

Tropical Ecology Letters

日本熱帯生態学会 Japan Society of Tropical Ecology May. 20 1999

生物多様性の効用：
新プロによる生物多様性研究

京都大学生態学研究センター 安部 琢哉

Biodiversity and ecosystem function; A new project funded by a NESSC Grant-in Aid for Creative Basic Research. Takuya ABE (Center for Ecological Research, Kyoto University)

はじめに

生物多様性条約が1992年にブラジルで開かれた国連環境開発会議（地球サミット，UNCED）で締結されたのを受けて，国際生物学連合，環境問題に関する科学委員会，ユネスコは生物多様性の保全戦略を立てるために，(a)生物多様性が生態系に果たす役割，(b)生物多様性の起源，維持，消失の機構，(c)生物多様性のインベントリーとモニタリングを3本柱とする国際協同研究事業DIVERSITAS（多様性を意味するラテン語）を1994年に発足させた．2001年を「国際生物多様性観測年」としてアジア，アメリカ，ヨーロッパ，アフリカの3地域で世界的なレベルで，生物多様性の現状を把握することが提唱され，日本の研究者は其中で重要な役割を果たしつつある．

この研究事業を西太平洋アジア地域において展開するために，文部省創成的基礎研究（通称新プロ）：地球環境攪乱下における生物多様性の保全及び生命情報の維持管理に関する総合的基礎研究（代表者川那部浩哉京大名誉教授）（An integrated study on biodiversity conservation under global change and bioinventory management system: DIVER）が1997年から5年計画で始まった．この研究は生物多様性と生態系特性の因果

関係を生物多様性を損なう人間活動および社会構造と合わせて解明することを目指している．マレーシア，サラワク州やタイの熱帯林もこの研究の野外調査地に含まれている．

新プロでは，生物多様性の出現，維持機構，生態系に果たす役割を分子生物学的手法や実験生態学的手法を用いて解明に努めつつ，野外においてロシアからオーストラリアに至る西太平洋アジア地域における生物多様性のパターンと生物多様性と生態系の特性の因果関係を大きく捉える試みもしている．この小文では生物多様性の効用，あるいはどのような生物多様性がどのような生態系の特性をもたらすかを解明する一つのアプローチについて述べたい．

生物多様性と生態系の特性との
関係を探るアプローチ

生態学はこれまで「自然におけるバランス」を主要な研究テーマとして，生態系・群集・個体群の3つの階層においてこれを個別に研究してきた．そのために，生物多様性の効用，つまりどのような生物多様性が，どのような特性を生態系にもたらすかといった，3つの階層にまたがるような問題には十分に手をつけていなかった．生物の振る舞いを進化理論に基づいて理解

しようする行動生態学はまだ対象を群集や生態系にまで広がっていない。生物多様性の急速な喪失が、生態学にこの問題への早急な取り組みを求めている。これは、経済学でいえば、景気の変動をミクロ経済学で説明しようとする試みであり、相当に難しい問題であるが、新分野を開拓するチャンスである。

生物多様性の中で議論の対象になるのは主に種多様性であるが、種は繁殖単位であって、必ずしも生態系の物質循環やエネルギーの流れを特徴づける単位ではない。従って種多様性と生態系特性を関連づけるには、生態系における遺伝情報の維持をその特性として捉え、これを種多様性と関連づけるアプローチがあるがここでは触れない。もう一つのアプローチは、種の多様性を資源獲得配分戦略（生態機能群）の多様性と捉え、これらの戦略間の相互作用が生態系にもたらす特性を探るというものである。植物が様々な化合物を合成し、それを成長、繁殖、防衛などに関連する組織や器官に配分したり、体外に排出する方法は、従属栄養生物による植物資源の利用法と合わせて、生態系における物質循環の様式を決めるだろう。様々な生態系特性、生態機能群、生物間相互作用を生物多様性と結びつけることによって、生物多様性の異なる機能を浮き彫りにすることが期待できる。新プロでは、生態系の特性として、陸域と水域生態系での顕著な違い、生態機能群として、細胞壁にリグニンを含む植物とそうでないもの、相互作用として共生などに特に注目している。

まず水域と陸域（森林）における生態系の特性についての違いを述べる。水域生態系では、生きた植物プランクトンから始まり、原生動物、ミジンコ、魚と続く、体が次第に大きくなる、生食連鎖が重要な位置を占める。そこでは植物プランクトン個体数の変動が上位捕食者の魚に大きな影響を及ぼすだけでなく、逆に魚の個体数や振る舞いも植物プランクトンに大きな影響を及ぼし易い。ところが、昆虫に代表される多種多様な動物が生活している森林では、種多様性が水域よりはるかに高いにもかかわらず、動物による樹木の食い尽くしがごく稀であり、樹木は水域には見られない生物起源の巨大な構造

物を作る。樹木を食べるチョウの幼虫は樹木よりも体が小さく、両者の関係は捕食-被食ではなく、寄生者-宿主である。またアジアの森林で最上位の捕食者であるトラの消失は、ラッコの消失が海域生態系に及ぼす影響ほど、直接的なものとは思えない。樹木の組織や器官の大部分は動物に食べられることなく、林床に落下し、腐食連鎖の起点となる。

次に生態機能群に移る。植物の細胞壁に含まれるリグニンはいわば天然のプラスチックであって、分解することが極めて困難である。従って、リグニンを合成する植物を含む生態系では、植物が大きな空間構造を形成する可能性が大きくなると共に、植物枯死後のリグニン処理問題が生じる。悪いことばかりではなくて、リグニンは土壌の肥沃度に関する腐食形成に大きな貢献をする。植物を多量のリグニンを含むか否かによって、リグニン植物（ほとんどの陸上植物）と非リグニン植物（植物プランクトンと陸上植物の種子や花粉）の2機能群に、従属栄養生物をリグニン分解生物（土の中で生活する白色腐朽菌と一部のバクテリア）とリグニン分解不能生物（残りの従属栄養生物）に分けることができる。

生態学がこれまで特に注目してきた生物間相互作用は種間・種内の競争である。これは短期的には生物多様性の減少と負のフィードバックによる系の安定性をもたらす。共生関係の重要性を本格的に生物学に導入したのはL. Margulisである。彼女は原核生物から真核生物への進化における共生の重要性を連続共生説の中で示した。代謝機能などの質的多様性は原核生物で終了し、真核生物は大きな体や動きによる代謝機能の量的多様性に特徴がある。量的多様性に富む高等動植物が、質的多様性に富む微生物と共生すると、量的、質的多様性に富むいわば巨大な微生物が創り出される。陸上植物を中心にするると、菌類との栄養塩獲得共生、アリなどとの防衛共生、動物との送粉・種子散布共生、草食哺乳類などにおける消化共生、枯死植物分解過程におけるシロアリー微生物間に見られる分解共生といったものがあり、陸上生態系を動かすのは共生といって過言でない。

植物の資源配分のモデルと生態系の特性
植物の資源配分と植物の利用について、以下の仮定をする。

1) 光合成植物は窒素に比べて炭素過剰になりがちであり、植物プランクトンは窒素に見合うだけの原形質を作り、残りの炭素を用いてセルロース製の細胞壁を作る。余った炭素 (EOC) は体外に排出する (動物でも植物でも細胞の原形質は主に蛋白質で出来ており、蛋白質の炭素/窒素比はおおよそ3~5である)。

2) 植物プランクトンと陸上植物の原形質、セルロース製細胞壁、EOCへの配分比は同じである。

3) 陸上植物はEOCの一部を用いてリグニンを合成し、成長に伴い、リグノセルロース製細胞壁の量を増やす。

4) セルロース製細胞壁で囲まれた原形質は、二次代謝産物 (毒物) を含むこともあるが、動物に利用可能である。しかしリグノセルロース製細胞壁で囲まれた原形質は、リグノセルロースの分解困難さと原形質に含まれる毒物のために、動物には利用できない。

5) リグノセルロース製細胞壁は原形質と分離されると地中の菌類やバクテリアによって利用される。

このような仮定をおくと、次の予測が可能となる。

1) 水域では、セルロース製の細胞壁を持つ、生きている植物プランクトンが、動物に多量に食べられるために、生食連鎖が卓越する。また、動物による植物の摂食が植物個体の死と結びつくので、ボトムアップやトップダウンの効果が顕著に現れる。

2) 陸域では、セルロース製の細胞壁を持つ、種子、花、花粉、若葉などが、ささやかな生食連鎖を発達させる。そこでは動物による植物の摂食が植物個体の死と結びつくので、ボトムアップやトップダウンの効果が顕著に現れる。従って東南アジアの森林で種子-イノシシートラという食物連鎖が顕著であれば、トラが絶滅すると植物の組成は大きく変わりうる。しかし、樹木の寿命が長いので、その変化が顕著なもの

になるまでに100年単位の時間がかかる。

3) 陸域の植物の現存量の大半を占め、リグノセルロース製の細胞壁を持つ成体植物は、生きている間にはあまり動物に摂食されず、細胞原形質が植物体に吸収されて、細胞壁を主成分とするものが林床に供給された後に従属栄養生物に食べられるので、陸域では生食連鎖よりも腐食連鎖が卓越する。成体植物では、動物による植物の摂食が植物個体の死と結びつかないので、ボトムアップやトップダウンの効果が顕著でない。

