

橋脚周りの河床変動に伴う魚類の 生息域変化に関する調査

SURVEY OF CHANGES OF FISH HABITAT QUALITY WITH RIVER BED EVOLUTION AROUND BRIDGE PIER

鬼束幸樹¹・秋山壽一郎²・鏝敬介³・西川貴大⁴

定地憲人⁵・泉孝佑⁵・緒方亮⁵

Kouki ONITSUKA, Juichiro AKIYAMA, Keisuke KASUGAI, Takahiro NISHIKAWA,
Kento JOJI, Kousuke IZUMI and Ryo OGATA

¹正会員 九州工業大学大学院准教授 工学研究院建設社会工学研究系
(〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町1-1)

²フェロー会員 九州工業大学大学院教授 工学研究院建設社会工学研究系
(〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町1-1)

³株式会社 建設技術研究所 九州支店 (〒810-0041 福岡市中央区大名2-4-12)

⁴九鉄工業株式会社 鹿児島支店 (〒860-0047 鹿児島市錦江町3-31)

⁵学生会員 九州工業大学大学院 工学府建設社会工学専攻 (〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町1-1)

It is important to make clear the fish habitat quality of seasonal changes around river structures in rivers, because this information is useful to make an improvement river plan considering the fish environment. In this study, field surveys of fish habitat quality of seasonal changes by scoring and accumulation around the bridge pier were conducted in Itabitsugawa river which belongs to class B river. River bed of the investigation area including the bridge pier in Itabitsugawa river was flattened by river improvement project in June 2015. It was found that *Opsariichthys platypus* likes deep area in the river and *Canadidia temminckii* inhabits the other area. Therefore, the results suggest that riverbed change has an influence for the inhabiting apart of *Opsariichthys platypus* and *Canadidia temminckii*.

Key Words : survey, fish habitat quality, bridge pier, *Opsariichthys platypus*, *Canadidia temminckii*

1. はじめに

河川生態系を構成する諸生物の生息場を空間別階層構造で捉える方法をFrissell *et al.*¹⁾は提案し、空間規模の大きな順から流域河道網レベル(10³m)、セグメントレベル(10²m)、リーチレベル(10¹m)、瀬と淵レベル(10⁰m)、マイクロ生息場レベル(10⁻¹m)に分類した。魚のすみやすい川を設計する上で、これら全ての空間規模レベルに応じた各種生物の生息場を把握することが求められる。

流域河道網レベルからセグメントレベルの視点に基づき、厳島ら^{2,3)}は九州の15の一級河川を対象として、魚類相とセグメント区分とを比較した結果、必ずしも両者が一致しないため、魚類相に基づいて領域区分する魚類セグメントエコリージョンを提案した。真田・藤田⁴⁾は長良川支流の206地点で魚種数および尾数を60回調査し、34魚種、5229尾のサンプルを得た。田代ら⁵⁾は流域河道

網レベルからマイクロ生息場レベルに至るまでのネコギギの生息領域を解析した。

セグメントレベルからリーチレベルを対象とした研究として、井上・中野⁶⁾の研究が挙げられる。彼らは天塩川支流の天北川において、瀬と淵を含む30mの自然区間と改修された20mの直線区間で潜水および目視による魚類調査を行い、自然区間の魚類密度の方が高いことを示した。島谷ら⁷⁾は鬼怒川支流の田川において、改修前の蛇行部300m区間と改修後の直線部200m区間において、3年で8回の魚類調査を行い、改修後にドジョウ、フナ、タモロコの尾数が減少し、オイカワ(*Opsariichthys platypus*)⁸⁾の尾数が増加したと報告した。河口ら⁹⁾は標津川において、直線区間と人工的に再蛇行された区間で魚類調査を行い、特定魚種の尾数が直線区間よりも再蛇行区間で増加すると指摘した。萱場ら¹⁰⁾は実験河川内にベーン工、デフレクター、杭水制などを設置し、魚種および尾数の変化を観察した結果、上記を施工することで魚

種数および尾数が増加することを確認した。楊ら¹¹⁾は山口県の二級河川榎野川支流の古甲川において、夏と秋に瀬と淵を含む区間でオイカワの生息調査を行った。これらの研究によって、瀬と淵の利用形態や魚種および尾数の縦断変化が大幅に解明された。

