

魚類からみた必要流量について

Study on Necessary discharge of rivers from an ichthyological viewpoint

河川における魚類生態検討会

研究第三部 主任研究員 中川芳一

リバーフロント研究所長 小池達男

河川における正常流量は、流水の正常な機能を維持するために必要な流量であり、この流水の正常な機能を維持するために考慮すべき事項として、流水の占用に加え、舟運、漁業、観光、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、等 11 項目が挙げられる。このうち、動植物の生息地または生育地の状況および漁業からの必要流量は魚類を代表として検討されることが多い。このため、魚類および河川の専門家から構成される「河川における魚類生態検討会」を設け、正常流量検討の一環として、魚類からみた必要流量について基本的な考え方と設定方法を検討した。本稿は、この検討会報告書「正常流量検討における魚類からみた必要流量について」を要約したものである。

キーワード：正常流量、代表魚種、必要水理条件

A normal discharge is defined as the river discharge by which various function of the river flow can be ensured properly. Water utilization and another eleven factors are proposed to estimate the normal discharge. These eleven factors include the shipping, fishing, touring, the preservation of desirable water quality, the landscape, and the preservation of habitat. The necessary river discharge to ensure the preservation of habitat and fishing is often estimated by the conditions for fish inhabitation. So, study group on ecological ichthyology in rivers is organized, and a concept and concrete calculation procedure concerning the necessary discharge for the preservation of fish inhabitation are investigated. This report summarizes the group's findings.

Key words: normal discharge, typical fish species, necessary hydraulic conditions

1. 基本的な考え方

1-1 必要流量の考え方

河川における正常流量は、流水の正常な機能を維持するために必要な流量であり、適正な河川管理のために定められる。ここにいう流水の正常な機能とは、渇水時のみならず、1年365日を通じてのものであり、流量の変動も重要な要素として含まれている。すなわち、正常流量は、流量の変動も含めて年間を通じた流水の正常な機能を支える流量といえる。したがって、正常流量の設定にあたっては、河川管理上のさまざまな観点を考慮し、流量変動も含めた総合的な検討を行うことが必要である。

従来、この正常流量検討の一環として、渇水時において維持すべき最低限の必要流量が河川管理上の目安として検討されてきた。このため、本稿では、渇水時における必要流量を検討する際の重要な項目である、魚類の生息の観点からの必要流量について検討した。

1-2 必要流量を検討する場の考え方

河川における魚類の生息（産卵も含む）の場としては、瀬、淵、さらにはワンド、細流、池沼、湧水等が挙げられる（本稿では、ワンド、細流、池沼、湧水等を、本川流水部の瀬、淵と区別して、「本川に付随する環境」と呼ぶ）。これらの生息場は、生息する魚種も異なり、それぞれ特徴をもった場となっているが、いずれも重要な生息場である。これらは、本川の流量により直接・間接の差、程度の大小の差はあれ何らかの影響を受けている。したがって、必要流量の設定に際しては、魚類の生息場となっているそれぞれの場で検討を行い、これらを総合して河川全体としての必要流量を設定することが必要である。しかし、現在のところ、これらの生息場のそれぞれについて必要流量を検討するに十分な知見が蓄積されているとは言い難い。

このため、必要流量設定の一環として、まず瀬を対象として必要流量の検討を行う。こ

れは以下の理由による。

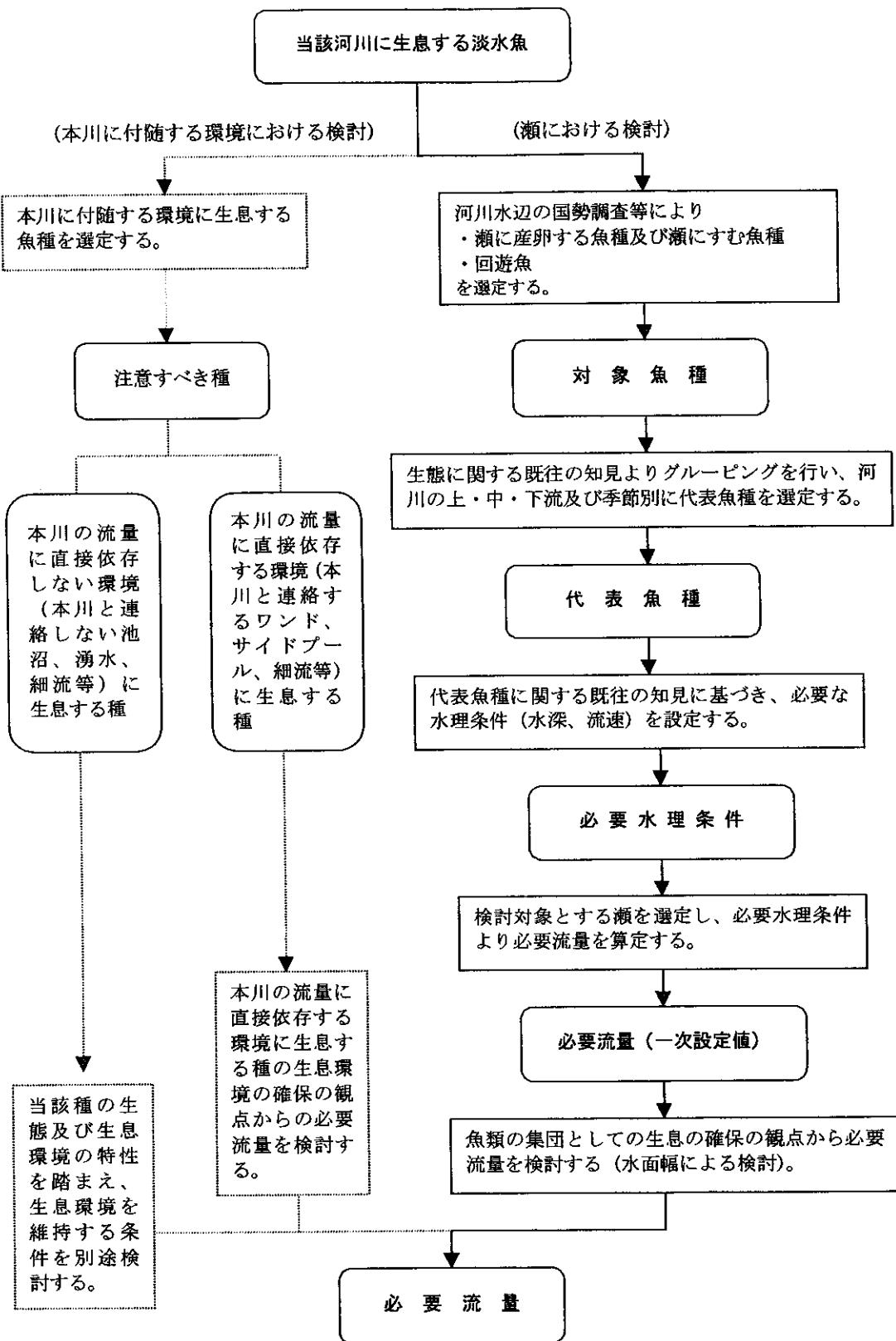
すなわち、瀬は生産力が高く魚類にとって産卵場や採餌場として河川の中で重要な位置を占めており、流量変動の影響を直接的に受け、流量の変動による水深や流速の変化が大きく、かつ魚類の生息や移動のための水深や流速の条件が既往の知見に基づき比較的明確に設定できるからである。

