

## 二次林にみる熱帯多雨林の再生過程

沖 森 泰 行

低地多雨林の静かな朝もやの中に、ミューラーテナガザルの長く鋭い遠吠えが朗々とこだましていく。森林に響き渡るその声は、森の眠りをさます心地良い起床ラップである。ここはほぼ赤道直下に近く、東カリマンタン州にあるブキットスハルト保護林の一角を占める国立ムラワルマン大学付属演習林で、通称ブキットスハルト演習林と呼ばれている。JICA が協力する「熱帯降雨林研究プロジェクト」のフィールドキャンプのひとつである。

ボルネオ島の南側 2/3 は、インドネシアのカリマンタン領である。ひと昔前まではここも立派な多雨林に覆われていただろうが、これまでに伐採や焼畑耕作、そして鉱山開発等によりかなりの低地林は豊かな林相を失いつつある。その東部を占める面積 20.2 万 km<sup>2</sup> の東カリマンタン州（日本が 37.8 万 km<sup>2</sup> であるから広さではその約半分強もある）はその中でも比較的森林の残っている所であるが、それでも企業の伐採は低地をほぼ終わり、山地帯へと移行している。本研究プロジェクトの目的は、主にこの東カリマンタン州を対象にして、多雨林の基礎的・実用的な幅広い研究を通じての健全な施業体系の確立と、共同研究を行っている国立 3 大学（ムラワルマン大学、ボゴール農科大学、ガジャマダ大学）の大学院レベルの林業研究教育への寄与となっている。

当プロジェクトは事務所をムラワルマン大学付属熱帯林造林研究所（通称名 PUS-REHUT）に置き、1985 年 1 月から 5 年の研究協力が始まった。1990 年 1 月から第 2 フェーズとしてさらに 5 年の延長（1990～94 年）が締結され、4 研究分野に発展整理された。私は 1987 年 8 月に長期専門家として派遣され、担当は「分野 II. 森林生態系の解析」（Inventory of forest ecosystem）である。その中に以下の 4 つの中課題がある：(1) 森林生態系の更新過程、(2) 森林生態系の機能解析、(3) 森林型の区分と動態解析、(4) 野生生物の管理。当分野の目的は、森林の保続的管理を森林生態系の保全という観点から解明することにあると理解している。それに対応して主に次の研究課題が実行されてきた：「山火事や焼畑後の二次林の回復過程」、「フタバガキとパイオニア樹種のフェノロジー」、「フタバガキとウリンの天然更新」、「林内微気象」、「フタバガキ混交林とパイオニア二次林における落葉落枝と分解速度」、「野生ほ乳動物の生態」等。ここでは、その一部を紹介したい。

---

OKIMORI, Yasuyuki : Regeneration Process in Secondary Forest of Tropical Rain Forest  
インドネシア熱帯降雨林研究プロジェクト専門家

## 1. 山火事や焼畑後の二次林の回復過程

東カリマンタンの低地・低山地に残る原生林は少なくなっている。企業伐採の対象となってきた森林は、皆伐が禁止されているので択伐（インドネシア式択伐法：通称TPI）施業となっており、地上部植物相の壊滅的破壊は免れているものの、対象となる大木が倒れたときに周辺の植物に影響を及ぼすし、何よりも対象面積が広い。そこへ焼畑耕作が重なってくる。さらに、同州のブラオからクタイ地域では、1982/83年に推定延焼面積350万haという大規模な山火事に見舞われており、これがさらに複雑な攪乱を与えていることになる。それらが組み合わさって草地や二次林の面積は相当に広がっており、林業的にもそれらの対処を迫られている（当地一帯の森林概況は、片岡（1985）が簡明に記している）。ぽっかりと開いた林内空間がなんらかの植物種によって埋められることは確実であるが、それが草本種なのか、ロタンなどツル性のものか、*Macaranga* などパイオニア樹種であるのか、そしてフタバガキ科など原生種がどのような段階で入り込めるのかは定かでない。この調査の目的は、それらの二次林の現状と回復過程を知ることにある。

