

(28) 河川環境から見た蛇籠の評価と適応の可能性

STUDY ON THE EVALUATION ON ENVIRONMENTAL FUNCTIONS OF GABION

小栗 幸雄*、北川 明*、島谷 幸宏*

Sachio OGURI*, Akira KITAGAWA*, Yukihiro SHIMATANI*

ABSTRACT; There are flood protection structures such as gabion, fascine mattress and groyne. They have decreased recently, because these methods have problems in mechanization and durability. But they have much environmental potential, in providing landscapes surrounding plants and providing fish and creatures in river which appropriate habitat.

This investigation deals with the evaluation on environmental functions of gabion. The observations and research carried out and following results are obtained.

1. There are gabions which have remained unchanged more than 30 years at the straight reaches in the river.
2. The gabions were naturally covered with plants after about 5 years since they had been constructed.
3. The gabions can be constructed even on steep slope rivers.

KEYWORDS; river environment, traditional flood protection construction, gabion

1. はじめに

本報は、伝統的な治水工法の一つである蛇籠を対象に、その評価および今後の適応の可能性について検討したものである。蛇籠の評価を行うに際し、現地での観察、専門家あるいは蛇籠協会へのヒアリング、簡易な計算等種々の手法を用いた。ここでとった評価手法は極めておおづかみではあるが網羅的であり、環境問題のような広範囲の領域を扱う分野にとって有効な手法と考えている。

さて河川工事の中で伝統的に使われてきた工法として、蛇籠、粗朶沈床、水制、牛などがある。これらの工法は機械化が困難であることや耐久性がコンクリート等の素材に比べ劣ること、また職人の確保が困難であること、それらの効果の定量的な把握が困難であることなどの理由により、しだいに廃れてきているのが現状である。しかし、これらの工法は長い日本の歴史のなかで近代的な機械や材料を用いる前までに、我国の風土の中で試練を経て残ってきたものである。それゆえ非力な面もあるが、自然の節理に合ったある種の合理性は備えているはずである。素材の持つ自然さや河状の変動に対する柔らかさ、年月の経緯とともに自然風景に近い景観を呈するなど、現在行われている近代的な工法にはない良さを持ち合わせている。近年のうるおいや安らぎを求める社会情勢に呼応した、新しい河川事業の展開にとってこれらの伝統的な治水工法

* 建設省土木研究所 Public Works Research Institute of the Ministry of Construction

が持つ良さから学ぶところは少なくないと思われる。本報は、これらの伝統工法のうち蛇籠を取り上げ、環境的な視点を含め、その長所、短所を明らかにし、今後の適応の可能性について検討する。

2. 調査方法

文献調査および、現地における実態調査およびそれを踏まえた解析、蛇籠関係者へのヒアリング調査により行った。

実態調査は、大河川（木曽川）、中小河川急流（甲府盆地）、中小河川緩流（房総半島）を対象とした。甲府盆地の河川はおおむね急流な扇状地河川であり、河床材料も礫のところがほとんどで蛇籠等の材料の玉石も豊富なところである。また甲府市内を流下する濁川は激特事業で都市部に蛇籠を用いてあり、都市部における蛇籠の評価が可能である。一方千葉県房総半島は緩流河川がほとんどであり、その地域全体においても石材が乏しく、鴨川地域で蛇紋岩系の長狭石を産するのみの地域である。以上のように甲府盆地と房総半島は極めて対照的な地域となっており比較検討するのに適している。また、大河川として伝統的治水工法の事例が比較的豊富な木曽川を対象とする。

ヒアリング調査は、日本蛇籠協会、山梨県、千葉県の当時の施工担当者およびの河川事業の現場経験が豊富で魚に詳しい建設省OBのS氏にも行った。生物の評価や耐久性等は現地調査のみで明らかにすることは困難な場合が多いので、ヒアリングも参考にした。

