# 2019 年 秋季研究大会

# 一般研究発表公開ミニ・シンポジウム

# 要旨集

2019 Fall meeting

**Abstracts** 



日本山の科学会 Japan Society of Mountain Science

# 日本山の科学会2019年秋季研究大会 (川崎)

- 1. **期日** 2019年10月26日(土) 27日(日)
- 2. 会場 専修大学サテライトキャンパス(小田急線向ヶ丘遊園駅北口徒歩1分;神奈川県川崎市)

https://www.senshu-u.ac.jp/social/satellite/

3. 日程 10月26日(土)

10:25~12:00 研究発表(※受付開始時刻 10時)

12:00~12:30 総会

13:30~15:00 研究発表

15:10~17:35 公開ミニシンポジウム「山の科学―人と自然」

(※受付開始時刻 14時45分)

〈サブテーマ1〉日本の山における自然環境とその利用

15:10~15:15 開会挨拶

15:15~15:40 飯田義彦(金沢大)「山林資源の利用史からみる山村文化の創造

- 用材と木地を生んだ里山の針広混交林- 」

15:40~16:05 松尾容孝(専修大)「コモンズとしての現代林野の模索

-利用と保全を併進する林野共同体-

〈サブテーマ2〉欧州の山における自然環境とその利用

16:10~16:35 横山秀司(九州産業大名誉教授)「東アルプスの山岳景観

- 景観生態学の視点から-」

16:35~17:00 山本 充(専修大)「オーストリアの山岳チロルにおける景観の変容」

17:00~17:35 総合討論

17:35~17:40 閉会挨拶

18:00~20:00 研究交流会 (ちゃすけ 向ヶ丘遊園駅北口改札前)

10月27日(日)

9:00~12:30 現地討論会 「山の科学で観る多摩の横山」

## 4. 研究発表

研究発表はポスター発表のみとなります。発表者はコアタイムにポスターの前で説明をして下さい。1件につき縦180 cm 横90 cm の掲示スペースを用意します。ポスターの上部には、発表題目・発表者名・所属を表示して下さい。発表番号札、若手・学生優秀発表賞の選考対象の表示は事務局が行います。ポスターを固定するピンなどは会場に用意したものを使用して下さい。

研究発表に参加されるかたは、一般 2,000 円, 大学院生 1,000 円の参加費が必要です(学部生は無料)。

# 5. 公開ミニシンポジウム 『山の科学 -人と自然』

開催時間:15:10~17:40 参加は無料です(14時45分受け付け開始)

## 6. 研究交流会

日時:10月26日(土)18:00~20:00

会場:ちゃすけ(向ヶ丘遊園北口改札前)

# 7. 現地討論会 「山の科学で観る多摩の横山」

日時:10月27日(日)9:00~12:30

多摩丘陵の地形・地質や生物、都市公園のありかたについて解説し、討論します。

案内者: 磯谷達宏(国士舘大)·小森次郎(帝京平成大)

集合:向ヶ丘遊園駅 (生田緑地で解散)

8. お問い合わせ先 日本山の科学会事務局 (メールアドレス: inf@jasms.sakura.ne.jp)

# 専修大学サテライトキャンパス交通アクセスご案内

- ●小田急線向ケ丘遊園駅北口下車。(新宿から急行で約20分)
- ●東急田園都市線・横浜市営地下鉄あざみ野駅より向ヶ丘 遊園駅行バスで約45分、終点下車。



# 〈所在地〉

〒214-0014 神奈川県川崎市多摩区登戸 2130-2

アトラスタワー向ヶ丘遊園 2 階 204 号室

電話·FAX 044-922-0992

# 一般研究発表

- 一般研究発表は全てポスター発表形式で行われます.
- ・会場:専修大学サテライトキャンパス

若手・学生優秀発表賞 審査対象 (★:若手,☆:学生)↓

		(★:若手,☆:学生)	<u> </u>
ポスター No.	著者名(所属)	タイトル	
1	佐々木明彦 (国士舘大), 西村基志 (信州大), 鈴木啓助 (信州大)	北アルプス乗鞍火山の高山帯における気温・地温状況	
2	小山紗莉(信州大),西村基志(信州大),黒 雲勇希(信州大),鈴木啓助(信州大)	上高地における冷気湖形成とその気象条件	☆
3	西村基志 (信州大), 佐々木明彦 (国士舘大), 鈴木啓助 (信州大)	雪面熱収支に影響を及ぼす冬期降雨の地域特性	☆
4	上原元樹(信州大), 佐々木明彦(国士舘大), 鈴木啓助(信州大)	乗鞍・上高地における降水の局地性	☆
5	渡邉茜(千葉大),服部祥平(東京工業大), 吉田尚弘(東京工業大),竹内望(千葉大)	山形県月山の樹林帯の融雪期の積雪表面に含まれる硝酸の起源	☆
6	桂川 司(信州大), 山中 勤(筑波大), 佐々木明彦(国士舘大), 黒雲勇希(信州大), 西村基志(信州大), 清水啓紀(信州大), 鈴木啓助(信州大)	中部山岳地域における降水安定同位体比の時空間変動	☆
7	長幡嘉健(信州大),榊原厚一(信州大),鈴 木啓助(信州大)	上高地湧水における環境トレーサーの時間変化特性の解明	
8	黒雲勇希 (信州大), 佐々木明彦 (国士舘大), 鈴木啓助 (信州大)	上高地の冷気湖形成に及ぼす新雪の影響	☆
9	井手玲子(国立環境研),小熊宏之(国立環 境研), 岡本遼太郎(筑波大)	定点カメラを用いた立山における消雪の時空間変動の検出と 地形因子との関係解析	
10	有江賢志朗 (新潟大), 奈良間千之 (新潟大), 福井幸太郎 (立山カルデラ砂防博), 飯田肇 (立山カルデラ砂防博)	飛騨山脈北部における氷河と多年性雪渓の質量収支	☆
11	栗林正俊(長野県環境保全研), 浜田崇(長野県環境保全研)	中部山岳域における積雪期間の観測とモデリングの課題	*
12	奈良間千之 (新潟大),有江賢志朗 (新潟大),水野一晴 (京都大)	ケニア山とキリマンジャロの氷河の質量収支	
13	永井 信 (JAMSTEC)	流域における桜の開花季節	
14	田村梓(信州大),小熊宏之(国立環境研), 藤本稜真(信州大),栗林正俊(長野県環境 保全研),牧田直樹(信州大)	飯綱山カラマツ林における葉と細根のフェノロジー	
15	岡本聖矢(信州大), 東城幸治(信州大)	標高傾度に沿ったモンカゲロウ Ephemera 属昆虫の分布と外 部要因との関係について	☆
16	島津 弘(立正大)	ニューカレドニアにおける山地河川の土砂移動と山の環境	
17	栗本享宥(専修大), 苅谷愛彦(専修大), 目 代邦康(東北学院大), 山田隆二(防災研), 木村誇(防災研), 佐野雅規(早稲田大), 對 馬あかね(気象研), 李貞(名古屋大), 中塚 武(名古屋大)	岐阜県郡上市水沢上の大規模地すべりと 1586 年天正地震と の関係	☆

18	杉山博崇(新潟大),奈良間 千之(新潟大), 井上 公(防災科研)	白馬大雪渓周辺における近年の岩盤斜面の地形変化 ☆
19	木村恵樹(専修大),苅谷愛彦(専修大)	天守山地北部,山梨県身延町栃代における大規模マスムーブ
20	福井幸太郎(立山カルデラ砂防博),金田平 太郎(千葉大)	飛騨山脈,立山カルデラ室堂山周辺の重力断層
21	苅谷愛彦 (専修大), 高岡貞夫 (専修大), 齋 藤めぐみ (国立科博), 小塚朋子 (日さく)	梓川右岸分水界上の「西穂池」における線状凹地埋積物の層 序と年代
22	小森次郎(帝京平成大),佐久間理江(福島 県視覚支援学校)	山岳研究教育への 3D プリンター利用の効果と課題

一般研究発表要旨

要旨



# 北アルプス乗鞍火山の高山帯における気温・地温状況

佐々木明彦(国士館大)・西村基志(信州大・院)鈴木啓助(信州大,大町山岳博物館)

Air and ground temperature conditions on alpine zone of Norikura Volcano, Northern Japanese Alps Akihiko SASAKI (Kokushikan Univ.), Motoshi NISHIMURA (Shinshu Univ.) and Keisuke SUZUKI (Shinshu Univ., Omachi Alpine Museum)

## 1. はじめに

北アルプス乗鞍火山は標高 2500~3000 mの山頂を有する火山体が南北に 10 km以上にわたって連なる山域で,稜線付近に広大な高山帯がみられる.このため,本地域は周氷河地形の研究対象として重要であるほか,植生と気候の関係を検討するうえでも貴重な研究対象になりうる.また,こうした巨大な山塊を挟んだ東西両斜面における積雪・融雪過程の違いなど,気象状況に対する山塊効果などを検討するうえでも重要な研究対象と考えられる.そこで本研究では,乗鞍火山の富士見岳の高山帯において,気温との地温の通年観測を行った.

# 2. 観測方法

気温の観測は、標高 2795 m の砂礫斜面に設置した信州大学気水圏研究室の総合気象観測ステーションにおいて実施した. 温度センサーは地表面から 2.5m の高さに設置した自然通風型の日射シェルターに格納し、2010 年の 10 月から 10 分間隔で自記記録し、現在も観測中である. 地温観測は、気温観測と同じ標高の砂礫斜面とハイマツ群落の 2 地点において実施した. 観測には T&D 社製のおんどとり RTR502 を用いた. 砂礫斜面におけるセンサーの埋設深度は、1 cm、10 cm、40 cm、100 cm の 4 深度である. また、ハイマツ群落においては、センサーを 1 cm、10 cm、40 cm、100 cm の 4 深度のほかに、リター内にも埋設した. データは各地点において、2016 年 10 月より 1 時間間隔で自記記録し、現在も観測中である.

#### 3. 結果と考察

データロガーの電池切れのための欠測による無効データがあるため、観測期間のデータは冬季を中心に一部取得できていない、それらをのぞき、気温データを整理した。富士見岳高山帯における日最高気温は  $20.7^{\circ}$ 、日最低気温は-26.8 であった。年平均気温は、2011 年に $-2.2^{\circ}$ 、2012 年に-2.7、2013 年に $-2.1^{\circ}$ 、2016 年に $-0.3^{\circ}$ 、2017 年に $-2.4^{\circ}$ 、2018 年に $-0.7^{\circ}$ であった。富士見岳高山帯の年平均気温は、おおむね  $-2^{\circ}$  以下を示し、日本国内における一般的な周氷河環境の気温状況といえる。ただし、2016 年や 2018 年のように高い年平均気温も認められる。これらの年平均気温を山地帯上部に位置する信州大学乗鞍ステーションで観測された年平均気温と比較すると、富士見岳で高温が観測された 2016 年と 2018

年には、乗鞍ステーションの年平均気温も同様に他の年よりも高い状況であることが明らかとなった。したがって、富士見岳における気温状況はセンサーの異常などではないと判断される。富士見岳高山帯において年平均気温が高くなった2016年と2018年は冬季気温が他の年に比べ高かった。とくに2018年は3月の平均気温が-6.4℃であり、これは他の年に比べ5℃以上高い値である。

富士見岳高山帯で観測された地温の最高・最低値は、いずれも 1 cm 深で記録され、それぞれ24.1℃、-19.3℃であった. 1 cm 深では、凍結進行期の10-11月に10回程度の日周期の凍結融解サイクルがみられ、その後は凍結したまま推移した. 3月~6月が季節凍土の融解進行期にあたり、1 cm 深ではおおむね20数回の日周期の凍結融解サイクルが認められた. 一方、本観測期間において、10 cm 以深では日周期の凍結融解サイクルは発生しなかった(図1).

冬季気温の高かった 2018 年 3 月には富士見岳において降雨があり、地温の急激な上昇が認められた.この降雨によって 2017/2018 年冬季の季節凍土の凍結進行は妨げられた.また 2017 年と2018 年の融解進行期には降雨強度が強くなったときに 100cm 深の地温が 0℃を上回った.100cm 深の季節凍土の融解は梅雨の大雨に起因して生じていると考えられる.

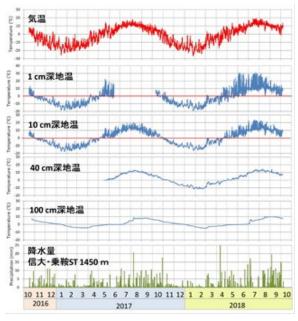


図1 砂礫斜面における地温状況



# 上高地における冷気湖形成とその気象条件

小山紗莉(信州大学)・西村基志(信州大学)・黒雲勇希(信州大学)・鈴木啓助(信州大学)

#### Cold Air Pool Formation and its Weather Conditions in Kamikochi

Sayuri Koyama (Shinshu University), Motoshi Nishimura (Shinshu University), Yuki Kurokumo (Shinshu University), Keisuke Suzuki (Shinshu University)

#### 1. はじめに

山岳地域は標高が高く、地形が複雑であるなどの特有の条件により、様々な大気現象が生じる.また、山岳地域においては、短波放射や長波放射が複雑な地形の地表面に入射することで、特異な大気現象が発生する.この大気現象の1つである冷気湖に焦点を当てて検討する.冷気湖はよく晴れた静穏な夜間に閉鎖的な地形である盆地内において形成されやすい.また、冷気湖は一般的に夕方に形成され、翌日の日の出後に解消されることが多い.

これまで、冷気湖形成機構について様々な観点から研究が進められており、主に冷気湖解消の原因となるプロセスに焦点を当てている.しかし、冷気湖構造の変化について調査した研究(例えば、Dornigner et al. (2011) によると、冷気湖構造の変化の例として、日の出前の冷気湖解消、形成時間が30分以内の冷気湖、などがある.そこで本研究では、上高地において形成された冷気湖について、冷気湖構造をパターン化し、それぞれ気象条件が気温鉛直構造の発達をどのように妨げるのかを検討する.

# 2. 方法

本研究では,上高地 (1490 m),岳沢 (1600 m, 1700 m, 1800 m),西穂高岳 (2355 m)を観測対象地点とする.

観測項目は,上高地と西穂高岳では気温( $\mathbb{C}$ ),相対湿度(%),気圧(hPa),風向(degree),風速 ( $\mathbb{m}$  s $^{-1}$ ),下向き・上向きの短波放射( $\mathbb{W}$  m $^{-2}$ ),下向き・上向きの長波放射( $\mathbb{W}$  m $^{-2}$ ) であり,岳沢では気温( $\mathbb{C}$ ) のみである.各観測項目は,60分間隔のデータを使用した.

解析対象期間は,2016年10月から2018年7月までである.

#### 3. 結果と考察

本研究では解析期間に形成される冷気湖を 8 種類の冷気湖形成パターンに分類する. 8 種類の冷気湖の発生日数を, 2016 年 10 月から 2018 年 7 月までの月ごとにまとめる. 一般的な冷気湖である「静穏な発達」の発生数は. 冬に最も少なく,春に増加し,夏から秋に最も多い. 一般的な冷気湖の形成条件である晴れた静穏な夜間の日が,季節によって異なるためと考えられる.

「静穏な発達」が形成された, 積雪期と無積雪

期の代表事例を比較する. 冷気湖の底部標高 1490 m と岳沢の 1600 m での最大気温差が, 無積 雪期より積雪期の方が大きい. 地面より雪面の方が温度が下がりやすいことから, 気温と雪面温度の差がより大きくなり, 大気が安定状態となって安定成層化が進みやすいためと考えられる.

