

水制設置に伴う生物群集の応答

九州地方建設局河川工事課 岡田 一俊

九州地方建設局河川工事課 下田 孝徳

(株)西日本科学技術研究所 ○福永 泰久

1. はじめに

地球の温暖化、オゾン層の破壊、野生生物の減少など、現在地球規模で環境破壊が進行し、人類を含めた生態系の激変が予想されている。そのため、国連を中心として、気候変動枠組み条約と生物多様性条約が発効し、それらを含めて様々な取り組みが進められている。我が国では、1993年11月に環境基本法が成立、施行され、次いで1994年12月に環境基本計画が策定された。それによって、政府の環境保全に向けた取り組みの率先実行計画や生物多様性国家戦略の決定等の施策が進められている¹⁾。

私たち人間は、地球の生態系と共存している。また、現在利用している地球のエネルギー等の資源の多くは、数十億年にわたる生物の営みによってつくられてきたこと、地球生態系は資源を供給し、不用物を受け入れ、生命を維持する働きがあることを、私たちは認識しなければならない。

そのような背景の中、建設関係でも、「人にやさしい」とか、「環境に配慮した」などの施設づくりが、以前から行われていたが、人間中心的なものも多くあった。そうした中で、1988年に愛媛県五十崎町の市民グループらが、スイス連邦共和国チューリッヒ州政府の土木技術者であるクリスチャン・ゲルディ氏を日本に招いて、愛媛県・五十崎町と高知県・中村市の2ヶ所で「近自然河川工法」(図1)のシンポジウムをし²⁾、次いで(財)リバーフロント整備センターから「まちと水辺に豊かな自然を」³⁾が出版されると、新たな動きが各地でみられた。



未改修区間

図1 スイスの近自然河川工法の事例(ネフ川)



近自然河川工法による改修区間

その後、1990年(平成2年)11月に、建設省から「多自然型川づくり」の推進について⁴⁾の通達が出てから、日本各地で多くの新しい試みが行われてきた。さらに、1994年1月に建設省から「環境政策大綱について」が発表され、今後さらに「河川法」の改正が予定されている。このような地球環境や生態系の保全に向けての各種施策や法改正は河川だけでなく、陸上についてもいくつかみられる。

2. 低水水制工を利用した川づくり

2.1 低水水制工

先述したように、日本に近自然河川工法が紹介され、さらに「多自然型川づくりの推進について」の通達が出されて以来、各地で多くの川づくりが行われてきたが、それ以前から実施されてきた「環境護岸」や「親水護岸」とほとんど変わらず、必ずしも多自然型川づくりの考え方に沿っているとは言えないものも多くあ

った⁴⁾。そうした中で、水制工を利用して河川生態系や自然景観に配慮した、新しい試みがあった⁵⁾。

水制については、日本の伝統工法として古くから施工され、治水上の効果も評価されてきたが、近年コンクリートの使用や大型土木機械の出現によって、強くて高い堤防が建設され始めると、水制工の新たな建設は非常に少なくなった。しかし、河川のダイナミズムを生かした川づくりの考え方および認識の高まりから、その役割が再び脚光を浴びることになった。

水制工については、目的、構造、材料等で、様々な定義・分類が行われているが、それに関しては他の文献に譲り^{6~10)}、ここでは、「低水時には、その頭部が出現するが、洪水時には水没（越流）する水制工（以下「低水水制工」という）についての施工事例とその効果について紹介する。なお、低水水制工は、根固め工を変形した水制工であるとの考えから「根固め水制工」と呼ぶ場合もある。

2.2 低水水制工周辺の変化

洪水時に流水が低水水制工を越えて流れる場合には、図2に示すような、河床の洗掘と土砂の堆積作用が生じる。その作用を利用して、治水、生態系および自然景観に配慮した低水水制工が、日本で最初に施工されたのは愛知県の矢作川であった。当初、スイスおよびドイツの例を参考に2基施工した後、スイスの土木技術者に改善点等を教えられ、その後6基施工した（図3）。水際の浸食を防ぐために施工された水制工の間には、円弧状の水際線が形成され、さらにそれら堆積物は、ふるい分けをしたように粒度が小さい砂礫となっている。

