

奈良県吉野川における底生動物の生態学的研究

II. 吉野川における底生動物の生産速度について¹⁾

奈良県立小学校教員養成所 御勢 久右衛門



Ecological Studies on the Benthonic Animals in Yoshino River, Nara Prefecture
II. Studies on the Production Rate of Benthonic Insects of the Yoshino River, Nara Prefecture

Kyuemon Gose

Nara Prefectural Junior Teachers College, Nara City

Synopsis

GOSE Kyuemon (Nara Pref. Junr. Teach. Coll., Nara). 1977. Ecological studies on the benthonic animals in Yoshino River, Nara Prefecture. II.

Studies on the production rate of benthonic animals of the Yoshino River. Freshw. Biol. Japan, 20:-1.

The production rate of each species population of benthonic insects at two stations, Mizugase and Anô, of the Yoshino River in Nara Pref. was estimated with the instantaneous growth method. The examination of the growth rate of individuals in population was carried on by using four methods, that is, the maximum weight, the mean weight, the mode weight and the minimum weight methods. The production rates were estimated and the methods used were compared with each other. It was found that the mode weight method was the best. The production rate of the whole benthonic insect community was 624.44g/m² yr. as wet weight in a rapid at Mizugase station. In the study of P/B value, it became clear that the annual P/B̄ was more important than the generation P/B̄ as the index of production rate. The annual P/B̄ value of Plecoptera obtained with the population having one generation a year was 4.5-9.5, and that of Ephemeroptera was 5.6-6.2. The annual P/B̄ value of Ephemeroptera obtained with the population showing two generations a year was 6.1-9.0, and that of Trichoptera was 8.2-8.9.

はじめに

河川における底生動物の生産速度の調査には、主として特定の種または種群だけを対象としたものがあるが (Waters, 1966; 御勢, 1970; Pearson & Kramer, 1972; Waters & Crawford, 1973; Elliott, 1973; 御勢, 1975; Hall, 1975), 群集全体を扱ったものは極めて大ざっぱな研究しか存在しない (Hynes, 1961; Nelson & Scott, 1962)。しかも、これら生産速度推定に用いられた方法には種々の欠点も含まれており、これによる推定値は必ずしも信頼度の高いものとはいえない。本報では従来の

諸方法の検討とともに新しい方法を提案し、これにもとづき、吉野川の底生動物について群集全体としての生産速度の推定を行なうとともに、P/B̄ rate を求めて、それに関して若干の論議を行ないたいと思う。

本研究をすすめるにあたって、奈良女子大学名誉教授の故津田松苗博士には、25年以上にわたって終始御指導を受け、かつ仕事を続けていく上で絶えず御援助を得た。その先生も、昨秋、忽然と他界され、拙論の完成をおみせできなかったことは、まことに遺憾とするところである。心から御冥福を祈りたい。また論文をまとめるにあ

1), 京都大学審査学位論文の一部

2), 現在 京都大学名誉教授

3), 現在 京都大学理学部教授

たつては、京都大学理学部森下正明教授²⁾と川那部浩哉³⁾・原田英司両助教授には原稿を詳しく検討して戴き多大の御批判と御教示を受けた。これらの方々へ厚く御礼を申し上げる。また、本研究をまとめる過程で、京都大学理学部の森圭一教授²⁾には激励を戴き、大阪市立大学理学部の吉良竜夫教授と堺市立科学教育研究所の篠崎吉郎博士には、資料をもとに数々の助言と多くの討議と批判とを頂戴した。さらに本論文を公表するにあたり種々教示を与えられた京都大学名誉教授上野益三博士に深謝の意を表す。奈良県教育委員会や五条高等学校長中村章太郎氏には研究を続けることを寛容に認めて戴いた。これらの方々にも謝意を表したい。

1 吉野川の概況

1. 無機的環境

位置 ここていう吉野川とは、紀ノ川水系の奈良県下の部分で、本流の全行程、約135kmのうち上流部約80kmをいう(Fig. 1)。吉野川の流域は奈良県のほぼ中央部を占

めている。本流は大台ヶ原より発し、ほぼ北北西に流れ吉野町新子で高見山から西流する支流の高見川を合流し、さらに西北に蛇行しながら上市に達する。この間は、西日本外帯の軸を斜めに横切って流れるいわゆる横谷となっている。上市付近からの流れは、ほぼまっすぐに西へ流れ、五条市で大天井ヶ岳から出て西北に流れる丹生川を合流しながら、さらに西流して和歌山市付近で海に注いでいる。この西流する部分は、中央構造線に沿ってその南側を流れる縦谷で、この縦谷部の上手(奈良県域)の部分では、やや開けた段丘をもつ河岸平野と、谷の狭まる狭あい部とが交互にあらわれる。これに対して、下手(和歌山県域)の部分では狭あい部はほとんどなく、下流へ行くにつれて、両岸がいつそう開け、和歌山平野へと達している。

河川の景観 吉野川本流ならびに支流の高見川・丹生川の景観は、Fig. 2 に示したとおりである。すなわち筏場の約1km上流までは、可児(1944)の河川形態区分によれば、典型的なAa型の状態である。筏場付近より大

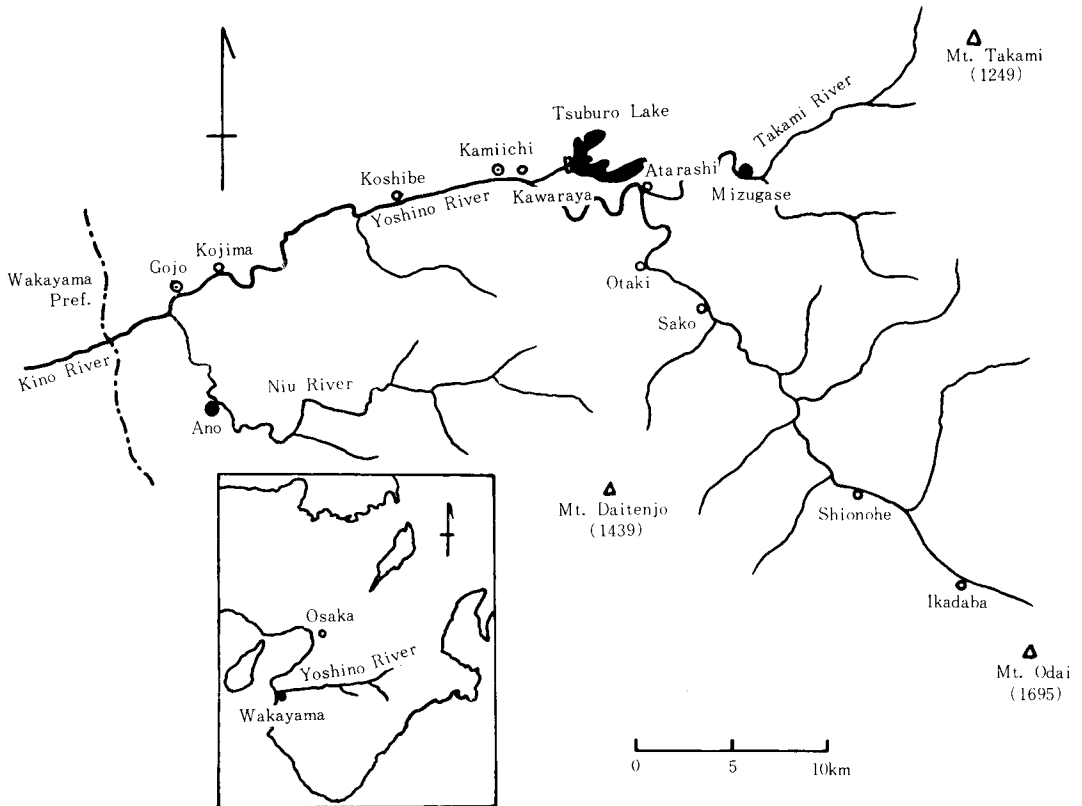


Fig. 1. The Yoshino River system. Study sites at Mizugase and Anô are marked with black circle

滝付近までは、一部にAa—Bb型を含むBb型を示している。大滝付近から上市・五条付近までは典型的なBb型である。支流の高見川および丹生川は源流部を除きAa-Bb型を含むBb型の河川形態を示している。

流量 迫・上市・五条地点における、1951～61年の11ヶ年間の水位表(大滝ダム調査事務所, 1962・1964)を通覧してみると、12月から2月にかけての流量は夏の渇水期よりも少なく、水位は0.5m以下で、増水は殆どなく水位は安定している。しかし、4月～11月の流量の変化は年変動が大きく、梅雨期・台風期に極大を有する表日本・西日本型を示し、水位差が1日1mをこす増水も、年平均2～4回程度記録されている。

水温とpH 吉野川における水温・pHについては、すでに津田・御勢(1954)、大滝ダム調査事務所(1962・1964)、森ら(1967)が述べているとおりである。すなわち、日中水温は、上市・五条では夏季には24℃～27℃、冬期には5℃～9℃を示し、また大滝より上流では夏季においても20℃を大きくこえることはなく、冬期には3℃～6℃である。河床に付着藻類が著しく繁殖した地点で、8月～9月における晴天の場合には、光合成にもとづく明瞭なpHの変化が認められ、その範囲は7.0～8.3と報告されている(津田・御勢, 1954)。

2. 付着藻類

吉野川の石礫底に付着する藻類群落については、1965年頃から周年、調査がされてきている(久保田ら, 1966 ;

森ら, 1967 ; 渡辺, 1970 a)。一般に早瀬や平瀬などの流速の大きい部分の石礫底には *Homoeothrix janthina* (藍藻)が優占種となる群落がみられ、流速が比較的小さい河岸や淵の石礫(あるいは砂底)には *Achnanthes linearis*, *Cymbella ventricosa*, *Cymbella ventricosa* var. *nipponica*, *Gomphonema olivaceum* などの珪藻類が優占種となる群落が成立する。この傾向は、近畿地方諸河川の付着藻類の状態とよく似た傾向を示している(津田・渡辺, 1958 ; 渡辺, 1970)。またその生産速度は、高見川の水ヶ瀬地点において調査されており(Ueda, 1975)、1年間、1㎡あたり早瀬で584.7Kcal、平瀬で350.8Kcal、淵で116.9Kcal程度と推定されている。

3. 底生動物の概況

吉野川の底生動物は、その現存量が世界で最も大きい川の一つとして知られている(Table 1)。この表は、河川の底生動物の年間を通じての現存量のうち最大値のものについて表示した。この表からわかるように、吉野川に匹敵する現存量をもつ川は、今までに知られている限りでは、わが国の円山川と韓国の Samchuk 川だけである。しかし、1959年9月の伊勢湾台風は、この川に大洪水をもたらし、底生動物群集が一挙に破壊された。だが、上流域の筏場・入ノ波付近では約6ヶ年、中流域の上市・大淀・五条付近では約8～10ヶ年で、質量ともに洪水前の状態に回復しており(御勢, 1968・1973 a)、今回の調査時は比較的安定で現存量の大きい群集を示していた。

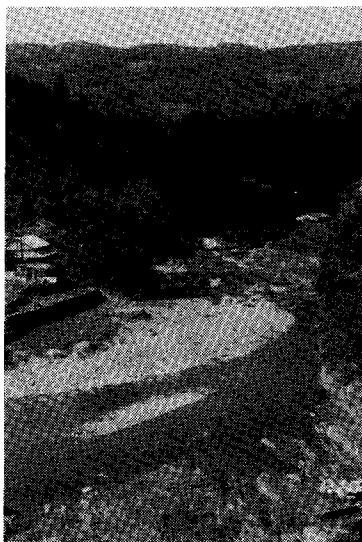
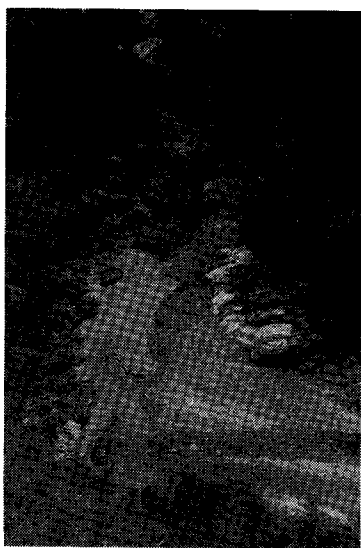


Fig. 2. Landscapes at Mizugase (left) and Anô (right).

