

四万十川水系の生物調査

伊藤 瑞穂

Biological Survey of the Shimanto River Water System Mizuho ITOH

1. はじめに

高知県においては、四万十川の良い水質を将来にわたって維持して行くための事業の一環として、平成3年度から10年を実施期間とする四万十川清流保全が推進されている。当所では過去、昭和63年度から2年間この四万十川清流保全計画策定のための調査として、本川5地点、支川7地点の12箇所底生動物相について事前調査を行い検討を加えた。

次いで、四万十川清流保全計画が実施に移された平成3年度から6年度にいたる4年間、保全計画に基づいて本川4地点、支川4地点の8箇所モニタリング調査を行ってきた。

本報は、これらを整理して得た結果についてその概要を報告する。

2. 事前調査の方法

2. 1. 調査対象河川

四万十川は高岡郡東津野村の不入山(1,336m)に源を発し、高知県西南部を流れて土佐湾に注ぐ流路延長196km、流域面積2,270km²の国管理の1級河川である。流域は愛媛県とにまたがり、本県はその82.5% (1,873km²)を占めており、感潮域は河口から6km付近までとなっている。四万十川の支流は、大小あわせて70の第1次支川と200以上の第2次支川とがあり、今回の支川の調査は仁井田川、吉見川、梶原川、広見川、目黒川、中筋川、後川の第1次支川について行った。

2. 2. 調査地点及び調査期日

事前調査地点は図1、表1のとおりで、表2に調査時期を示した。

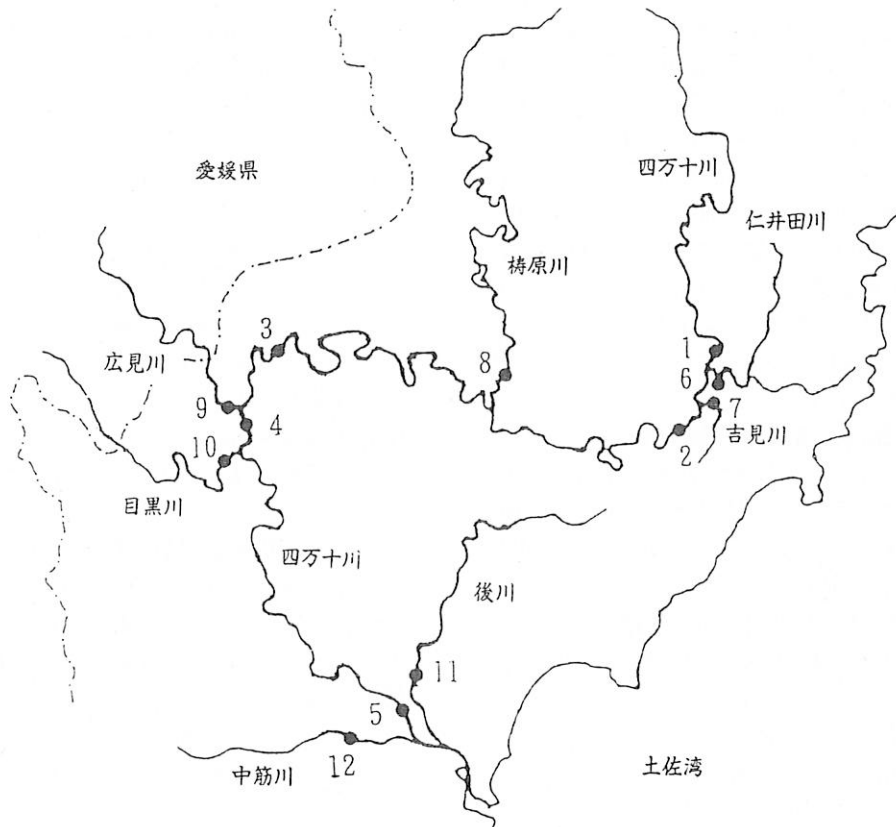


図1 事前調査地点

表1 調査地点表

	st.No.	河川名	地点名	河口からの距離(km)	海拔高(m)
本川	1	四万十川	鍛冶屋瀬橋	129.5	214
	2	四万十川	天の川	117.5	199
	3	四万十川	半家沈下橋	53.5	50
	4	四万十川	橋	46.0	40
	5	四万十川	四万十川橋	10.0	10
支川	6	仁井田川	根々崎橋	128.2	214
	7	吉見川	窪川新橋	124.2	210
	8	栲原川	江師	97.8	143
	9	広見川	川崎橋	48.9	46
	10	目黒川	川口沈下橋	33.5	40
川	11	後川	秋田橋	18.5	10
	12	中筋川	五反田橋	13.5	7

※四万十川

表2 事前調査時期

	夏 期	冬 期
本川	昭和63年10月11日	平成1年2月23日
支川	平成1年8月24日	平成2年3月13日

2. 3. 生物調査方法

調査地点は、日当たりの良い早瀬か平瀬の石礫底で、水深がひざ程度の場所を選定した。ただし、河床の状態が悪い場合は、上記の条件になるべく合うような所で行った。

底生動物の採取は30cm×30cmの金属製の枠を設置してその下流にサーバーネット（ナイロン製80メッシュ）を置き、枠内の石礫や小石、砂などを手で洗ったりすくいあげたりして静かにネット内に取り込む。この操作を各地点で3回ずつ行った。採集した底生動物は岸辺で小石やゴミとともにビニール袋に移し、そのあとネットに絡まっている動物をピンセットで丁寧に拾い入れ、10%ホルマリン溶液で固定し、1試料とした。同定はできる限り種のレベルまで行い、困難な場合は属、科あるいはそれ以上のレベルにとどめ、1種として取り扱った。

なお、分類は津田¹⁾、河田²⁾、川合³⁾、上野⁴⁾、岡田⁵⁾に基づいて行った。

2. 4. 底生動物による水質汚濁評価法

各調査地点における生物学的な水質階級の評価は、主としてコルクピッツ法、生物指数、汚濁指数の3方法で行い、参考として多様性指数と優占種法による方法を用いた。

それぞれの生物学的判定方法の概略を以下に示す。なお、出現種の指標性は、既存の資料⁶⁻⁸⁾によった。

2. 4. 1. コルクピッツ法

Kolkwitz (1908) により提案された方法で、個体数にかかわらず出現した全種の水質階級のうち、最も多くの種が示す水質階級を採用する。

2. 4. 2. 生物指数 (Biotic Index, BI)

Beck (1955) により提案された方法で、津田 (1961)、福島 (1968) により、採集のための注意点などについて補足がなされた。出現した全種の汚濁耐忍性より、A (非汚濁耐性種数) グループとB (汚濁耐性種数) グループに分け、生物指数を2A+Bにより算出し、対応する水質階級を求める (表3)。なお汚濁耐忍性の不明な種はBとして取り扱った。

一般に、清冽な河川であれば多種多様な生物が生息し種類数は多くなり、汚濁した川では少なくなる。従って、清冽な水域での生物指数は高い値となり、汚濁した水域では低くなる。

表3 生物学的な水質階級

階 級	略語	意味	BODのめやす	生物指数	汚濁指数
貧腐水性 oligosaprobic	os	きれい	0~2.5mg/l	20以上	1.0~1.5
β -中腐水性 β -mesosaprobic	β -ms	やや汚れている	2.5~5mg/l	11~19	1.5~2.5
α -中腐水性 α -mesosaprobic	α -ms	汚れている	5~10mg/l	6~10	2.5~3.5
強腐水性 polysaprobic	ps	非常に汚れている	10mg/l以上	0~5	3.5~4.0

2. 4. 3. 汚濁指数 (Pollution Index, PI)

Pantle u. Buck (1955) により提案された方法で、サプロビ指数とも呼ばれている。

出現した種の指標性を4段階に分け、その種の個体数から3段階の出現頻度を求めて次式により算出する。

$$PI = \frac{\sum (s \times h)}{\sum h}$$

s: 汚濁階級指数 h: 出現頻度

s=1: 貧腐水性種 h=1: 個体

s=2: β -中腐水性種 h=2: 2~9個体

s=3: α -中腐水性種 h=3: 10個体以上

s=4: 強腐水性種

汚濁指数に対応する水質階級を求め、その水質階級を採用する (表3)。

汚濁指数は清冽な水域では小さな値となり、汚濁の進行にともない大きな値となる。

2. 4. 4. 多様性指数 (Diversity Index) ^{9) 10)}

通常清冽な河川には多種多様な生物が生息しており、特定の種のみ個体数が異常に多くなることはなく、それぞれの種の個体数はおよそ一定の範囲に保たれており、これを多様性が高いという。反対に、汚濁を受けた水域では種類数が減少し、特定の汚濁耐性種の個体数が異常に増えたりして多様性は低下する。多様性指数とは、この現象を数値化したものである。

