

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

朝位孝二 (社会建設工学科)

Physical Habitat Simulation in River in Which Minimum Flow Changes Seasonally with PHABSIM

Koji ASAI (Department of Civil and Environmental Engineering)

The minimum flow of the Ohyama river changes seasonally. At present time, from 21st March to 30th September, the minimum flow is 4.5 m³/s, and that is 1.8 m³/s from 1st October to 20th March. The minimum flow is 1.5 m³/s before. The effect of the minimum flow on the physical situations, for example, water width, water depth and flow velocity, are studied by using an numerical simulation. Furthermore, a physical habitation for an ayu also is estimated by using the PHABSIM. It is conformed that the increase of the minimum flow gives good physical situation to ayus.

Key Words : *the Ohyama river, minimum flow, physical habitation, PHABSIM*

1. はじめに

筑後川は流域面積 2860km², 幹川流路延長 143km の九州随一の大河であるが, 昔から「筑紫次郎」と呼ばれる程の暴れ川で, 多くの水害を引き起こしてきた河川である. その一方で, 日本有数の穀倉地帯である筑後平野にその豊かな水を供給するとともに, 福岡都市圏をはじめとする都市部にも水を供給するなど, 北部九州の経済社会の発展に大きく寄与している河川でもある.

上流部の大分県大山町を流れる筑後川を地元は大山川と呼んでいる (正式名称は筑後川であるが, 本論文においても大山川と呼ぶことにする.). 昭和 48 年 3 月に洪水調節と発電を目的とした松原ダムが完成し, 松原ダム直下および大山川ダム直下の維持流量は 0.0m³/s となった. さらに昭和 58 年に松原・下釜ダムの発電専用容量を変更することによってダム下流の維持流量を確保し, 新たな都市用水の開発, 供給を行うことを目的とした松原・下釜ダム再開発事業が完成した. これにより松原ダム直下では 0.5m³/s, 大山川ダム直下では 1.5m³/s の維持流量が確保された.

以上の経緯を経て大山川ダム地点で維持流量 1.5m³/s となったが, 平成 9 年 5 月~7 月にかけて「豊かできれいな水をよび戻そう」と日田市, 大山町において水量増加の推進実行委員会は発足した. 平成 11 年 3 月には柳又発電所の水利権更新を迎えることから, 平成 10 年 8 月に市民アンケート, 9 月に 4 万人を越える署名, さらに 1400 名参加の市民決起集会が開催され, その後水量増加に関する様々な市民運動が展開された.

このような市民運動を背景に平成 11 年 12 月に「三隈川・大山川河川環境協議会」が関連行政機関, 発電水利利用者, 市民団体, 河川管理者をメンバーに開催された. 平成 12 年 3 月まで 4 回開催され, 大山川ダム地点の維持流量として最終的に「3 月 21 日より 9 月 30 日までは, 4.5m³/s, その他の 10 月 1 日から 3 月 20 日までは, 1.8m³/s とする.」ということで合意が得られた.

以上のように, 市民活動により季節的ではあるが, 3.0m³/s の維持流量の増加に成功したわけであるが, この増量が河川環境にどのような影響を与えるのかは定かではない. 大山川の維持流量の

違いは水理学的にはまず河積と流速の変化として現れる。これが土砂移動や河川内の種々の生化学的な変化をもたらす。その結果として河川水の水質や河川生態系に変化をもたらすことは容易に想像できる。したがって基本的な情報として維持流量の相違が大山川の水利諸量にどのような変化をもたらすのか把握することは重要である。このことから本研究では以下の点について研究を行った。

- (1) 数値計算により任意流量での水深や流速の把握
- (2) 生息場評価アプリケーションの一つである PHABSIM を用いた流量増加による生息場の改善状況の評価

2. 流れの数値解析

2-1 基礎式¹⁾

流れの基礎式は3次元の非圧縮性流体の連続の式、ナビエ・ストークスの式を水深方向に積分して得られる、平面2次元流れの連続の式と運動方程式である。それらをデカルト座標系で表示すれば以下ようになる。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial uM}{\partial x} + \frac{\partial vM}{\partial y} = & -gh \frac{\partial z_s}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} \\ & + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\tau_{xx}h}{\rho} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\tau_{yx}h}{\rho} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial uN}{\partial x} + \frac{\partial vN}{\partial y} = & -gh \frac{\partial z_s}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho} \\ & + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\tau_{xy}h}{\rho} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\tau_{yy}h}{\rho} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、 M は x 方向の線流量、 N は y 方向の線流量、 u は x 方向の水深平均流速、 v は y 方向の水深平均流速、 g は重力加速度、 h は水深、 Z_s は水位、 τ_{bx} は x 方向の底面せん断応力、 τ_{by} は y 方向の底面せん断応力、 τ_{xx} 、 τ_{yx} 、 τ_{xy} 、 τ_{yy} は水平方向のせん断応力、 ρ は流体の密度である。

一般に河川は蛇行しているので、デカルト座標系よりも自由に河川形状を表現できる一般座標系を用いるのが便利である。デカルト座標系 (x , y) から一般座標系 (ξ , η) に変換すれば、基礎式は次のように表される。

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{h}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{Uh}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{Vh}{J} \right) = 0 \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{M}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{UM}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{VM}{J} \right) = & -gh \left(\frac{\xi_x}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \xi} + \frac{\eta_x}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \eta} \right) \\ & - \frac{\tau_{bx}}{\rho J} + \frac{\xi_x}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\tau_{xx}h}{\rho} \right) + \frac{\xi_y}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\tau_{yx}h}{\rho} \right) \\ & + \frac{\eta_x}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\tau_{xx}h}{\rho} \right) + \frac{\eta_y}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\tau_{yx}h}{\rho} \right) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{N}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{UN}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{VN}{J} \right) = & -gh \left(\frac{\xi_y}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \xi} + \frac{\eta_y}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \eta} \right) \\ & - \frac{\tau_{by}}{\rho J} + \frac{\xi_x}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\tau_{xy}h}{\rho} \right) + \frac{\xi_y}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\tau_{yy}h}{\rho} \right) \\ & + \frac{\eta_x}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\tau_{xy}h}{\rho} \right) + \frac{\eta_y}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\tau_{yy}h}{\rho} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

