

矢作川豊田大橋付近における河道掘削案に対する 水生昆虫の生息環境としての評価

Impact assessment of deposit removal on the physical habitat for aquatic insects in the middle reach of the Yahagi River, central Honshu, Japan

竹原茂信[†], 内田臣一^{††}, 木村勝行^{††}

Shigenobu TAKEHARA, Shigekazu UCHIDA, Katsuyuki KIMURA

Abstract We assessed the impact of deposit removal from the middle reach of the Yahagi River, central Honshu, Japan, on the physical habitat availability for five species of aquatic insects, viz., three dragonfly (Odonata) species, *Macromia daimoji* (Corduliidae), *Gomphus postocularis* (Gomphidae) and *Onychogomphus viridicostus* (Gomphidae); two stonefly (Plecoptera) species, *Oyamia seminigra* (Perlidae) and *Neoperla* (Perlidae), by employing the IFIM / PHABSIM. The weighted usable area (WUA) of the species that live in the cobble substrates with interstitial spaces, *Onychogomphus viridicostus*, *Oyamia seminigra*, and *Neoperla*, were expected to become wider in the estimated riverbed after the deposit removal than in the present riverbed. On the other hand, the WUA of the species that live on the mud and sand substrates in a backwater pool along the channel margin, *Macromia daimoji* and *Gomphus postocularis*, were expected to become smaller in the estimated riverbed after the deposit removal than in the present riverbed, if the gravel bar around the backwater pool would be removed. But, it was difficult to accurately assess the physical habitat in the places like the backwater pool after the deposit removal. Therefore, the practice of deposit removal work should follow the process of adaptive management in order to determine the best management strategy.

1. はじめに

1.1 研究の背景

1997年に河川法が改正され、従来の治水、利水に配慮した河道計画に加え、環境に対しても配慮した河道計画が求められるようになってきた。また、2003年には自然再生推進法が施行されるなど、生態系の保全・復元にも視点が向けられるようになってきた。

現在、国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所では矢作川において環境への配慮を含めて河道計画を検討中である。その結果、2008年10月には「矢作川水系河川整備計画 素案」が発表された。この素案では、河道掘削や河道内での樹木伐開を含む河道計画の概要が提案されている。この素案における環境への配慮のための基礎資料としては、国土交通省による「河川水辺の国勢調査・河川環境情報図」などが使われたが、河道計画の概要よりさらに細かく環境に配慮して計画を立てるためには、

いまだ著しく情報不足である。

河道計画案に対して環境への影響を評価した研究例として、現在、北海道の沙流川において河道掘削案に対する魚類シヤマモを対象とした生息環境の評価が検討されている¹⁾。この研究例では、河川環境評価をするための典型的な手法であるIFIM (Instream Flow Incremental Methodology) / PHABSIM (Physical HABITat SIMulation)^{2,3)}が用いられた。また、この手法で現況河道に対して魚類や水生昆虫を対象に流量を変化させて評価した研究は多い。しかし、水生昆虫を対象として河道掘削案に対して生息環境を評価した研究は、わが国では今まで行われたことがないと思われる。

そこで本研究ではIFIM / PHABSIMを用いて、水生昆虫のうちトンボ目、カワゲラ目の生息環境を評価した。研究対象区間は生物の生息場所構造として重要な瀬と淵が連続して存在している矢作川39.6 km~40.6 km付近とした(図1)。そして、「矢作川水系河川整備計画 素案」で提案されている河道掘削案にもとづき、豊橋河川事務所がより詳細な河道計画を立案する際の一助となるような基礎資料を提供することを試みた。

[†] 愛知工業大学大学院 建設システム工学専攻

^{††} 愛知工業大学 工学部 都市環境学科(豊田市)

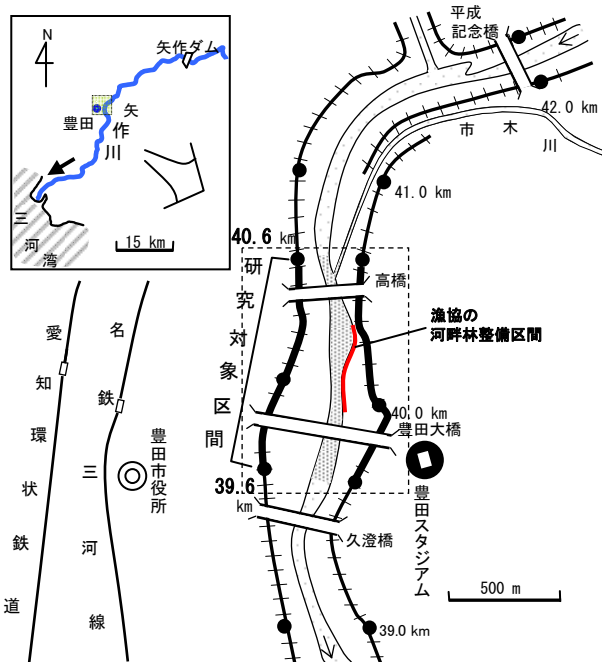


図 1 矢作川中流の研究対象区間

1・2 対象流域

矢作川は豊橋河川事務所が管理する流域面積 1,830 km², 幹川流路延長 117 km の一級河川であり、本研究の対象は豊田市の中心市街地を流下している区間である。この区間では、矢作川が氾濫すれば 5 m 以上浸水するなど甚大な被害が及ぶと想定されている⁴⁾。

