

松野環境科学賞授賞理由

専攻：生物圏科学専攻

受賞者：石黒 智基 (イシグロ トモキ) 氏

論文名：Urban spatial heterogeneity shapes the evolution of an antiherbivore defense trait and its genes in white clover

著者名：Tomoki Ishiguro, Marc T. J. Johnson and Shunsuke Utsumi

掲載誌名、巻、ページ、掲載年：OIKOS、Volume 2024, Issue 2 (February)、doi:10.1111/oik.10210、2024

<授賞理由>

都市化は生物多様性に対する大きな脅威であり、生物の進化にさえも影響を与えることが近年明らかにされつつある。しかし、都市が進化の過程と結果にどのように影響するか不明な点も多い。例えば、都市とその周辺は、気温、植生など多様な要因がモザイク状に分布する不均一な景観を形成しており、それが自然選択の空間構造をも複雑化させている可能性がある。しかし、これまで都市 vs 郊外という二項対立での形質比較研究がほとんどで、都市化にともなう多様な環境要因が空間的にどのように生物進化を規定するか明らかではない。この点を明らかにすることを目的とし、本論文は以下 3 点の新規性・独自性の高いアプローチで植物の都市進化に切り込んだ。1) 都市化の引き起こす選択圧がモザイク状に空間変容するという事象を捉えるため、景観要素の不均一性に焦点を当てた景観解析と遺伝子頻度の空間データを統合する景観遺伝学的アプローチを都市進化研究に初めて採用した。シロツメクサ 122 集団を用い、詳細な環境構造(衛星データと実測データ)と遺伝子頻度の複雑な空間変動を包括的に解析した。2) 対象は、シロツメクサのシアン化水素 HCN 生成能とその構成遺伝子のメンデル多型である。前者は被食防御として機能するが、その構成要素であるシアン配糖体(Ac 遺伝子の産物)は乾燥ストレス耐性にも寄与する多機能形質である。HCN 生成は Ac と Li という異なる染色体上に位置する 2 遺伝子のエピスタシスによって制御される。本研究は、HCN 生成能の頻度を見るだけでなく、基盤となる個々の遺伝子型(Ac/ac と Li/li)の頻度の空間変動を分析し、形質の多機能性と遺伝的構造が進化にどう影響するかを深く探求した。3) 空間的自己相関を考慮した空間統計モデリング(SEM とベイズ確率場モデル)を駆使した。このような空間解析を進化学で用いた例は非常に少ない。

これにより、人工物被覆度、開空度、植食圧という環境要因が HCN 生成頻度と Ac 遺伝子頻度に影響を与える経路を解明した。人工物被覆度が高いと Ac 遺伝子頻度が減少する強い負の関連を発見し、一方、被食圧は直接 HCN 生成頻度を増加させた。人工物被覆がもたらす非生物環境(乾燥ストレス等)が Ac 遺伝子の進化を規定しつつ、被食圧が HCN へのエピスタシス選択をもたらして進化が駆動されることが示唆された。また、人工物被覆が高くなる都市化

で Ac 遺伝子頻度は減少する明確な進化的空間パターンがあったが、HCN 生成頻度は都市-郊外勾配に沿った傾向は弱くモザイク状構造を示した。形質とその構成遺伝子の空間分布が部分的に一致しないという発見は、Ac 遺伝子の多機能性と、エピスタシスの遺伝的階層性が、都市景観の不均一性と組み合わせることで、都市 vs 郊外という図式では説明できない進化パターンを生み出すことを示し、都市進化における新たな理解をもたらした。本論文は、都市化が生物進化を駆動して遺伝子の空間パターンを形成するメカニズムの理解を深める上で価値の高い貢献をしている。

以上のことから、本論文は、松野環境科学賞を受けるにふさわしい論文であると判断された。