

山岳リクリエーションに活かす地形学・地質学

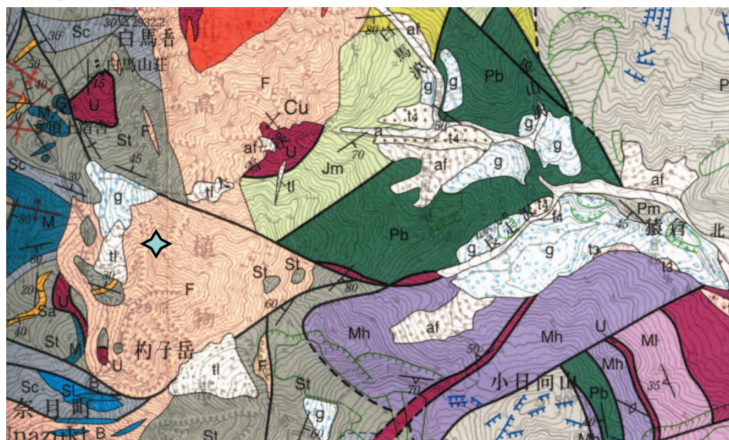
白馬大雪渓2005年落石事故から学ぶもの

＜ 苜谷 愛彦・石井 正樹・目代 邦康・小森 次郎・佐藤 剛・宮澤 洋介 ＞

飛騨山脈(北アルプス)白馬大雪渓で2005年8月に落石が発生し、登山者2名が死傷した。大雪渓には、落石の他にも巨礫が雪渓上を滑走したり、大量の土砂が流下する危険性がある。安全な山岳リクリエーションの持続のために地形学・地質学研究者が貢献できることは多い。



1. 白馬大雪渓周辺の地形(上)と地質(下)。上図は国土地理院発行5万分の1地形図「白馬岳」を基図に使用。下図は地質調査総合センター発行の5万分の1地質図幅「白馬岳」(中野ほか, 2002)を使用。両図ともほぼ同じ範囲を示す。上図には、2005年8月11日の落石発生地点、主な圏谷、および大雪渓周辺の山小屋とそれらの最大収容人数も示す。



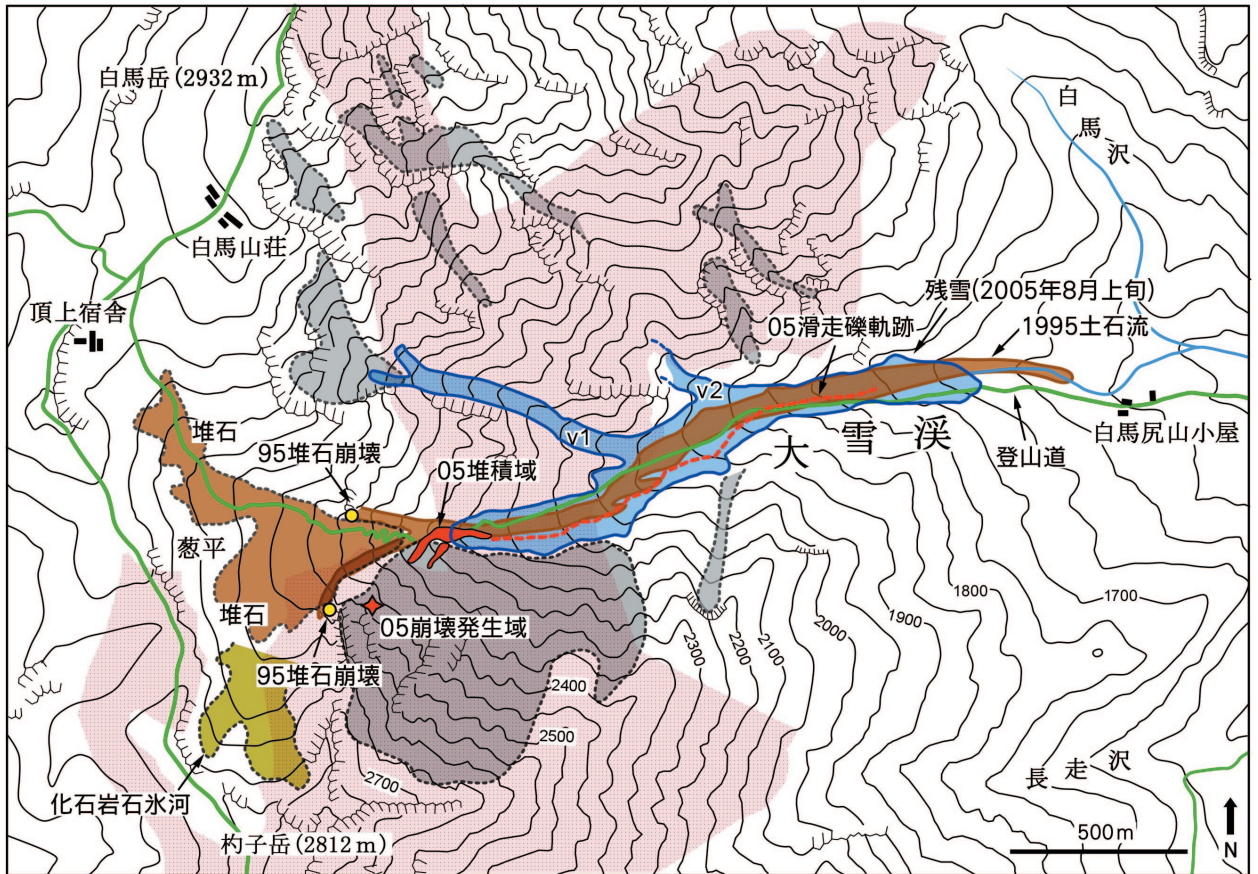
- | | |
|----------------|----------------|
| t4: 最低位河成段丘堆積物 | Gko: 花崗閃緑岩類 |
| af: 沖積錐堆積物 | F: 珧長岩 |
| t: 崖錐堆積物 | Jm: 泥岩ホルンフェルス |
| g: 氷河堆積物 | Pb: 緑色岩 |
| | St: 珧長質凝灰岩/凝灰角 |
| | U: 超苦鉄質岩 |
| | — 地質断層 |



