

◆ 水環境特集 ◆

河川におけるハビタットの概念とその分類

萱場祐一* 島谷幸宏**

1. はじめに

河川法の改正や環境影響評価法の制定により、今後は自然環境の状況を正確かつ迅速に把握することが必要となってくる。しかし、生態系の具体的な把握手法は十分確立されていない。特に、生態系を生物の生息状況、物質・エネルギーの流れから把握するには、膨大な時間と費用を必要とするだけでなく、この結果をそのまま河川管理に反映させることは難しい。それは、通常の管理の対象は、河道の縦横断形状、河川構造物、水量、水質であるが、これらが生物の生息に関する情報とは直接結び付かないところに原因があると考えられる。ハビタットは、このような縁遠い2つに橋を架ける重要な概念である。それはハビタットの概念が、流れ、河床、植生、河岸・構造物等という河川管理の操作対象となる要素と生物の生息という生態・生物学的要素の双方を含んでいるからである。

本報では、以上を背景として、ハビタットの概念や分類、その特徴について既往の研究成果を交えながら説明する。また、対象は中下流域の水生動物のハビタットとし、瀬と淵が縦断的に連続する渓流域や海の影響を強く受ける汽水域ではハビタットの分類や特徴が異なるため別報とする。

2. ハビタットの概念

ハビタット(habitat)とは生物の生息場所を意味する。もう少し厳密に定義すると、「形態的に一定のまとまりをもった場所のうち、生物が生活史の

各段階(採餌、産卵、孵化等)で利用する特定の場所」となるだろう¹⁾。つまり、瀬がハビタットと認識されるのは、それが形態的に一定のまとまりをもち、かつ、例えば、アユの採餌の場として機能しているからである。従って、コンクリート護岸はハビタットの基本要素の一つである河岸において、形態的にまとまりのある場所であるが生物が積極的に利用しないのでハビタットとは解されない。積極的利用を定義するのは難しいが、採餌、産卵、避難等の行動がその場所で頻繁に見られる場合にはこう解釈して良いだろう。

図-1は、河川におけるハビタットの概念を模式的に示した。形態的ハビタットとは形態的に一定のまとまりがある場所で、生物に利用されそうな瀬や淵といった場所を表す。空中写真や簡易な現地調査で把握できるのは専ら形態的ハビタットである。

ハビタットの形態は同一の場所でも出水や渇水、季節によって変動するが、瀬や淵という一定のまとまりをもつ形態をこのような変動系のどの時点で把握すべきかはあまり議論されていない。生物はこのような変動系の中で生活しているため、時間的に連続的に変化するハビタットの形態を捉えることが必要となる。しかし、これを捉えることは実際上不可能なため、ハビタットの質的变化が生じるある流量や季節を境として、各形態の典型的な状態を把握することが実用的と言えよう。河川の形態を大きく変化させる要素としては降雨や降雪等天候的なことを除けば、流量と季節的な植生の変化が挙げられる。植生の繁茂状態は季節に

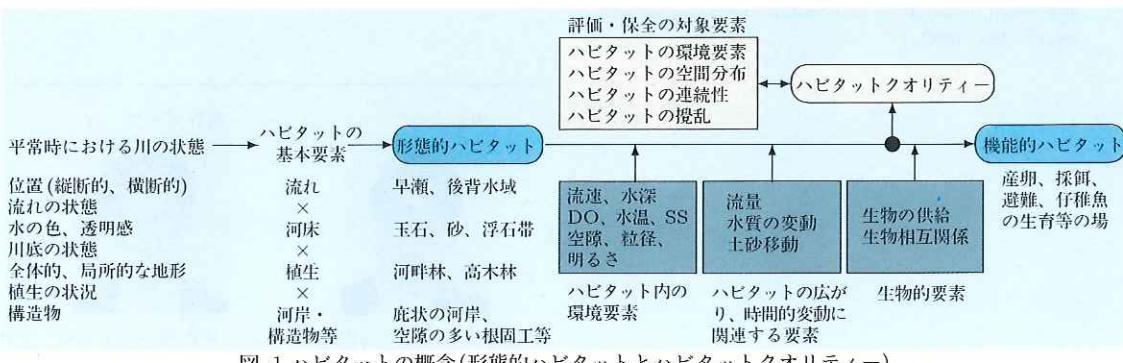


図-1 ハビタットの概念(形態的ハビタットとハビタットクオリティー)

