

筑後川上流における 巨石の景観的・水理学的有用性についての検討

米倉 瑠里子¹・清野 聡子²・田井 明³

¹学生員 九州大学 大学院工学府海洋システム工学専攻 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)
E-mail: 2TE11222Y@s.kyushu-u.ac.jp

²正会員 博士 (工) 九州大学大学院准教授 工学研究院環境都市部門
(〒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) 九州大学助教 高等研究院 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)
E-mail: tai@civil.kyushu-u.ac.jp

河道幅が狭く河床材料が大きい河川上流部では、流量変化に対する流況変化が顕著に表れる。現在、河川計画において流況を解析する際、既存の200m毎の横断面データをもとに作成した縦断方向に一樣な河床地形を用いることが多いが、この手法では河川上流の複雑な河道地形が生み出す多様な流況を表現できない。そこで、本研究では、河川上流におけるモデル河川の対象区間の流況を、現地測量により精密に作製した地形データと高解像度の計算格子を用いて解析し、上記の手法で解析した結果と比較することにより、河川上流における微地形の重要性を示すとともに、現行の河道計画の問題点を考察した。

Key Words : microform, numerical analysis, a mountain stream, habitat ,river regimen

1. 序論

我が国では、1997 年の河川法改正により、河川事業の目的として「治水」「利水」に加えて「河川環境の整備・保全」が新たに加わったが、河川環境の整備・保全を目的とした計画に際しても治水計画のスケールで河川環境の解析が行われる場合が多い。現状での中小河川の治水計画においては、横断面形状の測量後に数値解析を行うことが推奨されているが、横断面形状は概略設計時に約 100m 間隔、詳細設計時に約 20m 間隔のものを使用することが多い¹⁾。一般的に、河川上流の渓谷部では、河道幅が狭く河床材料が大きい、コンクリート三面張りの平坦な河道の下流よりも流量の違いによる流況や生物生息場の変化が顕著であるといえる。このようなスケールで渓谷部の解析を行う場合、巨礫や巨石の存在が考慮されず、複雑な河道地形が生み出す多様な流況を表現できず、適切な生物生息場評価ができないことが予想できる。

本研究では、維持流量制定の第一段階として、「河川環境の整備・保全」の取組目的として挙げられる「地域の暮らしや歴史・文化との調和にも配慮し、多様な河川景観を保全・創出する」ことに着目し、筑後川上流にお

いて流量変化が景観に与える影響について検討した。筑後川上流では 1972 年に完成した松原ダムによる発電用取水の影響で流量が著しく減少した結果河川環境が悪化したことが問題となっている。はじめに、現地写真、空中写真、既往文献等を用いた調査により、ダム建設前後と場所の違いによる大山川、三隈川の景観の時間的・空間的変遷を定性的に分析した。次に、大山川の景観にとって特に重要な項目と予測される巨石の影響を定量的に評価するために、現地調査と高解像度の地形データを使用した平面二次元数値シミュレーションを行った。モデル河川として、筑後川上流大山川の 85k470m～85k600m 区間を選定した。当区間は大山川流域において、河道が急峻し巨石が多く存在するという渓谷部の河道特性を特に顕著に示している河道である。大山川では、清野²⁾による調査や、朝位³⁾による PHABSIM を使用した生息場評価も行われたが、微地形に着目した解析事例はない。

2. 定性的調査

(1) 空中写真判読による検証

筑後川上流 (図-1) は、地形特性と対応した大セグメン

ト区分においてセグメント M, セグメント I に分類される河道特性を有する。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 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。本研究では各セグメントの河道特性を顕著に有す区間として, セグメント M 区間は河口より 86k200m~87km の区間, セグメント I 区間は 75k800m~77k200m の区間を選定し空中写真判読を行った。空中写真の代表例を図-2に示す。A, B, E は松原ダム完成以前, C, D, F は松原ダム完成後に撮影された写真である。空中写真判読の結果, セグメント I 区間では砂州の消失や発達(図-2-C)が多く確認され, 砂州の発達に伴う掘削工事の痕跡(図-2-C)も確認された。豪雨やダム建設に伴う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 区間では小さくセグメント I 区間では大きいことが分かった。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。

