

長崎県南部の学校プールに形成される水生昆虫類相の成立要因

大庭 伸也^{1,*}・村上 陵¹・渡辺 黎也²・全 炳徳³

¹長崎大学教育学部生物学教室

²筑波大学大学院生命環境科学研究科保全生態学研究室

³長崎大学教育学部 GIS・リモートセンシング研究室

Factors Affecting a Fauna of Aquatic Insects in Swimming Pools of Schools in the Southern Part of Nagasaki, Japan. Shin-ya OHBA,^{1,*} Ryo MURAKAMI,¹ Reiya WATANABE² and Byungdug JUN³ ¹Biological Laboratory, Faculty of Education, Nagasaki University; 1-14 Bunkyo, Nagasaki 852-8521, Japan. ²Laboratory of Conservation Ecology, Graduate School of Life and Environmental Sciences, Tsukuba University; 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8572 Japan. ³GIS and Remote Sensing Laboratory, Faculty of Education, Nagasaki University; 1-14 Bunkyo, Nagasaki 852-8521, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 63: 163-173 (2019)

Abstract: Aquatic insects colonize the swimming pools of schools during the off-season. The present study aimed to investigate 30 swimming pools in southern Nagasaki Prefecture in spring (middle April to middle May) and autumn (late October to early November) 2014. We found 11 families of aquatic insects including 9 Heteroptera, and 9 Coleoptera. *Appasus japonicus* (Heteroptera: Belostomatidae), *Hesperocorixa koltzoffi* (Heteroptera: Corixidae), and *Cybister tripunctatus lateralis* (Coleoptera: Dytiscidae) designated as “Red Data List” species (red list species) were collected from the school pools. The community composition of aquatic insects was divided into spring and autumn, and its variance was related to the water temperature and organic matter. The major environmental factor related to the number of red list species was considered to be location near the potential natural habitat of the species. The organic matter falling into the pools affected the existence of *Orthetrum* species nymphs (Orthoptera: Libellulidae). Odonata nymphs, *Notonecta triguttata* (Heteroptera: Notonectidae), *Anisops ogasawaraensis* (Heteroptera: Notonectidae), *Aquarius paludum paludum* (Heteroptera: Gerridae), and *Eretes griseus* (Coleoptera: Dytiscidae) were found from most of the pools studied, indicating that these species may be used as teaching materials for science in most schools irrespective of their location.

Key words: Aquatic Coleoptera; aquatic Heteroptera; elementary school; junior high school; Odonata

緒 言

高度経済成長以後、人間の社会経済活動による野生動植物への影響は著しく拡大した (Lawton and May, 1995; Klein Goldewijk, 2001; Primack and Ralls, 2008)。彼らの生息環境は急速に悪化していき、現在では多くの種が絶滅を危惧されるようになった (環境省, 2015)。野生動植物の個体数の減少は、私たちの生活の変化に伴う身近な自然環境の改変とも決して無関係ではない。このような背景から、持続可能な社会の構築とそのような社会を担う人材の育成が求められている。2009年に公示された小学校および中学校理科の学習指導要領の改訂では環境教育の充実が図られ (文部科学省, 2008a, b)、身近な自然での野外学習の重要性が指摘されている。しかし、都市化や開発による生物の

個体数・種数の減少により、市街地の学校では生きた教材を入手したり、野外観察を実施するフィールドを見つけたりすることが難しい (水澤, 2016)。

ここで注目するのが学校プールである。学校プールはほとんどの小・中学校に設置されている。水泳の授業が行われるのは勿論、授業が行われない期間には防火用水を確保する場所として利用されている。そして、この授業が行われない期間は塩素の投入などの管理が行われないため、様々な水生生物が集まる (松良ら, 1998; 小松, 1999; 松良, 1999; 清水, 2004)。そこで、学校プールに生息している水生生物を児童や生徒の野外学習の教材と、それぞれの学校周辺の環境を評価する指標生物として活用できるのではないかと期待される (渡辺, 1999; 清水, 2004)。

学校プールの生物を対象とした先行研究から、学校プー

*E-mail: ooba@nagasaki-u.ac.jp

2019年1月4日受領 (Received 4 January 2019)

2019年7月20日登載決定 (Accepted 20 July 2019)

DOI: 10.1303/jjaez.2019.163

ルにはトンボ目幼虫、水生甲虫類、水生半翅類、トビケラ的一种などが生息することが知られる(長崎, 1997; 松良ら, 1998; 夏原・中谷, 2003). 専門書(清水, 2004)も出版され、その中では、採集したヤゴを羽化させるための方法や生物教材(渡辺, 1999)として用いることの有用性が述べられている。加えて、長崎(1997)や清水(2004)は、どの学校プールでも普遍的にみられる種(トンボ目のアカネ類のヤゴ、シオカラトンボ属のヤゴ、イトトンボ科のヤゴ、カメムシ目マツモムシ科のコマツモムシ *Anisops ogasawaraensis* Matsumura, カメムシ目アメンボ科のナミアメンボ *Aquarius paludum paludum* (Fabricius), カメムシ目ミズムシ科のコミズムシ類)と環境が良いところでみられる種(コウチュウ目ゲンゴロウ科のゲンゴロウ *Cybister chinensis* Motschulsky, カメムシ目コオイムシ科のコオイムシ *Appasus japonicus* (Vuillefroy), カメムシ目タイコウチ科のミズカマキリ *Ranatra chinensis* (Mayer) など)がいることを報告した。つまり、学校の周辺環境を反映するような生物がプールに訪れていることが予想される。森川ら(2012)は、東京都と千葉県でプールの生物群集と周辺の土地利用を絡めた多変量解析を実施し、コウチュウ目ゲンゴロウ科のヒメゲンゴロウ *Rhantus suturalis* (Macleay), コシマゲンゴロウ *Hydaticus grammicus* (Germar), ミズカマキリやトンボ目トンボ科のショウジョウトンボ *Crocothemis servilia mariannae* Boštjan Kiauta のヤゴは、学校の周辺に水田が多い学校プールで見つかりやすいことを明らかにし、周辺の水辺環境がプールの生物群集を形成する上で重要であることを示した。しかし、日本列島は南北に長く、地域ごとの生物群集が異なることは珍しくない。上記のような学校プールについての研究は、関西以東のものがほとんどであり、九州における学校プールの調査例は少なく、西田(2014)が記載的な報告として佐賀県のプールで得られた昆虫について報告しているにすぎない。本州とは、気候的に異なる九州、特に長崎県では大浦・大庭(2018)を除き、研究例はなく、長崎県においても学校プールに集まる水生生物を明らかにすることは、地域の生物相を明らかにするとともに、どういった生物が生物教材に用いるのに適しているのかを考察する際に重要な知見をもたらすだろう。また、長崎県では先行研究がないため、森川ら(2012)のような、プールで採集された水生生物が周囲の環境とどのような関連があるのかを体系的に検証されていない。