私と共同でこの調査を行なっているのは、ムラワルマン大学樹木学研究室の若い講師 Paulus Matius 氏であり、東カリマンタン出身の彼は同地域の動植物に比較的明るい。ブキットスハルト演習林の面積は5,000haである。年降水量は2,636mm（1988, 89年の平均）で、当地では7～9月に寡雨で12～2月が多雨と言われているものの、月降水量は均等に分布しており乾季雨季の季節差は明瞭とはいえない。過去にローカル伐採業者による、フタバガキ科の *kapur* (*Dryobalanops* 属) と *meranti* (重硬な *Balau* 類を除く *Shorea* 属) の伐採があり、農民はボルネオ鉄木といわれるウリン (*Eusideroxylon zwageri*) を伐採し、部分的には焼畑耕作が入り込んでいた。そこへ82年の山火事が加わったため、現在は大部分はフタバガキ樹種の高木にパイオニア樹種が混在した林分となり、林相の良い林分は沢筋から斜面にかけてポケット状に残っている（写真-1）。これまで、ブキットスハルト演習林内に植生の破壊程度が異なる以下の3つの植生プロットを設定した：(1) 相当の被害を受けパイオニア樹種が優占しているもの (Heavily disturbed forest: HDF), (2) 中～下層植生が被害を受けているもの (Moderate disturbed forest: MDF), および (3) 被害が軽く良い状態を残しているもの (Light disturbed forest: LDF)。

表-1に3林分の概況を

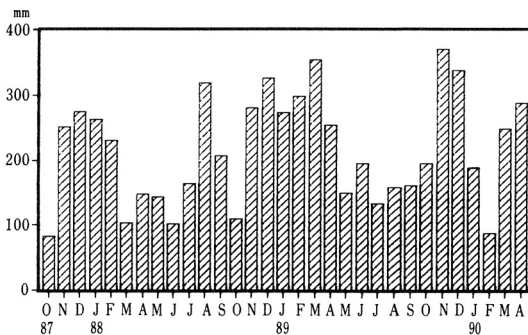


図-1 演習林の月別降水量分布

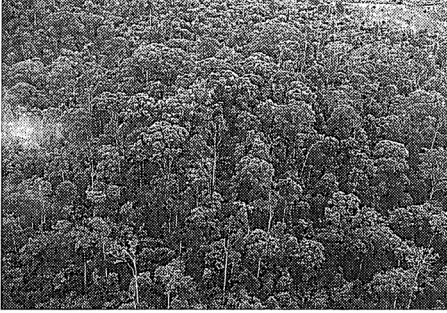


写真-1 ブキツスハルト演習林の遠景—  
良い林がポケット状に残っている  
(1989年1月)。

示した。まず比較的良好な状態で残っている森林 (LDF) を種組成と構造でみると、ha 当りに 320 本 (dbh  $\geq$  10 cm) で樹種は 32 科 130 種、そのうちフタバガキ科の樹種は 13 種 37 本であるが、胸高断面積でみると全体 25.5 m<sup>2</sup> の 43.5% がフタバガキでありその優占度が高いことがわかる。特に、この林分では *Shorea laevis* という重硬な bankirai グループの木が尾根筋に多く、この木はその硬い材質を嫌われて焼畑地

などでも切り残されがちで、焼畑で裸にされた丘にただ一本その巨体を堂々とさらす姿を見かけることがある。林分構造では各層を樹冠が埋めているが、樹高 5~10 m の若齢木が少なく、それは山火事によって消失したものと思われる。

これが火事や伐採の強い攪乱を受けた林分 (MDF, HDF) になると、まず明らかに種数が減少している。HDF の調査対象面積が 0.36 ha と小さいのは、少数のパイオニア樹種に優占され林相が一様であったからである。例えば、201 本の高木個体数のうち 89.1% がパイオニア樹種であり、さらにそのうちトウダイグサ科の *Macaranga gigantea* は、相対優占値 (Importance Value: IV, 総計値 300%) が 136.3% と群を抜いて高い。この樹木は大きな葉と白くてやや細かい皮目が日本のキリ (桐) とよく似ている。更新の過程では、MDF はパイオニア種の強い進出を受けている過程とみられよう。高木層の種組成をみると、MDF は高木総個体数のうち一次林原生種 (フタバガキ+非フタバガキ一次林種) が 53.7% とパイオニア種と半々となり、パイオニア樹種の進出の勢いを知ることができるが、パイオニア樹種の相対被度 (胸高断面積による) は全体の 12.1% であり、樹冠の大きく欠けた所に続々と進出しているが、面的な優占はまだ小さいといえる。

