

# 山地河川における現地観測に基づく 物理景観分布指標の開発

笠松 政俊<sup>1</sup>・神野 朋子<sup>2</sup>・金子 拓哉<sup>3</sup>・白川 直樹<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 学生会員 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1)

E-mail: kasamatsu@surface.kz.tsukuba.ac.jp

<sup>2</sup> 非会員 元筑波大学大学院 システム情報工学研究科(同上)

<sup>3</sup> 非会員 筑波大学 第三学群工学システム学類 (同上)

E-mail: kaneko@surface.kz.tsukuba.ac.jp

<sup>4</sup> 正会員 筑波大学准教授 システム情報工学研究科 (同上)

E-mail: naoki@s@kz.tsukuba.ac.jp

山地河川において人為的操作の加わっていない区間(自然区間)と、発電取水の影響を受けている区間(減水区間)の物理環境の違いを表す指標の開発を目標とした。現地観測により水深、流れ形態、河床材料粒径の 3 要素を調査した。減水区間の特徴として表れたのは、水面幅に対して水深が浅い、流れの緩やかな場所が多い、岩盤の露出割合が高いことなどである。さらにクラスター分析により 3 要素をまとめて 5 つの局所的な景観単位に分類した。その結果、河川横断方向の多様度は自然区間である程度の範囲に絞られるが減水区間では個々のばらつきが大きい。また、河川縦断方向の物理景観は減水区間の方により明確な周期を見出せた。

**Key Words** : *physical environment, mountainous stream, bed material, flow type*

## 1. はじめに

1997 年の河川法改正により、治水・利水に限定されていた目的に新たに「河川環境の整備と保全」が加えられた。これを機に河川環境に配慮した河川整備計画が導入され、「多自然型川づくり(当時)」の考え方を中心とした河川環境の復元・保全に向けた施策が展開されるようになった。

しかしながら、一概に河川環境の保全といっても河川整備における河川環境保全の達成基準などは明確に定められておらず、どのように指針や体系を整備していくかが今日の課題となっている。今後河川計画をするにあたって自然特性を取りまとめ、共通の認識を形成する必要がある<sup>1)</sup>。

河川において瀬や淵などの物理構造はその河川環境を示す重要な要素の一つである。そこで本研究では茨城県北部の山地河川 4 水系 5 河川を対象とし、水深、流れ形態、河床材料粒径を観測し、3 種類の

物理量を用いてクラスター分析を行い、河川形態を 5 種類に分類する指標を作成した。物理構造を表す指標には様々なものが考えられるが、本研究では山地河川における人為的な流量減少区間の特徴を表現できる指標の開発を目標とする。

## 2. 現地観測

### (1) 観測地点概要

観測地点は茨城県北部に位置する那珂川、久慈川、十王川、花貫川の各水系に属する 5 河川 16 地点である(図-1)。このうち花貫川には最大使用水量 0.83m<sup>3</sup>/s の花貫川第二発電所、久慈川水系里川にはそれぞれ 0.78m<sup>3</sup>/s、1.39m<sup>3</sup>/s の徳田発電所、小里川発電所があり減水区間が生じている。観測は主に上流域の自然区間と減水区間の両方でを行い、極力護岸等の人為的影響が少ない区間を選んだ。また、河床勾配は 1/17~1/50、区間長は 50~600m、観測時流量は 0.01~0.72m<sup>3</sup>/s の範囲である。

