

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*

福島大学共生システム理工学類 廣瀬 将也
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る岩屑雪崩により、長瀬川とその支流が堰き止められ形成された。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(2013)の報告によると、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周辺環境の悪化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流域内のどこを流れているか、つまり流出過程を知ることが重要になってくる。千葉ら(1986), 国井ら(2013)など多くの水質調査はされてきたが流出過程についての研究は、三浦ら(2014)の融雪期における流出過程の研究のみである。三浦ら(2014)は毘沙門沼に流入する水量と水質の関係から、融雪出水が卓越する五色沼湖沼群において、イオンと電気伝導率が融雪の始まりを示すトレーサーになる可能性を見出した。しかし、三浦ら(2014)の研究では融雪期のみの解析であり、他の期間の解析は行われていない。そこで、本研究では年間の毘沙門沼表流入水の流出過程について、表流水量と水質の関係から推定することを目的とする。

2. 方法

2. 1 調査地点

本研究では福島県裏磐梯地域五色沼湖沼群の一つである毘沙門沼の流入口で調査を行っている(図-1)。

2. 2 水質測定

平成 25 年 4 月 9 日から自記水質計 (ワイエスアイ・ナノテック株式会社, EXO-2) を設置し、毎時の水質(イオン以外)を測定している



図-1 毘沙門沼の調査地点

*Hydrological monitoring and data analysis for estimating runoff processes of inflow to the Bishamon pond in Fukushima by Shoya Hirose and Yoshiyuki Yokoo

(写真-1, 2)。さらに、平成 26 年 6 月 20 日から同様の自己水質計でイオンの計測も行っている。現在計測している水質項目は、水温、pH、電気伝導度(EC)、溶存固体物量(TDS)、濁度、蛍光溶存有機物(fDOM)、酸化還元電位(ORP)、溶存酸素量(DO)、塩分、塩化物イオン、アンモニウムイオン、硝酸イオンがある。

2. 3 解析方法

水質と流量の時系列変化から両者の関係を調べた。また、藤元・横尾(2015)が行っている日野・長谷部(1984)を参考にしたフィルター分離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相関解析を行った。また、流量についても藤元が計測し算出したデータを使用した。



写真-2 自己水位計

(ワイエスアイ・ナノテック株式会社、EXO-2)



写真-3 毘沙門沼流入口における
計測の様子

3. 結果

3. 1 流量データと各水質成分の比較

流量データと各水質成分の変動グラフを図-2、3 に示す。データの掲載期間については、イオン以外の水質項目では平成 25 年 4 月 9 日から平成 26 年 10 月 20 日まで、イオンについては平成 26 年 6 月 20 日から平成 26 年 10 月 20 日までである。水温は 8 月が最高点となり 2 月～3 月が最低点となっており、気温と同様に夏季に高くなり、冬季に低くなる。pH は 6.5～7.0 の値でほぼ一定値である。EC と TDS は 4 月上旬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る。fDOM は 4 月上旬から 10 月までは流量と同様の変動が見られるが、冬季は流量と逆の変動がある。DO は水温と逆の変動を示し、8 月～9 月を最低点とし 1 月～2 月が最高点となる。

