

# 高水敷掘削によるワンド造成の効果と 本川への接続形状が生物群集に及ぼす影響 (モデル河川での試験結果：円山川)

Effects of construction of artificial backwaters by flood channel excavation, and how they are connected with a main river regarding biocoenosis (Maruyama River)

企画グループ サブリーダー 都築 隆禎  
水辺・まちづくりグループ グループ長 坂之井和之  
河川・海岸グループ グループ長 柏木 才助  
生態系グループ 研究員 石井 正人  
兵庫県立大学 自然・環境科学研究所 講師 三橋 弘宗

円山川水系では、国の特別天然記念物であるコウノトリをシンボルとした地域づくりを進めていく中で、生態系の多様性の保全・再生を念頭においた対策、および持続可能な環境管理を目的とした自然再生計画書を平成17年11月に策定した。

本研究は、自然再生を考慮しながら緊急治水対策事業を実施している円山川の感潮区間の高水敷に本川との接続形状と断面形状が異なるワンド群を試験的に造成し、物理・化学環境および生物群集(魚類・植物)の変遷を追跡調査し、湿地再生の一手法となるワンドの技術的手法に関する試験結果をとりまとめた。

ワンドの整備を検討する際には、本川との接続状態や対象河川の水位変動特性により生物群集の個体数や種数に大きな影響を及ぼすことから、目的を勘案して接続状況を検討する必要があることが認識された。特に、魚類の種数では半閉鎖型で最大となり、植物の種数でも半閉鎖型で最大になる傾向にあることから、ワンドの種多様性を高めるためには半閉鎖型の構造が有利なことが示唆された。また、半閉鎖型および閉鎖型では、沈水植物の植被率が高く、今回のワンド造成によって魚類の再生産、仔稚魚の生息場を担保できることが確認された。

**キーワード：円山川、ワンド、湿地再生、生物群集、自然再生事業、緊急治水対策事業**

In the Maruyama River System, regional development has been promoted featuring the stork, a special national treasure, as a symbol. In November 2005, a nature restoration plan was formulated with the aim of implementing measures focused on conservation and restoration of biodiversity, and sustainable environmental management.

In this study, artificial backwater groups which took on different forms of connection with the main stream and cross sectional surface, were experimentally developed in flood channels in an estuarine section of the Maruyama River, where emergency flood control projects have been carried out in view of nature restoration, and follow-up surveys on changes in the physicochemical environment and biocoenosis (fish and plants) were conducted. We then summarized the test results of a technical method for artificial backwaters, which can serve as one of the methods for wetland restoration.

The connection with the main stream and water level fluctuation characteristics of the target river significantly affect the population and the number of species involved in biocoenosis. Therefore, in order to examine how to develop artificial backwaters, the way in which they are connected with the main stream should be considered according to each individual purpose. In particular, there is a tendency that the number of species of fish, as well as plants, is maximized in semi-closed artificial backwaters, which suggest that the semi-closed structure has an advantage in increasing biodiversity in artificial backwaters. In addition, it was confirmed that semi-closed and closed artificial backwaters have a high coverage rate of submerged plants, and that reproduction of fish and habitats for larval and juvenile fish can be ensured by the construction of artificial backwaters.

**Key words : Maruyama River, artificial backwaters, wetland restoration, biocoenosis, nature restoration project, emergency flood control project, restore diverse flow**

## 1. はじめに

円山川は、朝来市生野町円山を水源として、山間部を流れた後、豊岡盆地をゆるやかに蛇行しながら流れ、豊岡市の津居山で日本海に注ぐ一級河川である。



図-1 円山川流域図

豊岡盆地は、国の特別天然記念物であるコウノトリの我が国最後の生息地であった。現在では、「県立コウノトリの郷公園」において、飼育下での保護増殖が進められており、コウノトリの野生復帰の節目となる試験放鳥も4年目を迎えている。

この円山川水系において、兵庫県は平成15年1月から地域の代や学識者とともに「円山川水系自然再生計画検討委員会」を立ち上げ、また、翌年度からは国土交通省も参加して、地域との連携を重視した計画の策定を本格的に取り組んだ。

しかし一方で、平成16年10月の台風第23号の豪雨により、円山川下流域で浸水家屋11,874世帯、浸水面積4,083haに達する甚大な被害が発生し、治水対策の重要性と河川改修の必要性を改めて浮き彫りにした。



写真-1 台風23号による浸水状況(2004年)

これらの状況を踏まえ、「円山川水系自然再生計画検討委員会」では、治水、利水上の機能を考慮しつつ、河川における豊かな自然環境の保全・再生・創出を図っていくための計画を策定した。その後、コウノトリの野生復帰に向けた取り組みの広がりや、平成16年度災害復旧事業の際に明らかになった国の特別天然記念物に指定されているオオサンショウウオの生息状況を踏まえ、対象区域拡大の変更計画を策定した。そして、現在、コウノトリの野生復帰に関わる地域の取り組みと、災害防止のための治水事業が進められる中で治水対策と合わせて河川環境の整備を実施している。

