

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2023

課題番号：16K07778

研究課題名（和文）温暖化が日本海側および太平洋側のブナとミズナラの季節的成長に与える影響

研究課題名（英文）Effects of global warming on seasonal growth of *Fagus crenata* and *Quercus crispula* trees on the Japan Sea and Pacific coasts

研究代表者

鍋嶋 絵里 (Nabeshima, Eri)

愛媛大学・農学研究科・准教授

研究者番号：10710585

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）：本研究は、ブナとミズナラの林冠木を対象とした季節的な木部形成に伴う貯蔵養分の利用について、フェノロジー観察、解剖学的手法、および安定同位体分析を用いて明らかにした。フェノロジー観察と解剖学的手法からは、ミズナラの早材道管一列目を除くと、どちらの樹種も葉がソースになってから幹の木部形成が進行することが示唆された。このことは安定同位体分析の結果からも支持され、貯蔵養分利用はミズナラの早材初期で顕著である一方、ブナの木部形成ではほとんど依存しないことが示唆された。異なる手法を用いて、木部構造の異なる2樹種の木部形成と貯蔵養分利用、その類似性を示した点が本研究の特徴であり新規性である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

温暖化などの気候変動が進行する現在、気候変動に対する樹木の応答をメカニズムから明らかにすることが重要である。本研究では、木部形成のメカニズムとして重要な季節的な貯蔵養分利用について、冷温帯の優占樹種であるブナとミズナラについて明らかにした。木部構造が異なる2種における類似性を示した点が新規的であり、また、異なる複数の手法を用いて明らかにした点で、結果に頑健性がある。これらの結果は、気候変動への将来予測や適応策にとって有用と考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study clarified the utilization of stored carbon associated with seasonal xylem formation in canopy trees of *Fagus crenata* and *Quercus crispula* using phenological observations, anatomical methods, and stable isotope analysis. Phenological observations and anatomical methods suggested that, except for the first row of earlywood vessels in *Q. crispula*, xylem formation in the tree stem proceeds after leaves become the carbon source in both tree species. This was supported by the results of stable isotope analysis, which suggested that while the utilization of stored carbon is prominent in the early stage of earlywood in *Q. crispula*, it is hardly dependent on it in xylem formation in *F. crenata*. The distinctive feature and novelty of this study is that it used different methods to show the similarities between xylem formation and utilization of stored carbon in two tree species with different xylem structures.

研究分野：樹木生理生態学

キーワード：年輪 酸素安定同位体比 水素安定同位体比

### 1. 研究開始当初の背景

ブナとミズナラは、日本の冷温帯林における優占樹種であり、日本列島の北から南まで広く分布する。ブナとミズナラは多雪環境への適応が異なるが、これらの樹種間で展葉や木部形成の季節変化はどのように異なり、また進行する温暖化のもとでどのような成長応答の違いにつながるだろうか。これまでに、ミズナラの早材部分の成長が近年の35年間で増加傾向にあることが示されている (Nabeshima et al. 2015)。しかし、このメカニズムを明らかにするためには、より細かい季節的な成長や貯蔵養分の利用時期について特定する必要がある。特に森林を構成する林冠木では、個体のサイズが大きいことから貯蔵養分の利用の影響が大きく、林冠部の葉と幹のフェノロジーのずれが大きい可能性がある。

### 2. 研究の目的

本研究では、ブナとミズナラの2樹種の林冠木を対象に、春先の展葉や幹木部形成の季節変化を明らかにするとともに、樹木年輪の安定同位体比を用いて、季節的な成長と貯蔵養分利用の樹種間差を明らかにすることを目的とした。また、季節的な成長と貯蔵養分利用については、過去の年輪に遡って温暖化の影響があるかどうか、またこれらが積雪環境の異なる地域で異なるかどうかについても検討することを目的とした。

### 3. 研究の方法

ブナおよびミズナラの林冠木を対象とし、木部および林冠のシュート採取を季節的に行った。林冠へのアクセスはツリークライミングの技術を利用した。調査地は、愛媛大学農学部附属演習林 (愛大演) とし、木部の採取については東北の八甲田地域 (八甲田) および愛媛県内の四国カルスト地域 (笠取山) でも行った。木部は解剖学的な観察を行ったほか、愛大演と笠取山では年輪内の安定同位体比の分析も行った。

