

様 式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

## 科学研究費助成事業

## 研究成果報告書



平成 29 年 5 月 31 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26450191

研究課題名(和文)自然再生が必要な衰退林における樹木の生理生態的特性の評価

研究課題名(英文)Evaluation of eco-physiological trait for trees in a degraded forest needed to be regenerated naturally

研究代表者

木佐貫 博光(Kisanuki, Hiromitsu)

三重大学・生物資源学研究科・教授

研究者番号：00251421

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000 円

研究成果の概要(和文)：ニホンジカによる樹幹剥皮によって森林の衰退が顕著である大台ヶ原の防鹿フェンス内において、トウヒ生残木の水分生理に影響を及ぼす要因を明らかにするため、トウヒの樹液流速の測定を行った。気象要因のうち樹液流速に影響を及ぼしていたのは、全天日射量と大気飽差であり、トウヒの樹液流速の日変化パターンは全天日射量と大気飽差に類似していた。トウヒの生態的特性のうち樹液流速に正の影響を及ぼしていたのは、樹高、幹の剥皮率、辺材面積であった。トウヒ生残木は、剥皮の割合の高さを樹液流速で補償している可能性がある。

研究成果の概要(英文)：To reveal the factor affecting the physiological trait of evergreen conifer *Picea jezoensis* var. *hondoensis* trees, sap flux density was investigated for several spruce trees inside the deer-proof fence on Mt. Ohdaigahara where forest decline is outstanding caused by debarking by deer. Among some climate factors, radiation and vapor pressure deficit (VPD) affected sap flow. Diurnal pattern of sap flow showed similarity with those of radiation and VPD. Among some ecological traits of spruce, tree height, debarked ratio, and sap wood area showed positive effect on sap flow. Survived spruce trees may compensate their debarked area of trunk by sap flow rate.

研究分野：森林生態学

キーワード：樹液流速 トウヒ 衰退林

### 1. 研究開始当初の背景

大台ヶ原では、ニホンジカの増加に伴う高木の樹皮剥ぎによって、トウヒ (*Picea jezoensis* var. *hondoensis* (M) Rehder) 林をはじめとする森林の衰退が顕著である。このため、生残木に対するシカの採食による更なる被害を防ぐための防鹿柵の設置が環境省によって行われた。この結果、柵内の生残木に新たな剥皮被害はなくなったが、現在もほとんどの針葉樹には剥皮痕が残っている。剥皮された幹では、辺材が乾燥した部分で水を吸い上げられなくなるため、剥皮を受けたトウヒ生残木の通水機能が低下している可能性がある。かつての森林におけるトウヒ生残木の通水機能を調べることは、自然再生のうえで重要である。

### 2. 研究の目的

樹液流速は、通水機能の1つの指標であり、気候や生育環境の差異に対する樹木の水利量の変化や、個体ごとの蒸散量や林分の蒸散量の定量化など樹木の生理生態学的な評価や水文学的な評価に用いられる。樹液流速は、土壌の乾燥に伴って低下することや、個体の着葉量の減少によって低下することが報告されている。しかし、樹木の幹が傷を受けたことによって、樹液流速が受ける影響については知られていない。

本研究では、シカによる樹幹の剥皮は樹木の通水機能の低下を引き起こし、剥皮の程度が大きいほど樹液流量が低下すると予測した。この予測を検証するために、森林衰退が進行する大台ヶ原に生残したトウヒ成木の樹液流速に影響を与える要因を明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究の方法

調査地は、奈良県吉野郡上北山村の大台ヶ原 (N34°11', E136°06') の正木峠とした。2001年に設置された防鹿柵内に40m×40mの調査プロットを設置し、2015年9月にプロット内のトウヒ成木個体を対象に胸高直径 (以下 DBH) と樹高ならびに樹幹の剥皮率の測定を行った。剥皮率は剥皮を受けた高さにおける幹の全周囲長に対する剥皮の最大幅の割合とし、剥皮が複数箇所ある場合は、その最大値で算出した値をその個体の剥皮率とした。プロット内の剥皮率の異なるトウヒ6個体を対象に、Granier法を用いて樹液流の測定を2015年10月16日から同月21日まで連続的に行った。Granierセンサーはヒーターセンサーおよびリファレンスセンサーからなる2本1組のセンサーで、原則として地上高約1.3mの辺材部に剥皮部分を除き垂直方向に15cm離して設置した。いずれのセンサーのブループも長さ20mm、径2mmのアルミパイプで、銅コンスタンタン熱電対を内蔵し、樹幹内の温度を計測する。ヒーターセンサーのブループのみ銅線のコイルを内蔵しており、常時0.2Wの電力が与