また、本川に付随するワンド、細流、池沼、湧水等も魚類の生息、繁殖の場として重要なものであり、これらの環境には本川の流量の減少によって大きな影響を受けるものもある。このため、これらの本川に付随する環境に生息する魚種は「注意すべき種」として、その生息のために必要な条件が維持されているかどうか十分検討するものとする。

1-3 必要流量の設定方法

必要流量は図-1に示す流れで以下のように設定する。

- ① 当該河川に生息する淡水魚の中から、瀬に産卵する魚種及び瀬にすむ魚種、並びに回遊魚を対象魚種として選定する。対象魚種については、かつて生息していた在来種がいればこれも考慮する。また、本川に付随する環境に生息する魚種を注意すべき種として選定する。
- ② 対象魚種の生態に関する知見に基づき、河川の上・中・下流及び季節別に魚種をグループングし、その中から代表魚種を選定する。
- ③ 代表魚種の産卵、移動等に必要な水深・流速から必要とする水理条件を設定する。代表魚種の必要水理条件は、産卵、移動に支障を及ぼさない水深及び流速とする。必要水理条件（水深・流速）は、代表魚種の生活史に応じて異なるものであるから年間一律でなく期別に設定する。
- ④ 検討対象とする瀬を選定し、流量と水理条件の関係を調査して必要水理条件から必要流量（一次設定値）を算定する。



注) 本報告書では、対象魚種の選定から必要流量の設定までの部分（実線で示した矢印及び事項）を中心として検討しており、それ以外の部分（破線で示した矢印及び事項）については十分な検討を行っておらず、これらの部分については今後より詳細な検討を要する。

図-1 必要流量設定フロー

Fig.1 Necessary River Discharge Determination Process

- ⑤ 魚類の集団としての生息環境の確保の観点からの必要流量の検討を水面幅により行う。すなわち、④で算定した必要流量（一次設定値）でもって魚類の集団としての生息に支障がない水面幅が確保されているか検討する。
- ⑥ 注意すべき種として選定した魚類のうち、本川の流量に直接依存する環境^{注1)}に生息する種の生息環境の確保の観点からの必要流量の検討を行う。
- ⑦ ⑤、⑥の検討結果より必要流量を設定する。

本川に付随する環境に生息する魚種のうち、その生息環境が本川の流量に直接依存する環境に生息する魚種については、その生息場の生息環境の確保の観点から必要流量を検討するが、この際、本川と本川に付随する環境の両方を移動して生活するなど、生活史の一時期に本川に付随する環境を利用する魚種もいることに留意する。例えば、成魚は本川に生息するが、産卵のためワンド等の本川に付隨する環境に移動し、そこで産卵し、卵及び稚仔魚はそこに生息する魚種である。このような魚種は、産卵のため本川に付隨する環境に移動する時期に、そこが本川とつながっていないと産卵ができず、その移動時期における本川と本川に付隨する環境のつながりが重要なとなる。

また、注意すべき種のうち、その生息環境が本川の流量に直接依存しない環境に生息する魚種については、その生態及び生息環境の特性を踏まえて、生息環境を維持する条件を必要に応じて別途検討する。

注 1) 本川に付隨する環境は、多かれ少なかれ、本川の流量の影響を受けるが、このうち、影響が直接的で、程度が大きいもの、すなわち通常は本川と連絡しているが、本川の流量が減るとその連絡が途切れるような本川に付隨する環境を“本川の流量に直接依存する環境”と呼ぶ。これには、ワンド、サイドプール、細流等がある。

2. 代表魚種の選定方法

2-1 地域区分

日本の淡水魚は、種類によって分布域が異なり、特異な分布を示すものもある。したがって代表魚種は地域によって異なるものと考えられる。

河川水辺の国勢調査結果に基づいて、淡水魚（純淡水魚と回遊魚）を対象に魚類の生息分布状況についてクラスター分析を行った結果、淡水魚の生息分布は概ね北海道、東北（東北・関東・北陸）、西南（中部・近畿・中国・四国・九州南部）、九州北部（九州北部）の4地域に分けることが出来る²⁾。また、琉球地域（沖縄・先島諸島）はそれらとは別の地域に区分されることが知られている³⁾。

ただし、クラスター分析では、ムギツク、イトモロコ、ヤリタナゴ、カネヒラ、ヤマトシマドジョウが九州北部地域でのみ多く出現したために九州北部地域が西南地域と区分されている。ところが、これらの魚種は次の2-2に示す対象魚種の条件にあてはまらない。したがって、ここでの検討では、九州北部地域は西南地域に含めることとし、以下の4つの地域区分で進めることとする。

- ① 北海道地域
- ② 東北地域（東北・関東・北陸）
- ③ 西南地域（中部・近畿・中国・四国・九州）
- ④ 琉球地域（沖縄・先島諸島）

2-2 対象魚種の選定

対象魚種は、当該河川に生息する淡水魚類の中から、日本の在来種であり、以下の①又は②に該当する種を選定する。

- ① 瀬に産卵する魚種及び瀬にすむ魚種
- ② 回遊魚

このとき、かつて生息していた在来種があれば、これも対象魚種とする。また、琉球地域については島しょ群を形成し海域との係りが深いため、周縁性の魚種も対象とする。

なお、国内の移入種については、すでに定

着しているものもあるので、ここでは対象魚種に含めているが、個別の河川の検討において対象魚種とするか否かについては、各々個別の判断に委ねるものとする。

2-3 代表魚種の選定

必要流量は、当該河川に生息する対象魚種の生態特性を踏まえて設定することが重要であるが、対象魚種全てについて必要な水理条件を明らかにすることは難しい。一方、対象魚種の生活史を見ると、産卵、生息、移動が空間的、時間的に類似したグループが見られる。このため、生態特性（産卵の時期、場所、遡上・降下の時期、範囲等）から対象魚種をグルーピングし、各グループから代表魚種を選定して、代表魚種の産卵、移動に要する水理条件（水深・流速）から必要流量を求めるものとする。なお、ここでいう産卵期には、産卵から移動が困難な卵・仔魚の期間（前期仔魚期）までを含む。

