

水ストレスによる落葉広葉樹木部の通水阻害進展過程の非破壊的観察

2013年3月 自然環境評価学分野 47-116606 河口大地

指導教員 教授 福田健二

キーワード：水ストレス、空洞化、通水阻害、コンパクト MRI

I. はじめに

現在、地球規模での気候変動が大きな問題となっており、異常な高温・低温、干ばつなどの増加は森林生態系に大きな影響を及ぼすことが危惧される。植物がある地域に適応できるかは、主に低温耐性と乾燥耐性により決まる。今後予測される水不足に対して植物がどのように応答するのかを知ることは、今後の森林生態系の変化を予測し、対策を講じるために重要である。

樹木が水ストレス（水不足）を受けると、木部の道管内の水柱にかかる張力が大きくなり、隣接する空洞化した道管や仮道管から壁孔膜を介して空気が引き込まれ、道管や仮道管内でキャビテーション（空洞化）が発生して通水性が低下する。樹木の枝の通水性は、切り枝を用いた破壊的手法により測定されてきたが、枝や個体ごとに値にばらつきがあり、水ストレスによる通水性の低下過程を詳細に検討することは困難である。また、キャビテーションの生じやすさは木部組織内でも部位や年輪間で異なる可能性が考えられ、こうした細かな違いを明らかにするためには、同一個体の継続観察が有効である。そこで、本研究ではコンパクト MRI を用いて樹木の水ストレスに伴う通水阻害進展過程を明らかにすることを目的とした。

II. 材料と方法

予備実験により選ばれた3樹種について、鉢植え苗の灌水を停止することで苗に水ストレスを与え、水ストレス進行過程でMRI画像を取得した。カツラ5個体、シラカンバ4個体、コバノミツバツツジ2個体の樹幹径4~6mmの部位に検出コイルを装着し、樹幹内の水分分布画像を取得した。その後、苗を無灌水下で屋外に起き、水ストレスを与えた。数日おきに同一部位のMRIによる撮像を行うとともに、プレッシャーチャンバーを用いて、水ストレスの指標である葉の水ポテンシャルを測定した。カツラとシラカンバ各3個体については、通水性の回復の有無を明らかにするため、通水阻害がある程度進行した後に再灌水を行い、再灌水から1時間後と12時間後に撮像と水ポテンシャル測定を行った。また、シラカンバとコバノミツバツツジについては、撮像部位の横断切片を作成し、光学顕微鏡を用いて木部の構造から年輪の位置を確認した。

III. 結果と考察

水ストレス進行過程及び再灌水後のMRI画像を図1に示した。カツラおよびシラカンバでは、1年生・2年生の木部で先に通水阻害が発生・拡大し、当年生木部においては水ストレスが強くなっても通水阻害が発生しにくかった。一方、両樹種共に再灌水から12時間が経過し、葉の水ポテンシャルの値が灌水停止前に近い値まで回復しても、通水阻害は回復しなかった。次に、MRI画像を年輪ごとに切り分け、各画像撮像時点での通水阻害率を次の(1)式により求め、水ポテンシャルとの関係をワイブル関数により回帰した。

$$\text{通水阻害率 (\%)} = \left(1 - \frac{\text{水ストレス後の通水面積}}{\text{灌水停止前の通水面積}}\right) \times 100 \quad \dots(1)$$

シラカンバでは、水ポテンシャルが-1~-2MPa 前後で、1年生木部と2年生木部の通水阻害率が急激に上昇したが、当年生木部の阻害率はほとんど上昇しなかった。キャビテーションは道管壁の壁孔膜を介して、空気が道管内に引き込まれることにより発生するが、この壁孔膜が経年劣化することにより道管に空気が引き込まれやすくなることが報告されている(Sperry et al. 1991)。この劣化が当年生木部よりも1,2年生の古い木部で先に通水阻害が発生した原因であると考えられる。また、木部全体の通水阻害率は、Ogasa et al.(2010)が本研究と同樹種の切り枝を用いて求めた水分通導損失率の変化パターン（脆弱性曲線）とほぼ一致した。すなわち、MRI 画像から求めた通水阻害率の信頼性が確認された。

