



20 極地

日本極地研究振興会
第10卷第2号／昭和50年1月発行

極地 '74 X-2

頁
(page)

目次	Contents
卷頭言／和達清夫	1 Dr. K. Wadati/Preface
Articles	
北極圏船旅の思い出／日高信六郎	1 Mr. S. Hidaka/Reminiscences of an arctic circle cruise
北極圏の植物／井上 浩	9 Dr. H. Inoue/Plant life in the Arctic
南極大陸の地震／神沼克伊	16 Dr. K. Kaminuma/Earthquakes in Antarctica
オキアミ航海記／中村 悟	21 Mr. S. Nakamura/Report on the Trial Fishing of Antarctic Krill
生物による水の汚濁の探りかた ／福島 博・小林艶子	28 Dr. H. Fukushima & Dr. T. Kobayashi /Notes on the biological water analysis, especially on Arctic Alaska
南極の氷の未知を探る／東 晃	48 Prof. A. Higashi/Investigations of Antarctic Ice
北極海漂流記 (Ⅲ)/E.I. トルスチコフ	53 Dr. E.I. Tolstikov/On the Ice Station in the Ocean, SP-4
News	
第 16 次南極観測隊の計画	38 The Programs of the 16th JARE, 1974-76
Reports	
ドライバレー掘削プロジェクト 第一回セミナー ／綿抜邦彦	40 Dr. K. Watanuki/On the first Seminar of Dry Valley Drilling Project
氷掘削国際シンポジウム報告／鈴木義男	44 Dr. Y. Suzuki/Report of International Ice-Core Drilling Symposium
トピックス 8 15 43 Topics 8 15 43	

表紙：昭和基地鳥瞰図 1974 年

Front Cover : The bird's-eye view of Syowa station, 1974

裏表紙：ハロー現象 内陸ルート H-253, 1973 年 9 月 18 日

Back Cover : The phenomenon of halo at Traverse station H-253, Sep. 18, 1973

世界には砂漠と呼ばれる乾燥不毛の土地が所々にある。その面積は陸地の10%を占めている。昔は、荒涼として砂漠は人類の居住や交通を妨げ、社会の進展には厄介なものという感じであった。ところで現在ではどうであろうか。

さて、話は極地のことになるが、極地の範囲を緯度60°以南、以北と考えると、それは地球全面積の13%にあたる。また南極大陸は世界陸地の9%にあたる。前記の諸数字はみな10%程であるが、実際に相当広い面積である。そして極地は、取り残された地球上の部分という意味で砂漠と対比される。もちろん、昔から人間がそれらと接して来た模様は、両者でだいぶ違うところもあるが。

砂漠については、近時いかにその存在が貴重なものとなって来ているかはいうまでもなからう。第一にほとんど人手が加わらない広い空間、そして未開発の資源が価値づけられるためである。



残された地球の部分 和 達 清 夫

こうした傾向は、科学技術の発達とともに急速に進んでおり、漸次極地についても同様になりつつある。ことに近時、人口の増加や資源の逼迫とともに一層のものとなった感がある。

われわれ南極の観測に関係しているものは、こうした事情をよく認識しなければならないと思う。南極に行ったものは誰しも、地球の一部にこんな美しい自然が残されていたかとその魅力のとりことなるものである。しかしそのあとですぐ、この残された地球上の自然に対し人類は何を今後していくことであろうか、何をすべきか、何をしてはいけないかをよく考えるべきである。

いま世の中では、開発という言葉さえ好ましくからぬ感じを与えているようである。それは従来の開発が自然との調和をよく考えずに行われたことが多く、今日の悪環境を招いたためである。これからも人類は開発を続けるであろうが、それはあくまで自然と調和した適正な開発を考え慎重に進められなければならない。

それにしても、適正な開発（保全を含んで）は、正確な情報と、それから得られた知識によって初めて行い得る。われわれが南極観測に刻苦・努力しているのもその為である。まず南極の自然を正確に捕え知識を積み重ねよう。知識が不十分のまま、いわゆる開発がどんどん行われるときは折角の残された美しい自然の広域を台無しにし、人類の不幸をも招きかねない。

南極をよりよく知るため、今までのように地道な観測・研究を続け、一層充実させる努力をしようではないか。あくまで謙虚に着実に南極観測に対する国民の理解と支持に応えるために。



北極圏船旅の思い出

日高信六郎

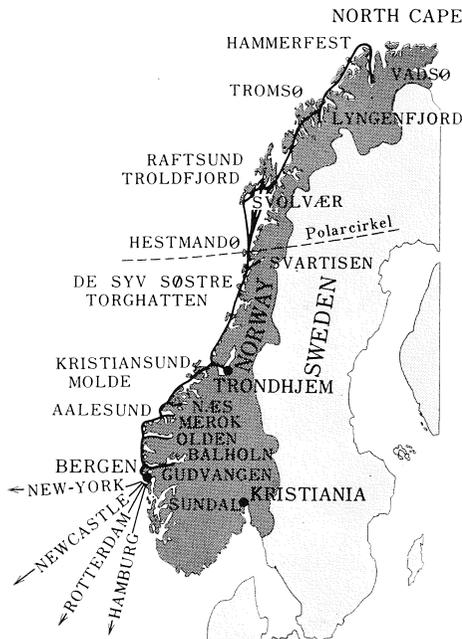


図-1 北極圏航路

ノールウェイ西岸の峡湾フィヨルドをめぐって欧州極北のノースケープを訪ねる船旅はずい分まえから開かれていた。第一次大戦中は中絶したが戦後 1922 年から再開された。その頃スウェーデンの公使館につとめていた私は夏至のころ岬に到着する便を選んで出かけた。1923 年のことで、私もまだ 30 歳の若者だった。

ストックホルムから夜行列車で夜が明けると、新緑の白樺や榎やトド松が茂る山あいを走っている。前夜あつらえた朝食のバスケットがとどき温かいミルクやハムエッグを食べる。どの駅にもビュッフェがあっていわゆるバイキング式の立食いができるのも便利である。少し前までは 1 クローンで食べ放題飲み放題だったが、今は 1 品いくらかと札がついている。ツンドラ地帯を通るとさすがにわびしい景色が眼に入

るが、家の作りにも女子の服装にも北国特有の型と色彩があってすがすがしい感じを与える。

クリスチャニア（その後オスロと改名）は静かな町だった。大通りの突当りが王宮で、まわりの広い公園にはライラックが咲いていた。有名なバイキングの舟は大学構内にある。西暦 9 世紀のもので、首長の遺骸と副葬品を載せ盛り土に埋めて墳墓としたものを前世紀末に発掘した。長さ 20 m に及びよく保存されている。同型のものを造ってアメリカまでの航海に堪えることを実証したという。丘のふもとの墓地には文豪イブセンと詩人ビョルンソンの立派な墓が白樺の林を背景に並んでいた。スキー競技のメッカとして知られるホルメンコレンに電車の上って見た。海拔 317 m、クリスチャニアの街と大小の島々が点在するフィヨルドの眺めが美しい。この国の王室ははなはだ民主的で当時の国王は気さくで人気があり皇太子はスキーの達人だった。この辺に国民から贈られた山荘があり、冬はそこから電車で王宮に“出勤”されるということであった。見晴しのよいレストランに座を占めて落日に映える景色をサカナに食事しようと、ビールをのみながら待ったがいつ迄たっても日は傾かない。60°N 近いところの夏では待っても駄目だと気付いて食事をはじめたのは吾れながらおかしかった。

フィヨルドは峡湾と書くから写真で見ると高い絶壁に囲まれた深い切込みをいうのかと思っていたら、湾口が広く両岸が低いのも含まれることを知った。北のほうでは比較的崖が低く頂が平たいが南に下るにつれて高い絶壁のあいだに深く切れこんだ壮大な景を呈することは後述の通りである。

クリスチャニアからベルゲンまで 12 時間の汽車旅行は飽きなかった。緑にかこまれた牧場

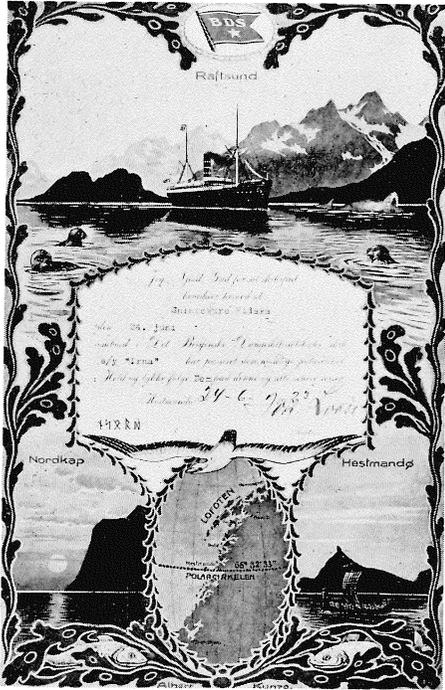


写真-1 北極圏通過証

をぬけ、細長い湖に沿って行くと川となり、谷が行きつまるかと思えばこつ然として広い湖水につらなり、漸く両岸が迫りまわりの山々の氷雪が輝くのを窓から首を出して仰ぐ頃には汽車が急勾配をあえぎ登って 1,300 m の分水嶺を越える。フィンセ駅は凍った池をへだてて雪を被むる山々に対し絶好の夏スキー場として名高い。峠を越すと列車は急勾配をすべり落ちるような速さになってベルゲンの港都に向った。

ベルゲンは 11 世紀から開けた古い都市、60°24'N の高緯度に拘らず気候穏和で多雨草木がよく育つ。町は栄えているが木造建築が多いので度々大火事に見舞われている。良港として知られ英国のニューカッスルと相対する。第一次大戦中ドイツの潜水艦が出没したところ日本からシベリア鉄道経由で渡欧する人はここで船待ちし独艦のスキをうかがって英国にすべり込んだのである。埠頭には魚市が立って賑っていた。

われわれの乗船イルマ号 1,322 トンはその近くに碇泊している。この船はベルゲンの船会社所属で平素はニューカッスル航路の純客船、夏期には 4 回、往復 2,505 マイル、2 週間のノー

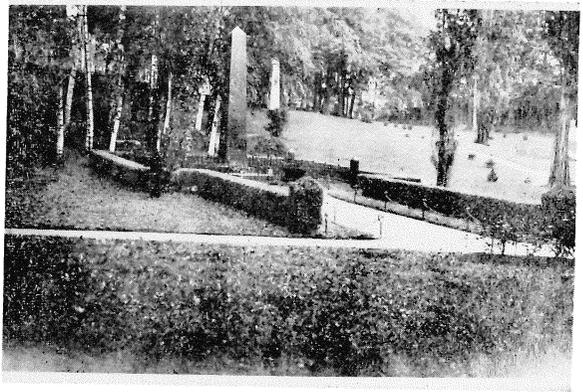


写真-2 イブセンとビョルンソンの墓（オスロ）

スケープ行きのほか 8 月にはさらに北上してスピッツベルゲンから定着氷のところまで往復 2,852 マイル 3 週間の巡航をする。この方面は恒常西南風と米州から来る暖流のおかげで、こんな客船でも容易に航海ができ、81°1'11" の氷原まで到達したレコードを持つ。船は小さいが、なかなか贅沢にできており楽士が乗り込み毎日ご馳走が出るしモーターボートを備えて上陸すると案内が付き馬車で奥地の見物ができる。船が小さいから狭いフィヨルドの奥まで行けるし、風や浪をさけるためには航路を変えて島蔭に停ったりする。船医はベルゲンの医師が交代でつとめていた。それだけに船賃が高く 2 人室で 1,500 クローネ、1 人室で 2,000 クローネ(1 クローネ約 60 円…当時横浜マルセイユ間約 1,000 円)だった。乗客の国別は米 31、英 6、ノールウェイ 3、カナダ・スイス・仏・蘭各 2、日 1、計 49 人、老人夫婦の世界漫遊の序でというのが多く子供づれもあり、まことに気のおけぬ賑かなパーティであった。

6 月 20 日夜 11 時に出帆、往航は海沿いの港や町や氷河などを訪ねて北上した。翌日は島々の間をぬけノールウェイ最西端の岬をまわってロムスダールスフィヨルドに入りネスの小港からたてがみを刈り揃えた小馬が曳く二人乗りの簡素な馬車で景勝のロムスダールの谷を廻り半日の散策を楽しんだ。路傍に草木が茂っておだやかな景色だが両側にそびえる岩峰からはナダレがガラガラと音をひびかせて落ちる。川には鱒が沢山いて釣客が大ぜい押しかける。此の国の川には鱒釣りの漁場があって英国の常連

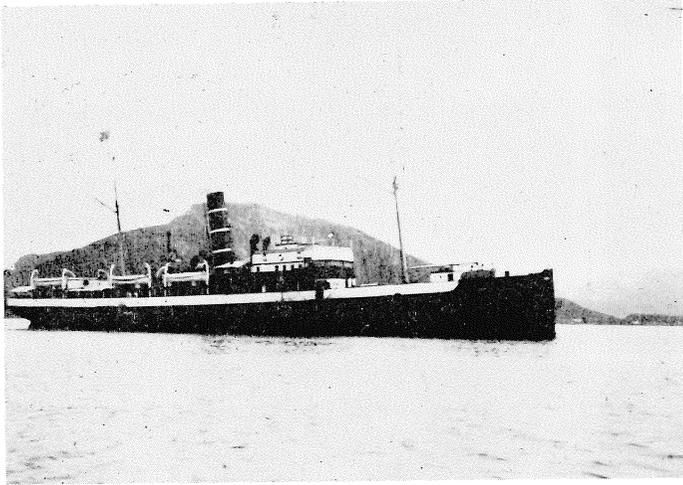


写真-3 イルマ号 1,322 トン

が多い。この辺の沿岸は気候が穏和で生活は快適、湾口に近いモルデの町は内外の逗留客に喜ばれている。

船は沢山の島の間をぬい、陸地に沿って北上する。出発くらい天気がわるく自然サロンが賑わう。肥った米国の金持ちたちはニューヨークの株相場やら郷里の自慢話に興じている。「あんな人たちは自然を觀賞する気持ちはない、世界中を画一的に扱って細かい郷土的特色を軽視する傾向を助長するのはアメリカの映画です」となげく婦人がいた。大いに共鳴したあげく素姓を尋ねたら当時有名な映画ウェイ・ダウンイーストの名監督グリフィスの夫人、スウェーデン系の美人だった。私と食卓を共にするオハイオ州のシュワート一家は74歳の好々爺と老夫人に双生児兄妹の4人づれ、子供の大学卒業祝いにつれて来たという。毎晩夫妻はサロンで額を合せ毎日の紀行を合作している。本国の子供たちに回覧したあとまとめて自宅に保存する計画だった。宇都宮の農学校で教えたというカナダのスコフィールド夫妻は教養ある落ちついた人で欧州旅行の途中、スペインやイタリアなどに行くときは予め隣国のベルリッツ速成語学校で目的国の言葉を習ってから入国し、田舎の民宿や僧院に泊って庶民と交わり伝統の文化を味わうことにしていた。ノールウェイのふるいサガ（北欧伝説）の英訳普及版を教えてくれたのは夫人であった。唯一の仏人はアルサスの

ミュルウーズに大きな機械工場をもつラメイ夫妻で大変な旅行好き、フランス語が取りもつ縁で私と仲よく過した。その二年まえ欧州最高のモンブラン頂上に登り合せた仏人の話をすると、何と彼はラ家の親しい隣人だったので、早速寄せ書きを送ってこの司法官の健在を祈った。肥大漢のショーはシカゴのエロータキシ社長。ハンガリー生れの大柄な美しい細君と可愛い娘をつれ口に葉巻を絶やさず大言壮語にあげくれた。下船前夜のお別れパーティで演説の番が私まで廻って来たので、窮余

“沈黙は金”といったら夫人が飛んで来て“よいことをいってくれた”と私の手を握った。

トロンヘイムは同名のフィヨルドの奥にある古い都でノールウェイ王国発祥の地、ここも木造建築が多い。スカンジナビア随一の大寺院は古い石造だが度重なる火災のため大修理を受けている。港は船の出入りが多い。

これからノルドランド地方に入ると光景は漸く荒涼となり海岸近い山には雪のひだが縞をなす。“七姉妹”という連峯を間近く見て北上する。この名のついた峯や滝があちこちにある。日本式に言えば七姫というところだろう。

いよいよ船は北極圏(66°32'30")を通過する。24日午後2時であった。昼食は豪華版、次で号砲一発一同甲板に集り儀式がはじまった。船長に名を呼ばれて一人ずつ海の王様から立派な通過証を受取る。王様をつとめる一等運転手は合羽を被り海草の冠をつけお客を祝福したり冷かしたりして爆笑を誘う賑かな行事であった。行く手の左側に“騎士の島”という尖った岩峯をのせる孤島を眺めて右手の湾に入るとスワルチーゼン氷河が海辺まで押し出している偉観に接する。一同上陸し氷河の上を歩いて喜んだ。これはこの奥にある1,300mの高原に広がる50×30kmの大氷原の1支末端である。近くの漁村から牛乳を売りに来た小舟は両方のへさきが尖ったこの地方特有のものであった。この辺からやっと天候が回復し、船は



写真一 海の王様にふんする一等航海士と船長

ロフォーテン諸島と大陸の間を縫ってすすむ。ときどき帆船やソ連からの木材を満載した汽船に行き合うだけで海上は静かである。北極圏を越す頃から太陽が没しなくなり、灯台は灯を消してしまう。船では夜半にお茶が出るし、まわりの景色の移りかわりを追っているとつい寝不足になるから用心せよと案内記にも書いてある。

25日の午後トロムゾ港(69°38'N)に寄港した。同名の小さな島にあるのだが、海産物や毛皮の集散地、アザラシ猟や北極探検の基地で対ソ貿易も盛んであった。町の近くにラプラント人が相当住んでおり町を歩いていた。せまい町を一巡する。まわりの山は雪を被っているが路傍にはタンポポがのぞいて好対照をなしていた。金持ち連は毛皮屋を

さって安い安いと大量に買い込んだ。船に戻ると町の老幼男女が大ぜい集まって船の楽隊の演奏に聞入っている。北辺の孤島ではこんな客船の寄港が一番の楽しみだという。陽気な米人客たちは興に乗って10歳くらいの島民をひっぱり出した。彼が美声をしぼって数曲の民謡を歌うと同年輩の米少年が飛び出し歌手の帽子を奪って乗客の間に廻らし金を集めて大喝采を博したが最後は伴奏つきのノールウェイ・米両国歌の合唱となった。この夜半には夜食が出て、雲があって太陽は見えなかったが一同は魚釣りに興じた。魚は夏じゅう深いところにひそむので長い糸をたれるのだが、前記の小童は小さいのを一尾つり上げマイ・フィッシュと大悦び、重い手ごたえがあるとハリ切って引き上げた老人の釣糸には古靴がかかって来た、船員のいたずらが成功したのだった。

翌26日早朝ハンメルフェスト(70°40'N)についた。約200年前に開かれた世界最北の都市として知られる。島の西岸にあり、夏と冬には2カ月間夜と昼がない、湾入した港の入口を細長い州で守られた良港で北氷洋出漁船や極地探検隊の基地でありタラの肝油製造工場もあって賑わっている。町は港に沿って拡がり港口の州の先端まで歩いて行ける。そこには英国領事館がありその手前に立つ花崗岩の円柱は青銅の地球を支え鉄柵に囲まれている。これはノール



写真一五 最北の都市ハンメルフェストにあるノールウェイ、スウェーデン、ロシア三国の経度共同観測記念碑

ウェイ・スーデン、
ロシア 三国 元首の命
により 三国の学者が
1816年から1852年ま
でかかって北氷洋から
ダニューブ河にいたり
三国領土にわたる経度
の測量を遂げたときの
北端を示す記念碑であ
る。ラテン語とノール
ウェイ語で由来が彫り
込んであるのを一行の
背後から私が読み上げ
たので一同大いに驚い

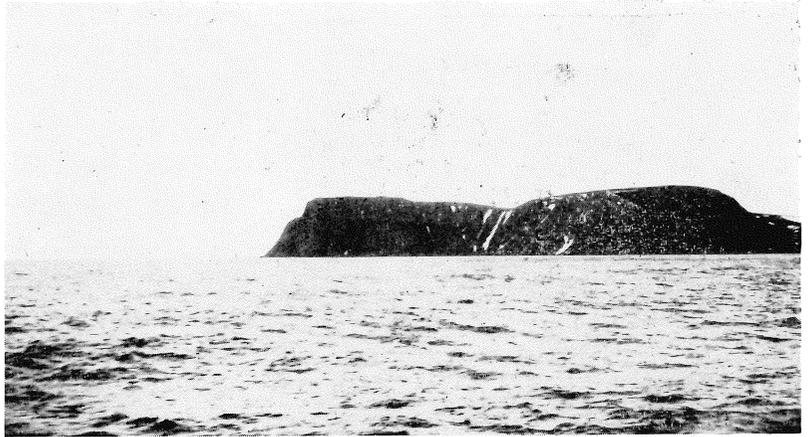


写真-6 ノース・ケープ

て振りかえるとベテカー案内記を読んでいたことがわかって大笑いになった。町の背後の丘にのぼると見晴しがよく町と港のまわりにつらなるなだらかな山つづきには雪が残り前方に浮ぶ島々もまだらに雪を被っている。脚下からはじめて見渡す限り灌木と高山植物しか見当らぬ岩の世界（村はずれの池の傍にある白樺林は他所から移植したものである）まことに荒涼たる風景、それが浪ひとつ立たぬ海に囲まれて淡い陽光の下に寂然と列んでいるところは雲海から頂をあらわす連山のようにもありアルプスが行水たらいにつかっているとともたえられようか。気温は 7°C あったが港の船上では日向で 14.5°C 、日蔭で 10.5°C だった。

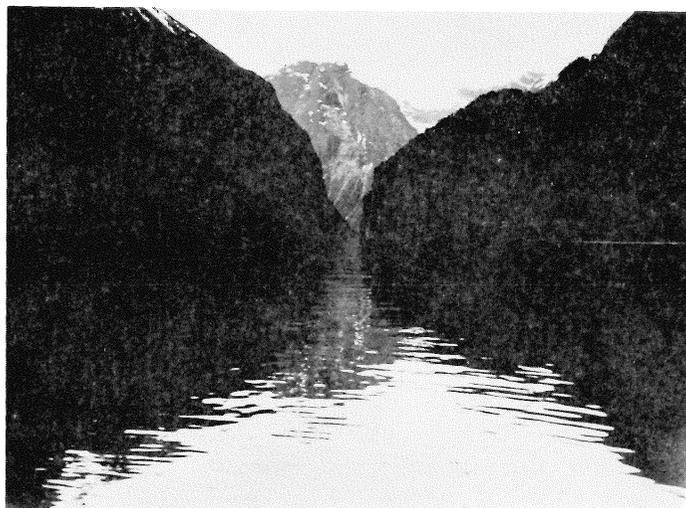
正午船は目的の岬に向かって出発した。航程 120 マイル。ところどころにある岩壁に囲まれた無人島と大陸の間を行くと、景色はますます荒々しくなる。西風をよけて島かげに仮泊して夕食をすました。その先の奇岩が聳える小島には数知れぬ海鳥（ウ・カモメ・ケワタカモなど）が巣を作っている。船が近づいてロケットを打ち放つと一斉に飛び立って空を覆うのは壮観であるが鳥には気の毒な次第であった。いよいよ眼ざすノースケープが見えて来た。

$71^{\circ}10'24''\text{N}$ に位置するこの岬が欧州極北といわれているが、実はマゲロという島にあり、大陸の極北はその東に突出するノルドキン岬 $71^{\circ}3'2''\text{N}$ であり、しかもマゲロ島の西側にある岬は $71^{\circ}11'\text{N}$ にあって最北に位置する。しかしこの岬

は高さが低くのっぺりしているのにノースケープは高さ 300 m 黒色片岩の絶壁を立てまわした偉容のためこんな取扱を受けることになったのであろう。実際、この岬は近づくに従っていかつさを増してわれらに迫って来る。船はその北端をかすめて東側に深く湾入するホルンヴィーケンに仮泊し、小舟で小さな栈橋に上陸する。午後 11 時半であった。そこには土産物や金剛杖を売る掛け小屋がある。

すぐそばから頂まで雪渓になり路はその右側を登る。30 分の急登で達する台地は岩屑がちらばってわずかな灌木と高山植物が生えているだけの平地が岬角まで続く。

カイザー独帝の訪問（1891）の記念碑が立ち木造の茶店は強風に飛ばされて床板を残すだけその他には何も無い。ここまで登った一行の中には 81 歳が 1 人 70 歳が 2 人あった。一同はシャンパンで乾杯し双児の兄妹は抱き合ってダンスをはじめたら傍にいた売店の若者が口笛を吹いて音頭を取った。岬の北端に立って見渡せば東に横たわるノルドキン岬を控えて北には際限のない大海原が茫洋と広がる、夜半過ぎというのに太陽は眼通りの高さにある。薄雲に遮られて直視できぬが淡い光を海面に落して静かな海は黄金色に映える、空気は清澄、まわりは静寂まことに雄大壮麗な眺めであった。みんな満足し切って岬を下った。若い船医がたくみなグリセードで雪渓を迂り降りて喝采を博したところお転婆な双児の娘が真似をしようとすべり出



写真一7 フィヨルド

し、たちまち転んで人々をヒヤリとさせたが幸い滑落を免れた。

これで今度の旅のクライマックスを終え、船は午前2時半西南に向って帰航の途についた。前夜の疲れに寝坊するお客をのせた船はハンメルフェストを素通りして午後にはリングンフィヨルドに入った。兩岸にはところどころに民家が見えるがすぐそばから雪をまとう山が続くまことにわびしい景色である。リングザイデットの部落まで2時間ぐらいかかった。ここにはお寺や役所があり地方の中心だが、郊外にある大きなラプラント人の部落で有名だ。ラプラント人は一部海岸に定着したものを除きトナカイをつれて遊牧するのでノールウェイ・スウェーデン・フィンランド・ロシア四国にわたり牧草を求めて自由に移動することが関係国間の取極めにより認められていた。キャンプには冬専用の炭焼き窯式のものや夏用の布を張ったテント式のものがあるが、丁度夏なので全部出払って留守、トナカイも見えずテントは枠組みを残すだけであった。

夜になって出帆した船は間もなくトロムゾを通り過ぎ島々を縫って翌昼にロディンゲンに寄港した、私人夫妻はここで下船し近くのナルヴィックから汽車でスウェーデンに向った。彼等はのちに文庫版の旅行記をあらわし私の写真を沢山のせた。これからロフォーテン群島にかかる、往航とみちを変え峻しい岩山がそびえ

る狭いラフトスンド海峡をぬける。景色は豪壮だがその圧巻はトルフィヨルドである。雪の縞をまとめて切立つ岩壁に囲まれた薬研のような細く短い湾で入口の両岸は船腹とすれすれ、奥のせまいところで船をまわし無事に出てくるのが船長の腕の見せ所で、お客は終始緊張して甲板に立っていた。

スヴォルヴェールは最大の漁港でありタラ漁の中心である。この近海は世界有数のタラ漁場で冬の漁期には40,000の漁夫が9,000隻の漁船に乗り込むといわれた。

一行は港の魚干場や製油工場などを見たが、季節外れで大したことはなかった。

この夜半には最後の太陽を見るパーティが開かれたところ、生憎く雲がかさなって片影をかい間見ただけに終わったが、南東の薄雲から満月がおぼろに顔を見せたのは珍しかった。翌日の午後にはトルゲンの小島に上陸した。トルグハッテンという名の通り帽子のような岩山が島の本体をなしその中腹には大きな洞穴が貫通しており船からでもむこう側の空が見える。穴の中まで登って見たが、そこから眺める海面には一面に無数の小島や岩礁がちらばっている。この国の学者や政府が突出した岬と岬をつなぐ線を領海の基線とする主張を固持するゆえんがわかる。かれらは陸が海に突出しているのでなく海水が陸地を浸しているのだと説明するのである。

その翌日は終日南航をつづけ昼すぎにはガイランゲルフィヨルドに入った。長大で両側には岩峯が削り立ち頂の雪田から流下する滝は中空を躍って海面に落ちる、水路がきわまるかと思えば直角に折れて狭い支脈に入る。この様なスリルを繰返しながらいきつまりのメロックに着いた。せまい湾口の絶壁にはセブンシスターズの飛瀑がならびその奥は播鉢のような丸い湾というよりは山湖の趣きがあり澄み切った海水をたたえる。ここで過した一夜は静寂そのものであった。グリーグの音楽が実感を伴って人に迫

るといった婦人があった。至言である。翌日は馬車で急坂を登りデュースヴァスフッテン（深湖ホテル）約 1,000 m まで往復し雪をふみ氷河を眺めた。この峠が東部ノールウェイとの分水嶺になる、それ程奥深くフィヨルドが入り込んでいるのである。

次のノルドフィヨルドにわけ入ってせまい峡奥のオルデンから馬車で狭い谷をのぼり細長い湖水を舟で縦断し又車に乗って着いた谷の行きつまりは大きな氷河の末端である。このブリクスタール氷河の源は欧州最大といわれるヨステダールスプレーの氷原である。この谷川はマスの漁場として知られオルデンの町は各国の避暑客で賑っていた。

最後に訪ねたゾクネフィヨルドは当国最大で長さ 220 km, 幅平均 6 km, 深さ 1,200 m, 奥に入ると沢山の支脈にわかれ両岸には 1,500 m に及ぶ山々が氷雪を被り瀑布をかけて乗客を威圧するが、気候は温和で水辺には畑がある。最

も奥のグードワンゲンからネロダールの谷を上って行くと同側の断崖から落石が絶間なく、谷底には岩屑が堆積し荒々しい風景をあらわす。崖下に点在する民家の前面に頑丈な石壁が築いてあるのは対岸の雪崩の爆風を防ぐためである。やがて谷がきわまり急坂をのぼってスタールハイムのホテルに達する。ここから縦に見下ろす谷の景色は今度の旅の最後を飾るにふさわしい。ここから奥に入るとベルゲン行き鉄道に出られるのでゾクネの周遊は手軽に出来る。

いよいよ船は帰途につき夕刻にはバルホルムの避暑地に止まってお別れの大晩餐が始まった。2週間の船旅で親しくなった一行は大喜び、特に陽気な米人たちはさんざん騒いだけではならず町のホテルに押しかけてダンスに加わり船に引揚げても夜更けまで笑い興じた。かくて夜のうちに出航したイルマ号は翌朝ベルゲン港に帰りついた。

北 極 讚 歌 (1) アムンゼン

「その 9 月 12 日の夜のことを私は生涯忘れることがないだろう。それは私が極地に送った長い年月のうちでも、かつて目撃したことのないすばらしい情景だった。空はすっかり晴れわたっていた。美しい月がすべての景色を輝かせ、いきいきとさせていた。白クマがあちこちの氷の上をうごめいていた。月の光ばかりではなく、北極光までが激しく現われていた。

われわれはこの美しい夜景に見とれて甲板に立ちながら、潮にかけた希望の現われに神経をとがらせていた。とうとう爆破によってすじのついた所から氷の割れる音が聞こえ始めた。そしてまもなく大きな割れ目ができ、固い氷の表面がいくつか離れた。船は時を移さず、するすると外海に出ていった。」

(アムンゼン著「探検家としてのわが生涯」加納一郎氏訳から)

解説 北極の神秘的美観は、実際にそこを訪れ自分

の五感で味わった者でなければわかるまい。古来多くの探検家や旅行者はみな一様にその美しさ、清らかさ、静けさ厳しさなどを讃え、いかにその幻想的な壮観に魂がゆさぶられたかを述べようと努めている。北極の底知れぬ白魔の魅力がそこにあるのだ。著名人の旅行記からいくつかを拾ってみる。

アムンゼンの探検記には、極地の景観を描写した個所が非常に少ない。これは、その少ない描写の中で特に目立つ文章である。

彼は 1918～20 年新造船モード号により北東航路の通航に成功した。船は 1918 年 7 月 15 日トロムセを出港、9 月 9 日アジア大陸最北端のチェリュスキン岬を回ったが、間もなく氷に閉じ込められ、小島のかげでまる 1 年を過ごした。翌年 9 月 12 日火薬の爆発で氷原にひび割れを作り、満潮の力で堅氷を割り脱出を計った。その時の情景である。(近野)