多様性指数には種々の式があるが、次式の Shannonの式より求めた。

$$DI = - \sum_{i=1}^s (Ni/N) \log_2 (Ni/N)$$

s : 種数

N : 総個体数

Ni : i番の種の個体数

Cairnsら (1971) によると、多様性指数が3以上を清水域、1~3を中汚染水域、1以下を強汚染水域と区別している。

2. 4. 5. 優先種法

Fjordingstad (1964) により提案された方法で、最も出現頻度の高い種に基づいて水質階級を判定する。今回の調査では、ユスリカ科を同定せず一括して取り扱ったため、ユスリカ科の出現頻度が最も高い場合は、例外として2番目に出現頻度の高い種を採用した。

3. 結果と考察

四万十川水域の底生動物相

はじめに、冬期の吉見川の窪川新橋地点付近は「汚れている」水域の指標種である細菌類のミズワタが増殖して底生動物が採取できなく、また中筋川の五反田橋は一部が護岸工事のため調査できなかった。この二つの支川の評価は、夏期の水質についてのみ試みた。

図2に各調査地点における年間の分類群別出現種類数を、図3に同じく分類群別出現個体数を、

表4に優占種を示した。

図2によると、カゲロウ目の出現率が最も高く、その種類数は8~16種、平均11.7種であった。なかでも、四万十川の天の川橋や梶原川の江師では16種と最も多く採取され、そのうち「やや汚れている」水域の指標種となっているヒメトビイロカゲロウの1種を除いた残り15種すべてが「きれい」な水域に生息する種となっていて清流の一端が伺えた。

また、エルモンヒラタカゲロウとシロタニガワカゲロウの2種は、窪川新橋と五反田橋を除いた全地点で多数出現し生物相の主要な構成種となっていた。そのほか、支川の多くでトビケラ目が7~14種平均9.7種と比較的まんべんなく出現した。

四万十川本川の総種類数は、中流の前半に相当する鍛冶屋瀬橋と天の川橋で、それぞれ43種、46種と豊富で、中流後半の半家沈下橋や橋の29種、32種と比べて多様な種組成を示した。

下流の四万十川橋の総種類数はわずかに19種で、個体数199を加味してもこの地点の生物相は非常に貧弱であった。底生動物相を構成する環境因子として、河川形態や河床の状態及び礫付着物の状態や流速、水質などが考えられるが、この地点はこれらの環境因子のどれをとりあげても生息条件としてあまり好ましくないとみえ、底生動物相はおのずから貧弱を呈して単純化してくるものと思われた。

5支川における総種類数は、梶原川の江師で47種とすこぶる多く、他の4地点は32~37種で、本川中流後半の半家沈下橋や橋と比べて豊富であった。

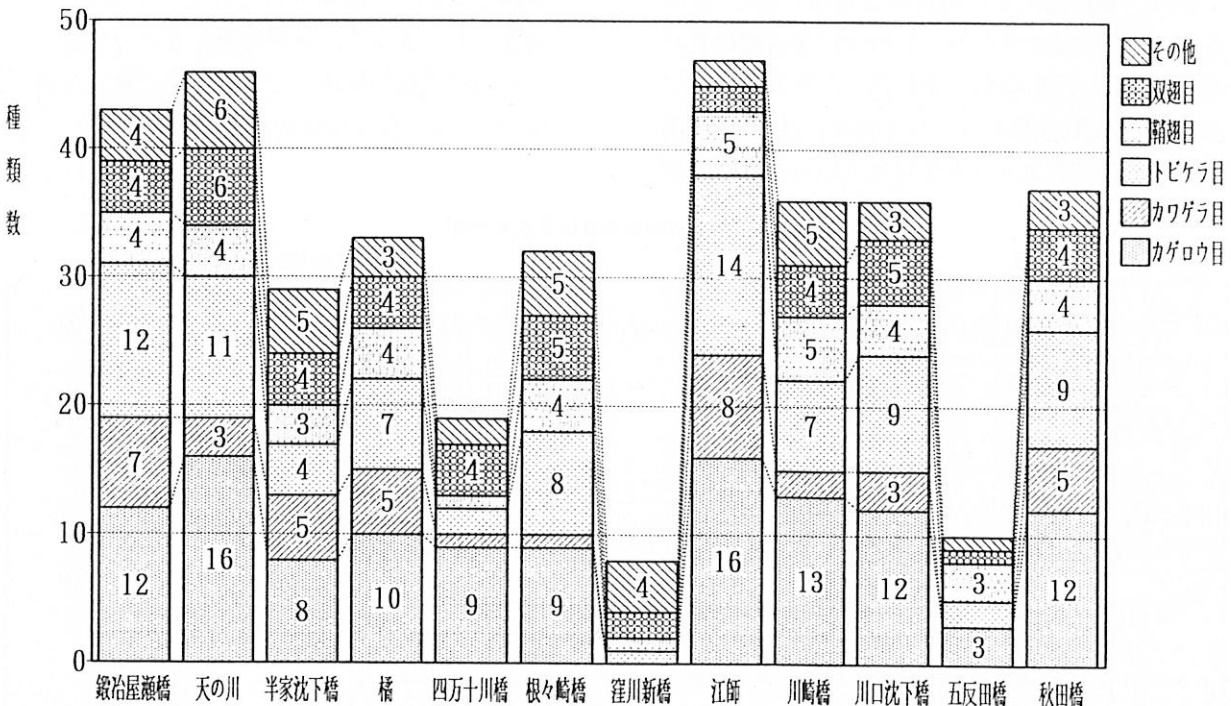


図2 各地点の分類群別出現種類数 (年間)

年間の総個体数(図3)をみると、天の川橋で約4,000個体、鍛冶屋瀬橋で約2,000個体と高密度に生息していたが、その他の地点では約200~1,200個体とバラついていた。なかでも、天の川橋ではエルモンヒラタカゲロウやコカゲロウ属の

ほかにアカマダラカゲロウやコガタシマトビケラといった4種が他の地点と比べて非常に多く出現していて、総種類数46種のうちこの4種の合計だけで全個体数の4割を占めた。

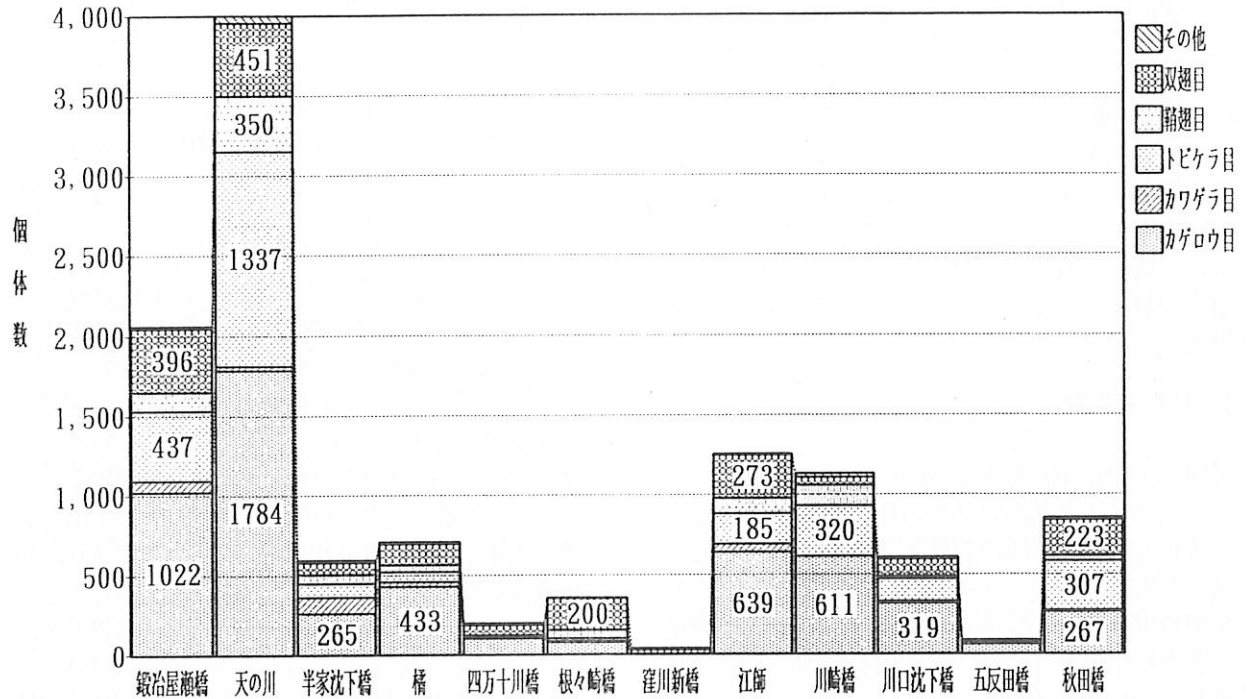


図3 各地点の分類群別出現個体数(年間)

