

裏磐梯毘沙門沼集水域における降雨流出機構と水質変動の関係

福島大学共生システム理工学類 皆川 光樹
福島大学共生システム理工学類 横尾 善之

1. はじめに

五色沼湖沼群は 1888 年の会津磐梯山の噴火により形成された。五色沼湖沼群は大小様々な湖沼で形成されており、國井ら (2012)の報告よれば、五色沼湖沼群の水系は銅沼→緑沼→瑠璃沼→青沼→弁天沼へ続く銅沼系と呼ばれる水系と、もうせん沼→弥六沼→父沼・母沼→柳沼→石倉沼と続く柳沼系と呼ばれる水系が竜沼で合流し、竜沼→深泥沼→毘沙門沼へ続く竜沼系となり長瀬川へと水が流れているとしている。また、毘沙門沼に流れる途中で赤沼からの流入もあると示唆している。五色沼湖沼群の水質は金属成分を多く含む硫酸酸性の水や磐梯山の深層地下水などから構成されており、毘沙門沼や弁天沼、青沼ではケイ酸アルミニウムの微細粒子によって、美しい青色が見られる。「裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査中間報告書」(福島大学大学院共生システム理工学研究科研究プロジェクト型実践教育推進センター自然共生・再生プロジェクト部・裏磐梯の湖沼環境を考える会議, 2012)において、裏磐梯五色沼湖沼群における外来植物の侵入や水色の変化が指摘されている。水環境変化を理解するためには水がどのように流れているか、つまり流出過程を知ることが重要である。水の色の変化に関連すると考えられる裏磐梯五色沼湖沼群の流出機構については、三浦ら (2014)が融雪期における流出機構の研究を行い、藤元・横尾 (2015)は年間を通じた流出機構の研究を行っている。また、廣瀬・横尾 (2015)は、水質の観測データと流量を 4 成分に成分分離した結果を比較・解析し、降雨に対して反応が遅い 2 つの流量成分を説明できる水質を発見した。しかし、降雨に対して反応が早い 2 つの流量成分を説明できる水質項目を見つけることができていない。そこで本研究は、降雨に対して応答が早い 2 つの流量成分を説明できる水質項目を見つけ、毘沙門沼の降雨流出機構を解明することを目的としている。

2. 方法

2.1 調査地点

本研究は福島県裏磐梯地域五色沼湖沼群の 1 つである毘沙門沼の流入口で調査を行った(図-1)。

2.2 調査器具

平成 25 年 4 月 9 日から自記水質計 (ワイエスアイ・ナノテック社, EXO-2) を設置し、毎時の水質 (イオン以外) を測定した。また、平成 26 年 6 月 25 日より同様の自己水質計を用いてイオンの測定

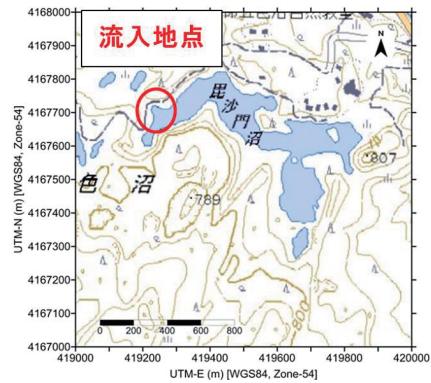


図 1 毘沙門沼の調査地点

*Relationships between changes of dominant rainfall-runoff components and water quality indices in the watershed of the Bishamon pond Ura-Bandai, Japan by Kouki Minakawa and Yoshiyuki Yokoo

も行った。現在計測している水質項目は、水温、pH、電気伝導度(EC)、総溶解固体分(TDS)、濁度、蛍光溶存有機物(fDOM)、酸化還元電位(ORP)、溶存酸素量(DO)、塩化物イオン、硝酸イオンがある。

2.3 解析方法

毘沙門沼の水質と流量を時系列変化で両者の関係を調べた。また、流量に関しては菅原・横尾(2016)が行った日野・長谷部(1984)を参考にしたフィルターフラッシュ法を用いての流量を成分分離した結果と、計測している各水質成分を比較し、重回帰分析を行った。



図-2 自己水位計
(ワイエスアイ・ナノテック株式会社,
EXO-2)



