

低温設営工学の発達



鳥居鉄也*

Development of Logistics Technology under Low Temperature Environment

Tetsuya TORII

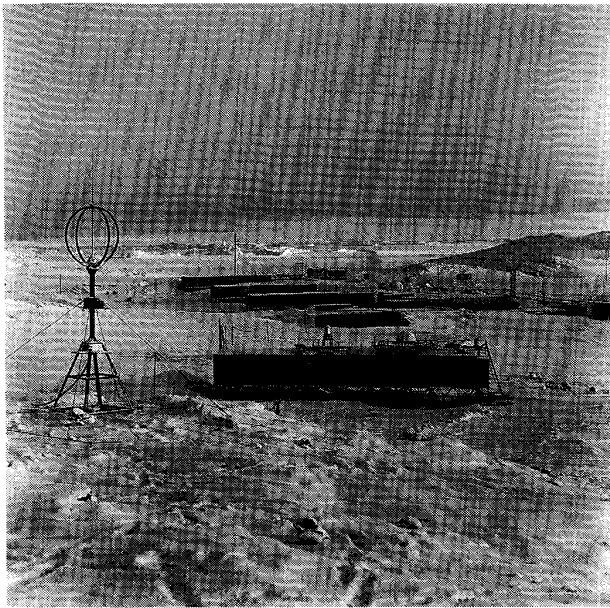


写真 1 昭和基地 (高床式建物)

1. はじめに

18 世紀の初め、約 10 億といわれた世界人口が、20 世紀末には 45 億となり、やがて 21 世紀を迎えると 70 億を越えるという。このような人口増に対応して食糧増産、あるいは新しくエネルギー資源の確保などを考えるとき、地球上に未開発のまま残されている寒冷地域が、当然注目の対象となる。早くから北極海のスバルバル諸島 (Svalbard) の石炭は利用されているが、最近の 10 年有余を振り返ると、アラスカ・ブルドーベイの石油、シベリヤの天然ガスなどの開発が始まり、人類の寒冷地域への進出は急速に実現化してきた。

ところで、第 2 次世界大戦が終わると、アメリカは翌年の 1946 年 8 月の北極海演習につづき、その年 12 月から翌年 3 月にかけて、大規模な南極探検を実施した。このハイジャンプ作戦 (High Jump Operation) と呼ばれた探検隊は、13 隻からなる砕氷艦、航空母艦、潜水艦

で編成され、4700 人の人員が参加した史上最大の南極探検隊であつた。海洋、気象、地形、地質などの科学調査も大陸沿岸沿いに行われてはいるが、その最大目的は、アメリカ海軍の極地訓練、氷上に飛行場を設け、航空作戦が行えるかどうかのテスト、さらに大戦中に開発された各種機器類、輸送機材、防寒装備品などの寒冷地テストであつた。見方を変えれば、当時すでに、アメリカは将来の寒冷地域開発の必然性を予測していたのである。

1957 年 7 月 1 日から翌年 12 月 31 日まで実施された第 3 回国際地球観測年に、南極地域 (60°S 以南の大陸と島嶼) の観測網設置が契機となり、未知の南極大陸の総合調査が始まつた。当時、第 2 次大戦後いまだ日の浅いわが国は、ドイツ、イタリアとは異なつて、アメリカ、ソ連など 11 か国と共に、この国際共同観測に参加した。それから 30 年を経た現在、南極越冬隊の生活行動からえられた寒冷地生活の体験には、多岐にわたつて貴重なものが多く、低温環境下の設営工学技術を大いに学ぶことができた。このことを考えると、当時の苦しい国情の下で、参加に踏み切つた関係者の卓見と判断力は、工業国日本にとって大きなプラスになつている。

2. 進歩した低温設営工学

南極観測は、高緯度の極地の特性を生かし、気象を始め、地球物理学、雪氷、地学、生物など各分野の調査研究を行つている。南極大陸は、その 98% が厚い万年氷 (平均厚 2100 m) で覆われており、露岩地域といえば、沿岸域や山岳地帯にわずかに見られるに過ぎない。しかし、この点在する岩肌の調査から、地学調査の進展と共に、古生代末期 (2億 8000 万年前) に繁茂した植物化石 (グロソプテリス) や、古生代から中生代にかけて生息した両生類 (ラビリンソドント) や (爬) 虫類 (リストロザウルス、テトコンド) など脊椎動物の化石までが発見された。その結果、今では大陸地史の変遷も把握できるようになり、南極大陸には、かつてつながつていた超大陸ゴンドワナに属する南半球の他大陸並みに、氷下に

昭和 60 年 10 月 23 日受付 (Received Oct. 23, 1985) (依頼解説)

* (財)日本極地研究振興会 理博 (Japan Polar Research Association, 1-8-7 Kojimachi, Chiyoda-ku, Tokyo 102)

は地下鉱物資源も豊富なことがわかってきた。

このように南極観測は、科学の各分野で多くの成果をあげているが、それに加えて、低温設営工学の進歩は著しい。ここで設営 (logistics) とは、人間の生活行動上必須の住居、機械類、車両、燃料、装備、食糧などを総称する。

