関西自然保護機構会報 13：23－29，1991

川の構造と生物との結びつき

― とくに人工淵造成実験の結果から ―

西　村　　登

（兵庫陸水生物研究会）

1. 河川生物と河床型

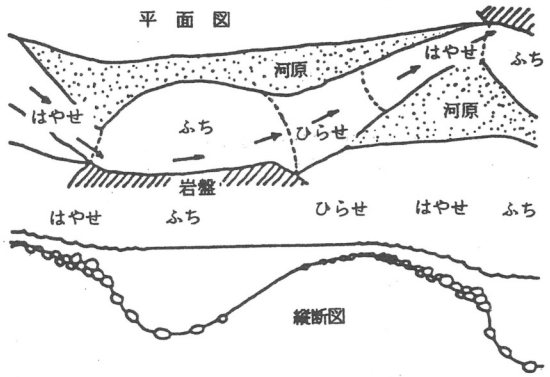
まず水野・御勢（1972）並びに水野・西村・日下部（1983）から一部改変して引用する。“可児（1944）は，水深・流速・底質などの状態から，川の１蛇行区間をまず瀬と淵に区分し，瀬をさらに平瀬と早瀬に分けた。その特徴を模式的に示すと図１の通りである。図１で，沈み石とは一部分が河床の砂泥に埋まっている状態の石を指し，浮き石とは二重三重に重なり合っている状態の石をいう。この淵・平瀬・早瀬の３者を可児は川の構成要素であるとした。現在広く用いられている「河床型」という総称は，川那部ら（1956）によって使われたのが文献上では最初のようである（中略）。また中流域の大きい淵では，その下流側に中程度の深さで流れがゆるい砂泥底の部分が拡がっていることがある。この部分では，底生動物やアユなどの生息状況が，上流側の深いところとは明らかに違うので，この部分を淵から分けてトロ（とろ）と呼ぶこともある。

さて典型的な中流域では，１蛇行区間に上述の３～４河床型がそれぞれ１個ずつ存在し，その順序も平瀬→早瀬→淵→とろ，と一定している。”

上述の１蛇行区間内に生ずる淵は，必ず流路の屈曲部に形成される。とくに中流域の屈曲部に形成された淵は，面積・水深ともに大きく，川那部ら（1956）はこの淵を他と区別してM型の淵と名づけている。

ところで川にすむ生物は，この河床型をどのように利用しているのであろうか。まず川での生産者は，主として川底の小石などに付着している微小な藻類である。これら付着藻類の生産力は，中流域でとくに大きく，ほとんどの底生動物と魚類は，直接的か間接的にこの生産力に依存して成長し繁殖している。これを魚類の側からみると，中流域では付着藻類と底生動物のどちらかまたは両方を餌としているといってよい（西村，1983b）。

つぎに河床型と河川生物の現存量との関係および種類相との関係をみてみよう。付着藻類や底生



水深	深い	浅い	浅い
水面	波立たない	しわのような波	白波が立つ
流速	ゆるい	はやい	もっとも速い
底質	砂	沈み石	浮き石
河床型	淵	平瀬	早瀬
		瀬	

図１　自然河川における中流域の河川形態の模式図（水野，1987）

動物の場合は，淵・とろ・平瀬・早瀬の順に現存量がふえていくことが多い。すなわち，一般に流速がはやく，小石の総表面積が大きいほど，現存量は大きくなる。とくに淵・とろ群と平瀬・早瀬群の間で大差がみられ，前者の現存量はふつう後者の20％以下に過ぎない。なお出現する種類も上述の河床型の順に増加する。底生動物の場合は，河床の小石が何層も重なっているいわゆる浮き石状態になっている部分の方が，底層中に多くの小空間が形成されるため，造網型・遊泳型・歩行型など多くの種群の生息に適する。

