

那智川流域における溶存イオン観測による流出特性の検討事例

パシフィックコンサルタンツ株式会社 ○豊福恒平・巽隆有・野中大樹・田村友紀夫・梅田侑子
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 小林正直・竹下航・岸本優輝

1. はじめに

那智川流域では、平成23年(2011年)台風第12号による災害を契機として、流出土砂量の把握や土石流発生の前兆現象を捕捉することを目的に、山地部での水文観測や那智川本川・溪流出口における流砂量観測に加えて、渓流水の水質(溶存成分)に着目した観測を継続的に実施している。本報告では、平常時および豪雨時の溶存イオン観測による水質特性の整理結果を基に、流域の地質構造等を反映した溪流の流出特性について検討するとともに、土砂流出の危険度推定の可能性について検討した結果を報告する。

2. 溶存イオン観測

那智川流域では、本川および主要な溪流出口の他、溪流内の上流・中流・下流の3地点を対象として、平常時や豪雨時に渓流水の採水を実施し(図-1参照)、採水した試料は、pH、ECの簡易水質分析に加え、主要イオン分析(Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^-)を実施している。

平常時の観測として、本川や主要な溪流出口では月1回程度の頻度で採水を実施し、溪流内では自動採水器により週1回程度の頻度で採水を実施した。これらの平常時に採水した渓流水について、pH、ECの簡易水質分析を実施した。

豪雨時の観測として、本川や主要な溪流出口において、豪雨前(台風接近の1日前を目安とした)に1回、豪雨中は1時間毎に1回、豪雨後(平常時の河川水位に戻った時点)に1回バケツ採水を実施した。また、溪流内において、台風の豪雨時間帯を中心に1時間間隔で自動採水器による採水を実施した。これらの採水試料も平常時と同様にpH、ECの簡易水質分析を実施し、豪雨のピーク時間帯等で主要イオン分析を実施した。また、豪雨時には雨水も採水し、主要イオン分析を実施した。本報告では、令和4年台風第15号に伴う豪雨時(2022年9月23日)の観測結果を基に報告を行う。

3. 渓流水の水質特性の検討

那智川流域の地質は、新第三紀の熊野層群(泥岩優勢の砂岩泥岩互層)の上部を貫入岩である熊野酸性岩類(花崗斑岩)が覆う構造であり、花崗斑岩が分布する溪流の上流域は急峻で起伏に富んだ地形が発達し、泥岩が分布する下流域は比較的なだらかな地形を呈する¹⁾。なお、本川右岸側の金山谷川等の溪流出口付近には休廃止鉱山が存在し、その周辺に分布する泥岩には黄鉄鉱等の鉱物が多く含まれていることが確認されている。

また、竹下ら²⁾によると、那智川流域を構成する岩石試料や渓流水の分析結果に基づき、地層境界付近の渓流水は花崗斑岩由来の炭酸水素イオンを含む地下水が主体となること、泥岩主体となる下流部では泥岩由来の硫酸イオンの影響により中流部に比較してECが若干高くなることが報告されている。

本報告では、豪雨時の水質分析結果も考慮し、渓流水の水質特性について検討を行った。平常時および豪雨時の水質分析結果を図-2に示す。平常時の水質分析結果より、溪流上流部では、雨水が主体となる水質区分IVに区分され、溪流中流部では炭酸水素イオンが増加し水質区分Vに近づく、さらに、下流部の溪流出口や本川では硫酸イオンが増加し水質区分Vに区分される。一部溪流では休廃止鉱山の影響で水質区分Vに区分されるものの、硫酸イオンが多く、水質区分IIIに近い箇所にプロットされる。豪雨時には降雨の表面流出が主となるため、水質区分IVへシフト

