

全反射蛍光 X 線分析を用いた山地溪流水質分布の把握

京都大学大学院農学研究科 ○正岡直也・小杉賢一朗・伊熊浩平

筑波大学生命環境系 山川陽祐

筑波大学大学院生命環境科学研究科 谷口末峰

1. 研究背景

深層崩壊発生場の予測手法として、広域の溪流水質（特に電気伝導度, EC）分布から深層地下水の集中箇所を検出する調査法が注目されている（地頭菌, 2014）。ただ EC は水に含まれる様々な溶存物質の総量を反映した値であり、手法の高度化には溶存物質濃度を個別に特定できる方が望ましい。しかし、従来の溶存物質分析は EC のみの計測に比べ高度な分析装置が必要で、時間・金銭的成本から気軽に多点計測を行えないという問題がある。そこで近年実用化された低コストな水質分析手法である全反射蛍光 X 線分析法に着目した。本手法は装置本体が比較的安価で、1 サンプルあたりの必要試料は $10\mu\text{l}$ 、必要時間は 5~8 分程度、また試料以外の溶離液やガスが不要であり簡易性が高い。本手法を山地の水質分布調査に用いた例は未だないことから、本研究では実際に分析を行うことで適用性を検討することを目的とした。

2. 実験装置・手法

全反射蛍光 X 線分析装置 (OURSTEX 200TX, 以下 TXRF) の測定可能元素と精度を検証するため、濃度を調整した標準液 2 種類 (①Na, Mg, K, Ca ②Al, Si, Mn, Fe, Sr; 濃度 0.1, 1, 10 ppm)、ならびに滋賀県葛川試験地で採水した地下水・湧水 55 サンプルを分析した。地下水・湧水サンプルは従来の高精度な手法であるイオン

クロマトグラフィー (ICS-1100, 以下 ICS) ならびに ICP 発光分析装置 (iCAP 6300, 以下 ICP-AES) を用いた分析を行い、TXRF の分析結果と比較した。

それを踏まえ、静岡県井川演習林東河内流域内（約 1700 ha）を踏査して採水した溪流水 43 サンプルを TXRF を用いて分析し、水質の空間分布調査への適用性を検討した。

3. 結果と考察

3.1. TXRF の精度検証

図 1 に TXRF で得られる代表的な水サンプルの蛍光 X 線スペクトルを示す。Blank は試料を入れない場合の値である。Si は試料台（石英オプティカルフラット）に、Ar は空气中、Ni は装置中に含まれているため Blank にピークが表れている。各溶存物質のピークがみられるが、エネルギーの小さい Na, Mg, Al は X 線が空气中に吸収されることから強度が小さくなっている。

図 2 に標準液ならびに水サンプルの、TXRF で得られた X 線強度

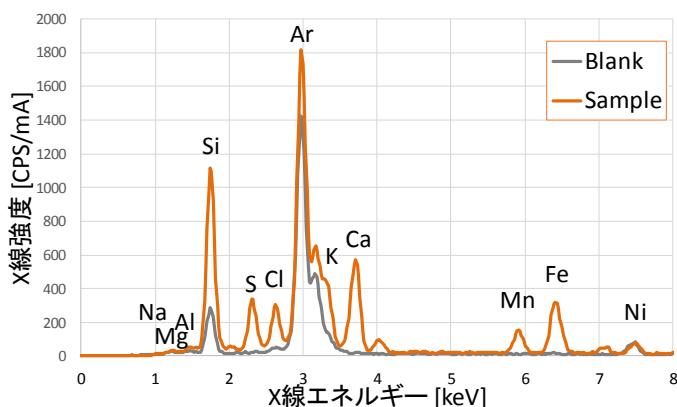


図-1 蛍光 X 線スペクトル

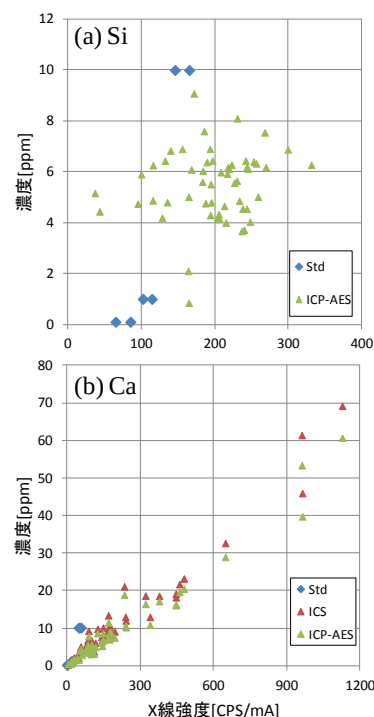


図-2 X 線強度×濃度

(CPS/mA)と濃度(ppm)のプロットのうち代表的な元素について示す。サンプルの濃度は ICS および ICP-AES で計測されたものである。Si (図 2a) は標準液(Std)については直線性がみられるものの、水サンプルについては相関がみられなかった。試料に含まれる Si のピークと Blank ピークが重なっているため (図 1)、X 線強度の値が不安定になっていることが原因と考えられる。一方、Ca (図 2b) は標準液・サンプルとも良好な相関関係を示した。他の元素についても検討したところ、原子番号が大きく Blank ピークと重ならない元素については良好な相関関係がみられ、TXRF による定量分析が可能であることが示唆された。(S, Ca, Mn, Fe, Sr)。そうでない元素については十分な定量精度は得られず (Na, Mg, Al, Si)、また精度についてさらなる検討を要する元素もあった (Cl, K)。

