

山間部における水生昆虫類保全に向けた、 自作ビオトープでの動態調査

笹 愛美

滋賀県

1. はじめに

ゲンゴロウ *Cybister chinensis* やタガメ *Kirkaldyia deyrolli* に代表される水生昆虫の多くは、かつては氾濫原や後背湿地といった自然湿地を利用していたと考えられている。人間活動が盛んになるにつれ自然湿地は水田へと姿を変えていったが、水田は人工的につくられた浅く一時的な湿地環境でもあった。単に一時的な湿地であるというだけでなく、河川の氾濫やそれによる侵食などの天然の攪乱に代わって、代かきや冠水など人為的な攪乱が繰り返されるという点でも、自然湿地に近い環境であると言える。このような水田やため池などの水田環境を、多くの水生昆虫が自然湿地の生息代替地として利用するようになったとされている（桐谷，2012；守山，1996；西城，2001）。

しかし、農法の近代化や圃場整備，減反政策，耕作放棄地の増加などにより，水田を生息地として利用していた水生昆虫の生息状況が急速に悪化している。水田とその周辺環境が変貌したことにより，水生昆虫は水田やため池などの代替生息地さえ失うことになった（西原ほか，2006；市川，2008；森ほか，2008）。その結果，水田生物の代表とされるゲンゴロウ類では，絶滅が危惧される種が増加し，各都道府県および環境省のRDBへの掲載種が増えた（西原ほか，2006；市川，2008）。

このような水生昆虫の生息環境の悪化は，中山間地の水田で特に顕著であると考えられる。中山間地では耕作が放棄される水田が多いうえ（日鷹，2010），もともと小規模な耕作地が多いことから生息地の喪失を補償する環境が周囲に少ないためである。ため池が少なく，止水性の水生昆虫にとっての代替生息地に乏しいなど，中山間地特有の傾向も存在する。

Coccia *et al.* (2016) によると，天然の湿地生態系が残存する地域において，小規模な水域の造成が水生生物群集の多様性保全に有効であると報告されており，近年，水生生物の多様性に向けたビオトープ池の造成が各地でおこなわれている（鈴木，2018）。しかし，水田生態系に生息する水生昆虫の生活環の完結には，水田のみならずため池や樹林など他の要素が必要不可欠であることも多い（西城，2001；桐谷，2012）が，一つの地域内に複数種類の水域を創出して水生昆虫の動態を調査した例はほとんどない。

そこで本研究では滋賀県の中山間地で，天然の湿地生態系が残存する棕川集落において，耕作放棄された水田環境に小規模な池を複数造成し，その池を生息地として利用する水生昆虫類を経時的に調査した。その結果に基づいて，中山間地の水田環境における水生昆虫のレフュージア（避難地）としてのため池の機能について考察した。

2. 調査地および方法

2-1. 調査地の概要

高島市今津町の中山間部、標高約 250 m に位置する椋川集落（北緯 35 度 23 分，東経 135 度 54 分）の耕作放棄地（図 1）を調査地に設定した。椋川集落では，稲作に湧水や谷川の水を利用しており，集落内に農業用ため池が存在しない。調査地とした場所は，40 年以上前から耕作を放棄され，植生遷移が進み始めていた。この場所は，豊富な湧水があり水はけも悪く，降雨後は水の溜まるような環境であった。調査地は北西に向かって傾斜しており，周辺はスギの植林であった。

筆者は本研究を始める前の 2020 年 9 月，10 月，11 月，2021 年 3 月に水生昆虫相の調査を行い，複数種の水生生物の生息を確認していた（後述）。この他にも，2010 年前後に滋賀県立大学学生ら（当時）によって椋川集落での水生昆虫相の調査が実施されており，およそその生物相が把握されている（中西ほか，2009；中西，2009；田和ほか，2015）。池を造成する以前の調査地および周辺地域の水生昆虫相と本研究の調査結果を比較することで，池を造成する前後やその周辺場所との水生生物相の比較ができると期待された。

また，近隣水田の水環境が造成池における水生昆虫の動態に影響すると考えられたため，椋川集落の稲作農事暦について集落営農の代表者から聞き取り調査をした。

2-2. 池の造成

前述の耕作放棄地に 2020 年 9 月から 10 月にかけて 1 つの池（池 A）を造成し，さらに 2021 年 6 月から 7 月にかけて 2 つの池（池 B，C）を造成した。池 A は開けた日当たりの良い，調査地で最も下部の場所に造成した（図 2）。池 B は山からの湧水が溜まりやすく，日当たりの良い場所に造成した（図 3）。池 C はスギに囲まれた日当たりの良くない，調査地で最も上部の場所に造成した（図 4）。

