

総 説

## 日本の山地における残雪凹地と地すべり地形の研究： 動向と意義および課題

苅谷 愛彦

専修大学文学部  
〒214-8580 川崎市多摩区東三田2-1-1

2019年1月8日受付  
2019年3月19日受理

### 要旨

日本の山地は内的營力の影響を強く受ける変動帯にあり、外的營力をもたらすモンスーン性の多雨・多雪気候下に置かれている。このような自然特性を持つ日本の山地では、残雪凹地や地すべり地形は、氷河地形および凍結融解作用や永久凍土の影響を強く受ける周氷河地形と同等かそれ以上に普遍的な存在である。それにもかかわらず、高山帯や亜高山帯で展開される日本の山地地形学および気候地形学において、残雪凹地と地すべり地形は研究上のニッチともいべき状況にあり、研究の蓄積は不十分である。本稿は日本の山地における残雪凹地と地すべり地形の地形学的研究について、研究動向を整理・論評したものである。また、これらの地形を研究対象とする意義や今後の課題に言及している。多雨多雪かつ地殻変動の活発な湿潤変動帯にある山地を扱う日本の地形学を持続・発展させるために、残雪凹地や地すべり地形を取りあげ、内外に成果を発信する意味は大きい。

キーワード：山地地形学、残雪凹地、地すべり地形、氷河地形、周氷河地形

### 1. はじめに

日本列島は狭まるプレート境界とその近傍に位置する。このため地殻が水平方向に強く圧縮され、年数mmもの速度で隆起する山地もある。地震や火山の活動もきわめて活発である。またモンスーンの影響で降水が多く、削剥も速い。これらの要素は自然環境を多様かつ複雑にし、自然災害をも招く。地形学者・吉川虎雄は、このような特性を持つ地域を「湿潤変動帯」と呼んだ（吉川, 1985）。日本列島をはじめ台湾やニュージーランド、ヒマラヤなどが湿潤変動帯に相当するが、多量の降雪や活発な地震・火山活動が狭隘な山岳地域に集中してみられる点において、日本列島は世界の中でも特筆すべき存在である。

約13～1.2万年前の更新世後期（最終氷期）には全球で気温が低下し、大陸氷床が形成された。日本でも、特に中部地方以北において、現在亜高山帯や高山帯に含まれる高標高の山地<sup>(1)</sup>では氷河地形や周氷河地形が随所に発達した。当時の気候は寒冷であったが、海面低下のため日本海へ暖流が流入しにくく、現在よりも乾燥気候が卓越していたと考えられている（例えば、日本第四紀学会電子出版編集委員会編, 2009）。その後、完新世（1.2万年前～現在）への移行期に気候の様式が変わり、世界でもまれな多雨多

雪気候（小泉, 1993）が確立した。更新世後期の遺構ともいべき氷河地形や化石周氷河地形、堆積性の河成段丘面のほか、完新世になり活発に形成されるようになったとされる地すべり地形は日本各地の山地に複雑に分布し、自然環境の成立や生物の分布に強い影響を及ぼしている（苅谷ほか, 2013；高岡, 2013）。したがって、日本の山地を対象とする地形学は、氷河地形や周氷河地形とともに地すべり地形にも目を配り、各地形の発達や解体のプロセスと時空間分布の変遷、相互の地形発達の関連性を解明する必要がある。

ここに挙げた氷河地形、周氷河地形、地すべり地形のうち、湿潤変動帯にある日本の山地ならではの地形でありながら、多くの研究者が取り扱う対象になりにくかったものがある。それは残雪凹地と地すべり地形である。それにはいくつかの理由があると考えられる。1960～1990年代にかけて世界的に広がった周氷河地形ブーム（Andre, 2009）の影響を日本の地形学界が長年受けたために、周氷河地形学（残雪の地形形成作用や残雪凹地を除く）の成果が相対的に多産された可能性や、太平洋戦争後の日本人パーティーによるヒマラヤ遠征の影響のもと氷河地形や周氷河地形が研究者を魅了した可能性が挙げられる。また2000年代以前は、日本に氷河は現存しないと考えられており、現

在や過去の氷河に対する憧憬が研究者のマインドを刺激した可能性もある。さらに、後述するように、残雪の影響を受ける地形形成作用の計測や定量化は調査期間の制約が多く、多数の測器や実験地を必要とする場合があることが研究意欲を引き出さなかった理由かもしれない。

本稿では、日本の山地においてなされた、残雪凹地と地すべり地形の研究に焦点を絞り、その重要性と意義を述べることとする<sup>(2)</sup>。

## 2. 残雪凹地の地形学的研究

### 1) 残雪地とその周辺に働く地形形成作用

日本海側の山地には毎年大量の降雪がある。冬季卓越風の風背側斜面には深さ数10 mを超す積雪が生じることもある。それらの雪のうち凹地や緩傾斜地に堆積したものは、冬季には斜面に定置してほとんど変形・移動せず、融雪水ももたらさない。しかし春季（融雪期）になると、主に融雪水の供給を介して次のような地形形成作用を活発化または不活発化する。

a) シートウォッシュやリル侵食とそれに関連した運搬作用（Thorn, 1976; Nyberg, 1991; Christiansen, 1998）、b) 酸化や水和、溶食など化学的な風化・運搬作用（Thorn, 1975; Ballantyne *et al.*, 1989; Hall, 1993）、c) 凍結風化（凍結破碎）作用（Berrisford, 1991）、d) 緩速度の斜面物質移動（ソリフラクション、ジェリフラクション、霜柱クリープなど）（Kariya, 2002; Thorn and Hall, 2002）である。これらは残雪地に固有のものではなく、周氷河環境下で通常生じている地形形成作用である。強調すべきポイントは、融雪水がこれらの作用を強めたり弱めたりすることである。融雪水に梅雨や台風の集中的な降水が加わると地形形成作用の強化は一層促進されることもある。さらに、e) 残雪の不可視的速度での変形（残雪グライド）による残雪底面での礫の運搬作用や、運搬中の礫による残雪下の基盤岩や岩屑の侵食作用がある（大丸・大原, 2004）。また形成機構は十分解明されていないが、f) 雪圧で斜面の岩屑が平滑化する作用の存在も疑われている（残雪ペーブメントの形成；Hara and Thorn, 1982）。e) やf) は残雪地に固有であり、少雪斜面や無雪斜面では発生しない。

一方、残雪は外気による地表面の冷却を効果的に抑制するため、残雪地における秋・春の凍結融解作用は少雪斜面や無雪斜面に比べて不活発である。白馬岳や月山での観測（高山地形研究グループ, 1978; Iwata, 1983; Kariya, 2002）では、残雪地における凍結融解サイクルの発現回数は極端に少なく、凍結深も浅いことが判明している（図1）。たとえば、山形県月山山頂の南南東約1.1 kmにある「大雪城」残雪地（残雪凹地）における1年間の地表凍結融解サイクルは20回、推定最大凍結深は約0.2 mである。この斜面の最深積雪は30 m前後である。これに対し、月山山頂付近の主稜線上にある少雪斜面（風衝砂礫斜面）における1年間の地表凍結融解サイクルは51回、推定最大凍結深は約1.5 mである（Kariya, 1995; 苅谷ほか, 1997）。この斜面の最深積雪は1 m以下である。両斜面の地温環境は著しく異なる。

