

称号及び氏名	博士（緑地環境科学）	鈴木 真裕
学位授与の日付	平成30年2月28日	
論文名	止水性水生昆虫群集の形成過程に関する群集生態学的研究	
論文審査委員	主査	石井 実
	副査	北宅 善昭
	副査	藤原 宣夫
	副査	平井 規央

## 論文要旨

水生生物の生息場所となる湿原や池沼などの止水域の減少と変質にともない、止水性水生昆虫の種多様性は近年著しい衰退傾向にある。絶滅が危惧される水生昆虫種の生息場所に着目すると、多くの種は水田やため池といった水田生態系に生息場所を有することが明らかになってきた。その種多様性保全に向けた取り組みとして、ビオトープ池の造成などが各地で行われるようになりつつある。止水性水生昆虫を効果的に保全するためには、水田やビオトープ池といった半自然的な止水域における水生昆虫群集の形成過程、すなわち種の多様性や構成の変化に関する基礎知見が不可欠と考えられる。しかし、このような止水域の種多様性保全に向けた群集生態学的な知見は大きく不足している。

本研究では止水性水生昆虫群集の形成過程を明らかにするために、半自然的な止水域とその特性に焦点を当てた野外実験を行った。第1章では、一時的、恒久的水域における群集構造を地域スケールで比較し、群集の時間変化を調べた。以降の章では第1章で得られた様式の成立要因を検証した。第2章では水域内の多様性に関して、池干しによる攪乱が群集形成過程に及ぼす影響を調べた。第3章では水域間の多様性に関して、里山林内外において初期の群集形成過程を比較し、水域周囲の環境条件が群集形成過程に及ぼす影響を調べた。第4章では群集構造の決定に関して、環境条件の時間変化を考慮しつつ群集形成過

程における優占種の決定要因を調べた。以上の結果から、止水性水生昆虫群集の形成過程と、種多様性保全への適用について考察した。

## 第1章 一時的、恒久的水域における群集構造

本章では一時的、恒久的水域における群集構造を地域スケールで比較し、湛水後の群集の時間変化を明らかにするための研究を行った。大阪府9地点、奈良県・和歌山県1地点における湛水後1ヶ月の一時的水域と2~21年の恒久的水域それぞれ15ヶ所を対象に、2015, 2016年の初夏にすくい取り調査を行った。調査水域の選定においては、湛水期間と相関しうる要因として水深、魚類の有無、樹冠開空度を考慮した。各水域の群集構造を構成種の機能特性に基づいて評価するために、栄養段階と生活型に基づいて種を集約した機能群の構造を、各群の現存量に基づいて解析した。

調査の結果、一時的水域で総計57種、恒久的水域で総計93種がみられ、全水域の種数は恒久的水域で多かった。水域当たりの種数には違いがみられなかったが、水域間の種構成変異を示す $\beta$ 多様性は恒久的水域の方が高かった。機能群の構造については、一時的水域では掘潜型デトリタス食者を主として水域ごとに異なる機能群が優占したのに対し、恒久的水域では全ての水域において単一の機能群である掘潜型肉食者が優占する傾向を示した。

以上の結果から、一時的水域の種多様性は恒久的水域に匹敵すること、恒久的水域では高い $\beta$ 多様性がみられ、特定の機能群が優占する傾向にあることが明らかになった。このように、湛水後の群集の時間変化は、各水域で種多様性が速やかに増加した後、種構成が多様化しながら、特定の機能群が優占する様式をもつと考えられた。

## 第2章 群集形成過程に及ぼす池干し効果

本章では攪乱が群集形成過程に及ぼす効果を明らかにするために、ビオトープ池を用いて池干し前後の群集構造の変化を調べた。大阪府平野部に2009年に造成された90 m<sup>2</sup>のビオトープ池で、2011~2014年に冬期を除いて毎月すくい取り調査を行った。池干しの処理は2012~2013年の冬期に実施され、処理期間中は数日を除いて水域が残存していた。

調査の結果、総計42分類群6,000個体の水生昆虫がみられた。分類群数と個体数を各年で累積すると、いずれも池干し後の2013年にピークを示した。一方、分類群数の時間変化の傾向は不明瞭であり、池干し後の累積分類群数の高さは種の移住と消失による種構成の時間変化によるものであることが示された。個体数の多い主要分類群の時系列データをクラスター解析した結果、主要分類群の時間変動は池干し後の1年目にピークを示した一時増加型、2年目に増加した漸増型、ほぼ観られなくなった消失型、および不明瞭型の4つの変動型に分類された。群集構造の時間変化様式を類似度解析すると、群集構造は池干し前後で大きく変化し、池干し後2年目には池干し前の構造に類似する傾向を示した。

