

# フォーラム「登山を楽しくする科学(VI)」

2014年 3月 15日(土) 13時～17時

立正大学大崎キャンパス 1151 教室

(品川区大崎 4-2-16)

主催：公益社団法人 日本山岳会 科学委員会

## 目 次

フォーラム「登山を楽しくする科学 (VI)」開催にあたって・・・・・・・・・・ 2  
日本山岳会 科学委員会  
委員長 福岡 孝昭

講演1 「南極探検の歴史、自然そして現在の南極観測」・・・・・・・・・・ 3  
国立極地研究所 極地工学研究グループ  
石沢 賢二

1. 南極探検の歴史
2. 南極の自然
3. 現在の南極観測

講演2 「登山時の疲労対策として—サポートタイツの使用効果について—」・・・・・・・・ 8  
聖マリアンナ医科大学スポーツ医学講座  
油井 直子

- ・はじめに ・そもそも登山とは? ・サポートタイツとは
- ・サポートタイツの登山使用における意義とは ・サポートタイツの効能
- ・サポートタイツを履いた登山実験 ・サポートタイツの利点と欠点
- ・テーピングについて ・サポーターや装具について

講演3 「山の姿を読む — 谷川岳と大雪山」・・・・・・・・・・ 12  
こあぜ たかし  
小疇 尚

### 山の姿はさまざま

1. 谷川岳の姿
  - ・谷川岳の山岳景観 ・地形の特徴と削剥作用 ・氷河作用と岩壁の形成
  - ・モレーンと氷縁流路
2. 大雪山の姿
  - ・北大雪山の山 ・丸くなだらかな山々 ・永久凍土と周氷河作用
  - ・氷河はあったか

## フォーラム開催にあたって

日本山岳会科学委員会委員長 福岡孝昭

日本山岳会科学委員会はこれまで、会員及び一般登山者の登山に対して、単に技術に関する情報のみでなく、山に関連した幅の広い情報を供給することにより、心豊かな山登りを願って、フォーラム（座学）と探索山行（実践）を主催してきました。これらの行事を通じて、安全な登山を行う情報も得て頂ければと願っている次第です。山岳会の公益法人化にともない、一般登山者への啓蒙活動という面では、これらの行事は山岳会の重要な活動にもなっています。

フォーラムは今回で6回目である。これまでに高山植物、山の動物、気象、登山ウェア、山での食事、怪我、温泉、氷河等に関する講演を行ってきました。

今回の第一の講演は我が国の南極観測についてである。日本の南極探検は白瀬大尉にはじまり、世界と先陣を競ったのは有名である。本格的南極観測は戦後の復興間もない頃に、登山家（山岳会の先輩たち）の協力によってはじめられた。科学観測という面からすれば本科学委員会の先輩たちによって始められたともいえよう。石沢氏の講演はその歴史、探検から観測への変遷、これまでに得られた成果が語られる。その観測遂行にあたり登山（特に冬山）とのかかわりも説明されるものと考えます。

第二の講演は、油井氏による「サポートタイツ」についてです。登山に使用される服装の近年の発達（新素材の開発から新機能の開発まで）には目を見張るものがあります。サポートタイツをうまく着用することにより、怪我を防ぐとともに疲労も軽減させることができるという。しかし、正しい装着が必要ということも大切なようで、このあたりのことをじっくりと聞きたいものです。

最後は「山の形」についてである。丸い山、尖がった山、谷の形など、どうして山によって異なるのか、普段、何の気なしに見過ごしている山の形（姿）が何によってきまるのか、そんなこともわかって山を歩くと心が豊かになってくるのではないのでしょうか。地形学者の小疇科学委員の解説に期待して、耳を傾けたいと思います。

お帰りになる前に、アンケートにご回答頂き、来年もフォーラムに足をお運びください。山に関する知識・情報を増やしてくださることを期待する次第です。毎回参加されて、この資料を集めると、一つの山の知識集が出来てゆくこととなります。6月に予定されている探索山行にも、是非参加頂くとともに、非会員の方の山岳会への入会をお待ちしています。

最後に、会場の提供を頂いた立正大学に感謝申し上げます。

# 南極探検の歴史、自然そして現在の南極観測

国立極地研究所 極地工学研究グループ

石 沢 賢 二

## 1. 南極探検の歴史

西洋人が南極大陸の存在に気づいたのは1700年代だった。1772年から1775年にかけてクックは南極一周航海を行ったが大陸を発見することはできなかった。その後、1820年代に捕鯨・アザラシ猟が盛んになり、このような人々によって発見されたものと思われる。1900年代は南極英雄時代だった。未知の空白地帯に向かって多くの探検家が出かけていった。1909年には英国のシャックルトンが南極点まで180kmまで迫った。そして1911年(明治45年)から翌12年(大正元年)にかけて、アムンセンとスコットによる南極点到達競争があり、1911年12月14日、ノルウェーのアムンセンが南極点を征した。そして敗れた英国のスコット隊は帰路全員が遭難死亡した。二つの探検隊の成否の鍵は何だったのか？隊長の性格、犬と馬による輸送手段、防寒服、食糧、隊員の選抜、現代の組織論にも参考となる多くのことを資料から読み取ることができる。

