

PRIVATE LIBRARY
OF WILLIAM L. PETERS

With best compliment
To Dr. W. L. Peters
By H. Tanaka

河川における底棲動物の流下量の日週変化
とくに数種類の昆虫にみとめられる日週変
化の諸型について

田 中 光

ON THE DAILY CHANGE OF THE DRIFTING OF BENTHIC
ANIMALS IN STREAM, ESPECIALLY ON THE TYPES
OF DAILY CHANGE OBSERVED IN TAXONOMIC
GROUPS OF INSECTS

Hikaru TANAKA

淡水区水産研究所研究報告

第 9 卷 ・ 第 2 号

別 刷

BULLETIN OF FRESHWATER

FISHERIES RESEARCH LABORATORY

Vol. 9, No. 2 (1960)

河川における底棲動物の流下量の日週変化
とくに数種類の昆虫にみとめられる日週変
化の諸型について¹⁾

田 中 光

ON THE DAILY CHANGE OF THE DRIFTING OF BENTHIC
ANIMALS IN STREAM, ESPECIALLY ON THE TYPES
OF DAILY CHANGE OBSERVED IN TAXONOMIC
GROUPS OF INSECTS

Hikaru TANAKA

Synopsis

In the past studies pursued by several workers, it has been clarified that the drifting is a normal feature in the life of stream bottom animals even at the absence of floods. About the phenomenon of drifting of animals attentions had been paid from the view-point of the food supply for fish (Maciolek & Needham, 1952: Müller, 1954: Reimers, 1957) as well as the distribution and the production of benthic organisms (Moffett, 1936: Leonard, 1942: Müller, 1954: Roos, 1957: Nishimura, 1959). But the present writer knows no detailed report as to the daily change of their drifting, except those by Fish. Section, Kyoto Pref. (1958) and Ohgushi (1959). The present study was made in an attempt to obtain more detailed knowledge of it, at the Taki-sawa Brook, a tributary to the Nakatsu-gawa River, Kanagawa Pref. (Fig. 1, Table 1), from 8 to 11, May, and 20 to 23, August, 1957.

The actual collection of drifting organisms was done at the two stations (St. A and St. B) in the lower course of the brook (Fig. 1) by means of Surber type sampler with metal frame (25cm)² and bagnet of 50 cm long which was made of 39 mesh/inch Müller Gause, duration of time which the net had been set being 10 minutes in May and 5 minutes in August. The topography of the two stations and the collecting of the drifting animals were presented in Fig. 2 and Plates I-II, and the contents of organisms collected in each set together with the conditions of collection were shown in Appendix 1-2. The present paper deals with comparison of the average amount of drifting per set among different three times, *i.e.*, daytime, twilight and night, at the two sampling stations in the two surveys. The results of the comparison were given in Tables 3-4 and Fig. 3.

The results are summarized as follows with discussions.

1. The drifting of Ephemeroptera and Plecoptera fairly increased at night regardless of the difference in time and station, and in the former Order the increase of the amount of

1) 淡水区水産研究所業績第79号

drifting from daytime to night was especially noticeable, *i.e.*, 5.3—13.7 times in number of individuals and 7.9—32.2 times in wet weight (Table 3).

2. The tendency above was also recognized in the total of benthic animals including various taxonomic groups, the amount of drifting at night being 2.7—6.5 times in number and 4.8—23.2 times in weight to the amount at daytime (Table 3). It has not been answered so far on the question whether or not the large amount of drifting organisms presented at night served as the food objective of fish. The present writer believes that this question should be clarified for the full recognition of actual food supply to the fish in stream waters.

3. Testing some insects representing species, genera and family, the present writer classified these insects into three groups according to their characteristics of daily change in the number of drifting organisms. The drifting of the first group increased at night regardless of the difference in time and station (the first type of the daily change), and in the second, the drifting increased at twilight throughout the periods and stations investigated (the second type of the daily change). In the third group, the increase and the decrease of the drifting among three time categories varied depending on the difference in time and by stations but did not show the clear tendency of daily change (Fig. 3 and Table 4). Although no highly releable evidence is available regarding to the causes of the drifting and their daily change, the writer gave some comments on these problems.

結 言

河川の底棲動物の流下については従来欧米においていくつかの研究がなされており、このような流下が洪水の時以外にもみとめられる一般的な現象であることはすでに判明し (Roos, 1957), またこれの河川生態学あるいは水産研究面における意義についてもかなりの論議が行われている。また我国においても最近次第に関心が高まりつつあり、たとえば京都府農林部水産課 (1958), 大串 (1959) により従来明かでなかつた“夜間における流下量の増加”が報ぜられている。

すなわち, Maciolek & Needham (1952) および Müller (1954) は“マス類がおもに流下状態の動物を摂餌する”といい本流下を餌料供給の面より重視しているが、一方 Reimers (1954) はこれに同調していない。さらにこの現象は底棲動物の分布・生産の面からも注目されており, Moffett (1936), Leonard (1942) および Müller (1954) は“洪水などによる被害地域の底棲動物相の急速な恢復が幼虫および卵の流入による”とのべている。また Müller (1954) は本流下を底棲昆虫成虫の上流部への産卵飛翔と関連させてとらえてこの循環を“Colonization cycle”と呼び, “流下が上流部より下流部にわたる底棲昆虫の生活領域を通して棲息密度の調整ならびに維持に役立つものであろう”とのべている。なおその後 Roos (1957) は成虫の産卵飛翔に関する広範な研究を行って Müller の説の確認につとめており, また我国においても最近西村 (1959) がほぼ同様の見解をのべている。

しかし、従来の諸研究はまだ流下現象の把握の点で不充分のようであり、また流下の原因の解明も行われていない。

筆者はこの点を補足し流下の意義をさらに明確にするために 1957 年以降流下の日週変化を中心に調査を行っているが、本文はこの中 1957 年の調査において判明した諸点をのべて 2—3 の考察を行った。

なお本研究に当り、昆虫の同定について奈良女子大学の津田松苗教授、川合禎次講師、赤木郁恵氏、手塚洋子氏ならびに奈良県五条高校の御勢久右衛門の諸氏から懇切なる御指導を載いた。また、同教授をはじめ京都府衛生研究所の大串竜一氏、淡水研所長黒沼勝造氏、同湖沼部長白石芳一氏、同河川部長小野寺好之氏からは原稿の校閲と有益な批判とを賜った。本文を草するに当り以上の方々から心から感謝の意を表す。

調査河川および調査方法

1. 滝沢の概況

調査河川の滝沢は神奈川県愛甲郡愛川町馬渡において相模川支流中津川に注ぐ流程約 2.5 km，川巾約 3 m の山間の小溪流であり，詳細は第 1 図および第 1 表に示した。淡水区水産研究所河川部および神奈川県水産指導所は 1957 年以降この溪流の上流部約 500 m の区間においてマス類の放流に関する協同実験を行っているが¹⁾，本調査の行われた実験区下流部には当時少数のアブラハヤが棲息していたにすぎない。

