

(36) 農業地域の小河川における底生動物相による 生物学的水質指数の季節変動

Seasonal variations of biological water quality index based on benthic animals in the stream of agricultural area.

安 嬰* 大村達夫* 海田輝之* 相沢治郎* 佐藤芳光**

An Ying*, Tatuo OMURA*, Teruyuki UMITA*, Jiro AIZAWA*, Yoshimitsu SATO**

ABSTRACT; The seasonal variations of biological water quality indices based on benthic animals were investigated in the Ohkawa river which was flowing through the agricultural area. The water quality of Ohkawa river was characterized by comparatively low organic pollution and high concentrations of nutrients such as nitrogen and phosphorus.

The total number of species of benthic animals which appeared in the Oh-kawa river through a year was 132 species, and most of species appeared were belonging to Ephemeropter, Trichoptera and Diptera.

The seasonal variations in both the number of species of benthic animals and the number individuals were clearly observed.

And also the seasonal variations of the biological indices such as similarity index($C\lambda$), the diversity index (DI), the tolerant species index (I) and the pollution index (PI) which were based on the benthic animals were more useful in judging the water quality in the Oh-kawa river from the biological and biochemical viewpoints.

KEYWORDS; Oh-kawa river, Benthic animals, Seasonal variations, Biological water quality indices, Agricultural area

1. はじめに

水生生物とその生息している水環境とは、作用・反作用の関係にあって、お互いに影響しあっているため、水生生物相は、その水環境の汚濁度を推定するための生物学的水質判定にしばしば用いられる。特に水生動物のうち底生動物は、体が大型で移動能力が弱いなどの特徴を持っているので、近年、家庭及び産業排水の流入による河川水の水質汚濁の評価に底生動物相が利用されるようになった^{1), 2), 3)}。しかしながら、主に農業地によって囲まれている河川における底生動物相、及びその底生動物相の季節変動と水環境の調査についての報告は少ない。底生動物相の季節変動はある河川固有の生物学的水質の現況を端的に表現するものと考えられるので、将来の生態系を考慮した河川環境づくりにおいては充分把握しておく必要がある。そこで、本研究においては岩手県大川の底生動物相を対象にして、農業地域を流れる河川の底生動物相の季節変動と河川的环境要因との関連を明らかにした。

*岩手大学工学部建設環境工学科, Department of Civil and Environmental Engineering, Iwate University

** (株) 日水コン, NIHON SUIDO CONSULTANTS Co, Ltd.

2. 調査方法

2. 1 調査地点および流域の概要

大川は岩手県の南部の山地に源を発し、隣接する宮城県気仙沼市を貫流して気仙沼湾に注ぐ流程約27kmの河川である。

調査地点は5ヶ所であり、河口から約24km上流の柄勺田橋(St. 1)と約12km上流の上前木橋(St. 5)との間である(Fig. 1)。Fig. 1に示した調査地点の流域では、人口、耕地及び小規模な工場などは本川沿いに集中しているが、どちらかといえば第1次産業を中心とした農業地域となっている。

平成元年度の大川流域汚濁源フレーム¹⁹⁾を用いて得られた調査流域の発生汚濁負荷量(BOD)をTable 1に示す。この表より、家畜による負荷量が最も大きく、次に人口、農地、工場、観光の順となった。すなわち家畜、家庭、農業および食品加工場からの排水が調査流域における汚染源となっている。

なお、すべての調査地点は農業地からの排水の影響を受けて

いるが、特に、St. 1は山林および農地による汚濁を強く受ける地点と考えられ、St. 2は染色工場の下流に、St. 3は比較的

人口密度の高い地域の下流に、St. 4はブローラー工場の下流にそれぞれ位置している。

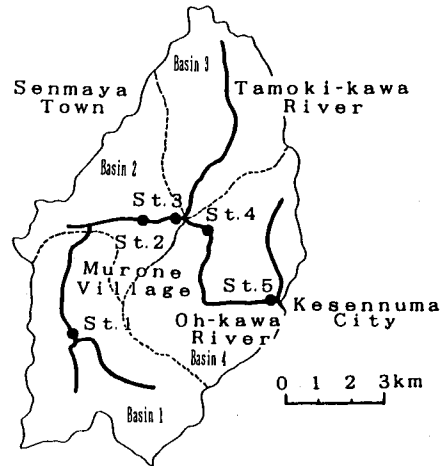


Fig. 1 Sketch map of the sampling stations

	Table 1 BOD loading in the Oh-kawa river (kg·BOD/year)				
	Basin 1	Basin 2	Basin 3	Basin 4	Total
Population	18870.2	24499.1	8654.6	15556.6	65547.5
Sightseer	0.0	1201.7	1201.6	0.0	2403.3
Factory	1075.2	1041.7	32.9	7182.0	9331.8
Farm animals	65597.8	180660.4	89775.4	84884.4	420918.0
Agriculture	4043.8	3270.3	1888.6	3270.3	12473.0
Forest etc.	9082.3	5601.7	6961.3	10061.2	31706.5
Total	98669.3	216241.9	108512.4	110839.6	544380.1

2. 2 底生動物相調査方法

底生動物相の季節変動の調査は1992年4月より1993年4月までの1年間で隔月におこなった。ただし、St. 3においては支流の田茂木川からの影響を避けるために採集地点を6月以降田茂木川との合流点より本川の上流方向に30m移動した。底生動物採集地点の概要としては、各調査地点とも平瀬の石礫底で、水深約0.14~0.45m、流速約0.20~0.98m/sの範囲にあった。

