

# Tropical Ecology Letters

日本熱帯生態学会 Japan Society of Tropical Ecology May 30 1997

## インドネシア生物多様性保全プロジェクト と研究フィールド

インドネシア生物多様性保全プロジェクト 高橋 進

Biodiversity Conservation Project of Indonesia and Research Fields. Susumu TAKAHASHI  
(Biodiversity Conservation Project of Indonesia)

### はじめに

生物多様性に富んだ国インドネシアで、我が国としては初めての「生物多様性保全プロジェクト」がJICA事業として実施されている。本稿では、このプロジェクトの概要を調査研究活動を中心に紹介するとともに、熱帯生態学会会員諸氏及び読者のプロジェクトに対するご支援、ご協力を期待するものである。

### プロジェクトの背景

生物多様性保全プロジェクトは、1992年の宮澤・ブッシュ会談による日米グローバル・パートナーシップ・アクションプラン（現在は、コモン・アジェンダ）に端を発している。この会談で、世界の生物多様性保全のために途上国を支援することにした両国は、その後の協議によりインドネシアにおける協力プロジェクトを発表した。

米国は、生物多様性保全のための調査研究等のNGO活動に対する助成基金を創設し、そのための資金2,000万ドルを拠出した。

日本側は、国際協力事業団（JICA）によるプロジェクト方式技術協力と、無償資金協力による施設等整備を行うこととし、技術協力は、1995年7月より1998年6月までの3年間の第1

フェーズがスタートし、その後には5年間の第2フェーズが予定されている。

### プロジェクトのスキーム

プロジェクトの最終目標は、インドネシアが策定した「生物多様性行動計画」（Biodiversity Action Plan for Indonesia; BAPI）の実施を支援することであり、そのために、インドネシア科学院（LIPI）と林業省自然保護総局（PHPA）の生物多様性保全のための体制強化を図ることとしている。

このプロジェクトの活動は、「生息域内保全 in-situ conservation」と「生息域外保全 ex-situ conservation」とからなり、①生物学・分類学の調査研究の推進と研究者の能力向上、②グヌン・ハリムン（Gunung Halimun）国立公園における科学的知見に基づいた公園管理計画の策定と実施による生物多様性保全に配慮したモデル国立公園、③生物多様性施策等推進の基礎となる分布などの生物情報の集積とシステム作りの3つを活動の柱としている。このうち②の活動として、エコ・ツーリズムや環境教育も組み込まれている。

これらの活動を実施するため、チーフアドバイザー（プロジェクトリーダー）、調整員、自

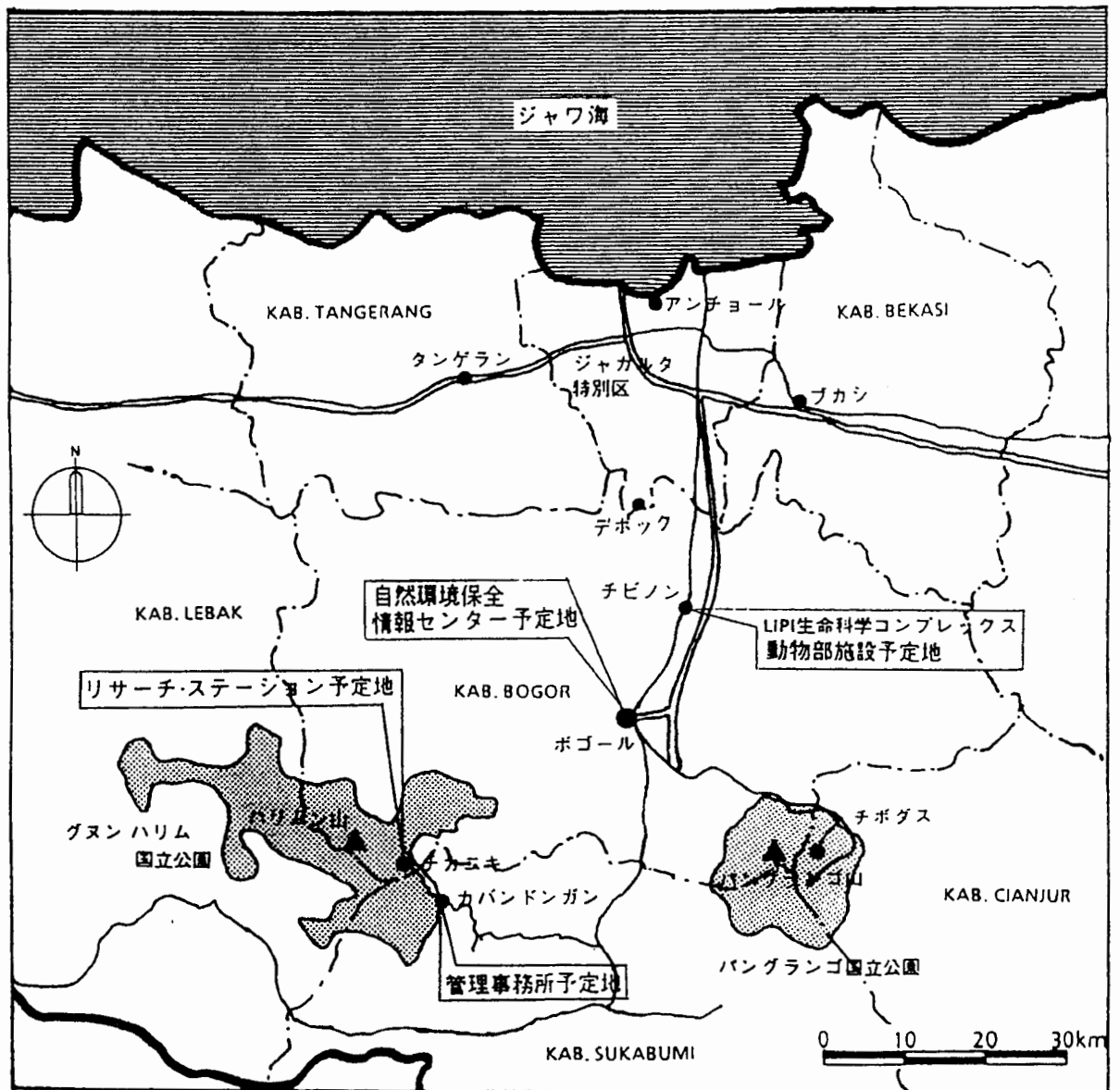
然環境調査研究，国立公園管理計画，情報整備の各分野の長期専門家5名（97年夏より，7名に増員）と，毎年8名前後の短期専門家が派遣されている．各専門家とカウンターパート（C/P）は，調査研究（自然環境と社会経済のサブに別れる），国立公園管理・計画（公園管理と環境教育のサブ）及び情報整備・ネットワークの各コンポーネントに所属して活動を進めている．

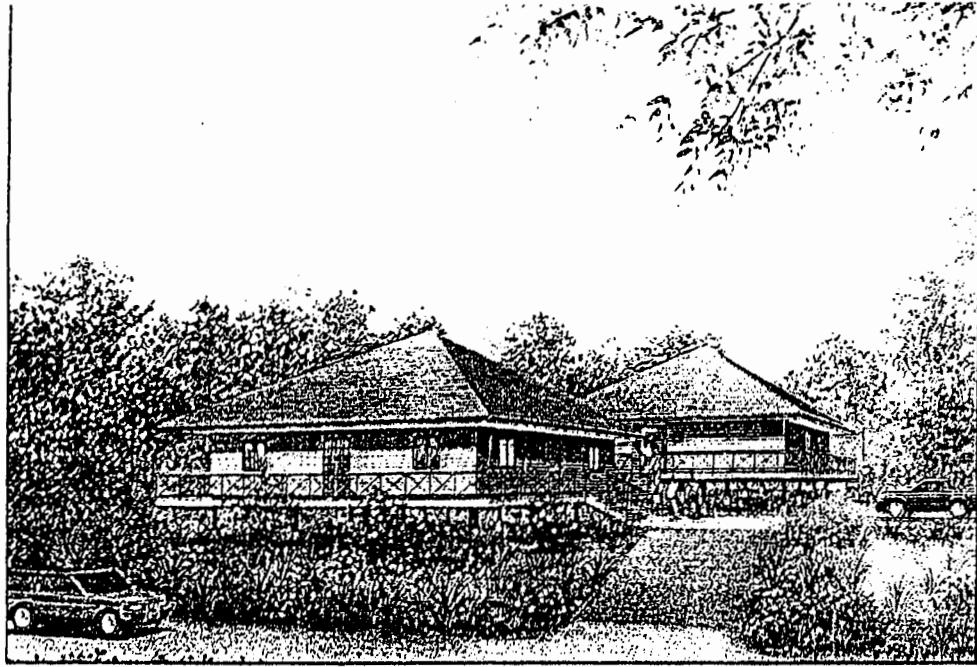
また，無償資金協力による施設として，in-situのためには，「国立公園管理事務所」と「リサーチ・ステーション」がグヌン・ハリム国立公園に，インドネシア国内の保護区域情報を集積・提供するための「自然環境情報センター（NCIC）」がボゴール市内に，またex-situのため

には，生物多様性情報センター機能も含んだ「動物標本・研究館」（LIPI生物学研究開発センター（RDCB）の動物部門）が，それぞれ整備（NCIC以外は完成）され，本年（1997）8月までにはすべての施設とコンピューター，電子顕微鏡などの研究機材を含めた必要な機材の提供，総額約23億円の無償資金協力も完了することになっている．なお，動物標本・研究館が建設されるチビノン地区は，LIPIの「生命科学研究コンプレックス」整備予定地で，既に，バイオテクノロジー研究開発センター，陸水学研究開発センター等が整備・移転されている．

