

# 日本の現存氷河の概要

飯 田 肇 (富山県立山カルデラ砂防博物館)

## 1. 氷河とは

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」(日本雪氷学会編「雪と氷の辞典」, 2005年)、あるいは「陸上で重力によって常に流動している多年性の氷雪の集合体」(上田, 2014)と定義され、厚い氷体を持つこと、氷体が流動していることがその条件となる。日本は世界的な豪雪地帯で、北アルプスだけでも400を超える多年性雪渓が分布している(Higuchi and Iozawa, 1971)。しかし、冬期に20mもの積雪が積もり夏期には1日10cm前後も融雪するため流動測定がたいへん困難で、氷体の流動は実証されず、長期間にわたり日本に氷河は現存しないと言われ続けてきた。しかし、規模の大きい多年性雪渓である立山の内蔵助雪渓では、30m近い厚さの氷体があることが確認された(山本ら, 1986; 飯田ら, 1990)。それでは、立山連峰の多年性雪渓の中にこの定義を満たす氷河は現存していない

だろうか。この疑問を解明するために、富山県立山カルデラ砂防博物館の研究チームは、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1)、劔岳東面の三ノ窓雪渓、小窓雪渓(写真2)において氷の厚さと流動の観測を2009年より実施した。

## 2. 日本の現存氷河の発見

氷体の厚さは、地中レーダーにより表面から下向きに電波を飛ばし岩盤からはね返る電波をとらえて測定した。また氷体の流動は、秋期にアイスドリルで氷体に達する穴を開け、長さ4.6mのポールを鉛直に挿入して、その先端位置を高精度GPSで測定した。その結果、劔岳にある三ノ窓雪渓では、地中レーダー観測により厚さ40m以上、長さ1200mに達する日本最大級の氷体の存在が確認された(図1)。また、秋期に行った高精度GPSによる観測の結果、三ノ窓雪

渓の氷体は1ヶ月間で30cm程度流動していることが測定された(図2)。秋期は融雪末期で積雪荷重が最も小さく流動速度も1年で最も小さい時期にあたると思われる。このため、三ノ窓雪渓は、長期間にわたり連続して流動している日本で未報告であった現存する氷河であることがわかった。



写真1 立山・御前沢氷河



写真2 劔岳・三ノ窓氷河(左)、小窓氷河(右)

## 1. 登山に関する調査研究

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。これらの結果は、登山研修VOL.28に詳述されている（飯田，2013）。

### 3. 新しく確認された現存氷河

2018年1月、立山の内蔵助雪渓（写真3）と劔岳の池ノ谷雪渓（写真4）、鹿島槍ヶ岳のカクネ里雪渓（写真5）の調査結果をまとめた論文が日本地理学会に受理され、これらの多年性雪渓があらたに氷河として認められた（福井・飯田・小坂，2018）。また、2019年10月に、唐松岳の唐松沢雪渓（写真6）の調

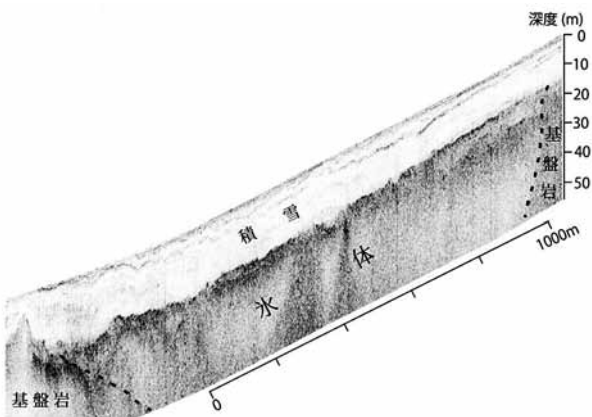


図1 劔岳・三ノ窓氷河の地中レーダー断面  
（福井・飯田(2012)より引用）



図2 劔岳・三ノ窓氷河の水平方向の流動量

同様の調査を、劔岳の小窓雪渓、立山の御前沢雪渓でも行い、30 mを超える厚い氷体の存在と1ヶ月間で5～30 cm程度の流動が確認されたため、小窓雪渓、御前沢雪渓も現存する氷河であると考えられる。三ノ窓雪渓と小窓雪渓の流動速度は、1ヶ月あたり最大30cm程度、1年あたりに換算すると約4mで、これはヒマラヤやパタゴニア等の小型氷河の流動速度に匹敵する。

