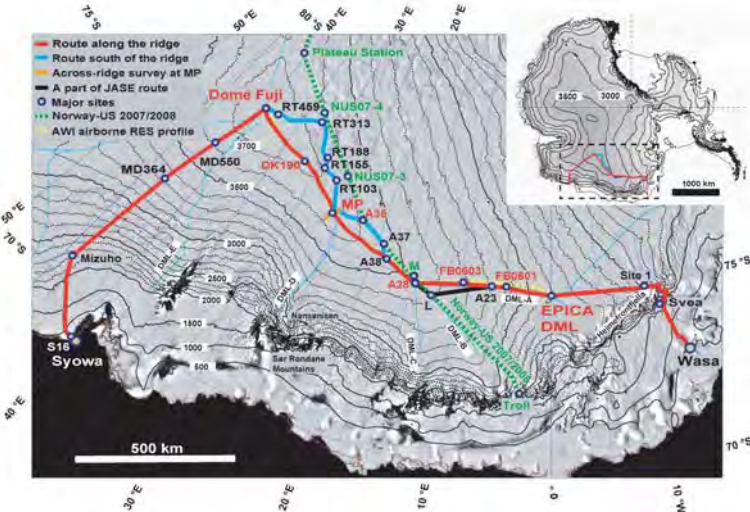


一般プロジェクト研究観測 P-1	研究代表者： 藤田秀二
<b>氷床内陸域から探る気候・氷床変動システムの解明と新たな手法の導入</b>	
研究目的：	
<p>ドームふじにおいて岩盤までの掘削を実施し、第四紀の気候と環境変動の実態、特に 10 万年周期の氷期サイクルの発現機構、太陽活動/地球磁場/地球環境の関係などを明らかにするため、過去 80 万年～100 万年に遡る氷床コアを採取し、コアの現場解析を実施する。また、南極氷床が氷に覆われた年代を推定するため、岩盤のサンプルを採取する。さらに掘削孔の検層観測を実施し、掘削孔精密温度測定、掘削孔傾斜、掘削孔径等を測定することにより、最深部の氷が溶けているのかどうかを明らかにし、地熱熱流量を推定するとともに、氷床流動に関する情報を得る。</p> <p>昭和基地、ドームふじ、コーネン基地、ワサ基地を結ぶルート上で、日本―スウェーデン共同トラバース観測を実施する。ルート上では積雪採取、浅層コア採取、気象観測、雪尺観測、アイスレーダ観測等を実施し、この地域の堆積環境、涵養量変化、気象、氷床内部構造を明らかにする。</p>	

実績・成果：	
<p>先に総合的な自己評価をのべ、その下に、項目毎の実績・成果をのべる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●観測の実績・成果が計画に照らしてどの程度得られたのか？ 各項目について、計画に照らして完遂といえる実績といえる成果を得た。</li> <li>●観測の目的をどの程度達成したのか？ 完遂といえる達成をした。</li> <li>●国際共同観測計画にどの程度貢献したのか IPYプロジェクト152に貢献する成果をあげ、南極Dronning Maud Landの広域をカバーする成果を得た。</li> <li>●観測の成果が他の研究にどの程度影響を与えているのか 国際共同観測計画のなかでも、高度な独自視点とこれまで蓄積してきた観測ノウハウを用いてきた。研究の質としては非常に高いものをあげつつある。ただし、成果の応用やインパクトの確認は今後最低数年～5年程度の注視を要する。</li> </ul> <p>1. 南極氷床存在システムを決定づける境界条件の解明</p> <p>1.1 氷床表面堆積の空間分布と時系列変化</p> <p>観測の実施から、これまでデータの極めて乏しかった南極内陸部の現在や過去の堆積量を複数の手法で明らかにした。そして、過去約15年間の年間平均の堆積量が、過去千年スケールの平均の年間堆積量を有意10-15%上回ることを明らかにした。地球温暖化に対応する南極での応答を検知した可能性があり、今後特に注視を要する。</p>	
	<p>図1: 東南極Dronning Maud Land における探査地域。昭和基地、ドームふじ基地、コーネン基地、それにワサ基地を結ぶ広域の氷床環境を調査した。赤線が主ルート、青線が帰路に探査した南方ルートである。同じ2007/2008年夏シーズンに実施された</p>

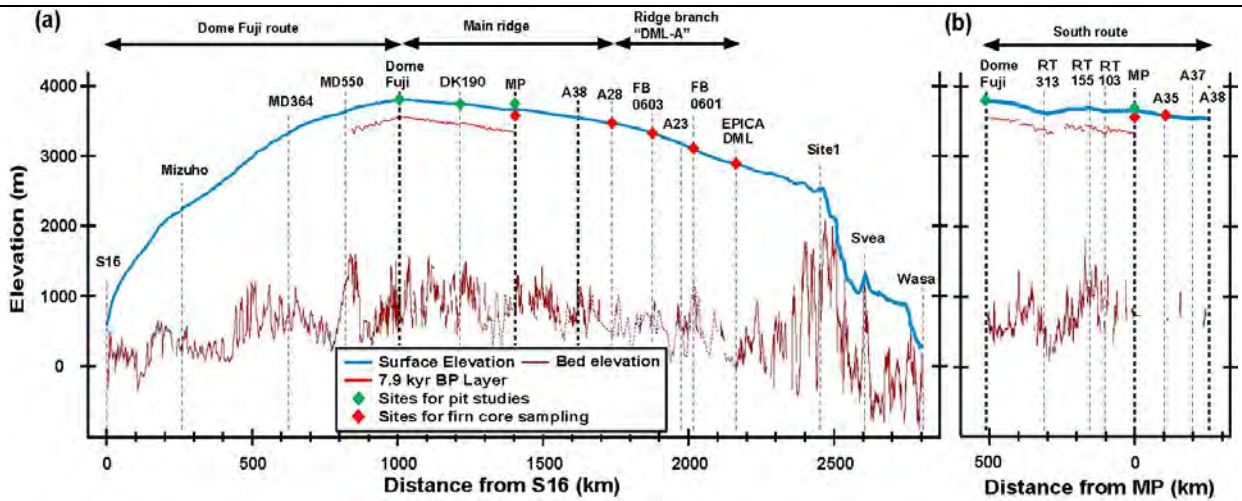


図2: 図1に示した氷床の断面図。表面地形と基盤地形が観測の結果明らかになった。これらのデータは、SCARのもとでの基盤地形図の国際編纂BEDMAP2に既に提出し、南極基盤地形図の更新に役立てられる。

