴C年代測定を行なった。サンプルは 50%エッチング処理を行なった後 graphitization し、AMS にて

含有¹⁴C質量比を計測した。年代値の暦年補正は CALIB501 (Stuiver and Reimer,1993) を用い marine04 モデルで、南極沿岸における貯留効果 1300 ± 100 年を採用して算出した (Berkman and Foreman, 1996)。分析の結果、以下のような知見が得られた。

東南極氷床のスカーレン氷河前縁部における中期完新世以降の氷床の挙動について、現氷床縁付近に分布する貝殻を含む氷河性堆積物と地形を手がかりに、氷床縁の変動史について復元を試みた結果、現在の後退期を含む 3 回の後退期と、その間の 2 回の前進期があったことが推定された。その中でも、約 5000～3000 年前に推定される Advance I と、それに続いて約 2000 年前までに推定される Retreat I は前進後退の規模が大きく、少なくとも 500m 以上の氷床縁の移動があったと考えられる。それに比べて Advance II と現在の状態である Retreat II は変動幅が小規模で、Advance I・Retreat I 間の変動幅の半分程度であった可能性が高く、Advance II は Advance I からの現在にかけての大きな氷床縁後退過程の中の一時的な前進と見ることもできる。

スカーレンの約 25km 北方の沿岸露岩であるスカルブスネスでは、中期完新世に急激な海退イベントが報告されている (Miura et al., 2000)。この海退イベントは本地域で認められた Advance I から Retreat I への移行時期にほぼ一致する。また、同じ東南極のアムンゼン湾やウィルクスランドのウィンドミル島でも同様な時期にペンギン・ルッカリーの拡大期が報告されている (三浦ほか, 2002; Goodwin,1993)。さらに、西南極のロス海沿岸や、南極半島でも、4000calBP 前後にルッカリー拡大期や海底堆積物の含有全炭素量の増加から、温暖期の存在が指摘されている (Baroni and Orombelli,1994, Shevenell et al.,1996)。今後は北半球での同時期の気候変化との対応関係を検討することによって、南北両半球でミレニアムスケールの気候変化がどのような経過をたどってきたのかについて考察していきたい

[参考文献]

Miura, H., Maemoku, H. and Moriwaki, K. (2002) : Holocene raised stratigraphy and sea-level history at Kizhashi Beach, Skarvsnes, Lutzow-Holm Bay, Antarctica. *Antarctica at the close of a millennium*, Royal Soc. of New Zealand Bulletin, 35, 391-396.

三浦英樹・前杵英明・吉永秀一郎・高田将志・Daniel Zwartz (2002) : 南極沿岸地域の完新世のイベント-隆起海浜と放棄されたペンギンルッカリー. *月刊地球*, vol.24-1, pp.23-30.

Igarashi, A., Numanami, H., Tsuchiya, Y., Harada, N., Fukuchi, M. and Saito, T. (1995) : Radiocarbon ages of molluscan shell fossils in raised beach deposits along the east coast of Lutzow-Holm bay, Antarctica, determined by accelerator mass-spectrometry. *Proceedings of the NIPR Symposium on Polar Biology*, 8, 154-162.

Stuiver, M., and Reimer, P. J., (1993) : Extended ^{14}C database and revised CALIB radiocarbon calibration program, *Radiocarbon* 35:215-230.

Berkman, P.A. and Foreman, S.L. (1996) : Pre-bomb radiocarbon and reservoir correction for calcareous marine species in the Southern Ocean. *Geophysical Research Letters*, 23, 363-366.

[研究発表]

Tissoux, H., Toyoda, S., Falgueres, C., Voinchet, P., Takada, M., Bahain, J.-J. and Despiege, J. (2008): ESR dating of sedimentary quartz from two Pleistocene deposits using Al and Ti-centers. *Geochronometria*, Vol. 30, 23-31.

Shimada, A. and Takada, M. (2008): Characteristics of Electron Spin Resonance (ESR) signals in quartz from igneous rock samples: a clue to sediment provenance. *Annual Reports of Graduate School of Humanities and Sciences, Nara Women's University*, Vol. 23, 187-195.

Esat, T. M. and Y. Yokoyama (2008), Issues in radiocarbon and U-series dating of corals from the last glacial period, *Quaternary Geochronology*, 3, 3, 244-252.

Miyahara, H., Y. Yokoyama and K. Masuda (2008), Possible link between multi-decadal climate cycles and periodic reversals of solar magnetic field polarity, *Earth and Planetary Science Letters*, 272, 1-2, 290-295.

Camoin, G. F., Y. Iryu, D. B. McInroy and the IODP Expedition 310 Scientists (2007), IODP Expedition 310 Reconstructs Sea Level, Climatic, and Environmental Changes in the South Pacific during the Last Deglaciation, *Scientific Drilling*, 5, 4-12.

能美 仁博, 横山 祐典, 三浦 英樹, 大河内 直彦 (2007), 深海底堆積物の解析による最終氷期以降の南極半島周辺氷床の消長, *第四紀研究*, 46, 2, 103-117.

横山 祐典 (2007), 放射性炭素を用いた気候変動および古海洋研究, *真空*, 50, 486-493

極域海洋堆積物および南極・アフリカ等の岩石を対象とする磁気物性からみた古環境と地磁気変動の研究

酒井英男 富山大学理学部・教授 (研究代表者)
 (国立極地研究所)
 船木 實 准教授 (担当教官)
 平成18年～20年 (3カ年) (研究期間)

(研究成果)

1. はじめに

堆積物の岩石磁気研究は年代決定と共に古環境の研究でも注目されている。特に海洋底堆積物は、地磁気と全球的な環境変動の研究対象であるが、近年、極域が重要視されて南極海・北極海の堆積物の研究が進められている。

本研究では、南極域の海底から得られたコア堆積物について、地磁気変動(と磁気層序による年代)及び磁気物性をを用いる堆積環境の研究を行った。同時に、コアから産出する有孔虫化石や IRD(漂流岩屑; Ice rafted debris)を調査し、古環境変動も研究した。研究試料には、石油公団の白嶺丸 TH94 航海において、南極ウイルクスランド沖 200-240km 地点(水深 3000-3500m)から採掘された GC1501, GC1504 の2本のコアを使用した。両コアは全長約 540cm で、主に灰褐色を呈す珪質シルトからなる。微化石分析は GC1501 コアについて行った。

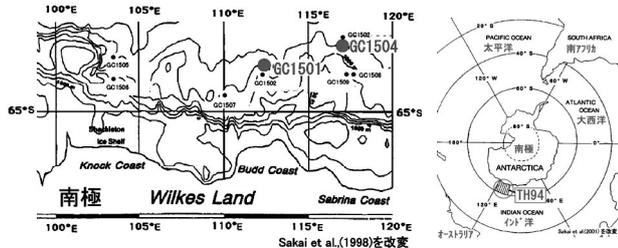


図1. ボーリングコアの掘削地点。

2. 研究試料

岩石磁気では、連続的な地磁気変動を調べるため、7cc ケースにてコアから隙間なく試料を採取し、GC1501 コアから 220 個、GC1504 コアから 214 個の試料を得た。各試料について、超伝導磁力計(2G 760R)により磁化測定と交流消磁実験を行った。GC1504 コアでは、地磁気イベントの境界を詳細に調べる為に 1cc ケースでの試料も採取して実験した。

微化石分析は、GC1501 コアについて実施した。連続採取の 7cc ケースの 1/6 を取出して、4φ の篩で洗い出し後、実体顕微鏡で微化石を拾い出した。同

コアは、採掘時に表層 20cm 程が欠如した可能性が考えられていた。

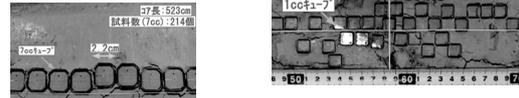


図2. コアと研究試料(GC1504)

3. 地磁気逆転イベント

交流消磁実験では、殆どの試料は安定な残留磁化を示した。安定な磁化(偏角と伏角)から、地磁気変動を検討した結果、GC1501 コアでは、深度 470cm 付近で、78 万年前の地磁気逆転イベントであるブルネ/松山(B/M)境界が得られ、GC1504 コアでは、B/M 境界(深度 300cm 付近)とハミロイベント(370-420cm)が得られた。また、1cc ケース試料の磁化のデータでは、B/M 境界は、ハミロ境界に比べてより短期間で磁極が遷移している傾向が示された。

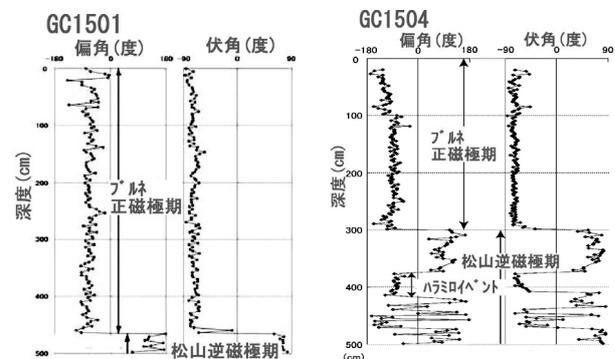


図3. 両コアから得られた磁気層序

4. 磁性鉱物と堆積環境

自然残留磁化と人工的磁化(IRM)の熱消磁及び、帯磁率の温度変化から、2種類のブロッキング温度(Tb: 300-350°Cと 580°C)の磁性鉱物が示された。その他の実験結果も踏まえると、加熱実験で判別された高温部の磁化は堆積時残留磁化であり、300°C以下の低温部の磁化は化学残留磁化の可能性が考えられた。

高温部の磁化は、マグネサイトが一次鉱物として獲得したと考えられる。低温部の磁化を担う二次的鉱物については、候補としてマグヘマイト(γ -Fe₂O₃)の可

能性があり、マグネシウムが海水に長時間接触し、表面から低温酸化反応が起きてマグネシウムがハイドロキシル化された過程も考えられる。二次鉱物の同定は重要であり、今後、化学分析等も含めて行う予定でいる。また、二次鉱物、低温部の残留磁化の出現は、南極海の過去の特殊な環境の影響を受けている可能性があり、多面的な研究が必要である。

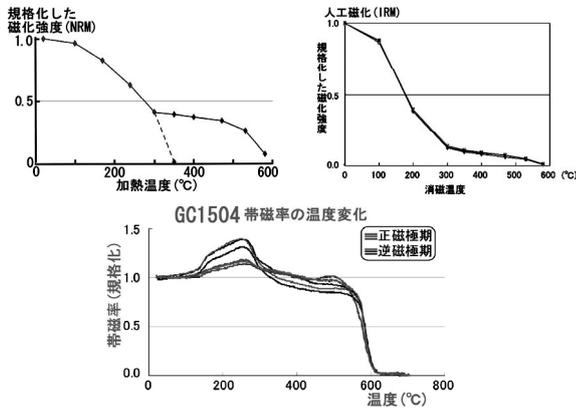


図 4. 残留磁化の熱消磁と帯磁率の温度特性

5. 過去の海流の底層流(古流向)の研究

帯磁率異方性の最大軸と残留磁化の偏角差を用いて(磁化方向を擬似南北として)、異方性最大軸の方向を検討した。堆積物が海洋底に堆積する過程で流れがあれば、磁性鉱物が配向して、異方性の最大軸が流れ方向を向くと考えられ、これを用いて、過去の海流の底層流(古流向)の復元を行った。異方性が比較的まとまる深度で検討した各コアの異方性最大軸は、等深線の接線に沿う方向を示した。今後は、コアの深度(年代)毎の変動の検討を予定している。

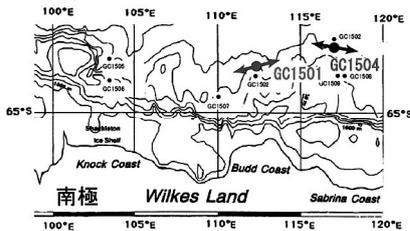


図 5. 帯磁率異方性による過去の底層流の研究

<研究発表>

Sakai, H., H. Sakai, W. Yahagi, R. Fujii, B. N. Upreti (2006): Pleistocene rapid uplift of the Himalayan frontal ranges recorded in the Kathmandu and Siwalik basins. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 241, 16-27.

Kravchinsky, V. A., M. E. Evans, J. A. Peck, H. Sakai, M. A. Krainov, J. W. King and M. I. Kuzmin (2007): A 640 kyr geomagnetic and palaeoclimatic record from Lake Baikal sediments, *Geophys. J. Int.* doi: 10.1111/j.1365-246X.

酒井英男, 谷川喜彦, 船木實, 松岡東香(2008): 南極海ウイルクスランド沖堆積物の古地磁気研究(2008), 第28回極域地学シンポジウム.

横山美穂, 関本勝久, 遠藤邦彦, 松岡東香, 酒井英男(2008): 南極海ウイルクスランド沖コアの微化石と古地磁気の研究, 第28回極域地学シンポジウム.

6. 微化石分析

横山(2007)では、有孔虫・放散虫・IRDの増減から、気候変動を推測した。

(1)有孔虫分析: 浮遊性有孔虫 *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) (以下 *N. Pachyderma*) 左巻き個体の寡占群集となった。*N. Pachyderma* は、寒冷域に生息する代表的な浮遊性有孔虫であり、特に左巻き個体は南極海と北極海に生息する事が知られている。深度130-360cmで、有孔虫の産出量が極めて少なくなる箇所が存在した。

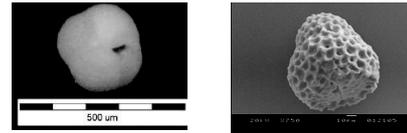


図 6. 浮遊性有孔虫と放散虫化石の例

(2)放散虫: 有孔虫と同じ手法でカットした4φ以上のものに限った、全放散虫総数は(同定や種毎のカットは今後)、*Antarctissa* 属等の極地帯の属が主となった。但し、*Stylatractus* 属などの中緯度帯の属も幾つか産出した。

(3)IRDは、4φ以上のものを対象に重量を測定した。大きさ・色・形状は様々だった。

有孔虫 *N. Pachyderma* の左巻き個体数とIRDは、産出量の増減に相関が見られた。両パラメータは寒冷期(もしくは寒冷期の終期)に増えるので、増加箇所が寒冷期に相当すると推測した。そして、これらと逆相関の変動を示す底生有孔虫・放散虫の増加箇所は、寒冷傾向がやや弱まった時期に相当すると推測された。

以上の結果と古地磁気年代を元に、一部箇所を除いてコア全体での寒暖の気候変動を推定でき、MIS(海洋酸素同位体ステージ)のMIS4~31をコア堆積物にほぼ対応付ける事ができた。

今後、古地磁気変動、磁気物性と微化石からの環境指標を合わせて南極海域での環境変動の研究を更に進める予定でいる。

南極海海洋底リソスフェアの進化に関する研究

◎島 伸和 神戸大学内海域環境教育研究センター・准教授
井口 博夫 兵庫県立大学環境人間学部環境人間学科・教授
(国立極地研究所) 野木 義史 准教授
平成 18 年～平成 20 年 (3 か年)

【研究成果】

大陸縁辺部は、受動的大陸分裂にともなう火成型縁辺部と非火成型縁辺部に大きく二分される。火成型縁辺部や非火成型縁辺部の大陸分裂後の海洋底リソスフェアの進化過程は、大陸分裂およびそれに伴う海洋底拡大の原動力を考える上で重要である。昭和基地周辺の東南極大陸縁辺域の海洋底リソスフェアの進化に関する研究は、これまでほとんど行われていない。本研究では、昭和基地周辺の東南極大陸縁辺域に焦点を絞り、しらせ等の観測船や航空機で得られている地磁気、海底敷設観測等のデータをもとに、海洋底リソスフェアの構造の解明を目指した。具体的には、昭和基地周辺の東南極縁辺部の海洋域の海底下構造解析に主眼を置き、しらせや航空機観測による地磁気、地形データの解析や、昭和基地沖の海底電位差磁力計の電磁探査データの解析を行い、これらの結果を使用して海洋底リソスフェアの構造に関する研究を行った。

