

千曲川における植生管理のための空間単位 「群落クラスタ」とその実用性に関する研究

PRACTICABILITY ON “PLANT COMMUNITY CLUSTER” WHICH IS SPATIAL UNIT FOR RIPARIAN VEGETATION MANAGEMENT IN CHIKUMA RIVER

田頭直樹¹・傳田正利²・片桐浩司³・中西哲¹・萱場祐一²
Naoki TAGASHIRA, Masatoshi DENDA, Koji KATAGIRI, Satoru NAKANISHI
and Yuichi KAYABA

¹正会員 工修 (独) 土木研究所 水環境研究グループ 河川生態チーム
(〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)
²正会員 博士 (工学) (独) 土木研究所 水環境研究グループ 河川生態チーム (同上)
³正会員 博士 (農学) (独) 土木研究所 水環境研究グループ 河川生態チーム (同上)

This study aimed to evaluate the practicability of Plant Community Cluster (PCC), a new spatial unit proposed for riparian vegetation management in our previous study. To verify the PCC, we conducted the demonstration experiment on ability of the PCC in the Chikuma River. First, we examined the PCC could extract the plant community boundaries pointed by the plant ecologist and river engineer. Second, we examined the PCC abstract trend of surface substrate material change. In the results, we clarify the following that; (i) boundaries extracted by the PCC were almost coincided with boundaries of landscapes classified by two river engineers, (ii) PCC had the correlation to trends of surface substrate material change. This result indicated that PCC have the practicability for the riparian vegetation management, and possibility to clarify the mechanism of vegetation dynamics in the river.

Key Words : *plant community cluster, landscape, surface soil substrate, riparian vegetation
vegetation management*

1. はじめに

植生管理は、流下能力への影響という治水面に加え、植物の多様性および河川生態系保全の面でも重要である。適切な植生管理を行うためには、植生動態の機構を解明し、将来の植生を予測したうえで、戦略的かつ予防保全的な視点に基づく必要がある¹⁾。

植生管理の空間単位としては、植物社会学における「植物群落」、景観生態学における草地や樹林といった「景観」(以下、景観という。)が考えられる。

植物群落は、立地の生態的特性を表し²⁾、多様性の評価には適するが³⁾、成立する植物群落は、土壌水分、粒径、栄養塩濃度などの環境特性の微細な変化に影響を受けるだけではなく、遷移過程が複雑なため、場所・時間を特定して、どのような植物群落が成立するかを予測することは難しい。また、植物群落は非常に数が多く、群落を構成する植物には形状などが類似するものもあり、

専門家でなければ現地判読が難しいという課題がある。

一方、景観は、景観タイプの数も少なく、景観タイプ間の差異も明瞭であるため、河川技術者にも容易に判読可能であり、扱いやすい。しかし、植物の多様性の評価、生態系保全への活用を考えると必要な情報が得られないといった問題がある。また、一つの景観タイプの中に、様々な異なる環境特性が混在するため、環境特性に基づく景観タイプとその遷移過程の予測には適さない⁴⁾。

このような背景から、筆者らは、米代川において、新たな植生管理の空間単位として「群落クラスタ」を提案した⁵⁾。群落クラスタは、植物群落を、植物群落が立地する場の物理環境(比高、水際からの距離、掃流力)の類似性に基づき類型化した空間単位であり、「植物群落」と「景観」の中間に位置する空間スケールである。群落クラスタを導入することで、植物群落間の複雑な遷移過程の簡素化が可能となり、植物の多様性に関する情報の消失も、景観に比べて抑制できる。

しかし、群落クラスタは、景観タイプのように景観的

差異が明確で、河川技術者でも扱いやすい空間単位となっているかは不明であった。また、群落クラスタを設定するために用いた物理環境には、多くの文献^{6),7),8)}で植物の成立に影響を及ぼすと指摘される表層土壌材料は含まれていない。表層土壌材料は、掃流力などと関係性があり、群落クラスタとの相関性は推定されるが、その実態は不明であった。

