

1. 技術実用の経緯

コンクリート護岸が生き物の棲み処を消失させたとされている。それは事実であるが、よく調べるとコンクリート護岸でも生き物が棲み処を形成している。この形成条件を整理した結果、コンクリートが悪いのではなく、形状や構造に問題があることが判明した¹⁾。

この結果を基に生き物の棲み処に必要な条件を付加したコンクリート製品と工法を開発し、その実用例を2005年第16回技術研究発表会「江戸前ハゼ釣復活への試み」で示した²⁾。

しかし、この製品による護岸造成は、生き物の棲み処を付加しない通常の護岸造成と比較すると、1.3倍以上の費用負担となり、そもそも生物への配慮は不要との考え方が主流であったことから普及は限定された。そこで、コストダウンと必要性の共有が必要となったが、本報では前者について述べる。環境改善を目指すためには、既存コンクリートに代わる新たな生き物の棲み処を付加する部材が必要と考えた。その条件として、強度と耐久性があり低価格・簡易施工・地域人材・材料で製造、施工可能な部材を提案し、その過程で蛇カゴに行きつき、この伝統部材を基本にした新材料による新しい蛇カゴを考案した。

2012年、国は緊急対策が必要なニホンウナギ資源保護を発表したが、ウナギの研究者や専門家が対応できない現場での即応保護方策例として考案した新しい蛇カゴの概要を2015年第27回技術研究発表会「江戸前ウナギ保護再生デザイン」で示した³⁾。本報告では2015年以降、今日までのウナギ保護再生に関する新しい蛇カゴの実用展開と方向性を紹介する。

2. 新しい蛇カゴ「石倉カゴ」

中国では紀元前、竹を加工した亀甲型網目の円筒形のカゴに石を詰め、河川工事に使用する部材として蛇カゴが始まった。

古く我国に伝わったこの蛇カゴは、コンクリートの普及以前は竹を用いたローコスト・ローテク・ローカルな地産地消の土木部材であった⁴⁾。

現在は竹カゴの入手が困難になり、その代わりに鉄線金網カゴを使用する蛇カゴが普及している。しかし、鉄線金網は低価格であるが、竹の様な高い屈撓性(しなやかな曲がりやすさ)に乏しく、錆びやすく、5～10年程度で形状崩壊するため、劣化を遅らすためにメッキや鉄線を太くするなどの対策が行われた結果、重量が増した。また、工場で製造加工され、現場での微修正や再加工が難しいなど、近年は施工数が減少し、鉄線金網に代わる新しいカゴの必要性も生じていた。

第27回技術研究会³⁾で示したように、新しい蛇カゴは鉄線金網と比較すると3倍の価格ではあるが、錆や紫外線劣化などに対し、40年の耐蝕・耐久性を持ち、鉄線金網m²当り重量の1/5と軽量で、柔軟性・復元力・加工性に優れた特徴がある。これは、東レ・モノフィラメント株式会社が製造した新材料ポリエステルモノフィラメント線を亀甲型網目に仕立て、竹カゴと同様の屈撓性を持つSTKネット(NETIS登録.QS-030075-A)を蛇カゴ用のカゴに加工したものである。この新材料のカゴにウナギが好む寸法の石を詰め伝統部材の「蛇カゴ」と伝統漁法の「石倉」と合体させた新しい蛇カゴ、称して「石倉カゴ」を考案し実用展開を行った(図-1)。

石倉カゴの開発と展開活動は、鹿島建設株式会社が企画と設計、粕谷製網株式会社が亀甲型網製造、株式会社フタバコーケンがカゴの製造加工と営業、九州大学大学院 望岡典隆准教授がウナギの生物・生態学評価等を行い、産学で共同実行した。

『石倉カゴ』でウナギ資源の保護再生

『石倉カゴ』とは「石倉漁」と「蛇カゴ」の技術を組み合わせ、軽くてさびないネットと地産材料の石で作るウナギの棲み処です。石と石の隙間にはウナギだけでなくエサとなるエビ、カニ、ハゼなどの様々な生き物も棲みつき、多様な生物環境の形成に寄与します。