また、矢作川の本流には計 7 基のダムが建設されており、これらのダムは出水の頻度と規模の縮小、土砂の流下阻止による河床低下やアーマ化などを引き起こしている。これらはカワシオグサなどの大型糸状藻類の異常繁茂や、それに伴うと考えられているアユの不漁など河川生態系に大きな影響を与えていると考えられている。これを受け河川生態系の回復と人と河川の関係を探るため、研究対象区間の少し上流である 44.2 km 付近の古巖水辺公園周辺において 1999～2001 年にかけて「河川環境復元総合調査研究事業」、通称“古巖プロジェクト”が実施されるなど、豊田市矢作川研究所を中心とした調査研究が進められてきた⁵⁾。

近年では矢作川漁業協同組合により河川敷における動植物の多様性を高め、治水安全度を向上させ、河川景観を改善するために 2006～2007 年にかけて研究対象区間内の 40.0 km～40.3 km において竹林の伐採が行われた。この他にも多くの研究や自然保護活動が行われている。

1・3 評価対象種

本研究では河川に生息する生物のうち、水生昆虫を対象とした。水生昆虫を対象とするのは底質や水深、流速

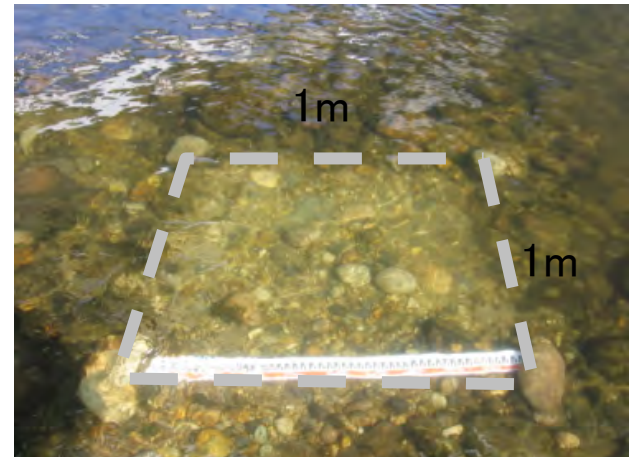


図 2 調査方形枠

などの変化に敏感であるため、河道掘削の影響が生息環境に強く及ぶと考えられるためである。加えて、トンボ目とカワゲラ目はともに肉食であるため、生物群集の上位に位置し、また大形で同定が容易である。そして、多くのトンボ目は止水域、カワゲラ目は流水域に生息しているため、両水域を評価するために両分類群から生息環境の異なる下の 5 種を対象として選択した。

トンボ目

1. キイロヤマトンボ
Macromia daimoji Okumura, 1949
(環境省指定 絶滅危惧Ⅱ類)
2. ホンサナエ
Gomphus postocularis Selys, 1869
(愛知県指定 準絶滅危惧種)
3. オナガサナエ
Onychogomphus viridicostus (Oguma, 1926)

カワゲラ目

4. ヒメオオヤマカワゲラ
Oyamia seminigra (Klapálek, 1907)
5. フタツメカワゲラ属
Neoperla

2. 研究方法

2・1 トンボ目, カワゲラ目の幼虫の定量調査

流速、水深の異なる場所にて方形枠 (1 m×1 m 図 2、または 0.5 m×0.5 m) 内の水生昆虫を網目内径 3 mm の網を用いて計 103 方形枠で採集した。採集した幼虫は 80% エチルアルコールで固定し、研究室に持ち帰り同定した。

調査日および方形枠数 (括弧内の数字) は次のとおりである。2007 年 12 月 13 日 (4), 21 日 (3), 28 日 (6), 2008 年 1 月 10 日 (5), 2 月 11 日 (6), 19 日 (6), 21 日 (11), 27 日 (8), 3 月 7 日 (11), 21 日 (25), 4 月 1 日 (5), 2 日 (13)

豊田大橋付近における河道掘削案に対する水生昆虫の生息環境としての評価

2・2 底質の調査

2・1 の方形枠内の河床の状態を目視によって調べた。底質は泥、泥・砂、砂、はまり石、砂・浮石、浮石の6段階に分けた。

2・3 調査箇所の水理観測

2・1 の方形枠内の中央付近で流速と水深を測定した。流速はプライス式流速計（プロペラ直径 10 cm）を用いプロペラ枠下端を川底から約 5 cm 離して計測した。水深が浅いなど流速計を使用できない場合には浮子を用い簡易的に測定した。水深は方形枠内において常に一定ではないため、測量用のスタッフ（最大 3 m）を用い、0.1 m 単位でおよその水深を測定した。

