

「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

(京都大学生態学研究センター 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。

平成11年度は林冠クレーンの建設と林冠吊り橋などを用いた予備的実験・観測をおこなってきた。サラワク政府との共同研究に関わるMOUやクレーンの建設場所および条件などの交渉に時間を要したが、年度末の2000年3月にクレーンが完成した。これにより、本格的な研究実施に移ることができる。一方では、クレーンでの観測に用いる機材の調達および調整は順調に進んでおり、いくつかの予備的な測定実験に着手した。クレーン建設地周辺の地理情報や衛星データの取得を行い、GISによる広域把握をにらんだ予備研究作業を実施したほか、既存のタワーを用いて、樹冠内温湿度プロファイル、樹冠上降雨量、温湿度、風速、日射量、土壌水分、地温プロファイル、土壌中CO₂濃度の予備観測を開始し、結果を得ている。また、一部の樹種について光-光合成曲線、クロロフィル蛍光反応回復曲線、蒸散速度、水利用効率、クチクラ蒸散、葉群動態、デンプン蓄積量などを予備的に調査した。

2. 研究実施内容

(1) 林冠クレーンの建設

林冠クレーンを完成し、検収した。また、林冠クレーンにおいて観測する項目を決定し、計測に使用する主要機器の購入を終え、一部機器の調整と予備・実験的観測を開始した。



「ランビル国立公園（マレーシア サラワク州）に建設された林冠クレーン」

(2) 環境変動と一斉開花

環境変動と一斉開花：昨年に引き続き、過去に記録された一斉開花時の気候条件を調査した。低温による開花誘導説を前提として、ボルネオ島周辺の低温が起こる気象条件について、スクリーニングを続けている。また、サラワクのランビル国立公園内の林冠クレーンサイトとツリータワーおよびウォークウェイ設置サイトでの気温観測を、開花フェノロジー観測とともに継続した。

一斉開花の広域把握：林冠クレーンからのモニタリングシステムを構築するために、GISによる広域把握における予備研究作業として、現地で入手したクレーンサイト周辺領域の地形図から標高値を読み、DEM(Digital Elevation Model)を

構築し、同領域の年間太陽エネルギー量の算出などの予備研究を実施した。また、クレーンで観測予定の分光高度計を用いて予備的計測を行った。画像観察装置として、20倍ズームレンズを搭載したビデオカメラ、カメラ制御用サーバー、無線電送装置等を一式として組み込んだ撮影装置を試作し、これを森林内に設置し約150mの距離からの無線電送、カメラ制御の実験を行った。商用電源以外の電力確保に50W級の太陽光発電システムを試作中である。

一斉開花の生理生態的メカニズム：一定レベル以上の貯蔵物質の蓄積は一斉開花の必要条件と考えられるが、この貯蔵物質の動態に関する予備的研究を行い、開花・結実時期に植物体のどの部分で所蔵物質が移動しているのかを解析した。その結果、開花・結実には幹・枝よりも地下部の貯蔵物質が利用されているという状況証拠を得た。

一斉開花と植物食昆虫の多様性：昨年に続き、予備的観測として、1998年に結実した一部のフタバガキを中心とする主要樹種を対象として、これらの果実を利用する種子食昆虫を調査した。キクイムシ、ゾウムシ、ハマキガ類など主な種子食昆虫を専門家に依頼して同定したが、多くの未記載種が発見された。フタバガキ科に関しては、広食性の昆虫ほど種子食者として大きな個体群をもっていることが判明した。

(3) 林冠構造と炭素・水収支

熱帯林の攪乱と更新モザイク：昨年に引き続き、ランビル国立公園に設定された固定調査地で、1998年のエルニーニョによる乾燥が樹木の枯死など森林動態に与える影響を解析し、論文として投稿、受理された。また、クレーン周辺の森林調査を開始するための準備を行い、年度末に調査を開始した。

林冠構造の広域把握：リモートセンシングおよび地理情報システム技術を活用した熱帯林の林冠構造やそこで発生する現象を広域的に把握するための基礎情報収集システムの構想設計を行った。また、双方向性反射率観測と林冠3次元構造計測を実現する「植生放射分光多点計測装置」の開発を行い、実用段階に至ったので予備的・実験的計測を開始した。

