

50. 元素分析を利用した河川土砂礫の追跡可能性に関する基礎的検討

南 優平^{1*}・手計 太一¹・畠 俊郎¹

¹富山県立大学工学部環境工学科 (〒939-0398 富山県射水市黒河5180)

* E-mail: t117033@st.pu-toyama.ac.jp

本研究の目的は、蛍光X線分析を利用した化学元素分析から河川を流下する土砂礫の起源推定・追跡可能性について検討することである。本研究では、携行型で現場測定可能な機器を利用することで、空間的に大量のデータを収集した。本研究では、常願寺川水系と黒部川水系を対象とした。

本研究の結果、どちらの河川ともに中流域において合計元素含有率が低下する傾向にあった。主要な元素は、SiO₂、Al₂O₃、MgO、K₂O、CaO、Fe₂O₃の6種類であり、全体の80～90 %を占めていた。その他の元素についても、概ね同様の分布割合であった。

Key Words : X-ray Fluorescence Analysis, XRF, elemental analysis, sediment, Joganji, Kurobe

1. はじめに

河川を流下する大小様々な土砂は、浸食や堆積を繰り返すことで河床を形成する主な要素となり、出水の際には河川災害を引き起こす原因となる一方、生態系維持など環境面においても重要な要素である¹⁾。そのため、移動する土砂量を定量的に把握することは河川管理をする上で極めて重要である。

河川を移動する土砂は大きく分けて2種類ある。比較的粒径が大きく、河床に近い河川の下層を滑動、転倒と跳躍を繰り返して移動し、堆積することで河床を形成する主な要素となる土砂を掃流砂という。また、粒径が小さく、河川の上層を漂うように流下していく土砂を浮遊砂という。この両者の内、浮遊砂の計測は濁度計や沈澱池を用いることで観測が行われている。一方、掃流砂は、直接採取による事後的な観測手法を除き、確立された観測手法がなく、様々な観測手法が研究されている。例えば、水山ら(2008)による研究では、実河川にハイドロフォンを設置し、出水時の観測を行っている²⁾。

加藤ら(2012)は、蛍光X線分析法(XRF)を利用して海浜砂の化学元素の含有量を計測することで、海浜状態の評価を実施している。その結果、本調査・解析手法が海浜の浸食や堆積域調査に有用であることを示している³⁾。

本稿では、上述した蛍光X線分析法を用いて河川の土

砂の起源推定や追跡の可能性について検討を行った結果を報告する。

2. 蛍光X線分析

本研究では、分析試料が放出する電磁波を利用して元素分析する手法である発光分析手法の一つである蛍光X線分析を利用した。蛍光X線分析は封入式管球から発生する一次X線を照射することで試料中の原子の内殻軌道の電子を外部にたたき出し、その空位に外殻軌道から電子が遷移するときに発生する固有の蛍光X線を利用する分析手法である。この蛍光X線の波長や強度から試料に含まれる元素の種類や量を決定できる⁴⁾。

本研究では、SI TURBO LE(BRUKER社製)を利用した。本機の測定元素は、マグネシウム(Mg)からウラン(U)である。Mg、Al等の低エネルギーの元素も高精度に測定できる。また、重量はバッテリー内蔵で僅か2 kgであるため、現場測定が可能である。そのため、大型試料や固定構造物を測定できる。

現場での測定風景の一例を写真-1に示す。場所は常願寺川下流のJR北陸線高架下である。河川中の試料を検査できないため、水際の石礫や砂について検査を行った。



写真-1 蛍光 X 線分析装置を用いた測定風景の一例

3. 対象河川水系

(1) 常願寺川水系

常願寺川はその源を富山県富山市北ノ俣岳(標高2,661 m)に発し、立山連峰の山間部にて称名川、和田川等の支川を合わせながら流下し、富山平野を形成する扇状地に出て北流し、富山市東部を経て日本海に注ぐ、幹川流路延長56 km、流域面積368 km²の一級河川である⁹⁾。

常願寺川流域は、上流域の山地部と下流域の扇状地部に大別され、上流域はきわめて急峻な地形をなしており、標高1,000 m以上の高地は流域の約73 %に及び、その地質は中生代や新生代新第三紀の岩層、立山火山の噴出物等の変化に富みかつ脆弱である。そのため、崩壊地が多数存在し、中でも立山カルデラ内には現在も膨大な崩壊土砂が堆積している。

