

令和 2 年 6 月 1 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07882

研究課題名（和文）樹幹含水率・樹液流量・辺材圧ポテンシャルの同時計測

研究課題名（英文）Concurrent measurement of water content, sap flow and pressure potential of tree stems

研究代表者

中田 了五（Nakada, Ryogo）

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所 林木育種センター・主任研究員 等

研究者番号：60370847

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：樹木成木の樹幹について、3種類の樹幹水分通道特性を樹木の成長期間を通して非破壊的に高い時間解像度で連続的に計測した。樹幹含水率、樹液流量、辺材圧ポテンシャルの日変動および季節変動に関して、実際の測定手法および計測機器の運用法、それぞれの特性データの解析法、3種類の特性相互さらに気象条件との関係についての解析法を発展させた。3年間の研究期間を通して、安定的に長期計測データを得ることができるようになり、樹液流量と辺材圧ポテンシャル変動から日毎の水分通道コンダクタンスを求めることができた。これらの成果は気候変動とりわけ早魃に対する樹木成木の生理的応答を測定するための技術的基盤となる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

気候変動により環境の乾燥化が予想されており、成熟に長期を要し生殖開始年齢が高い樹木と森林への影響が懸念されている。これまで樹木水理学において発展してきた乾燥が樹木の生存にもたらす影響の研究に加え、我が国のように降雨が多く湿潤な環境では、枯死にいたらない乾燥に対して樹木がどのような反応（成長への影響など）を示すかを検討する必要がある。本研究ではこれまで研究方法が少なかった樹木成木の樹幹水分通道性について長期間連続的な計測を実現する手法を発展させることができた。今後本研究の手法を多数の樹木に適用しデータを収集することにより環境の乾燥化に対する樹木の生理的応答の研究を発展させることが可能となる。

研究成果の概要（英文）：Three kinds of parameters for tree hydraulics were measured non-destructively for a long-time and in high time resolution in the stems of mature trees. In the measurements of diurnal and seasonal changes in volumetric water content in stem, sap flux density and pressure potential in sapwood, several developments have been achieved: the detailed methods in the practical application of the measurements; data analysing protocol for each parameter; and methods in analysing interrelationship between the three parameters and with climatic conditions. During the study period of three years, the measurements became running stably and water conductance in tree stems could be obtained from sap flux density and sapwood pressure potential. The technical advances in this study will be one of the fundamentals in the study of tree hydraulics to collect knowledges of the physiological response of trees against increasing droughts by climate change.

研究分野：木材解剖学、林木材質学

キーワード：辺材 圧ポテンシャル 樹幹 水分通道性 樹幹含水率 樹液流量

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

本研究課題開始までに研究代表者は、森林に成育する樹木を対象に、心材の形成や木材利用にとって欠点となる心材に水分が集積する現象 wetwood (水食い材、高含水率心材) の研究を開き、さらにそれらを林木育種における選抜形質として取り入れることで人工造林木の遺伝的な質的改良を目指してきた。

木材利用にとって心材は重要な役割を果たしており、古くから研究対象となっているにも関わらず心材形成のメカニズムについてはわからないことが多い。この理由のひとつは、心材形成が樹幹奥深くで進行するため樹幹の外側からでは、樹木の木部にいつ、どのような変化が生じて心材が形成されているかわからないことである。研究代表者は数年前から心材形成にとって樹幹の水分状態が重要な役割を果たしているという仮説に基づいて樹幹の水分状態を非破壊で長時間解像度で季節を通して連続的にモニタリングを行うことを開始した。測定してきた水分状態は、誘電を利用した樹幹含水率測定と熱力学を利用した樹液流量測定である。

樹幹含水率と樹液流量測定のモニタリングの手法開発を行いその間に取得したデータを解析するうちに、樹液流が生じるあるいは水が樹幹内を上方へ重力に逆らって移動するための駆動力である樹幹にかかる負圧を測定することができれば、これら3つの樹幹水分通道特性から樹幹の水分通道性を評価できる可能性があることに気づいた。樹木樹幹すなわち木材は弾性体であるため、樹幹に圧力が加わると弾性変形する。ここで、針葉樹では辺材のほぼ全域を利用して樹幹内水分通道が行われており、しかも辺材はほぼ飽水状態であることから、蒸散によって生じる樹幹内の圧力はその圧力による辺材の変形量と変形に関わるヤング係数から求めることができる。水の移動を水ポテンシャルの概念で考察したとき、樹幹内水分通道経路としての辺材という系に存在する負圧は辺材という系においての水ポテンシャルの成分である圧ポテンシャルに相当する。

