

筑後川上流大山川・三隈川における河川環境再生 のための画像資料と地域情報を活用した 維持流量設定手法

米倉 瑠里子¹・清野 聡子²・矢野 真一郎³・田井 明⁴・小松 利光⁵

¹学生会員 九州大学 工学部地球環境工学科 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)

E-mail: te107556@s.kyushu-u.ac.jp

²正会員 博士 (工) 九州大学大学院工学研究院環境都市部門准教授
(〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)

E-mail: seino@civil.kyushu-u.ac.jp

³正会員 博士 (工) 九州大学大学院工学研究院環境都市部門准教授
(〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)

E-mail: yano@civil.kyushu-u.ac.jp

⁴正会員 博士 (工) 九州大学大学院工学研究院環境都市部門特任助教
(〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)

E-mail: tai@civil.kyushu-u.ac.jp

⁵フェロー会員 工学博士 九州大学大学院工学研究院環境都市部門教授
(〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)

E-mail: komatsu@civil.kyushu-u.ac.jp

河川環境の中でも、平常時流量が生物生息場に与える影響は大きく、流量減少により河川生態系が悪化した事例は各地で報告されている。筑後川上流大山川・三隈川においては、ダムによる発電用取水の影響で維持流量が減少し、それに伴い流域で獲れるアユのサイズ、香味が大きく劣化した。前述の事例の典型としてこの筑後川上流での流量減少と生物生息場の変化の関係性の解明は、我が国において今後の河川環境保護・再生を行っていく上で重要である。本稿では、地元住民が感じてきた定性的な環境の変化について、航空写真判読などの簡易的で人々が広く理解しやすい手法を用いて、定性的把握と定量的評価を行い、維持流量設定における根拠を示した。

Key Words : tributaries of the Chikugo River, decreased flow rates, riverbed condition, water depth, vegetation

1. 序論

ダムは物質の移動を妨げる構造物であるため、河川生態系に大きな影響を与える。ダム直下の河川ではダムに起因する環境変化として、一般的に河床低下や河床構成材料の粗粒化などが見られ、さらに、流量の減少や安定化による魚類や底生動物などの生息場への影響が懸念されてきた。このような課題に対応すべく、1988年に「発電ガイドライン」が全国274のダムに適用され、それ以降、一定の河川維持流量を下流河川に流すことで河川環境に対して最低限必要な河川流量を確保する流況改善対策が講じられるようになった。河川環境改善策に際

しては、専門家による様々な研究がなされているが、高度に細分化、専門化されてしまい、その成果が市民や地方行政に伝わらないという問題も浮上している¹⁾。

筑後川上流(図-1)に位置する松原ダムによる発電用取水によって筑後川上流大山川・三隈川の流量が大幅に減少し、江戸時代には日本一の鮎と謳われたこの地方特産の大型で香り高い「ひびき鮎」も姿を消した。維持流量が増加した現在、香り、味は未だ回復していないが、体サイズは回復しつつある。表-1に筑後川上流の河川維持流量の変遷と、それに伴うアユの変化について示す。

筑後川上流での事例は、河川環境、特に平常時流量の変化が、そこに暮らす生物の生息環境に大きな影響をも



図-1 筑後川上流流域図

表-1 筑後川上流における維持流量の変遷

年	主な出来事	アユの状態
1923年	大山川の流量の3分の2を水力発電用に引用することを九州水力電気株式会社と取り交わす。	香味の良い大型のアユだった。
1953年	筑後川大水害。多くの梁が流される。	
1954年	夜明ダム完成	
1973年	松原・下釜ダム完成	アユの稚魚が上流まで遡上できなくなる。
1983年	建設省と九電「流水」について合意（松原ダム直下0.5 m ³ /s, 大山川ダム直下1.5 m ³ /s）	
2001年	大山川ダム直下の維持流量改変（大山川ダム直下：夏季4.5 m ³ /s, 冬季1.8 m ³ /s）	
2002年	松原ダム直下の維持流量改変（松原ダム直下1.5 m ³ /s）	
現在	維持流量増加のために市民が活動中	体サイズは回復。香味は劣化したまま。

たらず典型であると考えられる。「ひびき鮎」が育つ河川環境、すなわち筑後川上流での流量減少と大型アユのような水生生物の生息環境の変化との関係性の解明は、今後の日本の河川環境の保全、再生を行っていく上で大変重要である。また、大山川・三隈川では河川環境の再生が検討されており、適切な維持流量制定のために専門家による様々な調査がなされている^{2), 3), 4)}。ここで維持流量設定は、河川環境の把握や「動植物の生育・生

