

1. ウナギ資源の消失

絶滅危惧種にニホンウナギが選定され、その原因は乱獲、生息環境悪化、海洋環境変化による資源消失に加えて、90年代から研究者、行政、業界関係者は資源消失の危機に気づきながら産卵場所探しに夢中になり人工種苗生産にも多大な公費が付き込まれた。その反面、足元の内湾、河川、湖沼などに住む次世代を継ぐウナギ資源の調査や研究、さらに保護方策など有効な手だての無視が重なり、今日の選定に至った。

かつて、大消費地の地先である東京湾には、日本を代表するウナギ漁場があり、この漁場から上がったウナギを調理したものを江戸前ウナギと称し商いが行われていた。しかし、1962年から東京港内の埋め立てが始まり、近隣の神奈川県や千葉県も同様の埋め立て事業も行われ、ウナギの棲み処が消失し、それは全国の内湾にも共通する状況であったことから、ウナギ資源の減少が加速した¹⁾。

鹿島は20年以上前からウナギ資源の危機を把握し、特にコンクリート構造物によってウナギが消失したといわれることに対応し、現場での調査から、そこで得られた結果を基にコンクリート構造物でも工夫をすればウナギやウナギの餌料となる生き物の棲み処となることを突き止めた。そして、1995年にそれに準じてカニ・ウナギコンクリート護岸パネルや潮だまり干潟付テラス護岸を考案し、それが東京・横浜港内・徳島県吉野川・長崎県平戸などの護岸造成や魚道設置に実用され、現在もウナギやウナギに係る生き物の棲み処を提供している²⁾。しかし、この護岸造成でのウナギの棲み処を付加するコンクリート工法は、通常の付加がない工法よりコスト高という理由と、生き物への配慮は不要との考え方から、普及は限定されているのが現状である。

2. 緊急ウナギ保護再生技術

2012年、国は緊急対策のウナギ資源保護を発表した。しかし、天然ウナギの保護に関しては具体的な方策は示されなかった。そこで鹿島ではウナギの棲み処を付加するコンクリート工法を再検討したが、緊急性に課題があるため、この工法の代わりになる低コストで漁業者や地域関係者でも直ぐに実用できる新しい即応方策が求められると考え、ウナギの棲み処づくりの技術開発を改めて行った。

技術開発は鹿島建設が保有するウナギと構造物の知見、九州大学大学院望岡典隆准教授の魚類学とウナギの生息生態、製網関連企業の製網・製造など各専門知識と技術を出し合って、伝統土木工法の蛇カゴを活用するウナギ保護再生のデザインを創出し、実用したものを本論文で紹介する。

デザインの基本部材である蛇カゴネットは、低コストであるが、短期間で劣化し形状崩壊する通常の鋼製網は使用せず、耐蝕、耐久性があり、軽量・柔軟・復元力・加工性に優れ、40年以上の使用でも劣化しない実績のあるポリエステルモノフィラメント線亀甲網を使用しているのが特徴である。

デザイン-1 石倉カゴ

今まで具体方策がなかった稚魚シラスウナギから親ウナギ・各成育段階のウナギに棲み処を提供するもので、川の中に石を山のように積んで、そこに入ったウナギを漁獲する伝統漁法石倉と伝統土木工法蛇カゴの両者を組み合わせ、ネットの石積空間をウナギの棲み処にしたものである。基本型は取扱いのしやすい1m×1m×0.5mの四角形のもので、石積部分にはウナギが好きなパイプが

組み込まれている（写真-1,2）。この蛇カゴの設置は人力でもクレーンやユンボなどの機械でも行え、耐久性、強度があることで、吊り上げての移動も可能で、護岸の根固めにも使用でき、そこをウナギやウナギの餌となる生物の棲み処として利用する（写真-3,4）。実用試験結果から水産庁はウナギ保護事業の現場での唯一の手段として石倉カゴを採用し普及に努めている。石倉カゴにはウナギだけではなく、エビ、カニ類、ハゼ、そして底面に敷き込んだマットには淡水域ではユスリカ幼生（アカムシ）やミミズ、汽水域ではゴカイなどの多毛類が棲み処とし、ウナギの餌料を供給している（写真-5）。今年は実用して3年目に当たり、保護効果が示されたことから石倉カゴを12基連結した石倉カゴウナギ保護魚道の設置が行われている。加えて現在、ウナギに関する調査手法は標準化されていない。そこで、この石倉カゴを全国統一のウナギ調査手法にすることで、ウナギとウナギに係る生き物の現存量を㎡当たり㎡当たりの定量値で示すことができ、調査結果の合理性や再現性が保証できる³⁾。この調査では、住民参加型でも行われ、小学生の参加者が石を移動させるなどの手伝いをし、実際のウナギ保護教育を体験している（写真-6）。



