



しか把握することができなかつた。例えば河川で魚の弊死が報告された後、直ちに採水を実施しても、その時の水はるか下流に流れていて原因が判らないということが時々生じる。これらの欠点を補うべく、恒常的あるいは一時的な汚濁排水の影響を直接的に受ける生物を使い、生物学的水質判定法が Kolkwitz-Marsson, Liebmann によって考案され、日本では奈良女子大学の津田松苗教授らにより確立されてきた。その生物学的水質判定の方法としては Beck-Tsuda 法による生物指数が主に用いられているが、その他優占性種法、造網型係数、多様性指数および汚濁指数など多くの方法が提案されてきた。いずれの方法も、実際面においては季節的に大きく変動が生じる。例えば、春季の羽化直後や夏季および梅雨期による増水時は生物の生息は少なく、冬季から春季に水生昆虫では終令幼虫となり、個体数も多くネットにかかり易いなど採取時の条件も複雑に影響してくる。その上、生物指数における清水性種と耐汚濁性種の区別もそれぞれ調査者の経験により主観的に分けられてきた。しかし、その経験も扱った河川の違いや、汚濁に対する評価の妥当性にも個人差が生じるなど、普遍性に疑問があった。そこで筆者は1970年より東海地方を流れる木曾三川、矢作川および豊川の主に水生昆虫による底生動物群集の調査を継続して行ってきた。それは先にあげたいくつかの方法論を総合的に判断して、総合判定としてのランク付けを実施する方法を試みた。このことは、結果的には経験による主観に頼らざるを得ないという欠点を依然として残している。その上、誰が行っても簡単にでき、普遍性のある結果とはいいがたい側面もある。

水質や環境条件の違いが底生動物群集の組成になんらかの影響を与えるとすれば、逆に底生動物群集の組成の違いを調べることにより、水質や底質などの環境条件の変化をとらえることができると考えられる。環境要因や汚濁要因の違いが、底生動物群集に大きく影響を与えているとすれば、汚濁要因の違う河川の調査研究を行い、底生動物群集の違いを比較見当して異なる河川間に一定の関連を求めることにより、指標化の方法の有効性を見い出せると考えられる。

以上の関点から、15年間の採集データを整理して、経年変化を調べ、生物学的水質判定法の検討を行った。また、水質汚濁により生じる環境の悪化や、底生動物相におよぼす影響についても群集レベルで検討を行った。

## 方 法

1. 異なった水質環境をもつ、木曾川、長良川、揖斐川、矢作川、豊川において環境要因、汚濁要因および底生動物群集のそれぞれの相違を比較検討する。
2. 1970年より1985年までに行った調査結果を経年的変化としてとらえ、群集組成による比較検討を行う。
3. 群集組成の分析は、生物指数、造網型係数、優占性種、耐汚濁性種が総個体数に占める割合、多様性指数および類似度指数との比較検討を行う。

## 結果および考察

### 1. 主要河川における底生動物群集の比較

東海地方には木曾川のように20数ヶ所のダムが上・中流部にかけて散在しているのと対比的に長良川には全くダムがない。揖斐川では上流部に大規模なダムがあり、現在も徳山ダムの建設が始まり、それに加え支川である根尾川にもダム建設の計画がある。また長良川においても河口堰の建設が予定されており、今後ダムの影響が大きく現われてくることが予想される。すなわちダム建設に伴う土砂の流出や堆積による底質環境の悪化や止水化による底生動物相の変