(1) グルーピング

グルーピングは、対象魚種の産卵・移動等の場の条件及び期間・季節の条件により、次のように行う。

① 場からみた区分（河川の縦断区分）

産卵場所、遡上・降下範囲、主たる生息場所により、上・中・下流を区分する。

② 期間・季節からみた区分

産卵時期、遡上・降下時期により、春、夏、秋、冬を区分する。なお、瀬に通年生息するものについては通年として別に扱う。

参考として、表-1に東北地域の対象魚種をグルーピングした結果を示す。

(2) 代表魚種の選定

(1)のグルーピング結果に基づき、以下の手順で代表魚種を選定する。

① 産卵からの選定

- i) グループ毎に、産卵について最も深い水深を必要とする魚種を選定する。
- ii) i) で選定された魚種について産卵に

必要な流速条件を整理する。

- iii) グループの中で ii) の流速条件を上回る流速を必要とする魚種があれば追加する。
- iv) 選定された魚種の産卵時期が当該季節の一部である場合は残る期間を補間できる魚種を追加する。

なお、必要な水理条件が同等の魚種が複数ある場合には、当該河川における優占度や水理条件に関する知見の信頼度の高い魚種を選定する。

② 移動からの選定

- i) グループ毎に、通年瀬に生息する魚種について、最も体高の高い魚種を選定する。
- ii) グループ毎に、遡上・降下する魚種について最も体高の高い魚種を選定する。
- iii) i)、ii) より体高の高い方を選定する。
- iv) 選定された魚種の遡上・降下時期が当該季節の一部である場合は残る期間を補間できる魚種を追加する。

なお、必要な水理条件が同等の魚種が複数ある場合には、当該河川における優占度や水理条件に関する知見の信頼度の高い魚種を選定する。

③ 代表魚種の選定

①、②で選定された魚種について、必要な水深・流速から見て、より深い水深、より速い流速を必要とする魚種を代表魚種とする。なお、②で選定した魚種の必要水深は体高の2倍程度とする。

以上の考え方従って、東北地域について代表魚種を選定した例を表-2に、各地域別の代表魚種を選定した結果を表-3に示す。なお、表-3には、参考のため対象魚種も例示してある。

ここでは当該地域の全ての対象魚種から代表魚種を選定したため、分布が局地的な魚種も代表魚種として選定されている場合もある。

表-1 東北地域の対象魚種のグルーピング（参考例）
Table 1 Example of Groupings of Subject Fish Species in the Tohoku Area

河川の 断続区分	大きさ	春〔3~5月〕		夏〔6~8月〕		秋〔9~11月〕		冬〔12~2月〕		類に通年生息 移動	
		産卵	遡上・降下	産卵	遡上・降下	産卵	遡上・降下	産卵	遡上・降下		
上流	大										
	中	アマラハヤ エゾウグイ ウグイ アシメドシショウ アカギ アメス・イナ(稚仔魚) サクラマス・ヤマ(稚仔魚) カジカ ハカセイカ ヨシノボリ類								カイ イナ ヤメ	
	小			カリム B型 アマラハヤ エゾウグイ ウグイ アカギ アメス・イナ(稚仔魚) サクラマス・ヤマ(稚仔魚) カジカ ヨシノボリ類	アマス サクラマス エゾウグイ ウグイ アカギ カジカ ヨシノボリ類			アマス サクラマス (卵、稚仔魚) サクラマス・ヤマ(稚仔魚) カジカ			カリム B型 アマラハヤ エゾウグイ アシメドシショウ アカギ カジカ ハカセイカ ホウズハゼ ヨシノボリ類
中流	大	スナツメ シベリアツメ カリツメ ハス オイカワ アマラハヤ マルタ ウクチカクイ ウグイ ニゴイ アシメドシショウ アカギ サケ(稚仔魚) カラフトマス(稚仔魚) カキヨウカジカ カジカ ウツセミカジカ ヨシノボリ類 スマチナフ	↑ サクラマス		↑ アマス カラフトマス サクラマス			↑ サケ カラフトマス			↑ サケ
	中	マルタ ウグイ		ハス オイカワ							
	小	リカギ アユ カマキリ ウツセミカジカ カジカ ニゴイ アシメドシショウ アカギ サケ(稚仔魚) カラフトマス(稚仔魚) カキヨウカジカ カジカ ウツセミカジカ ヨシノボリ類 スマチナフ		カリム B型 アマラハヤ エゾウグイ ウグイ ニゴイ アカギ アシメドシショウ アカギ サケ(稚仔魚) カラフトマス(稚仔魚) カジカ ヨシノボリ類 スマチナフ	カリム アマラハヤ エゾウグイ ウグイ ニゴイ スミカヨリ シマウキヨリ ウツセミカジカ カジカ ヨシノボリ類 スマチナフ		アユ サケ(稚仔魚) カラフトマス(稚仔魚)	アユ サケ カラフトマス (卵、稚仔魚) カジカ ウツセミカジカ			ウクチウグイ ウグイ
下流	大										
	中	スマチナフ									
	小		スマチナフ スミカヨリ ウツセミカジカ ヨシノボリ類 スマチナフ		スマチナフ スミカヨリ ウツセミカジカ ヨシノボリ類 スマチナフ			スマチナフ アユ			