本研究では、出石川合流地点までの感潮区間の高水敷において実施した再生湿地の改善を目的として、高水敷に本川との接続形状と断面形状が異なるワンド群を試験的に造成し、物理・化学環境および生物群集(魚類・植物)の変遷を追跡調査し、湿地再生の一手法となるワンドの技術的手法に関する試験結果をとりまとめた。



図-2 現在実施されている掘削の基本形状

## 2. 円山川で実施されている湿地再生の現状

円山川で実施されている湿地再生は、治水対策(激特事業)としての河道掘削により実施されており、その基本掘削面はT.P. 0.0mとしている。(平均水位はT.P. 0.31m)

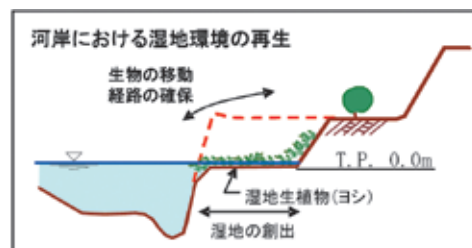


図-2 現在実施されている掘削の基本形状

しかし、現在までの状況は当初の予測<sup>9)10)</sup>に反して水生植物等の定着がみられていない。

### 3. これまでのワンドの研究成果

これまでの河川のワンド等の研究成果を整理した。河道内に存在するワンドなどの湿地は、動植物の生育・生息場として重要な環境要素である。なかでもワンドは、魚類の産卵場や稚仔魚の生育場、出水時の避難場等として重要な役割を果たすことが知られている<sup>1)2)</sup>。そのため、国内外の河川では、生態系の復元を目標としたワンド整備が数多く行われている<sup>6)7)</sup>。ワンド内の環境条件は流況に応じて変動し、それに呼応して魚類群集が応答すると考えられ<sup>3)4)5)</sup>、本川との繋がりや冠水頻度による影響が大きいことが示唆されている<sup>5)</sup>。近年では、人工ワンドでの増水実験によりコイ科稚仔魚の避難場所としての効果検証も行われている<sup>8)</sup>。しかし、既存の研究は、形状や履歴、物理環境が異なるワンド群での比較研究であり、野外実験の手法によって、本川との連続性の影響だけを独立に検証した研究は皆無である。このため、本研究の意義は大きいと考えられる。

### 4. 試験ワンド・調査の概要

調査は2008年～2009年に、兵庫県豊岡市を流れる円山川で実施した。円山川下流域の河床勾配は1/9,000と緩やかであり、調査地が位置する河口から11.2～11.4km区間は感潮域に含まれる。調査地には、円山川本川との接続形状(状況)が異なる3種類のワンドタイプとして、「閉鎖型」(8個)、「半閉鎖型」(4個)および「開放型」(4個)の合計16個を設置した(写真-3および図-3)。なお、閉鎖型の最上流・最下流のワンド2個については、接続形状以外の要因を受けられる可能性があると考えて、解析では独立群として参考的に取り扱った。各ワンドの形状は図-5に示すとおりであり、接続状況は以下のとおり。「閉鎖型」は、円山川本川の水位がT.P.+1.0m(おおよそ3～5回/年の冠水頻度)を上回らない限り本川と接続しない。「半閉鎖型」は、本川の平水位が仕切高となり、潮汐による水位変動で本川と接続する時間帯と分離する時間帯が存在する。「開放型」は、本川と常に接続している。さらに、各ワンドの断面形状は、平水時の水深が0.7m



