

PRIVATE LIBRARY
OF WILLIAM L. PETERS

*With best compliment
To Dr. W. L. Peters
by H. Tanaka.*

栃木県鬼怒川上流域における水生昆虫
の生態学的研究

田 中 光

淡水区水産研究所研究報告

第 15 卷 第 2 号 別 刷

昭和 41 年 3 月 発行

Reprinted from :

Bulletin of Freshwater Fisheries Research Laboratory

Vol. 15 No. 2

March, 1966

栃木県鬼怒川上流域における水生昆虫 の生態学的研究¹⁾²⁾

田 中 光

ECOLOGICAL STUDIES ON AQUATIC INSECTS IN UPPER REACHES OF THE KINU-GAWA RIVER, TOCHIGI PREFECTURE, JAPAN

Hikaru TANAKA

Synopsis

In the management of fish resources in the river, ecological knowledge on stream dwelling insects affords a basic foundation for the procedures of it. The present study, carried out from 1961 to 1963, was aimed at adding some knowledges thereupon.

The investigated area comprises the main stream of about 20 km and its three tributaries, namely, the Umasaka-zawa, the Ōkoto-zawa and the Inage-zawa, the geography and topography of which are shown in Figs. 1, 2 and Plate I. Physical and chemical environmental factors observed at each collection are also given in Table 1, together with the stations and dates of collection; a total of ten collecting stations were established, and seven surveys were made during the above period (see also Figs. 1 and 2).

Collection of aquatic insects was made at stony bed (the *Hirase-Riffle*) or in some cases at sandy bed, by means of Surber type bottom sampler with metal frame (25 cm)² and bagnet of 50 cm long which was made of 39 mesh per inch Müller Gauze, the number of sampling each station each date being three or five at stony bed and two at sandy bed.

The results obtained are summerized as follows.

1. Ninety species of aquatic insects and a few other invertebrate animals were collected through the present investigation, whose geographical distribution is given in Table 2.
2. The seasonal distribution of five species of mayfly and one of stonefly was examined (Table 3). These species complete their generation in one year. It was estimated that the embryonic period of the said insects, of this district at least, was 2 or 3 months or longer.
3. Recovery of aquatic insect community after the flood, which had occurred in late October 1961 was examined on the basis of characteristics of the community, such as number of species, standing crop, dominant species and their extent of dominance. About 5 months after the occurrence of flood, the insect community at stony bed at most stations was found to be predominated by *Rhabdiopteryx* sp. (a species of stonefly) and its dominance was especially overwhelming at a few stations; this species failed to predominate the community at any of the stations

1) 淡水区水産研究所業績第185号

2) この研究は本研究所河川部(現河川湖沼部)が栃木県受託費、ならびに同県の諸協力をえて行なった“鬼怒川上流水域水産調査”の一部である。

本稿の一部は日本生態学会関東地区大会(1965年5月)において報告した。

during the same period of 1961 and 1963 (Fig. 3 and Appendix 1). This phenomenon indicates that the community then has not yet recovered from destruction by the flood, despite of the substantial recovery in the standing crop. The community of stony bed appeared to have almost recovered by the summer of the same year (July, 1962). The writer pointed to the need to consider not only to nymphs or larvae but laid-eggs survived from the flood, in studying the mechanism of reconstruction of the community.

4. The insect community of this area tends to be higher in early spring than in summer months in its weight. The said tendency was more noticeable at stony bed than at sandy bed (Fig. 4, Appendix 1 and 2), and in the former, the positive correlation between standing crop and total alkalinity of water was recognized in early spring (Fig. 5). The writer gave consideration on the cause of such phenomena on the basis of stability of river bed (TSUDA, 1956) and other environmental factors.

5. On the whole, the amount of net-spinning caddis worms in the investigated area was inferior to that of many rivers in this country ever studied (Table 4).

I. は し が き

河川における魚類の資源保護にあたり水生昆虫はその餌料としてまた水の汚濁度の生物指標として注目され、近年は我国でもこの面の研究がかなり盛んとなっている。しかしながら、かかる研究にあたってこの昆虫の生態に関する認識がきわめて重要であり、今後もさらに多くの生態学的知識が集積されることが必要と考える。

本文はこのような立場から、筆者の知るかぎりでは未調査の鬼怒川上流域における水生昆虫の諸生態をその環境要因とともに究明し、また、調査初年の晩秋に発生した洪水後の昆虫群集の回復の機構、ならびに現存量の季節的増減の原因について考察を行なった。

本調査は栃木県水産試験場の諸氏の多大な助力をえて行なわれた。とくに同水試の福田栄・村山忠両技師は終始現地調査に参加し、福田氏は試料のその後の処理についても一部を分担した。また、同県衛生試験場の諸氏は水質の調査を担当し、さらに既往の多くの分析資料を提供して下さった。また、昆虫の同定については奈良女子大学の川合禎次、赤木郁恵両氏ならびに奈良県五条高校の御勢久右衛門氏から懇切なる御教授を賜わった。なお、この調査の企画については本研究の故児玉康雄氏から多大な御配慮をいただいており、また、資料の整理は終始本研究の清水貞子氏の協力によって行なわれた。本文を草するにあたり、以上の諸氏に心から感謝の意を表す。

II. 調査水域の環境と調査方法

1. 現場付近の状況

建設省関東地方建設局は調査当時後述の川俣ダムの直下の地点に堰堤高 120 m, 総貯水容量 8,760 万トンの多目的ダム(アーチ型)の構築を行っていた(このダムは調査終了後の 1965 年 10 月に完成した)。但し、骨材の洗滌はダムの直上部で行なわれ、このため、通常洗滌廃水は発電用の水路を経て調査水域の下流の下流発電所に導水の後河川に排出されていた(第 1 図)。また、打設コンクリートの冷却水もダム直下の枯水区に設けられたプールに集水し、揚水して繰返し使用されていた。かかる工事廃水の特殊な排水状況と、さらに調査初年はダムの工学上の問題のために工事が一時中断されたことから、対象水域の昆虫相に及ぼすこの工事の影響は一部の時期・地点を除いてきわめて軽微であったといえる。なお、本文はこの水域本来の昆虫相を知ることを目的としたため、工事の影響を受けたとみられる一部の試料は除外している。

2. 河川の形状

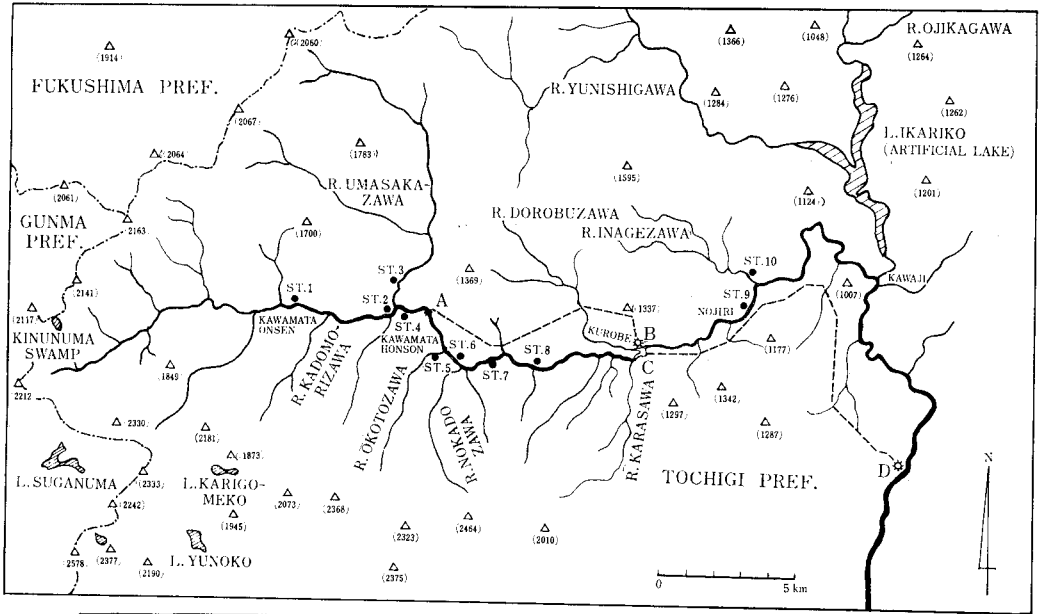


Fig. 1. Map of upper reaches of the Kinugawa River with the ten stations, where aquatic insects were collected. A—the Kawamata Dam, B—the Kuriyama Water Power Plant, C—the Kurobe Dam and the Kurobe Reservoir, D—the Shimotaki Water Power Plant, --- water tunnel which conducts river water from dam to power plant; figures in parentheses showing the elevation in metres.

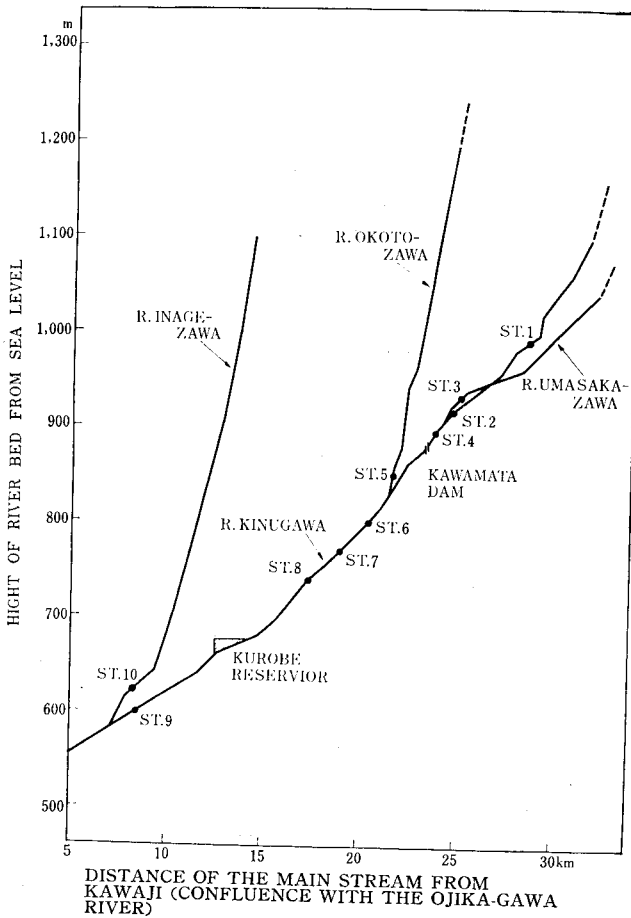


Fig. 2. Profile of the investigated area; also showing the collecting stations.