南極大陸は、北極地域に比べて、四季の平均気温が 20°C も低い。1983年7月22日には、ソ連隊のポストーク基地で -89.6°C を記録したように、地球上でいちばん寒さがきびしい大陸である。真夏でも内陸氷原は、 -40°C 前後である。そのうえ、ブリザード(雪嵐)と呼ばれる強風が名物で、 140°E の沿岸にあるフランス基地付近では、冬季100日近くも 50 m/s の烈風が吹く。このように想像すら困難な酷寒、強風の大陸にも観測基地が設けられ、越冬生活がつづけられているのである。

しかし、各国隊が未知の大陸で、最初から苦労なく行動できたわけではない。北極探検で寒さに自信をもつソ連隊は、1956年春、いち早く内陸氷原にピオネールスカヤ基地(標高 2741 m) を建設し越冬したが、6人の隊員は余りのきびしい気象条件のため、全く行動できなかったという報告がある。北極で使用できた装備が、南極大陸では適さないものがあつたのである。

国際協力で始まった南極観測は、国際学術連合 (ICSU) の下の南極研究科学委員会 (SCAR) が母体となり、調査計画や科学データばかりでなく、使用する各種設営機材の情報交換を自由に行っている。とくに、設営設門家会議などのシンポジウムも開催されており、酷寒地で使用する設営機材の改良、開発が協力して行われてきた。その結果、初期に多発した問題も逐次改善され、私たち人類が低温環境で生活する知識を増加させた。この貴重な体験は、南極大陸より先に開発が期待される北半球のシベリヤ、アラスカ、カナダ、北欧諸国など未開発の寒冷地域への進出に、大いに貢献することになってきた。このような波及効果を見ると、この30年間の国際南極観測のもう一つの収穫として、低温設営工学の進歩をあげたい。

現在、日本隊はオングル島の岩上に建設した昭和基地のほかに、基地南東 270 km の大陸氷床上に“みずほ”基地(標高 2230 m)をもつ。また1985年1月には、基地西南西 670 km の氷床上に地学調査用の“あすか”観測拠点(標高 930 m)を建設した。本稿では、これらの基地で使用する設営機材、とくに、建物、車両を中心として、使用状況などをご紹介します。

3. 建築技術の変遷

昭和基地が開設されて、すでに30年を経過し、最初に建てられた本居棟、無線棟、居住棟、発電棟の4棟が、今では43棟を越える規模となつた。そして、最初に建てられた建物も、その後使用や目的を変えてはいる

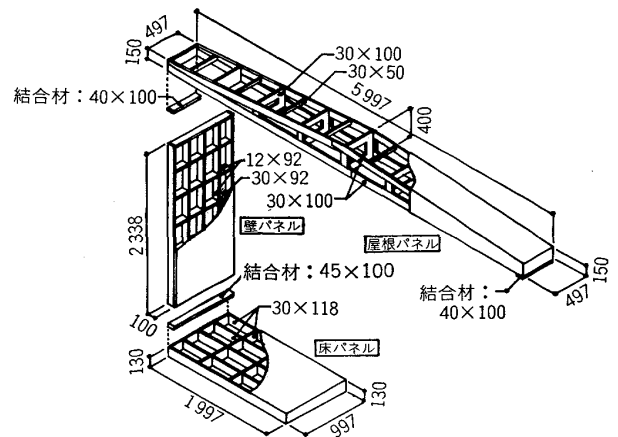


図1 パネルの組合せと軸組図

ものの、今でも過酷な自然条件下で無事使用に堪えている。

第1次隊の準備に当たっては、基地建設予定地が岩盤上なのか、氷床上なのか、そして気温、風速など、あまりにも多くの未知数に対する解答として、結局素人でも組立てが容易な、プレハブプレハブシステムによる組立建築の採用となり、岩盤上にも氷床上にも対応できるよう考案された低地式の建物となつた。そして、建物に対する設計条件は、夏季気温は $-5\sim+5^{\circ}\text{C}$ 、冬季最低気温は -50°C 、最大風速は 60 m/s 、相対湿度は $40\sim80\%$ 、積雪は屋根面を零とした。

これらの建物は、国産のひのきを芯材とし、表にかば材のベニヤを貼った木質パネルを構造材とし、これをくさび形コネクタ(亜鉛めつき鋳物の結合用金物)で結合したものである。この方法は、解体移動可能な完全プレハブの開発として、驚異的な施工の速さ (0.7 人/m^2) で昭和基地を建設し、今日のわが国プレハブ建築の発展にも大いに寄与した(もちろん当時はプレハブという言葉はなかつた)。パネルとパネルの境界には、枠組のめし合せ用に合成ゴムパッキングを用い、目地にはエバンスールコーキング材を充填し、エアタイトを図つた。なお、パネルの内部には、断熱材として発泡スチロール(初期はドイツ製スチロポール)を充填し、また、窓には3層のペアガラスを用い、外気温に対する断熱効果を達成している。このペアガラスは、2枚の強化ガラスの間に1枚の普通ガラスを入れ、ガラス間には乾燥空気を封入したものである。

