

機関番号：13801

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2010

課題番号：19310008

研究課題名（和文） 富士山の永久凍土と環境変動

研究課題名（英文） Environmental changes in permafrost area on Mt. Fuji

研究代表者

増澤 武弘 (MASUZAWA TAKEHIRO)

静岡大学・理学部・教授

研究者番号：40111801

研究成果の概要（和文）：富士山において2007年から2010年にかけて永久凍土に関する調査を行った。山頂付近では、剣ヶ峰の西、雷岩の北、白山岳の北側にコケの大きな群落が発見された。また、永久凍土の垂直分布では、その下限が標高3,500mから3,600mに存在し、山頂まで連続的ではなかった。山頂周辺部には維管束植物であるコタヌキラン、イワガリヤス、イワツメクサの分布がみられた。これは近年に山頂周辺の裸地に分布を広げたものである。

研究成果の概要（英文）：The availability of permafrost was investigated from 2007 to 2010. The permafrost were found mostly on the Kengamine, kaminari-iwa, and Hakusandake in summer season. The lower limit of existence of permafrost was about 3,500m to 3,600m at the southern slop. Three species of vascular plants, were distributed on near crater of summit. These plants have invaded in recent years.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	6,200,000	1,860,000	8,060,000
2008年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2009年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2010年度	2,400,000	720,000	3,120,000
年度			
総計	13,800,000	4,140,000	17,940,000

研究代表者の専門分野：植物生態学・極限環境科学

科研費の分科・細目：環境動態解析

キーワード：環境変動

1. 研究開始当初の背景

(1) 背景

1997年から代表者の増澤と藤井により、富士山の永久凍土の垂直的な位置が、約20年間でどのように変化したか、予備的な調査が行われた。約20年間で標高にして100mほど、永久凍土の下限が上昇した可能性があることがわかった。また、富士山の高山帯や山頂付近で過去に記録がなかった地点において、新たに多くの植物が侵入していることも明らかとなった。

このような現状をふまえ、日本列島では極めて貴重な富士山の永久凍土の存在を環境変動の指標として用いるという発想に至った。

(2) 永久凍土の変化

本研究は、永久凍土発見時から、35年間に变化した永久凍土の分布・垂直的な位置の下限・面積を測定する。これと同時に植物の分布域にも注目し、環境変動による平均気温の上昇とそれらの関係を明らかにするもので

ある。

永久凍土の分布は、富士山がコニーデ型であるため、東西南北のどの方向に面しているかにより、下限の位置や変化する速度に差異がある。そのため、今回の計画における測定は次図のように南面と今までに測定されていない西面の2方向で行った。各面において標高 2,500m から 3,776m の山頂まで標高にして 50m おきに地温の測定を行い、増澤および藤井の推定方式により永久凍土の下限を決定した。

2. 研究の目的

富士山に永久凍土が存在することは、1971年に共同研究者である藤井等により報告された(Nature, 1971)。近年、地球温暖化などの環境変動の影響が多く地域で推測されているが、その具体的でかつ科学的な根拠については、定量的なレベルで提示されているものは少ない。そこで世界各国において2000年頃から、永久凍土および氷河における水平・垂直位置の変化によって、環境変動の影響を推定することが注目され始めた。

富士山の永久凍土は発見されてから、長期間にわたり、その存在位置について藤井・増澤らによって測定され、記録されて来た。本研究では富士山の南・西の面および山頂付近について、永久凍土の存在を調査・測定し、その40年間の変化を環境動態と関連づけようとするものである。

すでに近年、富士山の永久凍土については急速に減少している実体をつかめたため、本研究は富士山の永久凍土を対象に科学的で確実なデータを得ることにより、近い将来の地球温暖化の状況を議論し、将来の方向性を提案するものでもある。

3. 研究の方法

(1) 研究計画・方法

富士山の永久凍土の分布を測定するために富士山の測定面を南・西の2系列とした。本研究では、南側面に重点を置き、垂直分布を 2,500m ~ 3,776m まで、標高 30m ~ 50m 間隔で測定を行った。また、ボタン式地中温度計を標高 100m 間隔で地中に設置した。永久凍土の位置を推定するための地中温度測定は、地表から1点につき 30cm・50cm・70cm の深さで行い、8月中旬から9月中旬に集中して行った。