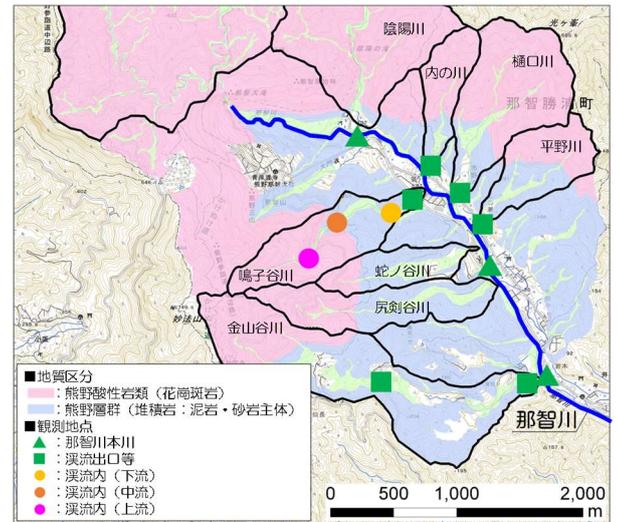


図-1 溶存イオン観測地点(野池ら¹⁾に加筆)

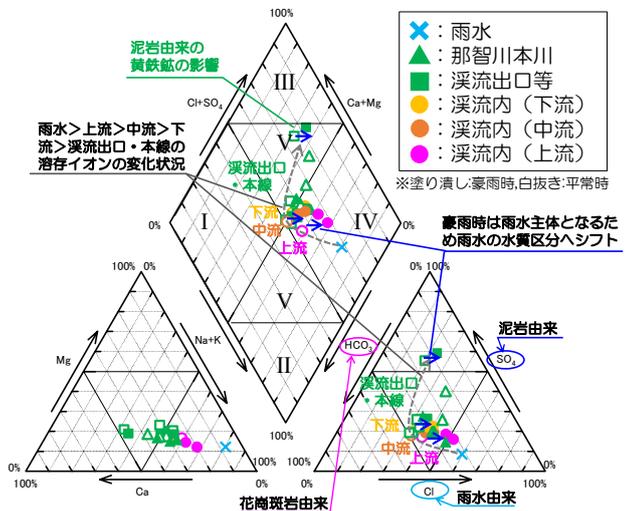


図-2 渓流水のトリリニアダイアグラム

フトすることが確認された。なお、沿岸部に位置する那智川流域周辺においては、豪雨時の雨水の分析結果により、塩化物イオンが多く、海水に近い水質区分Ⅳとなることが確認されている。

上記の結果より、那智川流域における渓流水の水質変化の特徴として以下の点が挙げられる。①上流部では雨水主体であるが、地層境界付近では花崗斑岩由来の炭酸水素イオンが増加する。②下流部や本川では泥岩由来の硫酸イオンが増加する。③豪雨時は渓流水に占める雨水の割合が増大するため、雨水由来の塩化物イオンが増大する。

溶存イオンと簡易水質分析の関係を図-3のとおり整理した。イオン当量とECには相関関係が確認され、簡易水質分析により渓流水の水質を推定することが可能であることが確認された。このため、平常時の渓流水や雨水のECを把握することで、豪雨時のECから出水時の渓流水に含まれる雨水の割合が把握でき、溪流全体の流出量を概念的に推定することが可能となると考える。なお、2023年における渓流水のECと降水量の関係を図-4に示す。渓流水のECは豊水期（夏季）に低下し、渇水期（冬季）に上昇する傾向が確認される。これは、豊水期には渓流水に占める直接流出の割合が高くなるためと推定され、季節変動を考慮に入れた観測が重要である。

