

南極から地球の未来を考える

東北大学

名誉教授 福西 浩 氏

(公益財団法人 日本極地研究振興会 常務理事)

1 はじめに

今日は「南極から地球の未来を考える」という題で、皆さんに南極に関する様々なことを知ってもらい、そこから私たちは何を考えていかなければならないのかということをお話したいと思います。そして、全体のテーマである「いわての未来を考える」について、少しでもお役に立てればと思っています。

2 南極大陸のユニークさ

まず南極大陸がどのような場所かということについてお話します。南極はこの地球上で唯一、究極的な原生的自然が残る場所です。地球の中で一番標高の高い大陸となっており、大陸の氷の中には過去の空気が閉じ込められているため、100万年前までさかのぼって気候変動を調べることができます。また、地球環境の変動はシビアな形でまず極にあらわれます。そのため南極大陸は地球の変化を敏感にとらえるセンサーの役割も果たしています。

では、どうしてこのような氷の大陸が生まれたのでしょうか。昔、地球

の大陸はパンゲアという一つの超大陸でした。それが2億年前に Gondwana 大陸とローラシア大陸に分裂し、さらに1億5千万年前に Gondwana 大陸がアフリカ大陸、南アメリカ大陸、オーストラリア大陸、インド大陸、南極大陸に分裂しました。分裂した大陸は移動を続け、最終的に現在のよ
うな大陸配置になりました(図1)。南極大陸は南極半島によって2300
万年前までは南アメリカ大陸とつながっていたのですが、この部分が切れる
と孤立した大陸になり、寒流が南極を周回し始め、寒冷化が進行して氷の
大陸になりました。大陸全体が氷で覆われたというのは地球の歴史から見
ると割合と最近のことなのです。

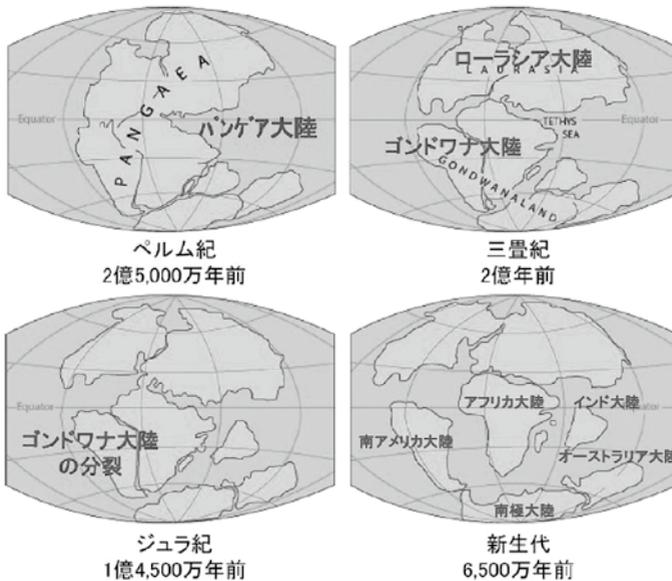


図1 大陸の分裂と移動

南極大陸の断面を見るとほとんどが氷です。氷床部分の平均標高は1937
mもあるのに対し、岩石でできている基盤部の平均標高は83mしかありま
せん。大陸の基盤の45%は海面下にあります。そこで、大陸氷床が全部解
けると世界の海面が58mも上昇することになります。

3 南極から見る環境の変化

南極の氷が地球温暖化の影響で解けてなくなってしまうのではないかと心配される方もおられるかもしれません。実は、図2に示すように、1979年から現在までの南極大陸を取り巻く海水面積の推移を調べてみると、海水面積は増えています。しかし北極では確かに海水面積がどんどん減ってきているのです。

