

河川における維持流量設定の課題 ——維持流量から環境流量への展開を考える

大 浜 秀 規

目 次

- I. はじめに
- II. 河川維持流量
 - 1. 河川維持流量設定の経緯
 - 2. 現在設定されている維持流量
 - 1) 三つの維持流量
 - 2) 発電ガイドラインに基づく維持流量
 - 3) ダムの弾力的管理に基づく維持流量
 - 4) 正常流量の基になる維持流量
- III. なにが問題なのか
 - 1. これまでに指摘された課題
 - 2. 隠れていた課題
- IV. 望ましい維持流量とは
 - 1. 科学的知見の蓄積
 - 2. 設定手法の検討と開発
 - 1) 設定手法の分類と改良
 - 2) 生息場モデル法の進展
 - 3. 維持流量から環境流量へ
- V. 環境流量実現のために

要約

維持流量の課題を整理し、環境流量への展開について検討した。維持流量の設定手法は3通りある。発電ガイドラインに基づく維持流量は、早急な環境改善に貢献したが暫定的なものである。ダムの弾力的管理に基づく維持流量は、

(山梨県漁業協同組合連合会 参事)

運用で流量を捻出するため、基本的な設定手法とはならない。正常流量に基づく維持流量は算定項目が10あり、1級河川の95%は動植物が決め手項目となっている。この、動植物の殆どは魚類の産卵又は移動に必要な流速、水深から算出されるが、魚の生活史は産卵と移動だけで完結するものではない。この場合の正常流量は、渇水時に移動又は産卵に必要な最低流量を基に算出されていることから、日本語として適切ではない。評価手法の改良や開発、河川生態系の知見集積も進み、保全のため環境流量が新たに提唱されるなど、再検討を行うべき機は熟しつつある。現行の算出方法は合理的とはいえないことから、環境流量の検討を始めるため委員会を設置することが望まれる。

キーワード：維持流量，環境流量，産卵場，正常流量，体高，流速

I. はじめに

令和4(2022)年2月衆議院予算委員会第八分科会において、国土交通省から「令和4年度中に富士川へ河川維持流量を設定する。」との答弁が行われた。富士川は長野、山梨、静岡県を流れ下る一級河川で、その流域に富士山、北岳、間ノ岳あいのだけと日本第一位から第三位までの高峰を有する急流河川である。この富士川の流水の正常な機能を維持するため、必要な流量に関しては、平成15(2003)年に策定された富士川水系河川整備基本方針¹⁾において「河川及び流域における諸調査を踏まえ、水循環機構の実態を明らかにしたうえで決定する。」ものとされ、その後の平成18(2006)年に策定された富士川水系河川整備計画²⁾においても「景観、水質、生物環境、水利用等の観点から富士川にあるべき水量の算定等、適切な必要水量設定に向けた……調査及び研究を行う。」と記されたものの、今日まで具体的な数値は設定されてこなかった。

令和4(2022)年時点で国が管理する109の一級河川のうち95河川では、河川維持流量が設定されている。遅ればせながらではあるが、富士川に維持流量が設定されることについては大きな意義があり、流域の過半を占める山梨県の水産関係者の期待には大きいものがある。ただし、維持流量が設定されることで全てが解決する訳ではない。なぜなら現在の算出手法には、検討を要する点がいくつかあり、既に改善策も提案されているからである。

そこで本稿では、山梨県における事例を示しつつ、我が国における維持流量

設定手法の特長と課題を整理し、今後の維持流量に求められる視点について検討を行う。

Ⅱ. 河川維持流量

1. 河川維持流量設定の経緯

ところで、川に十分な水は流れているのだろうか？ 以前から川で漁を行っていた人に聞けば、「昔はもっと川には水があった。あそこには大きな淵があって……」となるであろう。蕩々と水が流れていた河川では、古くから取水が行われ、近代化に伴い増大した電力需要が水力発電所により賄われてきた。山梨県では、明治33（1900）年富士川水系芦川に発電所が建設されたのが、水力発電の嚆矢³⁾である（写真1、2）。

その7年後の明治40（1907）年には、富士山北麓の水が流れ込む相模川水系桂川に15,000kwの大容量水力発電所が設置され（写真3）、当時としては高圧の55,000Vで、東京まで76kmの長距離送電に成功している³⁾。