2・4 IFIM/ PHABSIM による評価

2・4・1 選好曲線

流速、水深、底質の物理的変数 ζ_j に対する対象種の生息環境の適性を次の前提条件で 0~1 の範囲で数値化し選好曲線 $f_j(\zeta_j)$ を作成した。その際に、文献や専門家の意見を参考にした。0~1 で数値化されたものを SI（適性指数）と呼ぶ。

- ・ 各物理指標における個体数密度の最大値付近の適性値を 1 とした。
- ・ 未調査、もしくは特定の物理指標において個体数密度が 0 である方形枠のみの場合、その物理指標付近の適性値を 0 とした。

2・4・2 現況河道の水理条件

2・4・2・1 作成方法

現地調査と河道特性より現況の流速、水深、底質の物理的変数 ζ_{jk} (k: 位置を示す) の水理条件図を作成した。

2・4・2・2 流れ計算

豊橋河川事務所より入手した平面図と 2007 年 3 月測量の 200 m 毎の横断測量図（図 3）を用いて、評価対象区間の低水路を横断方向に 8 分割、縦断方向に 25 分割し（標高は補完して求めた）、現況河道に対する計算メッシュを作成した。河床変動計算システム⁶⁾にて流れ計算を行い、数値計算の妥当性を検討した。

2・4・2・3 境界条件

境界条件として上流端流量と下流端水位を図 4 のとおりを与えた。60 (hour) までは、2000 年 9 月東海豪雨時の流量、水位を与えた。上流端流量を高橋水位観測所（距

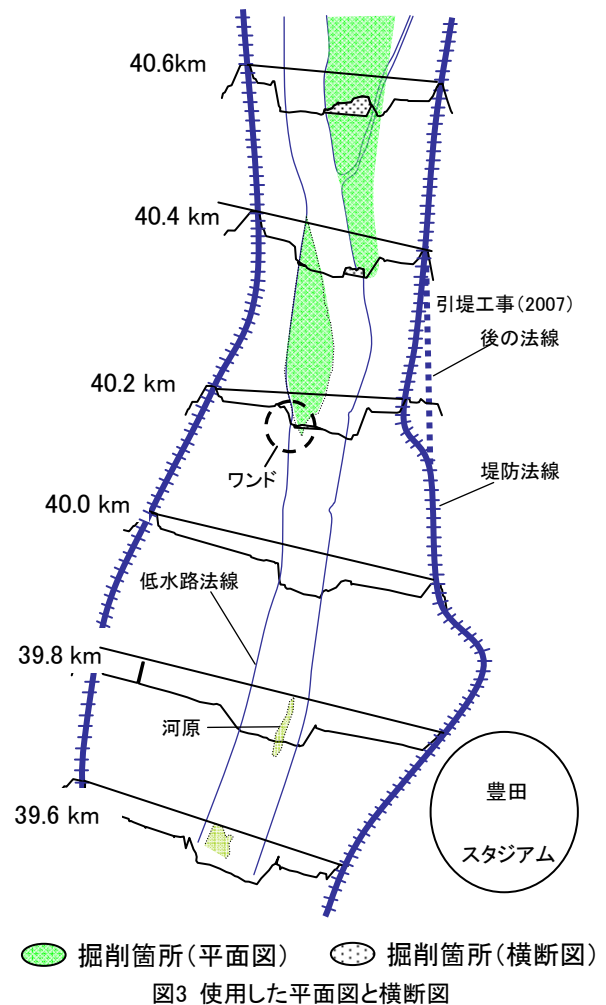


図3 使用した平面図と横断面図

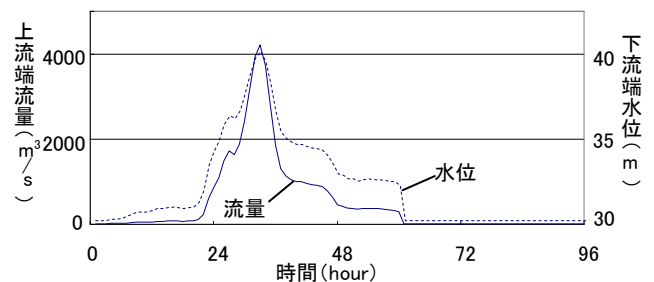


図4 境界条件として与えた流量・水位の時間変化

離標 40.4 km) での流量とし、下流端水位を高橋水位観測所での水位と洪水痕跡縦断図より推定した水位とした。60 (hour) 以降は冬の平均流量とその流量における水位として、96 (hour) まで計算した。

