

短報 [Note]

天塩川水系岩尾内ダム直下流域におけるヒゲナガカワトビケラ
(*Stenopsyche marmorata* Navas) の優占

岩館知寛^{1),3)}・程木義邦^{1),4)}・大林夏湖^{1),5)}・村上哲生²⁾・小野有五¹⁾

**Predominance of *Stenopsyche marmorata* Navas larvae immediately downstream of Iwaonai Dam
in the Teshio River, Hokkaido, Japan**

Tomohiro IWADATE^{1),3)}, Yoshikuni HODOKI^{1),4)}, Kako OHBAYASHI^{1),5)}, Tetuo MURAKAMI²⁾ and Yugo ONO¹⁾

Abstract

We examined the density of aquatic invertebrates downstream from Iwaonai Dam in the upper reach of the Teshio River, Hokkaido. Our aim was to investigate the effects of frequent flow fluctuations caused by hydroelectric power generation, where intermittent water releases have resulted in droughts downstream. Although the densities of insects belonging to Ephemeroptera and Plecoptera were low just downstream of the dam compared to those upstream, they gradually increased as we descended the river. In contrast, *Stenopsyche marmorata* Navas (Trichoptera) showed both the highest density and highest percentage of total aquatic invertebrates just below the dam, though both levels decreased downstream. While high densities of first- and second-instar larvae were observed upstream of the dam and also far downstream, fifth-instar larvae dominated by over ninety percent just below the dam. A similar deviation in age structures was observed in the downstream reaches of two other dams in Hokkaido. *S. marmorata* may have developed a relatively high resistance to dryness compared to other aquatic invertebrates, and that resistance seems to be higher in fifth-instar larvae. Decreases in the density of *S. marmorata* in the downstream reaches may be attributed to changes in the amount of pore space per unit area of the riverbed.

Key words: aquatic invertebrates, dam, reservoir, *Stenopsyche marmorata* Navas, age structure

摘 要

ダムによる流量制御が下流河川の水生昆虫相に与える影響を調べるため、北海道天塩川の岩尾内ダム上下流で水生昆虫密度の比較を行った。岩尾内ダムは、秋季から冬季の間、発電のための断続的な放流操作を行うため、放流を停止している際、河道の大部分は干上がり、滞筋には河川水が溜まった止水域が現れる。調査の結果、カゲロウ目、カワゲラ目は、ダム上流の地点に比べダム直下で密度が著しく減少し、下流へ行くに従い増加する傾向がみられた。一方、トビケラ目のヒゲナガカワトビケラ (*Stenopsyche*

¹⁾ 北海道大学地球環境科学研究所 〒060-0810 札幌市北区北10条西5丁目

Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University North 10 West 5, Kita-ku, Sapporo 060-0810, Japan

²⁾ 名古屋女子大学家政学部 〒467-8610 名古屋市瑞穂区汐路町3-40

Faculty of Domestic Science, Nagoya Women's University 3-40 Shioji-chou, Mizuho-ku, Nagoya 467-8610, Japan

³⁾ 酪農学園大学環境システム学部 〒069-8504 江別市文京台緑町582番地

Faculty of Environmental System, Rakuno Gakuen University, 582 Bunkiyodai-Midorimachi, betsu 069-8501, Japan

⁴⁾ 島根大学汽水域研究センター (日本学術振興会特別研究員) 〒690-8504 松江市西川津町1060

Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University, 1060 Nishikawatsucho, Matsue 690-8504, Japan (JSPS Research Fellow)

⁵⁾ 島根大学汽水域研究センター 〒690-8504 松江市西川津町1060

Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University, 1060 Nishikawatsucho, Matsue 690-8504, Japan

(連絡著者 小野有五 E-mail: yugo@ees.hokudai.ac.jp)

marmorata Navas) の密度および全水生昆虫に占める割合は、ダム直下付近で最大となり下流へ行くに従い低下した。また、ダム流入河川および下流の地点では、ヒゲナガカワトビケラの1齢から2齢の個体が多いのに対し、ダム直下地点では、5齢の個体が90%以上を占めた。同様な齢構成の偏りは、調査を行った北海道のいくつかのダム下流域でも確認された。ヒゲナガカワトビケラは他の水生昆虫に比べ、止水や乾燥に対する抵抗性が強く、このような耐性は終齢に近い個体ほど高くなる可能性が示された。また、岩尾内ダム直下付近でヒゲナガカワトビケラの密度が最大となった要因として、河床の粗粒化による河床間隙の増加の可能性も示唆された。

キーワード：水生昆虫，ダム，貯水池，ヒゲナガカワトビケラ，齢構成

(2006年5月20日受付；2007年1月27日受理)

はじめに

河川にダムが建設された場合、正常な河川でみられる物理・化学的環境要因の連続的変化が阻害され、不連続な環境変化が生じる (Ward and Stanford, 1983)。例えばダム下流域では、発電など人為的な流量制御による流況変化、夏季底層水の放流や貯水池表層水の常時放流による水温異常、土砂供給量の減少に伴う河床形態や材料の変化、貯水池における植物プランクトン発生やそれに伴う水質変化など、様々な環境改変が指摘されている (Ward and Stanford, 1983; 香川, 1999; Poff and Hart, 2002)。