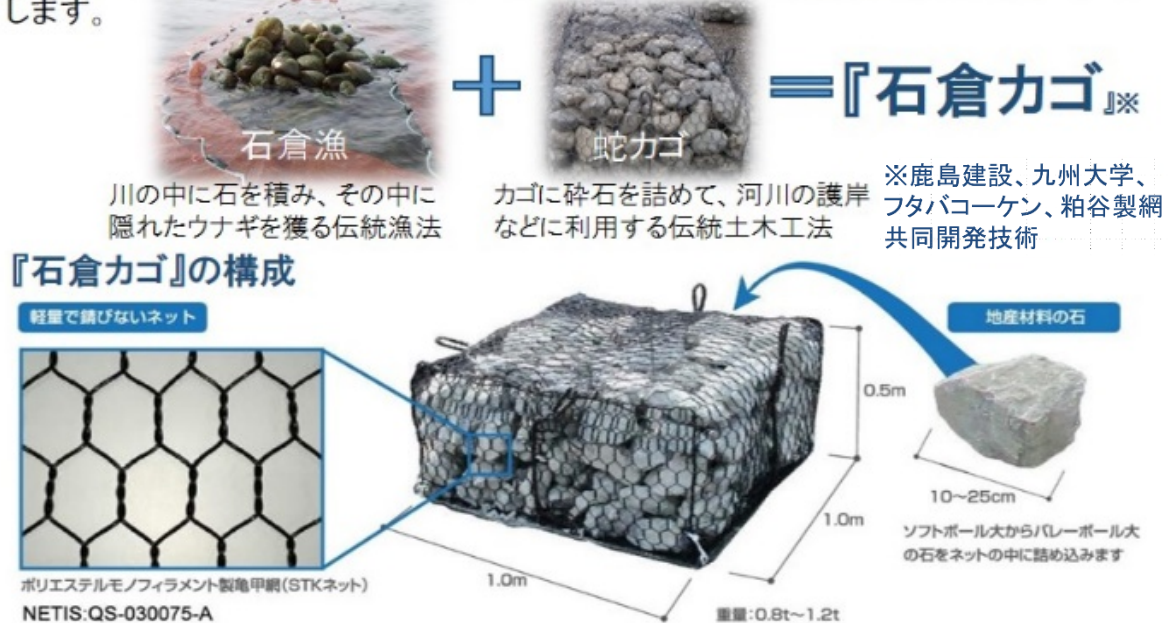


図-1 石倉カゴの概要

3. ウナギ保護再生の実用展開

石積空間や浮き石は、ウナギやウナギの餌料生物の棲み処としてかつては至る所にあったが、今は消失してしまった。そこで同一寸法規格の石倉カゴを消失した石積空間や浮き石状況を簡易に創造する手段として実用した。目的別の代表事例を図-2-(1)、(2)に示した。

代表事例以外でも我国で初めての科学的なウナギ資源調査が石倉カゴを用いて大学や公的研究機関で実施されている。さらに地域の川や生き物に係る団体などが教育用として石倉カゴを設置し活動している⁵⁾。

静岡県では、河川管理者と地域連携の「多自然鰻川づくり」を目指し、治水工事でウナギ共存を目的とする河川構造物の改修工事が2017年から始まっており、その概要と石倉カゴの実用状況を図-3-(1)に示した。

2017年5月静岡県静岡土木事務所は、静岡市内清水区内を流下する二級河川庵原川（庵原地区）の河床修繕工事で、洗掘防止と根固め機能回復に加えてウナギとその餌料生物の棲み処を提供する石倉カゴの設置を実施し、コンクリートブロックの設置工事と比較して、作業員の人数や工事の日数、CO₂の排出やコスト等が-30%以上削減できることを確認した。設置後のカゴ管理と洗掘防止効果、ウナギ等の生き物生息の調査は県土木と庵原地区の有志「いはらの川再生PJ会」が連携し現在も活動を継続している。

この活動が、河川の治水対策だけではなく、地域コミュニティの形成に寄与したことが評価され、国土交通省主催の「平成29年度全国多自然川づくり会議」で最優秀事例に選ばれた。加えて図-3の代表事例以外に、静岡市内では静岡市・静岡県・国土交通省が4ヶ所で石倉カゴを実用する多自然川づくりが実施された。

2019年3月末までの石倉カゴ事業別設置数は、水産庁事業 315 基、河川管理者（国土交通省・都道府県・市等）72基、その他（ボランティア活動、調査研究）65 基であった。

