

河川における正常流量設定手法に関する 近年の動向と課題—動植物の保全を中心に

ISSUE AND RECENT ATTEMPT OF SETTING METHODS OF RIVER FLOW OBJECTIVES IN JAPAN ESPECIALLY FOCUS ON ECOLOGICAL REQUIREMENTS

島谷幸宏

Yukihiko SHIMATANI

正会員 博士(工学) 建設省土木研究所環境部河川環境研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

It is decided to set River Flow Objectives (RFOs) in class A rivers and class B rivers by the government ordinance for Enforcement of the River Law in Japan. The Setting Methods Guideline of RFOs by Ministry of Construction shows a basic method. But the setting method for ecological requirements is not sufficient. In this report, recent attempt of setting method of RFOs is introduced. The method is Habitat Quality Approach that is one of Biological response modeling. Some habitats are classified for a segment of a river and change of habitat quality by river flow change is estimated. This method is distinguished from IFIM by grasping that habitats are living place for flora and fauna and not to aggregate of physical elements. It provides us very good information to set RFOs.

Key Words: river flow objectives, ecological requirements, environment flow

はじめに

洪水時の流量管理が治水上重要であると同様に、平常時の流量管理は利水・環境上重要である。一・二級河川では河川整備基本方針、河川整備基本計画の中で「流水の正常な機能を維持するために必要な流量」すなわち「正常流量」を設定しなければならない(河川法施行令第10条)。河川砂防基準(案)¹⁾では原則として正常流量は、10ヶ年第1位相当の渇水時において維持できるよう計画するものとなっている。河川法施行令(第10条2項及び3項)で考慮すべき事項として、12項目が挙げられている。これらの項目の中で従来、特に定量化が困難な項目として動植物の生息地又は生育地の状況が挙げられている。しかし近年、河川環境に対する要望が増大し、この項目についても早急に定量化を図り確保すべき流量を設定することが必要となってきた。

本論文では、正常流量の設定時に抱えている、技術的な課題を整理し、特に動植物の生息生育状況および生息生育環境の保護の観点からいくつかの河川で試行的に検討しつつある「流量-生息生育環境モデル」について議論する。

1. 正常流量設定手法の現状

正常流量を設定する際の基本的な考え方を示した手引書として、正常流量検討の手引き(案)²⁾がある。この手

引書は平成4年5月に作成され、河川法改正、近年の知見を加え、第1回改定が平成11年になされた。この手引書は、わが国における正常流量を検討する際の参考として、渇水時に確保すべき流量についての基本的な考え方と標準的手法を定めたものである。そこで、ここでは手引きにおける基本的な考え方を整理する。

(1) 正常流量の定義

流水の正常な機能を維持するために必要な流量(正常流量)とは、流水の占用、舟運、漁業、観光、流水の清潔の保持、塩害の防止、河口閉塞の防止、河川管理施設の保護、地下水位の維持、景観、動植物の生息地又は生育地の状況の等を総合的に考慮し、維持すべきであるとして定められた流量(維持流量)及びそれが定められた地点で代表する区間における流水の占用のために必要な流量(水利流量)の双方を満足する流量であって適正な河川管理のために定めるものと定義されている。

(2) 対象流量

出水時以外の年間を通じての流量を対象とし、流量の変動も含めて正常流量は考えるべきであるとされている。したがって出水時以外の日々の流量が対象となるわけであるが、相当の渇水時においても流水の正常な機能が維持されるのに必要最小限の流量を設定することを基本に述べてある。流量変動も正常流量の概念に含められているが、現在のところ設定手法は確立していないため手引書の中では取り扱われていない。

(3)管理水準

渇水時にも維持すべき流量とされる。手引書の中では安全度についての記述はないが、河川砂防技術基準(案)では、原則として10ヵ年の第1位相当の渇水時において維持できるよう計画するものとある。これは過去に計画された水資源開発が原則として10ヵ年第1位相当を基準として策定されており、水利使用許可もこれを基準に行われており、既得の安全度を尊重することに基づくためである。