訂 正

極地 18 号 15 頁 3. 南極資源の記事のうち鯨類の数量を下記のように訂正及び追記します。

3. 南極海の資源

白ながす鯨	12,000～16,000 頭
ながす鯨	82,000～86,000 頭
いわし鯨	80,000 頭

ざとう鯨	4,000 頭
せみ鯨	3,500 頭
ミンク鯨(こいわし)	300,000 頭
まっこう鯨	380,000 頭
いるか(歯くじら)	100 万～数百万頭

なおあざらしは約 350 万頭であるが、それは南半球のあざらしの約 90% に、また北半球を含めて地球全体の約 40% に相当する。



北極圏の植物

井上 浩
国立科学博物館植物研究部

写真-1 NARL の全景

1. NARL のこと

1973年5~7月の約3カ月間をアラスカ北端にあるバローのNARL (U.S. Naval Arctic Research Laboratory) での、北極圏の植物、とくに蘚苔類の研究に従事した。もともとNARLでのこのプロジェクトは、ニューヨーク植物園の前園長であるDr. William C. Steereが行っていたものであるが、Dr. Steereは蘚類が主体の研究で、苔類の方はよく分らないので、一緒に研究しないかという申し入れであった。私自身も、極地圏での苔類の種の分化とか、細胞学的な問題には非常に興味をもっていたので、このプロジェクトに参加するチャンスが与えられたことは、むしろ大歓迎であった。

バローにあるNARLは北緯71度20分にあり、南極における昭和基地よりも更に極点に近い位置になる。この研究所は1947年にアメリカ海軍省によって設立されたもので、現在は研究所の管理運営の大半がアラスカ大学の方に任されている。とはいっても、実際にはこの研究所で何らかのプロジェクトの下に仕事しようとする時は、手続上、アメリカ海軍省(ワシントン)に申請しなければならない。

NARL 附近には海軍省関係の基地

も一緒にあって、軍関係のもの以外は立入り禁止の所もある。また、NARLでの研究が認められた者には通行証のようなものが出され、これを常時、胸につけていなければならない。この名札のような通行証を持っていれば、食事から一切をNARLで面倒みてくれる。また、これに要した経費は個人負担の場合でも極めて割安である(1日当り15ドル位であった)。その上、食事は食べ放題で、厚さ2~3cmの大きなピフテキなどがふんだんにあった。

研究所はH字形をしており、一方の棟が宿泊(独身用)、一方が研究室、両棟をつないでいる中央の部分



写真-2 NARL のフィールド・ステーションの1つ。
見わたすかぎりツンドラの中にポツンとある

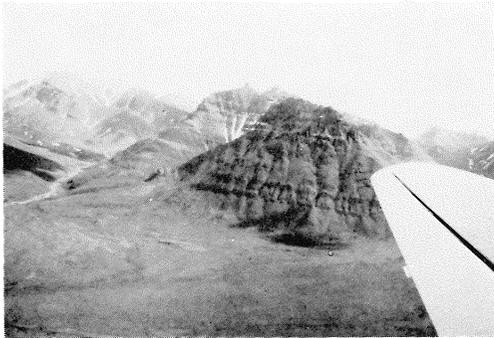


写真-3 ブルックス山脈の一部

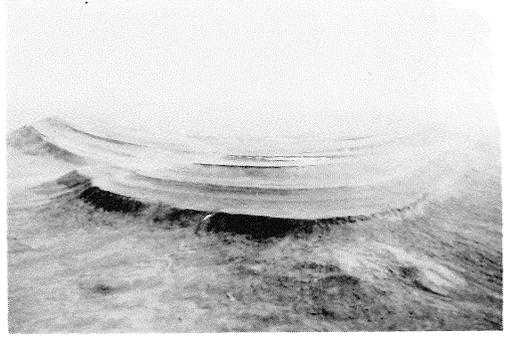


写真-5 ブルックス山脈からノース・スロープに移行する所に時々みられる丘の形



写真-4 ブルックス山脈



写真-6 ノース・スロープのツンドラ

が事務室，図書室その他が占めている。この研究所に附属して家族用のカマボコ兵舎式の棟が沢山あり，倉庫からは，衣服（防寒用），キャンプ用食料などが，必要に応じて支給された。

研究所での研究を遂行する上で，極めて重要なものに雪上車と飛行機がある。雪上車は運転さえ出来れば，自由に使用できる。飛行機は DC3 型とセスナ型，水上機の 3 機があり，これを使って，極地圏の各地に点在するフィールド・ステーションに調査にでかけることができる。

2. ノース・スロープの自然

アラスカの北部をほぼ東西に走る大きな山脈があり，ブルックス山脈と呼ばれる。この山脈はすでに極地圏内に入っているが，自然界の様相はこのブルックス山脈を境として一変してくる。

ブルックス山脈の南側はトウヒなどの針葉樹が点々と茂り，所々に草原や灌木林が広がるといった寒地型植生が見られる。しかし，ブルックス山脈を一步北側に入ると，そこには広漠としたツンドラが広がるだけで，南側にあった針葉樹は一本も生えていない。灌木も，わずかに川の岸辺に群落を作るヤナギ類，ハンノキ類が見られるだけである。他はすべてスゲ科植物を

主体とするツンドラである。この地域をノース・スロープと呼んでいる。

ツンドラでは，厚さ 20~30 cm の腐植土層とこの下に数メートルから数十メートルの厚さになる永久凍結層が広がり，この下に，目下問題になっている天然ガスが眠っている。ツンドラでの生物現象が見られるのは，表層わずか 20~30 cm の場所と，ツンドラに無数に点在する沼の中においてである。

ツンドラ地帯には岩はない。小高い山もすべてツンドラで覆われている。岩の見られるのは，ブルックス山脈の近くに行くと，はじめて岩らしきものを見られるだけである。この岩場になると，植物も動物も全くなくなる。

ノース・スロープの，主に平坦なツンドラを空中から眺めると，様々な幾何学模様になって見える。円形の沼のようなものとか，多角形の模様などである。これをポリゴンと呼んでいる。大きなポリゴンでは，幅が十数メートルにもなるが，たいていは 5~8 m 位の小さなものが多い。このポリゴンは大体，二つの形がある。high center polygons と low center polygons である。high center polygon はポリゴンの中央部が盛り上がり，コケ群落が発達し，縁の方が溝状になっていて，ここにスゲ類などが生えている。low center



写真-7 ツンドラにはトナカイなどの
行きだおれが時々みられる



写真-9 ツンドラの早春に花をつけるスゲの一種



写真-8 ツンドラの主要な植物の1つのスゲ類

polygon の方は中央部が低くなり、ここに水がたまっていることが多く、まわりにコケ群落がり盛り上がっている。

これらのポリゴンの成因にはいろいろな説明がなされているが、要するにツンドラの氷結作用に密接な関係があるようである。このポリゴンはツンドラの生物の生活、分布などに重要な関係をもつもので、極地圏の生物の研究では大きなウェイトを占めている。

3. ツンドラのコケ類と地衣類

ノース・スロープに広がるツンドラは外観的にはスゲ類を主体とする植生のように見える。しかし、ツンドラを構成する主体はコケ類（蘚苔類）である。このコケ類の群落に混じって、このコケ類の群落に生活の本拠をおいている他の動植物の存在が、ほとんどすべてである。ツンドラの腐植土層を構成するのも、コケ類が主体となっている。

コケ類が群落を作っている場合、コケ群落の内部と、外界との温度差は 10~15°C はある。南極におけるコケ群落でも同じようなデータが出されている。このような温度環境の下でコケ群落の中には多数の動物が生活していて、特にネズミ類、リスの仲間等はいちじるしい。広漠としたツンドラに腰を下して聞くリ



写真-10 ツンドラの夏をいろどるワタスゲの一種

スの鳴き声は、一種哀愁にも似た感じがいをよよおさせる。この他、ゲン類が意外に多い。

ツンドラのコケ群落は、動物の棲家となるだけでなく、短い夏の間には咲きほこる極地の様々な草花のためにも、かっこうの安住の地となっている。広く、深く広がった多くの植物の根はコケの中に広がり、種子は長い寒冷気象の間、コケの中に包まれている。そしてコケの中で、翌年のおそい春、夏を待っている。

コケ類はほとんどが多年生で、一年生のものは極地にはごく少数しか見られない。とくにツンドラ地帯のものは、多年生のコケで占められている。生長量は年間ごくわずかであるが、永年にわたって蓄積されたコケの厚みは相当なものがある。これが、ツンドラとなっている。



写真—11 枝がツンドラの上をはうヤナギの一種



写真—13 キンボウゲ科の一種



写真—12 バラ科の *Geum glaciale* 黄色の花をもつ

コケ群落の上に、時に灰白色や黄色をした地衣類が広がることある。これらは主に、*Thamnolia vermicularis*, *Dactylina arctica*, *Cetraria tilesii* 等を主とする地衣類である。ツンドラでは必ずコケ類と共に生え、単独で地衣群落となることはない。これらの地衣とコケ類は、ツンドラに生活の本拠をおいているトナカイ等の食料ともなっていることは、重要である。

4. 極地の花

ノース・スロープのツンドラ地域で見かける花は7月初め頃から一せいに咲き始め、8月初めにはほとんどのものが種子を結ぶ。同じ種類の花が見られるのは、わずか2~3週間である。この一カ月ほどの短い春から夏の間、ツンドラの上に咲きほこる花は、多種多様である。

一番最初に咲くのは、ヤナギ類やハンノキ類である。ヤナギの仲間の *Salix rotundifolia* はツンドラの上を横になって生え、赤褐色の余り見映えのしない小さな花穂をつける。流れのそばなどには、直立して1~2mまでなるヤナギの *Salix alaxensis* や *S. reticulata* などが生え、大きな花穂をつける。これらにまじって、日本などでも見られるハンノキの仲間の *Alnus crispa* が黄色の花穂をつける。

ヤナギ類、ハンノキ類の花が出揃うころになると、ツンドラの上に芽を出した草花が咲き出す。これらの花の色は、淡紅色、黄色、白色などのものが断然多く、これらの花が咲きそろう時は、ツンドラが華やかな景観に色どられる。一番目につくのは、キンボウゲ科の植物で、様々な種類が目につく。少し砂まじりのツンドラの上(丘の斜面など)では *Geum rosii* やシオガマグク属 *Pedicularia* の各種が多い。

ツンドラを色どるもう一つの花はワタスゲの仲間である。これは7月上旬のわずかの間に一せいに咲き始め、広大な地域のツンドラを白一色でうめつくす。ツンドラの上を吹き渡る風にそよぐ白いワタスゲの花波はまた、見事な景観である。6月下旬から8月上旬にかけては、ツンドラは一面に緑色に変わるが、8月末になると、最早そこには冬の訪れが感じられる。花はすでになく、種子が結ばれる。これをツンドラの中のネズミがせわしく集める。

ツンドラの花で気がつくことは、大体の花がある程度の大きさの群落を必ず作ることである。点々と散在することは少なく、まとまりをもって生えている。これは地下茎などのためではなく、恐らく、種子散布の形式に伴うものであろう。これが、もっとも強くあらわれるのがワタスゲ類である。

ノース・スロープのツンドラに咲く花は、短期間に一せいに咲きほこるが、ここに、一体何種類ほどの高等植物が生育しているのかが問題となる。Hulten の *Flora of Alaska* (1968年)によると、アラスカ全体で1,559種であるが、Spetzman (1959年)によると439種がノース・スロープに見られるという。この数は、極地圏のツンドラにしては多い。またノース・スロープ周辺地域のカナダの極地圏では340種、グリーンランドで496種などとなっている。これに対し、より広大な面積をほこる南極大陸及び周辺の島々では、わずかに30種位しか知られていない。

南極と北極周辺のこの甚しい植物相の差は何に起因

するのであろうか。先ず第一に考えられるのは、北極周辺に広く発達するツンドラである。このツンドラは高等植物の生育にとって極めて重要であり、栄養豊富な土壌となっている。また、先に述べたように、ツンドラのコケ群落内の温度は、春先の種子発芽などにも温床がわりの役目を果たす。南極地域には、このツンドラが発達せず、砂礫地が広がる。このような場所では、植物は地表に固定して生育するのがむずかしくなり、かろうじて、岩隙などに団塊状となって生育する。北極圏においても、この団塊状となって生育する植物が、山の斜面などに露出する岩場などには多く見られる。

ノース・スロープに見られる花の大半は、グリーンランドやソ連の極地圏にも分布しているのである。一部は遠く南下して、北アメリカのロッキー山地の高山や、日本の高山植物ともなっている。

5. 極地のコケ植物

ツンドラの王者は何といても、コケ植物である。ツンドラを構成し、ここでの生物の生活を可能にする重要な役割を果たしているのがコケ植物である。筆者が訪ねた 1973 年の夏期は、丁度国際生物学計画 (IBP) の最終年で、NARL ではアメリカやカナダの研究者

が大勢来て、ツンドラの物質生産や、これに伴う問題の研究が行われていた。これらのほとんどのプロジェクトで問題になるのは、コケ植物の問題である。ほとんどの研究テーマでコケ植物が重要なポイントを占めていた。

ツンドラを構成しているコケ植物にはいろいろなものがある。ツンドラ地域に見られるコケは約 400 種はあるだろう。しかも、地形地域などによって、この構成種は非常に変わっている。ポリゴンの水辺や湿地には、ミズゴケ類 *Sphagnum* やヤナギゴケ科 *Amblystegiaceae* のものが多い。ミズゴケ類の群落の中には小形のタイ類がよく混生しており、これらの中には *Pseudolepicolea fryii* などのアラスカ極地圏特産のものも多い。

ポリゴン周辺や、やや乾燥しかけた所では、日本の高山にあるイワダレゴケ *Hylocomium splendens* に近い、*H. alaskana*、ヒモゴケ科の *Aulacomnium heterostichum*、*A. paluster*、その他のセン類が多く、タイ類でもイチョウウロコゴケ科 *Lophoziaceae* の種類が特に多くなる (中でもヒメイチョウウロコゴケ *Anastrophyllum minutum* は至る所に生える)。このような環境の所で、最も目につくのはタイ類の *Ptilidium ciliare* で、この種類は日本でも中部高山



写真-14 ツンドラの地表はコケでおおわれる



写真-16 地衣類もコケの上に多い。Cetraria の一種



写真-15 ツンドラの上のスギゴケ



写真-17 ツンドラの上のトナカイの糞上に生えたマルダイゴケ

地帯にわずかに分布が見られるほか、南極大陸の周辺部にも点々と分布が知られている。

石灰質を含む丘などの斜面に発達するツンドラでは、ツンドラに生えるワタスゲなどの株の間にせいぜい 1m² ぐらいの泥土の場所が見られる。これを“frost boil”と呼んでいるが、この中に作られるコケ群落はやや特殊である。筆者の調査では、この中に見られるコケは主に *Fossombronia alaskana* (新種として最近発達したもの)、*Desmatodon convolutus*、*Fissidens arcticus*、*Pterygoneurum arcticum*、*Anthelia juracea* などの種類で、これらは他の環境の所にはほとんど生えない。

ツンドラに生えるコケ類の中で、最も特殊な生態を示すのは、マルダイゴケ科の種類である。数種類のものがノース・スロープのツンドラには生育が見られるが、ほとんど例外なしにトナカイなどの糞の上、または、トナカイとか、小さな物ではネズミ、レミングなどの動物の死がいなどの腐ったものの上に生える。これらのコケ類は直径数センチから十センチの大きさの団塊状の群落となって生え葉はきれいな鮮緑色で、この上に赤褐色の目立つ胞子体を作る。従って、ツンドラを歩いても、すぐこの仲間には気づくことができる。ノース・スロープのツンドラには、これが意外に多く、最初のうちは珍しくて、どんどん採集していても、しまいには嫌悪の情すらもわいてくるぐらいである。

エスキモー部落では、トナカイなどを捕えて毛皮とし、肉を食べる。この料理の残りを戸外に捨てるが、このような場所には、マルダイゴケ科の仲間が沢山生えている。また、ツンドラの中で行き倒れになった動物が白骨となり、コケにうずもれたようになっていると、白骨の上に、横たわった状態でマルダイゴケ科のものが、きれいに生えているのが数回みられた。これらのコケ類が、動物性のものを好んで生える理由はわからない。

ノース・スロープに生育するコケ植物の分布を見ると、大半のものが、シベリア、ヨーロッパ、グリーンランドなどの北極圏にも分布している、いわゆる周極要素と呼ばれるもので占められるのは当然である。現在では、アラスカ極地圏の特産とされているもの(例えば *Fossombronia alaskana* など)も、案外シベリアとかカナダの北極圏内に分布をもっているものかも



写真—18 マルダイゴケ

しれない。しかし、わずかではあるが、分布地理上、大変興味をそそるものもある。例えば、*Ascidiota blepharophylla* と呼ばれるコケは、アラスカの極地圏の石灰質を含む丘に知られているが、遠くとび離れて中国の雲南省にも同じ種類がある。また、*Herberta sahuraii* は日本の高地に分布しているが、これがわずかながらノース・スロープの岩場に生育している。また、*Ptilidium ciliare* のように南極周辺の地域に分布する、いわゆる両極分布の例も見られる。いずれにしてもノース・スロープないしは極地圏のコケ植物のフローラ解析は我国の高地フローラの問題と密接なつながりをもつもので、極めて重要な問題である。

6. 極地の植物の特性

ノース・スロープでの極地植物の種々の研究は、まだ充分な解析がすすんでいるわけではない。群落組成一つをとっても、ツンドラの性質、土壌タイプや地形との関連など、よく分っていない。

フローラ組成については、菌類以外では大部よく分って来ている。高等植物では、Spetzman (1959年)が 439 種 (53 科) を記録しているがノース・スロープの北端 (北緯 71 度 20 分) のバロー部落 (エスキモー部落) 附近に発達するツンドラでは、約 100 種があり、これから約 200 km 南に下ったウミアット (ブルックス山脈の北端) では 250 種、トムソン岬では 300 種が各々生育する。ブルックス山脈に近いほど、地形的な変化が生じ、アルカリ性の岩石なども現れてくるので、このような種類数の増加となってくる。ノース・スロープでも北の方になるにしたがって、平坦なツンドラ地帯となり、地形的変化は少なくなる。

Krog (1968年)によると、地衣類は 348 種を数える。この数はヨーロッパのスカンジナビア半島に産す



写真—19 北極圏の固有種 *Funaria arctica*

るとされる 375 種に大体似ている。348 種の地衣類の分布は、(1) 周極要素…61%, (2) 北アメリカとアジアに隔離分布するもの…14%, (3) アジアから北アメリカ全般に分布するもの…15%, (4) アメリカ西海岸に分布するもの…7%, (5) 北アメリカに分布し、近似種が南半球にあるもの…3% となっていて、大体がコケ植物の場合と同じような割合になる。

ヨーロッパやカナダ、グリーンランドなどを含む全北極圏には、大体 500 種のセン類が知られていて、このうち約 60 種が、純極地性のものとされている。他のものの分布状態を見ると、多くのものが現在熱帯圏に知られているものとの近縁性をもって居り、極地圏に近い温帯地域のものとの近縁性は意外に少ない。Steere (1965 年) はこのことを、第三紀以降の氷河期の影響によって説明していて、極地圏のコケ類が、氷河期の残存植物であるとしている。

極地圏の植物について、一般的にいわれていることは、これらの植物は倍数性起源をもつものが多いこと

である (Löve, 1957 年)。すなわち、倍数体の個体が熱帯や温帯に比べて極地圏の方に高いパーセンテージで出現しているということで、この倍数体は、極地における寒冷気候などに対し適応したものというように説明されている (Johnson, 1965 年)。ノース・スロープに位置するトムソン岬附近で、Johnson & Packer (1965 年) は、小地域であっても、微気候がより温暖で、乾燥化しており、安定した土壌の所では、倍数体が少なく、反対に、寒冷で湿った場所には倍数体が多いことを報告している。このことは、倍数体がより寒冷化した気候条件の所に適応したも

のであり、過去における氷河期の問題などとも関係して、おもしろい。

上記した倍数体の問題は、種子植物に関する研究結果であるが、コケ植物では、このような考えは当てはまらない。実際に、ノース・スロープに生育するコケ植物の染色体を調べて見たが、大体 5% 程度しか倍数体が出て来ない。この数値は、かつて筆者がマラヤ、台湾の熱帯降雨林内に生育するコケ植物で調べた結果と、何らの変りもない。このことはかならずしもコケ植物などのような孢子、ないしは栄養生殖で殖える植物群では、倍数体の問題と極地という環境条件が、パラレルになっていないことを示す。

極地圏における植物の生長は、大体 0°C ぐらいの気温のころから開始される。これは、大体が 6 月上旬から中旬に当たる。この頃から 40~50 日間は、生長と開花、結実の時期である。この間の植物の光合成量とか、その他の生理的現象のくわしい解析は、よく分っていない。

魚はなぜ凍らないか

南極の魚は、年間を通じて -1.6°C 以下という低温水の中で生息できる適応性をもっているが、それは、これらの魚が体内に低温でも凍らないなんらかの謎の物質を保有しているためであろうということは、すでに 10 年以上も前から考えられている。ところが、最近になってわかったことによると、この謎の物質は、魚のもつ「抗凍結剤」(アンチフリーズ) であるという。このほど、カリフォルニア大学で極地調査の研究をしているロバート・フィニーが、その物質の抽出に成功した。ある専門家たちの意見によれば、この発見は医学、宇宙開発、その他多くの人間活動分野においても大きな意義を有するかもしれないという。(K)

南極にはヘビもワニもいた

ワシントン科学博物館のエドウィン・コルバード教授は興味ある発見をしている。彼は南極の氷の中から抽出した岩石、古生物を詳しく調べて、次のような結論に達した。

南極は約 2 億年の昔、1 つの大きな南半球大陸の一部であって、そこにはアフリカにいたのと同じ動物が住んでいた。そのあと、そこは大陸から分かれて南極地域に移動したが、気候の変動によって、そこに住んでいた動物は死滅し、陸地は厚い氷に掩われた。だが、それら動物の遺跡は今に至るまで水中に保存されている。その中には、現在アフリカの熱帯地方に見られるヘビやワニの祖先さえもあるという。(K)

南極大陸の地震

神 沼 克 伊

国立極地研究所

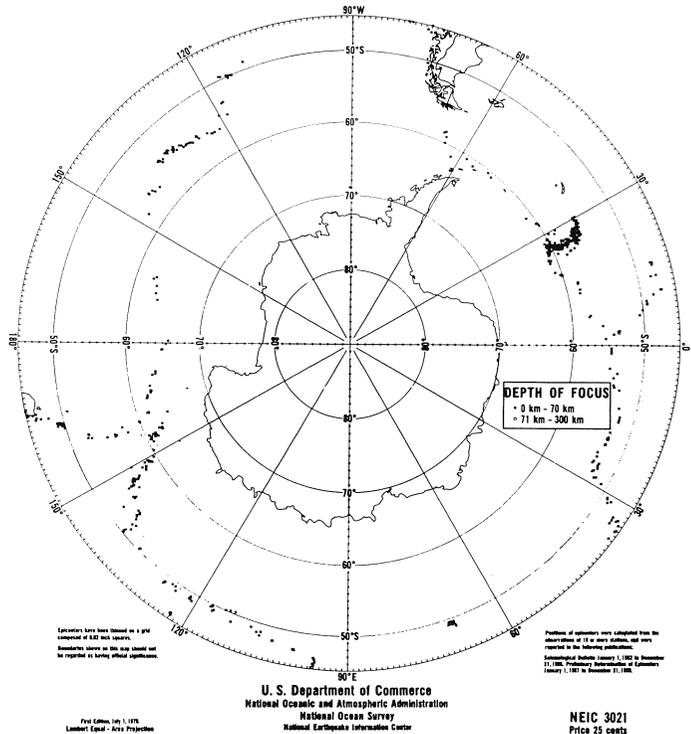
§ 1. はし が き

極地第 10 号に「南極の地震」と題し、世界の地震観測網では特別な例を除き南極地域に起った地震は観測されていないが、昭和基地の地震観測の結果などから南極でも地震の起っている可能性のあることを指摘した。

その前後の数年間、地震学を含む世界の固体地球物理学は海洋底拡大説を中心に一大飛躍をとげた。地球の表面はプレートと呼ばれる数枚の大きな岩石の板で覆われている。このプレートは地下数 km から 200 km 位の深さの間に数 10 km の厚さで存在し、リソスフェア（岩石圏）を形成する。大洋の中央に存在する海嶺のところで地球の内部から表面に現われ、固結し生成されたプレートは、その下のやや軟いアステノスフェア（岩流圏）の上のり、ベルトコンベヤーのように動いてゆき、他のプレートにぶつかり、再び地下にもぐり込む。かつて一つの大

陸（ゴンドワナ大陸と呼ばれた）であった南米とアフリカ大陸は大西洋中央海嶺のところで地表に現われたプレート（それぞれ南米プレートとアフリカプレートと呼ばれる）の上のり、あたかも海海でビセットされた砕氷船が海水とともに流されるように、西と東に分れていった。第 1 図に示した南極を囲む地震帯付近もプレートのわき出しているところであるが、ゴンドワナ大陸の一部であった南極（特に東南極大陸）もここを境にアフリカやオーストラリアから引き出されていったと考えられている。

海洋底拡大説は批判もあるが、地震をはじめ地球物理学的な諸現象を最も良く説明しうる学説と考えられており、科学史上でも特筆されるべき進歩といえよ



第 1 図 南極付近の地震の震央分布図
1962 年 1 月～1969 年 12 月 (U.S. NOAA による)

う。しかし、南極地域に関しては、南極大陸を囲む環南極地震帯を境界とし、その内側を“南極プレート”と呼ぶだけで、それ以上の研究は行なわれていない。南極地域ではこの種の研究に耐えるだけの地球物理学的な資料が得られていないからである。第 1 図は世界の観測網から決めた南極付近の地震の震央分布である。大陸の中はもちろん、その沿岸でも地震は全然起っていない。

§ 2. 昭和基地の地震観測

自然地震の観測は 1957 年 IGY の時の重要項目の一つであった。当時は世界の地震観測網が今日とは比

較にならないほど貧弱であり、特に海洋が90%を占める南半球では南極大陸内に地震観測所の設置の必要性が指摘されていた。

IGY 以来、地震計も進歩し、10 数基地で地震を観測するようになった。現在昭和基地は南極の中でも最も充実した地震観測を実施している基地の一つである。

地震計はいろいろなノイズをさけるため、地下室や穴を掘って地下に設置される。しかし、昭和基地では岩盤が固く十分な土木工事もできなかったため、地上に小屋を作って地震計を設置していた。昭和基地では一寸とした風が吹いても、地上に露出している地震計室の振動がノイズとして記録され、地震の検出が困難であった。この欠点を克服するため、1970 年昭和基地に半地下式の地震計室を建設した。岩盤をダイナマイトで爆破し、ブルドーザーで削りをとるという、南極としては最大の土木工事の末、整地された敷地に軽量鉄骨の建物を作った。そして再び岩石でその建物の周囲を埋め半地下式の地震計室を完成させた。その結果、昭和基地の地震検知能力は急増した。

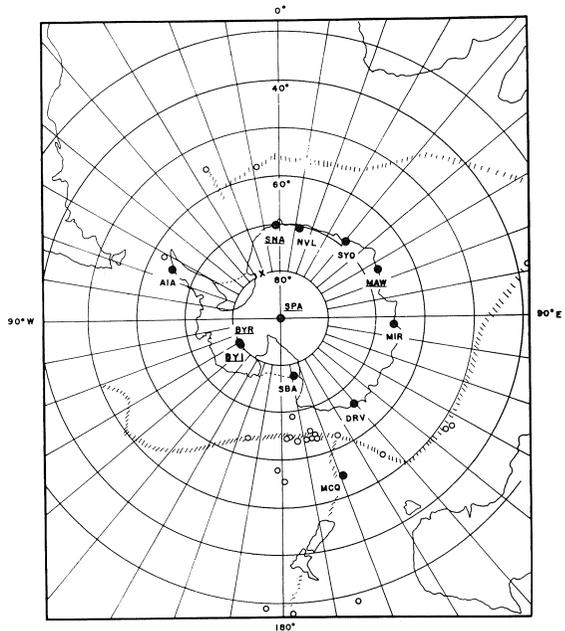
世界標準地震計の観測網では、地球上に起るマグニチュード (M) が4位より大きな地震は、ほとんどすべて観測される。そのうちの5% (ブリザードの期間を除くと7%) が、昭和基地の旧地震計室で観測されていた。これは昭和基地が大陸の沿岸地域の観測所であることを考慮すれば、決して小さな値ではない。むしろ、同じような条件のミルヌイーやデュアビル基地、日本の多くの観測所などに比較すれば検知能力はあるといえた。しかし、新地震計室による検知率は23% (ブリザード期間を除くと27%) となり、予想よりはるかに良い検知率となった。

すでに述べたように南極地域では世界の地震観測網により地震の震源が決定されることがない。近くに地震が起らないと観測される地震数も少なく検知率も低くなる。日本のように沢山の地震が起っている地域の観測所では、当然観測される地震の数も多くなり、検知率も向上する。このような事実を考えた場合、昭和基地の23% という検知率は世界の地震観測網の中でも誇ることのできる値である。

南極では南極点基地の検知率が最高で46% であり、昭和基地の能力はそれに次ぐ。南極点基地は気象庁の松代地震観測所などとともに世界の多くの観測所の中でも最も高い検知率の観測所である。

§ 3. 大陸内に起った地震

南極の各基地で地震を観測すると、観測隊員はす



第2図 南極の観測点のみで決めた地震の震央
×印は南極大陸の中に決まった地震

ぐ、その地震の「どんな種類の波」が「何時何分何秒」にその基地に到達し、その波の「周期や振幅」はどの位かを、地震記録の上から読みとる。その結果は米国の地質調査所 (U.S.D.I.G.S.)、英国にある国際地震センター (ISC) などに電報で送られる。そこで他の観測所の読みとり資料とともに計算機にかけられ、その地震が「いつ」「どこで」起った (これを震源要素という) かを計算する。これらの計算の時、その精度を向上させるため、米国地質調査所の場合は少なくとも7観測点以上の読みとり報告のある地震のみ、その震源要素の決定を行なう。

このようにして、早ければ発生1週間後には、震源要素が決められた地震のリストが私達研究者や観測者の手元に送られてくる。

南極に関しては、別に作られる [Antarctic Seismological Bulletin] に南極中の基地で観測した地震の読みとり値が報告されている。この Bulletin を見ていると、2~3 の基地のみで観測されているが、資料不足でその震源が決定されていない読みとり値のグループがあることに気付いた。

そこで、南極の4点以上の観測点で記録されているが、その震源は決定されていない読みとりグループについて、その震源決定を試みた。このような読みとりグループは1966~1969年の4年間に、72組あった。地震の起った深さは33 km と仮定 (この仮定は地球上の地震の発生している深さから考えても妥当な値

である)し、震央と発震時を決めた。震央の誤差が ± 100 km、各観測点での波の到達時刻と震源決定して得られた震源から求めた到達時刻の残差平方和が3秒以内の場合のみ、その地震の震源決定ができたとした。その結果72組の資料のうち24個の震源を決めることができる。それらの地震の震央分布を第2図に示す。図の白丸及び×印が震央の位置であり、黒丸は南極で地震観測を行っている基地である。

24個の地震のうち、23個までが南極大陸周辺の図では斜線で示してある現存の地震帯(環南極地震帯)で発生した地震である。しかし、ただ1個ではあるが南極大陸の中に震源が決まった地震があった。

この地震は、南極点(SPA)、モーンソン(MAW)、サナエ(SNA)、バード(BYR)とバード基地の衛星観測点(BY1)の5点で観測されており、さらに詳しく調べた結果、その震源要素は次のようになった。

発震時:1968年6月26日 18時20分52.8秒

緯度:南緯 79.56度

径度:西径 20.33度

深さ:海面下 1km

マグニチュード:4.3(南極点基地の記録より決定)