リーチレベル以下の魚類の平面的な利用形態を図示した研究も行われている。藤田・道上¹²⁾は一級河川千代川支流の曳田川の淵で潜水調査を行い、各魚種の平面的利用形態を図示した。庄司ら¹³⁾は一級河川小畔川の500m区間内の15カ所で投網をして7魚種の採取に成功し、河川中流部における魚類の生息分布とその評価法について検討した。渡辺ら¹⁴⁾および神尾ら¹⁵⁾は福岡県の二級河川那珂川支流の裂田川において、改修前後の水深、流速、植生状態に基づきエリア分割し、各エリアにおける魚種、尾数等とエリア特性との対応を解明した。近年、テレメトリー法を用いた魚類調査が開始された。東ら¹⁶⁾は岩木川支流の平川においてウグイの移動距離が夜明け前と日没直後は長い、夜間や日中は短いことを示した。佐々木ら¹⁷⁾は山口県の二級河川において平水時にカワムツ(*Canadidia temminckii*)⁸⁾が瀬とその近傍の淀み付近に存在し、フナおよびコイは淵に定位することを図示した。傳田ら^{18,19)}はテレメトリー法を改良したATSを考案し、実験河川におけるコイおよびギンブナの挙動を観察した。その結果、両魚種の行動特性が流速および加速度の影響を受けることを解明した。また、傳田ら²⁰⁾はATSを用いて千曲川におけるニゴイの挙動を約165日間観測し、平水時と出水時における流速および水深に対する選好値が異なることを証明した。

上記のように様々な手法で魚類の生息場所が解明されつつあるが、リーチレベル以下を対象とした研究において、数尾以下の魚をラグランジュ的に観察した研究がほとんどで、平面的な魚類の生息場の時系列的な解析をした研究は多くない。魚種間には生息場所の獲得競争があり、同時に複数の魚種の生息場所を把握する必要がある。また、魚がすみやすい川づくりを推進するには、各魚種の生息域や行動特性を把握し、これらを考慮した河川構

造物の設計や施工が必要である。しかし、河川構造物を設置したことによる河床変動やそれに伴う魚類の生息域の変化について解明は進んでいない。

本研究が対象とした二級河川板櫃川では、橋脚補修工事のため橋脚周りが完全に平坦化された。その後、洗掘や堆積の作用を受けて水深や流速が変化し、それに伴い魚類相の変化が予測される。本研究は橋脚周りの洗掘および堆積による魚類の生息域の変遷について調査をしたものである。

2. 計測場所および計測方法

図-1に示すように北九州市を貫流する二級河川板櫃川



図-1 板櫃川の対象区間

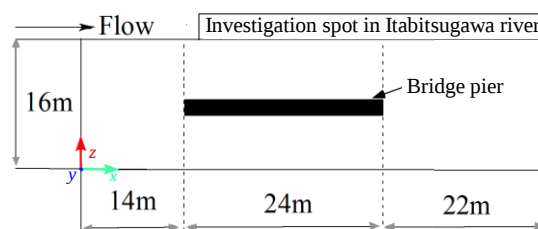


図-2 板櫃川の対象エリアの模式図

表-1 調査の概要

Year	2015							2016	
Month	6	7	8	9	10	11	12	1	2
Weather	Sunny	Sunny	Sunny	Sunny	Sunny	Sunny	Sunny	Sunny	Sunny
Temperature(°C)	25	29	32	28	20	21	11	9	10
Degree of water(°C)	19	20	23	21	18	20	14	11	12
<i>Opsariichthys platypus</i>	58	740	2566	1798	1173	657	423	267	271
<i>Candidia temminckii</i>	10	234	331	225	119	105	102	81	78
Total	68	974	2897	2023	1292	762	525	348	349
Year	2016								
Month	3	4	5	6	7	8	9	10	
Weather	Sunny	Sunny	Sunny	Sunny	Sunny	Sunny	Sunny	Sunny	
Temperature(°C)	18	19	24	26	31	34	29	23	
Degree of water(°C)	19	17	18	19	22	23	22	19	
<i>Opsariichthys platypus</i>	314	452	367	613	2275	2782	1883	885	
<i>Candidia temminckii</i>	92	101	138	157	345	385	262	178	
Total	406	553	505	770	2626	3167	2145	1063	