このようなダムによる河川不連続の発生は、直接的・間接的にも底生動物の種組成や現存量にも影響をおよぼす (Armitage, 1978; Al-Lami et al., 1998; Poff et al., 1997; 谷田・竹門, 1999)。特に、貯水池における植物プランクトンの増殖により、ダム下流域ではブユ科 (Simuliidae) やシマトビケラ科 (Hydropsychidae) などのろ過食者の水生昆虫が優占することは、幾つかの河川で報告されている (Sheldon and Oswood, 1977; Oswood, 1979; Mackay and Waters, 1986)。日本の吉野川水系でも、早明浦ダムが建設された1984年以降、その下流域において造網性の水生昆虫であるオオシマトビケラ (*Macrostemum radiatum* McLachlan) の密度が増加し、生息域も拡大したことが明らかとされている (古屋, 1998)。また、夏季底層水の放流に伴う河川水温の低下により、下流河川の底生動物相や水生昆虫の齢構成の変化が生じること (Stevens et al., 1997; Pardo et al., 1998; Vinson, 2001)、発電のための極端な流量変動や瀬切れが、乾燥耐性の低い生物を排除し底生動物組成に変化を及ぼすことなども指摘されている (Poff et al., 1997)。

しかし、これら研究の多くは海外の大陸性河川で行われたものであり、それらとは特徴や規模の異なる国内の

ダムにおける研究例は少ない (谷田・竹門, 1999)。また、日本では600基あまりの発電関連ダムが既に建設されているが (日本ダム協会, 2004)、ハイドロピーキング (hydropеaking) と呼ばれる発電に伴う短期的な流量変動が下流河川に与える影響についてはほとんど注目されていないとの指摘もある (谷田, 2005)。

そこで本論文では、天塩川水系に位置する岩尾内ダムを対象として、上流から下流への縦断方向に連続的な底生動物の現存量と種組成の変化様式を明らかにすることで、ダムが下流河川底生動物群集に与える影響に

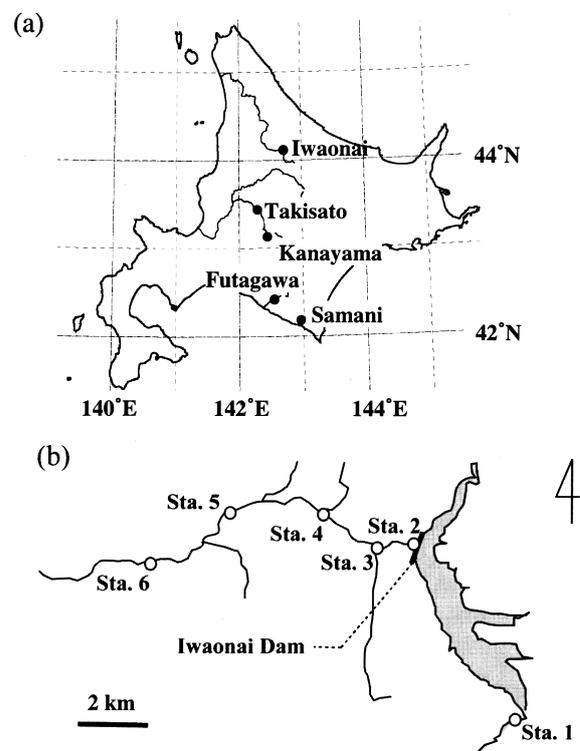


Fig.1. Location of dams studied in Hokkaido (a) and study sites above and below Iwaonai Dam in the Teshio River (b).

図1. 調査対象とした北海道内のダム (a) と天塩川水系岩尾内ダム上下流の調査地点 (b)。

Table 1. Details of dams studied and distance of study sites from dam site.

表 1. 調査を行ったダムの概要およびダムサイトから調査地点までの距離。

| Study sites | Year constructed | Purpose* | Total storage ($\times 10^3 \text{ m}^3$) | Hydro-peaking | Maintenance flow volume ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$) | Sampling distance from dam site (m) | Sampling date in 2005 | Additional construction |
|-------------|------------------|----------|---|---------------|---|-------------------------------------|-----------------------|--|
| Iwaonai | 1970 | FAWIP | 107,700 | ○ | × | 150 | 2,5,6 Oct. | Epilimnetic release |
| Takisato | 1999 | FNAWP | 108,000 | ○ | 9 | 50 | 5 Nov. | Destratifi caution system, Multilevel water intake |
| Kanayama | 1967 | FAWP | 150,450 | ○ | 0.3 | 900 | 23 Oct. | Multilevel water intake |
| Futakawa | 1979 | P | 1,620 | — | — | 600 | 5 Nov. | — |
| Samani | 1974 | F | 6,200 | × | × | 430 | 5 Nov. | × |

* F:Flood control, N:Unspecified water use, A:Irrigation water, W:Waterworks, P:Hydroelectric generation

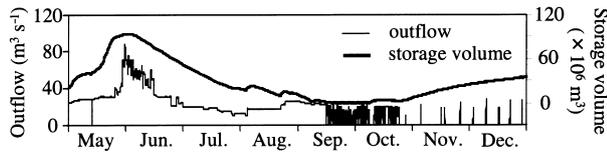


Fig.2. Changes in inflow and outflow of Iwaonai reservoir in 2005.

