

ハビタットアセスメントにおける 河道内微地形の把握手法に関する研究

A New Approach of Stream Geomorphology Measurement for Habitat Assessment

萱場祐一¹・千葉武生²・力山基²・河口洋一³・尾澤卓思⁴

Yuichi Kayaba, Takeo Chiba, Motoi Rikiyama, Youichi Kawaguchi and Takashi Ozawa

¹正会員 工修 独立行政法人土木研究所水循環研究グループ 主任研究員 (〒305-0804 つくば市南原1-6)

²独立行政法人土木研究所水循環研究グループ 交流研究員 (〒305-0804 つくば市南原1-6)

³学術博 独立行政法人土木研究所水循環研究グループ 特別研究員 (〒305-0804 つくば市南原1-6)

⁴正会員 工修 独立行政法人土木研究所水循環研究グループ 上席研究員 (〒305-0804 つくば市南原1-6)

Channel Geomorphic Units (CGUs) are fundamental factors to determine habitat structures in a lotic zone. In midstream segment, CGUs and habitat types has been recognized by their scenery, however the method is not able to be applied into quantitative habitat assessment owing that it is based on human sense. In this research, a new approach will be provided to recognize the each CGU and a habitat type corresponding to the each CGU by measuring longitudinal profiles for a water surface and a stream bed along a thawleg. A boundary between two CGUs is indicated by a breaking point of the water surface, and the habitat type is determined by the range of the water surface slope, relative height of the downstream edge of the each CGU to the upstream edge. Furthermore the longitudinal ratio of water surface widths has a unique character to recognize a threshold between riffles, and pools and glides.

Kew Words : Channel Geomorphic Units, habitat types, habitat assessment, longitudinal profile

1. はじめに

河川の自然環境管理には、河道内のハビタットの分布や各ハビタットの構造や質をできる限り定量的に把握し、ハビタットの評価を行うことが求められる(ハビタットアセスメント)。日本におけるハビタットアセスメントの方法に関連する文献や研究事例は極めて少なく、系統的な調査方法、解析方法そして評価方法は未確立である。本研究ではハビタットを構成する最も基本的な要素である河道内微地形を対象とし、これを合理的に把握する方法について検討を行った。具体的には、河道内の一つの瀬や淵を特徴づけるような一定の物理特性を有する河道地形単位(Channel Geomorphology Units、以下、CGU)¹⁾に着目する。一つのCGU内の流速や水深、河床材料等の物理量は隣り合う

CGU内の物理量と比較すると比較的同一であり、一つのCGUは瀬、淵、とろといったハビタットタイプのいずれかと対応していると考えられる。しかし、河川において個々のCGUをどのように区分し、そして、区分した各CGUをどのハビタットタイプに対応させるかについては、現場の技術者や研究者が目視により行っている場合が多い。本研究では、実河川における河床形状、水面形状等の微地形の測定、目視によるCGUとハビタットタイプの把握、を行い、両者の関係を整理することにより、CGUとハビタットタイプを微地形等の測定結果から合理的に把握する手法について検討を行う。CGUの把握方法については幾つかのマニュアル^{1)、2)}があるが、CGUの特性を提示し、その合理性について言及したものは見当たらない。

2. 研究の方法

(1) 対象河川の選定

a) 調査河川の分類

河道内微地形の調査の難易やハビタットの分布は河川の特長により異なるため、調査方法もこれに応じて変化させる必要がある。ここでは、これらに関わる項目から河川を大まかに分類し、河道内微地形の把握手法を検討する際に対象とすべき分類群を絞り込んだ。

① 渡河できる河川とできない河川

渡河できる河川 (wadable stream) と渡河できない河川 (unwadable stream) は米国でも調査の容易性を示す一般的に用いられている分類である¹⁾。前者に分類されるのは中小河川の上流から中下流が、後者は中小河川の下流や大河川の中流から下流が該当する。

② 流路の数

流路の数とは、平常時に流水が縦断方向に継続して存在する水域の河道横断方向への数である。単一流路からなる河川は、2本流路、多列の流路からなる河川と比べ測定が容易である。これは、調査範囲が広がるだけでなく流路が分岐もしくは連結する地点で測定値を併合する必要性が生じるからである。

