

山地河川における多自然護岸と自然河岸の比較

鈴木 宏幸¹・中村 圭吾²・前田 義志³・甲斐 崇⁴・服部 敦⁵

¹正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部河川研究室 研究官

(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地) E-mail:suzuki-h92de@nilim.go.jp

²正会員 博(工) 国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部河川研究室 主任研究官(同上)

³非会員 博(農) 国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部河川研究室 交流研究員(同上)

⁴正会員 修(理) 国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部河川研究室 交流研究員(同上)

⁵正会員 博(工) 国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部河川研究室 室長(同上)

山地河川における河道改修や計画策定時等に有用な情報を提供することを目的に、護岸が設置された箇所のうち、護岸設置後の植生の回復状況を考慮して施工後5年程度以上経過した箇所とその近傍の自然河岸について、河岸の景観や植生、周辺の物理環境等の調査を実施した。

景観面では、護岸上部や下部の植生、護岸下部の寄せ石や礫の堆積などによる護岸の遮蔽が周辺環境との調和に寄与していた。また護岸部の植物種構成は、自然河岸に比べて日陰を好む種が少なく、護岸設置による開空率・日射量の変化が影響を及ぼしていることがわかった。護岸の上部に見られた植生と護岸部の植生に類似性が見られたことから、護岸上部の植生が護岸部の植生への主な供給源であり、種の構成と保全にも大きな役割を果たしていることがわかった。

Key Words : ecological revetment, riverbank landscape, post-disaster river works, vegetation

1. 序論

山地部の中小河川で災害復旧等による河道改修を行う際は、急勾配かつ限られた用地の中で、流下能力を確保しつつ、可能な限り河川環境に配慮することが求められる。その考え方は多自然川づくりポイントブックIII¹⁾(以下、ポイントブックIII)で整理され、平成26年にはポイントブックIIIを踏まえて、美しい山河を守る災害復旧基本方針²⁾が改訂され、山地河川においてもこれまで以上に多自然川づくりを推進する仕組みができた。

現在まで実施されてきた山地河川改修事例については、工事で採用された、環境に配慮した護岸ブロックや工法による多自然護岸の植生復元効果^{3),4),5),6)}や、護岸設置後の生物との関係⁷⁾、水際部における植生の分析、評価^{8),9)}といったように、様々な視点から研究が行われている。

また護岸を設置する際は、周辺景観との調和や護岸の素材等について考慮し、人の目に極力触れず、法肩や水際部に植生を持つことが望ましいとされている¹⁰⁾。この周辺環境とのなじみについては、経年による色の変化も踏まえ、護岸設置後の調査をすることでデータを蓄積していくことの重要性について語られている^{11),12)}。

しかしそういった施工箇所について、護岸を設置した箇所とともに、護岸近傍で同様の河道特性を有する自然

河岸と比較し、体系的に分析した事例はない。

そこで本研究では、今後の山地河川における河道改修や計画策定時等に有用な情報を提供するため、河川で護岸が設置された箇所(以下、調査区)と、その近傍の自然河岸(以下、対照区)を対象に、現地調査と施工箇所の資料を収集・整理をおこない、護岸と周辺景観との調和、各区の植生、植生と物理環境との関係について分析した。

2. 調査・分析方法

(1) 調査対象箇所の選定

調査箇所は、過去に災害復旧等で護岸の整備を実施した事例について、美しい山河を守る災害復旧基本方針²⁾で定めている災害復旧箇所河川特性整理表(A表)設計流速算定表(B表)、護岸工法設計流速関係表(C表)や多自然川づくり事例等の資料を参照して選定した。

これらの資料から、「災害復旧において採用数の多い工法」、「護岸設置後の植生の回復状況を考慮して、施工後5年程度以上経過した箇所」、「近傍に、対照区として設定できる同様の河道特性を有する自然河岸がある箇所」という条件で抽出し、調査区32箇所とその対照区

32箇所を選定した。表-1は、選定した調査区に設置された護岸工法とその数である。なお調査は、植生の繁茂を考慮して夏から秋にかけて実施し、調査区と対照区の構成要素を図-1に示すように分割して整理した。

