

No.34

April 15, 1993

Information

特別講演

1992年11月20日(金)・平成4年度臨時総会(名古屋・愛知厚生年金会館)

講師・題目

鳥居 鉄也：「極地開発の現状と展望」

矢内 桂三：「隕石の宝庫・南極大陸」

日本工学アカデミー

THE ENGINEERING ACADEMY OF JAPAN

極地開発の現状と展望

鳥居 鉄也



司会（隅部） きょうは、鳥居先生に「極地開発の現状と展望」、矢内先生に「隕石の宝庫・南極大陸」という演題で特別講演をお願いしたいと思っています。

皆様よくご存じだと思いますが、最初に両先生のご略歴をごく簡単に申し上げておきたいと思います。

まず、鳥居先生ですが、昭和18年に東京帝国大学理学部の化学科をご卒業になりまして、三菱化成工業にご入社になりました。直ちに海軍の技術将校としてご入隊になって、終戦を迎えられたということです。その後は、千葉大学、あるいは千葉工業大学の教授を務められまして、現在財団法人日本極地研究振興会の常務理事をやっておられます。

鳥居先生と申しますと、例の南極の観測ということで皆様よくご存じなわけですが、第1次、2次の隊員、それから4次、8次の越冬隊の隊長をお務めになったわけです。そのほか特筆されることとしては、アメリカ隊へ5回ご参加、それからニュージーランド隊へ16回ご参加、あるいは中華人民共和国の南極観測をご指導になったということで、南極というものについて大変豊富なご経験をお持ちなわけですね。そのほか、南極大陸で新鉱物の第1号を発見された、こういうこともご略歴の中につけ加えるべきかと思うわけです。

今回のこの講演をお願いしたときに、南極とい

1918年 5月	東京生まれ
1943年 9月	東京帝国大学理学部化学科卒業
〃	三菱化成工業(株)入社、海軍技術短期現役入隊
1945年 2月	任 海軍技術大尉
1945年 8月	復員 三菱化成退社、菱華産業(株)大船研究所嘱託
1955年 4月	千葉大学助教授
1955年10月	理学博士（東京大学）
1962年 4月	千葉大学教授
1963年 5月	千葉工業大学教授（1989年 3月退職）
1964年12月	財団法人日本極地研究振興会常務理事、現在に至る
1980年 5月	財団法人日本分析センター理事
1983年10月	〃 顧問
1990年 4月	〃 参与

日本南極地域観測隊参加、第1次・2次隊員、第4次・8次越冬隊長、アメリカ隊へ5回参加、ニュージーランド隊へ16回参加、この間、日米ニュージーランド三国共同の大陸最初の掘削調査（昭和46年から5年間実施）、南極半島視察、ロス海域視察、北極アメリカ氷島基地 ARIS 視察、南極大陸で新鉱物第1号を発見、中華人民共和国の南極観測を指導、等。

南極観測20周年表彰（文部大臣）、地球化学研究協会三宅賞受賞、ソ連科学アカデミー南極大陸発見150周年記念メダル受賞、アメリカ合衆国南極観測参加褒賞メダル受賞、中国科学探検協会名誉会員、日本地球化学会名誉会員、他。

「南極の氷」、「写真集・南極海」他著書多数。

うことでお願いをしていたわけですが、先生がおっしゃいますには、いろいろと考えているうちに、南極だけではどうもいかん、南極も北極も大変いろいろな意味でおもしろいぞということで、きょうの演題にありますように「極地開発」ということについてお話をいただけると、このように承っております。大変興味深いお話が伺えるのではないかと思います。

次に矢内先生ですが、1971年に東北大学大学院の理学研究科をご卒業になりまして、文部省あるいは東北大学の助手等を務められ、以後国立極地研究所でずっと現在までお仕事をしておられます。そのほか、神戸大学、埼玉大学、静岡大学、山形大学、公立大学等の講師をお務めになっているということです。

矢内先生もまた、南極観測というものに大変豊富なご経験をお持ちでして、第9次、15次、20次の隊員、29次の副隊長、越冬副隊長ということをやっておられますし、日米共同研究にも隕石探査

ということですとご協力になっておられます。今申し上げましたように、隕石についての世界の第一人者であられるわけです。南極点到達に対しまして、天皇皇后両陛下から賜杯をお受けになったり、あるいは内閣総理大臣賞顕彰を受けられたということで、南極点到達といった足跡を残されているわけです。

きょうは、そのご専門であります「隕石の宝庫・南極大陸」という演題でこれからお話を伺いたいと思います。

では、鳥居先生、よろしくお願いいたします。
鳥 居 ここ 20～30 年間、とりわけ南極の調査から、現在非常に問題になっておりますオゾン層の破壊問題をはじめ、環境問題に係る情報が色々と得られましたので、南極関係のお話をしようと思ったんですが、考えているうちに、お手元に差し上げましたように、地下鉱物資源と大陸棚にあるエネルギー資源、主としてアメリカの地質調査所が発表した「南極の資源分布図」に加えて、「北極圏の資源分布図」を作成してみましたので、両極についての調査状況と将来の展望ということについてお話ししたいと思います。

地形的な問題から申し上げますと、およそ 1,350 万 km² の南極大陸に対して、北極地域はそれとほぼ等しい 1,400 万 km² の北極海を中心として、その周りにシベリア、アラスカ、カナダ、北欧諸国が接しているわけです。北極・南極が凹凸の関係になっているということはまことに不思議な気も致します。

北極は、米ソの冷戦関係が長く続きまして、第 2 次大戦後つい最近までは、全く秘密の米ソの観測が、主として潜水艦、あるいは 1938 年ごろにパーニンというロシア人が氷の上に乗っかりまして、氷が動くに従って海流調査とか気象調査をはじめた漂流観測が北極海では主として行われてきたわけです。ようやく北極も 4 年ぐらい前から、とりわけ 1987 年、ゴルバチョフが北方開放演説を今のセントペテルスブルクで行って以来、シベリアの北側の航行の自由とか、その他データの発表などが行われて、ロシア北極圏の様子もわかってきたわけです。

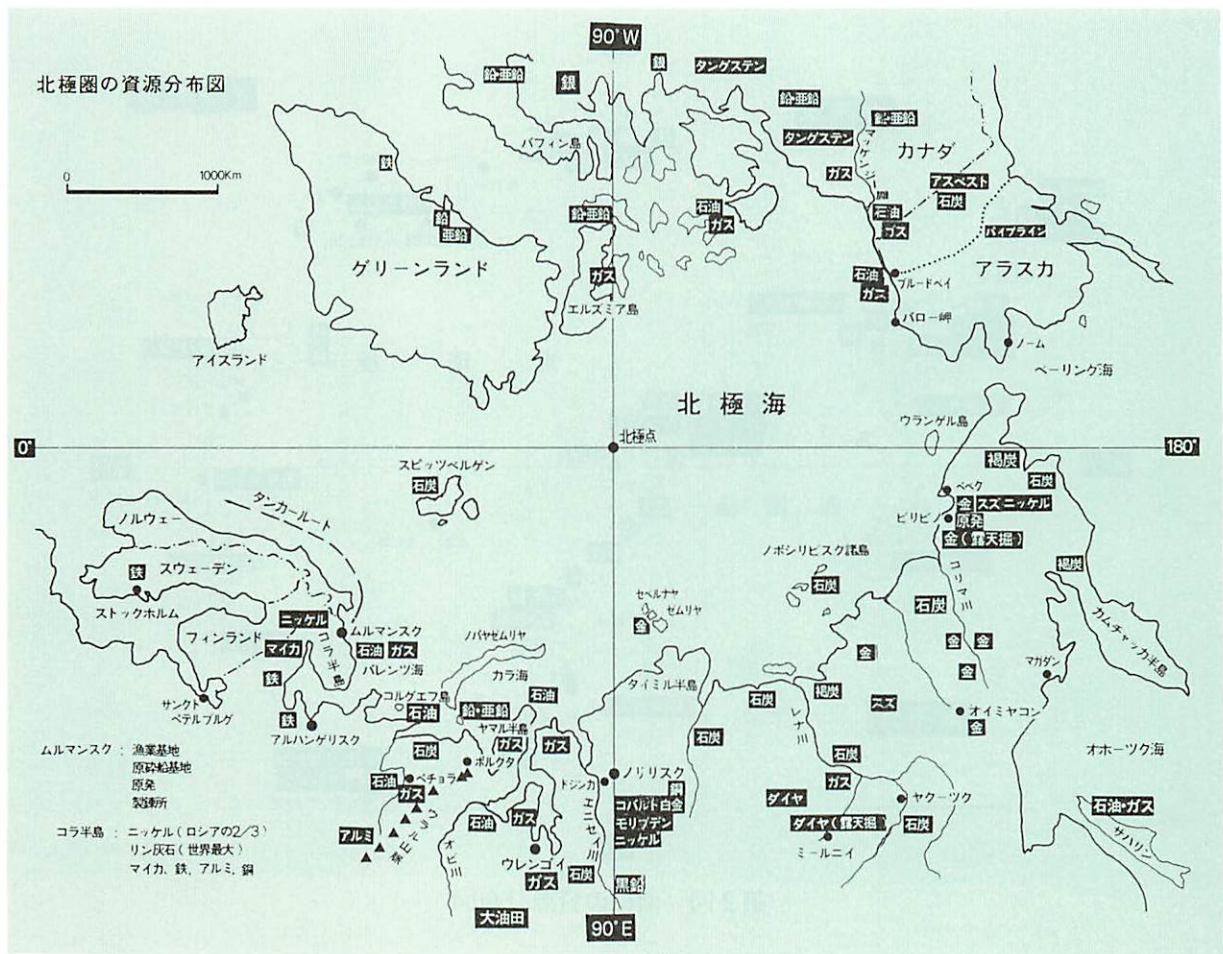
そのなかで我々が非常に驚くことには、ロシア

の環境汚染のやり方が極めて甚だしい。生物の汚染もひどく、スウェーデンあたりへ行きますと、昔はトナカイの肉がごちそうだといって食べたそうですが、この間行った私の友人に聞きますと、ヨーロッパから輸入した牛肉のビーフステーキをごちそうになったそうです。ムルマンスクの近くのパレンツ海とかカラ海には、低レベルか高レベルかわかりませんが、放射性廃棄物のドラム缶が 1 万 1,000 本も、ドラム缶に穴をあけて、海水が入って沈むようにして投棄したとか、原子炉 15 基をこのパレンツ海にほうり込んであるとか、こういう今まで公表しなかったようなことが、今年の 9 月にロシアの人民代議員アンドレー・ゾロトコフからグリーンピースのセミナーで発表されています。チェルノブイリ原発事故は我々よく知っているんですが、それ以上にこういうこともはっきりしてきました。