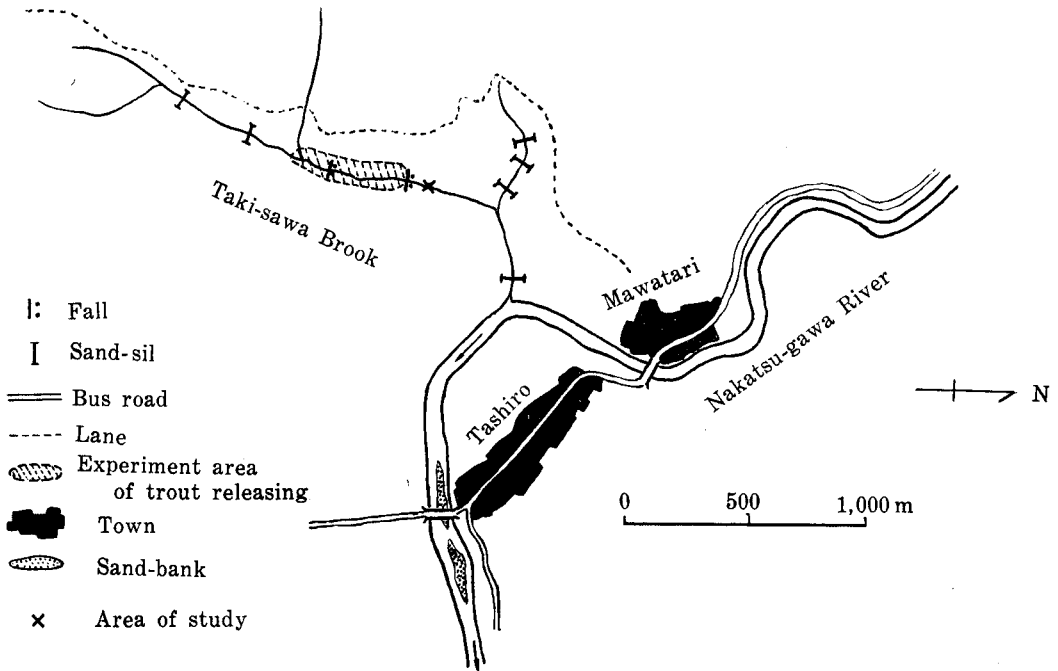


Fig. 1. Map of Taki-sawa Brook, showing the area of the investigation.

Table 1. Topographic and hydrographic conditions in Takisawa Brook (after Onodera & Ueno, unpublished).

Length of stream (km)	Average width of stream (m)	Slope of bed	Dissolved oxygen (%)	pH	W.T. (°C) ¹⁾	Alkalinity (p.p.m.)	Normal flow (m ³ /sec) ²⁾
2.5	3.0	1/18	98.0—100<	7.3—7.9	8.6—19.6	0.748—0.958	0.031—0.135

1) Observed between 9 and 16 O'clock.

2) Measured with a flow-meter.

2. 調査地点および調査方法

この溪流には兩岸より張出した大石によって川巾がいちじるしくせばめられている箇所がかなりみうけら

1) その概要は神水指 (1957, 1958) に示されている。

れ、この部分に網を張ると川のほぼ全断面の流下動物を容易に採集することができる。本調査はこのような地点を2箇所選んで行つたが、この中「St. A」はさきへのべたマス類実験区よりほぼ 100m 下流に、また「St. B」はこれよりさらに 15m 下流に位置する。なお「St. A」の上流部約 30m の区間は巨石の散在する急峻な瀬を呈しているが、St. A—St. B 間の河道傾斜はゆるやかである(第2図、図版 I)。

また流下動物の採集には方形枠 25cm、網目 39 mesh/inch (節網 GG40 番) のサーバー・ネット¹⁾を用い、1957年5月8—11日の間「St. B」において10回、同年8月20—23日の間「St. A」において12回、「St. B」において22回の採集を行つた。なお5月には毎回の採集時間を10分とし8月には流量の増加によつて5分に改めたが、各採集時における濾水率の低下はほとんどみとめられなかつた(図版 II)。

この他濾水量算定のために中井式濾水計で網口部における流速を測定し、さらに8月の薄暮より夜間における採集時には当時の空中照度を Nielsen & Haeger (1955) の方法で測定した。

採集動物は田中 (1958) の方法により混入する debris の除去を行つた後種類別に個体数を数え、さらに 1mm 目盛りの測定板を用いて各々のおおよその体長(頭部尖端より最後腹節末端)を測定し、この体長測定値を用いて津田 (1958) の関係式²⁾から各々の体重を算定した。

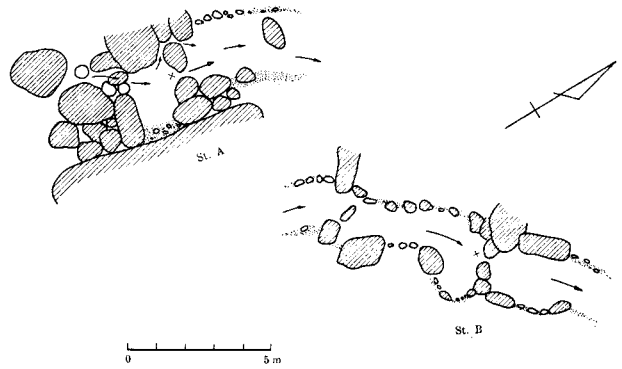


Fig. 2. The diagrammatic illustration of two set points of drift net; arrows indicate the direction of flow; distance from St. A to St. B is about 15 m apart. ×—place of net set.

Table 2. Comparison of environmental conditions in daytime, twilight and night. The table also shows the time and numbers of collection made at each time of day (summarized from Appendix 1).

Date and station	Time of observation	Nos. of collections made	W.T. (°C)		Light intensity (Lux)	Volume of current passed through the net (m ³)		
			Max.	Min.		Max.	Min.	Av.
May, 8—11, '57 (St. B)	Daytime 7:10—14:10	4	16.2	11.5	not measured ¹⁾	16.4	13.8	15.3
	Twilight 18:00—18:25	3	14.7	13.1		—	—	12.0
	Night 22:10—2:40	3	12.4	10.8		15.4	12.4	13.9
Aug. 20—23, '57 (St. A)	Daytime 10:15—16:25	7	not measured		3.6<—3.6	12.8	9.8	10.8
	Twilight 18:10—18:25	2				—	—	13.6
	Night 20:25—22:20	3				11.0	10.4	10.7
Aug. 20—23, '57 (St. B)	Daytime 10:00—16:45	9	22.3	20.4	3.6—2.3	16.2	14.1	14.7
	Twilight 18:30—18:55	5	21.6	20.8		—	—	15.9
	Night 19:00—22:07	8	21.0	20.6		0.1—<0.007	15.2	14.5

1) It may be sure that the light intensity of each time category at this investigated period is almost the same at Aug. 1957.

1) このサーバー・ネットは筆者が通常河川のベントス採集に用いているもので、本調査ではこの2枚の方形枠をたたくて流下物ネットとして使用した。

2) $W = aL^3$; W—体重, L—体長, a—動物の種類ごとに定めた係数。

Table 3. Comparison of average number and weight (wet) of benthic organisms collected per set of gear in daytime, twilight and night collections, grouped into Order. Also includes those of terrestrial insects drifted together with formers.