それでは魚類は，河床型をどう利用しているのであろうか。魚は移動力が大きいから，瀬と淵を往復し両方利用しているものも多い。たとえばアユやオイカワは，昼間は瀬で餌をとり，夜間は淵で休む。また瀬から淵へ絶えず餌が流れこむので，ウグイやカワムツは淵の中だけでも生活できる。このように川魚にとって，瀬と淵は表裏一体の関係で両者が必要なのである。

2. 人工淵の造成と周辺生物相への影響

1）人工淵の造成

水野（1980）は魚類研究者の立場から，現行の河川改修の最大の問題点として，河道の直線化によるM型淵の消失，ひいては早瀬の消失を強く指摘し，そのことが魚類の生息に最も大きい影響を及ぼすと主張し続けてきた。

上述の水野仮説を実証するためには，人工的に



写真 1. 人工淵の掘削状況
（兵庫県八鹿土木事務所提供，以下同じ）



写真 2. 最深部に大石を敷き詰める

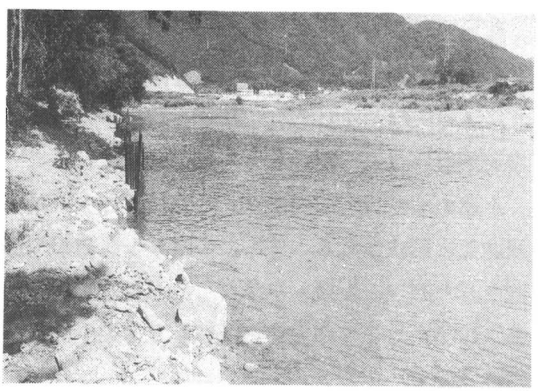


写真 3. 完成した人工淵（1981年７月）

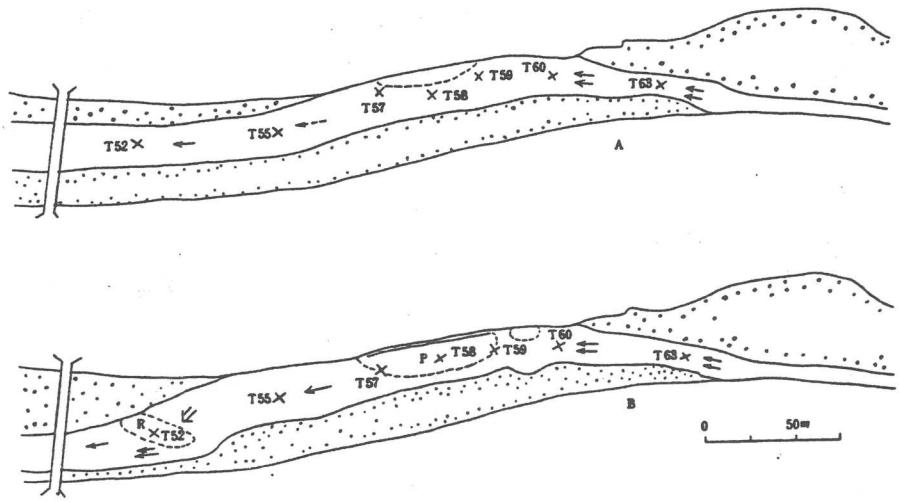


図2　寺谷実験区における調査地点の位置（西村，1983a）
A：人工淵造成前（1981・5・28），B：人工淵造成後（1981・10・16）
P：人工淵，R：出水後形成された横断型早瀬

淵を造成し，造成前と造成後における周辺の生物相を比較することが必要である。さいわい筆者ら（西村・水野・日下部）は，兵庫県八鹿土木事務所の協力を得て，1981年に兵庫県北部の日本海へ流入する円山川の中流域において上述の実験を実施することができた。