冷気湖形成中に気温が上昇し,冷気湖が解消さ れたパターンと解消されなかったパターンが見 られるため,冷気湖が一度解消して再度形成され る「再形成」と、標高 1600 m以上において気温 が上昇する「上層の気温上昇」の代表事例を比較 する.「再形成」は全標高地点において気温が上 昇し、冷気湖が解消される. 一方「上層の気温上 昇」は標高 1600 m 以上の地点のみ気温が上昇す る. それぞれ要因は風による大気の混合である. しかし,「再形成」は大気の混合が 1490 m 地点ま でおよぶが、「上層の気温上昇」はおよばない. さらに雪面と大気の間の顕熱・潜熱輸送が,「再 形成」では発生するが、「上層の気温上昇」では 発生しない. 風による大気の混合で冷気湖を解消 させるには、大気の混合が盆地底部まで達する必 要がある.

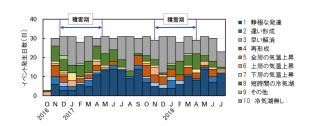


図.1 2016 年 10 月から 2018 年 7 月の月別の冷気湖 形成パターン発生日数

# 引用文献

Dorninger et al. (2011) *J. Appl. Meteorol. Climatol*, 50, 2223-2234.



# 雪面熱収支に影響を及ぼす冬期降雨の地域特性

西村基志 (信州大学)・佐々木明彦 (国士舘大学)・鈴木啓助 (信州大学)

Spatial variability of liquid precipitation in 2016/17 winter affecting snow surface energy balance Motoshi NISHIMURA (Shinshu University), Akihiko SASAKI (Kokushikan University) and Keisuke SUZUKI (Shinshu University)

# 1. はじめに

降水粒子が液体 (雨) であるか固体 (雪)であるかは、雪氷学のみならず水文学や防災科学などの分野において非常に重要である. 一般に、降水形態判別には地上気温を用いて閾値を決定し、その閾値を用いて一義的に判別する手法が用いられる (例えば、小川・野上、1994).

北陸の沿岸から中部山岳地域にかけての標高 勾配の大きさは、世界的に見ても稀有なものであ る.沿岸に近い地域に山脈が位置する場合には、 風上と風下で降水量の勾配が顕著であるとの報 告もあり (Viale *et al.*, 2019)、当該地域においても 顕著な降水量勾配が見られると考えられる.

そこで本発表では冬期降雨量および降雨による融雪促進効果 (例えば、Marks et al., 1998) に着目し、それらの空間分布について明らかにする.沿岸地域と山岳地域を含む内陸部との比較を行うことで、 当該地域の特異的な地理条件と気候条件の違いから、積雪・融雪機構の違いについて考察する.

# 2. 方法

解析に用いたデータは信州大学が運用する気象観測地点および気象庁の気象官署, AMeDASを含む50地点の気温と降水量データの1時間データである. 解析期間は2016年12月から2017年3月とし、降水イベントは1時間データとして降水量が記録された場合を、その時刻の1降水イベントとした.

降水形態の判別には小川・野上 (1994) を用い、地域別、月別に判別気温を適用させ、一義的に降水形態の判別を行った. 降雨伝達熱量の指標とする降雨イベント強度 (RI) [mm K]を以下のように定義した.

 $RI = P \times T_a$  (P [mm]: 降雨量,  $T_a$  [K]: 気温)

# 3. 結果

解析期間中の積算降水量を算出すると,明瞭な空間分布が見られた.日本海沿岸地域で降水量が多く,内陸部では少ない結果となり,日本海からの距離と有意な負の相関を示した.また,降水形態判別を各降水イベントに適用し,降雨イベント回数を求めたところ,日本海沿岸地域で多く,内陸部では少ないという空間分布が得られた.この抽出した降雨イベントの降雨量と気温から,降雨イベント強度を算出した結果,図1に示すように明瞭な空間分布を示した.

# 4. 考察

研究対象地域の日本海沿岸から中部山岳地域にかけての降水量分布は、冬季の空気塊移流機構と地理的条件によって形成されたと考えられる. 当該地域は世界的に見ても大きな標高勾配を持つ地理的条件を有している. また、湿潤な空気塊が冬季モンスーンによって供給されることで、日本海沿岸から中部山岳地域の北部に多量の降水が供給されることは既知である. 日本海沿岸から中部山岳地域を対象とした本解析によっても、上述の地理、気候条件に起因する明瞭な水平方向の降水量勾配が Viale et al. (2019) と同様に明らかにされた.

冬期の降雨イベント強度は、気温と降雨量に依存する.冬季モンスーンの風下に位置する中部山岳南部は、日本海沿岸に比べて降水量が少ないことに加え、高標高であるため気温も低い.つまり、特徴的な地理、気候条件を持つ当該地域において、降雨による融雪促進効果の影響を強く受けるのは、比較的気温が高く、降水量が多い海洋性気候下である特徴を持つ日本海沿岸地域であると結論付けることが出来る.

# 引用文献

Marks et al. (1998) Hydrol. Processes, **12**, 1569-1587. 小川・野上 (1994) 水文・水資源学会誌, **7**, 421-427.

Viale et al. (2019) Front. Environ. Sci., 7: 69.

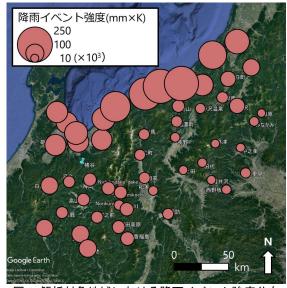


図.1 解析対象地域における降雨イベント強度分布 水平方向の降雨量勾配および気温勾配の結果, 明瞭 な降雨イベント強度勾配が見られた.



# 乗鞍・上高地における降水の局地性

上原元樹(信州大学大学院)・佐々木明彦(国士舘大学)・鈴木啓助(信州大学)

# The locality of precipitation in Mt.Norikura and Kamikouchi

Genki UEHARA (Shinshu university graduate school), Akihiko SASAKI (Kokushikan university), Keisuke Suzuki (Shinshu university)

## 1. はじめに

大気中のほとんどの降水は 3 種類の擾乱(対流,前線,熱帯低気圧)に起因している(Houze, 2012).これらの擾乱は基本的に地形には関係なく存在する.しかし,これらの擾乱が山岳地形にぶつかった場合,擾乱の改変や再構築が起こり,特有の降水がもたらされる(Houze,2012).しかしながら,山岳上の降水プロセスを理解することは容易ではない.それは,現実の山岳地形,山岳上の湿潤空気の起源や運動が非常に複雑なためである(Houze,2012).さらに,降水をもたらす擾乱は様々なスケールのものを含むため,降水が何に起因しているのかを明確にすることは容易ではない(脇水,2004).

本研究では、北アルプス南部に位置する乗鞍、上高地の山岳地域の降水、特に、本地域でのみ発生した局地的な降水に着目する。これにより、山岳地域外も含む広い範囲で降水をもたらした擾乱の影響を切り離し、山岳地形が降水にもたらす効果をより浮き彫りにする意図がある。さらに、日本の山岳地域では気象観測や調査研究が長らく不足してきた背景があり(鈴木・佐々木、2019)、本研究結果は、これまで日本で欠落していた標高帯での降水の情報を補う上でも重要なものである。

# 2. 方法

次の地点で気象観測を行い、これらのデータを 山岳地域の降水として取り扱った. 槍ヶ岳 (3070 m)、富士見岳 (2798 m)、西穂高 (2355 m)、夫婦 松 (1940 m)、上高地 st. (1530 m)、乗鞍 st. (1450 m)、解析対象期間は 2009 年 1 月から 2018 年 12 月とした (期間途中から観測開始した地点 もある). これらの地点の降水量データから、「前 後 6 時間以内の降水の記録がある」場合を 1 つ の "降水イベント"として定義した. さらに、「対 象地域の周辺、標高 1000 m 未満のアメダス 13 地点全てで前後 6 時間以内の降水がない」場合を "山岳性局地降水イベント"として定義した.

#### 3. 結果と考察

乗鞍 st. や上高地 st. おける降水頻度は夏季を中心に明瞭な日変化を示し, 冬季は夏季ほどの明瞭な日変化は示さない. 夏季の降水頻度のピークは, 夕方から夜の初め頃, 未明から明け方にかけての 2 つの時間帯に出現する二山型の日変化である. こうした日変化は, 乗鞍 st. や上高地 st. 以外の他の地点の夏季でも共通した特徴である.

山岳地域における局地降水イベントは標高が高い地点ほど発生している割合が多い傾向がある(図1). 例えば、乗鞍岳周辺においても、山岳性局地降水の割合は、標高1450 mの乗鞍 st.では約4%, 標高2798 mの富士見岳では約34%となっており、水平距離ではわずか6 kmほどであるにも関わらず、山岳性局地降水の発生頻度は標高によって大きな差があると言える.

山岳性局地降水がもたらされる時間やその直前の気象条件を解析した結果,非降水時や非山岳性降水イベント時よりも,風速が弱い,相対湿度が低い,気圧が高い,日射量が大きい傾向があった.これは,山岳性降水イベントが,高気圧下のような晴天日や弱風日に発生しやすいことを示している.山岳地域特有の熱的駆動風による湿潤空気の局地輸送などが,山岳地域の局地降水の形成に重要である可能性が示唆された.

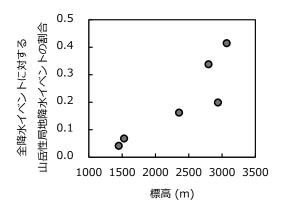


図.1 山岳性局地降水イベントの標高依存性

## 4. まとめ

標高 1000 mを超える山岳地域で気象観測を行い、降水の発生状況を調査した。その結果、標高 1000 m未満で展開されているアメダスでは把握できない降水イベントが多く発生しており、特に標高が高くなるほど、それが顕著であることが明らかとなった。こうした山岳地域特有の降水には、山岳地形がもたらす局地風や湿潤空気の局地輸送が重要な寄与をしている可能性が示唆された。

# 引用文献

Houze (2011) *Rev. Geophys.* 50, RG1001 鈴木・佐々木(2019) 地学雑誌, 1, 9-19 脇水(2004) 森北出版, 123-128



# 山形県月山の樹林帯の融雪期の積雪表面に含まれる硝酸の起源

渡邉茜(千葉大学)・服部祥平(東京工業大学)・吉田尚弘(東京工業大学)・竹内望(千葉大学)

Sources of nitrate in the surface snow in the forest of Mt. Gassan, Yamagata

Akane WATANABE (Chiba University), Shohei HATTORI (Tokyo Institute of Technology), Naohiro YOSHIDA (Tokyo Institute of Technology), Nozomu TAKEUCHI (Chiba University)

# 1. 背景と目的

融雪期の積雪表面は低温で貧栄養であるにも かかわらず,藻類やバクテリアを含む様々な微生 物が繁殖している. 積雪上の微生物にとっての窒 素源は、積雪にわずかに含まれる硝酸態窒素やア ンモニア態窒素である. これらの積雪中の窒素化 合物の起源の一つは,大気から供給される硝酸エ アロゾル  $(NO_3^-)$  である. 硝酸エアロゾルは一般 に大気中で NOx と O3が反応して生成される. そ れに加えて、樹林帯の積雪では、樹木表面やリタ ーでのバクテリアによる硝化によって生成され た NO3-が供給されている可能性がある. しかし ながら,樹林帯の積雪表面の窒素化合物の起源に ついては、まだ詳しいことは明らかになっていな い. 樹林帯の積雪におけるこれらの栄養塩の動態 は、雪氷上での微生物の生態や、樹林帯における 窒素の内部循環を理解するうえで重要である.

 $NO_3$ の起源の推定には、 $NO_3$ の三酸素同位体組成( $\Delta^{17}O=\delta^{17}O-0.52\times\delta^{18}O$ )が有効である.大気中で生成される  $NO_3$ の  $\Delta^{17}O$  値は約  $20\sim35$ ‰と高い一方、微生物の硝化反応によって生成される  $NO_3$ の  $\Delta^{17}O$  値は 0‰である.一般的な化学・物理過程において  $\Delta^{17}O$  値は変動しないため、環境中の  $NO_3$ の  $\Delta^{17}O$  値は,大気由来  $NO_3$  で混合によってのみ変化する.

そこで本研究は、山形県月山の山麓に広がる落葉樹林帯において、表面積雪中の NO<sub>3</sub>の動態を理解するため、融雪初期から末期にかけて、林内と林外それぞれの積雪と降雨に含まれる、NO<sub>3</sub>濃度と安定同位体組成の時間変動を観測した。

# 2. 調査地と手法

調査地は、山形県中央部の月山(標高 1984 m)の南西側山麓に位置する、山形県志津野営場付近のブナ林の残雪上である(標高約 750 m). この地域は冬季の最大積雪深が 3 m を超える豪雪地帯で、3月頃から融雪が始まり、5月末頃に消雪する. 融雪期には毎年、林内の積雪上で緑藻が大繁殖することが知られている. 調査は 2017 年の4月上旬から5月末にかけて約2週間おきに、計4回行い、林内と林外で積雪表面サンプルと降雨サンプルの採取を行った. サンプルは冷凍で千葉大学へ輸送し、分析前に室温で融解させた.  $NO_3$ で、機度の定量には、イオンクロマトグラフィーを用いた.  $NO_3$ の安定同位体組成は、脱室菌法(Sigman et al., 2001)によって  $NO_3$ で  $N_2$ O に変換した後、放電分解法を用いて  $N_2$ と  $O_2$ に分解し、同位体比

質量分析計を用いてそれぞれの安定同位体組成を分析した(Hattori et al., 2016).

# 3. 結果と考察

4 月上旬から 5 月末にかけての表面積雪中の  $NO_3$ :濃度は、林内、林外ともに低い値で推移し続け、林内では 0.5-2.3  $\mu$ Eq/L、林外では 0.3-1.4  $\mu$ Eq/L の範囲で変動していた。融解期の積雪では、融解水や雨水による流出や微生物による消費によって  $NO_3$ :濃度が低下していくと考えられるが、実際にはほとんど濃度変化がなかったということは、 $NO_3$ :が雪面に継続的に供給されていることを示唆している.

 $NO_3$ -の三酸素同位体組成  $\Delta^{17}O$  値は、林内の積 雪では4月下旬以降,6~15%と低く,微生物起源 NO:が含まれていることが明らかになった. また  $\Delta^{17}$ O 値を用いて、林内の積雪上にある  $NO_3$ -全体 のうち微生物起源のものが占める割合を求める と, 48~80%と高く, NO<sub>3</sub>-のソースとして微生物 起源 NO3-が重要であることが示された.一方, 林外の積雪では、硝酸の Δ<sup>17</sup>O 値は 4 月初旬には 21‰, 5月下旬には23‰であり, NO<sub>3</sub>-が大気起源 であることが示された. 林内の積雪に含まれる微 生物起源 NO3-の供給経路は,林内雨による供給, または、雪上での硝化による供給のいずれかであ ると考えられる. そこで、林内雨の  $NO_3$ -の  $\Delta^{17}O$ 値を分析した結果, 平均 29‰と高く, 林内雨が 積雪上へ供給する NO3-は大気起源であることが 示された. 以上から, 林内の積雪に含まれる微生 物起源 NO3-は、雪上での硝化で生成されたもの であることが示唆された. 月山の雪上では大気起 源 NO3-に加えて微生物起源 NO3-も供給されるこ とが、緑藻の大繁殖の一因となっている可能性が ある.