図-3 調査地点の様子

3. 結果

3.1 水質のモニタリング結果

水質成分のモニタリング結果を図4、図5に示す。水温は、8月が最高点で2月～3月が最低点となり、気温と同様の変動を示すことが分かった。TDSは4月をピークとする変動があり、流量の増減に伴う関係性が見られた。

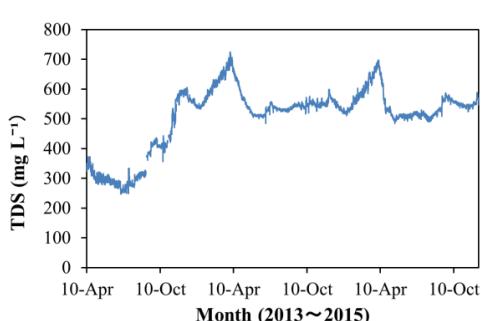


図4 TDS のモニタリング結果

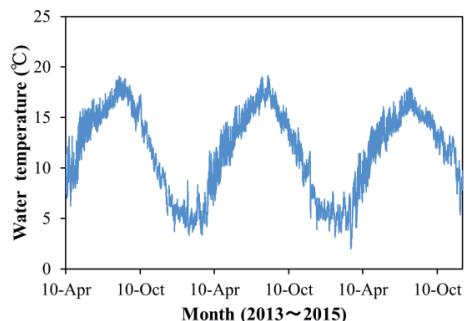


図5 水温のモニタリング結果

3.2 フィルタ一分離法を用いた成分分離結果

菅原・横尾(2016)の流量を成分分離した結果を図6、図7に示す。フィルタ一分離法を用いて成分分離した結果、毘沙門沼の流入水は4つに成分分離することができ、降雨に対して応答が遅い流量成分が Q_1 であり、逆に降雨に対して応答が早い流量成分が Q_4 であり、その中間の流量成分が Q_2 と Q_3 である。図7の比較的降雨に対して反応が早い成分の Q_3 成分は降雨に反応し、融雪にも敏感に反応していることが分かった。

