

## ドライバレー掘削調査 1973-74 年隊報告

鳥居 鉄也<sup>\*1</sup>・中井 信之<sup>\*2</sup>・倉沢 一<sup>\*3</sup>・吉田 栄夫<sup>\*4</sup>

綿拔 邦彦<sup>\*5</sup>・大野 正一<sup>\*3</sup>・森川日出貴<sup>\*6</sup>・中山 紘一<sup>\*7</sup>

### Report of the Dry Valley Drilling Project, 1973-74

Tetsuya TORII<sup>\*1</sup>, Nobuyuki NAKAI<sup>\*2</sup>, Hajime KURASAWA<sup>\*3</sup>

Yoshio YOSHIDA<sup>\*4</sup>, Kunihiro WATANUKI<sup>\*5</sup>, Shoichi OONO<sup>\*3</sup>

Hideki MORIKAWA<sup>\*6</sup> and Kohichi NAKAYAMA<sup>\*7</sup>

**Abstract :** The Japanese researches participated in the Dry Valley Drilling Project (DVDP) in the McMurdo Sound region during the 1973-1974 summer season. This project was jointly organized by New Zealand, the United States of America and Japan, and started in the austral summer of 1971-1972 with preliminary investigations—the first phase—such as seismic soundings and aeromagnetic survey, which have been completed during the season.

In the first phase, the Japanese researchers undertook electrical soundings, and in the second phase—1972-1973—carried out petrographic and chemical analyses of core samples taken from No. 1 and No. 2 bore holes on Ross Island.

In the survey of the Dry Valley for the third phase, the Japanese researchers took special interest in the geochemical problems.

The survey party consisted of four geochemists, a geologist and a geomorphologist. A technician for thin-sectioning and a field assistant were also included

\*1 千葉工業大学. Chiba Institute of Technology, Narashino, Chiba.

\*2 名古屋大学理学部地球科学教室. Department of Earth Sciences, Nagoya University, Chikusa-ku, Nagoya.

\*3 地質調査所地球化学課. Geochemical Section, Geological Survey of Japan, Takatsu-ku, Kawasaki.

\*4 広島大学文学部地理学教室. Department of Geography, University of Hiroshima, Higashi-senda-machi Hiroshima.

\*5 東京大学教養学部. College of General Education, University of Tokyo, Komaba, Meguro-ku, Tokyo.

\*6 東京工業大学工業材料研究所. Research Laboratory of Engineering Materials, Tokyo Institute of Technology, Ookayama, Meguro-ku, Tokyo.

\*7 日本極地研究振興会. Japan Polar Research Association, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo.

in order to make the best use of instruments such as an X-ray diffractometer, a thin-sectioner, polarized microscopes, etc. which were contributed by the Japanese to the Thiel Earth Science Laboratory in the McMurdo Station.

From the latter part of October, 1973, five members including a technician and a field assistant examined core samples from No. 3 hole and carried out field works at the Lake Vanda (No. 4), Don Juan Pond (No. 5) and Lake Vida (No. 6) drilling sites. During the drilling at Lake Vida in the middle of December, three new members joined the party to work in rotation with members who had arrived earlier. They examined core samples from hole No. 6 and worked in the field at the Lake Fryxell and New Harbour sites.

The Japanese were particularly interested in the hydrogeochemistry of the lakes the mineralogy of the salt deposits and secondary minerals and the isotope geology of volcanic core samples. Accordingly, the field work comprised the following tasks: 1) visual observations and descriptions of core samples, 2) collection of core samples to be chemically pre-treated, 3) identification of secondary minerals in core samples, 4) survey of the salt deposits in the vicinity of the drilling sites, 5) check of sequential changes in the chemical properties of the saline lakes, and 6) survey of bedrock geology. Some of the members also worked as site geologists.

## は　じ　め　に

第15次南極地域観測と関連して、1973年10月から1974年2月にかけて、南極ビクトリアランド、ドライバレー地域において、ドライバレー掘削計画(DVDP, Dry Valley Drilling Project)による掘削調査が行われた。

この調査は、日本・アメリカ・ニュージーランド三国共同観測態勢で行われたもので同地域の塩湖を中心とした6ヵ所の掘削が実施された。わが国からは8名が参加し、掘削地点での試料採集に立ち会うとともに、一部の掘削試料については、マクマード(McMurdo)基地の地学研究室で岩石薄片作製、X線回折による二次鉱物の同定などの研究が行われた。

ここでは、このDVDPの概要と1973～74年隊の調査状況などを主として述べ、採集試料の研究成果については、その終了後別に報告する。

### 1. DVDP の概況

南極大陸ビクトリアランドの南部には、南極でもっとも広大な無氷雪地域が存在する。特に、西の大陸氷原から東のロス海に向かって走るビクトリア(Victoria)、ライト(Wright)、テイラー(Taylor)の3つの氷蝕谷は、通称ドライバレー地域と呼ばれ、IGY以来、近く

に基地をもつアメリカ隊やニュージーランド隊をはじめ、各国の地学関係者が調査に参加し、南極大陸でもっとも広範囲な地学調査が実施されているところである。

わが国からも1963~64年以来、アメリカ隊、ニュージーランド隊の支援をうけて、塩湖を中心とする地球化学的調査が数次にわたって行われ、それらの研究成果は、今回の国際共同観測成立の背景に大きな役割を果すものとなっている (TORII *et al.*, 1965; 鳥居他, 1966; TORII *et al.*, 1967; 杉山他, 1967; SUGIYAMA *et al.*, 1967; YAMAGATA *et al.*, 1967a; YAMAGATA *et al.*, 1967b; 島, 1967; TORII *et al.*, 1970; 吉田他, 1971; 鳥居他, 1972; NAKAO *et al.*, 1972; AMBE, 1974). すなわち、調査が進むにつれて、塩湖をはじめ、この南極で特異な環境をもつ同地域の解明には、深層掘削によって各種堆積物の採集調査が重要な研究課題であるとし、1968年には、わが国の科学者からアメリカの極地関係者に掘削調査を実施するよう提案するに至った。

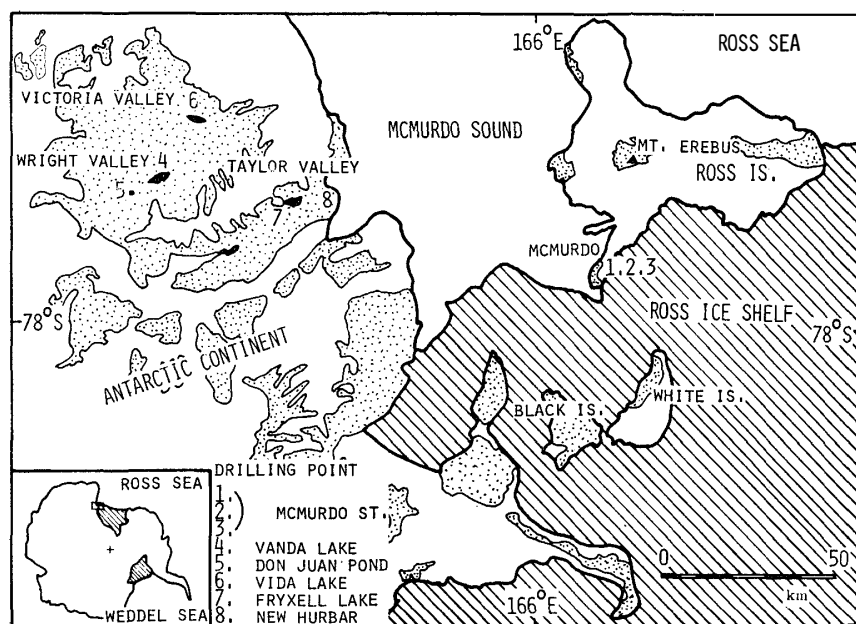


図 1 ドライバレー地域

Fig. 1. Dry Valley area, McMurdo Sound region.

これは1971年、アメリカ側関係者の同意をうることになり、同地域の調査に熱心なニュージーランド南極関係者も加わって、ここに三国による「ドライバレー掘削計画」が生まれたのである。

このドライバレー掘削計画は、その基本方針として、1956年以降のドライバレーおよびその周辺地域における地質学、地形学、地球物理学、地球化学などの諸研究で明らかにされた多くの問題のうち、塩湖の成因をはじめ、氷床の変動や古気候など南極大陸の地史に関する

諸問題を解明することを目的としている。

その後、この科学者による掘削計画は、三国科学者の意見調整を経て、三国の南極観測実施機関に持ち上げられ、アメリカは全米科学財団 (NSF) の極地局、ニュージーランドは科学工業研究省 (DSIR) の南極局、日本は極地研究センター (1973年9月より国立極地研究所に移行) が主務となって、計画の推進、掘削調査の実施などが政府レベルで行われている。

DVDP では、本格的な掘削調査に先立って、2つの予備調査が行われた。すなわち、1971~72年には、ドライバレー地域において、航空磁気測量と電気地下探査、および人工地震探査が掘削候補地点を中心として行われた。これには、その年バンダ (Vanda) 湖を調査中の日本チームの一部が、アメリカ隊に協力して電気地下探査を担当し、ドンファン (Don Juan) 池、ドンキホーテ (Don Quixote) 池、バンダ湖 (以上ライト谷)、ビイダ (Vida) 湖 (ビクトリア谷)、フリクセル (Fryxell) 湖 (テイラー谷) などを調査した (NAKAO *et al.*, 1972)。

また、1972~73年には、掘削器械の到着をまって、ロス島のマクマード基地付近において、1973年1月21日より試掘をかねた #1 と #2 の掘削が実施された。これには Northern Illinois 大学、Nebraska 大学 (以上アメリカ)、Victoria 大学 (ニュージーランド) の地質学者が参加した。わが国からは、この最初の掘削現場にドライバレー地球化学調査を終えた4名が、短期間ではあったが立ち会い、掘削コアを入手するとともに、その後の掘削計画に関する意見交換などを行った。