4) 陸域では植物が不均一な空間を形成し、動物に多様なハビタートを提供するために、その種多様性が高くなる。

5) リグノセルロース製の細胞壁が多い陸域では、白色腐朽菌に代表される菌類が多く、それが少ない水域では菌類が少ない。

仮定と予測の詳しい検討は別の場で行いたい。

リグノセルロースの 分解過程と生物多様性

生物多様性に見られる顕著なパターンの一つは、寒帯から熱帯に向かう程種数が多くなる傾向であり、種多様性の最も高いのが熱帯多雨林である。動物の多様性は植物の多様性に大きく依存すると考えられるので、植物の種多様性の違いが説明されなければならない。純生産力の大きな熱帯林では、植物遺体の林床への供給速度、従って栄養塩類の供給速度も温帯林のものより遥に大きい。リグノセルロースを多量に含む植物遺体は、様々な生物の働きによって細片化され、鉱物 (粘土) と混合された後、化学変成を受けて腐植を形成する。植物遺体の分解と腐植の形成には温度や水分、それに母岩の性質などの無機的要因が大きく関与しているが、植物遺体中のリグニン含量とリグニンへの土壤生物の係わり方が腐植形成に大きな役割を果たす。腐植は水分や、カリウム、カルシウム、アンモニウムイオンなどの保持能力に関係するために、土壤の肥沃度に大きく係わる。

熱帯林では林床で植物遺体の分解速度が大きく、かつリグニンとセルロースの両方が菌類によって素早く分解されるために (白色腐朽)、

腐植があまり発達せず、土壌中の栄養塩類の現存量も少なく、肥沃でない土壌が形成されやすい。これに対して温帯林では、植物遺体の供給速度こそ熱帯林のものより少ないものの、植物遺体の分解速度が小さく、かつ林床でリグニンがセルロースほどには分解されないために（褐色腐朽）、腐植がよく発達して、土壌中の栄養塩類の現存量が多くなり、肥沃な土壌が形成されやすい。植物から見ると、熱帯林は年間の給料（栄養塩類の供給速度）は多いけれども貯金（現存量）が少なく、逆に温帯林は給料は少ない（但し限られた時期の給料は高い）が貯金は多いところである。樹木が必要とする栄養塩量に比べて、土壌中の栄養塩の現存量が相対的に少ない場合には土壌中の塩類の分布が不均一になりやすく、塩類獲得をめぐる種間の競争において、優劣関係の逆転が起こりやすくなり、樹木の多種共存を促進するのかもしれない。これが正しいのならば、リグニンとセルロースの分解過程、特にリグニンとセルロースのいずれが先に分解されるかが、生態系の特性に極めて大きな影響を及ぼす。

シロアリはセルロースを分解するバクテリアや原生動物や、リグニンを分解する菌類、窒素固定するバクテリアなどと多様な共生関係を持ちながら、材、落葉、土壌など植物遺体のほとんどの分解段階のものを利用する。シロアリは共生微生物に植物遺体の破片を、微生物はシロアリに窒素やセルロースの分解産物である酢酸などを与える。このようなシロアリは機能的な多様性に富む、いわば巨大微生物であり、種多様性と生態系の特性との係わりを研究するのに都合がよい。

近年、シロアリは自分でセルラーゼを作ること、またセルラーゼをコードしているDNAが菌類のものと非常によく似ていることが明らかになってきた。セルロースはグルコースの重合した比較的単純な構造をしており、セルラーゼはかなり多くの動物によって作られる。ところが、シロアリを含めてリグニンを分解する生物は白色腐朽菌と一部のバクテリアに限られている。生物はかなり普遍的にセルラーゼをコードするDNAをもっているが、陸上ではそれがリグニン

で覆われているために発現しないだけかもしれない。

熱帯に広く分布するシロアリの中で、アフリカと東南アジアに分布するキノコシロアリは（日本では沖縄に分布するタイワンシロアリ）、リグニンとセルロースを共に分解する。このシロアリは材や落葉を食べて、消化管を素早く通過させた後、糞を固めてキノコの培養基を巣の中に作り、そこで菌類（白色腐朽菌）を栽培する。この菌類（シロアリタケ）は培養基に含まれるリグニンを分解する。菌糸塊は幼虫（正式には若虫）の餌になり、リグニンが分解されセルロースに富む培養基はワーカーやソルジャーの主食となる。こうしてキノコシロアリはほぼ完全に植物遺体を分解する。他のシロアリはリグニンを分解する能力を持たず、セルロースを食べて、リグニン濃度の高い糞を排泄する。その糞を用いて巣の構造物を作る種も含まれており、これは熱帯生態系に極めて分解しにくいものを供給することになる。

シロアリの消化管内には空中窒素固定バクテリアも共生しており、下等シロアリの一種で琉球列島に分布するコウシュンシロアリでは体を構成する窒素のおよそ50%が空中窒素起源であることが分かっている。しかし多くの高等シロアリでは空中窒素固定能はあまり高くない。従ってシロアリはマメ科の植物の様に天然の窒素肥料としてあまり有効ではない。

シロアリには土壌食と言われているものが多く含まれているが、それらが本当には何を食べているかよく分かっていない。これらは窒素固定しないばかりか、セルラーゼ活性もあまり強くない。土壌中のリグニン分解産物が主要な食物とは考えにくいので、本当の食物は土壌中のバクテリアや菌類である可能性も十分考えられる。シロアリが消化管内の微生物だけでなく、材の中の菌類をも主要な窒素や炭素源にしている可能性もある。

温帯に多いミミズはリグニンを分解することなく、それを含む植物遺体を様々な方法で地中に運びこむ。そのためにミミズは腐植の発達を促進し、土壌を肥沃にするだけでなく、土壌を均一化する。これに対して、シロアリは熱帯の

白色腐朽菌的機能を果たすもの（キノコシロアリ）から、温帯の褐色腐朽菌的機能を果たすもの（リグニンを多量に含む糞で巣を作るもの）を含む。これらは熱帯の土壤中の栄養塩類の分布の不均一性を促進するであろう。シロアリはセルロース分解、窒素固定、リグニン分解、メタン生成などの植物遺体の分解に係わる能力だ

けでなく、大きな塚などを作ることによって、土壌の物理化学的性質を変えうる能力にも種による大きな違いがある。ある場所に生息するシロアリ全種についてこのような能力をリストアップして、これらの生態系機能を吟味することによって、シロアリの種多様性と生態系機能の関係の一端を明らかにできるであろう。

モンスーンアジアの気候学

東京大学大学院理学系研究科 松本 淳

Climatology of Monsoon Asia. Jun MATSUMOTO(Department of Geography, University of Tokyo)

アジアモンスーンの観測プロジェクト — GAME —

アジアは、モンスーン気候が世界でもっとも広範、かつ顕著にみられる地域である。現在この地が世界最大の人口を維持していられるのは、このモンスーンがもたらす雨による、といっても過言ではない。モンスーンは毎年やってくる、大変規則正しい季節現象であるが、同時にまた年々の変動が大きく、時として旱魃や洪水などの災害をもたらす。したがってこのモンスーン気候の変動に関する研究は、この地の農業や防災のためにもきわめて重要な意義をもつ。

本ニューズレターNo.28には、青木正敏氏が、GAME-Tropics計画の一環としての微気象・蒸発散・熱収支の長期観測計画について書いている(青木, 1997)。GAME計画は、アジアモンスーンの変動機構の解明を目的とする、気象・水文関係者を中心とした国際的研究プロジェクトである。多様なアジアの地表面状態を反映して、シベリア・淮河・チベット・熱帯の4地域で重点的な観測を行いつつある(安成, 1998)。昨年熱帯では、タイのチャオプラヤ川流域を中心に、青木氏らの観測を含めた各種の気象・水文の現地観測が、集中的に行なわれた。実は私もこのプロジェクトの一員である。もっとも私は、現地観測には参加せず、むしろもっと広域での

季節変化過程の解明を中心課題として研究を進めている。タイにやってくる夏のモンスーン気流は、当初はマレーシアを経由してやってくるが、モンスーンの最盛期になると、ビルマを経由してやってくる。このような大きな大気の流れ方の変化が、現地の気象状況とどのように関係しているのかを解明することは、現地での観測データを活かすためにも、大変重要と考えている。

大規模な大気の状態を知るためには、ラジオゾンデという観測気球を飛ばして、上空の大気の状態を観測する。昨年の夏は、タイだけでなく周辺諸国の気象局の協力も得て、通常よりかなり密度の濃いゾンデ観測を行うことができた。私は、このような観測をタイの周辺諸国で行うための準備や交渉をしてきた。また昨年の夏には、GAME Large-Scale Monitoring (GAME-LSM)という、広域での大気の状態の把握を、東京大学気候システム研究センターの沈さんと沼口さんと共同して行った。その結果と各観測現場からのレポートを掲載したニュースを毎週発行し、観測に協力した各国気象台や、日本の観測チームが滞在している場所にFAXで送信した他、世界各地のモンスーン研究者にも、e-mailで送信した。最近その結果は報告書にまとめた(Matsumoto et al., 1999)。