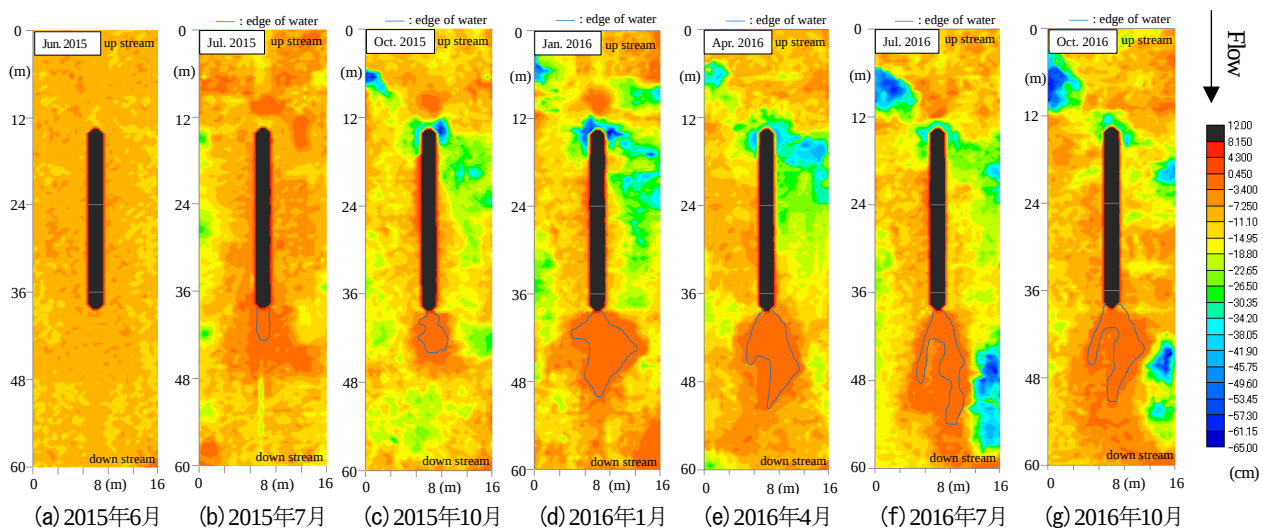


図-3 対象区間の河床高コンター

の河口から4.5km付近の幅約1.5mの橋脚を含む川幅約16mの流下方向約60m区間を調査対象とした。図-2に示すように調査エリアは、橋脚の上流に14m、橋脚を含むエリアが24m、橋脚の下流に22mとした。調査エリアは橋脚補修工事によって2015年6月に橋脚の上流10mから下流10mの合計44mの区間の橋脚周りの河床が平坦化された。流下方向にx軸、鉛直上向きにy軸、横断方向にz軸をとった。表-1に示すように、2015年6月から2016年10月まで約1カ月ごとに現地調査を行った。調査日の天候は全て晴れであり、調査時間は12:00～14:00の定時刻に統一した。

対象エリアを流下方向および横断方向に0.5m刻みのメッシュに分割した120×32=3840点において、スタッフとレベルを用いて河床高および水深を計測した。また、エリア上部の橋梁の歩道にフルハイビジョンカメラを設置し、各メッシュ内の魚種別個体数を求めた。さらに、各メッシュに適度に水を入れた500mlのペットボトルを放流し、得られた動画より流速を算出した。温度計を用いて気温、水温を計測した。

3. 計測結果および考察

(1) 計測区間の河床高

図-3(a)～(g)に2015年6月および2015年7月から2016年10月までの3カ月ごとの河床高コンターを示す。なお、図-3(b)～(g)において、2015年7月以降に橋脚の下流端より下流域に生じた島の水際線を実線で示している。図-3(a)において調査初期の2015年6月の段階では、河床はほぼ平坦となっている。これは、橋脚補修工事後に重機によって平坦化されたためである。ところが、図-3(b)の2015年7月において、橋脚の上流端近傍では若干の洗掘がみられ、図-3(c)の2015年10月以降で顕著な洗掘が観察される。図-3(d)の2016年1月以降では、橋脚上流端付近では若干の堆積と洗掘を繰り返しながら、動的平衡状態となっている。一方、橋脚の下流端より下流域に着