(2) 黒部川水系

黒部川は、富山県と長野県の県境に位置する鷲羽岳(標高2,924 m)を源とし、立山連峰と後立山連峰の間に峡谷を刻み北流し、黒薙川等の支川を合わせ黒部市愛本に至り、その後は扇状地を流下して日本海に注ぐ、幹川流路延長85 km、流域面積682 km²の一級河川である⁹⁾。

上流域は3,000 m級の山岳が連なり、その急峻な山岳地形は地質年代の地殻変動により急激に隆起したものである。流域の地質は、主に古生代～中生代の古期花崗閃緑岩類(船津花崗岩類)及び新第三紀の新期花崗閃緑岩類からなり、愛本から河口にかけては、第四紀完新世の砂礫層が分布し巨大な扇状地を形成している。花崗閃緑岩類は、河床部付近では切り立った急崖を形成し堅硬な岩

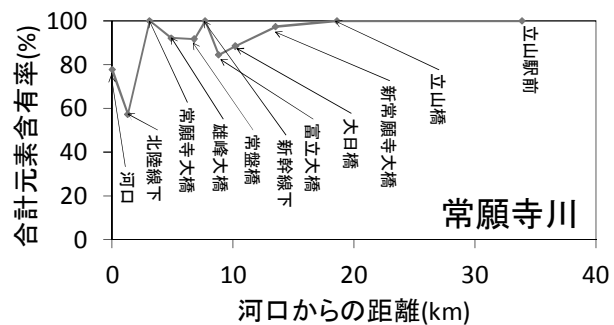


図-1 常願寺川における砂礫の合計元素含有率の縦断分布

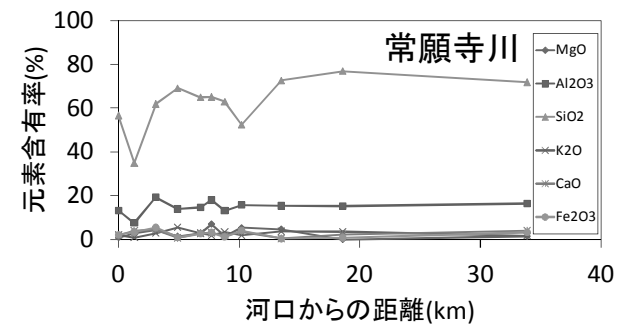


図-2 常願寺川における主な元素含有率の縦断分布

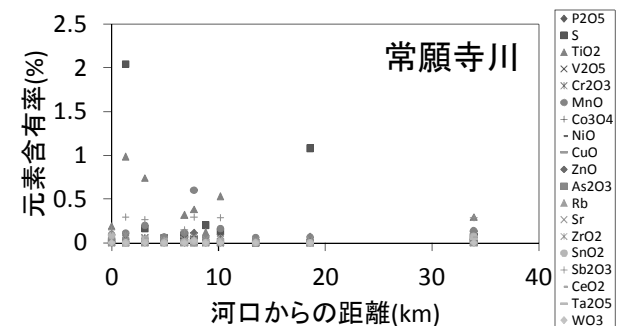


図-3 常願寺川における元素含有率の低かった物質の縦断分布

盤を呈しているが、高標高部ではマサ状に風化し脆弱となっている。特に祖母谷、祖父谷、小黒部谷、不帰谷等ではマサ状に風化した大崩壊地が形成されており、黒部川の土砂生産源となっている。

4. 結果

(1) 常願寺川水系

図-1は常願寺川における砂礫の合計元素含有率の縦断分布である。河口のみ砂を検査し、それ以外では石礫を検査した。立山駅前、立山橋、新幹線下、常願寺大橋における合計元素含有率は約100 %であった。その他の地点では、合計元素含有率が100 %を大きく下回っている。これは有機物を多く含んでいることを意味している。

図-2 は常願寺川における主な元素含有率の縦断分布である。この図からわかるように、いずれの地点でも SiO_2 の割合が最も高く、次いで Al_2O_3 であった。 MgO 、 K_2O 、 CaO 、 Fe_2O_3 は、いずれも Al_2O_3 より含有率は低いが、地点によって傾向は異なる。

図-3 は常願寺川における元素含有率の低かった物質の縦断分布である。立山橋と北陸線下の2つの地点で、S が最も大きい値となり、それ以外の地点では 0 %に近い値であった。 TiO_2 については、他の物質よりもわずかに大きい値であった。

(2) 黒部川水系

図-4 は黒部川における砂礫の合計元素含有率の縦断分布である。全ての地点で石礫を検査している。タンボ沢、樺平、鐘釣、墓の木公園、新幹線下における合計元素含有率は約100 %であった。その他の地点では合計元素含有率が大きく下回っている。これは、有機物を多く含んでいることを意味している。