旧ソ連は、大体東経 90 度、真ん中の線から左側を西シベリア、その右の方、レナ川あたりを含めて東シベリア、カムチャツカの方は極東シベリアという区分をしているそうではありますが（第 1 図）、こういうところの資源の問題も非常にはっきりしてまいりました。これに対して、一部の日本商社その他の投資契約をするなどがスタートしたようです。

ロシアの北極圏には膨大な資源があるようですが、アラスカ大学地球物理研究所長を今務めております赤祖父俊一博士が、いつも来日のたびに私に強調されていることを最後にお伝えして終わりたいと思いますが、果たして将来エネルギー源、あるいはその他地下資源鉱物などを、ロシアを相手にしたらいいのかという問題があるのではないかと考える一人であります。

まず最初に、私が南極観測に第 1 次以来参加して感じたことを申し上げますと、3 つの強い印象を受けております。1957 年の南極国際観測が始まるまでは、南極大陸の万年氷の厚みは推定 600 m と考えられていましたが、現在はその 4 倍、平均 2,400 m もあることがわかりました。その厚い氷というのは全部降雪で涵養されているわけですし、表面は現在の雪であります。深く掘れば掘るほど、100 年前、1,000 年前、1 万年前、10 万年前の



第1図 北極圏の資源分布図

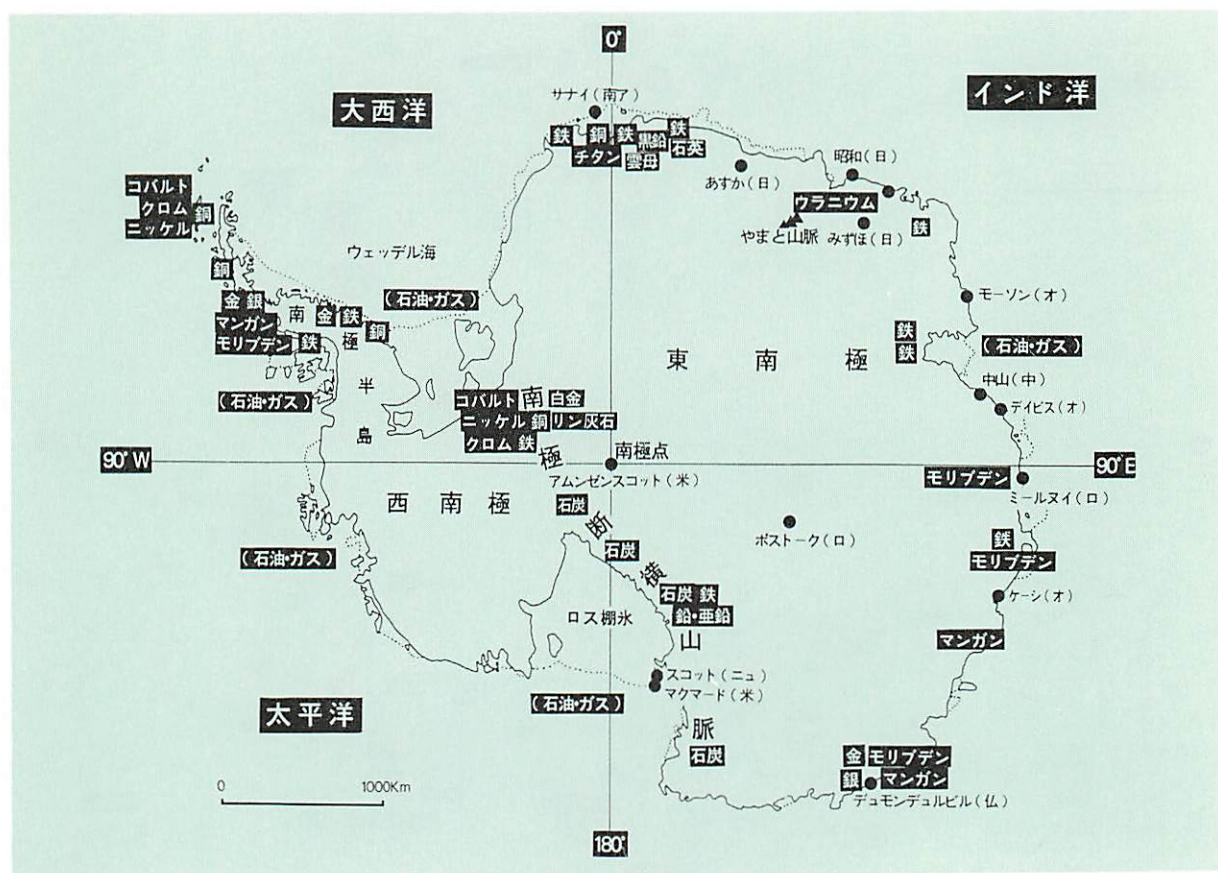
雪が、プレッシャーを受けてかたくなって、氷になったものを我々は入手できるわけです。

南極はご承知のように氷の大陸で、生物は全くいませんから、生態系の吸収という現象が起きません。すなわち、天から降ってきたものは、何であろうとその当時のまま氷の中に埋蔵されているわけです。南極大陸にはこういう天然の、地球の過去を探る万年氷というものが存在します。この氷を1968年に初めてアメリカ隊が、バード基地というところで深層掘削を行って、2,160 mの氷下岩盤にぶつかるところまでの柱状の氷のサンプル、直径10 cmくらいの氷コアを採集して、国際的に研究を始めたわけです。これが非常に貴重な、地球の古環境を知る手がかりになったということが1つ。

その前の年の、1967年12月に、スコット隊が1911年に南極点に向かったときに通ったペアドモア氷河という、長さが100マイルくらいの比較

的大きな氷河付近を調査していたニュージーランド隊の一員が黒いものを見つけて、それを調べたところが、四つ足の脊椎動物の化石であるということがわかりました。アメリカのNSFはそれを非常に重視して、2年後に化石の大調査隊を編成して、南アフリカ共和国やその他の各国の専門家を集めて調査したところ、400以上の脊椎動物の化石の断片、2億年から2億数千万年前の恐竜の先祖のような化石が見つかって、それがもとになって、南極大陸の氷の下には資源があるということがわかって、このような南極の資源マップが現在できるようになったわけです。(第2図)

要するに、今申し上げたような脊椎動物の化石が見つかったり、グロソプテリスという、古生代に最盛期をきわめたシダに似た葉っぱをもつ10 m ぐらいの大木がありますが、そういうものの化石が見つかっております。矢内先生は、それに関連した石炭の化石とか珪化木なども集めておられ



ます。ということから、 Gondwana大陸という、2億年ぐらい前の南半球の各大陸がつながっていたこと、それが、海底が拡大するという現象で現在のような位置に配置されたということ、そういうことが裏づけされるようになりました。いわゆるウェーゲナーの Gondwana大陸説です。

例えて申しますと、この南極マップの右の方はオーストラリアと接しているところに当たります。それから、ウェッデル海という左上の方はアフリカと接しているところがはなれたと解釈すればいいわけです。それをもとにして、コバルト、白金、ニッケル、銅、リン灰石、クロム、鉄鉱石というものペンサコラ山脈にあるデューフェック山塊で見つかりました。こういうことで、次第に南極の資源状況が、化石の発見から明らかになってきたのでした。これが私の2つ目の印象です。

第3は、南極という世界じゅうで一番気温の低い大陸で、12の国でスタートして、初期のころは向坊会長には大変お世話になったわけですが、そういう低温下の、しかも強風の大陸で生活、行動

したということが、人間は零下 50 度、60 度、風が 50 m 吹いても 100 m 吹いても、これだけのものを用意すれば安全に行動できるという自信を持ったこと。それに備えての設営工学一衣食住、機械、建物、こういうものを含めた寒冷地用の機材も非常に進歩して、人類の寒冷地進出の自信を植えつけたということが、この 35 年間の南極観測に関連して、非常に大きなメリットとなっていることです。

私どもの財団は、茅誠司先生とご相談して、日本が南極観測をやめました一時期がございますが、その時に設立しました。民間の諸企業のドネーションで我々の財団は運営しているわけですが、年2回「極地」という本を出しております。きょう皆様のお手元に26号をお渡ししていると思います。茅先生が、戦後10年もたたない敗戦後、経済復興も十分でないときに、国際南極観測に日本が参加しようというときのご苦勞の話が一節載っております。ぜひそれを読んでいただきたいと思って、お手元に差し上げましたので、茅先生の

ところだけでも結構ですから、ご参考にごらんいただきたいと思います。

私は、お亡くなりになるまで、理事長として先生にお仕えて、先生の当時の卓見と申しますか、考え方、判断力、決断力、あの当時それだけやったおかげで、現在日本が極地の行動において、諸外国に比べて一流の力を持つようになったということを改めて認識するとともに、先生の見事な、ご立派な行動に感謝しているわけでありませう。

現在、地球が暖かくなるという意見がございませうが、一体地球は暖まっていくのか、寒くなっていくのか、これは非常に興味のあることです。最近の火山の活動状況を見てみますと、大体大噴火がございませうと、地球の温度はおよそ0.3度くらい下がるという記録が出ているということ。火山ガスというのは、火山の種類によって違いますが、水蒸気が90%くらい噴出するような噴火もございませうし、塩酸と、硫黄の酸化物のSO₂が6対1くらいの割合で出ているという噴火もございませうて、いろいろ多岐にわたるようです。

ちなみに、昨年から今にわたるまで噴火が続いている雲仙を例にとりますと、雲仙の火口からは毎日200tのSO₂ガスが噴出しているわけですね。また、1980年のアメリカのセントヘレンズ山の爆発は今世紀有名です。さらに、例のフィリピンのピナツボ火山、これはSO₂を1日に何と5,000t大気放出しているわけですね。阿蘇山だとか有珠山、桜島。桜島はかなり悪いことをしておりまして、桜島に例をとりますと、今から11年前の81年には水蒸気を1日に1万5,000t、CO₂を2,000t、SO₂を2,000tと、最近の相関スペクトロメーターという機械で火山の観測をやっている方々に話を聞きますと、想像以上の火山噴出物が自然界でも発生している。それに輪をかけて、人間活動によって窒素の酸化物、二酸化炭素だとかメタンガス、そういうものとともに、フロンガスがまた放出されているのであります。

私は、気象庁のオゾン室長に1週間くらい前に電話しました。オゾン層の研究は、ことしは昭和基地あたりはひどく減少しておりますから、解析をやっているらしいです。これは一般論ですが、やはり火山との結びつけ、こういうほかの分野と

