

「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

京大大学生態学研究センター 教授
(現：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齐開花・結実、あるいは異常乾燥による樹木の一齐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齐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12年度は前年度に完成した林冠クレーンを用いて予備的実験・観測を行った後、可能なものから本格的な観測に移行させた。クレーン周辺の森林調査と、林分動態やリター量測定を開始したほか、クレーンをもちいた林冠三次元構造や双方向反射率、経時的映像、林冠面の温度特性、林内気象、種子食および葉食昆虫のモニタリングなどの観測がすでに開始されている。

2. 研究実施内容

(1) 林冠クレーンによる観測の開始

2000年3月に完成した林冠クレーンを用い、操作訓練、基本的な運用ルール、安全対策などの検討を行った後、予備的観測を開始した。その後、ベースラインとして継続的に観測する項目を検討して、2000年秋に本格観測の一部を開始した。

(2) 環境変動と一斉開花

環境変動と一斉開花：過去に記録された一斉開花時の気候条件としては低温が有力である。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た結果、その条件には、北方からのコールドサージ、エルニーニョによる放射冷却があることがわかった。また、低温だけでなく極度の乾燥もトリガーとなりうることも判明した。頻度は低いが南方からのコールドサージの可能性もある。刺激としての低温だけでなく、開花から結実時期に長期間の低い平均気温（平年より1 - 2度低い）が種子生産に影響する可能性もあることがわかった。

一斉開花の広域把握：クレーンで観測予定の分光高度計を用いて林冠の双方向性反射率（BRF）観測を開始した。また、クレーンからの継続的画像観察装置として、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製作し、クレーンに設置した。位置時間毎の画像が記録されている。

一斉開花の生理生態的メカニズム：樹木の貯蔵物質の動態を解析し、結実には幹・枝よりも地下部の貯蔵物質が利用されており、葉の展開には枝の貯蔵物質が利用されているということがわかった。葉の展開は一定期間の乾燥（少ない降水量）の後の降雨で起こるが、それに必要な貯蔵物質の蓄積に1 - 2ヶ月を要すると推定できた。

一斉開花と植物食昆虫の多様性：非一斉開花時の種子食昆虫の動態とその餌資源を明らかにする目的で、多種の植物について種子食昆虫のスクリーニングを開始した。林冠の食葉性昆虫の動態をモニタリングするルーチンを開始した。

(3) 林冠構造と炭素・水収支

熱帯林の攪乱と更新モザイク：クレーンを中心とする4haの地域に固定調査地を設け、地形測量、毎木調査、同定のためのサンプル採取を完了した。現在一部が同定されており、今年中にすべての樹種が同定される予定である。また、同地域に20m格子でリタートラップを設置し、リター落下量測定を開始した。2001年には、ウォークウェイ周辺の8haとあわせて再測定を行い、バイオマス、成長量、炭素収支とそれらの空間的変異を明らかにする。

林冠構造の広域把握：植生放射分光多点計測装置を用いた双方向性反射率観測とレーザープロファイラによる林冠3次元構造計測を開始した。双方向性反射率は、今後年4回程度の観測を定期的に行う。林冠3次元構造は、天候や機械の故障などで、まだ、クレーン下全域をカバーできていないが、早い段階で全域の3次元表示を可能にする。この観測は年に1回程度で継続する。また、ランビル国立公園全体の空間情報のGIS化を進めた。

林冠と大気の間ガス交換：クレーンにて、本格的な観測の一部を開始した。炭素フラックスについては構造物としてのクレーンの影響が明らかとなったので、それを回避する手段を考案し、今後本格的な継続観測に移行する。土壌呼吸測定の準備を完了し、継続的な測定にはいる予定であり、これらが整うと森林全体の収支を観測できる体制が完了する。

林冠における生態プロセス：林冠クレーンを用いて、数種の樹木について光 - 光合成特性を解析した。とくに、日中の気孔閉鎖にともなう光合成低下現象が見られるが、それにも種間差があることが示唆された。以上のような予備的測定が終了したので、今後樹種を決めて定期的な測定を行う予定である。

3 . 主な研究成果の発表 (論文発表)

学術誌 (レビューあり)

Nakagawa, M., Tanaka, K., Nakashizuka T., Ohkubo, T., Kato, T., Maeda, T., Sato, M., Miguchi, H., Nagamasu, H., Ogino, K., Teo, S., Hamid, A. A. & Lee, H. 2000. Impact of severe drought associated with the 1997-1998 El Nino in a tropical forest in Sarawak. *Journal of Tropical Ecology*, 16 : 355-367.