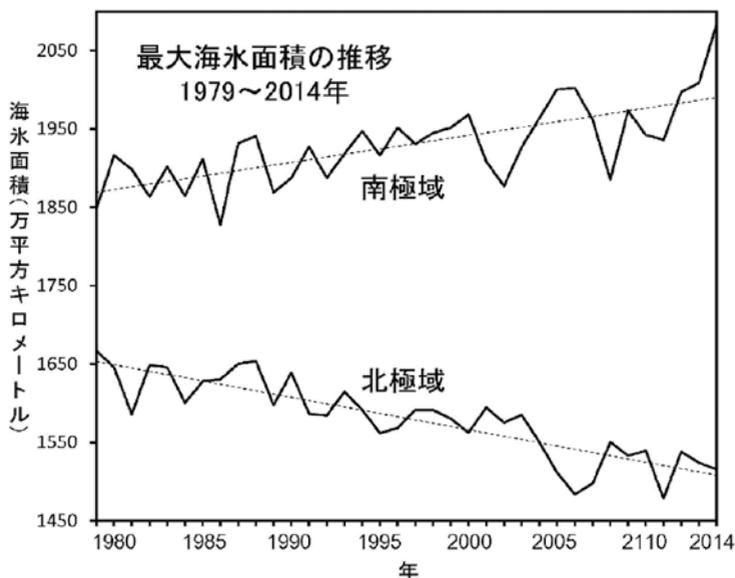


図2 南極域と北極域の最大海水面積の推移

また、地球は過去に大きな環境変動を経験してきました。例えば、5億年という長いスケールで見ると、大気中の二酸化炭素の濃度は増減を繰り返しながら現在まで変化し続けています。現在の濃度より10倍以上も高い時期があったこともわかっています。同じように、大きな気候変動も経験しています。南極大陸氷床掘削から得られた氷に閉じ込められた過去の空

気を分析した結果、気温が低くなる氷河期と、気温が高くなる間氷期が一定のサイクルで訪れていることがわかりました。また、過去の空気中の二酸化炭素濃度と気温の変化は非常によく対応しており、気温が上昇すると二酸化炭素濃度も増加します。ここで重要なことは、気温の上昇が二酸化炭素濃度の増加に先行するという関係です。つまり、昨今心配されているのは、二酸化炭素濃度が増加したために温暖化が進むのではないかということです。長い時間スケールでは反対の関係にあるということになります。

地球の環境は人類が登場する以前から絶えず変化し続けてきましたが、その変化を解明できる場所が南極です。環境の変化を捉えるためには、人間活動による部分と自然変化による部分を分けて、正確に見積もる必要があります。そのような意味で、南極の研究が非常に重要になってきているのです。

4 日本の南極観測の歴史

100年ほど前、世界で南極点を目指す競争が始まりました。この競争を制し、1911年12月14日、南極点に初めて到達したのがノルウェーのアムンセンでした。日本の南極観測の先駆けともいえる白瀬蘆南極探検隊もこの競争に参加していました。彼らはわずか204トンの開南丸で1912年1月16日に見事南極大陸ロス海クジラ湾に到着し、そこから犬ぞりを使い、1月28日に南緯80度5分まで前進することに成功しています。これは歴史に残る偉業です。この偉業を称えるために、南極大陸には白瀬蘆がつけた大和雪原（やまとゆきはら）という地名が国際的に承認されています。また彼の生まれ育った秋田県にかほ市金浦には白瀬南極探検隊記念館があり、探検の歴史が学べるようになっています。

日本は、1957年に南極で本格的な科学観測を始めました。第1次南極観測隊を乗せた砕氷船「宗谷」が東京港を出航したのは1956年11月で、今年

はちょうど南極観測を始めて60年になります。南極観測の第1次から第3次の観測隊長を務めたのは東京大学の永田武先生でした。当時中学生だった私は、この南極観測に強い刺激を受け、自分も南極に行き、宇宙の研究をしてみたいと思うようになりました。そして実際に永田研究室に入りオーロラの研究に携わりました。

永田先生が偉大だったのは、日本が第二次世界大戦で敗れてたった10年しかたっていない時期に国際協力で実施されることになった南極観測に参加しようと尽力された点です。1957～58年の国際地球観測年（IGY）に南極観測に参加したのは12カ国でしたが、日本以外はすべて戦勝国でした。日本が南極観測に参加することができたのは、白瀬南極探検隊の偉業に加え、世界各地にいた永田先生の研究仲間たちからの支援があったからです。科学者のコミュニティは、国を超えて強い絆で結ばれています。当時の日本の南極観測は、研究者の絆があったからこそ可能になったのです。現在、南極観測は世界的に大きく発展しています。南極大陸をくまなく覆うように各国の観測ステーションが設けられており、科学基地・拠点の数は102カ所にもなります。そのうち通年使用しているのが41カ所、夏期のみ使用しているのが61カ所です。