Table 1. Comparison of numbers and standing biomasses of benthonic animals ever surveyed at a riffle.

Location remark	No./m ²	Wt.g/m ²	Net-spinner's Stenopsychidae		Authority		
			coefficient	coefficient			
West Creek, Quebec.	(Canada)	3,110	11.07		Mackay,	1968	
Firehole River, Wyoming.	(Canada)	1,215	9.9		Armitage,	1958	
West Creek, Montreal.	(Canada)	1,460	5.80		Ide,	1940	
Doe Run, Kentucky.	(USA)	2,840	11.28		Minckly,	1963	
Black River, Missouri.	(USA)	1,003	3.13	9.9	O'connell & Campbell,	1953	
Endrik River Scotland.	(England)	27,000	16.		Maitland,	1966	
Polenz River.	(Germany)	24,120	10.58	70.3	Albrecht,	1961	
Black Volta River.	(Ghana)	6,727	14.12	36.4	Petr,	1970	
"	(")	4,932	19.17	32.3	"	"	
"	(")	10,880	42.95	71.4	"	"	
Gombak River.	(Malaya)	39,130	12.28	56.6	Bishop,	1973	
"	(")	83,130	19.63	13.2	"	"	
"	(")	169,825	11.57	14.2	"	"	
Samchuk River.	(Korea)	1,224	76.12	88.8	87.6	Kim,	1970
Sokcho River.	(")	1,210	48.21	64.5	63.1	"	"
Kangnung River.	(")	970	31.46	84.0	81.4	"	"
Miyanoura River, Yaku land.	(Japan)	124	24.70	1.6		Morishita,	1960
"	(")	416	12.87	1.2		"	"
Ukawa River, Kyoto.	(")	616	8.52	26.2	4.2	Tezuka & Kamegaya,	1960
Maruyama River, Hyogo.	(")	1,464	84.37	83.7	83.6	Nishimura,	1960
"	(")	1,336	75.45	86.5	86.5	"	"
Torii River, Nagano	(")	1,136	15.53	70.5	56.2	Tsuda & Komatsu,	1964
Tenriu River, Nagano.	(")	884	6.79	45.2	32.2	Komatsu,	1974
Taru River, Nagano.	(")	2,844	47.07	73.9	48.5	"	1975
Tokoro River, Hokkaido.	(")	3,124	17.17	78.7	59.5	Kawai,	1964
Isumi River, Chiba.	(")	6,912	26.4	35.6		Tanaka,	1971
"	(")	4,996	20.3	0.6		"	"
Satsuki River, Nara.	(")	935	39.38	91.2	11.1	Tsuda & Watanabe,	1958
Yoshino River, Koshibe, Nara	(")	680	92.37	92.7	88.0	Tsuda & Gose,	1954
" Kawaraya, Nara.	(")	1,120	79.77	86.0	81.1	Tsuda et al.,	1953
" Mizugase, Nara	(")	2,318	155.13	91.7	89.9	Gose,	1973a
" "	(")	2,552	123.00	76.9	76.2	"	"

4. 魚類の種類構成と分布

吉野川水系における魚類相については、すでに報告があり(津田・御勢, 1954; 森ら, 1967), またヨーロッパ流の魚相による河川区分も行なわれている(津田・御勢, 1954)。それによれば、大滝付近より上流と、杉谷・平野・大又付近より上流の高見川では、アマゴ・タカハヤ・カワムツ・カワヨシノボリ・カジカが主なものであり、それより下流、大滝から五条・橋本付近、さらに城戸付近から下手の丹生川では、アユ・ムギツク・カマツカ・ウグイ・カワムツ・オイカワ・アカザ・カワヨシノボリなどが主な生息魚類である。なお、紀ノ川水系全体に生息する魚類は42種で、そのうち、奈良県下には41種が生息する(森ら, 1967)。

II 調査場所と方法

1. 調査場所の概況

吉野川の支流、高見川水ヶ瀬地点と丹生川賀名生地点を選び、両地点の瀬で底生動物を採集した(Figs.1.2)。

水ヶ瀬付近は、谷はまだかなり深い、河川敷は比較的広く、河原も発達する。流水の幅は5~15m、瀬の水深は0.3~0.7m、流速は0.3~0.9m/secで所々にAa-Bb移行型のまじるBb型である(Fig.2)。調査地点より上流と下流にはダム湖などの人造構築物はなく、人家も少ない。主な生息魚種は、アマゴ・アユ・ウグイ・タカハヤ・オイカワ・カワヨシノボリなどである。

一方、賀名生付近は、兩岸に山が迫っているが、河川

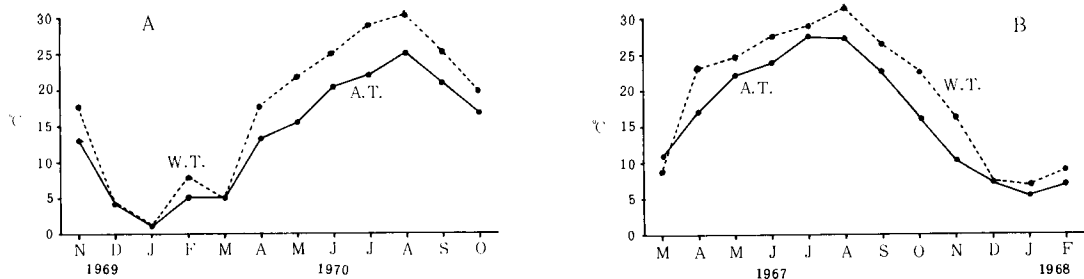


Fig. 3. Air and water temperatures at Mizugase (A) and Anô (B) during the investigation period.

敷は比較的広く、河原も発達する。流水の幅は3~10m。瀬の水深は0.2~0.4m。流速は0.3~0.7m/secで、同じく所々にAa—Bb移行型がまじるBb型である(Fig. 2)。調査地点より約4km上流には西吉野第二発電所の調整ダム湖がある。主な生息魚類は、ウグイ・カワムツ・オイカワ・カワヨシノボリである。

2. 底生動物の調査時期と方法

生産速度の推定に用いた材料は、水ヶ瀬地点で1969年11月から70年11月までと、賀名生地点で1967年5月から68年5月まで、両地点とも瀬の石礫底を選んで、毎月1回ほぼ1ヶ月間隔で底生動物の密度および現存量の調査をおこなった。調査時の気温と水温をFig.3に示した。

採集には、50cm×50cmの金属製の方形枠を用いた。瀬における採集は、毎回原則として、岸寄りの水深0.1~0.2mの場所と、流心部付近の水深0.3~0.5mの場所で各2回、計4回、すなわちあわせて1㎡の面積から採集したことになる。

底生動物のサンプリングは、川底に方形枠を置き、チリトリ型の金網かごをそのすぐ下流側において、それに枠内の石礫と砂などを取り入れ、川原に置いたバットに移す方法を5~6回くり返して、底生動物の含まれている礫と砂のほとんどすべてを取り上げることとした。石礫と砂からは、まずピンセットで底生動物を選び出し、さらに礫と砂に残った小型動物を採集するために、直径15cm、網目0.5mmのナイロン製の網で作った篩に、バット中の礫と砂をすすいだ水を篩の上に流し、これを3~4回くり返して、小型動物を篩の上に集めた。これらは約10%ホルマリン液で固定し、各サンプルは研究室にもちかえて、種類別、各種各世代毎に個体数と湿重量(以下重量と略す)を計測した。重量の計測には10mg目盛の自動上秤を用い、各個体の体表の水を濾紙で吸い取った後に秤量し、1mgまで読みとった。特に小型の個体については、津川ら(1953)による体長から体重を算

出する方法をとった。

3. 生産速度の推定法

現在まで用いられてきた生産速度の推定法には、現存量法(Lindeman, 1942)・生残曲線法(Allen, 1951)・成長率法(Ricker, 1946)など種々の方法がある。現存量法は、現存量の増分を加算したものを生産速度とみなすものであるが、この方法では最大現存量に達するまでの死亡速度が極めて小さい場合のほか生産速度は著しく過小に推定される可能性のあることは明らかである。これに対してAllen曲線法は個体群を同時出生個体群(cohort)と見なして生産速度を推定する方法である。しかし、河川の底生動物の自然個体群では、ふ化による新しい幼若動物の加入がかなりの期間継続される場合が多く、同時出生個体群とみなせるものは少ない。従って本報では成長率法を用いて生産速度の推定をおこなった。成長率法による生産速度の推定には一般に次の式が用いられる。

$$\bar{B}_i = \frac{\hat{B}_i + \hat{B}_{i+1}}{2}$$

$$G_i = \frac{\ln W_{i+1} - \ln W_i}{t_{i+1} - t_i}$$

$$P_i = \bar{B}_i \cdot G_i$$

W_i, W_{i+1} はそれぞれ t_i, t_{i+1} 時の個体重、 G_i は $t_i \sim t_{i+1}$ 調査時点間の瞬間成長率であり、また \hat{B}_i, \hat{B}_{i+1} はそれぞれ単位面積当りの現存量である。 \bar{B}_i は $t_i \sim t_{i+1}$ 調査時点間の単位面積当りの平均現存量である。 P_i は $t_i \sim t_{i+1}$ 調査時点間の単位面積当りの純生産量(以下生産量と略す)である。もともと成長率法は個体重の成長率を利用して生産速度の推定を行なう方法であるから、出来得ならば個々の個体すべてについてのそれぞれの成長率を求め、その平均値を採用することが望ましい。しかし、野外個体群ではこれはほとんど不可能の場合が多いから、実用的な平均成長率推定法としては次の諸方法が考えら

Table 2. Totals of 4 repeated quadrat (50cm×50cm) samples of benthonic animals at a riffle of the Mizugase Station in the River Takami (Nov. 1969–Nov. 1970). The species which were used in the production estimation are denoted by thick letters. W : Winter generation. S : Summer generation.

