

息するミズバチ類の生態に関する知見を蓄積することを目的として、雄子沢川に6つの調査地点を設け、その底生動物相の網羅的な調査を実施した。

調査地点と調査方法

本研究の調査地である雄子沢川は阿賀野川水系の一級河川である。雄国沼北東部の標高1,083mの地点を発出し、桧原湖南西部の標高823mの地点へ流入する流程約4.4kmの河川である(図1)。雄国沼の流出部から約2.9km下流の場所から桧原湖流入部直上までの間に6つの調査地点を設定した(図1, 2)。これら6つの調査地点はすべてA型の河川形態を呈し、底質は砂礫質・礫質で、河畔植生はジュウモンジシダ・サワグルミ群集であった(環境省自然環境局生物多様性センター、自然環境調査Web-GIS(植生調査1/25,000, 第6-7回自然環境保全基礎調査植生図), URL: <http://gis.biodic.go.jp/webgis/>)。ただし、調査地点周辺にはブナ・ミズナラ群落、オオバクロモジ・ミズナラ群集、チシマザサ・ブナ群団、スギ・ヒノキ・サワラ植林、カラマツ植林などの植生も見られる(植生自然度区分における凡例の名称は自然環境調

査Web-GISで使用されたものである)。

各調査地点の河川環境として、川幅、流速、最大水深、水温、COD、DO、ECの値を測定した。川幅は2021年10月に巻き尺で、流速は2021年7月と9月にプロペラ式ハンディ流速計(セネコム社製)を用いて河川内の5ヶ所で、最大水深は7月、9月、10月に流速計の柄に刻まれた目盛りを用いて測定した。水温とECは7月、9月、10月にpH/ECメーター(HANNA Instruments社製)を用いて、DOは7月と10月に溶存酸素計(FUSO社製)を用いてそれぞれ河川内の3ヶ所で測定した。CODは7月、9月、10月にパケットテスト(共立理化学研究所製)を用いて河川内1ヶ所で簡易的に測定した。6つの調査地点の水質を含む河川環境の測定結果を標高・底質とともに表1に示した。調査地点1(St.1)、調査地点5(St.5)、調査地点6(St.6)は、夏季は河川の上空が河畔林の林冠鬱閉のために暗かった。これら3つの調査地点の中でSt.6の林冠が最も鬱閉されていた。また、調査地点2(St.2)の上空も雄子沢橋によって遮られており、暗かった。調査地点3(St.3)と調査地点4(St.4)は河川上空が開けており、明るかった。

底生動物の採集は、各調査地点に流程に沿って5m



図1 調査地位置図

雄子沢川は流程約4.4kmの河川で、雄国沼北東部を発出し、裏磐梯地域を流れ、桧原湖南西部に流入する。本研究では雄国沼の流出部から約2.9km下流の場所から桧原湖流入部直上までの間に6つの調査地点(St.1-St.6)を設定した。

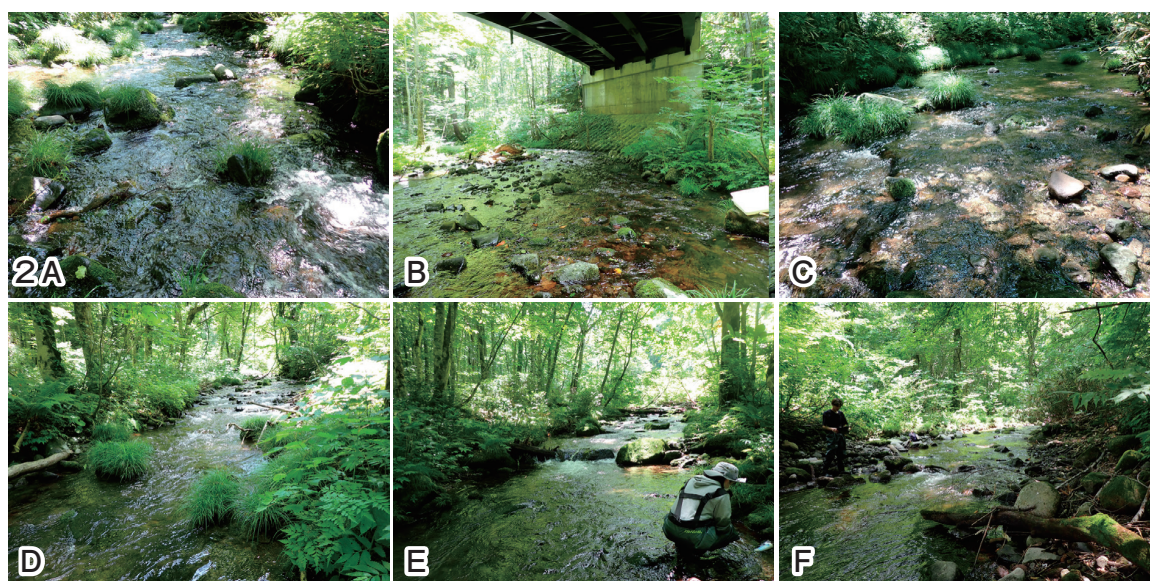


図2 調査地

A. St.1, 写真奥が下流側(標高約880m, 2021年7月17日撮影)。B. St.2, 写真奥が上流側で(標高約874m, 2021年7月23日撮影), 上空を雄子沢橋によって遮られている。C. St.3, 写真奥が上流側(標高約865m, 2021年7月17日撮影)。D. St.4, 写真奥が上流側(標高約859m, 2021年7月17日撮影)。E. St.5, 写真奥が上流側(標高約853m, 2021年7月17日撮影)。F. St.6, 写真奥が上流側で(標高約823m, 2021年7月23日撮影), この場所から約10m下流で桧原湖に流入する。