# 引用文献

- 1) Sigman, D.M., Casciotti, K.L., Andreani, M., Barford, C., Galanter, M., and Böhlke, J.K. (2001) A Bacterial Method for the Nitrogen Isotopic Analysis of Nitrate in Seawater and Freshwater, *Analytical Chemistry*, **73**, 4145-4153.
- 2) Hattori, S., Savarino, J., Kamezaki, K., Ishino, S., Dyckmans, J., Fujinawa, T., Caillon, N., Barbero, A., Mukotaka, A., Toyoda, S., Well, R., and Yoshida, N. (2016) Automated system measuring triple oxygen and nitrogen isotope ratios in nitrate using the bacterial method and N<sub>2</sub>O decomposition by microwave discharge, *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, **30**, 2635-2644.



# 中部山岳地域における降水安定同位体比の時空間変動

桂川 司 ¹, 山中 勤 ², 佐々木明彦 ³, 黒雲勇希 ¹, 西村基志 ¹, 清水啓紀 ¹, 鈴木啓助 ¹ 信州大学 ²筑波大学 ³国士舘大学

# Spatiotemporal variations in stable isotope ratios of precipitation in the Japanese Alps Region

Katsuragawa Tsukasa<sup>1</sup>, Yamanaka Tsutomu<sup>2</sup>, Sasaki Akihiko<sup>3</sup>, Kurokumo Yuki<sup>1</sup>,
Nishimura Motoshi<sup>1</sup>, Shimizu Hironori<sup>1</sup>, Suzuki Keisuke<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Shinshu University <sup>2</sup>University of Tsukuba <sup>3</sup> Kokushikan University

#### 1. はじめに

水の安定同位体比は水循環を解明するための有効なツールである (Dansgaard, et al., 1964).とくに降水の安定同位体比は,大気中での輸送過程や凝結・蒸発といった相変化によって変化することが知られており,水循環に関連した研究では広く用いられてきた.多くの既往研究において降水の安定同位体比の時空間的な変化について議論されてきたが,日本国内における降水の安定同位体比の研究の多くは観測期間が 1~2 年と短く,長期間のデータを用いて行われた研究は少ない.そこで,本研究は中部山岳域において 2011 年 1月から 2018 年 12 月にかけて 8 年間にわたる降水の安定同位体比の時空間的な変動とその要因を明らかにすることを目的とした.

# 2. 研究方法

降水の採取は中部山岳地域内の 9 地点(長野,松本,諏訪,大町,菅平,乗鞍,上高地,志賀高原,西穂高)において行った.

各採取地点には、10 L のタンク上部にロートを取り付けた降水サンプラーを設置し、<math>2011 年 1月から 2018 年 12 月まで、ほぼ <math>1 ヶ月ごとに降水試料の回収を行った。

# 3. 結果と考察

# 3-1. δ<sup>18</sup>0 について

 $\delta^{18}0$  はほとんどの地点で春と秋にピークを示す 2 山型の季節変化を示した. 冬季に低い値を示し夏季に高い値を示したのは降水の $\delta^{18}0$  は主として水蒸気の凝結温度によって決まる (Dansgaad, 1964) からだと考えられる. また 6 月に $\delta^{18}0$  が低い値を示すのは雨量効果が原因であると考えられる. また, 空間的な変化について $\delta^{18}0$  と標高との間には 4 月から 10 月にかけて高い決定係数を示し, 寒候期には低い値であった. また緯度,経度の決定係数は年間を通して低い値であることから, 暖候期のみ標高差による $\delta^{18}0$  の変化が起きていると考えられる.

# 3-2. d-excess について

Dansgaard (1964) は降水の d-excess は降水の起源となる海洋での蒸発が起きた時の状況の影響を強く受けると指摘しており、また早稲田・中井 (1983) は主に夏には湿潤な海洋性気団 (小笠原気団)が太平洋からゆっくりと海水を蒸発させ d-excess の低い水蒸気団をもたらし、冬には乾燥した大陸性寒気団 (シベリア気団) が暖かい日本海から急速な蒸発を引き起こし d-excess の高い気団となり日本に降水をもたらすと述べている. このことから本研究においても d-excess が冬に高く夏に低い値を示したのは夏と冬の降水の起源の違いによるものであると考えられる. d-excess の空間変化については $\delta^{18}$ 0 と同じく暖候期のみ高度効果が見られた.

#### 4. 結論

δ180 は気温と降水量の変化により春季と夏季 にピークを示す2山型の変動を示し、また4月か ら 10 月にかけて標高と明瞭な相関を示した. 高 度効果はレーリーの凝縮過程及び地点毎の高度 差により生じたと考えられる. d-excess は冬に 高く夏に低くなるというような季節変動を示し, これは冬季に冬型の西高東低の気圧配置によっ て日本海起源の高い d-excess の降水が多くなる ことによってこのような変動が生じたと考えら れる. また空間的な変動として, 夏季は標高との 相関が高くなり冬季は経度との相関が高くなる. 夏季の標高との関係はδ180と同じくレーリーの 凝縮過程によるものだと考察される. 冬季の経度 との関係に関しては、冬季に回収を行っている8 地点の中で比較的東部にある大町,長野,菅平, 志賀高原に冬型の西高東低の気圧配置による d-excess の高い日本海起源の降水が多くもたら されたことによって経度との相関を示したのだ と考えられる.

#### 引用文献

Dansgaard, W. (1964): Stable isotopes in precipitation. Tellus, 16 (4), 436-468. 早稲田周・中井信之 (1983): 中部日本・東北日本における天然水の同位体組成. 地球科学, 17, 83-91.



# 上高地湧水における環境トレーサーの時間変化特性の解明 長幡嘉健(信州大学)・榊原厚一(信州大学)・鈴木啓助(信州大学)

Temporal variation of environmental tracers in spring water, Kamikochi Yoshitake NAGAHATA (Shinshu Univ.), Koichi SAKAKIBARA (Shinshu Univ.), Keisuke SUZUKI (Shinshu Univ.)

# 1. はじめに

国内最長河川の信濃川水系における源頭域の 上高地は,気候変化に影響を受けやすい山岳地域 に属すため,短時間で様々な要素に変化が生じや すい. そのため,定期的かつ通年での水文水質デ ータ観測は,水循環を含む環境変化の実態を長期 的に把握する点で重要である.

上高地の環境水を対象とした研究により、渓流水の水質形成機構等が解明されてきた.しかし、定期的な採水を行い、環境トレーサーの通年の時間変化特性は未解明な部分が多い.したがって本研究では、上高地の環境水を対象とし、その主要無機溶存イオン濃度や酸素・水素安定同位体比を含むトレーサーの時間変化特性と、関連する水文過程を解明することを目的とした.

## 2. 調査・分析方法

研究対象地は標高 2931 mの明神岳山麓に位置する上高地明神地域とした. 現地では 1 年を通し,10 分間隔で湧水水温と渓流水位の自動測定を行った. 2018 年 10 月 25 日より 2 週間毎に現地調査を実施し,降水 (1 地点),湧水 (4 地点),河川水 (1 地点)を採水した. 水試料は実験室へ持ち帰り,pH,電気伝導度 (EC),硫酸滴定法により HCO<sub>3</sub>-濃度を測定した. さらに,主要無機溶存イオン濃度および酸素・水素安定同位体比の定量を行った.

# 3. 結果・考察

# (i) 水温·水位

湧水 4 地点中 3 地点では, 2 月の厳冬期にかけて水温が低下するのに対し, 1 地点のみ 1 年を通してほとんど水温変化は見られなかった. これは, 湧水起源の違いによるものであると考えられる.

水位に関しては、厳冬期から融雪前の4月にかけて低下し、その後上昇した。これは冬期(積雪期)とそれ以外の季節で地下水涵養量が異なることに起因していると考えられる。

# (ii) 主要無機溶存イオン

水質は主に  $HCO_3$ <sup>-</sup>,  $Ca^{2+}$ ,  $SO_4$ <sup>2</sup>-によって特徴づけられた. また, 湧水よりも河川水のほうが総イオン濃度は相対的に高い傾向にあった. 湧水・河川水中のそれらのイオン濃度は,  $NO_3$ <sup>-</sup>を除いて多量の降水がもたらされると低下した. このことは, 降水によって湧水が希釈されたためであると考えられる. 一方湧水・河川水中の  $NO_3$ <sup>-</sup>の値が高くなった原因に関しては, 基底時の湧水中よりも, 降水中の  $NO_3$ <sup>-</sup>の値の方が高いためだとデータから判断できる.

#### (iii)酸素・水素安定同位体比

湧水と河川水の同位体比の多くは、デルタダイアグラム上の降水データの回帰直線近傍の値を示した.湧水と河川水の主な起源は天水であるということが考えられる.しかし、厳冬期のみは例外であり、同位体濃縮を示唆する値を示した.さらに、厳冬期における湧水と河川水の d-excessは、厳冬期以外と比較し、大きく異なっていた.このことは、厳冬期のみ、河川水・湧水の起源が異なる可能性が示唆できる.

# 4. まとめ

山岳地域に属する上高地における環境水を対象としてトレーサーの時間変化特性を分析した. 環境水の溶存イオン濃度は,降水イベント直後に低下する傾向があり,降水の速やかな流出への寄与が示唆された.一方で,季節に関わらず水温が一定の湧水が存在していたことは,湧水の主な起源がそれぞれの湧水で異なっていることを示唆していると考えられる.さらに,湧水の同位体組成が厳冬期に濃縮されている傾向は,厳冬期の流出過程の解明が今後の課題である. 厳冬期の流出過程の解明が今後の課題である.



# 上高地の冷気湖形成に及ぼす新雪の影響 黒雲勇希(信州大学)・佐々木明彦(国士舘大学)・鈴木啓助(信州大学)

#### Effect of Fresh Snow on the Formation of Cold Air Pools at Kamikochi

Yuki KUROKUMO (Shinshu University), Akihiko SASAKI (Kokushikan University) and Keisuke SUZUKI (Shinshu University)

# 1. はじめに

大気現象は気温,風速,日射量などの様々な要素から成り立っており,これらは自然環境における諸現象の制御因子となっている.気象要素は標高の変化に伴って空間的に変動を示すため,複雑な地形を有する山岳地域では局地的な大気現象が発生しやすい.特に山岳地域でよく見られるの地現象である冷気湖は,鉛直方向,水平方向の気温分布に影響を与えるため,山岳地域の気象を把握する上で重要な現象である.また,積雪は地中からの熱伝達に対し絶縁層として働くのみなおず(Whiteman et al., 2004),アルベドの大きな新雪は雪面上の温度上昇を妨げるなど,冷気湖の発達および維持に関わる重要な要素である.

中部山岳地域の上高地では、積雪が冬季の冷気湖の形成に影響を及ぼしている可能性があるが、 実際の観測に基づく研究事例が乏しく、積雪による冷気湖への影響は明らかになっていない。そこで、本研究では積雪期の上高地で生じる冷気湖について、積雪と関連付け、気温逆転の特性およびその消長を明らかにすることを目的とした。

# 2. 方法

研究対象地域は、北アルプス南部に位置する上高地の岳沢、明神岳周辺である。明神岳南麓に位置する信州大学上高地ステーション(標高 1530 m)に自動気象観測装置を設置し、気温、風向、風速、降水量、日射量、降雪深を観測した。上高地ステーション近傍の岳沢には、標高 100 m 間隔でデータロガーを設置し、2011/2012 年の冬季より気温を観測した。本研究では 12 月から翌 3 月を積雪期と定義し、この期間について解析を実施した。

# 3. 結果および考察

積雪期に上高地において発生した全ての冷気 湖について、気温逆転の継続時間と最大逆転温度 は正の相関を示し、持続時間の長い冷気湖ほど逆 転の強度が強くなる傾向が見られた.冷気湖の最 大逆転温度と発生数は反比例的な関係を示し、気 温逆転の強度が増大するに伴って発生数が緩や かに減少する傾向が見られた.一方、冷気湖の持 続時間の出現頻度分布は、短い冷気湖の他に 13 時間前後に発生数のピークが見られた.この時間 は冬季の夜間の長さと概ね一致しており、一昼夜 で解消する冷気湖の発生数が多いことを反映し ていると考えられる.また,少数ながらも一昼夜を超えて持続する冷気湖も観測された.これらは持続型の冷気湖 (Whiteman *et al.*, 2001) であると推測される.

直前の降雪から冷気湖の形成開始までの時間と、冷気湖の持続時間は負の関係を示し、降雪からの時間が経過するほど持続時間の長い冷気湖の数が減少する傾向が見られた。また、一昼夜を超える冷気湖はいずれも降雪から2日以内に発生していた。これは降雪から時間が経過するほど地表の新雪が失われ、雪面のアルベドが減少することで地表が昇温しやすくなり、逆転が早期に解消しやすくなることを示していると考えられる。

寿命が一昼夜を超える冷気湖は、降雪後に形成された接地逆転層が日中も持続することで発生した。これは地表に積もったアルベドの大きな新雪により、晴天下であっても地表付近の昇温が抑制されるためであると推測される.

#### 引用文献

Whiteman C. D., S. Zhong, W. J. Shaw, J. M. Hubbe, X. Bian and J. Mittelstadt (2001) Wea. Forecasting, 16, 432-447.

Whiteman C. D., T. Haiden, B. Pospichal, S. Eisenbach and R. Steinacker (2004) *J. Appl. Meteor.*, 43, 1224-1236.

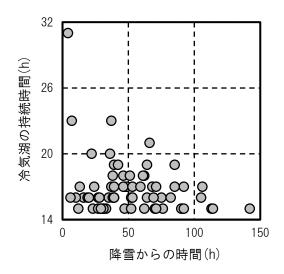


図.1 降雪からの時間と冷気湖の持続時間 直前の降雪からの時間と冷気湖の持続時間の関係. 持続時間15時間以上の冷気湖についてのみ示した.



