

# ブキットスハルトの森で見たこと、考えたこと

—JICA 熱帯降雨林研究プロジェクト 15年の成果をもとに—

森 徳 典

## 1. フタバガキ林の成立とエルニーニョ

大災害をもたらすような気候変動が平均的な変動より、植物生存に大きく影響している (T.C. WHITMORE) と言われている。インドネシア国東カリマンタン州の熱帯降雨林の場合について考えてみた。それには、まず、その地の気候風土から説明せざるを得ません。

東カリマンタンは、ボルネオ島の東部で、マカッサル海峡を挟んで、スラベンシ島と相対している赤道直下の州である (図1)。赤道域の気候は気温の季節変化がなく、むしろ

雨量の分布に特徴がある。東カリマンタン中南部の平地 (以後クタイ平地と称する) の年平均雨量は、2,000 mm 程度であり、熱帯降雨林地域としては、やや少ない方である。雨量は年間を通して比較的均等にある

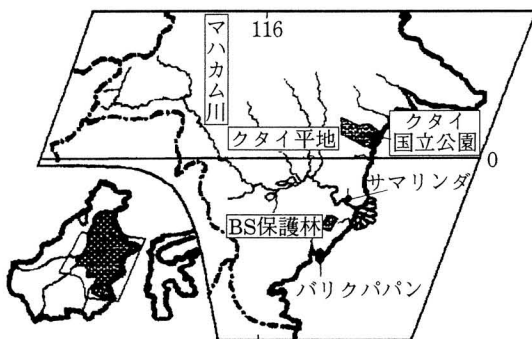


図1 ボルネオ島 (左下挿入図) と東カリマンタン中南部研究現場である演習林はブキットスハルト (BS) 保護林にある。

MORI, Tokunori: Occasional Notes at the Bukit Soeharto Forest in East Kalimantan, Indonesia—Based on Tropical Rain Forest Research Project of JICA for 15 years—

JICA 熱帯降雨林研究計画プロジェクト派遣専門家 現農林水産省森林総合研究所

が、8～10月はやゝ雨量が少ない。それでも、9月の約80mmを除けば100mmを割ることはない(REEK 2章)。土壌は石灰岩地や低湿地を除けば、熱帯地域で普遍的にみられる Ultisols である。そして、当州は石油、石炭、木材などの天然資源に富んでいる。

このクタイ平地の中央部にマハカム川があり、陸封されたカワイルカが棲息することで有名である。今世紀半ばまでは、この川の中・上流部には、ダヤック族に属する原住民が伝統的な焼畑農業を営み、平地の河岸域にはクタイ族の部落が、海岸部にはブギス族の部落が点在する程度であったと言われている。したがって、クタイ平地の大部分は、フタバガキ科の樹木が優占する熱帯降雨林で覆われていた。花粉分析によれば、ボルネオでのフタバガキ科樹種の分布は3千万年以前から認められるといわれている。この間フタバガキはどのようにして、優占樹種としての地位を守ってきたのであろうか。

高温多雨で変化の少ない気候条件下にある東カリマンタンであるが、時々厳しい乾燥にみまわれることがある。20世紀に入ってからは、降雨記録によれば、1903/04, 1914/15, 1941/42, 1971, 1982/83, 1997/98年にきびしい乾燥があった。これらの年は強いエルニーニョ現象が起きた年であるとされている。エルニーニョ現象は、最近に始まったことでなく、千古の昔からの現象とされている。1982/83と1997/98の記録によれば、両年とも乾燥が6月ころから始まり、10月までと翌年の1月頃から4月頃まで続くというパターンであった。11, 12月以外は、両乾燥期とも無降雨日が100日前後も続くという厳しい乾燥であった。モンスーン熱帯林であれば、半年ぐらい無降雨の期間を経験するのであるが、通年して降雨があるクタイ平地の常緑林にとって、3～5か月に及ぶ乾燥月が、2か月程度の降雨期を挟んで2度も訪れるということは大災害に匹敵する。

