陸水生物学報（Biology of Inland Waters）33: 35-47（2018）

# 酸性河川（秋田県玉川水系渋黒川）における底生動物群集組成の季節変動と特性

青谷 晃吉

# Composition, seasonal dynamics and characteristics of benthic macro-invertebrate community of a highly acidic stream, Shibukuro Stream in Tamagawa River System, northern Honshu

Kokichi AOYA


## Abstract

Quantitative samples of benthic macro-invertebrates were collected from two mountainous streams: Shibukuro Stream (pH 3.1 in average) and Ishiguro Stream (pH 6.7 in average) of Tamagawa River System, Akita Prefecture, northern Honshu from May 15 to November 27, 2017. A total of 83 taxa were identified from Ishiguro Stream, whereas only eight taxa were identified from a highly acidic stream of Shibukuro Stream. The number of taxon increased in spring and autumn at Ishiguro Stream, but it was stable from spring to autumn at Shibukuro Stream. A stonefly shredder, *Protonemura kohnoae*, and a caddisfly predator, *Rhyacophila lezeyi*, were dominant in number and biomass at Shibukuro Stream. Larvae of *R. lezeyi* were often observed to eat nymphs of *P. kohnoae* at Shibukuro Stream throughout the year.


## はじめに

我が国には，火山活動の影響を受ける酸性河川が数多く，東北地方においても年間を通してpH 5未満の酸性水が流れる河川が7水系12河川あるという（後藤, 1982）. これら河川の酸性水は流域一帯の生活や産業に大きな被害を及ぼすことから，対策に苦心してきた歴史があり，過去の底生動物の調査は酸性水が生息状況に及ぼす影響や中和処理対策による水質環境の評価，河川水の管理手法の改善等を目的としたものが多い（菊地ほか, 1998; 福原・古木, 2010）. そのため，中性河川との動物相を比較した例は少ない（伊藤ほか, 2004; 武田ほか, 2015）.

玉川温泉は源泉がpH 1.05（秋田県分析化学センター, 2004）と世界でもトップ級の酸性水が噴出しており，この水の影響を受ける河川に生息する底生動物相については，当時クニマス *Oncorhynchus kawamurae* Jordan and McGregor, 1925が生息していた田沢湖への玉川酸性水の導入が始まる1940年2月20日以前から注目されていた（上野, 1940; 河西, 1942a, b）. しかし，これらの調査範囲は玉川温泉付近及び玉川本流に限られ，いずれも定性的な研究であった. その約30年後，横山（1972）が八幡平周辺の酸性水の影響を強く受けている小支流に生息する底生動物の定量調査を初めて行い，中性水域を含めた各地点の群集レベルの比較検討を行った. その結果，酸性河川では出現種類数が少なく，特定種の生息密度が高い特有の群集構造となっていることを報告している.

著者は，横山（1972）の調査結果に基づき，1981年に当時勤務していた秋田県の旧中仙町立（現大仙市立）中仙中学校の生徒と共に玉川酸性水の流入直下となる渋黒川を予察した際，酸性河川の底生動物の状況を初めて見て，特異な動物相であるという印象を強く受けた. 2017年5月にその経験をもとに，渋黒川を再調査したが，河川環境や底生動物群集が36年前の1981年当時と変わりないことを確認した. その知見をもとに，この渋黒川の特異な底生動物の群集構造について，玉川酸性水の影響をまったく受けない渋黒川の支流石黒沢の底生動物相と比較検討し，解析する. また，群集組成だけではなく，捕食・被食関係などの種間関係にも着目する.

## 調査地の概略及び調査方法

玉川温泉の東に位置する標高1,366mの秋田焼山は約2,500年前に山頂部に溶岩ドームが形成され，有史以降も水蒸気噴火の発生や溶岩流出があるなど火山活動が活発であり，山麓には酸性の温泉が多い（気象庁, 2018）. 玉川温泉の源泉は，その中で最大規模の温泉で，強酸性であるだけではなく，硫酸イオンより塩化物イオン濃度が高いという特異な水質である（後藤, 1982）. 源泉は古くから冷水沢や導水路を経由してすべて渋黒川に流入し，それより下流域では天保年間より除毒に苦慮してきた記録がある（溝口, 1938）.

渋黒川は水源の標高930 m，全長約7.2 kmの石礫底河川で，源流部は中性であるが，酸性の叫沢が流入するとpHは3.5〜4程度となり（青谷, 未発表），玉川温泉水が流入してさらに酸性度が増し，五十曲地点で雄物川水系の玉川と合流している．渋黒川の酸性度は，1991年より玉川温泉水の導水路流入口で国土交通省玉川酸性水中和処理施設が稼働したことにより弱まったものの，現在も依然として強い酸性を呈している（国土交通省東北地方整備局玉川ダム管理所, 2018）.

調査地は，中和処理施設より約2.5 km下流で，五十曲より約1 km上流の渋黒川とその支流石黒沢（水源の標高790 m，全長約4.5 km）である（北緯39.939°東経140.705°，標高480 m; 図1，2）. 渋黒川と石黒沢の合流点付近を，それぞれの河川の調査地点とした.

渋黒川の調査地点は，2017年6月6日の時点で流れ幅が11〜19 m，最大水深は約80 cmで，河床型はAa-Bb移行型である. 河床には砂と小礫（gravel）から成る砂礫層に長径 256 〜 1,000 mm 程度の巨礫（boulder）が主に載り石やはまり石状態，一部浮石状態で敷き詰められ，水面上に出たものも散在する. 巨礫周囲には大礫（cobble），中礫（pebble）が平瀬は1層，早瀬は2〜3層堆積している. 横断面3か所について画像分析ソフト（片山, 2015）により分析したところ，河床の表層を巨礫が占める割合は8〜9割であった．左岸にはブナ *Fagus crenata* Blumeなどの落葉樹と低木が見られ，右岸は岩盤になっているが，両岸とも岸際にササ類（*Sasa* spp. と *Sasamorpha* spp.）が多い.

石黒沢の調査地点は，渋黒川との合流点から100 m上流の砂防ダムとの間で, 2017年6月6日の流れ幅6〜7 m，最大水深は約50 cmで，河床型はAa-Bb移行型である. 河床には, 砂礫層に大礫が平瀬は1層，早瀬は2〜3層堆積している．河床の表層を巨礫が占

**Fig. 1.** Map showing the study sites at Shibukuro Stream and Ishiguro Stream in Tamagawa River System, northern Honshu.
図1. 玉川上流域における調査地: 渋黒川と石黒沢（国土地理院の電子地形図25000を掲載）.

める割合は3～4割であり, 渋黒川より少ない.

調査は 2017年 5月から 11月まで 15～ 22日毎に行った. 底生動物は0.3×0.3 m$^2$のコードラート付きサーバーネット（0.25㎜目）を用いて, 渋黒川では平瀬と早瀬で各1回, 石黒沢では平瀬で1回採集し, その場で白色バットにあけ, 目視で個体を拾い, 80%エタノール中に保存した. 底生動物を採集した方形枠内の底質の状況を把握するため, 必要に応じて底生動物と一緒に採取しバットにあけた砂礫をソーティング前に写真に収めた. また, 採集時やソーティング中の羽化や摂食行動等, 底生動物の特徴的な行動についても写真などで記録した.

底生動物の採集と同時に, 定点（渋黒川: 右岸の岩壁の一部, 石黒沢: はまり石となる巨礫の一側面）の水深, 水温, pHの測定を行なった. 水深は定点に捕虫網の柄を立て, 竹製物差しを用いて 5cm単位で, pHはガラス電極pHメーター（HI98128ハンナ, 千葉市）によって0.01単位で測定した. さらに, スィーピング法によって約1時間両河川の川岸で成虫を採集したほか, 渋黒川では2018年6月25日から11月8日までアウトドア用の蚊帳を改良した羽化トラップを調査日に9～11時間設置し, 羽化した成虫を採集した. また, 現地でソーティング中にバットから羽化した成虫もその場で捕獲し, 80% エタノール中に保存した. 持ち帰った底生動物は実体顕微鏡下で分類し, 一方形枠ごとの総湿重量を精密天秤（CUSTOM MS-50, 東京）によって1mg単位で測定したほか, 渋黒川のサンプルについては湿重量が大きい特定の2種について種ごとに測定した.

