

携行型蛍光 X 線分析を利用した元素組成の定量評価と河川礫の岩石種の判別に関する検討

富山県立大学大学院 学生会員 ○南 優平
 富山県立大学大学院 正会員 手計 太一, 畠 俊郎
 富山大学大学院 非会員 丸茂 克美

1. はじめに

最近, 蛍光 X 線分析 (以下, XRF 分析) を利用した, 河川や海岸の土砂礫の移動に関する研究が進んでいる¹⁾
²⁾。例えば, 手計ら^{3), 4)}は, 携行型 XRF 分析を利用して, 富山県の一級河川である黒部川, 常願寺川, 庄川, 小矢部川における土砂礫の元素組成の特徴を明らかにし, 砂礫元素の局所的な分布特性の検討を行った。

本研究では, 携行型 XRF 分析を利用した礫の岩石種の判別の可能性について検討を行った。

2. 分析概要

2.1 携行型 XRF 分析

本研究において, 分析機器はエネルギー分散型装置である S1 TURBO LE (BRUKER 社製) を利用した。本機の測定可能元素は, マグネシウム(Mg)からウラン(U)までの 81 種類である。さらに, バッテリーを含めた重量は約 2 kg で, 持ち運びが容易であるため, 現場での測定が可能である。本分析では, 土砂礫の XRF 分析では一般的であるファンダメンタルパラメータ法 (FP 法) を採用した。

2.2 分析に使用した試料

本研究では, 国立研究開発法人産業技術総合研究所が配布している認証標準試料 (火成岩粉末である JA-1, JA-2, JA-3, JB-2, JB-3, JG-1, JG-2, JG-3, JG-1a, JGb-1, JGb-2, JH-1, JR-2) のルーズパウダー法による XRF 分析を行い, 主成分元素の特性 X 線の検量線を作成した。

図-1 は常願寺川流域において採取した河川礫試料の位置を示している。図の通り, 上流域 2 か所, 下流域 3 か所で採取した試料 (火成岩起源) を分析した。さらに, 図-2 に示す岩石片標本 (橄欖石玄武岩と輝石安山岩; 株式会社ニチカ) を使用した。

以上の 7 つの試料について, 礫表面の XRF 分析 (表面計測法) を行うとともに, 鉄製乳鉢で礫試料を粉碎した後, 磁性乳鉢ですり潰して粉末試料を作成し, ルーズパウダー法による XRF 分析を行った。なお, ルーズパウダー法に関しては, 1 試料につき 1 回のみ分析し, 表面計測法に関しては, 1 試料につき任意かつ重複しない 10 面の分析を実施した。

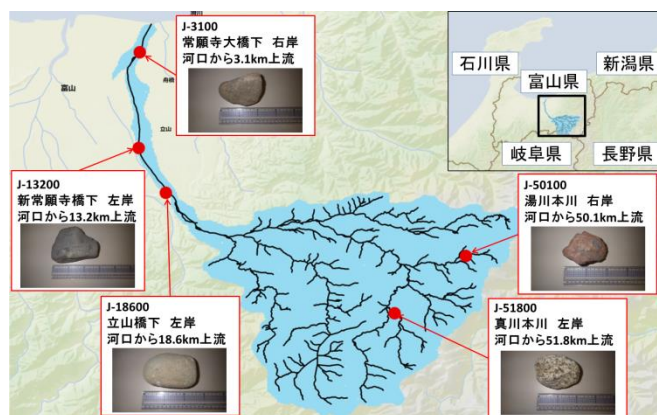


図-1 常願寺川流域において採取した河川礫試料。



図-2 分析に利用した岩石片標本 (左: 橄欖石玄武岩, 右: 輝石安山岩)。

3. 分析結果

3.1 検量線の作成

S1 TURBO LE を用いた火成岩認証標準試料のシリコン(Si), カリウム(K), カルシウム(Ca), 鉄(Fe)の認証値と FP 法による定量値の比較を図-3 に示す。各図中に, 各分散図の回帰直線と決定係数を示す。その結果, Si の決定係数は 0.9779, K は 0.9975, Ca は 0.9984, Fe は 0.994 となり, いずれの元素に関しても, 良好な相関が得られた。これにより, 粉末試料の Si, K, Ca, Fe の分析は, 携行型 XRF 分析でも検量線法を活用すれば, 信頼できる化学分析を行うことが可能である。

3.2 岩石種の判別

元素含有量は, XRF 分析する時の試料の形状によって, 得られる結果が異なってくる。そのため, 精度が良いと推定される元素で元素含有量の比を求めて, ルーズパウダー法による比と, 表面計測法による比がどの程度ずれることになるか確認する必要がある。そこで, Fe/K と, Ca/K を算出して, 岩石の元素含有量の比による岩石種

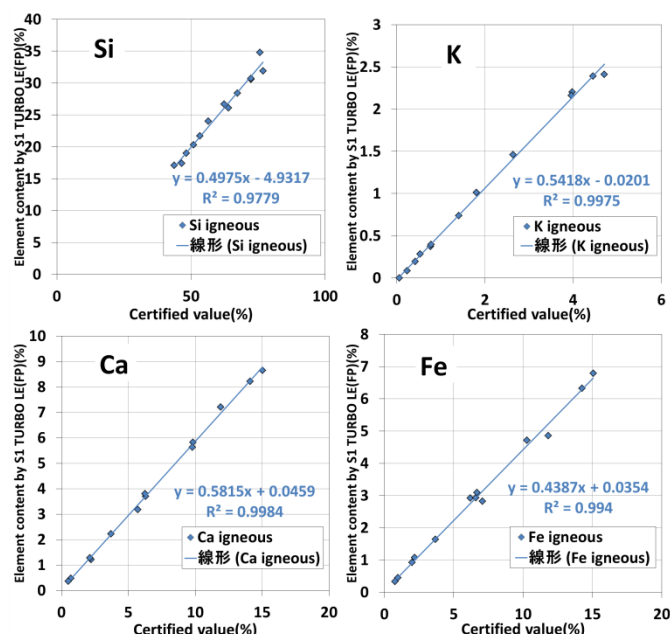


図-3 携行型 XRF 分析による火成岩認証標準試料の Si, K, Ca, Fe の認証値と FP 法による定量値の比較.