図 2. 岩尾内ダムの流入量と貯水量の経時変化 (2005 年)

ついて評価を行った。また、本調査の結果、岩尾内ダム直下流域において、ヒゲナガカワトビケラ (*Stenopsyche marmorata* Navas) 終齢個体の極端な優占が明らかとなったため、*S. marmorata* の年齢構成について、複数の河川で比較調査を行い、その優占要因について考察した。

調査地点と方法

調査地域の概要

岩尾内ダムは天塩川上流部に位置し、洪水調整、発電、灌漑用水供給などを目的とし 1970 年に竣工した多目的ダムである (Fig. 1, Table 1)。2005 年 5 月から 12 月の岩尾内ダム流入量と貯水量の変化を Fig. 2 に示した (国土交通省河川局, 2006)。岩尾内ダムは春の融雪水を貯留し、夏にかけて灌漑用水として連続的に放流するが、初秋からは一昼夜～数日の間隔で断続的な放流を行う。ダムが放流を停止している間、直下流では河道の大部分は干上がり、滞筋には河川水が溜まった止水域が現れる (Figs.3a, 3b)。また、ダム下流約 1 km から 3 km の区間は、ハイドロピーキング操作により河川幅が大きく変動し (Figs.3c, 3d)、水位変動の規模は、支流合流にとまぬい、下流に向かうにつれ徐々に小さくなるものの、全調査地点で認められる。

岩尾内ダム上下流域における水生昆虫群集の密度変化

水生昆虫の調査は岩尾内ダム上流地点 (Sta. 1) と、

ダム直下から下流約 8.5 km の糸魚橋 (Sta. 6) にかけての計 6 地点において、2005 年 10 月 2 日、10 月 5 日から 6 日にかけて行った (Fig. 1b)。ダムからの放流が停止している間、ダム直下から支流が合流するまでの約 1km 区間では流水環境は存在しないため、Sta. 2 における採集は止水域のプールで行った。ダム下流 1 km (九尾内川)、2.9 km (登和里川)、4.6 km (ホウダイ川)、6.8 km (名称不明) の地点で支流が合流し、流路内に流水環境が見られるため、これらの地点 (Sta. 3～6) では瀬で採集した。

底生動物の採集は、25 × 25 cm コドラート付きサーバーネット (目合い 475 μm) を用い、各地点、4 箇所で行った。サーバーネットを河床に設置し、コドラート内の大礫の表面をネットの中で擦り、附着物質を可能な限り剥離させた。その後、コドラート内に残った中礫ないし細礫を、手またはスコップで深さ 5～10 cm ほど攪拌し、巻き上がった物質をネット内に流し込ませた。サーバーネット内に採取した物質は、あらかじめ水を張ったバケツ等の容器に洗い落とし、容器の内容物をよく攪拌し、浮かび上がったものをナイロン製ネット (目合い 0.5 mm 以下) で採取するという作業を数回くり返した。なお、岩尾内ダム下流の干上がった河床では、大礫の表面を水を張ったバケツの中で擦り、剥離したものを採取した後、コドラート内に残った中礫ないし細礫を深さ 5～10 cm まで掘り起してバケツに移し、よく攪拌して浮かび上がった物を全て採取した。試料は直ちに 80% エタノールで固定し保存した。試料のソーティングは実体顕微鏡下で行い、種の同定は川合・谷田 (2005) に基づいた。

採集した水生昆虫のうち、ヒゲナガカワトビケラ (*Stenopsyche marmorata* Navas) については、ダム上下流の密度と全水生昆虫に占める割合とともに、頭函長を測定し、各地点における年齢構成を明らかにした。ヒゲナガカワトビケラの頭函長は、3～5 齢と思われる大型の個

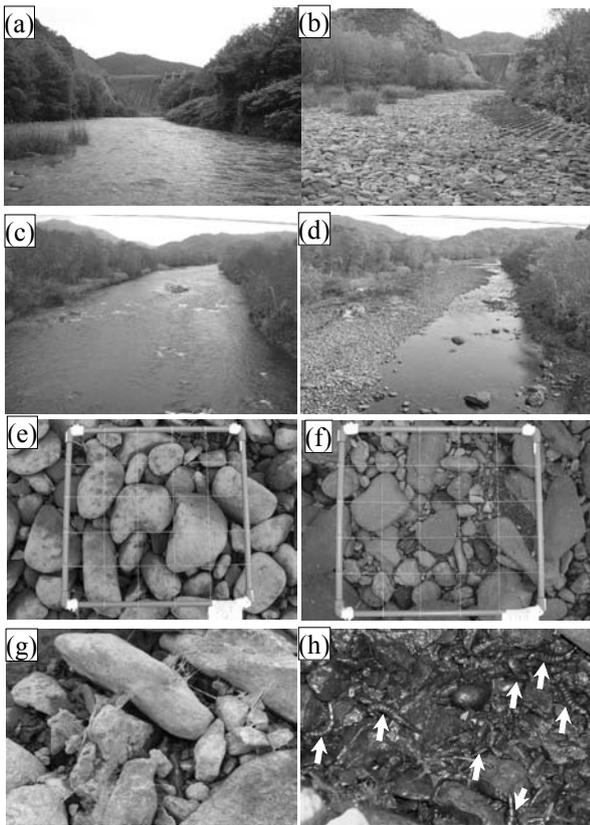


Fig.3. Iwaonai Dam and condition of riverbeds. (a) Just below dam during water discharging period (photograph taken facing dam). (b) Just below dam when water release was withheld (photograph taken facing dam). (c) Flowing river during water discharging period. (d) Flowing river when water release was withheld. (e) Estimation of riverbed pore space. Large square pipe measures 50 cm × 50 cm. Lines within pipe square form 10 cm quadrates. Gravels of Station 2 (just below dam) shown. (f) Gravels of Station 4 (TOWARI-Bridge). (g) Gravels just below dam (Sta.2) when water release was withheld. Before removing the gravels. (h) After removing the gravels. White arrows point to insects.