底生動物の採集は、0.5m×0.5mのコドラートのついたサーバーネット(網目; NGG40)を用いて、各地点で2回ずつ、合計0.5m²の面積で採集した。採集方法は、サーバーネットの枠内の石を静かに手で取り上げて、バケツに移し、岸に運び、ピンセットで石の表面に存在している底生動物を採集した。その後、石の表面を筆で洗い、水を入れたバケツあるいはバッドの中に付着物を採集した。また、コドラート内に残っている小石や砂などは手ですくい上げて、水流を利用して、出来るだけネットの中に流し込むようにした。小さい石と砂はそのままネットから出して、水の入ったバケツに入れ、よく攪拌したあと、サーバーネットでこし、この操作を底生動物が採集できなくなるまで繰り返した。採集した標本は、5~10%のホルマリン溶液で固定した。

採集した底生動物は実験室で実体顕微鏡を用いて、出来るだけ種まで同定し、底生動物が蛹となっている場合の同定は科までとしたが、科までの同定も出来ない場合は、目までとしそれぞれ一種とした。また、Chironomidaeは種までの同定は困難であるので、緑色と赤色に区別しそれぞれ一種とした。同定方法は主として津田⁴⁾、河田⁵⁾および上野⁶⁾に従って行い、カゲロウ(蜉蝣目(Ephemeroptera)と毛翅目(Trichoptera)の一部は川合⁷⁾、柴谷⁸⁾に従った。

2. 3 理化学的水質測定方法

理化学的水質調査は底動物調査と同時に、
また、流速の測定も行った。水質測定項目は、以下
のように、BOD（ウィングラーアジ化ナトリウム変法¹²⁾）、 $\text{NH}_4\text{-N}$ （フェノール・次亜塩素酸法¹³⁾）、 $\text{NO}_2\text{-N}$ （ N -（1-ナフチル）エチレンジアミン・スルファニル酸法）、 $\text{NO}_3\text{-N}$ （ Cd-Cu 還元後、 $\text{NO}_2\text{-N}$ として測定）、 $\text{PO}_4\text{-P}$ （アスコルビン酸法¹⁴⁾）、 T-P （過硫酸分解後¹⁴⁾、アスコルビン酸法）とした。

3. 生物学的水質評価法

生物学的水質評価法については多くの方法が提案され、それぞれの有効性について論じられてきている^{11), 9), 10), 11)}。本研究の考察においては、以下の指数を用いることとする。ただし、Pollution Indexについては、津田ら⁹⁾は生物の多少度(h)を用いて計算しており、多少度の評価に3段階の1:偶在, 2:多少, 3:すこぶる多いを使っている。しかし、3段階の分け方は不明瞭な点があると思われるので、本研究では小田ら³⁾の考え方をを用いて、「h:生物の多少度」を「 N, n_i :指標種の個体数」として解析を行った。多少度(h)と個体数(N)を用いて求めたPI値の比較は今後の検討課題である。

4. 調査結果

4. 1 環境要因

各調査地点の水温、流速の季節変動をFig. 2とFig. 3にそれぞれ示す。水温は4~25°Cの範囲で変動し、各地点とも同様な変動パターンを示した。そして

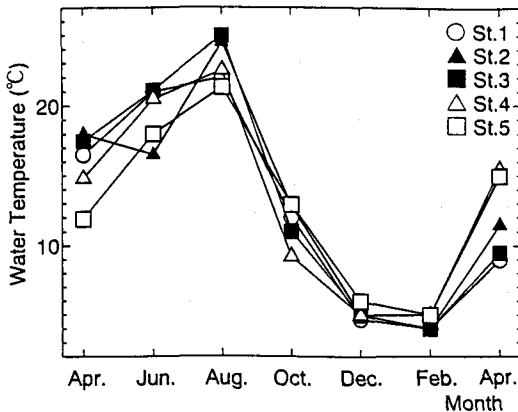


Fig. 2 Seasonal variations of water temperature

(1) 群集類似度指数 ; $C\lambda^{11)}$

$$C\lambda_{(N)} = \frac{2 \sum_{i=1}^2 n_{1i} \cdot n_{2i}}{(\lambda_1 + \lambda_2) N_1 \cdot N_2}$$

$$\lambda_1 = \frac{\sum_{i=1}^2 n_{1i} (n_{1i} - 1)}{N_1 (N_1 - 1)} \quad \lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^2 n_{2i} (n_{2i} - 1)}{N_2 (N_2 - 1)}$$

N_1, N_2 : それぞれの標本の総個体数
 n_{1i}, n_{2i} : それぞれの標本中の個々の種の個体数

(2) 群集組成での

Shannon の Diversity Index ; $DI^{3)}$

$$DI_{(N)} = -\sum (n_i/N) \log_2 (n_i/N)$$

n_i : 個々の種の個体数 N : 総個体数

(3) 汚濁耐性種指数 ; $I^{11)}$

$$I = (t/s) / (T/S)$$

t : 各地点汚濁耐性種数

s : 各地点の種数

T : 全地点汚濁耐性種数

S : 全地点の種数

(4) 汚水生物体系での汚濁指数

Pollution Index ; $PI(N)^{3)}$

$$PI = \frac{\sum (S \cdot n_i)}{\sum N}$$

S : 汚濁階級指数

n_i : 個々の指標種¹⁵⁾の個体数

N : 指標種の総個体数

os指標種(oligosaprobic)には S=1
 β ms指標種(β -mesosaprobic) S=2
 α ms指標種(α -mesosaprobic) S=3
ps指標種(polysaprobic) S=4