電磁探査データについては、第 47 次日本南極地域観測において昭和基地沖で設置・回収された 2 台の海底電位差磁力計 (OBEM) により得られたデータを用いた。観測点を図 1 に示す。観測期間は、2005 年 12 月の測器設置から 2006 年 2 月の測器回収までのほぼ 90 日間である。この 2 台の OBEM により得られた磁場・電場データをもとに、MT 法による解析を行った。MT レスポンスは、BIRRP (Chave and Thomson, 2003, 2004) によって磁場・電場の統計的な異常値を取り除いて推定した。解析した MT レスポンスの周期は、240 秒から 81920 秒である。推定した MT レスポンスには、

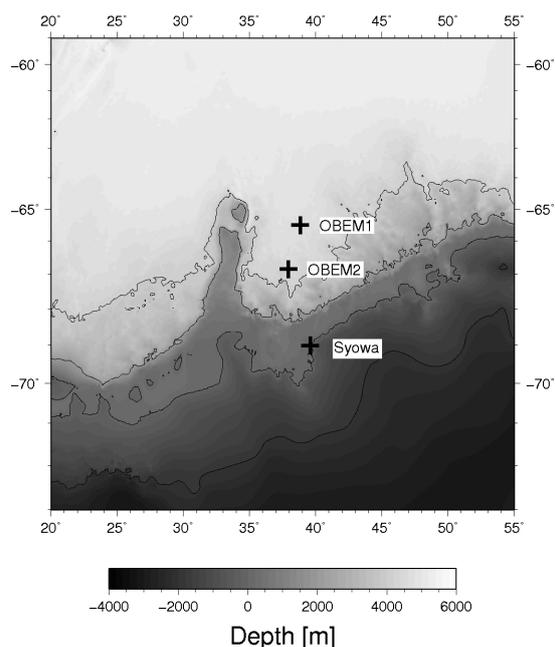


図 1 観測点とその周辺の地形図。黒十字の OBEM1, OBEM2 は海底電磁場観測点の位置を示す。Syowa は昭和基地の位置で、ここでは地表面での磁場 3 成分データが観測されている。地形図の等深線は、2000m ごとに引いている。

2 つの観測点で共通した次のような 2 つの特徴が見られた。

- (1) 見掛け比抵抗値の対角成分と非対角成分の値が、1000 秒以上の周期で同じオーダーになる。
- (2) 見掛け比抵抗値が全体的に 10 Ohm-m よりも小さい。また、周期が短くなるほど小さくなり、3000-4000 秒以下では 1-3 Ohm-m になる。

以上のような推定した MT レスポンスの特徴については、3 次元的な海底地形 (e. g. Matsuno et al., 2007)

と大陸性・海洋性比抵抗構造、堆積物の影響が主要因であることが推定された。また、観測点の緯度が南緯67度付近と高緯度であるため、MT レスポンスに対する入力磁場の影響も考えられるが、入力磁場の影響を評価した結果、これらの影響はほとんどないことがわかった。

観測船や航空機で得られている地磁気異常については、観測船白鳳丸の KH-07-4 Leg3 航海で新たに得られたデータの解析を主に行った。この航海では、コンラッドライズ南の衛星重力データから検出される WNW-ESE 走向の構造物に沿った測線および、コンラッドライズ南とリュッオ・ホルム湾沖間の NNE-SSW 走向の構造物に沿った測線において観測を行った。その結果、コンラッドライズ南の WNW-ESE 走向の構造物に沿った測線からは、振幅約 500nT の明瞭な地磁気異常が検出された。得られた地磁気異常は、M 系列の地磁気異常縞模様であると推定される。一方、コンラッドライズ南とリュッオ・ホルム湾沖間の NNE-SSW 走向の構造物に沿った測線では、振幅約 300nT 程度の地磁気異常プロファイルが得られた。また、両測線の一部から

【参考文献】

Chave, A. D., and D. J. Thomson, A bounded influence regression estimator based on the statistics of the hat matrix, *J. Roy. Stat. Soc., Series C (Appl. Stat.)*, 52, 307-322, 2003.

Chave, A. D., and D. J. Thomson, Bounded influence estimation of magnetotelluric response functions, *Geophys. J. Int.*, 157, 988-1006, 2004.

【研究発表】

Matsuno, T., N. Seama, K. Baba, A study on correction equations for the effect of seafloor topography on ocean bottom magnetotelluric data, *Earth Planets Space*, 59, 981-986, 2007.

白亜紀地磁気静穏期に形成されたと考えられる地磁気異常プロファイルも得られた。これらは、コンラッドライズ南の海洋底が、初期分裂に形成されたプレートの一部である事を支持するとともに、異なる海底拡大方向をもつ拡大系が同時期に存在していた可能性も示す。

さらに、白鳳丸によりコンラッドライズ南で得られた結果から、昭和基地沖の海洋底も白亜紀地磁気静穏期以前に形成されたことを示唆するものである。これは、航空機により得られたこの海域の地磁気異常からは、連続した明瞭な地磁気異常縞模様は検出されていないが、M 系列の地磁気異常縞模様の存在が示唆される。航空機により得られた地磁気異常データの再解析の結果、明瞭な地磁気異常縞模様は検出されない原因として、航空機観測の測線に斜行する、狭い間隔のリッジ・セグメントの存在が推定された。

これらの研究成果をとりまとめ、投稿論文を現在準備中である。また、今回の研究成果より、昭和基地沖の海洋底リソスフェアの構造解明に向けた研究が推進できた。

共同研究報告書（終了）

東南極中央ドロンニングモードランドの変成作用・火成作用に関する研究

◎馬場壮太郎 琉球大学教育学部・教授（研究代表者）
大和田正明 山口大学理工学部・教授（共同研究者）

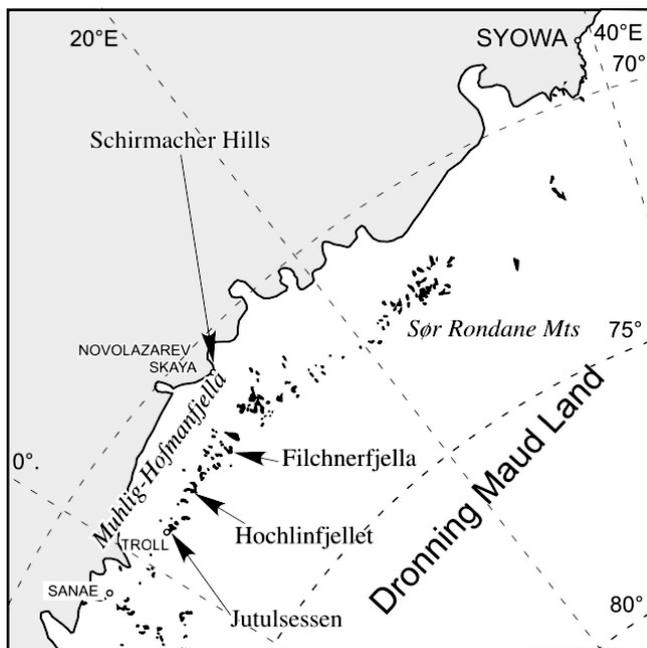
（国立極地研究所）

外田智千 准教授（担当教員）

平成 18 年～平成 20 年（3 か年）（研究期間）

[研究成果]

中央ドロンニングモードランド (Mühlig-Hofmanfjella, Filchnerfjella, Schirmacher Hills) において、ドイツ・ノルウェー・日本外国共同観測が 2001～2002 年に行われた。その予察的な結果は Owada et al. (2003) により報告されているが、精密な変成・火成作用の年代決定ならびに各種化学分析を総合的に行い、変成作用ならびに火成作用の相互プロセスを明らかにし、地殻形成過程を提案することを目的として研究を進めてきた。これまでの研究により得られた結果を以下にまとめる。



1. SHRIMP を用いたジルコン U-Pb 年代測定

Schirmacher Hills 地域から見出された含サフィリン-ザクロ石-斜方輝石グラニュライトならびに珪長質片麻岩について SHRIMP によるジルコン U-Pb 年代測定を行った。その結果、主要な変成年代は 680Ma 前後であることが明らかになり、中央ドロンニングモードランドの内陸山地に認められる主要な変成年代 (580-55Ma: Jacobs et al., 2003) とは異なっていた。

このことは中央ドロンニングモードランドにおいて異なる時相の変成作用が存在すること示しており、地殻形成過程を論ずる上で重要である。この相違を明確にするため、Hochlinfjellet 地域ならびに Filchnerfjella 地域などの内陸山地に分布する変成岩類についても SHRIMP 年代測定に備えジルコン粒子の内部組織観察を行った。Brown-gneiss ユニット (Owada et al., 2003) に分布する含斜方輝石褐色片麻岩のジルコン粒子は火成作用を特徴づける累帯構造がコアに多数残存し、それらとりまき再成長したリムが確認された。これらは原岩の形成時期と変成作用の時期を記録しているものと考えられ、火成作用、変成作用の詳細を知る上で重要である。今後、それぞれの年代について測定を行い対比を試みる。

2. 内陸山地と沿岸域露岩における変成作用の相違

含サフィリン-ザクロ石-斜方輝石グラニュライトの鉱物化学組成と鉱物組み合わせに基づき Schirmacher Hills 地域における変成作用は超高温条件であったことを報告し、中央ドロンニングモードランドの中でも特異な地域であることを指摘した (Baba et al. 2006)。この考えを検証するため、内陸山地地域 (Mühlig-Hofmanfjella-Filchnerfjella) と沿岸域 (Schirmacher Hills) に産する含ザクロ石塩基性片麻岩類に観察される変成鉱物組織の相違をとりまとめたところ、前者に分布する変成岩類には減圧過程を示唆する変成組織が認められるのに対して、後者にはそのような変成組織が認められず、等圧冷却で特徴づけられることを示した。この結果は Baba et al. (2008) にとりまとめ報告した。

3. 内陸山地に産する塩基性変成岩の原岩生成場

中央ドロンニングモードランドの Jutulssesn, Hochlinfjellet, Filchnerfjella にそれぞれ分布する

塩基性変成岩類について全岩化学組成分析を行った。その結果、各地域に認められる塩基性変成岩類の原岩生成場はそれぞれ異なっており (Filchnerfjella 地域：島弧， Jutulsessn 地域：プレート内， Hochlinfjellet 地域：中央海嶺)，東西 Gondwana 衝突時に様々なテクトニクス場で形成された岩体が衝突帯内部に挟在し、同一の変成作用を被った可能性が示唆された (松下ほか，2007)。

4. 中央ドロンニングモードランドにおける火成作用
中央ドロンニングモードランドにおける火成岩類は主に花崗岩類および high-K 苦鉄質岩脈で、変成岩の面構造を切って貫入し、一部は母岩に接触変成作用を与えている。活動年代は主に 520-490 Ma で、主要な変成作用直後の年代値を示す。花崗岩類は LREE/HREE 比が高く、多くは Eu/*Eu 比が 1 以上を示す。これらの化学

的特徴から、花崗岩質マグマの生成条件はざくろ石の安定な圧力条件が想定される (大和田ほか，2006)。この火成作用は大陸の衝突後に引張場に転換されたことによる減圧、それに伴う下部地殻の熔融に起因すること、また、マントル起源のマグマの貫入により苦鉄質岩脈が形成された可能性を議論した。

共同研究期間中に変成作用、火成作用に関して先述したような新知見をそれぞれ得ることができた。しかし、変成作用ならびに火成作用の相互プロセスに基づく地殻形成過程を明確にするには至っていない。今後は未測定地域において、同様の手法により化学分析や年代測定データの収集に努め、各地域の特徴及び形成過程をとりまとめる必要がある。さらなるデータの蓄積に基づき中央ドロンニングモードランドにおける地殻形成過程を考察する予定である。

[参考文献]

- Owada, M., Baba, S., Laufer, A., Elvevold, S., Shiraishi, K., and Jacobs, J. (2003) Geology of eastern Mühlig-Hofmannfjella and Filchnerfjella in Dronning Maud Land, East Antarctica; A preliminary report of Japan-Norway-Germany Joint Geological Investigation. *Polar Geoscience*, Vol. 16, p. 108-136.
- 松下遥，馬場壮太郎，大和田正明，新城竜一，白石和行 (2007) 東南極中央ドロンニングモードランドに産する塩基性片麻岩類の全岩化学組成。第 27 回極域地学シンポジウム (プログラム・講演要旨，p. 68)。
- 大和田正明，馬場壮太郎，小山内康人，白石和行，加々美寛雄 (2006) 東南極ドロンニングモードランドの変成・火成作用。第 26 回極域地学シンポジウム (プログラム・講演要旨，p. 76)

[研究発表]

- Baba, S., Owada, M., Grew, E.S. and Shiraishi, K.. (2006) Sapphirine granulite from Schirmacher Hills, Central Dronning Maud Land. In: Fütterer D.K., et al., (eds) *Antarctic Contributions to Global Earth Science*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 37-44.
- Baba, S., Owada, M. and Shiraishi, K. (2008) Contrasting metamorphic P-T path between Schirmacher Hills and Mühlig-Hoffmanfjella, Central Dronning Maud Land, East Antarctica. In: Satish-Kumar, M. et al., (eds) *Geodynamic Evolution of East Antarctica: a Key to the East-West Gondwana Connection*. Geological Society of London Special Publications vol.308, p. 401-417.
- Owada, M., Baba, S., Shiraishi, K., Osanai, Y. and Kagami, H. (2008) Geochemistry of post-kinematic mafic dykes from Central to Eastern Dronning Maud Land, East Antarctica: Evidence for a Pan-African suture in Dronning Maud Land. In: Satish-Kumar, M. et al., (eds) *Geodynamic Evolution of East Antarctica: a Key to the East-West Gondwana Connection*. Geological Society of London Special Publications vol.308, p. 235-252.

共同研究終了報告書

ミグマタイトの精密年代測定による深成変成帯の形成過程解明 (研究課題)

◎中島 隆 産業技術総合研究所 地質情報研究部門・主任研究員 (研究代表者)
宮崎一博 産業技術総合研究所 地質情報研究部門・副部門長 (共同研究者)
(国立極地研究所)
外田智千 准教授 (担当教員)
本吉洋一 教授・副所長
白石和行 教授・副所長
平成 19 年～平成 20 年 (2 か年) (研究期間)

[研究成果]

ミグマタイトは、地殻物質が高度変成作用によって部分融解し、花崗岩質メルトを生じている岩石である。花崗岩質大陸地殻形成の現場と言われる島弧・陸弧の地下深部が地表露出したものが深成変成帯であり、高度変成岩域には広くミグマタイトが出現する。このミグマタイトの花崗岩質メルトが深成岩プルトンに濃集発達するという考え方 (Obata et al., 1994; Brown and Solar, 1998 など) と、逆に変成岩の広域的熱源が花崗岩類であるとする考え方 (Okudaira et al., 1993; Miyazaki, 2004) があり、大陸地殻形成メカニズムの根幹にかかわる問題として注目されている。

本研究では、代表的な島弧型深成変成帯である領家帯のミグマタイトおよびそれに伴う花崗岩体を対象に、国立極地研究所所有の SHRIMP を用いてそのジルコンの精密ウラン-鉛年代測定を行うことによって、上記の問題に解答を与えようというものである。

モデルフィールドとして、領家帯の中でこれまでに詳細な岩石学的研究がなされている山口県柳井地域 (Nakajima, 1994; Ikeda, 1998) と愛知県三河地域 (浅見ほか, 1982; 宮崎, 2008) を選んだ。両地域とも、変成鉱物の出現順序などはほぼ同じで、最高温部は 堇青石-ざくろ石-カリ長石 の組み合わせで特徴づけられ、ミグマタイトが広範囲に分布する。

柳井/三河両地域において、変成帯の最高温部に露出するミグマタイトおよびそれと近接する花崗岩を採取した。ミグマタイト中のリュウコゾーム、メラノゾーム、および近接する領家花崗岩の三者から別々にジルコンを分離濃集し、SHRIMP 年代測定用試料マウントを作成して、SEM を用いてカソードルミネッセンス像を撮影した。

図 1 にその一例を示す。

これらの SHRIMP による年代測定は、マシンタイムその他の事情により、平成 20 年度内には実施できず、国立極地研究所移転後の 21 年度に実施されることになった。