表1 東海地方主要河川における底生動物の種類数と個体数の経年変化  
矢 作 川

調 査 地 点	1971			1977			1981			1983			1984		
	A	B	N	A	B	N	A	B	N	A	B	N	A	B	N
上村川平谷	4	0	5	21	3	79	20	8	268	23	2	138	9	2	45
根羽川小田子	8	2	62	20	3	65	29	2	160	22	3	179	24	3	164
名倉川稲武淵	4	2	43	23	4	182	10	2	57	25	2	370	37	3	469
明智川須淵							12	2	236	29	4	624	20	2	214
矢作川笹戸	1	1	23	15	2	126	25	1	414	21	4	56			
大伏川富田	0	0	0	3	1	9	8	0	24	12	3	123	10	1	305
飯野川西広瀬	0	0	0				9	0	59	8	6	110	13	3	128
籠川荒井	0	0	0	0	0	0	6	2	41	4	2	14	6	2	34
足助川足助							14	3	96	23	2	173	32	6	279
巴川香嵐溪	13	3	86	30	7	256	6	2	60	21	2	486	31	2	246
矢作川天神橋	0	2	14				2	0	7						
大平川大平橋	0	4	100				7	3	224	31	3	443			
矢作川米津橋	0	0	0												

木 曾 川

調 査 地 点	1970			1975			1979			1983		
	A	B	N	A	B	N	A	B	N	A	B	N
木曾川藪原				28	1	206	23	2	376	13	1	115
王滝川桑原				11	1	141	21	3	384			
木曾川柿其橋				9	0	28	11	1	138	9	1	30
落合川恵乃裾橋				6	1	32	10	3	89	22	2	230
中津川比野大西				7	2	49	22	4	220	29	4	532
木曾川美恵橋				11	2	36	16	3	180			
付知川知原橋				9	2	38	22	4	130	24	5	216
阿木川大井				6	4	46	10	6	120	16	2	229
加茂川美濃太田				19	3	198	23	4	122			
可児川乘里大橋				11	3	138	13	3	123			
木曾川犬山				11	2	71	14	1	93	25	3	465
木曾川前渡				2	4	194	2	3	321			
新境川笠田町				4	5	74	6	4	787	12	13	376
木曾川笠松	0	0	0	7	3	89						
木曾川起	0	2	12	7	6	133	4	7	51			
木曾川祖父江				0	3	34	3	5	92			
木曾川葛木	0	2	36	5	1	18	7	3	35			
木曾川尾張大橋	0	2	11	9	4	51						
飛騨川小坂町・藤橋	0	0	0	8	4	76						
馬瀬川金山町	0	0	0	7	4	69						
白川松ヶ瀬橋	0	2	127	1	3	12						

長 良 川

調 査 地 点	1970			1973			1983			1985		
	A	B	N	A	B	N	A	B	N	A	B	N
長良川白鳥				9	2	133				34	4	253
長良川郡上	8	2	53	19	1	240	27	5	313	15	1	77
吉田川郡上				18	2	224				30	4	141
長良川・吉田川合流点	10	0	306	21	1	184				13	2	73
長良川美濃立花	7	0	112	24	1	215	29	4	207	11	1	95
板取川長瀬橋				11	3	183	27	4	238	14	3	65
長良川鮎之瀬	8	1	196	17	3	286				19	1	158
武儀川南武芸橋	3	0	24	15	3	153	15	2	87	19	4	131
津保川桜橋	1	3	25	15	4	109	16	9	248	6	1	63
長良川保戸島橋	4	2	156	15	2	69				16	1	66
長良川鏡島大橋	4	2	43	6	3	98				10	0	36

揖 斐 川

調 査 地 点	1970			1974			1983			1985		
	A	B	N	A	B	N	A	B	N	A	B	N
揖斐川東杉原				6	0	21				22	1	464
揖斐川久瀬村				11	1	23				21	1	88
揖斐川岡島橋				16	3	92	17	2	68	19	3	149
粕川粕ヶ原				12	1	58	18	3	326	20	1	96
根尾川長島				19	0	105				25	1	162
根尾東谷川板屋				19	2	60				18	1	194
根尾川板所				12	0	19				19	1	111
根尾川山口				11	0	26	27	5	298	20	2	210
揖斐川鷺田	2	3	21	7	1	41				17	1	197

A: 清水性種 B: 耐汚濁性種 N: 個体数

(空白は未調査)