場所は第2図に示したように、ウェッデル海の東側の大陸内で、Shackleton Range と呼ばれる山岳地帯の近傍である。

この地震の震央決定に際しては、地震学的には何の仮定も使わずに求められており、地震計を用いて震源決定された地震の中で、最も南で起った地震である。

この地震に対し、自然地震ではなく、大陸氷床の破壊(氷震)ではないかという疑問が出された。しかし、各観測点のデータをもっとも満足させる震源の深さが海面下1kmであり、この付近の大陸氷の下の岩盤の標高は海面上1km位あるので、明かに地殻の岩石の破壊であり自然地震といえる。

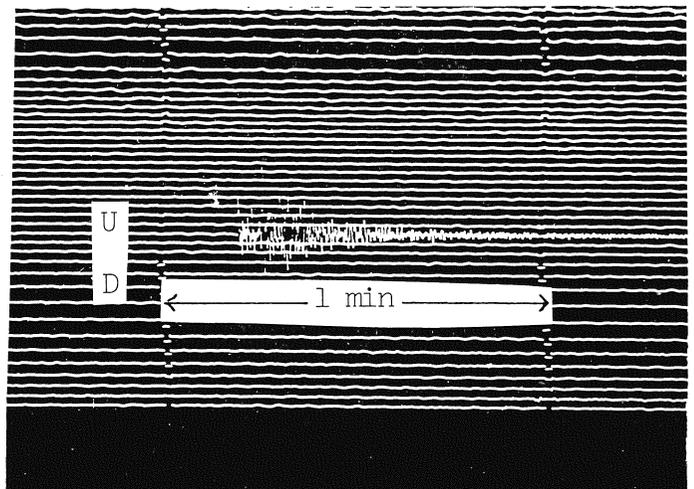
次に、4年間にたった1個というのは少なすぎる、もし本当に地震ならもっと起ってもよいのではないかという批判がある。南極は地震の少ない地域なので $M=4$ 程度の地震でも4年に1回あるいはもっと低い割合でしか発生しなくとも不思議ではない。ただ、同じような調査を続ければ今後も大陸内に起った地震を確認できるであろう。事実、1970~73年の3年間で2個ほど大陸内に起ったと推定される地震を見出し、目下詳しく検討している。

地球物理学的な観点から見てもこの地震の起っている地域は、南極横断山脈の延長上に位置し、安定した楯状地の東南極と、火山活動もあり新しい地質年代の陸地である西南極との中間に位置している。同じような構造をもつ他の大陸、例えば北米大陸のロッキー山脈の東側などの地域にも地震活動の認められることから、南極でも地震活動があって不思議ではない。南極では観測網が粗いため、今までなかなか記録されなかった。むしろ何故もっと大きな地震が発生しないのか不思議である。とにかく、先の事実から発生頻度は少ないが $M=4\sim 5$ 程度の大きさの地震までは、西南極に発生していることは明かである。

より長い期間の注意深い観測と研究とがこの問題に回答を与えてくれるだろう。

§4. 昭和基地で観測された微小地震

私が地球物理の担当隊員として昭和基地で越冬していた時、地震の記象を見ていると時々小さな地震が記録されていることに気がついた。昭和基地は地球上で最も安定した大陸の一つ、東南極の一部である。地震などは起るはずがないというのが多くの地震学者の常識であった。否、現在でも同様であるが、大部分の地震学者は南極に地震があろうとなかろうとあまり関心はなかった。日本付近では地球上で発生する地震の10%が起っている。観測網は発達し、地球上どこに起った地震でも、その記象のコピーは簡単に手に入る。地震のほとんどない南極の地震を苦勞して研究する必要性はない。むしろ、そんなことに気をとられたら学者として道草を食うことになるという気持が多く、研究者の心の中に現然とまた隠然としてある。私は、地震の起る地域を地球の病巣と例えるなら、健康



第3図 昭和基地のHES地震計に記録された近地地震(I型)

体つまり地震の起らない地域のことも知らねばならないであろうと考えている。健康体があって、初めて病气という現象が現われるのだから。

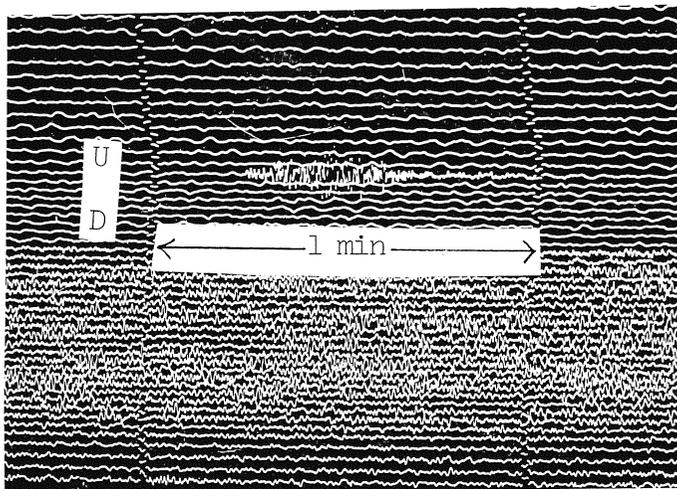
脱線したので話を元に戻す。昭和基地で観測した HES 型地震計の地震記録の中に、明かに近くで起った微小地震が記録されていた。より詳しく調べていくと、この微小地震には2種類の型がある。

記録された地震の形を俗に「地震の顔つき」と呼ぶが、この「顔つき」が明かに異なる微小地震が観測された。第3図に示すように、地震の立上りが鋭いものと、第4図のようにそうでないものがある。前者をI型、後者をII型とした。II型の数は非常に多く、時には短い時間の間に沢山の地震が群発的に起こることすらある。

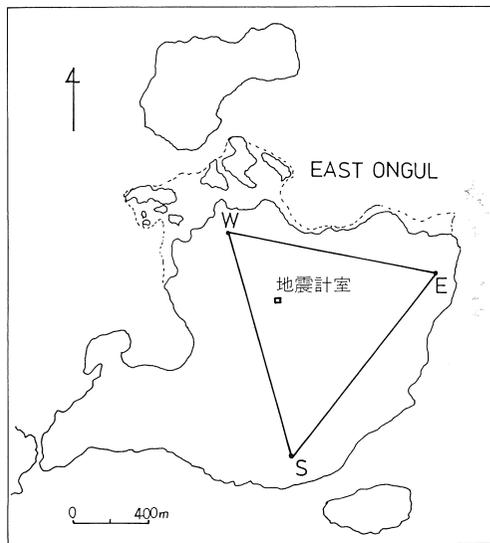
I型は自然地震、II型は氷震と区別してみた。しかしその後、沢山の記録を調べているとI型の自然地震は間違いないところであるが、II型の地震はすべてが氷震ではなく、自然地震も含まれているらしいことがわかってきた。

氷震は大陸氷や海氷が割れたり、ひび割れしたりする時、つまり氷の破壊の時に出る弾性波が地震計に記録されたものである。氷の破壊であるから、その起る場所も氷の存在する地表付近に限られるし、地殻を構成する岩石よりはるかに軟らかい氷の中を伝播する割合も多いので、その「顔つき」にも特徴がでてくる。

いずれにしても昭和基地近傍で小さな地震が発生していることは確実となった。これらの地震がどこで、どの程度の頻度で発生するかなど次々に生じる問題を研究するためには、昭和基地にある HES 地震計だけでは不十分である。地震計測技術は進歩しているが、極地で使える地震計は未開発といってよい。また、昭



第4図 HES 地震計に記録された近地地震 (II型)

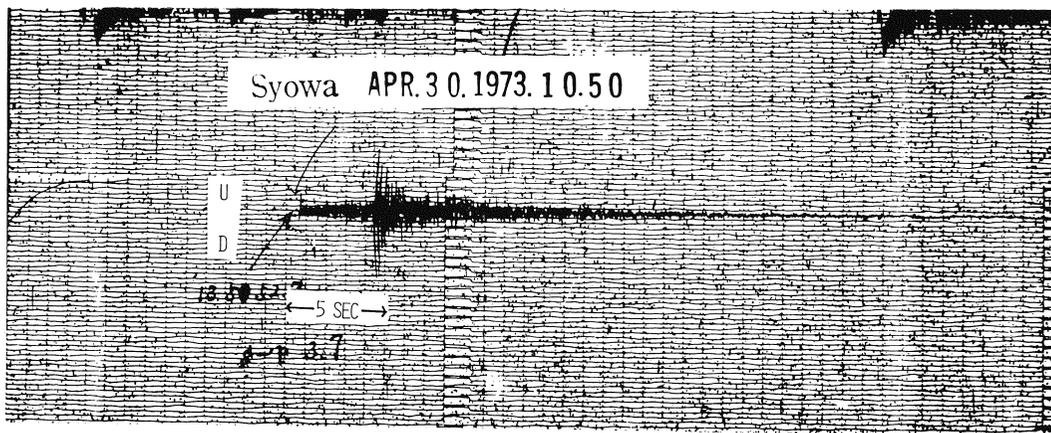


第5図 東オングル島に配置した三点観測の地震計位置

和基地での定常観測としての地震部門の予算は限られているので、最新鋭の器械をすぐ購入することもできない。また定常観測の目的は地球上に起った比較的大きな地震の観測が対象であり、微小地震はその範囲外である。しかし、なるべくはやく研究はすすめたい。

そこで、与えられた予算内で必要な観測を続け、さらに微小地震の観測まで手を延ばすためには、金のかからない方法、つまり手作りの器械を使うことであった。第11, 13, 14 次の観測隊の隊員として、東大地震研究所から派遣された千葉、瀬戸、高橋の諸氏はいずれもエレクトロニクスに強い人で、私の期待に答えてくれた。特に1972~1973年の第13, 14次隊の時は、ある程度の予算もつき、予想以上の成果が得られた。

1973年1月から12月まで東オングル島内の第5図に示したような三点に地震計を設置し、三点観測を実施した。この三点観測法は観測網の近くで起った地震に対し、簡単にその震源が決められることに特徴がある。昭和基地で昨年観測した記録はまだ十分な研究が進んでいないので詳細は後日にゆずるが、少なくとも1年間の観測で10数個の近地地震を観測している。そのうちの一つの記録を第6図に示した。三点観測の記録法はデータレコーダーの磁気テープとモニター用の記録ドラムを並行して使っているが、第6図はドラムの記録紙の写真である。地



第6図 第5図 W 点の地震計が記録した微小地震

震を一寸勉強した人なら、これが立派な地震の「顔つき」であることが理解されよう。この地震の M は 1 で人間には感じない。場所は昭和基地から約 20 km 南方、ラングホブデとオングル島の中間の地下数 km のところで発生した。

また $S-P$ 時間が数秒の微小地震しか気付かれていなかったが、今度の観測では $S-P=14$ 秒、昭和基地から 100 km 以上離れた所で起った地震も観測している。

これらの事実は少なくとも高感度地震計を用いて微小地震観測を行えば、昭和基地を中心としたリュツォ・ホルム湾でも 1 年間でかなりの数の地震を観測できる可能性のあることを示している。

地震のないと考えられていた南極の中でも、特に地殻が安定している東南極の端でのこのような微小地震活動は何を意味するのだろうか。

その原因はアイススタシーにあると推定している。昭和基地付近を散歩すればかつてオングル島全体が氷に覆われていた痕跡はいくらでもある。氷河の擦痕、迷子石、U 字に削られた沢 etc. である。オングル島付近の地学調査から覆っていた氷がなくなったため、ここ 5000 年位の間に約 20 m 地盤が隆起したと推測される。この隆起は徐々に行なわれているので、地下に急激な歪の蓄積はない。ただ時々微小地震を発生させ、隆起に伴って生ずる歪を解放しているというのが、私の想像している昭和基地付近の微小地震活動のカラクリである。このカラクリは理論的にも観測的にももっと検討を要するが、本質的には正しいプロセスと考えている。

§ 5. 今後の問題

昭和基地付近ですらこれだけの地震活動が観測され

ている。地質年代が新しく、火山活動のある西南極ではより多くの微小地震が発生しているのではないかと考えられる。ところが残念ながら西南極で大活躍をしている米国やニュージーランドも、地震観測など固体地球物理の分野の観測はほとんど実施されていない。月に地震計を置くほどの技術開発の進んでいる米国の地震学者も地震の少ない南極には日本の学者同様興味がなげいらしい。ロス島にある活火山エレブス山付近には地震が起っているという観測報告はでていますが、その観測結果は学問的批判に耐え得るものではない。

とにかく固体地球物理学の分野としては西南極は地球上に残されている陸上の数少ない良いフィールドといえる。ロス海に面したマクマード入江では本誌誌上でもすでに紹介されている DVDP の国際共同観測事業が実施され、第 3 年度に入った。深層掘削とはいえ、これまでの日本からの参加者はほとんど地球化学者であり、地球物理学的調査は皆無であった。また三国共同観測事業でも他の国からも地球物理学者の参加は少なく、わずかに米国から地球熱学の研究者が参加しているにすぎない。1974~75 年、日本からは国費 4 名、その他 2 名、計 6 名が参加する。私も日本からの最初の地球物理学者としてマクマード基地に行くことになった。エレバス山の火山性地震やドライバレーの微小地震活動などを中心に調査をする予定である。

1976 年からはウェッデル海側のペンサコラ山脈北端のデュフェック貫入岩層での深層掘削が計画され、日本からも参加が予定されている。この計画への参加も含め、機会があるごとに西南極での地震活動調査を進めてゆきたいし、進めるだけの価値があると考えている。

オキアミ航海記



南極のオキアミ調査に向う大進丸（1,493 トン）

はじめに

昭和 48 年度オキアミ漁業企業化調査は、スターントロール型漁船第 11 大進丸（1,493 トン）によって南アフリカ南方の南極大陸クイーンモードランド沖合を調査対象海域として、昭和 47 年 12 月上旬から 2 月下旬までの約 3 ヶ月間実施された。

オキアミ (*Euphasia superba*) を漁業の対象としての本格的な調査は、ソ連が 1961 年から実施しており近年になって大量漁獲が可能となり食品化（ペースト）に成功したと伝えられている（3~4 隻のトロール船で 4 千~5 千トンの漁獲があったという）。日本でもかなり以前から捕鯨会社の調査船（大部分が探鯨を兼ねる冷凍運搬船である）が試験漁獲を試みており、1966 年（昭和 41 年）には東京水産大学の練習船海鷹丸が船尾式トロール漁法を用いて漁獲試験を実施したが、何れもその後の発展に結びつくことなく断片的な調査実験で終っていた。その後海洋水産資源開発センターが 1971 年（昭和 46 年）に設立されて本格的な検討に入り、翌 1972 年には事業の一環として南極海におけるオキアミ開発事業に着手、千代田丸（2,000 トン）によってウエッデル海北部のスコシア海周辺を中心に調査が行われた。その報告はセンター事業報告として公表されている。

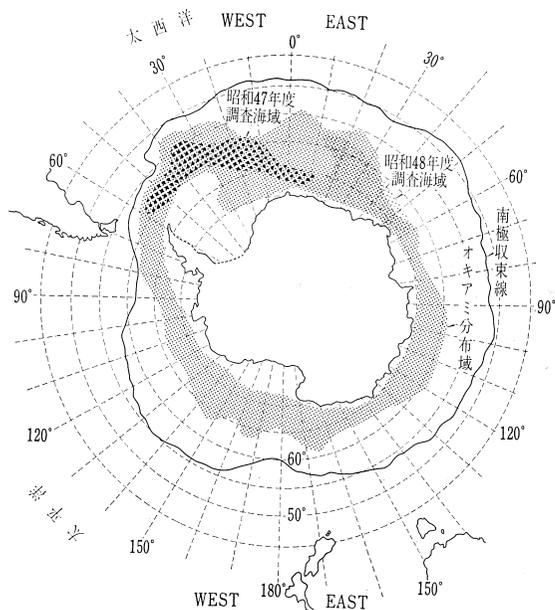
この調査では、南極海の中でも最もオキアミが豊富であるといわれているスコシア海における島の周辺を中心に調査操業を実施したが、漁具が舷側曳き枠ト

ール網（網口 4×5 m）という表層曳き漁具であったことと、思った程の密集群に当らず、結局クイーンモードランド沖合に至ってやっと密集群に遭遇したが、約 60 トンを漁獲したにとどまった。しかし、オキアミの生態や、漁場形成要因、漁具のあり方等基礎的な資料を収集し得たことは重要な成果であった。

昭和 48 年度の調査は、前年度の基礎的な調査の結果に基づき南極海のオキアミの大量漁獲を図るための漁具漁法の確立と、漁場形成要因の究明、生物学的な分布様相の究明を図ることを目的として実施したのである。その結果、幸いにもクイーンモードランド沖合において数ヶ所のオキアミの密集群に遭遇し、漁獲量も目標を突破して 646 トンの漁獲をあげ、ほぼ大量漁獲の方法についての目処をつけることができた。しかし、莫大な資源をもつと云われる南極海のオキアミを如何にして人類の食料に結びつけ企業的にも成立つような漁業にするには、極めて問題が多く残っており、今後の調査に大きな期待がかけられているのであるが、これは昭和 48 年度のオキアミ調査航海の印象記である。

リスボン港にて

調査船第 11 大進丸は、もともと株式会社極洋のラスパルマス根拠の南方トロール漁船であったのを用船したのであるが、耐寒設備の全くない南方向きの漁船のため若干の耐寒構造を施すことと、暖房設備、オキアミ煮熟装置、及び特殊な漁撈装置の取付けのためリ



南極海におけるオキアミ分布域と調査海域

スポンのドックに9月末から入渠していた。

私は、乗船調査員として10月18日羽田からJALで極洋の川島次長と共に出発し、翌19日リスボンに到着、始めて船体にお目に掛ったのである。1962年竣工の初期の海外トロール漁船と聞いており、船体外板の一部を取替えねばならないのだからかなりオンボロでないかと想像していたが、内部構造はともかくフレームや外板は予想以上に手入れもよくがんじょうになっているのに一安心した。

三晩市内のホテル (Hotel Tioli) 住いでドックと往復、10月22日完成と同時に出港、次の補給寄港地ラスパルマスに向った。

ラスパルマスからケープタウンへ

リスボン出港後、船内整理や魚群探知機の点検を実施しているうちに風も良く10月24日早朝ラスパルマスに到着、日本より貨物船に託送していた漁具、調査器具等の転載を行ったが、一部の漁具の到着が遅れ出港は10月30日朝となった。ラスパルマスはフリーポートということで、沢山の日本船の他にソ連船 (丁度捕鯨母船各々団も入港)、韓国船、台湾船等の外国漁船が多く入港しており、地元漁船とともに一大漁港の賑いを呈している。また、カナリー諸島のうちの小さな島であるが、避暑、避寒の地として知られ観光地としても有名でヨーロッパ各地からの観光客が極めて多い。

ラスパルマス出港後は、翌日から船内整備と共に漁具の最終組立てを実施したのである。

今回の調査のために準備した漁具は、東海区水研、漁船研究室、極洋、網会社等と何度も会議を重ねて最も苦労したものである。前年度の結果からみて、まだ確実に大量にとれるものが定まっておらず、過去の調査、文献では、南極海のオキアミは比較的表層に濃密群を形成しているので一見容易に漁獲できそうであるが、逃避性が強く小さい体に似合わず遊泳力もあって、濃密群があっても船がその場所に到着するとその主群は散逸してしまうといわれていた。このためにオキアミパッチに対し刺激を与えないような漁具漁法を準備したのである (結果的にはこのような心配は考慮しなくてもよかった)。

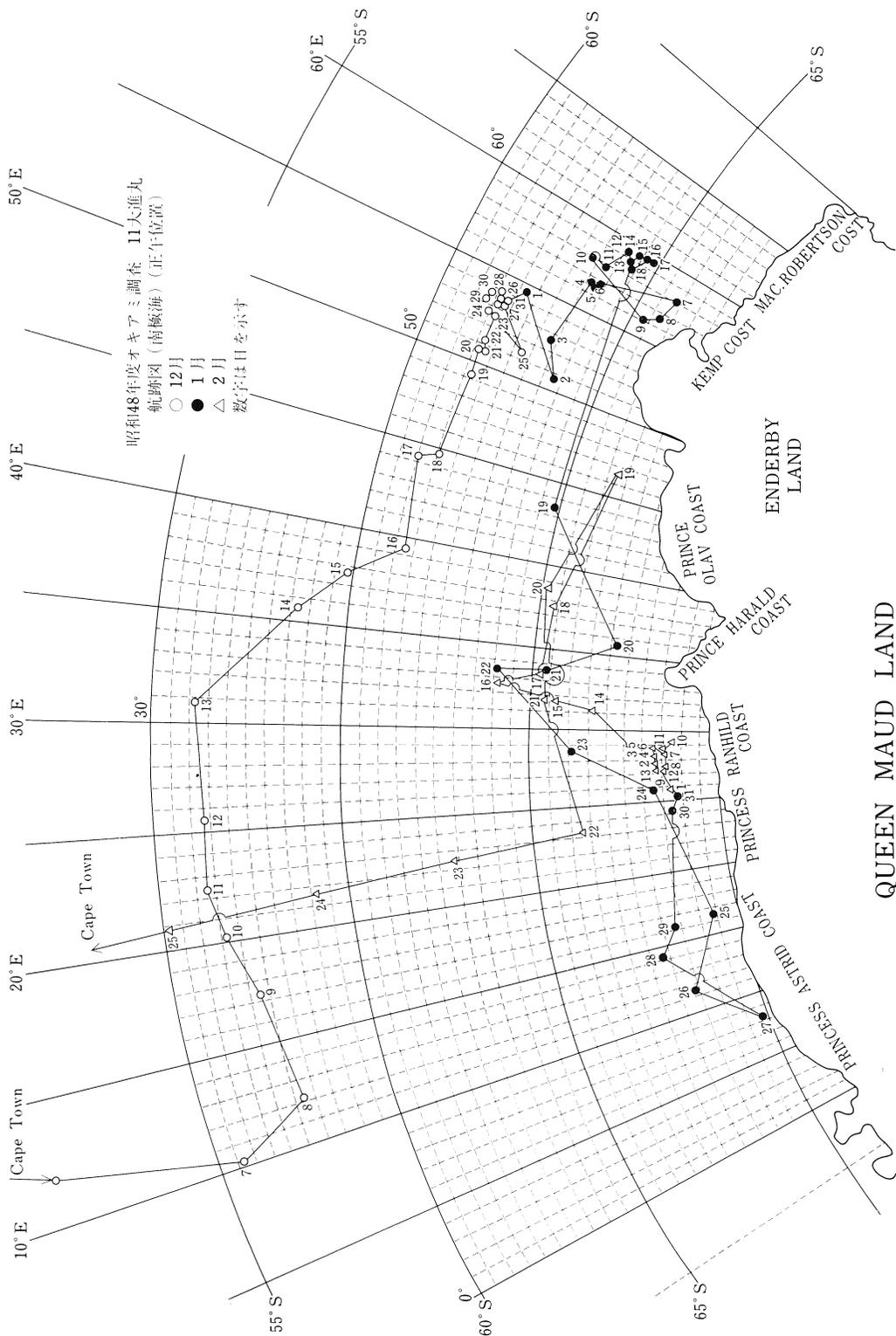
- ① 特殊設計した拵網板 (オッターボード) 使用の表、中層トロール網、網口 10×10 m、長さ 48 m、内網に 20 mm、13 mm の網目の網をつけた二重網。
- ② 特殊設計したまき曳き網、深さ 50 m、長さ 300 m。
- ③ 前年度試験操業に用いた舷側曳き枠トロール網

漁具の準備はニチモウ株式会社から派遣された佐々木さんを中心にトロール漁具から始められたが、一般に使用されている底曳用トロールと異なり誰もが初めてのものであり、広谷船長等と設計図と首引きで討議し若干の設計変更を行ったりして組立てを実施したのである。操業方法についてもオキアミパッチに影響を与えないような旋回曳きをどうするか等も討議された。

まき曳き網については、全くの新しい漁具、漁法で縁まわしが 300 m もある大型のものであるだけに、オキアミパッチに対し刺激を与えないためには最も有効と思われるが、トロール漁船の設備でどのような操業方法をとるかが問題であり、組立てるために甲板上に重ねてみると足の踏み場もないような量になる程である。これは二重網ではなく、小さな 20 mm、13 mm の目合の細糸のままの網地を直接使用しているだけにその強さも疑問視され、浮子網、沈子網の強度等で余程操業方法に苦心を要すると思われ、船内で出来るだけの補強を行ったのであるが、曳き網が弱いと思われるのでケープタウンで更に太い径 50 mm のロープを購入することにした。

舷側曳き枠トロールについては前年度の実績もあり、それ程神経も使わなかったが、前者の2漁具が失敗に終わった場合にはこの漁具に頼らざるを得ず、前年度並みのことしか出来ないであろうと思われた。

このオキアミ漁業は、全くの新しい漁業であるだけ



昭和48年度オキアミ調査 11次進丸
 航跡図 (南極海) (正午位置)

○ 12月
 ● 1月
 △ 2月
 数字は日を示す

QUEEN MAUD LAND

に陸上で考えたような理屈通りには行かず、本当に船に合った設備にするための作業は暗中摸索をしつつ際限なく続きそうにみえたが、何とか一応の目処がつき11月10日に南緯12度付近で漁具実験をすることができたのである。

表、中層トロール網では、1.5~2.0ノットで曳網することとしたが、オッターボートは非常に有効に働き旋回曳きも良好であるが、機関の危険回転の下限を使用しなければならず水深の調整に困難があることが判った。

まき曳き網は、操業上のミスが起きて実験早々にして大破し失敗に終わったので翌日から大修理にかかったのである。

このような作業の期間中は風を追手に受け風も良かったが、北緯15度付近から30°C近い気温になり私のような北国育ちの者は全くこたえてしまった。しかし南緯10度を越すと急激に涼しくなり20°C位に下がってホット一息つけたものである。

11月10日頃から何か燃油事情がおかしくなり始めたようだとの情報が入り、ケープタウンでの補給が心配になり始めた。案の定ケープまで後2日と云う11月15日になってセンターよりウナ電が入った、『ケープでの燃油事情急激に悪化のため補給の見込み全く困難、他港での補給について目下確認を急いでいるので暫く洋上で待機されたい。補給地判明次第知らす』このときには全くのショックで調査不可能の事態になりはしないかと終日ベッドでボヤッとしてしまった程であった。

翌日ルアンダ(アンゴラ)で補給を受けられたい旨の電報を受けたが、満タンにならないかも知れないとのことで又々心配、とにかく針路を北にとってルアンダ向けとし、11月20日昼入港した。早速現地代理店と満タンとすべく350klの給油を交渉した所多分出来ると思うが、ルアンダ港長の許可がいるとのこと、翌日まで待ってようやく許可があり、とにかく満タンにすることができて安堵の胸を撫で下ろしたのである。

11月22日にルアンダを出港してケープタウンに入港したのは11月29日であった。

領事館を訪問した後、南極の気象関係についての情報を収集するため日本の気象庁を通じプレトリア気象台に連絡しておいた港湾気象台を訪れ、Mr. Smitと会見したが、希望するような資料が得られず、翌日は日本気象庁の守田さんから紹介のあった南ア海軍観測所のMr. A.B. Crawfordを訪問して何とか参考になるような意見を聞くことができた。

一路南極海へ

ケープタウンで準備全く整い12月2日10時出港X.B.T.で水温観測を実施しつつ一路南極海へ南下した。

南緯40度を越え暴風圏に入ったと思われる頃になっても風力3~4位の風続き、初めて南極海に乗出した私等相当の覚悟を持ってきたにもかかわらず全く拍子抜けも甚だしい。南極海捕鯨の経験も豊富で前年度オキアミ調査船の船長でもあって、本年度も同乗した極洋の川島さんも本当に珍しいこととのことで、これは最初から縁起が良いいと喜び合ったものである。

12月5日、トロール網操業準備終了(当分の間トロール網を使用することとした)、南緯50度、東経11度付近で水温は2°C前後に急激に降下し南極収束線を通過して南極海に入ったことを示し始めた。

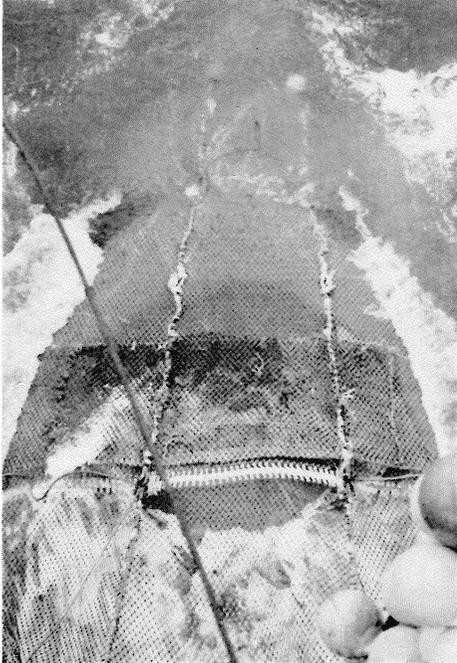
12月6日、表面水温は0°C台になり、中層30~200m層水温はマイナス0.2~-1.8°Cの中冷水が顕著に出てきた。これと共に24時間かけっ放しの魚群探知機には中層30~50mに反応がみえてきた。

12月7日、南緯55度、東経10度付近から氷山城に入り、表面水温-1.4°Cとなる。時々雪がちらつくが船上に積もることはない。ドンヨリ曇った中に千差万別の氷山を縫うようにして船が進む。浮上して目視できるパッチもみられず操業可能の機をうかがう。

調査操業

12月8日となり浮上パッチの目視はできないが、水深20m付近に現れた小さな魚探反応をみて第1回の操業を開始することとし、日本から送られてきた貴重な日本酒(本船は外国基地のためほとんど洋酒が積まれている)をトロール網に捧げ大漁を祈って投網、時に00時10分、真夜中と云っても空はまだ明るく、白夜を味わい氷山をみて本当に南極で仕事を始めた実感が湧き上がってくる。しかし揚網してみると、漁獲皆無、網がパッチに当らなかったのだ。付近にアイスバックが見え始めている。薄暗くもあり、余り動き回れない。3時になるとすっかり明るくなり見通しもよくなったが、北々東の風5で荒天気味となる。更に2回の操業でも網にパッチが当らず漁獲皆無、表層トロール網の本格的操業は、日本で本日が初めての記念すべき日であるが、底曳トロール網操業20年の経験をもつ本船の広谷船長でも最初から成功できない。とにかく経験をつむことを念頭に回を重ねることにした。

12月9日アイスバックに阻まれて南下できず東進、ソ連の南極基地より発信されている気象衛星からの流



コット部分に入網した大量のオキアミ手ごたえ充分

氷状況のファックスによれば、東経 40 度位から開氷面が開けていることが判り、南緯 60 度以北は荒天が多く探索も困難なので操業しつつ東進し南下することとした。

本日夕刻には南緯 57 度 15 分、東経 18 度 40 分で浮パッチ発見の合図があり、投網したが私には全く判別できない。舷側に近づいてやっと見えた。7~8m 程度の円形パッチで色は暗褐色、話には聞いていたオキアミ色パッチである。船が近づき過ぎていて刺激によって分散しないかと心配であったが、舷側を通り網に乗るように操業している。魚探には黒い濃いエコーがよぎっているので判る。網は浮子方が水面に浮くようセットしたことがネットレコーダーにより現れている。10 分後揚網。4cm 台の中型サイズが 700 kg、これが初漁である。しかし満足できる量ではないし、7 回操業のうち僅か 2 回しか漁獲していない。

12 月 10 日は風力 6 の雪混じりの荒天だが、東進しつつ操業、アイスパックが突然現れたりして全く油断ができず、浮上パッチを対象としているが、慣れるに従ってパッチ上を乗切るように本船が通過して曳網するようになってきた。このため網がパッチを外れるようなことはなくなり、漁獲量も増加してきた。1 網最高で 1.7 トンも乗網したが、パッチも小さく漁獲はまだコンスタントに上がらない。オキアミのサ

イズも一定せず 2 cm 以下のものには狙いとしているスペルバではなくマクルラも多くみられている。マクルラは比較的北方に多く分布しているとされておりスペルバの主群はまだ南方の大陸寄りであると思われる。