ここで ξ_x , η_x , ξ_y , η_y は変換のメトリックス、 J は変換のヤコビアン、 U は ξ 方向の反変流速、 V は η 方向の反変流速である。ヤコビアンおよび反変流速は以下のように定義される。

$$J = 1 / (x_\xi y_\eta - x_\eta y_\xi) \quad (7)$$

$$U = \xi_x u + \xi_y v, \quad V = \eta_x u + \eta_y v \quad (8)$$

なお、下付添え字はその変数による偏微分を表す。

主要な未知量は線流量と水深である。水深平均流速は反変変化しているが、線流量は反変変化されていない。一般座標系におけるコントロールボリュームにおいて反変変化されていない線流量は、コントロールボリュームの界面に直交するとは限らず、有限体積法による計算方法に適合しない。これを回避するためにはコロケート格子の使用も考えられるが、ここでは線流量も反変変化し、運動方程式をさらに変換する。最終的な式形は以下の様になる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{Q^\xi}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{UQ^\xi}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{VQ^\xi}{J} \right) \\ - \frac{M}{J} \left(U \frac{\partial \xi_x}{\partial \xi} + V \frac{\partial \xi_x}{\partial \eta} \right) - \frac{N}{J} \left(U \frac{\partial \xi_y}{\partial \xi} + V \frac{\partial \xi_y}{\partial \eta} \right) \\ = -gh \left(\frac{\xi_x^2 + \xi_y^2}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \xi} + \frac{\xi_x \eta_x + \xi_y \eta_y}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \eta} \right) - \frac{\tau_b^\xi}{\rho J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{\xi_x^2}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\tau_{xx} h}{\rho} \right) + \frac{\xi_y^2}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\tau_{yy} h}{\rho} \right) + \frac{2\xi_x \xi_y}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\tau_{yx} h}{\rho} \right) \\
& + \frac{\xi_x \eta_y}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\tau_{xx} h}{\rho} \right) + \frac{\xi_y \eta_x}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\tau_{yy} h}{\rho} \right) \\
& + \frac{\xi_x \eta_y + \xi_y \eta_x}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\tau_{yx} h}{\rho} \right) \quad (9)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{Q^n}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{UQ^n}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{VQ^n}{J} \right) \\
& - \frac{M}{J} \left(U \frac{\partial \eta_x}{\partial \xi} + V \frac{\partial \eta_x}{\partial \eta} \right) - \frac{N}{J} \left(U \frac{\partial \eta_y}{\partial \xi} + V \frac{\partial \eta_y}{\partial \eta} \right) \\
& = -gh \left(\frac{\xi_x \eta_x + \xi_y \eta_y}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \eta} + \frac{\eta_x^2 + \eta_y^2}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \eta} \right) - \frac{\tau_b^n}{\rho J} \\
& + \frac{\xi_x \eta_x}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\tau_{xx} h}{\rho} \right) + \frac{\xi_y \eta_y}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\tau_{yy} h}{\rho} \right) \\
& + \frac{\xi_x \eta_y + \xi_y \eta_x}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\tau_{xy} h}{\rho} \right) + \frac{\eta_x^2}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\tau_{xx} h}{\rho} \right) \\
& + \frac{\eta_y^2}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\tau_{yy} h}{\rho} \right) + \frac{2\eta_x \eta_y}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\tau_{xy} h}{\rho} \right) \quad (10)
\end{aligned}$$

反変線流量および反変底面せん断応力は以下のように定義される。

$$Q^\xi = \xi_x M + \xi_y N, \quad Q^\eta = \eta_x M + \eta_y N \quad (11)$$

$$\tau_b^\xi = \xi_x \tau_{bx} + \xi_y \tau_{by}, \quad \tau_b^\eta = \eta_x \tau_{bx} + \eta_y \tau_{by} \quad (12)$$

また、せん断応力は次式で算出する。

$$\tau_{xx} = 2\rho\varepsilon \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) - \frac{2k}{3} = 2\rho\varepsilon \left(\xi_x \frac{\partial u}{\partial \xi} + \eta_x \frac{\partial u}{\partial \eta} \right) - \frac{2k}{3} \quad (13)$$

$$\tau_{yy} = 2\rho\varepsilon \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right) - \frac{2k}{3} = 2\rho\varepsilon \left(\xi_y \frac{\partial v}{\partial \xi} + \eta_y \frac{\partial v}{\partial \eta} \right) - \frac{2k}{3} \quad (14)$$

$$\begin{aligned}
\tau_{yx} = \tau_{xy} & = \rho\varepsilon \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \\
& = \rho\varepsilon \left(\xi_y \frac{\partial u}{\partial \xi} + \eta_y \frac{\partial u}{\partial \eta} + \xi_x \frac{\partial v}{\partial \xi} + \eta_x \frac{\partial v}{\partial \eta} \right) \quad (15)
\end{aligned}$$