	May, 8-11, '57 (St. B)			Aug. 20-23, '57 (St. A)			Aug. 20-23, '57 (St. B)											
	Av. number and weight per set (Duration of a set —10 min.) Day-time 7:10-14:10 Night-time 18:00-22:40	Change in a day Day-time Twilight Night-time		Av. number and weight per set (Duration of a set —5 min.) Day-time 10:15-16:25 Twilight 18:10-18:25 Night-time 20:25-22:20	Change in a day Day-time Twilight Night-time		Av. number and weight per set (Duration of a set —5 min.) Day-time 10:00-16:45 Twilight 18:30-18:55 Night-time 19:00-22:07	Change in a day Day-time Twilight Night-time										
Benthic organisms																		
Ephemeroptera N.	3.5	7.7	31.0	1.0	2.2	8.9	10.6	10.5	56.3	1.0	1.0	5.3	8.1	28.4	110.9	1.0	3.5	13.7
W.(mg)	3.5	10.0	65.3	1.0	2.9	18.7	6.0	3.0	47.3	1.0	0.5	7.9	2.7	7.8	81.6	1.0	2.9	30.2
Trichoptera N.	2.0	0.7	2.3	1.0	0.4	1.2	1.0	3.0	3.0	1.0	3.0	3.0	1.7	2.2	4.4	1.0	1.3	2.6
W.(mg)	6.5	1.0	2.7	1.0	0.2	0.4	2.3	3.0	2.3	1.0	1.3	1.0	0.9	0.6	3.9	1.0	0.7	4.3
Plecoptera N.	0.3	0.3	1.3	1.0	1.0	4.3	0.4	0.5	1.3	1.0	1.3	3.3	0.9	0.6	3.3	1.0	0.7	3.7
W.(mg)	0.3	—	4.7	1.0	—	15.7	0.1	—	1.7	1.0	1.0	17.0	0.2	0.2	1.6	1.0	1.0	8.0
Diptera N.	7.3	9.0	7.7	1.0	1.2	1.1	10.1	17.0	6.0	1.0	1.7	0.6	7.7	12.8	12.1	1.0	1.7	1.6
W.(mg)	1.3	0.7	1.3	1.0	0.5	1.0	0.7	4.5	—	1.0	6.4	—	0.4	1.0	6.3	1.0	2.5	15.8
Coleoptera N.	2.5	1.7	3.3	1.0	0.7	1.3	1.0	1.5	1.0	1.0	1.5	1.0	0.8	1.6	3.5	1.0	2.0	4.4
W.(mg)	1.0	1.0	1.7	1.0	1.0	1.7	0.6	0.5	0.7	1.0	0.8	1.2	0.3	0.8	7.1	1.0	2.7	23.7
Miscellaneous insects N.	0.3	1.0	—	—	—	—	1.1	1.0	0.3	1.0	0.9	0.3	0.9	0.6	0.6	1.0	0.7	0.7
W.(mg)	—	—	39.0	—	—	—	1.1	—	—	—	—	—	0.2	0.4	10.6	1.0	2.0	53.0
Other invertebrata N.	2.0	1.0	0.3	1.0	0.5	0.2	0.4	—	—	1.0	0.5	0.2	0.7	0.6	0.4	1.0	0.9	0.6
W.(mg)	—	—	0.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4	—	—	—
Total N.	17.5	20.7	47.0	1.0	1.2	2.7	24.7	33.5	68.0	1.0	1.4	2.8	20.7	46.8	135.1	1.0	2.3	6.5
W.(mg)	12.5	12.7	115.3	1.0	1.0	9.2	10.9	11.0	52.0	1.0	1.0	4.8	4.8	10.8	111.5	1.0	2.3	23.2
Terrestrial insects N.	8.0	11.0	0.3	—	—	—	17.3	22.5	11.0	—	—	—	15.7	27.0	20.1	—	—	—
W.(mg)	1.3	5.3	—	—	—	—	10.7	6.5	1.7	—	—	—	4.0	22.8	17.5	—	—	—

(—: less than 1 mg)

5月および8月の調査当時はいずれも降雨なく流量がほぼ一定していたものと思われ、これは附表1に示した毎回の濾水量からもうかがわれる。なお本表によると5月・St. Bの10分間の濾水量と8月・St. Bの5分間の濾水量がほぼひとしくなっており、これより8月の流量が5月のほぼ2倍となっていたことがうかがわれる。なお調査当時にはいずれも附着性藻類の繁茂がみとめられた。

なお以後「結果」をのべるに当り2—3の点を附記すると、まず流下量の時刻別変化を調べるには採集回数不足のようと思われるので本文では昼間・薄暮・夜間の3時間区分の間の平均流下量を比較するととどめている。また昼一夜における流下量の増減は調査時期および地点によつてかなりしも一様でない(第3表, 第3図), 各時期・地点における昼一夜の採集時刻の範囲が第2表に示すように一定していないので、この増減の差異が時期・地点の特殊性によるものかどうかは明かでない。そこで本文ではこれらの諸点に関する詳細な検討を行わず、ただ上記のように諸条件の異なる3調査例(5月・St. B, 8月・St. A, 8月・St. B)の間に共通にみとめられる増減の傾向を指摘するととどめた。

なお、第2表には各採集時に測定した環境資料をも昼一夜別にまとめて示したが、本表によると水温・濾水量には昼一夜の間の明瞭な差異がみとめられない。

結 果

1. 目別および総流下量の日週変化

第3表には時期・地点別に底棲昆虫各目および総体の昼一夜における各平均流下量、およびこの間の増減の割合を示し、さらに比較資料として陸棲昆虫¹⁾の流下量をも附記した。

本表に示した各目の昆虫の中、Ephemeroptera(カゲロウ目)およびPlecoptera(カワゲラ目)の個体数ならびに重量は各時期・地点の別なく夜間に増加を示しており、この中Ephemeropteraは昼間の5.3—13.7倍(個体数), 7.9—30.2倍(重量)を示してとくに増加の度合いがいちじるしい。またこの他Trichoptera(トビケラ目)およびDiptera(双翅目)の個体数も各々夜間および薄暮に幾分の増加を示すが、この他のものは昼一夜の増減の傾向が時期・地点によつて異つており共通の傾向がみとめられない。なお底棲動物の総流下量では時期・地点の別なく夜間に増加がみとめられ²⁾, すなわち個体数で昼間の2.7—6.5倍, 重量で4.8—23.2倍となつている。

つぎに底棲動物の総流下量は陸棲昆虫の流下量に比べてかなり多量となつており、その差異がとくに夜間にいちじるしい。なお底棲動物の中ではEphemeropteraの流下量をもつとも多く、夜間には総流下量の過半を占めている。

2. 数種類の昆虫の流下個体数の日週変化

本項は採集個体数の比較的的多い数種類の昆虫を選んで、種類別に日週変化の傾向の比較を行つた。

第3図には時期・地点別に各昆虫の昼間・薄暮・夜間の平均流下個体数の割合を示したが、この中カゲロウ目のEpeorus spp.³⁾, Ecdyonurus spp.⁴⁾, Ephemerella spp.⁵⁾, Baetis sp., Baetiella sp., およびトビケラ目のDinarthodes japonicaはそれぞれ時期・地点の別なく昼間に比べて夜間の流下量が多く、この中Epeorus spp.を除くカゲロウ目の4種はとくに増加の度合いがいちじるしい。なお、以上の昆虫の中Ecdyonurus spp. およびBaetiella sp.は薄暮の流下量が昼間の流下量より増加しており、またEpeorus

1) 水面に落下して流れた昆虫で、この中には底棲昆虫の成虫も含まれている(附表2)。なおこれは水表面餌料といわれ、底棲餌料とともにマス類の重要な餌料と目されている(Needham, 1938; Lagler, 1952)。

2) この点は京都府農林部水産課(1958)の報告と一致している。

3) 4) 5) 各々の属についてそれぞれ4種, 3種および3種が採集されているが、これらの各昆虫は外部形態および生態が属ごとにきわめて類似しているように思われるので、本文では属ごとにまとめて示した(附表2参照)。