2・4・3 掘削後河道の水理モデル

2・4・3・1 河床変動計算

2・4・2・2 と同様に図 3 の掘削後の横断面と下記条件をもとに計算メッシュを作成した。

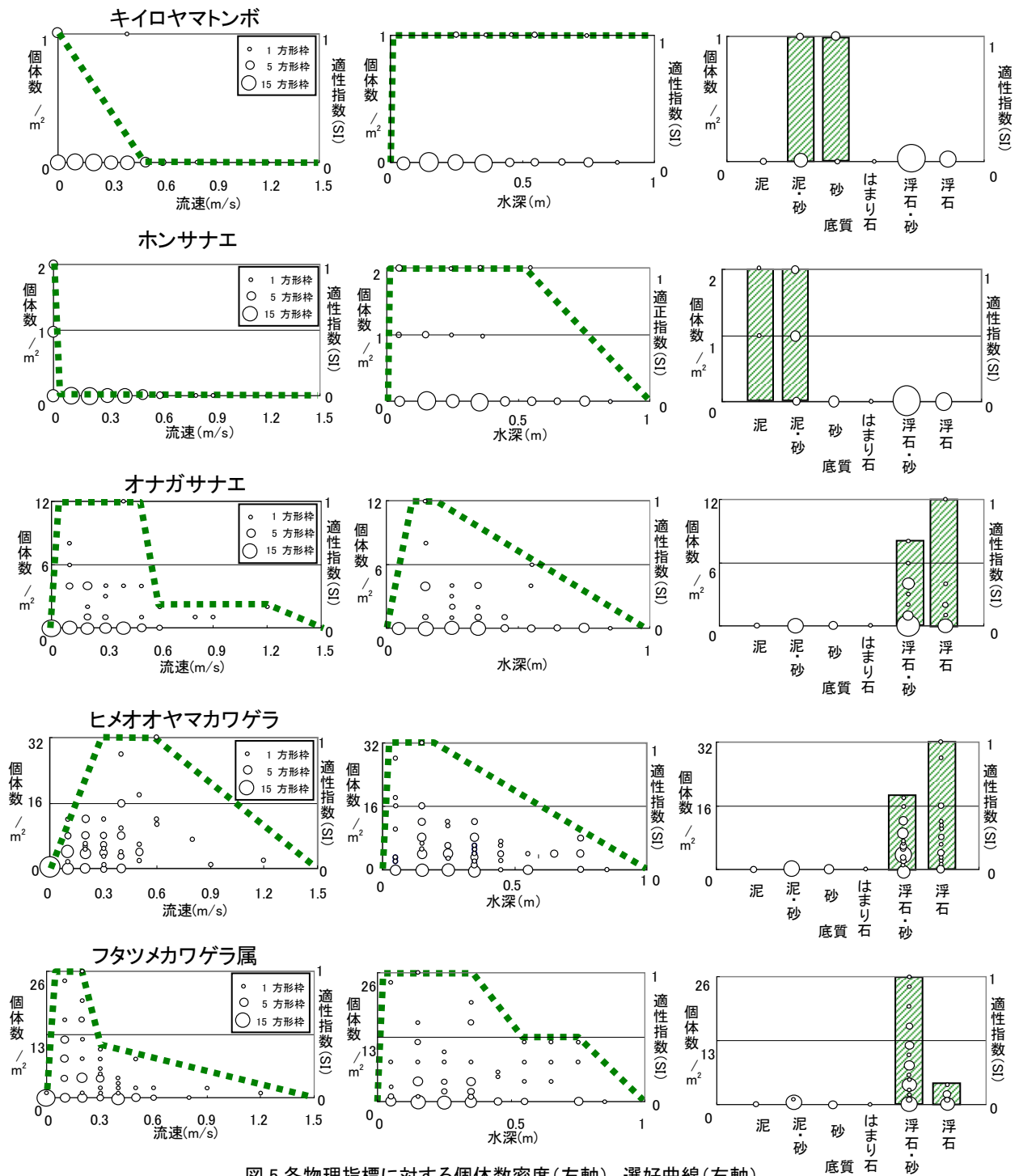


図 5 各物理指標に対する個体数密度(左軸), 選好曲線(右軸)

【掘削案 1】

- ・ 冬の平均水位以下の河床は掘削しない。
- ・ 右岸 40.2 km 付近にあるワンド周辺は掘削しない。

【掘削案 2】

- ・ 冬の平均水位以下の河床は掘削しない。
 - ・ 右岸 40.2 km 付近にあるワンド周辺も掘削する。
- 同システムにて、平面 2 次元河床変動計算を行い物理的変数の空間分布を推定し、水理モデルを作成した。

2・4・3・2 境界条件

2・4・2・3 に同じ。

2・4・3・3 計算条件

- ・ 計算は全て掃流砂+浮遊砂輸送の単一粒径で様々な粒径について多数行った。
- ・ 流速、水深の予測には 60%粒径を用いた。
- ・ 河床材料の予測には粒径 200, 150, 125, 106, 75, 53,

