

「地球変動のメカニズム」
平成10年度採択研究代表者

浅野 透

(総合地球環境学研究所 教授)

「熱帯林の林冠における生態圏-気圏相互作用のメカニズムの解明」

1. 研究実施の概要

熱帯林は、高い生物多様性と生物生産性に支えられ、大気との間に複雑で活性の高い相互作用をもっている。近年、エルニーニョ南方振動と熱帯樹木の一斉開花・結実、あるいは異常乾燥による樹木の一斉枯死とその後の更新などのように、地球規模の環境変動が熱帯林生態系の維持に大きな影響を持つ可能性が指摘されている。一方では、環境変動を原因とする攪乱によって、熱帯林の炭素・水収支が大きく時間的・空間的に変動し、その結果が大気へフィードバックされる。

このような生態圏と気圏の相互作用の多くは、両者の境界層としての林冠における生態プロセスに支配されている。しかし、これまで有効な林冠アクセスシステムや広域の生態プロセスを把握する手法が開発されなかったため、因果関係やメカニズムの解明が進まず、地球科学と生態学のギャップとして残されてきた。この研究では、林冠クレーンシステムによる3次元的なプロセス解明と、メソスケールでの気象と生物現象の解析を結合することにより、とくに1) エルニーニョ南方振動が熱帯樹木の一斉開花および生態系に及ぼす影響、および2) 地球規模の環境変動と熱帯林の炭素・水収支の時間的・空間的変動の解明をめざす。

落雷などによる一時的な欠測はあるものの、観測は順調に進んでいる。2001年8月ころより始まった樹木の開花が2002年3月ころまでに結実を終え、現在この開花現象の解析が行われつつある。炭素・水収支に関しては、フラックス、林分積み上げ法などの基本的観測を継続する一方で、森林全体のモデルに必要なパラメータを得るため、モデルコラムを設定して、樹木の生理生態、森林構造、林内気象パラメータなどの集中的観測を開始した。平成15年9月ころまで観測を継続し、その後結果を取りまとめる予定である。

2. 研究実施内容

(1) 環境変動と一斉開花

環境変動と一斉開花：ランビル国立公園での植物繁殖フェノロジーが約10年となり、乾燥と開花の強い相関が観察されたことから、従来有力視されていた低温ではなく乾燥が開花のトリガーになっていることが示唆された。植物は降水量そのものよりも土壌

水分量として乾燥を感じていると考えられるので、現在開花と土壌水分との相関を解析中である。また、クレーンサイトでのフェノロジーの観察も開始した。クレーンサイトでの調査のベースラインとして貢献することが期待されるとともに、フェノロジー調査全体の精度をあげることができた。

一斉開花と栄養塩ダイナミクス：開花後結実までの栄養塩の濃度変化を樹木の各部位からのサンプルを分析することで調査した。その結果、開花期には幹に蓄積された栄養塩が果実に移動していることがわかり、一斉開花時には幹から林冠部へ大量の栄養塩が移動することが示唆された。

一斉開花の生理生態的メカニズム：樹木の枝サイズ分布などを利用して、開花から結実期の貯蔵物質の移動を定量化した。たしかに、地下部から林冠部へ貯蔵物質は異動しているものの、計算によるとその量は小さくなく、むしろ林冠部の葉による光合成が重要な役割をしていることが判明した。

一斉開花と植物食昆虫の多様性：昨年度に引きつづいて、林冠クレーンを用いて林冠部での節足動物の発生状況、食植性昆虫による食害度を月1度の頻度で調べた。樹種による食植性昆虫の発生程度に差が検出され、この差は、花外蜜腺の量、葉の硬度や防衛物質の濃度、葉の展開様式などの違いと関連していることが示唆された。とくに、フタバガキ科植物における、植食者昆虫群集層、被食度の種間差について、野外調査によって明らかにした。フタバガキ科植物の対植食者防衛戦略について、各防衛機構毎に実験的にその強度を測定して防衛戦略の多様性を明らかにするとともに、防衛戦略の多様性が植食者群集構造や被食度に与える影響を検討した。また、週4日、3箇所において灯火採集をおこない、夜間飛翔性昆虫の発生消長を調べ、短期的な気象変動、特に降水量の変動が、昆虫群集の発生に及ぼす影響を調べた。

(2) 林冠構造と炭素・水収支

熱帯林の攪乱と更新モザイク：クレーンを中心とする4haの固定調査地データをGISソフトウェアに載せ、各樹木個体のデータや葉の画像が簡単に取り出せるシステムが構築された。また同調査地の樹木の成長・生残を再調査し、2001-2002年の成長による炭素固定量を計算中である。

