

クライミング技術を駆使した地質踏査～5万分の1地質図幅「富士山」の例～

Make full use of the climbing techniques for the geological survey.
Case study of GEOLOGY OF THE FUJISAN DISTRICT.

共通事業本部 地質部 安藤 勸



独立行政法人産業技術総合研究所では、現在 5 万分の 1 地質図幅「富士山」を作成するための調査を実施しており、当社ではこれらの内でも踏査困難な急崖箇所に対し、クライミング技術を使ったサンプリング調査をおこなっている。急崖箇所でのクライミング調査による目視観察と試料採取は、地質学上の重要箇所を直接調査できることばかりか、地質の重なりを連続的に観察できるなど、遠隔からの探査技術や機械化技術が及ばない箇所の詳細な情報を得る上で極めて有効で、地質図幅の精度向上や富士山の変遷を解明する上で重要なデータを得ることができる。また現在の富士山を詳細に理解することは、将来の富士山を推定するために欠かせないことであり、長期的な防災対策にも影響を与える。ここでは調査により明らかとなったことをトピックス的に紹介する。

1. クライミング調査技術について

海岸沿いや山岳地域などに認められる急崖や岩盤斜面での調査では、足場仮設が非現実的であったり現場に近づくことも難しいことなどから直接的な目視観察や試料採取ができないことがある。このような場合、望遠鏡やラジコンヘリコプターによる遠望調査から岩壁の地質状況や性状を推測するにとどまることが多く、岩盤斜面に亀裂が認められても詳細な規模や状態を把握することができない。しかし、ここで紹介するクライミング調査技術を使えば、地質技術者が問題箇所へ直接アクセスし、その評価を行うことができる(例:写真-1)。クライミング調査技術とは、一本のロープで垂直あるいは急傾斜の場所を登降することで調査対象箇所へアプローチし、必要な情報を得る手法である。クライミング調査に用いる技術は、ケイビング(洞窟探検)で発展した SRT(Single Rope Techniques)をベースとし、調査を行うルートを選定や危険回避技術はロッククライミング技術に準じるところが多い。これは、SRT がロープを登降する技術やアプローチに用いる固定ロープの張込技術に優れており、ロッククライミング技術が調査対象へのアプローチ手法や不測の事態に陥った場合のレスキュー手法に優れているためである。

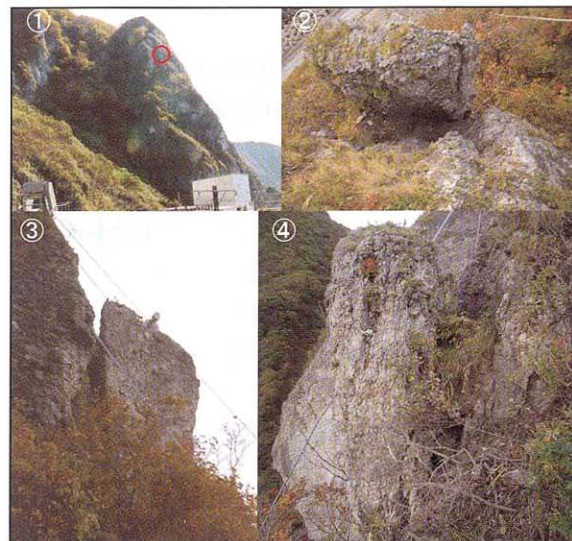


写真-1 塔状の不安定岩塊の調査事例

①赤丸付近に 5×3×1m 程度の岩塊。②岩塊を上方より撮影。③岩塊正面より望遠撮影(人物は筆者)。④岩塊を側方より撮影。

このケースでは岩塊背面に 1m 以上の開口亀裂が認められるほか、遠望写真では確認できない亀裂が脚部に形成されていること、ごくわずかな外力でトップリング崩壊を起こす可能性が高い状態にあることを直接確認した。

2. 富士山でのクライミング調査

独立行政法人産業技術総合研究所では、各種地質図の調査を全国規模で行っている¹⁾。このうち富士山については、1968年に出版された富士火山地質図があるが、近年の社会的要請を受けて、1999年から5万分の1地質図幅「富士宮」、2001年から「富士山」の調査研究を開始させ、富士火山の地質図改訂を進行させている。

富士山に代表される成層火山の地質調査では、その地質情報の乏しさに苦労させられることが多い。これは火山噴火による噴出物が山体を覆い隠してしまい、それ以前の地質情報が見えなくなってしまうからである。そのため、火山を断面的に観察できる深く侵食された沢地形部や火口壁などは、地質情報が連続的に観察できる重要な場所となる。富士山の場合、山頂火口や宝永火口、大沢川沿いの崖面がこれに該当するが、地形が急峻で一般的な踏査では調査が困難なことからクライミング調査を実施することとなった。