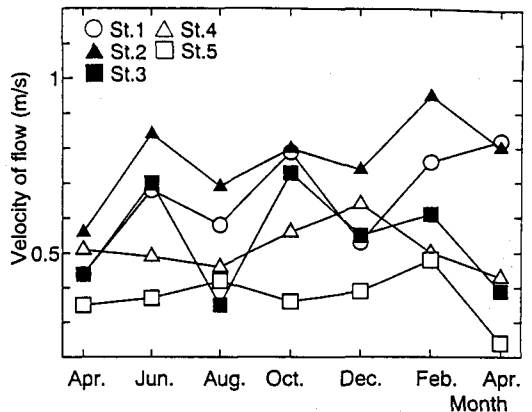


Fig. 3 Seasonal variations of velocity

て、1993年4月の水温は1992年同期と比べると、上中流のSt. 1、St. 2とSt. 3では、約7℃低くなり、St. 4とSt. 5ではほぼ同じであった。

全地点の流速を見ると、上流のほうは下流より比較的早い。そして、上流での流速変動は下流より大きかった。

St. 1～St. 3では底質は石礫底であり、St. 4とSt. 5では砂が比較的多い石礫底であった。大川の上流部においては、流れ幅が狭いために、降雨、融雪と農業用水によって、流速がかなり変動し、それによって底質の安定性が影響される。

4. 2 理化学的水質結果

各調査地点の理化学的水質結果をFig. 4に示す。大川は環境基準としてA類型が設定されている。BOD値は夏期に0.87～2.33ppmで、環境基準のAランクをほぼ満足しているが、冬期にその値は2.24～4.67ppmで、A類型の環境基準を満足せず、B類型ないしC類型の環境基準となった。このことは大川では夏期においては、自浄作用がかなり期待できることと、冬期では流量の低下などがBOD値の増加の原因と考えられる。また、調査流域は農業地が主要であり、Inorg.-N ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$)、T-Pの値が高く、調査流域内水質の特徴的な点となっている。

また、92年4月と93年4月ではBODおよびリンの濃度がかなり異なったが、93年4月の調査時においてはかなりの濁りが観測され、これが原因と考えられる。

4. 3 底生動物相

(1) 出現種

一例として、1992年4月に各採集地点で採集されたすべての底生動物のリストを

Table 2に示す。年間を通じて採集された総

種数は132種で、そのうち、Aquatic Insects 120種、Oligochaeta 3種、Crustacea、HirudineaとGastropoda各2種、Hydrocnellae、NematodaとTurbellaria各1種であった。底生動物相は水生昆虫に属する種数が圧倒的に多いので、種数の季節変動は水生昆虫の種数の変動に基づいていた。

一年を通じて、全ての調査地点に共通して採集された種すなわち共通種は4種で、*Hydropsyche ulmeri*、*Antocha* sp., *Baetis* spp. とChironomidae(G-Type)であった。これらの共通種を、Fig. 5に示す。

Fig. 6は0.5㎡あたりの群集構成の目別種数の季節変動を示すものである。それぞれの採集地点ごとの年間の種数は20～51で、出現種数は春から初夏にかけて年間の最小を示し、秋から春にかけて増加している傾向

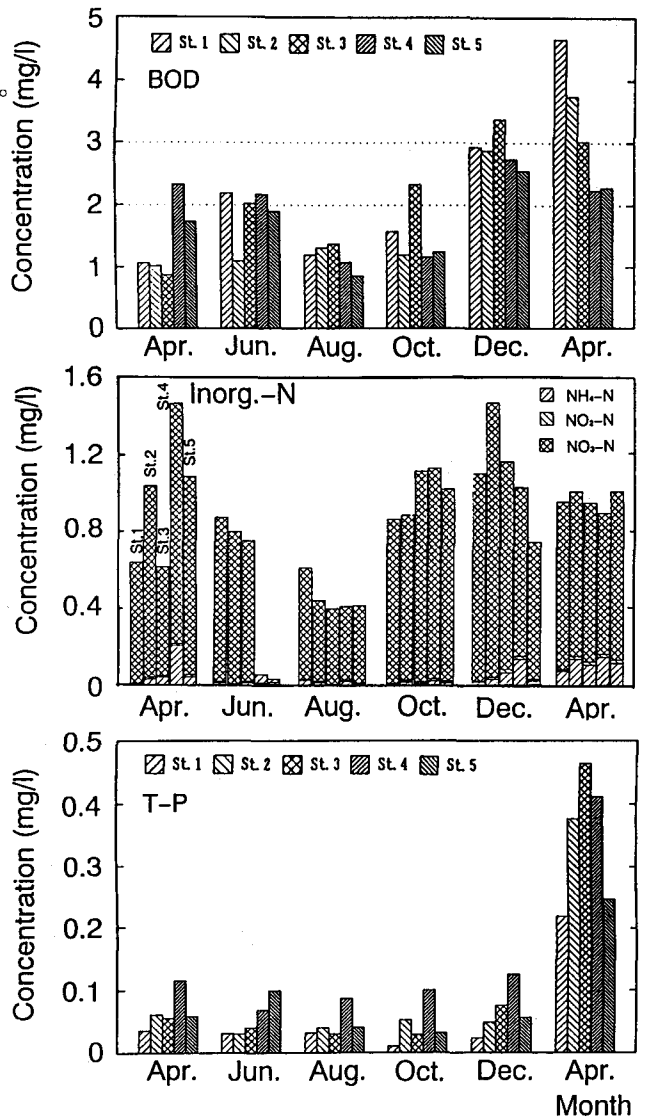


Fig. 4 Seasonal variations of water qualities (BOD, Inorg.-N, T-P)