本研究は、様々な環境下にある屋外の学校プールにおいて、水泳の授業が行われない期間に集まり、学校プールにおける児童・生徒でも目視・観察しやすい水生昆虫類(本研究ではコウチュウ目、カメムシ目、トンボ目のみを対象とした)を把握するとともに、学校プールに集まる水生昆虫類と周辺環境(森林、水域、水田、標高など)との関係を明らかにすることを目的とした。先行研究(長崎, 1997;

松良ら, 1998; 夏原・中谷, 2003; 森川ら, 2012)が行われた地域よりも温暖な長崎県南部の環境条件が異なる学校プールにて、プールに塩素が投入されない4月中旬から5月中旬にかけて、および10月下旬から11月上旬にかけての2回、それぞれの学校プールに飛来する水生昆虫類を調査した。水生昆虫類と、プール内に堆積する有機物の量および周辺環境との関連について解析を行った。また、長崎県南部地域は、西部の西彼杵半島に水田や溜池が多く、後述の指標種の水生昆虫類の生息地も多く残されているため(深川・伊藤, 2012; 大串, 2013; 深川, 2015)、西彼杵半島とそれ以外の地域の違いが、学校プール中の指標種の在否に及ぼす影響にも着目した。

なお、本研究にご協力いただいた長崎県南部の30の小・中学校の教職員の方々に深謝する。長崎大学教育学部生物学教室の高田尚氏、中島かりん氏、寺園康秀氏、平井祥子氏には一部の調査・サンプルの仕分け、データ収集にご協力いただいた。本研究は科学研究費補助金(課題番号25830152)の援助を受けて実施した。

材料および方法

1. 調査期間

2014年4月15日から5月15日にかけてと、同年10月21日から11月4日にかけてそれぞれの期間のうちの7日間で調査を実施した。夏季は塩素の投入が行われているため調査を実施せず、春と秋の2回実施することにより、学校ごとの水生昆虫群集の把握を試みた。

2. 調査を行った小学校および中学校

長崎市、諫早市、時津町、長与町(2市2町の公立の小・中学校の総数は183校)から合計30校の公立の小・中学校を選定し、調査を行った(Fig. 1)。調査を行った各学校については、Google マップ(<https://maps.google.co.jp/>)とGoogle Earth(<https://maps.google.co.jp/>)を用いて学校から2km半径以内の森林面積、止水域面積(ゴルフ場内の池と水田を除く溜池やダム湖)、水田面積、標高、加えて緯度と経度をそれぞれ計測した。2km半径以内としたのは、水生昆虫類の飛翔移動距離で記録があるものとして、ミズカマキリの約1.4kmという報告があり(日比, 1994)、概ね2km以内の周辺の水辺環境の水生昆虫類が学校プールを利用すると期待されるからである(渡辺ら, 2019)。水田については、Google マップの航空写真(撮影時期は2014年10月25日~2014年11月23日)を見るだけでは畑などとの区別が困難であったため、Google マップのストリートビュー(撮影時期は2010年4月~2014年2月)と地理院地図(電子国土 Web; <https://maps.gsi.go.jp/#5/36.104611/140.084556/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0f1>)とを照らし合わせて判別し、水田であることがおおよそ確実であるものの面積を計測した。なお、撮影時期と

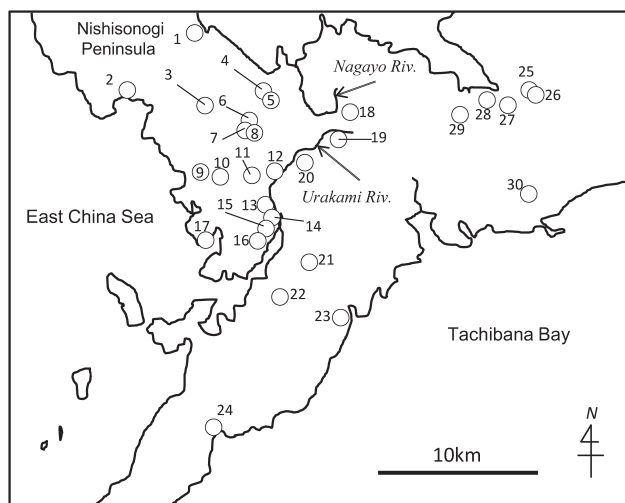


Fig. 1. A map of the surveyed schools in southern Nagasaki Prefecture, Japan. Each number indicates the school ID shown in Tables 1 and 2.

本研究の調査時期の間に大規模な土地利用改変はなかったことを確認している。

3. 調査方法

各学校プールでは、まず、水温、水深、pH、電気伝導度を記録した。なお、水温と電気伝導度は簡易型導電率系 (DIST5/6, ハンナインストルメンツ・ジャパン株式会社, 千葉) を、pHはポケット pH 計 (pHTestr10, ケニス株式会社, 大阪) をそれぞれ用いて計測した。その後、定量調査として全幅 40cm, 網の深さ 30cm, 3mm メッシュ幅の D 型フレームのタモ網 (研究調査用特殊機器 HOGA, 京都) を用い、学校プールの縁沿いに底をかくようにして 1m の長さをすくい、29cm×40cm×15cm の容器に移す作業を 30 回行った。一度すくった後に約 1.5m の間隔をあけ、すくい取り箇所が重ならないようにした。すくい取った際に堆積物が多く、実験室に持ち帰るのが困難であった場合は、タモ網ですくう回数を減らし (10 回または 15 回)、結果を集計する際に 30 回に換算した。なお、タモ網ですくう回数を減らす場合には、極力、学校プールの 4 辺から均等に捕獲できるように努めた。次に定性調査として、調査者 1 名による約 15 分間の目視とタモ網での捕獲によって、定量のすくい取りでは評価できない水生昆虫の確認を行った。学校プールで採集した昆虫は、実験室に持ち帰り、種の同定を行った。また、定性調査では採集されず、定量調査でのみ確認された種についても定性調査の結果に含めた。したがって、定性調査の結果は、各学校の採集昆虫の全リストとなっている。

4. 有機物量の計量

学校プールの中に堆積する落ち葉や枝などは、水生昆虫の隠れ場所になったり、餌となる生物が発生したりするた

め、水生昆虫が生育する上で大きな影響を及ぼしていることが考えられる。そのため本研究では、学校プール中に堆積する有機物量と調査で採集できた昆虫との関係性の有無を明らかにすることとした。タモ網での定量調査の際、生物とともにすくった有機物を昆虫と同じように 29cm×40cm×15cm の容器に入れて実験室に持ち帰った。持ち帰った有機物は温風乾燥機にいれて 60°C で完全に乾燥させ、乾重量を測定した。すくい取り回数を減らした場合は、水生昆虫の個体数と同様、有機物量も 30 すくい取りあたりに換算した。乾燥後の有機物の計量にはクッキングスケール (1439-2, 株式会社タニタ, 東京) を用いた。