事実、1997/98年の乾燥時には、ブキツスハルト保護林(図1)で、*Shorea leprosula* および *S. smithiana* の超優勢木が乾燥枯死し、また、大学構内の樹木園では、*S. smithiana*, *S. seminis* の9割、*S. ovalis*, *Dryobalanops beccarii*, *Hopea mengerawan* の2/3の個体が乾燥死した(REEK 3章)。フタバガキの大径木は、小径木に比較して、乾燥被害を受けやすいと言う事実は、1982/83年の大乾燥時にも、サバ州及び東カリマンタンのクタイ国立公園で記録されている。これら枯死大木は、数年から十数年以上も倒れないで立っている。この条件は、その木の周りに生育するフタバガキ前生稚樹にとって、絶好の生育環境となる。急激な疎開もなく、また、倒木によって損傷を受けることもない。前生稚樹がなくても、裸地化しないので、多くのフタバガキ種子の発芽生育に

としては好都合である。従って、千古の昔から、百年に数回訪れる大乾燥は、フタバガキ科樹種の更新に絶好の機会を与えてきたと考える。

フタバガキ科樹種は10年に2~3回の割で、開花齢に達した樹木の半数以上が開花結実する。花芽分化の誘導要因として、各種の説があり、乾燥ストレスもそのうちの有力な要因の一つである。ブキットスハルト保護林でも、1990年代に3度の中規模乾燥(7~10月の小雨)後に、一斉開花が観測されている(REEK 11章)。このような乾燥期の襲来によって生産された種子の芽生えは、次世代をになう後継樹として、大乾燥期の襲来まで、じっくりと林床で待ち続けるのであろう。時たま襲ってくる大・中の乾燥がフタバガキ林を維持してきたと言えるのではないだろうか。

## 2. フタバガキ林劣化の元凶

1970年頃着任した教官によれば、当時マハカム川はまだ濁っていない、魚が見えたそうだ。今のような泥川になったのは、流域で石炭の露天堀りが開始されてからであるという。移民政策による森林の農地化もこれに拍車をかけたものと思う。さらに、コンセッションによる木材伐採がある。インドネシア式択伐造林方式(TPTI)は、標準的には、50cm以上の商業樹種の伐採、次期伐採木(dbh20~50cm)を25本以上残すこと、不良林分への植林を組みあわせたもので、伐採周期を25~40年としている。上述のように、適度の上木の除去は、更新の引き金になる。しかし、乾燥枯損による場合と択伐の場合では、林地に与える影響が著しく違う。仮に乾燥枯損と同じ本数だけ伐採したとしても、伐倒・搬出による中小径木の損傷、搬出路や集材土場などの敷設による裸地化と踏圧は、後継樹の生育に大きく影響する(REEK 18, 19章)。

ブキットスハルト保護林では、1960年代後半から70年代の前半にかけて、一度択伐が行われた。1997年当時には、集材土場の近くや搬出路に沿った地域では、大径のフタバガキはhaに数本しかない二次林であったが、場所によっては、原生林に比較して、種数及び地上部バイオマスが2/3程度、フタバガキ樹種の胸高断面積合計が4/5程度という劣化の程度が少ない林分も残されていた(表1)。このような原生林に近い林で、「どのくらいの年数で元に戻るか」という質問をよく受けた。平均的な成長量から推測すれば、あと半世紀もすればバイオマスはほぼ元に戻ると思われる(REEK 10章)。しかし、種数に戻るには、どのくらいかかるであろうか。近くに母樹がある場合を除けば、種数の回復は、量的なものより一桁も二桁も年数が違うのではないだろうか。動物も含

表 1 火災前後における森林の変化

ha 当たり	1997 (火災前)		1998 (火災後)	
	種数	地上部乾重量 (ton)	種数	地上部乾重量 (ton)
A 林	151	315	108	266
B 林	42	113	15	25
原生林	180~250	400~500	(注: 1980 頃の近隣 3 調査林分)	