図 3. 岩尾内ダムと河床の状態。(a) 放流時の岩尾内ダムサイト直下(下流方向からダムサイトを撮影)。(b) 放流停止時のダムサイト直下(下流からダムサイト方向を撮影)。(c) 放流時の河川流況(登和里橋地点)。(d) 放流停止時の河川流況(登和里橋地点)。(e) 河床間隙評価。ダム直下(Sta.2)。正方形の枠は 50 cm × 50 cm。コドラートの一辺は 10 cm。(f) 登和里橋付近(Sta.4)。(g) 放流停止時のダムサイト直下 Sta.2 の河床。礫除去前。(h) 礫除去後。矢印はヒゲナガカワトビケラの生存個体を示す。

体についてはデジタルノギスを用い、小型の個体については実体顕微鏡の接眼マイクロメーターを用い、0.01mmまで測定を行った。

岩尾内ダム下流では、ハイドロキーピング操作の時期には、水位の低下により、干上がった河床、プール、流

水域という 3 つの異なった環境が見られるため、河床の微環境ごとに頭函長を計測した。

なお、比較のために、北海道内の石狩川水系金山ダム、滝里ダム、様似川水系様似ダム、静内川水系双川ダムの計 4 地点のダム下流域においても、Table 1 に示した地点でヒゲナガカワトビケラ年齢構成について調査を行った(Fig. 1a.)。

岩尾内ダム下流域における河床間隙の評価

2005 年 10 月 28 日に、ダム直下(Sta.2)と下流約 2.8km の登和里橋付近(Sta.4)において、地点ごとに 4 箇所 で河床間隙容量の調査を行った。まず、内部を 10 cm 間隔で区切った 50 × 50 cm、高さ 30 cm の足つきコドラートを河床に設置し、コドラート内の 36 交点において、河床表面までの垂直距離を定規で測定した(Figs.3e, 3f)。その後、うき石の状態で存在する長辺 10 cm 以上の大礫を全て取り除き、再びコドラートから河床までの垂直距離を測定し、大礫を取り除く前後で得られた垂直距離の差分から、うき石として存在する大礫の平均層高を求めた。また、コドラート内から採取した長辺 10cm 以上の大礫については、その数を計数するとともに、あらかじめ水を張った容器に全て投入し、水位の変化から平均体積を求めた。なお、河床間隙の調査は、ハイドロキーピング操作時に完全に干上がり、河床が露出している場所(Sta.2 と Sta.4)でのみ調査可能だったため、ハイドロキーピング操作の影響を受けていない岩尾内ダム上流の地点(Sta.1)および影響を受けているものの、水位変動のみで河床が露出しない(もしくは、露出する面積が小さい)地点(Sta.3, 5, 6)では、データを取ることが出来なかった。

結 果

岩尾内ダム上下流における河川軸に沿った水生昆虫相の変化

岩尾内ダム上下流における全水生昆虫密度の変化を Fig. 4a に示した。ダム上流の流入河川の密度に比べ、ダム直下では著しく密度が減少し、その後、ダムからの距離が離れるにつれ密度が増加する傾向が見られた。

ダム直下流の地点を除いた全ての地点では、3 目中、最も多く採集されたのは、カゲロウ目であり、中でもヒラタカゲロウ属の個体数が多かった(Fig. 4b)。カゲロウ目およびカワゲラ目の個体数密度については、全水生昆虫密度と同様に、ダム直下で著しく減少し、その後ダ

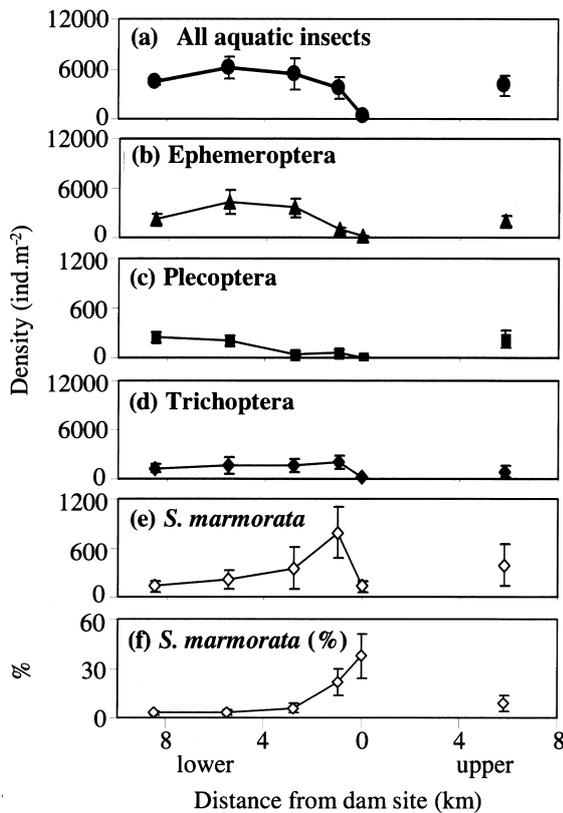


Fig. 4. Longitudinal changes in densities of total aquatic invertebrates (a), Ephemeroptera (b), Plecoptera (c), Trichoptera (d), *S. marmorata* (e), and percentage of *S. marmorata* to total invertebrates (f).