そして、1973~74年には、上述の2シーズンにわたる予備調査を経て、いよいよドライバレー地域の本格的な掘削調査が実施されたのである。なお、この DVDP は、第4年次に当たる1974~1975年度の調査をもって、その全計画を終了する予定である。

一方、DVDP の実施とともにドライバレー地域における従来の研究成果の発表、ならびに掘削調査に伴う関係者の研究討議などが必要であるとし、第1回 DVDP セミナーが、1974年5月29日より3日間、アメリカのシアトル市で開催された。これは日米科学協力事業の一環として、日本学術振興会、全米科学財団の後援の下に行われたもので、第三国としてニュージーランドが参加した。このセミナーには、三国より58名の DVDP 関係者が参加し、38編の論文が発表されている (NORTHERN ILLINOIS UNIV., 1974)。わが国からは10名が出席した。なお、このセミナーは、今後掘削試料の研究の進展とともに、その開催が要望されており、現在ニュージーランド (1975年)、日本 (1977年) でも開催が予定されている。今

後の DVDP セミナーによって、南極地域の歴史的発展に関する知見は、飛躍的に増大することが期待され、大きな意義をもって DVDP が終了するものと思われる。

この DVDP に関しては、L. D. McGINNIS 教授 (Northern Illinois 大学, 地質教室) が計画運営の全責任者となり、DVDP Bulletin が発行され、国際協力による計画の推進がはかられている。この Bulletin は 1972 年からすでに 4 部発行されており (NORTHERN ILLINOIS UNIV., 1972, 1973, 1974a, 1974b), DVDP の研究目的, 各国科学者の研究課題, 各年次の観測実施計画, 研究速報, 掘削コア配分方法などが記載されている。

また掘削コアは、原則的に Northern Illinois 大学で保管されるが、永久凍土層や泥状堆積物などの冷凍保管を必要とするものは、Florida State 大学 ( $-20^{\circ}\text{C}$  保存) と Northern Illinois 大学 ( $0^{\circ}\text{C}$  保存) との 2 カ所で保管されている。なお、各掘削地点の一部試料は、マクマード基地の地学研究室で 4 等分され、3 国に配分されるとともに、他の 1 部は永久保存試料として Northern Illinois 大学が保管することになっている。

掘削コアの研究を希望する場合には、各自の研究目的などを所定の DVDP 試料配分申込用紙に記載し、各国の DVDP 責任者を通じて L. D. McGINNIS に申し込めば、その研究が重複しない限り、共同研究者として研究に参加することができる。

## 2. 1973~74年隊の観測計画と準備

### 2.1. 観測計画

第 3 年次の DVDP は当初の計画通り、ドライバレー地域の塩湖周辺を中心とした掘削調査が行われることとなった。その掘削地点と順位などの実行計画は、前年度の掘削終了後ただちに三国間で討議され、1973 年 5 月末には実施案がまとまった (NORTHERN ILLINOIS UNIV., 1973)。従ってわが国の観測計画、隊員の編成、機材の準備などは、それに準じて進められた。

掘削は前年度に引き続き、まずロス島の #2 地点付近で、第 3 の掘削が行われることになった。これは、ニュージーランド、アメリカ両国の火山専攻地質学者の要望を入れ、前年度中断した掘削を再度基盤までを目標に行うことにしたものである。そのためニュージーランド、アメリカの DVDP 関係者は 9 月上旬、マクマード基地へ飛び、10 月中旬から始まるドライバレー地域へのヘリコプター輸送までに、これを実施することとなった。

その後の計画は、10 月下旬よりライト谷のバンダ湖、ドンファン池、ビクトリア谷のビィダ湖、テイラー谷のボニー湖、フリクセル湖、ニューハーバーなどが予定され、合計 7 地点

が1974年2月末までに掘削されるものである。これらは、ドライバレー地域に点在する塩湖について、その成因を解明するうえできわめて興味深い調査計画となっている。

## 2.2. 隊の編成

DVDP は1971～72年を第1年次として調査活動に入ったが、わが国は予算編成などのずれにより、1973～74年から正式に参加することとなった。そして、派遣隊員の人選、準備などは、この年次よりすべて極地研究センターで実施されることになった。そして1973～74年の DVDP 問題については、1973年4月以降極地研究センターと関係科学者、とくに日本地球化学会極地問題小委員会のメンバーとの間で、計画推進のための会合が開かれ、わが国の実施計画が協議された。

その結果、現地調査隊員としては、1) 掘削試料の採集に立ち会うシニアサイエンティストとしての地質学者、2) 塩湖の成因と関連して、水の同位体、塩類堆積物の鉱物学などを専攻する地球化学者、3) 火山地帯の掘削と関連して岩石専攻の地球化学者、4) 国際共同調査の建前からアメリカ側の要請する地学研究室における研究と機械を担当する技術者、などが派遣されることが望ましいとの結論がだされた。

極地研究センターは、これらの意見を勘案して、最終的には、同地域の地球化学的研究に長年関係の深い日本地球化学会宛に、派遣隊員候補者の推せん依頼を行い、同学会会長よりの回答をまって、最終的な人選を行う方法がとられた、なお、調査期間が5カ月以上の長期にわたるため、実施計画に沿って前半、後半の2期にわけて、それぞれの専門家が選考されることとなった。

上述の方法で隊員が選考されたが、隊員派遣の国費予算が2名であるため、他の5名の旅費などは日本極地研究振興会に後援依頼の手続がとられた。また吉田栄夫はニュージーランドのクライストチャーチで開催の SCAR 後期新生代研究専門家会議に出席するので、その終了後、12月上旬に後半の隊員とともに参加することとなった。

## 2.3. 物品調達

DVDP の推進をはかるため、1971年12月以来、三国の関係者は機会あるごとに会合し、実施計画の打ち合わせが行われた。とくに、本計画の総合責任者であるアメリカ側の Phil SMITH (全米科学財団)、L. D. McGINNIS は、1972年8月、ニュージーランド、日本の関係機関を訪れて、アメリカ側の意向を伝達し、DVDP における各国の分担、研究協力関係などが協議され、基本方針が確認された。

この結果、掘削器械を含めて掘削関係に必要な全機材類、現地でのヘリコプター輸送、参加科学者の宿泊施設などは、すべてアメリカ隊が引き受け、ニュージーランドは掘削技術者の派遣、日本はマクマード基地の地学研究室 (Thiel Earth Science Laboratory) へ科学機器類など研究室用品を提供することとなった。

この方針に沿って、1973年3月には、L. D. McGINNIS より日本側に対して、各種物品の提供方要請があり、極地研究センターは関係者と協議のうえ、最終的には表1に示す物品を準備し、7月末と8月末の2回に別けて、ニュージーランドのクライストチャーチへ輸送した。

表 1 日本隊調達リスト

Table 1. Instruments and expendable supplies prepared by Japanese Party.

番号	品 名	規 格	数 量
1	岩石薄片作成装置 中型切断機卓上スラブソー 同上用ダイヤモンド刃 薄片二次切断装置  平面研磨機 振動式自動研磨機 薄片作成用小道具	CE-100, ベンチ型 300 $\phi$ m/m トリムソー-CE-84, ダイヤモンド刃 150 $\phi$ $\times$ 0.6 m/m, マイクロクランプ JU 27, 真空ポンプタンク付 マルトーラップ JU 27 (研磨面200 $\phi$ m/m) パイプロポリシ薄片セット ピンセット, 刷毛, 蒸発皿, アルコールランプ, 三又架, レーキサイトセメント, はくり用刃, 硬質ガラス	1 台 6 枚 1 式  2 台 1 台 1 式
2	偏光顕微鏡	オリンパス POM コンペンセーター, 反射照明装置 (LSD), 照明装置, 写真撮影装置 (PM 6) 付	1 式
3	偏光顕微鏡	ニコン POH セット 5 バビネコンペンセーター, 複式十字動装置, 写真撮影装置 (AFM-B) 付	1 式
4	偏光顕微鏡	ニコン S-PO, 標準ケーラー照明装置付	1 式
5	生物顕微鏡	ニコン SBR-Kc セット 2	1 式
6	実体顕微鏡	ニコン SMZ, 標準照明装置付	1 式
7	X線回折装置	東芝	1 台
8	細粒物質粒度分析装置	光透過式 SKN 型	1 台
9	ホットプレート	HK-21, 0~200°C	1 台
10	恒温乾燥器	GB-19型, 300°C	1 台
11	メノウ乳鉢	10 cm 径	1
12	反射実体鏡	ニコン	1 台

番号	品名	規格	数量
13	カメラ類		
	キャノン	F-1	3
	〃	交換レンズ FL 5035	1
	〃	〃 FD 5035	1
	〃	〃 FD 5018	1
	〃	〃 FD 2835	1
	〃	〃 FE 7556	1
	アサヒペンタックス	SP 型	1
	〃	交換レンズ 55 mm	1
	〃	〃 50 mm	1
	コピースタンド	キャノン	1
	フィルターその他付属装置	〃	1 式
	ベローズ	〃	2
	三脚		3
14	英文タイプライター	スミスコロナ電動式, プラス	各 1 台
15	電子卓上計算器	キャノン, サンヨー, 東芝, 日立, セイコー	7
16	電子複写機	リコー BS 450, 付属工具, トランス, 現像液 コピー用紙 (B 4 2000枚分) 付	1 式
17	研磨紙	#240	10
	〃	#400	10
	〃	#600	5
18	カーボランダム	C 200 (25 kg 入)	1
	〃	C 400 (25 kg 入)	1
	〃	C 800 (25 kg 入)	1
19	岩石薄片格納箱	100枚入	12
20	上皿天秤	0.2 g 用	1
21	アラルダイトD-エポキシセメント		2 kg
22	スライドグラス	28×48 mm, 50枚入	20 箱
	同上用カバーグラス	24×24 mm, 100枚入	10 箱
23	カナダバルサム	100 ml 入	10
24	イマージョンオイル	屈折率 1.4~1.7	2 ユニット
25	粒度分析用フルイ	8 種 1 組 $\phi$ 8 インチ	1 組
26	鉍物選別用重液	ブロフォホルム 500 ml	1
27	鉍物選別用液	アセトン 2000 ml	1
28	ガラス器具類		
	分液ロート		2
	ビーカー	200 ml	10
	ロート		10
29	計測テープ	3.5 m	2
	〃	50 m	4
	〃	100 m	1