このような背景から、本研究は、米代川とは河川特性の異なる千曲川へ群落クラスタを適用し、(イ)人が認識する景観境界と群落クラスタの境界との関係を現地調査により明らかにし、河川管理における群落クラスタの実用性を評価すること、(ロ)表層土壌材料と群落クラスタとの関係を現地調査により明らかにすることを目的とした。

2. 研究の方法

(1) 調査地の概要

本研究は、信濃川水系千曲川の長野県境から67km～82kmの区間、セグメント2-1、河床勾配1/1060を対象とした(図-1)。同区間を対象とした理由は、現在検討中の群落クラスタが、その算出過程で河床変動を考慮していないため、河床の変動量が小さいセグメント2区間が適していると判断したためである。更に、区間の上流端に杭瀬下観測所(82.5km付近)があり、かつ、支川流入がないため対象区間を同一流量で評価出来ることも考慮した。

対象区間内から、関崎橋付近(以下、関崎地区と記述する。)と岩野橋付近(以下、岩野地区と記述する。)を、現地調査を行う検証サイトとして選定した(図-1)。

関崎地区は、67.5km付近、河道幅約500m、河床勾配1/1,000、河床波形態は単列砂州、主に砂礫で構成され、代表粒径(d_{50})は約50mmである。岩野地区は、78km付近、河道幅約600m、河床勾配1/1,060、河床波形態は単列砂州、主に砂で構成され、代表粒径(d_{50})は約40mmである。

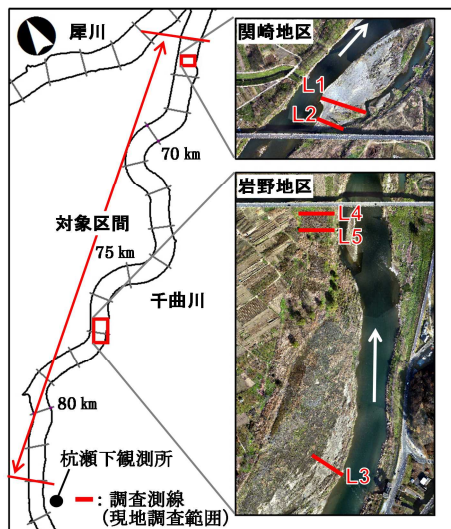


図-1 調査範囲および検証サイト

(2) 千曲川における群落クラスタの作成

群落クラスタは、次の手順により算出した。なお、作成方法の詳細は、既往研究⁵⁾を参照されたい。

(イ) 横断測量から内挿した地形を用いて、平面流計算により、物理環境(比高、水際からの距離、掃流力)を算出する。(ロ) 河川水辺の国勢調査⁹⁾の植生図(平成6年、平成11年、平成16年、平成20年、平成25年)を対象に、群落名の統一と極小植物群落(5時期を通した植物群落の累計面積が0.25ha未満)を除外した。(ハ) (イ)、(ロ)の過程で得た物理環境と植物群落のデータを、対象区間をカバーする解析用グリッドに格納した。その後、草本群落(自然裸地含む)と木本群落(植林地除く)を分離し、植物群落ごとに集計した物理環境(比高、水際からの距離、掃流力)の25%値、50%値、75%値を標準化し、クラスタ分析(Ward法)を行った。クラスタ分析の結果に、物理環境から推定した立地特性や優占植物群落から付けた名を与え、群落クラスタとした。

以上の処理を、現地調査前に実施し、関崎地区・岩野地区で観察された植物群落に適用した。ただし、小面積のため除外対象としたシロバナシナガワハギ群落は、後述する調査地点L3(図-1)で確認されたため、現地で隣接して位置し、比高も同程度であったオオイヌタデ・オオクサキビ群落と同じ群落クラスタに区分した。