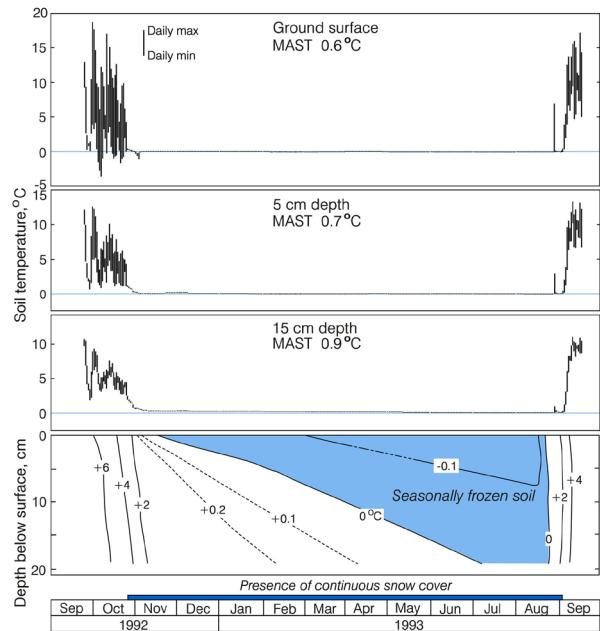


図1 山形県月山の大雪城残雪地における通年地温変化と季節凍土の形成（Kariya, 2002を改変）。

Fig.1 Annual changes in soil temperatures and estimated seasonal frost depth at a snowpatch hollow called Oyukijiro on the eastern side of Gassan Volcano, northern Japan. (modified from Kariya, 2002). MAST: Mean Annual Soil Temperature

る。

このように、残雪はある種の地形形成作用を強めたり、逆に弱めたりして、それらが集中的かつ効果的に働くような（あるいは鈍らせるような）条件を作りだす。残雪地に働く地形形成作用の総称に「ナイヴェーション<sup>(3)</sup> = nivation」がある（例えば、Matthes, 1900; Thorn, 1988）。一般にナイヴェーションは可視的速度で移動・変形する雪、すなわち雪崩による地形形成作用は含まないとされる（下川, 1980）。

### 2) ナイヴェーションの地形学的研究

日本で最初にナイヴェーションの解明に取り組んだのは今村（1940）である。今村は、残雪グライドにより残雪底面で引きずられた岩屑の基盤岩に及ぼす侵食作用を実証するため、長野県白馬大雪渓の左岸岩壁を研磨し、翌年に擦痕が付いたことを報告した。これは世界初のナイヴェーションの野外実験である。日本の地形学者は敬意を込め、その実験岩壁を「學郎岩」と呼ぶ。

その後、系統的なナイヴェーション研究は、1960年代に小林（1966, 1969）により着手された。小林は三国山地平標山や月山の残雪地において、ガリに土砂トラップを設置して定期的に土砂を回収し、主に融雪水による单位期間あたりの土砂運搬量を求めた。梅雨時に運搬量が一時的に増加することが認められたが、融雪水による侵食作用は特別強いものではないとされた。その後、高山地形研究グループ（1978）や岩田（1980）、Iwata（1983）は白馬岳北方の

鉢ヶ岳とその周辺の多雪斜面（残雪砂礫地）および少雪斜面（風衝砂礫地）における地形形成作用の量化と比較を目的とした野外実験を進め、ナイヴェーションの構成要素として融雪水による運搬作用や融雪水に飽和された土層の緩速度斜面物質移動が重要なことを明らかにした。これに対し、凍結融解作用は相対的に不活発なことが判明した。

1980年代から90年代にかけて、日本の山地では地形研究（とくに野外調査を重視する気候地形学的研究）がかなり意欲的に進められた。関係者の多くが「寒冷地形談話会」（小泉, 1993）に加入し、情報・意見交換や共同研究がなされた。この間、日本の山地の氷河地形や周氷河地形に関する論文が「地理学評論（日本地理学会）」や「季刊地理学（旧「東北地理」；東北地理学会）」などに多数掲載された。1990年代にはヒマラヤ山脈やスバルバル諸島、南極大陸など海外の高山や高緯度地域での研究に進出する研究者も増え（例えば、Matsuoka *et al.*, 2004）、"Permafrost and Periglacial Processes"や"Earth Surface Processes and Landforms"など国際誌への投稿も増えた。他方、この時代にも日本国内のナイヴェーション研究に大きな進展は見られなかった。

1990年代以降は、月山の残雪地における野外実験（Kariya, 1995, 2002）や大雪山の残雪地における凍結風化作用の実験（宮本, 2009）、融雪水や表層雪崩による筋状地形（原田, 1992；Sekiguchi and Sugiyama, 2003）の形成の推定などがなされた。また乗鞍岳の残雪地における土砂運搬量の量化（松本・小林, 2017）も試みられ、ナイヴェーションの研究はやや増えた。例えば、月山の大雪城残雪地では融雪水などのシートウォッシュで年平均約0.3 cmの斜面低下が生じる一方、上述のように凍結融解作用による緩速度の斜面物質移動はかなり遅く、地表面で1年間0.2～0.9 cm程度であることが判明した。また主に乾湿風化により岩壁1 m<sup>2</sup>あたり1年間に約2～50 gの岩屑剥離が生じていることも明らかにされた（Kariya, 2002）。ただし、これらの研究は1年～数年程度の野外実験に基づくものが多く、中・長期的な観測例は少ない。また残雪地に特化した水文観測や水質分析もほとんど試みられていない。周氷河地形学の世界的な教科書（例えば、French, 2017；Ballantyne, 2018）では残雪凹地を含めた周氷河環境での水文学（snowpatch hydrology, periglacial hydrology）が重視され、解説に紙数が割かれている。

筆者の知る限り、2000年代以降も日本ではナイヴェーションの研究は少ない。次に述べるように、過去1万年間以上を通じて、多雪山地における地形や景観の発達に果たす残雪の役割は大きかったと考えられる。それらの発達史を編むためにも、残雪地に現在作用するナイヴェーションの実体を明らかにすることは、「現在は過去の鍵である」という地質学や第四紀学の原理に照らしても重要である。

ところで、岩田（1980）やIwata（1983）、松岡・池田（2012）が指摘するように、地形形成作用は斜面傾斜や斜面物質の組成（粒度）によって、その速度や質が大きく変化する。これはナイヴェーションにもあてはまる。また残雪の存続期間の長さや残雪（積雪）量＝融雪水量、融雪期の気象条

件によってもナイヴェーションの中身は変化するはずである。さらに、温暖化による消雪の早まりや融雪期の異常降雨の増加に呼応して、一地点のナイヴェーションが年々変化してゆくことも予想される。そのように時間的にも空間的にも可変しうるナイヴェーションの実体を網羅的に解明するには多数の実験地や測器が必要で、それらを維持することも容易ではない。おそらく、こうした事情で世界的にもナイヴェーションの把握は少ないものと推察される。とはいえ、現在では測器の低価格化・小型化が進み、大量データの長期保存も可能である。たとえ一項目でもよいので、湿潤変動帯に置かれた日本の山地を特徴づける残雪の地形形成作用を明らかにすることは、日本における今後の地形研究の選択肢の一つとなる。