12 月 18 日には、南緯 61 度 30 分、東経 44 度 50 分に達し、大型サイズ（体長 50 mm 位）のオキアミパッチが数多くなってきた。漁獲も徐々に上向きとなり、昨日は 5 トン、本日は 4 トンとなって、操業が慣れるに従い順調となってきている。しかし、まだ浮上パッチのみに効果があるようで、中層パッチになると効率が急に下がる。

12 月 19 日夕刻、南緯 61 度 30 分、東経 50 度 40 分で濃密群に遭遇し 21 日夜の荒天まで連続操業し、1 日 10~17 トンの漁獲をあげ 1 網最高で 3.3 トンとなり、トロール網操業によって十分な漁獲が可能であることが判ってきた。それとともに中層パッチに対しても、魚群探知機とネットレコーダーの組合せでやっと曳網深度を安定させるような技術が確立されてきたことにより漁獲効率の向上が目立ってきたのである。

これから以後は 一気呵成である。目視による浮上パッチ、魚群探知機に現れた沈下パッチ等のようなものであれ発見さえすれば、表、中層のトロール網によって充分漁獲できる自信がついてきた。

12 月末までは、61~62°S、50~55°E の間を操業し L サイズのみ約 150 トンの漁獲をあげ吹雪の中正月を迎えたのである。しかし、操業は 1 日朝まで続けられ、休養日とはせずに元日の半日だけ休養をとっただけですぐに夜半から操業を再開した。故国の反対側、吹雪舞う中で冰山を見ながら貴重な日本酒で、オキアミ操業の成功を祝いつつ乾杯した味は全く忘れられないものである。日本酒は僅かなので、私のような呑み助では物足りなかったが、冰山のカケラでのオンザロック



船上に曳き揚げられた表中層トロール網

の味も格別である。海に流れている冰山だから塩からいのではないかと懸念されたが、大陸の氷河から流れ出る冰山では全くの真水であり、ウイスキーに入れるとピンピンと何かが破裂するような小さな音がするのと味は純粹の水ではなく雪の固塊という感じ（南極は雨が降らないから当然雪なのだが）で、普通の氷とは違ったやや甘ったるい味わいをもっている。奇麗な澄んだ音と味で2重の楽しみを味わいつつ心地よい酔いを楽しんだものである。

東の間の正月を過ぎ再びオキアミの探索を開始し、1月4日に12月下旬の漁場より南東方向で大型のパッチを発見して連続操業となった。この海域のパッチは、12月の漁場とは異なり水深30~40m層に帯状に連続した群で長さは3kmにも及ぶ巨大なものである。夜間になると浮上して濃密なパッチが点在するようになり昼間は沈下して帯状になると云う繰り返しに合わせて曳網水深を調節して漁獲を続けた。

この海域のオキアミパッチはLサイズの素晴らしい大群であり、1~2時間曳きをしてパッチを外れることがない程で1網平均1.5トン、最大4.9トン、1日20トン程度の漁獲が連続し、最大1日31トンと云うこの船の処理能力の限界（ボイル、冷凍の）にまで達した。このため船員の作業は息つく暇もなく続けられて漁獲調整をしなければならなくなったのである。船内設備、人員等の体制があればこの何倍（1日100トン位）かの漁獲も可能であったろうと思われた。

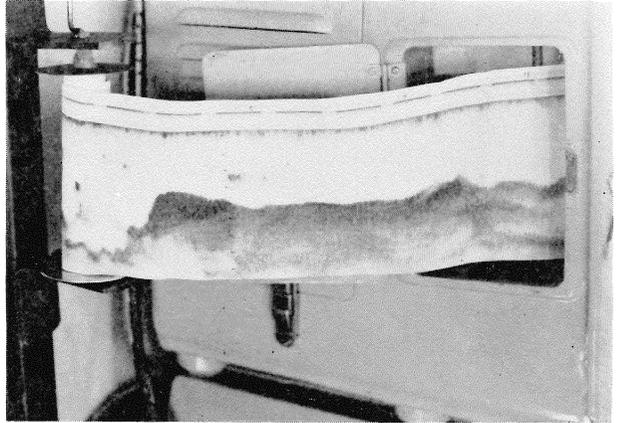
1月17日には、依然として好漁を続けている中に突然センターより指令が入り、仲積船に漁獲物のサンプルを転載せよとのことで、濃密パッチに未練を残しつつ操業を中断し西進せざるを得なかった。しかし、船員作業の面で見ると、連続の大漁続きで疲労も多いと思われ一つの息抜きになったようである。これまでの漁獲は430トンに達した。

1月20日に67°02'S, 35°35'Eで仲積船芳洋丸と会合し100c/sを転載したが、次に予定している給油タンカーとの会合が更に西方の10°E付近であるため前回の好漁場に引返す時間的余裕もなく探索操業しつつ西に向うこととした。

この海域付近のオキアミはMサイズが多くみられるようになってきたが、オキアミパッチの大型濃密群はほとんどみることができなかった。

1月24日、68°20'S, 25°58'E付近で10~30m層に帯状のパッチを発見し1網1.5トン程度の漁獲があったが、先を急ぐため6回の操業で更に西進する。

1月27日に給油タンカー千種丸と会合し、燃油補



魚探記録に現れたオキアミ中層群の大群

給を受けた後、更に探索操業に入ったが、M、Sサイズの小さいパッチのみであるので東進し1月24日に発見した付近まで戻ることになった。

1月31日、68°50'S, 25°E付近に沈下パッチの大きな群を発見したが、全体に薄いため連続操業しても1網当たり1トン以下で纏まらず、東進し2月2日、68°11'S, 28°45'E付近で10~25m層に帯状になっているパッチを発見し連続操業となる。

この海域のパッチは、20~30m層にみられる水温躍層の上部に固まるように連続して分布し、深さの幅は1月上旬、中旬の漁場で見たものより狭い。しかし、その長さは10kmにも及ぶ巨大なもので1回に2.5時間位曳網してもパッチを外れることがない程である。鯨は1月の漁場と異なり全くみられない。

2月9~10日に荒天となって操業を中断した以外は2月13日まで連続操業したが、この頃から天候の変化が激しくなって好天で太陽をみる日があってもすぐ曇天、霧、雪と目まぐるしく変るようになって南極の秋の気配が感じられた。

漁獲量は予定の600トンを超えて646トンに達して、ほぼ満船状態になってきたので以後は漁具実験と、オキアミパッチの形状等の調査、分布の調査等調査専門にして広い海域を航走することにした。

2月16日には、今まで1.5~2.0ノットで曳網していたのを4ノット位のスピードで曳網した場合の実験を実施した。パッチが小型の故もあったが、コットエンドで団子状になることもなく漁具の破損もみられずに予想されたような漁獲をすることができたことから帯状のパッチや薄いパッチには有効と思われた。

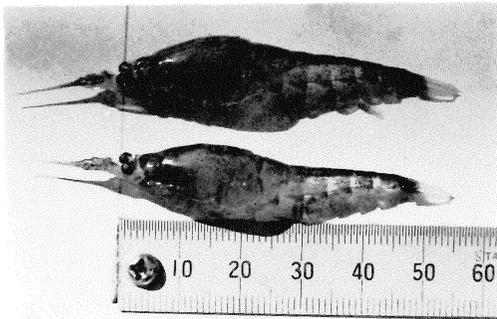
2月17日は、浮上パッチをみてまき曳き網の試験操業を行ったが、網地の強度がないために破網し大破してしまった。船上で応急修理を行い、更に19日に浮上パッチに対し操業を実施したが、矢張り破網し設

計上検討を要することが多いと判断し、以後のまき曳き網操業を中止した。

その後は、全く操業せずに海洋観測とオキアミパッ



工場口より入ったオキアミ



オキアミ

旬別、漁獲量及び単位漁獲量

	漁場滞在日数	操業日数	トロール回数	トロール有効網回数	有効網漁獲量 (kg)				一回当り単位漁獲量 (kg)
					L (kg)	M (kg)	S (kg)	計 (kg)	
12月上旬	5	3	17	10		5,950	4	5,954	595
12月中旬	10	9	95	76	38,314	1,090	2,827	(75) 42,231	555
12月下旬	11	11	125	96	115,749		5	(540) 115,754	1,206
1月上旬	10	10	137	118	113,656			(50) 113,656	963
1月中旬	10	8	107	104	150,418	3,252	288	153,958	1,480
1月下旬	11	11	88	86	8,939	46,991	4,815	60,745	706
2月上旬	10	10	89	86		115,420		(13) 115,420	1,342
2月中旬	10	5	33	33	1,201	36,271		37,472	1,135
2月下旬	5	0	0	0	0	0	0	0	0
計	82	67	691	609	428,277	208,974	7,939	(678) 645,190	1,059

註：()内は失敗網による漁獲量を示す

Lは平均体長 4.5 cm 以上
Mは " 3.5~4.4 cm
Sは " 3.4 cm 以下

チの分布確認のために東進し、2月19日に46°E付近まで達して反転、2月22日にケープタウン向け北上し南極を後に帰路となった。

帰路も暴風圏では、43°S付近で風力7の荒天に遭遇した以外は往路と同様に順調な航海を続け3月2日ケープタウンに入港3ヶ月ぶりですの感触を味わうことができホットしたものである。

3月6日にケープタウンを出港、3月23日にラスパルマスに入港し日本向け冷凍運搬船サツマコワ号にオキアミ製品を転載して本調査を終了した。

終りに

この調査は、オキアミ資源量の豊富さからみてきわめて大きな期待がかけられていたが、昭和47年度は成果が上らず2年目の本年がもし失敗となると世間の笑いをかう結果になることが予想され、当初は悲壮な決意で乗込んだものである。幸いにも極洋の川島事業長を始め乗組員一同の懸命なご努力により目標量を突破し大量漁獲の目処をつけることができた。

今後の問題としては、この大量漁獲可能なオキアミを如何にして食品化への道を開き、人類の蛋白資源としてゆくかであろう。

ラスパルマスからの帰国途中にローマでF.A.O. (国際連合食糧農業機構)に立寄りオキアミ開発の成果について水産資源部長の笠原博士に報告してきたが常に喜ばれて今後の食品化非を考えねばならない点を強調されていたし、国際的にキオアミ利用を計る方途を見出したいとのことであった。

また今年(49年)も南極に向う予定であるが、前年の成果を基に更に大量漁獲の方法の確立を計るとともに船上で製品化のための種々の実験を重ねたいと思っている。

オキアミへの関心は私達の予想以上に高まってきて、水産会社は勿論、各食品会社等真剣に研究を続けているので意外に早く開発が軌道に乗ることも予想されるようになってきた。これを漁業としてのみ考えてみても、対象が単一種類でもあり作業の省力化が可能のため採算ベースをかなり低くできる有利さがある、近年の人件費の高騰からみても着業が早まるかも知れない。

一日も早いオキアミ開発が可能となる日を念じつつ、この航海記を終ります。

生物による水の汚濁の探りかた

—とくにアラスカの場合—

福島 博
小林 艶子

横浜市立大学, 生物学教室

1. 生物による水質判定

新聞紙上に「〇〇川に毒物流出」というような記事が出るのが不幸にして往々ある。このような場合は大ていは魚が浮き上がったので水を分析したら〇〇という毒物であったとか、水を分析したが毒になるようなものは既になく何が原因であるかわからないというようになってん末になる。このように川の魚が浮び上がったので何か毒物が流れたのではないかと推定するのは一種の生物による水質判定で顕微鏡や大がかりな器具を使わなくても行なえる場合がある。

1・1 生物による水質判定の利点

川に浮ぶ洗剤の泡の量は見るときによって違う。注意して観察すると時間と関係があり、食器を洗ったり、洗濯をする時間に川の泡が多くなることに気付く。洗剤の泡一つをとってみても川の水質は時々刻々変化していることが容易に想像できる。

化学分析で水質を云々する場合、試料水をどのようにして、いつ採水するかということが問題になる。化学分析による水質判定は極端な言い方をすると水質に用いた水のことしかわからないわけで、極端な言い方をしなくても、採水した当時の水質しかわからないといえる。同じ河川の同一地点で時刻を変えて調査した場合水質が大変異なっていることを示す一例として山王川山王橋での BOD 値の変化を表 1・1 に示した。これによると昭和 47 年 1 月 17 日 10 時 15 分に BOD が 16.41 あったが、18 時 10 分は 41.09 で、1 月 18 日 2 時 30 分は 13.84 であった。このように河川の水質は時間によって変化を示すことが知られている。故意に夜中や降雨のときに廃水を流したり、検査機関が調べに来そうなときには排水を控えるような例がしばしばある。このような理由から分析用水はできるだけ頻繁に行なって、多くのデータをえて、それによって考察するようにせねばならない。最近では水質分析の自記

表 1・1 山王川山王橋における調査時間による BOD 値の変化 (1972)

月	日	時刻	天候	BOD
1	17	10:15	晴	16.41
1	17	18:10	"	41.09
1	18	2:30	"	13.84
2	25	10:45	"	23.45
2	25	18:50	"	45.95
2	26	3:30	曇	9.59
3	14	10:15	晴	20.40
3	14	17:55	"	19.47
3	15	5:00	"	5.13

[神奈川県(1972): 神奈川県水質調査年報(その1)による]

化が進んで多くの地点に水質分析自記装置が設置されるようになったが、このような設備では出来ない分析項目もあって、水質の 24 時間観測には限度がある。

しかし、水中に生活している生物を対象として判定を行うときは、過去ごく短時間流された廃水をも推定することができる。単細胞生物の世代は短かいので、短かい過去までの判定にしか用いられないが、体制の複雑なものより一般的に鋭敏であるという特徴がある。水棲昆虫のように体制の複雑なものは単細胞の生物より鋭敏ではないが、世代が永いので遠い過去の汚濁まで推定できるので、判定に用いる生物群によって各種の推定が可能である。

化学分析では一つ一つの物質についての汚濁の程度はわかるが、汚濁物質が 2 つ以上あった場合、それらの物質の組合せによる影響を推定するのは困難であるが、生物による判定では 2 つ以上の物質についてもその総和の影響を推定することができる。また、化学分析では同一地点で数多くの分析が必要であるが、生物による判定ではただ 1 回の調査によって汚濁の影響の平均的な値をうることができる。

化学分析では高度な分析器具が必要な微量な有毒物

質でも、生物による判定では大して大がかりな器具が必要でなく顕微鏡程度であるので費用が僅少ですむ。

行ない方によっては結果がきわめて早く出るということも大きい特徴である。魚の浮上によって毒物の混入を知るのきわめて初歩的な判定であるが、このような現象がなかったら、毒物の混入を知るのに時間がかかり大事に到るであろう例がよくある。このような特殊な例でなくても、任意の場所で、方法によってはごく短時間に判定することができ、また野外においてデモンストレーションできるが、これらのことは短時間の訓練で素人でも行なえる利点がある。ある廃水混入後はトビケラが生育しなくなるというようなことはよくある現象であるが、少し訓練するだけで、素人でも川床の石礫をもちあげて、生物相の変化から廃水の影響を現場でデモンストレーションすることができ、このような場合説得力を大に発揮することができる。

欠点の第1は有害物質名を指摘することが困難なことであるが、最近では毒物の種類を推定しようという試みも行われている。しかし、どのような毒物かを知るとは化学者の役目で、河川の監督においては毒物の出現を知らせるだけでも普通は十分で、生物による判定は工場などが、実際に廃水を清浄にする義務を果たしたかどうかということを知るために用いると割り切っている研究者もいる。

汚濁の程度を数字で表現するのはむづかしい。生物には耐性があり、その耐性は変化しうるものであることが数字で表現する困難さの一つの大きな原因になっているが、最近では数字で現わす方法が沢山発表されている。しかし、これらの方法の多くはかなり高度の分類学的素養が必要な点に問題がある。このように高度な判定を行なうためにはかなりな分類学的素養を必要とするが、生物学の素養のない者でも現地ですぐ判定の行なえるような判定法も開発されている。

化学分析による判定では困難な場合も生物による判定で簡単に解決できる場合もある。化学分析による方法も生物による方法も、両方とも完全でなく、その欠点を相補う部分も多いので、水質の判定には両方の方法を用いるべきである。

1・2 生物による水質階級

多量の下水を含んだ河川は流れるに従って自浄作用によって汚濁が減少し、生物の状態、酸素や有機物の含有量、その他の理化学的な状態を带状に区分することができる。これらの帯はヨーロッパや日本では強腐水性、 α （強）中腐水性、 β （弱）中腐水性、貧腐水性、米国では悪化区、分解旺盛区、回復区、比較的清水区、清水区に区分されている。水域を生物による水質に区分し、後で記すように生物を用いて水質を判定

しようとする試みは今世紀初め頃よりコルクウイツ・マルソン両博士らによって提唱されてきた。

ここでは生物による水質階級を β 貧腐水域、 α 貧腐水域、 β 中腐水域、 α 中腐水域、 β 強腐水域、 α 強腐水域にして、それぞれに適應する一般的表現、環境基準の水質類型、BOD 値を表 1・2 に示した。しかし、生物による BOD 値は一応の目安として示したもので、生物による水質階級は BOD 値と必ず平行でなければならないものではなく、これと適合しない場合も多い、環境基準の水質類型の BOD は最大値を示したものである。

また表 1・2 に生物による水質階級のそれぞれの顕微鏡的植物の生育状態、植物の肉眼による観察、顕微鏡的動物の生育状態、肉眼的動物の生育状態、水中バクテリアの状態、水中有機物、硫化水素の形式、溶在酸素の諸性質を簡単に説明し、これらの水質階級に属する神奈川県下の諸河川名を記した。

上記の各帯に生育している生物はその環境に最適であるとか、単に耐えるだけであるとかということは別にして、各帯に生育している生物はその環境の指標になる生物であるという考えがある。汚濁された水域にはその汚濁に耐えうる生物が生育し、汚濁に耐ええない生物が死滅するという考えのもとに生物による水質判定が行なわれている。汚濁に耐えうる種の中でも耐えうる汚濁の強さは種によって異なるので、その強さから指標種を決めることができる。この指標種から汚濁の程度を推定するのが生物による水質判定の一つの方法である。

一般に強く汚濁された水域では生物の種類数が少なく、若干の特定の種類の個体数がいちじるしく多い。このように汚濁水中の生物群集の構造も特徴あるものになるので生物群集の構造からも生物による水質判定をすることができる。また強く汚濁された水域では一次生産者（緑色植物）が少なくバクテリアが大変多い。また、バクテリア捕食生物が多く、ここに生育している生物の酸素要求が少ないという特徴がある。このように汚濁されると物質代謝の様子が変化するのでこの方に注目する学者もいる。

1・3 生物による水質判定法

生物を用いて水質を判定する方法は Cohn (1875) や Mez (1898) に遡ることができるが、この方面の画期的な業績は Kolkwitz und Marsson (1908) で、この研究が生物を用いる水質判定の基礎を築いた。その後、多くの研究者によって多くの方法が試みられているが、その主な方法を以下記す。

1・3・1 指標種による方法

Kolkwitz・Marsson によって始められた方法で、そ

表1・2 生物による水質階級とその特徴

生物学的 水質階級	一般的表現	環境基準の水質 類型	BOD*	顕微鏡的植物の 生育状態	植物の肉眼による観察	顕微鏡的動物の 生息状態
β 貧腐水域	きれい	AA	↑	かなり多くの藻類が生育するが、β中腐水域より種類数が少ないことが多い。物理的環境要因（洪水がおき易い、低水温であるなど）のため種類数、個体数共に大変少ないことが多い。	ミスオ（褐色で長さ数cmの馬の尾状の群体を作る、黄色ペン毛類）。ツルギミドロ（緑色の細い蛙の卵のような緑藻）。カワモゾク（やや薄紫色の細い蛙の卵のような紅藻）。セキシヨウモ（水草）が生育することがあるが、藻類はケイ藻が多いので河床の石礫は褐色。	べん毛虫、繊毛虫は少数現われるだけ。
α 貧腐水域		A				
β 中腐水域	ややきれい	B	2.5	各種の藻類が多い。冬期から早春にかけてはケイ藻の個体数が多いが、他の季節はラン藻の多いのが普通である。	平地の河川では夏ラン藻、冬ケイ藻が多く、河床の石礫は褐色をしていることが多い。各種の水草が生える。	太陽虫、吸管虫類の汚濁に弱い種類が出現する。
		C	3.0			
α 中腐水域	やや汚れている	D	5.0	藻類の個体数が多い。緑藻の比率が高く、またラン藻の比率が高くなることもある。	緑藻が多いときは河床の石礫が緑色になるが、糸状の緑藻が付着している。ラン藻の多いときは黒味がかかった青色になることが多い。水草はコカナゲモ、ホソバナナギモが多い	太陽虫、吸管虫類が少し出現する
		E	8.0			
β 強腐水域	汚れている		10.0	特殊なケイ藻、緑藻あるいはラン藻が夥しく生育することがあるが種類数は少ない。	河床の石礫がヌルヌルした緑色の藻で被われ他の藻は見られない。ケイ藻が付着して褐色になったミズワタが生じることがある。水草はホソバナナギモ以外生えない。	アメーバ類、べん毛虫類、繊毛虫類が出現、太陽虫類、吸管虫類は出現しない。
α 強腐水域	大変汚れている		50.0	干潮の折、干上るような環境を除くと藻類は殆んど生育しない。	干潮の折干上った泥は黒色でその上に細い黒青色の糸状のラン藻の藻被が見られるが、緑色の細かい粉をまいた様になる（ミドリムシ、コナミドリ）	輪虫は少数出現する。

*環境基準の水質類型のBODは最大値を示したものである。生物学的水質階級においてもそのBODは一応の目安として示したものでこれに適合しない場合も多い。

生物による水質階級とその特徴(続)

肉眼的動物の生息状態	水中バクテリア	水中有機物	硫化水素の形成	溶存酸素	水域の例 (神奈川県の場合)
昆虫幼虫の種類が多い(20種以上のことが多い)。その他各種の動物(サワガニ、ヨコエビプラナリア、アマゴなど)が出現する。	少なく河水1mlあたり100以下	分解されている	ない	多い	河内川の上流 須雲川の上流(畑宿付近) 新崎川の上流
淡水海綿、コケムシ類、ヒドラ、貝類、甲殻類(ミズムシ、ザリガニなど)、昆虫の多くの種が出現、多くの両生類及び魚類も出現。	1ml当り 10万以下	脂肪酸のアミノ化合物が多い	ない	かなり多い	相模川(相模大橋・東名高速下など)、酒匂川(大口橋、富士道橋など)
貝類(モノアラガイ、マルタニシ、サカマキガイ、ヒメタニシなど)、甲殻類(ミズムシ、ザリガニなど)が生息、昆虫(ヒメカゲロウなど)も多い。魚はコイ、フナ、ナマスなど多い	1ml当り 10万以上	高分子化合物の分解によるアミノ酸が豊富	弱い硫化水素臭あり、底泥は黒くない。	かなりある	田越川(末端)、小鮎川(末端)、山王川(山王橋) 仙了川(末端)
蠕形類、昆虫の幼虫が少数出現することがある程度。	大変多く1ml当り100万以上	炭酸及び高分子窒素化合物、ことに蛋白質、ポリペプチッド、およびその高次分解産物が豊富	強い硫化水素臭あり、底泥は硫化鉄のため黒色。	全くないか、あっても大変僅かである。	横浜市内諸河川(大岡川、水道橋付近など)、平作川(末端部) 境川(大道橋、境川橋など)

の後 Liebmann (1951, 1958) の研究でこの方法が確立されたといえる。多量の下水を含んだ河川は流下するに従って汚濁が減少するようにはっきりしたゾーンを示している。これらの各ゾーンは酸素や有機物の含有量、腐敗の生産物や鉱物化の生産物によって区別することができる。この環境に最適であるか、単に耐えうるかということは別にして、各ゾーンに生育している生物は、その環境の指標になる生物であるという考えがある。このように汚濁された水域にはその汚濁に耐えうる生物が生育し、汚濁に耐えない生物が死滅するという考えが、この方法の根底にある。汚濁に耐えうる種の中でも、たえうる汚濁の強さは種によって異なるのでその強さから指標種をきめることができる。逆にこの指標種から汚濁の程度を推定する。

この方法を具体的に記すと、ある任意の地点を選び、その地点の生物相を調査し、リストを作成する。この地点に生育していた各生物が汚水生物階級のどこに属しているものであるかを Kolkwitz・Marsson, Liebmann, 津田, 福島などの表でしらべてどの階級に属している生物の種類数をもっとも多いかということから、その地点が、汚水生物階級のどれに属するかということきめる。このようにして決めた汚水階級は一般には地図上に図示される。このような図を水質階級地図と呼んでいる。

1.3.2 優占種による方法

上に記した指標種による方法は本来は生物のすべての群について行なうべきものであるが、このようなことは1人で行なうことができないので、近年は多くの研究者が共同で行なったり、特定の群について行なうことが試みられている。いづれにしてもこの方法は分類学的素養が必要で、また多大の時間を要するものである。

一定時間に最も速やかにある種を増殖させるような生理的状況は、その種がもっとも忠実に指標する (Patrick 1957) という考えから、最も多数の個体を占める種(優占種)が、指標種として扱われるべきであるという考えのもとに優占種を用いて水質判定を行なうようになった。

Fjerdningstad (1963, 1964, 1965) はデンマークの平地の川 Mølleo 川で、底生生物の優占種として優占的に生育するバクテリア、黄色ペン毛類及びその他の藻類を汚濁の評価に用いた。水質を多く

の階級に細分し、それぞれの階級によく出現する生物群集名を記している。また、生物を真腐水性、好腐水性、不定腐水性、嫌腐水性に区別し、それぞれに属する生物のリストもあげている。この方法は対照に用いる分類群を限定したので分類に対する知識の負担がかなり軽減され、しかも対照とする生物は優占種であるため、その種類数が大変少ないので、短時間に判定できるという利点がある。福島 (1965) は金属鉱山廃水の流入する河川の付着藻の優占的な種から汚濁の状況を推定する方法を記している。有機汚濁については Fjerdningstad がデンマークの暖流について行なったもので、日本では福島がデータを集積中で (福島1971~74) これが完成すると時間と分類学的知識の軽減される方法として広く利用されると考えられる。

図1に渡良瀬川本流の付着藻の優占的な種を示した。これらの種はいづれも耐汚濁性種でしかも、耐性の大変強い種許りで、この調査当時の渡良瀬川は足利市付近でも付着藻に足尾鉱山の影響が現われていることがわかる。

1.3.3 数量化による方法

生物による水質判定の大きな欠点は汚濁の程度を数量的に表現しづらいことであると云われている。そこで、生物によってえた情報を数量的に表現しようという試みが沢山ある。これらの方法の多くは、ある場所の諸条件に、より多くのパラエティがある程、そこに存在する生物群集の種の数も多く、そして、その場所

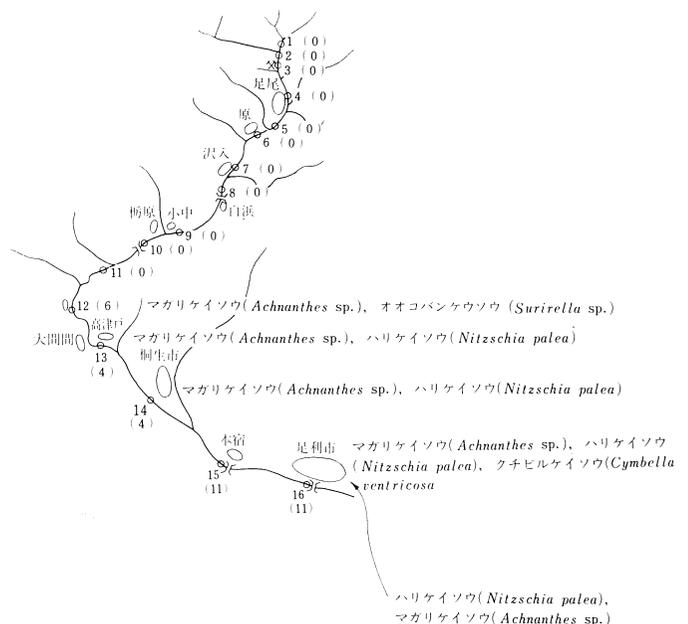


図1 渡良瀬川本流の各調査地点の付着藻の Beck の生物指数と優占的な種 (1964年7月)

諸条件が最適条件から遠ざかれば遠ざかる程、生物群集の種の数は少なくなり、かつそこに残る種の個体数は多くなるという テーネマンの法則 (Thienemann 1920) を考えの根底にしている。

A 種類数による方法

ある地点で見られる種類数だけを問題にして、個体数を全く考慮しない方法で、この方法は何種類か発表されているがここでは Beck・Tsuda 法を記す。生物を汚濁に耐ええない種と、耐えうる種の 2 群にわけ、前者の種の数を A とし、後者の種の数を B とし、任意の場所の $2A+B$ の値を汚濁の生物指数とする。この指数は、汚濁された水域に生育する生物の種類数は一般に少なく、清浄な水域に生育する生物の種類数は一般的に多いことから考えられたもので、汚濁に耐ええない種類数 (A) を 2 倍にして比重をもたせてある。それで、この指数は大きければ大きい程清浄であることを示している。

この方法は種類数を問題にして、個体数は全く考慮されていないので、只 1 個体しか見出されなかった種も、多数生育していた個体も、全く同じ比重で処理される点が欠点と指摘されるが、調査方法を配慮すると、とくに汚濁の著しい地域では、かなりよい値をうるもので、日本では水棲昆虫や藻類を用いる水質判定にきわめて広く採用されている。

河川では流速の速い所と遅い所では種類数が異なり、川床の礫ばかりの所と砂の混った所でも異なる。また、水深が異なると種類数が異なるということもありうるので、調査環境の規制を行なうと Beck の汚濁指数が汚濁の程度を示す確率が高くなる。このような環境規制を行なったのが津田 (1961) で、同氏の提案の方法は Beck・Tsuda 法とよばれている。しかし、Beck・Tsuda によらなくても自分で調査環境を規制して調査すると、それらの一連の値は比較することができる。

図 1 に渡良瀬川の付着藻の Beck の生物指数を示した、この調査当時は鉾山から約 35 km 下流で初めて優占種を認めることができるようになり、これまでの間は Beck の生物指数は 0 で、この地点から足利市迄急に生物指数が大きくなっている、このことはこの間で汚濁が急速に回復していることを示している。

B 種類数と個体数による方法

前項に記した種類数による方法は、生物を一面的な方向より捕えているだけで、種類数と個体数より捕えるのが本筋である。個体数を加味した方法もいくつか発表されているが次に福島法 (木村 1974) を示す。

各汚濁階級に属する種の個体数に各々ある評点を乗じた値を汚濁指数とするものである。

$$\text{汚濁指数} = (3 \cdot \theta + 2 \cdot \beta m + 1 \cdot \beta m - 1 \cdot \alpha m - 2 \cdot \alpha m, \beta p - 3 \cdot \beta p) \times 33.3 / \text{総個体数}$$

但し複数の階級にまたがる種は中央の階級をとる。
 θ = 貧腐水性, $\beta m = \beta$ 中腐水性, $\alpha m = \alpha$ 中腐水性, $\beta p = \beta$ 強腐水性を示す。

この方法でえられる汚濁指数は 100 から -100 の間に分布し、正の値の大きい程清浄で、負の値になると汚濁が進行していることを示している。

この方法は高度の分類学的知識が必要で、しかも、多くの時間を要するのが欠点である。

1.3.4 生物群集による方法

この方法も最近急に多くの方法が報告されるようになった。中でも多様性指数を用いる論文が多い。多様性指数も非常に多くの方法が開発されているが、多様性指数の中にはサンプルの大きさに影響をうけるものがかなり多いのでこの点に注意をする必要がある。総個体数と種数から求められる多様性指数はサンプルサイズと関係して変化することがあるが、個々の種の個体数を問題にする指数はサンプルサイズによって殆んど変化しない (渡辺 1973)。以下示す指数はいずれもサンプルサイズに影響をうけることの少ないものである。

McIntosh (1967) の指数 $A: 1 - \sum (n_i/N)^2$

$$\text{同 } B: \frac{N - \sqrt{\sum n_i^2}}{N - \sqrt{N}}$$

Shannon の指数: $-\sum (n_i/N) \log_2 (n_i/N)$

これらの中で Shannon の指数がもっとも多く用いられている。しかし、これらの方法はいずれも分類学的素養が必要であるが、分類学的知識のあまり必要としない SCI 法が開発され、水棲昆虫などには好結果がえられているが付着藻類では好結果は期待できない (福島・小林ら 1973)。

