

*Tropical Ecology Letters*

日本熱帯生態学会 Japan Society of Tropical Ecology Nov. 25 1995

## 熱帯多雨林の火災とその後の追跡調査

鹿児島大学教養部生物学教室 田川日出夫

Earlier Process of reforestation of a tropical rain forest of East Kalimantan, Indonesia, after a great scale fire in 1983. Hideo TAGAWA (Dept. Biol., Coll. of Liberal Arts, Kagoshima University)

インドネシア東Karimantan州の気候は、7月から10月までは雨がやや少なくなるものの平均して雨が深い多雨熱帯気候下にある。州都のSamarindaの北からSangatta川までに広がるKutai地方はインドネシアの歴史では最も古い紀元4世紀にヒンドウ文化をもったクタイ王朝があったとされる由緒ある場所である。

Kutai国立公園は、1992年10月に国立公園に指定されたばかりで、卓越木の高さが60mを越え、フタバガキ科植物が優占する典型的な東南アジア型の熱帯多雨林であった。その森林組成については、宮脇昭教授らがサマリンドから奥地に入ったSebuluで調査をされ、組成を明らかにしている (Miyawaki et al., 1982)。

10月以降に多雨季がやってくるはずの1992年、エルニーニョの発生のため、南西太平洋では異常な乾燥に見舞われ、翌年の5月までの11ヵ月間、殆ど雨が降らず、炎暑と乾燥にさらされた樹木は葉を全て落とし、枯れてしまった。多雨を予想して行った焼畑の火が、林床に落下して堆積していた枯葉に移り、1992年末から翌年の5月にかけて、クタイ国立公園の大半を含む森林が凡そ300万ヘクタール消失するという大惨事になった。これまでの森林火災で消失した森林面積とは比較にならないほどのもので、1987年に発生した今西錦司探検隊で有名な大興安嶺火災の被災面積はその三分の一である。

Kutai火災の詳細は米国でランドサットを通して観測されており、火災がインドネシア側だけでなく、マレーシア側のサバ州でも起こっていたことが分かっている (Malingreau et al., 1984)。

この火災についての情報は、当時Subuluで行われていた伐採現場で、熱帯多雨林の生産量調査を行っていた小川房人教授とジャカルタのインドネシアホテルで偶然にお会いした時に得たものである。火災当時、国立公園の区域設定のためのWWF Internationalのプロジェクト代表者として、燃えつつある林内で調査を進めていたHasanuddin大学のDr. Nengah Wirawanの勧めと協力を得て、森林消失後の二次遷移を調査することになった。

第1回目の調査は文部省の研究費補助金（海外学術調査）を得て、1996年7月19日から10月15日までの88日間、Bontangの北Teruk Kabaから西に延びるKayu Mas林道（既に10年前に廃道になっていた）沿いに、9km, 27km, 37km, 45km地点を中心に調査を行った。研究費がとりまとめを含めて2年分しか認められなかったので、調査場所の設定から調査までを1回で済まさなければならなかった。第1回目の調査では、できるだけ多くの二次植生の種類を見出し調査を行い、何が原因でそのような種類ができるのかを検討づけることにあった。もう一つ大事なことは、火災で焼けていない森林を見つけ、

火災でどのような変化が起こっているかを知ることであった。被災していない森林は、クタイ公園の奥地にあり、そこまで全てを背負って、Teruk Kabaから4日ばかりで歩かなければならなかった。

我々が識別した群落は①Wirawan博士が予め選定してくれていた焼けていない*Dryobalanops*林であった。火災による植生の被害状況は区々で、②完全に燃えた小丘ではマルバオオバギ (*Homalanthus populneus*) が優占する純林に近い林、③表度を剥ぎ取って作った林道に成立するノボタン (*Melastoma malabathricum*) 低木林と④カギカズラ (*Uncaria spp.*) 低木林、⑤尾根上の乾燥した完焼地ではカンコノキ (*Glochidion capitatum*) 低木林が成立していた。⑥道路わきの林縁部には枝を水平に伸張するタマハナ (*Anthocephalus chinensis*) の林分が見られ、タマハナの樹上にはオランウータンを見かけた。⑦乾燥した林道脇にはトベラモドキ (*Tristania whitiana*) の林分があり、樹幹が白いので、シラカンバの並木の感じがある。⑧林道が崩壊して、堆積した岩礫地にはハッポウジュ (*Duabanga moluccana*) 林やノボタン低木林があり、⑨林道からはずれた、焼け方が完全ではない部分に多い、葉がでかいヒロハオオバギ (*Macaranga gigantea*) 林、⑩対象的に葉が小さく、若い葉が淡紫色に帯色するケミオオバギ (*Macaranga trichocarpa*) 林、⑪部分的に焼け残った樹木の間密に成林するMallotus林と間違い易いハズ (*Croton argyratus*) 林、⑫第二次調査で見つかったミツバオオバギ (*Macaranga triloba*) 林や⑬Sangattaに近い道路ぞいに多いウラジロエノキ (*Trema orientalis*) 低木林 (屋久島のように大きな成樹を見たことがない)、⑭卓越木は枯れたが、火災の程度が軽く中層木が生残ったラワン (*Shorea spp.*) 林、⑮川岸の段丘に多く、火に強いので焼け残ったボルネオテツボク (*Eusideroxylon zwageri*) 林など、日本と比べてはるかに多様な二次林がある。この他に我々の目では差異が感じられないが、種組成は異なっている二次林がまだ数多くあるに違いない。第一次調査では乾燥や火事で焼け残った幹だけの高木が林立していて、調査中に倒伏する