(3) 景観境界の抽出と表層土壌材料の抽出

a) 調査概要

予め設定した群落クラスタと現地状況を検証するため、平成26年6月18日に、関崎地区と岩野地区において、景観調査と表層土壌材料調査を実施した。調査は、横断方向に調査測線(L1～L5)を設定して行った(図-1)。なお、両地区の植物群落と平成25年植生図の間には、平成25年の大出水とその後の植生遷移などによる不一致が散見されたため、後述する評価者Aと、平成25年植生図を修正して、調査に必要な範囲の植生図を作成した。

b) 景観調査

景観を把握する場合、視点の設定が重要となる^{10),11)}。本研究では、河川管理の実務(河川巡視等)を考慮し、橋梁と砂州上の微高地とした。橋梁および砂州上の視点場に配置した定点班と、高水敷および砂州上を横断方向に移動する移動班の2組に分かれて実施した。定点班には、植物生態学者(評価者A)、河川計画と河川環境の実務に精通した河川技術者(評価者B)、土砂水理を専

表-1 粒径区分¹²⁾

粒径区分		粒径(mm)	
礫	中礫	4	～ 64
	細礫	2	～ 4
	極粗砂	1	～ 2
砂	粗砂	0.5	～ 1
	中砂	0.25	～ 0.5
	細砂	0.125	～ 0.25
	極細砂	0.062	～ 0.125
泥	シルト以下	～	0.062

門とする河川技術者（評価者C）の計3名を配置した。

関崎地区の砂州（L1, L2）と岩野地区の高水敷（L4, L5）は橋梁を視点場とし、橋梁や堤防からの視野が確保できなかった岩野地区の砂州（L3）については、砂州の微高地を視点場とした。定点班の3名の評価者は、視点場から調査対象の横断測線上で、各自の目視判断で景観が変化する境界を決定し、その境界を移動班に無線で伝えた。移動班は、定点班から伝えられた位置の座標と標高をRTK-GPS（Trimble社、Trimble5800）で記録した。

c) 表層土壌材料調査

景観調査で把握した景観区分の代表的な地点において、表層土壌の粒径を調査し、主に河川工学で用いられている粒径区分（表-1）¹²⁾に従って分類した。粒径が礫（粒径2mm以上）の場合は、現地で代表的な礫約20個の中径を計測し、その平均値から分類した。表層土壌の粒径が砂（粒径2mm未満）の場合は、現地で表層の土砂を採取し、後日室内において、表-1の粒径区分別に分類したサンプル¹³⁾と比較し、該当する粒径区分に分類した。

(4) データ解析

a) 景観調査

RTK-GPSで計測した座標と標高から、調査測線の横断図を作成し、植物群落、群落クラスタ、各評価者による景観区分の境界線を重ねあわせた。また、植物群落および群落クラスタの境界（以下、実境界という。）と、評価者が区分した境界（以下、評価者境界という。）の一致状況を整理した。実境界が、評価者境界と一致しない場合、評価者境界の位置がずれている場合を不一致、評価者が境界自体を設定していない場合を未検出とした。

b) 表層土壌調査

植物群落及び群落クラスタ別に、表層土壌材料の粒径区分の出現回数を集計した。また、群落クラスタと表層土壌材料との関係性を把握するため、群落クラスタを攪乱域から安定域に並べた順位と、表層土壌材料粒径区分の順位を用いて、スピアマンの順位相関¹⁴⁾を計算した。

3. 結果

(1) 群落クラスタの設定

図-2と図-3に、植物群落と群落クラスタの対応関係を示す。自然裸地を含む21個の草本群落は、5個の群落クラスタに分類された。立地条件と構成する植物群落名を基に、水際側に立地する群落クラスタから順に、裸地草地、攪乱性草地、ヨシ・オギ系草地、半攪乱性草地、安

定性草地とした（図-2）。植林を除く8個の木本群落は、3個の群落クラスタに分類された。草本群落と同様に、水際側に立地する群落クラスタから順に、ヤナギ林、河畔林、安定樹林とした（図-3）。

(2) 景観調査と群落クラスタの対応

表-2に、評価者境界と植物群落および群落クラスタの実境界との関係を示す。評価者境界数は、評価者Aが最も多く、22箇所であった。評価者B・Cは、それぞれ12箇所、14箇所であった（表-2）。

植物群落の実境界は、22箇所であった。そのうち、評価者Bは、11箇所で植物群落の実境界と一致し、残り11箇所を実境界を検出できなかった。同様に、評価者Cは、12箇所を実境界と一致し、残り10箇所を実境界を検出できなかった（表-2）。

