

コンテナビオトープで生物多様性を創出

浜松学芸中学校・高等学校

小林将大(高2)・是賀 柳之介(高1)・水谷 架士羽(高1)・山本 菜帆(高1)・寺本 龍翔(高1)

1 研究の動機

日本の水辺環境は、人為的な環境変化に伴い、水生生物の生息場の縮小や分断が進み生物多様性が著しく減衰している。水生生物には河川や水路、水田、池沼を生活史のなかで行き来する生物も存在するため水域生態系ネットワークを保全することは、水辺の生物多様性を保全するために重要である(松澤ほか 2024)。都市域では、もはや水田や溜池といった止水域すらほとんどみることができないのが現状である。ビオトープとは、土木工学分野では都市化や産業活動によって生物が棲みにくくなった場所において、周辺地域から区画して動植物の生息環境を人為的に再構成した環境のことを呼ぶ(五十畑 2014)。

近年、コンテナビオトープを用いた小さな止水域の創出活動が注目されている(中島・大童 2023)。簡易なコンテナビオトープを設置することで、都市域においても里地里山を構成する止水域環境の代替機能を果たすことができるのではないだろうか。そのためには、生態系に生じた異常を早期発見し、保全策を講じるために生物多様性モニタリング調査を継続的に行うことが重要である。

2 研究の目的

浜松学芸高等学校の周辺域には、畑や田圃または溜池さらに学校のプールなどを含めた水辺は全く存在しない。辛うじて 500m 程度離れた距離に、浜松城公園の池や浜松城公園児童プールが存在する程度に過ぎない。このような都市域において、飛翔能力のある水生昆虫はすでに絶滅してしまったのだろうか。それとも、しぶとく生息しており、コンテナビオトープのようなわずかな水域であっても、速やかに移入し定着することは可能であるのだろうか。

本研究の目的は、次の2つである。1つめは、トロ舟を用いた簡易なコンテナビオトープを校内に設置し、都市域に不足している止水域環境の代替機能を果たすことができるかどうか検証することである。2つめは、校内のなかでもコンテナビオトープを設置するのに最適な環境を明らかにすることである。

3 研究の方法

(1) トロ舟の生物相調査

用意した 27 個のトロ舟(プラスチック、80L : 約 500mm×807mm×207mm)に、6月8日に水を入れてコンテナビオトープとした。1週間後の6月15日にすべてのトロ舟にヒシ *Trapa jeholensis* を入れ、次の3つの処理を施した(図1)。1つめは、コンテナビオトープの水面全体をヒシが覆っているヒシ全被覆処理区である(図1-A)。2つめは、ヒシが水面の50%を覆うように敷居を設けたヒシ50%処理区である(図1-B)。3つめは、ヒシが全く入らない対照処理区である(図1-C)。これら3つの処理区を施したコンテナビオトープを1組として、校内の9か所に設置した。その後、コンテナビオトープに飛来する水生昆虫(トンボ目、コウチュウ目、カメムシ目等)の種名と個体数を2週間に1回モニタリングした。