南極は国境のない唯一の大陸です。そのために南極条約が定められています。領土権を主張せず、平和的目的にしか利用しないこと、そして、科学的な調査は自由に、国際協力のもとに行うことなどを取り決めた大切な条約です。多くの国がこの条約を承認して、国際協力のもとに南極観測を実施しています。まさに「平和な地球」という人類の夢が実現している場所です。それから、南極には人間活動によって侵されていないすばらしい自然が残っています。そのため非常に厳しい環境保護の条約が締結されました。自然を傷つけないために事前に調査計画書を提出し、自然に対する影響がないことが確認されてからでないと実際に調査が行えないという厳しい自然保護体制が確立されています。

5 南極における生活と観測

日本は現在、昭和基地、みずほ基地、ドームふじ基地、あすか基地という4カ所の観測基地を持っています。昭和基地を活動の中心とし、他の基地は観測の目的に応じて使うという体制で利用しています。

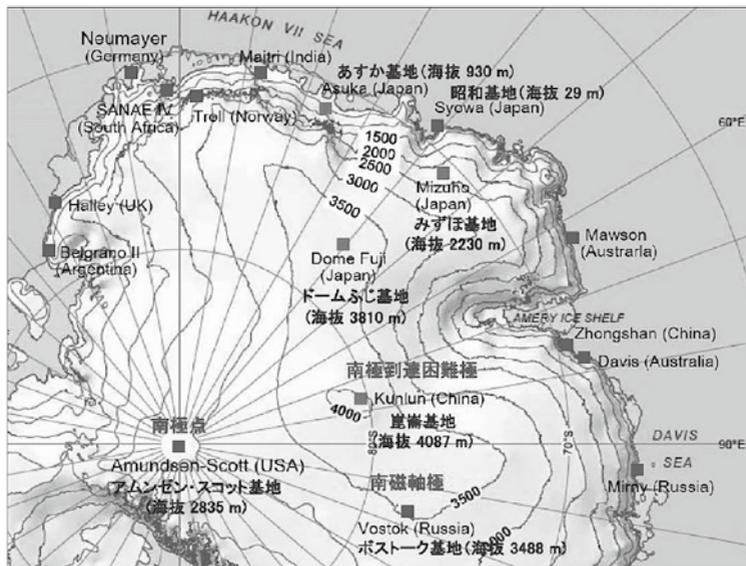


図3 各国の南極観測基地

私が初めて昭和基地を訪れたのは大学院生のときで、第11次越冬隊員としてみずほ基地の建設に参加しました。それから、第26次越冬隊長として訪れたときには、あすか基地の建設に取り組みました。あすかというのは私が提案して採用された名前です。子供の頃よく訪れた母の出身地である奈良県飛鳥地方の自然が好きだったので、日本の新しい観測基地の名前にふさわしいのではないかと思います、提案しました。また第26次越冬隊では、昭和基地から約1000kmの距離にある内陸部のドーム頂上部に調査隊を送り、最高点（標高3810m）を見つけるという調査を行いました。後にここにドームふじ基地が建設されました。