群落クラスタの実境界は、13箇所であり、評価者B・Cともに、10箇所で群落クラスタの実境界と一致し、残り3箇所を実境界を検出できなかった（表-2）。

関崎地区のL1と岩野地区のL4・L5を代表地点として、

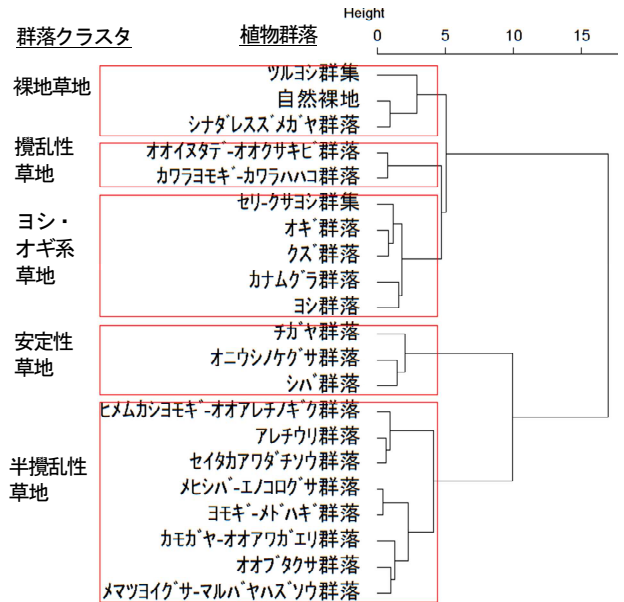


図-2 草本群落の群落クラスタ

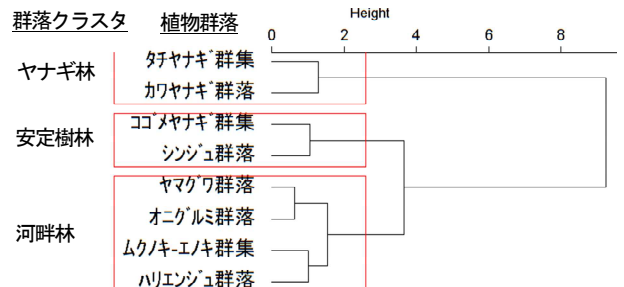


図-3 木本群落の群落クラスタ

表-2 評価者が区分した境界と植物群落および群落クラスタ境界との関係

評価者	評価者境界数	実境界数		評価者-植物群落境界			評価者-群落クラスタ境界		
		植物群落	群落クラスタ	一致	不一致	未検出	一致	不一致	未検出
A	22	22	13	22	0	0	13	9	0
B	12	22	13	11	1	11	10	2	3
C	14	22	13	12	2	10	10	4	3

図-4～図-8に、垂直方向と視点場からみた植物群落と群落クラスタ、評価者の各境界を重ね合わせた図を示す。

L1では、水際側から順に、攪乱性草地、裸地草地、ヨシ・オギ系草地、半攪乱性草地が抽出された。攪乱性草地と裸地草地の境界は、評価者3人の境界が一致した。裸地草地とヨシ・オギ系草地の境界は、評価者Cの境界がずれていた。評価者B・Cは、ヨシ・オギ系草地と半攪乱性草地の境界を区分しなかった(図-4、図-5)。

L4では、水際側から順に、ヨシ・オギ系草地、半攪乱性草地、安定性草地、ヨシ・オギ系草地が抽出された。ヨシ・オギ系草地と半攪乱性草地の境界は、評価者3人の境界区分と一致した。半攪乱性草地と安定性草地の境界は、評価者3人のうち、評価者Bの境界と一致しなかった。安定性草地とヨシ・オギ系草地の境界は、評価者3人のうち、評価者B・Cの境界と一致しなかった。半攪乱性草地は、オオブタクサ群落、ヨモギ・メドハギ群落、メヒシバーエノコログサ群落で構成されるが、評価者B・Cは、これらの境界を区分しなかった(図-6)。