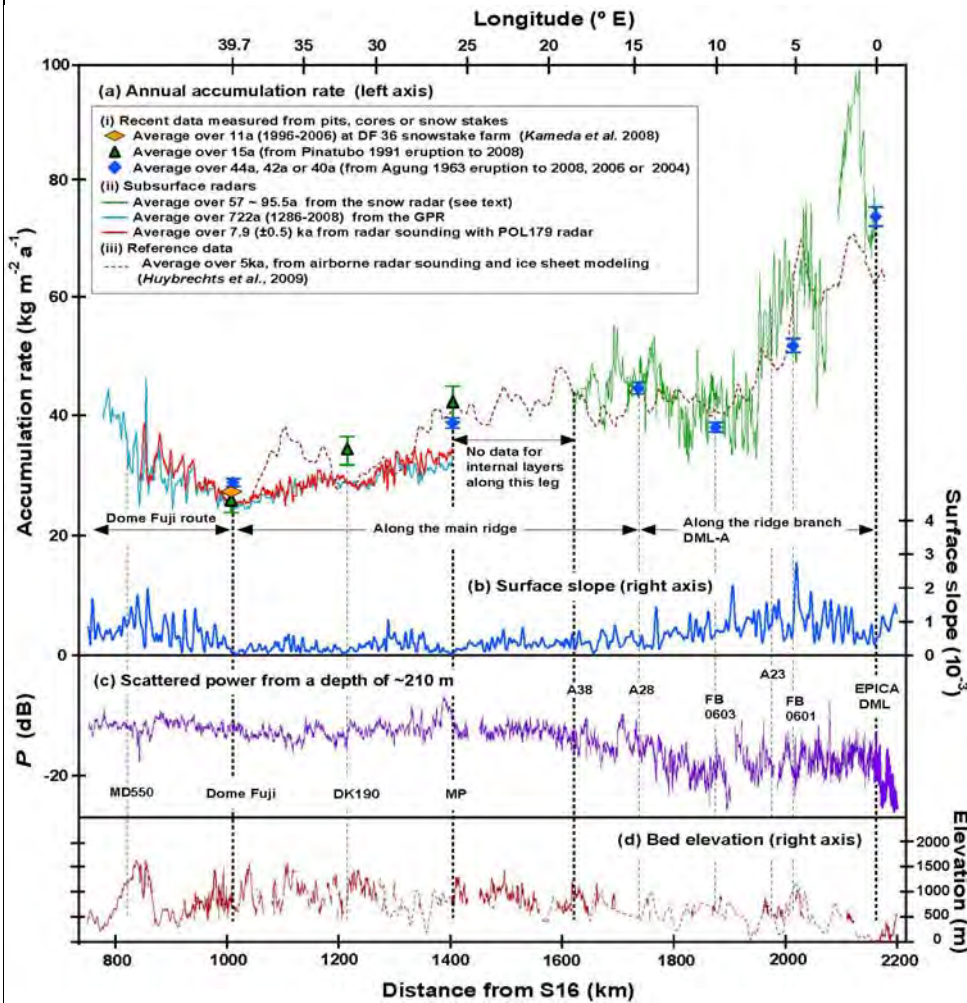


図3: 広域で判明した様々な時代における表面堆積率の導出結果。横軸は内陸でのS16からのルート沿いの距離。縦軸は、(a) 年間堆積率 (b) 氷床表面傾斜 (c) 氷床内部からの電磁波の散乱強度 (d) 岩盤の高度。これらのなかで、(a) では、20世紀後半の時代(各種マーカー)と、過去約700年(青線)、過去約7900年の年間堆積率(赤線)を比較し20世紀の後半の年間堆積率が、過去約700年や7900年の平均の年間堆積率よりも、有意に15%程度高いことを見いだした。日本スウェーデン会合点(MPと記載)からコーネン基地にかけての堆積分布も、氷床探査レーダ(緑色で記載)により明らかにした。A28-A23の区間で堆積率が大きく凹む領域があり、これは図4～図6に原因を示す。

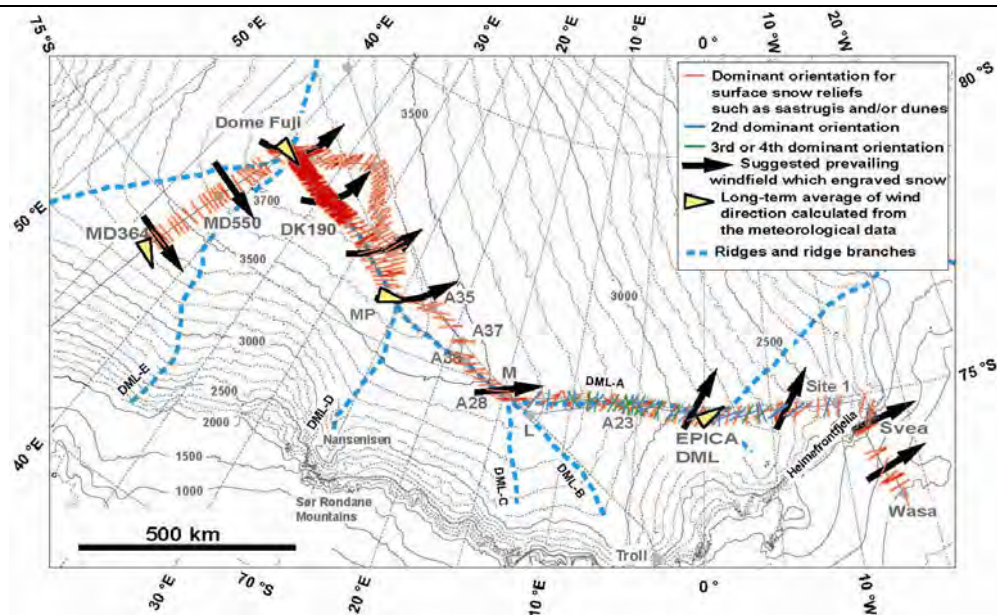


図4: 積雪表面の形態から明らかにした、DML域の強風イベントの方位の分布(赤、緑、青の線および黒矢印)観測は10km毎に実施された。自動気象観測装置のデータとの比較から、強風イベントは海岸付近に低気圧が接近した際に起こることがわかった。その際に、海から尾根越えの強風が吹き、積雪の再配分に寄与することがわかった。なお、本プロジェクトでは、日本スウェーデン会合点(MPと記載)に自動気象観測装置を設置し、データがオンラインでアクセス可能となっている。

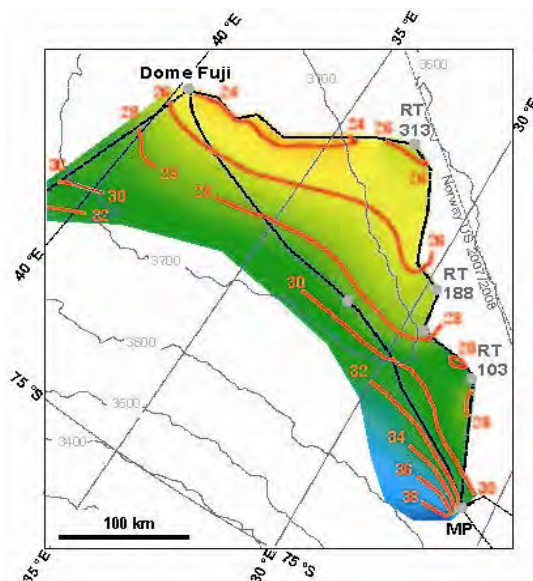


図5: 氷床探査用レーダから明らかにした、ドームふじ-日本スウェーデン会合点間の年間堆積量分布。ドームふじからコーネン基地に向かう尾根からみて海側と内陸側では、年間堆積量に大きなコントラストがあることがわかった。この図は、次の図6に示す、人工衛星搭載マイクロ波放射計(AMSR-E)の6.9GHzのPolarization ratioの分布とよく一致することを明らかにした。