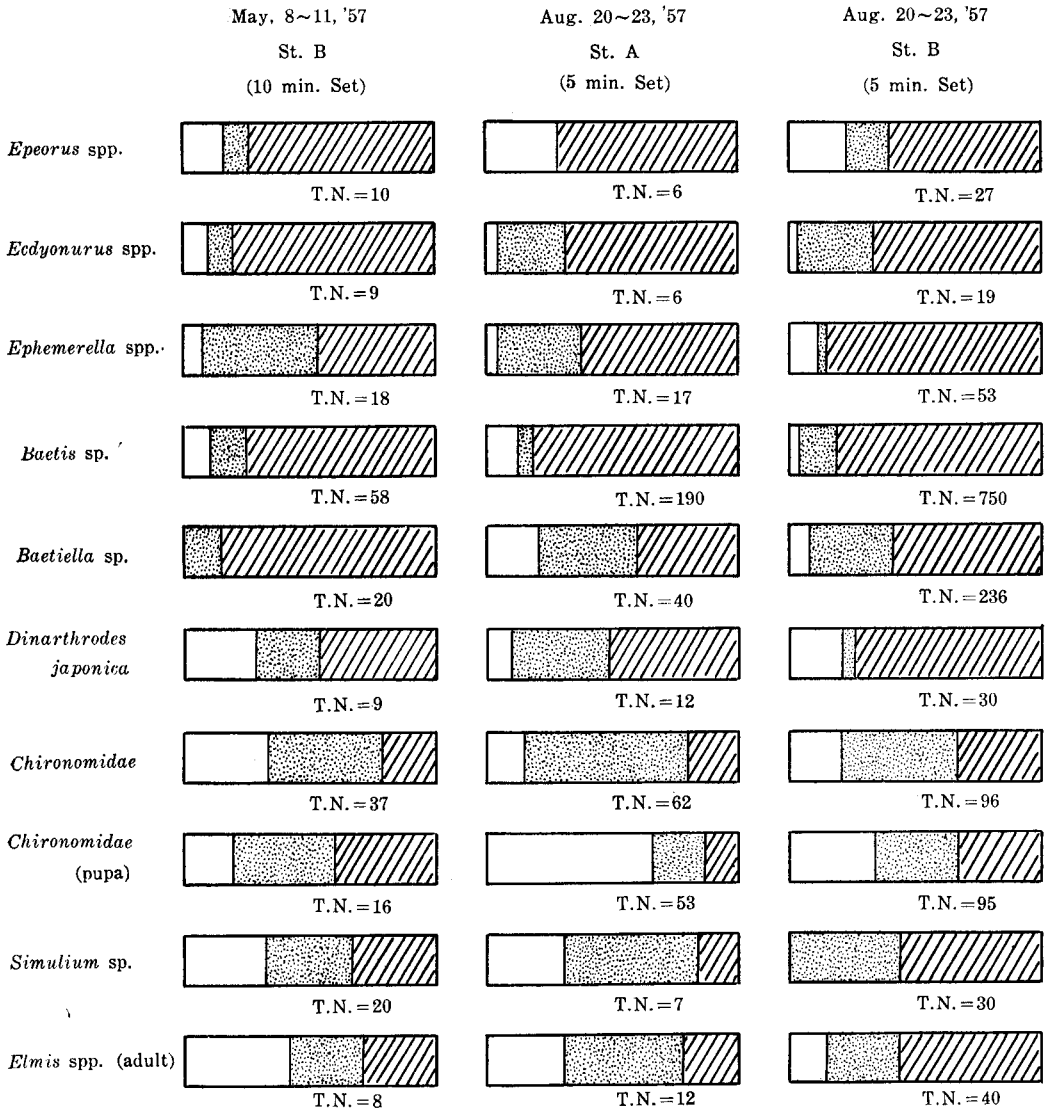


Fig. 3. Proportions of average number of drift in benthic insects per set among daytime, twilight and night collections. Blank—daytime, dotted portion—twilight, striped portion—night. T.N.—total number of drift organisms collected.

spp. は昼間よりさらに減少を示し，また *Ephemerella* spp., *Baetis* sp. および *Dinarthroides japonica* は昼間と薄暮の間の増減が時期・地点によって異っている。しかし薄暮の流下量はいずれも夜間の流下量には及ばず，すなわち昼一夜を通して夜間の流下量をもつとも多い点はこれらの昆虫に共通した傾向といえるものと思う。

一方，双翅目の *Chironomidae* は昼一夜における流下量の増減の度合いが一般にわずかであるが，時期・地点の別なく薄暮に流下量が増加しており，またこの他の昆虫，すなわち双翅目の *Chironomidae* 蛹，

Simulium sp. および鞘翅目の *Elmis* spp. 成虫¹⁾は昼一夜の増減が時期・地点によつて様々であり、すなわち時期・地点を通した一定の傾向がみとめられない。

以上より河川の各種の底棲昆虫の中で、時期・場所などの諸条件の差異にかかわらず一定の流下の日週変化を示すもの、および昼一夜の流下量の増減が諸条件に左右されて変り、一定の日週変化を示さないものがあり、日週変化を示す昆虫の中には「夜間流下型」(カゲロウ目の 5 種および *Dinarthrodes japonica*) と「薄暮流下型」(*Chironomidae*) があることがうかがわれるが(第 4 表)²⁾、この点については今後さらに調査を重ね、また単に流下個体数のみではなく各昆虫の成長の度合³⁾をも考慮の上で充分検討を行いたい。

考 察

1. 流下動物の餌料としての意義について

魚の餌としての流下動物の重要性については「緒言」においてのべたようにまだ論議の状態にあるが、淡水研河川部および神水指の研究グループのものは本溪流のマス類実験区において昼間、放流ニジマス稚魚の摂餌行動に関する多数の観察を行つており、本稚魚がおもに淵の中層部を游泳し流下物を頻繁に喰う点をとめている。これより昼間に流下する動物が餌料として重要であることはほぼ確実と思われ、またこれは恐らく薄暮に流下する動物についてもいえるものと思う。一方、本調査より夜間に多量の動物が流下する点が明かとなつたが(結果 1)、この夜間の流下動物が魚に喰われるものかどうかは文献をみても明かでなく予測が困難であり、今後流下動物の餌料としての意義をさらに明確とし河川の魚類の餌料供給面の実体を知る上に速かに解明せねばならぬものと思う。

Table 4. Types of daily change of the drifting by taxonomic groups observed in the present investigation and tentatively attained (see also Fig. 3).

Type of the daily change	Taxonomic group
Number of drifting individuals increases at night.	<i>Epeorus</i> spp., <i>Ecdyonurus</i> spp., <i>Ephemerella</i> spp., <i>Baetis</i> sp., <i>Baetiella</i> sp., <i>Dinarthrodes japonica</i>
Number of drifting individuals increases at twilight.	<i>Chironomidae</i>
Tendency of the daily change is not clear.	<i>Chironomidae</i> pupa, <i>Simulium</i> sp., <i>Elmis</i> spp. adult

2. 流下およびその日週変化の原因について

底棲動物の流下の原因は「緒言」においてのべたようにまだ明かでないが、この解明は単に河川昆虫生態学上の問題にとどまらずひいては流下量の予測、さらに管理をも可能とするものと考え、筆者はこれを水産研究の立場より重視しており、また本調査においてみとめられた「数種類の昆虫の日週変化の諸型」(結果

- 1) 蔽密にえば水陸両棲であるが、本文では底棲昆虫として扱つた(附表 2 参照)。
- 2) この結果は今後の調査によつて多少の改変があるかもしれない。
- 3) 採集個体数が不足のため本文では各種の昆虫をさらにその成長の度合によつて区別して検討することができなかつたが、一般に体長 1 mm 以下の若令幼虫から十分に成長した幼虫まで採集されており、この中、中程度に成長した幼虫がもつとも多く、また翅包の充分発達した羽化寸前と思われる幼虫はきわめてわずかであつた。なお昼一夜における流下昆虫の体長組成にはとくに明瞭な差異がみとめられなかつた。

2) はこれの解明に当りかなり重要な知見となるものとする。なお、以下流下およびその日週変化の原因について一応の推測を行つてみようと思う。

a. 流下の原因について——流下とは底棲動物が河床を離れることによつて起ることは言をまたないが、筆者はこれに2通りの場合を考えており、すなわち第1は流れの力と動物の附着力の均衡が失われることによつて河床より剝離する場合であり、また第2は河床より離れることがすなわち動物の逃避行動である場合である¹⁾。