まず *M. gigantea* の直径成長を HDF プロットでみると、平均胸高直径 12.8 cm の大きさの木で、16 か月間の平均直径肥大成長は 2.8 cm である。最大の肥大成長は 5.4 cm を記録している。成長が速いので、個体番号札を固定しているクギが外へはじき出されてしまうぐらいである。これが原生樹種ウリンになると、平均直径肥大成長は 1.2 cm と半分以下 (同じプロット内に残存する直径 15 cm 前後の若いもの) に落ちる。

次に火の影響を樹木の傷害でみると、高木 (D  $\geq$  10 cm) の幹の基部が黒く焼け焦げた跡が残っているものは、全高木個体数の 21.3% (LDF), 25.9% (MDF) そして 8.0% (HDF) であった。HDF プロットで傷害木が少ないのは、大半が焼けて倒木となったためと思われる。比較的良好な林相の LDF プロットでも、1988 年 1

月から16か月の間に13本が倒れたが、そのうち10本は幹の基部が黒く腐り明らかに火に焼かれたものと思われる。倒木数でLDFが一番多いのは山火事の直撃は少なかったものの、火にあおられて焼けた基部が徐々に腐ってきて弱り、樹冠は降雨を受けて重くバランスの悪いところに、強風であおられて倒れた結果と思われる。

倒木という点では1988年12月11日の夜半に、強風雨によって演習林一帯に発生した倒木はかなり大きかった(写真-2)。一般に多雨林では風が弱いといわれるが、強い降雨の前にはかなり強い風が吹くもので、今回の強風は人夫の家のトタン屋根を吹き飛ばす程のものであった。演習林の林道は総延長14kmだがうち10kmの沿線で発生した倒木(D>=10cm)を調べたところ、倒木数は49本で、それに付随して倒されたものが40本あり、合計で89本が倒れた。興味深いのは、すでに立枯れ状態であった木は6本しか倒れていないということだ。立枯れ木は山火事の影響で枯死したもので、乾燥して真っ白な幹をさらしてたっている。強風雨があればこのような立枯れ木が真っ先に倒れると想像したが、実際には生立木が多かったのはなぜだろうか。ひとつには、この森林が山火事の被害にあったのは択伐後のことで、林冠はかなり疎になって、強風が入りやすくなっていたこと。また、この年の11、12月は降雨が多く、土壌の表面侵食を受けており、生立木は前日からの降雨で樹冠に十分に雨を

表-1 攪乱程度の異なる演習林の3林分の概況  
LDFは比較的良好な林相の林分、MDFは中程度の林相の被壊、HDFはかなりの攪乱を受けた林分

植生プロット	LDF	MDF	HDF
プロット面積(ha)	1.0	0.72	0.36
A 総計			
樹木本数	310	320	201
種数	130	86	37
科数	32	28	17
胸高断面積(m <sup>2</sup> )	25.5	15.5	4.6
ha当り胸高断面積(m <sup>2</sup> )	25.5	21.5	12.9
B フタバガキ科樹種			
樹木本数	37	35	6
種数	13	14	5
相対密度(%)	11.9	10.9	3.0
胸高断面積(m <sup>2</sup> )	11.1	5.0	1.0
相対被度(%)	43.5	32.3	22.5
C 非フタバガキ科一次林樹種			
樹木本数	269	137	32
種数	113	63	26
科数	29	24	11
相対密度(%)	86.8	42.3	15.9
胸高断面積(m <sup>2</sup> )	14.2	8.6	1.4
相対被度(%)	55.6	55.6	29.0
D パイオニア樹種			
樹木本数	4	148	163
種数	4	9	6
科数	2	3	4
相対密度(%)	1.3	46.2	89.1
胸高断面積(m <sup>2</sup> )	0.2	1.9	2.3
相対被度(%)	0.9	12.1	48.5