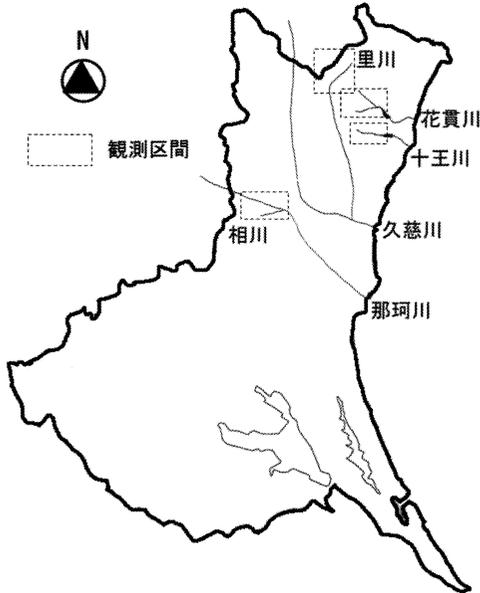


図-1 観測河川

表-1 水深分類の定義

分類	定義(平均水面幅の)
D1	～1%
D2	1%～2%
D3	2%～4%
D4	4%～8%
D5	8%～

表-2 流れ形態分類の定義

分類	定義
F1	波立ちがあり、波が崩れ白波が起こる
F2	波立ちがあるが、白波はみられない
F3	波立ちがなく表面はなめらかだが、棒を立てると波ができる
F4	止水域、砂などが巻き上がると濁る

表-3 河床材料粒径分類の定義

分類	定義
R1	岩盤, 256mm～
R2	64～256mm
R3	16～64mm
R4	2～16mm
R5	砂, ～2mm

表-4 対象区間名

	河川名	観測区間名	区間長(m)
自然区間	花貫川水系大能川	Ho1-A	600
	十王川	J1-A	600
	那珂川水系相川	Ni1-A	230
減水区間	花貫川	H1-B	220
	久慈川水系里川1	Ks1-B	100
	久慈川水系里川2	Ks2-B	100

## (2) 観測方法

対象河川の河道を横断方向に1m間隔、縦断方向に2mの格子に区切り、その各格子点において水深、流れ形態および河床材料の代表粒径を記録した。

それぞれの要素はその後の分析に用いるために表-1～表-3のように定義した分類に区分した。水深は平均水面幅で除することにより標準化し分類する方法を採用した。流れ形態はDyerら<sup>2)</sup>による分類を参考にした佐藤ら<sup>3)</sup>の分類を利用した。

## 3. 観測結果

### (1) 条件設定

今回用いた結果はほぼ同様の観測方法を用いた6区間(自然3区間, 減水3区間)である。それぞれの区間の名前を表-4のようにおく。最初のアルファベットは大文字で水系名, 小文字で河川名を表し, 最後のアルファベットはAが自然区間を, Bが減水区間を表す。

### (2) 自然・減水区間での比較

#### a) 水深(図-2)

自然区間, 減水区間ともに同様の傾向を示すが, やや減水区間の方が浅い部分が多いことが分かる。自然区間, 減水区間それぞれのなかでは大きな違いが見られなかった。

#### b) 流れ形態(図-3)

減水区間の方が明らかに流れの緩やかな割合が大きい。特にF4(止水域)の割合が自然区間で6.5%, 減水区間で33.2%と大きな差が表れた。河川ごとに見ると自然区間の3河川ではほぼ同比率であったが, 減水区間ではF4(止水域)の割合に差が表れた。

#### c) 河床材料(図-4)

両区間で全体的に似た傾向を示した。減水区間ではややR1(巨礫, 岩盤露出)の割合が高くなっている。河川ごとに見ると自然区間ではNa1-AのみR2の割合が突出し, R1およびR5がほとんど見られないという特異な比率を示した。減水区間の3河川では大きな違いは見られなかった。