化が考えられる。これらのことは矢作川や庄内川の支流において陶土の流出やダム湖内の川砂採取による汚濁で1970年頃にはそれらの河川は懸濁物による影響を直接に受け、死の川と化していたことから推定できる。

有機汚濁に関してしてみると、豊川や揖斐川では、それぞれ豊橋市内および大垣市内の生活排水が流入するまでは大規模な汚濁もなく、非常に清冽な流れであったものが、突然典型的な都市型汚濁河川になっている例がある。木曾川や長良川では、岐阜市や犬山市およびその周辺都市からくる排水路により汚濁負荷も非常に大きく、急速に汚濁が進んでいる。しかし、流量の多さや自浄力などにより、中・下流部では底生動物相はかなり回復している現状が見られる。

いっぽう経年的な底生動物群集の変化も、1970年初めには木曾三川の下流部が排水路も含めて死の川の状態を呈していたが、1970年代の終わりには急速に回復へと向っている。しかし、上・中流部において、特に郡上八幡町、下呂町、揖斐川町、美濃市などへの人口集中化および開発による水質の富栄養化が、底生動物群集の質および個体数の大巾な増加として現われてきている。

次に、1983年から1985年に行った木曾川、長良川、揖斐川、矢作川、豊川などの上・中流部の調査結果を対比するために、大きく6つの区に分けて表2、3に示した。

木曾川では最上流部の区分Ⅰでは、種類数14種と少ないが耐汚濁性種（B種）が1種だけで、生物指数（1980年に二つの種類で試みた方法をβ法および改法としてあらわす）は両法ともAランクを示す。耐汚濁性種の総個体数に対する割合（B/N）は30.4%と高い値を示している。

表2 東海地方主要河川における底生動物の種類数と個体数との比較

流域区分	木曾川			長良川			揖斐川			矢作川			豊川		
	A	B	N	A	B	N	A	B	N	A	B	N	A	B	N
Ⅰ	13	1	115	35	4	253	19	1	125	23	2	138	22	3	201
Ⅱ	22	2	230	13	2	73	22	1	464	25	2	370	26	2	228
Ⅲ	29	9	532	11	1	95	19	3	149	21	2	182	27	3	227
Ⅳ	24	5	216	19	1	158	19	1	111	21	4	408	21	6	166
Ⅴ	22	2	229	16	1	66	20	2	210	16	1	236	20	2	394
Ⅵ	12	13	376	10	0	36	17	1	197	8	6	110	18	3	198

表3 東海地方主要河川における底生動物の生物指数と耐汚濁性種との比較

流域区分	木曾川			長良川			揖斐川			矢作川			豊川		
	BI	改法	B/N	BI	改法	B/N	BI	改法	B/N	BI	改法	B/N	BI	改法	B/N
Ⅰ	27	1.14	30.4	74	1.21	3.2	39	1.10	4.0	48	1.16	43.5	47	1.24	10.4
Ⅱ	46	1.17	19.6	28	1.27	4.1	45	1.09	0.2	52	1.15	6.0	54	1.14	1.3
Ⅲ	67	1.47	4.9	23	1.17	8.4	41	1.27	8.1	44	1.17	8.2	57	1.20	4.8
Ⅳ	53	1.34	19.8	39	1.10	3.8	39	1.10	6.3	46	1.32	17.2	48	1.44	10.2
Ⅴ	46	1.17	8.7	33	1.12	12.1	42	1.18	7.6	33	1.12	0.9	42	1.18	4.1
Ⅵ	37	2.04	85.1	20	1.00	0	35	1.11	1.0	22	1.86	36.4	39	1.29	19.7

BI: 2A+B    改法: A+3B/A+B    B/N: B種の個体数/総個体数

優占性種もある程度有機的な汚濁が進んだ河川に多いクロマダラカゲロウであった。これらのことをまとめてみると、この地点は藪原町の集落からくる家庭下水などの有機的汚濁が一応考えられる。

