

つくば市内のコナラ林における肥大成長と気象環境の関係、および季節的な葉群動態

本柳友佳子(東農大院)・千葉幸弘・川崎達郎・右田千春(森林総研)・佐藤明(東農大)

要旨：落葉広葉樹二次林の代表的な樹種であるコナラの肥大成長、林冠葉量等の物質生産における環境応答を明らかにするために、森林総合研究所(つくば市)の構内に造成された約30年生のコナラ林に30m×40mのプロットを設け、2012年4月から2013年9月上旬まで2週間ごとに、直径バンドを用いて21個体の胸高直径(DBH)の季節変化を調べた。また、2012年6月からリタートラップを用いて落葉量を調べた。林内光環境等を調査した。2012年の肥大成長開始日は4月16日で肥大成長停止日は11月22日であり、2013年の肥大成長開始日は3月21日であった。肥大成長開始日が前年より早いにもかかわらず、9月上旬までの平均肥大成長量を比較すると2013年より2012年の方が大きかった。両年とも展葉終了時に先立ち肥大成長が開始した。両年とも肥大成長に3つのピークが見られ、最も大きく肥大成長したのは両年とも6月上旬から中旬にかけてであり、7月下旬に第2のピーク、8月下旬から9月下旬に第3のピークが見られた。さらに、リター量と全天空写真を用いて林冠葉量の季節変化を高い精度で推定できることが回帰式からわかった。

キーワード：コナラ、肥大成長、フェノロジー、林冠葉量

Abstract: *Quercus serrata* is one of the typical deciduous tree species of secondary broad leaf forests in Japan. This research surveyed the phenology and seasonal growth of *Q. serrata* in a 30-year-old artificial *Q. serrata* stand in FFPRI in Tsukuba, Japan. The objectives are to clarify the environmental response of tree growth such as stem radial growth and canopy leaf mass. The 30m × 40m plot was set up. The growth of breast height diameter (DBH) of the 21 individual trees were monitored starting from March of 2012, using dendrogram meter in every two weeks. Leaf litter was collected using the litter traps settled in June of 2012 in every two weeks. Stem radial growth started from 16th of April in 2012 and the arrest date was 22nd of November. In 2013, the start date was 21st of March. On a comparison of the average amount of radial growth to the early September, although start date was later than 2013, the radial growth in 2012 was greater. Radial growth of both years started prior to the end of foliation. Three growth peaks were observed in each year and the largest growth was from early to middle of June. The second peak was in late July, third peak was observed from late August to late September. In addition, we proposed an analytical method to estimate seasonal change of canopy leaf mass from the relationship between leaf litter and canopy openness.

Keywords : *Quercus serrata*, radial growth, phenology, canopy foliage amount

I はじめに

様々な生物における季節の推移や気象の変化に応じた形態や生態の変化をフェノロジーと言う。各生物種のフェノロジーを把握することはそれぞれの環境への適応戦略に対する理解を深め、その生物種の生育適期の判定や目的に応じた管理を容易とすることができる。そのため、成長量の予測や近年では地球環境変動もたらす生物相への影響予測への応用にも期待が高まっている。樹木のフェノロジーに関しては年変動が大きく、長期的な継続調査が重要であることから各種調査は環境や調査対象に対してできるだけ非破壊であることが望ましい。

樹木の成長量は、その着葉量と葉あたりの受光量に

よって左右されるため、林冠の総葉量の把握は重要であるが労力的に不可能である。そこで落葉樹林において、リタートラップを用いて非破壊的に推定する方法が用いられてきた。しかし、従来の方法では最大林冠葉量の推測はできても、ある季節限定、特に開葉期の着葉量は葉摘みなどをしない限り推定しにくい。そこで本研究では、コナラを対象樹種とし、季節ごとの落葉の継時的なサンプリングと林内開空度の経時変化を調べ、それらの相関関係から得た精度の高い回帰式によって、林冠葉量の季節変化の非破壊的な推測を試みた。また、同時に計測している立木の胸高直径(DBH)成長と気象条件との関係を調べた。

