

福島県裏磐梯地域の池沼に生息するヒメシロカゲロウ属の一種 (カゲロウ目:ヒメシロカゲロウ科)

増淵翔太 (福島大学大学院・共生システム理工学研究科)

塘 忠顕 (福島大学・共生システム理工学類)

要 旨

福島県裏磐梯地域の池沼における底生動物相解明の過程において大型のヒメシロカゲロウ属の一種(カゲロウ目:ヒメシロカゲロウ科)の生息が確認された。本種の幼虫、成虫の形態を既知種と比較検討すること、また本種の生態を明らかにし、生態学的研究に貢献することを目的とした研究を行ってきた。その結果、本種は未記載種である可能性が極めて高いことが示唆され、寿命は30分程度とカゲロウ目の中でも最短であること、羽化時季、羽化時間帯は7月上旬、日の入り後約1時間以内にそれぞれ限定されるなどの生態的な知見も蓄積できた。

I. はじめに

ヒメシロカゲロウ科はニュージーランドと海洋島を除く世界中に広く分布しており、現在21属を含んでいる(Malzacher, 1997, 2009a, 2009b; Malzacher and Staniczek, 2006; Sun and McCafferty, 2001; Suter, 1999)。幼虫は第1鰓が棍棒状、第2鰓が方形で第3-6鰓を覆い(Gose, 1980)、成虫は後翅がなく、交尾時に雌を挟む雄の把持子は1節よりなる特徴的な形態を有し(川合ら, 2005)、他科のカゲロウ類と容易に区別できる。このうちヒメシロカゲロウ属はオーストラリア区を除く世界中に広く分布している。東アジアに生息する種は分類学的研究が進んでおらず、韓国から3種(Hwang and Bae, 1999)、中国から5種(Zhou and Zheng, 2004)、台湾から8種(Kang and Yang, 1994, 1996)、香港から3種(Tong and Dudgeon, 2002)、極東ロシアから13種(Kluge, 1987, 1997, Malzacher, 1984)が記載されている。

日本におけるヒメシロカゲロウ科は、ヒメシロカゲロウ属が3種(ビワコヒメシロカゲロウ *Caenis nishinoae*, ヒメシロカゲロウ属の一種 CA *Caenis* sp. CA, ヒメシロカゲロウ属の一種 CB *Caenis* sp. CB)(Gose, 1958; Malzacher, 1996)、ミットゲヒメシロカゲロウ属が1種(ミットゲヒメシロカゲロウ

Brachycercus japonicus) (Gose, 1958) の計2属4種が記録されており、成虫と幼虫の関連のついているものはビワコヒメシロカゲロウとミットゲヒメシロカゲロウのみである。ヒメシロカゲロウ科については生活史や化性等の生態学的研究も進んでおらず、ミットゲヒメシロカゲロウの羽化時季・時間帯のみが明らかになっている(Tojo, 2011)。

筆者らは2011年9月~2012年11月に福島県裏磐梯地域の複数の池沼における底生動物相調査を実施し、その過程で桧原湖畔探勝路沿いの3つの池沼(池1, 2, 3)から終齢幼虫の体長が6.2~7.4mmに達する大型のヒメシロカゲロウ属の一種(カゲロウ目:ヒメシロカゲロウ科)の生息を確認した(増淵・塘, 2013)。そこで、裏磐梯地域内の複数の池沼における本種の分布確認調査、ライトトラップによる生態確認調査を実施した。今回は、本種と日本産既知種との形態的差異や裏磐梯地域における生息環境、分布範囲、羽化時季、羽化時間帯等の生態的特徴を報告する。

II. 調査地および調査方法

1. 調査地概要

調査地である裏磐梯地域では1888年の磐梯山の

水蒸気爆発に伴って生じた岩屑流が河川を堰き止めて桧原湖、小野川湖、秋元湖が形成され、また岩屑流に由来する流山間の窪地に水がたまって形成された大小300を越すとされる湖沼が存在する(富田(編), 1994)。