1.3.5 生理学的な方法

上に記した諸方法は生物の種という概念が考えの根底にあるが、この方法は生理学的な考えが基盤になっており、水域の生態系内の物質代謝のエネルギーの動きから水域の階級を決定しようとするものである。従来の方法は水質が異なると生物相が変化することから、生物相を調査して、水質を判定しようとするものであったが、Caspers (1966) らのこの方法は水質が異なると水域内の生態系が違ってきて、その生態系内の物質循環のあり方、およびエネルギーの動きのあり方も異なってくる、これらのことから水質階級を推定しようとするものである。

2. 北極圏アラスカのケイ藻による水質判定

1965 年夏小林義雄博士を隊長とし隊員 3 名からな

るアラスカ極地微生物調査隊が組織された。アラスカ北端のポイント・バロー（北緯71°20′，西経156°46′）にあるバロー研究所を根拠として，バロー，ウミアット，トムソン岬，ピータース湖の4カ所で藻類や菌類についての資料収集をされた。著者らはこの中のケイ藻類の研究の分担を行ない，その一部は既に報告した（小林・萩原 1971，小林・岸本 1972）が，これらの報告はケイ藻植生に関するものである。北極圏アラスカのケイ藻の分類学的研究は R. Patrick・L.R. Freese (1960) があるが，ケイ藻を用いる水質判定の研究は全く行なわれていないので，今回は著者らが既に報告した資料と未発表資料を用いて水質判定を行なう。貴重な材料を提供された小林義雄博士，丸山晃氏に深く感謝する。

生物を用いての水質判定は1章に記した諸方法で行なうべきである。しかし北極圏のケイ藻には固有種が多いが，ケイ藻を用いる水質判定の研究は北極圏のケイ藻について行なわれていないので，広汎種を用いて判定せざるをえない。このために，指標種を用いる方法，数量化による方は用いることができないので，今

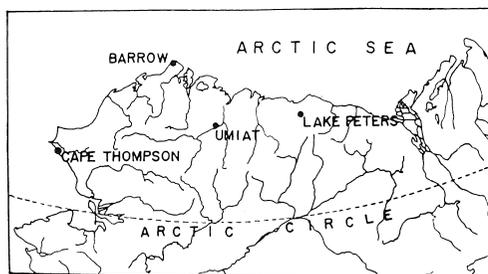


図 2-1 調査地点図

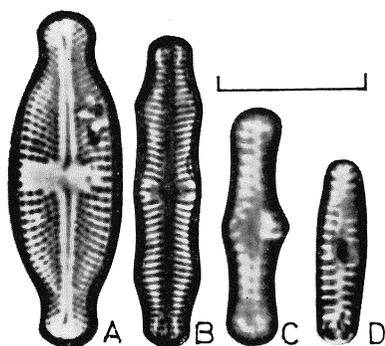


写真1 北極圏アラスカには固有種，スカンジナビアやスピッツベルゲンなどに分布する北方性種と，世界広汎種が混生している。北方性の種の生態的性質はよく判っていないので，世界広汎種について水質を判定せねばならない。A フネケイソウ (*Navicula palaeartica*)，B フネケイソウ (*N. lagerstedtii*)，C, D マガリケイソウ (*Achnanthes fragilarioides*)。いずれも北方性種。スケールは以下いずれも 10 μ である。

回は優占種による方法を用いて以下判定することにする。なお，優占的な種とは，ある地点でみられた種の出現率が，その地点でみられた種の平均出現率以上の値を示すものと仮にきめた。

2-1 バロー付近

A バロー付近の池

バロー付近の池は34材料調査して20の材料で優占的な種を見出すことができた。これらの中でもっとも多く材料で優占的であったものから順に記すと次のようになる。

オスイハリケイソウ (*Nitzschia palea*)—5材料で単独で優占種で，2材料で他の種と共に優占種になっている。このケイソウは止水，流水ともに生育し，世界中に広く分布しており，都市廃水や金属鉱山廃水の汚濁にも強く，これらの汚濁の著しい所にしばしば純群落を形成する。

マガリケイソウ (*Achnanthes* sp.)—2材料で単独で優占種になり，他の2材料では他の種と共に優占種の一つになっている。種名を同定できないので生態的な性質は詳かでないが，この属の中には汚濁の耐性の強い種がある。

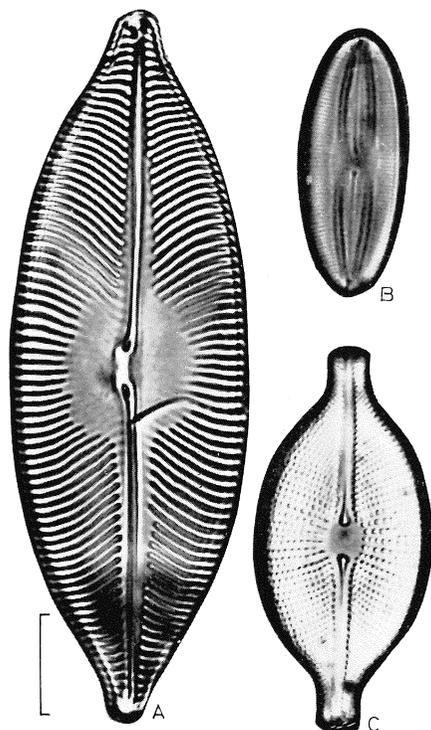


写真2 海岸に近い塩分のある池や沼には特別なケイ藻がみられる。A ウツクシフネケイソウ (*Navicula elegans*)，B ハチフネケイソウ (*Navicula pygmaea*)，C フクレフネケイソウ (*Navicula pusilla*)。

ナガイタケイソウ (*Diatoma elongatum*)—4材料で他の種と共に優占種になっていた。とくに止水に多く、ときには浮遊生物として沢山みられる、また、この属のものは一般に冷水性である。汚濁についての耐性は弱い方である。

クシガタケイソウの1種 (*Eunotia pectinalis* v. *minor*)—1材料で単独で優占種になり2材料では他の種と共に優占種になっていた。世界広汎種で、各種の水域にみられるが、ミズゴケ湿原にとくに多い。

ヤマトイタケイソウ (*Diatoma vulgare*)—2材料で他の種と共に優占種になっていた。冷流水を好む種で、汚濁の耐性はあまり強くない。

1材料で優占的であったケイソウは13種あるが、この中、非耐汚濁性種が4種、耐汚濁性6種、耐性不明種3種で、耐汚濁性種の中にはオスイフネケイソウの一種 (*Navicula pupula* var. *rectangularis*) のようになかなか有機汚濁しないと生育しない種が含まれている。

以上より今回調査したバロー付近の池の1/3位は汚濁がかなり進んでおり、1/3位はかなり清浄で他の約1/3はその中間的である。これら汚濁の進んでいる池はバロー研究所や、バロー村落付近にあって、人家より離れた所にある池には汚濁しているものが少ない所

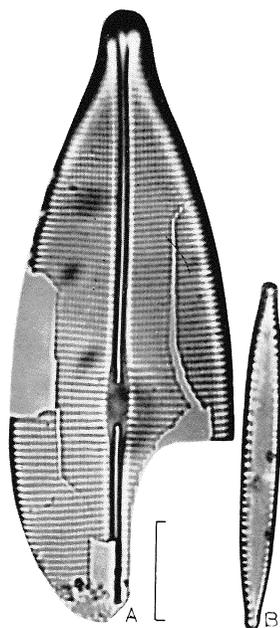


写真3 人家の多いバローにごく近い沼や湿地には耐汚濁性のケイ藻が多い。A オオフネケイソウ (*Navicula cuspidata* var. *ambigua*)、B オスイハリケイソウ (*Nitzschia palea*) このケイソウはしばしば優占種になっている。

からこれらの池の汚濁は生活排水に影響していることは明らかである。人家に近い池からえた5材料はオスイハリケイソウ (*Nitzschia palea*)が全ケイソウ個体の90%以上を占めていることから、如何に強く汚濁されているかが想像できる。

B バロー付近の湿地

バロー付近の湿地では18材料調査し、その中11材料で優占種を認めた。ハリケイソウ (*Nitzschia hantzschiana*)、ナガイタケイソウ (*Diatoma elongatum*)、オスイフネケイソウ (*Navicula pupula* v. *rectangularis*)は2材料で優占的で、マグリケイソウ (*Achnanthes* sp.)、クチビルケイソウ (*Cymbella incerta*)、クシケイソウ (*Eunotia pectinalis* v. *minor*)、フネケイソウ (*Navicula* sp.)、フネケイソウ (*Navicula cryptocephala*)、ハリケイソウ (*Nitzschia sublinearis*)、ハネケイソウ (*Pinnularia* sp.)がそれぞれ1材料で優占的であった。

以上の優占的なケイソウ10種の中で非耐汚濁性種は3種、耐汚濁性種4種で、3種は耐性不明である。耐汚濁性種の中でオスイフネケイソウが2材料で優占種になっており、その出現率は19%と11%でかなり

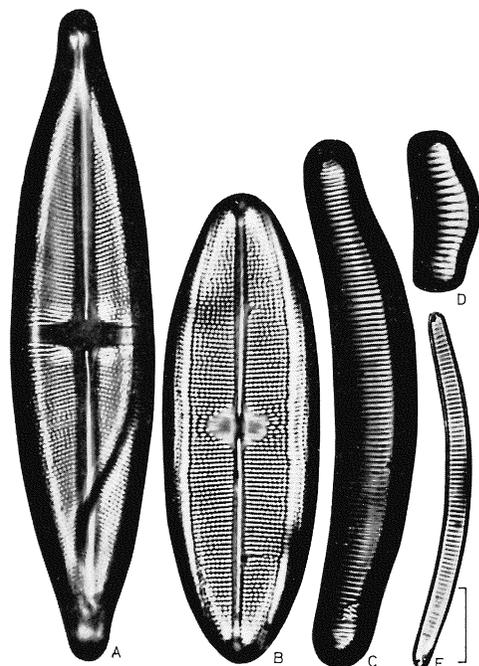


写真4 人家から少し離れた沼や湿原には、日本では高山の湿原や沼にあるケイ藻が多い。A ナミジュウジケイソウ (*Stauroneis phoenicenteron*)、B ナミニセフネケイソウ (*Neidium iridis*)、C ヒトヤマクシケイソウ (*Eunotia monodom*)、D トガリクシケイソウ (*E. praeurupta*)、E ツキガタクシケイソウ (*E. lunaris*)。これらのケイ藻は非耐汚濁性種である。

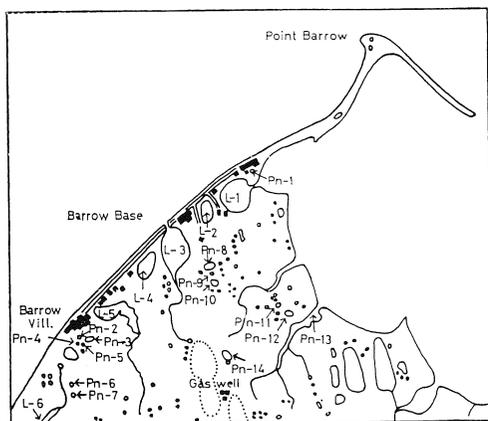


図 2.2 バロー付近の採集地点図

高い出現率を示している。このケイソウが優占種になるのはおそらくα中腐水性と考えられる。

バロー付近の湿原でえられた 11 材料の中、かなり強く汚濁されているとみられるのは 2 材料だけで池の場合より湿原の方が汚濁が少ない。この汚濁されている池の 1 つは村落に近い所で他の 1 つは位置未詳である。また、この汚濁された池の優占種は有機汚濁に耐性の大変強い種であることから考えると、これらの湿原の汚濁は家庭排水によるものと考えられる。さらに、この優占的なケイ藻は家庭排水だけでなく、なめし革工場廃水にも強い種である。11 材料の中 3 材料のえられた湿原は優占種からかなり清浄と考えられ、他の 5 材料のあった湿原はその中間的な汚濁状態と考えられる。

C バロー付近の川

村落から 3 km 程離れた 1 つの川で 3 材料調査したがいずれもナギイタケイソウ (*Diatoma elongatum*) が優占種で、この川は清浄と考えられる。

2.2 ウミアット付近

A ウミアット付近の池

17 材料調査し、11 材料で優占種を認めた、2 材料以上で認めた優占種は次のようにつぎがたくシケイソウ (*Eunotia lunaris*)、ナミヌサガタケイソウ (*Tabellaria fenestrata*) 各 4 材料、チビヌサガタケイソウ (*Tabellaria flocculosa*) 3 材料、ナミクシガタケイソウ (*Eunotia pectinalis* v. *minor*) 2 材料で以上はいずれも非耐汚濁である。1 材料で優占種であった種は 8 種でそれらは非耐汚濁性種が 2 種、耐汚濁性種 1 種で、耐性不明種が 5 種である。

ウミアット付近の池沼でみられた 12 種の優占種の中で耐汚濁性種はただ 1 種でしかも 1 材料で認められただけで、バロー付近の池沼では耐汚濁性種の占める比率の大きかったことを考えるとウミアット付近

の池沼が如何に清浄であるかが想像できる。ウミアット付近は人口が少ないためと考えられる。

B ウミアット付近の川

ウミアット付近の川は 5 材料を調査し、すべての材料で優占種を認め、その優占種は 6 種に達するが、2 材料でみられた優占種はツギガタクシケイソウ (*Eunotia lunaris*) だけで他はすべて 1 材料でみられただけである。

優占種 6 種の中、非耐汚濁性種 4 種、耐汚濁性種 1 種、耐性不明種 1 種で、非耐汚濁性種が大変多い。耐

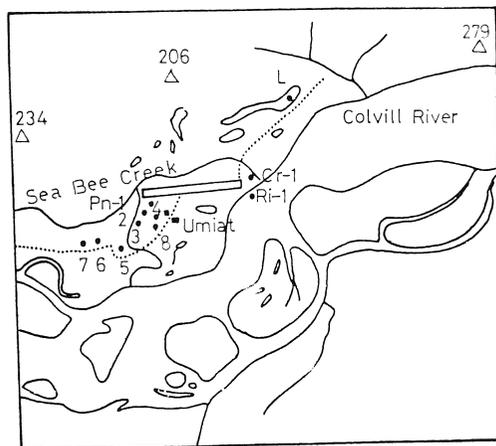


図 2.3 ウミアット付近の採集地点図

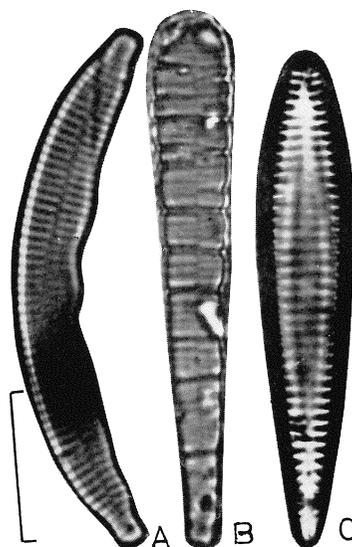


写真 5 人家から離れた流水には、流水性の非耐汚濁性ケイ藻が多い。A ヤマトハラケイソウ (*Ceratoneis arcus*)、B オウギケイソウ (*Meridion circulare*) これらのケイ藻は日本では山地の大変清冽な溪流にしかみられない、C マガリクサビケイソウ (*Rhoicosphenia curvata*)。

濁性種は、汚濁耐性の大変強いオスイハリケイソウで滑走路に近い小川にえたパロー付近に広く分布していたケイソウであるが、そのパロー付近ほど出現率が多くなく、この地点の出現率は 24% で汚濁はさほど著しくないことを示している。

2.3 トムソン岬

A トムソン岬の池

調査したのは 3 材料で 3 種の優占種を認めたが、非耐汚濁性種 1 種、耐汚濁性種 1 種、耐性不明種 1 種で、耐汚濁性種は土壤藻として著明なキヌサヤケイソウ (*Hantzschia amphioxys*) でその出現率は 20% であるので、この材料は水の少ない折には時々乾燥するような岸边でえられたものと考えられ、この種と共に優占種になっていたのは極めて清浄な所にしか分布しないオウギケイソウ (*Meridion circulare*) である点から考えるとこの池では耐汚濁性種が優占種の一つになってはいるが大変清浄であると推定できる。

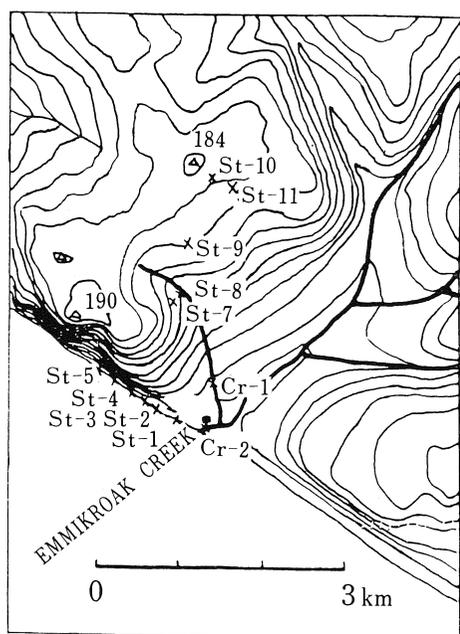


図 2.4 トムソン岬の調査地点図

B トムソン岬の川

川で採集された 18 材料中 16 材料で優占種が認められた。2 材料以上でみられた優占種はつぎのようである。オウギケイソウ (*Meridion circulare*) 11 材料、ナガイタケイソウ (*Diatoma elongatum*)、クビレイタケイソウ (*Diatoma anceps*)、オスイクサビケイソウ (*Gomphonema parvulum*) 各 2 材料。これらの優占種でオスイクサビケイソウを除くといずれも非耐汚濁性で、もっとも広く分布しているオウギケイソウ

はきわめて清浄な水域にしか優占種としてみられないものである。耐汚濁性のオスイクサビケイソウが 2 材料で優占種になっているが、この 2 材料とも同じ地点からえられたもので、いずれも非耐汚濁性で、もっとも広く分布しているオウギケイソウはきわめて清浄な水域にしか優占種としてみられないものである。耐汚濁性のオスイクサビケイソウが 1 材料で優占種になっているが、この 2 材料とも同じ地点からえられたもので、いずれも第 1 優占種は非耐汚濁性の種で、オスイクサビケイソウの出現率はそれぞれ 18%, 15% で低いのでこの地点はさほど汚濁しているとは考えられない。1 材料でしか優占種としてみられなかった 4 種の中 3 種は非耐汚濁性種で、1 種は耐性不明種で大部分が非耐汚濁性種である。トムソン岬の川がこのように殆んど汚濁していないのはこの付近には調査用の小屋以外人家がないためと考えられる。

2.4 ピーターズ湖付近

A ピーターズ湖と付近の池沼

ピーターズ湖は 4 材料の中 1 材料で優占種がみられただけで、2 種の優占種の中 1 種は非耐汚濁性で他の 1 種は耐性不明種である。付近の池では 3 材料調査し 3 材料とも優占種が認められ、4 優占種の中 1 種が非耐汚濁性で、3 種は耐性不明種である。

ピーターズ湖及び付近の池沼のケイソウの優占種は非耐汚濁性種と耐性不明種からなっており、大変清浄であると考えられる。これはこの湖付近には調査用の

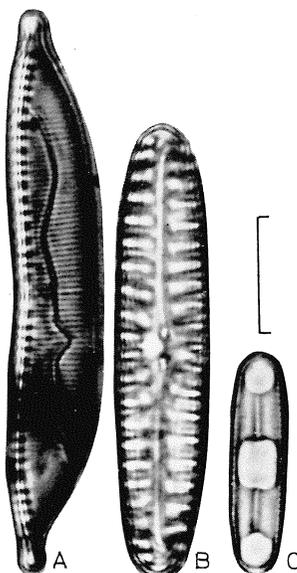


写真 6 土壌には土壤藻として著明なケイ藻がみられる。A ヤマトキヌサヤケイソウ (*Hantzschia amphioxys*)、B ツチハネケイソウ (*Pinnularia borealis*)、C ヤブレケイソウ (*Diatomella balforiana*)。いずれも世界広汎種である。

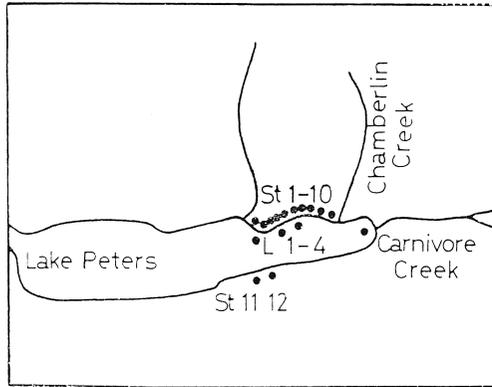


図 2.5 ピーターズ湖付近の調査地点図

小屋があるだけで人家がないためと考えられる。

B ピーターズ湖付近の湿地

7 材料調査し、全材料で優占種を認めた。2 材料で優占種になっていたのはオビケイソウ (*Fragilaria capucina*) と、スズフネケイソウ (*Caloneis* sp.) で前者は非耐汚濁性で、後者は耐性不明である。1 材料で優占種であったのは 5 種あるが、この中で非耐汚濁性は 3 種で、耐汚濁性種と耐性不明種は各 1 種である。

以上のような優占種の耐性からピーターズ湖付近の湿地は清浄でほとんど汚濁されていないといえる。

C ピーターズ湖付近の川

10 材料調査し、その中 8 材料で 7 種の優占種を認めた。その中で 2 材料以上でみられた優占種はつぎのようである。オビケイソウ (*Fragilaria capucina*) 3 材料、オウギケイソウ (*Meridion circulare*)、オビケイソウ (*Fragilaria intermedia*) 各 2 材料。これらの中でオビケイソウ (*Fragilaria intermedia*) は耐性不明であるが他の 2 種は非耐汚濁性である。1 材料でしか優占種としてみられなかった 4 種のケイソウの中 3 種は非耐汚濁性で、1 種は耐性不明である。

以上のような優占種の耐性からピーターズ湖付近の川は極めて清浄であるといえる。

2.5 ま と め

1965 年に小林義雄博士らによって採集された北極圏アラスカのケイ藻を調査したデータより優占種をきめ、その優占種の主として汚濁に対する耐性よりバロー付近、ウミアット、トムソン岬、ピーターズ湖付近の 4 地域の池沼、湿地、河川の汚濁状態を推定した。

バロー付近の池は汚濁耐性の大変強いオスイハリケイソウ (*Nitzschia palea*) が広く分布しており、7 材料で優占種になっており、人家に近い池からえた材料は全ケイソウ個体の 90% 以上をこの種が占めている状態で、バロー付近で調査した池の 1/3 は汚濁がかなり進んでおり、1/3 はかなり清浄で、残りの 1/3 は

その中間である。湿地の 11 材料の中かなり強く汚濁されているのは 2 材料だけで、池より湿地の方が汚濁が進んでいない。川は村落から約 3 km 離れた所で調査したのでかなり清浄である。

以上よりバロー付近の水域はかなり汚濁が進んでいる。とくに人家に近い水域の汚濁が著しく、その水域にみられるケイソウの優占種は有機汚濁の耐性の大きいところから考えると、バロー付近の汚濁の最も大きい原因は人間の生活排水と考えられる。

ウミアット付近の池沼の 11 材料でみられた 12 種の優占種の中で耐汚濁性種はただ 1 種でしかも 1 材料で認められただけでこの付近の池沼は清浄である。川は 5 材料で 6 種の優占種を認めたこの中で 1 種が耐汚濁性種で汚濁耐性の強いオスイハリケイソウ (*Nitzschia palea*) であるが、優占率は高くなく汚濁はさほど著しくないと考えられる。ウミアット付近の水域はバロー付近に比較すると大変清浄であるが、トムソン岬やピーターズ湖付近よりはいく分汚濁しているように考えられる。この付近の人家の影響と推定できる。

トムソン岬の池から耐汚濁性種が優占種としてみられたが土壌藻として著名なキヌサヤケイソウ (*Hantzschia amphioxys*) でときどき干上の岸辺よりえられたためと考えられる。川ではオスイクサビケイソウ (*Gomphonema parvulum*) が優占種としてみられ出現率が低いこと、清冽な河川に多産するオウギケイソウ (*Meridion circulare*) が優占種として極めて広く分布していることでこの付近の河川は清冽と推定できる。トムソン付近の池や川が清冽なのは付近に人家がない為と考えられる。

ピーターズ湖と付近の池沼では 6 種の優占種の中で耐汚濁性種は認められず清冽である。ピーターズ湖付近の湿地は 7 種の優占種の中、耐汚濁性種は 1 種で分布が狭く、この付近の湿地は清冽である。河川は 7 種の優占種の中に耐汚濁性種が認められずこの付近の河は清冽と考えられる。ピーターズ湖付近の水域は湖、沼、湿地、川をとわず、すべて清冽である。

北極圏アラスカのバロー、ウミアット、トムソン岬、ピーターズ湖付近の水域の汚濁状態を比較すると、バロー付近はかなり汚濁が進んでおり、とくに人家の周辺部が著しい。ウミアットは汚濁がやや認められる程度で、著しく汚濁した地点はみられなかった。トムソン岬とピーターズ湖付近は清冽である。人家の多いバロー付近は汚濁が進んでおり、人家の少しあるウミアットはやや汚濁がみられ、調査用の小屋以外の人家のないトムソン岬とピーターズ湖付近は清冽である。今回調査した地域の水質汚濁は人の生活排水の影響によると考えられる。

第16次南極観測隊の計画

(昭和 49 年 11 月～51 年 2 月)

第 16 次日本南極地域観測隊は、昭和 49 年 11 月 25 日「ふじ」で東京港を發つ。隊員構成は越冬隊 30 名、夏隊 10 名で、これまでと変わらない。南極地域観測統合推進本部委員の富山哲夫氏(元東京水産大学長)は、ニュージーランド、オーストラリアの南極関係機関を視察の後、フリーマントルから「ふじ」に乗船、昭和基地に赴き、ケープタウンで下船する。今回は、外国からのオブザーバーはないが、環境庁から渡辺忠明氏が、また、運輸省から小林佑規氏がオブザーバーとして同行する。それぞれ、南極の自然保護立法のための基礎資料の収集、氷海航行用輸送船開発のための基礎資料の収集を目的としての南極行である。

「ふじ」の航海日程は第 15 次の場合とほとんど同じであるが、燃料節約のため東京—フリーマントル間をゆっくり走るの、フリーマントル滞在を 1 日縮める予定である。

第 16 次隊は第 15 次に引き続き、環境科学、地学各分野の研究を中心に据えた観測を行なう。すなわち、越冬観測では航空機(セスナ 185 型)を利用しての航空写真測量、航空磁気測量の測地関係の作業に定

昭和 49 年

11 月 25 日(月) 東京発
 12 月 11 日(水) フリーマントル着
 12 月 16 日(月) フリーマントル発
 12 月 30 日(月) エンダービーランド沖氷縁着
 (物資空輸: 建設・野外調査支援)

昭和 50 年

2 月 20 日 越冬隊交替
 2 月 27 日 氷縁発
 3 月 9 日(日) ケープタウン着
 3 月 15 日(土) ケープタウン発
 4 月 4 日(金) シンガポール着
 4 月 9 日(水) シンガポール発
 4 月 20 日(日) 東京着

常観測としての力点がおかれ、研究観測ではやまと山脈の地質調査、リュツオホルム湾沿岸の地理、地質調査が実施される。特にオングル島周辺の海底地形の調査が進められ、氷河縁部であるこの地域の歴史を解く鍵が得られるものと期待されている。環境科学の方

第 16 次南極地域観測隊編成

部門	氏名	所 属	部門	氏名	所 属		
越冬隊 (30名)	隊長	星合 孝男	国立極地研究所	通信	伊藤 智	国立極地研究所(電電公社)	
	気象	酒井 重典	気象庁	"	板橋 芳夫	"(国際電電)	
	"	沖政 進一	"	"	高岡 哲夫	"(電電公社)	
	"	召田 成美	"	越冬調理	遠藤 行雄	"(国際食品)	
	"	阪本 孝広	"	"	渡辺 久好	"(東条会館)	
	地球物理	真部 允宏	国土地理院	医療	関口 令安	"(東京医大)	
	電離層	杉内 英敏	電波研究所	航空	永田 五郎	"(日本フライングサービス)	
	測地	中条 賢治	国土地理院	"	黒木 正男	"	
	超高層	小宮 紀旦	電波研究所	設置一般	嶋田 康夫	"	
	"	近江 文好	電気通信大学	"	船木 実	"(秋田大学)	
	地質	松本 征夫	長崎大学	夏隊 (10名)	副隊長	吉田 栄夫	広島大学
	地理	林 正久	広島大学		海洋化学	陶 正史	海上保安庁
	地球化学	安孫子 勤	室蘭工業大学		海洋物理	井本 泰司	"
生物学	清水 寛厚	鳥取大学	海洋生物		大野 正夫	高知大学	
医学	市丸 雄平	九州大学	測地		石原 正男	国土地理院	
"	荒木 攻	広島大学	雪氷		滝沢 隆俊	北海道大学	
機 械	山崎 克亮	国立極地研究所(いすゞ自動車)	生物		中西 哲	神戸大学	
"	井村 茂和	金沢大学	建築		和田 満	東京大学	
"	山本 明	国立極地研究所(小松製作所)	設置一般		黒川 武	国立極地研究所(日本パブリックエンジニアリング)	
"	滝川 清	"(日立製作所)	"		大田黒正道	国立極地研究所	

では、医学担当隊員がはじめて2名越冬し、細菌学的研究が本格的に進められる。地球化学では大気中のNO/NO_xの観測を始める一方、これまでの観測項目に加えて、雪水中の微量金属の分析が試みられる。生物部門では、夏・冬一貫した露岩地帯の植生調査が行なわれる。特に夏期には南ラングホブデ雷鳥沢を中心とした調査が実施される予定である。

夏の野外活動で特に力を注ぐのは、雪氷部門のみずほ観測拠点でのボーリングで、これには16次夏隊と15次越冬隊とが共同して当る計画である。その他、従来通り「ふじ」のヘリコプターの支援を得てリュツ

オホルム湾沿岸の地学、生物学的調査を実施するが、予定地域が湾奥に近いため行動にはかなりの困難が予想される。また、時間が許せば帰途、明るい岬、リーサーラーセン半島の通称クック岬にも立寄りたいと考えている。

例年帰路に実施する海洋観測には15次の時ほど時間をさけないが、できるだけ各層観測点を設ける予定である。なお、この頃アメリカの深海掘削船グロマー・チャレンジャーがエンダービーランド沖で行動するという。