また、2人の熾烈な競争が繰り広げられていた同じ頃、日本人の探検隊も南極大陸に上陸し、雪原を歩いていた。わずか204トンの開南丸で南極探検に挑戦した白瀬隊である。隊長の白瀬矗は秋田県金浦町出身で、若いときから極地探検に目標を定め、明治26年には郡司大尉の千島探検隊に加わり占守(シュムシュ)島で越冬した予備役の軍人だった。



ノルウェーのロアール・アムンセン：人類初の南極点到達を成し遂げた(1911年12月24日)

英国のロバート・スコット：アムンセンより約1月遅れて南極点に到達(1912年1月17日)す

日本の白瀬矗：南緯80度5分に到達(1912年1月28日)。大和雪原と命名した。

1957年1月29日、西オングル島に上陸「昭和基地」と命名した。



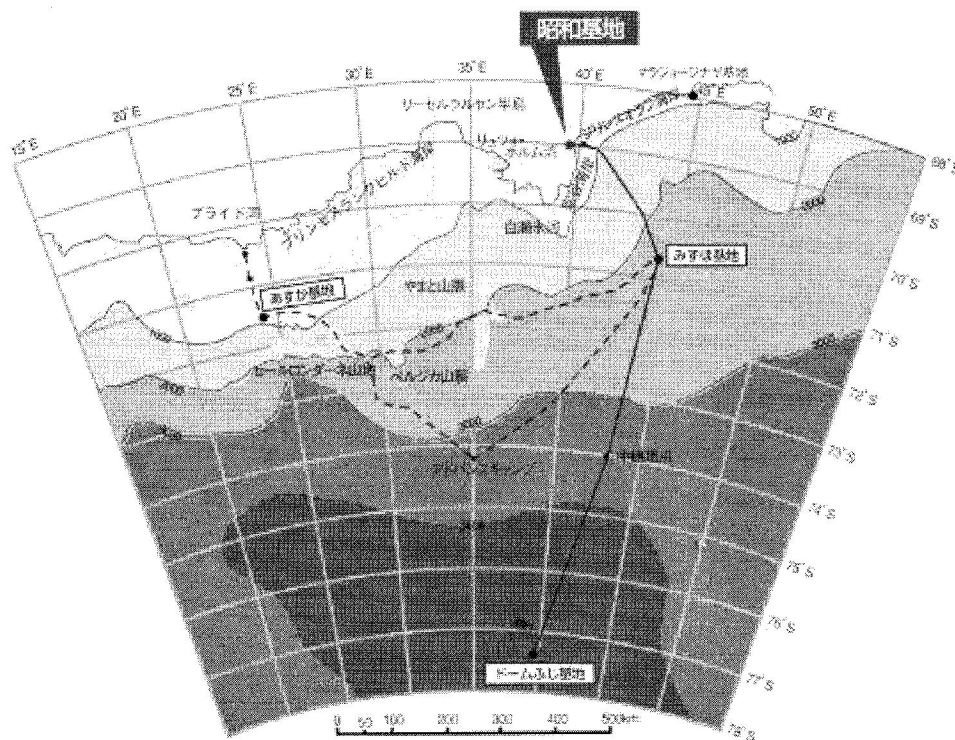
時はたつて 1955 年 9 月、ブリュッセルで開催された IGY 特別委員会南極分科会において、日本の南極観測への参加が承認された。IGY とは、International Geophysical Year の略で、1957 年から 1958 年を国際地球観測年として、各国が共同してオーロラや地磁気、気象、海洋などの地球物理学観測を行うものだった。日本は南極観測に参加して敗戦国から脱却し、国際社会に復帰することに賭けていた。観測隊実現に大きな貢献をしたのは朝日新聞だった。その中でも、矢田喜美雄記者の活躍が大きな推進力となった。彼は、昭和 11 年ベルリンオリンピック走り幅跳び 5 位のスポーツマンであり、昭和 24 年国鉄の下山事件の取材でも活躍した熱血漢だった。

1957 年の第 1 次隊以来、途中 6 次隊から 7 次隊までの約 4 年間昭和基地を閉鎖したが、それ以来継続して観測隊を派遣し、観測活動を行い現在に至っている。

## 2. 南極の自然

南極大陸の面積は、1,400 万 km<sup>2</sup> で、日本の約 37 倍である。昭和基地から最も近い文明圏は、アフリカのケープタウンで約 4,100km の距離である。基地の平均気温は、-10.4℃、最高気温は 10℃、最低気温は-45.3℃を記録したことがある。この基地から南極大陸までは海峡を挟んで約 4km、草木 1 本ない雪と氷の広大な雪原が広がる。ドームふじ基地は、ここから約 1,000km の標高 3,810m に位置し、年平均気温は-54.3℃、平均気圧は約 600hP と平地の 60% の薄い空気である。-79.7℃の低温を記録したこともある極寒の基地である。