なお、ここで観たように、ナイヴェーションは複数の地形形成作用を含み、残雪地の地形形成に果たす個々の作用の寄与率は時間・空間的にも刻々変化していると考えられる。ナイヴェーションは包括的な集合名詞として便利な術語であるが、その含意はあいまいである。それゆえ用語の廃止が提案されたこともある（Thorn, 1988）。周氷河地形学の教科書ではナイヴェーションは独立した一項目として解説されているが、この語の特質をよく理解しておく必要がある。

### 3) 残雪凹地の発達史地形学的研究

上述のように、残雪地では周囲の無雪斜面・少雪斜面にくらべて風化・侵食・運搬作用および斜面物質移動が活発化したり、逆に不活発化したりする。このため100年前の研究当初から残雪地では特有の地形、すなわち周囲より浅い凹みをなす凹地＝残雪凹地（雪窪）が形成されると考えられてきた（図2）。ただし残雪凹地のどの部位に、どのような地形形成作用が、どれくらいの期間働いて地形が変化するのかは十分解明されていない（例えば、Christiansen, 1998）。



図2 北アルプス白馬岳における残雪凹地とその周辺の景観  
(2013年9月10日著者撮影)

Fig. 2 Landscape of a snowpatch hollow and its surrounding slopes on Mount Shirouma-dake, the Northern Japanese Alps. (Photo taken by YK on 10 September, 2013)

日本における更新世後期以降の残雪凹地の地形発達史については、山中（1979, 1983）による飯豊山地御西岳周辺での先駆的研究がある。山中は残雪凹地を覆う土層の<sup>14</sup>C年代や広域テフラ（火山灰）の年代を使い、最近約1万年間の地形変化・環境変化を論じた。また残雪凹地の地形発達について、小泉（1982）が興味深い仮説を提示している。小泉は月山の大型残雪凹地の縦断面地形測量を行い、凹地が同心円状の二重構造を呈することを指摘した。つまり、大型で浅い凹地の中に、窪みの深い小型の凹地がはめ込まれているというのである。小泉は、凹地の二重構造は形成時期の違いを示し、外側の凹地は残雪が大規模で存続期間も長かった更新世後期に、内側は残雪の消雪が早まった完新世に生じたとした。年代観に多少の修正が加えられたものの、小泉の仮説の妥当性はその後実証された（例えば、Takada *et al.*, 1990; 苅谷, 1994; Kariya, 2005; 佐々木・苅谷, 2000; 佐々木, 2004）。例えば、月山の大雪城残雪凹地は同心円状の3つの地形面からなり、最も外側の凹地は晩氷期までに形成され、それ以降に化石化（腐植土層による被覆の開始）した。中間のものは完新世前期（8000 ~ 6000 cal BP）にいったん化石化したが、完新世後期に一部が再形成（砂礫斜面化）された。最も内側の凹地は現在形成中で、表層は無植被の砂礫斜面からなる（図3）。このような地形発達史は微地形分類や斜面構成層の掘削試料を基礎として、土層の<sup>14</sup>C年代やテフラの年代（苅谷, 1994）を加えて構築された。その過程では、月山で同時になされたナ

イヴェーションの実験結果（Kariya, 2002）も考慮されている。大雪城残雪地で起きてきた地形形成環境の変動は各時代における消雪の早まりや遅れが主因であり、それは基本的に気候変動によったと解釈された。同様の知見は越後山地丹後山（Takada *et al.*, 1990）や平標山（高田, 1986；佐々木・苅谷, 2000）、飛騨山脈薬師岳（高田, 1992）、奥羽山脈筑森山（Daimaru *et al.*, 2002）、鳥海山（佐々木, 2004）、南アルプス赤石岳（佐々木, 2010）から報告されている。なお、残雪凹地の地形発達および環境変遷については、三浦ほか（2013）が関連したレビューを行っているので参照されたい。

中心部に砂礫斜面をもつ残雪凹地はナイヴェーションで形成途上にあり、逆に斜面が植被されて形成が止まったと考えられる化石残雪凹地もある。森林限界が垂直方向に現在より1000 ~ 1500 m低下していたと考えられる更新世後期に形成され、完新世の植生帶上昇に伴い現在は森林内に伏在する化石残雪凹地も実在するに違いない。ただし、そのような事例は越後山地守門岳で発見されているだけ（Sasaki, 2001）で、他に報告はない。残雪凹地固有の地形的特徴があつたりナイヴェーションによる堆積性の斜面物質に固有の地層構造が見られたりするわけではなく、残雪凹地は小規模であることが多いので地形の破壊を受けやすいことが発見を遅らせているのであろう。残雪凹地を埋める土層の花粉分析や雪氷生物化石の検出などが実現できれば、森林内の化石残雪凹地の認定に向けた道が開けるかも

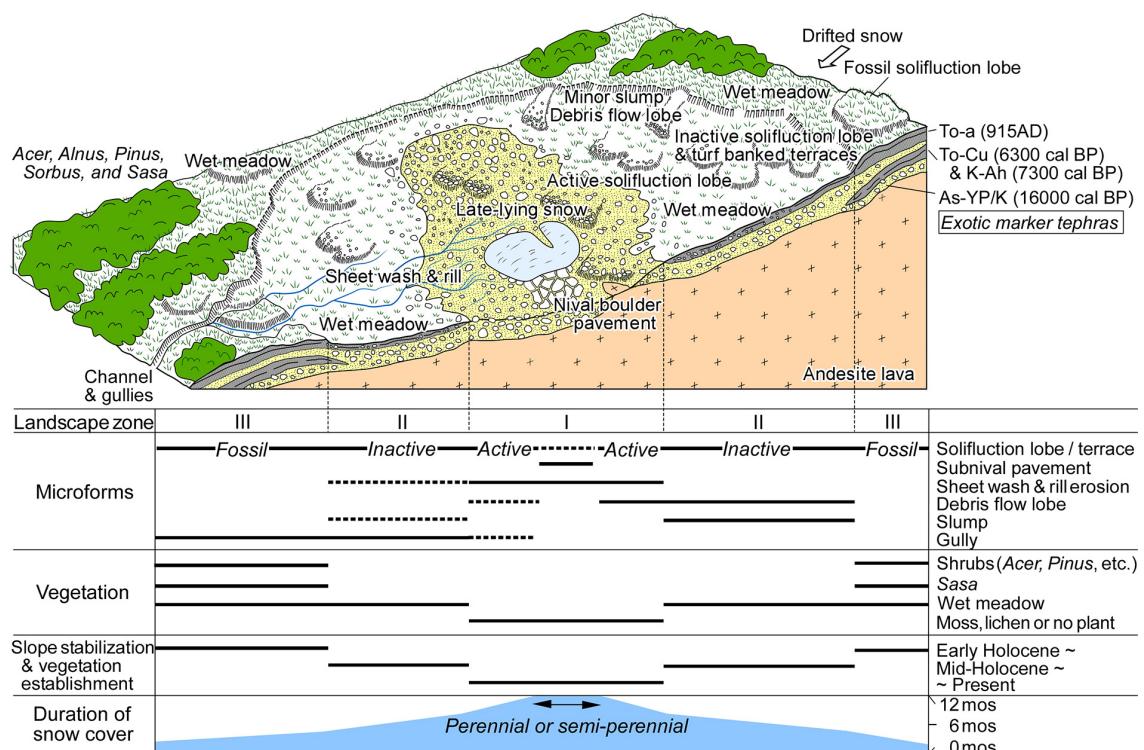


図3 山形県月山の残雪地における完新世の地形景観発達モデル（Kariya, 2005を改変）

Fig. 3 A model showing the Holocene landscape evolution and environmental changes of a snowpatch hollow on the eastern side of Gassan Volcano, northern Japan (modified from Kariya, 2005).