L5では、水際側から順に、半攪乱性草地、ヨシ・オギ系草地、半攪乱性草地が抽出された。半攪乱性草地とヨシ・オギ系草地の2箇所の境界は、いずれも評価者3人の境界区分と一致した。半攪乱性草地は、メヒシバーエノコログサ群落、ヒメムカシヨモギ・オオアレチノギク群落、オオブタクサ群落、ヨモギ・メドハギ群落で構成されるが、評価者B・Cは、これらの境界を区分しなかった(図-7、図-8)。

景観区分の境界

▼: 評価者 A, ▼: 評価者 B, ▼: 評価者 C, ▼: 調査境界
 ◀: 植物群落, ▶: 群落クラスタ, ⊕: 視点場

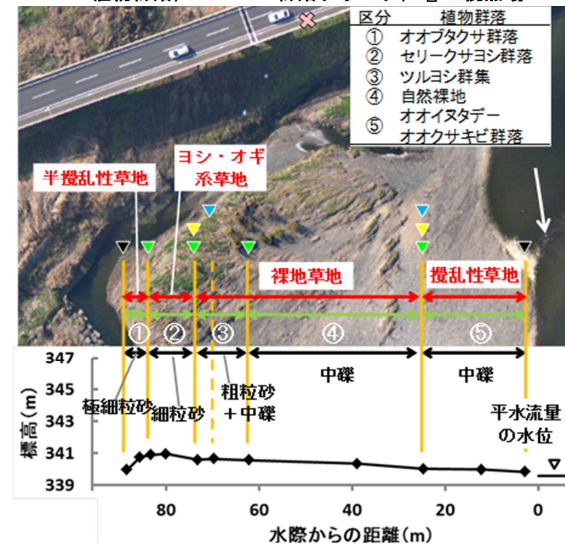


図-4 関崎地区 L1 (垂直写真)



図-5 関崎地区 L1 (視点場からの景観写真)

(3) 表層土壌材料調査と群落クラスタの対応

表-3に群落クラスタおよび植物群落と表層土壌材料の対応関係を示す。

群落クラスタが、攪乱域を示す指標から安定域を示す指標へ移行するにつれて、中礫の出現する回数が減少し、極細砂およびシルト以下の出現回数が増加する傾向があった。群落クラスタ別の主な粒径区分をみると、裸地草地および攪乱性草地は、中礫および中礫+砂、ヨシ・オギ系草地は極細砂およびシルト以下、半攪乱性草地および安定草地はシルト以下であった。

表-3の群落クラスタと粒径区分を用いた順位相関係数は0.68となり、群落クラスタが攪乱域に近づくほど、粒径が粗くなる傾向を示した。

景観区分の境界

▼: 評価者 A, ▼: 評価者 B, ▼: 評価者 C, ▼: 調査境界
 ◀: 植物群落, ▶: 群落クラスタ, ⊕: 視点場

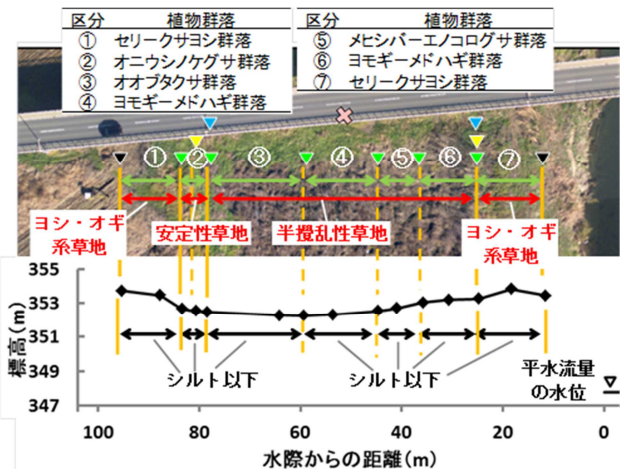


図-6 岩野地区 L4 (垂直写真)