表1. 雄子沢川で底生動物相調査を実施した各調査地点の標高, 底質と河川環境

	←上流側(雄国沼)			下流側(桧原湖)→		
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
標高 (m)	880.4	874.3	864.6	859.3	853.4	822.5
川幅 (m)	6.7	5.7	6.4	5.8	4.5	5.0
底質	砂礫質・礫質	砂礫質・礫質	砂礫質・礫質	砂礫質・礫質	砂礫質・礫質	砂礫質・礫質
流速 (cm/s)	12.2-76.2	0-61.0	0-67.1	0-76.2	12.2-76.2	3.0-149.4
最大水深 (cm)	31	24	27	37	26	35
水温 (°C)*	7月	13.0	12.8	13.3	13.6	14.2
	10月	8.3	8.8	9.1	9.3	9.4
COD (mg/L)	7月	0.5	2.0	1.0	0.5	2.0
	10月	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0
DO (mg/L)	7月	20.1-23.5	21.4-24.2	19.3-22.4	22.5-25.5	22.2-26.0
	10月	18.5-18.8	18.5-18.8	17.8-18.4	17.4-17.8	17.8-17.9
EC (μS/cm)	35-39	35-38	34-39	35-39	35-39	37-41

* 3ヶ所の測定結果の平均値

の調査範囲を設定し, その範囲内で2021年7月23日と11月3日にそれぞれ目合1mm, フレーム幅40cmの水生昆虫稚魚すくい網(HOGA社製)を用いた20分間のランダムサンプリングと, 目合0.3mm, 25cm×25cm角のサーバーネットを用いたコドラートサンプリングを調査地点につき2ヶ所で実施した。採集した底生動物は70%エタノールで固定し, 実体顕微鏡を用いて可能な限り種まで同定した。また, 6つの調査地点において,

トビケラ類に寄生したミズバチ類の老熟幼虫が形成したリボン(トビケラ類の巣内で繭を作って蛹化したミズバチ類の蛹が呼吸器官として利用すると考えられている構造物)が伸長するトビケラ類の巣を2021年7月18日, 9月1日, 10月25日に採集した。

データの解析方法

調査地点間の底生動物相の類似度は、統計解析のフリーソフトウェアであるR version 4.2.1 (R Core Team, 2022) を使用したクラスター解析によって解析した。クラスター解析はランダムサンプリングとコードラートサンプリングによって得られたサンプルの存在データを用いて、Jaccard距離 (vegdist関数) と hclust関数を使用し、Ward法によって実施した (hclust関数の binary距離を用いた解析も実施したが、その場合も得られたデンドログラムの樹形は同じであった)。なお、ミドリカワゲラ科の属未同定種群、ヌカカ科の属未同定種群、ユスリカ科の属未同定種群、ウズムシ科の属未同定種群は複数種を含む可能性が高いが、解析ではそれぞれを単一種とみなした。

結 果

雄子沢川の底生動物相

本研究における調査によって、裏磐梯地域を流れる雄子沢川の6つの調査地点から7月と11月の2回の調査で、合わせて55科80属101種群の底生動物が記録された (属を同定できなかった種を複数含む可能性が高い場合は「種群」と表記することとする, 表2)。ミズダニ類とミミズ類は科を同定することができなかったため、表2には含めなかったが、これらを含めると103種群の底生動物が記録されたことになる。採集されたサンプルの中には体サイズが小さく、属の同定や種の同定ができなかった個体が多数含まれていたが、同じ科に属する属で種同定された種が記録されている場合や同じ属に属する種が記録されている場合は、表2には含めなかった。ヒメドロムシ科で種同定できたのは成虫が記録されたムナミゾマルヒメドロムシだけであったが、属未同定の幼虫がすべての調査地点から記録された。これらの幼虫の中にはムナミゾマルヒメドロムシが含まれている可能性もあるが、表2には「ヒメドロムシ科属未同定種群 (幼虫)」として含めた。記録された底生動物はほとんどが水生昆虫で、カゲロウ目6科13属22種群、トンボ目2科2属3種、カワゲラ目7科18属19種群、ヘビトンボ目1科1属1種、アミメカゲロウ目1科1属1種群、トビケラ目19科23属32種群、コウチュウ目5科6属6種 (ヒメドロムシ科の幼虫は含まない)、ハチ目1科1属1種、ハエ目10科12属13種群、合わせて98種群となった。水生昆虫以

外の底生動物はヨコエビ目マミズヨコエビ科のフロリダマミズヨコエビ、マルスダレガイ目マメシジミ科の属未同定種、ウズムシ目サンカクアタマウズムシ科の属未同定種の3種群だけであった (表2)。6つの調査地点から記録された種数 (ヒメドロムシ科の幼虫は含まない) はSt.1からは61種、St.2からは66種、St.3からは71種、St.4からは最も多い73種、St.5からは69種、St.6からは最も少ない51種であった (表2)。

6つの調査地点それぞれから記録された底生動物の存在データを用いたクラスター解析の結果を図3に示した。非類似度0.35を基準にすると、St.1、St.2、St.4と、St.3とSt.5がそれぞれクラスターを形成した。St.1、St.2、St.4からなるクラスターではSt.1とSt.2からなるサブクラスターが形成されたが、St.4との違いはごくわずかであった (図3)。松原湖流入部に最も近いSt.6は他の5つの調査地点とは底生動物相が異なることが示唆された (図3)。

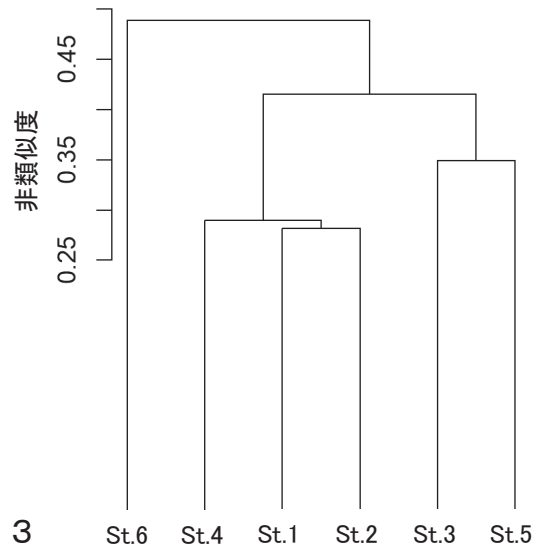


図3 調査地点間の底生動物相の類似度に関するデンドログラム

調査地点間の底生動物相の類似度は、統計解析のフリーソフトウェアであるR version 4.2.1を使用し、各調査地点で記録された底生動物の存在データに基づいて、Ward法を用いたクラスター解析によって解析した。非類似度0.35を基準にすると、底生動物相は「St.1、St.2、St.4」と「St.3とSt.5」と「St.6」の3つに分けられた。松原湖流入部に最も近いSt.6は他の5つの調査地点とは底生動物相が異なることが示唆された。

