

解 説

Agrochemistry and Biology Series

社会・生物相互作用系としての熱帯雨林

荻 野 和 彦

愛媛大学農学部

(平成5年5月20日受理)

Tropical Rainforest as a Social-Biological Interactive System

Kazuhiko OGINO

College of Agriculture, Ehime University, Tarumi, Matsuyama 790, Japan

はじめに

このところにわかに高まってきた地球規模の環境変動に関する、総合的な基礎研究にとりくむために、文部省は1990年に新プログラム方式による計画的な「創成的基礎研究」を発足させた。筆者らが参加する「アジア・太平洋地域を中心とする地球環境変動の研究」は田村三郎・東大名誉教授をリーダーとして組織されている。この「研究」はひとりひとりの研究者がそれぞれに抱く研究者個人の興味に出発するのではなく、計画研究として共通の明確な目的をもっている。それはいま直面している地球規模の環境問題、21世紀の生物資源問題の解決に資するための基礎研究を計画的、組織的にこなうことである。小論はこの「研究」による最近の研究成果の一端を紹介することによって、今注目されている地球規模の環境問題のなかで熱帯林がどのような特徴をもっているのかについて考察するひとつの試みである。

現象のスケール

創成的基礎研究「アジア・太平洋地域を中心とする地球環境変動の研究」は気象・気候の研究グループと生物・生態の研究グループが参加している。前者は主として大気圏に発生する水・熱の大循環現象の地球物理的過程をとりあつかう。地表数キロから数百キロの範囲が研究の対象となるから、ロケット、レーダ、航空機、ラジオゾンデなど近代技術の粋をあつめた研究方法を利用する。これに対して後者は主として生物圏で起こる生物および関連するいろいろな現象の生物地球物理化学過程をとりあつかう。生物の活動は、たとえばヒマラヤをこえ

るマナヅルの群れは海拔数千メートルの高さをとぶが、それでも地表面から数百メートルのところのことである。人間は飛行機を旅行の手段に日常的につかっているから、これをしも生物活動とするならば、地上約10キロにおよぶけれども、こういう例外的な非生物的生物活動を除けば、あらゆる生物過程は地表面の上下数メートルから数十メートル、せいぜい数百メートルまでのところでおこる現象である。だから研究方法もあくまで具体的な現地観察が出発点となる。

大気圏の厚さにくらべると生物圏は、地球表面にはりついたうすいフィルムにすぎないが、そこに地球のすべての生命活動が凝縮している。生物生存環境が悪化して、生物活動が死滅すると地球は生命を失って死の惑星と化してしまう。生物活動にたよる生物資源に対する期待は失われてしまう。個々の生命をまもることができるかどうか、地球の生命をまもることができるかどうか、いまわれわれは重要な岐路にたっているといえる。

生物圏で生ずる地球規模の環境問題

生物・生態研究グループは酸性雨、温室効果ガス、塩類土壌、熱帯林をテーマとしてとりあげ、それぞれ1～2の研究班を組織している。いずれも生物活動に直接、間接関係する生物圏および大気圏、岩石圏、水圏に生ずる複雑な生態現象を対象とするものである。生物圏は大気圏、岩石圏、水圏にまたがるごく薄い層にすぎないが、地球を生きた生命体たらしめるところである。生物圏で生ずる数々の生態現象は互いに原因となり結果となって、全体が複雑な相互作用系をなしている。

なかでも熱帯雨林は豊かな生物相を誇っている。多く

の生命体が複雑に連環して、共存する世界である。熱帯雨林のもっとも重要な特徴は、種類数がおおく、複雑な生物の生活環をつくりあげていることである。ひとつの生物が生活をまっとうするために、かならず他の生物が、環境が関与している。生物は生物だけでは生きていけない。ひとつの個体では生きていけない。ひとつの種類だけでは生きていけない。動物は植物なくして、生きるための栄養をとることはできない。エネルギーは植物から動物へながれる。しかし植物もまた動物なしに生活環を完成できない。一本の木が生きていくために、何種類もの生物が関係している。生物の世界はまさしく生命の連環と共生の世界である。