(4)設定手法

a)類似区間および代表地点

河川特性が類似した区間ごとに区分し、各区間の河川特性に対応して必要な流量を代表地点に対して設定する。

b)期別

各項目別に年間の流量の変動や動植物の生息・生育環境にもとづき期別に流量を設定する。

c)各項目の算出方法

①「動植物の生息地又は生育地の状況」「漁業」

魚類を対象に、生息場や産卵場所となっている瀬、移動に利用される瀬を対象に流速、水深が確保されるように設定する。またその流量で瀬の面積が確保されているかをチェックする。

②「景観」

代表的な河川景観が得られる場所、人と河川の係わりの深い場所において、流量の変化が景観構成要素に及ぼす影響を把握し、景観の特徴を踏まえ評価基準を設定し、必要流量を設定する。

③「流水の清潔の保持」

河川環境の特徴、水利用、各種基準等を参考に、水質項目(一般にはBODで代表されるが他の項目についても検討する)を設定し、評価基準を設定し必要流量を求める。

④「舟運」

舟運を維持するために、水面幅や吃水深を保つために必要流量を算出する。

⑤「塩害の防止」

流量が減少した場合に塩水の遡上によって用水や地下水等に重大な影響を及ぼさない流量を実態調査あるいはシミュレーションにより設定する。ただし、潮止め堰の設置や取水施設の位置の変更とあわせて検討する必要がある。

⑥「河口閉塞の防止」

必要に応じて、河口閉塞を避けるために流量を確保する。

⑦「河川管理施設の保護」

他の項目から求まる必要流量から見て河川管理施設に支障がないか確認する。

⑧「地下水位の維持」

他の項目から求まる必要流量から見て地下水の維持に支障がないかを確認する。

⑨「観光」「人と河川との豊かな触れ合いの確保」

「観光」については景観や舟運の項目が満たされれば良く、「人と河川との豊かな触れ合いの確保」は舟運、漁業、流水の清潔の保持、景観、動植物の生息地又は生育地の状況から求まる流量が維持されることにより満足

される、として特に求め方は提示されていない。

2. 正常流量設定時のいくつかの課題

手引書にもとづき、正常流量は算定される場合が多いがその際の課題を列挙すると以下ようになる。

1) 流況特性による維持流量の意味の違い

正常流量は一年を通して、流水の正常な機能を維持するための流量であり、各期別(季節や灌漑期・非灌漑期などの別)の渇水時に、ある一定の流量が確保されれば流水の正常な機能は維持されると考えて、渇水時を対象に設定される。これは流量管理を考えた場合の現実論からも首肯できるが、その川の流況によって設定した維持流量の意味合いに差がある事を十分留意すべきである。

図-1に流域面積が同じぐらいで、近傍に位置する仮想の2河川の流況概念図を示した。A河川は水開発が進んだ流況の安定した河川である。一方、B河川は、自然流況に近い河川で、一年間の流量はばらついている。特に、豊水流量時はB河川が多く、渇水流量時はA河川が多くなっている。すなわち流量が豊富な時の水を貯留することによって、渇水時の流量を増加させ、安定的な水利用に供している。

A河川のように流況の安定した河川では、渇水時を対象に維持流量を決めると、年間を通してほとんどその流量が流れるということである。一方、B河川では、渇水時を対象に流量を設定すると、その流量はめったに起きない流量である。10年に1度の渇水にたいして維持流量を考える際には年の格差も考えておく必要がある。

このように流況によって、維持流量の意味は異なる。流量が安定している河川では渇水時といっても通常の流量を決めているのと同様であるし、流量変動の大きい川では維持流量に比べ通常時は多くの流量が流れている。

2) 各項目間の重み

現在の手引書では、項目間の重み付けは特になされていないが、各河川、各区間の特徴に応じて、どの項目に重点をおくべきかは議論されるべきである。(実際には議論されている場合が多いが。)たとえば、流量変動が大きく、渇水時のみに維持流量が流れる河川では、景観などの項目は人間が我慢すれば良いので重要度が落ちるが、生物の産卵期などにあたっていれば重要度は高くなる。一方、設定された維持流量に近い流量が通常も流下するのであれば日常的な活動の比重は増す。以上のように、河川の特性によって項目間の重みを考え