雄子沢川から採集されたミズバチ類

ミズバチ類に寄生されたトビケラ類は6つの調査地点すべてから記録された（表2）。トビケラ類の巣を解体して、寄生しているミズバチ類のステージを確認したところ、7月18日に採集したトビケラ類からは老熟幼虫（前蛹を含む）は見出されず、蛹だけが見出されたのに対して、10月25日に採集したトビケラ類からは老熟幼虫（図4A）と蛹の両方が見出され、むしろ老熟幼虫の方が多かった（表3）。また、7月23日に実施したコドラートサンプリングによって、St.6からミズバチ類の1齢幼虫が採集された（図4B）。なお、7月、9月、10月のいずれの月においても、トビケラ類の巣からミズバチ類の形成したりボンの伸長は認められるものの、巢内にミズバチ類の老熟幼虫や蛹が見出されないものが認められた（表3）。

考 察

雄子沢川の底生動物相の調査地点間の比較

本研究で底生動物相調査を実施した6つの調査地点の底質はすべて砂礫質・礫質で（表1）、河畔植生もジュウモンジシダ・サワグルミ群落で共通していた（環境省自然環境局生物多様性センター、自然環境調査Web-GIS（植生調査1/25,000、第6-7回自然環境保全基礎調査植生図））。10月の川幅はSt.5とSt.6がやや狭く、それぞれ4.5mと5.0mであったが、それ以外の地点は5.7-6.7mの間であり（表1）、調査地点間で極端に異なる訳ではなかった。水質にも調査地点間に顕著な違いは認められなかった（表1）。しかし、各調査地点の底生動物相について、底生動物各種の存在データに基づいてクラスター解析を実施したところ、底生動物相はSt.6とそれ以外の調査地点との間で異なることが示唆された（図3）。記録された種数はSt.1-5はすべて60種以上であったのに対して、St.6は51種と最も少なかった（表2）。その調査地点だけで記録された調査地点固有種の数は、St.3が9種と多

かったが、それ以外の調査地点では3種か5種であり、調査地点間で大きな違いはなかった。一方、その調査地点でだけ記録されなかった種数は、St.1-5は1-4種であったのに対して、St.6は9種（St.6でだけ記録されなかった種：ヨシノマダラカゲロウ、ユミモンヒラタカゲロウ、クロヒゲカワゲラ、ニッコウアミメカワゲラ、タシタナガレトビケラ、アミメシマトビケラ、ウルマーシマトビケラ、ペリコマ属の一種（チョウバエ科）、アシマダラブユ属の一種）と多かった（表2）。記録された種数が少なかったことと他の調査地点には生息している種が記録されなかったことが、St.6と他の調査地点との間の底生動物相の違いの原因ではないかと思われる。St.6の底生動物相が他の調査地点のそれとは異なる要因は、St.6は桧原湖への流入部直上（桧原湖とは約10mしか離れていない）であり（図1）、止水域である桧原湖の影響を強く受ける場所に位置するためであると思われるが、St.5との距離が離れていることも要因の一つかもしれない。St.5とSt.6との間は約740m離れているのに対して、St.1からSt.5までの距離は約660mしかない。St.1からSt.6までの間、雄子沢川の河川勾配は比較的緩やかで、調査地点間で底質、河畔植生、水質に顕著な違いは見られなかったが（表1）、底生動物相は桧原湖に近づくにつれて緩やかにではあるが、変化しているのかもしれない。なお、St.6だけが1888年の磐梯山噴火による山体崩壊によって岩屑なだれ堆積地となった場所であるが（国土地理院火山土地条件図「磐梯山」、2003年3月公開）、上述したように現在は河川環境や河畔植生に他の調査地点との違いは認められなかったため、1888年の磐梯山噴火の影響で底生動物相が他の調査地点とは異なるとは考えられない。

雄子沢川の底生動物相

雄子沢川ではこれまでに本研究におけるSt.2と同じ場所において、大平・塘（2013, 2015）が底生動物相調査を実施し、54種の底生動物を記録している（大平・

表3. 7月、9月、10月にニッポンアツバエグリトビケラの巢内から採集されたミヤマミズバチのステージ等

	老熟幼虫(前蛹を含む)	蛹	ステージ判別不能*	空**
2021年7月18日	0	8	5	6
2021年9月1日	0	0	2	1
2021年10月25日	8	3	6	7

*巢内から個体を上手く取り出せず、ミヤマミズバチの後胚発生ステージを特定することができなかった。

**ミヤマミズバチが形成したりボンは認められるものの、巢内に個体が認められなかった。

塘 (2015) は雄子沢川から記録された底生動物の種数を47種群とし、それには大平・塘 (2013) の結果も含むとしているが、大平・塘 (2013) が記録したウエストントビイロカゲロウ、シロハラコカゲロウ、ユミモンヒラタカゲロウ、ユビオナシカワゲラ属の一種、イノプスヤマトビケラ、ウルマーシマトビケラ、ヒゲナガガガンボ属の一種の7種が含まれていない)。大平・塘 (2013, 2015) がSt.2から記録した種のうち、キイロヒラタカゲロウ *Epeorus aesculus* Imanishi, タニヒラタカゲロウ *E. napaeus* Imanishi, オビシタカワゲラ属の一種 *Obipteryx* sp., セスジミドリカワゲラ属の一種 *Sweltsa* sp., カミムラカワゲラ *Kamimuria tibialis* (Pictet), アサカワヒメカワゲラ属の一種 *Kagotus* sp., コグサヒメカワゲラ属の一種 *Ostrovus* sp., ヒメカワゲラ属の一種 *Stavsolus* sp., クワヤマナガレトビケラ *Rhyacophila kuwayamai* Schmid, トランスクイラナガレトビケラ *R. transquilla* Tsuda, ヒロオカクツツトビケラ *Lepidostoma bipertitum* (Kobayashi), ヤマガタトビイロトビケラ *Nothopsyche yamagataensis* Kobayashi, セトトビケラ属の一種 *Setodes* sp., トウヨウグマガトビケラ *Gumaga orientalis* (Martynov), モンキマメゲンゴロウ *Platambus pictipennis* (Sharp), ミズムシ *Asellus hilgendorffii* Bovallius (ワラジムシ目ミズムシ科) の16種は本研究では記録されなかった。また、大平・塘 (2018) が雄子沢川の標高929mの場所で2016年5月21日, 6月12日, 10月14日に採集した底生動物のうち、ハルホソカワゲラ属の一種 *Perlomyia* sp. (5月21日, ただしオス成虫), ホタルトビケラ属の一種 *NA Nothopsyche* sp. *NA* (6月12日) の2種も本研究では記録されなかった。これらを本研究で記録された101種群に加えた119種群が現在までに雄子沢川から記録された底生動物 (科まで確定された底生動物) である。大平・塘 (2015, 2018) は、底生動物相調査を春期 (2014年5月10日, 2016年5月21日) にも実施しているため、大型の幼虫が春季の河川に見られるタニヒラタカゲロウ、シタカワゲラ科 (オビシタカワゲラ属), アミメカワゲラ科 (アサカワヒメカワゲラ属, コグサヒメカワゲラ属, ヒメカワゲラ属), ホソカワゲラ科 (ハルホソカワゲラ属) が記録されたものと考えられる。これらの種は夏季や秋季の河川では体サイズが非常に小さく、採集された個体は種同定が困難なため、本研究では未記録となったものと思われる。