しれない。

ここで、残雪凹地という術語に触れておく。この語は「残雪を保持する・残雪に覆われた凹地（窪地）」という景観上の特徴のみを指し、地形形成作用を含意しないと捉えるべきであろう。ナイヴェーションで形成された残雪凹地がある一方、ナイヴェーションと無関係に生じる地すべり性の陥凹地や線状凹地が長期間残雪に覆われれば残雪凹地の景観を呈するためである。つまり、外観は残雪凹地でも、その初生的成因や、地形発達の全体像に対して残雪が決定的に重要だったかどうかは事例ごとに異なる可能性がある。残雪凹地の発達史を解明するには対象の残雪凹地のみならず、その周辺を含めた丁寧な地形判読や踏査による表層地質の確認が必要である。とくに、残雪凹地の地形や土層を使って地形発達や古環境を復元する場合、その地形が二次的に変動すると古気候とは無関係に消雪時期が変化する（すなわちナイヴェーションが止まったり復活したりする）可能性がある。残雪凹地から完新世中期の腐植質埋没土層が発見され、その土層の成因が完新世中期（ヒプサーマル）の温暖化と結びつけた議論が展開された白馬岳長池平は、完新世に二次移動した大規模な地すべり移動体（移動土塊）上にある。このため、その埋没土層は古気候変化を直接示唆しない可能性も指摘されている（Kariya *et al.*, 2005；苅谷ほか, 2013；佐藤・苅谷, 2014）。

ナイヴェーションの研究と同様に、日本における残雪凹地の発達史地形学的研究は、日本の山地が世界屈指の多雪環境下（小泉, 1993）にありながらも十分に取り組まれてきたわけではない。残雪に阻まれ調査時期が限られるなどの理由が考えられるが、山陰から北海道まで標高や積雪深、消雪時期の異なる山が無数にあり、調査対象地は多い。一人の研究者が場所を変えて調査するのは大変だから、最初は1つの残雪凹地の形成史を解き明かすだけでもよいであろう。一般に、侵食・運搬作用の卓越する山地では年代試料を見出すことが難しいが、上述のように土層やテフラが有用な場合もある。地形編年については、 $^{10}\text{Be}/^{26}\text{Al}$ を用いた原位置宇宙線生成核種年代法（TCN法；例えば、松四, 2017）の適用範囲も最近広がっている。日本の山地を特徴づける地形や景観の研究対象として、残雪凹地は注目すべき余地を残している。

### 3. 地すべり地形の地形学的研究

#### 1) 日本の山地における地すべり地形の普遍性

日本の山地には無数の地すべり地形が存在する（図4）。図4は防災科学技術研究所がインターネット上に公開しているJ-SHIS map（防災科学技術研究所, 2018）の地すべり地形分布図の一部で、岩盤重力変形（岩盤クリープ）の生じている範囲やそれを示唆する地形、スランプ型地すべり、一定面積以上の表層崩壊などを含めて表示している。地すべり地形分布図を全国規模で参照すると、日本アルプスをはじめ四国山地や紀伊山地、飯豊・朝日山地などの大起伏山地に地すべり地形が卓越することが読み取れる。また丘

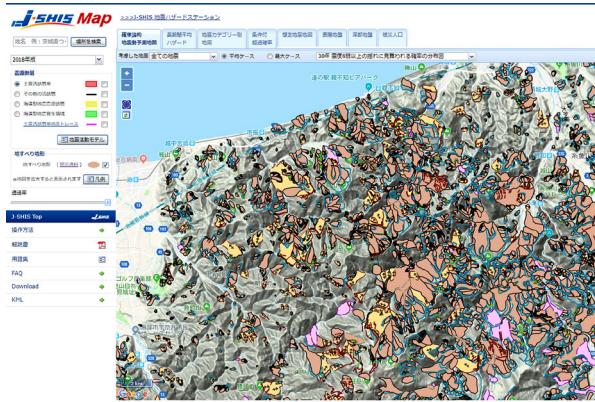


図4 防災科学技術研究所がJ-SHIS（地震ハザードステーション）mapで公開する地すべり地形分布図（北アルプス北部の例）

Fig. 4 A landslide map published by the National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience on the J-SHIS (Japan Seismic Hazard Information Station) map. An example image from the area of the Northern Japanese Alps.

陵や低山にも地すべり地形は多い。地すべりは一般に、その場の岩石の種類や地質構造、地形条件、気候などの素因と、強震動や集中降雨、急な融雪などの誘因とが相乗して発生しやすくなる。なお、防災科学技術研究所の地すべり地形分布図では、一部の河成段丘面、土石流段丘面や氷河堆積物上面が区別されず図化されている場合があり、注意を要する。

上述のように、2000年ころまでになされた日本の山地における地形研究は、氷河地形や周氷河地形（残雪凹地を除く）を主なターゲットにしていた。この反面、地すべり地形の研究が相対的に少なかったのも事実である。このことが日本の山地を対象とした地形研究の歩みを鈍らせたとの指摘もあり（小口, 2010），筆者も同様の所感を持つ。確



図5 南アルプス・間ノ岳東面の地形

ARE: アレ沢源頭部の地すべり地（現成）、DSGSD: 岩盤重力変形域、FPS: 化石周氷河性平滑斜面（更新世後期）、HSZ: 細沢闊谷（更新世後期）。（2013年10月13日著者撮影）

Fig. 5 Landforms on the eastern side of Mount Ainodake. ARE: Aresawa landslide (present), DSGSD: Area of deep-seated gravitational slope deformation (present), FPS: Fossil periglacial smooth slopes (late Pleistocene), HSZ: Hosozawa cirque (late Pleistocene). (Photo taken by YK on 13 October 2013)

かに、日本アルプスには更新世後期や完新世に形成された氷河地形や周氷河地形が発達するが、現在の高山帯・亜高山帯を含めて地すべり地形の分布域も広いからである。図5は南アルプス間ノ岳付近の空撮写真であり、間ノ岳東面の細沢谷（カール）に接して大規模な現成地すべり地であるアレズの源頭部が見える。またその横には、線状凹地が発達する岩盤の重力変形域が認められる。岩盤の重力変形は地すべりの先駆現象であり、変形の進展により突発的な地すべりが生じると考えられている。現在の日本アルプスの斜面には、主に更新世後期に形成された氷河地形とそれをとりまく同時期の化石周氷河地形があり（従来はこの両者が研究者の関心を惹いてきた）、その周辺には現成の狭小な周氷河地形と、大小様々な地すべり地形が混在しているのである。地すべり地形の形成期は多様であり、詳細が判明していないことが多いが、多雨多雪気候に移行した完新世になって地すべりの活動が活発になったとする意見は多い（例えば、日本地すべり学会地すべり地塊とその変遷過程研究委員会、2001）。

