

とやまと自然

第40卷冬の号

No.160 2018

立山に積もる雪

島田 互



立山・室堂平での積雪調査のようす (2013.4.22)

立山に積もる雪

島田 互 (富山大学理学部)

■日本は世界屈指の多雪地帯

北陸など日本海側地域は、世界的に見ても非常に多くの雪が降る「多雪地帯」です。近年、富山の平野部では積雪が1mを超えることはあまりありませんが、山間部では毎年のように積雪が2mを超えます。

それでは、なぜ日本海側は多雪地帯なのでしょう？ 日本では、冬に大陸のシベリア高気圧から北西の冷たい季節風が吹きます。この季節風は日本海を渡ってきますが、日本海には対馬暖流と呼ばれる暖かい海水の流れが入っています(図1)。つまり、お湯の上を冷たい空気が流れることになり、湿った空気ができます。この空気が日本列島の山岳地にぶつかり、日本海側に大量の雪を降らせるのです。

北海道の方が富山よりも寒いので、たくさん雪が降るかという点、そうではありません。富山や新潟の方が、季節風が渡ってくる日本海上の距離が長く、北陸の方が雪は多いのです。

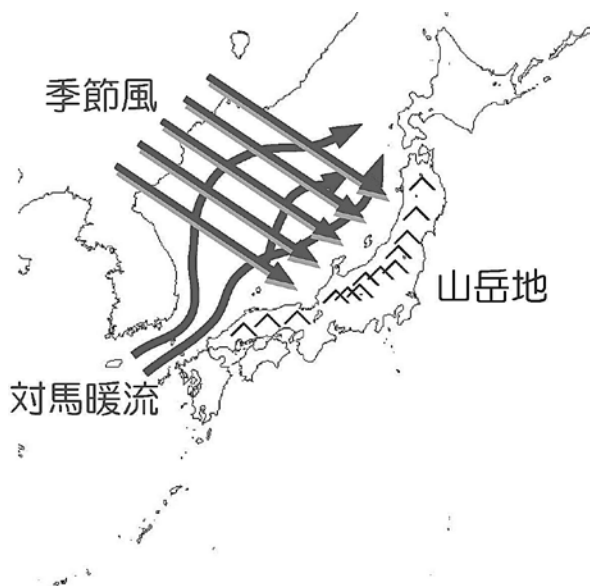


図1 大陸からの季節風と日本海の暖流

■富山に降る雪

みなさんは、雪の結晶を観察したことがありますか？ 雪の結晶には、さまざまな形があります。図2は、北海道の上富良野町で撮影した雪の結晶の写真です。六角形の板のような「角板結晶」、六角形の角から扇を広げたような「扇形結晶」や、枝分かれが多い「樹枝状結晶」など、千差万別の形が見られます。また、鉛筆のような細長い六角柱の「針状結晶」もあります。このようにさまざまな形になる条件は、雪結晶が成長する「温度」と「湿度」によって決まることが、中谷宇吉郎博士によって調べられました。出身地である石川県加賀市の片山津温泉には「中谷宇吉郎 雪の科学館」があります。興味のある人は、是非訪れてみてください。

さて、富山ではどのような形の雪が降るのでしょうか？ 図3は、富山市内で撮影した雪の結晶の写真です。先ほどの北海道での写真に比べて、結晶の表面に粒々がたくさん付いていま