目すると、図-3(b)の2015年7月において、堆積が観察され、その後、堆積範囲と堆積厚が増加していることがわかる。図-3(b)の2015年7月以降では堆積によって橋脚の下流端より下流域に島が発生しており、時間経過に伴い島は拡大していることがわかる。なお、図-3(c)の2015年10月以降で橋脚上流右岸側の6m付近、および橋脚下流左岸側の45m付近に洗掘が観察される。これは、合流式下水道からのオーバーフローによって生じたものである。

(2) 計測区間の流速

図-4(a)～(c)に2015年6月、10月および2016年7月の調査対象区間の流下方向12mごとの流速 v (m/s)を示す。橋脚補修工事直後の2015年6月では橋脚下流端部を除き調査対象全域で流速がほぼ一様であるのに対し、2015年10月および2016年7月の調査では横断方向に流速の差異が生じていることが確認される。図-3から分かるように調査初期の2015年6月の段階では、河床の平坦化が行われた直後で、橋脚上流先端部の深掘れが生じていない。図-3(c)の2015年10月においては橋脚上流端部の深掘れが顕著であり、図-4(b)における流速の遅い箇所と対応していることが確認される。さらに、図-3(f)の2016年7月においては、橋脚の下流部の島周辺の深掘れが顕著であり、図-4(c)における流速の遅い箇所と対応していることが確認される。以上のことから、流速の変化は河床変動が原因であると考えられる。

(3) 魚種別尾数の分布

調査期間中に確認された魚種はオイカワ、カワムツがほとんどであった。図-5(a)～(f)に2015年6月、10月および2016年7月におけるオイカワおよびカワムツの0.5m×0.5mセルごとの魚種別尾数の分布を示す。表-1と図-5から全てのケースにおいてオイカワの尾数がカワムツの尾数を上回っていることが確認できる。図-5におい