写真-1 石倉カゴ



写真-2 石倉カゴ



写真-3 重機による設置



写真-4 重機による設置状況



写真-5 棲み処にしていたウナギ



写真-6 調査状況

デザイン-2 コンクリート三面張り水路の生き物棲み処づくり工法

河川本流、支流等に接続する小水路、水田の畔、さらには都市の河川や水路などがかつてはウナギの重要な棲み処になっていた。しかし、現在、この張り巡らされた水路の大部分はコンクリート三面張りに改変され、ウナギだけでなく多様な生き物の消失を促進し、このためその改善が求められているが、今まで具体策がなかった。そこで、蛇カゴを用いた棲み処を付加したコンクリート三面張り水路の造成工事を行った。工事はL型コンクリートブロックを接続する一般的な工法で、その延長200mのコンクリート水路床の一部に幅2m長さ4mの溝を10ヵ所設け、その溝全面に長径10~20cmの石を詰めた高さ0.3mの平坦な蛇カゴを設置固定し、生き物の棲み処づくりを行った（写真-7~10）。生き物の棲み処調査は蛇カゴ内に仕込んだ1㎡の2mmモジ網を取り上げて網内の生き物を採集した。水路床に蛇カゴ石空間を形成することで、石空間に砂泥と流下物が集積し、自然の水路床と同様の様相が見られた。この集積によって蛇カゴ部分に小さな落差が生じ、流下水は緩んだり速まったりと多様な流れの状況が生じた。蛇カゴ内の調査用モジ網には、ユスリカ類幼虫、ミミズ類、ヒル類、ナベブタムシ類、カエル類の幼生、小型モクズガニ、イシマキガイ、スミリンゴカイなどの生き物が出現した（写真-11、12）。この結果からコンクリート床に高さ0.3mの溝を設

け、平坦な蛇カゴを設置することで水路断面積を確保し、低価格、簡易な方法で生き物の棲み処づくりが可能になった。現在、床だけではなく、側壁の垂直部分の棲み処づくりの設計も行っている⁴⁾。



写真-7 蛇カゴ設置部分
(4.0×2.5×0.3m)



写真-8 生物生息場形成用蛇カゴ
設置完了



写真-9 三面張り水路
(2014年5月)



写真-10 三面張り水路
(2015年3月)



写真-11 モジ網内カニ類



写真-12 モジ網内ミミズなど

デザイン-3 ウナギ石倉カゴ魚道

天然ウナギ資源保護再生課題のひとつに遡上障害がある。それは、落差工・堰・ダム・それに加えてアユやマス類など飛越が基本の既存魚道が、ウナギや回遊性甲殻類などの這行遡上する魚介の障害となって生息域拡大を妨げている。そこで、石倉カゴを工夫したウナギ用の魚道を考案した。その魚道は、石倉カゴを加工したかまぼこ型柱状体カゴ(底面50cm、高さ35cm)を堤体に固定し、長径10~30cmの石を詰めて登坂部分をつくった(写真-13)。並列に設置した2基の魚道を登攀遡上した魚介は、ウナギ、ヌマエビ類、モクズガニ、ベンケイガニ、イシマキガイを確認した。サーモグラフの観察は、太陽光に暖められた魚道内の石によって魚道下部の流下水が周辺水より+1℃高温を示し、それが呼び水効果になると推察した。これらの結果から石倉カゴ魚道はウナギを含めてウナギの餌料にもなる這行遡上魚介の登攀遡上を可能にした。また本流と水路の接続部分の落差も遡上障害が起きているため、その対応として小規模な魚道の設置も行っている(写真-14)⁵⁾。



写真-13 石倉カゴ魚道実施例



写真-14 小規模魚道例

デザイン-4 組立式蛇カゴ魚道

ウナギの保護再生には多様な生き物とウナギに係ることが重要である。特に河川横断構造物の連続性確保にはウナギ等の這行性魚介魚道以外に、一般的なアユ、マス類など飛越を行う魚種の魚道も必要で、両者の併設によって多種の生息域拡大が促進される。そこで、従来の固定型コンクリート魚道とは異なる考え方で、蛇カゴを応用した組立式の階段式魚道を考案した(写真-15,16)。組立式蛇カゴ魚道の主部材は、ポリエステルモノフィラメント線亀甲網の階段状箱体で、各段前面に遮水布のプールがあり、それ以外の部分は川石を詰めた蛇カゴである(写真-17~20)。魚道の設置・管理・撤去及び保管まで一連の工程は、関係者 5 名程度で実施でき、皆ですぐできる方式である。そして、同様の方式の前出のウナギ石倉カゴ魚道と組み合わせることで目的とする多様性確保が可能となる⁶⁾。



写真-15 魚道設置状況
(右上段部、左下段部)