(2) 景観調査

調査区について、護岸と周辺景観との調和について検討するため、明度、テクスチャー、護岸の見えについて調査を実施した。明度とテクスチャーの評価基準は、ポイントブックIIIにある考え方を参考としており、護岸の見えについては調査箇所で護岸の見え具合を緩和する要素の有無を調査した。表-2に各調査項目とその評価基準を示す。

表-1 調査対象とした工法と内訳（32箇所）

工 法			工法数
A	自然石	裏込め材：コンクリート	3
B	自然石	裏込め材：ポーラスコンクリート	1
C	鉄線かご多段積み		3
D	コンクリートブロック	空積み	9
E		練積み	8
F	ポーラスコンクリートブロック	空積み	3
G		練積み	5

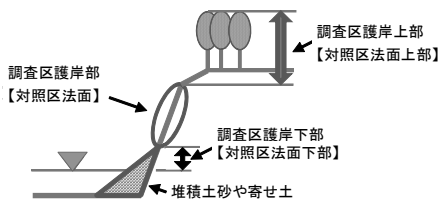


図-1 調査区と対照区の構成要素
【 】は対照区の同位置を示す名称

表-2 景観評価指標とその基準

評価指標	評価の基準（考え方）
明度	護岸の素材の明度が6を越え、周辺との差異が目立つことから、JIS標準色票（マンセル色票）により確認
テクスチャー	護岸面に陰影が少ないと、人工的な印象を与えることから、「素材」「形状・組み方」を現地で確認し、3段階で評価 「素材」 a 護岸表面に凹凸があり護岸面に陰がある b 護岸表面に凹凸があるが護岸面上に陰がない c 護岸表面に凹凸がほとんど無く護岸面上に陰がない 「形状・組み方」 a 形状・組み方による凹凸の変化があり陰がある b 形状・組み方による凹凸の変化はあるが陰はない c 形状・組み方が単調であり陰もない
護岸の見え	対岸から見て、護岸の見えの高さが小さいほど、護岸が目立ちにくいものとして、護岸の見え具合を緩和するものの有無を整理

(3) 植生等調査

調査区と対照区の植生や物理環境について比較し、護岸の設置による植生の変化や課題点について分析するため、表-3に示す項目を調査した。

群落組成調査は河川水辺の国勢調査マニュアル基本調査編〔河川版〕¹³⁾を参考に実施した。植物の構成種については、コドラート内に生育する全種を対象に種名を記録し、ブロンーブランケ法により被度、群度を評価した。

植被率と緑被率については、多自然川づくりにおける河岸・水際部の捉え方¹⁴⁾の測定方法に基づいて調査結果から算出した。

また日照条件の指標である開空率(%)は現地で測定し、日射量は独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構が無償で提供している「日射量データベース閲覧システム 年間月別日射量データベース(MONSOLA-11)¹⁴⁾」を基に算出している。

3. 調査結果および考察

(1) 景観調査

表-4に、調査区護岸部の明度とテクスチャーの調査結果を示す。自然由来の素材は概ね明度が6以下であるとされている¹⁾。本調査では32箇所中、6箇所の護岸部で明度が6を越えていた。また護岸のテクスチャーについて、護岸面の陰影の有無を調査した結果、14箇所護岸部に明確な陰影は見られなかった。

これらはすべてコンクリートブロックによる護岸（工法D～G）が設置された箇所であり、コンクリートブロック護岸単体では、設置後ある程度の年を経ても、周辺景観と調和しにくい場合があるといえる。

ここで、比較的明度が高く、またテクスチャーの評価で素材、形状・組み方とも陰影が少ないと評価された、地点12およびNo.13（表-4中の【 】）について、護岸の見え具合とあわせて考察する。

表-3 植生等調査項目

調査項目	取得データ
群落組成調査	各要素や護岸周辺の植物の構成種、被度・群度
護岸の被覆	植被率、緑被率、土砂被覆率
水分	各要素に堆積した土砂の水分量
光条件	開空率、護岸・河岸の方位、日射量
土砂堆積厚	護岸ブロックに設けられたポケット部や空隙部の土砂堆積
背後地の状況	調査区や対照区の背後の土地利用状況（水田、樹林地、民家など）

図-2は地点No. 12およびNo. 13の、護岸部の近景および遠景である。両地点とも、同じコンクリートブロック製品を空積した箇所であり、地点No. 12は周辺の植生の繁茂によって護岸が被覆され、周辺景観と調和しているといえるが、地点No. 13は護岸部が露出しているため目立っていることがわかる。このように護岸単体では比較