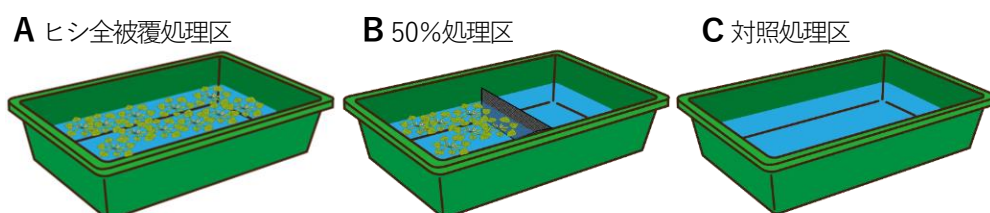


図1. コンテナビオトープに施した3つの処理

(2) 環境要因調査

この調査は、トロ舟が都市域に不足している止水域環境の代替機能を果たすことができるかどうか。またはトロ舟の生物多様性や移入種がどういった環境要因によって決定されるか明らかにすることを目的として行った。はじめに、360度カメラ(Insta360 X4-8, Arashi Vision 社製)を用いて、2024年8月13日の正午に校内に設置した全9地点のトロ舟上面において全天画像を撮影した。撮影した全天画像は、フリーソフト imageJ を用いて開空率 [%] を求め、各地点での平均開空率を算出した。さらに、同日 4:00~18:00 のあいだに渡り、すべてのトロ舟の水温とその水面上の気温を1時間に1回計測した。

(3) 隠れ家実験

水中に広がるヒシの根が隠れ家になり、小型水生昆虫は捕食者からの攻撃を回避するという仮説を検証する目的で、隠れ家実験を行った。モールを水槽に入れないモールなし処理区、モールを2本投入したモール2本処理区、水槽にモールを4本投入したモール4本処理区の3つの処理区を用意した。その後、捕食者としてトンボ亜目の大型ヤゴ1個体と、被食者であるギンヤンマの仲間の小型ヤゴ10個体を投入した。捕食者と被食者を投入してから12時間後に、小型ヤゴの生存個体数を確認し、生存率を算出した。



図2. 隠れ家実験の3つの処理区

(4) 共食い家実験

トンボ亜目では共食いによる捕食圧が大きいために、小型ヤゴは個体数密度が高いほど互いに共食いをすることで個体数が減少するという仮説の検証する目的で、共食い実験を行った(図3)。はじめに、同じ大きさの水槽を3個用意し、水深5cmまで水を入れた。発泡スチロールの仕切りを設けない対照処理区、発泡スチロールの仕切りで底面の面積を2/3にした面積2/3処理区、発泡スチロールの仕切りで底面積を1/3にした面積1/3処理区の合計3つである。各水槽にはトンボ亜目の小型ヤゴであるギンヤンマの仲間10個体を投入した。ヤゴを投入してから12時間後の小型ヤゴ生存個体数を確認し、生存率を算出した。



図3. 共食い実験の3つの処理区

4 研究の結果

(1) トロ舟の生物相調査

調査期間を通して、全27個のコンテナビオトープから合計9種の生物種が確認できた。これら9種の水生昆虫は、ネイチャーガイド日本の水生昆虫(中島淳ほか 2020)、水生昆虫③ヤゴハンドブック(尾園ほか 2019)、新訂水生生物ハンドブック(刈田 2010)を参考にして分類した。調査開始時から2024年12月4日までの各調査地点での9種の水生生物の平均個体数を示した(表1)。また、調査期間を通した1つのトロ舟当たりの平均個体数が1.0個体を超えたマツモムシ、トンボ亜目、イトトンボ亜目、ユスリカの4種だった(図4)。



図4. トロ舟調査において1つのトロ舟当たりの平均個体数が1.0個体を超えた4種の水生昆虫

表1. 調査期間を通じた各調査地点における水生生物の平均個体数確認種数

調査地点	マツモムシ	トンボ 垂目	イトトンボ 垂目	ユスリカ	チャイロチ ビ ゲンゴロウ	ボウフラ	アメンボ	ブユ	ヒル	種数
地点1	3.0	4.8	31.9	0.8	0.1	—	—	—	—	5
地点2	4.1	3.6	2.6	1.7	1.2	—	—	—	—	5
地点3	1.9	2.5	0.8	5.1	0.2	—	0.0	0.1	—	7
地点4	2.9	2.6	3.0	2.4	0.2	—	—	—	—	5
地点5	2.2	1.8	6.3	2.6	—	—	—	—	—	4
地点6	3.8	2.9	6.1	1.0	0.2	—	—	—	—	5
地点7	0.1	0.3	1.5	15.4	—	0.6	—	—	—	5
地点8	1.7	4.8	17.6	2.5	0.3	—	—	—	—	5
地点9	5.5	2.4	4.6	2.0	0.5	—	—	0.0	6	6