これまでに裏磐梯地域の河川からは250種群以上の底生動物が記録されているが (大平・塘, 2013,

2015, 2018; 塘ら, 2016), 本研究によって雄子沢川から記録された以下の12種は裏磐梯地域から初記録となる種である: マエグロヒメフタオカゲロウ, ヤセコヤマトビケラ, クダトビケラ属の一種, ヨツメトビケラ, サワダマメゲンゴロウ, マルガムシ, クロマルハナノミ, ヒラタドロムシ, ミヤマミズバチ, ニッポンホソカ, アクチナ属の一種 (ミズアブ科), マメシジミ科の属未同定種。

カゲロウ目のヒメフタオカゲロウ属の種は複数種が裏磐梯地域の河川から記録されているが (大平・塘, 2015), 種同定されたのはヒメフタオカゲロウ *Ameletus montanus* Imanishi のみであった (大平・塘, 2018)。本研究で雄子沢川から記録されたマエグロヒメフタオカゲロウは裏磐梯地域からの初記録種である。裏磐梯地域では河川上流域から記録されるトンボ目の種数が少ない。一般に河川上流域からはニホンカワトンボ *Mnais costalis* Selys (カワトンボ科), ヒメクロサナエ *Lanthus fujiacus* (Fraser) (サナエトンボ科), ミルンヤンマ *Planaeschna milni* (Selys) (ヤンマ科) が記録されることが多いが、裏磐梯地域ではニホンカワトンボの記録は五色沼沼群を繋ぐ流水域と長瀬川のみ (塘・増淵, 2014; 大平・塘, 2015), ミルンヤンマも桧原湖西部の小さな沢からのみ (大平・塘, 2015), ヒメクロサナエについては、成虫は記録されているが (塘・増淵, 2014), 幼虫は未発見である。雄子沢川からトンボ目の幼虫はムカシトンボ, モイワサナエ, ダビドサナエの3種しか記録されていない (表2)。雄子沢川ではカワゲラ目のミヤマノギカワゲラがSt.4にノギカワゲラと同所的に生息することが確認されたが (表2), 本種は裏磐梯地域においては雄子沢川以外の河川からは記録されていない (大平・塘, 2015)。ミヤマノギカワゲラは福島県レッドリスト掲載種 (情報不足) であり、雄子沢川は本種にとって貴重な生息地である。ノギカワゲラは福島県内の河川上流域には比較的普通に見られる種であるが、裏磐梯地域では雄子沢川以外からは記録されていない (大平・塘, 2015, 2018)。

裏磐梯地域からはヘビトンボ目が3種記録されており (塘ら, 2016), ヘビトンボ *Protohermes grandis* (Thunberg) とクロスジヘビトンボは長瀬川と桧原湖北部の流入河川である長井川や大川入川に生息しており、個体数も多いが、雄子沢川からはこれまで両種ともに未記録であった。本研究によって雄子沢川にはクロスジヘビトンボが広範囲に分布することが明らかになったが (表2), ヘビトンボは記録されなかった。

前述したように、大平・塘（2013, 2015）は雄子沢川からミズバチを記録しているが、その寄主であるニンギョウトビケラは記録していない。本研究における調査でもニンギョウトビケラは記録されず、ミヤマミズバチの寄主であるアツバエグリトビケラ属のニッポンアツバエグリトビケラのみが得られた。雄子沢川に生息するミズバチ類については後述する。

トビケラ目のカクツツトビケラ科は雄子沢川から4種が記録されたが、7月23日の調査で得られた葉片からなる四角柱の筒巢をもつ大型個体はフトヒゲカクツツトビケラとコカクツツトビケラのみであった。一方、11月3日の調査で葉片からなる四角柱の筒巢をもつ大型個体が見られたのはサトウカクツツトビケラのみであった（St.5で2個体だけオオカクツツトビケラも記録された）。山地溪流の上流域に生息するフトヒゲカクツツトビケラは、成虫が7-9月に見られることが知られている（伊藤, 2018）。同じく山地溪流生ではあるものの、中下流域に生息するコカクツツトビケラは5-10月に成虫が見られる（伊藤, 2018）。このため、これら2種は11月3日には大型個体が採集されなかったのではないだろうか。一方、山地溪流の上中流域に生息するサトウカクツツトビケラは、早春から初夏に成虫が見られるため（伊藤, 2018）、羽化時期が終わった7月23日には大型個体が記録されず、11月3日にそれが得られたのではないかと思われる。ツメナガナガレトビケラは福島県内の河川では比較的普通に見られる種であるが、これまでの裏磐梯地域の河川からの記録は小野川湖に流入する沢からのものが唯一であった（成虫は中ノ沢川や秋元湖東部の金堀地区の小河川からも記録されている）（大平・塘, 2018）。今回、ツメナガナガレトビケラは雄子沢川からも生息が確認された。ヨツメトビケラは大型（体長約25mm）で、成虫の翅には黒地に淡色紋があり（個体によって白色、灰色、淡黄色と紋の色は異なり、無紋になる個体もいる）、昼行性のため生息していれば目立つトビケラ類である（丸山・高井, 2000；野崎, 2016）。山地溪流に多産する種であり、福島県内でも大玉村の福島県民の森、南会津町・昭和村の駒止湿原などの生息地では多産する（塘ら, 2008；塘, 2012）。一方、裏磐梯地域からはこれまで未記録であり（大平・塘, 2015）、本研究によって裏磐梯地域から初めて生息が確認された。表磐梯地域においても稀なようで、記録は滝尻川のもの（2017年8月5日）が唯一である（大平・塘, 2018）。