造成にあたり，池の造成予定場所に生えている草本をカマで刈り取ってから，ショベルを用いて穴を掘った。掘った際に出た土は，池の畦として積み上げた。穴を掘っただけで池の底面から湧水が滲み出てきて徐々に湛水したが，晴天続きの時に渇水になる恐れがあったため，池から山側に向かって 2～4 m ほどの溝を掘って湧水を引いた。どの池も，造成時の周囲長は 13～14 m，水深は約 35 cm であった。すべての池において，後述する調査のたびに底泥を掘り上げ，畔を高くするなどの調整を適宜おこなった。

池 C には，造成時に調査地から約 5 km 離れた場所で自生していたヒルムシロ *Potamogeton distinctus* を採取し，移植した。クロゲンゴロウ *Cybister brevis* などの中一大型のゲンゴロウ類は，水生植物を産卵基質として利用することが知られている（中島ほか，2020）。また，ヒルムシロは滋賀県 RDB でその他重要種に指定されており，近隣府県でも減少傾向にある（福井県，2016；岐阜県，2014）。ヒルムシロの移植は，水生昆虫に繁殖地として利用される可能性を高める効果が期待され，さらにヒルムシロ自体の生息域外保全にもつながると考えられた。

2-3. すくい取り調査

各池の水生昆虫相を把握するため、D型フレームのたも網（フレーム幅：35 cm，目合：1 mm）を用いてすくい取りを行った。各池でのすくい取り調査は、2021年8月17日から2022年10月13日までの期間、約2週間に一度の頻度でおこなった。ただし、冬季は積雪のために調査をおこなわなかった。

それぞれの池で、池の中心から岸に向かって底泥を引っかくように約70 cmの距離を約30回すくい、池の中心部で泥をすくわないように5回すくった。

たも網に入った水生昆虫のうち鞘翅目昆虫と、原則として体長30 mm以上の半翅目昆虫を全て現地で同定し、種ごとの個体数を数えたのち、採集した池に戻した。体長30 mm以下の半翅目昆虫が採集された場合、同定後に在不在のみを記録したのち、採集した池に戻した。学名は中島ほか（2020）に従った。

2-4. 環境要因の測定

環境要因として、池のおよそ中心部分にて水温と水深を測定した。いずれも掬いとり調査の前におこなった。水温は水温計（佐藤計量器製作所，SK-250WPII-K）を用いて測定した。水深は折れ尺（シンワ測定，ファイバー折尺，78705）を、泥に深く突き刺さらないように底に軽く押し当てて測定した。

3. 結果

聞き取り調査をまとめたところ、棕川集落での2021年前後の平均的な稲作農事暦は表1に示す通りだった。水生昆虫の生息地として、継続して水域が維持されていたのは、田植えが行われた5月10日ごろから中干しが始まった6月25日までの約1.5箇月であった。

調査時に測定した水温および水深を図5に示す。水温はどの池でも同様の推移を示したが、水深は池間での差が大きく、特に池Cでは一時的に干上がったことがあった。

池造成前の耕作放棄地で採集された鞘翅目の水生昆虫は2科2属2種だったのに対し、造成した3つの池では合計3科11属13種であった（表2）。ミズカマキリ *Ranatra chinensis* とタイコウチ *Laccotrephes japonensis* は造成前には採集されなかったが、造成した池では採集された。

14箇月の調査期間中に3つの池で合計50個体以上採集された鞘翅目は、ヒメゲンゴロウ *Rhantus suturalis*、シマゲンゴロウ *Hydaticus bowringii*、コシマゲンゴロウ *Hydaticus grammicus*、クロゲンゴロウ、ガムシ *Hydrophilus acuminatus*、ヒメガムシ *Sternolophus rufipes* の6種と、半翅目のミズカマキリであった。いずれの種も採集されたのは成虫のみで、幼虫は採集されなかった。特に個体数が多かったミズカマキリ、シマゲンゴロウ、コシマゲンゴロウ、クロゲンゴロウ、ガムシについて、3つの池での合計個体数の動態を図6に示す。クロゲンゴロウ以外の4種は、水田での中干し期と落水期に個体

数が増える傾向が見られた。また、池 A～C におけるミズカマキリ、ヒメゲンゴロウ、シマゲンゴロウ、コシマゲンゴロウの個体数の動態を、それぞれ図 7～10 に示す。