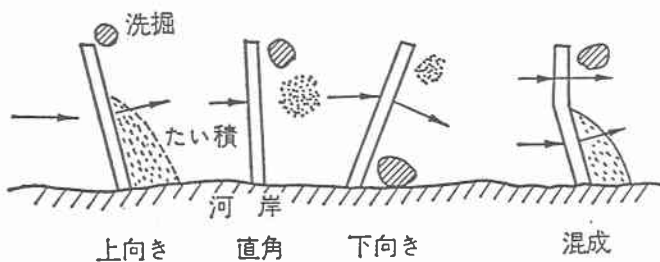


図2 水制の方向と堆積・洗掘の場所¹¹⁾



図3 愛知県・矢作川の水制工

「河川生物の成育環境に配慮し、あわせて美しい自然景観を保全あるいは創出する事業の実施」が多自然型川づくりと定義されている。陸上であれば土壌を整え、その地域の代表的な植物を植栽し、後は熟成を待てばよいが、水中部の生態系に対して人間ができることは、その基礎となる物理環境を河川構造物で制御することである。そこで、河川の場合は、平常時の流水に変化を与えるだけでなく、洪水時の流れや土砂の移動など河川のダイナミズムを考慮した、工法の選定が必要である。そのダイナミズムによって、河川生物の成育環境が形成される。

この矢作川の例以後、いくつかの河川で低水水制工が施工された。それらは、いずれも河川のダイナミズムを利用して、護岸基礎部に土砂を堆積させることを目的としたものであった。

図4は、宮崎県・大淀川の事例で、護岸から直角方向に3基設置した。完成直後の出水で、先端部の石が若干移動したが、水制間への土砂の堆積作用は大きく、2年後には水制および護岸が土砂で隠れてしまった。それに伴って、植物の生育も盛んになり、完成1年後には水制上および水制間の植物は、34種であったが、完成2年後には57種へと増加した。また優占種は1年後にはキシウスズメノヒエであったが、2年後にはヤナギタデ、ダイコン、アブラナに変化した¹²⁾。



完成直後の状態



完成後2年の状態

図4 宮崎県・大淀川の低水水制工

図5は、鹿児島県・川内川の低水水制工である。護岸から上向き（直角方向より 15° ）に3基設置した。完成1年後には土砂が、水制工と護岸の接合部の上下流側に三角型に堆積しており、植物の生育も見られる。



下流端



中間



上流端

図5 鹿児島県・川内川の低水水制工（完成1年後の状態）

ただ、堆積量を見てみると、上流端の水制周辺は少なく、中間、下流へとなるにつれて増加していることから、3基程度はまとめて設置することがよいと考えられる。その後何回かの洪水を受け、完成2年後にはさらに土砂の堆積が進み、水制工の石が見えなくなってきた（図6）。植物を見てみると、完成1年後には水制工の上で20種、水制工周辺の堆積土砂部で19種であった。完成2年後には水制工上で30種、その周辺の堆積土砂部で47種と増加し、前者ではツルヨシが優占し、後者ではキシウスズメノヒエ、クサヨシ、ヤナギタデが優占していた¹²⁾。

なお、これら九州の2例の調査結果によると、洗掘によってできた水制工先端部周辺の深みは、周囲より数十センチ程度であった。

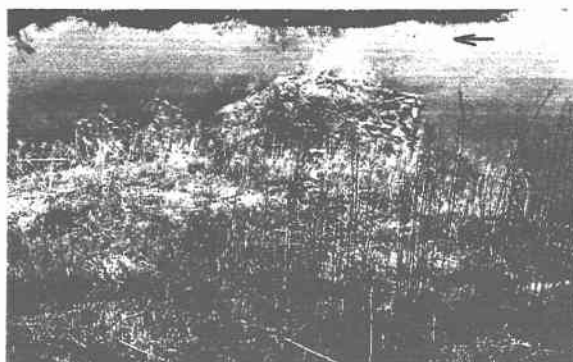
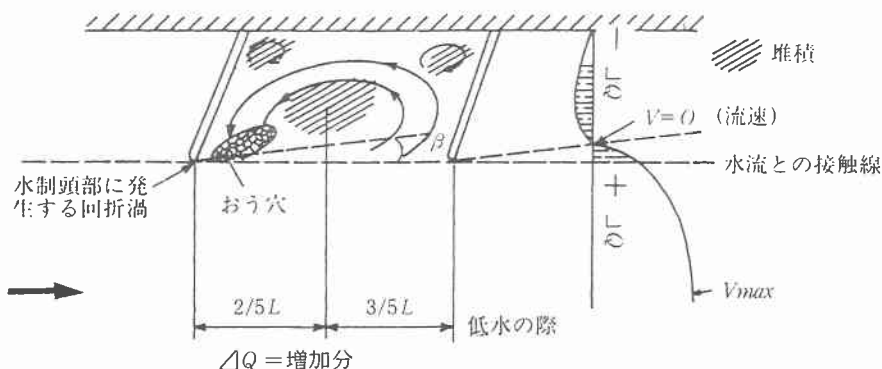