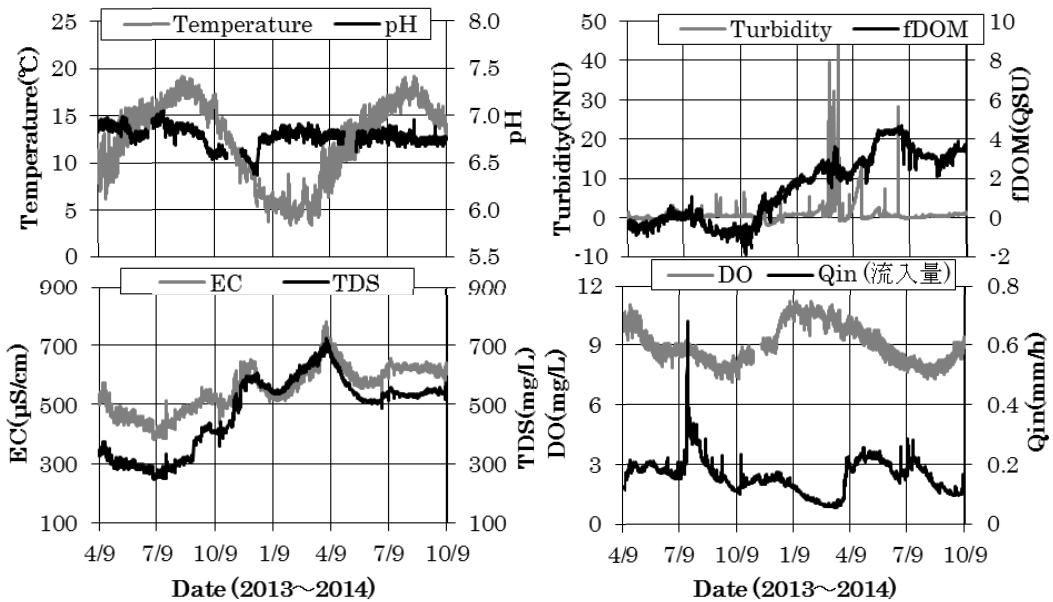


図-2 流入水量と水温, pH, EC, TDS の関係

図-3 流入水量と濁度, pH, EC, TDS の関係

3. 2 フィルター分離法を用いた成分分離結果と水質成分の相関解析

フィルター分離法を用いての成分分離結果を図-4に示す。この場合、流量は4成分に分離することができ、地下水流出に近い成分がQ1であり、表面流出に近い成分がQ4、その中間成分がQ2, Q3である。Q1とはQ2比較的に緩やかな変動であり、夏季に上昇し、冬季に下降する。Q3, Q4成分は観測流量に近く変動幅が大きい。

流量成分分離結果と各水質成分の相関係数を表-1に表す。最も緩やかで流量変動の少ないQ1と相関があった水質はpH, DOである。Q2成分と相関があるのは水温, EC, DOであった。

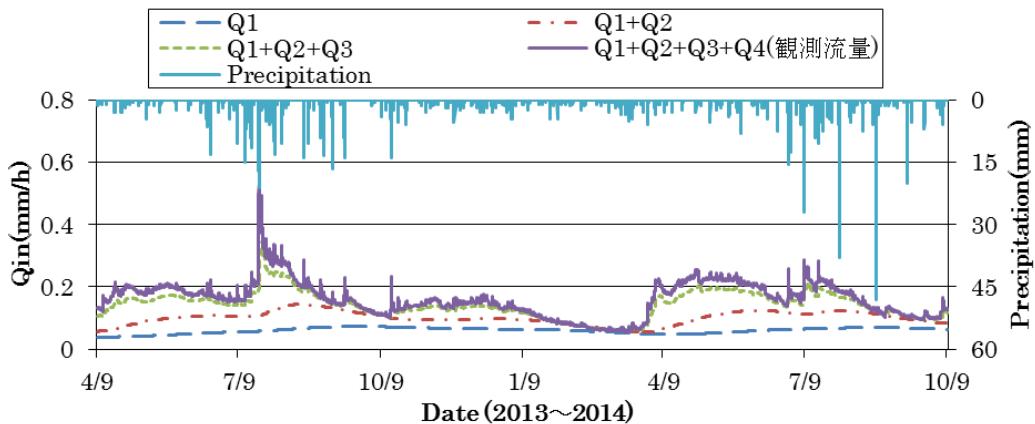


図-4 フィルター分離法を用いた成分分離結果

表-1 フィルタ一分離法を用いての流量成分分離結果と各水質成分の相関解析

	Q1	Q2	Q3	Q4
Temperature	0.366	0.701	0.218	0.149
pH	-0.482	0.217	0.284	0.196
EC	-0.048	-0.650	-0.255	-0.182
TDS	0.160	-0.583	-0.331	-0.242
fDOM	0.058	-0.088	-0.104	-0.087
DO	-0.538	-0.482	-0.017	-0.012