まず，人工淵の造成工事の概要を述べよう。人工淵は，兵庫県朝来郡和田山町寺谷の寺谷橋の上手，もと水深1mほどのとろ状の浅い淵が残っているところを選んで造成した。工事は，図2のT57～T59の区間で幅16m長さ50mの範囲を深さ（水面下）3.5m掘り下げ，出来上がりの人工淵の最深部を，幅10m長さ30m深さ3mとした。そして，工事中に周辺の川底から出てきた大きい石は，すべて淵底に並べて敷き詰めた（写真1～3）。工事は，1981年7月6日から始まり，7月17日に完了した。

2）人工淵造成前と後の周辺環境および生物相の比較

まず環境の変化についてみると，造成前の5月と造成後の10月では，人工淵の下流側で河床型に大きな変化が表われた。すなわち，1）施工前は，淵じりのT57～T55付近（図2）は砂底のとろがだらだらと続いていたし，その下手のT52付近は小石まじりの砂底の平瀬であった。2）ところが，施工後の出水によって，T57～T55付近は平瀬に変化し，T52付近には砂礫堆（井口，1979）が形成され，横断型早瀬（西村新称）が出現した。3）上述の地点付近の底質とくに礫の粒度分布の変化は図3に示すように，T58，T55，T52において9月以降大礫（長径100～250mm）が著しく増加したのである。つまり，上流側に淵ができたことによって川底の小石の粒度分布が，とろ～平瀬型から平瀬～早瀬型に変わったのである。これは，新しい淵の造成により，出水と相まって砂礫選択作用がはたらいた証拠で，大変重要な点である。

