

東クイーンモードランド観測計画シンポジウム報告

楠 宏*・吉田栄夫*

Summary of the Symposium on the East Queen Maud Land
Research Programme, 25 September, 1979, Tokyo

Kou Kusunoki* and Yoshio Yoshida*

は し が き

昭和54年9月25日、国立極地研究所が主催する「東クイーンモードランド観測計画シンポジウム」が同所において開かれた。このシンポジウムの目的は、日本南極地域観測隊によって1981年(第23次隊)以降、主として東クイーンモードランドにおいて雪氷および地学の研究を推進することにある。雪氷部門はエンダビーランド西部からやまと山脈にかけての調査を行い、1979年から3年計画の「極域気水圏観測計画(POLEX-South)」に一部の研究者が参加し、主として大気・氷床の相互作用の研究を行っている。地学部門においては、夏期に露岩地域の調査を行ってきたが、1979年から3年計画で「昭和基地を中心とする地域の地殻構造の総合解析」の研究に従事している。これらの研究計画の終了後の方向付けのために両部門の研究者が集まり、従来の研究成果の検討を行い、今後の研究課題を検討し、実行に際しての雪氷・地学両部門の整合性を検討したものが、このシンポジウムである。

このシンポジウムに先立って学会等での個人レベルでの研究計画の検討がすでに行われており、国立極地研究所における専門委員会、運営協議員会議等でもさらに検討がなされ、この観測計画の大綱は昭和55年6月25日に開催された第69回南極地域観測統合推進本部総会において承認された。このシンポジウムのプログラムと講演内容お

よび討論の概要をここに集録した。参加者は約50名であった。

プログラム

- あいさつ 国立極地研究所次長 村山雅美
1. 地学総合報告 座長 松本恒夫(山口大)
 - 1.1. 東クイーンモードランドの地質
白石和行
コメンテーター 木崎甲子郎, 吉田 勝
 - 1.2. 東クイーンモードランドの地形
森脇喜一
コメンテーター 藤原健蔵
 - 1.3. 東クイーンモードランドの地下構造
神沼克伊
コメンテーター 伊藤 潔, 伊神 輝
 2. 氷床のダイナミックス
座長 西尾文彦(極地研)
 - 2.1. 南極氷床の流動と安定性 成瀬廉二
 - 2.2. 氷床の内部構造 松田益義
コメンテーター 東 晃, 前野紀一, 加藤喜久雄
 3. 氷床と環境 座長 渡辺興亜(名大)
 - 3.1. 南極氷床の堆積環境 山田知充
 - 3.2. 積雪表面層の形成過程 佐藤和秀
 - 3.3. 氷床ポーリングコアからみた気候変動

* 国立極地研究所(国立極地研究所専門委員会幹事). National Institute of Polar Research, 9-10, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173.

藤井理行
 コメンテーター 樋口敬二, 若濱五郎
 4. 総合討論 座長 楠 宏 (極地研)
 南極の地球科学像と東クイーンモードランド

観測計画
 話題提供 木崎甲子郎, 東 晃,
 渡辺興亜

1.1. 東クイーンモードランドの地質

白石和行 (国立極地研究所)

東クイーンモードランド地域の地質学的研究は、ソ連隊によるものが多く、主としてその成果に基づいて、本地域の地質の略述と今後の問題点の指摘を試みる。東方エンダービーランドには、その中央部に Napier Complex が分布し、周辺部に Reyner Complex がある。Napier Complex は下部始生代とされ、 40 ± 0.2 億年の世界最古の年代が得られているが、Reyner Complex については時代ははっきりせず、始生代もしくは原生代と意見が分かれる。西方クイーンモードランドの中核を占めるフンボルトおよびペーターマン山脈には始生代後期の Humboldt Complex や Insel Complex があり、著しいブロック構造を示す。これらの間にあるセルロンダーネ山脈は、最初ベルギー隊によって調査されたが、Humboldt Complex および Insel Complex が分布し、また南部には、これらを切る断層に沿って、緑色片麻岩相に属する変成岩が分布する。これらの岩体は何回かの活性化作用を受けたと考えられる。また、さまざまな時代の進入岩体の活動がある。やまと山脈から昭和基地周辺にかけては、上記の岩体との関係はまだ明らかではないが、5 億年頃の変動が広く認められ、それ以前の変成と併せて、重複変成作用を示す変成岩から構成されている。以上のクイーンモードランド地域を通じて、この古生代初期の変成作用—活性化作用—が広く生じたことが知られ、これをクイーンモード変動と呼ぶが、その中心地域がセルロンダーネ山脈である。一方、西クイーンモードランドでは原生代の変成のプラットフォーム型堆積岩である Ritscher formation が認められ、大陸のクラトン化を示している。

