

## 博士論文審査の結果の要旨

氏名	岡本 聖矢
学位名	博士 (理学)
学位番号	甲 第 136 号
論文題目	モンカゲロウ <i>Ephemera</i> 属 3 種における進化生態学的研究
論文審査委員	主査 東城 幸治 市野 隆雄 高橋 耕一 松本 卓也 齊藤 達昭 (岡山理科大学)

(博士論文審査の結果の要旨)

本研究は、互いに近縁な関係にある生物種群であるモンカゲロウ *Ephemera* 属の 3 種 (フタスジモンカゲロウ *Ephemera japonica*, モンカゲロウ *Ephemera strigata*, トウヨウモンカゲロウ *Ephemera orientalis*) を対象に、種レベルでのハビタット選好性の分化や、それに伴う生息域分化の関連性を詳細に追究したものである。これら 3 種のモンカゲロウ類は、従来より「棲み分け」現象が知られてきた代表的な水生昆虫種群であるが、定性的なデータや断片的な分布域情報からの議論にとどまっており、棲み分け現象がどのような要因に基づき成立しているのかについて、科学的知見に裏付けられた研究成果が希求されてきた。

このような背景下、本研究では、地理的な空間スケールをワイドスケールからファインスケールに区分し、それぞれにおいて丁寧な調査・研究を実施し、種レベルでのハビタット選好性と環境要因との関連性、多種共存の成立メカニズムに迫っており、ニッチ分化・多種共存のシステム (多様性創生機構) に迫る進化生物学的に重要な課題について科学的なアプローチを試みられた。

論文は 4 つの章立てがなされており、これら全体を通して上述のような総合的課題に迫る構成となっている。このうち、第 I, II 章の内容は、それぞれが既に独立した学術論文として国際誌に公表済みである。

第 I 章では、日本が誇る世界的ビッグデータである「河川水辺の国勢調査 (国土交通省)」のデータに自前のデータを追加して構築した「Megadata」に基づき、モンカゲロウ類の流程分布の一般的傾向を詳細に分析している。四半世紀にもわたり、統一的な調査手法でのモニタリングが展開されてきた膨大なデータに、研究室独自で長年にわたって蓄積してきたデータを加えることで、解析対象とする 3 種の分布域をほぼカバーするような包括的なデータセットでの頑健な流程分布の傾向を明示した。特に、国交省のデータは大規模河川の中・下流域とダム湖周辺のデータが多くを占め、一方の研究室の管理データは水系の上流域が多くを占めるため、相互補完する形での信頼性の高い解析が実施された。この成果は、既に国際誌上で公表済みである (Okamoto and Tojo, *Limnology* 22: 227–287)。

つづく第 II 章では、対象となる 3 種が高密度で棲息することが (第 I 章における解析から) 明らかとなった一つの水系 (旭川水系) にフォーカスし、地理的ファインスケールでの分布特性や環境要因との関係性を詳細に議論している。地理的ワイドスケール (I 章) での解析に、地理的ファインスケール (II 章) での分布特性の解析結果を比較しながら詳細な議論を行い、モンカゲロウ類の分布特性やハビタット選好性を明確に提示することができた。この成果も、既に国際誌上で公表済みである (Okamoto, Saito and Tojo, *Limnology* 23: 89–101)。

第 III 章では種間相互作用の有無に着目し、種間でのハビタット選好性が重なる場では、より小さなハビタットスケールでの季節的な棲み場の分化も生じている可能性を示唆した。この調査・研究では、研究室から近い松本市内の女鳥羽川を対象に、特にフタスジモンカゲロウとモンカゲロウの 2 種の分布域が重なる流程を含む地理的ファインスケールにおいて、両種の繁殖時期を含

めた長期間にわたり、高い頻度での徹底した現地調査のもとに、マイクロハビタット・スケールでの棲息場をめぐる種間相互作用（棲息場の季節的变化）を補足した。近縁種間の棲息場の選好性の季節的变化を詳細に究明したような研究はカゲロウ類では初めての試みであり、他の生物種群においてもわずかに事例がある程度の先駆的な取り組みである。この成果は、既に国際誌上で公表済みである（Okamoto, Takenaka and Tojo, *Ecology and Evolution*, in press）。

最後の第 IV 章では、第 I-III 章の調査・研究により救命されたモンカゲロウ属 3 種の流程分布の特性がそれぞれの種の遺伝構造にどのような影響を与えているかを検討している。第 II 章で対象とし、既に流程分布の明確な傾向やその環境要因との関連性を議論してきた岡山・旭川水系を対象に、いずれに種においても 100 個体超の遺伝子解析（ミトコンドリア DNA COI 領域：昆虫類における DNA バーコード領域の解析）を実施した。この結果、中下流域の環境を好み、棲息場が比較的連続的に配置されるトウヨウモンカゲロウでは、水系内の広域的な遺伝子流動が生じてきたことが示唆された。一方、水系内の上流域の環境を好むフタスジモンカゲロウは、本流・支流間での遺伝的分化もみられ、支流に固有のハプロタイプも複数検出された。そして、これら両種の中間的な環境を好むトウヨウモンカゲロウの遺伝構造は、両種の中間的な特性が認められた。すなわち、当初の予想通り、棲息場の連続性と遺伝子流動の関係性は互いに深く関わり合っていることが、膨大な遺伝子解析データにおいても裏付けられる形となった。この成果は、国際誌上での公表を目指し、現在、投稿論文の準備中である。

これらを総合的に考察することで、日本列島におけるモンカゲロウ類の進化史、分布域全域を通じた棲息場の分化特性、ハビタット選好性、これら全てに深く関わる 3 種間での互いに対照的な遺伝構造について多角的にアプローチし、総合的な議論を展開した点において世界的にも類のない成果であり、本研究の新規性・独創性が十分に評価された。

以上より、本論文は、博士論文として相応しい新規かつ先駆的知見、重要な成果を含むものであることを確認した。

（公表主要論文名）

**Okamoto S.**, and Tojo K. Distribution patterns and niche segregation of three closely related Japanese ephemeral mayflies: a re-examination of each species' habitat from “megadata” held in the “National Census on River Environments”. *Limnology* 22: 227–287. 2021 年 3 月公表

**Okamoto S.**, Saito T, Tojo K. Geographical fine-scaled distributional differentiation caused by niche differentiation in three closely related mayflies. *Limnology* 23: 89–101. 2021 年 8 月公表

**Okamoto S.**, Takenaka M, Tojo K. Seasonal modifications of longitudinal distribution patterns within a stream: interspecific interactions in the niche overlap zones of two Ephemera mayflies. *Ecology and Evolution* (2022 年 3 月 9 日受理, 印刷中)