

氏 名 小笠 真由美

授与した学位 博士

専攻分野の名称 学 術

学位授与番号 博甲第4580号

学位授与の日付 平成24年 3月23日

学位授与の要件 環境学研究科 生命環境学専攻

(学位規則第5条第1項該当)

学位論文の題目 Xylem water transport properties linking vulnerability to cavitation in temperate deciduous tree species

(温帯性落葉樹におけるキャビテーション感受性に関わる木部の水輸送特性)

論文審査委員 准教授 三木直子 教授 吉川賢 准教授 廣部宗

学位論文内容の要旨

植物が乾燥を受け木部の張力が過度に高まると、道管は空洞化し（キャビテーション）、通水機能を失う。キャビテーションに対する感受性（通水機能の50%を失う木部の水ポテンシャル（キャビテーション抵抗性）や、通水機能を急激に失うかどうかといった通水機能の損失パターン）は、種によって様々であるため、変動する水分条件下で樹木がどのように通水機能を維持しているのかを理解するためには、従来調査されてきた気孔閉鎖によるキャビテーションの回避だけでなく、通水機能の回復性を新たに考慮に入れる必要がある。本研究では、温帯性落葉樹を対象に、乾燥の過程におけるキャビテーションに対する感受性と気孔の応答性の関係を明らかにするとともに、キャビテーション感受性と木部の通水機能の回復性の関連を検討し、樹木の通水機能の維持メカニズムを明らかにすることを目的とした。

6樹種を用いて、キャビテーション抵抗性、乾燥に対する通水機能(K_s)の損失パターンと気孔コンダクタンス(g_s)の低下パターン、および各種の道管の分布様式を調べた。その結果、乾燥に対し急激に K_s を失う種は、 g_s の速やかな低下により K_s の損失を回避した。一方、徐々に K_s を失う種では、 g_s の低下も緩やかであり、キャビテーションの完全な回避は認められなかったが、これらの種では潜在的に高い水分通導度によって、回避しきれずに生じるキャビテーションによる通水機能の損失が許容されていると考えられた。また、 K_s の損失が急激な種ほど、道管が複合的に分布する傾向があり、このことは、道管の分布様式が通水機能の低下パターンに影響し、それによって気孔の応答性と関係すると考えられた。

次に、7樹種を対象に、種ごとにキャビテーション抵抗性、木部の水分通導度の回復性、およびこれらに関連する木部構造やガス交換特性を測定し、これらの特性間の相関関係を検討した。その結果、キャビテーション抵抗性が低い種ほど木部の回復性が高いという機能的トレードオフの存在が認められた。キャビテーション抵抗性と木部の回復性は材密度とそれぞれ正および負の相関があった。これは、高い材密度が、力学的強度を高いことを反映してキャビテーション抵抗性を向上させるという従来の知見に加え、材密度が低いほど高い貯水性が高く空洞化した道管の再充填の際の水源を持ちうるという新たな可能性を示唆する。これより、キャビテーション抵抗性と木部の回復性の間のトレードオフの背景として、力学的強度の高い（厚い細胞壁をもつ）木部を形成するのか、貯水のための空間（繊維内腔や柔細胞）を確保するのか、という、木部形成時の空間的なトレードオフの関与が提起された。

以上より、乾燥の進行に対して、通水機能の急激な損失を示す種は速やかな気孔閉鎖によりキャビテーションを回避することで、また、通水機能を徐々に損失する種はキャビテーションの発生を許容できるほどの高い水分通導度を有していることで、通水機能が維持されていることが明らかになった。また、キャビテーション抵抗性と木部の通水機能の回復性の間の機能的トレードオフに基づいて、乾燥条件の変動下でも通水機能が維持されていることが明らかとなった。このような、キャビテーションに対する感受性に関連した気孔の応答性および木部の通水機能の回復性によって、樹木は、乾燥の進行と解消を繰り返すような水分条件の変動下でも木部の通水機能を恒常的に維持することができるということが明らかとなった。

論文審査結果の要旨

植物が乾燥を受け木部の張力が過度に高まると、道管は空洞化し（キャビテーション）、通水機能を失う。通水機能の低下は葉への水分供給の低下につながり、光合成や代謝の低下をもたらすことから、植物の成長や生存を大きく左右する。本研究は、キャビテーションに対する感受性が種によって様々であることを踏まえ、従来調査されてきた気孔閉鎖によるキャビテーションの回避に加えて通水機能の回復性を新たに考慮に入れたものである。それにより、乾燥の進行と解消を繰り返すような水分条件の変動下での木部通水機能の維持メカニズムの一端を明らかにした。主な内容は以下の通りである。

(1)通水機能の損失の回避に重要な気孔の応答性は、キャビテーションに対する感受性のうち通水機能の損失のパターンに関係しており、それはガス交換（物質生産）の実現性と関わっていることが示唆された。

(2)木部の通水機能の回復性はキャビテーション抵抗性との間に負の相関があり、キャビテーション抵抗性と木部の回復性は材密度とそれぞれ正および負の相関があった。これは、高い材密度で力学的強度が高いことを反映してキャビテーション抵抗性を向上させるという従来の知見に加え、材密度が低いほど貯水性が高く空洞化した道管の再充填の際の水源を持ちうるという新たな可能性を示唆するものであった。先行研究により材密度と成長速度との間に負の相関があることがすでに明らかになっていることから、バイオマス資源の分配を考えた際にコストの高い材に投資するのか、あるいは成長に投資するのかというトレードオフが存在し、それにより抵抗性か回復性かとう機能的なトレードオフの存在が示唆された。

これらの成果は、国内学会および国際学会においてすでに発表されるとともに、国際誌においても公表されており、関連分野において極めて重要な新たな知見を提供するものであることが認められている。したがって、岡山大学大学院環境学研究科博士号に値するものと判断し、本論文を博士論文として認める。