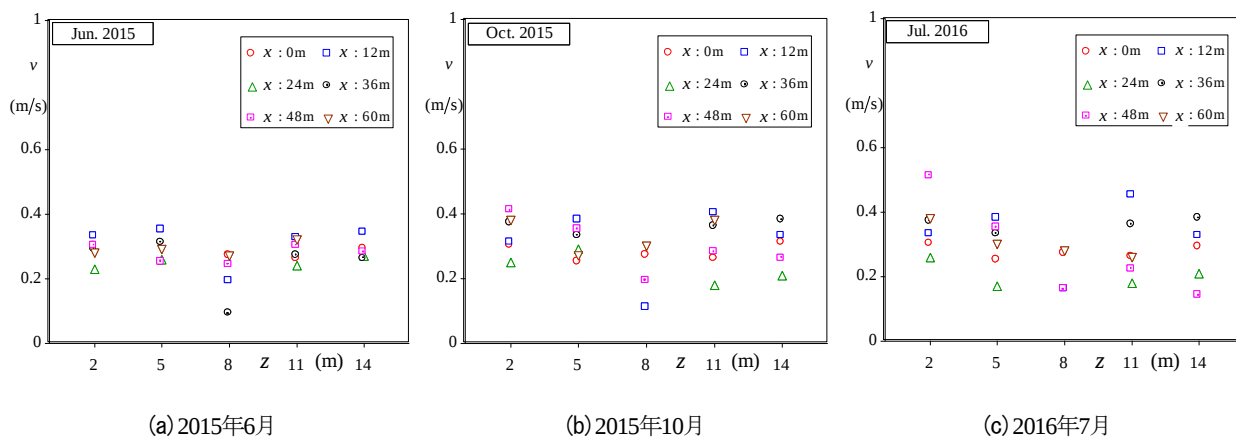


図-4 対象区間の流速

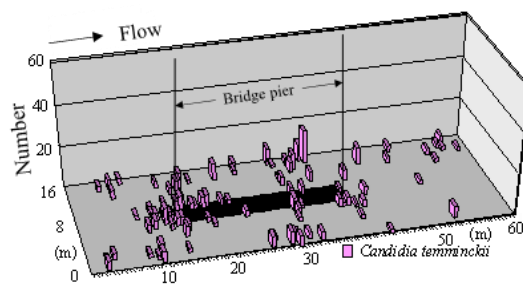
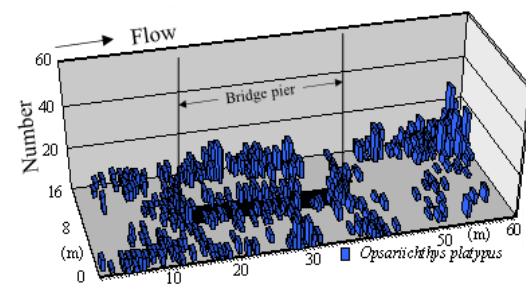
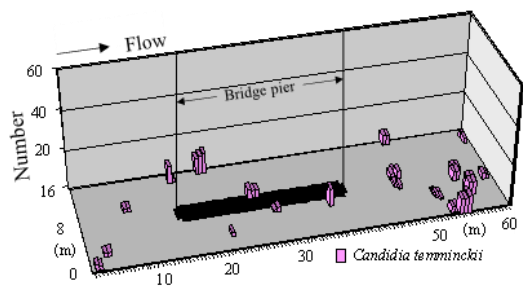
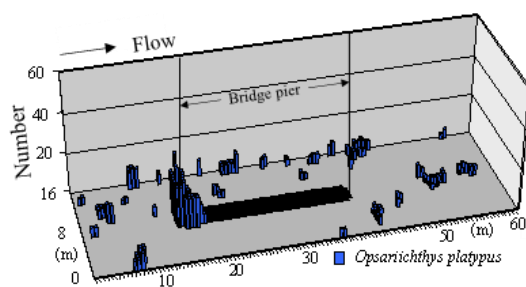
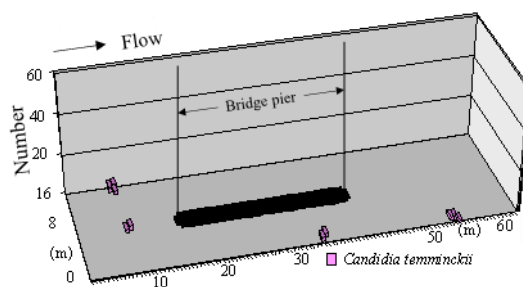
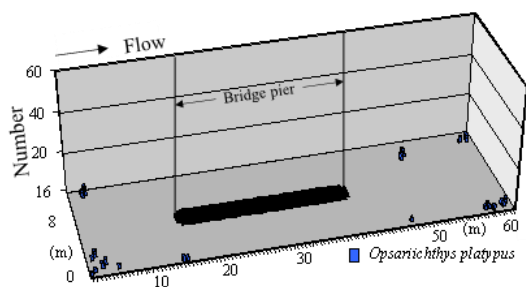


図-5 魚種別尾数分布

て、オイカワとカワムツはセル内に単体で存在しているものは非常に少なく、それぞれ魚群で存在している。また、オイカワとカワムツが同じセル内に存在することはほとんどなく、両者の分布に偏りあることがわかった。これは、上記の魚種が単体でなく、魚群で行動する習性があると共に、棲み分けが存在していることに起因して

いる。オイカワは2015年7月から2016年4月頃まで橋脚上流端部で比較的多く存在するが、その後の橋脚の下流部の島周辺に生じた洗掘箇所を中心に対象エリア全域に分布していることが確認された。一方、カワムツはオイカワと異なり、局所的に集中する挙動は確認されない。