(2) 現地写真による検証

巨石が多く存在するセグメント M 区間において現地写真(図-3)を使用した流況変化の定性的把握を行った。

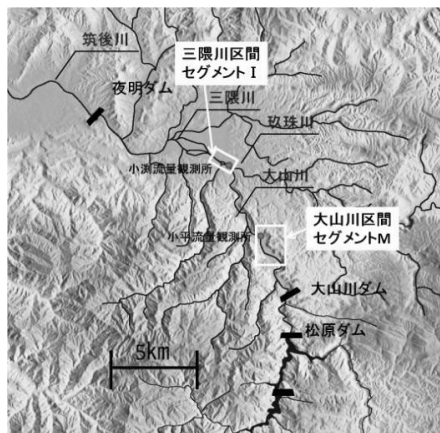


図-1 筑後川上流流域

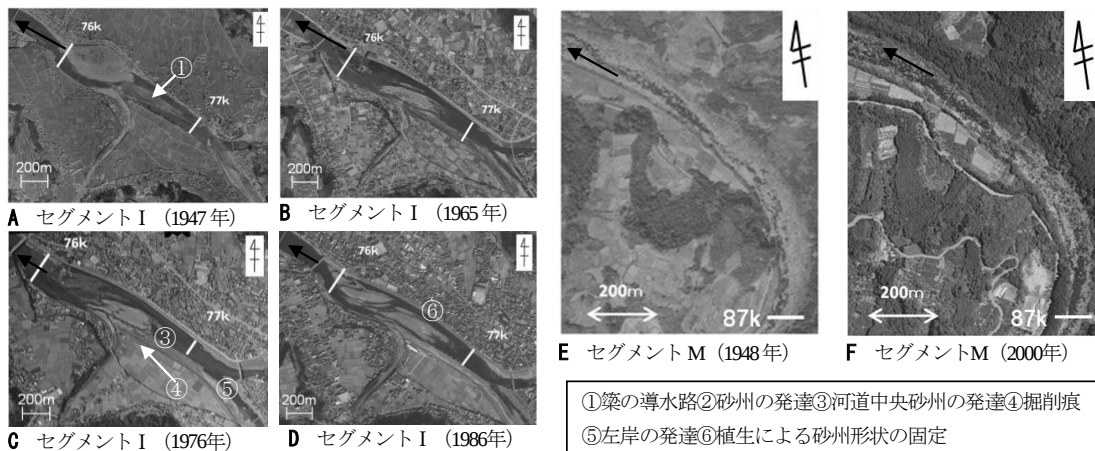


図-2 代表的な区間の空中写真

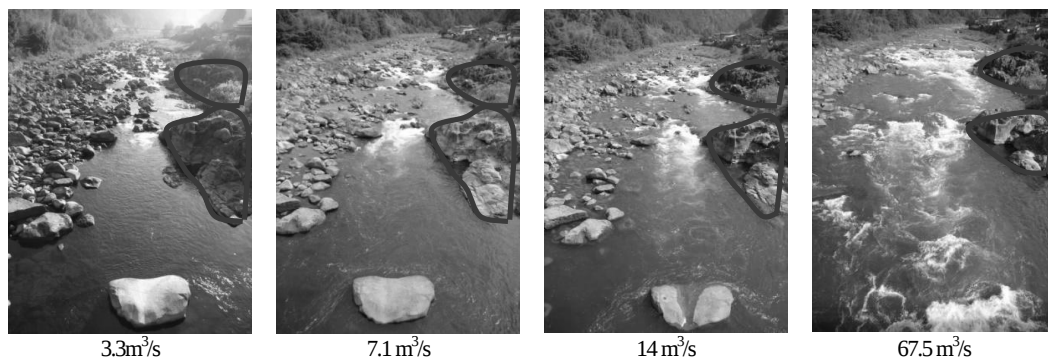


図-3 筑後川(85k470m~85k600m)の流量変化に伴う流況変化

その結果、巨石周辺では流量変化に伴い流況が顕著に変化し、流量が増加すると、水被り域と白波発生領域が増大することが確認できた。下流側の河道の中心部にある巨石が14 m³/sで水没し始め、67.5 m³/sで完全に水没していく様子も確認できた。