Species	15 Nov.		14 Dec.		18 Jan.		15 Feb.		22 Mar.		26 Apr.	
	No.	Wt.	No.	Wt.	No.	Wt.	No.	Wt.	No.	Wt.	No.	Wt.
	(mg/m ²)		(mg/m ²)		(mg/m ²)		(mg/m ²)		(mg/m ²)		(mg/m ²)	
Ephemeroptera												
<i>Ephemerella strigata</i>	4	55	6	161			2	55	2	11	16	98
<i>Ephemerella basalis</i>			2	21			2	7	8	724	34	2,319
<i>Ephemerella trispina</i>	76	252	60	340	81	763	39	602	24	354	31	854
<i>Ephemerella rufa</i> (W)	511	117	402	173	421	191	362	271	358	694	274	968
<i>Ephemerella rufa</i> (S)												
<i>Ephemerella nigra</i>	48	156	79	451	78	603	104	1,172	74	1,551	18	491
<i>Ephemerella yoshinoensis</i>	88	88	140	246	161	272	169	310	145	304	82	264
<i>Ephemerella</i> spp.					8	18	6	33			42	41
<i>Baetis yamatoensis</i> (W)	91	49	283	116	329	164	409	284	436	1,124	218	1,084
<i>Baetis yamatoensis</i> (S)											72	12
<i>Baetiella japonica</i> (W)					6	1	66	27	60	39	2	2
<i>Baetiella japonica</i> (S)												
<i>Isonychia japonica</i> (W)	39	169	72	509	24	227	29	253	32	367	21	539
<i>Isonychia japonica</i> (S)												
<i>Epeorus latifolium</i> (W)	71	26	44	19	32	23	59	47	51	61	80	656
<i>Epeorus latifolium</i> (S)	63	1,284	3	123								
<i>Epeorus uenoi</i> (W)	56	94	86	224	46	301	38	168	52	316	18	273
<i>Epeorus uenoi</i> (S)												
<i>Epeorus ikanonis</i>	68	229	41	178	47	492	21	476	19	912	9	819
<i>Rhithrogena japonica</i>	26	7	19	28	14	38	25	63	16	49	11	68
Plecoptera												
<i>Tadamus scriptus</i>	64	135	211	1,596	104	1,920	94	2,419	57	5,964	15	1,504
<i>Isoperla nipponica</i>	43	7	51	55	52	58	49	63	28	87	13	281
<i>Paragnetina tinctipennis</i>	23	671	17	628	22	1,048	23	1,334	15	1,112	21	1,941
<i>Oyamia gibba</i>	42	9,926	39	8,947	12	3,507	66	18,254	35	14,646	21	3,214
<i>Perla tibialis</i>	316	3,662	152	1,593	135	3,335	88	2,096	185	5,891	256	10,767
Trichoptera												
<i>Stenopsyche griseipennis</i> (W)	358	31,439	750	78,110	281	41,897	402	50,535	326	35,490	330	59,160
ditto, pupa (W)									66	19,104	128	34,531
<i>Stenopsyche griseipennis</i> (S)												
ditto, pupa (S)												
<i>Hydropsyche ulmeri</i> (W)	343	2,212	1,781	8,497	424	2,725	914	8,296	569	5,738	76	947
ditto, pupa (W)												
<i>Hydropsyche ulmeri</i> (S)												
ditto, pupa (S)												
<i>Rhyacophila nigrocephala</i>			13	119	11	22	5	71	5	107	41	590
ditto, pupa												
<i>Rhyacophila</i> sp. RG			8	42	2	29	4	106	2	21	3	27
<i>Mystrophora inops</i>	17	53			37	142	2	19	36	133		
ditto, pupa					8	42			23	95		
<i>Goera japonica</i>					3	56	2	46			13	15
ditto, pupa											17	253
Coleoptera												
<i>Elmis</i> sp. ED			1	1	5	2	2	1	2	1	13	5
Diptera												
<i>Antocha</i> sp.	13	21	17	26	6	3	11	24	8	18	13	35
<i>Spaniotoma</i> sp.	467	169	409	256	506	451	673	601	695	619	646	347
<i>Atherix ibis japonica</i>			13	603	18	1,742	12	1,396				
Total	2,827	50,821	4,699	103,062	2,873	60,072	3,678	89,029	3,329	95,352	2,552	122,996
Net-spinners coefficient (weight basis)	66.2		84.0		74.0		66.1		63.2		76.9	
Stenopsychidae coefficient (weight basis)	61.9		75.8		70.0		56.8		57.2		76.2	

17 May		14 Jun.		12 Jul.		11 Aug.		15 Sep.		16 Oct.		12 Nov.	
No.	Wt.	No.	Wt.	No.	Wt.	No.	Wt.	No.	Wt.	No.	Wt.	No.	Wt.
(mg/m ²)		(mg/m ²)		(mg/m ²)		(mg/m ²)		(mg/m ²)		(mg/m ²)		(mg/m ²)	
2	103	12	26					2	11	14	142	24	792
14	757	5	1	8	8	36	88	71	223	79	237	49	168
232	702	81	388	3	21			23	1	607	183	622	597
		562	60	183	120	132	522	14	73				
22	892							71	19	43	113	58	186
226	1,504	188	1,474	62	457	198	214	104	98	102	38	84	128
28	53	191	247	68	179	102	236	168	634	41	57		
61	276							113	12	527	126	438	271
649	342	466	424	313	473	280	932	226	671	241	1,038	83	319
9	15												
35	16	2	1			14	6	26	29	72	102		
23	699	11	733	3	473			3	1	14	56	18	154
		7	1	29	10	24	165	19	723				
64	956	18	909	4	236					111	31	98	189
14	1	93	104	84	756	108	1,092	94	1,450	76	803	65	1,787
46	1,010	43	1,567	11	602					21	3	71	189
4	1	32	76	50	335	23	171	53	424	50	862	21	796
		247	141	192	84	126	92	79	137	91	233	67	226
16	98	12	117	18	187	20	204	11	146	71	5	51	17
17	1,989	6	997					13	1	16	5	131	192
14	745	5	372										
7	1,592	46	3,694	23	1,988	25	2,351	16	862	22	728	7	1,003
581	7,226	196	6,847	110	5,498	66	3,920	35	5,178	16	2,672	55	8,661
122	14,580	1	308	13	1	35	8	217	1,449	382	5,222	278	3,344
94	36,970	81	32,278							406	12,260	587	55,469
87	27,385	79	25,488	131	40,239								
		686	6,288	569	99,161	654	68,308	418	45,682	236	52,148		
						25	3,745	114	25,775	261	18,081	5	1,657
232	4,435	338	7,701			103	51	414	1,519	964	5,378	1,021	9,109
13	165	27	383	2	23								
		541	1,453	211	2,790	2,965	7,099	579	7,132				
						3	31	15	208	5	69		
19	251	61	565	78	1,321	35	465	37	543	3	19	9	127
4	76	2	21										
3	8	6	54	9	131	21	53			11	233		
		5	23										
		4	17										
		8	224										
2	2	2	1	2	1	3	2	5	4	4	3	2	1
6	28	7	13	5	3	7	17	117	399	13	14	19	23
215	48	462	103	137	31	382	85	686	152	418	93	439	159
						5	349	13	271	4	124	9	269
2,861	102,925	4,533	93,103	2,318	155,128	4,892	90,206	3,756	93,827	4,921	101,078	4,316	85,916
	67.0		79.1		91.7		87.8		85.6		86.9		77.1
	62.5		68.8		89.9		79.9		77.8		81.6		66.5

れる。

① Maximum 個体法: t_i, t_{i+1} 時点の個体群のうち、それぞれの最大個体重の個体を取り出し、その体重比から瞬間成長率を求める。(Waters, 1966; 御勢, 1970; 御勢, 1975)。

② Maximum 10%法: t_i, t_{i+1} 時点の個体群について、それぞれ重い順に全個体数の10%をとり、その平均体重の比を用いる。

③ Mean 法: t_i, t_{i+1} 時点の個体群について、それぞれ平均個体重を求め、その比を用いる (Pearson & Kramer, 1972; Waters & Crawford, 1973; Elliott, 1973)。

④ Mode 法: t_i, t_{i+1} 時点の個体群のそれぞれのモード個体重の比を用いる (モード個体重の簡易推定法としては、 t_i, t_{i+1} 時点の個体群について、それぞれの個体重のうち重い順と軽い順にそれぞれ25%を除き、残り50%の平均個体重をとる)。

⑤ Minimum 10%法: t_i, t_{i+1} 時点の個体群のそれぞれについて、軽い順に全個体数の10%をとり、その平均個体重の比を用いる。

以上のうち maximum 個体法による生産速度推定については、すでに報告した (Gose, 1975) ので、ここではそれを省略する。Maximum 10%法・mode 法・minimum 10%法は従来とられたことがなく、今回の報告が最初である。

生活環に蛹期を経る種については、今回は幼若虫期のみを用いることにした。

III 調査結果と考察

水ヶ瀬地点の底生動物のサンプルについて、種別および世代別に個体数と重量を計測した結果を Table 2¹⁾ に示した。但し種まで同定が困難なものについては若干、属または科でまとめて示した。種個体群の生産速度の推定に用いた材料は、水ヶ瀬地点で採集した底生動物のうち、密度および現存量の比較的大きい15種の個体群 (Table 2 に太字で示したもの) に、賀名生地点で得たものうち *Stenopsyche griseipennis* を加えた16個体群についてである。その体長組成については御勢 (1973b) に示してある。成長率の推定には、maximum 10%法、mean 法、mode 法の3つを用いた。*S. griseipennis* については minimum 10%法を加えた諸法を用いた (ただし mode 法では簡易推定を使用した)。

1. 生長率計算の諸方法による主要個体群の生産速度の推定

月ごと、世代ごとの代表的な種個体群の現存量・成長

率・生産速度の推定値を、Table 3~8 にあげた。このうち Table 3~4 は、それぞれ水ヶ瀬・賀名生両地点での毛翅目 *S. griseipennis* (年2世代) 幼虫、Table 5~6 は水ヶ瀬地点における蜉蝣目 *Ephemera nigra* (年1世代)、*Epeorus uenoi* (年2世代) 幼虫、Table 7~8 は同じく水ヶ瀬地点における積翅目 *Tadamas scriptus* (年1世代)、*Perla tibialis* (年1世代) 幼虫についての値である。

またこれらを含め主要15種の個体群について、maximum 10%法・mean 法・mode 法・minimum 10%の諸法による成長率推定値にもつづいた世代別の年間生産速度推定値は Table 9 にまとめられている。この表から明らかなように、その推定値は *Epeorus uenoi* と *Isoptera nipponica* を除いて、maximum 10%法 < mean 法 < mode 法となり、また *S. griseipennis* については、minimum 10%法による値は mode 法による値よりも、さらに大きくなっている。

2. 成長率計算諸方法の比較検討

1) Mean 法を用いた場合

各時点における個体群重量の代表値としては、Ricker (1946) 以来一般に、平均個体重法が用いられる場合が多い (Waters, 1969; Pearson & Kramer, 1972; Waters & Crawford, 1973; Elliott, 1973)。

小野 (1971) は、実験室内で飼育したウスカワマイマイの同時出生個体群について生産速度を推定した際、個体重の変動係数 (C.V.) は世代期間を通じて15~20%と安定していたので、平均個体重で個体群の個体重を代表させてもよいと述べている。しかし、Macan (1957)、Hynes (1961) も述べているように、個体の平均成長率を問題とするとき、ふ化期間が長期にわたるような個体群ではサンプルに次々と小さな幼若虫が補充されるから、成長率を過少評価する結果となる。たとえば *S. griseipennis* の夏世代の個体重の変動係数をみると、比較的同時出生個体群に近い賀名生地点では、生育初期 (5月) を除けば17~25%と小さいのに、産卵期間の極めて長い水ヶ瀬地点では、36~110%と大きい (Table 10)。従って後者では、個体群としての生育期間の初期にも後期にも、平均個体重はあまり変化しない形がみられ、その結果、mean 法による個体群の成長率推定値は実際のものよりも低くあらわれ、ある場合には零か負の値を示す結果となる。すなわちこの場合には、Macan や Hynes の指摘した通り、平均個体重を用いて成長率を求め、それから生産量を算定すると、その値はたしかに過少評価す

1), この資料はすでに報告したが、(御勢, 1973 a), この報告では世代別の取扱いを行わなかった。

ることになる。

II) Maximum 個体法, あるいは maximum 10%法を用いた場合

そこで Waters (1966), Gose (1970a・1975) などは, 各調査時点における最大個体重 (maximum 個体法) を用いて成長率を求め, それから生産速度を推定している。しかし, この方法はもとより, 重い方から10%のものの平均をとった maximum 10%法を用いた場合でも, 以下のような欠点がある。すなわち, まず同時出生個体群でなければ, この方法でも蛹化・羽化がはじまると幼虫個体群の最大個体なるものは, その成長は頭打ちとなり (Fig.4・5), したがって個体群における個体の成長率は零か零に近い値として計算される。Mean 法の場合に後期にみられたのと同じく, 成長のおくれた個体は成長をつづけているにもかかわらず, また個体群における個体の成長がすべて同じ S 字形曲線を描くような場合では, 成長率が大きい時期は現存量が小さく, 現存量が大きい時期はこの方法で求めた成長率は小さくなるから, この点でも生産量の推定値は過少になる。従って, maximum 個体法および maximum 10%法を用いて成長率を算定した場合にも, 生産量の見積りは過少評価となるであろう。