以上のように、池干しは一時的に種多様性を高め、群集構造を変える効果を

もつことが明らかになった。池干しによる種多様性の増加は、落水後も水域が継続的に残存するような非湛水攪乱によって、攪乱地で繁殖する汎濫原性種の移住と攪乱前の定着種の存続が両立したことによると考えられた。

### 第3章 里山林内外における初期の群集形成過程

本章では水域周囲の環境条件が群集形成過程に及ぼす影響を明らかにするために、里山林内外において群集形成過程を比較した。大阪府における郊外の里山において、2011年4月に220 Lのプラスチック容器を用いた実験池を林外、林縁、林内に2個ずつ設置し、12月まで月2回のすくい取り調査を行った。

調査の結果、総計25分類群72,324個体の水生昆虫がみられた。分類群数は池の設置場所間で明瞭な違いを示さなかった。林外の池では優占分類群がユスリカ科からマツモムシ科、コカゲロウ科へと変化したのに対し、林内の池では調査期間を通じてユスリカ科が優占した。林縁に設置した池の1つではユスリカ科、トンボ科、ユスリカ科の順に優占したが、もう一方の池ではユスリカ科からコカゲロウ科へと優占分類群が変化した。池間の群集構造の類似度とその時間変化を解析した結果、里山林内外には環境勾配に沿う形で次第に異なる群集が形成される傾向が示された。

以上の結果から、里山林内外には種構成の異なる群集が次第に形成されることが明らかになり、樹林の隣接性に関する水域周囲の環境条件の違いは水域間の $\beta$ 多様性を高める主要因の1つであると考えられた。

### 第4章 異なる季節に設置した実験池における優占種の決定要因

本章では季節や有機物の堆積といった群集形成とともに変化する環境条件を考慮する形で、優占種の決定要因を明らかにするための野外実験を行った。大阪府北部の水辺ビオトープを多く有する施設において、2013年の5月と7月に各6個の実験池を設置し、2015年7月までの2年間、冬期を除いて毎月すくい取り調査を行い、季節ごとに堆積有機物量を計測した。

調査の結果、総計39分類群164,479個体の水生昆虫がみられた。現存量に基づく優占種は、5月湛水の池では初年にはユスリカ科からシオカラトンボまたはショウジョウトンボ、翌年にはシオカラトンボのみへと変化した。7月湛水の池では初年にウスバキトンボ、翌年にはタイリクアカネに続いて池間で異なる種が優占した。5月、7月湛水の池間で群集構造を比較すると、最初の1年間では明瞭に異なったが、以降は違いがみられなくなった。各優占種の現存量に及ぼす池の湛水時期、経過月数および堆積有機物量の影響を解析すると、シオカラトンボでは堆積有機物量に応じた増加傾向をもつことが示された。また、群集構造の時間的な変動性についても同様に解析すると、堆積有機物量が増加するほど群集の時間的な変動性が低下することが示された。

以上の結果から、実験池における優占種・群集構造は湛水後1年間まで湛水する季節による影響を受けるが、有機物の堆積にともない優占種が決定し、群集構造が安定化することが示された。機能群においてシオカラトンボは掘潜型

肉食者に属することから、堆積有機物は掘潜型肉食者の増加要因と考えられた。

以上のことから、第 1 章では一時的水域の止水性水生昆虫の種多様性は恒久的水域に匹敵すること、恒久的水域では  $\beta$  多様性が高く、掘潜型肉食者の機能群が優占する傾向を示すことを明らかにした。一時的水域の種多様性の高さに関して、第 2 章では池干しによる非湛水攪乱が種多様性を一時的に高める効果をもつことを示した。恒久的水域の  $\beta$  多様性の高さに関して、第 3 章では里山林の隣接による水域周囲の環境条件の違いが群集形成過程に影響を及ぼし、 $\beta$  多様性を高める主要因の 1 つとなっていることを明らかにした。恒久的水域における掘潜型肉食者の優占に関して、第 4 章では有機物の堆積が掘潜型肉食者を増加させ、群集構造を決定することを明らかにした。

以上の成果から、止水性水生昆虫群集は、非湛水攪乱を経ることで速やかに種多様性が高まり、樹林の隣接性のような周囲の環境条件に応じて種構成が多様化する一方、堆積有機物に依存する種が次第に優占する形成過程を有すると考えられた。本研究の成果を水田やビオトープ池における止水性水生昆虫の種多様性保全に適用すれば、対象地域において一時的水域と恒久的水域を両立させること、樹林地・開放地のように水域間で周囲の環境条件が異なるようにすること、堆積有機物に依存する種の優占を指標として非湛水攪乱を実施することが効果的と考えられる。

