

大起伏付加体堆積岩山地における地質構造に着目した降雨流出プロセスの解析

筑波大学生命環境系 ○山川陽祐・内田太郎

筑波大学大学院（現 広島県） 奥水康二

1. はじめに

従来、付加体堆積岩山地においては、層理面、断層、基岩亀裂、斜面変動などの特徴的な地盤構造条件に規制された空間的に不均一な地中水挙動ならびに河川流出が卓越する可能性が指摘されている。大起伏の当該山地では、深層崩壊や地すべりなどの大規模斜面災害の対策上もこのような水理・地質構造の理解は重要となる。しかしながら、観測の困難さから、この着眼に基づく水文観測データはごく限定的であり、特に、観測機器の流亡や破損のリスクが高い $10^0 \sim 10^1 \text{ km}^2$ の流域スケールではデータ蓄積が乏しい。著者らは既報において、静岡県の大井川本川の中流部における互いに隣接する流域面積 $0.6 \sim 4.7 \text{ km}^2$ の計 16 流域（図-1）を対象として、受け盤・流れ盤の構造に着目し、比流量および電気伝導度（EC）の複数時期の変動特性の解析に基づき、「流れ盤斜面が優勢な流域においては、受け盤斜面が優勢な流域に比べて、貯留量が小さく雨水の流出応答がより鋭敏である（滞留時間が短い）」可能性を指摘した（奥水ら, 2024）。これは上記の水理・地質構造に関する数少ない実証的な知見ではあるものの、無降雨条件下の瞬間値のデータセットに基づくものであった。

本研究では、同サイトにおける河川の水位と EC の高頻度の時系列データに基づく追加的な検討を行った。なお、上記既報と同様に、流出雨水の EC は、一般的に土壌層から深部の基岩層にかけて雨水が浸透するプロセスにおいて、基岩由来の鉱物との接触時間の増加に伴いより高い値を示すことから、經由する深度の異なる雨水の寄与度を表す指標として用いた。その上で、河川水における種々の溶質濃度と流出量との関係に関する既往研究（例えば、Evans *et al.*, 1998）を踏まえ、降水イベント中における河川水 EC の変動が、基底流成分（pre-event water；相対的に流出起源が深く、滞留時間が長く、高 EC 値）とより浅層を經由する流出水（event water；滞留時間が短く、低 EC 値）との 2 成分エンドメンバーの混合に基づく単純化して捉え、水位-EC の変動傾向（ヒステリシスループ）を解析した。

2. 方法

2021 年 6 月～2022 年 5 月の期間に、大井川右岸に位置し受け盤斜面の優勢度が高い（40.5～51.7 %）3 支流（R-1, 3, 4）及び左岸に位置し流れ盤斜面の優勢度が高い（34.3～58.4 %）左岸の 3 支流（L-3, 4, 10）の末端付近（井川湖への流入部）の計 6 地点において、河川の水位と EC の連続観測を行った。観測にはロガー内蔵型の絶対圧式水位計および EC 計を使用した。両計器は、流出水による河床変動が極力生じにくいと考えられる流水中の河床に、錘と流れ止めのステンレスチェーンを繋いで設置した。水位及び EC の計測頻度は 5 分間隔とした。雨量データは、対象支流群を含む井川湖周辺において降雨分布が無視できると仮定し、気象庁のアメダスデータ（地点名：井川、図-1 地形図中の★印）を用いた。水位-EC ヒステリシスループの解析は、水位（すなわち流量）のピークに対して、(i) pre-event water 成分量のピークが先行するタイプ（Clockwise）、(ii) event water 成分量のピークが先行するタイプ（Anti-clockwise）、(iii) 同時タイプ（Direct; Non-hysteresis）、の 3 つに区分された。