表-4 調査区護岸部の明度とテクスチャーの調査結果

地点No.	工法	明度	テクスチャー	
			素材	形状・組み方
1	A	6	a	a
2		4.5	a	a
3		4	a	a
4	B	5.5	a	a
5	C	5	a	a
6		6	a	a
7		4	a	a
8	D	7	a	a
9		1	a	a
10		4	a	a
11		5	c	c
【12】		6	b	c
【13】		6	b	c
14		9	a	a
15		8	a	a
16		7	a	a
17	E	6.5	a	a
18		6	a	a
19		6	a	a
20		6	a	b
21		5	a	c
22		5	a	c
23		7	a	a
24		4	c	c
25	F	4	b	c
26		4	b	c
27		4	b	c
28	G	4.5	b	c
29		5	a	a
30		2	b	c
31		6	b	c
32		6	a	c

※ 表中、塗りつぶした箇所は、周辺環境とのかき離が見られた箇所

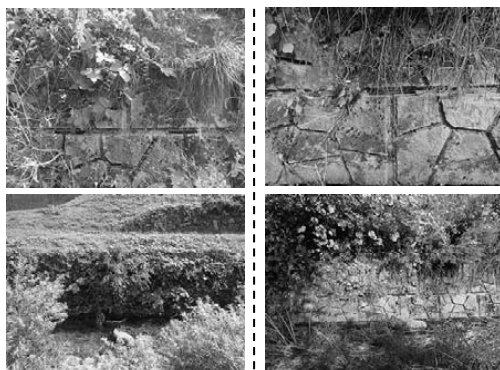


図-2 周辺の植生による護岸の見え具合の違い
(どちらも工法Dが採用された箇所)

的目立つ場合であっても、周辺の環境、例えば植生の繁茂や上部の樹林による遮蔽、下部の土砂堆積（あるいは覆土）により、周辺景観と調和できることが示唆された。

(2) 植生等調査

前項で露出護岸部や周辺の植生の繁茂が、周辺景観との調和において重要であることが示された。そこで調査区と対照区の植生や種構成の変化、設置された護岸による植生の繁茂状況の違いについて分析した。

a) 群落組成調査結果

図-3は、調査区と対照区について、部位毎に陰生植物の確認種数、先駆性の高い植物の確認種数をまとめた結果である。全種数に大きな違いは見られなかったが、調査区と対照区の植物の構成種を比較すると、調査区は対照区に比べて陰生植物の種数が少なく（図-3上段）、逆に先駆性の高い植物種が多く見られた（図-3下段）。この結果から護岸設置後に植物種の構成が変化している可能性が考えられた。

そこでこの植生の変化について検討するため、植物種を対象に、各要素別の調査区と対照区の類似度を整理した（表-5）。また表-6に調査区護岸部・対照区法面とその上部・下部間の類似度を算出し、植生が類似しているか検討した。なお類似度は群落組成調査結果による確認種とその被度を用いて、木元の類似度指数¹³⁾を算出している。

