

中国地方における流域の流程区分図の作成とその活用法の検討

山口大学大学院准教授	正会員	赤松 良久
山口大学大学院生	学生会員	○上鶴 翔悟
琉球大学助教	正会員	神谷 大介
総合地球環境学研究所	正会員	竹村 紫苑
山口大学大学院学術研究員	非会員	乾 隆帝
徳島大学大学院教授	正会員	鎌田 磨人

1. はじめに

河川は慣例的に上流, 中流, 下流と分類される。これらの区分は河川の管理区間によって分けられていることも多く, 厳密には物理的特徴による区分を行っていない。一方で, 河川生態という観点からは「淵・平瀬・早瀬」を一つの単位として, その地形的特徴から河川形態を渓流型, 中流型, 下流型と分類する方法¹⁾が提案されている。また, 治水・河川管理上の河川の類型化として, 主に河床勾配や河床材料に着目して, 山間地河道区間のセグメントM, 扇状地河道区間のセグメント1, 自然堤防を有する中間地河道区間のセグメント2, デルタ区間のセグメント3に区分する方法²⁾が広く用いられている。

しかし, これらの方法には河床形状・河床材料の詳細なデータや現地踏査が必要であり, 流域内のすべての支流も含めた河川区分は困難である。そこで, 本研究では日本全国のすべての地域において同精度で入手可能な国土地理院数値地図データを用いて流域内の河川の流程区分法を提案するとともに, その活用法を検討する。

2. 解析方法

中国地方を解析対象地とし, 地理情報システム (GIS : Geographic Information System) を用いて流程区分図を作成する。50m×50m格子で標高の値を持つ中国地方の標高データをもとに, 標高値の高低差から格子ごとの水の流れる向きおよび集水面積を算出し, 一定以上の集水面積を持つ格子の集合体を河道とみなす。これから河道における支流ごとの小流域を算出した。この抽出された小流域をベースとして流域の類型化を行う。類型化に用いるパラメータは各小流域における平均標高, 平均傾斜角, 平均SPI (Stream Power Index), 平均TWI (Topographical Wetness Index), 上流域面積, 上流域平均傾斜角, 上流域平均SPI, 上流域平均TWIの8つである。ここでは, 各小流域の持つ河道の上流側にポイントを発生させ, その点より上流の全ての集水域を上流域としている。なお, SPIは土砂の侵食の起こりやすさを示し, TWIは土砂の溜まりやすさを示す。SPIとTWIは以下の式(1), (2)によって算出される³⁾。

$$SPI = Ln(As \times \tan\theta) \tag{1}$$

$$TWI = Ln(As / \tan\theta) \tag{2}$$

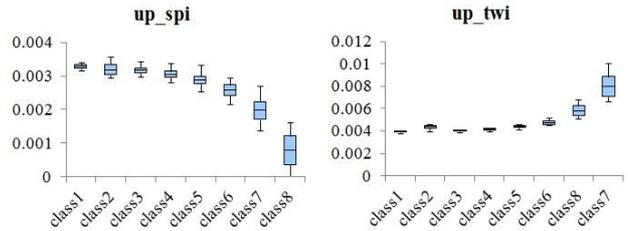


図-1 各クラスの上流域平均SPI, 上流域平均TWIの箱ひげ図

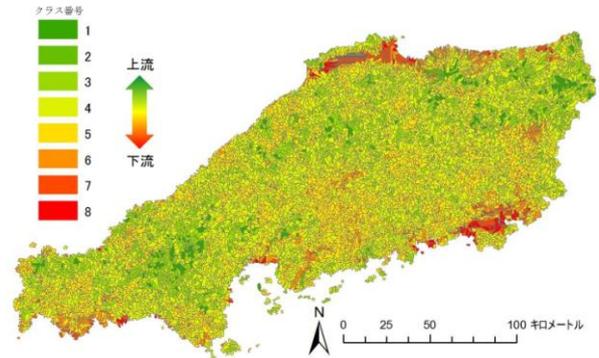


図-2 中国地方の流程区分図

ここで, A_s は各小流域に流入する集水域面積をあらわし, θ は各小流域における傾斜角をあらわす。

これらを用いて統計ソフトRにより, 総当たりによる最適パラメータを選定する。選定されたパラメータをもとにクラスター分析を行い, 物理的環境要因によって分けられた結果から流程区分図を作成した。

国土交通省の公開している水文学質データベースを用いて, 中国地方一級水系のBOD, COD, T-P, T-Nデータの整理を行った。流程区分図との相互利用による水質解析を円滑に行うため, 各観測地点の2000~2011年にかけての平均値を算出し, 位置情報を持つGISのデータとして整理した。本論文ではBODの結果のみを示す。

3. 中国地方の流程区分図

総当たりによる最適パラメータの選定を行った結果, 上流域平均SPI, 上流域平均TWIの2つが選ばれた。これは吉野川流域を対象とした同様の解析によって選択されたパラメータと一致した。これらを用いてクラスター分析を行い, 8つのクラスに流域を分類した。各クラスの上流域平均SPI, 上流域平均TWIの箱