次に、個体数による優占的な種類(表4)をみると、汚濁に強いユスリカ科の上位優占度は夏期の3例に対し冬期は5例と冬に高い。四万十川橋では1位に汚濁耐性種のユスリカ科が、2位に非汚濁耐性種のシロタニガワカゲロウといった極端な例

が両期で優占して棲み分けていた。

調査した12地点中、夏期冬期ともに「きれい」な水域の指標種が第1位、2位を占めた地点は四万十川中流の4地点と川崎橋の5地点であった。

表4 各地点の個体数による優占種

() : 出現個体数に占める割合 %

地点名	年度	出現種数	出現個体数	夏期		出現種数	出現個体数	冬期	
				第1優占種	第2優占種			第1優占種	第2優占種
1 鍛冶屋瀬橋	63	29	1,056	コカゲロウ属(23)	エルモンヒラタカゲロウ(22)	36	1,007	コガタシマトビケラ属(20)	エルモンヒラタカゲロウ(13)
2 天の川橋	63	35	2,383	コカゲロウ属(14)	エルモンヒラタカゲロウ(11)	37	1,615	ヤマトビケラ属(27)	アカマダラカゲロウ(16)
3 半家沈下橋	63	26	553	コカゲロウ属(21)	ヤマトフタツメカワゲラ(13)	14	44	カワゲラ科(25)	コガタシマトビケラ属(20)
4 橋	63	19	222	シロタニガワカゲロウ(16)	ヒメヒラタカゲロウ(15)	26	485	エルモンヒラタカゲロウ(27)	シロタニガワカゲロウ(25)
5 四万十川橋	63	9	85	ユスリカ科(28)	シロタニガワカゲロウ(24)	16	114	ユスリカ科(32)	シロタニガワカゲロウ(19)
6 根々崎橋	1	19	103	ユスリカ科(53)	シロタニガワカゲロウ(12)	23	258	ユスリカ科(41)	ヒラタドROMシ(16)
7 窪川新橋	1	9	41	ユスリカ科(56)	イトミミズ科(10)	0	0	ミズワタ	
8 江師	1	22	132	コカゲロウ属(15)	エルモンヒラタカゲロウ(14)	39	1,122	ユスリカ科(18)	コカゲロウ属(16)
9 川崎橋	1	21	612	アカマダラカゲロウ(16)	シロタニガワカゲロウ(13)	29	522	エルモンヒラタカゲロウ(23)	シロタニガワカゲロウ(22)
10 川口沈下橋	1	19	132	コガタシマトビケラ(23)	シロタニガワカゲロウ(18)	29	474	エルモンヒラタカゲロウ(33)	ユスリカ科(15)
11 五反田橋	1	10	88	ヒメトビロカゲロウ(58)	コガタシマトビケラ(13)	※			
12 秋田橋	1	20	277	ヒメトビロカゲロウ(19)	コガタシマトビケラ(15)	32	578	ユスリカ科(30)	コガタシマトビケラ属(17)

※ 河川工事

ここで少し吉見川について述べる。農耕地や住宅密集地を流れるこの水系は、もともと河川水量が少ないうえに生活排水が多量に流れ込み、四万十川本川の汚濁の一因となっている。そのためか夏期の生物相は9種類41個体ときわめて貧弱なうえにユスリカ科の優占度が異常に高く、また「非常に汚れている」水域種のイトミズ科が2位を占めていたことを考慮すると、底生動物が生息できなくなる限界に近いのではないかと考えられた。ちなみに、汚濁の程度が更に進行すると、水性細菌類のみが生息する水域になると思われる。このことは、冬期にミズワタ（糸状細菌の集合体）が河床一面に増殖して底生動物が採取できな

かったことからみても理解できると思う。

ミズワタの成長メカニズムについては不明な点が多い¹¹⁾が、生活排水や酪農、繊維などの排水が溶存酸素を多く含んだ河川に流入すると増殖し、またきれいな河川と合流する地点では局所的に発生するといわれる¹²⁾。

図4に非汚濁耐性種と汚濁耐性種の割合を示した。非汚濁耐性種の割合が最も高い地点は梶原川江師の84%、次いで四万十川鍛冶屋瀬橋の82%であった。反対に低い地点は四万十川橋の62%、次いで広見川川崎橋の65%となっており、他の6地点は71~77%の範囲にあった。

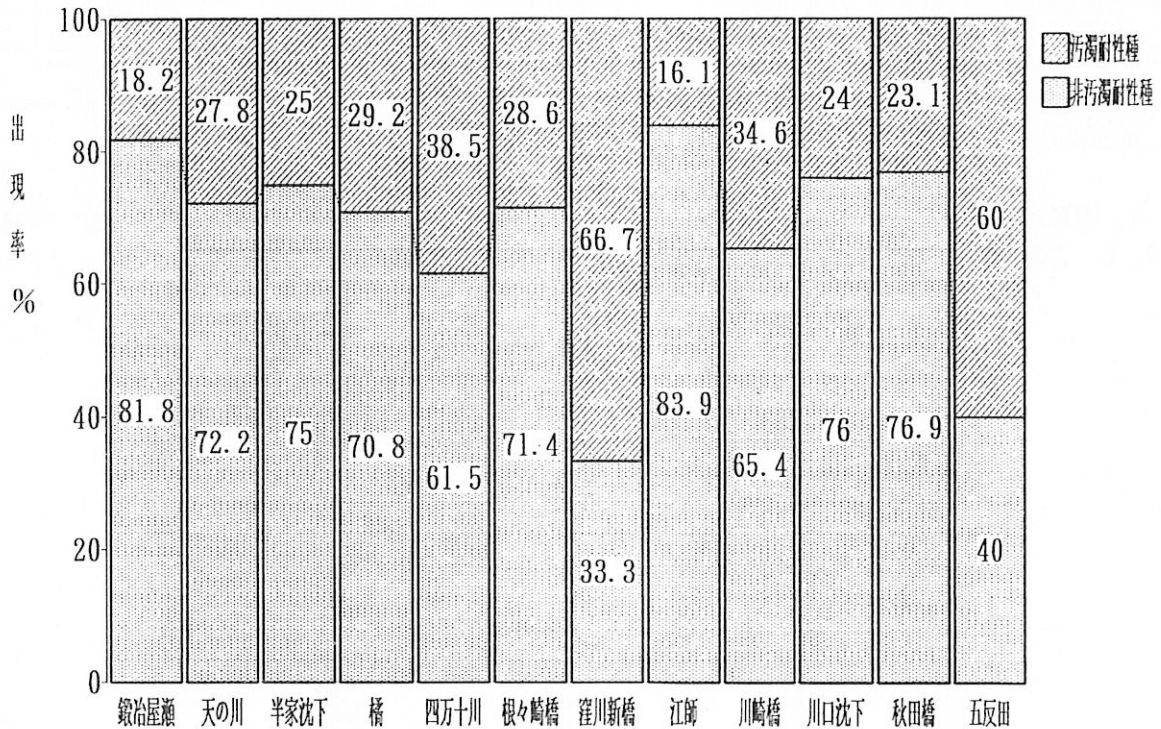


図4 非汚濁耐性種と汚濁耐性種の割合 (年間)

