

論文 (Article)

経過年数が異なる多自然川づくり施工区における魚類相

渡邊卓弥¹⁾・谷口義則¹⁾

Fish species assemblages in stream segments with different elapsed years after rehabilitation works

Takuya WATANABE¹⁾ and Yoshinori TANIGUCHI¹⁾

摘 要

多自然川づくり型の河川工事が2005, 2012, 2013および2014年に完了した4工事区の間で物理環境と魚類の種組成および個体数密度を比較した。低水路幅が固定された2005年区と工事後の経過時間が短かった2014年区では水深変異が小さく、植生カバーがやや乏しかった。河道拡幅、水制工および寄せ石工等の施工がなされ、工事後1年以上が経過していた2012年と2013年区では水深変異と植生カバー率がやや大きかった。出現魚種数は2005年区で5と最小で、2012~2014年区では6~12程度であった。しかし、この傾向と逆に個体数密度は前者で高く後者で低かった。工事の生息環境に対する影響が経年的に減少したために個体数密度が増加したものと推測された。ヨシノボリ類、オイカワ、カマツカは全4工事年区に共通して生息したが、個体数密度が異なり、ヨシノボリ類は河川工事の影響を受けやすいが、オイカワ、カマツカは比較的工事のストレスに耐性があるものと推測された。
キーワード：水制工，河道拡幅，寄せ石工

(2015年4月6日受付；2015年8月4日受理)

はじめに

都市化に伴う河道の直線化、河道掘削、コンクリート護岸化等の結果、河畔林の伐採、瀬や淵の減少、水質の悪化等により河川に生息する生物が減少した(島谷ほか, 1994; 安ほか, 1995; 金子ほか, 2004)。これに対して、治水と利水に環境保全を調和させた河川改修(多自然川づくり)へと転換が図られるようになった(愛知県建設部河川課, 2009)。本来、多自然川づくりでは、事業の効果を確認するために事後調査を行い、不十分な場所を再び整備する等の順応的管理が重要である(多自然川づくりレビュー委員会, 2007)。しかし、事後調査が行われるケースは少なく、評価は十分とは言えない(祖田・柚洞, 2012)。

河川の物理環境は、改修後、経過年数とともに変化するため、それに伴い魚類の種組成および生息密度も変化する。豊島ほか(1996)は、魚類の生息場所を改善するため、三面コンクリート護岸張りの河川で河床のコンクリートを部分的に

撤去した結果、河床形状の複断面化や河床材料の多様化等の大きな変化が生じ、1年後にサクラマスとエゾウグイの個体数が増加したことを報告している。これに対し、下田ほか(2011)は、別の水系を対象に、多自然川づくり事業の長期的効果を検証し、事業から10年以上経過した場所では植生が増加した一方で、連続した瀬・淵の数が減少してしまい、サクラマスの当歳魚の個体数が減少したことを報告している。これらの事例は、河川工事完了後の長期的な経過観察の重要性を示唆している。そこで、本研究では、河川工事完了後1ヶ月、1年、2年および9年を経過した地点において、物理環境と魚類を調査し、工事の手法と工事後の経過年数の影響を明らかにすることを目的とした。

方 法

本研究は、2014年8月20日から8月27日の期間に愛知県中部を流れる逢妻男川において行った(図1)。逢妻男川は、豊田

¹⁾名城大学理工学研究科環境創造学専攻 〒468-8502 愛知県名古屋市中区天白区塩釜口1丁目501番地, Graduate School of Science and Technology, Meijo University, 1-501 Shiogamaguchi, Tenpaku, Nagoya, Aichi, 468-8502 Japan

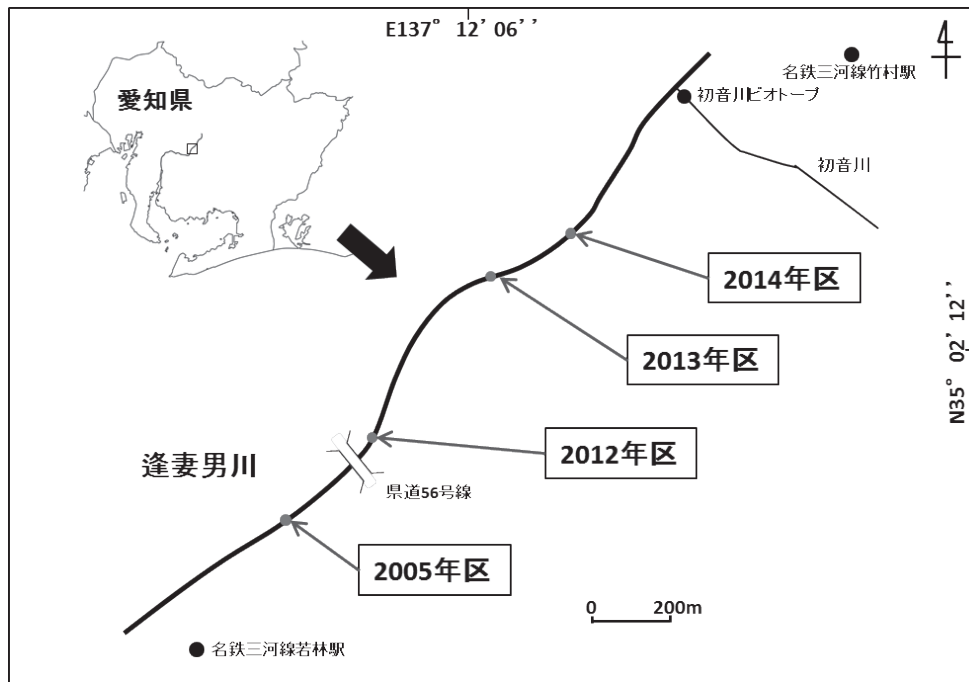


図1. 逢妻男川を含む水系図および調査地点.

