

# 富士山の永久凍土

静岡大学理学部

増 沢 武 弘

## 1 永久凍土

地表面近くの凍土は、日本列島の九州以北では厳冬期によく見られる。普通、地表面が凍って持ち上げられた状態を「霜柱」と呼んでいるがこれは春先には溶けてしまう。それに対し永久凍土とは、「少なくとも連続した 2 回の冬と、その間の 1 回の夏を合わせた期間より長期にわたって、 $0^{\circ}\text{C}$ 以下の凍結状態を保持する土壌または岩石のこと」と定義されている。シベリアやアラスカでは普通に見られるが、日本では富士山以外に北海道の大雪山、本州の北アルプスの一部にしか存在しない。

真夏でも富士山頂の土が凍っていることは、1935年に中央気象台の測候所が設置されたときから知られていた。新田次郎は小説『芙蓉の人』で、富士山頂において気象観測を行った野中到の業績を紹介している。山頂に観測所を建設するにあたり、非常に苦労したという「コンクリートのよう固い土」は、この永久凍土であった。その後も気象庁関係者のあいだで「夏の地下の氷」と呼ばれていた。しかし、残念ながら本格的な調査は、1975年夏に当時名古屋大学の大学院生であった藤井理行氏らが行うまで待たなければならなかった。この調査で初めて、富士山頂に永久凍土が存在し、その下限は標高 3100m 付近であることが確認された。

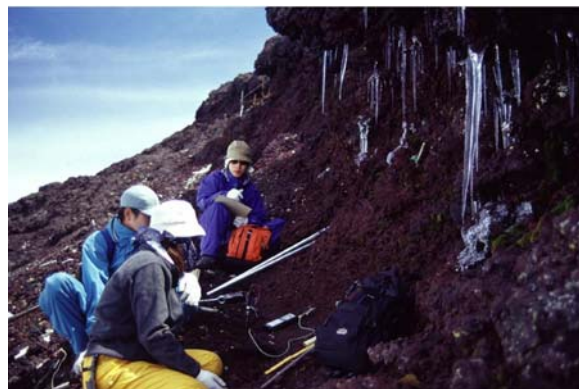


写真 1 富士山頂標高 3700m 付近での永久凍土の分布調査。ステンレスの棒を打ち込み、長いセンサーを持つデータロガーを使用する。

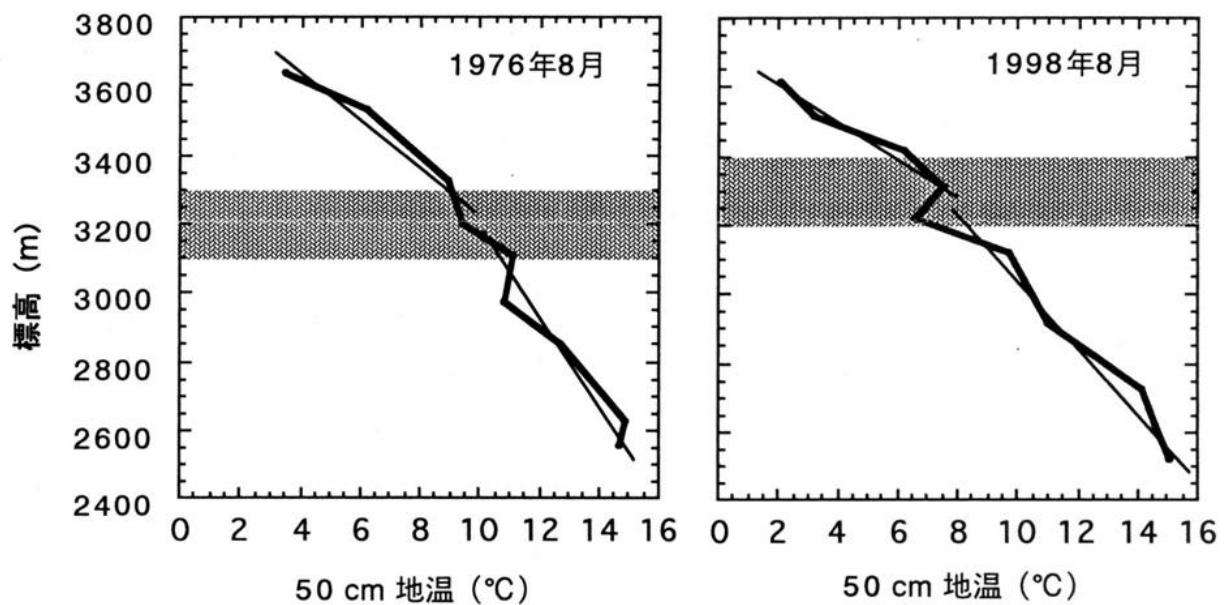


図1 過去22年間の富士山南斜面における永久凍土下限高度の変化。

推定下限高度の範囲(網かけ部分)は、過去22年間で100m程度上昇した可能性を示している(藤井・増沢ら 1999)

1976年、名古屋大学の藤井理行氏は富士山頂付近に永久凍土があることを初めて内外に発表した。その研究では標高2500mから山頂の3776mまで凍土の垂直分布を調べた。土の表面から深さ50cmの地中の土壌温度を標高別に測定し、永久凍土の下限を推定した。当時富士山の南面では下限の平均値が3100m付近であった。その後、増沢と藤井は1997年に静岡県との援助を受けて22年前と同様の調査を行った(写真1)。その結果、永久凍土の下限の平均値は標高3200m付近であり、ほぼ標高にして100m上昇したことがわかった。1976年と1998年の2回の調査結果は図1に示した。藤井と増沢は1999年にこの結果を発表し、下限が上昇したのは山頂の気象データから、最近の温暖化に関係しているのではないかと推定した。