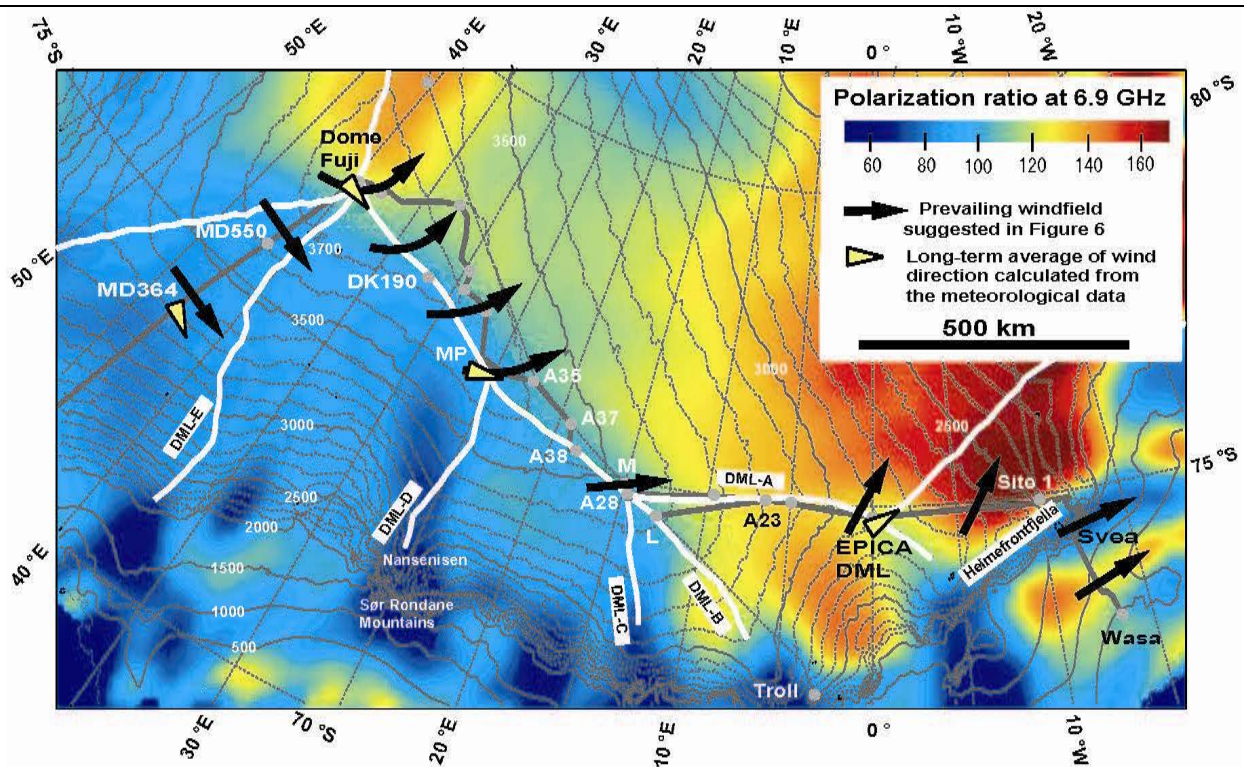


図6: 人工衛星搭載マイクロ波放射計(AMSR-E)の6.9GHzのPolarization ratioの分布。この値は、年間堆積率のプロキシーになるとされてきたが、図3や図5に示すような年間堆積率とよく一致する広域分布を示した。この人工衛星データと卓越風向の現地データから、年間堆積率を支配する要因が、高度、大陸性(海からの距離)、反時計回りに分布する卓越風と、尾根の位置関係によることが明らかになった。

## 1.2 氷床内部反射層の分布の解明

南極内陸部の広域で、レーダー電波反射層の空間分布を明らかにし、ドームふじコアに照らして年代決定を実施した。顕著な年代層が距離2000kmをこえて分布することを明らかにした。これらが、東南極氷床の動力的環境の解明や氷床コア掘削の際に、基準層として取り扱いができることを明らかにした。また、南極氷床が保持する気候信号

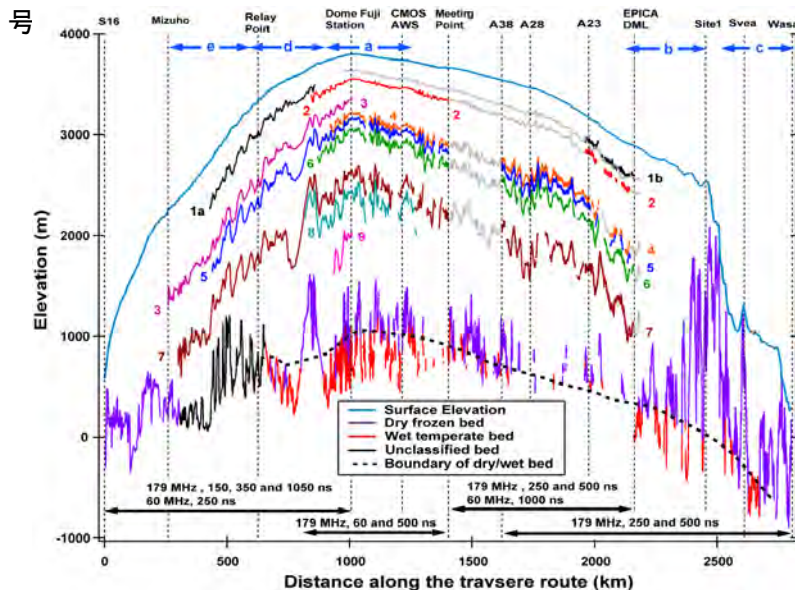


図7: みずほ基地、ドームふじ、コーネン基地を結ぶ氷床内部電波反射層の同定。いくつかの層については、みずほ基地からコーネン基地まで連結し、また、ドームふじコアとコーネン基地コアから年代を同定した。これらは、過去の堆積や氷床流動を探るための重要な情報となる。

### 1.3. 底面融解の空間分布の解明

氷床底面からのレーダーエコーの反射の特徴の分析から、氷床底面部の融解・凍結の分布を明らかにした。今後の氷床内部での温度分布のモデリングや動力学計算に重大なインパクトがある。