3. 蛇籠の現状

3.1 歴史の変遷

蛇籠の歴史については真田秀吉(1931)²⁾、石崎(1987)³⁾が研究している。それらに蛇籠協会へのヒアリング結果等を加え簡単にまとめてみると、

- 1) 中国で紀元前25年に「竹落」として使われた記述がありそれが最初と思われる。
- 2) 日本では「古事記」に蛇籠使用の記述があり、そうとう古くから用いられていた。
- 3) 日本において大々的に使われたのは、戦国時代以降である。用材は竹が主であり柳、藤葛、粗朶等も用いられた。
- 4) 明治41年に蛇籠の製作に亜鉛メッキ鉄線を使用することに成功し、明治42年石川県の犀川護岸工事に始めて鉄線蛇籠が施工された。
- 5) その後明治44年にそれまで手編みであった鉄線の機械化が図られ普及が進んだ。
- 6) 昭和20～30年代前半までは災害が多く蛇籠使用のピークを迎えた。
- 7) 現在の蛇籠鋼の生産高はおおむね2万トン程度であり、

河川災害復旧工事が需要の大半をしめるが、他の土木事業の他ゴルフ場、遊園地等の土留や水はけ等、河川以外の需要が増大している。

3.2 蛇籠の規格

蛇籠の規格については、JISおよび建設省の基準のなかで取り決めてある。その中で示されている蛇籠各部の名称を図-1に示した。また設置状況の一例を写真-1に示す。JISの規格は亜鉛メッキ鉄線の規格を主として定めたもので、寸法および許容誤差、品質、試験などについて定めている。これは建設省河川局が昭和28年4月に制定した“蛇籠の亜鉛引鉄線および構造上の基準”を参考として昭和32年に制定されたもので、現在のものは昭和59年に改

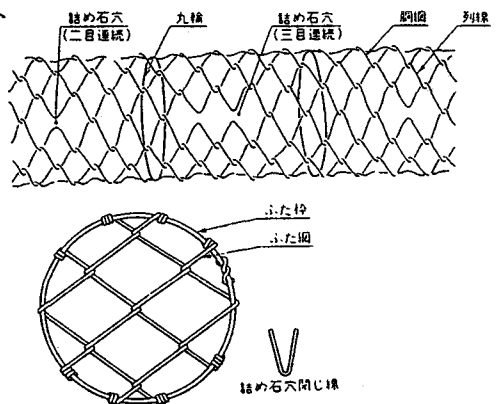
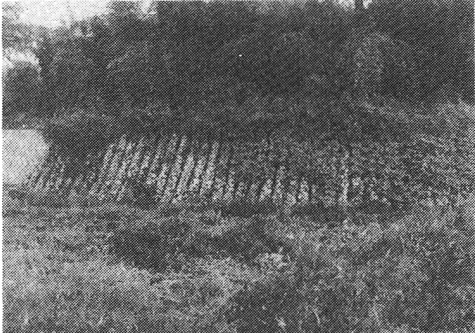


図-1 蛇籠の形状と名称

訂されたものである。したがって基本的にはこの2つの規格は同じものである。ただしJ I Sの規格では昭和55年の改訂に伴い長さの規格がとりはずされた。建設省の基準はその後改訂されておらず、現在に至っている。

3.3 蛇籠の設置状況

調査箇所は千葉県4ヶ所、山梨県11ヶ所、木曾三川8ヶ所の計23ヶ所である。この調査箇所の選定に当たって位置、施工年度、図面などの資料が比較的揃っているところを県あるいは工事事務所に依頼し選定してもらった。鉄線径は4.0mm(8番線)が最多で12ヶ所、3.2mm(10番線)が3ヶ所、5.0mm(6番線)が2ヶ所となっており、J I S規格あるいは基準の中で一番太い6.0mm(4番線)を用いているところは一ヶ所も見られなかった。蛇籠の径は45cmがもっとも多く千葉、甲府盆地の中小河川はほとんどこのクラスの蛇籠である。木曾三川になると径は60cmクラスが中心となり90cmのものもある。



写真－1

次に蛇籠設置箇所の河床勾配をみてみる。山梨では河床勾配1/100以下の急流の箇所に蛇籠を用いている。そのなかで一宮町田垂川で1/15の河床勾配のところに蛇籠を設けている。一方千葉では河床勾配の緩い1/150以下の所でも用いられている。これらの河川で用いられている蛇籠の大きさに差はない。