鬼怒川は水源を上信越県境の鬼怒沼に発し、日光山塊の北ろくを多くの支流を集めて東流し、川治付近より南下してその後関東平野を流れ、利根川の下部部に合流する。本流(幹川)の流路は延長ほぼ 170 km、その流域面積はほぼ 1,900 km² である。この河川は従来発電・灌漑への利用が盛んであって、川治の北方には支流の男鹿川と湯西川の水をたくわえた堰堤高 112 m の五十里湖があるほか、いたるところに取水堰堤がみられる。

調査の対象となった上流域は深い河谷となっており、沿川には森林が発達し、この間にまばらに部落が点在している。

本流における調査地点の上限(St. 1; 河面標高 990 m)と下限(St. 9; 河面標高 590 m)の距離はほぼ 21 km で、この間の河床勾配は平均 1.9/100 である。この区間は全般的に平瀬¹⁾が多く、河原もかなり発達している。また、川俣本村と黒部地先には発電用の取水堰堤(川俣ダム、黒部ダム)²⁾があって図示のごとく引水が行なわれている(第 1 図)。このため、通常はダムの直下が枯渇し、その下流側も流量がかなり減少している(図版 I)。流れ幅は川俣ダムの上流部が平均ほぼ 15 m、その下流部は平均ほぼ 7 m と推定される。

馬坂沢は川俣ダムの上流ほぼ 1 km の地点で本流の左岸部に合流する。山間部の支流の中では男鹿川・湯西川について流路が長く、流量も多い。合流点からその上流数 km の間は河床の勾配がゆるく、本流と類似の河川景観を呈する。この間の流れ幅は 10 m 前後である。また、大事沢と稲毛沢はおのおの川俣ダムの下流ほぼ 2 km の地点、および野尻地先(St. 9)の下流ほぼ 1 km の地点において本流の右岸部および左岸部に流入する。河床勾配の急な小支流であって、瀬・淵が階段状につづき平瀬が少ない。合流点付近の流れ幅は大事沢がほぼ 2 m、稲毛沢がほぼ 3 m であって、上述の馬坂沢に比べると流量がいちじるしく少ない。

3. 調査方法

調査時期および調査地点 上述の本流と 3 支流に 10 調査地点を設定し、1961 年以降 3 年の間に毎回このうちの数地点を選んで合計 7 回の調査を行なった(第 1・2 図, 第 1 表)。

採集方法 水生昆虫の採集は 25 cm 方形枠のサーパー・ネット(網地に 39 mesh/inch の篩絹を使用)により、³⁾各地点とも平瀬(以後石礫底と呼ぶ)と一部の時期にはよどみ⁴⁾(以後砂底と呼ぶ)において行なった。なお、石礫底の場合は水深が 30 cm 以浅でおもにこぶし大から人頭大の石よりなるところを選び、1961 年 3 月から翌年 3 月の間は各地点とも 3 枠、⁵⁾以後は 5 枠の採集を、また砂底では水深が 40 cm 以浅のところを選んで毎回 2 枠の採集を行なった。石礫底における各採集場所の表面流速は 2・3 の事例を除くと 50~100 cm/sec. であった。

採集した昆虫はホルマリン稀釈液に入れて持ち帰り、塩水分離法の変法(田中, 1958)によって混入する砂礫・植物質碎片などの除去を行なった。また、昆虫の重量は濾紙で虫体の表面の水分を十分に吸いとった後、トーション・バランスで秤量した。

1) 本文では河床の勾配がゆるく流れ幅が広がった瀬を平瀬と呼んだが、その多くは河床が部分的に浮き石状となっている。すなわち、可児(1944)の定義した平瀬とは河床の形態がやや異なっている。

2) 黒部ダムは堰堤高 26 m、川俣ダムはさらに低い。

3) 実際には採集の方法上の問題を検討するために内側に 23 mesh/inch のネットをとりつけた 2 重網を使用し、内側のネットにかかった昆虫とこれを抜けて外側のネットにかかった小型の昆虫とを個別に採集した。なお、本文ではこれらをこみにして扱っている。

4) 一般に河岸付近に点在する巨石の直下に形成され、底質はおもに粗砂からなって泥土の含有が少ない。また、平瀬と比べるとわずかな面積を占めるにすぎない。底質・流速などの環境条件が平瀬とかなり異なるため、特殊の昆虫相を呈するものと予想して調査に加えた。なお、採集にあたってはまず枠内の砂を攪拌して昆虫を浮上させ、その後人為的に水に流動を与えてこれをネットに流し込む方法をとった。かかる方法は満足すべきものとはいえないが、十分の注意をはらって採集を行なったので、枠内の昆虫の流出、ならびに枠外からの昆虫の流入は少ないものと考えられる。

5) このほか、当時はすくい網法に類する定性採集も行なっており、本文ではこれを第 III 章の補足資料として用いている。

Table 1. Environmental factors observed at different stations where collection of aquatic insects was made (Mar. 1961 to 1963).

| Station, date and time of observation | | | Weather | A. T. (°C) | W. T. (°C) | pH | Total alkalinity ¹⁾ (CaCO ₃ ppm) | Volume of current (m ³ /sec.) |
|---------------------------------------|--------------|---------|------------|------------|------------|-----|--|--|
| St. 1 | Mar. 23, '61 | 10 : 40 | light snow | 6.0 | 6.3 | 7.3 | — | 1.48 |
| " 2 | " " " | 13 : 45 | snow | 6.5 | 7.0 | 7.4 | 23.06 | — |
| " 3 | " " " | 15 : 30 | fine | 3.5 | 5.5 | 7.2 | — | 1.31 |
| " 6 | " 24, " | 9 : 45 | " | 8.0 | 5.4 | 7.6 | 57.15 | 0.23 |
| " 8 | " " " | 12 : 00 | " | 12.0 | 8.5 | 7.4 | 37.60 | 0.82 |
| " 9 | " " " | 15 : 30 | " | 11.0 | 11.2 | 8.6 | 31.58 | 0.34 |
| " 1 | June, 19, " | 15 : 30 | " | 22.8 | 18.4 | 7.2 | 13.50 | 2.09 |
| " 2 | " 20, " | 10 : 00 | " | 22.9 | 16.4 | 7.2 | 15.50 | 2.57 |
| " 3 | " " " | 12 : 20 | " | 23.5 | 16.9 | 7.2 | 17.50 | 1.74 |
| " 6 | " " " | 14 : 00 | " | 23.4 | 18.5 | 8.0 | 44.50 | 0.13 |
| " 8 | " 21, " | 10 : 00 | cloudy | 20.6 | 15.4 | 8.2 | 28.50 | 0.76 |
| " 9 | " " " | 13 : 00 | light rain | 19.8 | 16.6 | 8.2 | 23.50 | 0.24 |
| " 1 | Aug. 30, " | 10 : 00 | cloudy | 19.0 | 16.0 | 7.2 | 17.37 | 2.17 |
| " 2 | " " " | 13 : 00 | " | 20.5 | 16.8 | 7.4 | 20.75 | 3.42 |
| " 3 | " " " | 14 : 15 | " | 18.5 | 14.5 | 7.3 | 20.07 | 3.83 |
| " 4 | " " " | 16 : 00 | " | 18.5 | 16.0 | 7.4 | 19.78 | — |
| " 6 | " 31, " | 10 : 30 | fine | 25.5 | 19.3 | 7.6 | 55.29 | 0.64 |
| " 8 | " " " | 13 : 45 | " | 25.0 | 20.2 | 7.7 | 43.43 | 1.32 |
| " 9 | " 29, " | 14 : 30 | " | 24.0 | 19.3 | 7.5 | 26.54 | 0.73 |
| " 10 | " " " | 13 : 10 | " | 25.0 | 20.3 | 7.5 | — | 0.38 |
| " 1 | Nov. 8, " | 10 : 00 | " | 18.6 | 7.4 | 6.8 | 15.63 ²⁾ | 4.66 |
| " 2 | " " " | 13 : 00 | cloudy | 10.5 | 8.4 | 6.8 | 16.41 ²⁾ | 8.31 |
| " 3 | " " " | 14 : 30 | fine | 11.4 | 8.0 | 6.8 | 21.23 ²⁾ | 4.38 |
| " 6 | " 9, " | 9 : 30 | cloudy | 14.6 | 9.9 | 7.4 | 44.68 ²⁾ | 0.68 |
| " 8 | " " " | 11 : 15 | " | 14.2 | 9.6 | 7.2 | 31.36 ²⁾ | 2.51 |
| " 9 | " " " | 13 : 20 | fine | 13.7 | 9.4 | 7.2 | 21.52 ²⁾ | 3.55 |
| " 2 | Mar. 27, '62 | 10 : 30 | " | 4.7 | 4.2 | 7.4 | — | 2.19 |
| " 3 | " " " | 12 : 40 | " | 7.0 | 6.2 | 7.4 | — | 1.22 |
| " 7 | " 28, " | 12 : 00 | " | 10.5 | 7.0 | 8.4 | — | — |
| " 8 | " " " | 13 : 00 | " | 11.0 | 8.0 | 7.6 | — | 0.86 |
| " 10 | " 29, " | 12 : 00 | cloudy | 8.4 | 5.8 | 7.4 | — | 0.43 |
| " 1 | July, 26, " | 10 : 00 | fine | 28.2 | 18.5 | 7.0 | 15.44 | 3.31 |
| " 2 | " " " | 14 : 40 | " | 29.8 | 22.3 | 7.2 | 18.05 | 4.72 |
| " 3 | " " " | 13 : 00 | " | 29.9 | 19.7 | 7.2 | 21.71 | 2.38 |
| " 4 | " " " | 16 : 15 | " | 27.0 | 20.5 | 7.2 | 19.30 | — |
| " 5 | " 25, " | 10 : 35 | " | 32.0 | 19.2 | 7.8 | 61.28 | 0.34 |
| " 10 | " 27, " | 13 : 20 | " | 28.7 | 23.2 | 7.2 | — | 0.52 |
| " 1 | Mar. 7, '63 | 9 : 50 | " | 1.0 | 2.6 | 7.2 | — | — |
| " 2 | " " " | 12 : 30 | " | 5.7 | 3.5 | 7.0 | 23.56 ³⁾ | 2.18 ³⁾ |
| " 3 | " " " | 11 : 30 | " | 3.9 | 1.8 | 7.2 | 24.56 ³⁾ | 1.38 ³⁾ |
| " 5 | " " " | 13 : 40 | " | 2.3 | 3.0 | 8.2 | 60.86 ³⁾ | 0.15 ³⁾ |

1) measured by Tochigi Institute of Public Health, Tochigi Prefecture.