③ 河道内微地形の視認性

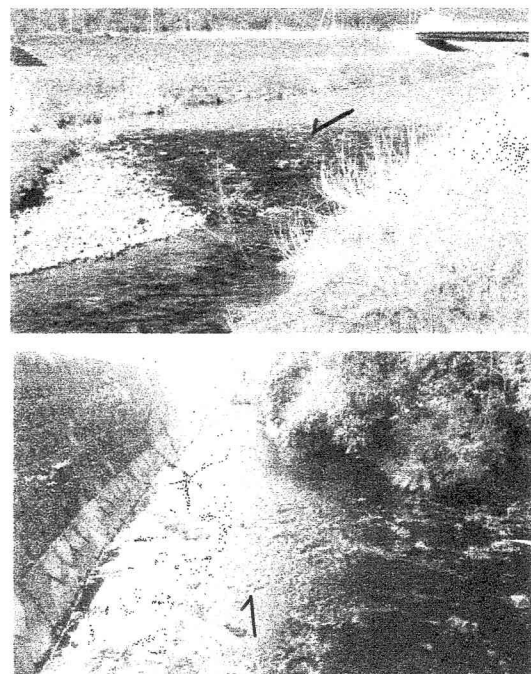
可児は河道内に見られる瀬と淵の分布やそれらの形態から、河川を Aa、Bb、Bc 型に分類している³⁾。Aa 型と Bb 型は河道内微地形、特に、河床の形状が水面形に影響を与えるため河道内微地形の視認性が高く調査が容易であるが、Bc 型は河床形状が水面形に影響を及ぼさないため河道内微地形の視認性が低く調査が難しくなる。また、Bc 型より下流では相対的に水深が大きくなるため、視認性の低さだけでなく、瀬や淵といった河道内微地形を測定する際の CGU 自体が定義できないといった問題が生じる。

b) 調査対象河川

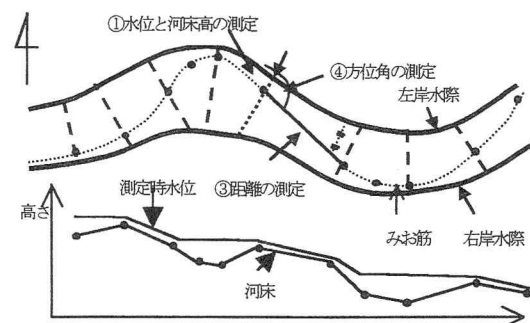
本研究で調査対象とした河川は、a)における「渡河できる河川」、「単一流路」、「Bb 型」の河川で、河道内微地形を測定する上では最も易しい河川に分類される。対象としたのは木曽川の4次支川川浦川 (岐阜県美濃加茂市) と荒川の4次支川北川 (東京都東村山市) である。表—1に対象河川の概要を示した。また、写真—1に調査対象区間の状況を示す。調査対象区間は最低一つの湾曲を含み、かつ、瀬、淵、とろ等の幾つかのハビタットタイプが分布している程度の長さとした。両河川とも水面幅は概ね 10m 以下であり十分渡河することが可能である。また、対象区間の平均河床勾配は 1/300 より大きく、水面上から明瞭な CGU の区分を行うことができる。川浦川サイトは堤防及び低水路法線はほぼ直線で低水路河岸に一部コンクリート護岸が設置してあるが、みお筋は低水路内に形成された砂州により緩やかに蛇行している。北川サイトは北川公園内に位置する。対象区間の左岸側には連続してコンクリート護岸が設置してあるが、右岸側には河畔林のある自然河岸が連続してい