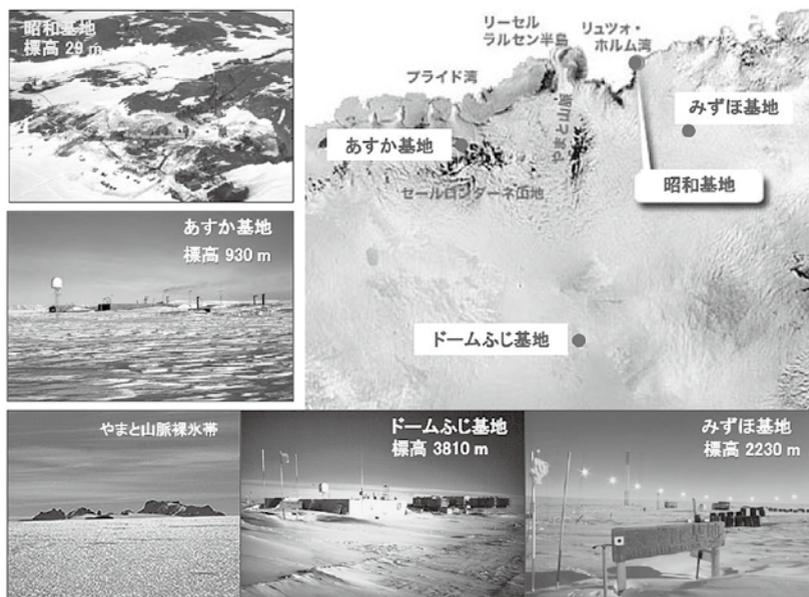


図4 日本の4つの南極観測基地

最近の昭和基地は大型の科学ステーションに発展しています。巨大なパラボラアンテナを使って、日本との通信や、電波を使った宇宙観測することもできます。それから最近建設された自然エネルギー棟では、太陽光パネルで発電することも可能になっています。

南極大陸は厚い海水に周りが覆われていますので、南極大陸に近づくには氷を割って進む砕氷船が必要になります。日本は白瀬南極探検隊を記念して名づけられた、「しらせ」という砕氷船を使っています。2代目しらせは、現在世界で一番強力な砕氷船であり、様々な最新鋭の機能を搭載しています。大型ヘリコプターを2機持っていますので、物資や人員の輸送だけでなく、救助時にも役立っています。



図5 ドローンで撮影された昭和基地風景（2016年4月）

南極での生活は日本では経験できない不思議に満ちています。氷河が解けた後に残された巨大な迷子岩がそこらにゴロゴロしていて、湖には珍しいコケ類や藻類、微小動物が生息しています。昭和基地は島にあるため、流れて来た冰山が近くで座礁することがありますが、私が出会った中で一番高い冰山は80mくらいありました。冰山は海の上に出ている部分は全体の10分の1ほどなので、海面下には数100mの巨大な冰山があることになります。また、珍しいエメラルド色の逆さ冰山を見たことが何度かあります。エメラルド色になる仕組みは最近解明されました。まず氷山の底に長い時間を掛けて有機物を含む海水が凍りつき、成長していきます。そして氷山が割れるなどして上下逆さにひっくり返ると、隠れていた氷山の底が現われ、底の氷に含まれた有機物の反射によってエメラルドに輝くことになるのです。

昭和基地の周りにはアザラシやペンギンが生息しています。アザラシは海水上にいつも寝そべっていて、出産も海水上でします。ペンギンはコウテイペンギンとアデリーペンギンの2種類がいます。南極のペンギンは外敵がいないため、非常に好奇心が旺盛で、基本的に人を恐がることはあり

ません。野外で何か作業をしていると必ずペンギンが見学に来ます。人間がペンギンを見学するのではなく、ペンギンが人間を見学するというのは南極の普通の景色なのです。



図6 エメラルド色の逆さ冰山（左）と野球見物するアデリーペンギン（右）

越冬隊は同じ仲間だけで1年を過ごすため、隊の団結、チームワークが非常に大切になります。その意味で、仕事以外の様々な行事を行います。例えば冰山に溝を掘って、上から水とそうめんを流してそうめん流しをします。あまり寒いとできませんが、南極の夏の期間にはこのようなことも可能です。南極で生活する上で、冬の時期一番大変なのは、水をいかに確保するかということです。冰山の水は純粋な氷ですので、飲み水としてよく使用します。そのために氷山水を取る作業を時々行います。また、大量に使う生活水は造水槽で雪を溶かしてつくります。

稀に昭和基周辺の海水が全部なくなり、昭和基地がある東オングル島が孤立した島になることがあります。このとき一番便利なのは釣りができることです。1998年に環境保護のための議定書が発効してからは、調査目的で釣りをするためにも許可が必要になったのですが、それ以前は釣りを楽しむこともできました。実は南極の海には魚がたくさんいます。海水は極めて低温のため、魚の動きが非常に鈍いですが、例えばショウワギスなどが生息しています。

そして、南極は太陽の観測においても特別な場所です。一日中太陽が出ない極夜の時期の直前には、太陽が地平線に沿って転がるように動く、「転がる太陽」と呼ばれる現象が見られます。またこの時期に、ごく稀に沈む直前に太陽がグリーン色に輝く「グリーンフラッシュ」という現象も見ることができます。青信号のようにパッとグリーンに輝くのです。