つぎに，底生動物相と魚類の変化についてみてみよう。各河床型ごとに底生動物の現存量を比較したものを図4に，最も変化の著しかったT52に

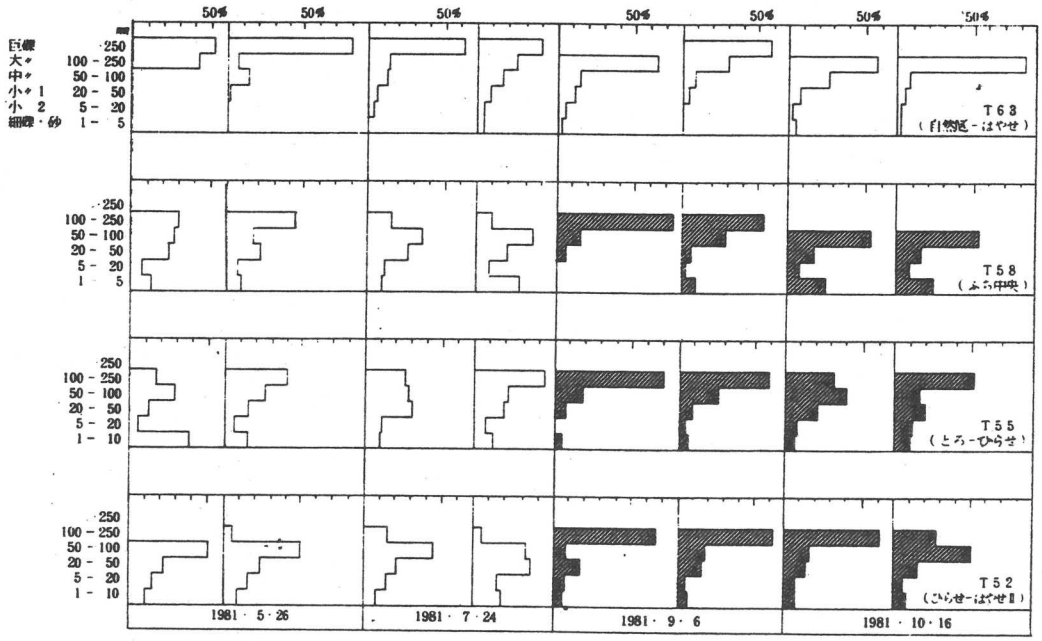


図3 礫の粒径別重量百分率（西村，1983a）
寺谷橋上実験区　斜線入りは人工淵施工後を示す。

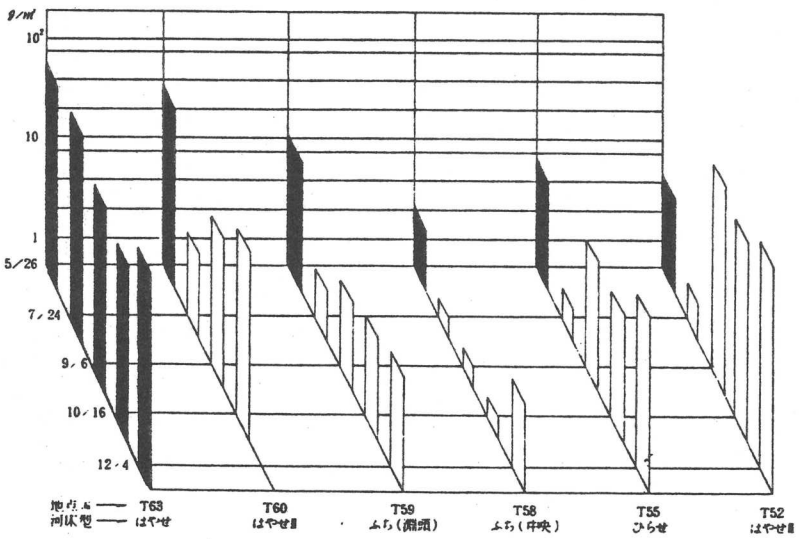


図4 各河床における底生動物の現存量の変動
－人工淵造成前と造成後－ 1981年（西村，1983a）
黒棒：自然区（T 63）ならびに施工前（T 60～T 52）
白棒：施工後（T 60～T 52）

表1　人工淵造成前と造成後の底生動物相

地点T 52，1981，25㎝×25㎝×3，w（㎎）

調査月日 / 動物名	造成前 5・26		人工淵造成後 7・24		9・6		10・16		12・4	
	no.	w.	no.	w.	no.	w.	no.	w.	no.	w.
ヒゲナガカワトビケラ							2	63	3	819
チャバネヒゲナガカワトビケラ			3	66	1	141			1	195
ウルマーシマトビケラ			5	57	314	4,469	416	2,419	783	7,373
ギフシマトビケラ	2	95			35	960	138	3,220	274	6,601
ナカハラシマトビケラ							3	31	3	38
コガタシマトビケラ					118	497	282	418	278	1,373
オオシマトビケラ					31	982	26	880	15	856
シマトビケラ科	4	2	8	10	1,085	1,004	775	893	759	1,143
クダトビケラ属	37	46	4	2	137	71	14	11	153	75
ヤマトビケラ亜科	1	17			1	2			6	85
ニンギョウトビケラ	1	12							1	34
エルモンヒラタカゲロウ					6	38	6	112		
ヒメヒラタカゲロウ属			1	4			1	11		
シロタニガワカゲロウ			1	3	6	2			12	9
オオマダラカゲロウ									1	12
アカマダラカゲロウ	4	8	1	3	485	553	21	21	196	168
クロマダラカゲロウ									1	21
チェルノバマダラカゲロウ					7	23	4	29	4	11
トウヨウマダラカゲロウ					15	9	2	16		
チラカゲロウ					68	1,397	28	96	19	273
キイロカワカゲロウ	14	39	3	7	3	1	13	8	9	8
ヒメトビイロカゲロウ	4	5	46	54	86	68	2	<1	4	2
アミメカゲロウ					1	46				
トウヨウモンカゲロウ									1	3
シロハラコカゲロウ			7	6	106	44	40	47	6	13
コカゲロウ属	17	58			41	26	11	15	5	6
フタバコカゲロウ					11	11	54	109	12	30
フタバコカゲロウ属					38	32				
ヒメカゲロウ属	1	1								
ヤマトアミメカワゲラモドキ							1	7	8	91
カワゲラ科					10	7	33	34	53	101
オオクラカケカワゲラ							5	14		
ウスバヒメガガンボ属	30	53	3	5	27	23	28	50	153	320
ユスリカ科	115	67	25	9	49	22	9	5	53	45
ブユ属									6	17
ガガンボ属					2	38	4	167	1	32
クロヒメガガンボ属	4	120			2	17	4	166	2	61
ヒラタドロムシ	5	163			14	38	30	287	18	371
アシナガドロムシ科					1	1			1	1
ヘビトンボ					1	603	1	528	1	1,023
ナミウズムシ	1	3			2	4			23	50
実測値合計	250	689	107	226	2,703	11,129	1,951	9,656	2,865	21,260
1㎡あたりの換算値	1,328	3,680	571	1,205	14,416	59,355	10,405	51,499	15,280	113,387
種類数	14		11		29		27		38	