定量的な調査の対象種のほかにも、保全上重要な種が造成した池やその周辺で観察された。2021 年 6 月 27 日と 7 月 17 日に池 A でモリアオガエル *Zhangixalus arboreus* の卵のうが観察された（図 11）。その後の観察で、卵のうから出てきた幼生（オタマジャクシ）が、池 A で順調に生育したことを確認した。また、調査地周辺では過去に記録がなかったハッチョウトンボ *Nannophya pygmaea* の飛来が確認された（図 12）。

考察

本研究では、中山間地の耕作放棄地に造成した小規模な池が、水生昆虫類のレフュージアとして機能しうるのかどうか検証することを目的として、新たに池を造成したうえで、継続的に鞘翅目を主な対象とした調査を行い、水田環境に生息する水生昆虫類の消長を記録した。

本研究では鞘翅目と体長 30mm 以上の半翅目の水生昆虫を調査対象としたが、造成以前の耕作放棄地では 3 種しか確認されていなかった。これらの水生昆虫は、造成後には 14 種に増加した。特に鞘翅目の中で採集個体数が多かったヒメゲンゴロウ、シマゲンゴロウ、コシマゲンゴロウ、クロゲンゴロウ、ガムシ、ヒメガムシは、いずれも水田を繁殖場所として利用しており、生活場所として水田とため池の両方を利用する種、あるいは主にため池を利用する種であると考えられる。水田に水がなくなる中干し期や落水期に入ると比較的大型の水生昆虫が速やかに池に飛来したことから、本研究で造成した池は小規模なものであったが、繁殖場所近傍のレフュージアとして機能したと考えられた。また、本研究の調査は池の造成から 1 年 3 箇月ほどの間に行われたが、そのように造成から短期間しか経過していなくても、水生昆虫のレフュージアになりうることを示された。このことは、小規模な池であっても少なくとも一部の水生昆虫にとっては有効で、造成コストが小さく即効性のある保全策になりうることを示唆している。また、定量的な調査の対象ではなかったものの、モリアオガエルの産卵やハッチョウトンボの飛来を確認することができた。これらはいずれも滋賀県 RDB で要注目種とされ、保全上重要な種である。

池に飛来する種は、比較的体サイズが大きいものが多い傾向があった。過去の調査で周辺の水田を利用しているゲンゴロウ科昆虫として 7 種が知られていた（中西, 2009; 中西ほか, 2009）。本調査では、これらの種の中でも、体サイズが比較的大きいヒメゲンゴロウ・シマゲンゴロウ・コシマゲンゴロウが多く採集された。逆に、体サイズが小さいチビゲンゴロウ *Hydroglyphus japonicus* はほとんど採集されなかった。この傾向はガムシ科についても当てはまり、体サイズが比較的大きいガムシとヒメガムシは多く採集されたが、体サイズの小さいヤマトゴマフガムシ *Berosus japonicus*, ゴマフガムシ *Berosus punctipennis*, キベリヒラタガムシ *Enochrus japonicus*, キイロヒラタガムシ *Enochrus simulans* はほとんど、あるいはまったく採集されなかった。本研究では、大型

種であるミズカマキリも造成後の池で多く採集された。これらの結果から、本研究で造成した池は、中～大型の水生昆虫類にとって特に利用されやすかったと考えられる。その理由として、中～大型の種は移動能力が高いために、水田から水がなくなると広い範囲を移動してレフュージアを探索することができ、新しく造成された池を容易に見つけることができたことが考えられる。また、別の理由として、小型の水生昆虫は必要とするレフュージアのサイズも小さいと考えられることから、水田の近傍や水田内に存在する極々小規模な水域をレフュージアとして利用できるのかもしれない。本研究の結果からはどちらの可能性が高いかなどについて議論することはできないが、多くの水生昆虫に共通する傾向として、体サイズに依存したレフュージア利用の傾向が存在することが強く示唆された。今後の研究では、小型水生昆虫がどのような環境をレフュージアとして利用しているのかを明らかにすることが必要であると考えられる。森ほか(1993)では放棄水田では水深の違う部分が存在するなど環境が多様なほど多くの種が生息すると述べられているが、水生昆虫ごとに利用する環境の類型化などを行うことで、水生昆虫のタイプごとにレフュージアとして必要な環境要素が抽出できるかもしれない。