気候変動によって平均気温の上昇のみならず気候の激烈化が生じることが予想され、旱魃が増加すると考えられている。旱魃は農作物のみならず森林樹木にも大きな影響を与えるため、木材生産のみならず様々な生態系サービスを提供する森林への気候変動の影響を的確に評価して必要に応じて対応策を講じる必要がある。例えば、乾燥に対して脆弱である樹種より抵抗性の高い樹種を選んで造林することや、同じ樹種でもより乾燥に強い系統を選抜・育種することが考えられる。このためには、樹木の水分通道についての科学、樹木水理学 (tree hydraulics) の発展が必要である (McDowell et al. 2019 *New Phytologist* 224: 537-542)。環境の乾燥化に対する樹木の反応としては枯死がもっとも重大なものであり、樹幹の水分通道阻害への脆弱性評価の研究などがこれまでに発展してきた。一方、我が国の大部分の地域は降雨量が多く湿潤な環境であり、このような環境での枯死に至らない乾燥の影響 (成長の低下など) の評価もまた重要である。しかしながら、サイズの大きい成木を対象に水分通道性を高い時間解像度で連続的に測定し気象環境との関係を見た研究はほとんどない。

### 2. 研究の目的

本研究課題では、高い時間解像度で、樹木の1成長期間を通して長期的かつ連続的に、樹幹含水率・樹液流量・辺材圧ポテンシャルを同時計測する方法の開発を研究目的とした。さらにこれら3種類の樹幹水分通道特性データそれぞれの解析方法を発展させ、同一個体の同時測定により3種類の樹幹水分通道特性それぞれの相互関係について総合的な解析を行って、簡易で半非破壊的な水分通道性の評価方法の開発につなげることを目指した。本研究の第一の目的は研究手法の開発であるが、そのために長期間の計測を行いデータを得ることができると、得られたデータの解析により水分通道特性間の関係と気象条件の影響についての知見を得る。

### 3. 研究の方法

#### (1) 樹幹含水率

樹幹含水率計測は、誘電を利用した土壌含水率計を用い、樹木樹幹に土壌含水率計のセンサープローブを挿入することができるような穴を開けて設置することによっておこなった。供試木あたり1から3個の含水率計を測定方位や測定高を変えて設置し、年間を通して10分間隔で体積含水率 (volumetric water content, VWC) としてデータを収集した。本研究課題で採用した機器はデータロガーの乾電池からの電源で駆動し、電池寿命は2-3ヶ月である。

#### (2) 樹液流量

樹液流量計測は、樹幹放射方向に多数の測定点を設け、樹液流量の樹幹放射方向変動をみることができ heat field deformation (HFD) 法の樹液流センサーを利用しておこなった。樹液流量についても樹幹に穴を開けヒーターとセンサーを樹幹に装着して10分間隔で樹液流速密度 (sap flux density) としてデータを収集した。HFD法は常時ヒーターの加熱が必要であり、そのためにソーラーパネルとバッテリーを設置して電源供給をおこなった。天候により十分な蓄電ができず測定が中断することもしばしばあったものの、本研究で採用した機器により冬季を除く樹木の成長期間をほぼカバーする連続計測が実現できた。

#### (3) 辺材圧ポテンシャル

辺材圧ポテンシャル計測は、樹幹の放射方向の寸法変化を連続的に測定することによっておこなった。年間を通して樹幹の放射方向変動、それも辺材の寸法変化のみを測定するために、直径デンドロメータを樹幹に固定する方法を工夫し、そのための治具を特注して連続計測しながら