図 4. 岩尾内ダムを基点とし、河川軸に沿った全水生昆虫密度 (a)、カゲロウ目 (b)、カワゲラ目 (c)、トビケラ目 (d) およびヒゲナガカワトビケラの密度 (e) と水生昆虫全体に占めるヒゲナガカワトビケラの割合 (f) の変化。

ムからの距離が離れるにつれ密度が増加する傾向が見られた (Figs. 4b, 4c)。一方、トビケラ目については、ダム直下における密度の著しい減少はカゲロウ目およびカワゲラ目と同様であったが、これらの2目よりもダムサイトに近い地点 (Sta. 3) で密度の回復が生じ、ダムサイト下流 1 km 地点で最大密度となった (Fig. 4d)。また、1 km から 8.5 km まで若干の密度の低下が見られるものの、流入河川 (Sta. 1) よりも高い密度であり、他の2目とは異なる変化を示した。トビケラ目の中では、ヒゲナガカワトビケラが優占的であり、Sta. 2, 3 のダム直下流でその密度や全水生昆虫群集に占める割合が特に高かった (Figs. 4e, 4f)。

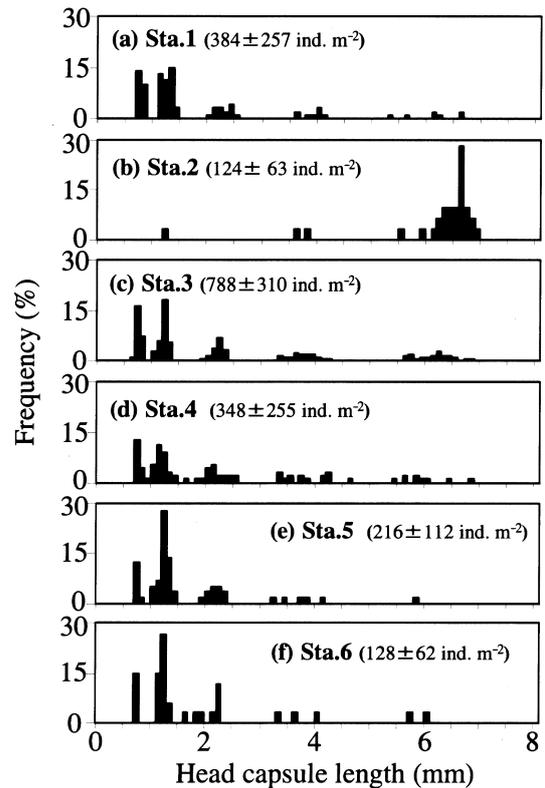


Fig. 5. Frequency distribution of head capsule lengths of *S. marmorata* collected at each station above and below Iwaonai reservoir.

図 5. 岩尾内ダム上下流で採取したヒゲナガカワトビケラ頭函長の頻度分布。

岩尾内ダム上下流域におけるヒゲナガカワトビケラの年齢構成の変化

岩尾内ダム上下流域におけるヒゲナガカワトビケラ頭函長の頻度分布を求めたところ、 0.69 ± 0.08 mm (平均値 \pm 標準偏差)、 1.16 ± 0.10 mm、 2.11 ± 0.14 mm、 3.72 ± 0.29 mm、 6.16 ± 0.38 mm の5つのピークが認められた (Fig. 5)。したがって、本調査を行った時期には、岩尾内ダム上下流には1～5歳の個体が混在していたことになる。また、岩尾内ダム上流河川 (Fig. 5a) および九尾内沢合流地点 (ダム下流約 1 km) より下流の地点 (Figs. 5c-5f) では、1歳から2歳までの個体の割合が多かったのに対し、岩尾内ダム直下 (Fig. 5b) では、採集個体の90%以上が5歳であった。

Fig. 5 の年齢解析の結果を基に、各歳のヒゲナガカワトビケラの河川軸に沿った密度変化を求めた (Fig. 6)。1歳から4歳の密度の下流方向の変化は、ほぼ同じ傾向を示し、岩尾内ダム直下では密度が最も低く、ダム下流 1 km 地点で最大密度となり下流へ行くに従い再び減少

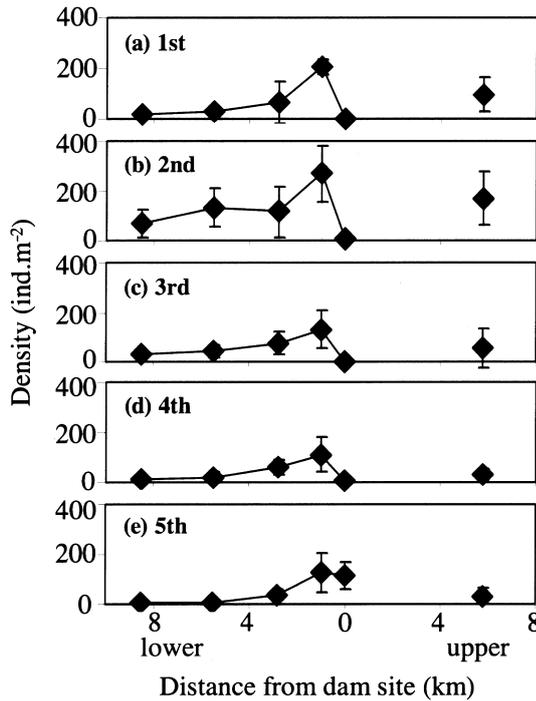


Fig.6. Longitudinal changes in densities of each instar larvae of *S.marmorata*.