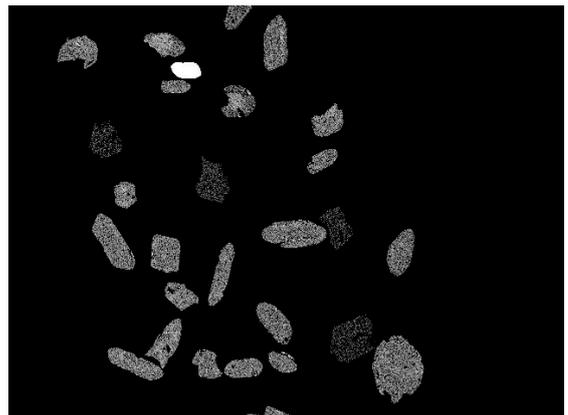


図 1 柳井地域のミグマタイトから採取されたジルコンの SHRIMP 年代測定用試料マウントのカソードルミネッセンス写真

またこれと並行して、これらのジルコンについてレーザー照射型 ICP 質量分析計による予察的なウラン-鉛年代測定を行ない、SHRIMP による測定の際の留意点、測定ジルコン粒の選定に関する検討を行なった。

(2 枚目)

[参考文献]

- 1) 浅見正雄・星野光男・宮川邦彦・諏訪兼位 (1982) 幡豆-本宮山地域の領家変成帯における十字石片岩の形成条件. 地質学雑誌, Vol., 88, p.437- p.450.
- 2) Brown, M. and Solar, G.S.(1998) Granite ascent and emplacement during contractional deformation in convergent orogens. J. Struct. Geol., Vol.,20, p1365- p1393.
- 3) Ikeda, T. (1998) Phase equilibria and the pressure-temperature path of the highest-grade Ryoke metamorphic rocks in the Yanai district, SW Japan. Contrib. Mineral. Petrol., Vol.,132, p.321- p.335.
- 4) Miyazaki, K. (2004) Low-P – high-T metamorphism and the role of heat transport by melt migration in the Higo Metamorphic Complex, Kyushu, Japan. J. Metamorph. Geol., Vol., 22, p.793- p.809.
- 5) 宮崎一博 (2008) 御油地域の地質, 第 4 章 領家変成コンプレックス及び領家深成岩類による接触変成域. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅). 産総研地質調査総合センター, p.18- p.41.
- 6) Nakajima, T. (1994) The Ryoke plutonometamorphic belt: crustal section of the Cretaceous Eurasian continental margin. Lithos, Vol., 33, p.51- p.66.
- 7) Obata, M., Yoshimura, Y., Nagakawa, K., Odawara, S. and Osanai, Y. (1994) Crustal anatexis and melt migrations in the Higo metamorphic terrane, west-central Kyushu, Kumamoto, Japan. Lithos, Vol., 32, p.135- p.147.
- 8) Okudaira, T., Hara, I., Sakurai, Y. and Hayasaka, Y. (1993) Tectono-metamorphic process of the Ryoke belt in the Iwakuni-Yanai district, southwest Japan. Mem. Geol. Soc Japan, No.42, p.91- p.120.

[研究発表]

1. 当該共同研究に関する研究発表について, 可能な限りすべての学会誌名等を記入してください。(口頭発表については, 原則として省略する。)
2. 参考文献, 研究発表を行った学会誌名等を英文表記する場合は左右 2 列にする必要はありません。

I. 共同研究報告（終了）

一般共同研究

(4) 生 物 圏

南極海・海氷域におけるクロミンククジラの分布密度

◎島田裕之 水産総合研究センター遠洋水産研究所・室長
 加藤秀弘 東京海洋大学・教授
 南川真吾 水産総合研究センター遠洋水産研究所・研究支援者
 松岡耕二 日本鯨類研究所・研究員
 村瀬弘人 日本鯨類研究所・研究員
 (国立極地研究所)
 高橋晃周 極地研究所・准教授
 福地光男 教授
 平成18年度～平成20年度(3か年)

[研究成果]

南極海・海氷域におけるクロミンククジラの分布密度を推定することを目的として、主として南極観測船しらせの往復航海を利用して、同時に人工衛星による海氷密度の情報を用いて海氷と鯨類等の分布との関係を分析した。

JARE46において、しらせからの鯨類目視観測が2005年2月10日～22日に40°E～50°E、3月3日～5日にプリッツ湾(70°E～82°E)の2海域で実施された。40°E～50°Eでは2隻のIWC調査船により氷縁から60海里までの海域が目視調査された。

40°E～50°Eの海氷域では、有効な調査距離129.5海里で、6群7頭のミンククジラが発見され、分布密度は1平方海里当たり0.03頭(CV=41%)となった。更に海氷密接度を共変量として分布密度を分析し、同時期に氷縁から北側60海里までの海域で実施された国際捕鯨委員会の鯨類目視調査の結果と比較したところ分布密度に統計的に有意な差がないことが明らかになった。

また、海氷で湾口が閉じていたプリッツ湾では有効な調査距離210.5海里で、22群29頭のミンククジラが発見された。推定生息数3,086頭(CV=46%)は湾口が開いていた過去の2度の推定値と有意な差はなかった。

JARE46のしらせ搭載ヘリコプターによる鯨類センサスは、海氷域において合計3回のフライトが実施され、有効な調査距離122.1海里、8群17頭のクロミンククジラが発見された。海氷域で発見された鯨類はミンククジラのみであった。密度係数は100海里当たり0.14頭(2月)、

0.02(12月)であった。氷縁の外側で6群13頭のザトウクジラが発見されたが、ミンククジラの見つけはなかった。ヘリコプターによる上空からのセンサスは、海氷域においては白波の影響がないため発見しやすく非常に有効であった。

昭和基地への往復航海を利用してJARE47から49までの3ヶ年に、氷縁より南の海氷域において、しらせを用いた目視観測が合計11日間に82時間実施された。氷縁より南の海氷域にあるポリニアやリードで一次発見された鯨類は、クロミンククジラ6群18頭、シャチ1群1頭、種不明鯨類5群5頭であった。また非調査時にクロミンククジラ9群9頭、種不明鯨類4群7頭が発見された。海氷密接度と発見との関係を表1に示した。

今後は機会があれば、後継ヘリなどの航空機により十分努力量を払ったシステムティックなライントランセクト調査が本研究には望まれる。

表1. クロミンククジラの海氷密接度と発見数

	JARE46		JARE47		JARE48		JARE49		Total	
	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0-29	9	11	0	0	2	3	4	4	15	18
30-59	10	15	2	2	2	5	0	0	14	22
60-89	3	2	0	0	0	0	0	0	3	2
Total	22	29	2	2	4	8	4	4	32	42

[研究発表]

1)Hakamada, T., K. Matsuoka and S. Nishiwaki; The relationship between sea ice extension and trends in sighting parameters of Antarctic minke whales based on IDCR-SOWER data from CPII to CPIII, Paper

- SC/58/IA12 submitted to the Scientific Committee of the 58th IWC, 2006: 7pp (unpublished)
- 2) Hakamada, T., Matsuoka, K. and Nishiwaki, S.; Improvements of the JARPA abundance estimation of Antarctic minke whales based on JARPA Review Meeting recommendations.; Paper SC/59/IA11 submitted to the Scientific Committee of the 59th IWC, 2007: 24pp (unpublished)
 - 3) Matsuoka, K., H. Kiwada and T. Hakamada; Abundance trend of Antarctic minke whales in Areas IV and V based on JARPA data, Paper SC/58/IA17 submitted to the Scientific Committee of the 58th IWC, 2006: 5pp (unpublished)
 - 4) Matsuoka, K., Nishiwaki, S., Murase, H., Kanda, N., Kumagai, S. and Hatanaka, H. 2008. Influence of sea ice concentration in the research area on IDCR-SOWER abundance estimation. Paper SC/60/IA12 submitted to the Scientific Committee of the 60th IWC, 2008: 9pp (unpublished).
 - 5) Murase, H., Kitakado, T., Matsuoka, K., Nishiwaki, S. and Naganobu, M.; Exploration of GAM based abundance estimation method of Antarctic minke whales to take into account environmental effects: A case study in the Ross Sea., Paper SC/59/IA12 submitted to the Scientific Committee of the 59th IWC, 2007: 13pp (unpublished)
 - 6) Shimada, H. and A. M. Burt; Relationship between minke whale abundance and pack ice extent examined by 10· longitudinal slices, Paper SC/59/IA26 submitted to the Scientific Committee of the 59th IWC, 2007: 5pp (unpublished)
 - 7) Shimada, H. and A. Kato; Tentative population assessment of the Antarctic minke whale within ice field using a sighting data on the Ice Breaker, Shirase in 2004/2005, Paper SC/58/IA11 submitted to the Scientific Committee of the 58th IWC, 2006: 11pp (unpublished)
 - 8) Shimada, H. and A. Kato; Population assessment of the Antarctic minke whale within and out ice field using a sighting data by the Ice Breaker and the IWC SOWER vessels in 2004/2005, Paper SC/59/IA16 submitted to the Scientific Committee of the 59th IWC, 2007: 13pp (unpublished)
 - 9) Shimada, H. and H. Murase; Relationship between minke whale abundance and pack ice extent, Paper SC/58/IA7 submitted to the Scientific Committee of the 58th IWC, 2006: 4pp (unpublished)
 - 10) 島田裕之: 南極海氷域における鯨類目視観測. 南極研究観測シンポジウム, 2007/6/15, 国立極地研究所
 - 11) 島田裕之; しらせによる海氷域における鯨類目視観測 極域海氷内のミンククジラ, 第31回極域生物シンポジウム, 2008/12/5, 国立極地研究所
 - 12) Murase, H., Kitakado, T., Matsuoka, K., Nishiwaki, S. and Naganobu, M. 2006. Relating the distribution patterns of Antarctic minke whales with abiotic and biotic environmental factors in the Ross Sea in 2005 using Kaiyo Maru-JARPA joint survey data. Paper SC/D06/J25, presented to the Intersessional Workshop to Review Data and Results from Special Permit Research on Minke Whales in the Antarctic, December, 2006 (unpublished). 15pp.
 - 13) Murase, H., Kitakado, T., Matsuoka, K., Nishiwaki, S. and Naganobu, M. 2007. Exploration of GAM based abundance estimation method of Antarctic minke whales to take into account environmental effects: A case study in the Ross Sea. Paper SC/59/IA12 presented to the 59th IWC Scientific Committee, May 2007 (unpublished). 13pp.
 - 14) Murase, H., Kitakado, T., Matsuoka, K., Nishiwaki, S. and Naganobu M. 2008. Predator-prey relationship in spatial context -Is the distribution pattern of krill the determinant factor of the distribution pattern of Antarctic minke whale?-. Symposium on the Role of Marine Mammals in the Ecosystem in the 21st century (sponsored by NAFO-ICES-NAMMCO). Alderney Landing, Nova Scotia, Canada. 29 Sep. -1 Oct. 2008.
 - 15) Matsuoka, K., Nishiwaki, S., Murase, H., Kanda, N., Kumagai, S. And Hatanaka, H. 2008. Influence of sea concentration in the research area on IDCR-SOWER abundance estimation. Paper SC/60/IA12 presented to the 60th IWC Scientific Committee, May 2008 (unpublished). 9pp.
 - 16) 村瀬弘人, 松岡耕二, 袴田高志, 西脇茂利, 永延幹男, 北門利英. 2009. 環境要因を考慮した鯨類の空間分布推定. シンポジウム「南極ロス海域の海洋生態系—フィールド調査の最前線と展望—」2009年度日本海洋学会春季大会. 2009年4月5日. 東京大学本郷キャンパス.

繁殖期における大型動物の生理状態と行動の変動についての研究

◎ 坂本健太郎 北海道大学・大学院
獣医学研究科・助教

(国立極地研究所)

高橋晃周 准教授

平成18年～平成20年(3カ年)

【研究成果】

繁殖は野生動物の生活サイクルの中で、最もコストのかかる活動の一つである。そのため、動物の生活史を解明するにあたって繁殖期における生理状態の変動は、動物の生活に最も影響を与える要因の一つである。特に、極地環境では、動物は生命を維持するために多大なエネルギーを投資しており、このような影響が顕著に表れる事が予想される。しかしながら、大型動物では調査に困難が伴うため、これまで十分に研究がなされていない。本研究では、南極に生息する鳥類、哺乳類が出産と子育てに起因して、どのような生理状態になっているのかを明らかにすることを目的とし、アデリーペンギンとウェッデルアザラシを対象として以下の成果を挙げた。

(A) アデリーペンギン

アデリーペンギンは、夏に南極沿岸に集団で営巣し、繁殖する。ヒナを育

てるため、親ペンギンは海で餌を採集し、捕えた餌を胃に一旦貯める。親ペンギンは、ヒナのいる営巣地に戻った後、餌を胃から吐き戻し、ヒナに与える。2ヶ月間にわたり育雛を行うことで、親ペンギンは代謝性アルカローシスになることが示唆された。また、以下の知見を得る事が出来た。

(1) アルカローシス進行は、血中塩素イオン低下という形で現れ、血中重炭酸イオンの増加によって補償されていた。

(2) ヒナ数が一羽と二羽の親ペンギンを比較したところ、二羽のヒナを育雛している個体の方がアルカローシスの進行が早かった。(図1)

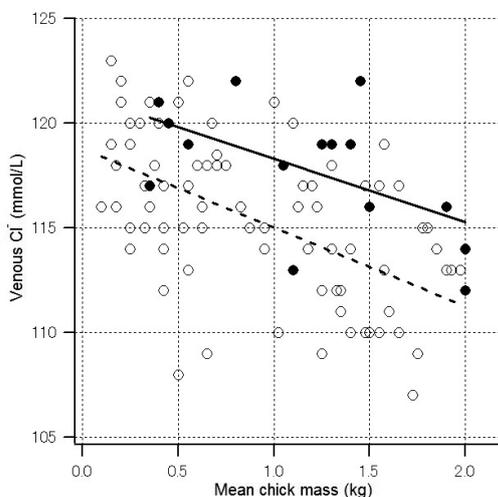


図1 ヒナ1羽(実線)と2羽(破線)を育てた親ペンギンの血中塩素濃度推移

(3) 比較的空胃の状態での吐き戻しを行っている時間が長いと考えられるガード期にアルカローシスが進行するのに対して、胃酸を失う機会が少な

いと考えられるクレイシ期にはアルカローシスから回復する傾向が認められた。(図2)

以上の知見より、親ペンギンでは餌の吐き戻しに伴い、胃酸を継続的に失い、その結果としてアルカローシスになっている事が考えられた。胃に貯めた餌を、ヒナに吐き戻す行為は海鳥において広汎に認められ、同様の生理現象は海鳥に一般的に発生している可能性がある。

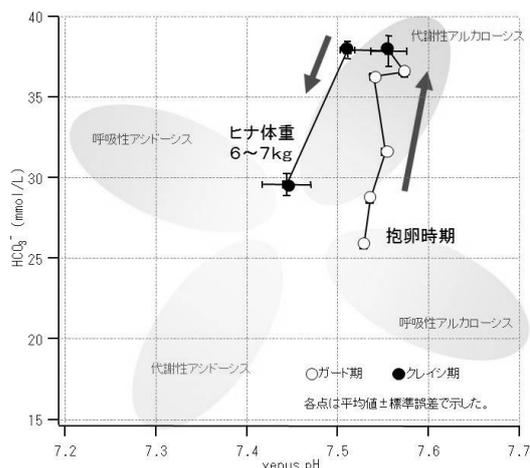


図2 酸塩基平衡の傾向

(B) ウェッデルアザラシ

ウェッデルアザラシは、10月末に出産し、2か月程度の授乳を行う。その後、新生仔は短い絶食期を経て、採餌を行うようになる。一方、母親は2ヶ月の授乳期間中、ほとんど餌を食べないことが報告されている。従って、繁殖期中に母子の双方が絶食期を経る事になる。これらの絶食期前後の栄養状態及びエネルギー代謝バランスの変化について、次の知見が明らかとなった。

(1) 非繁殖期と比べると、繁殖期の母親では血中尿素窒素が高く、トータルコレステロール値が低かった。これは、授乳期には栄養摂取が十分でないために、エネルギー源を脂質からタンパク質に推移させている可能性を示唆する結果であった。

