

NOAA/AVHRR, LANDSAT/TM, SPOT/HRV等の光学センサを利用してきている。1999年7月打ち上げ予定のEOS-AMに搭載されるASTERは、高分解能であり、ポインティングと可視近赤外域3バンド・短波長赤外域6バンドの多バンド観測機能を有している。大変魅力的なセンサであり積極的にする予定である。日本を含めたアジアモンスーン地域においては、雲により地表の観測ができないケースが多く、雲を透過して観測できる合成開口レーダが注目を集めているが、まだ、利用研究例は少ない。

陸域植生モニタリングのための指標として、正規化植生指数 (NDVI) が良く利用されている。NDVI = (NIR - R) / (NIR + R), NIR: 近赤外, R: 赤で算出され、植生量と密接な関係がある。NOAA/AVHRRは、観測幅が

広いため毎日全地域を観測しており、晴天日のデータから月ごとの時系列データを作成することができる。この時系列NDVIの1年間データにより、日本の各地域の農業状況が良く把握された。AVHRRでは地上分解能が1 kmであるため完全な作物毎の把握は無理であるが、SPOT/HRVは回帰日数26日であるがポインティング機能を有しており、特定地点では時系列な観測ができ、ほぼ、圃場ごとの生育状況がモニタリングできた。

地理情報システム (GIS) の中で衛星データを使用し、主題図や評価図を作成することがは日常的になりつつある。雨季と乾季の2時期のLANDSAT/TMにより、タイ東北部の農業区分を主体とした土地利用図を作成し、地形図・土壌図データをGISのなかで重ね合わせて農業生産力マップを作成した。

海藻群落の現存量動態 (生産力) モデルの紹介

本多正樹

電力中央研究所

実海域において、生産は常に環境因子に影響されており、環境因子の量的変化に伴い生産動態がどのように変わるかを明らかにすることは重要であるが、たとえ定性的であってもこれを正しくイメージすることは意外に難しい。それは環境因子と生産の関係が非線形であること、生産が複数因子の複合影響の結果として導かれること、そして生産動態が非定常状態にあることに起因する。このように複雑な生産動態を把握しようとするとき、モデルは非常に有効な道具となる。

生産の蓄積結果である現存量は、カジメ群落の場合、夏に極大、冬に極小となる季節変動を示す。この性質から力学的振動に基づくモデルをつくることができるが、そこから得られる情報はそれほど多くはなく、環境因子の変化に伴う生産動態の変化を予測することは困難と考えられる。もう一つのモデリングの方向は、生産に係わる生理特性から組み立てる道をたどるもので、生理特性を環境因子の関数として表せば、因子の変化に伴う生産動態の変化を表現することが可能と考えられる。

ここでは、後者のモデリングの方向に従い開発したカジメ群落の生産力モデルの構造と、実験・観測データとの比較による生産力モデルの検証について報告し、次いで、カジメ群落の生産力に対する光と温度の複合影響について生産力モデルを用いた解析例を示す。なおモデルの概要を以下に記した。

現存量変化

海藻も陸上の植物と同様、光合成により成長する一方で、呼吸しながら光合成により合成した有機物を分解している。光合成により生産される量が呼吸により消費される量を上回っていれば海藻は成長し現存量 (単位面積内の海藻量) は増大する。また現存量は、葉の脱落、幼体の加入 (発芽) や死亡に伴い変化する。これらから現存量変化は (1) 式で表される。

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = P_{\text{gross}(t)} - R_{C(t)} - D_{b(t)} + A_{(t)} - D_{i(t)} \quad (1)$$

ここに、 $\frac{\Delta S}{\Delta t}$: 現存量変化 ($\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$), $P_{\text{gross}(t)}$: 群落

光合成速度 ($\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$), $R_{C(t)}$: 群落呼吸速度 ($\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$), $D_{b(t)}$: 葉の脱落速度 ($\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$), $A_{(t)}$: 幼体の加入速度 ($\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$), $D_{i(t)}$: 死亡速度 ($\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$).

群落光合成速度

藻場に到達する光は、海水中の懸濁物質に消散され、藻場内では、海藻自体が光を吸収し、群落上方から下方にかけて光量が低下する光分布を示す。藻場内のある場所の光合成組織が受ける光は、より上方に存在する葉と海水により吸収・散乱されながら到達したものとなる。藻場内の各々の光合成組織がそれぞれの光量に対して光合成を行い、その総計が群落光合成速度となり (2) 式で表される。

$$P_{\text{gross}} = \int_0^F \frac{\Phi_T (K I_0 e^{-CD - KF_Z})^2}{\Psi_T + \Omega_T K I_0 e^{-CD - KF_Z} + (K I_0 e^{-CD - KF_Z})^2} dF_Z \quad (2)$$

ここに、 P_{gross} : 群落光合成速度 ($\text{g C m}^{-2} \text{h}^{-1}$), F : 群落の葉面積指数 ($\text{m}^{-2} \text{h}^{-2}$), I_0 : 海面直下における光量子束密度 ($\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$), C : 海水の消散係数 (m^{-1}), D : 水深 (m), K : 群落の吸光係数 (m^{-2}), F_Z : 群落上面から距離 Z m までの葉面積指数, Φ_T , Ψ_T , Ω_T : 温度 T における光合成係数. 単位葉面積あたりの葉重量が分かれば葉現存量から葉面積が求まる。

群落呼吸速度

群落呼吸速度は現存量に比例する一方、単位重量あたりの呼吸速度は、カジメのように葉と茎がある海藻では、部位により異なる。

$$R_C = r_{JT} \cdot S_1 + r_s \cdot S_s \quad (3)$$

ここに、 R_C : 群落呼吸速度 ($\text{g C m}^{-2} \text{h}^{-1}$), r_{JT} : 単位重量あたりの葉の温度 T における呼吸速度 ($\text{g C g}^{-1} \text{h}^{-1}$), S_1 : 葉現存量 (g m^{-2}), r_s : 単位重量あたりの茎の呼吸速度 ($\text{g C g}^{-1} \text{h}^{-1}$), S_s : 茎現存量 (g m^{-2}).

光合成速度と呼吸速度の温度依存性

生化学反応である光合成と呼吸は温度に影響を受け、最適温度より低くても高くても速度が低下する特徴がある。温度上昇に伴い光合成速度が増大するのは、化学反応過程において、エネルギー障壁を乗り越えるために必要な臨界エネルギーを、分子が持つ確率が高くなるためであり、一方、温度上昇はタンパク複合体の熱変性確率を増大させる。従って、光合成と呼吸の温度依存性はそれぞれの活性化エネルギー、標準エンタルピー変化、標準エントロピー変化で表すことができる。

検証結果

神奈川県横須賀市秋谷地先海域水深14 m地点(35°15'N, 139°34'E)のカジメ群落について、年間生産量の90%以上を生産する栄養成長期にあたる1988年10月から1989年6月までの8ヶ月間に測定した生産力積算値と、当該海域で測定した消散係数、水温そして当所横須賀研究所藻場育成実験設備で測定した日射量を用いて計算した推定積算生産量を比較し検証したところ、計算結果と測定値は合っており、実現象を再現できていた。なお、光合成速度と呼吸速度の計算は1時間毎、個体の加入、流失および葉部の脱落は月に一度起きるものとして計算した。