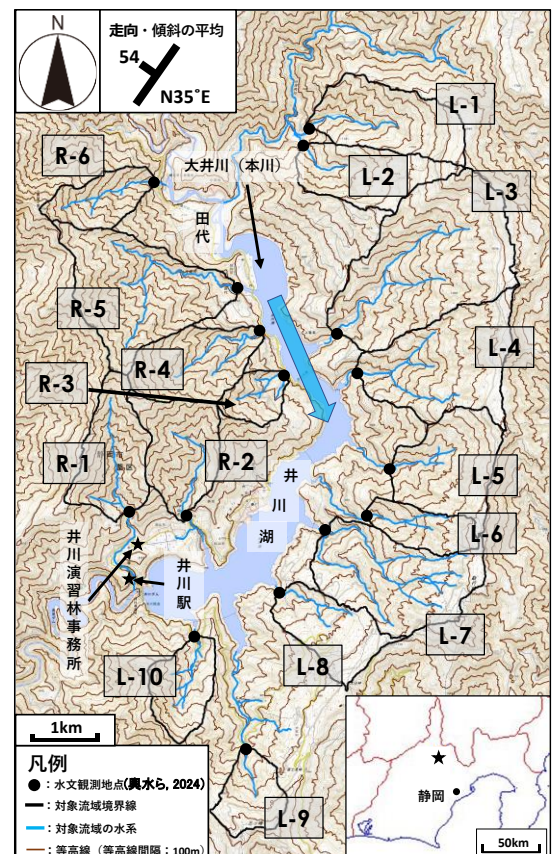


図-1 研究対象地

3. 結果と考察

水位および EC の観測データの一部を図-2 に示す。また、1 地点以上で水位と EC のデータセットが得られた計 15 回の出水イベントについて、水位-EC の変動傾向を表-1 に整理した。大井川右岸の R-1 流域では 67%, R-4 流域では 67~80%のイベントにおいて Clockwise 型の傾向を示した。これらの 2 流域では, Anti-clockwise 型は観測されなかった。一方, 左岸支流については, Clockwise 型・Anti-clockwise 型のイベントが, L-4 流域ではそれぞれ 13%および 40%, L-10 流域ではそれぞれ 7%および 27~47%であった。左岸支流では Direct 型の応答が右岸支流に比べてやや高い割合で認められた。また, 同一の出水イベントに着目した場合に, 右岸支流で Clockwise 型, 左岸支流で Anti-clockwise 型となる傾向が複数のイベントで認められた (Storm ID 1, 4, 5, 9)。すなわち, 左・右岸の 1 流域ずつ (R-3 および L-3) は欠測の割合が多いものの, 受け盤斜面が優勢な右岸支流では Clockwise 型の応答が卓越し, 流れ盤斜面が優勢な左岸支流では種々の応答型が混在しつつ Anti-clockwise 型の応答が一定程度優占的であった。この結果から, 出水時において, 大局的には, 受け盤斜面が優勢な流域では, より深層を経由するあるいは滞留時間の長い雨水が先行して流出し, 流れ盤斜面が優勢な流域では, より浅層を経由するあるいは滞留時間の短い雨水が先行して流出する傾向が示唆された。このような流出プロセスと受け盤・流れ盤構造との対応は, 上述の無降雨時の観測データから検討された結果と整合的であった。

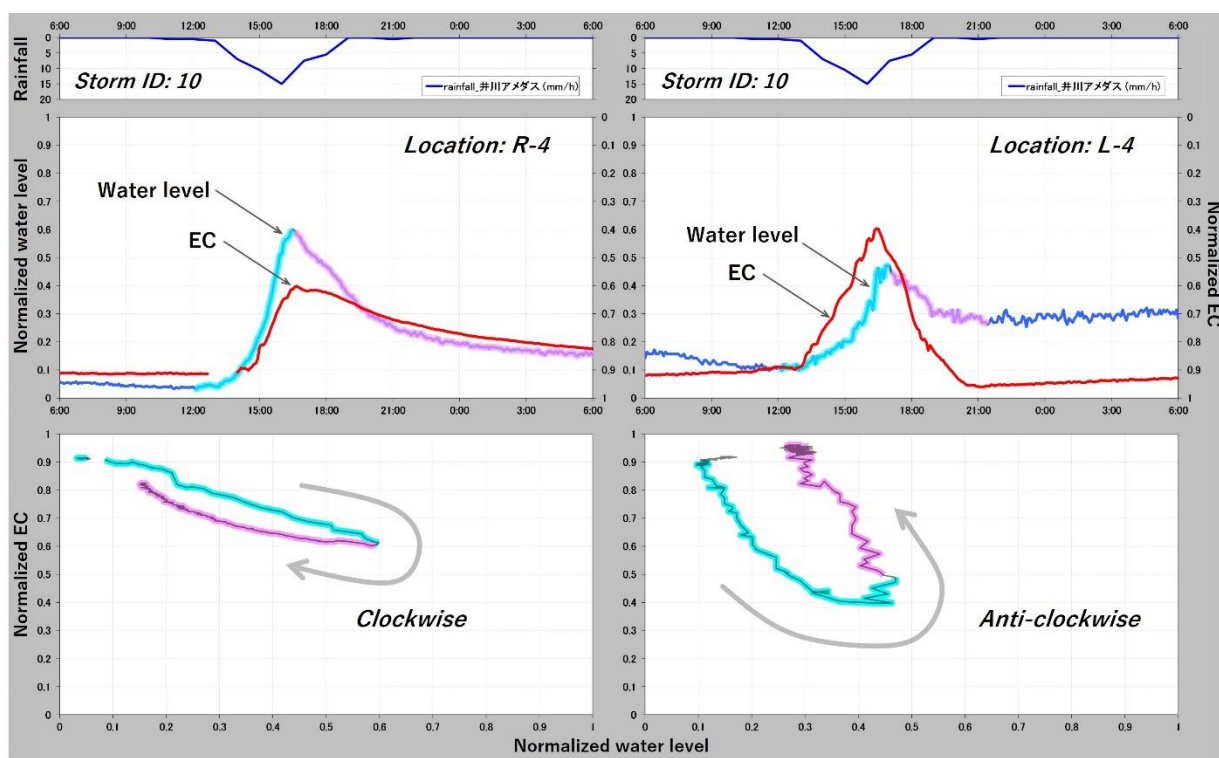


図-2 水位および EC の時系列データ

表-1 水位-EC の変動傾向

Location	Storm ID														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R-1	C	-	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-	-	-
R-3	C	-	-	-	-	-	-	-	-	AC	C	AC	-	-	-
R-4	C	C	-	C/D	C	C/D	-	-	C	C	C	C	C	C	C
L-3	D	D	-	-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-
L-4	D	-	AC	AC	AC	-	C	-	AC	AC	C	AC	-	-	-
L-10	AC/D	-	C	AC	AC/D	C/D	AC	AC/D	AC	AC	D	D	-	-	-

C: Clockwise, AC: Anti-clockwise, D: Direct (Non-hysteresis), -: No data

引用文献

- Evans, C., Davies, T.D., (1998) : Causes of concentration/discharge hysteresis and its potential as a tool for analysis of episode hydrochemistry. Water Resour. Res. 34 (1), p.129-137
 興水康二・山川陽祐・内田太郎 (2024) : 大起伏の中古生代付加体堆積岩山地における地質構造に着目した降雨流出特性に関する考察, 砂防学会誌, Vol.76, No.5, p.25-32