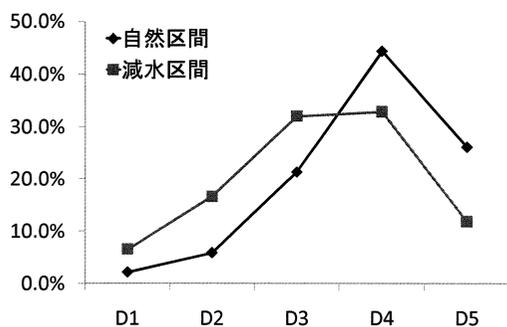


図-2 水深の分布

表-5 自然区間における各要素の相関行列

	水深	流れ形態	河床材料
水深	1	-0.0189	0.0860
流れ形態	-0.0189	1	0.3977
河床材料	0.0860	0.3977	1

表-6 減水区間における各要素の相関行列

	水深	流れ形態	河床材料
水深	1	0.1734	-0.0839
流れ形態	0.1734	1	0.3415
河床材料	-0.0839	0.3415	1

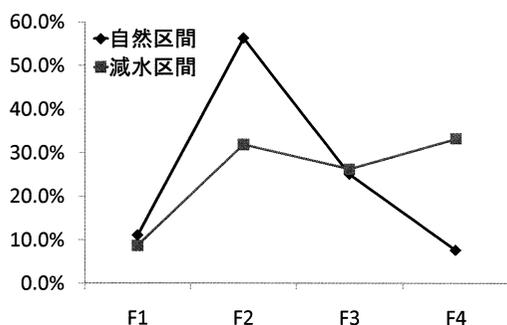


図-3 流れ形態の分布

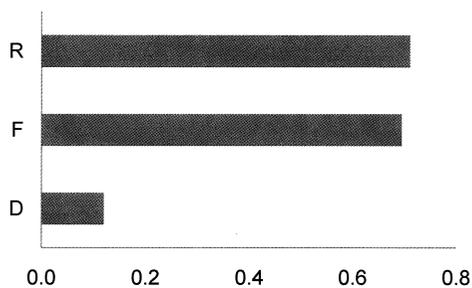


図-5 自然区間における主成分分析による固有ベクトル (主成分1)

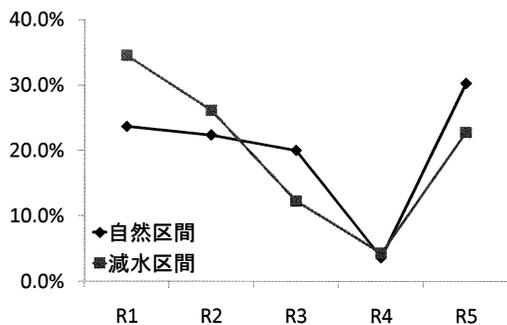


図-4 河床材料粒径の分布

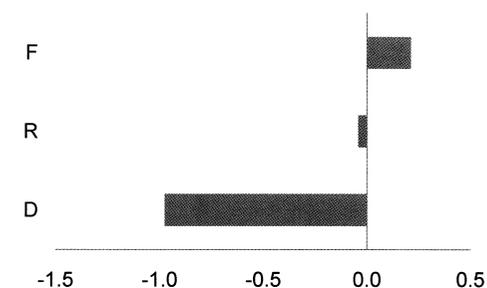
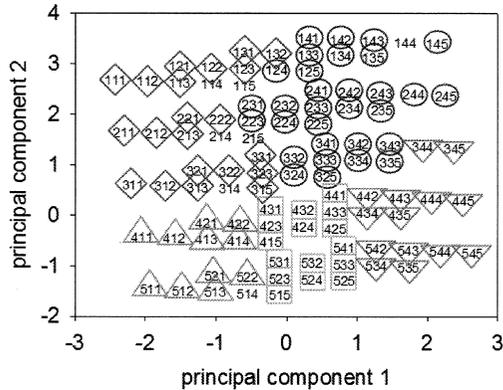


図-6 自然区間における主成分分析による固有ベクトル (主成分2)



C1: ○, C2: ◇, C3: △, C4: □, C5: ▽

図-7 自然区間におけるクラスター分析の結果

表-7 各タイプの特徴

	水深	掃流度
C1	浅	小～中
C2	浅	大
C3	深	大
C4	深	中
C5	深	小

#### 4. 河川物理環境の分類

##### (1) 主成分分析

主成分分析を行い、3要素の相関関係と2つの主成分に分けた時の固有ベクトルを算出した。両区間とも流れ形態と河床材料に中程度の正の相関が見られ、それ以外に相関は見られなかった(表-5, 表-6)。主成分1の固有ベクトルは河床材料と流れ形態の重みが大きく、この主成分を掃流度と呼ぶことにする(図-5)。主成分2はほぼ深さのみに依存する(図-6)。

##### (2) クラスター分析

全自然区間のデータにおける主成分分析の結果を基にクラスター分析を行い、水深、流れ形態および河床材料粒径の3つの物理要素から河川の物理環境を5つのタイプに分類した。クラスター分析では各サンプルの距離を求める方法としてウォード法を用いた。図-7にプロットされている数値は上位の桁から水深、流れ形態、河床材料粒径の分類番号である。