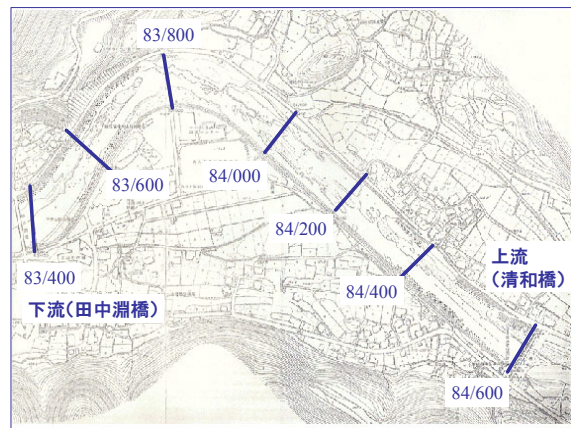


図-1 解析対象区間
(田中淵橋から清和橋までの1.2km区間)

$$\varepsilon = \alpha h u_* \quad (16)$$

$$k = 2.07 u_*^2 \quad (17)$$

$$\tau_{bx} = \frac{\rho g n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (18)$$

$$\tau_{by} = \frac{\rho g n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (19)$$

ここで、 ε は渦動粘性係数である。 α は定数、 u_* は摩擦速度、 k は水深平均乱れエネルギー、 n はマンニングの粗度係数である。

数値解析では式(4)、式(9)および式(10)を基礎式として有限体積法に基づいて離散化した。スタッガード格子を採用した。移流項には1次精度風上法を採用し、時間積分には2次精度Adams-Bashforth法を用いた。

2-2 解析対象区間と計算条件

解析対象区間は図-1に示す田中淵橋(河口より

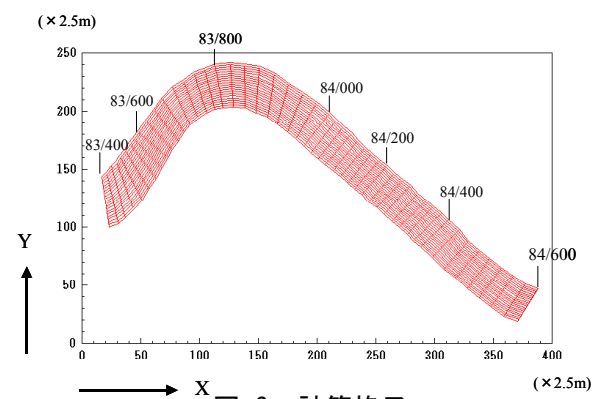


図-2 計算格子

22 (22)

83.4km) から清和橋 (84.6km) の 1.2km の区間である。

計算格子は各断面間を 25m 間隔で分割した。縦断方向には 49 個の断面、横断方向には 21 個の計算点を設けた。合計 $49 \times 21 (=1029)$ 個の格子点を有する計算格子を作成した。計算格子を図-2 に示す。

抵抗則は Manning 則を用い、粗度係数は 0.04 とした。計算時間間隔を 0.02 秒とし、18000 ステップまで計算した。これは 5 時間通水したことに相当する。計算結果は定常となっている。

流量は 1.50, 1.80, 2.61, 4.50, 4.76, 5.45, 6.44, $8.00\text{m}^3/\text{sec}$ の 8 通りを採用した。

2-3 境界条件

境界条件として上流端 84/600 に流量を、下流端 84/400 に水位を与えた。ここで、境界条件は次のようにして求めた。平成 14 年 9 月 19 日の小平における日平均流量は $5.45\text{m}^3/\text{sec}$ であり、田中淵橋の橋脚にある水深標から 1.51m であることが分かった。河床高を加え水位に変換すれば 126.14m である。一方、平成 14 年 11 月 27 日では流量 $2.61\text{m}^3/\text{sec}$ 、水深 1.27m、水位 125.9m であった。流量と水位の関係が線形であると仮定し、種々の流量に対する下流端水位を求めた。それらを表-1 に示す。写真-1 に当日の田中淵橋の様子を示す。

表-1 流量と下流端水位の関係

流量 (m^3/s)	水位 (m)	計測日
1.5	125.81	
1.8	125.83	
2.61	125.9	H14 11/27
4.5	126.06	
4.76	126.08	H15 3/18
5.45	126.14	H14 9/19
6.44	126.22	H15 3/26
8	126.36	

平成 15 年 3 月 18 日と 3 月 26 日に流速ベクトルを計測している。この日の水位は線形補間による推定値であるが、計測された流速を用いて計算結果の妥当性を次節で検討する。



平成 14 年 9 月 19 日



平成 14 年 11 月 27 日

写真-1 田中淵橋の橋脚にある水深標

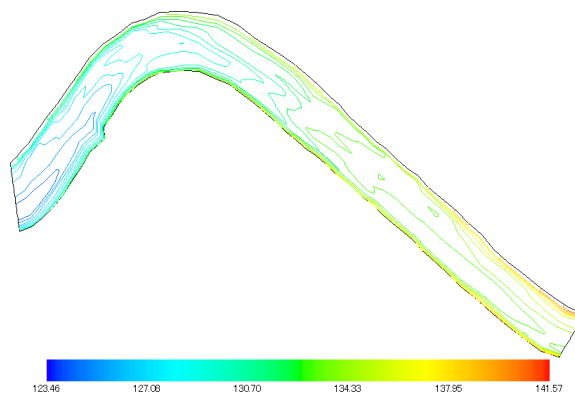


図-3 河床高 (m)