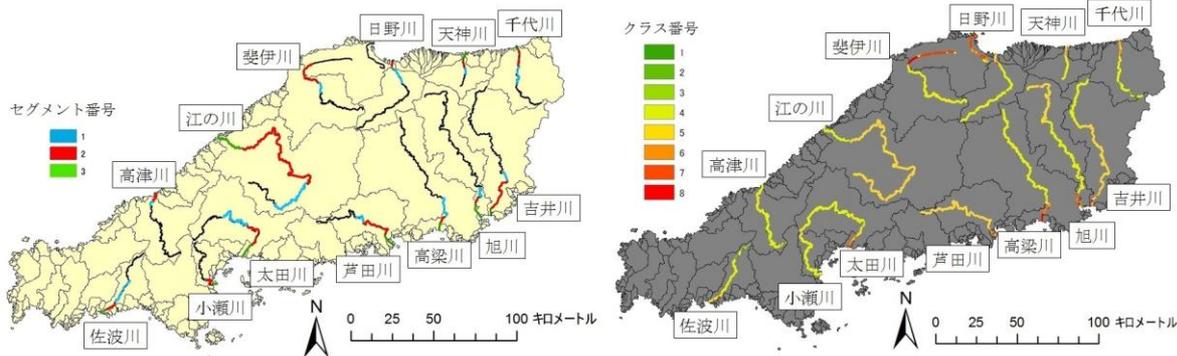


図-3 中国地方の一级河川のセグメント区分と流程区分の比較

ひげ図を図-1に示し、これを基に作成した流程区分図を図-2に示す。クラス1, 2, 3の特徴としてSPIの値が高く、TWIの値が低いことがあげられ、流れのエネルギーが強く浸食作用が大きい小流域であり、クラス6, 7, 8はSPIの値が低くTWIの値が高いため、水が滞留しやすい小流域と見られる。

さらに、中国地方の一级河川の国土交通省直轄区間に着目して、先述のセグメントによる区分と流程区分の比較を行った(図-3)。ここで、セグメント区分は、河床勾配が1/5000以下の区域をセグメント3、1/400~1/5000の区域をセグメント2、1/60~1/400の区域をセグメント1、それ以上の山間部をセグメントMと設定しているが、直轄区間にはセグメントMは存在しなかった。セグメント区分では上流から下流にセグメントの順番通りに並ぶのに対して、流程区分においては、順序が逆になる河川も見られる。流程区分図では河川の特徴を各小流域区間の上流の集水域の物理要因で分類しており、その区間だけの特徴ではなくその区間の集水域全体の影響を考慮した分類となっている。

流程区分は図-2に示したようにすべての河川や潜在的河川に関して分類が可能であり、既存の分類法に比べて、より詳細な8つのクラスに分類されていることも様々な解析において活用上の大きな利点になると考えられる。

4. 流程区分図を用いた水質解析

中国地方の国土交通省の水質観測地点を対象として流程区分図を用いた水質解析を行った。各クラスにおける2000~2011年にかけてのBODの平均値を図-4に示す。クラス4, 5, 6については箱ひげ図も示している。なお、クラス1, 2には観測地点が存在しなかった。上流側の物理的性質を持つクラス3の小流域ではBODの値が小さく、水質は良好であるといえる。一方で、下流域の特性をもった流域ではBODの値が高く、クラス3などに比べ水質が悪いことが確認できた。したがって、流程区分のクラス間には、水質の明確な違いがあることが分かった。

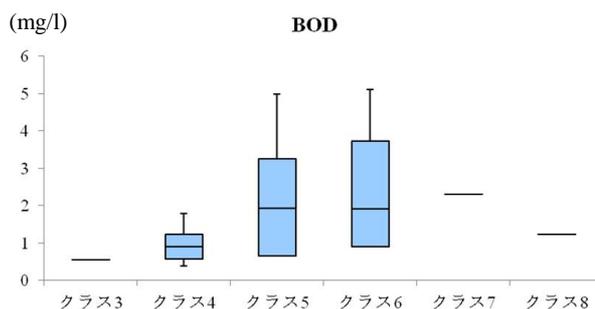


図-4 流程区分の各クラスにおける2000~2011年にかけてのBODの平均値

5. 結論

本研究では中国地方を対象に、流域基盤図として河川環境の物理的性質を表す流程区分図を作成し、これらを用いた水質の解析を行った。

流程区分図では各小流域の上流の集水域の平均SPIやTWIなど物理的環境要因から中国地方の小流域を8つに分類された。

これらの流域基盤図を用いて中国地方の水質観測地点を流程区分および土地利用類型に分類し、各クラス間のその結果、流程区分のクラス間には明確な水質の違いがあることが明らかとなり、流程区分の有用性が確認された。

謝辞

本研究は国土交通省受託研究「佐波川の河床掘削・堰撤去が河川環境に与える影響の研究」の一環として行った。本研究に際して、国土交通省中国地方整備局から測量成果等の貴重なデータの提供を頂いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 可児藤吉：生態。「日本生物誌，昆虫，上」(古川晴男編)，研究社，1994。
- 2) 山本晃一：構造沖積河川学 - その構造特性と動態 -，山海堂，2004。
- 3) Wilson, J. P. and Gallant, J. C.: Terrain Analysis: Principles and Applications, John Wiley and Sons, Inc., 2000。