

II-23

広域森林熱収支モデルの拡張による 光合成(CO₂固定)速度の一推定法

松江工業高専 正員 金子 大二郎

1. はじめに

森林の蒸発散と光合成を算定する植生モデルには, Sellers・MintzによるSiB(Simple Biosphere)モデル¹⁾, Running・NemaniによるFOREST BGC(BioGeochemical Cycles)²⁾, 神田・日野による植生モデル³⁾などが発表されている。SiBモデルと神田・日野モデルは, 土壌・植生・大気系の水移動を考慮にいれている長所がある。しかし, SiBモデルは, 光合成・蒸発散の推定に, 植生の現存量の地域変化が考慮されず, 植生の密度が十分にあるとした場合であり, 神田・日野モデルは現地に適用可能な諸パラメーターが未設定であった。一方FOREST BGCでは, 蒸発散についてはSiBモデルと同様にPenman-Monteith法に基づくが, 植生の非一様な分布を葉面積指数LAIに比例するとしてこれを光合成・蒸発散に組み込んでいる。しかし現実には, 蒸発散はLAIと指数関係であって, 葉面積指数の増加と共に誤差が大きくなる。本研究では, リモートセンシングデータを用いた広域森林熱収支モデル⁴⁾を拡張し, 新しい広域的な蒸発散・光合成速度推定法を提案した。

2. 光合成(CO₂固定)速度の算定法

2.1 従来法および本方法の基本式 SellersらのSiBモデルでは, 光合成速度が光合成有効日射量と気孔開度に係る水ポテンシャル・葉温・飽差に支配されるとし, 式(1)で表されるとしている。

$$PSN = \frac{a_1 \cdot F_1}{b_1 + F_1} \{f(\phi_e) \cdot f(T_c) \cdot f(VPD)\} \quad (1)$$

ここに PSN: 光合成速度 (mgCO₂dm⁻²h⁻¹), F₁: 光合成有効日射, a₁, b₁: 定数
f(φ_e), f(T_c), f(VPD): 葉の水ポテンシャル, 葉温, 飽差に対する影響関数

本研究では, 光合成(CO₂固定)速度は, 光合成のメカニズムから考えて, 主に日射と気孔開度および光合成に有効な有効葉面積指数の三要因に支配されるとする。気孔開度は, 既に報告した広域森林蒸発散の算定法⁴⁾から定義され, また有効葉面積指数は蒸発散面積率から得られる。すなわち, 光合成速度を式(2)のように考える。第一段階として式(1)を基本にするが, 光合成有効日射の代りに全天日射量Fを用いる。さらに, 光合成に有効な有効葉面積指数LAI₀を新たに取り入れ, また応答関数の代りに気孔開度β_sを導入する。(なお, 第二段階として光合成速度をもとに, 気孔内のCO₂濃度とMonin-Obukhov則によりCO₂固定速度を推定する。最終段階では, 本方法と神田・日野モデルの接合による現地応用が考えられる。)

$$PSN = \frac{a \cdot F}{b + F} \cdot \beta_s \cdot LAI_0 \quad (2)$$

2.2 気孔開度β_s 気孔開度は著者らの広域蒸発散モデルから以下のように推定される。TMから得られる森林地域の葉温T_fは, 植生指標NDVIと共に低下する線型関係にある。

$$T_f = \sigma \cdot NDVI + c \quad (3)$$

式(3)の勾配(-σ)は蒸発散指標であり, 式(4)により気孔開度を表す指標β_gが, 定義される。

$$-\sigma = \beta(q_c - q) \quad (4)$$

q_c: 葉温での飽和比湿, q: 空気の比湿

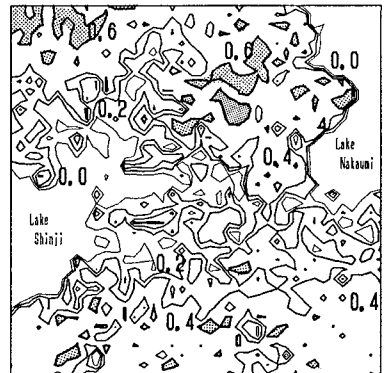


図-1 松江市周辺のNDVI分布

$$\beta_s = \{1.3 - 0.033(q_c - q)\} / 1.3 \quad (5)$$

但し、落葉となる11月以降については、式(5)を適用できず、気孔開度は式(4)により、TMデータから直接に計算した。なお、気孔開度は気孔内のCO₂濃度を介しても光合成に影響している。

