

# 「立山・剣岳の多年性雪渓と氷河」

## —これまでの日本の雪渓研究史と今後の展望—

富山県立山カルデラ砂防博物館、AACK

飯田 肇

### はじめに

北アルプス立山連峰は、日本の山岳の中でも顕著な豪雪地帯として知られている。そこには様々な時間スケールを持つ雪が存在する。春の立山の風物詩である雪の大谷「雪の壁」は平均で 16m の積雪深に達するが、秋には消失する季節積雪である。一方、稜線付近には多年性雪渓（万年雪）が多数分布する。最近の研究から、特に規模の大きな多年性雪渓の中には日本で唯一の氷河が現存することが確認された。

### 1. 氷河の定義とこれまでの多年性雪渓研究の概要

氷河の定義として国際的にしばしば引用されるのは、「積雪起源の雪氷体（雪と氷の大きな塊）で大部分が陸上に存在し現在もしくは過去に流動した証拠があるもの」(Flint, 1971)である。また、日本で広く使われているのは「重力によって長期間にわたり連續して流動する雪氷体」(白岩, 2005)である。

また、昭和初期に日本アルプスの多年性雪渓（万年雪）の氷河学的な研究（今西, 1929, 1933）をはじめて行った今西錦司は、晩年の著書「四十年の回顧」の中で「氷化した万年雪に可動性さえ認められるなら、これを氷河と呼んでさしつかえない」としている（今西, 1969）。

このように、氷河の定義については様々な解釈があり現時点では確立されたものはないが、多くの雪氷学者は、①降雪からできた雪と氷の大きな塊、②陸上に存在、③流動の 3 要素を氷河とよばれるための必要条件（成瀬, 2008）と想定している。これらのことと踏まえ、本研究では、多年性雪渓でも厚い氷体を持ち氷体が現在連續的に流動していることを証明できれば、現存する「氷河」であると考えている。

日本では、今西の研究以降、立山（崎田, 1931；小笠原, 1964；吉田, 1964；樋口ら, 1971；吉田ら, 1983）、鹿島槍ヶ岳（五百沢, 1959）、東北地方の月山・鳥海山（土屋, 1978, 1999）、北海道の大雪山（若浜ら, 1968；Kawashima *et al.*, 1993）などの山岳で氷体を持つ多年性雪渓が発見された。また、一部の多年性雪渓では流動に関する調査も行われ、現存する氷河か否か議論されたこともある。

吉田（1964）は、立山のはまぐり雪で発見された氷体の年層構造から、はまぐり雪が年 4 m 程度流動していて小さいながらも現存する氷河であるとした。しかし、今西（1969）は流動を定量的に実測したわけではないので氷河とは言えないと考えた。また、名古屋大の樋口研究室によるはまぐり雪の継続観測より、氷体の流動は認められず氷河とはいえないとした（奥平, 1969）。

土屋（1978）は、鳥海山の貝形小氷河とよばれる多年性雪渓で氷体の滑動を観測し、貝形小氷河は小規模ながらも現存する山岳氷河であるとした。しかし、流動観測の測点に雪渓上に置いた石を用いるなどの問題があり定着しなかった。

このように、日本の多年性雪渓で氷体が流動していることを直接証明した例は無く、日本に現存する氷河はないというのが雪氷研究者の間で定説になっていた。

### 2. 立山連峰の多年性雪渓

立山連峰の 3000m 級の主稜線の東側には特に積雪が多い地帯が存在する。冬期間、北西の季節風とともに降雪がもたらされるため、稜線の風下側に多量の吹きだまりが発生し、さらに雪崩による堆積が加わってその積雪深は 20m 以上に達する。このような場所では、積雪は越年して残り続ける。立山連峰には、

