

気候変動による貯水池の地域影響評価のための基盤情報整備に関する研究

福島大学共生システム理工学類 非会員 ○庵原 彪太
 福島大学大学院共生システム理工学研究科 非会員 誼高 一将
 福島大学共生システム理工学類 正会員 川越 清樹

1. はじめに

気候変動システムの温暖化、および気温上昇に伴う水循環の極端化による豪雨頻度の増加と渇水期の長期化が予測されている。現行の主要な水資源を担う貯水池では、温暖化に対する水温上昇、および躍層形成の遷移に伴う内部生産性の変化が見込まれ、富栄養化のリスク増加¹⁾が危惧されている。ただし、豪雨の頻発する予測をふまえると、内部生産や富栄養化の課題だけでなく、雨滴侵食に伴う外部不可量の増加や濁質化の影響も検討しなければならない。2013年7月山形豪雨では、強雨に伴う土砂の生産量増大により寒河江ダムで浄水能力を超過した濁度上昇が認められ、利水圏で約1週間の断水被害が生じた²⁾。平成30年に未曾有の被害を与えた西日本豪雨でも濁度上昇に伴う同様の被害が多く認められている。温暖化を発端とする豪雨の高頻度化による水資源供給の支障も考慮し、事前の対策を進めることが必要である。貯水池に対する対策を考慮する上で、現行の質的な流出傾向の情報を緻密にすること、気候変動の影響を見積もることに取り組まなければならない。本研究では、質的な流出傾向の情報を把握するアプローチを試みるが、既に流出される貯水池上流域の地形・地質、土地被覆と貯水池内の外部不可、および水質の関係はデータベース化されている³⁾。しかしながら、巨視的なスケールにとどまっておき、緻密な傾向において不明な部分が多く存在している。

2. 研究目的・対象領域

本研究の目的は、気候変動に伴うダム貯水池の影響に関わる貯水池上流域の外部不可要素と水質の特徴を緻密な時空間的情報として整備することである。外部負荷要素として地質、土地被覆および露頭に着目し、溶解性物質より構成されるイオン成分から水質を求め各々を比較した。水質は貯水池に流入する水量を基に濃度から量に変換して比較検討に用いた。

対象領域は、福島県福島市の摺上川ダム貯水池(国土交通省管轄)及び貯水池へ流入する河川8ヶ所である(サンプリングポイントは図2の解析結果を参照)。摺上川ダム貯水池は、福島都市圏内(福島市、伊達市、二本松市、桑折町、国見町、川俣町)の約38.5万人の生活、産業の水資源を担う水源であり、現在まで富栄養化、濁度上昇等の被害経験も認められていない。ただし、水質変化の経験値がないことから、地域の特徴も把握しにくく、温暖化による影響も予測しにくい貯水池と解釈できる。そのため、緻密な傾向を把握して、将来に備える必要性も高く、本研究では、この対象領域で水質などのデータを収集、諸データの関係を比較検討分析し、地域影響評価のための質の流出傾向の基盤情報を整備した。

3. 解析方法、およびデータセット

解析方法は以下の①~④に示すとおりである。

- ① 摺上川ダム貯水池、流入8河川の定期採水(図2参照)、および分析
- ② 現在までの対象貯水池の観測値に基づいた経験値の分析
- ③ 摺上川ダム貯水池、流入河川の季節(融雪期・夏期・秋期)に応じたイオン組成、貯水池へのイオン負荷量の検討(=摺上川ダム貯水池の季節変動検討)
- ④ 摺上川ダムのイオン負荷量と流入河川8河川の諸条件の比較検討。

解析方法①に関しては、現地調査よりサンプリングされたデータについて、イオンクロマトグラフィー、デジタルパックテストより負荷成分に対するイオン組成の化学的な質の同定を行った。現地調査は各月1回の間隔で計測した。解析上では、季節ごとの特徴として評価するため、4~5月を融雪期、6~8月を夏期、9~11月を秋期と整理した。

解析方法②に関しては、摺上川ダム管理所の日報、月報より公表されている2006年1月から2016年12月までの流量・水質データを整理した。(流量：放流量・流入量・貯水量に関しては日データ、水質は月データである)

解析方法③に関しては、解析方法①の結果を利用してイオン組成でタイプ分類を示すとともに、②の結果を含めてイオン濃度からイオン負荷量にアウトプットを変換し、摺上川ダム貯水池、流入河川8ヶ所の時空間的な特徴を求めた。