図-5 は黒部川における主な元素含有率の縦断分布である。この図からわかるように、いずれの地点でも SiO_2 の割合が最も高く、次いで Al_2O_3 であった。 MgO 、 K_2O 、 CaO 、 Fe_2O_3 は、いずれも Al_2O_3 より含有率は低いが、地点によって傾向は異なる。

図-6 は黒部川における元素含有率の低かった物質の縦断分布である。全ての地点で Sb_2O_3 と TiO_2 の含有率が大きい。

5. 結論

本研究では、元素分析を利用した河川中の土砂礫の起源推定と追跡可能性の検討を目的に、現場測定が可能な蛍光X線分析機器を用いて、常願寺川と黒部川の石礫、砂の元素調査を行った。

その結果、どちらの河川ともに中流域において合計元素含有率が低下する傾向にあった。流下する過程で何らかの有機物が混入や付着した可能性が考えられる。

次に、どちらの河川ともに主要な元素は、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 MgO 、 K_2O 、 CaO 、 Fe_2O_3 の6種類であり、全体の80~90 %を占めていた。その他の元素についても、概ね同様の分布割合であった。これは、どちらの河川とも同じ北アルプス山系を源にしていることが原因であると考えられる。

今後、さらに水平方向の空間分布を密に調査するとともに、ボーリングコア試料も調査することで堆積についても検討する。

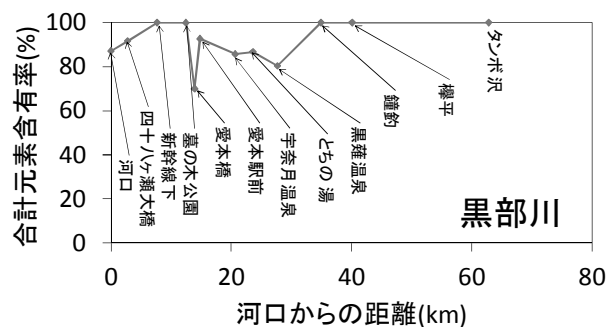


図-4 黒部川における砂礫の合計元素含有率の縦断分布

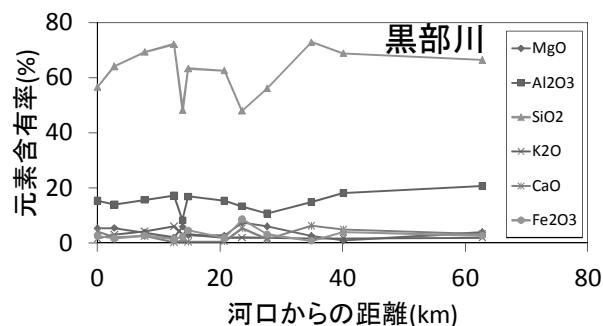


図-5 黒部川における主な元素含有率の縦断分布

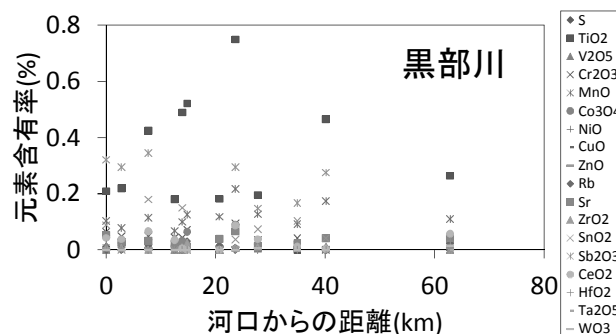


図-6 黒部川における元素含有率の低かった物質の縦断分布

参考文献

- 1) 福岡捷二：洪水の水利と河道の設計法，森北出版，436pp.
- 2) 水山高久，松岡美和，野中理伸：流砂量の多い状態のハイドロフォンによる流砂量計測(音データの取得)，砂防学会誌，Vol.61，pp.35-38，2008.
- 3) 加藤茂，光山英典，岡辺拓巳，青木伸一：沿岸域での土砂堆積・侵食域調査における蛍光X線分析の適用に関する検討，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol. 68，pp. I_651-I_655，2012.
- 4) 佐野有司，高橋嘉夫：地球化学，共立出版，pp.266-270，2013.
- 5) 国土交通省：常願寺川水系河川整備基本方針，2005.
- 6) 国土交通省：黒部川水系河川整備基本方針，2006.