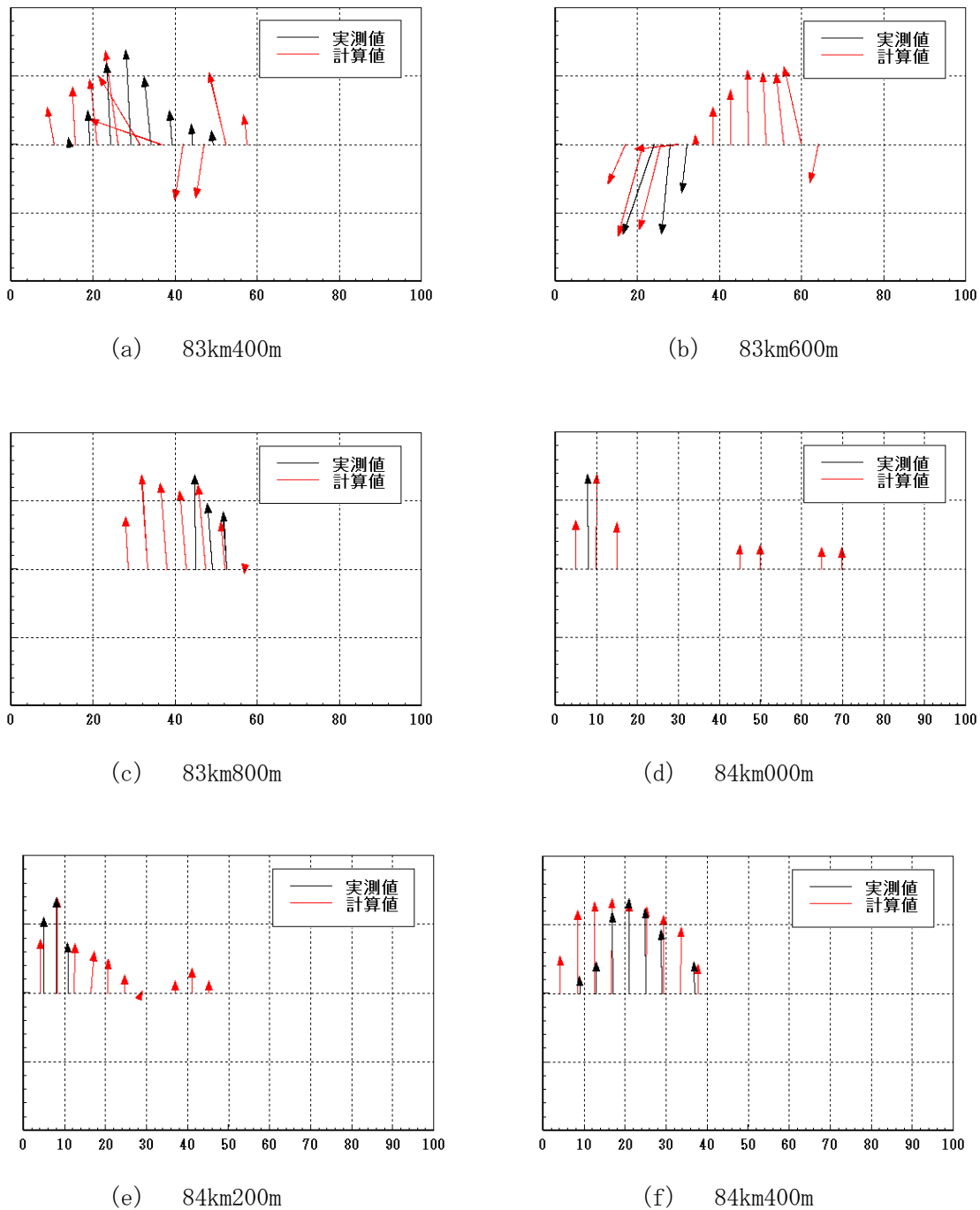


図-4 実測値との比較

2-4 計算結果

2-4-1 河床高

計算領域の河床形状（河床高）を図-3に示す。寒色系から暖色系に近づくにつれて河床は高くなる。この区間は巨礫が存在する礫床河川であるが、数値計算では礫の影響は粗度係数として考慮される。

2-4-2 数値計算結果の妥当性の検討

実測の流速ベクトルと計算結果を比較することで、数値計算結果の妥当性を検討する。図-4に流量 $4.76\text{m}^3/\text{sec}$ の時（平成15年3月18日）の、各断面における実測の流速ベクトル（黒色）と、計算による流速ベクトル（赤色）の比較図を示す。いずれの図も横軸は河床横断方向距離（左岸から右岸）である。また縦軸方向が北である。実測ベクトルと計算ベクトルは必ずしも一致はしてい