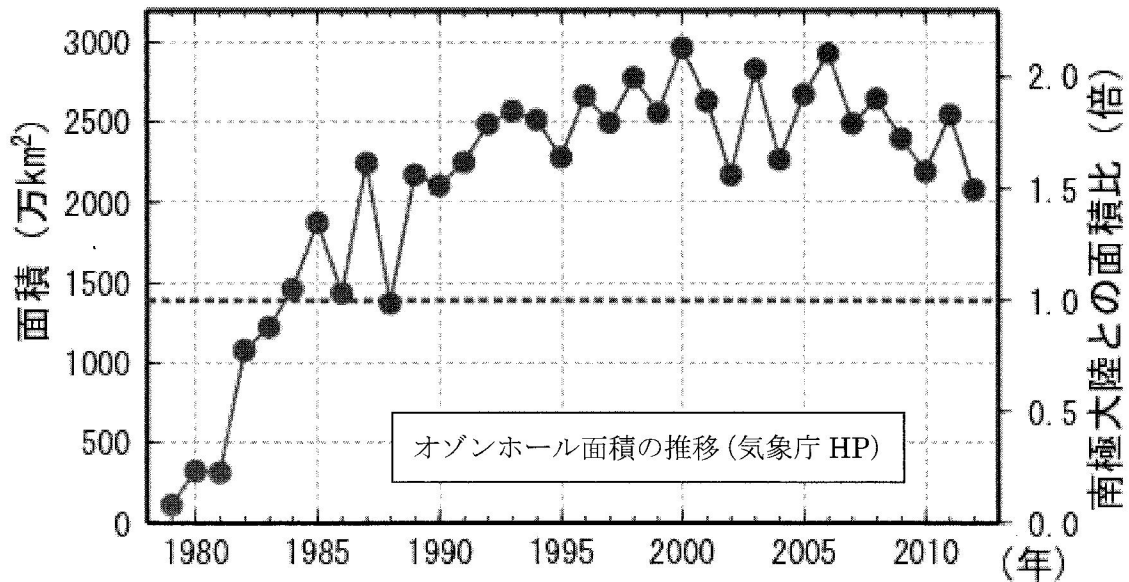
日本はこのほかにもあすか基地、みずほ基地という氷床下に埋没した内陸基地があるが、現在は無人となっている。筆者はいずれでも越冬経験がある。



### 3. 現在の南極観測

1950年代に観測を始めてからしばらくの期間は、南極自体が未知の大陸であったために、南極そのものの科学的探求が目的であった。その後、南極という地球上の特殊な場所を利用して地球や宇宙を解明することに関心が移っていった。ここで生活しているのは各国の観測隊員がほとんどで、夏期に3,600人、冬期は1,000人不足である。ただ、最近では夏期の観光客が増え、35,000人に達している。人口密度が低く人為的な影響が少ないため、大気や海洋の観測に最適である。また、南極大陸氷床の平均の厚さは、2,450mである。この氷は過去に堆積した雪が自重で押しつぶされて氷になったもので、日本隊は、ドーム基地で3,035mまでの氷床掘削を行い、72万年前の氷床コアを手に入れた。このコアを解析することにより、過去の気温や二酸化炭素濃度、火山活動のデータを得ることができる。

また、昭和基地では、地球温暖化の原因となっている二酸化炭素やメタンガス濃度の測定を継続して行っている。日本の南極観測隊の最大の成果は何と言っても、オゾン濃度の減少を世界に先駆けて発見したことである。1982年、第23次隊の越冬中に気象庁の隊員がオゾン全量が少なくなっていることに気づき、これが南極オゾンホール発見をもたらした。これを受け、1987年には「オゾン層を破壊するモントリオール議定書」が発効し、フロンなどの削減・廃止への道筋が定められた。しかし、オゾンホールの面積増加は、横ばいになってきたものの、まだ南極大陸の約1.5倍に広がっている。



南極で大量の隕石を見つけたのも、日本隊が先駆けた成果である。世界には地球外の天体から多くの隕石が落下しているが、海や陸地に落ちても回収することは困難である。それに比べ 98%が氷床に覆われる南極大陸では、落下した隕石はこの氷床の中に閉じ込められる。これらは、氷床と共に海に向かってゆっくりと長い時間をかけて流れていくが、山岳などの障害物があると堰き止められ上昇流となり表面に露出する。日本隊は、これまでに 1,6000 個余りを発見した。この中には火星隕石や月隕石も少々ながら含まれており、太陽系生成の解明に寄与している。

このように高層大気から雪氷、地学、生物、海洋観測に至まで、幅広い科学観測を実施しているが、これを支えるのが設営である。隊員の生活に欠かせない燃料や食糧を始めとして最も大事な分野が輸送である。さらに、電力・造水・暖房は、一時も休むこと無く動き続ける発電機に頼っている。また、人間生活のインパクトをできるだけ少なくするため、環境保全も重要になっている。汚水の生物処理を行うのを始め、毎年 250 トンにももの廃棄物を日本に持ち帰り処理している。

南極は地球環境を監視するセンサーであるという認識のもとに、南極の自然を守り、科学観測のユートピアとして生かすことがますます重要となっている。



10kW 風力発電機



砕氷船「しらせ」

< プロフィール >

石 沢 賢 二 (いしざわ けんじ)