ので危険極まりなかった。ヘルメットの着用は熱帯林では是非必要である。

第二次調査では以後の継続調査を考えて、できるだけ道路から近いアプローチのいい場所を選ぶことにして、火災から10年目に当たる1992年から3年にかけてSangkimahのベースキャンプの周辺に6プロットを設置した。この調査で分かった大きな問題は、ヒロハオオバギは発芽後10年で凡そ20cmに生長し、寿命がきたのか幹が折れたり、倒伏したりでヒロハオオバギ林の自壊が始っていたこと、自壊中の森林内に二次遷移を進める次世代の林冠構成樹種が見られないことであった。より耐陰性の強い樹種が侵入しない限り、A.S.Wattが述べたCyclic theoryとは要因が異なるが、現象としては似ている変化が続くのであろうか。より耐陰性の強い樹種はかなり大きな種子を持っている。極相種のフタバガキ科の植物はナラ属やマテバシイ属のどんぐり程度の大きさの種子であるが、ボルネオテツボクになると長径15cmの砲弾型をしていて、分布を広げるというよりはうす暗い林床で自己維持のための発芽生長を保証する方向に進化を進めてきたものも多い。従って、鳥散布の樹種を除いて近くに種子供給の母樹がなければ侵入が困難で、森林の遷移に時間がかかることになる。

萌芽を出す樹種はボルネオテツボク、パリナリ (*Parinari corymbosum*, クリソバラヌス科)、*Dehaasia cuneata* (クスノキ科) などわずかで、広範囲に伐採し、自然更新を期待する暖温帯の森林経営は熱帯林では不可能である。熱帯林の遷移の長期にわたる調査はクラカタウ島の例があるが、二次遷移、特に熱帯多雨林については、焼畑放棄地の短期的な調査があるだけで、今後の調査が期待される。

第三次の調査は来年2月に行われるが、各プロットの基本調査と共に、埋土種子、実生、土壌の調査を予定している。既にボルネオテツボクの種子落下、実生調査は渡辺隆一氏によって行われており、この3月に豊作であった*Shorea leprosula*などのフタバガキ科の種子と実生についての動態調査も行われる。土壌分析はムラワルマン大学の研究分担者によって行われ、比較的焼けていないプロットと比較検討が行われる。

本調査の狙いは森林の回復だけでなく、生態系としての熱帯多雨林の回復過程を明らかにする目的があるので、第1次の調査では、植物、土壌、哺乳類（霊長類を含む）、昆虫類、土壌動物などの調査も行っている。その結果について簡単にまとめておきたい。

森林が消失して、大きな環境の変化は先ず土壌に見られる。クタイの調査地域の地質は始新世から暁新世以前に堆積した地層（Pamaluan層、Belulu層を構成する泥岩層）を基盤とし、始新世から漸新世にかけての地殻変動で再び沈降し、粒子の荒い堆積層（Pulau Balang層、Balikpa-pan層、Kampungbaru層を構成する砂岩層）の形成が中新世から鮮新世まで続いた。この地層が漸新世後期に再び隆起、第4紀の海水面変動を経て現在に至っている。概ね南北に延びる海岸線に平行して沖積層、Kampungbaru層、Balikpa-pan層、Pulau Balang層、Pamaluan層が並んでおり、泥岩層と砂岩層とが交互に丘を形成している。雨が降ると泥岩層域ではたんほのぬかるみになる。

分担者の下川悦郎氏は森林焼失直後に侵入した*Macaranga*や*Mallotus*などの二次種の根が土壌の流失によって浮き上がっている状態から判断して、浮き上がった部分の厚さを測定し、土壌の流失速度を計算した。被災していない林分では20度の斜面で0.31mm/yr、被災林床で2.6から4.5mm/yrで、被災の程度によって8.7倍から15倍の値が得られた。流失速度は、斜面の傾斜が大きくなるほど速い。被災していない*Dryobalanops*林で土壌調査中、斜面直下の平坦地で木炭が出土した。その上の土壌層の厚さを、年間の堆積速度0.31mm/yrで割ると、200年という値が得られた。かなりの広さで木炭が分布していたので、200年以前にも森林火災があった可能性があることが分かり、熱帯多雨林も森林火災から逃れられないことを知った。