の結びつけの研究というものをしなくちゃいけないような気がして問い合わせした訳です。自然界の地球50億年近くの間繰り返されてきた現象が、わずか20~30年の間の人間活動による放出とどういう絡み合いがあるのか、知りたくて質問した訳ですが、まだまだわからない事も多いということでした。もちろん、オゾン層を破壊するフロンガスの使用をやめるとか、森林伐採を抑えるとか、こういうことは当然大切なことですが、自然界自体がかなり太陽の入射光を防いで寒くしたり、あるいは1日5,000tぐらいのSO₂ガスを放出するような大火山があると、対流圏を突破して成層圏まで行くわけですね。

南極の上空でオゾンが減るというのは、冬の寒い太陽の当たらない暗いときに、極渦という渦ができて、その気温が-90度くらいになります。そこでフロンガスからクロール原子が飛び出して、オゾンと反応してオゾンを破壊するということですが、火山の膨大な放出がございませうと、硫酸のエアロゾルは氷晶のような形になると思うんですが、そういうものがどういう働きをするか、私自身よくわかりませんが、知りたいものだと思っています。

いずれにしても、自然界の自然発生的なものとならぬ人為的なもの、これが非常に複雑で、まだわからない点が多々ある。現在私たちのまだまだ知らない科学的な現象が自然界にはあるのではないかと考えています。

話がそれましたが、簡単に極地の資源についてふれます。北極圏では何と云っても、バレンツ海というところは冬でも凍らない、1年中開水面のところですね。ムルマンスクはロシアの北方艦隊の根拠地で、不凍港です。この海域以外は皆年間氷が詰まっております。とりわけ今年は、東シベリア付近への船さえ通らないくらい氷状が悪くて、野菜を初め燃料の輸送ができなくて、金を掘っているようなビリビノ付近の住民は一体どうなるかということも騒がれているそうです。魚はバレンツ海付近しかとれない。あとはレナ川だとかオビ川だとかエニセイ川の河口付近とか川の中ですとという状態だそうであります。南極と同じように、冷たい海域は、冷水と温かい水との上下の混合が

激しいので、植物性プランクトンが非常に豊富です。それで、魚が非常に豊富であります。

次に、石油、天然ガスです。昔は、北極圏にはエネルギー資源などはないんじゃないかと言われてた時代もあったようです。最初にスピッツベルゲンの石炭などが利用され始めましたが、1950年代からは石油、天然ガスの探査と開発が北極圏で非常に活発となりました。アメリカから申し上げますと、アラスカのノーススロープの石油は1968年に発見されて、1977年パイプラインがアンカレッジの近くまで1,000 kmも敷設されて、全米の25%を供給しております。

特に最近では、プルドーベイ、ノーススロープの付近はもちろんのこと、カナダ側のマッケンジー川の方に膨大な量があると言われており、マッケンジー川河口付近には280兆バレルの石油があるということも一部では言われておりますし、プルドーベイあたりは5兆バレルという大きな数字の石油埋蔵が言われております。もちろん天然ガスもございます。

ロシアについても石油天然ガスは多く、オビ川近くにチュメニ石油という名前でも知られておりますが、膨大な石油がここでとれております。この石油は全部、オビ川から河口までタンカーで行って、バレンツ海は不凍ですから、ずっとタンカーでヨーロッパに運んでおります。

ここで一番興味があるのが、90度E(第1図)と書いた横にウレンゴイという地名がございますが、ご承知のとおり、ここからパイプラインがヨーロッパ、トルコ、フランス、ローマ、ドイツまで行っております。このパイプラインは、1983年アメリカのレーガンがこのパイプライン敷設に大反対したといういきさつがございます。戦争がおり、パイプをとめられたら困るということで反対したのかどうか知りませんが、口径が1 m 40 cmという油送パイプが6本ヨーロッパに向かって敷設されております。ヨーロッパがかなりこの付近の天然ガスを利用しているということだけで、きょうはお話を終わりたいと思います。

次に、スウェーデン、ノルウェーも、ともにロシアと共同してグリーンランドで掘削をやったり、あるいはバレンツ海で海底の掘削をやっております。

陸上のガス、石油がなくなれば、海底へ向かうというのが鉄則ですから、そういうことも始めておりますが、いまだ探査に成功しておりません。

ご承知の方もおられると思うんですが、非常に興味のあることをご紹介します。シリヤン・リングの超深層掘削です。今お話ししているのは、北緯60度以北を中心にしてこの地図を書いてございますが、ストックホルムの北西300 kmぐらいのところに3億6,000万年ぐらい前という大昔に大隕石が落下したクレーターがございます。直径が約40 kmといたしますから、物すごく大きなクレーターです。これは、子供でもわかるような話になりますが、非常に大きな隕石がそこに落ちたから、そこでは地殻にたくさんのひびが入っているだろう。ひびが入ったところから深く掘れば、天然ガスが出るだろう。コーネル大学の天文学者でゴールド教授—石油の無機生因説を唱えられている方ですが—このゴールド教授ご指導のもとに、自分の実験になるというわけで、スウェーデンに乗り込んで、スウェーデン政府が1つの民間組織の会社をつくって、ただいま約6,500 mばかり超深層掘削とっていいんでしょうか、7,500 mまでをターゲットにして掘っております。もう既に約6,000 mぐらいで天然ガス、メタンガスを11 tぐらい採取しております。

この話をなぜしたかと申しますと、ことしの4月下旬ごろスウェーデン大使館から話を聞きに来いというわけで、行きましたら、ビデオから始まって、このゴールド教授の話、それからスウェーデンの会社の社長さんの話がありました。結論は、金が足りないから、日本に24億くらい出してもらえんかと民間の石油会社の方にお願ひしに来たんだということで、説明会がございました。後でまたメタンハイドレードという話をご紹介しますが、これと関連して、今そういうことも行われていることを申し上げます。

石炭はウラル山脈の北が有名ですが、スピッツベルゲン、アラスカ、カナダにもあります。地下鉱物資源を含めて、アラスカ、カナダあたりはまだ国内の場所のいいところに豊富にあるものですから、北極域の開発は少しおくられているようです。

ロシアの地下鉱物資源というと、私にはやはり

公害問題が先ず浮かびます。ムルマンスクのすぐ近くのコラ半島ではロシア全体の3分の2のニッケルを産出しますし、燐灰石、これは世界最大です。マイカ、鉄、アルミニウム、銅、鉄なども多く、ここには各種のコンビナートがありますが、この公害対策が極めて悪いので有名です。

コラ半島には発電所がたくさんありますが、164万KWくらいの原発もあって、現在も100万KWの原発を2基増設中という情報も入っております。各精錬所からの公害がひどくて、ロシアが自分で苦しむならいいけれども、付近のノルウェーとかフィンランドが困っております。一昨年両国が、1億ドルソ連に出すから、脱硫装置をつけてくれと申し出ましたが、あと5年かからないと、企業としてノルマを果たせないのとめるわけにいかん、金をもっとくれるなら考えようということで、実現しませんでした。コラ半島付近、海の中に放射性廃棄物を捨てるのはもちろんのこと、ソ連はこの辺では大変評判が悪いことをちょっと申し上げておきます。

この北極の資源地図(第1図)で、右の方のセクターで、コリマ川の源流の方は金が物すごくあるんです。ビリビノという原発のある付近も露天掘りをやっているようでして、露天掘りをやって、ある深さになるとやめてしまって、隣へ行って掘っている。もしも昔のアメリカのゴールドラッシュ時代の思想でいけば、そこへ行って掘れば、幾らでもとれるんだそうであります。寒いところでもありますから、その程度でどんどん表面だけとっているという状況とのことです。

さて私は、観光を資源ということで入れましたが、観光というのは極地域の資源と考えてもいいかと思っております。ソ連の原子力砕氷船、今まで8隻ありまして、9隻目を今建造中であります。廃船になったレーニン号を除きまして、今一体何をやっているかという、1人大体600万ぐらいのお金を出して、ヨーロッパの観光客を原子力砕氷船で北極点の見学に連れて行って、外貨稼ぎをやっているという、まことにおもしろいような話を聞いております。

それと同時に、アメリカは原子力船は持っておりますが、原子力砕氷船を持っていないというこ

と、これは私、非常に意外に思っております。

南極に移りますと、水産資源と申しましたら、鯨にかわって最近オキアミが注目されておりますが、良質なたんぱく源を我々に与えてくれるものとして注目してよいかと思えます。鯨をとっていた日本の会社が南氷洋に行きまして、これを1年間に大体6万tから7万tとっているのが実績です。大体鯨がこのオキアミを1年間に1億5,000万t、アザラシが6,000万t消費しているようです。

ところが、オキアミをとりに参りまして、苦情が出たことがございます。どういう苦情かと申しますと、南極条約ができまして、南極に領土権を主張する国は全部棚上げと言うことで、条約が規制しております。そういうことを言っているオーストラリアあたりが、南極の、自分がかつて主張している領土地域沿岸から沖200海里は、オキアミ採集に船が来てはいけなと反対したのでした。まことに支離滅裂ですが、公式な南極科学委員会というところで出されたのです。地下資源の問題を含めて、南極に資源が見つかった1970年代から後は、いろんな意味で、そういう過去に領土権を主張した国、眠っている子供の目を覚ましたという表現になりますか、何か刺激しているような状態であるということをお伝えしておきます。

南極の地質の状態は、矢内さんに話していただいた方がいいわけですが、第1次越冬隊の西堀さんが帰られたときも、ウラニウムを昭和基地から持って帰っておりますし、南極には先ほど申し上げたようなアフリカにあるようなものもあります(第2図)。右側のオーストラリアに接した氷下、大陸沿岸あたりには、ソ連が飛行機を飛ばして、空中磁気探査によって、このセクターだけで鉄鉱石が200億tあるという発表もして、地下鉱物資源も大変豊富であるということになっております。

と同時に、エネルギーの方は、南極横断山脈という大山脈がウェッデル海からロス海に向かって走っておりますが、ここには石炭の露頭が存在しています。また、西南極大陸には金、銀、マンガ、ン、モリブデン、その他いろいろあるわけです。とりわけアメリカの地質調査所の発表によりますと、左側の太平洋側の大陸棚だけで、石油、天然

ガスがそれぞれございまして、石油が450 億バレル、ガスが3.3 兆m³、ウェッデル海、ロス海でも深層掘削を船上からやって天然ガスが存在するという報告も出ております。

ついでに申し上げますが、通産省が1982 年前後から白嶺丸という船を南極海周辺の海底調査に出しております。これは甚だ残念なことです、地球物理探査に興味を持っている外国の連中の参加を全部排除して、日本人だけがやるので、いろいろ非難を受けております。ところが、数年前に、ウェッデル海へ白嶺丸が海底調査に行きましたら、何とそれから半年後に東京のイギリス大使館から外務省を通じて、ウェッデル海に無断で入ってくるとは何事かという公式抗議書が参りました。これはどういうことかという、ウェッデル海を含んだこの南極の0 度から90 度Wのところ（第2 図）は、イギリスが領土権を主張しているセクターでして、条約で棚上げしているんですが、海底調査に行っただけでそういう抗議が来るということもご紹介しておきます。