4. 各調査地点の総合的水質評価

表5は各地点における生物学的な水質判定結果である。四万十川本川5地点の水質はすべて「きれい」な水域と評価された。そのうち、鍛冶屋瀬橋と天の川橋の2地点は非常に良好であり、またその下流の半家沈下橋や橋もこれといって問題はないが、感潮域に近い四万十川橋で生物指数及び汚濁指数が「やや汚れている」水域との境界にあった。

7支川の水質のうち、仁井田川の根々崎橋、梶原川の江師、広見川の川崎橋、目黒川の川口沈下橋、後川の秋田橋の5支川については「きれい」と評価された。その中で、梶原川の江師は評価の内容が夏期冬期とも非常に高く、水質が生物学的に最も良好であった。吉見川の窪川新橋と中筋川の五反田橋は夏期の評価として「やや汚れている」水域とされた。

表5 底生動物による各地点の生物学的な水質判定結果

調査地点	調査年月日	コトビツ法 結果	生物指数(BI)			汚濁指数(PI)			多様性指数(DI)			優占種法	水質総合結果
			指数値	平均	結果	指数値	平均	結果	指数値	平均	結果		
1 鍛冶屋瀬橋 (四万十川)	63.10.11	os	57	64	os	1.2	1.2	os	3.6	3.8	清水域	os	os
	1. 2.22	os	70			1.1			3.9			os	
2 天の川橋 (四万十川)	63.10.11	os	59	62	os	1.3	1.3	os	4.1	3.9	清水域	os	os
	1. 2.22	os	65			1.3			3.6			os	
3 半家沈下橋 (四万十川)	63.10.11	os	44	35	os	1.4	1.3	os	3.7	3.5	清水域	os	os
	1. 2.22	os	26			1.2			3.2			os	
4 橋 (四万十川)	63.10.11	os	32	40	os	1.4	1.3	os	3.6	3.4	清水域	os	os
	1. 2.22	os	47			1.2			3.1			os	
5 四万十川橋 (四万十川)	63.10.11	os	13	21	os	1.3	1.4	os	2.8	2.9	中汚染	os	os
	1. 2.22	os	28			1.4			3.0			os	
6 根々崎橋 (仁井田川)	1. 8.24	os	35	36	os	1.1	1.3	os	2.7	2.8	中汚染	os	os
	2. 3.13	os	37			1.5			2.9			os	
7 窪川新橋 (吉見川)	1. 8.24	os~β-ms	12	β-ms	β-ms	2.0	β-ms	β-ms	2.3	β-ms	中汚染	ps	β-ms
	2. 3.13	—	—			—			—			—	
8 江師 (梶原川)	1. 8.24	os	40	57	os	1.1	1.1	os	3.8	3.9	清水域	os	os
	2. 3.13	os	73			1.1			4.0			os	
9 川崎橋 (広見川)	1. 8.24	os	35	37	os	1.3	1.3	os	3.1	3.3	清水域	os	os
	2. 3.13	os	38			1.2			3.4			os	
10 川口沈下橋 (目黒川)	1. 8.24	os	30	43	os	1.3	1.2	os	3.4	3.4	清水域	os	os
	2. 3.13	os	55			1.1			3.4			os	
11 五反田橋 (中筋川)	1. 8.24	β-ms	14	β-ms	β-ms	1.5	β-ms	β-ms	2.2	β-ms	中汚染	β-ms	β-ms
	2. 3.13	—	—			—			—			—	
12 秋田橋 (後川)	1. 8.24	os	34	46	os	1.3	1.3	os	3.5	3.5	清水域	β-ms	os
	2. 3.13	os	58			1.2			3.5			os	

5. モニタリング調査の方法

井田川, 広見川, 吉見川の第1次支川.

5.1. 調査対象河川

5.2. 調査地点及び調査期日

2.1. で述べた四万十川本川及び, 梶原川, 仁

図5にモニタリング調査地点を, 表6にその概要を, 表7に調査時期を示した.



図5 モニタリング調査地点

表6 モニタリング調査地点表

	st.No.	河川名	地点名	河口からの距離(km)	海拔高(m)
本川	1	四万十川	鍛冶屋瀬橋	129.5	214
	2	四万十川	大正流量観測所	93.8	143
	3	四万十川	岩間橋	40.7	40
	4	四万十川	具同	11.0	10
支川	5	仁井田川	根々崎橋	128.2	214
	6	吉見川	窪川新橋	124.2	210
	7	梶原川	大正橋	94.8	143
	8	広見川	川崎橋	48.9	46

※四万十川

表7 モニタリング調査時期

	夏 期	冬 期
3	平成 3年 8月13日	平成 4年 2月18日
4	平成 4年10月12日	平成 5年 3月 4日
5	実施せず	平成 6年 2月 4日
6	平成 6年 7月14日	平成 7年 2月8~9日

5. 3. 調査の方法

2. 3. の方法による.

5. 4. 底生動物 による水質汚濁評価法

2. 4. の方法による.

6. 結果と考察

四万十川水域の底生動物相

四万十川本川の4地点を河床型から分けると、鍛冶屋瀬橋と大正流量観測所が中流、岩間橋と具

同が下流に相当¹³⁾する。この4地点における総種類数は、図6に示すように下流の具同と比べて、その上流部の3地点は各々48種と豊富に出現していた。

今回の事前調査及びモニタリング調査結果より、四万十川本川の底生動物は上流部を除いた中流から下流にいたる地点全体で112種（水生昆虫が104種、水生昆虫以外の動物が8種）の生息が確認できた。ちなみに、四万十川に生息する底生動物の種類数は淵や滞などが調べられると、その数は250種~300種位¹³⁾になるといわれる。

吉見川窪川新橋付近の生息種類数が極めて少ないのは、先にも述べたように、もともと水量が少ないうえに生活排水が多量に流入する影響によるものと思われる。

一方、仁井田川の根々崎橋の流域付近は一見して生息環境が良好のようにみられるが、上流からの畜産系による汚染が懸念される。4年間のファウナ・リストによると生物相の主要構成種のカゲロウ目は全体で17種採取されたが、そのうち出現するのは平均8種といったように他の地点（吉見川を除く）と比べて相対的に出現率が低い。同様のことがトビケラ目でもみられたが、この原因については流域周辺の水質や自然環境を詳しく調査する必要があると思われる。

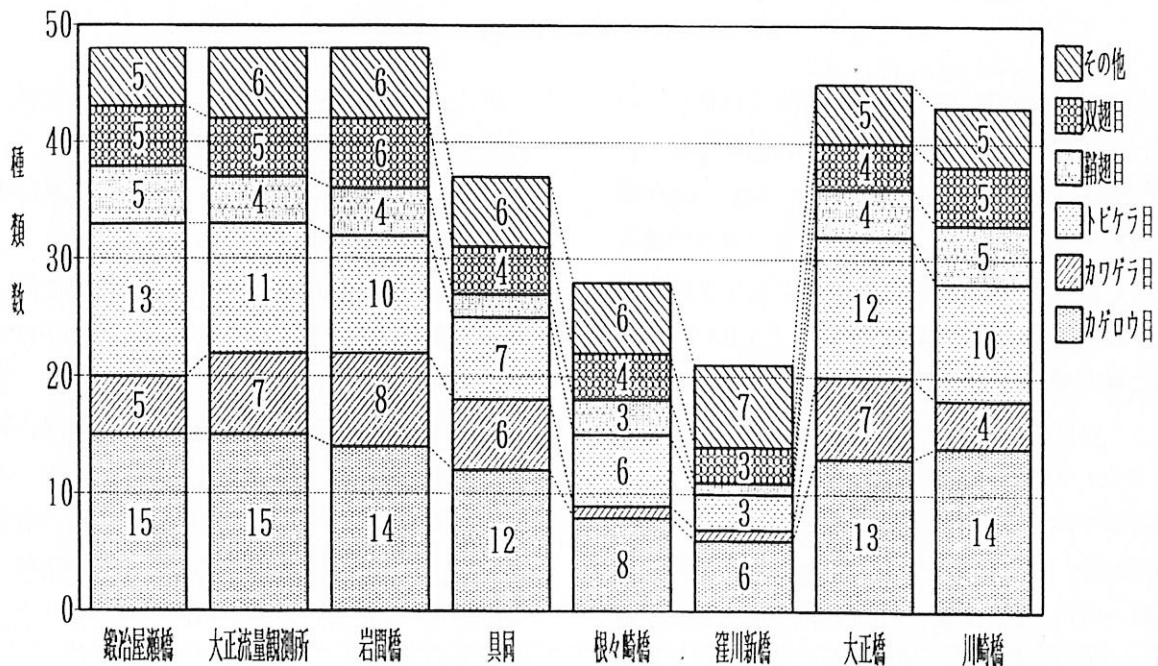


図6 各地点の分類群別出現種類数 (平均)

