

令和 5 年 6 月 4 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K06127

研究課題名(和文) 冬期の寒冷は冷温帯林つる植物の通導機能と光合成生産を特に阻害するか？

研究課題名(英文) Does winter freezing affect more on the hydraulic and photosynthetic functions of temperate lianas than trees?

研究代表者

市橋 隆自 (Ichihashi, Ryuji)

九州大学・農学研究院・准教授

研究者番号：60594984

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、冷温帯林に生育する木本性つる植物4種と樹木9種を対象に、水分通導機能の特徴、特に冬期の低温に対する反応を明らかにすることを目的とし、樹液流速と茎通導度の季節変化、春先の根圧モニタリングを行った。つる植物は、夏期の茎通導度が樹木の10倍前後高いなどの特徴を示した一方、寒冷に対する反応については両者に明確な違いは認められず、(1)環孔材的に当年の導管のみに通導を頼る、(2)展葉前に根圧を発生させて通導を回復させるという2つのタイプの種が、つる植物と樹木の双方に確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

つる植物はその通導構造が凍結に弱いと考えられ、従って温暖化に伴い温帯で勢力を増し、森林の炭素量を低下させるなど深刻な影響を及ぼすことが懸念されている。しかし温帯つる植物の生態については不明な点が多く、温暖化がつる植物群に与える影響を検証するための材料が欠けている。本研究はこの空白を埋めるべく温帯つる植物の基礎的な通導特性、特に冬期の凍結への反応評価を行った。得られた結果は先例のない発見を多く含み、温帯つる植物の生態の理解を深め、その将来的な森林機能への影響を評価することにつながる重要な成果である。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to elucidate the hydraulic features, especially their responses to winter freezing, for liana and tree species in a cool-temperate forest. Measurements of the seasonal patterns of sap flux and stem hydraulic conductivity, and the extent of root pressure generated prior to bud break revealed that some species rely only on current-year xylem for water conduction whereas some others restore the hydraulic function of older xylem by means of root pressure in early spring. Both types of hydraulic strategies were found in both lianas and trees and striking differences were not found in responses of stem hydraulics to freezing between both groups.

研究分野：植物生態学

キーワード：つる植物 通導 根圧 冷温帯

1. 研究開始当初の背景

森林に生育する大型木本性つる植物(以下「つる植物」)は、周囲の樹木に絡み付き、これをよじ登って林冠まで到達する。自重支持を他者に依存することにより、茎・根を細く保ったまま広範囲に張り巡らせると共に余剰資源で葉を増量し、地上部(光)、地下部(水・無機養分)双方の資源に対して高い競争力を示す。つる植物密度が高い熱帯林においては、樹木の成長・生存に対する阻害作用などを通して森林全体の構造・動態に強く影響を与えており(Schnitzer et al. eds. 2015)、例えばつる植物が熱帯林の炭素貯蔵量を顕著に減少させることが明らかにされている(van der Heijden et al. 2015)。

つる植物は、地理的にはその密度・多様性とも熱帯から温帯、高緯度地域に向けて急激に減少する。この分布パターンを説明するほぼ唯一の仮説として「つる植物の通導構造が凍結に弱いいため、氷点下の気温がつる植物の成長を制限している」ことが提唱されている(Gentry 1991)。つる植物は総じて、植物界で最大級の道管(直径数百 μm)を持っており、これが水分通導の効率を飛躍的に高め、細い茎を通して大量の水を運ぶことを可能にしている。一方、道管径が大きいほど、内液の凍結・融解により、道管内に空気が混入して通導機能を失う(エンボリズム)確率が高まることが示されている。先の仮説はここに由来するものであり、仮説が正しければ地球温暖化に伴う冬期の気温上昇により、日本を含む温帯地域においてもつる植物が増加し、森林動態に対する影響が顕在化してくる可能性がある(Jimenez-Castillo & Lusk 2013)。しかしながら、生体内のエンボリズム発生・修復の過程は複雑で予測困難であり、つる植物野外個体の通導機能に対し、寒冷がどの程度の阻害的影響を与えているのか、その影響は同じ環境で競合している樹木よりも大きいのか、という問いに対して十分に検証がなされていない。

2. 研究の目的

本研究では、今後温暖化の影響を強く受けることが予想される冷温帯林において、つる植物と樹木の通導・水利用特性の違い、特に氷点下の気温が、つる植物の通導機能に対し、樹木よりも大きな阻害的影響を与えているかを検証することを目的とした。ただし、これまで温帯域のつる植物、特にその野外個体の通導特性に関する情報