### 調査研究活動

プロジェクトの調査研究活動は，動物館やハー





バリウムでの標本分類とグヌン・ハリムン国立公園でのフィールド調査研究とに大別される。

ボゴールの生物学研究開発センター (RDCB) には、タイプ標本や既に絶滅してしまった種などの貴重な標本を含め、動物約30万点 (その他昆虫等未分類標本約100万点)、植物約200万点が所蔵されていると言われている。しかし、現在の標本収蔵庫は老朽化しており、高温多湿で虫害も多い熱帯地域では、オランダ統治時代から100年以上経ったこれらの貴重な標本の保存状態としては決して好ましくない。このため、現在世界銀行の地球環境ファシリティー (GEF) プロジェクトにより、再整備 (再分類と標本箱更新等) 及びデータベース化が進められている。このうち、現在ボゴール植物園内数箇所に分散している動物標本は、今夏より再整備の完了したのから順次、チビノンの新動物館へ移転することとなっている。

一方、プロジェクトのフィールドであるハリムン国立公園では、生物多様性保全に配慮した管理計画の早期策定が期待されている。このような状況から、当プロジェクトの活動としては当面は標本館での分類作業そのものよりも、フィールド調査を通じての分類学への貢献に重点を置いている。

ハリムン国立公園は、ジャカルタの南西約100kmに位置し、1992年に指定された面積4万

haの国立公園であり、ジャワ島では残り少ない自然林の地域である。公園内の最高峰ハリムン山 (標高1,929m) を中心に、標高約500mから1,900mの山地で、全体的にはシイ、カシ類などが優占し、日本の亜熱帯性照葉樹林にも似た植生である。ここには、ヒョウ (*Panthera pardus*)、ベンガルヤマネコ (*Prionailurus bengalensis*)、ジャワギボン (*Hylobates moloch*)、リーフモンキー (*Presbytis comata*) などが生息している。現在のところ、公園へのアクセスは陸路とはいえ非常に悪く、公園を横断する道路も悪路で、無償援助で建設した公園管理事務所とリサーチ・ステーション (共に、1997年2月完成) の間わずか20kmに、2時間を要するほどである。このため、国立公園とはいっても利用者はほとんどなく、大学の研究者やプロジェクト関係者が訪問者の中心である。

この公園を科学的知見に基づいた公園管理計画の策定と実施による生物多様性保全に配慮したモデル国立公園とするため、森林生態学や哺乳類、鳥類あるいは植物の各分類や生態調査の専門家が短期専門家として派遣され、これらの専門家により、現在までのところ、公園内の動植物インベントリーの作成や分布調査、永久調査区 (permanent plot) の設定などがなされている。例えば、永久調査区は、現在のところ1ヘクタール・プロットが2箇所設定されてお

り、標高1,700m地点では、コナラ属の*Quercus lineata*が優占し、他にシイ属の*Castanopsis acuminatissima*、マテバシイ属 (*Lithocarpus*)、イジュ (*Schima wallichii*) が多く、1,100m地点では、マンサク科の*Altingia excelsa*が優占するが、カシ、シイ、イジュもそれに次いでいる (Suzuki, et al., 1996) こと等が判明した。その他、かすみ網による鳥類調査、カメラ・トラップやラジオ・トラッキングによる哺乳類調査等も実施され、標高と出現種数との関係等の取りまとめも行われている。これら公園内の野生生物の現状把握の結果は、公園管理計画の策定に反映されている。また、永久調査区の設定は、今後の生態系の長期モニタリングや動植物相互作用の生態系解明に貢献することになろう。また、第1フェーズは、無償協力による施設も活用した本格的プロジェクトの実施のための準備フェーズとして位置づけられているものであり、これらの調査研究活動も、第2フェーズ以降での本格実施に繋がるのが期待される。

#### 研究フィールドの運営

ハリムン国立公園内チカニキ (Cikaniki) には、前述のとおり、リサーチ・ステーションが整備されている。このステーションは、5室のツインルーム (計10ベッド) と会議室、研究室、倉庫などを有している。周辺は、標高約1,000mでシイ・カシ類などの自然林である。

さらに研究を推進するため、ステーション近くにキャノピー・トレイルの設置を計画している。これは、各階層の生物相調査のみならず、環境教育にも貢献するものと期待している。

また、公園内では、これまでも Biological Science Club (BScC)、インドネシア大学などの研究者による調査研究が散発的になされてきてはいるが、これらの情報交換は十分ではない。リサーチ・ステーション等の施設は、これらの情報集積の核にもなる。

ハリムン国立公園は、ジャワ島でも残された貴重な自然地域のひとつであり、ジャワギボンをはじめとする動物相も豊かである。この点では、エコ・ツーリズムの対象地域にもなり得るし、また地元 (政府・自治体) もそれを期待し

ている。しかし、管理体制、受入体制が未整備のままにエコ・ツーリズムの推進による利用者の増大を図るのは問題を生じる。豊かな自然が破壊されてからでは遅い。この点で筆者は、エコ・ツーリズムの推進にあたり、当面は、リサーチ・ステーションを核に、研究フィールドとして整備・運営していき、研究フィールドとエコ・ツーリズムの統合を図ることが適当と考えている。このためには、研究者、公園管理者、地域住民の連携が不可欠である。

エコ・ツーリズムを地域経済への波及という点のみで考えると、研究活動による貢献は誠に微々たるものである。しかしこれを、生態系を保全しつつの“利用”として考えるとき、研究や自然観察はその最たるものであり、いわば原点でもある。公園管理者と研究者が連携を保ち、あるいは研究成果を定期的に収集できるシステム作り、ネットワーク化は、科学的知見に基づいた保護地域管理・運営のためにも重要である (高橋, 1992)。ハリムン国立公園が、この点での世界的なモデルにもなることを期待している。

#### おわりに

本プロジェクトがハリムン国立公園で実施する調査研究には、予算、期間、マンパワーともに限りがあることから、C/PのLIPI研究者のほか、大学、NGO等の研究者との連携が必要である。

筆者が本プロジェクトのチーフアドバイザーとして赴任することになった時、まず思い浮かんだのは、1992年2月に田村賞奨学金による調査で訪れたコスタリカのラ・セルバ研究フィールドであった。そして、日本でも提案していた国立公園内での研究者との連携—調査等への便宜を図る代わりに、調査成果を提供していただく、いわば公園の客員研究員制度—をハリムンで実現できないかということであった。

これまで科研費研究でたびたびボゴールを訪問されている金沢大学の中村浩二先生と初めてお会いしたのは、奇しくも、ラ・セルバであった。また、本誌に寄稿させていただくことになったのも、パダンの野外生物学研究プロジェクトの途中でボゴールにお寄りになった本誌編集担当の大阪教育大学の米田健先生のお勧めによ

るものである。

このような本プロジェクトの短期専門家以外の研究者との連携ネットワークも、日本のみならず、インドネシア、そして世界の研究者へと広げていき、ハリムンが熱帯研究の世界的研究フィールドとなることを期待している。

このため、当面は本プロジェクト（リサーチ・ステーションや動物館のようなハードのみならずプロジェクトの存在そのもの）を核にして、情報の集積と発信を図りたいと考えている。会員、読者の方々のご協力もお願いしたい。プロジェクトのe-mailアドレスは、bioeptjp@rad.net.id、筆者e-mailは、staka@indo.net.id.

## 引用文献

- Suzuki, E., et al. 1996. Establishment of two 1-ha permanent plots in Gn. Halimun National Park for study of vegetation structure and forest dynamics. Biodiversity Research and Conservation in Gunung Halimun National Park: Report Series of Biodiversity Conservation Project in Indonesia Vol.2. Bogor, Indonesia. (unpublished)
- Takahashi, S. 1997. Biodiversity Conservation Project in Indonesia. Proceedings of the East Asia-Pacific Regional Conference of International Long-term Ecological Research, Tsukuba, Japan (unpublished)
- 高橋進 1992. 研究フィールドとエコ・ツーリズム. 国立公園 505: 27-34

## ギニアサヴァナにおける樹木作物導入の試み

筑波大学農林学系 増田美砂

How to introduce tree crops to rural areas of Guinea savanna zone: a trial in Nigeria. Misa MASUDA (University of Tsukuba Institute of Agriculture and Forestry. Tsukuba, Ibaraki, Japan 305)

Permanent forest land in Nigeria accounts for only 9.8% of the domain, which consists of national parks and forest reserves. In addition to the limited area, most of forest reserves are new plantations of teak and fast growing species. Though timber and fuel wood production has been mainly derived from communal land, existing government and even development assistance projects in the field of forestry still remain in the narrow sense of forestry.

Under the research project on rehabilitation of agricultural ecosystem in inland valleys of West Africa, 1983-1985, a trial of community nursery was carried out in villages of Guinea savanna zone in Nigeria. Based on preliminary surveys on social and farming systems, it was designed under concepts of (1) voluntary participation of individuals, (2) utilization of village resources, (3) selection of proper sites to ensure water during dry season, (4) transfer of necessary skills to produce grafted seedlings of fruit trees for sale, (5) production of seedlings for own use, and (6) division of income among participants.