表－1に詰め石の入手方法を示した。石材が豊富でない千葉県では、いずれも砕石を用いている。南白亀川、小櫃川では他県から材料を購入し、大規模な激特事業で行われた小櫃川では、山口県、宮城県など遠い県から石材を購入している。このときには、山梨県からも石工などを招いている。一方、山梨県ではすべての蛇籠の詰め石が近傍の大河川の河床から採取した玉石であり、当該河川の河床材料を用いたところや砕石を用いたところは一ヶ所もない。近傍の大河川の材料を用いる理由は、当該河川のものを用いるよりも、安価であるためである。

表－1 詰め石の入手方法

	河川名	工 法	詰め石の入手方法
千葉県	南白亀川	蛇籠・フトン籠	茨城県の笠間砕石
	小櫃川	蛇籠	宮城県・山口県宇部市
	加茂川	フトン籠	加茂川市の長狭石（蛇紋岩）
	平久里川	フトン籠	〃
山梨県	六反川	蛇籠	釜無川
	田草川	〃	塩川
	秋山川	〃	〃
	印川	〃	笛吹川水系
	天川	〃	釜無川
	田垂川	〃	〃
	田草川	〃	笛吹川
	糺櫛川	〃	釜無川

4. 蛇籠の評価

4.1 蛇籠の長所・短所

蛇籠は屈撓性に富むことや流れに対する抵抗が比較的強い事、安価であること等護岸の素材として優れた面も多いが、鉄線の寿命に疑問があること、材料の入手が困難であること、職人が不足していることなどの理由から昭和40年代後半より用いられることが少なくなってきた。一方、蛇籠は施工後数年たつと植生が繁茂し自然景観とほぼ同じ状況を呈し、景観上優れた面があり、また魚類等の生物の生息にも適していると思われる。蛇籠の長所や短所についてはこのように、今まで色々ところで述べられており、現地の状況を踏まえそれらをまとめると表－3左部のようになる。また現地の蛇籠の現状に基づき蛇籠の破壊の仕方を分類してみると以下のようになる。

- イ) 流体力による破壊……流される
……鉄線の切断
- ロ) 地盤の変形による破壊（染み）
- ハ) 化学的作用による鉄線の腐食

二) 人間活動による破壊（農作業の車の通行、子供による破壊）

これらより現在の蛇籠について下記の点を評価する必要がある。

- ①鉄線の切断や腐食に実際の程度耐えられるか・・・耐久性に関する評価
- ②どの位の掃流力あるいは流速まで耐えられるか・・・流水抵抗に関する評価
- ③環境的に蛇籠は果して良いのか悪いのか・・・環境面に関する評価

なお、施工性の評価は今後の改良を前提にここでは行わない。

4.2 耐久性の評価

ここでは先に示した鉄線の切断および鉄線の腐食について検討してみる。

「蛇籠の垂鉛引き鉄線及び構造上の基準」によれば耐食性は普通の河川の水位部において10年位の耐食度を有することを目標とするとされている。また日本蛇籠協会へのヒアリングによれば、耐用年数は10～15年とされている。さて現地調査を行った蛇籠のうち竣工年次が明らかな25ヶ所についてその現存状況を表-2にまとめた。破壊が見られなかったものは18事例である。このうち施工後～5年のものは3箇所、施工後6～10年のものは2箇所、10～15年のものは3箇所、20～30年のものは4箇所、30年以上のものは6箇所となっている。また一部が崩壊したもののうち施工後の年数がもっとも短いのは10年である。なおここに示した一部崩壊とは蛇籠の一部の金網が腐食等により切断され詰め石の一部が抜け落ちたものをさす。これらを見るときに注意しなければならないのは、調査したものは現存しているものに限られており、すでに破壊してしまったものは含まれていない点である。