が見られた。目別種数構成を見ると、年間を通じてEphemeropteraが5～16種、Dipteraが3～15種で、これらの目が最も多く、ついでTrichopteraの2～10種が出現した。

(2) 個体数の季節変動

Fig. 7は0.5㎡あたりの底生動物の個体数の季節変動を示すものである。それぞれの調査地点での個体数は229～12881で、冬から春にかけて次第に増加し、1993年4月に最も多くなった。

1993年4月を除いて、いずれの時期にも水生昆虫は全個体数の95～99%を占めた。水生昆虫の目別個体数を見ると、年間を通じて、Dipteraと Trichopteraが最も多く、個体数の季節変動は主にこの2目の個体数の変動によって左右された。

次に、個体数と種数を見ると、種数が多い場合は個体数も多く、両者の間には正の相関があった。その関係を次式に示す。

$$S=0.038 \cdot N^{3.114} \quad (r=0.87)$$

ただし、S:種数

N:各種の個体数

(3) 優占種の季節変動

Table 3は個体数に基づく各地点の第一～第三位までの優占種の季節変動を示す。まず、優占種の構成について、大川における三位までの優占種は非水生昆虫の汚濁耐忍種Nais spp.を除いて、全てそれぞれ水生昆虫のEphemeroptera、TrichopteraとDipteraに属した。各地点の三位までの優先種の個体数は各地点の総個体数の57.5～88.9%をしめた。これらの結果によって、各採集地点の種数および個体

Table 2 Species and number of individuals in 0.50m² of benthic animals found at each station in the Oh-kawa river in April 1992.

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	Total
Turbellaria						
<i>Phagocata kawakatsui</i>					3	3
Nematoda						
Nematoda	17	2			10	29
Ephemeroptera						
<i>Epeorus uenoi</i>	2					2
<i>E. aesculus</i>	1					1
<i>E. curvatulus</i>		4				4
<i>E. latifolium</i>	2	6	5	9	7	29
<i>E. napaesus</i>		1	1			2
<i>E. ikanonis</i>		1				1
<i>Rhithrogena japonica</i>					1	1
<i>Ephemerella nigra</i>	1	4	7			12
<i>E. rufa</i>	5	16	5	4	4	34
<i>E. trispina</i>	3		8	5	1	17
<i>E. (Drunalla) bifurcata</i>	9	4	26	14	1	54
<i>E. sp. EB</i>		1				1
<i>E. sp. EC</i>	1					1
<i>E. sp. ED</i>				1		1
<i>E. sp.</i>	2		12	1	3	18
<i>Baetiella noseogawaensis</i>	1					1
<i>B. japonica</i>	2	1	5	1		9
<i>Baetis sp. E</i>		7		1	1	9
<i>B. sp. M</i>					1	1
<i>B. spp.</i>	170	101	94	3	1	369
<i>Ephemeria japonica</i>					1	1
<i>Paraleptonphlabia sp. PA</i>		1				1
Trichoptera						
<i>Hydropsychodes brevilineata</i>	71	71	4	28	14	188
<i>Hydropsyche ulmeri</i>	229	534	8	80	15	866
<i>H. sp. HC</i>			2			2
Hydropsychidae(A)		5			1	6
Hydropsychidae(B)		1				1
<i>Rhyacophila yamanakensis</i>	1	2		8		11
<i>R. sp. RH</i>			1			1
Rhyacophilidae	2	12				14
Trichoptera	1					1
Plecoptera						
<i>Doddsia japonica</i>			1			1
Perlinae			1			1
Coleoptera						
<i>Elmis sp. EE</i>	3	10		2	1	16
<i>E. sp. ED</i>	3	4		1		8
<i>E. sp.</i>		1				1
<i>Stenelmis sp. SC</i>	1	1		1		3
<i>S. sp. SA</i>		2				2
<i>Luciala cruciata</i>		1				1
<i>Gyrinus japonicus</i>		1				1
Megaloptera						
<i>Protohermes grandis</i>	2	1				3
Hemiptera						
<i>Aphelochirus vittatus</i>	1	10		7		18
<i>Aquarius paludum</i>		1				1
<i>Diplonvchus japonicus</i>				1		1
Hemiptera				1		1
Diptera						
<i>Eriocera sp. EB</i>	1					1
<i>E. sp. ED</i>	2	3		1	1	7
<i>Antocha sp.</i>	33	240	2	211	128	614
<i>Dicranota sp. DA</i>	1					1
Chironomidae (Red-Type)	2		1	2	6	11
C. (Green-Type)	15	152	44	37	118	366
Tabanidae			1			1
Stratiomyidae			1			1
Diptera	10				3	13
Total	594	1201	229	419	321	2764

Hydropsychodes brevilineataおよび
Antocha sp.の蛹は、それぞれ4月～8月、
4月～10月に採集されたサンプルに出現
したが、前者では10月、後者では12月
のサンプルに出現しなかった。したが
って、これらの種の羽化期は春から初
秋であることが明かとなった。

生活環に年2世代¹⁶⁾の可能性がある
Hydropsyche ulmeriの8月の個体数のピ
ークを除いて、Hydropsyche ulmeri、
Hydropsychodes brevilineataおよび
Antocha sp.はすべて秋から春にかけて
次の羽化期前まで個体数が増加する傾
向がみられた。Chironomidaeは、生活
環が年数世代であるので、必ずしも
Hydropsychodes brevilineataのような
明瞭な個体数の変動があるわけではな
く、どちらかといえば年2世代型の
Hydropsyche ulmeriの変動によくにて