## 2) 地すべりと氷河

氷河地形や氷河堆積物は、山地の地形発達史のみならず、過去の気候状態を探るための重要な代理指標となる。地形から氷河末端高度や氷河均衡線高度などを復元し、降雪量や古気温を推定することができるからである（例えば、Aoki, 2000）。ただし、そのような推定が有効であるためには、氷河性とされる地形が真に氷河で形成されたことが担保されている必要がある。

氷河が作る谷谷や、氷河による堆積物（広い意味のティル）は、それぞれ地すべりの滑落崖や地すべり移動物質に似るとの指摘がある（例えば、Hewitt, 1999; Fort, 2000; 岩田, 2011, 2014）。日本の山地でも古くから氷河地形や氷河堆積物の研究がなされてきた（例えば、山崎, 1902；小疋ほか, 1974；長谷川, 1996）が、それらの一部は地すべり性である可能性がある。たとえば、白馬岳東面の松川北股入では更新世後期とされた白馬沢や猿倉の氷河堆積物が、堆積物中の礫種分布からみても地すべり移動物質であることが疑われ、完新世を示す年代資料も得られている（Kariya *et al.*, 2011；苅谷ほか, 2012）。同様の地質学的・年代学的な再検討は黒部川源流水晶岳西面の高天原や、北アルプス朝日岳北面の朝日池、同東面の白高地沢などでも試みられている（佐藤・苅谷, 2005；苅谷ほか, 2013；苅谷・佐藤, 2016）。

このように、氷河性と考えられていた地形や堆積物が地すべり性となると、それを根拠とする地形発達論や古気候論は再検討を要することとなる（岩田, 2014）。現状では、そのような見なおしが広く行われているわけではないが、従来説を再検討する契機となる可能性がある。それは世界的な潮流ともされる（奈良間, 2012）。

## 3) 山地の多様な自然環境と地すべりとの関係

地すべり地形には大小様々な規模のものがある。地すべ

りの発生域と、地すべり移動体が明確な場合、後者の体積を推算してその規模で区分することが行われる。移動体の体積が $10^6 \text{ m}^3$ を超えると、移動体表面に流れ山や凹地などの特徴的な微・小地形が形成され、地すべり発生域に大型かつ明瞭な滑落崖が残されることが多い。また大規模な地すべり地は $10^3 \sim 10^4$ 年のスケールに及んで下流側への土砂供給源となり、河川に沿って堆積段丘を生じたり河床上昇を招いたりするなど地形的インパクトも大きい（町田, 1984）。このため、移動体体積が $10^6 \text{ m}^3$ 以上の地すべり現象を「大規模地すべり」とする便宜的な区分が用いられるのである。

大規模地すべりは上述のような地形的な影響のみならず、山地における植生分布や生物分布に影響を及ぼすことが知られている（宮城, 2002；苅谷ほか, 2013；高岡, 2013；Walker and Shiels, 2013）。例えば、白馬岳北方の梅池自然園（楠川源流）は小蓮華山付近に発生域をもつ大規模地すべり地形で、その移動体は縦断長約8 kmにもおよび、松川北股入（白馬村猿倉）と楠川上流（小谷村梅池）付近まで広がる（図6）。地すべり移動体の表層には平面形が弧状・眉状の凸地・凹地列が発達し、各地形に応じて針葉樹林やササ地が分布している。凸地と凹地では積雪深や日照、地下水位、土壤特性（層厚、粒度、水分など）などが異なるため、それに呼応して異なる植生が成立すると考えられる（苅谷ほか, 2013）。同様の例は、高天原や高瀬川上流の烏帽子岳、白馬岳長池平、上高地玄文沢（田代池）などの地すべり地でも発見されているものの、詳しい植生調査はなされていない（Kariya *et al.*, 2005；苅谷・松四, 2013；苅谷ほか, 2013）。

これとは別に、山地の地すべり地形に生じた池沼の自然環境多様性（地形形成年代、地形形成因、面積、水深など）が水生生物の分布や種構成に多様性をもたらすのかどうかの検討が、最近着手された（高岡ほか, 2012；高岡, 2018）。分析中のデータが多く本稿で成果を記すことはまだできないが、例えば西穂高岳西穂山荘南方の玄文沢源頭



図6 北アルプス・梅池自然園付近の大規模地すべり地形。  
KMT: 北股入, TUG: 梅池自然園。破線は地すべり移動体の範囲。

ただし一部の境界は未確定。（2015年10月18日著者撮影）

Fig. 6 Large-scale landslide features around the Tsugaike Shizen-en Moor, the Northern Japanese Alps.

KMT: Kitamatairi Valley, TUG: Tsugaike Shizen-en Moor. Thick dotted lines show outer boundaries of landslide bodies (partly undefined). (Photo taken by YK on 18 October 2015)

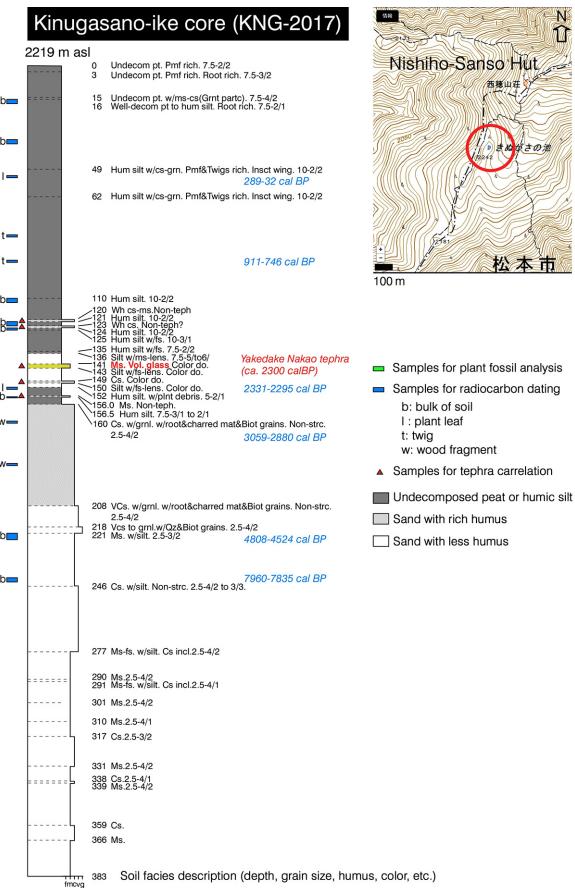


図7 岩盤重力変形で生じた線状凹地性池沼（北アルプス・西穂高岳きぬがさの池）の堆積物コア柱状図。北緯36.2620度、東経137.6151度。苅谷・高岡（2019）を改作。

Fig. 7 A columnar section of a 3.8-m long core recovered from the bog deposits in a linear depression formed by deep-seated gravitational slope deformation near Mount Nishihotaka-dake, the Northern Japanese Alps. Latitude: 36.2620 degree north, Longitude: 137.6151 degree east. This figure was reproduced from Kariya and Takaoka (2019).