ところで、大気には国境がないことから、ゾンデ観測や地上観測などについては、国連組織である世界気象機構（WMO）のもとで、国際的な協調がはかられている。天気予報で毎日見慣れている天気図も、このような国際的な協調がなくては、けっして正確には書けない。第二次世界大戦のさなかには、気象情報も国家機密とされ、天気図も自由に見られなかった。また、中華人民共和国が成立した直後には、中国の気象データは一切国外に出ず、日本の天気図にも大きな空白域があった。50年を経て、昨年はチベット高原や淮河で、日本と中国のGAME共同観測が行われた。

アジア各国の気象事情

さてこのように国際的な協調が盛んな気象観測であるが、実は国が違えば気象事業のありかたも千差万別である。私は、1987年にバングラデシュとインドの気象局を訪問したのを皮切りに、この12年間の間に11カ国の気象局（日本の気象庁に相当）を訪問する機会があった。その全てがアジアの国で、とくに近年はGAME観測への協力依頼などのため、訪問国が増えた。ここにいくつかの国の事情を紹介してみたい。意外に気象事業や気象学のあり方には、その国の置かれている気候風土や国民性・歴史性・経済発展などによる「個性」があり、結構面白いのである。

アジアではどこの国でもモンスーンの研究が盛んである、といたいところだが、実はそうではない。アジアでモンスーン研究が盛んな国といえば、まずインドと中国であろう。学問分野の充実度をみるひとつの尺度は、研究所の有無である。インドには、気象局の付属施設として、熱帯気象学研究所（IITM）という立派な研究所が、ボンベイ東方の高原都市プーナにある。幸いにも私は、この研究所の設立25周年を記念した学会に、参加する機会があった（松本ほか、1990）。その時の熱い議論は今なお、私の脳裏に焼きついている。インドの農業にとっては、モンスーンの雨が多いか否かが、まさに死活問題なのである。他方、中国には気象局とは独立した大気物理学研究所があり、別に気象局に付

属した気象科学研究所もある。これらの2大大国では、経済的にはまだ十分に発展していない状況のなかで、国家としてもかなり気象学や気象事業に力を入れている。もっともインドでは、大国ゆえに国内のデータを取得するだけでも大変で、近年は年々データの質が落ちてきている。また中国でも、地方のデータが必ずしも全て中央に集まっていない、という問題があるようだ。大国には大国の悩みがある。

この他のアジアの国で、気象学が盛んなのは、日本・台湾・韓国の東アジア諸国であろう。おそらく国は狭いものの、集中豪雨や台風などの気象災害が多く、経済発展をとげただけに、その被害軽減などのために正確な気象予報が求められているものと思われる。この他、意外に気象学が盛んな印象を受けたのがベトナムで、ハノイには水文気象学研究所という機関がある。気象と水文を一緒にするのは、旧ソ連型の研究システムであろうが、ASEAN諸国できちんとした気象学の研究所があるのは、この国だけと思われる。ところでベトナムでは、かのベトナム戦争のさなかでも、きちんと気象観測を続け、しかもデータを大部分はきちんと保存してあるのには敬服した。インドシナはかつては戦乱の地で、カンボジアでは、内線中ほとんどのデータが失われてしまったと聞く。それに比べるとベトナムはすごい。

一方、最近まで経済発展が著しかったタイやマレーシアでは、気象局での観測設備やデータの整備は、さすがにしっかりしている。とくにマレーシアでは時間単位の気象データをとっており、熱帯では貴重である。しかし予報業務をする官庁から独立した研究所はなく、基礎科学としての気象学・気候学の研究は、残念ながら低調である。そもそも、タイの大学には、大気科学の講座がひとつもないらしい。マレーシアでも、以前は大学に気象学の講座があり、先代の気象局長を輩出していたのだが、学生の人気がなく廃止されてしまったと聞いた。台風や早魃といった気象災害が少ない国であることにも関係しているかもしれない。とはいえ、国際的な研究者や民間企業などから、気象データの提供依頼は確実に多くなっており、今後は状況も

変わっていくだろう。タイのある大学では、気象学の講座を作る構想がある、という話も耳にした。もっとも経済危機によって、このような話がなかなか進展しないのは残念である。なお、フィリピンには行ったことがないので、よくわからないが、東南アジアでは、フィリピンで学位をとった人に会うことがある。少なくとも大学レベルでは、それなりに気象学は盛んなのではないかと思う。

さらに経済が発展しているシンガポールの気象局は、世界最大規模の飛行場であるチャンギ空港のターミナルビル内にある。その業務の大半が飛行機の運行のための航空気象で、片手間(?)に都心部の豪雨や雷雨などの予報をやっている、という印象を受けた。効率と近代性を究極まで追及した感じがするオフィスだった。他方、閉鎖的な経済状態が続く、政治的にも問題をかかえるビルマでは、最近では観測機器の近代化も遅々としており、高層気象観測も十分に成されていない状況にある。かつて高層気象観測の黎明期に「なぜインドよりもビルマの雨季が早く始まるのか?」という、興味深い問題を扱った論文(Yin, 1949)が出された、伝統ある気象局なのだが、近年は国際的な研究交流も少なくなってしまった。気象局の職員は、安い給料を補填するために副業をやっている。ただ、その多くが大学の非常勤講師というアカデミックな世界であることには、何か救いを感じる。観測も苦勞しながら、比較的きちんと継続されている。最近スタッフや予算の充実もはかられつつあるようで、今後には期待が持てそうである。

この他、インドネシアでは、本庁の気象データでさえも欠測だらけで、年平均や合計値が出せない状態にあり、とても驚いた。この国の気象局を訪問した時には、データは外には出てこないけれど、気象局内部にはきちんとあるものと思って行ったのだが、これがもの見事に裏切られた。しかしこのような国でも、最近では環境問題への関心の高まりから、少なくとも上層部の人間は、気象データがいかに重要かということが、かなりわかってきたようである。あとは給料が安く、副業中心の生活をせざるをえな

い現場職員、という現実をいかに変革できるか、ということであろう。

最近では、インドネシアのバンドン工科大学で、日本の気象学者が客員教授をする(加藤, 1998)など、これらの国々にも少しずつ変化のきざしはある。インドネシアでは、京都大学のグループが以前よりレーダー観測を続けており、定期的に国際シンポジウムも開かれている(山中ほか, 1997)。現地の研究者の発表も、年々増加傾向にあるようだ。赤道をはさんだこの島国の大国での気候学は、今まさに発展期にあり(山中, 1996)、今後の発展が期待されよう。

インドシナ半島の雨季の気候学

最後に少しは自分の研究の話も書いてみたい。モンスーンにともなう雨季の気候的な開始・終了時期という基本的な図は、インドでは50年以上も前に作られていた(India Meteorological Department, 1943)。中国や日本でも梅雨の開始時期の気候学的研究は古くからあり、倉嶋(1959)は、これらの研究成果をまとめた広域的な雨季の開始・終了時期の図を示した。国際的にはのちのRamage(1971)の図が引用されることが多いのだが、図としては倉嶋(1959)のほうが早い。ところがことインドシナ半島に関しては、これらの図が作られて以来、ほとんど全く研究が進展しておらず、半島内陸部の情報は空白のままであった。

そこで私はこの空白を埋めるべく、各国の気象台に片っ端から手紙を書いて日降水量データを収集し、半旬単位での降水量分布図を作成した(Matsumoto, 1992)。この段階では、ビルマ・インドネシアなどの国が空白域として残っていたが、その後これらの国のデータも集めることができた。このデータをもとに5日平均の降水量データを作成して、広域的に雨季の開始時期を決めて地図化した(図1)。この図で興味深いことのひとつは、従来考えられていたようにベンガル湾に沿った海岸部で南から先に雨季にはいるのではなく、インドシナ半島の内陸部から雨季がはじまること、さらにインドのアッサム地方では、もっと早くから雨季にはいる

