

Dr. W. L. Peters

with the compliments
of the author

軽度の有機汚濁に伴なう河川の水生昆虫の
遷移について

田 中 光

淡水区水産研究所研究報告
第28巻第2号 別刷

昭和53年12月発行

Reprinted from:
Bulletin of Freshwater Research Laboratory

Vol. 28 No. 2

December, 1978

PRIVATE LIBRARY
OF WILLIAM L. PETERS

軽度の有機汚濁に伴う河川の水生昆虫の 遷移について^{1),2)}

田 中 光

Succession of aquatic insects caused by mild organic pollution in rivers

Hikaru TANAKA

Synopsis

In our country, the biological assessment of organic pollution in rivers has been widely conducted in the traditional method based mostly on the principle proposed by KOLKWITZ and MARSSON in 1909. As far as this study by the author is concerned, where macro-invertebrate animals in a river were used as the indicator, there was observed difficulty in the discrimination between two classes of milder pollution than α mesosaprobic (α ms) class, namely, β -mesosaprobic (β ms) and oligosaprobic (os). This would be for the reason that few aquatic insects in Japan have appropriate indication of the β ms or os class. The study in this paper aims to supplement the abovementioned deficiency of the KOLKWITZ-MARSSON method.

110 samples of aquatic insects in total, which were collected in 1958-1976 from clear and subsistence-drain polluted rivers (26 rivers including tributary streams) were used for the study. All of these samples were collected from riffles at the period where no scouring effect of a flood remained by using a Surber-type bottom sampler the bagnet of which is made of bolting cloth of 24 40 meshes/inch.

The pollution levels at the stations where aquatic insects were collected, even in the most polluted cases, have not reached the α ms class. However, it is not clear that these belong to either os or β ms class. The approximate pollution level at each station was estimated basing on the distribution of villages and cities along the upper course of respective collecting stations and the approximate flux of the river at these stations. These pollution levels are classified into the following 3 classes.

Class A: The water area where no pollution is considered to occur because of neither habitation nor village along the upper course.

Class B: The water area where slight pollution by the subsistence drain from villages along their upper course is considered.

Class C: The water area where, due to distribution of cities and villages along the upper course, the increased pollution load compared with Class B is considered even though the differences of river flux between both classes are considered.

According to the above standards, all the samples can be grouped into the three classes: 60 samples in Class A (ten rivers), 27 samples in Class B (14 rivers) and 23 samples in Class C (three rivers)...Table 1 and Appendix Figs. 1 to 14. In comparison among the samples in these Classes of water quality, succession of aquatic insects accompanying pollution was examined.

1) 淡水区水産研究所業績 第413号
2) 日本陸水学会第42回大会報告

The results of the experiment are shown in Tables 2 to 5. The consideration of them gives the following conclusions:

1. Almost all of aquatic insects in this experiment covering 153 species appeared in these three classes. No succession was detected by the analysis of this experiment.
2. The insects of Group 1 in two groups of Table 2 showed a succession pattern that they appear in Classes A and B but disappear in Class C; meanwhile that of Group 2 showed another succession pattern that they appear in Classes B and C but disappear in Class A (Tables 3 to 5).
3. No distinct difference in the vertical distribution from the upper course to the down stream, which is a major factor for the succession of aquatic insects, was found between these two groups (Table 6).
4. For above reason the assumption that the insects of these two groups show the succession pattern of Fig. 1 was accepted based on the fact that a major factor for the succession is organic pollution. Possibility of classifying the milder organic pollution than the α ms class on the basis of this pattern and its problems are also described.

は し が き

陸水の有機汚濁度の生物学的判定にあたり、欧州では従来の伝統的 KOLKWITZ-MARSSON 方式 (津田, 1975; 以下, KOLKWITZ-MARSSON 法と略す) が広く用いられている。この方法は、強腐水性 (ps) ~ 貧腐水性 (os) の各水質階級の指標種を長期に亘る研究によってくまなく調べあげて“汚水生物学的指標生物表”に整理し、これをもとに対象水域に出現する各階級指標種の種数や数量組成を解析し、いずれの階級に属するかを判定するものである。津田 (1964) が欧州産種からなるこの指標生物表を我国産の種類にもとづくものに改変して以来、この方法が我国でも広く用いられるようになった。

しかしながら筆者が同法に準じ、水生昆虫などの大型無脊椎動物を用いて河川の水質判定を行なった限りでは、 α -中腐水性 (α ms) より軽度の有機汚濁を仕分ける β -中腐水性 (β ms) と os の 2 階級の判定がやや困難である。すなわち、このような軽度の汚濁の場合は種数組成の面でも os 種が大半を占め、また量的にみてもヒゲナガカワトビケラ科 (Stenopsychidae) の 2 種やウルマー・シマトビケラ (*Hydropsyche ulmeri*) などの os 種が圧倒的に多くなるのが通例である。恐らく、我国で os 種といわれる昆虫の多くが上記の 2 階級に亘って出現するやや広汚濁適応種であって、我国には os 階級や β ms 階級を適切に指示する昆虫が少ないためであろう。

筆者はこのような KOLKWITZ-MARSSON 法の欠陥の補てんを目的として、当面筆者の既往の試料を用い、軽度の有機汚濁に伴う水生昆虫の遷移の再検討を試み、遷移の不明な多くの昆虫の中から異なった遷移型をとる 2 群の昆虫をみだすことができた。本文はこれらについてのべるとともに、上記の遷移にもとづく水質階級区分の可能性とその問題点について考察した。

本文を草するにあたり、大又川、井戸川、里川、の試料を当時の環境観測資料とともにころよく提供して下さった本研究所河川湖沼部増殖研究室長の古田能久氏、および中又沢の試料をころよく提供して下さった水質病理部水質研究室長の木村関男氏に心から感謝の意を表する。

試料および方法

1. 試料

第 1 表に示すように、1958 年から 1976 年の間に支流も含め 26 河川で採取した合計 110 の試料を用いた。採集地域は青森県から三重県に亘り、また採集地点の河面標高 (以下、標高と略す) は約 1,300~10 m に亘っており、また採集時期は四季に及んでいる。いずれも、増水の影響をとどめない時期に川の瀬 (主に

平瀬)で、受網の目が24~40メッシュ/インチからなる25cm方形枠のサーバー・ネットで採集したもので、同一時期・地点での採集回数は2~8枠に亘っている。本文では、これらの数枠の試料をこみとし1試料として扱った。

後述のごとく、採集地点の水質は、汚濁が皆無と思われる場合から沿川の都市化によってかなり汚濁が進んでいるとみられる場合まで、かなり広範に亘っているが、水質汚濁の主要因は生活排水であり、また汚濁がもっとも強い場合も、ams階級には至っていないといえる(KOLKWITZ-MARSSON法による水質判定による)。なお、今回は有機汚濁に伴う水生昆虫の遷移を究明することが目的であったので、農薬や重金属などの毒物、あるいは無機懸濁物質などによる単一、あるいは複合汚染の疑いがある試料はすべて除外した。

2. 遷移解析法

遷移を調べるにあたり、まず各採集地点の水質汚濁状況を把握する必要がある。しかしながら、上記の試料はもともとこの研究のために集められたものではないので、この目的に沿った水質分析資料はほとんど整っていない。そこで今回は、主に採集地点の上流側沿川における都市・村落の分布状況とこの地点のおおよその河川流量とから当時の汚濁負荷状況を推定し、これを大きく下記の3階級に区分した。そして、これらの各水質階級に属する試料を対比して、水生昆虫の遷移を解析した。

階級A(清水): 上流側沿川に人家・村落が全くなく、人為的な汚濁負荷は皆無とみられる水域。

階級B(微汚濁): 上流側沿川には村落があり、ここから流出する生活排水などで河水がやや汚濁を呈していると思われる水域。

階級C(軽汚濁): 上流側沿川の都市化によって汚濁負荷が格段に増加し、河川流量の差異を考慮に入れても階級Bよりはるかに汚濁が進んでいるとみられる水域。

上記の基準によって試料を仕分けると、階級A——60試料(10河川)、階級B——27試料(14河川)、階級C——23試料(3河川)となる(第1表、付図1-14)。

なお、階級Aの鬼怒川の沿川には村落が散在していたが、戸数が多い川俣本村(K2付近)でも当時せいぜい数10戸であった。一方河川の流量は多く、とくに川俣ダム(K4の直下)の上流側は通常3~5m³/sec.の流量を保持していた。このようにごく小村落でありまた河川流量が多いことから、沿川から流入する生活排水が河水へ与える影響はほとんど無視できるものと考え、特例としてこの階級に加えた(付図5)。また階級Cの夷隅川の沿川は都市化するまでには至っていなかったが、勝浦市に属する多くの村落が分布し、村落の分布密度はかなり高かった。一方西畑川合流点より上流側はとくに細流で、採集地点(Is1, Is2)の流量は当時0.2~0.3m³/sec.にすぎなかった。そのため汚濁負荷はかなり高いものと判断し、特例としてこの階級に加えた(付図11)。

なお、階級Bの湯川は沿川にまとまった村落がなく、一方採集地点(Yu1)の上流部には流量を誇る地嶽沢の清水が流入していた(付図6)。また、大門川は当時流量が1m³/sec.を越えていたが、上流側沿川には村落が比較的になかった(付図14)。そのため、上記の2河川はこの階級の他の河川と比べるとやや汚濁負荷が少ないものと思われる。一方、小敷谷川は平地を流れる細流であって、Ko1地点の流量は当時0.1m³/sec.にも満たなかった(付図10)。また西畑川は流量の多い支流であるが、沿川には村落が多かった。河水のpHは当時9.1を示したが、これが藻類の光合成にもとづくことはほとんど疑う余地がない。したがって、この川は富栄養化がかなりいちじるしいことがうかがわれる。このような点から、上記の2河川はこの階級の諸河川と比べるとやや汚濁負荷が多いものと推察される。

なお、河川の概要などについては、つぎの諸報告に一部記載されている。四時川支流・ナワシロ沢・コガキ沢——MATIDA, *et al.*, 1975; 滝沢——田中, 1960; ONODERA & UENO, 1961; 鬼怒川・馬坂沢・大事沢・稲毛沢——田中, 1966; 沢井川——田中, 1958; 大又川・井戸川・里川——古田, 1964; 養老川・小敷谷川・平蔵川・小瀬川・笹川・夷隅川・西畑川——田中, 1971; 千曲川・鹿曲川——淡水研, 1974。