写真1 富士川水系芦川に設置された竣工直前の芦川第一発電所
出典：写真集山梨百年（1989）山梨日日新聞社、甲府

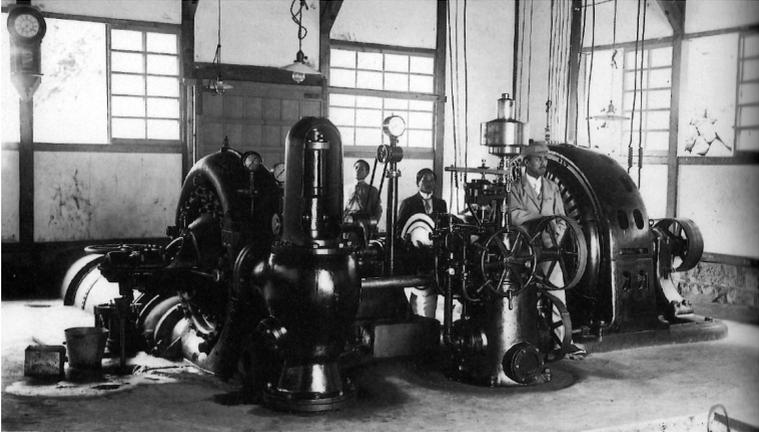


写真2 芦川第一発電所に設置されたアメリカ製水車と発電機
出典：写真集山梨百年（1989）山梨日日新聞社，甲府



写真3 相模川水系桂川にできた東京電灯（株）の駒橋発電所
(行燈會館并官町 池市甲府) (り在に村里黄那留郡北) 景全の所電設機駒止會式泳燈電京東(國斐甲)

ただし、水力発電が開始された当初の取水量は、渇水流量（1年間の日平均流量を大きい順に並べたとき355番目の流量）が標準となっていて、川から取水される割合は少なかった。これは年間を通じ安定した電力を独立して供給す

るため、確実に確保できる最渇水期の流量を基準としたためである⁴⁾。その後日本各地に次々と水力発電所が建設され、その数は昭和16(1941)年までに1,067地点となった⁴⁾。同時に大型貯水池が徐々に整備され、更に電力系統の連係が進み、出力調整が可能な火力発電所が増加するにつれ、取水量変動への対応も可能となり、取水量の基準は増加していった⁵⁾。このため、それまで川を流れていた水は取水により減少し、その流れは細く流量変動も不自然になり、場所によっては枯れ川になる事態も生じてきた。高度経済成長により河川からの大量取水が更に進んだ結果、その反動ともいえる大井川の水返せ運動^{6,7)}や九州大山川おおよまがわのひびきアユを取り戻す活動⁸⁾などが起こった。これら社会的要請を受け、時代が平成に変わる頃から維持流量が設定されるようになり、十分ではないものの川に再び水が流れるようになってきた。

2. 現在設定されている維持流量

1) 三つの維持流量

この維持流量はどのように設定されているのであろうか。維持流量には三つの設定手法がある。

一つ目はいわゆる「発電ガイドライン」⁹⁾で、昭和63(1988)年に建設省及び通商産業省の合意に基づき建設省河川局から通達されている。発電用水利権更新時に①別水系に分水または直接海に放流したもの、②減水区間が10km以上で集水面積が広い又は自然公園であるもの、③水質が悪いものなどの5項目の何れかに該当した場合、集水面積100km²当たり河川維持流量を概ね毎秒0.1~0.3m³程度とすることが記されている。

二つ目は「正常流量検討の手引き(案)」¹⁰⁾で、平成4(1992)年に建設省で作成され、その後2回の改訂がなされている。その中で維持流量は、渇水時においても維持されるべき必要流量で、それに加え流水の利用に必要な水利流量の両者を満たす流量が正常流量と定義されている。必要流量として①動植物の生息地・生育地の状況(以下「動植物」)、②景観、③塩害の防止、④流水の清潔保持など10項目について項目別に算定した上で、各項目を比較してその最大値を維持流量として設定することになっている。

三つ目は「ダムの弾力的管理」で、これはダムの洪水調整容量の一部を活用してダム操作を弾力的に行うことにより、渇水時の河川環境保全を図る方法である¹¹⁾。平成9(1997)年から弾力的管理の試行が開始され、平成12(2000)

年には「ダムの弾力的管理指針（案）」が定められ、河川環境改善のため維持流量の増加とフラッシュ放流が行われている。

これら発電ガイドラインに基づく維持流量、正常流量の基になる維持流量、ダムの弾力的管理に基づく維持流量と三つの設定手法があるが、どのように運用され、また位置付けられているのであろうか。

2) 発電ガイドラインに基づく維持流量

一つ目の発電ガイドラインに基づく維持流量は、 $0.1\sim 0.3\text{m}^3/\text{sec}/100\text{km}^2$ となっているが、これは発電用取水に伴う減水区間が10km以上、集水面積が 200km^2 以上、地元関係者間で合意が得られているなど、いずれかの条件に該当した場合に実施されるものであり、全ての取水が該当するものではない。安形¹²⁾は、国内626地点の渇水比流量（1年間の日平均流量を大きい順に並べたとき355番目の流域面積当たりの流量）を調べ、バラツキが大きいものの平均±標準偏差を $1.1\pm 1.1\text{m}^3/\text{sec}/100\text{km}^2$ と算出している。発電ガイドラインで示された流量は、この渇水比流量にも比べても更に少ないため、維持流量が設定されているにもかかわらず、途中で流水が途切れる「瀬切れ」が生じる場合もある（写真4）。



写真4 瀬切れの事例。富士川水系早川のヤマセミ橋から下流。
平成8（1996）年8月の撮影当時に維持流量は設定されていない。

しかし、平成19（2007）年時点で設定されていた維持流量は、全国平均で $0.69\text{m}^3/\text{sec}/100\text{km}^2$ 、一級河川の平均で $0.73\text{m}^3/\text{sec}/100\text{km}^2$ とガイドラインで示された流量を大きく上回り、なかには $1\text{m}^3/\text{sec}/100\text{km}^2$ を超える例も確認されている¹⁰。平成19（2007）年から15年経過した現在では、これらの数値は更に大きくなっていると推定される。