Yukako MOTOYANAGI (Tokyo University of Agric. 1-1-1, Sakuraoka, Setagaya-ku, Tokyo 156-8502), Yukihiro CHIBA, Tatsuro KAWASAKI, Chiharu MIGITA (FFPRI, Tsukuba, Ibaraki 305-8687), Akira SATO, (Tokyo University of Agric. 1-1-1, Sakuraoka, Setagaya-ku, Tokyo 156-8502) Relationship between climate conditions and tree growths and canopy foliage dynamics in a *Quercus serrata* forest in Tsukuba, Japan

II 調査地の概要および調査方法

1. 調査地概要 調査林分は北緯 36.00°, 東経 140.07°, 標高 20m に位置する森林総合研究所(茨城県つくば市)構内に造成された約 30 年生のコナラ林である。年平均降水量は 1280 mm, 年平均気温は 13.8°C の太平洋側の気候となっている。本調査地は 30m×40m の長方形の林分の長辺が南北方向に, 短辺が東西方向に面しており, 東側に幅 10m 程度のアカツク林が, 北側に幅 3 m 程度の作業道を挟んでヒノキ林があるが, 南側と西側は大きく開けている。植えられたコナラのほぼ全個体が入るようにプロットを張り 30m×40m の調査区とした。立木密度は 1267 本/ha, 平均樹高は 14.4m, 平均 DBH は 19.8cm である。

2. 調査方法 林冠葉量の季節変化を非破壊で推定するために, 魚眼レンズ(Nikon Fisheye converter FC-E8)とデジタルカメラ(Nikon COOLPIX4500)を用いて 2011 年 10 月から 2 週間ごとに撮影した全天空写真から全天空写真解析システム CanopOn 2 (4)を用いて林内開空度を求めた。林内中央付近に 5m 間隔で, 3×5 の 15 地点に撮影地点を設け杭を挿し, その上で毎回撮影した。三脚は水準器付のものを用い, 地上から 1.5m の位置で撮影した。

2012 年 6 月下旬からリタートラップを林内 8 カ所に設置し, 2 週間ごとに回収し, 2013 年 1 月上旬までのデータを解析した。得られた落葉量から林分面積当たりの落葉量を推定し, また, 林分の年間総落葉量から回収時ごとの落葉量を差し引きすることで, 林冠の葉量の変化を推定するとともに, 開空度の推移との関係を解析して成長期の林冠葉量の変化を検討した。なお, 9 月 27 日分のリターは当日に回収できず, 翌調査日の 10 月 11 日にまとめて回収した。

肥大成長を把握するために, 林内の DBH がばらつくように選んだ 21 個体に 2011 年 11 月に胸高に直径バンドを取り付け, 2012 年 3 月から 1~2 週間ごとにメモリの増減を読み取り記録した。2012 年 5 月 29 日から同 6 月 20 日の間のみ約 3 週間の間隔となった。

測定期間が一定でないため, 各測定値を該当する測定期間で除して日あたりの DBH 成長量とした。

また, 気象環境に関しては森林総研構内で計測している日降水量(mm), 日平均気温(°C), 日積算日射量(h)を使用した。

III 結果と考察

1. 肥大成長に対する気象の影響 図-1 は 2012 年 3 月~2013 年 9 月中旬までのものである。(a)が降

水量, (b)の実線◇点が日平均気温, △点が日積算日射量, (c)が日あたりの DBH 成長量であり全個体の平均値を■で標準偏差をエラーバーで表している。(d)が林内平均開空度, トラップあたりの落葉回収量および林内平均開空度から推定した林冠葉量である。10 月 11 日までは 8 つのトラップのリターをまとめて回収していたため, 落葉回収量の標準偏差は 10 月 24 日からとなっている。