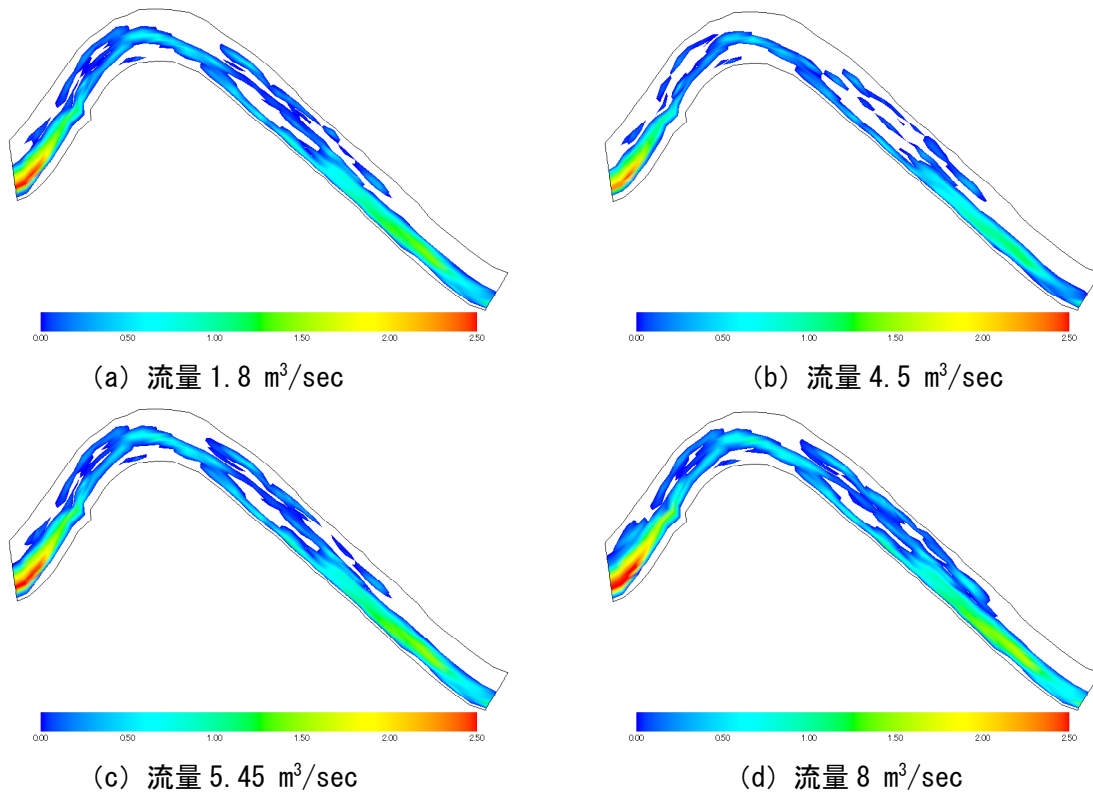


図-5 水深と水面幅

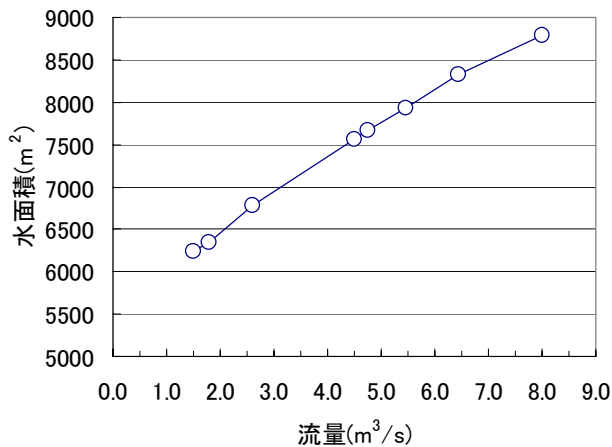


図-6 流量と水面積の関係

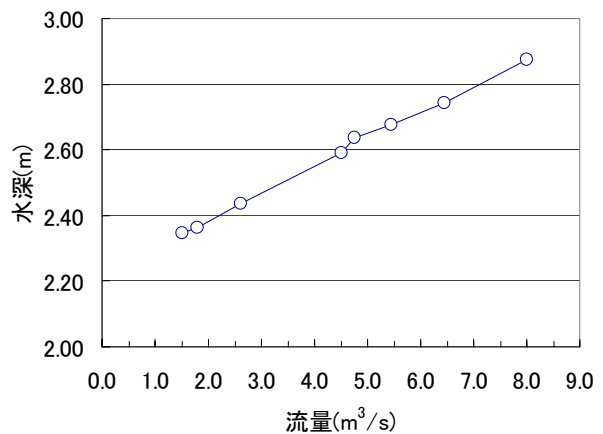


図-7 流量と最大水深の関係

ないが、流れの方向や定量的な大きさに大きな問題はなく、ある程度の再現性は得ているものと判断できる。

2-4-3 水深と水面幅

水深や水面幅の変化は、水域に生息する魚類にとって重要な瀬、淵の面積の変化など生息場面積の変化を与える。代表的な流量についての水深および水面幅の様子を図-5 に示す。図中の色は、寒色系から暖色系に近づくにつれて水深が深くなっていることを示している。

全ての流量の結果を定量的に示したものが図-6 および図-7 である。図-6 は流量と水面積の関係を、図-7 は流量と最大水深の関係を示したものである。ここで水面積とは水が存在している計算セルの面積の総和である。水表面積とは異なるが、それを代表するものと考えて良い。上図より、流量増加とともにほぼ単調に水面積および最大水深も増加していることがわかる。流量 1.5m³/sec と 4.5m³/sec の時の水面積を比較すると、4.5m³/sec 時の水面積は 1.5m³/sec の場合の約 1.2 倍である。同様に最大水深の場合では約 1.1 倍の