表—1 河川及び対象区間の概要

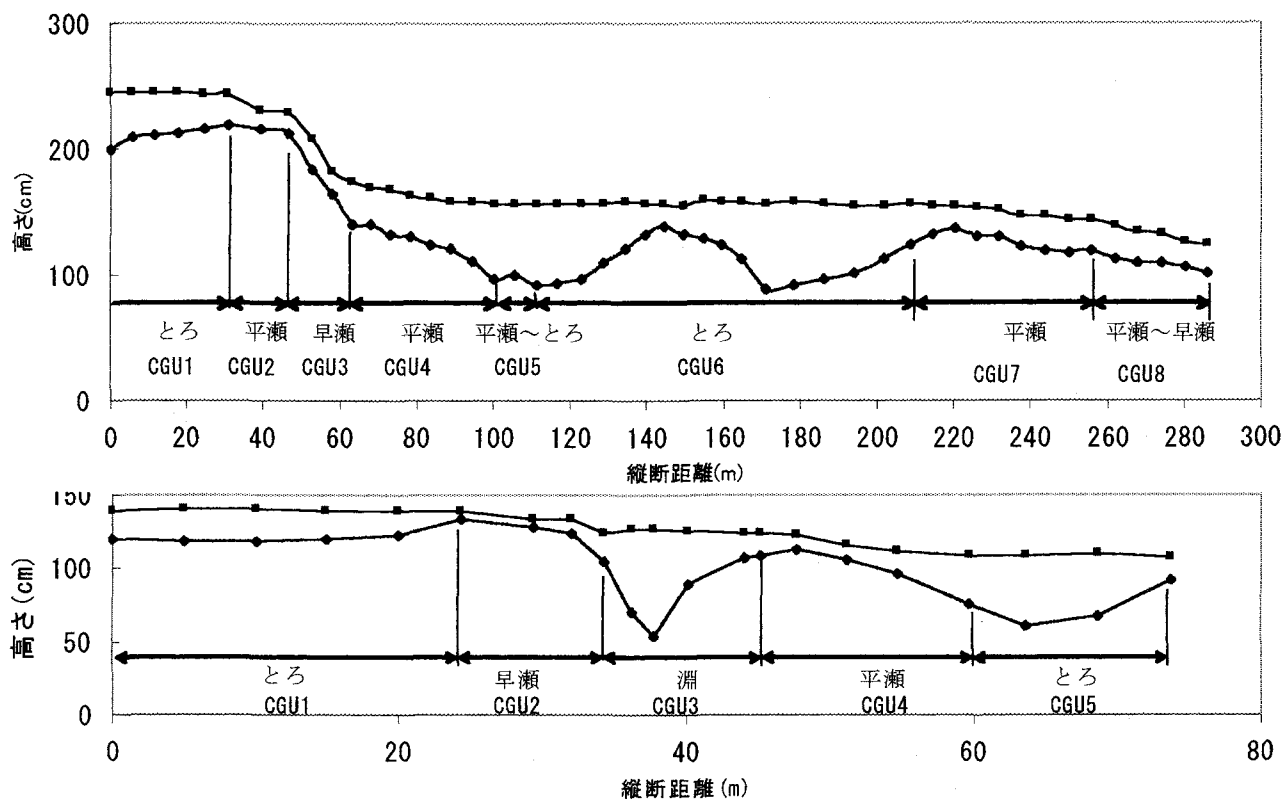
河川	対象区間の概要	川浦川サイト	北川サイト
		木曽川水系川浦川 (木曽川—長良川—津保川—川浦川)	荒川水系北川 (荒川—新河岸川—津保川—北川)
流域面積		20.3(km ²)	3.6(km ²)
流路延長		13.7(km)	3.8(km)
延長		286(m)	73(m)
蛇行度(みお筋)		1.3	1.1
平均河床勾配(みお筋)		1/290	1/263
平均水深(みお筋)		35(cm)	24(cm)
平均水面幅		10.7(m)	4.6(m)
対象区間の概要		津保川合流点よりおよそ 0.3km 上流に位置する。河道法線は直線で複断面である。低水路河岸に一部コンクリート護岸があるが、みお筋は低水路内に形成された砂州により緩やかに蛇行し、対象区間上流に明瞭な早瀬が見られる。	
		前川合流点よりおよそ 1.2km 上流北川公園内に位置する。左岸はコンクリート護岸が連続するが、右岸は河畔林のある自然河岸である。複断面河道で河道法線は緩やかに蛇行し、対象区間中央に明瞭な瀬が見られる。	