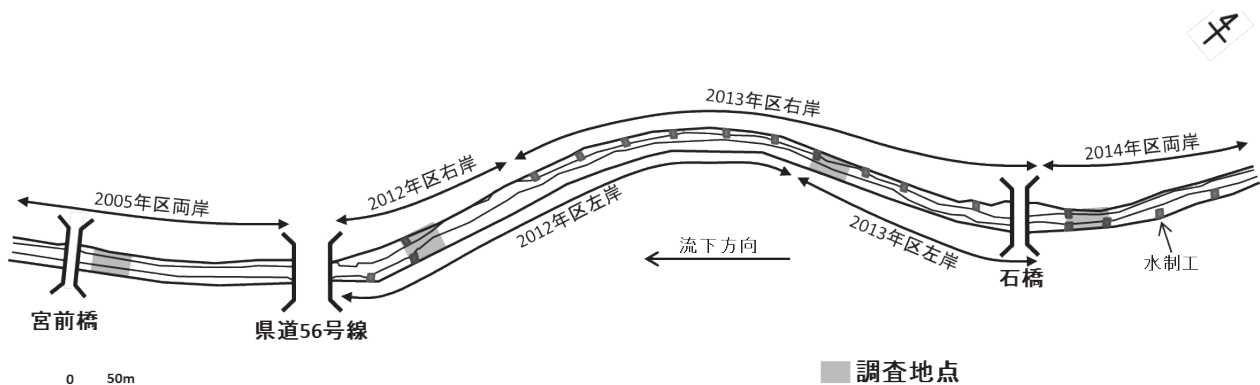


図2. 逢妻男川の調査区.

市三軒町（標高133 m）を源とする2級河川で、工場・宅地帯や水田地帯を流れ、知立市との境界で逢妻女川と合流して逢妻川と名称を変えて衣浦湾に注ぐ。本河川は全流長12.4 km、集水面積22.8 km²で（愛知県，2013），調査はその中流域で行った。調査の対象としたのは、1997年から2014年の期間に工事が行われた全長2.0 kmの区間（宮前橋上流～石橋上流）で、ここでは下流から順に、完了した年度ごとに2005年区、2012年区、2013年区、2014年区とする（図2）。2005年区（宮前橋周辺）は住宅地および生活道路に隣接しており、用地買収を伴う河道の拡幅（工事前18 m，工事後25 m），低水コンクリート護岸および魚巣ブロックの設置が行われた（愛知県建設部河川課，2006）（図3）。本工事年区では低水路の水面幅を一定に保つ，いわゆる標準断面型の工事が行われた。対照的に，その上流側の2012～2014年区（県道56号～石橋上流）

では，愛知県河川課が，“瀬，淵および州，変化に富んだ河床・水際環境の創出”および“河岸の植物の保全により，植生がある豊かな景観の維持”を工事の目的として掲げ（愛知県建設部河川課，2009），工事が行われた。これらの区間は，農道と水田に隣接しており，2005年区に比べてやや広い河道の拡幅（工事前18 m，工事後27 m）に加えて，寄せ土，寄せ石および水制工の設置がなされた。水制工は，各々が5～6 m長，約2 m幅で，合計18基が設置された。

各工事年区内に調査リーチを2つずつ設定し（平均166 m²，範囲145～187 m²），調査リーチ内には水制工が2012年区に2基，2013年区に1基，2014年区に3基含まれていた。各リーチに設けた3本の横断測線上の等間隔な10ヶ所で物理環境（水面幅，水深，流速，代表河床材料径）を計測した。プロペラ式流速計（Model CR-7WP，Cosmo-Riken，Inc.）を用いて60