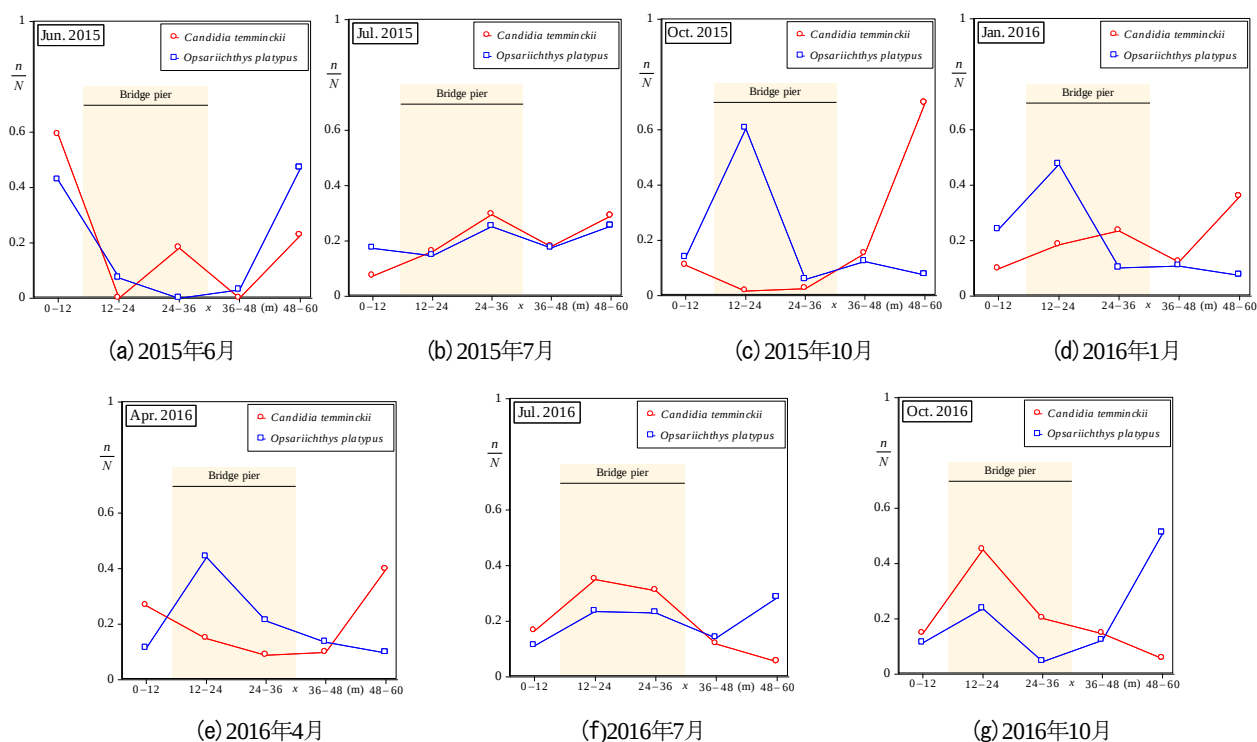


図-6 12m区間ごとの魚種別存在率

(4) 12m区間ごとの魚種別存在率

オイカワの12m区間ごとの存在率を次式で定義した。

$$\frac{n_p}{N_p} = \frac{\text{12m区間内のオイカワの尾数}}{\text{全エリアにおけるオイカワの尾数}} \quad (1)$$

カワムツの存在率は式(1)において魚種をカワムツに変化させた式で求めた。図-6(a)～(g)にオイカワ、カワムツの存在率の流下方向変化を示す。上流から12m区間ごとに、深掘れ手前までのエリア(0-12m)、橋脚上流端付近の深掘れ部から橋脚側面部のエリア(12-24m)、橋脚側面部から橋脚下流端部のエリア(24-36m)、橋脚下流端から島が生じているエリア(36-48m)、堆積部から下流のエリア(48-60m)に分類される。図-6(a)に示す2015年6月において、橋脚近傍では魚はほとんど確認されなかった。これは、このエリアの河床が平坦化されたためと考えられる。図-6(b)に示す2015年7月から図-6(c)に示す10月頃まで、オイカワの存在率は12-24m区間において橋脚上流端付近の深掘れの進行に伴い、顕著に増加している。その一方で、カワムツの存在率は12-24m区間においては深掘れの進行に伴う変化は明確でない。一方、図-6(c)～(e)の2015年10月から2016年4月の期間に着目すると、橋脚上流端付近でオイカワの存在率が高く、橋脚の下流域では逆にカワムツの存在率が高くなっている。これは、図-3で観察されたように、橋脚上流端付近では深掘れが発生し、それが動的平衡状態となっているからである。これによって生じた高水深領域をオイカワが選好していると考えられる。図-6(f)～(g)の2016年に7月頃以降では、上記の傾向が見られず、オイカワとカワムツの存在率が