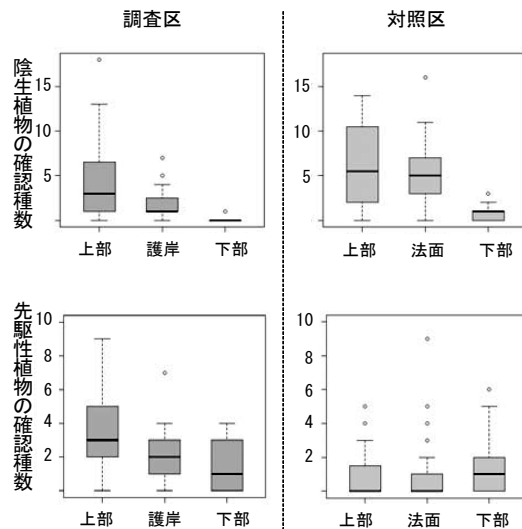


図-3 調査区と対照区の構成種の違い

表-5 調査区と対照区の、植生の類似度

地点No.	工法	上部	護岸部 (法面)	下部
1	A	0.01	0.01	0.16
2		0.24		
3		0.00	0.00	
4	B	0.27		
5	C	0.55	0.40	0.22
6		0.00	0.00	
7		0.25	0.00	0.40
8	D	0.00	0.03	0.70
9		0.36	0.01	0.64
10		0.16	0.00	
11		0.25		
12		0.17	0.08	
13		0.17	0.00	
14		0.00	0.07	
15		0.00	0.19	
16		0.00	0.00	0.36
17		0.92	0.00	
18	E	0.00	0.14	0.31
19		0.00	0.00	0.00
20		0.00	0.03	
21		0.65	0.29	
22			0.03	0.15
23	F	0.01	0.00	0.00
24		0.00	0.00	
25		0.00	0.00	0.00
26	G	0.01	0.00	0.00
27		0.21	0.04	0.12
28		0.69	0.00	
29		0.79	0.00	
30		0.04	0.00	
31		0.14	0.26	0.00
32		0.10	0.00	

※ 表中、塗りつぶした箇所は、類似度が0.5以上の箇所を示している。

表-6 調査区護岸部および対照区法面と、その上部および下部との類似度

地点No.	工法	調査区		対照区	
		護岸上部	護岸下部	護岸上部	護岸下部
1	A	0.38	0.00	0.70	0.10
2		0.00			
3		0.02	1.00	0.92	
4	B	0.08			
5	C	0.17	0.00	0.02	0.00
6		0.12		0.02	0.00
7		0.12	0.00	0.18	0.00
8	D	0.09	0.23	0.62	0.28
9		0.05	0.00	0.49	0.10
10		0.16	0.00	0.41	
11				0.46	
12		0.13		0.21	0.45
13		0.07		0.51	
14		0.00		0.43	0.67
15		0.85		0.31	0.00
16		0.00	0.61	0.05	0.00
17		0.67		0.02	0.00
18	E	0.25	0.12	0.25	0.04
19		0.68	0.00	0.31	0.03
20		0.07		0.02	
21		0.02		0.00	0.00
22			0.00	0.33	0.00
23	F	0.27	0.00	0.12	0.00
24		0.20		0.97	0.83
25		0.00	0.00	0.15	0.01
26	G	0.00	0.00	0.15	0.01
27		0.01	0.01	0.11	0.13
28		0.13		0.00	
29	G	0.16		0.02	0.66
30		0.01		0.36	
31		0.03	0.00	0.61	0.18
32		0.21		0.00	0.69

※ 表中、塗りつぶした箇所は、上部と下部で類似度が高い方を示している。空白の箇所値が同じ箇所については塗りつぶしてしていない。

表-5の結果を見ると、上部の植生に若干類似度が高いところが見受けられるものの、全体的には類似度が低いことから、護岸設置後に植生が変化すると推測された。

表-6の結果からは、調査区と対照区ともに、上部との類似度が高い傾向にあり、特に対照区の法面は、調査区のそれと比較しても類似性が高いことがわかった。

この結果から、法面への植物の侵入や種子の供給は主に上部から行われており、護岸設置後も変わらず上部からの供給が行われていると推測された。そのため護岸を設置する際に、調査区護岸上部の植生の伐採等を実施すると、護岸部の植物構成種が変化し、類似度が下がると考えられた。この事例として、調査区と対照区を比較した写真を図-4に示す。この調査区護岸部ではコンクリートブロック護岸が設置されているが、上部からの植生で被覆され、周辺景観と調和しているといえる。しかし、明らかに調査区と対照区の植物の構成種が異なっており、調査区護岸上部には樹林が無いことから、伐採等による護岸上部の植生変化に伴い、護岸部の植生も設置前から変化したと思われる。



調査区

対照区

図-4 調査区と対照区の植物構成種の違い



背後地が水田、道路

背後が樹林帯

図-5 背後地による護岸部植生の違い

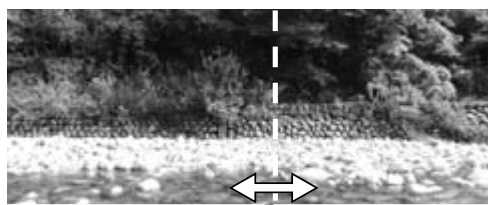
また本調査では、調査区の法肩直近部やその背後地の状況もあわせて調査を実施している。図-5は、同じ工法による護岸が設置された箇所を比較したもののだが、背後地が水田や道路で植生が少ないところ（左）に比べ、樹林帯が残っている箇所（右）の方が、護岸部に多くの植生が繁茂している様子がわかる。この結果からも、調査区護岸上部の植生が、調査区護岸部の早期植生繁茂と、調査区護岸部の周辺景観との調和に有効であることを示唆している。