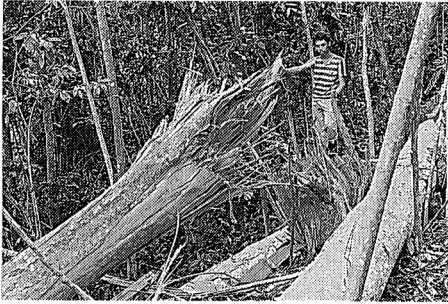


写真-2 演習林で1988年12月に発生した強風による一斉倒木。倒れた大木は連鎖的に倒木を引き起こしていった。

受けて上方が重くなっていたからであろう。一方、立枯れ木の場合、全体が軽く固いために逆に倒木しにくかったのだろう。

このような攪乱を受けた森林が、どのように次代の更新をしていくのか。この点ではまだ十分にデータがないため単なる予想の域をでないのだが、考えてみたい。林分成長を断面積合計でみると、16か月間に MDF, HDF プロットはそれぞれ  $2.78\text{m}^2/\text{ha}$ ,  $1.95\text{m}^2/\text{ha}$

と増加しているが、比較的良好な林相の LDF では逆に  $0.51\text{m}^2/\text{ha}$  減少している。上記2プロットの増加は主に *Macaranga* 等のパイオニア樹種の進出と成長によるが、LDF は倒木による減少が大きい。天然更新では HDF ではフタバガキの幼稚樹は全くみられず、幼樹や若木ではパイオニア種が優占している。LDF では原生高木種の幼稚樹が多いのだが、MDF になると、若木と幼樹の段階では原生樹種とパイオニアの相対密度が同じくらいなのに、実生では格段に原生樹種の方が多くなっている。

攪乱による被害が他の要因と相乗して徐々に森林の生長速度を鈍らせていると思われる。特に、ブキットスハルト演習林のように孤立化した森林では、外域からのパイオニア種の進出と、倒木等による内部からの崩壊により、元の森林に回復するには相当の年数がかかると思われる。

## 2. フタバガキ混交林の樹木フェノロジー

このような攪乱を受けた森林での更新を考えるにはまず更新の母体となるタネの供給がなければならない。そこでこの地域での樹木の開花・結実の周期特性の研究、いわゆるフェノロジーの研究を関連づけた。このスハルト演習林は、なだらかな褶曲をえがく低地と低山地を形成し、植物生態学的には熱帯低地常緑多雨林群系の混交フタバガキ林が主体となる。そこで1986年から同じくムラワルマン大学の Ripto Permono 氏と、フタバガキを主体にしたフェノロジーの観察と著者が独自に行っている樹冠部のフェノロジーの観察を行ってきた。フェノロジーの観察には次の3つにポイントをおいてきた。(1) 林道沿いのフタバガキ科高木、(2) 林冠部、(3) *Macaranga* 等のパイオニア樹種の観察である。(1)と(3)は演習林の主要林道沿いに個体番号を打って観察し、(2)は比較的良好な林相の最高木の25m部に観察台を設置して樹上観察を行っている(写真-3)。

ここでは、(1)の観察の結果を若干紹介する。1986年から1989年までのフタバガキ科の開花・結実周期をみると、86年と87年は成り年であった。表-2に、フタバガキ科の開花・結実樹種を載せた。86年に14樹種90本、87年には16樹種121本のフタ

