

二級河川板櫃川を対象とした魚類の生息場所の日変化および季節変化の調査

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から敵島ら^{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ジョンを提案した。真田・藤田⁴⁾は長良川支流でタモ網、投網、ビンドウなどを用いて魚種数および尾数を206地点で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に着目する。井上・中野⁶⁾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区間で投網およびタモ網を用いて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、オイカワの尾数が増加したと指摘した。河口ら⁸⁾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⁹⁾は自然共生研究センターの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の増加を確認した。楊ら¹⁰⁾は山口県の二級河川榎野川支流の古甲川において、瀬と淵を含む区間でタモ網を用いたオイカワの生息調査を夏と秋に行った。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¹¹⁾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¹²⁾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た。渡辺ら¹³⁾および神尾ら¹⁴⁾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¹⁵⁾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、佐々木ら¹⁶⁾は山口県の二級河川において平水時にカワムツ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^{17,18)}はテレメトリー法を改良したATSを考案し、自然共生研究センターの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、コイおよびギンブナ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¹⁹⁾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。

一方、魚種間には生息場所の獲得競争があり、同時に多魚種の生息場所を把握する必要がある。また、魚類の生息場所は日変化および季節変化すると推定される。こうした調査を投網やテレメトリー法で行うことは費用的に困難である。鬼東ら²⁰⁾は潜水艦模型に小型カメラを装着させて魚の挙動を記録する安価なシステムを開発した。本研究ではこのシステムを利用し、二級河川板櫃川を対象として魚類生息場の日変化および季節変化を調査した。

2. 計測場所および計測方法

本研究では鬼東ら²⁰⁾の開発した小型カメラを装着した潜水艦模型を潜水魚類調査に用いた。このシステムの利点は、魚が潜水艦模型を忌避しないので、信頼の高いデータが得られることである。潜水艦模型の長さ、高さ、幅はそれぞれ12.2、4.5、3.0cmで、質量は65.3g、色はダークグレーであり、リモコン操作で旋回、潜水、浮上が可能で、最大潜水水深は0.6m、最高速度は0.5m/sである。カメラの幅、高さ、奥行きはそれぞれ2.6、2.0、2.1cmで、F値2.8、水平解像度380本の25万画素の1/3インチCMOSによって30Hzのカラー画像が取得できる。

北九州市を貫流する二級河川板櫃川の河口から1.1km付近の瀬と淵を含む約70m区間を調査対象とした。表-1に示すように2009年9月7日に2時間おきに4回、2008年10月から2009年9月の間に異なる月の定時刻の13:00に9回の潜水艦模型を用いた潜水魚類調査を行った。調査区間上流端の右岸から約0.5m左岸よりの深さ0.1mに、小型カメラを装着した

表-1 計測条件

year	month	day	season	time
2009	9	7		9:00
				11:00
				13:00
				15:00
2008	10	16	Autumn	13:00
	11	6		
2009	3	23	Spring	
	4	21		
	5	27		
2009	6	26	Summer	
	7	26		
2009	8	7	Autumn	
	9	7		

潜水艦模型を潜水させて70m移流させた。このとき、小型カメラが常に左岸方向を向くようにリモコンで潜水艦を操作した。小型カメラから水中に発信された1.2GHzの画像データを有する電波は、地上の指向性アンテナで受信され、RCA端子を通じてノートPCにWMV形式で保存される。計測後、保存された画像から魚種および尾数を解析した。同定された魚種はオイカワ(*Zacco platypus*)、カワムツ(*Zacco temminckii*)、コイ(*Cyprinus carpio*)、ムギツク(*Pungtungia herzi*)であった。

2008年10月に調査対象の70m区間において流下方向15点、横断方向15点の合計225点の格子点において、レベルおよびスタッフを用いた河床高および水位計測を行った。2009年7月の豪雨による河床変動が確認されたため、2009年9月にも同様な計測を行った。

3. 計測結果および考察

(1) 計測区間の河床高および水深

図-1, 2に2008年10月および2009年9月に得られた河床高と水深のコンターを示し、図-3に河床高変化量を示す。両図より右岸側で洗掘が生じ、左岸で堆積が生じていること、また、最大洗掘深および最大堆積厚はそれぞれ30および20cmである。