より異なるが、冬季に枯れたり落葉して形態が変化することを除けば生育する場所自体は変わらず春～初秋におけるハビタットの形態自体も劇的に変化することはない。

一方、流量は増加するにつれ、瀬や淵の形態が変わるだけでなく、ある流量から水は濁り、高水敷を冠水させ、ハビタットの形態は一変する。こうなると平常時のハビタットの分類は適用不能となり、代わって、高水敷上の低流速域であるリフュージ(生物の逃げ場)が重要となる。しかし、どの程度の状況を境として出水とするか、そして、規模の異なる出水を工学的・生態学的にどう取り扱うかについてはほとんど未解明である。このため、本報では状況を平常時と出水時の2つに単純化し、ハビタットの分類については、平常時を基本としながら論を進めることとする。尚、出水とハビタットとの関係については後述する。

形態的ハビタットの分類例を流れ、河床、植生、河岸・構造物等の4つを基本要素として示した。4つの要素は互いに独立ではなく、相互に関連性があり、流れと河床のようにその関連性がある程度明瞭になっているものもある²⁾。しかし、実際の河川では、このような典型的な関連性が見られないことが多い³⁾、ここでは独立して扱うこととする。

さて、形態的ハビタットは形態に関する情報に基づいているため、ハビタットに内在する環境要素等の概念は含まれていない。従って、DOの高い池と低い池は生息上の条件が異なるにも関わらず区別化されない問題が生じる。岩波生物学辞典⁴⁾は、ハビタット(habitat)は「個体もしくは個体群のすみ場所」といった「位置的場所」ではなく、「その生物のすむ場所の内部における環境諸要因の特有な状態を内容とし」、「それを場所に投影」することに意味があるとしている。

これらの例は、ハビタットが形態だけでなく内在する環境要素等の質的議論が重要であることを示している。ハビタットクオリティー⁵⁾(Habitat Quality: ハビタットの質、以下ハビタットクオリティー)とは、ハビタットが生態的に機能するかどうかを表す概念であり、クオリティー(質)が高いハビタットほど採餌、産卵等生物利用の可能性が高くなる。ただし、ハビタットクオリティーを高めるには、内在する環境要素の値や形状だけでなく、更に幾つかの条件を満たすことが必要となる。これについては、ハビタットの分類を述べた後に再度整理する。

ハビタットクオリティーが満たされ、そこに適当な生物の供給とそれらの相互関係が生じると形態的ハビタットは採餌場、産卵場等の機能的ハビタットとなる。Harperらも形態から見たハビタットと生物生息の機能的側面(採餌、産卵等)から見たハビタットが、必ずしも一致しないことから、前者を“potential habitat”(潜在的ハビタット、潜在的に生態的機能を有するという意味かと思われる)、後者を“functional habitat”(機能的ハビタット)と使い分けている⁶⁾。

尚、本報では、今後形態の意味を強調する場合を除き、形態的ハビタットを単なるハビタットと表記する。

3. ハビタットの分類

3.1 分類の方法

ハビタットの分類は対象とする生物や調査結果の利用方法等によって異なる。生物により生活史のどの段階でどのようなハビタットを利用するか異なるし、改修に伴う保全方法を検討する際には具体的な産卵場等の情報が必要となる。ここでは最も一般的な分類として魚類を対象にした平常時のハビタット分類を行い、その分類例を作成した。本作業に当たっては「3.2 既往の分類例」に記した内外の情報を精査し、これらを「流れ」、「植生」、「河床」、「河岸・構造物等」の4つの基本要素と水域と水際域の2つのゾーンを軸に再分類した。ここで水域とは平常時水面を形成している部分を、水際域とは水域と陸域との境界部を指す。その位置的境界は判然としない場合が多いが、河岸と河岸沿いに繁茂する植生の影響を受ける水面で、例えば、魚類のカバー、落下昆虫や日陰の供給、産卵場や仔稚魚の生育場等の機能を有する場所を水際域とする。水域は「河床」、「植生」、「流れ」の、水際域は「河岸・構造物」と「植生」の重ね合わせとなる。特に、水際域で植生が見られる場合には、その組み合わせを形態的に一体のハビタットと見なし、「河岸植生帯」、「河畔林」とする場合が多い。