注1) 下線付きは底生魚、注2) 大きさは 大：体高が10cm以上、中：体高が5cm以上10cm未満、小：体高が5cm未満、

注3) 上向き矢印は遡上、下向き矢印は降下を表す

注4) 産卵の()は当該魚類の産卵～前期仔魚期が2つ以上の季節にまたがる場合の生活史を示したものである。

個別の河川においては、このような魚種が生息しない場合もあるので、ここでは各地

域に一般的、広域に分布する魚種も代表魚種として追加している。

表－2 東北地域の代表魚種（参考例）

Table 2 Example of Typical Fish Species in the Tohoku Area

河川の 継断区分	春季 〔3～5月〕	夏季 〔6～8月〕	秋季 〔9～11月〕	冬季 〔12～2月〕	通年
上 流	アメマス・イナ(稚仔魚) 3月 サクラマス・ヤマメ(稚仔魚) 3月 カジカ(産卵) 3月 ウグイ(産卵) 4～5月	ウグイ(産卵) 6月 エゾウグイ(産卵) 7月 アブラハヤ(産卵) 8月	サクラマス(遡上、産卵) 9～10月 アメマス(遡上、産卵) 11月中旬 イナ(卵) 11月中旬～下旬 ヤマメ(卵) 11月中旬～下旬	アメマス・イナ(卵、稚仔魚) 12～2月 サクラマス・ヤマメ(卵、稚仔魚) 12～2月 カジカ(産卵) 2月	ヤマメ(移動)
中 流	サケ(稚仔魚) 3月 サクラマス(遡上) 3～5月 ウグイ(産卵) 4～5月	ウグイ(産卵) 6月 サクラマス(遡上) 6月 ヨシボリ類(産卵) 7月 アメマス(遡上) 7～8月 オイカリ(産卵) 8月	アユ(産卵) 9～10月 サケ(遡上) 9～10月 サケ(遡上、産卵) 11月	サケ(遡上、産卵) 12月 サケ(卵、稚仔魚) 1～2月	ウグイ(移動)
下 流	サクラマス(遡上) 3～5月	サクラマス(遡上) 6月 アメマス(遡上) 7～8月	サケ(遡上) 9～11月	サケ(遡上) 12月	ウグイ(移動)

3. 水理条件の設定方法

3-1 必要水理条件の考え方

魚類の生息に必要な水理条件（水深・流速）の基本的な考え方を以下に示す。

- ① 生息条件として最も重要な時期の一つである産卵期の水理条件（水深・流速）を必要水理条件とする。
- ② 年間を通じて、瀬に通年生息する魚種の移動に必要な水深を必要水理条件とする。必要水深は体高の約2倍を目安とする。なお、最小限の水深として10cmは確保する。
- ③ 遷上・降下について、遷上・降下に必要な水深を必要水理条件とする。必要水深は体高の約2倍を目安とする。なお、最小限の水深として10cmは確保する。

3-2 代表魚種の必要水理条件

既存の文献資料から、代表魚種の必要水理条件を整理した。結果を表－4に示す。整理に当っては次のような考え方によった。

- ① 必要水理条件が幅を持って示されている場合は、下限値を採用した。

② 文献により必要水理条件が異なる場合は、原則としてより大きい値を採用した。ただし、水理条件が他の文献と著しく異なるものは除外した。

- ③ 必要水理条件の知見が得られない場合は、原則として近縁種（代替種と称す）の値を用いた。
- ④ 降海型と陸封型で成魚の大きさの異なる魚種（アメマス・イワナ、サクラマス・ヤマメ、サツキマス・アマゴ）については、産卵時の必要水理条件は、それぞれの条件（流速、水深）とするが、卵、稚仔魚の期間の必要水理条件は同じとし、陸封型の条件（流速、水深）とするものとした。
- ⑤ 必要水深を体高の2倍とするに当っては、水深は5cm単位とした。

なお、これらの水理条件は、今後の新たな知見に基づき、適宜見直しを図るべきものである。

表-3 地域別の代表魚種と対象魚種（参考例）

Table 3 Example of Typical and Subject Fish Species for Each Area

区分	対象地域	代表魚種	対象魚種	
北海道	北海道	ウグイ ジシャモ* アユ* イトウ* オショロコマ* ミハエイナ* アメマス・イワナ サケ カラフトマス* サクラマス・ヤマメ ハナカジカ	ヤツメウナギ科 ウナギ科 コイ科 トジショウ科 キュウリウオ科 アユ科 サケ科 カジカ科 ハゼ科	スナヤツメ、シベリアヤツメ、カワヤツメ ウナギ マルタ、エゾウグイ、ウグイ フクトジショウ ジシャモ、キュウリウオ、ワカサギ アユ イトウ、オショロコマ、ミハエイナ、アメマス・イワナ、サケ、カラフトマス サクラマス・ヤマメ カニキョウカジカ、ハナカジカ、エゾハナカジカ スミウキゴリ、シマウキゴリ、ウキゴリ、ヨシノボリ類、スマチチフ
東北	東北、関東、北陸 (太平洋側は相模川以東、日本海側は小矢部川以東)	オイカリ アブラハヤ エゾウグイ ウグイ アユ アメマス・イワナ サケ サクラマス・ヤマメ カジカ ヨシノボリ類	ヤツメウナギ科 ウナギ科 コイ科 トジショウ科 アカサギ科 キュウリウオ科 アユ科 サケ科 カジカ科 ユコイ科 ハゼ科	カスナヤツメ、シベリアヤツメ、カワヤツメ ウナギ、オウナギ ハス、オイカリ、カワムツB型、アブラハヤ、ウケクチウグイ、マルタ、 エゾウグイ、ウグイ、ニゴイ アシメトジショウ アカサギ ワカサギ アユ アメマス・イワナ、サケ、カラフトマス、サクラマス・ヤマメ ユゴイ カマキリ、カジカ、ウツセミカジカ、カニキョウカジカ、ハナカジカ スミウキゴリ、シマウキゴリ、ウキゴリ、ボウズハゼ、ヨシノボリ類、スマチチフ
西南	中部、近畿、中国、四国、九州 (太平洋側は狩野川以西、日本海側は手取川以西)	ウグイ ニゴイ アカサギ アユ イワナ サケ* サクラマス・ヤマメ サツキマス・アマゴ ウツセミカジカ オオクチユコイ* ヨシノボリ類	ヤツメウナギ科 ウナギ科 コイ科 トジショウ科 アカサギ科 キュウリウオ科 アユ科 サケ科 カジカ科 ユコイ科 ハゼ科	スナヤツメ、カワヤツメ ウナギ、オウナギ ハス、オイカリ、カワムツB型、アブラハヤ、ウグイ、コウライニゴイ、ニゴイ アシメトジショウ アカサギ ワカサギ アユ イワナ、サケ、サクラマス・ヤマメ、サツキマス・アマゴ、ヒワマス ヤマノカミ、カマキリ、カジカ、ウツセミカジカ オオクチユコイ、ユゴイ スミウキゴリ、ウキゴリ、ボウズハゼ、ヨシノボリ類、スマチチフ
琉球	沖縄・先島諸島	リュウキュウアユ オオクチユコイ ボウズハゼ ヨシノボリ類	ウナギ科 アユ科 ワカサギ科 ユコイ科 ハゼ科	ウナギ、オウナギ リュウキュウアユ イッセンヨウジ オオクチユコイ、ユゴイ テンジクカワハゼ、タカハゼ、ミハゼ、クロミハゼ、イハゼ、 ヨロイハゼ、ルリボウズハゼ、ボウズハゼ、ナンヨボウズハゼ、ヨシノボリ類、ナガノゴリ