矢島孝昭氏の林床動物の調査によると、乾燥で大量の落葉に火がまわったため大型土壌動物は貧弱で、個体数や生物量は少なく、種多様性もかなり低かった。焼け残った森林と比較してもそれ程差異がなかった。微小土壌動物や葉上性動物は植生が異なっているにもかかわらずそれ程大きな違

いは認められなかった。この原因は、林床性のアリや葉上性昆虫類が共通に出現したからである。東南アジアの熱帯林では噛みつかれるとかなり痛みがあるネツタイツムギアリなど樹上性のアリは殆ど見られず、火災の影響の仕方を伺うことができる。第2次調査で行った山根正気氏の調査では、サンプル当りの属と種数をランビル国立公園（サラワク州）と比較すると、13:17、20:28で、火災後10年経てもわずかに火災の影響が見られた。

ボルネオ島は全島アジアの代表的類人猿であるオランウータンの生息地で、この生態については我々の調査開始以前から、鈴木晃氏がSangatta川中流のMentokoを中心にして調査を続けており、火災がひどい林分では発見できなかったが、被災の程度が軽いところでは、被災林でも被災していない林分でも生息に影響はなく、焼死個体は発見されなかった。東滋氏の推定では、Teruk Kabaから45km地点までのKayu Mas林道沿いに20個体以上が生息しているという。この推定値は他の熱帯多雨林域の値に比べて低く、火災の影響が大きいのではないかと考えている。そのため、調査報告書でクタイ国立公園内にオランウータンの保護施設を設けるように提案した。

他の猿類では目視、音声によるセンサスを行ったが、メガネザルやスローロリスは発見できなかった。ヤセザル類の*Presbytis hosei*、*P. rubicundus*、*P. frontatus*は存在が確認できたが、火災後の低木層の発達によって、原生林ほどは確認が容易でなかったため、音声に頼らざるを得なかった。従って群の構成までは確認できなかった。マヤプシキマングクローヴ林にいるテングザルはマハカム川流域で1群が見つかったが、マングローヴの被災はなく、被災地での状況は分かっていない。ブタオザルは3群、1群は6～7個体の成獣と幼獣とからなり、ボルネオテナガザルは早朝にowa cryが聞けるが、日中には音声での確認はできない。Teruk Kabaから45km区間に44～58群が生息しており、猿類では最も密度が高かった。

猿類以外の大型動物は、目視、糞、獣道の連続観察、食痕、営巣、爪や角磨痕などによって

できるだけ多くの種の存在を確認することに力点を置いたので、個々の種の生態については詳細な研究を行うところまでいかなかった。確認できたのは、マレージャコウネコ、バンテンヤギウ、サンバーシカ、インドキョン、ヒゲイノシシ、マメジカ、マレーグマ、ムササビ、カワウソ、ヤマネコ2種、ヤマアラシ、オオコウモリであった。筆者は幸いにしてヘビと遭遇しなかったが、隊員はミズヘビを目視している。

第2次調査(野崎, 東, 佐々木, 鳥居の各氏)ではマレーシベットを捕獲し、テレメトリー調査を行った結果、雄と牝どちらもなわばりと行動圏をもち、複数の牝のなわばりと、雄の一つのなわばりが重なっていることが分かった。カニクイザル、ブタオザルについては、Teluk Kaba周辺で調査し、マングローブを含めそれぞれ12群と3群が確認されたが、分布の境界が互に離れており、ニッチェが完全に埋っていない状態であった。また、熱帯低地には山岳が少なく、通常のテレメトリー法は使用に限界があるので、今後のことを考えて、人工衛星を使ったテレメトリーを行うため、400Mhzの波長を利用して、アルゴス送信機MARS90からの発信がどれだけNOAAのDCLAに拾われ、精度がどうかについて森林でない場所、一層の森林、多層の森林から信号を発信して電波の透過率を実験的に求めた(解析結果は未だ出ていない)。

本年4月第3次の調査準備で訪れたとき、先導していたPHPA(インドネシア森林省自然保護局)の職員がインドコブラに遭遇した。第1次調査ではヤマビルが少なかったが、この時はかなりの密度に回復しており、水中にもウマビルのなかまが戻ってきていた。しっかり消毒をしておかないと治癒が遅れる。蛋白源として釣り上げた魚類は鱗が硬い種類が2種、ナマズが1種であったが、動物の隊員たちはあまり興味を示さなかった。

