

物理生息場モデルを用いた一時的水域内の物理環境特性が魚類生息に与える影響の評価

ASSESSMENT OF INFLUENCE OF PHYSICAL ENVIRONMENTS CHARACTERISTICS IN TEMPORARY WATER AREA ON FISH INHABITATION USING PHYSICAL HABITAT MODELS

傳田正利¹・天野邦彦²・辻本哲郎³

Masatoshi DENDA, Kunihiko AMANO and Tetsuro TSUJIMOTO

¹ 正会員（独）土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム研究員（〒305-8516茨城県つくば市南原1番地6）

² 正会員 工博（独）土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム上席研究員（同上）

³ 正会員 工博 名古屋大学大学院教授工学研究科社会基盤工学専攻 教授
（〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町）

Using Physical Habitat Model, we evaluated influence of physical environment characteristics in temporary water area (TWA) on fish inhabitation. In results, low current velocity characteristics influence fish inhabitations and increase WUA value of many fish species. Even if a flood occurs, until flow rate reaches 200 (m^3/s), current velocity in some TWA was kept low and WUA value is high. Therefore, such temporary water areas were stable and provided good condition for fish production and nursery area.

Key Words : The Chikuma River, Temporary water area, Fish, Ecological function, Physical Habitat Model

1. はじめに

一時的水域には多様性の高い魚類群集が生息し、一部の魚種は産卵場、仔魚・稚魚の生育場として利用する。一時的水域は、魚類群集にとって重要な役割（以下、生態的機能）を持つことは多くの研究で指摘されている。筆者らは、一時的水域に多様性の高い魚類群集が定着し、一部の魚種が産卵場として利用するためには「本流との接続頻度」や「本流との接続時、一時的水域内の流速条件」が重要な物理環境条件であることを明らかにしてきた^{1) 2)}。また、他研究でも「本流との接続頻度」の重要性や、一時的水域の面積が生息する魚類群集の多様性に影響することも知られ、一時的水域の保全・復元に重要な情報を提供している^{3) 4)}。

一時的水域の生態的機能を支える物理環境条件は「本流との接続頻度」、「本流との接続時、一時的水域内の流速条件」だけではないと考えられる。特に注目すべき特性として、一時的水域内の物理環境特性（マイクロスケール物理場）も重要な要素と考えられる。本流や他の

物理環境との接続により一時的水域内に移動した魚類が一時的水域内で生息を続けるには、魚類が必要（選好）とするマイクロスケール物理場が存在することが必要となる。

既往研究でもマイクロスケール物理場が魚類をはじめとする水生生物の生息に大きな影響を与えることは知られている。しかし、一時的水域内のマイクロスケール物理場と魚類の生息を定量的に結び付け定量的に評価した研究事例は少ない。そのため、本研究では一時的水域のマイクロスケール物理場の特性が魚類群集生息に与える影響評価を行うことを目的とする。

本研究ではマイクロスケール物理場と魚類生息を定量的に関連付ける方法としてPHABSIM (Physical Habitat Model) を用いて評価を行う。PHABSIMは、IFIM(Instream Flow Incremental Methodology)の一部として開発されたモデルである。対象河道内の水深、流速、底質、カバーなどの物理環境に対する対象魚の成長段階ごとの生息場の適性、あるいは選好特性を示す「適性基準」および両者を用いて重みつき利用可能面積 (Weighted Usable Area : WUA : 有効生息場面積) を算

出し物理環境の生息空間としての利用価値を評価するものである⁵⁾。PHABSIMは、その有用性から多くの改良が試みられている。本研究では、物理生息場モデルを用いることにより一時的水域内の物理環境要素が魚類生息に与える影響評価を行うことを目的とする。なお、研究ではPHABSIM評価を独自のプログラムで行ったため、PHABSIMを物理生息場モデルと表記する。

2. 研究の方法

(1)調査地の概要

調査は信濃川水系千曲川で行った。本河川は流域面積7163km²、流路延長214kmの大河川であり甲武信ヶ岳（標高2475m）から長野盆地を流下し新潟県境に入り信濃川と名前を変える。調査地は千曲川の中流部に位置する鼠橋付近（長野県埴科郡坂城町、E 138° 10′、N36° 25′、以下、調査地とする）で行った（図-1）。調査地の河床は、主に礫で構成され河床波形態は複列砂州である。