図-1(c)に見られるように 2012 年の肥大成長開始日は 4 月 16 日, 肥大成長停止日は 11 月 22 日, 2013 年の肥大成長開始日は 3 月 21 日であった。肥大成長開始日は対象木の半数以上が前測定日より読み取り値が増大している日とし, 肥大成長停止日は対象木の半数以上において前測定日より読み取り値が増大していない日とした。2012 年, 2013 年ともに肥大成長には 3 つのピークが見られる。最も大きく肥大成長したのは両年とも 6 月上旬から中旬にかけてで, 7 月下旬に両年とも第 2 の肥大成長のピーク, 8 月下旬から 9 月上旬に同様に第 3 のピークが見られた。同様の傾向が両年度に見られたことから, 今回報告する肥大成長パターンは本調査地におけるコナラの肥大成長傾向のひとつと考えることができる。

図-1(a)を見ると各ピークの直前, 期間中にまとまった降雨があることがわかる。第 1 ピークでは夏至前の日射量が最大となり降水量も豊富な時期であるため, 年間最大の肥大成長となったと考えられる。

第 2 ピークを迎える 7 月下旬~8 月下旬は日射量では第 1 ピークの時期に次いで高いが日平均気温が最高に達する時期であり呼吸量も多くなるために水ストレスが生じ, 第 1 ピークほどの成長量には達しなかったのではないかと考えられる。また, 第 2 ピークの個体ごと頂点が 2012 年度より 2013 年度の方が明確であるのは, 第 2 ピーク前後の無降雨期間が 2012 年度より 2013 年度の方がどちらも長かったため, 直径成長が滞る時期が明確になったためであると考えられる。

第 3 のピークは日射量・気温ともにまだ高めを維持しており, かつ再び降雨があったために, 再び肥大成長量が増加した可能性がある。

2. 展葉の傾向と肥大成長の関係 目視と林内平均開空度の安定および, 写真撮影に基づいて, 2012 年度は 5 月 9 日, 2013 年度は 4 月 23 日が展葉終了時期と判断された。どちらも肥大成長の開始から 3 週間以上経過してから展葉が終了しているが, コナラを含めた環孔材樹種は肥大成長の開始時期が開葉に先立つと報告されているため(3), その傾向が結果に表れたもの