の判別を行った. 図-4 は, 携行型 XRF 分析で河川礫と岩石片標本の粉末試料と表面を分析した際の, 元素含有量の比の比較である. 上図はルーズパウダー法の結果, 下図は表面計測法の結果を示している. ルーズパウダー法の結果について, 礫試料から作成した粉末試料が, どの岩石種に類似するか判別するために, 認証標準試料の結果も示している. J-3100 は JG-1a (花崗閃緑岩) と JG-1 (花崗閃緑岩), J-18600 は JG-2 (花崗岩) と JR-2 (流紋岩), J-51800 は JG-3 (花崗閃緑岩), J-13200 は JA-2 (安山岩) と類似し, 橄欖石玄武岩は JA-3 (安山岩) と類似する結果となった. また, J-50100 と岩石片標本である輝石安山岩は, どの認証標準試料にも類似していない. 以上をまとめると, 粉末試料の元素含有量の比で岩石種の判別を試みた結果, 7 試料のうち, 5 試料の岩石種を判別できた.

次に, ルーズパウダー法の結果 (図-4 上図) において, 元素含有量の比が J-18600, J-3100, J-51800, 輝石安山岩, J-50100, J-13200, 橄欖石玄武岩の順に増加している. これを表面計測法の結果 (図-4 下図) と比較すると, ルーズパウダー法と同じ順に元素含有量の比が増加しておらず, さらに, 試料によって元素含有量の比が大きくバラついている. その原因の一つとして, 計測の際に, 礫表面の凹凸の影響により, 試料と分析機器との間に僅かな隙間が発生し, 密接させて計測できなかったためだと考えられる. これらのことから, 表面計測法の場合, Ca/K

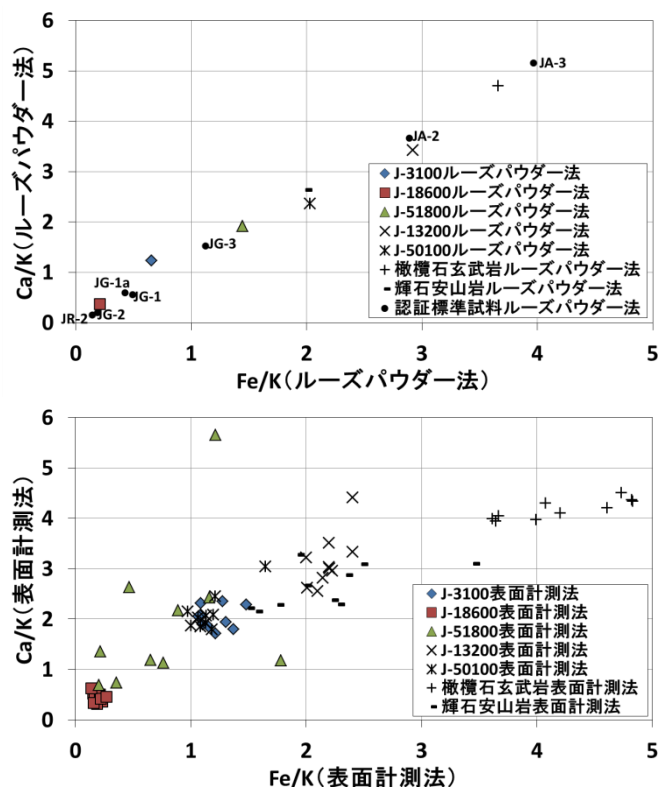


図-4 携行型 XRF 分析で河川礫と岩石片標本の粉末試料と表面を分析した際の, Fe/K と Ca/K の比較 (上図: ルーズパウダー法, 下図: 表面計測法).

を用いて岩石の礫種を判別できる可能性があるものの, Fe/K を利用して岩石種を判別することは困難である.

謝辞: 本研究は, 河川砂防技術研究開発制度 (地域課題分野 (河川)) の成果の一部です. また, 国土交通省北陸地方整備局富山河川国道事務所, 同黒部川河川事務所から資料やデータの提供をいただきました. ここに合わせて謝意を表します.

参考文献

- 1) 加藤茂, 村田充彦, 井手美里, 岡部拓巳: 砂浜海岸における化学元素含有量と表層砂粒度の分布特性, 土木学会論文集B2(海岸工学), 第71巻, pp.703-708, 2015.
- 2) 永井健二, 星典行, 浅野剛, 高木利光: 蛍光X線分析を用いた養浜材の移動追跡, 海岸工学論文集, 第51巻, pp.506-510, 2004.
- 3) 手計太一, 南優平, 昌俊郎: 蛍光X線分析を利用した河川土砂礫のマクロ的な分布特性に関する基礎的検討, 河川技術論文集, 第21巻, pp.71-76, 2015.
- 4) 手計太一, 南優平, 丸茂克美, 昌俊郎: 携行型蛍光X線分析の分析限界と河川砂礫元素の局所的分布特性, 河川技術論文集, 第22巻, pp.37-42, 2016.