3.2. 山地溪流の水質分布調査

図 3 に、東河内本流に沿った溪流水の S, Ca 濃度ならびに EC 値の分布を示す。S, Ca 濃度は X 線強度をもとに 3.1.の結果から検量線を引いて求めた。横軸は採水地点の流域面積で、右に行くほど下流を示す。支流のデータは表示していない。S, Ca 濃度の変化傾向は概ね EC 値に近いものの細かい変化が多く検出され、例えば図中の矢印で示した場所では EC 値の変化は微小だが S, Ca 濃度が大きく変化していた。このような場所では、EC のみでは分からない地下水湧出を検出できた可能性がある。

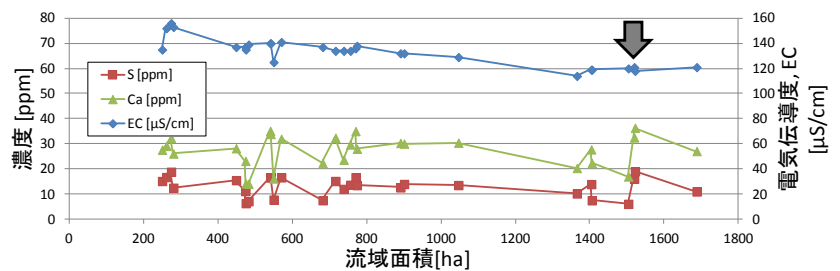


図-3 渓流水の S, Ca 濃度および EC の分布

また、地形図上に Ca 濃度をプロットしたものを図 4 に示す。支流の合流により本流の Ca 濃度が変化していく様子がよく捉えられている。また図中の矢印 (図 3 と対応) の場所では目立った支流の合流無しに Ca 濃度が急増しており、河道の屈曲点であることから地下水の湧出が示唆された。

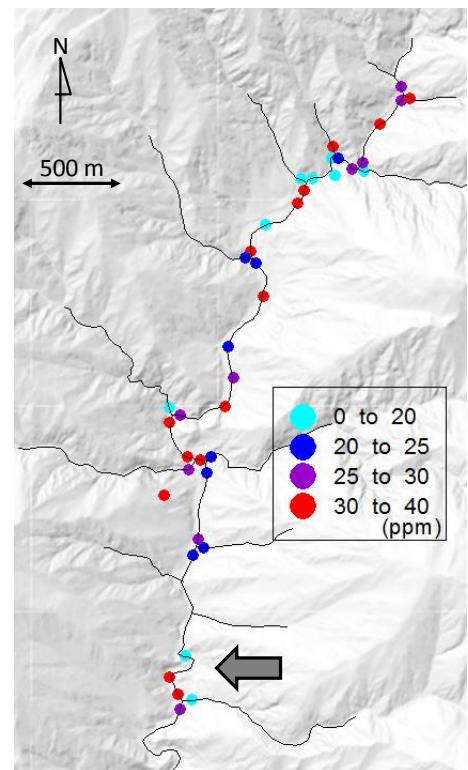


図-4 渓流水の Ca 濃度分布

4. まとめと今後の課題

本研究では比較的低コストで多点水質分析に適した TXRF を渓流水質調査に適用し、精度の検証を行った。その結果、S, Ca, Mn, Fe, Sr の元素については良好な計測と定量分析が可能であることが示唆された。これをもとに実際の山地流域で水質分布を調査したところ、S, Ca 濃度について良好な計測結果が得られ、特に EC のみでは分からない水質変化から地下水湧出箇所を精度よく特定できる可能性が示された。

今回の分析では TXRF の試料台の材質の問題から、地下水のシグナルとしてよく用いられる Si 濃度を分析することができなかった。Si を含まないテフロン製の試料台で試してみたものの、反射波面精度の不足から分析には適さなかった。今後は Si 濃度の分析が可能な試料台と手法の開発を目指していきたい。

参考文献： 地頭菌 (2014) 「渓流水の電気伝導度を用いた深層崩壊発生場の予測」 砂防学会誌, Vol.66, No.6, p.56-59
(E-mail: hatimon@kais.kyoto-u.ac.jp)