(3) 文献および聞き取り調査による検証

大山川、三隈川は、峡谷や山岳の中を流れている地形的条件から道路の建設が遅れたために、大正時代初頭まで水運に利用されていた。文献⁴⁾によると江戸時代には筑後川で筏流しが商品運搬の主要な手段とされ、舟や筏の便をはかるために、河道の浚渫が行われた。大山川、三隈川による水運は明治初年までつづいていたが、道路や鉄道の建設によってしだいに水運は衰微し、筏流しと舟による三隈川下りが観光価値を温存しながらつづいていたが、昭和29年（1954）の夜明ダムの建設とともに、その姿を消してしまった。筏流しで使用されていたルートは夜明ダム建設前まで観光目的の川下りに利用されていた。川の各所には河鹿の瀬、中の瀬、大明神岩、神淵、千僧岩、貫の瀬等の名称がつけられていた。名称が付けられた個所は水流が複雑に変化する交通の難所、多彩な流況が存在する景勝地、好漁場などであった。また、大山川流域住民への聞き取り調査により、松原ダム建設以前の流量が多かった時代は、流域の子供は河川中の岩に名称を付け、泳ぐ際の目安にしていたことが分かった。流域の小学校では集合写真の撮影場所にされるなど、周辺のランドマークのような存在となっていた巨石も存在したが、通水障害になるとして撤去された例も確認された。

(4) 考察

大山川、三隈川両河川の河床の平面形状の変化について、豪雨による大規模な出水やダム建設により河川への河床材料の供給が減少し、河床の粗粒化が生じたことが原因として挙げられる。三隈川より大山川が河床の平面形状の変化が小さかった理由として、大山川では巨石が土砂を固定し河床材料の移動を制限したことが考えられる。したがって、巨石は河床を安定させる効果があるといえる。現地写真による検証より、巨石周辺では緩速域、急速域、渦などが生じ流況が複雑に変化することが確認できた。巨石のどこまで水位があるか、どこに白波が発生するか、という視覚的な情報は河川流量を推定する目安になり得るといえる。また、流域住民はそれらの視覚的な情報から子供が遊べる安全な水域や水運の際特に注意を必要とする危険な水域等を判断し、口承で伝えてきたことが分かった。したがって、巨石は多様な河川景観を生み出すと同時に、流域住民の生活にとっては防災装置の役割を果たしてきたといえる。

2. 現地観測による計算格子のスケールの検討

(1) 河床高の測量

数値シミュレーションで用いる地形データを取得するためトータルステーションを用い、河床高を測量した。巨石や巨礫の分布を表現できるように、横断・縦断方向に約1m間隔で測量を行った。さらに、測量が困難な領域については、空中写真および現地写真（図-3）により補った。得られた対象区間の河床高の分布を図-4に示す。図-4より対象区間の特徴である左岸に存在する地元で“しわ岩”（図-3の赤枠）と呼ばれる二つの大きな岩や河道の巨石などによる起伏などが本測量によってよく表現されていることが分かる。

(2) 流況の把握

大山川の多様な流況変化を確認するために、現地写真（図-3）を使用した流況変化の定性的把握を行った。その結果、対象区間では流量変化に伴い流況が顕著に変化し、流量が増加すると、水被り域と白波発生領域が増大することが確認できた。下流側の河道の中心部にある巨石が14 m³/sで水没し始め、67.5 m³/sで完全に水没していく様子も確認できた。流量データは、国土交通省九州地方整備局筑後川河川事務所による近傍地点（小平）での観測値を用いた。流速・流向観測の結果を図-4に示す。観測の結果、流量3.3m³/sの時、しわ岩に沿うように左岸側に流速の大きい主流域が存在し、右岸側は比較的流速の小さい領域になっていた。また、巨石下流側には緩速域が生じること、白波部分や河道が急彎している区間の流速は速くなることが分かった。したがって、治水計画で単一の地形・流況として扱われる領域内において、実際には多様な流況が存在することが確認できた。