付近では、花崗閃緑岩の重力変形域に生じた線状凹地で深度約4 mに達する簡易ボーリングがなされ、約8000 cal BP以降の堆積物コア試料が回収された（苅谷・高岡、2019；図7）。試料には約2300 cal BPに噴出した焼岳火山の中尾テフラも含まれており、堆積物の年代モデルも構築されている。今後、微化石分析などが進められる予定である。

大規模地すべり地形は移動体上の微・小地形や、周辺の斜面に生じた線状凹地など地すべり性の地形を介して山地の自然環境を多様なものに変化させる（苅谷ほか、2013；Sasaki and Sugai, 2015）。しかし、このような視点での研究はスタートしたばかりで、事例の蓄積は極めて少ない。今後、筆者のような地形学や自然地理学を専門とする立場のみならず、山の科学に関連する多くの分野からのアプローチに期待したい。これもまた、日本の山地における独創的研究に発展するポテンシャルを持つと思われる。

#### 4. まとめ

本稿では、湿潤変動帯である日本における山地地形研究のニッチともいべき、残雪地の地形研究（ナイヴェーションに関する地形形成作用地形学と残雪凹地の発達史地形学）および地すべり地形の地形研究（氷河地形・氷河堆積物の識別とそれに依拠した古気候・古環境論および地すべり地形がもたらす山地自然環境多様性の解明）の進展と意義に言及した。いずれも、日本の山地の環境特性を捉え、それを世界に発信できる研究に展開可能なポテンシャルを持つ。

これらの研究を効果的に進めるために、優先して取り組むべき課題が想定される。第1に、地形の定量解析や地理情報処理などを援用するための数値地形情報の積極的な活用である。空中・地上レーザ測量による細密数値地形データや正射画像の取得と地理情報システム（GIS）による図化などは、北アルプスで進行中の雪氷研究や地形変化の定量解析（例えば、福井ほか、2018；畠・奈良間、2018）で活発に導入されており、本会の他分野でも応用例が拡大している。一層の普及に期待する。第2に、地形発達史の解明にあたり、その背景にあった古環境との関連を論じるために数値年代の挿入が求められる。昨今は深海底堆積物や氷床コアの酸素同位体層序が各地で得られており、それらとの対比は山地の環境変動を論じるためのルーチンである。ただし、上述のように侵食・運搬作用の卓越する山地では<sup>14</sup>C年代試料（腐植土層や木片など）やテフラは消失することが多く、数値編年を困難にさせている。他方、一定の条件や仮定を満たせば、TCN法は花崗岩類など石英粒を含む岩屑を必要量得ることで年代測定が可能であり、日本アルプスでも報告例が増えている（例えば、Aoki, 2003；黒澤ほか、2015）。測定には大型加速器が必須であるが、遠くない将来に商業ベースでの測定が安価に可能となれば、残雪地や地すべり地に限らず山地の地形年代の解明とそれに基づくモデル化がますます可能となろう。その他、酸素同位体比年輪年代法による地すべり発生年代の編年（Yamada *et al.*, 2018）や、光ルミネッセンス法による堆積物の編年（塚本, 2018）なども山地の発達史地形学に新風を吹き込む可能性を持つ。第3に、野外調査がしっかりとできる研究者を育成することである。現在では室内実験や解析によっても山地地形の実相を相当詳細かつ具体的に解明することは可能である。広域性・即時性という点でも地形レーザ測量データや衛星リモートセンシング・データの処理は不可欠である。他方、野外での地形・地質観察や試料採取は今後も地道な踏査に支え続けられるであろう。別の論文（苅谷, 2019）でも指摘したように、本会を含めた学界全体で後進育成の機会を模索すべきと思われる。

#### 謝辞

匿名査読者2名の意見は本稿の内容改善にきわめて重要であった。本稿執筆にあたり、特任教員として2018年度に滞在した信州大学理学部および同大学・鈴木啓助教授か

ら多大な支援を受けた。本稿にかかる現地調査や資料整理のために科研費（15K01171, 17H02029, 17H02033, 18K01123）および平成30年度専修大学在外研究員研究費を用いた。以上を記して謝意に代えさせていただきます。

### 注

- (1) 本稿では、現在、亜高山帯や高山帯に含まれる山地の領域を主に扱う。とくに断らない限り、「日本の山地」はその意味で用いる。また「2. 残雪凹地の地形学的研究」では多雪環境下の日本の山地全体を、「3. 地すべり地形の地形学的研究」では主に日本アルプスを対象にして、これまでの研究を整理する。
- (2) 筆者は2017年12月の「日本山の科学会」設立式・記念講演会において、日本における山地地形学の歴史を振りかえり、その到達点と今後の課題を簡潔に述べた。同種・同様のレビューはすでにいくつか公表されており、詳細に研究史と到達点をたどることができる（例えば、小疋、1984；Iwata, 1989；松岡・池田, 2012；小野, 2012；松岡ほか, 2013；Matsuoka, 2014；苅谷, 2019）。それゆえ、本稿において同じ内容を繰り返すことは得策ではないと判断し、ナイヴェーションと地すべりに話題を絞った。
- (3) 日本では二ベーションと発音・表記されることが多い。

### 文献

- Andre, M. F. (2009): From climatic to global geomorphology: contemporary shifts in periglacial geomorphology. in *Periglacial and Paraglacial Processes and Environments* by Knight, J. and Harrison, S. (eds.), The Geological Society of London, Special Publications, 320, 5-28. Bath.
- Aoki, T. (2000): Late Quaternary equilibrium line altitude in the Kiso Mountain Range, central Japan. *Geographical Review of Japan*, 73B, 105-118.
- Aoki, T. (2003): Younger Dryas glacial advances in Japan dated with in situ produced cosmogenic radionuclides. *Transactions, Japanese Geomorphological Union*, 24, 27-39.
- Ballantyne, C. K., Black, N. M., and Finlay, D. P. (1989): Enhanced boulder weathering under late-lying snowpatches. *Earth Surface Processes and Landforms*, 14, 745-750.
- Ballantyne, C. K. (2018): *Periglacial Geomorphology*. Wiley, Oxford, 454pp.
- Berrisford, M. S. (1991): Evidence for enhanced mechanical weathering associated with seasonally late-lying and perennial snow patches, Jotunheimen, Norway. *Permafrost and Periglacial Processes*, 2, 331-340.
- 防災科学技術研究所 (2018) : J-SHIS Map. <http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/> (引用2018年12月15日)。
- Christiansen, H. H. (1998): Nivation forms and processes in unconsolidated sediments, NE Greenland. *Earth Surface Processes and Landforms*, 23, 751-760.
- Daimaru, H., Ohtani, Y., Ikeda, S., Okamoto, T. and Kajimoto, T. (2002): Paleoclimatic implication of buried peat layers in a subalpine snowpatch grassland on Mt. Zarumori, northern Japan. *CATENA*, 48, 53-65.
- 大丸裕武・大原偉樹 (2004) : 八幡平におけるパッチ状雪食地の形成過程. 地形, 25, 341-358.
- Fort, M. (2000): Glaciers and mass wasting processes: Their influence on the shaping of the Kali Gandaki valley (higher Himalaya of Nepal). *Quaternary International*, 65, 101-119.
- French, H. M. (2017): *The Periglacial Environment* (Fourth Edition). Wiley, Oxford, 515pp.
- 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.
- Hall, K. (1993): Enhanced bedrock weathering in association with late-lying snowpatches: evidence from Livingstone Island, Antarctica. *Earth Surface Processes and Landforms*, 18, 121-129.
- Hara, Y. and Thorn, C. E. (1982): Preliminary quantitative study of alpine subnival boulder pavements, Colorado Front Range, U.S.A. *Arctic and Alpine Research*, 14, 361-367.
- 原田暁之 (1992) : 中部日本北部における筋状地形の方位分布. 日本地理学会予稿集, 41, 4-5.
- 畠 瞳美・奈良間千之 (2018) : 白馬大雪渓における礫生産時期と積雪の関係. 日本山の科学会2018年秋季研究大会一般研究発表要旨集, JASMS2018f-37. <http://jasms.org/wp/wp-content/uploads/2018/10/2018-Fall-meeting-Abstracts.pdf> (引用: 2018年12月15日)。
- 長谷川裕彦 (1996) : 北アルプス南西部, 笠ヶ岳周辺の氷河・周氷河地形発達史. 地理学評論, 69, 75-101.
- Hewitt, K. (1999): Quaternary moraines vs catastrophic rock avalanches in the Karakoram Himalaya, Northern Pakistan. *Quaternary Research*, 51, 220-237.
- 今村学郎 (1940) : 日本アルプスと氷期の氷河. 岩波書店, 162頁。
- 岩田修二 (1980) : 白馬岳の砂礫斜面に働く地形形成作用. 地学雑誌, 89, 319-335.
- Iwata, S. (1983): Physiographic conditions for the rubble slope formation on Mt. Shirouma-dake, the Japan Alps. *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, 18, 1-51.
- Iwata, S. (1989): Cryogenic weathering and periglacial slope processes in Japanese high mountains. *Transactions, Japanese Geomorphological Union*, 10-A, 67-75.
- 岩田修二 (2011) : 氷河地形学. 東京大学出版会. 400頁.
- 岩田修二 (2014) : 転向点にたつ日本アルプスの氷河地形研究: 今村学郎・五百沢智也と今後の課題. 第四紀研究, 53, 275-296.
- 苅谷愛彦 (1994) :  $^{14}\text{C}$ 年代とテフロクロノロジーからみた月山の亜高山帯に分布する埋没黒泥層の生成期. 第四紀研究, 33, 269-276.