Table 3 Seasonal changes of the dominant species of
benthic animals in the Oh-kawa river from
Apr. 1992 to Apr. 1993

		Apr.	Jun.	Aug.	Oct.	Dec.	Feb.	Apr.
St. 1	1st 2nd 3rd	H. u B* H. b*	H. u A E. s	H. u A B*	H. u S H. b*	C* A H. b*	S* C* H. u	A H. u B*
St. 2	1st 2nd 3rd	H. u A C*	A E. s B*	H. u B* A	H. b* H. u E. r*	H. b* A H. u	H. b* C* E. r*	N* C* E. r*
St. 3	1st 2nd 3rd	B* C* E. b	A H. u E. s	H. u B* A	H. b* H. u E. r*	H. b* A H. u	C* H. b* A	E. r* H. b* C
St. 4	1st 2nd 3rd	A H. u C*	A E. s N*	H. u A B*	H. u A H. b*	A H. u C*	A D C*	A N* C*
St. 5	1st 2nd 3rd	A C* H. u	A N* C*	C* A H. u	A H. b* H. u	C* A H. b*	A C* H. b*	A C* N*

H. u: Hydropsyche ulmeri. A: Antocha sp.
H. b: Hydropsychodes brevilineata
C: Chironomidae S: Simulium spp.
B: Baetis spp. N: Nais spp.
E. s: Ephemerella setigera
E. b: Ephemerella bifurcata
E. r: Ephemerella rufa

*Tolerant species

Table 4 Number of the dominant species in 0.50m² of benthic animals in the Oh-kawa
river from Apr. 1992 to Apr. 1993.

主な優占

種ではない

ので図表に

示さないが、

4月に出現し

	Apr.	Jun.	Aug.	Oct.	Dec.	Feb.	Apr.
<u>Hydropsyche ulmeri</u>	866	1757	6667	3780	3602	3369	2561
<u>Antocha</u> sp.	614	5546	2514	1230	7864	6032	8817
<u>Hydropsychodes brevilineata</u>	188	2	204	3956	5800	4833	3716
Chironomidae	366	1074	1851	569	5740	7671	6033

たEphemerella trispinaは6月～12月まで出現せず、翌年2月、4月ではまた出現した。さらに4月に全地点で
多数分布していたEphemerella(Drunalla) bifurcataは6月ではSt. 3を除いて他のSt. で各1匹ずつ採集され、そ
の後翌年の2月まで出現しなかった。このことは、これらの2種は年1世代であり、水温の増加によって羽化ま
での積算温量に達し4月までに羽化したことを示している。したがって、底生動物相の種数と個体数が夏に少
なくなつて、秋から春にかけて年間の最大値に達した。

翌年4月において、上中流部のSt. 1～St. 3で出現した種数と個体数が調査期間内で最も多くなったことは、
1993年4月の水温は1992年同期より約7℃低く、底生動物の羽化までの積算温量がたりなくなったために、羽
化期が遅れ、個体数が年間の最大値に達したものと考えられる。

また、冬期にBODが高くなり有機性汚濁が悪化するために、汚濁耐忍種であるNais spp.の個体数は4月に各
地点で年間の最大値となった。

各地点の種数(Fig. 6)を見ると、中下流のSt. 4とSt. 5での種数は上中流のSt. 1、St. 2とSt. 3より比較的少な
く、特に降雨などによる砂が多いために河床安定性の弱いSt. 4での種数が最も少なくなった。

小田¹⁷⁾は有機汚濁がすすんだ河川において、出現する底生動物の種数および個体数が少なくなることを明
らかにし、同様に小松ら¹⁸⁾は非常にきれいな有機汚濁がほとんど考えられない河川においても種数および個
体数が少ないことを示している。しかしながら、これらに較べると大川では底生動物種数と個体数が多くな
った。その理由として、農業地域を流れる河川では、有機性汚濁が比較的軽微で(BODが0.87～4.67ppm)あり、
栄養塩濃度が高い場合には、河床における藻類や細菌などが繁殖しやすく、底生動物の餌が安定となり底生

数の多少は主にこれらの3目の種数および個体数の増減によることがわかった。

つぎに、優占種の季節変動について、上流のSt.1で、第一優占種として出現したのは4月～10月にいずれも造網型昆虫である *Hydropsyche ulmeri* であったが、冬期から春にかけての12月、2月と4月に、それぞれChironomidae, *Simulium* spp., *Antocha* sp. へと変わった。これに対して、下流のSt.4とSt.5特にSt.5で、8月を除いて、いずれの時期でも、第一優占種として出現したのは全て *Antocha* sp. であり、第一優占種が季節により殆ど変動しなかった。また、上中流のSt.2とSt.3ではSt.1やSt.4,5と異なって第一優占種が安定ではなくかなり変化した。

第二、第三優占種は第一優占種と異なって、どの地点においても変化が大きく明瞭な傾向が観察されなかった。しかし、*Ephemera setigera* が6月にSt.5を除く各地点で第二または第三優占種として現れた点が特徴的である。

5. 考察

5. 1 底生動物相季節変動

大川における底生動物相は調査結果で述べたように、種数と個体数に季節変動がみられた。そこで主な優占種の個体数の年間変動をTable 4に示す。これらの変動は主に群集構成優占種の生活環にもとづくものと考えられる。大川各調査地点で第一優占種として出現した *Hydropsyche ulmeri*、