写真—1 対象区間の状況 上: 川浦川、下: 北川



図—1 河道内微地形の測定方法



注) 高さのゼロ点は本研究で任意に設定したものである。

図—2 河床及び水位の縦断面図 上：川浦川 下：北川

る。河道法線は緩やかに湾曲し、対象区間のほぼ中央には明瞭な淵が見られる。

c) 河道内微地形の測定とCGU、ハビタットタイプの特定

河道内微地形の測定は河床と水面の縦断面形状、及び、水面幅について実施した。具体的な測定方法は、既存の文献等^{1)、2)、4)、5)}と著者が米国オハイオ州で参加したハビタットアセスメントの手法等を参考にして考案した。図—1に測定方法を概念的に示した。測定は上流から下流に向かって行った。まず、上流側の測定地点を固定した後ここから次の測定地点までみお筋に沿ってテープを張りながら移動した。前後する測定地点の距離は川浦川ではおよそ5～10mとした。北川では水面や河床の縦断方向の変化点を測定地点とし、前後する変化点間の距離が水面幅のスケールと比べ大きい場合にはその間に測定地点を設定し補完した。各測定地点では、河床高、水深、水面幅を測定し、上流側の測定地点の方位角をコンパスで測定した。河床高の測定はTOPCON社製ローレーティングレーザーRL-Hで行った。ここで、水面幅は測定地点における平均的な流れの方向と直角となるようにテープを張り、このテープ上の左右岸の水際間の距離と定義した。縦断測量と同時にCGUの区分と各CGUに対応するハビタットの特定を行った。ここで、1つのCGUは流れの状況が上下流に前後する異なるCGUと比較して同質と考えられる区間と定義し、現地にて目視により決定した。現地にて区分した各CGUはその場で以下に示すいずれかのハビタットタイプとして特定

した。今回対象としたハビタットタイプは早瀬、平瀬、淵、とろの4つであり⁶⁾、当該CGUが、これら4つのハビタットタイプのいずれかにも該当せず、2つのハビタットの特徴が見られる場合には、早瀬～平瀬、平瀬～とろ、と2つのハビタットタイプを併記することとした。

3. 結果

(1) 河床及び水面の縦断面形状

みお筋における河床と水面の縦断面形状がCGUの区分として各CGUとハビタットの対応にどのように影響しているかを検討するため、図—2に河床と水面の縦断面形状にCGUの区分及び各CGUに対応するハビタットタイプを示した。ここで縦断距離とは、みお筋上の前後する測定地点の直線距離を単距離とし、これを下流方向へ累加した距離として示している。

調査時に目視により特定した各CGUはある程度一定勾配の水面形状を保ち、隣り合うCGUとの境界は水面勾配の変化点となっている場合が多かった、ただし、川浦川のCGU4とCGU5、そして、川浦川のCGU5とCGU6は目視によって異なるCGUと区別されたが、縦断面図上に明確な水面勾配の変化点を認めることができない。また、川浦川のCGU6は目視では一つのCGUと判断されたが、本CGUが他のCGUと比べて非常に長いこと、145m付近に明確な河床形状の頂点が存在することから、本CGUを