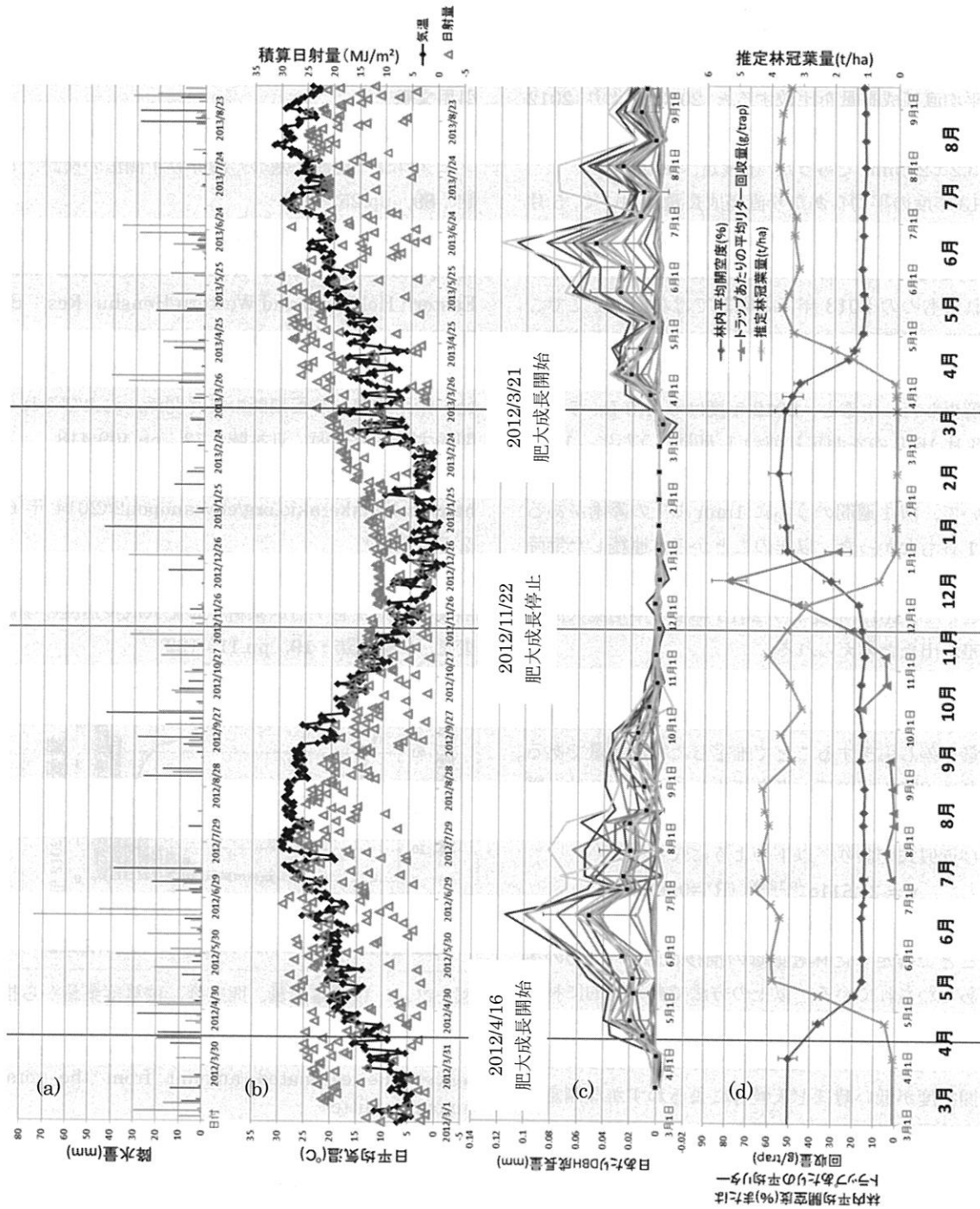


図-1. 2012年3月から2013年9月上旬における(a)雨量(mm/day), (b)日平均気温(°C)と日射量(MJ/m²), (c)日あたりのDBH成長量(mm), (d)林内平均開空度(%)とリタートラップあたりの平均リター一回収量(g/trap), 林内平均開空度から推定した林冠葉量

Fig. 1 (a) rainfall(mm/day), (b) Mean temperature of day(°C) and Amount of solar radiation(MJ/m²), (c) DBH growth amount per day (mm) (d) forest mean openness(%) Mean litter collection amount per litter trap(g/trap) Canopy leaves amount estimated from openness and Canopy leaves amount estimated from litter amount, during March 2012 and September 2013

と考えられる。2013年のほうが2012年よりも肥大成長開始日が早いにもかかわらず、9月上旬までの測定木の平均直径成長量を比較すると2013年より2012年の方が大きく、2012年では $3.6 \pm 2.7 \text{mm}$ 、2013年では $3.2 \pm 2.3 \text{mm}$ であった (t検定, $p < 0.05$)。

2013年度の平均日あたり直径成長量において、5月7日、7月4日、8月14日の測定値が大きく落ち込んでいる。2012年度においても同時期に測定値の低下は見られるものの2013年ほど顕著ではない。そこでこの3期間の成長量が2012年度と2013年度の平均肥大成長量の差に繋がっていると考え、該当期間の気象状況を解析した。すると、2012年度は5月9日、7月4日、8月16日の各測定日前の1週間のうちに、1mm以上の降雨日があるのに対し、2013年度の前述の日程において、前1週間のうちに1mm以上の降雨がある日は1日もなかった。以上のことから、連続した無降雨日は肥大成長の制限要因となり、その影響が顕著に出ることで、2012年度より2013年度の平均肥大成長量に差が出たと考えられる。