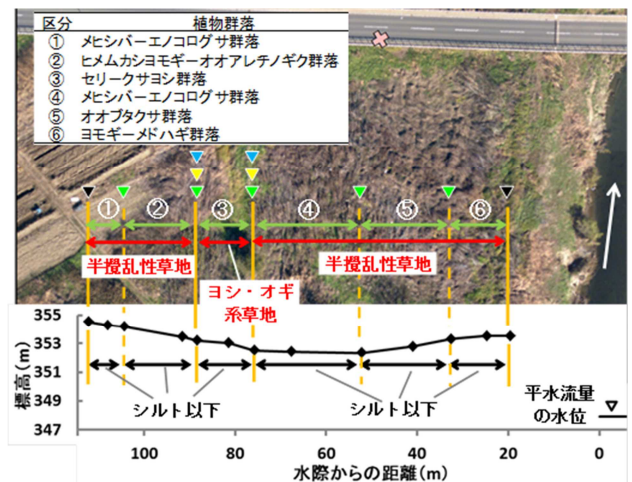


図-7 岩野地区 L5 (垂直写真)



図-8 岩野地区 L5 (視点場からの景観写真)

表-3 群落クラスタ・植物群落別 表層土壌の粒径区分 出現回数

群落クラスタ 植物群落	礫		礫+砂			砂				泥	
	中礫	細礫	中礫+粗砂	中礫+中砂	中礫+細砂	極粗砂	粗砂	中砂	細砂	極細砂	シルト以下
裸地草地	1		1								
自然裸地	1										
ツルヨシ群集			1								
攪乱性草地	1			1	2						
オオイヌタデ-オオクサキ群落	1			1	1						
シロバナシナガワハギ群落					1						
ヨシ・オギ系草地								1	3		4
セリクサヨシ群落								1	2		4
オギ群落										1	
半攪乱性草地				1					2		9
オオブタクサ群落				1					1		2
ヨモギ-メドハギ群落									1		3
メヒシバ-エノコログサ群落											3
ヒメムカシヨモギ-オオアレチノギク群落											1
安定性草地											1
オニウシノケグサ群落											1

4. 考察

(1) 景観境界と群落クラスタ境界の関係

人は、対象物の色の違いや大きさなどの視覚特性が同じ場合、近接する対象をまとめて認識する⁹⁾。これを本研究にあてはめると、植物生態学者の評価者Aは、植物の詳細な違いを認識して植物群落を判別し、河川技術者の評価者B・Cは、植物の被度や色相など大きな変化を抽出し、景観境界を設定したと考えられる。群落クラスタは、評価者B・Cが抽出する景観境界と概ね一致した(表-2, 図-4~図-8)。評価者B・Cが、群落クラスタ境界を検出できなかった箇所は、L1の半攪乱性草地-ヨシ・オギ系草地とL4のヨシ・オギ系草地-安定性草地であった(図-4, 図-6)。これは、安定域の草地は、植物が繁茂し、視覚的な区別が困難であったことによるものと考えられた(図-5, 図-8)。これらの結果は、群落クラスタが、河川技術者でも視認できる植生の大きな変化を表す空間単位と、概ね合致することを示すと考える。

また、評価者Cは、植物群落に関する知見が評価者Bよりも乏しい。両者の評価者境界と群落クラスタの実境界との一致率をみると、評価者Bの83% (=10/12) に対して、評価者Cは71% (=10/14) と低かった(表-2)。これは、群落クラスタ境界の判別は、評価者の植物群落に関する知見に依存する可能性を示唆するものと考えられる。

(2) 植生管理における群落クラスタの実用性

本研究の結果より、群落クラスタは、河川技術者が認識できる景観と概ね一致することが確認された(表-2)。これは、植生管理の実務において、実用性が高い事を示す。通常の植生図は、植物群落を主とした多数の凡例で描かれ、河川技術者には、非常に複雑なものとなる。群落クラスタの導入により、凡例数の削減と、複雑な植物群落の遷移過程の簡略化を可能とし⁵⁾、河川技術者にも理解しやすくなる。さらに、現場で判読可能であるため、主要な植生変化を捉えやすく、ヤナギ林化しやすい群落クラスタが確認された場合は実生の確認や除去を行うなど植生変化に応じた迅速な対策を可能にすると考えられる。