上述したように水田とため池の両方を利用する水生昆虫が多いことは、すでに西城(2001)などによっても報告されている。レフュージアとして池を造成して水生昆虫の保全を試みるには、水田のような一時的な水域と、本研究で造成したような恒久的な水域の組み合わせが必要だと考えられた。また、小型水生昆虫がレフュージアとして利用する環境が明らかになれば、その環境を再現し、水田や池と組み合わせることも必要になるだろう。

謝辞

本研究を行うにあたり、調査地では井上四郎太夫氏、是永麻記子氏、是永宙氏をはじめとする、椋川集落の多くの皆様に様々な支援をいただいた。琵琶湖博物館学芸員の金尾滋史博士には研究に関して助言していただいた。龍谷大学の福岡太一氏、滋賀県立大学の学生・卒業生には調査の補助、助言をいただいた。国立環境研究所の森井清仁博士には報告書作成に際しご助力いただいた。ここに記して、深く感謝の意を申し上げる。

引用文献

Coccia, C., B. Vanschoenwinkel, L. Brendonck, L. Boyero, and A. J. Green (2016) Newly created ponds complement natural waterbodies for restoration of macroinvertebrate assemblages. *Freshwater Biol.* 61:1640–1654.

福井県 (2016) 福井県の絶滅のおそれのある野生動植物 2016.

- 岐阜県（2014）岐阜県レッドデータブック（植物編）改訂版。
- 日鷹一雅（2010）生きものブランド“源五郎米”再生事業．矢原徹一・松田祐之・竹門康弘・西廣 淳監修．自然再生ハンドブック，地人書館，東京．175-182．
- 市川憲平（2008）里池の水生昆虫の現状と保全．環動昆，19: 47-50．
- 桐谷圭治（2012）IBM とただの虫．樹木医学研究，16: 46-60．
- 森 正人・北山 昭（1993）図説日本のゲンゴロウ．文一総合出版，東京．
- 森 淳．水谷正一・高橋順二（2008）水田生態系の特長と変質—水田生態工学の視点から—．農業農村工学会論文集，254: 127-137．
- 守山 弘（1996）生物相保全と地域環境計画・環境整備．農業土木学会誌，64: 47-52．
- 中島 淳・林 成多・石田和男・北野 忠・吉富博之（2020）日本の水生昆虫．文一総合出版．
- 中本 学・関岡裕明（2001）生物保全に配慮した池沼の造成—造成後 3 年間のモニタリング結果—．日本緑化工学会誌，27: 355-356．
- 中西康介（2009）滋賀県の水田における水生動物群集の動態と保全に関する研究．TaKaRa ハーモニストファンド研究助成報告．
- 中西康介・田和康太・蒲原 漠・野間直彦・沢田裕一（2009）栽培管理方法の異なる水田間における大型水生動物群集の比較．環動昆，20: 103-114．
- 西原昇吾・苅部治紀・鷺谷いづみ（2006）水田に生息するゲンゴロウ類の現状と保全．保全生態学研究，11: 143-157．
- 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．
- 滋賀県生き物総合調査委員会編（2020）『滋賀県で大切にすべき野生生物—滋賀県レッドデータブック 2020 年版』．サンライズ出版，滋賀県．
- 鈴木真裕・平井規央・石井 実（2018）大阪府の都市部に造成されたビオトープ池の大型脊椎動物群集に及ぼす池干し効果．環動昆．20: 1-12．
- 田和康太・中西康介・村上大介・金井亮介・沢田裕一（2015）中山間部の湿原におけるアカハライモリ *Cynops pyrrhogaster* の生息環境とその季節的変化（2015）保全生態学研究，20: 119-130．

表 1. 棕川集落の 2021 年前後の農事暦．

農事暦	時期
代かき	5月初旬
田植え	5月10日
中干し	6月25日
間断灌漑	7月5日
落水	8月下旬
稲刈り	9月初旬

表 2. 調査期間中に造成した各池で採集された水生昆虫（半翅目，鞘翅目）. 黒丸（●）は計数をしていないが，生息が確認できたことを示す．掘削前は，2020年9月24日の調査結果を示す．慣行田は，中西（2009）および中西ほか（2009）において調査地周辺の慣行田で採集された種を示す．