### はじめに

まず、文中の敬称は省略させていただくことを予めお断りしたい。

本稿は平成5～7年度の「西アフリカ大平原の源流小水域の土壌と農林生態系の再生」に関する科研学術調査（代表：廣瀬昌平）を通じた筆者の経験に依拠している。これらは同一地域、すなわち図1に示すナイジェリア連邦共和国ナイジャ州ビダ近郊のヌペ人農村集落を対象とし、現在はPhase IIとして、平成8～9年度科研学術調査、「サバンナの伝統農業と調和する

水田農業とアグロフォレストリーに関する実証的研究」（代表：若月利之）へと引き継がれている。いずれもアジア型水田農業の技術移転により土地資源節約型の技術体系を創出し、地域の環境劣化に歯止めをかけることを具体的目標に掲げており、Phase Iの成果はすでに刊行済みである（廣瀬・若月, 1997）。ここでは水田造成に付随して細々と行われた農村領域における樹木作物導入の試みを題材に、西アフリカのサヴァナにおける森林造成をめぐる問題点について考察したい。

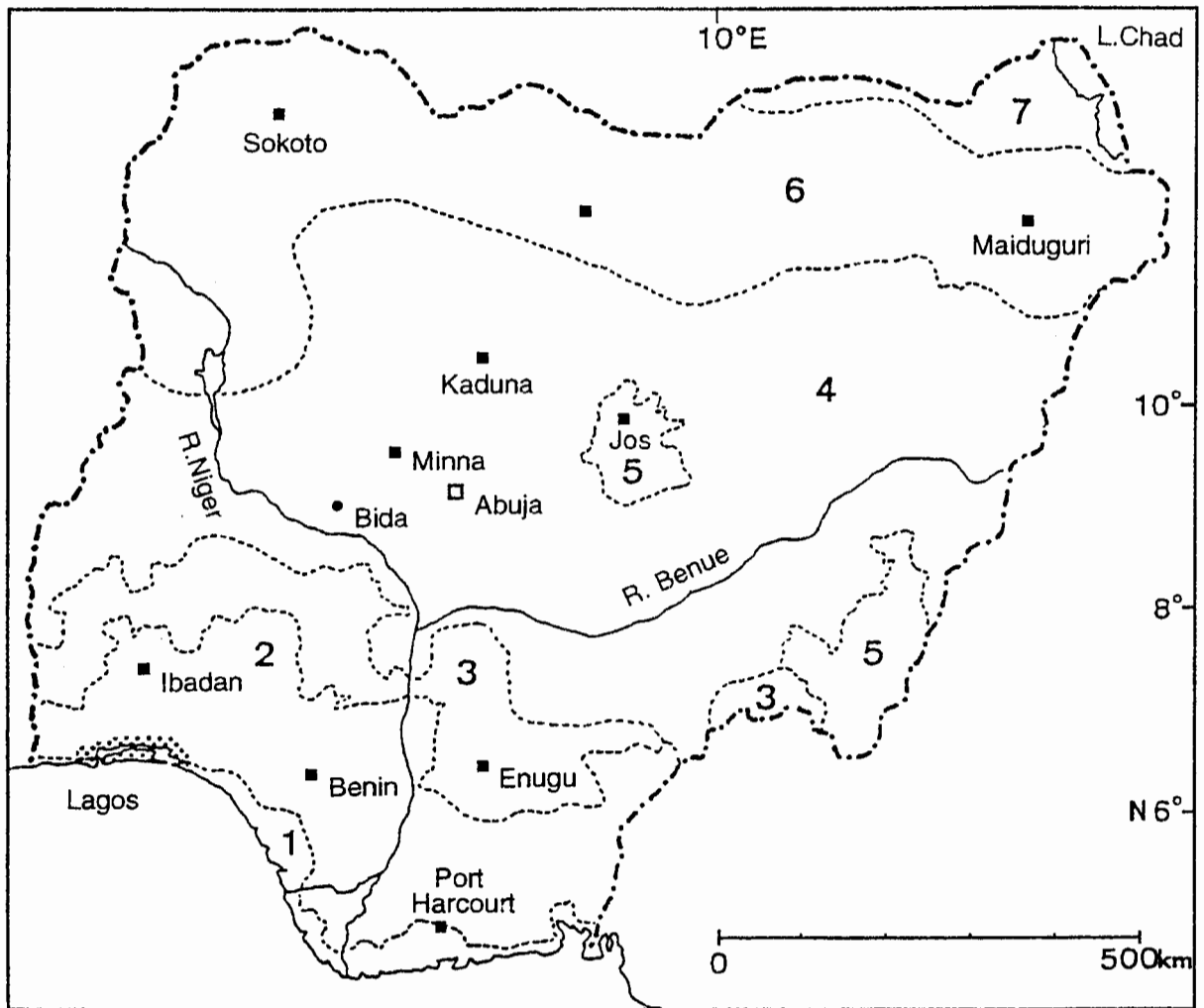


図1 ナイジェリアの主要都市および植生区分

- |                 |            |
|-----------------|------------|
| □ 連邦首都          | ■ 主要州都     |
| 1 海岸林およびマングローブ林 | 2 湿潤低地林    |
| 3 森林-サヴァナ混交林    | 4 ギニアサヴァナ  |
| 5 山地林           | 6 スーダンサヴァナ |
| 7 サヘル           |            |

出所：K. M. Barbour, et al (ed), *Nigeria in Maps* (London: Hodder and Stoughton, 1982), 25

## 住民不在の植林計画

林業イコール木材生産業という枠組みは、日本だけではなく熱帯諸国の行政機構をも長い間支配してきた。東南アジアでは、戦後の合板産業の成長や海上輸送能力の拡大とともに熱帯産木材の国際市場が拓かれるや、森林コンセッションに表されるように、国際商品としての木材生産に向けて急速に林野制度が整備された。

このような基本構造は西アフリカにも共通にみられるが、東南アジアと大きく隔たっている点に、木材生産の基盤は国有林ではなく私有林<sup>2)</sup>にあるという、土地制度上の問題があげられる。それは必ずしも農民による森林経営を意味するものではなく、一体どこからどのようにして木材が産出されているのか、何ともとらえどころがないのである。

ナイジェリアを例にとると、地目としての林地に相当する面積は国土のわずか9.8%にすぎない。その内訳は、植林地期に囲い込まれた国立公園と公有林 (forest reserve) である。この公有林の実態を知るには、多大の労力を必要とする。すなわち首都を訪問すると、実態は州によって異なるため当該州に尋ねよ、州ではその出先機関の地区林業事務所に尋ねよ、とたらい回しにされ、運良く末端の担当官に会えたところで、資料の類はまず期待できない。調査地のナイジェラ州に関してこれまで明らかにできた限りでは、公有林は州政府の管轄下にあり、実態としては小面積が州下全域に分散し、その多くは荒蕪地に植林されたチーク (*Tectona grandis*) やメライナ (*Gmelina arborea*) などの若齢林分である。したがって将来的にはともかく、現状では公有林はほとんど生産機能を担っていない。また天然林の保全や野生動物保護にかかわる制度的枠組みは、9.8%の林地のさらにわずか30%程度の国立公園にしか見出せない。

森林植生のもつ様々な役割を考えると、局地的に存在する国立公園や、その大半が植林地である公有林の範疇に留まっている林野行政の枠組みには自ずと限界がある。木材生産にしろ地域の環境保全にしろ、現実重要な役割を果たしているのは国土の残り90%以上を占めているにもかかわらず、既存の制度から取り残されて

いる集落領域内の樹木である。ところが開発援助や政府のプロジェクトは国有林を対とした植林、それも在来種ではなく情報量の多い外来早成樹種に依存した一斉造林に偏っている。

ナイジェラ州は年平均降水量1,000~1,500mmのギニアサヴァナ (湿潤サヴァナ) に含まれ、同じ植生帯のカドゥナ州では、1986年から91年にかけて日本のODAによる外来早成樹種の試験造林が実施された。しかし南部に湿潤地域を擁するナイジェラにおいて、サヴァナで造林プロジェクトを実施する必然性はなにか、また試験造林の成果をどのように地域に反映させるのか、日本人の引き上げた後の92年に現地を訪れたときの説明では今ひとつ要を得なかった。しかもサイトの中を移動する遊牧民の姿を見かけたものの、当時はまだ車での見学が可能であったが、3年後に再び訪れてみると、林道はすでに崩壊し、雨季の豪雨が随所でガリー浸食を起こしていたのである。

## 樹木アプローチの重要性

熱帯における樹木作物の導入は、これまでプランテーション化ならびに造林というかたちで行われてきた。そして両者は等しく皆伐一斉造林という過程をとるにもかかわらず、前者は農業の一範疇として捉えられてきた。東南アジアにおける代表的なプランテーション作物にパラゴム (*Hevea brasiliensis*) が挙げられるが、これは原産地のアマゾンでは天然林に混交しており、かたや東南アジアでは農地に植栽され、生産物は農産物として扱われている。

こうした矛盾を解消し、土地利用の高度化に向けて多様な作物を自在に組み合わせ、またその際に樹木作物を積極的に取り入れることによって、土地経営の持続化を図るべく提唱されたのがアグロフォレストリーである。その結果、現在では多くの国で柔軟なアプローチが採られるようになり、かつての農業や林業という縦割りの弊害はすいぶん緩和された。しかしタイやフィリピンのように、森林減少が限界に近づくとようやくオープンな議論が始まるという傾向からは、逆に危機的状況に陥らない限りパラダ

イムの転換は生じないとの悲観的観測もできよう。

開発とトレードオフの関係で森林減少が加速されてきた東南アジアに較べ、資本に欠く西アフリカの特にサヴァナ帯では、人間と自然が直接向かい合う関係の中で生態系が維持されている。森林の劣化は、重機で植生を引き剥がすようなドラスティックなかたちではなく、長い間の相互作用の結果として緩やかに進行してきた。領域の中における樹木密度が次第に疎になり、サイズも小さくなってゆく過程は、ことサヴァナだけではなく湿潤地帯においても一般的であり、こうした本来の植生を超えた人為サヴァナ (derived savanna) は、ナイジェリアでは国土の半分以上を占めている (Areola, 1982)。