図6 完成2年後の川内川の低水水制工（中間）

3. 低水水制工周辺の水中生物

3.1 低水水制工と魚類

流れのある河川に水制工を設置すると、平常時でもその先端付近は流速が大きくなり、水制工下流側（水制間）では流速が小さくなるか、または逆方向の流れとなる（図7）。そこで、先述の河床材料・水深の変化とともに、水制工の設置による多

図7 河川直線部における水制工周辺の水流の状況⁹⁾

様な流れが魚類とどのような関係にあるかを調査した。調査は、熊本県人吉市近くの球磨川で、水際を浅くするために設置した「蛇籠鞍掛け水制工」(図8)、水衝部の深みに設置した「根固めブロック水制工」(図9)、および従来のやり方である直線状の「ブロックの根固め工」の場所で行った(表1)。

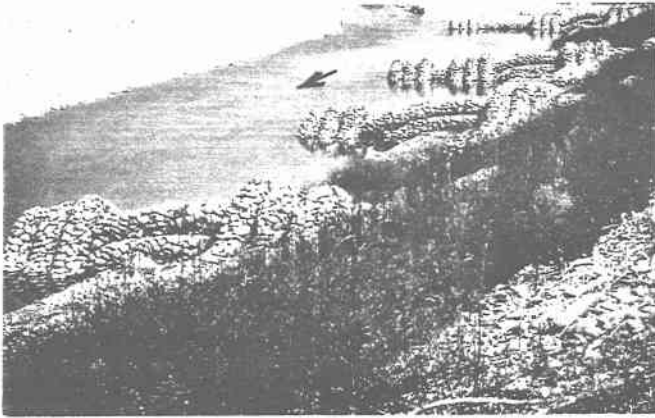


図8 熊本県・球磨川の蛇籠鞍掛け水制工



図9 熊本県・球磨川の根固めブロック水制工

蛇籠鞍掛け水制工の地点と対照地点1と比較すると、ドジョウ、ナマズ、アブラボテが見られなかったものの、ドンコをはじめとする8種が確認された。蛇籠には石の隙間も多くあることから、今後ヨシ類等の抽水植物が水際に繁茂すれば、先の魚類等にとってさらに良好な環境になると思われる。表1ではわからないが、蛇籠鞍掛け水制工の下流側にできた流速の小さい浅場では、完成2ヶ月後にイバラモやエビモ等の沈水植物が生育し始め、それらの周辺には多くの仔稚魚が群れていた。また、

鹿児島県・川内川での、定性的な調査によると、水制工間のよどみに砂泥が堆積して、多種類の水生植物が繁茂し、そこがオイカワ等の仔稚魚のビオトープとなっていた(図10)。

深い水衝部に設置した根固めブロック水制工周辺と、対照地点2と比較すると、前者では後者より2種(タカハヤ、ナマズ)少ない8種が確認された。一方、従来のやり方で直線状に根固めブロックを設置している場所では、対照地点2より5種類少なかった。さらに、魚影は確認できなかったが、水制工先端部の根固めブ

ロックには、アユのハミ跡が見られたことから、コイやアユなど遊泳力の大きい魚類にとっては、水制先端付近の深くて流れの速い場所が、生活圏の一部となっていると考えられる。つまり、水衝部等の深い場所では、根固めブロックを直線状に並べるよりは、平常時の流速に変化を与えるような、突出部(水制)をつくる方