解析方法④に関しては、数値地理情報(国土数値情報、国土交通省国土制作局 国土情報)より取得された土地被覆、地質、および衛星画像より抽出した露頭の貯水池流入河川9箇所流域空間情報との比較検討より地域の特徴を求めた。

本概要には解析③、④の結果を中心に結果を示す。

4. 解析結果

4.1 イオン組成の分類結果

図1は摺上川ダム貯水池、および流入河川8ヶ所を含めたトリリニアダイアグラムである。各地点の試料とともに全て重炭酸カルシウム型に分類される結果を得た。この型は概ね地下水に属することを示唆し、摺上川ダムの貯水水源は、降水に対して感度の低い循環速

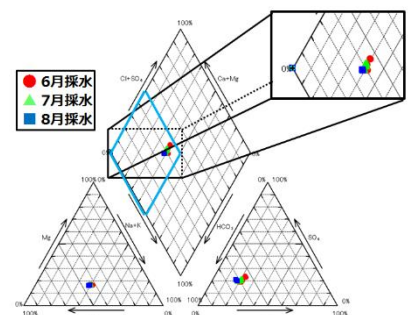


図1 摺上川ダム貯水池のトリリニアダイアグラム

度の遅い流出水により構成されるものと解釈される。

4.2 季節毎のイオン負荷の検討結果

季節毎のイオン負荷の検討結果を図2、図3に示す。全季節の比較より、特に特徴が認められたのが融雪期と夏季である。この理由として、いずれも降水、および降水生成物質による水循環の加速要因が生じるためであり、トリリニアダイアグラムに示されるイオンバランスに変化がないものの、流量、イオン濃度に変化が生じるためと推測される。以上より、融雪期、夏季を基に負荷の検討結果を説明する。イオンの負荷量の特徴として以下の結果が示される。

- ① 夏季にイオン負荷量が増加する結果を示した。降水が浸透する流出過程が異なるため差が生じること、土地を被覆する植生の活性度の差が生じることが負荷量の増減に影響を与えている可能性を示唆する。本研究では、土地被覆を精査するアプローチで4.3節の解析で検証を進める。
- ② 全体的に夏季に変化することで Ca^{2+} (占拠割合：融雪期 13~16%，夏季 21~24%)， SO_4^{2-} (占拠割合：融雪期 17~22%，夏季 22~26%) のイオン負荷割合が増加する。 Ca^{2+} は流出するまでの地中に滞在した水のスケールを誘導する指標であり、影響最大因子は地質となる。 SO_4^{2-} は水の酸化度を示す指標であり、大気効果も含む外的営力の大きさを示す。地質と外的な影響であり、各々の要素の相乗的増加の整合化は難しいものの、夏季は様々な影響を受けた流出が出現しやすいことを示している。
- ③ 特徴的な河川は中津川であり、融雪時期に K^+ のイオン占拠割合が増加する。 K^+ の主な起因は岩石土壌や森林、畑地であり、表層の表流水の影響を示す指標である。中津川は、融雪時期に表流水影響の大きくなる河川と解釈できる。

上記の①~③に示されるとおり、摺上川ダム流域では、4.1節よりイオンバランスが概ね一致したものの季節的、空間的な地域性を含む結果を得た。

4.3 流入のイオン負荷量と諸条件の関係性検討

図4は流入河川8ヶ所のイオン負荷量と諸条件の関係性を示したものである。イオン負荷量の大きな流域として鳥川流域が挙げられる。流域特徴として、水系数から地形が複雑であること、裸地数より斜面崩壊現象が多く認められていたこと、が示唆される。また、複雑な地形に寄与して植生も人為改変を示唆する複雑な混合の林相であることが明らかにされた。

