

東北地方の流域に対する物質輸送特性に関する解析

福島大学共生システム理工学類 非会員 幡谷 有翼
総合地球環境学研究所 非会員 藪崎 志穂
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

気候変動に伴う気温上昇や降水の極端化に応答した水質の環境動態の変化が見込まれ、危惧される富栄養化の進行^{1,2)}等による影響評価の研究が展開されている。水質の将来像を予測することに関しては、各流域の形状規模に応じた内部生産性と地域特徴に応じた外部負荷性の双方の緻密な情報をふまれば更に精緻な評価が可能になる。本研究では、現況、および気候変動の水環境影響評価にも利用できる物質輸送特性を推計できるデータベースを整備する目的の一環として、東北地方に分布する貯水池流出域(上流域)と一級河川の流末(下流域)を対象地域に設定し、流出される化学的な物質流出成分を調査分析するとともに、数値地理情報より取得される地域情報との関係を求めた。また、上流域と下流域の結果を比較し、外部負荷影響の大きな流域の特徴を把握した。地理情報と物質成分より流域の地域固有性を求めることが本研究の目的となる。

2. 研究方法、およびデータセット

研究方法は、サンプリング試料との化学分析と流域面積内の地域特徴解析に大別される。各々の結果を統合して比較検討を進めて、流域の物質流出成分の地域固有性を求める。なお、研究対象は東北地方に存在する国土交通省管轄のダム貯水池 20 ヶ所と一級河川流末 9 ヶ所である(図 1 参照)。以下(1), (2)に各研究の方法の詳細とデータセットについて記載する。

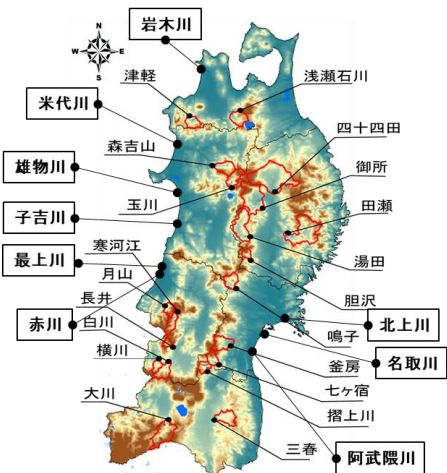


図 1 研究対象領域調査位置図

(1) 化学分析

化学的な物質流出成分を求めるため、研究対象領域のダム貯水池の主流入河川(流入口 500m 以内)と一級河川流末(塩分が遡上していない地点)の試料サンプリングを実施した(2019 年 5 月～8 月)。サンプリング試料について、多元素濃度を導出した。多元素濃度は、ICP-MS 7500Series を用いて誘導結合プラズマ質量分析法(ICP-MS)より濃度情報を取得した。各流域の多元素の濃度を化学的特徴の代表値として設定し、各貯水池、一級河川流末における流況データを用いることで化学成分の総量を試算し、直接流出される化学成分の負荷量を求めた。なお、流況データとして、過去 10 年間の貯水池への流入量平均値(竣工 10 年内のダムに関しては過去 10 年内の平均値)を用いている。また、流入口から求められる化学物質流入量の他、流域面積情報を用いて単位面積当たり(1km²)の流入量、および濃度を求めた。

(2) 地域特徴分析

地域特徴の情報を整備するため、数値地理情報を利用して気候、土地被覆、地形、地質の条件を整理した。クラスター分析を行い各条件内の子細状態をグループ分類することとした。グループ分類に対する流域条件の背景を分析することで各流域の地域固有性を求めた。また、この地域固有性と物質流出成分の関係を求めることを試みた。

数値地理情報としてのデータセット、および子細条件は表 1 に示す。地形条件(空間解像度 10m×10m)以外は空間解像度 1km×1km の情報を利用している。

表 1 地域特徴分析の条件

条件	利用データ	子細条件	備考欄
気候	メッシュ気候値 2010 (発行：国土地理院 監修：気象庁)	・暖候期降水量 ・寒候期降水量 ・月平均最高・最低気温平年値 ・最大積雪深平年値 ・年日射時間平年値	
土地被覆	自然環境保全基礎調査 植生図(発行：環境省)	・高山・亜高山帯樹林 ・落葉広葉樹林帯自然・代償 ・常緑樹林帯自然・代償 ・植林・耕作地・人為改変地	第 7 回自然環境保全基礎調査までの統合結果図
地形	基礎地図情報 10m (発行：国土地理院)	・流域面積 ・最高・最低標高 ・最大河川流路延長 ・河床勾配	
地質	20 万分の 1 表層地質図 (発行：国土交通省国土情報課)	20 万分の 1 表層地質図に記載の地質を岩種毎に分類	

キーワード：クラスター分析、数値地理情報、ダム流域、河川

連絡先 〒960-1296 福島県福島市金谷川 1 福島大学共生システム理工学類 Tel and Fax 024-548-5261

クラスター分析は、異なる性質のものが複雑に混在する集団から、互いに類似する性質のクラスターを抽出させる統計的な分析手法であり、自然科学の分野でも多くの解析事例をもつものである³⁴⁾。予め分類の基準が設定されていないことから、分類のための外的基準や評価が与えられていない教師無しの分類法となり、本解析で試みる相対的な地域特徴を決定するためには適した解析法といえる。この解析では、階層的方法より、ウォーフード法によるクラスター間の距離測定法から各条件をグループ化した。

