

地学

蛭田川と四時川(3)

～主成分分析を用いた河川水質評価～

福島県立勿来高等学校 理科研究部

2年 渡邊将己 田子直輝 宮内葵 高橋勇人 島抜美空

1. 研究動機及び目的

理科研究部では、「地域の川の実態を知り、地域と協力してきれいにする」ことを目標に 1996 年より蛭田川の水質調査を継続して行っている。2019 年からは四時川でも調査を行い、両河川の水質の違いについて発表してきた。今回は 3 年間の水質調査データを客観的に評価するため、多変量解析の一つである主成分分析を試みた。さらに、クラスター分析による河川水質の分類を試みた。

2. 材料と方法

i) 水質データについて

蛭田川: 2019 年 9-10 月、2020 年 7-8 月、2021 年 4-9 月
四時川: 2019 年 5-10 月、2020 年 6-8 月、2021 年 4-9 月
デジタル水温計を使い水温測定し、パックテスト(共立理化)を用い pH、COD、NH₄⁺-N、NO₂⁻-N、NO₃⁻-N、PO₄³⁻-P について水質測定を行った。蛭田川は 1 地点、四時川は源流、上流、中流、下流の 4 地点を調査した。

ii) 解析方法について

主成分分析には R version4.1.1(2021-8-10)を用い、藤波(1998)に準じた方法で解析した。主成分分析は相関行列により行い、データの正規化は行っていない。クラスター分析についても同様に R を用いた。ユークリッドの平方距離を使用し、デンドログラム作成のアルゴリズムはウォード法を用いた。

3. 結果と考察

蛭田川 10 データ、四時川 53 データを得た。

まず、これらについて7項目の主成分分析を行った結果を表1、表2に示す。主成分分析結果は第5主成分までの累積寄与率が 86.6%となった。ただし固有値が1以上の有効な主成分は第3主成分までで累積寄与率は 61.4%であった。第1主成分は、固有値 1.786、寄与率 25.52%であっ

た。第1主成分の固有ベクトルはpH をのぞいて全て正の値で、特に NH₄⁺-N が大きい。これは生活排水やし尿による汚染により上昇するため、第1主成分は人為汚染をあらわすことが分かった。第2主成分は固有値 1.141、寄与率 20.22%であった。第2主成分の固有ベクトルはpH、NO₂⁻-N が他の項目に比べて大きく、この2項目を指標とする主成分と考えられた。pH は生物の呼吸作用による水中の CO₂量によって変化し、植物が光合成を行って CO₂を炭素同化していればpHは高くなる。また、NO₂⁻-N は NH₄⁺-N が微生物により硝化されて発生する。そのため第2主成分は河川の自浄作用をあらわすことが分かった。

表 1. 蛭田川・四時川の主成分分析における固有値、寄与率

	固有値	寄与率 (%)	累積寄与率 (%)
第1主成分	1.786	25.52	25.52
第2主成分	1.141	20.22	45.74
第3主成分	1.096	15.66	61.40
第4主成分	0.969	13.85	75.26
第5主成分	0.793	11.35	86.60
第6主成分	0.637	9.11	95.70
第7主成分	0.300	4.29	100.0

表 2. 蛭田川・四時川の主成分分析における固有ベクトル

	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分	第5主成分
水温	0.396	-0.159	0.667	-0.244	-0.007
pH	-0.086	0.538	0.351	-0.214	0.605
COD	0.370	-0.524	-0.127	-0.387	0.394
NH ₄ ⁺ -N	0.573	-0.002	-0.215	-0.008	-0.223
NO ₂ ⁻ -N	0.468	0.490	0.174	0.120	-0.362
NO ₃ ⁻ -N	0.229	-0.182	0.143	0.851	0.412
PO ₄ ³⁻ -P	0.229	-0.182	0.143	0.851	0.412

次に、第1主成分、第2主成分についての結果を図1、2に示す。図1より、蛭田川と四時川の2つのまとまりがみられた。蛭田川は第1主成分が高く、第2主成分は低くところにまとまっていた。一方、四時川は第1主成分が低く、第2主成分は幅があった。このため、蛭田川は「人為汚染がひどく、自浄作用が低い川」、四時川は「人為汚染をあまり受けていない川」という各河川の特徴が示された。