(2) 新生仔では、ある成長段階以上になると、血中トリグリセリド濃度が急激に減少しており、授乳期終了時の絶食の影響が認められた。

【研究発表】

1. Sakamoto KQ, Sato K, Kato A, Fukui D, Bando G, Naito Y, Habara Y, Ishizuka M, Fujita S. Metabolic alkalosis due to feeding chicks in breeding Adélie penguins *Pygoscelis adeliae* under natural conditions. *Physiol Biochem Zool*. In press
2. Sakamoto KQ, Sato K, Naito Y, Habara Y, Ishizuka M, Fujita S. Morphological features and blood parameters of Weddell seal (*Leptonychotes weddellii*) mother and pup during breeding season. *J Vet Med Sci*. In press
3. Rahman MH, Sakamoto KQ, Nonaka L, Suzuki S. Occurrence and diversity of tetracycline resistance gene *tet(M)* in enteric bacteria of Antarctic Adélie penguin. *J Antimicrob Chemother*. 2008 Sep;62(3):627-8

外洋性海鳥の行動測定によるホットスポットの海洋環境変動の研究

◎ 綿貫豊 北海道大学大学院・水産科学研究所・准教授

新妻靖章 名城大学・農学部・講師
山本麻希 長岡技術科学大学 生物系・助教
依田憲 名古屋大学大学院・環境学研究科・准教授
極地研対応教官 高橋晃周
平成18年ー平成20年（3カ年）

研究成果

海洋生態系における鍵種や高次捕食者の分布と漁業活動は、特定の狭い範囲に集中する。こういったホットスポットは小規模で短時間しか存在しない場合が多いので、従来の電波による動物の追跡や船による海洋観測では十分観察できない。本研究は、外洋性のミズナギドリ目の移動軌跡とその目から見た映像を高い時空間分解能で長期間記録し、操業中の漁船と接触する場所や頻度を明らかにすることを目的とした。アホウドリ類とオオミズナギドリに動物装着型大容量小型GPSロガー、映像を記録する既存のカメラロガー、採食行動を記録する着水記録ロガーを装着し、精密な移動軌

跡や着水行動に関するデータを得た。今後、水温やクロロフィル濃度など高精度で広範囲の衛星画像データを利用して、索餌行動と漁業活動、および両者に影響する海洋環境との関係を小空間スケールで解析する予定である。

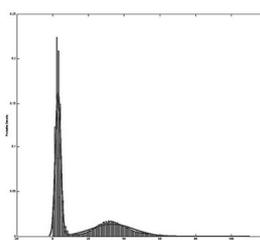
2008年2月初め、小笠原聳島で、育雛中のクロアシアホウドリ15個体にGPSデータロガーを装着し、3~5日後に回収し、9個体からデータを得た。聳島から2日以内のトリップで、最大400kmほどまで採食に出かけていた。1秒ごとにデータが取得できた3個体の軌跡のまがりぐあいをFirst Passage Timeをつかって分析した結果、その分散は、20km程度で大きく、これが地域限定探索の空間スケールであり、その範囲内で着水をしていることが多かった。

これらのクロアシアホウドリにおいて、一定方向に移動している部分では、細かく見ると100mスケールでジグザグしながら移動していることが多く、急に方向転換したあとに低速(対地速度で秒速3-7m)部分があり、その後高速(秒速12-25m)部分があらわれた。その周期はウェーブレット解析によるとおよそ10-15秒だった。また、先に得られたクローゼ島で繁殖する4個体のワタリアホウドリのデータでも同様の移動パターンが時々観

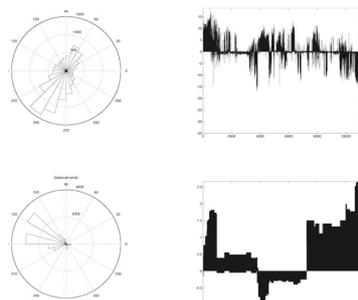
察され、速度の変化周期も 10-20 秒だったが、高速部分（秒速 25m）、低速部分（秒速 5m）での速度は若干速かった。これらの速度は、ワタリアホウドリがダイナミックソアリングする場合の最適予測値（海面近くでの最高速度が秒速 28m、頂点での最低速度が秒速 10m、Sachs 2005）よりやや遅かったが、周期は予測値（ほぼ 10 秒）にちかかった。パターンが似ているので、この部分ではダイナミックソアリングをしていると推定された。

また、2008 年 8 月から 10 月にかけて、新潟県粟島で繁殖をおこなっているオオミズナギドリに対して、GPS データロガーの装着を行った。17 羽の親鳥に装着し、11 個体からの回収に成功した。データロガーからデータをダウンロードして解析したところ、一個体につき複数回の採餌トリップの記録が得られた。その結果、雌は粟島周辺で採餌トリップを繰り返すのに対し、雄は北海道釧路沿岸まで行き、採餌することが分かった。さらに、個体レベルの採餌戦略の理解を行うために、Fractal D 解析、First Passage Time 解析、および状態空間モデルを用いて解析している。これらの手法は、採餌と移動を決定論的、あるいは確率論的手法によって分割する。得られた採餌エリアや移動エリアの海洋環境（クロロフィル濃度や風力）を衛星リモート

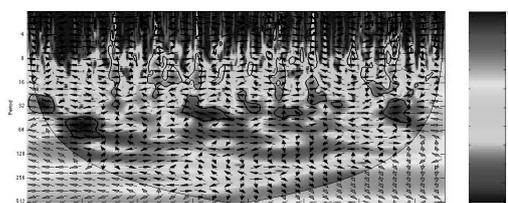
センシング技術によって得ることにより、海鳥の空間利用および採餌意志決定についての解析を進めている。同時に、71 個体から得られた胃内容物の解析も進め、統合して鳥類の採餌戦略についての考察を行う予定である。



飛行と水上休息のモードを二つの正規分布の合成関数で推定して分ける



鳥の飛行方向と、それに対応する風力（衛星によって記録）の関係



ダイナミックソアリングの角度と速度をクロスウェーブレット解析し、二つのパラメータの共通卓越周波数帯（伴って変化するような周波数）を探す

極域表層土壌内有機炭素ダイナミクスの解明と温暖化影響評価

◎内田昌男 独立行政法人国立環境研究所化学環境領域・主任研究員

(国立極地研究所)

内田雅己 助教

平成 18 年～平成 20 年 (3 か年)

【研究成果】

地球温暖化に伴う気候変動が最も顕著に現れるのが、北極圏およびその周極地域であると言われている。本研究では、北極・高緯度土壌圏の温暖化に対する応答、および氷河後退域における土壌内炭素の温暖化影響に関する情報を得るため、土壌から放出されている二酸化炭素 (CO₂) の炭素の起源 (植物バイオマス・土壌内 fossil carbon (地質時代の有機物・凍土中の CO₂、メタン)) を調べるために、土壌内 CO₂、土壌内微生物資質 (PLFA) の同位体分析を行った。試料の採取は、北緯 79 度に位置するノルウェー・スピッツベルゲン島・ニーオルスンで行った。

2006 年 8 月に行った土壌内 CO₂ の濃度、¹⁴C 年代の調査から、土壌内 CO₂ の濃度は、30cm 深において 3.6%～5.4%、40cm 深において 3.9%～4.1%であった。一方、土壌内 CO₂ の ¹⁴C 年代は、土壌表面から 30cm の深さで 3,630 – 7,060 年、40cm の深さでは 2,800-5,880 年と古く、fossil carbon の微生物による分解が示唆された。すなわち、このことは、地質年代以降土壌に隔離・蓄積されてきた炭素が、現在大気に放出されていることを示している。

これらの土壌 CO₂ の起源を詳細に解明す

るためには、土壌微生物による fossil organic carbon の分解の直接的証拠を得る必要がある。リン脂質は、原核生物 (真正細菌) の細胞膜脂質を構成している有機分子であり、土壌微生物の活性バイオマスの指標として用いることができる。また、近年開発された分子レベル放射性炭素分析 (compound-specific radiocarbon analysis: CSRA) を応用することにより、未培養の環境微生物の炭素源を突き止めることも現在は可能となっている¹⁻⁶。そこで本研究では、土壌から抽出された土壌微生物の細胞膜脂質 (PLFA) について ¹⁴C 濃度分析を行うことで、微生物脂質の炭素源を明らかにし、微生物による fossil organic carbon の資化・分解に関する情報を得ることを試みた。表層土壌から抽出された PLFAs は C₁₄-C₂₀ で 864 ng/g dry-soil だった。その構成成分としては、C₁₆ 飽和脂肪酸の存在量が最大であり、その次に C₁₈ 飽和脂肪酸とイソ・アンチイソ C₁₅ 脂肪酸と続いた。またイソ・アンチイソ C₁₅ 脂肪酸の存在量が低分子脂肪酸の中で比較的高い存在量で検出された。さらに、本研究では表層である 0-10cm の土壌から抽出された PLFAs の分子レベルでの ¹⁴C 分析を行い、土壌微生物の炭素源に関する知見を得ることに成功した。土壌微生物が、表層

バイオマス由来のフレッシュな炭素のみならず、土壌有機物として多量に存在している fossil organic carbon (放射性炭素年代にして5万年以上前) を利用していることを発見した。

本研究では、北極高緯度土壌圏における微生物を中心とした炭素循環解明のため、PLFA の分子レベル ^{14}C 分析を応用した初め

[参考文献]

- 1) Eglinton, T.I., BenitezNelson, B.C., Pearson, A., McNichol, A.P., Bauer, J.E. & Druffel, E.R.M. Variability in radiocarbon ages of individual organic compounds from marine sediments. *Science* 277, 796-799 (1997).
- 2) Uchida, M., Shibata, Y., Ohkushi, K., Yoneda, M., Kawamura, K. & Morita, M. Age discrepancy between molecular biomarkers and calcareous foraminifera isolated from the same horizons of Northwest Pacific sediments. *Chemical Geology* 218, 73-89 (2005).
- 3) Uchida, M., Shibata, Y., Yoneda, M., Kobayashi, T. & Morita, M. Technical progress in AMS microscale radiocarbon analysis. *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms* 223-24, 313-317 (2004).
- 4) Ingalls, A.E., Shah, S.R., Hansman, R.L., Aluwihare, L.I., Santos, G.M., Druffel, E.R.M. & Pearson, A. Quantifying archaeal community autotrophy in the mesopelagic ocean using natural radiocarbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103, 6442-6447 (2006).
- 5) 内田昌男. GC-AMS によるバイオマーカー分析. 第5版実験化学講座 20-2 環境化学, 433-443 (2007).
- 6) 柴田康行, 内田昌男, 米田穰, 田中敦, 鈴木亮, 廣田正史, 鶴野光, 小林利行, 小林千明 & 植弘崇. ガスクロマトグラフと加速器質量分析計の組み合わせ(GC-AMS)による個々の化合物の放射性炭素年代測定. *真空* 50, 480-485 (2007).

[研究発表]

内田昌男, 内田雅己, 熊田英峰, 高橋善幸, 大塚俊之, 内海真生, 近藤美由紀, 中坪孝之, 柴田康行; (2008) 気候変動と高緯度北極土壌圏-土壌有機炭素リザーバーへの温暖化影響, 月刊地球, 30 巻 4 号, p1-p12.

Masao Uchida, Masaki Uchida; Heterotrophic microbial decomposition of ancient carbon in the soil sequence after the glacier retreat, Svalvard, Norway Arctic, ISAR-1, p353-p356.

ての研究例となった。すなわち、自然環境課で、土壌微生物が fossil organic carbon を代謝に利用している証拠を世界で初めて得ることに成功した。北極・高緯度土壌圏には多量の fossil carbon が存在している。本研究成果は、近未来温暖化による高緯度土壌圏の脆弱性を評価するための重要な知見を提供するものである。

共同研究報告書

19-20 絶対的抗菌薬非暴露環境における耐性菌の出現と進化

◎ 田村 豊 酪農学園大学獣医学部・教授

(国立極地研究所)

神田 啓史 教授

平成 19 年～平成 20 年 (2 か年)

[研究成果]

現在、医療において耐性菌問題が深刻化し、早急な対策が求められている。効果的な対策を策定するためには、耐性菌(耐性遺伝子)の由来や伝播経路の解明が喫緊の課題である^{1,2)}。そこで本研究では、抗菌薬の暴露がほとんどないと考えられる南極周域に生息する鳥類の糞便における耐性菌の出現状況を調べた。

1980 年代に南極昭和基地周辺のラングホブデ・ユキドリ沢の雪渓上で採取され、凍結保存されていた鳥類の糞便 7 サンプルと、2008 年 2 月に南太平洋デュモン・デュルビル海の船上において採取された鳥類の糞便 2 サンプルを用いた。糞便から腸球菌の分離は Enterococcosel 寒天培地(Becton Dickinson)を用い、API20STREP (bioMerieux)により菌種の同定を行った。腸内細菌科細菌の分離には DHL 寒天培地(ニッスイ)を用い、API20E(bioMerieux)により菌種を同定した。上記以外の細菌の分離は、Brain Heart Infusion 寒天培地(Becton Dickinson)を用い、16S rRNA 遺伝子の塩基配列によって菌種を同定した。なお、糞便サンプルについては、上記の培地の他、同培地にアンピシリン(ABPC)、オキシテトラサイクリン(OTC)、クロラムフェニコール、ジヒドロストレプトマイシン、エリスロマイシン(EM)、エンロフロキサシン(ERFX)を添加した選択培地も併用した。分離株は CLSI 法に準拠した寒天平板希釈法により最小発育阻止濃度を測定した。耐性菌については、PCR による耐性遺伝子の検出を行い、*tet(M)* 遺伝子保有株は塩基配列を解読し、既知の様々な由来細菌の *tet(M)* 遺伝子の塩基配列と比較するために系統樹を作成した。

糞便 9 サンプル中 4 サンプルから *Enterococcus*

faecalis、*En. faecium*、*En. casseliflavus*、*Escherichia hermanni*、*Citrobacter braakii*、*Bacillus cereus* *B. plumis*、*B. subtilis*、*Clostridium tertium*、*Mycobacterium* sp. の 41 株を分離した。

En. faecalis の 1 株が ERFX に、*En. casseliflavus* の 5 株が OTC に、同じく 6 株が EM に、*Es. hermanni* 12 株、*Ci. braakii* の 3 株および *B. cereus* の 2 株が ABPC に耐性を示した。OTC 耐性の *En. casseliflavus* からは、*tet(M)* 遺伝子が検出された。*tet(M)* 遺伝子の系統樹解析を行ったところ、環境由来、人由来および動物由来細菌の *tet(M)* 遺伝子と同じクラスターに分類された(図 1)。また、*tet(M)* 遺伝子を保有した株は全て EM にも耐性を示し、*ermB* 遺伝子が検出された。ABPC 耐性 *Ci. braakii* はセファロスポリナーゼを産生し *CMY-2* 遺伝子を保有していた。

以上の成績から、南極周域に生息する鳥類の糞便に耐性菌が含まれていることが明らかとなった。また、検出された耐性遺伝子の多くはプラスミド性であることが知られているものであった。南極は地球上で最も抗菌薬の使用による耐性菌の選択圧が低い地域と考えられ、このような環境下で耐性菌が分離されたことはヒトへの伝播経路を考える上で興味深いことである。一方、OTC 耐性菌から *tet(M)* 遺伝子が検出され、様々な由来から分離された細菌が保有する *tet(M)* 遺伝子とも相同性が高かったことから、耐性遺伝子の生態系における循環を示唆するものと考えられた。耐性菌や耐性遺伝子の伝播経路を解明するためには、今後も南極における野生動物や氷柱を含めた環境材料を用いた耐性菌に関わる詳細な調査が必要であろう。