調査地上流部には農業頭首工の六ヶ郷用水（取水期間4月～10月、以下、党首工）が設置され毎分2.48（m³/s）を取水した後、余水を下流側へ流下させる。その流量は調査地の流量の約20%を流下させ平均流量約10（m³/s）である⁶⁾。

調査地には一時的水域が存在する。調査時には右岸高水敷に2ヶ所、左岸高水敷に1ヶ所の一時的水域（Temporary Water Area、以下、TWA）が存在した。平時時、それぞれの一時的水域は独立しているが増水時には本流との接続が確認された。接続の頻度は左右岸の一時的水域で異なり、右岸側は毎年に複数回接続した。左岸側は6年に1回程度、本流と接続し調査期間内には接続し

なかった。

調査地内にA～Dの4つの調査区域を設けた（図-1）。A区域は接続頻度の高い右岸高水敷上の一時的水域とした。A区域の一時的水域は景観上タマリに分類される。A区域では伏流水が観測され、A区域には緩やかな水の流下が見られた。底質は礫で構成されている。

C区域は、左岸高水敷上のタマリで水深は約1m、水の流下はなく、底質はシルトで一部嫌気化が生じていた。D区域は、調査地の本流を縮小した状態で小規模な瀬、淵、トロ場がある区域を選定した。D区域は頭首工の影響を受け、調査地の流量変動の影響を受けにくく出水時のWUAが正確に評価できない可能性があった。そのため、D区域と同程度の面積であるB区域をA区域の近傍に設け、出水時のWUAの算出はB区域で行った。

調査地では本流とTWAでウグイ、オイカワ、ギンブナ、アブラハヤ、ニゴイ、モツゴを主とする10科24種の魚類が確認された¹⁾。本流ではウグイ、オイカワが優占し、TWAではアブラハヤ、ギンブナ、トウヨシノボリ、ドジョウ、ニゴイが本流よりも多くの生息が確認された。ギンブナは本流、TWAともに生息が多数確認されている

(2)現地調査

a)潜水観察調査

魚類の生息状況は2000年7月4～8日、2000年10月10～14日に潜水観察調査により記録した。2人1組による潜水観察調査を各調査区域内で2回繰り返した。確認した魚類は種名と体長区分別に個体数を記録した体長区分は、①30mm未満、②30～50mm未満、③50～100mm未満、④100～200mm未満、⑤200mm以上の5段階に区分した。魚類確認された地点では番号をつけた錘を置き翌日以降にGPS（Trimble、TDC2、Geo Explorer II）を併用して観察位置を記録しマークし回収した。

b)調査区域の物理環境調査

調査区域のマイクロスケール物理環境調査を2000年7月10～14日、10月24～27日に行った。水域内のマイクロスケールの物理環境として、水深、流速、底質、水温、及びカバーの4項目を計測した。A～D区域の縦断方向に10m間隔で設置した横断面上で、1m間隔で水深、流速、水温を計測した。流速は電磁流速計を用い計測点の平均水深で計測した。

底質とカバーは空中写真判読用の校正データを現地で観測した。底質は、上述した横断面上を5m間隔で底質を観測した。0.5m×0.5m程度のコドラードを河床面上に設置し底質の構成比率を、①砂泥：2mm以下のシルト・砂、②小中礫：300mm未満の礫および③大礫：300mm以上の3つに分類し記録した。カバーは、①水中の倒流木、②河岸から張り出した樹木の根茎、その他の植生、河岸部のオーバーハングをカバーとみなし記録した。