今回、が行なった永久凍土の調査は22年ぶり2度目のことであった。調査は、永久凍土の垂直分布の変動と同時に凍土とコケ類の分布域に注目して行われた。富士山頂の外縁における永久凍土の分布とコケ類の分布を図2に示した。その結果凍土分布とコケ類の分布に、深い関係があることがわかった。

またコケ類とラン藻の共存など、南極でよく見られる現象が富士山頂でも見られ、日本列島のほぼ真ん中に南極と類似した自然があるのではないかと想像された。

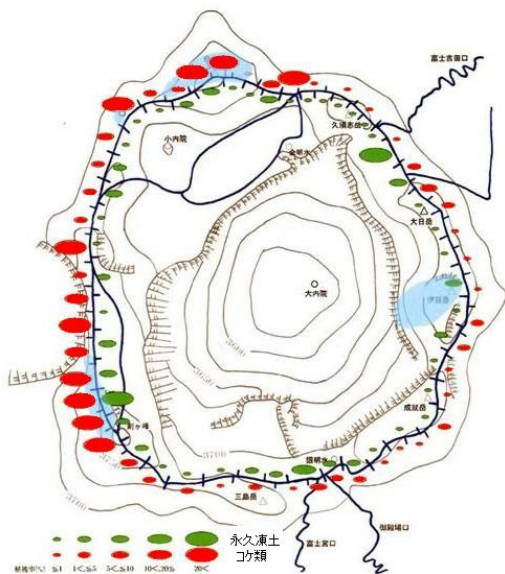


図2 富士山頂のコケ類の分布と永久凍土。  
赤色はコケ類、青色は永久凍土を示している。

同時に、以前の調査時に比べ永久凍土の下限が 100m 上昇していることも確認された。日本列島では永久凍土の存在は大変貴重なものである。この下限が約 22 年間で 100m 上昇していたことは明らかに富士山から永久凍土が減少していることになる。今後、この変動について注目する必要がある。近年、富士山頂の平均気温も上昇しつつあるため、温暖化の影響が富士山頂の自然にも出始めていることが懸念される。

## 2 山頂の永久凍土とコケ植物

1990 年夏、生態学者である広島大学の中坪氏と島根大学の太谷氏は南極での植物の調査を終え、翌年に富士山頂へ登った。彼等は富士山で最も標高の高い剣ヶ峰に到り、その周辺に南極で見られたコケと似ているヤノウエノアカゴケ(*Ceratodon purpureus*)を発見した。南極ではこのコケは独自に生育していることは少なく、ほとんどの場合ノストック属(*Nostoc*)のラン藻類と共存している。ヤノウエノアカゴケにノストックが住みつくとその表面は少しずつ茶褐色になり、いずれは黒い色に変色する。彼等は山頂でこの黒色のコケを観察して、この共存状態は南極と同様なコケの生き方ではないかと想像したのである。写真 2 は富士山頂でコケ類の分布調査をしている状況を示したものである。

極限環境とも言える南極の露岩地帯や富士山頂でコケ類がラン藻類と共存している状態とその過程は以下のようなものである。ヤノウエノアカゴケはシュートが伸長し始めると葉と葉の間に空間ができる。この空間は強風による極端な乾燥や機械的な作用を避けることができ、その周辺は安定した湿度条件となる。このような環境は地上で生活するラン藻類にと

って極めて条件が良いものと推定できる。したがってコケの表面のシュートの伸長と共にラン藻類はその空間を利用して、個体を増殖させることになる。

藻類のうちノストックの仲間は空気中の窒素を固定する能力をもっている。この仲間は緑色のコケのシュートの空間で急速に増殖していく。その結果、コケの表面は少しずつ茶褐色に変わっていき、さらに増殖が進むと藻類がコケの表面をすっかり覆ってしまい、やがて表面は黒色に変化する。南極の昭和基地周辺の黒色化したコケの状態を写真 3 に示した。



写真 2 富士山頂のコケ類調査。ヤノウエノアカゴケの他に 10 種類ほどのコケ類が生育している。



写真 3 南極昭和基地周辺のラングホブ雪鳥沢のコケ群落。

最初はシュートの葉の周辺に付着しているノストックがわずかに見られるのみであるが、褐色から黒い状態に変化している過程では、ラン藻類がシュート間を埋めつくすように繁殖している。最終的には、シュートの表面をすべて埋め尽くしてしまう。

こうなるとコケは光合成や呼吸の活性が著しく低下し枯死してしまう。「母屋（おもや）」を構成しているコケが枯死すると、ラン藻類が生活している好的な条件は失われ、いずれはラン藻類も枯死することになる。このままではコケもラン藻もその土地から絶えてしまうことになる。しかし、写真に見られるような黒く変色したコケの縁には緑色の若いコケがかろうじてシュートを伸長させている。この若いコケは窒素固定をしたラン藻が枯死し、その時に放出された窒素を吸収し、新しいシュートを伸長させ群落を拡大していく。

上述のような一連の過程が南極のコケの生育特徴であるが、これが富士山頂にも見つかったのである。山頂の周辺でコケの分布を調査してみるとコケ類がカーペット状に生育している場所がある（写真 2）。このような場所は大きな岩や岩盤に接していることが多い。富士山頂で永久凍土の分布をみると凍土は剣ヶ峰の岩場、白山岳の岩場、雷岩などの大きな岩や岩盤を取り囲むように分布している。永久凍土は夏の最も乾燥した時期から初秋まで少しずつ融解することにより、岩場の周辺の浸出水としてコケ類に水を供給していると思われる。この水源によりヤノウエノアカゴケとラン藻類は互いに助け合う形で共存しているように見える。