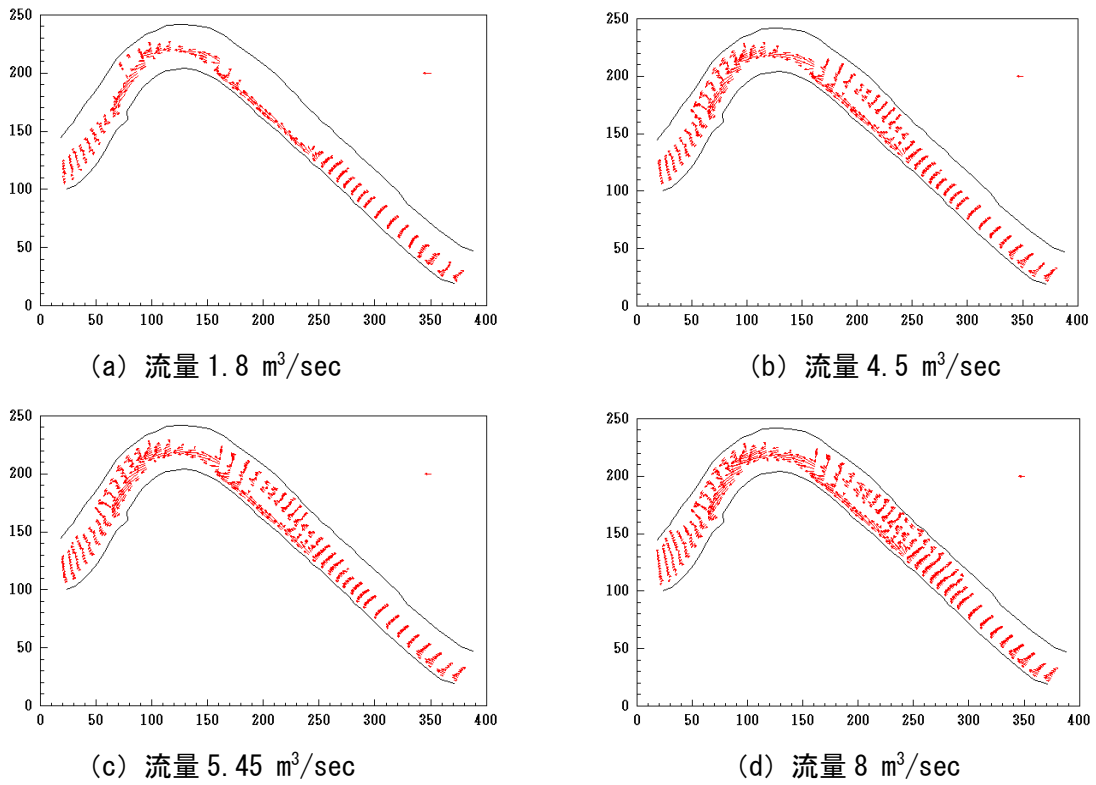


図-8 流速ベクトル図

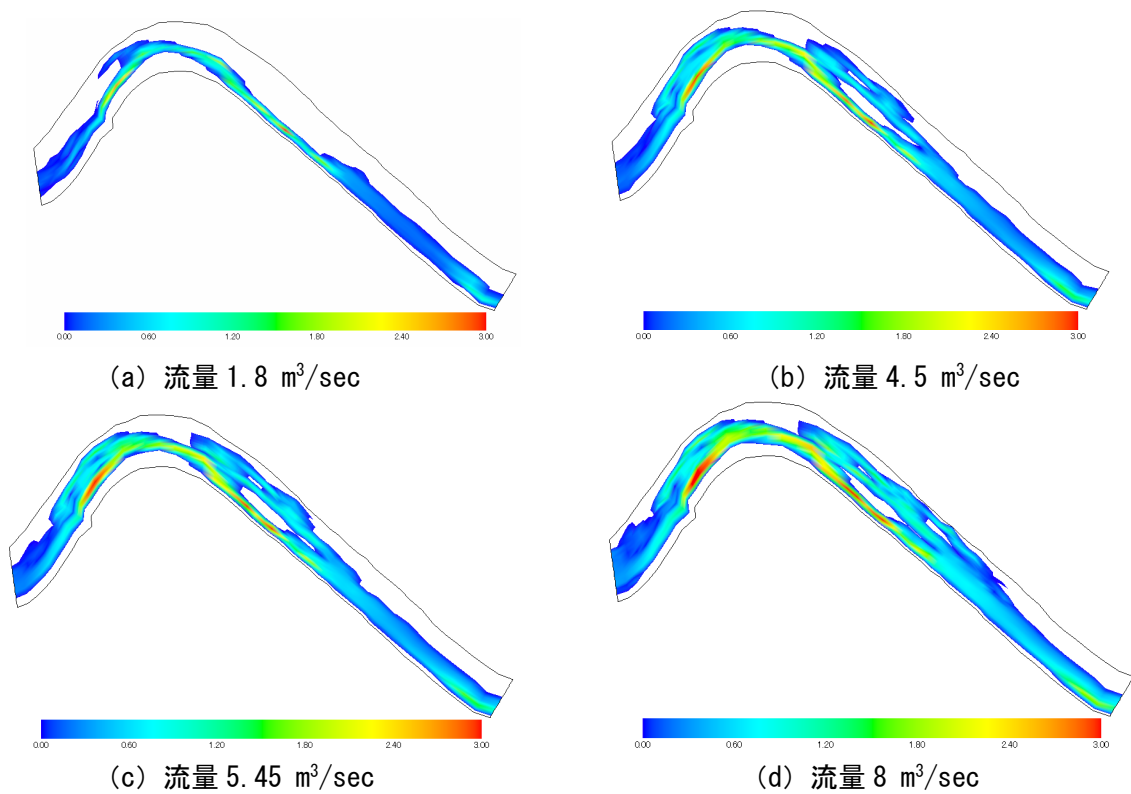


図-9 流速の絶対値 (m/s)

増加である。

2-4-4 流速

図-8 に代表的な流量における流速ベクトルを示す。また図-9 に代表的な流量における流速の絶対値を示す。

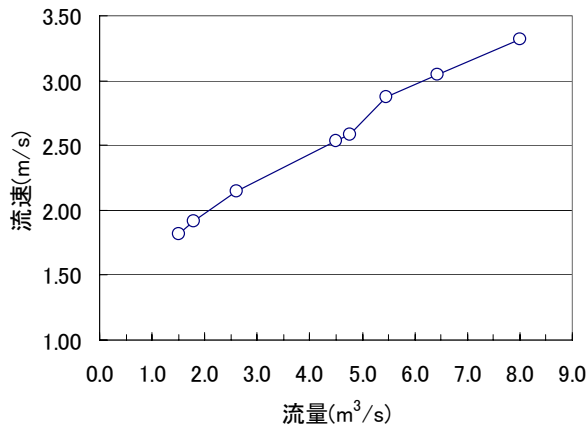


図-10 流量と最大流速の関係

流速は湾曲部位置 (83/900 あたり) を境に上流側では左岸側に、下流側では中央部で流速が早くなる。この位置は瀬であるため流速が急激に早くなる。

図-10 は流量と最大流速の関係を示したものである。4.5m³/sec 時の最大流速は流量 1.5m³/sec 時のその約 1.4 倍である。また流量が 6.0m³/sec を越えると最大流速は 3.0m/sec を超過する。