発電ガイドラインに基づく維持流量の設定は、発電用取水の影響を受けた河川環境を早急に改善する上で果たした役割は大きいものの、暫定的なものと考えられている⁶。また、 $0.1\sim 0.3\text{m}^3/\text{sec}/100\text{km}^2$ の根拠は明確に示されておらず、それを上回る数量が設定されている場合も、科学的データに基づく検討よりは、地元要望の強さやその時々々の社会情勢により設定された場合が多いと考えられる。また、近年増加している小水力発電は、グリーンエネルギーの一翼として各地で新設が進んでいるが、小規模であるが故に減水区間や集水面積も小さく、ガイドラインの条件には、殆ど該当しない。しかし、減水区間が短ければ維持流量を設定しなくても良いという考えは、現在の河川環境保全の視点から理解は得がたいであろう。このようなことから、今後求められる維持流量は、発電ガイドラインと異なる考え方が必要と考えられる。

3) ダムの弾力的管理に基づく維持流量

次に、二つ目の正常流量に基づく維持流量に関しては、本稿の主検討課題であることから次項で詳しく扱うこととし、その前に三つ目の弾力的管理による維持流量について述べる。弾力的管理では、維持流量の増加により魚類生息環境が改善することが確認されている¹¹。これを受けて弾力的管理等として、令和2（2020）年度末で国交省及び（独）水資源機構の所管する128ダムのうち38箇所維持流量の増量とフラッシュ放流が行われ、そのうちの22箇所維持流量の増加が行われている¹³。また、ダム水位のドローダウン（洪水期前に、流入量より多い放流を行い水位を落とす操作）等で中規模フラッシュ放流の効果向上を図るためには、放流の時期、量、頻度が重要なことも指摘されている¹⁴。このように弾力的管理の有効性は確認されているものの、水路式発電や治水容量を有しないダムは該当しないこと、流量規模が限定されること、運用事例が少ないこと、管理と運用は管理者の設定によることなどから、維持流量を設定するための基本的な設定手法にはなり得ない。

4) 正常流量の基になる維持流量

維持流量を決定するための必要流量の算定項目として、①動植物、②景観、③流水の清潔保持、④舟運、⑤塩害防止、⑥河口閉塞防止、⑦河川管理施設の保護、⑧地下水位の維持、⑨漁業、⑩観光の項目がある。このうちの動植物から必要流量を算定する場合、調査方法として手順が明示されているのは魚類についてのみである^{10,15)}。魚類から必要流量を算出する手順として、①瀬に産卵又は生息する魚種及び回遊魚の中から対象魚種を選定し、②対象魚種の中から上・中・下流別、かつ季節別に代表魚種を選定し、③代表魚種の産卵場がある場合その流速×水深から、産卵場がない場合には代表魚種の成魚の体高の2倍の水深から必要な水利条件を設定し、④必要水利条件から対象とする瀬の必要流量を算定して一次設定値とし、⑤一次設定値における水面幅を検討した上で必要流量を決定する。加えて「検討会を開くなどして魚類の専門家を含めた関係者の意見を十分に聞き、その河川の特性を踏まえた検討を行うことが必要」¹⁰⁾とされ、算出のための手順が明確に示されている。

篠崎ら¹⁶⁾によると一級河川100水系のうち維持流量を決定した項目は複数の場合があるものの、95%が動植物を決め手項目として維持流量を設定しており、動植物ではシジミの3例以外は全て魚類であったとしている。つまり、維持流量を算出するために検討すべき項目や手順は多いものの、殆どの場合そこに生息する代表魚種の「産卵場の流速×水深」又は「渇水期に成魚が移動できる体高×2の水深」により算出されていると言える(表1)。

表1 魚種別の必要水利条件(参考例)

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
ウグイ	30	30	15	30	6.0	4～6月
アユ	60	30	15	30	5.5	10～11月

注) 「正常流量検討の手引き(案)」¹⁰⁾の参考資料部分からの抜粋。産卵期は関東地方の区分。

Ⅲ. なにが問題なのか

1. これまでに指摘された課題

島谷¹⁷⁾は、現在の正常流量設定手法の問題点として、流量変動が考慮されていない点、河川毎に異なる流況特性を考慮していない点、河川の特徴が異なっても項目間の重み付けをしていない点を挙げ、特に動植物の項目が魚類のみに限定され、かつそれを瀬のみで評価し、生息生育地としての評価をしていない点を指摘し、流量－生息生育環境モデルを用いることで専門家等の議論が可能になる判断材料が提供できるとしている。また、高橋ら¹⁸⁾は、流量の変化に伴い水面面積の拡大と河床型構成の変化が生じ、それによりアユの生息数と生息密度が変わってくることを明らかにした。その上で、現在の手法では流量変化に伴う生息場の質とアユ生息状況の変化を検討できないとしている。また、篠崎ら¹⁶⁾は、現在の維持流量の設定方法は、流量変動を考慮していないため、より効果的な維持流量を設定するためには、流量の規模、頻度、時期、継続時間及び変化率に着目した変動のある維持流量を設定し、その上で順応的管理を図る弾力的な設計方針を構築する必要があるとしている。

