

2019 年 1 月 12 日 (土)

高岡市生涯学習センター503 研修室

14:00~15:30

「知られざる立山の雪の世界—雪の壁から氷河まで—」

富山県立山カルデラ砂防博物館 学芸課長

飯田 肇 氏

1. 世界一の雪の回廊

近年は暖冬傾向で積雪が少なくなっている。立山・室堂の積雪量は現在 4m 程度で、多く感じられるかもしれないが、昨冬と比べて随分減った。このままいくと、春から夏にかけて水不足等の困ったことが起こるだろう。ただ、これからが冬本番なので、このまま少ない状態が続くとは限らない。人にとっての理想を言えば、街にはあまり降らずに、山岳部だけ降ってくれるのが望ましいのだが。



立山の「雪の大谷」と呼ばれる雪の壁は、世界的にも有名である。ここ 20 年以上、高さ最大 20m にも上る雪の壁の間を歩いて見学できるようになっている。この雪の壁に対して、「よく積み上げたね」と言われることがあるが、積み上げたわけではなく、特に雪が積もる場所をわざわざ除雪して開いたのである。ただ、上から掘っていくのもまた大変な作業で、やみくもに掘っていても、道路のある場所をうまく見つけられない。そこで、大きなブルドーザーを 2~3 台並べ、上からかんなで削るようにして少しずつ削っていく方法で回廊を作り出している。今は GPS を使って道路の位置を探しているが、それでもやはり道路をうまく掘り出せなければ大変なことになるので、今でも回廊を掘り出す技術は名人芸だといわれる。雪の壁は崩れてこないのかと言われることもあるが、押し固められているので崩れてはこない。

こうして作られた雪の壁の高さは、今年の春が 17m で、過去 20 年間の平均では 16m を誇る。世界中でこれだけ雪が積もる場所はほとんどないだろう。この雪を一気に融かすとどれだけの深さの湖になるかというと、壁の高さのおよそ半分になる。雪の壁が 16m であれば 8m、20m ならば 10m の深さの湖が広がると考えてもらえば、立山の水資源としての積雪量がよく分かるだろう。



なぜ雪を融かすと半分ほどの水深になるかというと、雪は水だけでなく、空気も含んでいるからである。積もったばかりの新雪を顕微鏡でみると、隙間がたくさん確認できる。9 割以上が空気で作られているからである。それがだんだん押しつぶされ、しっかりとした雪（しまり雪）へと変わり、空気の間隙がだいぶ少なくなる。それでも隙間（空気）が 7 割で、雪はまだ 3 割しかない。

それが春先に雪融けを迎えると、水が雪の中に入り込み、その水が雪の粒の周りで凍っ

てざらめ状になる（ざらめ雪）。その状態では、雪は 4 割、水分が 6 割程度の構成である。立山には、そういった雪が年を越して残り続け押しつぶされてできた万年雪も存在する。万年雪を偏光顕微鏡で見ると、ステンドグラスのように見える。しかし、この雪の壁は万年雪ではない。雪の壁は、特に雪の降らないアジア圏の人々から人気が高く、旅行会社が発表している、一生のうち絶対行ってみたい世界の絶景ランキングでは、かなり上位に入っている。では一体、人気の理由は何なのだろう。

まず、雪の壁の高さも理由の一つである。20m もの高さの雪が積もるのは信じられないということもあるが、ただ単に「雪の壁」と言ってしまうと、ヒマラヤやヨーロッパアルプスの氷河には 20m 以上の氷壁がたくさんある。その中で、なぜ立山の雪がすごいのかというと、一冬だけで 20m もの雪が積もるからである。そんな所は世界中を探してもほとんどない。雪の壁は、9 月になると融けてなくなってしまふ。だから、一夏で 20m もの雪が全て融けてしまうのもすごいことであり、このようなところも世界中でほとんど見られない。逆に言うと、1 年限りの壁なのである。従って、「一冬」に積もることが雪の壁を表すうえで重要な点の一つといえる。

なお、雪の壁は 20m もの積雪量があるが、立山全域で同じだけの積雪量があるわけではない。雪の壁の手前の尾根では積雪 1m 程度で、その奥の尾根も同様に 1m 程度しかない。なぜ雪の壁のある場所だけ積雪量が極端に多いのかというと、立山に吹く風が関係している。立山のような高山では、雪が降るときに非常に強い風が吹き、風上側の雪が飛ばされてしまふ。だから、風下側の雪の壁の辺りがちょうど吹きだまりになるわけだ。