熱 帯 雨 林

高温多雨の湿潤熱帯を特徴づける常緑林は Tropical Rain Forest あるいは tropischer Regenwald とあらわされてきた。その日本語訳に、かつて「熱帯降雨林」がつかわれた。日本生態学会は生態学用語として「熱帯多雨林」を採用してきた。しかし、Rain Forest だから「雨林」がよいという意見もつよい。熱帯林の研究者は「多雨林」、「雨林」のいずれでもよいというものがおおい。1990年に改訂された学術用語集—植物学編では「熱帯雨林」がつかわれるようになった。

近年、熱帯林が社会的な注目を浴びて、新聞、ラジオ、テレビでとりあげられるようになったが、なぜか

「降雨林」あるいは「多雨林」にかわって、「雨林」という語がつかわれている。しかし、「降雨林」や「多雨林」も死語になったわけではない。国際協力事業団のプロジェクトのひとつである熱帯降雨林造林研究センターは「降雨林」をつかっている。P. リチャーズは名著“The Tropical Rain Forest”を1952年に公刊した¹⁾が、その日本語訳は「熱帯多雨林」(植松真一/吉良龍夫共訳)である。このように日本語では「降雨林」、「多雨林」、「雨林」などの語がつかわれているが、いずれも熱帯地方の多雨気候のもとに成立する森林植生を意味する。

世界の三大熱帯雨林の分布

世界の熱帯雨林がもともとどのくらいあったのか、もうまったくわからなくなってしまった。熱帯の人口密集地帯では、かなりの面積が耕地など人為的な生態系におきかえられてしまった。遠隔地にあった森林は調査もされないまま、開発されてしまった。それにもかかわらずいまなお、熱帯雨林の分布の中心は赤道に沿って南北両半球にまたがる三大熱帯、アジア、アフリカ、アメリカにある(図1)。

もっとも面積がおおきいのは、南米のアマゾン流域である。西はアンデス山麓に、東はガイアナ、南はラブラタ川のグラン・チャコ、北は中米東岸沿いに南メキシコに達している。南米北西部ではアンデス西麓に、またブラジル東岸には南緯6度付近から南回帰線をこえるあた