このように、正常流量に基づく維持流量算出上の問題として、特定の生物の特定の項目で評価を行い、流量変動や攪乱を考慮していないことが指摘されている。

2. 隠れていた課題

従来から指摘された点に加え、別の視点からも課題を有していると考えられる。

正常流量検討の手引き（案）¹⁰⁾では、「……動植物の生息地又は生育地……等の項目別必要流量に関しては、渇水時に確保すべき流量を設定するための一般的な手法に基づき記載した」としている。つまり現在の手法で算出している維持流量は魚類にとって望ましい流量ではなく、渇水時に必要な流量であることが明記され、これに水利流量を加えたものを「正常流量」としている。つまり、現在算出されている「正常流量」は、明確に定義はされているものの、その意味は「渇水時に移動又は産卵に必要な最低流量」であり、「正常」という

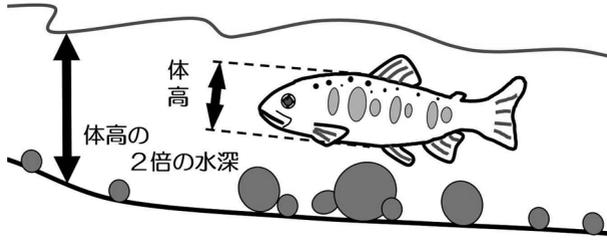


図1 減水区間に代表魚種の産卵場がない場合の算出方法
成魚の移動は可能であっても、稚魚や摂餌等に関する検討は行われていない。

文字を使うことは日本語として適切とは言えないのではないだろうか。

維持流量が年間を通じ一定量に設定されているのは一級河川のうち68%¹⁶⁾で、つまりこの区間では周年代表魚種の移動又は産卵しか配慮されていないことになる。体高の2倍の水深があれば、確かにどの魚種でも移動は可能である(図1)。しかし移動ができれば魚類の生活史が完結するものではない。魚はその行動パターン(摂餌、休憩、避難)¹⁹⁾、成長段階(仔魚、成魚)²⁰⁻²²⁾、季節(冬期、夏期)²²⁾等いろいろな側面から異なる環境を使い分けている。これら必要とされる環境の一部又は全部が減少若しくは消失してしまった場合、資源量の低下や魚種組成の変化、ひいては局所個体群の消失も考えられる。つまり、現行の維持流量設定方法では本来生息していた魚種が、再び生息できるようになる環境の復元を保証しているものではない。

アユ (*Plecoglossus altivelis*) は、秋の降雨による環境の変化で一斉に産卵降下を行い²³⁾、出水により土砂が更新する早瀬で産卵を行う²⁴⁾。コイ目魚類 (*Cypriniformes*) では、梅雨時に出現する氾濫原で豊富に発生するプランクトンを餌にするため干出のリスクを負いながらも一時的な水域へ侵入し、産卵を行う魚種も多い²⁵⁾。日本の河川に生息する魚は、まさにアジアモンスーンの影響を受け流況の変動が大きく、地形的には急勾配で攪乱が起きやすいという河川環境に適応した生活史を獲得している。ウグイ (*Tribolodon hakonensis*) の産卵が配慮され、この時期だけ維持流量が多くなる事例が山梨県内にある(図2)。この流量は特定魚類の生活史の一面から算出されたものであるため、自然条件下での流況とかけ離れており、魚類の生活史の観点からは、違和感のある流量でしかない。魚類を算出の根拠とするのであれば、魚類の生活史が完結でき

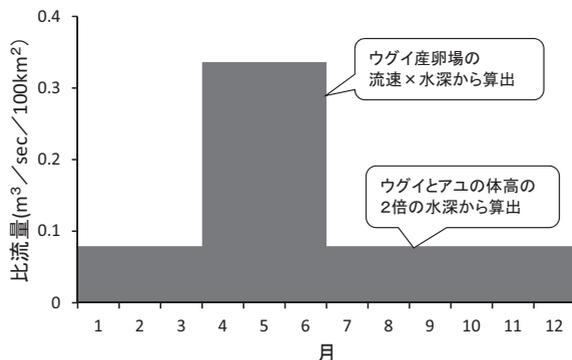


図2 相模川水系桂川にある駒橋発電所（山梨県大月市）の維持流量
減水区間にウグイの産卵場はあるがアユの産卵場はないため、ウグイの産卵期のみ流量が多くなっている。

る流量を検討すべきではないだろうか。

「正常流量検討の手引き（案）」¹⁰⁾において、必要流量設定の際は「検討会を開くなどして魚類の専門家を含めた関係者の意見を十分に聞き、その河川の特徴を踏まえた検討を行うことが必要である。」と記載されている。筆者は山梨県の水産担当分野に40年近く在席し、山梨大学や民間の魚類専門家と親しい。令和4（2022）年10月に富士川維持流量検討会が設置されたものの、過去においてはこのような検討会が開催されたという情報を知り得ない。