そこで、雪の壁に「世界一」の看板を付けたいと思ったのだが、世界一の積雪量というには観測している場所が少なく、世界一と言い切ることが難しかった。また、先述のとおり、「世界一の雪の壁」というのも難しい。そこで、これなら間違いないだろうと考えついたのが「世界一の雪の回廊」である。これだけ雪の積もっている所をわざわざ掘り下げて回廊を作り、人が歩いて雪の壁を見上げられる場所は、世界中探しても立山以外に絶対にあり得ない。また、「雪の回廊」という言葉は非常に夢があり、英語などに訳してもきれいな響きがある。そこで私としては、この「世界一の雪の回廊」という表現をはやらせたいと思っているので、ぜひ皆さんにも協力していただきたい。

2. 雪の壁の調査を通して

雪の壁を調べるため、冬に立山に入って調査をしている。雪の壁がまだできていないうちから自分たちで穴を掘って調査を進める。最初の 2m ほどはそうでもないが、5m を超えるともう地獄である。雪をのこぎりで切って持ち上げるような作業をしなければならない。しかも、吹雪だと掘った穴があつという間に埋まってしまうという、非常に苦労が多い調査である。だが、立山の雪の壁を掘った穴は、非常にいろいろな情報をもたらしてくれる。

例えば、雪の地層の中に汚れた層があるのだが、それは黄砂が含まれているからである。その中に PM2.5 などの微粒子も含まれている。つまり、遠く大陸の砂漠から巻き上げられた細かな砂が、立山の雪の中に含まれているのである。その層は、黄砂が飛んできたときに雪が降り、雪と一緒にたたき落とされることで作られる。このことから逆に、黄砂が飛来した日が分かる。

また、真っ白な雪は、冬型の気圧配置が強く、数日間雪が降り続いたときにできる「しまり雪」である。それから、氷やざらめ雪の層も見られるが、これは冬の立山では非常に珍しい現象である。なぜなら、氷層やざらめ雪ができるためには、雪解け水や雨が積雪中

に入り再度凍る必要があるからだ。このような層が見られるということから、冬寒い立山でも時々暖かい気候の日が増えていることが分かる。そのため、立山の雪の壁は単なる壁ではなく、冬の空の記憶装置にもなるのである。

雪の壁では、これらの調査結果をもとにその年の降雪状況が分かる「雪のカレンダー」が毎年作られている。壁の上から下へロープを張り、各層が分かるようにリボンで印を付けて、説明看板と比較しながら降雪状況を知ることができる。雪の壁を見に行ったら、ぜひ雪の壁カレンダーも一緒に見てほしい。

雪の壁の調査からいろいろなことが分かってきた。その一つが降水量である。富山の年間降水量は 2300mm 程度である。これは、降ってくる雨や雪を流さないでためると、2m30cm の高さになる量である。日本の平均は 1800mm 程度なので、富山は平均を上回っている。一方、立山の降水量はどのくらいだろうか。今までは、気象台では測っていなかったので分からなかったが、長年の調査で雪の重さを測ったことで降水量が判明した。立山の年降水量は、20 年間平均で何と 6000mm に達していることが分かった。そのうち 3000mm が雪でもたらされることも判明した。雪だけで 3000mm も降る地域は、世界でもほとんどない。立山は非常に降水量が多く、その半分が雪でもたらされている点も大きな特徴である。

3. 氷河の存在

雪の壁は一冬で 20m の積雪量を誇るが、それ以上の積雪量を誇る場所が立山には存在する。そこでの雪の深さは約 25m にも達する。雪の壁同様、冬期間に立山の稜線付近に吹く西風によって稜線をはさんで風上の雪が風下にたくさん積もる。そういう場所では秋の終わりになってもまだ雪が残っていて、次の冬に降る雪が残雪の上に積もっていく。それが繰り返されて、出来上がるのがいわゆる万年雪である。

実は立山は、日本で一番万年雪が多い地域である。そして、万年雪といってもさまざまなものがある。立山には日本一古い 1700 年前の雪からできた万年雪も存在する。それだけの間押しつぶされると、雪から氷河氷に変化するが、その中にはまだ 15% ぐらいの空気が存在している。

では、氷河も存在しているのかというと、気温からいけばまず存在しないはずである。氷河ができるには寒さが必要である。立山は 3000m 級の標高で中緯度に位置する。もう少し高緯度にあるか標高が高ければ氷河ができるだろうが、日本には氷河はできないといわれ続けてきた。教科書でも、日本には氷河はないと書かれていた。