写真-2 山頂火口調査実施箇所



写真-4 遠景で白色に見える玄武岩溶岩

3. クライミング調査事例

・山頂火口内でのクライミング調査

富士山の山頂火口は、直径約 750m 程度のすり鉢状地形を呈し、一般に「お鉢」と呼ばれている。国土地理院発行の 25,000 分の 1 地形図「富士山」によると、お鉢の底は標高 3,535m、山頂の標高は 3,775.6m であり、その標高差は約 240m におよぶ。お鉢の底は比較的平坦だが、側壁の傾斜は 70° ～ オーバーハング状となり溶岩²⁾やスコリア³⁾の成層状況が遠望でも観察できる。しかし溶岩層やスコリア層、岩脈⁴⁾の産状や岩石学的性質には不明な点が多い。写真-2 に対岸より撮影したクライミング調査箇所を示した。写真-3 の岩脈は遠望観察では写真-2 の溶岩の一部と考えられたが、現地に下降して観察すると鉛直な岩脈であることがわかり、両者は連続するものではないことがわかった。この結果から地質的な新旧関係を整理すると、図-1 に示した様に写真-3 で示したスコリア層に貫入している岩脈が存在していたことが明らかとなった。



写真-3 スコリア層に貫入する玄武岩岩脈

	クライミング調査前	クライミング調査後
新 ↑ ↓ 旧	スコリア層 ↑ 溶岩層	岩脈 ↑ スコリア層 ↑ 溶岩層

図-1 現地調査より判断される新旧関係

写真-5 および写真-6 は、山頂火口壁に認められるスコリア層の調査状況である。このスコリア層は整然と成層する状況が遠望でも確認され、連続的な地質の記録を残している可能性が推定された。調査を実施した箇所は傾斜 60～80° 程度の斜面内にあり、いずれの方向からも徒歩でのアプローチは困難な場所である。また、スコリア層の下部に到達できたとしても、ロープによる確保がない状態では、斜面内の調査は難しい

と判断された。今回の調査ではロープを登降しながらスコリア層の観察を行い、その中の比較的発泡が悪く緻密な部分⁵⁾の試料採取を下部から連続的に行った。これらの連続試料の分析が進めばスコリア層をもたらしたマグマの組成が明らかとなるばかりか、時代が新しくなるに従いマグマの組成がどのように変化したのかが明らかとなることも期待される。

・大沢崩れ(大沢川)のクライミング調査

大沢川は富士山山頂の西方「大沢崩れ」に源を発し、山頂付近から標高2,200m付近まで深く山体に切れ込み、山麓には広大な大沢扇状地を形成している。また、流域の崩壊面積は約1km²におよび年間平均16万m³程度の土砂が崩壊しているとされる⁶⁾。そのため、深く侵食された大沢川には何層もの溶岩やスコリアが累重する様子が観察され、富士山を断面的に調査できる箇所と考えられた。今回調査を実施したのは大沢川の最上部(いわゆる「大沢崩れ」)で(写真-7, 8)、いくつかの不整合⁷⁾関係が観察されるなど地質学的にも重要な箇所である。また、大沢崩れの地質状況は、流域の砂防事業や防災上の基礎資料としても重要である。



写真-5 調査対象箇所(赤丸内付近)



写真-6 クライミング調査実施状況



写真-7 大沢崩れの調査実施箇所
(写真は 大沢崩れ 右岸より撮影)

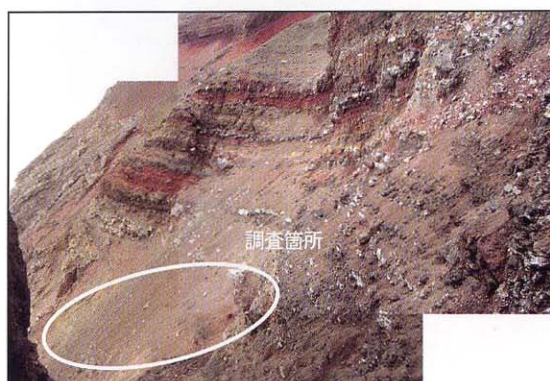


写真-8 大沢崩れの調査実施箇所
写真-7 を撮影した箇所からは尾根状地形の背面となるため直接遠望することができない(大沢崩れ左岸より撮影)。

写真-9 に大沢崩れ上部の調査箇所の一部とその概要を示した。大沢崩れの源頭から下部を望むと、鮮やかな縞模様が交互に積み重なる様子が遠望できる。クライミング調査の結果、これらの縞模様は主にスコリアや火山弾⁸⁾、そしてこれらが高温状態で結合した溶結火砕岩⁹⁾などが交互に積み重なっているものであることを確認した。さらに噴火活動の時間間隙を示す不整合関係が少なくとも4箇所で見られたことから、その周辺で岩石試料の採取も実施した。