(2) 山頂のコケの分布

1997年のコケ類の分布マップを基本に10年後の分布面積の増減を測定した。特に山頂の剣ヶ峰調査区と白山岳調査区は南極に分布する蘚類とラン藻の共存関係と同様な関

係をもつコケ群落が存在しているため、集中的に調査を行った。2007年~2009年には7月下旬に、約5日間、山頂に滞在し、コケ類の個体数・面積・再生産器官の量等について調査を行った。

(3) コケと高等植物の垂直分布調査

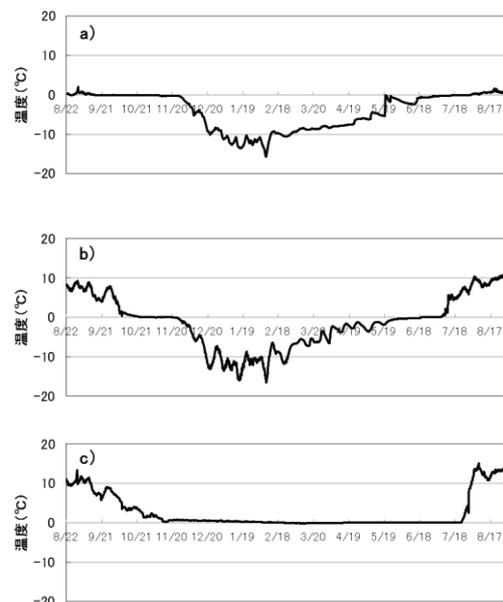
標高 2,500m (富士宮口) から登山道に沿ってコケ類をマップ上に記録した。記録は1997年と同様に登山道から両側(西・東)に20mの範囲とした。標高の低い位置から移動してきた植物を山頂のお鉢めぐり登山道に沿って分布状態を記録する。山頂では、高等植物の侵入地点についてマップの作成を行い、新参入植物種および定着種の個体を記録した。同時にGPSデータも記録した。

4. 研究成果

(1) 永久凍土

2009年~2010年にかけて、富士山頂雷岩北では、8月から11月まで地下50cm深の温度がほぼ0°Cを示していた。このことは、永久凍土が存在することを示している。また、11月中旬から翌年の5月中旬まで、0°C~-20°C以下を示していた。一般的に地温が0°Cから変動せずに一定の値を示す場合、地表面は雪に覆われている。したがって、0°C~-20°C以下を示す場合は、積雪がなく、そのため土壌が凍結していたことになる。富士山頂雷岩北では、この期間に地表面の雪が氷となり、外気温の影響が地温に直接的に影響していると考えられた。

調査地の標高が低くなるにつれて、8月の地温を示す値が約10°Cから12°Cと高くなり、また、0°Cを一定に保ち始める時期が10月後半から11月初旬と遅くなっていた。このように、標高の違いによる、土壌温度の違いが年間を通して明らかにされた(図1)。



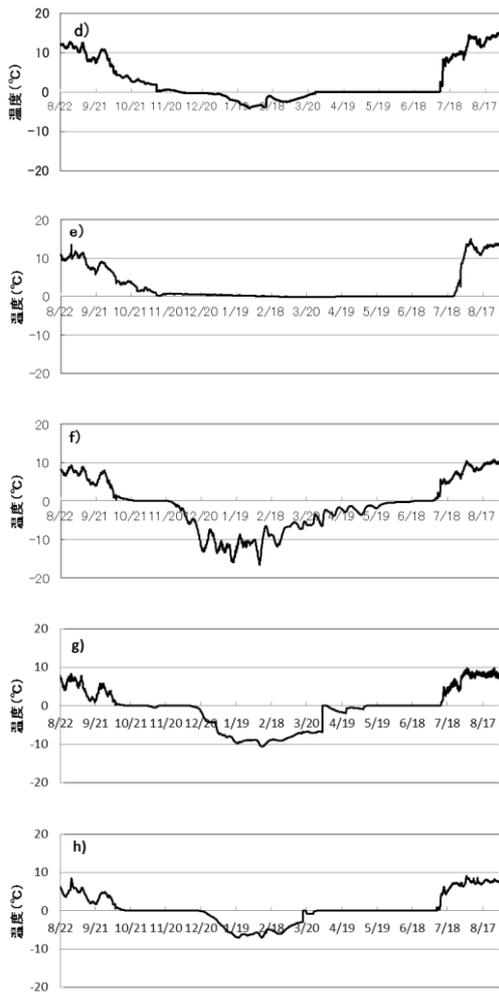


図1
2009年8月から2010年8月における各調査地点の地表面50cm下の土壌温度
a)富士山頂雷岩北、b)標高3,750m地点、
c)標高3,350m地点、d)標高3,300m地点、
e)富士山頂剣ヶ峰北、f)富士山頂白山、
g)富士山頂測候所裏、h)富士山頂金明水