(2) 計測結果の概要と解析手法

図-4に潜水艦の通過した断面の河床高および水位と10m区間ごとの魚種別尾数の一例(9月7日の午前9時)を示す。オイカワは浅い領域で、カワムツは深い領域で確認数が多い。そこで、全調査領域を水深0.2mごとに分類し、水深別の各魚種の尾数 n をその水深における総尾数 N で除した値を魚種別尾数比 n/N と定義し、各時間における n/N を算出した。なお、魚類は水深だけでなくカバーや流速によって選好場所が左右されるが、対象区間に樹木や巨石がないこと、流速が6~16cm/s程度と範囲が狭いことから、水深のみを用いた分析を行う。

(3) 各魚種の生息場所の日変化

図-5に2009年9月7日における魚種別尾数比 n/N の日変化を水深ごとに示す。水深が0.4~1.0m(図-5(b)~(d))ではオイカワおよびカワムツの n/N に顕著な日変化は見られない。水深の浅い0.2~0.4m(図-5(a))では9~13時にオイカワの

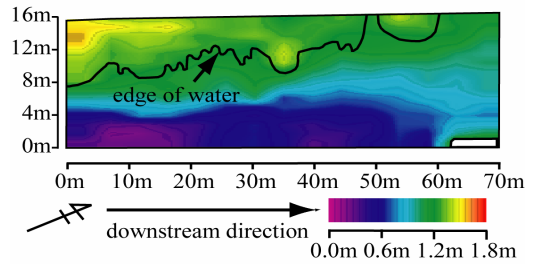


図-1 (a) 2008年10月の河床高

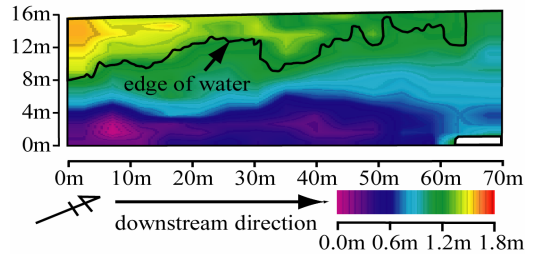


図-1 (b) 2009年9月の河床高