3.2 既往の分類例

(1) 流れの分類

水域は大きく流水域と止水域に分類できる。流水域における分類は内外でその事例が多く古くは可児が早瀬、平瀬、淵の3つの景観単位に分類している²⁾。水野は、大きな淵の下流部分に中程度の深さで流れのきわめてゆるい砂泥底の部分を見出し、ここで底生動物やアユの生息状態が上流部分と明

らかに異なることから、この部分を淵から分けてトロと呼んでいる⁷⁾。川那部らは、淵を形態と成因から3つの基本タイプ(M型、R型、S型)に分類し形態や流れ、深さの特徴、分布する位置を述べている⁸⁾。海外では、近年流れの形態分類が盛んに行われている。Hawkinsは水域の形態を fast water(速い流れ)と slow water(遅い流れ)に分類しこれを更に細分して流れの形態を階層化して示した⁹⁾。また、このような分類は Church の文献¹⁰⁾にも見られる。尚、これら分類では M 型、R 型等流れがある淵は遅い流れに分類されており、流水域と速い流れ、止水域と遅い流れ、という対応関係にはならない。「速い流れ」では、瀬を Rapid(早瀬)と Riffle(平瀬)に細分するかどうかの違いはあるが、瀬と Glide(トロ)を中下流域のハビタットと挙げているのは共通である。尚、オハイオ州の EPA(自然保護局)は、魚類に関するハビタットの定量的評価を行うため、ハビタットに関する Quantitative Habitat Evaluation Index(定量的ハビタット評価指標、以下評価指標)を作成している。このマニュアルの中では流れを Riffle(早瀬)、Run(平瀬)、Pool(淵)、Glide(トロ)の4つに分類している。また、分類の観点も水面の波立ちや流速、水深に着目して行っている¹¹⁾。Brookerが行った Teifi 川を対象にしたハビタット分類でも、流れは Riffle, Fast Run, Slow Run, Pool の4つに分類されており¹²⁾、内外含め流水域の分類には共通点が多い。

止水域の分類はあまり例がない。日本では川那部らが、ダムの満水域を D 型の淵、旧河道で本川とは孤立したものを O 型の淵としている⁸⁾。海外では、Hawkins が遅い流れの分類の中で、Mid-channel pools(急縮部に生じる深み)、Convergence pools(合流点に生じる深み)等を分類している⁹⁾。Ward らは、高水敷(河道内の氾濫原)に見られる止水域の分類を系統的に行っていて参考になる¹³⁾。この分類では Backwater(通常ワンドやたまりと呼ばれるが、ここでは直訳し後背水域としておく。Backmarsh: 後背湿地を参考にした)の分類が詳しく、形態的な特徴と本川との接続頻度という時間的因素も念頭に置き後背水域を3種類に分類している。これは、後背水域のハビタットとしての機能が冠水頻度と密接な関係にあることに起因するが、詳細は後述する。このように、止水域の分類は、それぞれに形態的特徴の差異が見られないためか、それぞれの成因や本川との接続頻度等を考慮して分類しているのが特徴である。

(2) 底質及び植生の分類

底質は、付着藻類の生産性を規定するだけではなく、底生動物や底生性の魚類のハビタットとなる。通常粒径と石の状態でハビタットの状態を記述することが多い。日本では可児が石の大きさとはまり具合で底質の状況を記述したのが有名である³⁾。竹門らがベントスの生息条件として、底質の状態に「載り石」を加えている⁴⁾。また、著者らは 50×50cm のコドラーートにおいて各粒径が占める面積割合で底質を表現している^{14),注)}。海外でも大きさと状態で表現することに大きな差は見られないが、粒径の区分については文献により相違が見られる。また、はまり具合は定量的に測定する手法がないため実地の調査では粒径のみで底質を記述することが多いようである。

植生は水生生物への食物の供給、産卵場、カバーとしての機能が挙げられている¹⁷⁾。分類はそれ程多くない。Overhanging vegetation(オーバーハンギングした植生)、Aquatic macrophytes(大型抽水植物)、Root wad(根茎の塊)、Tree roots(木の根茎)、Grassroots(草の水没している部分)等が分類として見られる程度である^{11),13)}。