第1次、2次調査では文部省の科学研究費補助金(国際科学研究)による援助を得て調査研

究が行われたが、第3次調査では日本生命財団の研究助成を得て、来年2~3月に行われる予定である。

以上がこれまでの調査とその成果の概要であるが、調査での問題点について述べておくと、動物でも状況は同じだと思うが、植物の場合同定が殆ど現地ではできない。Herbarium Bogorienseでもちゃんと同定した植物標本は少なく、Leidenに行かなければ最終的には決められないことが多い。近くのUniversitas Mulawarmanにも、JICAの援助でできたPUSREHUT(熱帯林保護研究センター)にも信頼できる標本室はない。やむを得ず所属の大学で同定をしようにも専門家がいらない、標本を置く場所がないなど、自然誌に関する施設は西洋の大学に比べて貧弱そのもの、或いはないのと同じである。平成7年度の追加予算で幾つかの大学にUniversity Museumを作るという計画が文部省にあるように伺っているが、是非教育の場としても利用できるような複数の専門研究員を付けた組織を考えて頂きたい。

#### 参考文献

- Tagawa, H. and Wirawan, N. (ed) 1988. A Research on the Process of Earlier Re-recovery of Tropical Rain Foresta after a Large Scale Fire in Kalimantan Timur, Indonesia. Report of the Grant-in-Aid for Scientific Research (Overseas Scientific Survey) in 1986 and 1987. Occasional Paper 14, Kagoshima Univ. Res. Center S. Pacific, 136pp.
- Azuma, S. and Wirawan, N. (ed) 1994. Early Recovery Process of Kutai Ecosystem, A Preliminary Report. Kyoto Univ. Overseas Res. Rep. Stud. Asian Non-Human Primates, Special No., 1pp., Kyoto Univ. Primate Res. Inst.
- Wirawan, N. 1985. Kutai National Park, Management Plan 1985-1990. WWF/IUCN Report No.10, Project 1687 Kalimantan, 124pp.

# C/Nバランス仮説に基づく共生・生態系の機能・生物多様性の理解 (1)

京大大学生態学研究センター 安部琢哉

How to understand symbiosis, ecosystem function and biodiversity based on C/N balance hypothesis. Takuya ABE (Center for Ecological Research, Kyoto University)

吉良竜夫先生をリーダーとするマレーシアのバソにある熱帯多雨林の生産力研究チームのメンバーとして、熱帯のシロアリとお付き合いを始めてから20年以上が過ぎた。近年におけるシロアリー微生物共生系の研究にはめざましいものがあり、後腸に原生動物をもつ下等シロアリが、自分でもセルラーゼを中腸や唾液腺で作ること、後腸に原生動物を持たない高等シロアリはセルラーゼをもっぱら自分で作ること、しかし土壌を食べる高等シロアリでは消化管内のセルラーゼ活性が極めて低いこと、材を食べる下等シロアリのコウシュンシロアリでは体を構成する窒素の50%以上が空中窒素起源であることなどが分かってきた。

シロア리를研究しながら、私が求めているのは、共生、生物多様性の形成と維持、生態系の機能といったものを統一的に理解する観点とそれを実証する方法である。京大大学生態学研究センターの東正彦さんとの議論のなかで一つの観点が浮かび上がってきた。生物におけるC/Nバランス問題である。

## C/Nバランス仮説による生態系の構造と機能の統一的把握

大上段にシロアリが生活する陸上生態系とは何かをまず考える。東&安部(1992)は、陸上生態系と水域生態系の構造と機能の違いをC/Nバランス仮説に基づいて説明することを試みた。その要約とそれへの補足から話を始めたい。現存する生物の原形質は蛋白質を主成分としており、その炭素/窒素(C/N)比がおよそ3~5である。そのために、生物は体を作るに当たってC/Nバランスに関する制約を守らねば

ならない。動物は食物を選択することによってこの問題を解決することができる。定着性の植物ではどうか。ここで大胆な推定をする：植物は慢性的に炭素である。では植物は過剰な炭素をどう処理するか。選択肢は2つある。原形質の回りに、窒素を含まないセルロースやリグニンを主成分とする、細胞壁を形成するか、体外に排出有機物(EOC)としてたれ流すかである。根拠の十分でない(しかし正しいと信じている)断定をする。樹木やイネ科草本などの陸上植物と藻類などの水域植物の大きな違いは、まず(原形質)と(細胞壁+EOC)への配分の違い、及び、後者の(細胞壁)と(EOC)への配分の違いである。細胞壁について言えば、それに多くをまわすのが陸上植物である。さらに樹木では地上部の幹と枝等に、イネ科植物では地中部の根にその多くを回す。

植物における、このようなC/Nバランス問題の処理法に動物はどう対応するか？動物の多くは原形質に含まれがちな毒物(二次代謝産物)を解毒し、原形質だけを利用する。C/Nバランス問題の回避である。シロアリを含む一部の動物は、毒物問題を回避し、C/Nバランスとセルロース分解という2つの難問を解決して、細胞壁のみを利用する。原形質と細胞壁の両者を利用できる草食哺乳類は森林には少ない。従って、原形質と細胞壁の両方をほどほどに含む老葉や枝の多くは、植物が生きている間にあまり食べられない。こうして森は緑を保ち、海は緑を保てない。EOCのみを利用する高等動物の存在を私は知らない。