# 定点カメラを用いた立山における消雪の時空間変動の検出と地形因子との関係解析 井手玲子・小熊宏之(国立環境研究所)・岡本遼太郎(筑波大学)

Detection of spatio-temporal dynamics in snowmelt and analysis of relationships between snowmelt and topographical factors at Tateyama Murodo using time-lapse camera images

Reiko IDE, Hiroyuki OGUMA (NIES), Ryotaro OKAMOTO (Tsukuba University)

# 1. はじめに

高山帯では極めて寒冷で厳しい環境条件に適 応した固有の動植物が隔離的に生息生育してい る。近年の気候変動の影響により分布域や生物季 節(フェノロジー)の変化が世界各地で報告され、 高山生態系の気候変動に対する脆弱性が危惧さ れている。多雪を特徴とする日本の高山帯におい ては積雪や消雪時期が生物の活動時期を決定す る重要な要因であり、将来的な気候変動下での消 雪時期を高解像度で予測することが求められて いる。国立環境研究所では、消雪と植生フェノロ ジーの変動を高頻度・高解像度で把握するため、 2009 年から山小屋などに自動撮影カメラを設置 し定点観測を行ってきた。本研究では定点カメラ 画像の解析から消雪の時空間変動を特定し、さら に5mメッシュの地理情報と重ね合わせることに より高解像度での地形因子との関係解明と消雪 日の予測を行うことを目的とした。

# 2. 方法

解析対象地は、標高約 2400~3000mの北アル プス立山連峰の西側斜面で、室堂山荘内に設置し た一眼レフカメラで撮影した約1km四方のエリ アとした。2015-2017年の5月~8月の毎日1時 間毎に撮影した jpeg 形式 2100 万画素の画像を用 いて、①各画像の RGB 画素値をグレースケールに 変換し、その頻度分布から統計的に積雪の有無を 二値化し、②二値化画像の画素ごとの時系列変化 から消雪日を特定し、消雪日マップ(図1)を作 成した。③これを5mメッシュのデジタル標高地 形図 (DEM, 国土地理院) に合わせて投影変換 (オ ルソ化、図2) することによって地理情報と重ね、 ④消雪日の分布と地形因子との関係を機械学習 (ランダムフォレスト: RF) により解析した。 地形因子として、DEM の各メッシュを 5, 10, 25, 50, 100, 500m範囲で平均した様々なスケールで の傾斜方位、傾斜角、曲率、および地上開度、湿 潤指数 (TWI)、日射量などを用いた。

#### 3. 結果と考察

2009-2019年の11年間の観測期間中、2016年は積雪量が最小で消雪が例年よりも約30日早かった。一方、2017年は積雪量が多く消雪が遅く、2015年は平均的な消雪速度の年であった。いずれの年も地形因子を用いたRFモデルによって消雪日分布の約85%を説明できた。特に寄与率の高い因子は、25m平均の傾斜角と25,500m平均

の曲率であった。ほかに 10,75,100,250m平均の曲率、地上開度と傾斜方位も寄与率が高かった。これらの地形因子の組み合わせによって、室堂の尾根や圏谷を含む谷筋、微細な凸凹などの複雑地形における冬期季節風による積雪の移動と再分布の影響が良く再現された。このように消雪分布は微地形に強く依存し、毎年酷似したパターンを示した。そこで平均パターンを地形因子から推定する毎年共通のモデルを構築するため、各メッシュの消雪日を、その日までに対象領域内で消雪した面積の割合に変換して目的変数とした。その結果、3年間平均の消雪日分布を高精度で推定することが可能になった (R²=0.89)。

# 4. 今後の展開

定点カメラ観測の限界として不可視域の存在が避けられず、今回の解析では東側斜面の情報が得られなかったが、多地点において同様の解析を行うことにより、広域での消雪の時空間変動の解明が可能になる。また、5mの高解像度での消雪予測が可能になったことから、メソスケールでの気象予測モデルと連携した消雪予測のダウンスケールや、消雪日と植生分布の関係解析により、高山生態系における気候変動の影響予測が期待できる。

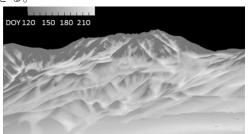


図.1 2015年の消雪日マップ

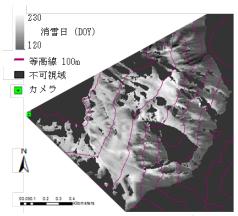


図.2 オルソ消雪日マップ



# 飛騨山脈北部における氷河と多年性雪渓の質量収支

有江賢志朗 (新潟大・院)・奈良間千之 (新潟大)・福井幸太郎・飯田肇 (立山カルデラ砂防博物館)

# Mass balance of glaciers and perennial snow patches in the northern Japanese Alps.

Kenshiro. ARIE, Chiyuki. NARAMA (Niigata Univ.), Kotaro. FUKUI, Hajime. IIDA (Tateyama caldera sabo museum)

# 1. はじめに

福井・飯田(2012),福井ほか(2018)の小型かつ高精度な観測機器を用いた現地調査により,日本で初めて現存氷河が飛騨山脈(北アルプス)で発見された.氷河とは,地上に降り積もった雪が何年も越年し,長い時間をかけ厚い氷体となり,自重に耐え切れずに流動する雪氷体である.飛騨山脈は豪雪地帯であるが,温暖な環境であるため,飛騨山脈に存在する越年する雪氷体はすべて流動現象を持たない多年性雪渓であると考えられていた.氷河は発見されたが,中緯度の温暖な飛騨山脈に氷河が存在できる理由は何か,飛騨山脈に氷河が形成・維持されている環境はよくわかっていない.

氷河の形成と形態の変化は、積雪量と融雪量の総和で算出される質量収支の結果である. 温暖な飛騨山脈で氷河が存在する環境条件を理解するには質量収支を明らかにする必要がある. 樋口(1977)などの先行研究では、飛騨山脈では冬季の降雪による積雪量が夏の融雪量を上回ることができず、その年の雪が融けきらず越年するには、「吹きだまり」や「雪崩」による地形効果による積雪が必要であるとされている. 従来の雪渓研究では、稜線付近に存在する「吹きだまり型」のみで質量収支観測が実施されてきた. しかし、「雪崩型」の氷河と多年性雪渓は雪崩の危険性やアプローチの困難さからこれまで経年した年間質量収支の観測おこなわれておらず、その実態は明らかでない.

そこで、本研究では、現地調査が困難である飛 騨山脈の氷河と多年性雪渓の2015年~2019年の 4年間の年間質量収支をセスナ空撮とSfM技術に よるリモート・センシングで明らかにした.

# 2. 研究手法

飛騨山脈の氷河と多年性雪渓 (御前沢氷河,内蔵助氷河,三ノ窓氷河,小窓氷河,池ノ谷氷河,カクネ里氷河,はまぐり雪雪渓)を対象に,2015年10月~2019年10月の計9回,小型セスナ機から連続空中写真を取得し,2次元の画像データから3次元形状を特定する手法であるSfM(Structure from Motion)を用いて,積雪最大期(3月末)と融解末期(10月初旬)の数値表層モデル(DSM)を作成した(図1).数値表層モデルの比較で得られた高度変化と積雪密度の積から積雪量と融雪量を算出し,その総和から質量収

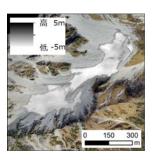
支を求めた.

# 3. 結果

飛騨山脈の氷河と雪渓の質量収支は,2015/2016年に全域が消耗域となり,2016/2017年に全域が涵養域となった(図 2).一般の山岳氷河は,毎年上流部に涵養域,下流部に消耗域が形成される.一方,飛騨山脈の氷河は,全域が涵養域になる年,消耗域になる年が存在し,一般の氷河とは大きく異なる特徴を持つことがわかった.



図.1 作成した 3D モデル



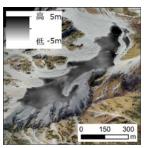


図.2 御前沢氷河の2015/16年(左)と2016/17年(右) の質量収支黒色が涵養域,白色が消耗域を示す

## 引用文献

福井幸太郎・飯田肇 (2012):飛騨山脈,立山・ 剱山域の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,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.

樋口敬二(1977):日本の雪渓.科学,47,429-436.



# 中部山岳域における積雪期間の観測とモデリングの課題

栗林正俊・浜田崇(長野県環境保全研究所)

Issues of observation and modelling about snow cover period in mountainous area of central Japan Masatoshi KURIBAYASHI, Takashi HAMADA (Nagano Environmental Conservation Research Institute)

# 1. はじめに

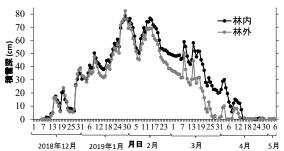
中部山岳域は世界有数の豪雪地帯であり、積雪は水資源、観光資源、山岳生態系などの分野で重要な役割を果たしている。気候変動により積雪がどのように変化するかを明らかにすることは重要な課題であり、積雪深や降雪量、積雪水量について観測とモデルによる研究が行われてきた(e.g. Kuribayashi et al., 2013; Kawase et al., 2018). しかし、積雪期間は山岳生態系のフェノロジーの支配因子であるにも関わらず、ほとんど研究が行われていない。そこで、本研究は積雪期間に焦点を当てて、観測環境の違いによる影響や地域気候モデルの再現性について検討することを目的とする.

## 2. 方法

長野市北西部の飯綱高原に位置する長野県環境保全研究所(飯綱庁舎; 北緯  $36^{\circ}43'21''$ , 東経  $138^{\circ}9'24''$ , 標高 1030 m)のカラマツ林の林内と林外に超音波積雪深計を設置し,積雪深を 10 分間隔で観測して,2018/19 年冬季の林内と林外の積雪について比較・検討した。また,JRA55 を境界条件に用いて地域気候モデル NHRCM により水平解像度 5 km で再現された計算値と各観測点における観測値を比較して,モデルの再現性を検証するとともに,違いが生じる原因について考察した。さらに,d4PDF による過去・ $2^{\circ}$  と上昇・ $4^{\circ}$  上昇の3 つの時代について,積雪深で順位付けした上位・中位・下位の各 5 事例を NHRCM で力学的にダウンスケールした結果を解析して,中部山岳域の積雪期間の将来変化の特徴について考察した.

# 3. 結果と考察

飯綱庁舎のカラマツ林の林内と林外における 積雪の観測値を比較すると、積雪が増加していく 期間の前半は林内と林外で大きな差はないが、積 雪が減少していく期間の後半は林内と林外で大 きな差が生じた(図1). 年最深積雪は林内が林外 よりも3.8 cm少なかったが、積雪期間は林内が



2018年12月 2019年1月 月日 2月 3月 4月 5月 図.1 長野県環境保全研究所(飯綱庁舎)のカラマツ 林内と林外の日最大深積雪の時間変化

林外よりも18日長かった.このことは,年最深積雪よりも積雪期間の方が観測点の周辺環境に依存しやすい可能性を示唆している.年最深積雪は遮断蒸発の有無による雪の積もりやすさの違いが林内と林外の差に反映されていると考えられる.一方,積雪期間はこれに加えて放射・熱収支の違いが融雪に与える影響も林内と林外の差に反映されていると考えられる.

国環研の富士北麓フラックス観測サイトにおける積雪深について観測とモデルを比較した結果,モデルは年最深積雪を良く再現したのに対し,積雪期間を約2ケ月過大評価した(図2).このことは,モデルが降雪プロセスをうまく再現できているのに対し,融雪プロセスをうまく再現できていないことを示唆している.2012/13 年と2013/14年の冬季は,年最深積雪を記録してからしばらくはモデルと観測が良く整合しているが,春先にモデルは融雪のペースが落ちて,観測とモデルに差が生じている.この春先の融雪プロセスの再現精度が低い原因の1つに,モデルが春先の気温をやや過小評価していることが考えられる.

モデルによる積雪期間の将来予測結果からは、 山岳域ほど顕著に積雪期間が短くなり、2℃上昇 時は現在気候下での極端な少雪年が普通になる ことが示された.また、4℃上昇時の極端な少雪 年においては、南アルプスの積雪期間が20日に 達しない上、北アルプスでも積雪期間が100日に 満たない年があることが示された.

#### 引用文献

Kuribayashi et al. (2013) *SOLA*, 9, 148-152. Kawase et al. (2018) *J. Meteorol. Soc. Jpn.* 96, 161-178.

# 謝辞

本研究は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(2RF-1803)により実施された. 本研究は、文部科学省の気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)の支援を受けた.

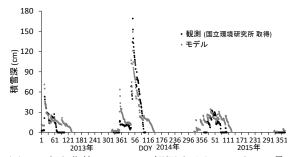


図.2 富士北麓フラックス観測サイトにおける日最大深積雪の時間変化に関する観測とモデルの比較



# ケニア山とキリマンジャロの氷河の質量収支

奈良間千之・有江賢志朗 (新潟大)・水野一晴 (京都大)

#### Glacier mass balance at Mt. Kenya and Kilimanjaro

Chiyuki NARAMA, Kenshiro ARIE (Niigata Univ.), Kazuharu MIZUNO (Kyoto Univ.)

#### 1. はじめに

アフリカで山腹氷河が現存する山域は、赤道付近に位置する東アフリカのキリマンジャロ、ケニア山、ルウェンゾリ山だけである。これら現存する山腹氷河の面積は小さく、近年の温暖化の影響でこれら山腹氷河は数十年後に消滅すると予想されている。ケニア山の氷河数は、1929年に17個あったが、2004年の氷河台帳で10個となり(Hastenrath、2005)、最新の2016年の氷河台帳で9個である(Prinz et al.、2018)。本研究では、ケニア山とキリマンジャロの現在の氷河分布と氷河の年間の質量収支を明らかにするため、光学衛星データやセスナ機からの空撮画像から地形表層モデルを作成し、それら地形表層モデルを比較した。

#### 2. 研究地域

本研究地域は、ケニア中央部に位置するケニア山(5199m)とタンザニア北東部に位置するキリマンジャロ(5895m)である。キリマンジャロはアフリカ最高峰で、ケニア山はそれに次ぐ第二峰である。キリマンジャロは、アフリカ大地溝帯の東リフト・バレーに位置し、シラ峰(3962m)、キボ峰(5895m)、マウエンジ峰(5149m)の3つの成層火山からなる。キリマンジャロのキボ峰(5895m)は100万年前から活動をはじめ、15~20万年前に現在の山頂火口を形成した。ケニア山は、約300万年前に形成された火山で、現在は削剥され、過去の氷河作用を示す放射状のU字谷が形成されている。

## 3. 研究方法

ケニア山では、2017年9月21日、2018年8 月19日,2019年8月25~26日にセスナ機から 山腹氷河の空撮を実施した. Nanyuki Air Strip にある Tropic Air 社のセスナ機 (Cessna 208B Grand Caravan) から Sony α7ii とα7Riiの一 眼レフカメラで、1秒間隔で氷河の上空で周辺の 地形も含めた鉛直写真の撮影をおこなった. 飛行 時間はそれぞれ1時間である.セスナ機からの空 撮画像と2次元の形状から3次元形状を特定する SfM-MVS(Structure from Motion - Multi-View Stereo) ソフトの Pix4D mapper Pro を用いて、氷 河の地形表層モデル (DSM: Digital Surface Model) を作成した. DSM およびオルソ補正画像 の作成には、2017 年 10 月 13 日に取得された Pleiades 衛星のオルソ画像と DSM から取得した 地上基準点 (GCP) を用いた. GCP は, 氷河を囲 むように長期的に不動である場所を選定した.

キリマンジャロでは、2019年8月30日に

Arusha Airport よりセスナ機 (CESSNA T206H) でケニア山と同様に空撮を実施した.

#### 4. 結果

# 4.1. ケニア山の空撮 DSM の精度検証

2017 年 9 月に Tyndall 氷河前面で Trimble GeoExplorer6000 で取得した GNSS データと 2018 年のセスナ DSM の差分の平均は 2.98+0.85m であった. 氷河以外の場所の 2016 年の Pleiades と 2018 年のセスナの DSM の差分の平均は 0.37+0.69m であった. セスナの DSM は Pleiades の DSM から GCP を取得したため, そのまま比較している.

# 4.2 ケニア山の氷河分布と質量収支

2016 年 2 月 17 日に取得された Pleiades 衛星 データの地形表層モデル (DSM;解像度 0.5 m) と,2018 年 8 月 19 日にセスナ空撮で得られたデジタル画像から作成した DSM (解像度 0.2m) を比較した。その結果,明瞭な地表変化を示す雪氷体を確認した。2016 年の氷河台帳では Northey 氷河と Diamond 氷河が含まれるが(Prinz et al.,2018),これら氷河で明瞭な地表面変化を確認できなかった。

2016 年 2 月から 2018 年 8 月までの 30 ヵ月間の Cesar 氷河と Forel 氷河を除く雪氷体の質量収支は-3.7m w. e. であり,この期間すべての氷河表面で質量の収支は負であった. 表面低下を示した雪氷体のうち,Darwin 氷河(0.004km²),Heim 氷河(0.003km²)の面積はかなり小さかった. Prinz et al. (2012)の氷厚データから,最大面積のLewis 氷河の現在の氷厚は平均 10mほど推定され,すべての氷河は流動が小さく,縮小傾向にあると考えられる.

# 引用文献

Hastenrath, S. (2005) The glaciers of Mount Kenya 1899–2004. *Erdkunde*, 59, 120–125.

Prinz, R., Heller, A., Ladner, M., Nicholson, L.I., Kaser, G. (2018) Mapping the loss of Mt. Kenya's glaciers: an example of the challenges of satellite monitoring of very small glaciers. *Geosciences*, 815334, 174, doi:10.3390/geosciences8050174.

Prinz, R., Nicholson, L., Kaser, G. (2012) Variations of the Lewis Glacier, Mount Kenya, 2004-2012. *Erdkunde*, 66, 255-262.