息」、「景観」、「水質」、「人と河川との豊かな触れ合いの確保」等の項目に対して必要流量の総合的な検討を行うが、その際項目別必要流量については、専門家だけで検討するのではなく流域住民の意見も取り入れながら検討すべきであると考えられる。

本研究では、「ひびき鮎」を河川環境再生のシンボルとし、「ひびき鮎」が育ったかつての大山川・三隈川の河川環境を再現するために必要な維持流量を設定する際、河川環境の把握とアユの生息についての必要流量の検討を行った。まず、大山川・三隈川の河川環境を把握するために、アユのような水生生物の生息場を構成する要素である、水深・河床・植生に着目し、対象区域におけるそれらの要素の変遷を定性的に評価した。その際、広く証言を得るために航空写真判読等の市民にも理解しやすい簡易な方法を用いた。次に聞き取り調査等により選定した大山川代表断面における各流量ごとの水深の算出を行いアユの生息場になるための必要流量の検討を行った。

2. 航空写真判読による河道特性の定性的評価

(1) 対象の材料と方法

筑後川上流大山川・三隈川は、地形特性と対応した大セグメント区分⁵⁾ではそれぞれセグメントM、セグメントIに分類され河道特性に違いがある。一般に、セグメントM区間は山間地に見られ、様々な勾配の瀬と淵が階段状につながり、河床材料の粒径も大きい。セグメントIの区間は扇状地などに見られ、河床勾配は1/60～1/400程度で河床材料は2cm以上である。したがって、両区間で流量変動に対する河川環境の変化にも違いがあると考えられる。

両河川の河道特性にダム建設・流量減少というインパクトがどのような応答をもたらしたのか時系列を追って把握するとともに、セグメントごとの挙動の違いを探ることを目的とし、はじめに現地踏査とヒアリング調査により、両河川をそれぞれ代表するような景観を持つ区間を調査対象区間として選定した。次に、区間の航空写真、横断面図、縦断面図、現地写真などの資料から、瀬と淵の配置、砂州の形状といった河道平面地形・植生・人為改変などの河道特性の変遷を定性的に評価した。なお、航空写真については、1947年から2000年までに撮影された国土地理院所有資料を使用した。

(2) 結果

両河川の代表的な航空写真（表-2）、現地写真（表-3）と河道特性をまとめた表を以下に示す（表-4、表-

5) .

セグメント M の大山川の河床は、河床材料が大きく淵と瀬がステップ・プール状につながっていることが特徴として挙げられる。大山川の河道特性を代表する区間として、本研究では筑後川河口から 86k200m～87km の区間を調査区間とした。この区間は地元で「ひびき渓谷」と呼ばれるアユの好漁場であり、人為改変をほとんど受けていない勾配 1/37～1/128 の非常に急な蛇行区間である。大山川は三隈川と比較すると人為改変をあまり受けていないが、その中でもとりわけ自然の状態の河川環境が残っている上流の区間を選定した。下流 84km 地点付近になると、河道掘削など様々な人的改変が確認できた。航空写真判読の結果、区間ではダム建設前後で砂州形状の状態に大きな変化は認められなかった。植生については、ダム建設以降発達していったことが分かった。

セグメント I の三隈川の河床は、セグメント M 区間と比較すると河床材料が小さく、河床勾配が緩やかであることが特徴として挙げられる。三隈川の河道特性を代表する区間として、本研究では筑後川河口から 75k800m～77k200m の区間を調査区間とした。この区間は 1953

年の筑後川大水害前はアユ梁があったが、大水害で流失した後アユ漁の衰退によりそのまま再建されなかった。現在は一部公園として整備されており、人為改変を多く受けているといえる。航空写真判読の結果、ダム建設前後では、河道平面地形に大きな変化があることが分かった。特に、顕著であるのが、左岸と河道中央部の砂州の発達である。左岸は、支流との合流部をふさいだので 1976 年には一部掘削されていたことが確認できた。また、植生の発達により、1986 年以降砂州の形状が固定されていったことが分かった。