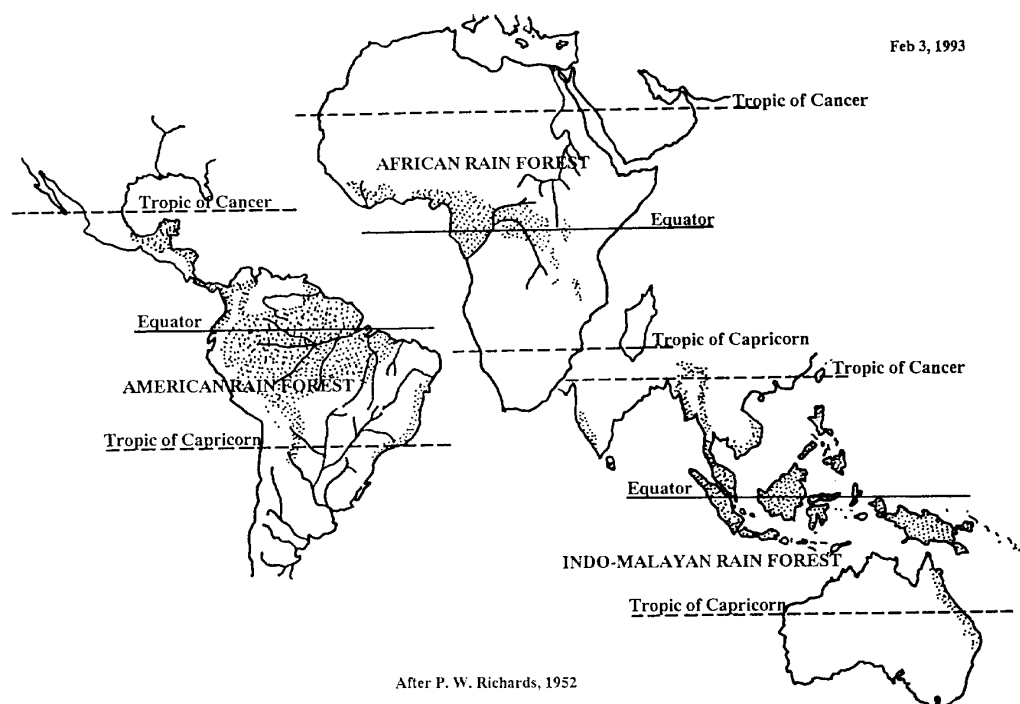


図1 世界の熱帯雨林分布図

りまでいずれもせまいベルト状の雨林が分布している。

アフリカでは、コンゴ流域の熱帯雨林がもっともおおきい。西はガボン、カメルーンからナイジェリアにのびている。ベニン、トーゴで北のサハラ砂漠から南にのびる乾燥地帯がギニア湾に達している、熱帯雨林を断ち切っているが、ガーナ、コートジボワール、リベリアにふたたびベルト状の分布がみられる。東はグレート・レーク地方が分布の限界で、大地溝帯をこえると完全にサバンナ気候になる。局部的にごく小規模のものをのぞいてみるべき雨林はなくなる。

熱帯アジアでは、スリランカ、インド西部、タイ、インドシナ半島からフィリピンへ、マラヤ半島から島嶼部を経てニューギニアに達している。熱帯アジアの雨林はインド-マラヤ雨林とよばれることもあるが、スマトラ、ボルネオでもっとも発達する。大陸部のビルマ、タイおよびインドシナはモンスーン林の領域で雨林の分布は局部にかざられている。

小規模ではあるが、オーストラリアの東岸にもインド-マラヤ雨林の一部がのびている。南太平洋諸島、ソロモン群島、ニューヘブリデス諸島、フィジー諸島、サモア諸島にも雨林が成立する。

大規模長期生態観察

日本の熱帯雨林研究は1960年代になって本格的になったと思える。吉良龍夫教授（当時大阪市大）、四手井綱英教授（当時京都大学）らがタイ国の北部および半島部で本格的な森林の一次生産力の研究にとりくんだのだった。その後1970年代にはIBP（国際生物事業学計画）が始まり、熱帯研究は森林の一次生産力の研究に集中していくかのように思えた。

1970年の後半になって、S. P. ハベル博士とR. B. フォスター博士のふたりが、パナマのバロ・コロラド島に50ヘクタールというとほうもない面積の森林調査プロットをつくりあげた²⁾。後でバロ・コロラドプロットとして世界中の生態学者、熱帯林研究者に知れわたるようになった、500×1000メートルの面積は9ホールのゴルフコースをすっぽりおおってしまう。プロットをつくるということは50ヘクタールの面積を測量し、20×20メートルの小区画にわけて正確に杭うちし、それぞれの区画のなかの樹木に番号をつけ、その位置を図化し、樹種を調べ、胸高直径を測定することである。

これだけおおきいプロットを調査すると、ある種類に属する集団-個体群の数が十分おおきいので、それぞれがどのような運命をたどるかを追跡して、それぞれの種の特徴をしらべ、たがいにくらべることができる。それ

ぞれの樹種がどんな分布をしているか、地形などにはまったく影響されないで、一様に、あるいはランダムに出現するもの。特定の地形、たとえば斜面、谷、あるいは尾根にきまって出現するもの。あるいは特定の土壌条件、たとえば石灰岩地帯や、蛇紋岩地帯をこのむもの、忌避するものなどがある。湿地帯などになると冠水頻度、水質、停滞水の移動可能性などとの関係が種の出現に影響するようである。いろいろな樹種の出現、分布をきめる要因をさぐることができる。1982年にリーズで開催された英国生態学会の熱帯雨林シンポジウムの席上で、ハベル博士が50ヘクタールのプロットのデータを発表したとき、おおきな感動をもってむかえられ、ひとびとにいいしれない興奮をよびおこした。