2. 真夏の大雪渓。1995年7月11日の集中豪雨によって大雪渓最上部の堆石(氷成堆積物)が侵食され、土石流となって流下した結果、雪面は約25,000m³もの砂礫に覆われた。堆積物の長さは約2,200m、幅は最大約100m、層厚は最大0.8mに達した。深い融雪孔も形成された(石井・小嶋, 1999)。1995年7月29日石井撮影。



3. 梅雨末期の大雪山最上部。この写真は2002年7月17日のもので、2005年8月11日の落石堆積域(写真1)とほぼ同じ場所である。登山道脇に長径50cm以上の珪長岩の礫が転がっている。カメラの防水レンズに水滴が付いたため、画像の一部が乱れている。荻谷撮影。



4. 大雪溪で土砂災害が発生しうる領域(試作)。①1995年7月の集中豪雨で発生した土石流と、その土砂供給源となった堆石(氷成堆積物)の崩壊地点、②2005年8月の杓子岳の落石発生地点と崩壊物質の堆積域、雪面滑走巨礫の軌跡、残雪の分布(大雪溪内部のみ)、③大雪溪周辺の急な裸岩壁や現成崩壊地、多量の未固結物質(堆石や化石岩石水河)など、土砂の発生源となりうる斜面の範囲を示す。また、③の条件を作りやすい珪長岩の分布も示す。この図は予察・試作の域を出ておらず、土石流や落石の到達範囲は示していない。土石流と落石のデータは、それぞれ石井・小嶋(1999)と白馬大雪溪落石事故調査隊(2005)を一部修正。珪長岩の分布は中野ほか(2002)による。

山岳リクリエーションに活かす地形学・地質学 白馬大雪溪2005年落石事故から学ぶもの

荻谷 愛彦¹⁾・石井 正樹²⁾・目代 邦康³⁾・小森 次郎⁴⁾・佐藤 剛⁵⁾・宮澤 洋介²⁾

1. はじめに

飛騨山脈(北アルプス)北部の白馬大雪溪は、豊富な高山植物で知られる白馬岳(標高2,932m)への最短ルート上にある。真夏でも雪の上を歩ける珍しさから、毎年多数の登山者が訪れる(口絵1, 2)。