生まれ：1952年(昭和27年)山形県山形市西蔵王

学歴：山形県立山形東高等学校

秋田大学大学院(鉱山学部地質学科物理探鉱(地震探査))

在学中に、アジア・アフリカの登山と僻地を放浪(10ヶ月)

第19次南極観測隊に参加(超高層観測部門)

1980年 秋田大学鉱山学研究科を修了

職歴：1980年(昭和55年)国立極地研究所事業部観測協力室に採用

南極経験：越冬隊5回、夏隊2回

第19次隊(みずほ基地で越冬、オーロラ・氷床の地震探査)

第24次隊(みずほ基地で越冬、セールロンダーネ山脈への内陸旅行)

第28次隊(夏隊であすか基地の建設・内部設備工事)

第32次隊(あすか基地で越冬、風車の設置、S16までの内陸旅行)

第36次隊(越冬副隊長として昭和基地越冬、ドームふじ基地への内陸旅行)

第50次隊(夏隊副隊長としてオーストラリアの砕氷船とヘリコプターをチャーターして昭和基地への物資輸送)

第53次隊(越冬隊長として昭和基地越冬)

1997年 米国交換科学者(マクマード基地、南極点基地で設営技術の調査)

2004年 ベルギーの新基地候補地の調査

2006年 オーストラリアの砕氷船と基地・・・船舶輸送調査、ケーシー基地、マッコリー基地の調査

現在：国立極地研究所 極地工学研究グループの技術職員



## 登山時の疲労対策として -サポートタイツの使用効果について-

聖マリアンナ医科大学スポーツ医学講座

油井直子

【はじめに】一般の医療現場では、下肢の静脈疾患やリンパ管障害など浮腫をともなう疾患の治療として弾性包帯や弾性ストッキングなどが使われている。また、安静臥床が必要な病気や何らかの怪我でやむを得ず入院することになってしまった人の中には、医療サイドからストッキングの使用を勧められた経験をお持ちの方がいるのではないだろうか。これは、寝たきりの状態や、術中・術後の安静により下肢の筋肉を動かさずにいた結果、“深部静脈血栓症”を起こしてしまう危険性があるため、この予防策として用いられている。また最近では一般女性をターゲットにした弾性ストッキングが商品化され、下肢の疲労や浮腫の軽減を目的に広く愛用されている。その効果は、適正な段階的圧迫力を下肢へ加えることで、筋肉ポンプ作用の増強と微小循環を改善し、下肢の静脈還流を促すことでうっ血や浮腫を予防するとされている。さらに近年はスポーツ分野への応用も盛んである。マラソンランナーのランニング時や、各競技アスリートたちのトレーニング時の使用など、色々なデザインのタイツが生み出され、あらゆる場面でサポートタイツを身につけて運動している人々が目につくようになってきた。各メーカーの開発コンセプトも様々であるが、これらが人体へ対して実際にどのような効果を与えているのか、現在も研究者たちの興味ある的になっている。

そこで今回は、スポーツ愛好家の中でも登山者に対するサポートタイツの装着利用にどのような身体的効果が認められるのか、現在までの報告を中心に検討する事とした。また、サポートタイツ以外に山行で用いられているテーピングの効果や、膝を保護する用途として使われている、いわゆるサポーターや装具などとの違いについても検討を加えたい。

### 【そもそも登山とは？】

登山という人間の行動を客観的に分析すると、①程度の差はあれ坂道を登ったら下りる。②食料や水分補給、雨具などの必要品を入れた荷物を背負う③長時間歩く④ときに高所への移動となるため低酸素・低圧環境下へ赴く⑤冬季では寒冷環境へ赴く、と言うように人間の体にとってかなり過酷な運動条件や運動負荷がかかるものである。大またで腕を前後に振り、後ろ足で地面を蹴りながら早く移動するウォーキングと違って、上記の厳しい条件下での移動であるため体へ極力負担がかからないよう小股で静移動・静加重動作であることが望ましいと登山の技術書に記載されている。

### 【サポートタイツとは】

身体に適度な着圧が加わるよう設計されたスポーツウェアの総称で、「弾性タイツ」「コンプレッションウェア」「コンプレッションタイツ」などと呼ばれているものである。今回

はデザイン的に、膝下までのストッキング、足首から腰まで覆ったタイツ、腰から膝までのハーフタイプとなるスパッツなどを含めることとした。現在は、山ガールに代表されるがごとく、おしゃれな服装で地味な登山をみんなで楽しもうといった遊び心が満載になってきている。

#### 【サポートタイツの登山使用における意義とは】

わが国は超高齢化社会への道を歩みつつあり、平成 27 年（2015 年）は高齢者数が 3300 万人に達することが予測されている。長寿であるだけでなく、元気で活動的な生活を送る健康老人も増加しているはずである。手軽に出来る健康維持の 1 つとして中高年登山がブームになっている。ところが、平成 25 年の山岳遭難統計によると中高年者（40 歳以上）による事故が 7 割近くを占め、転落・滑落が 6 割、そのうちの 7 割がつまずき、浮き石による、スリップ、バランス低下など簡単な場所で、しかも下山時に事故が多発していた。また、登山に起因する中高年登山者の運動器疾患の愁訴で多いものには膝関節、大腿部、下腿部、腰部、足部と下肢に集中しており、中でも膝関節疾患が約 7 割を占めているとの報告もある。そのため、手軽なサポートタイツを履いて登山をする事が、少しでも体力の劣る高齢者の下肢への負担を減らし、転倒や滑落などの事故を防ぐ一助になるのではないかと期待されている面もあるはずである。もちろん、対象は高齢者のみならず、体力の十分でない登山初心者や女性においても同様と考える。