大規模長期生態観察区は熱帯雨林の生物多様性を解明すること、熱帯雨林再生のメカニズムをあきらかにすること、熱帯雨林の生物資源の保全および持続的開発をはかるための基礎データを提供することなどができる。

ランビル・プロットの設置

1989年、ハーバード大学のP. S. アシュトン教授がよびかけて、東南アジアの熱帯雨林とくにフタバガキ林調査の重点を、今後どこにおくかが論議された。日本からはこの会議に大阪市大の山倉拓夫助教授が参加した。山倉の参加はあくまで個人の資格での参加であったが、この会議の結論は重要な意味をもっていた。バロ・コロラド型の大規模長期生態観察区を各地に設けて、標準化した方法で調査をおこない、結果を相互に比較しながら、熱帯雨林の生物多様性の解明に貢献することをねらいとするものだった。マレーシアのパソー保護林、サラワク州ランビル国立公園、タイ国フェイ・カーケーン、スリランカのシンガラジャ国立公園などが候補地にあげられた。

この会議の結論にしたがって、山倉は科学研究費補助金（国際学術研究）の申請をした。50ヘクタールプロットは設定だけで、3年から5年にかかる。測量、計測、同定の作業過程はどうみても少なくとも数十人のチームワークでなければ、とうてい完成するものではない。経費的にみてもひとつの国際学術研究の規模のものでないことは誰の目にも明らかだった。あえてその冒険を犯した山倉の行動は無謀のそしりを免れないと思っていた。がサラワク州政府の協力をえて、またアシュトン教授の参加をえて、滑り出しは上々であった。

1991年1月、田村三郎・東大名誉教授が東南アジア各地の熱帯雨林を現地調査されて、ランビル・プロットを文部省創成的基礎研究の研究対象地に指定された。山

倉は正直なところほっとしたに違いない。こうしてサラワク州政府森林局、アシュトン教授の米国ハーバード大学および日本が国際共同研究計画として、サラワク州ランビル国立公園に50ヘクタールプロットの建設をはじめることが本格化したのである。いまこの計画は4年めを迎えている。当初の計画のとおり、50ヘクタールの測量をおわり、第1回の調査にはいっている。1992年12月現在、全体の約半分の調査をおえた。第1回の調査結果の完全な集計をおわるまでに、なお約半年以上はかかるが、途中の集計だけをみても、番号がつく木の本数は40万本以上になるであろうこと、種数は最初の5ヘクタールの調査で、すでに990種を越えているから、全体では立木種だけで1200種、着生、寄生種を含めるとおそらく2000種はくだらないだろうことが予測されるようになった。

表1のウルガドウト・プロットは西スマトラ州のウルガドウトに設けた1ヘクタール規模の長期生態観察区のデータである。バロ・コロラド、ウルガドウトおよびランビル各プロットで、それぞれ測定対象となった樹木のサイズがちがうから、単純に数値を比較することはできないけれど、その点に注意してこの表のデータを読むと、ランビル・プロットは、これまで知られたどのプロットより種数がおおい。世界でもっとも生物多様性が高いプロットであると考えねばならない。

フタバガキ科のエル・ニーニョ開花説

熱帯雨林の巨大高木は40メートル以上のまっすぐな幹をもっていて、林冠からつきでている。まわりの木の上に出てはじめて枝をひろげる。20メートル以上の枝が前後左右にのびているから、樹高は60メートル以上に達し、20階建てのビルディングに匹敵する。ひろげ