原形質に富む種子、花粉、若葉などは生きている状態で食べられることも多く、生態系の生

食連鎖の起点となる。細胞壁に富む幹、枝、老葉の多くは、原形質含有量が減ってから、つまり枯死後に食べられるために、腐食連鎖の起点となる。EOCは微生物連鎖の起点である。こうして生態系機能、つまり、これら3つの食物連鎖における物質の流量は、基本的には植物が合成した有機物の原形質、細胞壁、EOCへの配分によって決まってしまう。腐食連鎖の卓越の度合いは森林、草原、水域生態系の順に減少する。

では生態系の構造はどうか？ 樹木の老葉、幹や材は細胞壁を多量に含み、滞在時間が長く、あまり動かない。そのためにこれらは生物起源の構造物を形成する。この働きは藻類にはほとんどない。大きな構造物は不均一な環境を作る。不均一な環境が多種共存をもたらすことは群集生態学の競争理論の教えるところである。森林、草原、水域生態系における動物の種多様性は、サンゴ礁を除けば、この順に低くなる。このように、C/Nバランス仮説は、生態系の構造と機能および、森林、草原、水域生態系の大きな違いをうまく説明できる。

#### 共生による小循環回路の形成

次に共生について考える。我々の主な研究対象であるシロアリは、原生動物、バクテリア、菌類などの微生物と共生関係をもつことによって、セルロース分解問題とC/Nバランス問題を解決し、細胞壁の利用に成功した典型的な動物である。日本に分布するヤマトシロアリやイエシロアリなどの下等シロアリは原生動物に住みかたセルロースを多量に含む木材破片を与え、原生動物はシロアリにセルロースの分解産

物である酢酸等を与える。

共生の多くは、送粉共生系などを別にすれば、2種生物間における異質な物質の直接的な交換あるいは物質循環の小回路の形成で特徴付けられる。菌根では炭素と窒素・リンが、マメ科植物の根瘤では、炭素と窒素が交換される。何のことはない。これはC/Nバランス問題の2者間の解決策にほかならない(C/Nだけでなく、C/N/Pなども考えればよい)。

共生による小循環回路は生態系の中で無視出来ない存在である。一つ例を挙げれば足りよう。大部分の植物が菌根を持つ。そして、植物の純生産量の20%が共生菌類に流れる。森林の樹木が樹上の全動物に与えるのは高々純生産量の10%である。

つまり、生態系では物質の大循環——独立栄養生物によるC/Nのアンバランス生成と従属栄養生物によるC/Nのアンバランス解消過程——に共生による物質小循環——C/Nのアンバランスの局所的、直接的、相利的な解消過程——が数多くぶら下がっている。このような見方によって生態系の性質、例えばシステムの安定性や構成種の多様性など、の理解がどれほど深まるかが今後の問題である。

生物が様々な排出物を出すのは、ごく広い意味でC/N (C/N/Pあるいは異なるアミノ酸比など何でもよい) アンバランスの解決のためだとみることができる。多様な生物が共存しなければならない理由は突き詰めれば、いずれの生物も不完全であるために、このようなアンバランスを生態系全体で解消する循環系を必要としているからだと言えよう。

# インドネシアの湖沼がかかえる問題

琵琶湖研究所 中島拓男

Indonesia's lakes : their environmental issues. Takuo NAKAJIMA (Lake Biwa Research Institute)

ラマダンの雰囲気は不思議な作用があるのであるだろうか、インドネシアの湖沼と聞くと何となく落ち着きがなくなってしまう。きっかけは1990年、信州大学の中本教授をリーダーとしたインドネシア陸水研究開発センターのJICA研究協力プロジェクト（中本、1994）に加わったことであつた。1993年に再度訪問した時もラマダンの時期であつた。短い期間で入り口をのぞいただけであるが、湖沼研究の魅力もさることながら、インドネシアにおいては陸水の環境保全とそのため陸水に関する研究が急務であること、日本での経験を生かした協力が可能ではないかとの考えを持つようになった。

効果的な協力には、インドネシア研究者との共同研究が不可欠である。それではどのような共同研究ができるのであろうか。よく現地主義ということがいわれる。日本的な思考ではだめだといわれる。しかし、諸先生の助言に対して多くは同意しながらもまだ疑問がないわけではない。一つ一つ経験を重ねながら解きほぐしていかなければならないが、とにかく、インドネシアにおける湖沼環境の現況、陸水学的情報をまとめておくことは疑問解決の一助になるであらう。

## インドネシア湖沼の概略

日本の1.5倍程の面積を持つインドネシアには、人工のものを含め500をこえる数の湖沼があるといわれている。ほとんどが雨期に大きな湖を形成する氾濫原湖と火山構造湖であるが、イリアンジャヤには石灰岩溶蝕湖、スマトラには泥炭地域にできる腐植栄養湖もある。また、火山国であるので、ディエン高原（ジャワ）にあるような酸性の湖沼も存在する。最も大きな湖は、表面積が琵琶湖の2倍のトバ湖（スマトラ島）である。しかし、熱帯地域の特色の一つである