b) 工法による植生の繁茂と物理環境との関わり

植物が生育するためには日射、土壌、水分が必要であることから、各護岸部のこれらの物理環境調査結果と、植生の繁茂状況を整理した。

自然石による護岸では、その護岸（自然石）自体への植生の繁茂は困難だが、空隙に土砂が堆積することで、護岸部への植生の繁茂が期待できる。図-6の写真は、自然石護岸が設置された箇所であるが、裏込に普通コンクリートとポーラスコンクリートを用いた護岸が隣接して設置されており、その境目を対岸から撮影したものである。

それぞれの護岸部において、調査時は土壌厚と水分量に大きな差はなかったものの、裏込にポーラスコンクリートを用いた護岸の方が、護岸部とその上部に多くの植生の繁茂が見られた。これはポーラスコンクリートを用いることにより、護岸空隙部と護岸の天端にある程度継続して水分が保持されたことが、植生の繁茂に繋がったと推測された。



裏込がポーラスコンクリート 裏込が普通コンクリート

図-6 自然石護岸の植生繁茂状況



土壌厚 1cm, 水分量 83.4%
日射量 0.25kwh/m²/day 土壌厚 0cm, 水分量 19.6%
日射量 0.45kwh/m²/day

図-7 かご多段積み護岸の植生繁茂状況

かご多段積みによる護岸の場合、その隙間にどれだけ土壌が堆積しているかによって植生の繁茂に差がみられた（図-7）。このようにかご多段積みの場合は、石の空隙が深く大きいので、土砂を充填することで植生の侵入と繁茂が期待できる。

コンクリートブロックによる護岸は、ブロック本体への植物の活着は期待できないものの、土壌を保持するポケットや目地部分に土壌が堆積し、水分が保持された箇所では植生の侵入と繁茂がみられた。なお空積と練積に大きな違いは見られなかった（図-8）。

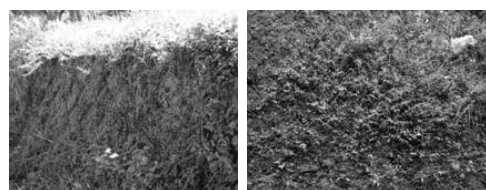
ポーラスコンクリートブロックの場合は土壌の保持具合とは別に、ブロック本体への蘚苔類の活着が見られた（図-9）。これはポーラスコンクリートの保水機能によるものと考えられ、今回の調査ではすべての箇所ではないものの、その効果を見ることができた。

その一方で、今回現地調査した箇所のうち、かご多段積み1箇所とコンクリート練積み1箇所、竹や木本類の侵入が認められた（図-10）。今回調査した護岸に破損は認められなかったが、これらは草本類とは違い、将来的に大径木化により護岸の破損に繋がるおそれもあるため、維持管理の上で考慮する必要があると思われる。



土壌厚 27cm, 水分量 74.8%
日射量 0.31kwh/m²/day 土壌厚 7cm, 水分量 71.9%
日射量 1.56kwh/m²/day

図-8 コンクリートブロック護岸の植生繁茂状況



土壌厚 1cm, 水分量 69.6%
日射量 1.20kwh/m²/day 土壌厚 1cm, 水分量 59.5%
日射量 0.47kwh/m²/day

図-9 ポーラスコンクリートブロック護岸の植生繁茂状況



木本類の侵入
(かご多段積み) 竹の侵入
(コンクリートブロック練積)

図-10 竹や木本類の護岸部への侵入

4. 結論

護岸と景観との調和という観点では、コンクリートブロックによる護岸が設置された箇所では、ある程度の年を経ても、それ単体では周辺の景観に調和しにくい場合があった。しかし周辺の植生によって護岸が被覆されることで、周辺景観との調和が図れることもわかった。