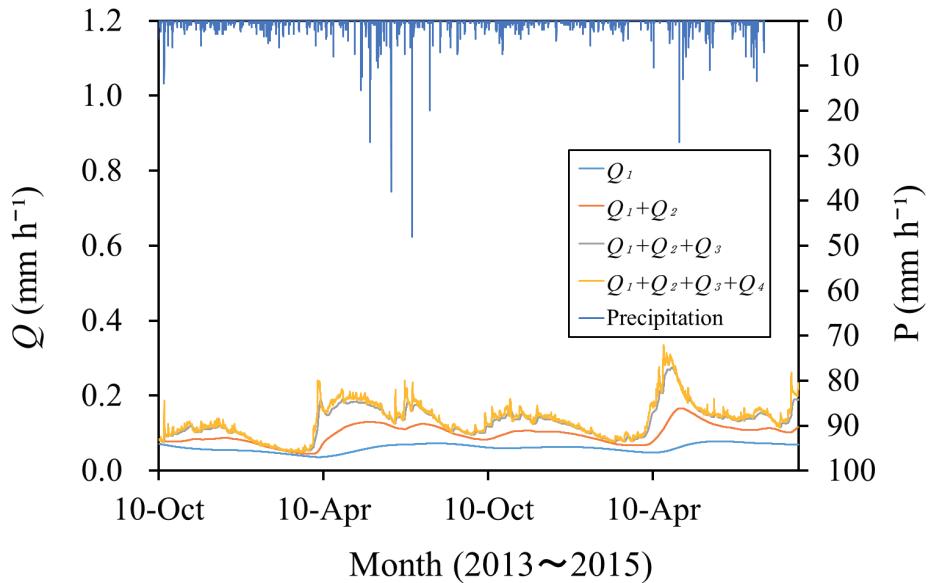


図6 フィルタ一分離法を用いた成分分離結果

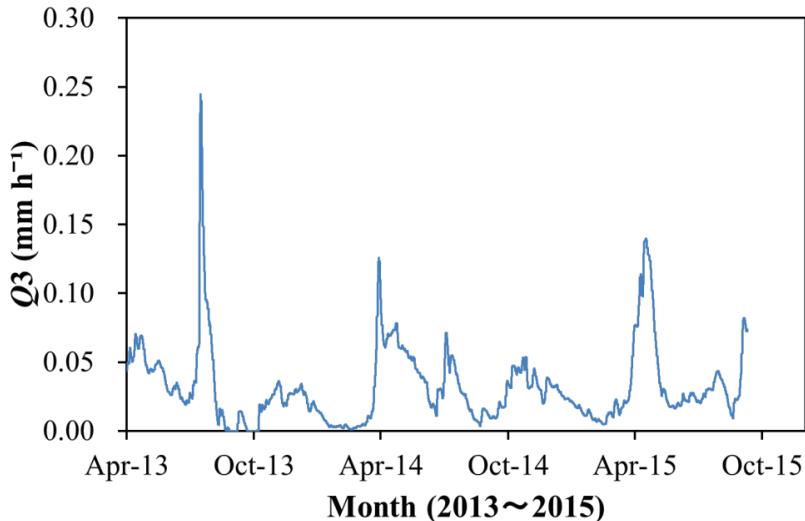


図7 Q_3 成分の結果

3.3 水質データと Q_3 の関係

水温と Q_3 の関係と TDS と Q_3 の関係を図 8, 図 9, 図 10, 図 11 に示し, 2つの水質成分と Q_3 成分との相関係数を表 1 に示す。TDS と Q_3 成分の関係は, 融雪期 2つのピークにおいて正の相関を表していることが分かり, 水温と Q_3 成分の関係は, TDS と異なり負の相関であることが分かった。

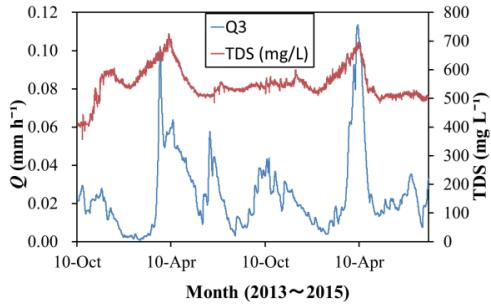


図 8 TDS と Q_3 の時系列変化

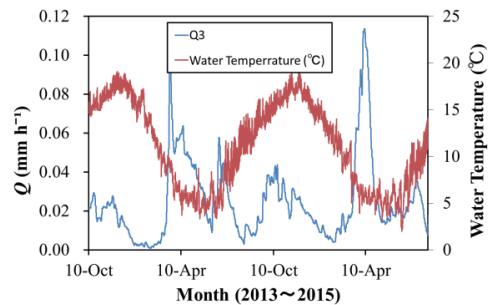


図 9 水温と Q_3 の時系列変化

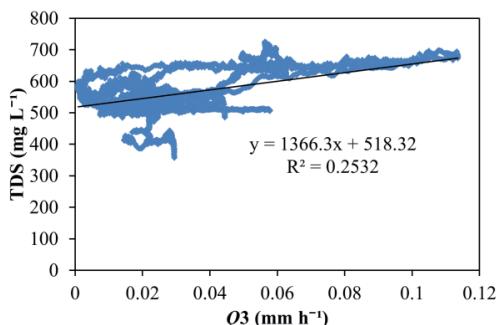


図 10 TDS と Q_3 の相関図

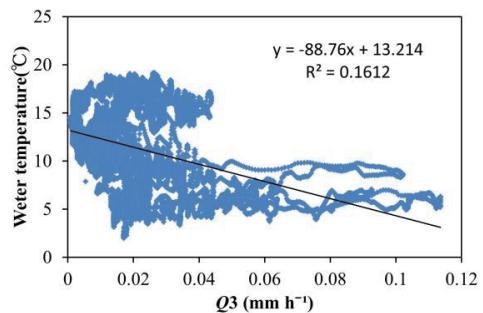


図 11 水温と Q_3 の相関図

表 1 各水質と Q_3 の関係

	Q_3
TDS	0.50317
Water temperature	-0.40152

3.4 重回帰分析の結果

重回帰分析を行った結果を図 12 に示す。 Q_3 が実測値であり, Q'_3 が重回帰分析で求めた値である。これらの実測値と重回帰分析で求めた結果から Q_3 成分は, 水温と TDS の 2 つの水質で説明できる可能性がある。しかし, 実測値と重回帰分析で求めた値を比べてみると 4 月から 6 月にかけてのピークは, 似た変動を再現することができたが, 2013 年の 7 月から 2015 年の 3 月までの変動を細かく再現することができていない。したがって, Q_3 を説明するのには, まだ不十分である。この点は, 非線形の重回帰分析を用いることで改善できる可能性があると考えられ, それによって残差である Q_4 がより正確に水質データから計算できると期待できる。