本研究により、木部内の年輪の違いによる水ストレス耐性の違いが初めて明らかとなった。すなわち、カツラとシラカンバは水ストレス下で、古い年輪の水輸送機能を捨て、当年生木部（最新の年輪）の水輸送機能を残すことにより、乾燥に適応していることが明らかとなった。

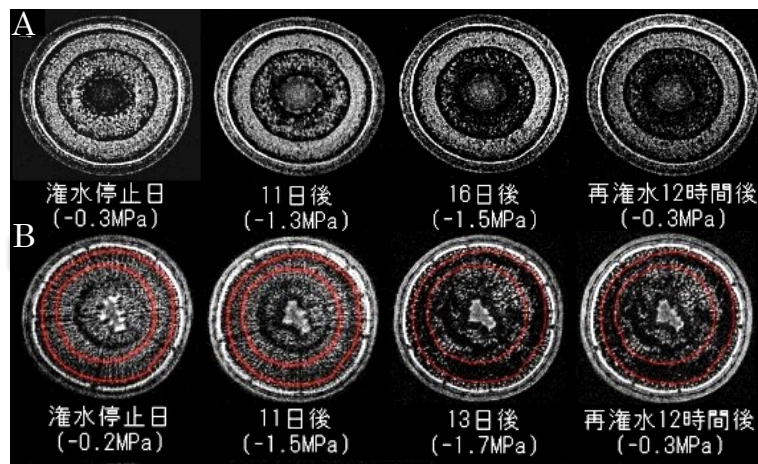


図1 カツラ(A)とシラカンバ(B)のMRI画像の経時変化。
各MRI画像の下には灌水停止日からの経過日数と葉の水ポテンシャルの値を示した。
図Bの画像中の赤線は年輪界を示す。

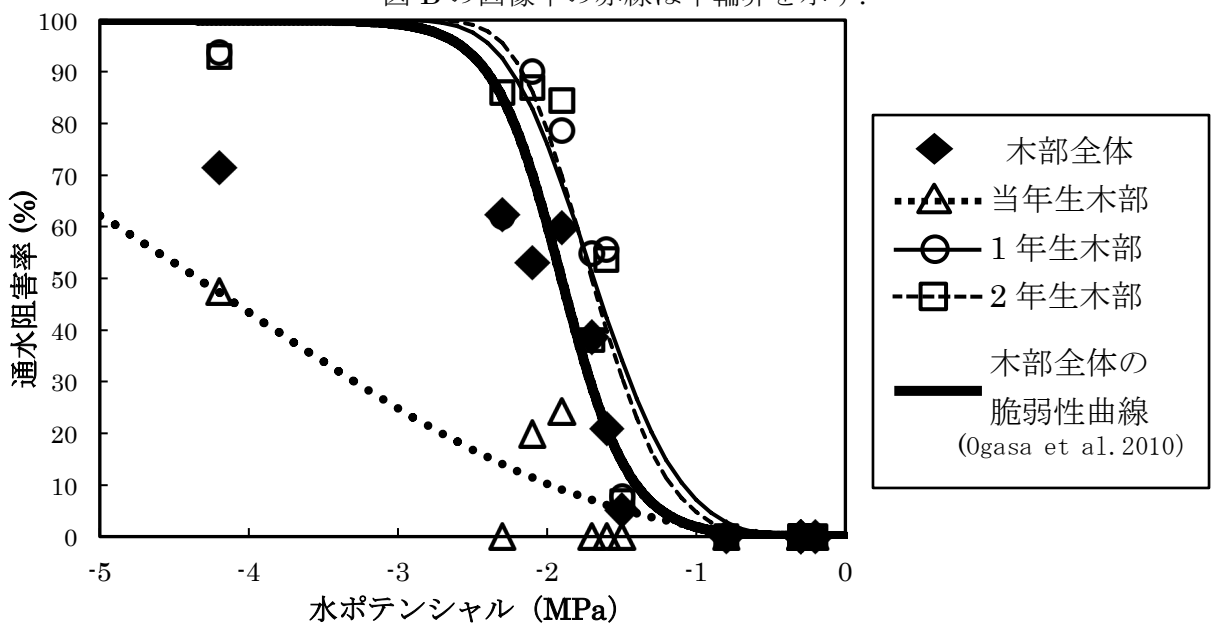


図2 シラカンバの通水阻害率と脆弱性曲線。