豊田大橋付近における河道掘削案に対する水生昆虫の生息環境としての評価

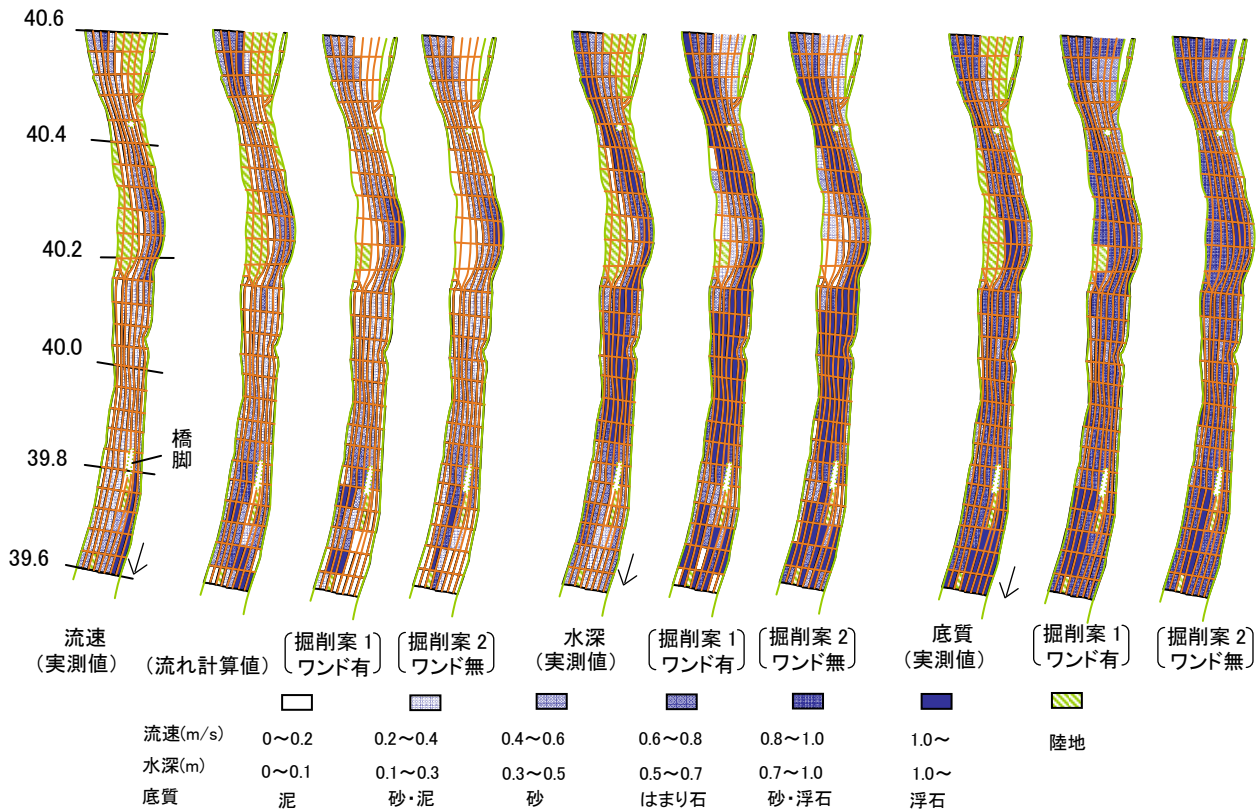


図6 現況および掘削後の物理指標の分布

37.5, 26.5, 19, 9.5, 4.75, 2.00, 0.85 mm を用いた。

- ・ 交換層厚さ=150 mm
- ・ 供給土砂量 / 平衡流砂量=1.23
- ・ 2次流強度に関する係数=7.0
- ・ タイムステップ=0.2 sec

2・4・4 対象区間の評価

各指標に対応する選好曲線から得られる適性値と水理モデルを用いることにより次式から生息環境適性評価値 Ξ_k が求められる⁷⁾。

$$\Xi_k^{(m)} = \sqrt{P \prod_{j=1}^P \eta_{jk}^{(m)}} = \sqrt{P \prod_{j=1}^P f_j^{(m)}(\zeta_{jk})}$$

η_{jk} : 各指標に対する適性値 P : 指標の個数 m : 生活場に応じて決定する数だが、今回は考慮しない。

また、 Ξ_k を足し合わせたものを重み付き利用可能面積 WUA (Weighted Usable Area) として算出した。

$$WUA = \sum \Xi_k^{(m)}$$

3. 結果

3・1 定量調査

評価対象種の各物理指標に対する個体数密度を図5の円グラフに示した。円グラフの大きさは同じ物理的条件下で同じ個体数密度であった方形枠の数を示している。後述の選好曲線作成のため、最大値は種ごとに異なる。

キイロヤマトンボは流れがない、もしくは緩やかであれば、水深に関係なく、砂底に集中していた。

ホンサナエは流れがなく、0.5 m 程度の水深までで、底質が泥を含む場所に生息していた。

オナガサナエは流れが緩いところからある程度あるところまでで、水深が浅く、かつ底質が浮石である場所に集中していた。

ヒメオオヤマカワゲラは流れがある程度あり、水深が浅く、かつ底質が浮石である場所に集中していた。

フタツメカワゲラ属は流れが緩く、ある程度深さがあるところまでで、底質が浮石と砂が混在している場所に多く生息していた。

3・2 IFIM/ PHABSIM による評価

3・2・1 選好曲線

定量調査の結果と文献・専門家の意見を参考に適性指数 (SI) の選好曲線を作成した (図5)。流速、水深は破線、底質は棒グラフで示した。

3・2・2 現況河道の水理条件

計算メッシュに調査結果を当てはめ水理条件図を作成した (図6 各左、実測値)。

流速は定量調査を行った際に測定した数値をもとに作成し、測定していない場所は付近の方形枠内の流速を参

考に補完した。

また、流れ計算を河床変動計算システムにて行い、現況河道に対する流速の水理モデルを作成した(図 6 左、流れ計算値)。流速に関しては橋脚や河原がプログラムに正確に反映できなかつたため下流側の部分で、解析値が実測値と大きく異なる地点があった。