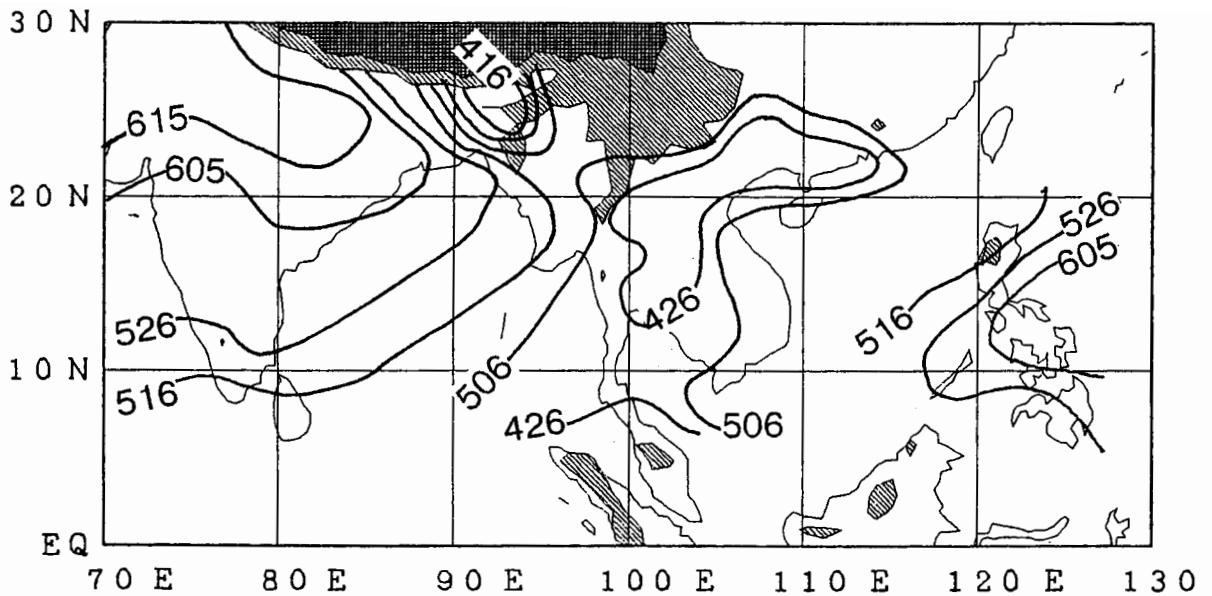


図1 南および東南アジアにおける気候学的な雨季の開始時期 (松本, 1997)

ことである。この図をインドの気象局副長官が出席していた学会で発表したところ、「これは本当か？それならモンスーンは南からでなく東から来るのか？」と目を見張らせていた。意外にインド人は地方のことを知らないようだ。ついで早く雨季が始まるのは、タイ内陸の平原部である。当初は山地のほうが早いのではないか、と思っていたのだが、どうも平原部のほうが早いようである。この理由を現在研究中であるが、チベット高原・インドシナ半島といった地形的条件に、南シナ海を經由しての中緯度の前線システムの影響もあるのではないかと考えている。

本文執筆中の4月30日に、ASEAN10が実現した、とのニュースがあった。ASEANというと政治や経済面が中心に見られ、あまり知られていないのが残念なのだが、実はASEANでは、優れた気候データ集およびアトラスを刊行 (ASEAN Sub-Committee on Climatology, 1982a and b) した輝かしい実績がある。また、現在はデータの状態が良くないインドネシアでも、かつては立派な平均降水量のアトラスを刊行していた (Meteorological and Geophysical Institute, Indonesia, 1973)。経済発展の陰で、このような

地道な観測データの蓄積や解析が、ややおろそかになってしまったのは、とても残念である。つい最近GAME-Tropicsでの成果として、タイの降水量は最近長期的減少傾向にあり、その原因が森林破壊などの人為的な土地被覆の改変である可能性も指摘されている (鼎, 1999)。このような事実を正確に認識したり、環境や生態への気候の影響を見きわめるためには、長期にわたる信頼できる気象データの蓄積が、何にもまして重要である。今回のASEAN10の実現が、単に政治・経済分野のみならず、気象データや学術面でも広域的な協調が進む契機になることを願いつつ、筆をおきたい。

引用文献

- 青木正敏 1997. タイ国Sukhothai付近の天水田における微気象・蒸発散・熱収支の長期観測計画—GAME-Tropics計画に参加して—. 日本熱帯生態学会ニューズレター 28:7-13
- ASEAN Sub-Committee on Climatology 1982a. The ASEAN Compendium of Climatic Statistics. Jakarta. 551pp.
- ASEAN Sub-Committee on Climatology 1982b. The ASEAN Climatic Atlas. Jakarta. 104pp.
- India Meteorological Department 1943.

- Climatological Atlas for Airmen. New Delhi. 100pp.
- 鼎 信次郎・沖 大幹・虫明功臣 1999. タイにおける降水量の長期変動傾向と地表面過程との関係. 日本気象学会1999年春季大会講演予稿集 75: 77.
- 加藤 進 1998. バンドウン工科大学 (ITB) での教師生活. 天気 45: 61-64.
- 倉嶋 厚 1959. 大気環流と季節風. p201-283. 根本 順吉他著, 季節風. 地人書館.
- 松本 淳・加藤内蔵進・杉 正人 1990. 「モンスーンに関する国際シンポジウム」に参加して. 天気 37: 389-392.
- 松本 淳 1997. 雲と雨. p26-27. 京都大学東南アジア研究センター編, 事典東南アジア. 弘文堂.
- Matsumoto, J. 1992. Climate over Asian and Australian monsoon regions. Part II: Distribution of 5-day mean precipitation and OLR. Dept of Geography, Univ. of Tokyo. 78pp.
- Matsumoto, J., Shen, X., -S. and Numaguti, A. 1999. GAME Large-Scale Monitoring for the Intensive Observation Period, April-September 1998. Center for Climate System Research, University of Tokyo. 540pp.(入手先の電子メールアドレス: game-lsm@ccsr.u-tokyo.ac.jp)
- Meteorological and Geophysical Institute, Indonesia 1973. Rainfall Atlas of Indonesia. Vol. I & Vol. II.
- Ramage, C. S. 1971. Monsoon Meteorology. Academic Press, New York and London. 296pp.
- 山中大学 1996. インドネシア「海洋大陸」の気候学—新しい地球環境科学の視点から—. 日本熱帯生態学会ニューズレター 25:7-12.
- 山中大学・余田成男・橋田 元・鶴田治雄 1997. インドネシア地域における赤道大気観測に関する第6回国際シンポジウムの報告. 天気 44:35-41.
- 安成哲三 1998. GAME強化観測期間(IOP)を迎えて—季節変化する太陽入射エネルギーはアジアモンスーンをどのように駆動しているか—. 天気 45: 501-514.
- Yin, M. T. 1949. A synoptic-aerologic study of the onset of the summer monsoon over India and Burma. Jour. Meteorol 6: 393-400.

スクミリンゴガイ, レイシシロズホソガ, ミカンコミバエ, ウリミバエ, アリモドキゾウムシを求めて —沖縄を後にしたJIRCASでの13カ月間—

農業環境技術研究所 守屋 成一

Searching for the golden apple snail, the litchi fruit borer, the oriental fruit fly, the melon fly and the sweetpotato weevil -staying in JIRCAS for 13 months after leaving Okinawa-. Seiichi MORIYA (National Institute of Agro-Environmental Sciences)

イネ稚苗を食害するスクミリンゴガイ *Pomacea canaliculata* (写真1) は, 直播栽培における最重要有害生物である (平井, 1989; 和田, 1997). レイシシロズホソガ *Conopomorpha sinensis* は幼虫がレイシ果実内部を食害する (新垣ら, 1997).

ミカンコミバエ *Bactrocera dorsalis* とウリミバエ *B. cucurbitae* は広範な果樹・果菜類を加害する世界的に有名な大害虫 (沖縄県農林水産部, 1994) で, アリモドキゾウムシ *Cylas formicarius* も熱帯・亜熱帯地域でサツマイモ塊根を加害す

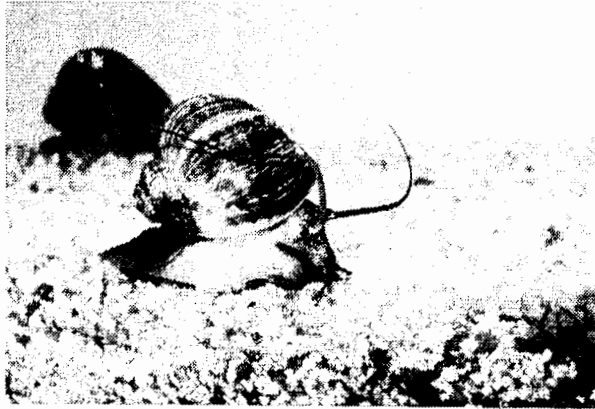


写真1 水槽で飼育中のスクミリングカイ（熊本産）

る大害虫である（Moriya, 1997）。一見脈絡のないこれらの生物を同時に扱うに至った背景を説明するためには、まず、農林水産省の指定試験とJIRCASについての紹介が必要となる。指定試験事業とは、農林水産省が行う必要のある試験研究のうち、国の試験研究機関の置かれている立地条件から実施が困難なものについて、適地の都道府県の試験研究機関を指定し、委託事業として実施しているものを指す。JIRCASは農林水産省の熱帯農業研究センターを前身とする国際農林水産業研究センターの英名略称である。発音が似ているので、よくJICA（国際協力事業団）と混同されるが、JICAはODAのために設置された外務省の外郭団体であり、全く異なる組織である。