注1) *の魚種は対象地域においては分布が局地的な魚種である。

注2) 対象魚種の分類体系は、中坊編集「日本産魚類検索」(東海大学出版会、1993)に従った。

- 上記文献ではイワナ (*S. leucomaenoides*) は、アメマス、ニッコウイワナ、ヤマトイワナ、ゴギに分けられている。しかし、過去の文献ではそれらはイワナとして一括して表記されていることが多いため、ここでは陸封型のものをイワナ、降海型をアメマスと表記した。
- 現在ではヨシノボリは9種以上の種が含まれる複合種群であることが明らかにされている。しかし、過去の文献ではヨシノボリとして一括して表記されていることが多いため、ここではヨシノボリ類としてまとめて表記した。
- 最近の研究によるとウツセミカジカは2種に別けられるようであるが、未だ印刷発表されていないので、ここでは従来のままとした。

表-4(1) 代表魚種の必要水理条件（参考例）

Table 4 Example of Necessary Hydraulic Conditions for Typical Fish Species(1)

魚種名	産卵箇所の流速(cm/s)	産卵箇所の水深(cm)	移動時の水深(cm)	成魚の全長(cm)	成魚の体高(cm)	産卵期	稚仔魚の発生	産卵方法
オイカワ	5	10	10	15	3.0	関 5~8月 山 5~8月 西 5~8月	2~4日で孵化孵化後3~4日を産卵床内で過ごす	河床の砂礫に産卵
アブラハヤ	代替種のオイカワと同程度と推定(5)	代替種のオイカワと同程度と推定(10)	10	13	2.4	3~8月	1週間で孵化し、浮上した仔魚は淵尻などの淀みに集り表層に群れている。	砂泥底または砂礫底で産卵
エゾウグイ	代替種のウグイと同程度と推定(30)	代替種のウグイと同程度と推定(30)	10	25	4.5	北 5~7月 東 5~7月	ウグイと同じと推定	ウグイとほぼ同様だが、吻を突こんですりばち状の産卵床を形成することもある
ウグイ	30	30	15	30	6.0	北 5月下旬~7月 東 4~6月 関 4~6月 西 2~5月 山 4~5月	約1週間で孵化さらに10日ほど砂利の中で過ごしたのち浮上	浮き石状態の河床の礫に産卵
ニゴイ	—	30	20	50	8.7	東 4~7月 南 4~6月	3~4日で孵化孵化後約5日で黄卵は吸收	砂礫底に産卵(直径50cm位の石があつても良い)
アカザ	かなり速いと記載があるため30cm/sと推定	—	10	10	1.5	東 5~6月 関 5~6月 西 5~6月 山 5~6月	8~9日で孵化	瀬の石の下にゼリ一質でおおわれた卵を卵塊として産みつける
シシャモ	—	60	10	12~18	2.0~3.0	北 10月下旬~12月上旬	自然条件下ではおよそ150日で孵化	河床の0.3~5mm程度の石礫に産卵
アユ	60	30	15	30	5.5	北 8月下旬~9月 東 9~10月 関 10~11月 山 9月下旬~11月中旬 西 10月下旬~12月	2週間程度で孵化、その後流下	河床の砂礫に産卵
リュウキュウアユ	30	10	10	20	3.4	琉 12~2月	アユと同じと推定	河床の砂礫に産卵
イトウ	かなり速いと記載があるためカラフトマスと同程度と推定(35)	35~55	35~55	100~150	17.3~26.0	北 4~5月	稚仔魚は7月末~8月上旬に礫中から浮上	河床に産卵床を形成し産卵。産塊の上に乗せられる砂礫の量は少ない
オショロコマ	代替種のミヤベイワナと同程度と推定(50)	代替種のミヤベイワナと同程度と推定(70)	10	20	3.8	北 10~11月	稚仔魚は4月には礫中から浮上	河床の砂礫のすき間に産卵床を形成し、産卵、その後砂礫で埋める。

表-4(2) 代表魚種の必要水理条件（参考例）

Table 4 Example of Necessary Hydraulic Conditions for Typical Fish Species(2)

魚種名	産卵箇所の流速 (cm/s)	産卵箇所の水深 (cm)	移動時の水深 (cm)	成魚の全長 (cm)	成魚の体高 (cm)	産卵期	稚仔魚の発生	産卵方法
ミヤベイワナ	50	70	10	25	5.0	北 10~11月	稚仔魚は4月には礫中から浮上	河床の砂礫のすき間に産卵床を形成し、産卵、その後砂礫で埋める。
アメマス	5	25	25	70	12.5	北 9月下旬 ~10月中旬 東 10~11月 上旬	稚仔魚は2月中旬 ~3月中旬に礫中から浮上	河床に産卵床を形成し産卵。その後砂礫で埋める。
イワナ	5	15	15	30	5.8	東 10月下旬 ~11月上旬 関 10月下旬 ~11月上旬 西 10月中旬 ~11月上旬 山 10月中旬 ~11月上旬	稚仔魚は4~5月に礫中から浮上	河床に産卵床を形成し産卵。その後砂礫で埋める。
サケ	20	30	30	65	14.2	北 9~11月 東 10月中旬 ~12月 関 10月中旬 ~12月 山 10月中旬 ~12月	稚仔魚は3~5月に礫中から浮上	河床を掘り産卵床を形成し産卵。その後砂利で覆う。
カラフトマス	35	30	30	55	14.4	北 9月中旬 ~10月中旬	稚仔魚は4~5月に礫中から浮上	河床を掘り産卵床を形成し産卵。その後砂利で覆う。
サクラマス・ヤマメ	20	30[サクラマス] 15[ヤマメ]	30 15	60 [サクラマス] 30 [ヤマメ]	13.9 [サクラマス] 7.4 [ヤマメ]	北 8月中旬 ~10月上旬 東 9~10月 関 10月中旬 ~11月中旬 山 10月中旬 ~11月中旬	稚仔魚は4~5月に礫中から浮上	河床を掘り産卵床を形成し産卵。その後砂利で覆う。
サツキマス・アマゴ	30	20[サツキマス] 15[アマゴ]	20 15	50 [サツキマス] 25 [アマゴ]	10.1 [サツキマス] 5.5 [アマゴ]	西 10~11月	稚仔魚は3~5月に礫中から浮上	河床を掘り産卵床を形成し産卵。その後卵を砂利で覆う。
カジカ	10	代替種のカシキヨウカジカと同程度と推定 (20)	10	15	2.8	東 2~6月 上旬 関 2~5月 山 2~4月 西 2~4月	約28日で孵化孵化後直ちに底生生活	石礫底の空所のある大型の石の下面(天井)に産卵
ウツセミカジカ	10	代替種のカシキヨウカジカと同程度と推定 (20)	10	17	3.2	東 1月中旬 ~5月中旬 関 1~5月 中旬 山 1月上旬 ~3月中旬 西 1~3月	約28日で孵化孵化後浮上して流下	
ハナカジカ	10	30	10	15	3.0	北 4月中旬 ~5月中旬	15~16日で孵化、孵化後直ちに底生生活	大型の石礫が産卵する箇所の空所のある浮石の天井に産卵