Table 1. List of

Saprobic ¹⁾ class	Name of river
Class A (unpolluted)	Nakanomata-zawa (tributary of Oippe-gawa, Aomori pref.) (Tributary of Yoji-gawa, Ibaragi Pref.)
	Taki-sawa (tributary of Nakatsu-gawa, Kanagawa Pref.)
	Nawashiro-zawa (tributary of Keta-gawa, Shizuoka Pref.)
	Kogaki-zawa (" , ")
	Kinu-gawa (tributary of Tone-gawa, Tochigi Pref.)
	Umasaka-zawa (tributary of Kinu-gawa, Tochigi Pref.)
	Ōkoto-zawa (" , ")
	Inage-zawa (" , ")
	Yori-gawa (tributary of Takeshi-gawa, Nagano Pref.)
Class B (very mildly polluted)	Yu-gawa (Tochigi Pref.)
	Sawai-gawa (Kanagawa Pref.)
	Ōmata-gawa (tributary of Kitayama-gawa, Mie Pref.)
	Ido-gawa (Mie Pref.)
	Sato-gawa (")
	Yōrō-gawa (Chiba Pref.)
	Koshikiya-gawa (tributary of Yōrō-gawa, Chiba Pref.)
	Heizō-gawa (" , ")
	Obitsu-gawa (Chiba Pref.)
	Sasa-gawa (tributary of Obitsu-gawa, Chiba Pref.)
	Nishihata-gawa (tributary of Isumi-gawa, Chiba Pref.)
	Kakuma-gawa (tributary of Chikuma-gawa, Nagano Pref.)
	Yoda-gawa (" , ")
Daimon-gawa (upper reaches of Yoda-gawa, Nagano Pref.)	
Class C (mildly polluted)	Isumi-gawa (Chiba Pref.)
	Chikuma-gawa (upper reaches of Shinano-gawa, Nagano Pref.)
	Yoda-gawa (tributary of Chikuma-gawa, Nagano Pref.)

1) Classified on the distribution of villages and towns along upper reaches of collecting

結 果

1. 遷移を示した昆虫

今回対象とした昆虫は蜉蝣目 (Ephemeroptera) 41 種, 楯翅目 (Plecoptera) 27 種, 毛翅目 (Trichoptera) 42 種, 双翅目 (Diptera) 23 種, その他 20 種, 計 153 種であるが, 表示の 2 群の昆虫 (第 2 表) と後記の昆虫以外はほとんど先の 3 階級を通して出現しており, 今回の解析では遷移がみとめられなかった。なお同表の Perlidae, Perlodidae, Chloroperlidae, Nemouridae の幼虫の場合, Nemouridae については種の同定が困難であり, Chloroperlidae の場合も成熟幼虫以外は同定が困難である。また Perlidae, Perlodidae についても, 若齢幼虫の場合一般に同定が困難である。このような理由から, Perlidae 科の別記 4 種 (*P. tinctipennis*, *P. quadrata*, *O. seminigra*, *N. nipponensis*) 以外は種別に遷移をみるができなかった。各科に一括して扱った。また, *Atherix* 属の 2 種はいずれも同じ遷移型をとったが, このいずれかが不明の若齢幼虫もかなり含まれていた。これも加え兩種をこみとして扱った。なお *Rhyacophila* 属については, 種数がきわめて多いので今回は一括して扱ったが, その多くは Group 1 の遷移型 (後述) をと

samples examined

Collecting station (Altitude, in m)	Date of Collection	Number of samples (Specimen No.)
N4-N1 (35-10)	Aug. '67—Oct. '68	5 (No. 1-5)
Ty1-Ty3 (700-660)	Oct. '69—Nov. '69	9 (No. 6-14)
T1, T3 (250, 190)	June, '57—Feb. '60	8 (No. 15-22)
Na1 (650)	June, '70	1 (No. 23)
Kg1 (550)	"	2 (No. 24-25)
K1-K9 (990-590)	Mar. '61—Mar. '63	23 (No. 26-48)
U1 (940)	"	7 (No. 49-55)
O1 (850)	Mar. '63	1 (No. 56)
In1 (620)	Aug. '61—July, '62	3 (No. 57-59)
Yr1 (700)	Aug. '73	1 (No. 60)
Yu1 (1,270)	Aug. '63—Mar. '67	4 (No. 61-64)
S1 (200)	Aug. '71	1 (No. 65)
Om1-Om5 (330-200)	July, '64	5 (No. 66-70)
Id1 (20)	"	1 (No. 71)
St1 (10)	"	1 (No. 72)
Yo1-Yo5 (120-30)	Nov. '68	4 (No. 73-76)
Ko1 (30)	"	1 (No. 77)
H1 (25)	"	1 (No. 78)
Ob1, Ob3 (50, 30)	"	2 (No. 79-80)
Sa1 (50)	"	1 (No. 81)
Ni1 (50)	"	1 (No. 82)
Ka1, Ka4 (680, 610)	Aug. '73	2 (No. 83-84)
Y1, Y2 (620, 540)	June, '76	2 (No. 85-86)
D1 (700)	"	1 (No. 87)
Is1-Is6 (60-25)	Nov. '68	5 (No. 88-92)
C4-C16 (480-380)	Feb. '64; June, '73—July, '76	15 (No. 93-107)
Y3-Y5 (530-470)	June, '76	3 (No. 108-110)

station, and approximate flux of river near station. (See Appendix Figs. 1-14.)

った。

2. 3階級間における遷移

第3～5表には、階級分けした試料ごとに、表示の昆虫の出現の有無、およびこれらをかみとした群ごとの河床1平方m当りの出現個体数を5段階に分けて示し、試料採集地点の標高と採集の季節(月名で表示)を併記した。これらの表をもとに各階級での昆虫の出現状況をみると、以下のようである。

階級A(第3-1・2表): Group 1の昆虫の何種かはかならず各試料に出現し、その数も1例(No. 23)以外はRank 4を越えているが、一方Group 2の昆虫は皆無となっている。

階級B(第4表): ここでは、いずれの場合も2群の昆虫が混在している。また2群の個体数の優劣は種々であるが、この階級の中ではやや汚濁負荷が少ないとみられる湯川の低水温期(No. 63~64)と大門川(No. 87)ではGroup 2の昆虫が僅少となって(Rank 5)、Group 2を欠く階級Aの組成に接近し、また汚濁負荷がやや多いとみられる小敷谷川(No. 77)と西畑川(No. 82)では、逆にGroup 1の昆虫が僅少となって(Rank 5)、後述の階級Cの典型的な組成に近づいている点が注目される。

Table 2. Two groups of insects showed remarkable succession through three saprobic classes (A~C). Species in brackets represent the ones found in examined samples and grouped.

Group 1

Ephemeroptera

Epeorus uenoi, *Paraleptophlebia chocorata*, *Ephemerella japonica*

Plecoptera

Paragnetina tinctipennis, *Perla quadrata*, *Oyamia seminigra*, *Neoperla nipponensis*, Perlidae (spp.) [*P. tinctipennis*, *P. quadrata*, *Perla tibialis*, *Acroneuria stigmatica*, *O. seminigra*, *Caroperla pacifica*, *N. nipponensis*, *Gibosia* sp., *Kiotina pictetii*, undetermined species], Perlodidae (spp.) [*Isogenus (Ostrovus) mitsukonis*, *Dictyogenus japonicus*, *Isogenus (Tadamus) kohnonis*, *Isogenus (Stavsolus) japonicus*, *Megarcys ochracea*, *Isoperla towadensis*, *Isoperla nipponica*, *Isoperla asakawae*, undetermined species], Chloroperlidae (spp.) [*Alloperla bimaculata*, *Alloperla abdominalis*, undetermined species], Nemouridae (spp.) [*Nemoura* sp., *Protonemura* sp., *Amphinemura* sp.]

Trichoptera

Rhyacophila spp. [*Rhyacophila brevicephala*, *Rhyacophila* sp. RH, *Rhyacophila* sp. RE, *Rhyacophila transquilla*, *Rhyacophila yamanakensis*, *Rhyacophila nigrocephala*, *Rhyacophila articulata*, *Rhyacophila clemens*, *Rhyacophila* sp. RI, *Rhyacophila niwae*, *Rhyacophila* sp. RC, undetermined species], *Mystrophola inops*

Diptera

Atherix spp. [*Atherix (Atherix) ibis japonica*, *Atherix (Suragina) kodamai*]

Group 2

Ephemeroptera

Ephemerella rufa, *Choroterpes trifurcata*, *Potamanthus kamonis*

Trichoptera

Hydropsychodes brevilineata

Coleoptera

Mataeoapsephenus japonicus

階級 C (第 5 表): ここでは、階級 A とは逆に Group 2 の昆虫が各試料に亘って出現し、その数も 3 例 (No. 88~90) を除き Rank 4 をこえているが、一方 Group 1 の昆虫の出現は稀で、出現してもその数はすべて僅少 (Rank 5) となっている。またこの中の千曲川 (No. 93~107) をみると、Group 1 の昆虫の出現が 2~5 月のような比較的低温の時期に集中し、7・8 月のような夏季の高温期には一般に消失している。津田 (1972) は、水質条件が同じ場合でも低温の場合は高温の場合よりやや貧腐水性の方向に傾いた生物相が現われることを指摘している。したがって、この場合も先の湯川と同様、上記の現象とみることもできる。また依田川 (No. 108~110) は、増水後日が浅くまだ完全には平水に復していない時期に採集が行なわれた。したがって、これらの試料に含まれている Group 1 の昆虫は、上流側から流下したいわば非定着性のものとみることもできよう。

以上のごとく、Group 1 の昆虫は出現してもごくわずかで、低温期に現われる傾向を示した。このような点から、この階級は Group 1 の昆虫の生息に不適な環境とみることができよう。

以上から、Group 1 の昆虫は A・B の 2 階級に出現して階級 C では消失する遷移型をとり、また Group 2 の昆虫は C・B の 2 階級に出現して階級 A では消失する遷移型をとるとみることができる。

なお上記の各表にみられるように、同じ階級の場合でも個々の昆虫の各試料を通した出現頻度はまちまちであったが、これは種による地理的分布の広狭、季節的消長の有無・長短などの生態特性の相異によるものである。したがって、Perlidae, Perlodidae などのように科属にくくって示した場合は、これらの種特有の遷移要素が相殺され、出現頻度はいちじるしく高くなっている。

Table 3-1. Distribution of two group insects in unpolluted waters (Class A). *—collected, •—not collected. (See also Tables 1 & 2.)