3. 林冠葉量の推定 図-2は棒グラフが積算落葉量、破線が平均林内開空度、実線が総落葉量から積算落葉量を差し引きすることで推定した林冠葉量である。データは2012年のデータを使用した。図-3は、図-2の推定林冠葉量 (y) と林内開空度 (x) の関係および近似式であり、以下ようになった。

$$y = 25.511e^{-0.123x} \quad (R^2 = 0.9899)$$

図-3で得られた近似式に全測定日の開空度を代入することで推定した林冠葉量の推移が図-1(d)の実線にあらわされている。以上の方法で非破壊的に林冠葉量の推定を行った。得られた近似式が指数関数であったため、図-1(d)の2012年9月ごろに見られるように開空度が低い時ほど天候等によるわずかな測定差が推定林冠葉量に大きな影響を与えていると考えられる。

IV おわりに

今回の調査により全天空写真を用いた非破壊的な方法で林冠葉量を推定する試みができた。また、フェノロジーの調査においては、コナラの肥大成長には環孔材樹種の特徴である展開終了前の肥大成長と共に、気象環境に応じた成長のピークが3つ見られるという傾向が2012年2013年の両年に見られた。

樹木のフェノロジーは年変動が大きいため、継続研究を要するが、これらの知見をもとに林冠葉量の増減動態に及ぼす気象条件や豊凶の影響についても今後研

究していくことが可能であろう。

引用文献

- (1) 藤本征司 (2007) 広葉樹 29 種の 10 年間の開芽フェノロジー観測に基づく開芽日予測法の検討. 日林誌 : 89, pp.253-261
- (2) KADOMATSU, M.(1997) Differences in Phenology of *Quercus* Collected from Northeastern China, Eastern Hokkaido and Western Honshu. Res. Bull. Hokkaido Univ. For. : 54, pp.188-201
- (3) 小見山章 (1991) 落葉広葉樹の幹肥大生長の開始・休止時期と着葉期間の相互関係, およびそれらに關係する環境要因. 日林誌 : 73, pp.409-418
- (4) 竹中明夫(2009) CanopOn 2
<http://takenaka-akio.org/etc/canopon2/>(2014年6月27日確認)
- (5) 吉川賢・都井香代子・千葉喬三・坂本圭児 (1993) 照葉樹林に生息する広葉樹の日肥大成長速度の季節的变化. 日緑工誌 : 19, pp.113-122

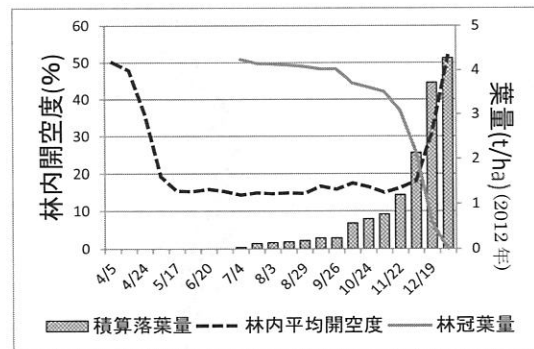


図-2. 積算落葉量, 開空度, 積算落葉量から推定した林冠葉量

Fig. 2 Total litter amount, Openness, Canopy leaves the estimated amount from the total amount of litter

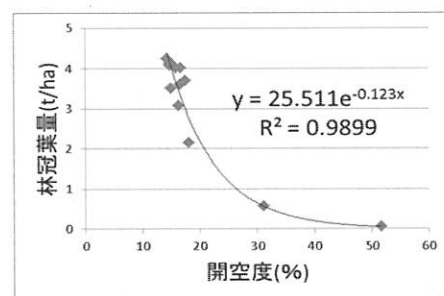


図-3. 図-2の推定林冠葉量と開空度の相関
Fig. 3 Correlation of openness and estimated canopy leaf biomass in Fig. 2