

コナラ林冠光合成の季節変化シミュレーション

右田千春・千葉幸弘・韓慶民(森林総研)

要旨：気候変動に伴う光合成生産の変化を予測するため、29年生コナラ林を対象として、異なる環境下にある個葉の光合成特性および光環境、葉群の空間分布構造について調べ、林冠光合成のシミュレーションを行った。個葉の光合成特性は開葉から落葉までフェノロジーとともに変化し、また、6月以降にはラマスシュート出現によって葉群分布の変化も見られた。気象庁公表の気象データ(気温、湿度、光)、葉群の空間分布、階層ごとの個葉光合成特性から、光合成生産をシミュレートし、林冠における剰余生産の階層や季節による差異を明らかにした。

キーワード：剰余生産、葉群構造、相対光強度

I はじめに

気候変動に対する林冠光合成生産の変動を予測するためには、林冠内の微気象、葉群構造に応じた生理的プロセスを統合する必要がある。特に林冠内の葉の形態や光合成特性の空間的不均一性と季節変化の取り扱いが重要となる。そこで本研究では、個葉の光合成測定から求めた光合成パラメータと気象条件を用いて、季節と連動して変化する林冠剰余生産のシミュレーションモデルを開発した。

II 調査方法

調査林分は、森林総合研究所(茨城県つくば市)構内の29年生コナラ人工林である。立木密度は約1700本/ha、平均樹高は14.9m、平均胸高直径は16.0cmである。林分内の20個体を対象として、胸高直径および樹高の測定を行った。コナラ5個体を取り囲む観測用タワー(底面6m×6m)を利用して、樹冠最上層から下層までの葉層を一辺50cmの立方体(キューブ)で区分し、タワー内の樹冠層(深さ約4m)に含まれるすべての葉枚数を計測し、葉面積密度の空間分布を調べた(2)。林冠内の光環境は、50cmごとの格子点で全天空写真を撮影し、画像解析(Gap Light Analyzer)により開空度を求め、相対光強度に換算した。また、林冠直上の光量子束密度(PFD)を光センサーでモニタリングした。気象データ(気温と相対湿度、全天日射量)は、調査林分から最も近いつくば市館野の観測値を用いた(気象庁気象統計情報)。全天日射量と光量子センサーでモニターしたPFDの関係を調べ、全天日射量をPFDに換算した。CO₂濃度は一定とした(370

ppm)。

タワー内で選定した供試木の林冠上層および下層の個葉光合成を2ヶ月おきに測定して光合成パラメータ(V_{cmax} : RuBPカルボキシラーゼ最大活性、 J_{max} : 最大電子伝達能力 など)を得たほか、自然条件下で光合成の日変化を測定した(LI-6400、米国Li-Cor社)。測定をもとに光合成プロセスモデル(1)を適用して、個葉光合成のシミュレーションを行った。季節を通じて再現性が高くなるよう、光合成パラメータのチューニングを行った。

葉面積の季節変化を明らかにするため、樹冠上層及び下層のシュート各10本を供試枝とし、1次シュートおよび2次～3次シュート(ラマスシュート)の伸長成長過程を測定した。相対光強度ごとに1次シュートおよびラマスシュートのシュート長および着葉面積を測定した。

III 結果と考察

1. 個葉の光合成特性 気温、相対湿度、PFD、CO₂濃度および光合成パラメータを用いて、純光合成速度の日変化をシミュレートした結果を図-1に例示する。季節ごとに同様のシミュレーションを行ったところ、実測値を再現していることが確かめられたため、これらのパラメータ値を用いて調査林分内の葉群光合成を推定することが可能であると判断した。

2. 単位葉面積あたりの剰余生産と葉面積の季節変化 気象データと光合成パラメータから計算された光環境ごとの単位葉面積あたり剰余生産量の季節変化を示す(図-2)。剰余生産は光合成量から葉群呼吸量を差し引いたものである。着葉期間

は4月から11月であり、最も剰余生産が多い月は7月であった。相対光強度100%および80%で光が十分に受けられる階層では、剰余生産量にほとんど差が見られなかった。一方、相対光強度20%の葉群は、夏になっても剰余生産がわずかしか増加しなかった。

コナラ林分では、4月に1次シュートが展開するが、6月から9月にかけてラマスシュートの展開が見られ、林冠葉面積が変化する。そのため、林冠剰余生産量の季節変化を推定する際、葉面積の季節変化も考慮に入れる必要がある。そこで林冠葉量を推定するために、シュート伸長過程およびシュート長と葉面積の関係(2)から、着葉葉面積の季節的な変化を計算した。