写真-3 調査地(ワンド)の状況<左から, 2008.6.24, 2008.10.10, 2009.4.22 撮影>

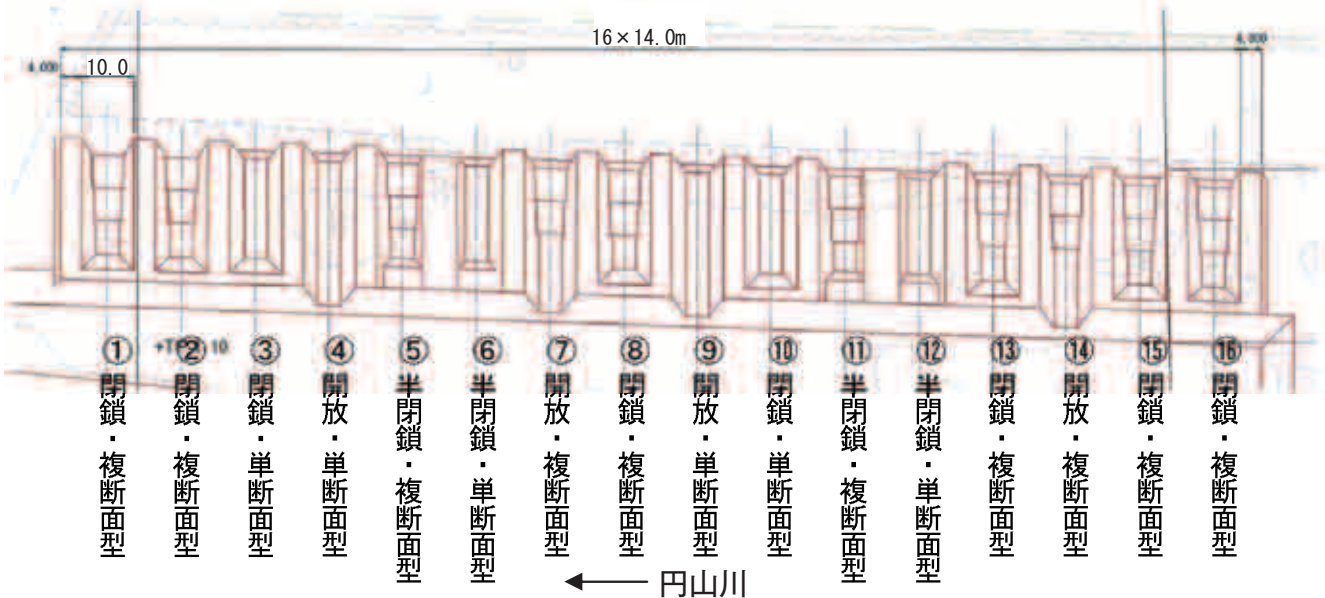


図-3 調査地(ワンド)の平面図



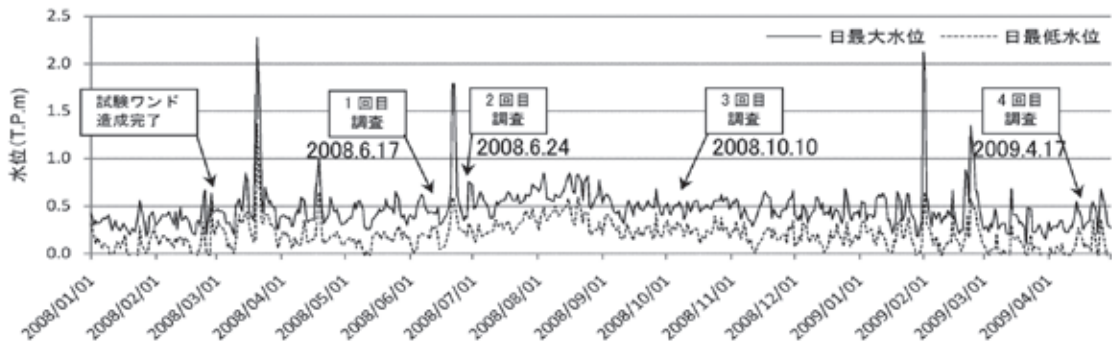


図-4 立野観測所 (13.0km) の水位と調査実施時期 <立野観測所は試験地の1.6km 上流>



写真-4 3回目調査時の各ワンドの状況<2008.10.10 撮影> 左から開放型, 半閉鎖型, 閉鎖型

の「単断面型」と、水深が河岸より0.3m・0.5m・0.7mと徐々に深くなる「複断面型」を各接続形状区につき2個ずつ設けた。

調査は、ワンドが造成されてから3ヶ月経過後でワンド全体が冠水した出水の直前(1回目)、出水直後(2回目)、出水3ヶ月経過後(3回目)および出水10ヶ月経過後(4回目)の合計4回実施した(図-4)。物理環境調査は、各ワンドの環境条件として、水質と水深を記録した。水質は、水面下20cmの位置における水温、塩分、pH、DO、電気伝導率、濁度をポータブル水質計で測定した。植生調査は、2回目、3回目に実施し

(図-4)、出現種、水際部の植被率、水面部の植被率、優占種を記録した。魚類調査は、サーフネット(小型地曳網)を用いて魚類を全量採捕し、各ワンドの群集構造を把握した。さらに、3回目調査と4回目調査時には、隣接する円山川本川の魚類群集についても調査面積をワンド面積と同一にして調査を行った。