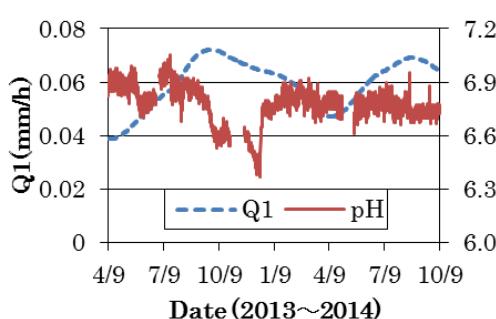


図-5 Q1 と pH の時系列変化

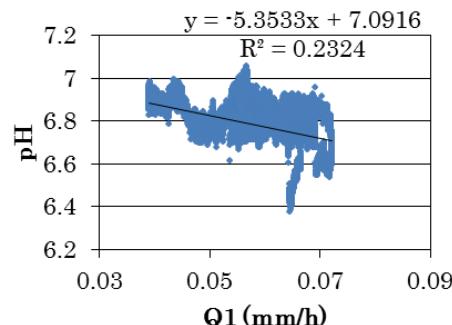


図-6 Q1 と pH の相関図

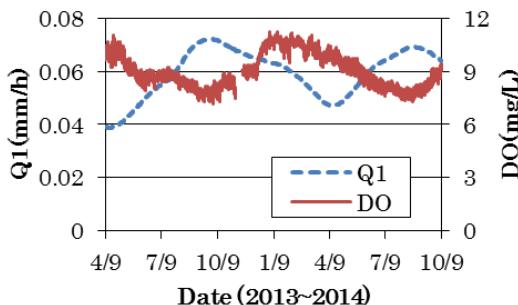


図-7 Q1 と DO の時系列変化

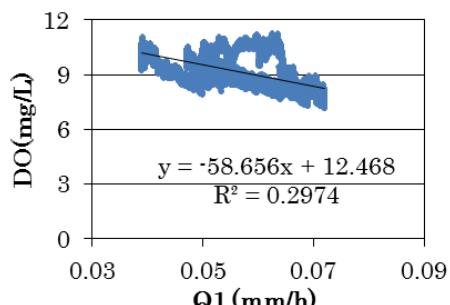


図-8 Q1 と DO の相関図

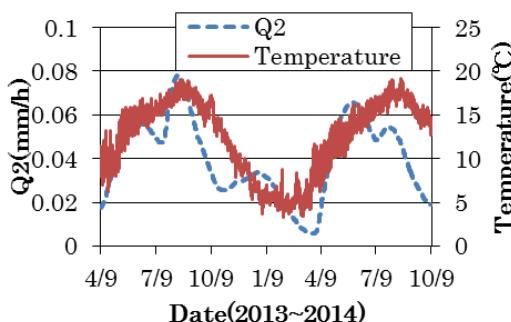


図-9 Q2 と水温の時系列変化

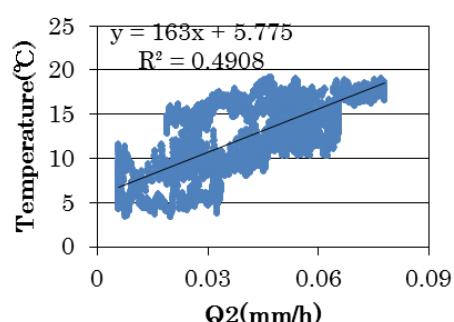


図-10 Q2 と水温の相関図

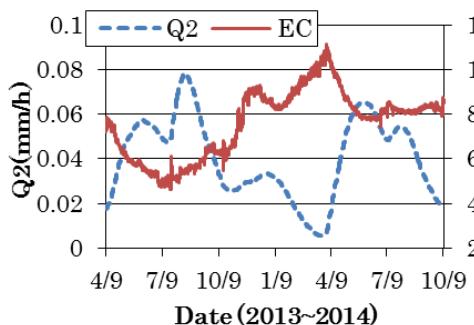


図-11 Q2 と EC の時系列変化

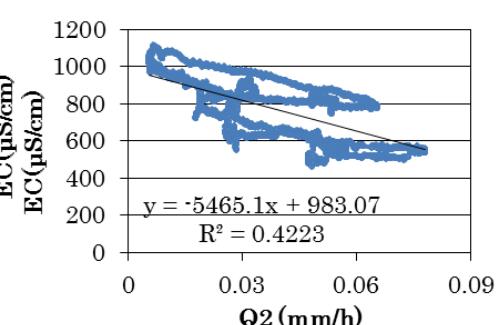


図-12 Q2 と EC の相関図

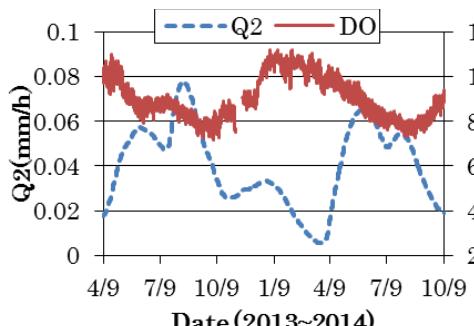


図-13 Q2 と DO の時系列変化

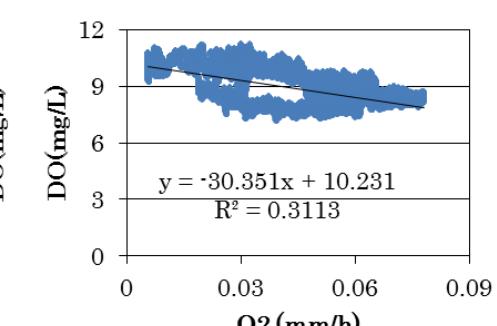


図-14 Q2 と DO の相関図

図-5~14 は分離した流量成分と水質変動の関係を経時変化と相関図で示したものである。時系列変化と流量成分分離結果を比較すると、流量に敏感に反応している水質と、そうでない水質があることがわかる。前者は、図 7(Q1 と DO)や図 11(Q2 と EC)の関係である。後者はそれ以外の水質ある。また、流量のピーク時と各水質のピーク時が対応していない図 7(Q1 と DO)のような水質もあった。相関図では、分散してプロットされている図が多いが、図 12 のように線で繋がったような形状の図もあり、ヒステリシスの存在を示唆する関係もある。

4. まとめ

本研究は、毘沙門沼に流入する表流水の起源推定を目的として、表流水量データおよびそれを遁減特性の異なる複数の成分に分離して得られる流量成分と流入表流水の水質変動の関係を調べた。まず成分分離前の表流水量データと水質データの時系列変化を比べた結果、EC や TDS は流量の増減に敏感に反応し、水温や DO は流量の増減に関係なくデータが推移することが分かった。次に、成分分離結果と水質の相関解析した結果、Q1 は pH と DO、Q2 は水温と EC、DO と相関があった。Q1、Q2 ともに、夏季に比較的高い値を示し、冬季に減少する傾向がある。水温と DO は年間を通して単純な変動であり、これらは図-2 より逆の変動を示している。Q2 成分は夏季に増加し、冬季にはほとんど流出のない時期もある。Q1、Q2 成分と DO が負の相関を示した。Q1、Q2 成分は比較的に穏やかな変動があり、地下水流出に近い成分である。DO は表流水の方が、地下水よりも空気に触れる時間が多くの高い値を示すと思われる。したがって、