番号	品名	規格	数量
30	フィルム類	白黒 36 EX	200
		ネガカラー //	100
		ポジカラー //	100
31	製図盤	1050×750×30 mm, 900×600×30 mm	各 1
32	透写台	プラス I-0050 型	1
33	ロットリングセット		1 式
34	レタリングセット	レロイ型	1 式
35	文房具類		
	鉛筆	B, H, HB, 2H, 3H, 4H	各 6
	ボールペン	黒, 赤	ダース //
	マジックインキ	黒, 青, 赤	//
	レターペーパー	8 1/2×11, レターヘッド付	2000 枚
	タイプ用紙	8 1/2×11インチ	3000 枚
	トレース用紙	9×12インチ, 24×18インチ, 30インチ幅ロール	3000 枚
	グラフ用紙		6
	カーボン用紙		2 箱
	メモ用紙		3000 枚
	ホッチキス	針付	4
	鉛筆けずり	電動式, 手動式	5
	定規	三角定規, T 定規	1 式
	コンパス・ディバイダー		1 式

なお、物品の準備に当たっては、DVDP の性格から見て全面的に協力することを是とし、国費により主要観測器材類が調達されるとともに、極地研究センターから日本極地研究振興会に対し後援を依頼するほか、一部の不足器材については参加者の所属機関の広島大学、東京大学、地質調査所などから補われた。

### 3. 行動の概要

前半の観測を担当する先発隊員が、1973年10月10日東京羽田空港を出発してから後半担当隊員が帰国する1974年2月27日まで全行動期間は141日間にわたった。この間の行動を、時間的経過に従って記述する。

#### 3.1. 前半担当隊員の行動

##### 3.1.1. 東京より南極マクマード基地まで

前半担当隊員としての中井信之、森川日出貴、大野正一、および全期間担当隊員の中山紘

一は、1973年10月10日東京空港を出発したが、航空機会社のストライキに遭遇したため、10月12日クライストチャーチに到着した。ただちにニュージーランド南極局、アメリカ極地局クライストチャーチ事務所を訪問し、打ち合わせと南極向け器材、装備の点検・整備を行った。10月16日全員マクマード基地に到着し、南極地域における行動を開始した。これにやや遅れて、鳥居鉄也が10月21日東京発、同月26日マクマード基地に到着して合流した。

### 3.1.2. マクマード基地における行動

マクマード基地では、地学研究室内における観測および DVDP #3（第3番目のボーリング孔）掘削に関する諸作業が行われた。

まず日本隊の持参した諸観測機材その他の器材は、11月上旬、マクマード基地に到着し、ただちに地学研究室への設置が実施され、X線回折装置は森川、岩石切断機および薄片作製装置は大野、顕微鏡類は中山、大野、粒度分析器は中山がそれぞれ責任をもち、電気乾燥器、複写機等は全員の協力により、組立調整が行われた。その結果、11月中旬にはすべての装置が可動となった。

DVDP #3 は、すでに9月19日より掘削が進められていたが、10月23日掘削深度 381 mで中止された。このコアはほとんど溶岩と火山碎屑物からなる永久凍土層で、火山岩類は二次的な変質を受けている。このコアの全層を検索して、コアの割れ目に多量に含まれる氷と二次鉱物の中から中井、森川、中山の協力によって、氷試料64点、二次鉱物試料約 220 点を採集し、地学研究室内での実験に供し、また、帰国後の実験に資することとした。

以後、地学研究室内では大野による岩石薄片（中山の援助により帰国までの間、総数 333 枚に達した）の作製、中井による帰国後の同位体比測定のための試料の化学処理とコアの詳細な観察、森川によるコアおよび掘削地点周辺より採集された塩類堆積物試料のX線分析が実施された。

### 3.1.3. ドライバレー地域における行動

天候の不良、ヘリコプター事故（11月4日クロジア岬）や整備の遅れなどのため、予定より遅れたドライバレー地域の掘削は、バンダ湖氷上からの湖底堆積物の採取から開始された。

1) DVDP #4（バンダ湖） これはライト谷バンダ湖の最深部の湖氷上に設けられた掘削地点で、パーカッション方式により、未固結堆積物のみを採取しようとするものであった。11月13日に開始されたが、翌14日、ケーシング引き上げの途中、パイプの接ぎ目が湖底上21 mで切損するという事故が発生し、一時掘削は中止された。17日再開され、11月21日12.3 mの堆積物掘削の後、花崗岩体に遭遇した。これが基盤か否かを確かめるため、環境モニター

の同意を得て、少量の湖水を循環水として用い、ロータリー方式によって約5 mの掘削が行われ、基盤であることが確認されて、26日終了となった。

現地調査には11日より、中井、中山、鳥居が参加し、コアの肉眼観察、試料採取に当たり、35点の堆積物試料を得た。

また、11月22日森川が現地に合流し、バンダ湖周辺の露岩地帯に存在する塩類の分布や産状調査、試料採集を行い、160点の試料を得て、地学研究室でのX線による同定を行った。

2) DVDP #5 (ドンファン池) 掘削地点は、ドンファン池西端の一つの端堆石堤に近い、池水の蒸発した平たん部に設定された。地形的制約が大きく、多人数が参加できないので、鳥居が現地に参加し、12月1日掘削が開始されたが、翌日3.4 mの掘削後、花崗岩体に遭遇した。基盤か否かの確認のため、12月3日ロータリー方式の掘削を試みかけたところ、地下水の湧出が発生し、掘り進めると環境汚染をひき起こす可能性が強いとされて、掘削は中止された。この3.4 mのコアは地学研究室へ持ち帰り後、中井、森川らによって肉眼観察に付された。

3) DVDP #6 (ビイダ湖) これはビクトリア谷ビイダ湖の北西岸付近で行われたもので、12月10日開始され同月20日終了した。永久凍土層となった10.5 mの末固結堆積物と、その下の294 mに及ぶ片麻岩および花崗岩の基盤岩類が掘削された。

この掘削には、中井が12月9日より現場に立ち会い、責任をもってコアの記載を行う地質学者 (site geologist) として参加し、13日までコアの肉眼観察による記載と梱包を行った。森川は12月15日、マクマード基地よりビイダ湖に飛び、コアの記載の仕事を引き継ぐとともに、湖周辺の露岩地帯の塩類の分布、産状調査と試料の採取を行った。また、到着以来岩石薄片作製に専念していた大野は、同日ビイダ湖掘削地点を往復し、以後の岩石薄片作製およびその指導に資するため、掘削コアの現地観察を行った。

ビイダ湖掘削および周辺で得た試料は、コア中の氷9点、二次鉱物31点で、湖周辺より収集した塩類試料は260点である。

### 3.2. 後半担当隊員の行動

後半期間を担当する倉沢一、綿抜邦彦は、12月10日東京を出発、翌11日クライストチャーチに到着した。ここで、クライストチャーチで開催された SCAR 後期新生代研究専門家会議に出席していた吉田栄夫と合流した。一方、鳥居はドンファン池掘削中止後、12月6日マクマード基地を出発し、7日クライストチャーチに戻った。ここでニュージーランド南極局およびアメリカ極地局事務所と、また吉田と打ち合わせの上、12月10日東京へ帰着した。

倉沢、綿抜、吉田はニュージーランド南極局、アメリカ極地局事務所と連絡後、12月13日クライストチャーチを出発し、同日マクマード基地へ到着した。

### 3.2.1. マクマード基地における行動

マクマード基地地学研究室では、DVDP 現地総責任者の前半担当の S. TREVES (Nebraska 大学) と後半担当の M. MUDREY (Northern Illinois 大学) との交代が、12月初旬行われた。TREVES の12月15日帰国を前に、日本隊全員に TREVES, MUDREY を交えて打ち合わせを行った。TREVES 帰国後、ただちに倉沢、綿抜、吉田は MUDREY と協議し、ビイダ湖から運搬されてきたコアの肉眼観察と再記載に従事した。吉田はまた、ビイダ湖コアおよびバンダ湖コアの観察を、DVDP に直接参加していないアメリカのドライバレー研究者の一人 P. CALKIN とともにに行い、意見を交換した。

中井はビイダ湖より、マクマードに戻った後、ビイダ湖試料の化学処理、ドンファン池試料の肉眼観察を行い、持ち帰り試料の梱包整理に従事した。また、12月16日中山とともに、マクマード入江のフィッシュ・ホールにおいて海水試料（深度 10, 200, 480 m）の採取を行った。12月17日中井と大野は、マクマード基地を出発し、12月25日東京へ帰着した。吉田は DVDP #6 コア記載の後、12月21日マクマード基地を出発し、12月25日帰国した。

倉沢、綿抜はコア記載のかたわら、ロス島の一部で野外調査と試料採集を行った。また、綿抜は DVDP #6 コア中の氷試料を同位体測定用として採取した。森川は、12月22日ビイダ湖よりマクマード基地へ戻り、以後、地学研究室において採集した塩類試料のX線分析に従事し、さらに綿抜とともに DVDP #6 コア中の二次鉱物を含む試料の採取とその同定を行い、1974年1月9日マクマードを出発、帰国の途につき、1月19日東京に帰着した。中山は地学研究室における諸器械の保守、岩石薄片の作製、顕微鏡写真撮影、採取試料の整理、梱包等の作業を行った。