### 5. 各ワンドの水質の状況

各調査回の水質の状況を図-6に示す。

pHは、いずれの接続形状でも同様の傾向だった。開放型は他の形状と比較して経時変化が小さかった。

DOは、開放型において経時変化が大きく、かつ他タイプと比較して低い値となった。これは、閉鎖型に繁茂した沈水植物による光合成が関係すると考えられる。

電気伝導率では、3回目を除いて、タイプ間の差は顕著ではなかった。3回目における開放型と半閉鎖型の高い値については、測定時に円山川本川の水位(潮位)が高く、塩水の流入が考えられる。

濁度は、閉鎖型の2回目調査(出水直後)の値が高かった。閉鎖型は水の交換がされにくいいため、出水による高濁度が維持されたと考えられる。4回目調査は前日からの降雨の影響で開放型および半閉鎖型の値がやや高かったが、閉鎖型では低かった。

水温は、いずれのタイプも1回目から3回目にかけて低下し、4回目調査でやや高くなった。秋季の3回目調査ではワンドタイプに関係なく水温差は小さかつ



図-5 ワンドタイプの形状

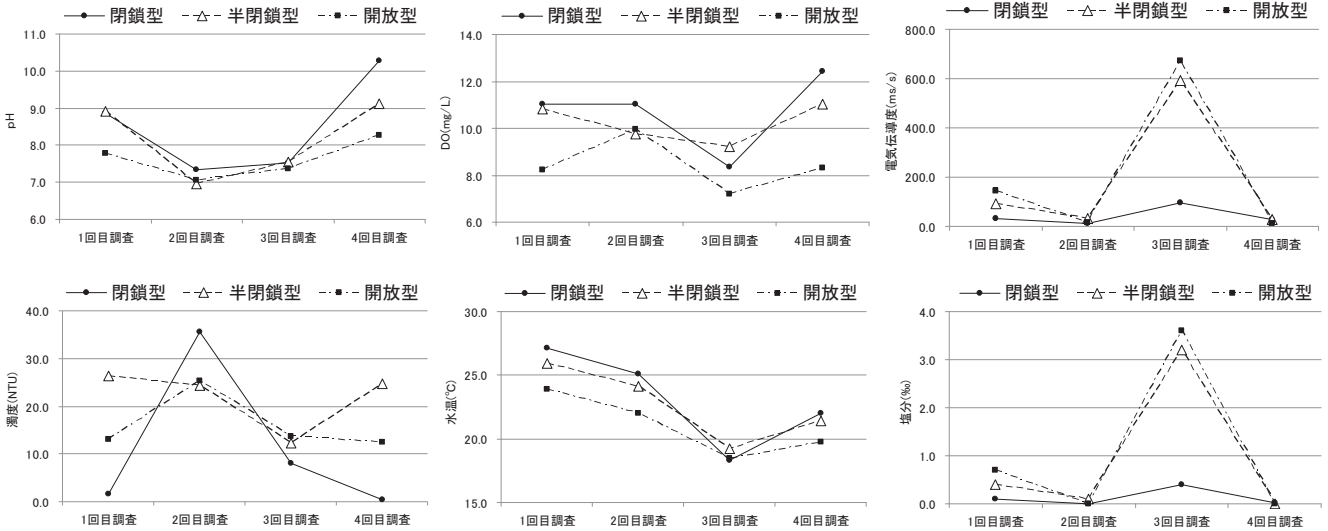


図-6 調査時の水質の状況 <左上から pH, DO, 電気伝導率, 左下から濁度, 水温, 塩分>

たが、夏季の1回目調査と2回目調査では閉鎖型で最も高く、半閉鎖型、開放型の順に水温が低い傾向であった。接続形状により円山川本川との水交換レジームが異なるため、豊富な湧水がない限り、夏季の閉鎖型の水温は円山川本川よりも高くなると考えられる。

塩分濃度は、電気伝導率と同様なパターンが認められ、半閉鎖型と開放型では3回目調査で高い値が得られた。

## 6. 水際と水域の植物相 (植被率) について

### (1) ワンドタイプ毎の種数の変化

植物相の種数の変化を、タイプ毎の種数の平均値で比較した (図-7)。造成後の2回目調査では、どのタイプも12種程度と増加したが、3回目調査では閉鎖型が最も多く28.8種であり、続いて開放型、半閉鎖型の順に多かった。閉鎖型が年数回のみ水位変動や塩分濃度の影響を受ける環境であることに対し、半閉鎖型と開放型が日周期で塩分濃度変化と水位変動を受け、種の定着に影響があるものと考えられ、円山川本川との

接続状況の違いが種数の差に繋がっているものと考えられた。

### (2) ワンドタイプ毎の植被率の変化

植被率の変化を、各ワンドおよびタイプ毎に水際と水域に分けて比較した (表-1、図-8)。

水域の植被率は、半閉鎖型で最も植被率が高く71.3%となり、沈水植物のコカナダモが優占していた。次いで閉鎖型が多く、半閉鎖・閉鎖型で沈水植物が優占する傾向にあった。一方、開放型の水域では調査期間を通じて植被率がゼロであった。開放型では塩分濃度や増水時の濁水の影響を受け、沈水植物群落が発達しにくいものと考えられた。