表1 熊本県・球磨川の低水水制工周辺の魚類調査結果(1996年10月)^{1,2)}

調査地点 出現種	蛇籠水制 完成後2ヶ月・遠浅	対照地点1 植物のある 浅い水域	ブロック水制 完成後2ヶ月・淵	ブロック根固 完成後2ヶ月・淵	対照地点2 木工沈床の 水際・淵
コイ			++		++
ゲンゴロウブナ			++	++	++
ギンブナ	++	++	+++		+++
フナ類			++	++	++
アブラボテ		+			
オイカワ	+++	+++	+++	+++	+++
カワムツB型	++	+++			
タカハヤ	++	++			++
カマツカ	+++	+++	++		+++
イトモロコ	+++	+++	+++	++	+++
ドジョウ		+			
ナマズ		+			++
ドンコ	+	++			
トウヨシノボリ	+	+	++	++	++

+: 10 m² あたり 10 尾以下

++: 10 m² あたり 10 ~ 100 尾

+++ : 10 m² あたり 100 尾以上

注: 対照地点は、水制工等の施工地点に近くて、魚類にとって良好な環境がある場所



図10 低水水制工のよどみに群れる材刈の稚魚(鹿児島県・川内川)

が、魚類に対して多様な環境を与えることになると言える。

3.2 低水水制工周辺の水生生物の棲み分け

四万十川には多くの水生生物が生息し、それらの中でもアユやテナガエビ等の魚介類およびアオノリ類等の有用水産物は、この川の貴重な天然資源である。特に、冬から春に、汽水域に繁茂するスジアオノリは、アユ、ヒトエグサと並んで漁業生産額の大きなものである。その生育条件のうち、河川の流量と水深に係する塩分濃度が特に大きな要因であり、河床は図 11 の状態が望ましい¹³⁾。また、この河川の河口域では、多くの仔稚魚がその一時期、アマモ場を生活域にすることと、そのアマモ場は、浅い場所の緩流部（砂泥底）に分布することが報告されている¹⁴⁾。

四万十川河口域での、低水護岸の前出し工事に際して、スジアオノリの生育場を保全するためには、礫の存在する河床を遠浅に保つことが第一に必要なことであるとの考えから、出水等で河床材料が動いても、先の条件を満たすために、

図 12 のような水制工を施工した。それによって、水制工の周辺には、礫河床と流れの遅い砂泥底の河床が形成されるとしている。その結果、工事完成後 6 ヶ月でスジアオノリの生育する河床を復元し、漁協の人々に評価されたとある（図 13, 14）¹⁵⁾。

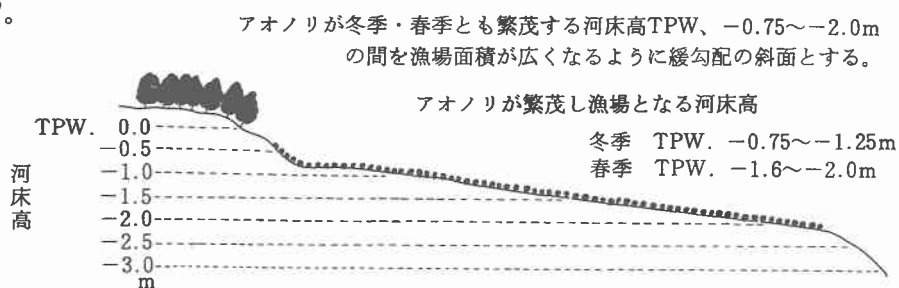


図 11 スジアオノリの生育を重視した水際状態(横断面)¹³⁾



図 12 四万十川河口に施工された水制工（横断面）¹⁵⁾



図 13 四万十川河口の水制工施工場所(施工前)¹⁵⁾



図 14 四万十川河口の水制工完成後 12 ヶ月の状態¹⁵⁾

施工現場での目視および水中観察によっても、水際から水中にかけて砂礫および砂泥の河床が区分されて分布していることがわかり、スジアオノリとアマモ類の生育が確認された。なお、四万十川のアマモ場と仔稚魚の関係については、藤田¹⁴⁾ がつぎのように結論づけている。「ヘダイ亜科仔稚魚（ヘダイ、クロダイ、

キチヌ)は、河口内浅所へ接岸後、成長に伴ってアマモ場へ強い指向性を示し、そのほとんどがアマモ場へ集合する。そして、そこに豊富な底生動物を捕食し始め、底生生活へと移行する。また、成長の一時期にはアマモ場を逃避場所として利用している。」