区分Ⅲの中津川市では種類数38種と多く、個体数は532個体と調査地点中最大となる。耐汚濁性種は9種と多いが、B/Nでは4.9%と低い。優占性種は耐汚濁性種ではないが、前記同様有機汚濁の進んでいる河川によくみられるトウヨウマダラカゲロウであった。これらのことを総合して考えると、中津川市や木曽福島市などでは市街地は山間部の狭く閉じこめられた河川の両側に人口が集中をしている。これらの市街地を流れる排水溝および下水はかなり有機汚濁が進んでおり、都市型下水の状態に似てくる。しかし、木曽川などの大きな河川においては水量や河川の浄化力により、有機物質も希釈され、安定河川の代表である造網型のシマトビケラや石面に付着生活を送るマダラカゲロウなど個体数の増加に結びつくと考えられる。

これらのことは多様性指数の数式化で理解出来る様に、源流部においては河川の生産力が少ないこともあって個体数、種類数ともに少ないが、上流部の清冽な河川では種類数が増加し、それに伴って個体数も増加してくる。有機的な汚濁が進んでくると種類数、個体数が減少してくるが、汚濁が更に進むと耐汚濁性種などの特定な種の個体数が増加し、段々好汚濁性といわれる赤色ユスリカやヒル、イトミミズなどにかわり、特定種の個体数が異常に増加する。そして最後には全く生物の生息できない状態にまで至るのが通常とされている。

区分Ⅵは中流域における最下流地点である美濃加茂市で、この地点は区分Ⅵにおける五河川中一番種類数が多く(25種)、個体数も376個体と多い。さらに耐汚濁性種が13種と多く、優占性種も耐汚濁性のコダカシマトビケラでB/Nも85.1%と耐汚濁性種が大半を占めている。このことは清冽な河川に急激な富栄養化が進み、種類数の増加および個体数の増加につながったと思われる。生物指数のβ法ではAランクを示すが、改法ではDランクを示している。このことは耐汚濁性種に重点を置いて有機汚濁の状態を大きく現わし、中腐水性域の細分化を行い、底生動物の殆ど生息できないと考えられる強腐水性域を省いて考えようとしたためである。

長良川では、区分Ⅰの白鳥町で39種と最も多いが、個体数は253個体と上流域においては特別多い方ではなく、耐汚濁性種は4種認められるが、B/Nは3.2%と非常に低い値を示している。造網型係数も30.8%とやや高く、生物指数において両法ともにAランクを示し、多様性指数においてはシン普森の公式で0.89と清冽な河川の状態を示している。

区分Ⅱ～Ⅵの郡上八幡町より下流では、種類数、個体数が五河川中最も少ない。造網型係数では27～47%と大きく優占性種もチャバネヒゲナガカワトビケラやエルモンヒラタカゲロウなどの清水性種であり、多様性指数もシン普森の公式(0.75以上は清冽)で0.81～0.92と高い値を示している。特に区分Ⅵでは10種36個体と最も低いが、耐汚濁性種は0種である。種類数、個体数ともに少ない理由として、底質が砂であるため造網型の種が全く見られないことが考えられる。このことは長良川では有機汚濁による汚染よりも土砂の採取などによる河床の砂泥化とその懸濁物質が底生動物群集におよぼす影響を考えなければならない。

揖斐川では耐汚濁性種が少なく、豊川では種類数が多い事が特徴であり、両河川とも造網型係数が35～50%と高く、安定した河川と思われる。大きな都市は下流の大垣市や豊橋市のみで、両市内に到達するまでは小さな市や町からくる比較的少ない有機排水や田畑を流れる小河川であり、富栄養化も大きくなく、底生動物相にはさほど影響を与えていないようである。

矢作川については、次の経年変化の項で底質の問題点を含めて考察するので、ここでは省略する。なお、他の四河川(木曽川、長良川、揖斐川、豊川)および庄内川、天白川での底生動