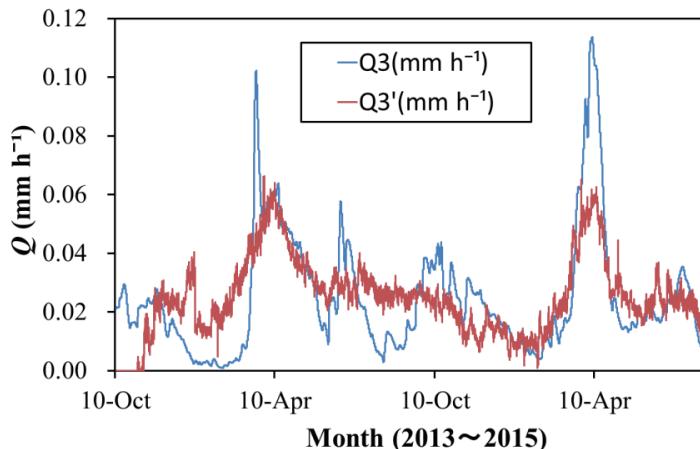


図 12 実測値のモデル式の比較

4. まとめ

廣瀬・横尾（2015）と同様に、 Q_1 は水温と、 Q_2 はECと相関があることを確認できていたため、本研究は Q_3 と水質の関係性を模索するために重回帰分析を行った。その結果、 Q_3 は水温とTDSの2つの水質で説明できる可能性があることが分かった。また Q_4 成分に関しては、降雨に対する応答が早く変動幅も大きいために、水質と Q_4 の関係を見つけることができていないが、水質データから Q_1 から Q_3 を推定した後の残差として Q_4 は推定できる。しかし毘沙門沼に水が流入するまでの流出機構を理解するためには、降雨に対する応答が早い成分である Q_3 、 Q_4 をさらによく説明できる水質を見つけることも重要であると考える。例えば、相関係数のみに着目するのではなく、相関図をさらに解析することでより正確に Q_3 、 Q_4 成分を説明できる水質を見つけることが期待できるが、この点は今後の課題である。

謝辞

本研究は福島大学共生システム理工学研究科プロジェクト研究「遷移途中にある自然環境を自然遺産として良好に保全するための研究モデルの策定-磐梯朝日国立公園の人間-自然環境系(生物多様性の保全)に関する研究-」[文部科学省特別経費(プロジェクト)採択事業]、科学研究費補助金(若手研究B, 24760388)、科学研究所補助金(基盤研究B, 22360192)、JST/CREST「安全で持続可能な水利用のための放射性物質移流拡散シミュレータの開発」、東北大学災害科学国際研究所「特定プロジェクト研究(B-18)」の成果である。気象データには気象庁のデータを利用した。本調査研究は、ワイエスアイ・ナノテック株式会社の小菅将史様、津金産業有限会社、環境省東北地方環境事務所、福島県庁の皆様にご支援いただいた。ここに謝意を表す。

参考文献

國井芳彦・渡邊稔・佐久間智彦(2012) 裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の化学的な成分に関する調査結果(第2報), 磐梯朝日遷移プロジェクト 裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査報告書,

26-35.

菅原惇・皆川光樹・藤元大季・廣瀬将也・横尾善之 (2015) 裏磐梯毘沙門沼集水域の主要な降雨の貯留・流出過程と水質変動の関係、裏磐梯朝日遷移プロジェクト、裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査報告書、96-104.

菅原惇・横尾善之 (2016) 裏磐梯毘沙門沼の集水域における降雨流出機構に関する研究、東北地域災害科学研究、第 52 卷、(印刷中) .

日野幹雄・長谷部正彦 (1985) 水文流出解析—FORTRAN と BASIC による、森北出版、254p.

廣瀬将也、横尾善之 (2015) 裏磐梯毘沙門沼への流入表流水の起源推定に向けた水質データ解析、東北地域災害科学研究、第 51 卷、207-212.

藤元大季、横尾善之 (2015) 裏磐梯毘沙門沼の上流域における雨水の貯留・流出過程の推定、東北地域災害科学研究、第 51 卷、201-206.

三浦淳・渡辺泰世・横尾善之・藪崎志穂 (2014) 裏磐梯毘沙門沼における融雪期の流入表流水量と水質の関係、東北地域災害科学研究、第 50 卷、245-250.