以上のことから、低水水制工の設置によって水際の物理環境が整えられ、それによって水中植物が生育し、さらに動物へと影響を及ぼしているといえる。

4. おわりに

河川生態系にとって、水中から水際部が最も重要であるとの観点に立ち、多自然型川づくりに、低水水制工を用いた事例を紹介してきたが、このような工法以外にも多くの事例があると思われる。しかし、護岸の保護という治水上の目的と、河川生態系の基本となる河川のダイナミズムをある程度許容するためには、低水水制工は重要な工法であると確信する。

ここで紹介した低水水制工の事例は、流水を流心部に向けて、護岸基礎部に土砂の堆積を促進するものであったが、先述した越流水制の働きから明らかなように、下向きとして水制下流部の護岸基礎部を洗掘することもできる。スイスでは、この部分に意図的に深み(淵)を形成していた。さらに水制を曲げて堆砂の促進や、その逆の防止を行うことも可能である。

日本では、新しい考え方に基づく水制工の応用および多自然型川づくりが始まって間がなく、その研究もあまり進んでいないことから、土木技術者を中心として生物関係の技術者の研究と成果を期待したい。

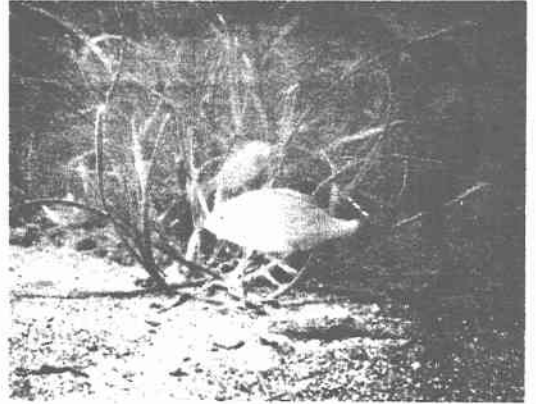


図 15 アマモ場で暮らすキチヌ幼魚¹⁶⁾

参考文献

- 1) 環境庁編；平成 8 年度 環境白書（総説），大蔵省印刷局，1996.
- 2) クリスチャン・ゲルディ；スイスの近自然河川工法，近自然河川工法研究会，1989.
- 3) (財)リバーフロント整備センター；まちと水辺に豊かな自然を，(株)山海堂，1990.
- 4) 九州地方建設局河川部監修；川づくり参考資料(案)，(財)建設工法研究所，1994.
- 5) 木戸規詞；流域は一つ、川から始まるまちづくり，近自然工法の思想と技術，近自然河川工法研究会，pp.122-124，1994.
- 6) 吉川秀夫 他；水制に関する研究，土木研究所報告（昭和 35 年），建設省土木研究所，1961.
- 7) 川村満雄，宮内宏；最新土木施工講座 第 6 巻 河川施工法（1），(株)山海堂，pp.335 - 383，1964.
- 8) 福岡捷二 他；水制工の配置と洗掘防止効果に関する研究，土木研究所資料（第 2640 号），建設省土木研究所，1988.
- 9) イヴァン・ニキチン（福留脩文他訳）；水制の理論と計算，(株)信山社サイテック，1995.
- 10) 山本晃一；日本の水制，(株)山海堂，1996.
- 11) 伊藤弘住；土木建設技術全書 31 河川構造物（土木施工講座 9），(株)山海堂，pp.21，1978.
- 12) 九州地方建設局河川工事課；平成 8 年度 低水水制工の応用技術検討業務 報告書，pp.5-89，1997.
- 13) 四国地方建設局中村工事事務所；渡川（四万十川）の多自然工法について，パンフレット，1991.
- 14) 藤田真二；四万十川河口域におけるスズキ属、ヘダイ亜科仔稚魚の生態学的研究，博士論文，九州大学，1994.
- 15) 四国地方建設局中村工事事務所；まほろば「四万十川」多自然型川づくり，パンフレット，1995.
- 16) 藤田真二；四万十川河口域に暮らす仔稚魚，土佐の自然 No.71，高知県文化環境部自然保護課，pp.10-13，1994.