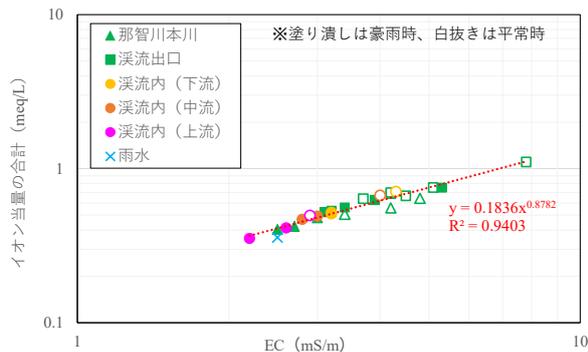


図-3 イオン当量とECの関係

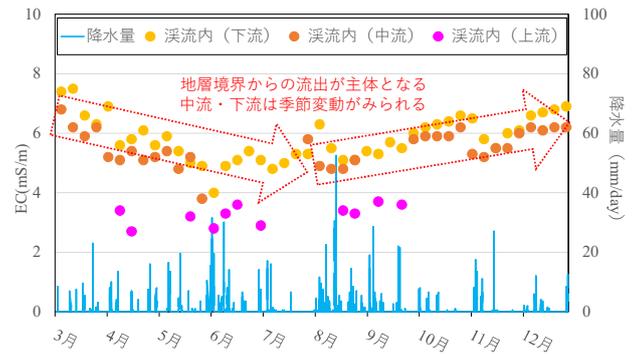


図-4 渓流水のECの季節変動

4. 溶存イオン観測結果に基づく土砂流出危険度の評価指標の検討

渓流水の溶存イオン観測結果から、渓流水の水質は、豪雨時には渓流水中の雨水の割合が高まることで雨水に近くなる傾向が確認され、また、降雨流出過程の変化に伴い、その溶存物質も変化することが想定される。このような観測位置による渓流水の水質変化を考慮し、溶存イオン観測による土砂流出危険度の評価指標について検討した。

花崗斑岩を主体とする溪流上流部において、降雨に伴い溪岸斜面に亀裂等が発生し斜面が不安定化した場合、浸透～流出経路の変化により、溶存成分（炭酸水素イオン）が減少することが想定される（図-5の赤矢印参照）。また、溪岸斜面の崩壊により溪流内に新たに土砂堆積等が生じた場合には、渓流水の堰き止めや伏流が生じるため、溶存成分（堆積土砂が花崗岩類であれば炭酸水素イオン、泥岩類であれば硫酸イオン）の増加が想定される（図-5の黄矢印参照）。

上記のような溶存成分の増減は、溪流出口における簡易水質分析によるモニタリングが可能であり、水質変化が確認された際は、主要イオン分析や現地踏査等を実施することにより、溪流内の土砂移動発生の可能性を把握できることから、溶存イオン観測結果を溪流の土砂流出危険度を評価する指標として利用できるものとする。

5. おわりに

本報告では、流域の溶存イオン観測に基づき、流域の地質構造等を反映した流出特性について検討するとともに、土砂流出の危険度推定の可能性について検討した。今後、より顕著な土砂流出が発生した際の溶存イオン観測データの取得、および土砂移動の実態との関連を検証する調査を実施するとともに、同時に実施している流砂水文観測データとの関係性等、山地河川における土砂流出の危険度評価に資する総合的な検討を実施していきたい。

【参考文献】

- 1) 野池耕平・木下篤彦・水野秀明・今森直紀・西岡恒志・島田徹：球状風化を呈した地質帯における表層崩壊発生場の特性と土層厚推定手法の検討，第8回土砂災害に関するシンポジウム 論文集，pp.103-108, 2016.
- 2) 竹下航・巽隆有・豊福恒平・松澤真・北本楽・木下篤彦：地層境界が存在する那智川支川流域における渓流水の水質形成機構と表層崩壊発生検知への応用に向けた予察，第11回土砂災害に関するシンポジウム論文集，pp.215-220, 2022.

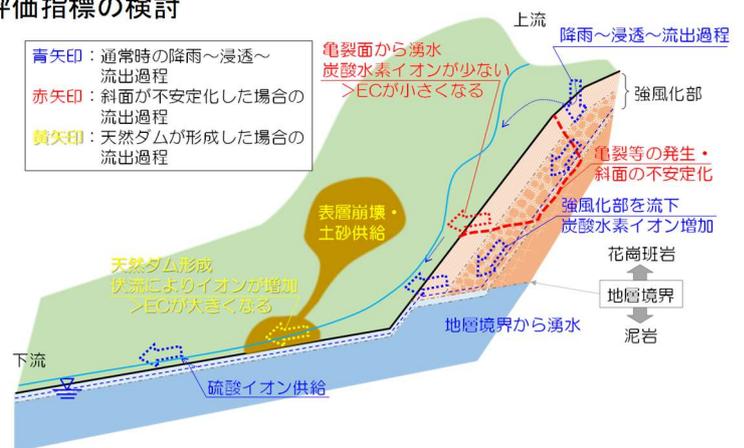


図-5 溪流内の変状と渓流水の溶存イオンの関係の模式図