(3) 河岸・構造物の分類

河岸は植生とともに水生生物にとって水際域を形成する非常に重要なハビタットの基本要素であるが、分類事例は意外と少ない。日本では可児が水際の水面寄りの部分を「川岸」としている他はあまり見当たらない。生態学の分野では渓畔林・河畔林の研究が行われているが、これも上流部分を対象とした渓畔林である場合が多い。海外でも形態に基づき河岸を分類した例は少ない。Undercut banks(アンダーカット型河岸、上部が庇状になっている河岸)がカバーとしての機能を有するハビタットとして見られる程度である^{11),13),15)}。

また、川岸に該当するような分類事例も少なく、Brooker や Ward らが分類した Slack(水際の淀み)¹³⁾、オハイオ州の EPA が分類した Shallows(浅瀬)¹¹⁾が見られる程度である。構造物に関する調査事例も少ないが、空隙の多い根固工や魚巣ブロック等が良いハビタットとなっている例は多い¹⁶⁾。今後の研究にもよるが当面ハビタットとして記載すべき例であろう。尚、何の工夫もない護岸や何の特徴もない河岸は形態的にまとまりのある単位ではあるが、生態的な機能としての効果が見当たらないためハビタットとして記載する必要はないと判断される。

3.3 ハビタットの分類例

本研究で整理した概念に基づき既往の分類を参考にハビタットの分類表を作成した。表-1に結果を示す。分類は水域と水際域についてハビタットの基本要素でもある流れ、河床、植生、河岸・構造物別に示した。また、各分類の形態的特徴、現時点でまとまっている生態的機能の例、そして他の研究との関係を示すため出来る限り文献番号を付した。尚、ハビタットは4つの基本要素の重ね合わせで表現するが、水際域の植生のように河岸と植生の形態とが一体となり、水際植生や河畔林と呼ばれることがある。

4. ハビタットクオリティーと生態系保全

ハビタットに内在する環境要素がハビタットクオリティーを支配する要因であることは前述した。しかし、生物は時間的に変化し、空間的に広がりを持つ様々なハビタットを利用しておらず、平常時における単一のハビタットを対象としたクオリティーの概念では生態系の評価や保全が不十分となる恐れがある。

例えば、改修により河道を直線化すると水域全体が平瀬化し、瀬や淵、淀み等が消失してハビタットの分布は単調となる。この場合、生息魚類はオイカワが優占し、単調な魚類相となることが知られている¹⁶⁾。また、出水時には流速や水位が上昇し、河道内の形態が一変してリフュージ等出水時特有のハビタットが形成される他、平常時には不可能だった高水敷上の孤立水域と本川との移動を可能とする。また、出水中の流れや土砂移動は植生遷移の抑制と種子の分散により先駆性植物の繁茂、河床堆積物の流失等を促して、植生の繁茂状態や底質の状態などハビタットの形態と内在する環境要素を維持する働きを有する。

このような現象は、いずれも河川生態系を特徴づける重要な要素であり、形態的ハビタットが適切な生態的機能を発揮するためのいわば必要条件でもある。したがって、ハビタットクオリティーは、このような時空間的に変化する要素を視野に入れて整理する必要があるだろう。ハビタットクオリティーの概念は、未だ十分整理されているとは言い難いのが現状であるが、ここでは、近年の研究成果から、河川生態系を特徴づけるハビタットクオリティーの要素を3つ紹介する。

(1) ハビタットの空間分布とその固有性

生態系はその地域に分布するハビタットとそこ

で育まれた生物相によって長い時間をかけて成立してきた。河川は流域が位置している場所やセグメント¹⁸⁾により構成しているハビタットの種類が異なり、それらの分布に固有性があるのが特徴である。これは山間地から沖積平野に至り扇状地部、自然堤防地帯へと川の景観が断続的に変化することや、それが川によって多少異なることからも想像がつくであろう。従って、生態系の評価・保全に際しては、川やセグメントによって異なる固有なハビタットの種類やそれぞれの分布を対象とする必要がある。

(2) ハビタットの連続性

様々な魚介類や水生昆虫等は産卵、採餌場等へ季節的に移動するためハビタット間の連続性は重要である。連続性には、川の上下流方向の移動を表す縦断方向の連続性、本川と水田、後背水域との移動を表す横断方向の連続性がある。縦断方向への連続性は早くから問題が顕在化し魚道等の対策技術の研究が行われてきた。また、近年は、通し回遊魚だけでなく様々な淡水魚の移動にも配慮されるようになってきている。一方、横断方向への連続性は生産性や多様性に深く関係する要素として近年その重要性が指摘されている。例えば、森下は平野を流れる河川の特性として横方向への移動を挙げ、横断方向への連続性が生物生産や生物相の豊かさを支えていること、そして、これを可能にするものとしての洪水の重要性を示唆している¹⁹⁾。また、Rouxらは、魚類が長期間生息するには縦断方向だけでなく横断方向の移動が必要なことを指摘し、Parana川での魚類(potamodromous fishes)の縦横断方向への移動と仔稚魚期、成魚期におけるハビタットの利用状況を述べている²⁰⁾。