調査区域内の底質、カバーの状況を把握するため低高度空中写真を撮影した。低高度空中写真は気球を用い、気球下部に遠隔制御可能なカメラをジャイロで固定し撮

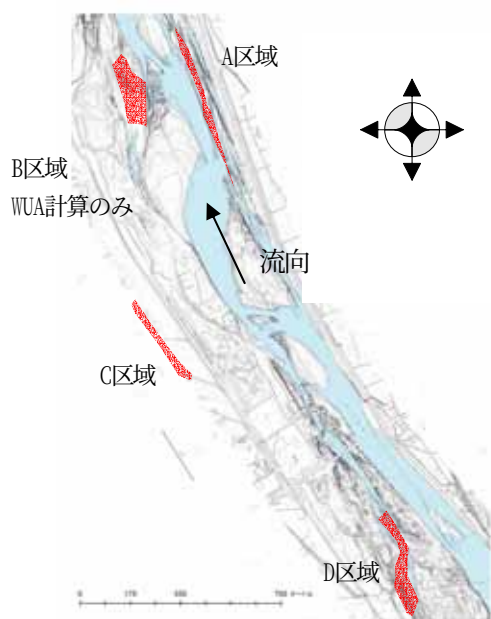


図-1 鼠橋地区の概要と調査区域

影した。撮影時期は物理環境調査時期の前後約1週間以内とし、流量の増加があった場合には撮影を取りやめ流量が安定した時期に撮影した。

(3)現地データの整理及びデータ解析

a)現地データのGISへの入力

潜水観察調査結果（観察位置のGPSデータ）は誤差1m以下まで精度を向上させポイントデータとしてGISに格納した。ポイントデータの属性値は観測地点における魚種、個体数のデータを格納した。潜水観察結果は魚種、体長区分別に集計した。

物理環境データは、流速、水温、水深、底質及びカバーを集計した。物理環境データは、流速、水温、水深、底質及びカバーでは異なる方法でGISデータを作成した。

流速、水温、水深データは、現地調査時に使用した測線及び測線上の点に座標値（世界測地系平面直角座標系8系）を与え、ポイントデータとしてGIS（ESRI社、ArcGISVer9.0）に取り込んだ。その後、TIN（triangulated irregular network）による内挿計算を行い面的な流速、水深分布を作成した。

底質、カバーは、GIS上に格納した低高度空中写真判読と現地校正データの併用により解析を行った。底質は、低高度空中写真上から同一のテクスチャと判読される部分をポリゴンとして記録した。判読結果は現地調査結果と比較して判読結果の妥当性を検証した。カバーは、GIS上で低高度空中写真上を判読し、水際と判断される部分をラインで記録し水際線データを作成した。

その後、GISで各調査区域をオーバーレイする2mグリッドのタイルポリゴンを作成し、タイルポリゴン内の水深、流速、底質、カバー面積比率を算出した。2mグリッドの内の平均値、底質に関しては各類別の構成比率とした。カバーは2mグリッド内の植生比率とした。

b)魚種ごとの選好曲線の作成

ポイントデータ化した魚類観測（魚種、体長区分、個体数）をタイルポリゴンに格納し、各タイルポリゴン上の魚類生息密度を魚種・体長別に算出した。GISで空間解析を行い魚類生息密度と物理環境情報（水深、流速、底質、カバー）と関連付け選好曲線を作成した。物理環境情報は、流速：0.15m、水深：0.1m、底質、カバーは10%刻みで関連づけた。魚種・体長別の魚類生息密度の最大値で各物理環境区分の密度を除し正規化し（以下、正規化魚類生息密度）、物理環境区分の密度と正規化魚類生息密度の関係を選好曲線とした。

(4)平水及び出水時のWUAの算出

a)平水時のWUAの算出

(3)のb)で求めた水深、流速、底質、カバーの選考曲線をもとに、平水時のCSI（Composite Suitability Index:合成適性値）、WUAをA、C、D区域ごとに算出した。算出に関しては式(1a)、(1b)を用いた。

$$CSI = (SI(v) \times SI(d) \times SI(s1) \times SI(s2) \times SI(3) \times SI(c))^{1/6} \quad (1a)$$