5. 学校を対象にしたアンケート

調査を行った各小中学校側の意識とプールの管理、そこに生息する水生昆虫への意識調査を行うため、秋の調査が終了した後で、E-mail にて以下の 4 つの質問を行った。

1. 学校プール掃除の際、生き物の保護・救出を行う活動などはしているか。また、活動をしている場合は救出後の取り扱いはどうしているか。
2. 2014 年度のプール掃除を行った時期、掃除の際にどの薬品を用い、どのように行っているか。
3. いつまでプールに塩素を投入していたか。
4. 自身の学校プールに珍しい (絶滅危惧種に該当する) 生物がいると思うか。

また、質問 4 については、回答を“1. 思う”もしくは“2. 思わない”のいずれかの回答を得て集計し、実際にその学校のプールにレッドデータブック (環境省, 2015) 掲載種が存在していたかどうかと、質問 4 の回答に関連がみられるかどうかを後述の統計解析によって明らかにした。

6. 統計解析

上記で得られたデータをもとに統計ソフトウェア R (R Core Team, 2016) を利用して、以下の統計解析を行った。

(1) 学校プールの種多様性に及ぼす要因の解明

学校プールに成立する水生昆虫類 (コウチュウ目, カメムシ目, トンボ目) の群集組成の違いを明らかにするため、以下の解析を行った。春と秋の定量調査と定性調査で得られた調査結果をそれぞれ季節ごとに統合し、各学校プールにおける水生昆虫類の在否データのリストを作成した。在否データは、定量調査または定性調査のいずれかにおいて、成虫あるいは幼虫が確認された場合を 1 とし、両方の調査で確認されなかった場合を 0 とした。なお、種レベルまで同定できなかった分類群 (イトトンボ科, ヤンマ科, アカネ属, コミズムシ属) に関しては、科もしくは属レベルでまとめて一種として扱った。春または秋における各学校の水生昆虫類の在否データを 1 プロットとして、群集組成の類似性を求めるために Chao 指数を算出し、その値を基にして非計量多次元尺度構成法 (Non Metric Multidimensional Scaling; NMDS) による序列化を行っ

た。春と秋で水生昆虫群集に違いがみられるかどうかを確かめるために、PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance, vegan package, adonis 関数, 並び替え回数 10,000 回) により重心の検定を行った。次に、水生昆虫群集に影響を与えるプール内の環境要因 (水温, 水深, pH, 電気伝導度, 有機物量) を明らかにするために並び替え検定を行い, NMDS 上への分散の寄与率をベクトルで示した (envfit 関数, 並び替え回数 10,000 回)。

また、水生昆虫群集の多様性に影響する要因を解明するため、春と秋の季節別に各学校から 2km 半径内の森林面積, 水域面積, 水田面積, 標高, 有機物量を説明変数, シヤノン・ウィナー指数を応答変数とした重回帰分析を行った。なお、シヤノン・ウィナー指数は定量調査の個体数データを用いて算出した。

(2) トンボ類と有機物の関係

森川ら (2012) によると、トンボ目の個体数の差に影響する要因としては、学校プール周囲の植生から供給される落葉である可能性が示唆されている。その理由として植物組織内に産卵するイトトンボ科やヤンマ科にとって、学校プールに落下する植物片が産卵の可否を決める要因となるからである (清水, 2004)。また、シオカラトンボ属は落葉量が多いプールで観察されやすいという (森川ら, 2012)。そのため、本研究では春と秋それぞれの学校プールで確認されるアカネ類, シオカラトンボ属, イトトンボ科, ヤンマ科のそれぞれのヤゴの有無と有機物量の関係を一般化線形モデル (Generalized Linear Model, GLM) で解析した。それぞれの応答変数はヤゴ類の在否であるため、2項分布に当てはめて解析を行った。以下の解析も含め、GLM における説明変数の推定値の有意性は、Wald 検定を用いて評価した。

(3) 指標種の選別

大阪府 (長崎, 1997) や神奈川県 (清水, 2004) の学校プールの調査報告から、どの学校にでもいる種と周辺環境が良い学校にいる種が示唆されている。先行研究がほとんどない九州・長崎県において、どのような種が指標種になり得るのかを解析する必要がある。本研究では、長崎県および環境省のレッドデータブックに記載されているレッドリスト種 (RDL 種) で、今回の調査でも採集されたミズカマキリ, カメムシ目タイコウチ科のタイコウチ *Laccotrephes japonensis* Scott, コオイムシ, カメムシ目ミズムシ科のオオミズムシ *Hesperocorixa kolthoffi* (Lundblad), コウチュウ目ゲンゴロウ科のコガタノゲンゴロウ *Cybister tripunctatus lateralis* (Fabricius) に加え、RDL 種ではないが、長崎 (1997) が、環境が良いところにいる種としてあげたコシマゲンゴロウの近縁種のコウチュウ目ゲンゴロウ科のウスイロシマゲンゴロウ *Hydaticus rhantoides* Sharp (長崎県では RDL 指定ではないが、九州内では福岡県で

準絶滅危惧, 熊本県で絶滅危惧 II 類に指定されている (日本レッドデータ検索システム; <http://jpnrd.com/search.php?mode=map&q=07190111675>) を加えた (本研究でコシマゲンゴロウは採集されなかった), 計 6 種を指標種として扱った。

春と秋の調査で一度でも採集された場合は指標種ありの学校とし、そうでない場合は指標種なしとして扱った。RDL 種数や指標種数データを応答変数, 各学校から 2km 半径以内の森林面積, 水域面積 (ゴルフ場内の溜池は除く), 水田面積, 各学校の標高, 学校種別 (小学校・中学校) を説明変数とした一般化線形モデル (GLM) で解析した。先行研究 (深川・伊藤, 2012; 大串, 2013; 深川, 2015) で野外環境の分布データが利用可能なミズカマキリ, タイコウチ, コオイムシ, コガタノゲンゴロウは西彼杵半島に多くの生息地があることから、本研究では浦上川・長与川を基準として川の西側 (西彼杵半島) と東側に学校の立地を分類し、“地域”も説明変数に加えた。以上のすべての説明変数を入れたフルモデルから、変数減少法で説明変数の取捨選択を行った。この作業には統計ソフトウェア R の step 関数を利用した。