この初期の南極建物は、降雨が皆無に近いことから平屋根としたが、強風のため屋根面には積雪はおきないものの、吹き溜り(スノードリフト)のため建物が屋根面まで雪に埋もれ、冬季には出入の困難が認められた。南極基地の火災による死亡例は、外国隊で2件(9名焼死)ある。各棟の屋根面には非常用脱出扉が設けられてはいたが、より安全性を図るため、第2期増設計画からは、スノードリフトの形成を防止するため高床式建物とし、

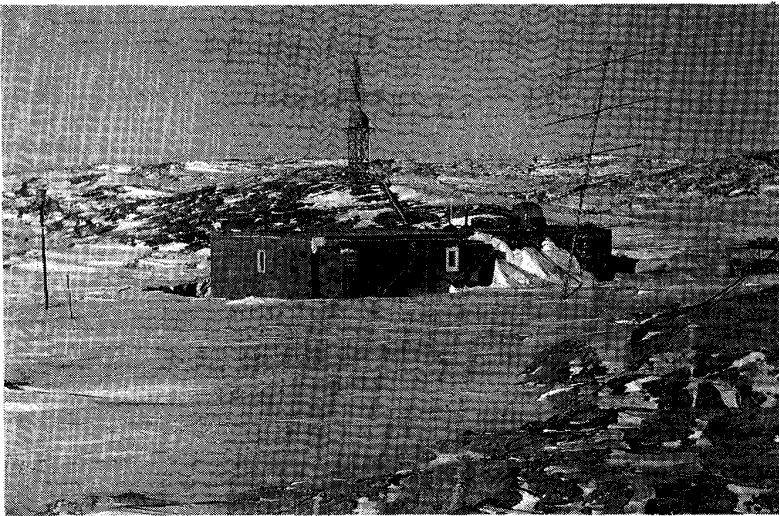


写真 2 スノードリフトに埋まる低地式建物

非常時の対策がとられるようになった。

この高床は、鉄骨のトラスを国内で製作し、現地で打設した基礎コンクリートの上に、それを載せて高床のプラットフォームを作るもので、使用セメントは、初期凍害を防ぐため、硬化時の発熱量が大きく、かつ硬化時間の早いアルミナセメントを用いた。骨材は、当初国内から人工軽量骨材（メサライト）を持ち込んだが、1968年以降、昭和基地産の骨材が十分に使用できることがわかり、現在はこれを使用している。

南極でのコンクリートは、打設時 -7°C 前後の気温下では、特別に養生を施さなくても、半日で十分な設計基準強度 (180 kgf/cm^2) に達することもわかった。また、このようなコンクリート工事は、低温下での調合法、施工法も確立し、凍結融解（耐久性）試験の結果、その耐久性も確かめられている。そして、高床式建物の基礎のほか、鉄骨トラスに代わる建設下部の柱、および大型構造物の基礎や床工事にも使用され、地面下には氷久凍土（permafrost）もあるが、現在ではコンクリート工法が安全に利用されることがわかった。

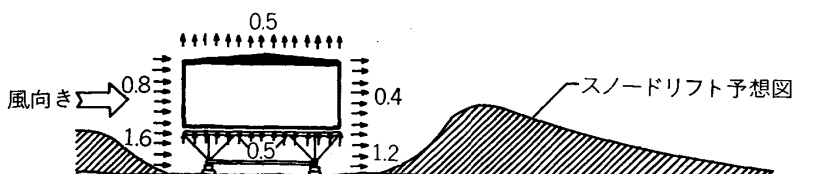
最近では観測計画上、各種の大型構造物が建設されているが、これらには木質パネルによる組立工法でなく、鋼ラーメン（骨組）、あるいはトラスをパネルの外周に配置する工法がとられ、ロケット組立調整室（1969年）などが作られている。主要構造材料としての鋼材は、JIS

3101, SS-41 のセミキルド鋼を、また溶接には低水素系溶接棒を使用している。保守管理面から、耐候性鋼（コールテン鋼）の使用（1970年）を試みたが、1980年からは普通鋼（SS 41）に溶融亜鉛めつきを行い、防錆の効果をあげている。

このようにして使用された鉄骨は、木質パネルとの接合において、その間に結合材（木製）を設け、くさび形コネクタとの併用により、鉄骨骨組みとパネルの結合力を確保し、しかも断熱性能をも保持できる自由な設計が可能になった。現在では、昭和基地のプレハブ工法は定着したといえる。