た枝はかるく10アール程度の面積をおおい、6畳の部屋なら100室分にあたる。

熱帯雨林の巨大高木や高木の花は小型のものがおおい。開花の周期性、種子の豊作年と凶作年がかなりはつきりしている。1991年と1992年はボルネオで、近來稀にみる一斉開花、大豊作の年であった。とくに年周性がいちじるしく、豊作年の間隔がながいフタバガキ科の木がどの種類もほとんどが花をつけ、大量の種子を産した。たまたまエル・ニーニョが発生して、雨量がすくなく乾期がきびしかったためではないかという。アシュトン教授はフタバガキ、エル・ニーニョ開花説を熱心に唱えている。エル・ニーニョは1982年くらい3、4年にいちどの周期でおとずれている。つぎは1994、95年ころと期待されるが、この仮説が確かめられるときのたのしみである。

土壌と植生とその利用

表2に土壌と植生とその利用として、ランビル・プロットにみられる主要な土壌タイプと植生の関係を取りまとめた。尾根付近には砂質の、斜面下部には粘土質に富んだ土壌が出現する。土壌水は尾根から谷に動くから、斜面の上部で可動的、下部で停滞的である。その影響で土壌環境は酸化的になったり、還元的になったりする。おもしろいことはそういう土壌条件を植生が見分けているらしいことである。尾根に *Dryobalanops aromatica* が、斜面下部には *D. lanceolata* が優占する。

もっとおもしろいことは、こういう植生の棲み分けを伝統社会の人々はちゃんと知っていて、一方は焼き畑不適地、他方は適地とみていることである。だからかれらの焼き畑は、むやみに大面積を占めることはなく、どこもが一樣に畑地と化すこともない。ひどくこまやかさを感じさせるのである。しかもかれらの耕作期間は1年限りである。決して土壌をつかいきってしまわない。かれ

表1 いくつかの長期生態観察区の調査例*

バロ・コロラド島(パナマ)、ハベル・フォスター・プロット	
直径20センチ以上の樹木:	
	186種 7614本/50ヘクタール
ウルガドウト・プロット(西スマトラ)	
直径8センチ以上の樹木:	
	141種 770本/1ヘクタール
ランビル・プロット(サラワク州)	
直径1センチ以上の樹木:	
	995種 33,267本/5ヘクタール
10センチ以上	2618本/5ヘクタール
50センチ以上	153本/5ヘクタール

* 引用文献 2), 3) 参照

表2 土壌と植生とその利用*

地形	尾根	斜面下部
地質	砂岩	頁岩
土壌水	可動的	季節的停滞
土壌環境	酸化的	酸化・還元的
植生	<i>Dryobalanops aromatica</i>	<i>D. lanceolata</i>
A ₀ 層	4154±1853 g/m ²	765±398 g/m ²
根量	多く、深い	少なく、浅い
焼畑利用	不適	適
森林開発	有用木材資源	
農地開発	大規模プランテーション造成	

* (平井英明, 未発表)



図 2 伝統的な手法を守っている焼畑
中央上部尾根付近に永年作物のコシウを作
付けしているが、周辺は短期耕作跡地。二次
林に回復していく過程がみえる。

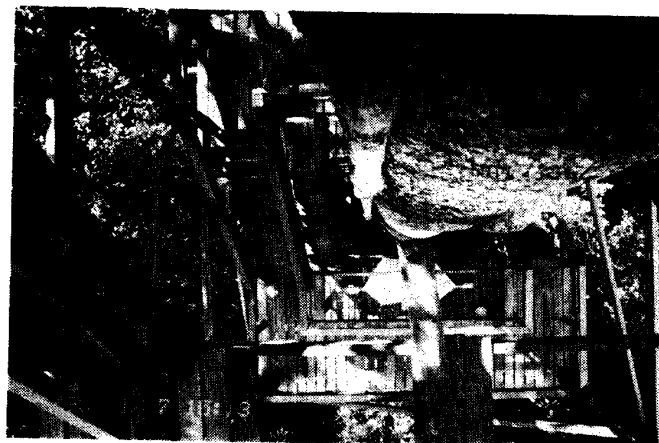


図 3 ツリータワーに登って上からタワーを見おろ
したところ
タワーは全体で35メートルの高さがある。

ら自身に土壌を保全したり、自然を保護したりする意識があるとは思えないが、伝統にしたがうことが図らずも土地の生産力を回復させ、持続させることになっているのである(図2)。