図7は年間平均採取個体数である。特色は広見川の川崎橋で1,775個体と突出しているが、その原因としては平成4年と6年に「きれい」な水域種のエルモンヒラタカゲロウやシロタニガワカゲロウ及びウルマーシマトビケラやコガタシマトビケラ属などの種が、各々豊富に出現していたからである。また吉見川の窪川新橋のその他が208と異

常に高いのは、平成6年に甲殻類のミズムシと貝類のモノアラガイが著しく増加していたことによる。本川4地点の個体数をみると、具同の上流3地点がだいたい1,000前後であるのに体して具同はおおよそ、その半数であった。また、この3地点の生物相は種類数をみても、梶原川の大正橋と相似していた。

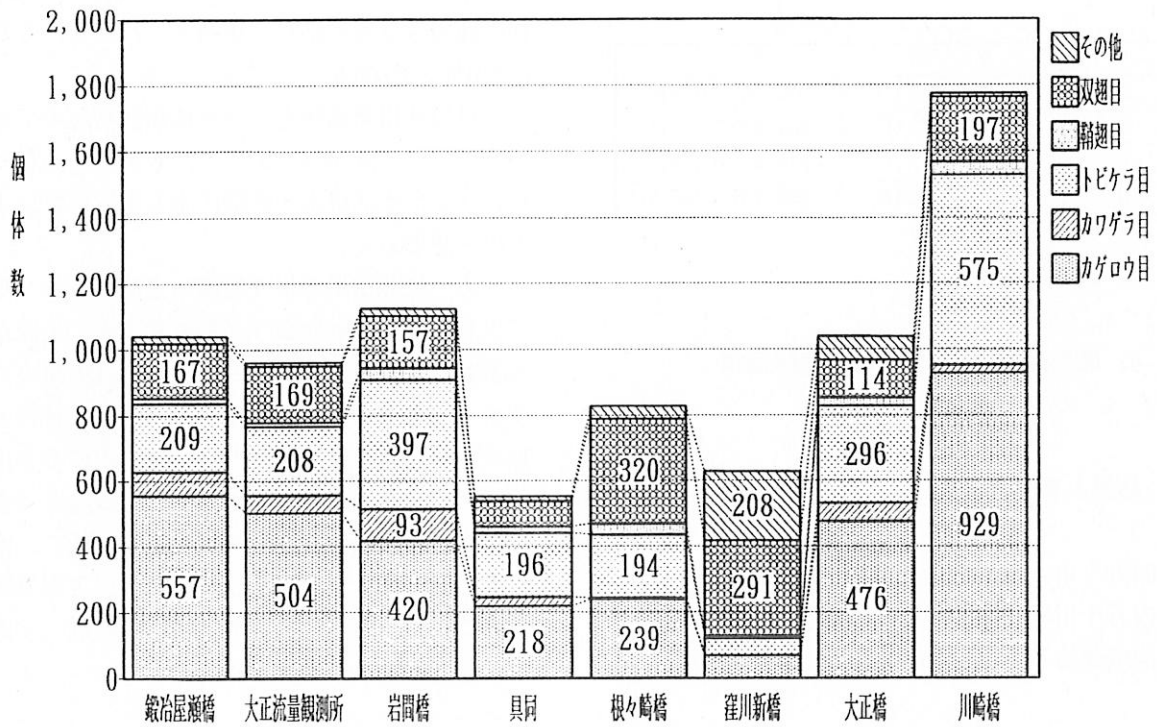


図7 各地点の分類群別出現個体数 (平均)

表8には年度別に各地点で優先的に分布していた上位2種を、図8には各地点の非汚濁耐性種と汚濁耐性種の割合 (平均) を示した。8地点で4年間調査した54例のうち、アカマダラカゲロウが優占種になっていたのが8例、エルモンヒラタカゲロウが7例、コカゲロウ属が6例と、「きれい」な水域に棲む種が優占種になっていた場合が多かった。このほか、「少し汚れた」水域種のコガタシマトビケラが圧倒的に優占していた例が広見川の川崎橋でみられた。また、岩間橋でも本種が7例中3例優占していたなど、この2地点の生息環境は河畔や河川の利用状況、その他水の濁りなどに連動して生息条件がたえず変化していたものと思われた。

次に、窪川新橋の常在種としてユスリカ科、ミズムシ、コカゲロウ属などがあげられる。これらのうち、汚濁耐性種のユスリカ科の個体数は圧倒的に多く、また有機汚濁に強い種といわれる「汚れている」水域種のミズムシの出現頻度も高いのは、河床の礫に付着物が多いことと流れが停滞しがちであることを意味している。そのほか、種の同定が非常に困難なコカゲロウ属も上位優占種として他の地点でもしばしば登場しているが、本属の幼虫の中には (サホコカゲロウを含む) 有機汚濁のわずかな水域から中位の水域にまで出現することが知られており、水質汚濁のパラメーターとなっている。

表8 各地点の個体数による優占種

() : 出現個体数に占める割合 (%)

地点名	年度	出現種数	出現個体数	夏 期		出現種数	出現個体数	冬 期	
				第1優占種	第2優占種			第1優占種	第2優占種
1 鍛冶屋瀬橋 (四万十川)	3	27	574	アカマダラカゲロウ(33)	コガタシマトビケラ(9)	38	935	ウルマーシマトビケラ(19)	アカマダラカゲロウ(13)
	4	26	176	コカゲロウ属(32)	ユスリカ科(15)	40	1,649	アカマダラカゲロウ(24)	エルモンヒラタカゲロウ(19)
	5 ⁽¹⁾					41	1,319	エルモンヒラタカゲロウ(22)	ユスリカ科(17)
	6	28	894	アカマダラカゲロウ(25)	ウルマーシマトビケラ(24)	45	1,493	エルモンヒラタカゲロウ(21)	アカマダラカゲロウ(21)
2 大正流量 観測所 (四万十川)	3	28	627	シロタニガワカゲロウ(22)	アカマダラカゲロウ(17)	36	567	ユスリカ科(28)	ウスバヒメガガンボ(15)
	4	22	248	コカゲロウ属(31)	シロタニガワカゲロウ(24)	43	1,854	アカマダラカゲロウ(21)	コガタシマトビケラ(10)
	5					42	1,079	エルモンヒラタカゲロウ(17)	コガタシマトビケラ(13)
	6	27	851	アカマダラカゲロウ(21)	コガタシマトビケラ(12)	43	1,483	アカマダラカゲロウ(17)	ウスバヒメガガンボ(14)
3 岩間橋 (四万十川)	3	30	649	コガタシマトビケラ(28)	コゲロウ属(10)	38	756	ブユ科(22)	ヨシノマダラカゲロウ属(11)
	4	26	223	コカゲロウ属(19)	グマガトビケラ(14)	41	1,681	ヨシノマダラカゲロウ属(24)	コガタシマトビケラ(11)
	5					30	572	ヒメヒラタカゲロウ属(47)	ユスリカ科(7)
	6	36	1,992	コガタシマトビケラ(28)	コガタシマトビケラ(19)	41	1,935	コガタシマトビケラ(13)	ウスバヒメガガンボ(11)
4 具同 (四万十川)	4 ⁽²⁾	11	92	コカゲロウ属(46)	ユスリカ科(27)	26	603	シロタニガワカゲロウ(50)	セラクレア(23)
	5					31	780	エルモンヒラタカゲロウ(34)	ヒメヒラタカゲロウ属(29)
	6	26	338	コガタシマトビケラ(20)	ユスリカ科(20)	24	784	グマガトビケラ(53)	ユスリカ科(27)
5 根々崎橋 (仁井田川)	3	22	800	アカマダラカゲロウ(24)	ユスリカ科(23)	28	1,878	ユスリカ科(30)	ブユ科(16)
	4	22	169	ユスリカ科(18)	コカゲロウ属(17)	22	736	ユスリカ科(23)	コカゲロウ属(13)
	5					18	265	ユスリカ科(34)	ウルマーシマトビケラ(24)
	6	18	673	ウルマーシマトビケラ(28)	アカマダラカゲロウ(21)	21	1,164	アカマダラカゲロウ(20)	ウルマーシマトビケラ(19)
6 窪川新橋 (吉見川)	3	7	326	ユスリカ科(89)	コカゲロウ属(7)	12	183	ユスリカ科(68)	ウスバヒメガガンボ(9)
	4	10	224	コカゲロウ属(59)	ユスリカ科(29)	8	185	ユスリカ科(61)	ミズムシ(16)
	5					12	385	ユスリカ科(79)	コカゲロウ属(8)
	6	20	1,671	ユスリカ科(40)	ミズムシ(22)	22	601	ユスリカ科(35)	ウスバヒメガガンボ(22)
7 大正橋 (梶原川)	3	32	739	カワニナ(17)	シロタニガワカゲロウ(15)	29	361	シロタニガワカゲロウ(18)	エルモンヒラタカゲロウ(15)
	4	27	299	カワニナ(16)	エルモンヒラタカゲロウ(12)	41	1,211	チラカゲロウ(14)	アカマダラカゲロウ(12)
	5					39	865	エルモンヒラタカゲロウ(15)	アカマダラカゲロウ(14)
	6	32	525	シロタニガワカゲロウ(14)	アカマダラカゲロウ(11)	41	3,070	アカマダラカゲロウ(17)	コガタシマトビケラ(12)
8 川崎橋 (広見川)	3	27	1,945	コガタシマトビケラ(55)	シロタニガワカゲロウ(15)	24	445	エルモンヒラタカゲロウ(26)	コガタシマトビケラ(11)
	4	21	781	シロタニガワカゲロウ(47)	コカゲロウ属(14)	38	2,517	アカマダラカゲロウ(20)	エルモンヒラタカゲロウ(15)
	5					36	1,858	コガタシマトビケラ(18)	エルモンヒラタカゲロウ(14)
	6	18	1,494	コカゲロウ属(21)	シロタニガワカゲロウ(20)	37	3,313	エルモンヒラタカゲロウ(24)	アカマダラカゲロウ(19)