なお、倉沢は地学研究室において、岩石の記載と命名法についての指導と同位体地質学の講義を外国の隊員達に対して行った。

### 3.2.2. ドライバレーにおける行動

DVDP #6 の掘削は12月20日終了し、12月24日綿抜が次のフリクセル湖の DVDP #7 掘削地点へ到着した。掘削準備の合間を利用し、フリクセル湖周辺で鉱物試料を採集した。掘削は26日開始されたが、わき水が多くて成功せず、11.2 m の掘削の後、12月31日中止された。この間、綿抜は湖水や周辺の小水流の電気伝導度、pH、水温などの測定を行い、12月29日倉沢と交代した。ニューハーバーの DVDP #8 掘削地点への移動作業は、1974年1月

1日から4日の間に実施され、倉沢は1月2日までこれに立ち会い、また中山は1月4日 #7 地点の最終整備、器材点検に参加した。

掘削技術者達の休養後、1月7日倉沢はサイト・ジオロジストとして、技術者とともにニューハーバーの DVDP #8 地点におもむき、また中山も翌日現地へ到着し、1月8日からの掘削に立ち会い、コアの観察と記載に従事した。1月16日綿抜が倉沢と交代し、18日中山もマクマード基地へ帰着した。綿抜はコア中の氷試料の採取や掘削地点周辺の鉱物、貝化石などの試料の採集も行った。

DVDP #8 は、すべて氷成堆積物や海成堆積物の砂層、砂礫層からなる未固結堆積物中の掘削となり、地表近くのルーズな砂層では、掘削作業が著しく困難であった。1月21日深度157 m に達していったん中止し、より深くまでの掘削は次年度に行われることになった。回収し得なかったコアの再回収のため、21日、垂直より4.5度の角度をつけた再掘削が開始され、1月23日まで続行された。同日綿抜はマクマード基地に帰着した。

### 3.2.3. 掘削終了後の行動

1月24日より28日までの間、DVDP #8 掘削地点において次年度までの保全のための作業とマクマード基地への引き揚げが行われた。倉沢は26日ロイズ岬 (Cape Royds) を訪れ、野外調査を行った。

1月29日から2月6日まで、倉沢、綿抜、中山の全員により、二次鉱物のX線分析、コア試料の再チェック、整理、記載、DVDP #6 コアに関する報告書 (DVDP, Bulletin No. 3 に掲載) の作成、コア試料の一部採取と岩石薄片の作製、コア試料の梱包などが行われた。

1月31日にはアメリカ南極隊と米海軍支援隊の打ち合わせがあり、また2月4日にはDVDP 総責任者の L. D. McGINNIS がマクマードに到着した。

2月6日から12日までは、返送荷物の梱包発送、諸器械の整備、収納の手続きなどを行った。これらの観測器材は、冬季低温とならないフィールドセンター中に格納保管された。またこの間、X線回折装置の保守、取扱い、チャートの解析方法などについて、地学研究室で講習が行われ、外国隊の研究者の便をはかった。

2月13日、3隊員はマクマード基地を出発し、同日クライストチャーチに到着し、ニュージーランドの南極局で岩石試料、装備品などの日本への発送手続きを行った。発送までの間、ニュージーランド南島の地学的見学を行った。氷河と古期岩類を見学したが、古期岩類はおもに黒雲母片麻岩類で、ドライバレー地域のものと極めて類似している。2月23日クライストチャーチを出発し、27日東京に帰着し、すべての行動を終了した。

#### 4. 観測の概要

1973～74年の DVDP における日本隊の観測は、1) 掘削に伴うコア試料の肉眼観察と記載、2) コアから現地において採取する必要のある試料の採集、3) コア中の二次鉱物の同定、4) 露岩地域の塩類等の分布調査、5) 湖水の諸性質の経年変化、6) 露岩地域の一部の基盤岩類の地質調査、7) 上記に伴うマクマード基地地学研究室内での研究と作業、すなわち、コア再検討、X線回折による鉱物の同定、試料の化学的処理、岩石薄片の作製とその顕微鏡下の観察などからなっており、さらに採取試料については帰国後分析が行われている。研究成果の一部は、第1節に述べた第1回 DVDP セミナーで発表され、また別に報告される予定である。したがって、ここでは簡単に各項目についての実施状況を述べ、結果の一部について触れるのみにとどめる。なお、各掘削地点の概要は表2に示す。

表 2 1973-74掘削状況  
Table 2. Description of drill holes.

掘削 番号	場 所	掘削深度	期 間	備 考
#1	Twin Craters 南斜面 (ロス島)	196.5 m	1973年1月21日 ～29日	火山碎屑物を混えた永久凍土層
#2	Observation Hill 北面斜面 (ロス島, #1 より 600 m 南)	171.38 m	2月9日 ～20日	同 上
#3	同 上	381.1 m	9月19日 ～10月23日	同上：来年度基盤まで再掘削の予定
#4	バンダ湖最深部 (ライト谷)	85.75 m	11月13日 ～26日	湖底 (68.29 m) から 12.3 m が堆積物。基盤は花崗岩
#5	ドンファン池北西岸 (ライト谷)	3.35 m	12月1日 ～3日	わき水のため中止
#6	ビイダ湖西端より北 200 m (ビクトリア谷)	305.79 m	12月10日 ～20日	10.5 m 下より基盤 (花崗片麻岩)
#7	フリクセル湖の北西岸 (テイラー谷)	11.13 m	12月26日 ～31日	わき水のため中止
#8	ニュー・ハーバー (テイラー谷東谷)	157.46 m	1974年1月8日 ～23日	来年度再掘削の予定

備考：1. 掘削番号3より8までが今年度実施したもの。

2 掘削番号4より8までがドライバレー地域。

##### 4.1. コア試料の観察と記載

コアの観察と記載で日本隊が分担したものは、#6 (現地および地学研究室内)、#7、#8

(現地)である。

#### 4.1.1. #6 掘削コア

ビイダ湖の #6 については、中井がニュージーランドおよびアメリカの学者と協力して、現地での記載を行い、試料のマクマード返送後、再観察と再記載を末固結堆積物については吉田と綿抜が、基盤岩についてはおもに倉沢が行い、その結果は、DVDP Bulletin No. 3 に報告された。

要点を述べれば、末固結堆積層は、永久凍土化し、地表から 10.5 m の厚さがあり、そのうち 8.3 m がコアとして採取された。これらは大きく 5 つの単位に分けられる。一般に層理がみられ、砂質で種類の礫種の亜円礫ないし亜角礫が多く、大半はアウトウォッシュの堆積物とみられる。細礫には風蝕のきず跡のあるものがあり、明りょうな湖成層はみられなかった。

基盤岩類は深度 10.5 m から掘削下端の 304.8 m にわたっており、下位の花崗岩類 (156.0 m ~ 304.8 m) が単一の岩体であるとして、17 の単位に区分できる。上位の片麻岩類は、おおむね黒雲母片麻岩であって、破碎帯に富み、それらは氷や二次鉱物で充てんされているものが多く、とくに著しく破碎されている部分には、緑レン石が発達しているのが特徴である。コア中で極めて明りょうな断層が深さ 88.0 m にある。これは地表にも対比されるものがあるはずである。この断層は下位の花崗岩体の貫入には、直接関係したものではなく、貫入後の運動によるものと考えられる。花崗岩は単一の岩体で、黒雲母灰曹長石石英正長石花崗岩であり、極めて均質である。捕獲岩として細粒の砂岩、輝緑岩、角閃岩が見出され、また破碎帯には緑泥石が発達しているのが普通である。この花崗岩体は、ビイダ花崗岩と呼ばれるものに相当するであろう、なお、この岩体から枝分かれして貫入した小規模の舌状部 (15 cm ~ 2.5 m 幅) が、深さ 115.5 m 以深の花崗岩体直上までに数カ所に見られた。岩体の随所にみられる破碎帯には、ほとんどすべて氷が存在する。

#### 4.1.2 #7 掘削コア

フリクセル湖の #7 は綿抜、倉沢が交互に立会ったが、深度 11.1 m で湧水のため掘削中止となった。礫の多いルーズな砂礫からなる氷河堆積物であった。

#### 4.1.3 #8 掘削コア

ニューハーバーの #8 では、当初倉沢と中山が、後に綿抜が立会って現地のコアの記載を行った。地表に近い部分は氷河堆積物 (モレーン)、およそ 20 m 以深は海底堆積物であって、シルトないし極粗粒砂と、それらに取り囲まれた細礫から 1 m を越える巨礫までの礫からなる砂礫層である。このマトリックスは、下位ほど暗緑色を呈し、シルト質となっているが、

一般にはシルトと砂との互層である。また 2, 3 の箇所では二枚貝（ペクテンの一種）を挟在していた。礫種は花崗岩、片麻岩、粗粒玄武岩、砂岩などである。コアには氷が随所にみられ、いわゆるクラックにはほとんど存在し、永久凍土となっている。地表近くの極めてルーズな砂礫層の崩壊があり、また循環水の凍結防止剤としての塩化カルシウムが、環境を汚染する恐れがあるために使用できず、代わりに使われたディーゼル油（DFA）の消耗が激しいなどのことで掘削が難行し、深度 157.2 m で本年は中止となった。次年度にさらに掘下げられることになっている。

#8 で回収できなかった地表近くのルーズな砂礫層の採取のため、再掘削が #8 の近接点で行われた。これは垂直角度から 4.5° 傾けて掘られたもので、深度 38.34 m に達した。

#### 4.2. コアからの試料の採取

コア試料は原則的に、現地およびマクマード基地の地学研究室における予備的記載の後、アメリカ国内に送付の上保管され、コア試料配分のルールに従って、研究目的に応じて研究者に配分され、研究が行われることになっている。しかし、物理的、化学的に変質する恐れのある塩類ないし二次鉱物、水や氷などの試料の一部は、掘削現場や地学研究室内で採取され、X線回折による鉱物の同定や化学的処理が施された。またコアの記載に資するため、少量の試料が採取され、顕微鏡観察用薄片が作製された。日本隊の持ち帰り試料については、別表（Appendixes）に示す。