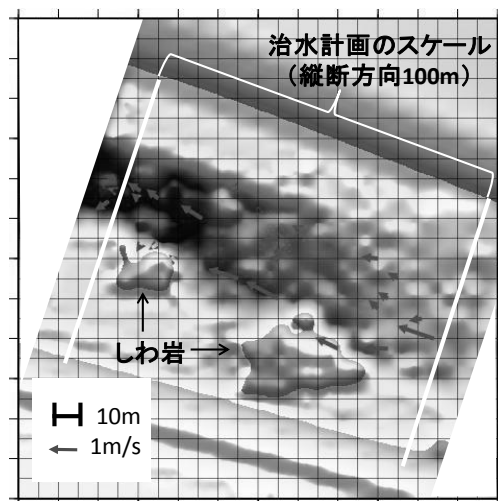


図-4 河床高と流速分布の現地観測結果（流量1.8m³/s）

(3) 計算格子のスケールの検討

現地観測により、巨石の下流側は流速が小さくなり、流向も巨石周辺では複雑に変化していることが分かった。この変化は写真から認識できる巨石周辺の流況の違いとおおよそ一致していることが分かった。朝位の研究で使用された計算格子の大きさは約 $4\text{m} \times 25\text{m}$ であるが、この大きさでは実際には岩の配置や河床高の変化で複雑に変化している格子内の流れが数値解析上は均一の流れとみなされることが分かった。現地踏査と写真の検証により、対象区間の流況を再現するには $1\text{m} \times 1\text{m}$ ほどの計算格子を用いることが適切であると判断した。

3. 数値シミュレーションによる流況の再現

(1) 数値シミュレーションの概要

現地の流況を正確に再現するために精密に作製した地形データを使用し、大山川解析対象区間（図-5の黄枠内）の流況を平面2次元数値シミュレーションにより再現した。本研究では長田のプログラムをもとに浅水方程式を用いた平面2次元計算を行った⁵⁾。抵抗則としてManning則を用い、対象河川の状態を考慮し既存の資料を参考に粗度係数は0.035と設定した⁶⁾。図-5に示した白枠内の領域を一般曲線座標を用いて約 $1\text{m} \times 1\text{m}$ の 120×300 の格子に分割した。計算時間間隔を0.02秒とし、定常となるまで計算を行った。境界条件は、上流端に上記の流量を与えた。

(2) 流量および境界条件の設定

流量は、 $3.3\text{m}^3/\text{s}$ 、 $7.1\text{m}^3/\text{s}$ 、 $14\text{m}^3/\text{s}$ 、 $67.5\text{m}^3/\text{s}$ の計4通りを採用した。 $3.3\text{m}^3/\text{s}$ 、 $7.1\text{m}^3/\text{s}$ は対象区間の冬季、夏季の維持流量である。 $14\text{m}^3/\text{s}$ はフラッシュ放流試験時に撮影し

た写真について聞き取り調査を行い、ダム建設以前の大山川の環境に近いという意見が多く得られた流量である。 $67.5\text{m}^3/\text{s}$ は、年数回程度の比較的大規模な出水時の流量である。境界条件は、上流端に上記の流量を与えた。下流端に与える水位条件は流量が $7.1\text{m}^3/\text{s}$ の時は現地観測により得られた水位とし、その他の流量の時の下流端水位については実測値がないため、図-3に示した写真から同一横断面の水被り長さが再現されるように試行錯誤により最適な結果を採用した。

(2) 結果

図-6に解析対象区間の水深および流速の空間分布を示す。水被り域の概形と水深分布が実際の流況変化同様複雑になった。また、本稿2.で検証した河道中央部の巨石についても、 $14\text{m}^3/\text{s}$ で水没し始め、 $67.5\text{m}^3/\text{s}$ で完全に水没した。流速分布について、本稿2.で検証した巨石の下流側に生じる緩速部等、流速分布が多様に変化する様子が再現できた。