## 審査結果の要旨

止水性水生昆虫（以下、水生昆虫）の種多様性は近年著しく衰退しており、水田やため池などからなる水田生態系に生息する種の多くが環境省や地方自治体のレッドリストに掲載されている。そのため、それらの種の保全に向けたビオトープ池の造成などが各地で盛んになってきた。水田やビオトープ池などの半自然止水域における水生昆虫の種多様性の保全のためには、これらの水域での水生昆虫群集の成り立ちについての知見が不可欠である。そこで本研究では、半自然止水域の水生昆虫群集の性質や形成過程とそれに関わる要因を明らかにするために、一連の野外調査や実験を行い、種多様性の保全に関わる要因について考察し、保全方法を提言した。

第一章では、湛水後の経過時間による水生昆虫群集の構造の違いを明らかにするために、大阪府内外の止水域から湛水後約 1 ヶ月の「一時的水域」と 2～21 年経過した「恒久的水域」を 15 ヶ所ずつ選び、5～7 月に各 1 回調査を行った。その結果、一時的、恒久的水域からそれぞれ合計 57、93 種の水生昆虫が記録さ

れた。両水域の調査水域あたりの平均種数の有意差はなかったが、調査水域間の種構成の多様性は恒久的水域が有意に高かった。水生昆虫の栄養段階と生活型に基づく機能群の観点から解析すると、一時的水域では調査水域ごとに異なる機能群が優占していたのに対して、恒久的水域では優占種はすべての水域で掘潜型肉食者であった。これらの結果から、水生昆虫群集は水域の形成後、速やかに種数が増加し、種構成が多様化するにもなって、数年後には特定の機能群が優占するようになることを指摘した。

第二章では、一時的水域の種多様性に関わる要因を明らかにするために、大阪府市街地のビオトープ池において、冬期に実施した非湛水攪乱（池干し）の前後各2年間、月1回の調査を行った。その結果、合計42分類群の水生昆虫が記録され、分類群数と個体数はいずれも池干し後の湛水初期にピークを示した。群集構造は池干し前後で大きく異なったが、実施後2年目には実施前に類似する傾向が認められた。これらの結果から、池干しなどの非湛水攪乱は一時的に水生昆虫群集の種多様性を高めるなど、群集構造を変化させる効果をもつことを明らかにした。

第三章では、水域周辺の樹林が水生昆虫群集の種構成に及ぼす影響を明らかにするために、堺市郊外の里山林の林外・林縁・林内に実験池を2個ずつ設置し、1年間月2回の調査を行った。その結果、合計25分類群の水生昆虫が記録され、林外の池では優占分類群がユスリカ科からマツモムシ科、コカゲロウ科へと変化したが、林内の池では調査期間を通じてユスリカ科が優占した。一方、林縁に設置した池間では優占分類群が異なり、林外・林内のいずれかに類似した。また、このような樹林内外に形成される水生昆虫群集の構造の違いには、光環境や堆積有機物量などの要因に関わることを指摘した。

第四章では、湛水開始時期の異なる水域における水生昆虫群集の形成過程を明らかにするために、大阪府内の平野部に5月と7月に各6個の実験池を設置し、2年間にわたり調査を行った。その結果、合計39分類群の水生昆虫が記録され、池の設置後1年目の5月と7月の湛水池で優占種は異なったが、次第に両池ともに掘潜型肉食者のシオカラトンボが優占度を高めた。優占種の現存量や群集の変動性に関わる要因を解析した結果、湛水後の有機物の堆積にともない優占種が決まり、群集構造が安定化することを指摘した。

以上のように本研究では、止水域の水生昆虫群集における非湛水攪乱による種多様性の向上、樹林の存在などによる種構成の多様化、湛水後の堆積有機物による優占種の決定と群集の安定化など、遷移過程を群集生態学的に明らかにした。またこれらの成果に基づき、水田やビオトープ池などの止水域における水生昆虫の種多様性保全のための提言を行った。これらの成果は、昆虫学や生態学などの基礎分野ばかりでなく、保全生態学などの緑地環境科学領域の発展に大きく寄与するものと考えられる。よって、本論文の審査ならびに最終試験の結果と併せて、博士（緑地環境科学）の学位を授与することを適当と認める。