次に、指標種の存在によって 30 校の小中学校がどのように分類できるかを検討するため、指標種の在否のデータを用いて、クラスター解析を行った。

(4) 学校の意識と RDL 種の分布の関係

学校の意識 (RDL 種がいると思うと答えた割合) と RDL 種の生息率の違いを検討するため、フィッシャーの正確確率検定 (Fisher's exact probability test) を行った。また、学校の意識と実際にその学校のプールに RDL 種が生息していたかどうかの関連性を調べるため、学校の意識を応答変数, その学校プールに RDL 種がいたかどうかを説明変数とした、二項分布を仮定した一般化線形モデル (GLM) を用いての解析も行った。

結 果

1. 採集できたプールの水生生物と有機物量, 物理的環境

春と秋の調査で 11 科の水生昆虫が確認され、この中には、カメムシ目で 9 種, コウチュウ目で 9 種の水生昆虫が含まれた。トンボ目ヤゴでは、小さな個体が多かったので正確な種数は分からないが、イトトンボ科, トンボ科およびヤンマ科に属するヤゴが確認された。春の調査で出現率が高かったのは、アカネ類ヤゴ, カメムシ目マツモムシ科のマツモムシ *Notonecta triguttata* Motschulsky, ナミアメンボ, コマツモムシ, コウチュウ目ゲンゴロウ科のハイイロゲンゴロウ *Eretes griseus* (Fabricius), カメムシ目アメンボ科のヒメアメンボ *Gerris latiabdominis* Miyamoto であった (Table 1)。一方、秋の調査で出現率が高かったのは、コ

Table 1. Aquatic insects collected from school pools in spring 2014

地図上番号	学校種別	イトトンボ科ヤゴ	ヤンマ科ヤゴ	アカネ属ヤゴ	シオカラトンボ属ヤゴ	コミズムシ属	オオミズムシ	コマツモムシ	マツモムシ	ナミアメンボ	ヒメアメンボ	タイコウチ	ミズカマキリ	コオイムシ	ハイイロゲンゴロウ	コガタノゲンゴロウ	チビゲンゴロウ	クロズマメゲンゴロウ	ウスイロシマゲンゴロウ	マメゲンゴロウ幼虫	ヒメゲンゴロウ幼虫	ヒメガムシ	トゲバゴマフガムシ
Number	Type of school	Coenagrionidae	Aeshnidae	Sympetrum spp.	Orthetrum spp.	Sigara spp.	Hesperocorixa kolthoffi	Anisops ogasawarensis	Notonecta trigtutata	Aquarius paludum paludum	Gerris latiaabdominis	Lacconrephes japonensis	Ranatra chinensis	Appasus japonicus	Eretes griseus	Cybister tripunctatus lateralis	Hydroglyphus japonicus	Agabus conspicuus	Hydaticus rhanthoides	Agabus japonicus larva	Rhantus suturalis larva	Stenolophus rufipes	Berosus lewisius
1	E	320	—	—	8	—	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	E	48	—	112	—	—	8	24	+	—	+	—	+	2	—	+	—	32	—	—	—	—	—
3	E	32	6	32	8	—	—	—	8	+	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	+	—
4	E	144	+	8	152	+	+	—	+	+	+	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—
5	E	—	—	76	12	+	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	E	12	+	28	4	—	—	32	+	+	+	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—
7	E	—	—	320	—	—	—	40	+	+	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	+	—
8	E	12	—	96	—	—	—	24	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
9	E	—	—	32	—	—	—	8	+	+	+	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	+	—
10	J	12	—	20	4	4	—	—	4	+	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—
11	E	—	—	136	72	—	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
12	E	—	—	276	24	—	—	+	+	+	+	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—
13	J	—	—	—	—	—	—	9	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	E	—	—	20	—	—	—	23	+	+	+	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—
15	J	—	—	103	—	6	—	6	—	+	+	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—
16	E	—	—	23	+	1	—	23	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	E	+	—	154	2	—	—	—	—	+	+	—	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—
18	E	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	—	—	—	+	—	1	—	—	—	1	1	1
19	E	—	—	4	—	—	—	16	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	—
20	E	—	—	1344	—	—	—	—	+	+	+	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—
21	J	36	6	198	—	—	—	18	+	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	J	1	—	14	—	4	—	12	+	+	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—
23	E	14	—	18	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—
24	J	2	—	21	10	7	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	E	2	—	8	—	9	—	6	+	+	—	—	—	—	+	—	—	—	+	—	—	—	—
26	J	—	—	8	—	—	—	12	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	+
27	E	—	—	40	—	—	—	20	+	+	—	—	—	—	4	—	+	—	—	—	—	—	—
28	E	—	—	101	2	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29	E	1	—	—	—	—	—	7	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	E	—	—	121	—	—	—	28	+	+	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	+	—

Each figure and “+” indicates quantitative and qualitative data, respectively.
The types of schools are classified into elementary (E) and junior high (J).

Table 2. Aquatic insects collected from school pools in autumn 2014

地図上番号	学校種別	イトトンボ科ヤゴ	ヤンマ科ヤゴ	ウスバキトンボヤゴ	シオカラトンボ属ヤゴ	コムズムシ属	コマツモムシ	マツモムシ	ミズカマキリ	ナミアメンボ	ハイイロゲンゴロウ	チビゲンゴロウ	ヒメゲンゴロウ	ヒメガムシ
Number	Type of school	Coenagrionidae	Aeshnidae	<i>Pantala flavescens</i>	<i>Orithrum</i> spp.	<i>Sigara</i> spp.	<i>Anisops ogasawarensis</i>	<i>Notonecta triguttata</i>	<i>Ranatra chinensis</i>	<i>Aquarius paludum paludum</i>	<i>Eretes griseus</i>	<i>Hydroglyphus japonicus</i>	<i>Rhantus suturalis</i>	<i>Sternolophus rufipes</i>
1	E	73	—	92	—	—	16	—	—	—	2	—	—	—
2	E	—	—	88	—	—	270	+	1	—	12	—	3	1
3	E	—	—	20	—	—	46	+	—	—	6	—	—	—
4	E	—	2	20	102	—	14	—	2	—	+	—	—	—
5	E	—	—	33	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
6	E	—	—	30	24	—	4	—	—	+	—	—	—	—
7	E	—	—	14	—	—	5	—	1	—	4	—	—	—
8	E	—	—	4	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1
9	E	—	—	29	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—
10	J	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—
11	E	—	—	58	—	—	—	—	—	—	10	—	—	—
12	E	—	—	90	6	—	30	—	—	—	18	—	—	—
13	J	—	—	8	—	4	84	—	1	—	4	—	—	—
14	E	—	—	5	—	—	68	—	—	—	8	—	—	—
15	J	—	—	—	—	—	46	—	—	—	1	—	—	—
16	E	—	—	2	—	1	8	—	—	—	5	—	—	—
17	E	24	—	80	64	—	392	—	—	—	36	—	—	—
18	E	—	—	—	—	—	50	—	—	—	1	—	—	—
19	E	—	—	5	—	—	213	—	—	—	—	—	—	—
20	E	—	—	67	—	2	23	—	—	—	5	—	—	—
21	J	—	—	—	—	—	11	—	—	—	—	—	—	—
22	J	—	—	11	—	—	101	—	—	—	2	—	—	—
23	E	22	—	24	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—
24	J	—	4	26	—	—	6	—	—	+	+	—	—	—
25	E	—	—	10	—	—	15	—	—	—	1	—	—	+
26	J	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
27	E	—	—	3	—	—	61	—	—	—	2	2	—	—
28	E	—	—	21	—	—	160	—	—	—	—	—	—	—
29	E	—	—	2	—	—	75	—	—	—	1	—	—	—
30	E	—	—	20	—	4	408	—	—	—	144	—	—	+

Each figure and “+” indicates quantitative and qualitative data, respectively.
The types of schools are classified into elementary (E) and junior high (J).