コウチュウ目のサワダマメゲンゴロウ、マルガムシは裏磐梯初記録種であるが、これらの種もノギカワゲ

ラと同様に福島県内の河川上流域には比較的普通に見られる。雄子沢川からはモンキマメゲンゴロウとサワダマメゲンゴロウの生息が確認された（cf. 大平・塘, 2013）。両種は同所的に生息するが、後者の分布域の方が前者よりもより上流域であるとされる（中島ら, 2020）。大平・塘（2013）がモンキマメゲンゴロウを記録した場所（St.2）は本研究でサワダマメゲンゴロウを記録した場所（St.5）よりも上流なので、雄子沢川ではサワダマメゲンゴロウはSt.2よりもさらに上流域にまで分布していると考えられ、その分布域も広いと思われる。本研究で成虫を確認したヒメドロムシ科甲虫はムナミゾマルヒメドロムシ（旧名セアカヒメドロムシ）だけであった（ヒメドロムシ科の幼虫は全調査地点から記録された、表2）。本種は裏磐梯地域の河川には広く分布しているようであるが（大平・塘, 2015）、雄子沢川から得られた8個体はすべて前胸背板中央の条溝が浅く、中にはほとんど条溝が確認できない個体も見られた（図4C）。各肢脛節はわずかに赤味を帯びるものの、明瞭な赤褐色を呈する付節と比較すると各肢脛節は明らかに黒いことから、河川上流域の溪流環境を好み、個体数も多いとされるスネアカヒメドロムシ *Optioservus variabilis* Nomura とは異なると判断した（スネアカヒメドロムシは前胸背板の中央条溝が不明瞭で、各肢脛節は赤褐色）。前胸背板の中央条溝が不明瞭で、各肢脛節が黒色となる種としてスネグロマルヒメドロムシ *O. occidentalis* Kamite が知られるが（中島ら, 2020）、この種の分布は北陸から中国地方であるため（佐藤・吉富, 2018；中島ら, 2020）、該当しないと判断した。雄子沢川のような上流域的な環境の河川に分布するヒラタドロムシ科甲虫は、St.5から記録されたヒメマルヒラタドロムシのような溪流環境に生息する種であると考えられる（表2）。そのため、St.1から1個体だけではあるものの、ヒラタドロムシが記録されたのは驚きである。ヒラタドロムシは河川中流域に生息し、やや水質が汚濁した環境を好むとされる（佐藤・吉富, 2018）。本種の成虫は灯火に飛来するので（林, 2011；中島ら, 2020）、雄子沢川付近に設置された灯火に誘引されたメス成虫に由来する個体が今回河川中から記録されたのかもしれないが、これまでに裏磐梯地域の河川（水質汚濁に強い種が多く分布する長瀬川を含む）からヒラタドロムシは記録されていない。

マメシジミ類（マメシジミ科）は殻長1-5mmで殻が非常に薄い二枚貝類である。福島県内のマメシジミ類については、稲葉・家山（2006）や稲葉（2011）が



図4 雄子沢川から記録された底生動物

A. ミヤマミズバチ老熟幼虫。2021年10月25日にSt.1で採集された個体。B. ミヤマミズバチ1齢幼虫。胴体部の各節背面には長い刺からなる一列の刺列が認められる。インセットは頭部の拡大。白矢印は赤い色素をもつ眼点を示している。2021年7月23日にSt.6で採集された個体。C. ムナミゾマルヒメドロムシ。2021年7月23日にSt.3で採集された個体。D. マメシジミ類。2021年7月23日にSt.5で採集された個体。スケールはA-Cは1mm, Dは2mm, Bのインセットは100µm。

奥会津や奥羽山系の高標高地の湿原、湖沼、阿武隈高地の湿地や河川、海岸近くの遊水池、南湖から種未定の未詳種2種を含む5種を報告しているが、いずれも水質が良好で低水温の場所である(稲葉・家山, 2006; 稲葉, 2008)。マメシジミ類は裏磐梯地域からはこれまで未発見であった。今回、雄子沢川ではSt.3を除く5つの調査地点から記録されたため(図4D, 表2), 雄子沢川には広く分布しているものと思われる。アメリカ南東部原産の外来ヨコエビ類であるフロリダマミズヨコエビ(生態系被害防止外来種リスト: その他の総合対策外来種)は、裏磐梯地域の湖沼に広く分布している(塘ら, 2016)。五色沼湖沼群を繋ぐ流水域にも生息しているが、これまで河川では長瀬川からしか記録されていなかった(大平・塘, 2013, 2015)。今回、雄子沢川の桧原湖流入部に近いSt.6にも本種が生息していることが確認された(表2)。これは桧原湖に生息している個体群が雄子沢川に侵入していることを示しているが、桧原湖の他の流入河川で