⁽¹⁾ 5年度の夏期は以下、実施しなかった。 ⁽²⁾ 4年度より実施。

図8についてみると、本川4地点の非汚濁耐性種の割合は76.5~80%平均78%に対し、支川のそれは吉見川の53.8%から梶原川の80%の範囲にあって平均すると67.4%となっていた。汚濁耐性種のうち、本・支川共通して出現頻度が高い種はユスリカ科とコガタシマトビケラで、あとヒラタドロムシ科も多く出現していた。なかでも、汚濁耐性

種の割合が46%の窪川新橋と36%の根々崎橋では、前者で「きたない」水域種のモノアラガイや有機汚濁に最も強いといわれる「非常に汚れている」水域種のサカマキガイが、後者では「やや汚れている」水域種のマシジミや「非常に汚れている」水域種のイトミミズなどが特異的に出現していた。

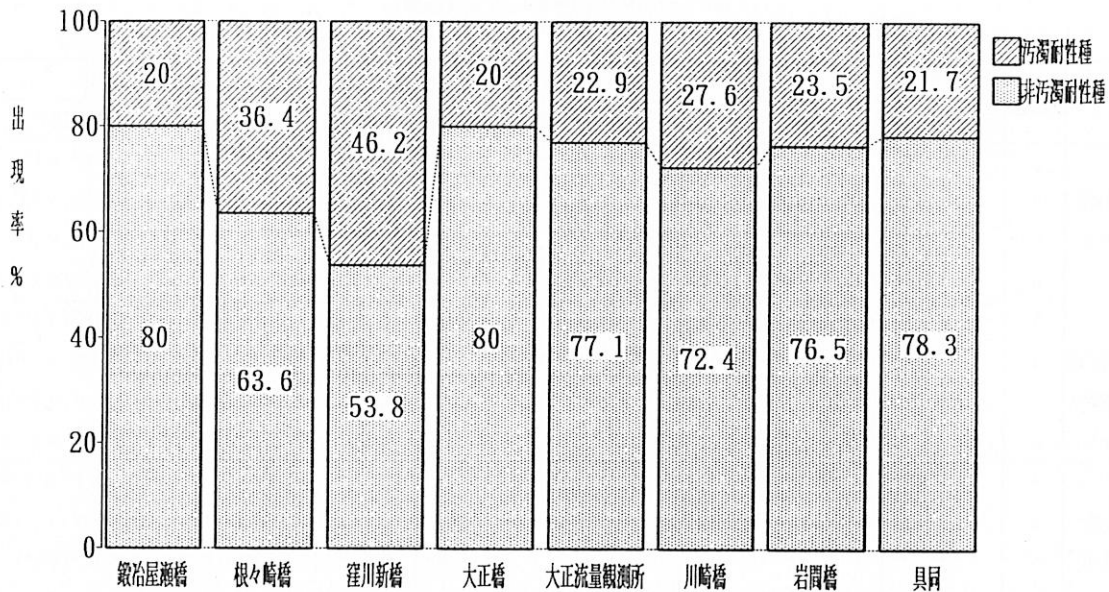


図8 非汚濁耐性種と汚濁耐性種 (平均)

現在、本県においては平成7年に「四万十川にごり浄化機構解析研究会」を設置して、濁り発生のメカニズムや濁り物質の挙動を解明するための調査が進められている。調査の一環に、水生生物調査が含まれており、かつて農地造成による濁水が問題化したことのある広見川を中心に、濁りが及ぼす影響について行うこととしている。

森下によると濁りに対して比較的耐性のある種として22種¹⁴⁾をあげているが、これまでの調査資料をもとに検討してみたが濁りとの関連、影響等について把握できなかった。

7. 各調査地点の総合的水質評価

平成3年度から6年度にいたる4年間、5河川8地点の底生動物についてモニタリング調査を行ってきた。各地点の出現状況をとりまとめ、表9に全体の平均値に基づき生物学的水質判定を行った結果を、図9に各種の生物学的水質指数をもとに年度別の推移を示した。その概要は河川別に次のとおりであった。

7. 1. 四万十川本川 (st. 1 鍛冶屋新橋, st. 2 大正流量観測所, st. 3 岩間橋, st. 4 具同)

中流の鍛冶屋瀬橋、大正流量観測所の2地点は、アカマダラカゲロウやエルモンヒラタカゲロウなど「きれい」な水域に生息する種が豊富に出現しており、非汚濁耐性種の割合も高く、種々の判定結果においても非常に清冽な地点であることを示していた。

また、図9の各指数の経年推移をみても、鍛冶屋瀬橋の水質は安定していることが伺える。下流の2地点のうち岩間橋の各々の評価は中流の2地点とほ

ぼ同じであったが、具同の生物指数が、その上流の64~60に比べて44と低値で、夏期に非汚濁耐性種数の密度が低かった。

2地点の評価は「きれい」と評価され、四万十川は中流から下流にかけて生物学的に良好で清流を保っていた。

7. 2. 仁井田川支川 (st. 5 根々崎橋)

ユスリカ科をはじめ「少し汚れた」水域種のオナガサナエヤコガタシマトビケラなどの汚濁耐性種が比較的多く出現していたため、生物指数が平均して35と吉見川水系に次いで低かった。また、この数値は平成1年に行った事前調査の時とほぼ同じで、すなわちこの時以来毎年のように清流種の生息密度が低い状態で推移していたように思われた。汚濁指数が平成3年度に1.5を示して「少し汚れた」水域との境界にあったが、4年度以降はこの数値を越えることはなく、より良好となっていて「きれい」な水域と評価された。

7. 3. 吉見川支川 (st. 6 窪川新橋)

種類数と非汚濁耐性種の割合が調査地点中最も低く、春先にはよくミズワタが河床一面に成長していて、生物相は一層貧弱にみえた。また、「汚れている」水域種のモノアラガイや有機汚濁に強いサカマキガイが採取されるなど、他の地点にはみられない固有の種が生息していた。