ヒメシロカゲロウ属の一種の分布確認調査は、主に桧原湖と秋元湖間の範囲、以下の池沼で実施した(図1)：2010年10月22日、2010年11月26日、2012年7月20日、2012年9月23日に五色沼湖沼群、2011年8月5日、2012年7月1日に桧原湖、2013年5月30日に曾原湖東部の沼(St.11)、ハス沼東部の沼(St.12)、秋元湖北西岸付近の池沼(St.13~St.17)、2013年6月9日に中瀬沼探勝路付近の池沼(St.1~St.3)、2013年6月11日に姫沼(St.4)、レンゲ沼(St.5)、ハス沼(St.6)、2013年7月10日に姫沼(St.4)、レンゲ沼(St.5)、2013年10月24日にレンゲ沼北の2つの沼(St.7, St.8)、曾原湖(St.9)、曾原湖北東の沼

(St.10)、秋元湖北西岸付近の池沼(St.13~St.17)、2013年10月30日に弥六沼(St.19)、石倉沼(St.20)、2013年11月8日に弁天沼南東の2つの沼(St.21, St.22)、2013年11月17日に小野川湖東部の池(St.18)。この他に2012年10月13日に裏磐梯スキー場南の沼と銅沼、2013年6月22日に桧原湖の北岸付近数地点、2013年10月30日に弥六沼の南に位置するもうせん沼においても調査を実施した。

ライトトラップはレンゲ沼東岸(図1のSt.5)において、2013年7月10日の19:00~20:30の1回実施した。2013年7月10日のライトトラップは調査日のおおよその日の入り時刻から1時間30分程度(19:00~20:30)実施した。

2. 調査方法

分布確認調査は、目合1mm、フレーム幅約28cmまたは40cmの水生昆虫用すくい網(HOGA社製)