III) Minimum 10%法を用いた場合

それでは minimum 10%法ではどうなるであろうか。この場合も測定個体群が同時出生個体群でない場合には, maximum 個体法・maximum 10%法とは逆に生育初期の段階において, この方法で求めた個体の成長率は真実の成長率よりも小さくなり, 極端な場合には零か負の値を示すことすらある。つまりこの点については過少評価になるわけである。一方, たとえばすべての個体が同じ S 字状のカーブで成長する場合, この方法で得られる成長率の低い時期には現存量が小さく, 現存量の大きい時期には成長率が高いことになるため, この点では生産量は過大評価されることになる。

IV) Mode 法を用いる場合

このように考えると, いわば集団としての個体追跡にもあたる mode 法を用いるのがよいと思われる。すなわち, 個体群における個体の成長率を求める場合, 個体の大多数がたどるという意味での代表的な値は個体群組成のモードである。従って, より近似的な生産量を求めるには mode 法が最良の方法であると考えられる。

3. Allen curve の適用可能範囲についての mode 法・mean 法との比較

生産速度推定に用いた個体群のうち, Allen curve 法

の適用可能な種を選び, その種の世代期間のうち, Allen curve の適用可能範囲内 (個体群に幼若虫の加入がなくなった時点から, 羽化がはじまる以前までの期間) について (Figs. 6, 7, 8), 成長率法のうち, mode 法, mean 法による成長率推定値にもつづいての生産速度の推定値と Allen curve 法による推定値との比較を行った。その結果は Table 11 に示すとおり, Allen curve 法による生産量の推定値は, mean 法よりも mode 法に近い値を示している。上記の範囲内における Allen 法による curve 推定値はかなり信頼度の高いものと考えられるから, 上の結果は成長率法による生産量推定の場合 mode 法の方が mean 法よりもすぐれていることを示すものといえる。

4. P/B 値について

動物を対象とする生産生態学の研究において, 一定期間, もしくは 1 世代期間における純生産量 (P) と平均現存量 (\bar{B}) の比は P/\bar{B} 係数, または P/\bar{B} 率とよばれているが, 特に米国においては P/\bar{B} 係数のことを回転率 (turnover rate・turnover ratio) と呼ぶ研究者が多い。

P/\bar{B} の示す内容は, 期間 T を時間の 1 単位とした時の個体の平均瞬間成長率 (G) である。河川の底生昆虫について, P/\bar{B} 値を調べた研究は比較的少ない (Waters, 1966・1969; 御勢, 1970a・1975; Waters & Crawford, 1973)。Waters (1969) は底生動物の個体群について P/\bar{B} 検討し, その値が 2.5~5 で, 平均約 3.5 とかなり一定であることを指摘した。その後, Waters & Crawford (1973) は, *Ephemera subvaris* (年 1 世代) を用い, 成長率法で生産度を推定し, cohort P/\bar{B} (cohort turnover ratio) の値は 4.2, 年 P/\bar{B} の値は 5.8 と算定した。このように P/\bar{B} には年 P/\bar{B} として示す場合と, 世代 (cohort) P/\bar{B} としてあらわす場合とがある。

本報では, mode 法を用いて生産速度を推定し, その値を用いて, 世代 P/\bar{B} と年 P/\bar{B} を算定した (Table 12)。年 1 世代種については, 年生産量と世代当りの生産量とは同じであるが, 年 P/\bar{B} と世代 P/\bar{B} とは必ずしも一致しない。年 P/\bar{B} が世代 P/\bar{B} に比べて大きい場合 (*Tadama scriptus*, *Isoperla nipponica*, *Ephemera nigra*, *Epeorus ikanonis*), 同じ場合, (*Perla tibialis*, *Ephemera trispina*), 小さい場合 (*Oyamia gibba*, *Paragnetina tinctipennis*, *Ephemera yoshinoensis*) もある。まず, 年 1 世代種について考察してみよう。水生昆虫は, 生活環の中で, 卵, 幼虫, 蛹, 成虫の各期を経るものと, 卵, 若虫, 成虫の各期を経るものがある。生活環の中で, 幼虫期間が短かく, 卵, 蛹, 成虫期間が長い個体群では, ある時期に幼虫の生息が水中にみられない期間がある

Table 3. Production estimation of *Stenopysyche griseipennis* by the growth rate method at Mizugase. Δt : Time interval between two successive surveys. B: Average standing biomass. G: Instantaneous growth rate. P: Net production.

Date	Δt	No./ m^2	Standing crop-B (g/ m^2)	* Maximum		* Mean		Maximum wt.		Mean wt.		Mode wt.		Minimum wt.						
				wt. (mg)	wt. (mg)	wt. (mg)	wt. (mg)	G/day (g/ m^2)	P/day (g/ m^2)	P: Δt (g/ m^2)	G/day (g/ m^2)	P/day (g/ m^2)	P: Δt (g/ m^2)	G/day (g/ m^2)	P/day (g/ m^2)	P: Δt (g/ m^2)				
Winter generation																				
15 Nov.	358	31.439	54.775	375.6	87.7	49.2	3.2	0.0067	0.372	10.802	0.0060	0.328	9.524	0.0151	0.828	24.006	-0.0085	-0.466	-13.502	
29	750	78.110	60.004	459.3	104.2	76.0	2.5	-0.0046	-0.276	-9.661	0.0102	0.613	21.461	0.0019	0.116	4.062	0.0134	0.804	228.142	
35	281	41.897	46.216	390.2	149.1	81.4	4.0	0.0060	0.277	7.487	-0.0063	-0.292	-7.897	-0.0006	-0.029	-0.790	0.0131	0.605	16.347	
27	402	50.535	43.013	458.4	125.7	76.9	5.7	-0.0034	-0.148	-5.181	-0.0041	-0.177	-6.191	0.0100	0.506	17.725	-0.0021	-0.090	-3.162	
35	326	35.49	47.325	406.5	108.9	108.9	5.3	0.0002	0.008	0.283	0.0142	0.674	23.574	0.0092	0.436	15.248	0.0641	3.034	106.174	
26 Apr.	330	59.160	48.065	409.0	179.3	150.2	49.9	0.0207	0.997	25.924	0.0302	1.450	37.680	0.0332	1.593	41.420	0.0457	2.197	57.111	
17 May	94	36.970	34.624	701.5	393.3	355.5	163.9	-0.0037	-0.128	-3.587	0.0004	0.012	0.343	0.0034	0.118	3.301	0.0139	0.481	13.476	
14 Jun.	81	32.278		633.0	398.5	391.9	241.6				0.0004	0.007	0.194	0.0002	0.003	0.097	0.0139	0.241	6.738	
12 Jul.	0																			
Summer generation																				
14 Jun.	686	6.288	52.725	25.9	10.5	6.1	1.4	0.1010	5.326	149.135	0.1004	5.291	148.151	0.0657	3.466	97.056	0.0223	1.175	32.922	
28	569	99.161	83.735	438.1	174.3	38.4	2.6	-0.0033	-0.211	-6.326	-0.0171	-1.431	-42.926	0.0179	1.498	44.392	0.0036	0.305	9.043	
30	654	68.308	56.995	396.8	104.4	65.7	2.9	0.0008	0.048	1.680	0.0013	0.073	2.560	0.0071	0.402	14.071	0.0221	1.260	44.086	
35	418	45.682	48.915	408.2	109.3	84.2	6.3	-0.0028	0.135	4.191	0.0227	1.110	34.404	0.0233	1.141	35.361	0.1670	8.169	253.233	
31	236	52.148		374.8	221.0	173.8	113.4				0.0227	0.555	14.990	0.0156	0.383	10.330	0.0443	1.083	29.239	
27	Nov.	0																		
12 Nov.	0																			
Total Summer																				
									148.680				157.179			201.210				368.523
Winter generation																				
11 Oct.	406	12.260	33.865	92.4	30.2	5.2	1.3	0.0581	1.968	53.124	0.0446	1.510	40.780	0.0431	1.461	39.446	-0.0030	-0.102	-2.743	
27	Nov.	587	55.469	443.3	100.7	49.0	1.2													
Total winter																				
									79.197				119.468			144.515				208.581
Total annual production																				
									227.877				276.647			345.725				577.104

* or **: Average value of individuals which were selected in order of weight from the heaviest one (*) or from the lightest one (**) to the number of 10% of the total.

***: Average value of individuals which were selected in order of weight from the heaviest one to the number of 50% of the total.

Table 4. Production estimation of *Stenopsyche griseipennis* by the growth rate method at Anó. Other explanations see Tab. 3.

Date	At No./m ² crop	Standing B (g/m ²)	* Maximum			* Minimum		Maximum wt.		Mean wt.		Mode wt.		Minimum wt.					
			wt. (mg)	wt. (mg)	wt. (mg)	wt. (mg)	wt. (mg)	G/day (g/m ²)	P/day (g/m ²)	P:At (g/m ²)	G/day (g/m ²)	P/day (g/m ²)	P:At (g/m ²)	G/day (g/m ²)	P/day (g/m ²)	P:At (g/m ²)			
Summer generation																			
27 May	139	3.344	49.3	24.2	18.3	3.9	0.1025	3.005	60.098	0.1213	3.557	71.139	0.1417	4.155	83.093	0.1759	5.158	103.162	
20 Jun.	202	55.304	382.5	273.8	312.0	129.9	0.0059	0.309	10.810	0.0079	0.414	14.475	0.0034	0.176	6.160	0.0191	0.999	34.996	
21 Jul.	136	49.392	469.4	363.2	361.1	253.1	-0.0002	-0.006	-0.201	0.0010	0.027	0.829	0.0001	0.003	0.079	0.0053	0.151	4.669	
21 Aug.	18	6.987	466.0	388.1	362.5	299.0				**	0.0061	0.086	0.0033	0.046	1.380	**	0.0087	0.123	3.697
20 Sep.	0	0	14.095																
Total summer																			
							70.707					88.912			90.712			146.524	
Winter generation																			
21 Oct.	240	5.362	82.7	22.3	17.9	3.9	0.0418	0.529	16.934	0.0598	0.757	24.231	0.0562	0.711	22.767	0.0641	0.812	25.968	
22 Nov.	132	19.952	315.3	151.2	108.1	30.3	0.0246	0.600	14.390	0.0342	0.832	19.972	0.0439	1.069	25.666	0.0549	1.336	32.073	
16 Dec.	84	28.768	569.0	342.5	310.5	113.0	0.0006	0.015	0.491	0.0077	0.192	6.510	0.0079	0.197	6.704	0.0275	0.683	23.234	
19 Jan.	47	20.868	580.0	444.0	405.4	288.0	0.0017	0.031	0.911	-0.0012	-0.023	-0.666	0.0007	0.013	0.369	0.0003	0.006	0.162	
17 Feb.	36	16.430	608.8	428.6	411.6	291.0	-0.0057	-0.051	-2.034	0.0024	0.021	0.851	0.0031	0.028	1.106	0.0105	0.094	3.764	
29 Mar.	3	1.413	501.0	471.0	465.7	444.1				**	0.0021	0.009	0.0003	0.002	0.035	**	0.0054	0.024	0.693
26 Apr.	0	0	4.461																
Total winter																			
							30.692					51.173			56.647			85.894	
Total annual production																			
							101.399				140.085			147.359				232.418	

Table 5. Production estimation of *Ephemerella nigra* by the growth rate method at Mizugase. Explanations see Tab. 3.