第16次南極地域観測計画

越冬観測		
●定常観測	3. 大陸氷縁部における氷河の流動消耗に関する調査	1. 表面海水の測温・採取
地球物理(真部允宏・中条賢治)	4. 未固結堆積層における地形形成作用の研究	2. GEKによる海流測定
1. 極光・夜光	5. 湖沼の湖沼学的研究	3. STD観測
1) 全天写真による連続観測	6. 海底地形・地質の研究	4. BT観測
2) スチール写真による観測	地球化学: 地球汚染物質の地球化学的研究(安孫子勤)	5. 海潮流観測
2. 地磁気	1. 大気中炭酸ガスの連続測定	海洋化学(井本泰司・陶正史)
1) 地磁気3成分の連続観測	2. 大気中のNO/NO _x 連続測定	1. 海洋各層観測
2) 地磁気絶対測定	3. 大気中の砒素カドミウムの測定	2. 海水の化学分析
3. 自然地震	4. 湖沼水および底質物質の地球化学的研究	3. 昭和基地周辺の露岩地域の潮水の分析
1) 短周期・長周期地震計による観測	5. 雪氷中の化学成分分析	海洋生物(大野正夫)
電離層(杉内英敏・小宮紀旦)	生物: 人為汚染のバックグラウンドとしての露岩地域の生態系の研究	1. 表面海水中の植物プランクトン定性定量
1. 電離層の定時観測	昭和基地他近の水質汚濁の生物学的研究(清水寛厚・星合孝男)	2. 表面海水中のクロロフィルa量の測定
2. オーロラレーダー観測	1. リュツオホルム湾沿岸地域の陸上植生の群落生態学および分布の研究	3. 極海における動物植物プランクトンの垂直分布
3. リオメーターおよび電界強度測定	2. 西オングル島西部の植生分布の研究	4. 極海におけるドレッジによる底生生物特に海藻の調査
気象(酒井重典・沖政進一)	3. 新旧ペンギンツカリーにおける藻類群落と土壌養分との関係	5. 極海における海藻類植物プランクトンの光合成活性と生長に及ぼす温度・照度の影響
1. 地上気象観測	4. 蘇類および地衣類群落の年間の生長量	測地(石原正男・真部允宏)
2. 高層気象観測	5. 湖底藻類の研究	1. リュツオホルム湾沿岸のトラバース測量
3. 特殊ゾンデ観測	6. 沿岸海中の微小生物群集の研究	2. 明るい岬基準点測量
4. オゾン全量と放射観測	7. 沿岸魚類の食性の研究	3. リーサーラーセン半島(クック岬)の天測点設置
5. 天気解析	8. 昭和基地周辺の淡水域における人為攪乱の研究	4. 航空写真測量
潮汐(真部允宏・中条賢治)	医学: 南極におけるヒトの環境汚染(市丸雄平・荒木攻)	5. 航空磁気測量
1. 潮汐連続観測	1. 隊員の糞便, 尿, 上気道, 皮膚の細菌の経時的変化	●研究観測
2. 航空磁気測量	2. 昭和基地周辺の腸内細菌の分布濃度測定	雪氷: エンダービーランド地域の雪氷学的研究(滝沢隆俊)
3. 基準点測量	3. 昭和基地のもつ滅菌浄菌作用	1. 海水の目視観測
●研究観測	4. 越冬中隊員の免疫学的変化	2. みずほ観測拠点における深層掘削
超高層: 極域攪乱と磁気圏構造の総合観測(近江・小宮・杉内)	5. 人体中の汚染物質の越冬中における変化	生物: 人為汚染のバックグラウンドとしての露岩地域の生態系の研究(中西 哲)
1. 極光の物理的構造の研究	6. 南極地域における人の下垂体副腎系機能の変化	1. ラングホブデ地域の陸上植生の群落生態学的研究
2. 地磁気の極域短周期諸変動の研究	7. 南極における太陽リズムと睡眠脳波の研究	2. 昭和基地周辺における地衣類の伸長量の測定
3. オーロラ地域におけるVLF信号の測定	●定常観測	3. リュツオホルム湾沿岸地域の蘇苔類, 地衣類の分布調査
4. オーロラ地域低域電離層の電波による研究	海洋物理(井本泰司・陶正史)	電離層: 短波電界強度測定
5. オーロラ地域における電波伝播特性の研究		(小宮・杉内)
地質: リュツオホルム湾沿岸および周辺地域の地質学的研究(松本征夫)		
1. オングル島周辺の地質調査		
2. 宗谷海岸の地質調査		
3. やまと山脈の地質調査		
地理: 大陸氷縁部の水河地形学的研究(林 正久)		
1. 露岩地域の地形調査		
2. 露岩地域の氷河周氷河地形の研究		

ドライバレー掘削プロジェクト第一回セミナー

綿 拔 邦 彦

東 京 大 学

南極大陸に穴をあけるという地学調査、ドライバレー掘削プロジェクト(DVDP)については既に極地18号で鳥居鉄也博士が、また同19号で筆者が紹介したので御記憶の方も多いことと思う。現地調査は1971年から72年にかけて予備調査が、1972年から73年にかけてロス島のテストボーリングが行われ、1973年から74年にかけて本格的に掘削が開始された。一方この地域はドライバレーという名の示すように南極地域としてはめずらしい雪氷のない地域で、かなり広い範囲にわたり露頭が見られるため、地質学、岩石学の調査が広く行われており、氷河研究の絶好の地でもある。このような理由のため、この近くに基地をもつアメリカ、ニュージーランドは以前から広汎な研究を進めており、日本も1963年以来この地域に存在する塩湖の調査などを進めて来たのであった。

1973年~74年のDVDPシーズンの終了に伴い、次のシーズンの研究、あるいは広くマクマード地域の方向をさぐる意味もあってセミナーが立案された。その後多くの方々の努力によって、このセミナーは日米科学セミナー「ドライバレー掘削プロジェクト」として取上げられることとなった。セミナーはニュージーランドを含めて三国の研究者の報告の場となり、シアトル市において1974年5月29日から31日までの3日間、ワシントン大学に近いユニバーシティタワーホテルを会場とし開催されたのである。

1. 再 会

シアトル市は御存知の方も多いと思うがアメリカ北西部ワシントン州にあり、すぐ北にはバンクーバー市がある。日本からここを訪れるには直行便もありカナダのバンクーバー経由の便もある。5月末のシアトルは丁度雨季を終り暖かい日ざしの現れる最も良い季節であり、ステートフラワー、ロードデンドロンがその美しい花をかざる頃である。1970年の丁度この時期に訪れたことのある筆者は、再びこの良い季節にここ

を訪れることを大変うれしく思った。シアトル市はワシントン湖など、いくつかの湖にかこまれ、多雨のため緑のきれいな所である。近くには国立公園があり、在留邦人がタコマ富士と呼ぶレーニエ山は14,408フィートの高さがあり、氷河を見ることができる。またオリンピック山脈には7,954フィートのオリンポス山があり5月末ではまだ雪深く、6月に入って道路が開くのが普通である。

セミナーに先立って5月28日、ユニバーシティタワーホテルで夕刻よりキャッシュバーが開かれた。浅学の筆者はキャッシュバーなるものが何であるかを知らなかったのであるが、でかけて見ると、そのホールで自分でキャッシュを払って飲むパーティであった。ここにはつい3ヶ月前に南極で顔を合わせていたなつかしい顔、顔が並んでいた。しかし南極とは異なりひげをきれいに落してしまった人もあり“オヤ”と思う人もあった。

南極でサンタクロースのおじいさんという感じだったネブラスカ大学のトレバス博士はすっかりひげをおとし年令相応の顔つきで現れたが、南極でのジェントルマン北イリノイ大学のマギニス博士は今度はひげをはやして現れた。南極でのプロジェクトマネジャーのマドレイ博士は奥さんと共に参加していた。明日からセミナーをという前日、旧交をあたためてといった一夜であったが、何せ東京からの時差ボケ、ねむくて仕方がない。皆様てきとうに切りあげたようである。聞くところによれば、時差を克服するためには昼寝をしてはいけないうの、頑張って最初の日に自分の体内の時差を破るのが最上の方法であるとのことである。

2. DVDP セミナー

セミナー参加者は日本10名、米国39名、ニュージーランド8名、オーストラリア1名の計58名であった。

日本よりの出席者は次の通りである。永田 武(国

立極地研究所), 楠 宏 (国立極地研究所), 鳥居鉄也 (千葉工業大学), 吉田栄夫 (広島大学), 倉沢 一 (地質調査所), 中井信之 (名古屋大学), 中尾欣四郎 (北海道大学), 由佐悠紀 (京都大学), 森川日出貴 (東京工業大学), 綿抜邦彦 (東京大学)

アメリカの主な出席者は, L.D. McGinnis (Northern Illinois Univ.), R.F. Black (Univ. Connecticut), B.C. Parker (Virginia Polytechnique Inst.), S.B. Treves (Univ. Nebraska), J.O. Fletcher (NSF), M. Turner (NSF), I. Fridman (U.S. Geological Survey), P. Webb (Northern Illinois Univ.) などの面々と地元の A.L. Washburn (Univ. Washington) などであった。

ニュージーランドからは, R.B. Thomson (Antarctic Div. DSIR), R.H. Clark (Victoria Univ.), A.T. Wilson (Waikato Univ.), オーストラリアからは, B. McKelvey (Univ. New England) が参加した。

セミナーは, 次の九つのセッションに分かれて5月29日の朝から開始された。

1. 各国の地学研究計画
2. 地球物理学
3. 湖沼学 I
4. 湖沼学 II
5. 岩石学 I
6. 岩石学 II
7. 環境問題
8. まとめと総合
9. DVDP 1974~75 年の調査計画

以上のプログラムに従って計 38 編の論文が発表され, 活発に質問もありコーヒープレイクが短縮されなければならないようなことになった。上記セッションは 1, 2, 3 が 29 日, 4, 5, 6, 7 が 30 日, 8, 9 が 31 日に行なわれた。特に 1974~75 年の調査計画に関しては各国夫々の希望があり, 31 日夕刻, 各国のコーディネータの会議により方針が決定されるまでいろいろと論議を呼んだのである。

セッション1では極地研究所永田武所長から「我が国の南極における地学研究」について紹介があり, 昭和基地における成果についての報告があった。ついで極地研究所の楠宏教授により「マクマードサウンド周辺における我が国の研究」の紹介があり, 国際的スケールでの研究の必要性を協調した。またアメリカ側からは J.O. Fletcher 氏が将来計画として地下資源の研究, 氷床, 古気候の研究計画について述べたが, 地下

資源の問題を正式に取上げたことについては注目すべきであろう。M.D. Turner 氏は南極半島に近いデュフェック山地での掘削計画があり, これを国際共同調査として行ないたいと述べて注目を引いた。デュフェック山地は世界最大の貫入岩体のあるところと考えられており, 地質学, 岩石学の立場から興味深い地域であり, 日本からも参加することが期待される。

ニュージーランドの R.B. Thomson 氏はニュージーランド隊のビクトリアランド地域の研究を報告し, 特にバンダ基地の活動についてふれた。R.H. Clark 教授はビクトリア大学によるドライバレーの調査について述べ, 今後共南極地域における国際協力の必要性を強調した。

以上のような一般的経過報告の後にセッション2以下の各項目についてのセミナーが開催された。セッションのあい間にコーヒートをのみながら旧交をあたためるもの, あるいは前のセッションの討論のつぎきを行う者, その後の情報を交換する人達など, 夫々活発な活動のうちにつぎつぎとセミナーは進められた。かなり詳細なセミナーの報告が鳥居鉄也氏により学術月報 Vol. 27, 7 号に記されているので, ここではトピックをひろってごく概略について述べることにしよう。

地球物理 航空磁気測量, 地震探査, 電気探査の結果からドライバレー地域の地下構造が推定され, 浅い永久凍土層の下に不凍結層があり地下水が西へ流れていると考えられることが示された。また熱収支の計算からバンダ湖の +25°C の底層水も太陽輻射の寄与が要因であることが明らかとなり, 掘削孔での温度検層の結果, 地殻熱流量の著しいことや現在熱水が寄与している可能性は否定された。また岩石の古地磁気解析の結果も報告された。

湖沼学 ドライバレーの特色である湖沼に関する論文は 10 編あり, 堆積学, 水理地理学, 鉱物学, 同位体地球化学, 微生物などの各分野からの報告があり, ドライバレーの種々の湖沼についてのイメージがかなり明らかにされてきた。

特に浅いチャンネルを通してつながっている東西の二湖から成るボニー湖はその特色のため研究が集中したが, ほぼ同様の結論が得られたようである。東の湖では湖底堆積物の浅いポーリングでの結果 30 cm 以上にわたり食塩 (halite) の結晶があり, 立方体のかなり大きな結晶が採取された。東と西の湖の化学組成の差から西湖が古く東湖は西湖から可溶性塩類がオー

バーフローしたと考えられ、東湖は400~1000年、西湖は8000年くらいという計算が行われた。

バンダ湖における湖水、湖底堆積物、あるいは間隙水の同位体測定、炭酸塩の炭素13の測定、湖底の石コウの硫黄の測定などから現在の湖水の水は氷河の融けた水であり、塩類のうち特に硫酸塩は海水起源らしいということが明らかとなった。これらの結果を総合して、バンダ湖のあるライト谷はおよそ1万年くらい前に海からしゃ断され、その後気候変動などにより蒸発、濃縮と氷河融氷水の供給などがくりかえされ現在に到っているとされた。高塩分の溶解塩類のうち5%程度が岩石の風化によるものと考えられるという試算も行われた。

またバンダ湖の周辺の鉱物の分布、種類、同位体の測定から、この地域に熱水変質により生成した鉱物のあることが明らかとなったが、この地域における塩類の収支バランスが全て完全に説明された訳ではない。チリ硝石(NaNO_3)の存在は興味のあるところであるがこの窒素の起源はさだかではない。

ボニー湖におけるバクテリアの活動は夏季において種類、量共に大きく変動し、ボニー湖の一次生産の能力も短期間で大きく変動するようである。

岩石学 岩石学に関する論文は9編報告されたが、火山岩類の岩石学的ならびに同位体岩石学的研究が主体であった。ロス島の火山岩はかんらん石輝石玄武岩、バサナイト、輝石角閃石粗面玄武岩、角閃石粗面安山岩などで、これらの岩石の検討の結果つぎのようなことが明らかにされた。

すなわち、ロス島の火山岩は海洋性の島の岩石に類似しており、酸性火山岩類はマグマと地下深所の地殻物質あるいは海底堆積物との混成作用により生成したこと、マグマ生成の場は塩基性岩で15 kb、酸性岩で10 kbの圧力下であった。マグマ生成源のマンテルはいわゆるマンテル分化を行っていないなどの点である。

また掘削コアの鉱物学的研究からビイダ湖のコアから得られた片麻岩系の地域に熱水作用のあることが認められたが、ロス島のコアにも熱水作用のあることが認められた。またビイダ湖周辺の方解石が現在の海水とは異なる組成の水から生成した事が推定された。

環境問題 南極の環境問題は人類活動による汚染の問題として、最近昭和基地でも研究項目にとりあげられているが、DVDPでも特に注意が払われた点である。今後環境汚染の程度を数値化して記録しよう

という試みが述べられた。また微生物の増減によるその地域の汚染の状況を知ろうとする試みが行われたが人間の活動する地域では明らかにバクテリアの増加が認められた。南極のように非常に壊れやすい生態系を持つ地域では生物学的な意味での環境保全は大変なことである。

まとめと総合では主に地形と地史に重点が置かれ、南極の歴史的考察が行われた。これらのことを総合して1974~75年のDVDPが現在進行中であるが、1974年8月にはロス海の氷が割れたため、ロス海からの浅海ボーリングは今シーズン中止され、次の年にくりこされることになった。

3. セミナーこぼれ話

上記のように多忙の日程でセミナーが開かれたので、ほとんど町へ出る余裕はなかったが、この期間中29日にはワシントン大学主催のカクテルパーティがあり、そのあとでディナーパーティがあった。この席でのNSFのOwen氏の南極に関するお話は大きなトランスペアレンシーを用いてOHPを用いた写真投影でこの画面の大きさ、色の良さには圧倒された。我々はこのカクテルパーティでは日本酒を皆にすすめた。このパーティはややフォーマルなものであった。

30日の夜は第4紀研究センター所長のA.L. Washburn氏の所へ60人位が招待されパーティがあった。ここではWashburn夫人は日の丸をあしらったドレスを着て迎えるなど心が配られていた。邸宅は湖のほとりにあり、我々はあひるがあそぶ庭と湖のほとりを散歩し、盃をかたむけた。日本のパーティは永田隊長の号令一下集合し荒城の月を合唱し雰囲気をもりあげたものである。翌31日の午後この第4紀研究センターをワシントン大学に訪れ、コーヒーをのみながら見学した。ここには塚田氏夫妻が研究しておられ、夜は塚田氏の家で御世話になり、日本食をたのしんだ。

先に述べたように、セミナーは盛会で、外にあそびに行く暇もなく、コーヒープレイクでガブガブコーヒーをのむので、暴れん坊の筆者など運動不足となり、昼は食欲なくグreekサラダを注文したところが、何と大皿にレタスの山、チーズとオニオン、トマトそれにオリーブの実と、これを平げるのに大変であった。

海の幸はシアトルは多産で、ワシントン大学の連中は大学の中にある池に鮭が来ると云っていた。シルバ

サーモンのステーキは大変結構な味であり、サーモンハウスへ行くと種々の料理を味わうことができる。カニもまたこの地域は美味で前回船で来たときなど、マーケットで買って行っては船で賞味したものである。オイスターはシアトル原産は小粒で日本から輸入したものが大粒のものであるという。しかし貝殻は海岸に置いて来るようになっており貝の繁殖を助ける努力をしているのである。

セミナーが終ったの一日、市内をまわったが、あるテニスクラブに行ったところ屋内テニスコートが完備しているのに驚いた。もっともシアトルは冬雨の多いところであるからこのような季節、気候風土の為にこ

ういう設備が必要なのであろう。

いろいろの事があったこの美しい町シアトル、ボーイングで有名な飛行機会社のあるシアトルを去ることにした。シアトル空港はチェックインのあと無人の電車でゲートまで進む。なれないとエレベーターの入口のようなところで扉が開き、乗車して自然に走る無人カーはまるで未来の乗物のような気がした。そして雪のまだある美しい山々を眺めつつ、日本への帰途に続いた。

現在行なわれている最終年次の DVDP の成功を祈りつつ筆をおくことにしよう。

極氷の利用法いろいろ

—パイプ輸送も考案—

大西洋北西部で飲料水に窮した狩猟船が、グリーンランドの氷山を利用した話は知られている。カナダの北極気象観測所のレーン博士は、この漂流淡水タンクを利用する案を発表した。それは、氷山を砕氷船で海岸に曳いてきて、数十年間も住民に飲料水を供給しようというものである。

アメリカの海洋学者ジョン・アイゼクスは、カリフォルニア南部地域に氷山の水を供給する計画を発表した。総出力約 10 万馬力の 6 隻の曳船が、約 100 億トンの南極氷山にロープをかけ、海流を利用して半年がかりで南カリフォルニアに曳いてくる。熱帯地方を通るときは、太陽熱で氷がとけるのを防ぐために、厚さ 3 m の特殊カバーを氷山にかぶせる。カリフォルニア海岸に「停泊」中は、湿気の凝結によって氷山は約 4 分の 1 も増える。停泊中の氷山は、海面から 3 m の深さまで防水壁で囲いをする。流れ出る淡水は溜池に集めて、ポンプで地上に送られる。

長さ 37 km、幅 1 km、全高 300 m で容積 11 km³ の氷山は、南カリフォルニアに良質の飲料水を 1 年間供給する。これに要する費用は 100 万ドルと計算される。ところが現在、同地方の給水には、この 100 倍もの費用がかかっている。南極大陸からは毎年 3,000 km³ の氷山が世界の海に流れ出ている。これは、現在の全世界における年間消費水量の 20 年分に相当する。

もう一つの氷山利用案は、オーストラリア大陸の灌漑に使うというものである。南極大陸からオーストラリアまでの輸送には、圧搾空気によるパイプ法が考えられている。パイプの長さは 4,500 km、束ねたパイプの直径は 3 m 以上である。輸送管はインド洋の船舶航行を邪魔しないために 25 m の深さに敷設される。1 年間に輸送される氷は、1 本のパイプだけでオーストラリアの 40 万ヘクタールの土地を灌漑することができる。

ペンギンは潜りのベテラン

多くの海鳥は泳ぎも潜りもじょうずにできる。だが、とうていペンギンの敵ではない。南極で調査しているアメリカの動物学者たちは最近、ペンギンの異常な能力について報告している。それによれば、この鳥は 18 分間も水中に潜っていて、しかも時速

9.5 km の速さで水中を泳ぎ回るといふ。彼らの観測によると最深記録は 265 m であった。とくに注目すべきはその速い浮上速度で、1 分間に 120 m 以上ものスピードで深海から浮かび上がってくるのだ。(K)

氷掘削国際シンポジウム報告

鈴木 義 男

北大低温科学研究所

1974年8月28日から30日まで、米国ネブラスカ州リンカーン市のネブラスカ大学で表記の会 (International Ice-Core Drilling Symposium) が開かれた。主催は同大学にあるロス棚氷計画 (Ross Ice Shelf Project) 事務局で、雪氷掘削技術の国際交流を目的とするものであった。ロス棚氷計画は周知のように、ロス棚氷上にドリルを設置し、棚氷を貫通掘削、棚氷下の海洋観測を行うとともに更に海底の掘削をめざすものである。主任研究者はラトフォード (Robert H. Rutford) で、長年 CRREL で雪氷掘削機器の開発に従事したハンセン (B.L. Hansen) がネブラスカに移り、CRREL と協力して掘削機の開発に従事している。このような事情からこの会が企画されたのであろう。筆者は 1969 年以來、南極みずほ基地の雪氷掘削計画に参画しているが、いろいろの技術的困難のためまだ十分な成果をあげていない。1974~75 年における 500 m 以深掘削の目標達成のためにも、是非この機会に各国の経験を直接ききたいと考えていたが、幸い極地研究振興会から旅費を補助していただけたので、この会に出席し、日本の雪氷掘削計画の実施経過を報告するとともに多くの有益な知見をうることができた。振興会の御好意に深くお礼する次第である。

さて、この会はきわめて短期間に企画組織されたにもかかわらず、各国の掘削関係者の多大の興味をひき、現在まで極地雪氷掘削に従事したほとんどの国が参加者を送った。出席者は、地元ネブラスカのロス棚氷関係者 7 名、極地雪氷掘削では世界の主導的立場にある CRREL の 4 名を含め米国 18 名、フランス 2 名、オーストラリア、ソビエト、カナダ、西独、英国、スイス、アイスランド、各 1 名、それに日本から筆者のほか、北大工学部の東教授の 2 名と、10 ヶ国 29 名であった。発表論文は 16 で、東教授のバード基地深層試料の力学的性質についてのものと、CRREL のラングウェー (C.C. Langway) の採集コア貯蔵施設についての報告を除けば、すべてドリルの開発と使用に関するものであり、さらにこの少数の論文が 3 日間に

わたり、講演・討論時間無制限で発表された上、プレプリントが用意されていたので、きわめて充実した会議となった。このような、一定のテーマについての国際会議の意義を改めて感ぜさせられた。会議の Proceeding は近く印刷される予定であるが、講演内容はいずれも興味あるものなので、個々の講演についてやや詳しく紹介したい。

第 1 日はネブラスカ大学副学長の歓迎の辞のあと、ラトフォードの開会の辞で始まった。氏はアラスカ大学のベンソン (Carl S. Benson) とミネソタ大学で同期というから、46, 7 才であろうか。各講演者の経歴や講演内容の紹介をまじえて軽妙な話しぶりであった。注目すべきことは、掘削は 100 m 内の浅層、100~500 m の中層、500 m 以深の深層に分類して考えているとの発言である。これは意味のある分類で、筆者の私見を補足すると、100 m 程度は発電機を含め掘削機等の全重量 200 kg 程度、人力、スキードー、たかだか中型ヘリで輸送可能で、機器の据付けを含め作業時間は数日が目標となる。これに対し、500 m 級は、ケーブル重量が 2~300 kg となるので機器重量は 1~2 t、櫓につみ雪上車で索引するのが主流的な考え方である。作業時間は数週間位である。500 m 以深は一般に穴の収縮が問題となる深さで、氷の流動の少ない地点ではこの限界はもっと深くなり、1,000 m 程度までウインチを強化した浅中層ドリルが使える。深層用は掘削孔の収縮を防ぐため孔を液封するのが自然であり、ドリル自体も浅中層用より複雑になる。また、この範囲では当然全層掘削が目標となるので、2,000~3,000 m 級として、ケーブル (もしくはドリルロッド) 重量だけで数 t になり、機材重量は 20~30 t、もちろん固定基地で、作業時間は数十週間が予想されるものである。なお、目的によるドリルの分類には深さの他、温帯氷河用か極地氷河用かの区別がある。このような分類を頭にいった上で考えると、各国のドリルの特徴がよくわかる。

さて、ラトフォードのあと、講演順序はアブストラクト提出者のアルファベット順で、まずオーストラリ

ヤ南極局のバード (Ian G. Bird) の講演があった。オーストラリアは 1967 年に CRREL のサーマルドリル (本誌 18 号 p. 22 参照) を購入, 1968 年にアメリカ棚氷で 310 m を 5 ヶ月かかって掘った。この時の経験にもとずき, 発電機以外をそりつきカブース (3.7 m×2.15 m×2.15 m) に設置し, 強風極寒時も作業可能にした。ドリル自体については凍着の原因は, 融水吸上げ機能の不良か水タンクの溢水によると思われるので, フロートスイッチや真空計をタンクにとりつけた。ヒーターの過熱を防ぐため, ヒーター温度も地上でモニターできるようにし, またヒーター自体も, アルミリングにカートリッジヒーターをはめこむ CRREL 型をシースヒーターいこみ型とした。最大の特徴は, ウインチモーターをアマチュア電流の加減による可変速モーターとし, ドリルにあるケーブル張力指示用の 2 つのリミットスイッチからの情報をフィードバックしてウインチモーターを制御し, ドリルの掘削進行に応じてウインチを操りだすことにして, いちじろしく作業能率をあげた。1969 年にロードーム (Law Dom) での 2 本目では 385 m を 3 週間 500 時間で掘った。この時は作業員の不注意からドリルを凍着放棄したが, その後の 2 号機で現在までのべ 2,000 m 近くを掘っている。

なお, 孔の流動変形を調べるための傾斜計と孔径測定器, および孔壁温度測定器はスリッピングのないウインチを使用し, 所要深さ毎にケーブルをメーターに接続して測定しているが, 連続観測のためにはスリッピングつきウインチの代りに, 無線テレメーターリングの導入を考えているとのことであった。CRREL のサーマルドリルは典型的な中層用ドリルで, オーストラリアの改良形でほぼ完成の域に達したといえる。

バードの話で午前は終り, 午後は, グルノーブル氷河研究所のジレ (F. Gillet) が, 彼らの野心的なサーマルドリルについて話す。CRREL 型のサーマルドリルの難点は, 掘進速度が比較的遅い (2 m/h) ことと, 砂粒を含む氷層 (黒氷) に対し殆ど掘進不能なことである。彼らは, ステンレスリングにとりつけた磁器リングに裸線コイルをとりつけてヒーターとした。裸線は機械的強度を保つため, 1.3 mmφ 以上もある。これに 45 V, 6 kW を供給した。もちろん地上からの給電は高圧 (3 相 360 V) で行うので, ドリルに大容量変圧器をとりつけてある。融水面積は内径 104 mmφ, 外径 140 mmφ で 70 cm², 単位融水面積あたりの電力は 86 W/cm² である。オーストラリアの CRREL 形では, 対応する値は 115 mmφ, 170 mmφ,

120 cm², 32 W/cm² なので, 当然のことながら掘進速度はオーストラリアの最大 2.4 m/h に対し 6 m/h に達した。このコイルヒーターの今一つの利点は, 砂粒がコイル間を抜けるので黒氷にも有効なことである。黒氷は極地ではあまり問題にならないが, このフランスのドリルはアルプスでの使用も考えているのでこの利点も重要な成果である。なお温帯では, 水タンクは取り外して使う。380 V 3 相 10 kVA の発電機 (200 kg), 500 m ケーブル (400 kg), ウインチ, 制御盤等一切で 1,800 kg, 南極用はこれをカブースに設置する。1968 年南極で 500 m 試掘, ウインチを増強し, 1975~76 年の夏, IAGP (国際南極雪氷計画) の一環としてポストークとデュモン・デュルヴィユ間で 1000 m を目指している。

次の講演は先にのべたハンセンである。彼はロス棚氷計画のなか, IAGP での東南極全層掘削の機械開発にもあたっている。はじめにグリーンランドとバード基地で全層掘削に成功したエレクトロメカニカルドリルの説明のあと, エチレングリコールによる氷の削り屑回収法が, IAGP の予定掘削地点で予想される低温では使用不能と思われるので, ワイヤラインメソッドを採用することをのべた。因みに, ワイヤラインメソッドとは, 地上の動力をヘッドに伝達するのに, ロッドの代りにパイプを用いる。パイプの中を通してコア採集のための器具がワイヤで吊り下げられ, コアは適時この器具で地上に引き上げる。パイプを一々引き上げる必要がないので, 全体的な掘進速度はロッド式よりかなり速い。計画では削り屑回収は 1,000 m まではパイプ内を排気して起る上昇気流による。1,000 m 以深では孔を南極軽油で液封するので, これを削り屑回収用の流体として用いる。60 mmφ コア採集具の使える外径 100 mmφ の鋼パイプは重量が 16 kg/m 近いので, 3,000 m ではこれだけで 50 t 近くになる。南極で実用化するためにはこの軽量化が必要である。1972 年に CRREL は FRP パイプの接合部に鋼を用い, 2.87 kg/m の軽量パイプの開発に成功し実用化の見通しがついた。ロス棚氷計画もこれによることとし, 現在このパイプは 500 m 以上作られている。1975~76 年ロス棚氷, 1976~77 年 IAGP で使用を予定しているが, これまでの経験から, 南極で使用する前にグリーンランドで充分テストする必要があるとのことであった。

コーヒブレークの後, アラスカ大学のハリソン (W.D. Harrison) が, ワシントン州ブルー氷河での掘削の経験を話した。温暖氷河であるので水タンクの無い簡単なサーマルドリル (Shreve and Kamb 1964,

J. of Glaciology Vol. 5, p. 113-117) を用いた。小形サーマルドリルは融水面積あたりの電力をかなり高くとれ、これも 7 m/h 位の速度をえている。ジレの所でべたように黒氷に対しては全く無力であり、数 mm の黒氷層も突破できなかつた。これを突破するには衝撃式ドリルを用いた。これは要するにのみをワイヤで吊り上げ落下させ氷を破碎するもので、屑はピストン式砂泥サンプラーで取り除いた。また、孔底を観察するカメラ (Harrison and Kamb 1973, J. of Glaciology Vol. 12 p. 129-137) についても話した。

ソビエトの論文が一つ取り消された所で、コペンハーゲン大学のジョンセン (S.J. Johnsen) の論文が代読された。O¹⁸/O¹⁶ 測定のための表層の雪を層構造を乱さず採集する器具の話であった。これでやっと第 1 日が終り。

29 日はまずソビエト南北極研究所副所長のコロトケビッチ (E. Korotokevich) から。ソビエトの主力ドリルは CRREL 型のサーマルドリルでテルガという名である。ドリル自体は目新しい所はない。1969 年 10~11 月ミルスイより 50 km の地点で試掘、36 日間で 250 m を掘った。1970 年ポストークで 4 ヶ月で 507 m、1972 年 5 月 952 m に達した。1973 年にこの孔を更に掘りつけようとしたが、孔径収縮で 350 m 以深はドリルが入らず、ここから新しく掘り始め現在 905 m に達している。移動用に超大型カブス (全長 30 m 位か) に積載したものもあり、ミルスイビオネルスカヤ間で 3 点で 70 m まで掘った。テルガ型の他に、浅層用の軽量サーマルドリル (水タンクのない) がある。ヒーターは円錐形の銅製で表面に絶縁物層をはりこの中に発熱体を埋めこみその上をうすい金属壁でおおっている。最大外径 40 mmφ 及び 80 mmφ の孔あけ用の他、最大外径 112 mmφ で 88 mmφ の穴のあいたコア採集用のもある。円錐形ヒーターは氷との接触面が広くとれるので大電力の供給が可能であるようにみえる。

ついでカナダの Polar Continental Shelf Project のパターソン (W.S.B. Patterson) が、CRREL 型サーマルドリルの北極での使用経験を話した。

CRREL よりサーマルドリルを購入し、1965 年 6 月メイヘン氷河で 121 m を 22 日間で掘った。このドリルは 1971 年 5 月 16 日デボン氷河で 230 m 深で凍着、回収は失敗した。この時の経験から、ポンプの強化、水位計の設置等の改良を加えた新ドリルで 72、73 年デボン氷河で数本全層 (299 m) 掘削を行ってきた。73 年には 16 日間で 299 m 掘っている。使用者の立場として、コアの方位を知りたいが、カナダ北極

地方は磁極に近いので磁石式の方位計が使えなくて困っている。またカナダではコア解析は、構造解析の他、ほとんど氷をとかして行っているので、融水採集ドリルの開発を望むとのことであった。