しかし、立山の室堂から雄山を眺めると、氷河が削った地形を見ることができる。水の作用によってできたのであれば V 字形をした地形になるはずだが、U 字形の地形(カール)ができていることから、これは氷河が削った地形であることがわかる。また、氷河が磨いていった岩が立山のいろいろな所にたくさん存在している。これも氷河が存在していた証拠の一つである。何よりも室堂には大きな岩が多数存在するが、それらは花崗岩という岩で、本来室堂には存在しない。つまり、かつてあった氷河が流れながら立山の上部にあった花崗岩と一緒に運んで、氷河が融けたとき室堂に置いていったと考えられる。これらのことから、室堂にも過去には氷河が存在していたことがわかる。

では、今も立山には氷河があるのだろうか。その疑問を解くため、立山連峰の大きな万年雪の中に氷河があるかどうかを確認する調査を博物館で行った。

そもそも氷河とは何なのだろうか。氷河とは、重力によって長期間にわたり連続して流動する雪氷体、と定められている。ここで重要なのは、連続して流動する氷である点であ

る。そして、氷が流れるためには相当の厚さがないと、重力に負けて流れ出すことはない。そこで、雪から出来た厚い氷体があること、その氷体がが流れていることの 2 点を証明できれば、氷河の存在を確認できたことになる。

氷河の調査では、道のない危険な場所を調べるため、私ども研究者だけではなかなか調べられなかった。そこで、プロの山岳ガイドの支援を受けて調査を行った。実は立山では昔から、山岳ガイドが学術調査に大変貢献してきた歴史がある。立山の玄関口である芦峯寺は立山ガイドと呼ばれる山岳ガイドを多数輩出しているが、第 1 次南極観測隊のときには芦峯寺から 5 人ものガイドが隊員として選ばれ、大活躍した。その 5 人がいなければ、今の南極観測は成り立たなかっただろうともいわれている。

そんな伝統を持つ山岳ガイドをメンバーに加え、私たちはまず三ノ窓雪渓で調査を行った。そこでアイスレーダーといって、下に向けて発した電波の跳ね返りを受けて厚みを測る機械を使って氷の厚みを計測したところ、20~25m の前の冬の積雪の下に厚さ 70m もの氷体があることが分かった。

では、その厚い氷は流れているのだろうか。これを調べるために、5m のポールを氷に打ち込んでその先端の移動量を最新の GPS 機器を使って計測する方法を使った。その結果、1 カ月で約 30cm の氷の移動が測定された。これは誤差の範囲を十分超えている。また、この計測を行ったのが、氷が一番少なくなる時期だったことから、この氷の上に雪があればもっと重くなり、より流れやすくなるため、間違いなく氷は流れていくことが確認できた。そのため、調査を行った三ノ窓雪渓は、厚い氷体があり、それが流れていることを確認できたことより、現存する氷河であるという確証を得ることができた。

そして氷河は、この三ノ窓雪渓の他にも立山の御前沢雪渓と剣岳の小窓雪渓でも確認された。その後、調査結果を発表し、2012 年に学会誌「雪氷」に掲載され、国内初の現存する氷河が学術的にも認められた。



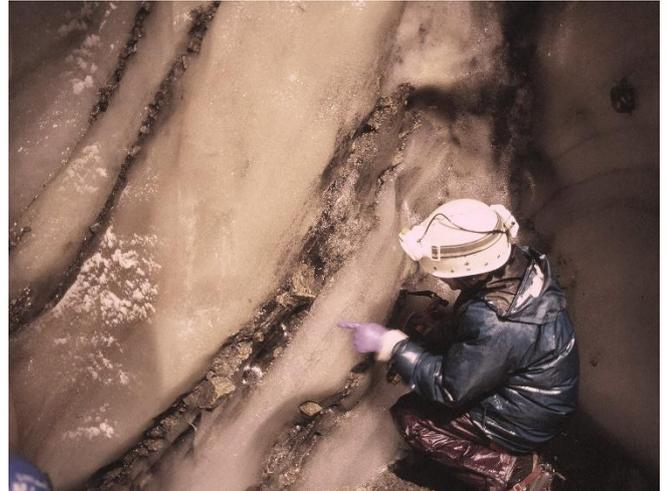
剣岳 三ノ窓氷河(左)と小窓氷河(右)