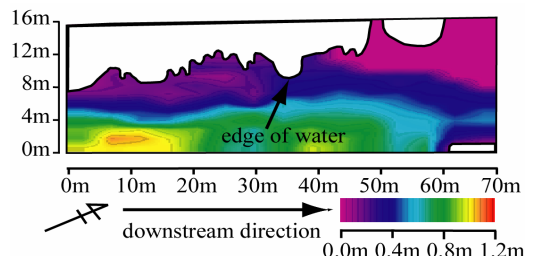


図-2 (a) 2008年10月の水深

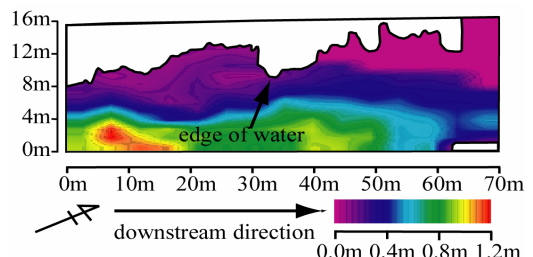


図-2 (b) 2009年9月の水深

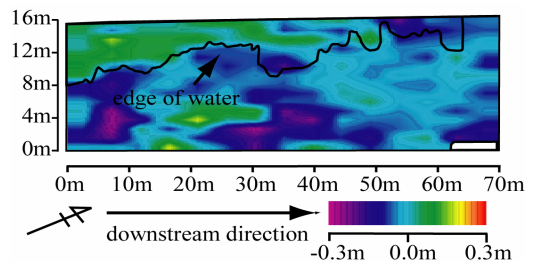


図-3 河床高変化量

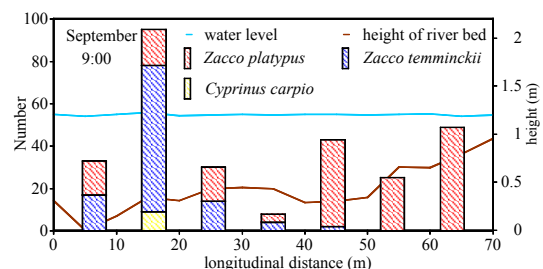


図-4 10m区間ごとの魚種別尾数

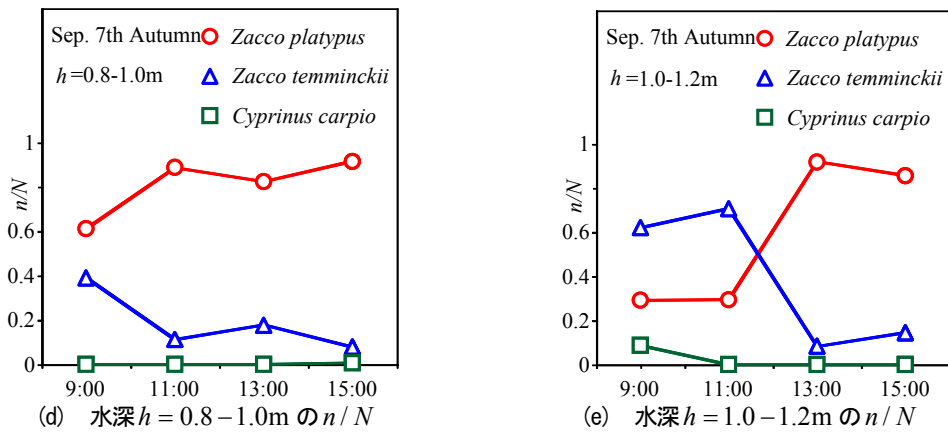
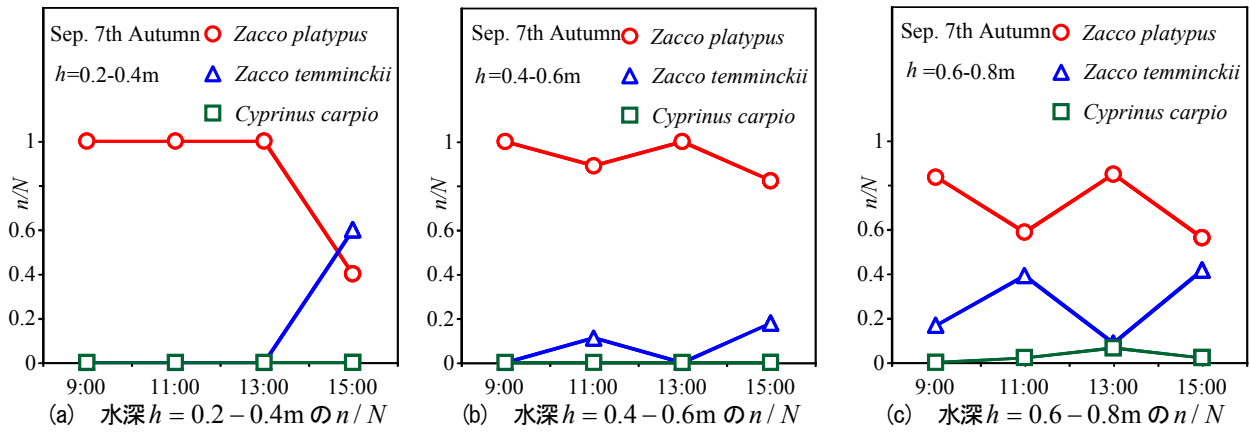


図-5 9月における各水深の魚種別尾数比 n/N の日変化

n/N が高く、カワムツの n/N が低い、13~15時にはオイカワの n/N が減少し、カワムツの n/N が増加する。一方、水深の高い1.0~1.2m(図-5(e))では、低水深の0.2~0.4m(図-5(a))の結果と逆傾向を示す。これは、早朝から午後過ぎまで瀬にいたオイカワが淵へ移動すると共に、それまで淵にいたカワムツが瀬に移動したことを意味する。楊ら²¹⁾は、オイカワが日中に水深の浅い領域で摂餌行動を行うと述べており、本結果は楊ら²¹⁾の結果と一致する。