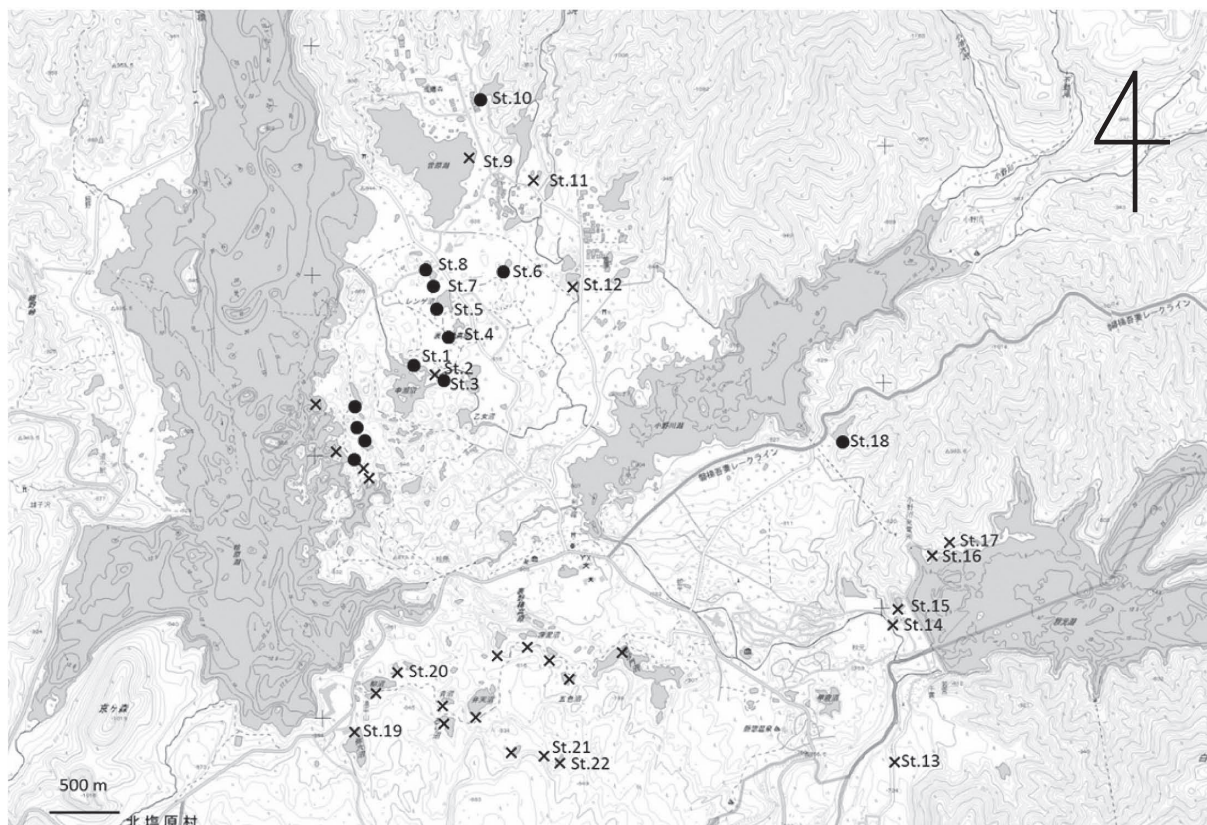


図1 裏磐梯地域におけるヒメシロカゲロウ属の一種の分布

地点名を示した15地点は2013年に、地点名が記されていない地点は2010~2012年にそれぞれ調査を実施した。●印はヒメシロカゲロウ属の一種の生息が確認された池沼、×印は生息が確認されなかった池沼を示す。

を用いたすくい採りによって実施した。採集した個体は基本的には 70%エタノールによる液浸標本とし、証拠標本として持ち帰った。数地点の池沼では pH と EC を調査時にハンディ pH/EC メーター (HI98129, HANNA 社製) を用いて測定した。

ライトトラップには、4W の蛍光管を 2 本使用したランタン (Logos, No.74175410) を 3 個用いた。

III. 調査結果

1. 裏磐梯地域の池沼から記録されたヒメシロカゲロウ属の一種 (カゲロウ目：ヒメシロカゲロウ科)

本種の幼虫の形態的特徴としては、次の点が挙げられる：前胸前側角が前方に伸張せずほぼ直角で、前胸側縁はほぼ直線、各肢の腿節上に剛毛の横列、各肢の腿節、脛節、符節に明瞭な黒色帯を有する。(図 2A)。腹部側縁後端の刺状突起は非常によく発達する (図 2A)。腹部第 2 節の第 2 鰓腹面の微刺列は 4 列 (図 3B)。

本種の成虫の形態的特徴としては、次の点が挙げられる：腹部第 4-9 節側縁後端に突起を有する (図 2B)。雄の把持子は比較的短く真っ直ぐで、微刺で広く覆われる (図 2C)。また、生態的特徴としては、次の点が挙げられる：羽化様式は水面羽化で羽化に要する時間は一瞬。亜成虫期間は 6-9 分 (N=2)、成虫の寿命は 1 時間程度だが、活動可能な時間は約 20 間 (N=2) であった。

2. 分布確認調査

裏磐梯地域における分布確認調査の結果、図 1 に示した地点と桧原湖北岸付近の数地点のうち、桧原湖東岸を中心に 13 地点でヒメシロカゲロウ属の一種の生息が確認できた。一方、桧原湖の北岸付近数地点、五色沼湖沼群、秋元湖北西岸付近の池沼においては生息が確認できなかった。また、本種の生息が確認された多くの池沼では、本種が池沼内で優占種となる程、個体数は多かった。

3. 水質測定結果

pH と EC を測定した池沼における pH/EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$) の値は、中瀬沼 (St.1) 6.53/59 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)、中瀬沼探勝路付近の沼 1 (St.2) 6.39/44 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)、沼 2 (St.3) 8.38/56 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)、姫沼 (St.4) 6.96/51 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)、レンゲ沼 (St.5) 6.67/49 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)、レンゲ沼北の沼 1 (St.7) 6.47/89 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)、レンゲ沼北の沼 2 (St.8) 6.97/62 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)、曾原湖 5.53/31 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)、曾原湖北東の沼 (St.10) 6.05/32 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)、弁天沼南東の沼 1 (St.21) 6.21/1524 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)、弁天沼南東の沼 2 (St.22) 4.6/1450 ($\mu\text{s}/\text{cm}$) であった。

