

南アルプス形成に関わる水生昆虫類の遺伝的分化・分子系統地理的研究

申請者名： 東城 幸治 (信州大学 学術研究院 理学系・教授)

①研究の背景 申請者の研究室では、動物（主として昆虫類）の遺伝子解析から、その系統進化史や生物地理を究明するような課題に取り組んできた。その結果、河川に棲息する動物は、移動分散が河道に沿った「線」的ネットワーク内に制限されることから、河川形成史（=山岳形成史）によく合致する遺伝構造をもつことが明らかになった (Tojo et al., 2017 総説)。また一連の研究の中で、(1) 南アルプス山域が独特の遺伝系統をもつ事例が多く、(2) 南アルプスの静岡側、山梨側、長野側山麓では比較的大きな遺伝的分化が生じている傾向が、いくつかの昆虫種において報告されている。本研究では、山塊や地域レベルでの遺伝的分化が大きい傾向にある現流域に生息する水生昆虫類を対象に、南アルプス地域のサンプルを追加して遺伝子解析を実施し、南アルプス地域集団の遺伝的位置づけを明確にすることを目的とした。

さらに南アルプス地域内での遺伝的分化の大きな種群に焦点を当て、南アルプス山域におけるファインスケールでの源流棲水生昆虫類の十分なサンプリングを実施した上で、集団遺伝解析を実施した。種内の遺伝的多型を検出可能な遺伝子マーカーにより解析を行い、南アルプスの山域間での遺伝構造についても精査した。これらの遺伝構造に関する結果について、南アルプスの山岳形成史を参照し、山岳形成と各山麓の水系間での遺伝的分化の関係性について考察を深めることを目的とする。

②研究の方法 南アルプス山域広域を対象に、野外（河川源流域）での調査・サンプリングを実施し、遺伝子解析を実施した。今回の研究では日本固有種を中心に、ガガンボカゲロウ、オビカゲロウ、ミヤマノギカワゲラ、ミネトワダカワゲラ、サハリントビケラ、ナガレエグリトビケラ、ミヤマエグリトビケラ類を研究対象とした。それぞれの採取標本から全ゲノム DNA を抽出・精製し、サンガーシーケンサーにより、ミトコンドリア DNA COI 領域 (DNA バーコード領域) や 16S rRNA 領域、核 DNA の Histone H3 領域、EF1 α 領域、ITS1-2 領域などの解析を実施した。また、ガガンボカゲロウやトワダカワゲラについては、次世代シーケンサーを用いたゲノムワイドな一塩基多型 (SNPs) データによる高解像度での遺伝構造の比較解析を実施した。

③研究の成果 現在も遺伝子解析を継続している種や遺伝子領域が残るものの、ガガンボカゲロウ、オビカゲロウ、ミヤマノギカワゲラ、ミネトワダカワゲラ、サハリントビケラ、ナガレエグリトビケラ、トチギミヤマエグリトビケラ、オンダケトビケラについての解析を実施した。いずれの種においても日本列島の山域間での遺伝分化が大きく、こうした種内系統の中での南アルプス地域集団の系統的な位置づけが明確となっただけでなく、南アルプス集団の固有性も示された。また、種によっては、南アルプス山域内での遺伝的分化の大きさが示された。

特にオンダケトビケラやナガレエグリトビケラ、ミネトワダカワゲラ、ミヤマノギカワゲラでは南アルプス固有の遺伝系統が検出されただけでなく、南アルプスの山域内での大きな遺伝分化も検出された。上図に示したのはミネトワダカワゲラの分布域を網羅する遺伝構造であるが、南アルプス山域は系統6を構成し、他の山域からは大きく遺伝的に分化していることや、南アルプス山域内でも大きく遺伝分化していることが明らかとなった。

特にオンダケトビケラやナガレエグリトビケラ、ミネトワダカワゲラ、ミヤマノギカワゲラでは南アルプス固有の遺伝系統が検出されただけでなく、南アルプスの山域内での大きな遺伝分化も検出された。上図に示したのはミネトワダカワゲラの分布域を網羅する遺伝構造であるが、南アルプス山域は系統6を構成し、他の山域からは大きく遺伝的に分化していることや、南アルプス山域内でも大きく遺伝分化していることが明らかとなった。

④研究の意義と展望 高山植物に代表されるような寒冷適応した生物において、分布の南限が南アルプスであるような種が多く、また遺存種として国内や本州内での分布が南アルプスだけとなる種も多い。本研究で対象とした種のほとんどにおいて、日本列島内に広域的に分布するものの、南アルプス山域には独特の遺伝系統群を構成する集団が形成されていることが究明された。これは、山岳形成と関連づけた系統進化史の究明だけでなく、保全すべき重要な遺伝系統群としての評価にも値する結果であり、今後の保全遺伝・保全生態学的に重要性の高い成果が得られたと言える。今後もひきつづき、南アルプス山域内におけるファインスケールでの遺伝子解析を進めることで、より高い解像度での成果を蓄積させていく予定である。