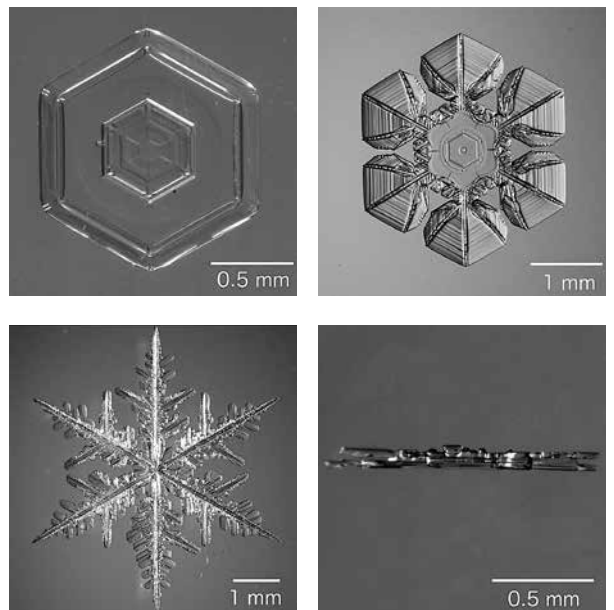


図2 さまざまな雪の結晶 (北海道上富良野町で撮影)
左上：角板結晶 右上：扇型結晶
左下：樹枝状結晶 右下：針状結晶

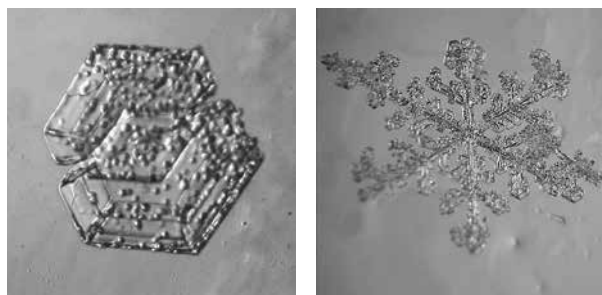


図3 富山に降った雪の結晶（富山市内で撮影）
左：雲粒つき角板結晶、右：雲粒つき樹枝状結晶

す。この粒々は「雲粒」と呼ばれる雲の粒が凍りついたもので、「雲粒つき雪結晶」と呼ばれます。富山は日本海に近く、濃い雲の中を雪結晶が降ってきますので、このように雲粒つき雪結晶が多いのが特徴です。もっとたくさんの雲粒が付くと「あられ」と呼ばれる白く丸い雪になります。傘をさしているとパラパラと音を立てるのが特徴です。

しかし、富山でも冬の寒い日には、北海道で撮影した写真のような雪結晶が降ることもあります。スキー場に行った時には、服についた雪結晶を、じっくり観察してみてください。

一方、立山のような山岳地ではどのような雪が降るのでしょうか？ 厳冬期、立山に登ることは非常に難しく、観測は行われていません。しかし、基本的には富山の平野部と同じような雪が降っていると考えられます。

■立山にはどのくらいの雪が積もる？

「北陸は多雪地帯」と言いましたが、標高の高い立山ではどのくらいの積雪があるのでしょうか？ 標高2,450mの室堂平では、例年4月中旬には積雪が6m程度もあります（図4）。この雪を水に換算すると、冬期の降水量は3,000mm以上になります。富山の平野部での年降水量（一年間の降水量）が2,300mmですから、冬だけで平野部の年降水量を大きく超えています。

ではなぜ、こんなに多くの雪が降るのでしょうか？ これは、山岳地帯の方が気温は低いということと、標高が高いほど降雪量も多くなる傾向があるからです。

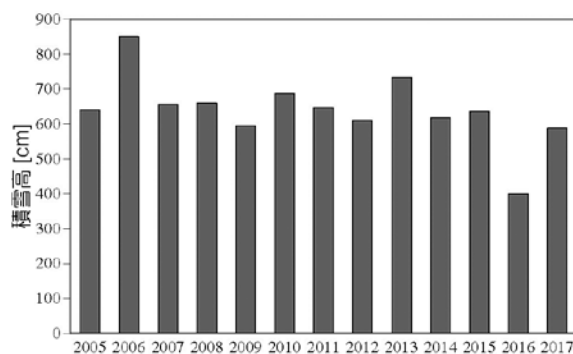


図4 立山室堂平での4月中旬の積雪高の推移

■立山の冬

2017年は、10月17日に立山の初冠雪が発表されました。初冠雪とは、麓の富山地方気象台から立山の積雪が初めて観測される日ですから、実際にはもっと早く雪が積もる場合もあります。実際、9月20日の夕方、真砂岳近くの内蔵助山荘では、雪と雨が混ざった「みぞれ」が降りました。このように、標高の高い山岳地では、地上よりも早く冬がやってきます。

それでは、室堂平ではいつ頃から雪が積もり始めるのでしょうか？ 図5は、室堂平よりも400mほど標高の高い浄土山(2,850m)での2016年から2017年の気温の移り変わりを示しています。雨と雪の境目は気温約2℃とされており、室堂平の気温は浄土山より2℃ほど高いので、ここでは浄土山の気温が0℃以上なら雨、0℃未満なら雪と考えてみましょう。浄土山の気温は6月になってもマイナスの日があり、10月初旬から気温がマイナスになり始めています。したがって、室堂平では10月下旬から5月頃まで雪が降り、一年のうち半分以上が冬といえるのです。