が、同じスマトラには、雨期にトバ湖の2倍ほどの大きさになる氾濫原湖が出現する（オガン・コメリン湖）。最も深い湖はスラウエシ島にあるマタノ湖で、590mの水深は世界でも8番目に深い。

## 湖沼の生物

湖沼の表面積は全陸水（53,000,000ha）の4%弱を占めるにすぎず、残りは河川と氾濫原（23%）および湿地帯（74%）といわれる。しかしながら、湖沼は多様な生物の生息場所として重要である。例えばスラウエシ島ではメダカ亜目魚類の種類が多いことが報告されているし（沖野、1993）、マタノ湖トーティ湖系には39種をこえる固有の動植物が見いだされている。ルットナーらが陸水調査を行ってから65年たち、それを記念して国際熱帯陸水学会が開かれた。そこでコテラットとウィットンがスマトラ、ボルネオ、ジャワ、バリ、スラウエシ島の陸水で964種の魚が知られ、このうち250種ほどが固有種であることを報告している。スラウエシ島には70種ほどが生息しているが、固有種の占める割合は76%と非常に高い値である。彼らは2000年頃までにさらに500種ほどが発見されるだろうと推測している。十分な生態学的な調査が行われていない湖沼が多いので、研究が進むにつれ、魚以外の生物についても新種発見が続くであらう。

## 人為的影響

Giesen(1994)は主要35湖沼（これらの表面積は全体の85%）における人為的影響の状況を調べている。その結果、12の湖ですでにダムが建設されているうえに5つの湖でダムの建設計画が進んでいる実態が明らかになった。特に注目すべき影響は、大規模な森林伐採やプランテーシ

ンによるもので、湖周辺に重大な水文学的変化をもたらしている。情報が無い10の湖沼を除き、影響が無いのはわずか5湖沼であるという。これらはまた土砂堆積の問題を引き起こしている。汚濁、汚染が深刻な湖は1つであるが、約半分の湖沼でその兆候がすでに生じている。人間活動の影響によって18の湖沼で生物相の変化が生じ、そのうち9湖沼では深刻な状況にある。14湖沼については生物相に関する調査は全く行われていない。25の湖沼では外来魚種が導入されており、そのうち4湖沼で固有種の減少が推測されている。しかしながら、21湖沼については推定するための情報が無い。

インドネシアは現在経済発展が著しいが、環境保全対策は不十分である。このような状況にあって、生態学的な重要性がわからないまま生物の生息環境が破壊されている湖沼が多い。ジャワ島に生息する魚類130種の50%はすでに消えてしまったといわれている。

飲料水、観光あるいは発電といった水利用上重要な湖では、水質保全、生態系保全のための基礎調査や集水域管理計画の策定の試みがなされるようになってきている。時には政治的要素もからんでくる場合もあるが、その例がトバ湖にみられる。

### トバ湖

開水面は琵琶湖の2倍であるが、湖内には琵琶湖とほぼ等しい面積のサモシル島がある最大水深529mの大きなカルデラ湖である。標高905mにあるため赤道付近にあるにもかかわらず月平均気温が20℃で安定している。集水域面積および年降水量は琵琶湖の値とほぼ等しい(LBRI/ILEC編, 1988)。

1929年4月の調査(Ruttner, 1931)によると、表層から水深25mまでは26℃で変化がないが70m以深は24℃となり2度の差がみられ、溶存酸素濃度も深いところで飽和濃度に対して20%以下まで減少していた。一方、その後の1976年1月の調査(水野寿彦, 1980)では300mまで水温、溶存酸素濃度とも変化が見られていない。水が循環する時期があるかどうかは、湖の特性を決める重要な要素であり、湖の基本的特性を

おさえるためにも長期的な調査・研究が望まれているところである。

この湖は貧栄養湖に分類され、透明度は10mをこす。透明度が高い湖は光が深いところまで届くため、水草の生育には有利である。しかしこの湖は急斜面の湖岸が多いので、生育面積は広くなさそうである。抽水植物の発達も貧弱であり、1990年に訪れた時には*Nelumbo*、*Nymphaea*などが狭い湖岸に疎生しているのが見られる程度であった。浅い湖底には*Potamogeton*が優先的にはえており、魚にとって重要な生育、産卵の場となっている。

周りに住んでいるバタック族は独特の文化を持っている。その儀式に在来魚の*Labeobarbus soro*や*Lyssochilus sp.*が使われていたが、現在これらの魚がほとんどとれなくなったのでしかたなく他の魚を使っているとのことであった。漁獲量を増やすため、何種類かの魚が移入されたが、そのうちのコイの一種が現在漁獲高の80%を占める程になっている。これらの移入魚種が在来種に及ぼす影響はほとんどわかっていない。