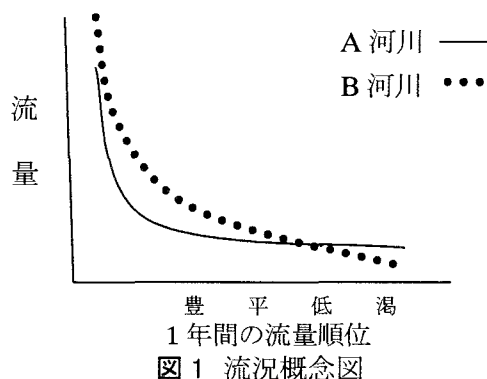


図1 流況概念図

る必要がある。

3) 動植物の保護に関する求め方

手引きでは動植物の保護に関しては、魚類を対象に、水深、水面幅がクリティカルになる瀬で求めることが基本になっている。これについては、3つの課題が挙げられる。第1点は、動植物の保護といいながら魚のみを対象にしている点、第2点は瀬という一つの断面のみを切り取って求めており、河川全体で見えていない点、3番目としては、生息がクリティカルとなるところのみを見ており、生き物の生息生育地を評価していない点である。第1の点に関しては、そこで生息する動植物をトータルで考える事が出来る手法が必要である。また2番目に関しては、河川空間を面的に評価できる手法が必要である。3番目に関してはワンド、クリーク、砂礫地などの生物の生息生育地に対して、評価することができる手法が必要である。

現在提案されている IFIM については、①各魚種個々の計算であるために、他の魚種との関係が無視されている、②各環境指標をそれぞれ独立に扱っている③移動・回遊をはじめとする「行動」をシミュレートできないなどの問題が指摘されており³⁾、前述した1番目、3番目の課題が基本的に解決されていない。

4) 流量変動をどう考えるか

生態系の維持、水質の保全などにとって出水による攪乱が重要である事が近年指摘されている。したがって、ダム等の操作も常に一定に放流するのではなく変動を与える事が重要であると考えられるが、どの程度の流量あるいは頻度で流量が変動すれば良いのかについては十分に知見がなく、今後研究が必要な課題である。

3. 動植物の生息地又は生育地の状況からの維持流量算定手法についての試論

前節の3)で述べたように、動植物の保全に関しては動植物をトータルで考える事、平面的、空間的な検討が必要であること、生息生育地として捉える必要性を指摘したが、本章ではこれらを解決する方法として「流量－生息生育環境モデル」を提案し、その適用性について議論する。

1) 基本的な考え方

流量の変化に対し、生物の「生息生育環境」の質がどのように変化し、それが生物にどのような影響を与えるのかを予測する検討手法である。流量の変化に対する物理・化学的な環境要素の変化に直接着目するのではなく、それらの要素の変化によって「生息生育環境」自体あるいはその質がどのように変化するかということに着目する点が特徴である。したがって、対象とする区間が生物の「生息生育環境」としてどのような特徴を持っているのかを十分に把握し、解析・分析を行うことが重要である。

検討の手順を図2に示す。大きく2つのフローからなっている。左側は、流量が変化することにより、水深、流速、水面幅、底質、水質などがどのように変化するかを水理計算等の数値解析で求めるフローである。どのような環境要素について解析するべきかは右側の生物の軸から求まる。