水深は定量調査の際に測定した数値と低水路内のほぼすべての計算メッシュを歩き調べた結果をもとに作成した。

底質は水深と同様に定量調査の際の観測と低水路内を歩き調べた結果をもとに作成した。しかし、横断方向に 8 分割、縦断方向に 25 分割しているため簡略化したものとなった。

3・2・3 掘削後河道の水理モデル

掘削後の各物理指標の水理モデルを図 6 (各中と右、掘削案 1 と掘削案 2) に示した。

流速と水深の水理モデルは計算終了時(96 hour)の結果である。掘削案 1 (ワンド有)、2 (ワンド無)ともに河原を掘削することにより水域面積が広がった。掘削箇所の流れはほとんどなく、水深は浅くなった。掘削をしなかった箇所は上流では一部、水深が浅くなり流速が速くなる箇所があったがほとんど現況と同じような結果となり、ほぼ砂州の前縁線(図 7)付近と一致した。下流は洗掘傾向にあり、水深が深くなり、瀬が消滅した。

底質に関しては設定粒径を徐々に小さくしていき、その都度洗掘箇所と堆積箇所を把握した。そして、洗掘箇所は洗掘が起きない粒径を採用し、堆積箇所は、堆積する最も小さい設定粒径よりも一段小さい粒径が設定粒径の材料の間と表面に堆積するものとみなした。掘削案 1 (ワンド有)では右岸 40.2 km 付近のワンドはそのまま残ったが、掘削案 2 (ワンド無)ではワンドが再形成されるかどうかは分からなかった。掘削箇所はその周辺と同じ底質となり、掘削を行なわなかった箇所は現況とほぼ同じ結果となった。

3・2・4 生息環境評価

3・2・4・1 現況の河道に対しての評価

3・2・1, 3・2・2 から現況の河道に対する各種の生息環境適性評価値 Ξ_k を求め、分布図を作成した(図 8 各左)。

生息場所は底質に大きく影響される。そのため、砂質の場所にはキイロヤマトンボ、泥質の場所にはホンサナエの分布が広がるが砂質、泥質の地点が共に少ないため生息に適している面積は小さくなった。一方、河床が浮石で構成されている地点が多く、流れの速い瀬が 2 ヶ所

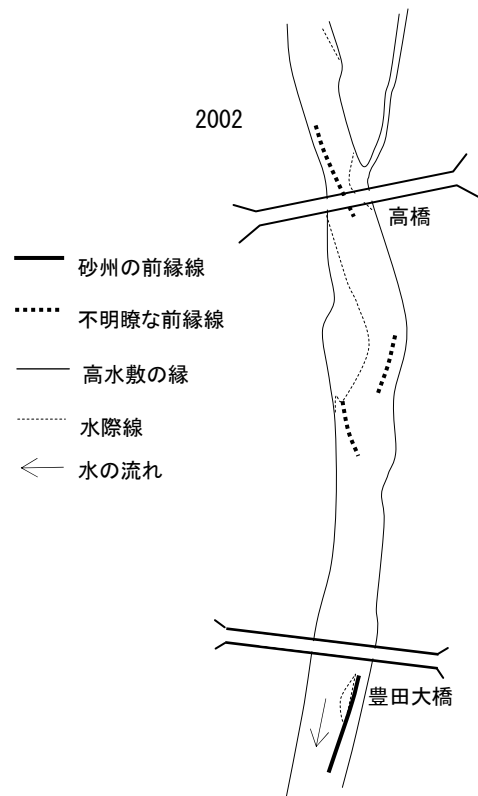


図 7 空中写真の判読による砂州の前縁線

あるためオナガサナエ、ヒメオオヤマカワゲラの生息に適している面積は大きくなった。同様に流れが緩い地点も多く存在しフタツメカワゲラ属の生息に適している面積も大きくなった。

3・2・4・2 掘削後の河道に対しての評価

3・2・1, 3・2・3 から掘削後の河道に対する各種の生息環境適性評価値 Ξ_k を求め、分布図を作成した(図 8 各中と右)。

河道全体として砂質、泥質の地点が少ないため掘削案 1 (ワンド有)、2 (ワンド無)ともに現況と同じくキイロヤマトンボ、ホンサナエの生息に適している面積が小さく、逆に浮石が生息に適していると考えられているオナガサナエ、ヒメオオヤマカワゲラ、フタツメカワゲラ属の生息に適している面積が大きくなった。