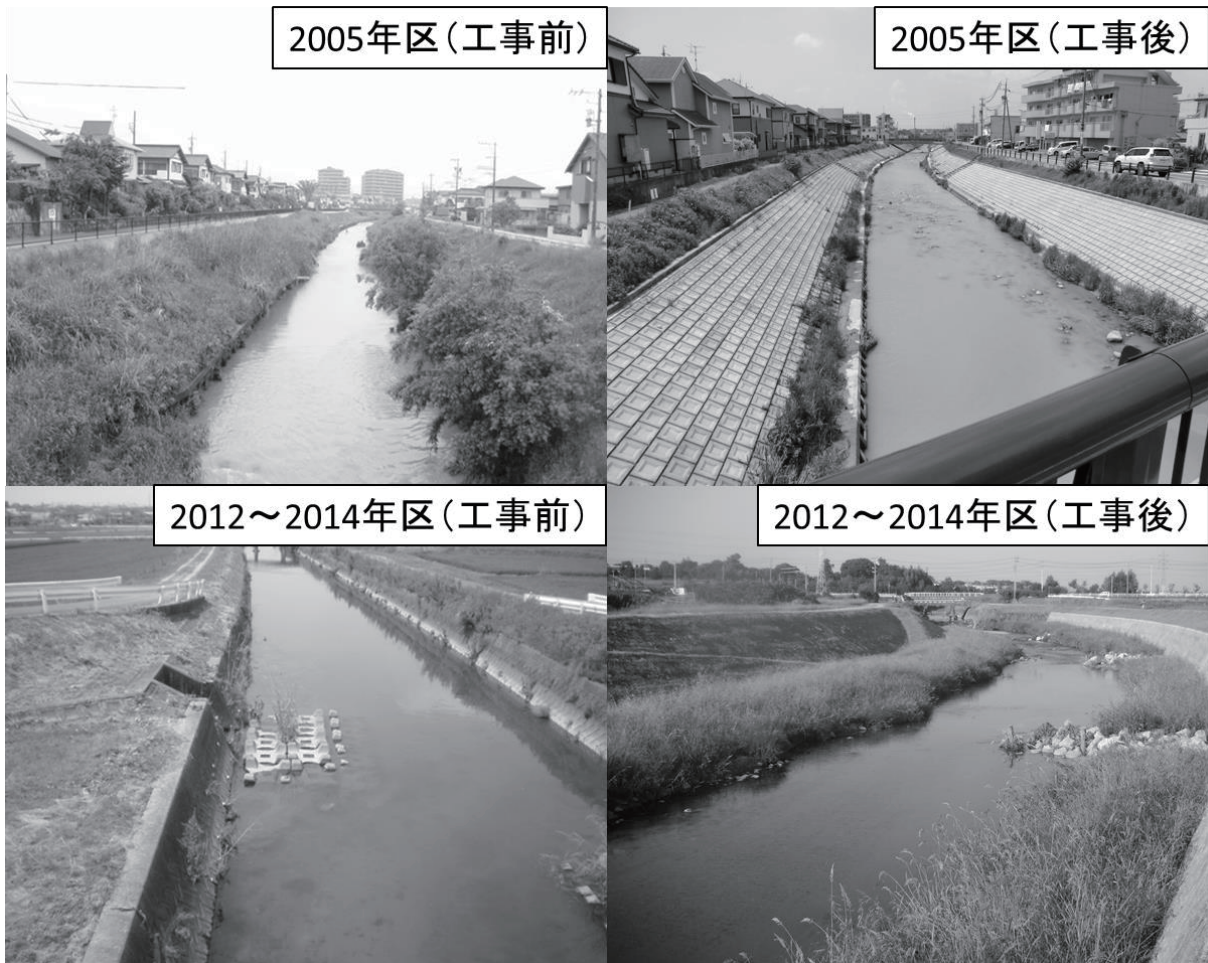


図3. 2005年区および2012～2014年区における工事前（愛知県河川課豊田加茂建設事務所提供）と工事後の本調査実施時の河川の様子（ただし、工事前後の写真は同一地点を示していない）。

%水深流速を計測した。河床材料径は、横断測線上の各ポイントで代表礫2個、合計20個の礫径の長径を計測し、平均値を求めた。植生カバー率は、魚類等の隠れ場所になりそうな陸上の植生が水面に垂下する面積を計測し、調査リーチの水面積で除して算出した(長谷川, 2006)。水温は計測しなかった。

魚類の採捕は、各リーチの上流端と下流端にブロックネット（目合い10 mm）を設置し、魚類の移出入を制限し、電気ショッカー（Model LR24, SMITH-ROOT, Inc）を用いて2回繰り返し行った。除去法（推定個体数=1パス目の個体数+2パス目の個体数×2）(Lockwood and Schneider, 2000)により個体数を推定した。採捕された魚類に麻酔（フェノキシエタノール：濃度約0.03 %）を施し、魚類の写真撮影、種の同定および体重計測後、元の場所に放逐した。その場で同定できなかった種については少数個体を50 %エタノールで固定し、持ち帰り、中坊（2013）、川那部ほか（2002）により同定した。各個体の体長を写真データに基づき計測した。体重は電子天秤（Model Ks-210, DRETEC, Inc.）を用い、種

ごとにまとめて、最小0.1 g単位で計測した。種の多様さを、種の豊富さおよび種の多様度指数 Shannon-Wiener 指数 $H' = -\sum p_i \ln p_i$ (p_i : 全個体数のうち種 i の割合) を用いて表した。物理環境（水深、流速、代表河床材料径）について、1工事年区につき $n=6$ として一元配置分散分析および多重比較（Tukey）により検定した。その他の物理環境および魚類のデータは標本不足により、検定にかけなかった。

結 果

物理環境

2005年区は、水際部の大部分がコンクリートで、一部に植生や土砂の堆積が確認された（図3）。2012～2014年区では、水際部の大部分に土砂が堆積し、一部に植生、コンクリートが確認された（図3）。一部の水制工の周りには深堀れが生じ、その上流側と下流側には明確な瀬と淵が形成されていた。平均水面幅は、2005年区で7.6 m (± 2.1)、2012年区で8.4 m (± 2.5)、2013年区で9.0 m (± 2.1)、2014年区で7.2 m (± 2.4)であつ

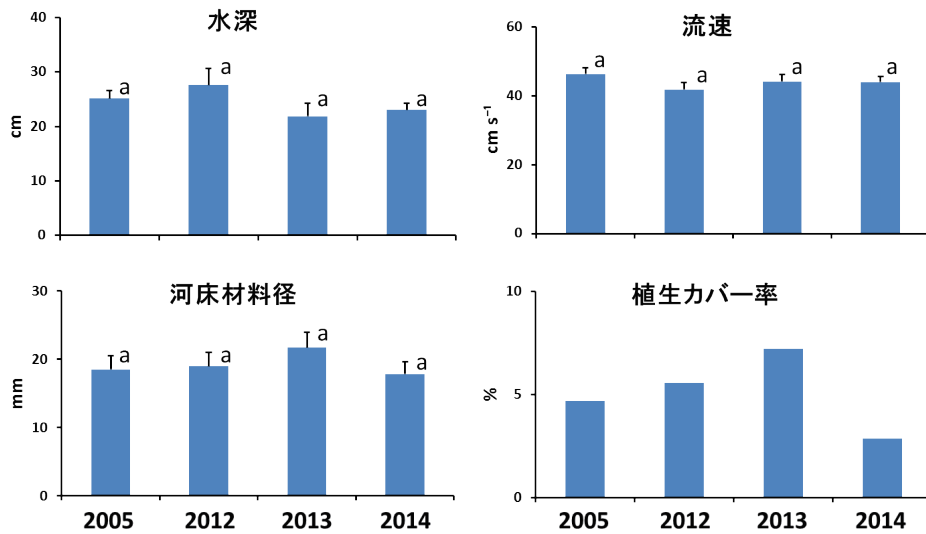


図4. 各調査区の物理環境.

