

## 論文審査の結果の要旨

氏名 大條弘貴

本論文は6章からなる。第1章は序章、第6章は総合考察である。研究内容は、第2章~第5章に記述されている。

第1章では、本研究の背景と目的が述べられている。植物が盛んに蒸散する際、道管を通る水には張力がはたらき、道管や仮道管（以下単に道管とする）の内腔は陰圧下にある。過剰な陰圧が道管内の水にかかると、周囲から引き込まれた空気が道管内腔を塞いで水輸送を阻害する木部閉塞が起きる。閉塞した道管に水を再充填して水輸送を回復させるためには、空気を水に溶かし込む陽圧が必要になる。隣接する道管内に陰圧がかかっている状態で陽圧を保ちつつ再充填を可能とするメカニズムとして二つの仮説がある。ひとつは半透膜説である。隣接する2つの道管は、壁孔（pit）にある一次細胞壁由来の壁孔膜で隔てられている。この説では、道管周囲の木部柔細胞が壁孔膜を透過できない高分子量の糖を道管内に輸送して周囲の陰圧よりも高い浸透圧を作るとされる。もうひとつは pit valve 説である。この説では、壁孔内腔に空気がとどまり pit valve が形成され、再充填中の道管液を陰圧下にある周囲の道管から隔離するとしている。本研究では、これらの2つの仮説を実験的に検証した。

第2章には、木部全体が陰圧下にある場合に、再充填現象が起こることを証明した実験が記されている。鉢植えのヤマグワへの灌水を停止し乾燥ストレスにさらし、木部にかかる陰圧が木部閉塞の起きる強さになった後、再灌水し枝の通水抵抗の変化を追った。灌水後に切り出した枝の通水抵抗は、乾燥ストレス時に切り出した枝の通水抵抗と比較して有意に減少した。灌水後も木部は陰圧下にあったので、木部が陰圧下にあっても木部閉塞した道管の水輸送の回復が確認された。

第3章では、ヤマグワの枝片を用いた単一道管操作法によって、2つの仮説を検証した。単一の道管とそれから枝分かれした道管の間の壁孔膜が半透性を示すのは、分子量は 20,000~500,000 であった。このような分子は半透膜説で必要な浸透圧を形成するためには大きすぎ、この仮説は現実的ではないと結論された。枝片内の単一の道管とそれから枝分れした道管の間の壁孔に人工的に pit valve を作り、pit valve が維持される溶液の圧力が最大で 0.1 MPa 程度であることを示した。さらに、pit valve が消失する圧力は壁孔間でばらつき、pit valve がすべての壁孔で同時に壊れないことも明らかにしている。

第4章では、pit valve 崩壊時の道管内腔からの水の流入・流出速度を推定するために、木部に存在する様々な直径をもつ道管において、道管間の連絡頻度や内腔と壁孔部の通水抵抗を測定した研究が記されている。ヤマグワに加えてヤマブドウとウリハダカエデでも同様の測定を行い3種で比較したところ、ヤマブドウとヤマグワでは、太い道管は道管内腔の抵抗が細い道管では壁孔の抵抗が水の流れをより律速した。一方で、ウリハダカエデでは、その逆の傾向が得られた。これら2つの異なる傾向に関する生態学的な考察が施されている。

第5章には、単一道管操作法を駆使して、柔組織から道管への壁孔を介した通水抵抗や、道管内の空気が柔組織の水に溶ける速度を測定した研究が記されている。ヤマグワとゲッケイジュを用いた測定の結果にもとづいて再充填に必要な圧と柔組織からの水の流入速度を推定し、pit valve が機能する条件が検討されている。

第6章は、総合考察にあてられている。本研究の測定などから、半透膜説は再充填現象を説明するには不十分であることが明らかになった。一方、pit valve は、水の再充填に必要な圧力まで維持されることが確認された。しかし、再充填の途中で一部の pit valve が消失し、再充填中の道管液が隣接する道管側に引き込まれる可能性も示唆された。pit valve が消失しても内腔への水の流入速度が流出速度を上回れば、陽圧は保たれて再充填は完了する。第4章、第5章の実測に基づく計算結果などから、壁孔膜の弾性的な形状変化による流出速度の低下や、アクアポリンの活性化などによる水流入速度の増加などが、陽圧の維持に必要であると結論されている。

本研究は、単一道管レベルの操作実験を駆使して、陰圧下にあっても閉塞道管の再充填が起こるメカニズムを検討したものである。特に、pit valve を人工的に作成しその耐圧を評価したのは、この研究が世界初である。このように本研究は独創性が高い。本論文の研究は、寺島一郎教授、種子田春彦助教と共同で行われたが、論文提出者が主体となって実験および論証を行ったもので、論文提出者の寄与は十分である。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。