水深、流速の各値に対する面積配分を調べるために、格子数の個数のヒストグラム化を行った結果を図-7に示す。なお、格子数一つの面積は約 1m^2 であり、格子数の

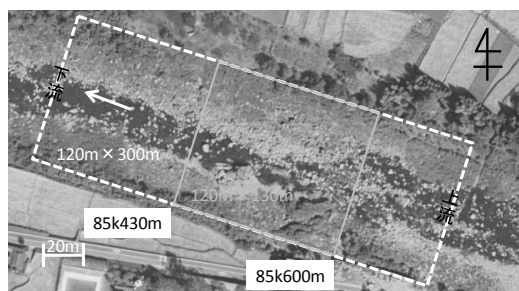


図-5 解析対象区間

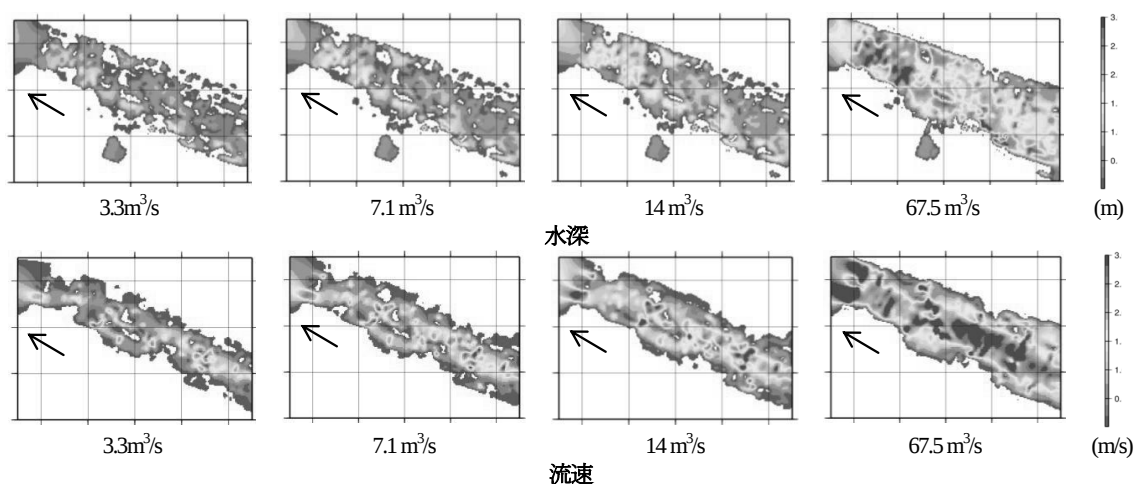


図-6 水深分布および流速分布

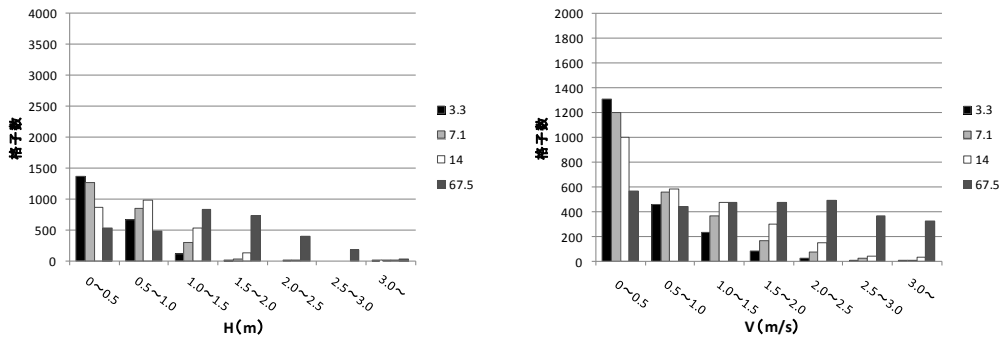


図-7 水深および流速のヒストグラム

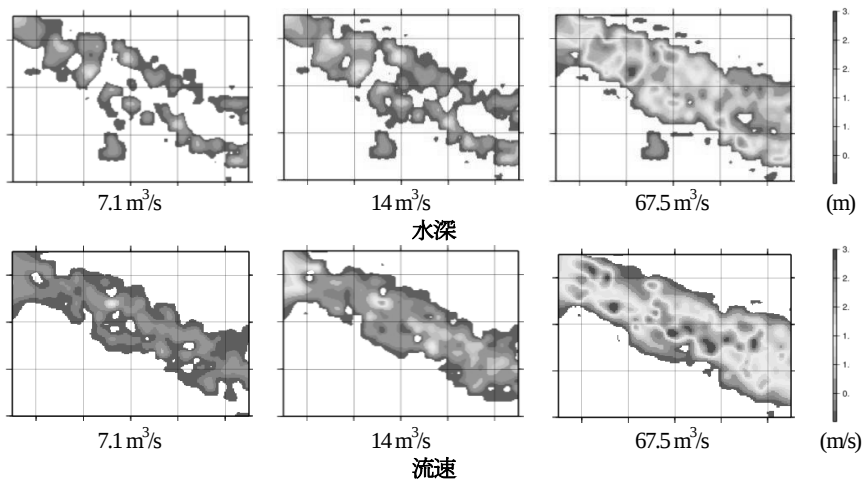


図-8 流量3.3m³/s時からの差分

個数は面積とほぼ同値である。水深について、流量3.3m³/s、7.1m³/sでは、0～0.5mの区間が最も格子数が多く、1.5m以降は格子数がほぼ0となる。14m³/sでは0～0.5mと0.5～1.0mの区間が格子数が多くほぼ同等個数が存在し、2.0mまで格子数が存在する。流量67.5m³/sでは、1.0～1.5mと1.5～2.0mの区間が格子数が多くほぼ同等個数が存在し、水深3.0m以上の格子も存在する。流速について、流量3.3m³/s、7.1m³/s、14m³/sと67.5m³/sで分布形状が異なっている。流量3.3m³/s、7.1m³/s、14m³/sでは格子数は0～0.5m/sの区間で最も多く流速が上がるにつれてなだらかに減少し、2.5m以降は格子数がほぼ0となる。流量67.5m³/sでは、分布形状は平行線に近く、すべての区間において格子数は400前後となっている。