(3) ハビタットの搅乱と変動

河川生態系は定期的な出水により搅乱が生じ、生態遷移を含む一方向への変化が起こりにくいのが特徴である。搅乱の頻度や規模の低下は様々な影響を及ぼす。例えば、後背水域では大規模な搅乱がないと植生の遷移と土砂の堆積が進み、長期的には後背水域の埋没・消失を招く。魚類のハビタットではないが、水際域の冠水頻度の低下により河原の減少とその樹林化が進行しており、搅乱の減少がハビタットの形態に及ぼす影響が指摘されている。また、活発な浸食・堆積現象を引き起さないレベルの搅乱でもその影響が見られる。例えば、自然共生研究センター内の実験河川では、流量を平滑化させ安定した流量が長期間維持すると、河床に細粒分が堆積するだけでなく沈水植物

表-1 中下流域における魚類のハビタット分類の例

水域におけるハビタット分類の例			形態的特徴	機能的特徴の例
基本的要素	大分類	中分類 ¹⁴⁾		
流れ	流水域	早瀬 (rapid, riffle)	水面は白波立ち、水深は小さく、流速が大きい。淵への落ち込み部に生じることが多い。	・アユ等遊泳魚の生息、採餌の場となる。
		平瀬 (run)	水面は波立つが白波は立たない。流速も早瀬と比べると小さく、水深は大きい。	・オイカワの生息場。
		とろ (glide)	水面はほとんど波立たない。流速は平瀬より小さく、水深は大きい。	・水深がある場合にはカバーとなる。
		淀み (slack, shallows)	河岸の凹部や砂州の内岸側等に生じる流速、水深とも小さく、水面は波立たず水面上から河床状況が確認できる。	・流速が小さく仔稚魚の生息場や水深が小さい大型の魚食性魚類からのカバーとしての機能がある。
		淵 (scour pool)	湾局部の外岸側、砂州の全縁部、構造物周り、床止めの下流部等に生じる。生じる場所によりM型、R型、S型の淵等に分類されてきた ⁸⁾ 。一般に水深は大きく、流速は小さい。水面勾配はほとんどなく、水面は波立たない。河川の合流点や川幅縮小部等にも生じる。	・魚類の生息の場、水深が大きいためカバーとしての機能がある。
		クリーク (continuously flowing side arm) ¹³⁾	高水敷に見られる川幅数十cm～数cm程度の細流、ある程度流速があるが水深は小さく、水際は植生帯や河畔林で覆われていることがある。	・仔稚魚の生育場、避難所となりやすい。
	止水域	溝水域 (dammed pool) ^{9), 10)}	堰等の上流や海表面の背水区間、通常流れが速く、水深が大きい。水面勾配はほとんどない。	・カモ類の営巣、採餌の場、ボラ等の周縁魚の生育場。
	後背水域 (backwater) ¹³⁾	河道内にある池状の水域で、本川の位況により本川との接続状況が変化する。海外では以下に示すように本川との接続状況に応じて定性的な分類がされている例が見られる ¹³⁾ 。 ・本川と下流側のみ接続しているもの(Backwaters connected to main river at downstream only) ・當時本川と接続しておらず洪水の影響を強く受けるものの(Backwaters without permanent connection to river. Strongly Influenced by flood)、例えば、旧河道(abandoned channels) ・本川と時時接続しておらずほとんど洪水の影響を受けないもの(Backwaters without permanent connection to river. Rarely Influenced by floods)	・水質汚濁時や洪水時の避難場、仔稚魚の生育の場としての機能がある。また、このような氾濫原的な環境に依存する魚介類も多い。例えば、タナゴやタナゴの産卵貝である二枚貝の生育の場となっている。 ・本川との接続頻度や後背水域内の生態遷移の進み具合により魚類の現存量や生産性が異なる ¹⁹⁾ 。	
底質	巨礫、玉石、礫、砂泥等河床材料の粒径と浮き石、沈み石といった状態湧水のあるなしで分類する。粒径の異なる材料から構成される場合には、各粒径が単位面積に占める割合で表すことがある ¹⁴⁾ 。また、河床材料とは異なるがここに湧水を底質の中に分類しておく。		巨礫は256mm以上、256mm>玉石>64mm、64mm>礫>2mm、砂泥はそれ以上である。また、第4紀沖積世以前の基岩層(岩盤)が露出することがある。玉石以上の大きさは浮き石、沈み石の状態に分類できる。 湧水は沈水植物が旺盛に繁茂し高度なハビタットになる。	・魚類の産卵場所として重要。例、マハゼ(泥)、アユ(砂礫)、ヤマメ(礫)、カジカ(浮き石)、玉石や巨礫は魚類のカバー(上位捕食者からの避難場)となる。また、湧水はホトケドジョウ等の重要なハビタットである。
植生	浮葉・沈水植物帶		流れが穏やかで、流量が安定した水域にはコウホネ等の浮葉植物、エビモやヤナギモ等の沈水植物が繁茂することがある。	・フナやホトケドジョウ等の産卵基質仔稚魚の生育場・魚類のカバー ¹⁵⁾ となる。
河岸・構造物等			・倒木や水中に没した木本類の根茎 ・空隙の大きい護岸や根固 ・魚巣ブロック等	魚類カバーとなりやすい。