しかし、バンダ湖試料など一部試料の採取の仕方をめぐってやや問題が生じ、DVDP セミナーでも討議されたが、掘削現地における採集方法は、今後一層の徹底が望まれる。

#### 4.3. コア中の二次鉱物の同定

##### 4.3.1. DVDP #3 掘削コア

ここでは熔岩、火山碎屑物中のクラックや境目に二次鉱物がみられ、X線回折の結果、方解石、石膏、沸石の存在が明らかとなった。沸石と氷の存在から、熱水作用による生成と判断される。

##### 4.3.2. DVDP #6 掘削コア

ここでは方解石、石膏、沸石のほか霏石（aragonite）、濁沸石（laumontite）が見出され、また破碎帯に緑泥石が存在する。とくに著しい破碎帯には緑閃石の生成がみられる。

##### 4.3.3. DVDP #4 掘削コア

バンダ湖の厚さ 12m の湖底堆積物中には、湖底下 4 m および 7 m に厚さ 30~50 cm ほど

の礫層をはさむが、上位の礫層より上方には、帯状または粒状に存在する多量の白色鉱物のコンクリーションがみられる。これはX線回折により、主として方解石と石膏であり、一部に芒硝石 (thenardite) も含まれている。なお礫層より下方には、白色鉱物のコンクリーションは全くみられない。

なお、湖底堆積物のシルト岩から、大野が薄片を作成したところ、海洋性の珪藻の化石が見出された。

#### 4.4. 露岩地域の塩類分布調査

掘削と並行して、機会あるごとに掘削地点周辺の露岩地域で、塩類堆積物の産状と分布を調査し、試料を採集して鉱物の同定を行った。

##### 4.4.1. バンダ湖周辺

バンダ湖周辺の塩類は、その産状から大きく二つに区分される。その一つは地表や転石の下面に付着して生成している塩類堆積物、ないし凝華物 (efflorescence) であり、他方は火成岩の岩脈の孔隙を埋める形で産するものである。

塩類堆積物として産するものは、石膏、芒硝石、ハライト、チリ硝石 (Sodium nitre)、方解石である。これらの分布で特徴的なのは、湖岸に近い地形的に低いところには石膏、芒硝石が多く、湖岸より一段高い氷河性ベンチ状をなす地形のところには、比較的水に対する溶解度の高いハライトや硝石がかなり多量に存在していることである。また、より小規模の地形の起伏によっても違いがあって、地下や大気中の水分のあり方と出入りが、地形によって微妙に変化することを示すものと考えられる。また湖西方の、湖からの比高900 m に達するダイス (Dais) 山の平坦な頂上付近にも塩類が地表に分布し、石膏、芒硝石、ハライトが識別された。こうした塩類分布とそれらの由来は興味ある課題である。

一方、ダイスには岩脈状に産出する鉱物もみられ、その組成は、方解石、緑泥石、葡萄石 (prehnite)、沸石、石膏であった。この組成と産状から、これらは低度の熱水作用で生成したものであると考えられる。

##### 4.4.2. ビイダ湖およびフリクセル湖周辺

ビイダ湖では塩類堆積物として石膏、方解石が同定された。フリクセル湖では、塩類堆積物のほか、カナダ氷河周辺のモレーンが採集され、またペグマタイト性鉱物も採取された。これらの分析は現在進行中である。

#### 4.5. 湖水の化学的調査

従来行ってきた塩湖の地球化学的研究の一環として、主に湖水の経年変化を知ることを目的として、採水および現地調査が行われた。

バンダ湖では、湖水の水溫垂直分布が測定され、pH の測定と湖水試料採取が、4, 8, 12, 16, 20, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 68 m の深度で行われ、65, 68 m の二点で硫化水素が固定された。

ドンファン池でも、池水、および池周辺のパドルに生成する南極石（Antarcticite）と共存する池水が、経年変化を調べる目的で採水された。

またフリクセル湖では、湖水表面の水溫、pH、電気伝導度の測定を実施し、また、カナダ氷河の融氷に伴う小流の pH、電気伝導度測定が行われた。上記の採集試料は帰国後分析が行われている。

#### 4.6. 基盤岩類の調査

ロス島のマクマード基地周辺およびロイズ岬での火山岩類の調査、およびフリクセル湖周辺の変成岩・花崗岩類からなる基盤岩類の調査が短期間行われた。

DVDP #1, #2 および #3 のコア試料の顕微鏡観察と野外調査資料に基づく、ロス島ハット・ポイント（Hut Point）半島地域の火山岩類の概要は次の通りである。

火山岩類は下位から、ハット・ポイント火砕岩、クレーター・ヒル（Crater Hill）、オブザーベーション・ヒル（Observation Hill）、ハーフ・ムーン・クレーター（Half Moon Crater）、ツィン・クレーター（Twin Crater）の5つの噴出活動期に区分される。

岩石種は、火砕岩類、かんらん石輝石玄武岩（粗面玄武岩）、角閃石玄武岩、角閃石粗面岩、フォノライトなどである。一部にかんらん石や輝石の斑晶に富むバサナイト（アンカラマイト）質玄武岩もみられる。また、玄武岩のあるものの一部にはマントル物質のかんらん岩あるいは、はんれい岩の捕獲岩やケルス角閃石の巨晶が特徴的である。フォノライトには数 cm（長径）にもおよぶアノソクレス巨晶が多量に含まれている。

#### 4.7. 帰国後における諸研究について

帰国後、得られた試料についての化学分析や顕微鏡観察が行われているが、その一部について述べる。

これらは、1) ドライバレー地域やロス島における水の由来、塩類の分布とその由来を化学的方法を用いて究明し、それと関連して塩湖の生成と変化を探り、南極大陸の地質時代における環境の変遷を解明すること、2) 火山岩類の成因を究明し、これらの南極大陸の地史

における意義を知るなどの目的で行われている。

#### 4.7.1. 水や塩類の同位体組成とその意義

1) 水の同位体組成と由来：DVDP #3, #6 のコア中の氷についてその酸素の同位体組成 ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ ) は、図2のように両コアとも浅所では-34.2, -34.4‰とほとんど同じ値をとる。これに対して深所まで氷が存在する #3 のコアでは、深くなるに従って  $\delta^{18}\text{O}$  は大きくなり、深度330 m で -0.1‰ と海水のそれと全く一致する。このことから次のような結論を得ることができよう。すなわち、

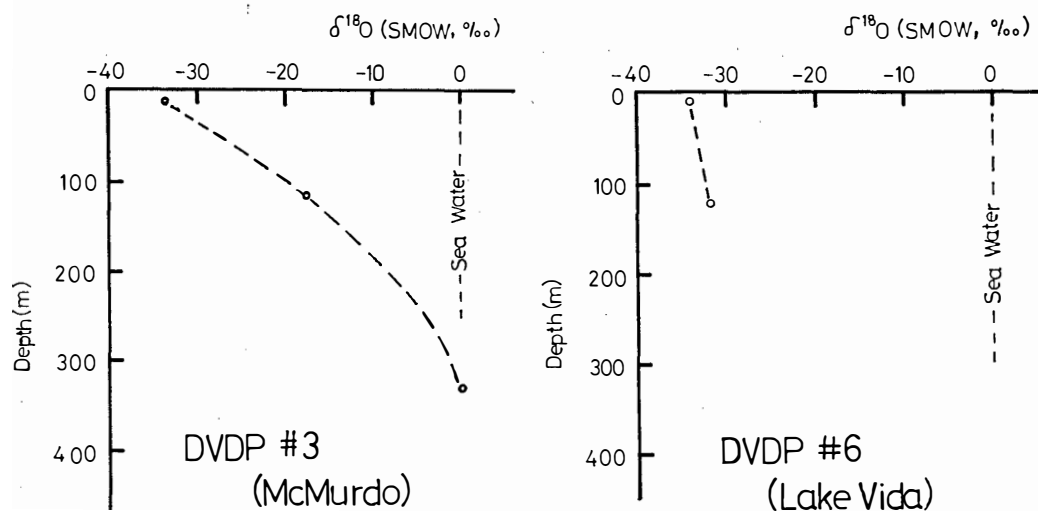


図2 DVDP #3, #6 コア中の氷の酸素同位体組成

Fig. 2. Oxygen isotope composition of ice samples taken from DVDP #3 and DVDP #6 cores.

(1) この地域の地表水（陸水）の  $\delta^{18}\text{O}$  は-34‰前後であり、この値は塩湖の水の由来を考えるのに重要である。

(2) DVDP #3 の地域では、地表から深くなるに従って、海水の寄与が大きくなり、火山岩の噴出時に海水と相互作用があったことが考えられる。

つぎに、バンダ湖の湖水および湖底堆積物中の地下水の  $\delta^{18}\text{O}$  測定結果は、図3に示すようになる。この湖水の  $\delta^{18}\text{O}$  は-30~-32‰の値をとり、海水の0‰に比べて大きく相違していて、先に述べたドライバレー地域の地表水（陸水）の値とほぼ一致する。このことから、バンダ湖は塩湖ではあるが、現在の湖水は地表水そのものであるといえよう。一方、湖底堆積物層中の地下水をみると、-28.5‰（湖水面より72.2 m）、-27.7‰（75.7 m）となり、50 m 以深の湖水底層水の値より大きくなり、しかも下方へと増大している。以上の結果は、この塩湖の水は大部分地表水であるが、堆積物を含めて湖の下部には、海水の残留こん跡を

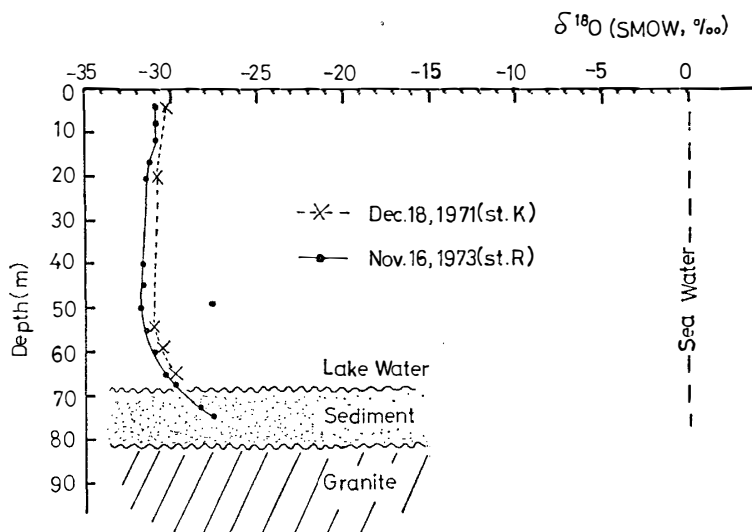


図3 バンダ湖水および湖底地下水の酸素同位体組成

Fig. 3. Oxygen isotope composition of lake water and ground water samples in Lake Vanda.

