14.花崗岩地帯における基盤岩風化状況と化学成分特性の関係性

日下部　裕貴[1]*・川越　清樹[1]・藪崎　志穂[2]

[1]福島大学共生システム理工学研究科（〒960-1296福島県福島市金谷川1）

[2]総合地球科学研究所研究員研究基盤国際センター（〒603-8047 京都府京都市北区上賀茂本山457-4）

＊ E-mail: s2270017@ipc.fukushima-u.ac.jp

本研究では，全国の花崗岩地帯の地質風化状況に着目し，河川水から化学成分特性の把握をした．地質の風化状況を河川の表流水より花崗岩の風化の際に溶出する化学成分から化学的同定とモニタリングの可能性の検討を目的としている．研究の対象地として，福島，秋田，長野エリアを対象とし，風化の際に溶出する６元素に着目し比較検証をした．結果として，成分を比較したとき福島エリアでは，相対的にKの溶出量が多く，秋田，長野エリアでは*Fe*の溶出量が多い結果が得られた．全体として崩壊率5%を超える地域では*Ca,Mg*双方の流出量が多い結果となり，崩壊率の高い地点ではCaの溶出量が比較的多く見られたことから，溶脱力の高い*Ca*に着目することで風化のポテンシャルを表す指標となる可能性を求められた．

Key Words : *granite, weathering, climate change, icp-ms, Sediment production*

1. はじめに

近年，気候変動の影響により全国的に降水量の観測史上最大の更新が相次いでいる．その影響により内水氾濫，外水氾濫，土砂災害などの甚大な被害を引き起こす災害が多発おり，災害が複合化し一つ一つの災害に比べ被害が大きくなる傾向を示す．複合化災害の一例として令和元年東日本台風が挙げられ，土砂・洪水氾濫による複合化災害により甚大な被害を受けた災害である[1)]．令和元年東日本台風において土砂災害の被害を受けた地域の地質は花崗岩であり，災害の要因の一つとして基盤岩である花崗岩の風化が関係しているといわれている．花崗岩地帯の災害事例として，平成30年広島豪雨災害や令和元年東日本台風等が挙げられる．このような災害による被害を最小限に留めるための対策をとることが気候変動下の適応策として必要となる．現在はハード対策として砂防堰堤や堤防強化などされているが，適切な設置が難しく災害後に設置されることがある．ソフト対策はハザードマップや土砂災害防止法などあるが，ハード対策の及んでいない地点や土砂が多量に生産される地域は危険となる．そのため被害を最小限に留めるには土砂生産のしやすい地点を予め把握し，災害の発生を予測する必要がある．土砂生産する要因として，地形や降雨以外に地質の風化状態が挙げられる．さらに地質風化はデータベースの整備により推定することは可能であるが，風化状態の導出は行われていない．地質の風化状況を調査では主にボーリング調査や電気探査を用いるが，この方法は特定の地点風化を見ることしかできないことや時間を有する．そのため流域全体を網羅し，簡易的に広範囲の地質風化を特定するために技術開発を行う必要がある．

以上を背景に，本研究では，全国の花崗岩地帯において，風化過程で河川の表流水に流出される化学成分から花崗岩の風化度を広範囲で導出をした。対象地域として令和元年東日本台風の被害があり，白亜紀後期の花崗岩地質の福島エリアと白亜紀前期の花崗岩地質である秋田，長野エリアの３つのエリアで調査をした．

地点	地域	代表名称	地質年代	新生代	白亜紀後期	白亜紀前期	ジュラ紀	三畳紀	地質年代	岩石種類
A	秋田	森吉山							白亜紀後期	花崗閃緑岩・トーナル岩
B	岩手	北上山地							白亜紀前期	花崗閃緑岩・トーナル岩
C	福島	阿武隈高地							白亜紀前期	花崗閃緑岩・花崗岩・トーナル岩
D	富山	飛騨高地							新生代ジュラ紀～三畳紀	花崗閃緑岩・花崗岩・トーナル岩
E	長野	木曽山脈							白亜紀後期	花崗閃緑岩・花崗岩・トーナル岩
F	三重	鈴鹿山脈か局ヶ岳							白亜紀後期	花崗閃緑岩・花崗岩・トーナル岩
G	広島	山陽帯							白亜紀後期	花崗岩
H	福岡	筑紫山地							白亜紀前期	花崗閃緑岩・花崗岩・トーナル岩
I	熊本	筒ヶ岳							白亜紀前期	花崗閃緑岩・トーナル岩