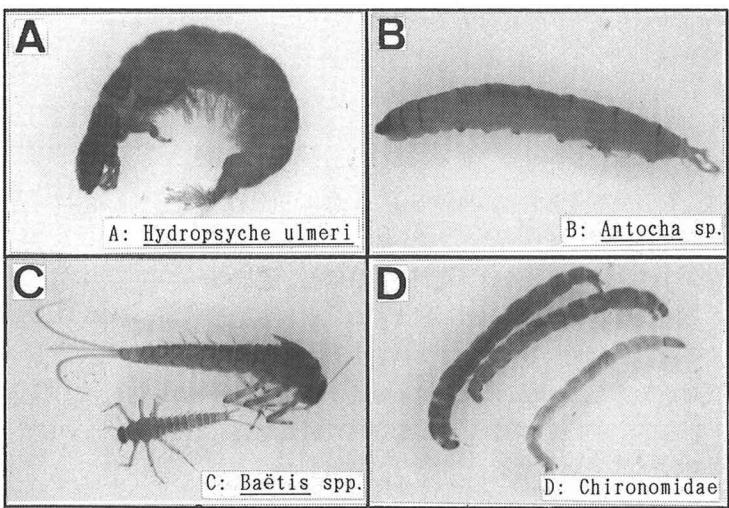


Fig.5 Photographs of common species appeared in the Oh-kawa river

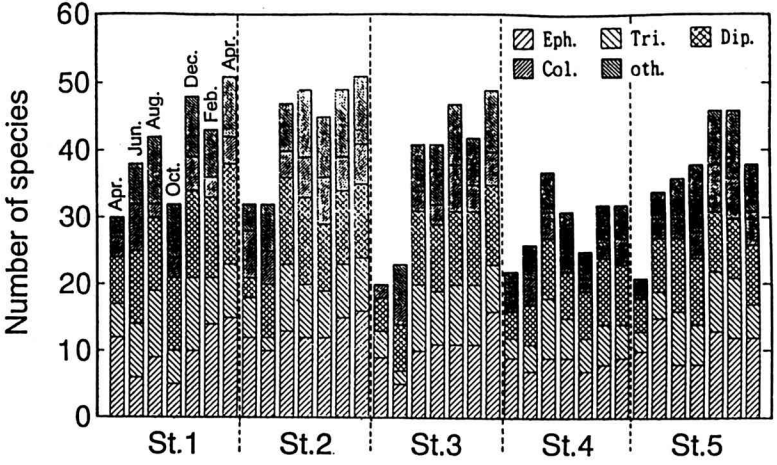


Fig.6 Seasonal variations of number of species

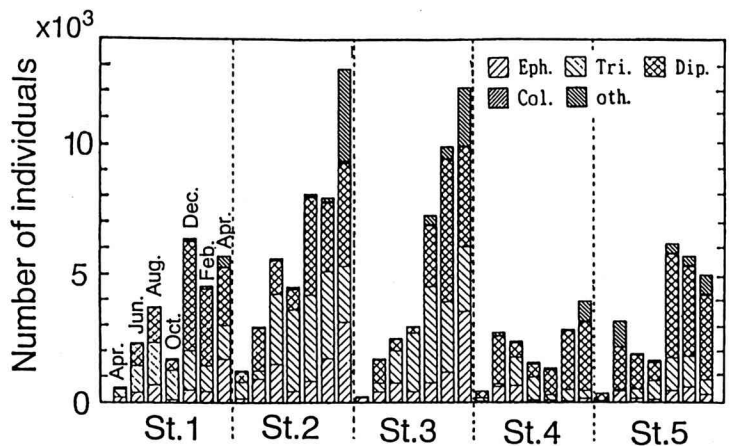


Fig.7 Seasonal variations of number of individuals

動物種数と個体数が多くなると考えられる。また、種数が豊富なため、種数や個体数の季節変動も明瞭に認められた。

Table 5 Similarity index

5. 2 群集類似度指数(Cλ)

隣あう両調査月の同じ地点での底生動物群集の類似度を調べた結果を、Morishita¹⁾の群集類似度指数Cλ値によりTable 5に示した。群集類似度指数(Cλ)は隣接2地点あるいは月間の同じ地点の採集標本が同一母集団(同一群集)に属するかどうかを検定するのに良く用いられ、ここでは底生動物相の季節

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5
Apr. ~ Jun.	0.71	0.63	0.31	0.93	0.84
Jun. ~ Aug.	0.94	0.49	0.63	0.42	0.50
Aug. ~ Oct.	0.87	0.56	0.53	0.87	0.74
Oct. ~ Dec.	0.30	0.79	0.87	0.62	0.84
Dec. ~ Feb.	0.74	0.92	0.73	0.93	0.96
Feb. ~ Apr.	0.65	0.70	0.75	0.74	0.79
Apr. ~ Apr. *	0.66	0.51	0.45	0.95	0.98

*: Apr. 1993

変動と環境変化の影響による群集構成の変化を調べるのに用いた。このCλ値は同じ地点において両調査月で共通種が非常に多い場合、底生動物相の類似性が極めて高く、その値は1に近くなる。共通種が少ない場合には0に近づくことになる。

4. 3(3)に述べたように各地点の三位までの優占種の個体数は各地点の総個体数の57.5~ 88.9%をしめるから、三位までの優占種は群集構造の比較をする上で重要となる。

St. 1における10月~12月、St. 2における6月~8月、St. 3における4月~6月、St. 4における6月~8月およびSt. 5における6月~8月の類似度指数の値が極端に小さくなった。これらのことは、それぞれの地点での底生動物群集構成の第一優占種が変わって、両調査月間の共通種が極めて少なくなったことを端的に表している。ただし、St. 3における4月~6月の類似度指数が小さいことは調査方法でも述べたように調査地点が若干変わったことも影響している。