止めていることが推定される。

2) 塩類の同位体組成と由来：まず、バンダ湖湖底堆積物中の白色鉱物コンクリーションをつくる硫酸塩および炭酸塩鉱物の炭素と硫黄の同位体組成を測定した結果、石膏15試料について  $\delta^{34}\text{S}$  (Canyon Diablo meteorite の FeS を標準) の値は、 $+20.2 \sim +21.1\text{‰}$ と一定値を示し、海水の  $\text{SO}_4^{2-}$  (海水の  $\text{SO}_4^{2-}$  の  $\delta^{34}\text{S} = +20.3 \pm 0.3\text{‰}$  で一定) の値と一致すること、また、方解石について炭素と酸素の同位体組成 ( $\delta^{13}\text{C}$ : PDB 標準,  $\delta^{18}\text{O}$ : SMOW 標準) を測定して、炭素は海洋源のものであり、また、酸素は南極地域の陸水中で再結晶したと考えられる値をとることが明らかとなった。以上のことから堆積物中の白色鉱物が海洋起源のものである可能性を考えることができる。

つぎにバンダ湖周辺の塩類のうち、硫酸塩鉱物の硫黄同位体組成と炭酸塩鉱物の炭素、酸素同位体組成の測定を行った。その結果は、表3および表4に示した通りで、バンダ湖の湖岸近くのもの  $\delta^{34}\text{S}$  が  $+20\text{‰}$  前後であり、ダイス山の岩脈中のものは、 $+17.5\text{‰}$ 程度である。これをみると、前者は海水の  $\text{SO}_4^{2-}$  起源と考えるのが妥当で、後者は熱水起源と結論できる。しかし、バンダ湖の南のやや高所に存在するカノーパス (Canopus) 湖周辺の塩類については熱水起源が推定されるが、まだ確定的ではない。

炭酸塩鉱物の同位体組成 (表4) からは、バンダ湖湖岸近くのもの  $\delta^{13}\text{C}$  からみて海水源であり、これらの鉱物が水の蒸発による塩類堆積物として沈積したことが推定できる。また、 $\delta^{18}\text{O}$  からみると、 $0^\circ\text{C}$  近くの温度でこの地方の地表水、すなわち陸水 (前述の  $\delta^{18}\text{O} =$

表 3 バンダ湖周辺の硫酸塩鉱物の硫黄同位体組成  
 Table 3. Isotope composition of sulfur in sulfate compound minerals found in the vicinity of Lake Vanda.

試料番号	$\delta^{34}\text{S}$ (‰)*	採取地点
73112301	+14.1	カノープス
73112304	+14.4	
73112305	+14.1	
73112308	+16.3	
73120313	+17.6	ダイス
73120309	+17.2	
73112606	+20.3	バンダ湖湖岸近く
73112607	+19.6	
65M80**	+20.9	マイヤース

\* Canyon Diablo meteorite の FeS を標準とした.

\*\*小坂丈予氏(東工大)より頂いた試料.

表 4 バンダ湖周辺の  $\text{CaCO}_3$  の炭素, 酸素同位体組成  
 Table 4. Isotope composition of carbon and oxygen in  $\text{CaCO}_3$  found in the vicinity of Lake Vanda.

試料番号	鉱物組成	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)*	$\delta^{18}\text{O}$ ** (‰)	採取地点
73112403	calcite	+14.4	-0.2	バンダ湖湖岸近く
73112406	calcite, gypsum	+11.4	-0.4	
73112904	calcite	+15.5	+1.0	
73120330	〃	+17.6	+0.4	
73120301	calcite, zeolite	-12.4	+4.3	ダイス
73120326	〃 〃	-12.9	+2.6	
73120329	〃 〃	-10.7	+2.5	
73120316***	calcite	+1.5	+14.1	その他
73112714	〃	+8.5	+21.5	
73120333	calcite, diopside	-3.4	+8.6	バンダ湖堆積物中
73111801	calcite concretion	+1.9	-0.5	

\* PDB 標準, \*\* SMOW 標準, \*\*\* ダイスの頂上露頭のもの.

-34‰) に一度溶解し, 再結晶したと考えられる. これに対し, ダイス山の岩脈中の炭酸塩は熱水性の典型的な値を示す.

以上のような事実から, バンダ湖の生い立ちを推定すると, 次のようになる. ④

(1) 塩類の由来については, 少なくとも  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  が海水源であると考えられる.

(2) 水の由来については, 塩類をもたらした海水は, 過去のある時期に蒸発し, 氷河の融氷水が流入して現在の塩湖をつくった.

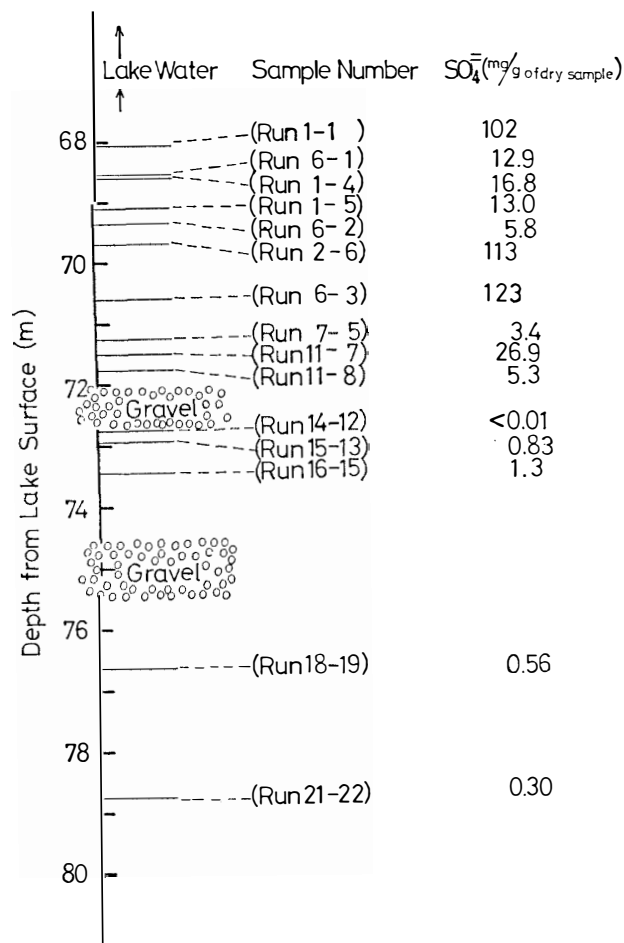


図4 バンダ湖堆積物中の  $\text{SO}_4^{2-}$  含有量

Fig. 4. The  $\text{SO}_4^{2-}$  content of the lake sediment (DVDP #4 core) of Lake Vanda.

(3) 湖の経た過程についてみると、まず過去のある時期には、海水がこの地域の谷まで入りこんでいた。そして前述した湖底堆積物中の礫層が入りこんだ時期に、この礫層(氷河性)により湖がせき止められて、海水は谷中に陸封され、その後海水は蒸発して塩類を沈積した。その理由は、氷河性礫層の存在と、その礫層より上部にのみ塩類鉱物が多量に存在することである。図4に湖底堆積物より溶出する硫酸イオンの量を示した。この海水の蒸発後、氷河の融氷水が流入したのであろう。しかし、その湖がそのまま現在に至ったのではなく、淡水流入後、何回か(回数是不明)淡水の蒸発と流入が繰り返され、最初に沈積した湖底の塩類は、沈積と溶解を繰り返したと考えられる。この重要な一つの結論の論拠は、i) 堆積物中の塩類の分布と産状をみると、礫層から堆積物表面にまでおよび、しかも帯状に産する部分が所所にあること、ii) 堆積物中の方解石および湖岸近くの陸上塩類の方解石の同位体組成は、それらが淡水中で再沈澱したことを示すと考えられること、iii) 湖岸に湖面上50mま

表 5 バンダ湖地下水の化学成分

Table 5. Chemical composition of ground water obtained from the drill hole(#4) at Lake Vanda.