物群集の経年変化については、第二報で詳しく報告したい。

## 2. 矢作川支流における底生動物群集の経年変化

前報（1980，八田）において，1961年，1971年および1977年での主として本流における底生動物群集の比較を行った。その後1981年，1983年および1984年と継続して調査を行ったので，ここにそれらを併せて比較検討を行う。

前報で報告したように，1961年当時の犬伏川は本流への流入前での水質は源流域と類似しており，中流域より陶土による汚染が進み，下流域にまで影響が現われていた。すなわち，上流域では種類数も20種以上を数え，個体数も1コドラートあたり100～300個体と多いが，犬伏川の本流への合流後は種類数が少なく，個体数も1コドラートあたり数個体から31個体と非常に少ない。1971年には珪砂工場などからの懸濁物質の流出により，アユやフナ的大量死が問題となった。上流域で合流する三大支川の上村川，根羽川，名倉川においても表1-1に示した通り4～6種と少なく，個体数においても5～63個体と少ない。中流域における犬伏川，飯野川，籠川は三大汚濁河川として，まったく水生昆虫の採集はされず，死の川の状態を呈していた。1977年において，犬伏川などの汚濁河川では種類数も個体数も少なく，上流域で合流している三大支川や巴川において20～37種，65～256個体とかなり増加していた。

1981年以降は，水質の回復と同時に富栄養化が進み，種類数の増加と共に，個体数の増加が著しく起り，特に上流域においてその傾向は顕著に認められる。多様性指数においても特定の

表4 矢作川支流における底生動物の生物指数と耐汚濁性種の経年変化

支川名	1984		1983		1981		1977		1971	
	BI	B/N	BI	B/N	BI	B/N	BI	B/N	BI	B/N
上村川	20	8.9	40	43.5	48	35.8	45	8.9	8	0
小川川	37	26.7								
根羽川	51	3.7	47	44.1	60	15.6	43	15.4	18	9.7
名倉川	77	3.0	52	5.9	22	3.5	50	24.2	10	9.3
黒田川	23	1.4								
段戸川	42	0								
吉田川	30	33.2								
明智川	42	4.2	62	22.6	26	0.8				
介木川	45	2.9								
犬伏川	21	0.3	27	28.5	36	3.7	7	11.1	0	0
飯野川	29	53.9	22	36.4	18	0			0	0
籠川	14	35.3	10	14.3	0	0			0	0
伊保川	13	6.2								
足助川(上)	51	0.7								
足助川	70	19.4	48	19.7	31	20.8				
大見川	39	0.7					59	9.8		
巴川	64	2.8	44	6.8	14	8.3	67	11.3	29	15.1
乙川			65	34.8	17	37.9			4	91.7

(空白は未調査)

表5 矢作川支流における底生動物による多様性指数の経年変化

支川名	1984		1983		1981		1977		1971	
	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S
上村川	1.64	0.65	2.13	0.82	1.71	0.92	2.70	0.93	1.79	0.90
小川川	1.73	0.77								
根羽川	2.11	0.89	1.87	0.84	2.45	0.95	2.85	0.93	1.27	0.83
名倉川	1.85	0.87	1.40	0.85	1.59	0.72	2.00	0.88	0.91	0.62
黒田川	1.43	0.84								
段戸川	1.58	0.84								
吉田川	1.06	0.67								
明智川	1.50	0.81	1.32	0.86	0.91	0.79				
介木川	2.04	0.87								
犬伏川	0.63	0.42	1.35	0.89	1.63	0.81	1.33	0.75	0	0
飯野川	1.41	0.65	1.33	0.88	1.17	0.80			0	0
籠川	1.37	0.83	1.60	0.75	1.25	0.64			0	0
伊保川	1.22	0.33								
足助川(L)	2.21	0.91								
足助川	2.28	0.93	1.90	0.88	1.74	0.87				
大見川	1.70	0.85					2.36	0.91		
巴川	2.10	0.91	1.04	0.78	1.03	0.76	2.31	0.85	1.73	0.85
乙川			1.62	0.92	0.67	0.79			0.40	0.51