#### 【サポートタイツの効能】

大きく分けて、2 つ上げられている。

- 1、タイツの特殊構造による締め上げ圧力で関節を支えて安定化させ、筋肉の余分な動きを制限する。その結果、長時間の動きやすさを獲得するのみでなく怪我の予防にも関与する。
- 2、適度な段階的圧力を加える事で下肢ふくらはぎの筋肉ポンプ作用をサポートし、血流を促進する。その結果、疲労物質を減らすことで疲労の改善効果や、歩行後の筋肉痛の軽減効果がある。

登山者にとって、上記の効能は大変メリットと考えられるが、はき心地感に関してはおそらく個人差が大きいはずである。それらの問題点について、実際に夏山へ登山して調査を行なったので下記に一部を紹介する。

#### 【サポートタイツを履いた登山実験】

実際に、日帰りの夏山登山として、鳥取県の大山（標高 1710M）へ行って二つのサポートタイツを履いた実験を行なった。

対象：一般成人男性 22 名（平均年齢 23 歳）

条件：①足首部圧 40hPa の膝下ストッキング装着群（ストッキング群）、

②腰まで履くタイツ群（タイツ群）、

③非装着群（コントロール群）の 3 群に分けて、はき心地感を検討した。

結果：歩行時の締めつけ感をみると、タイツ群の方がストッキング群に比べ、全行程にお

いて締めつけ感が強いまま推移していた。サポート感と下肢の疲労感を下山過程に着目してみると、タイツ群の方は頂上から下山後にかけてサポート感の低下と疲労感の上昇が見られたのに対し、ストッキング群ではサポート感がわずかに上昇し疲労感もタイツ群より低い数値であった。登りより下りにおいて下肢の筋疲労を感じやすい登山時の衣類として、締めつけの強さが必ずしも機能的なサポート感の獲得や疲労感の軽減につながるとは言いきれない結果であった。

#### 【サポートタイツの利点と欠点】

サポートタイツの精神的な安心感は比較的多いものと考え、それなりの利点や欠点もあるので揚げてみた。

利点：山での脱着がコントロールしやすい。衣服の一部ととらえ両足へ履くため、装具などと異なり歩行上の健康差が少なく動きの制限が少ない。機能的な素材と縫い目の効果として膝周囲の固定性が獲得され、下山時に発揮するものと考えられる。

欠点：サイズバリエーションが少なく、個々のフィッティングが十分とはいえない。動きずらさを感じる。縦走テント泊や宿泊の登山時に使用をすると脱着がきつく履きにくい。値段が高い。締めつけの境界で皮膚の潰瘍やかゆみを生じることがある。

#### 【テーピングについて】

登山で使用する状況としては、もともと捻挫癖があるため足関節の安定性を確保し長時間の歩行で痛みを生じないための予防として用いる場合がある。また、山行中に浮き石に足をとられ不意に足首をひねってしまった際に、とりあえず移動を継続させるための応急処置として使用することが多いはずである。

利点：関節（足関節、膝関節など）の不安定性に有用である。状況に応じて固定力や制動力の調整が可能である。ゲガの予防以外にも修理道具として（衣服の破れ、靴紐の断裂、靴底の破損など）の活用が可能である。

欠点：手技的に、ある程度の知識と経験を必要とする。特に解剖学的知識が必要となる。固定時間とともにゆるみが生じ、実際の効果は10～20分と言われている。皮膚の水疱形成やかぶれを生じ、毛の多いところでは剃毛を必要とする。登山時に持参する物品として荷物が増え、山中で巻きかえをすればゴミを生じる。

#### 【サポーターや装具について】

軟性の装具をサポーターとし、硬性の素材で出来ている装具を硬性装具として話を進めたい。サポーターは主に膝関節へ使用することが多い。効果として、局所的な保温作用と着用による心理的安心感が疼痛を軽減するとされる。脱着が可能で値段も安価ではあるが、テーピングや硬性装具と比較して固定力はかなり弱い。

硬性装具はサポーターよりもさらに固定力が強くなるため、固定による痛みの軽減効果は得られるが、構造上重い、外から目立つ、装着時にズレを生じるなど使用に当たっては配慮すべきポイントが多くなってしまふ。また、短時間のトレッキングなどは問題がないが、縦走や急峻な路面の昇り降りが繰り返される登山では動きの制限になってしまひ、

結局は装具を使用せず外すことになりかねない。

どうせ行くなら、疲れや痛みを感じることなく、気持ちよく山行を楽しみたいと思うのは山を愛する登山者たちの共通した意見であるといえる。その中で、着るだけで体への負担が少なくて済むウェアがあれば本当に有り難い話である。実際のところ、個人個人の反応が極めて幅広いためそこまでの効果は認められないというのが現時点での正直な印象であるが、心理的効果は十分にあると考えている。