更に付け加えると、魚類の必要流量算定方法を検討するにあたり、河川における魚類生態検討会が設置され協議が行われている。検討会では魚種別の必要水理条件（産卵箇所の流速及び水深並びに移動時の水深）に基づく維持流量の算定方法が提示されたものの、一部委員が退席するなどの状況もあり、満場一致で承認が得られたものではない（丸山私信）とされている。このため検討会報告書の要約²⁶⁾では「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、本稿で言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。……魚類の生息の観点から見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。」と記されている。このようなことから正常流量検討の手引き（案）においても「魚種別の必要水理条件の参考例」と記載されてい

る¹⁰⁾。

多くの水産関係者は維持流量の増加を望んでいるものの、この正常流量の多くが体高の2倍の水深という基準から算出されていることは殆ど知られていない。これを知った時、殆ど人は「正常」というにはほど遠い設定方法に啞然となっている。

IV. 望ましい維持流量とは

1. 科学的知見の蓄積

「正常流量検討の手引き（案）」において正常流量は「本来は渇水時のみでなく1年365日を通じた流量の変動にも配慮して定められるべきものであるが、流量変動に関する知見が現段階では十分でないことから、渇水時に確保すべき流量の設定方法を示したものであり、流量変動に配慮した手法の確立に努めることが重要で、今後とも必要に応じ適宜内容の見直しを行う」¹⁰⁾と記されていて、暫定的なものと理解される。しかし、魚類の項目に関しては平成13(2001)年に一部が改正されたものの、基本的な考え方についてはその後20年以上変わっていない。新たな知見は何もなかったのであろうか。

2. 設定手法の検討と開発

1) 設定手法の分類と改良

白川ら²⁷⁾は、維持流量や正常流量など河川環境を保全するための流量として、設定方法から①日流量などの水文統計量を指標とする**水文統計法**、②流量と関連づけられる水理量を用いる**水理指標法**、③流量変化に伴う水理量の変化を生物生息場の評価値につなげる**生息場モデル法**、④複数の目的にそれぞれ流量要素を対応させ、全体を総合化した流況を求める**包括的手法**に分けた。またその目的として、河道維持、生態系維持、人間環境維持があり、それらは流量要素である平常時流量、特定期流量、洪水、中小出水、変化率と関連することを示すなどして、河川環境を保全するための流量の概念を整理している。その上で水文統計法の役割を、詳細検討の結論が出るまでの暫定的なものであり、発電ガイドラインはこの最も単純な形式とし、変動性を扱う設定方法の可能性について論じている。

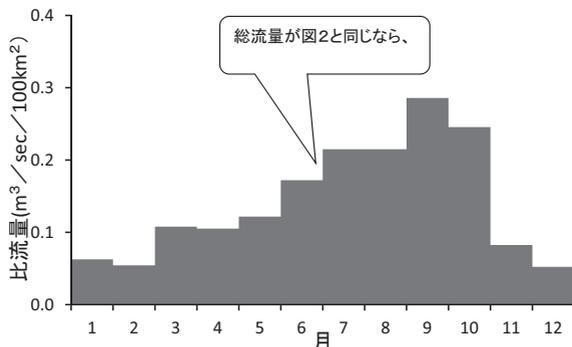


図3 駒橋発電所の維持流量を降水量に比例して変動させた例流量は、降水量に加え流域の地質等に大きく影響を受けるが、近傍の流量データが入手できなかったため、近似的に発電所のある大月市の月別降水量データ（1991～2020年の平均値）から作成した。なお、年間の総流量は図2と同じである。

日本の一級河川に設定された維持流量は、年間を通じて一定のものが68%、2期に分かれるものが26%と、殆どの河川で変動の少ない流況になっている¹⁶⁾。そこで変動のある流況を復元させるため、自然の流量に応じて定率で取水を行い、放流量が変動する自然流況型維持流量が提案されている²⁸⁾。神通川水系小鳥川においては、同様な発想に基づき定量放流に加え定率の放流を行う維持流量の運用が行われている²⁹⁾（図3）。これらは水文統計法によるもので、算出が簡便で迅速にでき流量の変動を伴うことから、現行の維持流量算出手法より動植物にとってメリットがあると考えられるが、生息場の評価についての視点がないという課題が残されている。

2) 生息場モデル法の進展

前述した各種手法のうち、生物にとって必要な流量を直接的に評価できる生息場モデル法は、日本の維持流量設定においても数多く検討されている。生息場モデル法としては具体的に、物理的環境がその生物にどの程度適しているかという HSI（生息場適性度、Habitat Suitability Index）と面積から生息場の価値を算出評価する HEP（ハビタット評価手法、Habitat Evaluation Procedure）、流量変動による環境変化が魚類等に与える影響を評価する IFIM