これらのフィールドデータとサンプルの分析が進めば、噴火をもたらしたマグマの性質やその変遷が明らかとなると期待される。また、本調査箇所では固結度の低いスコリア層の侵食により、溶結火砕岩層と溶岩層が突出するオーバーハングが多く認められた。この溶結火砕岩や溶岩には斜面にほぼ垂直な冷却節理¹⁰⁾が発達しているため、下部のスコリア層が失われると節理沿いに剥落しやすい状況にあった。このことから、固結度の異なる層状構造が大沢崩れを成長させる素因の一つとなっていると推測された(写真-10)。

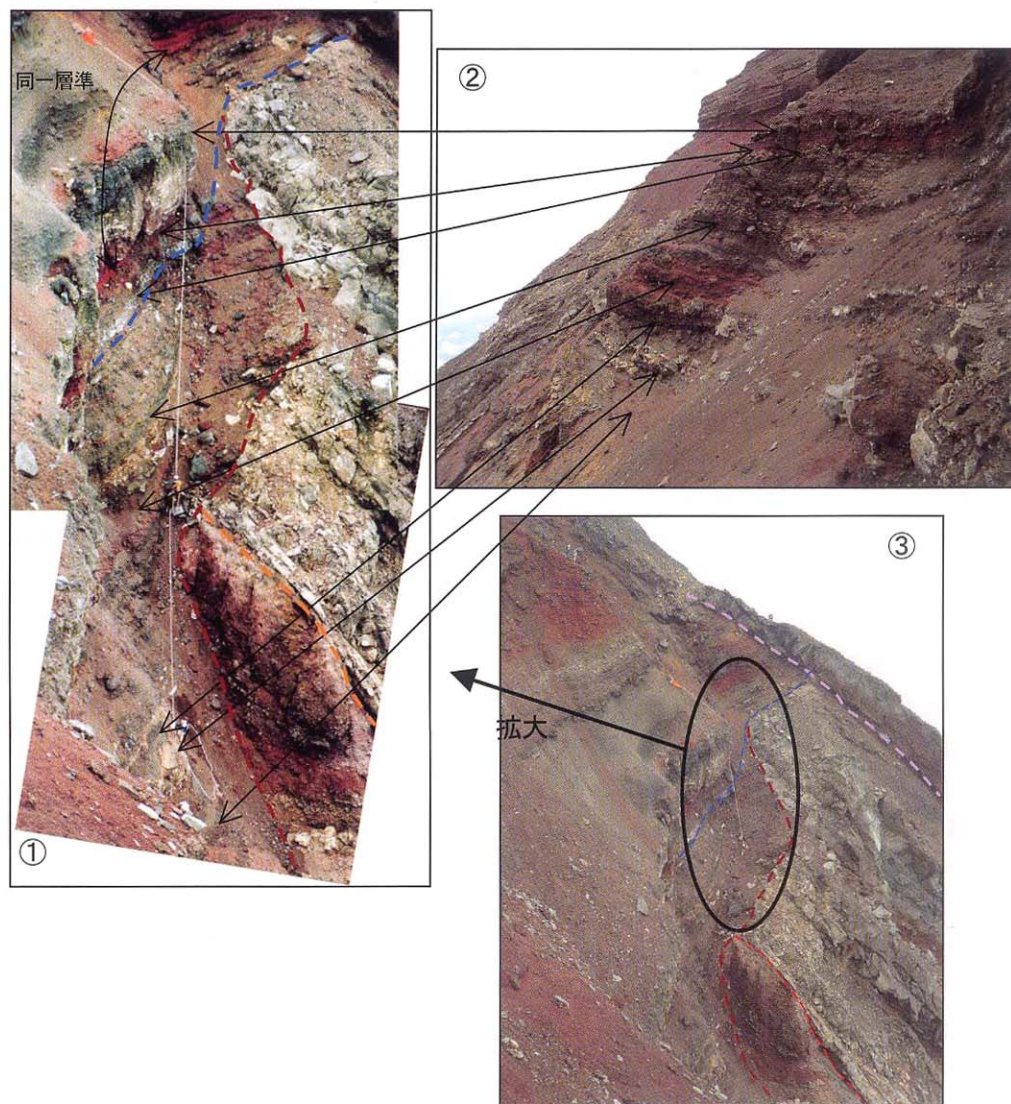


写真-9 大沢崩れ上部の地質状況

①および③写真は、大沢崩れ右岸側からの遠景写真で、塗色破線は不整合面を示す。②写真は左岸から撮影した大沢崩れ中央の尾根状部。左岸側と対比される層準を矢印で結んでいる。①写真内のロープの左右で地層の傾斜方向が逆であることに注意。



写真-10 大沢崩れの崩壊形態

左) 赤色のスコリア層が侵食され溶結火砕岩がオーバーハング化している
 右) 赤色のスコリア層が侵食され玄武岩溶岩がオーバーハング化している

4. おわりに

富士山は西暦 1707 年(宝永 4 年)の宝永の噴火以降、約 300 年にわたりその火山活動を休止しており現在は平穏さを保っている。「日本の心」とも言われるほどに美しい富士山であるが、史料に記載される最も古い 781 年の噴火から宝永の噴火まで 18 回もの火山活動が知られている。言い換えると 300 年間も噴火を休止していたことがないのである。また、産業技術総合研究所の最近の研究成果として、富士火山の火砕流災害や 1,000 年前には南北同時噴火が起こった可能性¹¹⁾も報告されており、過去の噴火の様子も明らかとなりつつある。近い将来おこるであろう火山災害に備え、内閣府が中心となり進められてきた富士山ハザードマップはほぼ完成し、平成 16 年 6 月にその最終報告が行われた。また 11 月には富士山火山広域防災検討会、富士山火山共生ワーキンググループが開催され¹²⁾、火山との共生のあり方や噴火時の問題点などが活発に検討されており、このことから富士山の噴火が社会に与える影響の大きさが伺える。

富士山は日本で最も知られている火山のひとつであるが、その細かな生い立ちは明らかとなっていない部分が多い。それは、冒頭での述べた火山という特性のほか、地質情報が豊富な箇所は急峻であるために詳細な調査が難しいことが理由の一つとして挙げられる。