2005年8月11日早朝, その大雪溪でやや規模の大きい落石が発生し, 登山者2名が死傷した。高山の地形・地質学を専門とする私たちは本事故の調査をただちに行い, 落石の発生位置や規模, 地質との関連などを報告した(白馬大雪溪落石事故調査隊, 2005)。現地調査や資料検討の際, 私たちがよく話題にしたのは, 中高年層を中心にした登山人気が続く昨今, 自然災害に関する知識に乏しい登山者が相対的に増加していることへの懸念と, 自己責任行動が原則とされる登山にあって, 日本有数の人気ルートである大雪溪をより安全に登るにはどうしたらよいかであった。

本稿では既報に基づき落石事故の概要を述べ, 大雪溪が抱える土砂災害の危険性を改めて指摘する。そして安全な山岳リクリエーションの促進のために, 地形学・地質学研究者や実務者が貢献できることは何かを考える。

2. 2005年落石事故のあらまし

大雪溪とは, 姫川の支流である北股入最上流部の谷を埋める夏季でも全長約2kmに達する残雪のことである。また一般に, この谷の名称としても使われる。谷の源頭は白馬岳の南側と杓子岳(標高2,812m)の北側の2つの圏谷(カール)にあり, 両圏谷の底(通称

葱平^{おしょうへい})から白馬尻まで直線的に東流する(口絵1)。葱平や白馬尻には更新世後期の谷氷河が形成した堆石^{たいせき}(氷成堆積物)が分布する(小疇ほか, 1974; 石井・小疇, 1999)。大雪溪の登りで疲れた体に応える葱平への急登は, この堆石をよじ登るものである。

2005年8月の落石は, 杓子岳北面の節理が発達した珪長岩の岩壁で起きた(口絵1, 写真1)。崩壊発生域は大雪溪の谷底から200-250m上位の山腹にあり, 崩落した岩屑は長さ約150mの岩樋(雪崩道)を通過・移動した。移動物質は谷底の残雪上に細長く(長さ約200m, 最大幅約40m)堆積した(写真1)。推定崩壊量は8,000m³以上である。また崩壊物質の一部



写真1 杓子岳北面の落石事故現場。2005年8月11日 中部森林管理局撮影・提供。

1) 千葉大学 理学部地球科学教室
元所員 〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町1-33
2) 北陽建設
3) 産総研 地質標本館
4) 日本大学 文理学部自然科学研究所
5) 千葉大学 自然科学研究科・院生

キーワード: 落石, 土砂災害, 白馬岳, 地形学, リクリエーション

は雪渓上の夏季登山道に達し、登山者を巻き込んだ。崩壊の主因はわかっていないが、事故前日の降雨(現場の東方約4km地点で日雨量46mm; 山麓の観測資料による崩壊発生時の気温は推定約11度)が関わった可能性がある。また岩壁には節理密度の高低部分が交互に現れていることから、飛騨山脈穂高岳の圏谷壁崩壊の説明に使われた岩壁後退モデル(岩船, 1996)が本事例にも適用できる可能性がある。つまり、節理が高密度な部分では凍結破碎や地表流水により岩片の選択的・優先的な剥離や脱落が起こりやすく、岩盤は節理の低密度部分よりも速く後退する。この結果、岩盤表面には節理密度差に応じた凹凸が形成されるようになる。節理が低密度部分は庇状に突出することで不安定度が増し、崩壊しやすくなる。ここに何らかの誘因(岩盤中の季節凍土層の融解、節理面への降水の浸透による間隙水圧の上昇、地震動など)が働き、崩落に至ったと考えられる。

落石の発生時刻は未確定であるが、種々の情報から午前7時30分前後と推定される。また落石を目撃した登山者(60歳代の夫婦)は、大量の物質が崩落した規模の大きい崩壊が断続的に2回生じたと証言した。証言を仔細に分析した結果、少なくとも2回目の崩壊は岩盤の前傾転倒(トップル)ではなく、滑動(スライド)を主としていたと推定された。

3. 大雪渓でおこりうる土砂災害

8月11日以降、白馬村は^{はくば}死傷者の救出と捜索(登山者1名が行方不明とされたが、後に誤報と判明)に全力を注ぐとともに、大雪渓ルートを通行止にした。しかしその後、落石回数が平常時程度に減少し、雪渓上の登山道も谷底から高い場所へ移設したことで安全が確保されたとして、14日朝には通行止を解除した(8月14日、毎日新聞および信濃毎日新聞のウェブ記事)。