A 林: 弱度の択伐 (1970 代前半) と火災 (1983 年) を受けたフタバガキ林

B 林: 強度の択伐と火災被害を受けた後に成立したマカラング優占林

めた生態系で考えると、分断化された集団内における遺伝的変異の縮小による種の衰弱、絶滅の方が、種の回復より遙かに早い時間で進むと思う (REEK 20 章)。

ブキットスハルト保護林は、1997/98 の大乾燥年に、1982/83 年に続いて、2 度目の火災に遭遇した。熱帯降雨林の火災は通常地表火で、林床の落葉、落枝や地表植生が燃える。よく言われるように、原生林の地表は暗く、地表植生が少なく歩きやすいのに比較して、2 次林は小低木が密生して藪状になっている。従って、火災被害も 2 次林や林冠が開いている択伐跡林の方が大きく、生立木の 90% 以上が焼損することも珍しくない (表 1)。劣化の少ない林では、1997 年の種数の 2/3 に、バイオマス量は 4/5 に低下した。さらに問題は、火災被害の少ない原生林でも、小径木には被害が大きく、稚樹は 100% 死亡する。従って焼け跡林では、これまで出番を待っていた後継樹が全滅するために、被害影響は後代になっても消えない。また、たとえ生き残っても、形成層の被害や地表近くに分布する吸収根の損傷、及びそれに共生する菌根菌が激減するために、乾燥時に落葉した葉量がなかなか回復せず、大木が次第に衰弱して枯れていく現象が、火災後 5 年以上経過しても観察されている (REEK 10 章)。

1999 年末現在、クタイ平地で普遍的にみられる樹木地は、火災後発生した低木性のパイオニア樹種 (*Macaranga tanarius*, *Piper aduncum*, *Trema cannabina* 等) と根株から萌芽した樹種 (*Millettia sericea*, *Nauclea orientalis*, *Pterocarpus* sp. 等) からなる低木乾性林、20~30 m の高木や枯れ木が孤立して点在し、林床にはやゝ樹高が高くなるパイオニア樹種 (*Homalanthus populneus*, *Macaranga* sp., *Trema orientalis* 等) で覆われているごく若い二次林、そして高木が残るものの、枯損大木が混じり、大きなギャップも散在するフタバガキ林に大別できる。

クタイ平地の道路から眺められる風景は、ブキツスハルト保護林とクタイ国立公園を除いては、ほとんどが前2者のような劣化の著しい樹林地のみである。今後も十数年に一度という頻度で火災にみまわれれば、保護林地域といえども、低木林化することは間違いない。2度と再び樹高50~60mを越えるフタバガキ高木林を目にすることはできなくなるであろう。エルニーニョ現象は、今後もますます頻度が高くなると予測されている。従って、この地域の原生林を保全するには、防火対策は緊急かつ最重要課題である。フタバガキ林の成立維持に貢献してきたエルニーニョ現象も、人間活動の拡大で、逆に破壊の最大の原因となりつつあるとは皮肉なことである。

### 3. フタバガキ林の修復指針

劣化林を修復しても、「火災で灰じんに帰す」から、未だにどうしたらいいかわからないというのが、多くの企業造林関係者の話である。何もしないというのでは、防火の努力も放棄される。やはり修復をすることで、住民の森林への関心を高める必要がある。

一般に、フタバガキ樹種は、幼時は被陰下でゆっくり育つため、強光は成長を阻害するように思われている。しかし、一旦根系が土壤に定着して、葉量と根系量のバランスがとれるようになれば、言い換えれば、その時々々の光条件の下での蒸散量に見合うだけの水分量が供給できるようになれば、十分量の光があるほど成長量は大きくなる(REEK 12, 13章)。ポールサイズ(直径10cm程度)以上の木では、上層林冠が開ければ、年間平均5~6mm、最大10mm以上の直径成長をする(REEK 10章)ので、50年もすれば直径60~70cmの大木になる。東南アジア諸国では、直径50~60cm以上の木を伐採する択伐方式が標準的作業になっている。幼時の成長を早める作業を導入すれば、60~70年伐期で林業を営むことも夢ではない。