(3) 群落クラスタと表層土壌材料の対応関係、植生動態予測への展開

群落クラスタの設定には、表層土壌材料の情報は使用していない。それにも関わらず、群落クラスタと表層土壌材料の粒径区分の順位相関係数は0.68を示し、一般的に相関があるとされる0.4~0.7の範囲¹⁴⁾であった。また、同一群落クラスタ内の植物群落の表層土壌材料は、概ね同じ粒径区分に偏っていた(表-3)。表層土壌材料は、植物の成立に影響を及ぼすと指摘され^{6,7,8)}、これらの結果は、群落クラスタが、植物の生育場の類似性を基にした空間単位であることを強く支持する結果であり、植物群落と物理環境(比高、水際からの距離、掃流力)を基に作成した群落クラスタを介することで、表層土壌材料をある程度推定できる可能性を示すと考える。表層土壌材料は、植生動態予測に重要な物理環境指標になり得るが、精度よく予測することは難しい。群落クラスタの導入は、表層土壌材料の必要性を低くし、植生動態予測への展開を容易にする可能性を示唆するものと考えられる。

ただし、オオブタクサ群落は、極細砂以下で3地点確認されたが、中礫+中砂でも1地点確認された。これは、一年生草本のオオブタクサが、出水後に、砂礫地の堆積箇所へ侵入したためと考えられる。このような時間的要因が関係する場合は、草丈や植被率など成長・拡大といった時間的要因を考慮することで、表層土壌材料との関係性がより高まる可能性が考えられる。

(4) 群落クラスタの課題と今後の展望

a) 植生図の精度および物理環境との同期性

群落クラスタは、植生図と物理環境を基に作成するため、これらのデータの精度に影響される。本研究でも、現地と平成25年植生図との不一致が見られた。これらの改善のためには、横断測量、空中写真撮影、植生図作成を同時期に実施し、植生凡例の正確性や位置精度、物理環境との同期性の向上を図ることが望ましい。

b) 被験者数を増やした景観調査の実施

本研究は、群落クラスタの実用性を幅広く検証することを目的としたため、景観調査の被験者数は必ずしも十分とは言えない。しかし、本研究の評価対象は、きれ

い・汚いなどと言った主観的な統合イメージではなく、色相など視覚特性に基づく景観境界の識別、すなわち対象物の判読である。対象物の判読は、主観などが関与する統合イメージと比べ個人差が小さいとされる¹⁰⁾。また、被験者数により景観評価が変化する事例でも、明るい・暗いといった視覚特性に依存する項目は、被験者数による変化が小さい¹⁵⁾。以上を踏まえると、被験者属性を、植物群落への知見が同程度の河川技術者に限定した条件下では、著しい個人差が生じる可能性は低いと考えられ、本研究の結果は、一定の傾向を示したと考える。ただし、本研究の結果では、植物群落の知識の違いにより、識別可能な景観境界が異なる可能性が示唆されており、今後、被験者数を増やした調査を行う必要がある。

c) 植物群落の統合レベルの定量化と複数河川での比較

本研究で示した手法は、植物群落間の類似性を定量的に表すが、どのレベルまでを同一の群落クラスタとみなすかは、分析者の主観に依存する(図-2, 図-3)。簡略化のためには、少数の群落クラスタが良いが、統合により個々の特性は消失する。これを群落クラスタと関連付けた物理環境で表現すると、群落クラスタ数を減じても、群落クラスタの物理環境の分布範囲は出来るだけ密集していることが望ましい。これら相反する視点から、最適な統合レベルを検出し、統一した手法で作成された群落クラスタを、複数河川で比較することで、河川特性との関係や群落クラスタの適用範囲が明らかになると考える。

d) 群落クラスタと物理環境の関係性把握(比高、水際からの距離、掃流力)