(3) 考察

流量変動に対して河床の平面地形の変化が、セグメント M の大山川では小さくセグメント I の三隈川では大きいことが分かった。この理由として、大山川では河床材料自体の粒径が大きく巨石が土砂を固定し河床材料の移動を制限することが考えられる。また、植生については両河川ともにダム建設後に発達した。攪乱の減少、水位の低下等が原因として想定でき、さらなる調査が必要である。

表-2 代表的な航空写真

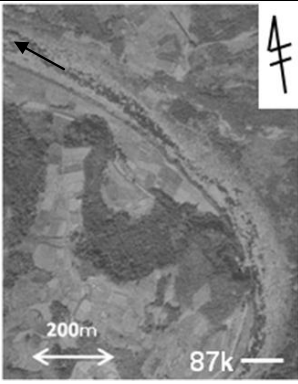
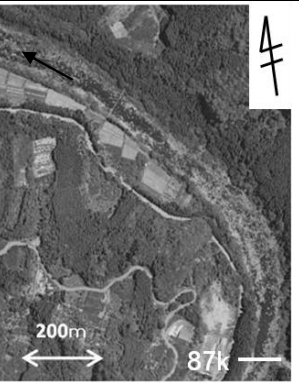
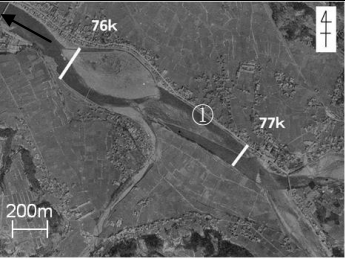
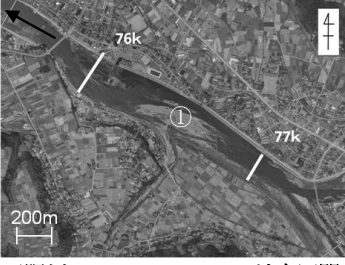
 大山川 86k200m～87km 地点区間 (1948 年)	 大山川 86k200m～87km 地点区間 (2000 年)	 三隈川 75k800m～77k200m 地点区間 (1947 年) ①築の導水路
 三隈川 75k800m～77k200m 地点区間 (1965 年) ①砂州の発達	 三隈川 75k800m～77k200m 地点区間 (1976 年) ①河道中央砂州の発達②掘削痕 ③左岸の発達	 三隈川 75k800m～77k200m 地点区間 (1986 年) ①植生による砂州形状の固定

表-3 現地写真



表-2 大山川 86k200m～87k00m0 地点区間の河道特性

年代	河道平面地形	植生	人的改変	日平均流量 (m³/s)
1947年	86k500m までは淵と早瀬が混在している。86k500m より下流は淵が続き、左岸には幅 20m、長さ 100m ほどの砂質の河原になっている。	右岸側は広葉樹林帯を形成。86k500m より下流右岸に紡錘形の植生あり。		
1948年				
1965年				
1972年			86k400m 付近に導水サイフォンが作られている。	32.6
1975年				22.66
1976年				1.6
1986年				1.59

表-3 三隈川 75k800m～77k200m 地点区間の河道特性

年代	河道平面地形	植生	人的改変	日平均流量 (m ³ /s)
1947年	75k800m～76k600mにかけて右岸に巨大な島、高瀬川・玖珠川・大山川の合流部に砂州あり。77k200m～76k500mにかけて瀬、それより下流は淵である。	右岸岸に薄く植生。右岸河原に馬蹄形植生。	76k500m～77kmに巨大な梁（まつぶしの梁）が存在する。	
1947年				
1965年	右岸島が分解している（掘削痕あり）。高瀬川・玖珠川・大山川合流部、河道中央75k400m～75k800mにかけて砂州あり。左岸76km～77k200mに河原あり。77k200m～76k500mにかけて瀬、それより下流は淵となっている。	右岸島はほぼ植生に覆われ、右岸、左岸河原は紡錘形植生。馬蹄形植生所々あり。	右岸埋め立て。三隈大橋建設。	
1970年	高瀬川・玖珠川・大山川合流部、河道中央の砂州がそれぞれ発達。			78.14
1972年				74.82
1975年	高瀬川合流部の砂州と左岸が合体。			32.78
1976年	高瀬川合流部の砂州と左岸が分解。	右岸島、右岸、左岸はほぼ植生に覆われている。中央の砂州に馬蹄形植生。	高瀬川合流部を掘削。	44.16
1986年	玖珠川・大山川合流部の砂州、右岸が発達。			24.56
2000年				22.95