(4) 各魚種の生息場所の季節変化

オイカワ、カワムツの生息場所の日変化が明らかとなった。以下では定時刻の13:00に得られた結果の季節変化に着目する。

図-6に魚種別尾数比 n/N の季節変化を水深ごとに示す。ただし、3~5月を春、6~8月を夏、9~11月を秋とした。大略的には水深が0.2~0.8mと低い場合(図-6(a)~(c))に全季節においてオイカワの n/N が高く、カワムツの n/N が低い。一方、水深が0.8~1.2mと高い場合(図-6(d), (e))は、逆に全季節においてオイカワの n/N が低く、カワムツの n/N が高い。したがって、一般にオイカワは瀬に、カワムツは淵に生息すると判断される。ただし、詳細に観察すると、夏季では水深が比較的低い0.2~0.8m(図-6(a)~(c))でオイカワの n/N が微増し、水深の高い0.8~1.2m(図-6(d), (e))でカワムツの n/N が微増する。これは夏季にオイカワはより低水深を、カワムツはより高水深を選択することを表す。川本ら²²⁾と中村ら²³⁾は、オイカワは秋季よりも夏季に低水深を選好すると述べており、本結果は彼らの結果と一致する。

(5) 各水深における多様度指数の検討

a) 時間変化の検討

図-7に水深ごとに算出されたSimpsonの多様度指数 D の日変化を示す。

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

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。時間経過と共に多様度指数 D が低水深(0.2~0.6m)では増加傾向を示すが、高水深(0.8~1.2m)では減少傾向を示す。これは、午前9時から午後過ぎまではオイカワ