集落の領域を対象とし住民を担い手に想定するとなれば、植林ではなく樹木アプローチ、すなわち対象とする領域の樹木密度をいかに高めるか、いかなる樹種を選択しかつ効果的に配置するかを考えねばならない。また水という制約を抱えるサヴァナにおけるコストは当然湿潤地帯に比して高くなり、したがって導入する樹種も多目的型であることが望ましい。さらに単に苗木を住民に一律配布するのではなく、社会の中にどのようなシステムをつくりだすのか、具体的な展望を伴っていなければならない。その立案の際には、対象とする地域の土地制度や社会組織、農法についての総合的な知識が不可欠である。入念な予備調査や住民との対話こそが、移転された技術を地域に根付かせるといっても過言ではないだろう。

近年先進諸国では林業の脱・木材生産業化が進行するとともに、住民参加の重要性が認識されるようになったが、途上国においても同様に従来の縦割り行政を改め、住民を中心に据えた環境修復のための制度づくりが急務とされている。幸いナイジェリアでは、各州におかれた農業開発プロジェクト (Agricultural Development Project, ADP) が普及活動を行っており、私たちの調査地ビダにも支部がある。そこで予算難から開店休業状態にあったアグロフォレストリー部門の担当者 J. Aliu に対するカウンターパートの依頼を契機として、後述する科研ービダ ADP

共同プロジェクトとしてのコミュニティ苗畑が生まれることとなったのである。

### コミュニティ苗畑の造成

極言すれば、十分な資金さえあれば木を植えることは可能である。対象とする地域が湿潤熱帯であり、かつ樹種を問わなければ、それは一層容易となる。問題は、前提となる資金に乏しい状態で何ができるかにある。住民という視点の欠如だけではなく、この点においても従来の ODA 関連事業は参考にならない。それは逆に資金があることが前提となっているからである。

さて、冒頭に紹介した科研プロジェクトのアグロフォレストリー班は、当初は人手不足も相まって基礎調査のみ行っていた。しかし、コロニアルマスターの次にやってきた日本人とやらは、一体われわれに何をしてくれるのだという村人の期待を前に、基礎調査の重要性を説いても到底理解してもらえそうにない。また私たちの調査研究の成果を、具体的な援助プロジェクトに活用してもらえる当てもない。しかも仮に特定のプロジェクトに発展したところで、私たちの科研に協力してくれた村人たちがそれに包摂される保証もないのである。

そこで調査研究の一環としていくつかの普及活動を実施し、それに対する村人の反応をみることにした。そうすればデータも収集できるし、村人の側にも幾ばくかの利益をもたらすかもしれない。そのような成り行きの中で、まず試みたのがカシューナットとオレンジの苗木の配布であった。なぜこの2つかというと、それしか手に入らなかったからである。反応は上々で、各自2本というささやかな贈り物にもかかわらず、当日は対象とした集落の全員、加えて近隣集落の親類までが紛れ込んで苗木を受け取った。ところが1カ月後、その苗木をどう処理したかについての追跡を行ってわかったことに、ほとんどすべての女子と壮年男子の多くはもらった苗木を自ら植えず、家族内の少年に植栽を命じていた。

次に技術移転に対する反応をみるため、集落でマンゴーとオレンジの接木講習会を実施した。接木にした理由は、町の住民の間に果樹の



植栽が広まりつつあり、ことに接木苗に対する需要が高かったからである。道具の制約から青年男子のみを対象としたが、やはり村人たちは熱心に参加した。

並行して集落の中で利用可能な資源を物色して回った。ある集落にはマンゴーの大木があり、樹下には無数の種子が発芽している。別の集落には、種子が高値で取り引きされるコラの木 (*Cola nitida*) がある。近くの公有林には、一度植栽されたチークが間伐もせず放置されており、やはり盛んに下種更新していた。畑の境界にはマンゴーの若齢木が育っており、それは子どもたちが遊び半分に移植したものだとなった。また川は乾季には干上がってしまうが、集落の中に点在する泉からは水を得ることが可能であった。

こうした情報を総合してADPとともに立てた戦略が、コミュニティ苗畑である。主役は少年で、道路にもっとも近い泉の傍らに苗畑をつくり、マンゴーやチークの稚樹を移植した。マンゴーは苗畑に活着後台木とし、ADPの敷地にある改良品種から採った接穂を接木した上で、外部に向けて販売。育苗法がよくわからないコラについては、とりあえず種子を採集して試験的に栽培。チークは木材資源として集落内に移植する。私たちの提供した資材はじょうろのみで、苗木運搬用の一輪車と家畜侵入防止の鉄条網は貸与した。また大家族中心的な傾向の強い社会関係を考慮に入れ、集落挙げての共同労働を排し、リスクについての説明を行った上で、参加は個人、労働は一切無償、かわりに土地および労働を提供したもののみに、苗木の販売収入を分け合うこととした。

苗畑造成の初年度は、通りがかりに作業を見かけた近隣集落の人々から自発的に参加の申し出があり、3集落で順調に開始することができた。問題は日本人が引き上げてのち、どこまで

ADPが事業を継続、展開できるかにあり、この夏、2年ぶりに様子を見に行く予定である。さて結果はいかに。

### おわりに

このコミュニティ苗畑は、実は重大な欠陥を有している。すなわち、WIDの視点がまったくみられない。とはいえ育成に長期を有する樹木栽培の担い手には、まず子どもを考えてみたい。ところが中等教育も普及している男児と異なり、女兒は母娘関係の中での労働教育以外、社会に接する機会を与えられず、ヨコのつながりに欠き、土地をもたず、若齢婚とともに他出するという既存の社会制度をおいそれとは動かせない以上、とりあえずは成功の可能性の高い少年を担い手に据えるしかなかった。接木講習にしても、折り紙や刺繍を通じて男女間の手先を比較すると、幼児より運搬および農産物加工作業に馴致させられた女性は、世代を問わず男性よりも不器用であることがわかったため、これも断念した。

女性と環境という側面からは燃料材の問題が考えられるが、今のところカロリー節約カマドの導入といった対症療法しか思い当たらないのが現状である。アフリカ農村社会における女性を中心とする生態系修復および開発プロジェクトの立案に向けて、関心ある方の参加が望まれる所以である。

注)：国公有林に対比させて私有としたが、実際には近代的土地制度上の私有概念ではなく、伝統的土地制度を表す。

### 引用文献

- Areala, O. 1982. Vegetation. 24-25. In K. M. Barbour et al (ed): *Nigeria in Maps*. Hodder and Stoughton, London.
- 廣瀬昌平・若月利之編著 1997. 『サバンナの生態環境の修復と再生』. 農林統計協会. 484pp.

# 西スマトラにブナ科植物をもとめて

大阪市立自然史博物館 藤井伸二

Field Notes of studying Fagaceae in West Sumatra. Shinji FUJII(Osaka Museum of Natural History)

## はじめに

私は、1994～1997年の4年間に延べ5回にわたり、インドネシア共和国西スマトラ州パダン周辺における熱帯林の調査に参加する機会を得た。これは、JICA援助による、日本と地元 Andalas Universityとの共同研究「FBRT (Field Biology Research and Training) Project」の一環である。FBRTについては、これまでのニューズレターでも何度か報告されているので、詳細はそちらを参照されたい。このプロジェクトにおいて、私は植物分野、とくにブナ科植物の分類学的な検討を分担した。調査の大部分は森林生態グループの一員として、大阪教育大学の米田健氏と京都大学農学部の西村千氏らと行動を共にした。私自身、この調査が熱帯とのはじめてのかかわりであり、その機会を充分には活かしたとは言えない。しかし、狭い地域ではあるにせよ、熱帯のブナ科植物を概観する作業を行う過程で、フロラの多様性とその認識について、考えを新たにするきっかけともなった。

本文では、私が担当したブナ科植物の研究作業の一端を紹介しながら、湿潤熱帯における調査の概要、研究上の興味・問題点について考えたことなどを述べたい。不十分な内容ではあるが、先輩諸氏の御意見、御批判を得て次のステップとしたい。また、これから熱帯で植物の研究を始めようとする方々へのメッセージになれば幸いである。

## 西スマトラの自然環境の概観

スマトラ島の脊梁部分を走るバリサン山脈は3,000m級の山々を擁し、多数の火山が含まれている。これは、インド洋プレートがスマトラ島の下に潜り込んでいることと深い関わりがある。気候的には、このバリサン山脈から西側、

つまりインド洋側では雨期と乾期の差がはっきりしない多雨地域となり、東側では降雨量が少なくて雨期と乾期の区別が明瞭になる。

西スマトラ州はスマトラ島の西側中央部を占め、インド洋に面したPadangを州都としている。東はRiau州、南はJambi州と接し、州の北部に赤道が通る。Padangの緯度は南緯1度くらいである。州内の主な山には、Gn.(Mt.)Kerinci(3,805m), Gn. Merapi(2,891), Gn. Singgalang(2,877), Gn. Pantaicermin(2,690), Gn. Talang(2,597), Gn. Tandikat(2,438), Gn. Gedang(2,262)などがある。海岸からすぐに急峻な山脈となるため、平野部が少なく地形は複雑である。土壌は火山灰が積もったシラスが目につくが、山地では安山岩や石灰岩などの露出もみられる。Padangでの年降水量は4,000mm前後、年平均気温は27℃。一応、9月～12月に大きな雨期、3～4月頃に小さな雨期があるが、乾期でも月250mm以上の降雨があるうえに変動も大きい。パダン東部にあたるバリサン山脈西縁では、インド洋からの湿った風が流れ込み、大量の降雨をもたらす。山地では8,000mmの降雨もあるという。年降水量4,000mmは日本の最多雨都市の尾鷲と同じであり、8,000mmはえびの高原(宮崎)や大台ヶ原(奈良)での日本記録にあたる。ものすごい多雨地帯なのだ。