高床式建物工法によれば、スノードリフトが建物を覆うようなこともなく、昭和基地を始め、大陸沿岸の露岩上に建設された各国隊のプレハブ式建物でも採用されている。しかし、大陸氷床下の建物は、積雪と建物自体の沈下によつて、数年を経ると建物が氷床下に隠れるのが実情である。これを解決するため、アメリカ隊は南極点基地を再建のさい、鉄骨製大ドームを氷床上に建設し、ドーム内にすべての建物を建てる方法をとつた。氷床下の基地建物は上記の方法か、あるいはまた、あらかじめ氷原にトレンチを掘り、その上にアーチ型鋼製ドームを架け、トレンチ内にプレハブ建物を建てる方法が、現在のところ最良と考えられている。

なお、建物の不燃化のため、石膏の耐火性と低温特性に着目し、石膏を主体とする石膏コンクリートについ



図のスノードリフトは、実際には建物の長手方向に生ずるが、理解しやすいように相互の関係は変えずに建物の向きだけを変えて画いた。

図 2 風力係数とスノードリフト



写真 3 アメリカ隊南極点基地

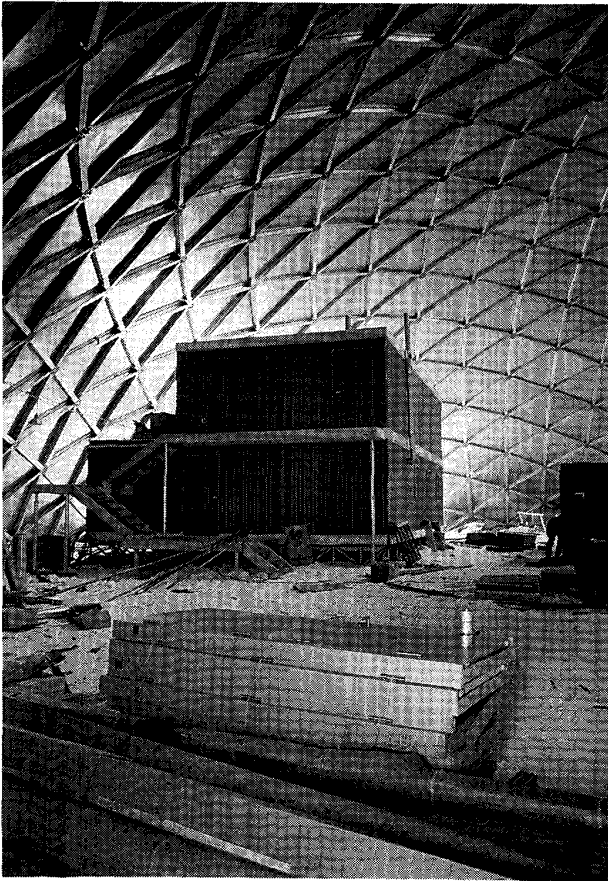


写真 4 ドーム内に組み立てられた建物 (アメリカ隊南極点基地)

て、その可能性を探る各種テストが目下行われている。過酷な気象条件の南極において、探検家として初めて越冬した、イギリス隊の C. E. BORCHGREVINK (1898~1900) や、R. F. SCOTT (1901~1904)、E. H. SHACKLETON (1907~1909) などの建てた木造小屋が、現在で

も健在であることがわかった。これらの建物は、冬季降雪で覆われ、夏季融雪によりその姿を現すわけだが、低湿度の極地の気候は、木造建物に適していることがわかる。

4. 輸 送 車 両

4.1 概況

極地の輸送手段といえば、探検時代には犬ぞりが主役であつたが、国際観測が始まると、各国隊は国内の寒冷地で使用実績をもつ雪上車をそれぞれ持ち込み、夏季の接岸時の物資輸送、また大陸氷床上や海水上の調査旅行を行つた。犬ぞりは、今では一部の隊が使用するに過ぎず、スノーモビルがその代用を務めている。

夏季の氷厚の薄い海水上で、大陸氷床上の長距離旅行に使われる車両としては、おのずから車種、接地圧などに相違がある。しかし、初期のころは兼用したため、酷寒時の内陸調査旅行中、各国隊ともさまざまな故障に遭遇し、時には車両を放棄し、航空機により救出される例もあつた。故障の主な原因は、車両部品の低温脆性による破損が多いが、最近では材質も研究されて事故も少なくなり、各国隊とも建設された基地周辺の気象特性と、使用目的に適した経済性のある車両を使用するに至つた。

この間、観測事業の恒久化に伴い、基地も拡大され、凍結防止剤を用いた道路なども整備され、露岩城の基地では、四輪駆動の装輪トラックや普通乗用車などが使われている。このほか、イギリス隊のテストに始まり、ホバークラフトの使用も試みられている。

日本隊は観測開始以来、既製の民需用、あるいは防衛庁開発の雪上車を母体として、酷寒地に必要な低温対策を施した車種を使用してきた。宗谷時代 (1956~1962) では、自重 2t 級の KC 20 型 (ガソリン) と KD 20 型 (軽油) の 2 車種が活躍したが、懸架ばねなどに若干