地下水増加時に DO の値が低くなり、図-7 および図-13 のようなグラフになったと考えられる。また、図-11 の EC と Q2 の相関でも負の関係性が見られた。EC の増加はイオン量の増加を示しており、Q2 が減少すると EC は増加するので、地下水にイオン量は少ない事が考えられる。

Q1 と Q2 については相関のある水質が見つかったが Q3, Q4 については相関のある水質が見つからなかった。毘沙門沼に水が流入するまでの流出過程について理解するためには、変動幅の大きい Q3, Q4 成分を説明できる水質を見つけることが重要になる。藤元ら(2014)によると毘沙門沼の地下水流入量は、毘沙門沼全体の水収支の中でわずかな割合であることを示している事より、地下水流出成分に近い Q1 成分よりも表面流出に近い成分である Q3, Q4 を把握することが流出過程の推測に繋がると考えられる。したがって、相関係数のみに着目し解析するのではなく、より多くのデータを集めて相関図をさらに解析する事で Q3, Q4 成分を説明できる水質を見つけることが今後は必要であると考えられる。

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「遷移途中有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)の成果である。また、気象データには気象庁のデータを利用した。水質モニタリングにあたり、ワイエスアイ・ナノテック株式会社の小菅将史様ならびに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 (2013), 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, pp.26-35.
- 千葉茂・朝倉誠司・松本仁志 (1986), 裏磐梯五色沼の水質とその成因について, 福島大学教育学部論集理科報告, 38, pp.19-29.
- 福島県 (2012), 猪苗代湖及び裏磐梯湖沼水環境保全推進計画(中間整理案), <http://wwwcms.pref.fukushima.jp/download/1/keikaku.pdf>
- 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), 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, 72 pp.
- 日野幹雄・長谷部正彦 (1985), FORTRAN と BASIC による 水文流出解析, 森北出版, pp.84-93.
- 藤元大季・廣瀬将也・渡辺泰世・三浦淳・横尾善之 (2014), 裏磐梯毘沙門沼の水量・水質調査: 年間の水収支および融雪期の水量と水質の関係, 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, pp.46-54.
- 三浦淳・渡辺泰世・横尾善之・戸崎志穂 (2014), 裏磐梯毘沙門沼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, pp.254-250.