まず第1の場合について考えると、河川の局地的な流速はきわめて変化のはげしいものであり、一つの隣

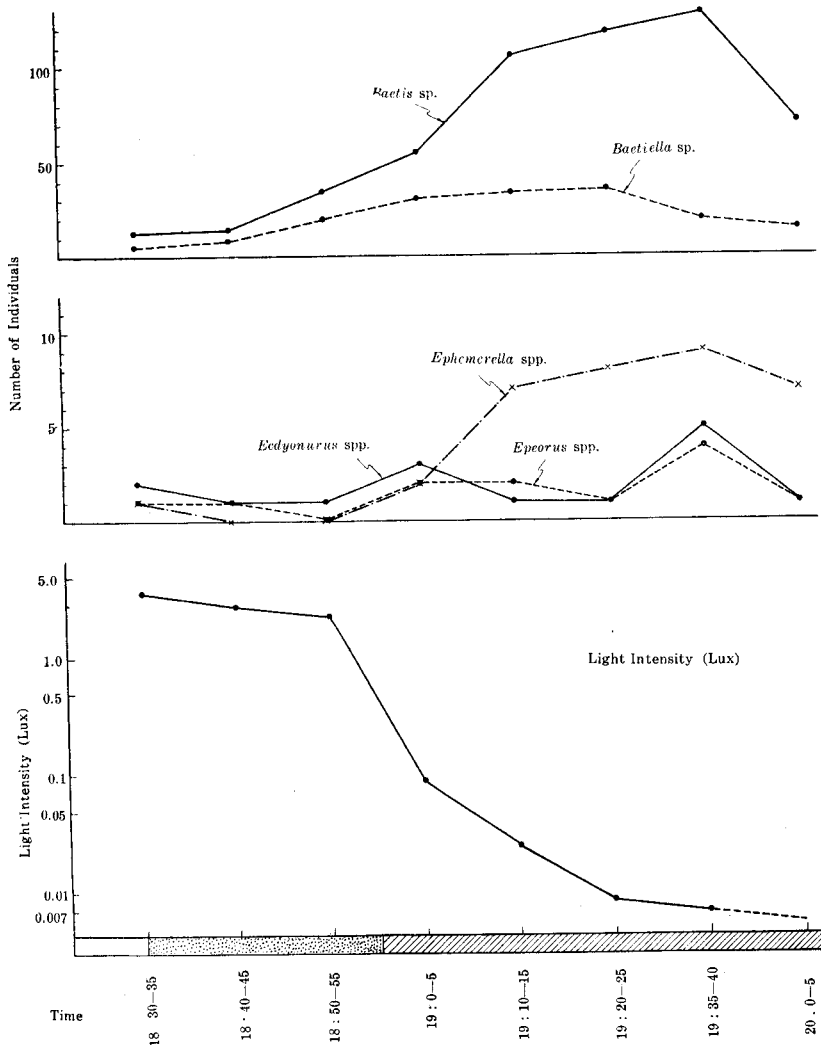


Fig. 4. Fluctuation of the ephemeropteran insects passed through the net, at St. B on Aug. 22, 1957 from 18:30 to 20:05 (see also Appendix 2).

1) たとえば急流にすむカゲロウ幼虫を容器に入れて止水の状態にしておくと泳ぎ出すが、これは環境条件の悪化による棲場よりの逃避行動と考えることもできる。筆者は河川の底棲動物が歩行による逃避の他にこのような逃避行動をもつものとする。

の表面においてもそのわずかな局部位置の相違によつていちじるしい差異がみとめられる (Clemens, 1917)。さらに礫の堆積状態は流れによる侵蝕・堆積作用によつてつねにわずかながら変化しているので、ある局部地点の流速もこれに応じて常時変化することが考えられ、したがつて底棲動物はつねに流速の変化に対応して生活しており、増水によつて流速が増した河床礫の動きがいちじるしくなつた時は勿論のこと、平水の時にも流れにさらわれる機会がかなり多いことが考えられる。なお剥離の度合は動物自体の状態によつても変ることが考えられ、とくに索餌行動、脱皮の際などに増加するものとする。

また第2の場合は環境条件の悪化が起因となるが、これに流速・水温・水質などの物理・化学的な環境条件の悪化と、餌料さらに棲息空間の不足などの生物学的な環境条件の悪化があげられると思う。しかしこれらの具体的な点、すなわち諸環境要因に対する動物の回避限界などについてはほとんど明かでなく、この点は今後の研究にまつべきものとする。

したがつて本調査当時の流下の原因については予測がかなり困難であるが、平水の時期であるので物理・化学的な環境の悪化は考え難く、また当時の藻類の繁茂状況から考えて (調査地点および調査方法) 餌料の不足によるものとも思われず、恐らく第1の場合、すなわち流れによる剥離が主な原因と思われる。

b. 日週変化の原因について——現在のところ各動物の生理・生態について不明の点が多いので日週変化の原因を予測することはきわめて困難であるが、2—3 の問題点を提起しておきたい。

まず本調査においてカゲロウ目の5種の昆虫はいずれも夜間に流下量の増加を示したが、本目の昆虫には反走光性があるといわれる (Woodsdalek, 1911; Clemens, 1917; Britz, 1955)。これより、昼一夜において流下後の着床行動に差異がありすなわち昼間は敏速に着床するが夜間は緩慢であることが考えられ、したがつて昼一夜における流下距離が異り流下量に差異が生ずることが考えられる。しかし、この反走光性によつては説明のつきかねる例として8月22日の薄暮18時30分より夜間20時5分の間に行われた連続採集の結果を第4図に示した。本図によると各動物の流下量の増減がかならずしも照度の減少曲線と対応しておらず、とくに *Baetis* sp., *Baetiella* sp. は照度 0.01 Lux 以下の19時20分より20時5分の間においてかなりいちじるしい増減を示している。

他方、さきに考察した本調査当時の流下の原因からさらに類推して、流下の日週変化が索餌行動、さらに脱皮時刻の日週周期性によるのではなからうかと考えられるが、この点については何ら確証がなく、筆者の知るわずかな報告によると西村、大串 (1958) はトビケラ目の *Stenopsychidae* 幼虫の索餌に日週周期性のない点を報じ、また Hunt (1953) は湖底棲カゲロウ *Hexagenia limbata* の索餌活動の観察において日週周期性については何らふれていない。しかしこの点はさらに詳細に、また多くの動物について調べる必要があると考える。

なお大串 (1953, 1956) はカゲロウ目、カワゲラ目などの幼虫が夜間に岸寄りの浅みに集る点を報じているが、筆者はこれが流下個体数の日週変化と何らかの関連をもち、日週変化の原因を探る上に充分考慮すべきものとする。

流下およびその日週変化の解明には今後広範な研究が必要と考える。

要 約

1. 河川の底棲動物の流下については従来河川生態学あるいは水産研究面よりかなり注目されているが、流下現象の把握において不備の点があるように思われるので、1957年5月8—11日および同年8月20—23日の間神奈川県滝沢において流下量の昼夜観測を行った。

2. その結果、カゲロウ目およびカワゲラ目は夜間における流下量の増加が明瞭であり、とくにカゲロウ目は昼間の流下量の5.3—13.7倍(個体数)、7.9—30.2倍(重量)を示し増加の度合がいちじるしいことが判つた。また、底棲動物総体の流下量も夜間に2.7—6.5倍(個体数)、4.8—23.2倍(重量)の増加を示した。なお、夜間の流下動物が魚に喰われるものかどうかはいまのところ明かでない。