ら固定法の妥当性の検討をおこなった。デンドロメータを固定する治具に熱電対を装着して温度、樹幹表面（樹皮表面）で測定した樹幹サイズ、樹皮をはいだ辺材表面で測定した樹幹サイズを 10 分間隔で測定開始時点に近い任意の初期値からの寸法変化として測定し、辺材水ポテンシャルの相対的变化（dPP）を求めた。本研究課題で採用した機器はデータロガーの乾電池からの電源で駆動し、夏季の電池寿命は 2-3 ヶ月である。樹幹放射方向の寸法変化から辺材圧ポテンシャルの値を求めるためには樹幹の放射方向ヤング係数が必要となるが、成長錐コアの動的ヤング係数を測定することによって求めた。

#### (4) 供試木

供試木は、森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター北海道育種場が育種および遺伝資源保存を目的に育成・保存している遺伝資源の中から選んで供試した。供試樹種は、北海道の人工造林において重要な針葉樹、カラマツ（グイマツ雑種 F1 を含む）、スギ、トドマツの 3 種を選んだ。さらに、樹幹含水率については広葉樹散孔材であるシラカンバと環孔材であるミズナラも供試した。樹種あたりの延べ供試木個体数は、カラマツ 5、スギ 3、トドマツ 4、シラカンバおよびミズナラそれぞれ 1 であるが、供試個体を変更する必要が生じたこともあり、また特に樹液流量測定器が高価であることもあって、3 つの水分通道特性の同時計測を実現できたのはカラマツおよびスギそれぞれ 1 個体であった。

#### (5) 連続計測

樹幹含水率は本研究課題開始以前に整備した機器を継続して利用する他、機器を追加で整備して供試木を増やした。樹幹含水率は基本的に一度装着してからそのまま通年での連続計測をおこなった。樹液流量は本研究課題開始以前に整備した機器を継続して利用し、樹木の成長期間にわたって連続計測をおこなった。辺材圧ポテンシャル計測は新規に開発した方法で実施したため、研究開始当初は 1 台整備して機器の改良等を実施して、その後本研究課題の研究期間にわたって台数と供試木を増やして樹種間差をみるというアプローチをとった。供試木の樹冠内に温湿度計、供試木の根元の土壌中に温度計を設置し、気象庁アメダスによる気温および降雨量とともに気象環境データとした。樹冠内温湿度データから VPD (vapour pressure deficit、飽差) を算出した。3 つの樹幹水分通道特性の同時測定の状態を図 1A に、2018 年のスギ C2 について、気象環境と 3 種類の樹幹水分通道特性の測定結果を図 2 に示す。

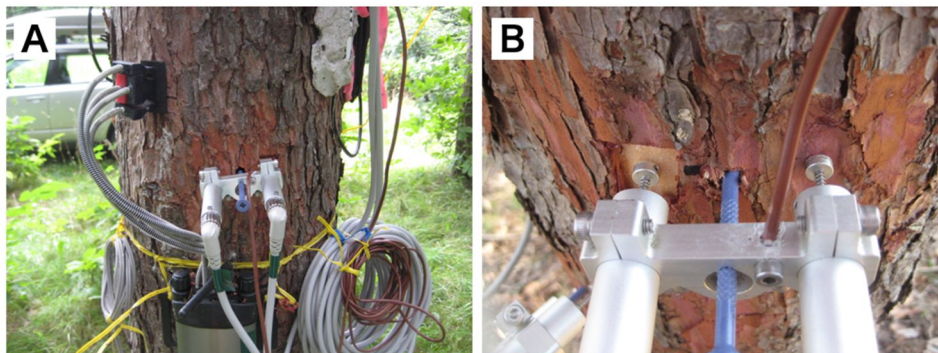


図 1 測定の状況。A カラマツ供試木 L2 での測定状況。B 辺材圧ポテンシャル測定装置、中央の青い支柱で樹幹に固定、左側のセンサーと右側のセンサーでそれぞれ LDxylem と LDstem を測定、茶色のケーブルの先には熱電対を挿入して測定系の温度を測定し熱膨張を補正。