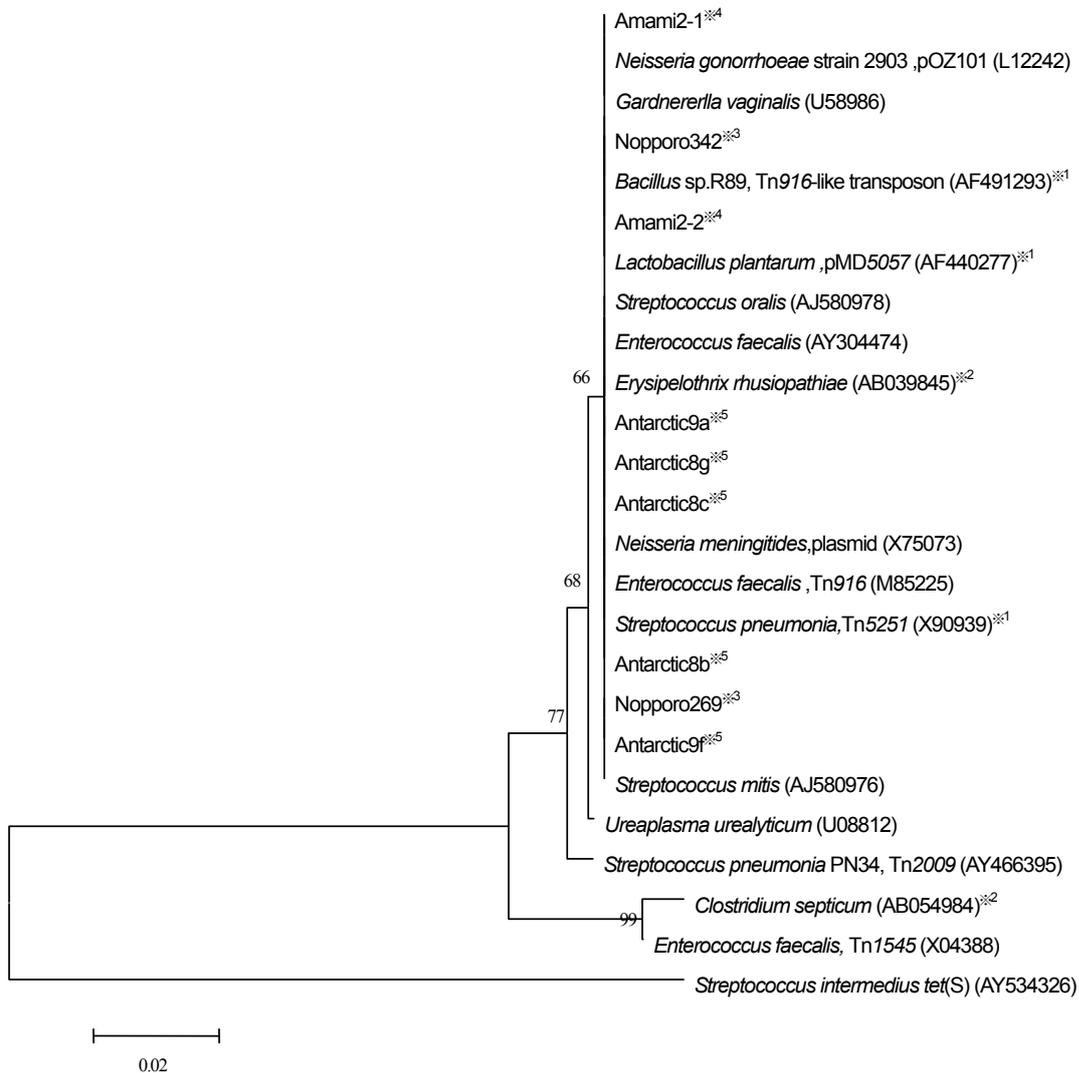


図 1. tet(M) 遺伝子の系統樹解析

※1 環境由来細菌。 ※2 生産動物由来細菌。 ※3 野ネズミ由来細菌。 ※4 アマミノクロウサギ由来細菌。
 ※5 本研究分離細菌。

[参考文献]

1. Lester, C. H., Frimodt-Møller, N., Sørensen, T. L., Monnet, D. L. and Hammerum, A. M., *In vivo* transfer of the *vanA* resistance gene from an *Enterococcus faecium* isolate of animal origin to an *E. faecium* isolate of human origin in the intestines of human volunteers, *Antimicrob Agents Chemother* 50:596-599, 2006.
2. 田村 豊, 動物用抗菌剤の使用状況と耐性菌の現状—ヒトに至る耐性菌の伝播経路—, *小児科* 3:71-76, 2007.

[研究発表]

兼子千穂, 石原加奈子, 廣野育生, 神田啓史, 田村 豊:南極周域に生息する鳥糞からの薬剤耐性菌の検出, 平成 20 年度極域汽水圏・生物圏合同シンポジウム, 2008 年 12 月 4 日, 東京.

共同研究報告書（終了）

データロガーを用いた動物行動学研究

- ◎東京大学海洋研究所・准教授 佐藤 克文（研究代表者）
東京大学海洋研究所・教授 宮崎 信之（共同研究者）
国立極地研究所・名誉教授 内藤 靖彦（共同研究者）
帝京科学大学アニマルサイエンス学科・講師 森 貴久（共同研究者）
国立極地研究所・学術振興会特別研究員 三谷 曜子（共同研究者）
（国立極地研究所）
高橋 晃周 准教授，加藤 明子 助教，渡辺佑基 助教
平成 19 年～平成 20 年（2 か年） （研究期間）

[研究成果]

各種データロガーを用いて個別の水生動物の遊泳行動に関する研究を進めて来る過程で、加速度記録計を用いた遊泳行動に関する比較行動研究が展開できた。さらに、対象動物を飛翔動物にまで拡大し、より大きなスケールの行動学研究へと発展させることができた。

1) 魚類を対象とした行動研究

これまで、データを取得するためにはデータロガーを装着した動物を再捕獲してデータロガーを回収する必要があった。そのため、陸上で繁殖を行う海鳥類や海生哺乳類で研究が進む一方、再捕獲が非常に難しい魚類を対象とした研究はあまりなされてこなかった。タイマーを用いた自動切り離しシステムを使ったデータロガー回収プロトコルが渡辺佑基によって開発・改良され、そのおかげで対象動物が各種魚類(参考文献 1, 2)や再捕獲

が難しい北極のアザラシ(参考文献 3)にまで広がった。

2) 鳥類の飛翔行動を扱った研究

そもそも観察が難しい水生動物の行動を調べる目的で開発されたデータロガーではあるが、その内のいくつかの機種は陸生動物や飛翔性動物を対象とした研究でも有用であることが判明した(参考文献 4)。特に、小型の加速度記録計は鳥類の飛翔行動を自動記録するのに適したツールであり、飛行中の羽ばたき周波数から体重推移を見積もるという新たな手法を開発する研究がスタートした(参考文献 5)。

本研究成果は、今後魚類を含む水生動物と飛翔動物を対象とした幅広い比較行動研究に発展する可能性がある。

[参考文献]

- 1) Watanabe Y and Sato K. Functional dorso-ventral symmetry in relation to lift-based swimming in the Ocean Sunfish *Mola mola*. **PLoS ONE** 3: e3446 (2008)
- 2) Watanabe Y, Wei Q, Yang D, Chen X, Du H, Yang J, Sato K, Naito Y, Miyazaki N. Swimming behavior in relation to buoyancy in an open swimbladder fish, the Chinese sturgeon. **Journal of Zoology** 275: 381-390 (2008)
- 3) Watanabe Y, Lydersen C, Sato K, Naito Y, Miyazaki N, Kovacs KM Diving behavior and swimming style of nursing bearded seal pups. **Mar. Ecol. Prog. Ser** (in press)
- 4) Takashi Yamamoto, Akinori Takahashi, Ken Yoda, Nobuhiro Katsumata, Shinichi Watanabe, Katsufumi Sato and Phillip N. Trathan. The lunar cycle affects at-sea behaviour in a pelagic seabird, the streaked shearwater, *Calonectris leucomelas*. **Animal Behaviour** 76, 1647-1652 (2008).
- 5) Katsufumi Sato, Francis Daunt, Yutaka Watanuki, Akinori Takahashi, Sarah Wanless. A new method to quantify prey acquisition in diving seabirds using wing stroke frequency. **Journal of Experimental Biology** 211: 58-65 (2008).

[研究発表]

Watanabe Y, Lydersen C, Sato K, Naito Y, Miyazaki N, Kovacs KM Diving behavior and swimming style of

- nursing bearded seal pups. *Mar. Ecol. Prog. Ser* (in press)
- Sakamoto K, Kato A, Sato K, et al. Metabolic alkalosis due to feeding chicks in breeding Adélie penguins *Pygoscelis adeliae* under natural conditions" (PBZ-8141R1). *Physiological and Biochemical Zoology* (in press).
- Sakamoto K, Sato K, Naito Y, Habara Y, Ishizuka M, Fujita S. Morphological features and blood parameters of Weddell seal (*Leptonychotes weddellii*) mother and pup during breeding season. *Journal of Veterinary Medical Science* (in press).
- Akiko Kato, Aya Yoshioka, Katsufumi Sato. Foraging behaviour of Adélie penguins during incubation period in Lützow-Holm Bay. *Polar Biology* (2008) DOI 10.1007/s00300-008-0518-9.
- Watanabe Y and Sato K. Functional dorso-ventral symmetry in relation to lift-based swimming in the Ocean Sunfish *Mola mola*. *PLoS ONE* 3: e3446 (2008)
- Takashi Yamamoto, Akinori Takahashi, Ken Yoda, Nobuhiro Katsumata, Shinichi Watanabe, Katsufumi Sato and Phillip N. Trathan. The lunar cycle affects at-sea behaviour in a pelagic seabird, the streaked shearwater, *Calonectris leucomelas*. *Animal Behaviour* 76, 1647-1652 (2008).
- Kozue Shiomi, Katsufumi Sato, Hiromichi Mitamura, Nobuaki Arai, Yasuhiko Naito, Paul J. Ponganis. Effect of ocean current on the dead-reckoning estimation of 3-D dive paths of emperor penguins. *Aquatic Biology* 3: 265-270 (2008)
- Watanabe Y, Wei Q, Yang D, Chen X, Du H, Yang J, Sato K, Naito Y, Miyazaki N. Swimming behavior in relation to buoyancy in an open swimbladder fish, the Chinese sturgeon. *Journal of Zoology* 275: 381-390 (2008)
- Yoshihisa Mori, Yoko Mitani, Yuuki Watanabe and Katsufumi Sato. A behavioral indicator of prey patch richness derived from diving behavior: the proportion of residence time to the standard time. *Israel Journal of Evolution and Ecology* 53: 347-354 (2007).
- Katsufumi Sato, Francis Daunt, Yutaka Watanuki, Akinori Takahashi, Sarah Wanless. A new method to quantify prey acquisition in diving seabirds using wing stroke frequency. *Journal of Experimental Biology* 211: 58-65 (2008).
- 藤原由紀子, 榑崎友子, 佐藤克文. 太陽放射エネルギーがウミガメ類の体温に及ぼす影響. 国際沿岸海洋研究センター研究報告 32:3-6 (2007).
- Watanuki Y. and Sato K. Dive angle, swim speed and wing stroke during shallow and deep dives in common murre and rhinoceros auklets. *Ornithological Science* 7: 15-28 (2008).
- Watanuki Y, Daunt F, Takahashi A, Newell M, Wanless S, Sato K, Miyazaki N. Microhabitat use and prey capture of a bottom feeding top predator, the European shag, as shown by camera loggers. *Marine Ecology Progress Seriese* 356: 283-293 (2008).
- Yasuaki Niizuma, Geir W. Gabrielsen, Katsufumi Sato, Yutaka Watanuki, Yasuhiko Naito. Brünnich's guillemots (*Uria lombia*) maintain high temperature in the body core during dives. *Comparative Biochemistry and Physiology A* 147: 438-444 (2007).
- Sabrina Fossette, Jean-Yves Georges, Hideji Tanaka, Yan Ropert-Coudert, Sandra Ferraroli, Nobuaki Arai, Katsufumi Sato, Yasuhiko Naito and Yvon Le Maho. Dispersal and dive patterns in gravid leatherback turtles during the nesting season in French Guiana. *Marine Ecology Progress Seriese* 338: 233-247 (2007).

I. 共同研究報告（終了）

一般共同研究

(5) 極地工学

南極条約地域におけるバイオプロスペクティング
活動の国際法的検討

(研究課題)

◎柴田明穂 神戸大学大学院国際協力研究科・教授
(国立極地研究所)

(研究代表者)

菊池雅行 助教 渡邊研太郎 教授

(担当教員)

平成 18 年～平成 20 年 (3 力年)

(研究期間)

【研究成果】

本研究は、南極条約地域において行われているとされるバイオプロスペクティング活動 (biological prospecting=BP) の実態を調査し、当該活動を巡る科学、ビジネス、そして関連する国内・国際法の現状と課題を明らかにし、その総合的検討を通じて、BP 活動を枠づける国際法規範・組織のあり方について考察することを目的とする。

本研究では、第 1 に、BP 活動の実態調査を行い、第 2 に、当該活動に適用する既存の国際法制度について検討し、第 3 に、同活動に適用される南極条約法制度の発展の方向性を探った。

第 1 の BP 活動の実態調査としては、第 29 回～第 32 回 ATCM で提出された会議文書やそれに基づく同会議での議論、そして関連する研究を行っている研究者 (極地研・伊村教授) へのインタビュー等により情報収集した。特に、第 31-32 回 ATCM にベルギーが提出した「南極バイオプロスペクティング・データベース」が参考になった。調査の結果明らかとなったのは、第 1 に、BP として認識されている活動について、科学者と政策立案者とは、かなりの隔りがあるということである。多くの科学者は、自分たちは商業目的で生物資源を取得し、それを研究しているのではないから、BP 活動をしていないと言う。しかし、同じ活動が、上記データ

ベースでは、BP として掲載されている。

第 2 に明らかになったのは、BP 活動が複雑な一連のプロセスであり、そのプロセスのどの部分に焦点を当てて議論しているかにより、同じ行為でも BP と観念されるか否かが異なってくると言う実態である。BP 活動は、南極生物の採取 (アクセス) から、その分析・研究、有効化合物や遺伝子情報の抽出、その活用方法に関する研究と場合によっては特許取得、その後の科学的・医学的・商業的利用という一連のプロセスを指して言及される。南極で行われているのは、ほとんどの場合最初のアクセスの部分だけであるが、この時点では、採取している研究者の心の中に商業的目的がなかったというのは、証明され得ないにしても、事実かもしれない。これに対し、特許取得の対象となった発明や最終的な商品が何らかの形で南極起源の生物に由来する場合は、一連の活動を遡って全て「南極 BP 活動」であると位置づけようとする見解もある。上記データベースは、特許取得が商業的目的という前提に立って、特許出願・取得者が BP 活動者としている。

次に、南極 BP 活動をめぐる国際法制度を概観した。ATCM における議論においても、同活動自体が、南極条約が規定する科学活動自由の原則 (2 条) や公海自由 (海洋科学活動の自由を含む) の原則 (6

条)の範疇に入るとする主張がある一方で、南極 BP 活動の成果に対し特許取得を許すことは科学活動自由の原則に反する可能性がある、南極生物資源へのアクセスやそれに対する所有権的権利(特許)の規律は、南極条約第4条の領土権の凍結に影響しうるといった議論もある。公海 BP 活動については、国連の機関も議論をしており、当該議論状況についてニューヨークにある国連海洋・海洋法部事務局にて、資料・情報収集できたのは、南極 BP 活動をめぐる議論と比較検討する上でも有益であった。

さらに、BP 活動については、生物多様性条約(CBD)におけるアクセスと利益配分(Access and Benefit Sharing=ABS)でも議論が進展している。同条約の議論は、今のところ、国家領域内での遺伝子資源へのアクセスを主に扱っており、また、その焦点もアクセスそれ自体よりも、その後の利益配分の方にあり、そこでの議論がそのまま南極 BP 活動に関する国際法制度になるわけではない。しかし、遺伝子資源が「高価な」資源であり、その真偽はともかく、莫大な利益を生む可能性があり、従って、早い者勝ちではなく、途上国にも衡平配分されるべきであるという「国際世論」は、ここ CBD での議論がきっかけとなっている。南極 BP 活動を

めぐる ATCM での議論も、こうした国際世論から隔離されてはいない。

最後に、以上のような南極 BP 活動の実態と、それを規律する国際法制度の現状を前に、南極 BP 活動を具体的に取り上げて何らかの新たな法律制度の下に管理・規律すべきであるという議論が出てくるのは、いわば自然である。32ATCM に提出されたスエーデンの文書は、まず、BP 活動の定義をしようとする試みである。オランダが提出した文書は、既存制度の「抜け穴」を明らかにし、それを埋める法制度創設の議論を促すものである。その中で、豪・NZ 共同提案は、科学目的の生物資源アクセスは合法、商業目的のアクセスは(微生物については附属書 II 改正)違法と明確に分ける。そして、アクセス後の研究、特許取得、商業利用は関係国内法で規律すれば良いと言う。一見合理的に見えるこの提案も、科学的・商業的目的の判断基準とその判断権者が不明確であり、クレイマントとして「自国」国内法をこれに適用する可能性が排除されておらず、注意を要する。

南極 BP 活動を規律する国際法制度の将来像は、今後の外交交渉に依存している。

【参考文献】

32 ATCM (2009): WP 1 (Belgium and others); WP18 (Australia and NZ); WP26 (Netherlands and others); IP 70 (Sweden and others); IP 65 (SCAR).