マツモムシ、ウスバキトンボのヤゴ、ハイイロゲンゴロウであった (Table 2)。この中で、環境省レッドデータブックや長崎県レッドデータブックに記載されているのはミズカマキリ (長崎県準絶滅危惧)、タイコウチ (長崎県準絶滅危惧)、コオイムシ (環境省準絶滅危惧、長崎県絶滅危惧Ⅰ類)、コガタノゲンゴロウ (環境省絶滅危惧Ⅱ類、長崎県絶滅危惧Ⅱ類)、オオミズムシ (環境省準絶滅危惧、長崎県準絶滅危惧) であった。

有機物の乾重量は、春は平均で 200g (最小-最大, 3-1194g)、秋は 78g (0-648g) であり、春の方が有意に多かった (Wilcoxon signed-rank test, $z=3.62$, $p=0.0002$)。春のプールの水温は平均 21.6°C, pH は 8.4, 電気伝導度は 130ppm であった。秋のプールの水温は平均 20.0°C, pH は 7.9, 電気伝導度は 135ppm であった。

2. 環境要因とプールの生物群集の関係

(1) 学校プールの種多様性に及ぼす要因の解明

NMDS の結果、水生昆虫類の群集組成は春と秋で違いがみられた (PERMANOVA, $\text{pseud-}F=58.59$, $p<0.0001$; Fig. 2)。NMDS では stress 値が 0.2 以下であると平面図上への投影の当てはまりが良いとされており (Kruskal, 1964), 本解析において stress 値は 0.13 であったため、平面図上への投影は妥当であると判断した (Fig. 2)。また、水温 (並び替え検定, $R^2=0.124$, $p<0.05$) と有機物量 (並び替え検定, $R^2=0.128$, $p<0.05$) が群集組成のばらつきを説明していた。

重回帰分析の結果、春の多様性指数はいずれの変数とも有意な関係がなかったが、秋のそれは有機物量との間に有

意な正の関係が認められた (Table 3)。すなわち、有機物が多いプールには多様な水生昆虫群集が成り立つことを示している。

(2) トンボ類と有機物の関係

春の調査では、すべてのトンボ類と有機物量に有意な関係は検出されなかった (GLM, すべての分類群において: $z=0.00$, $p=1.00$) が、秋の調査では、シオカラトンボ属と有機物量に有意な正の関係 ($z=2.28$, $\text{Estimate}=0.00545$, $p=0.022$)、イトトンボ科と有機物量に統計的には有意ではないが ($z=1.93$, $\text{Estimate}=0.00302$, $p=0.054$)、正の関係が検出された。一方、アカネ属 ($z=0.840$, $p=0.401$) とヤンマ科 ($z=0.97$, $p=0.332$) は有機物量と有意な関係はなかった。

Table 3. Result of multiple regression analysis concerning species diversity index

Season		Estimate	SE	t-value	p-value
Spring	(Intercept)	0.889	0.225	3.946	0.001
	Forest area	-0.055	0.186	-0.293	0.772
	Aquatic area	-0.532	1.808	-0.294	0.771
	Rice field area	-0.153	0.874	-0.175	0.862
	Altitude	-0.001	0.002	-0.336	0.740
	Organic matter	0.000	0.000	-0.528	0.603
Autumn	(Intercept)	0.529	0.155	3.417	0.002
	Forest area	0.076	0.119	0.644	0.525
	Aquatic area	0.096	1.183	0.081	0.936
	Rice field area	-0.329	0.574	-0.573	0.572
	Altitude	-0.001	0.001	-0.894	0.380
	Organic matter	0.002	0.000	3.496	0.002

Factors in boldface type are significant (Wald test, $p<0.05$).

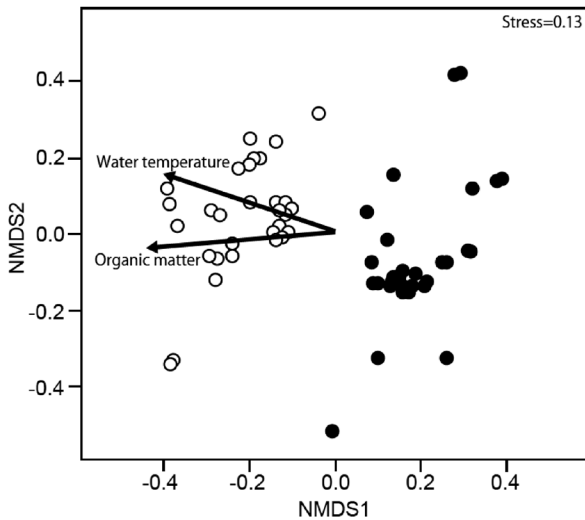


Fig. 2. NMDS (Non Metric Multidimensional Scaling) plots of the community composition of aquatic insects in swimming pools of schools at different seasons (white circles: spring; black circles: autumn). Solid lines of vectors indicate significant ($p<0.05$) relationships with site scores based on random permutation tests (10,000 iterations).

Table 4. Result of GLM concerning RDL and indicator species

Response variable		Estimate	SE	z-value	p-value
RDL species	(Intercept)	-6.82	3.29	-2.07	0.038
	Area^a	6.55	3.06	2.14	0.032
	Aquatic area	19.33	11.86	1.63	0.103
	Rice field area	12.12	5.90	2.06	0.040
	Altitude	-0.02	0.01	-1.58	0.114
	(School species) (Forest area)				
Indicator species	(Intercept)	-1.77	0.87	-2.04	0.041
	Area^a	2.05	0.83	2.46	0.014
	Rice field area	3.55	2.27	1.57	0.118
	Altitude	-0.01	0.01	-1.67	0.095
	(School species) (Forest area) (Aquatic area)				

Factors in boldface type are significant (Wald test, $p<0.05$).

^a The coefficient indicates the relative effect of western area (Nishisonogi Peninsula) compared with that of the eastern area.