バガキ科の開花が確認されたが、88年と89年にはそれぞれ2樹種2本と1樹種1本しか確認できなかった。フタバガキ科は開花・結実の豊凶が非常に明確であり、豊作年以外にタネの供給を期待することはなかなか難しい。豊作年であった1987～88年をみると、開花期、結実期さらに果実落下期はそれぞれ明瞭なピークをもっていた。開花した樹種をみるとここで多いのは *Shorea smithiana* が29本、*Dipterocarpus cornutus* が23本であった。当地では尾根筋には *S. laevis* が目立つが、開花を確認したのは6本に過ぎなかった。豊作年でも開花は樹種によって違うようである。開花・結実の種内での同調性はややまちまちであるが、種間でみると意外と明瞭である。1987年でみると、*Dryobalanops lanceolata*、*Dipterocarpus* 属が早く開花を始め、次に *Shorea* 属の *meranti* グループ、それに続いて *Shorea laevis* の *bankirai* グループが続くようであった。しかしその後、1988年には時折ポツポツといくつかの開花がみられたに過ぎなかった。しかし、種内の同調性はあるようで、*Vatica javanica* は10月初めにほぼ同時に3本が結実し、*S. pauciflora* は1989年4月にほぼ同時に2本が結実して落下した。

また、開花して後に成熟果実にとらないものも多い。平均すると成熟果実形成率は約43.0%である。しかしいったん成熟して落下したタネの発芽率はかなり高い。実験室の室温条件で50個3回以上のくりかえしで発芽率をみると、*Dipterocarpus* 属を除くと発芽率は83.2%から98.0%であった。成熟にとらない原因に動物による被害も少なくない。*Dipterocarpus* 属の大きく硬い種子はゾウムシの幼虫による被害、*Shorea* 属のやや小さく柔らかめの種子には小鳥のついでみによって、種子が全滅した例を観察したし、小久保(1987)はゲツ菌類の被害も指摘している。また林床の成熟種子がイノシシに食われることも多い。

### 3. ダヤク族焼畑跡地の森林の再生

これは、「山火事や焼畑後の二次林の回復過程」の一つとして新しく取り上げた調査である。攪乱後の遷移と動態の過程を考えるには、次の3つの要素：強度(intensity)、広さ(size)、期間(duration)(JORDAN, 1985)を前提にしなければならない。それは、この組合せによって経過が異なってくるからである。その点をもっと明らかにするために焼畑放棄地の植生調査を行っている。

場所はマハカム川上流200kmにあるMelakから奥に入ったMencimai村で、



写真-3 樹冠フェノロジー観察用のアルミ製ハシゴ。観察台は25mに設置。微気象観測用のセンサーも取り付けられている。

表-2 演習林で 1987/88 年に開花・結実したフタバガキ科樹種の一覧

フタバガキ科樹種	Fl	Fr	M	IM	M/Fl %	G %	Collection date
1 <i>Anisoptera costata</i>	3	3	3		100.0	83.2	Dec 24, '87
2 <i>Dipterocarpus confertus</i>	6	6	3	3	50.0	76.0	Mar 04, '88
3 <i>D. cornutus</i>	23	23	7	16	30.4	70.7	Feb 24, '88
4 <i>D. humeratus</i>	1	1	1		100.0		
5 <i>D. tempehes</i>	3	3		3		37.5	Feb 26, '88
6 <i>Dryobalanops lanceolata</i>	7	7	6	1	85.7	86.2	Feb 14, '88
7 <i>Shorea gibbosa</i>	9	8	2	6	22.2		
8 <i>S. laevis</i>	6	5	1	4	16.7		
9 <i>S. lamellata</i>	1	1	1		100.0		
10 <i>S. leprosula</i>	3	2		2			
11 <i>S. ovalis</i>	8	8	8		100.0	98.0	Mar 07, '88
12 <i>S. parvifolia</i>	6	6	2	4	33.3	97.2	Mar 22, '88
13 <i>S. pauciflora</i>	11	11	4	7	36.4	88.0	Mar 04, '88
14 <i>S. seminis</i>	2	2	1	1	50.0	98.0	Mar 16, '88
15 <i>S. smithiana</i>	29	29	12	16	41.4	94.0	Mar 16, '88
16 <i>Vatica javanica</i>	3	3	1		33.3		
計	121	118	52	63	43.0	53.4	