表-4(3) 代表魚種の必要水理条件（参考例）

Table 4 Example of Necessary Hydraulic Conditions for Typical Fish Species(3)

魚種名	産卵箇所の流速 (cm/s)	産卵箇所の水深 (cm)	移動時の水深 (cm)	成魚の全長 (cm)	成魚の体高 (cm)	産卵期	稚仔魚の発生	産卵方法
オオクチュゴイ	河川では産卵しない	15	28	7.9			河川では産卵しない	
ボウズハゼ	代替種のヨシノボリ類と同程度と推定(10)	20	10	12	1.8	琉 6~8月	2日以内で孵化孵化後直ちに流下	大きな石の下の天井の部分に産卵
ヨシノボリ類	10	20	10	10 [オオヨシノボリで代表]	1.3 [オオヨシノボリで代表]	北 5~7月 東 5~7月 関 5~7月 山 5~8月 西 5~8月 琉 5~7月	約84時間で孵化、孵化後直ちに流下	河床の石の下に砂を除去して巣を作り、石の天井に産卵

1) 産卵期の欄の略称は以下の地域を示す。

北海道地域	.....	北
東北地域	.....	東
東北・北陸地方	.....	東
関東地方	.....	関
西南地域	.....	西
中部・近畿・山陽・四国・九州地方	.....	西
山陰地方	.....	山
琉球地域	.....	琉

東北地域、西南地域については、他の地域より河川ごとに遡上・産卵の時期の差が大きいので、東北地域は、関東と東北・北陸に、西南地域は、中部・近畿・山陽・四国・九州と山陰に分けて示した。

- 2) 産卵箇所の水深で、() の水深は表中に記した代替種の水深である。
- 3) 産卵箇所の流速で、() の流速は表中に記した代替種の流速である。
- 4) 成魚の全長は、「川那部・水野編・監修、日本の淡水魚、山と渓谷社、1989」による。
- 5) 成魚の体高は、「川那部・水野編・監修、日本の淡水魚、山と渓谷社、1989」の図版より全長と体高の比を計測し、全長から推定した。

3-3 必要水理条件の設定

魚類の生息に必要な水理条件は、当該河川で選定された代表魚種の必要水理条件より、河川の縦断区分別、期別に設定する。必要水深は産卵及び移動に必要な水深の最大値を包絡した値とする。必要流速は、産卵時に必要な流速の最大値を包絡した値とする。

なお、必要水理条件はもともと幅のある値から標準的なものを例示したものであるから、必要水理条件（水深・流速）の設定にあたっては、当該河川における魚の分布や瀬の水深、流速の状況を把握し、学識経験者の意見も踏まえて各河川において適切な基準を設定することが必要である。