Specimen No. ¹⁾	Station	Altitude (m)	Sampling season (Month)	Group 1															Group 2					
				<i>Epeorus uenoi</i>	<i>Paraleptophlebia chocorata</i>	<i>Ephemera japonica</i>	<i>Paragnetina tinctipennis</i>	<i>Pera quadrata</i>	<i>Oyamia seminigra</i>	<i>Neoperla nipponensis</i>	Perlidae (ssp.)	Perlodidae (ssp.)	Chloroperlidae (spp.)	Nemouridae (spp.)	<i>Rhyacophila</i> spp.	<i>Mystrophora inops</i>	<i>Atherix</i> spp.	Number of Individuals/m ² ²⁾	<i>Ephemera rufa</i>	<i>Choroterpes trifurcata</i>	<i>Potamanthus kamonis</i>	<i>Hydropsychodes brevitarsata</i>	<i>Mataeopsphenus japonicus</i>	Number of Individuals/m ² ²⁾
1	N1	10	Aug.	*	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	*	*	•	≡	•	•	•	•	•
2	N4	35	Oct.	*	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	++	•	•	•	•	•
3	N3	30	//	*	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	++	•	•	•	•	•
4	N2	20	//	*	•	*	•	•	•	•	*	•	*	*	*	*	*	•	+	•	•	•	•	•
5	N1	10	//	*	•	•	•	•	•	•	•	•	•	*	*	*	•	++	•	•	•	•	•	•
6	Ty1	700	//	•	•	*	•	*	•	•	*	*	*	*	*	*	•	+	•	•	•	•	•	•
7	//	//	//	•	•	*	•	*	•	•	*	*	*	*	*	*	•	+	•	•	•	•	•	•
8	//	//	Nov.	•	•	*	•	*	•	•	*	*	*	*	*	*	•	++	•	•	•	•	•	•
9	Ty2	680	Oct.	•	•	*	•	*	•	•	*	*	*	*	*	*	•	+	•	•	•	•	•	•
10	//	//	//	•	•	*	•	*	•	•	*	*	*	*	*	*	•	+	•	•	•	•	•	•
11	//	//	Nov.	•	•	*	•	*	•	•	*	*	*	*	*	*	•	++	•	•	•	•	•	•
12	Ty3	660	Oct.	•	•	*	•	*	•	•	*	*	*	*	*	*	•	+	•	•	•	•	•	•
13	//	//	//	•	•	*	•	*	•	•	*	*	*	*	*	*	•	+	•	•	•	•	•	•
14	//	//	Nov.	•	•	*	•	*	•	•	*	*	*	*	*	*	•	+	•	•	•	•	•	•
15	T1	250	June	*	*	*	*	•	•	•	*	•	*	*	*	*	*	++	•	•	•	•	•	•
16	//	//	//	•	*	*	•	•	•	•	*	•	*	*	*	*	*	++	•	•	•	•	•	•
17	T3	190	Oct.	*	*	*	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	•	+	•	•	•	•	•	•
18	//	//	Nov.	*	*	*	*	•	•	•	*	*	*	*	*	*	•	≡	•	•	•	•	•	•
19	//	//	Feb.	*	*	*	*	•	•	•	*	*	*	*	*	*	•	≡	•	•	•	•	•	•
20	//	//	June	•	*	*	•	*	*	•	*	•	*	*	*	*	*	++	•	•	•	•	•	•
21	//	//	Aug.	•	*	*	*	•	*	•	*	*	*	*	*	*	•	++	•	•	•	•	•	•
22	//	//	Feb.	*	*	*	*	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	≡	•	•	•	•	•	•
23	Na1	650	June	•	•	•	•	•	•	•	*	•	*	*	*	*	*	R	•	•	•	•	•	•
24	Kg1	550	//	•	•	•	•	•	•	•	*	•	*	*	*	*	*	≡	•	•	•	•	•	•
25	//	//	//	•	•	*	*	•	•	•	*	•	*	*	*	*	*	≡	•	•	•	•	•	•
26	K1	990	Mar.	*	•	•	•	•	•	•	*	•	*	*	*	*	*	+	•	•	•	•	•	•
27	//	//	June	*	*	*	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	≡	•	•	•	•	•	•
28	//	//	Aug.	*	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	++	•	•	•	•	•	•
29	//	//	July	•	•	•	*	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	++	•	•	•	•	•	•

1) No. 1—5; Nakanomata-zawa, No. 6—14; T. of Yoji-gawa, No. 15—22; Taki-sawa, No. 23; Nawashiro-zawa, No. 24—25; Kogaki-zawa, No. 26—29; Kinu-gawa.
 2) Rank 1 (≡); 1000<, Rank 2 (≡); 500—999, Rank 3 (++); 200—499, Rank 4 (+); 50—199, Rank 5 (R); 1—49,

Table 3-2. Distribution of two group insects in unpolluted waters (Class A.) *--collected, •--not collected. (See also Tables 1 & 2.)

Specimen No. ¹⁾	Station	Altitude (m)	Specimen season (Month)	Group 1													Group 2											
				<i>Epeorus uenoi</i>	<i>Paraleptophlebia chocorata</i>	<i>Ephemera japonica</i>	<i>Paragnetina tincltipennis</i>	<i>Perla quadrata</i>	<i>Oyam'a seminigra</i>	<i>Neoptera nipponensis</i>	Perlidae (spp.)	Perlodidae (spp.)	Chloroperlidae (spp.)	Nemouridae (spp.)	<i>Rhyacophila</i> spp.	<i>Mystrophora inops</i>	<i>Atherix</i> spp.	Number of Individuals/m ² ²⁾	<i>Ephemerella rufa</i>	<i>Choroterpes trifurcata</i>	<i>Potamanthus kamonis</i>	<i>Hydropsychodes brevitarsata</i>	<i>Mataeopsephenus japonicus</i>	Number of Individuals/m ² ²⁾				
30	K1	990	July	•	•	•	*	•	•	•	*	*	•	*	•	*	*	*	*	*	*	+	•	•	•	•	•	
31	"	"	Mar.	*	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	##	•	•	•	•	•
32	K2	920	"	*	*	•	*	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	++	•	•	•	•	•	
33	"	"	June	*	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	++	•	•	•	•	•	
34	"	"	Aug.	*	•	•	*	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	•	•	•	•	•	
35	"	"	Mar.	*	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	++	•	•	•	•	•	
36	"	"	July	*	*	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	•	•	•	•	•	
37	"	"	Mar.	•	*	*	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	##	•	•	•	•	•	
38	K4	900	Aug.	*	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	•	•	•	•	•	
39	"	"	July	*	•	•	•	*	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	•	•	•	•	•	
40	K6	800	Mar.	*	•	•	*	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	##	•	•	•	•	•	
41	"	"	June	•	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	•	•	•	•	•	
42	"	"	Aug.	*	•	•	*	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	•	•	•	•	•	
43	K8	740	Mar.	*	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	##	•	•	•	•	•	
44	"	"	June	•	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	##	•	•	•	•	•	
45	"	"	Aug.	*	•	•	*	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	++	•	•	•	•	•	
46	K9	590	Mar.	•	*	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	++	•	•	•	•	•	
47	"	"	June	•	*	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	++	•	•	•	•	•	
48	"	"	Aug.	•	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	•	•	•	•	•	
49	U1	940	Mar.	*	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	++	•	•	•	•	•	
50	"	"	June	•	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	++	•	•	•	•	•	
51	"	"	Aug.	•	•	•	•	*	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	•	•	•	•	•	
52	"	"	Mar.	*	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	##	•	•	•	•	•	
53	"	"	July	*	•	•	•	*	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	•	•	•	•	•	
54	"	"	"	•	•	•	•	•	*	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	•	•	•	•	•	
55	"	"	Mar.	•	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	##	•	•	•	•	•	
56	O1	850	"	*	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	##	•	•	•	•	•	
57	In 1	620	Aug.	*	•	•	*	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	•	•	•	•	•	
58	"	"	Mar.	*	*	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	##	•	•	•	•	•	
59	"	"	July	*	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	•	•	•	•	•	
60	Yr 1	700	Aug.	*	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	##	•	•	•	•	•	

1) No. 30-48; Kinu-gawa, No. 49-55; Umasaka-zawa, No. 56; Ōkoto-zawa, No. 57-59; Inage-zawa, No. 60; Yori-gawa.
 2) See the foot note in Table 3-1.

Table 4. Distribution of two group insects in very mildly polluted waters (Class B).
 *—collected, •—not collected. (See also Tables 1 & 2.)