M: Menhinick の公式  $S/\sqrt{N}$ S: Simpson の公式  $1 - \sum_{i=1}^S N_i(N_i-1)/N(N-1)$ 

(空白は未調査)

種が全体の大半を占め、個体数のかたよりが非常に大きくなってきている。さらに優占性種は上流域で1977年に、ナミヒラタカゲロウなどのヒラタカゲロウ属やギフシマトビケラであったのが、1983年、1984年にはコカゲロウ属に変っている。生物指数は種類数や個体数の増加により、表面上清冽と思われるが、土砂の堆積など底質環境の悪化による緩水性種の増加、さらには富栄養化による個体数の増加や耐汚濁性種の種類数および個体数の増加が目立っている。

1983年の明智川では、33種と種類数は多いが、個体数は624個体と一段と非常に多くなっている。これは優占性種であるウルマーシマトビケラやオオマダラカゲロウが全個体数の大半を占めていることによるものである。このことは中小都市における有機的な汚濁、すなわち家庭下水および屎尿処理などの排出の影響が現われていると考えられる。犬伏川、巴川さらに乙川などの中流域だけでなく、稲武町、上矢作町などの影響下にある上流域の名倉川でさえも富栄養化の影響が現われ出している。

矢作川において、上流域の富栄養化と併せて、1980年代になって造網型係数の大巾な低下が観測されるという興味深い事実が認められた。すなわち1971年では平均46%、1977年では平均49%と高かった値が、1981年、1983年に平均20%、1984年では平均12%と大きく後退してきている。このことは、河床の安定性が悪く、陶土の流入およびダムなどによる止水化のために起る土砂の堆積や、それに伴う川砂の採取が底生動物などの生息環境に大きく影響を与えたためと思われる。

## 要 約

1. 1970年代の初めに今回調査したいずれの河川も水質汚濁が進み、特に中・下流域では死の川の状態を示していた。1975年頃より水質の浄化が進み、底生動物も増加してきた。しかし、1980年代になると富栄養化の波が上流域にまでおよび、個体数の増加および耐汚濁性種の出現が認められるようになった。特に最近では河川の富栄養化の影響を受けて、アミメカゲロウなどの大発生が東海地方でも報告されるようになってきている。

2. 木曽川では上・中流域における有機汚濁が目立ち、耐汚濁性種の総個体数に対する割合(B/N)が30%と高く、特に中流域の美濃加茂市では85%と非常に高くなり、富栄養化による個体数の増加が問題となる。

3. 長良川および矢作川においては、土砂の堆積によって河床での底生動物の生息環境の悪化が個体数の減少をもたらすといった新たな問題が生じている。

## 文 献

- 1) 八田耕吉：指標生物による木曽川の水質判定，名古屋女子大学紀要，**23**，155～166（1977）
- 2) 八田耕吉：指標生物による木曽川の水質判定（I，II），名古屋女子大学紀要，**26**，123～134，135～149（1980）
- 3) 川合禎次：日本産水生昆虫検索図説，409，東海大学出版会（1985）
- 4) 木元新作：動物群集研究法 I，192，共立出版（1976）
- 5) 建設省河川局監修：1984日本河川水質年鑑，420～460，山海堂（1985）
- 6) 小林紀雄 他5名：横浜市内河川の底生動物相，コカゲロウおよびユスリカ幼虫の分布とその特徴，横浜市公害対策局，109～124（1986）
- 7) 津田松苗・森下郁子：生物による水質調査法，238，山海堂（1974）
- 8) 松中昭一：環境汚染を啓示する，182，講談社（1975）
- 9) 野崎隆夫：相模川に生息するアミメカゲロウの生態，神奈川自然誌資料，**4**，37～41（1983）
- 10) 手塚泰彦：環境汚染と生物 II，310，共立出版（1972）