【研究発表】

柴田明穂「北極と南極をめぐる領有権問題」『社会科のしおり』(帝国書院、2008年1月)28-30頁。

Ⅱ. 研究集会報告

研究集会

集会名:「国際極年～新船導入後の南極域における固体地球の振動特性研究に関する検討会」
(申請書代表:松島 健)

開催日:平成20年9月8日(月)(午後12:30-18:30)
～9月9日(火)(午前09:30-12:00)

場 所:国立極地研究所 管理棟6F・講堂、研究棟2F・講義室

出席者:

松島 健(九州大学地震火山観測研究センター)、中西一郎・家森俊彦(京都大学大学院理学研究科)、臼井佑介(愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)、坪井誠司・長尾大道(海洋研究開発機構地球内部変動研究センター)、宮町宏樹(鹿児島大学理学部)、山本真行・鈴木敏史(高知工科大学)、名和一成(産業技術総合研究所)、川勝 均・渡邊篤志(東京大学地震研究所)、姫野哲人(情報・システム研究機構新領域融合研究センター)、石原吉明(国立天文台)、神沼克伊(元国立極地研究所)、四ノ宮 浩・山口文紀(エヌ・イー・ティ(株))、竹内敬二(白山工業株式会社)、Yeadong Kim(韓国極地研究所)、白石和行・澁谷和雄・山岸久男・土井浩一郎・野木義史・早河英章・松野哲男・奥野淳一・金尾政紀(国立極地研究所) 計28名。

目 的:

極域では、氷床・海氷・海洋・大気等に関連した特徴的な固体地球振動が観測される。既存のグローバル観測網では十分に検知できないこれらの波動現象の発生機構と活動分布を理解することは、現在進行中の地球表層部における環境変動、とりわけ地球温暖化に伴う固体地球と周辺環境との物理相互作用の解明に向けて重要である。

集会では、地球表層の長期変動としての温暖化(寒冷化)に伴う様々な変動現象の解明を視野に入れ、固体地球と大気・氷床・海洋、さらには電離圏との物理相互作用による様々な振動現象について、最新の成果について情報交換を行う。

また、国際極年～新砕氷船導入後のJAREにおける具体的な観測計画について意見交換を行い、地震計やインフラ サウンド観測・海中音波観測等を複合的に結合した学際的な計画を策定する。さらに、昭和基地周辺のモニタリング観測の方向性とその観測環境向上のための具体的な意見交換を合わせて行う。

経 過:

9月8日(月)12:30～18:30

於: 管理棟6F・講堂

■ はじめに 一最近の動向:地球温暖化と氷河地震活動一

金尾政紀 国立極地研究所

進行:松島 健 九州大学地震火山観測研究センター

第1部:これまでの成果と現況

■ 広帯域地震解析による南極域のマントル異方性・不連続面

臼井佑介・井上智史・山田 朗 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター

■ 2008年中国四川地震の昭和基地の広帯域地震計記録と理論地震波形記録との比較

坪井誠司 海洋研究開発機構地球内部変動研究センター

■ 統計モデルによる南極プレートの地震活動解析

姫野哲人 情報・システム研究機構新領域融合研究センター

■ 極地を含むグローバル地震学と地殻構造・地震計について

中西一郎 京都大学大学院理学研究科・綿田辰吾 東京大学地震研究所海半球センター

(休憩:13:40-13:50)

進行:坪井誠司 海洋研究開発機構地球内部変動研究センター

■ 南極昭和基地におけるインフラサウンド観測による諸振動現象の検出

1. 固体地球・海洋振動起源の微気圧変動

石原吉明 国立天文台・RISE月探査プロジェクト

■ インフラサウンド観測による諸振動現象の検出に向けて 2:大気起源

山本真行・鈴木敏史 高知工科大学

■ 地震に伴う微気圧変動について -岩手・宮城内陸地震を例として-

長尾大道・深尾良夫・石原 靖・幸 良樹・坪井誠司 海洋研究開発機構地球内部変動研究

センター

■ 地表-電離圏音波共鳴現象の検出例とその特性

家森俊彦・松村充 京都大学大学院理学研究科

(休憩:15:10-15:20)

進行:中西一郎 京都大学大学院理学研究科

■ 昭和基地で観測された非地震性振動とその極域環境モニタリング活用への課題

名和 一成 産業技術総合研究所

■ リュッツォホルム湾沖における海底圧力計観測とその課題

早河英章 国立極地研究所

■ GRiD MTによる南極氷河活動のモニタリングの可能性について

川勝 均 東京大学地震研究所海半球センター

■ 国際極年(IPY 2007-2008)の東南極での広帯域地震学研究

金尾政紀 国立極地研究所

■ 南極大陸内陸部での無人磁力計展開計画

山岸久男 国立極地研究所

(休憩:16:40-16:50)

第2部: 将来計画 進行: 宮町宏樹 鹿児島大学理学部

- 第VIII期計画の概要について
白石和行 国立極地研究所
- 「新しらせ」と船上での地球物理学的研究
野木義史 国立極地研究所
- 昭和基地周辺のモニタリング観測の現況と展望
土井浩一郎 国立極地研究所
- 総合研究大学院大学とPolar Scienceについて
澁谷和雄 国立極地研究所
- 議 論(初日を終えて、18:10-18:30)

9月9日(火)9:30~12:00

於: 研究棟2F・講義室

第2部: 将来計画(つづき) 進行: 金尾政紀 国立極地研究所

- 広帯域、インフラ研究・観測の展望について(議論)
- IPY 計画: AGAP/GAMSEIS オペ、機材準備確認、人員確認
- 第VIII期計画のプロジェクト策定について(議論)
- その他、将来計画、展望
北極域、南極の他地域、国際共同、等

成 果:

極域で観測される様々な固体地球振動のうち、氷床・海氷・海洋・大気等に関連する波動現象について最新の成果の情報交換を行った。南極大陸周辺で発生する局所地震や氷震については、主に大陸縁辺部や氷河の下流・河口に多いことが、南北両極の様々な場所の観測結果から示された。この振動現象の発生原因が、温暖化に伴う氷河の流動に伴う「氷」自体の破壊か、また氷河底面での基盤との摩擦によるものか、また別の要因としての氷床変動に伴う地殻隆起等のテクトニック起源か、など未解明な部分が非常に多い。また地表の地震動が大気を励起し、さらに電離圏で音波共鳴現象を引き起こす等、今後物理特性の解明が急務である。

集会では、近年の関連する観測研究の動向を包括的に振り返り、国際極年2007-2008以後に期待すべく観測項目を再検討し、将来数年~10年スケールの具体的な年次計画を策定することができた。現在進行中の国際極年に関連したJARE、並びに外国共同観測(POLNET, AGAP/GAMSEIS)について、具体的な広帯域地震計観測の詳細内容、極域での観測システム構築、参加人員等について討議した。また、新砕氷船導入後のJAREにおける具体的な観測計画について意見交換を行い、今秋に提出予定の第VIII期計画(平成22年度、52次隊以降)のプロジェクトやモニタリング観測の原案について検討した。特に、氷河地震活動のモニタリングに有用と思われる、無線LANとGRiD MT等を併用した観測システムの導入が検討された。

極域に発生起源をもつ特徴的な自然地震波群は複数の起源に分類され、既存のグローバル観測網の空間分解能では検知できないものが多い。そのため国際極年を契機に両極域の観測点網のさらなる増強が望まれる。現在の地球温暖化が、最も顕著に現れる極域で具象化した現象の一つとして、本集会で扱った特徴的な波動現象の総合的な理解が、今後ますます重要になるとされる。

(以上)

研究課題名： 南極大気エアロゾル観測と観測結果検討のための研究会

日時： 2008年7月31日 10:00～18:00 データ検討会
8月1日 10:00～17:00 南極エアロゾル研究会

場所：極地研究所 研究棟2階 講義室

参加者（敬称略・出席リスト記載順）

7月31日：長田和雄（名大・院）、島村哲也（気象庁）、矢吹正教（千葉大）、橋田元（極地研）、和田誠（極地研）、塩原匡貴（極地研）、鈴木香寿恵（極地研）、中島英彰（環境研）、西田千春（名大）、林政彦（福岡大）、中島浩一（気象庁）、小林拓（山梨大）、須藤健吾（名大・院）、菊地正（山口東京理科大）、原圭一郎（福岡大）

8月1日：長田和雄（名大・院）、島村哲也（気象庁）、矢吹正教（千葉大）、橋田元（極地研）、和田誠（極地研）、塩原匡貴（極地研）、中島英彰（環境研）、西田千春（名大）、林政彦（福岡大）、小林拓（山梨大）、菊地正（山口東京理科大）、原圭一郎（福岡大）、山内恭（極地研）

開催の目的：

JARE45-47 にエアロゾル重点越冬観測が実施された。また、重点観測に合わせて、海鷹丸による昭和基地沖合でのエアロゾル観測（JARE46 夏）、Neumayer 基地、Kohnen 基地、S17 周辺での日独共同航空機エアロゾル観測（ANTSYO/AGAMESE:JARE48 夏）も実施された。これらの観測結果については、各担当者が分析・解析を進めている段階だが、成果発表をしていくにあたり相互の結果の比較が重要となる。また、現在のエアロゾル観測の状況・改善点の検討し、エアロゾル観測の将来計画を議論していくことも今後のエアロゾル観測を実施していく上では必要不可欠となる。本研究小集会では、観測結果の相互比較を行うこと、現状のエアロゾル観測の問題点を把握すること、将来計画を議論するために、研究会を開催した。

経過：

研究会は下記の内容で開催された。

7月31日（木曜日）：エアロゾル観測データ検討会

10:00-10:15：エアロゾル重点観測期間中のエアロゾル観測項目の概要

原（福岡大）

■ 海鷹丸・しらせなどによる船上観測結果

10:15-10:45：海鷹丸・しらせでのエアロゾル物理特性（仮題）

矢吹（千葉大）

10:45-11:15：海鷹丸南極海航海において観測された

エアロゾル粒子個数粒径分布	西田 (名大)
11:15-11:45: 海鷹丸での大気エアロゾルに関する測定結果	小林 (山梨大)
11:45-12:10: 南極周辺海域でのエアロゾル粒子組成とその特徴	原 (福岡大)
12:10-12:25: 新しらせ関連の今後の予定ほか	塩原 (極地研)

■昭和基地でのエアロゾル観測

13:15-13:50 45 次観測他から	長田 (名大)
13:50-14:25 46 次観測他から	原 (福岡大)
14:25-15:00 47 次観測他から	矢吹 (千葉大)
15:00-15:20 47 次越冬期間中のオゾン濃度の特徴 ン)	渡井 (マリンワークジャパ)
15:30-15:50 モデルから見た南極大気中の物質循環	代理:橋田 (極地研) 須藤(名大)
15:50-16:10 トラジェクトリー解析から見た物質循環	鈴木(極地研)

■昭和基地上空のエアロゾル観測

16:10-16:30 昭和基地における PSC の観測	中島(環境研)
16:30-16:50 JARE48 エアロゾルゾンデ観測概要	島村 (気象庁)
16:50-17:10 これまでのエアロゾルゾンデ観測	林 (福岡大)
17:10-17:30 航空機観測から見た南極大気エアロゾル	原 (福岡大)

8月1日(金曜日):第11回南極エアロゾル研究会

■観測報告と観測計画

10:00-10:20 第48次隊によるエアロゾル関連観測報告	中島 (環境研)
10:20-10:40 JARE49 夏の日ス・トラバースでのエアロゾル観測	原 (福岡大)
10:40-11:00 JARE49 でのエアロゾル観測経過	和田 (極地研)
11:00-11:20 海鷹丸での南極海エアロゾル観測	長田 (名大)
11:20-11:40 50 次でのエアロゾル・大気観測	和田 (極地研)

■今後のエアロゾル観測(将来計画)

13:15-13:40 第8期からのエアロゾル観測:モニタリングとプロジェクト観測	和田 (極地研)
13:40-14:10 直接観測による成層圏・対流圏のエアロゾルモニタリング	林 (福岡大)
14:00-14:30 海氷縮退時の長期氷縁停泊観測による大気-海洋物質交換の研究	長田 (名大)
14:30-15:00 AWI 航空機による南極内陸ドームコネクション観測	山内 (極地研)
15:00-15:20 昭和基地及び大陸氷床上の降水と水蒸気分布の観測	平沢 (極地研) (代理:原・福岡大)

■総合討論

論文の共同執筆の可能性/注目すべき現象、解析をする項目など/今後の研究課題など(将来計画と関連する)/具体的な将来計画案に向けて

成 果 :

研究会初日は、JARE45-48 時期に行われたエアロゾル観測の結果に関するデータ検討会を開催した。JARE44-48 時期に南極地域の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えられた結果についての紹介がなされ、各担当者が解析途中のデータを比較し、データの解釈や各担当者が必要としているデータについて討論を細かく実施した。各データの比較・検討から観測結果の整合性も確認することができただけでなく、今後の課題も浮き彫りにすることができ、さらに、今後の解析作業の優先順位や予定も相互に統一の見解を持つことができた。また、研究会でのデータ比較と検討が基となった一部の内容に関する論文の投稿準備に取り掛かっている。

2 日目は、最新のエアロゾル観測報告と観測計画の紹介、今後の観測計画の提案やその議論を行った。昨年の研究会報告で示唆された昭和基地でのエアロゾル観測の改良点を基にして、現場対応をしてもらった隊員からの越冬観測報告から、改善点と改良点の詳細な報告がなされた。また、今年度申請する予定である VIII 期の計画に向けた各々のエアロゾル観測の方向性の提案がなされた。今後の観測方針・計画を練る上で、各提案を議論の俎上へ挙げることができ、具体的な VIII 研究観測案を煮詰めることが可能となった。また、今後の研究課題の整理や具体的な改正作業方針の見解について相互に共有することも可能となり、現在の解析作業の基となっている。

(研究集会報告書)

研究課題名：「極限環境における微生物研究の現状と展望」

REGAL/MERGE Joint Meeting

開催日： 平成21年1月26日

開催場所： 国立極地研究所

出席者： 長沼毅・中井亮佑・松崎雅広(広島大)、今中忠行(立命館大)、田辺祥子(神戸大)、瀬戸浩二(島根大)、伴修平(滋賀県立大)、黒沢則夫(創価大)、長島秀行(東京理科大)、吉村義隆(玉川大)、澤辺智雄・福井学(北大)、井上源喜(大妻女子大)、星野保(産総研)、神田啓史・伊村智・工藤栄・内田雅己・植竹淳・瀬川高弘(国立極地研究所)

開催の目的： 南極湖沼を中心に近年進展しつつある微生物研究について、最新の動向や研究の展開を紹介し、情報交換を行う。

経過：

出席者よりの11件の研究発表およびプロジェクト紹介があり、活発な討議が行われた。詳細は、添付のプログラムを参照のこと。

成果：

現在、極域の微生物研究は、日本人研究者によって主導されるIPYのMERGEプロジェクトのもとにまとめられつつある。実質的な研究内容でも主導的立場に着くべく、国内研究者の集会を企画したものである。

各研究者は、様々な環境からの微生物を様々な研究方法で解析しており、一堂に会しての研究会は、さながら総合研究プロジェクトの様相を呈した。国内において、これだけの幅広い微生物研究体制が確立できていることは、これからの国際的な進展が非常に楽しみである。