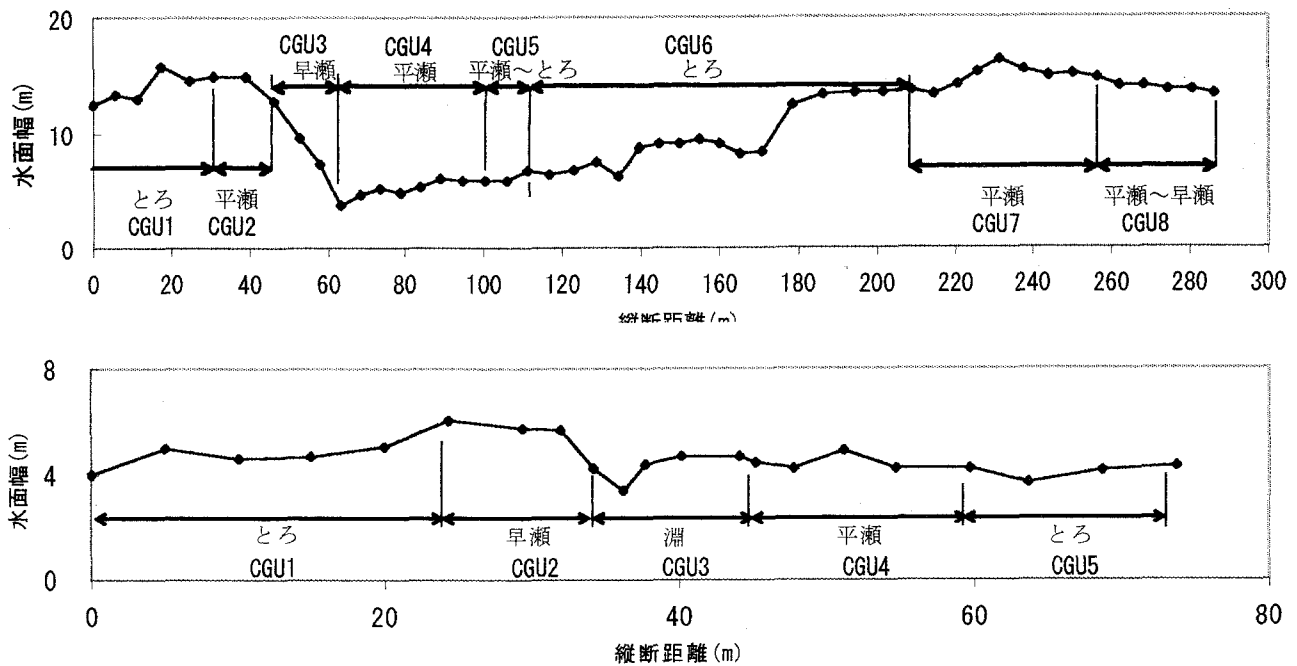


図-3 水面幅の縦断的な変化 上：川浦川 下：北川

この頂点を境界にして2つに区分するかどうか、その取り扱いに課題が残った。

各 CGU とハビタットタイプとの対応関係は水面勾配の大小によって、早瀬もしくは平瀬、淵もしくはところと特定されるが、早瀬と平瀬、平瀬とところ、そして、淵とところとの判別が難しい場合があった。特に、早瀬と平瀬、平瀬とところは2つのハビタットタイプの遷移領域と判断された場合があり、川浦川の CGU 8 は平瀬から早瀬へ、CGU 5 は平瀬からところへの遷移領域と判断された。淵とところとの判別が難しいケースとしては、川浦川の CGU 6 の上流部分、北川の CGU 5 がこれに該当する。双方とも、目視ではところと判断されたが、微地形の測定から予想以上に水深があることが判明し、淵と区分される可能性が生じた。目視によりところと判断したのはそれぞれの CGU の平面形態が直線であり、一般的に淵が発生するような平面的な特徴がなかったことに起因している。

次に、水面幅が各 CGU でどのように変化しているかを検討するため、図-3 に水面幅の縦断的な変化に各 CGU と各 CGU に対応するハビタットタイプを記載して示す。各 CGU の境界は水面幅の変化点と明確に対応していない。また、同一 CGU における水面幅は一定ではない。ハビタットタイプ別に見ても各ハビタットタイプと水面幅には明瞭な対応関係は認められない。しかし、水面幅の流下方向への変化率に着目すると、各タイプ別に一定の傾向が見られる。早瀬では水面幅が流下方向に減少し、ところと淵では流下方向に増加する傾向が見られる。平瀬には一定の傾向が見られない。

