

攪乱レジームに基づく国内河川の分類

愛媛大学大学院 学生会員 ○吉村研人 愛媛大学 非会員 岡田裕成
帯広畜産大学 非会員 赤坂卓美 愛媛大学大学院 正会員 三宅洋

1. はじめに

流量変動は河川生態系特性の主要な決定要因である。出水や低水にともなう物理的攪乱は、生物個体を除去するとともに、生息場所環境を改変することにより河川生物群集に支配的な影響を及ぼす。河川の長期的な流量変動様式を流量レジーム (flow regime) といい、これにより生起する攪乱の時間的発生様式を攪乱レジーム (disturbance regime) という。攪乱レジームは、攪乱の規模 (magnitude)、頻度 (frequency)、持続時間 (duration)、タイミング (timing)、変化率 (rate of change) の 5 要素に分解して捉えることができる。規模は個々の出水による流量増加の程度、頻度は一定期間内にある規模以上の流量増加が起こる回数、持続時間は流量が基準となる値を超えた時間の和、タイミングは攪乱がどれくらい時間的な規則性に従って発生するか、そして変化率は流量変動のスピードを表している。

河川生物は攪乱レジームに適応した生態的特性を持っていると考えられているため、河川生物群集の決定要因を広域的に把握するためには流量・攪乱レジーム特性の解明が不可欠である。しかし、広域的に攪乱レジームを把握した研究は世界的に見ても少なく、日本国内では地域レベルの研究しか見られない。本研究では、長期・広域データベースを利用して日本全国の河川について流況解析を実施し、攪乱レジーム特性に基づいて河川分類を行うことを目的とした。さらに、攪乱レジームの広域の変異が河川生物分布に及ぼす影響を考察する。

2. 方法

国土交通省の水文水質データベースに含まれる全国 2078 流量観測所の流量データを解析に利用した。当該データについては、(独) 土木研究所の協力により、ライブラリ型のデータベース管理システムである SQLite に時間流量ベースで統合されている。まず Python (ver. 3.3.4) を用いて日平均流量を算出した。次に、データの利用可能性を検討した。流量データの欠損が 1 年を越えている地点、解析対象期間内に上流でダムが建設され、その集水域面積比が 50% を超える地点、派川に位置する地点、さらに、ダム建設などの顕著な人為的改変が見られないにもかかわらず解析期間中に流量レジームが大きく変化している地点を解析から除外した。選定に当たっては、解析対象地点の流量変動を視覚的に判断するため、R (ver. 3.1.1) を使用して 3 次元の流量レジームグラフを作成した。最終的に、地点数と期間が最適だと考えられる 399 地点の 1992 年から 2011 年の 20 年間の流量データを解析対象とした。

各流量観測所について、122 種類の水文指標 (例えば、日平均流量の変動係数: MA2, 平均出水持続時間: DH19 など) を算出した。水文指標の算出には R のパッケージである Eflowstates を使用した。算出した水文指標について主成分分析 (PCA) を行い、流量レジーム特性を少数の変数で表現した。さらに、PCA によって得られた軸を使用し Bayesian clustering により流量観測所を分類した。

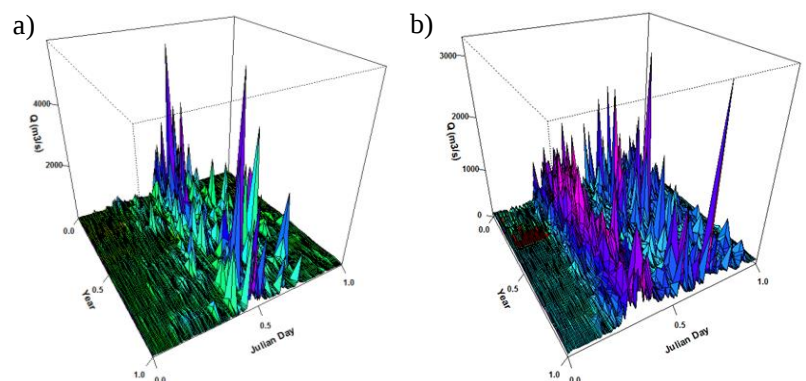


図 1 代表的な流量レジームグラフ。a) 6-9 月に出水のある九州多摩川水系の横石地点。b) 融雪出水により 3-5 月頃に出水のある北海道石狩川水系の橋本町地点。

3. 結果及び考察

各調査地点の 3D グラフでは、多くの地点で 6-9 月にかけて大規模な出水が発生していることが明らかになった(図 1). これにより、梅雨期や台風通過時の降水による流量増加が日本全国の主要な出水発生要因であることを

確認することができた. 一方で、北海道、東北、北陸など積雪の多い地域では、3-5 月にかけての融雪出水が明瞭に見られた(図 1-b).