この事故を受け、白馬村は「自然の中での予期できない災害。白馬岳はもともと安全な山。こんなことはめったに起こることではない」(福島村長; 8月12日中日新聞「岳人」ニュース記事)との談話を発表した。比較的早い登山道の再開や首長発言の背景には、観光収入減による地元経済への影響を最小限にしたいとする意識があったのかもしれない。実際、この事故を契機に山小屋や宿泊施設の解約が相次ぎ、地元経

済への打撃を懸念する声も報道されるようになった。一方、大雪渓上部の岩壁で日頃から頻繁に落石が起きていることは多くの登山書に明記されており、地元関係者にもよく知られている(口絵3)。また上述の夫婦登山者は、「前日に登りで通過した際、杓子岳から落石の音をひっきりなしに聞いた」と証言している(小森未公表資料)。この証言は未検証であるが、通常より多量の岩屑が崩落していたとすれば、節理密度差を反映した岩壁の後退が前日に加速していた可能性もある。落石の予見性や大雪渓の安全性については慎重に判断すべきであろう。それは、次に述べるように、大雪渓では多様な土砂災害が今後も起こりうると考えられるからである。

一般に、降水量が多く、風が強く、しかも寒冷的な気候のために凍結融解現象が発現しやすい日本の高山では、落石、崩壊およびその他の斜面物質移動(ソリフラクションなど)が起こりやすい。その結果、地形変化も速い(例えば、Iwata, 1983; Kariya, 2002)。今回の落石事故は、登山道の周辺において、地形変化が通常に比べ著しく速くなった結果ともいえる。それでは、登山者を巻き込みうる地形変化性の災害は、大雪渓では落石だけを考えればよいのであろうか。以下、想定される主な災害をあげてみよう。

まず落石については、一層詳しく検討する必要がある。2005年8月の落石は杓子岳北面の珪長岩の岩壁で発生した。しかし同種同質の珪長岩は大雪渓中部の左岸から北隣する白馬沢にかけて広く露出する(口絵1, 4, 写真1; 中野ほか, 2002)。珪長岩の分布域には植被に乏しい急斜面も多く、落石の発生危険度は決して低くない。また大雪渓下部に露出する二畳紀~ジュラ紀の堆積岩・変成岩類(白馬岳層・白馬沢層)や時代未詳の超苦鉄質岩の分布域でも落石や崩壊は起こりうる。それらの急な岩壁には開口割れ目や褶曲構造が認められる(写真2)。岩盤には、斜面の傾斜とほぼ平行な節理が発達しており、ところどころ破碎している部分があることから、節理に沿って岩盤が移動していることが考えられる。地表付近の岩盤が重力で下方移動する際に変形する岩盤クリープ(Chigira, 1992)の進行が示唆される。こうした割れ目や褶曲変形は、最終的に岩盤破壊(崩壊)に発展する可能性をもつとされる。実際、大雪渓の雪面には珪長岩の岩屑に混じって堆積岩・変成岩類の岩屑もよく認められる。珪長岩は優白色なのに対し、堆積岩・変



写真2 大雪溪下部の左岸谷壁に露出する泥岩ホルンフェルス(白馬沢層; 中野ほか, 2002)。露頭中央よりやや左側に局所的な褶曲が認められる。これは岩盤が地表付近の重力変形を受けて生じた可能性がある。2005年9月19日 荻谷撮影。

成岩類は黒みがかっており容易に見分けられる。

次に、雪面の滑走礫をあげておく。2005年8月の落石では崩壊物質が岩壁直下の雪溪へ達しただけでなく、珪長岩の巨礫が雪溪上を約1km滑走した。この間、巨礫は雪溪上の夏季登山道を横断した(写真3)。幸い、これによる被害はなかったが、最盛期には1日約1,000人が通過するという大雪溪の登山者の列に礫が突っこめば、多数の死傷者が出るおそれがある。また大雪溪の左岸には数本の深い支谷(口絵4のv1, v2)があり、それらの最上部にも急な裸岩壁が存在する。そこからの崩壊物質や滑走礫が大雪溪へ到ることも考えられる。

第三に、土石流による大量の土砂流出をあげておく。葱平の堆石は1995年7月の集中豪雨で著しい溪岸侵食を受け、下流側に約25,000m³の土石流堆積物をもたらした(石井・小嶋, 1999)。この結果、大雪溪は大石溪と比喩されるほど一面砂礫に覆われ、流入水による深い融雪孔も随所に生じた(口絵2)。この