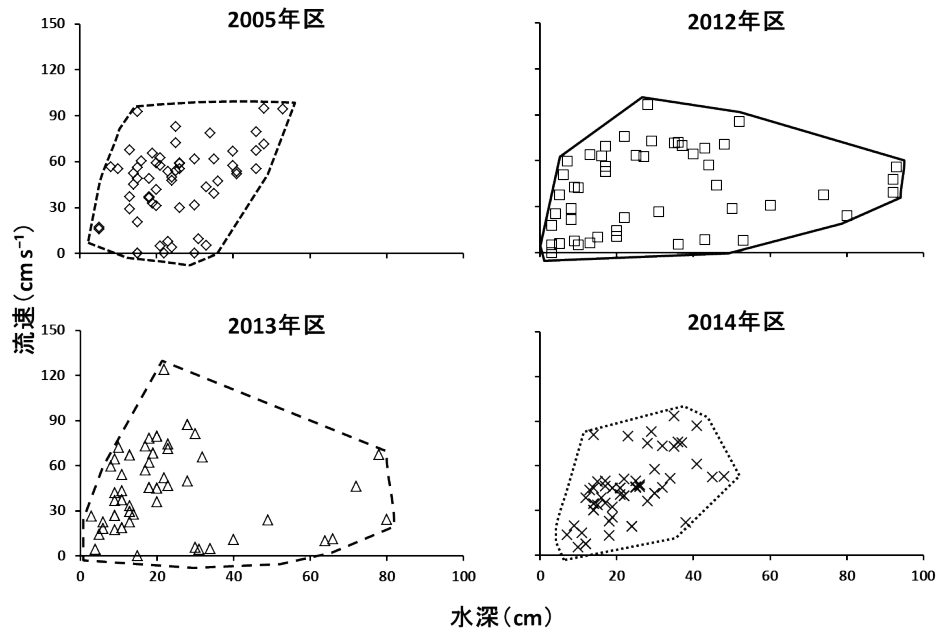


図5. 各調査区における水深と流速の関係.

た。また、調査期間中の平均流量は0.90 m³/sであった。

平均水深、平均流速および平均河床材料径について、一元配置分散分析を行った結果、4区の間で有意な差は認められなかった（水深：df=6, F=1.64, p=0.21, 流速：df=6, F=0.33, p=0.80, 河床材料：df=6, F=0.41, p=0.75；図4）。しかし、水深と流速の関係を散布図に表すと、2012年区と2013年区の水深変異が2005年区と2014年区のそれに比べて大きかった（図5）。その一方で、区間で顕著な流速変異の相違は認められなかった。河床材料組成については、全工事年区で砂～中礫が90%以上を占め、かつ大礫が認められた。しかし、巨礫は2012～2014年区では認められたが、2005年区には無かった（図

6）。植生カバー率は、2013年区で高く、2014年区で特に低い傾向が認められた（図4）。

魚類

アユ (*Plecoglossus altivelis altivelis*)、オイカワ (*Zacco platypus*)、カマツカ (*Pseudogobio esocinus esocinus*)、コイ (*Cyprinus carpio*)、タモロコ (*Gnathopogon elongates elongatus*)、モツゴ (*Pseudorasbora parva*)、ドジョウ (*Misgurnus anguillicaudatus*)、ナマズ (*Silurus asotus*)、マハゼ (*Acanthogobius flavimanus*)、ゴクラクハゼ (*Rhinogobius giurinus*)、ヨシノボリ類 (*Rhinogobius* spp.)、ボラ (*Mugil cephalus cephalus*)、ミナミメダカ (*Oryzias latipes*)、カダヤシ (*Gambusia*

経過年数が異なる多自然川づくり施工区における魚類相

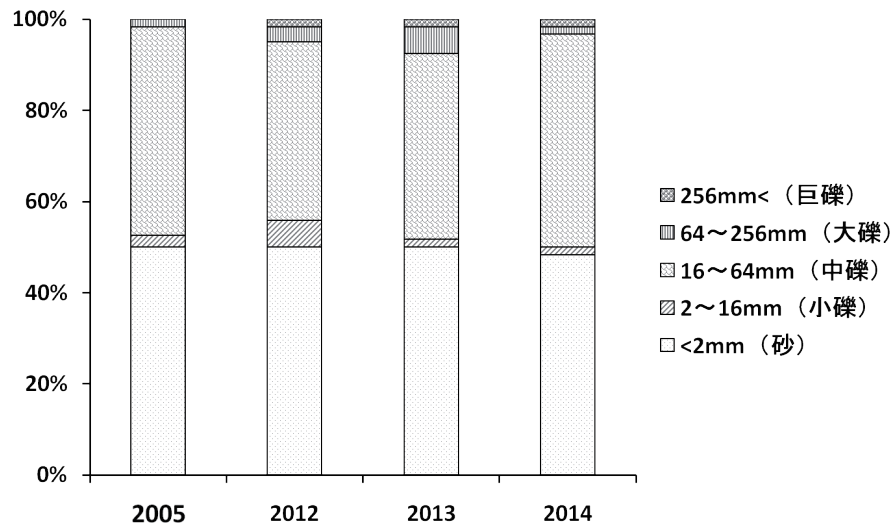


図6. 各調査区の河床材料組成.

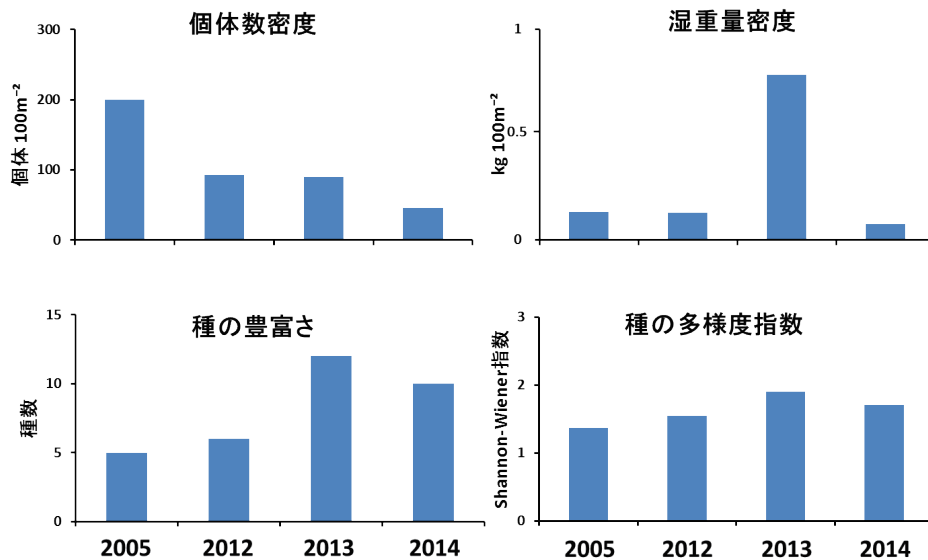


図7. 各調査区における全魚類の個体数密度, 湿重量密度, 種の豊富さおよび多様度指数.