しかし植生の面から見ると、河川で護岸が設置された箇所と直近の自然河岸を比較した結果、植物の構成種が違っていることが明らかになった。この植物の構成種については、護岸設置部、自然河岸ともに、その上部の植生と類似性が見られたことから、護岸部への植物の侵入は主に上部の植生によることが示唆された。よって今回の調査結果における、護岸設置部と自然河岸法面の植生の違いは、護岸を設置する際に上部の植生が除去、攪乱され、その影響で護岸部の植生が、護岸の設置前から変化したと推測できた。

このことから護岸施工時において護岸上部の植生を保全することで、植生の早期回復とともに、護岸部の植生が当初の河岸の構成に近いものになる可能性が示された。

これらの成果が今後の各河川の特性に応じた改修計画の策定、護岸選定、施工時の一助となることを期待する。

謝辞：本研究の実施にあたり、（株）建設技術研究所による現地調査のご尽力をいただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 多自然川づくり研究会：多自然川づくりポイントブック III, 日本河川協会, 2011.
- 2) 全国防災協会：美しい山河を守る災害復旧基本方針, 2014.
- 3) 宇田川義夫, 中村敏一, 寺川陽, 阿部徹：多自然型

- 川づくりとしてのポーラスコンクリート河川護岸工法の適用と生態系復元について, 土と基礎, 49-10, pp.16-18, 2001.
- 4) 榊山清人, 三輪式, 倉島栄一：環境に配慮した護岸製品の現状と問題点, 農業土木学会誌, 71-11, pp.997-1000, 2003.
 - 5) 藤原宣夫, 西廣淳, 佐藤寿一, 井本郁子：ポーラスコンクリート河川護岸における植生成立条件に関する研究, 日本緑化工学会誌, 27-1, pp.215-218, 2001.
 - 6) 辻盛生：植生護岸による景観形成・生物多様性保全の可能性, 農業土木学会誌, 72-8, pp.681-684, 2004.
 - 7) 宮下哲也, 萱場祐一, 佐川志朗：形式が異なる河岸の物理特性と生物との関係, 河川技術論文集第 16 巻, pp.197-200, 2010.
 - 8) 辻盛生, 平塚明, 西館涼子：岩手県における多自然型川づくり実施状況の分析, 総合政策, 7-1, pp.65-76, 2005.
 - 9) 辻盛生, 平塚明, 澤田一憲, 阿久津研二：多自然型川づくりにおける水辺緑化の適用例と数年後の評価, 応用生態工学, 11-1, pp.89-101, 2008.
 - 10) 萱場祐一：多自然川づくりにおける護岸の設置に関する考え方, 土木施工, 52-4, pp.37-30, 2011.
 - 11) 水戸唯則：護岸コンクリートブロックのなじみ方, 土木技術, 62-3, pp.40-45, 2007.
 - 12) 独立行政法人土木研究所 水環境研究グループ 自然共生研究センター：多自然川づくりにおける河岸・水際の捉え方(土木研究所資料第 4159 号), 2010.
 - 13) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：河川水辺の国勢調査調査マニュアル基本調査編〔河川版〕, <http://mizukoku.nilim.go.jp/ksnkankyo/mizukokuweb/system/manual.htm>
 - 14) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：日射量データベース閲覧システム 年間月別日射量データベース (MONSOLA-11), <http://app7.infoc.nedo.go.jp/>
 - 15) Kimoto, S. : Some quantitative analysis on the chrysomelid fauna of the Ryukyu archipelago, *ESAKIA* No.6, pp.27-54, 1967.

(2015. 7. 16受付)

COMPARISON OF NATURE-ORIENTED RIVER REVETMENT AND NATURAL RIVER BANKS IN THE MOUNTAIN STREAMS

Hiroyuki SUZUKI, Keigo NAKAMURA, Yoshiyuki MAEDA,
Takashi KAI and Atsushi HATTORI

Improving stream restoration technique on post-disaster river works and planning in the mountain area, engineered river banks with revetments (e.g. concrete, rock) were compared with nearby natural ones. The data on river landscape, vegetation and physical condition were collected at 32 sites, respectively.

From landscape viewpoints, plants above revetment, and plants and gravel sedimentation covering the foot of revetment played an important role to harmonize with surrounding natural landscapes. Plant species on revetment were characterized with fewer species that thrive in the shade because they were affected by the increment of sunlight intensity. The plants covering revetment were similar to that revetment above. This indicates that vegetation above revetment supplies seeds on revetment and influences the species composition on it.