次に、各ハビタットタイプ別に、微地形の特徴を表現すると考えられる指標を幾つか抽出し、ハビタットタイプと

各指標の数値との関係を検討する。

(2) 各ハビタットタイプの幾何形状特性

各ハビタットタイプの幾何形状を詳細に検討するため、各 CGU における延長、河床及び水面の上下流端での比高差、河床高、水面高、水面幅の縦断変化（流下方向への変化）、最大・最小水深と水面幅を整理し、ハビタットタイプ別に表-2 に示した。川浦川と北川における各 CGU の延長を見ると、北川の延長は相対的に小さく河川の規模と CGU の延長には一定の対応関係が推定できる。一般に CGU の流下方向の空間スケールは概ね水面幅程度以上と言われることがあるが¹⁾、本調査結果もこれを支持するものとなった。両河川とも、ところに対応する CGU の延長が相対的に長く、早瀬では短い。各 CGU における下流端に対する上流端の縦断勾配を見ると、早瀬と平瀬、ところと淵では明確な違いが認められる。すなわち、前者では勾配が正に対し、後者では負になっている。これは、淵だけでなくところも河床が縦断的に上昇し、当該 CGU の水面を塞ぎ上げることを意味している。水面勾配は全体的に早瀬と平瀬で大きく、ところと淵で小さい傾向が見られ、概ね、ところ→平瀬→早瀬の順に勾配が大きくなる傾向が把握できた。ところの勾配は 0.1% 以下のオーダー、早瀬の勾配は 1% 以上のオーダーであり、平瀬はこの中間的なオーダーとなった。尚、淵は比較的勾配が大きくなっているが、これは延長が短いため、高さ方向の測定誤差が過大に評価された可能性がある。

水面幅の縦断変化率には興味深い特徴が見られる。早瀬の変化率は負でその値が相対的に非常に大きく、水面幅が流下するにつれて急速に小さくなる傾向が理解できる。一方、ところと淵では変化率が正で、特に、淵ではその値が相

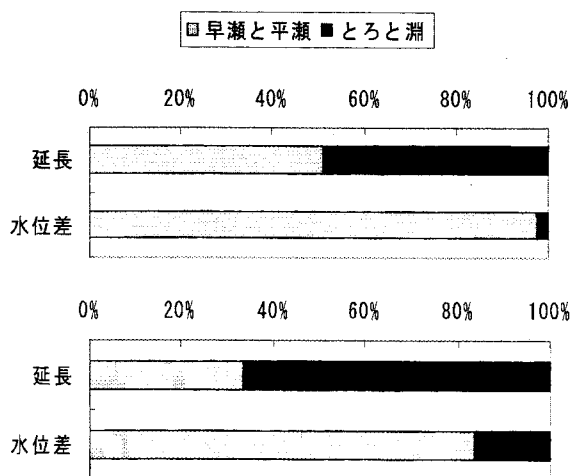
表—2 各CGUにおける幾何形状特性

川浦川	CGU	延長(m)	比高差(cm)		縦断勾配(水面幅は変化率)			水深(cm)		水面幅(m)	
ハビタットタイプ			河床	水面	河床高	水面高	水面幅(%)	最大	最小	最大	最小
とろ	1	30.8	-19	1	-1/162	1/3082	8.1	45	25	15.7	12.4
とろ	6	97.5	-31	1	-1/315	1/9753	7.2	68	19	13.7	6.2
平瀬～とろ	5	10.9	3.5	1	1/313	1/1094	3.7	65	59	6.7	5.9
平瀬	2	15.6	5.5	14.5	1/284	1/108	-13.4	25	15	14.8	12.7
平瀬	7	47.4	4.5	13.5	1/1053	1/351	1.3	27	19	16.2	13.3
平瀬	4	37.1	44.5	14	1/83	1/265	5.4	60	30	5.9	3.8
平瀬～早瀬	8	30.1	17.5	19.5	1/172	1/154	2.3	20	16	13.9	3.8
早瀬	3	16.8	73	56	1/23	1/30	-53.0	33	16	12.7	3.8

北川	CGU	延長(m)	比高差(cm)		縦断勾配(水面幅は変化率)			水深(cm)		水面幅(m)	
ハビタットタイプ			河床	水面	河床高	水面高	水面幅(%)	最大	最小	最大	最小
淵	3	11	-5	4	-1/220	1/275	11.8	72.5	15	5.5	4.2
とろ	1	24.4	-14	1	-1/174	1/2440	8.6	21	4.5	6.4	4
とろ	5	14	-16	0	-1/88	—	0.7	48	33	4.2	3.7
平瀬	4	14.5	33	15	1/44	1/97	-9.0	33	9	4.9	4.2
早瀬	2	9.8	30	10.5	1/33	1/93	-19.4	24	4.5	6.1	4.2