2-4-5 流れの数値解析のまとめ

数値計算によりさまざまな流量における流況を解析した。その結果、水深、水面幅および流速は流量の増加とともに増加することが確認された。維持流量増加後 (4.5m³/sec) は増加前 (1.5m³/sec) と比較して、水深は 1.1 倍、水面積は 1.2 倍、最大流速は 1.4 倍に増加することが分かった。

流量の変化は水深、水面幅、流速に影響を与える。水域の拡大は魚類の生息可能な範囲の拡大に繋がる。また、瀬、淵の面積も拡大され、魚類の餌となる水生昆虫、藻類の増加にも繋がってくる。流速の増加は土砂の推積や水質の悪化を防ぎ、魚類の餌となる水生昆虫、藻類に良い影響を与えると考えられる。このことより、維持流量の増加は物理環境の改善に役立っていることが予測できる。次章ではこのことを確認するために、PHABSIM による生息場評価を議論する。

3. PHABSIM による生息場評価

3-1 PHABSIM の説明

魚類生息環境を維持するために必要な流量、すなわち維持流量に水利流量を加えた正常流量の設定根拠を与えようとするモデルが欧米で種々

提案されている。米国において魚類および野生生物保護局 (The US Fish and Wildlife Service) の指揮下で IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) が開発され、その原型が 1980 年頃に登場した。IFIM は正常流量の検討・評価を支援する一連のシミュレーションモデルの集合体である。その後、合衆国地質調査所・生物資源部 (the BRD of the USGS) によって多くの改良が施されて今日に至っている。

PHABSIM (Physical Habitat Simulation Model) は IFIM の中で重要な役割を果たすマイクロ生息場モデルである。PHABSIM は流れの水理学的要素を計算する部分と魚類の各成長段階の生息場必要条件を記述する部分で構成されている。つまり、前者は河床形状、河床材料、与えられた流量から Manning の式などを用いて、水深、流速、水表面積などを計算するものである。また後者は各成長段階にある魚類の流速、水深などに対する選好曲線 (適正基準) を与えておく。PHABSIM では生息場は WUA (Weighted Usable Area; 重み付き利用可能面積) の値として評価される。各流量での水理量と選好曲線から WUA を求めることになる。

WUA を計算手順は以下の通りである。

(1) 対象河川の対象区間において、ある流量に対して水面形を計算する。つづいて水表面をいくつかのセルに分割し、セルごとに①流速、②水深、③底質、④その他を求める。

(2) 対象魚種 (または対象魚の生育段階) ごとに、かつ上記①～④ごとに準備された選好曲線を用いて、各セルにおける合成適正值 CSI (Composite Suitability Index) を次式から算出する。

$$CSI = SI(v) \times SI(d) \times SI(s) \times SI(e) \quad (20)$$

ここで $SI(v)$: 流速に関する選好値, $SI(d)$: 水深に関する選好値, $SI(s)$: 底質に関する選好値, $SI(e)$: その他に関する選好値である。

$$WUA_i = a_i \times CSI_i \quad (21)$$

式 (20) はあるセル i における合成適正值である。これに対応するセル i の面積を掛けたものが重み付き利用可能面積 WUA_i である。ここで WUA_i : セル i の重み付き利用可能面積, a_i : セル i の面積, CSI_i : セル i の合成適正值である。面積の次元を持つ。