## 4. 研究成果

### (1) 辺材圧ポテンシャル計測法の開発

成木の辺材圧ポテンシャルを連続計測するためにこれまで提案されている方法は、樹幹の周りに金属製のフレームを設置して、樹幹の直径方向の寸法変化を測定するというものである (Irvine & Grace 1997 *Planta* 202: 455-461)。この方法では、樹幹サイズによりフレームサイズも変更する必要があり、また装置全体のサイズが大きくなり風・雪・動物による装置への影響の懸念が大きくなる。そこで、水分通道は辺材のみで起こっていて心材は水分通道に関わらないという事実を利用して、心材まで達する穴を辺材に開けその穴を通して 1 本の支柱を心材に固定し、その支柱に治具を介して直径デンドロメータを固定するという方法を考案した (図 2B)。開発した治具には 2 台の直径デンドロメータを装着できるようにしており、片方は樹皮の上から、もう片方は樹皮をはいで辺材表面に設置することができる。これにより、辺材圧ポテンシャル変動を求めるための辺材の寸法変化 (LDxylem として計測) および樹木の直径成長と師部 (樹皮) の直径方向変動をあわせたもの (LDstem として計測) の同時計測が可能になった。放射方向の樹皮を含んだ樹幹サイズに日変動があることが古くから知られているが、近年の研究では日変動のほとんどは師部 (樹皮) の放射方向変動によるものであることが明らかとなっている (Pfautsch et al. 2015 *Plant Physiology* 167:963-971)。

辺材圧ポテンシャル計測開始後の任意の時点の値を初期値として、初期値からの LDxylem および温度の偏差 dLDxylem および dT を求め、熱膨張を補正した上で個体ごとに採取した成長錐

コアで求めた樹幹放射方向ヤング係数により、辺材の弾性変形に関わる応力、すなわち辺材にかかる圧力 dPP を求めた。dPP は初期値からの相対的な辺材圧ポテンシャルの変化量である。辺材圧ポテンシャル測定装置を年間を通して運用したところ、本装置で冬季を含めて年間を通しての測定が可能であった。

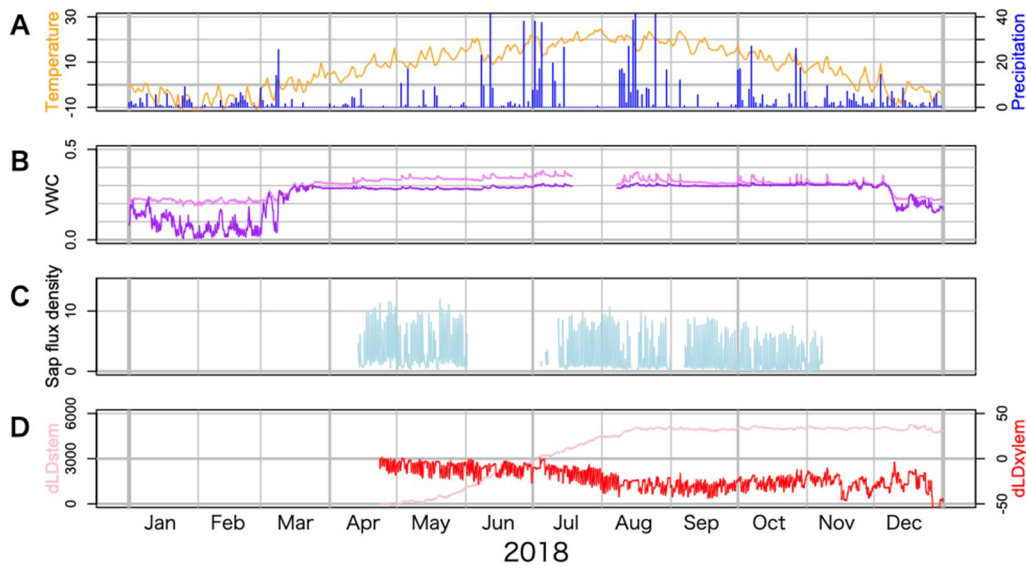


図2 2018年、スギ供試木C2での3種類の樹幹水分通道特性の測定結果。A 気象庁アメダスデータによる日平均気温（オレンジ、 $^{\circ}\text{C}$ ）と日降水量（青、mm）。B 樹幹含水率（VWC、volumetric water content、 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ）色の違いは測定部位の違い（紫、胸高部東側；薄紫、胸高部西側）。C 樹液流量（sap flux density、 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-2} \text{h}^{-1}$ ）。D 辺材圧ポテンシャル測定装置の出力（2018年4月をゼロ点としてそこからの変化量）ピンク、樹皮表面での測定結果（ $\text{dLDstem}$ 、 $\mu\text{m}$ ）；赤、辺材表面での測定結果（ $\text{dLDxylem}$ 、 $\mu\text{m}$ 、 $\text{dLDstem}$ とはスケールが違う）。BからDの空白部分は、測定対象外の期間、機器の故障、バッテリー切れ等によるミッシングデータ。