御前沢雪渓、内蔵助雪渓、剣沢雪渓、三ノ窓雪渓、小窓雪渓等の多年性雪渓が日本で一番多く分布している。

規模の大きな多年性雪渓の一つである内蔵助雪渓では、氷体の詳しい調査が実施されている(写真1)。内蔵助雪渓は、立山(3015m)東面の内蔵助カール内に位置し、下部に厚さ30mにも及ぶ氷体が存在する(山本他, 1986)。また、末端には氷河が存在した証拠となるエンドモレーンがみられる。残雪が少ない年の10月、大きさが最小になる頃に雪渓を訪ねると、まるでヒマラヤの氷河の様な景観だ。雪渓表面に氷が露出し幾筋もの水流がみられる。アイゼンをつけないと歩けないと歩けない程だ。水の集まる所には氷の縦穴(ムーラン)が数十個口を開けていて深さは最深で20mに達する(吉田他, 1983)。名古屋大学等でムーランに潜っての調査が実施された(写真2)。穴の内壁からは、何層もの透明氷の層や汚れ層が見つかった。また、5mの深さを境に氷中に不整合面が存在し、その上部では氷の結晶粒が小さく雪渓表面に近い水平な層構造をしているが、下部では40度以上の急傾斜で下流方向にせり上がり、氷の結晶粒も飛躍的に大きくなっていた。さらに底部では、底の岩石が氷の層に沿って持ち上げられた氷河の流動の痕跡を示すスラスト構造もみられた(飯田他, 1990)。

さらに、底近くの氷中から木片及び葉片を採取し年代測定を行ったところ、約1700年前という結果が得られた。さらに、不整合面の少し下の層より採取された木片は約900年前という結果を示した(樋口他, 1988)。これらから、下部の氷体は約900~1700年前に形成されたものであると推定され、日本最古の氷河水ということができる。

これらより、内蔵助雪渓はかつて存在した氷河の氷が融けきらずに残存している、いわば「氷河の化石」であることがわかった。しかし、現在のところ内蔵助雪渓では氷体の流動が実測されておらず、現存する氷河と確認するには至っていない。しかし、この内蔵助雪渓の氷河流動の痕跡を残す氷河水の存在は、日本にも氷河が現存している可能性を大いに示唆するものであった。

### 3. 現存する氷河

それでは、立山連峰の多年性雪渓の中に定義を満たす氷河は現存していないだろうか。内蔵助雪渓の氷体からも示唆されたこの疑問を解明するために、立山カルデラ砂防博物館の研究チーム(福井幸太郎、飯田 肇)は、立山連峰に存在する多年性雪渓の中で特に規模の大きい、立山東面の御前沢雪渓(写真3)、剣岳東面の三ノ窓雪渓、小窓雪渓(写真4)において氷体の厚さと流動の観測を実施した。氷体の厚さは、アイスレーダーにより、氷体の流動は、9月に氷体に達するまで穴を開け固定したポールの先端位置を高精度GPSで継続測定する方法で実施した。

#### 3-1. 三ノ窓雪渓(氷河)

三ノ窓雪渓は、剣岳の東面に位置し、長さは1600m、幅は100m、標高は1700~2400mに達する。2011年6月のアイスレーダー観測の結果、氷体の厚さは最大で60mに達し、日本最大であることがわかった(図1)。また、同年9~10月に行った高精度GPSを使った流動観測の結果、三ノ窓雪渓の氷体では、1ヶ月間で最大30cmを超える比較的大きな水平方向の流動が観測された(図2)。流動観測を行った秋の時期は融雪末期にあたり、積雪荷重がもっとも小さく流動速度が1年でもっとも小さい時期にあたると考えられる。このため、三ノ窓雪渓は、日本では未報告であった現存する「氷河」であると考えられる。

三ノ窓雪渓は豪雪地帯に位置し、さらにハッ峰と三ノ窓尾根という急峻な尾根に挟まれているため、積雪期に雪崩が頻発する。豪雪と雪崩による積雪探にして20~25mにおよぶ膨大な量の雪の集積が、氷河の形成に大きく寄与していると考えられる。10月になると積雪の大部分は融け、氷体が一部露出してクレバスやムーランといった氷河特有の地形が出現する。

#### 3-2. 小窓雪渓(氷河)

小窓雪渓は、剣岳の東面に位置し、長さは1200m、幅は200m、標高は2000~2300mに達する。2011年6月のアイスレーダー観測の結果、厚さ30m以上、長さ900mの三ノ窓雪渓に次ぐ規模の氷体の存在を確