も河口部への侵入が生じているかもしれない。

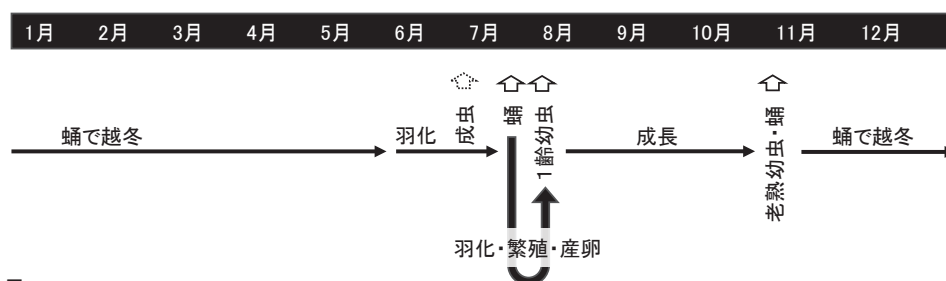
雄子沢川に生息するミズバチ類

日本にはミズバチとミヤマミズバチの2種のミズバチ類が生息している(小西, 2018)。大平・塘(2015)は雄子沢川からミズバチを記録したが、本研究を含むこれまでの雄子沢川における底生動物相調査では、ミヤマミズバチが寄主として利用するニッポンアツバエグリトビケラは採集されたが、ミズバチの寄主であるニンギョウトビケラは採集されなかった。また、ミズバチはコエグリトビケラ属も寄主として利用するとの報告があり(cf. 津田, 1962; 川合, 1985; 谷, 1995), コエグリトビケラ属は雄子沢川から記録されたが(表2), 小西(2018)はミズバチの寄主はニンギョウトビケラのみであるとしている。したがって、寄主の分布に基づいて考えると、雄子沢川にはミズバチは生息せず、大平・塘(2015)が記録した「ミズバチ」はミヤマミズバチであった可能性が高い。

ミズバチは頭楯板を側方から見ると前方に強く膨らみ、角張り、頭部側面を背面から見ると後方へと直線状に狭まるのに対して、ミヤマミズバチの頭楯板は前方に丸く膨らみ、頭部側面を背面から見ると後方へと曲線状に狭まる点で区別できる（小西，2018）。本研究において雄子沢川から採集されたミズバチ類に寄生されたニッポンアツバエグリトビケラの巣を解体し、内部から取り出したミズバチ類の蛹の形態は、頭部を側面から見たときに頭楯板が丸く膨らんでおり、頭部を背面から見たときに頭部側面が後方へと曲線状に狭まっていた。これらのことから雄子沢川に生息するのはやはりミズバチではなく、ミヤマミズバチであると考えられる。

ミヤマミズバチは本州では3月に成虫が多数見られ、11月頃まで発生が続くとされている（小西，2018）。本研究では、ニッポンアツバエグリトビケラの巣内からではないが、7月23日にコドラートサンプリングによってミヤマミズバチの1齢幼虫を採集することができた（図4B）。ミズバチ類の幼虫は尾端に1対の鉤状突起をもつが、1齢幼虫の突起は長い鎌状で、短い突起しかもたない老熟幼虫と形態的に区別できる（Grenier，1970）。7月18日に採集された、ミヤマミズバチに寄生されたニッポンアツバエグリトビケラの巣内からはミヤマミズバチの蛹が高頻度で見つかったが（表3）、この蛹は7月中旬以降に羽化する可能性が高い。7月23日に1齢幼虫が発見されたことを考えると、7月は成虫が羽化し、繁殖する時期であると考えられる。雄子沢川と同様に裏磐梯地域を流れる中ノ沢川（小野川湖の流入河川）の標高約800mの場所で、6月下旬（2018年6月23日）に河川中からミヤマミズバチのメス成虫を採集しているため（塘未発

表）、雄子沢川でも6月下旬には繁殖を開始している可能性がある。また、ミヤマミズバチに寄生されたニッポンアツバエグリトビケラの巣内からミヤマミズバチの老熟幼虫が発見されたのは10月25日であったため（表3）、1齢幼虫が発見された7月下旬から10月下旬までの3ヶ月の間に、1齢幼虫は老熟幼虫に成長するものと思われる（図5）。ヨーロッパに分布するヨーロッパミズバチ *A. armatus* Curtis は、卵から4齢幼虫までの期間が5週間、終齢幼虫である5齢幼虫が2ヶ月間であることが知られているが（Grenier，1970）、これとの間に大きな違いはない。一方、7月中旬に採集された、ミヤマミズバチに寄生されたニッポンアツバエグリトビケラの巣内からはミヤマミズバチの蛹だけが見つかり、老熟幼虫は見つからなかった（表3）。このことは7月中旬には当年に産卵された卵由来の幼虫がまだ老熟幼虫にはなっていないことを示唆している。ヨーロッパミズバチが老熟幼虫になるまでに1ヶ月強かかることを考えると、雄子沢川のミヤマミズバチは6月上旬頃から繁殖を開始するか、初夏までは羽化しないのかのどちらかであると思われる。なお、ミヤマミズバチが年2化であれば、もっと春の早い時期から繁殖を開始する可能性が考えられるが、寄主であるニッポンアツバエグリトビケラは秋羽化のトビケラ類であり、幼虫は冬から初夏にかけて成長し、前蛹で夏眠することが知られている（野崎，2018）。ミヤマミズバチは寄主の幼虫には産卵しないため（藤丸，2014）、春から初夏までは繁殖できず、したがって、年1化であると考えられる。上述したように、10月25日に採集された、ミヤマミズバチに寄生されたニッポンアツバエグリトビケラの巣内からはミヤマミズバチの老熟幼虫が高頻度で見つかり、蛹も見つかったが（表



5

図5 雄子沢川のミヤマミズバチの推定される生活史

本研究の調査結果に基づいて考えると、雄子沢川に生息するミヤマミズバチは初夏（6月上旬頃）から羽化すると思われる。1齢幼虫は約3ヶ月の間に老熟幼虫まで成長し、蛹で越冬すると思われる。上向きの白い実線矢印は雄子沢川で実際に観察されたミヤマミズバチの発生ステージとその時期を示している（6月の成虫出現を示す上向きの白い破線矢印は裏磐梯地域の他の河川である中ノ沢川での記録である）。

3), この蛹は翌年に羽化する個体である可能性が高く, 当年の羽化は10月下旬には既に終了していると考えられる。

謝 辞

本研究を進める上で元株式会社地球計画の青柳正人氏にはミズバチ類に関する様々な情報をご提供頂いた。福島大学客員研究員の佐々木清氏, 共生システム理工学類の岡山日向氏には雄子沢川での底生動物の採集調査にご協力頂いた。元只見町ブナセンターの緒勝祐太郎氏には統計解析ソフトRのプログラムコードについてご教示を頂いた。以上の皆様に感謝申し上げます。本研究の一部は福島大学プロジェクト研究所「磐梯朝日自然環境保全研究所」の研究活動の一環として実施した。