これらのクイーンモードランドからエンダー

ビーランド地域にかけての、始生代、原生代、古生代初期にわたる岩体群の層序区分、変成作用の相互の対比や地質構造の地域的特徴の解明など、系統的な研究が必要である。その第一歩として、昭和基地周辺からその両側へと調査が実施されなければならない。そして、これらが東南極大陸全域の地質構造発達史上いかなる意義をもつかが重要な課題となる。

コメント 木崎甲子郎 (琉球大学)

クイーンモード変動は、南極横断山脈地域に生じたロス造山と同時代に生じている。かかる広域的な変成作用の同時的な発生のメカニズムの解明、それらと他の Gondwana 地域との比較研究が重要である。

コメント 吉田 勝 (大阪市立大学)

リュツォ・ホルム湾地域の層序区分、地質構造と変成作用に関する研究の総括から、変成作用と構造との対応関係の詳細な研究の必要性を指摘したい。また、これらの研究方法や成果を、エンダービーランドおよびクイーンモードランドの地質研究に拡張して適用しうるか否かを試みなければならない。また、これまで全南極の視点に欠けがちであったが、グローバルテクトニクスの進展の中での南極大陸の研究という動向を重視し、南極大陸全域の地質構造発達史の解明に資せるよう、南極横断山脈や西南極の調査の機会を得たい。東クイーンモードランドは、未知の部分の多いところとして重要であるが、従来の経験に鑑み、オペレーション上の制約が大きく、調査日数が少ないことが問題であり、このようなオペレーションの改善が重要な課題であることも指摘したい。

以上の発表とコメントに関する討議のほか、基盤の地質に限らず第四紀地質学—氷河地質学研究を行う必要性もあげられた。

1.2. 東クイーンモードランドの地形

森脇喜一 (国立極地研究所)

1. 調査項目と目的

露岩地域の地形調査、氷床下の基盤地形調査、氷床周辺部の海底地形・地質調査を実施する。それによって、新生代における氷床の変動、環境の変化、地形発達、山地の配列と地質構造の関連等を明らかにする。

2. 従来の成果

東クイーンモードランドからエンダービーランド地域における、日本およびベルギー隊の調査を主として、従来の調査の概略と成果を紹介した。その一部を記すと、やまと山脈では、かつて、ほぼその頂部まで大陸氷床に覆われていた (山脈の西側で 600~800 m, 東側で 200~400 m, 現在よりも氷床表面が高かった, 以下同様の記載)。その後、氷床の表面高度は、少なくとも 1 回の停滞期 (山地平坦面の形成) をはさんで低下し現在に至ったことが推定されている。サンダーコックヌナタクでは、かつて全体が氷床に覆われていた (少なくとも 100 m 高かった) が、氷床低下の停滞を示す証拠はない。セルロンダーネ山脈では、かつて大部分が氷床に覆われていた (北方で 350 m, 主部で 100~200 m 高かった) が、そのような氷床拡大期以前に、長期にわたる風化作用の著しかった時期があったと推定されている。氷床下

の基盤地形については、南極観測を実施している各国とも、氷床の調査と平行して精力的に調査しており、最近、ソ連から各国のデータを集めて編集した南極大陸の基盤地形図が刊行された。しかし、クイーンモードランド地域のそれは明らかではない。この空白地域を埋めるために、各国は東のエンダービーランド、西の西クイーンモードランドから調査を実施しあるいは計画している。このような情勢下にあつて、現在、東クイーンモードランドに最も近い地域で観測を行っている日本は、少なくとも主導的にこの地域の調査を実施すべきである。

コメント

藤原健蔵 (広島大学)