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受理され、立山・劔岳の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）。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



写真3 立山・内蔵助氷河



写真4 劔岳・池ノ谷氷河





写真5 鹿島槍ヶ岳・カクネ里氷河



写真6 唐松岳・唐松沢氷河(左)

査結果をまとめた論文が日本雪氷学会に受理され、唐松沢雪渓もあらたに氷河として認められた(有江ら, 2019)。これで、国内には合計7つの氷河が現存することになった。以下に、新しく発見された氷河について見てみる。

### 3-1. 内蔵助雪渓(氷河)

内蔵助雪渓は、富士ノ折立(2999 m)直下の内蔵助カール内に分布する北東向き of 多年性雪渓で、長さは350 m、幅は120 m、分布標高は2700~2830 mである。吹きだまりと雪崩の両方の効果によって涵養されている。この雪渓では、1963年10月に富山大学と北海道大学が現地調査を行い、直径7~8 cmの単結晶氷を含む氷体が存在していることを確認し(小笠原, 1964)、「立山で氷河発見」と大きな話題になったが、流動が確認されなかったため氷河説は否定された。その後、1977~1990年に名古屋大学が中心と

なり、融雪末期に出現するムーランの観測やレーダーによる氷体の内部構造観測が実施され、氷体の厚さが30 mに達していること(山本ら, 1986)、氷体の深度2~9 m付近に岩屑層から成る表面にほぼ平行な不整合面があり、それ以下の氷体には流動の痕跡を示す下流方向にスラストアップする複数の岩屑層があること(飯田ら, 1990)が確認されている。

氷河確認調査では、あらたに地下レーダー観測を実施した。図3に結果を示す。氷体の厚さは約25 mで、測線近くのムーランの深さとほぼ一致した。また、流動については、2011年9月7日~2016年9月24日の約5年間で約14 cmと誤差以上の有意な流動が観測された(図4)。流動方向は北東から東北東で、氷体表面の最大傾斜方向とほぼ一致した。年間の流動速度は約3 cmと小さいものの内蔵助雪渓は現存氷河といえる。しかし、これ以上氷体の厚さの減少が続くと多年性雪渓に遷移する可能性がある。

### 3-2. 池ノ谷雪渓(氷河)

池ノ谷雪渓は、劔岳西面の深く切れ込んだ氷食谷の底に分布する多年性雪渓である。上流部は劔尾根をはさんで右俣と左俣に分かれる。1970年代に行われた遭難者捜索の際に、右俣に厚さ30 mを超える氷体があることを山岳関係者が発見した。氷体の長さは950 m、幅は110 m、分布標高は1800~2300 mに達する。多年性雪渓としては稀で西向き(季節風の風上側)に存在する。主に、劔岳や早月尾根からの雪崩により涵養されていると考えられる。

氷河確認調査では、地中レーダー観測で2~4 mの積雪の下に最大39 mの厚さの氷体が確認された(図3)。また流動量は、氷体が厚い下流部で2012年秋の31日間で約12cm、2013年秋の42日間で約23 cmと誤差以上の有意な流動が観測された(図4)。流動速度が最も遅くなる秋に2年連続で流動が観測されたことから、池ノ谷雪渓も定義上の現存氷河とみなせる。

## 1. 登山に関する調査研究

### 3-3. カクネ里雪溪（氷河）

カクネ里雪溪は、鹿島槍ヶ岳北峰（2842 m）から北東方向にのびる氷食谷の源頭部に分布する多年性雪溪である。雪溪の長さは790 m、幅は280 m、分布標高は1795～2160 mに達する。周囲が岩壁で囲まれ雪崩が多発していることから、雪崩涵養型の雪溪と考えられる。この雪溪は古くから研究が行われている。1930年に今西錦司によって「まったく氷河上の現象そのまま」の氷体が発見され（今西，1933）、1955～1958年にかけて五百沢智也がクレバスやムーラン、融氷水流路を発見し、「氷河景観と言って良いほどの氷塊の世界が広がる」と述べている（五百沢，1959；五百沢，1979）。

氷河確認調査の地中レーダー探査では、約18 mの積雪の下に厚さ30 m以上の氷体の存在が確認された（図3）。また、GPS観測の結果、2015年秋の24日間で12～17 cmに及ぶ有意な流動量が観測された（図4）。この流動量を年間の流動速度に換算すると1.8～2.6mになる。