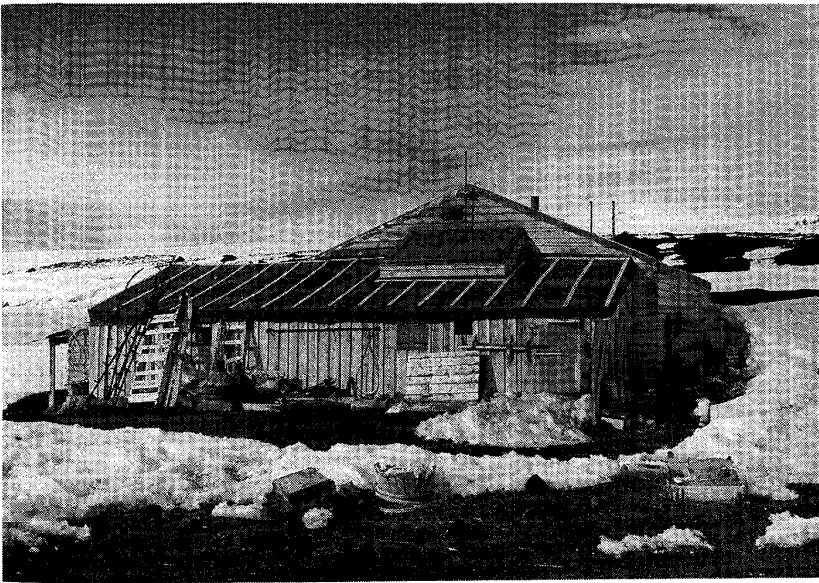


写真 5 1907年に建てられた Shackleton 小屋 (外部は最近補修された)

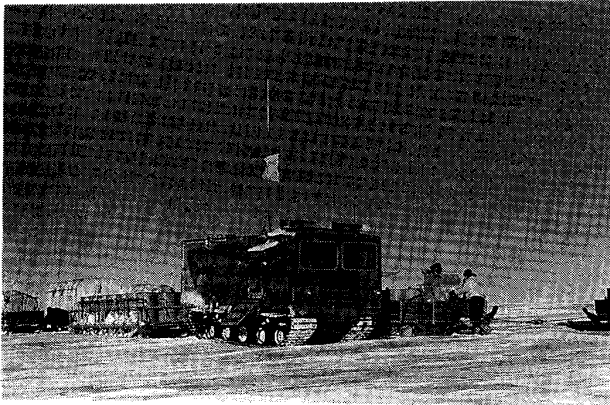


写真 6 給油中の KD60 型雪上車 (第 8 次隊)

の問題はあつたものの、十分に使用目的を果たした。とくに、KD 20 型にはトルクコンバーターシステムを採用したが、素人が操縦しやすく、低温下で良い成績をあげた。

4.2 大型雪上車の開発

1965 年、砕氷船“ふじ”の就航で昭和基地が再開され、その一つの目的であつた極点往復調査旅行用として、防衛庁の 61 式大型雪上車が母体となり、KD 60 型車 (自重 8t) が誕生した。この雪上車は、多量の物資をそり 3 台で牽引し (全重量約 8t)、最低気温 -60°C 、標高 0~4000 m の環境下で、5 か月間 6000 km の旅行に耐え、隊員 4 名の居住および観測スペースを車内に設けることを条件に開発された。構造材料およびゴムなど非金属材料の低温脆性、低温低圧時のエンジン始動および出力確保、エンジンおよび動力伝達装置の暖房保温、電気部品の低温性向上、車内の暖房保温などへの対策、さらに耐久性についても十分に検討し設計された。とくに、エンジンの始動については、予燃焼室式ディーゼルエンジンを使用しているが、低温下で容易に始

動できる温度は -25°C までであるため、その対策として油焚きのプレウォーマーを車内に設置し、冷却水を暖めて循環させる始動方式をとつた。そして、低温脆性、耐久性を重視し、下記の材料が使われた。

懸架ばねは、低温の影響を受けにくい Cr-V 系 (SUP 10) のトーションばねを採用し、転輪は重量軽減と低温脆性を考慮して、アルミ合金ディスクに低温用ゴムタイヤ焼付け、トラック板には低温性、耐久性、加工性の優れた調質高張力鋼を用いた。

構造用材料として、一般的な炭素鋼および低合金鋼の炭素含量が高い焼ならし材は、適正な熱処理により低温脆性をかなり改善できるので、一般的な部材にはこの方法が用いられた。下部フレームなど重要な部分、および外気に直接さらされる部分には、アルミキルド系の低温用鋼板、または調質高張力鋼を用いた。歯車、軸、リングなどに用いる強靱合金鋼の代表である SCM, SNC, SNCM 系は、良好な低温性をもつが、Cr, Mo などは遷移温度を高めるので、Ni を含まない鋼種は、焼もどし温度をやや高めにして靱性の増加を図つた。鋳鋼品は、焼入焼もどし処理で低温性をかなり改善できるが、 -60°C の条件に堪えるため、外気に直接さらされる横軸装置ケースなどには、アルミ合金系を用いた。