ここに

$SI(v)$ ：流速に関する選好度

$SI(d)$ ：水深に関する選好度

$SI(s1)$ ：底質分類1（砂泥）に関する選好度

$SI(s2)$ ：底質分類2（小中礫）に関する選好度

$SI(s3)$ ：底質分類3（大礫）に関する選好度

$SI(c)$ ：流速に関する選好度

$$WUA = \sum_i a_i (CSI)_i \quad (2a)$$

ここに

a_i ：各セルの水表面積

また、各区域とも、各魚種の体長区分ごとWUAを算出した。算出した全てのWUAからレーダチャートを作成し、各魚種の体長区分ごとにWUA変化をA、C、D区域間で比較した。

b)出水時のWUAの算出

水理計算による出水時流況再現とWUAの算出

調査地の出水時の流況再現を行う目的で調査地内の水理計算を行った。平水時から出水時までの幅広い流量を条件として計算を行うことから、一般座標系の使用が可能で、水際部の境界条件設定の自由度が高い平面2次元流解析プログラム⁷⁾を用いた。河床形状データは調査地の測量成果を基に内挿し流下・横断方向ともに6mピッチの河床高データとして整備した。

流量については、以下の条件を設定した。上流端からの供給流量データは、調査地周辺の流量観測データがないため、土木研究所が開発した流出解析モデル（以下、WEPモデル）を用い、流域の降雨量データより千曲川鼠橋地点における1999年1月1日～2000年12月31日（以下、対象期間）の毎正時における流量時系列（以下、算定時系列）を計算した。計算に使用したWEPモデルは積雪・融雪による流出を考慮していないため1月～5月中旬まで流量計算の精度が低い。このため流量データとしては5月～12月の期間はそのまま、WEPモデルの計算結果をそのまま用いた。計算精度が低い1月～5月は、調査地から最も近い生田流量観測所の実測データに生田流量観測所と調査地の流域面積比を乗じ流量を算出した。その後WEPモデルの期間と実測データをつなぎ合わせ流量時系列を算出し、流量の発生特性を分析した。

計算流量に関しては、上流端から10～200m³/sまでは10 m³/s刻み、200～1800 m³/sまでは100m³/s刻みの定常流入量を与えた。

下流端水位条件に関しては、上流端から与える流量に対応してManning式による等流水深を下流端水位として

設定した。初期水位データの整備は、各計算横断面においてManning式による等流水深を初期水位条件として設定した。精度の検証に関しては、2000年6月10日に出水時の状況を現地観測し検証した。

計算した出水時の平面流況の水深、流速からA、B区域のWUAを各魚種の体長区分ごとに算出した。算出した全てのWUA からレーダチャートを作成しA,B区域で比較した。

また、出水時の調査地全体の WUAを算出し、各区域内及び周辺に形成されるWUAの分布及び特徴を検証した。

3. 結果

(1) 潜水観察による魚類調査結果

表-1に潜水観察調査の結果を示す。A、C、D区域は異なる魚類群集であった。A区域は、オイカワ、アブラハヤ、ニゴイ、ギンブナが優占する魚類群集で他の種も多く確認され多様な魚類群集を形成した。C区域はドジョウ、トウヨシノボリだけの群集であった。D区域はウグイ、オイカワが圧倒的に優占する魚類群集であった。これらの魚類調査結果は、筆者らの研究による直接採捕による魚類調査結果と良好に一致した¹⁾。

(2) マイクロスケール物理場調査結果

表-2に物理環境調査の結果を示す。A、C、D区域は異

なる物理環境特性を示した。A区域は、水深は約0.35mと浅く、微流速があり、底質は主に小中礫で構成され、カバー面積は全面積の約10%であった。7,10月の間の物理環境に底質以外は大きな差がなく安定した空間であった。C区域はA区域と比較して底質が砂泥で構成されカバー面積が多いのが特徴であった。また、伏流水量の影響を受け10月には水位が変動したD区域はA,C区域と比較して流速が早いのが特徴であった。A,C区域の流速がほぼ0なのに対してD区域は流速が0.3m/s以上と早いのが特徴であった。底質は、小中礫で主に構成され面積も安定していた。また、A,C区域と比較してカバー面積も少なかった。