流動量が最も遅くなる秋に有意な流動が観測されたことより、カクネ里雪溪も定義上の現存氷河とみなせる。

### 3-4. はまぐり雪（多年性雪溪）

はまぐり雪は、剣沢源頭部の標高2720～2735 mに分布する、長さ40 m、幅36 mの小さな多年性雪溪である。別山乗越と呼ばれる鞍部の北側に位置し、吹

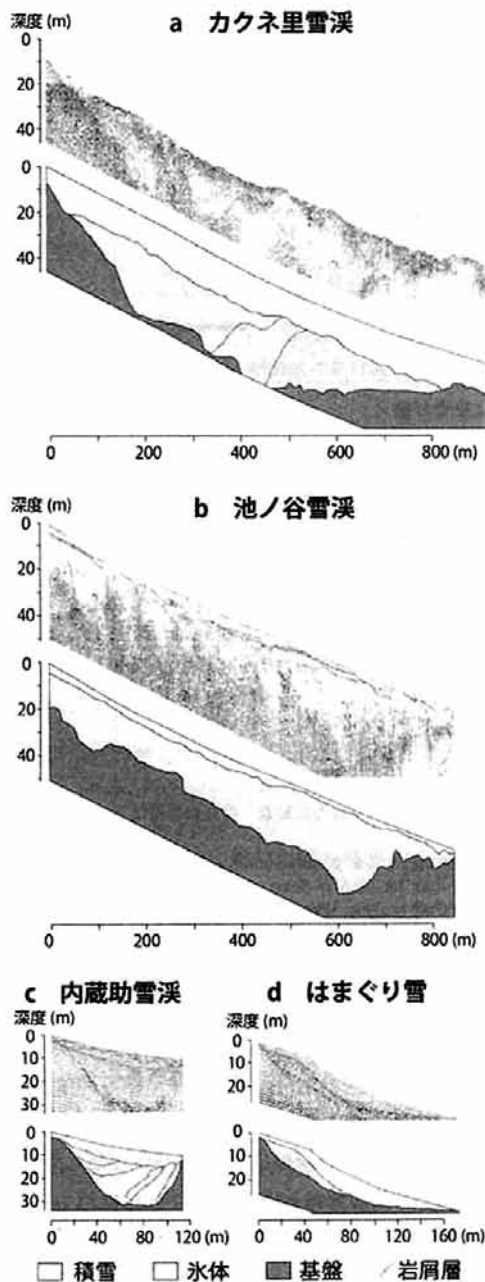


図3 各雪溪の地中レーダー断面  
（福井・飯田・小坂(2018)より引用）

雪溪名	観測期間	観測日数(日)	流動量(cm)	流動速度(cm/年)	氷厚(m)	表面傾斜(°)
小窓	2011/9/18～10/19	31	32	377	>30	19
三ノ窓	2011/9/17～10/18	31	31	365	48	27
カクネ里	2015/9/24～10/18	24	17	259	>30	25
池ノ谷 <sup>1)</sup>	2012/9/26～10/27	13	12	141	39	24
池ノ谷 <sup>2)</sup>	2013/9/10～10/22	42	23	200	39	24
御前沢	2011/9/6～10/28	52	9	63	27	14
内蔵助	2011/9/7～2016/9/24	1,844	14	3	25	8
はまぐり雪	2015/9/10～10/9	29	1 <sup>3)</sup>	—	7	32

<sup>1)</sup> 下流側, <sup>2)</sup> 上流側, <sup>3)</sup> 誤差の範囲.

(小窓・三ノ窓・御前沢雪溪の値は福井・飯田(2012)から引用).