クラスター分析の結果より5つのタイプ(C1~C5)は表-7のような特徴を持つ。

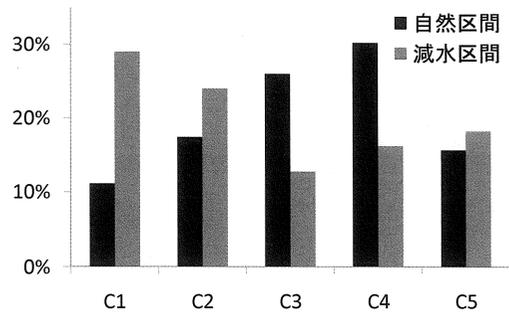


図-8 各タイプの割合

水深、流れ形態、河床材料粒径の組み合わせで112, 124, 131, 133, 141, 144, 212, 243は減水区間でのみ出現する組み合わせであった。そのため近くにあるタイプにそれぞれC2, C1, C2, C1, C1, C1, C2, C1と振り分けた。

#### 5. 考察

##### (1) 自然・減水区間での比較

全体的に自然区間、減水区間それぞれのなかでは3要素の分布が似ていることから、今回用いた分類手法で両区間の特徴を表すことができたと考えられる。

分布において最も顕著な差が表れたのは流れ形態であった。本来の流量に対して形成された流路では取水後の流量にとってその河床形状等が流れに大きな影響を及ぼし、自然の堰のようなものが形成されスムーズに流すことができなくなっていた。また、河道が分断され流れの無い流路(止水域)が形成された部分もみられた。このような原因から減水区間で流れの緩やかな部分の割合が増加したものと考えられる。

減水区間において比較的水深の浅いポイントが多かったことも特徴として挙げられる。本研究における水深は、平均水面幅に対する相対的な深さとして定義しているため実際には減水区間の方が水深に対して比較的水面幅が広がったとも言える。これも河道が本来の流量に対して形成されたため、取水後の流量と河道の広さが釣り合っていないためと考えられる。

河床材料においては、減水区間で岩盤露出が多かったことに注目できる。これは取水堰によって下流への土砂供給が寸断されたためだと考えられる。

## (2) 各タイプの割合

両区間における各タイプの割合を図-8に示す。自然区間でC3, C4の割合が高く、減水区間でC1の割合が高いことが分かる。C3, C4は水深が深く掃流度が大～中程度の範囲であり、C1は水深が浅く、掃流度が中～小さい場所である。自然区間に比べ減水区間では勢いよく流れている場所の割合が減り、浅く流れのない場所が増えているという特徴を表現できている。

## (3) 横断方向の物理環境

各横断面に存在するタイプの種類数の平均値を観測区間ごとに算出した。この数値を横断面の多様度と呼ぶことにする。

自然区間Ho1-A, J1-A, Na1-Aでの多様度はそれぞれ2.04, 1.86, 2.00であった。減水区間H1-B, Ks1-B, Ks2-Bではそれぞれ2.85, 2.06, 1.70であった。さらに横断方向の多様度が1である断面が各観測区間ごとに占める割合を算出すると、自然区間Ho1-A, J1-A, Ni1-Aではそれぞれ22.3%, 33.6%, 17.4%となり、減水区間H1-B, Ks1-B, Ks2-Bではそれぞれ8.8%, 19.2%, 38.0%となった。

したがって各観測区間ごとに差が出るものの、比較的自然区間内では大きな差が表れず、減水区間ではそれぞれの河川ごとに差が表れた。減水区間では自然区間より単調になっている河川と多様度が増している河川があった。

## (4) 縦断方向の物理環境

縦断方向の周期性をみるために滞筋上のタイプの推移を確かめた。ここで各タイプには物理景観値という数値を与えた。物理景観値はC1を1とし、最も距離の近いタイプまでの距離を加え、そのタイプの数値とする。