市榮智明・二宮生夫・荻野和彦、2000. オヒルギ、*Bruguiera gymnorrhiza* の実生初期生長にともなう胎生種子内貯蔵養分の利用消費、*TROPICS* , 9(2) 153-163

Pampasit, S., Khamyong, S., Breulmann, G., Ninomiya, I. and Ogino, K., 2000. Elements Concentration in Tree Species of Tropical Hill Evergreen Forest, Northern Thailand, *TROPICS*, 9(4) , 287-308

Pampasit, S., Khamyong, S., Breulmann, G., Ninomiya, I. and Ogino, K., 2000. Mineral Element Accumulation in Soils and Trees in Tropical Hill Evergreen Forest, Northern Thailand, *TROPICS*, 9(4) 275-286

Yamashita M., Yoshida T., Yoshimura M., Nakashizuka T.. Application of Solar Energy Simulation for Rainforest Environment, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. XXXIII, Part B7, Pp.1723-1728.

Itioka, T., Nomura, M., Inui, Y., Itino, T. and Inoue, T. 2000. Difference in intensity of ant defense among three species of *Macaranga* myrmecophyte in a Southeast Asian dipterocarp forest. *Biotropica* 32(2): 318-326.

Nomura, M., Itioka, T. and Itino, T. 2000. Variations in abiotic defense within myrmecophytic and non-myrmecophytic species of *Macaranga* in a Bornean dipterocarp forest. *Ecological Research* 15 : 1-11.

Kato, M., Itioka, T., Sakai, S., Momose, K., Yamane, S., Hamid, A. A. and Inoue, T. 2000. Various population fluctuation patterns of light-attracted beetles in a tropical lowland dipterocarp forest in Sarawak. *Population Ecology* 42(1): 97-

104.

Yamamoto, T., Yata, O. and Itioka, T. 2000. Descriptions on the Early Stages of *Chilasa paradoxa* (Zinken, 1831) from North Borneo (Lepidoptera : Papilionidae) Entomological Science 3(4): 627-633.

Kitao, M., Lei, T.T., Koike, T., Tobita, H., Maruyama, Y., Matsumoto, Y. and Ang, Lai-Hoe. 2000. Temperature response and photoinhibition investigated by chlorophyll fluorescence measurements for four distinct species of dipterocarp trees. Physiol. Plant., 109 : 284-290.

Kayama, M., Nomura, M., Sugishita, Y., Satoh, F., Sasa, K. and Koike, T. 2000. Growth of dwarf bamboo community grown at cold and very windy adjacent sites in northern most Japan as affected by snow depth. Bamboo J. 17 : 20-26.

Kitao, M., T. T. Lei, T. Koike, H. Tobita, and Y. Maruyama. 2000. Susceptibility to photoinhibition of three deciduous broadleaf tree species with different successional traits raised under various light regimes. Plant Cell Environ., 23 : 81-90.

Wall, D., Mooney, H., Adam, G., Boxshall, G., Dobson, A., Nakashizuka, T., Seyani, J., Samper, C. & Sarukhan, J. 2001. An International Biodiversity Observation Year. Trends in Ecology and Evolution, 16 : 52-54.

Nakashizuka, T. 2001. Species coexistence research in temperate, mixed deciduous forests. Trends in Ecology & Evolution, 16 : 205-210.

その他の出版物

Nakamura, T., M. Kitao, H. Tobita, Y. Maruyama, T. T. Lei and T. Koike. 2000. Observation of patchy stomatal closure and growth of white birch seedlings raised under ambient and elevated CO₂ with special reference to soil moisture. In : Terazawa, M. et al. eds. Birch Wood Utilization, Bifuka, Japan. 78-86

Koike, T., Yazaki, K., Funada, R., Maruyama, Y., Mori, S. and Sasa, K. 2000. Forest heath and vitality in northern Japan. Research Note of Fac. Forestry, The Univ. Joensuu 92 : 49-60.