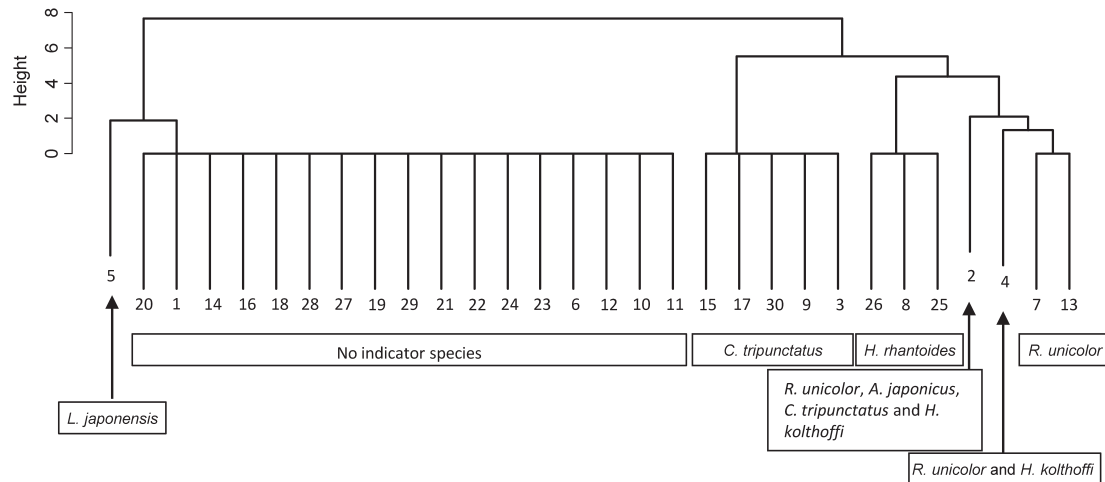


Fig. 3. Result of cluster analysis using the indicator species. Each number and the school ID are shown in Tables 1 and 2.

(3) 指標種による解析

ミズカマキリ、タイコウチ、コオイムシ、オオミズムシ、コガタノゲンゴロウの5種をまとめてRDL種とした解析では、RDL種数と地域、水田面積との間に正の関係がみられた (Table 4)。地域は、浦上川・長与川の東側を基準としているので、東側よりも西側 (西彼杵半島) でRDL種数が増えることを示している。同様に指標種の解析では、地域のみが有意となり、浦上川・長与川の西側で見つかりやすいことが分かった (Table 4)。

クラスター解析の結果、指標種が見つかった学校とタイコウチ以外の指標種が見つからなかった学校に類別された (Fig. 3)。地図上番号5の学校では指標種のタイコウチが確認されたものの、その他の指標種が確認された学校とは別のクラスターに類別された。Fig. 3の左のクレードには浦上川・長与川より西にある学校が8/18校 (44.4%)、右のクレードには9/12校 (75.0%) 含まれた。

3. 学校の意識とRDL種の分布の関係

学校に対するアンケートでは、30校中、25校から回答が得られた (回収率は83.3%)。質問1については、行うもしくは教材として活用する学校が7校、行わない学校が18校であった。質問2の回答では、「薬品は使用しない」が14校と回答数の過半数を上回った。薬品を使用する場合は、アクアクリン (主成分：ジクロロイソシアヌル酸ナトリウム、株式会社アスリード) やネオクロール (有効成分：トリクロロイソシアヌル酸およびジクロロイソシアヌル酸ナトリウム、四国化成) を用いる学校が多く、清掃を行う前に入れておくと、壁面の藻類が落ちやすくなるということであった。質問3の塩素投入時期は、夏休みのプール開放を行うかどうかなどで左右されるが、早くて7月下旬、遅くて9月中旬までという結果になった。質問4については、調査中にプールの生物について授業を行った地図

上番号2の学校を除く24校中、1校のみが“いると思う”と回答した。“わからない”は2校のみであったので、この2校は解析から除外した。実際には、回答のあった24校のうち、8校のプールでRDL種が確認されており、学校の回答とRDL種の生息率には有意な違いが検出された (フィッシャーの正確確率検定, $\chi^2=21.1, df=1, p<0.001$)。また、学校プールのRDL種の存在は、その学校の回答には影響していないことも分かった (GLM, $z=0.003, p=0.998$)。

考 察

1. 採集できた水生昆虫類

トンボ目、マツモムシ、ナミアメンボ、コマツモムシ、ハイイロゲンゴロウはほとんどの学校で確認された (Table 1, 2)。これは、市街地の学校であっても簡単に手に入れることができる生物教材が学校プールに存在しているということを示している。上記の生物の他にも、学校の立地次第で様々な種の生物が確認できた。調査地によっては環境省レッドデータブックや長崎県レッドデータブックに記載されている絶滅危惧種も発見できており (Table 1, 2)、このことは、児童・生徒に「絶滅危惧種」というキーワードとともに環境問題に対する関心を持たせる機会になると捉えることができるだろう。また、学校によって発見できる水生昆虫が異なることは非常に興味深いことであり、教員が地域の自然や環境問題を児童・生徒に考えさせる上で意義があると考えられる。学校プールは、身近に存在する環境教育の場として活用できるだろう。先行研究 (長崎, 1997; 夏原・中谷, 2003; 清水, 2004; 森川ら, 2012; 西田, 2014; 大浦・大庭, 2018) において、学校プールでみられなかった水生昆虫類で、今回初めて記録された種はコウチュウ目ゲンゴロウ科のウスイロシマゲンゴロウ、クロズ

マメゲンゴロウ *Agabus conspicuus* Sharp, コウチュウ目ガムシ科のトゲバゴマフガムシ *Berosus lewisius* Sharp である。このように地域を変えれば学校プールに訪れる生物が異なることを示唆しており、学校や地域に合わせた種の把握が重要である。

プールに訪れる水生昆虫類はなぜやってくるのか。西城 (2001) は、生活史の大部分を水中で過ごす止水性水生昆虫類を対象にした研究を行い、対象とした水生昆虫の多くが安定した水域に留まらず、不安定な一時的な水域を繁殖の場として利用することを明らかにしている。本研究において採集できた水生昆虫類についても同じように繁殖場所として学校プールを利用している他、水田の水が抜かれた際や溜め池が乾き上がった際の避難場所として学校プールに飛来している可能性が示唆される。