4. ライトトラップ調査

裏磐梯地域におけるライトトラップの結果、2013 年 7 月 10 日の日の入り時刻 (19:02) の約 30 分後の 19:33~19:45 の約 10 分間 (19:33, 19:35, 19:45) に成虫 (雄) が 3 個体飛来した。日の入り時刻は国立天文台の公表しているデータを参照した (<http://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/dni07.html>)。

IV. 考察

1. ヒメシロカゲロウ属の一種の形態的特徴

ヒメシロカゲロウ科は幼虫の体長が 3-6 mm とカゲロウ目の中でも幼虫の体サイズが最も小さいグループである。日本には、頭部背面に 3 本の棘角を有し、前胸腹板が四角形のミットゲヒメシロカゲロウ属と、頭部に棘角を欠き、前胸腹板が三角形または台形のヒメシロカゲロウ属の 2 属が分布しているが、幼虫、成虫ともに分類学的研究や生態学的研究が進んでいない (Gose, 1958, 1980)。日本産ミットゲヒメシロカゲロウ属はミットゲヒメシロカゲロウ 1 種のみが知られている (Tojo, 2001)。一方、ヒメシロカゲロウ属は日本からは少なくとも 3 種が知られているが、1986 年に滋賀県の琵琶湖で発見されたピワコヒメシロカゲロウ (Malzacher, 1996) 以外の 2 種 (*Caenis* sp. CA と *Caenis* sp. CB) は未記載種であり、便宜的にアルファベットを付して区別されている (Gose, 1958)。これら日本産のヒメシロカゲロウ科