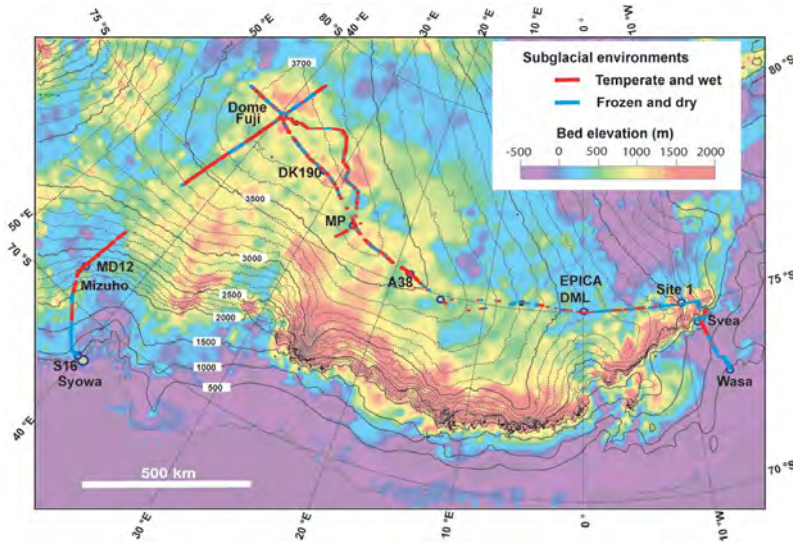


図8： 岩盤地形図のなかでの底面の状態を、融解（赤色）と凍結（青色）の地域に判別し記載。判別はルート上のみであるが、融解と凍結は、氷床表面高度と基盤岩高度に相関することが明らかになった。DML地域は、沿岸の山岳地域と氷床下の山塊上部をのぞけば、広域で底面が融解していることが判明した。

### 2. 南極氷床の層位の形成やその後の変態機構等の観測および研究

南極内陸部での積雪観測から、化学物質の堆積過程と、堆積後の時系列変化過程を明らかにした。特に、(1) 夏期の日射が、夏至を中心とする数週間の短期間に積雪の変態を著しく進行させることを明らかにした。(2) 氷床内部の酸素同位体の層位が、堆積後の水蒸気の移動プロセスに大きく支配されることを明らかにした。(3) 層位の形成過程を、氷床コア解析の手法を用いて明らかにした。

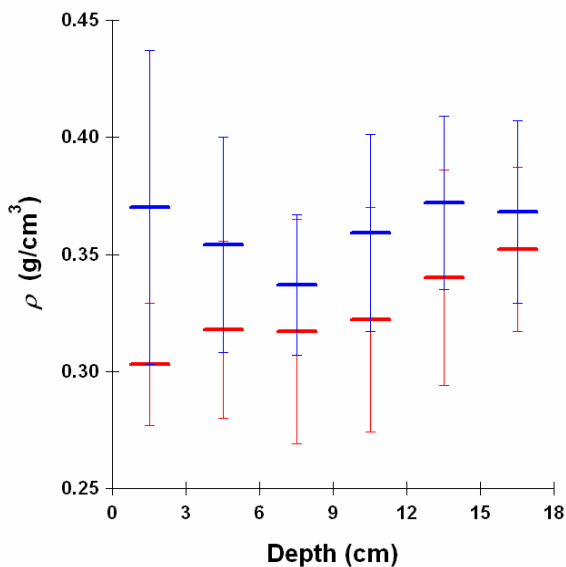


図9： 南極ドームふじ近傍での、2007年12月中旬の密度分布（赤）と、1月10日前後の密度分布（青）。夏至をはさんだ下記に、表面圧密が急速に進行したことを検知した。氷床コアのなかの氷と空気のなす幾何構造が、夏期の日射により生じることがかねてから指摘されてきたが、それを裏付ける観測結果を得た。

### 3. 表層・氷内部・氷下の極限環境生物の潜在性調査を実施

バクテリア採取用の雪試料や、花粉の採取を実施した。更に、氷床下湖の分布調査を実施し、ドームふじ既知近傍約50kmの距離にある湖を同定した。

その他、氷床内部探査レーダー観測、気象観測や表層部試料の採取をはじめとした大気雪氷相互作用の観測や試料採取を実施した。氷床ポラリメトリレーダ技術やマイクロ波放射計などの新手法を導入し観測情報の質と量の革新的な増大を実現した。

第Ⅶ期計画では、その初年度(48次隊)において第Ⅵ期計画の下で始まった第2期ドームふじ氷床深層掘削計画の掘削を完遂し、そして、48次夏期、49次夏期、51次夏期の3度にわたり国内への氷床コアの輸送を実施した。これにより順次国内に輸送をしたコアに基づき、国内において氷床コア研究の進捗があった。また、第2期ドームふじ氷床深層掘削計画の掘削孔を検層することにより、氷温の精密測定、掘削孔の傾斜測定等を実施し、最深部の氷が解けているのかどうかを明らかにし、地熱の熱流量を推定するとともに、氷床流動についての情報を得る観測を48次隊で実施した。さらに、49次隊のレーダー観測では、深層コア掘削地点であるドームふじとコーネン基地で、底面が融解状態にあることを明らかにした。

#### 観測の実績・成果が計画に照らしてどの程度得られたか：

- 計画以上あるいは、完璧に近い観測の実績・成果を得た。
- 計画通りの観測の実績・成果を得た。
- ほぼ計画通りで、十分な観測の実績・成果を得た。
- 計画が不備であったため、観測の実績・成果が不十分であった。
- 天候等不可抗力による理由で、観測の実績・成果が不十分であった。

#### 上記の判断をした理由

実施した観測、そして、得られた成果は、長期にわたった準備をした結果として、項目数、質、量、今後のインパクト、将来にわたるレガシーとしての価値は十分であったと考える。しかしながら、準備をして観測に臨んだ機器のうち、430MHz氷床探査レーダーの内部配線が現場で車輛の震動により破損し、国内での原因究明にあたったため第Ⅶ期中の再計測が実現できなかった。これが未達成点として残った。未達成点の重みを全体のなかでどうとらえるかという視点を要することになるが、上に事例を示してきたような多大な達成を加点法として考えたとき、上記の判断であるべきと考えた。

#### 研究目的をどの程度達成したか：

上記の観測結果としてのデータや資材料が処理され、解析され、論文として出版の途上にある。こうした研究展開がなされていることから、観測の実績・成果と同等の達成度と判断する。

#### 国際共同観測にどの程度貢献したか：

IPYのなかで、南極氷床内陸部の氷床環境を探査するプロジェクトとして、Trans-Antarctic Scientific Traverses Expeditions-Ice Divide of East Antarctica (ITASE-IDEA) No.152が実施されてきた。内陸調査隊が複数編成されてきたなかで、東南極DML地域の環境の把握に貢献した。日本とスウェーデンの協力を基盤とした観測であり、また、データ解析段階ではドイツの研究者も交え研究を展開している。