永久凍土の分布範囲は、山頂の平面でみると、西側と北側に広く分布していた。南側では発見当時に分布していた地点で、その分布が見られない場所もあった。

永久凍土の垂直分布範囲においては、1976年当時は富士山の南面ではその下限が標高3,200m付近であった。1998年には同様の調査を行い、下限の標高は3,300m付近に変化した。本研究においては、標高3,500mから3,700mにかけてははっきりとした下限を推定することができなかった。過去の調査結果と比較して検証を行った結果、永久凍土分布範囲は標高の高い部分に移行変化して、それらは連続的でなくモザイク状に分布していることが明らかとなった。この変化は、近年の地球温暖化と関係していると考えられた。

(2) 維管束植物の侵入

富士山頂において、永久凍土の分布を調査した地点と同様の地点において、維管束植物の侵入の有無の調査を行った。富士山頂の剣ヶ峰南東斜面、旧環境省施設北側斜面、に以下の植物3種が観察された(図2)。

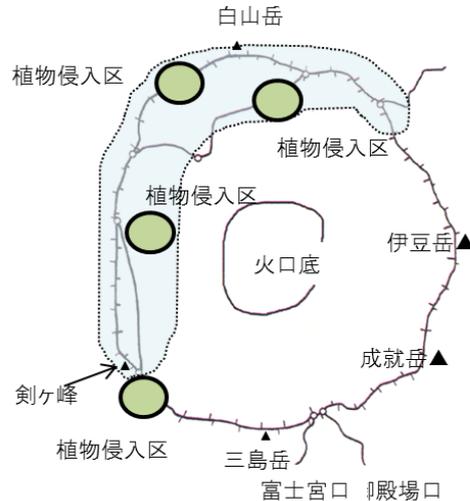


図2
富士山頂における維管束植物の侵入が観察された地域・破線内は永久凍土を示す。

コタヌキラン (*Carex doenitzii*)
イワノガリヤス (*Calamagrostis purpurea*)
イワツメクサ (*Stellaria nipponica*)

これらの3種は富士山南東斜面の岩場、標高2400m~2600mに分布し、岩の割れ目や、スコリア土壌の比較的安定した場所で普通に見られる植物である。特にイワツメクサについては、過去の調査では6合目付近までは多く観察されるが、それ以上の標高では、小さなパッチがわずかに観察される程度であった。

20年前には、富士山頂において、維管束植物はほとんど観察されていない。しかし、本研究において、これらの場所に維管束植物が侵入していることが観察されたことは、富士山頂においても、維管束植物が生育できる環境が成立しつつあることが示された。これらの結果から、気候変動と植物の分布の拡大については、今後も長期間の追跡調査を行う必要性があると考えられる。

富士山頂では、ヤノウエノアカゴケとラン藻の共存が見られる地点が特徴的である。2008年~2010年の調査では、富士山頂の西側で多くの地点においてみられたこの共存状態が減少していることが明らかとなった。一般的に南極の厳しい環境で見られるような黒色のコケは、ラン藻が多量にヤノウエノ

アカゴケに付着している状態であり、南極に特徴的なものといわれている。

本研究開始時には剣ヶ峰西側には黒色のコケが面積にして約1㎡くらい分布していた。しかし、最終年度の平成22年度秋季にはラン藻の量が減少し、面積にして300cm²ほどであった。この減少は山頂の平均気温の上昇と関係しているものと推察された。また、タカネスギゴケとギンゴケの分布域が拡大している傾向も見られた。この点についてはさらに詳しい調査が必要であると思われる。他種のコケ類については特徴的な分布はみられなかった。

上記の結果を富士山頂の平均気温の上昇を参考に総合的に考えると、結果として得られた内容は近年の地球温暖化に関係しているものと考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計8件)