白嶺丸調査は通産省がもつて、石油公団がやっているわけですが、南極という国際協力でやっている場に、とりわけ南緯60 度以南は南極条約の適用範囲内です、各国行動するときには、情報を交換するというのが一条入っておりますが、こういうことをもうちょっとできるように、日本の南極観測の体制をもうちょっと考え直さなくちゃいけないんじゃないかという気も致します。

いろいろ地下鉱物資源、エネルギー資源があるということだけを申し上げましたが、南極地域も北と同じように観光も活発です。

つぎに、私は、南極から地球環境の変遷がいろいろとわかったようなデータをここに並べてみました。先ほど申し上げましたように、昔からの氷が積もっている。昔は、数百万年ぐらい前から積もり出したんじゃないかなと言っていたんですが、最近では、大体5,000 万年ぐらい前から根雪ができたような話も我々は聞いております。そんな古い雪はもうなくなってしまっていると思います。

なぜかと申しますと、第1 表で左側に、大陸氷の下層に融氷水というのを書いてあります。右側がソ連のバルジンの報告で、左側がアメリカのオ

表1 南極大陸氷の質量収支

	Loewe (1966)		BardIn (1966)	
流 入	降雪量	1,900 km ³ (Gt)	2,420 km ³ (Gt)	
流 出	融水, 蒸発	10	} 1,800	} 1,450 km ³
	氷 床	50		
	氷 河	520		
	棚 氷	880		
	棚氷, 氷舌の下部融水	200		
	大陸氷の下層部融水	—	250	20

ハイオ大学のレーヴェ博士の発表で、南極の氷がふえるか減るかという水収支です。流入は雪の降る量、1,900 Gt、大体1 兆9,000 億t とレーヴェ博士は推定しています。ソ連は2 兆を超しております。流出というのは、表面からの蒸発とか沿岸から張り出した氷がおこちて氷山になりますが、それでなくなる氷です。これを両方とも合わせてみたら、流出の方は降雪量よりも少ない。アメリカ側の例をとりますと、流入が1 兆9,000 億t に対して流出が1 兆7,000 億t ぐらいだから、大陸氷はふえている。これは66 年の太平洋会議のときの結果ですが、その後こういうことについての新しい資料がないので、これをご紹介しました。

ここで、ソ連のバルジン博士が大陸氷下には地下水があるという考え方をしております。氷下というのは非常に冷たいわけですが、氷は中央部から海岸に向かって移動しております。低い方へ向かって中央部から徐々に移動する。摩擦熱で氷が解けるのか、まことに興味のあることですが、私、地球化学でいろいろ調べている男の1 人として、この地下水をぜひ1 回とって分析してみたいという気持ちは大いにあるんです。それらしいものをはっきりキャッチしたことはございませんが、西南極にあるアメリカのバード基地というところで2,160 m の掘削を行ったわけです。そのときに、掘削の先端が岩盤にぶつかったときに、氷下の水が60 m 上昇したというレポートが出ております。やはり大陸氷の下には水の層がある。これはまことに興味のあることです。南極の氷については、まだまだ興味のあることが多いわけです。

要するに、こういうところで私ども化学屋がやることは、掘削した氷コアを解かして、水素と酸素の同位体比を測って、それを利用して昔から現在までの地球の気温の変動、また降雪が固まった

ときにその当時のガスを氷の中に含んでいるものですから、注射針で引き抜いて、ガス分析ができるわけです。そういう分析の結果、氷期は200万年ぐらい前から地球上にあったわけですが、最後の氷期、大体7万5,000年から1万1,000年ぐらいまでの間にずっと波があることがわかって、一番寒いのは、現在の地球の平均気温よりも7度低かったという報告も出ております。

それともう1つ、ソ連がポストーク基地で氷の深層掘削を行っておりますが、そこでフランスのロリウスその他雪氷学者が測定した報告もございます。これによると、間氷期と氷期に分かれるわけですが、氷期のころにはCO₂が少ない。暖かい時期のものと推定される氷にはCO₂が多い。このように、炭酸ガスと地球の気温とのパラレルなデータも最近発表されているのをご紹介しておきます。大陸の厚い氷は、そういう地球環境の過去の気候状態を知ることにも役立っております。

私、第8次越冬隊で行きますときに、途中から隊長になれと言われて、予算も何もないときに行きました。私の先輩の故三宅泰雄先生が「鳥居さん、CO₂をはかってもらっちゃい」というので、ベックマンの機械を買おうと思ったら、180万円。ベックマンの会社へ行って、「帰ってきたら金を払うから」と社長にお願いして、持ってまいりました。おかげで第8次越冬隊から現在まで昭和基地で大気中のCO₂をはかっておりますが、その1967年に私が参りましたときの大気中のCO₂は322という数字でした。パーセントでいいますと0.0322%、322 ppmです。現在昭和基地で測定している大気中の二酸化炭素含有量は355 ppmですから、1年間に大体1.2~1.4 ppmぐらい増加しているという結果が私どもの観測で出ております。こういう結果とともに、200 ppmという低いものも、過去の氷期にはあったということもわかっております。

鉛の問題ですが、室蘭工業大学の室住正世先生がアメリカのカリフォルニア工科大学のパタソンという先生のところへ留学しているときに、共同でグリーンランドの掘削した氷のコアを分析して、予備知識を得て、先ほど申し上げたバード基地の

氷の試料で鉛のデータを測りました。極めてはっきりしていることは、1700年以前の氷の中の鉛含有量はほとんど水平ですけれども、1760年、いわゆる産業革命が起きて、石炭を燃やし始めたところからずっとカーブが上がってきまして、とりわけ1923~1924年ころの氷中からは、急カーブで上がってきている。すなわち、アンチノック剤で4エチル鉛を人類が使い出したところから、大気中への鉛の放出のされ方がひどい。パタソンはそれをカリフォルニア州に訴えまして、アメリカのカリフォルニア州が真っ先に、無鉛ガソリンを使えという法律をつくったかと記憶しておりますが、南極の氷の試料から得られている環境問題に警告した1つの例です。

それから、ペンギン、アザラシ、氷はもちろんですが、DDTとかHCBのような農薬関係、それからまたPCBのような有機物が全部出てまいります。DDTなどは67~68年ごろに、南半球のニュージーランド、オーストラリアでは使用禁止、我々もやめるということになっておりますが、アフリカではまだ使っている。それを作ってアフリカに売っている国もあるということも、また考えさせられるわけです。

オゾン問題は余りにも有名で、実は、成層圏のオゾンが減ったというのを初めて確認したのは日本隊でして、1982年、越冬隊の気象の方が見つけたわけです。機械の故障じゃないか、そういうことを気にして、発表をちゅうちょしているところを、イギリス南極局の方がそういう発表を「ネーチャー」に85年に出してしまっ、イギリス人がオゾンディブリーションを最初に見つけたということになっております。おもしろいことには、そういうことを知ったせいかどうか知りませんが、オーストラリアの科学者は、1982年に日本がオゾンの減少を見つけたという論文を後で出しておりますが、自分たちの論文に、イギリスの論文を引用しないで、日本のデータを引用していることがあるのを最近知りました。

ここで私は、極地の開発にふれたいと思いますが、今後一体どうなるかということです。予想されることとしては、北極飛行と同じように、南極大陸の上を飛ばば、南米あたりは今の6割くらい

の所要時間と所要経費で飛べるということははっきりしておりますし、商業機のパンナムあたり、57年にスチュワーデスがハイヒールでアメリカの一番大きなマクマード基地の氷の上に立ったという記録もございます。現にアメリカ隊は、毎年9月から2月の末まで毎日のようにC-130という輸送機を往復させております。私どもそれを利用していただいて、ロス海の方には往復してきましたわけです。

こういう南極の開発とともに、北西航路と北東航路という話を先ほどもしましたが、ヨーロッパから太平洋へ来るのに、グリーンランドからカナダの沖合、アラスカの沖合を通ってくるのを、ノースウエストパッセージと言っております。これは、大陸棚が非常に浅くて、大体40mぐらいしかない。したがって、ブルドーベイでおわかりのように、あそこには大陸棚で石油を掘ったりしているわけです。これに反して、北東航路というのは開発の余地があって、何とか通年、ヨーロッパの方からシベリアの沖合を通って、ベーリング海峡を抜けるという、特殊な砕氷船でなくても行動ができるようにならないだろうかという気がいたします。

2番目に、極地の抱える問題点として、条約関係の問題、そしてその条約に対して、資源が見つかったことに対して、いろいろな意見が出ているということ。この中で、オキアミとかフォークランド紛争とか、非条約加盟国、今40の国が南極条約を批准しておりますが、世界160近くの国の中の4分の1です。したがって、マレーシアとかアンチグアパプーダという小さな地中海の島の独立国、こういう国は、南極条約というものはけしからんじゃないか、南極は、今南極に行っている国が独占していて、人類共通の地球上に残された自然と環境、資源、これを利用するという思想に相反しないか。国連がこれを管理しろということで、83年から毎年国連総会に出されております。

アメリカというのは非常におもしろい国で、これに伴って85年の1月に、「それでは、皆さんどうぞ」といって、南カリフォルニア大学のザンバークという学長—南極関係をやった地質学者ですが、全国連加盟国に「ニュージーランドのクライスト

チャーチまで来たら、アメリカ隊が全部飛行機を用意して、2週間南極の現地のご案内と、そこで1つのシンポジウムを開きましょう」というわけで、56ぐらいそのとき参加いたしました。ロス海奥にはアメリカは立派なマクマードという基地があるんですが、そういうところへその飛行機をおろさないで、ベアドモア氷河の近くに特別キャンプをつくって、そこへ全員を缶詰にして、南極の自然とかその他のレクチャーをする。みんな寒いですから、口も閉じてしまって、現地を見て、いかに南極は苦しいかを体験して帰ったということです。

残念ながら私はそのとき、南極からニュージーランドへ着いた日で、アメリカの代表から、「日本は南極観測の最初からの加盟国でありながら、1人もこの会に代表を出さない。日本の外務省の来るといふ人も来ていないじゃないか。おまえがかわりに行け」といって、怒られたことを記憶しております。そういうところが、日本はちょっと下手だなという気もいたしております。

北極については、ことしの2月11日に、日本は資源衛星ふよう1号、JERS-1という衛星を飛ばしました。今アラスカ大学に高性能受信機があるんですが、そこへ日本人がだれも来ないといって、赤祖父先生は嘆いておられるわけです。資源衛星からのデータを解析する人も、なぜ日本人が来てやらないかということも承っております。