3. また数種類の昆虫について流下個体数の日週変化を検討した結果、「夜間流下型」「薄暮流下型」および「日週変化の明瞭でないもの」の3型がみとめられた。なお、この原因は不明であるが流下自体の原因と合せて2-3の推測を行った。

引用文献

- Britt, N.W. 1955. New methods of collecting bottom fauna from shoals or rubble bottoms of lakes and streams. *Ecol.*, Vol. 36, No. 3, pp. 524-525.
- Clemens, W.A. 1917. An ecological study of the mayfly *Chironetes*. Univ. Toronto Studies, Biol. Ser. No. 17, pp. 1-43, pls. 1-5.
- Hunt, B.P. 1953. The life history and economic importance of burrowing mayfly, *Hexagenia limbata*, in southern Michigan lakes. Bull. Inst. Fish. Res., No. 4, pp. 1-151. (Mich. Dep. Conserv.)
- 京都府農林部水産課 1958. 川の魚の生活 I. コイ科4種の生活史を中心にして。(淡水区水産研究所委託調査, 1957年度) 1-48頁。
- Lagler, K.F. 1952. Freshwater biology. W.M. C. Brown Co., pp. 1-360.
- Leonard, J.W. 1942. Some observations on the winter feeding habits of brook trout fingerlings in relation to natural food organisms present. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, Vol. 71 (1941), pp. 219-227.
- Maciolek, J.A. & Needham, P.R. 1952. Ecological effects of winter conditions on trout and trout foods in Convict Creek, California, 1951. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, Vol. 81 (1951), pp. 202-217.
- Moffett, J.W. 1936. A quantitative study of the bottom fauna in some Utah streams variously affected by erosion. *Bull. Univ. Utah, Biol. Ser. No. 3*, pp. 1-33.
- Müller, K. 1954. Investigations on the organic drift in north Swedish streams. *Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm*, No. 35, pp. 133-148.
- Needham, P.R. 1938. Trout stream. Comstock Pub. Co. Inc., Ithaca, New York.
- Nielsen, E.T. & Haeger, J.S. 1955. A simple method of estimating low light intensities. *Ecol.*, Vol. 36, No. 3, pp. 525-526.
- 西村 登 1959. ヒゲナガカワトビケラの飛翔について。生態昆虫, 7巻, 3号, 140-144頁。
- 西村 登, 大串竜一 1958. ヒゲナガカワトビケラ科2種の摂餌活動について。日生態会誌, 8巻, 1号, 49-50頁。
- 大串竜一 1953. 溪流性カゲロウ幼虫の日週期移動。科学 (1953年7月号), 362頁。
- 大串竜一 1956. 溪流昆虫の日週期活動。生態昆虫, 5巻, 12号, 12-17頁。
- 大串竜一 1959. 河川昆虫の生態研究—とくに漁業と関連して—。1-23頁。
- Reimers, N. 1957. Some aspects on the relation between stream foods and trout survival. *Calif. Fish and Game*, Vol. 43, No. 1, pp. 43-69.
- Roos, T. 1957. Studies on upstream migration in adult stream-dwelling insects. I. *Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm*, No. 38, pp. 167-193.
- 田中 光 1958. 河川底棲昆虫採集の際に混入する debris の簡便な分離除去方法 (Lyman の salting-out technique 及びその改良)。水産増殖, 5巻, 3号, 8-12頁。
- 津田松苗 1958. 川の虫をどう調べるか。生物教育, 1巻, 1号, 11-24頁。
- Wodsedalek, J.E. 1911. Phototactic reactions and their reversal in the mayfly nymphs *Hep-tagenia interpunctata*. *Biol. Bull.*, Vol. 21, pp. 265-271.

Appendix 1. Date and time of collection, and some environmental conditions observed at each set of gear (Taki-sawa Brook, 1957). The weather was fine or cloudy and the stream water was transparent during the whole period of study.

	Date and time of Collection	Duration of set (min.)	A.T. (°C)	W.T. (°C)	Light intensity ¹⁾ (Lux)	Velocity of current at the mouth of net (m/sec)	Volume of current passed through the net ²⁾ (m ³)
St. B	May, 8, 18:15-25 (twilight)	10	14.2	13.1	—	—	—
	" 22:10-20 (night)	"	—	12.3	—	.41	15.4
	May, 9, 7:10-20 (daytime)	"	13.2	11.5	—	.37	13.8
	" 10:10-20 (")	"	20.9	12.9	—	.41	15.4
	" 14:0-10 (")	"	21.2	16.2	—	.41	15.4
	" 18:0-10 (twilight)	"	—	14.7	—	—	—
	" 18:15-25 (")	"	—	14.7	—	.32	12.0
	" 22:30-40 (night)	"	—	12.4	—	—	—
	May, 10, 2:30-40 (")	"	10.8	10.8	—	.33	12.4
	May, 11, 9:0-10 (daytime)	"	—	13.6	—	.52	16.4
St. A	Aug. 20, 18:10-15 (twilight)	5	—	—	3.6<	1.01	13.6
	" 18:20-25 (")	"	—	—	3.6	—	—
	Aug. 21, 16:0-5 (daytime)	"	—	—	—	—	—
	" 16:10-15 (")	"	—	—	—	.95	12.8
	" 16:20-25 (")	"	—	21.2	—	—	—
	" 20:25-30 (night)	"	—	—	<0.007	.92	11.0
	" 20:35-40 (")	"	—	—	<0.007	—	—
	Aug. 22, 15:20-25 (daytime)	"	—	—	—	.82	9.8
	" 15:27-32 (")	"	—	—	—	.86	10.3
	" 22:15-20 (night)	"	—	—	<0.007	.92	10.4
Aug. 23, 10:15-20 (daytime)	"	—	—	—	.84	10.1	
" 10:22-27 (")	"	—	—	—	—	—	
St. B	Aug. 20, 16:10-15 (daytime)	5	24.7	20.9	—	1.03	16.2
	" 16:40-45 (")	"	—	—	—	—	—
	" 18:30-35 (twilight)	"	—	20.8	3.0	.92	15.9
	" 18:40-45 (")	"	—	—	2.3	—	—
	Aug. 21, 14:45-50 (daytime)	"	—	—	—	.81	14.6
	" 14:52-57 (")	"	—	—	—	.81	14.6
	" 15:0-5 (")	"	—	21.4	—	—	—
	" 20:0-5 (night)	"	—	20.6	<0.007	.84	15.2
	" 20:10-15 (")	"	—	—	—	—	—
	Aug. 22, 15:0-5 (daytime)	"	—	22.3	—	—	—
	" 15:7-12 (")	"	—	—	—	.91	14.3
	" 18:30-35 (twilight)	"	—	21.6	3.6	—	—
	" 18:40-45 (")	"	—	21.4	3.0-2.3	—	—
	" 18:50-55 (")	"	—	—	2.3	—	—
	" 19:0-5 (night)	"	—	—	0.1-0.07	—	—
	" 19:10-15 (")	"	—	—	0.03-0.02	—	—
	" 19:20-25 (")	"	—	21.0	0.01-0.007	—	—
	" 19:35-40 (")	"	—	—	0.007	.92	14.5
	" 20:0-5 (")	"	—	—	<0.007	—	—
	" 22:2-7 (")	"	22.6	20.6	<0.007	.92	14.5
Aug. 23, 10:0-5 (daytime)	"	25.8	20.4	—	.89	14.1	
" 10:7-12 (")	"	—	—	—	.89	14.1	

1) Measured by the method of Nielsen & Haeger (1955).

2) Calculated from the following formula :

$$\left(\text{Cross section of current at the mouth of net (m}^2\text{)} \right) \times \left(\text{Velocity of current at the mouth of net (m/sec)} \right) \times \left(\text{duration of set (sec)} \right)$$

Appendix 2. The number of individuals and wet weight of organisms in each set of gear (Taki-sawa Brook, 1957).