(正常流量漸増による問題解決手法, Instream Flow Incremental Methodology), 水深や流速などの物理量を用いて, 魚類が選好する面積等を評価する PHABSIM (生息場物理環境評価法, Physical HABitat SIMulation model) などがある³⁰⁾。PHABSIM では, 維持流量を変化させた場合のアユ生息場の拡大状況をシミュレートしたり³¹⁾, 生息場評価と魚類の生息状況を比較して, 良好な結果が得られたりするなど^{32, 33)}, 生息場評価のためには優れたモデルである。ただし, 魚種毎, 成長段階毎の生息適性指数が必要なため解析が簡単に行えないこと³⁴⁾, 摂餌や休憩など魚の行動状態により選好性が異なること³⁵⁾などの問題点も挙げられている。また傳田³⁶⁾は PHABSIM は①空間構造の階層性, ②物理的環境特性の時間的変動, ③生物の移動性を考慮していない点について改良の余地があるとしている。これらの改善を図るため, 福井ら³⁷⁾はアユ産卵適性の予測・評価を PHABSIM で行い, その有効性を確認すると共に, 底質を条件に加える等の精度向上策を提案している。それ以外に, 摂餌や休憩など行動モード毎の選好曲線の作成³⁵⁾や, 選好曲線作成方法の改良³⁸⁾, カバー³⁹⁾や水温⁴⁰⁾を条件に加える精度の向上なども提案されている。最近では, 放流による改善効果を水質や付着藻類・植物プランクトンの量的変化から検討することも行われるなど^{41, 42)}, 魚類以外の要素から評価する試みも始まっている。

更には, 水理計算と空間統計を併用した生態的機能評価手法が開発されたり³⁴⁾, 水理・河床変動などの治水評価と同時に魚類生息場としての環境評価を同時に行うシミュレーション手法も新たに開発されたり⁴³⁾するなど, その有効性の確認や改善が進められ^{34, 44)}技術開発は進みつつある。

3. 維持流量から環境流量へ

白川⁴⁵⁾は, 水利用による流量減少と攪乱の平滑化から河川環境を保全するための流量を, 環境流量と定義している。環境流量として守るべきものは単に魚類だけではなく, 地形変動のダイナミクス, 生物生息場の健全性, 持続的人間活動の三つを挙げ, これを河川価値を復元させるための保全概念と位置付けている。その上で, 日本における環境流量の社会的合意形成のためには科学的知見の蓄積と共にそれらの情報を統合する理念の必要性を訴えている。

篠崎ら⁴⁶⁾は, 2009 (平成21) 年以降に発表された環境流量に関する779編の論文を整理している。その中で, 環境流量の対象は魚類だけでなく陸域の植物

にも広がり、種レベルから群集レベル、物質循環や食物網にも着目するなど、より複合的になっていること、その目的も個別生物から河川生態系の保全へと重点が移っていること、設定方法として水文統計法が最も用いられているが、現在では専ら概略評価の手段と見なされていること、増加が予想された包括的手法の適用例は10%程度であること、流況と生態系の応答との定量化に取り組む生態—水門統計法が近年著しく増加していることなどをレビューしている。その上で、気候変動を踏まえた持続可能な水資源利用を考えるため、環境流量の役割と今後の目指すべき状態を議論することが必要としている。

V. 環境流量実現のために

現在の維持流量は、渇水時に魚が移動又は産卵できる最低限の流量が根拠となっているものが殆どで、科学的な算出方法とは言い難いものと言えよう。

現在でも河川生態系について十分な知見が得られているとは言えないものの、知見の集積は着実に進んでいる。従来30年とされていた発電用水利使用期間は、最長でも20年に短縮され、状況により更に短くなっている。また、農業用水も転用や減反等により水田面積が減り、使用量も減少傾向である⁴⁷⁾。片や再生可能エネルギーとして水力発電の重要性は従来より増してきている。

環境流量を実現させるためには、合理的な根拠と合理的な手法に基づき算出された維持流量について、河川管理者、発電事業者、地域社会の関係者が合意する手続きが必要である。実はそのことは、20年以上前の「正常流量検討の手引き（案）」にも記載されていたことでもある。水産関係者はなるべく多くの流量を戻してもらいたいし、利水者はなるべく多く取水したい。つまり、維持流量の設定において、全ての利害関係者がベストと言える答えは存在しないだろう。しかし、全ての関係者が許容できる答えはどこかにはあるはずである。そして、給水制限、電力逼迫、干魃被害や瀬切れが起きそうな緊急の時には、設定された維持流量にとらわれず関係者間で柔軟に対応することも必要であろう。その答えを見いだすためには、皆で議論して決めることが重要であり、そこで決まる維持流量は環境流量となるはずである（図4）。

今から約30年前、河川法の目的に環境が追加され、多自然型川づくりが始まり、維持流量が設定されるなど、河川管理上の大きな変革期があった。「正常流量検討の手引き（案）」は、これまで述べたようにさまざまな課題を抱えて