時と同程度の規模の土砂流出は1952年と1959年(伊勢湾台風)にも発生し、堆積地形を形成した(山と溪谷社, 1959; 平林, 1971)。その一部は、大雪溪中部の通称「砂山」と呼ばれる高まりとして現存する。この他にも、土砂供給源となりうる未固結の砂礫堆積物が大雪溪の両岸に点在する。

4. 持続可能な山岳リクリエーションのために

山岳では、ヘルメットなど安全防具の装着といった受動対策だけで土砂災害を逃れるのは難しいことが多い。むしろ、危険を予見して回避するという能動的な行動と判断が必要となる。それには、登山者自身による訓練や情報収集、学習が不可欠である。しかし大雪溪の土砂災害に関して、登山書や各種ウェブサイトが提供する情報は具体性に乏しく、現地の解説板なども皆無に等しい。「落石に注意」、「落石を起こ



写真3 崩壊物質の一部は大雪溪の雪面上を約1km滑走した。その途中では雪溪上の夏季登山道を1回横切った。2005年8月19日 荻谷撮影。

さぬように」、「落石が起きたら大声で知らせる」といった注意喚起はあるものの、大雪溪のどこに、どのような危険が潜むのかといった説明は見当たらない。

持続可能な山岳リクリエーションの促進にむけ、土砂災害研究の一翼を担う地形学・地質学が貢献できることは多い。大雪溪の場合、落石や土砂流出の実態を述べた上記の論文の他、5万分の1地質図幅(中野ほか, 2002)や地すべり地形分布図(防災科学技術研究所, 2000)、氷河地形分布図(小疇ほか, 1974)、地質図(竹内ほか, 2004)など、地形・地質研究者や実務者が作成に関係した文献や主題図は意外に多い。これらの内容を再検討して新資料を加え、地学に精通しない一般登山者・関係者に役立つ山岳災害危険予測図を提示することは可能である。資料の追加にあたって基本的に重要なのは、①過去にどこで、どんな(質・量)地形変化が起きてきたのか、②現在どこで、どのような地形変化が起きているのか、③将来どこで、どのような地形変化が起こる(それらは、どこまで影響を及ぼすか)と予想されるのかを詳しく解

明することである。①については第四紀地形学・同地質学的視点での調査が、また②や③については地形変化の実測調査やモデル化(例えば、Iwata, 1983; 岩船, 1996; Matsuoka and Sakai, 1999)が要請される。地質についても、現地調査は縮尺5,000分の1程度、成果品は5,000~1万分の1程度の地形図を基図にするのが実用的である。実際には、地質調査所5万分の1地質図幅「上高地」(原山, 1990)を援用して試作された地形災害危険度地図(岩田, 1992)や、高山の地形変化に関する基礎研究(例えば、岩船, 1996; Matsuoka and Sakai, 1999)などが参考になろう。また他地域で作成されている災害危険度予測図を整理・参照することも必要である。いずれにしても、これらの実行には時間と労力が必要である。

口絵4には、大雪溪における1998年の土石流堆積域、2005年8月の落石発生・堆積域や雪面滑走礫の軌跡をプロットし、岩屑生産量(速度)の大小を規定する地質や斜面傾斜、植被状態、盛夏の平均的な残雪の位置を考慮した上で土砂災害が発生しうる領域

を示した。これは制作途上にすぎないが、大雪渓最上部右岸側には2005年8月の落石発生域と同程度の落石ポテンシャルをもつ裸岩壁が存在することや、前述のように葱平では土砂供給源となりうる未固結の堆石の中央部を登山道が屈曲しながら登っている様子も読みとることができる。また大雪渓兩岸の支谷上部にも裸岩壁が存在しており、そこを発生域に落石が起る可能性があることもわかる。落石や雪面滑走礫の到達予想範囲を示すなど、この地図を完成させてインターネット上に公開したり、現地に説明版を設置することは比較的簡単に行えよう。さらに、携帯GPS用に危険予想地点の位置情報(緯度・経度)を公開することもできるであろう。なお、市民に影響を及ぼす研究者の発言の重み(鎌田, 2002)に留意し、わかりやすい情報伝達を心がけるべき(田部井, 2002)である。