終わりに私は、南極の調査で一番感ずることは、やはり今後の開発には、永久凍土（パーマフロスト）、こういう凍っている大地にパイプラインを1つつくって、例えば先ほどのロシアのウレンゴイからヨーロッパへ行くパイプラインを敷設しただけで、ツンドラ地帯の氷が解けてぬかるみができ、トナカイが死んで減少している。そういうこともあって、今後資源を利用するとしたら、永久凍土の研究、それから海水の浮かんでいるところにおける航行を含めた研究、海水工学とか永久凍土の研究は非常に大事であるということを私は強調しておきたいと思います。

と同時に、南極観測が教えてくれたのは、あの人類が行けない、住めないと言われた南極も、国際協力によって初めて解明されたということ。そ

の結果、付随的に低温下の設営工学というものが非常に発達したということです。将来は、極地の開発もあると思いますので、以上申し上げておきます。

ちょっとお時間をいただきまして、私はこの機会に、赤祖父さんがしょっちゅう私に言われていることを読ませていただきます。

日本のエネルギー確保についての赤祖父私案。

ソ連の崩壊、冷戦の終結、中近東の不安定と、世界は大きく変動しております。したがって、現在の世界情勢、現在の価格算出だけで、日本の将来のエネルギー源、すなわち日本の将来そのものについて判断していいだろうか。日米の相互協調関係は、混乱とジレンマのため、見失ってはならない。そのためには、日本もイニシアチブをとって進める事業がはっきりとあるのではなかろうか。湾岸戦争のため日本が出した金額で、アラスカに第2のパイプラインはもう完全に引けるような状態である。エネルギー源として、不安定な中近東やロシアだけに頼ることなく、日本がアメリカ側に働きかけて、アラスカ、カナダのエネルギー源開発を事業の1つとしてせび考えていただきたい。

そのためには、厳しい環境のもとで行われるから、環境の基本的問題を無視して、後で高価な代償を払ったり挫折することがないように、環境アセスメントを十分に研究してもらいたい。

以上のようなことで、ぜひ日米の政府間協議で、アメリカに第2のパンプライン、今アメリカは第1のパイプラインに並行してやろうとしているそうですが、それを避けて、ベーリング海の方に向けたセットをしたらどうかという考えもある事をご紹介いたしました。

最後に、先ほどメタンハイドレードの話をしていましたが、これは、ことし8月20日の朝日新聞にも出ましたし、それから「今日のソ連」というので、大分前にも出たことですが、メタンハイドレードメタンの水和物でしょうか、これが非常に寒い北極圏、南極圏に豊富にある。日本の通産とか東京ガス等でも調べ始めたそうですが、もしもこれを人類が完全にうまく利用できるのであれば、エネルギー資源としてはまだ1,000年ぐらい石油系統のものとして使えるんじゃないだろうかという、甚だ大きな話で終わりたいと思います。(拍手)

隕石の宝庫・南極大陸

矢内 桂三



矢内 早速始めたいと思います。結論からいうと、南極大陸は隕石の宝庫です。南極を隕石の宝庫にしたのが日本南極観測隊の力ではなかったかと思っています。

隕石の探査は、決してアカデミックなことではなくて、命がけでやる肉体労働です。実際隕石探査がどのように実施されてきたか、OHPとスライドを使ってお話ししたいと思います。

プリントにも書きましたが、図1の丸印のついている所が隕石の採集された場所です。昭和基地の南側に5, 13, 21, という番号がありますが、きょ

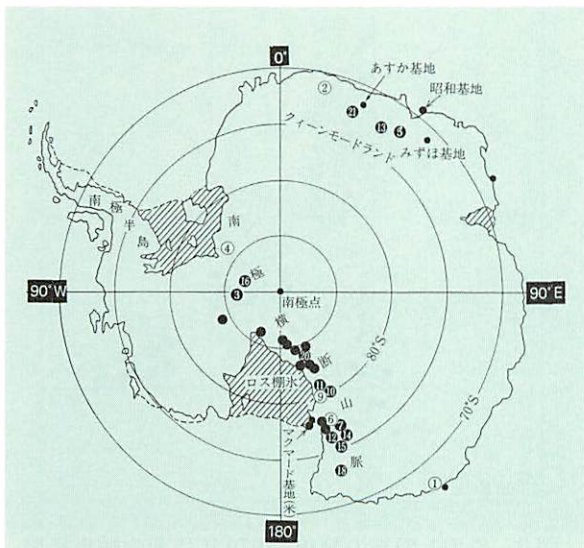


図1. 南極隕石の採集地点。⑤やまと山脈、⑦アランヒルズ、⑩ベルドモア氷河、⑫セールロンダーネ山脈

- | | |
|----------|--------------------------------|
| 1941年7月 | 福島県生まれ |
| 1964年 | 秋田大学鉱山学部卒業 |
| 1971年 | 東北大学大学院理学研究科博士課程修了(理学博士) |
| 1967-69年 | 文部省大学学術局国際学術課文部技官 |
| 1973-75年 | 東北大学理学部助手 |
| 1975-77年 | 国立極地研究所助手、南極隕石キュレーター |
| 1977年 | 国立極地研究所助教授、南極隕石キュレーター(現在に至る) |
| 1984年 | 神戸大学理学部講師 |
| 1986-87年 | 埼玉大学教育学部講師 |
| 1986年 | 静岡大学理学部講師 |
| 1990年 | 山形大学理学部講師、神戸大学理学部講師、気象大学校非常勤講師 |
| 1991年 | 高知大学理学部講師 |

第9次・15次・20次南極地域観測隊越冬隊員(昭和基地)、第29次南極観測隊副隊長兼越冬副隊長(あすか隊長)、1976-77及び1977-78日米共同南極隕石探査計画日本代表(米国基地)、1986-87米国南極隕石探査メンバー(米国基地)。

う紹介するのは主にこの5番, 21番で、我々日本隊が活躍している地域です。日本の基地と反対側にたくさん印がありますが、これはアメリカ隊が中心になって隕石探査を実施している場所です。

こういうふうに山脈が伸びていますが、ここに山脈があるということは、隕石が集まっていることと深い関係があります。5番はやまと山脈という、鳥居先生が初めて陸上から到達された山脈です。番号は発見した順になっていますが、ここには1番から21番まで示してあります。最近はこちらが増えて、30カ所ぐらいから発見されているようです。

図2は横軸に隕石採集の年度、縦軸に発見個数を書いてあります。*印をつけたのは私が探査に参加したときです。南極から最初に隕石が発見されたのはアムンゼンやスコットが南極点一番乗りを争っていた時代です。南極隕石第1号は1912年オーストラリア隊が南磁極を探査したときに発見したコンドライトという隕石です。

本格的な隕石の発見は1974年、日本隊でいいますと第15次の南極観測のときです。そのときに大量に隕石が発見され、一体どうして沢山隕石が見つかるのか大きな話題になりました。当時

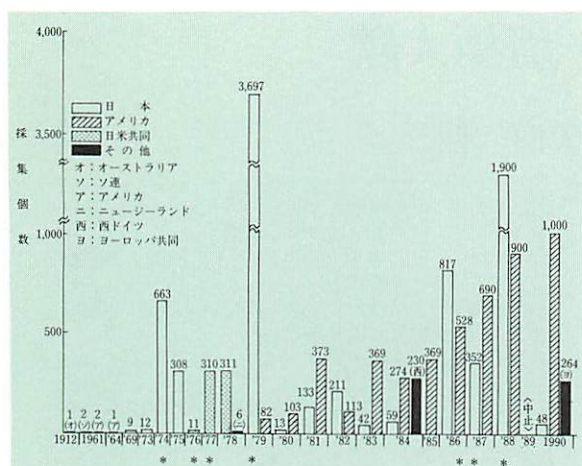


図2. 年度別国別隕石採集数。採集年度は例えば1990は1990年6月22日—1991年6月21日間に採集された隕石総数を示す。

—今も同じなんです、日本に落下して発見された隕石は30個ぐらいしかありませんでした。それが、2週間ほどで663個も見つけました。これは膨大な数です。当時世界の隕石総個数ですら、2,500個ぐらいでしたから、その何割かが一度に見つかったので、大変な話題になったわけです。

それから本格的に隕石探査が開始され、最初は日本隊が中心に、1976年から3年間はアメリカ隊と日本隊が共同でアメリカ基地付近で探査を行いました。そのころ鳥居先生は毎年マクマード基地に行っておられましたので、僕も一緒にする機会がありました。最初の年の成果は11個と少なかったんですが、最も大きいのは400kgもありまして、非常にいい成果でした。アメリカも隕石探査に力をいれてくれまして、3年間で600個以上も見つけることができました。

その後は、日本とアメリカは別々に隕石探査を行っています。1979年私はやまと山脈で本格的な探査を行い、3,700個も発見しました。1日に何百個も見つかることがあったわけです。それは隕石が集まっている場所を予測して、そこを探査し、見つけたわけです。同じ年、アメリカ隊はぼちぼちだったんですが、それ以後もアメリカ隊は毎年隕石探査を続け大きな成果を上げています。

私が最後に隕石探査を行ったのが1988年です。恐らくこれが最後だと思うんですが、この時2,000個以上発見しました。きょうは、主に1979

年と1988年のときの隕石探査を紹介したいと思います。

現在までに採集された南極隕石の総数は1万4,000個くらい、そのうち日本が約9,000個持っていますので、一応世界一ということになっています。持っていてうまく使わないと……。

図3がやまと山脈の隕石の分布です。この距離は10kmです。基岩付近にもものすごくたくさん隕石が集まっているのが分かります。特に山脈の近くに多いのが分かります。図3で見るとたくさんあるようですが、実際の探査はなかなか寒くてかきません。気温が-30度ぐらい、非常に風の強い所でやるので、外にいるのは大体1時間ぐらいがいいところです。

なぜ隕石がこのようなにたくさん集まるのか1つのモデルを考えました。そのモデルを基に本格的な隕石探査を実施したわけです。これもプリント(図4)にあります、南極大陸をばっさり切ったところと考えて下さい。鳥居先生のお話にもあ

