

## 大規模流量データ解析による河川攪乱レジーム特性の広域的把握

愛媛大学大学院 学生会員○ 吉村研人 愛媛大学大学院 正会員 三宅洋  
土木研究所 正会員 中西哲 愛媛大学大学院 学生会員 今田慎太郎

## 1. はじめに

流量変動は河川における最も普遍的な現象の一つである。河川生態系は流量変動がもたらす動的な環境のもとに成立している。出水および低水による物理的攪乱は、直接的に河川生物を除去するばかりではなく、その生息場所環境を改変することにより、間接的な影響も及ぼしている。このため、流量変動は河川生態系特性の支配的な決定要因として認識されている。

経時的な流量変動様式（流量レジーム, **flow regime**）は河川における物理的攪乱の生起状況（攪乱レジーム, **disturbance regime**）を規定する。河川生物は、自然流況（**natural flow regime**）に適応した生態的特性を進化的に獲得しており、分布パターンは自然流況を強く反映する。よって、河川でみられる生態学的現象の理解および、生態系に配慮した河川管理には流量レジーム特性の把握が欠かせない。流量・攪乱レジームは、規模（**average**）、頻度（**frequency**）、継続時間（**duration**）、タイミング・予測可能性（**timing or predictability**）、変化率（**rate of change**）の 5 つの構成要素に分解して定量的に捉えることができる。攪乱レジームの各要素について多くの水文学的指標（**hydrologic index**）が提案されており、これらを利用した研究が盛んに行われている。

近年、人為的要因による流量レジームの改変が進行している。例えば、治水や利水を目的としたダム建設は、下流部の流量レジームを著しく改変する。河川水や地下水の取水は低水攪乱の規模を増大させる。集水域の土地利用面積の増大は、流量変動を激化させることにより攪乱の規模を増大させ、頻度および変化率も上昇させる。ダム下流河川で頻繁に見られる流量レジームの均質化は、安定な基質を選好する底生動物および糸状緑藻の極端な増加や、外来生物の侵入を引き起こす。しかし、流量レジームと生物相との関係を広域的に検討した研究は少なく、特に流量レジームの改変が生物群集の広域的パターンに及ぼす影響は明らかになっていない。さらに国内における攪乱研究は近年まで散発的にしか見られず、水文指標を用いた流量レジーム解析を行った研究も少ない。

そこで本研究は、四国内を流れる一級河川 8 水系の既存の長期流量データを活用して流量レジーム解析を行い、四国内河川の流況特性を明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

土木研究所がまとめた全国 2078 流量観測所のうち 736 地点についての流量データベースを解析に利用した。解析に先立ちデータの利用可能性を検討し、四国内 16 河川、29 地点の 1982-2011 年（30 年間）のデータを解析に使用した。データベースにある各解析対象地点の 1 時間毎の流量データから、日流量、月流量および年流量を算出した。各解析対象地点の流量レジームを視覚的に把握するために年、日および流量を軸とする 3 次元グラフ（以後、流量レジームグラフ）を作成した。

各解析対象地点について、Olden & Poff (2003) にある 171 種類の水文指標を算出した。攪乱レジームの内訳は、規模が 94 種類、頻度が 14 種類、持続時間が 44 種類、タイミングが 10 種類、変化率が 9 種類である。規模はさらに、平均流量、低水流量および出水流量に関して、それぞれ 45 種類、22 種類および 27 種類に分類される。同様に、頻度は低水流量の 3 種類および出水流量が 11 種類に、持続時間は低水流量の 20 種類および出水流量の 24 種類に分けられる。

各解析対象地点で算出した水文指標について主成分分析（PCA : Principal Components Analysis）を実施した。分析実施前に、各変数を標準化した後、相関係数行列を作成した。主成分得点から寄与率を算出し、累

積寄与率が 70%を超えた PCA 軸までを以降の解析に使用した。PCA によって得られた各 PCA 軸について、群平均法による階層的クラスター解析を行い、すべての観測地点を 6 つのグループに分類した。

### 3. 結果及び考察

各解析対象地点における流量レジームグラフから、四国内の多くの河川の流量レジームは類似した季節的変動を示すことが明らかになった（図 1）。多くの河川では 6-9 月頃に大きな出水が見られたが、四国の太平洋側に位置しており、晩秋から初春にかけての南岸低気圧による降雨の影響を受ける地点と、瀬戸内海式気候に属する地点では 6-9 月以外の時期の出水頻度や規模に違いが見られた。旧吉野川では年間にわたり流量が安定しており、明瞭な季節性は見られなかった。これは水門による流量制御が原因だと考えられる。