(2) 環境要因調査

撮影した全天画像からフリーソフト imageJ を用いて各地点での平均開空率を算出した。各調査地点で開空率には大きな差がみられた。最高水温と最低水温の温度差と開空率とのあいだには中程度の正の相関がみられた(図5、 $R^2=0.5803$)。開空率が大きな地点ほど最高気温も高くなり、温度差も大きくなる傾向が明らかであった。

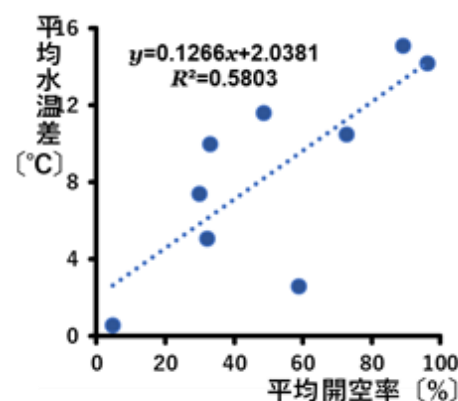


図5. 各調査地点での平均水温差と

(3) 隠れ家実験

実験中、大型ヤゴによる小型ヤゴへの攻撃や捕食行動が観察された。小型ヤゴの生存率は、モールなし処理区でわずか平均7.5%に過ぎず、ほとんどの小型ヤゴが捕食されていた。それに対して、モール2本処理区では平均30%が生存し、モール4本処理区では生存率が67.5%にも達した(図6)。このことから、捕食者である大型ヤゴからの攻撃を回避するために、複雑に絡み合うモールが小型ヤゴにとって重要な隠れ家になっている可能性が示された。

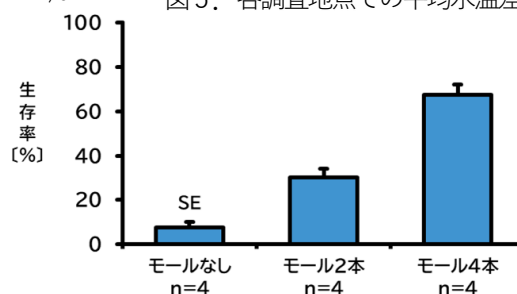


図6. 隠れ家実験における生存率

(4) 共食い実験

12時間後の小型ヤゴ生存率は、高密度条件下で100%、中密度条件下で100%、低密度条件下で90%とまったく差はみられなかった(図7)。このことから、隠れ家実験における捕食量のほとんどは、大型ヤゴによる捕食量とみなしても問題ないということが明らかになった。また、12時間経過後も共食い実験を継続したところ、3つの処理区で差はみられず、いずれも右肩下がりに生存率は低下した。最終的に72時間まで実験したら、40%まで低下した。本実験では、水槽内の小型ヤゴに対して給餌をしていない。そのため、小型ヤゴの死亡原因には、共食い、餌を食べられないことによる飢餓、糞などによる環境の悪化などが推定される。