次に、四万十川方式と呼ばれる浄化装置が稼働中の平成6年度を中心に、5年度以前3年間(平均)の底生動物の出現状況を比べてみると、種類数は5年度以前の10種に対して6年度には21種(2.1倍)に、個体数も同様に260個体に対して1,136個体(4.4倍)

にと著しく増加した。また、この地点の特色としてユスリカ科の出現率が異常に高いことがあげられるが、それが5年度以前は72%であったのに対して6年度は38%と大幅に減少した。

この結果、とくに生物指数 (BI) が15から33に、多様性指数 (DI) が1.4から2.7に推移し有意の上昇を示したが、一過性のものであるか再現性をみるうえで引き続き調査の要があると思われた。

この地点の総合結果を年度別にみると、平成3~5年度は「少し汚れた」水域と評価され、6年度は「きれい」な水域に推移したが、3方法の評価は一致しなかった。

7. 4 梶原川支川 (st. 7 大正橋)

「きれい」な水域種の底生動物が豊富に出現し、汚濁耐性種の割合が本川の鍛冶屋瀬橋と同様に調査地点中最も低かった。また、特定の種の優

占度が異常に高くなることがない反面、場合によっては水生昆虫以外に属する貝類のカワニナが優占することがある。図9のとおり、種々の評価はそれぞれが高い値で推移し安定しており、先の鍛冶屋瀬橋と相似の「きれい」な水質を示した。

7. 5. 広見川支川 (st. 8 川崎橋)

平成3年度初回モニタリング調査の時の汚濁指数や多様性指数が「少し汚れた」水域との境界域を示し、生物指数も平均の50と比べて37と低いうえ、夏期には「少し汚れた」水域種のコガタシマトビケラの生育密度が高かった。また、生物指数が平成1年の事前調査の時と同値あったが、おおむね平成4年頃から上向くと同時に、清流種が増加しはじめてきたように思われた。

総合評価は「きれい」な水域と評価された。

表9 底生動物による各地点の生物学的な水質判定結果

調査地点	年度	コルクピット法 結果	生物指数(BI)		汚濁指数(PI)		多様性指数(DI)		優占種法	水質総合結果
			指数値	結果	指数値	結果	指数値	結果		
1 鍛冶屋瀬橋 (四万十川)	3	os	59	os	1.3	os	3.8	清水域	os	os
	4	os	59	os	1.2	os	3.6	清水域	os	os
	5 ⁽¹⁾	os	75	os	1.2	os	3.5	清水域	os	os
	6	os	64	os	1.2	os	3.5	清水域	os	os
	平均		64	os	1.2	os	3.6	清水域		
2 大正流量観測所 (四万十川)	3	os	56	os	1.4	os	3.8	清水域	os	os
	4	os	58	os	1.2	os	3.6	清水域	os	os
	5	os	77	os	1.2	os	4.0	清水域	os	os
	6	os	63	os	1.2	os	3.9	清水域	os	os
	平均		64	os	1.3	os	3.8	清水域		
3 岩間橋 (四万十川)	3	os	59	os	1.3	os	3.9	清水域	os~β-ms	os
	4	os	59	os	1.2	os	3.8	清水域	os	os
	5	os	56	os	1.1	os	3.1	清水域	os	os
	6	os	67	os	1.2	os	3.8	清水域	β-ms	os
	平均		60	os	1.2	os	3.7	清水域		
4 具同 (四万十川)	4 ⁽³⁾	os	32	os	1.3	os	2.4	中汚染域	os	os
	5	os	58	os	1.1	os	2.9	中汚染域	os	os
	6	os	43	os	1.2	os	2.9	中汚染域	os	os
	平均		44	os	1.2	os	2.7	中汚染域		
5 根々崎橋 (仁井田川)	3	os	40	os	1.5	os	3.2	清水域	os	os
	4	os	36	oa	1.3	os	3.6	清水域	os	os
	5	os	29	os	1.4	os	2.9	中汚染域	os	os
	6	os	35	os	1.2	os	3.1	清水域	os	os
	平均		35	os	1.3	os	3.2	清水域		
6 窪川新橋 (吉見川)	3	os~α-ms	14	β-ms	1.7	β-ms	1.3	中汚染域	os	β-ms
	4	os	14	β-ms	1.9	β-ms	1.6	中汚染域	os~α-ms	β-ms
	5 ⁽²⁾	os	17	β-ms	2.1	β-ms	1.3	中汚染域	os	β-ms
	6	os	33	os	1.8	β-ms	2.7	中汚染域	os~α-ms	os
	平均		19	β-ms	1.9	β-ms	1.7	中汚染域		
7 大正橋 (梶原川)	3	os	55	os	1.2	os	3.8	清水域	os	os
	4	os	61	os	1.2	os	4.0	清水域	os	os
	5	os	73	os	1.1	os	3.9	清水域	os	os
	6	os	66	os	1.2	os	3.9	清水域	os	os
	平均		64	os	1.2	os	3.9	清水域		
8 川崎橋 (広見川)	3	os	37	os	1.4	os	3.0	清水域	os~β-ms	os
	4	os	52	os	1.2	os	3.1	清水域	os	os
	5	os	62	os	1.3	os	3.8	清水域	os	os
	6	os	49	os	1.2	os	3.2	清水域	os	os
	平均		50	os	1.3	os	3.3	清水域		

