

京都大学	博 士（理 学）	氏名	才木 真太郎
論文題目	The variations of drought tolerance along soil depth gradient and the physiological mechanisms of drought-induced and pathogenic tree die-offs in the Bonin Islands (小笠原樹木の土壌深勾配に沿った乾燥耐性の変異、乾燥や樹病による枯死の生理機構の解明)		
(論文内容の要旨)			
小笠原は大陸と一度も繋がったことのない海洋島であり、その木本種の約70%は小笠原の固有種であり、国立公園ばかりでなく、世界自然遺産としても登録されている。また小笠原はほぼ同じ緯度にある沖縄と比べ、特に夏の降水量が約半分で、土壌も火山性で発達が悪いことから、乾燥に耐性を持った樹種が独自に進化し、乾性低木林と呼ばれる日本では他に例を見ない森林を形成している。また小笠原は、谷部から尾根部に向かって土壌が浅くなり厳しい乾燥を受ける。さらに同一樹種で、その土壌深の違いによる乾燥勾配に沿って、樹高を大きく変えながら適応進化してきている。そこで小笠原は、樹木の種分化と乾燥耐性の生理機構を調べていくモデルサイトになっている。 第2章では、小笠原で独自に進化してきた樹種の成木を用い、乾燥環境下でどのような水利用戦略を適応進化させてきたかを調べた。その結果、夏の日中の枝の水ポテンシャルの最低値は、乾燥尾根部に向かうにつれ、どの種も低下していった。しかし水利用戦略の違いとして、尾根部への乾燥勾配に沿って、土壌と枝の水ポテンシャルの差を一定に保つ樹種と、差を小さくしていく樹種に別れた。水ポテンシャルの差を変化させることができる樹種は、枝の道管の水切れ耐性や葉のしおれ耐性を乾燥勾配に沿って変化させることができたが、一方で水ポテンシャルの差を変化させられない樹種は、道管の水切れ耐性や葉のしおれ耐性を動かすことができなかった。これらの結果より、乾燥勾配に沿って、土壌と枝の水ポテンシャルの差や道管の水切れ耐性を変化させられる樹種は、道管の水切れ度を低く保つことができていた。第3章では、その道管の水切れ度を低く保つことができていたシマシャリンバイの成木を用い、乾燥によってどのような生理過程で衰退、枯死していくかを調べた。その結果、脱水により細胞が障害を受けていたが、樹勢が衰退していても気孔を閉鎖することによって、道管の水切れ度は低く保っていた。しかし気孔の閉鎖により光合成は極端に低下し、特に根系の衰退により、吸水能力を失い、最後は貯蔵糖を失って、枯死に向かうことを明らかにした。第4章では、特に近年小笠原で顕著化してきた、南根腐病による樹木枯死の生理過程を調べた。その中で樹木は、乾燥による樹木枯死と似た生理機構で衰退することがわかったが、菌が樹皮のみに感染した段階で、木部道管に二次代謝物質が出され、木部道管を詰まらせてしまう点が異なっていることを明らかにした。 これらの結果より、樹木が乾燥耐性を持つ仕組みとして、土壌と枝の水ポテンシャルの差を制御できるかどうかと、道管や葉のしおれ耐性を変化させることができるかどうか明らかにした。それは乾燥するにつれ、道管の水切れ度が進むかどうかとも別れていた。このことは、乾燥耐性と乾燥による枯死は表裏一体の関係にあることを示す。また近年の温暖化等により、急激な乾燥によって葉の水ポテンシャルを大きく低下させる樹種は道管の水切れにより乾燥に対し脆弱と考えられてきたが、温度上昇のような緩やかな乾燥化には、道管の水切れ耐性や葉のしおれ耐性を高めることができるため、必ずしも弱いとは言えないとがわかった。			

(論文審査の結果の要旨)

これまでの樹木の乾燥耐性の研究の多くは、ポット実験や灌水実験によって、土壌や大気の一次的、短期的な乾燥による応答から解析されてきた。しかしそういった実験では、気孔反応のような短期的な応答なのか、遺伝的に固定された長期的な適応の結果なのかの、区別がつかない。また多種間の比較によっても、乾燥によって可塑的に動かせる形質を見ているとは限らない。確かに多樹種間での比較では、枝の道管の水切れ耐性と枝の密度には高い相関があることがわかっており、枝の密度が道管の水切れ耐性を決定づけると考えられているが、この研究では、枝の密度が道管の水切れ耐性と直接繋がっている訳ではないことを明らかにした。このように才木真太郎氏は、小笠原の森林生態系がもつ利点を利用して調査研究を行うことによって、乾燥耐性におけるより長期的な表現型可塑性を調べるといった、世界的にもほとんど研究例のない部分に野心的に挑戦した。その結果、大きな研究成果として、樹木の水の使い方に関する戦略として、葉の水ポテンシャルではなく、土壌と枝の水ポテンシャルの差で気孔を制御している事実を発見した。またこのことは、植物は水ポテンシャルで反応を制御している訳ではなく、道管内を流れる水の流速で反応している可能性を示す。これらの発見により、才木真太郎氏は学位取得後にも行う、世界的に新しい、より挑戦的な課題を生み出していった。

また樹木の乾燥耐性と乾燥枯死は表裏一体の関係にある。近年の温暖化等の影響により、降水量の年変動の極端化が進んでいる。その結果、樹木の乾燥枯死や森林衰退が世界各地で報告されてきている。そのことから、樹木の乾燥枯死の生理機構の研究が世界的にも活発に行われてきている。それらの研究より、現在樹木の乾燥枯死の生理機構として、道管の水切れによる通水障害と、気孔閉鎖と光合成低下による糖欠乏が、大きく二つの対立仮説として議論されている。こういった樹木の乾燥枯死の生理機構の解明にも挑戦し、まず脱水による細胞の障害や呼吸低下が先んじて起こり、その後、道管の水切れよりも根系の通水性が障害を受け、最後に糖欠乏によって枯死にいたる道筋を明らかにした。今まで、急激な乾燥によって葉の水ポテンシャルを大きく低下させる樹種は道管の水切れにより、乾燥に対し脆弱と考えられてきたが、温度上昇のような緩やかな乾燥化には、道管の水切れ耐性や葉のしおれ耐性を高めることができるため、必ずしも脆弱であるとは言えないとがわかった。これらの研究成果は、温暖化等による森林の種組成や機能予測に対し、より生理的な機構をもとに、予測モデルの精度を高めることに貢献できる。またさらに才木真太郎氏は、近年小笠原ばかりでなく、南西諸島や世界の熱帯、亜熱帯林で猛威を振るっている南根腐病による枯死の生理機構の研究も行った。その結果、乾燥による枯死と、南根腐病による枯死の類似点と相違点を明らかにした。この結果は、温暖化環境下での、南根腐病の感染の広がり将来予測や対策にも繋がること期待される。これらのように才木真太郎氏の研究活動は、樹木の水利用戦略といった基礎的な研究ばかりでなく、より応用的な側面にも興味を持って研究に臨んできたことを示す。こういった幅広い興味を持つことは、研究者として重要な素質と評価できる。

これらの評価結果にもとづき、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成27年10月11日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。