右側は動植物の生息生育環境を抽出するフローで2つの軸からなる。一つは対象区間の動植物の中から、優先種、貴重種、流量の変化によって影響を受けやす

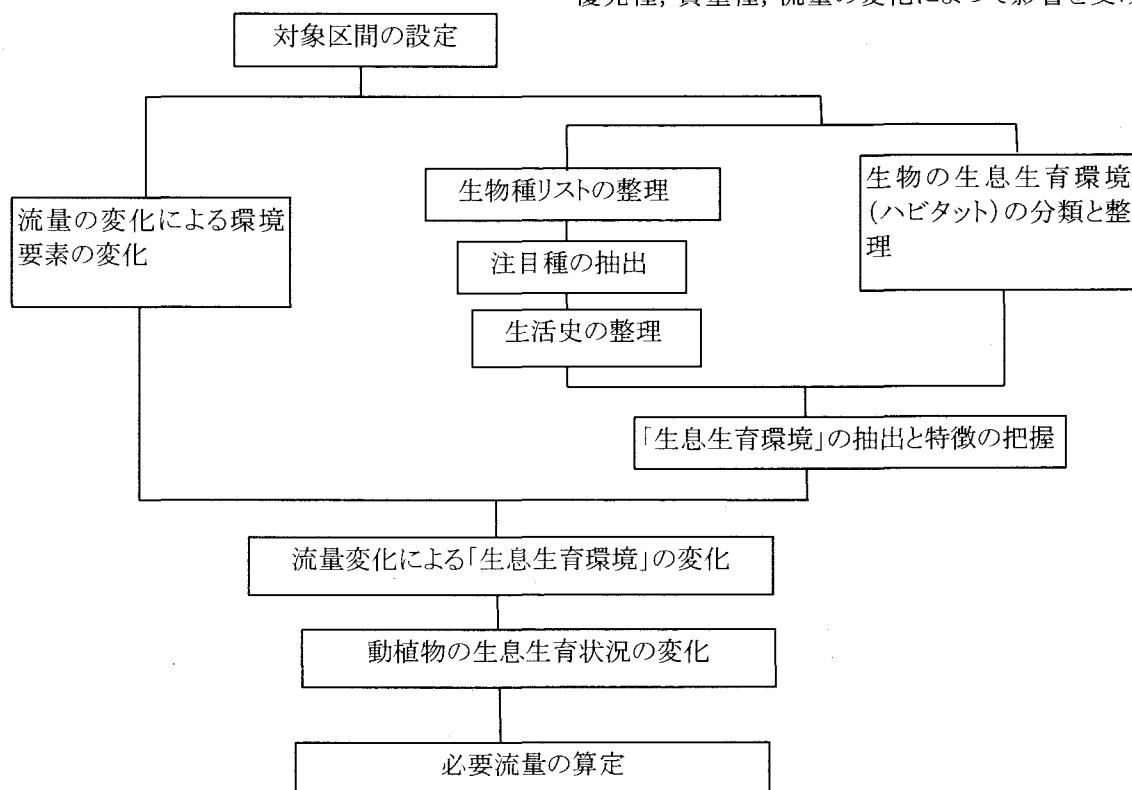


図2 動植物の保全から見た必要流量設定の手順

表 1 「生息生育環境」と生物の関係

生息生育環境	生物との関係
早瀬	アユ、ウグイの産卵場 底生動物の生息場
淵	ナマズ、コイなど多くの魚類の生息場
ワンド	稚魚の生息場 カエル類の生息の場 出水時の非難場
細流	稚魚の生息場 カエル類の生息の場 オオカナダモの生育地
沈水植物生育地 (水深20cm～100cm, 流速80cm以下)	フナ、コイなどの産卵場 稚魚、エビ等の生育場
浅場(水深 15cm以下)	稚魚の生育場
砂レキ地	コアシサシ、ツバメドリの繁殖の場 河原植物の生育地
水際線	魚など

い種、その場の環境を指標する種などの観点から注目種あるいは種群を抽出し、それぞれの生活史を整理し、必要とされる生息生育環境を抽出する。もう一つはランドスケープ的な観点から、瀬、淵、ワンドなどの動植物の生息生育地(ハビタット)を区分する。両者を突き合わせて、生息生育環境を抽出しその特徴(ハビタットごとの環境特性、例えば細流の中の流れが遅いこと、塩分濃度が〇〇程度、孵化してから水塊が海まで到達する時間が△時間以内など)を整理する。

環境要素の変化によって生息生育環境がどのように変化するかを求める。生息生育環境の変化から動植物の生息生育条件の変化を予測し、それらの情報を基に必要流量を算定する。

2) 中流部の例

ここでは、ある河川(C 河川と呼ぶ)における中流部での検討例を紹介する。対象とした区間は、ここ 20 年間河床形態が大きく変化しておらず、瀬、淵、ワンドなど多様な環境が保たれており C 河川中流部の生物の再生産にとって重要と考えられる区間である。