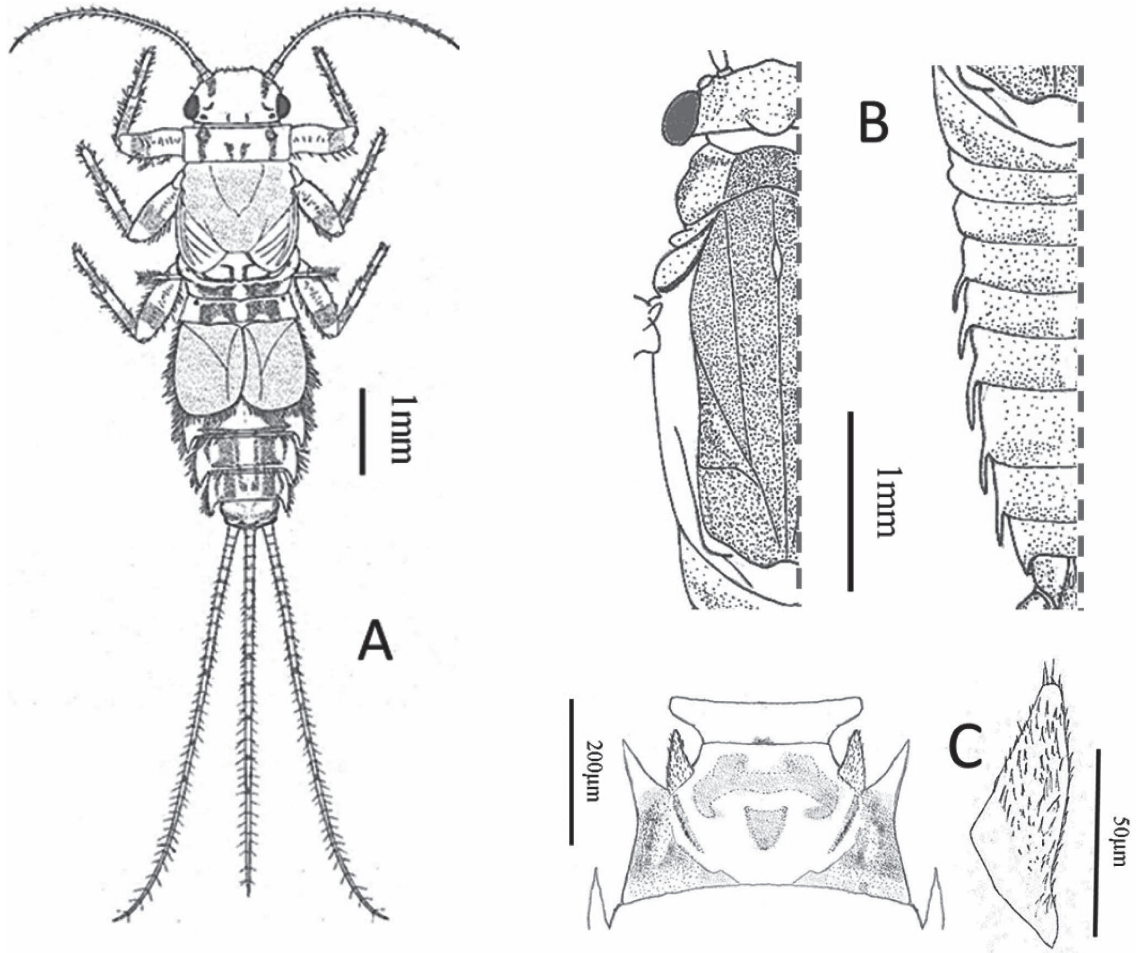


図2 ヒメシロカゲロウ属の一種の形態的特徴

A. 幼虫の全形図, B. 成虫の頭部, 胸部, 腹部の左半分, C. 第9腹板(上が後方)と把持子.

の幼虫は本来流水性である(川合ら, 2005). 世界からはヒメシロカゲロウ属を含む21属が記載されているが, 裏磐梯地域の池沼に生息する種は, ヒメシロカゲロウ属以外の属の固有派生形質を有していないこと, 新属となり得る形質も見出されないことから, ヒメシロカゲロウ属に属する種であると考えられる.

ヒメシロカゲロウ属の日本産既知種を区別する幼虫の形態的特徴として, (1) 前胸前側角の形態, (2) 前肢腿節上の剛毛, (3) 腹部側縁後端の刺状突起の形態, (4) 第2 鰓腹面の微刺列, が挙げられる. そこで, 裏磐梯地域の池沼に生息する本種と日本産既知種との間でこれらの特徴を比較した.

(1) 日本産既知種は3種ともに前胸前側角が前方に伸張し尖るが, 本種のそれは前方には伸張せず,

ほぼ直角となる(図2A). (2) *Caenis* sp. CAは前肢腿節上に環状の剛毛列が有り, *Caenis* sp. CBはそれを欠き, ビワコヒメシロカゲロウの剛毛列は斜めである. 本種は各肢腿節上に剛毛の横列を確認することができる(図2A). (3) 日本産既知種は3種ともに腹部側縁後端が刺状の突起となり, その発達程度は種間に差異は認められない. 本種のそれは日本産既知種と比較して非常によく発達している(図2A).

(4) 本種の第2 鰓腹面の微刺列は4列であり(図3B), 3種の日本産既知種とは明瞭な違いが認められた. 本種は体サイズが3種の日本産既知種と比較して顕著に大きいことも特徴で, 終齢幼虫の体サイズが *Caenis* sp. CAは4.0~4.3 mm, *Caenis* sp. CBは4.5~4.8 mm, ビワコヒメシロカゲロウは2.8~4.5 mmであるのに対して(Gose, 1958, Malz-acher, 1996),