affinis affinis) の8科14魚種1049個体が採捕された。全区の平均個体数密度107.3個体 100 m², 平均湿重量密度0.28 kg 100 m², 平均種数8.3, 平均種多様度指数1.6が認められた。工事年区間で比較すると, 確認された魚類の種の豊富さは2013年区で12種と最も高く, 次いで2014年区で10種, 2005年区では5種と最も低かった (図7)。種の多様度指数についても種数と同様の傾向が認められた (図7)。この傾向と異なり, 個体数密度は2005年区で200個体 100 m²と最も高く, 2014年区で50個体 100 m²と最も低かった。湿重量密度については, 個体数密度の傾向を概ね反映した傾向を示したが, 2013年区では大型のナマズ (下記参照) が1個体採捕されたために突出して高かった。

全工事年区に共通して確認されたのは, オイカワ, ヨシノ

ボリ類およびカマツカであった (表1)。特に, 2005年区では, オイカワ, ヨシノボリ類の密度がそれぞれ84.6個体 100 m², 99.7個体 100 m²と著しく高かった。しかし, 2014年区では前者がその13%, 後者が2%と著しく低かった。カマツカの個体数密度には4区間で顕著な相違は認められなかった。ゴクラクハゼは2005年区のみで認められた。オイカワ, ヨシノボリ類, カマツカの次に出現頻度が高かったのは, タモロコ, マハゼ, カダヤシで, 2005年区以外の3つの工事年区で確認された。しかし, これらの個体数密度は0.3~4.7個体 100 m²と低かった。ドジョウ (2005年と2013年区), モツゴ, ナマズ, ミナミメダカ (2013年区と2014年区) は, 2つの工事年区に出現したが, これらも0.3~3.2個体 100 m²と低密度であった。

全工事年区で採捕されたオイカワ, カマツカ, ヨシノボリ

表1. 各工事年区で確認された魚類の個体数密度 (100 m²あたり).

科	属	種	2005年区	2012年区	2013年区	2014年区	平均
キュウリウオ	アユ	アユ	—	—	0.8	—	0.8
コイ	オイカワ	オイカワ	84.6	54.9	49.7	10.7	50.0
コイ	カマツカ	カマツカ	13.0	21.4	15.9	24.5	18.7
コイ	コイ	コイ	—	—	0.8	—	0.8
コイ	タモロコ	タモロコ	—	0.6	4.0	0.3	1.7
コイ	モツゴ	モツゴ	—	—	0.3	0.3	0.3
ドジョウ	ドジョウ	ドジョウ	0.3	—	0.5	—	0.4
ナマズ	ナマズ	ナマズ	—	—	0.6	0.7	0.6
ハゼ	マハゼ	マハゼ	—	0.8	0.5	1.3	0.9
ハゼ	ヨシノボリ	ゴクラクハゼ	3.8	—	—	—	3.8
ハゼ	ヨシノボリ	ヨシノボリ類	99.7	8.1	11.0	2.4	30.3
ボラ	ボラ	ボラ	—	—	—	0.7	0.7
メダカ	メダカ	ミナミメダカ	—	—	1.6	3.2	2.4
カダヤシ	カダヤシ	カダヤシ	—	4.7	2.4	2.0	3.0
		種数	5	6	12	10	8.3

類について体長頻度分布を解析したところ、全区でオイカワおよびカマツカの当歳魚 (体長<4.0 cm), ヨシノボリ類の当歳魚 (体長<3.0 cm) と考えられる小型個体が確認された (図8)。しかし、オイカワは、2005年区では体長7.0 cm 以上の大型個体がほとんど確認されなかった。また、ヨシノボリ類は、2014年区で体長4.0 cm 以上の大型個体が確認されなかった (図8)。2013年区と2014年区でナマズが採捕され、前者では体長56.2 cm (体重2100 g), 後者では体長9.7 cm (同8.0 g) であった。

考 察

河川改修工事は、工事そのものが短期間に物理環境および陸生の動・植物、付着藻類、水生昆虫および魚類等にそれぞれ影響を及ぼす一方で、工事により変化した物理環境が比較的長期間に渡り水生生物に影響を及ぼす (Schweizer *et al.*, 2007)。本研究の結果、工事後の経過年数が異なる調査区の間で物理環境と魚類の種組成および個体数密度に明瞭な相違が認められた。工事後の経過年数が最も長かった2005年区において水深の変異が小さかった。本工事年区は、魚巣ブロックが施工されているとは言え、標準断面型工事を主体とし低水路の水面幅も一定に保たれた、極めて不十分な多自然川づ

