流域環境に基づいた生態系ネットワークの計画に資する評価手法の開発

研究予算：運営費交付金
研究期間：令 4～令 6
担当チーム：自然共生研究センター
研究担当者：森照貴，松澤優樹

【要旨】
流域総合水管理を考える上で、流域内に生物の生息場を保全・創出することに加えて生態系ネットワークを形成することは重要である。一方、流域単位で生態系ネットワークの形成に重要となる場所や保全優先度の高い場所を特定するには多大な調査努力量が必要となる。本研究では、コンテナビオトープを広域に配置し、そこに飛来する水生昆虫を調査することでコンテナビオトープ周辺における水生昆虫の生息場を評価できることを示した。また、コンテナビオトープが小型水生昆虫の越冬場や中干し期の避難場として機能していたことから、コンテナボックス程度の小規模水域でも流域の生物多様性保全に寄与する可能性が示唆された。
キーワード：流域治水、グリーンインフラ、生物多様性保全、生息場評価

1. はじめに

流域総合水管理を考える上で、生態系ネットワークに配慮した自然環境の保全や創出が求められており、近年、グリーンインフラの活用が重要視されている。国土形成計画や生物多様性国家戦略において生態系ネットワークの形成が目標の一つに掲げられており、気候変動の影響を考慮することに加え、生態系ネットワークに配慮し、場が持つ多面的機能を用いた水災害対策を進めることが求められている。例えば、遊水地は早期に整備できることに加えて、グリーンインフラとして生物の生息・生育・繁殖環境の保全や創出することも可能であることから活用が注目されている。

近年、里山を構成する自然環境の劣化が顕著になってきており、水田やため池といった止水域は圃場整備や農業の近代化が進んだことにより、生き物の生息場としての質は劣化している。止水域を主な生息場とする水生昆虫の多くは絶滅の危機に瀕していることから[1)]、健全な生態系ネットワークを構築する上で、止水に生息する水生昆虫の生息場の保全や移動分散経路を考慮することは重要である。また、遊水地のようなグリーンインフラは劣化した水田やため池の代替環境として機能し、止水性の水生昆虫を含む、氾濫原に依存する多くの動植物の生息を可能とする[2)]。

河川を基軸とした生態系ネットワークにおいて、これまでは大型鳥類や絶滅危惧種に指定されている魚類を指標種として保全策が検討されてきた[3)]。一方で、流域規模における水生昆虫類の生息場の情報は限られており、移動分散経路もほとんど分かっていない。そのため、希少種を多く含む止水性水生昆虫を対象とした生態系ネットワークの形成において重要となる場所を特定することは必要不可欠である。こうした地点を流域規模で把握するためには対象流域における水生昆虫の分布状況の把握が前提となるが、そのためには多大な調査努力量が求められる。

本研究では、広域に止水性水生昆虫の生息環境を簡易的に評価できる方法の開発を試みた。コンテナボックスを用いて簡易ビオトープ（コンテナビオトープ）を作成し、そこに飛来する水生昆虫を調査することでコンテナビオトープ周辺における水生昆虫の生息場を評価した。また、コンテナビオトープの配置地点周辺における水生昆虫相を多様な水辺環境（水田、河川、ため池等）で調査した。コンテナビオトープに飛来する水生昆虫の由来となる水辺環境を明らかにすることで、コンテナビオトープによって生息場の質を評価できると考えられる環境や生物種を明らかにした。

2. 研究方法

コンテナビオトープは、コンテナボックス（130cm×86cm×47cm）を用いて作成した（図 1）。ビオトープ内に水草があることによる水生昆虫の個体数や種数、種構成の変化を観察するため、ヨシ *Phragmites australis* を植えたプランターを 2 つ入れたコンテナ、1 つ入れたコンテナ、水草なしの 3 種類のコンテナビオトープを作成した。コンテナビオトープは濃尾平野に 19 地点、1 地点につき最大 3 つ配置した（図 2）。生物調査で水網（フレーム幅 30cm×20cm）を用いてコンテナ

図１　コンテナビオトープ

ビオトープ内の水生昆虫を採捕した。捕獲した水生昆虫は 75%エタノールで固定し、自然共生研究センターに持ち帰り、種を同定した。調査は 2022 年 9 月、12 月、2023 年 5 月、9 月、12 月、2024 年 5 月の計 6 回実施した。

コンテナビオトープに飛来する水生昆虫の個体数や種数からコンテナビオトープ設置地点の周辺に生息する水生昆虫の豊かさを評価できるのか明らかにするため、コンテナ設置地点から半径約 2 km 圏内の水域において水生昆虫の採捕調査を実施した（周辺調査)。各コンテナビオトープにつき 3 地点の調査地点を設定し、調査地点の環境はなるべく多様になるように選定した。各調査地点は、5 つの環境に区分することで（水田、河川、水路、ため池、湿地)、どのような環境から水生昆虫がコンテナビオトープに飛来しているのかを検討した。調査は 2024 年 6 月および 2 月の 2 回､実施し対象とした分類群はトンボ目､コウチュウ目、カメムシ目の 3 目とした。