注1) 勾配における—はレベルであることを示す。

注2) 水面幅の変化率とは、単位流下方向距離に対する水面幅の増加距離を示す。



図—4 早瀬と平瀬、とろと淵の調査区間に占める延長と水位差 上:川浦川 下:北川

対的に大きい。平瀬では明確な傾向が認められない。この結果から、両河川では、早瀬における急勾配区間で流れは横断方向に収縮し、淵やとろにおける緩勾配区間で流れは横断方向に拡大していく様が理解できる。水深と各ハビタットタイプについては、とろと淵で最大水深が大きく、早瀬と平瀬で最大水深が小さい傾向が見られた。ただし、川浦川のCGU4のように平瀬でも最大水深が60cmとなる場合がありその関係は明瞭でない。水面幅の大きさと各ハビタットタイプには明瞭な関係が見られない。

最後に両河川の調査区間に対して各ハビタットタイプの占める延長と水位差を検討する。前述したように早瀬と平瀬の区別、とろと淵の区別が難しい場合があるため、ここでは、大きく前者と後者の2つに各CGUを整理しなおし、2つのハビタットタイプに対応する各CGUの延長、水位差の合計値としてグラフに示す。尚、川浦川のCGU5は水面勾配がレベルであることからとろとして扱った。図—

4に結果を示す。川浦川と北川で割合に差はあるが、全区間に占める延長は早瀬と平瀬、とろと淵で同程度かもしくは後者が大きい結果となった。一方、水位差は両河川においてとろと淵で小さく、特に、川浦川では全体に占めるとろと淵の水位差が僅か数パーセントとなっている。

4. 考察

Bb型の河川の場合、目視による各CGUの区分と各CGUに対応するハビタットタイプの特定は、みお筋に沿った河床と水面の縦断形状の測定結果と概ね一致し、目視が感覚的な方法であるにも関わらず、一定の精度を有していることが理解できた。これは、みお筋に沿った河床と水位の縦断形状を測定すると、目視による区分を行わずとも各CGUの区分とハビタットタイプの特定が可能であること意味する。本研究では、みお筋に沿った縦断形状の結果を示し、これを用いて分析を行ったが、川浦川については水面幅の中央点における河床高と水位を同様に測定し、「みお筋における測定」と「水面幅中央における測定」の比較を実施している。この結果、みお筋における測定は河床形状の変化がより明確であること、また、最大水深の把握が可能であることから、前者がより実用的であると判断したことを追記しておく。ただし、横断的に河床が平坦でみお筋の特定が困難な場合には、水面幅の中央点を測定することが実用的なようである。

みお筋に沿った測定間隔は各CGUの流下方向のスケールが概ね水面幅以上であることから、この程度の距離を目安としながら測定間隔を設定し、更に、水面や河床形状の変化点を補足測定点とすれば、各CGUの境界や個々のCGUの特徴も効率的に把握できると考えられる。

各CGUのハビタットタイプを特定する方法については、水面勾配の大きさ、各CGUの上下流端の河床高の差、そ

して、水面幅の縦断的な変化が特性の指標となりそうである。現地における目視、特に、水面の状況からハビタットタイプを特定する方法は当日の天候、例えば、雨や風による影響を受けやすい。河床、水位そして水面幅の縦断図上で、ここで述べた指標を利用しながら各 CGU の区分を行うことが有効かもしれない。