また、南極における深層氷床コア掘削はポストーク、ドームC、コーネン基地等で実施されているが、これまでデータがなかったドームふじにおいてデータを得ることは、非常に重要であり、IGPP-PAGES (Past Global Changes) の一環として他の地点の氷床コアデータと比較研究していく計画である。

また、一つの国の南極観測プロジェクトでは、探査できる地理的範囲が限定されてしまうが、多国間協力により、2800kmにわたる広域を1夏シーズンに調査する事例を実現したことが、将来の国際共同研究に求めるメリットのひとつを明確にできた点で高評価できると考える。

#### 他の研究にどの程度影響を与えているか：

国際共同観測計画のなかでも、高度な独自視点とこれまで蓄積してきた観測ノウハウを用いてきた。研究の質としては非常に高いものをあげつつある。ただし、成果の応用やインパクトの確認は、論文の出版とその引用について、今後最低数年～5年程度の注視を要する。

**この成果に関係する主要な論文:**

Fujita, S., J. Okuyama, A. Hori, and T. Hondoh, Metamorphism of stratified firn at Dome Fuji, Antarctica: A mechanism for local insolation modulation of gas transport conditions during bubble close-off, *Journal of Geophysical Research – Earth Surface*, 114, F03023, doi:10.1029/2008JF001143 (Electronic Reprint Access: <http://www.agu.org/journals/jf/jf0903/2008JF001143/> (The login ID and password: 61324414)), 2009

南極ドームふじ基地で採取された氷床コアの空気組成に過去数十万の南極の日射強度が記録されるメカニズムを解明した。氷床コアを用いた気候変動史の研究では、氷の年代を正確に決める必要がある。南極地域の日射強度の変遷は、太陽と地球の天文学的な軌道計算によりわかることから、空気組成のうちの「酸素・窒素比率」のデータをこれと比較することにより、年代を決定してきた。しかし、なぜ日射強度が酸素・窒素比率に影響をあたえたのかが未解明だった。研究グループが南極の雪の微細層構造を先端技術群を用いて調べた結果、夏に強い日射を受けた雪の層ほど硬くなり、より長い時間をかけて氷に変化することを見いだした。そして、時間の長さが氷床コア中の空気組成に影響を与えていることを説明した。本研究は、過去の気候変動の発生年代やタイミングの研究を進展させる基盤となる。本研究は、従来からすすめてきた南極フィルンの研究に南極内陸探査で得られた知見を加えてまとめられた。

Sugiyama, S., Enomoto, H., Fujita, S., Fukui, K., Nakazawa, F. and Holmlund, P., Dielectric permittivity of snow measured along the route traversed in the Japanese–Swedish Antarctic Expedition 2007/2008, *Annals of Glaciology*, In Press (28 Sep. 2009), 2009

南極内陸部の積雪の誘電率を、スノーフォークという誘電率計測装置を用いて調査した。この調査により、南極内陸部の積雪層構造を調査する手法としての誘電率計測の有効性を検証したほか、積雪のもつ微小幾何構造によって誘電率が決定づけられることを示した。この成果は、現在目下執筆作業中である南極内陸部の密度構造形成可過程を論じる論文の基盤になっている。

**その他特記事項:**

上に述べた主要な成果をまとめた論文として、以下が投稿目前にある。

題: Spatial and temporal variability of snow accumulation in Dronning Maud Land, East Antarctica, including two deep ice coring sites at Dome Fuji and EPICA DML

著者: S. Fujita and 27 others

投稿先: The Cryosphere

新生代の南極氷床・南大洋変動史の復元と地球環境変動システムの解明

研究目的:

新生代における南極大陸周辺の氷床や海氷・棚氷の形成とその拡大・縮小は、アルベドの変化、海洋熱塩循環の変化、風化・侵食率の増大や海洋構造と生物生産量の変化を通じて、地球上のエネルギー分配や温室効果気体を含む大気組成・物質循環に大きな影響を与えたことが予想される。このため、新生代の地球環境変動システムに対する南極氷床・南大洋の役割を明確にし、地球環境変動メカニズムに対する将来の地球環境変動の予測に貢献することを目的とし、(1)南極氷床は過去にいつどの程度変動したのか、(2)南極氷床の変動をもたらした内的原因は何か、(3)南極氷床の変動をもたらした外的原因は何で、南極氷床が変動すると海洋環境にどのような影響をもたらしたのか、などの手がかりを得るため、野外調査による南極内陸山地及び周辺海底の堆積物採取と解析を行う。この計画は、IPY2007-2008へ日本が提案した計画、Studies on Antarctic Ocean and Global Environment(STAGE) (IDNo.806)の一部をなし、国際的にはOcean Circulationのカテゴリーに属している。

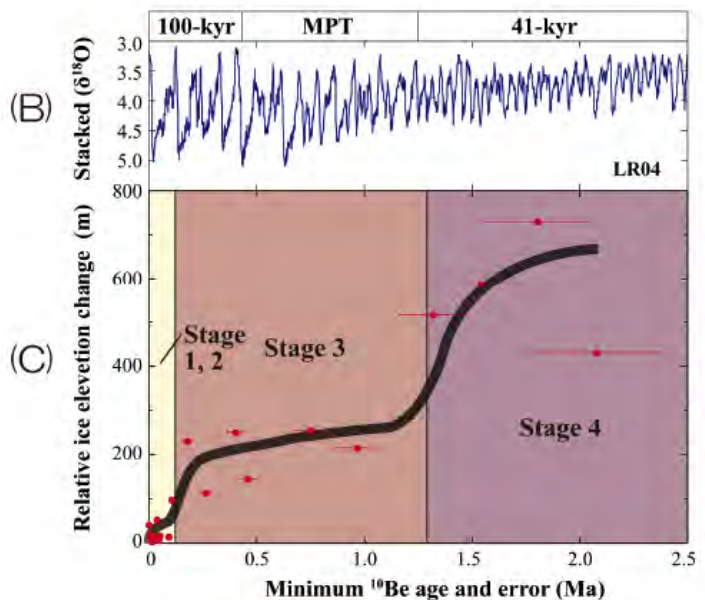
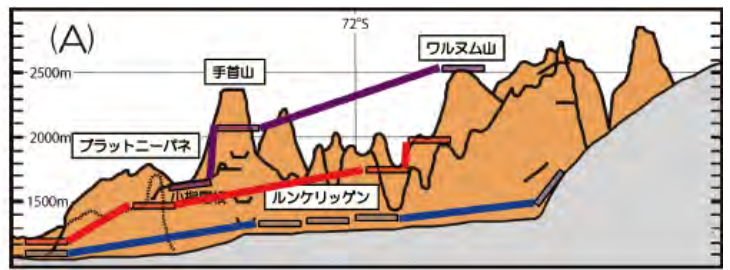
実績・成果:

現在、地球上で最大の氷の塊である南極氷床は約 4000 万年前頃に誕生し、その後、何度も拡大と縮小を繰り返してきた。陸上に存在する南極氷床の拡大と縮小は、大気の流れを変え、海水量の変動をもたらすことで、海水準や海洋の塩分・水温、気温にも大きな影響を与える。そのため、過去に生じた南極氷床の歴史を明らかにすることは、将来の地球の環境変動を予測するうえで必要不可欠の研究である。

南極氷床が拡大し、縮小する過程では、氷床の流動によって、地球表面に顕著な地形や堆積物を残す。この時に形成された地形や堆積物の形成順序を明らかにし、その具体的年代を決めることで、過去の氷床の拡大規模や縮小過程を明らかにすることができる。

氷床表面高度の変化は、現在の氷床高度より高い山地が存在すれば、過去に氷床高度が高かった時代には、山地の高い位置に地形や堆積物が残される。古いものほど風化が進んでいるため、相対的に四つの風化ステージを区分するとともに、これらの地形や堆積物から得られた宇宙線照射年代測定試料を採取した。

測定が終了したベリリウム 10 を用いた露出年代では、南極内陸部のセール・ロンダーネ山地では、約 200~130 万年前には現在の氷床表面に比べて約 400~700m高かった(風化ステージ 4)が、約 100~20 万年前には 100~300m に(風化ステージ 3)なり、過去 10 万年間では 50m 以下(風化ステージ 2 と 1)で変動していることが明らかになっ



(A) セール・ロンダーネ山地プラットニーバネ周辺の南北投影断面と風化度評価に基づく氷床後退過程の模式図  
 (B) グローバルな氷床量変動を示す海洋酸素同位体比の変動  
 (C) 氷床高度の変化を示すセール・ロンダーネ山地から得られた露出年代と高度の関係



た。特に顕著な氷床高度の変動が生じた風化ステージ4と3の境界の年代は、氷期-間氷期の周期が4万年から10万年に変化した時期にも相当することから、南極氷床の高度変化と地球の環境変動システムの変動との間に何らかの関係があることが推定される。

一方、氷床の面的拡大範囲の変化は、現在の海底下にある大陸棚に証拠が残されている。マルチビームを用いたリュツォ・ホルム湾の海底地形調査からは、過去に明らかに氷床に覆われたことを示す地形が見いだされた。海水状況により広範囲の海底地形の様子はまだ明らかにされていないが、今後は、さらに広い範囲で海底地形調査を進めるとともに、それらが形成された時代を確定するために海底堆積物コアの掘削を実施するための準備を進める必要がある。

今後は、上記で示した内陸山地に記録された氷床表面高度の変動史と大陸棚に記録された氷床の面的拡大範囲の変動史および海岸地形に記録された相対的な海水準変動史と固体地球の粘弾性特性を組み合わせた GIA (Glacial Isostatic Adjustment) モデルを用いることによって、より精度の高い南極氷床体積の変動の歴史とグローバルな海水準変動の歴史を見積もることが可能になる予定である。

**観測の実績・成果が計画に照らしてどの程度得られたか：**

- 計画以上あるいは、完璧に近い観測の実績・成果を得た。
- 計画通りの観測の実績・成果を得た。
- ほぼ計画通りで、十分な観測の実績・成果を得た。
- 計画が不備であったため、観測の実績・成果が不十分であった。
- 天候等不可抗力による理由で、観測の実績・成果が不十分であった。

**上記の判断をした理由**

天候等の問題によって予定調査地域をすべてカバーできなかったが、セール・ロンダーネ山地ではもともと典型的な氷床後退過程を明らかにできる試料とデータが採取でき、また、海底地形地質調査では、これまで陸上の地形地質調査で明らかにされた最終氷期の氷床変動の議論をさらに発展させる成果が得られたため。

**研究目的をどの程度達成したか：**

当初予定されていたリュツォ・ホルム湾大陸棚の海底堆積物掘削機材の準備は予算が計上されなかったため実施されず、第VII期4ヵ年計画の4年目に(1)南極内陸のセール・ロンダーネ山地の氷河地形地質学的調査と(2)新「しらせ」に搭載されたマルチビームを用いたリュツォ・ホルム湾海底大陸棚の氷河地形の画像取得調査が、夏期1シーズンのみ実施され、当初の目的はほぼ達成された。

**国際共同観測にどの程度貢献したか:**

これらの研究成果は、国際的な研究イニシアチブである Antarctic Climate Evolution (ACE) や Antarctic Neotectonics Scientific Research Program (ANTEC) の研究目的に一致したもので、日本の観測地域からの報告は、南極全体の取りまとめに大きく貢献するものである。

**他の研究にどの程度影響を与えているか:**

地球環境変動システムを解明する上で、第四紀に南極氷床がどのような時代にどのような挙動を示したかを明らかにする必要があり、本研究は、この未知の部分の解明に寄与するものである。

**この成果に関係する主要な論文:**

51次実施の計画のため論文はまだありません

**口頭発表、ポスター発表等**

- ・Suganuma, Y., Miura, H., Zondervan, A., Deglaciation history of Sør-Rondane Mountains in Dronning Maud Land, East Antarctica, AMS-12, GNS Science, Wellington, New Zealand, 2011.3.20-25.
- ・三浦英樹,菅沼悠介,橋詰二三雄,第四紀の環境変動において東南極氷床変動はどのような役割を果たしてきたのだろうか?-南極内陸山地の氷河地形発達史に基づく考察-,日本第四紀学会2010年大会,日本第四紀学会,東京,2010年8月.
- ・三浦英樹,菅沼悠介,橋詰二三雄,奥野淳一,南極セール・ロンターネ山地の氷河地形発達史からみた第四紀の地球環境変動における東南極氷床変動の役割についての一考察,第30回極域地学シンポジウム,国立極地研究所,東京,2010年12月.
- ・三浦英樹,太田晴美,泉紀明,菅沼悠介,野木義史,南極大陸棚上に認められる地形の特徴と第四紀の東南極氷床変動史-陸上地形地質の情報との関連性と今後の展望-,第30回極域地学シンポジウム,国立極地研究所,東京,2010年12月.
- ・泉紀明,太田晴美,三浦英樹,野木義史,第51次からのマルチビーム音響測深機による海底地形調査の開始,第30回極域地学シンポジウム,国立極地研究所,東京,2010年12月.
- ・泉紀明,太田晴美,三浦英樹,野木義史,田中喜年,南極観測における海底地形調査,日本地球惑星科学連合2011年大会,幕張メッセ,千葉,2011年5月
- ・Suganuma, Y., Miura, H., Zondervan, A., The glacial history of Sor Rondane Mountains in Dronning Maud Land, East Antarctica,日本地球惑星科学連合2011年大会,幕張メッセ,千葉,2011年5月
- ・三浦英樹,太田晴美,泉紀明,田中喜年,菅沼悠介,奥野淳一,野木義史,東南極の大陸棚上に認められる氷河地形の特徴と第四紀の陸上氷床変動史との関連性,日本地球惑星科学連合2011年大会,幕張メッセ,千葉,2011年5月
- ・三浦英樹,奥野淳一,菅沼悠介,南極セール・ロンターネ山地における鮮新世以降の氷床融解とグレイシャルアイスタシーによる山地隆起量の推定,日本地球惑星科学連合2011年大会,幕張メッセ,千葉,2011年5月