注目種として、C 河川を代表する種として特に流量と関係が強いと考えられる種を選定した。アユ、ウグイ、淡水性のノリ、ササバモ、ヤナギモである。またハビタットとして早瀬、淵、細流、ワンド、浅場、砂レキ地、水際線に区分した。これらの区分により前述した、代表種のほとんどの生息環境は含まれるが、ササバモ、ヤナギモなどの生育地が十分に含まれていないので、沈水植物生育地を加えた。表-1 に生物生息生育環境と生物の関係を示した。生息生育地に着目したことにより多くの生物に対して考慮していることがわかる。

次に、流量変化によって生育生息環境がどのようになるのかを検討した。図3に流量を変化させた場合の水面の状況を示した。計算にあたって、次のような検討を行った。まず8つの瀬を対象とした水理調査から H～Q, H～V を作成し、それをもとに平面的な地形より各流量の水面形、流速を計算した。

図3を見ると、近年20か年の年平均渇水流量 25m³/s

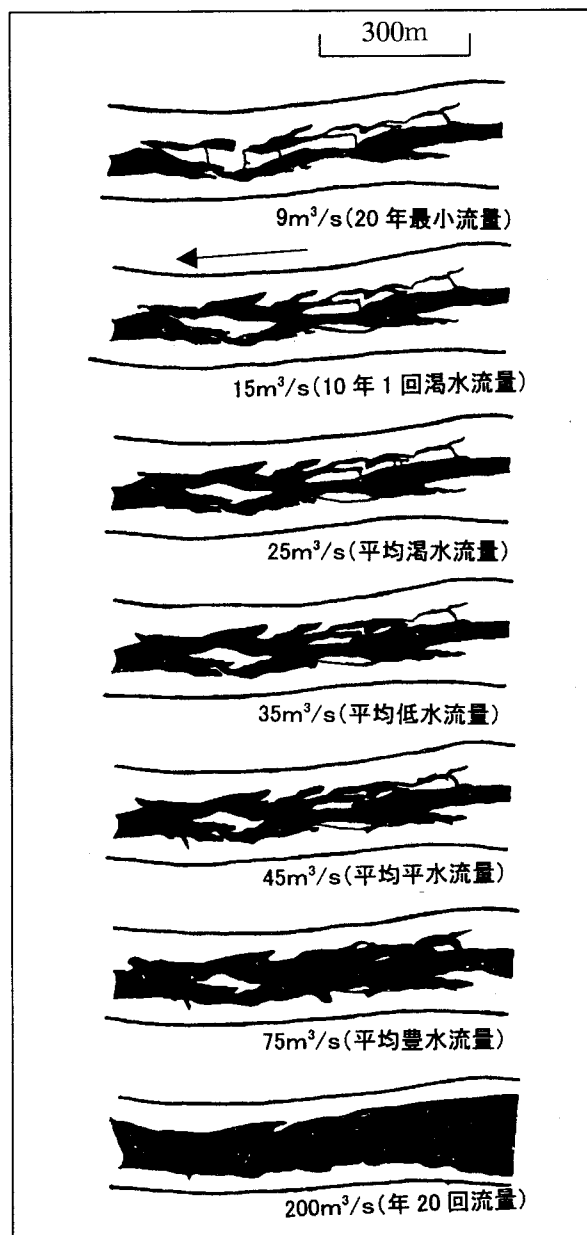


図 3 流量別の水面の状況

時の下流部にある中州に着目すると、流量が増加すると面積は小さく、流量が減少すると大きくなり 9m³/sになると中州ではなくなる。また水際線の入り組みを見ると、流量が多い時にはほとんど入り組みがなく流量が少なくなるとワンドが本流から孤立するようになる様子が読み取れる。

図 4 に流量による早瀬の面積、水深分布を示した。35 m³/s, 45m³/sの実測時の早瀬の縦断方向の延長に、計算で求めた早瀬の横断方向の幅を乗じて求めたものである。早瀬の面積は流量の増加に伴って増加し、75m³/s時になると減少する。これは流量が増え、下流の瀬の背水の影響で砂州が水没し早瀬とならないためである。また 15m³/s以下では、水深 30cm 以上の早瀬はほとんどなくなる。