えられ発熱する。測定した2つのブループ間の温度差から、樹液流速 ( $F_d$ ;  $\text{m s}^{-1}$ ) を次の経験式を用いて求めた。

$$F_d = 1.19 \{ (T_{\max} - T) / T \}^{1.23} \times 10^{-4}$$

$T$  は2つのブループ間の温度差。  $T_{\max}$  は1日の最大の  $T$ 。1日のサイクルは午前5時から翌日の午前5時とした。

辺材面積を求めるために、成長錐を用いて辺材幅と樹皮厚の測定を行った。次の式を用いて幹の横断面の辺材面積 ( $A_s$ ;  $\text{m}^2$ ) を求めた。

$$A_s = L_{\text{SWD}} \times \{ (L_{\text{DBH}} - 2L_{\text{BRD}}) - L_{\text{SWD}} \}$$

$L_{\text{SWD}}$  は辺材幅、 $L_{\text{DBH}}$  は DBH、 $L_{\text{BRD}}$  は樹皮厚。

調査プロットから約20m離れた、ほぼ全天の場所に気象観測器を設置し、全天日射量、気温、相対湿度、風速、雨量を測定した。測定した気温と相対湿度から次の式を用いて大気飽差 ( $V$ ; hPa) を求めた。

$$V = f(t) \times (1 - U/100)$$

$f(t)$  は気温  $t$  のときの飽和水蒸気圧、 $U$  は相対湿度。

樹液流速の個体間のばらつきの程度を検討するため、次の式を用いて変動係数 (CV; %) を求めた。

$$\text{CV} = \sigma / \mu \times 100$$

$\mu$  は6個体の樹液流速の平均値、 $\sigma$  は標準偏差。

トウヒの樹液流速に影響を及ぼす気象要因を解明するために、トウヒの樹液流速を応答変数、全天日射量、大気飽差、風速、および降水量を説明変数とする一般化線形混合モデル (以下 GLMM) を構築した。データはそれぞれの30分間の平均値を使用した。応答変数はガンマ分布に従うと仮定し、リンク関数は log を用いた。ランダム効果は個体とした。さらに、上記の変数を全て用いたモデル (フルモデル) から定数項のみのモデルまで考えられる全てのモデルについて赤池情報量基準 (Akaike information criteria, 以下 AIC) を算出し、AIC の値が小さい順に5つのモデルを得た。

トウヒの樹液流速に影響を及ぼすトウヒの生態的要因を明らかにするため、トウヒの樹液流速を応答変数、DBH、樹高、剥皮率、および辺材面積を説明変数とする GLMM を構築した。応答変数はガンマ分布に従うと仮定し、リンク関数は log を用いた。ランダム効果は時間とした。さらにすべてのモデルについて AIC を算出し、AIC の値が小さい順に5つのモデルを得た。

### 4. 研究成果

2015年10月16日から10月21日におけるトウヒ6個体の樹液流速の日変化を図-1に示した。樹液流速の上昇開始や収束する時間などの日変化パターンは6個体で類似していた。

トウヒの樹液流速に全天日射量、大気飽差、風速、および降水量が及ぼす影響を、GLMM

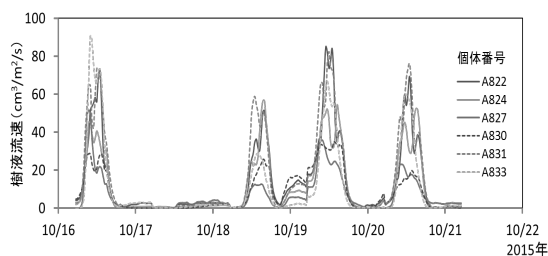


図 - 1. トウヒ成木 6 個体の樹液流速

で解析した結果、気温については、全天日射量との間に高い相関が認められ ( $R^2=0.93$ ,  $p<0.001$ , Pearson の積率相関係数), 大気飽差との間にも有意な相関が認められた ( $R^2=0.61$ ,  $p<0.001$ ) ため、説明変数から除外した。AIC の値が拮抗していたモデル 1 からモデル 4 において、全天日射量と大気飽差が説明変数に選ばれ、ともに樹液流速に正の影響を及ぼしていた。一方、風速、降水量はモデル 1 からモデル 4 において、樹液流速との関連が認められなかった。

トウヒの樹液流速に個体の生態的パラメーターが及ぼす影響をみるために、GLMM により 5 つのモデルを得た。ほとんどのモデルで説明変数に選ばれた樹高、剥皮率、辺材面積は、いずれも樹液流速に正の影響を及ぼしていた。一方、樹液流速に対する DBH の関与は認められなかった。

気象要因のうちトウヒの樹液流速に正の影響を及ぼしていたのは、全天日射量、大気飽差であった。これまで常緑針葉樹であるダグラスファーなど、様々な樹種において樹液流速の日変化パターンは全天日射量と大気飽差に類似した日変化パターンを示すことが報告されてきたが、本研究のトウヒにおいても同様の傾向が確認された。