解析では、コンテナビオトープに飛来する水生昆虫の個体数や種数とコンテナビオトープ設置地点の周辺調査で採捕された水生昆虫の関係性について GLM を用いて解析した。コンテナビオトープで採捕された水生昆虫の個体数および種数を応答変数に、周辺調査で採捕した水生昆虫の個体数および種数を説明変数に使用し、尤度比検定によりコンテナ設置地点周辺の水生昆虫相とコンテナに飛来する水生昆虫の関係性を評価した。さらに、コンテナに飛来する水生昆虫がどの環境由来なのかをランダムフォレストを用いて解析した。コンテナビオトープで採捕された水生昆虫の個体数、種数、各水生昆虫の在/不在を応答変数に、コンテナビオトープの周囲 1km 以内の各環境の面積（水田､河川､水路、ため池、湿地）を説明変数として解析した。またランダムフォレストによる解析結果から得られる変数の重要度を用いて水生昆虫がどの環境からコンテナビオトープに飛来しているのかを評価し、濃尾平野における各水生昆虫の出現確率をマップ化した。

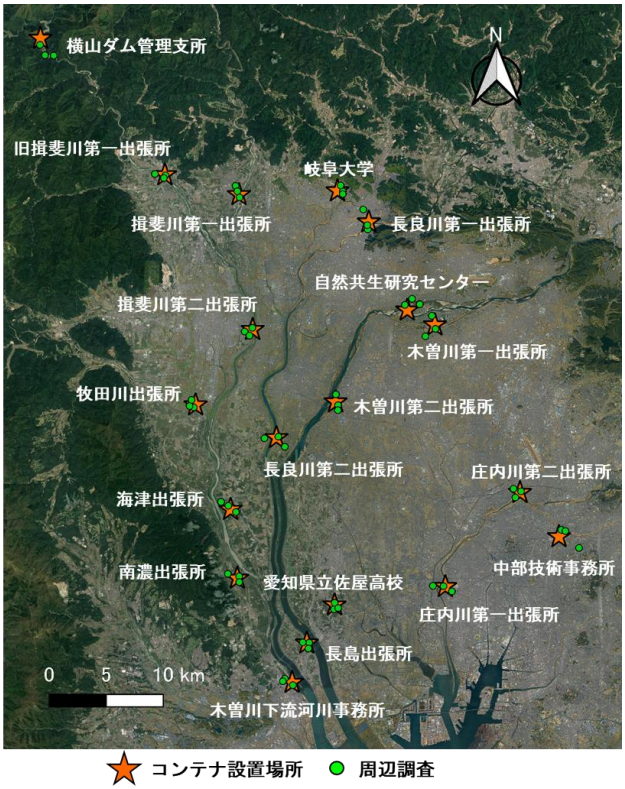

図２　調査地点

3. 研究結果

3.1　コンテナビオトープに飛来した水生昆虫

全 6 回の調査で、4 属、25 種類、計 3293 個体の水生昆虫をコンテナビオトープから採捕した。種数はコウチュウ目が最も多く（1 属 12 種)、次いでトンボ目（1 属 8 種)、カメムシ目（2 属 5 種）の順で多かった。また、ヨシ入りプランターの数が多いほど飛来した水生昆虫の種数および個体数が多かった。ヨシ入りプランターが入ったコンテナビオトープにはイトトンボ類やギンヤンマ等の産卵床として水草を必要とするトンボ類が多く飛来していた。そのため、水草はトンボ類の幼虫（ヤゴ）の隠れ家であることに加えて、産卵床としても機能していたことが推察される。さらに、草食性であるガムシ類も多く飛来していたことからも、コンテナビオトープ内の水草が水生昆虫の種数の増加に寄与している可能性が示された。