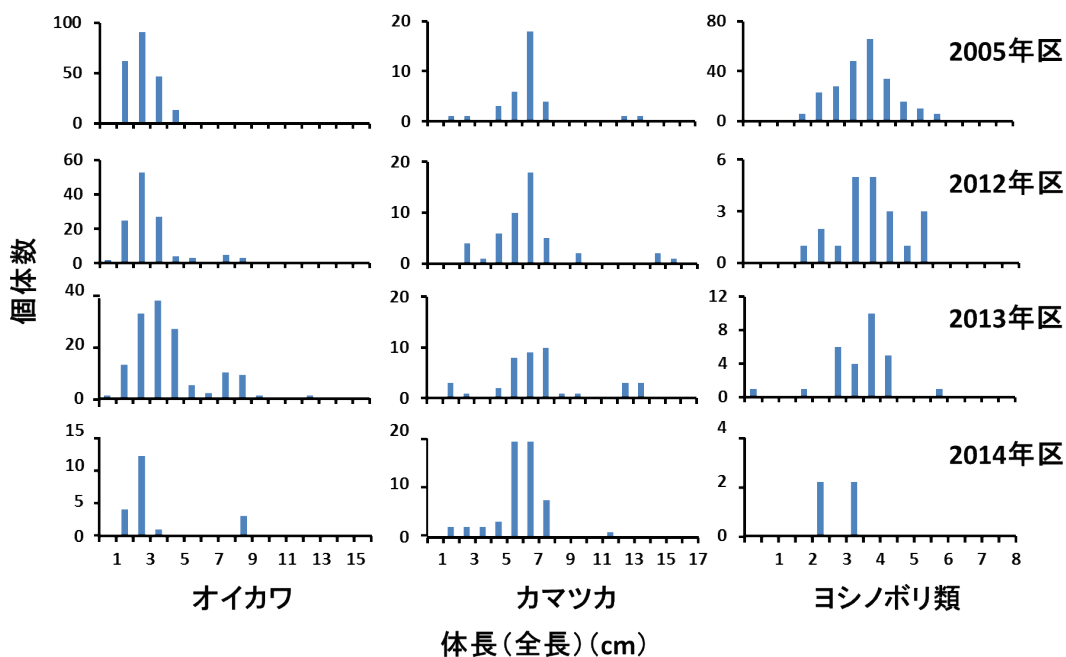


図8. 各調査区のオイカワ、カマツカ、ヨシノボリ類の体長頻度分布。

くり区間であると言える。流速の均一化と土砂堆積分布の一様化により、工事後9年を経ても水深変異が小さく抑えられていたものと考えられた。面的に見れば、2005年区に比べて、2012～2014年工事年区ではより大規模な河道拡幅工事が行われ、低水路幅を固定しなかった結果、比較的明瞭な瀬と淵の創出といった顕著な相違が生まれていた。加えて、合計18基の水制工の設置により、流向の変化が各所で土砂の堆積を促し、特に水制工の周囲に深場も創出された。このように、2005年区を多自然川づくりが実施されなかった対照区として見れば、2012～2014年区との間の違いは歴然であった。また、2012～2014年区内で比較すれば、2012年と2013年区では顕著な水深変異が認められたが、工事完了後1ヶ月に満たなかった2014年区では認められなかった。これは、土砂の再堆積に必要な時間が不十分であったためと推測される。なお、工事年区の間で流速の変異に大きな相違が認められなかったことは、調査区域全体が緩勾配で流速が遅かったことに起因するものと考えられた。以上の結果は、河川工事後の経過年数とともに水深が多様化し（古米ほか、1996）、水制工の設置によりこれが加速化されるとする見解（リバーフロント整備センター、2002）ともおおよそ一致する。

工事年区の間で見られた水深変異の相違と同様に、植生カバー率についても工事後の環境回復に要した時間の相違が反映され、2012年と2013年区で比較的高く、反対に2014年区で最も低かった。水制工を設置すると土砂の堆積が進みやすいため、植生の回復も早いことが報告されており（田崎ほか、2005）、2012～2013年区で植生カバー率がやや高かったものと推測される。ただし、これらの工事年区には木本類が無く、草本類のみが見られたために総じて植生カバー率は7%以下と低かった。今後、経過年数と共に柳などの木本類が定着することにより、植生カバーやアンダーカットバンク等の魚類の隠れ場所の増大が期待される。また、河床材料組成については、全体として砂～中礫が多く、大礫はいずれの区間にもみられたが、巨礫は2012～2014年区にのみ確認され、2005年区では見られなかった。これは、工事に伴う水制工や寄せ石工法によって投入された巨礫の存在が反映されたものと考えられる。

本研究の結果、8科14魚種が採捕された。本工事区域では事業者による魚類等の事前調査が行われなかったため、本調査区から300 m程度下流において2005～2008年（若林交流館、2009）に一般市民によって行われた調査の結果と比較した。それによれば、4年間（調査の頻度および手法不明）で合計21魚種が確認され、本研究で採捕された魚種と重複してオイカワ、アユ、タモロコ、カマツカ、コイ、ドジョウ、メダカ、ナマズ、ヨシノボリ類、ボラ、マハゼ、カダヤシの12種が確認された。逆に、若林交流館（2009）で確認されたにも関わらず本研究で確認されなかったのは、フナ類、ニゴイ、チチブ、スズキ、コウライモロコ、タイリクバラタナゴ、オオクチバス、

ブルーギル、カムルチーの9種に上った。一方で、若林交流館（2009）の調査では記録されなかったが本研究で新たに記録された種はモツゴおよびゴクラクハゼの2種に限定された。本研究はスナップショット的で他の季節に調査を行っていないことから、多自然川づくりにより魚種が減少したとは言い切れない。工事により複数の外来魚種が減少した可能性も含めて、過去の魚類相との相違の有無と要因について詳細に検討する必要がある。

魚種の豊富さは、工事完了年が最も古い2005年区において5種と最小であったのに対し、2012～2014年区では6～12種であった。種の豊富さは、工事完了年度が比較的新しく、水深の変異が大きくかつ植生カバー率が大きかった2013年区において最も高かった。このことは、植生カバー率と種の豊富さの間に正の相関があるとする報告とも符合する（辻ほか、2014）。しかし、環境の回復が遅れていると考えられた2014年区において、2013年区に次いで多い10魚種が確認されたことは、河川工事直後に魚種の種数と個体数が減少するとする報告例（土屋ほか、1996；山下ほか、2010）と矛盾するように見える。しかし、2014年区の調査区には全調査区の中で最も多い3基の水制工が含まれていたため、大小様々な空隙を魚類に生息場所として提供していた可能性が考えられる（リバーフロント整備センター、2002）。2014年区の水制工付近ではナマズが1個体確認され、その体長は10 cmと小さかった。一方で、2013年区では水制工が1基しか含まれていなかったが、体長56 cmの大型のナマズが1個体確認された。このことから、今後、2014年区ではナマズをはじめとする魚種がよりいっそう増える可能性がある。