図-8に流量7.1m³/s、14m³/s、67.5m³/sにおける水深、流速の流量3.3m³/s時との差分を示す。流量7.1m³/s、14m³/s時の水深、流速の差分はほぼ同じ形状を示した。水深について、下流部の淵となっている領域は差分が単調に増加し、上流部の巨石が集中し瀬となっている領域は差分が大きい個所と小さい個所が混在していた。流速に関して、河道中央部の巨石周辺や上流部の巨石が集中する箇所では

局所的に差分が大きな個所が存在した。

(3) 考察

詳細な地形データを使用した数値シミュレーションでは、河川溪谷部の巨石周辺の流れについて水没や緩速域の有無を再現できることが示された。流量増加に対して、淵では水深が比較的単調に増加し、流速もほぼ一定であるのに対し、巨石が点在する瀬では、水深、流速ともに多様に変化するといえる。したがって、流量変化に対して生物生息場も多様に変化するといえる。流量67.5m³/s時のような比較的大規模な出水の際、流速2.0m/s以上の高速領域は爆発的に増加するが、流速2.0m/s以下の領域も安定して存在する。これは巨石が水没し比較的流速が遅い流路となっているからだと考えられる。アユなどの魚類は流速2.0m/s以上では遊泳出来ないのでは⁷⁾、これらの流路は洪水時において魚類の避難場所となり得る。