## 熱帯に何があるのか・

## 熱帯で何ができるのか

多様な生物を育む湿潤熱帯に私ははじめて行くのである。いったいそこには何があって、自分には何ができるのだろうか。先輩から話を聞いたり、過去の調査報告書や国内の標本庫に納められているブナ科植物をみたりしたが、イメージは湧かない。それでも、日本でみていること

とは違った現象に遭遇するかもしれないという期待感が第1回目の渡航の本心だった。

さて、私が最初に西スマトラを訪れたときに考えていたことは、日本での繁殖生物学的な研究を熱帯の材料で発展させることであった。そして、湿潤熱帯のブナ科の多様性について見識を深めようとも思っていた。従来、熱帯のブナ科植物は標高1,000m以上で多いことが知られていたが、堀田満氏らのグループによる一連の精力的な調査により、西スマトラでは低標高でもブナ科の多いことが明らかになっている。研究の目が充分向けられていない低標高のブナ科の調査が、研究上の貢献になるだろうという思いもあった。

東南アジア熱帯のブナ科植物については、Flora MalesianaにSoepadmoの150ページにもものぼるrevisionが発表されており、その概要が明らかになっている。この文献さえあれば種名の同定にはたいして手間取らないだろうと考えていた。しかし、実際に取り組んでみると、名前を決めるだけでも途方もない作業だということが分かってきた。Andalas大学にも植物標本庫があり、これを活用することができる。しかし、なんといっても生の材料の方が情報量が多い。そこで、野外調査で標本収集を行なうのだが、この作業がそれほど能率のあがるものではない。

西スマトラの低地でのブナ科植物の個体密度は、堀田満氏らの調査によっておよそ5%前後であることが分かっている。この密度は、いい材料を手に入れるには、かなり広範囲を歩いて採集をしなければならないことを示唆する。しかも、少なくみても20種類くらいありそうなのだ。そのなかには稀少種も含まれているだろう。一通りの種類を集めるとなると、相当の労力が必要である。また、採集品は堅果のない枝であることも多く、同定に耐えられるものはわずかである。かくして、ブナ科植物の採集とそれらの葉形態による種の認識、および堅果つきの完全な標本にもとづく種の同定に全力を注ぐことになった。

### 熱帯のブナ科を見分ける

熱帯の森に入るにあたって不安であったことが

ある。それは、多種多様な植物種の中から、ブナ科植物を認識できるのかということであった。もちろん、堅果や花序があれば迷うことはないであろう。問題は、堅果や花序をつけない個体、あるいはそれらの無いシーズンに、森林の中でブナ科植物が見つけれられるかということである。これは結果として杞憂に終わった。ブナ科植物は意外に認識しやすかったのだ。もちろん、標本庫で一通りのパターンを記憶しておくことは最低限必要だったし、堀田満氏らの調査によって集積されたデータを活用したことはいうまでもない。なお、一般的なブナ科の見分け方のコツは、葉裏の圧着した星状鱗片や星状毛、若枝の丸い皮目などである。しかし、例外もあるので、それらについては各々のケースを覚えておく必要がある。

もう一つは、葉の形質だけでどの程度まで種の認識が可能かということであった。これについては、比較的早い時期に、かなりうまくいくという感触を得た。もちろん、困難なものもあるが、多くの種類で葉による認識が可能であった。感覚的には、日本産の常緑性ブナ科植物が一通りマスターできていれば、その素養が熱帯のブナ科でも通じると考えた。初期の渡航でこうした成果が得られたのは大きな収穫であった。

野外調査の際に、眼前の樹木がこれまでにみただどのカテゴリーに属するのか、あるいは初めて出会うのかをおよそ判断できることは、調査能率の向上だけでなく、自分自身にとっての励みにもなる。そしてこれは熱帯のような多様性の高い地域での野外調査において、とても重要なことだと思う。

あの枝が欲しい！そしてどんぐり拾い  
標本採集を行うとき、できるだけ堅果のついたものを採集するように心がけている。しかし、相手は高木である。地上から15~20mの高さにある堅果を前に、いったいどうすればよいのだろうか。人夫を雇って木に登ってもらう、銃で撃ち落としてもらう、パチンコで落とすなど、いろいろ試したが、結局一番能率的だったのは、採集用のポールで人夫にとってもらうことであ

った。これには、樹高測量用のポールの先端部2mほどを除いて、先にフック状の鉤をつけたものを用意した。これに目標の枝を絡ませ、ねじり切って採集する。高枝切りのように先端に刃物をつけることも考えたが、完全に切断してしまうと、採集すべき枝が落下途中に下層木(10m以上の高さがあることも多い)に引っかかったり、とんでもないところに落ちるので、あえて刃物は用いなかった。ポールは12mくらいまで伸び、さらに人夫が木に登る分もあわせて、20mくらいまでの高さなら採集可能となった。しかし、それでも1個体当りの採集にはかなりの時間を要する。

人夫に採集してもらっている間に、私は地面の落葉をかき分けて堅果と殻斗を探し回ることになる。サンプルの状態は悪いが、地面にある落下物の採集が、一番能率的であった。堅果という硬い果実は林床での分解が遅いらしく、このような採集法を可能にしていると思う。

実際の調査では、設定プロット内で堅果をつけた個体に出くわす機会はほとんどない。調査地間の移動の際によい状態の個体を見つけても、採集準備をしていなくて歯がゆい思いをすることもある。そんなときには、ビニール袋さえあればよい「どんぐり拾い」はなかなか有効だ。"Simple is best" とまではいわないが、原始的な方法もそんなに捨てたものではない。ただし、落葉についてはどの個体から落下したものかを実に見極めるため、双眼鏡を片時も放すことができなかった。別の種類の葉と堅果を混同するようなことだけは、細心の注意をもって避けなければならない。双眼鏡を片手に落葉とどんぐり拾いというスタイルがその後の私の野外調査の定番となった。日本を出るときには、まさか高木を相手に林床を這いずり回るとは思ってもいなかった。

### 種名の決め手は堅果

ブナ科の種名同定の決め手は堅果である。どれとどれが同じものかという identity は葉だけでも可能だが、種名を決めるとなると堅果に頼るのがいちばん確実だ。逆に堅果がなければどうにもならないことも多い。それゆえ、成熟した

堅果のある標本は千金に値する。とはいっても、これまでに記載された種がすべて堅果で同定できるわけではない。なぜなら、葉だけの枝で記載され、その後も果実サンプルが得られないまま今日にいたっているものもあるからだ。東南アジア熱帯のブナ科の包括的な revision が出版されているとはいえ、完全な標本すら採集されていない分類群がまだあるし、誰にも知られていない未記載の新分類群も少なからずあるに違いない。

ついでに述べておくと、西スマトラでのブナ科の調査を通じて、標本資料の不十分さを痛切に感じた。ブナ科の標本は決して少ないわけではないが、堅果のついた標本は、そのうちの多くて3割に満たない。さらに、堅果のない標本のうち、かなりのものが未同定だったり、あるいは同定に疑問のあるものが含まれている。これが熱帯の植物に関する我々の知識の現状である。道はまだまだ険しそうだ。

野外調査で、堅果のついたよい標本を採集することはかなり幸運なことだと私は思っている。標本採集を担当している者の努力だけでは、そういった幸運に出会う機会は限られてしまう。あつかましいとは思いつつも、森に調査にはいる人がいれば「どんぐりを拾ってきて」と頼むことにしている。実際、研究者から調査地で大きな堅果を拾ったとか、家族のお土産に持って帰ったとかの話も耳にするので、結構いろんな人がどんぐりの存在に気づいているのは事実だと思う。残念ながら、それらがきちんとデータのついた標本資料にされることは少ないようだ。あるいは研究者間のネットワークの問題で標本の所在が充分周知されていないこともあるだろう。多くの日本人研究者が熱帯に出かけ、様々なサンプルを採集している。それらが将来にわたって活用されるような形で保存されることを願わずにはいられない。本研究で収集された標本は、Andalus University, Herbarium Bogoriense, 大阪市立自然史博物館に収められる予定である。ちなみに、熱帯産のブナ科標本を私の勤務先に寄贈していただければ、責任を持って保管するので、よろしく。

### 何種類のブナ科があるのか

では、西スマトラに分布するブナ科植物にはどのような種類があって、全体では何種類になるのだろうか。この最も基本的な問題に答えることは、当初はそれほど困難ではないように思えた。スマトラ島に分布するブナ科植物については、Soepadmo によると *Castanopsis* 11種、*Lithocarpus* 33種、*Quercus* 11種、*Trigonobalanus* 1種の合計56種あるとされる。ここまで分かっているなら、後は簡単だと思ったのが甘かった。

自分で採集した標本や Andalas 大学に所蔵されている標本を検討したが、まるで分からない。いろいろな理由があるが、1)同定の重要な鍵となる成熟堅果のある標本が少ない、2)種類によっては、種内変異を理解しながら分類群を認識するには標本点数があまりにも少ない、3)ときには別の種類の枝と堅果が同一台紙の上にマウントされている、4)私自身が熱帯のブナ科植物に習熟していない、などの問題があげられる。しかも、標本の中には、過去の文献においてスマトラから未記録の種類も含まれていそうである。また、記載そのものに疑問があっても、それを疑えるほどに採集品が充実していない種類もある。3)にいたってはそれが間違いであることを理解するには、枝と堅果の同定が個別にできなければならない。

西スマトラのブナ科植物を調べるにあたって、スマトラ島からの既知56種がきちんと私の頭の中で理解されていれば、それほど途方に暮れることはなかっただろう。しかし、どれもこれもはじめて見る種類では、頭の中の整理が追いつかない。初期の3回の渡航では、種類のグルーピングさえ満足に進まなかった。二つの標本が同一種なのか別種なのかを迷いだしたらきりが無い。また、頼みのHerbarium Bogorienseの既同定標本にもいくつか疑問のものがあつた、分類学的な再検討が待たれる種類もあることがわかってきた。