(3) 選好曲線の作成及びWUAの精度検証

表-2 物理環境調査結果

物理環境	A				C				D			
	7月	10月	7月	10月	7月	10月	7月	10月	7月	10月	7月	10月
水深(m)	0.35±0.32	0.34±0.31	0.62±0.35	0.36±0.22	0.29±0.18	0.18±0.12	0.29±0.18	0.18±0.12	0.29±0.18	0.18±0.12	0.29±0.18	0.18±0.12
水温(°C)	21.23±0.54	21.23±0.54	22.79±2.07	18.8±0.69	21.14±0.12	17.56±0.09	21.14±0.12	17.56±0.09	21.14±0.12	17.56±0.09	21.14±0.12	17.56±0.09
流速(m/s)	0.02±0.04	0.01±0.03	0	0	0.64±0.39	0.30±0.21	0.64±0.39	0.30±0.21	0.64±0.39	0.30±0.21	0.64±0.39	0.30±0.21
底質(m ²)	砂泥	1644.68	919.75	2892.41	1927.18	352.76	104.52	1927.18	352.76	104.52	1927.18	352.76
	小中礫	2794.28	3369.27	37.26	18.07	2515.61	2899.17	37.26	18.07	2515.61	37.26	18.07
	大礫	237.61	252.44	3.84	11.64	778.34	349.81	3.84	11.64	778.34	3.84	11.64
カバー面積(m ²)	346.76	424.35	1715.71	1346.37	70.87	81	1346.37	70.87	70.87	81	1346.37	70.87
総面積(m ²)	4676.58	4542.29	2933.52	1956.89	3461.71	3325.08	3461.71	3325.08	3461.71	3325.08	3461.71	3325.08

平均値±標準偏差

作成した選好曲線の一例として、顕著な特徴を示したウグイ (TH) , ギンブナ(CA)の各成長段階における流速、水深に関する選好曲線を図-2,3に示す。なお、図-2,3の凡例中の数字は対象魚種の体長サイズを示す。

表-1 魚類の潜水観察結果

種名	記号	A										C										D										合計
		<30	30≤BL<50	50≤BL<100	100≤BL<200	≥200	A区域合計	<30	30≤BL<50	50≤BL<100	100≤BL<200	≥200	C区域合計	<30	30≤BL<50	50≤BL<100	100≤BL<200	≥200	D区域合計													
ウナギ	AJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
ギンブナ	CA	211	100	343	421	47	1122	0	0	0	1	0	1	1	3	3	2	0	9	1132												
シマドジョウ	CB	0	14	28	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42												
コイ	CC	0	0	0	2	20	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22													
タモロコ	GE	0	4	4	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8													
ニゴイ	HB	780	134	1776	24	92	2806	0	0	0	0	0	0	50	6	0	0	1	57	2863												
ブルーギル	LM	0	0	0	6	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6													
アカザ	LR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
ドジョウ	MA	21	15	0	1	0	37	1297	366	64	0	0	1727	0	0	0	0	0	1764													
ブラックバス	MS	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2													
アユ	PA	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	5	1	0	8	11												
カマツカ	PE	11	21	25	12	0	69	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	5	74												
アブラハヤ	PL	1000	1560	283	62	0	2905	0	0	0	0	0	0	0	10	11	0	0	21	2926												
モツゴ	PP	20	65	63	2	0	150	0	1	0	0	0	1	0	0	4	0	0	4	155												
タイリクバラタナゴ	RO	2	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4													
トウヨシノボリ	RS	0	7	1	0	0	8	8658	769	3	0	0	9430	0	0	0	0	0	9438													
ナマズ	SA	0	0	0	1	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5													
ビワヒガイ	SV	0	0	18	11	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29													
ウグイ	TH	20	214	462	250	19	965	0	0	0	0	0	0	51	606	834	69	2	1562	2527												
オイカワ	ZP	17888	3645	2011	617	0	24161	0	0	0	0	0	0	635	5	4	6	0	650	24811												
合計		19953	5781	5015	1412	183	32344	9955	1136	67	1	0	11159	741	632	861	79	3	2316	45811												