（西村，1983a）

おける底生動物の種類相，密度ならびに現存量の実験前後の推移を表1に示した。各地点において，造成後時間が経過するにしたがって現存量は回復し（T58～T59では工事によって一時0になった），各要素とも増加がみられたが，河床型がとろ～平瀬から早瀬に変化したT52付近においては，底生動物相にも極めて顕著な変化が表われた。これは表1にみられる通りで，シマトビケラ科，マダラカゲロウ科，コカゲロウ科などが激増し，種類数では2.4倍，密度では14.0倍，現存量では30.7倍という増加ぶりである。

つぎに魚類相の変化を水野（1983）から引用し，表2と表3に示した。表2は潜水観察による魚類の密度を，表3は投網・刺網採集による現存量を表わしている。全体では淵造成後密度では6.7倍，現存量では5.7倍であるが，ズナガニゴイは密度で63.0倍，ウグイは現存量において200.3倍といった激増ぶりである。水野氏らの潜水観察の印象によれば，造成前はオイカワの姿がまばらにみられたに過ぎなかったのに対し，造成後とくに10月の調査においては淵底の大石の間にアユ・ウグイ・コイ・ナマズなどがうようよ泳いでおり，川底が見えない程だったという。このように，人工淵の造成は淵およびその上下の瀬における魚の密度や現存量を著しく増加させたのである（人工淵造成時に，淵底に大石を敷き詰めたこと，水深を3mと深くしたことも大いにプラス効果を発揮したと思われる）。

また水野（1983）によると，この増加は5月から8～10月の数カ月に生じたのであるから，集魚効果によるものだという。従って短期的にみれば，人工淵での増加分だけ付近の魚は減少したことに

表2　人工淵造成前後の魚の密度（尾／100 m^2）の比較
カワヨシノボリは体長3 *cm* 以上，その他は4 *cm* 以上。

	月	河床型	アユ	ウグイ	カワムツ	オイカワ	カマツカ	ヒガイ	タモロコ	ムギツク	ズナガニゴイ	モツゴ	コイ	フナ	シマドジョウ	ナマズ	カワヨシノボリ	計
造成前	5	はやせ		14	16	97	8			3	3				4		31	171
		とろ			2	10	7			1				26	8	9	87	95
		ひらせ				11	5			1					1		69	87
		計		14	18	118	15			5	3			26	8	9	187	858
		比*		1.0	1.0	1.0	1.0			1.0	1.0			1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
造成後	8	はやせ		28		125	19		6	15	18			6	4		202	413
		ふち	14	107	3	25	6		1	2			7	94	4	4	18	285
		ひらせ		19	68	157	9	1	6	21	6			19	4		85	340
		計	14	149	66	307	34	1	13	38	19		7	119	12	4	255	1038
		比**	—	10.6	3.7	2.6	2.3	—	—	7.6	6.3		—	4.6	1.5	0.4	1.9	2.9
	10	はやせ		22	14	364				11	25				6		181	628
		小ふち		(8)	(8)	(258)	(108)	(8)		(33)				(8)			(167)	(598)
		ふち		194		526	15				157		9	178	2	18	28	1122
		ひらせ		5		502	15		10	1	7	1		5	8		79	633
		計*		221	14	1392	30		10	12	189	1	9	183	16	18	288	2378
		比**		15.8	0.8	11.8	2.0		—	2.4	63.0	—	—	7.0	2.0	1.4	2.1	6.7