目	科	属	和名	学名	池			造成前	慣行田	レゾトツハト		
					A	B	C			環境省	滋賀県	
カメムシ目	マツモムシ科	マツモムシ属	マツモムシ	<i>Notonecta triguttata</i>	●	●	●	●	●			
		ミズムシ科	コミズムシ属	コミズムシ属の複数種	<i>Sigara</i> spp.	●	●	●	●	●		
	コオイムシ科	コオイムシ属	コオイムシ	<i>Appasus japonicus</i>	●	●	●	●	●		NT	
			オオコオイムシ	<i>Appasus major</i>	●	●	●	●	●			
	タイコウチ科	タイコウチ属	タイコウチ	<i>Laccotrephes japonensis</i>	2	0	0	0				
		ミズカマキリ属	ミズカマキリ	<i>Ranatra chinensis</i>	88	97	2	2	●		希少	
	イトアメンボ科	イトアメンボ属	イトアメンボ不明種	<i>Hydrometra</i> sp.	●	●	●	●	●			
		アメンボ科	アメンボ属	アメンボ	<i>Aquarius elongatus</i>	0	0	2	2			
	コウチュウ目	コガシラミズムシ科	不明	不明	<i>Gerridae</i> sp.	●	●	●	●			
			コガシラミズムシ属	コガシラミズムシ	<i>Peltodytes intermedius</i>	2	4	0	0			
ゲンゴロウ科		チビゲンゴロウ属	チビゲンゴロウ	<i>Hydroglyphus japonicus</i>	0	2	0	0	●			
		マメゲンゴロウ属	クロズマメゲンゴロウ	<i>Agabus conspicuus</i>	11	20	4	4	●	●		
			マメゲンゴロウ	<i>Agabus japonicus</i>	0	1	0	0	●	●		
		ヒメゲンゴロウ属	ヒメゲンゴロウ	<i>Rhantus suturalis</i>	236	1104	50	50	●	●		
シマゲンゴロウ属		シマゲンゴロウ	シマゲンゴロウ	<i>Hydaticus bowringii</i>	112	125	11	11	●	●	NT	
		コシマゲンゴロウ	コシマゲンゴロウ	<i>Hydaticus grammicus</i>	48	35	2	2	●	●	その他	
ゲンゴロウ属		クロゲンゴロウ	クロゲンゴロウ	<i>Cybister brevis</i>	13	41	2	2	●	●	NT	
		ゴマフガムシ属	ヤマトゴマフガムシ	<i>Berosus japonicus</i>	0	1	1	1	●	●	希少	
ガムシ属	ガムシ	ガムシ	<i>Hydrophilus acuminatus</i>	24	28	3	3	●	●	NT		
	ヒメガムシ属	ヒメガムシ	<i>Sternolophus rufipes</i>	18	50	1	1					
ヒラタガムシ属	キベリヒラタガムシ	キベリヒラタガムシ	<i>Enochrus japonicus</i>	0	0	0	0	●	●			
	キイロヒラタガムシ	キイロヒラタガムシ	<i>Enochrus simulans</i>	0	1	0	0	●	●			
ホタル科	スジヒラタガムシ属	スジヒラタガムシ	<i>Helochares nipponicus</i>	3	12	0	0	●	●	NT		
	ホタル属	ヘイケボタル	<i>Luciola lateralis</i>	0	0	0	0	●	●	要注意		