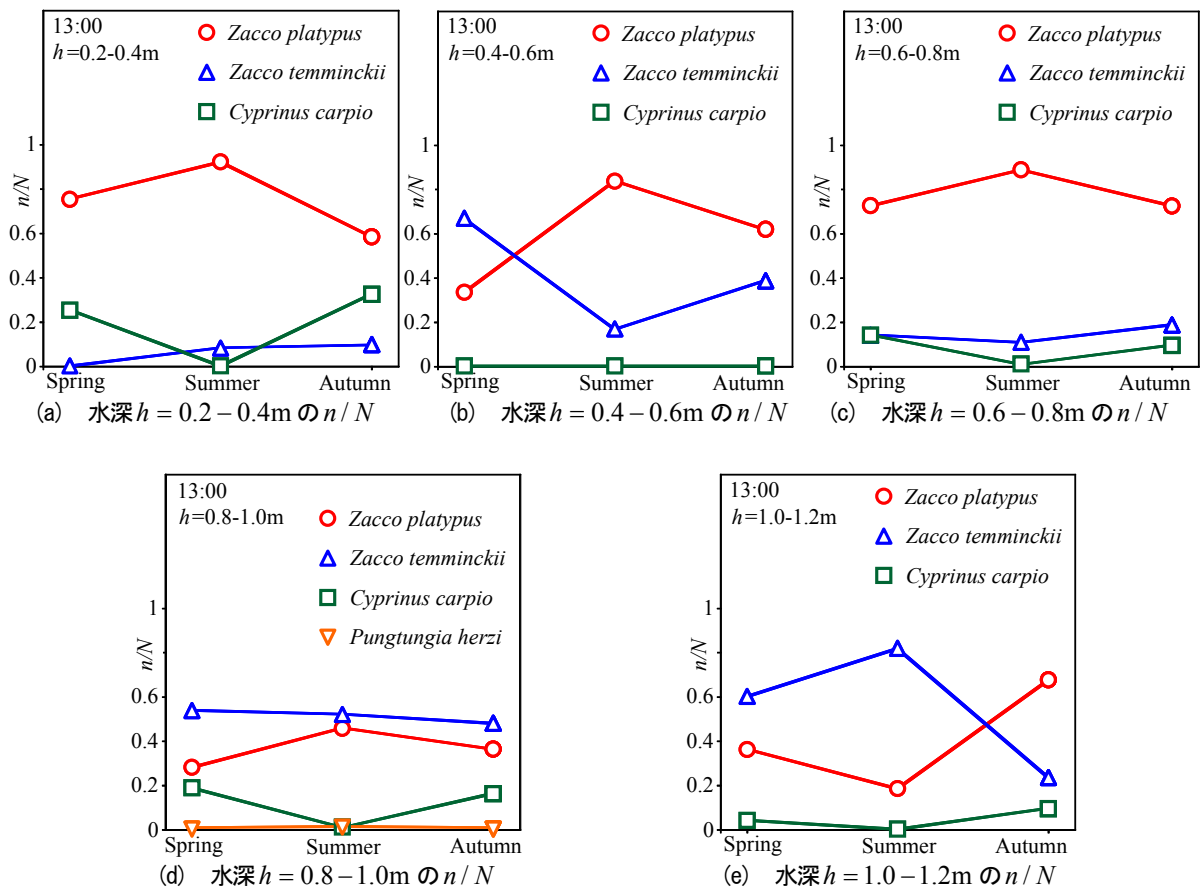


図-6 13:00における各水深の魚種別尾数比 n/N の季節変化

が瀬に集中すること、13時以降にオイカワが淵へ移動するので瀬におけるオイカワとカワムツの尾数が近づくことが原因と考えられる。

b) 季節変化の検討

図-8に水深ごとに算出された多様度指数 D の季節変化を示す。全水深において春および秋で多様度指数 D が増加し、夏に低下する。これは、春および秋では各水深でオイカワ、カワムツおよびコイが観測され、種の豊富さおよび種組成の均等さが高くなったこと、および夏季において瀬でのオイカワの密度が増したことが原因と考えられる。

以上より、本調査区間の多様度指数 D は季節変化よりも日変化の方が顕著であることが明らかとなった。

(6) 得られた結果に対する考察

川那部²⁴⁾は河川でアユが増加するとアユが瀬で摂食を行うため、瀬にいたオイカワは淵へと移動し、さらに、淵にいたカワムツの生息場が奪われることを報告した。本調査ではアユは確認されなかった。また、フナやコイが遊泳すると、これらの魚体の近傍ではオイカワおよびカワムツが忌避するが、体長の数倍離れた領域では忌避していなかった。そこで、ここではオイカワとカワムツの生息領域の争いについて考察する。

a) 日変化

早朝から午後過ぎまでは、低水深の瀬にオイカワが集まる(図-5(a))。オイカワは付着藻類や水中昆虫を主食とした雑食性である。また、夜間に摂餌を行わないことから、夜明けと共に空腹なオイカワは付着藻類を摂餌するために瀬に集まると考えられる。この時、カワムツは淵に滞在している(図-5(e))。

13~15時にオイカワは瀬および淵に分散する。これはオイカワが摂餌を終えたことが理由と考えられる。すると、淵にいたカワムツは瀬に移動を開始する。カワムツの食性は若干水中昆虫を好む傾向があるが、基本的にオイカワと類似している。このことから、カワムツは摂餌のためでなく、オイカワのいない領域に追いやられて生息していると考えられる。以上のオイカワおよびカワムツの生息場所の日変化を図-9に示した。

b) 季節変化

昼頃(13:00)に全季節でオイカワは瀬に(図-6(a)~(c))、カワムツは淵(図-6(d)~(e))に生息している。一般に、オ

イカワは“瀬を選好”し、カワムツは“淵を選好”と言われるが、両魚種で瀬と淵における生息数に逆相関があることおよびa)の日変化を考慮すると、オイカワは“瀬を選好”するが、カワムツは“淵に追いやられている”と判断される。

夏はオイカワの瀬の生息数(図-6(a)~(c))およびカワムツの淵の生息数(図-6(e))が特に増加する。これは、水温上昇に伴うオイカワの基礎代謝の増加により、瀬での摂餌行動が活発になり、より多くのカワムツが淵に追いやられていることを意味する。

4. おわりに

本研究では小型カメラを装着した潜水艦模型を用いて潜水魚類調査を行い、魚類の生息場所の日変化および季節変化の解明を試みた。以下に得られた知見を示す。

- (1) 図-9に示すように、9月頃において早朝から午後過ぎまでは、低水深の瀬に摂餌のために多くのオイカワが集まる。この時、カワムツは淵に追いやられている。午後過ぎに摂餌を終えたオイカワは瀬および淵に分散する。すると、淵にいたカワムツは瀬へ移動を開始する。
- (2) 13時頃の季節変化について述べる。この時間帯はオイカワが瀬で摂餌中のため、カワムツは淵に追いやられている。この傾向はオイカワの基礎代謝の高まる夏に顕著となる。