#### < プロフィール >

油 井 直 子 (ゆい なおこ)

1991年 北里大学 医学部 医学科卒業。

1991年 東京慈恵会医科大学附属病院で研修医終了後、同大学整形外科学教室の助手。

1993年より現在まで、慈恵医大槍ヶ岳夏山診療所のボランティア医師を継続。

同時に日本スケート連盟強化スタッフ、日本オリンピック委員会強化スタッフ（スケート）の医師としてスポーツドクター業務に従事。

2009年より聖マリアンナ医科大学スポーツ医学講座助教。現在は、医学生へのスポーツ医学教育と、基礎研究として変形性関節症の軟骨代謝について研究を継続中。専門は整形外科の中でも足の外科。

日本整形外科学会専門医、日本整形外科学会スポーツ医、日本体育協会公認スポーツドクター、日本オリンピック委員会強化スタッフ（スケート）、日本スケート連盟強化スタッフ、日本登山医学会会員、日本山岳文化学会会員

## 山の姿を読む — 谷川岳と大雪山

こあぜ たかし  
小疇 尚

### 山の姿はさまざま

山の姿は変化に富み、似たものはあっても同じものではありません。とくに高い山になると個性が目立ち、よく知られた山は名を聞いただけでその姿が目には浮かびます。ここでは姿がまったく異なる谷川岳と大雪山をとりあげ、なぜそのような姿になったのか考えます。

### 1. 谷川岳の姿

#### 谷川岳の山岳景観

谷川岳は標高が 2000m 未満であるにもかかわらず、東面には、マチガ沢、一ノ倉沢、幽ノ沢の谷が山腹を深くえぐり、急峻な岩壁が連なる見事な山岳景観を呈しています。これらの谷はいずれも遊歩道（かつての車道）が横切る「出合」付近で谷幅が狭く、その直上流部が峡谷になっています。短い峡谷を越えると突然谷幅が広がって、岩壁をめぐる谷の上部が見渡せます。マチガ沢は中間部で「く」の字形に曲がっていて上部を見通せませんが、一ノ倉沢、幽ノ沢ではほぼ全貌を見ることができるので、一ノ倉沢を中心にその景観の成り立ちを考えます。

#### 地形の特徴と削剝作用

一ノ倉沢では「出合」から頂稜まで、下から上に次のような地形が認められます。①峡谷と堆積物の高まり、②谷底の並行水系、③広くなめらかな灰白色の船底状岩盤、④急峻な灰色の岩壁、⑤三日月形の尾根、⑥壁の多い黒色の急斜面。これは幽ノ沢でも同じです。

このような地形の組合せから、峡谷より上流の広い谷はそれより下流の川よりも強力な侵蝕作用で削られたこと、そして削り取られた岩屑の多くが川で運び去られずに広い谷の出口に堆積したことがわかります。このような地形を作ったのは一本の筋に沿って岩を削る川ではなく、丸ノミのように谷底を丸く削り、削り滓の多くを末端に置き去りにするような作用であったと考えられます。つまり「出合」の下流と上流では地形を作った作用が異なっていたに相違ありません。

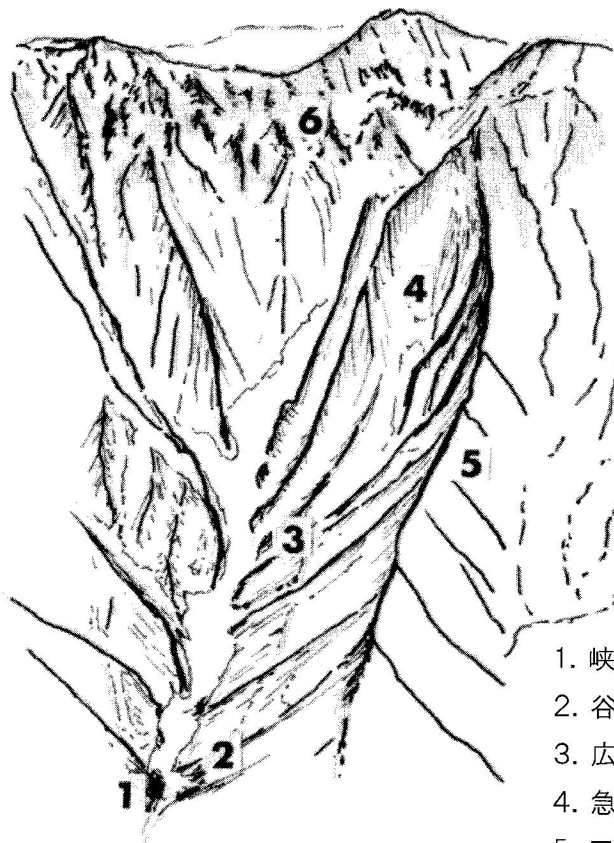
谷川岳の東面では冬に降り積もる雪や、大きく張り出す雪庇の崩落と雪崩で谷底に大量の雪が蓄積され、厚い残雪が秋頃まで存在します。残雪は雪の「しまり」と重力によって岩盤の上をゆっくりと擦り下り（グライド＝滑動）、中に含む岩壁から剥がれ落ちた岩片を岩盤に押し付けてその表面に細かい擦り傷を付けます。岩壁下の船底状岩盤にはその擦り傷が無数についおり、岩盤全体が磨かれて新鮮な灰白色の岩肌を見せています。その上にそびえる急峻な岩壁は、基部が掘り込まれて不安定になり岩板が剥離・崩落して形成されたものですが、残雪の滑動による「磨き」程度では岩の掘り崩しは不可能と思われま