氷河の消長の研究において、昭和基地周辺では露岩面積が小さく、資料を得るのが困難であり、時間的スケールについての資料に乏しいため、海底地形の調査から得られる情報の方が、より豊富である。内陸露岩の面積の大きいセルロンダーネ山脈の調査では、大陸氷後退期の地形変化についての資料をかなり得ることが期待される。今後さらに他の Gondwana 大陸における中新世以降の準平原の発達等との比較検討により、基盤地形とこれらとの共通性、対応や地域の変化をとらえることも考えて行くべきであろう。

1.3. 東クイーンモードランドの地下構造

神沼克伊 (国立極地研究所)

地下構造へのアプローチの手法としては、重力、人工地震、自然地震の表面波などがある。昭和基地南方のみずほ高原の重力測定はトラバースルート上では 2~4 km とかなり密に行われてきた。南極で重力から地下構造を求める場合、標高と氷床の厚さが必要である。日本隊の標高の測定精度はたかだか数メートルのオーダーであるし、

氷床の厚さに至っては、トラバース上でも測定されてない地域が多い。したがって、重力異常のデータを使って地下構造を議論する場合も、その精度はたかだか数ミリガルである。

それでも、これまでの結果から、1) やまと山脈やサンダーコックヌナタクなどでは、アイソスタシーの成り立っていること、2) みずほ

基地-サンダーコックヌナターク間に重力異常地域(つまり地下構造の特殊な地域)があることなどが明らかになった。東クイーンモードランドの調査に際し、重力、氷厚、標高を1つの組合せで測定することが望まれる。

昭和基地付近での人工地震観測の結果、氷床直下にはP波の速度4~5 km/sの堆積層が500~1000 mの厚さで存在している可能性の強いことが明らかになった。これはノボラザレフスカヤ基地を中心に行ったソ連隊の結果や、東南極地域のアメリカ隊の結果では見出されていない構造である。日本隊の人工地震観測の分解能の良さにもよると考えられるが、この層がどの程度の広がりがあるのかも東クイーンモードランドの地下構造を調べる上で興味深い。この付近の地殻の厚さはソ連隊では40 kmと推定している。第21~22次隊で予定している昭和基地-みずほ基地間の人工地震の結果と、ソ連隊の結果とをつなぐ意味でも人工地震観測の実施が望まれる。

そして、この地域の地下構造を求める最大の目的は、シールド地域の一部として東クイーンモードランドがどんな地下構造になっているかを調べることにある。その結果は、ゴンドワナ大陸の構

造やプレートテクトニクスに対し、新しい知見を与えることになる。

地震の観測点さえあれば地震の表面波の手法が野外調査を行わなくても済むので、最も有効である。しかし、この付近では昭和基地以外に長周期地震計が設置されておらず、実際にはこの手法は使えない。

コメント 伊藤 潔(京都大学)

人工地震観測法として、第20~22次隊は屈折法で実施してきた。近年、反射法によりモホ面までの構造が解明されつつある。この手法が南極に適用できれば、人工地震のオペレーションも楽になるので検討していきたい。

コメント 伊神 輝(名古屋大学)

P波速度にして4~5 km/s層の存在は確実である。なぜ東南極ではこの地域だけで見出されたかは今後の課題である。データの蓄積が待たれる(注:第21次隊が1980年4月末、昭和基地のオングル島周辺で実施した小規模の人工地震では、この層の存在の可能性が低いという報告が伊神隊員より入っている(神沼))。

2.1. 南極氷床の流動と安定性

成瀬麻二(北大低温科学研究所)

南極氷床のダイナミックスの研究は、1970年代にはいつから大きな進展をとげつつある。すなわち、氷床周縁地域に限らず内陸部において表面流動、歪、堆積量分布とその年変動、ボーリング孔の変形、氷体内の温度分布、電波氷厚計による基盤地形と氷床内部反射層等に関する質の良い多くの観測データが蓄積された結果、氷床の変動または安定性を議論する研究が数多く発表され始めた。

HUGHES (1973) は、西南極における多くの地学的証拠をもとに、2~300万年前からの氷床の前・後進の繰り返しの実態を示すとともに、現在は非常に不安定であり、かつ著しく後退しつつあると述べた。WHILLANS は Byrd 基地から分水