立山 御前沢氷河



小窓氷河のクレバス調査



内蔵助氷河のムーラン 氷河底

さらに、当時の調査後に目を付けていた 2 つの万年雪を調査したところ、やはり氷が動いていることが判明したのである。その一つは劔岳の池ノ谷雪渓である。ここでも 40m の厚さのある氷体があり、1 ヶ月間で 15cm ほどの流動が見られた。もう一つが、日本で一番古い氷のある内蔵助雪渓である。ここでも 30m におよぶ厚い氷体がありそれが少量ながらも流動していることが測定され、氷河であることが確認された。内蔵助にはムーランと呼ばれる縦穴が存在する。これはクレバスと同様に氷河流動の証拠の一つともいわれており、流動によってできた氷の割れ目に流れ込んだ水によって作られる。そのムーランの中に潜って底から採取した氷が、1700 年前に出来た日本最古の氷であることが分かった。日本で氷河の底の景色を見ることができるのはここだけである。

また、前述の三つの氷河は山奥にあり、平野から見ることができなかったが、池ノ谷は平野から見ることができる唯一の氷河である。特に上市、滑川や富山湾をはさんで氷見や高岡からよく見ることができる。また、内蔵助は登山道や山小屋がすぐ近くにあるため、一般登山者でも行くことができる唯一の氷河である。

『万葉集』の中には、大伴家持が立山を詠んだ歌が存在する。「立山に 降り置ける雪を常夏に見れどもあかず 神からならし」。この「常夏の雪」はどこにあったのか。歌を詠んだ時期は初夏といわれるが、初夏に雪が一番残っているのはどこだったのかと考えると、推測でしかないが、一番目立つのは池ノ谷ではないかと想像できる。だとすると、家持が詠んだ常夏の雪は、氷河だった可能性も見えてくる。

4. 立山の新たな観光資源

氷河は、大きさの変化から気候変動の指標になるといわれている。立山の氷河の観測はこれからだが、世界の氷河と比較しながら観測していくことによって、気候がどのように変わっていくのかを調べる重要な指標になるだろう。

そしてもう一つ、氷河には非常にロマンがある。例えば世界自然遺産では氷河関連のものが 10 件以上あり、ヨーロッパアルプスなどでは氷河が代表的な観光資源になっている。そこで立山でも、氷河を活用した新しい形の観光の可能性を見いだせるのではないかと思う。例えばジオツアー、エコツアーなどの氷河の世界を体験してもらうガイドツアーを多く実施することが考えられる。氷河の世界のツアー体験は立山でなければできない大きな強みになると思われる。

立山に氷河が存在した最大の要因は膨大な雪である。室堂から上の世界は氷河の世界であり、氷河のいろいろな痕跡が残っている。実際に氷河そのものを見るのは大変かもしれないが、氷河の痕跡を見るような氷河の世界のツアーなども、立山ならではの新しい観光になると思う。また、氷河期からの生き残りといわれるライチョウや高山植物も、氷河の世界への旅を助ける大きな要素になるだろう。

5. 富山の最近の気候から

富山の雪の積もり方は近年大きく変化している。56 豪雪などでは最大 160cm もの雪が積もったが、今は時々どっと積もることもあるものの、数日で消えてなくなってしまふ。それはなぜかという、やはり気温の上昇が見られるためである。この 30 年間で、平野部の平均気温は 2℃近く上がり、雪ではなく雨の割合が非常に増えている。

しかし、これは平野部の話で、高い山では雪は減っておらず、少し増えている傾向も見られる。つまり、街では雪が降らず、山地で雪が降るといふ人間生活にとって都合の良い状態に変わってきているともいえる。ただし、この状況がこのまま続くと、いろいろなところへの影響も懸念される。このまま高い所でも雪から雨に変わってしまうと、水資源となる雪が得られなくなってしまふ。山の雪が富山の水資源の基礎になっていることをぜひ記憶にとどめてほしい。

最後に、冬の富山湾では、「けあらし（気嵐）」という現象が起きる。これは日本海に湯気が立つ現象で、実際に風呂で立つ湯気と同様の現象である。なぜ冬の日本海でこのような現象が起こるのかという、海水が温かくて空気が冷たいからである。そのときの湯気が、海から大気中へ水を供給する重要な役割を担っている。

そもそも、冬に日本海側に雪が多く降るのは、日本海が大きな要因となっている。日本の断面の模式図を、大陸、日本海、立山連峰の並びで描くと、まず冬は大陸から冷たい季節風が吹いてくる。しかし、季節風が来るだけでは雪は降らず、単に乾いた空気がやって来るにすぎない。その乾いた風が日本海を通ることによって、日本海から水蒸気が吸い上げられ、その水蒸気が冷やされて凝結することで雪雲ができる。その雪雲が立山連峰とぶつかることによって、山間部にたくさんの雪が降るのである。従って、日本海がなければ、いくら季節風が吹いたところで立山に雪は降らない。そのため日本海は、富山の象徴でもある立山の雪にとって非常に大きな役割を持っているともいえる。