今のところ、西スマトラには何種類のブナ科植物があるのか定かではない。けれども、これまでの調査と過去に採集された標本の範囲内でみると、40~50の間だと推定している。すでに同定を終えた種類は31種なので、7割方くらい

が明らかになったと考えている。残り3割は、1)や2)、あるいは未記載種の可能性が高いなどの理由によって、同定が進まないか同定を保留しているものである。結局、ブナ科だけを相手にしてここまでたどりつくのに、スマトラに5回、Herbarium Bogorienseに2回訪れ、足掛け4年もかかったことになる。

### 果実のない標本はゴミか？

ブナ科の標本において、堅果がなければ種の同定はかなり困難になる。確実な同定に限定すれば、その標本の価値は著しく低い。では、堅果のない標本は採集に値しないものだろうか。この答えは「否」である。十分に資料蓄積のある種では、葉のみによる同定が可能だ。また、稚樹や実生の同定を可能にするのは、膨大な量の葉形変異の解析である。そのためにも、実生から成木まで様々な生育段階の標本資料の収集が望ましい。標本は、収納する空間に制約がなければ、ありすぎて困ることはない。

現在、葉形態による検索表は *Quercus* のみでしか完成していない。しかし、今後の資料蓄積とその解析によって他の属でもある程度可能になると思われる。熱帯に限らず、森林の調査において栄養器官のみでの同定が可能になることは、調査能率を飛躍的に増大させる。そして、従来は不可能であった詳細なデータの収集(例

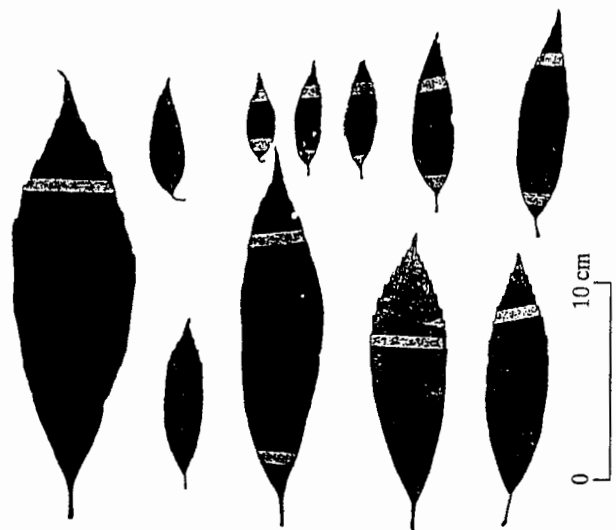


図. Leaf variation of *Quercus gemelliflora*.  
(Fujii et al., 1996)

えば実生の動態)も可能にする道が開かれる。そのためにも、今後も地道な資料収集を継続しなければならぬだろう。

### 実生を同定する

今回の調査では、ブナ科稚樹の同定も大きな課題である。調査場所としては、堀田満氏らによってGn. Gadutの山麓に設置されたPinang Pinag Plotを利用させていただいた。ブナ科植物の更新状況の調査を行なうためには、稚樹の同定が必須であることは明らかだ。しかし、20種前後が1haの調査地内に生育している以上、これらすべての稚樹を互いに区別することが、親木との対応を行う前段階として必要である。

これには、西村千氏が取り組んだ。調査プロット内のさまざまな稚樹から葉を採集し、ノートに張り付けて個体番号を記入して整理した。これにより、稚樹の葉による分類群の認識を進め、さらに私が担当した親木の同定作業とのすりあわせを行なった。もちろん、多数の標本をもとに葉形変異を検討し、発芽実験のサンプルから得られる情報も加えながら、根気強く作業を続けたのである。必要に迫られたとはいえ、西村氏の「必ず見分ける」という信念と情熱に感嘆した。

その結果、同調査地の大部分のブナ科樹種の稚樹の同定が可能となった。これは、多数の近縁種の生活史特性を実生から親木にいたる各サイズについての比較を可能にするという点で、たいへん画期的だと思っている。ここで紹介した実生や稚樹の同定方法は陳腐ではあるが、そのもたらす結果は今後の研究発展に大きく貢献する可能性を持つ。

### 広大な東南アジア熱帯

西スマトラのブナ科を扱いながら痛切に感じていることは、東南アジア熱帯の広大さである。過去に収集された標本も、この広大な地域の生物群を理解するにはあまりに少なすぎる。

地理的なクラインがあるのだろうか、多数の群島における地域的分化があるのだろうか、種内分類群はみられるのか、それぞれの種の正確な分布域はどうなっているのか、そして各種の

分布域はどの程度独立あるいは重なりあっているのか、固有種の集中する地域はあるのだろうか、標高的なすみわけがどの程度見られるのか、先駆種なのか極相種なのか、知りたいことはいくらかでもある。もちろん、比較的よく分かっているものもあるし、概略的な情報のあることは事実だ。しかし、それでも東南アジア熱帯のブナ科全体を理解するにはほど遠いように思える。

熱帯では、地域フロラという地道な研究による情報集積がまだまだ不足している。研究対象はたくさんある。堀田満氏らのグループが設置した調査プロットにおける特定分類群の木本植物の研究は、*Swintonia schwenkii* (Anacardiaceae), *Carophyllum soulattri* (Guttiferae), Dipterocarpaceae, Fagaceae などわずかであり、周辺域での研究を含めてもAnnonaceae, Symplocaceae, *Artocarpus* (Moraceae)などがあげられるに過ぎない。手がつけられていない分類群は山ほどある。この小文を読んでこれから熱帯の仕事をはじめようという仲間が一人でも増え、熱帯の多様性解明に貢献することを願っている。

### 参考文献

- 藤井伸二 1995. スマトラ調査雑記. 植物分類地理 45: 177-179.
- Fujii, S., Yoneda, T. and Nishimura, S. 1996. Floristic Study of Fagaceae in Lowland at West Sumatra. Annual Report of FBRT Project 2: 143-157.
- Hotta, M.(ed) 1989. Diversity and Plant-Animal Interaction in Equatorial Rain Forest. Kagoshima University, Kagoshima.
- 堀田満・井上民二・小山直樹(編) 1992. スマトラの自然と人々. 八坂書房, 東京.
- 国立天文台編 1995. 理科年表. 丸善, 東京.
- Soepadmo, E. 1972. Fagaceae. In Van Steenis, C. G. G.(ed): Flora Malesiana Series 1 Volume7: 265-403.
- 宮澤清治 1991. 天気図と気象の本. 国際地学協会, 東京.
- 米田健 1993. 熱帯雨林の利用と保全を里山から探る— JICAプロジェクトFBRT準備最前線報告—. Tropical Ecology Letters 10: 1-4.
- 永益英敏 1989. 研究ノート (69) 多様性に挑む. 京大教養部報 178: 7

## ある調査の一日～あるいは動物による ブナ科の種子捕食と散布について～

東京大学大学院農学生命科学研究科 安田雅俊

A field research at night in Pasoh, West Malaysia. Masatoshi YASUDA (Lab. Forest Zoology, Fac. Agriculture, Univ. TOKYO)

パソのプロット1の奥に*Quercus gemelliflora* (ブナ科)が実を落としている。重さは9～12g、大きめのミズナラの果実に似ている。早速、シートトラップを樹冠下に設置し、朝夕見回った。結論として、果実は昼間にはほとんど摂食されず、主に夜間、樹冠で齧歯類によって摂食されていることが判明した。果実に残された歯形から、捕食者は中型のムササビであろうと推測された。林床に落下した果実の消失を自動撮影装置で追跡したが、消失率は極めて低かった。サル、鳥類による捕食はみられなかった。また、延べ24時間以上にわたる昼間の直接観察の期間中、昼行性の樹上性の動物が果実を摂食しに訪れることはなかった。すなわち、親木から離れた場所でみつかった齧歯類の歯形のついた果実は、夜行性のムササビによって親木の樹冠から運び出された後に取り落とされたものであると考えられた。次にしなければならないのは、夜間の直接観察を行いムササビの同定をすることである。

1995年5月6日夕刻、私は、親木の下で夜明かしをすべく、ステーションから徒歩約15分の観察地点へハンモックと十分な水と食料を持って移動した。親木の近くにハンモックを吊る場所を探したが、熱帯林故、枝は遥か上の方にしかない。あるのは垂直に立った幹だけである。とりあえず試してみた結果、私は知った。ハンモックは垂直な幹を使っても吊ることができる。これで寝る場所は確保できた。

ひとつ心配な事があった。パソの森にはまだトラがいるという。ほとんど絶滅したものと思われていたが、去年、白人たちが50haプロットの方でキャンプをしていてトラの足跡を発

見したことは記憶に新しい。そこから直線距離でおおよそ4km。トラにしてみれば目と鼻の先である。現地のフォーレスターには、「会えればこれ以上ラッキーなことはない」と軽口をたたいていたが、さて夜明かしをするとなると少々心細い。私はハンモックをより高い場所に張り直した。しかし、昇り降りできないほどハンモックを高くする訳にはいかない。できるだけ高く吊ったのだが、寝た姿勢になると高さは地上から1mちょっと。これではトラに襲われるとひとたまりもない。とりあえず準備をして、夕食をとり町へ戻る。

21:00。夜道をバイクをとばしてステーションへ、そこから徒歩で観察地点へ向かう。手にはサーチライト、背中にはカメラ、レンズ、双眼鏡、虫よけスプレー、ロウソク、暖をとるためのアルミブランケットなど。観察地点に到着。虫よけスプレーを露出している皮膚や服の上から噴霧する。パソではここ数年若干名のマラリア患者が出ている。れっきとしたマラリア汚染地域である。つい先日もステーションに住み込んで調査していたアメリカ人の若いのがマラリアにかかった。私は日頃、虫よけスプレーをあまり使わない。有効成分のDEETは、皮膚から吸収されて肝臓を害すると聞いたからである。しかし今回はしょうがないと思った。ロウソクを点す。1本のロウソクでも結構明るい。ハンモックの左右に1本ずつロウソクを置き、トラ対策とする。有効であることを折りつつ煙草を一服。