※BL: 体長 (BODY LENGTH)を示す
※表中の数字は個体数を示す

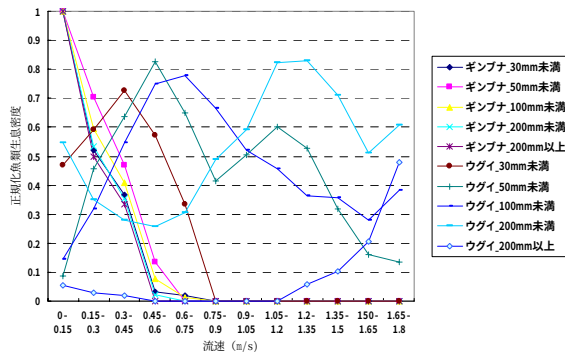


図-2 ウグイとギンブナの流速選好曲線

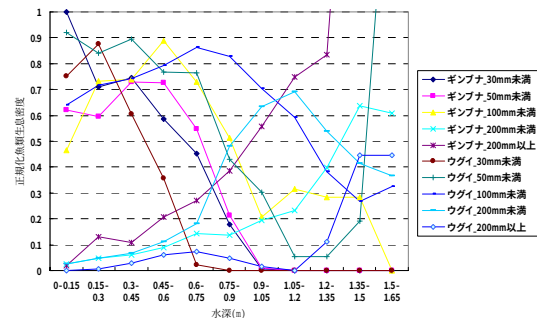


図-3 ウグイとギンブナの水深選好曲線

ウグイとギンブナは、流速に関して異なる選好性を示した。ウグイは体長区分が50 以上～100mm未満までは高流速域を選好しないが、体長区分100mm以上では流速の早い空間でも選好した。ギンブナは各成長段階を通じて流速が約0.5m/s以上は選好しなかった。水深に関してウグイとギンブナは異なる選好性を示した。ウグイは成長段階を通じて水深が深い箇所を選好する傾向が見られた。ギンブナは成長段階の進展とともに水深が深い場所を選好する傾向が見られた。

また、物理生息場モデルによる生息空間評価は、魚類の生息空間利用を高確率で予測し、WUA値の大小は魚類の利用の有無と合致した結果となった。

(4) A,C,D区域のWUAレーダチャートの比較

図-4にA,C,D区域のWUAレーダチャートの比較を示す。A,C区域とD区域では、WUAに大きな差が見られた。A,C区域のWUAはギンブナ(CA)、ニゴイ(HB)、アブラハヤ(PL)、モツゴ(PP)、ウグイ(TH)、オイカワ(ZP)、ドジョウ(MA)、トウヨシノボリ(RS)の各体長区分でWUA値が高かった。特に、A区域は複数種の体長区分でWUA値は安定して大きかった。

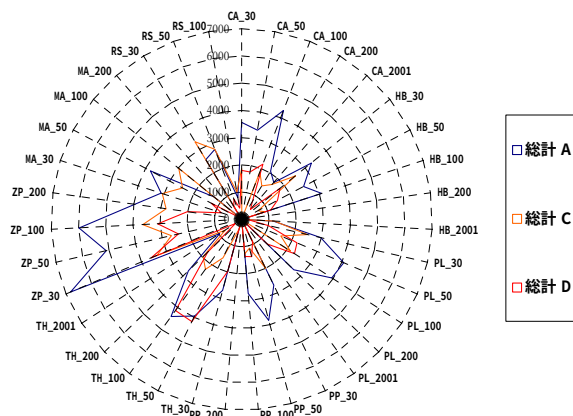
A区域では、特に、ギンブナ、アブラハヤ、モツゴの体長が小さい区分までWUA値が大きかった。C区域では、ドジョウ、トウヨシノボリのWUA値が大きかった。D区域ではウグイ、オイカワのWUA値が他の区域と比較して大きかった。

(5) 出水時のA,B区域のWUA比較

図-5,6にA,B区域のWUAレーダチャートの比較を示す。A区域はB区域と比較し出水時でもWUAは大きな値を示した。A区域は、小規模な出水ならば本流と比較して多くの魚種・各体長サイズに生息可能な面積を提供していると考えられる。