なお, 分類に際して, 昆虫以外の肉眼的無脊椎動物に関して, 『川村多實二原著淡水生物学』（上野, 1974）, 昆虫綱に関して, 『日本産水生昆虫 科・属・種への検索 第二版』（川合・谷田, 2018）, 『図説日本のユスリカ』（日本ユスリカ研究会, 2010）, 『原色川虫図鑑成虫編カゲロウ・カワゲラ・トビケラ』（丸山・花田, 2016）, 『兵庫の川の生き物図鑑』（兵庫陸水生物編集局, 2011）の単行本および, カワゲラ目成虫に関する2文献（Shimizu, 1998; Sivec and Stark, 2012）, ユスリカ科幼虫に関する2文献（北川, 2000, 2002）を利用した.

トビケラ目の蛹1種については神奈川県の野崎隆夫博士に, カワゲラ目の成虫2種については淡水ベントス研究所の清水高男博士に, ユスリカ科の幼虫1種については三重県の北川禮澄氏に, それぞれ同定いただいた.

さらに, 渋黒川の優占種であるトビケラ目1種とカワゲラ目1種の食性について解析するため, それぞれの幼虫の消化管内容物について検鏡した. 両種共に80%エタノールに保存した採集後2か月以内の成熟幼虫をそれぞれ2～5個体選び, 対象個体とした. トビケラ目の場合は, あらかじめ幼虫を光にかざして腹部の食物が充満している部分を確認したのち, 解剖と検鏡作業を行った. 実体顕微鏡下で消化管の充満部分をピンセットの先で割いて, 自作の先細スポイトで内容物を吸い取り, ホールスライドガラスに滴下した. そこにカバーガラスをかけてプレパラートを作成し, 生物顕微鏡（Nikon Eclipse E600, 東京）を用い100倍（接眼×10, 対物×10）で検鏡した. この作業を1個体に付き10回程度繰り返した. カワゲラ目の場合も同様の方法で行ったが, トビケラ目とは異なり内容物が見えにくいため, 頭部または前胸部を体から引き離し, 一緒に引き抜いた消化管又は消化管などから摘出した内容を試料とした. カワゲラ目は小型で内容物が少ないため, 作業は1個体に付き3回程度とした.

**Fig. 2.** Photograph of the study sites. Left: Ishiguro Stream, Right: Shibukuro Stream. Taken on Jun.6, 2017.

図2. 渋黒橋から望む調査地（左: 石黒沢 右: 渋黒川）.

## 調査結果

### 水深・水温・pH

各調査日に渋黒川及び石黒沢の各調査地点で定点測定した水深，水温，pHの季節変動を示した（図3）．調査期間中の水深は，渋黒川が20～75 cm（平均36 cm），石黒沢が10～60 cm（平均23 cm）と，常に渋黒川が石黒沢より10～20 cm深かった．また，季節的な変動の仕方は両河川で類似していた．5月中旬の出水は融雪によるもので，7月中旬の出水は前日の降雨によるものである．渋黒川の水温は6.4～19.3℃（平均14.1℃），期間中の変動幅は12.9℃で，石黒沢では1.9～16.3℃（平均10.8℃），変動幅は14.4℃であった．多量の融雪水が流入する5月中旬は両河川の水温にほとんど差がないが，水量が減少する6月上旬以降は渋黒川が石黒沢より2.3～4.6℃高くなっていた．渋黒川のpHは2.83～3.76（平均3.11）で，石黒沢は6.21～6.90（平均6.70）であった．石黒沢は温泉水の影響をまったく受けず，ほぼ中性を維持していた．

### 底生動物の種類組成

表１に採集日毎の種（類）別個体数を，渋黒川については早瀬・平瀬の各1枠の合計（0.18 $m^2$あたり）で，石黒沢については平瀬１枠分（0.09 $m^2$あたり）を示した．表1のうち注記の必要なものとしては以下の種（種類）が挙げられる．

クロカワゲラ科 Capniidaeのうち渋黒川のものは，成虫の前翅脈相からクロカワゲラ属の一種 *Capnia* sp.（清水ほか，2005）と考えられた．ハルホソカワゲラ属の一種 *Perlomyia* sp.は，著者が採集した複数の雄成虫，雌成虫の腹部末端の形態比較から1種のみと確認した．本種は *Perlomyia kersti* Sivec and Stark, 2012（Sivec and Stark，2012）の近縁種と考えられた．トワダオナシカワゲラ*Protonemura towadensis* (Kawai, 1954) は，著者が雄成虫の腹部末端の形態（Shimizu, 1998）から本種と確認した．KPHハモンユスリカ *Polypedilum* sp. KPH（仮称）は，著者が幼虫の下唇板等の形態から本種類（北川，2000）と確認した．

なお，トワダオナシカワゲラとコウノオナシカワゲラ*Protonemura kohnoae* Shimizu,1998は同属の近縁種で幼虫及び雌成虫では区別できないという．しかし，本調査及び2018年5月～11月における両河川の両岸及び水面におけるスィーピング法や羽化トラップなど，のべ24日間の成虫調査で採集されたコウノオナシカワゲラの雄成虫41個体がいずれも渋黒川からのものであり，石黒沢からは1個体も

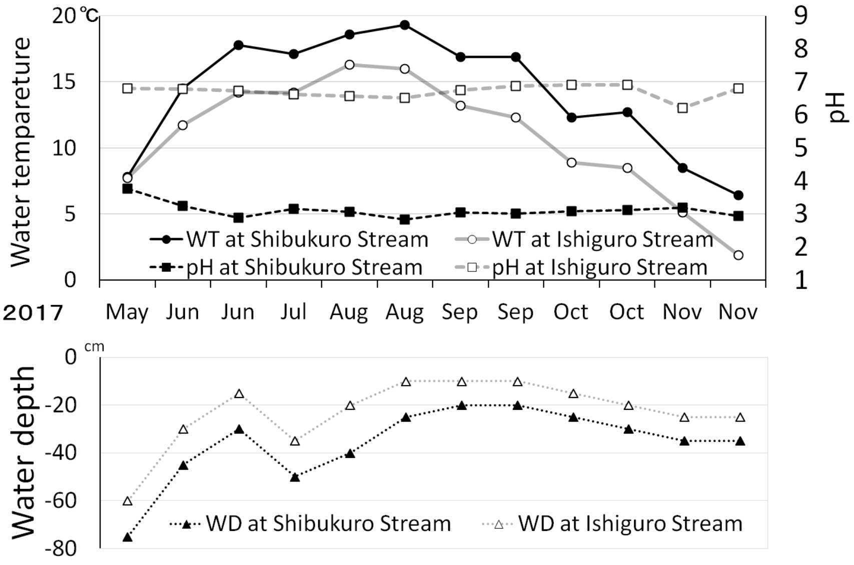


**Fig. 3.** Seasonal changes in water depth (dotted line of lower figure), water temperature (solid line of upper figure) and pH (dashed line of upper figure) at Shibukuro Stream (solid) and Ishiguro Stream (open).

図3．渋黒川と石黒沢における水温・pH（上）と水深（下）の季節変動．

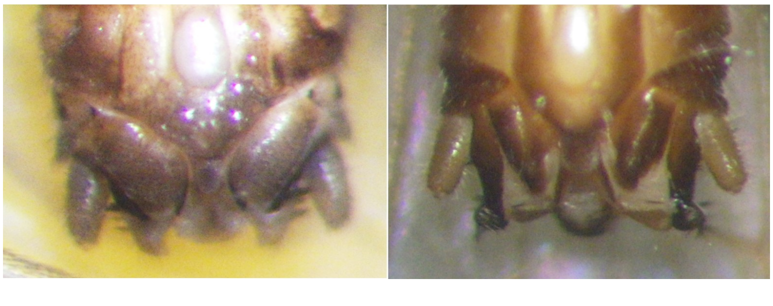

**Fig. 4.** Ventral views of male terminalia. Left: *Protonemura towadensis* collected on Sep. 28, 2018 , Right: *P. kohnoae* collected on Jun. 6, 2017.

