



Title	Intraspecific polyploidization and its ecological significance in perennial plants : variations in morphological traits and life-history traits, distribution patterns, and the evolution of vegetative reproduction [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	塩谷, 悠希
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第15717号
Issue Date	2024-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/91859
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yuki_Shiotani_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士（環境科学）

氏 名 塩谷 悠希

学 位 論 文 題 名

Intraspecific polyploidization and its ecological significance in perennial plants: variations in morphological traits and life-history traits, distribution patterns, and the evolution of vegetative reproduction
(多年生植物における種内倍数化とその生態的重要性：形態形質と生活史形質の変異、分布パターン、ならびに無性生殖の進化)

植物において染色体の倍数化は普遍的現象であり、種分化や同種個体群の多様化の原動力とされている。倍数化は、形態形質・繁殖特性・生活史形質の変化、分布パターンの変化、無性生殖の進化など、多様な生態的現象を引き起こすとされている。しかし、倍数化個体群の成立機構、祖先2倍体との異所的分布形成機構、そして無性生殖の獲得機構については不明点が多い。本研究では、種内に異なる倍数体個体群をもつキク科多年生植物ミミコウモリ(*Parasenecio kamtschaticus*)を用いて、2倍体、4倍体、ならびに無性生殖器官である「むかご」を生産する4倍体変種コモチミミコウモリ(*P. kamtschaticus* var. *bulbifer*)の形態・繁殖・生活史形質の比較から、倍数化の生態的重要性を検討した。

第一章では、倍数化による形態・繁殖・生活史形質の変化を検証するため、自生個体群の形態測定（体高・最大葉面積・葉数・花芽数）、受粉実験（袋がけ処理・強制自家受粉処理・強制他家受粉処理）、そして共通圃場実験におけるフェノロジー調査（展葉開始日・開花開始日・開花終了日）を行った。形態測定の結果、4倍体個体群は2倍体個体群やコモチミミコウモリ個体群に比べて葉面積と体高が大きい傾向があった。コモチミミコウモリ個体群の花生産は4倍体や2倍体個体群よりも少ないが、4倍体個体群と2倍体個体群の間には明瞭な違いは確認されなかった。花生産のサイズ依存性は、2倍体個体群に比べて4倍体個体群とコモチミミコウモリ個体群で弱かったが、葉生産のサイズ依存性は4倍体個体群で大きかった。受粉実験の結果、どの倍数性・変種個体群においても、袋がけ処理や強制自家受粉処理ではほとんど結実しないことから、自家和合性が低いことが示された。共通圃場実験の結果、コモチミミコウモリでは展葉開始の遅延化と開花期の早期化が生じていたが、2倍体と4倍体の開花期は重複していた。以上より、倍数化により形態の大型化と資源配分の変化が起こることが示唆されたが、倍数化によるフェノロジー変化や自家和合性の獲得は示されなかった。これらは倍数体間の形態の違いに基づく生態的分化の可能性を示す一方で、倍数化自体は倍数体形成初期の頻度依存的な排除作用（minority cytotype exclusion: MCE）を緩和する繁殖隔離機構の獲得を促進しないことを示している。コモチミミコウモリ個体群は4倍体ミミコウモリ個体群と同じ倍数性でありながら、形態形質やフェノロジーが大きく異なるので、コモチミミコウモリは倍数化後に4倍体個体群とは独自の進化を果たしていることが示唆された。

第二章では、倍数体間の異所的分布の形成機構を解明するため、2倍体ミミコウモリ個体群の自生地である苫小牧研究林（落葉広葉樹林）と、4倍体ミミコウモリ個体群の自生地である名寄研究林（常緑針葉樹林）で各倍数体につき2個体群ずつ相互移植実験を行った。移植された個体について、種子・実生段階（種子発芽率と実生生存率）、開花段階（開花個体の割合と花芽生産数）、栄養成長段階（体高と最大葉面積）の3つの生育段階で形質測定を2年間行った。調査の結果、種子・実生段階と開花段階では、各倍数体の自生地における有利性は確認されなかった。栄養成長段階については、名寄研究林に移植した個体では、4倍体は2倍体より大きな葉面積と体高を示した。苫小牧研究林に移植した個体では、4倍体の葉面積は2倍体より大きな傾向を示したが、体高は倍数体間で有意な違いがなかった。第一章の結果から4倍体は光獲得競争に有利な形質をもつことが示されており、光の乏しい針葉樹林下（名寄研究林）では、4倍体の高さ成長が2倍体よりも促された可能性がある。一方、貧栄養地に成立した広葉樹林（苫小牧研究林）では、4倍体の高さ成長の有利性は減少し、増殖効率（花生産のサイズ依存性）で勝る2倍体が有利になると考えられた。

第三章では、無性生殖する4倍体変種コモチミミコウモリの進化過程を検証するため、近縁種を含めた分子系統解析、核・葉緑体DNAハプロタイプの地理的分布、自生地個体群における倍数化とむかご形成の関連性、ならびに高標高におけるむかご生産の重要性についての調査を行った。分子系統解析とハプロタイプの地理的分布の調査によって、国内で複数回の倍数化が生じたこと、道北の4倍体系統からのコモチミミコウモリへの進化が起きたことが示唆された。また、自生地におけるむかご形成の調査の結果、コモチミミコウモリ以外の4倍体においても倍数化によって、むかご形成率の上昇とむかごサイズの増大が生じていることが示された。さらにコモチミミコウモリ個体群の調査結果から、標高の上昇に伴って花芽生産数は減少するが、むかご生産数や高さ・葉数は変化しないことが明らかになった。これらの結果から、倍数化によってむかご生産の能力が向上すること、そしてむかご生産は標高の上昇とともに制約される有性生殖を補償し、個体群維持に貢献する重要な繁殖形質であると考えられた。

以上の結果から、倍数化は形態形質の大型化や栄養成長と繁殖への資源配分の変化を通して、2倍体よりも競争的に有利であることが示唆された。大型化によって光獲得競争に有利な4倍体は暗い針葉樹林へ侵出し、種子生産効率が高い2倍体は明るい広葉樹林や貧栄養環境へニッチ分化することで、倍数体個体群間で異所的分布が形成されたと考えられた。また、倍数化と無性生殖の進化機構については、倍数化が生理的な変化を通して無性生殖の潜在的能力（むかご形成能力）を向上させることと、むかごを形成する倍数化個体群が花生産や種子成熟を制約する高標高環境で適応的であることの2段階のプロセスが関与していると考えられた。ミミコウモリの倍数体個体群の空間的分化は、大型化に伴う針葉樹林への進出と、フェノロジーの変化や無性生殖の獲得に伴う亜高山帯への進出という、異なる2つの進化プロセスを経て起こった可能性が示唆された。

本研究の成果は、倍数化した個体群で頻繁に観察されるサイズの大型化が繁殖隔離機構なしにMC Eの作用を緩和してニッチ分化をもたらすこと、そして倍数化とその後の環境傾度に沿った自然選択により無性生殖が進化する可能性を示したことで新規性が高く、多年生植物における倍数化の生態的重要性を理解するうえで重要な意義を持つと考えられる。