なお、山梨県の甲府盆地の濁川では激特事業で昭和55～57年に暫定的な改修として蛇籠で施工しており、施工後5～7年が経過している。このいずれの箇所も蛇籠の破損や鉄線の腐蝕や切断は見られない。濁川は甲府市内東部を流下する河川であり、この沿川は下水道が未整備なこともあり水質は良好とは言えないが、鉄線にとって有害な水質（例えば酸性）の河川ではない。

これらのことから考察すると普通の水質のところでは4～5年で腐蝕することはない、少なくとも10年以上の耐久性はあると考えて良い。

4.3 流水抵抗に関する評価

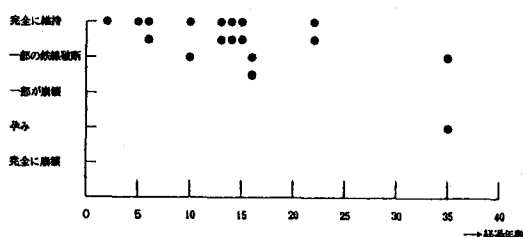
護岸の破壊の原因は色々あるが主として3つ程度に分類できる。1つは流送されてきた樹木や岩石が衝突し、護岸自体が強度的に持たず破壊する場合である。次は流体力により護岸が滑動あるいは転動して破壊する場合である。もう一つは護岸の根が洗掘され破壊に至る場合である。このうち最後の根の洗掘によるものが護岸の倒壊の主たる原因といわれている。

さて蛇籠の場合、個々の材料を充填したものであるため屈撓性があり、一本の重量が相当重い（直径45cm、長さ4mで約1.5ton/本）根の洗掘や流体力に対する抵抗が強いことが想像される。ここでは現地実態調査に基づき一例を検討する。

対象とするのは、山梨県管理の一級河川田草川である（図-2、3参照）。流域面積約7km²の小河川であるが、昭和25年の災害の後、災害助成工事で重川との合流点から約3.5km区間全川にわたり蛇籠を用いた工事が実施された。その後総雨量300mm以上の大降雨3回等の出水を経たにもかかわらず、直線区間を中心

表-2 蛇籠工の耐久性

現 状	千葉河川	甲府河川	木曾三川	合 計
完全に維持	4	9	6	19
一部の鉄線破断	1	1	2	4
一部が崩壊	0	1	0	1
孕み	0	1	0	1
完全に崩壊	0	0	0	0
合 計	5	12	8	25



におよそ約3割程度が現存している。その他の部分はその後の災害復旧工事によりブロック積に改修されている。

現地調査ヒアリングによれば近年最も水位が上がったのは地点Aの水管橋で桁下約1m程度であり、これまでに記録された時間最大降雨量は50mm/hrであった。合理式によりこの時のピーク流量を計算すると約78%になる。ただし $f=0.8$ 、到達時間は1時間と仮定し計算した。比較的直線であり、蛇籠が現存している区間A（区間距離130m）で縦横断測量を行った結果、断面は底幅約11m、法面勾配約1:1、この区間の河床勾配は約1/30であった。

等流でこの時の流速及び流量を計算してみる。粗度係数を $n=0.04$ と仮定すると、

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} = \frac{1}{0.04} \times 1.48^{2/3} \times (1/30)^{1/2} = 5.9 \text{ m/s}$$

$$Q = A \times V = 5.9 \times 24.5 = 144 \text{ ㏍}$$

となる。また、現地でヒアリングの水位が多少異なっていたと仮定し、水位を0.6m程度低くし、1.3m程度とすると、流出計算時の流量にほぼ一致し、 $V=4.8 \text{ m/s}$ 、 $Q=76 \text{ ㏍}$ となる。また、ヒアリングの水位は正しくなんらかの原因で動水勾配がもう少し小さく、ほぼ流出計算と同じ流量が流下していたと仮定すれば $V=3.2 \text{ m/s}$ となる。

詳細な抗力、揚力等は実験的検討を待たなければならないが、少なくとも流速3m/s以上の流れに対しても直線部では残存したという結果を得た。この事例より流水抵抗もかなり大きいと評価できる。