図4. トワダオナシカワゲラ（左: 2018. 9. 28採集）・コウノオナシカワゲラ（右: 2017. 6. 6採集）の♂成虫の腹部末端腹面．

採集されなかった．さらに，2018年9月28日に石黒沢で幼虫のソーティング中，バットから直接羽化した成虫を持ち帰ったところ，腹部末端の形態からトワダオナシカワゲラの雄成虫であることを確認したことから，両河川のオナシカワゲラ属は別種であるかもしれない（図4）．

図5に調査日毎の全出現種類数（同科・属種が出現しない科・属止めのタクサ（種類）も1種類としてカウント）及び1 m$^2$あたりの湿重量の季節変動を示した．石黒沢の出現種類数は12〜34（平均22.4）の範囲で推移している（図5）．6月上旬をピークに減少し，9月下旬には最低の12種類となるが，その後次第に増加し，11月下旬には23種類となる．また，湿重量（現存量）は8月中旬が前後の調査日よりやや高い値となっているが，変動の仕方は種類数の変動と類似しており，6月上旬をピークに減少し，9月に最低値となりその後増加している（図5）．さらに，出現種類を目別に見ると，石黒沢では5月から9月上旬及び10月上旬にカゲロウ目が多く，全調査日でカゲロウ目の割合が全種類数の1/4を下回ることはない．5月と6月に全出現種類数が多いのは，この時期にカゲロウ目の種類数が多いことによる．また，9月下旬及び10月下旬以降はカゲロウ目よりカワゲラ目の種類数が多く，この期の全出現種類数の増加はカワゲラ目の種類数の増加と対応している．このほか，5月から9月上旬まではトビケラ目又はハエ目の種類数がカゲロウ目に次いで多かった．個体数で見た優占種は5〜6月及び9月下旬の4回がセスジミドリカワゲラ属 *Sweltsa* spp.，7〜9月上旬の4回がシロハラコカゲロウ *Baetis thermicus* Uéno, 1931，10〜11月の4回がユキシタカワゲラ属 *Mesyatsia* spp.であった．

これに対し，渋黒川の出現種類数は石黒沢より少なく，5〜14種類（平均7.2）の範囲で推移している（図5）．7月中旬だけが平均の2倍程度の種類数になっているが，これは調査日前日の出水により，調査地点の50 m上流で流入する栩沢や，1 km上流で流入する柳沢などの中性の支川などから多量の土砂と一緒に流下した個体が一時的に生息していたためと考えられる．それ以外の調査日は5〜9種類の範囲で変動幅が小さく，しかも出現種に変化はない．また，1回の調査日を除いて渋黒川の湿重量は石黒沢より常に少なく，渋黒川の方が上回ったのは6月下旬のみであった（図5）．この時期に湿重量が増加するのは優占種のレゼイナガレトビケラ *Rhyacophila lezeyi* Návas,1933の成熟幼虫が多数採集されたことによる．出現種を目別に見ると，渋黒川ではカゲロウ目がほとんど出現していない．個体数で見た優占種は5月中旬及び7月中旬〜10月中旬の7回がコウノオナシカワゲラ，6月上旬の1回がKPHハモンユスリカ，6月下旬の1回がレゼイナガレトビケラ，10月下旬〜11月下旬の3回がクロカワ

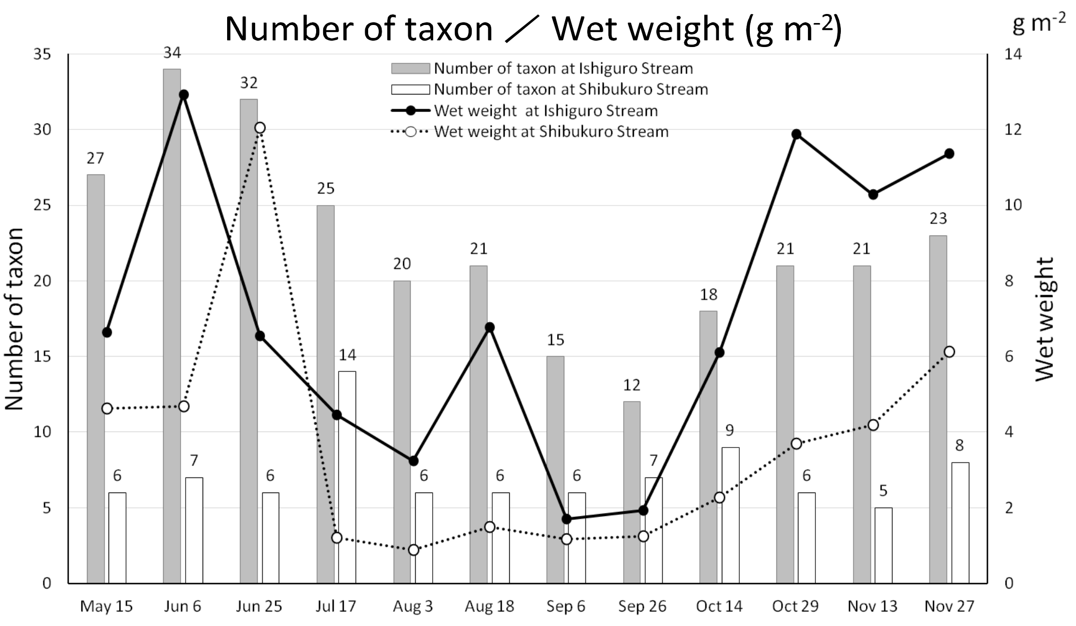


**Fig. 5.** Seasonal changes in the number of taxon in a quadrat (Ishiguro Stream: 0.09 m$^2$, Shibukuro Stream: 0.18 m$^2$) and wet weight (g m$^{-2}$) at each stream.

図5. 全種類数及び1m$^2$あたりの湿重量の季節変動.

**Table 1.** Benthic macro-invertebrates of Ishiguro Stream and Shibukuro Stream from May 15 to November 27, 2017. Figures show individual numbers in a quadrat (Ishiguro Stream: 0.09 $m^2$, Shibukuro Stream: 0.18 $m^2$).

表1. 底生動物の個体数の変動 (石黒沢: 0.09 $m^2$あたり, 渋黒川: 0.18 $m^2$あたり).

