熊野酸性岩類(花崗斑岩)におけるコアストーン形成場と力学特性

パシフィックコンサルタンツ(株)　○菊池　美帆，江川　千洋，船山　淳
国土交通省 近畿地方整備局 大規模土砂災害対策技術センター　小杉恵，竹下航，北本楽
※令和５年３月末時点所属

1. はじめに

花崗岩類は，風化によってマサ化し，岩盤内部にコアストーン（径数ｍにおよぶ球状の巨礫）が形成され，豪雨時に表層崩壊が発生したり，土石流化して被害をもたらすことが知られている．2011 年９月の紀伊半島大水害では，和歌山県那智川周辺においてコアストーンおよびマサを含む表層崩壊や，それらを巻き込んだ土石流が発生し，甚大な被害が生じた．コアストーンおよびマサが形成され得る地質は日本に広く存在し，そういった地域では，豪雨時に同様の被害が発生する危険性がある．従って，コアストーンが岩盤内部に潜在的に形成される地域を特定できれば，被害が起こり得る地域を予測できる可能性があるため重要である．和歌山県と三重県にまたがる熊野酸性岩南岩体分布域では，過年度成果より，同一花崗斑岩が分布するにも関わらず，傾斜特性の異なる２つの地域（マサ化しやすい地域としにくい地域）に区分されること，そしてこれは貫入岩体の冷却過程の違いによる岩石組織の僅かな違いによりもたらされたものであることが指摘された．

本報告では，上記の仮説に基づき，地質学的・力学的観点からデータを積み上げ，コアストーン形成場と形成メカニズムの立証を試みた．

(20 万分の１シームレス地質図)

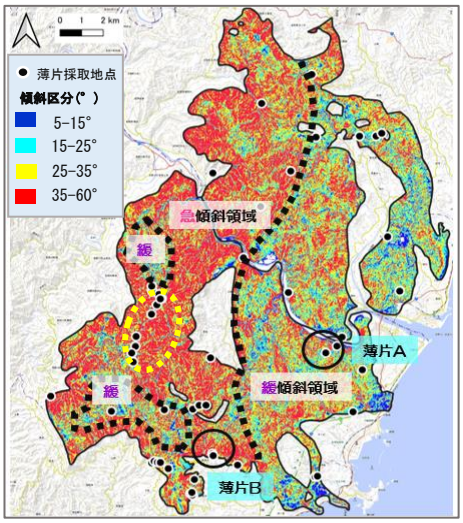


図１ 対象位置
左：地質図
右：傾斜区分図と薄片位置図

2. 調査手法

2.1 薄片分析・露頭調査

花崗斑岩がマサ化し易いものとしにくいものの２種類に区分される要因が冷却過程に由来するのかを検証するため，また，岩体全域における地質分布を面的に把握するため，図１に示す 53 箇所の露頭から岩石試料を採取し薄片観察を行い，岩石組織（構造や粒度）の違いを確認した．今回は特に石基部の粒径に着目し，計測を行った．また，岩石組織の違いによるマサ化進行程度に違いがあるかを確認するため，試料採取露頭の状況を観察し記載した．

2.2 岩石試験

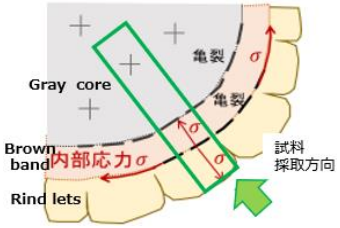


図２ 岩石コア採取模式図

岩石組織の異なるもの同士が近接して確認できる大雲取山周辺の林道（図１黄破線）にて，試料を採取し実験に用いた．コアはコアストーンの被殻部（外側；強風化）から中心部（内側；弱風化）へ鉛直方向にコア抜きし（図２），弱風化部（Grey core）と強風化部（Brown band および Rind lets）の試料を得た（図３）．