図 6. ヒゲナガカワトビケラ各齢の個体数密度の河川軸に沿った変化。

した (Figs. 6a-6d)。一方、5 齢個体の密度については、ダム直下～下流 1 km 地点で最大となり、その後、下流へ行くに従い減少した (Fig. 6 e)。

異なる環境ごとに採集したヒゲナガカワトビケラの頭函長の頻度分布を Fig. 7 に示した。ダム直下 (Sta. 2) では、プールおよび干上がった河床の両方で 5 齢個体が優占していた。一方、九尾内川合流 (Sta.3) および登和里地点 (Sta. 4) では、流水中では 1 齢と 2 齢の個体の割合が多かったが、干上がった河床では、3 齢から 5 齢の個体の比率が高かった。

岩尾内ダム下流域における河床間隙の評価

岩尾内ダム直下では、長辺が 10 cm 以上の大礫が重なり合い河床を形成していたが、登和里地点においては、大礫の間が長辺 2 cm 以下の中礫ないし細礫で満たされていた (Figs. 3e, 3f)。

岩尾内ダム直下と登和里橋地点において求めた単位面積当たりの大礫の数、および平均礫層高を Table 2 に示した。大礫数 (n = 4)、平均礫層厚 (n = 4) には有意差が見られ (P < 0.05)、登和里地点に比べダム直下地点の方が、平均礫層厚および構成礫数が約 2 倍高い値となった。

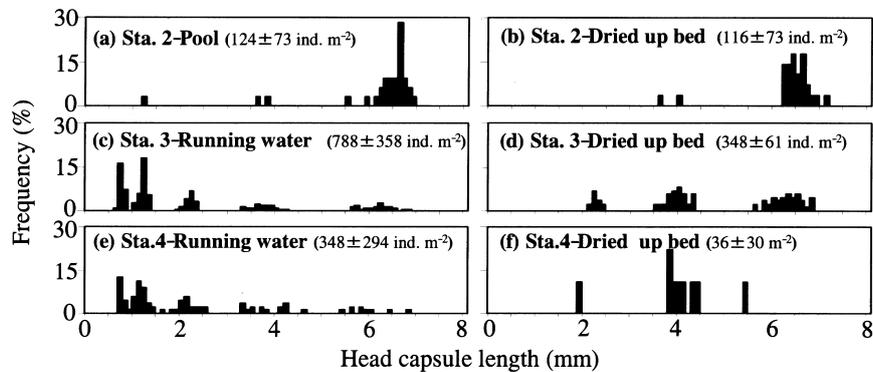


Fig.7. Frequency distribution of head capsule lengths of *S. marmorata* collected in various habitats below Iwaonai reservoir.

図 7. 岩尾内ダム下流 (ダム直下, 久尾内川合流, 登和里橋) 環境毎のヒゲナガカワトビケラの頭函長の頻度分布。

Table 2. Comparison of substrata characteristics between Stations 2 and 4.

表 2. 岩尾内ダム下流域 (Stations 2,4) の河床礫組成の比較。

| | Station 2 (mean ± S.D.) | Station 4 (mean ± S.D.) | t | P |
|---|-------------------------|-------------------------|-------|-------|
| Mean cobble volume (cm ³) | 920.3 ± 534.9 | 452.5 ± 295.3 | 0.783 | 0.464 |
| Number of cobbles (number 0.25m ⁻²) | 38.0 ± 9.8 | 17.5 ± 4.5 | 3.648 | 0.011 |
| Mean height of cobble layers (mm) | 92.9 ± 20.5 | 47.5 ± 24.9 | 2.82 | 0.03 |

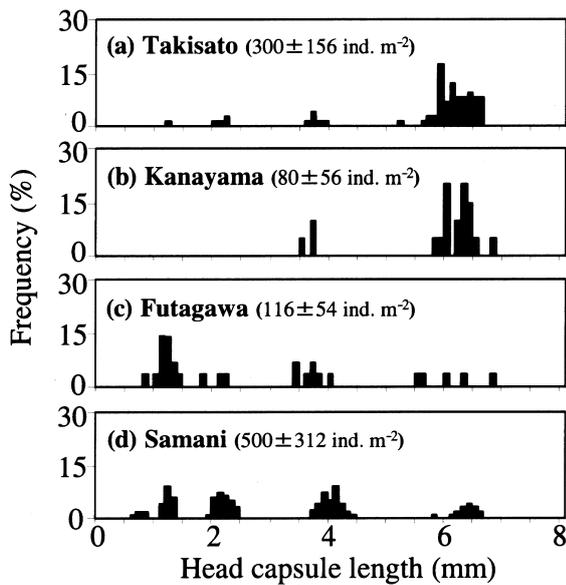


Fig. 8. Frequency distribution of head length of *S. marmorata* collected below 4 dams in Hokkaido.