林冠と大気的气体交換：ランビル国立公園の既存ツリータワーにて、本格的な予備観測を行った。観測した項目は、タワーにおける電源確保のため太陽電池設置、タワー上における降雨量、温湿度、風速、風向、放射収支の観測システム確立、温度プロファイル観測装置の改良、土壌水分、地中熱流量の連続観測装置の設置、などである。また、森林樹冠部の表面温度観測を行うために、走査型放射温度計（品名；サーモトレーサ）によって表面温度の観測を行う。野外計測を可能にするため、特に熱画像記録の部分、電源部分について長期観測ができるよう検討した。

林冠における生態プロセス：*Callophyllum sp.*、*Dipterocarpus temppehes*、*Dryobalanops aromatica*、*Dryobalanops lanceolata*、*Koompasia malaccensis*、*Parashorea smithesii*、*Shorea argentifolia*、*Shorea beccariana*、*Shorea macrophylla* の9樹種について、光-光合成曲線、クロロフィル蛍光反応回復曲線、蒸散速度、水利用効率、クチクラ蒸散、葉群動態、デンプン蓄積量などをしらべ、これらの樹種が光、水分環境にどのように適応しているかを比較検討した。また、開花期と結実期における貯蔵物質の濃度を調べ、結実に必要な資源が主として根から供給され得ていることがわかった。

3. 主な研究成果の発表（論文発表）

広見 徹・二宮生夫・小池孝良・荻野和彦. サラワク熱帯雨林におけるフタバガキ科林冠構成種の不均一な気孔開閉による蒸散速度の調節。日本生態学会誌、49: 33-90. 1999.

Ninomiya, I., Tanaka, K., Koike, T. & Ogino, K. Ecophysiological studies on seedlings planted in the Bakam Experimental Forest, Sarawak. Proceedings of International Symposium, Can Biological Production Harmonize with Environment ?, 417-420, Asian Natural Environmental Science Center, The University of Tokyo, Tokyo. 1999.

Breulmann, G., Ogino, K. & Ninomiya, I. Foliar concentration of chemical elements in Dipterocarpaceae and Euphorbiaceae from a tropical rain forest in Sarawak, Malaysia. Proceedings of International Symposium, Can Biological Production Harmonize with Environment ?, 425-428, Asian Natural Environmental Science Center, The University of Tokyo, Tokyo, 1999.

Hiroimi, T., Ninomiya, I., Koike, T. & Ogino, K. 1999. Transpiration of canopy tree species in tropical rain forest, Sarawak. Proceedings of International Symposium, Can Biological Production Harmonize with Environment ?, 421-424, Asian Natural Environmental Science Center, The University of Tokyo, Tokyo. 1999.

山下恵・吉田俊也・吉村充則・中静透. 数値地形モデルを応用した熱帯林・環境動態把握のための太陽エネルギー量推定、日本写真測量学会平成11年度秋季学術講演会発表論文, pp.121-124. 1999.

YAMASHITA M., YOSHIDA T., YOSHIMURA M., NAKASHIZUKA T. Application of Topographic Animation for Solar Energy Amount, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXII-Part5-3W12, pp203-206. 1999.

Sakai, T., Tanaka, H., Shibata, M., Suzuki, W., Nomiya, H., Kanazashi, T., Iida, S. & Nakashizuka, T. Riparian disturbance and community structure of a *Quercus-Ulmus* forest in central Japan. *Plant Ecology*, 140: 99-109. 1999.

Abe, S., Tanaka, H. & Nakashizuka, T. Effect of canopy gaps on the demography of the

sub-canopy tree species, *Styrax obbasia*. *Journal of Vegetation Science* 9: 787-796. 1999.

Sakai, S., Momose, K., Yumoto, T., Nagamitsu, T., Nagamasu, H., Hamid, A. A., Nakashizuka, T. & Inoue, T. Plant reproductive phenology over four years including an episode of general flowering in a lowland dipterocarp forest, Sarawak, Malaysia. *American Journal of Botany*, 86: 1414-1436. 1999.

Marod, D., Kutintara, U., Yarwudhi, C., Tanaka, H. & Nakashizuka, T. Structural dynamics of the natural mixed deciduous forest, Kanchanaburi, western Thailand. *Journal of Vegetation Science*, 10: 777-786. 2000.

Nakashizuka, T., Kohyama, T., Whitmore, T. C. & Ashton, P. S. Tree diversity and dynamics of western Pacific and eastern Asian forests: an introduction. *Journal of Vegetation Science* 10: 765-766. 2000.

Masaki, T., Tanaka, H., Tanouchi, H., Sakai, T. & Nakashizuka, T. Structure, dynamics and disturbance regime of temperate broad-leaved forests in Japan. *Journal of Vegetation Science*, 10: 793-04. 2000.