フタバガキ林のもう一つの特徴は、種構成が複雑なことである。1ha中1本しか出現しない樹種が全種数の2/3近くを占め、全種数(直径10cm以上の木本)は200を越える(REEK 9, 10章)。いろいろな性質の種が入り混ざって生育していれば、環境変動に対して、森林がより大きな柔軟性を発揮できる。更新においても、一斉開花・結実した種子が散布された後、後継樹になるまでには、様々な環境要因;立地的、気象的、生物的要因によって、淘汰されていく。林地に存在する樹種数が多ければ、その時々、所々の微地形、微気象、生物害の変動に対して、耐えて生き残れる種の出現確率が高くなる。逆に、後継樹が

偏った数種のみでは、全滅する確率が高くなる。言い換えれば、種を多数分化させることによって、多雨林における優占樹種の地位を確保してきたともいえる。従って、数多くの種が樹冠層を形成するような森林では、天然更新が期待できるが、少ない種数から形成される森林では、更新を確実にするために、エンリッチメント植栽などの人手を加えるのが安全であろう。

フタバガキ科には500種以上に及ぶ樹種が包含される。ボルネオ島にはもっとも多い270を越える種が分布する。それらは海岸低地から1,000mを越える高地まで、また湿地林から乾燥尾根までと、それぞれの立地に適応した樹種が生育する。これほど極端な例でなくとも、ブルネイにおける調査では、144種中4土壌型に共通して出現したのは、たった7種に過ぎなかった。一方、60種は1土壌型にのみ出現した。このような種特異性は成長習性にも見られる。たとえば、幼時から十分な光を要求する、あるいは強光に耐えられる性質を持った樹種がある(REEK 24章)。*S. robusta*, *S. leprosula*, *Hopea odorata* 等はそのよい例である。こうした樹種は、人工植栽、とくに草原や低木林への裸地植栽が可能である。しかし、多くのフタバガキ科樹種は、植生遷移の法則に基づいて、パイオニア樹種などの成熟林の林床や林間(ギャップ)に植栽する方が理にかなっている。それも、立地に合わせて樹種をきめ細かく選択していく必要がある。そして、単一のフタバガキ科樹種の大規模な純林を作ろうとしないことである。

#### 4. 焼畑とアランアラン草原

どこの世界にも通説、常識はあるが、それが時として解釈が間違っていることがある。たとえば、「森林火災はアランアラン草原を増やす」「焼畑放棄地は草原になる」とよく言われることであるが、果たしてそうであろうか。高温多雨地帯では、放置すれば、普通は森林となるため、毎年火入れをしないと草原は維持できない。その意味では、毎年のように野火が入る場所がアランアラン草原になるのは頷ける。しかし、2,3年耕作した焼畑跡地は、必ずしもアランアラン草原にならない。熱帯では、林地が裸地化すると、すばらしい勢いでパイオニア樹種が埋土種子から発芽してくる(REEK 3章)。焼畑民の一番の苦労は雑草木との戦いであると言われている。アランアランとパイオニア樹種の芽生えが、同時に、あるいは後者が若干遅れても侵入すれば、最初はアランアランが優勢であるが、1~2か月もするとパイオニア樹種がアランアランの草丈を追い越して、優占種となり、そのまま低木の樹林地となる。したがって、アラン

アラン草原となるのは、毎年のような野火の外は、木本の埋土種子がなくなるような耕作地、すなわち永年性の作物の栽培跡地や除草剤を繰り返し使用した農耕跡地に限られる（REEK 17 章）。