コーヒーブレイクの後、西独のフィルベルス (K. Philberth) が彼独自の有名なサーマルプローベについて話した。これはプローベ内に導線がコイル状にまいてあり、この導線でプローベ先端の発熱体を加熱する。プローベはちょうドクモが糸をはくように、導線をくりだしながら氷中に進入してゆく、進入深はプローベ内のコイルのインダクタンスの減少で測る。プローベ内には数個の温度・圧力センサーがあり、リレーにより導線を発熱体からこれらのセンサーに適当にきりかえて必要な測定をする。3,000 m 用の 2 個の試作品をグリーンランドでテストして 1 個は 1,005 m まで達した。

午後は CRREL のグリーンランドでの活躍をえがいた映画が上映された。ハンセン、ランド (J. Rand)、ルフリ (H. Rufli) など、この会の出席者が何人かが登場した。

この後は CRREL のランドとベルン大学のルフリが登場し、いずれも小型メカニカルドリルの開発について話した。最終日のアイスランド大学のテオドルソン (Pall Theodorsson) のものと併せ、浅層用のホープであり、将来中層用としてもサーマルドリルに代りうるものであろう。最終日の CRREL のメラ (Malcom Mellor) の用いた概念、「単位体積の氷を除去するに必要なエネルギー」でいえば、サーマルの方法のそれは、シプレ手動オーガーのような切削法に比べ数 10 倍も大きい、このことは同一のパワーでメカニカルドリルはサーマルドリルの数 10 倍の掘削速度が期待できることを示している。

CRREL、スイス、アイスランドの各ドリルは原理的構造はすべて同じで、要するにシプレ手動オーガーをケーブルで吊り下げたモーターで駆動するわけである。削り屑の回収はオーガーに外筒を被せることでいづれもオーガー上部まで持ちあげることに成功している。ただしらせんのピッチ、材質、外筒と内筒の間隔、外筒下部の形、氷質等が微妙にきくようである。

さて順序がいかかわるがまずスイスのから紹介しよう。これは 50 m を目標にしたもので最大の特徴は、規格品の高張力キャプタイヤコードをケーブルに使い、ケーブルドラムは使わず流し放しにしたため、ウインチが極めて簡単になる。マストもヨットのマストの様な支持法をとった。ドリルモーターは高速整流子モーター (23,000 rpm, 入力 550 W) で、空気エンジ

ン用減速機を用いて刃先回転は 100 rpm 程度に落している。余談であるが刃先の回転半径 50 mm 位に対し 100 rpm、つまり刃先の氷に対しての相対速度 50 cm/s 位がシプレ型の刃先には最適のようであることは、筆者も含めてメカニカルドリルを手がけた人々の感じである。切削理論の立場から研究してみたい問題である。さて、スイスのドリルは、1.2 kW の発電機を含め、すべて 50 kg 以下の 4 部分に梱包され、組み立ては 2 人で 2 時間でできる。原形は 1974 年グリーンランドでテストされ、25 m を 3 時間、50 m を 10 時間で掘った。低出力モーターにも拘らず最高速度は 15 m/h に達した。このドリル本体は、グリーンランドのテストサイトから会議場に空輸展示され、大いに注目された。テスト結果に基き細部を改良した実用型の図面作製中という。

CRREL のものの設計目標は、ツインオッター機で運べる 100 m 級のドリルということで出発した。100 mmφ のコアをとり 142 mmφ の孔をあける。モーターは 220 V, 1.5 hp (1.2 kW) の 3 相 2 極モーターで 3,450 rpm である。プロトタイプは 9:1 の減速機を用い出力軸を 370 rpm としたが明らかに速すぎた。125 rpm にする予定である。ドリル全長は 4.8 m で重量 80 kg だが、内筒を FRP パイプに変え軽量化を計る。特徴はウインチのマストで、マストが可変速モーターで約 1 m 上下する。このマストの 1 m の下降により、ドリルの 2 m の掘削に対するくりだしを行っている。

将来の目標としては、400 m のケーブルをつけ、現在の CRREL サーマルドリルに代わるものとしたい。なお掘削速度は 60 m/h に達した。

ランドとルフリの講演でこの日の午後は終り、夜は、ラトフォード家に出席者一同招かれてのバーベキューパーティーがあった。

最終日は筆者から始まる予定であったが、出席の遅れた CRREL のラングウェー (C.L. Langway) のコア貯蔵の話とメラー (M. Mellor) のドリリングシステムの話が、割りこんできた。ラングウェーによれば、CRREL のコアの保存容量は 1.5 m 400 本だが、近くの商業冷蔵庫の一部も保存用に借りてあるとのこと。保存温度は CRREL が $-34^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、商業庫が $-24^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ である。

メラーは、CRREL における雪氷掘削技術開発の歴史からとき起し、いろいろな掘削方法の可能性を考

え、また先にのべた「単位体積の氷を除去するに要するエネルギー」の概念から、メカニカルドリルの所要動力の算定をしてみせた。注目されるのは、流体ジェット法の適用の可能性を指摘したことだが、実用化はまだ考えていないようである。CRREL は現在、ランドの浅中層型と、ハンセンの深層用ワイヤライン法の開発に努力を集中しているようである。

その後、筆者が、南極みずほ基地における 1971、72 年、名古屋大学の 73 年の T-3 における大口径掘削、74~75 年のみずほにおける計画についてのべた。筆者らは、主として CRREL 型のサーマルドリルを使用してきたが、71 年みずほでは、100 W, 100 rpm、73 年 T-3 では 400 W, 90 rpm の小型メカニカルドリルを試用している。われわれの回転数の設定と 400 W の出力はほぼ適正であったことをのべた。また、CRREL サーマルドリル用のケーブルの実験室内での各種強度テストについても報告したが、この点については各国ともあまり考えていなかったらしくいくつかの質問をうけた。

プログラムの最終は、午後にまわってアイスランド大学のテオドルソンの話である。アイスランドでは 1968 年に簡単な水タンクなしのサーマルドリルを作り 1969 年に 108 m 掘った。しかし、水タンクなしのドリルは、動作が不安定で、時々、急に掘進速度がおちコアが細くなる。またジレの所でのべたよう、黒氷を突破できない。アイスランドの氷河には多くの火山灰層があるのでサーマルはあきらめ、エレクトロメカニカルドリルの開発を試みた。これは J. of Glaciology Vol. 13, p. 133-139, 1974 年に発表されているもので詳細は略するが、1.5 kW の水中ポンプ用モーターを用い、刃先回転速度は 150 rpm とした。内筒と外筒のすきまは 6 mm で、彼の意見では広すぎると削り屑の持ち上げがうまくゆかないとのことである。

なお、ワシントン大学のテラー (P.L. Taylor) が、温暖氷河用サーマルドリルの講演を行う予定であったが、欠席のため講演は取り消された。アブストラクトによると、ソビエトの所でのべたような小口径円錐形ドリルで、大電力で掘削速度は 7 m/h 程度とかなり高いものようである。

これで予定の講演が全部終り、最後に採集コアの使用側の話ということで、東教授の講演があり 3 日間の会議は幕を閉じたのである。

南極の氷の未知を探る

東 晃

北 大 工 学 部

1. 南極氷床の流れ

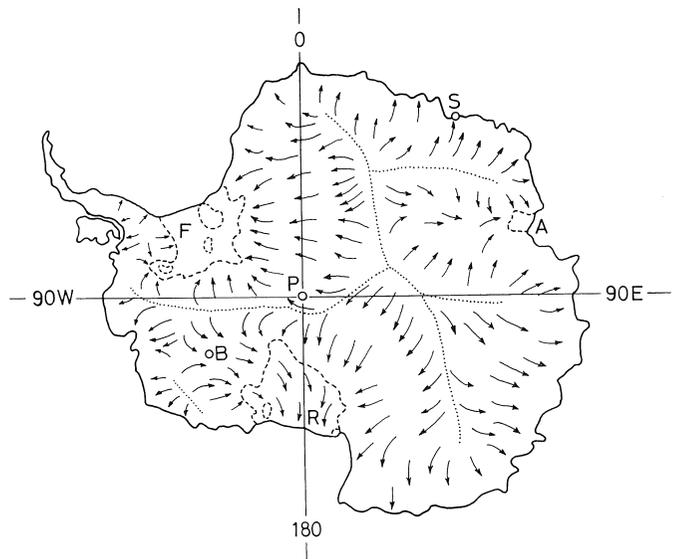
国際地球観測年（1957～58）を契機として南極観測が世界各国によって華々しく開始されてから 15 年以上経った。この間に行われた観測や研究は多岐に亘っているが、国際的な協力が最も顕著に現われているのは、南極大陸全体の地理が明らかになったことであろう。日本を含めて 12 ケ国の観測隊が大陸沿岸の各点や内陸に多くの基地をもうけ、また旅行を行って各々の分担地区の地図を作った。これに付随して南極氷床の厚さ、岩盤の深さもかなり正確にわかり、未知の山脈や露岩の発見も相次いだ。これらの活動状況は、日本極地研究振興会が発行（1973）した「南極大陸」地図上に余すところなく記載されている。20 年前には地図上で全くの空白地帯であった東部南極大陸にも相当な数のトラバースの跡が引かれるようになった。

多くの読者がすでに御存知のように、南極大陸の 99.9% は氷におおわれていて、しかもその氷の厚さは大陸全体で平均しても 1,700 m をこえ、最も厚いところでは 4,000 m に達する。であるから、南極大陸は全体が文字通りの氷床である。しかし、この氷床は静止しているのではなく、常に非常にゆっくりとではあるが動いている。大陸の内陸に降りつもってゆく雪が氷化してゆき、厚さを増し、体積がふえただけ、氷は大陸の周縁に向かって流れ、ついには氷山となって海に落ち大陸を離れてゆく。このようないい方は、南極大陸の氷が供給のバランスがとれていると仮定してのことであるが、実際に、このバランスがとれているのかどうかは、実はまだよくわかっていないのである。

このような氷の供給と消失のバランスの問題を、氷河学の中では質量収支の問題とって、南極氷床ばかりでなく、グリーンランド氷床や他の地域の多くの山岳

氷河で盛んに研究されている。この問題を扱うのに、南極氷床のような大きな場所では、まず氷がどんな向きにどんな速さで動いているかを知る必要がある。この氷の移動をしらべることが、南極の氷河学の大きな課題であるが、この 15 年余りの各国の観測の結果、ようやくその移動の向きだけは、広い南極大陸全体について大体明らかになった。氷床上のいろいろな点で、その場所がどの方向にどんな速さで動いているかを測定することは、周囲に基準となる山脈や露岩がない場合、とくに困難である。そのため速度そのものを出すには、特別な測量網の設定と何年もかかる忍耐強い測定が必要になる。

第 1 図は、各国が行った種々の測定にもとずいて、氷床上の移動の方向、すなわち流線を図化したものである。図が複雑になるので、地名を入れることを一切省いてあるが、真中の P が南極点、S が昭和基地、そして B はバード基地である。この図では、大陸周縁の海に張り出している棚氷のところまでを含めて南極大



第 1 図 南極氷床の移動方向（矢印）、点線は分水界、破線は主要な棚氷の大陸との接線を示す

陸の形に入れて実線で囲ってある。そしてロス棚氷(図真中下R)、フィルヒナー棚氷(図左上F)およびアメリカ棚氷(図右上A)の三つの大きな棚氷だけを破線で実際の陸地と区別した。この他にも大陸周縁の至るところに小さな棚氷(といっても九州くらいの大きさのものはざらにある)があるが、これらを一区別することはしていない。

図上の矢印は、氷床上の氷の流れの方向を示している。矢印が背中合わせになっているところは、いわば分水界である。それが大体明瞭なところは点線で示した。氷床の氷が山の斜面を流れる水のように流れるとすれば、分水界は二つの流域の境い目の山脈にあたり、分水界が三つ合う点は山の最高点でなくてはならない。内陸調査の結果から、たとえば東部南極大陸の真中で点線が三本集まっているところは標高 4,270 m のこの付近での最高点であることがわかっている。それならば、氷床の氷の流れは、その底の岩盤地形によってこのような分水界が出来ているところを流れているのか、と言え、そうではない証拠も沢山見つかると。

南極大陸で一番高い山脈は、ロス棚氷の東側、第1図で言えば三角形Rの右上辺の破線の縁にならぶクイン・マウド山脈で、3,000メートルから4,000メートル台の山々が連らなっている。しかし、その背後の南極高原の高さは3,000メートルに達しない。それにもかかわらず流線は第1図のように、この山脈をこえてロス棚氷に向っている。氷床は山脈の低いところを溢れ出て流れているのである。また、最近明らかになった南極大陸全体の岩盤の深さの分布によると、南極大陸はロス海とウエッデル海(第1図フィルヒナー棚氷の北の海)を結ぶ海溝で二つの大陸にわかれてしまうと言われている。そうなると、バード基地のあたりを流れている氷は海面下数百メートルの岩盤上を移動しながらだんだん薄くなってロス棚氷につながることになる。

このような事実を考え合わせると、我々は今まで簡単に「氷が移動する」とか「流れる」とか言って来たけれど、それは単に氷の塊が岩盤の上を滑ってゆくのもなければ、水のように流れるのでもないことがわかる。ことの真理は、丁度この中間にあって、氷は水飴やタールのような粘性の強い流体のように振舞うのである。水飴を平たい容器に入れて、箸のようなものでかき廻して真中辺を高くしておくと、次第にその高みは消失してしばらく後では容器の中で平らになってしまう。水や油なら容器に入れたら、すぐ平らになるが、水飴は平らになるのに時間がかかる。しかし氷の場合にもそんなことが起るだろうか。氷の塊をまわ

りに隙間のある容器に入れて放っておいたところで、それが容器の底に平らにたまることはない。しかし氷でも、うんと大きい氷の塊、氷河の源流の山の上や南極大陸にたまっている何百メートルも何千メートルもの厚さの氷になると、非常にゆっくりとはあるが氷は流れて、水飴のように容器の形に従い、最後には平らにひろがろうとする。

水でも油でも、また水飴やタールでも、それらが平らにひろがろうとする力のもと、自らの重量である。氷の場合でも同じことである。ただ氷の場合には、その重量がうんと大きくなると、見えるほどの流れにはならない。氷のように固体といわれているものでも、非常に大きな力が作用すると「流れる」性質が出て来る。この流れの性質を示す物質固有の係数を物理学の用語では粘性率という。粘性率は、一定の流れ速度勾配を物質中に作り出すための剪断力として定義され、ふつうポアズという単位で表わす。ポアズの数字が小さいものは水やさらさらした油であり、粘っこくなるにつれて数字は桁違いに大きくなる。第1表は、いろいろな物質の粘性率を示したものであるが、氷のそれは水飴やタールよりは大きい、固体物質の中では桁ちがいに小さいことがわかる。

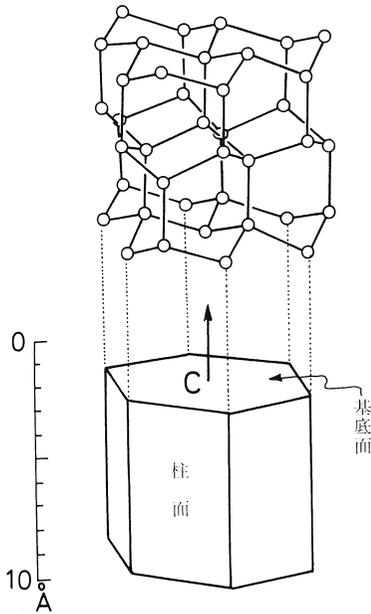
第1表 種々の物質の粘性率

物 質	粘 性 率 (ポアズ)
水	1.00×10^{-2}
水 銀	1.55×10^{-2}
ヒ マ シ 油	9.61
水 飴	$10^3 \sim 10^4$
タ ー ル	$10^5 \sim 10^9$
氷	$10^{13} \sim 10^{14}$
氷 飴	10^{17}
鋼	$10^{18} \sim 10^{19}$
岩 石	10^{23}

粘性率を固体について考えると、その物体中に一定の剪断変形速度を作り出すために必要な応力であるから、

$$\text{粘性率 } \eta = \frac{\text{剪断応力}}{\text{前断変形速度}} = \frac{\tau}{\dot{\epsilon}}$$

である。したがって、 η の数字が大きいことは、目に見えるような変形がおこるために必要な力が大きくなることを意味する。氷の粘性率は水飴のそのの百億倍もあるが、数百メートルもの厚さのある氷河も中では、剪断応力は小さな水飴の塊の千倍や一万倍になるだろうから、速度こそ小さくても、氷が流れ、山脈の間から溢流するというようなことが起こってもよいのである。



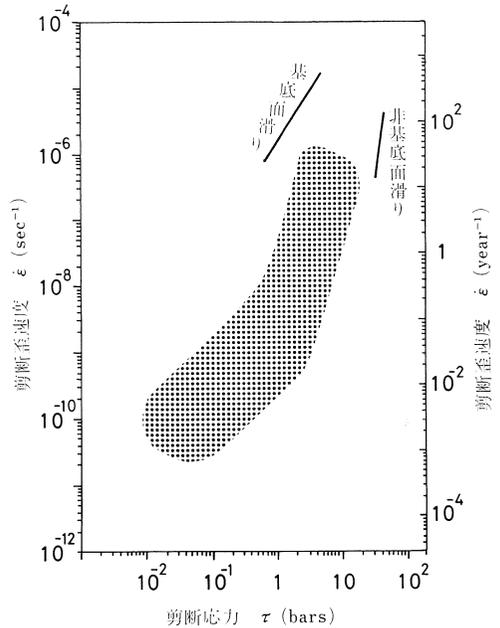
第2図 氷の結晶構造，上の図の白丸は水分子の中の酸素の位置，水素はこれらをつらねる線上にある。下の図の六角柱が氷結晶の単位の大きさを示す。柱の縦方向がC軸方向，それに垂直な面が基底面

2. 氷の結晶の力学的性質

氷の粘性率がわかりさえすれば，氷河の流動の問題は解決できそうに考えられるが，前節の話には足りない点が沢山ある。まず第一に，ふつう粘性のある物質として扱われるものは無定形の物体で，分子や原子が不規則にならんだものであるが，氷は小さな塊でも規則正しい結晶構造をもっている。だからこそ粘性率が大きいのだ，とも言えるわけであるが，粘性率を考えるにあたって無定形の流体とは違う扱い方が必要になる。氷の結晶構造を第2図に示したが，この図の白丸は水分子の中の酸素を表わし，水素はこれらをつらねる線に一つづつづついている。後で述べるように，氷の結晶の性質を特徴づけるのは，この六角柱の縦の方向のC軸，それに垂直な基底面である。

次に，粘性率は，応力と変形速度が比例している限りは，その比例定数として算出される。ところが，実際に氷の結晶で実験してみると，この両者の関係は必ずしも比例しないで， $\dot{\epsilon} \propto \tau^n$ ($n \cong 1$) というような関係になる。これでは粘性率の定義はできないわけである。

氷河の流れを実際に観察すると，氷は完全に一体となって粘性流動するのではなく，流れの激しいところでは，割れたり崩れたりして動き，大きなブロックと



第3図 氷の応力・歪速度の関係を求めた実験結果。上方の二つの直線は，単結晶について基底面滑りの場合と非基底面滑りの場合。下の陰影部は多結晶についての多くの実験結果の入る範囲

して変形し移動する。そして，その氷塊も多くの単結晶の集合体である多結晶である。

こういう事情があるので，氷のような結晶については，粘性率を言わないで，直接に変形速度と応力の関係を何らかの形で表わすことにする。実は，こういう表わし方は，もっと硬い物質である金属などでは，その強度の研究に対して前から使われていたのである。それから，初めから多結晶を扱ったのでは後で述べるような複雑な問題が入ってくるので，単結晶の氷について上の関係を求めることにする。この関係を求めるための実験には，クリープの実験といて，一定の応力を結晶に与えて変形の時間的経過をみる方法と，応力，歪関係を一定の歪み（変形速度）の下でしらべる方法の二つがある。

筆者らの研究室では，過去10年余に亘って，上記の単結晶の力学的性質をしらべる実験的研究を行ってきた。その研究のアウトラインは拙著「氷河」（中央公論社自然選書1974）に述べたので，ここでは詳細は省略するが，得られた実験結果を第3図に示してある。この図の横軸は氷の結晶にかかる剪断応力 τ ，縦軸は剪断ひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ である。両方とも対数目盛で描かれているから，両者が比例関係にあるときは，その関係を表わす直線は縦，横軸と45°の傾きで右上に上ってゆくことになる。しかし，我々の実験の結果は，この傾きが，もっと急になっている。また，図上の二

つの直線に「底面滑り」、「非底面滑り」と注がついているのは、実験をするのに、前者では剪断応力が、結晶の基底面、すなわちC軸に垂直な面内に働くようにした場合で、後者は、それがC軸に平行な面に働くようにした場合である。

底面滑りの場合は、 $\dot{\epsilon} \propto \tau^n$ の式で表わすと、 n の値が約 1.6 であり、非底面すべりで n は約 6.5 である。底面すべりの直線の方が非底面滑りの直線より、低い応力（約 2 桁も違う）の側にあることは、氷の結晶では底面滑りがおこりやすく、非底面すべりをおこさせるには大きな力があることを示している。 $\dot{\epsilon}$ と τ とは正比例しない ($n \neq 1$) から、氷単結晶の場合、粘性率を求めることは出来ないし、また結晶面によって応力・歪速度の関係に著しい違いがある。結晶構造をもっていることの影響がここに現われてくるのである。このような氷単結晶の力学的性質が何故でてくるのかを、筆者たちの研究室では、結晶のマイクロ構造、正確にいうと結晶格子中の欠陥（転位）によって一応説明することが出来たのであるが、氷結晶中の転位についてはまだまだわからないことも沢山残されている。

ところで、前に述べたように、実際の氷河で動いている氷の塊は、こういう単結晶の集合体である多結晶である。多結晶中では、その構成単位の単結晶の軸の向きが複雑に入りまじっている上、上述のように、その応力と歪速度の関係が、結晶の面によって異なっているので、その力学的性質を単結晶のそれから簡単に演繹することは大変むずかしい。それで、多くの氷河学者たちが、それぞれ勝手に作った多結晶氷を使って、応力と歪速度の関係をしらべている。その結果は人によって違ったり、また氷の温度によっても違ったりするので、それらの結果が大体落着く範囲を第3図の上に描くと点々で表わしたあたりになる。先程の式 $\dot{\epsilon} \propto \tau^n$ の n の値は、応力の大きいところでは3から4くらい、応力が減ると、段々1に近づく、応力の小さいところでは歪速度もうんと小さくなり毎秒 10^{-10} といった値になり、到底実験では手におえなくなる。この辺の値は、アルプスの氷河などでボーリングした穴の直径の収縮速度を1年もかけて測って推定したものが多い。前節の第1表に出した氷の粘性率の値は、この低応力のあたりの $n=1$ の範囲で計算されたものである。

3. 南極氷床深部氷の力学的性質

第1節で述べたように南極氷床の移動の向きだけは、氷床全体についてかなりはっきりしたが、その速さそのものは、ごく僅かの地域で、しかも表面だけで測られたに過ぎない。氷床の質量収支を明らかにする

には氷床全体について三次元的に、その速度の分布がわからなくてはならない。しかし、これを全部実測することは難しいから、第3図のような関係を利用して、岩盤地形、雪や氷の推積状況から推定される剪断応力によって歪速度を出せばよい。

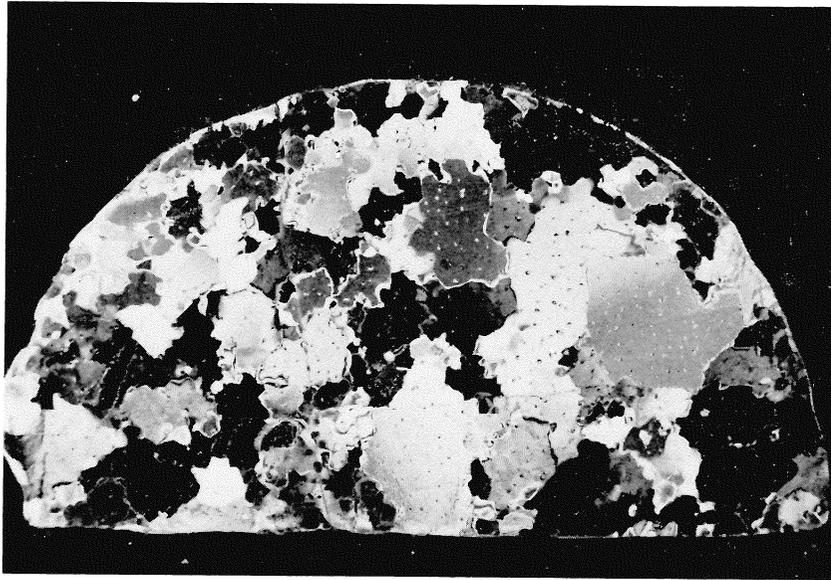
多結晶の実験結果に第3図の点々領域のような幅があるのは、温度の他に、多結晶にふくまれる単結晶の粒の大きさと、それらの結晶軸の向きの分布の特徴に影響されるためである。実験に使われる人工多結晶は大抵、結晶軸分布がランダムになるように作られているが、実際の氷河の氷では、この結晶軸とくにC軸の向きがある方向に優先的にそろって来ることがある。そういう氷では、剪断応力の働く面の向きによっては、第3図の底面滑りの単結晶の場合のように、歪速度が著しく早くなることも考えられる。そういうわけで、南極氷床の氷、とくに深いところの氷の運動速度を推定するには、このような軸方向分布を考慮しなくてはならない。

それやこれやで、南極氷床の問題解決のために多結晶氷についての実験を行うとしたら、試料の氷にもたせる要素の組合わせが多くなって閉口だ、と1968年の南極地域氷河学研究会国際シンポジウム（極地8, 1969）の時に英国のNye博士に話したら、それならいっそのこと、南極で採取された氷のコアーサンプルを使って実験したらどうか、との示唆を受けた。たまたま、このシンポジウムが米国の南極隊がバード基地で2,164メートルの氷床をぶち抜いて、その全長サンプルを採取した直後だったからである。

このコアーサンプルを管理している米国科学財団に交渉して、1972年にこの中からいろいろな深さの短いサンプル16本を筆者の研究室に送ってもらった。日本航空が、特別に途中でドライ・アイスの補給の便宜を図って下さったお蔭で、ニューヨーク国際空港から札幌まで40時間余の貨物輸送は旨く運んだ。翌年、更に補充のサンプルをもらったときは、冷凍コンテナが使われ、航空貨物時代の恩恵に授った。

このサンプルの中で、1,300メートルから1,500メートル辺の深さのものは、とくにC軸のそろい方が著しく、殆んど鉛直の方向に向っている。こういう軸方向分布優先性がどうして起こるのかは、それ自身一つの面白い問題であるが、この種のサンプルを、その水平面が最大剪断応力の働く面になるように向けて歪速度をしらべると、応力・歪速度の関係は第3図の単結晶基底面滑りの直線に近すぎ、他の向きの場合と著しく異なることがわかった。

この結晶軸方向分布優先性の成因の一つは、氷体にかかる剪断応力にあると考えられている。したがっ



第4図 南極氷床深部氷
(深さ500メートル)
の偏光薄片写真。半
円の直径が11センチ

て、氷床の中の流れがこのような優先性を一旦作りだすと、流れの速度はますます加速される可能性がある。氷床内部の流れの推定には、別な要素、すなわちC軸方向分布のパターンが物を言うことになる。第4図に、南極氷床氷の薄片の偏光写真を示した。写真の横の長さ、すなわちコア断面の円の直径は11センチであるから、一つ一つの粒の大きさの見当がつくであろう。この写真のサンプルは比較的浅い500メートルの深さのもので、まだ気泡がかなり沢山見える。

この南極深部氷についての研究は、まだ続行中であるが、実験してみると、いろいろ問題がでて来る。その一つは、深部氷は何十気圧、何百気圧という静水圧を受けていたのであるから、採取されたサンプルは、地上にとり出されてからゆっくりと圧力が緩和されつつある。その状態の下で、氷の中に圧縮されて結晶格子の間に溶けこんでいた空気が再び気泡として現われてくる。その現われ方は力学的性質をしらべる引張り試験に影響されるようであり、逆にそのことが氷の力学的性質に関与することも考えられる。氷床中の流れの性質を知ることが目的としている以上、実際その氷のおかれていた深さの静水圧の下での実験が望ましいので、近い将来には、压力容器中で長時間継続して実験を行うことも計画されている。

氷床深部氷のボーリングは、バード基地のほかソ連のボストーク基地などでも行われ、我が国の南極計画でもこの両三年みずほ基地で始められた。まだ深さは400メートルを出ていないが、ここのサンプルが得られるならば東部南極大陸の氷床研究のため貴重な材料となることは疑いない。本当を言うと、このようなボーリングは南極でもっと沢山行われるべきで、採掘地点についての国際的な情報交換も行われている。目下のところ、米国隊を中心にして一番努力が傾けられているのはロス棚氷のボーリング計画である。

本文では、氷床の移動に関連して、筆者らの行った力学的性質の研究を中心としたが、英国のスコット極地研究所では、アイスレーダーの研究のため電氣的性質の研究が盛んに行われている。我が国でも、1970年以来、昨年まで4年に亘り、文部省科学研究費総合研究Aとして「極地氷床氷の物理的・化学的研究」(代表者北大低温研黒岩大助教授)が行われ、種々の角度からの南極の氷に関する研究データが重ねられた。この種の研究に従事する研究者の数は世界的にも少なく、今後フィルドの仕事や、氷床の流れの模型に関する計算機実験と連繋して、多くの人達の協力によって研究を進める必要がある。



北極海漂流記(3)

E・トルスコフ

前期 北極の屋(4—10月) つづき

8月2日 曇り、気温は $+0.3^{\circ}\text{C}$ 。飛行場作りと整備には全くお手あげだ。一面水びたしである。飛行場の氷は10日間に上面が6cm溶けて、下面は所によっては40cmも凍った。

夜、私たちは集会所で「鬼ごっこ」などをして騒いだ。とても愉快で解散するのが惜しかった。「上陸ごっこ」もした。負けた者は机の下をくぐるのだが、大男のcockが机の下を「旅行」するさまには、みな腹をかかえた。おとなも時には子どものようにふざけるのは、息抜きとして結構なことだ。

8月6日 氷状を偵察にきたマリコフ機が、上空を旋回して花束を投げてよこした。遠い祖国の夏の香りをかぐため、私たちはそれを手から手へと回した。

夜、氷が移動して囲りの開水面が非常に広がった。とくに南側はひどく600mにも達し、その中に小さい氷片が浮かんでいる。私たちの氷原は離れ島になってしまった。エキゾチックではあるが、島がだんだん小さくなってゆくのはなんとも心細いかぎりだ。キャンプから水ぎわまで100~300mしかない。トリョーシニコフがうらやましい。あちらでは今やとと溶け始めたばかりだという。

8月7日 北緯 $77^{\circ}38'$ 、東経 $174^{\circ}26'$ 、水深1,240m。朝から氷原が回りだした。時計回りの反対に25度も回ったと思ったら、12時間後には時計回りに38度回る。氷はひどく動き、この氷原からもぎ取られた

氷片は遠く海に流れてゆく。南側は水平線まで一面の小さい氷片だ。氷原の端には大波が打寄せ、強風でしぶきがここまで飛んでくる。私たちの船でも水夫長を決めなければならんと、だれかがしゃれをとばした。

8月10日 ジェリャロフの日記から。

「12時ころ翼の白いカモメが2羽飛んできた。彼らは大陸からのあいさつをもってきた。昨夜の「最新ニュース」社による、極地人のための放送は大成功だった。「白いカモメが飛んでくる」の歌で始まった。カモメは船乗りの道連れだ。私たちが今は氷の船で洋上を漂っているのだから船乗りである。

夜になって雪が降りだした。早くも冬の訪れだ。午後9時巡視、ヘリコプター班では班長と機関士がチェスをやっている。医師の家ではSP-3とのチェス試合の重大局面を盛んに論じている。

朝、西の方からクマが現われた。隊長を起こしたら、肉がなくなるところだから射と彼は命じた。ツェリシチェフと2人で出かける。カメラマンが、おれも行くから待ってくれという。彼が服を着るのを待っているうちに、ツィガンがクマを見つけて飛びかかっていったので、クマのやつ驚いて逃げてゆき、水ぎわから海中に飛込んで見えなくなる。「しまった！惜しくもカツレツをふいにした」