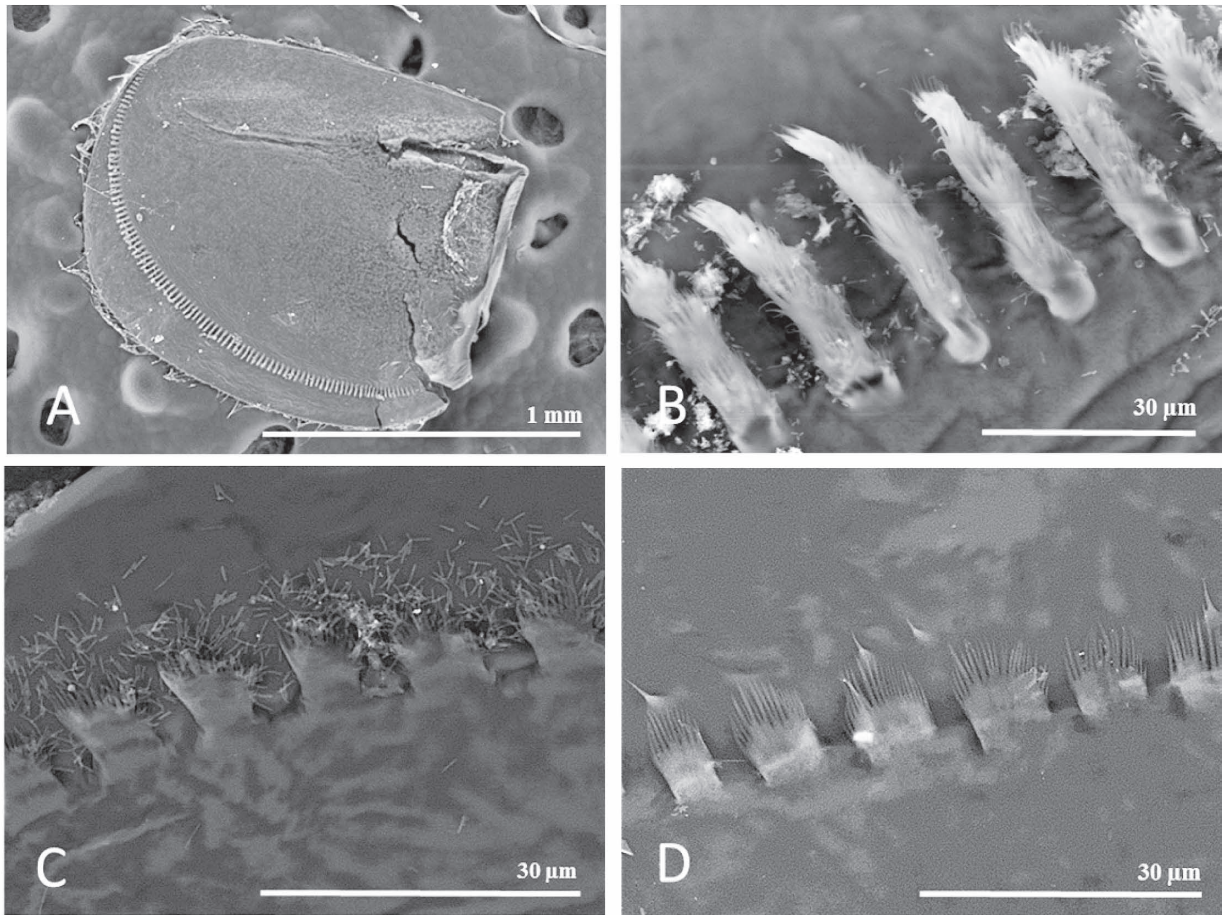


図3 日本産ヒメシロカゲロウ属の第2鰓腹面の微刺 (SEM)

- A. ヒメシロカゲロウ属の一種の第2鰓腹面, B. ヒメシロカゲロウ属の一種の第2鰓腹面の微刺列 (拡大), C. ヒメシロカゲロウ属の一種CAの第2鰓腹面の微刺列 (拡大), D. ヒメシロカゲロウ属の一種CBの第2鰓腹面の微刺列 (拡大)

本種は6.2~7.4 mmにも達する。さらに本種は各肢の腿節, 脛節, 付節に明瞭な黒色の帯状紋を有する。*Caenis* sp. CBとビワコヒメシロカゲロウはそのような帯状紋をもたず, *Caenis* sp. CAは不明瞭な褐色の帯状紋を有する (Gose, 1980)。

以上述べてきたように, 本種は日本産既知種と比較して明瞭に異なる形態的特徴を有する。現在世界で記載されている日本以外に分布するヒメシロカゲロウ属の種の形態的特徴との比較を行っているが, 本種と形態的特徴が一致する種は確認できていない。今後も他種との形態的特徴の比較検討が必要であるが, 本種は未記載種である可能性が極めて高いと考えられる。

2. ヒメシロカゲロウ属の一種の生態的特徴

本種は裏磐梯地域では桧原湖と小野川湖間に広く分布し (図1), 生息が確認された池沼では個体数が多いことが明らかとなった。本種の生息が確認された池沼と生息が確認されなかった池沼の間には底質, 池沼上空の環境に顕著な違いが認められた。本種の生息が確認された池沼の底質は主に水生植物や落葉落枝等の植物遺骸が多く堆積していた。一方, 生息が確認できなかった池沼の底質は主に礫質, 泥質で, 植物遺骸はあまり堆積していなかった。本種が分布している池沼内においても, 植物遺骸の堆積していない場所には生息していなかった。また, 本種は上空が開放的な池沼でのみ生息が確認でき, 植物遺骸が堆積していても周りが林に囲まれているなどして