| No. | Order | Family | Species name | Japanese name | Ishiguro Stream | | | | | | | | | | | | Total | Shibukuro Stream | | | | | | | | | | | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | May 15 | Jun.6 | Jun.25 | Jul.17 | Aug.3 | Aug.18 | Sep.6 | Sep.26 | Oct.14 | Oct.29 | Nov.13 | Nov.27 | | May 15 | Jun.6 | Jun.25 | Jul.17 | Aug.3 | Aug.18 | Sep.6 | Sep.26 | Oct.14 | Oct.29 | Nov.13 | Nov.27 | |
| 1 | Tricladida | Dugesiidae | *Dugesia japonica* | ナミウズムシ | | | 1 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | Planariidae | *Phagocata vivida* | ミヤマウズムシ | 2 | 1 | 2 | | | | | | | | | | 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Tubificida | Enchytraeidae | Enchytraeidae spp. | ヒメミミズ科 | 5 | 1 | | | | | | | | | | | 6 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | Naididae | Naididae spp. | ミズミミズ科 | | 1 | 2 | | | | | | 1 | | 1 | | 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Acari | (unclear) | Acari spp. | ダニ目 | | 3 | | 3 | 7 | | | 4 | | | | | 17 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Ephemeroptera | Leptophlebiidae | *Paraleptophlebia japonica* | ナミトビイロカゲロウ | 3 | | 1 | | | | | | 1 | 2 | 1 | | 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | Ephemeridae | *Ephemera japonica* | フタスジモンカゲロウ | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | Ephemerellidae | *Cincticostella elongatula* | オオクママダラカゲロウ | 3 | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | *Cincticostella nigra* | クロマダラカゲロウ | | 2 | 8 | | | | | | 10 | 9 | 4 | 13 | 46 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | *Drunella basalis* | オオマダラカゲロウ | 2 | 2 | | | | | | 1 | 3 | 5 | 2 | 5 | 20 | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | *Drunella cryptomeria* | フタコブマダラカゲロウ | | 2 | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | *Drunella ishiyamana* | ヨシノマダラカゲロウ | | 3 | 4 | 10 | 7 | 9 | 1 | | | | | | 34 | | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 13 | | | *Drunella kohnoi* | コウノマダラカゲロウ | | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | *Drunella sachalinensis* | フタマタマダラカゲロウ | | 5 | 1 | 1 | | | | | | | | | 7 | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | *Drunella trispina* | ミツトゲマダラカゲロウ | 8 | 7 | 1 | 1 | | | | | | | | | 17 | | | | | | | | | | | | | |
| - | | | *Drunella* sp. | トゲマダラカゲロウ属の一種 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | *Ephemerella setigera* | クシゲマダラカゲロウ | | | | 3 | | 5 | | | | | | | 8 | | | | | | | | | | | | | |
| - | | | *Ephemerella* sp. | マダラカゲロウ属の一種 | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | Ameletidae | *Ameletus montanus montanus* | ヒメフタオカゲロウ | 1 | 3 | 1 | | | | | | | | | | 5 | | | | | | | | | | | | | |
| - | | | *Ameletus* sp. | ヒメフタオカゲロウ属の一種 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | Baetidae | *Alainites yoshinensis* | ヨシノコカゲロウ | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | *Baetiella japonica* | フタバコカゲロウ | 1 | 2 | | 1 | | 1 | 7 | 1 | 1 | | | | 14 | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | *Baetis sahoensis* | サホコカゲロウ | | | | | 2 | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | *Baetis thermicus* | シロハラコカゲロウ | 6 | 9 | 5 | 14 | 18 | 67 | 42 | 9 | 2 | 2 | 2 | 3 | 179 | | | | | | | | | | | | | |
| - | | | Baetidae spp. | コカゲロウ科 | | | 1 | | | | | | | | 1 | | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | Heptageniidae | *Cinygmula* spp. | ミヤマタニガワカゲロウ属 | 6 | 3 | | | | | | | | 1 | 2 | | 12 | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | *Ecdyonurus kibunensis* | キブネタニガワカゲロウ | | | 1 | 4 | 9 | 3 | 2 | | | | | | 19 | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | *Epeorus aesculus* | キイロヒラタカゲロウ | 8 | 9 | 13 | 2 | 1 | | | | | | | | 33 | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | *Epeorus curvatulus* | ウエノヒラタカゲロウ | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | *Epeorus ikanonis* | ナミヒラタカゲロウ | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | *Epeorus latifolium* | エルモンヒラタカゲロウ | | 1 | 7 | 4 | 12 | 4 | 1 | | | | | 1 | 30 | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | *Epeorus napaeus* | タニヒラタカゲロウ | | 1 | | | | | | | 5 | 13 | 23 | 6 | 48 | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | *Epeorus nipponicus* | ユミモンヒラタカゲロウ | | | | | | 3 | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| - | | | *Epeorus* spp. | ヒラタカゲロウ属 | 1 | 1 | | | | | | | | | 1 | | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | *Rhithrogena japonica* | ヒメヒラタカゲロウ | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | *Rhithrogena tetrapunctigera* | サツキヒメヒラタカゲロウ | 2 | 12 | 11 | 3 | 3 | | | | | | | | 31 | | | | | | | | | | | | | |
| - | | | *Rhithrogena* spp. | ヒメヒラタカゲロウ属 | | | | | | 3 | 1 | | | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | Plecoptera | Capniidae | Capniidae spp.(1) | クロカワゲラ科 | 1 | | | | | | | | 3 | | 5 | 7 | 16 | | | | | | | | 5 | 123 | 202 | 309 | 256 | 895 |
| 33 | | Leuctridae | *Perlomyia* sp. (2) | ハルホソカワゲラ属の一種 | | | | | | | | | | | | | | 39 | 6 | 14 | 12 | 86 | 77 | 118 | 90 | 62 | 11 | 42 | 73 | 630 |
| - | | | Leuctridae spp. | ホソカワゲラ科 | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 12 | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | Nemouridae | *Amphinemura* spp. | フサオナシカワゲラ属 | | 2 | 7 | 3 | 1 | | 2 | | | | | | 15 | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| 35 | | | *Nemoura* spp. | オナシカワゲラ属 | 3 | | | | | | | | | | 1 | | 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | *Protonemura kohnoae* (3) | コウノオナシカワゲラ | | | | | | | | | | | | | | 95 | 53 | 40 | 217 | 150 | 329 | 168 | 141 | 161 | 153 | 146 | 160 | 1813 |
| 37 | | | *Protonemura towadensis* (4) | トワダオナシカワゲラ | | | 2 | | | | | | | | | 3 | 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | Peltoperlidae | *Yoraperla uenoi* | ミヤマノギカワゲラ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 39 | | Taeniopterygidae | *Mesyatsia* spp. | ユキシタカワゲラ属 | | | | | | | | 3 | 45 | 48 | 79 | 58 | 233 | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | Chloroperlidae | *Suwallia* spp. | ツヤミドリカワゲラ属 | | 3 | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | *Sweltsa* spp. | セスジミドリカワゲラ属 | 13 | 15 | 21 | 11 | 15 | 25 | 21 | 13 | 19 | 7 | 19 | 26 | 205 | | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| - | | | Chloroperlidae spp. | ミドリカワゲラ科 | | | | 5 | | | | | | | | | 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | Perlidae | *Calineuria stigmatica* | モンカワゲラ | | | | | | | | | 1 | | 2 | 1 | 4 | | | | | | | | | | | | | |
| - | | | *Calineuria* spp. | モンカワゲラ属 | | 3 | 2 | | | | 6 | 5 | 9 | 2 | 1 | 7 | 35 | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | *Flavoperla* spp. | コナガカワゲラ属 | | | | 1 | | | | 1 | | 4 | | 3 | 9 | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | *Kamimuria quadrata* | クロヒゲカワゲラ | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| - | | | *Kamimuria* spp. | カミムラカワゲラ属 | | 1 | 1 | | | | | | | | | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | *Paragnetina suzukii* | スズキクラカケカワゲラ | | | | | | | | | | 3 | | | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | *Togoperla* spp. | トウゴウカワゲラ属 | 2 | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| - | | | Perlidae spp. | カワゲラ科 | | | | | 7 | 7 | | | | | | | 14 | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| 47 | | Perlodidae | *Isoperla* spp. | クサカワゲラ属 | | | | | | | | | 2 | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | *Megarcys ochracea* | オオアミメカワゲラ | | | 1 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | *Pseudomegarcys japonica* | ヒロバネアミメカワゲラ | | | | | | | | | | 7 | 1 | 3 | 11 | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | *Stavsolus* spp. | ヒメカワゲラ属 | | | | | | | | | | 4 | 1 | 3 | 8 | | | | | | | | | | | | | |
| - | | | Perlodidae spp. | アミメカワゲラ科 | | | | | 1 | 1 | | 2 | | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | |

**Table 1.** (Continued)　表1. (続き)

| No. | Order | Family | Species name | Japanese name | Ishiguro Stream May15 | Jun.6 | Jun.25 | Jul.17 | Aug.3 | Aug.18 | Sep.6 | Sep.26 | Oct.14 | Oct.29 | Nov.13 | Nov.27 | Total | Shibukuro Stream May15 | Jun.6 | Jun.25 | Jul.17 | Aug.3 | Aug.18 | Sep.6 | Sep.26 | Oct.14 | Oct.29 | Nov.13 | Nov.27 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 51 | Trichoptera | Hydropsychidae | *Arctopsyche* sp. AD | ADアミメシマトビケラ | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | | | *Parapsyche* sp. PC | PCシロフツヤトビケラ | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| - | | | *Parapsyche* sp. | シロフツヤトビケラ属の一種 | | | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | | | *Hydropsyche albicephala* | シロズシマトビケラ | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | | | *Hydropsyche selysi* | セリーシマトビケラ | 1 | 3 | 6 | | | | | | | | | | 10 | | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| - | | | *Hydropsyche* spp. | シマトビケラ属 | | | | | | | | | 4 | 1 | | 2 | 7 | | | | | | | | | | | | | |
| - | | | Hydropsychidae sp. | シマトビケラ科の一種 | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | Philopotamidae | *Dolophilodes japonica* | タニガワトビケラ | | | 5 | | | | | | | | | | 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | | | *Dolophilodes nomugiensis* | ノムギタニガワトビケラ | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | | | *Dolophilodes dilatata* | サキブトタニガワトビケラ | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 58 | | Polycentropodidae | *Plectrocnemia* spp. | ミヤマイワトビケラ属の一種 | | | 1 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 59 | | Stenopsychidae | *Stenopsyche marmorata* | ヒゲナガカワトビケラ | | 1 | | 1 | | | | | | 2 | | 1 | 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | | Glossosomatidae | *Glossosoma ussuricum* | イノブスヤマトビケラ | | | | 1 | 9 | 3 | 6 | 1 | 2 | | 2 | | 24 | | | | | | | | | | | | | |
| - | | | *Glossosoma* spp. | ヤマトビケラ属 | | | 1 | 1 | 2 | | | | | | 1 | | 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 61 | | Hydrobiosidae | *Apsilochorema sutshanum* | ツメナガナガレトビケラ | | 2 | | | 1 | 3 | | | | | | | 6 | | | | | | | | | | | | | |
| 62 | | Rhyacophilidae | *Rhyacophila clemens* | クレメンスナガレトビケラ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| 63 | | | *Rhyacophila lezeyi*[5] | レゼイナガレトビケラ | | | | | | | | | | | | | | 7 | 17 | 56 | 26 | 63 | 25 | 26 | 26 | 22 | 12 | 14 | 23 | 317 |
| 64 | | | *Rhyacophila nipponica* | ニッポンナガレトビケラ | 1 | 1 | | 1 | 2 | | | | | | | | 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 65 | | | *Rhyacophila* sp. (*kaltatica* group-sp.1) | *Rhyacophila* sp. (*kaltatica* group-sp.1) | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| 66 | | Apataniidae | *Apatania* spp. | コエグリトビケラ属 | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 2 | | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 67 | | Goeridae | *Larcasia akagiae* | コブニンギョウトビケラ | | | | | 3 | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 68 | | Lepidostomatidae | *Lepidostoma bipertitum* | ヒロオカクツツトビケラ | | | 1 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 69 | | | *Lepidostoma complicatum* | フトヒゲカクツツトビケラ | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| 70 | | | *Lepidostoma japonicum* | コカクツツトビケラ | 2 | 2 | 1 | | | | | | | | | | 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 71 | | | *Lepidostoma satoi* | サトウカクツツトビケラ | | | | | | | | | 4 | 3 | 13 | 6 | 26 | | | | | | | | | | | | | |
| - | | | *Lepidostoma* spp. | カクツツトビケラ属 | 2 | | 1 | | | 2 | | | 4 | | | 6 | 15 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 |
| 72 | | Uenoidae | *Neophylax japonicus* | ニッポンアツバエグリトビケラ | 9 | 8 | 1 | | | | | | | | | | 18 | | | | | | | | | | | | | |
| 73 | Diptera | Tipulidae | *Antocha* spp. | ウスバガガンボ属 | 1 | | 1 | | | | | | | | | | 2 | | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 74 | | | *Dicranota* spp. | ホソオビヒメガガンボ属 | | | | 2 | | | | | | | | | 2 | | | | | 1 | 5 | | 4 | 2 | 7 | 2 | 5 | 26 |
| 75 | | | *Hexatoma* spp. | ヒゲナガガガンボ属 | | | 2 | 1 | 2 | | | | | 2 | 1 | | 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 76 | | Blephariceridae | *Bibiocephala infuscata infuscata* | クロバアミカ | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 77 | | | *Philorus kuyaensis* | ヒゲボソオオフタマタアミカ | | | | | | | | | 1 | 2 | | | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 78 | | Ceratopogonidae | Ceratopogonidae spp. | ヌカカ科 | | | | | | | | | | | | | | | 5 | | | | | | | | | | 1 | 6 |
| 79 | | Chironomidae | *Ablabesmyia* sp. | ダンダラヒメユスリカ属の一種 | | | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| - | | | Tanypodinae spp. | モンユスリカ亜科 | | 1 | | 1 | | | | | | | | | 2 | | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 80 | | | *Diamesa* spp. | ヤマユスリカ属 | | 1 | 2 | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 81 | | | *Pagastia* spp. | オオユキユスリカ属 | | | | | | 2 | 1 | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 82 | | | *Potthastia* spp. | サワユスリカ属 | | | | | | | | | | 2 | | | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| - | | | Diamesinae spp. | ヤマユスリカ亜科 | 1 | | | | | | | | 3 | 1 | | | 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 83 | | | *Eukiefferiella* sp. EI[6] | EIテンマクエリユスリカ | | | | | | | | | | | | | | 3 | 4 | 11 | | 1 | 1 | | 4 | 11 | | | | 35 |
| - | | | Orthocladiinae spp. | エリユスリカ亜科 | 2 | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 84 | | | *Chironomus* sp. | ユスリカ属の一種 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| 85 | | | *Polypedilum* sp. KPH[7] | KPHハモンユスリカ | | | | | | | | | | | | | | 2 | 74 | 18 | 12 | 1 | 9 | 7 | 6 | 7 | 1 | | | 137 |
| 86 | | | *Rheotanytarsus* spp. | ナガレユスリカ属 | | | | 1 | | 1 | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 87 | | | *Micropsectra* sp. | ナガスネユスリカ属の一種 | | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 88 | | | Chironominae sp. | ユスリカ亜科の一種 | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| - | | | Chironomidae sp. | ユスリカ科の一種 | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 89 | | Simuliidae | *Eusimulium* spp. | ツノマユブユ属 | | | 1 | 2 | | 22 | 4 | 1 | | | | | 30 | | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 90 | | | *Prosimulium jezonicum* | キタオオブユ | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 91 | | | *Simulium* spp. | アシマダラブユ属 | | | 2 | 7 | | 4 | 4 | | | | | | 17 | | | | | | | | | | | | | |
| 92 | | Athericidae | *Atherix ibis japonica* | ハマダラナガレアブ | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 93 | | Dolichopodidae | Dolichopodidae sp. | アシナガバエ科の一種 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 94 | Coleoptera | Dytiscidae | *Platambus pictipennis* | モンキマメゲンゴロウ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 95 | | Scirtidae | *Hydrocyphon satoi* | ケシマルハナノミ | | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 96 | | | *Odeles wilsoni* | クロマルハナノミ | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Number of species | 27 | 34 | 32 | 25 | 20 | 21 | 15 | 12 | 18 | 21 | 21 | 23 | 83 | 6 | 7 | 6 | 14 | 6 | 6 | 6 | 7 | 9 | 6 | 5 | 8 | 26 |

(1) I confirmed this taxon in Shibukuro Stream by the structure of fore wing vein of the imago based on Shimizu et.al(2005). The genus of *Capnia*? (2) Dr.Shimizu identified the female imago. I confirmed it by the structure of female and male terminalia. (3) Dr.Shimizu identified the male imago and gave a species name. I confirmed it by the structure of the male terminalia (Fig.4). (4) I confirmed this species by the structure of the male terminalia based on Shimizu (1998). (5) Dr. Nozaki identified the female pupa. I confirmed the species by the structure of female and mail terminalia. (6) Mr. Kitagawa identified the larvae and gave this tentative name. (7) A tentative name given by Kitagawa (2000)

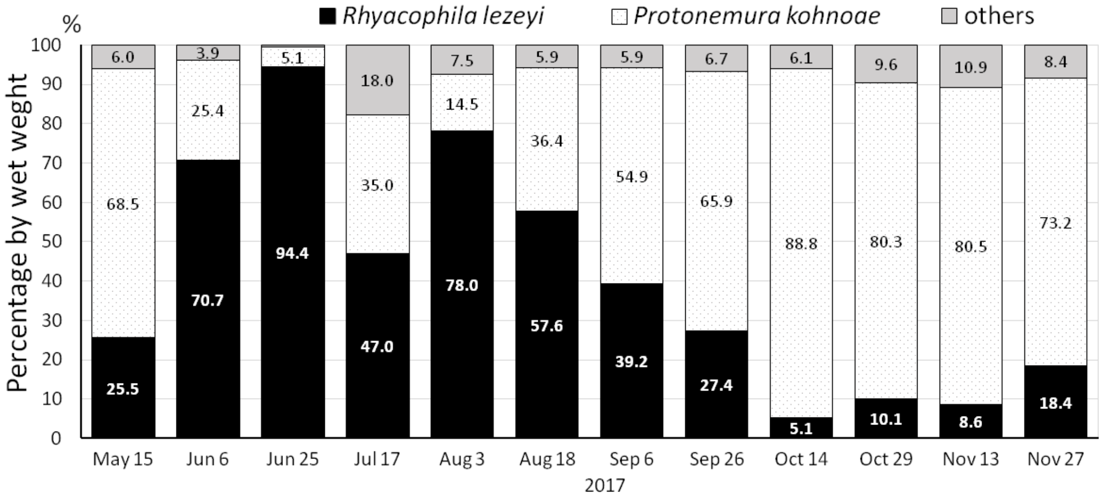


**Fig. 6.** Seasonal changes in the percentage by wet weight of *Rhyacophila lezeyi*, *Protonemura kohnoae* and other macro-invertebrates at Shibukuro Stream.