*) ワンドやたまりといった用語があるが定義が定まっていないため、ここでは Backwater を直訳し後背水域とした。

**) カバーとは、魚類の上位捕食者からの逃げ場や洪水時の避難場を提供する機能的なハビタットを意味する¹⁵⁾

水際域におけるハビタットの分類の例		形態的な特徴	機能的特徴の例
河岸・構造物	庇状になった河岸(undercut banks)、植生がある場合にはオーバーハングした植生(over-hanging vegetation)となる	河岸の上部が庇状に突き出し、下部がえぐられた形状となっている。セグメント ¹⁸⁾ による構成材料の粒径は異なる。	・魚類カバーとなりやすい。
	空隙の多い根固、魚類ブロック等		・魚類カバーとなりやすい。
植生	草地(形態的特徴と一体となつて、水際植生河岸植生等と呼ばれることが多い)	ヤナギグテやクサヨシ等湿性の低茎草地(wet meadow)、ヨシやマコモ等の湿性の高茎草地からなる。冠水頻度や期間により棲み分けている場合が多い。	魚類の産卵場、採餌場、カバー
	樹林地(河岸の特徴と一体となり河畔林、河辺林と呼ばれる)	低木と高木を厳密に区別することは難しいが樹高2~3mがその目安である。タチヤナギやイヌコリヤナギは代表的な低木林の優占種であり、アカメヤナギ、ハンノキ、エノキは代表的な高木林の優占種である。また、水際に立地するもの。	落下昆虫の供給、日陰の形成、鳥類からのカバー等を形成する。

等今まで見られなかった植物の進入が生じ、底質が変化することが確認されている。

このように、攪乱はハビタットの形態や内在する環境要素を一定に保持する役割を担っているが、頻度や規模とその具体的な影響との関係については不明瞭な部分が多い。

ハビタットに内在する環境要素と3つの要素はハビタットクオリティーを評価する上で重要な要素であるが、これらは生物の生息という観点から考えると同じ質の要素ではない。つまり、環境要素、空間分布及び連続性は直接生物の生息を規定するため、これらの変化は比較的短期間に生物相のレスポンスとなって現れる。しかし、ハビタットの攪乱は、各ハビタットの形態や内在する環境要素を維持する働きをとおして、間接的に生物の生息に関わる要素である。

これらの要素はハビタットクオリティーの評価対象とはなるが、直接の保全対象、つまり、河川管理における操作対象とならないことに注意を要する。河川における直接の保全・操作対象は、河道の平面、縦横断形状、流況や水質、土砂移動量である。ハビタットクオリティーの保全のためには、例えば、1蛇行区間～セグメントレベルにおける平面、縦横断形状だけでなく、セグメント～流域レベルを視野に入れて総合的な施策を行う必要がある。