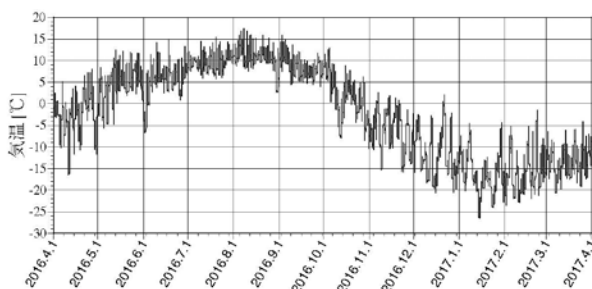


図5 浄土山での気温変化（2016.4.1～2017.4.1）

しかし近年では暖冬の影響か、2月や3月に室堂平で雨が降ることもあります。今後の環境の変化を注意深く観測していく必要があります。

■立山黒部アルペンルート「雪の大谷」

毎年、春の立山黒部アルペンルートでの観光の目玉は、高さ10mを超える積雪「雪の大谷」です。雪の多い年には積雪の高さが20mを超えることもあります。図6の写真の左端に人が写っていますが、比べてみると、その高さに驚かされます。

でも、先ほど室堂平の積雪は6m程度と言いましたが、ずいぶん差がありますね。これはなぜでしょうか？



図6 雪の大谷 (2013.5.5)

■風と雪

雪は雨と比べて、風の影響を大きく受けます。冬、風の方向に進むと、真正面から雪が迫ってくる場合がありますね。雪は、雨よりも落ちる速度が小さいのです。

この風の効果は、雪が積もる時にも現れます。風が強い場所では飛ばされやすく、風が弱い場所では積もりやすいのです。それだけではなく、気温が氷点下よりもずっと低いと雪はさらさらですので、一度積もった雪が風で吹き飛ばされることもあります。

立山のような寒い場所では、雪はどのように積もるのでしょうか？ 山の上は風も強いので、

風の効果が大きく出ます。すなわち、雪が積もりにくい場所と、雪がたくさん積もる場所ができるのです。

観光名所の「雪の大谷」は、実は雪が積もりやすい「吹きだまり」という場所なのです。実際に、春にアルペンルートの高原バスで室堂に向うと、雪の大谷の直前で雪が少ない場所があり、一瞬ですが周囲の風景を見ることが出来ます。しかし、その直後、雪の壁はぐんぐん高くなり、あっという間に十数メートルに達します。春に室堂へ行くことがあれば、じっくり観察してみてください。

■大きな雪の庇「雪庇」

風の影響が最も大きいのは稜線と呼ばれる山の尾根です。図7の写真は、奥大日岳にできた巨大な雪の庇「雪庇」です。黒く線状に見えるところが本当の尾根で、その右の白く飛び出た部分が雪庇です。写真は室堂平から撮ったもので、左側が西にあたります。冬の季節風は西から吹きますから、雪庇は風下側の東側に成長しています。すなわち、風上側で吹き飛ばされた雪が風下側にくっついて庇になるのです。その幅は10mを大きく超えることもあります。

冬に山を登る人は、この雪庇に乗らないように注意深く歩かなければなりません。なぜなら、雪庇の下は何もなく、もし崩れたら真っ逆さまに下に落ちていってしまうからです。



図7 奥大日岳に発達した雪庇 (室堂より撮影)



図8 真砂岳周辺で観察される階段状構造土

このような巨大な雪庇ができるのも、立山の大量の降雪と日本海から吹き付ける季節風の結果と言えるでしょう。

またこれらの効果は、立山連峰全体でも積雪の多い地域と積雪の少ない地域を作っています。すなわち、立山連峰の稜線の東側に雪が積もりやすくなります。近年、日本で初めて氷河と認定された立山・御前沢雪渓、剣岳・三ノ窓雪渓、剣岳・小窓雪渓は、すべて東側の谷にあります。さらに、立山連峰の東側に南北に続

く黒部峡谷にも多量の積雪をもたらすのです。一方、立山連峰の稜線では、雪は風に吹き飛ばされてあまり積もりません。このような場所を「風衝地」と呼びますが、ここでは地面が凍る「凍土」が作られ、周氷河地形の一種である「構造土」も観察されます(図8)。

■室堂平での積雪調査

さて、春に積雪が6mもある室堂平では、毎年4月に富山大学が中心となって積雪調査を行っています。私も12年前から参加し、9年前からは中心になって実施しています。

図9の写真は、2011年の調査の様子です。ちょっとした地下宮殿、いや雪中宮殿のようですね。この大きな雪穴は、すべて人の力で掘ったものです(図10)。室堂平には除雪車やショベルカーなどの重機もあるのですが、これらは排気ガスを出します。この排気ガスは、後から説明する分析の邪魔になります。このため、私たちは手で雪を掘っているのです。