引用文献

- 藤丸篤夫 (2014) ハチハンドブック, 文一総合出版, 東京.
- Grenier, S. (1970) Biologie d'*Agriotypus armatus* Curtis (Hymenoptera: Agriotypidae), parasite de nymphes de trichopteres, *Annales de Limnologie*, **6**(3): 317-361.
- 林 成多 (2011) 島根県の水生甲虫, ホシザキグリーン財団研究報告特別号, (1): 1-117.
- 伊藤富子 (2018) カクツトビケラ科, pp.598-612. 「日本産水生昆虫 科・属・種への検索【第二版】(川合禎次・谷田一三共編)」, 東海大学出版部, 平塚.
- 稲葉 修 (2008) 甲殻類・貝類, p.3. 「南湖のいきもの動物編 (第2版)(黒沢高秀編)」, 福島県南建設事務所・白河市建設部都市計画課, 白河.
- 稲葉 修 (2011) 福島県白河市南湖およびその周辺の水路や河川の淡水魚類および淡水二枚貝, 福島大学地域創造, **22**(2): 49-55.
- 稲葉 修・家山博史 (2006) 福島県で見つかったマメシジミ類, ちりぼたん, **37**(2): 62-65.
- 川合禎次 (1985) 10. 膜翅目 Hymenoptera, pp.261-262. 「日本産水生昆虫検索図説 (川合禎次編)」, 東海大学出版会, 東京.
- 川合禎次・谷田一三 (共編) (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.
- 小西和彦 (2018) 膜翅目 (ハチ目) Hymenoptera, pp.689-694. 「日本産水生昆虫 科・属・種への検索【第二版】(川合禎次・谷田一三共編)」, 東

- 海大学出版部, 平塚.
- 丸山博紀・高井幹夫 (2000) 原色川虫図鑑 (谷田一三監修), 全国農村教育協会, 東京.
- 丸山博紀・花田聡子 (編) (2016) 原色川虫図鑑成虫編, 全国農村教育協会, 東京.
- 増渕翔太・塘 忠顕 (2013) 裏磐梯地域の湖沼群における底生動物相～桧原湖畔探勝路付近の池沼の底生動物相, 共生のシステム, **13**: 100-107.
- 中島 淳・林 成多・石田和男・北野 忠・吉富博之 (2020) ネイチャーガイド 日本の水生昆虫, 文一総合出版, 東京.
- 野崎隆夫 (2016) トビケラ, pp.294-410. 「原色川虫図鑑成虫編 (丸山博紀・花田聡子編)」, 全国農村教育協会, 東京.
- 野崎隆夫 (2018) クロツトビケラ科, pp.634-636. 「日本産水生昆虫 科・属・種への検索【第二版】(川合禎次・谷田一三共編)」, 東海大学出版部, 平塚.
- 大平 創・塘 忠顕 (2013) 福島県裏磐梯地域のオオシマトビケラ (昆虫綱: トビケラ目), 共生のシステム, **13**: 108-115.
- 大平 創・塘 忠顕 (2015) 福島県裏磐梯地域の河川における底生動物相, 福島生物, **(58)**: 21-34.
- 大平 創・塘 忠顕 (2018) 裏磐梯・猪苗代地域の河川におけるカゲロウ・カワゲラ・トビケラの記録, 福島生物, **(61)**: 17-26.
- R Core Team (2022) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- 佐藤正孝・吉富博之 (2018) コウチュウ目 (鞘翅目) Coleoptera, pp.707-790. 「日本産水生昆虫 科・属・種への検索【第二版】(川合禎次・谷田一三共編)」, 東海大学出版部, 平塚.
- 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.
- 谷 幸三 (1995) 水生昆虫の観察—安全できれいな水をめざして—, トンボ出版, 大阪.
- 富田國男 (編) (1994) 裏磐梯自然ハンドブック, 自由国民社, 東京.
- 津田松苗 (編) (1962) 水生昆虫学, 北隆館, 東京.
- 塘 忠顕 (2012) 天然記念物「駒止湿原」の昆虫相, 福島生物, **(55)**: 1-21.
- 塘 忠顕・増渕翔太 (2014) 福島県裏磐梯地域の池沼における底生動物相, 福島生物, **(57)**: 25-40.

- 塘 忠顕・横山拓未（2020）長瀬川の表磐梯地域の流域における底生動物相, 福島大学地域創造, **31**(2): 55-74.
- 塘 忠顕・山口咲恵・嘉納裕輔（2008）ふくしま県民の森の水生昆虫相～フォレストパークあだたら内の3水系と人工池, 及び杉田川に生息する水生昆虫～, 福島大学プロジェクト研究 [自然と人間] 研究報告, (7): 5-16.
- 塘 忠顕・増渕翔太・大平 創（2016）裏磐梯地域に生息する底生動物, pp.151-161. 「裏磐梯・猪苗代地域の環境学【資料編CD-ROM付】（塘 忠顕編著）」, 福島民報社, 福島.