上記の結論は1河川で得られたこと、および季節変化については13:00に固定した時刻に行ったことから、一般性のある結論とはいえない。今後、他の河川でも同様な計測を行い、より一般性のある結論を導き出したい。

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) 巖島怜, 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) 巖島怜, 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物生息場所, *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) 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.
- 9) 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*

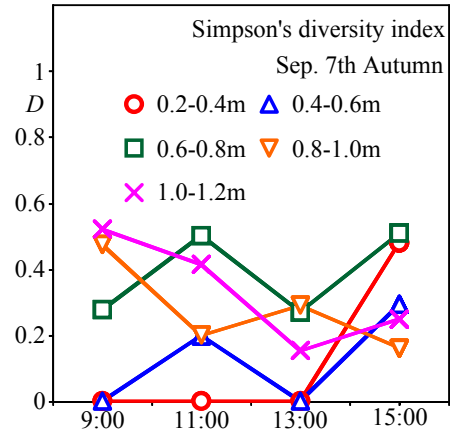


図-7 Simpsonの多様度指数の日変化

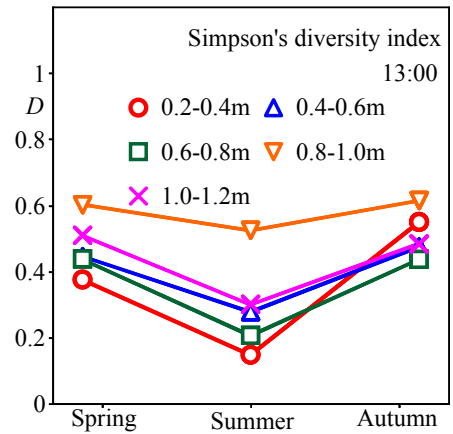


図-8 Simpsonの多様度指数の季節変化

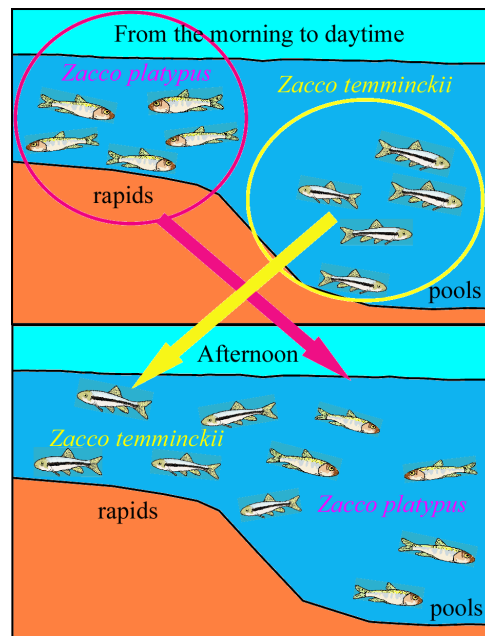


図-9 オイカワ、カワムツの生息場所の日変化(9月)

- 集, 第7巻, pp.369-374, 2001.
- 10) 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.
 - 11) 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.
 - 12) 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.
 - 13) 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.
 - 14) 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.
 - 15) 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.
 - 16) 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.
 - 17) 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.
 - 18) 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.
 - 19) 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.
 - 20) 鬼束幸樹, 秋山壽一郎, 小野篤志, 芹川泰介: 潜水艦模型と超小型ワイヤレスカメラを用いた魚類の生息調査, 水工学論文集, 第53巻, pp.1255-1260, 2009.
 - 21) 楊継東, 関根雅彦, 浮田正夫, 今井剛: 行動モードを考慮した魚の環境先行性に関する実験的研究, 土木学会論文集, pp.35-45, 1999.
 - 22) 川本泰生, 関根雅彦, 楊継東, 今井崇史, 浮田正夫: IFIMにおける河川生態環境評価法の精度と普遍性に関する一考察, 環境システム研究, pp.447-452, 1998.
 - 23) 中村俊六, 石川雅朗, 築坂正美, 東信行, 中村緩徳: 河川における魚類生息評価(IFIM適用)のための基礎調査, 河道の水理と河川環境シンポジウム論文集, pp.127-134, 1995.
 - 24) 川那部浩哉: 川と湖の魚たち, 中公新書, 1982.