ところで、本検討からハビタットタイプを特定する場合の幾つかの課題が見つかった。以下に要点を箇条書きで示す。

- ① 早瀬と平瀬、平瀬ととろ、とろと淵との区分が難しい場合がある。
- ② 延長の長いとろを河床形状の特徴を元に細区分するべきが難しい。

Bb 型の河川では水面勾配の値が連続的に変化しないため、各 CGU を特定のハビタットタイプに対応させることが可能と考えていたが、実際には、それらの中間的なタイプが存在し、単純に既存のタイプをそのまま当てはめるには限界があるようである。また、川浦川と北川では河川の規模が異なり、同一のハビタットタイプでも延長、水深といった幾何形状の特性の幅が異なっていた。生物のサイズは河川の規模に応じて相似的に拡大・縮小するわけではないから、各 CGU に対応させるハビタットタイプについてももう少しきめ細かい分類が必要であろう。ハビタットタイプの分類方法としては、Bain and Stevens の方法¹⁾、Hawkins の方法⁷⁾、Flosi and Reynolds の方法⁸⁾等があるが、これらの分類手法では、流れを Fast water (速い流れ) と slow water (遅い流れ) に分類し、各分類に対して更にきめ細かいハビタットタイプを設定している場合がある。今後、典型的でないハビタットタイプや同一ハビタットタイプと区分されても水深や流速等の物理量が異なる場合の取り扱いについては実河川のデータを収集し、研究を進める必要がある。

河床形状の特徴から CGU の境界を設定し、ハビタットタイプを区分するという問題は、Bc 型の河川において同様の設定・区分を行うことと同質の問題と考えられる。魚類のハビタットに関する研究事例もそのほとんどが中上流域を対象としたものであり、現在のところこの問題には明確に回答を示すことができない。一般的に中流域で直線化された河道では、平瀬ととろが交互に出現する場合が多く、とろのようなハビタットタイプの詳細な物理構造と生態的な機能についても今後検討する必要があるだろう。

今回の検討では、対象区間の長さの設定についてはあまり考慮しなかった。把握手法の検討が目的であり、幾つかの異なるハビタットタイプが存在することが条件であったからである。ハビタットアセスメントという点では、通常は水面幅や低水路幅の 2 0 倍程度、もしくは、2 蛇行程度の区間を対象とすることが多い。図-4 に示した、各ハビタットの延長や水位差の割合も、対象区間の長さによって異なると考えられるが、日本の中小河川ではこれだけの延長を取ると、途中に横断工作物が調査の障害となることが

多い。対象区間の設定方法も日本の実情を考えた方法を今後検討する必要がある。尚、今回の検討では流量によって変化する CGU の区分とハビタットタイプの特定について言及しなかった。これらの関係と合理的な把握手法については今後の検討項目としたい。

5. 結論

本研究では渡河可能、みお筋が 1 本、Bb 型の河川を対象に CGU とハビタットタイプを河道内微地形の測定を通して把握する方法について検討した。この結果、みお筋の河床と水面の縦断形状の測定から、CGU の区分と各 CGU に対応するハビタットタイプの特定がある程度可能であることが示唆された。しかし、CGU によってはハビタットの特定が難しい場合や、異なる河川間で水深等の物理量が異なるにも関わらず同一のハビタットと特定される等の課題も明らかになった。今後、よりきめ細かいハビタットタイプの設定が必要である。

謝辞

北川における調査では、新河岸川水系水環境連絡会 宮本善和氏をはじめとした多くの方々から、情報の提供、現地の案内等の便宜をいただいた。ここに謝意を表すものである。

参考文献

- 1) Bain, M. B. and Nathalie, J. Stevenson.: Aquatic Habitat Assessment, American Fisheries Society, 1999.
- 2) Harrelson, C.C., Rawlins, C.L. and Potyondy, J.P.: Stream Channel Reference Sites, An illustrated Guide to Field Technique, USDA Forest Service General Technical Report RM-245, 1994.
- 3) 水野信彦、御勢久右衛門：河川の生態学、築地書館、pp.5-13, 1993.
- 4) Rosgan, D.: Applied River Morphology, Wildland Hydrology, 1996.
- 5) Leopold, L.B.: A view of the River, Harvard University Press, 1994.
- 6) 萱場祐一、島谷幸宏：河川におけるハビタット概念とその分類、土木技術資料第 41-7, pp.32-37, 1999.
- 7) Hawkins, C. P. and 10 coauthors: A hierarchical approach to classifying stream habitat feature, Fisheries 18(6), pp.3-12, 1993.
- 8) Flosi, G. and Reynolds, F.L.: California salmonid stream habitat restoration manual, California Department of Fish and Game, Technical report, 1994.

(2002. 4. 15 受付)