# 流域における桜の開花季節

永井 信 (JAMSTEC)

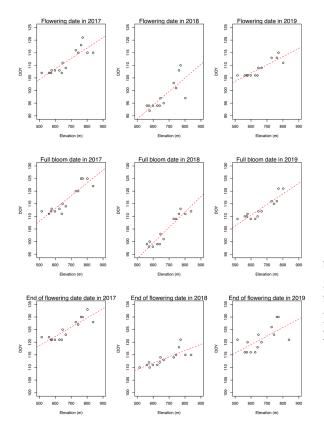
# Cherry flowering phenology in the river basin Shin NAGAI (JAMSTEC)

#### 1. はじめに

開花・開葉・紅葉・落葉などの植物季節の時空間変動の観測・評価は、気候変動下における生態系機能やサービス・生物多様性の変動の理解を深めるために重要な課題である。とりわけ、水平方向(緯度)と比べて、鉛直方向(高度)に沿った開花・開葉・紅葉・落葉の期日の違いは大きい。このため、高低差が大きい流域を対象とした植物季節観測・評価の高精度化は重要な課題となる。

# 2. 材料と手法

本研究は、高山市役所商工観光課により、2017年から2019年の春にインターネット上(URL1)で公開された、高山市内の15地点における桜の開花季節情報を対象とした.本研究では、同課より提供されたオリジナルデータを利用した.報告地点は、標高515mから838mに分布した.対象となる桜は、ソメイヨシノ・ヤマザクラ・アズマヒガンザクラ・エドヒガンザクラが含まれた.桜の開花季節は、次の7つに区別された:つぼみ・咲き始め・5分咲き・7分咲き・満開・散り始め・葉桜.



各年における桜の開花日・満開日・葉桜日を対象に,これらの期日と報告地点の標高との対応関係を調査した.

#### 3. 結果と考察

図1に示されるように、桜の開花日・満開日・葉桜日は、100m あたり、 $3.3\sim5.4$ 日・ $4.2\sim6.1$ 日・ $2.5\sim3.7$ 日それぞれ遅かった。図1の赤い点線で示される線形回帰式 (2019年葉桜日 (p0.05)を除いて、p0.001)をデジタルカメラによる長期連続的な植物季節観測が行われている高山サイト(標高 1420m, URL2, Nagai et al., 2018)に当てはめた。線形回帰式により推定された満開日は、実際に観測された満開日と比べて、 $11\sim29$ 日遅かった。つまり、実際の 100m あたりの桜の満開日の勾配は、本研究の結果推定された勾配と比べて、より大きかった。

インターネット上で公開されている桜の開花季節情報は、標高838m以上のデータがない.このため、高山サイトが位置する標高までの約600mは、観測データの空白地帯となってしまう.桜の開花季節に大きな影響を与える気温の時期は、標高ごとに異なる.このため、例えば、低標高域において例年と比べて高温傾向のため、桜の開花目が早まる.しかし、高標高域の桜の開花季節に影響を与える時期に例年と比べて低温傾向が続く.その結果、高標高域では、低標高域とは異なり、桜の開花日が例年と比べて遅くなる.このような空間的な違いが生じる可能性が考えられる.

今後は、流域を対象とした、標高に沿った気温の時空間分布の変化と桜の開花季節の対応関係を詳細に調査する必要がある.

図 1. (左): 2017~2019 年における桜の開花日・満開日・葉桜日と標高の対応関係のまとめ. 赤い点線は,これらの線形回帰を示す.

### 引用文献

URL1: http://kankou.city.takayama.lg.jp/2000002/2000638/2001083.html

URL2:

http://asiaflux.net/index.php?page\_id=112 Nagai et al. (2018) *Eco. Res.*. 33, 1091-1092.



# 飯綱山カラマツ林における葉と細根のフェノロジー

田村梓(信州大学理学部)·小熊宏之(国立環境研究所)·藤本稜真(信州大学理学部)· 栗林正俊(長野県環境保全研究所)·牧田直樹(信州大学理学部)

# Phenology of leaves and fine roots in larch (Larix kaempferi) forest of Mt.Izuna

Azusa TAMURA(Shinshu Univ.), Hiroyuki OGUMA(NIES), Roma FUZIMOTO (Shinshu Univ.), Masatoshi KURIBAYASHI(Nagano Environmental Conservation Research Institute), Naoki MAKITA (Shinshu Univ.)

# 1. はじめに

植物の開花、開葉、落葉、発芽、休眠などの生物季節現象(フェノロジー)の理解は、植物自身の機能や生産量および環境への適応度を評価する上で重要である.森林において、葉のフェノロジーについては、気温が強い制御要因になる可能性が示唆されている.一方、地下部である樹木細根(直径2mm以下)については、伸長開始時期や伸長・枯死速度の季節変化が明確ではなく、制御要因の解明が立ち遅れている.細根は、数か月と短いサイクルで生産から枯死までを繰り返し、その生産量は森林の純一次生産量の3割程度を占めることから、細根のフェノロジーを理解することは、植物全体のフェノロジーを理解するために重要である.本研究では、葉と細根における生産量の季節変化を捉えることを第一の目的とした.

本研究では、植物器官の色に着目する. 葉の緑色の濃淡とクロロフィル量が関係し、また紅葉と光合成機能の低下が関連するように、葉の色の変化は生理活性と関連する. 細根も同様に、発生後の白根の段階では主に養・水分吸収を担い、その後生長して褐色に木化すると通導器官へと機能を変化させる. そのため葉と細根の色の季節変化に着目することは、植物の生長段階や生理活性を評価することに繋がる. 本研究では、葉と細根の動態を捉える連続した画像を用いて、カラマツ林の葉と細根の動態及び色の季節変化を明らかにし、樹木全体の季節への応答性を評価することを目的とした.

#### 2. 調査方法

調査は長野県長野市北郷の長野県環境保全研究所 飯綱庁舎(138°9′38″E, 36°43′21″N) にて行った. 標高 1,030m, 植生は主にカラマツ (*Larix kaempferi*) であり, マツ科カラマツ属の落葉針葉樹である.

葉のフェノロジー観測として林床に魚眼カメラ (D3300, NIKON) を設置し,2019 年 4 月の展 葉前から樹冠の撮影を開始した. 撮影頻度は 1 日 3 回 (6 時・12 時・18 時) である. 植生指標値として緑色比; Green Ratio (GR) の算出を行った. GR は画像の赤緑青 (RGB) の値を解析したもので,光合成活動と関係する緑色の割合を示す指標であり, GR=G/(R+G+B) により算出した. 同時に, 葉量の評価としては, 植物面積指数: Plant Area Index (PAI) を算出した.

細根のフェノロジー観測として、2018 年にスキャナを防水するためのアクリル製の透明な箱を3つ用意し、3個体のカラマツの近傍に縦約15cm×横約50cm×深度約30cmの穴を掘り、箱を埋設した. 画像の撮影は、2019年5月からA4フラットベッドスキャナ(GT-S640, EPSON)を用いて開始された. スキャナは外部電源及びPCと接続し、自動で撮影を行った. 撮影頻度は1日4回(6時・12時・18時・24時)とした.

#### 3. 結果と今後の展望

4月21日から9月1日までのデータを使用し,葉の色情報としてGRを算出した結果,観測開始直後の展葉前のGRは約0.33であったが,展葉開始と共に増加し5月半ばに約0.34まで上昇した.その後は9月まで緩やかに減少した.PAIについては,展葉前は約0.5であり,6月初めには約1.3と急激に増加した.その後,増減はあるものの8月終わりまでは緩やかな増加傾向をみせた後,減少に転じた.以上の結果より,葉量は8月終わりまで増加し続けるも,葉の色から光合成能力は5月半ばのピーク以降,次第に低下していることが明らかとなった.今後,解析を継続することで,葉の黄葉~落葉の変化を評価したいと考える.

細根の評価として、スキャナで撮影した根系連 続画像については、画像中から細根の抽出を行っ ている段階である。本発表では、細根の生産量、 枯死量及びその色の季節変化を評価し、葉のフェ ノロジーや環境要因との関連性を評価していく 予定である。

**謝辞** 本研究は,環境研究総合推進費(2RF-1803), 科研費(18H02243)により実施された.



# 標高傾度に沿ったモンカゲロウ Ephemera 属昆虫の分布と外部要因との関係について

岡本聖矢(信州大院・総合理工)・東城幸治(信州大・理)

# Relation between external factor and distribution of specific mayfly *Ephemera* (Ephemeridae) along an elevational gradient

Seiya OKAMOTO (Shinshu University) • Koji TOJO (Shinshu University)

#### 1. はじめに

日本列島は国土の大部分が山地で占められる島 嶼群である. そのため, 世界的にも日本の河川は, 源流~河口までの流程が短く, 急な傾斜であるこ とが知られている.また河川そのものがもつ特徴 としては、上流~下流にかけて環境は劇的に変化 し,流程ごとに生物相は大きく異なることが知ら れている (Vannote et al. 1980). 短い流程で環境勾 配が生じる日本列島の河川では,流程変化に適応 するような分布を示す例が,特に水生昆虫で知ら れている (三橋 2000; 扇谷・中村 2008). 今回 注目するモンカゲロウ Ephemera 属の3種も,上 流~下流にかけて, フタスジモンカゲロウ Ephemera japonica モンカゲロウ Ephemera strigata, トウョウモンカゲロウ Epemera orientalis が流程 分布することが知られている. このモンカゲロウ 類3種は、大型のカゲロウ類であり、南西諸島を 除く日本列島の河川に広く生息している. また, その分布パターンは生態学的観点から,特定地域 での研究事例はあるものの, 分布域を網羅するよ うな全国スケールでの傾向分析や1つの水系で の詳細な調査は、未だ不十分である. 本研究では、 特に標高傾度に影響を受ける環境要因,生物的要 因に焦点を当て,河川棲生物の複雑な分布決定要 因の究明を試みた.

# 2. 材料・方法

モンカゲロウ属 3 種を対象に「河川水辺の国勢調査 (河川版とダム版)」の 5 巡目調査データ (平成 23-27 年)と我々が取得した分布情報を基に,生息域を網羅するような広域を対象に GIS (地理情報システム)によって 4 つの環境項目 (標高,年間平均気温,河床勾配,集水域面積)を解析した.一方,流程分布の実態をより詳細に把握するため,旭川水系をファインスケール調査対象として 29 の調査地点を設定し,各地点 3 分間×5 反復の定量採集を実施した.また,環境要因 (川幅,底質粗度,浮石率,懸濁有機物量,クロロフィルa量) さらに種間相互作用を検討するべく,長野県松本市の女鳥羽川を対象として,モンカゲロウ類の時空間的な動態を追究する調査を実施した.

#### 3. 結果・考察

GIS による解析の結果,解析した4つの環境項目それぞれが統計解析において3種間で差がないとはいえないという結果が認められた.フタス

ジモンカゲロウはより上流側の環境に, トウョウ モンカゲロウはより下流側の環境に生息してい る傾向が認められた. 残るモンカゲロウはフタス ジモンカゲロウとトウヨウモンカゲロウの中間 に位置する結果となった.また、実際の流程に沿 った調査を旭川水系で実施した結果では,フタス ジモンカゲロウが上流域,トウヨウモンカゲロウ が下流域に, そしてモンカゲロウはそれらの中間 に分布する結果となり、GIS を用いた環境項目の 解析とも概ね一致した. CCA(正準対応分析)の 結果,特に源流~上流に分布するフタスジモンカ ゲロウは, 河床勾配, 底質粗度, 年間平均気温と 正の相関が認められ, その生息環境は, 山岳に起 因する環境要因と密接に関係していると考えら れる. さらに, 長野県の山間地を流れる女鳥羽川 の調査では、2種の分布が混在する区域を対象に、 モンカゲロウ幼虫が春季に羽化した後の空間を 羽化期の遅い(夏季に羽化する)フタスジモンカ ゲロウ幼虫が占有するような状況が確認できて おり, 選好するはビタットの分化だけが両種の流 程分布を成立させているのではなく,種間相互作 用も少なからず関係していると考えられる.以上 の結果から, モンカゲロウ類の3種は標高傾度に 沿った空間的分布を示すだけでなく, 選好する環 境や種間相互作用など様々な要素が複合した結 果として,現在のような分布パターンが生じてい ることが示唆された.

\$ 2 C   1   X C   1							
環境要因		フタスジモンカゲロウ	モンカゲロウ	トウヨウモンカゲロウ			
	N	619	674	413			
標高	平均値	323.8	181.2	122.5			
(m)	中間値	254.5	140.3	74.8			
	±SD	284.3	171.6	130.2			
	N	538	564	303			
集水域面積	平均値	428.9	558.3	755.9			
(km²)	中間値	116.5	209.9	279.1			
	±SD	957.1	1053.1	1254.8			
	N	619	674	413			
河床勾配	平均値	2.5	0.8	0.4			
(%)	中間値	0.7	0.3	0.2			
	±SD	5.2	1.6	0.6			
	N	619	674	413			
年間平均気温	平均値	11.3	12.8	13.7			
(°C)	中間値	11.8	13.6	14.5			
	±SD	3.2	2.8	2.6			
4 JI 🗃 🕂 🖈							

# 4. 引用文献

三橋 (2000) 陸水学雑誌, 61: 251-258.

扇谷・中村 (2008) 信州大学環境科学年報 (30), 57-66.

Vannote et al. (1980) Canadian journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37:130-137.



# ニューカレドニアにおける山地河川の土砂移動と山の環境

島津 弘(立正大学)

# Sediment transport processes of mountain rivers and mountain environment in New Caledonia Hiroshi SHIMAZU (Rissho University),

#### 1. はじめに

南太平洋の島々は火山島やサンゴ礁島ばかりではなく、1000mを超える高い標高の山地を持つ島がある.このような島々には山地を刻む水系が発達している.

ニューカレドニアのグランドテール島は,面積 16,372 km², 最高高度 1628m で,1000m 以上の標高を持つ脊梁山脈が発達しているという特徴を持ち,かんらん岩など超塩基性岩類と古生代以降の堆積岩・火山岩からなる幅 70km,長さ 400kmの北西—南東に延びる細長い島である.気候は年平均気温 23.0℃,最寒月平均気温が 19.9℃,年降水量は1134mm程度と少なくケッペン区分で Awに分類される.グランドテール島には,山地を流下する流路長が数 10km~数 100km 程度の中・小規模河川が発達している.フランス国立地理院(IGN)発行の1:50,000 地形図(等高線間隔 20m)を用いた地形計測と現地観察をもとに,山地河川の地形と土砂移動の特徴と超塩基性岩分布域の

#### 2. 山地河川の地形と土砂移動の特徴

山の環境について報告する.

島を縦断する方向に山脈が走っており、ここに源を発して海まで流下する河川が多い.水系は山脈と平行する方向とそれと直行する方向が卓越している.横谷の部分では河川は激しく蛇行しており、蛇行部に礫州が発達している.山脈主部が島の中心よりやや北東側に寄っているため、北東へ流下する河川の方が南西へ流下する河川より流路長が短い.流路長の長い南西へ流下する河川は南西へ流下する河川が曲率の大きい指数関数曲線をしていり、源流から河口まで勾配が連続的に減少するのに対し、北東へ硫化する河川は中流部に勾配変化が小さい区間を挟む(図1).

最高峰のフンボルト山(標高 1618m)を流域にもつトントウタ川下流では、勾配が緩いが、風化したかんらん岩の泥質のマトリクスを少量含むかみ合った礫が堆積する礫州が発達していた。一方、同じく南西方向へ流下するドゥンベア川では、低地(三角州)の始まり付近まで中径が 50cm を超える礫がつくる礫州が発達していた。谷壁斜面上には厚い風化層と基盤岩が崩落した小規模崩壊地が数多く見られた。

これらの河川では出水時に風化層起源の大量 の細粒泥質物質と崩壊した基盤岩起源の礫が泥 流上の流れをつくって流れることが予想され,こ のことが粒径の大きな礫が勾配の緩い下流部ま で運搬される原因をつくっていると推定される.