主成分分析（PCA）により四国内河川の攪乱レジームを少数の変数で表現することができた。第 1 主成分（PC1）から第 3 主成分（PC3）までの累積寄与率が 72.5%となったため、これら 3 つの変数を以降の解析に使用した。水文指標間の関係を解析することにより、PC1 は流量変動の予測可能性が高い小規模河川、PC2 は流量変動の安定した河川、PC3 は攪乱頻度の低い河川を指標すると解釈した。

クラスター解析による分類の結果、6 グループにそれぞれ 1-16 観測地点が含まれた（図 2）。グループ I-III には台風の影響を強く受ける太平洋側の地点、流量変動が大きく、攪乱頻度が高い地点、水門により流量が制御されている地点が 1 地点ずつ含まれた。グループ IV には降水量が少なく干上がりが発生する地点、グループ V には河川規模が大きく 6-9 月にほとんど出水が見られない地点、グループ VI には平均的な四国内河川の特徴を持つ地点が分類された。PCA の結果も考慮すると、梅雨期から秋にかけて急激な出水が見られる等、予測可能性が高く、変化率が大きいことが平均的な四国の河川流量レジームであった。一方、上記以外の時期の出水発生状況は河川によって違いが見られた。さらに、人為的な流況改変により流量の均質化が起こっている河川も見られた。ただし、ダムによる流量レジームの改変は見られなかった。これはダムと流量観測所の間で規模の大きな支流が合流し、自然状態に近い流量変動が保たれていたためと考えられる。

### 4. 今後の課題

本研究では、四国内 8 水系 16 河川に位置する計 29 地点の 30 年間に渡る流量データを用いた大規模流量解析を実施し、多数の水文指標を用いることにより流量レジームを評価できることを示した。今後は、対象を全国の河川に広げ、河川生物の分布パターンと流量レジームとの関係や、流況改変が河川生物に与える影響を明らかにする必要がある。

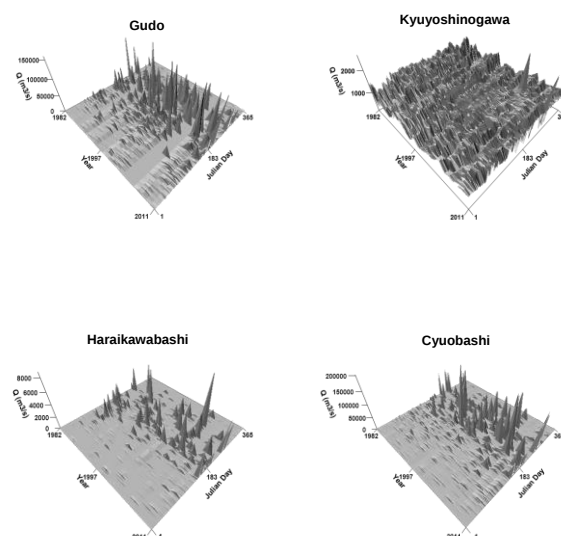


図 1 各グループの代表的な流量観測所の流量レジームグラフ。

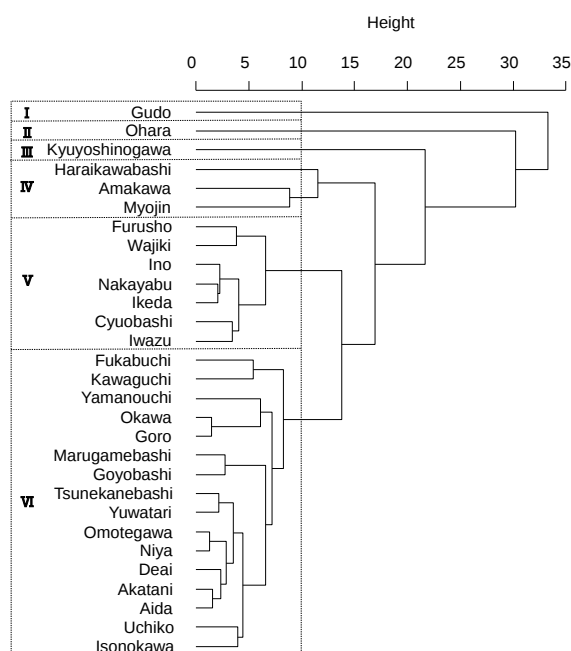


図 2 主成分分析に基づく群平均法によるクラスター解析の結果。ローマ数字は各グループを表す。