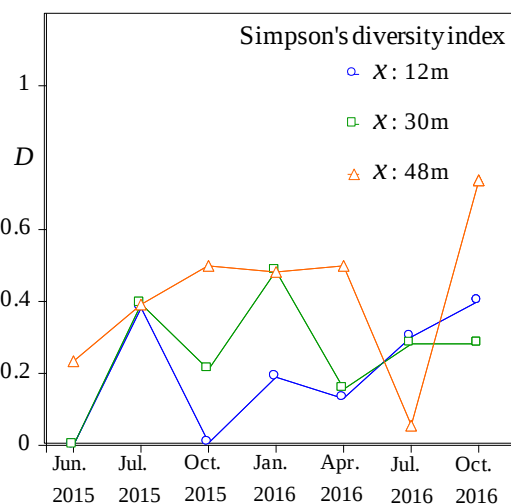


図-7 深掘れ箇所および橋脚内部におけるSimpsonの多様度指数

変化している。これは、図-3(f)～(g)で観察されたように、橋脚下流左岸側の45m付近において合流式下水道からのオーバーフローによって生じた洗掘によって高水深領域が発生し、この領域をオイカワが選好したためと考えられる。そのため、一年前の同時期と比較するとカワムツとの存在率の大小関係が反転したと考えられる。以上のことより、オイカワは深掘れによって生じた高水深で低流速域を選好し、カワムツはそれ以外の領域に存在することが観察された。今後、対象エリア全体の河床が動的平衡状態となった後のオイカワとカワムツの棲み分けについて観察を続けたい。

(5) 12m区間ごとの多様度指数

図-7に橋脚上流端部のx: 12m付近, 橋脚内部のx: 30m付近, 橋脚下流域に発生した深掘れのx: 48m付近において算出されたSimpsonの多様度指数 D を2015年6月および2015年7月から2016年10月までの3カ月ごとの変化を示す。

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2 \quad (2)$$

ここに, S は魚種数, p_i は全尾数の中で魚種 i が占める尾数である。橋脚上流部の深掘れが発生し始めた2015年7月から10月にかけて, x: 48m付近を除き減少傾向を示している。橋脚上流端付近の深掘れエリアに対応するx: 12m付近において, 変動幅が他区間に比べ大きい傾向がある。また, 橋脚下流域の堆積域の北側の深掘れが発生し始めた2016年4月以降, 全ての箇所において減少傾向を示している。変化の幅で見ると, 橋脚下流域の堆積域の北側の深掘れエリアに対応しているx: 48m付近が他区間に比べ顕著であることが確認される。これは, 深掘れが発生したエリアにオイカワが集中することに合わせて, カワムツがオイカワの少ないエリアに生息域を変化させたことが原因と考えられる。

4. おわりに

本研究は橋脚周りの洗掘および堆積による魚類の生息域の季節変化について調査をしたものである。以下に, 得られた知見を示す。

(1) 橋脚補修工事による河床の平坦化が行われた直後, 魚の生息はほとんど確認されなかった。しかし, 時間経過に伴い河床の深掘れおよび堆積が進行し, オイカワ, カワムツの生息が確認されるようになった。

(2) 橋脚上流端付近の深掘れによって発生した高水深で低流速域をオイカワが選好し, カワムツはそれ以外の領域で生息していることが判明した。

(3) 時間経過に伴い, より高水深領域が確認された際, オイカワは高水深で低流速域に生息場所を移し, それに伴いカワムツはそれ以外の領域に生息場所を移すことが確認された。

今後, 対象エリア全体の河床が動的平衡状態となった後のオイカワとカワムツの棲み分け, および魚類相の動的平衡状態について観察を続けたい。これらの調査によって, 橋脚補修工事に伴う河床の平坦化の影響が無視できる状態となる期間が定量的に解明される。

謝辞: 本研究を実施するに当たり, 科学研究費補助金基盤研究(C)17K06580(代表: 鬼束幸樹)の援助を受けた。

参考文献

1) Frissell, C.A., Liss, W.J., Warren, C.E. and Hurley, M.D.: A

hierarchical framework for stream habitat classification, *Environmental Management*, Vol.10, No.2, pp.199-214, 1986.