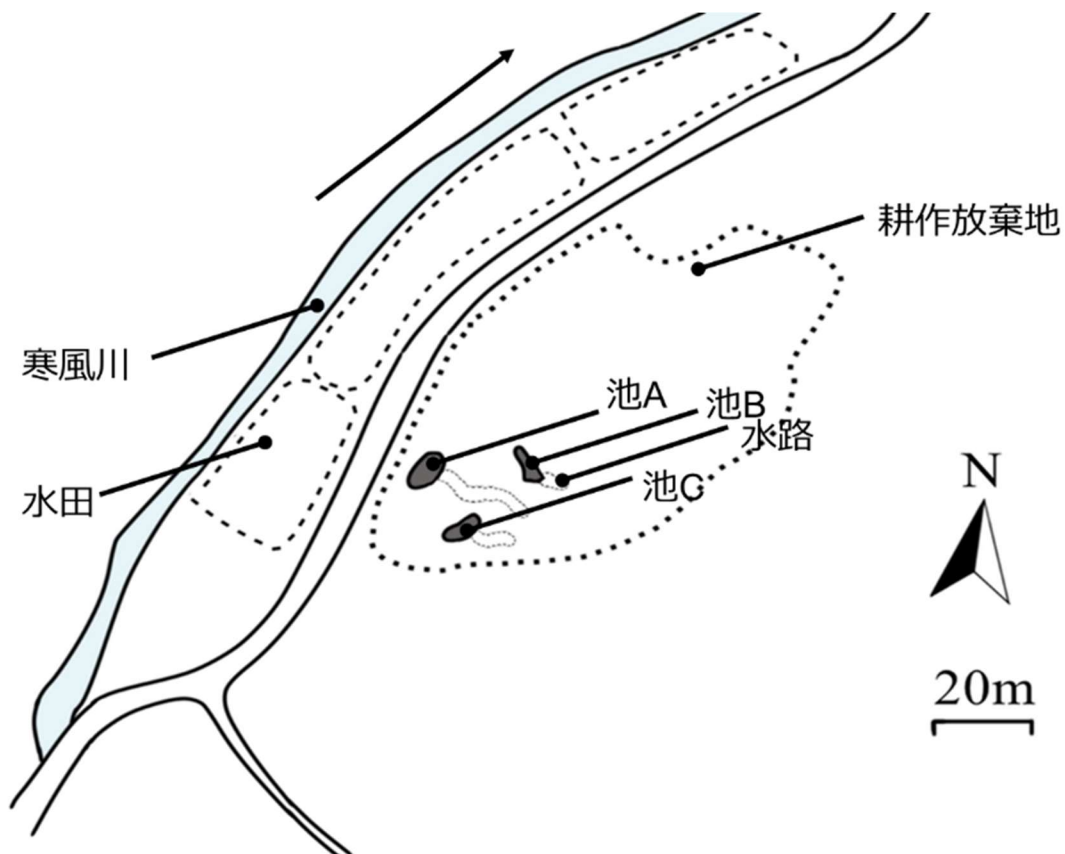


図 1. 造成した池とその周辺環境を示す略地図. 矢印は水の流れる方向を示す.



図 2. 造成した池 A. 上から、造成前、造成直後、造成 2 年後の様子.



図 3. 造成した池 B. 上から, 造成前, 造成直後, 造成 1 年後の様子.



図 4. 造成した池 C. 上から,
造成前, 造成直後, 造成
1 年後の様子.



図 5. 造成した 3 つの池における水温 (°C) と水深 (cm).

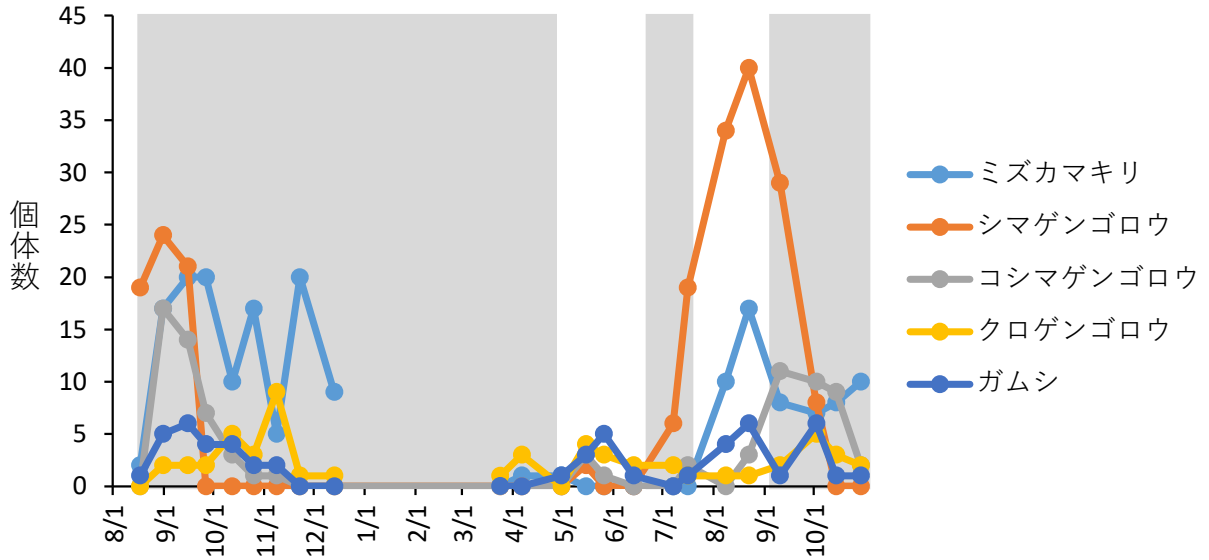


図 6. 造成した 3 つの池で採集された水生昆虫の合計個体数の季節変動. 例として, ミズカマキリ, シマゲンゴロウ, コシマゲンゴロウ, クロゲンゴロウ, ガムシを挙げた. 背景に網掛けをした期間は, 水田に水がなかった中干し期と落水期を示す.