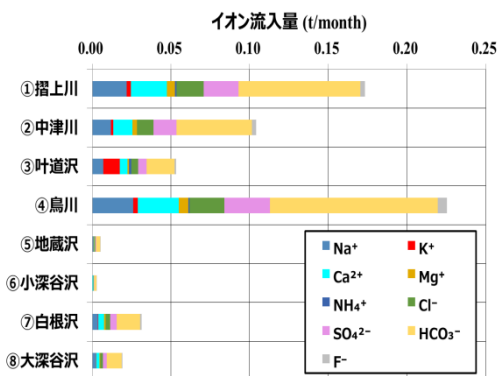


図4 摺上川ダム貯水池小流域のイオン負荷量と諸条件

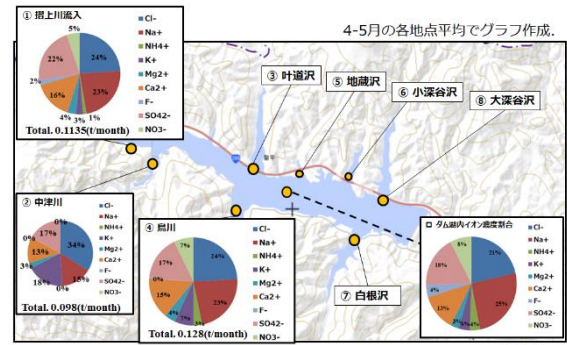


図2 融雪期(4~5月) イオン流入量及びイオン蓄積量

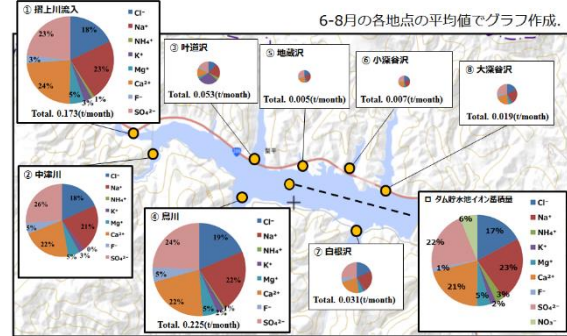


図3 夏季(6~8月) イオン流入量及びイオン蓄積量

土壌の脆弱度に応じてイオン負荷量も増加する可能性を示している。また、全体的な傾向として、花崗閃緑岩を含む流域のイオン負荷量は大きい結果を得た。これらの流域では、花崗岩から溶出される Ca^{2+} の負荷が相対的に大きい特徴を有している。

5. 結論、および今後の課題

気候変動への影響をふまえて、摺上川ダム貯水池の上流域の外部不可要素と水質の特徴を緻密な時空間的情報として捉える目的で進められた本研究より、流域の土壌変動、地質に応じて微細な特徴が示される結果を得た。ただし、その流出プロセスは更に追跡調査する必要がある、特に短時間スケールの変動を精査しなければならない。

謝辞：本研究は、文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)によって実施された。ここに謝意を示す。

参考文献：

- 1) 桑原亮・梅田信，国内のダム湖における流入河川の水質と流域背景に関する統計的評価と将来展望．土木学会論文集 G(環境)，Vol.69, I_123-I_129, 2013.
- 2) K. Yasuhara, S. Kawagoe, K. Araki, Geo-disasters in Japan in the Context of Climate Change, Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA, Vol.48, pp.1-11, 2017.
- 3) 新垣和・鈴木健・川越清樹，気候に応じた外部負荷流入特性と貯水池の富栄養化指標・濁度の関係についての検証，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.73, I_751-I_756, 2017.

名称	流域面積 (km ²)	水系数	裸地数	地質状況	土地被覆状況
摺上川	44.2	67	46	花崗閃緑岩、凝灰岩、安山岩	ブナミズナラ群落主体の落葉広葉樹林が占拠大きい流域。一部、伐採地を含む。
中津川	25.5	166	151	花崗閃緑岩、黒色片岩、凝灰岩、流紋岩、砂岩、泥岩、凝灰岩の互層、礫岩	チンマサザナ群落の占拠度大きく、自然度の大きい流域。
叶道沢	15.4	118	48	花崗閃緑岩、凝灰岩、輝緑凝灰岩、安山岩、流紋岩	クレーミズナラ群落、コナラの占拠度が大きく、比較的に人為的な植林の履歴の認められる流域。
鳥川	54.5	256	236	花崗閃緑岩、凝灰岩、流紋岩、砂岩、泥岩、砂岩泥岩互層	クレーミズナラ群落、ブナミズナラの占拠度が大きく、一方で、アカマツ、常緑針葉樹も多く混生した植林相となる。人為改変された履歴が大きく認められる流域。
地蔵沢	1.23	21	9	凝灰岩、安山岩	クレーミズナラ群落と伐採地で構成された単純な土地被覆の流域。
小深谷沢	0.64	16	24	凝灰岩	クレーミズナラ群落で構成された単純な土地被覆の流域。
白根沢	7.33	68	75	凝灰岩、礫岩・砂岩・泥岩・凝灰岩互層、凝灰岩質砂岩、同質質泥岩・砂岩・砂岩の薄互層状地質	クレーミズナラ群落の占拠率が高いものの、常緑針葉樹等が混合した林相となる。人為改変された履歴が大きく認められる流域。
大深谷沢	3.74	44	49	花崗閃緑岩、凝灰岩、安山岩	クレーミズナラ群落、コナラの占拠度が大きく、比較的に人為的な植林の履歴の認められる流域。