平成 20 年度研究集会

「極限環境における微生物研究の現状と展望」

REGAL/MERGE Joint Meeting

平成 21 年 1 月 26 日(月) 1000-1730

- 1000- ご挨拶 神田 (極地研)
- 1015- 国内外の動向 伊村 (極地研)・長沼 (広島大)
- 1030- 南極コケ坊主生態系における微生物相の解析 中井 (広島大)
- 1100- 南極由来の新規微生物 今中 (立命館大)
- 1130- 顕微鏡法による極限環境微生物探査 吉村 (玉川大)

1200-1300 昼食

- 1300- 南極湖沼の微生物群集構造：現在までの知見 澤辺 (北大)
- 1330- 凍結環境中で増殖する酵母菌 星野 (産総研)
- 1400- 南極の湖底堆積物コアによる環境変動の推定 井上 (大妻女子大)
- 1430- 山岳および極域アイスコアでの生物解析 植竹 (融合センター)
- 1500- 南極氷床下の微生物解析の現況 瀬川 (融合センター)

1530-1600 休憩

- 1600- 極域における原生生物の分布、多様性および好冷適応；今後の課題
福井 (北大)
- 1630- 南極湖沼における藻類群落の光生理・生態学的研究 田邊 (極地研)
- 1700- JARE-51 における観測計画 内田 (極地研)
- 1730- 閉会

(研究集会報告書)

研究課題名： 東南極地域の内陸氷床トラバース探査に関する研究集会（第1回目）

開催日： 平成20年9月29日

開催場所： 国立極地研究所 2階講義室

出席者： 以下の12名

東久美子（国立極地研究所）
藤田秀二（国立極地研究所）
福井幸太郎（国立極地研究所）
古川晶雄（国立極地研究所）
伊村智（国立極地研究所）
川村賢二（国立極地研究所）
スーディク スィルヴィアン（国立極地研究所）
中澤文男（融合研究センター）
榎本浩之（北見工業大学）
杉山慎（北海道大学）
植本陽（北海道大学環境科学院）
原圭一郎（福岡大学理学部）

開催の目的：

日本・スウェーデン合同の内陸氷床トラバース観測の現地観測が完了し、データ分析やサンプル処理に基づく今後の研究について議論をする研究会合として実施する。現地観測に参加した研究者と支援をした研究者が会して議論をする。内陸探査の実施経過とこれまでに得られた成果を俯瞰し、今後の推進体制や研究展開のストラテジーについて議論を深める。

経過：

実際には9:30-15:30の実質5時間程度を使った研究集会とした。事前配布資料等をできるだけ使用し、限られた時間で合理的な情報交換ができるよう務めた。実質の情報交換を目的としたため、タイムキープについては柔軟に対応した。特に以下の点で参加者にメリットがでるような研究会になるようにつとめた。

- ・ 各観測・研究項目について、データのとりまとめ進捗現況やとりまとめ予定がみえる。

- ・ 特に、メタデータ（データカタログ）を具体化する作表作業を実施した。
- ・ 他の方々に優先して供給や解析をしてほしいデータを明確にし、研究間の相互作用の促進をはたらきかけた。
- ・ 論文とりまとめプランについて、希望や意見交換を実施した。

成 _____ 果：

日本・スウェーデン合同の内陸氷床トラバース観測の現地観測が完了し半年が経過したタイミングで、現地観測に参加した研究者と支援をした研究者が会して議論をした。研究の具体的な進捗を促すために必要なものであり、このタイミングでの情報交換や議論の成果があったと考える。なお、この研究会の第2回会合を、12月4日前後に実施を予定している。

(研究集会報告書)

研究課題名：東南極地域の内陸氷床トラバース探査に関する研究集会（第2回目）

開催日：平成20年12月4－5日

開催場所：国立極地研究所 2階講義室

出席者：以下の19名

東久美子（国立極地研究所）
本山秀明（国立極地研究所）
藤田秀二（国立極地研究所）
福井幸太郎（国立極地研究所）
川村賢二（国立極地研究所）
スーディク スィルヴィアン（国立極地研究所）
中澤文男（融合研究センター）
榎本浩之（北見工業大学）
杉山慎（北海道大学）
植本陽（北海道大学環境科学院）
原圭一郎（福岡大学理学部）
亀田貴雄（北見工業大学）
山内恭（国立極地研究所）
Per Holmlund（ストックホルム大学）
Margareta Hansson（同上）
Tobjorn Karlin（同上）
Susanne Ingvander（同上）
Johan Strum（同上）
Malin Johansson（同上）

開催の目的：

日本・スウェーデン合同の内陸氷床トラバース観測の現地観測が完了し、データ分析やサンプル処理に基づく今後の研究について議論をする研究会合として実施した。現地観測に参加した日本とスウェーデン両国の研究者（5名＋4名、計9名）と支援をした研究者が会して議論をすすめた。内陸探査の実施経過とこれまでに得られた成果を俯瞰し、今後の推進体制や研究展開のストラテジーについて議論を深めた。

経 過：

- ・ 一日半を使った研究集会とした。計18の講演を、余裕をもった時間(1講演15-30分程度)ですすめ、議論を重ねた。データ処理の現状を俯瞰した。(プログラムは別紙に記載)

成 果：

日本・スウェーデン合同の内陸氷床トラバース観測の現地観測が完了し約半年が経過したタイミングで、現地観測に参加した両国の研究者と支援をした研究者が会して議論をした。研究の具体的な進捗状況を確認し、このタイミングでの情報交換や議論の成果があったと考える。時間をかけた議論に加え、夕刻には懇親会を実施し、顔をつきあわせ今後の研究上の意志疎通が容易にできる環境をつくることができたと考えている。今後の科学コミュニティに対する報告の機会や方針を検討したほか、今後の研究会やフィールド調査の可能性についても意見を交換した。

集会名:「極域を含む学際的地球科学推進のためのeGYメタ情報システム構築の検討会」
(申請書代表:能勢 正仁 京都大学理学研究科)
(英語名:Workshop on establishing meta information system at electric Geophysical Year (eGY)
to promote interdisciplinary Earth sciences including polar region)

開催日:平成20年11月10日(月)~11日(火)

場 所:つくば市・産業技術総合研究所

出席者:

能勢正仁・家森俊彦・奥村 純(京都大学大学院理学研究科)、深尾良夫・草野完也・長尾大道・坪井誠司(独立行政法人海洋研究開発機構)、長沼 毅(広島大学生物圏科学研究科)、西尾龍象(愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)、D. N. Baker(コロラド大学大気宇宙物理研究所)、M. Parsons(コロラド大学雪氷学世界データセンター)、姫野哲人(情報・システム研究機構新領域融合研究センター)、藤井理行・門倉昭・金尾政紀(国立極地研究所) 計15名。

目 的:

地球科学諸分野間の学際的研究を推進するためには、異なる分野のデータや研究グループの情報を適切なメタ情報システムを構築して、簡便かつ的確に把握することが有効であると考えられる。この研究集会では、異なる地球科学分野のデータ関係者が集まって、そのようなシステム構築の方法を検討する。平成20年11月にはつくば市で「IGYから50年—最新情報技術と地球・太陽の科学—」シンポジウムが開催され、IPYおよびeGYに関係する国内外の研究者が多数参加する。この国際シンポジウムと並立して開催することで、より多くの成果が期待できる。

経 過:

11月10日(月) 午後

Iyemori, T. and Japanese eGY committee	eGY Activities in Japan
Baker, D.N.	eGY: Progress Toward a Global Earth and Space Science Informatics Commons
Fujii, Y.	International Polar Year and the Japanese Antarctic Research
Naganuma, T. and A. Wilmette	MERGE as a pole-to-pole, microbe-to-globe project of IPY
Parsons, M.	Scientific Data as the Core Legacy of IPY
Kanao, M., A. Kadokura, T. Yamanouchi and K. Shiraishi	Present Status of Science Database & Japanese National Antarctic Data Center

11月11日(月) 午前

Kadokura, A., N. Sato, H. Yamagishi, T. Aso, M. ICESTAR Program in Japan during
Tutumi, A.S.Yukimatu, Y. Ogawa, M. Taguchi, K. IPY2007-2008
Sato and Y. Ebihara

Nose, M., T. Iyemori, M. Takeda, H. Toh, M. Present Status and Future Perspective of
Kunitake and S. Watari AE/Dst Index Derivation

Kusano, K., D. Shiota, S. Inoue, R. Kataoka, T. Multi-scale Modeling of Solar Terrestrial
Miyoshi, E. Asano, T. Matsumoto, T. Yamamoto, Environment System
T. Ogino and K. Shibata

Fukao, Y. The atmosphere, ocean and solid Earth as a
coupled seismic oscillation system

成 果:

極域を含む地球・惑星観測データの収集、及びその利活用に必要なとされる先端情報技術の現状と地球惑星科学研究推進の将来像を展望した。具体的には、遠隔地でのデータ収集と通信ネットワーク、データベースやヴァーチャル・オブザーバトリー構築、データマイニング等、地球惑星科学の情報技術基盤構築や研究成果の社会還元に関連する幅広いテーマを対象に議論した。

こうした異なる分野のデータや研究グループの情報交換を行うことで、地球科学諸分野間の学際的研究を推進するための、適切なメタ情報システム構築に向けての基礎情報を共有することができた。さらに、国際地球観測年(IGY)+50周年事業としての、現在進行中の関連国際プログラム(eGY、IPY、IHY、IYPE、他)の研究成果を集積・融合・発展させ、汎地球惑星環境研究のための情報技術をキーとする学際的連携を一層に強化することができた。

(以 上)

研究集会報告書

研究課題名：ドームふじ氷床コア中の微隕石：
その起源とイベントによる大気環境への影響評価

開催日時：2008年12月01日（月曜日）10:00~17:00

開催場所：国立極地研究所6階講堂

出席者：原田明理（東大地惑）、富山隆將（JAMSTEC高知コア）、西泉邦彦（UCB）、佐藤幹哉（国立天文台）、楠野葉瑠香（立正大）、渡部潤一（国立天文台）、ほか24名。

開催の目的：

昨年、東南極ドームふじ氷床コア2641mと2691mに微隕石層が発見された。この2層は2000km以上離れたドームC氷床コアにおいてみつかった微隕石層と同一である。つまり、43万年そして48万年前に大量（推定数Mton）の惑星物質が飛び散った大規模なイベントであったということがわかってきた。微隕石の（惑星物質）研究者だけではなく、インパクト、天文、雪氷、大気分野の研究者もふくめて研究の進捗状況を確認し、共通認識を持つための研究会である。この研究会を契機に、ふたつの地球外物質降下イベントに関連して、分野の異なるメンバーにより新たな共同研究を立ち上げる。

経過：

10:00~10:20 ドームふじ氷床コア掘削概要 本山秀明（極地研）

10:20~12:30 ドームふじ氷床コア中の微隕石層

組織およびバルク組成 富山隆將（JAMSTEC）

希ガス 長尾敬介（東大）

酸素同位体 三澤啓司（極地研）

宇宙線生成核種 西泉邦彦（UCB）

13:30~13:50 ドームふじ氷床コアにおける

微隕石が発見された40-50万年前のダストの変動 三宅隆之（極地研）

13:50~14:40 小天体の大気突入と氷床衝突の物理について 杉田精司（東大）

14:40~15:20 天文学的現象による地球へのダスト降着 渡部潤一（国立天文台）

15:20~15:40 南極氷床域の気象と気候：

大気と物質の輸送に関連して 平沢尚彦（極地研）

15:40~16:00 ドームふじ氷床コアの示準層としての微隕石層：

テフラ層との比較から 河野美香（Univ. Goettingen）

16:00~16:30 海底コアからETイベントを探す 富山隆將（JAMSTEC）

16:30~17:00 Irを指標として

氷床コアから地球外物質の供給量をさぐる 関本俊（京大）

成 果：

ドームふじ氷床コア中の微隕石層の起源として、以下の共通認識を得た。サイズの大きな始原的天体が氷床に衝突して、溶融したものが飛散した。氷クレーターの氷起源の酸素と溶融したケイ酸塩の酸素が同位体交換反応をしている。衝撃時に生成したと考えられるプリュームについて、サイズがどの程度であったのか現時点で推定することは困難である。微隕石の母天体は、小惑星衝突時に形成された微細な粒子ではなくサイズの大きな物質であった（おそらく100mを超える）。また、氷クレーターを形成したイベントが大気環境に影響をおよぼすか、衝撃の規模がそれほど大きくないことから、現時点では検出が難しいのではないかという意見がでた。

南極周辺の海底コア試料をもちいて、微隕石イベントがどの程度広範囲に影響を及ぼしたか解明する準備すすんでいることが報告された。ただし、宇宙物質は地球物質に希釈されてしまっているので、Irなどの白金族元素存在度と希ガス同位体によって判断する場合に、どちらが感度がよいのか議論になった。

研究集会報告書

研究課題名：両極域における海洋環境と気候変動研究に関する研究集会

開催日：平成 21 年 3 月 11 日

開催場所：国立極地研究所

出席者：所外 11 名、所内 8 名 計 19 名

北内英章 (JAMSTEC 地球環境フロンティア研究センター)

鮎川航太 (東京海洋大学)

平野大輔 (東京海洋大学)

平譚享 (北大院水産)

堀雅裕 (JAXA 地球観測研究センター)

立花義裕 (三重大学)

小野敦史 (東京海洋大学)

橋田元 (極地研)

戸田亮二 (東京海洋大学)

後藤晴香 (東京海洋大学)

茂木正人 (東京海洋大学)

平沢尚彦 (極地研)

倉持章子 (極地研)

真壁竜介 (極地研)

多田雄哉 (東大海洋研)

飯田高大 (極地研)

和田誠 (極地研)

鈴木香寿恵 (極地研)

高橋邦夫 (極地研)

開催目的：

分野を問わず北極・南極研究の途中経過、まとめ、今後の計画、あるいは他の研究者に期待したいことなどを自由に議論できる若手中心の情報交換の場を設け、極域研究のコミュニティーの相互理解と発展を目指すことを目的とする。極域に関する研究でどの

ようなことがなされているかを理解し、ボトムアップで具体的な共同研究につなげることを目指す。研究成果だけでなく計画や宣伝、今後のこの研究集会のすすめ方なども併せて議論していく。

経過：(400字)

この会は6、7年前に始まった北極勉強会という極域にかかわる(若手)研究者の情報交換を目的とするインフォーマルな研究会として、海洋研究開発機構(JAMSTEC)を中心に開催されてきた。昨年からは北極域だけでなく南極域にも話題を広げ開催されている。今回は、本格的に南極域に関する話題も取り上げたく、また、極域研究の若手育成・極域研究発展、JAMSTEC、JAXA、極地研の協力体勢をさらに発展させるため、極地研究所にて開催することになった。

成果：

2009年3月に両極域における海洋環境と気候変動に関する研究集会が行われた。この研究集会は、長年、JAMSTECを中心に、主に若手研究者が集まり北極域研究を中心に行われてきたもので、極地研の研究集会として両極域を扱う研究を主題とした開催は初めての試みであった。研究集会には、若手を中心とする所外11名、所内8名が参加した。今回の研究集会の特徴は、北極域、南極域、陸域、海域、海洋物理、雪氷、海洋生物、大気物理、観測系、リモートセンシング、モデリングと非常に幅の広い多分野・多手法の若手研究者が集まったことである。そのため、両極域の最先端科学を知ることができた上で、自分たちの研究の発展性、多分野研究の次世代連携について議論することができた。南極海で観測された海洋乱流の結果は、今後のモデリング研究への発展や、炭酸系の変動、栄養塩変動の解釈に活かされる可能性が示唆された。現在、南極海では動物プランクトン種のレジームシフトが起こっている可能性があるが、その変化と大気・海洋大循環に影響されると考えられる海氷分布変化の関係は、今後、明らかにしていくべき課題として示された。このように若い研究者らが一堂に会し、自分たちの行っている研究を幅広く知らせ、自由に議論し、自分たちで次の研究を発展させるようなボトムアップ的な研究集会を今後も引き続き行っていくことは、両極域の研究発展および若手育成に非常に重要な機会になると考える。