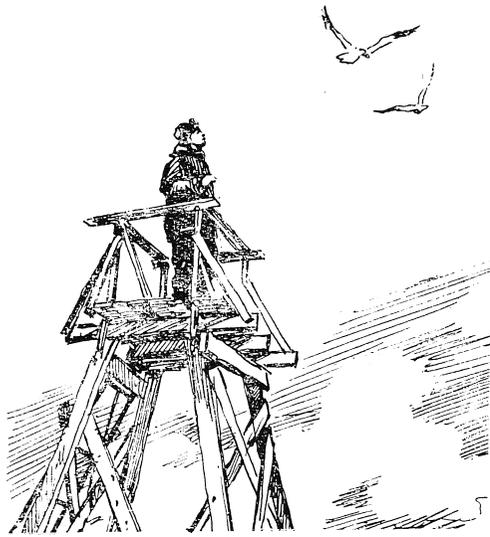
8月11日 天気は最高、気温も -3°C だ。飛行機がくるというので一同待ちこがれる。正11時飛行機はうまく着地した。医師が2名きた。内科医と歯科医で、歯医師は1ヵ月滞在の予定である。われわれの

本誌19号の脚注のうち次のとおり誤りがあったので、お詫びし訂正します。

「1972年キャンベラでの第12回SCAR総会にソ連代表として出席」は「1972年ウエリントンでの第7回南極条約協議会議にソ連代表として出席」が正当。この時の南極旅行は

ニュージーランド政府の招待によるものであった。なお、トルスコフは東京における第6回の同会議(1970年)にも代表として参加している。

(以上楠宏氏のご教示による)——訳者



氷原に最初の女性がきた。最古参の地質学者のひとりクレノワである。客を迎えてみんな上気嫌だ。

8月14日 医師が全員の精密健康診断をする。レントゲン透視もした。越冬に支障がないかどうかを決めるのだ。チホノフは血圧が高いので大陸送りと決定、ジェリャロフは帰ったほうがよいと勧告された。カメラマンのソロビエフはロゾフスキーと交替して帰ることになった。

クレノワが水理班と共同でやった海底土壌の採集は成功した。小グマを2匹生捕りにする。悪天候をつけてストップシン機がきた。クマを積込む。内科医とクレノワは、クマと隣りあわせに座って大分心配そうだ。箱はしっかりと釘づけにしてあるから大丈夫だといっても、あまりいい気持ちではあるまい。おいしいものがたくさん届いた。昼食には肉入りキャベツスープ、生肉入りのソバがゆ、それに果物の砂糖煮、夕食はジャガ芋、トマト、生のキュウリなど盛りたくさんだ。

8月16日 曇り、気温 0°C 、秒速 7m の南東風、きょうも氷が溶ける。氷原はこの3日間に北へ 24 マイル流れた。8月の16日間に 60 マイルだ。これはいい具合だ。今後もうこうあってくれればよいが。

8月17日 全員で集会所の移転をする。作業は終日かかった。氷面をならし、組立小屋を運搬し、それに玄関用の外室をつける。歯医者にはよく働かし治療も精力的で、だめな歯は遠慮なくどどん抜いてしまう。パレエフは抜かれた歯を数えていった。「この調子であと3日もやられたら、3食もおかゆばかりにしなければなるまい。そのうち、みんなの歯は1本もなくなってしまおうだろうよ」もちろん冗談だが、私た

ちは大助かりだ。

氷原上には深さ 1m から、それ以上もの水たまりがたくさんできた。3日もしたら水泳ができるだろう。

8月20日 一昨日の大会で決定した事項。

1. キャンプは極力現在位置のままとし、各舎屋を近づけ、照明設備をする
2. 舎屋の暖房と防火対策
3. ふぶき時の交通用渡索として、各舎屋間にロープを張り渡しておく
4. 貨物集積場の点検、整頓、雪除け
5. 冬期のヘリコプター作業について
6. 水素ガス製造小屋と地磁気観測小屋の建設
7. 自動車の格納とトラクターの整備
8. 滑走路の照明と予備飛行場の準備
9. 浴場の暖房
10. 冬期用衣服とはきものの準備
11. 非常用物品の精査と分散配置

氷原は相変わらず回転している。それで飛行場はあちら側にいたり、こちら側にきたりする。2つの氷原の間は海面だからだ。天候の許すかぎりヘリコプターを飛ばして、ステーション移転の場所探しを続ける。きょうは東方に 100km ばかり飛んだ。気象図によると、少し西方に数日前から深い低気圧が停滞したままである。珍しいことだ。

トリョーシニコフから電報がきた。極点上にいと書いてある。彼らはもう北緯 89 度を通りすぎた。海流速度自記器はどんな具合か、冬の準備はどうか、などの質問に対して詳しい返事を出す。

8月22日 いやな天気だ。雨が降ったり雪になったり、またふぶきになったりする。気温はほぼ 0°C 。雪溶け水の沼が深くなって、氷上を歩くのはあぶない。雪でおおわれた沼に落込むこともしばしばだ。 980 ミリ以下の低気圧が依然として西南方に停っている。 800m 上空の気温は $+2^{\circ}\text{C}$ である。

私たちはずいぶん北に流されてきた。この船には舵はないが、一路高緯度へと進んでいるようだ。今までの資料によると、この辺でこんなに強い風が吹くのは珍しいことだ。しぶきはキャンプまで飛んでくる。光量測定器のカバーが飛ばされて海中に落ちた。

8月23日 毎秒 $4\sim 6\text{m}$ の南風、気温 -1°C 。

周囲の開水面はますます広がって、飛行場は看視塔からでも見えない。ヘリコプターで調べたら、飛行場はとんでもない方向の 10km 先にあった。飛行場とキャンプの間には別の氷原が入り込んでいる。浮氷はその新旧によって漂流速度が違うので入り交じるのである。若い氷が速いようだ。

8月26日 烈しい風で無電のアンテナ・ポールが曲がり、大気班のマストが折れた。飛行場はすでに15 km も離れてしまった。SP-3 は北極点を通過したという知らせがはいる。

発電は通信班の中でやっている。発電機は2台あって、1つは220 ボルト、もう1つは予備で蓄電池の24 ボルトである。

ドラルキンが水理観測所を作った。幕舎にはガスを持ち込み、中央に四角な井戸を掘り、その上にウインチの三脚を組む。そばには器具や箱があり、ゆかには敷物を敷き、ガスボンベとストーブがある。

夜、全員集会を開いて家屋、被服、装備、技術などについての改善提案を審議した。

8月31日 飛行場はますます遠くに流れてゆく。いや、こっちが離れてゆくのかもしれない。きょうは22 km もある。シッチャエフ、イワノフら5名をやる。新ステーション SP-5 の開設だと冗談をいう者がいる。集会所では、5人がいなくなったので歯が抜けたようだ。互にすっかり慣れてしまって、だれがいなくなってもすぐわかる。とくに陽気で気転のきくシッチャエフがいらないのだから、なおさらのことだ。

氷原を測る。厚さは大丈夫だが、面積はすっかり小さくなっている。キャンプから150 m で氷がおわり、その先は水平線まで海面だ。これはまずい。最初は小さい亀裂でもこわかったが、今では平気でこの小さい氷の島に乗っており、生活もふだんと変わらない。足下は2 km もの深い海で、それに比べると私たちの床は薄紙のようなものだ。

夜、頭上の霧の中を飛行機が通りすぎ、通信筒と気象図を投下してゆく。夏の最後の月も終わった。次にくるものは、薄暮、そして長い暗闇の極夜……。

9月1日 きょうは私たちの子どもが学校に入る日だ(注:ソ連の新学年は9月1日に始まる)。どんな気持ちでいるかと、しばし思いを遠くにはせる。

カーシの AN-2 号機が途中まできている。ノボシビルスキー諸島のカテリヌィ島に着いて、出発してよ



いかときいてきた。一刻も早く来てもらいたいが、出発を待てと返事する。途中は雲が低く、雨と霧がひどい。この飛行機は凍ったらえらいことになる。燃料も片途分しかないという。万全を期さなければならない。

8月の平均気温は -1°C 、曇天29日、そのうちの19日は霧、平均気圧1003.3 m. bar、1ヵ月間いつも低気圧——それが8月だ。

4月8日から9月1日までの全漂流距離は574マイル、平均速度1昼夜4マイル。これはジグザグ線なので、直線距離にするとずっと少なく222マイルになる。

9月2日 AN-2号機が着いた。乗員はモスクワで、私たちの予備飛行場にする氷原を捜すよういつかかってきたという。どこで? いつも動いており、しかも溶けて穴だらけの氷原上にか? 氷の状態が実際どうなのか、モスクワ人にはなにもわかってはいないのだ。飛行士たちはわれわれを救出するつもりで飛んできたのに、平穩に働いているわれわれを見て、少なからず拍子抜けがしたようだ。

9月5日 半径12 km の範囲を飛行機で偵察した。水面が凍り始め、氷片がつながっているところが多い。しかし南と東と北東には、まだ氷のない海面がたくさんある。大きな氷原をいくつか見た。どうして残っているのだろうか。私の考えでは、春キャンプの場所を選ぶには、開水面から遠い浮氷群のまん中に定め



るべきである。ところが、私たちの氷原は最初からすでに開水面に接していたのだ。

融氷量の計算をする。夏の6, 7, 8の3ヵ月間に37cm溶けた勘定になる。6月が2.7cm, 7月は32cm, 8月1.7cmである。しかしこの間に氷原は36.3cm上がっているのだから、結局溶けた分だけ凍ったことになる。

9月8日 ラプテフ海から低気圧が近づいている。夕方には風速毎秒10~12mに達し大ふぶきになった。

夜、飛行機がきて郵便物とコンロを投下した。コンロは付近一帯に散らばって一部が海に落ちた。その次に荷物を2つ、パラシュートにつけて投げたが、その1つがやはり海に落ちたのでゴムボートで拾い上げる。この中にはブルハノフから贈られた大きな西瓜があったが、衝激でこわれていた。惜しいことをした。

9月11日 全員に毛皮の被服を分配する。みんな北極人のかっこうに早変わりした。

LI-2号機が来た。滑走路はちゃんとしている。みんなの骨折りはむだではなかった。お客さんがきた。海洋学者のドプロボリスキー教授と画家のルバンだ(注:イーゴリ・ルバンは極地画家として有名、30年近くの間北極各地や南極にまで足を延ばし、その自然と人間を画いてきた。画集や画入りの旅行記など著書もたくさんある)。

手紙がたくさんくる。家族の録音もとどいた。私もニーナ、エジク、ナージャ(注:彼の妻と息子と娘)の声を聞いて安心した。

夕食後集会所で私は、隊員一同あての手紙を読んだ。私たちにくる手紙は増える一方で、詩などもある。一面識もない他人の私たちに、このような温かい配慮をしてくださる国民の皆さんに対し、私はどんなに感謝していることか、筆舌に尽くし難い(注:当時ソ連国内では、いわゆる「北極ブーム」のはじまりで学界、官、民、報道界を問わず国をあげて北極活動が大きくもてはやされていた)。

9月16日 ルバン画家は毎日外でスケッチをしている。きょうの天気は彼にはあつらえむきだ。風はなく雲は高いし、夕方の気温は-9度、海は凍り始めている。しかし、ヘリコプターがきょう飛行場へ飛んだところでは、ずっと開水面だったという。最近ヘリコプター士がつるし上げられた。2回機械を凍りつかせ、1回ラジオコンパスの故障でとまったからだ。北極をあまく見てはいけぬ。

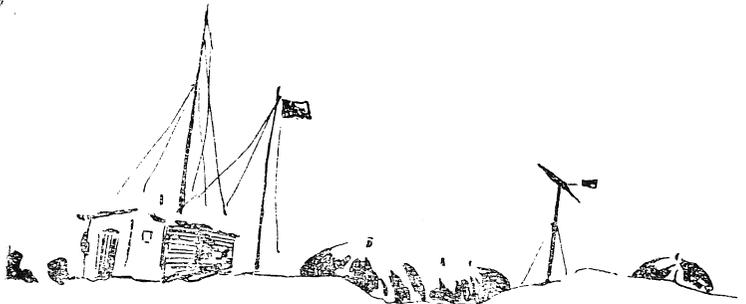
夜、月がでて織女星と御者座の第1星が見えた。昼と夜の交替期が始まっている。最初のオーロラがかすかに現われた。

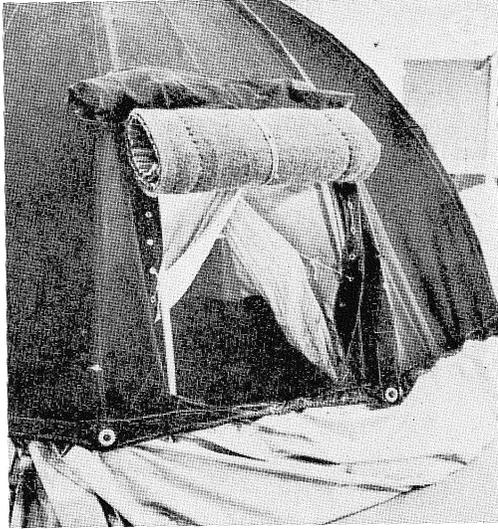
9月22日 17日から続いている激しいふぶきは、時には秒速25mもの烈風となり、気温は-8~10°Cにもなって、なんにも見えなくなる。これがブリザードだ。水理班の幕舎が1つ、風に吹飛ばされて海に入った。メリニコフとシウチャエフが追いかけたが、とても追いつけるものではない。水理班には雪の家(注:ベニヤ板を骨にして、その上に雪を凍らせたもの)を建てるようすすめる。

そのあと天気がよくなり、久しぶりに太陽を見る。好天を利用してブルハノフ、ゴルジエンコ(注:水理学者、とくに氷海の研究、あとでSP-4第2次隊長)、それにソロビエフの交替としてカメラマンのロゾフスキーがマズルク機でやってきた。本部の人たちも飛行士も、滑走路がりっぱだとほめた。私たちもみんな、苦勞のかがあったと喜ぶ。

ブルハノフはキャンプを視察し、全員を集めて越冬準備の審議をする。そのあとモスクワのニュースやSP-3の様子などを聞いた。ゴルジエンコは漂流の見通しを話してくれた。北東に向かうという予測だ。

「中央芸術者の家」からの、漂流ステーション向けコンサート放送があった。現地時で朝の5時半に始まり、有名な演芸家たちが出てたいへんよかった。レペシンスカヤ(注:日本にも来たソ連第一のバレリーナ)のあいさつ、ナバトフの「漂流ステーションの歌」など、みんな満足している。





KAPSI 型幕舎の入口

9月24日 氷原の端を歩いてみる。もと亀裂のあったところには新しい氷塊の山ができています。東の方からキャンプに向かって、隣の氷原におされた氷がのし上がっている。工作所の南東にも新しい氷丘脈があり、これら氷塊の重みで氷原の一部はこわれ、曲がりくねった亀裂がキャンプの方に延びている。時々大砲射撃のような氷のぶつかる轟音が聞こえるかと思うと、ハチのブンブンうなるような音や、鈍い音や、また強風時の電線みたいなピューピュー音も聞こえる。

水理班の穴の水は息づいている。これは氷が動いている証拠だから用心しなければならぬ。注意するよう当直者に指示する。新しい氷塊の山をスケッチしては、と画家に勧めた。彼は2人のカメラマンと出かけたが、間もなくみんな帰ってきて、氷丘はもぎ取られて流れていったという。夜、ソビエト造形美術についてのルバンの講演を聞く。

9月30日 もう雪がだいぶ積もったので幕舎はうずまり、キャンプには大きな雪だまりができた。今のところ用水は雪溶けの水たまりから汲んでくる。この池には板のふたをし、上から雪をかけておく。これが私たちの「北極の井戸」というわけだ。

9月は曇って風の強い日が多く、飛行には適しない月である。1ヵ月間に38.5マイル北へ進んだが、ループ型が多い。毎月、科学作業の集計をしているが、それは隊員の大きな努力の結晶である。8月中のおもな仕事は次のとおり。

水理班

1. 海深測定	103回
2. 海底土壌採集	1回
3. プランクトン採集	1回

4. 総合水理観測	1回
5. 各深度の水温度測定	38回
6. 各深度の水素イオン含有量測定	10回
7. 各深度の酸素含有量測定	16回
8. 各深度の塩分含有量測定	27回
9. 水中の塩分含有量測定	23回
10. 各深度の海流の方向と速度観測	1,768回
11. 上面氷の増加と融氷・雪の観測	104回
12. 下面氷の増加と融氷の観測	33回
13. 新生氷の生成過程観測	11回
14. 氷状偵察	3回
15. 氷の温度測定(130ヵ所)	17回

大気気象班

1. ラジオゾンデ(平均高度17.800m)	64回
2. 気球による観測	58回
3. 凧と気球による雲高測定	17回
4. 単発機による気象自記観測	2回
5. 水素ガス発生	250m ³
6. 定時気象観測	240回
7. 航空気象観測	207回
8. 光量測定	88回

磁気班

1. 地磁気観測	
a. 地磁気伏角測定	140回
b. 水平磁場測定	127回
c. 垂直磁場測定	71回
d. 磁力比較器による測定	29回
2. 総合地磁気偏差観測	
a. 記録	554時間
b. 偏差量測定	40回
3. 天文観測	
a. 座標測定	23回
b. 方位測定	22回

10月3日 零下8°Cのふぶきの中でスキー競技会をやる。全員出場、審判長はドラルキン、1位イズベコフ、2位ジンチェンコ、しんがりはシッチャエフだ。

夜は、シッチャエフの希望で映画「愉快なスターたち」を見る。途中でランプが切れたので寝る。

10月4日 朝起きて見ると、磁気班の北に大きな氷丘の山脈ができています。強風についてその山脈にでかける。氷塊がのし上がったので、氷原は幅21m×長さ100mに割れ、厚さ20mもの「額」^{ひたい}を通して幅0.5mの亀裂が走っている。ほかにもキャンプに向かう放射状の亀裂があり、若い氷が離れていったりして、全般的に氷状が荒れている。画家の画いた新しい氷丘のある絵は、まるで別の氷原のようだ。

雪がたくさん積もった。私たちが初めて氷原にきた

春はもっと少なかった。今はまだ秋なのに、あの時よりずっと多い。それで氷原は沈み、雪の下の水たまりは凍らない。自動車が通れないので困る。だが利点もある。私たちの「井戸」にはまだ水が豊富で、あと1ヵ月ぐらいは十分もちそうだ。

ジェリャロフに私の銃を貸してやる。彼の作業幕舎は氷原の端にあるので、暗い中を歩いての往来はこわいという。だが、彼の器機には鉄類は禁物なので一策を案じた。銃を袋に入れて、それに20mくらいのロープをつけ、幕舎から離して置きロープの端を幕舎に引込んでおく。こうしておけば、もしもの場合でも舎内からロープをたぐって銃をとれるというわけだ。

異例の壁新聞が集会所にはり出された。これには記事がなく、表題と署名だけなのだ。たとえば、「夜が長くなった——十分書ける」として文章はなくシウチャエフと署名してある。また「ほかの人は記事を書いたか?——オプチニコフ」といった具合である。

10月8日 自動車が井戸までの200mを走るのに1時間以上もかかった。昼食後、その池までの道路作りをする。バケツで水をくみ、手送りして雪の上にもくのだ。前に、この要領で自動車がうまく通ったことがある。道路の水まきは夕食までかかった。

集会所では、また壁新聞について言い合っている。編集員のババルイキンが「みなさん、記事を書いてください。でないと編集部はまた、こういう新聞を出しますよ」(注:新聞を出す一は産むの意もある)

という、パレエフはすかさず「そしてまた、月足らずのお産というわけかね」とやり返したので、笑声やらひやかしやら。

ステーションを開設してから、きょうでちょうど半年になる。あすは記念行事をやろう。この半年はなんとか無事にすんだものの、あとの半年はどうでるか? いささか不安だ。

10月9日 このところ毎日曇り空の連続、おまけにきょうは雪降りだ。秒速5~7mの北風、気温-8



°C。こんないやな天気はもうあきあきだ。チクシからチトロフ機がガスポンペを25本運んできてすぐ帰る。

夕食後、この6ヵ月間の作業成果について話合う。そのあとで、この前途中でやめた「愉快的なスターたち」の続きを見る。

10月14日 器材、ガス、ガソリン、食糧などを積んだ飛行機が毎日のようにくる。冬期間のストックを確保するためである。きょうは飛行日中でチトロフ、オシポフ、バフチノフ、マズルクと、一度に4機もきた。飛行場からキャンプまでは単発機が運ぶ。

人の出入りも激しい。ルバンとソロビエフが帰る。新しいコックのスリュエニンがレニングラードから着いた。タス通信社の特派員がやって来た。

10月20日 毎日忙しい。飛行機が次から次へと荷物を運んでくるが、その移送が問題だ。自動車が雪が深いので通れない。春まで運行休止だ。仕方がないからソリで運搬する。暗い雪の中を、たいまつの手導で重い荷を引いたり押ししたりの重労働はきつい。

きょうは、数日前に着いた組立家屋を2つ合わせて新しい集会所の建築に取りかかった。観測作業は手を抜くわけにはいかない。客の応対にも多くの時間をとられる。その上、新聞や雑誌の記事も頼まれる。なにを書いたらよいか、あれこれと迷う。疲れきって文字どおり足がフラフラする。最近では毎日がこんな調子だ。人手が足りない。

10月23日 きょうの夕食は新しい集会所で、新築祝いを兼ねてする。室内は立派だ。炊事場は隣家で、ベニヤ板の仕切壁には窓が2つある。1つはドーアの代わりで、もう1つは配膳口だが、映画のときは炊事場に機械を置いてここから映す。広間には長テーブルを2つ並べ、その間に本物のペチカがあって暑いくらいに燃えている。古い集会所は食糧倉庫にした。

10月27日 みんな越冬準備に忙しい。雪の小屋を作ったり、暖房設備や照明設備もしなければならぬ。新しい発動発電機が始動した。出力10kWだが全キャンプの照明ができるので大喜びだ。水理班では縄ばしごを作って穴の中に下げ、おこちでも上げられるようにした。しかし落ちないでもらいたいものだ。

10月31日 北緯80°09′、東経178°14′、気温-30°C、高気圧が安定して天気はよい。

客や臨時の住人たちはみな帰っていった。今月は大変にぎやかだった。10月中の全漂流距離は113マイル、直線にすると33.5マイルになる。

夜、チェコスロバキアからの漂流ステーション向け放送を聞く。(以下次号)

(抄訳: 近野不二男)

日本極地研究振興会役員

理事長	茅 誠 司 (東京大学名誉教授)	評議員	緒 方 信 一 (日本育英会理事長)
常務理事	宮 地 政 司 ((財)日本地図センター理事長)	"	河 合 良 一 (K.K.小松製作所取締役社長)
常務理事	原 田 美 道 ((財)日本地図センター専務理事)	"	風 間 克 貫 (風間法律事務所弁護士)
常務理事 事務局長	鳥 居 鉄 也 (千葉工業大学教授)	"	菅 野 義 丸 (国際電信電話K.K.取締役社長)
理事	和 達 清 夫 (埼玉大学名誉教授)	"	木 下 是 雄 (学習院大学理学部教授)
"	今 井 田 研 二 郎 (日本郵船K.K.監査役)	"	坂 本 朝 一 (日本放送協会理事)
"	永 田 武 (国立極地研究所所長)	"	島 居 辰 次 郎 (セナーK.K.取締役社長)
"	西 堀 栄 三 郎 (日本規格協会顧問)	"	白 木 博 次 (東京大学医学部脳研教授)
"	山 田 明 吉 (運輸審議会委員)	"	菅 原 健 (相模中央化学研究所副理事長)
"	安 芸 皎 一 (関東学院大学教授)	"	高 垣 寅 次 郎 (成城大学学長)
"	岡 野 澄 (日本学術振興会常務理事)	"	立 見 辰 雄 (東京大学理学部教授)
"	村 山 雅 美 (国立極地研究所次長)	"	中 部 謙 吉 (大洋漁業K.K.取締役社長)
"	楠 宏 (国立極地研究所教授)	"	永 野 重 雄 (新日本製鉄K.K.取締役相談役名誉 会長)
監事	日 高 信 六 郎 (日本国際連合協会副会長)	"	花 村 仁 八 郎 (経済団体連合会専務理事)
評議員	朝 比 奈 英 三 (北海道大学低温科学研究所長)	"	原 実 (駒沢学園女子短期大学教授)
"	朝 比 奈 菊 雄 (東京薬科大学教授)	"	東 晃 (北海道大学工学部教授)
"	稲 田 清 助 (東京国立博物館々長)	"	広 岡 知 男 (K.K.朝日新聞社取締役社長)
"	今 里 広 記 (日本精工K.K.取締役社長)	"	福 田 繁 (国立科学博物館々長)
"	岩 佐 凱 実 (K.K.富士銀行取締役会長)	"	楨 有 恒 (日本山岳協会会長)
"	上 田 弘 之 (東京芝浦電気K.K.総合研究所 顧問)	"	三 宅 泰 雄 (日本地球化学研究協会理事長)

(日本極地研究振興会維持会御案内)

南極大陸に関しては世界の各国が協力して基地を設けて、連続して観測と調査を行なっております。一方、北極においても南極におとらず研究調査が重要視されており、わが国としても極地に関する本格的な研究体制を整えることが強く要望されております。

財団法人 日本極地研究振興会は

- (1) 極地研究に従事する研究者、研究機関等に対する援助
- (2) 極地研究に関する国際交流の援助
- (3) 極地観測事業その他極地研究の成果等の普及
- (4) その他目的を達するために必要な事業

を目的として設立されたものであります。

この維持会は、この財団の目的、主旨に賛成し、その事業を援助しようとする方々に会員になっていただき、よって極地研究の意義を広く理解していただくというものです。会員には次の特典があります。

- (1) 年2回発行予定の定期刊行物の無料配布
- (2) 財団発行のニュース、その他のインフォメーシ

ョン、地図の無料配布、財団発行の単行本、写真集などの印刷物の割引販売

- (3) 事務室で極地に関する図書、地図などの自由閲覧
- (4) 財団主催の講演会、座談会、映画会、見学会などの優先招待

ご入会は

- (1) 下記の会費を払込んでいただきます。

- | | |
|-----------------|-------------|
| (A) 普通会員 | 年額 1,500 円 |
| (B) 賛助会員(法人) 1口 | 年額 10,000 円 |

- (2) 会費の払込みについて

- (A) 申込手続——所定の維持会員申込書にご記入の上

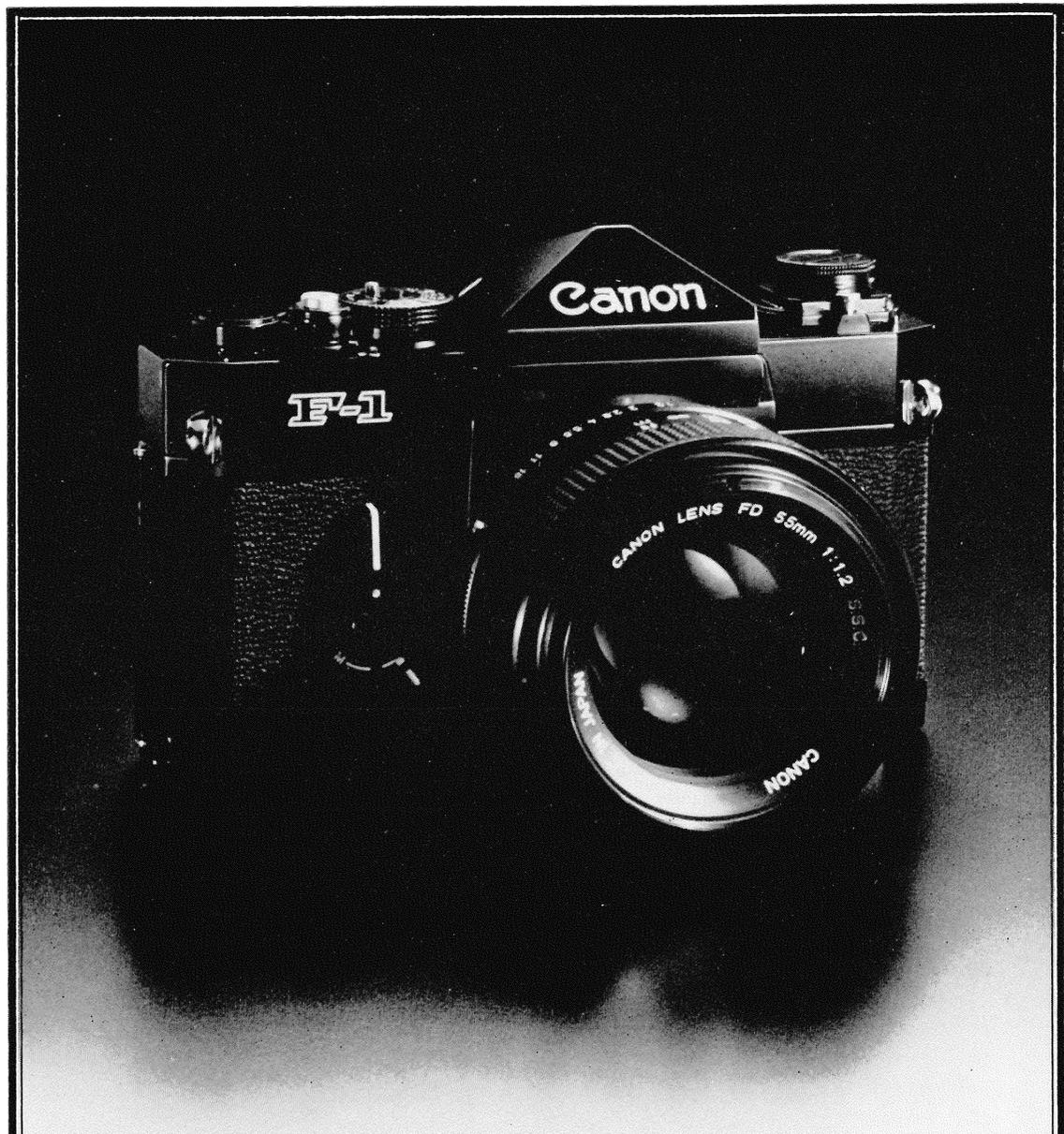
東京都千代田区霞ヶ関三丁目四番二号
日本極地研究振興会 宛ご送付願います。

- (B) 送金方法 財団備付の振替用紙を御利用下さい(振替口座番号 東京 81803 番)

昭和50年1月30日発行

発行所 財団法人 日本極地研究振興会
〒100 東京都千代田区霞ヶ関三丁目四番二号
商工会館内 Tel (581) 1078番

編集兼 鳥 居 鉄 也
発行人
印刷所 株式会社 技 報 堂



黒の超高級機。

映像の世界に着々と実績を築く
 キヤノンF-1システム。その原点
 といえるF-1ボディは、映像時代
 の未来に対処し得る多くの特徴を
 備えています。

— 理想的な中央測光方式の採用。

1/2000秒を誇る高速シャッターの高
 精度維持。FDレンズ群をはじめ
 とする180種を超える全システム
 アクセサリー群との完全互換性の
 達成など。あらゆる映像表現の可
 能性を拓く高性能一眼レフです。

Canon
F-1

ボディのみ 標準価格 ¥ 90,000
 FD50mmF1.4S.S.C.付 ¥ 119,000
 ケース ¥ 6,000 フード ¥ 1,500

カタログ送呈：〒108 東京都港区三田3-11-28 キヤノン販売株式会社 F-1係宛ハガキでお申し込みください。
 キヤノンサロン：〒104 東京都中央区銀座5-9-9 時間=9:30~17:30 休館日=土・日・祭日 TEL(03)571-7389

1万メートルの空に くつろぎを。

日航ジャンボにお乗りになったら、さあ2ドル50セントでイヤホンをお借りください。そして映画を、クラシックから歌謡曲までお好きな音楽を、落語や講談をご自由にお楽しみください。大きなくつろぎを乗せて、アメリカへ、ヨーロッパへ、東南アジアへ、飛んでいます。



世界を結ぶ日本の翼

日本航空



Number 2 Volume 10 January 1975

JAPAN POLAR RESEARCH ASSOCIATION

POLAR NEWS

20