貝類に関しては固有種といわれているシジミの*Corbicula tobae*を含め9種類が知られている。しかしながら、1972年の調査ではこのうち2種が確認されていないし、貝類が全然見いだせない区域もふえてきている。

集水域での人間活動がこれらの生物相変化にどのような影響を与えているかは今後の調査・研究をまたねばならない。トバ湖の貯水量は大きいいため、湖全体を考えると富栄養化が問題化する程には至っていない。しかし、湖底堆積物の調査からは、森林伐採などによる土壌侵食の影響が大きかったことが推測されているし、観光客が増えることによって問題化してきた船からの油汚染、また観光施設等からの汚濁など、局所的な汚濁・汚染が問題となっている。

集水域では人間活動による変化が顕著に現れている。現在32万人ほどが居住しているが、昔から焼き畑などで森林が切り開かれ、1972年にはプランテーションを含めても森林面積は25%であった。その後国や企業により植林が行われ1985年には58%に回復した。しかし、1986年段



階で天然林は8%にすぎない。また、企業は成長の速いユウカリを積極的に植林しているがこれはもともとこの地方にはなかった樹種である。

土地利用が進むにしたがって、集水域での水文学的变化が起こった。湖に流れ込む河川は289本であるが、年中水が流れる河川は71本に減ってしまったといわれる。

### トバ湖国際会議

1990年5月ジャカルタにおいて技術評価応用庁(BPPT)主催でトバ湖国際会議が開催された。これは1985年から1987年にかけて起こった2m程の水位低下が直接的な動機となっている。水文学的な考察に関する報告が中心であったが、土地利用状況、陸水学的状況についても報告された。トバ湖には日本企業系のアルミ精錬工場に電力供給を主目的とした発電所が建設され湖の流出口の浚渫が行われた。それ以降水位低下が生じたため、発電所建設との関連性が議論されたのである。とりまとめを行ったゼン教授(BPPT)からトバ国立公園化構想がだされ、環境保全のためのトバ湖研究所設立の必要性が熱っぽく主張された。しかし、これらの計画実現には多額の予算が必要となる。日本をはじめ外国からの資金提供などの支援が強く求められていた。正直なところ、とにかくデータが不足しているとの印象が強かった会議でもあった。その後1994年トバ湖畔のパラパットで「トバ湖の持続可能な開発、管理問題、実行可能な解決策」と題したワークショップがBPPT主催で行われているが、これらの構想は進展がないようである。

### 汚濁負荷制御の現状

インドネシアではトバ湖やその周辺的环境保全対策を重要課題として取り組んでいる。1993年には集水域からの汚濁負荷を制御する方策に関する報告書がボゴール農科大学を中心にまとめられた。そこでは、湖周辺を4つの区域にわけ、汚濁物質の排出源に関する現状把握、問題点を整理したうえでとるべき対策を提言しているのであるが、これをみると、高級ホテルのなかで

すら排水を処理せず湖に直接廃棄しているところもある状態で、今後に残されている課題は大きいといわざるをえない。

最近、国際湖沼環境委員会より「開発途上国における湖沼等水質保全支援調査—インドネシア共和国—」という報告書がまとめられた。インドネシアにおける湖沼環境保全に関しての現況および問題点、あるいは法制度や関連部局の情報も盛り込まれており、全体像を把握するのに大いに役に立つ。

### 景観生態学への期待

過度の森林伐採などの不適切な土地利用は特に熱帯地方では大規模な土壌侵食の原因となっている。降雨量が多い熱帯地域では、集水域から流れ出た土壌が河川を通じ湖沼に入って水質、生態系に大きな影響を及ぼしていることはすでに述べたとおりである。懸濁粒子が多いことによる光環境の変化が熱帯陸水を研究する大きなポイントになると思われる。したがって、湖沼研究を行う際にも集水域の土地利用状況等要因を無視することはできない。植生や土地利用状況と水質の関係を明らかにする研究がスマトラの山岳地帯にある湖沼で行われている(Nakano et al., 1987)。森林、河川、湖沼など特性の異なった場の間の関連性を明らかにするには景観生態学的研究が有効であろう。Sioliら(1984)がアマゾンで行っている研究規模には及ばないまでも今後、湖とその集水域を一体としたプロジェクトがインドネシアでも発展すると良いと思っている。

### 引用文献

- Giesen, W. 1994. Indonesia's major freshwater lakes: A review of current knowledge, development process and threats. Mitt. Internat. Verein. Limnol. 24:115-128.
- Lake Biwa Research Institute and International Lake Environment committee. 1988. Survey of the state of world lakes. ILEC and UNEP. Otsu.
- 水野寿彦. 1980. 生物学者のみた東南アジアの湖沼. 日本放送出版協会, 東京. 214pp.
- 中本信忠. 1994. インドネシア陸水研究開発セ

ンター. 日本熱帯生態学会ニューズレター.  
17: 5-7.