2. 環境要因とプールの生物群集

NMDSの結果、春と秋で水生昆虫の群集組成は異なっており、水温と有機物量が群集組成のばらつきを説明していた。また、重回帰分析の結果、秋には有機物の量と水生昆虫類の多様度との間に正の関連がみられた (Table 3)。これらの結果は、有機物量は学校プールにおける水生昆虫相を決定する重要な環境要因であり、学校プール内の有機物量が十分でないと多様な水生昆虫類が生息するのが難しいことを示していると考えられる。なお、春の有機物量と水生昆虫類の多様性との間に関係がみられなかったのは、秋では春に比べて有機物量が少なかったのに対し、春にはほとんどの学校プールに必要な量の有機物が堆積することに起因していると考えられる。このことは、どの学校であっても春のプールには多様な水生昆虫類が生息している可能性が高いことを示している。実際に、秋よりも春の方が確認種数は多かった (Table 1, 2)。つまり、学校プールを活用した環境教育は、プール清掃を行う前の5月から6月の間に試みると良いことが考えられる。また、ヤゴを飼育して観察を行う場合を考慮しても、地域差、個体差はあるが、尾園ら (2012) の各種成虫の出現期を参考にすると、上記の期間に捕獲すると羽化までの時間が短いため、給餌などの手間がかからず、児童や生徒でも飼育が容易であると考えられる。また、周辺環境 (森林面積、水域面積、水田面積、標高) と採集できた RDL 種や指標種の解析から、水田面積が大きい地域の学校プールには RDL 種が捕獲されやすいなど、野外の屋外プールに訪れる生物は周辺の環境が影響している可能性が高い (Fig. 3, Table 4)。学校プールに形成される水生昆虫類相は、周囲の水田など生息場所となり得る面積の有無が影響し、種組成が決定されたとした先行研究 (森川ら, 2012) の結果に反して、本研究では水田面積は学校プールに形成される水生昆虫群集に影響を与えていなかった (Fig. 2)。今回の調査だけではその理由は不明であるが、今後は、各学校の近くに存在する

水域や水田に生息している水生昆虫類相や、これらに影響しそうな周辺水田に使用される農薬の種類や水管理についても詳細に調べる必要がある。

トンボ類の在否と有機物の関係についての解析では、秋の調査において、シオカラトンボ属と有機物量に有意な正の関係、イトトンボ科と有機物量に統計的には有意ではないが、正の関係が検出された。森川ら (2012) は学校プール内に堆積する有機物量 (デトリタス量) の多寡によって、トンボ目幼虫の個体数が増減する可能性を示唆しており、本研究の結果と矛盾しない。これらの有機物量はヤゴの餌であるユスリカ幼虫の生息にも影響するため (松良ら, 1998)、餌量の増加の結果としてヤゴの生存にも有利に働いたものと推測される。また、清水 (2004) もイトトンボ類とヤンマ類の成虫は、植物の組織の中に産卵を行うため、植物がないプールにはこれらのヤゴは生息する可能性が低いことを指摘している。しかし、春の調査では有機物量とトンボ目幼虫の在否に有意な分類群はなかった。春の調査では、前年秋に学校プールの活動がオフになり、薬剤が投入されなくなってから各種の水生昆虫が利用し始め、一冬を経たトンボ目幼虫の在否を評価しているため、繁殖期直後の秋の調査とは傾向が異なるのかもしれない。今回観察したトンボ類の多くの繁殖期が秋までであることやアカネ属はほとんどが秋に産卵して卵越冬して春に孵化すること (尾園ら, 2012) を考慮すると、秋の調査は産卵・孵化直後にあたり、トンボ類の分類群ごとの産卵選好パターンや秋に孵化するか春に孵化するかといった卵期間の違いがそのまま学校プール内での幼虫の在否に反映された可能性が高い。

RDL 種数と水田面積との間に正の関係、浦上川・長与川の東側よりも西側で RDL 種数が多くなり、指標種数と指標種の在否 (生息率) についても浦上川の西側で種数や生息率が高かった (Table 4, Fig. 3)。これは野外での分布状況が学校プールへの生物相に影響することを示唆しており、長崎県南部では浦上川・長与川以西の学校プールであれば、RDB 種の確認が期待できるかもしれない。

3. 学校を対象にしたアンケート

質問4について、学校の回答と RDL 種の生息率には有意な違いが検出された。また、RDL 種の存在は学校の回答には影響していなかった。これは、学校の職員が学校プールに RDL 種が存在していないと考えていても、実際に調査を行ってみると RDL 種を確認できる確率の方が高いことを示している。質問1の回答結果がそうであったように、学校プールに生息している水生生物を教材として活用したり、飼育を行ったりする学校は多いとは言えない (活用すると答えた学校は32%だった)。プールは水生昆虫にとって一時的に利用する水域の1つではあるが、児童や生徒にとっては野外学習を行う場として、周辺環境の現状や

変遷を学ぶ場と位置付けることができるだろう。今回の調査で調査対象の学校を選定するに際し、生物(オタマジャクシ)が発生するため、定期的に薬剤をプールに入れていると答える学校があった。その学校は調査対象にはできなかったが、こういった学校があることもまた現実である。先行研究(長崎, 1997; 松良ら, 1998; 夏原・中谷, 2003; 森川ら, 2012)や本研究の結果が示すように、学校プールが意外にも多くの生物を育む場所であることを各学校の教師に認知されることが、何よりも重要であり、本研究がそのきっかけになることを期待したい。

摘 要

水生昆虫類はオフシーズンの学校プールに飛来する。本研究では、長崎県南部の小・中学校のプール合計30校を2014年の春(4月中旬から5月中旬)と秋(10月下旬から11月初旬)に調査した。調査の結果、カメムシ目6種、コウチュウ目9種を含む11科の水生昆虫を確認し、この中にはレッドリスト掲載種のオコイムシやオオミズムシ、コガタノゲンゴロウも含まれた。水生昆虫類の群集組成は春と秋で違いがみられた。また、水温と有機物量が群集組成のばらつきを説明していた。今回確認された学校プールで確認されたレッドリスト掲載種の種数に影響する主な環境要因は、学校の立地する地域であり、近くに潜在的な生息地がある西彼杵半島にある学校のプールで見つかりやすかった。学校プールに入りこむ落葉の量はシオカラトンボ属のヤゴの存在に影響した。トンボ目幼虫、マツモムシ、コマツモムシ、ナミアメンボ、ハイイロゲンゴロウは調査したほとんどの学校で確認され、これらは多くの学校の理科の生物教材になり得ると期待される。