## 氷河作用と岩壁の形成

残雪以外に谷の上流で川よりも強力な侵蝕作用といえば、氷河しかありません。現在よりも寒冷だった氷期には、谷川岳の残雪は今よりもはるかに嵩が大きく、毎年融けきらずに残った雪が氷になり、氷河を形成していたことが予想されます。

氷河は雪が蓄積されて氷が嵩を増す上流の涵養域から、融けてやせ細っていく下流の消耗域へと流下し、その過程で氷の下の岩盤を削り、周囲の斜面に食い込んで谷幅を広げていきます。その侵蝕力は涵養域と消耗域を分ける雪線（平衡線）付近で最も強力になります。その結果、谷は上流部で幅が広がり、底が円くなっていきます。隣り合う谷で同様の侵蝕が進めば、やがてその間の尾根は両側から切り崩されて三日月形の鎌尾根に姿を変え、さらに進めば岩壁が拡大してバットレスが形成されるはずですが、一ノ倉沢両側の一ノ倉尾根と東尾根のスカイラインと、谷底の縦断面は実際そのようになっています。

谷川岳東面を特徴付ける灰色のなめらかな大岩壁は、このようにして氷河が削り出した花崗閃緑岩の壁です。その上のごつごつした巖の多い黒い岩石の急斜面は、マグマの貫入で焼かれて硬くなった割れ目の多い頁岩やホルンフェルス、蛇紋岩などの部分です。



一ノ倉沢の地形の構成

1. 峡谷と堆積物の高まり
2. 谷底の並行水系
3. 広い船底状岩盤
4. 急峻な岩壁
5. 三日月形の鎌尾根
6. 巖の多い急斜面

## モレーンと氷縁流路

氷河の消耗域では、岩壁から崩れ落ちて氷河に運ばれた岩屑が、氷河の縁に堆積して側堆石の堤（ラテラルモレーン）をつくります。兩岸の山腹を流れ下った雨水や融雪水はこれに行く手をさえぎられてその縁に沿って流れ、氷河を縁取る氷縁流路をつくります。谷底の斜面に見られる並行水系はそのような氷縁流路の痕跡と判断されます。

氷河が運んだ岩屑は最後に氷河の末端に堆積して大きな端堆石（ターミナルモレーン）をつくります。一ノ倉沢では出合右岸の高まりがそれで、沢沿いの小崖に土砂混じりの大小さまざまな岩屑が乱雑に堆積している様子が現れています。

氷河底を流れてきた土砂を含む融氷水は氷河の末端で噴出し、氷縁流路の水と合して勢いを増した濁流が峡谷を穿ち狭窄部を形成しました。氷蝕谷末端のモレーンと直下の峡谷の組み合わせは、エベレスト街道のタンボチェ付近に好例が見られます。

## 2. 大雪山の姿

### 北大雪山の山

大雪山は新旧多数の火山が集まった南北 25 km、東西 15 kmの広大な山地です。山地は御鉢平カルデラを囲む 2000m 級の山が集まる北部と、高根ヶ原からトムラウシ山にいたる高原状の南部に分けられます。ここでは登山者の多い北部の地形について考えます。

北大雪山の中央にある御鉢平カルデラは 3 万年前に爆発して火砕流を噴出し、大量の溶結凝灰岩を広域に堆積しました。層雲峡や天人峡に見られる見事な柱状節理の岩がこの堆積物です。火砕流はカルデラ北側の黒岳－北鎮岳－愛別岳の山並み、南側の赤岳－白雲岳の山稜に阻まれて、東、西と南に流れ下っています。したがってその流れをさえぎった上記の山々は 3 万年前から存在していた古い山、カルデラ南西の熊ヶ岳と最高峰の旭岳、後旭岳と御蔵沢溶岩流がそれ以降の噴火で出現した新しい火山であることがわかります。

### 丸くなだらかな山々

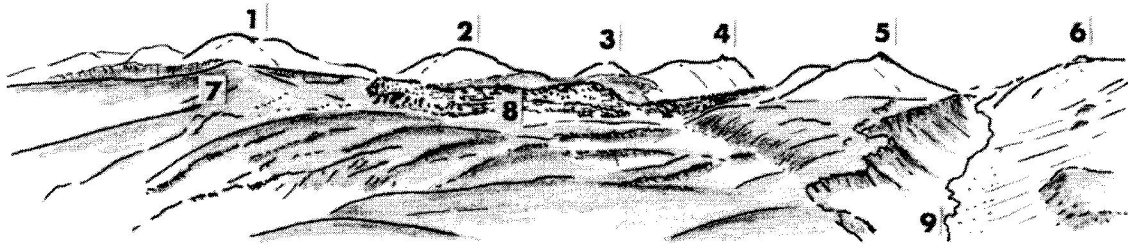
北大雪山の山々の地形の特徴は、山がすべて丸みを帯びた円頂峰、火砕流堆積物の台地がなだらかなうねりのような凸レンズ状の高まりになっていて、全体に凸型の斜面が卓越していることだと言えるでしょう。