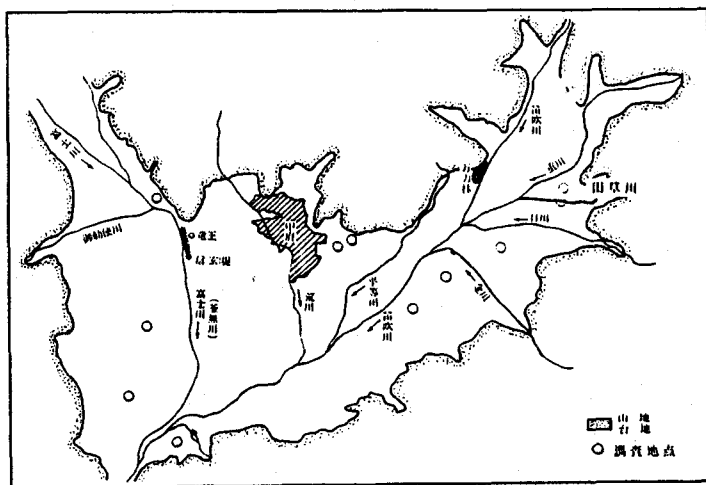


図 - 2 田草川位置図及び調査地点

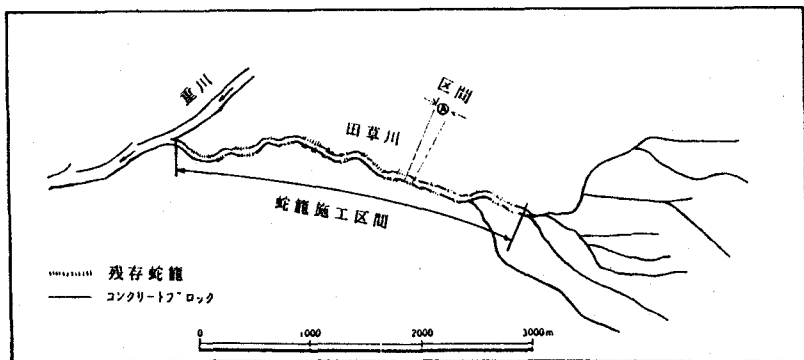


図 - 3 田草川の残存蛇籠の位置図

4.4 環境面に関する評価

河川的环境を考える場合、種々の要素があるが、主として①景観、②親水活動、③生物の保全の3点を考えておけば良い。

まず景観について考えれば自然景観なのか、人工景観なのかを区別して考えた方がよい。周辺が自然景観の場合は、なるべく人の手の入っていない印象を与える物が望ましく、周辺の自然植生に近いものが繁茂しているかどうか重要となる。また、素材自体の見え方が自然的かどうか重要である。その点蛇籠は材料自体は自然材であり、しかも植物が繁茂しやすい状況にあるので自然景観にはなじむ構造物と考えることができる。ただし鉄線でできているため、それが視認できる距離では人工的な印象を与える場合があり改良する余地がある。現地調査によれば蛇籠の場合5年もたてば十分に周辺とほぼ同じ植生が繁茂し、自然景観に近い状況になる。一方、周辺が都市の場合は草が非常に繁茂するため、手入れをしなければ雑然としてうつとしい風景になりかねない。

親水性すなわち、水への触れやすさ活動のしやすさという点は、ブロック護岸や階段護岸より劣る。蛇籠の場合同じ勾配のブロックに比べると、蛇籠が丸い、石と石の間に足が入る、鉄線の編目に足が入るなど足場の問題がある。フトン籠の場合は階段状になっているため利用しやすくなるが、網目に足が入るなど足場の不安定さの問題は残る。

次に生物の保全に関する検討は、現地調査が困難な場合が多いので、ヒアリング結果をまとめるにとどめる。ヒアリングによれば、①空石積み、乱積みの護岸にはナマズ、鰻、鯉、フナなどがいる。空隙、隠れ場所があるところには魚がいる。②ブロックを敷並べて、護岸もコンクリートのところには魚はいない。すなわち隠れ場、空隙がない。③コンクリートのように表面がざらざらしているものは、魚とあわない、自然の石はツルツルだからである。④水制でも魚がいるところは、石があるところに限られる。⑤蛇籠は、鰻とナマズが多いなどの意見を持っている。すなわち、隙間がたくさんある充填構造であること及び自然石の表面の滑らかさが魚のすみかの要因となっているようである。