工事年区間で認められた物理環境と種の豊富さの相違の傾向と異なり、個体数密度は概ね工事後の経過年数が長いほど高かった。環境が単調で確認種数が少なく、最も工事年度が古い2005年区で個体数密度は平均個体数密度の倍近い200個体 100 m²と最も高かった一方で、2012年と2013年区では約100個体 100 m²程度であり、さらに最も工事完了年度が新しい2014年区ではさらにその半分程度の50個体 100 m²と最も低かった。最新の工事年区において生息密度が最も低かったことは、工事を行うために河川に重機を入れたこと等による直接的な魚類への殺傷や自然河床に及ぼした攪乱による一次生産および餌となる底生生物の一時的な減少といった短期的な影響の結果と推測される。また、工事年区によって生息する魚種が異なり、全工事年区で共通して確認されたのはオイカワ、カマツカおよびヨシノボリ類に限られた。3種は、いずれも愛知県内の河川中流域の砂～中礫河床をよく利用し、高い個体数密度を示す傾向にあるが（谷口義則、未発表データ）、オイカワとヨシノボリ類の個体数密度は工事年区の間で大きく異なり、両種共に（特にヨシノボリ類は）2005年区で著しく高く、当歳魚と推定される小型個体も多数確認された。2005年区は全体的に水深変異に乏しい平瀬が続く、典型

的な都市河川の物理環境を有し、このような環境に適応力の高い両種(宮地ほか, 1986)が優占していたものと考えられる。同じヨシノボリ属であるゴクラクハゼも2005年区のみで認められた。2005年区においてヨシノボリ類が顕著に多かった要因は物理環境データからは明らかにできなかった。推測の域を出ないが、改修工事後の経過年数が最も長かった本調査区またはその付近がヨシノボリ類の繁殖場所あるいは採餌場所として適していたのかもしれない。オイカワは、ヨシノボリ類と異なり、2012年区および2013年区においても比較的高生息密度を示した。さらに、2014年区では著しく密度が低く、体長の大きい個体も顕著に少なかった。オイカワは平瀬を好むが、瀬や淵にも生息することに加え、河川の下流部から上流部まで広く移動する種である(宮地ほか, 1986)。このことから、多様な環境に適応し、移動能力の高い本種はいずれの調査年区にも生息していた可能性がある。他方、これら2種と異なり、カマツカはいずれの工事年区においても生息密度が低く、様々な体サイズの個体が確認された。本種は砂河床を好むため(細谷, 2002)、元来砂の割合が多い本河川において工事によって受けた影響が比較的軽微であった可能性が考えられる。このように、工事年区の間で種組成および個体数密度に相違が認められたが、各工事年区の間には魚類の移動を阻害する障害物等は存在しないほか、流入する支流も無く、水質も大きく変わらないと考えられるため、相違は主に河川工事後の経過年数およびそれに関連する要因によってもたらされたものと考えられた。

タモロコ、マハゼ、カダヤシ(2012~2014年区)、モツゴ、ナマズ、ミナミメダカ(2013~2014年区)は、工事完了年度が比較的新しい区間でのみ確認され、いずれも個体数密度は低かった。これらが工事の影響を受けて低密度であったのか、偶産種であったのか、現時点でこれらの個体数密度を規定する要因について議論することは難しいと考えられた。

本研究の結果、逢妻男川の流程わずか2 kmの調査流程内において、工事後の経過年数が異なることにより、魚類の生息環境および種組成、生息密度が異なることが明らかとなった。本来、魚類の種組成や生息密度は、本研究で扱った物理環境要因以外にも水温、水質、栄養塩負荷等の影響を受けるが、調査区間の流程が短かったこと、流入する支川が無かったことから、これらの影響はほぼ無視できる程度と考えられた。しかしながら、魚類の餌となる陸生・水生昆虫、付着藻類、さらには他の魚種との種間関係や陸上の捕食者等の影響について本研究では考慮しておらず、今後、これらの要因を検討することが重要である。また、本研究では調査を1季のみの限られた日数しか行っていないため、今後4季調査および複数年のモニタリングが不可欠である。

逢妻男川における多自然川づくりに対して愛知県河川課が設けた目標の一つは、“瀬、淵および州、変化に富んだ河床・水際環境の創出”であり、本研究の結果、2012~2013年区で

見られた河川環境は概ね目標に近づいているものと考えられた。しかし、“河岸の植物の保全により、植生のある豊かな景観を維持すること”については、さらなる時間の経過を待つ必要があるであろうし、また、さらなる改善が必要であろう。たとえば、河川工事の影響が比較的軽微であると考えられたオイカワやカマツカが砂~中礫底に適応した種であることを鑑みれば、これらの種とのバランスも考慮しつつ、工事完了年度の違いにより個体数密度の差が大きいヨシノボリ類および他の低密度種に対して、巨礫のさらなる投入や河畔植生の改善等による隠れ場所を増やすことが重要であると考えられた。また、上流部にある水田ビオトープから流入する細流との結合部の落差解消により水系ネットワークを整備することも重要であると考えられた。これにより、水田や湿地を産卵場所として利用するナマズやドジョウ等の遡上を促し、個体数を増加させる等の効果が見込まれる。土砂で埋没している水制工があるため、定期的なメンテナンスも重要である。また、多自然川づくりの目標は、河川が本来有している魚類等の生物の生息・繁殖環境を保全・創造し、生物を守っていくもの(国土交通省, 2007)とされているが、逢妻男川で行われた多自然川づくりでは、水生生物に関する目標が何ら明記されていない。また、魚類等に関する工事前の調査も実施されなかった。降雨などの攪乱に脆弱で生態系が非定常であると考えられる中小規模河川で行う多自然川づくりでは、河川行政側として確固たる生物学的な目標を定めることに躊躇われることも理解できないわけではない。しかし、事前の生物調査の努力不足により目標を立てることができないとすれば、このことが事後調査による事業評価を困難にってしまうデメリットは大きいことを指摘しておきたい。