## (2) 樹幹含水率データの蓄積とデータ解析法の改良

樹幹含水率については、本研究課題開始以前から継続的に計測を続けてきた。本研究課題の実行により、供試樹種および個体を増やして継続的に実施した。樹幹含水率については、データロガーの電池切れや機器の故障の他は連続的なデータの収集が可能であった。これまでに最長5年間同一個体同一部位の樹幹含水率の連続計測に成功した。2018年9月の台風により供試木の一部が倒伏しこれによって最も初期から計測を実施していた個体を含め樹幹含水率の測定を中止したが、このようなことがなければ機器の寿命まで連続的な計測が可能であると考えられる。

樹幹含水率は誘電を利用して計測をおこなってきたが、これまでに電氣的ノイズであると考えられる異常データがしばしば観察されてきた。本研究課題において、このノイズを低減する方策や補正法の検討を進めたが、人為的な制御は不可能であった。最長数日にわたる短期的ノイズのほとんどは降雨とともに発生するため、降雨観測時前後のデータを削除することにより長期にわたる樹幹含水率の変動を把握することとした。また、樹幹含水率測定機器の樹幹への装着のために樹幹に穴をあけることにより樹幹含水率の値が変化することが観察されてきた。前述の倒伏個体等を利用して、樹幹含水率装着部位の観察をおこなったところ、樹幹含水率測定装置の装着後1-2ヶ月程度かかって装着穴の付近の木部が脱水を起こしその後さらに偽心材（傷害心材、人工心材）が形成されていることがあきらかとなった。ただし、機器装着直後のみかけの含水率低下は1-2ヶ月に限定されており、それ以降のデータは安定していた場合が多かった。さらに、同一個体に樹幹含水率測定装置を追加するとデータが変化する現象が認められた。以上のノイズや機器装着そのものによるみかけの含水率変化は、供試樹種にかかわらず発生しており、人為的な制御が不可能であることから、樹幹含水率の長期モニタリングデータはあくまでも相対値として考察することが妥当であると結論できた。

## (3) 樹液流量計測についての問題点

2017年度および2018年度前半については樹液流量計測は概ね着実に実施できたが、2018年9月の台風による供試木の倒伏にともなって樹液流量測定装置が修理不可能な故障となった。本研究課題のように長期計測を志向する場合、また多数の供試木でデータを収集する必要がある場合は、得られるデータの情報が少ないことや値の正確性に若干の問題があっても、安定して相対的なデータを得ることができ、安価なセンサーを簡単に交換して使用できるシステムが適切であると考えられた。

樹液流量計測を行うためにさまざまな方法が提案されているが、非破壊的な測定を行うための方法は熱力学を応用したものであり、なんらかの方法で樹幹に熱を加えるため、強力な電源を必要とする。本研究のフィールドとした北海道江別市は、高緯度で冬季は寒冷多雪地域である。