(6) 流量時系列と流量発生特性

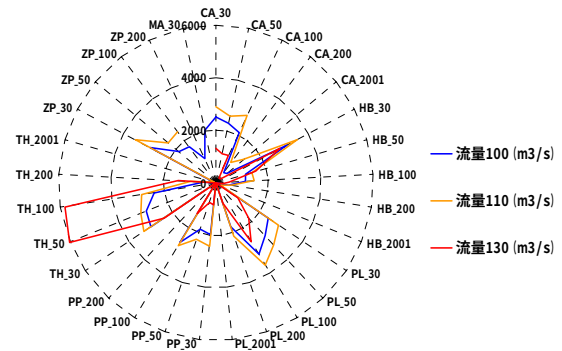
図-6に調査地の1997年～2000年の流量時系列を示す。



レーダチャートの軸は

種名_体長サイズで表記。種名は表-1の記号参照

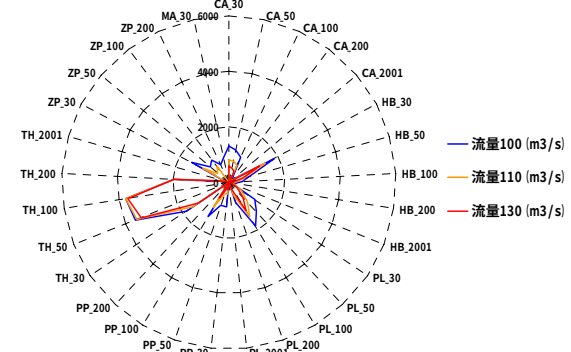
図-4 調査地全体のWUAレーダチャート



レーダチャートの軸は

種名_体長サイズで表記。種名は表-1の記号参照

図-5 A区域のWUAレーダチャート



レーダチャートの軸は

種名_体長サイズを示す。種名は表-1の記号参照

図-6 B区域のWUAレーダチャート

平均流量は約66m³/sであった。200 m³/sを超える回数は少なく出水時のWUAに大きな変化を示す150 m³/s前後の出水は、4～6月には発生頻度が低かった。

4. 考察

(1) 平水時TWAのマイクロスケール物理場の特性が魚類生息に与える影響

WUAレーダチャートの結果は、A区域が魚種・体長サイズ(成長段階)を問わず多くの魚類が利用できる空間が大きいことを示している。D区域でウグイ(TH)、オイカワ(ZP)のWUA値の大きさが目立つのに対し、A区域のWUAは、ウグイ(TH)、オイカワ(ZP)のWUA値が高いだけでなく、(ギンブナ)、ニゴイ(HB)、アブラハヤ(PL)の30mm以下、50mm以下、モツゴ(PP)なども大きな面積を示している。A,C区域は本流との接続、干上がり等のマイクロスケール物理場以外の物理環境の影響を受けていると考えられるが¹⁾、WUAは良好に調査区域の物理環境特性を示していると考えられる。これは、WUAの算出結果と確認される魚類は潜水観察結果(表-1)や調査地における既往研究¹⁾と良好に合致することで実証される。

例えば、A区域は、ウグイ、オイカワだけでなくモツゴ、アブラハヤのような流速が遅い場所を選好する種や各種の体長区分が小さい魚類が多く確認されA区域は魚

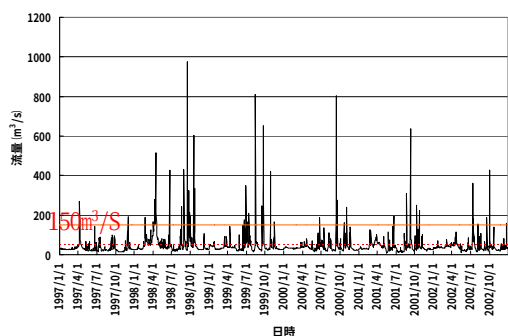


図-7 調査地における流量時系列

種の定着，仔魚・稚魚の再生産の場としてバランスのとれた物理環境特性を持つといえる。

A区域の物理環境特性のうち，魚種の定着には大きな影響を与えているのは流速であると考えられる。図-2のように，ウグイ・オイカワ以外の魚種の流速に対する選好曲線は，流速の増加とともに正規化個体密度が急激に減少する特性があり，流速が大きい空間は選好しない傾向となった。この選好性の違いがA区域とD区域のWUAレーダチャートに大きな差が生じさせ WUAレーダチャートに違いとなったと考えられる。