また、ゴムばねや防振ゴムは、天然ゴム、低温用ゴム、ポリブタジエンなどの配合を適正にしても、 -40°C 付近からばね常数が急増し、常温の 7 倍にもなるので、金属材料 (Cr-V 系) とし、ベルト、シール、ホースなどのように金属に変更できないゴム系部品は、シリコン、ブタジエン、天然ゴムなどを用いた。

このようにして製造された KD 60 型雪上車は、昭和基地再開初年度 (1966 年) のテストを経て、筆者らの第 8 次隊 (1967 年) のアメリカ隊プラトー基地 (昭和基地と南極点のほぼ中間) までの調査旅行にも成功し、この

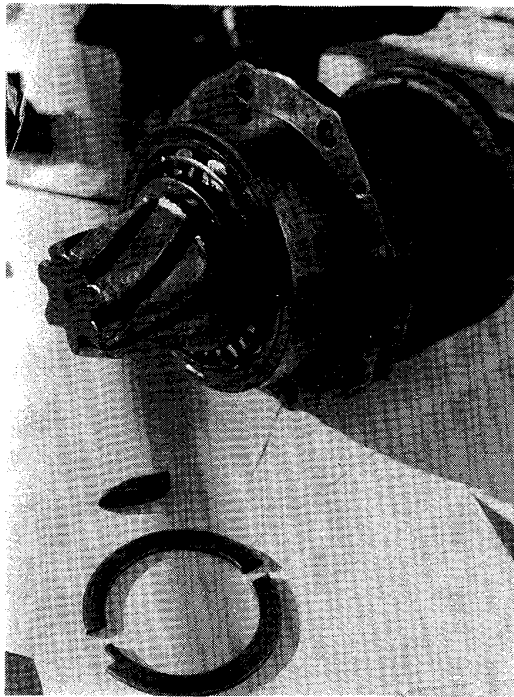


写真 7 KD60 型車の破損したディファレンシャル
・ピニオンギヤと軸受けスラスト

開発した大型雪上車による第9次隊の極点往復旅行は、史上9番目として全走行5182kmの壮挙を成し遂げた。

4.3 改良された雪上車

日本隊は、小型雪上車から始まり、酷寒下の長距離走行に堪える大型雪上車まで、各種車両を使用してきたが、南極の氷状はさまぎまで、この間、使用目的に応じた車両選定を始め、構造材料や非金属材料を吟味することの必要性を体験した。初期の小型車は、凹凸の激しい固い氷面を走行中、鋼鉄製のコイルスプリングが、あたかもドーナツを割つたように折損したり、また、KD60型車のディファレンシャルのプラネタリギヤ (SNCM23) が欠けてしまつたり、キャタピラの故障などもおきた。内陸氷床には、ソ連隊のハリコフチャンカという30tの大型車や、アメリカ隊のスノーキャットなど、各国隊の車両が過去に放棄されているが、いずれも低温脆性による事故であつた。

気温が $-40\sim-60^{\circ}\text{C}$ の低温環境では、夜間の停止時と走行中との間で、一部の部品は、 100°C をこえる温度差を毎日繰り返すことになる。従つて、寒冷地用の構造材料については、設計の標準強度をこえる強性を持たせると共に、熱処理法を工夫することによつて、現在では所期の目的をほぼ達成するに至つた。

極点旅行後の調査地域は、 75°S 以北に重点がおかれるようになり、その結果、KD60型車が重く (接地圧 0.19kgf/cm^2)、軟雪帯で走行困難な場合もあるため、より軽量化した3種の雪上車 (自重2~6t、接地圧 0.12kgf/cm^2 以下) が開発された。これらの雪上車は、KD

60型車より軽量化による軽快な機動性をもつSM50S型、また、内陸の“みずほ”基地までの走行ができる経済性のある汎用車SM40S型、生物調査用に海水上で主に使用するSM15S型の3車種である。日本隊が使用目的に応じ、寒冷地用車両を開発使用した経験は、関係企業にとつても技術水準の向上に大きな役割を果たしたことになり、シベリヤ、アラスカなどへの輸出産業に十分なノウハウを提供したと思う。

5. 低温環境下で留意すべき諸対策

5.1 石油製品

南極で使用する石油製品の品質は、経済上から国内と同一のものもあるが、冬季 -61.8°C まで下がる“みずほ”基地 (年平均気温 -32.0°C) や、旅行用雪上車の燃料類、潤滑油などは、低温用の特殊製品を使用せねばならない。これは、超低温になると、灯油や軽油などもしだいに固化するためである。昭和基地でも -30°C を下がると、燃料タンクから普通軽油 (JIS特3号) のポンプアップは困難となるので、ドラム缶入り普通軽油は発電棟に運び入れ、予熱後使用せざるをえないこともある。