Specimen No. ¹⁾	Station	Altitude (m)	Sampling season (Month)	Group 1													Group 2							
				<i>Epeorus uenoi</i>	<i>Paraleptophlebia chocorata</i>	<i>Ephemera japonica</i>	<i>Paragnetina tinctipennis</i>	<i>Perla quadrata</i>	<i>Oyamia seminigra</i>	<i>Neoperla nipponensis</i>	Perlidae (spp.)	Perlodidae (spp.)	Chloroperlidae (spp.)	Nemouridae (spp.)	<i>Rhyacophila</i> spp.	<i>Mystrophora inops</i>	<i>Atherix</i> spp.	Number of Individuals/m ^{3,2)}	<i>Ephemerella rufa</i>	<i>Choroterpes trifurcata</i>	<i>Potamanthus kamonis</i>	<i>Hydropsychodes brevitarsata</i>	<i>Mataeopsphenus japonicus</i>	Number of Individuals/m ^{3,2)}
61	Yu1	1,270	Aug.	•	•	•	•	•	*	•	•	•	•	*	*	*	•	††	*	•	•	•	•	†
62	"	"	"	*	•	•	•	•	•	•	*	•	•	*	*	•	*	††	*	•	•	•	•	†
63	"	"	May	•	•	•	•	•	•	•	*	*	*	*	*	•	•	††	•	•	•	•	R	
64	"	"	Mar.	•	•	•	•	*	•	•	*	*	*	*	*	•	•	‡‡	•	•	•	•	R	
65	S1	200	Aug.	•	•	*	•	•	•	•	*	•	•	*	•	*	•	‡‡	*	•	•	•	‡‡	
66	Om1	330	July	•	•	•	*	•	*	•	*	•	•	*	*	•	•	‡‡	*	*	•	•	†	
67	Om2	280	"	•	•	•	•	*	•	*	•	•	•	*	*	•	††	*	*	•	•	•	†	
68	Om3	260	"	•	•	•	*	•	•	*	•	•	•	*	*	•	††	*	•	•	*	*	††	
69	Om4	220	"	•	•	•	*	•	•	*	•	•	•	*	*	•	††	*	*	*	*	•	††	
70	Om5	200	"	•	•	•	•	*	•	*	•	•	•	*	*	•	†	*	*	*	•	*	††	
71	Id1	20	"	•	•	*	•	•	•	*	•	•	•	*	*	•	†	*	*	*	•	•	††	
72	St1	10	"	•	•	•	•	•	•	*	•	•	•	*	*	•	††	*	*	•	*	•	††	
73	Yo1	120	Nov.	•	•	•	•	•	•	*	*	•	•	•	•	•	†	*	•	*	*	•	†	
74	Yo2	70	"	•	•	•	•	•	*	*	*	•	•	•	•	*	†	*	•	*	*	*	††	
75	Yo3	40	"	•	•	•	•	•	•	*	*	•	•	•	•	*	†	*	•	*	*	*	†	
76	Yo5	30	"	•	•	•	•	•	•	*	*	•	•	•	•	*	††	*	•	•	*	*	††	
77	Ko1	30	"	•	•	•	•	•	•	*	•	•	•	•	•	•	R	•	•	•	*	*	†	
78	H1	25	"	•	•	•	•	•	•	*	*	•	•	•	•	•	†	*	•	•	*	*	†	
79	Ob1	50	"	•	•	•	•	*	*	*	*	•	•	•	•	*	†	*	•	•	*	•	†	
80	Ob3	30	"	•	•	•	•	•	•	*	*	•	•	•	•	*	†	*	•	•	*	•	†	
81	Sa1	50	"	•	•	•	•	•	*	*	*	•	•	•	•	•	†	•	*	•	*	*	†	
82	Ni1	50	"	•	•	•	•	•	•	*	*	•	•	•	•	*	R	*	*	•	*	*	††	
83	Kal	680	Aug.	•	•	*	•	•	•	*	•	•	•	*	*	*	††	*	*	*	*	*	‡‡	
84	Ka4	610	"	•	•	*	•	•	•	*	•	•	•	*	*	•	†	*	*	*	*	*	‡‡	
85	Y1	620	June	*	*	*	•	•	•	*	•	•	•	*	*	•	‡‡	*	•	•	*	•	‡‡	
86	Y2	540	"	*	*	•	•	•	•	*	•	•	•	*	*	•	††	*	•	*	*	•	‡‡	
87	D1	700	"	*	*	•	•	•	•	*	*	•	•	*	*	•	‡‡	*	•	•	*	•	R	

1) No. 61-64; Yu-gawa, No. 65; Sawai-gawa, No. 66-70; Ōmata-gawa, No. 71; Ido-gawa, No. 72; Sato-gawa, No. 73-76; Yōrō-gawa, No. 77; Koshikiya-gawa, No. 78; Heizō-gawa, No. 79-80; Obitsu-gawa, No. 81; Sasa-gawa, No. 82; Nistihata-gawa, No. 83-84; Kakuma-gawa, No. 85-86; Yoda-gawa, No. 87; Daimon-gawa.

2) See the foot note in Table 3-1.

考 察

1. 試料の階級分けについて

今回の水質階級区分とこれにもとづく試料の仕分けのうち、人為的な汚濁負荷の有無にもとづく階級Aと階級B・Cの区分については、それほど問題がないものとする。しかし、人為的な汚濁が皆無であっても、沈葉の腐敗などの自然的要因で河水が汚濁を呈する場合もある。また、B・Cの2階級の区分については、やや客観性を欠きらいがある。しかし、階級Cの千曲川をみると（付図12・13）、沿川には人口10万の上田市をはじめとする多くの市町村があり、C16の約8km下流の杭瀬下地点より上流の流域人口は45万人といわれる（桜井，1973）。杭瀬下地点の平水量は約40 m³/sec.であるので（桜井・渡辺，1974）、この地点における河川流量あたりの流域人口は約1万人/m³/sec.となる。また同じ階級の依田川下流部（Y3-Y5；付図14）の場合も、沿川には人口3万といわれる丸子町の市街地が形成され、Y4の上流部には鹿教湯などの温泉地域排水を含む内村川が注いでいる。またY3のやや上流には、現在では排水処理が改善されたとはいえ、かつてはこの川の水質管理上問題となったミソ工場の排水も加わっている。いまY2地点での長期流量観測資料（上田小県誌刊行会編，1973）をもとに、Y5地点の6月（採集時期）の平均流量を5 m³/sec.とみると、同地点における河川流量あたりの流域人口は6,000人/m³/sec.を越えることになる。階級Bの河川の中で、このように高い流域人口密度をもつものは恐らくないものとする。

また今回の昆虫の出現状況からみても、中間階級のBの中で汚濁負荷が少ないと推定した河川は階級Aに近い群組成を示し、それが多くとみた河川は階級Cに近い組成を示した。さらに、階級CにおけるGroup 1の昆虫の出現が、従来貧腐水性寄りの生物相を示すといわれてきた低水温期に集中する傾向もみとめられた。これらの点からみると、汚濁度の差異を想定して行なった今回の試料の仕分けが、ほぼ妥当であったと考えられる。

2. 昆虫の垂直分布について

Group 2の昆虫は従来一般に中流性あるいは平地性といわれており、またGroup 1の昆虫の中には上流性といわれるものが多い（津田編，1962；森下，1975；他）。この点を確かめるために、各昆虫の採集地点の上限と下限の標高をみると、Group 1の昆虫がかなり低地にまで分布し、またGroup 2の昆虫がかなり高地にも分布している（第6表）。勿論、川の上流から下流への垂直分布を論ずる場合には、このほか河道の傾斜やそれに伴う河床型の変化なども考慮せねばならぬが、少なくとも標高について2群間に明瞭な差異はみられない。とくに、Group 2の*Ephemera rufa*と*Hydropsychodes brevilineata*が溪流の形態を備える標高約1,300mの湯川に生息していることは注目値する。このような点からみて、垂直分布という昆虫の遷移要素が少なくとも今回の2群の昆虫の遷移の主要因でないことは確実である。

3. 遷移にもとづく汚濁度指標の可能性と問題点

以上の考察から、2群の昆虫が軽度の有機汚濁という水質要因にもとづき図示（第1図）のような遷移のパターンをとることが想定される。またこの想定が正しいとすれば、KOLKWITZ-MARSSON法では判定しにくいαms階級より軽度の有機汚濁を、2群の昆虫の専在と混在を指標とし、図示のごとく清水も含め3階級に仕分けができるように思う。しかし、本来階級AまたはCの水域であっても他の階級の水域に近接する地点、あるいは近接していても依田川のように増水後口が浅い場合などには、他の群の昆虫が、その数はわずかであっても混在する場合もある。

軽度の有機汚濁の指標法の作出にあたっては、以上のような問題点も含め、今後さらに検討を行なう必要がある。

要 約

1. αms階級より軽度の有機汚濁河川、ならびに清水河川より採集した合計110の水生昆虫試料を、沿川の都市・村落分布状況とおおよその河川流量をもとにA（清水）、B（微汚濁）、C（軽汚濁）の3階級に

Table 6. Vertical distribution of different species.

Species	Range of altitude (m)
Group 1	
<i>Epeorus uenoi</i>	1270—10
<i>Paraleptophlebia chocorata</i>	990—190
<i>Ephemera japonica</i>	990—20
<i>Paragnetina tinctipennis</i>	990—190
<i>Perla quadrata</i>	1270—50
<i>Oyamia seminigra</i>	1270—190
<i>Neoperla nipponensis</i>	190—50
Perlidae (spp.)	1270—10
Perlodidae (spp.)	1270—30
Chloroperlidae (spp.)	990—20
Nemouridae (spp.)	1270—10
<i>Rhyacophila</i> spp.	1270—10
<i>Mystrophora inops</i>	1270—10
<i>Atherix</i> spp.	1270—25
Group 2	
<i>Ephemerella rufa</i>	1270—10
<i>Choroterpes trifurcata</i>	680—10
<i>Potamanthus kamonis</i>	680—20
<i>Hydropsychodes brevilineata</i>	1270—10
<i>Mataeopsephenus japonicus</i>	680—25

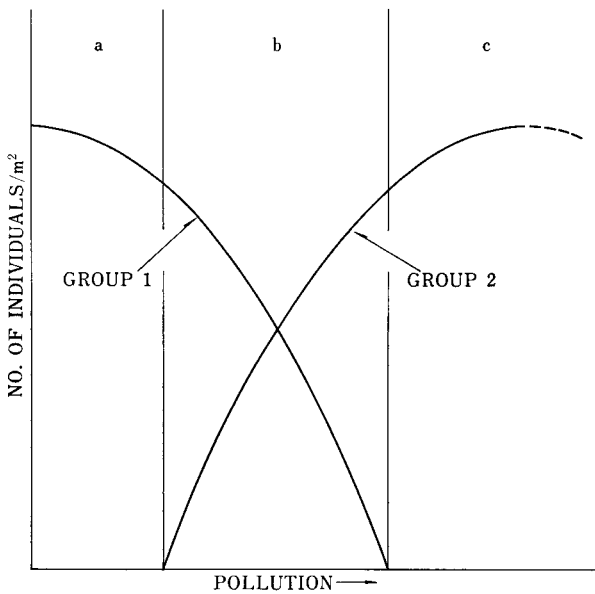


Fig. 1. Succession of the two groups caused by mild water pollution; a~c refers to saprobic class as indicated by above two succession patterns. a...clean, with group 1 singly; b...very mildly polluted, with two groups together; c...mildly polluted, with group 2 singly (tentatively attained).