* 小ふちの値は加算していない。
** 5月の合計値を1とした時の比率。

（水野，1983）

表3　人工淵造成前後の魚の現存量（$g/100m^2$）の比較
計は$300m^2$当りの値となる。10月の計には小ふちの値を加算していない。

	月	河床型	アユ	ウグイ	カワムツ	オイカワ	カマツカ	ヒガイ	タモロコ	ムギツク	ズナガニゴイ	モツゴ	コイ	フナ	シマドジョウ	ナマズ	カワヨシノボリ	合計
造成前	5	はやせ		115	118	669	41			23	119				26		23	1134
		とろ			15	69	98			8				8288	11	7200	82	10721
		ひらせ				11	5			1					1			669
		計		115	133	749	144			32	119			8288	38	7200	55	11924
		比*		1.0	1.0	1.0	1.0			1.0	1.0			1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
造成後	8	はやせ		446		1376	217		50	100	72			75	15		827	2678
		ふち	694	9388	21	148	60		8	18			2950	4122	15	868	15	17747
		ひらせ		748	542	1190	76	67	50	140	33			1281	15		41	4183
		計	694	10527	568	2714	353	67	108	258	105		2950	5478	45		883	24608
		比*	—	91.5	4.2	3.6	2.5	—	—	7.9	0.9		—	1.7	1.2	0.1	7.0	2.1
	10	はやせ		320	99	3165				79	146				28		125	3957
		小ふち		(44)	(57)	(1450)	(2554)	(53)		(287)				(102)			(184)	(4631)
		ふち		22661		5217	197				1277		6600	16865	8	6174	18	59017
		ひらせ		55		3625	77		85	7	41	9		1019	79		53	5050
		計		23036	99	12007	274		85	86	1464	9	6600	17884	110	6174	196	68024
		比*		200.3	0.7	16.0	1.9	—	—	2.7	12.3	—	—	5.4	2.9	0.9	3.6	5.7

＊5月の合計値を1とした時の比率

（水野，1983）

なり，全体としての増加に結びつかない。しかし長期的にみれば，人工淵の造成とその上下の瀬の環境改善は付近全体の漁場収容力に大きく貢献し，魚類の生産力を著しく増大させるという（以上のほか付着藻類の増加，魚の産卵生態，仔稚魚期の成育場所などに言及することも重要と思われるが，ここでは割愛する）。

参　考　文　献

井口修平．1979．川を見る－河床の動態と規則性．153p．東大出版会．

可児藤吉．1944．渓流棲昆虫の生態．古川晴男編「昆虫」上，171－317．研究社．

川那部浩哉・宮地伝三郎・森　主一・原田英司・水原洋城・大串龍一．1956．溯上アユの生態1．京大生理生態業績．79：1－37．

水野信彦．1980．中流域（アユ漁場）での河川改修の問題点と改善策．淡水魚．6：1－7．

————．1983．円山川の魚類．西村　登・水野信彦・日下部有信編「円山川水系の生物生態－河川改修工事と漁場確保の共存を求めて－」279－449．兵庫県八鹿土木事務所．

————監修．1987．魚のすみよい川への設計指針（案）265p．全国内水面漁業協同組合連合会．

————・御勢久右衛門．1972．河川の生態学．245p．築地書館．

————・西村　登・日下部有信．1983．河川改修と漁場の共存策－中流域における人と川との結びつきのために－．西村・水野・日下部編「円山川水系の生物生態」520p．兵庫県八鹿土木事務所．

西村　登．1983a．円山川の底生動物．同上，163－277．

————．1983b．円山川中流域産主要魚種の食性．同上，451－470．