【資源回復】

水産庁 鰻生息環境改善支援事業・多目的機能発揮対策支援事業

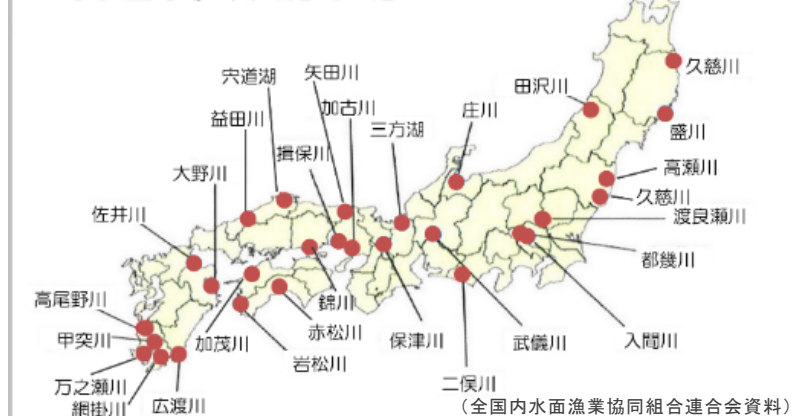
水産庁鰻生息環境改善支援事業はウナギや他の魚介等を含めた多様性を創出する環境改善と統一した規格の「石倉カゴ」を全国に設置し、モニタリングすることで資源管理に寄与することを目的としている。本事業は、全国内水面漁連と岩手県から鹿児島までの各内水面漁協が参加し、H28～30年度で全国28ヶ所、315基の「石倉カゴ」を設置しモニタリングを実施している。多面的事業も4か所で実施している。



全国11か所の内水面に設置された石倉カゴのモニタリング
 全国18か所の内水面に設置された石倉カゴのモニタリング
 石倉カゴの効果検証 1・2

望岡典隆ほか 日本水産学会2017年春季大会
 望岡典隆ほか 日本水産学会2018年春季大会
 望岡典隆ほか 日本水産学会2019年春季大会

『水産庁事業実施河川』



【教育・技術開発】

柳川市伝習館高等学校

柳川掘割でのウナギ復活の試みとクロコ放流技術開発



森里海を紡ぎなおす柳川掘割での日本ウナギ復活の試み

福岡県立伝習館高等学校

日本水産学会2017年春季大会

柳川の掘割を二ホンウナギのサンクチュアリにする研究

福岡県立伝習館高等学校

日本水産学会2018年春季大会

図-2-(1) 目的別の代表事例⁶⁾

4. 展開結果と方向性

実用展開によって全国で石倉カゴは、2019年3月末までに452基が設置され、この石倉カゴのウナギ利用調査からウナギが求めている石積空間や浮き石状況を再現し、ウナギとウナギの餌料となる生き物の棲み処を提供していることが判明した。

この事実からニホンウナギの資源保護再生を促進する方策は、大型の石倉カゴを棲み処が消失した場所に設置し、稚魚(シラスウナギ)を産卵に寄与する親ウナギに育てる場の確保とその拡大が一部で試行されている。それは、国を含むウナギ資源再生に係る各機関で、他の方法が採用されていない状況から、現在唯一の現実的な対策である。そして、石倉カゴの実用は海外のウナギ資源再生に係る関係者からも注目され、技術情報の提供が求められている。

静岡で進んでいる石倉カゴを実用した治水対策と多自然鰻川づくりは、提唱されている Eco-DRR (Ecosystem-based Disaster Risk Reduction)⁸⁾、治水を含む防災減災と持続的な自然からの恩恵を両立させる技術を具現化し、ローコスト・ローテク・ローカルの新しい蛇カゴ実用の方向性を示している。

【かば焼き店の棲み処づくり】 協同組合浦和のうなぎを育てる会・埼玉県環境部 越谷市・大相模調整池ウナギ棲み処づくり生物調査



【企業の棲み処づくり】 (株) 大地を守る会・九州大学・福岡市須恵川ウナギ棲み処づくり



図-2-(2) 目的別の代表事例⁶⁾

工事の内容（静岡土木事務所）

【伝統的漁法を応用した石倉カゴを用いた根固材で
うなぎ等の水棲生物の棲み処を整備】



水際の植生を保全し、陸・水域で生活する生物の連続性を確保

河床掘削で発生した玉石を水の深さに変化をつけて配置。多孔質な空間を確保し、多様な生き物が棲めるように配慮

石倉カゴの設置

玉石をかごに詰めて沈め

①河床の深掘れを防止

②生き物の棲める隙間確保

**H29、30年度
二級河川庵原川
石倉カゴ等設置工事**

平成29年度全国多自然川づくり会議最優秀事例に選定

産学官地域連携（協働で行う団体）

いはらの川再生PJ会 (事後調査、環境学習) 庵原連合自治会 (住民周知、バックアップ) 九州大学・全国内水面漁漁・メーカー等民間企業 (フタバコーン、鹿島建設等) (広報啓発、技術支援)	静岡土木 (河川管理) 静岡市 (環境教育指導) 県水産資源課 (採捕許可) 施工業者(工事) コミ推協(助成) 庵原小学校 庵原中学校 (総合学習)	連携・協働 東海大学水棲環境研究会 (生態調査)
--	--	---