Date	Δt	No./m ²	Standing crop-B (g/m ²)	\bar{B} (g/m ²)	Mean wt. (mg)	Mode wt. (mg)	Mean wt.			Mode wt.			
							G/day	P/day (g/m ²)	P Δt (g/m ²)	G/day	P/day (g/m ²)	P Δt (g/m ²)	
15 Nov.		49	0.156		3.25	0.50							
	29			0.304			0.0195	0.006	0.172	0.0600	0.018	0.528	
14 Dec.		79	0.451		5.71	2.78							
	35			0.527			0.0086	0.005	0.158	0.0225	0.012	0.416	
18 Jan.		78	0.603		7.72	6.12							
	27			0.858			0.0140	0.012	0.335	0.0161	0.014	0.373	
15 Feb.		104	1.172		11.27	9.46							
	35			1.362			0.0177	0.024	0.844	0.0116	0.016	0.552	
22 Mar.		74	1.551		20.96	14.22							
	35			1.021			0.0086	0.009	0.307	0.0105	0.011	0.376	
26 Apr.		18	0.491		27.28	20.57							
	26			0.692			0.0153	0.011	0.275	0.0073	0.005	0.132	
17 May		22	0.892		40.55	24.89							
	28			0.346			* 0.0094	0.003	0.091	** 0.0089	0.003	0.087	
14 Jun.		0	0										
15 Sep.		71	0.019		0.27	0.14							
	31			0.066			0.0734	0.005	0.150	0.0558	0.004	0.114	
16 Oct.		43	0.113		2.63	0.79							
	27			0.150			0.0074	0.001	0.030	0.0282	0.004	0.114	
12 Nov.		58	0.186		3.21	1.69							
Total annual production									2.362			2.692	

Table 6. Production estimation of *Epeorus uenoi* by the growth rate method at Mizugase. Explanations see Tab. 3.

Date	Δt	No./m ²	Standing crop-B (g/m ²)	\bar{B} (g/m ²)	Mean wt. (mg)	Mode wt. (mg)	Mean wt.			Mode wt.		
							G/day	P/day (g/m ²)	P Δt (g/m ²)	G/day	P/day (g/m ²)	P Δt (g/m ²)
Winter generation												
15 Nov.		56	0.094		1.68	0.75						
	29			0.159			0.0153	0.002	0.071	0.0438	0.007	0.202
14 Dec.		86	0.224		2.61	2.67						
	35			0.262			0.0262	0.007	0.240	0.0077	0.002	0.071
18 Jan.		46	0.301		6.52	3.50						
	27			0.234			-0.0145	-0.003	-0.092	-0.0019	-0.001	-0.012
15 Feb.		38	0.168		4.41	3.33						
	35			0.242			0.0091	0.002	0.077	0.0250	0.006	0.212
22 Mar.		52	0.316		6.07	8.00						
	35			0.295			0.0262	0.008	0.270	0.0224	0.007	0.231
26 Apr.		18	0.273		15.17	17.50						
	26			0.642			0.0143	0.009	0.239	0.0011	0.001	0.019
17 May		46	1.010		21.96	18.00						
	28			1.289			0.0181	0.023	0.644	0.0246	0.032	0.887
14 Jun.		43	1.567		36.44	35.83						
	28			1.085			0.0145	0.016	0.440	0.0119	0.013	0.361
12 Jul.		11	0.602		54.73	50.00						
	30			0.543			* 0.0170	0.009	0.277	** 0.0157	0.009	0.255
11 Aug.		0	0									

Summer generation												
17	May	28	4	0.001		0.25	0.06					
14	Jun.	28	32	0.076	0.039	2.38	0.63	0.0805	0.003	0.088	0.0840	0.003 0.092
12	Jul.	30	50	0.335	0.206	6.70	5.25	0.0370	0.008	0.213	0.0757	0.016 0.437
11	Aug.	35	23	0.171	0.253	7.43	14.17	0.0035	0.001	0.026	0.0331	0.008 0.251
12	Sep.	31	53	0.424	0.298	8.00	16.43	0.0022	0.001	0.023	0.0042	0.001 0.044
11	Oct.	27	50	0.862	0.643	17.24	17.86	0.0249	0.016	0.496	0.0028	0.002 0.055
12	Nov.	18	21	0.796	0.829	37.90	36.00	0.0292	0.024	0.654	0.0261	0.022 0.584
13	Dec.							0.0234	0.010	0.185	0.0138	0.006 0.109
Total summer										1.685	1.572	
Winter generation												
11	Oct.	27	21	0.003	0.096	0.25	0.15	0.1036	0.096	0.269	0.0629	0.006 0.163
12	Nov.		71	0.189		2.66	0.82					
Total winter										2.435	2.389	
Total annual production										4.120	3.961	

Table 7. Production estimation of *Tadamus scriptus* by the growth rate method at Mizugase. Explanations see Tab. 3.

Date	Δt	No./m ²	Standing crop-B (g/m ²)	\bar{B} (g/m ²)	Mean wt. (mg)	Mode wt. (mg)	Mean wt.			Mode wt.		
							G/day (g/m ²)	P/day (g/m ²)	P Δt (g/m ²)	G/day (g/m ²)	P/day (g/m ²)	P Δt (g/m ²)
15	Nov.	64	0.135		2.11	0.69						
		29		0.866			0.0438	0.038	1.100	0.0675	0.058	1.694
14	Dec.	211	1.596		7.56	4.88						
		35		1.758			0.0255	0.045	1.569	0.0235	0.041	1.446
18	Jan.	104	1.920		18.46	11.11						
		27		2.170			0.0122	0.026	0.715	0.0243	0.053	1.426
15	Feb.	94	2.419		25.73	21.43						
		35		4.192			0.0401	0.168	5.883	0.0459	0.192	6.730
22	Mar.	57	5.964		104.63	106.67						
		35		3.734			-0.0012	-0.004	-0.157	0.0004	0.002	0.055
26	Apr.	15	1.504		100.27	108.33						
		26		1.747			0.0060	0.010	0.273	0.0032	0.006	0.146
17	May	17	1.989		117.00	116.67						
		28		1.493			0.0125	0.019	0.523	0.0118	0.018	0.495
14	Jun.	6	0.997		166.17	162.50						
		28					*			**		
							0.0196	0.015	0.409	0.0026	0.002	0.055
12	Jul.	0	0									
15	Sep.	13	0.001		0.08	0.12	0.0437	0.001	0.004	0.0196	0.001	0.002
		31		0.003								
16	Oct.	16	0.005		0.31	0.22	0.0576	0.006	0.154	0.0606	0.006	0.162
		27		0.099								
12	Nov.	131	0.192		1.47	1.13						
Total annual production										10.473	12.211	

Table 8. Production estimation of *Perla tibialis* by the growth rate method at Mizugase. Explanations see Tab. 3.

Date	Δt	No./m ²	Standing		Mean wt. (mg)	Mode wt. (mg)	Mean wt.			Mode wt.					
			crop-B (g/m ²)	\bar{B} (g/m ²)			G/day	P/day (g/m ²)	PΔt (g/m ²)	G/day	P/day (g/m ²)	PΔt (g/m ²)			
15 Nov.	316		3.662		11.59	1.59									
	29			2.628			-0.0035	-0.009	-0.267	0.0006	0.002	0.047			
14 Dec.	152		1.593		10.48	1.62									
	35			2.464			0.0245	0.060	2.113	0.0042	0.010	0.366			
18 Jan.	135		3.335		24.70	1.88									
	37			2.716			-0.0014	-0.004	-0.103	0.0005	0.002	0.054			
15 Feb.	88		2.096		23.82	1.92									
	35			3.994			0.0084	0.034	1.174	0.0123	0.049	1.725			
22 Mar.	185		5.891		31.84	2.96									
	35			8.329			0.0079	0.066	2.303	0.0268	0.223	7.811			
26 Apr.	256		10.767		42.06	8.56									
	26			12.735			0.0302	0.335	8.703	0.0558	0.710	18.463			
17 May	122		14.580		119.51	42.31									
	28			6.368			*			**					
14 Jun.	0		0												
12 Jul.	13		0.001		0.08	0.07									
	30			0.005			0.0353	0.001	0.005	0.0450	0.001	0.007			
11 Aug.	35		0.008		0.23	0.27									
	35			0.729			0.0962	0.070	2.453	0.0516	0.038	1.315			
15 Sep.	217		1.449		6.68	1.64									
	31			3.336			0.0232	0.077	2.399	0.0013	0.004	0.138			
16 Oct.	382		5.222		13.67	1.71									
	27			4.283			-0.0048	-0.021	-0.555	0.0217	0.093	2.506			
12 Nov.	278		3.344		12.01	3.07									
Total annual production										23.812			34.989		

Table 9. Comparison of various production rates estimated by various methods using growth rate.

Species	Period	generation	P (g/m ²)				\bar{B} (g/m ²)	
			maximum method	mean method	mode method	minimum method	generation	Annual
<i>Tadamus scriptus</i>	Year	1	7.13	10.47	12.21		1.39	1.29
<i>Isoperla nipponica</i>	Year	1	0.84	1.15	1.14		0.21	0.13
<i>Paragnetina tinctipennis</i>	Year	1	4.01	6.49	8.37		1.19	1.47
<i>Oyamia gibba</i>	Year	1	22.60	26.42	33.84		6.97	8.01
<i>Perla tibialis</i>	Year	1	15.37	23.81	34.99		4.00	4.03
<i>Ephemerella yoshinoensis</i>	Year	1	1.47	1.55	2.33		0.37	0.43
<i>Ephemerella trispina</i>	Year	1	1.40	1.79	1.85		0.36	0.36
<i>Ephemerella nigra</i>	Year	1	2.04	2.36	2.69		0.56	0.43
<i>Ephemerella rufa</i>	Winter	1	1.25	1.95	2.12		0.36	
	Summer	1	0.51	0.86	0.81		0.19	
	Annual	2	1.76	2.81	2.93		0.32	0.48
<i>Baetis yamatoensis</i>	Winter	1	1.14	1.81	2.12		0.35	
	Summer	1	1.29	1.34	1.60		0.52	
	Annual	2	2.43	3.15	3.72		0.43	0.60
<i>Isonychia japonica</i>	Winter	1	1.45	2.04	2.25		0.35	
	Summer	1	0.79	1.03	1.27		0.23	

<i>Epeorus latifolium</i>	Annual	2	2.24	3.07	3.52		0.32	0.39
	Winter	1	1.29	2.47	2.55		0.35	
	Summer	1	1.58	2.19	2.27		0.87	
<i>Epeorus uenoi</i>	Annual	2	2.87	4.66	4.82		0.53	0.59
	Winter	1	1.76	2.44	2.39		0.40	
	Summer	1	0.89	1.69	1.57		0.33	
<i>Epeorus ikanonis</i>	Annual	2	2.65	4.13	3.96		0.37	0.57
	Year	1	1.26	2.05	2.39		0.34	
<i>Stenopsyche griseipennis</i> ^{a)}	Winter	1	79.20	119.47	144.52	208.58	43.36	54.25
	Summer	1	148.68	157.18	201.21	368.52	54.32	
<i>Stenopsyche griseipennis</i> ^{b)}	Annual	2	227.88	276.65	345.73	577.10	47.02	54.25
	Winter	1	30.69	51.17	56.65	85.89	13.26	
	Summer	1	70.71	88.91	90.71	146.52	23.01	
	Annual	2	101.40	140.08	147.36	232.42	17.32	515.87

a) Mizugase

b) Anō

Table 10. Coefficient of variation in weight of *Stenopsyche griseipennis* (summer generation) at Anō and Mizugase.