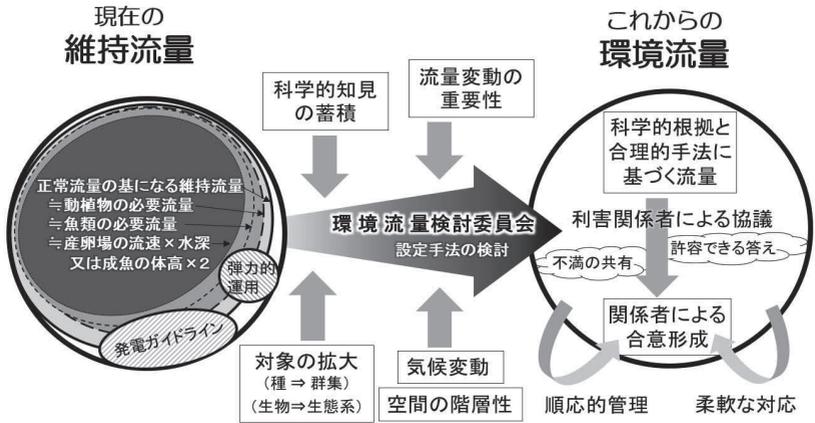


図 4 現在の維持流量とこれからの環境流量

いる。しかし、何度も読むにつれ、言外から「今はこれで行くしかない。けれどもきつともっと良い方法がこれから見つかるはずだ。その時まで……」という思いが伝わってくる。現在は流域治水という大きな変化が始まりつつある。そのような中、先達の方々の思いが成し遂げられるのかどうか、今一度考えてみる時が来ているのではなかろうか。まずは環境流量に関し検討を行うための委員会の設置を要望したい。再検討を行うべき機は熟しつつある。環境流量に関する検討委員会の設置は、現代の河川管理者に課せられた責務ではないだろうか。

謝辞

本稿のとりまとめに際し、元東京海洋大学の丸山隆先生には貴重な情報を、また山梨大学の砂田憲吾名誉教授及び筑波大学の篠崎由依先生には有益な御助言をいただいた。ここに心より感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 国土交通省 (2003) 富士川水系河川整備基本方針. 国土交通省.
- 2) 国土交通省 (2006) 富士川水系河川整備計画 大臣管理区間. 国土交通省関東地方整備局.

- 3) 石井敬康・正岡和繁・東孝次郎・北村眞一（1998）山梨県における近代土木遺産. 土木史研究18：553-560.
- 4) 虫明功臣・高橋裕・安藤義久（1981）日本の山地河川の流況に及ぼす流域の地質の効果. 土木学会論文報告集309：51-62.
- 5) 白川直樹（2005）3.2. 2人為的インパクトによる流況の変化. 「自然的攪乱・人為的インパクトと河川生態系」（小倉紀雄・山本晃一），pp. 43-55. 技報堂出版，東京.
- 6) 長谷部俊治（2006）水利権とダム（5）河川機能の維持. 月刊ダム日本737：53-60.
- 7) 蔵治光一郎・溝口隼平（2007）発電ダム建設に伴う大井川の流況の変遷. 水文・水資源学会誌20（4）：303-311.
- 8) 田淵直樹（2005）日田水量増加運動の政治過程—ひた水環境ネットワークの活動を中心に. 水資源・環境研究18：43-48.
- 9) 建設省河川局水政課長・建設省河川局開発課長（1988）発電水利権の期間更新時における河川維持流量の確保について（発電ガイドライン通達）.
- 10) 国土交通省河川局河川環境課（2007）正常流量検討の手引き（案）. 国土交通省河川局河川環境課.
- 11) 大杉奉功・名波義昭・岡野眞久（2003）ダム下流河川への維持流量放流が魚類の生息状況に及ぼす効果についての考察. ダム水源地環境技術研究所所報2003年度：52-58.
- 12) 安形康（2001）日本の河川における渇水比流量の分布. <http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~agata/doc/Kassui/index.htm>（参照2022-05-21）.
- 13) 国土交通省（2021）ダムの弾力的管理等の実施状況. 河川データブック. 5-1-11. 409-411. https://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen_db/（参照2022-05-05）.
- 14) 柚木原裕二・清澤道雄・大杉奉功・高橋定雄（2013）ダム下流の河川環境改善に向けた環境放流に関する調査研究. 平成24年度水源地環境技術研究所所報：36-41.
- 15) (財)ダム水源地環境整備センター（1993）発電維持流量調査の手引き（案）. (財)ダム水源地環境整備センター.
- 16) 篠崎由依・佐藤裕和・白川直樹（2018）実態分析に基づく弾力的な維持流量の提案. 土木学会論文集B1（水工学）74（5）：I_361-I_366.
- 17) 島谷幸宏（2000）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. 河川技術に関する論文集6：173-178.
- 18) 高橋勇夫・谷口順彦（2012）流量変化に伴う河床型構成およびアユの生息密度の変化とそれらの河川維持流量評価への活用. 応用生態工学15（2）：197-206.