水際の植被率は、閉鎖型、半閉鎖型とも26.3%と両者の違いはなかったが、開放型は20.0%とやや低い傾向であった。全タイプを通じて、2回目調査 (6月) にはガマが優占し、3回目調査 (10月) にはサンカクイ、ヨシが優占する傾向にあり、群落の発達とともに優占種が変化した。

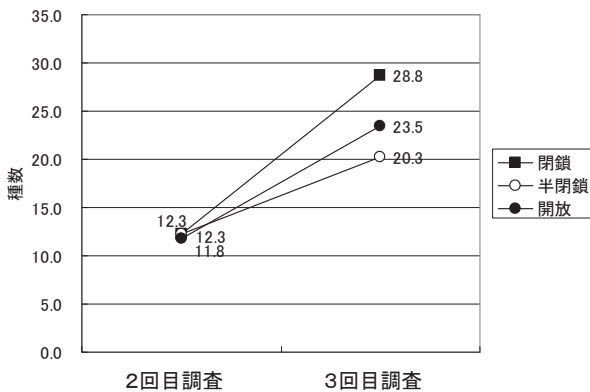


図-7 ワンドタイプ毎の出現種数の変化

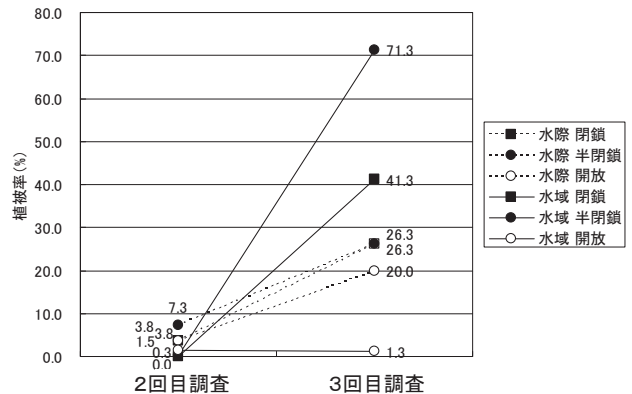


図-8 ワンドタイプ毎の植被率の変化

表-1 ワンドタイプ毎の植被率

ワンドタイプ			③	⑧	⑩	⑬	⑤	⑥	⑪	⑫	④	⑦	⑨	⑭	
			閉鎖型				半閉鎖型				開放型				
水際	2回目調査	優占種	ガマ	ヨシ	ヨシ	ヨシ	ガマ	ガマ	ガマ	ガマ	ガマ	ヨシ	ヨシ	ヨシ	ガマ
		植被率	3	2	2	8	7	8	6	8	3	4	3	5	
	3回目調査	優占種	イ	サンカイ	ケイスビエ	ヨシ	マコモ	サンカイ	サンカイ	サンカイ	ヨシ	サンカイ	サンカイ	ヨシ	
		植被率	35	20	30	20	25	30	30	20	20	20	20	20	
水域	2回目調査	優占種	—	—	—	—	—	コカナダモ	コカナダモ	—	コカナダモ	コカナダモ	コカナダモ		
		植被率	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0.5	0.5	5	
	3回目調査	優占種	アオミドロ	コカナダモ	コカナダモ	ホザキノフサモ	コカナダモ	コカナダモ	コカナダモ	コカナダモ	ホザキノフサモ	ホザキノフサモ	ホザキノフサモ	—	
		植被率	65	25	70	5	85	60	50	90	1	1	3	0	

## 7. 魚類群集について

### (1) 魚類群集の組成

1回目調査では19種2,679個体の魚類が確認された。この調査で確認された魚類は、ハゼ科の8種が最も多かった。また、汽水・海水産魚類としてスズキ、ボラ、ヒイラギが確認された。総個体数では、オイカワが1,008個体(38%)で最も多く、アシシロハゼの417個体(16%)、フナ属の311個体(12%)と続いた。

2回目調査では23種4,298個体が確認された。コイ科の9種で最も多く、次いでハゼ科で8種であった。汽水・海水産魚類は、1回目調査と同様にスズキ、ボラが確認された。また、開放型および半閉鎖型のワンドでは、特定外来種のおオクチバスも確認された。総個体数では、ニゴイが1,941個体(45%)で最も多く、ビリンゴの385個体(9%)、ウグイの358個体(8%)であった。