2.3 光合成に有効な葉面積指数 植生の現存量が地域によって異なるため、光合成に有効な有効葉面積指数 LAI_e (0 ≤ LAI_e ≤ 1)の近似として、NDVIから定義された蒸発散面積率 α_{NDVI}⁴⁾を用いる。

2.4 新しい算定式 以上のことから、光合成速度PSNは、式(6)によって求めることができる。

$$PSN = \frac{a \cdot F}{b + F} \cdot \beta_s \cdot \alpha_{NDVI} \quad (6)$$

2.5 定数a, bの決定 CO₂固定速度に係る定数aと、全天日射量Fに係る定数bを次のように定める。最盛時のCO₂固定速度を5g/m²/hとして（堤利夫, 1989）a=68.1mgCO₂/dm²/hとした。また、bについてはSellersらの値を用い、b=278.4(W/m²)とした。推定された光合成速度の平面分布を図-2に示した。

2.6 光合成速度の季節変化 1984年から1992年にかけての季節の異なる10ケースのTMデータを用い、式(6)によって光合成（CO₂固定）速度を推定した。光合成速度は、植生の現存量を表す植生指標NDVIが季節と共に増減することに依存するばかりでなく、CO₂交換に関する気孔開度に依存することから、春・夏に大きく秋に小さくなっている。気孔開度に依存するこの結果は、Dorman・Sellers (1989)らの報告と一致する。

3. おわりに 著者らの広域森林熱収支モデル⁴⁾を拡張し、CO₂固定量の推定を目的とした光合成速度の推定法を次のように提案した。

- 1) 日射と気孔開度および有効葉面積指数による、光合成速度の広域推定法を提案した。
- 2) 気孔開度は、森林蒸発散モデルで推定する。
- 3) 光合成に有効な葉面積指数は、蒸発散に有効な蒸発散面積率を用いた。
- 4) 推定された光合成速度は、植生指標ばかりでなく気孔開度に依存し、春夏に大きく秋に小さくなった。

今後、植生指標NDVIを葉面積指数LAIに変換し、多くの研究者がLAIについて得ている豊富な光合成データを参考に、本方法の検証を進めたい。

参考文献

- 1) Sellers, P. J. and Y. Mintz (1986) : A simple Biosphere Model (SiB) for use within General Circulation Models, Journal of the atmospheric sciences, 43, 6, 505-531.
- 2) Running, S. W. and J. C. Coughlan (1988) : A general model of forest ecosystem processes for regional applications I. hydrologic balance, canopy gas exchange and primary production processes, Ecological Modelling, 42, 125-154.
- 3) 神田学・日野幹雄(1990): 大気-植生-土壌モデル (NEO SPAM)による数値シミュレーション(1)植生効果のモデリング, 水文・水資源学会誌, Vol. 3, No. 3, pp37~46.
- 4) 金子大二郎・日野幹雄(1994): TM植生指標と気象台ルーチンデータを用いた広域森林における熱収支の算定法の提案と検討, 水文・水資源学会誌, Vol. 7, No. 1, pp10-21.

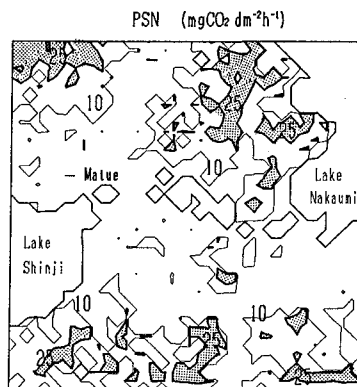


図-2 森林の光合成速度推定値の平面分布

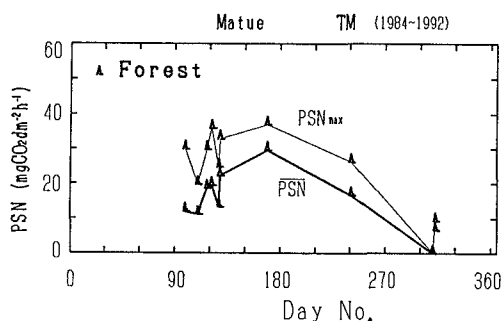


図-3 光合成速度の季節変化