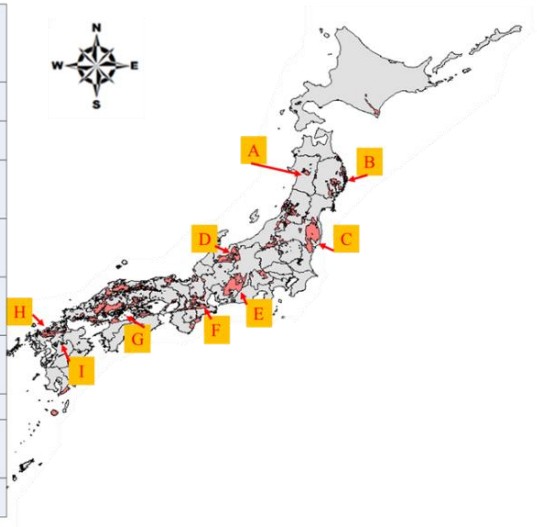
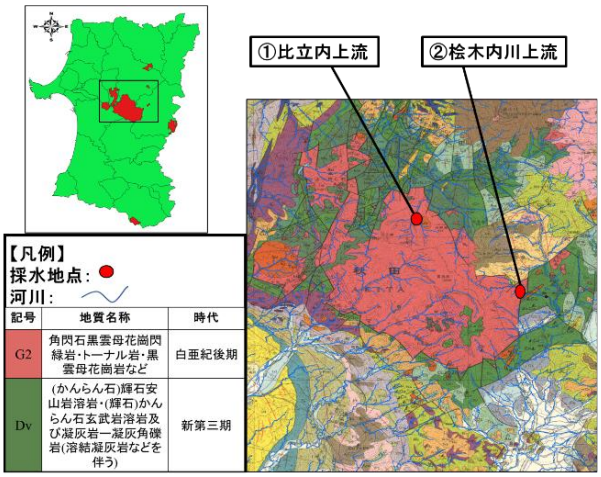
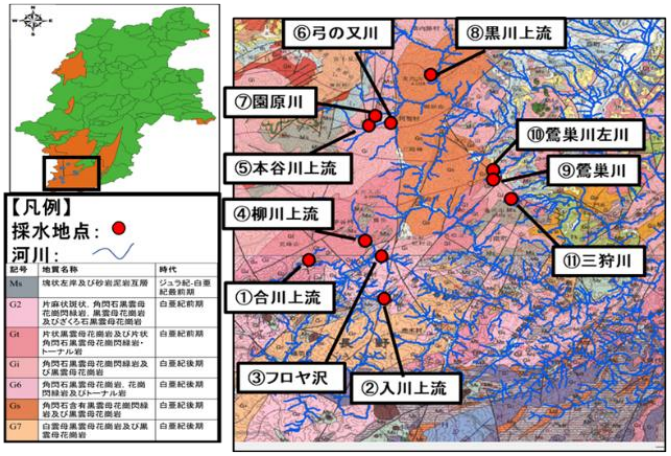


図 1-全国の花崗岩地帯における年代表と分布図



(1)秋田エリア採水地点



(2)長野エリア採水地点

図 2-各エリアの領域平面図

2. 解析方法及びデータセット

(1)全国花崗岩地帯の導出

産総研調査地質センターの20万分の1シームレス地質図を用いて，日本各地の主要な花崗岩地帯について地域，地質年代をまとめた結果を図1に示す．

日本の主な花崗岩地帯として9地点が挙げられた．花崗岩類の地質年代として岩手，福島，福岡，熊本エリアは白亜紀前期に生成された地質であった．また，秋田，長野，三重，広島エリアの地質年代は白亜紀後期に生成された地質であった．富山エリアでは一部新生代に生成されており，概ねは白亜紀以前の三畳紀からジュラ紀にかけて構成されている．

本研究の研究対象地点として9地点の中から，川越ら[2)]の福島エリアにおける調査結果を基に秋田，長野エリア地点を流れる河川の表流水を化学分析し，比較・検討をした．秋田，長野エリアの調査地点を図2に示す．

調査地点となる秋田エリアの花崗岩地質は白亜紀後期の角閃石黒雲母花崗閃緑岩・トーナル岩・黒雲母花崗岩などで構成されており，福島エリアの阿武隈高地に似た地質である．また，長野エリアの花崗岩地質は概ね白亜紀後期の黒雲母花崗岩・角閃石黒雲母花崗閃緑岩によって構成されている．