Nakano, K., Watanabe, T., Usman, R. & Syahbuddin.  
1987. A fundamental study of overall conserva-  
tion of terrestrial and freshwater ecosystems in a  
montane region of Sumatra : vegetation, land-use,  
and water quality. 南海研紀要 8:87-124.

沖野外輝夫. 1993. 熱帯湖沼学への道. 日本熱  
帯生態学会ニューズレター. 12:1-5.

Sioli(ed). 1984. The Amazon. Dr W.Junk Publishers,  
Dordrecht.

Ruttner, F. 1931. Hydrographische und hydro-  
chemische Beobachtungen auf Java, Sumatra und  
Bali. Arch. f. Hydrob., Suppl.-Bd. 8:197-454.

## 第6回日本熱帯生態学会年次大会 第1回案内

第6回日本熱帯生態学会年次大会(1996年度)を下記の要領で開催したいと思ひます。  
年次大会の内容や宿泊リストなどの詳細は、次号のニューズレターに掲載いたします。  
会場となる森林総合研究所は、つくば研究学園都市への移転から17年が経過し、構内  
の樹木園の木々も立派に成長しております。多くの方々の参加をお待ちしています。

場所：農林水産省森林総合研究所

日程：6月21日(金) 編集委員会と評議委員会

6月22日(土) 研究発表会(ポスターセ  
ッションも含む)、総会、  
懇親会

6月23日(日) 研究発表会(ポスターセ  
ッションも含む)と公開  
シンポジウム(テーマは  
未定)

問合せ先：

〒305 茨城県稲敷郡茎崎町松の里 1

森林総合研究所生産技術部 桜井尚武

TEL:0298-73-3211 ext.493

FAX:0298-73-3796

E-mail:sakurai@ffpri.affrc.go.jp

なお、桜井不在の場合は、森林総合研究所の会  
員の適当な方にご連絡下さい。

### 学術集会

・第10回「大学と科学」公開シンポジウム(文  
部省主催、本学会後援)が7つの研究領域で開  
催されています。

本学会の関連分野としては、アジア・知の再  
発見—文化財保存修復と国際協力—(上智大学

外国語学部・石澤良昭)、会場：有楽町朝日ホ  
ール TEL03-3284-0131、日時：平成8年1月27日  
(土)~28日(日)があります。

参加費は無料です。その他詳しいことは、文  
部省学術国際局学術情報課 TEL 03-3581-4211  
(内2591)へお問い合わせください。

・第7回千葉県立中央博物館自然誌シンポジウム「照葉樹林の特性—東アジアにおけるフロラと植生構造—」が1996年2月17日(土)・18日(日)に千葉県立中央博物館(千葉県千葉市中央区青葉町955-2)で開催されます。内容は次の通りです。

セッション1. 東アジアにおける照葉樹林のフロラとその由来: 1) 東アジアにおける照葉樹林の種子植物フロラ(鹿児島大・堀田満), 2) 東アジアにおける照葉樹林のシダ植物フロラ(千葉中央博・中池敏之), 3) 植物化石からみた照葉樹林フロラの由来(千葉大園芸・百原新)

セッション2. 東アジアの照葉樹林帯における菌類の分布とその特徴: 1) 東アジア照葉樹林におけるハラタケ目菌(本郷次雄), 2) 台湾島周辺的大型担子菌(台湾国立自然科学博物館・呉聲華), 3) 日本から台湾にかけてのアンモニア菌相について(千葉中央博・吹春俊光, 台湾国立自然科学博物館・周文能), 4) 東アジア照葉樹林における微小菌類相(筑波大菅平高原実験センター・徳増征二)

セッション3. 東アジア照葉樹林の植生構造: 1) 東アジアの植生帯構造(千葉大理・大沢雅彦), 2) 熱帯山地の照葉樹林について(森林

総研・北山兼弘), 3) 台湾の照葉樹林について(台湾大学植物学系・謝長富), 4) 日本~台湾の照葉樹林帯における微地形と植生構造-- I 微地形と樹木の分布, II 林床草本の生育特性と分布パターン(千葉中央博・原正利, 大野啓一, 藤原道郎, 平田和弘, 台湾大学植物学系・謝長富) 5) 照葉樹林の種組成構造(横浜国立大学環境科学センター・藤原一繪), 6) 照葉樹林の森林動態の特徴(岡山大農・山本進一), 7) 東アジアの地形環境(東大理・大森博雄), 8) 花粉分析による東アジア照葉樹林の植生史(千葉中央博・米林仲), 9) 東アジア照葉樹林の植生地理学(千葉中央博・大場達之)

ポスターセッション. 照葉樹林に関連する生態学・分類学のポスター発表。

参加費は無料です。ポスター発表については発表を公募(申し込み締切1996年1月10日, 要旨送付締切1996年1月20日)します。

[問合せ先]

〒260千葉市中央区青葉町955-2

千葉県立中央博物館

TEL 043-265-3111 FAX 043-266-2481

E-mail: J90064@sinet.ad.jp