図 5 に流量別のワンドの面積及び水深分布を示した。ワンドの面積は 45m³/s程度で最大値を示し、9m³/s, 200 m³/sでは極端に小さくなる。

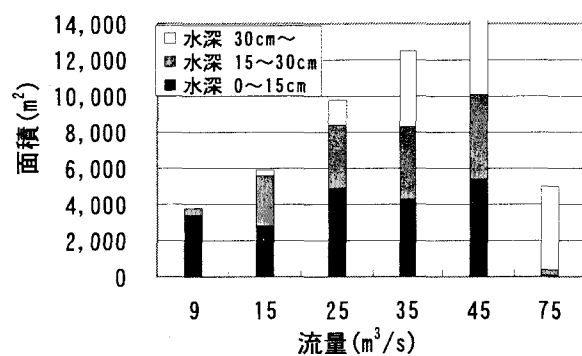
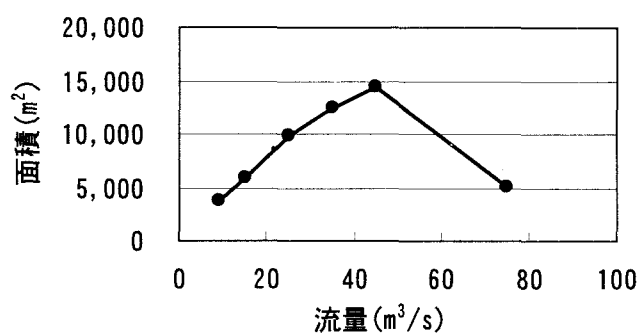


図4 早瀬の面積と水深の分布

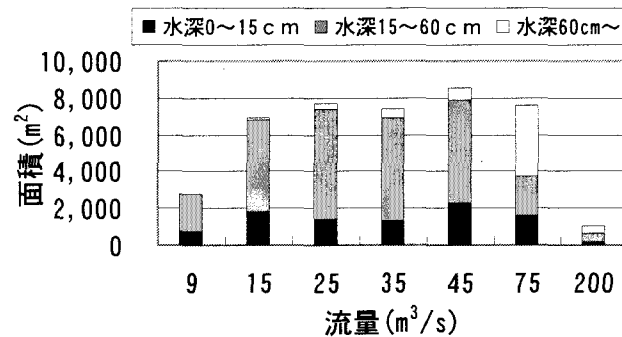
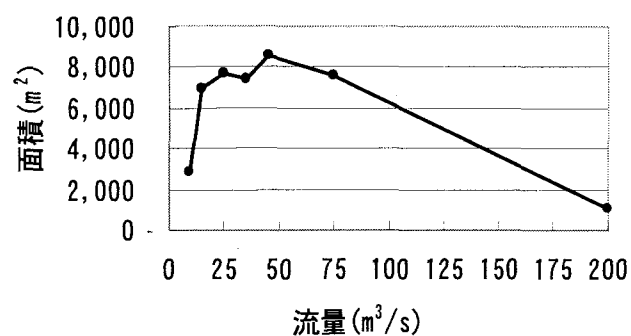


図5 ワンドの面積と水深の分布

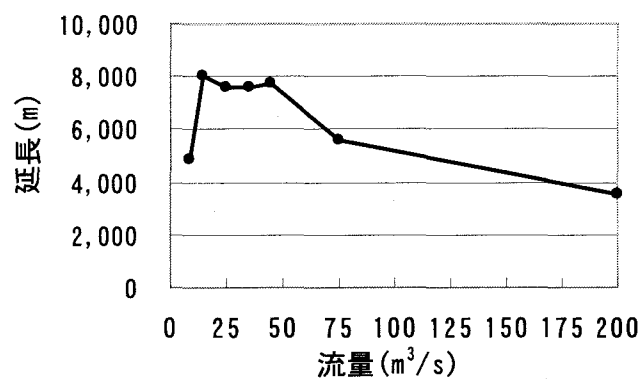
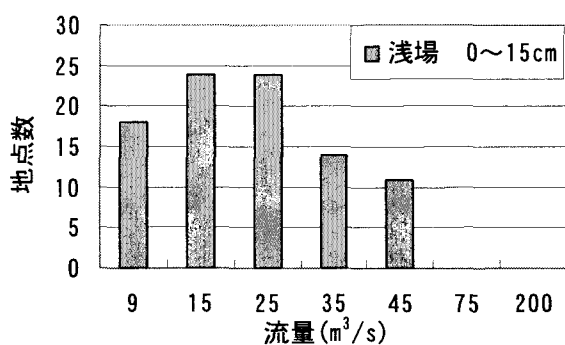