筆者は、沖縄県農業試験場ミバエ研究室に1993年4月から4年間在籍し、「ミバエ類防除法」（ミカンコミバエ・ウリミバエ）と「南方系侵入害虫まん延防止のための最適防除技術の開発」（アリモドキゾウムシ・イモゾウムシ）の2課題にまたがった指定試験に従事した。1997年4月、JIRCASへ異動し、プロジェクト研究「水田生態系におけるスクミリングカイの総合的管理技術の開発」で「スクミリングカイ天敵の探索と有効性の評価」を担当した。同時に、タイ農業局からJIRCASに対する強い要請があり、タイ国内におけるレイシシロズホソガの生態解明と防除法に関する調査研究をタイ側と協同して行うことになった。そこで、農業環境技術研究所に移った直後の1998年4月までの13カ月間に、タイ、

フィリピン、インドネシア、台湾の4カ国に出かける機会を得た。JIRCASでの本業は海外におけるスクミリングカイの天敵探索とレイシシロズホソガの防除対策であったが、指定試験地での経験から、東南アジアに分布するミバエ類とアリモドキゾウムシの調査採集も同時に行った。以下、学会出席が主目的の台湾を除く3回の短期海外調査を通して、JIRCASでの活動の一端を旅行記風に紹介したい。

タイ(1997.6.2～7.1)

沖縄農試からJIRCASへの異動を内々で知らされていた97年3月中旬に、JIRCASから「タイ出張計画の書類提出期限が過ぎている、至急準備せよ」とのファックスが個人宛で直接届けられた。4月にJIRCASの一員になる予定とはいえ、身分はまだ沖縄県職員である者に、組織を通さず直接海外出張を依頼してくることは、重大なお役所の掟破りである。さらに、この件に関しては、事前に本人への意思確認が全くなく、まさに寝耳に水の状態であった。海外出張が日常茶飯事で、相手国からの急な要請にも応えなければならぬJIRCASでは、短期の海外出張程度でいちいち本人の了解まで取っていたのでは仕事にならないらしく、担当部長に文字通り怒鳴り込んでみたものの、最後まで、こちらがなぜ怒っているのかを正しく理解してもらえなかった。国際協力では、掟破りの破天荒な行動とアナーキーな発想が必要なかもしれない、JIRCASの特殊性を垣間見た気がした。

大騒ぎの末、タイに向かったが、タイ北部でのレイシシロズホソガの圃場調査、タイ中部ピサノロックで開催されたスクミリングカイ国際ワークショップへの出席、タイ東北部ナコーンラチャシーマにあるスラナリー工科大学訪問などに加えて、スクミリングカイ、ミバエ類、アリモドキゾウムシの採集を組み込んだ過密スケジュールとなった。

スクミリングカイは、南米原産であり、東南アジアには1980年代に人為的に持ち込まれた。従って、東南アジアで有望な天敵の発見は望み薄であるが、分布域と導入経路の解明のため、できるだけ多くの地点で調査・採集する必要が



写真2 水辺の草に産下されたスクミリンゴガイの卵塊 (タイ・チェンライ)

あった。本種は水辺の植物や用水路壁面などにピンク色の大変目立つ卵塊を産下し(写真2)、分布の有無を確認するためには好都合であるが、そのために、移動中を含めて常に周りを見回すことになる。

タイ農業普及局は、スクミリンゴガイ防除啓蒙活動を盛んに行っており、ピサノロックの近くのナコンサワンでそのキャンペーン大会が開催された。会場には、各地で捕獲されたトラック満載15tのスクミリンゴガイが展示され、もともと食用として導入されたスクミリンゴガイの料理コンテストもあって、お祭り気分だった。圧巻はミス・スクミリンゴガイコンテストで、日本的感覚からは、お役所主催の行事としてはやりすぎの感がしないでもなかったが、多くの人が詰めかけ、大いに盛り上がっていた。

今回の主目的であるレイシシロズホソガの調査は、タイ側のロイヤルプロジェクト(タイの王族が地方に出かけ、直接寄せられた要望をもとに立案された最優先課題)として急遽取り組まれたもので、タイ側には専門家が居らず、日本への協力要請が出されたわけである。しかし、「専門家」として派遣された筆者も、バンコク到着以前には、生きた個体を見た経験がなく、乏しい文献情報を頼りに、手探り状態の調査を強いられた。さらに、6月にはレイシ果実の収穫がほとんど終わっており、果実を加害する本種の調査時期としては、適当ではなかった。再調査するとすれば、結実肥大期の4、5月が適

期であるものの、予算の関係で、この時期の海外出張は非常に困難であり、予算執行体制の弾力化が痛感された。

ミバエ類の採集は、ウリミバエとミカンコミバエに対するキュールア・メチルオイゲノール混合誘引剤をスタイナー型トラップにセットして、木の下などに吊しておくだけでよい。ミカンコミバエやその近縁種は個体数が多い上に、雄成虫に対しメチルオイゲノールが強力な誘引作用を示すので、寄主植物であるマンゴー園内にセットしたトラップには、1日で500匹以上の雄成虫が捕獲された。ミバエ研究室で4年過ごしたにもかかわらず、当時、日本国内のミカンコミバエはすでに根絶され、ウリミバエも赴任1年目に根絶宣言が出されたので、生きた野生個体を見る機会がこれまでになく、半ば感激の面持ちでトラップに飛来する成虫を眺め続けていた(南西諸島では、この強力な誘引作用を利用した雄除去法によってミカンコミバエの根絶に成功した)。得られた個体は、沖縄県や農林水産省植物防疫事務所に提供され、ミバエ類の再侵入防止事業や研究に活かされることになる。

アリモドキゾウムシに対しては、合成性フェロモンが利用可能で、杉山式トラップ(Sugiyama *et al.*, 1997)を持参して雄成虫を捕獲した。捕獲状況から、サツマイモと同属のヨウサイの一種 *Ipomoea aquatica* も本種の寄主植物である可能性が高く、タイ国内の至る所に生育していることから、早急な分布調査が望まれた。スラナリー工科大学のJutharat博士が以前よりアリモドキゾウムシの分布に興味を示していたことが判明し、トラップやフェロモン源一式を彼女に託して帰国した。

フィリピン・インドネシア (1997.11.27~12.27)

今回は、スクミリンゴガイの調査が主体であり、タイと異なり相手国からの要請ではないので、現地での行動のすべてを自分で調整せねばならなかった。短期調査は一発勝負であり、出発前の下準備の善し悪しで成果が大きく左右される。見慣れぬ外国人が突然水田にやってきて写真を撮り、周りを窺いながら、なにやら盛んに

拾い集めている... 英語の通じない場所での単独行動は、不審外国人がいると警察に通報されてトラブルのもとになりかねないと忠告されたので、採集調査には通訳をかねた現地案内人が必須となった。八方手を尽くし、フィリピンでは、IRRI（国際稲研究所）のアシスタントスタッフ、インドネシアではRIR（国立稲研究所）のNyoman博士が調査のほぼ全行程に同行してくれることになった。経費は当然こちら持ちだが、このような事態に備えてJIRCASで現地研究費が用意されていたのは有り難かった。

フィリピンでは、バナイ島イロイロシティの対岸にあるGuimaras島に渡り、IAEA（国際原子力機関）の援助で行われているミカンコミバエ不妊虫放飼プロジェクトサイトを訪問した。沖縄の機械化されたウリミバエ大量増殖施設を見慣れた目には、規模も異なり、手作りの家内工業のように思われた。その一方で、IAEAの要請で現地スタッフを指導している小山重郎博士の姿から、博士が第2代ミバエ研究室長であった20年前のミバエ類根絶防除事業初期の様子が偲ばれた。

スクミリングガイの採集は、時間的な制約があつて、上述の2島以外は、ルソン島内に限られた。マニラ南方ロスバニョスにあるIRRIから途中PhilRice（フィリピン国立稲研究所）で1泊し、北部山岳地帯の棚田で有名なバナウエまで出掛けた。山中の小さな水田でもスクミリングガイは発見され、殻の色や形に変異が少ないことから、フィリピンでは人為的に広範囲に本種が導入された可能性が高いと考えられた。

IRRIでは、デジタルカメラで撮影した画像を電子メールの添付ファイルとして国内の研究者に送信し、調査結果の検討に威力を発揮した。デジカメ+ノートパソコンは、少なくとも著者にとっては、今後の海外出張の必須アイテムになりそうである。

インドネシアは、スクミリングガイの分布に関する情報が少ないので、ジャワ島縦断とスラウェシ島調査を欲張った結果、連泊が少なく、夜行列車利用を含む強行軍となった。しかし、同行のNyoman博士は日本語が堪能であり、調査そのものは、下手くそな英語を話すストレス

から開放され、快適であった。

ジャワ島、スラウェシ島では、水稻の直播は見あたらず、成苗移植ばかりであった。直播するには水田を平準化せねばならず、また、雨が降ると撒いたもみが流されてしまうことが、農家で直播が普及しない原因のようである。このため、主に稚苗を加害するスクミリングガイの被害が顕在化せず、農家の間でスクミリングガイが有害生物であるという認識は少ないようであった。各地での分布状態から、本種が近縁の*Pila* 属土着種を駆逐している可能性が考えられたが、短期間の滞在で結論は得られなかった。