Marod, D., Kutintara, U., Tanaka, H. & Nakashizuka, T. 2000. Seed and seedling dynamics in a seasonal forest in Western Thailand. Proceedings of The International Workshop on the Responses of Tropical Forest Ecosystem to Long Term Climatic Change. pp. 51-65.

Tanaka, H., Kutintara, U., Takahashi, M., Hirai, K., Tanaka, N., Suksawang, S., Nakashizuka, T. & Marod, D. 2000. Growth pattern and phenology of the major tree species under the fluctuating water regime in a Mixed Deciduous Forest,

Western Thailand. Proceedings of The International Workshop on the Responses of Tropical Forest Ecosystem to Long Term Climatic Change. pp. 66-74.

Yarwudhi, C., Tanaka, N., Kobayashi, S., Marod, D., Kutintara, U., Tanaka, H. & Nakashizuka, T. 2000. Regeneration dynamics of trees after the simultaneous flowering and death of undergrowing bamboo in a Mixed Deciduous Forest, Western Thailand. Proceedings of The International Workshop on the Responses of Tropical Forest Ecosystem to Long Term Climatic Change. pp. 75-80.

Ninomiya, I., Sakurai, K., Harada, K., Kendawang, J.J., Lee, H. S. and Ogino, K. 2000. Island and corridor planting system in ecosystem rehabilitation - a proposal, Proceedings of Workshop on Forest Ecosystem Rehabilitation, Forestry Department Sarawak, Kuching, 18-21

Ninomiya, I., Tanaka, K., Koike, T., Lee, H.S. and Ogino, K. 2000. Ecophysiology of seedlings planted in the Bakam Experimental Reserve, Sarawak, Proceedings of Workshop on Forest Ecosystem Rehabilitation, Forestry Department Sarawak, Kuching, 25-29

Ninomiya, I., Hiromi, T., Yoneda, R., Ichie, T., Kamiya, K., Kohira, M., Lee, H.S. and Ogino, K. 2000. Phenology of shoot elongation and leaf dynamics in a tropical Rain Forest in Sarawak, Proceedings of Workshop on Forest Ecosystem Rehabilitation, Forestry Department Sarawak, Kuching, 182-186

Tanaka, K., Koike, T., Ninomiya, I., Kendawang, J. J. and Ogino, K. 2000. Response of light-photosynthesis curve of several tree species planted in the Bakam Experimental Reserve, Proceedings of Workshop on Forest Ecosystem Rehabilitation, Forestry Department Sarawak, Kuching, 162-165

Hiromi, T., Ninomiya, I., Koike, T. and Ogino, K. 2000. Transpiration and stomatal regulation at canopy top of Tropical rain forest, Sarawak, Proceedings of Workshop on Forest Ecosystem Rehabilitation, Forestry Department Sarawak, Kuching, 176-181

Koike, T., Tanaka, K., Kitao, M., Ninomiya, I., Kendawang, J. J. and Ogino, K. 2000. Photoinhibition of seedlings detected by a chlorophyll fluorescence method in the Bakam Experimental Reserve, Sarawak, Proceedings of Workshop on Forest Ecosystem Rehabilitation, Forestry Department Sarawak, Kuching, 166-175.

中静 透。2000. オランウータンの技とホーンビルの視界 - 熱帯林の林冠生態学

- タマリスク, 35 : 2-3

市岡孝朗。2000. アリ類が生物群集に果たす役割. 昆虫と自然, 35(5): 4-6.

山本卓司・市岡孝朗。2000. 東南アジア島嶼における蝶類の擬態現象。昆虫と自然, 36(11): 4-9.

吉村充則・山下恵・野村昌弘・中静透。2000. 熱帯林・林冠観測クレーンをプラットフォームとする三次元・分光計測システムの開発とその運用、日本写真測量学会平成12年度秋季学術講演会発表論文集、pp. 127-130.

山下恵・吉村充則・本多嘉明・梶原康司。2000. 簡易標準白色板の作成およびその評価に関する検討、日本写真測量学会平成12年度秋季学術講演会発表論文集、pp. 237-240.

中静 透。2001. 生態科学と時間スケール。科学、71 : 37-42.

市野隆雄・市岡孝朗。2001. 生物間相互作用の歴史的過程 - アリ植物をめぐる生物群集の共進化。「群集生態学の現在」(佐藤宏明・山本智子・安田弘法 編) pp. 353-370, 京都大学学術出版会、京都。