図4 各雪溪(氷河)の水平方向の最大流動量と氷厚

き抜ける風の吹きだまり効果によって涵養される（樋山・飯田，2007）。この雪渓では、1962・1963年に富山大学と北海道大学の現地調査によって厚さ5 mの氷体が発見された（吉田，1964）。氷体の年層構造の変化から年間4 m程度流動していると推測され「日本初の氷河発見」と大きな話題になったが、氷体の流動を実測したわけではないためこの説は否定された。1967年からは名古屋大学が雪渓規模の測量を現在まで継続的に実施し、融雪末期の厚さの年々変動は大きいですが、長期的な変動はほとんどみられないことが明らかにされている（樋山・飯田，2007；Fujita et al. 2010）。

氷河確認調査の地中レーダー調査では、厚さ約9 mの積雪の下に、厚さ最大7 mの氷体がみられた。また、流動観測を29日間行ったが、誤差を超えるボールの移動は観測されなかった。したがって、はまぐり雪は現在流動しておらず多年性雪渓であるといえる。

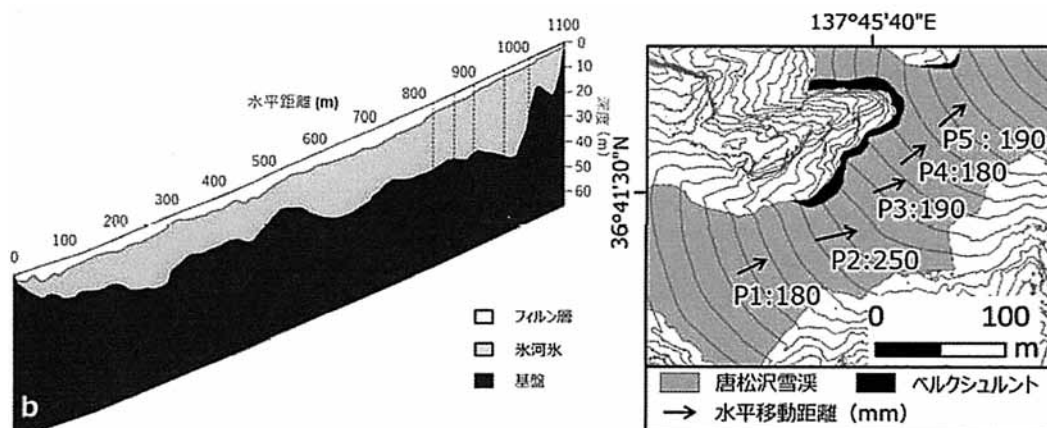
### 3-5. 唐松沢雪渓（氷河）

唐松沢雪渓は、後立山連峰の唐松岳北東側に位置する規模の大きな多年性雪渓である。残雪面積が大きいことは航空機による多年性雪渓調査で確認され

ていたが（Higuchi and Iozawa, 1971）、これまで現地調査が行われたことはなかった。氷河確認調査の結果、図5のとおり、唐松沢雪渓は、平均氷厚25 m（最大氷厚38 m）、長さ約1.1 kmの氷体を持つこと、氷体は融雪末期の29日間で最大傾斜方向へ約25 cm流動していることが確認された（有江ら，2019）。このことから、唐松沢雪渓は現存氷河であると考えられる。

図4に、確認された氷河の最大流動量と氷厚についてまとめた。図より、氷厚で最大は三ノ窓氷河、流動速度で最大は小窓氷河であり、両氷河が日本で最大規模の氷河であるといえる。次いで、カクネ里氷河、池ノ谷氷河、唐松沢氷河が中規模で続き、カール内に分布する御前沢氷河、内蔵助氷河は比較的小規模となる。雪崩涵養型の氷河は大規模、吹きだまり型の氷河は小規模になる傾向がみてとれる。また、内蔵助氷河の氷厚は25 mで最小であるが、ここまでは氷体の流動が観測されている。しかし、はまぐり雪の氷厚は最大で7 mであり流動は観測されていない。これらの結果から、日本で氷河が現存するには氷体の厚さが20 m以上に達する必要があることが示唆さ

れた。各氷河の流動量は、塑性変形による氷河流動モデル計算から得られる流動量と良い一致を示すことから、日本の氷河の流動は主に氷の塑性変形によるものだと考えられる。



地中レーダー結果、点線はGNSS測定地点の位置を示す。深度を5倍に強調している。

唐松沢雪渓の水平移動距離（2018年9月23日～10月22日：29日間）

図5 唐松沢氷河の地中レーダー断面と流動量（有江ら(2019)より引用）



#### 4. 大規模雪溪の特性

劔岳の劔沢雪溪や白馬岳の白馬大雪溪は、秋期の残雪面積が大きい多年性雪溪として知られている。それではこれらの雪溪は現存氷河の可能性があるのであろうか。ここでは、現地観測結果からこれらの大雪溪の特性について検討する。

