

令和 3 年 6 月 9 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05765

研究課題名（和文）重水トレーサーによる樹木通水ネットワークの非破壊解析

研究課題名（英文）Nondestructive analysis of water transport network using heavy water tracer

研究代表者

内海 泰弘（Yasuhiro, Utsumi）

九州大学・農学研究院・准教授

研究者番号：50346839

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：樹木の内部での通水経路を細胞レベルで把握するためには、トレーサーを幹などの切断部位から導入して解析する手法が広く行われている。しかし、切断を伴うトレーサー導入は樹木の自然状態での水の移動様式を示していない可能性がある。そこで本研究では樹木の根から葉に至る通水ネットワークの全体像を切断などの破壊処理の影響を回避して明らかにすることを目的として、ヤナギ属の種で当年根のみからなる個体の作成法を確立した。次にこの個体を用いて当年根のみに重水を含むトレーサーを導入した場合と、幹を切断してトレーサーを導入した場合とを比較したところ、両処理間でトレーサーの上昇経路が大きく異なることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

樹木は土壌から水を吸収し大気へ放出する経路として、地球の水循環に大きな影響を与えている。これまで個体レベルでの水移動経路については多くの研究例があるが、樹木の根から葉までの水の移動経路について組織、年輪レベルで、非破壊に近い状態で把握する研究はほとんどなかった。本研究で確立された手法により、樹木個体内での水移動過程をより正確に理解する基盤が確立できたと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In order to understand the pathways of water transport in trees at the cellular level, it is widely used to introduce tracers from cut sites. However, the injection of tracers accompanied by cutting may not show the water movement pattern in the natural state of trees. In this study, we established a method to grow a willow consisting only of the current year roots to reveal the entire water-transport network from roots to leaves without the effects of destructive treatments such as cutting. The tracer was then introduced into the roots of the current year, while the tracer was introduced after cutting the trunk.

研究分野：樹木生理学

キーワード：通水経路 道管ネットワーク トレーサー

1. 研究開始当初の背景

樹木は蒸散による葉での水ポテンシャルの低下を駆動力として土壤中の水を根、幹、葉を経由して大気中移動させることで樹木全体における水移動を実現している。また、複数年に渡る木部形成が進んだ樹木では、当年の根から吸収された水は樹幹の複数年輪の通水組織を経由して樹冠に至ることがこれまでの樹液流速の樹幹内分布計測から示唆されている。しかし、樹液流解析による通水経路の樹幹内変動の分解能では組織レベルでの解析は困難である。

一方で、これまでにトレーサーを用いて通水経路を年輪ないしよりミクロな組織レベルで把握する研究では、樹種ごとに異なる樹幹の木部組織構造に応じた通水経路の種多様性があることが示されている (Umebayashi et al, 2008, 2010)。しかし、従来の研究では幹基部の切断面から複数年輪を含む木部全体にトレーサーを吸引させてその移動経路を解析する破壊的方法を用いており、例えば根から葉に至る立木の水移動様式とは異なる可能性が考えられる (図1)。

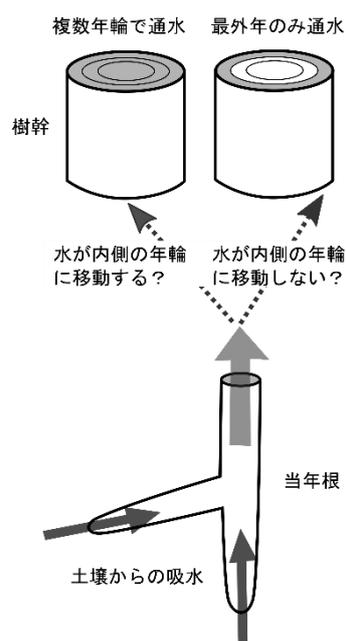


図1 想定される土壌から樹幹までの通水経路

また、樹木の二次木部における水の透過効率や環境ストレスに対する挙動を調べることを目的として、水中で切断した幹ないし枝全体に圧力勾配を生じさせ、その木部全体が通水を行うと仮定して単位断面あたりの通水量から通水挙動を把握する定量的解析法が広く実施され、森林の環境ストレス耐性が数多く報告されてきた (例えば Anderegg et al. 2012, Choat et al. 2012, Rowland et al. 2015)。しかし、落葉樹では形成2年以後の樹幹木部の道管などの通水要素は吸水を行う根や蒸散を行う葉に直接接続していないため、従来の研究手法では実際には通水に寄与していない部分が通水経路として過大評価されている可能性がある。

2. 研究の目的

(1) 本研究では樹幹通水ネットワークの年輪間移動経路を明らかにするためだ当年根からのみトレーサーを取り込ませ、樹木の根から葉に至る通水ネットワークを明らかにするための実験系を確立することを第一の目的とした。