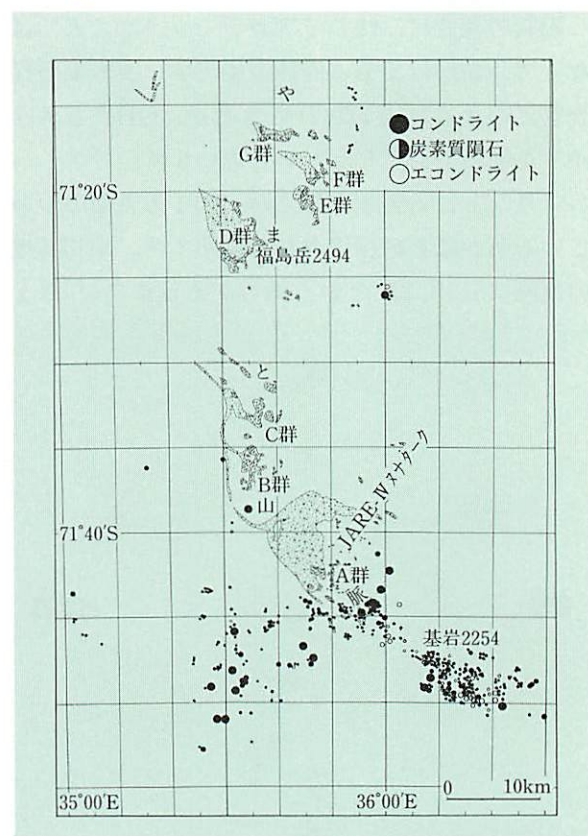


図3. やまと隕石の分布。1979年以前の採集結果を示す。ただし、重複するのはプロットしていない、基岩付近に集中しているのがわかる。

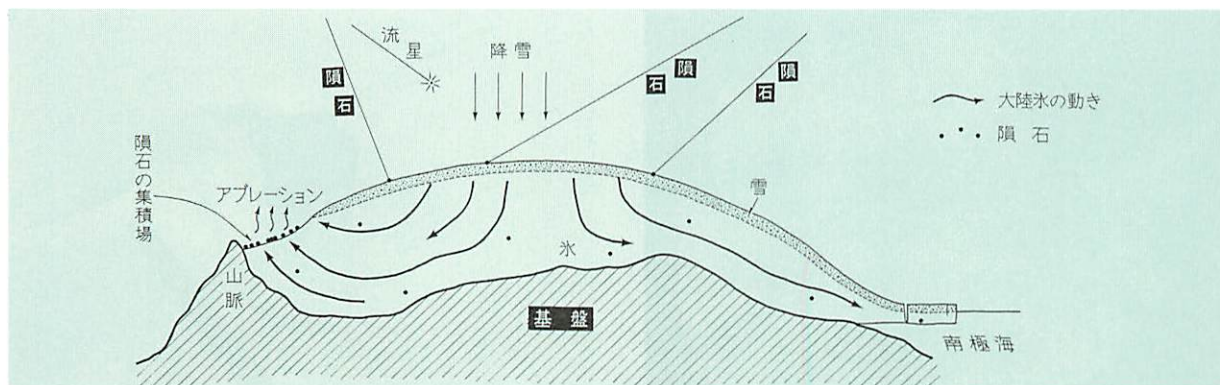


図4. “南極隕石氷河運搬集積モデル”。南極大陸の内部に落下した隕石は大陸氷のベルトコンベアーに乗って運ばれ、山脈に接する裸氷帯に集積する。

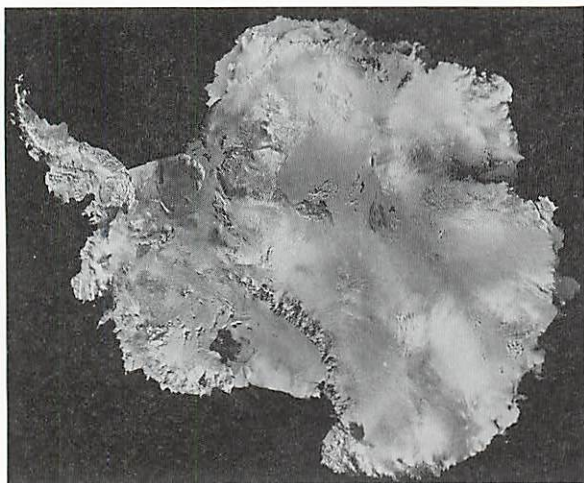
りましたが、氷の平均の厚さが2,400 m ぐらい、厚い所で4,000 m ぐらいになるようです。この基盤（岩盤）の上に厚い氷が乗っています。表面は軟らかい積雪ですが、100 m ぐらいの深さで、雪は完全な氷に変わります。南極で雪はほとんど溶けることがなく積もる一方です。しかし氷は際限なく厚くなるのではなくて、自重で高い所から低い所へ向かって流動しています。そして、現在大体バランスが保たれているようです。

隕石の発見される場所は経験的に、雪におおわれている所ではなく、山脈の周辺で青氷（帯）が露出している所です。青氷帯にたくさん隕石が集まっていることが1974年の探査で判明しました。こういう場所に隕石が集まるのは、隕石が氷と一緒に運ばれてくる、そう考えました。南極大陸の奥の方に落下した隕石は、数万年から数十万年かかって青氷帯に流れつきます。最近では隕石が落下した年代もわかるようになりました。古いものと、200万年ぐらい前に落下し、氷に乗って青氷帯に運ばれてきたことがわかりました。一旦氷の表面に出てくると隕石は溶けませんので、ずっと冷凍保存されつづけます。このようにして隕石が次から次へと流れてくる（運ばれてくる）わけですから、ここにはたくさんの隕石が集まることになります。非常に単純な考え方ですが、隕石の集まる仕組みを実にうまく説明できます。これが私の「南極隕石氷河運搬集積モデル」です。ここ（山の上）で待っていれば次から次に隕石が運ばれてくるわけで、非常にいい所です。寒くなければいいんですが、とても風が強くて待つのは大変な場

所です。風が強いということは、ここに青氷帯が出現することと深い関係があります。このような場所—青氷帯—を探せば確実に成果があがるだろうということで、1974 年以降、まず“青氷帯”の探査を始めたわけです。

(スライド No.1) これは、NASA が人工衛星から撮った南極大陸です。南極の中心は大体この辺です。昭和基地はここです。この黒い所は、やまと山脈の青氷が出ている所です。きょう紹介するのは、こことここ（やまと山脈とセールロンダーネ山脈）です。それから、アメリカのマクマード基地はここにあります。ずっとこの辺が巨大な山脈（南極横断山脈長さ 4,000 km）になっており、氷はこの山脈に遮られて停滞します。この山脈がまさに堤防の役割をしているわけです。やまと山脈も同じです。氷の流れが山脈にせき止められて、隕石が集まっている所です。次のスライドが、やまと山脈を拡大した人工衛星アーツの写真です。

(スライド No. 2) この写真はちょっと色を強調してありますが、青い所が青氷帯です。黒いのが山脈で、山脈の頂上が氷から顔を出しています。標高は大体 2,000 m ぐらい、その上に数百 m の山が出ているわけです。この青氷帯の面積は、東京都の大体 2 倍ぐらいあるようです。ここに山脈があり、氷の流れが山脈にせき止められ、氷は蒸発し、表面には古い氷が露出します。氷と一緒に運ばれてくる隕石もここに集積すると予想し、1979 年にはここを第 1 番に探しました。確かにありました。多いときは 1 日 600 個も採集でき、黒いものはすべて隕石でした。非常にいい所です。



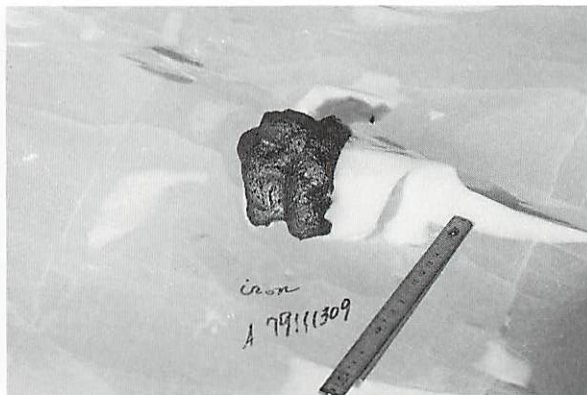
No. 1 人工衛星から撮った南極大陸。
横巾約 5,500 km。



No. 2 青氷帯と山脈。
上下(南北)約 200 km。



No. 3 隕石探査隊のキャンプ。
後方はやまと山脈最高峰の福島岳。



No. 4 鉄隕石(隕鉄)