上空が閉鎖的な池沼では生息が確認されなかった。以上のことから、本種の生息地は主に池沼底に植物遺骸が多く堆積し、池沼の開空率が高い池沼であるといえる。なお、水面全体が浮葉植物によって覆われてしまい閉鎖的である池沼でも、池沼上空が開放的であれば本種の生息が確認された。そのため、開空率は幼虫の生息環境ではなく、成虫の行動、例えば移動分散時に池沼上空が閉鎖的であると成虫が飛来できないなどが関連している可能性がある。また、本種の移動分散は成虫期のみではなく水鳥による幼虫の分散の可能性も考えられるため、池沼上空が開放的であることは水鳥の飛来の可否にも関係しているのかもしれない。ただし、池沼の開空率が高く、植物遺骸が多く堆積していても本種の生息が確認できなかった池沼も存在するため（例えば秋元湖北西岸付近の池沼）、本種の生息環境に関してはさらなる調査と検討が必要である。なお、本種の生息の存否と水質（pH と EC）との間に関連は認められなかった。

カゲロウ類の羽化方法には、地上に上がり外皮の乾きを待ってから羽化する「水上羽化」、水底から水面に浮上し、水面で羽化する「水面羽化」、水中の石の表面などに付いたまま羽化する「水中羽化」の3型が知られている（Gose, 1980; 谷田ら, 2008）。本種をこれら3型の羽化方法に対応できるような環境で飼育した結果、本種の羽化方法は水面羽化であり、水面で瞬時に外皮を脱ぎ捨てるため羽化に要する時間は極めて短いことが明らかとなった。

一般にカゲロウ類の成虫は短命で、亜成虫の期間は短いもので5分、長いもので3日程度、成虫の寿命は短いもので数時間、一般に数日間、長いもので1週間であることが知られている（Gose, 1980）。本種は亜成虫期間が6-9分、成虫の寿命が約1時間で、実際に活動可能な時間は約20分であり、他のカゲロウ類と比べても非常に短く、カゲロウ類の中でも最短であると考えられる。そのため、本種が長距離の移動分散をする可能性は非常に低く、羽化後すぐに交尾、産卵に至ると考えられる。

裏磐梯地域において2013年7月10日に実施したライトトラップの結果、日の入り後約30分後から10分間に集中して本種の成虫が飛来した。また、2011年11月中旬～2012年6月上旬、2012年10月下旬～2013年5月中旬に若齢幼虫、2012年7月上旬、2013年6月中旬に終齢幼虫がそれぞれ確認されたが、2012年7月中旬～9月下旬、2013年7月中旬には幼虫が確認できなかった。以上のことから、裏磐梯地域における本種の羽化時期は7月上旬、羽化時間帯も日の入り後約1時間以内にそれぞれ限定され、年1化性であると考えられる。本種の羽化時間帯が特定の時間帯に限定されるのは、本種の寿命が極めて短いため、特定の時間帯に羽化することで雌雄が確実に出会い、交尾、産卵する必要があるからであると考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、株式会社ニチレイには調査地として社有地を提供して頂き、調査の際には様々な便宜を図って頂きました。また、本研究の一部は株式会社ニチレイによる助成を受けて行われたものです。福島大学大学院実践教育推進センターの廣瀬孝太郎先生、筆者らの研究室の大平 創さん、志賀澄歌さん、難波元生さん、武田悠太さん、卒業生の前田知美さんには現地での採集調査にご協力頂きました。また、福島大学共生システム理工学類黒沢研究室の首藤光太郎さんには、現地での採集調査、水生植物の同定にご協力頂きました。以上の方々に深く感謝申し上げます。