ハンモックに横になって森の音に耳をすます。パキッという音が闇の奥から聴こえてくるとトラが踏んだ枯れ枝の音ではないかとビクッ

とする。近くの水辺で時折ポチャンと魚が跳ねる（カエルかもしれないが）。ふと気が付いたことがあったので、さっそく実験してみる。虫よけスプレーをロウソクに向かって放射する。缶には「可燃性」の文字。案の定、ゴウゴウという音を立てて大きな炎があがる。近くの木の上で寝ていたらしいサルがギャッギャッとわめく。やった！ちょっとした火炎放射器である。これでトラに対抗できる。スプレーの缶を胸ポケットに入れて私は安心した。ライターとナイフはズボンのポケットにある。

ハンモックに横になり、あるかないかの揺れに揺られて、心地よくなってくる。リーリー、キョッキョッ、ガーガー、ホーホー、グエッグエッグエッ。夜の森も結構騒がしい。ツイーと光点が流れ、ふっと消えたかと思うと、思いがけない方向でまた光る。マレーシアの蛍はとんでもなく不規則に点滅する。そして明るい。樹冠の間から星が見える。

23:30. カサカサ、ポトツ。ポトツ、ポトツ、カサカサ、ポトツ。どうやらやってきたようだ。樹冠でドングリの果皮をはぎ、それを落とす音。ときどき大きめの果実のかけらを落とす音。慣れれば、結構簡単に来たことが分かる。さてと。ハンモックから起き出して見通しのよい場所へ移動する。サーチライトを点けて、樹冠を照らす。いないなあ。う〜む。おっ、いたいた。サーチライトの光を反射して目が光ってみえる。左手にはサーチライト、右手には双眼鏡。双眼鏡を覗く。両目が光っている。結構大きいムササビである。ムササビのなかでは大型の部類であろう。重さ約500g以上と目測する。動いて腹部が見えた。腹部はオレンジ色であった。翌日、図鑑をみて *Petaurista petaurista* (red giant flying squirrel) であると分かった。

その後、ムササビは、0:00～5:00までの間に断続的に来訪し、私は時々起き出しては果実を摂食している姿を確認した。同種の数個体が来ていると思われた。ハンモックのなかで、ときどき眠り込みながら、ポリポリポタポタという音に目覚めては、時計をみる。6:00を過ぎて空が白み始めると私は本格的に眠りに入った。しかし、熱帯林といえども明け方はやはり冷える。20℃を切っているんじゃないだろうか？（そんなことはない、最低気温は22℃くらいだ。）寒さに震えながら、思いついたのは、ロウソクをハンモックの下に持ってくれば暖かいのではないかということだった。さっそく試してみる。アルミのブランケットをかぶって暖をとりながら、ロウソクの暖かさを背中に感じていた。夜が明けてもしばらくハンモックのなかで眠り、起き出したのは朝の8:00。朝食にチョコレートとバナナを口にしてボーと考える。結局、トラについては取り越し苦労だったようだ。マラリアも、これまで3年間何も起きなかったからたぶん大丈夫だろう。でも次回もロウソクと虫よけスプレーは必要だな（おわり）。

#### ★夜間観察における注意点★

- ・大光量の携帯式サーチライトを使用する
- ・懐中電灯は予備を持つ
- ・ロウソクとマッチは必需品
- ・十分な食料と水を確保しておく
- ・単独行動をしない
- ・事前にアクセスルートを確認しておく
- ・迷ったら朝まで動かない
- ・マラリアの予防
- ・危険な動物から身を守る術
- ・夜間暗視装置は役に立たない

（フィールドノートより）



## 野外における幹材硬度の簡易測定法

大阪教育大学教養学科自然研究講座 米田 健

Instructions for measurement of hardness of stem wood in the field. Tsuyoshi YONEDA (Div. Natural Sciences, Osaka Kyoiku Univ., Osaka).

## 幹材硬度の生物学的意味

樹木の支持器官である幹の硬度は、材強度の1要素であることから被支持器官である枝・葉の重量と関連しているだろう。ここで定義する硬度は、後で説明するが材の比重と高い相関を示す。つまり、材比重が高い幹ほど硬度が高い。光合成産物を幹材の体積生長に使うか比重の増加にまわすかは樹木の生存戦略にかかわる。材の呼吸速度は、材表面積にほぼ比例する(依田, 1971)。材比重は葉のサイズや分枝パターンとも相関があるため、詳しくはこれらを考慮して考察する必要があるが(Yoneda, 1993)、比重の高い樹木ほど個体の材重量当たりの呼吸量は小さく、かつ高い同化器官の支持力を持ちえる。つまり生産効率が高い樹形を獲得できる潜在能力を持つといえる。これは個体を単位とした生

産構造上の特性である。個体の生長速度は、直面している生育環境とその種がこれまでに獲得してきた生長特性により異なる。その種が持つ最大の生長速度(たとえば最大肥大生長速度)を生理特性の測度とし、構造特性と関連した幹材硬度との2つの測度で各種の生育特性を二次元座標に位置づけることができるのではないだろうか(米田ら, 1997)。

よく発達した熱帯多雨林の1ha内に存在する胸高直径が15cmを越す高木すべてについて調べた硬度の度数分布を図1に示す。非常に堅い材から柔らかい材までじつに多様である。この多様性が、熱帯多雨林において多くの種が共存できる生育特性の多様な分化を示しているといえるのではないか。

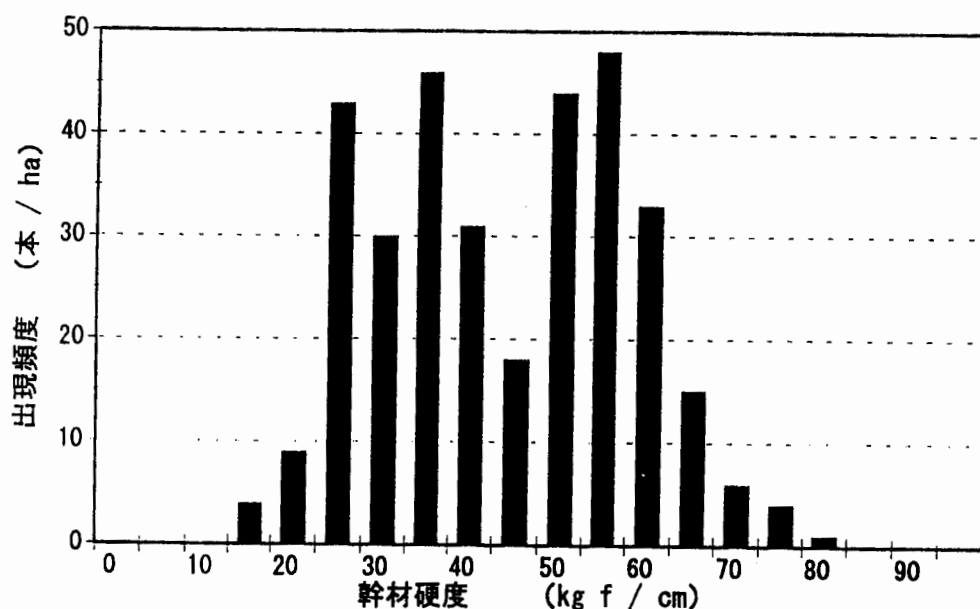


図1 西スマトラ州Ulu Gadutに設けられた1haのPinang-Pinag Plot内での胸高直径が15cm以上の高木の幹材硬度の度数分布(未発表)。

## 幹材硬度の定義と測定原理

木材工学的には材表面がもつ変形に対する抵抗の大小をしめす値を木材の硬度と定義し、その一般的な測定は鋼球を材表面に圧入したときにできるくぼみの表面積を用いている（ブリネル硬さ）。しかし、ここで使う硬度は、くぎの引抜試験で得られる最大（静的）引抜耐力を幹材硬度と定義する。

木材の繊維に直角に打ち込まれたくぎの引抜耐力は木材の比重と関係があり、たとえばアメリカF.P.L.の人工乾燥材、また日本産広葉樹（気乾比重0.3～0.9）を用いた実験では、それぞれ下に示した実験式が得られている（林業試験場編, 1958）。

アメリカF.P.L.の実験式  $P_m = 485 \rho_0^{2.5} d$   
 日本産広葉樹での実験式  $P_m = 305 \rho_0^{1.84} d$   
 $P_m$  = 単位長さ当たり最大引抜耐力 (kg f cm<sup>-1</sup>)  
 $\rho_0$  = 木材の絶乾比重 (g cm<sup>-3</sup>)  
 $d$  = 釘の胴部径 (cm)

引抜試験での荷重と引抜量との関係は、静的引抜耐力が高く剛性もあるが、いったん抜け出すと急に抜けてねばりがないタイプ（図2のA型）と、最大荷重および剛性は低い抜け切るまで粘りがあるタイプ（B型）がある。この関係での最大荷重を測定し、その値を打ち込んだくぎの単位長さ当たりに換算した値が最大引抜耐力、すなわちここで定義する幹材硬度である。