		May, 8-11, '57 (St. B)														
		May, 8 18:15-25 (twilight) N. W.(mg)		May, 8 22:10-20 (night) N. W.(mg)		May, 9 7:10-20 (daytime) N. W.(mg)		May, 9 10:10-20 (daytime) N. W.(mg)		May, 9 14:0-10 (daytime) N. W.(mg)		May, 9 18:0-10 (twilight) N. W.(mg)		May, 9 18:15-25 (twilight) N. W.(mg)		
Benthic organisms																
Ephemeroptera	<i>Epeorus uenoi</i>	ウエノヒラタカゲロウ														
	<i>Epeorus aesculus</i>	キイロヒラタカゲロウ														
	<i>Epeorus latifolium</i>	エルモンヒラタカゲロウ		1	27					1	—					
	<i>Epeorus curvatus</i>	ユミモンヒラタカゲロウ												1	—	
	<i>Epeorus</i> sp.															
	<i>Ecdyonurus yoshidae</i>	シロタニガワカゲロウ	1	3	1	1										
	<i>Ecdyonurus kibunensis</i>	キブネタニガワカゲロウ														
	<i>Ecdyonurus tobiironis</i>	クロタニガワカゲロウ														
	<i>Ecdyonurus</i> sp.				1	1										
	<i>Ephemerella</i> sp. nay															
	<i>Ephemerella</i> sp. nax															
	<i>Ephemerella</i> sp.		4	1	5	1				1	2	2	—	2	—	
	<i>Caenis</i> sp.	ヒメカゲロウ属												1	1	
	<i>Paraleptophlebia chocorata</i>	ナミトビイロカゲロウ			3	6								4	4	
	<i>Baetis</i> sp.	コカゲロウ属	2	—	14	20	1	—		1	2	2	1	3	—	
<i>Baetiella</i> sp.	フタバコカゲロウ属			4	1								3	—		
<i>Ameletus</i> sp.	ヒメフタオカゲロウ属			1	6				1	8						
<i>Ephemera japonica</i>	フタスジモンカゲロウ			1	3								1	20		
Trichoptera	<i>Stenopsyche griseipennis</i>	ヒゲナガカワトビケラ														
	<i>Dolophilodes</i> sp.	タニガワトビケラ属														
	<i>Hydropsyche ulmeri</i>	ウルマアシマトビケラ				1	19									
	<i>Arctopsyche</i> sp.	シロフツヤトビケラ属														
	<i>Polycentropus</i> sp.	イワトビケラ属						1	—							
	<i>Psychomyia</i> sp.	クダトビケラ属														
	<i>Rhyacophila</i> sp.	ナガレトビケラ属			1	3										
	Ditto, pupa	同, 蛹														
	<i>Orthotrichia</i> sp.	ヒメトビケラ属														
	<i>Mystrophora</i> sp.	ヤマトビケラ属						1	—							
<i>Goera japonica</i>	ニンギョウトビケラ												2	3		
<i>Dinarthodes japonica</i>	コカクツツトビケラ			3	1											
Plecoptera	<i>Paragnetina tinctipennis</i>	オオクラカケカワゲラ														
	<i>Kamimuria</i> sp.	カワゲラ属														
	<i>Neoperla nipponensis</i>	ヤマトフタツメカワゲラ	1	—	1	9										
	<i>Alloperla</i> sp.	ミドリカワゲラ属			1	3										
	<i>Nogiperla</i> sp.	ヒロムネカワゲラ属					1	1								
<i>Nemoura</i> (<i>Nemoura</i>) sp.																
<i>Nemoura</i> (<i>Protonemoura</i>) sp.																
<i>Nemoura</i> (<i>Amphinemoura</i>) sp.																
Diptera	Chironomidae	ユスリカ科	4	—	3	—	2	—	5	—	4	1	4	—	7	—
	Ditto, pupa	同, 蛹			4	1			2	—	2	—	4	1		
	<i>Dixa</i> sp.	ナガレユスリカ属									1	—				
	<i>Simulium</i> sp.	ブユ属	1	—	3	—	2	1	2	1	3	1	3	1	2	—
	<i>Eriocera</i> sp.															
	<i>Antocha</i> sp.	ウスバガガンボ属			1	—										
<i>Atherix</i> sp.	シギアブ属			2	2					1	1					
Coleoptera	<i>Elmis</i> spp.	ドロマシ属	1	—	1	—	1	—	1	—	1	—	1	—	1	—
	Ditto, adult	同, 成虫							3	2	1	1	1	1	1	1
	<i>Psephenoides japonicus</i>	マスダドロマシ							1	—						
	<i>Agabus conspicus</i> , adult		1	1												
<i>Graptodytes natrix</i> , adult				2	1					1	1					
Coleoptera, larva																
Miscellaneous insects	<i>Gomphus</i> sp.	サナエトンボ属														
	Stratiomyidae															
	Collembola	粘管目	1	—	1	—										
Other invertebrates	Hydrachnid, or Water mite	ミズダニ						5	—	2	—	2	—	1	—	
	<i>Dugesia gonocephala</i> , or Planaria	プラナリヤ														
	<i>Tubifex</i> sp.	イトミミズ														
Total of Benthic organisms			16	5	54	86	8	21	21	3	18	17	16	3	30	30
Terrestrial insects																
Ephemeroptera, subimago	カゲロウ目, 亜成虫													1	2	
Ephemeroptera, imago	カゲロウ目, 成虫												1	2		
Trichoptera, adult	トビケラ目, 成虫												4	1		
Chironomidae, adult	ユスリカ科, 成虫	10	1			1	—	4	—	12	1	4	1	8	1	
Other Diptera, adult													5	7		
Other Terrestrial insects		1	—					2	1	3	1	5	7	3	2	
Total of Terrestrial insects			11	1	0	0	1	—	6	1	15	2	10	10	12	5

(—): less than 1 mg

20-23, '57 (St. A)

Aug. 21 25-30 ght W.(mg)		Aug. 21 20:35-40 (night) N. W.(mg)		Aug. 22 15:20-25 (daytime) N. W.(mg)		Aug. 22 15:27-32 (daytime) N. W.(mg)		Aug. 22 22:15-20 (night) N. W.(mg)		Aug. 23 10:15-20 (daytime) N. W.(mg)		Aug. 23 10:22-27 (daytime) N. W.(mg)		Aug. 20 16:10-15 (daytime) N. W.(mg)		Aug. 20 16:40-45 (daytime) N. W.(mg)		Aug. 20 18:30-35 (twilight) N. W.(mg)		Aug. 20 18:40-45 (twilight) N. W.(mg)		Aug. 21 14:45-50 (daytime) N. W.(mg)		Aug. 21 14:52-5 (daytime) N. W.(mg)			
		1	—					2	8									1	—					1	—		
6		1	—							1	—					1	—					1	—		2	—	
2																											
11		1	1					3	4			1	—	1	—	1	—							1	—		
3																											
27	44	17		8	7	10	6	36	13	10	4	10	2	2	—	1	—	5	3	10	4	1	2	5	2		
1	4	—		5	1	2	—	4	—	3	—	3	—	5	—	1	—	6	2	17	2	2	1	7	1		
27	1	22																									
3	1	3						1	—											1	—						
												1	—	1	—	2	—	3	—	1	—			1	—		
1	2	—										2	—	1	—	1	—							1	—		
1																							1	1			
	1	1		1	1			1	3							1	1										
	1	—								1	—																
—	5	—		4	—	7	—	2	—	1	—	3	—	4	—	7	—	5	—	2	—	2	—	2	—		
—				3	—	7	1	1	—	3	—	3	—	1	—	6	1	5	—	11	1	5	—	3	—		
				1	1	1	—	1	—			1	—					4	2	4	1						
1	2	1		1	—	1	1									2	1	3	1								
—												2	1	2	—					3	2				1	—	
				1	—	1	—									1	—					1	—				
				1	—	1	—																				
83	64	45		24	10	30	8	51	28	19	4	26	3	18	—	24	3	32	8	53	12	11	3	24	3		
	1	1		1	1	1	1							1	—					3	6	1	—	1	—	2	3
2	11	1		10	1	12	1	3	—	3	—	1	1	17	1	9	—	20	2	11	1	8	1	11	1		
—	3	1		2	—	3	—	1	—	1	16	3	—	3	—	1	—			1	—	1	—	3	—		
				6	1	4	13	1	—	3	1	5	28	3	—	4	2	2	1	8	76	6	2	3	1		
2	15	3		20	4	20	15	5	—	7	17	11	29	21	1	14	2	22	3	24	83	16	3	16	5		