また、第VIII期日本南極地域観測体制を紹介する機会があり、若手研究者らに開かれた南極観測について興味を持っていただけた。

Ⅲ. 平成20年度共同研究課題一覧

1 平成20年度共同研究実施件数

区 分	研 究 分 野	平成20年度実施件数			平成20年度 終了件数	平成20年度 継続件数
		新 規	平成19年度 からの継続	計		
一般共同研究	宙 空 圏	12	17	29	9	20
	気 水 圏	10	8	18	9	9
	地 圏	9	14	23	8	15
	生 物 圏	8	14	22	6	16
	極 地 工 学	1	4	5	1	4
	計	40	57	97	33	64
研 究 集 会		7			7	0

2 一般共同研究

研究分野	研究課題	研究代表者		研究期間 (平成)
		氏名	所属・職	
宙空圏	レーダーおよび光学観測機器を用いた極域下部熱圏・中間圏の研究	野澤 悟徳	名古屋大学太陽地球環境研究所・准教授	18～20 3年
	オーロラ嵐とその学際領域の研究	三澤 浩昭	東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター・准教授	18～20 3年
	AKRスペクトル解析によるオーロラ粒子加速域の構造と発達過程の研究	森岡 昭	東北大学大学院理学研究科・特別教育研究教員	18～20 3年
	大気圏と電離圏との電磁結合に関する研究	早川 正士	電気通信大学電気通信学部電子工学科・教授	18～20 3年
	オーロラX線の発生機構と高エネルギー粒子加速の研究	中川 道夫	大阪産業大学工学部・客員教授	18～20 3年
	地球磁場減少に伴う超高層大気環境変動の総合調査	巻田 和男	拓殖大学工学部・教授	18～20 3年
	科学衛星「あけぼの」による波動観測と地上観測の対比による極域電磁圏プラズマの構造・ダイナミクス解明	小野 高幸	東北大学大学院理学研究科・教授	18～20 3年
	地上磁場観測網による磁気圏プラズマ密度の推定	河野 英昭	九州大学宙空環境研究センター・准教授	18～20 3年
	SuperDARNと地磁気・GPS-TEC・衛星データを用いた極域電磁圏ダイナミクス	細川 敬祐	電気通信大学電気通信学部・助教	19～20 2年
	ULTIMAを用いたグローバルな電磁場擾乱の解析研究	湯元 清文	九州大学宙空環境研究センター・教授(センター長)	19～21 3年
	衛星・地上多重同時観測によるULF波動の研究	利根川 豊	東海大学工学部・教授	19～21 3年
	ドームふじ基地における天文観測の調査検討	中井 直正	筑波大学大学院数理物質科学研究科・教授	19～21 3年
	極域における成層圏・中間圏の組成変動観測のための小型ミリ波放射計の評価と改良	水野 亮	名古屋大学太陽地球環境研究所・教授	19～21 3年
	オーロラ活動に伴う極域熱圏中性風の研究	栗原 宜子	名古屋大学太陽地球環境研究所・研究機関研究員	19～21 3年
	極冠帯・極光帯大気のエネギー力学	前田 佐和子	京都女子大学現代社会学部・教授	19～21 3年
れいめい衛星と地上レーダー網・オーロラカメラによる極域オーロラ現象の同時観測	平原 聖文	東京大学大学院理学系研究科・教授	19～21 3年	

研究分野	研究課題	研究者		研究期間 (平成)
		氏名	所属・職	
宙空圏	極域での昼夜自動観測を目的としたライダーシステムの検討	川原 琢也	信州大学工学部・准教授	19～21 3年
	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・准教授	20～22 3年
	Hall共役電流を用いたCowling効果解析手法の開発	吉川 顕正	九州大学宙空環境研究センター・助教	20～22 3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	20～22 3年
	極域衛星帯電に関するプラズマシミュレーション研究	臼井 英之	京都大学生存圏研究所・准教授	20～22 3年
	極域におけるGPSシンチレーション観測	大塚 雄一	名古屋大学太陽地球環境研究所・助教	20～22 3年
	オゾンホール回復過程の研究	柴崎 和夫	國學院大學文学部・教授	20～22 3年
	リモートセンシング観測とモデルの結合による極域電磁圏ダイナミクスの研究	田口 聡	電気通信大学電気通信学部・准教授	20～22 3年
	サブストームにともなう遮蔽電場の発達に関する研究	橋本 久美子	吉備国際大学政策マネジメント学部・准教授	20～22 3年
	GPSTECによる電離圏擾乱の時空間変動と地圏-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・准教授	20～22 3年
	EISCATレーダー用信号処理装置の開発	大山 伸一郎	名古屋大学太陽地球環境研究所・助教	20～22 3年
	広帯域世界ELF磁場計測ネットワークと極域総合観測による宇宙気候研究の構築	高橋 幸弘	東北大学大学院理学研究科・講師	20～22 3年
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	20～22 3年	
気水圏	同位体観測による北極域でのメタン変動の研究	中澤 高清	東北大学大学院理学研究科・教授	18～20 3年
	リモートセンシングデータを用いた南極域における水蒸気・雲変動の研究	久慈 誠	奈良女子大学理学部・講師	18～20 3年
	85GHz輝度温度画像を用いた冬期異常昇温現象の年変動に関する研究	畑中 雅彦	室蘭工業大学工学部・教授	18～20 3年
	極地氷コア中金属成分から探るエアロゾルの広域拡散過程	鈴木 利孝	山形大学理学部・准教授	18～20 3年

研究分野	研究課題	研究者		研究期間 (平成)
		氏名	所属・職	
気水圏	南極雪氷中の火山・宇宙起源物質の研究(Ⅲ)	福岡 孝昭	立正大学地球環境科学部・教授	18～20 3年
	小型無人航空機を用いた極域における大気・海氷観測に関する研究	猪上 淳	(独)海洋研究開発機構地球環境観測研究センター・研究員	19～20 2年
	氷床コア中のイリジウム分析による小惑星衝突の検出	矢坂 裕太	大阪大学環境安全研究管理センター・講師	19～20 2年
	ドームふじ深層コアの氷およびハイドレートの物理解析	堀 彰	北見工業大学土木開発工学科・准教授	19～21 3年
	極域メソスケール気象モデルの適応	遊馬 芳雄	琉球大学理学部・教授	20～22 3年
	南極氷床内陸域の雪氷学的研究	亀田 貴雄	北見工業大学工学部・准教授	20～22 3年
	南極氷床浅層掘削コアの詳細解析による環境変動解析	鈴木 啓助	信州大学理学部・教授	20～22 3年
	ドームふじ深層掘削データ解析による高圧温暖氷掘削の研究	古崎 睦	旭川工業高等専門学校・教授	20～21 2年
	エアロゾルゾンデデータによる南極エアロゾルの変動機構の研究	林 政彦	福岡大学理学部・教授	20～22 3年
	パルスパワー砕氷装置の開発	猪原 哲	佐賀大学理工学部・准教授	20～22 3年
	北極域における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	20～22 3年
	降雪粒子観測機器の特性および粒子判別法に関する研究	小西 啓之	大阪教育大学・准教授	20～22 3年
大気中粒子状物質評価法に関する研究	菊地 正	山口東京理科大学・教授	20 1年	
太陽光スペクトルを利用した極域のエアロゾル特性導出法に関する研究	久世 宏明	千葉大学環境リモートセンシング研究センター・教授	20 1年	
地圏	東ドロンニグモードランド・セールロンダーネ山地のテクトニクス	小山内 康人	九州大学大学院比較社会文化研究院・教授	18～20 3年
	東ドロンニグモードランドの地殻構造に関する地震学的研究	宮町 宏樹	鹿児島大学理学部・教授	18～20 3年
	凍土・周氷河プロセス観測網の極域への展開	松岡 憲知	筑波大学大学院生命環境科学研究科・教授	18～20 3年

研究分野	研究課題	研究代表者		研究期間 (平成)
		氏名	所属・職	
地圏	後期新生代未固結堆積物による東南極氷床変動史に関する総合的研究	前 杢 英 明	広島大学大学院教育学研究科・教授	18～20 3年
	極域海洋堆積物および南極・アフリカ等の岩石を対象とする磁気物性からみた古環境と地磁気変動の研究	酒 井 英 男	富山大学大学院理工学研究部・教授	18～20 3年
	南極海海洋底リソスフェアの進化に関する研究	島 伸 和	神戸大学内海域環境教育研究センター・准教授	18～20 3年
	東南極中央ドロンニングモードランドの変成作用・火成作用に関する研究	馬 場 壮 太 郎	琉球大学教育学部・教授	18～20 3年
	ミグマタイトの精密年代測定による深成変成帯の形成過程解明	中 島 隆	(独)産業技術総合研究所地質情報研究部門・主任研究員	19～20 2年
	衛星重力の応用とその地上検証に関する研究	福 田 洋 一	京都大学大学院理学研究科・教授	19～21 3年
	リュツォ・ホルム岩体産コンダライト中のザクロ石の微量元素累帯構造と部分熔融および年代測定可能な副成分鉍物の消長の関係解明	河 上 哲 生	京都大学大学院理学研究科・助教	19～21 3年
	東南極ナピア、リュツォ・ホルム岩体に産する造岩鉍物の微細組織解析および熱史への適用	三 宅 亮	京都大学大学院理学研究科・准教授	19～21 3年
	南極プレート発散境界インド洋海嶺の発展史に関する研究	松 本 剛	琉球大学理学部・教授	19～21 3年
	熔融脈を有する南極産隕石と地球岩石の再磁化特性に関する研究	中 村 教 博	東北大学大学院理学研究科・助教	19～21 3年
	リュツォ・ホルム湾沿岸の浅海及び湖沼堆積物についての環境磁気学及び古環境学的研究	佐 藤 高 晴	広島大学大学院総合科学研究科・准教授	19～21 3年
	両極域における上部マントル不均質構造に関する地震学的研究	中 西 一 郎	京都大学大学院理学研究科・教授	20～22 3年
	極域からみた地球深部～中心核のダイナミクスと地震学的構造	古 本 宗 充	名古屋大学大学院環境学研究科・教授	20～22 3年
	氷床縁辺部露岩域および大陸棚海底の地形・地質データを用いた後期更新世～完新世の南極氷床変動の復元	澤 柿 教 伸	北海道大学大学院環境科学院・助教	20～21 2年
	東南極ナピア岩体の原岩構成からみた太古代大陸地殻の形成と進化	石 塚 英 男	高知大学理学部・教授	20～22 3年
リーセルラルセン山地域ナピア岩体の放射年代測定、および岩石磁気・地球電磁気的研究	岩 田 尚 能	山形大学理学部・講師	20～22 3年	
非平衡コンダライトの分類と形成過程に関する研究	木 村 眞	茨城大学理学部・教授	20～22 3年	

研究分野	研究課題	研究代表者		研究期間 (平成)
		氏名	所属・職	
地圏	合成開口レーダ(SAR)による南極域の地表変化の時系列解析	大村 誠	高知女子大学生生活科学部・教授	20～22 3年
	石英中のチタンと鉄の分配から見た東南極ナピア岩体,レイナー岩体,リュツォホルム岩体の変成履歴の精密解析	川 寄 智 佑	愛媛大学大学院理工学研究科・教授	20～22 3年
	東南極リュツォ・ホルム岩体および周辺の地質体の再キャラクター化	廣 井 美 邦	千葉大学大学院理学研究科・教授	20～22 3年
生物圏	南極海・海氷域におけるクロミンクジラの分布密度	島 田 裕 之	(独)水産総合研究センター遠洋水産研究所・室長	18～20 3年
	繁殖期における大型動物の生理状態と行動の変動についての研究	坂 本 健 太 郎	北海道大学大学院獣医学研究科・助教	18～20 3年
	外洋性海鳥の行動測定によるホットスポットの海洋環境変動の研究	綿 貫 豊	北海道大学大学院水産科学研究院・准教授	18～20 3年
	極域表層土壌内有機炭素ダイナミクスの解明と温暖化影響評価	内 田 昌 男	(独)国立環境研究所化学環境研究領域・研究員	18～20 3年
	絶対的抗菌薬非暴露環境における耐性菌の出現と進化	田 村 豊	酪農学園大学獣医学部・教授	19～20 2年
	データロガーを用いた動物行動学研究	佐 藤 克 文	東京大学海洋研究所・准教授	19～20 2年
	低温および塩類ストレス環境下に生息する多価不飽和脂肪酸産生微生物の探索と同定	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	19～21 3年
	極域より分離した微細藻類や細菌の耐冷性、耐凍性の研究とその応用	長 島 秀 行	東京理科大学理学部第一学部・教授	19～21 3年
	海洋と南極湖沼における硫黄循環に対するジメチルスルホキシド(DMSO)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	19～21 3年
	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の実施	大 谷 修 司	島根大学教育学部・教授	19～21 3年
	南極における紫外線の生物に与える影響と、好冷性微生物を用いた機能性食品の研究	高 橋 哲 也	島根大学教育学部・教授	19～21 3年
	南極のラン藻類を中心とした湖底の藻類群集の光合成に関する研究	菓 子 野 康 浩	兵庫県立大学大学院生命理学研究科・准教授	19～21 3年
	海洋微生物の低温適応機構	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	19～21 3年
	オホーツク海沿岸域における海氷形成過程と基礎生産動態に関する研究	西 野 康 人	東京農業大学生物産業学部・講師	19～21 3年

研究分野	研究課題	研究代表者		研究期間 (平成)
		氏名	所属・職	
生物圏	極域微生物の生物地理的多様性に関する研究	長 沼 毅	広島大学大学院生物圏科学研究科・准教授	20～22 3年
	南極海における小型動物プランクトンおよび植物プランクトンの分布と生物量に関する研究	谷 村 篤	三重大学大学院生物資源学研究科・准教授	20～22 3年
	極域の環境変動情報に関する生物地球化学的研究	井 上 源 喜	大妻女子大学社会情報学部・教授	20～22 3年
	海氷生物群集の低次生産動態と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	20～22 3年
	環境変動が魚類の回遊動態に及ぼす影響に関する調査研究	河 邊 玲	長崎大学環東シナ海海洋環境資源研究センター・准教授	20～22 3年
	海水域の環境変動に対応する生物ポンプの変化に関する研究	佐 々 木 洋	石巻専修大学理学部・教授	20～22 3年
	極域および高緯度海域における地球温暖化の海洋生態系への影響	齊 藤 誠 一	北海道大学大学院水産科学研究院・教授	20～22 3年
	南極海に分布する魚類の系統及び生理・生態に関する研究	岩 見 哲 夫	東京家政学院大学家政学部・教授	20～22 3年
極地工学	南極条約地域におけるバイオプロスペクティング活動の国際法的検討	柴 田 明 穂	神戸大学大学院国際協力研究科・教授	18～20 3年
	極地における新エネルギー導入によるエネルギー対策に関する研究	木 村 茂 雄	神奈川工科大学・教授	19～21 3年
	南極地域観測隊装備衣料の意匠性と機能性についての研究	伊 豆 原 月 絵	大阪樟蔭女子大学学芸学部・准教授	19～21 3年
	南極における曝露繊維の表面特性変化機構の解明	奥 野 温 子	武庫川女子大学生生活環境学部・教授	19～21 3年
	昭和基地における再生可能エネルギー利用の最適化	西 川 省 吾	日本大学理工学部・准教授	20～22 3年

3 研究集会

研究課題名	研究代表者	所属・職
(1) 国際極年～新船導入後の南極域における固体地球の振動特性研究に関する検討会	松島 健	九州大学大学院理学研究院・准教授
(2) 南極大気エアロゾル観測と観測結果検討のための研究会	原 圭一郎	福岡大学理学部・助教
(3) 極限環境における微生物研究の現状と展望	伊村 智	生物圏研究グループ・准教授
(4) 東南極地域の内陸氷床トラバース探査に関する研究集会	榎本 浩之	北見工業大学教授
(5) 極域を含む学際的地球科学推進のためのeGYメタ情報システム構築の検討	能勢 正仁	京都大学大学院理学研究科・助教
(6) ドームふじ氷床コア中の微隕石の起源と微隕石イベントによる大気環境への影響評価	三澤 啓司	地圏研究グループ・准教授
(7) 両極域における海洋環境と気候変動研究に関する研究集会	北内 英章	(独)海洋研究開発機構・研究員

本報告書は、平成20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。