このような場合夏季でもしばしば電源喪失に見舞われ、冬季の計測は断念せざるを得ない。

#### (4) 樹幹の水分通道抵抗とその変化

辺材圧ポテンシャルを水分通道の駆動力、樹液流量をその駆動力の結果と考えると、それぞれ電圧と電流に置き換えて電気回路のアナロジーを用いることが可能である。すなわち、辺材圧ポテンシャル差 / 樹液流量を水分通道に関わる抵抗、抵抗の逆数をコンダクタンスとすることができる。図4はスギC2の2018年5月の10日間の樹液流量と辺材圧ポテンシャルの変動であるが、図のとおり、午後の樹液流量(図4Bの水色)の減少に対して、辺材圧ポテンシャル dPP(図4Bの赤)の上昇はやや遅れて進行する。すなわち、樹液流量と辺材圧ポテンシャルの関係にはヒステリシスが存在する(図4C)。この現象を解釈すると、樹木の水分通道において辺材がバッファの役割を果たしていることが考えられる。しかしながら、水分通道に関わる抵抗値あるいはコンダクタンスの変動を把握するためにはヒステリシスの存在が障害となる。そこで、朝から午前中に相当する、図4Cで辺材圧ポテンシャルの変化と樹液流量の関係の直線性が高い領域について考察することとした。1)図4Cのような図を毎日に作成し、関係性の直線領域を求める(図4Cの5/7では8時から12時、5/12では6時から9時とした)。2)直線領域の開始時と終了時のdPPの差 ddPP をもとめる。3)本報告での樹液流量は10分毎の sap flux density ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-2} \text{h}^{-1}$ )として求めているので、直線領域の間の樹液流量の積算値 cSF を求める。4)コンダクタンス  $C = \text{cSF} / \text{ddPP}$  ( $\text{m}^3 \text{m}^{-2} \text{MPa}^{-1}$ )として、辺材圧ポテンシャル(辺材に存在する負圧)変化1 MPaあたりの辺材  $\text{m}^2$ あたりの樹液流量として求める。降雨等のため直線性が認められない13日と14日を除いて5月5日から12日までの直線領域のコンダクタンスを図4Bのプロット上部に示した。このように本研究で開発した方法により、成木樹幹における水分通道性パラメータを求めることができたが、図4Cで見られるとおり辺材水ポテンシャルと樹液流量の関係はかなり複雑で、図4Bのコンダクタンスはほぼ手動で求めたものである。今後長期計測データから水分通道性の季節変化の解析を継続し、解析手法の開発を進める必要がある。

#### (5) 成果のまとめ

本研究課題の実行により、圧ポテンシャル測定手法を開発し、それを樹液流量と比較することで相対的な辺材の水分通道抵抗とその変化を観測することができた。研究フィールドとした北海道では冬季の気象環境が厳しいため冬季の樹液流量の測定は難しいものの、概ね樹木の1成長期間を通して、樹木樹幹の水分通道性を *in situ*かつ *in vivo*、高時間解像度で連続計測することが可能となった。しかし、本研究では手法開発に成功しただけに過ぎず、本研究を通して得られた供試樹種間での水分通道特性の違いは供試個体数が少ないことから真の種間差かどうかは不明である。さらに、データ解析における問題点が散在している。一方、本研究で開発した手法により、これまで得ることができなかったサイズの大きな生立木の辺材の水分通道性の長期観測データを得ることが可能になった。すなわち、気候変動に対する適応として樹種転換や遺伝的改良などについて検討を行う上で、本研究で開発した手法をさらに発展させ、気象環境の変動による樹木の反応の樹種間差および個体間差を把握する必要性が高いと結論できる。