Date	Anō (%)	Mizugase (%)
May	42.2	
Jun.	26.2	74.6
Jul.	18.7	82.2
Aug.	16.8	104.5
Sep.		113.9
Oct.		36.2

Table 11. Production estimations by using the Allen curve method and the two (mode and mean) growth rate methods.

Species		From Allen curves method (g/m ²)	Estimate of production	
			From instantaneous growth method (g/m ²)	From mean weight method (g/m ²)
¹⁾ <i>Ephemerella rufa</i>	Summer generation	0.82	0.81	0.86
	Winter generation	1.43	1.45	1.35
¹⁾ <i>Epeorus latifolium</i>	Summer generation	2.33	2.16	1.97
¹⁾ <i>Epeorus ikanonis</i>	1 generation	2.26	2.39	2.05
¹⁾ <i>Tadamus scriptus</i>	1 generation	9.81	10.30	8.81
²⁾ <i>Stenopsyche griseipennis</i>	Winter generation	54.92	56.61	50.92

¹⁾ Mizugase

²⁾ Anō

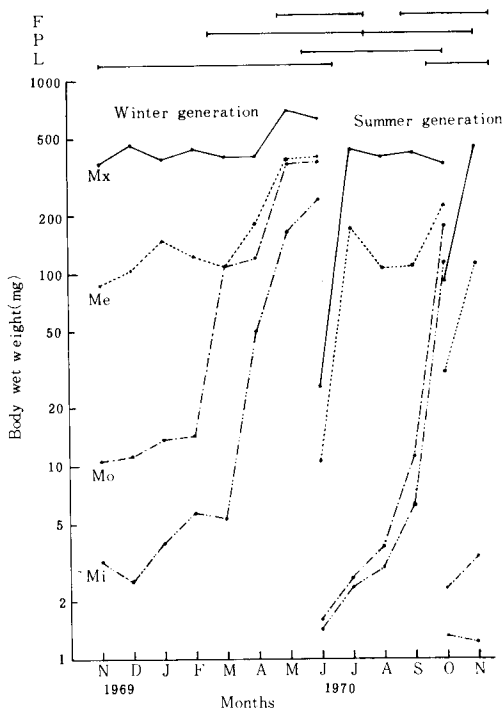


Fig. 4. Body weights of *Stenopsyche griseipennis* larvae at Mizugase, estimated by four different methods [Maximum (Mx), Mean (Me), Mode (Mo) and Minimum (Mi)].
L : Larval period. P : Pupal period. F : Adult period.

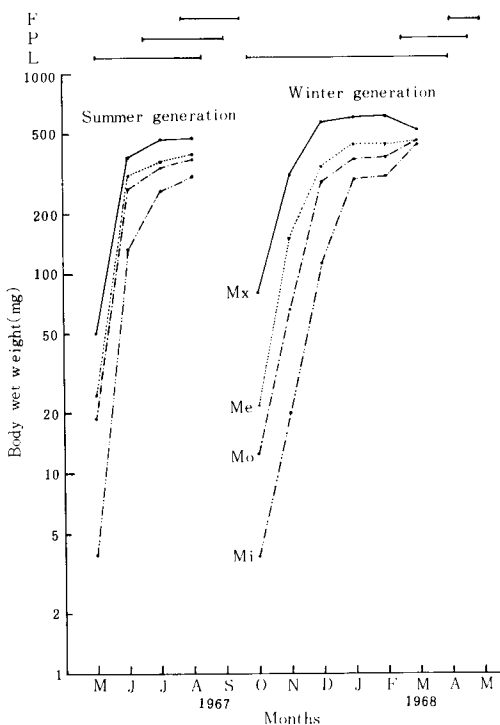


Fig. 5. Body weights of *Stenopsyche griseipennis* larvae at Anô. For other explanations see Fig. 4.

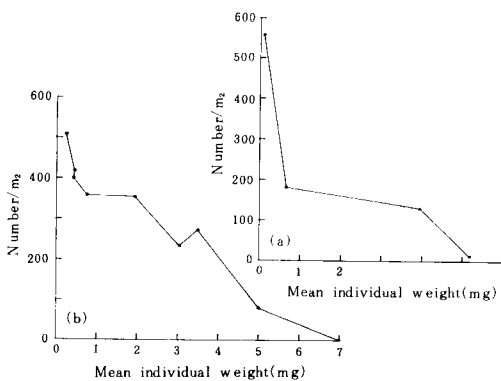


Fig. 6. Allen curve of *Ephemerella rufa* at Mizugase. a : Summer generation. b : Winter generation.

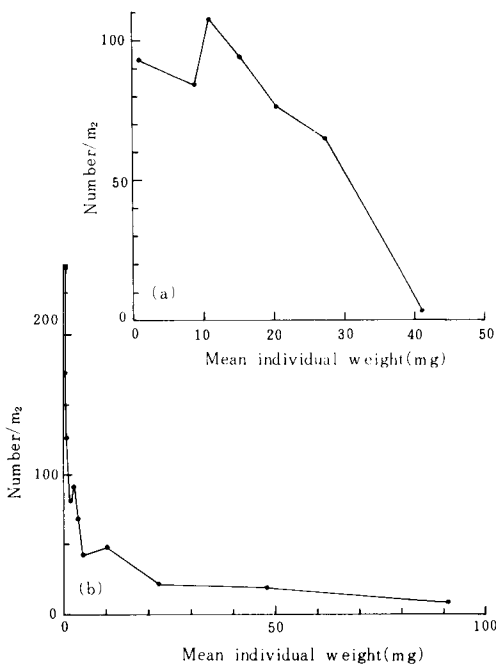


Fig. 7. Allen curve of *Epeorus latifolium* (summer generation) and *Epeorus ikanonis* at Mizugase.

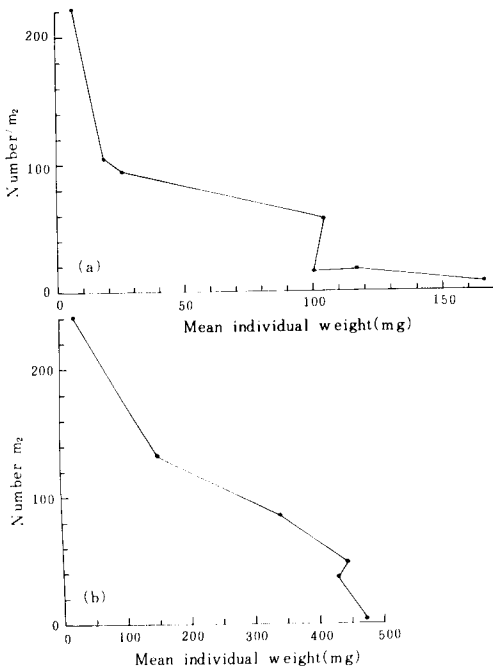


Fig. 8. Allen curve of *Tadamus scriptus* (a) and *Stenopsyche griseipennis* (b. winter generation) at Anô.

(Fig. 9-A)。これとは別に、年間を通じて幼虫が水中に生息する個体群もある (Fig. 9-B)。また、羽化期間が長期にわたるため、その世代の幼虫が1年以上も水中に生息する場合もある (Fig. 9-C)。年 P/\bar{B} は年生産量を年内平均現存量で割った値であり、世代 P/\bar{B} は、世代当りの生産量を世代内の平均現存量で除した値である。従って、幼虫の生息期間が短かく、卵、蛹、成虫期間の長い個体群の年 P/\bar{B} は、 P/\bar{B} 世代に比べて大きい値となる。年間にわたって幼虫が水中に生息する個体群の年 P/\bar{B} と世代 P/\bar{B} の値は一致する。1ヶ年以上にわたって幼虫が生息する個体群の年 P/\bar{B} は、世代 P/\bar{B} に比べて小さい値となる (Table 12)。

年2世代種については、世代当りの生産量の合計値が年生産量であるが、年 P/\bar{B} と世代 P/\bar{B} とは必ずしも一致しない。年 P/\bar{B} が世代 P/\bar{B} (各世代 P/\bar{B} の合計値) よりも大きい場合 (賀名生地点の *S. griseipennis*)、同じ場合、小さい場合 (水ヶ瀬地点の *S. griseipennis*, *Ephemera rufa*, *Baetis yamatoensis*, *Isonychia japonica*, *Epeous latifolium*, *Eprorus uenoi*) もある。

次に年2世代種の場合を考えてみよう。この二つの世代は、世代当りの純生産量 (P) は同じで、世代期間 (幼虫期) の積算現存量 (月単位) が等しいとする。 G_{s_1} と G_{s_2} を世代 P/\bar{B} , G_y を年 P/\bar{B} とする。 Fig. 9-D は両世代の交代期に幼虫が水中に生息しない場合で、 $G_{s_1} + G_{s_2} < G_y$ 。 Fig. 9-E は両世代の幼虫が連続して水中に生息する場合で、 $G_{s_1} + G_{s_2} = G_y$ 。 Fig. 9-F は両世代の幼虫が重なり合って生息する場合で、 $G_{s_1} + G_{s_2} > G_y$ となる。

Fig. 10 の実線は、ある種個体群の現存量曲線である。この種は、1月にふ化し7月に全個体が完全に蛹化または羽化する場合である。これに対して、実線に続く破線は、7月以後においてもごくわずかの現存量がある期間残存した場合である。前者と後者の月当りの現存量の総和および生産量についてはほとんど差がないとするならば、前者と後者の年 P/\bar{B} をとればほぼ等しい値となるが、世代 P/\bar{B} をとれば前者の値は小さく、後者の値は大きくなる。後者の場合には、残存期間の幼虫完全消失期に応じて \bar{B} は異なった値をとることになり、従って P/\bar{B} 推定値の安定を乱し、 P/\bar{B} 推定値の信頼性を著しく低下させる可能性をもっている (森下, 1975)。

本研究で得た年1世代種の年 P/\bar{B} 値は、積翅目では4.2~9.5、蜉蝣目では5.1~6.2。年2世代種の年 P/\bar{B} 値は、蜉蝣目で6.1~9.0、毛翅目で6.4~9.3の値を示した。

森下 (1975) は、定常個体群の場合を除いて、従来用いていた一定期間の純生産量 (P) と平均現存量 (\bar{B}) の比が、その期間の回転率を示すものとする考え方は誤りであるとする。そして回転率は現存量の平均出現時間と滞在時間の比として規定されるべきで、近似的には純生産量と最大現存量 (B_{max}) の比として測定されるべきことを明らかにした。

Table 12 は、水ヶ瀬、賀名生両地点で得た底生動物個体群の生産速度の推定値を用い、各個体群の生産量と最大現存量をもとにして回転率を算定した値である。最大現存量の推定値としては、現存量の最大標本値 B_{max} のほか、 B_{max} 推定値の誤差を小さくするため、 B^*_{max} , B^{**}_{max} をとって計算した。森下は、年2世代以上をくり返す動物の年間回転率の計算法を示し、各世代の B_{max} 諸推定⁴⁾ (B_{max} , B^*_{max} , B^{**}_{max}) 値を用いて $\Sigma P/B_{max}$ を計算し、この値を年間回転率とする方法をこころみた (ΣP は、それぞれの各世代の P の合計値)。年2世代以上をくり返す個体群の年間回転率については、

4) B_{max} は、現存量の最大標本値、 B^*_{max} は $B^*_i = (B'_{i-1} + 2B'_i + B'_{i+1})/4$ のうちの最大値、 B^{**}_{max} は $B^{**}_i = (B'_{i-1} + B'_i + B'_{i+1})/3$ のうちの最大値を示す (森下, 1975)。

世代を異にするということは、いわば回転系列を異にするということである。従って、年間回転率は各世代の回転率の和として計算するのが合理的であると考え。森下 (1975) は、2種の水生昆虫個体群について、 P/B_{max} の諸推定値と P/\bar{B} 値の 変動係数を比較し、そのうち1種については、 P/B^*_{max} , P/B^{**}_{max} 値は P/\bar{B} 値よりも変動のばらつきが小さいと述べている。本調査によって得た各個体群の P/\bar{B} と P/B_{max} の諸推定値の比較 (Table 12) では、 P/B_{max}^* と P/B^{**}_{max} の値のばらつきは、 P/\bar{B} , P/B_{max} よりも小さいものと考えられる

が、このような推定値の安定性の問題については、多くの種類、多年にわたる同じ個体群の資料にもとづいて今後検討するべきである。しかし、 P/\bar{B} の安定性や規則性が保証されるなら、 P/\bar{B} は有効な生産指数として利用できることは確かである。特に日本の河川における底生動物個体群の P/\bar{B} , P/B_{max} 諸推定値における安定性、規則性を論ずる場合、洪水による現存量の変動が極めて大きいこと、底生動物の現存量の間に著しい変動がみられるため (田中, 1959), サンプル回数など充分考慮して吟味しなければならない。

Table 12. Estimated P/\bar{B} and P/B_{max} of various species populations.