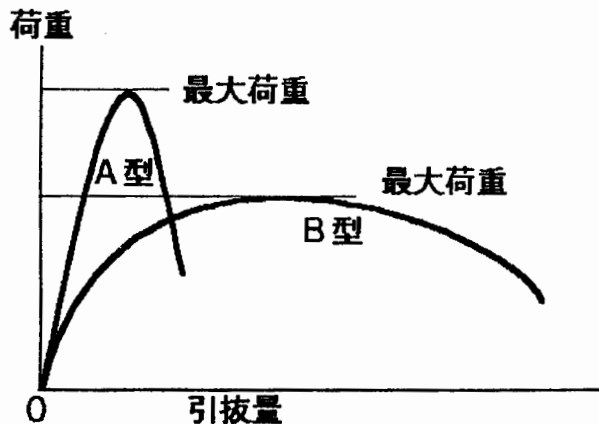


図2 くぎの引抜試験における荷重と引抜量の関係（千葉大木材工芸学教室編, 1961: 一部変更）。

なお、これまでの経験では、大部分の樹木がA型の荷重-引抜量関係を示した。

## 幹材硬度測定法（引抜試験の適用）

くぎの引抜試験法を野外測定に適用し、幹材硬度（最大引抜耐力）を測定する。ここではN65鉄丸くぎを標準くぎとする測定法を紹介する。

### 【使用する器具】

**鉄丸くぎ(N65)**：JIS A 5508, 長さ65mm, 胴部径3.05mm, 頭部径7.9mm, 5kgで1,000円程度。

**かなづちとくぎ抜き**：兼用タイプのハンマ（図3参照）を用いると便利（サイズや材質にこだわらないが、下記のもの野外で使いやすく、またcalibrationに今回得られた実験式がそのまま適用できる）。1本のハンマーでくぎ打ちとくぎ抜きを兼用できるが、2本を準備しそれぞれの専用を用いると能率的である。Fujiwara製のスチール製かなづち（規格SK11）、長さ31cm, 重さ340g（全体530g）、980円。

**カラビナ**：スプリングフック。メータとくぎ抜きのジョイントに用いる。サイズは8cmx4cm（図3参照）、550円。

**メータ**：握力計（dynamo meter）を利用する。ヤガミ握力計DM-100N(100kg)、値段15,000円。

**鉄板**：くぎ抜きの支点にあたる部分の幹にあてがう。厚さ2mm程度、最低3cm×7cm程度（小さいと紛失しやすい）。予備に数枚準備しておく。

**測定システム**：上記器具を組み合わせた測定システムと観測状況を図4と写真で示す。

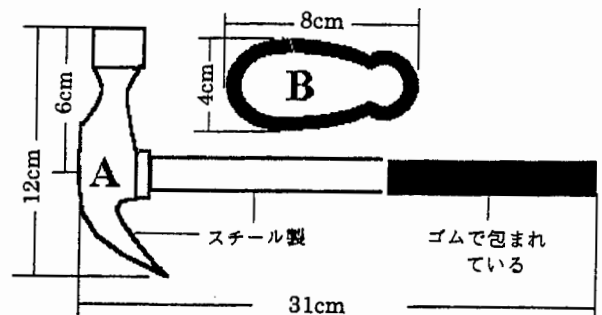


図3 くぎ抜き付きハンマー（A）と握力計-ハンマーのジョイントに使うカラビナ（B）。

### 【操作】

**くぎ打ち：**鉄丸くぎを板目に直行する方向へ60mm打ち込む（5mmを残す）。打ち込み回数が増えると（弱い力で打つ）、引抜耐力が小さくなる。したがって、できるだけ同じ回数で打ち込む（あまり神経質になる必要はない）。打ち込む場所は、作業がしやすい胸高位の少し上部、140cm高付近。節目はさける。斜面の場合は斜面上部で測定。繰り返しは3回、値が安定しない場合は、回数を増やす。

**くぎ抜き：**支点部に鉄板をあてがうことで安定し、また樹皮の損傷を防げる。支点からの距離を一定にするため、くぎ抜きにくぎをかませる位置を変えないこと。くぎを打ち込みすぎてくぎ抜きが定位置にはまらない場合は、予備のハンマーで、くぎ抜きの頭をたたき込むとよい。くぎ抜きの柄の定位置に握力形を取り付ける（図4参照）。一人がくぎ抜きを軽く保持した状態で、もう一人が握力計をくぎ抜きの柄に直行する方向へ一気に引く（写真）。すでに指摘したとおり、くぎが抜け始めた直後に最大荷重がかかる場合が多い。この引抜き操作は一人でも可能であるが、くぎが抜けきった場合、ハンマーが体方向に落ちるので危険、十分に注意すること。この測定システムでは45～50 kg fの引抜力がN65くぎの耐力限界に相当し、それ以上の力を加えると、くぎ頭が破損するかくぎ同体部が切断する。最大荷重に対応した引抜力をメータから読みとった後、幹に残るくぎを抜き取ることで1本の樹木の硬度測定が終了する。

**CALIBRATION：**握力計で読みとった引抜力から幹材硬度（最大引抜耐力）への換算法。島津のコンピュータ計測制御精密万能試験機（Simazu Autograph DCS-5000）を用いて、上記の測定システムで得られる引抜力（X）とくぎ自体にかかる荷重（Y）との関係を調べたところ、下記の実験式を得た。

$$Y = 10.2 X + 34.4 \text{ (kg f, kg f) } (r^2=0.976)$$

この関係式は本来であればX=0でY=0となるべきであるが、測定システム自体の荷重が作用したためこの条件を満たさなかった。この実験

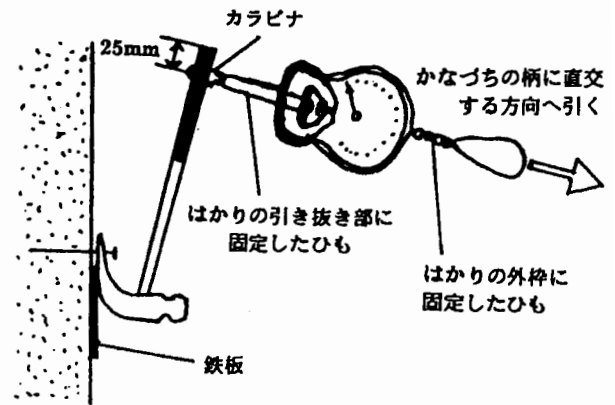


図4 測定システム。



写真 野外での測定状況。

式の適用範囲は、 $5 \text{ kg f} < X < 45 \text{ kg f}$  である。この実験式から求めたくぎの最大荷重値（Y）を打ち込んだくぎの長さ6cmで除した値がここで定義する幹材硬度（ $Hd = Y/6$  :  $\text{kg f cm}^{-1}$ ）である。

### 課題と応用

本測定法では、胸高位付近での硬度を対象木の幹材硬度と定義したが、地際から幹先端部にかけて値は変化するであろう。ここで用いた測定部位は、作業のしやすさを優先して決めた。1本の幹で部位によりどの程度の変化があるのか、またここで用いた地上高1.4mでの硬度と幹全体の強度、さらに樹冠重量や葉量との関連性も今後明らかにする必要がある。樹皮の影響についても、今後の課題として残している。

ここで紹介した硬度測定法は、生木の幹材硬度のみでなく倒木の腐朽度の評価にも応用できよう。まだ改良すべき点が多くあろう。多くの方々に本方法を適用いただき、より精度高い測定法へと改良していただくことを期待している。

本測定法の開発、とくにcalibrationの実験式を得るにあたって、大阪教育大学技術教育講座の井津元世士郎氏にご指導いただいた。ここに感謝の意を表する。

### 参考文献

千葉大学工学部建築学科木材工芸学教室編 1961. 木材加工・室内計画便覧. 産業図書, 東京, 1223pp.  
 貴島恒夫・岡本省吾・林昭三 1962. 原色木材大図鑑. 保育社, 大阪, 204pp.

日本木材学会・物理・工学編編集委員会 1985. 木材科学実験書 I. 物理・工学編 中外産業調査会, 東京, 346pp.  
 林業試験場編 1958. 木材工業ハンドブック. 丸善, 東京, 1067pp  
 佐藤大七郎・堤利夫(編) 1978. 樹木 形態と機能. 文永堂, 東京, 309pp.  
 島地謙・伊藤隆夫 1982. 図説木材組織. 地球社, 東京, 176pp.  
 依田恭二 1971. 森林の生態学(生態学研究シリーズ 4). 築地書館, 東京, 331pp.  
 Yoneda, T. 1993. Surface area of woody organs of an evergreen broadleaf forest in Japan and Southeast Asia. *Journal of Plant Research* 106: 229-237.  
 米田健・西村千・藤井伸二 1997. 幹材硬度と生長速度による熱帯多雨林構成種の生育特性の解析. 第44回日本生態学会大会講演要旨集 H208, 144p., 札幌.

*Tropical Ecology Letters* は日本熱帯生態学会のニューズレターとして年数回刊行され熱帯に関連した観察または事実を含む速報, 新しい学術概念や情報の解説と議論やそれらに対する意見, 学会関連分野のニュース, 新著や論文の紹介と批評, 及び学会記事等を掲載します. 投稿原稿は手書きでも良いのですが, フロッピーを付けていただくと助かります.

#### 学会事務局

〒606 京都市左京区吉田下阿達町46  
 京都大学東南アジア研究センター  
 生態環境部門(気付)  
 Tel 075-753-7311,7334,7814  
 Fax 075-753-7350

郵便振替番号 00750-5-12412

加入者名 日本熱帯生態学会  
 年会費 正会員 8,000円  
 学生会員 6,000円  
 賛助会員一口 100,000円

#### *Tropical Ecology Letters*

編集 日本熱帯生態学会編集委員会  
 Letters 担当: 米田 健  
 〒582 柏原市旭ヶ丘4-698-1  
 大阪教育大学教養学科自然研究講座  
 Tel & Fax 0729-78-3645  
 発行日 May 30 1997  
 印刷 株式会社土倉事務所  
 〒603 京都市北区小山西花池町1-8  
 Tel 075-451-4844  
 Fax 075-441-0436