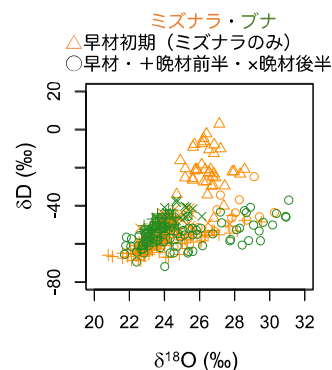
### 4. 研究成果

#### (1) 林冠木の開葉フェノロジーと木部形成

ブナとミズナラの林冠木において、開葉フェノロジー、デンプンの貯蔵、一年枝および幹の木部形成が季節的にどのように対応するかを調査した。その結果、愛大演習林のミズナラでは、幹木部の早材道管の第一目は展葉中に形成された一方、ブナでは展葉期間中に幹木部の形成は見られなかった。ミズナラの二列目以降の形成とブナの幹木部の道管形成は、どちらも展葉期間終了後に進行した。一年枝の貯蔵デンプンと個葉光合成の季節変化から、両樹種ともに展葉期間中に葉がシンクからソースに変化することが示唆された。すなわち、ミズナラでは葉がソースになる前に幹木部形成が開始し、ブナでは葉がソースになった後に幹木部形成が開始すると考えられた。また、これらと一致して、幹木部広放射組織にある貯蔵デンプンはブナでは幹木部の形成開始前に低下し、ミズナラでは早材道管 (孔圏道管) の第一目形成中に低下が見られたことから、葉がソースになるまでは幹の貯蔵デンプンが用いられることが示唆された。幹木部における貯蔵デンプンの季節変化は、青森のブナとミズナラでも同様の傾向であったことから、葉のシンクからソースへの変化と幹の木部形成における季節変化の進行は、地域によらず共通である可能性も示唆された。結論として、ブナとミズナラの林冠木における季節変化には以下の類似性が見られた。すなわち、ミズナラの早材道管第一目を除くと、どちらの樹種も葉がソースになってから幹の木部形成が進行した。このことは、個体サイズの大きい林冠木において、シンクからソースへと変わる春先の葉の発達に伴う木部形成の季節変化が、個体内でのシンクソースバランスにおける重要な生理学的プロセスであることを示唆するものである。

#### (2) 幹木部形成での貯蔵養分利用-安定同位体比を用いた推定

ブナとミズナラの林冠木を用いて、年輪内における水素・酸素安定同位体比 ( $\delta D$ ・ $\delta^{18}O$ ) の変動を調べた。2014~2020年の6年分の年輪における安定同位体比の年輪内変動を分析した結果、ブナでは季節を通して $\delta D$  と $\delta^{18}O$  の関係性に変化がなく、春先でも貯蔵養分への依存度は小さいことが示唆された一方、ミズナラは特に早材初期において $\delta D$  と $\delta^{18}O$  の変動パターンの違いが大きく、この時期に貯蔵養分を用い、それ以降は当年光合成産物の利用に移行することが示唆された (右図: 早材と晩材における $\delta D$  と $\delta^{18}O$  の関係性)。これらの結果は、(1)の研究結果 (ミズナラの孔圏道管第一目を除くとブナとミズナラのフェノロジーは類似しており、どちらも葉がシンクからソースになった後に木部形成が進む) と矛盾がなく、ミズナラの早材初期で特に貯蔵養分への依存度が高い一方、それ以外は葉の光合成産物を利用することが支持された。また、それ以外では二種の季節的な変化の相違は小さく、ミズナラの早材初期を除くと二種の $\delta D$  と $\delta^{18}O$  の値や季節変化はよく一致することから、ブナとミズナラの木部形成



における炭素利用の類似性が示唆された。これらの分析は、愛大演のブナとミズナラおよび笠取山のブナ各3個体ずつを対象とした。同じ対象個体の中から愛大演のブナ2個体について過去約30年前の1985～1990年の6年分における年輪の安定同位体比を分析した結果、上記と特に異なる傾向は見られなかった。よって、ブナは過去も現在も木部形成における貯蔵養分利用はほとんどないことが示唆され、今回の結果からは気候変動等の影響は検出されなかった。年輪内の酸素同位体比については、年層内の変化が相対湿度の季節変化と非常に高い相関があることが明らかにされている (Nakatsuka et al. 2010)。本研究でも愛大演の個体における年輪内 $\delta^{18}O$ と相対湿度の変動パターンはよく一致し、両樹種とも5月中旬から8月にかけて木部形成が行われること、早材の形成はブナでは7月中旬頃にかけて、ミズナラでは6月中旬にかけて行われることが示唆された。

これまで落葉広葉樹では一般に、春先の木部形成において貯蔵養分を利用すると考えられていたが、本研究では、このような貯蔵養分利用は環孔材であるミズナラの早材初期で顕著である一方、散孔材では木部形成は貯蔵養分によらないことを解剖学的手法および安定同位体比の手法とから示した点が非常に新規性が高いと言える。

#### <引用文献>

- Nakatsuka T, Ohnishi K, Takahashi Y (2010) Seasonal changes in relative humidity recorded by intra-ring variations in oxygen isotope ratio of tree-ring cellulose. *Earth, Life, and Isotopes*. pp. 291-301.
- Nabeshima E, Kubo T, Yasue K, Hiura T, Funada R (2015) Changes in radial growth of earlywood in *Quercus crispula* between 1970 and 2004 reflect climate change. *Trees* 21:1273–1281.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 鍋嶋 絵里
2. 発表標題 ミズナラにおける年輪形成の長期変動と季節変化
3. 学会等名 日本木材学会組織と材質研究会・「樹木年輪」研究会 合同シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Eri Nabeshima, Kayo Kudo, Wakana Azuma, Hiroaki Ishii, Ryo Funada
2. 発表標題 Seasonal Changes of Leaf Photosynthetic Rate, Stored Starch and Vessel Formation in Shoots and Tree Stems of Two Deciduous Broadleaved Tree Species.
3. 学会等名 The 9th PRWAC & IAWAS Meeting (国際木材学会) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鍋嶋 絵里, 佐野 雅規, 李 貞, 中塚 武, 香川 聡, 日浦 勉, 船田 良
2. 発表標題 ブナとミズナラにおける春先の幹木部形成での貯蔵養分利用：安定同位体比を用いた推定.
3. 学会等名 日本生態学会第71回全国大会
4. 発表年 2024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	石田 清  (Ishida Kiyoshi)  (10343790)	弘前大学・農学生命科学部・教授    (11101)	

6. 研究組織（つづき）

	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	織部 雄一郎  (Oribe Yuichiro)  (40370853)	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    (82105)	
研究分担者	中塚 武  (Nakatsuka Takeshi)  (60242880)	総合地球環境学研究所・研究部・教授    (64303)	

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