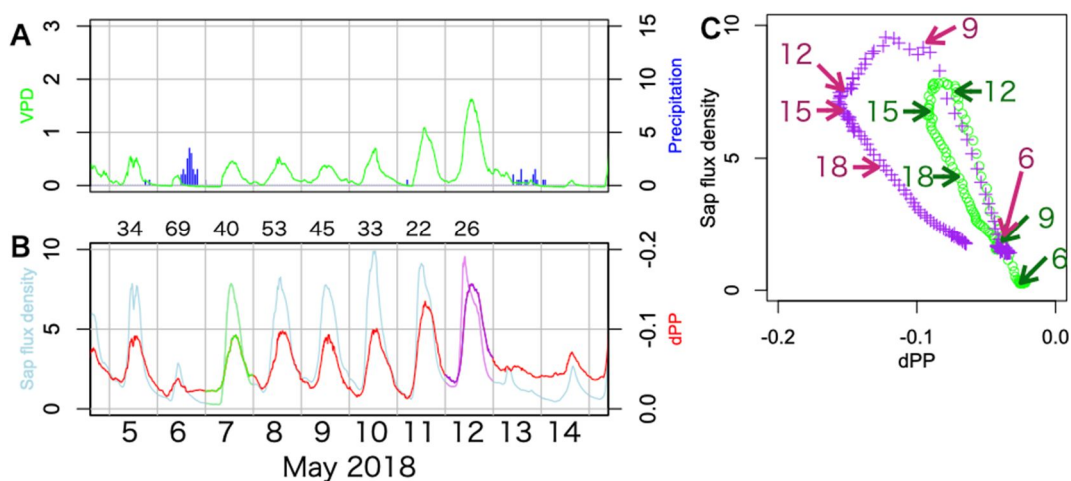


図3 2018年5月5日から5月14日、スギ供試木C2の樹液流量と辺材圧ポテンシャルの関係。A 緑、VPD (kPa); 青、降水量 (mm)。B 水色、樹液流量 ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-2} \text{h}^{-1}$ ); 赤、相対辺材圧ポテンシャル (dPP, MPa、逆目盛)。Bプロット上部の数字はコンダクタンス ( $\text{m}^3 \text{m}^{-2} \text{MPa}^{-1}$ )。C 相対辺材圧ポテンシャルと樹液流量の関係、色はB図と対応、数字は時刻、緑、5月7日; 紫、5月12日。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Nakada Ryogo, Okada Naoki, Nakai Takahisa, Kuroda Katsushi, Nagai Satoshi	4. 巻 53
2. 論文標題 Water potential gradient between sapwood and heartwood as a driving force in water accumulation in wetwood in conifers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Wood Science and Technology	6. 最初と最後の頁 407-424
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00226-019-01081-4	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 -

1. 著者名 Fukatsu Eitaro, Nakada Ryogo	4. 巻 32
2. 論文標題 The timing of latewood formation determines the genetic variation of wood density in Larix kaempferi	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Trees	6. 最初と最後の頁 1233-1245
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00468-018-1705-0	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 -

1. 著者名 中田了五	4. 巻 64
2. 論文標題 心材形成研究の最近の進歩	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 木材学会誌	6. 最初と最後の頁 45-58
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2488/jwrs.64.45	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8件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Nakada Ryogo
2. 発表標題 Factors influencing to the measurement of stem water content of living trees by dielectric soil moisture sensor
3. 学会等名 2018 Society of Wood Science and Technology/Japan Wood Research Society International Convention（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nakaba Satoshi, Arakawa Izumi, Morimoto Hikaru, Yamagishi Yusuke, Nakada Ryogo, Bito Nobumasa, Imai Takanori, Funada Ryo
2. 発表標題 Cytological Changes in Ray Parenchyma Cells during Artificially Induced Cell Death in Cryptomeria japonica
3. 学会等名 2018 Society of Wood Science and Technology/Japan Wood Research Society International Convention (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中田了五
2. 発表標題 樹幹の半径成長と圧ポテンシャルの同時計測のための新しいデンドロメーター
3. 学会等名 樹木年輪研究会つくば
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 楠本倫久、橋田光、松井直之、大平辰朗、中田了五
2. 発表標題 トドマツ樹皮の抽出成分(5) - 精英樹より得られた精油のクローン間差 -
3. 学会等名 第69回日本木材学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中田了五
2. 発表標題 生立木における辺材圧ポテンシャルの長期間連続高時間解像度測定(第2報)
3. 学会等名 第69回日本木材学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 秋山佳貴、山岸祐介、中田了五、半智史、船田良
2. 発表標題 トドマツ成熟種子由来の不定胚形成細胞(ESM)経由の植物体再生系の確立
3. 学会等名 第69回日本木材学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中田了五
2. 発表標題 生立木における辺材圧ポテンシャルの長期間連続高時間解像度測定
3. 学会等名 第68回日本木材学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 半智史、高橋大輔、梅澤泰史、春日純、高田直樹、中田了五、上村松生、船田良
2. 発表標題 ショットガンプロテオミクスを用いたドロノキ放射柔細胞の放射方向におけるタンパク質変動の解析
3. 学会等名 日本植物学会第81回大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Caudullo Giovanni, Nakada Ryogo, Da Ronch Flavio	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Wiley	5. 総ページ数 18
3. 書名 Larix kaempferi (Lambert) Carriere, 1856 In "Enzyklopadie der Holzgewachse: Handbuch und Atlas der Dendrologie"	

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----