

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 4 日現在

機関番号：16301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26850100

研究課題名(和文) 温暖化が樹木の木部構造に与える影響とその地理変異

研究課題名(英文) Geographic variation of long-term changes in xylem structure of *Quercus crispula* reflect global warming.

研究代表者

鍋嶋 絵里 (Nabeshima, Eri)

愛媛大学・農学部・助教

研究者番号：10710585

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)：富良野、苫小牧、愛媛のミズナラについて幹木部構造の35年間の変化を調べた。その結果、孔圏道管の数を介して早材幅が変化すること、また、年輪幅・晩材幅・早材幅ともに長期的な変化が起きていることが明らかとなった。さらに、これらの変化は分布域によって異なることがわかり、分布の北方では春先の温暖化が早材幅の成長を促進する一方で、分布の南方では温暖化に伴う乾燥化によって光合成生産や成長が低下することが示唆された。

研究成果の概要(英文)：We investigated changes during 35 years in xylem structure and widths of annual ring, earlywood and latewood of tree stems of *Quercus crispula* in Furano, Tomakomai and Ehime. As a result, we found that (1) the earlywood widths changed via the numbers rather than the sizes of earlywood vessels, (2) the widths of annual ring, earlywood and latewood of the tree stems changed during the 35 years, and (3) the changes of the widths depends on the habitats, in the way that it decreased in the southern area (Ehime) while it increased in the northern areas (Tomakomai and Furano). Global warming may enhanced the stem growth of *Q. crispula* in northern habitats, while it reduces the growth in southern habitats through summer drought.

研究分野：樹木生理生態

キーワード：地球温暖化 地理変異 ミズナラ 孔圏道管 木部構造

### 1. 研究開始当初の背景

樹木の幹は陸域最大の炭素プールである。木材として幹に固定される炭素の蓄積量は、幹の肥大成長量だけでなく木部の構造によっても変化する。木部の密度(材密度)は、炭素蓄積量の推定に直接的な影響を与え、樹種間や樹種内で大きく異なる(Zanne et al. 2010, Yasue et al. 1997)。また、道管の占有面積は内腔の程度の違いによって材密度に影響を与えるほか、樹木の水輸送機能を通して森林の蒸散量にも影響を与える。したがって樹幹の木部構造は、炭素固定量や蒸発散量など森林の機能を決定づける非常に重要な要素である(Denman et al. 2007)。しかしながら、樹幹の木部構造が環境に応じてどのような変化をするのかはほとんどわかっていない。落葉広葉樹の場合、春先に葉と新しい木部とが形成される。そのうち環孔材樹種では、春先に形成された当年の孔圏道管が主たる通水を担い、その形成は開葉に先立って開始するため、孔圏道管からなる早材の形成は貯蔵養分(前年以前の光合成産物)を用いて行われることがわかってきた(Kudo et al. 2014)。つまり、光合成が行われた前年の環境条件も早材の形成に影響を与える。このような木部形成における炭素利用のメカニズムは、木部構造の環境応答を考える上で重要であり、これらを踏まえて木部構造の環境応答の近年の変化を明らかにすることで、環境変動下における樹木の成長や森林の炭素蓄積を予測することが可能になると考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究では、日本に広く分布するミズナラを対象とし、温暖化が進行する中での(1)木部構造の長期的な変化、(2)木部構造の変化の地理変異、(3)木部構造の変化の生理的メカニズムについて、解剖学的手法(軟X線デンストメトリ、画像解析、顕微鏡観察)、安定同位体分析、および個葉生理測定により明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究の方法

気候や遺伝的集団が異なる三つの地域として、北海道大学苫小牧研究林(北海道苫小牧市)、東京大学北海道演習林(北海道富良野市)、愛媛大学農学部附属演習林(愛媛県松山市)においてミズナラ成木の幹の年輪試料を採取し、数十年分の年輪について木部構造を観察した。木部構造の観察は、軟X線撮影装置(Softex Co.)を用いた撮影、もしくはマイクロームによる切片の光学顕微鏡観察を行い、得られた画像を二値化して、画像解析ソフトImageJによる測定を行った。測定項目は、以下の通りである。