2) observed from 20 to 21, Nov. 1961.

3) observed from 26 to 27, Mar. 1963.

4. 2・3 の理化学的環境条件

本項では第 1 表の資料をもとに、調査水域の環境についてさらに 2・3 の点を補足する。

気象 早春の 3 月はまだ雪どけ以前であって、いずれの年も河岸が数 10 cm の積雪におおわれていたが、調査当時は気温が氷点を下らず、河面の結氷もみられなかった。一方、6 月から 8 月には日中の気温が通常 20°C をこえ、1962 年 7 月には 30°C 前後に上昇した。また、11 月はすでに紅葉が終って落葉が河面をおびただしく流下し、明らかに晩秋の状況を呈していた。

水温 本調査を通じて観測された水温は最低 1.8°C (1963 年 3 月; St. 3), 最高 23.2°C (1962 年 7 月; St. 10) である。これを季節別にみると、早春 (3 月) と晩秋 (11 月) は一般に 10°C 以下で、盛夏の 7・8 月には 20°C をこえる事例もいくつかみられる。なお、この資料から各地点の水温の較差を詳細に考察することは困難であるが、年間を通じて馬坂沢 (St. 3) が本流よりやや低水温であることはほぼ確実といえよう。

水質 各地点とも pH は通常 7 から 8 前後の値をとっており、概して中性または弱アルカリ性の水域といえよう。また、全アルカリ度は最低 13.50 ppm (1961 年 6 月; St. 1), 最高 61.28 ppm (1962 年 7 月; St. 5) となっている。なお、同一地点における季節の変動が比較的少ないこと、また各地点のうちでは大事沢 (St. 5) がもっとも高く、この沢の水質の影響を強くうける川俣ダムの下流の St. 6・8 が順次これについて高いことがうかがわれる。

なお、調査水域の上限 (St. 1) とこの上流の数箇所には温泉が湧出しているが、これらの温泉水が対象水域の水質に与える影響はほとんど認められなかった。

流量 流量の地域的な変化はすでにのべたが、これらの諸点は表示の資料からもうかがい知ることができ。なお、前述のごとく 1961 年の 10 月下旬には洪水が発生した。¹⁾ 各地点とも同年 11 月の値がとくに大きい、これはかかる理由によるものである。なお、当時を除くと 3 カ年を通じて洪水がなく、またいずれの調査の場合も、調査当時以前の数週間は河水がほぼ安定していた。

5. 魚類の生息状況

この水域に生息する魚種は筆者の知るかぎりではイワナ・ヤマメ・ニジマス・カジカの 4 種のみである。ニジマスは毎年放流されているが、その大半は放流直後に漁獲され、その後の生残尾数はごくわずかのようである。なお、主要魚種のイワナとヤマメの漁獲数量を比較すると、黒部ダムの下流側の本・支流ではヤマメがやや多く、他方このダムの上流側ではイワナが圧倒的に多くなっている (児玉・ほか, 1963)。

現在、両魚種が調査水域の上・下流域にどのように分布するかは明らかでない。しかしながら、このような漁獲状況は、この河川が木曾谷 (円羽, 1954) などと同様の分布状況、すなわち最上流部におけるイワナの単独分布につづいて両魚種の混在域 (この水域も含めた) があり、その下流にはヤマメの単独生息域が広がることを暗示するものと思われる。

III. 生息種とその分布状況

本調査を通じてえられた昆虫の種名と各地点 (但し St. 4・7 は除外²⁾) におけるこれらの採集状況 (採集の有無) を示すと第 2 表となる。但し、ここでは石礫底 (平瀬) と砂底 (よどみ) の試料をこみにしている (後掲の第 3 表も同様)。また、これらの昆虫 (その採集個体数は合計 5 万をこえる) のうち、全期間を通じて 10 数個体以下という採集個体数のごくわずかな種類には R 印を付した。

1) 東京電力の観測資料によると、通常は 3~6 m³/sec. の川俣取水口付近が同年の 10 月 27・28 両日には 200 m³/sec. 前後の流量となっている。

2) この水域にはある季節に消失する昆虫が多い (一部の昆虫については後述) が、両地点では夏季 (St. 4) と早春季 (St. 7) のほかは採集が行なわれていない (第 1 表)。したがって、かかる昆虫の季節の消長による採集もれがかなり多いものと判断して除外した。事実、両地点で採集された昆虫の種数は他の地点と比べるとかなり少ない。

1. 生息種

表示のごとく、総計 90 種の昆虫¹⁾ (鞘翅目の Elmidae 科の一種以外はいずれも幼虫、または蛹) とこのほか数種の底生動物が採集された。

これらの昆虫の多くは我国の諸河川においてしばしばみられるものであるが、2・3 の注目すべき昆虫も含まれている。すなわち、蜉蝣目の “*Ephemera* sp. (*trispina* group)” は前腿部前縁に棘がある点など *trispina* group の幼虫の特長をそなえるが、その最大体長は 7mm 前後で、この group の *E. basalis*, *E. trispina*, *E. sp. nG* と比べるとかなり小型であり (第 3 表), また頭頂部には 1 対のこぶ状の突起がある。現在この成虫がえられないため新種と断定することはできないが、我国ではかかる形態の幼虫がまだ記載されていない (御勢久右衛門氏の私信による)。また、毛翅目の *Micrasema* sp. MD も過去に 1 回採集されたのみであって、我国における分布状況はまだほとんどわかっていない (赤木郁恵氏の私信による)。このほか、冷水域の標徴種である積翅目の *Scopura longa* もみられるが、その数はわずかに 1 個体で、しかもこれが水温のもっとも上昇する夏季にえられている。かかる理由から、同種の分布がこの水域にまで及んでいるとは考えがたい。すなわち、さらに上流の水域から流下したものの生き残りであろうと思われる。

2. 地域的分布

調査水域における各種の昆虫の分布状況はこの表からほほろかがい知ることができるので、詳細な記述は省略する。

なお、総数のほぼ 1/3 にあたる 26 種の昆虫が表示のすべての地点で採集されているが、これらは概して各地点での採集個体数が多い。反面、特定の地点または 2・3 の地点にかぎって出現する昆虫も 34 種の多くに及んでいるが、この大半は採集個体数のきわめて少ない種 (R 印を付した種) であることが注目される。すなわち、特定の地域にかぎり高密度に分布する昆虫、いわばその地域を標徴する昆虫がほとんどみられず、他方、本・支流をとわず全域にわたって広くまた高密度に分布する昆虫がかなり多いことがいえると思う。これは、数種の昆虫が各地点において類似の季節的消長を示すこと (後述) とともに、対象水域の全般にわたって水生昆虫の分布を規制する諸要因が近似していることを指標するものであろう。

なお、石礫底と砂底の間の微地域的分布について付言すると、砂底に出現する昆虫の多くは、その数量は別として石礫底でも採集されている。すなわち、この調査のかぎりでは桑田 (1962) の報ずるような両者間における明瞭なすみ分けの現象はみとめられなかった。

3. 数種の昆虫の季節的消長²⁾

つぎに、第 3 表に示す調査月別の採集状況 (採集の有無) と当時採集した幼虫の成長の状況 (成長の段階と最小・最大体長) をもとに、蜉蝣目の 5 種と積翅目の 1 種の昆虫の季節的消長の検討を試みる。なお、これらの昆虫はいずれも対象水域に広く分布し (第 2 表), 少数の事例を除くと、上記の 2 点に関して調査地点ならびに調査年による顕著な差異がみられない。そこで、ここでは年次を考慮せずに、また各地点の試料をこみにして扱っている。また、十分に成長して翅包が伸長肥厚し黒色を帯びるものを **full grown nymph** (以後成熟幼虫と呼ぶ)、鰓葉などが未発達でまだ不完全な形態の小型の幼虫 (かかる外部形態上の差異が明らかでない積翅目の *Rhabdiopteryx* sp. はとくに小型のもの) を **young nymph** (以後若令幼虫と呼ぶ)、この中間の状態のものを **half grown nymph** (以後未成熟幼虫と呼ぶ) としている。

表示のごとく、いずれの昆虫も成熟幼虫は年の特定の時期にかぎって採集され、その後ある期間は幼虫が消失して再び若令幼虫ならびに未成熟幼虫が採集されている。成熟幼虫が特定の時期にのみ出現することは、

1) このほか、ダム工事の影響をうけたとみられる一部の時期に黒部ダムの下流の地点で毛翅目の *Diplectrona* sp., *Rhyacophila* sp. RI, および *Orthotrichia* sp. の 3 種の幼虫が採集されている。

2) 晩秋 (11 月) の調査が洪水の直後という特殊の時期に行なわれたことが昆虫の季節的消長を知る上で大きな障害となっており、ここでは少数の昆虫に限定してのべざるをえなかった。

Table 3. Seasonal distribution of some mayfly nymphs and a stonefly nymph in the investigated area.
 ○-young nymph, ◐-half grown nymph, ●-full grown nymph, ---not collected; figures in parentheses give min. and max. body length (mm) of the specimens (data of seven surveys made at different stations are put together).

| Species | Month | Jan. | Feb. | Mar. | Apr. | May. | June | July | Aug. | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. |
|--------------------------|-------|------|--------------------------------|-----------------|------|------|--------------------------------|-------------------|-----------------|------|------|------------------|----------------|
| <i>Ephemera basalis</i> | | | | ● (9.0-16.0) | | | — | ○ (1.2-1.8) | ○ (1.5-3.0) | | | ○-● (2.2-4.6) | |
| <i>Rhabdiopteryx</i> sp. | | | ○-● (6.0-10.0) | | | | — | — | — | | | | |
| <i>Epeorus aesculus</i> | | | ○-● (1.2-6.2) | | | | ○-● ¹⁾ (3.5-6.0) | — | — | | | | ○ (1.5-2.5) |
| <i>Cinygma hirasana</i> | | | ○-● (1.3-6.0) | | | | ○-● (2.0-6.0) | — | — | | | | |
| <i>Ephemera trispina</i> | | | ○-● (1.8-10.0) | | | | ○-● (5.7-13.0) | ● (9.0-12.0) | — | | | | |
| <i>Ephemera</i> sp. nG | | | ○-● ²⁾ (2.3-4.6) | | | | ○-● (2.0-7.0) | ○-● (2.7-10.0) | ● (5.5-10.0) | | | | |

1) collected only at St. 3 in 1961.
 2) collected only at St. 9 in 1961.
 In this month of each year, the large number of very small ephemeral nymphs (less than 1 mm in body length) were collected at every stations, but the writer could not identify whether they were *E. sp. nG* or *E. trispina*.