(3) また対象とする全区間の WUA_i の総和を求めたものが対象区間の重み付き利用可能面積 WUA である。

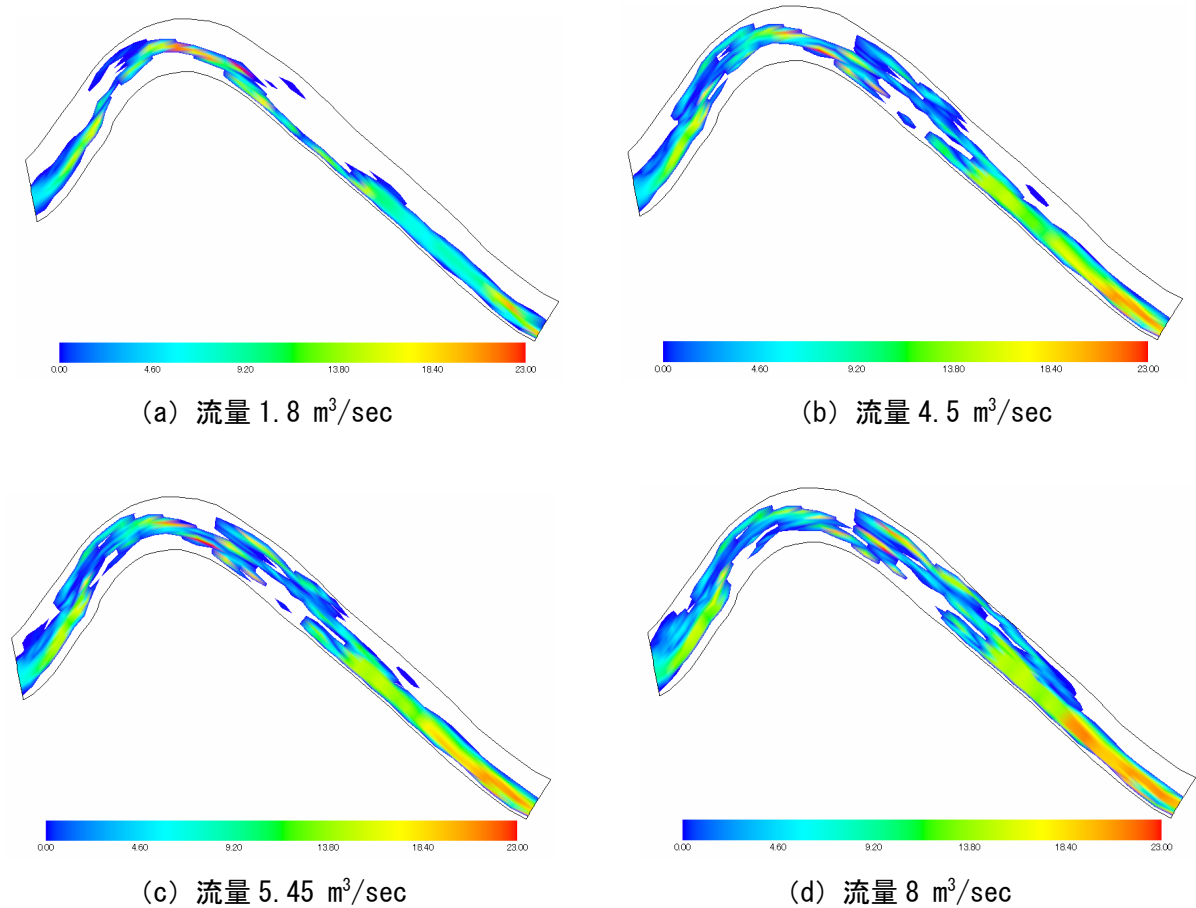


図-11 局所的 WUA (m²) の分布

$$WUA = \sum_i a_i \times CSI_i \quad (22)$$

(4) 流量を変えて同様の計算を繰り返し、流量と WUA 値の関係を提示する。

PHABSIM のシミュレーションソフトはインターネット上で公開されており、水理計算はこのシミュレーションソフトで行うことができる。しかしながら、このソフトでは流れの基礎式を解くわけではないので、水量は 2 章で求めた水深、流速を使用することにした。生息場評価で対象とする魚種はアユの成魚である。アユの生息場評価で考慮する因子は流速、水深、底質である。底質は礫床とした。選好曲線は文献 2) で与えられているものを用いた。

3-2 シミュレーション結果

局所的な WUA の分布を図-11 に示す。寒色系から暖色系につれて利用可能面積は増大する。

流量が増加するにつれて利用可能面積が増加することがわかる。特に田中淵橋上流の 83/400～83/600 付近と清和橋から下流部の 83/200～83/600 付近では寒色系から暖色系へと変化しており、ア

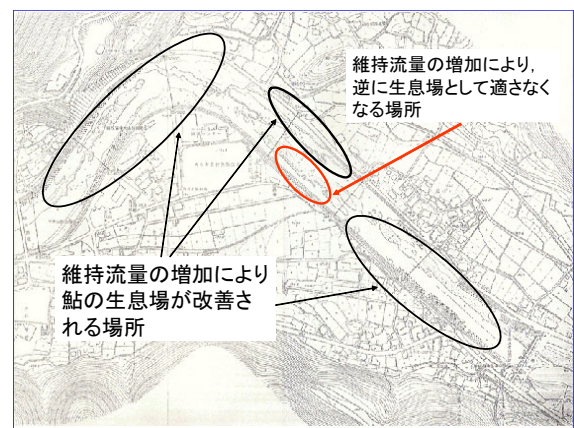


図-12 流量増加により生息場の改善が見られる場所

ユ成魚の利用可能面積が増加している。一方、84/000～84/200 辺りの左岸側では利用可能面積が減少している。これは流速が早くなるため、生息場としては適さなくなるためである。生息場が改善される場所を図-12 に示す。

図-13 に流量と WUA の関係を示す。このグラフは流量 1.5m³/sec 時の WUA 値で規格化している。

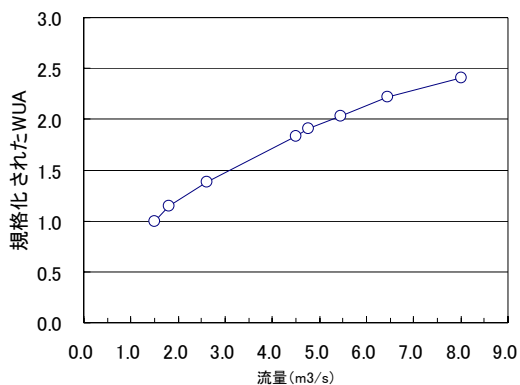


図-13 流量と WUA の関係

流量 $4.5\text{m}^3/\text{sec}$ 時の WUA は流量 $1.5\text{m}^3/\text{sec}$ 時のその約 1.8 倍である。維持流量増加後はそれ以前の 1.8 倍の利用可能面積を有していることが分かる。

4. おわりに

対象とした区間では維持流量の増加によりアユの利用可能面積が以前の約 1.8 倍に拡大していることが分かった。他の区間でも同様に利用可能面積が増加しているものと思われる。維持流量の増加はアユの成魚に対して最低限保証される物理環境の改善に役立っていると言える。

今回のシミュレーションはアユ成魚の生息場

に関してであったが、稚アユの成長に最適な場所の探索に PHABSIM を利用したい。瀬・淵の効果、藻類の付着（成長）やはく離を考慮した生息場評価方法の確立も今後の課題である。

また、アユ以外の魚種に対しても生息場評価を行う必要がある。アユは 8 月頃に産卵し、1 年でその一生を終えるが、複数年生息する魚種は維持流量が減少する冬場を過ごす必要がある。水温などを考慮にいった生息場評価も今後の課題としたい。

謝辞：

本研究の遂行にあたり多大なご助力を頂いた当時卒論生の竹中秀文氏ならびに難波宏聡氏に感謝する。本研究は筑後川上流域環境特性検討会の総合的な調査研究の一環として実施されたものである。

参考文献

- 1) 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，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.61-76，1999
- 2) (財)リバーフロント整備センター 編集・発行，IFIM 入門，p.149，1999
(平成 16 年 8 月 31 日受理)