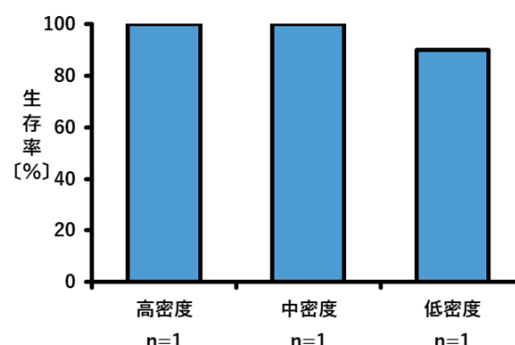


図7. 共食い実験における生存率

5 研究の考察

(1) トロ舟の生物相調査

調査期間を通して、全27個のコンテナビオトープから合計9種の生物種が確認でき、水を入れたトロ舟

を設置するだけの簡易的な方法で、都市域に不足している止水域環境の代替機能を果たすことができることが明らかになった。そのなかでも特にマツモムシ、トンボ亜目、イトトンボ亜目、ユスリカ、チャイロチビゲンゴロウの5種の水生生物は、ほぼ全地点で調査期間を通して確認された種である。これらの5種が、都市域における止水域環境における先駆的な移入種である可能性が示された。トンボ類やユスリカに加えて、マツモムシ(海野和男のデジタル昆虫, <https://www.goo.ne.jp/green/life/unno/diary/200509/1127643930.html>, 2024年12月23日確認)とチャイロチビゲンゴロウ(森・北山2002)のいずれも飛翔能力が高いとされる種である。

(2) 環境要因調査

撮影した全天画像からフリーソフト imageJ を用いて各地点での平均開空率を算出した結果から、本校構内に設置したコンテナビオトープは水生生物が生息していくのに過酷な環境であった。撮影した全天画像からフリーソフト imageJ を用いて各地点での平均開空率を算出した結果から、本校構内に設置したコンテナビオトープは水生生物が生息していくのに過酷な環境であった。

(3) 隠れ家実験

一般的に、捕食者のほうが被食者よりも個体数が少なくなる傾向がある。また、これら2種の個体数の変動パターンには強い関係がありそうであった。これは、トンボ亜目がイトトンボ亜目の捕食者である可能性を強く示唆する現象である。捕食者である大型ヤゴからの攻撃を回避するために、複雑に絡み合うモールが小型ヤゴにとって重要な隠れ家になっている可能性が示された。観察時、大型ヤゴは小型ヤゴが目の前を通過した瞬間に大あごを伸ばして捕食した。つまり、大型ヤゴは視覚により餌である生物を認識して、捕食していると考えられる。濁水条件下では視覚による餌の探索ができないために、3つの処理区間で被食者であるイトトンボ亜目の個体数に差がみられなかったのであろう。

(4) 共食い実験

小型ヤゴはほとんど共食いをせず、大型ヤゴによる捕食量が想像以上に大きなものであることが明らかになった。あくまで、隠れ家実験と共食い実験はともに澄んだ水の条件下で行った結果である。視覚により餌を認識するヤゴにとって、濁水条件下ではまた異なる結果が得られるかもしれない。最終的に72時間まで実験したところ、3つ処理区でともに小型ヤゴの生存率が40%まで低下した。小型ヤゴの死亡原因には、共食い、餌を食べられないことによる飢餓、糞などによる環境の悪化などが推定される。そのために、敷居を設けた水槽化で個別飼育をしながら密度を変化させる方法で、小型ヤゴの死亡原因の解明を目指したい。

6 謝辞

本研究は、山崎自然科学教育振興会研究助成金の元で行われました。また研究の遂行にあたっては、浜松学芸高等学校の伊藤信一教諭、村上拓教諭、火物瑠偉教諭のご助言と、同サイエンス部の皆さんの多大なるご助力がありました。ここに記して、感謝の意を表明いたします

7 引用文献

五十畑弘(2014)図解入門よくわかる最新土木技術の基本と仕組み. 秀和システム, 東京

松澤優樹・増田進一・相川隆生・森照貴(2024) コンテナビオトープは水域の生物多様性保全に寄与するのか?.

日本生態学会第71回全国大会講演要旨, <https://esj.ne.jp/meeting/abst/71/P2-202.html>. 2024年12月6日確認

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. 文一雄合出版, 東京

中島淳・大童澄瞳(2023)自宅で湿地帯ビオトープ! ~生物多様性を守る水辺づくり. 大和書房, 東京

尾園暁・川島逸郎・二橋亮(2019)水生生物③ヤゴハンドブック. 文一総合出版, 東京

海野和男のデジタル昆虫. <https://www.goo.ne.jp/green/life/unno/diary/200509/>