3回目調査では31種10,547個体が確認された。この調査で確認された魚類は、コイ科が11種で最も多く、次いでハゼ科が9種であった。汽水・海水産魚類として、新たにシマイサキ(幼魚)が確認された。また、半閉鎖型のワンドでは、特定外来種に指定されているブルーギルが新たに確認された。総個体数では、ニゴイが2,018個体(20%)で最も多く、オイカワの1,628個体(16%)、フナ属の1,039個体(10%)であった。

4回目調査では24種3,451個体の魚類が確認された。この調査で確認された魚類は、コイ科とハゼ科がともに9種であった。汽水・海水産魚類として、ボラが確認された。また、遡河型回遊魚であるサケ(稚魚)が新たに確認された。開放型のワンドでは特定外来種に指定されているおオクチバスが、閉鎖型のワンドではブルーギルが確認された。総個体数ではボラが1,267個体(37%)で最も多く、オイカワが1,001個体(29%)、タイリクバラタナゴが397個体(12%)であった。

### (2) ワンドタイプ別の比較

ワンドタイプ別の平均種数を図-9に示す。平均種数は、ワンドタイプを問わず2回目調査が最も多く、3回目調査、4回目調査にかけて減少する傾向がみられた。閉鎖型では、他のタイプと比較して2回目調査以降の種数の減少幅が小さかった。

ワンドタイプ別の平均個体数を図-10に示す。平均個体数は、開放型および閉鎖型では2回目調査が最も多かった。特に、閉鎖型では1回目調査から2回目調査にかけて、150個体から560個体に大きく増加した。半閉鎖型では4回目調査で最も多かった。

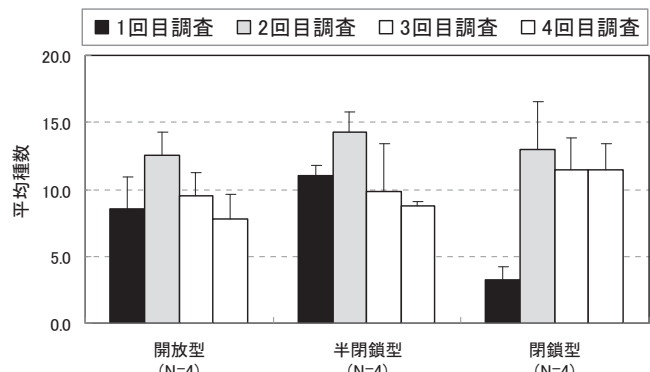


図-9 各ワンドで確認された調査回毎の魚類種数

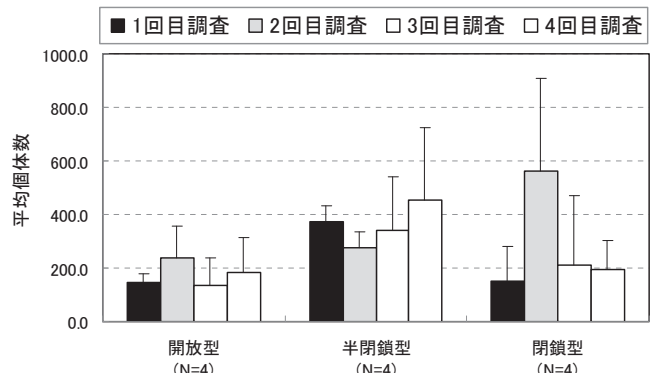


図-10 各ワンドで確認された調査回毎の魚類個体数



## (3) 各ワンドと円山川本川の魚類群集の比較

3回目と4回目に実施したワンドと本川の魚類群集を比較するため調査結果を表-2および表-3に示す。

表-2 3回目調査で確認された魚類相

No	種名	開放型 (N=4)	半閉鎖型 (N=4)	閉鎖型 (N=4)	本川 (N=4)
1	カネヒラ		1		
2	タイリクバラタナゴ	188	498	1	2
3	コイ		1		
4	フナ属	45	57	468	
5	オイカワ	75	212	181	17
6	ウグイ	7	3	6	15
7	モツゴ	1	44	2	
8	タモロコ			6	
9	カワヒガイ			2	
10	カマツカ			4	5
11	ニゴイ	48	9	12	10
12	ギギ			2	
13	メダカ	16	257	12	
14	スズキ			4	
15	シマイサキ		4		
16	ブルーギル		5		
17	ホラ	1	2		
18	メダカ	5	5		
19	ウキコリ			1	
20	ヒリシゴ	150	252	104	348
21	マハゼ	2	1	8	
22	アシシロハゼ				1
23	ゴクラクハゼ	1		4	2
24	ヌマチチブ			34	
25	チチブ	2	7		
個体数		542	1,357	851	400
種数		14	15	17	8