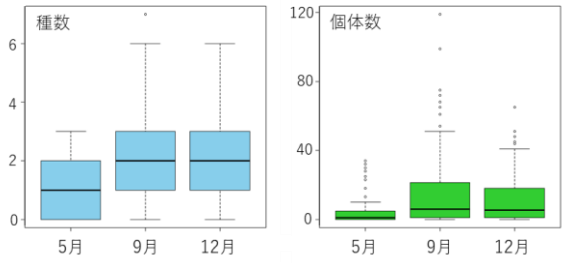

図３　季節によるコンテナビオトープに飛来する水生昆虫の種数および個体数の違い

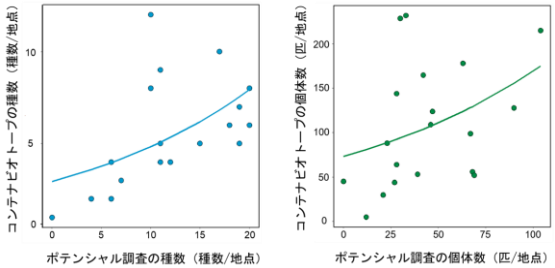

図４　季節によるコンテナビオトープに飛来する水生昆虫の種数および個体数の違い

表１　各環境の出現種数とコンテナ出現種との一致率

	地点数	総種数	コンテナ出現種との一致数	コンテナ出現種との一致率
全体	57	55	23	0.92
水田	18	29	20	0.69
河川	15	22	4	0.14
水路	14	28	19	0.66
ため池	6	16	7	0.24
湿地	4	11	6	0.21

季節によってもコンテナビオトープに飛来する水生昆虫の種数や個体数は異なっていた（図 3）。種数、個体数ともに春季（5 月）が最も少なく、夏季と冬季に増加した。コンテナビオトープに飛来した水生昆虫の多くは氾濫原性の種であり、水田や湿地を主な生息場としている。夏季は中干しにより水田の水が枯れるため、周辺の水田に生息していた水生昆虫が飛来してきたと考えられる。冬季についても、流れがなく、水深も確保されているコンテナビオトープは小型の水生昆虫の越冬場として機能していたことが推察される。

3.2　周辺調査で採捕した水生昆虫

周辺調査では、1 科 5 属 55 種、計 837 個体の水生昆虫を採捕した。トンボ目を 1 科 3 属 24 種、コウチュウ目を 20 種、カメムシ目を 2 属 11 種採捕した。環境別にみると、水田で最も多くの種数を採捕しており、次いで用水路が多かった（表 1）。また周辺調査全体では、コンテナビオトープで採捕された水生昆虫の 9 割以上を採捕することができた。一方、周辺調査ではオオアオイトトンボ *Lestes temporalis* とキベリヒラタガムシ *Enochrus japonicus* の 2 種を採捕することができなかった。これらの 2 種は樹林内の水辺を利用する種であった。周辺調査の調査地点は、航空写真を用いて調査する水域を選定した。そのため、これらの 2 種が選好する樹冠に覆われている水域を抽出することができなかったことが要因と考えられる。

3.3　コンテナビオトープに飛来する水生昆虫とその周辺に生息する水生昆虫の関係性

尤度比検定の結果、コンテナ設置地点周辺の水生昆虫の個体数/種数とコンテナに飛来する水生昆虫の個体数/種数の間に有意な関係性が示された（$P < 0.01$）（図 4）。よって、コンテナビオトープに飛来する水生昆虫は少なくとも周囲 2km 以内の水生昆虫相を反映していることが示唆された。コンテナビオトープで多く採捕された、アジアイトトンボ *Ischnura asiatica* の飛翔距離が約 1.1～1.2km[4]、コシマゲンゴロウ *Hydaticus grammicus* が 1.97km、ヒメゲンゴロウ *Rhantus suturalis* が 0.58km[5]、であることや、水田の周囲 2～3km の環境多様性が水生昆虫の種数や個体数に影響する[6]ことからもコンテナビオトープ内の水生昆虫の種数や個体数を反映している距離は周囲 2～3km 程度が妥当であると考えられる。

次にランダムフォレストの変数の重要度より、コンテナビオトープに飛来する水生昆虫の種数/個体数に対して水田面積が最も寄与していることが示された（図 5）。実際に水田はコンテナビオトープと出現種の一致率が最も高いことや面積は異なるものの河川やため池と比較して低水深かつ止水域である環境特性が一致していることが要因だろう。しかし、出現種の一致率が水田の次に高かった用水路の寄与度は小さかった。周辺調査において、実際に調査を実施した用水路は主に水田横の小規模な用水路であった。一方で、解析で