- ①Kobayashi, K., Yokoi, Y. Masuzawa, T. (2011) Ontogenetic changes in accumulation of rhizomes in monoclonal patch of *Miscanthus sinensis* Anderss. in warm temperate region of Japan, *Journal of Plant Research*, 134 : 359-369 (査読有)
- ②Tomita, M., Masuzawa, T. (2010) Reproductive mode of *Polygonum viviparum* depends on environment *Polar Science* 4 : 62-70 (査読有)
- ③Katagiri, T., Masuzaki, H., Masuzawa, T., Deguchi, H. (2010) *Mannia pilosa* (Aytoniaceae, Marchantiophyta) — new to the Japanese flora. *Tropical bryology*, 31 : 76-80 (査読有)
- ④Masuzaki, H., Hasegawa, H., Masuzawa, T., Deguchi, H. (2010) *Haplomitrium minutum* (Campb.) Engel & Schust. (Calobryales, Hepaticophyta), new to Japan. *Bryol. res.* 10 : 45-49 (査読有)
- ⑤伊藤理恵、増澤武弘 (2010) 富士山森林限界付近におけるオンダテの環境対応、富士学研究 Vol. 7 13-20 (査読有)
- ⑥増澤武弘、富田美紀、長谷川裕彦 (2008) 南アルプス荒川岳南東面における氷河地形と植物群落、日本生態学会誌、58 : 191-198 (査読有)
- ⑦波多野肇、増澤武弘 (2008) 白馬山系蛇紋岩地の土壌特性と高山植物群落、日本生態学会誌、58 : 199-204 (査読有)

- ⑧増澤武弘、富田美紀、藤井理行、神田啓史 (2007) 富士山頂における蘚類群落の分布と永久凍土、富士学研究 *Journal of Fujiology*, 6 : 14-19 (査読有)

[学会発表] (計9件)

- ①大石このみ、埜尾均、増澤武弘
富士山南東側斜面森林限界の30年間の動態
日本生態学会 第58回大会
2011年3月11日
札幌コンベンションセンター (北海道)
- ②伊藤大将、菅澤雄大、増澤武弘
富士山南斜面のブナ群落の構造—富士山のブナはレリックなのか—
日本生態学会 第58回大会
2011年3月11日
札幌コンベンションセンター (北海道)
- ③伊藤大将、菅澤雄大、由井将雄、増澤武弘
富士山のブナ～アザミ塚の大径木群落の形成過程～
日本生態学会 中部地区大会
2010年12月4日
静岡大学 (静岡)
- ④大石このみ、埜尾均、増澤武弘
富士山南東側斜面森林限界の1978年との比較
富士学会秋季学術大会
2010年10月16日
ペガサート (静岡)
- ⑤伊藤大将、菅澤雄大、由井将雄、増澤武弘
ブナ大径木群落の形成過程
富士学会秋季学術大会
2010年10月16日
ペガサート (静岡)
- ⑥増澤武弘、富田美紀、藤井理行
富士山の自然と環境変動
—山頂永久凍土の減少—
富士学会秋季学術大会
2010年10月16日
ペガサート (静岡)
- ⑦富田美紀、徳岡徹、吉永光一、増澤武弘
富士山・熱海・伊豆諸島に生育する植物2種の生態学的・分類地学的研究
—伊豆大島三原山のイタドリとススキの遺伝的差異—
富士学会秋季学術大会
2010年10月16日
ペガサート (静岡)
- ⑧見上賢吾、徳岡徹、増澤武弘
富士山亜高山帯におけるシラビソ林の分布と構造
富士学会秋季学術大会
2010年10月16日
ペガサート (静岡)

- ⑨大石このみ、氏良真知子、増澤武弘
富士山南東斜面における森林限界上部で
のカラマツの実生について
富士学会秋季学術大会
2010年10月16日
ペガサート（静岡）

[図書] (計1件)

- ①増澤武弘 (編著)、共立出版、高山植物学、
2009、445

[その他]

ホームページ等

世界の高山・極地の植生データベース

URL <http://fujisan.umin.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

増澤 武弘 (MASUZAWA TAKEHIRO)
静岡大学・理学部・教授
研究者番号：40111801

(2) 研究分担者

(2007年)

藤井 理行 (HUIII YOSHIYUKI)
国立極地研究所
研究者番号：20125214

(2007年)

中野 隆志 (NAKANO TAKASHI)
山梨県環境科学研究所
研究者番号：90342964

(2007年～2009年)

木寄 暁子 (KOZAKI AKIKO)
静岡大学・理学部・准教授
研究者番号：40397360

(3) 連携研究者

(2008年～2010年)

藤井 理行 (HUIII YOSHIYUKI)
国立極地研究所
研究者番号：20125214

(2008年～2010年)

中野 隆志 (NAKANO TAKASHI)
山梨県環境科学研究所
研究者番号：90342964

(2010年)

木寄 暁子 (KOZAKI AKIKO)
静岡大学・理学部・准教授
研究者番号：40397360