3・2・4・3 現況と掘削後比較

現況と掘削後の重み付き利用可能面積 WUA を比較したものが図 9 になる。

掘削案 1 (ワンド有)は河原を掘削することで水域面積が増え、かつ砂質や浮石の地点が増えることによって掘削後にキイロヤマトンボ、オナガサナエ、フタツメカワゲラ属の 3 種において WUA が増加した。ホンサナエについては泥質の地点が、ヒメオオヤマカワゲラについ

豊田大橋付近における河道掘削案に対する水生昆虫の生息環境としての評価

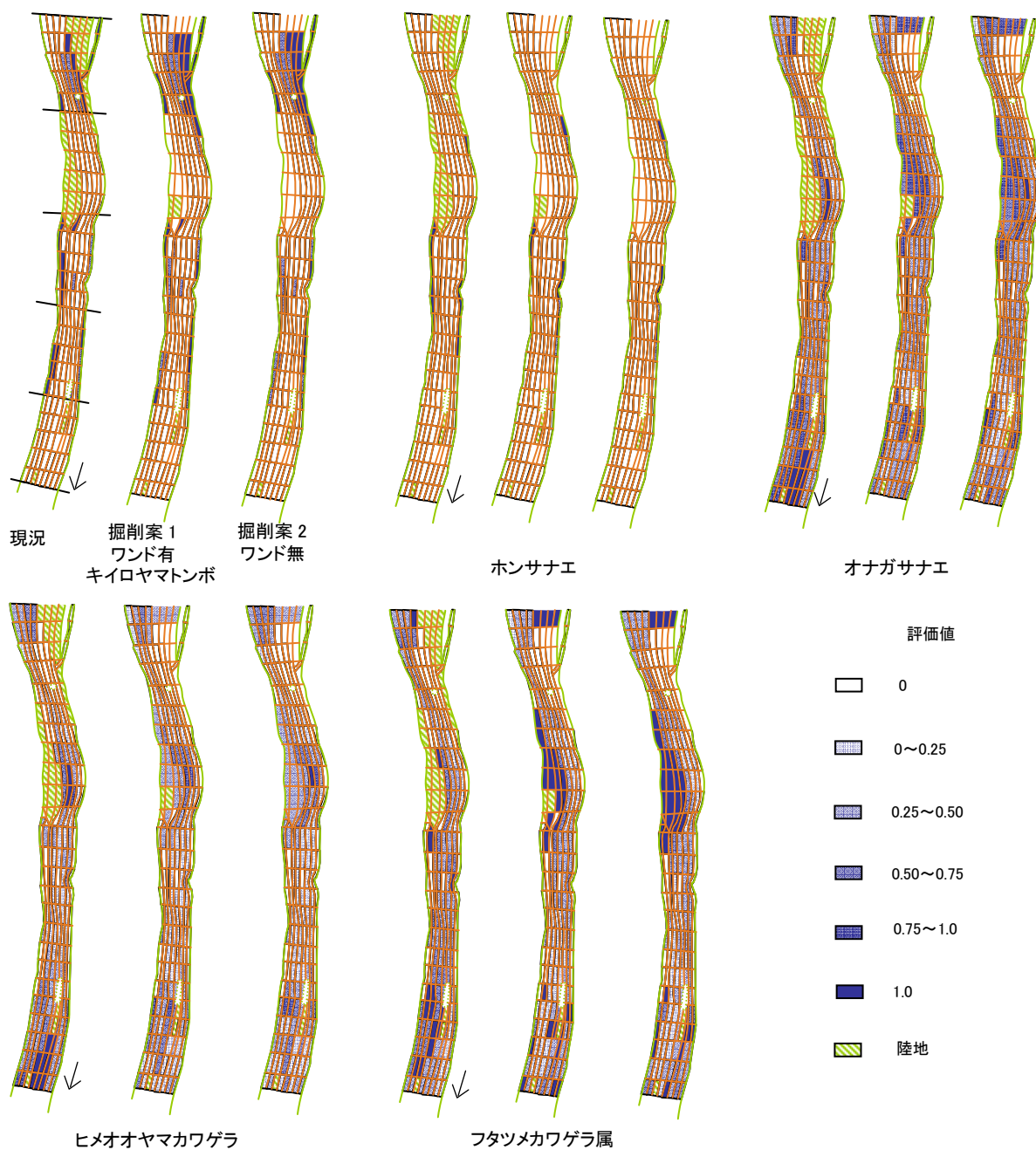


図8 現況および掘削後の生息環境適性評価値の分布

ては早瀬が減ったため WUA も減少した。特にヒメオオヤマカワゲラの WUA の減少は流れ計算の結果から分かるように、橋脚や河原がプログラムに正確に反映できなかったことで河床変動計算の結果に大きな誤差を生んだためだと考えられる。