表-3 4回目調査で確認された魚類相

No	種名	開放型 (N=4)	半閉鎖型 (N=4)	閉鎖型 (N=4)	本川 (N=4)
1	タイリクバラタナゴ	2	292	102	1
2	ヤリタナゴ		2		
3	フナ属	1	9	130	1
4	オイカワ	195	413	354	39
5	ウグイ	5	1	10	2
6	モツゴ		2	5	
7	タモロコ		1		
8	カワムツ			3	
9	ニゴイ	1		8	
10	サケ			1	
11	アユ	1			
12	メダカ	9	165	58	
13	オオクチバス	6			14
14	ブルーギル			1	
15	ホラ	343	913		11
16	スミウキコリ			1	
17	ヒリシゴ		2		
18	マハゼ			2	
19	アシシロハゼ	55	7	28	
20	ゴクラクハゼ	110	7	4	20
21	ジュズカケハゼ	2	1	57	
22	ヌマチチブ	8	2	25	1
23	チチブ	4	6		8
個体数		742	1,823	789	97
種数		14	15	16	9

個体数は、3回目調査、4回目調査ともに各ワンドタイプよりも円山川本川が少なかった。半閉鎖型と円山川本川を比較すると、3回目調査では3.4倍、4回目調査では18.8倍も半閉鎖型の方が多かった。種数は、3回目調査、4回目調査ともに閉鎖型で最も多く円山川本川が少なく、円山川本川と各ワンドタイプとの差は大きかった。

## 8. 魚類群集に基づくワンドの分類について

各ワンドで確認された魚種の個体数を変数としてクラスター分析を行った。結果を図-11、図-12、図-13および図-14に示す。1回目調査では断面形状、接続形状が類似したワンドがグループ化される結果が得られた。2回目調査では、グループ数が2つと少なく、ひとつのグループに接続形状、断面形状が異なるワンドが混在する構成となった。2回目調査は、出水によりワンド全体が冠水した直後に調査を実施したため、魚類の避難場所となり、タイプに関係なく様な群集組成になったと考えられる。3回目調査は、2回目と比較してグループ数が増え、接続形状と断面形状のタイプ毎にグループが分別された。2回目調査以降約3か月間、出水がなかったため、各ワンド形状がもつ環境条件(円山川本川との接続の度合い、水深、水質等)に応じて魚類群集が徐々に変化している状態が示されたと考えられる。4回目調査は、2月に2回出水に伴う冠水を経験した後に実施されたが、2回目調査のように魚類群集がワンド形状に関係なく一樣になることがなかった。冬季は魚類の活性が低いため、出水に反応して円山川本川からワンドへ避難してくる魚類が少なかったことが一因と考えられる。

## 9. まとめ

本研究によれば、本川との接続状態と対象河川の水位変動特性により生物群集の個体数や種数に大きな影響を及ぼすことから、ワンドの整備を検討する際には、目的を勘案して接続状況を検討する必要があることが認識された。特に、魚類の種数では半閉鎖型で最大となり、植物の種数でも半閉鎖型で最大になる傾向にあることから、ワンドの種多様性を高めるためには半閉鎖型の構造が有利なことが示唆された。また、半閉鎖型および閉鎖型では、沈水植物の植被率が高く、今回のワンド造成によって魚類の再生産、仔稚魚の生息場を担保できることが確認された。

なお、今後は水質と生物群集の関係についてさらに詳細な解析を行い、研究を進めたいと考えている。

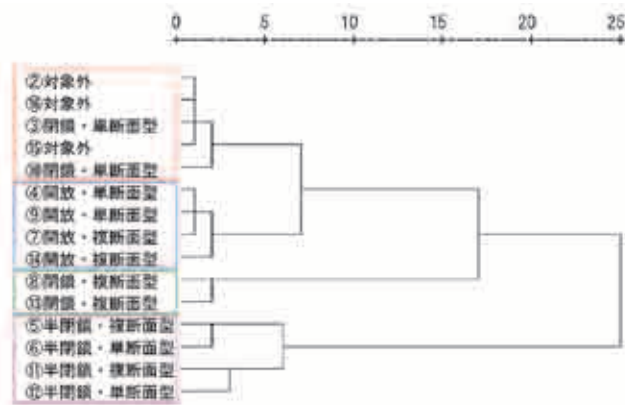


図-11 1回目調査結果に基づくワンドの分類 (クラスター分析)

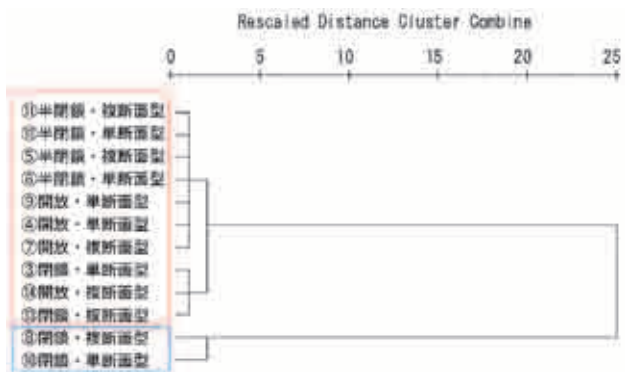


図-12 2回目調査結果に基づくワンドの分類 (クラスター分析)