一般プロジェクト研究観測

P-3

研究代表者：小達恒夫

## 極域環境変動と生態系変動に関する研究

### 研究目的：

リュツォ・ホルム湾では、近年、大規模な海水流出が起きている。海水流出は、同湾の沿岸生態系に少なからぬ影響を与えているものと考えられる。このため、南極沿岸域における海水変動と生物生産の関係を解明することを目的として、定着氷下及び海水縁海域における植物プランクトンの分布特性を調べる。定着氷域の観測は「しらせ」及び後継船で、沖合域の観測は海洋観測船を用いて実施する。

また、一次生産過程の変化は、南極海生態系の高次捕食動物であるペンギン類の動態へも影響を及ぼすものと考えられる。このため、環境変化がどのような生態系変動をもたらすのかを推察することを目的として、リュツォ・ホルム湾と環境が大きく異なる地域におけるペンギン類の行動・生態の研究を、外国隊との共同観測として実施する。

一方、南極の陸域生態系や湖沼生態系における変動を解明するため、極低温や強紫外線という南極の極限環境に生きる生物・微生物の生態、生理、遺伝的特性の研究を行う。この計画は、IPY2007-2008 へ日本が提案した計画 Studies on Antarctic Ocean and Global Environment (STAGE) (IDNo.806) の一部であり、国際的には Census of Antarctic Marine Life (CAML) に連携している。

### 実績・成果：

極域の様々な生態系における多様な生物群集に関して、効果的に観測を実施することが出来たと考えられる。

1. 定着氷下及び海水縁海域の観測は旧「しらせ」(第48次、第49次観測)、「オーロラ・オーストラリス」(第50次観測)、新「しらせ」(第51次観測)によって実施した。海水縁沖合域の観測は、東京海洋大学「海鷹丸」(第49次および第50次観測)を用いて実施した。天候・海況等で若干の観測点移動があったがほぼ計画通りに観測が実施できた。

これらの観測を通して、海水域～開放水面に至る動・植物プランクトンの分布特性を明らかにした。海水域における動物プランクトンの個体数密度は、海水縁に比べて低い傾向が見られた。また海水域では海洋酸性化の影響を受ける生物群として注目されている有孔虫類が優占すること、その多くが水深200m以浅に分布することなど、沿岸(海水)域の重要種に関する新たな知見が集積され、ほぼ当初目標は達成できた。

特に、第50次観測はオーストラリアとの共同観測として実施され、日豪の協力体制が発展した。

これらの成果は、南極観測第Ⅷ期計画重点研究観測サブテーマ2へ発展的につながっている。

2. 計画に従い、西南極地域にある韓国セジョン基地、英国シグニー島基地、英国バード島基地において、ペンギン類および同所的に生息する高次捕食動物の行動・生態調査を韓国・英国との国際共同観測として実施した。新規に開発したGPS深度データロガー、画像データロガーなどを用いて、高次捕食動物の

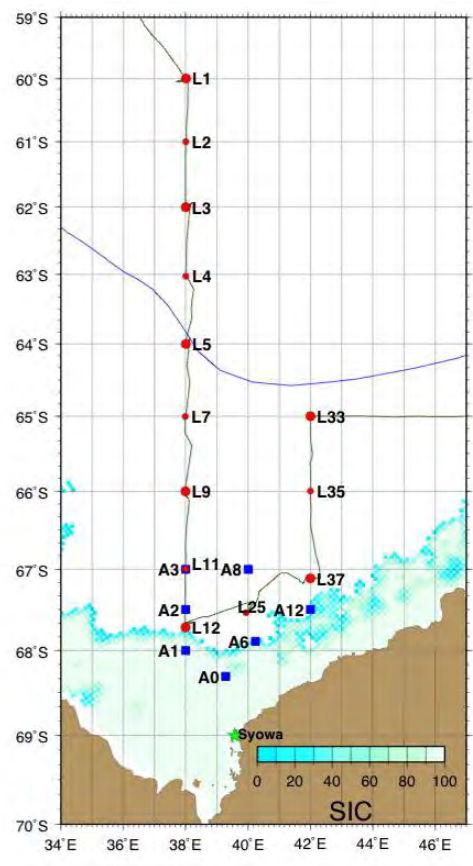


図1. 第50次観測における観測点。海水域は「オーロラ・オーストラリス」(青四角)、開放水面域は「海鷹丸」(赤丸)で実施された。SICは海水氷密度度。

採餌場所や餌環境を詳細に調査した。天候・動物の繁殖状況等で調査個体数の変動はあったが、ほぼ計画通りに観測が実施できた。

同所的に生息する大型動物種であっても、採餌場所や潜水深度など海上の採餌生態には種間の違いがあることが示され、近年の個体数の増減傾向の種間差がこうした採餌生態の違いに関係することが示唆されるなど、環境変化と大型捕食動物の動態に関する成果が得られた。

3. 昭和基地周辺露岩域における湖沼生態系の変動解明に重点を置いた観測を、第 48,49,51 次隊の夏期間を中心に計画通り実施した。第 50 次隊においては夏期の野外観測が実施不可能であったため、観測は実施しなかった。

48,49,51 次ともに宗谷海岸露岩域にある複数湖沼とその周辺での土壌を含む生物試料採取、土壌分解速度の現場測定や微生物群集を用いた現場実験を実施した。また、南極湖沼におけるスキューバダイビングを行い、サンプリングを実施するとともに観測機器を設置・回収し、湖内環境や映像の記録を行った。紫外線の影響に関しては人工皮膚などを用いて天然光照射実験を繰り返し実施し評価した。これらの観測で採集した試料の分析、南極で現場測定した成果、現場の環境特性などに関する観測結果の一部は、国内外の専門誌上、あるいはこの観測に関与した隊員・同行者の学位論文として、別添論文リストのように報告している。

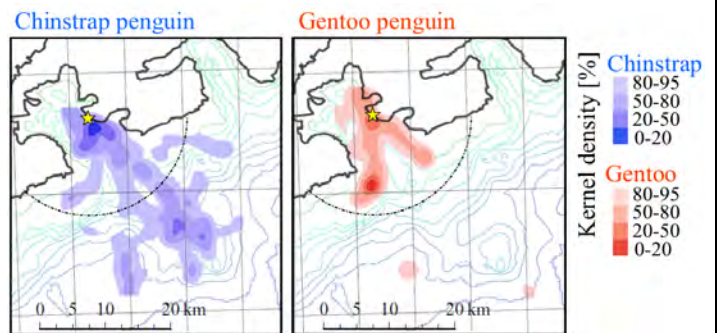


図2. キングジョージ島で繁殖するヒゲペンギン(青)・ジェンツーペンギン(赤)の潜水場所分布。GPS ロガー導入により、微細スケールでの生態の種間差が明らかになった。