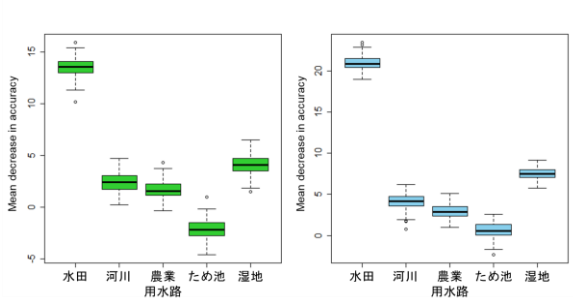

図５　ランダムフォレストから得られた変数の重要度

用いた水路データには用水路に加えて、規模の大きな用水路や小河川も含まれていたことが要因だろう。

3.4　コンテナビオトープに出現した水生昆虫の生息確率マップ

コンテナビオトープに出現した水生昆虫の個体数および指標種（ヒメゲンゴロウ、マツモムシ）について、生息確率マップを作成した（図 6）。個体数の予測値については、水田面積の多い木曽川流域（西側）で推定個体数が多かった。ヒメゲンゴロウは都市部から距離があり、自然度の高い山裾の地域で生息確率が高かった。これはゲンゴロウ類が産卵基質に水草が必要であることから、水田雑草が残る自然度の高い水田の残る地域が重要であったと推察される。マツモムシは水田が多く、やや標高の高い地域で生息確率が高かった。マツモムシは低水温環境に多く生息する傾向があることから [7]、やや標高の高い地域での生息確率が高くなったと考えられる。よって、コンテナビオトープから得られたデータから予測した生息確率は対象種の生態に対応した結果となっており、コンテナビオトープに飛来した水生昆虫から広域な分布予測も可能であることが示唆された。

4. まとめ

本研究では、簡易的なコンテナビオトープを用いることによる水生昆虫の生息場評価を試みた。まず、生息場評価に用いるコンテナビオトープにはヨシ等の水草を設置することでより多様な水生昆虫を評価できることが示された。さらに、コンテナビオトープ内の水生昆虫は中干し期や冬季に増加することが確認されたことから、コンテナビオトープが水田に水の無い中干し期や冬季の避難場となっている可能性が示唆された。また、コンテナビオトープに飛来する水生昆虫と周辺 2km 以内に生息する水生昆虫の個体数/種数には有意

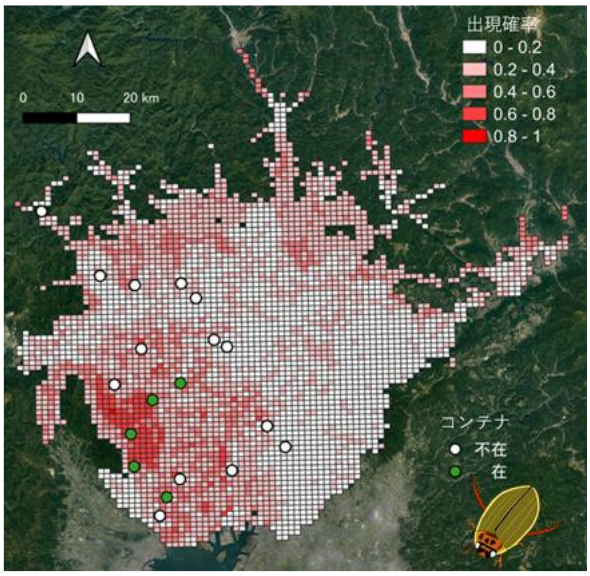

図６　コンテナビオトープ調査の結果から得られたヒメゲンゴロウの生息確率

な関係性があることから、コンテナビオトープに飛来する水生昆虫から周辺の景観や環境の豊かさやを予測できる可能性が示唆された。

参考文献

1) 市川憲平：里地の水生昆虫の現状と保全、日本環境動物昆虫学会誌、19 (1) 、47 -50、2008
2) 田和康太・西廣淳・境優・竹田稔真・林誠二：日本の遊水地における生物多様性に関する研究のシステマティックレビュー、応用生態工学会誌、 26（2）、55-69、2024
3) 阿部格・内藤太輔・坂之井和之：河川を基軸とした生態系ネットワーク形成の推進に関する調査研究、リバーフロント研究所報告、29、2018
4) 若杉晃介・長田光世・水谷正一・福村一成：アジアイトトンボの移動距離の測定、農業土木学会論文集、219、127-132、2002
5) Matsushima, R., Yokoi, T, : Flight capacities of three species of diving beetles (Coleoptera: Dytiscidae) estimated in a flight mill, Aquatic Insects, 41(4), 332-338, 2020
6) 渡辺黎也・日下石碧・横井智之：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、2019
7) 中島淳・林成多・石田和男・北野忠・吉富博之：日本の水生昆虫、文一総合出版、東京、251、2020

DEVELOPING AN ASSESSMENT APPROACH FOR PLANNING ECOLOGICAL NETWORKS IN THE WATERSHED

Research Period: FY2022-2024
Research Team: Aqua Restoration Research Center
Author: MORI Terutaka
MATSUZAWA Yuki

Abstract: An ecological network construction is important in integrated watershed management, in addition to conserving and restoring habitats for aquatic organisms within the watershed. However, a huge amount of effort is required to identify important sites for ecological networks and high conservation priorities within a watershed. In this study, the quality of aquatic insect habitats around container biotopes could be assessed by setting up container biotopes over a wide area and surveying the aquatic insects that fly to them. In addition, the container biotopes could function as overwintering sites for small aquatic insects and as refuges during the midsummer drainage. Therefore, it was suggested that even small water bodies such as container boxes could contribute to the conservation of biodiversity in a watershed.

Keywords: Integrated watershed management, Green infrastructure, Habitat evaluation, Biodiversity conservation