

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K07465

研究課題名(和文) 日本全国の樹木の展葉・落葉フェノロジーの予測モデルの開発

研究課題名(英文) Development of the prediction model of leaf phenology of woody plants in Japan

研究代表者

長田 典之 (Osada, Noriyuki)

名城大学・農学部・准教授

研究者番号：80400307

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：全国各地に相互移植したブナの開芽フェノロジーについて比較解析を行い、同一地に移植したブナでは北由来のブナのほうが開芽が早い、その傾向は緯度によって変化することを明らかにした。

北海道大学苫小牧研究林で行った落葉樹の開芽・展葉フェノロジーについて、樹木サイズと展葉タイミングとの関係について2年分のデータをまとめ、さらに他の文献の傾向も加えて比較解析した結果、サイズと開芽タイミングの関係が非線形であることが判明した。

日本全国の落葉樹の開芽フェノロジーについて、多くの文献を集めて解析を行い、道管径などの形質との関連が明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Based on the common garden experiments of *Fagus crenata*, we investigated the interrelationships between the day of budburst, cumulative degree-days, chilling duration, and photoperiod at the timing of budburst in Japan. We found that the relationship between the latitude of experimental sites and the timing of budburst differed for the trees of different latitudes of origins.

We investigated the spring leaf phenology in a cool-temperate forest in Japan for two years and gathered the data of the day of budburst of multiple studies to assess whether and how the timing of budburst is related to tree size. We found non-linear relationships between timing and height in most species.

We investigated the phenology of budburst of deciduous woody plants in Japan and found its relationship with plant traits such as vessel diameter.

研究分野：森林生態学

キーワード：フェノロジー 開芽 ブナ 温暖化 樹木サイズ

## 1. 研究開始当初の背景

現在、地球温暖化が進行しており、2081～2100年の平均気温は1986～2005年の平均気温よりも1.0～3.7度上昇することが予測されている(IPCC 2014 第5次評価報告書)。さらにほとんどの陸域で極端な高温がより頻繁になり、極端な低温が減少することはほぼ確実であるとされている。このような気候変動は、植物の展葉・落葉時期(フェノロジー)の変化を通して植物の生産性に大きな影響を与えると予想される(菊沢 1999「環境変動と植物集団」海游社)。森林に優占する高木のフェノロジーの種間差は林床の光環境の不均一性を通じて樹木実生や草本の生産性や多様性に影響することが知られている(Seiwa 1998, J Ecol; Maeno & Hiura 2000, Can J Bot など)。したがって森林群集全体としてのフェノロジーのパターンだけでなく、森林内の個々の樹種について、展葉・落葉時期がどのように決まっているかを理解することは重要である。とくに温暖化の影響は高緯度ほど大きいと予想されており、日本のように南北に広がる地域では、南部と北部で気候変動の規模が異なる可能性が高い。このため、同一樹種でも分布域の南部と北部において同じ環境要因でフェノロジーが決まっているのか、また、もし差が見られるのであれば、それが遺伝的に固定されているのか表現型可塑性なのかを明らかにすることは、その種の気候変動への応答を予測する上で非常に重要である。

これまで日本の様々な地域においてフェノロジー研究が行われてきたものの、個別の地域における事例記載にとどまっているものが大部分であり(Kikuzawa 1983, Can J Bot など)日本の多数の樹種について全国的に同じフォーマットで比較できる様なフェノロジー情報は存在しない。

なお一部の研究では落葉樹の展葉時期と道管形成時期の関係が調べられており、散孔材では展葉した後に新しい道管が形成されるのに対し、環孔材では道管を形成してから展葉するため、環孔材のほうが散孔材よりも展葉時期が遅れることが見出されている(小見山 1991, 日林誌; Wang et al. 1992, Funct Ecol)。このことから、様々な部位における展葉前の温度応答過程が種によって異なっており、それが展葉時期の温暖化への応答の種間差に影響を及ぼす可能性がある。ただし、これらの研究では同一サイトに生育する落葉樹のみを対象としており、より広域的に、常緑樹も含めて道管径から展葉時期を予測する事ができるかは不明である。同様なことは落葉時期についても考えられるが、落葉時期の種間差と形質との関連についても不明である。

全国の樹木の展葉・落葉時期を評価することは、気候変動への応答の種間差を予測する上

で不可欠である。さらに、樹種の形質に基づいてフェノロジーの種間差を説明できれば、フェノロジー未調査種についても形質から展葉・落葉時期が予測できる可能性がある。日本各地の気象条件と樹木の形質に基づいてフェノロジーを整理することは、気候変動の森林の種組成や生産性への影響を予測する上で不可欠である。

## 2. 研究の目的

本研究では、日本全国を対象としたフェノロジー調査と文献調査を組み合わせることで、気象要因と樹木の形質から展葉・落葉フェノロジーを予測することを目的とする。目視(北海道大学苫小牧研究林)および定点観測カメラ(全国各地)によって樹木の展葉・落葉フェノロジーを観測する。さらに、過去に各地で行われてきたフェノロジーデータとあわせて全国レベルで整理統合する。これらの樹種の道管径や葉のサイズなどの形質データを調べ、樹種の形質データとフェノロジーとの関連を明らかにする。

また、北海道から九州までの産地の異なるブナを植林している北海道大学苫小牧研究林において、各産地のブナの展葉・落葉フェノロジーを調べる。なお、同様な研究がさまざまな地域で行われているため(岩手大学御明神演習林・東京大学秩父演習林・新潟県森林研究所など)、これらのデータを整理してブナにおいて環境条件と遺伝子型がフェノロジーに与える影響の相対的な影響を定量的に評価する。

