

論文審査の結果の要旨

氏名 種子田春彦

本論文は4章よりなる。第1章は全体を通しての序論であり、第2章では数理モデルをつかった当年枝形成の規範の解明、第3章では常緑樹の分布域が形態形成規範の違いによることの実験的証明、第4章で植物の通導組織の進化についての総合的な考察を行っている。

第2章では、これまで個別に研究されてきた、形態形成の二つの規範、すなわち、通導と力学的支持を総合的に扱い、そのどちらが実際に形態形成の規範として働き得るのかを解明した。そのために、まずテスト可能な数理モデルを構築した。通導に基づいたモデルでは、茎を通過して葉に送られる水に制限される気孔開度を介した葉の生産を最適にするような、茎と葉への物質分配を求めた。また、力学的支持に基づいたモデルでは、座屈という力学的失敗を起こさないための最小限の茎への物質分配を求めた。通導には道管や仮道管などの直径に関係した茎の通導性の大小が関わってくるため、茎の通導性をパラメータとして用いた。また、力学的な支持については、茎の密度をパラメータとして用いることにした。二つのモデルを組み合わせるにより、通導が形態形成の規範となるパラメータの組み合わせ、力学的な支持が規範となるパラメータの組み合わせが決定された。これと現実に存在する植物のパラメータを比較すると、草本、落葉広葉樹、常緑広葉樹では力学的な支持が規範であり、針葉樹では通導が規範となっていることが示された。通導能力の高い道管を進化させた被子植物では、通導機能は十分であるため、力学的な支持が形態形成を決めることになる。一方、仮道管を持っている裸子植物では、通導機能が形態形成の制限要因となっていることになる。さらに、こうした植物の生産性をモデルを用いて評価したところ、道管を進化させた被子植物のほうが常に高い生産性を持ち得ることが明らかとなった。これは、道管の進化が植物の成長速度を大きくしたことを示している。

第3章は、第2章の結果をもとに、「生産性の低い裸子植物がなぜ現在でも生き残っているのか」という問題に答えることを試みた。生産性だけを見ると、裸子植物は被子植物によって競争的に駆逐されてしまうはずである。しかし、現実には冷温帯以北の寒冷な場所には常緑針葉樹が優占しており、これは一見パラドクスとなっている。そこで、ともに遷移後期種である常緑針葉樹と常緑広葉樹を比較の対象として解析を進めた。東京大学には、常緑広葉樹が優占種となる暖温帯の小石川植物園と、常緑針葉樹が優占種となる冷温帯の日光植物園がある。この二つの植物園の植栽と、実験的に常緑広葉樹を日光植物園に移植したもの、実験的に常緑針葉樹を小石川植物園に移植したものをを用いて、それらが冬期にどのような生理的な問題を抱えるのかを測定した。小石川植物園では常緑広葉樹、常緑針葉樹ともに冬期には何の生理的なストレスも受けてはいなかった。それに対し、日光植物園に移植した常緑広葉樹は凍結融解によるエンボリズム（空気による道管の閉栓）がおこり、強い水ストレスによって枯死した。常緑針葉樹についてはエンボリズムは見られなかった。この違いは物理的に説明できるものである。このことは、直径が大きく水を通しやすい道管には冬期のエンボリズムという致命的な欠点があるため、夏の生産性が高くとも寒冷な地域には分布できないことを示している。一方、水を通しにくい仮道管を持っている常緑針葉樹では、夏の生産性は低くとも、冬期のエンボリズムを回避できるため、寒冷な地域では常緑広葉樹に対して優位性を持っていることを示している。この研究によって、エンボリズム耐性と生産性の間にトレードオフがあることが示され、常緑樹の分布域が合理的に説明できるようになった。

このような研究を遂行するためには数学的な能力と実験生物学的な素養、フィールドを用いた野外生物学を推進するパワフルさが必要とされるため、これまで手つかずであった。論文提出者がそこにチャレンジし、画期的な成果を上げた点は特に高く評価されるべきことである。

なお、本論文の第2章、第3章は館野正樹との共同研究であるが、論文提出者が主体となって理論的解析と実験的検証を行ったものであり、論文提出者の寄与が大半であると判断される。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。