図6. 渋黒川におけるレゼイナガレトビケラ，コウノオナシカワゲラとそれ以外の肉眼的無脊椎動物の湿重量パーセントの変動.

ゲラ科（クロカワゲラ属の一種）であった．また，ハルホソカワゲラ属の一種，コウノオナシカワゲラ（以下「コウノ」と略す），レゼイナガレトビケラ（以下「レゼイ」と略す）の3種は調査期間を通じて出現しており，個体数において他種を上回ることが多かった．湿重量（現存量）で見た優占種は5月中旬及び9月上旬～11月下旬の7回がコウノ，6月上旬から8月中旬の5回がレゼイになっている(図6)．現存量ではコウノかレゼイのいずれかが優占種になっている．

次に渋黒川の群集構造を分析するため，調査日毎に優占種のコウノ，レゼイ，コウノとレゼイ以外の種の3つの分類群に分け，各分類群の重量パーセントの変動（図6），1 $m^2$あたりの湿重量（現存量）の変動（図7），コウノとレゼイ2種の平均個体重の変動（図8）を示した．各調査日におけるコウノとレゼイの重量パーセントの合計は常に全体の82%以上を占め，6月下旬には99.5%にも達していることから（図6），この2種が卓越する群集になっていることが分かる．また，各調査日のコウノとレゼイの現存量を比較すると，コウノは5月中旬から徐々に減少し，夏季は低い値のままで推移して10月中旬から徐々に増加するのに対し，レゼイは6月下旬のみが際立って高くなっている（図7）．さらに，コ

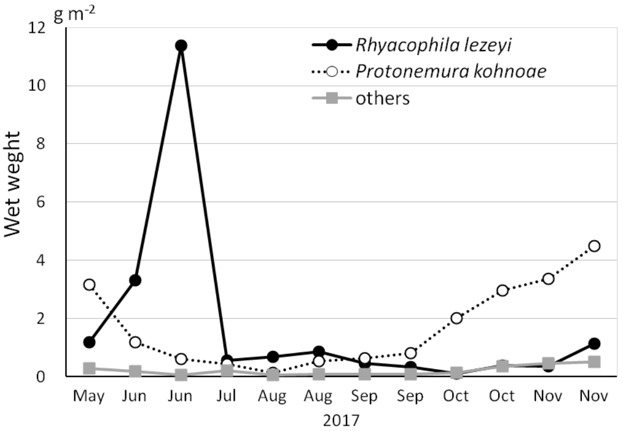


**Fig. 7.** Seasonal changes in wet weight (g $m^{-2}$) of *Rhyacophila lezeyi*, *Protonemura kohnoae* and other macro-invertebrates at Shibukuro Stream.

図7. 渋黒川におけるレゼイナガレトビケラ，コウノオナシカワゲラとそれ以外の肉眼的無脊椎動物の現存量の変動.

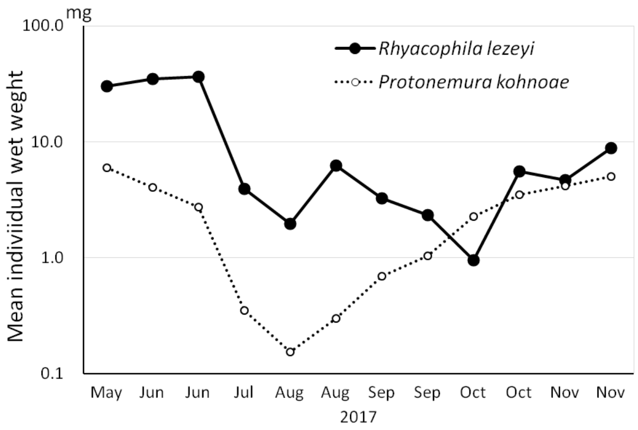


**Fig. 8.** Seasonal changes in mean individual wet weight (mg) of *Rhyacophila lezeyi* and *Protonemura kohnoae* at Shibukuro Stream. The vertical axis is in logarithmic scale.

図8. 渋黒川におけるレゼイナガレトビケラとコウノオナシカワゲラの平均個体重の変動.

ウノとレゼイのそれぞれの合計現存量を個体数で除した平均個体重を見ると（図8），桁はちがうものの両種の変動の仕方が似通っていた．

食性

レゼイ幼虫の消化管はどの個体もコウノの脚のキチン（硬片）などが充満しており（図9），レゼイ幼虫がコウノ幼虫を大量に摂食していると考えられた．また，ソーティングやサンプリング中などにレゼイ幼虫がコウノ幼虫に噛み付く行動がしばしば観察された（図10）．コウノ幼虫については，調査した6個体中， 2018年10月13日に採集した2個体から，落葉の一部と推定される維管束植物の葉が1個体に付き10個程度確認された（図11）．また，残り4個体は消化管内に葉片の細長い細胞が折り重なった集合体が多く観察された． 各調査日におけるソーティング前のバット内の砂礫や底質の写真を確認したところ， 渋黒川では夏季においても前年の秋から分解されずに水底に堆積している落葉や落葉片が多かった（図12）．落葉片に付随することの多い微生物については，検討できなかった．

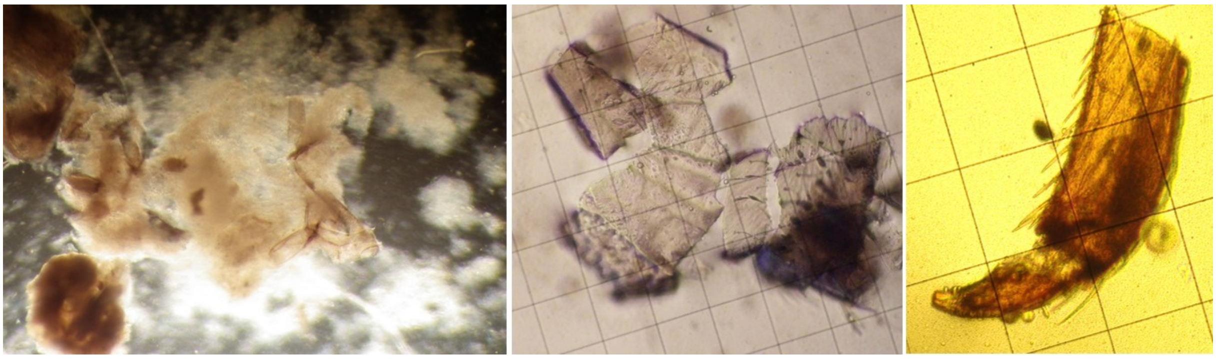

**Fig. 9.** Gut contents of 5th instar larvae of *Rhyacophila lezeyi* at Shibukuro Stream. Many fragments of nymphs of *Protonemura kohnoae* were observed. A square grid unit is 0.1mm. Left: parts of legs of *P. kohnoae*. Center: fragments of *P. kohnoae*. Right: a tarsus and claws of *P. kohnoae*.
図9. レゼイナガレトビケラ5齢幼虫の消化管内容物.

(Oct. 29, 2017) (Oct. 13, 2018) (Oct. 26, 2018)

**Fig. 10.** A larva of *Rhyacophila lezeyi* bites a nymph of *Protonemura kohnoae* at Shibukuro Stream.
図10. レゼイナガレトビケラ幼虫がコウノオナシカワゲラ幼虫に噛み付く様子.