3. 大山川における流量別水深の予測

(1) 手法

セグメント M の大山川では、河道幅が狭く流量に対する水深の変動が大きいことが予想される。水深はアユのような魚類にとって生息場を構成する物理条件の中でもとりわけ重要であり、維持流量制定の際にも優先され

る要素である。本章では、擬似等流の水利計算に広く使用される式(1)の Manning の式を使用して、大山川の対象断面での流量別の水深を計算した。

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

ここで v は流速[m/s]、 R は径深、 n は粗度係数[m^{-1/3}s]、 I は動水勾配とする。Manning の粗度係数について、蛇行していて水深が小さい自然河川では 0.040～0.055、水

草が多い自然河川では 0.050～0.080 と定義されている^⑥。

はじめに、本調査の対象断面を現地踏査とヒアリング調査により調査断面を決定した。次に、以下の手順で Manning の式を用いて水位－流量関係を導いた。①現地観測より河川の横断地形と水位を計算し、付近の流量観測所で水位計測時における流量を得る。②Manning の式を用いて、粗度係数ごとの水位－流量関係を導き、調査断面における粗度係数を①の観測で得た水位と流量の測定値より決定する。③水位－流量関係を図化する。④②で求めた粗度係数は、あくまで横断面の一点における時間流量から求めたもので信頼性に欠けるので、入手できた現地写真（表－6）で③の水位－流量関係の精度を確認する。⑤精度がそれなりに良いと判断されたので、粗度係数と、水位－流量関係を決定する。



図-2 大山川 85k600m 地点付近の様子

(2) 結果

調査断面として筑後川河口から 85k600m 地点断面を採用した（図-2）。その理由として河道が急増しており、河床材料が大きく大山川の河道特性をよく表している点、ランドマークとなる巨石しわ岩が存在し、流量変化による河道幅と水深の変化が印象に残りやすい点、人為改変をあまり受けておらず、ひびき鮎が獲れていた時代のものに近い状態だと予想される河道を残している点の、計 3 点が挙げられる。現地観測の結果、調査断面における Manning の粗度係数は 0.08 となった。

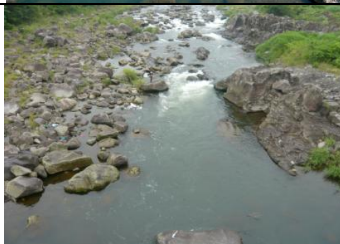
現地の流量ごとの流況を撮影した写真（表-6）と計算結果を図化したもの（図-3）を以下に示す。図中には調査断面の横断面と、流量が現在の維持流量 $1.8\text{m}^3/\text{s}$ （冬季）、 $4.5\text{m}^3/\text{s}$ （夏季）の場合と新しい維持流量として市民から求められている $10\text{m}^3/\text{s}$ の場合の予測される各水位を示している。

(3) 考察

結果より、水深に関しては、流量が $4.5\text{m}^3/\text{s}$ 以上になると、水をかぶる水路が急増し、 $10\text{m}^3/\text{s}$ 以上になると水深 50cm 以上の水路が急増することが分かった。流量が $4.5\text{m}^3/\text{s}$ を下回ると、アユのような魚類の生息空間が格段に減少し、また、生息環境の水深が深くなればアユの成長が良くなることは水産試験場の実験等でも報告されており^⑨、流量が増加すればアユの生息地としての質が向上するといえる。

現在、調査断面（大山川 85k600m 地点断面）の水深を計測した資料が残っていないが、付近の古老などに話を伺い、「しわ岩」のどこまで水位があったか知ること、ひびき鮎が育つために必要な維持流量を知り得ることが分かった。

表-4 大山川 85k600m 地点付近における流況の違い

	$1.5\text{m}^3/\text{s}$ 水深が浅く、河道幅が狭い。白波もあまりたっていない。
	$4.5\text{m}^3/\text{s}$ 河道に対して白波が覆う割合が大きく増加している。
	$10\text{m}^3/\text{s}$ 河道幅が著しく増加している。
	$20\text{m}^3/\text{s}$ 水深と河道幅が大きく増加している・河道広範囲に白波がたっている。