⁽¹⁾ 5年度の夏期は以下、実施しなかった。 ⁽²⁾ 下流の琴平川に浄化装置を設置。 ⁽³⁾ 4年度より実施。

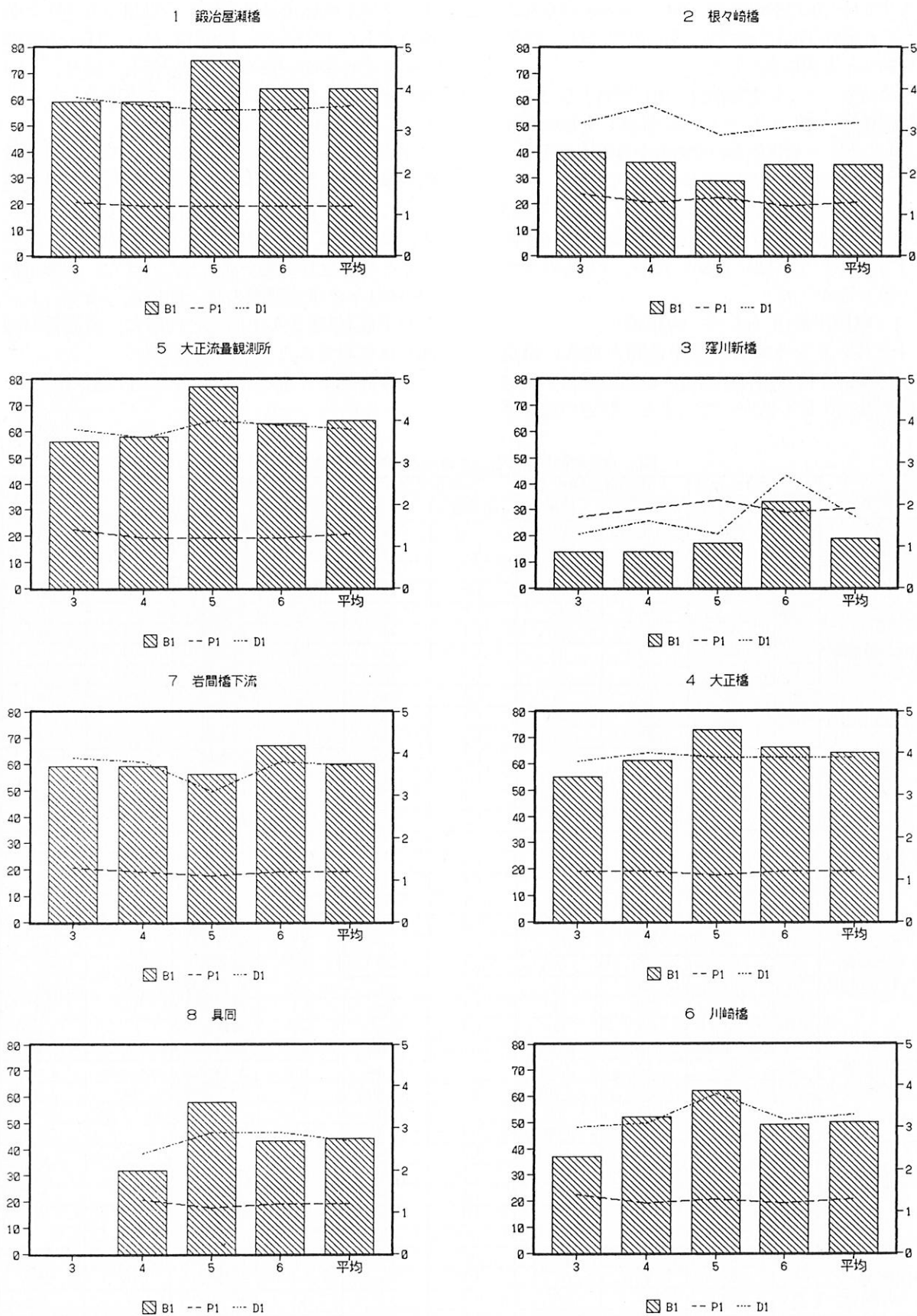


図9 各調査地点における年度別の生物学的指数の推移

8. まとめ

昭和63年度から平成1年度の2年間、四万十川清流保全計画策定のために、四万十川水系の12地点（本川5地点、支川7地点）で水生生物の生息状況について事前調査を行い検討した。次いで平成3年度から6年度にいたる4年間、四万十川清流保全計画に従って8地点（本川4地点、支川4地点）でモニタリング調査を行ってきた。

これらの結果を要約すると以下のとおりとなった。

- 1) 本川を事前調査して、鍛冶屋瀬橋と天の川で各々43種、46種出現し個体数も2,000を超えるなど生物相が非常に豊富であったが、半家沈下橋より下流では19種～31種平均26種、個体数についても199～707平均501と減少した。支川については、32種～47種平均38種（中筋川と吉見川を除く）、個体数は361～1,254で、そのうち1,000個体を超えた地点は梶原川の江師及び広見川の川崎橋であった。
- 2) 事前調査12地点の水質は、支川の中筋川と吉見川は夏期については「やや汚れている」とされたが、残りの10地点は年間を通して「きれい」と評価された。
- 3) 本川をモニタリング調査してその平均をみると、鍛冶屋瀬橋から岩間橋にいたる流域は48種、1,000個体前後あって生息環境が安定していた。感潮域に近い具同では、その上流域と比べて種は減り、個体数も半減していた。支川については、梶原川の大正橋と広見川の川崎橋で各々45種、43種、1000個体以上と豊富であったが、とりわけ川崎橋の個体数は突出していた。これに比べて、畜産系の汚染が懸念される仁井田川の根々崎橋及び生活系による吉見川の窪川新橋では種類数は各々28種に21種、個体数は827に627と著しく貧弱であった。
- 4) 本川4地点の水質は、モニタリング調査を始めて以来「きれい」との評価を維持した。支川の仁井田川、梶原川、広見川も同様に「きれい」との評価を維持した。吉見川の水域は平成3年～5年は「やや汚れている」と評価されたが平成6年は「きれい」に推移した。

参考文献

- 1) 津田松苗：水生昆虫学，第7版，北隆館，1983
- 2) 河田薫ら：日本幼虫図鑑，第9版，北隆館，1984
- 3) 川合禎次編：日本産水生昆虫検索図説，東海大学出版会，1985
- 4) 上野益三編：日本淡水生物学，第4版，北隆館，1986
- 5) 岡田要ら：新日本動物図鑑 [中]，第9版，北隆館，1988
- 6) 御勢久右衛門：自然水域における肉眼的底生動物の環境指標性について，文部省「環境科学」研究報告集，1982
- 7) 津田松苗，森下郁子：生物による水質調査法，山海堂，1974
- 8) 森下郁子：指標生物学生物モニタリングの考え方 [普及版]，山海堂，1986
- 9) 森谷清樹：多様性指数による指数による水域環境の生態学的評価，用水と廃水18，729～748，1976
- 10) 広島市衛生研究所：広島市の水生生物，20～21，1992
- 11) 酒井学：ミズワタの成長について (II)，横浜市環境科学研究所報第18号，137～139，1994
- 12) 津田松苗：汚水生物学，9版，14～20，68～71，北隆館，1975
- 13) 伊藤猛夫編：四万十川，161～219，高知市民図書館，1990
- 14) 森下郁子：生物モニタリングの考え方，151～162，山海堂，1985

〔参考資料〕

生物学的な水質階級

津田, 森下著「生物による水質調査法」山海堂, 1974より引用

	強腐水性水域	α 中腐水性水域	β 中腐水性水域	貧腐水性水域
化学的過程	還元及び分解による腐敗現象が著しく起こる	水中及び底泥に酸化過程があらわれる	酸化過程がさらに進行する	酸化ないし無機化の完成した段階
溶存酸素	全然ないか、あってもきわめてわずか	かなりある	かなり多い	多い
BOD	常にすこぶる高い	高い	かなり低くなる	低い
H ₂ Sの形成	たいてい認められ強い硫化水素臭がある	強い硫化水素臭はなくなる	ない	ない
水中の有機物	炭素及び高分子窒素化合物及びその高次分解物が豊富に存在	高分子化合物の分解によるアミノ酸が豊富に存在	脂肪酸のアンモニア化合物が多い	有機物は分解されてしまっている
底泥	黒色の硫化鉄がしばしば存在し底泥は黒色	硫化鉄が酸化され水酸化鉄になるため底泥は黒色を呈しない		底泥はほとんど酸化されている
水中の微生物	大量に存在する；時には1ml中100万以上ある	微生物の数はまだ多く通常1ml中10万以下	微生物の数は減少し1ml中10万以下	少ない；1ml中100以下
生息生物の生態学的特徴	ほとんどが微生物を摂食；pHの変化に強く少量の酸素にも耐える嫌気性の生物；全て腐敗毒、特にH ₂ S及びNH ₃ に対し強い抵抗性を持つ	微生物摂食以外に肉食動物も増えてくる；pHや酸素の変化に対し適応性を示す；NH ₃ に抵抗性あるがH ₂ Sに対してはかなり弱いものがある	この水域の生物はpH及び酸素の変動にすこぶる弱い；腐敗毒に長時間耐えることができない	腐敗性汚濁に対して弱く又pHや溶存酸素の変化にも適応しにくい；H ₂ Sに耐えられない
植物では	珪藻、緑藻、接合藻及び高等植物は出現しない	藻類が大量に発生；藍藻、珪藻、緑藻、接合藻が出現	珪藻、緑藻、接合藻の多種類が出現；鼓藻類の主要分布域	水中の藻類は少ないが着生藻類多い
動物では	マイクロなものが主で原生動物が優勢	まだマイクロなものが大多数を占める	多種多様になる	多種多様
特に原生動物では	アメーバ類、鞭毛虫類、繊毛虫類が出現；太陽虫類、双鞭毛虫類、吸管虫類は出現しない	太陽虫、吸管虫類がポツポツ現れるが双鞭毛虫類はまだでない	太陽虫、吸管虫類の汚濁に弱い種類が出現；双鞭毛虫類も出現	鞭毛虫、繊毛虫類は少数現れるのみ
後生動物では	輪虫、蠕形動物、昆虫幼虫が少数出現することがある程度；ヒドラ、淡水海綿、蘚苔動物、小型甲殻類、貝類、魚類は生息しない	淡水海綿及び蘚苔動物はまだ出現しない；貝類、甲殻類、昆虫が出現；魚類のうちコイ、フナ、ナマズなどはここにも生息する	淡水海綿及び蘚苔動物、ヒドラ、貝類、小形甲殻類、昆虫の多くの種類が出現；両生類及び魚類も多くの種類が出現	昆虫幼虫の種類が多い；ほか各種の動物が出現
※水域の例	はなはだしく汚染した川、例えば仁淀川水系の宇治川と相生川下流付近、江の口川の源流点や円満橋付近	国分川支流の紅水川及び舟入川の中流域、下田川の中流付近	香宗川、夜須川の下流付近、吉見川など	四万十川、新莊川、仁淀川、安芸川、伊尾木川、安田川、奈半利川、羽根川など

※堀内泰男：底生動物相による高知県内河川の水質評価の試み、高知県公害防止センター、1990より引用