古い火山で火口が認められるのは白雲岳のみで、他の円頂峰は後旭岳を除いてその痕跡も留めていません。それらは初めから火口のない溶岩ドームであった可能性もあります。しかし溶岩ドームは一般に山腹が急ですが、円頂峰の多くは火口のある山より緩やかです。明らかに溶岩ドームではなく古い成層火山の一部と考えられる山もあります。しかも最も古いとみられる赤岳－小泉岳－緑岳の山稜が一番なだらかです。このことは溶岩ドームであったとしても、さらに丸く滑らかになるように地形が変化したことを予想させます。

カルデラからの火砕流は古い山体にさえぎられて、東から南にかけて山上に厚く堆積しました。平らに堆積したはずのその表面は、残雪のある側の谷壁が上ほど急な凹形、他方が上ほど緩やかな凸形の小さな非対称谷に刻まれて、3 万年の間に現在見る低い波状起伏地

に変貌したことがわかります。

このような山を丸くした作用は、次に述べる周氷河作用だと考えられます。



1. 北鎮岳 2244m 2. 凌雲岳 2125m 3. 桂月岳 1938m 4. 黒岳 1984m 5. 烏帽子岳 2072m  
6. 赤岳 2078m 7. 北海岳 2149m 8. 御蔵沢溶岩流 9. 花ノ沢 アミの部分火砕流堆積物

#### 白雲岳からみた北大雪山中央部の山々

#### 永久凍土と周氷河作用

地面が凍結・融解を繰り返して、岩を割り、表土や岩屑を動かして、地形を変化させる自然の働きを周氷河作用と言います。この作用によって地表面には、周氷河地形と総称されるさまざまな現象や地形が形成されます。この山域には各種の周氷河地形が分布していて、大型のものは Google earth や空中写真でも判読できます。そのなかに永久凍土分布地に特有の、一辺が数 m をこえる多角形模様（大型多角形土）が認められることから、大雪山の頂稜部は永久凍土環境にあることがわかります。このような地面は冬期にほとんど積雪に被われず、年平均気温が $-2^{\circ}\text{C}$ 以下であることが観測で明かにされています。

凍結した地面は夏季に表面から融けていきますが、その下は凍ったままなので水が浸透せず、融解水を含んでゆるんだ表土が斜面をゆっくり這い下ります（ソリフラクション）。凸型斜面には、この作用で形成された地面の段差や岩塊の押し出し地形が広く分布していること、類似の地形が寒冷地の山では一般的であることから、北大雪山の円頂峰や凸レンズ状起伏は、永久凍土環境下の周氷河作用によって形成されたに違いありません。

#### 氷河はあったか

秋に撮影された空中写真で北大雪山には 140 の雪渓（雪田）が数えられています。北アルプスは全体で 123 とされていますから、ここは明らかに日本で最も残雪の多い山地です。残雪の多くは東-南向きの凹形斜面上部に吹き溜まった横長雪渓（雪田）で、反対側の凸形斜面との組み合わせで非対称谷や非対称山稜を形成しています。

平均気温が今より  $10^{\circ}\text{C}$  も低かった氷期には、雪渓の多くが接合して氷河になっていたことが予想されます。実はすでに半世紀前、白雲岳東南面と北鎮岳北面に圏谷地形の存在が指摘されていましたが、永い間否定ないし無視されてきました。最近になって白雲岳の圏谷は後氷期のものであることが明らかになりました。また、氷期の氷河堆積物が山麓でも発見されて、氷期には大規模な氷河があった可能性を否定できなくなってきました。し



かし、どのような氷河が、いつ、どこに存在していたのかほとんどわかっていません。大雪山にはまだまだ多くの謎が残されているのです。

< プロフィール >

小 疇 尚 (こあぜ たかし)

明治大学名誉教授、日本山岳文化学会会長、日本山岳会会員（科学委員会、千葉支部に所属）。専門は自然地理学、地形学。

明治大学、同大学院卒。第6次南極地域観測隊員。

日本の山のほかアンデス、ヒマラヤ、ニュージーランド、スピッツベルゲンなどで調査。最近十数年はアルプス、ディナールアルプス、カルパティアほか東欧の山地でヨーロッパハイマツ (*Pinus mugo*) の分布を追いかけている。

主な著書：「山を読む」、「大地にみえる奇妙な模様」（ともに岩波書店）、「日本の地形2．北海道」（共編著、東京大学出版会）、「山に学ぶ」（共編著、古今書院）など。

発行日：2014年3月15日

発行人：公益社団法人 日本山岳会・科学委員会

住所：東京都千代田区四番町5-4

サンビューハイツ四番町

電話：03-3261-4433

編集人：下田俊幸