今回、ミバエとアリモドキゾウムシの採集は、誘引源だけを持参し、トラップはペットボトルを利用して現地組み立てしたものを用いた。捕獲効率は低下するかもしれないが、かさばるトラップを持ち運ぶ必要がなくなり、ありふれた材料を使用するため、盗難やいたずらされる確率が低くなることが期待される。

タイ(1998.4.9~4.29)

タイ側からレイシシロズホソガに関する再度の派遣要請があり、今度は結実期に合わせたスケジュールを立てた。年度当初の出張は不可能と思っていたが、4月10日出発分までは、旧年度予算で執行可能だったのである。さらに、同属近縁種ココアホソガ *C. cramerella* の既知性フェロモンが利用できることが判明したので、本種の発生予察に関して大幅な進展が期待できた。事前にトラップなどの実験資材を送って予備実験を依頼し、いざ本番と、張り切って出かけたのだが、とんでもない落とし穴が待ちかまえていた。まず、エルニーニョによる高温のため、レイシの花芽分化が阻害され、当年の結実量が極端に少なくなるとの情報がもたらされた。果実に依存するレイシシロズホソガの発生量も激減することが予想され、野外試験は望み薄である。もう一つは、日程が動かさなくなってから、ソクラーン（4月12-14日：タイのお正月）と日程が完全に重なっていることに気づいた。日本で言えば、年末年始に相当し、官公庁はすべて休み、スタッフもすべて休暇を取るなので、この時期を含む前後約1週間は仕事が全くできな

い。出張計画書に有名観光地が記載されていると、内容が厳しくチェックされるのだが、有名観光時期に対しては「不幸にも」見過ごされてしまったようだ。

チェンライ園芸研究センターを再訪すると、数百本以上あるレイシの内、結実樹はわずか数本で後は全く果実がない。想像を絶する不作である。トラップをセットしたものの、初日、最初のトラップでレイシシロズホソガ雄成虫が1匹捕獲されただけだった。日程をやりくりして、急遽バンコク近郊で再度実験を行ったものの、捕獲数ゼロ。惨憺たる結果だった。次期結実期に再度実験するようタイ側に進言したが、バブルがはじけたタイ経済の下で研究費が大幅に削減されており、自前の予算では事実上何もできない状況に追い込まれていた。持参した実験機材のほとんどを残してきたが、残念ながら、その後、現在に至るまで、タイ農業局からは何の報告もない。

一方、スラナリー工科大学では、Jutharat博士が杉山式トラップの精巧なコピーを用意して、アリモドキゾウムシの調査開始を待ちわびていた。タイ北部のピチット園芸研究センターおよびスコータイ付近のサツマイモ栽培地帯に出かけ、トラップをセットしたところ、一晩で7,000匹以上捕獲された場所もあり、同行した学生達に強烈な印象を与えたに違いない。1998年10月から、「フェロモントラップを利用したアリモドキゾウムシと寄主植物の分布調査」に関する共同研究を開始したが、ここでも予算が半減され、野外調査にも支障をきたす状態に置かれている。

おわりに

日本国内では、ミバエ類侵入防止事業が実施されており、再侵入個体の分類やその飛来源の特定のため、海外、特に東南アジア諸国の新鮮なミバエ標本を必要としている。誘引剤さえあれば、ペットボトルトラップを窓からつり下げるだけで、簡単に成虫が捕獲できる。海外調査を控えて、興味を持たれた方はぜひ著者宛連絡されたい(Email: moriya@niaes.affrc.go.jp)。

参考文献

- 新垣則雄・川崎建次郎・吉松慎一 1997. 沖縄における果樹レイシの害虫. 沖縄県農業試験場研究報告 18: 29-38.
- 平井剛夫 1989. スクミリンゴガイの発生と分布拡大. 植物防疫 43: 498-501.
- Moriya, S. 1997. Is it possible to eradicate the two weevil pests of sweet potato, *Cylas formicarius* and *Euscepes postfasciatus* from Japan? Bulletin of the Okinawa Agricultural Experiment Station 18: 19-27.
- 沖縄県農林水産部 1994. 沖縄県ミバエ根絶記念誌. 沖縄県農林水産部, 沖縄. 350pp.
- Sugiyama, M., Shimoji, Y. & Kohama, T. 1997. Effectiveness of a newly designed sex pheromone trap for the sweetpotato weevil, *Cylas formicarius* (Fabricius) (Coleoptera: Brentidae). Applied Entomology and Zoology 31: 547-550.
- 和田節 1997. スクミリンゴガイー日本と東南アジアにおける最近の動向. 植物防疫 51: 459-462.

私の世界の熱帯地域でのフィールドワーク体験談

京都大学大学院理学研究科植物学教室 村上 哲明

My field work experiences in tropical regions of the world. Noriaki MURAKAMI (Dept. of Botany, Graduate School of Science, Kyoto University. e-mail: k53870@sakura.kudpc.kyoto-u.ac.jp)

I have conducted field works in various tropical regions of the world for my taxonomical research on Aspleniaceae. My visited localities include Southwestern China, Indochina, Southeast Asia, Central and South America and Madagascar. I introduced my experiences during the field works in these regions.

私は、卒業研究以来18年間にわたってチャセンシダ科のシダ植物を研究している植物分類学者である。植物分類学者というと押し葉標本を相手にして研究している人というイメージかも知れない。実際、キュー植物園、パリ自然史博物館、ミズーリ植物園など世界の大標本室に所蔵されている押し葉標本を私もずいぶん利用させていただいてきた。逆に東大と京大に所蔵されている標本を外部の研究者に貸し出す等、キューレーターとしての仕事も、給料をもらい始めて以来ずっとこなしてきた。しかしながら私は、押し葉標本を自分の研究の主要情報源にしている分類学者ではない。

また私は、東大植物園にいた時期の終わり頃(1990年代前半)から、分子系統学的手法を最

大限に利用して植物の系統関係を明らかにしようとする研究プロジェクトに参画し、さらにこの手法を他の植物分類学者に普及する活動も積極的に行ってきた。それで、私がむしろ分子進化の方に関心のある研究者であると誤解しておられる方もいらっしゃるようである。

しかし、私が研究者として一番誇りに思っていることは、これまで世界中の熱帯地域でフィールドワークをしてきて、そのフィールドで興味深い植物材料と研究課題を自ら見つけ出して研究をしてきたことである。私がこれまでにチャセンシダ科の研究のためにフィールドワークを行った場所を世界地図上にプロットしてみた(図1)。39才にしてこれだけ色々な場所で、しかもジェネラル・コレクションではなくて自分



図1 フィールド調査を行った地域
(チャセンシダ科の分類学的研究のためにフィールド・ワークを行った地域を★で示した)

自身の植物材料の研究のために調査・採集をさせてもらった研究者は、世界を見渡しても他にいないのではないかと私は思う。これを可能にしたのは私自身の努力ではなくて、ひとえに東大植物園時代のボスであった岩槻邦男先生の配慮と直接的援助があってこそである。私としては、ただただ岩槻先生に感謝するしかない。

最近、私も大学や学会のお世話の仕事の方が増えすぎて、自身で実験室に入って研究をする時間がほとんどない状態になってきている。実験室で費やすべき時間はアシスタントや大学院生の人にずいぶん肩代わりしてもらっているのが現状である。しかし、フィールドワークをする時間の方は以前と比べて逆に漸増してきている。去年（1998年）一年間にフィールドワークに行った場所だけを順に挙げていっても、ベトナム南部、キナバル山（ボルネオ島）、マダガスカル島、レユニオン島、タハン山とカメロン高原（マレー半島）と多様な地域に及ぶ。繰り返すが、私は自分の研究者としての一番の存在意義は独自のフィールドワークが「できる」ことにあると考えている。だからこそ、自分に残された「なげなし」の研究時間のほとんどをフィールドワークに割いているのである。本稿では、これまで私自身がフィールドワークを行ってきた世界の熱帯地域のうちでも特に力を入れて調査した3カ所を順次紹介しながら、その場所の状況と思い出を語りたいと思う。私は、フィールドでいくつもの危険に出会い、それを（単に運良く？）乗り越えてきた。しかし、私は冒険家ではないので、これは少しも自慢には思っていない。むしろ、自分の不注意や不徳で自身を危険にさらしたことを深く反省している。私の行った地域の植物学のおもしろさに加えて、この反省の部分も一緒に読者の方に伝われば幸いである。フィールド・ワークに事故がつき物であってはいけないからである。

中国雲南省

中国雲南省は緯度的には台湾より南であるが、海拔数百メートルの低地から6,000mを越すような高山帯までであるので、気候帯も様々である。私は、1988年から1994年までシダ植物の多い亜

熱帯～暖温帯域で、ほぼ毎年フィールドワークをしてきた。省都の昆明を起点にして、西は大埋、麗江、保山、無量山、東は昭通、緑春、河口、南は西双版納（シーサンパンナ）と、ほぼ雲南省全体をカバーする形で採集・調査を行ってきた。昆明植物研究所の武素功教授、成さん、楊さんからなるシダ類研究班が献身的に協力して下さったおかげで、とても効率よく研究材料植物の採集をすることができた。雲南省での植物調査を希望される読者の方がおられたら、まず武素功教授に連絡されてみられることを私はお勧めする。