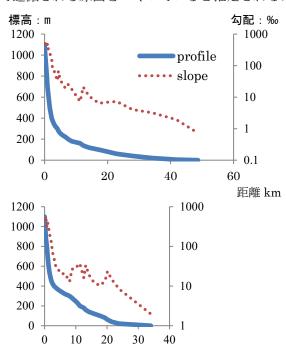


図.1 縦断曲線と河床勾配変化の例 上段:トントウタ川,下段:Xwe Bwi 川

## 3. 山の環境

ニューカレドニアでは第二次世界大戦以前からかんらん岩の風化層からニッケルの採掘が行われてきた.現在では南部高原地域で大規模な露天掘りが行われており、土砂流出に配慮した大規模沈砂池がつくられているが、それ以前は比較的緩やかな傾斜の稜線部で採掘が行われており、一部は現在も操業している.これらは、土砂の流出源になっている.

一方で、燃料、建材として大規模な森林伐採が行われてきた。超塩基性岩分布域では自然による植生回復は起こらず、現在でも灌木林、草地が広がっている。これらの場所では小規模な崩遅が多数生じることによって、さらに植生回復が遅れている。林道やニッケル採掘のための道路も崩遅れのきっかけとなっており、ラトソルが露出したぶのきっかけとなっており、ラトソルが露出したぶの南東部の広いであり、これら斜面で生産された泥質物質はであり、これら斜面で生産された泥質物質はであり、これら斜面で生産された泥質物質はであり、これら斜面で生産された泥質物質はであり、これら斜面で生産された泥質物質はであり、これら斜面で生産された泥質物質はであり、これら斜面で生産された泥質物質はであり、これに対しているよう可能性もあるが、サンゴ礁の礁池にも、の影響も懸念される。



# 岐阜県郡上市水沢上の大規模地すべりと 1586 年天正地震との関係

栗本享宥\*(専修大・院), 苅谷愛彦(専修大), 目代邦康(東北学院大), 山田隆二(防災研), 木村誇(防災研), 佐野雅規(早稲田大), 對馬あかね(気象研), 李貞(名古屋大), 中塚武(名古屋大)

The relationship between large-scale landslide and AD1586 Tensho Earthquake in central Gifu Pref., Japan Takahiro KURIMOTO (Graduate student, Senshu Univ.), Yoshihiko KARIYA (Senshu Univ.), Kuniyasu MOKUDAI (Tohoku Gakuin Univ.), Ryuji YAMADA (NIED), Takashi KIMURA (NIED), Masaki SANO (Waseda Univ.), Akane TSUSIMA (MRI), Zhen Li (Nagoya Univ.), and Takeshi NAKATSUKA (Nagoya Univ.)

# 1. はじめに

岐阜県中部に水沢上地すべり(以下 ML: 35.9363°N, 137.0445°E)と呼ばれる大規模地すべり地がある. MLは1586年天正地震で生じたと古文書の記録からいわれているが、地形・地質学的論拠は示されていない1,2),3)など。筆者らは現地調査と地形判読を基に、MLの地形・地質学的特徴と最新滑動年代とその誘因を明らかにした.

# 2. 地域概要と研究方法

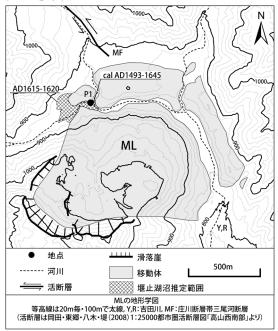
**<地形>**ML は標高 2000 m未満の低起伏の山岳からなる飛騨高地南東部に位置し,長良川水系吉田川と支渓が ML 移動体を貫く. **<地質>**一帯に約 1 Ma の安山岩と火砕岩からなる烏帽子岳安山岩類が分布する <sup>3)</sup>. 他に花崗岩, かんらん岩,美濃帯堆積岩類も分布する. ML の北に庄川断層帯三尾河断層(以下 MF: B 級, 左横ずれ)が走る. 最新イベントは 840 年前以降で 1586年天正地震が対応する可能性が高い <sup>4)</sup>. **<方法**>空中写真や DEM 傾斜量図等を用いた地形判読と野外踏査を主とし,踏査で採取した材試料の年代測定も行った.

# 3. ML の地形と地質

MLは3条のやや開析された円弧状の滑落崖と、 複数の地すべり移動体に分類される. 全移動体 の体積(V)は約2.2×10<sup>7</sup> m<sup>3</sup>である(侵食部分 を含む). 地すべり移動体を構成する地すべり 堆積物(以下 MLD) は破砕が著しく淘汰不良の 安山岩の巨角礫と変形の著しい凝灰角礫岩層 を主とする. マトリックスに乏しく, 地すべり 移動時に取り込まれたと思しき腐植土がパッ チ状に分布する (パッチワーク構造). MLD は 対岸にまで達し, 吉田川を堰き止めて天然ダム を形成した. P1 では吉田川両岸(右岸: P1a, 左岸: P1b) に MLD とその上位に堆積する**堰止** 湖沼・氾濫原堆積物(以下 LFD) がみられる. <Pla>MLD に特徴的なパッチを含む安山岩の 不淘汰角礫層と,その上位に平行葉理を伴い堆 積するシルト―細粒砂互層(LFD)が分布する. 両層間には河川性の礫を挟まず, 細粒物質は角 礫に密着するように堆積する. つまり LFD は降 雨を誘因とした崩壊ではなく,地震を原因とし た崩壊による堰き止め湖沼堆積物だと考えら れる. MLD のパッチに含まれる材試料の 14C 年 代は cal AD 1493~1645 を示す. <P1b>層厚約2mのシルト~中粒砂のLFDがみられ,植物遺体が密集するリターの層をしばしば含む.下位に亜円礫~円礫のやや淘汰不良の未固結礫層が堆積する. LFD-礫層の境界から約25 cm上位に直径約20cmの丸太材がみられた. 丸太材の<sup>14</sup>C年代はcal AD1514~1618を示し,酸素同位体比年輪年代はAD1615~1620であった.

#### 4. まとめ

①ML 各所に、天然ダムを形成した大規模地すべりと判断できる地形や地質的証拠がみられた。③MLD 中の材の年代から、地すべりの発生は AD1493~1645 である可能性が非常に高い。④ML が発生した主な誘因は地震が挙げられ、各年代値との整合性から 1586 年天正地震が該当する可能性が極めて濃くなった。だが、年代の範囲内には他の大地震も発生しているため、慎重に検討する必要がある。



# 引用文献

1)飯田(1987)「天正大地震誌」名古屋大出版会. 2)井上・今村(1998)歴史地震, 14, 57-68. 3)河田・磯見・杉山(1988)「荻原地域の地質」地調. 4)杉山・栗田・佃(1991)地震, 44, 283-295. 現地調査では専修大学地形学研究室の学生諸氏に協力いただいた. 科研費 18K01123 を使用した.



# 白馬大雪渓周辺における近年の岩盤斜面の地形変化

杉山博崇 (新潟大・院), 奈良間千之 (新潟大), 井上 公 (防災科研)

Recent Geomorphological changes of rock slopes in the Shirouma-Daisekkei Valley H. Sugiyama, C. Narama (Niigata Univ.), H. Inoue (NIED)

# 1. はじめに

白馬大雪渓は,白馬岳に通じる人気の登山ルー トで、年間1万人以上の登山者が通過する. 白馬 大雪渓は白馬岳と杓子岳の両岩壁に囲まれてお り, 岩壁で生産される落石や崩落により登山事故 が起きている(小森, 2006). 2005年8月には杓 子岳北面の岩壁で崩落が生じ,2名の死傷者がで た. 2008 年 8 月には大雪渓の左岸斜面で崩落が 発生し、登山者2名が犠牲になっている(苅谷ほ か,2008). 白馬岳南面の珪長質凝灰岩の岩壁で は、2018年、2019年と連続で崩落が発生し、大 雪渓上は岩屑で覆われた(図1). 白馬大雪渓上 では, 落石が集中して堆積する場所は決まってお り,落石が生産される岩盤の地質の違いで岩盤の 侵食形態が異なる. さらに、その年の積雪深によ り岩盤斜面が露出する時期が異なり,落石発生時 期もその融解時期に対応している(畠・奈良間, 2017). 大雪渓では、落石や崩落のほかにも、落 石や崩落で堆積した未固結堆積物が再移動した り, 土石流となり大雪渓表面を流下する事例も報 告されている (石井・小疇, 1999 ; 苅谷ほ か,2006; 松元ほか,1998).

高山帯の急崖は、踏査が困難な場所が多く、崩落現象を連続モニタリングした研究は少ない、そこで、本研究では、ドローンやセスナからの空撮画像と SfM を用いて白馬大雪渓周辺の岩壁斜面の 3 次元地形モデルを作成し、岩盤の崩落箇所を抽出するとともに、その地形場の特徴を明らかにすることを試みた、また、白馬岳側と杓子岳側の落石を比較し、地質の違いが落石の大きさや分布にどのような影響を与えているかを調べた。

# 2. 地域概要

白馬大雪渓は、後立山連峰の杓子岳と白馬岳の間の葱平モレーン直下から 3 号雪渓合流部付近に至る範囲に存在する多年性雪渓である. 2017年9月30日の大雪渓の大きさは、標高 2150~1760m,長さ1km,幅80m(2号と3号の間)である.大雪渓周辺を構成する岩盤は、飛騨外縁帯の古生界・中生界、新第三紀の貫入岩類および未固結第四系からなる(中野ほか、2002).大雪渓上流部では、白馬岳側で黒みがかかった堆積岩・変成岩類が多くみられ、杓子岳側で優白色の珪長岩が多くみられる(苅谷ほか、2006).このように大雪渓両岩壁では地質が部分的に異なる.

#### 3. 研究手法

ドローンやセスナ空撮で得られたデジタル画像や空中写真を、2次元の形状からカメラ位置や3次元形状を特定する手法であるSfM(structure

from motion) を用いて点群データを作成した. 1976年と 2004年の空中写真, 2011年の航空レーザーデータ, 2016年と 2018年の空撮データから作成した点群データを比較して, 崩落箇所を抽出した. 抽出した崩落箇所の地形場の特徴を現地調査や空撮画像から検討した.

春~初夏にかけての雪渓表面は前冬の積雪層からなるが、8月以降の融雪末期になると前年の積雪層が現れるため、落石発生時期の特定が難しくなる.そこで、前冬の積雪層が融けきらない6月~7月(2016~2019年)のドローン(Phantom4)の空撮画像を用いて、地質ごとの礫の大きさと分布を調べた.また、積雪のつかない岩盤の凍結深度も検討する.崩落が起きた岩盤は急崖であり、踏査が困難であるため、岩盤との標高差および斜面方位を考慮した上で、積雪深に差がある数地点の地温データを比較した.

#### 4. 結果

杓子岳では 2005 年に崩壊が発生した岩壁部分では周囲よりも節理が密に発達し、開口した節理を観察した. 2016 年~2018 年の点群データの比較からこの箇所の岩壁後退を確認した. 白馬岳では、露出岩盤で変化があった場所は、実際に 2016 年 6 月に現地で崩落を目撃した場所と一致しており、斜面プロファイルはオーバーハングである. また、2016 年~2019 年の積雪分布から、過去の規模の大きい崩落箇所は積雪の無い凸斜面であったことが確認された. 雪渓上に堆積した礫の大きさは、白馬岳側と杓子岳側で礫径 2 m 以下であるが、礫数は杓子岳側で多く、崖錐が形成されている. 積雪のある場所と無い場所では、冬期に約10℃の地温差が確認された.



図 1 2018 年 6 月 26 日時点の大雪渓の 3D モデル 二号雪渓および三号雪渓から供給された岩屑は大雪渓 本流を覆った.



# 天守山地北部、山梨県身延町栃代における大規模マスムーブメント地形

木村恵樹 (専修大・学)・苅谷愛彦 (専修大)

# Large scale mass movement features in Tojiro, the northern Tenshu Mountains of Yamanashi Prefecture, Japan,

Keiju KIMURA (Undergraduate, Senshu Univ.) and Yoshihiko KARIYA (Senshu Univ.)

#### 1. はじめに

天守山地北部に位置する山梨県身延町栃代(北緯35.44753度,東経138.53348度)に顕著なマスムーブメント地形が存在することは地形図や陰影図の判読で容易に識別できる.当地域を含む富士川流域は多雨地帯で,ユーラシア,フィリピン海および北米の各プレート三重境界付近に位置することから地殻変動も活発である.富士川沿いにおけるマスムーブメントの研究は多数行われてきたが,栃代の事例は対象にされてこなかった.本研究は,地形判読や踏査に基づき,栃代のマスムーブメント地形の形成史を解明するものである.

# 2. 調査地域概要・調査方法

本研究対象地域である栃代周辺には、毛無山 (標高 1945 m) や雨ヶ岳 (標高 1772 m) といっ た山々が連なっている. 栃代川は毛無山北麓を源 流とし、北西方向に向かって流下している.

当地域は新第三紀西八代層群常葉層(泥岩)と古関川層(玄武岩)から成り、泥岩の一部は向斜構造を示す(尾崎ら 2002).本研究では踏査により露頭の記載を行い、テフラ試料の簡易分析も実施した.また傾斜量分布図や陰影起伏図の判読により地形分類を行った.

# 3. 結果および考察

栃代川左岸に位置する栃代集落の背後において、標高800 m~1200 m 付近に楔状の滑落崖が2つ存在する(図).特に東側の滑落崖の下方には明瞭な主移動体が分布し、栃代の集落を載せる.主移動体の上面には塚状の膨らみや半閉塞の凹地が存在し、長径1 m を超える巨大な岩塊も散在する.滑落崖頂部と現存する主移動体末端(標高550 m)との水平距離は約1200 m で、移動体上面の面積は約3.0×10<sup>5</sup> m²である.主移動体の平均層厚を10 m とすると、その体積は3.0×10<sup>6</sup> m³と推定され、大規模マスムーブメントに分類される.

主移動体は栃代川左岸に主に分布するが,右岸にも一部が隔離分布し,二次移動物質から成ると思われる堆積性の段丘地形も栃代川沿いに認められる.

栃代川左岸の主移動体東縁を通る林道沿いでは,角礫や亜角礫を主とする淘汰不良の崩壊物質が確認できる. 栃代集落周辺や主移動体西縁にも同様の崩壊物質が分布する.

栃代川右岸の複数の支流では, 主移動体とほぼ

同様の崩壊物質が認められ,支流の谷壁や支稜上 に巨礫が分布する. 右岸支流の3地点では, 崩壊 物質の直上に乳白色のテフラ層 (層厚 5~8 cm) が挟まれる.本テフラ層以下では、巨礫を含む崩 壊物質が,以上では中礫・大礫を主とし基質の多 い崖錐構成物質が分布する. 本テフラは無色透明 な泡壁型火山ガラスを多量に含む. テフラの同定 は未了であるが、火山ガラスの特徴から姶良丹沢 (30.8 ka) か阿蘇 4 (87 ka) に由来することも 考えられる. そうだとすれば、マスムーブメント は更新世後期に生じたこととなる. 誘因は不明で あるが,素因として泥岩の基盤が著しく軟弱であ るという地質構造が考えられる.また主移動体の 分布からみてマスムーブメントの発生域は東の 滑落崖一帯である可能性が高いが,この点は礫の 堆積構造解析などを通じて検討する余地がある. 主移動体は栃代川を一時堰き止めたことも想定 されるが, 現時点でそれを示す堆積物や地形は未 発見である.