- Kariya, Y. (1995): Ground temperature observations at Mt. Gassan in Northern Japan: A comparison between a wind-swept slope and a snowpatch hollow. *Geographical Review of Japan*, 68B, 75-85.
- 苅谷愛彦・佐々木明彦・鈴木啓助 (1997)：月山の強風砂礫斜面における通年気象観測と地形形成環境. 地理学評論, 70, 676-692.
- Kariya, Y. (2002): Geomorphic processes at a snowpatch hollow on Gassan volcano, northern Japan. *Permafrost and Periglacial Processes*, 13, 107-116.
- Kariya, Y. (2005): Holocene landscape evolution of nivation hollow on Gassan volcano. *CATENA*, 62, 57-76.
- Kariya, Y., Sato, G., and Kuroda, S. (2005): Effects of landslides on landscape evolution in alpine zone of Mount Shiroumadake, northern Japanese Alps. *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, 44, 63-70.
- Kariya, Y., Sato, G., and Komori, J. (2011): Landslide-induced terminal moraine-like landforms on the east side of Mount Shiroumadake, Northern Japanese Alps. *Geomorphology*, 127, 156-165.
- 苅谷愛彦・佐藤 剛・小森次郎 (2012)：白馬岳東麓, 長走沢・金山沢の地すべり地形と堆積物. 地学雑誌, 121, 384-401.
- 苅谷愛彦・松四雄騎 (2013)：細密地形データからみた上高地の崩壊地形. 地図中心, 516, 10-13.
- 苅谷愛彦・高岡貞夫・佐藤 剛 (2013) 北アルプスの地すべりと植生. 地学雑誌, 122, 768-790.
- 苅谷愛彦・佐藤 剛 (2016) 飛騨山地北部・朝日池園谷における完新世の地すべり活動. 2016年度日本地理学会春季学術大会発表要旨集, P025. [https://doi.org/10.14866/ajg.2016s.0\\_100002](https://doi.org/10.14866/ajg.2016s.0_100002) (引用: 2018年12月15日).
- 苅谷愛彦 (2019) 寒冷地域の第四紀地表プロセスに関する研究動向と課題. 第四紀研究, 58, 29-56.
- 苅谷愛彦・高岡貞夫 (2019)：北アルプスの稜線上に形成された線状凹地の埋積物：「きぬがさの池」の事例. 専修自然科学紀要, 50, 1-11.
- 小疋 尚・杉原重夫・清水文健・宇都宮陽二朗・岩田修二・岡沢修一 (1974)：白馬岳の地形学的研究. 駿台史学, 35, 01-086.
- 小疋 尚 (1984) 日本における氷河作用の研究. 地学雑誌, 93, 16-23.
- 小林 詩 (1966) 上越平標山頂付近における残雪の分布と凹地形との関係. 地理学評論, 39, 75-83.
- 小林 詩 (1969) 雪田の融解水による斜面浸食について—1964年 月山における観測—. 信州大学志賀自然教育研究施設研究業績, 8, 1-15.
- 小泉武栄 (1982) 化石周氷河斜面, 雪食凹地ならびに山地貧養泥炭地の形成からみた晩氷期以降の多雪化について. 第四紀研究, 21, 245-253.
- 小泉武栄 (1993) 日本の山はなぜ美しい—山の自然学への招待—. 古今書院, 228頁.
- 高山地形研究グループ (1978) 白馬岳高山帯の地形と植生. 163頁.
- 黒澤 兆・苅谷愛彦・松四雄騎・松崎浩之 (2015)：赤石山脈・仙丈ヶ岳北面で発生した大規模岩石なだれの地形学・地質学的研究. 日本地球惑星科学連合大会2015年大会. HDS25-P04. <https://confit.atlas.jp/guide/event/jgpu2015/subject/00636/date?cryptoId=> (引用: 2018年12月15日)
- 町田 洋 (1984)：巨大崩壊, 岩屑流と河床変動. 地形, 5, 155-178.
- 松本穂高・小林 詩 (2017) 乗鞍岳における6年間の礫移動・地温観測からみたソリフラクションのプロセス. 日本地理学会発表要旨集, 91, 296.
- Matsuoka, N., Sawaguchi, S., and Yoshikawa, K. (2004) Present-day periglacial environments in central Spitsbergen, Svalbard. *Geographical Review of Japan*, 77B, 276-300.
- 松岡憲知・池田 敦 (2012) 周氷河地形プロセス研究最前线. 地学雑誌, 121, 269-305.
- 松岡憲知・今泉文寿・西井稟子 (2013) 南アルプスにおける地形変動と土砂収支—最近の研究動向と展望—. 地学雑誌, 122, 591-614.
- Matsuoka, N. (2014) Cold region geomorphology in Japan. *Geographical Review of Japan*, 86B, 22-32.
- 松四雄騎 (2017)：宇宙線生成核種を用いた岩盤の風化と土層の生成に関する速度論—手法の原理, 適用法, 研究の現状と課題—. 地学雑誌, 126, 487-511.
- Matthes, F. E. (1900): Glacial sculpture of the Bighorn Mountains, Wyoming. United States. *Geological Survey 21st Annual Report 1899-1900*, 167-190.
- 三浦英樹・佐瀬 隆・細野 衛・苅谷愛彦 (2013)：第四紀土壤と環境変動：特徴的土層の生成と形成史. 日本第四紀学会50周年電子出版編集委員会編：デジタルブック最新第四紀学. 日本第四紀学会, CD-ROM.
- 宮城豊彦 (2002)：地すべりによって形成される土地自然特性とその保全. 地すべり, 39, 343-350.
- 宮本昌幸 (2009)：大雪山の残雪凹地における岩石の風化—野外実験による凝灰岩試料の重量減少測定—. 季刊地理学, 61, 38-45.
- 奈良間千之 (2012)：氷河編年研究の展望. 地学雑誌, 121, 215-234.
- 日本第四紀学会電子出版編集委員会編 (2009)：「デジタルブック最新第四紀学」. 日本第四紀学会, CD-ROM.
- 日本地すべり学会地すべり地塊とその変遷過程研究委員会 (2001)：「地すべり地塊とその変遷過程に関する研究」報告書. 日本地すべり学会, 76頁.
- Nyberg, R. (1991): Geomorphic processes at snowpatch sites in the Abisko Mountains, northern Sweden. *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F. 35, 321-345.
- 小口 高 (2010)：日本の地形発達史研究とランドスラайд. 第2回GIS-Landslide研究集会アブストラクト,