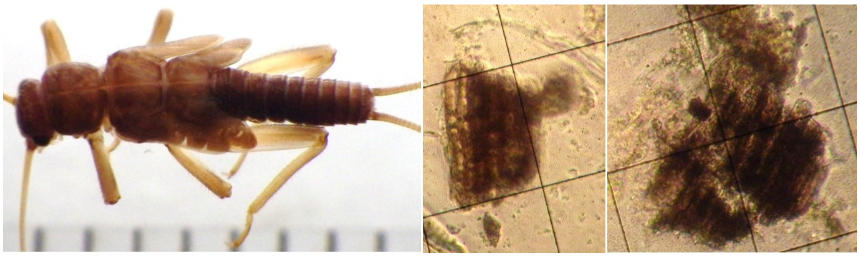

**Fig. 11.** A nymph of *Protonemura kohnoae* at Shibukuro Stream and its gut contents. Left: a nymph. A scale is 1mm. Center and right: fragments of leaf litter in the gut of a nymph. A square grid unit is 0.1mm.
図11. コウノオナシカワゲラ幼虫（左）とその消化管内容物（中，右）.

**Fig. 12.** Sand, gravel and leaf litter collected from the bottom of Shibukuro Stream, on Aug. 18, 2017.
図12. 底生動物と一緒に採取した砂礫と落葉.

## 考　察

### 河川環境及び底生動物群集組成の季節変動

渋黒川及び石黒沢の両河川の環境を比較すると，渋黒川の方が石黒沢より調査期間中の平均で水深が13 cm深く，水温が3.3℃高く，pHが3.59低いことが明らかになった（図3）．渋黒川は石黒沢より河川サイズが大きいため，流れ幅が広く，瀬と淵の違いもよりはっきりしていた．また，渋黒川では河床に巨礫の割合が多いのに対し，石黒沢では大礫や中礫の割合が多いなど，どちらも石礫底ではあるが，底質は若干異なっていた．

両河川間の水温差は，河川サイズの差異も関係していると思われるが，2017年晩秋の初降雪があった11月下旬になっても渋黒川の水温は6℃を下回らず（図3），2018年1～2月の厳冬期でも4.1～9.5℃（平均7.2℃）と4℃を下回らなかった（青谷，未発表）．このことから，渋黒川の高い水温は年中一定水温（98℃）で大量（毎分9000L）に噴出している高温水に起因するものと考えられる．

両河川間では，pHに大きな差があることが確認された（図3）．渋黒川で強い酸性を示す要因は，叫沢や玉川温泉からの酸性水の流入であることは疑いがない．また，5月中旬に酸性が幾分緩和されるのは，多量の融雪水により希釈されたためと考えられる．

石黒沢では春季にカゲロウ目を中心に種類数と現存量が多く（表1），それらは夏季に減少し，秋季にカワゲラ目を中心に増加している（図5）．この様相は，他の中性河川上流域の例（伊藤ほか，2004）と類似していたが，これがさらに山地の中性河川に普遍的な傾向であるかは，さらなる検討が必要である．

このような石黒沢の季節変化に対し，渋黒川では調査期間を通じて出現する種類に大きな変化はなく，かつ少ない種で構成されていた（表1）．特に，コウノ又はレゼイのどちらかが現存量で優占していたほか，10月上旬の1回の調査を除き，常に両種が第1あるいは第2優占種となっていた（図6）．したがって，渋黒川における底生動物全体の現存量の季節変動はこの2種の生活史に大きく左右されていると考えられた．

### 両河川の底生動物群集組成の違いとその要因

渋黒川では，全24回のサンプリングを通じて1方形枠あたり1個体のみが出現する14種類のうち11種類については出水量が多い5月～7月に集中していることから（表1），これらは出水時に桝沢をはじめとする上流の支川から流下昆虫として入り込んでいる可能性が高いと思われる．このため，この14種類については流下個体とみなしリストから除外すると，石黒沢では調査期間内に8目36科66属83種（類）が確認されたのに対し，渋黒川における確認種は3目7科8属8種（類）に限られ，石黒沢と比較し，極めて出現種が少ないことが明らかになった．互いに30m程度しか離れていないにもかかわらず，渋黒川の出現種類数が石黒沢より極端に少なく，コウノとレゼイの2種だけが優占する特異な群集組成となるなど，両河川の底生動物相はまったく異なる．優占種の構成が両河川で異なる点，渋黒川の種構成が単純なことは48年前の調査の結果（横山，1972）と変わっていない．渋黒川と石黒沢はほぼ同じ標高，よく似た河川形態や河床の状況であることから，この群集組成の差異は玉川温泉水などの酸性水の流入と深く関係していると考えられた．

今回の調査では，底生動物の調査のみならず成虫調査を補完的に行ったことや，以前より水生昆虫の分類解明度が飛躍的に進展したことにより（川合・谷田，2005，2018；兵庫陸水生物編集局，2011；丸山・花田，2016），両河川の底生動物相を詳細に比較分析することができた．石黒沢は山地渓流における典型的な底生動物相であることから，ここでは強い酸性の渋黒川を中心に，その底生動物群集の構造や成り立ちについて考察する．

我が国において，火山活動の影響を受けた酸性河川における底生動物の研究はこれまでも報告されており（菊池ほか，1998など），今回の調査結果と同様に酸性地点で出現種（類）数・現存量が少なく，オナシカワゲラ類やクロカワゲラ類が優占することが報告されている（伊藤ほか，2004；武田ほか，2015）．また，上野（1999）はスコットランドの湖において，pHの連続的な低下に伴い水生昆虫の多様度が減り続けている事例を紹介した上で，酸性河川で個体数，種類数，多様度が減少する傾向は一般的な現象であると捉えている．厳しい環境下ではそれに耐性のある生物が少なく，生物多様性が低下して単純な群集構造となることも知られていることから（オダム，1974），渋黒川においても強い酸性環境が，群集構造の単純化に多大な影響を与えていると推察された．

ところで，酸性水域に生息する種や属が中性水域にも生息していることがあり，このような種や分類群を耐酸性種あるいは好酸性属と呼んでいる

報告がある（河西1942b; 福原・古木, 2010）. しかし，この中性水域から酸性水域まで広範囲に適応するとした種が科や属の一種として取り扱われる場合には，酸性水域と中性水域で同一種ではないケースもありうる. 例えば, 酸性水域でしばしば優占種となるユビオナシカワゲラ属 *Protonemura* spp. が中性水域にも生息しているとする報告が多いが, 幼虫では同属の種の区別が困難なため, 酸性水域の種と中性水域の種が別種である可能性がある. 今回の調査では, 酸性の渋黒川と中性の石黒沢の両河川に生息するユビオナシカワゲラ属が，成虫の同定では別種であるとされた．両河川に生息するクロカワゲラ科については，成虫による種の同定はできていないが，渋黒川のクロカワゲラ科は，石黒沢のクロカワゲラ科とは別種の可能性がある．また，ホソオビヒメガガンボ属 *Dicranota* spp. についても両河川の種レベルの検討が必要である．

いっぽう，コウノやレゼイなど渋黒川の底生動物は中性河川にも普通に見られる種であり（服部, 2005; 清水，2009），レゼイは渋黒川よりやや酸性が弱い周辺の支川でも確認されている（青谷，未発表）．したがって，これらの種が石黒沢から見つかってもおかしくはないものの，本研究では確認できなかった．

**コウノオナシカワゲラとレゼイナガレトビケラが渋黒川において優占する理由**

渋黒川ではコウノとレゼイの2種だけで常に全現存量の8割以上を占めていた（図6）．この2種が渋黒川で優占している理由について考察する．第一に強い酸性に耐性があり生存可能な種が少ない．競合種が少ないことで種数の多い中性河川と比べ，レゼイとコウノのそれぞれの餌をめぐる種間競争が緩和されると推察される．

第二に餌資源が十分にあることが関係していると考えられた. 特に, レゼイとコウノの現存量が増大し，個体重が増加する時期が一致していることから（図7, 8), レゼイにとってコウノは成長のための重要な餌資源になっていると推察される．ナガレトビケラ属幼虫は肉食であること（服部，2005）や，今回の消化管内容物による分析結果，5月～11月を通じての調査からコウノとレゼイの間の食う食われる関係が常に存在すると推察された．

一方, コウノ幼虫については, 同じオナシカワゲラ科幼虫が落葉落枝を餌とする破砕食者に区分され（竹門，2005)，消化管内容物の観察結果からも落葉を摂食していることが確認された．渋黒川の上流域や周辺の状況から，調査地には餌となる落葉は十分に供給され，酸性化による細菌の活性低下（服部・佐竹, 1999）に伴い, 落葉の分解速度が低下することから，酸性水域は植物遺体が豊富で破砕食者の食物摂取に好都合であると捉えられている（上野，1999）. 強い酸性の渋黒川では夏季においてもコウノの餌となる落葉が十分に存在することがコウノの現存量を増大させている可能性が考えられた．