嶺に至る160 kmの流線調査の解析から、同氷床は現在非常にわずかながら薄くなりつつあることを示し(1973, 1977, 1979)、また分水嶺付近では過去30000年間は安定であったと結論した(1976)。一方、THOMAS (1976) は同様の解析により、2000年前から0.4 m・year⁻¹の割合で氷厚減少が起きているという結果を得た。さらにTHOMAS *et al.* (1978, 1979) は、Ross 棚氷の存在が西南極氷床(marine ice sheet)の変動に対して強い抑制作用を持つことに着目して、海水準の昇降、気温上昇にともなう氷床の変動に関する数値実験を行い、条件によれば10³年程度の間西南極氷床は分解して消滅し得ることを示した。

以上の研究と時を同じくして、東南極みずほ高原においても氷床の安定性が議論された。標高2500 mの等高線に沿う三角網調査(250 km)の結果から、同地域の一部では $50\sim 80\text{ cm}\cdot\text{year}^{-1}$ の割合で氷床が薄くなりつつあり(NARUSE, 1978a, 1979), またみずほ高原全体では場所によ

り氷床の平衡状態の程度(正負)が著しく異なっていることが示された(NARUSE, 1978b)。このような氷厚減少の原因について, MAE and NARUSE (1978) は近年同地域にて底面すべりが生じたためであることを指摘し, サージ現象が起こりつつある可能性も示唆した(MAE, 1979)。

文 献

- HUGHES, T. (1973): Is the west antarctic ice sheet disintegrating? *J. Geophys. Res.*, **78**, 7884-7910.
- MAE, S. and NARUSE, R. (1978): Possible causes of ice sheet thinning in the Mizuho Plateau. *Nature*, **273**, 291-292.
- MAE, S. (1979): The basal sliding of a thinning ice sheet, Mizuho Plateau, East Antarctica. *J. Glaciol.*, **24**, 53-61.
- NARUSE, R. (1978a): Surface flow and strain of the ice sheet measured by a triangulation chain in Mizuho Plateau. *Glaciological Studies in Mizuho Plateau, East Antarctica, 1969-1975. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, 7*, 198-226.
- NARUSE, R. (1978b): Studies on the ice sheet flow and local mass budget in Mizuho Plateau, Antarctica. *Contrib. Inst. Low Temp. Sci., Ser. A*, **28**, 1-54.
- NARUSE, R. (1979): Thinning of the ice sheet in Mizuho Plateau, East Antarctica. *J. Glaciol.*, **24**, 45-52.
- THOMAS, R. H. (1976): Thickening of the Ross Ice Shelf and equilibrium state of the West Antarctic ice sheet. *Nature*, **259**, 180-183.
- THOMAS, R. H. and BENTLEY, C. R. (1978): A model for Holocene retreat of the West Antarctic ice sheet. *Quaternary Research*, **10**, 150-170.
- THOMAS, R. T., SANDERSON, T. J. O. and ROSE, K. E. (1979): Effect of climatic warming on the West Antarctic ice sheet. *Nature*, **277**, 355-358.
- WHILLANS, I. M. (1973): State of equilibrium of the West Antarctic inland ice sheet. *Science*, **182**, 476-479.
- WHILLANS, I. M. (1976): Radio-echo layers and the recent stability of the West Antarctic ice sheet. *Nature*, **264**, 152-155.
- WHILLANS, I. M. (1977): The equation of continuity and its application to the ice sheet near "Byrd" Station, Antarctica. *J. Glaciol.*, **18**, 359-371.
- WHILLANS, I. M. (1979): Ice flow along the Byrd Station strain network, Antarctica. *J. Glaciol.*, **24**, 15-28.

2.2. 氷床の内部構造

松田益義(自然環境科学研究所)

氷床のダイナミックスは2つの側面から研究する必要がある。1つは氷床の内部構造と物性の解明であり、もう1つは氷床の運動(流動)様式の解明である。氷床のダイナミックスは従来、氷床を単一物性と仮定することにより第1の問題を

捨象して、第2の問題に力点が置かれ論じられてきた。しかし近年、深層ボーリングコア解析、地震探査、音波探査等のデータが蓄積されるにつれ、氷床が異なる組織の多重積層構造を有しており(松田他, 1976; MATSUDA, 1980, in prepa-