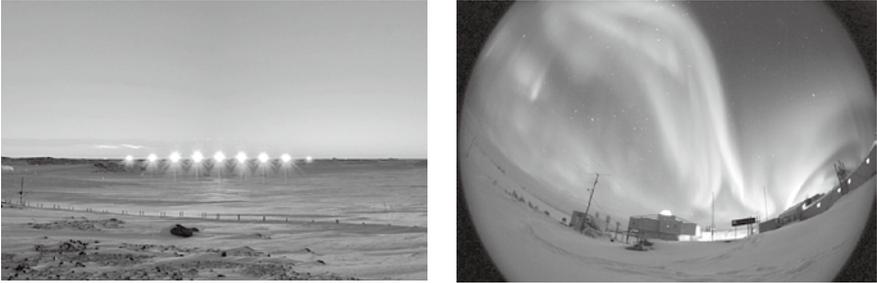


図7 ころがる太陽（左）とオーロラ（右）

南極ではオーロラを見ることができます。昭和基地は南極大陸の中でもオーロラが最もよく現れる場所に位置しています。オーロラの明るさは極端に変化しており、時には満月と同じくらいの明るさになることもあります。真っ暗なときに明るいオーロラが出ると、その光で本が読めるほどの明るさです。

オーロラの観測は様々な方法で行われています。大型の気球を高度30km上空まであげると、オーロラの出すX線を観測することができます。この方法を用いると、冬期以外でもオーロラを観測することが可能になります。また、日本はオーロラ観測用のロケットの打ち上げに初めて成功した国です。私が南極に行った主な目的も、オーロラを観測するためにロケットを打ち上げることでした。オーロラは下辺の高度が約100kmで、それより高いところに出るため、オーロラの中を観測するためには、ロケットが必要になります。南極という厳しい環境に加えて、限られた人数でロケッ

トを打ち上げることは大変な作業でしたが、日本はこの試みを見事に成し遂げたのです。具体的には、オーロラが発生する高度にロケットを打ち上げ、オーロラを発光させる荷電粒子の種類や光の強さ、流れる電流などを明らかにしていきました。ロケット観測は第26次観測隊まで行われ、全部で55機のロケットが打ち上げられました。



図8 気球観測（左）とオーロラ観測用ロケット（右）

オーロラは基本的に2種類に分類されます。カーテン状のオーロラと点滅が見られるパルセイティングオーロラです。また、オーロラの基本的な色は酸素原子が発光する緑や赤です。赤いオーロラは緑のオーロラよりもエネルギーの低い電子によって起こされているので高度が高いところに出ることがわかっています。実際のオーロラは全天に出現しますが、人間の目ではオーロラの一部しか見ることができないため、見る方向によって随分印象は変わります。しかし、映像技術の進歩によって、全天カメラの映像から、特定の方向に見えるオーロラの映像を作り出すこともできるようになりました。

現在オーロラの観測は世界的に非常に盛んで、あらゆる手段で行われています。人工衛星や国際宇宙ステーションなど、宇宙からオーロラを観測する取り組みも行われています。日本でもオーロラに興味を持っている研究者がたくさんいて、最先端の研究を進めています。

6 現在の問題をどう解決するか

これまで、オーロラや南極の自然を見ていただきましたが、最後に「南極から地球の未来を考える」というテーマを私なりに考えていきたいと思っています。地球では現在、様々なことが急速に進んでいます。南極観測が始まった1950年代には、たった25億人だった地球の人口は、現在その3倍にまで増加し、科学技術も速いスピードで発展しています。その結果、地球規模の環境破壊、エネルギー問題、食糧問題など、多くの問題に直面しています。地球の未来、日本の未来、そして岩手の未来を考えると、これらの問題を必ずベースとして考慮し、その上で、何をすべきかを考える必要があります。当然ながら問題を解決することは容易ではありません。まず個別問題への対処だけでは解決できないという現実があります。その中で、問題解決の糸口は、自然と人間社会を一体化した発想にあるのではないかと私は考えます。やはり人間は自然に生かされている訳ですから、自然から学ぶということが、まず原点になければならないと思います。