次に、1992年4月と翌年の4月の間の類似度指数を見ると、St. 1~St. 3と、St. 4とSt. 5の間には大きな差異が生じた。すなわち、1993年4月ではSt. 1~St. 3において、前年の4月に較べて水温が低く、羽化までの積算温量にまで達していないことが要因となり、前年の4月の底生動物相まで戻りきっていないことを示している。一方、St. 4とSt. 5においては水温がほぼ同じであり、St. 1~St. 3のような羽化の遅れが生じていないものと思われる、類似度指数が大きくなり、ほぼ前年の底生動物相の状態に戻っていることを示している。

大川のような農業地を流れる河川においては、非常に汚染のすすんだ河川や極端にきれいな河川と異なっており、底生動物相の種数や個体数に季節変動があり、それに連動して類似度指数にも明瞭な季節変動が見られる。

5. 3 多様性指数(DI)

多様性指数(DI)は群集構成の均等性や多様性を表す指数である。この指数は群集構成の種数とその個体数によって決められる。極相の底生動物相と有機汚濁の影響を強く受ける時のDI値が概ね小さい。各地点の群集構造を調べるために、ShannonのDI(N)値を、Fig. 8に示した。この図より年間のDI(N)値は1.76~3.8であった。また、大川の底生動物相の種数および個体数にみられたような季節変動はあまり

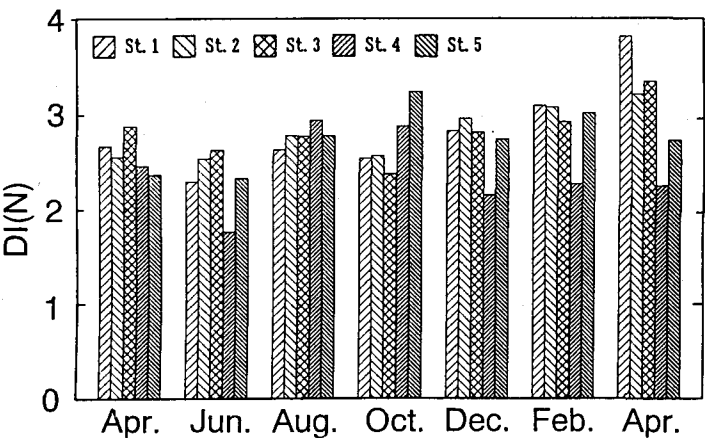


Fig. 8 Seasonal variations of DI(N) value

なかった。

4.3(3)に述べた各地点の第三位までの優占種の個体数の相対優占率がそれぞれ57.5~88.9%と高く、多様性指数はこれらの第一から第三までの優占率によって決定されてしまうため、顕著な季節変動がなかったと思われる。ただし、6月のSt.4にみられる多様性指数の低下は、第一位優占種である*Antocha* sp.の優占率が64.5%と極端に大きくなったことによるものである。このように農業地によって囲まれ、有機汚濁が比較的軽微である河川の底生動物群集のDI(N)値は、これらの優占種の優占率によってほぼ決定されてしまうことがわかった。

5. 4 底生動物相による生物学的 水質判定

まずI値は汚濁耐忍種指数で、各採集地点ごとの汚濁耐忍種数の割合を全流域内の汚濁耐忍種数の割合で除したものであり、地点ごとの汚濁耐忍種の割合を相対的に表したものである(Fig.9)。この指数値は同一調査時における地点間については比較できるが、調査時期が異なった場合の比較はできない。

夏の6月と8月のI値を除いて、4月、10月、12月と2月には、いずれの時期でも上流のSt.1とSt.2で小さい値を示し、St.3、St.4とSt.5へと順に増加した。すなわち上流から下流へ汚濁耐忍種の種数の相対的割合が大きくなり、水質がSt.1~5へと悪くなることを示唆している。夏の6月と8月では、St.3、St.4とSt.5のI値は若干低い値になったが、全地点でほぼ同じI値になった。したがって、汚濁耐忍種の相対的な割合が全地点でほぼ同じ値になったことは、水質

がほぼ全地点で同程度であると見なすことができるものと思われる。

PI値による水質階級の判定においては、PI値が1.0~1.5の場合は貧腐水性(os)、1.5~2.5では中腐水性(β -ms)といわれている¹⁵⁾。Fig.10に示した、PI値についてみると、夏の6月と8月でのPI値は1.1~1.5と低い値で貧腐水性(os)範囲となったに対し、秋、冬、春の10月、12月、2月と翌年の4月でのPI値は1.1~2.0となった。

秋から冬にかけて、および冬から春にかけての10月、12月、2月と4月には、いずれの時期でも上中流のSt.2とSt.3でのPI値は1.6~2.0と高い値で、中腐水性(β -ms)範囲となった。この時期のBOD値をFig.4よりみると、この時期におけるBOD値の増加に対応しており、さらにTable.3に示したように、PI値が高くなった同時期のSt.2とSt.3での第一優占種がいずれも汚濁耐忍種であることを反映している。