（日田市提供資料）

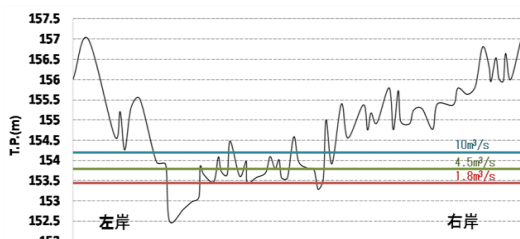


図-3 大山川 85k600m 地点断面における流量別水位

4. 結論

以上の結果を踏まえ、筑後川上流では、セグメントごとに、流量変動に対する河道特性の応答に違いがあることが分かった。したがって、生物生息場の変化にも違いが出てくるといえる。

セグメント M 区間の大山川では、河床地形の変動が小さいので、水深に与える影響に重点をおいた調査と対策が必要であり、セグメント I 区間の三隈川では、河床地形の変動が大きいので、植生と砂州の分布形状をより深く調査検討する必要があるといえる。セグメント I 区間に関しては、航空写真に河川環境の変遷を記載した画像資料は専門知識が無くても理解しやすいので、維持流量制定の際の関係者への合意形成時に使用できる。

謝辞：本研究は国土交通省筑後川河川事務所日田出張所を始め、日田市、NPO 大山水環境アスリート森和恒氏、NPO 日田水環境ネットワーク諫本憲司氏のご支援を受けて実施された。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 高橋勇夫：天然アユが育つ川，築地書店，2009.
- 2) 清野 聡子：水と生態系と地域社会，水の知—自然と人と社会をめぐる 14 の視点—，沖大幹監修，pp.97-117. 化学同人，2010.
- 3) 矢野真一郎，斎藤正徳，井芹寧，河口洋一，島谷幸宏，緒方健，山崎正敏，清野聡子：筑後川上流(大山川)における維持流量変化が河川環境に与える影響に関する現地観測，河川技術論文集，第 12 巻，pp.443-448，2004.
- 4) 清野聡子・森和恒・矢野真一郎・斎藤正徳・石川泰助・島谷幸宏・河口洋一・井芹寧・緒方健・山崎正敏：筑後川上流大山川における住民の地域知と河川環境再生研究での作業仮説形成，第 34 回環境システム研究論文発表会講演集，pp.231-238，2006.
- 5) 山本晃一：河道の平面形状と変動形態，『沖積河川-構造と動態-』，技報堂出版，pp.204-240，2010.
- 6) 椿東一郎：水理学 I，森北出版，pp.143，1973.
- 7) 田子泰彦：コンクリートの飼育池で水深別に育成したアユの成長，水産増殖学会論文集，52 巻，第 4 号，pp.315-324，2002.

(2011. 8. 8 受付)

THE METHODOLOGY FOR ESTABLISHING MAINTENANCE FLOW RATE APPLYING ICONIC DOCUMENT AND REGIONAL INFORMATION FOR RIVER ENVIRONMENTAL RESTORATION IN THE OHYAMA RIVER AND MIKUMA RIVERS TRIBUTARIES OF THE CHIKUGO RIVER

Ruriko YONEKURA, Satoquo SEINO, Shinichiro YANO,
Akira TAI and Toshimitsu KOMATSU

The Ohyama and Mikuma Rivers, tributaries of the Chikugo River, (Kyushu, Japan), have suffered decreased flow rates due to flow diversion to hydroelectric power stations, resulting in deterioration of their riverine environment and status as wildlife habitat. There is a deep relationship between the riverine environment and the organisms that live there. In fact, the famous “Hibiki Ayu”; special product of these rivers, got smaller after flow rates decreased and larger after flow rates were increased. In this study, I intend to the habitat transition in these rivers in terms of riverbed condition, water depth and vegetation. First, I analyzed past aerial photographs of these rivers (from 1947 to 2000m). Second, I predicted the depth of the water in the Ohoyama River for each type of flow rate using numerical analysis. As a result of the current analysis, I clarified the following:

- 1) Change in the riverbed of the Ohyama River was less than that of the Mikuma River, because the former's bed materials are too large to be moved -by water flow.
- 2) The less water flows, the more vegetation grows and the lesser the formation of sandbars in the Mikuma River.
- 3) Sandbar movement became blocked by vegetation in the Mikuma River, so figures show less change in sandbars in this river after 1986.
- 4) In the Ohyama River, when the flow rate was more than $4.5\text{m}^3/\text{s}$, the flow channel increased rapidly.