- 2) 厳島怜, 島谷幸宏, 河口洋一: 魚類相の縦断方向変化とセグメント区分に関する研究, 水工学論文集, 第52巻, pp.1147-1152, 2008.
- 3) 厳島怜, 島谷幸宏, 中島淳, 河口洋一: 環境指標のための魚類セグメントエコロジー, 水工学論文集, 第53巻, pp.1189-1194, 2009.
- 4) 真田誠至, 藤田裕一郎: 小河川水系における魚類生息空間評価に関する研究, 河川技術論文集, 第9巻, pp.97-102, 2003.
- 5) 田代喬, 佐川志朗, 萱場祐一, 齊木雅邦, 長谷川浩二: 中小河川における希少魚ネコギギの生息環境, 河川技術論文集, 第11巻, pp.471-476, 2005.
- 6) 井上幹生, 中野繁: 小河川の物理的環境構造と魚類の微生息場所, 日本生態学会誌, Vol.44, pp.151-160, 1994.
- 7) 島谷幸宏, 小栗幸雄, 萱場祐一: 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, 第38巻, pp.337-342, 1994.
- 8) 中坊徹次: 日本産魚類検索, 東海大学出版会, 2013.
- 9) 河口洋一, 中村太士, 萱場祐一: 標津川下流域で行った試験的な川の再蛇行化に伴う魚類と生息環境の変化, 応用生態工学, Vol.7, No.2, pp.187-199, 2005.
- 10) 萱場祐一, 傳田正利, 田中伸治, 島谷幸宏, 佐合純造: 直線河道における魚類生息環境の復元の試みとその効果, 河川技術論文集, 第7巻, pp.369-374, 2001.
- 11) 楊継東, 関根雅彦, 浮田正夫, 今井剛: 実行モードを考慮した魚の生息環境評価手法に関する研究, 土木学会論文集, No.671/VII-18, pp.13-23, 2001.
- 12) 藤田正治, 道上正規: 千代川における淵の構造と魚類の生息環境, 水工学論文集, 第40巻, pp.181-186, 1996.
- 13) 庄司崇, 福井吉孝, 青木宗之: 河川中流部における魚類の生息分布とその評価法について, 河川技術論文集, 第10巻, pp.345-350, 2004.
- 14) 渡辺亮一, 山崎惟義, 島谷幸宏, 河口洋一, 兼重俊介, 神尾章記: 裂田水路における水際および水路内植生が魚類の生息量に与える影響, 水工学論文集, 第52巻, pp.1153-1158, 2008.
- 15) 神尾章記, 渡辺亮一, 山崎惟義, 島谷幸宏, 河口洋一, 渡辺健一: 裂田の溝における護岸改修工事が魚類生息量に与える影響, 水工学論文集, 第53巻, pp.1207-1212, 2009.
- 16) 東信行, 鴨下真吾, 佐原雄二, 関泰夫, 渡辺勝栄: 増水時における河川魚類の挙動と河川構造, 環境システム研究論文集, Vol.27, pp.793-798, 1999.
- 17) 佐々木丞, 関根雅彦, 後藤益慈, 浮田正夫, 今井剛: 多自然型川づくりに資するための魚の行動圏調査, 環境工学研究論文集, 第38巻, pp.13-19, 2001.
- 18) 傳田正利, 天野邦彦, 辻本哲郎: 魚類行動自動追跡システムの開発と実用性の検証, 河川技術論文集, 第11巻, pp.459-464, 2005.
- 19) 傳田正利, 天野邦彦, 萱場祐一: 出水の水理特性が魚類行動に与える影響, 水工学論文集, 第49巻, pp.1465-1470, 2005.
- 20) 傳田正利, 天野邦彦, 辻本哲郎: 魚類自動追跡システムの現地実証実験と魚類行動特性の把握, 土木学会論文集B, Vol.65, No. 1, pp.1-14, 2009.

(2017. 4. 3受付)