図9 積雪調査での解説の様子(2011年4月)



図 10 積雪調査での雪掘り作業 (2017年4月)

積雪は、下に行くほど硬くなります。上に乗っている雪に押しえつけられるのも一つの原因ですが、冬の間に雪粒同士がくっつくことも原因です。室堂平でも掘り始めはスコップが簡単に



図 11(a) 室堂平での積雪調査 (2011年4月)

刺さる程度の硬さですが、掘り進めると同時にどんどん硬くなり、4m以上の深さになると剣先(先が尖った)スコップに大人が体重をかけて乗ってもほとんど刺さらなくなります。

■室堂平の雪から何がわかるか？

積雪調査での図 11(a)の写真で、雪の断面部分を注意深く見てください。何か地層のような横縞模様が見えませんか？ 図 11(b)には、この断面部分を詳しく観察して、どんな雪だったかを調べた「積雪層位」を示しています。この図の左の「i」と書かれた部分と、右の「DL」と書かれた部分が、図 11(a)の色の濃い部分に対応しています。

この積雪は、前年の11月頃から調査を行った4月までの雪が積もったものです。ですから、

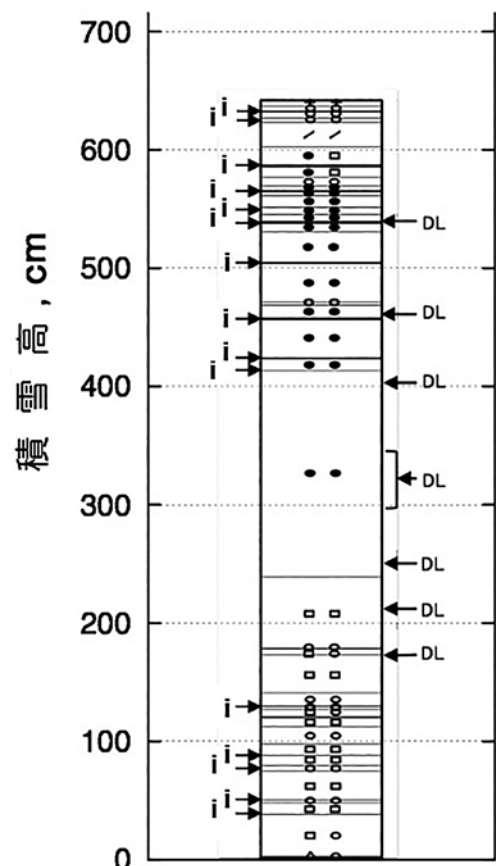


図 11(b) 積雪の層位構造 (2011年4月)

左のiが氷板を、右のDLが汚れ層を示す。中央の記号は雪質を示す。

+ : 新雪、/ : こしまり雪、● : しまり雪、
○ : ざらめ雪、□ : こしもざらめ雪、
△ : しもざらめ雪

下ほど古い雪で、上に行くほど新しい雪ということになります。また、雪の降りかたは一定ではなく、形や大きさが異なります。さらに、積もった雪は時間とともに形や大きさが変化する「変態」も起こします。このために、積もった雪は横縞模様のように見えているのです。さて図 11 (a) の写真をよく見ると、積雪の中には濃い色に見える層がありますね。これは何でしょうか？

原因の一つ目は、春先に日本にやってくる「黄砂」です。黄砂は、ユーラシア大陸内陸部の乾燥地域の砂漠から飛んできた砂などの粒子です。雪は真っ白ですから、黄砂が含まれていると濃い色として見えるのです。

原因の二つ目は、人間が石油や石炭を燃やして発生させる「煤」です。煤は真っ黒ですから積雪中に汚れ層を作ります。

これら二つの原因でできた濃い色の層は「汚れ層：Dirty Layer」と呼ばれます。図 11 (b) では省略して DL と示しています。

この他にも、先ほど述べた雪の変態が原因で濃い色に見えることもあります。積もったばかりの雪は、降ってきたときの結晶の形をしています。これを「新雪」と呼びます。しかし、積もった後、同じ温度で時間が経つと、雪の結晶は丸みを帯びてきます。これを「しまり雪」、その途中を「こしまり雪」と呼びます。同じ積もった雪でも、表面が放射冷却によって冷やされ、上下で温度差がつく場合があります。このような積雪の中では氷の結晶が成長することがあります。これを「しもざらめ雪」、その途中を「こしもざらめ雪」と呼びます。さらに、しまり雪に水が染み込んだのち冷やされて凍結した「氷板」、同様に融け水が何度も通過して大きな粒の氷でできた「ざらめ雪」なども作られ、この二種類は濃い色の積雪層になります。図 11 (b) では、氷板 (Ice layer) を「i」と示しています。近年は、真冬にも室堂平で雨が降ることもあり、ざらめ雪や氷板がたくさん観察される年もあります。