また、問題の解決に取り組む上で大切なことを南極での経験からたくさん学びました。観測隊の活動は設営と観測に分けられており、調理や医療を担当する者、雪上車や発電機の整備を担当する者など、いろいろな職業の人が共に作業にあたっています。観測対象も、オーロラ、気象、生物、地学、雪氷など多岐にわたっており、それぞれの専門家が観測隊に参加しているのです。このような状況の中、全体で仕事を進めていくために必要になるのがネットワーク型組織です。南極観測隊は昔からこの体制を大切にしてきました。ネットワーク型組織では、個人の目標と全体の目標の二つを達成するために、その両方の目的が一致していることが求められます。そしてその大きな目標の達成に向けて協力していきます。互いに助け合いながら活動していく中で、相乗効果が働き、1プラス1が2ではなくさらに大きな効果を上げるという結果に結びついていくのです。越冬隊の1年間の孤立した生活においては、仲間と対等な人間関係を築き、尊敬し合う

気持ちを持つことが最も大切です。この対等な人間関係こそが、大きな仕事を成功させる鍵であることを、南極での経験から確信しました。

私は4度南極観測隊に参加し、マイナス60度にもなる厳しい環境の中で生活をしてきました。そこから学んだものが「知的情熱」の大切さです。スコット南極探検隊のメンバーの動物学者、チェリー＝ガラードの言葉に、「探険とは、知的情熱の肉体的表現である」というものがあります。彼の『世界最悪の旅』という本の中の最後の言葉です。困難を乗り越え、行動しようとする人間の意志はどこから出てくるのかへの答えです。私は自分の体験からこの言葉に強い共感を覚えます。南極での厳しい生活を乗り切るためには、行動力がなければなりません。行動するための活力として、「知的情熱」をもっていることが絶対に必要です。「いわての未来を考える」上でも、この知的情熱は必ず力になると思います。

岩手県奥州市前沢区の上野原小学校校庭の石碑には、「われらに要するのは銀河を包む透明な意志、巨きな力と熱である」という宮沢賢治の言葉が刻まれています。この「巨きな力と熱」というのは知的情熱だと私は思うのです。要するに個々の問題を考えるだけでは行動力は生まれず、地球全体を何とかしようと、宇宙も含めた広い視野で物事を考えたときに、本当の行動力というのは出てくるように思います。

次に、問題解決の方法を文化と文明という観点から考えてみます。まず、岩手県立大学の理念を例にしてみます。『『自然』、『科学』、『人間』が調和した新たな時代を創造する』という理念を突き詰めて考えると、岩手から新しい文化をつくり出すことが求められると、鈴木厚人学長が解説されていたことを昨年の公開講座の報告集で目にしました。まさにその文化というのは、地域に根差したローカルなものです。

しかし、現在世界ではICT革命が起き、情報通信、交通手段、あらゆるものが革新的に変化しています。つまりグローバルな世界を中心とした新しい文明が生まれようとしています。ここで忘れてはならないのが、文明

が与えてくれるのは、あくまで技術や手段であるということです。

文化というのは自分たちがどう生きるかという目標や価値をつくり出すものです。つまり、グローバルなものの価値を判断できるのは、文化しかありません。科学技術だけに頼り、誤った方向へ進まないよう、きちんとした価値判断ができる文化が必要になるのです。そしてこの文明と文化の関係をきちんと意識し、取り組む働きが、まさしくサイエンスなのです。サイエンスを使い、正しく物事を捉えていくことが、問題の根本を解明する助けになると思います。

7 おわりに

地域に根差した文化により、新しい世の中をつくっていくという強い情熱を持つことが、最終的な問題の解決につながっていくと私は思います。南極観測は新しい時代に入っています。極地に情熱を傾ける若い人たちがたくさん出てきているのです。特に最近、南極観測隊に女性が多数参加するという変化もみられます。南極観測に限らず、これはどの分野にも共通することだと思います。このような情熱こそ、まさに次を切り開いていくのではないかと考えています。私自身は、公益財団法人日本極地研究振興会での活動を通して、それらを手助けする役割を続けていきたいと思っています。

【参考文献】

- 1) チェリー＝ガラード, A. 著, 戸井十月訳 (1994): 『世界最悪の旅』, 地球人ライブラリー, 小学館, 1-272 pp.
- 2) 永田武 (1981) 南極観測と第二次隊の記: 『南極外史』, 日本極地研究振興会, 71-83.