林冠と大気的气体交換：林冠クレーンにおけるCO₂、H₂Oガスフラックス観測、クレーンとタワーにおける一般気象観測、林内物理環境及びCO₂ガス濃度鉛直分布観測、樹冠遮断量観測、樹液流速観測、土壌物理環境、土壌呼吸観測を継続した。得られたデータを用いて風速の鉛直構造解析、降雨後樹冠が乾くまでの時間の解析、直径別の樹幹流量解析、群落レベルのガス交換特性解析などを行った。その結果、乾燥時には気孔閉鎖といった生物的反応がガス交換を制限する一方、湿潤時には気孔が十分開いていても群落上の空気力学的抵抗がガス交換を制限することがわかった。ランビルの蒸散フラックス、遮断、土壌水分といった各水文要素を再現可能な水循環モデルを作成し、温暖化進行後のランビルの降水変動予測を用いて気候変動下のランビルの水収支を推定した。

林冠における生態プロセス：林冠観測クレーンシステムを利用し、フタバガキ科の巨大高木数種について、特に樹冠部の葉の光と水に対する反応に注目して研究を行った。具体的には、フタバガキ科樹木5種（*Dryobalanops aromatica*、*Dipterocarps globosus*、*Shorea acuta*、*S. beccariana*、*S. macroptera*）67個体について、林冠到達木から稚樹まで生育段階別に、光—光合成曲線、A-Ci曲線、葉内窒素濃度、葉の内部構造の解析をおこなった。樹高と飽和光合成速度、窒素含有量、RuBP再生速度、最大カルボキシレーション効率には正の相関が見られた。樹高に従ってこれらの値が上昇することは、林床から林冠にいたる光環境変化への対応と考えることができ、フタバガキ科樹木は稚樹から成木にいたる生態生理機能の可塑性を持つことで、熱帯雨林内の大きな環境傾度に適応していることが明らかになった。また、森林の三次元構造と生理機能を統合するために重要な情報である。

(3) 林冠状態の広域把握

植物生理活動に関するパラメータを、光環境に関連する実計測データに基づいて、個葉レベルから樹冠レベルへスケールアップする手法について検討し、実際の観測実験をモデルコラム観測として実施した。観測実験によって取得されたさまざまなデータは、一次処理の結果、スケールアップ手法開発に十分適するものであることが確認できた。

3. 研究実施体制

一斉開花と生物相互作用グループ

- ① 研究分担グループ長：二宮生夫（愛媛大学農学部、教授）
- ② 研究項目：一斉開花の引き金となる気象条件、樹木の生理生態的条件および進化的条件を明らかにするとともに、一斉開花時の生物間相互作用の変化を解明する。

林冠動態と炭素・水収支グループ

- ① 研究分担グループ長：中静 透（総合地球環境学研究所、教授）
- ② 研究項目：熱帯雨林の炭素・水収支を、フラックス観測、林分動態、生理生態的観測の積分など複数の手法によって推定し、相互評価する。

林冠状態の広域把握グループ

- ① 研究分担グループ長：吉村充則（総合地球環境学研究所、助教授）
- ② 研究項目：一斉開花や森林のガス交換などの林冠活性を広域に推定する手法を開発する。

4. 主な研究成果の発表（論文発表および特許出願）

(1) 論文発表

- Ichie, T., Kitahashi, Y., Matsuki, S., Maruyama, Y. and Koike, T. 2002. The use of a portable non-destructive type nitrogen meter for leaves of woody plants in field studies. *Photosynthetica* 40:289-292.

- Nomura M. & Itioka T. (2002) Effects of synthesized tannin on the growth and survival of a generalist herbivorous insect, the common cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). *Applied Entomology and Zoology* 37: 285-289.
- Murase, K., Itioka, T., Inui, Y. and Itino, T. (2002) Species specificity in settling-plant selection by foundress ant queens in *Macaranga Crematogaster* myrmecophytism in a Bornean dipterocarp forest. *Journal of Ethology*, 20(1): 19-24.
- Nomura, M. and Itioka, T. (2002) Effects of synthesized tannin on the growth and survival of a generalist herbivorous insect, the common cutworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Applied Entomology and Zoology* 37(2): 285-289.
- Hatada, A., Itioka, T., Yamaoka, R. and Itino, T. (2002) Carbon and nitrogen content of food bodies in three myrmecophytic species of *Macaranga*. *Journal of Plant Research*, 115: 179-184.
- Matsumoto, T., Itioka, T. and Nishida, T. (2002) Fitness cost of parasitoid avoidance behavior in the arrowhead scale, *Unaspis yanonensis* Kuwana. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 105(2): 83-88.
- Kurokawa, H., Yoshida, T., Nakamura, T., Lai, J. & Nakashizuka, T. The age of tropical rain-forest canopy species, Boreno ironwood (*Eusideroxylon zwageri*), determined by ¹⁴C dating. *Journal of Tropical Ecology*, 19: 1-7.
- 蔵治光一郎・田中延亮(2003)世界の熱帯林における樹冠遮断研究, 日本林学会誌85, pp.18-28.

(2) 特許出願

なし