仕分けし、各水質階級の試料を対比して水生昆虫の遷移を調べた。

2. その結果、A・Bの2階級に出現し階級Cでは消失する遷移型をとる昆虫 (Group 1) と、C・Bの2階級に出現し階級Aでは消失する遷移型をとる昆虫 (Group 2) があることがわかった。

3. 汚濁度の差異を想定して行なった今回の試料の仕分けがほぼ妥当であり、また垂直分布という昆虫の遷移要素が今回の遷移にさほどの影響を与えていないものと推定し、汚濁に伴う2群の昆虫の遷移のパターンを想定した。また、これにもとづく α ms 階級より軽度の有機汚濁の指標の可能性と問題点をのべた。

引用文献

- 古田能久 1964: 三重県熊野市内における内水面水産振興対策調査。三重県熊野市, 1-13.
- MATIDA, Y., FURUTA, Y., KUMADA, H., TANAKA, H., YOKOTE, M. & KIMURA, S. 1975: Effects of some herbicides applied in the forest to the freshwater fishes and other aquatic organisms —I. Survey on the effects of aerially applied sodium chlorate and a mixture of 2,4-D and 2,4,5-T on the stream community. Bull. Freshwater Fish. Res. Lab., 25 (1), 41-53.
- 森下郁子 1975: 生物指標としてのトビケラ (日本生態学会環境問題専門委員会編; 環境と生物指標 2—水界編一, 14)。共立出版株式会社, 158-168.
- ONODERA, K. & UENO, T. 1961: On the survival of trout fingerlings stocked in a mountain brook —II. Survival rate measured and scouring effect of flood as a cause of mortality. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 27 (6), 530-557.
- 桜井善雄 1973: 千曲川中流水域の富栄養化。下水道会誌, 10 (110), 1-9.
- 渡辺義人 1974: 信州の陸水, 第1号。環境科学研究会 (上田), 1-193.
- 田中 光 1958: 種々の河床型における底棲昆虫の現存量について。淡水研報, 8 (1), 15-24.
- 1960: 河川における底棲動物の流量の日週変化, 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。淡水研報, 9 (2), 13-24.
- 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。淡水研報, 15 (2), 123-147.
- 1971: 養老川, 小櫃川および隅川 (千葉県) の水生昆虫群集。淡水研報, 21 (1), 21-45.
- 淡水区水産研究所 1974: 農林漁業における環境保全の技術に関する総合研究, 昭和 48 年度研究成績報告書。1-127.
- 津田松苗編 1962: 水生昆虫学。北隆館, 1-269.
- 1964: 汚水生物学。北隆館, 1-258.
- 1972: 水質汚濁の生態学。公害対策技術同友会, 1-240.
- 1975: 有機汚濁の生物指標 (日本生態学会環境問題専門委員会編; 環境と生物指標 2—水界編一, 2)。共立出版株式会社, 3-12.
- 上田小果誌刊行会編 1973: 上田小果誌第5巻補遺・資料篇, (2) 自然。小果上田教育会, 1-270.

Appendix

(Figs. 1-14)

Maps of investigated rivers and neighbouring areas; showing distribution of villages, towns and cities along rivers, as well as collecting stations.

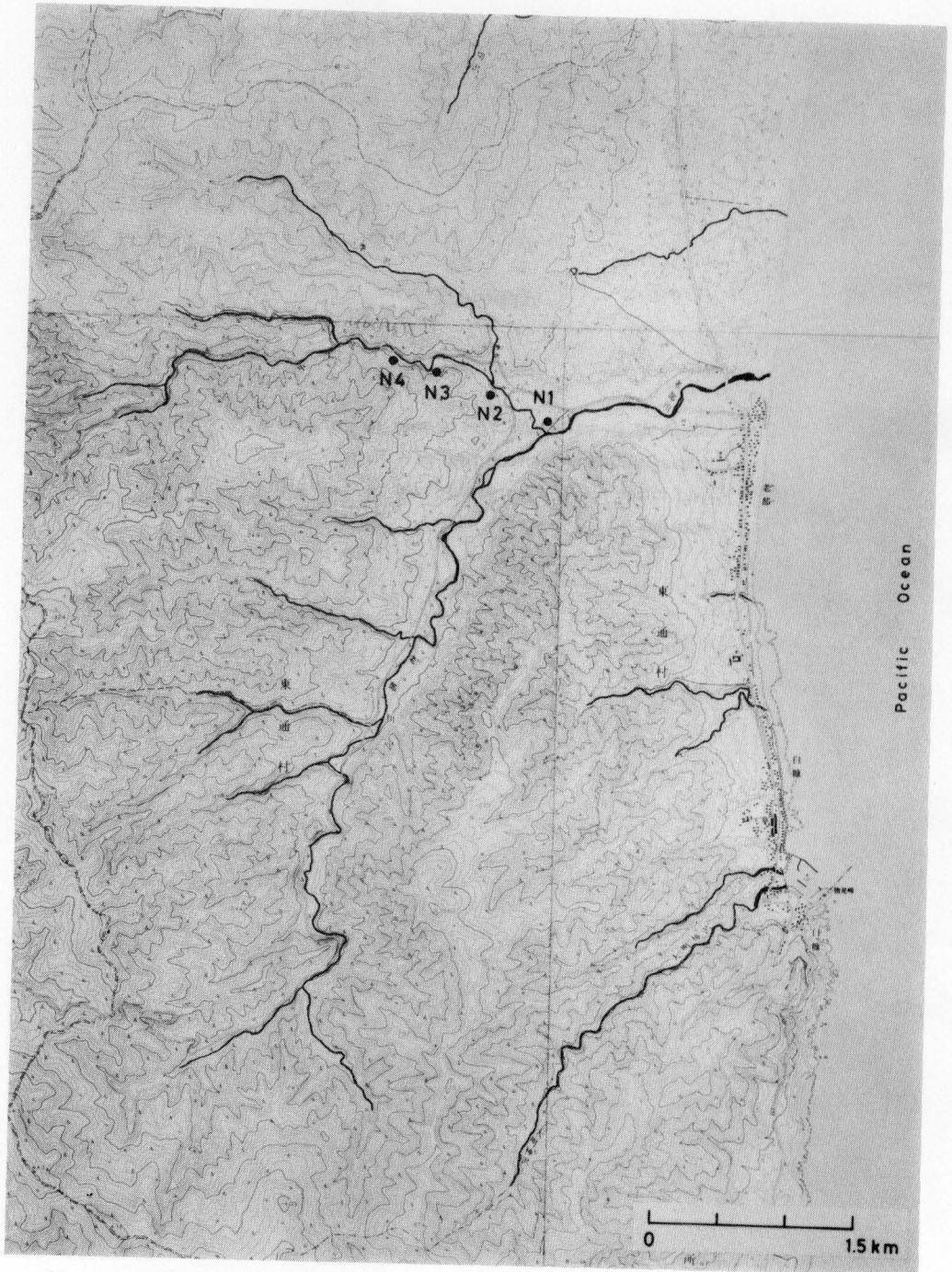


Fig. 1. Nakanomata-zawa River, with four collecting stations (N1-N4); also showing main stream (Oippe-gawa River) draining into Pacific Ocean.

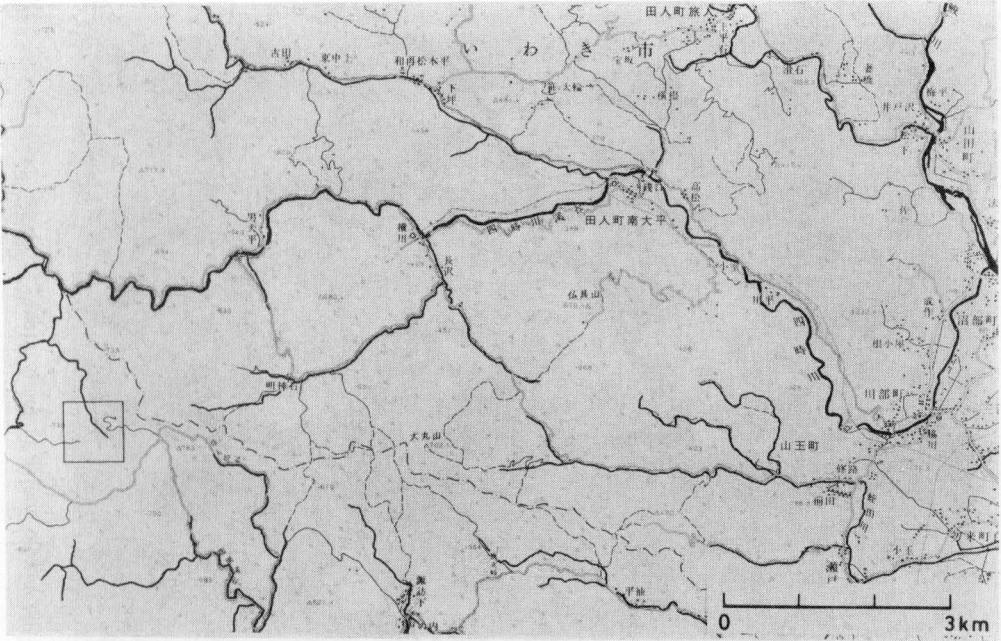


Fig. 2-1. Investigated tributary draining into upper reaches of Yoji-gawa River; □-investigated area.

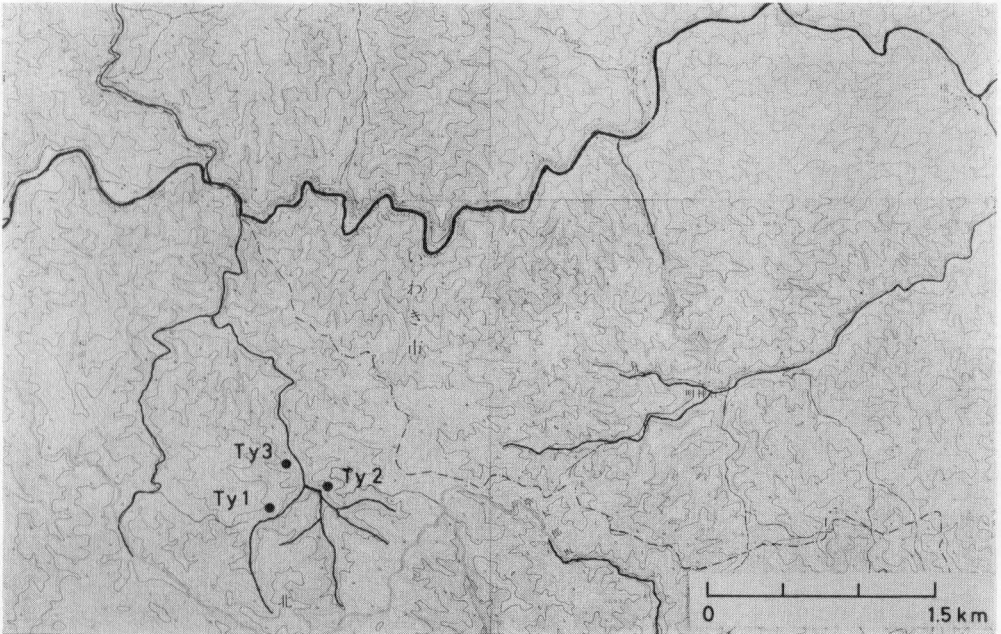


Fig. 2-2. Investigated tributary, with three collecting stations (Ty1-Ty3); also showing upper reaches of Yoji-gawa River (on enlarged scale).