各種の個体群の羽化・産卵が短期間に集中的に行なわれることを示すものであろう。さらに、この調査は産卵と孵化後日時を経ぬごく小型の幼虫以外は採捕が可能な細かい目のネット (39 mesh/inch)¹⁾ を用いて行なわれている (II-3)。したがって、上記のごとく幼虫が 20 数 km にわたる各調査地点からことごとく消失することは、これらの昆虫の生活史における卵期を意味するものと考えざるをえない。同時に、この水域では、上記の昆虫が 1 世代を経るのに 1 年を要することも推察される。なお、かかる野外調査の資料から卵期間を適確に推知することは困難であるが、いずれの昆虫もこれが数ヶ月に及ぶことはほぼ確実と思う。我国の蜉蝣目・積翅目の昆虫の卵期間について、筆者は安藤・ほか (1956) の *Ephemera strigata* に関する観察結果 (水温 17~19°C の場合に 8~9 日) と小松 (1956) の *Scopura longa* に関する観察結果 (70~90 日) を知るのみであるが、欧米における諸研究によると、これらの昆虫の卵期は種によっていちじるしく異なり、また同種の場合も水温などの環境条件によってかなり変化し、数日から永いものは数ヶ月に及ぶようである (NEEDHAM・et al., 1935; HYNES, 1941; BRINOK, 1949 など)。また、佐々・ほか (1960) によると、双翅目の *Prosimilium* 属の昆虫は春から初夏にかけて成虫が出現するが、産卵は夏眠を行なって秋頃より幼虫が出現をはじめようである。これらの事実は、上述の卵期間に関する推論を傍証するものと考えられる。また、*trispina* group に属する *Ephemerella* 属の 3 種の昆虫の羽化期にかなり明瞭な時間的なずれがうかがわれることも注目に値する点であろう。

このほか、*Ephemerella longicaudata* も *E. basalis* とほぼ同様の季節的消長を示すものとみられる。また、積翅目の *Capnia* sp. はこの調査のかぎりでは 3 月に成熟幼虫が出現するのみであって、そのほかの時期には幼虫がまったく採集されていない。他方、*Baetis* sp., *Baetiella japonica*, *Rhithrogena japonica*, *Epeorus latifolium* ならびに Chironomidae 科の一種の幼虫は各時期を通じて採集され、成熟幼虫または蛹 (Chironomidae の場合) の出現する期間もかなり永い。とくに、*Baetis* sp. と Chironomidae 科の一種はこれが 3 月から 11 月の各調査時期に及んでいる。

今西は、京都府鴨川に生息する多くのカゲロウについてその季節的消長を報じている (IMANISHI, 1941) が、これを上述の結果と対比すると幼虫の出現・消失の時期に若干の相違がみとめられる。しかしながら、一般に河川の昆虫の季節的消長は今西 (1951) ものべるごとく、各水域の諸環境条件に強く支配されるようである。したがって、上述の相違も恐らく両水域の環境の差異に基因するものであろう。

IV. 石礫底と砂底の昆虫群集

数種の試料 (II-3) から石礫底、ならびに砂底における時期・地点別の昆虫群集 (昆虫以外の底生動物も含む) の諸特長をもとめ、これを表示すると付表 1・2 となる。但し、優占種は各構成種の現存量の相対的な大きさにもとづいて判定し (総体の現存量 0.1 g/m² 以下のものは問題としなかった)、また表示の現存量はすべて 1 平方 m あたりに換算している。

1. 概観

1961 年 11 月 石礫底・砂底ともに一般に現存量が少なく、とくに石礫底の St. 6・9、ならびに砂底の St. 2 を除く各地点は皆無に近い値となっている。また、地点によつては種数も少ない。前述のごとく、この調査は洪水の直後に行なわれている。したがって、かかる現象は洪水に基因するとみることができらる。

このほかの時期 つぎに、かなりの期間河水が安定していた (II-4) 上記以外の時期の資料を通覧する。

種数：石礫底では最低 18 種 (1962 年 3 月; St. 7)・最高 42 種 (1963 年 3 月; St. 2・3) であるが、20~30 種の事例が多い。また砂底では最低 5 種 (1961 年 8 月; St. 6)・最高 22 種 (同時期; St. 10) であるが、その多くが 10~15 種である。なお、同一時期・地点ごとに両者の値を対比すると、いずれも石礫底の値が大きい (平均ほぼ 2.4 倍)。

1) ネットの mesh と採集幼虫の体型の関係については別途に検討を行なっている (未発表)。

現存量： 石礫底では最低 1.7 g/m^2 (1961年8月; St. 3)・最高 27.5 g/m^2 (1962年3月; St. 8), 砂底では最低 0.07 g/m^2 (1961年8月; St. 6)・最高 14.2 g/m^2 (1962年3月; St. 3) である。また、上述の種数に準じて両者の対比を行なうと、これも少数の事例を除いて石礫底の値が大きい(平均ほぼ 8.3 倍)。なお、砂底の場合には通常一部の地点で 1 g/m^2 を下る低い値が観測され、総じて同一時期における地点間の変動が石礫底の場合よりも大きい。このような点から、砂底という河川の微環境の一つのカテゴリーの中に、まだ不明な大きい環境条件の差異が存在することがうかがわれる。

優占種： 石礫底では *Ephemera basalis*, *E. trispina*, *Baetis* sp., *Rhabdiopteryx* sp., *Stenopsyche griseipennis*, *Hydropsyche ulmeri* などが優占する事例が多い。このうち、*E. basalis* と *R.* sp. は早春の3月にかぎり優占し(但し後者は1962年のみ)、また *Baetis* sp. は夏季に優占する傾向を示している。一方、砂底では Chironomidae 科の一種、*Pedicia* sp., *Eriocera* sp. が優占する事例が多く、このうち *Pedicia* sp. は早春に優占する傾向を示している。また、石礫底では特定の1種が群集の総量(現存量)の過半を占めることは稀であるが、砂底ではこのような高い優占度を示す事例がかなり多い。

造網型の現存量： 一般にこの生活型の幼虫は河川の石礫底(早瀬・平瀬など)に捕獲網を張って流下する微生物を捕食するという特殊な習性をもっており、毛翅目の *Stenopsychidae*, *Hydropsychidae*, *Polycentropidae*, *Philopotamidae* の各科の昆虫がこの生活型に入る。このうち、*Stenopsychidae*, *Hydropsychidae* の2科の昆虫は往々我国の源流から中流にわたって広く多量に生息して石礫底の昆虫群集の総量をいちじるしく高め、河川の昆虫群集の生産の面からとくに重視されている(津田, 1959)。なお、他の2科の昆虫は通常量的にはごくわずかである(この水域も同様、第2表)。

対象水域(但し石礫底)におけるこの生活型の昆虫の現存量をみると、最低 0.01 g/m^2 (1961年3月; St. 1 ほか)・最高 8.62 g/m^2 (1963年3月; St. 5) となっている。このうち 1 g/m^2 以下の事例がほぼ 2/3 を占め、 5 g/m^2 をこえる場合はわずか2例にすぎない。

2. 石礫底の昆虫群集の洪水後の回復状況

河川の昆虫群集の洪水後の回復の経過については、従来かなり多くの報告がなされている(堀・ほか, 1949; 川合, 1951; 西村, 1961; 津田・ほか, 1964; SPRULES, 1947 など)。これらによると、初期のうちは一般に種数・個体数・現存量が少なく、また特定の1種が極端に優占し、洪水の事例によって数ヵ月から時には数年を要しその水域本来の群集の構成に復するようである。この水域では洪水の直後(1961年11月)に現存量がいちじるしく低下した(IV-1)が、本項ではその後の回復の経過をかかせる群集の構成上の変化に注目して検討する。

石礫底の資料(付表1)より3地点を選んで調査時期別に群集の諸特長を示すと第3図となる。本図よりまず各地点における洪水前後の種数・現存量の対比を行なうと¹⁾、洪水の直後を除いて洪水後の減少がほとんどみとめられない。また、洪水の直後と比べて翌年の3月に現存量が大きく増加している点も注目される。一方、優占種の構成(優占種とその優占度)を対比すると²⁾、洪水の翌年とそのほかの年の各3月の間に顕著な差異がみられる。すなわち、前者の場合は各地点とも *Rhabdiopteryx* sp. が優占種に含まれ、地点によってはこれがいちじるしく優占するが、他方、後者の場合には同種がまったく優占せず、*Ephemera* 属の昆虫などがそれぞれ比較的に低い優占度をとっている。以上のごとく、洪水をはさむ3年において、早春の優占種構成に明瞭な経年変化が現われている。なお、その後ほぼ4ヵ月を経た同年7月と前年の夏季(6・8月)との間には、かかる顕著な構成上の差異がみとめられない。なお、上記の諸点は一般に図示以外の地点についてもいえる(付表1)。

以上を要するに、この水域の石礫底には洪水の5ヵ月後に特殊な優占種構成をとる、いわば洪水後の過渡的な昆虫群集が出現し、その後ほぼ4ヵ月を経た同年7月にはかかる現象が消失したといえるだろう。すな

1)・2) この水域の場合、昆虫群集の現存量が早春に増加する傾向がみられる(後述)。また、一部の昆虫は特定の季節に優占する傾向を示している(IV-1)。したがって、かかる季節的増減・遷移の要素を消し、洪水の影響を抽出するために、ここでは同一の季節(早春・夏季)ごとにこれらの対比を行なった。

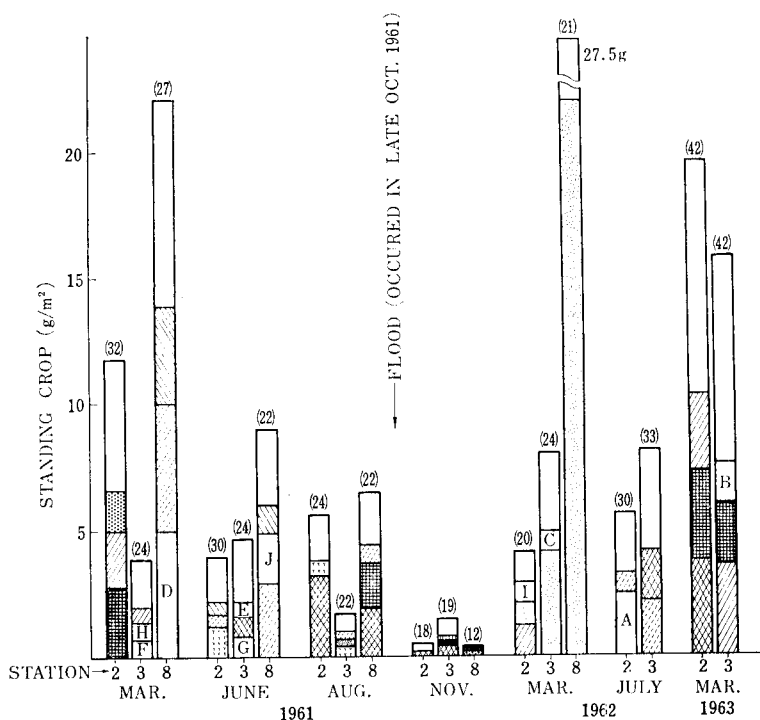


Fig. 3. Comparison of aquatic insect community of stony bed before and after the flood (Sts. 2, 3 and 8). The symbols refer to dominant species ;