東北地域を例として代表魚種の必要水理条件に基づき作成した必要水深図及び必要流速図を図-2に示す。

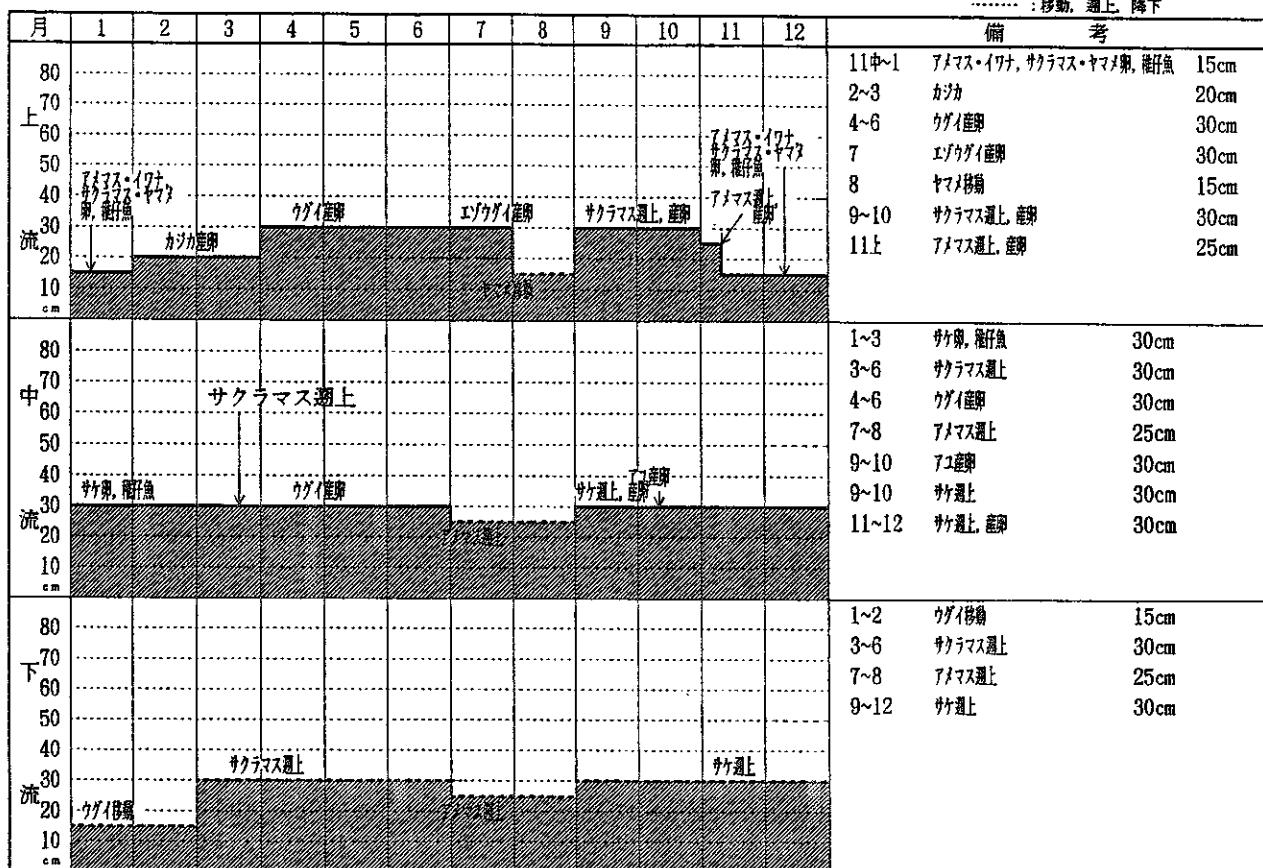
4. 必要流量の設定方法

4-1 検討箇所の設定

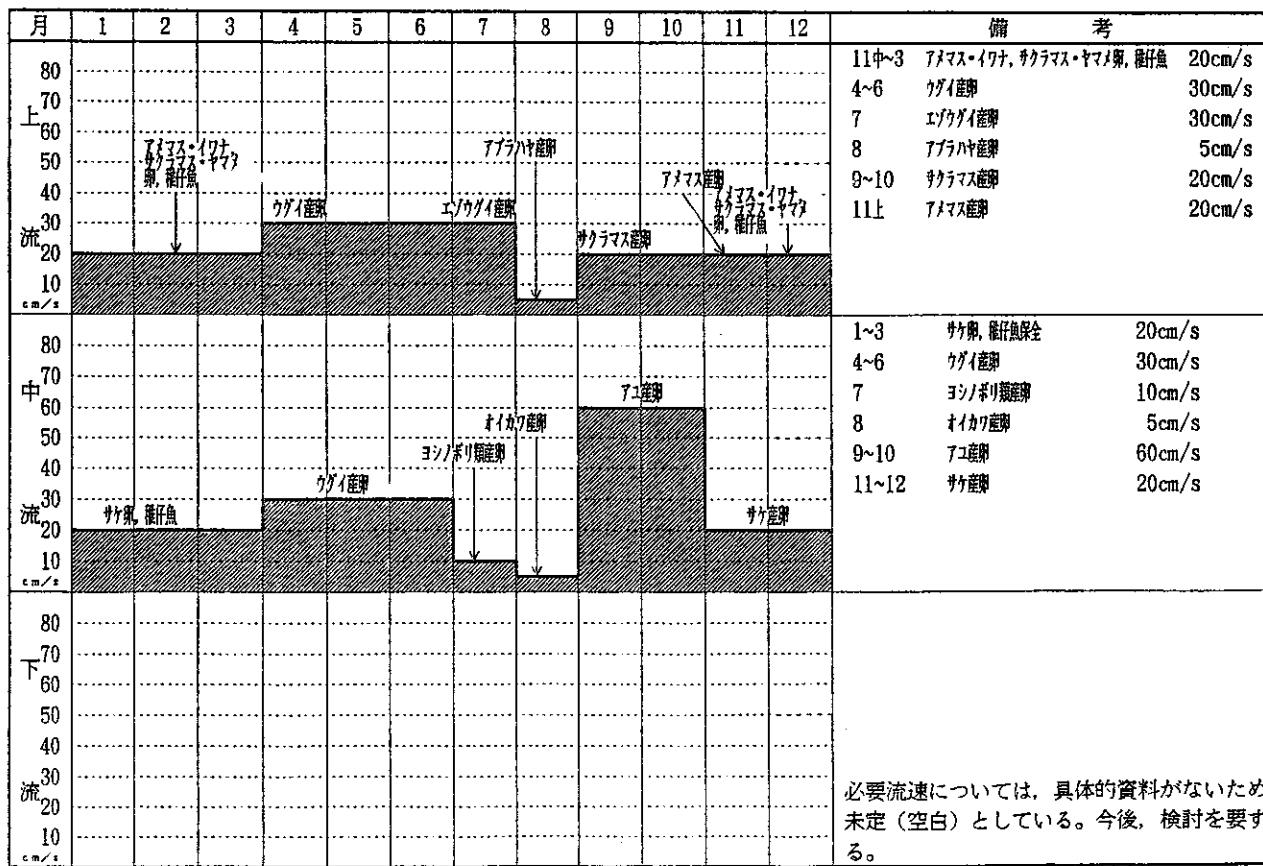
検討箇所は、河川の縦断区分（上・中・下流）別に、代表魚種の生息場所や産卵場所となっている瀬及び移動に利用される瀬で、流量の変化による水深、流速等の変化が大きい瀬を設定する。

瀬の形状は多様であり、地点によって流量と水深、流速等の関係が大きく異なるため検討箇所の設定に当たっては、当該河川の瀬の

凡例
 ■ : 当該地域に一般的に生息する
 代表魚種の必要水深・流速
 — : 蛹卵、卵、稚仔魚
 : 移動、遡上、降下



() は、カッコ内の魚種生息の場合



必要流速については、具体的資料がないため未定(空白)としている。今後、検討を要する。

() は当該の魚種が生息する場合

図-2 東北地域における代表魚種の必要水深・流速(参考例)

Fig.2 Example of the Necessary Hydraulic Conditions (Water Depth and Current Velocity) for Typical Fish Species in the Tohoku Area

状況をよく観察し、実際に産卵場所を確認するなどして、代表性の高い瀬を設定し、特異な瀬で必要流量を決めるとの無いよう配慮する。

4-2 水理条件と流量の関係曲線の作成

設定した検討箇所毎に、種々の流況のもとで水深、流速の測定を行い、流量を算定し、水理条件（水深・流速）と流量の関係曲線を作成する。

(1) 水深・流速及び流量の測定

瀬における水深、流速の測定は、瀬が一様に近い状態の場合には1箇所、局所的に変化が見られる場合には2箇所で測線を設定し、それぞれの測線で平均水深、平均流速を測定する。

各測線上に複数の測点を設定し、平均水深は各測点の水深の相加平均として、平均流速は各測点の流速の支配断面積の加重平均とする。また、各測点での流速と支配断面積より流量を算定する。このとき、測点は、測線上で等間隔に、なるべく数多く採ることが望ましい。

なお、早瀬においては伏流が生じている場合もあり、このような場合は測定流速からの算定では正確な流量測定が出来ない。このため、直上流の平瀬でも測定を行い、この上流の平瀬での流量測定結果や上流基準点の流量から早瀬での測定流量の確認を行っておくことが必要である。

(2) 水理条件（水深・流速）と流量の関係曲線の作成

種々の流況のもとで測定された流量と平均水深、平均流速の測定結果から水理条件と流量の関係曲線を作成する。現地測定の測定範囲外における水深、流速と流量の関係は、必要に応じ等流計算等の計算により作成する。