一方、登山やリクリエーションの奨励は登山者・観光客を自然の脅威に近づけることになるので、これらの人々を受入れる側も自然災害を常に自覚すべきとの指摘がある(伊藤, 1982)。伊藤(1982)は、1980年8月の富士山吉田大沢落石事故(死傷者41名)をとりあげ、その遠因は山岳における利便さや利潤を追求したことにより、その意味で「観光災害」と呼ぶことも可能と述べている。自然災害について、山岳関係者や観光業者の教育研修を支援するような環境創成や財政支援、政策提言も必要であろう。

5. おわりに

山を身近に置く日本では、自然回帰志向の高まりもあり、リクリエーションの対象として山岳を訪れる人々は今後も減らないと思われる。土砂災害危険予測の他にも、安全な山岳リクリエーションの推進のために地形学・地質学が貢献できることは少なくないであろう。もっとも、山岳での研究には地道なフィールド・ワークが欠かせず、能率がよくないためか引き受け手に乏しいのも実情である。他の野外科学同様、研究後継者の不足は深刻である。筆者らは、山岳における野外基礎研究に対する各種支援が充実することも願う。

謝辞: 2005年8月の調査をともにした西井稜子氏、調査にご協力下さった白馬村役場と株式会社白馬館、航空写真を提供下さった林野庁中部森林管理局に篤くお礼申しあげます。

引用文献

- 防災科学技術研究所(2000): 地すべり地形分布図第11集「富山・高山」, 防災科学技術研究所資料集, 200.
- Chigira, M. (1992): Long-term gravitational deformation of rocks by mass rock creep. *Engineering Geol.*, 32, p.157-184.
- 原山 智(1990): 上高地地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 175p.
- 平林照雄(1971): 第1編 地形地質. 北安曇誌(北安曇誌編纂委員会編), p.25-250.
- 石井正樹・小崎 尚(1999): 1995年7月豪雨によって白馬大雪渓上流で起きた堆石堤の崩壊. *地学雑誌*, 108, p.629-637.
- 伊藤和明(1982): 最近の自然災害が教えるもの, *地質ニュース*, 337, p.27-37.
- 岩船昌起(1996): 穂高岳湖沢カールで融雪期に生じた岩壁崩壊. *地学雑誌*, 105, p.569-589.
- Iwata, S. (1983): Physiographic conditions for the rubble slope formation on Mt. Shirouma-dake, the Japan Alps. *Geog. Rep. Tokyo Metropol. Univ.*, 18, p.1-51.
- 岩田修二(1992): 上高地の地形変化と環境保全. *地形*, 13, p.283-296.
- 鎌田浩毅(2002): 火山はすごい日本列島の自然学, PHP新書, 208, 240p.
- Kariya, Y. (2002): Geomorphic processes at a snowpatch hollow on Gassan volcano, northern Japan. *Permafrost and Periglacial Processes*, 13, p.107-116.
- 小崎 尚・杉原重夫・清水文健・宇都宮陽二郎・岩田修二・岡沢修一(1974): 白馬岳の地形学的研究, *駿台史学*, 35, p.01-086.
- Matsuoka, N. and Sakai, H. (1999): Rockfall activity from an alpine cliff during thawing period. *Geomorphology*, 28, p.309-328.
- 中野 俊・竹内 誠・吉川敏之・長森英明・荻谷愛彦・奥村晃史・田口雄作(2002): 白馬岳地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査総合センター, 105p.
- 白馬大雪渓落石事故調査隊(2005): 2005年8月11日白馬大雪渓における落石事故調査速報, *日本地すべり学会誌*, 42, p.350-353.
- 田部井淳子(2002): インタビュー: 科学者と山やさん, 梅棹忠夫・山本紀夫編「山の世界」, p.55-62.
- 竹内 誠・河合政岐・野田 篤・杉本憲彦・横田秀晴・小島 智・大野研也・丹羽正和・大場穂高(2004): 飛騨外縁帯白馬岳地域のペルム系白馬岳層の層序および蛇紋岩との関係, *地質雑*, 110, p.715-730.
- 山と溪谷社(1959): 白馬大雪渓の大異変. 岩と雪, VI, p.259.

KARIYA Yoshihiko, ISHII Masaki, MOKUDAI Kuniyasu, KOMORI Jiro, SATO Go and MIYAZAWA Yosuke (2006): Contribution of geology and geomorphology to safety moutain recreation and tourism: preventing geohazard in the Daissekkei Valley.

<受付: 2005年12月2日>