以上のように蛇籠は自然風景になじみ生物の生息の場を提供するので、自然環境を創造・保全する区域においては、有効な工法と環境上評価できる。

5. 今後の蛇籠の適応の可能性

蛇籠の形態上、構造上の特徴と長所・短所の関係及び今後の適応への配慮を表-3にまとめた。要約すると蛇籠は網状で被された石材の充填構造物であり、1本1本が分離する比較的重たい護岸施設という特色を持つ。これらの形態上、構造上の特徴が治水・環境面に多くの利点をもたらしている。現在の工法にはこのような特色を持つ構造物はなく、これらの機能を保持し現場への適用を図ることが望まれる。ただし鉄材であることによる耐久性の問題、円柱上あるいは充填構造による機械化が困難であることなどの問題がある。円柱状である必然性はほとんどなく、形状を四角柱にするなど機械化が促進する方向への改善が必要である。現在、筆者等は蛇籠網の材質・形状について検討中であり、これらが改善されれば蛇籠の現地への適用の可能性は高まると思われる。

参考文献

- 1) 北川、島谷、小栗「伝統的治水工法に関する調査(その1)」土木研究所資料第2622号
- 2) 真田秀吉「日本水制工論」岩波書店1932
- 3) 石崎正和「蛇籠に関する歴史的考察」第7回日本土木史研究会論文集1987
- 4) 「蛇籠の知識」(社)全国防災協会
- 5) 「蛇籠の垂鉛引鉄線及び構造上の基準」建設省河川局1953.4

表 - 3 蛇籠の適用性の総括表

蛇籠の長所・短所			蛇籠の形態上・構造上の特徴との関係							
	長所	短所	円柱	長く重い	鋼目密着	石材充填	糸構造	鉄材	分組構造	
長所	洪水防壁	1) 阻横性に置く (地盤の変形に追随する)					◎	△	○	
		2) 分離性がある (どこか少し壊れても、それが周りに伝わらない)					○		◎	
		3) 流れに対する抵抗が強い		○		△				
		4) 透過性が備わっている (地下水位が高く水抜きが必要などところでは有効である)		○	◎	◎				
		5) 根が流離されにくい		○		○				
長所	施工性	6) 経済的である	△					○		
		7) 撤去が容易である				△				
		8) 自然に近い景観を作り出す (壁生が繁殖する)			◎	◎				
		9) " " (自然材を使用している)				○		▲		
		10) 生物の生息の場となる				◎	◎			
短所	洪水防壁	1) 鉄籠が腐蝕され、短い年月しか持たない (少なくとも10年程度はもつ)						×		
		2) 鉄籠が流れてきた石により切断される							×	
		3) 作業が機械化できない	×	▲	×	×	×	▲	○	▲
		4) 石材が不足している				×				
		5) 緻密な施工が難しく、現在の検査方法では問題が生じる場合がある	×				×	×		×
短所	施工性	6) 親水性が劣る	×							×
環境上	洪水防壁	断面形が円であるため四角よりも詰まりは詰まり、他の事項についてはほとんどメリットがなく円柱である必然性は少ない	流れに耐ずる抵抗が強い等の長所を保持しているため、この特徴は保持することが望ましい。	施工性の問題があるが、透水性及び環境的な長所となっているため、この特徴は保持することが望ましい。	石材確保の問題があるが、透水性及び環境的な長所となっているため、この特徴は保持することが望ましい。	地盤の變形に追随するといふ治水上の長所を保持しているため、この特徴は保持することが望ましい。	鉄材は安価であるが耐久上の問題となっており、このため、必要がある。	治水上あるいは撤去が容易であるといふ長所を保持しており、この特徴は保持することが望ましい。		

凡例 長所 ◎：極めて重要

○：重要

△：関係あり

短所 ×：顕点となっている

▲：やや顕点となっている