認した（図1）。また、同年9～10月に行った高精度GPSを使った流動観測の結果、1ヶ月間で最大30cm流動していた（図2）。これらの結果から小窓雪渓も現存する「氷河」と考えられる。小窓雪渓にも、秋になるとクレバスやムーランといった氷河特有の地形が現れる。

### 3-3. 御前沢雪渓（氷河）

御前沢雪渓は、立山の雄山東面に位置し、長さは700m、幅は200m、標高は2500～2800mである。2009年秋にアイスレーダー観測を行い、上流部に厚さ23m、長さ200m、下流部に厚さ27m、長さ400mの2つの氷体を確認した（図1）。また、2010年と2011年の秋に高精度GPSを使って氷体の流動観測を行った結果、上流部の氷体はすでに動きを停止していたが、下流部の氷体から1ヶ月あたり10cm弱の水平方向の流動が観測された（図2）。流動速度は小さいものの、2年連続で秋の時期に流動していたことから、御前沢雪渓も現存する「氷河」であると考えられる。

これらの結果は、2012年4月に日本雪氷学会に学術論文として投稿、受理され、立山・剣岳の3つの多年性雪渓は現存する氷河と学術的に認められた（福井・飯田, 2012）。その後、同年6月30日に日本雪氷学会氷河情報センターの主催で、日本の氷河・万年雪研究に関するシンポジウムが富山市で開かれ、国内の氷河研究者の間で意見が交わされた。その結果、3つの万年雪を「氷河」と呼ぶことに異議は出なかった（白岩他, 2012）。

日本では、昭和初期から80年の長きにわたって国内に「氷河」があるのか否か議論が続いてきたが、ようやく「氷河」が現存していることが学術的に認められた。

これにより、極東地域の氷河の南限がカムチャツカ半島から立山まで大きく南下することになる。また、これらの氷河は世界的に見れば最も温暖な地域に存在する氷河といえ、今後の調査でその独特の形成維持機構の解明が期待される。

### 主な参考文献

- Flint, R. F. (1971) : Glacial and Quaternary Geology. Wiley, New York, 892pp.
- 白岩孝行 (2005) : 氷河の定義・分類・分布・変動. 雪と氷の辞典, 朝倉書店, 東京, 277-287.
- 今西錦司 (1929) : 剣沢の万年雪に就いて. 地球, 11, 267-282.
- 今西錦司 (1969) : 四十年の回顧. 日本山岳研究, 中央公論社, 東京, 357-408.
- 成瀬廉二(2008) : 氷河の変動 陸水の長周期変動. 地球の変動と生物進化 新・自然史科学II, 北海道大学出版, 札幌, 167-186.
- 吉田順五 (1964) : 立山の万年雪の雪氷学的調査. 北アルプスの自然, 富山大学学術調査団, 古今書院, 東京, 35-54.
- 土屋巖 (1978) : 鳥海山貝形小氷河の雪氷気候学的研究 (2) 一形態測量と流動観測. 雪氷, 40, 1-9.
- 山本勝弘・飯田 肇・高原浩志・吉田稔・長谷川浩(1986) : インパルスレーダーによる内蔵助雪渓の内部構造調査. 雪氷, 48, 1-9.
- 吉田稔・伏見碩二・池上宏一・竹中修平・高原浩志・藤井理行(1983) : 北アルプス, 内蔵助雪渓の氷体部に存在する縦穴の分布と形状. 雪氷, 45, 25-32.
- 飯田 肇・竹中修平・上田 豊・伏見碩二(1990) : 北アルプス内蔵助雪渓氷体の内部構造. 樋口敬二編: 日本最古の化石氷体 (北アルプス内蔵助沢) の構造と形状に関する研究. 平成元年度科学研究費補助金 (総合研究A) 研究成果報告書, 19-30.
- 樋口敬二・山本勝弘・吉田 稔・大畑哲夫(1988) : 北アルプス内蔵助雪渓の下部氷体の形成年代について. 名古屋大学加速器質量分析計業務報告書(1), 33-35.
- 福井幸太郎・飯田 肇(2012) : 飛騨山脈、立山・剣山域の3つの多年性雪渓の氷厚と流動—日本に現存する氷河の可能性について—. 雪氷, 88, 213-222.
- 白岩孝行・内藤望・飯田 肇・福井幸太郎 (2012) : 氷河情報センター公開シンポジウム報告「日本の多年性雪渓と氷河—これまでの研究と今後の展望—」. 雪氷, 74, 353-357.