また、国内で使用の潤滑油類は、鉱油を基油としているが、流動点を -50°C 以下にするのはかなり困難なため、低温用には合成油を基油とし、各種添加剤を用途に応じて選択、調合し、南極用のエンジン油、ギヤ油、トルコン油、ブレーキ油、グリースなどを作り、流動点を -50°C 以下に保持している。油圧作動油は、小型飛行機にも兼用するため、アメリカより輸入の厳選された製品を使用している。なお、燃料油の灯油や軽油についても、流動点 (-60°C 以下) を考慮し、特殊原油に添加剤を添加したもので、厳しい規格のものが使用されている。

上記の各種南極用潤滑油、燃料油などに添加されている添加剤の量や品種については、製品メーカー (日本石油) のノウハウに関するため、公表されていないので不

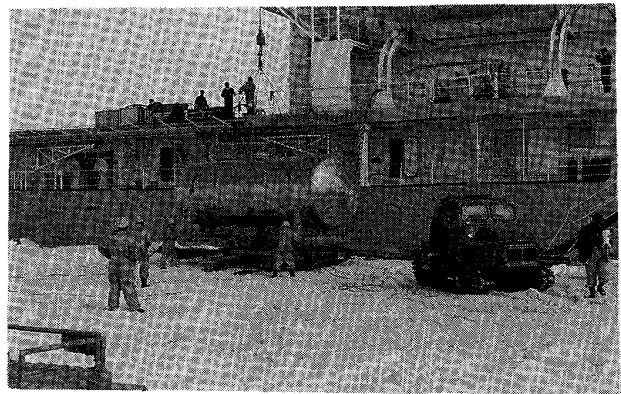


写真 8 “ふじ” から下ろされる 20k ℓ アルミ製燃料
タンクと KD20 型雪上車

明であるが、清浄分散剤、酸化防止剤、極圧添加剤、さび止め剤、粘度指数向上剤、あわ立ち防止剤、セタン価向上剤などが添加されていると推定される。

不凍液もすべての車両に使われるが、これも特殊添加剤を加えた南極用である。筆者が第4次越冬隊（1960年）に参加中、隕石の多い“やまと”山脈を初調査したとき、この不凍液が欠乏し、携行の濃縮ウイスキー（普通品の2倍の濃度）を薄めて不凍液代用に使用したことがある。しかし、走行中に車内にアルコール臭が烈しく、飲酒しない機械担当隊員が酔ってしまい、困った思い出がある。

第1次隊から使用の南極用特殊石油製品は、その使用状況から随時品質は見直されており、すでに、エンジン油やギヤー油は4回、ブレーキ油は3回、ガソリンは2回も品質が変更されたが、今では -60°C 前後の酷寒に堪える製品を確保するに至った。なお、貯油方法としては、ドラム缶のほか、アルミ金属製タンク（50kl, 20kl）、組立式FRPタンク（耐油性パネル製、20kl, 56kl）、ゴム布製ピロタンクなどが設備されているが、火災防止、漏洩防止の点からみると、アメリカ隊、ソ連隊が使用のように、金属製タンクの設置が望ましい。

5.2 基地の諸設備と食料、装備

5.2.1 発電機と暖房

発電機は、第1次隊の20kVA 2台に始まり、昭和基地の拡大に伴い、45kVA（1966年）、65kVA（1968年）の各2台、110kVA（1978年）、または125kVA（1979年）を経て、1983年から200kVA 3台の使用に至っている。いずれもディーゼル発電機を採用しているが、その理由は、1）火災の虞の少ない軽油を燃料とすること、2）燃料消費率が少なく経済的であること、3）雪上車のエンジン部品との互換性、4）低温始動性、5）排気温度（300~400 $^{\circ}\text{C}$ ）が低いこと、などからである。

ディーゼルエンジンの冷却水エネルギー、排気エネルギーを利用するtotal energy systemは、第1次隊以来完全に実施され、燃料の節約に効果をあげている。各棟には独立した温風暖房機が設置されているが、発電機の廃熱回収による温水と、ファンコイル・ユニットを用いた温水暖房も1966年から一部の建物に利用されている。現在すでに、雪原下に埋れた“みずほ”基地の暖房は、1974年の小火災発生以降すべてこの方法によるが、火災、CO発生防止から有効である。なお、造水もディーゼルエンジンの冷却水エネルギーで行われており、水道は温水循環式として凍結を防止している。昭和基地の燃料輸送量は、毎年400tをこえるが、今後の課題として、新建築物の不燃化および断熱性の強化、2階建として暖房負荷の低下、集中温水暖房方式による各棟ごとの暖房機使用の廃止などが検討されている。

5.2.2 食料

自給自足のできない南極越冬生活では、1年分の食料品を1回の輸送で行うことになる。従つて、生鮮食品や冷凍品の保存方法がきわめて大切となる。最近では、野菜類の急速冷凍技術が進歩し、初期のころ不可能であつた大根（ただし、下ろしたのもの）などまで野菜類の冷凍品目も多くなり、基地の食生活はきわめて豊かになった。