また，A区域では，水深・水温が長期間安定している点も魚類生息に大きな影響を与えたと考えられる（表-2）。A区域では，砂州からの伏流水により安定した水深・水温が保たれている。水域の急激な変化がなく水温が長期間を通して一定であることは移動能力が小さく成長段階にある仔魚・稚魚にとって有利に働く。水位が安定していれば，突然の水位低下で干上がる場所に仔魚・稚魚が取り残される可能性も低く，水温が安定していれば仔魚・稚魚の成長も安定すると考えられる。この点でもA区域は幅広い魚種・成長段階に生息空間を提供する特性を持っているといえる。それに対し，C・D区域では水深・水温ともに変動が激しくC・D区域の物理環境特性に適応できる魚種だけが生存できる空間と考えることが出来る。

A区域のような一時的水域に多様な魚種の多様な体長サイズの個体が定着できるのは，流速が遅い空間が形成され安定した水域が，適度な伏流水の涵養により維持されるためと考えられる。

(2)出水時マイクロスケール物理場の特性が魚類生息に与える影響

A，B区域のWUAレーダチャートは大きな違いを示した。A区域は流量130m³/sまで流量を増加しても安定したWUA値を示すのに対しB区域では130m³/sでWUA値がほぼゼロになる種も存在する。つまり，A区域は，B区域と比較して流量変動が生じても少なくとも130m³/sまでは安定してWUAを提供できる機能を持ち，多様な魚種・成長段階の魚類生息環境とし安定した状態を保つと考えられる。

流量の発生頻度からも，A区域の生息空間としての安定性を把握することが出来る。調査地では150m³/s以上

の流量発生頻度は低いことがわかる(図-7)。特に4～6月の魚類の再生産に重要な時期には200m³/s以上の出水時が発生することは7～10月以降に比べて少ない。A区域を仔魚・稚魚の生育場として考えた場合，A区域は極めて安定した魚類の生育場として機能することが期待される。

5. 結論

- (1) 信濃川水系千曲川で一時的水域内の物理環境特性が魚類生息に与える影響を物理生息場モデルで定量評価を試みた。その結果，一時的水域の流速が遅い特徴が，多様な種・体長サイズの魚類を可能にしていると考えられた。
- (2) 本流と比較して一時的水域の内部は極めて安定した物理環境で，小規模な出水時でも一時的水域内では多種・多様な体長サイズが利用できる空間があることが物理生息場モデルを用いて評価できた。
- (3) 物理生息場モデルのような定量的評価手法で，一時的水域が生物に果たす役割を評価することにより，その役割がより明瞭になると考えられた。

謝辞：国土交通省北陸地方整備局千曲川河川事務所の職員及び更埴漁業共同組合の方々には調査期間中，様々な面で便宜を図っていただいた。データ解析を進めるにあたり大日コンサルタント原田守啓氏には水理計算で，(株)建設環境研究所自然環境一部山下慎吾氏には魚類調査に関して多大なご尽力をいただいた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 傳田正利，天野邦彦，辻本哲郎：一時的水域の魚類群集多様性向上への寄与とそれを支える物理的環境に関する研究，土木学会論文集G Vol.62 No.3,2006
- 2) 傳田正利，天野邦彦，辻本哲郎：千曲川におけるギンブナの産卵行動と一時的水域の物理特性との関連性評価，水工学論文集，第50巻，pp207,2006
- 3) (財)河川環境管理財団大阪研究所：わんどの機能と保全・創造～豊かな河川環境を目指して～，pp99-103, 1999
- 4) LAWRENCE C HALYK and EUGENE K.BALON:Structure and ecological production of the fish taxocene of a small floodplain system,Canadian Journal of Zoology Vol.61,pp2446-2464,1983
- 5) 玉井信行・水野信彦・中村俊六：河川生態環境工学 魚類生態と河川計画，東京大学出版会，pp174-180, 1993
- 6) 河川生態学術研究会千曲川グループ：千曲川の総合研究 ―鼠橋地区を中心として―，pp221-225，(財)リバーフロント整備センター，2001
- 7) 土木学会水理委員会，水理公式集改定委員会，水理公式集例題プログラム集編集部会：水理公式集例題プログラム集，pp.18-19，社団法人土木学会，2002。

(2006.9.30受付)