それに対して、森林開発は利用可能な木材を求めておこなわれるから、斜面の上部、下部にはおかまいなしにすすめられる。有用樹種で一定以上の直径のものであればよい。開発が抑制的におこなわれれば、森林の再生力を破壊するにはいたらないが、あまりに頻繁に繰り返されたり、いちどにあまりに多くの木材が伐採されたりすると、森林の回復はのぞめなくなる。

近代的な農地開発も同様である。できるだけ能率よく、できるだけ経済的に収量のおおきいことだけをもとめるから、いきおい大面積、単一作目の作付けに走るようになる。大規模プランテーションはみわたすかぎりのオイルパームであったり、コシウであったりする。まるで開発の力を誇示するかのように荒々しい風景を現出する。いったんこういう大規模開発がなされると、もとの森林生態系はかけらものこらなくなる。

林冠生物学計画—生物学の新しい分野の開拓

これまで、森林の研究は地上から樹冠をみあげながらおこなってきた。しかし、40メートルから50メートル以上の高さに展開する、林冠生物の世界は地上のそれとはまったくちがったものであるらしい。林内はいつもくらく、じめじめとし、静かで、やたらとむしあつく、変化にとぼしい環境をつくっている。これにくらべて林冠部はあかるく、さわやかで、にぎやかである。樹木ですら樹種ごとに、ときには一本一本の木ごとに、それぞれ



図 4 空中回廊ウォーク・ウェイを歩く井上民二京
大教授

固有の生育周期をもっていて、新緑、濃緑、開花、結実と多彩に変化する。そこへあつまる昆虫、トリ、ケモノはわれわれがこれまでみたことのない世界を展開している。林冠部に生活の場をもっていて、生涯、地上にはおりてこない動物がいることもわかってきた。植物の主要な機能である光合成は、もちろん木の上、樹冠部でおこなわれている。森林の主要な生命活動の場はまさしく林冠部にあることを思わせる。

林冠部にのぼり、そこを自由にあるきまわることができれば、林冠生物学という未知の世界の扉をあけることができる。林冠部にのぼるため、木に梯子をかけて登る

方法、登山用のロープをかけて、岩登りの垂直登高による方法、大型の飛行船でひろいネットをはこび樹冠のうえをおおってしまう方法など、いろいろな方法が試みられてきた。われわれはランビル・プロットで、ツリー・タワーとウォーク・ウェイおよびツリー・クライミングをくみあわせた方法をとることにした(図3, 4)。

ツリー・タワーは巨大高木にそって、その幹のまわりには塔を建てて、その木の樹冠に達しようというものである。70メートルの巨大高木、カプル(*Dryobalanops arcuata*)を選んだ。塔は一辺4メートルの木製。螺旋形に木の梯子がのぼっていく。3メートルごとに踊り場が設けられている。12段でこの塔の頂上に達する。いちばん下の枝まで塔の最上部からさらに4メートルばかり、のぼらなければならない。塔に使った木材はボルネオテツボク(*Eusideroxylon zwageri*)である。この地方でもっとも強い木材といわれている。

ウォーク・ウェイはタワーの5段目から、約30メートルはなれた高木の樹冠最下部にアルミ製の梯子を吊り橋のようにわたしたもののことである。梯子には踏み板をのせ、橋桁にあたる部分は安全のため漁網でおおっている。1992年12月、最初のツリー・タワー、ウォーク・ウェイの完成を記念して、開所式がひらかれた。基本設計は井上民二(京大教授)がおこなったが、建設はツリー・タワーも、ウォーク・ウェイもすべて現地の技術によった。