富士山が現在までどのような成長過程を経てきたかを詳しく調べることは、これからの富士山がどのような成長をしていくかを推察する上でも

重要であり、その結果は今後の火山防災対策にも影響すると考えられる。

当社のクライミング技術を使った調査がこれらの問題点の解明に役立てば幸いである。

なお、本報告は「平成 16 年度 5 万分の 1 地質図幅「富士山」地域の調査研究に関わる大沢崩れ岩石サンプリング報告書(独立行政法人産業技術総合研究所)」から一部を抜粋させて頂いた。

- 1) 産業技術総合研究所の地質図カタログ Web Page
<http://www.gsj.jp/Map/>
- 2) 溶岩(Lava): マグマが噴出し流れ固まったもの。
- 3) スコリア(Scoria): マグマが噴出し固まる際、ガスや水が発泡し著しく多孔質となった黒色の軽石。
- 4) 岩脈(Dyke): マグマが岩盤の割れ目に沿って上昇し板状に固まったもの。
- 5) ほとんど発泡していない岩片はスコリアと比べてマグマの本質的な組成に近いと考えられる。
- 6) 富士砂防事務所の Web Page より引用。
<http://www.cbr.mlit.go.jp/fujisabo/index.html>
- 7) 不整合(Unconformity): 時代が異なる地層が重なりあうとき、両者の関係を不整合関係という。調査対象によって不整合と認識する時間間隔が異なる場合がある。
- 8) 火山弾(Bomb): マグマが火口から飛散したもの。その形態的特長から飛来場所が火口とどのような関係にあるかが推定できることがある。
- 9) 溶結火砕岩(Welded pyroclastic): 火口より噴出し堆積したスコリアや火山弾が高温である場合、内部が溶融して石化したもの。
- 10) 冷却節理(Cooling joint): 高温の溶岩や火砕流が冷却する際、体積収縮の歪による割れ目が生じる。一般的に溶岩の上面と下面から冷却が進行するので、上面と下面から割れ目が進行する。
- 11) 産業技術総合研究所の主な研究成果 Web Page より引用。
http://www.aist.go.jp/aist_j/new_research/new_research_2003.html
- 12) 内閣府 Web Page より引用。
<http://www.bousai.go.jp/>