(2) 次に確立した実験系を用いて当年根のみを持つ個体から重水および染料トレーサーを取り込ませた場合と切断樹幹から取り込ませた個体におけるトレーサー分布の差異を検討した。

3. 研究の方法

(1) 当年根からのトレーサー注入を行うため、既往の報告で挿し木の発根性が良好とされているヤナギ属を含むいくつかの樹種の試料を採取し、生育条件を検討した。幹からの発根が認められた種を用いて実験系を確立することとし、水の移動部位を組織レベルで明らかにするために、先行研究で使用例がある酸性フクシンをトレーサーとして吸引させたところ、当年根から酸性フクシンを取り込ませた場合と木部横断面から酸性フクシンを取り込ませた試料では染料の上昇経路が大きく異なることが明らかになった。

4. 研究成果

(1) 既往の報告で挿し木の発根性が良好とされているヤナギ属の複数種の枝では灌水処理を開葉から一定時間経過した幹の基部に当年根が形成されることが明らかになった。また発根した個体をポットに植栽後 1 年以上生育できる実験系を確立した。この実験系を用いて当年根の発根処理を行った個体で当年根または幹を切断して染料トレーサーを注入したところ、両処理間で染料の分布が異なっており、従来行われてきた切断処理を伴う通水試験では通水経路が過剰に評価されている可能性が示された。

(2) 次に根を切断することなく重水をトレーサーとして当年根から取り込ませたところ、個体によるばらつきが大きいものの、いくつかの個体では根を切断しない個体の樹幹上部の複数年輪で重水が検出され (図 2)。重水を用いた解析は個体の通水経路を切断することなく水の移動経路を把握できる手法であると考えられた。このことから当年根から吸収された水は当年木部を樹軸方向だけでなく、放射方向へ移動している可能性が示唆された。なお木部サンプルからの重水検出法では欠測が高い割合生じており、より精緻な計測法を構築する必要があると考えられた。

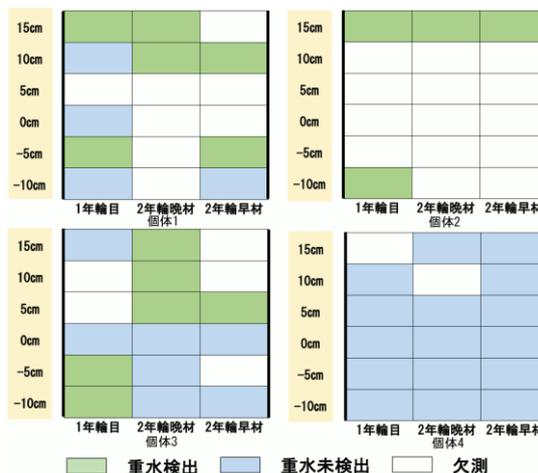


図 2 ヤナギ当年根から吸収させた重水の木部内分布

<引用文献>

- ①Anderegg, W. R. L., Berry, J. A., Smith, D. D., Sperry, J. S., Anderegg, L. D. L., & Field, C. B. (2012). The roles of hydraulic and carbon stress in a widespread climate-induced forest die-off. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109: 233-237.
- ②Choat, B., Jansen, S., Brodribb, T. J., Cochard, H., Delzon, S., Bhaskar, R., ... Zanne, A. E. (2012). Global convergence in the vulnerability of forests to drought. *Nature*, 491: 752-755.
- ③Rowland, L., da Costa, A. C. L., Galbraith, D. R., Oliveira, R. S., Binks, O. J., Oliveira, A. A. R., ... Meir, P. (2015). Death from drought in tropical forests is triggered by hydraulics not carbon starvation. *Nature*, 528: 119-122.
- ④Umebayashi, T., Utsumi, Y., Koga, S., Inoue, S., Fujikawa, S., Arakawa, K., Matsumura, J. and Oda, K. (2008) Conducting pathways in north temperate deciduous broadleaved trees. *IAWA Journal* 29: 247-263.
- ⑤Umebayashi, T., Utsumi, Y., Koga, S., Inoue, S., Fujikawa, S., Arakawa, K., Matsumura, J., Oda, K. and Otsuki, K. (2010) Xylem water-conducting patterns of 34 broadleaved evergreen trees in southern Japan. *Trees* 24: 571-583.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 相衍, 内海泰弘, 香川聡, 安田悠子, 永井智
2. 発表標題 染料トレーサーを用いた根から葉に至る樹幹三次元 通水ネットワークの可視化
3. 学会等名 第70回日本木材学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 相衍, 内海泰弘, 安田悠子, 香川聡
2. 発表標題 ネコヤナギにおける放射方向の通水ネットワーク非破壊的把握
3. 学会等名 第69回日本木材学会大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	香川 聡 (Kagawa Akira) (40353635)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等 (82105)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------