図6 流量と浅場の地点数の関係

図7 流量と水際線の延長の関係

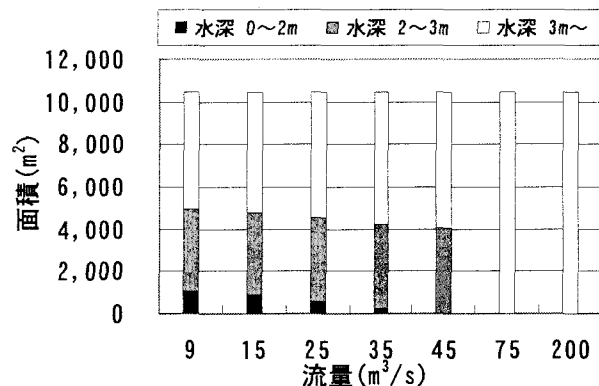
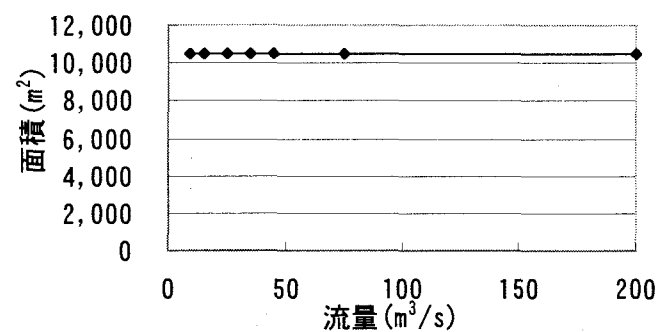


図8 流量と淵の面積、水深分布の関係

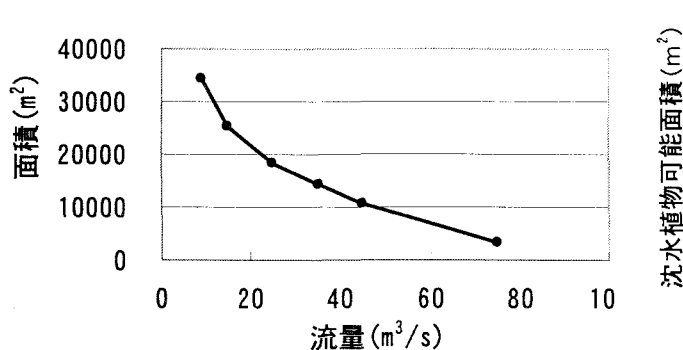


図9 流量と砂礫地の面積の関係

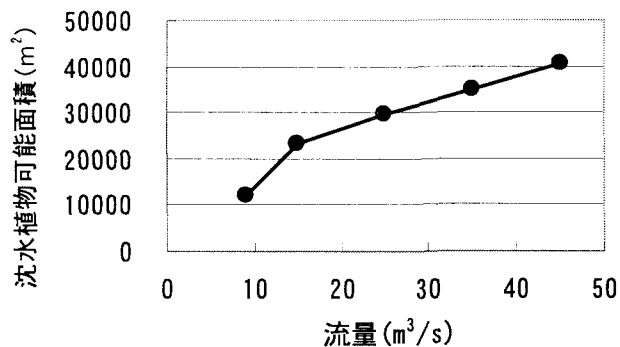


図10 流量と沈水植物生育適地の面積の関係

水深 60cm 以上の比較的深いところがワンド内に生じるのは $25\text{m}^3/\text{s}$ 以上である。

図 6 に浅場の面積を示したが、流量が $35\text{m}^3/\text{s}$ 以上になると減少する。

図 7 に水際線の延長を示した。流量が $9\text{m}^3/\text{s}$ 、 $200\text{m}^3/\text{s}$ で極端に小さい値をとる。