Fl: 開花個体数; Fr: 結実個体数; M: Fr 中で種子が成熟したもの; IM: Fr 中で種子が成熟しなかったもの; G: 室内試験発芽率

ここは Dayak 族の Benuaq 部族である。一口に Dayak といっても大小さまざまな部族があり、その伝統的な焼畑手法は、交通の基幹であるマハカム川に沿って、貨幣経済の浸透と流通の発達により、ダイナミックに変遷している。その辺の社会経済の実態は、当プロジェクトでもすでに詳しい調査が行われた（井上, 1988; INOUE, 1989）。これを自然生態系との関わりで総合的に把握するため、植生と土壌部門の共同の研究課題として取り上げた。Mencimai 村には 1960 年代にジャワ島からの開拓移住民が入植し、Benuaq 部族の伝統的焼畑によって回帰している森林は少なくなっている。しかしそれでも丘陵地帯の尾根部には天然のフタバガキ混交林が残っているし、また焼畑放棄後 100 年までの各段階の林分が残っている。

当地には、焼畑放棄直後の shrub 林から 70 年以上経過した林分、そして天然林まで小面積のバッチ状モザイク林が成立している。そして驚いたことに、70 年以上の二次林には陽性的と言われるフタバガキ科の *Shorea parvifolia* (現地名 merontos bura) を中心に、純林に近いものが比較的頻繁に形成されている。これは非常

に興味深い事実である。また、放棄後一斉に発生する *Macaranga* spp., *Trema* spp., *Commersonia* sp., *Schima wallichii* 等のパイオニア樹種も、火入れの頻度や土壌の違いによって発生樹種が異なる。この中から土壌条件を同じにして、放棄後2年, 10年, 20~30年, 40~50年, 約70年以上(地元民の区分に従う)の林分を一つずつ選び、パイオニア樹種の盛衰とフタバガキ林の成立状況に注目して、60×60mのプロットを設定して毎木植生調査を行った。生態学的にはパイオニア樹種間の推移と盛衰、パイオニアから他の二次林または一次林樹種への移行、そしてフタバガキ科樹種の出現過程に興味深い現象があった。また、フタバガキ科の中でも二次林の比較的初期に発生しやすい樹種があり、もし近傍に母樹林分が存在しタネの供給条件があれば、焼畑のような小面積皆伐でもフタバガキ林成立の可能性が考えられる。これをフタバガキ林施業技術へのきっかけとしたいものだ。しかしこれにも長い年数を必要とするので、成立までの年数の短縮をどのようにするかがポイントとなるであろう。

補足ではあるが、これまで植生調査をしていましてまさにカリマンタンが動植物の宝庫であることを実感しているが、現地の標本館は非常に少ない。当研究所も、動植物の研究の基礎資料となる標本が整理されておらず、Paulus氏と協力して研究所の一室に標本室を設けた。当面はフタバガキなど林業有用樹種のさく葉標本を中心に収集している他、哺乳類や昆虫など調査で収集したものを保管しているものの、標本数や施設はまだまだ貧弱である。ただ、当地でも、すでにムラワルマン大学林学部にGTZ(西ドイツ)の援助で植物標本室が整備されている他に、サマリダ林業試験場の分場のWana-risetでも、Tropenbosプロジェクト(オランダ)がかの有名なLeiden標本研究所の協力を得て、本格的なフタバガキ科樹種の標本館を建設し始めたことをつけ加えておきたい。

〔参考文献〕 1) 井上 真(1988):ダヤク族の村を訪れて、熱帯林業12, 33~40 2) INOUE, M. (1989): Final report on Swidden cultivation in East Kalimantan, Tropical Rain Forest Research Project, JICA 3) JORDAN, C.F. (1985): Nutrient cycling in tropical forest ecosystems, Wiley, New York, 190 pp. 4) 片岡寛純(1985): 東カリマンタンの低地熱帯降雨林管見記, 熱帯林業4, 13~23 5) 小久保醇(1987): フタバガキ科種子の死亡要因(予報), 熱帯林業8, 21~25 6) W. ヴィーヴァーズ・カーター(渡辺弘之監訳)(1986): 熱帯多雨林の植物誌, 平凡社, 209 pp.