「アランアラン草原は土地生産力が低い」もっと一般化して「地上植生が原生林—2次林—草原と劣化するに従って、土壌も劣化している」などという話もある。結論から言うと、成立10年前後のアランアラン草原の土壌置換塩基量は、原生林のそれと同等のレベルにあるという（REEK 4 章）。しかし、原生林の土壌中には、置換塩基量は少ないかもしれないが、地上部を含めた生態系全体では、塩基量は格段に多いはずである。なぜなら、地上部バイオマスは、原生林で400 ton/ha、2次林で100 ton/ha以上に達する（表1）のに、アランアラン草原では、10 ton/haに達しないからである。これは、別の見方をすれば、原生林は非常に効率よく塩基を利用しつつす系（樹木—落葉—分解—吸収の素早い回転系）を保持していると言える。農民が焼畑を行う場合、草原より森林を好むのは、森林バイオマスを焼いた方が、草を焼いたときより多くの塩類が土壌に還元されるからであろう。だから、劣化植生の土壌は痩せていると思われるのだらう。その他に、アランアラン草原は焼いたたけでは畑にならず、根系を全て掘り取るという手間がかかるので、農民が嫌うのであろう。従って、アランアラン草原は増える一方である。

炭素の貯留が多く黒色をした火山灰土は、土地生産力が高く、ジャワ島に見られるような集約な農業と高い人口収容力を生み出している。東カリマントンには、それは局所的に分布するに過ぎない（REEK 8 章）。従って多くは粗放な農業（焼畑）が主体である。焼畑放棄地には2次林が成立し、年数を経ると共に原生林樹種が侵入してくるようになる。原生林樹種が上層林冠を占めるようになるには、マハカム中流域でおおよそ70年の時間が必要であった（REEK 16 章）。「伝統的な焼畑耕作は、環境に優しい」と言われるが、現在、人口増と貨幣経済の浸透で、平均的焼畑回帰年は10年、長くて15年である（REEK 15 章）。これではせいぜい高木性の *Macaranga* 樹種などが、最高密度に達した段階でしかない。土壌生産力の回復の観点からもっと長い休閑期間が必要である（REEK 6 章）。伝統的な焼畑耕作民は、一定地域を周回して耕作し、その周りには、果実や葉草を採取する森、狩猟をする森を保存している。一方、移住民による焼畑は移動耕作で、耕地を求めて際限なく広がっていく。この違いはあるが、どちらにしても農耕の民が居る限り、そして人口が増加する限り、原生林は保護林として守らない限り、熱帯原生林はすべて早晚二次林化するであ

ろう。

## 5. プロジェクトの経緯と今後

この15年間の成果のごく一部を、私の興味本位でまとめたのが、以上の物語である。情報は、まだまだ語り切れないほどあるが、このあたりで休止して、プロジェクトの話をする。

スハルト元大統領は政権を確立するや否や、森林を国有化し、外資導入を緩和して(1967)、開発優先政策を進めた。当時、高度成長の真っ直中にあった日本は、フィリピンの木材資源が底をつき始めていたこともあり、競って東カリマンタンに進出した。海岸地帯やマハカム川下流域は1970年代には、ほぼ伐採しつくされたようである。インドネシア政府も森林資源の急速な減少に憂慮し、1978年にブキットスハルト地域一帯を保護林(後に国民森林公園)に指定し、その中央にムラワルマン大学の演習林を設定した。さらに、森林の再生、修復技術の確立が急務であるとされ、森林研究の協力依頼が日本にされた。これが、東カリマンタンにおける熱帯降雨林研究協力の始まりである。

1979年から81年にかけて、ムラワルマン大学に、ガジャマダ大学、ボゴール農科大学の3大学共同利用施設として、熱帯降雨林研究センター(PUSREHUT)とブキットスハルト演習林の基盤整備(実験棟、宿泊施設、林道など)が無償供与された。その後熱帯林の重要性が世界の共通認識となるに及んで、より強力な研究協力が望まれ、「熱帯降雨林研究プロジェクト」が1985年から開始された。以後5年ごと3期を繰り返して、1999年末をもって、一応の終了となった。研究協力の主たる目的は、地域の森林修復技術、森林管理技術の向上と同時にPUSREHUTの育成と人的資源の質的向上であった。それがどこまで達成されたかは、今後のPUSREHUTの活動状況から判断して頂くしかない。