年輪幅、早材(孔圏)幅、孔圏道管の面積と個数

上記の結果をもとに、ポアソン分布または正規分布を仮定し、個体差をランダム効果とした一般化線形混合モデルを地域ごとに構築し、解析を行った。

また、愛媛において、ミズナラの林冠木における葉の展開と最大光合成速度および樹幹の木部形成の季節変化を調べた。開葉開始から二週間ごとに、木登りによる樹冠の切り枝の採取、および樹幹からの木部採取を行った。切り枝については水切りして持ち帰ったものについて最大光合成を測定し、木部については切片を作成して染色し、光学顕微鏡下での観察を行った。さらに、愛媛と苫小牧の幹木部について、セルロース抽出を行ったのちに実体顕微鏡下で年層内を等分に切り分けたものを質量分析にかけ、安定同位体比の季節変化を測定した。

### 4. 研究成果

愛媛のミズナラで開葉および光合成速度と木部の季節変化を調べた結果、展葉完了時期に当年最初の孔圏道管の形成が終了し、この時期の最大光合成速度はまだ低いことがわかった(図1)。つまり、早材形成中は当年の光合成産物が少なく、貯蔵養分が必要であることを示唆する。このことは、安定同位体比の季節変化からも支持され、地域によらず、また年によらず、炭素同位体比は晩材より早材で高い傾向がみられた(図2)。

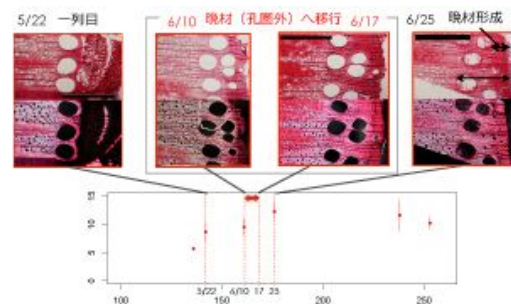


図1: 個葉最大光合成速度の季節変化(下グラフ)および各測定日における道管形成の進行度合い(上写真)

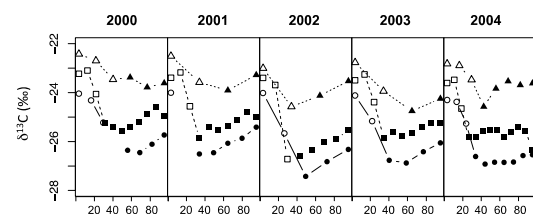


図2: 木部セルロースの炭素安定同位体比の季節変化. 上部の数値は年を表し、シンボルの違いは個体を表す. 各年の年輪内を10前後に等分して測定を行った。

三つの地域で木部の長期変化を調べた結果からは、以下の傾向が明らかになった。分布の北方にあたる富良野と苫小牧のミズナラでは、早材幅に長期的な増加傾向がみられた(図3)。どちらにおいても春先の気温が増加傾向にあり、これによって形成層活動の再開時期が早まることで早材幅が増加している可能性が考えられた(Begum et al. 2007)。また、先の光合成および安定同位体に結果と合わせると、前年の光合成生産量の増加が貯蔵養分の増加を通して早材の成長増加につながった可能性も考えられる。

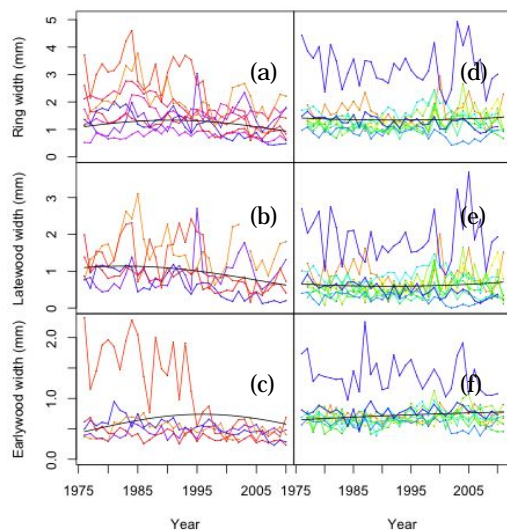


図3：年輪幅(a,d)、晩材幅(b,e)、早材幅(c,f)の長期的な変化。(a)-(c)は愛媛のミズナラ、(d)-(f)は富良野のミズナラの結果であり、細い線は各個体の実測値、太い黒線はモデルによる推定の平均値を表す。