掘削案 2 (ワンド無) も 1 (ワンド有) と同様に水域が増え浮石を好んで生息すると考えられているオナガサナエ、フタツメカワゲラ属の WUA は掘削案 1 (ワンド有) に対して増加した。ヒメオオヤマカワゲラについても早瀬が減ったため、現況に対しては減少したが掘削案 1 (ワンド有) と比べると僅かながら減少幅が小さかった。しかし、ワンド周辺を掘削することによって泥質や砂質の

地点が掘削案 1 (ワンド有) に対し減少するため、キイロヤマトンボの WUA は現況とほぼ等しく、ホンサナエの WUA は減少し、減少幅は掘削案 1 (ワンド有) より大きかった。

水際の泥や砂の詳細な分布を考慮していないことからキイロヤマトンボとホンサナエについては今回の結果よりも実際の WUA は増加する可能性もある。

3・2・5 河道掘削への提案

オナガサナエ、ヒメオオヤマカワゲラ、フタツメカワゲラ属については、「矢作川水系河川整備計画 素案」に記された河道掘削を計画通り行っても特に大きな影響を

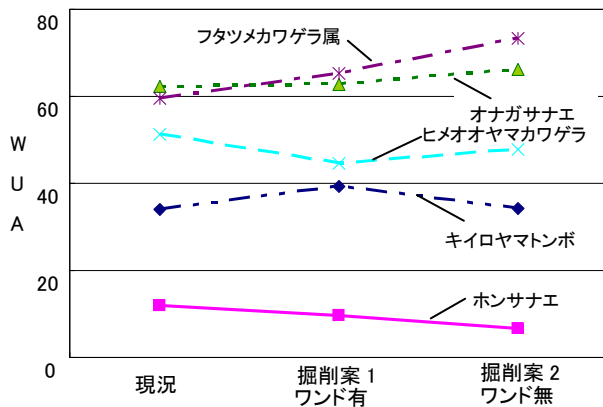


図 9 現況と掘削後の WUA の比較

受けることはない想定される。

しかし、3・2・4 で述べたように、キイロヤマトンボ・ホンサナエが主に生息するワンドのような場所は河道掘削後の状況を正確に予測することが困難であった。そのため、大まかな掘削計画において両種の生息環境への影響を予測して配慮することは難しい。そこで、実際の河道掘削工事の際の微妙な配慮によって、その生息環境への悪影響を抑えることが必要となると考えられる。そのためには、自然環境に配慮して事業を進める際に基本とされる順応的管理 (adaptive management) の考え方によって、少しずつ施工しては、それが生物の生息環境へ与える影響を観察し、施工方法を改善していくことが求められるのではないかと考えられる。

4. まとめ

1. 河道掘削をすることで対象とした水生昆虫のうち浮石を好んで生息するオナガサナエ、ヒメオオヤマカワゲラ、フタツメカワゲラ属の生息可能面積はおおむね広くなると予測される。
2. ワンド周辺を掘削箇所に入れた場合、キイロヤマトンボとホンサナエは悪影響を受ける可能性がある。
3. 掘削を行う際は生息環境への影響を見ながら少しずつ段階的に行う必要があると考えられる。

謝辞

本研究をまとめるにあたり、蜻蛉研究会の吉田雅澄氏にはトンボ目の幼虫の同定や調査方法、調査結果の整理について指導と助言をいただいた。NPO 法人 桶ヶ谷沼を考える会 理事の福井順治氏にはトンボ目の特徴から調査の際に配慮することなどトンボ目全般に関する助言をいただいた。大同工業大学都市環境デザイン学科の鷲見哲也 准教授には河床変動計算による底質の予測方法について助言をいただいた。また、国土交通省中部地方

整備局豊橋河川事務所からは矢作川における東海豪雨時の流量および水位の観測データや平面図、横断図など多くの資料を提供していただいた。そして、愛知工業大学都市環境学科の四俣正俊 教授には本研究への全般的な指導と助言をいただいた。これらの方々のご好意に対して、ここに記して心からの謝意を表す。

引用文献

- 1) 沙流川下流環境再生技術検討部会：下流部掘削計画（案）について（中間報告），2008。
http://www.mr.hkd.mlit.go.jp/kasen_info/saru_saisei/pdf/h19/02/shiryo_04.pdf
- 2) 田中章：HEP 入門 - ハビタット評価手続きマニュアル。朝倉書店，266pp.，2006。
- 3) 中村俊六：IFIM 入門。リバーフロント整備センター，149pp.，1999。
- 4) 豊田市社会部防災対策課：豊田市洪水ハザードマップ（高橋地区），2004。
- 5) 豊田市矢作川研究所：特集，豊田市矢作川研究所 12 年のあゆみ。矢作川研究，12: 7-71，2008。
- 6) 国土技術研究センター：河床変動計算システム（ver1.1），2006。<http://www.kasen-keikaku.jp/rcps/>
- 7) 辻本哲郎，田代喬，伊藤壮志：生活圏の連結性に着目した魚類生息環境評価法の提案と河道内微地形の役割評価。河川技術に関する論文集，6: 167-172，2000。
(受理 平成 21 年 3 月 19 日)