さて、図 12 の写真は、2017 年 4 月の積雪調



図 12 室堂平で観察された雪えくぼの断面(2017年4月)

査で観察された「雪えくぼ」と呼ばれる積雪層の窪みです。表面から深さ 20～30 cm 周辺と 50～60 cm 周辺に濃い色の層がありますが、巻尺の右のあたりで下に大きく窪んでいます。この雪えくぼは、雪が融けたり雨が降ったりして、表面近くに溜まっていた水が、その下層の新雪やこしまり雪に流れ込むことによって発生することが、人工積雪を使った実験によりわかってきました。写真の 2017 年の春は、積雪調査の直前に二度も雨が降り、このような大きな



図 13 試料サンプリングのようす

くぼ窪みを作ったことが、気温やライブカメラの画像からわかりました。

それでは、真っ白な雪には何も含まれていないのでしょうか？ 真っ白に見えても、実は目に見えないさまざまな物質が含まれています。それは、「イオン」と呼ばれる化学成分です。イオンには、ナトリウム (Na^+)、塩素 (Cl^-)、硝酸 (NO_3^-)、硫酸 (SO_4^{2-}) などがあります。

いま挙げた最初の二つのイオンは、合わせると塩化ナトリウムとなります。これは食塩のことで、実は海からやってきたものなのです。冬の日本海は北西の季節風で大変荒れます。この時の波しぶきが、やはり季節風に乗って立山まで飛ばされてやってくるのです。

一方、硝酸・硫酸は、石油・石炭を燃やした際に発生します。つまり、人間が暖房として使用したり、車を運転したり、工場で使ったりすると発生するのです。大量に燃やすと先ほど説明したように煤として黒く見える時もありますが、少量ですと目には見えず、イオンのみ検出されます。日本国内はもとより、中国などユーラシア大陸からも、やはり季節風に乗って立山までやってきています。



図 14 積雪調査での試料サンプリング作業

このように、積雪をサンプリング（図 13, 14）して分析すると、その中には海塩成分や汚染物質成分など多くの成分が含まれています。これらが増えているのか減っているのかを、室堂平の積雪調査で調べることができるの

です。しかも、室堂平の積雪は11月から翌4月まで半年分の情報があり、いつ、どのくらいの量がやってきたかがわかるのです。

■水に恵まれた富山、水資源としての積雪

富山の年降水量は2,300mm程度だと言いましたが、世界や日本の中では多い方でしょうか？ 実は、日本は世界でも降水量の多い国です。その中でも富山は多い方です。ちなみに梅雨末期の豪雨が多い、九州・福岡市の年降水量は1,612mmです。富山よりも少ないのですが、日本の平均的な年降水量です。しかし、福岡では数年に一度、給水制限が行われる程の水不足になります。富山と降水量がそれほど違わないのに、なぜ水不足になるのでしょうか。

これまで見てきたように、立山には大変多くの雪が積もります。この雪は、春になると融けます。平野部では春までにすべて融けてしましますが、山岳地では春から夏にかけて徐々に融けていきます。つまり、山岳地の雪が融ける時期は、平野部と比べて時間差があるのです。さらに、地中に染み込んで下流で湧いてくる水もあり、こちらはもっと時間がかかります。

このように、立山に積もった雪は、時間をかけてゆっくりと下流に流れてきます。これは、まさに「天然のダム」のような働きをしていて、富山に住んでいる私たちに大きな恩恵をもたらしているのです。

[参考文献]

- 理科年表 平成 29 年, (2016), 丸善出版。
 島田 亙, 茂木智行, 山口 悟, 小杉健二, 阿部修,
 人工積雪を用いた雪えくぼ形成過程のそ
 の場観察実験, 雪氷 79 (2017), 539-548.
 島田 亙, 浅地 泉, 朴木英治, 立山室堂平にお
 ける雪えくぼの断面観測, 雪氷 79 (2017),
 573-579.