- | | | | |
|---|-----------------------------------|---|-------------------------------------|
| | — <i>Ephemerella basalis</i> | | — <i>Rhyacophila</i> sp. RC |
| | — <i>Ephemerella trispina</i> | F | — <i>Mystrophora inops</i> |
| A | — <i>Ephemerella</i> sp. nG | | — <i>Stenopsyche griseipennis</i> |
| B | — <i>Ephemerella longicaudata</i> | | — <i>Hydropsyche ulmeri</i> |
| | — <i>Baetis</i> sp. | G | — <i>Neophylax</i> sp. NA |
| | — <i>Epeorus latifolium</i> | H | — <i>Amika infusata infusata</i> |
| | — <i>Rhabdiopteryx</i> sp. | | — <i>Eriocera</i> sp. |
| C | — <i>Eucapnopsis stigmatica</i> | I | —Chironomidae (sp.) |
| D | — <i>Isogenus (T.) kohnonis</i> | | — <i>Atherix (A.) ibis japonica</i> |
| E | — <i>Acroneuria stigmatica</i> | J | — <i>Atherix (S.) kodamai</i> |
| | — <i>Alloperla</i> sp. | | |

Blank columns refer to the combined occurrence of minor species ; figures in parentheses indicate the number of species. (See also Appendix 1.)

わち、この水域の石礫底の昆虫群集は洪水の9ヵ月後にはほぼこの川本来の群集構成に復したものと推察される。

なお、砂底の場合には、洪水をはさむ兩年の早春の昆虫群集の構成に上述のような顕著な差異はみとめられない。すなわち、この調査のかぎりでは、洪水の翌年の早春の昆虫群集の中に洪水の影響をみだすことができなかった (附表 2)。

3. 昆虫群集の現存量の季節的変化, ならびにアルカリ度との関係

前述のごとく, この調査は早春の3月(3カ年を通じて3回), 初夏の6月, 盛夏の7・8月, および晩秋の11月に行なわれた。しかしながら, 11月の調査は洪水の直後という特殊な時期になされているので, 当時の試料がこの水域本来の晩秋の状況を反映したものとはいえない。また, 石礫底の場合は翌年3月も総じて洪水後の過渡的な群集であることが上記の検討より推察された。そこで, これらの2時期を除く各石礫底の現存量を調査月別に示すと第4図となる。なお, 比較を容易とするために便宜的に現存量をその大きさによって 10 g/m^2 以下, $10 \sim 20 \text{ g/m}^2$, 20 g/m^2 以上の3段階に区分すると(第4図), 夏季の6・7・8月はいずれの地点も 10 g/m^2 を下っているが, 一方早春の3月は2例を除いてすべて 10 g/m^2 をこえている。このように, 早春と夏季との間に現存量の多少に関するかなり明瞭な差異がみとめられる。また, 3月の値のうち 20 g/m^2 をこえる事例に注目すると, これらはすべてアルカリ度が高いとみられる大事沢(St. 3)とその下流の本流(St. 6・8)においてえられている(同様の現象は1962年3月にもSt. 8においてみられる, 付表1)。以上のような現存量とアルカリ度との関係をさらに詳細に検討すると第5図となり, 早春の3月にかぎって両者の間に相関がみられる。

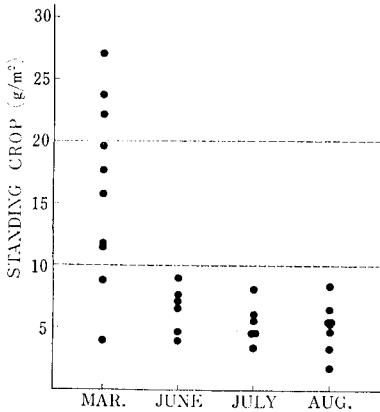


Fig. 4. Seasonal changes in standing crop of aquatic insect community at stony bed. (Data obtained in Nov. 1961 and Mar. 1962 are excluded, because the communities then have not recovered from destruction by the flood of late October, 1961; see also Appendix 1 and Fig. 3.)

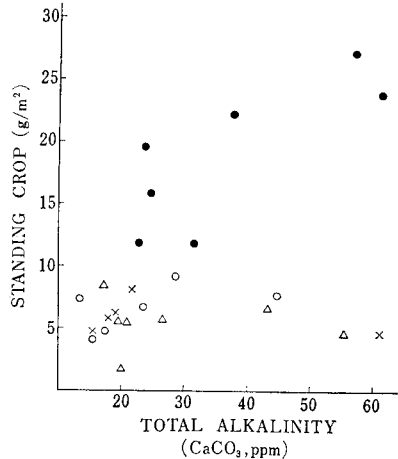


Fig. 5. Standing crop of aquatic insect community at stony bed plotted against alkalinity of water. ●—March, ○—June, ×—July, △—August. (See also Table 1 and Appendix 1.)

ARMITAGE (1958) も河川の昆虫群集の現存量と環境水のアルカリ度との間に相関があることを報じ, また, アルカリ度によって指標される重炭酸イオン濃度の高低が(リンなどの栄養塩類が生産制限要因とならぬ場合に)河床の藻類の光合成活性の強弱に働き, これが食物連鎖関係ならびに昆虫の利用空間の多少を通じて昆虫群集の生産性に影響を与えるという意味の説明を行なっている。但し, 彼はかかる相関が季節的に現われる点についてはまったくふれておらず, 勿論この点に関する考察も行なっていない。

なお, 砂底の場合も, その例数がわずかとはいえ観測値のうちではとくに大きい 10 g/m^2 前後の値が早春にかぎって現われている。但し, この調査のかぎりでは砂底における現存量とアルカリ度との相関の有無は明らかでない(第1表, 付表2)。

4. 造網型の現存量に関する他河川との比較

従来我国の諸河川(但し石礫底)で観測されたこの生活型の現存量に関する諸数値をその大きさに応じて11の階級に区分し, 調査河川別に階級頻度分布として示すと第4表となる。但し, ここでは同一の地点で一

Table 4. Abundance of net spinners in various streams in Japan, expressed by frequency distribution, in eleven classes, of the standing crops (g/m^2) obtained at riffle areas (stony bed) of respective streams; data under abnormal environmental conditions are excluded.

| Name of river | No. of sam- ple | Class of standing crop of net spinners (g/m^2) | | | | | | | | | | Literature cited | | |
|-------------------------------------|--------------------|--|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------|------|---|
| | | <1 | 1-<5 | 5-<10 | 10-<15 | 15-<20 | 20-<30 | 30-<40 | 40-<50 | 50-<70 | 70-<100 | | 100< | |
| Yoshino-gawa, Nara Prefecture | 9 (%) | 1 (11.1) | — | 1 (11.1) | — | 2 (22.2) | 1 (11.1) | — | 2 (22.2) | 1 (11.1) | 1 (11.1) | — | — | TSUDA, <i>et al.</i> (1953) & (1954) |
| Kasama-gawa, " | 3 (%) | 2 (66.7) | 1 (33.3) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | MORIOKA (1956) |
| Yudehara-gawa, " | 1 (%) | — | — | 1 (100) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | TSUDA (1956) |
| Satsuki-gawa, " | 1 (%) | — | — | — | — | — | 1 (100) | — | — | — | — | — | — | TSUDA, <i>et al.</i> (1958) |
| U-kawa, Kyōto Prefecture | 5 (%) | 4 (80.0) | 1 (20.0) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | TEZUKA, <i>et al.</i> (1960) |
| Kamikatsura-gara, " | 4 (%) | 1 (25.0) | 2 (50.0) | 1 (25.0) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | Fish. Section, Kyōto Pref. (1960) |
| Maruyama-gawa, Hyogo Prefecture | 2 (%) | — | — | 1 (50.0) | — | — | — | — | — | 1 (50.0) | — | — | — | NISHIMURA (1960) a |
| Yada-gawa, " | 8 (%) | — | 3 (37.5) | 4 (50.0) | 1 (12.5) | — | — | — | — | — | — | — | — | NISHIMURA (1960) b |
| Sendai-gawa, Tottori Prefecture | 11 (%) | — | 5 (45.5) | 4 (36.4) | 1 (9.1) | 1 (9.1) | — | — | — | — | — | — | — | NISHIMURA, <i>et al.</i> (1962) |
| Katashina-gawa, Gumma Prefecture | 23 (%) | 13 (56.5) | 4 (17.4) | — | — | 1 (4.3) | 4 (17.4) | — | — | — | 1 (4.3) | — | — | GOMI, <i>et al.</i> (1961) |
| Tenryū-gawa, Nagano Prefecture | 29 (%) | — | 3 (10.3) | 1 (3.4) | 1 (3.4) | 1 (3.4) | 4 (13.8) | 4 (13.8) | — | 2 (6.9) | 5 (17.2) | 8 (27.6) | — | MACHIDA, <i>et al.</i> (1964) |
| the investigated area ¹⁾ | 30 (%) | 16 (53.3) | 12 (40.0) | 2 (6.6) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |

1) Data in Nov. 1961 and Mar. 1962 are excluded, for the reason noted in Fig. 4.