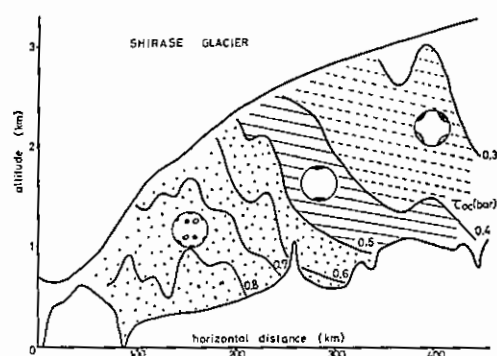


図 1

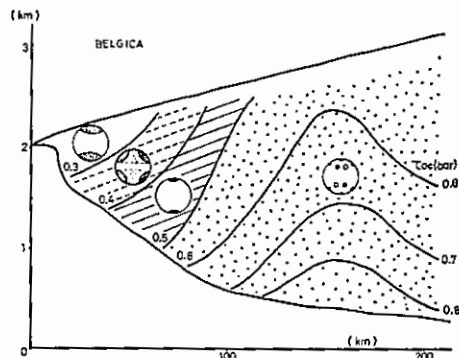


図 2

ration), 単一物性体と考えるべきではない (SHOJI and HIGASHI, 1979; LILE, 1978) ことが判明されてきた。現在までのところ、ボーリング、地震、音波の結果が同一地点で得られているのは Byrd 基地、ロス棚氷のみであり、前二者の間には対応関係が得られている (BENTLEY, 1972)。音波の多重エコーに関しては明快な解釈は提出されていない。

南極氷床の流出形態は 2 種に大別されよう。1 つは Ross, Amery, 白瀬のような河川型の流出形態で、他は山脈により流出が妨げられ、氷床の一部がすき間を溢流する貯水池型の流出形態である。昭和基地周辺には、河川型の白瀬氷河と、その西方にはやまと、ベルジカ、セルロンダーネの山脈群にその流出を妨げられている貯水池型の東クイーンモードランド地域がひかえている。この両地域の氷床の内部構造、物性および運動形態の特性とその相異を調査、比較することは、氷床の形成、成長、衰退の機構解明という南極氷床の根本命題にダイレクトに迫るものとなりうる。その研究の意味はきわめて大きい。

これらの地域の氷床運動に関しては、白瀬氷河の不安定さが明らかにされている (NARUSE, 1979; MAE, 1979) が、内部構造はまったく未知である。そこで、筆者は、南極氷床の他地域 (Law Dome, Byrd 基地) の解析結果より得られた組織状態図 (MATSUDA, 1980, in preparation) を利用して、上記 2 地域の氷床の流線沿い内部応力と組織相の分布を推定した (図 1, 2)。それによる

と、河川型白瀬氷河 (図 1) は沿岸に近づくにつれ高応力状態となり、貯水池型のベルジカ (図 2) では逆に低応力状態となっている。したがって氷組織相も両地域でまったく逆の分布傾向を示している。南極氷床沿岸部での山脈の氷床流出塞止効果は非常に大きいものと察しられる。

図 1, 2 は、あくまでも推定結果で、特にベルジカ流線に関しては、精度の悪い基盤・表面地形図を用いて作成されたものである。より高精度の実測とともに、現場でのボーリング等による推定結果の検証が強く期待される場所である。氷床内部構造の研究には氷床底部の情報が不可欠である。氷厚の薄い地点でもよい、基盤までのボーリングの実施を強調したい。

文 献

- BENTLEY, C. R. (1972): Seismic-wave velocities in anisotropic ice: A comparison of measured and calculated values in and around the deep drill hole at Byrd Station, Antarctica. *J. Geophys. Res.*, **77**, 4406-4420.
- LILE, R. C. (1978): The effect of anisotropy on the creep of polycrystalline ice. *J. Glaciol.*, **21**, 475-483.
- MAE, S. (1979): The basal sliding of a thinning ice sheet, Mizuho Plateau, East Antarctica. *J. Glaciol.*, **24**, 53-62.
- 松田益義・若濱五郎・BUDD, W. F. (1976): 南

極氷床氷の双晶—氷結晶 a 軸の測定にもとづくダイヤモンド・パターンの形成について—, 低温科学 (物理篇), 34, 163-171.

NARUSE, R. (1979): Thinning of the ice sheet in Mizuho Plateau, East Antarctica. *J. Glaciol.*, 24, 45-52.