Kobuszewski and Perry（1994）は，酸性河川と中性河川の水生昆虫の年間生産量を比較し，耐酸性種の二次生産量が酸性河川において高くなる要因について，競争種が少ないことやナガレトビケラ属 *Rhyacophila* sp. やヒメフタオカゲロウ属 *Ameletus* sp. のなかの耐酸性種が利用可能な餌資源が増えるためと推察している. 渋黒川においても, 強酸性温泉水の流入によって酸性に耐性のない競争種が排除され，さらに細菌による落葉分解速度が低下した結果, レゼイとコウノの餌資源が増え, 現存量の増大につながったものと推察される．

第三にレゼイの捕食者がいないことが，本種が優占する理由と考えられる. 上野（1999）は酸性化に伴い魚類が消失した湖において，被食者であるミズムシ科やトンボ目の個体数が増加することを指摘している．渋黒川でも魚類が生息していないことが肉食のレゼイ個体群の生息密度を高めている可能性は高い．

今後は，渋黒川をはじめ酸性河川における特異な群集構造を理解する上で，コウノやレゼイの渋黒川と中性河川の個体群の遺伝子組成や食性，生活史，微生息場所などを比較する生態学的研究のほか，酸性に対する耐性など生理学的研究が必要である．

## 謝　　辞

本研究を進めるにあたり，調査に同行いただき，現地で助言くださるとともに，水生昆虫に関する有益な情報を提供くださった大阪市立自然史博物館谷田一三博士，レゼイ蛹の同定をしてくださった神奈川県野崎隆夫博士，ユスリカ幼虫を同定いただくともに文献を恵与くださった三重県北川禮澄氏，酸性河川の底生動物に関する文献を恵与くださった福島大学共生システム理工学類塘忠顕教授, ホソカワゲラ科, オナシカワゲラ科の成虫を同定してくださった淡水ベントス研究所清水高男博

士，ホソカワゲラ科成虫に関する知見をご提供くださった愛知工業大学工学部内田臣一教授，酸性河川に生息する底生動物の食性等に関してご教示くださった山梨大学生命環境学部岩田智也准教授，ナガレトビケラ属に関する情報を提供くださった大阪府立大学高等教育推進機構平祥和博士，過去に玉川ダム周辺で採集したユビオナシカワゲラ属成虫の標本を恵与くださった株式会社自然科学調査事務所田中政行部長，調査分析に協力くださった株式会社自然科学調査事務所 （大仙市）に厚くお礼申し上げる．

## 引用文献

秋田県分析化学センター. 2004. 玉川温泉 大噴源泉. 入浴又は飲用上の注意, 温泉の成分 (別表). 2004年9月9日分析.

福原晴夫・古木真理華. 2010. 自然酸性河川における水生昆虫の現存量 ―長野県須高地方，松川及び米子川の例―. 新潟大学教育学部研究紀要 自然科学編, 3: 31-40.

後藤達夫. 1982. 酸性温泉水の処理対策. 温泉科学, 32: 105-123.

服部浩之・佐竹研一. 1999. 環境の酸性化とナラタケによる森林被害. 酸性環境の生態学（佐竹研一編), pp. 62-76. 愛智出版, 東京.

服部壽夫. 2005. ナガレトビケラ科. 日本産水生昆虫 科・属・種への検索 （川合禎次・谷田一三編), pp.414-437. 東海大学出版会, 泰野, 神奈川.

兵庫陸水生物編集局. 2011. 兵庫の川の生き物図鑑. 兵庫陸水生物研究会, 姫路.

伊藤富子・安富亮平・村上豊・田島則善. 2004. 酸性河川の底生動物: 北海道南部・南茅部町八木川水系の例. 北海道水産孵化場研究報告, 58: 9-15.

片山博之. 2015. KS画像カラスンポ ver.0.6 (https:// katahiromz. web. fc2. com/ karasunpo/ index. html #kankyo).

川合禎次・谷田一三（編著). 2005. 日本産水生昆虫 科・属・種への検索. 東海大学出版会, 泰野, 神奈川.

川合禎次・谷田一三（編著). 2018. 日本産水生昆虫 科・属・種への検索 第二版. 東海大学出版部, 平塚, 神奈川.

河西芳一. 1942a. 日本に於ける無機酸性河川の動物相 (1). 陸水学雑誌, 12: 14-21.

河西芳一. 1942b. 日本に於ける無機酸性河川の動物相 (2). 陸水学雑誌, 12: 56-62.

菊池健児・伊藤 歩・北田久美子・相沢次郎・海田輝之. 1998. 鉱山廃水処理水を受容する河川の水環境について ―岩手県北部を流下する赤川を対象にして―. 環境工学研究論文集, 35: 273-284.

気象庁. 2018. 東北地方の活火山, 秋田焼山. 2018年11月16日更新 (https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/sendai/ 205_Akita-Yakeyama/205_index.html). 2018年11月17日閲覧.

北川禮澄. 2000. ユスリカの幼虫の形態的特徴と図. 淡水生物, 79: 14-161.

北川禮澄. 2002. 酸性河川に生息するユスリカ幼虫. 淡水生物, 87: 12-16.

Kobuszewski D.M. and S. A. Perry. 1994. Secondary production of *Rhyacophila minora*, *Ameletus* sp., and *Isonychia bicolor* from streams of low and circumneutral pH in the Appalachian Mountains of West Virginia. Hydrobiologia, 273: 163-169.

国土交通省東北地方整備局玉川ダム管理所. 2018. 中和処理施設の概要, 2018年11月9日更新(http://www.thr.mlit.go.jp/tamagawa/01dam/04tyuwagaiyo/index.html). 2018年11月17日閲覧.

丸山博紀・花田聡子（編著). 2016. 原色川虫図鑑 成虫編 カゲロウ・カワゲラ・トビケラ. 全国農村教育協会, 東京.

溝口三郎. 1938. 田澤湖疏水計畫と玉川毒水問題 (其一). 陸水学雑誌, 10: 64-75.

日本ユスリカ研究会（編著). 2010. 図説日本のユスリカ. 文一総合出版, 東京.

オダム, E.P. 1974. 生態学の基礎 上 (三島次郎訳). 培風館, 東京.

Shimizu, T. 1998. The genus *Protonemura* in Japan (Insecta: Plecoptera: Nemouridae). Species Diversity, 3: 133-154.

清水高男. 2009. カワゲラ目の環境指標性. 昆虫と自然, 44(14): 13-17.

清水高男・稲田和久・内田臣一. 2005. カワゲラ目 (襀翅目). 日本産水生昆虫 科・属・種への検索 (川合禎次・谷田一三編), pp.237-290. 東海大学出版会, 泰野, 神奈川.

Sivec, I. and B.P. Stark. 2012. Seven new species of *Perlomyia* (Plecoptera: Leuctridae) from Japan. Illiesia, 8: 94-103.

武田悠太・難波元生・塘 忠顕. 2015. 長瀬川及びその左支川・酸川における底生動物相. 福島生物,

58: 35-48.
竹門康弘．2005．特集3 流域生態系の保全・修復戦略 — 生態学的ツールとその適用．底生動物の生活型と摂食機能群による河川生態系評価．日本生態学会誌, 55: 189-197.
上野益三. 1940. 田澤湖生物群聚の昭和14年夏季の状態. 陸水学雑誌, 10: 106-113.
上野益三（編著）1974. 川村多實二原著 日本淡水生物学. 北隆館, 東京.
上野隆平．1999．陸水の酸性化の水生昆虫への影響．酸性環境の生態学（佐竹研一編）. pp. 48-61. 愛智出版, 東京.
横山宣雄. 1972. 八幡平西斜面渓流の水生昆虫群集とその保護．日本自然保護協会調査報告, 42（十和田八幡平国立公園 — 後生掛地区地熱発電所計画に伴う学術調査報告）: 269-277.

青谷 晃吉　〒014-0043 秋田県大仙市大曲戸巻町 10-6

Kokichi AOYA　Omagaritomaki-cho 10-6, Daisen City, Akita 014-0043, Japan

（2018年10月25日受付, 2018年11月28日受理）