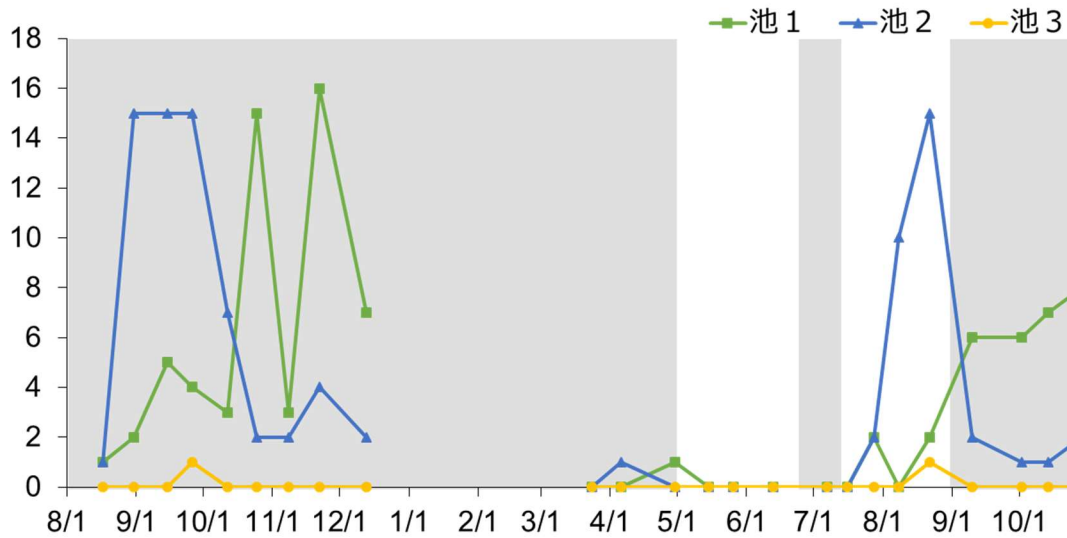


図 7. 各池でのすくい取り調査によって採集されたミズカマキリの個体数の季節変動. 背景に網掛けをした期間は, 水田に水がなかった中干し期と落水期を示す.

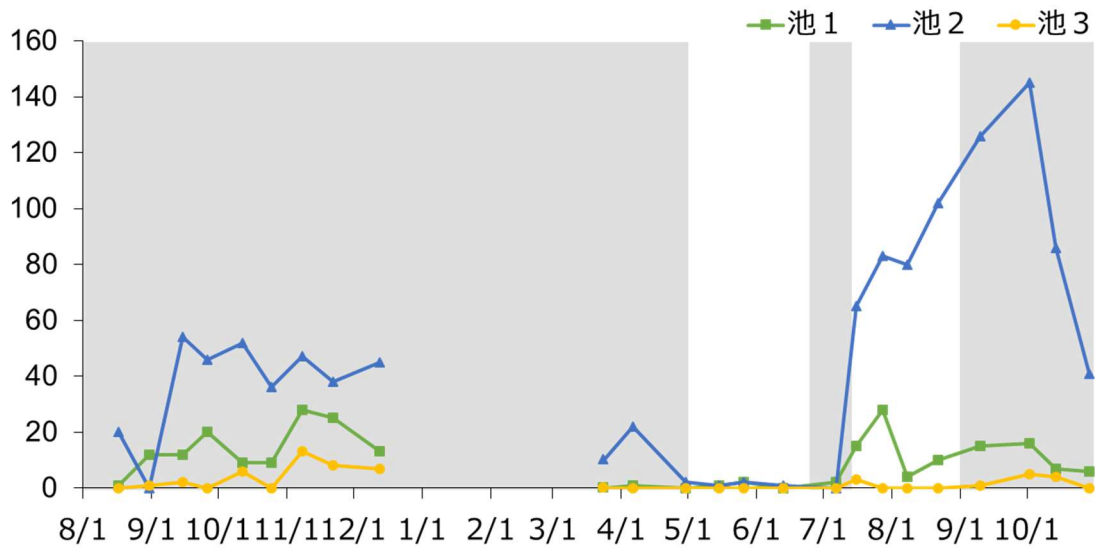


図 8. 各池でのすくい取り調査によって採集されたヒメゲンゴロウの個体数の季節変動. 背景に網掛けをした期間は, 水田に水がなかった中干し期と落水期を示す.