流路長10mごとの移動平均を算出し、その2m刻みの自己相関係数を求めた(図-9, 図-10)。そこから各区間の周期を求めた。結果を表-8に示す。

J1-Aでは明確な波長が見られず、比較的減水区間の方が周期がはっきりと表れた。減水区間とは水力発電所が設置されている場所なので比較的勾配が大きく、元々瀬淵のような物理形態がはっきり表れやすい区間であった可能性がある。自然区間では周期が明確に表れないものもあるが、対象とした河川の中でもその周期にばらつきがあり多様であるともいえる。

表-8 各区間の縦断方向周期

観測区間	周期(m)
Ho1-A	30
J1-A	(14,60)
Ni1-A	118
H1-B	18
Ks1-B	14
Ks2-B	50

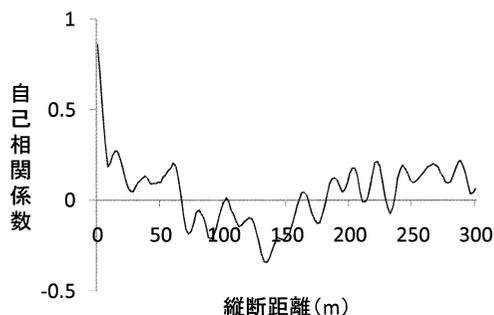


図-9 J1-Aの自己相関

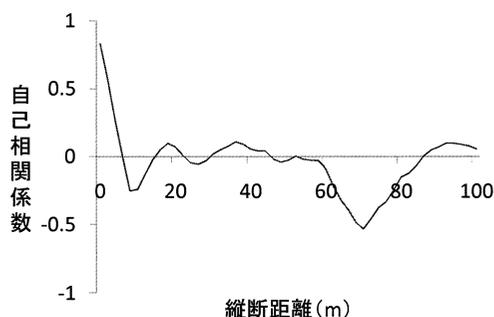


図-10 H1-Bの自己相関

## 6. まとめ

本研究では水深、流れ形態および河床材料粒径の3つの物理要素を用いて河川の局所的な景観単位を表す指標を作成し、5つに分類した。

減水区間では横断方向の多様度に個々の差が大きく表れ、縦断方向には明確な周期が見られた。これは減水区間を持つ河川がともに水力発電に適した河床勾配の大きい河川という特徴を持っていたためとも考えられる。

一般に瀬・淵といわれる物理景観は流れ形態に最

も重きを置かれた分類であると思われるが、本研究では3つの要素にそれぞれ重みを持たせて局所的にあらゆる河川形態を表現した。しかし瀬や淵などの物理景観はある1つの点において定まるものではなく、いくつかの形態を含んだある程度の広がりを持つものと考えられるので、今後は物理景観のまとまりを定める手法を検討する。

#### 参考文献

- 1) 玉井信行：河川計画論—潜在自然概念の展開，東京大学出版会，2004.
- 2) Fiona J. Dyer, and Martin C. thoms: Managing river flows for hydraulic diversity: An example of an upland regulated gravel bed river, River Research and Application, Volume22, Issue2, pp. 257-267, 2006.
- 3) 佐藤三郎, 宇都宮結樹, 武下明弘, 白川直樹：花貫川上流部における発電減水区間の河川物理環境の特徴に関する研究, 第34回環境システム研究論文発表会講演集, pp. 339-344, 2006

## FIELD OBSERVATION OF PHYSICAL LANDSCAPE INDEX FOR MOUNTAINOUS STREAMS

Masatoshi KASAMATSU, Tomoko JINNO, Takuya KANEKO  
and Naoki SHIRAKAWA

This study attempts to create a physical index for mountainous stream. This index highlights differences between natural and regulated flow section affected by hydroelectric power plant. River depth, flow pattern and substrate diameter were surveyed in 4 rivers in Ibaraki. As characteristics of regulated flow section has shallower water depth as stream width, slower flow. Also more bedrocks are exposed than natural flow section. We also classified these three characteristics into five landscape types through cluster analysis. As a result, cross sectional variation of physical types has more similarity at the natural flow. Also physical types show clearer longitudinal patterns in regulated flow section.