参考文献

- 1) 島谷幸宏、萱場祐一、皆川朋子：土木研究所資料第3453号-中小河川改修と自然環境-,51p,1995.
- 2) 可児藤吉：可児藤吉全集第1巻,思索社,1979.
- 3) 竹門康弘、谷田一三、玉置昭夫、向井宏、川端善一郎：棲み場所の生態学,平凡社,pp.25-43,1995.
- 4) 岩波生物学事典,岩波書店,pp.668-669,1994.
- 5) Karr,J.R., Fausch, K.D., Angermeier, P.L., Yant, P.R. and Schlosser,I.J : Assesing biological integrity in running waters : A method and its rationale Special Publication5.Illinois Natural History Survey, Champaign,III, 28p,1986.
- 6) Harper,D., Smith, C., Barham, P. and Howell,R. : The Ecological Basis for the Management of the Natural River Environment, THE ECOLOGICAL BASIS FOR RIVER MANAGEMENT edited by Harper, H.D and Ferguson, A. J.D., pp.221-238,1995.
- 7) 沼田真、水野信彦、御勢久右衛門：河川の生態学,築地書館,pp.4-13,1993.
- 8) 川那部浩哉、宮地伝三郎、森圭一、原田英司、水原洋城、大串竜一：遡上アユの生態とくに淵におけるアユの生活様式について, 京大生理生態業績,(79),1956.
- 9) Hawkins,C.P., Kershner,J.L., Bisson, P.A., Bryant,M.D., Decker,L.M., Gregory, S.V., McCullough, D.A., Overton, C.K., Reeves, G.H., Steedman, R.J. and Yuyng, M.K. : A hierarchical approach to classifying stream habitat features. Fisheries no19,pp.3-12,1993.
- 10) Church,M. : Channel Morphology and Typology, The River Handbook Volume1 edited by Calow, P and Petts, G.E., pp.126-143,1995.
- 11) State of Ohio, Environment Protection Agency : Biological Criteria for the Protection of Aquatic Life : VolumeIII : Standardized Biological Field Sampling and Laboratory Methods for Assessing Fish and Macroinvertebrate Communities, pp.V-4-1-V-4-26, 1989.
- 12) Brooker,M.P. : The impact of impoundments on the downstream fisheries and general ecology of rivers, Advanced in Applied Ecology edited by T.H.Coaker, Vol.6, pp.91-152, Academic Press.
- 13) National River Authority : THE NEW RIVERS & WILDLIFE HANDBOOK edited by Ward, D. and Hohnes, N and Jose, P, pp.12-415,1995.
- 14) 房前和朋、島谷幸宏、萱場祐一、林貴宏：「環境に着目した河川底質分類に関する基礎的研究」,土木学会第53回年次学術講演会,pp.180-181,1998.
- 15) Wesch,T.A. : Stream Channel Modifications and Reclamation Structure to Enhance Fish Habitat, The Restoration of Rivers and Streams edited by James,A.G., pp.103-112,1985.
- 16) 渡辺昭彦、島谷幸宏、鈴木興道：魚巣ブロックの効果とハビタットから見た一考察, 土木計画学研究・講演集, No17, pp.283-286, 1995.
- 17) 山本晃一：沖積河川学, 山海堂, pp.5-7, 1994.
- 18) 森下郁子、森下依理子：川と湖の博物館—共生の自然学, 山海道, 150p, 1997.
- 19) Roux,A.L. and Copp,G.H. : Fish populations in rivers, Fluvial Hydrosystems. edited by Petts, G.E. and Amoros, C., pp.167-179.
- 20) 島谷幸宏、萱場祐一：「河川の自然環境の保全とその考え方(1)」, 月刊建設 97-6, pp.61-63, 1997.
- 21) 島谷幸宏、萱場祐一、小栗幸雄：中小河川改修前後の生物生息空間と魚類相の変化, 水工学論文集第38卷, pp.337-343, 1994.
- 22) 島谷幸宏、萱場祐一、小栗幸雄：多自然型川づくり計画におけるハビタットの重要性, 土木技術資料 36-12, pp.48-51, 1994.
- 注) ベントス：底生生物、水域で全くあるいはほとんど常時水底についたまま生活する生物。
コドラーート：方形区、植生の構成植物の優占度やベントスの現存量等を測定する際に用いられる。
いずれも沼田真編：生態学辞典、築地書館より一部抜粋した。

萱場祐一*



島谷幸宏**



建設省土木研究所環境部 同 河川環境研究室長、工博
河川環境研究室主任研究員 Dr.Yukihiro SHIMATANI
Yuichi KAYABA