No. 5 やまと最大の隕石。
25 kgの炭素質隕石。



No. 6 ヘリコプターから隕石を探す。



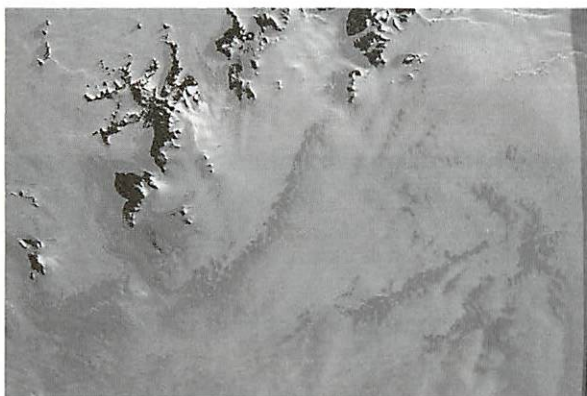
No. 7 C-130 でマクマード基地を
出発するアメリカ隊。



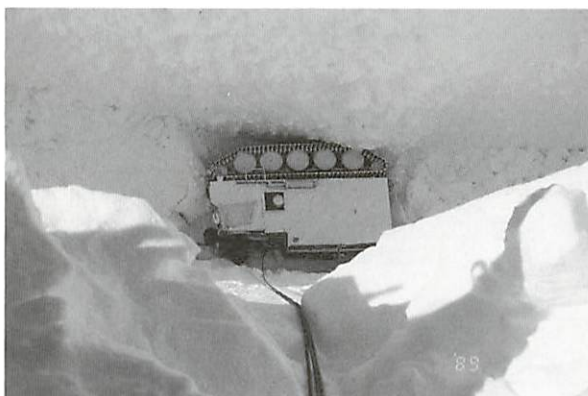
No. 8 ペアドモア氷河。



No. 12 講師が運転していた先頭の雪上車が氷の裂け目に転落。



No. 9 人工衛星から見たあすか基地南の山脈と青氷帯。横(東西)巾約 120 km。



No. 13 上から、転落した雪上車を見る。



No. 10 あすか最大の隕石、46 kgのコンドライトを発見。右が講師。



No. 14 クレバスの底から上方を見上げると青空とソリの先端が見える。



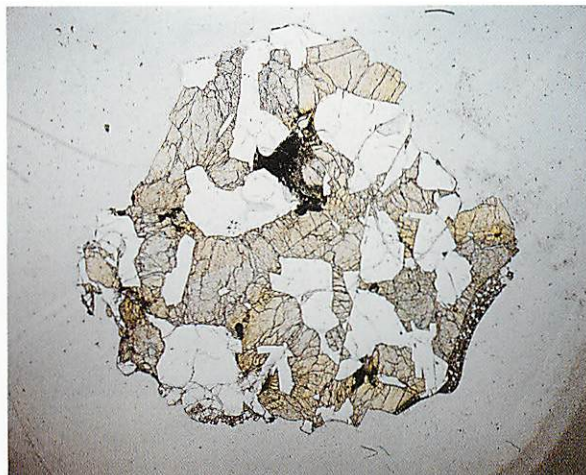
No. 11 雪上車を連ね、裸氷帯に向かう隕石探査隊。



No. 15 ひき上げられた人がソリに乗せられて救助を待つ。



No. 16 採集した隕石。



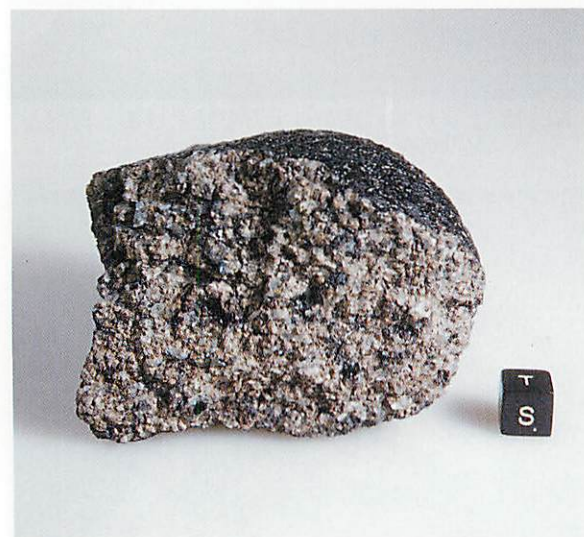
No. 19 月の隕石を偏光顕微鏡で見る。
巾約1 cm。



No. 17 迎いのヘリコプターは先ず、
隕石を積み込む。



No. 20 隕石が月をとび出すときの衝撃で長石の部分
が真っ黒になっている。



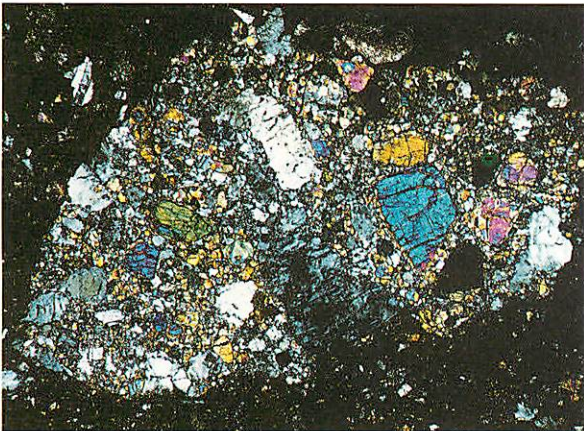
No. 18 月から来た隕石。
スケールは1 cm立方体。



No. 21 月の表面。



No. 22 月から来たと言われた最初の隕石。
約 50 g。



No. 23 月をつくった最初の地殻のカケラ
(幅 3.6 mm)。



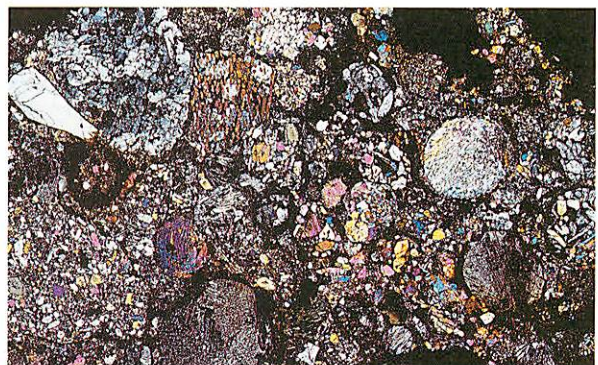
No. 24 火星起源と言われるシャーゴッタイト隕石
(原重量 482 g)。



No. 25 火星隕石の切断面。



No. 26 隕石表面のヒュージョンクラスト。



No. 27 最も始原始的なコンドライト隕石の組織
(幅 10 mm)。



No. 28 炭素が 10 数%入っている
炭素質隕石。

(スライド No. 3) これからは現場で撮った写真です。南から北方を見た写真です。やまと山脈で一番高い福島岳がここに 있습니다。2,500 m ぐらいです。写真を撮った場所が2,200 m ぐらい、全体として海拔高度の非常に高い所です。これがキャンプサイトです。先ほどの福島岳というのは、ここが一番高い山です。やまと山脈で一番高い所がここになります。表面に青氷が露出しています。キャンプサイトには雪上車、スキーモービルやそりが何台かあります。このときはこういう編成で昭和基地を出発し、4 か月間キャンプを移動しながら、毎日隕石探しを実施したわけです。写真を撮るときは天気がいいときだけ、猛烈な吹雪が何日も続くこともあります。一番長いときで10 日間も雪上車の中に閉じ込められて、じっと待っていました。

(スライド No. 4) 実際隕石は氷の上にゴロッとあるだけです。これは、先ほど回覧したものと同じ鉄隕石(隕鉄)で、7 kg ぐらいあるものです。氷の上に「iron」と書いてあります。採集した日も書いてあり、1979 年11 月13 日の9 番目に見つけた隕石ということです。ちゃんと氷の上にマジックで字が書けるくらい寒く、乾燥している所なんです。地球の石もあることはあるんです。隕鉄のわきの黒いカケラは地球の岩石です。

これが典型的な南極隕石の産出状態です。隕石がここに落下したということではなくて、落下したのは大陸のずっと奥の方で、そこから長い時間をかけて運ばれてきたと考えているわけです。

(スライド No. 5) これも同じ時の現場写真です。1979 年11 月27 日の4 番目に見つかったもので、この当時では一番大きい25 kg の隕石です。非常に変わったもので、オーガニックカーボン(有機炭素)がたくさん含有している隕石です。アミノ酸が結構含まれ、隕石の中でも特に貴重なものです。隕石の周りには氷が、非常に古く、大体5 万年ぐらい前のものです。実際もっと古い氷があるかもしれません。今は氷の年代も測ることができます。

(スライド No. 6) 今度は日米共同の隕石探査を紹介します。1976 年から3 年間アメリカと一緒に探査しました。アメリカは雪上車じゃなくて

ヘリコプターを使い探します。ヘリコプターに乗って窓からじっと氷の表面を見つめて、黒いものがあると降りてもらいます。降りたところ運よくそれは隕石でした。ここに1 個、もう1 個ここに 있습니다。この3 個は、合わせると、ぴたっと合います。ですから、もともと1 個が、落ちたときに3 個に壊れてしまったということです。

ここはマクマードの北方230 km ぐらいのところにあるアランヒルズという、その後たくさん隕石が見つかった場所です。近くには3,000 m ぐらいの山があり、この山には石炭などが出ます。隕石というのは大体黒いんですが、石炭も真っ黒で、この山から石が落下してきて、氷の上にあるんです。黒いのでワクワクしながら行ったら、地球の石でガッカリ、ここでは黒いのがすべて隕石というわけじゃなかったんです。それでも、山からかなり離れた所ですと、黒いのはほとんど隕石でした。

(スライド No. 7) 日本隊は雪上車で何日もかけて現場へ行くんですが、アメリカ隊は機動力を使っています。ヘリコプターで飛べるのは250 km ぐらいの範囲、それより遠くなりますと、C-130 という最近有名になりました輸送機を使って、現場近くに下ろしてもらい、あとはキャンプします。これはC-130 でマクマード基地を出発するところです。

(スライド No. 8) これは、1986 年アメリカ隊に招かれた時のものですが、昔スコットが極点に到達のとき通ったベアドモア氷河がこの氷河です。飛行機でここに下ろしてもらって、ここからスノーモービルで走って、この辺にキャンプしました。毎日キャンプサイトから通いで隕石を探しました。これが実際の氷の色に近いと思います。このところは石の集まり(モレーン)で、青氷との違いが、実際見てよく分かります。隕石は氷河で運ばれ、ここがちょうど氷河の行き止まりですから、隕石は全部ここに集まると考えられます。確かにたくさんの隕石が集まっていました。ここで1,000 個ぐらい採集したんです。隕石もたくさんあって、ここは非常におもしろいところだったんですが、僕はもともと地質屋なので、周りの岩石も見て歩きました。モレーンの中には、大体4 億年ぐらい前のサンゴの化石をたくさん含んだ石が

ごろごろしています。他に、珪化木（木の化石）などもありまして、隕石よりもこっちの方がおもしろいんじゃないかと思いました。モレーンにはいろいろなものがあります。

日本は、昭和、みずほ、あすかという3つの基地をもっています。私は5年ほど前に新しいあすか基地に越冬し、この地域で初めての隕石探査を計画し、1987年の暮に7度目の南極に出かけました。

（スライド No. 9）これは人工衛星から見た写真で、あすか基地は写真のこの少し北側にあります。その南側に大山脈（セールロンダーネ山脈、長さ200 km）があり、山脈周辺の青い所は青氷帯です。青氷帯の分布が人工衛星の写真からよく分かります。それで、ぜひここで隕石探査をやりたいということで、10年くらい前から計画していました。この時やっと実現したわけです。

ただ、ここは今までだれも行ったことがない所です。人工衛星からは確かに、青氷帯があって、隕石がたくさん集まっていることが推定されます。しかしどんな所なのか全然わからないまま出かけました。

あすか基地は海拔約1,000 mですが、この山脈の高さは3,000 mもあります。有望な青氷帯はこの山脈の裏側にあります。ですから、この山を何とか越えて、こちら側（ポーラ・プラトー）まで行きたい。ただ、どこをどう行ったらいいか全然わからない。飛行機から見れば、何とかわかったんでしょうが、そういう手段もなく、この1枚の写真を頼りに、最終的には山脈を大きく迂回して青氷帯に行きました。まず出発2日目にクレバスを踏み抜いて、肝を冷やしました。さらに進んだら、10 m くらいのクレバスが縦横に走っている所に遭遇し、結局ここを抜けられなかったんです。やむを得ずずっと遠回りして、ほんの狭いところですが、クレバスがなさそうな所を強引に突破し、南側の裸氷帯にやっとの思いでたどり着きました。ここはあすか基地から直線で150 km、80 kmあまりも回り道をしました。

確かにここには隕石は集まっていました。予想通りです。しかし、山脈に一番近いこの青氷帯には全く何もありませんでした。どういうわけか知

らないんですが、地球の石も全くない。ただ、あったのは火山灰一数万年前だと思うんですが、氷の中に多少入っているぐらいです。大変きれいな青氷帯です。

（スライド No. 10）これは現場での写真です。この右にいるのが僕なんです、左隣の彼が発見しました。スノーモービルに乗って1時間くらい外で行動して、その後雪上車に戻って、一杯ひっかけ、また探すことを繰り返していました。