以上の結果をもとに、日本全国の森林の主要構成種において気象条件と形質がフェノロジーに及ぼす影響を評価するモデルを構築する。

## 3. 研究の方法

A. 北海道大学和歌山研究林、高知大学嶺北フィールド、九州大学福岡演習林・宮崎演習林、宮崎大学田野フィールド、琉球大学与那フィールドにおいて、アラカシ、アカガシなどを対象としてインターバルカメラを設置し、1日1枚写真を撮って展葉、落葉フェノロジーを調べた。この結果に全国各地のフェノロジー調査結果の情報を統合し、フェノロジー予測モデルを作成した。

B. 全国の大学演習林や林業機関によって1990-91年にブナの産地別相互移植フェノロジー調査がおこなわれ(渡邊・芝野 1996)。この後も一部の機関では移植したブナのフェノロジー調査が行われてきた。これらの研究をまとめることで、由来(種子の産地)と生育地(移植実験サイト)によって開芽時期がどのように異なるのか、気温および日長との関係を調べた。

C. 北海道大学苫小牧研究林において11樹種の高さに応じた開芽・展葉フェノロジーの変化パターンを調べ、気象要因との関係を明らかにした。これに加えて、日本・アメリカ・ヨーロッパの既存研究のデータを整理統合して、開芽・展葉タイミングの樹高に応じた種内変異パターンの一般性を探った。

#### 4. 研究成果

A. 日本全国の樹木の開芽フェノロジーについて、落葉樹では気温と形質（道管径など）によってかなり説明できることがわかってきたが、常緑樹の開芽タイミングについてはまだ未解明な点が多く、落葉樹のように単純には説明できないことがわかってきた。

B. ブナの開芽時期について、同じ由来でも北の生育地ほど開芽時期が遅く、同じ生育地では北由来のブナほど開芽時期が早い傾向が見られた。また、北の生育地ほど由来間の開芽時期の差が小さくなった。さらに、同じ由来でも開芽時期と有効積算温度（2月1日以降、 $>5^{\circ}\text{C}$ ）の関係は一定ではなく、年平均気温10度以下の生育地ではほぼ一定の有効積算温度で開芽していたものの、それより南では有効積算温度がより大きくなった。低温頻度と有効積算温度の関係をみると、低温頻度が同じときには北由来の個体ほど有効積算温度が低くなる傾向が見られた。

C. 対象とした11種では、開芽タイミングは樹高3m以下の稚樹ではやや早いものの、それ以上の高さでは変わらないこと、そのパターンは積雪量の多い年と少ない年で変わらないことが示された。さらに既存データを含めて開芽タイミングの高さに応じた種内変異パターンを整理して、高さに応じたパターンが非線形であること、系統による制約、気温の垂直勾配の違い、積雪量の違い、の4つが関連している可能性を調べた。その結果、比較する樹高によって差が出にくくなる可能性が示された（ ）が、 - では高さに応じたパターンの差を説明できなかった。

#### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 5件)

Osada, N. (2017) Relationships between the timing of budburst, plant traits, and distribution of 24 coexisting woody species in a warm-temperate forest in Japan. *American Journal of Botany* 104: 550-558.

（査読あり）

Osada, N. and Hiura, T. (2017) How is light interception efficiency related to shoot structure in tall canopy species? *Oecologia* 185: 29-41. （査読あり）

Oikawa, S., Suo, K., and Osada, N. (2017) Inconsistent intraspecific pattern in leaf lifespan along nitrogen-supply gradient. *American Journal of Botany* 104:342-346. （査読あり）

Osada, N., Oikawa, S. and Kitajima, K. (2015) Implications of lifespan variation within a leaf cohort for evaluation of the optimal timing of leaf shedding. *Functional Ecology* 29:308-314. （査読あり）

Osada, N., Nabeshima, E. and Hiura, T. (2015) Geographic variation in shoot traits and branching intensity in relation to leaf size in *Fagus crenata*: a common garden experiment. *American Journal of Botany* 102: 878-887. （査読あり）

〔学会発表〕(計 6件)

長田典之・日浦勉. 2018. 落葉樹のサイズに応じた開芽タイミングの変化要因. 第65回日本生態学会 札幌 2018年3月17日

高井紀史・長田典之. 2018. 葉脈を考慮した葉のコストベネフィットの定量化. 第65回日本生態学会 札幌 2018年3月16日

長田典之・日浦勉. 2017. 落葉広葉樹林林冠樹種の枝の強度と風による揺れ、台風による落枝量の関連. 第64回日本生態

学会 東京 2017年3月16日

長田典之・澤田晴雄・布川耕市・塚原雅美・  
日浦勉. 2016. 相互移植実験によるブナ  
の展葉フェノロジーと気温の関係の緯度  
変異. 第63回日本生態学会 仙台  
2016年3月24日

Orman, O., Osada, N., Hiura, T. 2016.  
What tree properties influence the  
distribution of lianas in a temperate  
broadleaf forest (Hokkaido)? 第63回  
日本生態学会 仙台 2016年3月24日

長田典之・日浦勉. 2015. 落葉広葉樹林の  
林冠構成種5種のシュート形態と受光効  
率の関係. 第62回日本生態学会 鹿児  
島 2015年3月21日

〔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

長田 典之 (OSADA, Noriyuki)

名城大学・農学部・准教授  
研究者番号：80400307

(2) 研究分担者

日浦 勉 (Hiura, Tsutomu)  
北海道大学・北方生物圏フィールド科学セ  
ンター・教授  
研究者番号：70250496

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：

(4) 研究協力者

( )