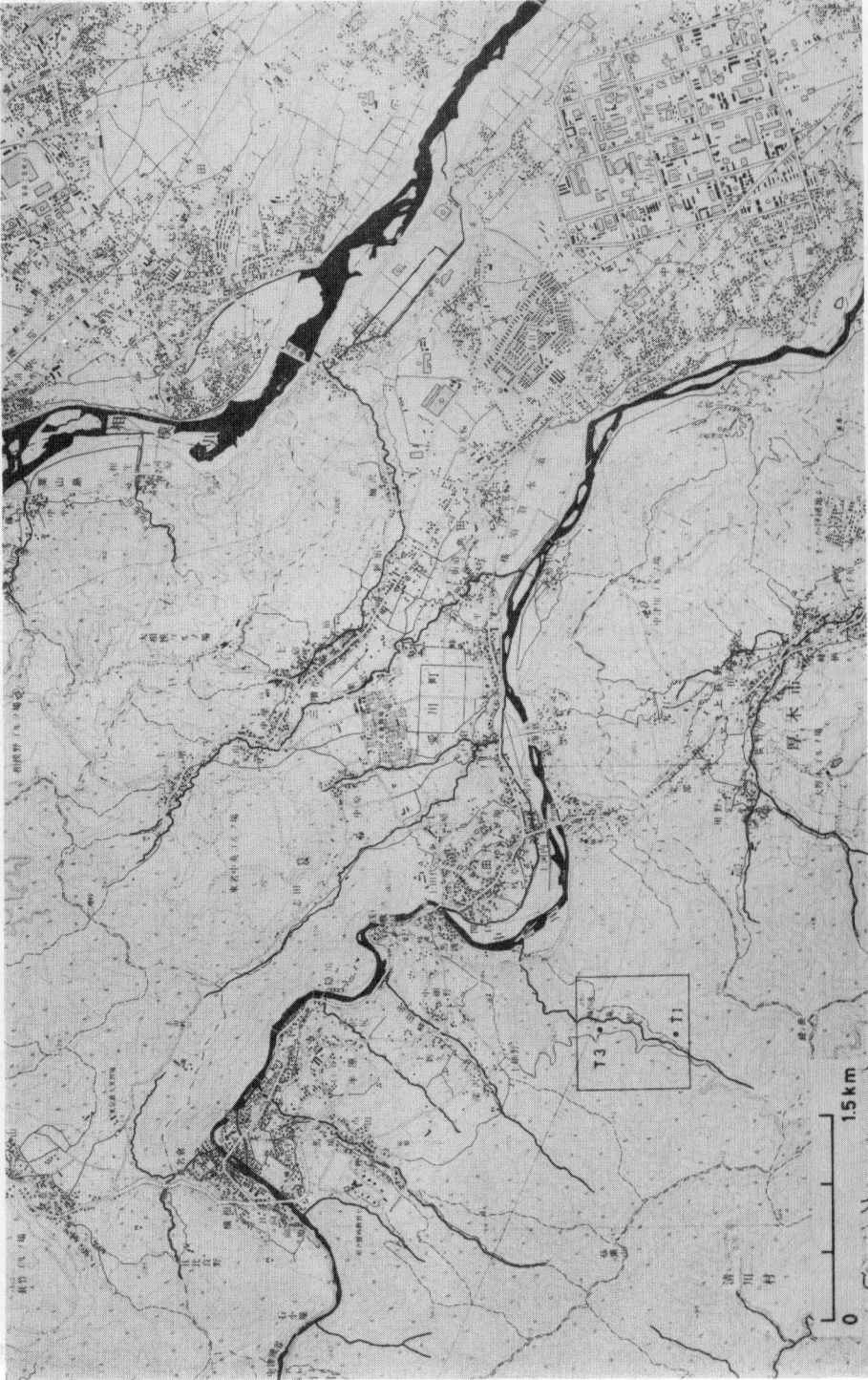


Fig. 3. Taki-sawa River, with two collecting stations (T1, T3); also showing the middle course of main stream (Nakatsu-gawa River).

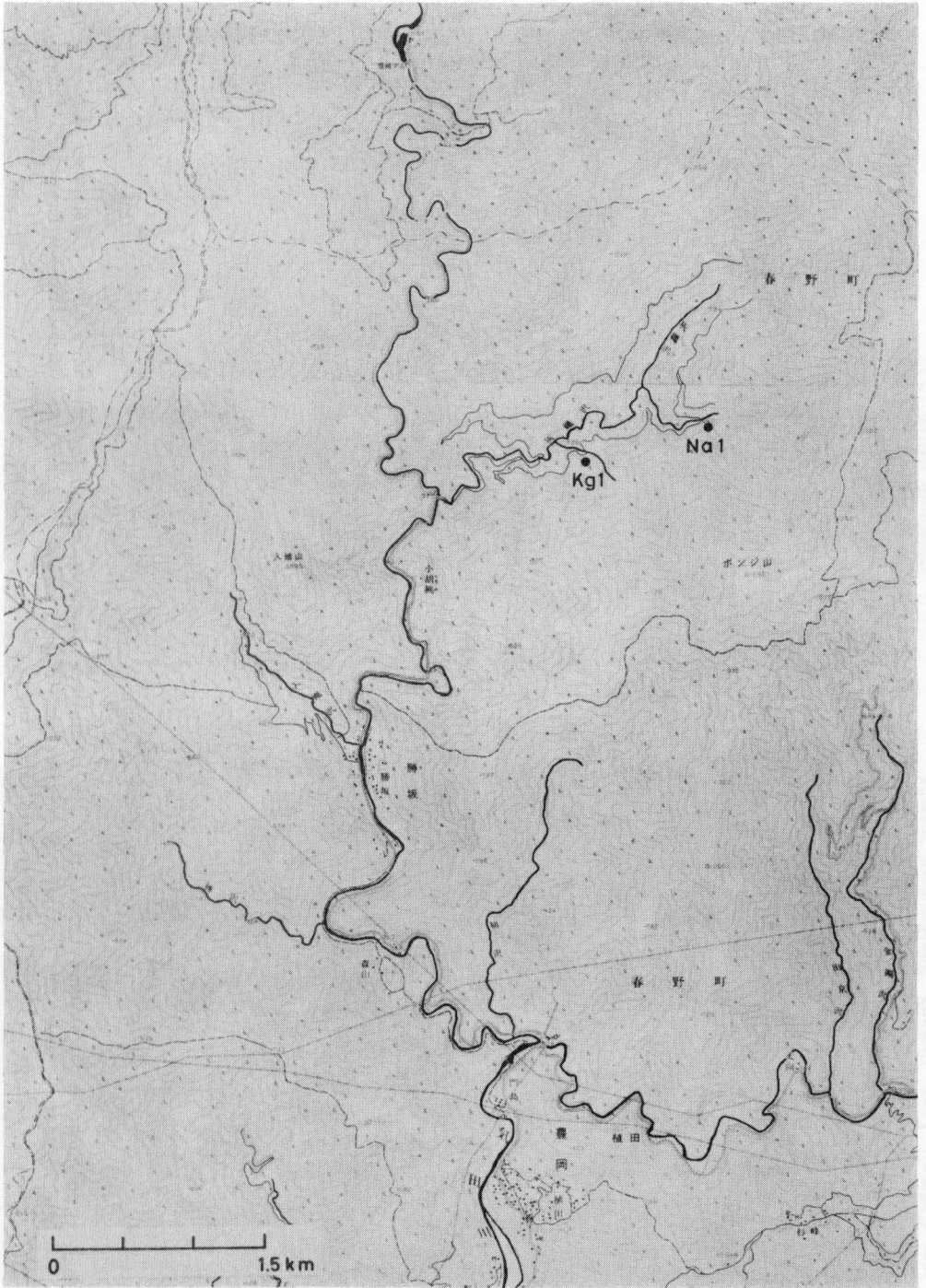


Fig. 4. Nawashiro-zawa River with one collecting station (Na 1), and Kogaki-zawa River with one collecting station (Kg 1); also showing upper reaches of main stream (Keta-gawa River).

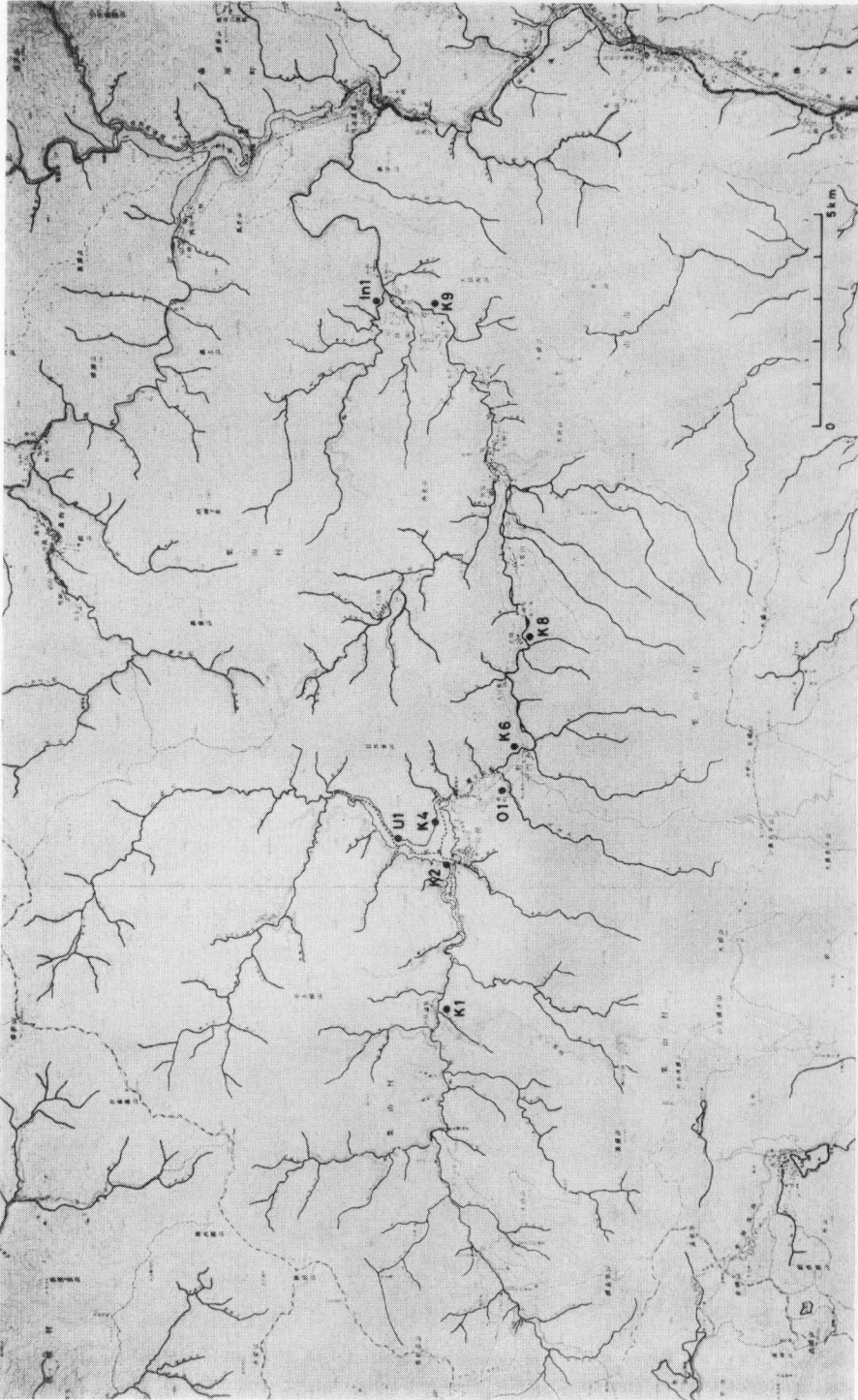


Fig. 5. Upper reaches of Kinu-gawa River and three investigated tributaries, namely Umasaka-zawa River, Ōkoto-zawa River, and Inage-zawa River; also showing collecting stations in main stream (K1-K9), in Umasaka-zawa River (U1), in Ōkoto-zawa River (O1), and in Inage-zawa River (In1).