3. 研究の方法

九州大学宮崎演習林(宮崎県椎葉村)の冷温帯林において、優占する樹木9種、つる植物4種の野外個体を対象に、茎の水分通導度、幹基部の樹液流速・開葉前の根圧を中心に測定・解析を行った。

茎の水分通導度は水の流れやすさの指標である。樹冠部の茎切片を採取し、その茎断面から一定の圧力下で水を流した時の流速で評価した。測定は開葉直後の5月、生理的に活発な8月、冬後半の2月の3回、毎回各種5個体(茎5本)ずつに対して行った。樹液流速は、幹の辺材部を樹冠にむけて流れる水の流速である。各種3個体を対象に、Granierの方法(Granier 1985)で通年モニタリングを行った。根圧は、春の開葉前に発生する正の導管圧(浸透圧)であり、根から樹冠に向けて水を押し上げ、冬期に空洞化した導管を再び水で満たして機能を回復する作用を持つ。本研究では、先行研究を参照しつつ、多数個体の継時モニタリングが可能な測定システム(幹基部に中空のネジをねじこんで固定し、水で満たしたチューブを介して圧力センサーに接続する方法)を独自に設計し、各種3個体に対し1シーズンの測定を行った。

4. 研究成果

対象種の中に、ほぼ当年輪の導管のみを用いて通導を行う環孔材種(樹木:ミズナラ、クリ、つる植物:フジ、ツルウメモドキ)と、数年分以上の導管を用いて通導する散孔材種が確認された。散孔材種はさらに、開葉前に顕著な根圧を示すもの(樹木:ミズキ、ミズメ、アカシデ、ヒメシヤラ、コハウチワカエデ、つる植物:サルナシ、マツブサ)と根圧を示さないもの(樹木:ブナ、ホオノキ)に分かれた。

8月の茎通導度は、樹木では2~6 $\text{kg s}^{-1} \text{m}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ の範囲であったが、つる植物の環孔材種は30 $\text{kg s}^{-1} \text{m}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ 前後、散孔材種は80 $\text{kg s}^{-1} \text{m}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ 前後と、極めて高い値を示した(図1)。つる植物は遠位の葉面積が大きいため、葉面積あたりの値を計算すると、環孔材つる植物では樹木と同程度、散孔材・根圧つる植物種では2倍程度となり、樹木との差は小さくなった。冬期(2月)つる植物と環孔材樹種は通導機能をほぼ完全に失っていた一方、散孔材樹種の多くは、夏期の50%以上の通導機能を維持していた。展葉期(5月)樹木・つる植物とも環孔材種では未だ通導度が低かった(夏期の10~20%程度)が、その他の種では、夏期と同様の通導機

能を示した。

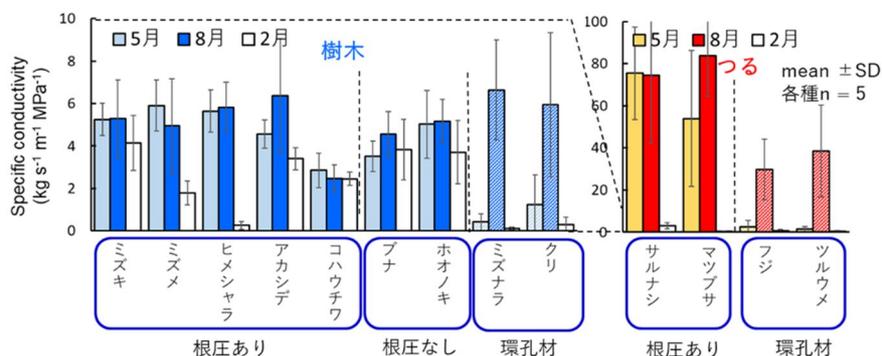


図1. 開葉期(5月), 夏期(8月), 冬期(2月)の茎の水分通導度

同様に, 散孔材種の多くは, 5月の開葉直後から夏期と同程度の大きな樹液流速を示したが, 環孔材種では5月の樹液流速が小さい傾向が認められた。

根圧が確認された種のうち, 多くの個体は3月中旬頃(恐らく地温が0を越えた時期)から根圧の発生が始まり, 4月の開芽期に低下する傾向が確認された(図2)。樹木のミズキ, ミズメとつる植物のサルナシにおいては最大で200 kPa(高さ20mまで水を押し上げる強さ)程度, 樹木のアカシデ, ヒメシャラ, つる植物のマツブサにおいては最大で100~150 kPa程度の根圧が観測され, 多くの個体では, 樹冠先端まで水を押し上げることができるものと考えられた。コハウチワカエデでは幹穴からの水滲出を確認したものの, 他樹種とは圧力変動の挙動が明らかに異なっていた。他の樹木4種, つる植物2種においては明瞭な根圧は観測されなかった。