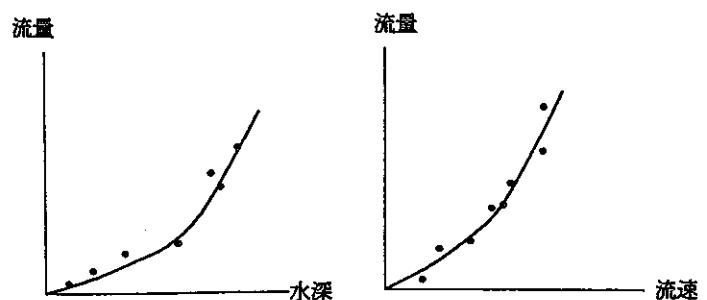


図-3 水理条件と流量の関係曲線

Fig.3 Relational Curves Between Hydraulic Conditions and River Discharge

4-3 必要流量（一次設定値）の算定

必要流量（一次設定値）は、検討箇所毎に4-2で作成した水理条件と流量の関係曲線から必要な水理条件に対応する流量として算定する。すなわち、産卵場所になっている瀬においては、代表魚種の産卵に必要な水深・流速条件から必要流量の一次設定値を算定し、また、移動に利用される瀬においては、代表魚種の移動に必要な水深条件から必要流量の一次設定値を算定する。

4-4 水面幅による検討

必要流量の算定の基準とした水深と流速は、個々の魚の生息と移動の条件を満たすものであっても、河川の大小に応じた魚類の集団としての生息環境を確保するものではない。なぜならば、集団としての生息環境を確保するには、大河川においては、小河川よりも相対的に大きな水面幅を必要とすると考えられるが、ここまで算定には河川の規模は考慮されていないからである。したがって、必要流量の設定に当っては、当該河川の規模に応じた、集団としての魚類の生息と移動に支障のない水面幅が確保されているかを検討する必要がある。

その検討方法としては、次のような方法が考えられる。

- ① 当該河川において、既往の渇水時にお

ける水面幅と、その時の魚類への影響に関する調査資料があれば、その調査資料をもとに魚類の生息と移動に支障のない水面幅となっているかどうか検討する。

- ② このような調査資料がない場合は、検討対象とした瀬の横断面図に必要流量（一次設定値）より推定した水面幅を記入し、この水面幅で当該河川の魚類が集団として支障なく生息し、かつ移動することが可能かどうかを以下のような比較考察を通して検討する。

瀬の横断面図に当該河川の10年間の最低流量、最少渇水流量、平均渇水流量、平均低水流量などに対応する水面幅を図示し、水面幅が急変するときの流量に着目し、必要流量（一次設定値）より推定した水面幅と比較し、魚類が集団として支障なく生息し、かつ移動が可能かどうかを検討する。

現在のところ、水面幅と魚類の生息や移動との関係に関する調査研究は乏しく、魚類が集団としての生息や移動に支障のない水面幅となっているかどうかは、専門家の判断に委ねざるを得ない。このため、それぞれの河川で上記のような流量と水面幅の関係を整理した上で、専門家の判断を仰ぐことが望ましい。

なお、河川の大小と魚類の集団としての生息・移動に支障のない水面幅との関係については、上述したような渇水時の影響調査などにより知見の充実を図り、より適切な検討方法していくことが必要である。

4-5 必要流量の設定

以上の検討より、代表魚種の必要水理条件（水深・流速）を満足し、かつ集団としての生息に支障のない水面幅を確保ができる流量として瀬における必要流量が設定される。

この瀬における必要流量に対し、ワンド、サイドプールなどの本川の流量に直接依存する環境に生息（産卵を含む）する魚種の生息環境の確保の観点からの検討を行い、必要流

量を設定する。

この検討については、その環境の特性や生息条件等の生態についての知見の充実を図り、適切な検討方法を確立することが必要である。

なお、この検討の1つの方法として以下のようないくつかの検討が考えられるため、参考として示しておく。

必要流量（一次設定値）のもとで、本川の流量に直接依存する環境の水位や本川との連絡の状況などを推定し、そこを生息や産卵に利用する魚種の利用に支障がないものとなっているかどうかの検討を行い必要流量を見直すという方法である。

5. おわりに

本稿では、正常流量の検討における魚類からみた必要流量について、基本的な考え方と設定方法についての検討結果をとりまとめた。

検討に用いた魚類等に関する知見は、現時点での知見であり、今後の調査、研究等により知見の充実、蓄積を図り、逐次必要流量の設定方法の見直しを図っていく必要がある。

本稿では、渇水時における必要流量について検討したが、通常の河川においては、普段は渇水時を大きく上回る流量があり、また、それらは大きな変動を有している。魚類の生息は、河川のこのような流況に支えられており、平常時にはより豊かな流量及び流量の変動が必要であることは言うまでもなく、そのような流況の維持、形成に努めることが河川管理上重要である。したがって、この必要流量すら確保できていない河川においては、これを当面確保すべき目標流量として、流況回復のための施策を講じることが急務である。

また、この必要流量をここまで水利用を進めても問題ないという目安として用いてはならない。これは、本稿でいう必要流量は、渇水時において魚類の生息の観点から維持すべき最低限の流量であるからである。

さらに、適正な河川環境のためには豊かな

流量及び流量の変動が必要で、そのような流況の維持、形成に努めることが河川管理上重要なことから、ここで検討した渇水時ににおける魚類の生息の観点から維持すべき最低限の流量とともに、魚類の生息の観点からみ

た適正な河川環境を形成するような流量及びその変動のあり方についての検討が望まれる。

なお、河川における魚類生態検討会の委員構成は表-5の通りである。

表-5 河川における魚類生態検討会委員

Table 5 Members of Ecological Ichthyology Study Group

	氏名	所属
座長	水野信彦	愛媛大学 名誉教授
委員	石田力三	水産環境研究所 代表取締役
	長田芳和	大阪教育大学教育学部 教授
	細谷和海	水産庁中央水産研究所 魚類生態研究室長
	丸山 隆	東京水産大学水産学部 助教授
	島谷幸宏	建設省土木研究所 河川環境室長
	足立敏之	建設省河川局河川環境課 建設専門官
	光成政和	建設省河川局河川環境課 課長補佐
	山本昌宏	建設省河川局河川環境課 課長補佐

(平成11年3月現在)

[付記] リバーフロント研究所報告第9号(1998年3月)に掲載した「魚類からみた必要流量の算定についての考察」(清水康生、小池達男)は、著者らの不手際により、河川における魚類生態検討会の最終結論を得ずに記述したため、適切を欠く表現や検討会の意を十分体していらない箇所があり、検討会の委員の皆様に御迷惑をおかけしました。ここに深くお詫びするとともに、本稿を以て決定稿と致します。

- 3) 水野信彦、後藤晃編：日本の淡水魚類、東海大学出版会、1987
- 4) 中坊徹次編：日本産魚類検索、東海大学出版会、1993

<参考文献>

- 1) 河川における魚類生態検討会：正常流量検討における魚類からみた必要流量について、1999.3
- 2) 古川博一、寺神敏雄、島谷幸宏、近磯晴、唯杉由佳、石原元：河川水辺の国勢調査の淡水魚類相データを用いた日本列島の地域区分、陸水学会誌、1998