【静岡土木 長井氏 発表資料参照】

H30年度 石倉カゴ 袖師地区横砂南



石倉カゴ設置 H30.2 静岡土木発注工事



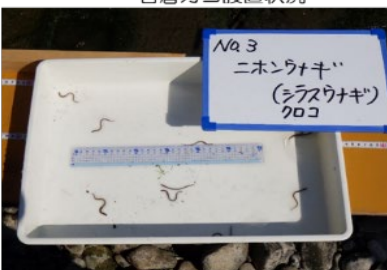
石倉カゴ設置状況



石倉カゴ設置状況



石倉カゴモニタリング調査 H30.6



石倉カゴモニタリング調査 H30.6 クロコウナギ



石倉カゴモニタリング調査 H30.6 ニホンウナギ

H30.2 設置後、H30.6に1回目モニタリング調査実施。ウナギはクロコ～黄ウナギまで30個体を確認。

図-3-(1) 多自然川づくり代表事例⁷⁾

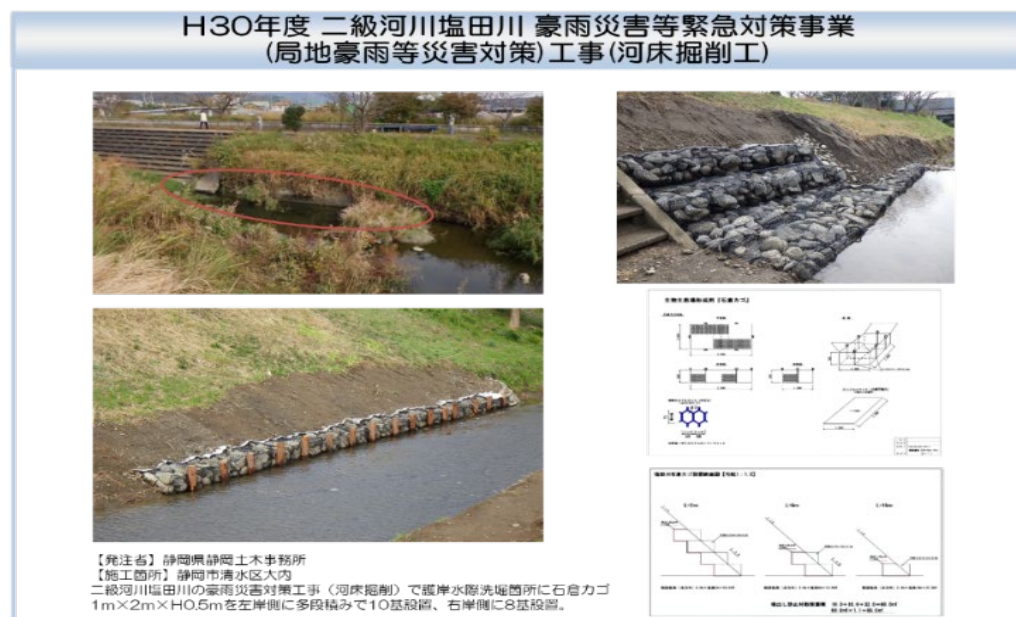


図-3-(2) 多自然川づくり代表事例⁷⁾

【参考文献】

- 1) 柵瀬信夫: 自然環境とコンクリート性能についてコンクリート工学, vol. 45, No.5, 2007. 5
- 2) 柵瀬信夫: 江戸前ハゼ釣復活への試み, アーバンインフラテクノロジー推進会議, 第 16 回技術研究発表会 2005
- 3) 柵瀬信夫: 江戸前ウナギ保護再生デザイン, アーバンインフラテクノロジー推進会議, 第 27 回技術研究発表会 2015
- 4) 中澤博志: 防災と環境を両立させる蛇籠技術の開発, 防災科研ニュース No.202 2018
- 5) ウナギのいる川・いない川, 東京水産振興会, 2018
- 6) 柵瀬信夫ほか: 天然ウナギ資源の保護再生デザイン-11, 日本水産学会春期大会 2018
- 7) 柵瀬信夫ほか: 天然ウナギ資源の保護再生デザイン-12, 日本水産学会春期大会 2019
- 8) 環境省自然環境局 生態系を活用した防災・減災に関する考え方 2016