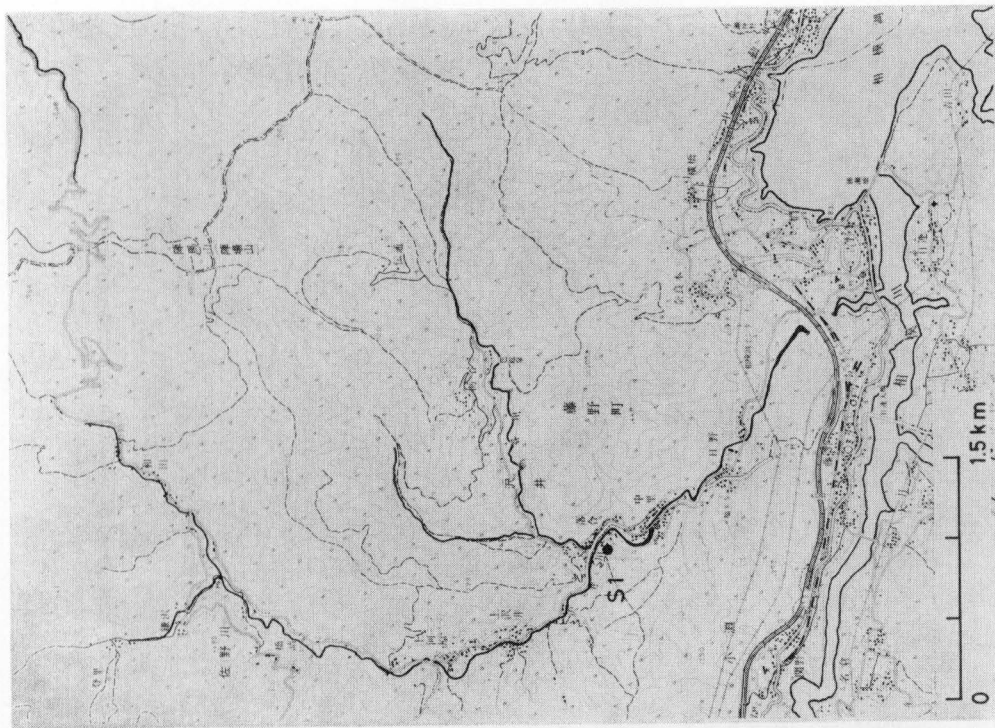


Fig. 7. Sawai-gawa River draining into Sagami Lake, with one collecting station (S1).



Fig. 6. Yu-gawa River, running out from Yunoko Lake and into Chūzenji Lake through Senjōgawara marshy plain; with one collecting station (Yu1).



Fig. 8. Omata-gawa River with five collecting stations (Om1-Om5), and Sato-gawa River with one collecting station (St1).
(See also Fig. 9.)

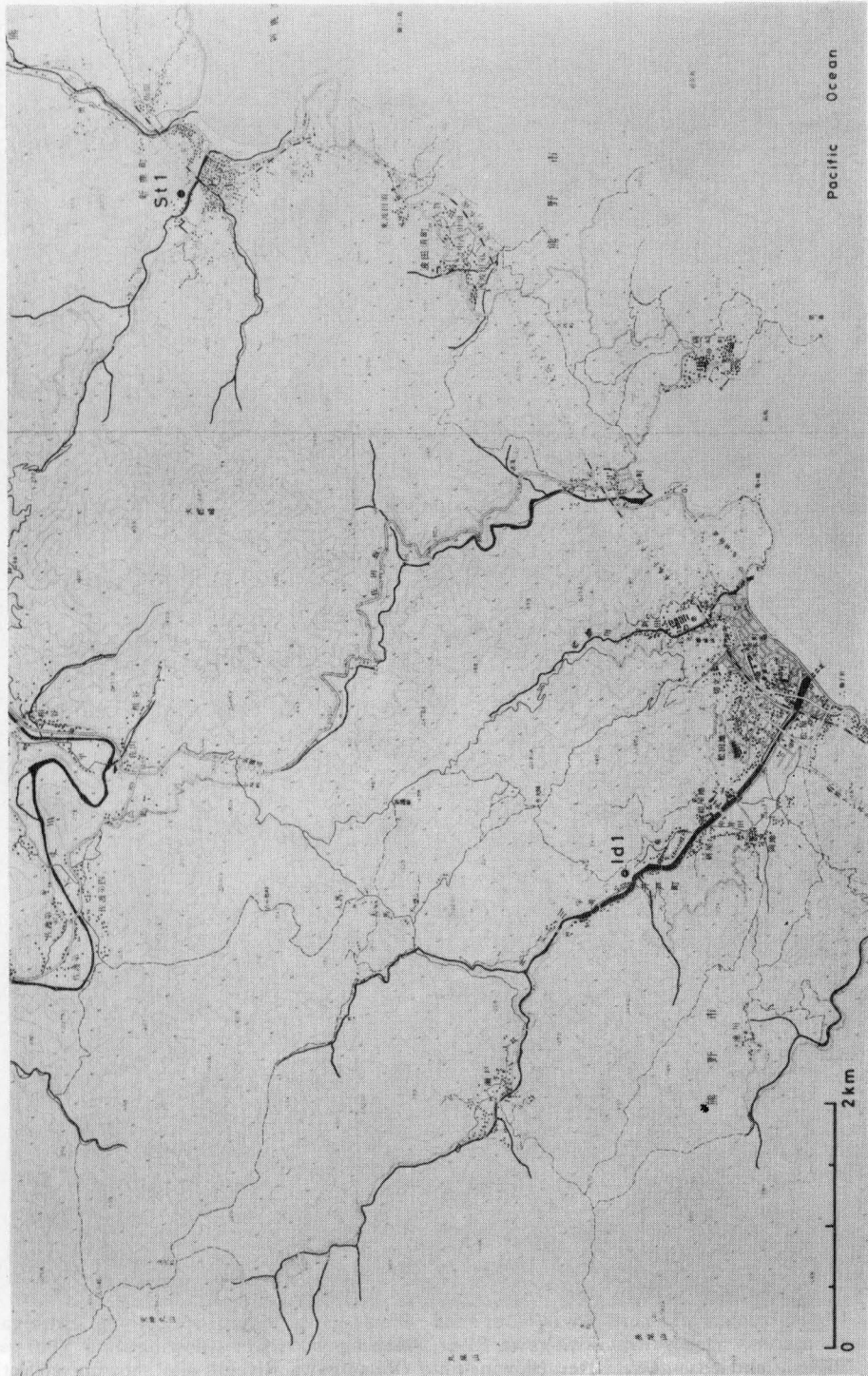


Fig. 9. Ido-gawa River draining into Pacific Ocean, with one collecting station (Id 1). Sato-gawa River is shown rightwards (St 1).