- 19) 井上幹生・中野繁 (1994) 小河川の物理的環境構造と魚類の微生物場所. 日本生態学会誌44 (2) : 151-160.
- 20) 白川北斗・柳井清治・河内香織 (2009) カワヤツメ幼生の生息地選択性は成長段階によって変化する. 応用生態工学12 (2) : 87-98.
- 21) 名越誠・中野繁・徳田幸憲 (1988) 渓流域におけるアマゴの成長に伴う生息場所および食物利用の変化. 日本水産学会誌54 (1) : 33-38.
- 22) 永山滋也・根岸淳二郎・久米学・佐川志朗・塚原幸治・三輪芳明・萱場祐一 (2012) 農業用の水路における季節と生活史段階に応じた魚類の生息場利用. 応用生態工学15 (2) : 147-160.
- 23) 井口恵一郎・伊藤文成・山口元吉・松原尚人 (1998) 千曲川におけるアユの産卵降河移動. 中央水産研究所研究報告11 : 75-84.
- 24) 藤田朝彦・横山良太・加藤康充・井上修・原田守啓 (2022) アユの産卵環境はどこまでわかったのか. 応用生態工学24 (2) : 217-234.
- 25) 斉藤憲治・片野修・小泉顕雄 (1988) 淡水魚の水田周辺における一時的な水域への侵入と産卵. 日本生態学会誌38 (1) : 35-47.
- 26) 中川芳一・小池達男 (1999) 魚類から見た必要流量について. リバーフロント研究所報告10 : 22-36.
- 27) 白川直樹・玉井信行 (2003) 環境用水の概念整理と水文統計的設定手法の利用可能性について. 水工学論文集47 : 379-384.
- 28) 香野哲大・大熊孝 (2001) 新しい河川維持流量のあり方を求めて—自然流況型維持流量の提案—. 水利科学45 (6) : 1-32.
- 29) 国土交通省 (2003) 河川環境改善のための水利調整 —取水による水無川の改善—. 国土交通省.
- 30) アメリカ合衆国内務省・国立生物研究所原著 中村俊六・テリー・ワドゥル訳 (1999) IFIM 入門. (財) リバーフロント整備センター.
- 31) 朝位孝二 (2004) 維持流量を季節的に変化させる河川の PHABSIM を用いた生息場評価. 山口大工学部研究報告55 (1) : 19-28.
- 32) 川本泰生・関根雅彦・楊継東・今井崇史・浮田正夫 (1998) IFIM における河川生態環境評価法の精度と普遍性に関する一考察. 環境システム研究26 : 447-452.
- 33) 砂田憲吾・熊木朋子・川村和也 (2003) 河川の流況特性による魚類の生息適性のマクロな評価に関する検討. 水工学論文集47 : 1123-1128.
- 34) 松永晋平・関根雅彦・加藤琢己 (2020) DHABSIM を用いた島田川における河川浚渫が魚類生息場に与える影響予測評価. 河川技術論文集26 : 349-354.
- 35) 楊継東・関根雅彦・浮田正夫・今井剛 (1999) 行動モードを考慮した魚の選好性に関する実験的研究. 土木学会論文集636/VII-13 : 35-45.
- 36) 傳田正利 (2007) 河川中流域における一時的な水域の生態的機能評価手法に関する

研究 (博士論文, 名古屋大学) .

- 37) 福井洋幸・北川照晃・深草新・大屋彩・稲若孝治・松尾至哲 (2016) PHABSIM によるアユ産卵環境評価法の検証および改善策の提案. 土木学会論文集 B1 (水工学) 72 (4) : I_1003-I_1008.
- 38) 鬼束幸樹・永矢貴之・白石芳樹・釜瀬明日香・東野誠・高見徹・横峯正二・秋山壽一郎・小野篤志・芹川泰介 (2009) アユに関する流速の選好曲線の提案. 土木学会論文集 G (環境) 46 : 29-38.
- 39) 金亨烈・玉井信行 (1996) 乙川における IFIM を用いた魚類の生息域評価に関する研究. 環境システム研究24 : 77-82.
- 40) 糠澤桂・白岩淳一・風間聡 (2011) 河川水温を考慮した HSI モデルによる水生生物の生息環境評価. 土木学会論文集 B1 (水工学) 67 (4) : I_1255-I_1260.
- 41) 岸田まりな・仲田英人・松田ひかり・芝越貴将・篠崎由依・白川直樹 (2018) 河川の物質循環における硝酸態窒素に着目した環境流量の放流効果に関する研究. 土木学会論文集 B1 (水工学) 74 (5) : I_469-I_474.
- 42) 篠崎由依・藤原誠士・白川直樹 (2018) 河川純一次生産力に基づく全球月別環境流量必要量の推定. 土木学会論文集 G (環境) 74 (6) : II_85-II_92.
- 43) 大石哲也・原田守啓・高岡広樹・萱場祐一 (2015) 中小河川における河川環境に配慮した河道設計支援ツールの開発. 河川技術論文集21 : 7-12.
- 44) 河野誉仁・赤松良久・乾隆帝 (2020) 河川生態系モデルを用いた河床掘削が河川生物に及ぼす影響予測. 土木学会論文集 B1 (水工学) 76 (1) : 81-97.
- 45) 白川直樹 (2009) 環境流量の実現と発展に向けて. 科学79 (3) : 304-308.
- 46) 篠崎由依・白川直樹 (2019) 最近の研究レビューに基づく環境流量設定方法の動向分析: 対象及び手法とその考え方. 土木学会論文集 B1 (水工学) 75 (1) : 15-30.
- 47) 日本の農業用水の利用状況 https://www.maff.go.jp/j/nousin/mizu/kurasi_agwater/k_riyou/ (参照2022-05-21).

(原稿受付2022年7月5日, 原稿受理2022年10月18日)