謝 辞

本研究に際し、竹内勇人氏および中村将吾氏より多大な協力を頂いた。清水雅子氏および高橋好夫氏には河川工事等に関する重要な情報をご提供頂いた。また、本稿に対して担当編集委員である山本敏哉氏、編集委員長である野崎健太郎氏および匿名の査読者1名から有意義なコメントを頂いた。以上の方々に深謝する。

引用文献

- 愛知県(2013):河川の整備 (<http://www.pref.aichi.jp/0000018788.html>) 最終閲覧日2015年3月16日。
 愛知県建設部河川課(2006):多自然護岸台帳後編(CD-ROM版),愛知県。
 愛知県建設部河川課(2009):多自然川づくりアドバイスブック。第1章,第4章,愛知県。
 安嬰・木村達夫・海田輝之・相沢治郎・佐藤義秋(1995):

経過年数が異なる多自然川づくり施工区における魚類相

- 底生動物相におよぼす河川改修工事の影響. 環境工学研究論文集, **32** : 457-466.
- 細谷和海 (2002) : カマツカ. 山溪カラー図鑑日本の淡水魚, 第3版, 川那部浩哉 (編著) : 314-315. 山と溪谷社, 東京.
- 古米弘明・谷口佳生・福井一郎 (1996) : 河川改修区間における河床形態変化と底生生物現存量について. 環境システム研究, **24** : 644-649.
- 金子是久・奥田重俊・大野啓一 (2004) : 都川中流域 (祐左衛門橋～北谷津橋間) の改修工事が河川生態系に与える影響. 環境科学会誌, **17** : 121-128.
- 島谷幸宏・小栗幸雄・萱場祐一 (1994) : 中小河川改修前後の生物生息空間と魚類相の変化. 水工学論文集, **38** : 337-344.
- 長谷川浩二 (2006) : 水際植生の生態的機能に関する研究 II. 独立行政法人土木研究所, 土木研究所資料第四〇三二二号, 平成17年度自然共生研究センター研究報告書 : 47-56.
- 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海 (2002) : 山溪カラー図鑑日本の淡水魚. 第3版. 山と溪谷社, 東京.
- 国土交通省 (2007) : (<http://www.mlit.go.jp/river/kankyo/main/kankyou/tashizen/02.html>) 最終閲覧日2015年4月6日.
- Lockwood, R. N. and J. C. Schneider (2000) : Stream fish population estimates by mark-and-recapture and depletion methods. In Manual of fisheries survey methods II: with periodic updates. Schneider, J. C. (ed.): Chapter 7. Michigan Department of Natural Resources, Fisheries Special Report 25, Ann Arbor, USA.
- 宮地傳三郎・川那部浩哉・水野信彦 (1986) : 原色日本淡水魚類図鑑. 全改訂版. 保育社, 大阪.
- 中坊徹次 (2013) : 日本産魚類検索 全種の同定. 第三版. 東海大学出版会, 神奈川.
- リバーフロント整備センター (2002) : 多自然型川づくり. 河岸を守る工法ガイドブック : 171-176. 財団法人リバーフロント整備センター, 東京.
- Schweizer, S., M. E. Borsuk and P. Reichert (2007) : Predicting the morphological and hydraulic consequences of river rehabilitation. *River Research Applications*, **23** : 303-322.
- 下田和孝・神力義仁・川村洋司・佐藤弘和・長坂晶子・長坂有 (2011) : 魚類の生息場所の改善を目的とした河川修復事業の長期的効果. 応用生態工学, **14** : 123-137.
- 祖田亮次・柚洞一央 (2012) : 多自然川づくりとは何だったのか. *E-journal GEO*, **7** : 147-157.
- 多自然川づくりレビュー委員会 (2007) : 多自然川づくりポイントブック : 96-106. 財団法人リバーフロント整備センター, 東京.
- 辻盛生・鈴木正貴・寺井良夫 (2014) : 中津川における小型淡水魚類の減少原因の解明. 地域協働研究 研究成果報告集1 : 50. 岩手県立大学地域政策研究センター, 岩手.
- 田崎冬記・安藤由里子・渡邊幸一・石田洋一・村椿俊幸 (2005) : 河川改修工事後の植生変異の事例. 日本緑化化学会誌, **30** : 611-615.
- 豊島照雄・中野繁・井上幹夫・小野有五・倉茂好匡 (1996) : コンクリート化された河川流路における生息場所の再造成に対する魚類個体群の反応. 日本生態学会誌, **46** : 9-20.
- 土屋十圀・佐藤一夫・岩永勉・金子義明・清水孝之・久保好明 (1996) : いきものの生息環境を考慮した河川改修と生物相に関する調査. 水工学論文集, **40** : 175-180.
- 若林交流館 (2009) : 逢妻男川の生態調査 (http://www.hm3.aitai.ne.jp/~ph20/w09_suizokukan/cm07_suizokukan/cm074_seitai.html) 最終閲覧日2015年6月24日.
- 山下奉海・河口洋一・谷口義則・鹿野雄一・石間妙子・大石麻美・田中亘・斉藤慶・関島恒夫・島谷幸宏 (2010) : 佐渡島の小河川における魚類を対象とした農業用取水堰改良効果の検証. 応用生態工学, **13** : 61-76.
- (担当編集委員 : 山本敏哉, 豊田市矢作川研究所)