図 8. 北海道内の 4 ダムの下流域におけるヒゲナガカワトビケラの頭函長分布.

北海道のダム下流域におけるヒゲナガカワトビケラの年齢構成の比較

各ダムの下流域で採集されたヒゲナガカワトビケラの頭函長頻度分布を Fig. 8 に示した。双川ダム、様似ダム下流域では、1 齢から 5 齢の全ての個体が確認されたが、その他のダムでは、岩尾内ダムと同様に 5 齢の個体の割合が高く、特に金山ダム下流域では、1 齢から 3 齢の個体が確認されなかった。

考 察

河川不連続結合の概念によれば、ダムによって発生した物理・化学的環境要因の不連続は、支流の合流により下流に行くに従い徐々に緩和される (Ward and Stanford, 1983)。この様な回復の速度や規模は、建設されたダムの位置や支流の規模によっても大きく変化するが、物理・化学的環境の回復の程度と対応し河川生物相の回復も生じる (Stevens et al., 1997)。岩尾内ダム下流でも、前述の通り支流が合流するため、ハイドロピーキング操作による流量変動など、ダムによる影響が下流へ行くに従い徐々に緩和されてゆく。そのため、全水生昆虫密度およびカゲロウ目、カワゲラ目の密度が下流に行くに従い、ダム上流の流入河川の密度レベルまで回復したと推測される。

一方、岩尾内ダム直下では造網性のヒゲナガカワトビケラ終齢個体の優占が確認された。前述の通り、ダム下流域における懸濁物食者の優占要因については、貯水池における植物プランクトンの発生に伴う餌供給量の増加が指摘されている (Sheldon and Oswood, 1977; Oswood, 1979; 古屋, 1998)。一方、本研究では貯水池に由来する藻類の供給量は検討していないものの、岩尾内ダム下流域におけるろ過食者の優占は、ヒゲナガカワトビケラの終齢においてのみ見られ、他のろ過食者に関しては顕著な増加が見られなかった。よって、餌供給面からの利点だけでは、ヒゲナガカワトビケラ終齢個体の優占を十分に説明することはできない。

岩尾内ダム下流域では、9 月より開始されたハイドロピーキング操作により、河川の流況が大きく変化する。発電のための流量制御を行っているダム下流域では、数時間～数日の時間間隔で生じる大きな流量変動が一般的に見られるが、このような流況変化が下流域に生息する河川棲生物の優占種を決定する要因の一つと考えられている (Poff et al., 1997; 谷田・竹門, 1999)。例えば、カゲロウ類は一般的に短時間の乾燥にも弱いこと、移動能の高い種は能動的な流下により乾燥からの影響を回避することができるのに対し、固着性の強いトビケラ目は現存量の低下が生じる可能性が高いことなどが指摘されている (谷田・竹門, 1999; 谷田, 2005)。また、渇水時に生じる河川の分断化 (瀬切れ) が水生昆虫に与える影響は、単にその生物の乾燥耐性だけでなく、河床間隙や堆積したリターの下部など、乾燥からの回避場所の存在とその利用の有無、そして水質変化などを介した間接的な影響も重要となる (Boulton, 2003; Lake, 2003)。

岩尾内ダム下流域におけるヒゲナガカワトビケラ終齢個体の優占は、ハイドロピーキング操作の影響が最も強い場所で顕著に見られ、放流停止時に出現する止水域や干上がった河床でも同程度の密度で生息していた。これまでの研究によれば、ヒゲナガカワトビケラ終齢個体は固着性が強くほとんど流下しないと述べられているため (津田, 1962; 西村, 1987)、本種の優占に流下など平面的な移動による回避行動が関与しているとは考え難い。ヒゲナガカワトビケラは止水や乾燥環境への耐性が強く、数時間～数日の時間間隔で生じるダム放流停止時のストレスは、本種終齢個体の生息に殆ど影響していないこと、このような環境への耐性は終齢に近い個体ほど高くなることが考えられる。

また、ヒゲナガカワトビケラ年齢構成の偏りが確認された滝里ダムおよび金山ダムは、それぞれ維持流量が設

定されているものの、ハイドロピーキング操作によりダム下流域の流量変動が大きいという類似点が挙げられる (Table 1)。金山ダムでは、発電のために取水した水を暗渠により下流 5 km 付近に放流しているため、ダム直下はハイドロピーキング操作の影響を受けない。しかし、2005 年 10 月は維持流量の放流がほぼ毎日、21:00 より翌日 6:00 までの間停止しており (国土交通省河川局, 2006)、岩尾内ダムと同様の昼夜の河川流量変動が生じていた。一方、1 齢から 5 齢の個体がすべて出現した類似ダムは、治水専用のダムのため、ハイドロピーキング操作による短期的な流量低下や瀬切れは無いものと考えられる。双川ダムについては河川流量やダム運用方法についての情報が入手できなかったが、齢構成とダム運用方法が比較可能な 4 基のダムを見る限り、ハイドロピーキング操作などによる短期的かつ急激な流量変動とヒゲナガカワトビケラ終齢個体の優占の関連性を見出すことが出来る。