群落クラスタの成立には、水際に近い場所では、比高や掃流力の違いが影響し、逆に水際から遠い場所では、比高や掃流力に差異が生じないため、水際からの距離が影響する傾向を示す。これらは、植生動態を規定する要因であるほか、準二次元計算の横断方向の適切な区間分割などにも有用と考えられ、本研究では論じていないが、今後詳細に検討していく必要があるだろう。

e) 植生図がない中小河川への展開

多くの中小河川では、植生図や横断データがなく、本手法の適用が難しい。しかし、群落クラスタは、植物群落という生態的特性を表す空間単位に、物理環境を関連付けた所に最大の特徴がある。中小河川は、単調な河道が多く、比高などの物理環境を既存資料から推定できる可能性が高い。これらを応用すれば、空中写真等から得た景観タイプを、物理環境を基に細区分し、物理環境と生態特性を組み合わせた空間単位の設定が可能であろう。

5. おわりに

本研究では、「群落クラスタ」の実用性を評価するため、群落クラスタが、景観境界および表層土壌材料の変化を抽出できるかを調査した。その結果、(イ) 群落ク

ラスタの境界は、河川技術者が認識する景観変化点と一致し、(ロ) 群落クラスタは、表層土壌材料と相関を有していることが確認出来た。本研究成果は、群落クラスタが、植生管理の実務と植生動態の機構解明で重要となる景観変化と表層土壌材料変化を捉えることが可能であることを示した。

謝辞: 本研究を進めるにあたって、国土交通省北陸地方整備局千曲川河川事務所より、貴重なデータをご提供頂いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 藤田光一, 李参熙, 渡辺敏, 塚原隆夫, 山本晃一, 望月達也: 扇状地礫床河道における安定植生域消長の機構とシミュレーション, 土木学会論文集, No.747/II-65, pp.41-60, 2003.
- 2) 宮脇昭: 植生図の類型と立地評価, 地図, Vol.6(2), pp.1-9, 1968.
- 3) 萱場祐一, 片桐浩司, 傳田正利, 田頭直樹, 中西哲: 河道掘削における環境配慮プロセスの提案, 河川技術論文集, Vol.20, pp.157-162, 2014.
- 4) モニカ G. ターナー, ロバート H. ガードナー, ロバート V. オニール: 景観生態学—生態学からの新しい景観理論とその応用, 景観パターン解析の注意点, 中越信和・原慶太郎監訳, pp.112-118, 文一総合出版, 2004.
- 5) 田頭直樹, 片桐浩司, 傳田正利, 大石哲也, 萱場祐一: 植物群落と物理環境を基準とした景観区分とその遷移過程—セグメント2河道を対象として—, 河川技術論文集, Vol.20, pp.115-120, 2014.
- 6) 大石哲也, 天野邦彦, 中村圭吾: 砂礫構造の違いからみた河原植物の生育環境特性について, 河川技術論文集, Vol.12, pp.477-482, 2006.
- 7) 石川慎吾: 揖斐川の河辺植生 I. 扇状地の河床に生育する主な種の分布と立地環境, 日生態会誌, Vol.38, pp.73-84, 1988.
- 8) 塩野貴之, 持田幸良: 砂礫地における堆積物粒度組成が植生構造に及ぼす影響—高山風衝砂礫地・河床・海浜に共通する要因について—, 日本生態学会誌, Vol.62, pp.1-17, 2012.
- 9) 国土交通省: 河川環境データベース河川水辺の国勢調査 (<http://mizukoku.nilim.go.jp/ksnkankyo/index.html>) .
- 10) 篠原修: 新体系土木工学 59 土木景観計画, 土木学会編, 技報堂, 1982.
- 11) 島谷幸宏編著: 河川風景デザイン, 山海堂, 1994.
- 12) 河村三郎: 土砂水理学1, 森北出版, pp.2-3, 1982.
- 13) 柴正博: 地質調査入門 第3版, 駿河湾団体研究グループ (<http://www.dino.or.jp/shiba/survey/>), 2009.
- 14) 柳井晴夫, 高根芳雄: 多変量解析法, 朝倉書店, 1977.
- 15) 三宅良治, 榊原和彦, 土橋正彦, 為国かおる: 景観評価実験における被験者数と評価の安定性に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, Vol.15(1), pp.995-1002, 1992.

(2014. 9. 30受付)