図 1. 蛭田川・四時川の第 1-2 主成分の相関

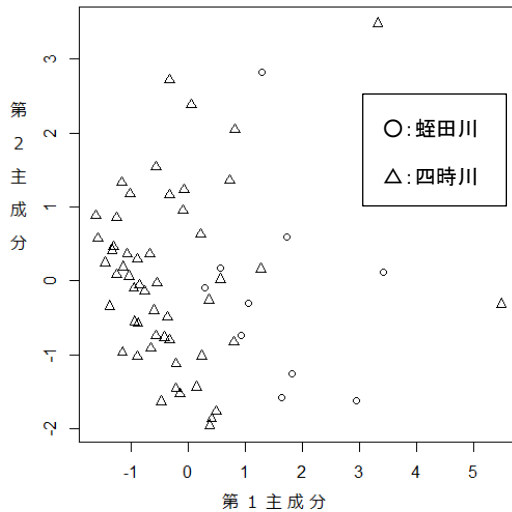
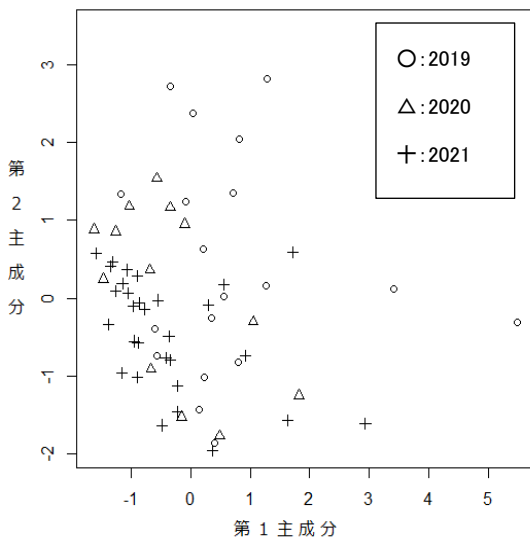


図 2 では、2019 年は第 1、第 2 主成分の幅があるのに対し、2020 年と 2021 年は第 2 主成分が低いところにまとまった。つまり、2019 年と 2020 年の間に隔たりがみられた。この理由として 2019 年 10 月の台風 19 号による河川氾濫により河川が持っていた自浄作用が大きく失われた可能性が考えられた。

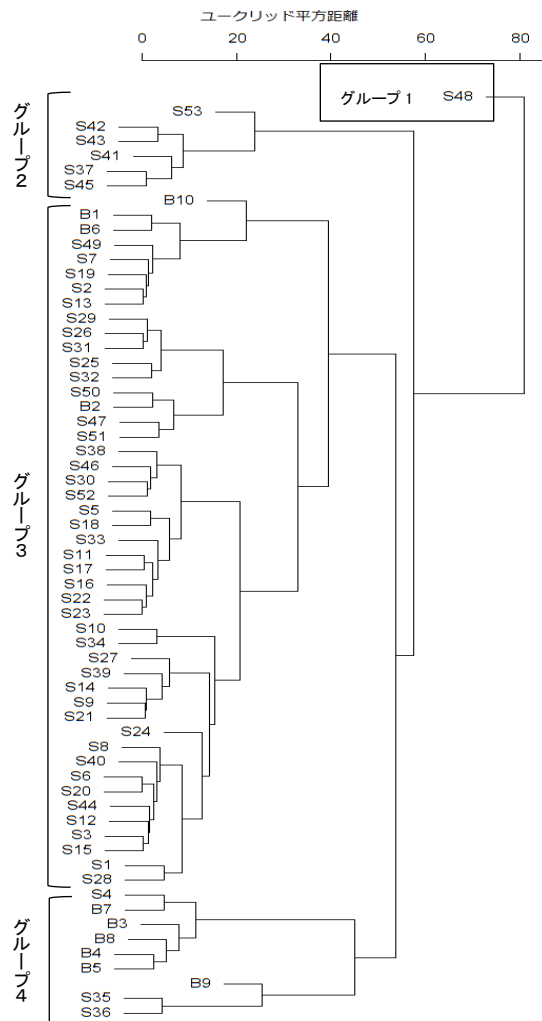
図 2. 調査年ごとの第 1-2 主成分の相関



最後に、クラスター分析の結果を図 3 に示す。ユークリッド距離 40 以上で分類すると 4 つのグループに分類できる。グループ 1 は 2019 年 9 月の四時川中流のデータ、グループ 2 は 2019 年 6 月～8 月の四時川のデータである。グループ 3 は主に 2020 年、2021 年の四時川の調査データ、グループ 4 は蛭田川の 2019 年～2020 年までのデータのまとまりである。主成分分析の結果を合わせて考えると、グループ 2 とグループ 3 の違いは図 2 の 2019-2020 年の間

の隔たりと共通すると考えられる。グループ 3 とグループ 4 の違いは図 1 で示された蛭田川・四時川の違いと共通すると考えられる。グループ 2 とグループ 3・4 は前述より上位で分岐しているため、約 40 年前の河川分断から生じた「蛭田川・四時川の違い」よりも「河川氾濫の前後の違い」の方がより大きな違いとなることが示された。

図 3. 蛭田川・四時川のデンドログラム



4. 今後の課題

- ・ 溶存酸素量(DO)についても測定し、河川の自浄作用についてさらに検討すること。

5. 参考文献

- 水しらべの基礎知識 環境学習から浄化の実践まで 山田一裕著 オーム社
 藤波洋征, 矢島久美子, 斎藤武夫: 群馬県内の環境用水の水質—主成分分析を用いた河川水質評価について—環境技術, 542-547, 1998