さて、色々な場所に行ってみた雲南省であるが、その中でも特に印象に残っている大理とシーサンパンナの話は今回話したいと思う。大理は大理石という名の由来になっている古い町で、昔の城壁も残っている。この町の裏には海拔4,000mを越す点蒼山がそびえている。点蒼山の大理側は森林破壊がひどくて、低地にはほとんど松林しか見られないのだが、山の裏側へいくと自然度の高いカシの木を主とする照葉樹林がよく残っている。日本から4～5千キロも離れているはずだが、九州南部や紀伊半島に自分がいると錯覚するほど日本の照葉樹林とそっくりの景観である。私の研究しているチャセンシダ科でも、ヤクシマハウビシダ、トキワシダ、ホコガタシダ等、日本と共通あるいはごく近縁な種がたくさん出てくる。雲南省が日本の植物の「ふるさと」といわれるのは、もったもなことだと実感した。しかし、さすがに「ふるさと」だけあって植物の種多様性は日本よりも点蒼山の方がずっと高い。例えばカシ類一つとっても、非常に多くの種が存在している。日本の植物相の由来を理解するためにも、今後、色々な植物群で雲南省と日本の暖温帯林を構成する種を遺伝的構造まで含めて詳細に比較していく必要があると思う。

次に雲南の最南端に当たるシーサンパンナの話に移ろう。ここは、主としてタイ人が居住する中国の自治区である。古典的なタイ語をはなしていると、後でこの地を訪れたタイ人の研究者が言っていた。一番低地が海拔300m程度であり、気候は完全に亜熱帯である。主要樹木類が

日本のものとは科からして全く違っている。しかし、チャセンシダ科に関しては、屋久島から沖縄に分布しているものと同じ、あるいはそれとごく近縁なものが勢揃いしている。例えばチャセンシダ科ホウビシダ属では、日本南部にあってシーサンパンナにない種は一つもない。逆にシーサンパンナにだけあるものは3種もある。さらに興味深いのは台湾ホウビシダとウスバクジャクで、日本産のものは全て3倍体無配生殖型（減数分裂と接合の両方が省略された生活環をもち、胞子で増えるのだけれど遺伝的に親と全く同じクローンしかできない生殖方法、要するに有性生殖をしなくなったもの）しか見つかっていない。それに対して、シーサンパンナには3倍体無配生殖型に加えて2倍体や4倍体の有性生殖型も我々の調査で見出された。有性生殖型の方がより原始的なもので、無配生殖型が有性生殖型に由来したものであることはほとんど自明であるから、日本とはかなり景観の異なる雲南省の南部でさえ、やはり日本の植物の「ふるさと」であることがよく分かる。こちらは屋久島や沖縄の植物種と、ていねいな比較を試みる必要があるであろう。

話が変わるが、雲南での調査というと今でも思い出すのが、1988年の最初の調査で自身、転落事故に遭いかけたことである。私にとってこれが初めて体験する海外調査だったので、はつきりいって浮かれていた。点蒼山の裏側の照葉樹林が良く残っている場所に行くと2日目ぐらいのことだったと思う。20m程の滝の上で不用意にジャンプしたら、滑って転んで滝から転落しそうになった。当時28才だった私は、まだ反射神経も力もあったので、とっさに岩に強くしがみついて、手指の爪が3~4枚ほどはがれただけで命拾いをした（今同じことをしでかしたら、そのまま転落するに違いない）。その時に東大植物園の調査隊の隊長だった加藤雅啓さん（現東京大学理学系大学院進化多様性大講座教授）が飛んできて、「村上！もうちょっとで死ぬところやったぞ。フィールドでは絶対に不注意に行動したあかん！」とすごい形相で怒鳴られたのを今でも昨日のこの様に私は思い出す。加藤さんと海外で一緒にフィールド調査を

したのは、現在のところあれ1回きりである。しかし、私は今でもフィールドに出ると時々あの時の加藤さんの顔が頭に浮かぶ。おかげで、以後、フィールドに出ても浮かれるようなことは無くなった（後で述べるように、時々カッとなると加藤さんの教えを忘れてしまうことは今でもあるようであるが...）。あれから11年、世界の色々な場所で無事フィールドワークをして来れたのも、あの体験があったからかもしれないと私は思っている。

インドシナ（ベトナムとタイ）

中国雲南省のおよそ一通りの地域で調査を終えることができたので、ちょうどそれと置き換わるような形で1993年から昨年まで毎年調査してきたのがベトナムとタイである。タイは、ベトナム調査の帰りに採集品を整理することが主目的であった。タイ国立森林局には東大植物園で博士号をとった女性研究者が2名いて、彼女たちが自分のアシスタントを使って、大量の植物標本の乾燥をタダ同然の費用で手伝ってくれたからである。タイのシダ植物に関しては、田川基二先生、岩槻先生、それに光田重幸さんらが全地域にわたって詳細なフィールド調査をされ、田川先生と岩槻先生によってタイ植物誌シダ編（1979~1989）も既出版されている。したがって、私としては自分の興味深い植物材料の標本が採られた場所を自らも訪れて実物を見るという、それ程生産的でないフィールドワークしかできないだろうと最初考えていた。しかし、チャセンシダ科だけに的を絞って調査をすれば、たとえばインタノン山のように先人が何度も綿密な調査をしている場所でさえ、彼らが見落としていた新種（*Hymenasplenium inthanonense* N.Murak. et J.Yokoy.）を発見することもできた。さらに生の植物材料を日本に持ち帰れば、先人にはできなかった分子系統学的解析をおこなって、他の地域のものとの関係を明確に語ることも私も容易にできる。したがって、未開地ベトナムでの調査疲れをいやしながら採集品を乾燥・整理する以上の大きな意味がタイにも立寄って調査したことにはあった。

それでも、未だに標本が十分に採集されたこ

とが無くて、道ばたの普通種でさえも初記録となるものが出てくるベトナムは、植物学的フィールドワークのフロンティアとして全く別格である。ベトナムといえば戦争ばかりしている国というイメージで、きっと危険で植物の調査なんて簡単にはできないだろうと思われる方も多いかも知れない。しかし、実際に行ってみると治安もとても良いし、人々は誠実で勤勉（我々日本人には儒教国はありがたい）で、経済的に日本に追いつき追い越してくる国があるとすると、それはベトナムかも知れないとさえ私は思ってしまった。我々のカウンターパートのハノイ大学のシン教授も、英語でのコミュニケーションにときどき困ることを除けば共同研究者として最高である。言葉で伝えなくても、我々の希望を汲んで実に綿密かつ効率よく採集・調査計画を立てておいて下さるし、純粋に植物好きで誠実な研究者なので、どこへでも安心してついていけるのがよい。さらに驚いたことは、フランス植民地時代からのリゾート地がハノイの近辺にさえも自然保護地域としていくつも残っていて、中国よりもずっと容易に自然度の高い林にアプローチできることである。バビ山、タムダオ、クックフォンなどは、その気になればハノイから日帰りでも行ける場所であるが、それぞれ植物相も少しずつ異なった自然林が良く残っていておもしろかった。この地域での調査に興味のある方は、シン教授に連絡をとって相談されてみると良いだろう。

ただし、先にベトナム新産種ならいくらかでも見つけられるという話をしたが、新種となるとそう簡単ではない。地理的に見ても当然であるが、シダ植物相を見る限り、より研究の進んでいるタイや雲南と種レベルでほとんど共通のようである。私が一番綿密に調査・研究したハウビシダ属でもベトナム産の新種は一つも見つけることができなかった。それでも思わぬ副産物はあった。私たちが最初（1993年）にクックフォン国立公園を訪れたら、ちょうどキンカチャ（黄色い花のツバキ）が満開であった。私が「園芸マニア」という雑誌に、ベトナムでの初調査を紹介する記事に添えて、そのキンカチャの写真を1枚載せておいたところ、ツバキマニ

アには一目でそれまでに知られているキンカチャではないことが分かったらしくて、大騒ぎになったそうである。シン教授を紹介して差し上げたところ、ツバキマニアの方々が何度もベトナム北部を訪れて、キンカチャ類の新種をいくつも発見されたそうである。そのうちの一つは、クックフォン国立公園の名を付けて、*Camelia cucphonensis* として発表されたとうかがっている。その後も日本のツバキ園芸家の間では、ベトナム産キンカチャ・ブームが続いているそうである。やはりベトナムは、植物学最後のフロンティア地域の一つであることは間違いなかったのである。