3. 化学的な物質流出成分の結果

図2に貯水池流出域(上流域)と一級河川の流末(下流域)の物質流出成分の結果を示す。化学流出成分の総量に関して、上流域は、流域面積に比例して増加する傾向を示す。下流域では、名取川が小さな流域面積(939km²)であるにも関わらず高い総量を示した。単位面積あたりの物質流出成分では、上流域は太平洋側で濃度が高い傾向を示した。下流域では、地理的な傾向は特にみられないものの、名取川が他の河川よりも3倍近く高い濃度を示す結果が得られた。

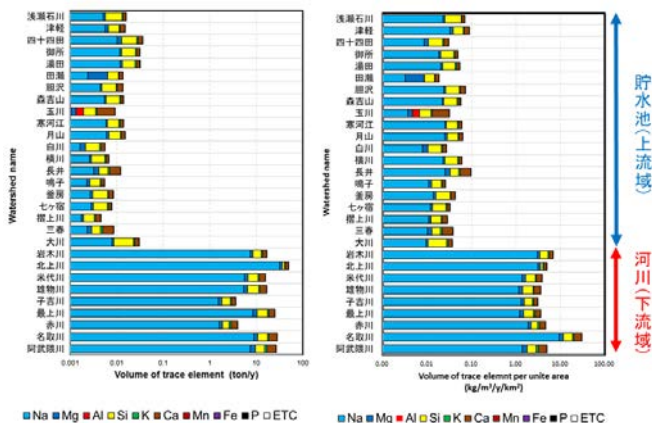


図2 元素負荷量と地域特徴の関係図

4. 地域特徴分析結果

(1) クラスター分析による分類結果

クラスター分析により、上流域では、気候は4区分、土地被覆で6区分、地形で4区分、地質で9区分のグループに分類された。下流域では、気候は3区分、土地被覆で4区分、地形で4区分、地質で3区分のグループに分類された。総じて上流域の区分数が多くなり、広域になるほど緻密な特徴が現れにくくなることを示している。この影響から、上流域は地理的特徴の区分の共通項で類似した領域を抽出できたものの、下流域は共通項で類似した領域を抽出できない結果が得られている。

(2) 物質流出成分の結果との比較

3章の結果と比較し、単位面積当たりの化学的な物質流出成分の大きな流域の地域特徴(気候、土地被覆、地形、地質)を以下の表2に示す。

上流域の単位面積当たりの化学的な物質流出成分の大きな流域の共通性は比較的に明瞭である一方で、下流域の共通性は不明瞭だった。ただし、上流域と下流域の地域特徴と化学流出成分の増加の関係の共通性として、上流域、下流域とも細粒化しやすい地質分布占拠割合の多い流域は単位面積当たりの負荷量が多い傾向があることが明らかにされた。粒径が細やかであるため溶解性も大きく、化学成分の負荷増加に寄与しやすいプロセスが推測される。

表2 化学流出成分と地域特徴の比較

	貯水池流出域	河川流域
気候	年降水量2500mm以上の多降水 積雪深250cm以上の豪雪地帯 (Group5)	年降水量2000mm前後の比較的 少雨、積雪深160cm以下(Group1)
土地 被覆	ブナクラス域の自然植生、およ び代償植生による落葉広葉樹林 帯の占拠割合の多い高山・亜高 山帯も含む流域(Group5)	川辺・湿原、沼沢地・砂丘植生 を多く含む、その他(人間活動地 域)を比較的多く持つ流域(Group1)
地形	流路延長が約20km前後、河床 勾配も中位な流域(Group4)	流域面積が1000km ² 以下流路延長 70km以下の小さく、河床勾配 0.0016以上の急勾配を呈する流域 (Group4)
地質	花崗岩や軽石等の特定の地質の 占拠割合の大きな流域(Group4)	泥、泥岩や凝灰岩などの占拠割 合が大きい流域(Group3)

5. まとめと考察

下流域の化学的物質流出成分の特性が不明瞭な理由として、本解析が自然条件のカテゴリーで解析したことが影響していると推測される。特に大きな流域規模の場合は、人為的な活動による影響も考慮することが必要である。今後は、流域人口など社会的な要素をクラスター分析に取り入れた解析を進め精緻な地域特徴も検討する。また、流域内の広範囲で物質成分も捉えて、空間的な検討も進めてプロセスの明瞭化も図る計画である。

謝辞：本研究の一部は、文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)、総合地球環境学研究所の同位体環境学共同研究事業、環境省推進費(2-1907)、東北地域づくり協会研究助成によって実施された。ここに謝意を示す次第である。

参考文献

- 1)梅田信、桑原亮：将来の環境変化が国内のダム湖水質に与える影響の予測、土木学会論文集 G (環境)、Vol.71, pp. 1_127-1_134, 2015.
- 2)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討、土木学会論文集 B1 (水工学)、Vol.73, pp.1_751-1_756, 2017.
- 3)天野弘基、中川啓、河村明：多変量解析による地下水水質の分類特性—島原市における事例—、土木学会論文集 G (環境)、Vol.72, pp.1_127-1_135, 2016.
- 4)中條壮大、森信人、安田誠宏、間瀬肇：クラスター分析を用いた時系列相関型の全球確率台風モデル、土木学会論文集 B2 (海岸工学)、Vol.68, pp.1_1226-1_1230, 2012.