Species	Period	G ^{c)}	P (g/m ²)	P/ \bar{B} (g/m ²) G ^{e)} A ^{d)}		Estimate of P/B_{max}					
						P		P		P	
						B _{max}	(w+s)	B [*] _{max}	(w+s)	B ^{**} _{max}	(w+s)
<i>Tadamas scriptus</i>	Year	1	12.21	8.8	9.5	2.1		3.1		3.7	
<i>Isoperla nipponica</i>	"	1	1.14	5.4	8.8	1.5		2.1		2.4	
<i>Paragnetina tinctipennis</i>	"	1	8.37	7.0	5.7	2.3		3.1		3.5	
<i>Oyamia gibba</i>	"	1	33.84	4.9	4.2	1.9		2.3		2.5	
<i>Perla tibialis</i>	"	1	34.99	8.7	8.7	2.4		3.3		3.4	
<i>Ephemerella yoshinoensis</i>	"	1	2.33	6.3	5.4	1.6		1.9		2.0	
<i>Ephemerella trispina</i>	"	1	1.85	5.1	5.1	2.3		3.0		2.9	
<i>Ephemerella nigra</i>	"	1	2.69	5.3	6.2	1.7		2.3		2.4	
<i>Ephemerella rufa</i>	Winter	1	2.12	5.9		2.2		2.6		2.7	
	Summer	1	0.81	4.3		1.6		2.6		3.4	
	Annual	2	2.93	9.1	6.1	3.3 ^{e)}	3.8	3.5 ^{e)}	5.2	3.7 ^{e)}	6.1
<i>Baetis yamatoensis</i>	Winter	1	2.12	6.1		1.9		2.4		2.6	
	Summer	1	1.60	3.0		1.6		2.1		2.4	
	Annual	2	3.72	8.6	6.2	3.3 ^{e)}	3.5	4.1 ^{e)}	4.5	4.5 ^{e)}	5.0
<i>Isonychia japonica</i>	Winter	1	2.25	6.2		3.1		3.4		3.6	
	Summer	1	1.27	5.5		1.8		3.2		4.2	
	Annual	2	3.57	11.0	9.0	4.8 ^{e)}	4.9	5.3 ^{e)}	6.6	5.6 ^{e)}	7.8
<i>Epeorus latifolium</i>	Winter	1	2.55	7.3		2.7		2.9		3.0	
	Summer	1	2.27	2.6		1.6		1.9		2.0	
	Annual	2	4.82	9.1	8.2	3.3 ^{e)}	4.3	4.0 ^{e)}	4.8	4.3 ^{e)}	5.0
<i>Epeorus uenoi</i>	Winter	1	2.39	6.0		1.5		2.0		2.3	
	Summer	1	1.57	4.8		1.8		2.1		2.3	
	Annual	2	3.96	10.7	6.9	2.5 ^{e)}	3.3	3.3 ^{e)}	4.1	3.7 ^{e)}	4.6
<i>Epeorus ikanonis</i>	Year	1	2.39	7.0	7.7	2.6		3.1		3.3	
<i>Stenopsyche griseipennis^{a)}</i>	Winter	1	144.52	3.3		1.9		2.5		2.5	
	Summer	1	201.21	3.7		2.0		2.9		2.8	
	Annual	2	345.73	7.4	6.4	3.5 ^{e)}	3.9	5.1 ^{e)}	5.4	4.8 ^{e)}	5.3
<i>Stenopsyche griseipennis^{b)}</i>	Winter	1	56.65	4.3		2.0		2.3		2.4	
	Summer	1	90.71	3.9		1.6		2.3		2.4	
	Annual	2	147.36	8.5	9.3	2.6 ^{e)}	3.6	3.7 ^{e)}	4.6	4.0 ^{e)}	4.8

a) Mizugase, b) Anô c) generation, d) year, e) the largest B_{max} or B^{*}_{max} or B^{**}_{max} among B_{max} or B^{*}_{max} or B^{**}_{mx} of each generation. w+s: total value of summer and winter generations.

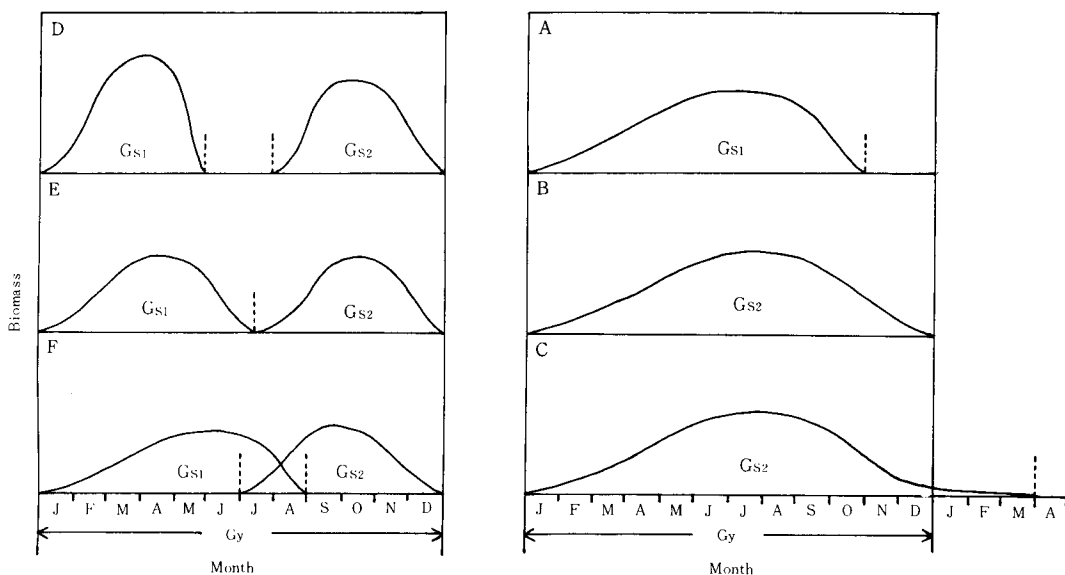


Fig. 9. Hypothetical curves showing standing biomasses of 6 species populations which are different in number of generation per year and in length of larval stage. Longitudinal dotted line shows the time of end or beginning of a generation. A, B and C show the species populations having one generation a year. D, E and F show those having two generations a year; in these cases an accumulated standing biomass (monthly unit) of each generation (larval period) is equal to a net production per generation. Comparison between the annual P/\bar{B} and the generation P/\bar{B} will be able to make conceptually from these figures.

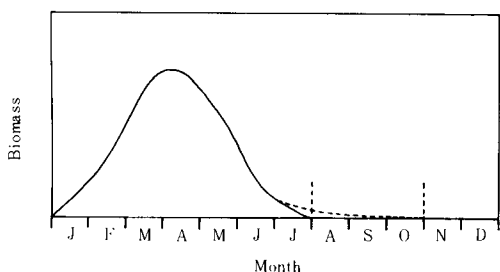


Fig. 10. Hypothetical curves showing standing biomasses of two species populations occurring periods of which are different. Other explanations follow Fig. 9.

5. 群集全体としての生産速度

水ヶ瀬地点の瀬において、1969年11月～70年11月までの1ヶ年間、定量採集した底生動物群集の資料 (Table 2) をもとに、mode 法によって年生産速度を推定した (Table 13)。個体数が少なく、現存量が小さく、かつ出現頻度の小さい個体群については、分類学的に近縁で、生活環のよく似た種のデータから、年 $P/\bar{B}=\theta$ を用い、 $P=\bar{B}\theta$

として生産量を推定した⁵⁾。底生群集全体の合計値は重量で $517.35 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$ となる。このうち、毛翅目の生産量が最も大きく、そのうち造網型トビケラが $382.72 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$ で全生産量の70.0%。特に *S. greseipennis* は $345.73 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$ で、全生産量の66.8%を占めている⁶⁾。

また毛翅目、楯翅目、蜉蝣目の生産量の合計値は $507.93 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$ で、全生産量の98.2%に達する。御勢 (1975) は、高見川の水ヶ瀬地点の瀬で採集した同じ材料を用い、生長率の推定には Maximum 個体法で年生産量を推定した。その推定値と、今回用いた Mode 法の推定値とでは、前者では蛹を含めて計算したので、年平均現存量の算定には若干の差異が生じ、生産速度推定に用いた全個体群の年生産量および P/\bar{B} については直接に比較することは困難である。そこで、本報で用いた生長率諸推定法のうち、mode 法で推定した各個体群の年生産量を100とし、他の方法で得た値と比較した。maximum 法で得た値は、mode 法に比べて年1世代種の楯翅目では58.1%、蜉蝣目で66.8%、年2世代種の毛翅目で51.4%、蜉蝣目で63.1%となる。Maximum 10%法を用

いて年生産量を推定した場合には mode 法に比べて 33 ~50%の過少評価となる。Maximum 個体法を用いた場合には, maximum 10%法よりも更に過少評価することになるだろう。Mean 法では, mode 法に比べて, 年1世代種の積翅目では82.1%, 蜉蝣目で84.0%, 年2世代種の蜉蝣目では93.7%, 毛翅目で82.0%となる。Mean

法を用いて年生産量を推定した場合には6~20%の過少評価となる。水ヶ瀬, 賀名生両地点で得た *S. griseipennis* について, mode 法を106とした場合, minimum 10%法では, 前者の地点においては130.0%となり約30%, 後者の地点では148.5%となり約49%の過大評価となる。

Table 13. Mean standing biomass and productivity during a year from Nov. 1969 to Nov. 1970, at Mizugase in the River Takami.