サラワク森林局にはツリークライマーという職種がある。両足に樹皮でつくったロープをはさんで、滑りどめにしながら数十メートルの高さに瞬時に登ってしまう。もっとも木が両手で抱えられないほど太くなると、登ることはできなくなる。だから大きい木に登るためには、そばの登りやすい木に登って、樹冠部にいたって枝から枝に移っていく。あるいはボウガンでテグスを大きい木の枝にかけ、順次太いロープにかえておいて、そのロープをユマールを使って登るという方法もある。伝統的な熟練と近代岩登り技術の提携といえよう。

ウォーク・ウェイは総延長300メートルに達した。岩登りの懸垂技術を応用すれば、ウォーク・ウェイの両わき5メートルは到達可能であるから、その範囲の林冠部は自由にいきまわることができるようになった。ツリー・クライミングの方法をあわせるとさらに広い範囲の林冠部にアクセス可能になる。われわれはいま確実に林冠生物学開拓の一步をふみだしたことを実感している。

熱帯雨林研究の目的

さいごになぜ熱帯雨林の研究が必要であるのか、につ

いてすこし私見を述べて小論のしめくくりとしたい。熱帯雨林は動物や植物の生活の場であるだけでなく、そこに依存して生活している人間も少なくない。熱帯雨林に依存する社会のありかたもまた多様である。何千という種族のひとたちが森のなかにすんでいる。なかにはいまもなお狩猟、採集、伝統的な焼き畑耕作にたよっているひとたちがいる。森林資源の近代的な商業開発をおこなっているものもある。

森棲みのひとたちは自分たちの生活に必要なもののいっさいを森のなかからえている。かれらには森をまもろうという意識がとくにあるようにはみえない。しかし、かれらは森の生態系をこわすことはけっしてない。かれらの生活は、ふかい智恵にささえられているようにみえる。それにくらべて、近代人の資源開発は手荒なものである。熱帯雨林は開発のみにくい爪痕をさらけだし、消滅の危機に瀕している。こういう状況は「自然」にできたものではない。人間社会のはたらきによって、自然生態系が変化したものである。もともと自然生態系の一員として生まれた人類が、自然の外側に人間社会をつくりあげた結果であるといってもよい。いまわれわれが目にする風景は、すぐれて社会化した風景である。それは社会生態系というとらえかたをしなければならないだろう⁴⁾。

社会生態系についてくわしく論じるだけの余裕はもうないので、簡単に結論を急がねばならない。熱帯雨林研究のめざすべきところは、熱帯雨林の再生、修復であることを主張しておきたい。もしもすべての人類、森棲みの人をふくめて、人類の歴史にとって、近代化は避けてとおることができない過程であるとすれば、近代社会に生きるわれわれはポスト・モダンの世界の風景に責任がある。現在の世界の風景を社会生態系としてとらえ、未来の世界の自然、生物資源と環境を伝統的な知恵に則って、技術を動員して、注意ぶかく計画し、実行していかなければならない。

近い将来の地球規模の環境問題と人類社会にとっての生物資源問題に対して、早急にせまられているのは、どうすればいまの生態系が更新するのか、劣化した生態系の修復のためになにをしなければならないのか、破壊された生態系を新しく生まれ変わらせるために何が必要なのか、生態系を創造することはほんとうにできるのか、といった課題にいまほど真剣にとりくまなければならないときはないだろう。

引用文献

- 1) P. W. Richards: "The Tropical Rain Forest,"

-
- Cambridge University Press, London, 450 pp., 1952
- 2) S. P. Hubbel & R. B. Foster: "Tropical Rain Forest: Ecology and Management," ed. by S. L. Sutton, T.C. Whitmore & A.C. Chadwick, Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 25-41, 1983
- 3) M. Hotta: "Forest Ecology and Flora of G. Gadut, West Sumatra," Kyoto University, Kyoto, 220 pp., 1984
- 4) 荻野和彦: 公害研究 **19** (4), 47 (1990)