SHOJI, H. and HIGASHI, A. (1979): Mechanical properties of Antarctic deep-core ice (abstract). *J. Glaciol.*, 24, 487-489.

コメント 東 晃 (北海道大学)

このセッションにおいては、成瀬氏がエンダービーランド計画の成果にもとづいてみずは高原氷床の安定性を論じ、将来計画として山脈付近と白瀬氷河上流域の流線沿いの流動調査を提案した。また松田氏は南極氷床のバード基地、ケープ・フォルガーおよびグリーンランド・キャンプ2のボーリングコア氷のc軸配向分布(組織相)をそれぞれの場合での応力状態に関連させた。この結果を、表面勾配から予想される氷床氷体内の応力分布に適用して、みずは高原氷床内の組織相の予想を行い、その適否を検定するためにもボーリングの早急実施が要請された。

コメンテーターは、流線沿いの流動調査、とくに山脈付近の裸氷域では氷床表面の観察を精細に行うことを提案し、フォリエーションなどの巨視的表面パターンが複雑な流動の標識となることを解説した。またコア氷の採取にあたっては地点の選定、コアの記載、日本に持帰る際の輸送上の注意、国内での研究のための分配の体制などに

ついてコメントした。また流動調査の結果の解析には今後 computer glaciology の積極的な導入が必要であることも強調した。

コメント 前野紀一 (北大低温科学研究所)

南極氷床に対する雪氷学的興味は、大別すれば、次の2つの源から発生する。1つは地球物理的側面で、気象、気候変動、氷期、そして氷床そのものの成因に関するものであり、もう1つは物性論的側面で、氷床の物性、圧密、流動のメカニズムなどに関するものである。

両者はもちろん不可分の性質のものである。しかし、これからの南極氷床の研究では、両者の違いを明確にし、次にそれをうまく調和させる必要があると思う。流線沿いの測定や、ボーリングコア解析とレーダーエコーとの比較などはその意味で重要であろう。また、ボーリングコアの緩和の問題および国内でのコア解析の技術と体制の問題は早急に解決する必要がある。

最後に、南極氷床の深部で生成していると考えられる包接氷、あるいはその他の未知の氷物性は、これからの宇宙雪氷学においてますます重要となるであろう。

コメント 加藤喜久雄 (名大水圏研)

飛雪中の $\delta^{18}\text{O}$ の分析結果は、沿岸から標高3200 m (約 74°S) 付近まで値が大きく、低気圧性の降水による堆積がみられる。内陸部に入ると極冠高気圧下での降水による δ 値の小さい堆積がみられる。堆積過程、水蒸気輸送過程などの解明に ^{18}O などの同位元素の研究は有効である。

3.1. 南極氷床の堆積環境

山田知充 (北大低温科学研究所)

南極氷床は現在の気候によって成立し、維持されていると共に、逆に、地球の気候の形成に対して大きな影響を及ぼしている。氷床と気候との相互関係を理解することは、気候変動の予測や世界の気候モデルの精緻化のためにも、地球科学としての南極雪氷学のこれからの重要な課題の1つである。それには、まず手始めに、現在の南極氷床の形態と質量を維持する機構が、どうなっている

かを知っておかなくてはならない。気候に強く規定されている堆積にかかわる現象は、この機構の初期条件として重要であり、南極氷床が現在いかなる堆積環境にあるかを調べるこの意味もここにある。

エンダービーランド雪氷調査計画では、堆積量、堆積過程、表面堆積層の性質、その他気象要素などが、堆積環境を示す主要な要素として広範に調

査され、多くの知見が得られた(詳細は概報)。氷床に質量が付け加わる過程として、低緯度からの湿潤大気の氷床への浸入、氷床上大気から氷床表面への質量輸送、表面に達した質量が積雪層として固定されるまでの過程に分けられる。固定された積雪層は、その場の気候に応じた変態をこうむり、ある性質を持つ積雪層として氷床氷形成の初期条件を整える。この主要な過程は、氷床-海洋、氷床-大気相互作用の結果として理解されるべきものである。しかし、この観点から見ると、これまでの調査地域は斜面下降風域に片寄っていた