図 8 に淵の面積を示したが、淵の面積は流量にほとんど関係がない。

以上のような検討を行うことにより、それぞれの生息生育環境に依存する生物への影響が予測できる。たとえば、浅場が少なくなれば稚魚の生育場が減少するので、魚類の現存量は減ると考えられる。

また、ここで得られた興味深い結果は、流量が多ければ環境上、良いということでは必ずしもないということである。ワンドの面積、水際線の延長、細流の延長は $9\text{m}^3/\text{s}$ で非常に値が小さく、 $9\text{m}^3/\text{s}$ では少な過ぎることがわかる。浅場は $35\text{m}^3/\text{s}$ になると減少しはじめ、 $75\text{m}^3/\text{s}$ になるとほとんどなくなってしまふ。この結果からは稚魚の育成にとっては流量はあまり多くないほうが良いと考えられる。また瀬の面積、ワンドの深みなどを考えると $25\text{m}^3/\text{s}$ 以上あることが望ましいように思われる。このような結果を総合すると維持流量として $9\text{m}^3/\text{s}$ は少なすぎ、 $25\text{m}^3/\text{s}$ から $35\text{m}^3/\text{s}$ 程度が望ましいのではないかと考えられる。

ここでの分析は一例であるが、図 3 から図 10 を示すことにより、専門家等の議論が可能になる材料が提供できるものと考えられる。

3) 感潮区間

感潮区間では、流量の変化により塩分、流速、水深、底質、水塊が河口まで到達する時間、潮感帯の面積などが変化し、これらの環境要素の変化に直接的に影響を受けると考えられる。中流部で示したハビタットに着目した考え方に比べ環境要素そのものが生物と関係していると考えられる。これは中流部の生物群集は中規模河床波を中心とする河床微地形に強く支配されているのに対し、河口の生物群集は入退潮に強く支配されている。したがって河口部では塩分濃度などの化学的な要素の影響が強くなるためと考えられる。

4) 課題及びまとめ

本論文で示した「流量-生息生育環境モデル」は、そこに生息生育する生物を広く取り扱える点および面的に

環境を考慮できる点で優れている。しかし、この手法で流量の値が定量的に求まるわけではない。流量の決定はこの結果に基づき専門家等で議論する必要がある。その際の判断材料として、ここで示した結果は有効である。

また技術的な課題として、注目種の選定方法、ハビタットの区分と質の評価、ハビタットの質の変化と生物の関係、面的な水理量を計算する場合の面的な地形情報の整備など残された課題も多い。

ただし本手法は、河川環境を単に環境要素の集合としてではなく、生物にとって意味のある「生息生育環境」を評価しようとした点に最大の特徴がある。したがって本手法の利用者は本モデルを使うことによって、生物の生息生育環境への理解が深まる点も重要な観点である。

おわりに

正常流量は河川管理にとって重要であるがこれまでほとんど学問的なアプローチがとられてこなかった分野である。近年、IFIM などの手法が紹介され国内でも研究例が増加していることはまことに歓迎すべきである。本論文では、正常流量の設定手法の現状を紹介しその課題を述べ、最新の検討事例を紹介した。

本手法は動植物の保全からの維持流量設定手法として有力なアプローチと考えているが検討例も少なく、今後さらに解決すべき課題も残されている。正常流量は研究課題としても奥深く興味深い対象である。本論を契機に議論が活発になることを願っている。

本手法の開発にあたっては、多くの人が関係している。実務上の都合もあって、それらの方々の名前をこの時点で記すことができないのはまことに残念である。ここに関係者の方々に深く謝意を表するものである。

参考文献

- 1) 建設省河川局監修: 河川砂防技術基準(案), 山海堂 1997
- 2) 建設省河川局河川環境課, 正常流量の手引き(案), 1999
- 3) 玉井信行, 奥田重俊, 中村俊六編, 河川生態環境評価法, 鹿島出版会, 2000

(2000. 4. 17受付)