Aug. 20-23, '57 (St. B)

	Aug. 21 14 52-57 (daytime) N. W.(mg)	Aug. 21 15: 0-5 (daytime) N. W.(mg)	Aug. 21 20: 0-5 (night) N. W.(mg)	Aug. 21 20; 10-15 (night) N. W.(mg)	Aug. 22 15: 0-5 (daytime) N. W.(mg)	Aug. 22 15: 7-12 (daytime) N. W.(mg)	Aug. 22 18: 30-35 (twilight) N. W.(mg)	Aug. 22 18: 40-45 (twilight) N. W.(mg)	Aug. 22 18: 50-55 (twilight) N. W.(mg)	Aug. 22 19: 0-5 (night) N. W.(mg)	Aug. 22 19: 10-15 (night) N. W.(mg)	Aug. 22 19: 20-25 (night) N. W.(mg)
	1 —		1 6	2 32				1 1		1 —		1 7
	2 —		1 1 1 1	2 32	2 9		1 2			1 —	1 —	1 —
			3 6	1 —			2 3	1 —	1 —	3 1	1 9	1 —
	1 —	1 —	1 —	6 14	1 —	2 —	1 —			2 —	7 3	7 3
	5 2 7 1	3 1 2 —	1 1 59 32 15 5	3 2 67 37 7 3	6 2 4 —	10 4	12 2 5 1	14 3 8 1	34 10 20 4	54 22 30 5	105 42 33 5	118 — 35 5
			1 49					1 —				1 3
			1 5	1 —		1 —		1 1	1 1	1 —	2 —	1 2
	1 —			2 —		1 —		1 —	2 —	1 —		
	1 —	1 —	3 1	1 3	3 6				1 1	2 1	2 2	4 6
						1 —						
		1 —	1 2	5 1		2 —	1 —			1 —	1 1	1 1
			1 —									
	2 — 3 —	1 — 5 —	5 — 3 — 1 — 3 1	5 1 2 — 1 — 1 1	4 — 7 1	2 — 4 —	12 1 3 — 1 —	8 — 1 —	5 — 2 — 1 —	5 2 5 1 3 1	4 — 4 — 6 3	7 — 7 2 1 — 3 1
		1 1	3 1	5 4	2 —		1 1	2 1	2 1	1 —	2 1	4 2
	1 —			1 —	3 2							1 84
				1 2	2 —	2 —		1 —	1 —			
3	24 3	15 2	104 111	113 132	36 21	25 4	40 10	39 7	70 17	110 33	169 66	194 172
	2 3	3 6			3 4	4 4	1 1		14 12 1 5	3 2	1 1	2 2
1	11 1	17 2 4 —	5 1	4 —	12 1 1 —	11 1	8 1 7 —	18 1 4 —	25 3 1 1	2 5 16 2 3 —	5 9 24 5 7 1	1 1 7 1
2	3 1	5 1	5 3	1 2	5 3	3 2	2 1	3 1	5 2	8 9	16 23	5 1
3	16 5	29 9	10 4	5 2	21 8	18 7	18 3	25 2	46 23	32 18	53 39	15 5

Aug. 22 19 : 20-25 (night) N. W.(mg)		Aug. 22 19 : 35-40 (night) N. W.(mg)		Aug. 22 20 : 0-5 (night) N. W.(mg)		Aug. 22 22 : 2-7 (night) N. W.(mg)		Aug. 23 10 : 0-5 (daytime) N. W.(mg)	
		3	4			1	—		
1	7	1	—	1	2	1	1	1	—
1	—	4	30	1	18				
		1	—						
1	2								
7	3	9	4	7	6	2	6		
1	—	1	—						
118	54	128	73	71	33	38	16	7	3
35	5	19	3	14	3	4	—	5	—
1	3	5	65	1	7				
1	2	1	—			1	2		
		1	1						
				1	—				
4	6	9	8	1	—			1	2
		1	1						
				3	3				
		4	3	3	1	1	—		
1	1	1	—	1	—	1	—	1	—
		1	—						
7	—	6	1	2	—	3	—	5	—
7	2	4	1	8	1	1	—	9	1
1	—	1	—	1	—				
3	1	1	—	3	1				
				1	33				
4	2	6	3	5	3			2	1
		1	43						
		1	—						
1	84								
				2	1			2	—
				2	1				
194	172	209	240	128	113	53	25	33	7
2	2			1	1				
1	1	1	19	1	—	1	12	1	—
7	1	15	3	10	2	3	1	1	—
				1	—			1	—
5	1	5	27	6	6	2	1	3	1
15	5	21	49	19	9	6	14	6	1

Plate I



a



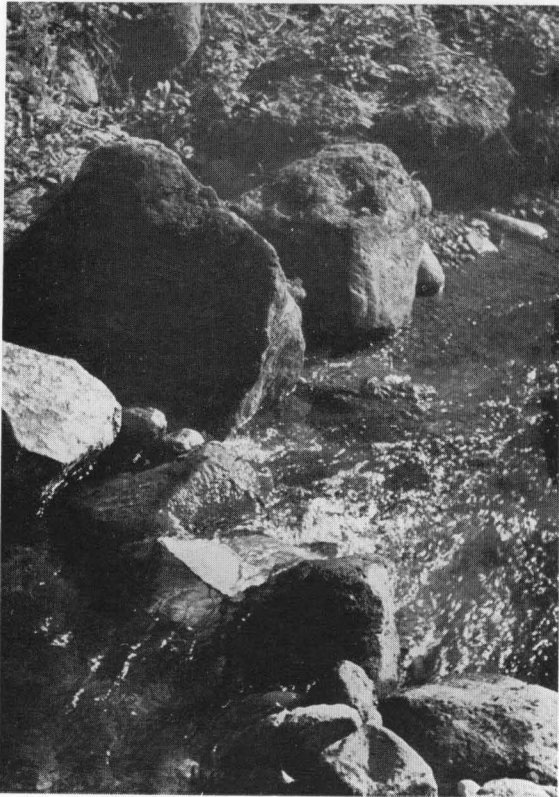
b

Views of the points of drift net set (Surber type sampler), at Taki-sawa Brook. Arrows show the place of net set. Figure a.—St. A (upper portion), Figure b.—St. B (lower portion). Distance from St. A to St. B is about 15m. (See also Fig. 2) Photo. Aug. 23, 1957.

Plate II



a



b

Scene of collection of drift organisms at St. B. Figure a.—Upper view, Figure b.—Lower view. The dimension of the drift net used in the present investigation (shown in the photographs) is as follows: mouth part of net (metal frame)— 25×25 cm², length of the bagnet—50 cm, made of 39 mesh/inch Müller Gause. Photo. May, 8, 1957.