時期に何卒かの定量採集がなされた場合には早瀬・平瀬の別をとわずこれらをかみにして平均を算出し、これを1事例とし、また現存量はすべて1平方mあたりに換算している。また、都市・工場排水の流入、あるいは洪水のような特殊の要因の影響をとどめる資料はできるかぎり除外した。なお、この表の最下段には比較のためにこの水域の資料を併記した。

対象水域におけるこの生活型の現存量が総じて表示の多くの河川に劣ることはこの表を一見して明らかで、この水域にこの種の昆虫の生産を高めえない何らかの要因が存在することがうかがわれるが、これが如何なるものかを考察しうる資料をもち合せていない。

V. 考 察

1. 洪水以降翌春の間における石礫底の昆虫群集形成の機構について

津田(1960)は洪水などで破壊された河川の昆虫群集の回復の方法(再形成の方法)について内生的要素と外生的要素とを区別し、前者は対象水域に残存したわずかな個体の生物が元となって増殖し回復するもの、後者はおもにその上流から流下してきた幼虫がそこに定着して生産構造に加わるものとしている。また、通常は両要素が相加わって回復を行なうが、破壊が秋の末から冬にかけて起った場合にはその翌春までの間は(羽化・産卵が行なわれないため)前者による回復は考えられぬものべている。この水域について考えると、洪水はすでに大部分の昆虫の羽化期をすぎた10月末に発生した。したがって、その後翌春までの間に羽化・産卵が行なわれたとしても、それは *Baetis* sp., Chironomidae 科の一種などのごくかぎられた種類にすぎぬはずである(両種の成熟幼虫、あるいは蛹は洪水直後の11月にも調査水域でえられている、III—3)。したがって上記の説によれば、洪水後の過渡的な群集とはいえかなり多くの構成種をもち洪水直後とは比較にならぬ大きい現存量を示した翌年3月の石礫底の昆虫群集(IV—2)がおもに外生的要素、すなわち、おもに洪水の被害が少ない上流からの流下幼虫によって形成されたこととなる。

但し、ここで問題となることは、何故この年に *Rhabdiopteryx* sp. がいちじるしく優占したかということである。一般に、優占種の形成には種間の競合関係が大きく関与しているはずである。したがってかかる現象は、通常年には早春に優占種となる昆虫の個体群が洪水という作用によつていちじるしい被害をうけ、これらの幼虫が占有するはずの生息空間を *R. sp.* が占有したことによると考えれば説明がつく。早春の優占種についてみると、*R. sp.* と *Ephemerella* 属の各幼虫の niche は類似しているため、これらの種間には通常かなりきびしい競合があるものと思われる。ちなみに、1961年3月の川俣ダムの上・下流の両水域を対比すると *E. basalis*—*E. trispina* の優占種の交替がみられる(付表1)が、これも両種間の競合が大きく関与した結果ではなかろうかと考える。

そこで、当時の昆虫群集がおもに上述の外生的要素によって形成されたものとするれば、これらの昆虫のうち *R. sp.* の分布のみが洪水の被害の少ないさらに上流の水域にまで及んでおり、このような分布域の相違から洪水後の幼虫の生残率に顕著な差異が生じたと考えざるをえないだろう。しかしながら、現在のところかかる分布域の差異を実証する十分な資料がないように思われる。

そこでつぎに昆虫の季節的消長に注目すると、*R. sp.* と *Ephemerella* 属の昆虫についてはその季節的消長がほぼ明らかとなっている(III—3)。このうち早春に成熟幼虫が出現する *R. sp.* と *E. basalis* の両種を対比すると、若令幼虫が出現をはじめる時期に数カ月のずれがみられる(第3表)。種個体群的な立場からみると、孵化幼虫はある期間にわたって出現するのが通例である。したがって、この表から *R. sp.* の場合には幼虫の孵化が11月以後もなおかなり継続されるとみることができると思う。

NEEDHAM・et al. (1935)によると、蜉蝣目の昆虫の多くはその卵殻の表面にきわめて強固な付着器をそなえている。また、かかる強固な付着器をもたぬ昆虫卵(但し蜉蝣目・積翅目昆虫)の場合も、その幼虫に比べれば恐らく流失されることが少ないものと思われる。そこで、これらの昆虫の産着卵が洪水に対する耐性の面で幼虫よりいちじるしく優ると仮定すると、たとえ両種の分布域に明瞭な差異がなくとも、かかる季節的消長の相違から洪水による各個体群の被害の度合に顕著な差異が生じ、これが翌年3月における両種間の

優占種の遷移の遺伝子となったと考えることもできよう。しかしながら、かかる考え方のみではたとえ 11 月以降に孵化が行なわれるとみられる *E. trispina* (第 3 表) が何故当時優占種とならなかったかを説明することがやや困難である。

すなわち、かかる洪水後の再形成の機構の解明は今後の詳細な研究にまたねばならぬものと思う。但し、河川の昆虫の中には卵期間が長いものもかなり多いはずである以上、かかる研究にあたり、今後は単に生残幼虫に注目するにとどまらず、その産着卵にも一応の考慮をはらうことは必要と考える。

2. 早春における現存量の増加の原因について

この水域では昆虫群集の現存量が夏季に比べて早春に多い傾向がみられ、かかる傾向はとくに石礫底の場合に顕著に現われた (IV—3) が、我国の既往の資料をみても冬季から雪どけ前の早春にかけて現存量が増加する事例が多い (小泉・ほか, 1956; 西村, 1960; 五味・ほか, 1961; 小松, 1964 など)。すなわち、我国の河川の場合に往々このような季節的増減の傾向が現われることは事実であるが、この点に関する総合的な考察はまだなされていないように思われる。

津田 (1956) は河川の水生昆虫群集の量を規制する諸要因の中で、河床の安定度、いいかえれば増水などによる河床の擾乱の度合・頻度をかなり重視している。すなわち、かかる擾乱に伴う昆虫自体の流失と昆虫の餌料となりまた棲場ともなる微小藻類・沈葉などの流失を昆虫群集の生産を抑制する重要な要素とみている。勿論、長期にわたる河床の安定がかえってこの群集の生産に負に作用する要素を形成することも考えられるが(後述)、流量の変動のはげしい河川という水体の場合に、掃流による昆虫の流失がこの群集の生産を強く抑制していることを否定することはできないと思う。一方、我国では冬季から早春にかけて降雨が少なく、流量は年間を通じてもっとも減少するのが通例であり、勿論、昆虫群集にいちじるしい被害を与える洪水がこの時期に発生することはほとんどない。すなわち、概して他の季節と比べて降雨・融雪による増水の事例が少ないことはいえると思う。また、他の季節と異なって昆虫の羽化がほとんどないこと、すなわち羽化による removal がきわめて少ないことも当時の現存量を高める理由の一つに上げられよう。

一方、MACIOLEK & NEEDHAM (1952) と NEEDHAM & JONES (1959) は冬季に河水が過冷却すると水面下に 2 種の氷ができること、またこのうち河床面に付着する anchor ice は夜間に形成されて朝にはとけだすためこの時刻に流量の急激な増加が起り、これがはく離して流下するこの氷塊と相加わって多くの底生動物を流下せしめることを報じている。但し、これらの調査はいずれも標高 2,000 m をこえる高山溪流で行なわれている。また、この anchor ice は厳冬の時期においても時折り形成されるにすぎぬようである。このような点から、高山またはこれに類する寒冷地域以外は、冬季にかかる現象が起るとしてもきわめて稀に起るにすぎぬのではなからうかと推察する。

また、HYNES (1960) は 2・3 の文献を引用して落葉が過剰に沈積するとこれが水質を悪化させて水生動物に有害となることを指摘している。したがって、とくに沈葉の多い冬季においては、流量とのバランスの如何によって水の腐水化が起ることも十分に考えられよう。

以上のような生産に負に作用する要素が、すでに京都府農林部水産課 (1960) が報じ、またこの水域でも一部の地点でみられる洪水の影響 (付表 1) や、採集地点の微環境的な差異 (本調査では各地点の微環境条件をできるかぎり均一とするように努めたが、砂底の場合にはかかる条件が十分にみだされていたとはいえない)、さらに採集の操作上の相違 (採集誤差) などと相加わって、我国におけるこの時期の現存量の増加をやや不整一の現象、すなわち、単なる傾向にとどめているものと考えられる。

この水域をみると、各地点とも 3 月には藻類が河床の石礫を厚くおおい、かかる石礫間にはいたるところに落葉がからまっていた。すなわち、かなりの期間河床の擾乱がなかったことがうかがわれるが、当時の昆虫相から河水の腐水化の徴候はまったくなかったものと判断される。¹⁾ すなわち、この水域の早春は昆虫群集の生産の面できわめて有利な状態にあったといえるだろう。

1) 生物学的水質判定法 (津田, 1964; ほか) による。

なお、この水域では3月にかぎって、石礫底の昆虫群集の現存量とアルカリ度との間に相関がみられた(IV-3)。筆者は現在のところかかる現象を十分に考察する資料をもっていないが、河床の擾乱または掃流による昆虫の流失を河川の昆虫群集の量を規制する主要因とみなせば、これが支配的な要素とならぬこの時期に、アルカリ度で指標される水質的な要素が河川の生物の生産機構に大きく反映し、昆虫群集の生産を向上させると考えることも可能であろう。勿論、このような考え方は今後の詳細な研究によって検証されねばならぬものとする。

VI. 要 約

本文は3カ年の調査資料をもとに、栃木県鬼怒川上流域(標高600~1,000mの約20kmに及ぶ本流とここに流入する3支流)における水生昆虫の諸生態を報じ、2・3の考察を試みた。おもな内容はつぎのようである。

1. 対象水域に生息する昆虫は、この調査のかぎりでも我国で未記載の *Ephemera* 属幼虫を含めて90種をこえる。これらの昆虫の地域的分布状況を調べ、かなり多くの昆虫が本・支流をとわずこの水域に広く分布することなどが明らかとなった。

2. また、*Ephemera* 属の *trispina* group に属する3種を含む数種の昆虫の季節的消長を調べ、これらの昆虫の卵期間が恐らく数カ月に及ぶこと、また上記の3種の羽化期に季節的なずれがあることなどをうかがい知ることができた。

3. また、昆虫群集の構成上の諸特長をもとに、調査初年の晩秋(10月下旬)に発生した洪水後における石礫底(平瀬)ならびに砂底(よどみ)の昆虫群集の回復の状況を考察した。石礫底の場合にはほぼ5カ月を経た翌年の早春にも特殊な優占種構成を示す地点が多く、総じて洪水後の過渡的な状態にあり、その後同年の夏季にはほぼこの川本来の昆虫群集に復したものとみられた。一方、砂底の場合には翌年の早春の昆虫群集の構成に上述のような顕著な差異がみとめられなかった。かかる群集の構成の経時変化をもとに、洪水後の昆虫群集の再形成の機構を考察したが、なお不明の点が多い。

4. 石礫底・砂底ともに昆虫群集の現存量が早春に増加する傾向がみられた。なお、石礫底の場合にはかかる傾向がとくに顕著に現われ、早春には現存量と環境水のアルカリ度との相関もみとめられた。かかる点について、河床の安定度などをもとにその原因の考察を試みた。

5. この水域に生息する造網型の昆虫は量的にみて我国の多くの河川に劣っており、この種の昆虫の生産を高めえない何らかの要因が存在することが推察された。

VII. 引 用 文 献

- ARMITAGE, K.B. 1958: Ecology of the riffle insects of the Firehole River, Wyoming. *Ecology*, **39**, No. 4, pp. 571~580.
- 安藤裕・川名豊子 1956: 外部観察によるモンカゲロウ *Ephemerella strigata* Eaton の胚子発生。昆虫, **24**, 4号, 224~232頁。
- BRINCK, Per 1949: Studies on Swedish stoneflies (Plecoptera). *Opusc. Ent. Suppl.*, 11.
- 五味礼夫・剣持平三郎 1961: 底生昆虫相調査。片品川水域水産調査報告(昭和36年度), **3**・2, 24~32頁。
- 堀正一・牛田益雄 1949: カスリン台風による洪水後の植物色と水棲昆虫の変化(予報)。陸雑, **14**, 3号, 146~149頁。
- HYNES, H.B.N. 1941: The taxonomy and ecology of the nymphs of British Plecoptera with notes on the adults and eggs. *Roy. Ent. Soc. Lond.*, **91**, Part. 10.
- 1960: The biology of polluted waters. Liverpool Univ. Press, pp. 202.
- IMANISHI, K. 1941: Mayflies from Japanese torrents. X. Life forms and life zones of mayfly

nymphs. Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., 16, No. 1, pp. 1~35.