し、大気側の情報も少ない。

氷床の堆積環境を総合的にシームレスに理解するためには、沿岸部から標高 3000 m を越す内陸部までの地域を対象に、雪氷だけではなく気象と協力して調査する必要がある。調査地域に 100 km 程度の間隔で格子点を設け、均一精度の雪氷学・気象学的基礎資料で面的に覆ってゆくような観測体制が今後重要となろう。欠層の多い斜面下降風域での年平均堆積量の見積り方法の確立、堆積-削剝過程の詳細など今後に残された問題は多い。

3.2. 積雪表面層の形成過程

佐藤和秀(長岡工業高専)

1. まえがき

日本の南極地域観測隊が主に観測範囲としたカタバテック風流域における表面積雪層の形成過程は単純な堆雪現象のみではなく、削剝-堆積が複雑に作用し、表面形成が行われている。以下、観測結果の概要と問題点を述べる。

2. 1 地点における net balance の代表性

(1) みずほ高原

S30, H180, S122, Mizuho Station の 100 m × 100 m の面積における 36 本あるいは 200 本雪尺による annual balance A (1972~1974 年の平均値は 38.1 g/cm²~0 g/cm²) についてみると、相対偏差値 (σ/A) は 5 から 0 と A の増大と共に指数関数的に減少する (YAMADA and WATANABE, 1978)。

(2) Byrd Station の 100 m 間の 100 本雪尺について

1960 年の観測結果では 1 カ月の net balance からほぼ 1 カ年にわたる net balance (A) の相対偏差 (σ/A) は、やはり A の増大 (0 から 9.4 g/cm²) と共に 3.0 から 0.244 と指数関数的に減少する (BENSON, 1971)。

以上、net balance A の増大とともにばらつきは小さくなる。

3. 単位層の分布

(1) 1 地点における単位層の深さ方向の分布 (みずほ基地 105 m 深ボーリングコアについて)

積雪層位の最小の層を単位層として、その水当量の深さ方向の分布を 10 m 深毎にみると単位層の平均 A は 4.5~8.7 g/cm² で相対偏差は 0.77 から 1.0 程度であった (WATANABE *et al.*, 1978)。

(2) 単位層のみずほ高原における分布

1 地点の 10 m 深ボーリングコアの単位層についてその水当量の深さ方向の power spectrum をみると、H128, W46, Z30, Mizuho Station, Y200, I355 について 3~5 層、11~16 層程度の卓越周期がみられる。

4. 層位解析の問題点を列挙する

(1) 層位の記述の一般性、(2) 層境界と表面時の状態の対応、(3) 層位の変態、(4) 年層と層位、(5) 表面の堆積・削剝と気象の関係、(6) 層位解析の深さ限度、(7) 地形と層位との関係等があげられる。

文 献

BENSON, C. S. (1971): Stratigraphic studies in the snow at Byrd Station, Antarctica, compared with similar studies in Greenland. Antarctic Snow and Ice Studies, II, ed. by A. P. CRARY. Washington, Am. Geophys.

Union, 333-354 (Antarct. Res. Ser., 16).
 WATANABE, O., KATO, K., SATOW, K. and OKUHIRA, F. (1978): Stratigraphic analyses of firn and ice at Mizuho Station. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, 10, 25-47.

YAMADA, T. and WATANABE, O. (1978): Estimation of mass input in the Shirase and the Sôya drainage basins in Mizuho Plateau. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, 7, 182-197.

3.3. 氷床ボーリングコアからみた気候変動

藤井理行 (国立極地研究所)

地球規模の気候変動とその機構を明らかにするため、南極氷床ではアメリカ、ソ連、フランス、オーストラリア、日本などが掘削を行い、そのボーリングコアの解析をすすめている。これまで行われた掘削は、バード基地 (2164 m)、ポストーク基地 (950 m)、ドーム C (905 m) の深層掘削と、みずほ基地 (148 m・145 m)、アムンゼン・スコット基地 (101 m)、リトルアメリカ V 基地 (256 m)、ロードーム (475 m, 420 m, 350 m, 320 m)、ポストーク I (430 m)、デュモン・デュルビル南 (350 m) などの中層、浅層掘削である。このように、これまでの掘削は、みずほ基地を除くと、東南極西部、西南極極東部の南極氷床の半分地域では行われていない。JARE によるクイーンモードランドでの掘削の重要性を示すひとつの理由がここにある。