しかしながら、BOD値とPI値の相関をみたところ図には示さないが、ほとんど相関がなく、必ずしもPI値が直接の有機性汚濁の指標とはなり得ないことを示している。

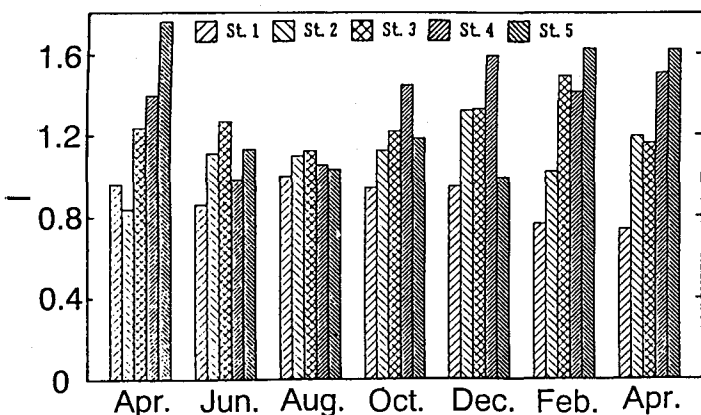


Fig.9 Seasonal variations of I value

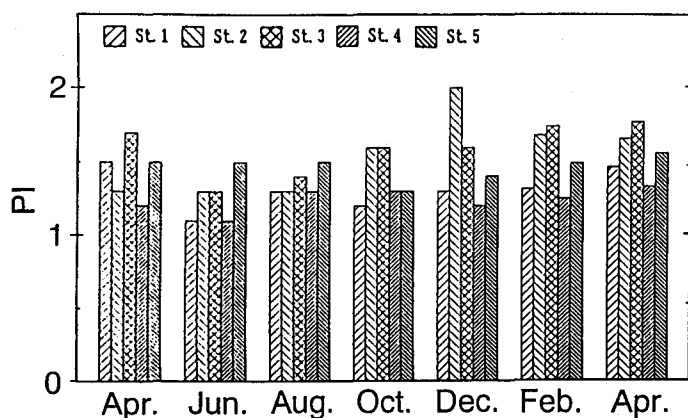


Fig.10 Seasonal variations of PI value

大川のような有機汚濁が比較的軽微で、極端にBOD値の変動がないような農業地を流れる河川においては、PI値は直接的な有機汚濁の指標とはなり得ないということが明らかになった。

6. まとめ

- (1)大川における底生動物相の年間総種数は132種であり、水生昆虫が圧倒的に多く、とりわけEphemeroptera、TrichopteraとDipteraが大部分を占めた。また、農業地を流れる大川のような河川の底生動物相の種数と個体数の季節変動は明瞭であり、それぞれの生活環に基づいていた。したがって、羽化期前の冬から春にかけて種数とその個体数は年間の最大値となった。
- (2)大川のように農業地を流れるような、比較的汚濁の軽微な河川においては、底生動物相の種数や個体数の変動にみられる季節変動を類似度指数(C_λ)によって示すことができる。
- (3)有機汚濁が比較的軽微な河川の底生動物群集の多様性指数(DI(N))は、優占種の優占率によってほぼ決定される。
- (4)大川のような極端なBOD値の変動がないような農業地を流れる河川においては、PI値は直接的な有機汚濁の指標とはなり得ないことが明らかになった。

<参考文献>

- 1)原田三郎:底生動物相から見た加古川水系の水質汚濁,用水と廃水,Vol. 25, No. 6, pp. 575~582, 1983.
- 2)上田直子:底生動物相および付着珪藻類による都市河川の水質評価,用水と廃水,Vol. 29, No. 6, pp. 537~542, 1987.
- 3)小田泰史:底生動物相を指標とする生物学的水質評価 -熊本県内河川において-,水質汚濁研究,Vol. 14, NO. 2, pp. 99~108, 1991.
- 4)津田松苗編:水生昆虫学,北隆館, pp. 269, 1974.
- 5)河田薫ら編:日本幼虫図鑑,北隆館, pp. 712, 1984.
- 6)上野益三編:日本淡水生物学,北隆館, pp. 760, 1973.
- 7)川合禎次編:日本産水生昆虫検索図説,東海大学出版会, pp. 409, 1985.
- 8)柴谷篤弘編:日本の水生昆虫一種分化とすみわけをめぐる一,東海大学出版会, pp. 184, 1990.
- 9)津田松苗・森下郁子:biotic indexとpollution index,水処理技術,Vol. 15, No. 5, pp. 457~462, 1974.
- 10)森谷清樹:多様性指数による水域環境の生態学的評価,用水と廃水,Vol. 18, No. 6, pp. 729~748, 1976.
- 11)Morishita, M. : Measuring of Interspecific Association and Similarity between Communities, Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol), Vol. 3, No. 1, pp. 65~80, 1959.
- 12)日本下水道協会:下水試験法, pp. 137, 1974.
- 13)日本分析化学会北海道支部:水の分析, pp. 210, 1983.
- 14)16th Ed. American Public Health Association, Washington D. C. : Standard Method for the examination of water and wastewater, pp. 437, 1985.
- 15)津田松苗・森下郁子:生物による水質調査法,山海堂, pp. 238, 1974.
- 16)谷田一三:貴船川におけるシマトビケラ属3種の生活史と分布、特に生活環の変異と密度と幼虫の成長との関連について,陸水学雑誌,Vol. 41, No. 2, pp. 95~111, 1980.
- 17)小田泰史:底生動物相をとりまく環境要因について,用水と廃水,Vol. 23, No. 9, pp. 26~33, 1981.
- 18)小松典:溪流の瀬における極相の底生動物群集の季節変動および年次変動,日本生態学会誌,Vol. 25, No. 3, pp. 160~172, 1975.
- 19)(財)ダム水源地環境整備センター:新月ダム貯水池水質保全対策検討調査報告書,新月第504号, pp. 12, 1992.