写真1 内蔵助雪渓



写真2 内蔵助雪渓ムーラン調査



写真3 御前沢雪渓（氷河）

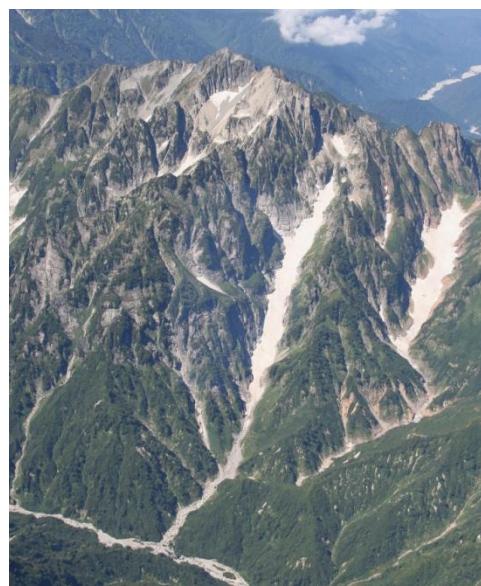


写真4 三ノ窓雪渓（氷河）と小窓雪渓（氷河）

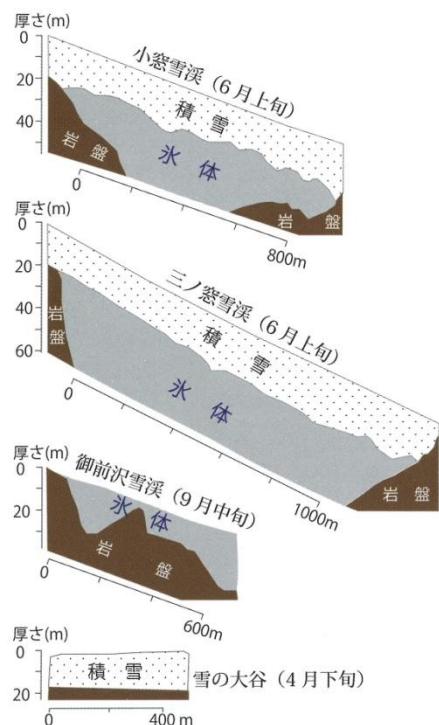


図1 氷体の厚さ

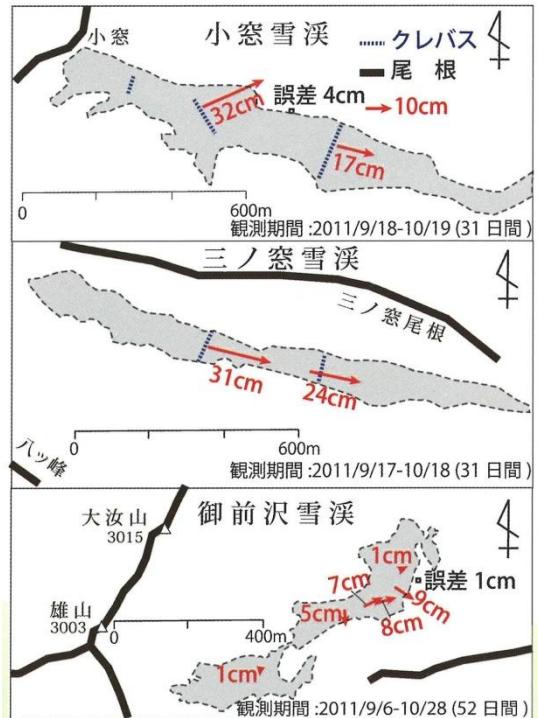


図2 流動観測結果