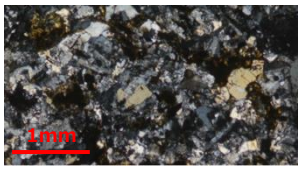
強風化　　弱風化

図３ 岩石コアの一例

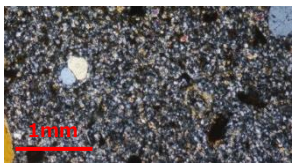
得られたコアを用いて，(1)一軸圧縮試験(2)圧裂引張試験(3)密度試験(4)岩石の化学組成分析(XRF)を実施した．(1)(2)より，岩石の風化による力学特性の変遷を調べた．これらの結果より変形係数を算出し，(3)(4)の結果も用いて，マスバランス法[3)]を適用し体積変化率を算出し膨張力（σ）を概算した．また，膨張に対する抵抗力(S)を引張強度で簡易的に割り当て，これらσ，S を用いて割れやすさを指標化(R=膨張力σ/抵抗力 S)し，岩石の風化に対する物理的抵抗性を評価した．

3. 結果

3.1 マサ化しやすい地質



薄片 A(粗粒花崗斑岩)



薄片 B(細粒花崗斑岩)

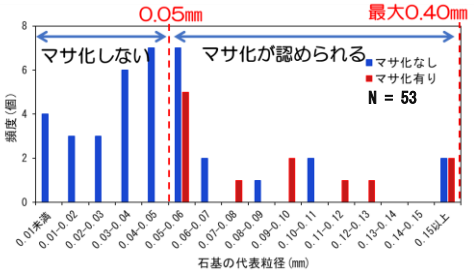


図４ 代表薄片写真と粒度ヒストグラム

薄片の粒径調査結果を図４に示す．薄片の石基部

は，大きく 2 パターンとなり，平均粒径 0.05mm をしきい値にすると，露頭の状況との整合性が高いことが判明した．なお，図 4 のヒストグラムでは，粒径が 0.15mm 以上の粗粒なものでも，マサ化しないものが存在するが，これらは河床や崖など尾根以外の露頭から採取したものである．また，露頭のマサ化程度と比較すると，著しいマサ化がみられたのは粗粒花崗斑岩分布域における斜面の尾根部であることが確認された．

3.2 岩石の力学特性

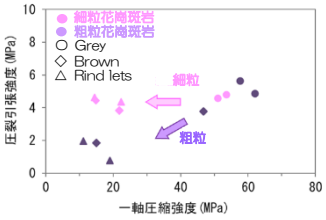


図 5 力学試験結果

粗粒花崗斑岩と細粒花崗斑岩で風化進行時の力学特性に違いがみられた．細粒花崗斑岩は風化進行に伴い圧縮強度が低下するが，引張強度の著しい低下はない．対して粗粒花崗斑岩は風化の進行に伴い圧縮強度のみならず引張強度も大きく低下がみられた．割れやすさの指標 R は粗粒花崗斑岩が細粒花崗斑岩の約 3 倍であった．

4. 熊野酸性岩におけるコアストーン形成場

上記の薄片観察結果より地質学的知見に基づいて，(1) 石基部の粒度の差異によって，粗粒花崗斑岩と細粒花崗斑岩に区分できること (2) 粗粒花崗斑岩の斜面尾根部において著しいマサ化がみられることが判明した．さらに，岩石試験データより，力学的観点から (3) 粗粒花崗斑岩は風化により引張強度が著しく低下し，鉱物の膨張に対する抵抗力が失われる性質を持ち，マサ化しやすい特性をもつことが立証されたと考えられる．

図 6 に薄片観察結果と傾斜区分図を基に地質学的観点に基づき作成した粗粒・細粒花崗斑岩の地質平面図を示す．結論として，貫入岩体の周縁部に急速に冷却し形成されたと考えられる細粒花崗斑岩が分布し，貫入岩体の中心部にはゆっくり冷却し形成されたと考えられる粗粒花崗斑岩が分布すると考えると，岩石薄片によって区分した粗粒と細粒の結果をうまく説明できることが判明した．