なお、ダム放流停止時に干上がった河床では、ヒゲナガカワトビケラは石礫の間に張った巣室でも確認されたが、その多くは礫層の下部で見られた (Figs. 3g, 3h)。また、滞筋に河川水が溜まった止水環境では、多くの終齢個体が石礫の上部で動いているのが確認された。前述の通り、乾燥からの回避場所としての河床間隙の重要性が指摘されており (Boulton, 2003; Lake, 2003)、本種の乾燥耐性機構の解明は今後の課題である。

ヒゲナガカワトビケラは、石礫の隙間にネットを張り、流下してくる藻類などの懸濁態有機物を捕集する採餌様式を持つため (西村, 1987)、本種の生息密度には、単位面積あたりの河床間隙量が重要となる。ダム下流域では、土砂供給量の減少に伴い細粒な土砂の流出が卓越し、河床の粗粒化が生じることが知られているが (辻本, 1999)、その結果として生じる河床間隙の増加が、造網性トビケラ類の密度を増加させる方向に働く可能性も指摘されている (谷田, 2005)。本研究においても、岩尾内ダム直下 (Sta. 2) と登和里橋地点 (Sta. 3) では平均礫層厚、構成礫数に有意な差が見られ、ダム直下において河床間隙量が高いことが間接的に推定された (Table 2)。

したがって、河床の粗粒化と河床間隙量の増加により、岩尾内ダム直下付近で本種の密度が最大となった可能性もあり、この点についても更なる研究が必要と思われる。

謝 辞

本研究の一部は、2005 年度 PRO NATURA FUND の助

成を受け行った。

文 献

- Al-Lami, A. A., H. J. Jaweir and M. R. Nashaat (1998): Benthic invertebrates community of the River Euphrates upstream and downstream sectors of Al-Qadisia dam, Iraq. *Regulated Rivers: Research & Management*, 14: 383-390.
- Armitage, P. D. (1978): Downstream changes in the composition, numbers and biomass of bottom fauna in the Tees below Cow Green reservoir and in an unregulated tributary Maize Beck, in the first five years after impoundment. *Hydrobiologia*, 58: 145-156.
- Boulton, A. J. (2003): Parallels and contrasts in the effects of drought on stream macroinvertebrate assemblages. *Freshwater Biology*, 48: 1173-1185.
- 古屋八重子 (1998): 吉野川における造網性トビケラの流程分布と密度の年次変化、とくにオオシマトビケラ (昆虫, 毛翅目) の生息域拡大と密度増加について. *陸水学雑誌*, 59: 429-441.
- 香川尚徳 (1999): 河川不連続の原因となるダム貯水による水質変化. *応用生態工学*, 2: 141-151.
- 川合禎次・谷田一三 (2005): 日本産水生昆虫一科・属・種への検索. 東海大学出版会.
- 国土交通省河川局 (2006): 川の防災情報. <http://www.river.go.jp/>, 国土交通省河川局.
- Lake, P. S. (2003): Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshwater Biology*, 48: 1161-1172.
- Mackay, R. J. and T. F. Waters (1986): Effects of small impoundments on Hydropsychid caddisfly production in Valley Creek, Minnesota. *Ecology*, 67: 1680-1686.
- 西村登 (1987): ヒゲナガカワトビケラ. 文一総合出版, 東京.
- Oswood, M. W. (1979): Abundance patterns of filter-feeding caddisflies (Trichoptera: Hydropsychidae) and seston in a Montana (USA) lake outlet. *Hydrobiologia*, 63: 177-183.
- Pardo, I., I. C. Campbell and J. E. Brittain (1998): Influence of dam operation on mayfly assemblage structure and life histories in two south-eastern Australian streams. *Regulated Rivers: Research & Management*, 14: 285-295.
- Poff, N. L., D. A. Allan, M. B. James, J. R. Karr, K. L. Prestegard, B. D. Richter, R. E. Sparks and J. C. Stromberg (1997): The Natural flow regime. *Bioscience*, 47: 769-784.

- Poff, N. L. and D. D. Hart (2002): How dams vary and why it matters for the emerging science of dam removal. *Bioscience*, 52: 659-668.
- Sheldon, A. L. and M. W. Oswood (1977): Blackfly (Diptera:Simuliidae) abundance in a lake outlet: Test of a predictive model. *Hydrobiologia*, 56: 113-120.
- Stevens, L. E., J. P. Shannon and D. W. Blinn (1997): Colorado River benthic ecology in Grand Canyon, Arizona, USA: dam, tributary and geomorphological influences. *Regulated Rivers: Research & Management*, 13: 129-149.
- 谷田一三・竹門康弘 (1999): ダムが河川の底生動物へ与える影響. *応用生態工学*, 2: 153-164.
- 谷田一三 (2005): ダムと河川生態系. *河川*, 713: 7-11.
- 津田松苗 (1962): 水生昆虫学. 図鑑の北隆館, 東京.
- 辻本哲郎 (1999): ダムが河川の物理的環境に与える影響 - 河川工学及び水理学的視点から -. *応用生態工学*, 2: 103 - 112.
- Vinson, M. R. (2001): Long-term dynamics of an invertebrate assemblage downstream from a large dam. *Ecological Application*, 11: 711-730.
- Ward, J. V. and J. A. Stanford (1983): The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. In *Dynamics of Lotic Ecosystems*, T. D. Fontaine and S. M. Bartell (eds.): 29-42. Ann Arbor Science, Ann Arbor.
- 日本ダム協会 (2004): ダム年鑑 2004. 財団法人日本ダム協会, 東京.