PCA の結果、第 12 主成分までで累積寄与率が 80.8%となった. 以降、これら 12 軸を解析に用いた. 例えば、PC1 は流量変動規模を表す指標と強い正の関係が、最低流量や平均流量の変動幅を表す指標と強い負の関係があった. よって、PC1 は流量変動が大きい河川を指標する軸とした(表 2). PC2 は、冬季流量の変動係数や、低水回数、出水日数、変化率を表す指標と強い正の関係が、日流量の最低値と中央値の比や低水日数、出水日数などと強い負の関係があった. このため PC2 は、流量変動が大きく、冬季に出水のある河川を指標する軸とした. 第 2 軸以降は様々な攪乱レジーム要素との間に関係性が見られた.

PCA で得られた 12 軸までを用いて Bayesian clustering を行った結果、全国の流量観測所は 17 のグループに分類された(図 2). 主成分得点を検討した結果、各グループは、流量変動の大きさ、流量変化率の高低など、多様な流量レジーム特性により特徴付けられた. 例えば、グループ 1 は流量変動が大きく、冬季出水が発生する河川により構成されるグループであると解釈できた. 各グループに含まれる調査地点を検討した結果、地理的に限定された分布を示すグループ、集水域面積により規定されるグループ、広域に分布するグループ、さらに、単一の地点により構成されるグループなど、グループ特性は多様であった. この結果は気候特性の強い影響を示した既往研究とは一致しない. これは全体として湿潤な気候を有する日本では気候特性による変異が現れにくいと考えられた.

4. 今後の課題

日本国内河川の攪乱レジームは流量変動の大きさや融雪出水の有無により大きく異なることが示唆された. ただし、今回の解析は人間活動による流量レジームの改変を考慮していない. 今後はダムによる流量調節や土地利用による流出状況の改変等を考慮し、自然流況による水文学的分類や、人間活動による流況の改変状況、さらには、攪乱レジームが河川生物相やその多様性に及ぼす影響を検討することが求められる.

表 2 各 PCA 軸の概要.

PC軸	正の値の水文指標	負の値の水文指標	軸名
1	MA3, 4, 37, 38, 39	ML15, 17, 19, 20, DL15	大変動軸
2	FH1, 5, 8, RA6, 7	ML14, 16, DL11, DH17, 20	大変動・冬季出水軸
3	FH1, 8, DH7, 8, RA4	MA11, ML13, DH15, 18, 20	出水時高変化率軸
4	ML12, MH18, DL7, DH6, 7	MA5, MH15, DL13, DH12, 13	大変動軸
5	MA31, FH3, 6, 7, DL16	DL6, 8, 18, RA5, 8	恒常小変動軸
6	FL1, FH9, DH23, RA5, 8	MA41, ML22, MH20, 24, DL16	長出水期間・低比流量軸
7	TA2, 3, TH3, RA1, 3	MA26, FL2, FH6, 10, DH21	短出水持続時間軸
8	TA1, 2, TH1, RA1, 3	MA41, ML22, MH23, TA3, TL3	高変化率軸
9	MA41, ML22, MH19, FH11, DH16	FL2, DL17, DH22, 24, TA3	高出水頻度軸
10	MH19, DH6, 7, 22, 24	MA45, FH11, TA1, RA1, 3	長出水期間・低変化率軸
11	MA41, ML22, MH20, RA1, 3	MA6, MH18, DL6, 14, 18	高比流量軸
12	FH11, DH23, TA3, TL3, 4	MA45, DL20, TL1, 2, RA8	高予測可能性軸

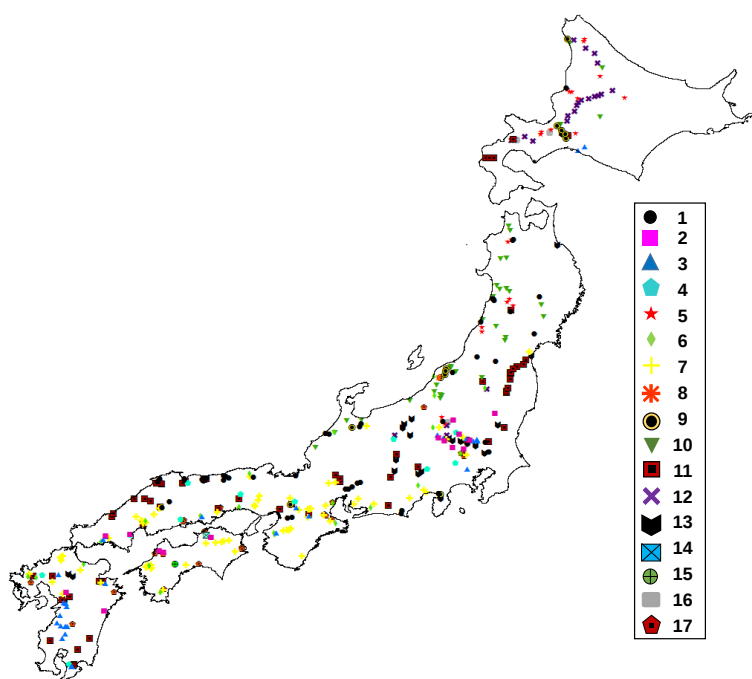


図 2 Bayesian clustering による各観測地点プロット.