5. 結論

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 筑後川上流において巨石の多い区間では、流量変動に対する河床の平面地形の変化が少ない。
- 2) 巨石周辺では流況が複雑に変化し、流域住民は巨石を観光や防災に活用してきた。
- 3) 約1m間隔で作製した詳細な地形データを使用した数値シミュレーションでは、水被り域の概形、水深・流速分布や巨石の水没状況を再現できる。
- 4) 自然河川において、淵では流速、水深が比較的に単調に変化する。
- 5) 自然河川において、巨石が点在する瀬は出水時に緩速域や新たな流路となる。

1)について、河床安定に果たす巨石の重要性については福岡らも述べており⁸⁾、治水計画に巨石を活用することが今後期待される。2)について、巨石周辺では流況が複雑に変化し、白波や渦などが発生する。これらの視覚的な要素は観光資源や地域防災に役立てられてきたといえる。3)について、従来の治水計画で用いられる既存の横断測量データを基にした解析スケールでは、渓谷部の河川の多様な流況を再現できないことが分かった。したがって、河川環境の整備・保全計画の際は、対象河川の流況を再現できる詳細なスケールを検証した後解析を行うべきである。また、従来の治水計画のように、河道を一樣な形状に整備することで、流況は単調かつ極端になることが分かった。したがって、生物生息場の多様性を考慮するならば、流況変化をもたらす巨石などは河道中に存在させるべきである。4)、5)より河道を一樣な形状に整備することは、特定の種にとって適当な生息場を作ることができるが、多様な生息場は形成されず、結果として河川環境にとって悪影響をもたらすと考えられる。巨石は水学的にも河川環境に有益な効果を多く有しているが、流域住民の日々の生活に対しても密接な関係を有していた。河川整備の際に、通水阻害として巨石が撤去される例も多いが、地域の暮らしや歴史・文化との調和にも配慮するならば、聞き取り調査等で流域住民にとって重要だと認識されている巨石を選定し、詳細

な数値シミュレーションで流況を把握した上で河道に残すことも必要であるといえる。このような河道整備は地域の特色を反映した多様な河川景観の保全・創出につながるという。

謝辞：本研究は大分県日田市、大山水環境アスリート、国土交通省筑後川河川事務所の御支援、御協力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) 大石哲也，萱場裕一，加瀬瑛斗，渡辺敏，高岡広樹：デジカメ航空写真による中小河川の地形データ作成と河道計画への適用可能性，土木学会論文集 B1（水工学）Vol.68, No.4, pp.1399-1404, 2012.
- 2) 清野聡子，森和恒，矢野真一郎，斉藤正徳，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.
- 3) 朝位孝二：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，山口大学工学部研究報告，第 55 巻，第 1 号，pp.19-28, 2004.
- 4) 日田市三十年史発刊委員会：日田市三十年史，pp.175-180, 1974.
- 5) 長田信寿：一般座標系を用いた平面 2 次元非定常流れの数値解析，土木学会水理委員会基礎水理部会，水工学における計算機利用の講習会講義集，土木学会水理委員会基礎水理部会，pp.161-76, 1999.
- 6) 椿東一郎：水理学 I，森北出版，pp.143, 1973.
- 7) アメリカ合衆国内務省，国立生物研究所（テリーワドル，中村俊六訳）：IFIM 入門，財団法人リバーフロント整備センター，1999.
- 8) 福岡捷二，長田健吾，安部友則：石礫河川の河床安定に果たす石の役割，水工学論文集，第 52 巻，pp.643-648, 2008.

(2012.7.18 受付)

EXAMINATION ON UTILITY OF ROCKS IN THE UPPER REACHES OF THE CHIKUGO FOCUSED ON HYDRAULICS AND LANDSCAPE

Ruriko YONEKURA, Satoquo SEINO and Akira TAI

In a mountain stream, microforms make various river regime and habitat. Considering rock is important for protecting river environment, but present river improvement plan do not detailed analysis. In this study, we conduct the qualitative and quantitative survey in the Chikugo River. First, we conduct photographic interpretation and interview. Second, we predicted the flow regime on each flow rate by detailed 2D numerical analysis. As a result, we could do the qualitative and quantitative assessment of the utility of rocks in the river.