引用文献

- 深川元太郎(2015) 長崎県の大型水生カメムシ類の記録3. こがねむし 80: 41-48. [Fukagawa, G. (2015) Records of water scorpion (Belostomatidae, Nepitida) in Nagasaki, Kyusyu, Japan (Part 3). *Koganemushi* 80: 41-48.]
- 深川元太郎・伊藤雅男(2012) 長崎県のコガタノゲンゴロウ採集記録. こがねむし 78: 1-5. [Fukagawa, G. and M. Ito (2012) Record of *Cybister tripunctatus orientalis* in Nagasaki. *Koganemushi* 78: 1-5.]
- 日比伸子(1994) 虫たちの集う池. 昆虫と自然 29: 19-20. [Hibi, N. (1994) Insects sharing irrigation ponds. *The Nature and Insects* 29: 19-20.]
- 環境省(編)(2015) レッドデータブック2014—日本の絶滅の恐れのある野生生物—5 昆虫類. ぎょうせい, 東京. 509 pp. [Ministry of the Environment (ed.) (2015) *Red Data Book 2014—Threatened Wildlife of Japan—Volume 5, Insecta*. Gyosei Co., Tokyo. 509 pp.]
- Klein Goldewijk, K. (2001) Estimating global land use change over the past 3000 years: the HYDE database. *Global Biogeochemical Cycles* 15: 417-434.
- 小松清弘(1999) 学校及びその周辺に生息するトンボの教材化. 昆虫と自然 34: 9-12. [Komatsu, K. (1999) Note of dragonflies at and around primary school as teaching material. *The Nature and Insects* 34: 9-12.]
- Kruskal, J. B. (1964) Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. *Psychometrika* 29: 1-27.
- Lawton, J. H. and R. M. May (1995) *Extinction Rates*. Oxford University Press, Oxford. 233 pp.
- 松良俊明(1999) 小学校プールになぜヤゴ(タイリクアカネ幼虫)が棲むのか. 昆虫と自然 34: 13-17. [Matsura, T. (1999) Why odonate larvae (*Sympetrum striolatum imitoides*) occur at swimming pools of primary school? *The Nature and Insects* 34: 13-17.]
- 松良俊明・野村一眞・小松清弘(1998) 都市の人口水域に生息するトンボ目幼虫の生態学的研究: 小学校プールにおけるタイリクアカネ幼虫の発生状況およびその生活史. 日本生態学会誌 48: 27-36. [Matsura, T., K. Nomura and K. Komatsu (1998) Ecological studies of odonate larvae living in artificial ponds in an urban area: Occurrence of larval *Sympetrum striolatum imitoides* and its life history in primary school swimming pools. *Jpn. J. Ecol.* 48: 27-36.]
- 水澤玲子(2016) 生態分野の教材・手法の共有に関する高校教員の取り組み. 日本生態学会誌 66: 629-638. [Mizusawa, L. (2016) Sharing ecology educational materials and methods among high school teachers. *Jpn. J. Ecol.* 66: 629-638.]
- 文部科学省(編)(2008a) 小学校学習指導要領解説 理科編. 大日本図書, 東京. 107 pp. [Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (2008a) *Elementary School Instruction Guidelines Explanation (Science)*. Dainippon-tosho Co., Tokyo. 107 pp.]
- 文部科学省(編)(2008b) 中学校学習指導要領解説 理科編. 大日本図書, 東京. 153 pp. [Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (2008b) *Junior High School Instruction Guidelines Explanation (Science)*. Dainippon-tosho Co., Tokyo. 153 pp.]
- 森川政人・小林達郎・相澤章仁(2012) 学校プールに形成される水生昆虫相の成立要因に関する研究. 日本緑化工学会誌 38: 103-108. [Morikawa, M., T. Kobayashi and A. Aizawa (2012) Study about factors that compose a group of aquatic insects in swimming pool. *J. Jpn. Soc. Reveget. Tech.* 38: 103-108.]
- 長崎 撰(1997) プールの水生昆虫相調査による周辺の環境評価の試み. 環境教育 6: 22-30. [Nagasaki, O. (1997) An attempt for environmental education around swimming pool by investigation of aquatic insect community. *Jpn. J. Environ. Edu.* 6: 22-30.]
- 夏原由博・中谷憲一(2003) 大阪市内の学校ビオトープでみられた水生昆虫. 昆虫と自然 38: 7-10. [Natuhaara, Y. and K. Nakatani (2003) Aquatic insects of school yards in Osaka City. *The Nature and Insects* 38: 7-10.]
- 西田光康(2014) 鹿島市街地の学校プールで得られた甲虫類. 佐賀の昆虫 48: 625. [Nishida, M. (2014) Beetles obtained at school pool in Kashima city area. *Saga no Kontyu* 48: 625.]
- 大串俊太郎(2013) 長崎総合科学大学内の一時的水域で採集

- されたコガタノゲンゴロウ. 長崎県生物学会誌 73: 18-20. [Ohgushi, S. (2013) *Cybister tripunctatus lateralis* collected at the temporary water area in Nagasaki Institute of Applied Science, Nagasaki. *Trans. Nagasaki Biol. Soc.* 73: 18-20.]
- 大浦ひなた・大庭伸也 (2018) 長崎市浦上川沿いにおけるコオイムシの記録. 長崎県生物学会誌 82: 11-12. [Ohura, H. and S. Ohba (2018) A record of giant water bug, *Appasus japonicus*, around Urakami River in Nagasaki City. *Trans. Nagasaki Biol. Soc.* 82: 11-12.]
- 尾園 暁・川島逸郎・二橋 亮 (2012) 日本のトンボ. 文一総合出版, 東京. 532 pp. [Ozono, A., I. Kawashima and R. Futahashi (2012) *Dragonflies of Japan*. Bun-ichi Sogo Shuppan, Tokyo. 532 pp.]
- Primack, R. B. and K. Ralls (2008) *A Primer of Conservation Biology*. 4th ed. Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts. 349 pp.
- R Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>
- 西城 洋 (2001) 島根県の水田と溜め池における水生昆虫の季節的消長と移動. 日本生態学会誌 51: 1-11. [Saijo, H. (2001) Seasonal prevalence and migration of aquatic insects in paddies and an irrigation pond in Shimane Prefecture. *Jpn. J. Ecol.* 51: 1-11.]
- 清水研助 (2004) だれでもできるヤゴ救出大作戦 身近なプールは生きもののワンダーランド. 合同出版, 東京. 126 pp. [Shimizu, K. (2004) *A Great Strategy to Rescue Odonata Nymphs That Anyone Can Do. A Familiar Pool Is a Wonderland of Creature*. Godo Shuppan, Tokyo. 126 pp.]
- 渡辺 守 (1999) 学校プールに出現する蜻蛉目昆虫の教材化に関する基礎的研究. 生物教育 39: 65-76. [Watanabe, M. (1999) Basic research on the Odonata larvae as a teaching material from the swimming pool of elementary and junior high schools. *Jpn. J. Biol. Edu.* 39: 65-76.]
- 渡辺黎也・日下石碧・横井智之 (2019) 水田内の環境と周辺の景観が水生昆虫群集(コウチュウ目・カメムシ目)に与える影響. 保全生態学研究 24: 49-60. [Watanabe, R., A. Nikkeshi and T. Yokoi (2019) Effects of environmental factors in rice paddy and surrounding landscape on aquatic insect community (Coleoptera, Hemiptera). *Jpn. J. Conserv. Ecol.* 24: 49-60.]
-