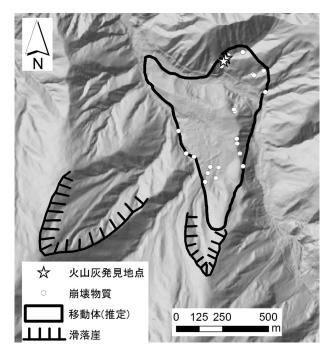


図. 栃代における地すべり地形と崩壊物質の分布

# 引用文献

尾崎ほか (2002) 20 万地質図副「甲府」,産総研.



# 飛騨山脈、立山カルデラ室堂山周辺の重力断層

福井幸太郎 (立山カルデラ砂防博物館)・金田平太郎 (千葉大学)

The Gravity Faults around the Murodo Mountain, Tateyama Caldera, the northern Japanese Alps. Kotaro FUKUI (Tateyama Caldera Sabo Museum), Heitaro KANEDA (Chiba University)

#### 1. はじめに

日本を代表する巨大崩壊地である立山カルデラの北東縁に位置する室堂山(2668m)周辺には、深層崩壊の予兆現象と考えられる長さ300~500mの重力断層が複数みられる(図1).この重力断層は、藤井(1997)がカルデラの現成の崩壊地形を代表するものと記載していることや、断層を横切る登山道が年々カルデラ側へ移動しているという山岳関係者の話があることから、今でも動いている可能性があるが、調査は行われていない.

重力断層が大きく動いて深層崩壊が発生した場合,立山カルデラ内を流れる湯川上流部で河道閉塞が起こり,過去に発生したような決壊洪水による災害を富山平野にもたらす可能性がある.本研究では,重力断層周辺で2018年9月~2019年9月に観測点の移動量の精密なGPS測量を行い,現在,安定しているのか動いているのかを確認した.

また,1993 年に富山県が立山カルデラ自然環境基礎調査の一環として室堂山の重力断層の分布記載と写真撮影を行っている(富山県 1994).1993年と2018年の写真を比較して,過去25年間で重力断層による地形変化がみられるのか検討してみた.

このほか,2019 年 9 月には断層によって形成された線状凹地内の二つの池(東池と西池と呼ぶ)で,可搬型パーカッションコアリグシステム(金田ほか2018)を用いたコア採取も行った.コアの長さは東池が0.5mと西池が1.6mである.

# 2. 2019 年度の観測結果

GPS 測量の結果, 2018年9月~2019年9月の約1年間, 観測点の有意な移動は認められなかった(図2). また, 1993年9月に富山県が撮影した重力断層の写真と 2018年に撮影した重力断層の写真を比較した結果, 明瞭な地形変化を写真から読み取ることは出来なかった. 以上の結果から,室堂山の重力断層は, 1年間に約70cmも動いている赤石山脈アレ沢崩壊地の重力断層(Nishii and Matsuoka 2012)のような活発なタイプではないと推測された.

採取したコアについては現在,解析中である. 掘削現場でコアを目視したところ,泥炭に富む堆積物(途中に類質テフラを挟む)や線状凹地堆積物の基底と考えられる氷河堆積物を確認できた.



図 1 立山カルデラの重力断層の分布図 室堂山周辺と鳶崩れ後周辺に重力断層が分布する.

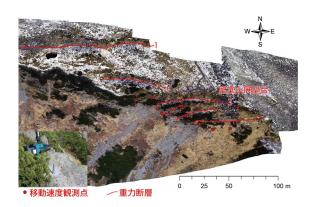


図 2 室堂山周辺の重力断層と移動量観測点 2018/9/20~2019/9/25 の約 1 年間で観測点の優位な (>2cm) 移動は観測されなかった.

## 引用文献

藤井昭二(1997)砂防学会誌 49,3-8. 富山県(1994)『立山カルデラ自然環境基礎調査報 告書』

金田平太郎ほか (2018) 月刊地球, 号外 69 巻, 112-120.

Nishii and Matsuoka (2012) Earth Surf. Proc. Landf. 37, 1641-1650.



# 梓川右岸分水界上の「西穂池」における線状凹地埋積物の層序と年代

苅谷愛彦(専修大)・高岡貞夫(専修大)・齋藤めぐみ(国立科博)・小塚朋子(日さく)

Geological descrption and chronology of a drill core recovered from Nishiho-ike linear depression on the main divide, the right bank of Azusa River in the northern Japanese Alps

Yoshihiko KARIYA (Senshu Univ.), Sadao TAKAOKA (Senshu Univ.), Megumi SAITO-KATO (Natl. Mus. Nat. Sci.) and Tomoko KOZUKA (Water-Geo Eng., Nissaku)

#### 1. はじめに

演者らは上高地周辺に発達する線状凹地底の池沼に着目し、凹地や池沼の地形発達史と自然史を復元している。最近、梓川右岸玄文沢(G)源頭の線状凹地底に存在する「きぬがさの池」(KP)の埋積物について、層序と年代を報告した(図、苅谷・高岡2019; 専大自然科学紀要)。その後、KPと近接する西穂山荘(Ns-H)脇の線状凹地底でも掘削を行い、埋積物の層序と年代を得たので報告する。

#### 2. 調査地の概要および方法

Ns-H の南東側には平滑緩斜面が発達する.地表は皺状に変形し、線状凹地や低崖が発達する(図). Ns-H の南西に隣接する線状凹地の底に5 m×3 m,最大水深0.2 mの水域があり、「西穂池」(NP)と称されている.2018年にNP南岸(標高2350 m)でハンドオーガー掘削を行い、柱状コア(NSH-2018)を回収した.地質記載を進め、テフラ粒の検鏡と植物片・腐植の14C年代測定を行った.

# 3. 結果

(2) <sup>14</sup>C 年代 試料の深度と <sup>14</sup>C-較正暦年代  $(2\sigma \text{ cal BP})$  は次のとおり、①0.165-0.175 m:260-221/141-25 cal,以下 cal 略,②0.40-0.41 m:480-420/412-315,③0.75-0.76 m:1275-1176],④1.15-1.16 m:2310-2146,⑤1.25-1.26 m:2305-2235/2184-2101/2085-2064,⑥1.63-1.64 m:3577-3458,⑦1.69-1.70 m:4292-4143/4124-4039.

(3) テフラの対比 1.23-1.25 m のテフラ 層は, その直下の堆積年代と KP で発見された類似のテフラ層との比較から, 2300 cal BP の焼岳中尾テフラ (及川 2002;地質雑)と判断される. 1.14-1.15 m のパッチ状テフラは中尾の再堆積層とみられる. 1.63 m 付近のテフラの起源は検討中である.

# 4. 考察: NP と線状凹地の発達

NP を保持する線状凹地 (NP-L) は 4000 cal BP 頃にすでに存在し、砂を堆積させていた。ただし NP-L の原初形成期が 4000 cal BP 頃なのか、それ以前に遡るのかは不明である。 善六沢 (Z) では 4000-3200  $^{10}$ Be BP に深層崩壊が発生した (苅谷・松四 2014;地図中心) ので、NP-L の形成はこれに関係した可能性がある。また NP 一帯で 3500 cal BP 頃から泥炭や腐植の集積が始まったか、その時期には掘削地点の現地表下 1.6~m 程度まで泥炭や腐植が集積していたかのいずれかが考えられる。 KP では 4260-2590 cal BP 以降に腐植の集積が始まっているので、年代の合致からみる限り、NP でも 3500 cal BP 頃に植生が侵入し、泥炭などの集積が始まった可能性がある。

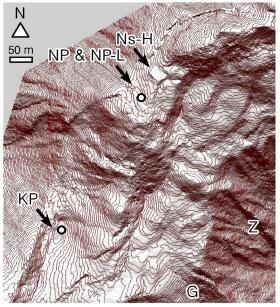


図 西穂池 (NP). 他の略号は本文参照. 松本砂防工事事務所1 m-DEM から作成. 等高線間隔2 m.

本研究は科研 (17H02033・17H02029) と西穂山荘, 木村 恵樹氏, 塙 清楓氏の支援や協力を受けた.



# 山岳研究教育への 3D プリンター利用の効果と課題

小森次郎(帝京平成大学)·佐久間理江(福島県立視覚支援学校)

Educational effects in mountain research through solid terrain models by desktop 3D printer Jiro KOMORI (Teikyo Heisei Univ.), Rie SAKUMA (Fukushima Prefecture School for the Blind)

#### 1. はじめに

地図を使った学習の分野では、3D プリンターによる立体の印刷物が2012年頃から活用されている(伊藤ほか、2013など).地形分野では立体の模型を手の中で観察・触察ができることから、地すべり地形や氷食地形などの山岳地形については既存の地形図や立体表現地図よりも一般の人に理解がしやすいことが明らかになっている(小森、2019).

印刷機はここ数年で低価格化が進み,さらなる 導入が期待されるが,印刷に長時間を要すること や,機材の維持管理にも経験が求められることか ら,活用事例の蓄積と共有が求められる。今回, 筆者らは小学生から大学生,生涯教育での地学・ 地理分野の学習において,小型・低価格の3Dプ リンターによる地形模型の活用を試みた。当発表 では,今回使用した数万円台の卓上プリンターの 概要,受講者側の反応,失敗例とその対策につい て報告する.

#### 2. 印刷データおよび方法

本研究で使用したプリンターおよび印刷対象は次のとおり.

- ・プリンター: XYZprinting 社製 da Vinci mini, Jr. Pro. (2019 年 9 月下旬の価格は 5 万円台後半)
- ・フィラメント: PLA φ1.75mm. 1 巻 200m(600g) 価格 5760円← 5~10個の試料の印刷が可能.
- ・試料の印刷時間:  $6\sim20$  時間. (ノズル $\phi$ 0.4mm, 積層厚 $0.2\sim0.1$ mm, 内部充填率 $3\sim5$ %)
- ・印刷対象:火山,花崗岩地形,氷食地形,崩壊地形,活断層,河岸段丘,小惑星,恐竜骨格ほか.

印刷データの緒元と入手先 表 1 国内の地形 小惑星 リュウグウ 小或足 恐竜骨格 イトカワ 1/数千~数十万 縮尺 1/10000 1/10000 1/15 縦横:高さ 1.1~1.1.5 1.1 1.1 1:1 引用元 国土地理院 JAXA NASA スミソニアン博物館 FBX形式 STL形式 STL形式 STL形式 10MB 48MB 20~50MB 4MB http://www.isa https://nasa3d https://3d.s https://map URL s.jaxa.jp/topics .arc.nasa.gov/d i.edu/t-rex /001948.html etail/itokawa

# 3. 利用例

# 3.1 小学生の理科実験の事例

1年~4年生9名を対象とした企画で、溶岩流や噴火口の地形とその成因の理解を目的として、噴火の動画、アナグリフ画像とあわせて、地形模型を導入した。低学年が中心であったこと、砂・石膏・食材等をつかった噴火モデル実験を含めたこと、複数人で一つの模型を共有したこと等の影

響からか,地形模型自体への児童の関心は決して高くはなかった. ただし,特徴的な地形であるカルデラ(青ヶ島・三宅島)や溶岩ドーム(屈斜路火山リシリ)の模型を手にした時の反応は良好であった.

#### 3.2 視覚支援学校中等部の事例

福島県立視覚支援学校にて中学部2年の3学期の理科のうち、マグマの粘性と鉱物組成の関係を学習した後に地形模型を導入した。ここでは三宅島、神津島、富士山の立体模型を一つずつから、二つ並列、さらに三つ全ての順に触察しマグマの粘性と地形の関係について考えてもらった。その結果、三宅島や富士山の火口や侵食地形については容易に認識することができたが、複数の溶岩ドームから成る神津島は複雑で理解が難しかった。また、溶岩ドームが平頂であることから、富士山よりも粘性が低いと勘違いをしてしまった場面もあり、本来の目的に対しては例示する火山の選び方や、印刷物の縮尺の決め方について、再考が必要である。

# 4. 課題と対策

- ・同一範囲の紙による情報の提供の要望が多かった.実際にはアナグリフや赤色立体地図を配布したが,説明時に両方を見比べてもらう等,工夫が必要である.
- ・中高年向けの生涯学習の野外実習では各班に持たせた立体印刷物が「役立に立たなかった」とのアンケートの回答があった. 小学生の企画での反省もあわせると, 地形模型は一人一個ずつ利用できるように配慮が必要と考えられる.
- ・地学に対する知識の少ない利用者は、知識が多い利用者と比べると、カラーの地形情報を求めていることがわかる.現状は白色無垢の印刷物であり、今後はランドマークを付着させる等が必要であろう.

当発表ではポスターに立体地形のパズルを添付する予定である. また, 生態あ雪氷など地形以外の分野での活用のアイディアも参加者から頂ければ幸いである.

#### 引用文献

伊藤 孝ほか (2013): 地質学雑誌, 119, 39-44. 小森 次郎 (2019): 2019 年 JpGU 山の科学セッション講演要旨, MIS20-02. 公開ミニ・シンポジウム 要旨



# 山林資源の利用史からみる山村文化の創造-用材と木地を生んだ里山の針広混交林 飯田義彦(金沢大学環日本海域環境研究センター)

A creation of mountain village's culture viewed from forest utilization history:

Mixed forests of conifers and broad-leaved trees producing woods and wood utensils in Satoyama
Yoshihiko IIDA (Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University)

## 1. はじめに

日本の中山間地では、いわゆる里山として多様な森林樹種を利用する文化が育まれてきた。ところが、戦後の高度経済成長期を通じ、広葉樹林の多くは針葉樹造林地に置き換わり、特定の樹種のみが利用される状況が生じた。森林の多面的な価値が近年見直される中で、森林樹種の多様性に着目した山林資源の利用史の解明が望まれる。

近畿地方北部の丹波高地には、ブナやミズナラなどの広葉樹種で構成される林分に天然のアシウスギが混生する針広混交林が生育する植生がみられる。本発表では、丹波高地東部に位置する滋賀県朽木地域(飯田、2019)を事例として、多様な森林樹種の利用が独自の山村文化の形成につながってきたことを、針広混交林と人びととのつき合い方から探っていく。

## 2. 朽木地域の地域特性

朽木地域は、琵琶湖に流入する安曇川流域に位置し、京都の中心部から約50kmと徒歩でも1日~2日程度で移動可能な圏内にある.こうした地理的特性から、朽木は古くより「都」の影響を受け、政治的、経済的、文化的に中央政権との影響を受け、政治的、経済的、文化的に中央政権とのを密密をはの文献には、朽木地域が奈良の都に木材を供給していたことを示す記述がみられる.平安時代以降の朽木地域は藤原氏一族の荘園や寺院の地位をの朽木地域は藤原氏一族の荘園や寺院の地位を果たした.さらに、鎌倉時代末期からは朽木氏の領地となり、室町幕府の運営が一時期行われるなど、中央政権との良好な関係が明治維新に至るまで約600年にわたり維持された.

# 3. 近世以前の針葉樹の利用

朽木地域は、奈良時代には木材生産の専門組織である「山作所」が設けられ、寺院などの大型建造物を建立する際の用材として「榲榑(すぎくれ)」を供出する場所となってきた。室町時代には、木材を運び出す際の通行料を徴収することも行われていた。河川を利用した材の運搬は江戸時代にも続けられ、用材の多くは安曇川の河口に集められた。現在でも安曇川流域には、流送の安全航行を祈願したシコブチ神社が十数か所残っており、河川による木材の運搬が地域の生活文化に深く根差していたことを伝える。朽木地域はまた山間地で米作に適する土地が少ないこともあり、「榑(くれ)年貢」という木材を税金の一つとして徴

収する制度が設けられた.