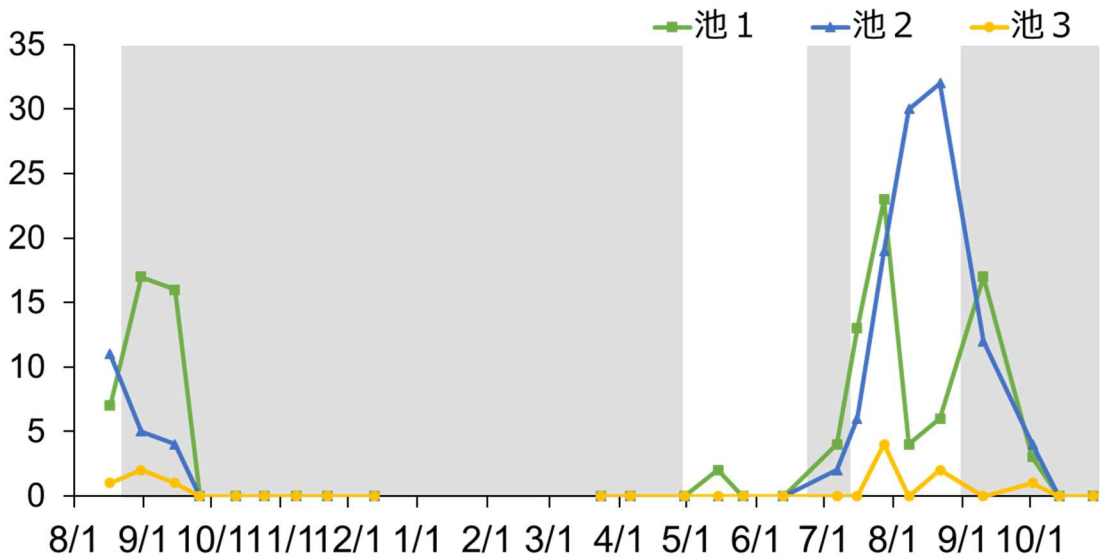


図 9. 各池でのすくい取り調査によって採集されたシマゲンゴロウの個体数の季節変動. 背景に網掛けをした期間は, 水田に水がなかった中干し期と落水期を示す.

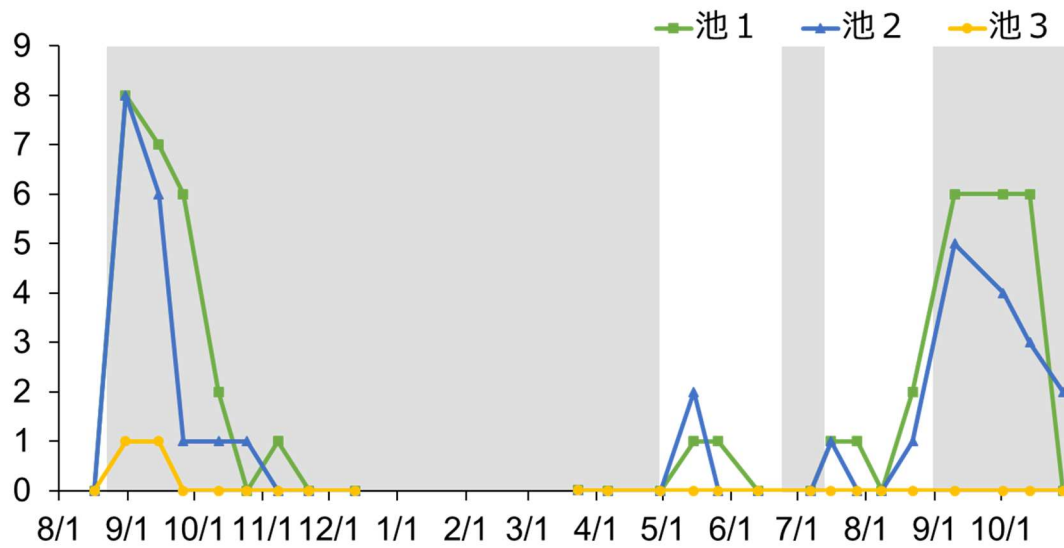


図 10. 各池でのすくい取り調査によって採集されたコシマゲンゴロウの個体数の季節変動. 背景に網掛けをした期間は, 水田に水がなかった中干し期と落水期を示す.



図 11. 造成した池 A で確認されたモリアオガエルの卵のう (赤○).



図 12. 調査地への飛来が確認されたハッチョウトンボ(オス).