第1次隊は、冷凍品を水下に格納保存することが可能とみて、冷凍庫、冷蔵庫を携行しなかつたため、冷凍品の大部分が傷んでしまつた。“ふじ”就航後（1965年）は、冷凍庫もしだいに増設され、冷凍品の良好な保存ができるようになった。生鮮野菜類を1年間保存することがいちばん問題となつているが、最近では、新設の冷蔵庫に貯蔵された生鮮食品のうち、鶏卵、たまねぎ、じゃがいもは1年間、りんご、キャベツなどは約10か月保存できるほど、食料品の貯蔵知識が、初期に比べ驚くほど増えてきた。

冷凍品については、 -20°C の一定温度に保つことが、保存はもとより味の点からも大切である。冷凍庫内の温度を -30°C に下げ過ぎたり、 -10°C に上げたり、 0°C 以下の状態でも温度を大きく変化させることは、薄片にした肉類や魚類の品質を悪くすることになり、こうしたことを避ける保存方法についての知識も体得するに至つた。

なお、筆者らが越冬中、隣接のソ連隊基地を訪問のさい、野菜栽培器でトマトを栽培しているのを目にした。日本隊も1966年以降、この特殊蛍光灯使用の栽培器を持参し、もやし、かいわれ大根、きゅうりなどを室内でつくり、食卓に風味をそえている。

5.2.3 防寒装備品

第1次隊の出発するころ（1956年）は、ちょうどわが国の合成繊維工業が各種の合成繊維を生産し始めた時代であつた。しかし、ナイロン、ビニロンなどが登山隊の海外遠征で使用実績をもつ程度で、果たして天然繊維、毛皮製防寒衣料と比べて、実用に堪えるか疑問の点もあつた。しかし、初期の越冬隊の使用結果から、合成繊維の防寒装備も、天然繊維、羽毛などに劣らず、十分に酷寒下で使用可能なことがわかつた。従つて、毛皮製品を愛用するソ連隊を除いて、現在では、各国隊とも合成繊維を主とする装備を使用するに至っている。とくに、羽毛の代わりにポリエステル綿を使用する防寒服は、洗濯が容易で衛生面から推選される。

しかし、低温下で防寒装備を使用する場合には、気象条件、とくに湿度について十分に考慮し、選択せねばならない。また、デザインなども大切である。同じ極地域でも、南極の場合には、保温、防風、強度、防水、行動性の順序に重点をおき、材料の選択、デザインを考え、一方、北極地域の夏季装備では、防水、保温、強度、行動性、防風の順序に重点を置く傾向がある。低温下で使

用する肌着は、綿製品が良く、とくにアメリカ隊など外国隊が使用する waffle knit シャツと呼ぶ、肌着に空気層を持たせるアミシャツに似た綿製下着使用が推薦される。

低温下の生活で重要な点は、下半身、とくに脛から下を冷やさないことである。ソ連隊員は、防寒靴を着用のさい、靴下の上から薄手毛布の厚さのウール製布地を、つま先から膝まで巻きつけ、その上に毛皮製の内靴を着用し、そして長靴をはく。この組合せの防寒靴は、 -65°C の酷寒でも十分に保温性がよいとのことである。なお、防寒靴は寒冷地の装備の中でもつとも大切なものであるが、現在では日本隊が開発した雪靴が最良とされ、アメリカ、イギリス、オーストラリア、ニュージーランド、西ドイツなどの各隊が使用している。これは、テビロン（ポリ塩化ビニール）の熱収縮性に着目してつくられた靴で、ゴム底を除いてすべての材料が合繊繊維である。

これまでの経験で、私たち人類は -80°C の低温下でも、天然繊維と合成繊維を組み合わせた装備を使用し、安全に行動できることがわかった。しかし、防寒装備については、気象などを含めて使用条件を考慮して選択することがいちばん大切である。

6. お わ り に

30 年に及ぶ南極観測で使用した設営用品について、主

として日本隊の使用経過を中心に述べた。現在では、私たちが地球上いかなる寒冷地域へ進出しようとも、十分に対処できる機材を準備する自信をえたといえよう。しかし、南極では今なお各種のテストが行われている。すでに、アメリカ隊は PM 3 型の加圧水型原子力発電（出力 1800 kW）を 10 年にわたり運転した。また、日本隊やニュージーランド隊は、風の強い南極で風力発電も試み、また、太陽エネルギーを利用してバッテリー充電などを行い、その実用性を確かめている。

今後もつづく国際南極観測は、私たちの寒冷地生活の経験と知識をより高めてくれるものと期待できる。終わりに付記するが、地球化学専攻の筆者は、零度以下の自然現象が、常温下の科学的常識を覆すことをたびたび経験した。低温科学の研究は、学問の各分野においても今後さらに行わねばならないと痛感する。

文 献

- 1) Symposium on Antarctic Logistics (1963), National Academy of Sciences, Washington, DC.
- 2) 南極設営専門家会議報告書 (1968) 文部省南極本部
- 3) 鳥居鉄也: 繊維学会誌 (1972) 5, p. 495
- 4) 南極観測二十五年史 (1982) 文部省
- 5) 第 1 回極地設営工学シンポジウム講演要旨 (1984) 国立極地研究所