以上, 冷温帯の樹木・つる植物どちらにおいても, 冬期の寒冷に対して(1)環孔材的に当年の導管のみに通導を頼る, あるいは(2)展葉前に根圧を発生させて通導を回復させるという, 異なる対処の仕方が確認された。この, 種ごとの明確な違いはあれど, 樹木と比較して, つる植物が寒冷により特に阻害的な影響を受けることを示唆する結果はなかった。ただし, (3)複数年の導管を使って通導するが, 春先に根圧を出さない, というタイプは樹木のみで確認された。つる植物はいずれも, 冬期にほぼ完全に通導機能を失っていたことから, (3)の選択肢は成り立たないかもしれないが, その選択肢の少なさが, 温帯におけるつる植物の繁栄に対し抑制的に作用した可能性が考えられた。

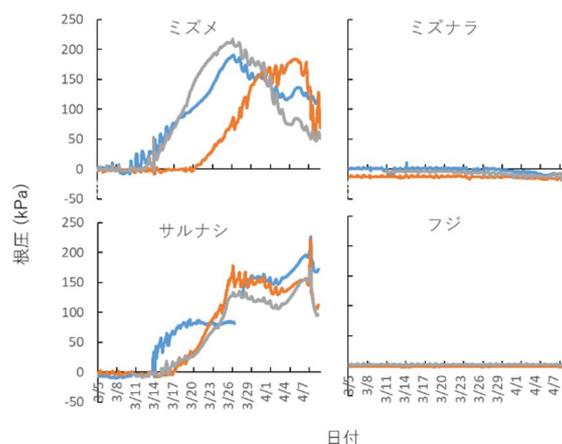


図2. 根圧の時間変化. 樹木つる各2種ずつの例. 異なる色の線はそれぞれ別の個体を表す。

<引用文献>

Gentry, A.H. (1991) The distribution and evolution of climbing plants. *The biology of vines* (eds. F.E. Putz & H.A. Mooney), pp. 3–49. Cambridge University Press, Cambridge.

Granier, A. (1985) Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. *Annale des Sciences Forestières*, **42**, 193–200.

van der Heijden, G.M.F., Phillips, O.L. & Schnitzer, S.A. (2015) Impacts of lianas on forest-level carbon storage and sequestration. *Ecology of lianas* (eds. S.A. Schnitzer, F. Bongers, R.J. Burnham & F.E. Putz), pp. 164–174. Wiley-Blackwell, West Sussex.

Jiménez-Castillo, M. & Lusk, C.H. (2013) Vascular performance of woody plants in a temperate rain forest: lianas suffer higher levels of freeze-thaw embolism than associated trees. *Functional Ecology*, **27**, 403–412.

Schnitzer, S.A., Bongers, F., Burnham, R.J. & Putz, F.E. (2015) *Ecology of lianas*. Wiley-Blackwell, West Sussex.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

| | |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名 Jeong Seonghun, Otsuki Kyoichi, Shinohara Yoshinori, Inoue Akio, Ichihashi Ryuji | 4. 巻 290 |
| 2. 論文標題 Stemflow estimation models for Japanese cedar and cypress plantations using common forest inventory data | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Agricultural and Forest Meteorology | 6. 最初と最後の頁 107997 ~ 107997 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.agrformet.2020.107997 | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 市橋 隆自 | 4. 巻 69 |
| 2. 論文標題 野外環境下における木本性つる植物の成長特性 - 自重支持依存のコストとリスクを考える | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 日本生態学会誌 | 6. 最初と最後の頁 71 ~ 81 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18960/seitai.69.2_71 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Ichihashi Ryuji, Komatsu Hikaru, Kume Tomonori, Shinohara Yoshinori, Tsuruta Kenji, Otsuki Kyoichi | 4. 巻 24 |
| 2. 論文標題 Effects of thinning on canopy transpiration of a dense Moso bamboo stand in Western Japan | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Forest Research | 6. 最初と最後の頁 285 ~ 291 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/13416979.2019.1647592 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 市橋隆自 |
| 2. 発表標題 冷温帯樹木とつる植物の茎通導・水利用の季節性 |
| 3. 学会等名 第69回 日本生態学会福岡大会 |
| 4. 発表年 2022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 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|

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 |
|---------|---------|
|---------|---------|