トウヒの生態的特性のうち樹液流速に正の影響を及ぼしていたのは、樹高、剥皮率、辺材面積であった。ヨーロッパブナにおいて、着葉の総面積は樹高成長に伴って急激に増加する。樹高の高い個体ほど個体の全葉面積が大きくなる傾向がある場合、樹高が高いほど総蒸散量が増加するため樹液流速が速いと推測される。また、剥皮を受けたトウヒの露出した木部では乾燥しているため通水することができないと推測される。剥皮率の高い個体では、このような通水面積の減少を補うため、樹液流速を速めることで着葉量に応じた蒸散量を維持できているのではないかと考えられる。さらに、Granier 法では、センサーのブープ全体の平均樹液流速を想定しているため、通水していない木部部分にブープが接触している場合、樹液流速が過小評価されることが知られる。本研究で使用したセンサーのブープは長さ 20mm であるのに対し、樹液流測定の対象木には辺材幅が 20mm 未満の個体も含まれていた。このため辺材幅が狭い個体では、樹液流速が実際よりも過小な値になった可能性がある。

本研究で、樹液流速は、これまで報告され

てきた気象要因や樹木サイズだけでなく、シカによる剥皮のような生物的要因の影響を受けることが明らかになった。本研究の結果から、対象木の現在の剥皮程度では樹液流速の低下は起きておらず、大台ヶ原のトウヒは樹液流速を速くすることで剥皮による通水面積の減少を補償し、樹液流量を維持していると考えられる。しかし、樹液流速が速まることで木部内に過剰な張力が生じていることが予測されることから、トウヒ生残木はキャビテーションが起りやすい危険な状態に置かれている可能性がある。

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計 1 件)

岡本榛名・齋藤隆実・五十嵐康記・熊谷朝臣・鳥丸猛・木佐貫博光：大台ヶ原における常緑針葉樹トウヒ成木の樹液流速に影響を及ぼす要因。中部森林研究 65 号，2017 年，査読あり（印刷中）「掲載確定」

### 〔学会発表〕(計 6 件)

岡本榛名・齋藤隆実・五十嵐康記・熊谷朝臣・鳥丸猛・木佐貫博光：大台ヶ原の衰退林におけるトウヒ生残木の樹液流速：樹幹剥皮の程度による差異。第 128 回日本森林学会大会，2017 年 3 月 27 日，鹿児島大学（鹿児島県・鹿児島市）

木佐貫博光：森林衰退が進行する大台ヶ原の針葉樹林における林冠木の生残，成長，幹の剥被害。第 64 回日本生態学会大会，2017 年 3 月 16 日，早稲田大学（東京都・新宿区）

岡本榛名・齋藤隆実・五十嵐康記・熊谷朝臣・鳥丸猛・木佐貫博光：衰退した大台ヶ原における生残木の水分生理：樹幹剥皮がトウヒの樹液流速に及ぼす影響。2016 年度日本生態学会中部地区大会，2016 年 12 月 3 日，三重大学（三重県・津市）

岡本榛名・齋藤隆実・五十嵐康記・熊谷朝臣・鳥丸猛・木佐貫博光：大台ヶ原における常緑針葉樹トウヒの樹液流速に影響を及ぼす要因。第 6 回中部森林学会大会，2016 年 10 月 22 日，三重大学（三重県・津市）

木佐貫博光：森林衰退が進行する大台ヶ原正木峠の防鹿柵内外におけるトウヒ個体群の 9 年間の変化。第 127 回日本森林学会大会，2016 年 3 月 28 日，日本大学生物資源科学部（神奈川県・藤沢市）

木佐貫博光・印南秀彦・中井（小山）亜理沙：ササ坪刈りによる天然生トウヒ稚樹の成長促進：大台ヶ原での 7 年間の実験。第 126 回日本森林学会大会，2015 年 3 月 28 日，北海道大学（北海道・札幌市）

### 〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

木佐貫博光 (KISANUKI, Hiromitsu)  
三重大学大学院生物資源学研究科・教授  
研究者番号：00251421

(2)研究分担者

( )

研究者番号：

(3)連携研究者

( )

研究者番号：

(4)研究協力者

熊谷朝臣 (KUMAGAI, Tomoomi)  
齋藤隆実 (SAITO, Takami)  
五十嵐康記 (IGARASHI, Yasunori)  
印南英彦 (INNAMI, Hidehiko)  
岡本榛名 (OKAMOTO, Haruna)  
田畑早紀 (TAHATA, Saki)  
横井謙斗 (YOKOI, Kento)  
久岡みづき (HISAOKA, Mizuki)  
澤山りりん (SAWAYAMA, Ririn)  
牧江岳 (MAKIE, Gaku)  
二宮健介 (NINOMIYA, Kensuke)