一方、分布の南方にあたる愛媛のミズナラでは、晩材幅に減少傾向がみられ、年輪幅と早材幅についても90年代から減少傾向にあることがわかった(図3)。愛媛では、三月から九月までの各月における平均気温の上昇および相対湿度の低下が観測されており、これらの気候変動が成長や光合成を抑制している可能性がある。なお、どの地域においても孔圏道管の大きさ自体には大きな変化がなく、孔圏道管の数が早材幅を決定していることが示唆された(図4)。

以上の結果から、ミズナラでは孔圏道管の数を介して早材幅が変化すること、また、年輪幅・晩材幅・早材幅ともに長期的な変化が起きていることが明らかとなった。さらに、これらの変化は分布域によって異なることがわかり、分布の北方では春先の温暖化や前年の光合成生産物の増加が早材幅の成長を促進する一方で、分布の南方では温暖化に伴う乾燥化によって光合成生産や成長が低下することが示唆された。

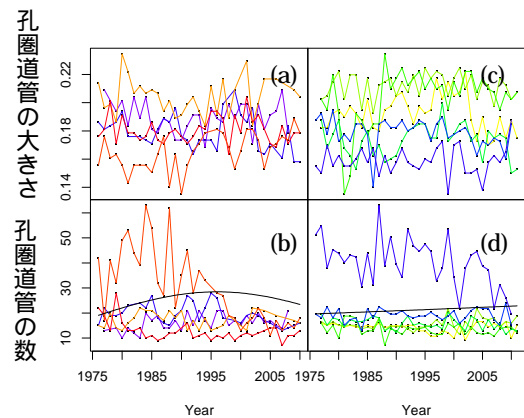


図4：孔圏道管の大きさ(a,b)と数(c,d)の長期的な変化。(a)(b)は愛媛のミズナラ、(c)(d)は富良野のミズナラの結果であり、細い線は各個体の実測値、太い黒線はモデルによる推定の平均値を表す。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

Eri Nabeshima, Takuya Kubo, Koh Yasue, Tsutomu Hiura, Ryo Funada. (2015) Changes in radial growth of earlywood in *Quercus crispula* between 1970 and 2004 reflect climate change. *Trees* 29: 1273-1281.

Shahanara Begum, Kayo Kudo, Yugo Matsuoka, Satoshi Nakaba, Yusuke Yamagishi, Eri Nabeshima, Md-Hasnat Rahman, Widyanto Dwi Nugroho, Yuichiro Oribe, Hyun-0 Jin, Ryo Funada. (2016) Localized cooling of stems induces latewood formation and cambial dormancy during seasons of active cambium in conifers. *Annals of Botany* 117: 465-477.

Md-Hasnat Rahman, Shahanara Begum, Satoshi Nakaba, Yusuke Yamagishi, Kayo Kudo, Eri Nabeshima, Widyanto Dwi Nugroho, Yuichiro Oribe, Ryo Funada. (2016) Relationship between the earlywood-to-latewood transition and changes in levels of stored starch around the cambium in locally heated stems of the evergreen conifer *Chamaecyparis pisifera*. *Trees*, DOI 10.1007/s00468-016-1395-4

〔学会発表〕(計2件)

鍋嶋 絵里・船田 良 ミズナラの木部構造の長期的な変化とその地域間差 第66回日本木材学会大会 2016年3月28日(愛知県名古屋市)

鍋嶋 絵里・工藤 佳代・東 若菜・石井 弘明・  
船田 良 ミズナラとブナの林冠木における  
道管形成および個葉光合成の季節変化とシ  
ンクソースバランス 第126回日本森林学会  
大会 2015年3月28日(北海道札幌市)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鍋嶋 絵里 (NABESHIMA, Eri)  
愛媛大学・農学部・助教  
研究者番号: 10710585