写真-16 上流部飛上って遡上する
稚アユ



写真-17 木枠組立



写真-18 蛇カゴ石詰



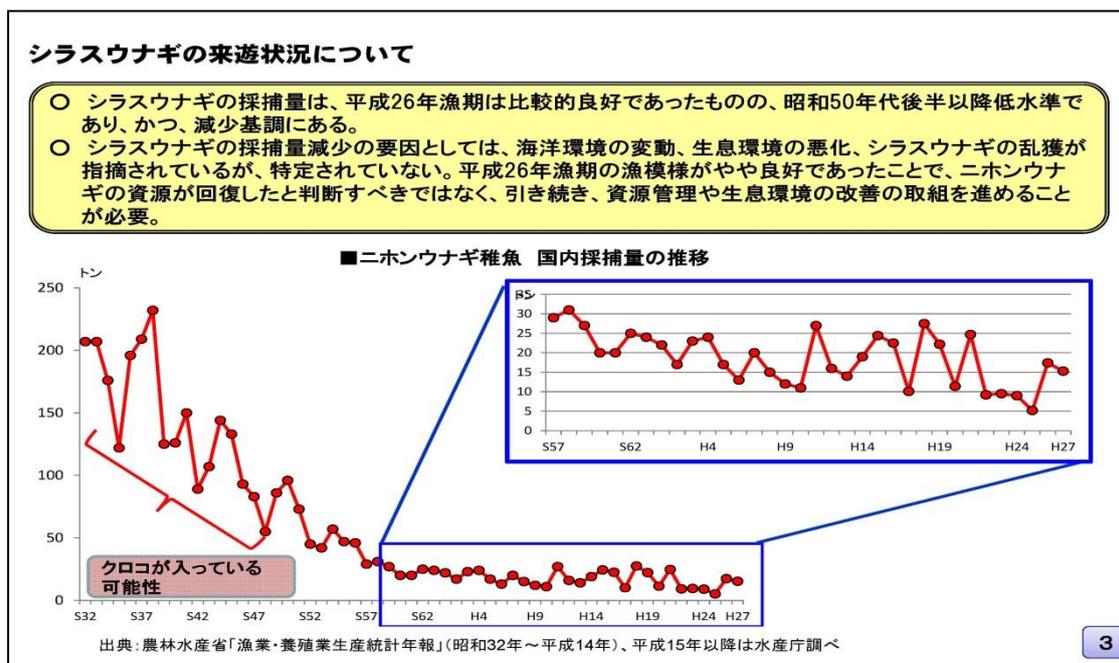
写真-19 組立完了



写真-20 下流部魚道

3. おわりに

ウナギは川の上流から河口、その間に広がる水田やそれを結ぶ大小の水路、ため池、湖沼、そして都市内の水路や運河さらに江戸前のような内湾を棲み処にし、水域の食物連鎖の頂点に位置し、森・里・川・都市・海を結ぶ連続性の中で生活をしている。最短でも5～6年をかけて親ウナギとなって海へ降り産卵する。海で育った稚魚はシラスウナギとなつては海岸に来遊し、再び各水域に入り込んで成育し、次世代の後継者となる。しかし、生き物への配慮に欠けた構造物の改変が棲み処と餌になる生き物を消失させ、さらに来遊するシラスウナギを海岸や河口でウナギ養殖の種苗として漁獲するため成育する水域に加入する数が減少し、生き残って欲しい親ウナギが減る状況が生じて資源消失を促進させて絶滅危惧種となった(図-1)⁷⁾。この悪循環を断ち切る一つの技術が示したデザインである。それは“親がいなければ子どもは増えない”との基本的な考え方にあり、東京湾の内湾、運河、水路、湾内に流下する河川、ため池、湖沼、そして水路や水田に至る広域の水域にデザインを適応することで、江戸前のウナギ資源の再生となり、それは全国のウナギ再生に貢献できる。



出典：水産庁ホームページ⁷⁾

図-1 シラスウナギの来遊状況

参考文献

- 1) 柵瀬信夫 江戸前ウナギ復活の試み、月刊海洋号外、No.48、2008.
- 2) 柵瀬信夫 コンクリートで江戸前復活 土木学会、土木技術者実践論文集 Vol.1,61-66.
- 3) 柵瀬信夫ほか 天然ウナギの保護再生デザイン-2、日本水産学会 2014年3月講演要旨.
- 4) 柵瀬信夫ほか 天然ウナギの保護再生デザイン-5、日本水産学会 2015年3月講演要旨.
- 5) 柵瀬信夫ほか 天然ウナギの保護再生デザイン-4、日本水産学会 2014年9月講演要旨.
- 6) 柵瀬信夫ほか 天然ウナギの保護再生デザイン-6、日本水産学会 2015年9月講演要旨
- 7) 水産庁 HP <http://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/pdf/meguru07.pdf>