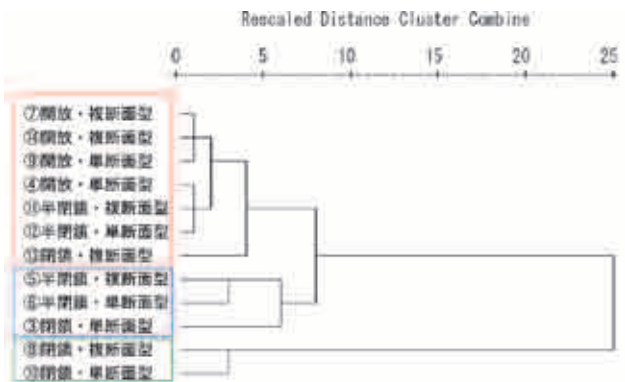


図-13 3回目調査結果に基づくワンドの分類 (クラスター分析)

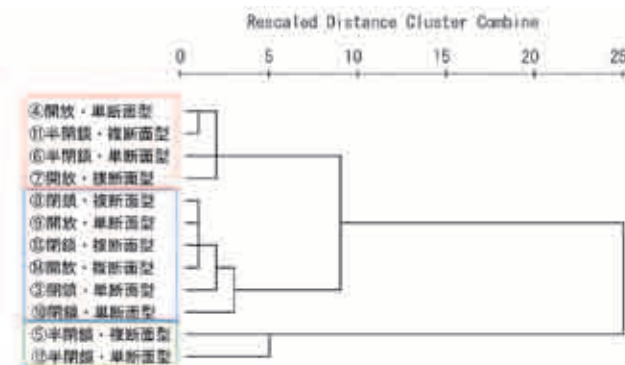


図-14 4回目調査結果に基づくワンドの分類 (クラスター分析)

本研究にあたっては、国土交通省豊岡河川国道事務所各位、「円山川水系自然再生推進委員会」及び「同技術部会」の学識経験者・地元委員各位、関係行政機関各位の方々にご指導及びご助言をいただきました。また、円山川漁業協同組合をはじめ、多くの方々に現地調査の協力をして頂きました。ここに厚く御礼を申し上げます。

< 参考文献 >

- 1) HALYK L.C.&BALON E.K.: Structure and ecological production of fish taxocene of a small flood-plain system. Canadian Journal of Zoology 61, pp.2446 - 2464, 1983.
- 2) SCHIEMER F.: Die Bedeutung von Augewasseern als Schutzzonen für die Fishfauna. Oesterr Wasser wirtsch 37, pp.239 - 245, 1985.
- 3) 綾史郎, 紀平肇, 松波由佳, 井田康夫: 河川の水位・流量の周年/経年変化と河川生態環境, 河川技術論文集, No.6, pp.77 - 82, 2000.
- 4) 松波由佳, 綾史郎, 矢田敏晃: 淀川ワンド群の形成・衰退とその生態学的意義, 河川技術論文集, No.5, pp.93 - 98, 1999.
- 5) 傳田正利, 山下慎吾, 尾澤卓思, 島谷幸宏: ワンドと魚類群集～ワンドの魚類群集を特徴づける現象の考察～, 日本生態学会誌, 52, pp.287 - 294, 2002.
- 6) 君塚芳輝: 多摩川中流域人工造成ワンドの推移と魚類相, 環境工学研究論文集, 35, pp.285 - 293, 1998.
- 7) 中島 淳, 江口 勝久, 乾隆帝 [他]: 宮崎県北川の河川感潮域に造成した人工ワンドにおける魚類, カニ類, 甲虫類の定着状況, 応用生態工学, 11, pp.183 - 193, 2008.
- 8) 佐川志朗, 萱場祐一, 荒井浩昭, 天野邦彦: コイ科稚仔魚の生息場所選択-人工増水と生息場所との関係-, 応用生態工学, 7, pp.129 - 138, 2004.
- 9) 都築隆禎, 水野雅光, 坂本俊二, 辻光浩, 池村彰人: コウノトリと人が共生する川づくり, リバーフロント研究所報告, 第16号, pp.25 - 34, 2005.
- 10) 都築隆禎, 渡部秀之, 竹内亀代司, 真間修一: 自然再生事業と緊急治水対策事業を踏まえたコウノトリが生育できる川づくり, リバーフロント研究所報告, 第17号, pp.17 - 24, 2006.