今西錦司 1951: いわなとやまめ。日本林業技術協会, 36 頁。

可児藤吉 1944: 溪流棲昆虫の生態。古川編“昆虫”上巻, 171~317 頁。

川合禎次 1951: ヘスター台風の鴨川の動物相に及ぼした影響(予報)。陸雑, 15, 3-4 号, 167~169 頁。

小泉清明・安藤富雄 1956: 長良川上中流部の水棲昆虫相。岐阜大学芸学部研報, 1, 4 号, 397~410 頁。

小松典 1956: トワダカワゲラの成虫, 卵及び 1 令幼虫について。New Entomologist, 5, 13~21 頁。

—— 1964: びわ湖に流入する河川の冬季の水生昆虫群集および biotic index。日生態会誌, 14, 6 号, 217~223 頁。

児玉康雄・ほか 1964: 川俣ダム(栃木県)の建設が関係水域の漁業に及ぼす影響。淡水研・栃水県, 62 頁。

桑田一男 1962: 石手川水系(愛媛県)の水生昆虫類。あげは, 10 号, 11~16 頁。

京都府農林部水産課 1960: 川の魚の生活。II. 魚類 5 種の生活史と群集構造。1~20 頁。

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., 81, pp. 202~217.

町田喜弘・木村関男・児玉康雄・田中光 1964: 内水面における汚濁度の生物学的指標法に関する研究。農林水産技術会議事務局編“水質汚濁に関する研究の成果”, 147~168 頁。

森岡昭雄 1956: 奈良県笠間川の水棲動物群集の研究。関西自然科学研究会誌, 9, 15~18 頁。

NEEDHAM, J.G.・TRAVER, J.R.・YIN-CHI HSU 1935: The biology of mayflies. Comstock Pub. Com., Inc., Ithaca, New York, pp. 759.

NEEDHAM, P.R.・JONES, A.C. 1959: Flow, temperature, solar radiation, and ice in relation to activities of fishes in Sagehen Creek, California. Ecology, 40, No. 3, pp. 465~474.

西村登 1960a: 円山川水系(兵庫県)の水生物群集。IV. 中・下流域における底生昆虫の分布。日生態会誌, 10, 4 号, 141~148 頁。

—— 1960b: 矢田川水系(兵庫県)の水生動物群集。II. 全水系における底生昆虫の分布。日生態会誌, 10, 6 号, 227~232 頁。

—— 1961: 出水と河川昆虫の流下。兵庫生物, 4, 2 号, 97~99 頁。

——・谷口正・今井一郎・田中稔 1962: 鳥取県千代川水系における底生昆虫の分布概要。日生態会誌, 12, 4 号, 146~152 頁。

円羽弥 1954: 木曾谷の魚。木曾教育会, 302 頁。

佐々学・緒方一喜 1960: 衛生害虫。岩波書店, 234 頁。

SPRULES, W.M. 1947: An ecological investigation of stream insects in Algonquin Park, Ontario. Pub. Ontario Fish. Res. Lab., No. 69, pp. 1~81.

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, 3 号, 8~12 頁。

手塚洋子・龜谷敬子 1960: 宇川の付着藻類と水生昆虫。日生態会誌, 10, 5 号, 201~207 頁。

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 頁。

——・—— 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 頁。

—— 1956: 川の石礫底動物群集と砂底動物群集。日生態会誌, 6, 2 号, 76~79 頁。

——・渡辺仁治 1958: 奈良県月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, 1 号, 43~49 頁。

—— 1959: 川の底生動物の現存量をめぐる諸問題, 特に造網型昆虫の重要性について。陸雑, 20, 2 号, 86~92 頁。

- 1960： 河川昆虫学 10 題。奈良女子大生物学会誌, No. 10, 108~110 頁。
- • 小松典 1964： 伊勢湾台風 4 年後の吉野川の水生昆虫群集。日生態会誌, 14, 2 号, 43~49 頁。
- 1964： 汚水生物学。北隆館, 258 頁。

Appendix 1. Aquatic insect community of stony bed by date and station; based on three or five 25 cm quadrat samples.

| Date of collection | Station | Number of species | Standing crop (g/m ²) | Dominant species and its standing crop (g/m ²) | Standing crop of net spinners (g/m ²) |
|--------------------|---------|-------------------|-----------------------------------|--|---|
| Mar. 23-24, '61 | St. 1 | 26 | 8.8 | <i>Ephemerella basalis</i> (2.97); <i>Horolusia</i> sp. HA (2.24); <i>Atherix</i> (A.) <i>ibis japonica</i> (1.01) | 0.01 |
| | " 2 | 32 | 11.8 | <i>Stenopsyche griseipennis</i> (2.84); <i>Ephemerella basalis</i> (2.15); <i>Atherix</i> (A.) <i>ibis japonica</i> (1.60) | 4.02 |
| | " 3 | 24 | 3.9 | <i>Mytrophora inops</i> (0.69); <i>Amika infusata infusata</i> (0.67); <i>Ephemerella basalis</i> (0.55) | 0.03 |
| | " 6 | 31 | 27.1 | Chironomidae (7.32); <i>Ephemerella trispina</i> (4.17); <i>Baetis</i> sp. (3.47) | 0.73 |
| | " 8 | 27 | 22.1 | <i>Isogenus</i> (T.) <i>kohmonis</i> (5.04); <i>Baetis</i> sp. (4.97); <i>Ephemerella trispina</i> (3.91) | 0.38 |
| | " 9 | 24 | 11.7 | <i>Ephemerella trispina</i> (3.53); <i>Antocha</i> sp. (2.61); <i>Mytrophora inops</i> (1.33) | 0.02 |
| June, 19-21, '61 | " 1 | 30 | 7.2 | <i>Mytrophora inops</i> (1.23); <i>Baetis</i> sp. (1.08); <i>Ephemerella trispina</i> (0.97) | 0.19 |
| | " 2 | 30 | 4.0 | <i>Epeorus latifolium</i> (1.15); <i>Baetis</i> sp. (0.53); <i>Ephemerella trispina</i> (0.51) | 0.24 |
| | " 3 | 24 | 4.7 | <i>Neophylax</i> sp. NA (0.84); <i>Hydropsyche ulmeri</i> (0.81); <i>Acroneuria stigmatica</i> (0.63) | 0.82 |
| | " 6 | 20 | 7.7 | <i>Atherix</i> (S.) <i>kodamai</i> (2.89); Chironomidae (2.24); <i>Baetis</i> sp. (1.07) | 0.37 |
| | " 8 | 22 | 9.0 | <i>Baetis</i> sp. (2.88); <i>Atherix</i> (S.) <i>kodamai</i> (1.96); <i>Ephemerella trispina</i> (1.13) | 0.14 |
| | " 9 | 23 | 6.7 | <i>Atherix</i> (S.) <i>kodamai</i> (2.81) | 1.17 |
| Aug. 29-31, '61 | " 1 | 25 | 8.4 | <i>Atherix</i> (A.) <i>ibis japonica</i> (1.93); <i>Stenopsyche griseipennis</i> (1.41); <i>Hydropsyche ulmeri</i> (1.35) | 2.76 |
| | " 2 | 24 | 5.6 | <i>Hydropsyche ulmeri</i> (3.15); <i>Epeorus latifolium</i> (0.62) | 3.15 |
| | " 3 | 22 | 1.7 | <i>Epeorus latifolium</i> (0.37); <i>Eriocera</i> sp. (0.34); <i>Baetis</i> sp. (0.29) | 0.02 |
| | " 4 | 26 | 5.5 | <i>Baetis</i> sp. (1.41); <i>Hydropsyche ulmeri</i> (1.31); <i>Rhithrogena japonica</i> (1.00) | 1.31 |
| | " 6 | 19 | 4.7 | <i>Baetis</i> sp. (1.79); <i>Hydropsyche ulmeri</i> (1.55) | 1.55 |
| | " 8 | 22 | 6.5 | <i>Hydropsyche ulmeri</i> (1.94); <i>Stenopsyche griseipennis</i> (1.79); <i>Baetis</i> sp. (0.72) | 3.74 |
| | " 9 | 21 | 5.6 | <i>Antocha</i> sp. (1.28); <i>Baetis</i> sp. (0.96); <i>Stenopsyche griseipennis</i> (0.95) | 1.43 |
| Nov. 8-9, '61 | " 10 | 29 | 3.3 | <i>Stenopsyche griseipennis</i> (0.90); <i>Epeorus latifolium</i> (0.57) | 1.15 |
| | " 1 | 21 | 0.7 | <i>Eriocera</i> sp. (0.21); <i>Hydropsyche ulmeri</i> (0.13) | 0.13 |
| | " 2 | 18 | 0.5 | <i>Hydropsyche ulmeri</i> (0.22) | 0.22 |
| | " 3 | 19 | 1.5 | <i>Hydropsyche ulmeri</i> (0.38); <i>Rhyacophila</i> sp. RC (0.21); <i>Alloperla</i> sp. (0.18) | 0.38 |
| | " 6 | 7 | 0.08 | | 0.05 |
| | " 8 | 12 | 0.4 | <i>Atherix</i> (A.) <i>ibis japonica</i> (0.22); <i>Hydropsyche ulmeri</i> (0.10) | 0.10 |
| | " 9 | 5 | 0.04 | | 0.01 |