試 料	地下水 No. 1	地下水 No. 2	湖 水
湖水からの深度	72.2 m	75.7-76.7 m	67 m
比 重	1.121	1.143	1.095
Na (g/kg)	7.82	8.75	6.11
K //	0.98	1.08	0.59
Ca //	28.9	33.2	24.4
Mg //	9.03	10.5	7.40
Cl //	94.24	108.7	74.28
SO <sub>4</sub> //	0.463	0.284	0.615
Br //	0.025	0.028	0.020
I //	0.001	0.001	0.001
HBO <sub>2</sub> //	0.016	0.018	0.012
Na/Cl (%)	8.30	8.05	8.23
K/Cl //	1.04	0.99	0.79
Ca/Cl //	30.67	30.58	32.85
Mg/Cl //	9.58	9.66	9.96
SO <sub>4</sub> /Cl //	0.491	0.261	0.828
Br/Cl //	0.027	0.026	0.027
I/Cl //	0.001	0.001	0.001
HBO <sub>2</sub> /Cl //	0.017	0.017	0.016

で多数の旧汀線がみられること、の三点である。

#### 4.7.2. バンダ湖地下水の化学組成

バンダ湖の湖底堆積物層中において、湖面から70.9, 72.2, 75.7, 79.7 m (湖底は68.29 m) の各深度4カ所の地下水層が発見され、そのうち2試料が採水され化学分析が行われた。

これら地下水の水質は、いずれも湖水と同じく塩化カルシウムを主成分とする塩水で、その塩分濃度は下層ほど大きくなっている。

湖の底層水、地下水の常量成分と Cl との比を見ると、表5に示すように、これらの塩水は同一の化学組成を示すが、SO<sub>4</sub> のみが湖水より小さな値となっている。このことは堆積層中に石膏が多く分布することとも考えあわせると、堆積物中で析出したことを示すものである。

今後、地下水の微量元素の分析、湖底堆積物中の水溶性塩類の研究などによって、バンダ湖の塩分起因はもとより、地下水の流出機構なども明らかにされと考えられる。

#### 4.7.3. 火山岩類の同位体組成

マクマード火山岩類については、Rb/Sr 組成の測定が行われ、岩石成因論的検討が行われつつある。また、年代測定のための K/Ar 組成の検討も、今後行われる予定である。

## 5. 今後の問題

### 5.1. 将来の研究課題

1974～75年の DVDP 実施計画は、1974年9月中旬から前年度に引き続き、ニューハーバーの掘削に始まり、1975年2月末のロス島、#3 地点の再掘削をもって、その全計画を終了する。その間、マクマード入江（テイラー谷東方）、テイラー谷東端付近、ドンファン池、ブラック島の掘削など合計7カ所が調査される予定である。

掘削コアについての研究は、現在緒についたばかりではあるが、DVDP で今まで得られた知見と、これまでのドライバレー地域に関連する研究成果から、同地域における今後の研究課題をあげてみたい。

DVDP の主目的の一つは、南極大陸のこの地域における歴史、とくに後期新生代あるいは、第4紀の地史の解明にあることから、掘削試料の解析は、必然的に後期新生代の地質学的考察に収れんする面をもっている。従って、ドライバレー地域やロス島の掘削に限らず、ライト谷、あるいはテイラー谷東方のマクマード入江（McMurdo Sound）における海底堆積物の掘削調査は、最初の氷の拡大期に先立つ気候変化や地盤運動などについての情報をもたらすものと期待できる。従って、1974～75年に予定されるマクマード入江の2本の海底掘削は、その意味でも注目すべきであり掘削コアの研究も是非とも取り上げるべきであろう。

また、ドライバレー地域の各所で見られる構造土の成長率から推測する地形面形成の年代と、その他いくつかの年代測定に関連して、第4紀末の数万年以降、とくに1万年以内の問題について、DVDP により解決される問題の一つは、ロス棚氷の拡大、縮小と、それに関するいくつかの氷河の拡大、縮小の実態とその時期の問題であると見られている。このような見地からも、地形、地質学、地球物理学、地球化学を含む総合的な南極地史の研究課題をこの地域において考えることも重要と考えられる。

また、塩湖自体に焦点をあわせても、いくつかの重要な研究課題が残されており、従来わが国が調査中のこの分野の研究も、新しい観点から取り上げるべきであろう。

地球物理学の分野としては、まずバンダ湖など塩湖の熱的特性についての研究、すなわち湖水温の異常に高い現象に関して、その熱的成因について、より厳密な考察を進めるには、湖水と周辺地層の熱的結びつきを明らかにする必要がある。それには、湖底下および周辺地

域の地層の熱的諸性質（地温分布，熱伝導率など）の観測が必要である．その他同地域の湖沼の熱的特性を概括してゆくため，バンダ湖以外の各塩湖についても精度の高い観測が望まれる．

地球化学部門についても，湖沼化学，同位体地球化学，堆積学，水理地質学，鉱物学などの総合的研究の場として，ドライバレー地域は最適の地と考えられる．安定同位体化学の研究によって，同地域の湖沼水の起源（海水，陸水，火成活動に関係する水など）を追求し，これによって溶存塩類の歴史，塩湖の歴史が解明され，南極大陸の比較的最近の歴史が探究できると考えられる．

また，塩湖の湖底堆積物などの掘削コアの研究とともに，同地域の地表面に広く分布する塩類堆積物（evaporite），あるいは火成岩，岩脈などに含まれる二次鉱物などについての同位体組成の研究は，従来の湖水の地球化学的研究結果と総合し，塩湖の成因を追求するうえで大きな役割を果すものである．

この他，水理学の立場から，ドライバレー地域の特定地域における水収支問題，低温の環境条件における塩湖中の微生物活動，あるいは未調査の塩湖などの研究も，さらには従来調査した各塩湖の経年変化の観察など，多くの研究課題があることを付記し，この DVDP を契機として，わが国の地学関係者の関心がドライバレー地域に向けられることを望む次第である．

## 5.2. その他

ドライバレー地域の調査は，国際協力によるアメリカ，ニュージーランド各隊の支援によって実施されている．とくに，ニュージーランドからのマクマード基地への航空機利用，現地におけるヘリコプター支援など，その多くがアメリカ隊の協力によって行われている．

DVDP は，三国共同の観測態勢で，ほぼ理想的な形で運営されているが，今後同地域への他の調査においても，このような国際共同観測の形式で進められることが望ましい．

## 文 献

- AMBE, M. (1974) : Deuterium content of water substances in Antarctica. Part 2. Geochemistry of deuterium of lake water in Victoria Land. Nankyoku Shiryo (Antarctic Rec.), **48**, 100-109.
- NAKAO, K., Y. NISHIZAKI and K. NAKAYAMA (1972) : Report of the Japanese Summer Parties in Dry Valleys, Victoria Land, 1971-1972. XI. Sedimentary structure near the saline lakes in three ice-free valleys, Victoria Land, Antarctica, inferred from electrical depth sounding. Nankyoku Shiryo (Antarctic Rec.), **45**, 89-104.

- NORTHERN ILLINOIS UNIVERSITY (1972) : Dry Valley Drilling Project. Bulletin **1**, p. 1-90.
- NORTHERN ILLINOIS UNIVERSITY (1973) : Dry Valley Drilling Project. Bulletin **2**, p. 1-113.
- NORTHERN ILLINOIS UNIVERSITY (1974 a) : Dry Valley Drilling Project. Bulletin **3**, p. 1-239.
- NORTHERN ILLINOIS UNIVERSITY (1974 b) : Dry Valley Drilling Project. DVD Seminar-1 Program with abstracts. Bulletin **4**, p. 1-76.
- 島 誠 (1967) : 南極 Victoria Land の Dry Valley 調査報告 VI. 岩石試料の年代測定. 南極資料, **29**, 76-81.
- 杉山純多・杉山佳子・飯塚 広・鳥居鉄也 (1967) : 南極 Victoria Land の Dry Valley 調査報告 III. 南極の菌類に関する研究. I. 研究史. 南極資料, **28**, 15-22.
- SUGIYAMA, J., Y. SUGIYAMA, H. IIZUKA and T. TORII (1967) : Report of the Japanese Summer Parties in Dry Valleys, Victoria Land, 1963-1965. IV. Mycological studies of the Antarctic fungi. Part 2, Mycoflora of Lake Vanda, and ice-free lake. Nankyoku Shiryo (Antarctic Rec.), **28**, 23-32.
- TORII, T. and J. OSSAKA (1965) : Antarcticite ; A new mineral, calcium chloride hexahydrate, discovered in Antarctica. Science, **149**, 975-977.
- 鳥居鉄也・村田貞雄・吉田栄夫・小坂丈予・山根 登 (1966) : 南極 Victoria Land の Dry Valley 調査報告 I. 南極 Victoria Land の Miers Valley に産する Evaporite について. 南極資料, **27**, 1-12.
- TORII, T., N. YAMAGATA and T. CHO (1967) : Report of the Japanese Summer Parties in Dry Valleys, Victoria Land, 1963-1965 II. General description and water temperature data for the lakes. Nankyoku Shiryo (Antarctic Rec.), **28**, 1-14.
- TORII, T., S. MURATA, J. OSSAKA and N. YAMAGATA (1970) : Report of the Japanese Summer Parties in Dry Valleys, Victoria Land, 1963-1965 VIII. Occurrence antarcticite in Don Juan Pond-Sequential change and the condition of crystallization. Nankyoku Shiryo (Antarctic Rec.), **37**, 26-32.
- 鳥居鉄也・由佐悠紀・中尾欣四郎・橋本丈夫 (1972) : 南極 Victoria Land の Dry Valley 調査報告 X. 1971-1972年の Vanda 湖を中心とした地球物理および地球化学的調査について. 南極資料, **45**, 76-88.
- YAMAGATA, N., T. TORII and S. MURATA (1967 a) : Report of the Japanese Summer Parties in Dry Valleys, Victoria Land, 1963-1965 V. Chemical composition of lake waters. Nankyoku Shiryo (Antarctic Rec.), **29**, 53-75.
- YAMAGATA, N., T. TORII, S. MURATA and K. WATANUKI (1967 b) : Report of the Japanese Summer Parties in Dry Valleys, Victoria Land, 1963-1965 VII. Chemical composition of pond waters in Ross Island with reference to those in Ongul Island. Nankyoku Shiryo (Antarctic Rec.), **29**, 82-89.
- 吉田栄夫・由佐悠紀・森脇喜一・鳥居鉄也 (1971) : 南極 Victoria Land の Dry Valley 調査報告 IX. 1970-1971年の Dry Valley 調査. 南極資料, **42**, 65-88.