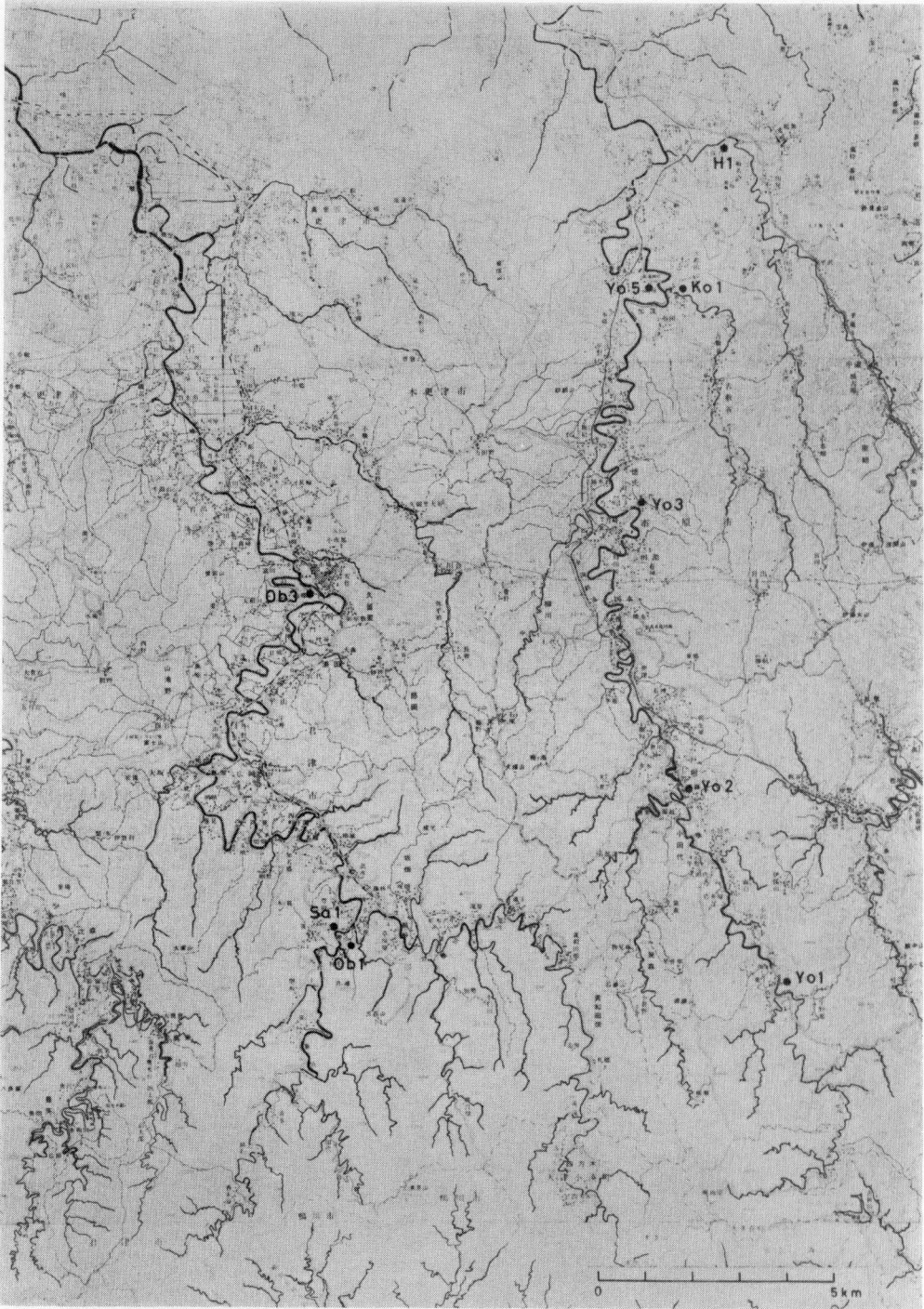


Fig. 10. Upper reaches of Yōrō-gawa River and Obitsu-gawa River, with three investigated tributaries, namely Koshikiya-gawa River, Heizō-gawa River (flowing into Yōrō-gawa River), and Sasa-gawa River (flowing into Obitsu-gawa River); also showing collecting stations in Yōrō-gawa River (Yo 1–Yo 5), in Koshikiya-gawa River (Ko 1), in Heizō-gawa River (H1), in Obitsu-gawa River (Ob 1, Ob 3), and in Sasa-gawa River (Sa 1).

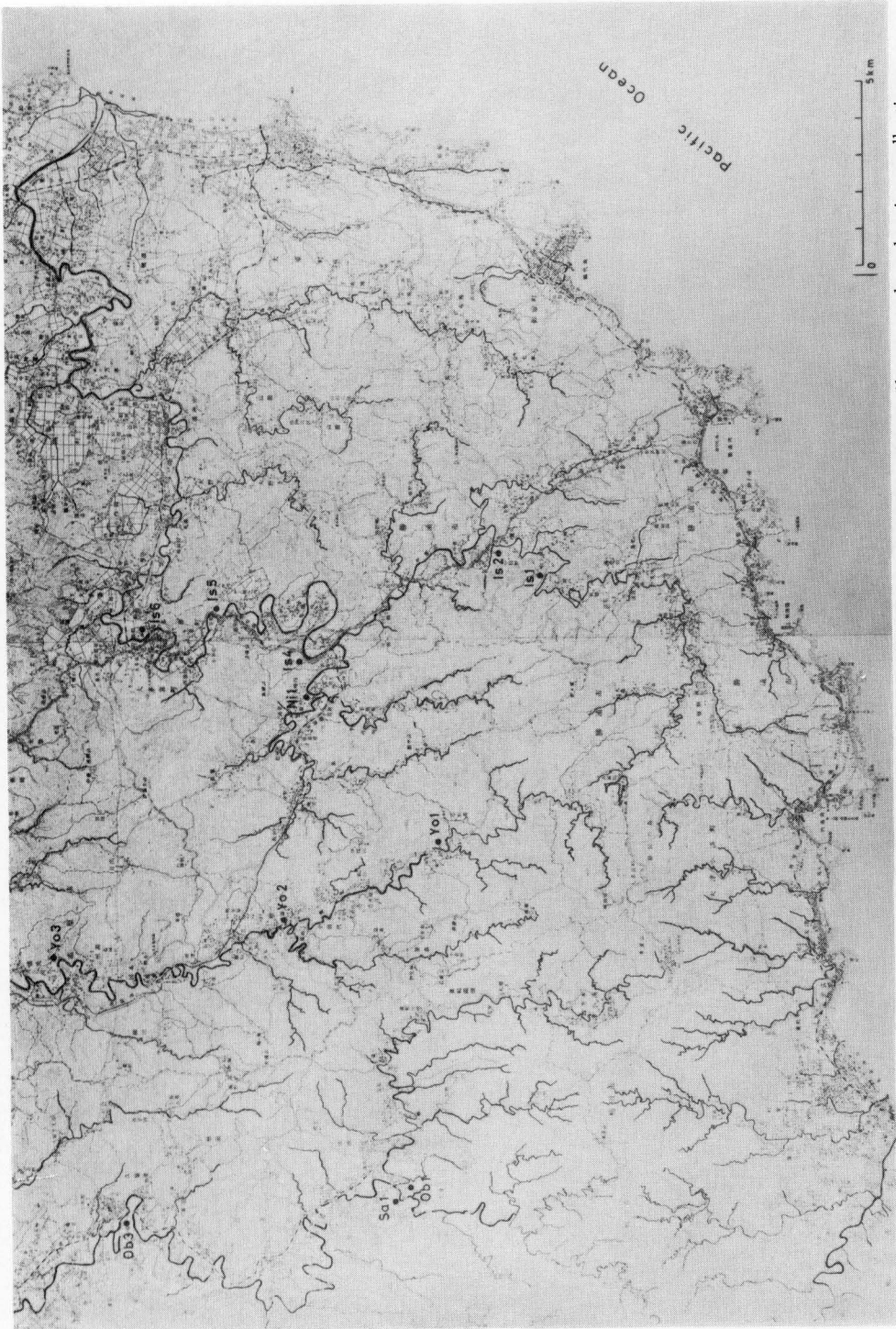


Fig. 11. Isumi-gawa River draining into Pacific Ocean, and Nishihata-gawa River, a tributary; also showing collecting stations in Isumi-gawa River (Is 1-Is 6) and in Nishihata-gawa River (Ni 1). Upper reaches of Yōrō-gawa River and Obitsu-gawa River are shown leftwards.

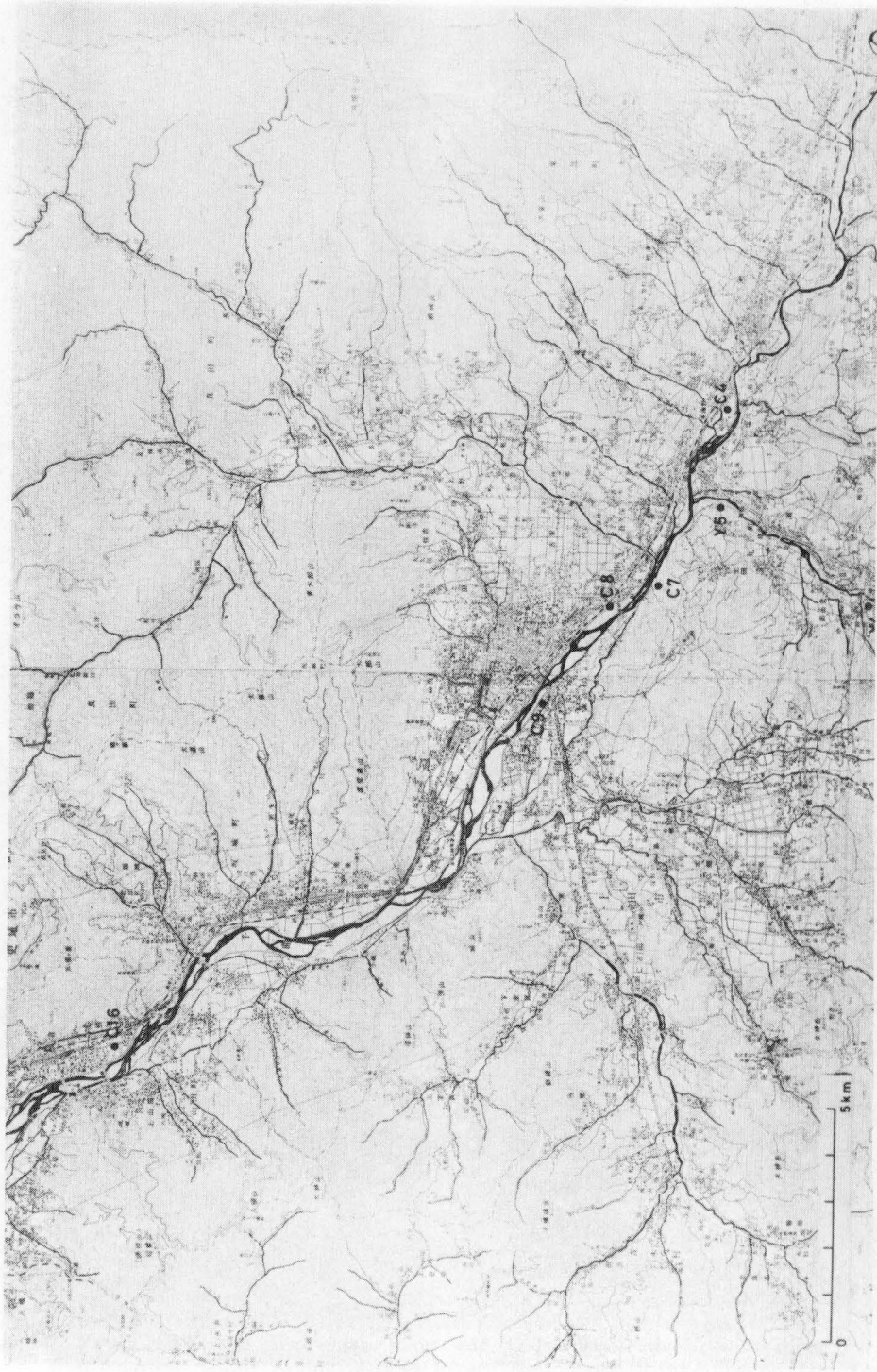


Fig. 12. The middle course of Chikuma-gawa River, with five collecting stations (C 4-C 16); also showing lower course of Yoda-gawa River, a tributary, with the lowest station (Y 5). (See also Fig. 14.)



Fig. 13. Kakuma-gawa River, with two collecting stations (Ka 1, Ka 4); also showing upper reaches of main stream (Chikuma-gawa River).



Fig. 14. Yoda-gawa River (upper reaches of this river are called Daimon-gawa River), and Yori-gawa River, draining into Yoda-gawa River through Takeshi-gawa River; also showing collecting stations in Daimon-gawa River (D1), in Yoda-gawa River (Y1-Y5) and in Yori-gawa River (Yr1).