3. 剰余生産の季節変化 相対光強度、単位葉面積あたりの光合成速度、葉面積の空間分布と気象データから、林冠内光環境に応じた剰余生産量の季節変化を計算した(図-3)。相対光強度60~100%においては、季節と共に顕著な変化が見られ、夏季に最大となった。夏季の増加は光合成生産の季節的な増加と、ラマスシュートの葉面積の増加によるものと考えられる。ラマスシュートによる剰余生産は全剰余生産の11.2%であった。

本コナラ林分における年間林冠剰余生産量は11.5 $\text{ton C ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ であった。相対光強度60%以上の葉は全葉面積の65%を占めており、それらが剰余生産の74%を担っていることが分かった。一方、相対光強度0~20%では、ほぼ0となっており、わずかしかない光合成産物のほとんどが呼吸により消費されていると考えられた。受光量の少ない場所では、呼吸量が光合成量を上回り、十分な剰余生産が行えないために、冬芽を作ることができたとしても開芽させることができず、結果的に枝あたりの着葉葉面積が減少するため、その枝は枯死に至ると考えられる。

IV おわりに

コナラを対象として、林冠内の異なる光環境下に配置された葉の光合成および呼吸について調べ、林冠における剰余生産をシミュレートした。幹材積と総現存量の関係式(埜田 1999)を用いて、毎木調査データから現存量の増加量を計算すると(3)、本コナラ林における現存量の増加量(成長量)は4.6 $\text{ton C ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ であった。今回算出された年間林冠剰余生産量11.5 $\text{ton C ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ と成長量の差

6.9 $\text{ton C ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ は木部呼吸量、枯死量、被食量の合計に相当するはずである。木部呼吸量については今後調査による検証作業を行う予定である。本研究で用いた光合成モデル(1)は、光強度や温度、湿度、 CO_2 濃度などの物理的環境を変数として光合成生産をシミュレートできる。同様の方法を用いることで、気象データから過去に遡った剰余生産の年変動や、他の地域のコナラ林との比較が可能と考えられる。

引用文献

- (1) FARQUHAR, G.D., VON CAEMMERER, S. and BERRY, J.A. (1980) A biochemical model of photosynthetic CO_2 assimilation in leaves of C_3 species. *Planta* **149**: 78-90.
 (2) 右田千春・千葉幸弘・丹下健 (2005) コナラ葉群の空間分布構造. *日林関東支論* **56**: 135-136.
 (3) 埜田宏 (2000) 森林管理. (陸上生態系による温暖化防止戦略. 藤森隆郎監修, 181pp., 博友社, 東京). 83-101.

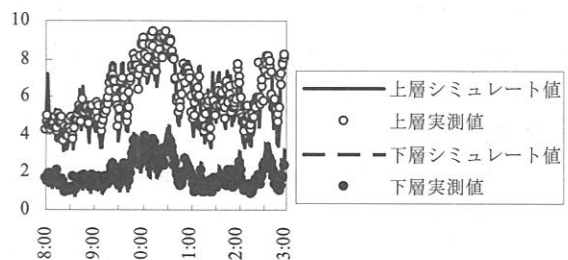


図-1. 純光合成速度の日変化(9月23日)

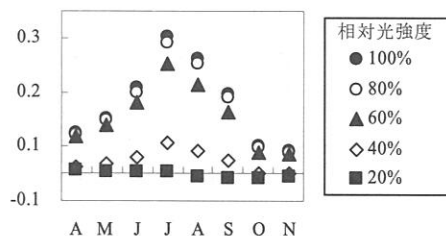


図-2. 単位葉面積あたり剰余生産の季節変動

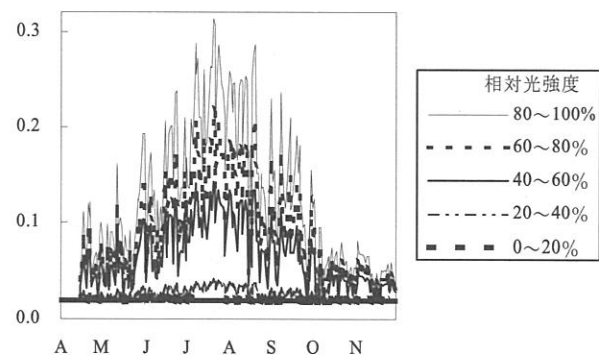


図-3. 剰余生産の季節変動