図3. スカルブスネス長池での潜水調査。新たな湖底植生形態が見つかると共に、生長量観測や光合成特性、物質循環解析用資料などが採取された。

**観測の実績・成果が計画に照らしてどの程度得られたか:**

- 計画以上あるいは、完璧に近い観測の実績・成果を得た。
- 計画通りの観測の実績・成果を得た。
- ほぼ計画通りで、十分な観測の実績・成果を得た。
- 計画が不備であったため、観測の実績・成果が不十分であった。
- 天候等不可抗力による理由で、観測の実績・成果が不十分であった。

**上記の判断をした理由**

1. 若干の観測点の配置等に変更はあったものの、ほぼ当初計画どおりの観測が実施できた。
2. 当初計画どおり外国共同により観測が実施できた。
3. 湖沼生態系の観測を実施できた。

**研究目的をどの程度達成したか:**

1. 海氷域、開放水面域におけるプランクトン群集を同時期に観測できた。海氷縁の変動に伴う、海氷域生態系と開放水面生態系の関連について議論する基礎データを取得することが出来たことから、ほぼ研究目的を達

成出来たと考えられる。

2. 新規に開発したGPS深度データロガー、画像データロガーなどを用いて、高次捕食動物の採餌場所や餌環境を詳細に調べることが出来たことから、環境変動に対する動物の応答についても議論できると考えられる。このことから研究目的は達成できたと考えられる。

3. 宗谷海岸露岩域にある複数湖沼とその周辺での土壌を含む生物試料採取、土壌分解速度の現場測定や微生物群集を用いた現場実験を実施した。これらの観測結果は環境変動と陸上生態系の変動を議論するうえで重要であることから、研究目的は達成できたと考えられる。

#### 国際共同観測にどの程度貢献したか:

1. 第50次観測はオーストラリアとの共同観測として実施され、日豪の協力体制が発展した。観測成果は、Census of Antarctic Marine Life (CAML)にも貢献している。また、日豪共同研究「東南極海システムにおける気候変動の影響評価に向けた基盤整備」が実施され、国際協力体制が確立した。

2. 韓国・英国との国際共同観測となっている。

3. ベルギーとの国際共同観測となっている。

#### 他の研究にどの程度影響を与えているか:

この観測結果は、第VIII期重点研究観測サブテーマ2(「南極海生態系の応答を通して探る温暖化過程」、一般研究(「中期的気候変化に対するアデリーペンギンの生態応答の解明」、「変動環境下における南極陸上生態系の多様性と物質循環」、および「プランクトン群集組成の変動と環境変動との関係に関する研究」)の立ち上げに貢献した。

#### この成果に関係する主要な論文:

・ Kokubun N, Takahashi A, Mori Y, Watanabe S, Shin HC, Comparison of diving behaviour and foraging habitat use between chinstrap and gentoo penguins breeding in the South Shetland Islands, Antarctica. Marine Biology, 157, 811-825, 2010

「南極サウスシェトランド諸島で繁殖するヒゲペンギンとジェンツーペンギンにおける採餌ハビタット利用と潜水行動の種間比較」

南極半島地域で繁殖するヒゲペンギンの個体数は近年減少傾向にあるのに対し、同所的に繁殖するジェンツーペンギンの個体数は増加傾向にある。南極半島域での環境変動とペンギンの個体数傾向の関連性を明らかにするため、これら2種のペンギンの海上での生態の比較を行った。韓国セジョン基地近くの2種のペンギンの繁殖地において、育雛中の親にGPS-深度データロガーを取り付け、両種の採餌ハビタット利用と潜水行動の違いを調査した。その結果、ヒゲペンギンが沿岸から沖合まで水深の深い海域を、ジェンツーペンギンが沿岸の水深の浅い海域を利用するという採餌ハビタットの違いが明らかになった。また2種の間で平均の潜水深度には違いはないものの、ヒゲペンギンが主に海洋の表層を、ジェンツーペンギンでは表層に加え海底に近い底層を主に利用するという違いが明らかになった。こうした採餌行動の種間の違いと種ごとの個体数変化傾向の関連性について論議した。本論文は第VII期計画生物圏一般プロジェクト研究「極域環境変動と生態系変動に関する研究」において、韓国との国際共同研究として実施された内容の一部である。

・ Tanabe Y, Ohtani S, Kasamatsu N, Fukuchi M and Kudoh S (2010) Photophysiological responses of phytobenthic communities to the strong light and UV in Antarctic shallow lakes. Polar Biol 33:85-100.

「南極の浅い湖の強光・紫外線環境に対する湖底微生物群集の光合成応答」

第VII期計画生物圏一般プロジェクト研究「極域環境変動と生態系変動に関する研究」の中で、南極露岩域に散在する淡水湖沼に繁茂する湖底微生物群集が陸域生態系の中で際立って生物量が大きく高い生物生産を示すことに着目し、湖沼環境の変動特性を観測し、湖底群集の光合成応答を現場測定や採集試料を用いて研究した。宗谷海岸の湖沼水は貧栄養であり、紫外線領域の光をも湖底まで到達させるほど湖水の透明度が高いことを観測で捉え、湖水の融解消失に伴い、夏季には光合成阻害を生じさせる強度の光が入射していた。これに対し、湖底では微生物

群集が到達する光環境に応じ多様なマット状の群落をつくり、過剰な光エネルギーを光合成利用せずに別の散逸回路を発達させて消散させたり、紫外線防御色素を保持したりしながら、光合成活動を実現させていることを捉え報告した。

・ Takahashi KT, Hosie GW, Kitchener JA, McLeod DJ, Odate T, Fukuchi M (2010) Comparison of zooplankton distribution patterns between four seasons in the Indian Ocean sector of the Southern Ocean. *Polar Science* 4: 317-331

「南大洋インド洋区における表層動物プランクトン群集の経年変化」

南大洋インド洋区において4シーズン(2004/05、2005/06、2007/08、2008/09)にわたり、同時期、同航路にて連続プランクトン採集器(CPR)を曳航し、表層動物プランクトン群集の経年変化を調査した。表層動物プランクトン群集の現存量は4シーズンを通して極前線海域で増加し、キクロプス目の小型カイアシ類である *Oithona similis* とカラヌス目カイアシ類(例えば *Calanus* 属、*Ctenocalanus* 属、*Clausocalanus* 属)のコペポダイト幼生が卓越し、全体の50%以上を占めていた。2004/05シーズンには有孔虫の高い現存量が確認された。また2007/08シーズンには尾虫類が卓越した。これらの分類群の年変動は植物プランクトンの現存量が一因である可能性が示唆された。