- O3.  
<https://docs.google.com/file/d/0B107xkQmjzAJdnA1MHRtM2lKS1E/edit?usp=sharing> (引用: 2018年12月15日)
- 小野有五 (2012) : 日本における1960-2010年の氷河地形研究—研究者の回顧と展望—. 地学雑誌, 121, 187-214.
- 佐々木明彦・苅谷愛彦 (2000) : 三国山地平標山の亜高山帯に分布する泥炭質土層の生成開始期. 季刊地理学, 52, 283-294.
- Sasaki, A. (2001): Formation of peaty soil layer along the main ridge of Mt. Sumon-dake in Central Japan. *The Science Reports of the Tohoku University, 7th series, Geography*, 51, 19-34.
- 佐々木明彦 (2004) : 鳥海山における残雪凹地の多重構造形態とその形成過程. 駿台史学, 123, 29-48.
- 佐々木明彦 (2010) : 大聖寺平の雪窓の形成過程. 増沢武弘編著: 南アルプス—地形と生物. 静岡県県民部, 131-139.
- Sasaki, N. and Sugai, T. (2015): Distribution and development processes of wetlands on landslides in the Hachimantai Volcanic Group, NE Japan. *Geographical Review of Japan series B*, 87, 103-114.
- 佐藤 剛・苅谷愛彦 (2005) : 飛騨山脈・白馬岳北部地域の地すべり地形発達. 地学雑誌, 114, 58-67.
- 佐藤 剛・苅谷愛彦 (2014) : 「北部飛騨山脈の地すべり地形学図(1:25,000)」の作成とそれを用いた地すべり地形の解説. 地図, 52, 1-12.
- Sekiguchi, T. and Sugiyama, M. (2003): Geomorphological features and distribution of avalanche furrows in heavy snowfall regions in Japan. *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F., 130, 117-128.
- 下川和夫 (1980) : 積雪の作用に関する諸研究. 駿台史学, 50, 296-318.
- 高田将志 (1986) : 三国山脈主稜線周辺の化石周氷河性平滑斜面・化石雪食凹地. 地理学評論, 59, 729-749.
- 高田将志 (1992) : 北アルプス薬師岳周辺の周氷河性平滑斜面. 地学雑誌, 101, 594-614.
- Takada, M., Sasaki, M., Yanagimachi, O. and Ohmori, H. (1990): Environmental changes during the late Holocene and the climatic implications of snow accumulation hollows in and around Mt. Tango, the Echigo Range, Central Japan. *Bulletin of the Department of Geography, the University of Tokyo*, 22, 35-53.
- 高岡貞夫・苅谷愛彦・佐藤 剛 (2012) : 北アルプス北部における高山湖沼の成因と分布に対する地すべりの影響. 地学雑誌, 121, 402-410.
- 高岡貞夫 (2013) : 地すべりが植生に与える影響:特に長期的な視点からの研究の意義について. 植生学会誌, 30, 133-144.
- 高岡貞夫 (2018) : 中部地方の山地における湿地の分布特性と地形. 日本生態学会第65回全国大会講演要旨, A01-06.  
<http://www.esj.ne.jp/meeting/abst/65/A01-06.html> (引用: 2018年12月15日).
- Thorn, C. E. (1975): Influence of late-lying snow on rock weathering rinds. *Arctic and Alpine Research*, 7, 373-378.
- Thorn, C. E. (1976): Quantitative evaluation of nivation in the Colorado Front Range. *Geological Society of America Bulletin*, 87, 1169-1178.
- Thorn, C. E. (1988): Nivation: A geomorphic chimera. Clark, M. J. ed.: *Advances in periglacial geomorphology*. John Wiley and Sons, 3-32.
- Thorn, C. E. and Hall, K. (2002): Nivation and cryoplanation: the case for scrutiny and investigation. *Progress in Physical Geography*, 26, 533-550.
- 塚本すみ子 (2018) : 光ルミネッセンス (OSL) 年代測定法の最近の発展と日本の堆積物への更なる応用の可能性. 第四紀研究, 57, 157-167.
- Yamada, R., Kariya, Y., Kimura, T., Sano, M., Li, Z., and Nakatsuka, T. (2018): Age determination on a catastrophic rock avalanche using tree-ring oxygen isotope ratios - the scar of a historical gigantic earthquake in the Southern Alps, central Japan. *Quaternary Geochronology*, 44, 47-54.
- 中山英二 (1979) : 飯豊山地御西岳付近の雪窓. 東北地理, 31, 36-45.
- 中山英二 (1983) : 飯豊山地の高山湿草地土の<sup>14</sup>C年代とそれに関係した二・三の問題. 第四紀研究, 21, 315-321.
- 山崎直方 (1902) : 氷河果たして本邦に存在せざりしか. 地質学雑誌, 9, 361-369, 390-398.
- 吉川虎夫 (1985) : 濡潤変動帯の地形学. 東京大学出版会, 144頁.
- Walker, L. and Shiels, A. B. (2013): *Landslide Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, 314pp.

*Japanese Journal of Mountain Research*, Vol. 2, p.1-11 June 2019

Review article

## **Geomorphological studies on snowpatch hollows and landslides in the Japanese high mountains: Their trend, significance, and future issues**

Yoshihiko KARIYA

Compared with glacial landforms and periglacial landforms that are produced by active freeze-thaw actions and/or permafrost conditions, snowpatch (nivation) hollows and landslide topographies are common in the Japanese high mountains. This is because the Japanese high mountains are situated on humid active margins affected by convergent plate motions and Asian monsoon circulations. However, little attention has been paid to geomorphic processes and Quaternary historical development

of snowpatch hollows and landslide features, especially in the alpine and subalpine zones of the Japanese high mountains. For the sustainable progress of Japanese geomorphology, research on a snowpatch hollow and a landslide topography is required more than ever before. This paper reviews the recent development of geomorphological studies on a snowpatch hollow and a landslide feature in Japan. In addition, significance and future issues are referred.

**Keywords:** Mountain geomorphology, snowpatch hollow, landslide topography, glacial landform, periglacial landform