(2) サンプリング方法

現地調査から長野県で11地点，秋田県で2地点に

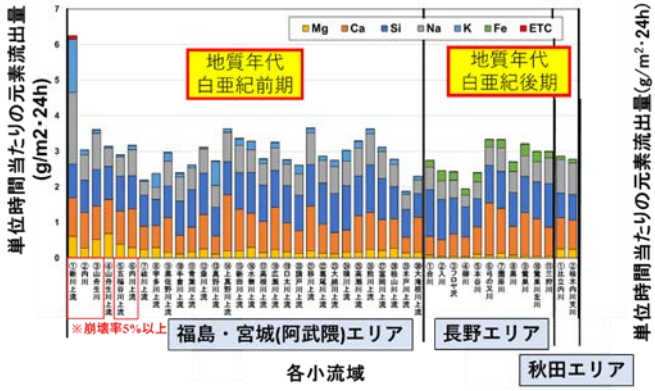


図 3-各エリアの元素流出量

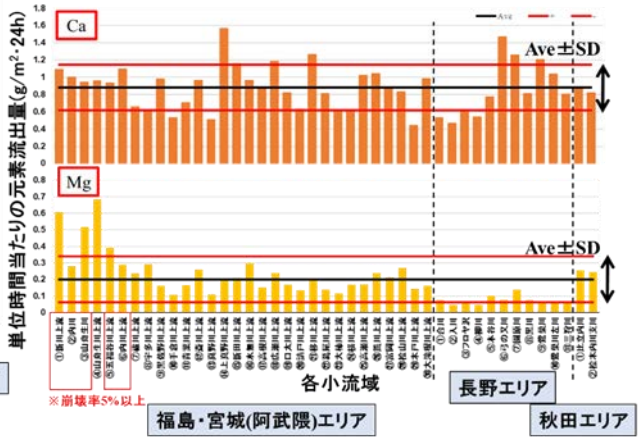


図 4-各エリアの *Ca,Mg* 元素流出量

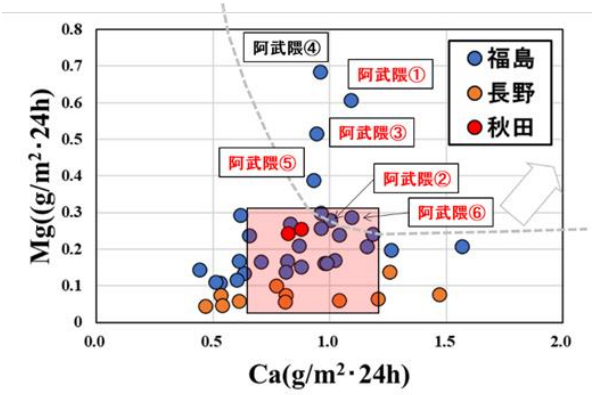


図 5-*Ca,Mg* の元素流出関係図

て試料のサンプリングをした．サンプリングの際に3つの条件を設定し採水をした．条件としてサンプリング地点は水田や畑地などの人為的な影響を排除するため，流域の人の生活圏から離れた上流に設定した．2つ目に基底流出の化学成分から風化状況の同定をすることから，表層土壌による影響を排除する必要である．そのため，サンプリングは最終降水日から5日間の日程をあけて取り組んだ．3つ目にサンプリング地点の上流部の地質は産総研調査地質センターの地質図を用いて，花崗岩および花崗閃緑岩で覆われている地点の選定をした．

3) 分析方法

サンプリングした試料は化学分析を行い，表流水の成分について調査した．化学分析では，誘導結合プラズマ質量分析法(ICP-MS)による元素濃度分析の結果を用いた．なお，濃度による分析値は元素流出量とし，流域間の比較を行うため単位面積当たりの元素流出量(g/m²･24h)とした．本研究では，雨水などにより岩質の変質に関わる化学的風化作用の過程で花崗岩，および花崗閃緑岩から溶出される長石由来の*Na,Ca,K,Si*,黒雲母由来の*Mg,Fe*の6元素[3]に着目し解析に取り組んだ．

3. 解析結果と考察

本研究では，福島，長野，秋田エリアの3つのエリアのサンプリング試料を基に比較検証を行った．

令和元年東日本台風の被害にあった福島エリアでは，川越ら[2]より斜面崩壊地点において概ね累積降水量と斜面傾斜度の増減の関係と斜面崩壊率の大小の関係が比例的であることが明らかとなった．さらに，化学分析による元素流出量では風化の際に花崗岩から溶出される長石由来の*Ca*と黒雲母由来の*Mg*が崩斜面壊率に関与する結果が得られた．これらの累積降水量，斜面崩壊，*Ca*と*Mg*の流出量と斜面崩壊率が概ね決定係数が一致するという結果を得たため，これを基に福島，秋田，長野エリアにて河川の表流水における化学成分の同定した．各地域の総元素流出量を図3に示す．元素流出量の傾向として主要な6元素は全体の99.5%を占めるという結果を得た．