引用文献

- Gose, K (1958) Notes of three Japanese caenid nymphs (Ephemeroptera, Caenidae), *Kansai Shizen-Kagaku Kenkyu-shi*, 11: 32-33 (In Japanese).
- Gose, K (1980) The mayflies of Japanese, no.11. *kaiyou to Seibutsu*, 2: 454-457 (In Japanese).
- Hwang, J. M. and Y. J. Bae (1999) Systematics of the Caenidae (Ephemeroptera) in Korea, *Korean Journal of*

- Entomology*, 29(3): 239-245.
- 川合禎次・谷田一三 (共編) (2005) 日本産水生昆虫一科・属・種への検索. 524p, 東海大学出版会.
- Kang,S.-C. and C.T. Yang (1994) Caenidae of Taiwan (Ephemeroptera), *Chinese Journal of Entomology*., 14: 93-113.
- Kang,S.-C. and C.T. Yang (1996) A New Species of *Caenis* Stephens (Ephemeroptera: Caenidae) from Taiwan, *Chinese Journal of Entomology*., 16(1): 55-59.
- Kluge, N. Yu (1987) Two new mayfly species of the genus *Caenis* (Ephemeroptera, Caenidae) from lower Amur, *Vestnik Leningrad. Univ.*, 3(1): 91-94 (in Russian).
- Kluge, N. Yu (1997) In: S. J. Tsalolikhin (ed), Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent lands. S-Petersburg., 3: 176-220 (in Russian).
- Malzacher, P. (1984) Die europäischen Arten der Gattung *Caenis* Stephens (Insecta: Ephemeroptera), *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde* (Ser. A-Biologie), 373: 1-48.
- Malzacher, P. (1996) *Caenis nishinoae*, a new species of the family Caenidae from Japan (Insecta: Ephemeroptera), *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde* (Ser. A-Biologie), 547: 1-5.
- Malzacher, P. (1997) In: Landolt P. & Sartori M. (eds.), Relationships in the Caenidae (Insecta: Ephemeroptera), Ephemeroptera & Plecoptera: Biology – Ecology – Systematics., 550-553.
- Malzacher, P. (2009a) New larvae of Caeninae from Madagascar (Ephemeroptera, Caenidae), *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde A* (N. S.), 2: 177-194.
- Malzacher, P. (2009b) Two new genera of Caenidae (Insecta: Ephemeroptera) from Guinea, West Africa, *Aquatic Insects*., 31 (4): 279-292.
- Malzacher P. and Staniczek A. H. (2006) Revision of the Madecocercinae (Ephemeroptera: Caenidae), *Aquatic Insects*., 28(3): 165-193.
- Sun L. and McCafferty W. P. (2001) *Callistina panda*, a striking new genus and species of Caeninae (Insecta: Ephemeroptera: Caenidae) from Madagascar, Bulletin de la Societe d'Histoire Naturelle de Toulouse., 137: 7-15.
- Suter P. J. (1999) *Irpacaenis*, a new genus of Caenidae (Ephemeroptera) from Australia, *Australian Journal of Entomol.* 38: 159-167.
- 谷田一三・石綿進一・花田聡子 (2008) フライマンのための水生昆虫入門. pp. 82-83.
- Tojo, K. (2001) Redescription of *Brachycercus japonicus* Gose, 1980 (Ephemeroptera, Caenidae), *Entomological Science*., 4 (3): 369-377.
- Tojo, K. (2011) Research on the Emergence Season and P-Eriod of the Caenid Mayfly *Brachycercus japonicus* (Ephemeroptera, Caenidae), *New Entomol.*, 60 (1-2): 21-24 (In Japanese).
- Tong X.-L. and Dudgeon D. (2002) Three new species of the genus *Caenis* from Hong Kong, China (Ephemeroptera: Caenidae), *Zoological research*., 23(3): 232-238.
- 増淵翔太・塘 忠頭 (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～. 「裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査報告書」, pp. 100-107.
- 富田國男 (編) (1994) 裏磐梯自然ハンドブック. 190p, 自由国民社.
- Zhou. C.-F. and Zheng. L.-Y. (2004) A preliminary study on the genus *Caenis* (Ephemeroptera: Caenidae) from Chinese mainland, with description of a new species, *Entomotaxonomia*., 26 (1): 1-7.