##### 4-1. 劔沢雪溪

劔沢雪溪は、越年する面積が約0.26 km<sup>2</sup> に達する日本最大の多年性雪溪である。しかし、2016年秋に中央部2カ所で雪溪が消失し河原が露出、雪溪は大きく3つに分割された（写真7）。



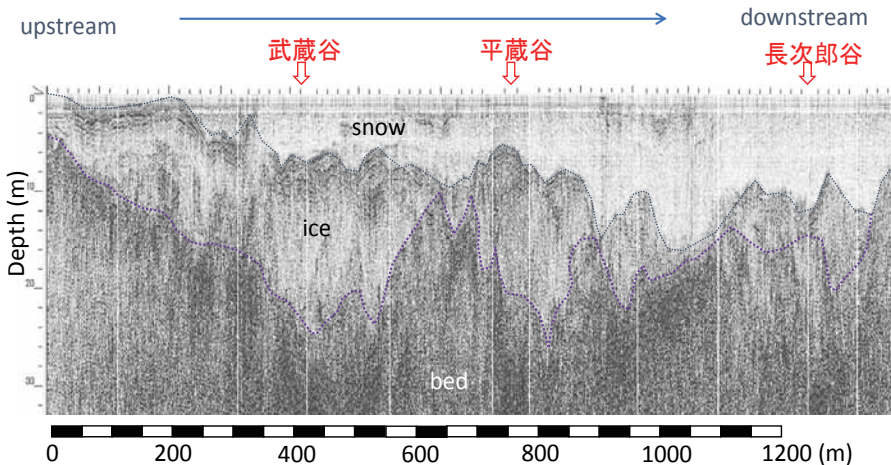
写真7 2016年秋の劔沢雪溪(2016年9月27日)



写真8 2016年秋の白馬大雪溪(2016年9月27日)

図6に、2013年8月17日に劔沢雪溪で実施した地中レーダー観測の結果を示す。これより、武蔵谷、平蔵谷、長次郎谷などの支流の合流点（出合）付近では、厚さ18 m前後の氷体が存在するが、それ以外では氷体はほとんど存在しないことが判明した（福井・飯田，2017）。氷体の位置から、氷体の形成には支流からの雪崩の堆積が深く関係していると考えられる。また、雪溪下部に沢水が多量に流れ込みトンネル状

の構造が出来て下部からの融解が進むことが、塑性変形を起こすような厚い氷体が発達しない理由になっていると考えられる。このため、劔沢雪溪は現存氷河ではなく多年性雪溪である。2016年秋の少雪時には、これらの氷体がほとんど存在しない場所で雪溪が消失し3つに分断した。劔沢雪溪は登山道として利用されている雪溪であるため、一度多年性雪溪が消失した場所では、その後の積雪や氷体の涵養が進まず、不安定な状態が続くことが危惧される。



Longitudinal profile of 100MHz GPR in Tsurugisawa snow patch in 17 Aug 2013

図6 劔沢雪溪の地中レーダー断面

##### 4-2. 白馬大雪溪

越年する面積が約0.17 km<sup>2</sup> に達する多年性雪溪で、白馬岳山頂に通じる主要な登山道になっている。2016年秋、支流の三号雪溪から下流側でスノーブリッジの崩落やクレバスの発達が激しく、同年9月1日に登山ルートが通行止めになった（写真8）。2015年10月21日の地

中レーダー観測の結果から、二号雪渓の合流点から下流側200 mでは、雪渓の厚さが20 mと厚いものの、それ以外の部分は厚さ5~10 mと薄いことが分かった(福井・飯田, 2017)。この雪渓は面積の割に全体的に薄く氷体もほとんど見られない。このため、融解が進んだ年にはかなりの部分が消失してしまう可能性があると考えられる。

これらの大雪渓の消耗には、多量の沢水による下部のトンネル化が関係している。沢水の集積には、雪渓上端の集水域面積が関係していると考えられる。そこで図7に、北アルプスの氷河や大雪渓の上端の集水域面積を比較した(有江ら, 2019)。予察的ではあるが、集水域面積が大きい劔沢雪渓や白馬大雪渓では、多量の沢水が集まるため下部からの融解が顕著で雪渓のトンネル化が進み、厚い氷体が発達しないことが示唆される。北アルプス北部で発見された氷河は、上端の集水域面積が $500 \times 10^3 \text{ m}^2$ 以下の谷に集中していることが注目される。