表2. 雄子沢川から記録された底生動物一覧

目	科	種	←上流側(雄国沼)						→下流側(松原湖)			
			St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6				
カゲロウ目	トビイロカゲロウ科	<i>Paraleptophlebia westoni</i> Imanishi	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		<i>Paraleptophlebia</i> sp.										
	マダラカゲロウ科	<i>Cinctocostella elongatula</i> (McLachlan)		●	●				●	●	●	
		<i>Cinctocostella nigra</i> (Uéno)		●	●				●	●	●	
		<i>Drunella basalis</i> (Imanishi)		●	●	●	●	●	●	●	●	
		<i>Drunella ishiyamana</i> Matsumura		●	●	●	●	●	●	●	●	
		<i>Drunella sachalinensis</i> (Matsumura)		●	●	●	●	●	●	●	●	
		<i>Drunella trispina</i> (Uéno)		●	●	●	●	●	●	●	●	
		<i>Ephemerella atagosana</i> Imanishi		●	●	●	●	●	●	●	●	
		<i>Ephemerella aurivillii</i> (Bengtsson)		●	●	●	●	●	●	●	●	
		<i>Ephemerella japonica</i> McLachlan		●	●	●	●	●	●	●	●	
		<i>Ameletus costalis</i> (Matsumura)		●	●	●	●	●	●	●	●	
		<i>Alainites yoshinensis</i> (Gose)		●	●	●	●	●	●	●	●	
		<i>Baetis thermicus</i> Uéno		●	●	●	●	●	●	●	●	
		<i>Tenuibaetis flexifemora</i> (Gose)										
		<i>Tenuibaetis parvipterus</i> Fujitani										
<i>Cinygmula</i> sp.												
トンボ目	ムカシトンボ科	<i>Ecdyonurus kibunensis</i> Imanishi	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		<i>Epeorus curvatus</i> Matsumura	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	サナエトンボ科	<i>Epeorus latifolium</i> Uéno	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		<i>Epeorus nipponicus</i> (Uéno)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		<i>Thamnodontus tobiironis</i> (Takahashi)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		<i>Epiptelebia superstes</i> (Selys)	●									
		<i>Davidius moiwanus</i> (Okumura)	●									
		<i>Davidius nanus</i> (Selys)	●									
		<i>Scopura longa</i> Uéno										
		<i>Capnia</i> sp.										
カワゲラ目	トワダカワゲラ科	<i>Amphinemura</i> sp.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		<i>Nemoura</i> sp.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	ヒロムネカワゲラ科	<i>Protonemura</i> sp.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		<i>Cryptoperla japonica</i> (Okamoto)										
		<i>Yoraperla uenoi</i> (Kohno)										
		Chloroperlidae Genr. spp.										
		<i>Calineuria</i> sp.										
		<i>Caroperla</i> sp.										
		<i>Gibosia</i> sp.										
		<i>Kamimuria quadrata</i> (Klapálek)										
		<i>Kaminuria uenoi</i> Kohno										
		<i>Niponiella limbatella</i> Klapálek										
		<i>Paragnetina</i> sp.										
		トワダカワゲラ科	<i>Scopura longa</i> Uéno									
		クロカワゲラ科	<i>Capnia</i> sp.									
		オナシカワゲラ科	<i>Amphinemura</i> sp.									
	<i>Nemoura</i> sp.											
	<i>Protonemura</i> sp.											
	<i>Cryptoperla japonica</i> (Okamoto)											
	<i>Yoraperla uenoi</i> (Kohno)											
	Chloroperlidae Genr. spp.											
	<i>Calineuria</i> sp.											
	<i>Caroperla</i> sp.											
	<i>Gibosia</i> sp.											
	<i>Kamimuria quadrata</i> (Klapálek)											
	<i>Kaminuria uenoi</i> Kohno											
	<i>Niponiella limbatella</i> Klapálek											
	<i>Paragnetina</i> sp.											

目	科	種	←上流側(雄国沼)						下流側(松原湖)→						
			St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	
カワゲラ目	アミメカワゲラ科	クサカワゲラ属の一種	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		オオアミメカワゲラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		ヒロバネアミメカワゲラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		ニッコウアミメカワゲラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		クロスズヘビトンボ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		ヒロバカゲロウ科属未同定種	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		タシタナガレトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		キンナガレトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		ニッポンナガレトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		シコツナガレトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
カワリナガレトビケラ科	トワダナガレトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	ツメナガレトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	ヤセコヤマトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	イノブスヤマトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	ヒゲナガカワトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	カワトビケラ科	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	クダトビケラ科	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	キブネクダトビケラ科	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	イワトビケラ科	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	シマトビケラ科	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
マルバネトビケラ科	ウルマーシマトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	マルバネトビケラ属の一種	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	ムラサキトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	ハナセマルツツトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	ウエノマルツツトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	フトヒゲカクツツトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	オオカクツツトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	コカクツツトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	サトウカクツツトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	クロモンエグリトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
エグリトビケラ科	コエグリトビケラ属の一種	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	ニッポンアツバエグリトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	キタガミトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	ヒゲナガトビケラ属の一種	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	ヨツメトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	フタスズキソトビケラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	サワダマメゲンゴロウ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	マルガムシ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	クロマルハナノミ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	マルハナノミ科	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

目	科	種	←上流側(雄国沼)						下流側(松原湖)→		
			St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6			
コウチュウ目	ヒラタドロムシ科	ヒラタドロムシ	●								
		ヒメマルヒラタドロムシ					●	●			
	ヒメドロムシ科	ムナミノマルヒメドロムシ		●	●						
		ヒメドロムシ科属未同定種群 (幼虫)		●	●	●					
ハチ目	ヒメバチ科	ミヤマズミバチ	●	●	●	●	●	●	●	●	
ハエ目	オビヒメガガンボ科	ホソオビヒメガガンボ属の一種	●	●							
		ウスバガガンボ属の一種	●	●	●	●	●	●	●	●	
	ヒメガガンボ科	ヒゲナガガガンボ属の一種	●	●	●	●	●	●	●	●	
		ガガンボ科	ガガンボ属の一種1								
		ガガンボ属の一種2									
	チヨウバエ科	ベリコマ属の一種									
		ホソコマ属の一種	●	●	●	●	●	●	●	●	
	ホソカ科	ニッポンホソカ									
		オオブユ属の一種									
	ブユ科	アシマダラブユ属の複数種	●	●	●	●	●	●	●	●	
		スアカ科属未同定種群	●	●	●	●	●	●	●	●	
	スアカ科	ユスリカ科属未同定種群	●	●	●	●	●	●	●	●	
		ユスリカ科属未同定種群	●	●	●	●	●	●	●	●	
	ミスアブ科	アクチナ属の一種	●	●	●	●	●	●	●	●	
		ナガラアブ科	●	●							
	ヨコエビ目	マミズヨコエビ科	フロリダマミズヨコエビ			●					
		マメシジミ科	マメシジミ科属未同定種	●	●		●	●	●	●	
マルスダレガイ目	サンカクアタマウズムシ科	ウズムシ科属未同定種群	●	●	●	●	●	●	●		
	ウズムシ目	ウズムシ科属未同定種群	●	●	●	●	●	●	●		
種数			61	66	71	73	69	69	51		

昆虫綱の目と科の配列は川合・谷田 (共編) (2018) にしたがった。ただし、カゲロウ目、カワゲラ目、カワゲラ目、トビケラ目の科の配列は丸山・花田 (編) (2016) にしたがった。