	Mean annual standing crop (g/m ²)	Annual production (g/m ² ·year)
Ephemeroptera		
<i>Ephemera strigata</i>	0.17	* ¹⁾ 0.89
<i>Ephemerella basalis</i>	0.25	* ²⁾ 1.28
<i>Ephemerella trispina</i>	0.36	1.85
<i>Ephemerellarufa</i>	0.48	2.69
<i>Ephemerella nigra</i>	0.43	2.93
<i>Ephemerella yoshinoensis</i>	0.43	2.33
<i>Ephemerella</i> sp.	0.12	* ²⁾ 0.73
<i>Baetis yamatoensis</i>	0.60	3.72
<i>Baetiella japonica</i>	0.02	* ³⁾ 0.12
<i>Isonychia japonica</i>	0.39	3.52
<i>Epeorus latifolium</i>	0.59	5.82
<i>Epeorus uenoi</i>	0.57	3.96
<i>Epeorus ikanonis</i>	0.31	2.39
<i>Rhithrogena japonica</i>	0.08	* ⁴⁾ 0.62
Total (Ephemeroptera)		32.85
Plecoptera		
<i>Tadamus scriptus</i>	1.29	12.21
<i>Isoperla nipponica</i>	0.13	1.14
<i>Paragnetina tinctipennis</i>	1.47	8.37
<i>Oyamia gibba</i>	8.01	33.84
<i>Perla tibialis</i>	4.03	34.99
Total (Plecoptera)		90.55
Trichoptera		
<i>Stenopsyche griseipennis</i>	54.25	345.73
<i>Hydropsyche ulmeri</i>	5.78	* ⁵⁾ 36.99
<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	0.32	* ⁶⁾ 1.44
<i>Rhyacophila</i> sp. RG	0.04	* ⁶⁾ 0.18
<i>Mystropera inops</i>	0.03	* ⁶⁾ 0.14
<i>Goera japonica</i>	0.01	* ⁶⁾ 0.05
Total (Trichoptera)		384.53
Coleoptera		
<i>Elmis</i> sp. ED	—	
Diptera		
<i>Antocha</i> sp.	0.05	** ⁷⁾ 0.50
<i>Spaniotoma</i> spp.	0.24	** ⁸⁾ 4.19
<i>Atherix ibis japonica</i>	0.37	** ⁹⁾ 4.75
Total (Diptera)		9.44
Total annual production		517.35

Ⅳ 摘 要

1. 大和吉野川の水ヶ瀬・賀名生両地点で採集した河川の底生動物について、成長率法を用いて、種毎の生産速度を推定した。

2. 個体群における個体の成長率の推定法として、従来用いられてきた maximum 個体法、mean 法のほか、新しく maximum 10%法、minimum 10% 法および mode 法をとり上げ、理論的には mode 法が最適であることを明らかにするとともに、Allen curve 法の適用可能な範囲では、mode 法による生産量推定値はほぼ Allen curve 法による推定値と一致することを示した。

3. Mode 法によって計算した水ヶ瀬地点の瀬における底生動物群集全体の生産量は湿重量で 517.35 g / m² · year であった。

4. 両地点で得た底生昆虫を、maximum 10%法・mean法・mode 法・minimum 10%の諸方法にもとづく成長率によって計算し、その値をもとにして生産速度を推定し、比較した。その結果、mode 法に比べて maximum 10%法で33~50%、mean 法で6~20%過少評価となる。Minimum 10%法では30~49%過大評価となった。

5. 年 P/B̄ は、年1世代の積翅目で4.2~9.5、蜉蝣目で5.1~6.2。年2世代種の蜉蝣目で6.1~9.0、毛翅目で6.4~9.3を示した。回転率としての P/Bmax 諸推定値 (P/Bmax, P/B*max, P/B**max) について例示した。

文 献

Albrecht, H. L. 1961. Ein Vergleich quantitativer Methoden zur Untersuchung der Makrofauna fließender Gewässer. Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol., 14: 480-490.

Allen, K. R. 1951. The Horokiwa stream. A study of a trout population. Fish. Bull. N. Z. 10, 231pp.

Armitage, K. B. 1958. Ecology of the riffle insects of the Firehole River, Wyoming. Ecol., 39: 571-580.

Bishop, J. E. 1973. Limnology of a small Malaya River Sungai Gombak. 4+485pp.

Elliott, J. M. 1973. The life cycle production of the leech *Erpobdella octoculata* (Hirudinea: Erpobdellidae) in a lake district stream. J. Anim. Ecol., 43: 435-448.

御勢久右衛門. 1968. 大和吉野川における瀬の底生動物群集の遷移. 日生態会誌. 18:147-157.

御勢久右衛門. 1970. モンカゲロウの生活史と生産速度. 陸水雑, 31:21-26.

御勢久右衛門. 1973a. 吉野川の底生昆虫群集. 吉野川の生物生産力の研究. 5:1-7.

御勢久右衛門. 1973b. 吉野川の底生昆虫の生活史. 吉野川の生物生産力の研究. 5:8-16.

Gose, K. 1975. Productivity of the Yoshino River, Nara. Secondary production. JIBP Synthesis, 10:350-365.

Hall, R. J. Life history, drift, and production rate of the stream mayfly *Tricorythodes atratus* McDunnough in the Headwaters of the Mississippi River. 1-228. Ph.D. Thesis, Wisconsin Univ., Madison, 1-228.

Hynes, H. B. N. 1961. The invertebrate fauna of a Welsh mountain stream. Arch. Hydrobiol., 57:344-388.

Ide, F. P. 1940. Quantitative determination of the insect fauna of rapid water. Publ. Ont. Fish. Res. Lab., 50:1-76.

可児藤吉. 1944. 溪流棲昆虫の生態. 古川編. 昆虫, 上巻. 171-317.

川合禎次. 1964. 北海道常呂川の水生動物相, とくにバルブ廃水がそれにおよぼす影響. 陸水雑, 25:15-20.

北川礼澄. 1969. 吉野川におけるユスリカ幼虫 *Spaniotoma* sp. A の成長の研究. 陸水雑, 30:59-67.

Kim, W. J. 1970. Standing crop of the aquatic insects communities in the East-coastal River in Korea. Korea J. Lim., 3: 15-22.

小松典. 1974. 天竜川における水生昆虫群集の構造, biotic index および季節変動. 陸水雑, 35:173-182.

小松典. 1975. 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. 日生態会誌, 25:160-172.

5) *¹⁾には御勢(1970)の2.4. *²⁾の *Ephemerella basalis*, *Ephemerella* sp. には *Ephemerella rufa* の6.1. *³⁾の *Baetiella japonica* には *Baetis yamatoensis* の6.2. *⁴⁾の *Rhithrogena japonica* には *Epeorus ikanonis* の7.7. *⁵⁾の *Hydropsyche ulmeri* には *Stenopsyche griseipennis* の6.4. *⁶⁾の *Rhyacophila nigrocephala*, R. sp. RG, *Mystroptera inops*, *Goera japonica* には Pearson & Kramer (1972) の *Oligophlebodes sigma* の4.9.*⁷⁾の *Antocha* sp. には Jonasson & Kristiansn (1967) の10.0. *⁸⁾ *Spaniotoma* spp. には Kitagawa (1972), Teal (1957) の17.5. *⁹⁾ *Atherix ibis japonica* には Nagatomi (1958. 1961), Teal (1957) の7.0をそれぞれ用いた。

6) 因みに、Stenopsychidae が分布しているのは、アジアとアフリカ、つまり A・A 諸国である。ヨーロッパにもアメリカにもいない。このことはわが国の川の底生動物と欧米のそれとの最大の相異であろうと考える。Table 1 に示したごとく、日本の河川には Stenopsychidae が分布、生息しているために現存量が高く、特に吉野川は他の河川に比べて Stenopsychidae が量的に優れている。従って、吉野川は他の河川に比べて高いといえる。

- 久保田苑子・草間真知子・矢矧宏子. 1966. 川の流速と付着藻類—吉野川の場合. 奈良女子大生物会誌, 6:19-21.
- Lindeman, R. L. 1942. The trophic dynamic aspect of ecology. *Ecol.*, 23:399-418.
- Macan, T. T. 1957. The life histories and migrations of the Ephemeroptera in a stony stream. *Trans. Soc. British Entomol.*, 12: 129-156.
- Mackay, R. J. 1968. The aquatic insect communities of a small stream on Mont St. Hiari, Quebec. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 17-29.
- Maitland, P. S. 1966. Studies on Loch Lomond. II. The fauna of the River Endrick. Blackie and Son, Ltd., Glasgow. 1-194.
- Mann, K. H. 1969. The dynamics of aquatic ecosystems. *Adv. Ecol. Res.*, 6:1-81.
- Minckly, W.L. 1963. The ecology of a spring stream. Doe Run, Meade County, Kentucky. *Wilde. Mono.*, 11:1-124.
- 森主一・根来健一郎・水野信彦. 1967. 紀の川水系の漁業調査. 第1部, 京大防災研究協会, 103-141.
- 森下郁子. 1960. 屋久島の水生昆虫. 関西自然科学誌, 13:3-10.
- 森下正明. 1975. 回転率と P/\bar{B} および P/B_{max} との関係について. 日生態会誌, 25: 173-184.
- Nagatomi, A. 1961. Studies in the aquatic snipe flies of Japan. *Mushi*, 3:12-19.
- Nelson, D. J. & Scott, D. C. 1962. Role of detritus in the productivity of a rock-outcrop community in a Piedmont stream. *Limnol. Oceanogr.*, 7:396-413.
- 西村登. 1960. 丹山水系(兵庫県)の水生生物群集Ⅳ, 中・下流域における底生昆虫の分布. 日生態会誌, 10:141-148.
- O'connell, T. R. & Campbell, R. S. 1953. The benthos of the Black River and Clearwater Lake, Missouri. *Univ. Mo. Stud.*, 26:25-41.
- 小野勇一. 1971. カンキツ園におけるウスカワマイマイの被害と防除. 植防, 25: 10-14.
- 小野勇一. 1972. 動物の生産過程(生態学講座4). 3+105+6pp. 共立出版
- 大滝ダム調査事務所, 1962. 紀ノ川水系吉野川上流水文資料(そのⅠ)建設省近畿地方建設局. 264pp.
- 大滝ダム調査事務所. 1964. 紀ノ川水系吉野川上流水文資料(そのⅡ). 建設省近畿地方建設局. 336pp.
- Pearson, W. D. & Kramer, R. H. 1972. Drift and production of two aquatic insect in a Mountain stream. *Ecol. Monogr.*, 24:365-385.
- Petr, T. 1970. The bottom fauna of the rapids of the Black Volta River in Ghana. *Hydrobiologia*, 36:399-418.
- Ricker, W.E. 1946. Production and utilization of fish populations. *Ecol. Monogr.*, 16:373-391.
- Teal, J. M. 1957. Community metabolism in a temperate cold spring. *Ecol. Monogr.*, 27:283-302.
- 田中 光. 1959. 種々の河床型における底生昆虫の現在量について. 淡水研報, 8:15-24.
- 田中 光. 1971. 長老川・小櫃川および夷隅川の水生昆虫群集. 淡水研報, 21:21-45.
- 手塚洋子・亀谷敬子. 1960. 宇川の付着藻類と水生昆虫. 日生態会誌, 11:201-207.
- 津田松苗・御勢久右衛門・森岡昭雄. 1953. 大和竜門地方の流水動物群集の研究. 奈良県総合文化調査報告書, 吉野川流域竜門地区, 172-188.
- 津田松苗・御勢久右衛門. 1954. 吉野川の水棲動物の生態学的研究. 奈良県総合文化調査報告書, 吉野川流域, 201-220.
- 津田松苗・渡辺仁治. 1958. 奈良県月ヶ瀬村五月川における藻類と水生昆虫の生態学的研究. 日生態会誌, 8: 45-49.
- 津田松苗・小松典, 1964. 宇隠高原における溪流の水生昆虫群集. 日生態会誌, 14:14-18.
- Ueda, K. 1975. Production of the Yoshino River, Nara. Primary production. *JIBP Synthesis*, 10:342-350.
- 渡辺仁治, 1970a. 吉野川における付着藻類群落組成と生産量. 吉野川の生物生産力の研究, 2:4-7
- 渡辺仁治. 1970b. 福島県阿武隈川の生物学的水質判定. 日本水処理生物学会, 6:37-41.
- Waters, T. F. 1966. Production rate, population density and drift of a stream invertebrate. *Ecology*, 47: 595-604.
- Waters, T. F. 1969. The turnover ratio in production ecology of freshwater invertebrates. *Amer. Nat.*, 103: 173-185.
- Waters, T. F. & Crawford, G. W. 1973. Annual production of a stream mayfly population: A comparison of method. *Limnol. Oceanogr.*, 18:286-296.