| Date of collection | Station | Number of species | Standing crop (g/m ²) | Dominant species and its standing crop (g/m ²) | Standing crop of net spinners (g/m ²) |
|--------------------|---------|-------------------|-----------------------------------|---|---|
| Mar. 27-29, '62 | " 2 | 20 | 4.1 | <i>Ephemerella basalis</i> (1.18); <i>Rhabdiopteryx</i> sp. (0.89); Chironomidae (0.75) | 0.11 |
| | " 3 | 24 | 8.0 | <i>Rhabdiopteryx</i> sp. (4.12); <i>Eucapnopsis stigmatica</i> (0.18) | 0.01 |
| | " 7 | 18 | 9.8 | <i>Rhabdiopteryx</i> sp. (5.50); Chironomidae (3.00) | 0.01 |
| | " 8 | 21 | 27.5 | <i>Rhabdiopteryx</i> sp. (21.95) | 0.03 |
| | " 10 | 28 | 6.5 | <i>Ephemerella basalis</i> (1.53); <i>Ephemerella longicaudata</i> (0.94); <i>Baetis</i> sp. (0.83) | 0.19 |
| July, 25-27, '62 | " 1 | 33 | 4.6 | <i>Paragnetina tinctipennis</i> (1.10); <i>Baetis</i> sp. (0.76); <i>Mytrophora inops</i> (0.53) | 0.26 |
| | " 2 | 30 | 5.6 | <i>Ephemerella</i> sp. nG (2.45); <i>Baetis</i> sp. (0.84) | 0.54 |
| | " 3 | 33 | 8.1 | <i>Baetis</i> sp. (2.19); <i>Hydropsyche ulmeri</i> (1.98) | 2.01 |
| | " 4 | 30 | 6.1 | <i>Ephemerella</i> sp. nG (1.35); <i>Baetis</i> sp. (1.32) | 0.30 |
| | " 5 | 24 | 4.6 | <i>Baetis</i> sp. (2.11); Simuliidae (0.73); <i>Baetiella japonica</i> (0.62) | 0.46 |
| | " 10 | 31 | 3.4 | <i>Baetis</i> sp. (0.78); <i>Epeorus latifolium</i> (0.47); <i>Baetiella japonica</i> (0.39) | 0.20 |
| Mar. 7, '63 | " 1 | 38 | 17.7 | <i>Ephemerella basalis</i> (8.96) | 1.49 |
| | " 2 | 42 | 19.6 | <i>Hydropsyche ulmeri</i> (3.84); <i>Stenopsyche griseipennis</i> (3.53); <i>Ephemerella basalis</i> (3.00) | 7.37 |
| | " 3 | 42 | 15.8 | <i>Ephemerella basalis</i> (3.62); <i>Stenopsyche griseipennis</i> (2.39); <i>Ephemerella longicaudata</i> (1.63) | 2.48 |
| | " 5 | 40 | 23.8 | <i>Hydropsyche ulmeri</i> (5.09); <i>Baetis</i> sp. (4.45); <i>Stenopsyche griseipennis</i> (3.52) | 8.62 |

Appendix 2. Aquatic insect community of sandy bed by date and station; based on two 25 cm quadrat samples.

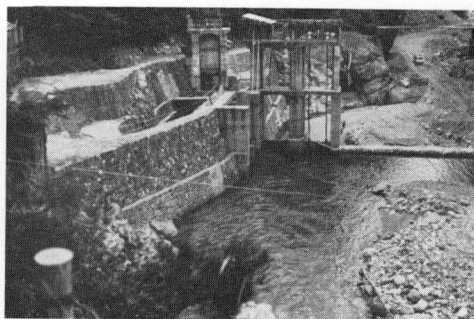
| Date of collection | Station | Number of species | Standing crop (g/m ²) | Dominant species and its standing crop (g/m ²) |
|--------------------|---------|-------------------|-----------------------------------|--|
| Mar. 23-24, '61 | St. 1 | 6 | 1.9 | <i>Pedicia</i> sp. (1.14); Chironomidae (0.62) |
| | " 2 | 10 | 0.3 | Chironomidae (0.10); <i>Ephemerella</i> sp. (0.06); <i>Alloperla</i> sp. (0.05) |
| | " 3 | 13 | 9.3 | <i>Pedicia</i> sp. (5.11); Chironomidae (2.62) |
| | " 6 | 15 | 8.6 | Chironomidae (2.90); <i>Pedicia</i> sp. (1.84); <i>Eriocera</i> sp. (1.75) |
| | " 8 | 12 | 4.2 | Chironomidae (1.76); <i>Wiedemannia</i> sp. (0.74); <i>Pedicia</i> sp. (0.53) |
| | " 9 | 11 | 1.7 | Chironomidae (0.61); <i>Pedicia</i> sp. (0.46); <i>Ephemerella trispina</i> (0.21) |
| June, 19-21, '61 | " 1 | 10 | 0.8 | <i>Ameletus montanus</i> (0.25); <i>Baetis</i> sp. (0.22); Chironomidae (0.15) |
| | " 2 | 14 | 4.8 | <i>Eriocera</i> sp. (2.34); Chironomidae (1.37) |
| | " 3 | 16 | 3.9 | <i>Pedicia</i> sp. (0.98); <i>Ameletus montanus</i> (0.93); Chironomidae (0.60) |
| | " 6 | 10 | 3.8 | Chironomidae (3.10) |

| Date of collection | Station | Number of species | Standing crop (g/m ²) | Dominant species and its standing crop (g/m ²) |
|--------------------|---------|-------------------|-----------------------------------|--|
| | " 8 | 20 | 2.3 | <i>Baetis</i> sp. (0.90); <i>Alloperla</i> sp. (0.38); Chironomidae (0.32) |
| | " 9 | 11 | 3.8 | Chironomidae (2.94); <i>Atherix</i> (S.) <i>kodamai</i> (0.46) |
| Aug. 29-31, '61 | " 1 | 14 | 3.8 | <i>Tubifex</i> sp. (1.51); <i>Tipula</i> sp. TC (0.63); Chironomidae (0.60) |
| | " 2 | 6 | 0.8 | <i>Eriocera</i> sp. (0.27); <i>Atherix</i> (A.) <i>ibis japonica</i> (0.25); Chironomidae (0.25) |
| | " 3 | 15 | 1.6 | <i>Eriocera</i> sp. (0.41); Chironomidae (0.31); <i>Pedicia</i> sp. (0.26) |
| | " 6 | 5 | 0.07 | |
| | " 8 | 7 | 2.3 | <i>Baetis</i> sp. (1.37); Chironomidae (0.81) |
| | " 9 | 8 | 0.5 | <i>Baetis</i> sp. (0.22); Chironomidae (0.19) |
| | " 10 | 22 | 3.2 | <i>Tipula</i> sp. TA (1.48); Chironomidae (1.10) |
| Nov. 8-9, '61 | " 2 | 6 | 0.7 | <i>Eriocera</i> sp. (0.65) |
| | " 3 | 4 | 0.05 | |
| | " 6 | 3 | 0.02 | |
| | " 8 | 4 | 0.03 | |
| | " 9 | 1 | 0.01 | |
| Mar. 27-29, '62 | " 2 | 9 | 0.3 | Chironomidae (0.08); <i>Wiedemannia</i> sp. (0.05); <i>Pedicia</i> sp. (0.04) |
| | " 3 | 9 | 14.2 | <i>Pedicia</i> sp. (8.95); <i>Tipula</i> sp. TA (2.24); <i>Eriocera</i> sp. (1.95) |
| | " 10 | 13 | 2.7 | <i>Davidius</i> sp. ? (1.34); <i>Ameletus montanus</i> (0.69) |
| July, 26, '62 | " 3 | 17 | 2.2 | <i>Eriocera</i> sp. (0.51); <i>Ephemera japonica</i> (0.46); Chironomidae (0.33) |

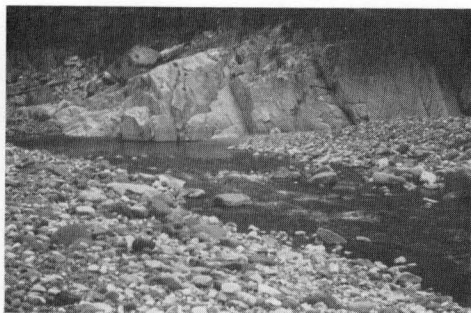
Plate I



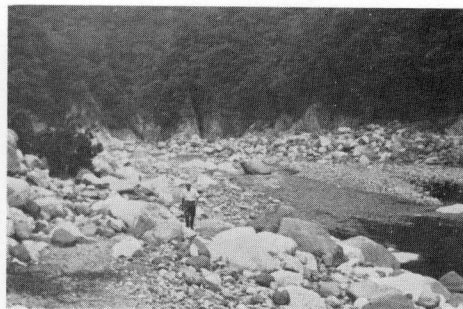
a



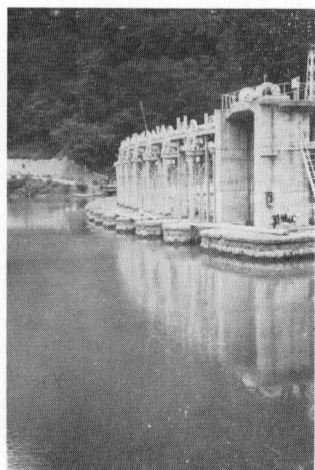
b



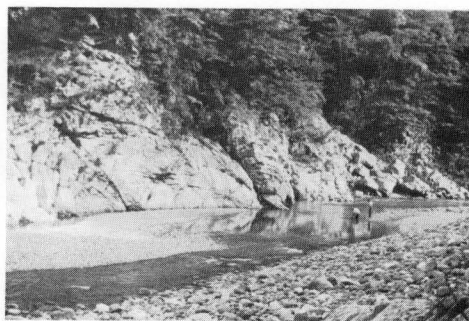
c



d



e



f

Photographs of the investigated area; **a**—a distant view near St. 1, **b**—the Kawamata Dam and its intake (lower view); the river being completely dried up just below the dam, as shown in this figure, **c**—St. 6 (upper view), **d**—St. 8 (lower view), **e**—the Kurobe Reservoir and the Kurobe Dam, 26 m high, **f**—the area just above St. 9 (see also Figs. 1 and 2).