さらに，表層崩壊時には，粗粒花崗斑岩が分布する地域でコアストーンおよびマサを含んだ崩壊が発生し，土石流によってコアストーンが遠方まで運搬されることが想定される．対して細粒花崗斑岩ではマサが形成されにくく，崩土は玉石状を呈するためごく薄い表土のみの規模が小さい崩壊が予想され，土石流化しても比較的短い距離で停止することが想定される．粗粒花崗斑岩分布域の尾根部は，マサ化が進行しやすい地域となるため表層崩壊および土石流の危険性が高い地域として絞り込める可能性が示唆される．

5. 他地域への適用検討

本検討によって，花崗斑岩分布域においてマサ・コアストーンが形成されやすい地域と貫入岩の冷却過程が大きく関係している可能性があることが判明した．この考え方は，同様の地質が分布する地域においても適用できる可能性があると考えられる．今後，日本の花崗岩分布域の他地域において同様の検討を行うことで，コアストーンが潜在的に形成されやすい地域を推定することができ，土砂災害の被害軽減に繋がることが期待される．引き続き検討を進めていきたい．

6. 謝辞

本検討において，京都大学防災研究所の松四雄騎准教授，ならびに深田地質研究所の松澤真博士には検討手法および結果に対する議論をともにし，有益なご助言を賜った．記して感謝申し上げます．

7. 参考文献

1) 荒牧(1965):地質学雑誌,第 71 巻,第 842 号.
2) 荒牧･羽田(1965):地質学雑誌, 第 71 巻第 841 号.
3) Brimhall G, H. and Dietrich W, E. (1987)Geochimica et Cosmochimica Acta, 51, 567−587.
4) Hirata. et all (2016): Earth surf, Process Landforms
5)川上･星(2007):地質学雑誌, 第 113 巻

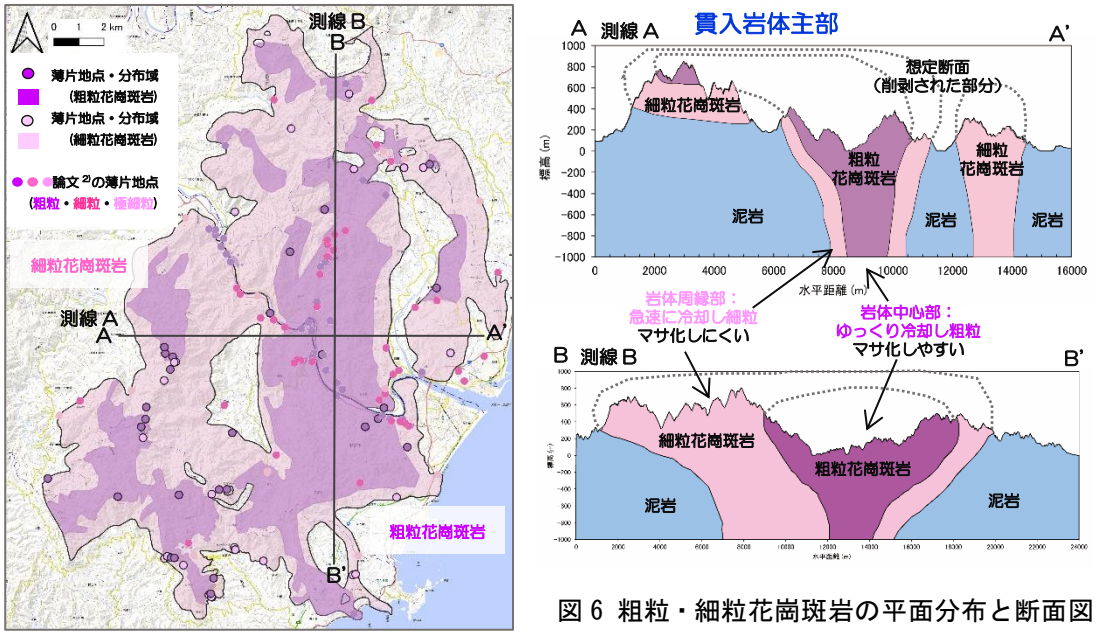


図 6 粗粒・細粒花崗斑岩の平面分布と断面図