現在でも朽木に自生するアシウスギは、こうした用材生産に歴史的に利用されてきたものと思われる. 朽木地域での針広混交林の「針」(針葉樹)の利用は、地理的に近い中央政権との結びつきもあり、地域の経済活動を支える重要な基盤としてその役割を果たしてきたとも理解される.

# 4. 近世以前の広葉樹の利用

針広混交林のうち「広」(広葉樹)の利用は、木地(きじ)生産が注目される。木地屋が山から伐り出した原木を轆轤で挽いて盆や椀などをつくり、続いて塗師屋がこれらに漆を塗るというように分業的に漆器が生産された。朽木地域の木地製品は、江戸時代初めごろの案内記にすでに取り上げられており、広く知られた名産品であったことが理解される。とくに丸盆の一つである「菊盆」は有名で、参勤交代時の幕府への献上品としても重宝された。

朽木の麻生木地山では、木地生産に使われる原木の採取について「ロクシュノキ」という制がとられ、トチ、ブナ、カツラ、ケヤキ、イヅクメ、クロマメといった樹種が使われた.一方、朽木に隣接する大津市貫井では、トチ、ミズネ、ケヤキ、サクラ、ホウ、マツなどの樹種が木地生産に利用されていた.いずれも周辺の森林植生を反映した利用と考えられ、生育する広葉樹種に応じて木地生産にも地域独自の工夫が図られたといえる.しかし、こうした地域の植生に適応した木地生産の文化は昭和時代中期ごろまでにはほぼ消滅した.

#### 5. 近代以降の森林資源利用

朽木地域では、明治時代から昭和時代にかけて、 木炭生産や鉄道の枕木生産などに広葉樹種の天 然林を大量に利用伐採するという時期を経て、伐 採跡地をスギの人工造林地に転換するような政 策と施業が積極的に進められた. 現在、朽木地域 の森林面積の約半分を占める針葉樹(スギ人工林) の植生景観は、近年60年ほどの歴史しか持たず、 比較的新しく成立したものであるといえる.

針広混交林と地域経済の通史的な見方は、将来の人工林伐採後の森林利用を思い描く際に有用な見方を提供してくれるのではないだろうか.

# 引用文献

飯田(2019), 水野・藤岡編『朽木谷の自然と社会の変容』, 101-110.

# コモンズとしての現代林野の模索―利用と保全を併進する林野共同体―

松尾容孝 (専修大学文学部環境地理学科)



# Exploring the Forest System Suitable as the Common-Pool Resources in the Present Time Yasutaka Matsuo (Dept. of Geography, School of Letters, Senshu Univ.)

### 1. はじめに

本発表の目的は、さまざまな次元からの要求 が錯綜する現代林野に対して、コモンズとして の利用と保全を成り立たせる仕組みを追求す ることである。ここでは、基本的な特性を示す とともに、実践例を紹介し、あるべき林野共同 体について検討する。

#### 2. 現代林野の主たる機能

林野は複層的で多様な機能をもつ。現代では 地球(グローバル)・国・県市・ムラの各レベル において主要な機能をもつ。

また、先進国と開発途上国、旧大陸と新大陸において、林野の存在形態は同様でない。

したがって、各機能が対立しない、統一的・包括的な利用と保全の追求が望ましい。「共有地の悲劇」仮説の誤り(G. Hardin(1968), D. W. Bromley(1992)(2002))、国・国際機関の性急な介入の問題点と地元当事者管理の再評価(E. Ostrom(1990), AJES75-2(2016))、利用・管理の弱体化と共用財化の展望(P. Blaikie & H. Brookfield(1987))の具体的検討が必要である。

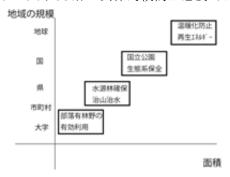


図1. 現代林野の主たる機能群



図2. 林野が提供する財のタイプと規定要因

#### 3. 旧大陸の林野での取り組み

# (1) 歴史的存在形態とその到達点

公私共利のもと、治外法権の林野(Royal Forest)も誕生したが、ムラによる「持分林野と惣山による利用・管理」とムラ連合による管理(流域型と山体型)が前近代期に確立した。

新大陸の「土地」観念は私有・排他的所有観が基本であるが、先住民政策により、旧大陸を 参考にした林野観が今後比重を増すと考える。

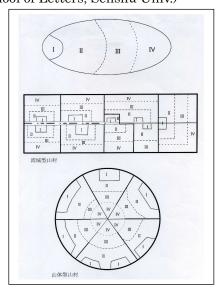


図3. 山村の領域と村落結合:流域型・山体型

# (2) 資源利用の組み合わせと保全の推進

木質バイオマス利用の普及により、利用の制限による保全(ex保安林)とは別に、カスケード利用による保全が増えている。

団協による個別経営体の協業や森林組合による地方公共団体や流域等の地域での森林管理運営計画、さらに用材・バイオマス発電のカスケード利用を目指す市町村連合の林業経済活動が日本での現在の状況である。

一方、オーストリアでは地方と国の連携による用材とバイオマス発電・暖房利用の林業経済活動、EUではイタリア、スロベニア、ハンガリー、ギリシャ、ドイツ、オーストリアの自然保護区と国立公園での横断的な木質バイオマス事業(BIOEUPARKS)など、生態系や景観の保全を含む持続可能な森林経営、複層的で多様な林野の利用と保全がより進展している。

# 4. コモンズ概念と持続可能性の追求

コモンズとしての林野観は、価値観やアイデンティティ(一体性志向)が共有できて実体化する。日本における過疎化の中での動向、地域性を伴うこの展開の海外での事例を紹介し、一方で権力(権原)・公正・所有観念等に留意して一義的でないコモンズ概念を整理し、それに照らして、議論を深めたい。

#### 文献

松尾(2006.3)林野コモンズを活性化させる取り 組み『専修人文論集』78, pp49-74.

松尾(2019.3)日本林業の衰退・再編と地域アイデンティティの模索(松尾編『アクション・グループと地域・場所の形成』専修大学出版会 所収)p297-336.



# 東アルプスの山岳景観 -景観生態学の視点から-

横山秀司 (九州産業大学名誉教授)

The Mountains Landscape of the East Alps – From a Viewpoint of the Landscape Ecology Hideji YOKOYAMA (Kyushu Sangyo Univ., Prof. Emeritus)

#### 1. はじめに

ョーロッパアルプスは、ボーデン湖の東端から コモ湖を結んだ線を境に大きく東アルプスと西 アルプスに2分される。東アルプスはまた、北部 アルプス、中央アルプス、南部アルプス3分され る。各アルプスでは地形、地質、気候、植生など の地因子が異なることよって、それぞれ特徴的な 山岳景観を形成している。以下、各アルプスの特 徴を記す。

# 2. 北部アルプス

イン川、ザルツァッハ川、エンス川より北側を占め、主稜線はほぼ東西方向に走る。標高 3000 mを超える峰はレヒタールアルプスの1峰(3036m)のみで、氷河はダッハシュタイン山群などにごくわずかに見られるだけである。特にドロマイトよりなり、氷食を受けた山地ではチンネ(尖塔)や鋸歯状の稜線を呈し、その山腹には岩屑斜面や崖錐が発達しているところが多い。しかし、東部の水平な石灰岩地域では、ラックス地形と呼ばれる高原状の地形が発達し、ドリーネなどのカルスト地形が形成されている。気候は海洋性気候の特徴を示し、年間の降水量は 1000mm を超えるところが多く、夏に集中する。

地形、地質、気候などの相互作用の結果は、亜高山帯の針葉樹林とその限界付近の景観に現れている。亜高山帯を形成するのは主にドイツトウヒ (*Picea abies*) で、概ね標高 1600~1900mで森林限界となり、中央アルプスよりも低い。それは、北部アルプスは夏の曇天・雨天により中央アルプスよりも夏の気温が低くなること、石灰岩地域特有の岩屑斜面や崖錐が物理的に森林の上昇を抑えているからである。森林限界を超えた高山帯下部にはハイマツ (*Pinus mugo*) が広がっている。ハイマツはアルム (夏の放牧地)となりえない岩屑斜面や雪崩道などに多く分布する。

# 3. 中央アルプス

主に片麻岩などの変成岩からなり、スイスのピッツベルニナの4049mに、オルトラー(3905m)、オーストリアの最高峰のグロースグロックナー(3798m)が続く。3000mを超える主稜線は主に東西に走り、それから北へ多くの支脈が延びている。そのため、北に口を開いた谷が形成され、谷頭部分は氷河の涵養域となり、谷氷河を形成しているところが多い。標高が高いため、カール氷河もよく発達している。気候は、気温の年較差が大きく、年間の降水量が少ないという大陸的特徴を示す。

北部アルプスより夏の気温が高いことによっ て、森林限界は約2000~2200mの位置にある。 亜高山帯の針葉樹林は、主にドイツトウヒである が、森林限界付近ではシモフリマツ (Pinus cembra) とカラマツ (Larix decidua) に変化す る。シモフリマツは氷期にシベリアからウラル、 カルパチア山脈を経てヨーロッパに移動してき たもので、氷期後はアルプスとカルパチア山脈だ けに取り残された形で分布するようになった。ア ルプスでは大陸的気候特性をもつ中央アルプス の亜高山帯にほぼ限られ、潜在自然植生とみなさ れている。しかし、用材などの目的で伐採される など、人為的影響によってその生育範囲が狭めら れてきたので、現在では保護林として自然再生が 行われている。森林限界を超えた高山帯下部では、 北部のようにハイマツは一部を除いてほとんど 見られず、アルペンローゼ(Rhododendron hirsutum)を主とした灌木帯とアルムが広がる。 高山帯はウィンタースポーツの場となり、ロープ ウェー、リフトなどが多数設置されている。また、 氷河スキー場もあるが、近年の温暖化の影響によ る氷河の縮小にともなって、夏の営業を取りやめ ているところがある。

# 4. 南部アルプス

南部アルプスはチンネや塔(トゥルム)、台 地状の平頂峰など特徴のある峰をもつドロミ ーティ山群で代表されるが、ドロマイトや石灰 岩だけではなく、花崗岩や片岩なども分布し、 地質構造も地形構造は複雑である。標高の最も 高い峰はアダメロ山群で 3556m、ドロミーテ ィで 3343mであり、前者には大きな氷河があ るが、後者はわずかに残存しているにすぎない。 気候は中央アルプスよりも降水量は多くなる が、南ティロルのボルツァーノからメラーンに かけての盆地では、降水量が少なく、最寒月平 均気温が氷点下にならないなど、恵まれた気候 条件を生かして紀元前からブドウなどの果樹 栽培が行われている。亜高山帯林は、ドイツト ウヒ・カラマツ・シモフリマツよりなるが、ハ イマツや石灰岩の岩屑斜面などとモザイク状 分布をなし、その上限は約 2000mから南へと 低下していく。



# オーストリアの山岳チロルにおける景観の変容

山本 充 (専修大学)

# Changes in Mountainous Landscape in Tyrol, Austria Mitsuru YAMAMOTO (Senshu University)

#### 1. はじめに

ヨーロッパ・アルプスは世界有数の観光地として知られる。雄大なアルプスの山岳と山地農業が織りなす景観は、観光化の進展と共に変化を余儀なくされてきた。1980年代まで、アルプスにおける観光化の進展状況は東西で異なり、西アルプスでは大規模なホテルや観光施設を伴うのに対して、東アルプスでは素朴な農家民宿が主であるとされてきた。しかし、東アルプスにおいても、その後、観光のあり方が変化するにつれて、その景観も大きく変化しているようである。本報告では、東アルプスの主要な観光地であるオーストリア・チロル地方において、観光の変遷とそれに伴う景観の変容を提示する。。

## 2. 観光化の始まりと「農」の風景

チロル地方における観光化の進展は 1950 年代に始まった。農家は、母屋の一部を客室として提供する部屋貸しタイプの農家民宿を行い始め、このタイプの民宿は 1980 年代初頭まで増加する。当時は、伝統的な家屋と集落景観がある程度維持される中で、観光が補完的な収入源として導入されていった。

実際、1980 年代におけるチロル各地の観光パンフレットをみると、草地の中に建つ素朴なアルム小屋や牧野で働く老農夫、伝統的スタイルのリビングルームや郷土料理をのせた皿などを表す写真が多用され、「やさしい人々と古い習俗を知る」といったキャプションが付けられている。そこでは、昔ながらの山里チロルの「農」の風景が、来訪者を魅了する観光資源として認識され、強調されていた。

# 3. 観光行動空間の拡大と新たな景観要素

1990 年代前半に一時的な落ち込みがあるものの、現在に至るまでチロル州における観光客数は増加している。加えて、別荘が増加して季節的な長期滞在者が増え、かつ、チロル域外からも含めた移住による定住者も増加する傾向にある。

チロルにおける主要な野外活動として、夏季の登山・ハイキング、冬季のスキーが挙げられる。近年、こられに加えて、オフロード・バイクやラフティングなどの広範囲に及ぶ山域において多様なスポーツが行われるようになった。背景には、リフトやゴンドラなどの索道の整備があり、チロル各地で、より輸送力のある索道がより高い地点へと建設されてきた。かくして、山麓集落の近代的な索道ターミナルと山へと続く索道、そして山

頂近くの豪華なレストハウスは、チロルにおける 主要な景観要素となった。

# 4. 観光集落の機能強化と景観の高級化・均質化

観光客が増加するにつれ、彼らが滞在する集落の有する機能が強化される。スポーツ用品店や装飾品店をはじめとしてクラブやバーなど商店や飲食店の立地も進み、都市部に遜色ない消費を楽しむこともできるようになった。場所によっては、高度な商業・サービス業が集積し、装飾品店やカフェが並ぶ高級感をもつ商店街が出現している。

宿泊施設をみても、農家民宿においては、1980年代初頭まで増加傾向にあった部屋貸しタイプに代わって、ベットルームとリビング、ダイニングをセットとして提供するアパートメント・タイプが大きく増加してきた。こうした変化は、農家の母屋とは別棟の宿泊施設の建設を伴っていた。各部屋にシャワー、トイレが完備され、かつ内外装とも豪華となり、宿泊施設の高機能化が進展した。農家民宿以外でも、ホテルだけではなくペンションにおいても、外装が豪華になる傾向があり、さらにサウナやフィットネスルームが備えられ、より質の高い食事の提供にもより気が配られるようになった。

しかし、こうした宿泊施設の質的向上は、チロルにおける各地方にみられた民家の特色を継承することなく、いわゆる「チロル風」の建築様式をもって行われる傾向にあり、景観の均質化が進行しているともいえる。個々の建築物の均質化に加えて、拠点集落の中心商業地においても、どこでも同じような商業・サービス業の集積によって景観上の差異が縮小している。

2015 年現在における各地の観光パンフレットにおいて、背景に雄大なアルプスの山並みと草原が広がる点は、1980 年代と異ならない。しかし、そこでは、登山やスキーのみならず多様な活動を行ったり、快適で洗練された部屋やレストランで寛ぎ楽しむ老若男女の姿が示される。農業によって創り出された風景の中にありながら、農業を直に連想させるものは希薄である。

#### 5. おわりに

チロルにおいて景観の変容をもたらしてきた 観光は、重要な産業であり、当地における居住の 継続を可能にしている。そして、民宿の改良や集 落の機能強化は、農家も含めた居住者の生活の維 持やその質の向上に貢献しているとも評価でき よう。

.

# 2019年10月26日発行

# ©日本山の科学会

© 2019 Japan Society of Mountain Science http://jasms.org/ E-mail: info@jasms.sakura.ne.jp

(無断転載を禁じます)