（スライド No. 11）雪上車旅行の写真です。雪上車の後ろに何台もそりを連ね、目的の所まで行くわけです。いいことだけではなく、この後に大変なことが起こってしまったんです。

（スライド No. 12）大型雪上車がそり3台を引いて走っていたんですが、一瞬にして先頭の車が消えてしまったんです。ここに氷の割れ目があるんです。何もないような所だったんですが、走っていたときの出来事でした。そりはストップしましたが、雪上車は氷の裂け目に30 m も転落してしまいました。

（スライド No. 13）これは上から見た転落した雪上車です。両側は垂直の壁で、うまいぐあいに横倒しになって、雪上車は止まりました。深さは30 m くらいありました。クレバスはこの下ずっと100 m 以上も続いていますから、そこまで落ちたら、とても上がれません。僕が運転してまして、前方不注意だったんです。幅3 m くらいのクレバスで、クレバスの上を3 m くらいの雪が覆っていたわけです。歩いていく分には何にも問題はないんですが、雪上車は非常に重く7 t もありますから、そのクレバスを越えられなくて、転落してしまいました。よく生きていたと思うんです。運が悪ければ、3回忌くらいになっていたと思います(笑)。僕はそんなにけがをしませんでしたが、助手席の同僚は、顔面血だらけ、息も途絶えそうな凄惨な状況でした。

最初は、何か夢を見ているんじゃないかなと思っていたんですが、夢は覚めず、転落は現実でした。事故は平成になって1週間もたたない1月13日、金曜日という、何かありがたくない日だったんです(笑)。その日の夕方に転落事故が起こり、次の日の明け方までかかって、けがをした仲

間を引き上げ、次に僕も引き上げてもらいました。もちろん雪上車は重たくて上がりません。僕は何時間もクレバスの底で助けを待っていたんですが、そのとき撮った写真が次に出てきます。

(スライド No. 14) こうなふうになっていて、そりがちょうどクレバスの端で止まっています。もしこのそりも転落していたら、命がなかったんじゃないかと思うんです。そりにはスノーモービルが3台、ガソリンを満タンにして積んでいましたから。運よくストップしてくれました。両側は、垂直の壁がずっと続き、ちょうどビルの谷間にあるような感じです。隕石探査はいいことばかりでなくて、大変な事故だったんです。

(スライド No. 15) 現場に大けがした2人の仲間と1週間滞在しました。事故現場から引き返し、比較的安全なところに避難し、救助を待っていたわけです。私は一応元気でしたが、大けがをした2人は動かせませんでした。また、現場には採集した隕石を2,000個、約400kgくらい持っていました。救助のヘリコプターは一機の予定でしたから、9名のメンバーの他に隕石を運ぶのは厳しい状況でした。命がけで採った隕石なので、全部持ち帰りたいという気持ちはありましたが、けがをした人を一日も早く安全なところに運び、十分な手当を最優先にすべきです。しかし、残念ながら、本国からの指令は、隕石を一番に持ち帰りなさいということで(笑)。

(スライド No. 16) これが採集した隕石約2,000個です。

(スライド No. 17) 8日目にヘリコプターが迎えに来てくれました。隕石を一番先にヘリコプターに積みまして、けがした2人はここに残されています。しょんぼり立っているのは私なんです(笑)。本当に乗せてもらえるかどうか、分からなかったような状況でした(笑)。命にかかわらないものや、日本で買えるようなものは全部捨てました。もちろん、雪上車3台、スノーモービル7台、そり9台も残置(デポ)せざるをえませんでした。平成元年1月21日、9名全員、それから隕石も全部積み込んで現地を離れました。

(スライド No. 18) 我々は二千数百個の隕石を採集しました。その中で一番貴重な隕石がこれで

す。研究の結果、これは月から来たことが分かりました。アメリカとソ連は、月に行って岩石を採集してきました。アメリカは4,000kgくらい、ソ連はわずか200gほどです。この隕石(約440g)はそれとは全く違う、新しい種類の月の岩石であることが分かりました。放棄されるところだったんですが、持ち帰りました。これを偏光顕微鏡で見ると、次のようなものです。

(スライド No. 19) これは1cmくらいの幅なんですが、鉱物は3種類くらい。重要なのはこのように粗粒の岩石が月にあることが初めて分かったことです。透明な所は陶土に使う長石の一種です。

(スライド No. 20) 長石の部分が真っ黒くなります。これは、結晶が大きな衝撃を受けたためにガラスに変わってしまったためです。その衝撃は、この隕石が月を飛び出すときに受けた衝撃であろうと考えています。50 GPascal くらいです。さらにいろいろ調べまして、最近はこの隕石が月のどこから来たかということも推定しています。

(スライド No. 21) これは、月を我々が直接見たところなんですが、この隕石は月の危難の海(マリークリシウム)から来た可能性が非常に高い。形成年代は約40億年、40億年前のこの海をつくった火山活動の産物がこれなんです。そういうことまで推定できます。

月起源の隕石(月隕石)は今世界で11個見つかっています。そのうち7個が日本隊、残り4個をアメリカ隊が南極で発見しました。次のスライドは、月の海の石じゃなくて、月の陸地(高地)の方から飛んできた隕石です。

(スライド No. 22) これはきょうの資料に載っていますが、月から隕石が来るということが初めてわかったのが、この隕石です。50gくらいの小さいものですが、この白いところが、月をつくった最初の地殻です。45億年という形成年代が出ております。

(スライド No. 23) これも、本日の資料にありますが、月をつくった最初の地殻のカケラです。月の岩石のほとんどは、月に隕石が当たったために粉々に砕かれた状態をよく現しています。もともとは斜長岩という岩石なんですが、それが隕石の衝突で砕かれて、このようになっています。

(スライド No. 24) 月から隕石が来ることがわかって、火星からも隕石が来てもいいんじゃないかという気になって見つけたのが、この隕石 (約 480 g) です。これは 1977 年にアメリカ隊と一緒に探査した時に見つけた隕石です。普通隕石は黒いんですが、この隕石は青っぽく、非常に変わっていると、現場でもそう思いました。

(スライド No. 25) これは切断したところです。こちら側が日本のもの (約 210 g)、この反対側がアメリカの取り分で、半分に分けてあります。マグマが固まった火成岩の一種で、形成年代は 13 億年という、大変に若い値が求まりました。隕石のほとんどが 45 億年、割合若いのも 42~43 億年くらいの年代なんですけど、この隕石は 13 億年という、とてつもない若い年代です。この隕石はマグマから固まった岩石ですから、13 億年前にどこかの天体でマグマの活動があったという証拠になります。

この隕石が一体どこからやって来たかというところはまだ確定はしていませんが、火星は今から 5 億年前まで活動していたと言われていいますので、火星から飛んできて、別に不思議ではありません。月の方は、三十何億年か前に死んでしまったので、月からじゃないことは確かです。あるいは、金星の可能性も、ないわけじゃありません。火成起源と言われるこの隕石は、南極隕石の中でも特に貴重な隕石の一つです。

(スライド No. 26) これを最初に言わなければいけなかったんですが、隕石と地球の石とはどこが違うかということです。見た目の違いは、表面が溶けたようになっているのが隕石の最大の特徴です。これは、隕石が地球に飛び込んでくるときに大気との摩擦で火の玉になります。この時温度が千何百度か 2,000 度ぐらいまで上がるんでしょから、表面が溶けるわけです。それがここについているヒュージョンクラスト (熔解皮殻) です。中の方は全然変わっていませんが、表面に 1 mm ぐらいの溶けた層がついています。これが地球の石と隕石の一番の違いです。南極で地球の石も一緒にある所がありますから、そういう所で見分けるときには、ヒュージョンクラストがあるかないかで、隕石かどうかという判断をします。

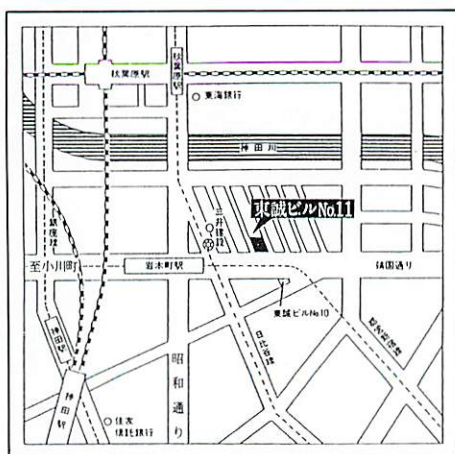
(スライド No. 27) 先ほどの隕石を顕微鏡で見ますと、こういう丸い粒子から成り立っているんです。これは何かというと、コンドルールという粒で、地球の岩石には全くない隕石だけの特徴です。この隕石が出来たのは約 46 億年前で、太陽系の惑星ができた年代と同じです。コンドルールは今から約 46 億年前原始太陽をとりまくガスとチリから結晶し、これがたくさん集まって、初めて星になります。つまりコンドルールは星が誕生した時の最も古い記録でもあるわけです。ところが地球をはじめ現存する 9 個の惑星は誕生後に大きな変化を受け、誕生当時の様子は全く残していません。惑星誕生の謎を解きあかすのは、結局隕石しかないことになります。

(スライド No. 28) 先ほども少し述べましたが、この隕石 (約 150 g) も大変変わってまして、表面も黒いし、中の方も真黒。炭素が 10 数%入っている炭素質隕石です。この隕石を分析しますと、有機炭素がでてきます。有機炭素からは十何種類のアミノ酸が検出されました。年代は 46 億年という、太陽系ができた年代と同じです。つまりその当時既に生命の起源物質が存在していたことになります。しかしアミノ酸がすぐ生物に結びつくかというところ、決してそうではなくて、この時代は、化学的な結合が有機物をつくる段階です。これが本当に生命に結びつくには、数億年かかります。このように最も初生的 (始原的) で、非常に古いときの状態を、隕石の中でも特に炭素質隕石は保存しているわけです。

スライドは以上です。

我々はたくさん隕石を南極で採集しました。隕石探査は決してアカデミックではなくて、厳しい肉体労働です。外国の隕石をたよりに研究していた時代はもう過去のことです。今や日本は世界有数の隕石保有国として、自前の隕石で研究できる所までできました。本当のアカデミックなことを、研究者が日本でやるべき時です。最近、大学に惑星科学教室という学科ができ、隕石研究の推進が計られるようになりました。宇宙時代と言われる流れの中で南極隕石が果たす役割はこれからますます大きくなるのではないかと思います。

終わります。(拍手)



1993年 4 月15日

編集 日本工学アカデミー
発行

〒101 東京都千代田区岩本町3-8-16
東誠ビル 8 階

TEL. 03-5820-6771~2
FAX. 03-5820-6773