浅層コアの解析により、北半球の 16 世紀から 19 世紀にかけての小氷期に対応する寒冷期が、南極でも存在したことが明らかになってきた。この時期には、密度プロファイル上のギャップ (みずほ基地、バード基地、リトルアメリカ V 基地などのコア) や、固体粒子数の増大 (アムンゼン・スコット南極点基地のコア) など興味ある問題が指摘される。

深層コアの解析では、酸素同位体組成により、7 万年前から 1 万年前までの最新氷期の存在を明らかにした (バード基地、ポストーク基地のコア)。

また、バード基地のコアでは、寒冷期のピークと、火山灰の固体粒子濃度のピークが一致し、火山活動と気候変化との関係を示唆している。また、氷期とそれ以降では粒子の起源が異なっているとの報告もあり、過去の大気環境に関する多様な情報が得られつつある。

このように、氷床ボーリングコアの解析による気候変動の研究は、有効かつ重要であるので、東クイーンモードランド計画での実施が強く望まれる。

コメント 樋口敬二 (名大水圏科学研究所)

現在実施中の極域気水圏観測 (POLEX-South) で得られた知見を十分生かした研究計画を立案することを強調した。また、MAP (中層大気国際共同観測) や世界気候研究計画 (WCRP) にも対応し、cryosphere-atmosphere interaction, reconstruction of paleoclimate といった研究計画の重要性も指摘した。

コメント 若濱五郎 (北大低温科学研究所)

現在の質量収支・熱収支を確定する研究計画が必要である。堆積の測定はできる限り広範囲が望ましく、gross- β activity (原水爆の灰) の測定による平均堆積量の推定は有効である。将来は電波氷厚計の利用が望まれ、氷床中の内部反射の時間的変化、氷床のマイクロ、メソスケールの構造解析などの課題がある。

4. 総合討論

楠 宏 (国立極地研究所)

シンポジウムの参加者は、雪氷と地学（地理、地質、固体地球物理）に2分され、気象研究者も若干出席した。第23次南極観測（1981-1983）以降の数年間の雪氷・地学両部門の研究対象地域は東クイーンモードランドであることは、シンポジウム開催以前からほぼ大方が了解してはいたが、さらに学問上からも設営面からも実施可能な方向に検討することとした。討論の個々の話題を集約して示す。

雪氷研究者は、従来の観測によってみずほ高原（白瀬氷河源流域）の氷床の不安定性が指摘されたことに鑑み、東クイーンモードランドではやまと山脈からセルロンダーネに至る山脈群による氷床の流動阻止効果と、内陸部の雪氷調査がほとんど皆無なことに注目した。このため、流線沿いおよびこれに直交する（2000 m 標高）トラバース、氷床掘削などが提案された。2000 m 標高トラバースは IAGP (International Antarctic Glaciological Project) においても氷床の収支の点で重要視されている。今後は個々の観測項目の価値を十分検討すること、観測の近代化のため航空機の利用、電波氷厚計などの遠隔探査法の利用などが話題となった。雪氷研究の地域的重要性と共に、それが南極全体の地球科学的理解のためにいかなる国際協力を必要としているかの認識も重要

なことが指摘された。

地学の研究は沿岸の露岸、内陸の山脈群をはじめ、海底や氷床下の基盤を対象としている。地質部門では年代の古いエンダビーランドから、比較的新しいセルロンダーネ山脈への一連の研究計画がすでに立案されており、ここ3年間は夏隊員3名程度で調査する予定である。セルロンダーネの地質調査には500~1000人日が予想され、夏期3年間（3人×60日）で概査は可能である。同山脈は地理学の分野でも氷河地形や氷期の問題と関連し調査の重要なことが指摘された。

雪氷と地学の両分野における南極の地球科学像、協力体制、総合性などについて種々の議論のあと、両分野は十分整合が可能であり、東クイーンモードランド地域を研究対象領域とすることで合意に達した。第23次観測以降数年間は雪氷を中心とする研究に重点をおき、それ以降は地学へ重点を移すこととなった。これに関連して、第25次に就航が予定されている新砕氷船に寄せる期待は大きく、セルロンダーネや西南極での地学調査が話題となった。また、観測計画の今後の作業について、国立極地研究所の立場での取扱い、若手の研究者（大学院学生を含む）の養成と参加などについても意見が交わされた。

(1980年7月28日受理)