15年間の協力の中で、乾燥・火災という大災害に見まわれたが、その前から継続して森林生態系の情報を集めているのは、PUSREHUT-ムラワルマン大学とJICAプロジェクトチームだけである。このような貴重な情報を集積している場所は世界に数少ない。プロジェクトの終了が、研究の終了でなく、今後も、熱帯雨林生態系の地球規模における役割の量的解明、火災跡の生物相の動態、劣化林の修復などについて、JICAに限らず広く各種の研究協力が継続されることを願っている。

最後に、何はともあれ、日伊の専門家による15年間にわたる努力の成果を、



世界的な販路を持つ出版社から Ecological Studies Series の 140 巻として、今年 1 月に出版した（本文中の参考文献 REEK）ので、さらに詳しい情報は、この本を購読いただければと思う。また、PUSREHUT の特別出版物として、成果はその時々報告されている。PUSREHUT に注文すれば入手可能であるので、下記に簡単な解説を加えて資料として添付した。さらに、専門家の執筆になる本も日本で市販されているので、一読をお勧めする。

〔資料〕 ○ プロジェクト出版物（在庫があり入手可能なもの） ☆ S. OHTA, S. EFFINDI, N. TANAKA, and S. MIURA (1992) Characteristics of the major soils under lowland dipterocarp forest in East Kalimantan, Indonesia. 72 pp. (フタバガキ林土壌の総合的な解説で、インドネシア語と並記されている。定価 15,000 Rp.) ☆ S. YASUMA (1994) An invitation to the mammals of East Kalimantan. 384 pp. (東カリマンタンのほ乳類 97 種の分類学的記載と調査法の解説。定価 50,000 Rp.) ☆ S. TAKAHATA (1996) Illustrated plant list of PUSREHUT. 587 plates. (PUSREHUT に保管される植物標本 587 種の描画。定価 50,000 Rp.) ☆ Y. KIYONO and HASTANIAH (1997) Slash-and-burn agriculture and succeeding vegetation in East Kalimantan. 177 pp. (焼畑農耕跡地の植生遷移と二次林種の萌芽、火災抵抗、繁殖などの種特性に詳しい。定価 50,000 Rp.) ☆ Proceedings of International Symposium on Asian Tropical Forest Management No. 1 (1994) 240 pp. No. 2 (1997) 280 pp. 各 35,000 Rp. No. 3 Impacts of Fire and Human Activities on Forest Ecosystem in the Tropics (1999) 700 pp. 定価 70,000 Rp. 以上は、PUSREHUT, UNMUL P.O. Box 1165, Samarinda, East Kalimantan, Indonesia に注文して下さい（送料が必要です）。 ○ 出版図書 ☆ 井上 真 (1995) 焼畑と熱帯林・カリマンタンの伝統的焼畑システムの内容。弘文堂 ☆ 安間繁樹 (1995) カリマンタンの動物たち。日系サイエンス社

〔参考文献〕 ☆ REEK: Rainforest Ecosystem in East Kalimantan; El Niño, Drought, Fire, and Human Impacts の略: E. GUHARDJA, M. FATAWI, M. SUTISNA, T. MORI, and S. OHTA (Eds.) 330 pp. Springer's Ecological Studies Vol. 140. Springer, Tokyo. (2000) ¥11,000 プロジェクト 1~3 期の成果集（本文中の数字は本書の章番号を示す） ☆ A. KAWANA (Ed.) (1984) Relationship between the tropical rain forest and the people. JICA 報告書 EXF-JR 64-08 (1980 年頃の状態を知るのに適する。)