(1974年8月31日受理)

## APPENDIXES

日本における DVDP 試料の保管状況

*DVDP core samples kept in Japan.*

## Appendix 1. DVDP #1 岩石試料地質調査所保管 (倉沢 一)

*Appendix 1. DVDP #1 rock samples kept at Geological Survey of Japan (H. KURASAWA)*

No.	Depth (m)	Description	Weight (g)
1	31.73	Titanaugite-hornblende basalt	20
2	32.35	"	20
3	38.94	"	20
4	40.91	" (non porphyritic)	30
5	44.04	"	50
6	57.84	Hornblende basalt	20
7	58.93	Titanaugite hornblende basalt	10
8	61.90	Hornblende andesite	30
9	81.43	Olivine-augite-hornblende basalt	30
10	81.52	Aegirine-bearing hornblende trachyandesite	30
11	85.25	"	20
12	87.18	"	10
13	88.35	Titanaugite-olivine basalt	20
14	91.23	Olivine-titanaugite-hornblende basalt	30
15	91.25	Olivine-bearing titanaugite-hornblende basalt	30
16	91.82	"	60
17	125.17	Titanaugite-olivine picritic basalt	50
18	133.65	Hornblende trachyandesite	30
19	139.40	Hornblende basalt	20
20	144.80	"	10
21	147.56	Volcanic breccia	10
22	147.89	Titanaugite-olivine picritic basalt	20
23	159.87	Volcanic breccia	30
24	183.19	"	30
25	189.66	Titanaugite-olivine basalt	10
26	190.03	"	20
27	192.70	"	20

**Appendix 2. DVDP #2 岩石試料地質調査所保管 (倉沢 一)***Appendix 2. DVDP #2 rock samples kept at Geological Survey of Japan (H. KURASAWA).*

No.	Depth (m)	Description	Weight (g)
1	1.90	Titanaugite-hornblende basalt	10
2	7.86	"	10
3	13.49	" (trachybasalt)	10
4	14.17	Titanaugite-hornblende basalt	30
5	15.90	"	20
6	17.58	Titanaugite-hornblende trachyte	20
7	19.55	Olivine-bearing titanaugite-hornblende basalt	50
8	27.38	"	60
9	28.37	"	20
10	36.79	Nonporphyritic andesite	30
11	39.28	Hornblende-bearing andesite	30
12	42.35	Titanaugite-hornblende basalt	40
13	47.42	Olivine-bearing titanaugite basalt	40
14	54.72	Hornblende trachy basalt	30
15	61.99	Titanaugite-hornblende basalt	50
16	70.41	"	20
17	77.53	"	20
18	80.23	"	10
19	81.65	"	10
20	85.43	"	20
21	88.51	"	20
22	91.15	Volcanic tuff breccia	30
23	96.78	Olivine-titanaugite trachybasalt	20
24	99.34	"	20
25	100.41	"	20
26	103.15	"	20
27	106.26	"	30
28	110.27	"	30
29	112.72	"	30
30	115.12	"	30
31	117.15	"	30
32	119.72	"	20
33	123.72	"	30
34	130.23	"	40
35	131.98	"	50
36	132.05	"	50
37	140.12	"	20
38	141.67	"	10
39	143.05	"	10
40	147.88	"	20
41	152.07	"	20

## Appendix 3. DVDP #3 岩石試料地質調査所保管 (倉沢 一)

Appendix 3. DVDP #3 rock samples kept at Geological Survey of Japan (H. KURASAWA).

No.	Depth (m)	Description	Weight (g)	No.	Depth (m)	Description	Weight (g)
1	12.73		5	34	164.01		5
2	17.67		5	35	167.04		10
3	22.74		5	36	167.70		5
4	23.75		10	37	171.88		20
5	33.70		5	38	174.62		20
6	35.06		5	39	211.54		5
7	47.61		5	40	215.24		5
8	48.74		5	41	217.14		5
9	51.50		10	42	218.63		10
10	55.49		10	43	219.24		10
11	63.70		10	44	219.92		5
12	82.39		5	45	267.40		10
13	85.69		20	46	276.55		10
14	88.12		10	47	280.56		10
15	89.55		10	48	282.83		20
16	102.93		20	49	285.01		10
17	103.94		5	50	286.39		10
18	111.20		5	51	289.24		20
19	113.64		20	52	290.62		5
20	117.61		10	53	295.62		5
21	118.51		10	54	297.18		5
22	120.40		10	55	300.26		10
23	124.59		20	56	303.78		10
24	128.10		5	57	306.93		20
25	129.60		5	58	317.48		5
26	132.82		5	59	321.16		20
27	135.69		10	60	325.72		5
28	139.30		20	61	327.44		5
29	142.19		5	62	342.17		5
30	144.41		10	63	349.31		10
31	146.95		10	64	353.07		10
32	159.49		10	65	381.00		10
33	161.72		20				

**Appendix 4. DVD #6 岩石試料地質調査所保管（倉沢 一）***Appendix 4. DVD #6 rock samples kept at Geological Survey of Japan (H. KURASAWA).*

No.	Depth (m)	Description	Weight (g)
1	64.25	Gneiss	110
2	72.00	Coarse-grain pegmatitic band	250
3	76.09	Feldspar-rich granitic band	130
4	82.58	Gneiss	190
5	87.50	Fine-grain biotite gneiss	160
6	90.20	Biotite-hornblende amphyrolitic gneiss	180
7	100.00	Biotite-hornblende gneiss	150
8	105.27	Microgranite	160
9	129.00	Highly chloritized finegraind band	120
10	153.50	Migmatitic gneiss	80
11	166.00	Biotite granite	110
12	220.80	"	70
13	303.00	"	200

**Appendix 5. DVD #3 氷試料名古屋大学保管（中井信之）***Appendix 5. DVD #3 ice samples kept at Nagoya University (N. NAKAI).*

Sample No.	Depth (m)	Sample No.	Depth (m)
#3-I-1	11.39	#3-I-21	74.72
-2	11.89	-22	76.09
-3	15.65	-23	76.45
-4	18.96	-24	76.82
-5	20.50	-25	87.96
-6	23.84	-26	95.20
-7	33.01	-27	100.58
-8	46.12	-28	100.80
-9	52.78	-29	108.64
-10	53.43	-30	111.75
-11	55.78	-31	111.95
-12	63.40	-32	117.31
-13	63.56	-33	118.71
-14	65.40	-34	142.64
-15	65.90	-35	145.48
-16	70.22	-36	154.43
-17	71.28	-37	162.67
-18	71.92	-38	170.53
-19	72.30	-39	174.77
-20	74.46	-40	178.22

Sample No.	Depth (m)	Sample No.	Depth (m)
#3- I-41	179.60	#3- I-53	243.30
-42	187.45	-54	248.68
-43	190.64	-55	262.25
-44	196.83	-56	279.62
-45	202.31	-57	305.15
-46	206.70	-58	311.76
-47	212.34	-59	314.90
-48	216.67	-60	318.18
-49	221.14	-61	330.10
-50	227.50	-62	342.47
-51	233.70	-63	349.61
-52	237.16	-64	376.93

\* 5 to 10 grams of ice was taken at each depth.

**Appendix 6. DVDP #6 氷試料名古屋**  
大学保管 (中井信之)

*Appendix 6. DVDP #6 ice samples kept at  
Nagoya University (N. NAKAI).*

Sample No.	Depth (m)
#6- I-1	9.40-9.50
-2	10.63
-3	89.60
-4	89.96
-5	90.00
-6	110.80
-7	113.90
-8	114.30
-9	121.56

**Appendix 7. DVDP #4a 湖底堆積物試料名古屋**  
大学保管 (中井信之)

*Appendix 7. DVDP #4a lake sediment kept at  
Nagoya University (N. NAKAI).*

Sample No.	Depth (cm) from the top of each Run
Run-1-1	0
-2	0-10
-3	18
-4	55
-5	103
-5'	110
Run-2-6	58
-7	149
-8	140
Run-4-9	15
-10	48
Run-5-11	5
-12	82

\* Depth(ft) from the surface of the lake

Run-1-1 (top) 224'  
Run-5-12 234'

**Appendix 8.** DVDP #4b 湖底堆積物試料名古屋大学保管 (中井信之)  
*Appendix 8. DVDP #4b lake sediment kept at Nagoya University (N. NAKAI).*

Sample No.	Depth(cm) from the top of each Run	Depth (ft) of the top & bottom of each Run	Length (cm) of each Run
Run- 6- 1	0	top 224'-232'09" bottom	249
-2	82		
-3	213		
-4	249		
Run- 7- 5	23	232'9"-235'	66
- 6	40		
Run- 8			
Run- 9	Failure		
Run-10			
Run-11- 7	0	234'5"-235'5"	?
- 8	28		
Run-12- 9	Not distinguished. Gravels only		
		235'5"-237'3"	
Run-13-10	10	Gravels only	
		237'3"-237'6"	24
Run-14-11	13	237'6"-239'8"	70
-12	50		
Run-15-13	23	239'8"-242'9"	133
-14	118		
Run-16-15	60	242'9"-245'9"	208
-16	132		
Run-17-17	40	245'9"-248'3"	83
-18	73		
Run-18-19	15	249'-253'	66
Run-19-20	75	253'-256'4"	?
Run-20	No sample	256'4"-256'10"	23
Run-21-21	16	256'10"-260'10"	157
-22	68		

**Appendix 9.** DVDP #3 コア中の二次鉱物試料名古屋大学保管 (中井信之)  
*Appendix 9. DVDP #3 secondary minerals in the core kept at Nagoya University (N. NAKAI).*

Sample No.	Depth (m)	Sample No.	Depth (m)	Sample No.	Depth (m)
#3-SM-1	13.04	#3-SM-9	98.22	#3-SM-17	150.02
-2	17.45	-10	102.93	-18	264.75
-3	22.12	-11	104.03	-19	317.48
-4	23.00	-12	104.53	-20	325.45
-5	47.25	-13	110.74	-21	325.75
-6	49.16	-14	111.35	-22	327.98
-7	51.20	-15	111.95	-23	324.17
-8	82.20	-16	117.61		

\* About 200 samples besides above.