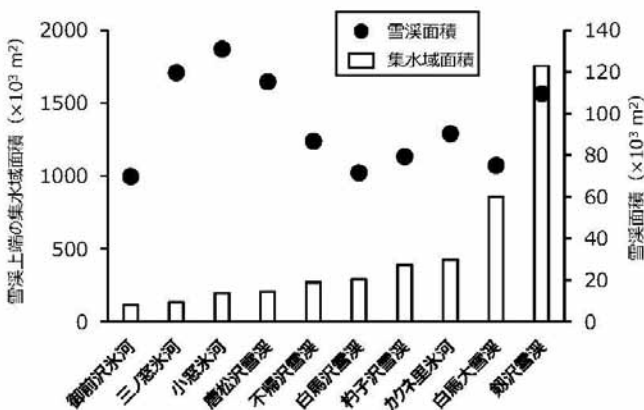


図7 北アルプスの雪渓(氷河)の上端集水域面積の比較(有江他(2019)より引用)

## 5. おわりに

日本には無いと言われ続けていた氷河が、北アルプス北部に7つ現存していた。日本の様な中緯度中標高の山岳では、気温のみで考えると暖かすぎて氷

河は存在できないことになる。ではなぜ氷河が現存していたのだろうか。これには、北アルプス北部が世界的な豪雪地帯であることが深く関係している。しかし、降雪だけではやはり氷河は出来ない。適当な容れ物(地形)があり、そこに吹きだまりや雪崩による顕著な涵養効果に加わって初めて氷河が形成される。さらに、その容れ物(地形)が大きすぎると、集水域から流水が集まり下部から氷体を融かしてしまい氷河にならない。日本の氷河は、この絶妙なバランスの上でのみ形成されているのだ。

## 文献

- 上田 豊 (2014) : 氷河. 新版雪氷辞典, 日本雪氷学会編, 古今書院, 307.
- 有江賢志朗, 奈良間千之, 福井幸太郎, 飯田 肇, 高橋一徳 (2019) : 飛騨山脈北部, 唐松沢雪渓の氷厚と流動. 雪氷, 81, 269-296.
- 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—化石氷体の可能性について. 日本最古の化石氷体(北アルプス内蔵助沢)の構造と形成に関する研究, 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.
- 飯田 肇 (2013) : 立山連峰の積雪と氷河. 登山研修, VOL.28, 43-46.
- 五百沢智也 (1959) : カクネ里記. 地理, 4, 96-104.
- 五百沢智也 (1979) : 『鳥瞰図譜—日本アルプス [アルプス・八ヶ岳・富士山] の地形誌』, 講談社.
- 今西錦司 (1933) : 日本アルプスの雪線について. 山岳, 28, 193-282.
- 小笠原和夫 (1964) : 北アルプスの氷河—特徴的な温暖氷河の提唱. 『北アルプスの自然』, 富山大学学術調査団編, 古今書院, 5-34.

## 1. 登山に関する調査研究

- 白岩孝行 (2005) : 氷河の定義・分類・分布・変動.  
『雪と氷の辞典』, 日本雪氷学会監修, 朝倉書店,  
277-287.
- 樋山邦治, 飯田 肇 (2007) : 北アルプス「はまぐり  
雪渓」の調査報告-1967~2006年の年々変動と  
涵養過程について. 立山カルデラ砂防博物館研  
究紀要, 8, 25-35.
- 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  
存する氷河について. 雪氷, 74, 213-222.
- 福井幸太郎, 飯田 肇, 小坂共栄 (2018) : 飛騨山脈  
で新たに見出された現存氷河とその特性. 地理  
学評論, 91, 43-61.
- 福井幸太郎, 飯田 肇 (2017) : 2016年秋の飛騨山脈  
北部の氷河・雪渓の融解状況. 日本地理学会2017  
年春季学術大会講演予稿集.
- 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編, 古今  
書院, 35-54.
- Fujita. K., Hiyama. K., Iida. H . and Ageta.  
Y. (2010): Self-regulated fluctuations in the  
ablation of a snow patch over four decades.  
*Water Resources Research*, 46(11), W11541,  
doi : 10. 1029/2009WR008383.
- Higuchi. K. and Iozawa. T. (1971) : Atlas of  
perennial Snow patches in Central Japan.  
Nagoya, Water research laboratory, Faculty  
of science, Nagoya University.