各地点における元素流出量について分析をした．初めに秋田，長野，福島エリアの*Ca,Mg*の元素流出量の関係について考察をした．各地点における*Ca,Mg*の流出量を各流域にまとめたものを図4に示す．*Ca,Mg*の流出量の傾向として，斜面崩壊率5%以上の流域では相対的に多く流出している結果が見られた．各成分に着目したとき，*Ca*の元素流出量は各流域間でばらつきがみられる一方で，*Mg*の元素流出量は長野エリアで少ない傾向があり，秋田エリアでは阿武隈高地と同等程度の流出量を示した．

加えて，*Ca*と*Mg*の関係をまとめたものを図5に示す．図5では*Ca,Mg*の流出量の標準偏差内を赤枠で囲んだ．図5から*Ca,Mg*双方の流出量の多さが風化度を表すことへの検討が必要となる．加えて，斜面崩壊率5%以上を示した地点は*Ca*の流出量が比較的に多く，溶脱力も高いことから*Ca*の多い流域は風化のポテンシャルを示す可能性がある．

その他の主要元素の流出量を図6に示す．地域ごとを比較した特徴は，福島エリアではKの流出量が大きいという結果を得た．秋田，長野エリアでは*Fe*の流出量が多い結果を得た．阿武隈高地において*K*の流出量が高い原因として，令和元年東日本台風により土砂が河川に流入し，土壌成分が流出している可能性が見られた．主要元素である*Na*と*Si*は地域間における差が微小であった．

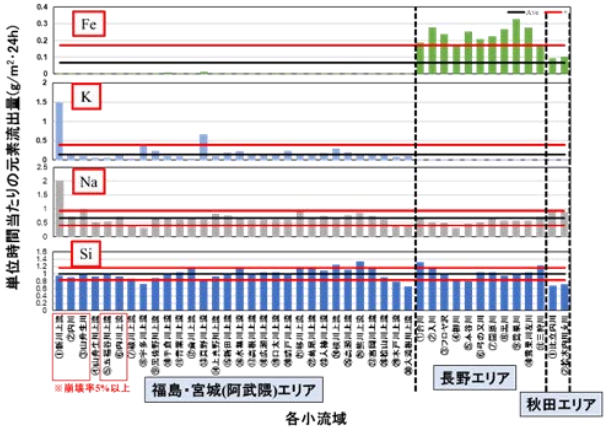


図 6-その他の主要元素流出量

4. まとめ

本研究では，福島，秋田，長野エリアにおける河川の表流水を用いて地質風化の同定を試みた．
各地点における分析結果として福島エリアでは*K*の流出量が多くみられ，土壌成分が溶け出している可能性を得た．一方，秋田，長野エリアでは*Fe*の流出量が多くみられた．

*Ca,Mg*の流出量から斜面崩壊率が5%を超える地点では，双方の流出量が多くみられる結果を得られ，風化状況の検討が必要となる成分であった．加えて，*Ca*の流出量が比較的に多い地点では斜面崩壊率の高い地点が見られたことから，溶脱力の高い*Ca*に着目することで風化のポテンシャルを表す一つの指標となる可能性を得た．

今後*Ca,Mg*に着目することで風化度の誘導できる可能性が見られたが，*Ca,Mg*の流出量が風化度の指標となるのかの検討や*Ca*の成分が多い流域では風化のポテンシャルを持つ可能性をマスムーブメント地点の観測や規模の観測と比較して判断する必要がある．さらに，福島エリアと秋田，長野エリアでは*K,Fe*の値に明瞭な差が見られたため，地質年代による現象であるやや地形，環境条件による流出であるかの検討が必要となる．加えて，調査の範囲を拡大し，サンプルを増やすことで，化学成分の流出傾向の検討を精緻に進める必要がある．

謝　辞

本研究の一部は，総合地球環境学研究所の同位体環境学共同研究事業，科学研究費補助金(21K18785)，国土交通省水管理・国土保全局河川砂防技術開発の助成を受けたものである．ここに謝意を示す．

参考文献

1) 川越清樹, 鈴木皓達, 阿部翼：令和元年台風第19号による福島県の災害特徴，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.76(1)，pp.329-345，2020.
2) 川越清樹，佐藤綺香，幡谷有翼，藪崎志穂：花崗岩類地帯のマスムーブメントの事例と化学組成の特徴の比較検証，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.78(2)，pp.I-913-I-918，2022.
3) 北川隆司：花崗岩のマサ化のメカニズムと斜面崩壊，粘土化学，Vol.39(1)，pp.37-44，1999.