中南米

1990年の2月から1991年の8月まで一年半にわたって、私は日本学術振興会の海外特別研究員として、アメリカ合衆国セントルイスにあるミズーリ植物園に留学する機会を得た。中南米には、アジアのハウビシダ類と類縁がある可能性のある一群のシダ植物 (*Asplenium obtusifolium* complex) が知られていた。これらをアジア産のハウビシダ類と詳細に比較する形で研究したいと前から考えていたのだが、いかんせん日本から見て地球の裏側に当たる中南米でフィールドワークを効率よく行うのは容易ではない。そこで、この地域のほぼ全域にわたって活発に調査を行っているミズーリ植物園に留学して、そのフィールド・ステーションを足場にして中南米の広い地域で野外調査をしようと考えたのである。もくろみは見事に当たった。ミズーリ植物園は、園内に30名以上の博士級研究者を擁しているだけでなく、中南米の各国にもアメリカ人研究者を常駐させて現地の研究者と協力しながら膨大な点数の植物標本の採集を続けていた。したがって、自分の採集したい植物材料について最近採られた標本のラベルリストをもっていけば、現地スタッフがその中で採集しやすい場所を教えてくれたり、時には直接案内してくれたりした。

私は、コスタリカ、パナマ、ベネズエラ、エクアドルの4国を順次訪れて *A. obtusifolium* 群の調査を行ったが、とても効率よく材料の採集

が行えた。コスタリカは、中米とは思えないほどアメリカナイズされた国で文化程度も高く、おまけに治安がよくて（アメリカと違って、夜間でも1人歩きが可能）英語も比較的良く通じた。さらにアメリカ人研究者がうようよいるフィールド・ステーションがいくつもある。そこには研究用の広大な自然林が残されていて、研究者用に歩道までよく整備されているので採集は簡単だった。しかし、これではせっかく中南米にフィールドワークに来たという実感があまりわかなかった。

訪れてみて一番好感がもてたのは、エクアドルである。この国は、国名通り赤道直下に位置して、アンデス山脈の5,000mを越す高山から、アマゾン平原、ガラパゴス諸島まであらゆる気候帯を含んだインディオの小国である。人々は一様に貧しいが、貧富の差が余りないせいか治安が良く、首都のキトでも極めて安全である。コスタリカのような大規模研究ステーションはまだ無いが、ミズーリ植物園の派遣スタッフ2人が、それぞれこの国に永住する決心をしていて、自分の給料で広大な山林を徐々に買い足して（未開の山林の値段はタダ同然とのことである）、アンデス山脈の東側（年間雨量6,000mmをこえる世界一湿潤なチョコ地域と呼ばれるところ）と西側（アマゾン平原の東端にあたる）に別々に私製のフィールド・ステーションを作っていた。この2つのフィールド・ステーション（といっても「ほったて小屋」が数棟あるだけの単なるの山林だが...）は、植物相も大きく異なっていて、いろいろな *A. obtusifolium* 群を採集することもできた。エクアドルのミズーリ植物園の派遣スタッフは現地人研究者と完全に一体化していて、ミズーリ植物園の研究プロジェクトのためというよりも、現地人研究者を育てて一緒にエクアドルの自然を守ることが最優先課題としていることも良く分かった。エクアドルは研究の用事が無くても何時かもう一度訪れてみたい国である。

一方、非常に不愉快な思いをして、それでいて一番研究成果が上がったのはパナマであった。パナマは、独自の紙幣すらない（米ドルを使っている）いわばアメリカの植民地国である。

ミズーリ植物園が最初にプロジェクトを始めたのがこの国で、既にパナマ植物誌も出版できてしまったので、ミズーリ植物園のアメリカ人研究者は全てセントルイスに引き上げていた。そこで、かつてのパナマ駐在スタッフからスミソニアン熱帯研究所の植物分類学担当の「パナマ人おばさん教授」を紹介されて出向いたのだが、行ってみると手紙での話とは全然違って真面目に何も対応してくれない。やむなく、昼でさえ町中を歩けない超治安の悪いパナマ・シティをレンタカーで後にし、単独で採集する羽目になってしまった。しかし、それでもミズーリ植物園の現地スタッフが現地の人と友好関係を保ちながら植物調査をしていたおかげか、例えば標本ラベルにあったフォルツナ・ダムの管理事務所に行って、「私はミズーリ植物園でシダを研究しているものだけど、このダムの水源地林で植物採集がしたい」とチーフの人（英語が通じた！）に言ったら、無償で3日間も山に詳しい彼の部下を私の案内人に付けてくれたりした。また、別の山林（エル・コベという場所）では、そもそも山には歩道が全くないので1人で入るのは無理だとあきらめかけていて、たまたまそばを通りかかった中学生位の少年に片言のスペイン語で「私は、あの山に行つてシダをとりたい。しかし、1人で怖い。君、一緒に行かない？」といったら、山に詳しい陽気な農夫のお兄さんを連れてきてくれた。フォルツナ、エル・コベともに案内人とはスペイン語しか通じないのでコミュニケーションには苦労した（私もミズーリ植物園でスペイン語の特訓を受けてから中南米の調査に臨んだのだが...）が、いずれの案内人も実に有能で（ともに学校教育なんてろくに受けていないのであろうが）物わかりも良く、私の希望するシダの生えている環境に効率よく連れて行ってくれた。

植物学的には、パナマは北米と南米の植物が混じる極めて多様性の高い地域である。地史的に見ても、長い間、独立して存在していた南・北大陸が新生代に入ってからパナマ地峡でつながったのだから当然である。基本的には中米と南米に異所的に存在している複数の *A. obtusifolium* 群の種が、パナマでは同所的

に存在していた。おかげで、どれとどれが生物学的にも異なる種なのかが一目瞭然で分かった。私は留学の最大の研究成果として *A. obtusifolium* 群のモノグラフをまとめたのであるが、パナマでの調査がそのカギとなったのである。同時に、アメリカにもち帰ったサンプルをワシントン大学の実験室で解剖学および分子系統学的に解析したことで、*A. obtusifolium* 群はアジアのホウビシダ類とごく近縁であり、同じホウビシダ属としてあつかうべき物であることも明確に示すことができた。パナマでの調査は科学的には大成功だったといえると思う。

ただし、パナマでの単独採集旅行は他の人には絶対勧めない。私の場合は、たまたま結果オーライであったが、決してまねはしないで頂きたい。私もパナマの実状をもっとちゃんと知っていたら、こんな行動には出なかつたらう。フィールドで逆に危険な人物と出会っていたら命さえ保障されなかつたかも知れない。パナマは確かに危険なところなのである。フィールドでは何より命を大切にすることが一番重要である。事故を起こせば、どんな研究成果をあげようと調査は失敗である。これが、私がフィールドワークの師匠と仰ぐ加藤雅啓さんから受けた最初にして最も重要な「教え」である。スミソニアン熱帯研究所には他に親切な人がたくさんいたのだから、もっと合理的な手の打ちようはいくらでもあつたはずである。「おばさん教授」の不誠実な態度にカッとなって単独行動に出たことを今となっては深く反省している。一方で、外国人研究者が日本に野外調査に来た場合には、私は少々無理をしてでも、できるだけ親切に対応するようにしている。始めに対応してく

れた人の態度で、その国のイメージまで大きく左右されることが身に染みて分かつたからである。またフィールドワークは、その人の知力、体力に加えて人間性までもが前面に出てしまう過酷な作業であると思う。私のように人間修養が足りないと、それが即、自分の身の危険を生むことにつながる。浮かれた気分になったり、逆にカッとなつたりした時に、加藤さんから戒められたフィールドでの「不注意」が顔をのぞかせる。自分の命を大切にすることは、結局、人間修養を積むことなのかも知れないなと最近私は考えているところである。

昨年(1998年)の9月に、私の所属する研究科の大学院生2人(生態学を専攻)がフィールド・ワーク中に自動車の転落事故を起こして他界した。そのうちの1人は、一年前まで私たちの研究室で勉強していた学生だった。私も修士2年生の時に沖縄でレンタカーを借りて1人で林道に入ったところ、下りでスピードを出しすぎてスリップして林につっこんだことがあつた。たまたま林道からの段差が2m程しかなかつたので、レンタカーはボコボコになつたものの私はかすり傷一つ負わなかつた。昨年の院生の事故に接して、これまで自分はたまたま運が良かったから、フィールドで大きな事故を起こさずにすんだだけということが実感できた次第である。私はこれからいよいよ中央アフリカの湿潤熱帯地域やニューギニア島等といった、より危険度の高い地域でフィールドワークをしようと計画している。なにより命を大切にした上で、すぐれた研究成果をあげたいものである。

第5回日本熱帯生態学会ワークショップの報告

「熱帯昆虫の個体群動態と生活史戦略： インドネシアでの研究と今後の展望」

はじめに

中村浩二（金沢大・理・生態）
私達のグループは、1990年より文部省科研費国際学術調査（3次）を中心として、気候条件の異なるインドネシアの各地（多雨地帯であるスマトラ中部のパダン、ジャワ西部のボゴール、強い乾季のある東ジャワ州ブルウオダディなど）でマダラテントウ、ジンガサハムシ、バナナセセリ、カメムシ類、アリ類など様々な昆虫類を対象として、野外調査や室内実験を実施しました。このたび1999年3月9日から11日まで「七塚町ふれあい館」（石川県河北郡）に約20名が集まり、合宿形式でワークショップを開催し、日本熱帯生態学会の機関誌「Tropics」特別号の刊行に向けて、議論を深めることができました。この企画を支援された日本熱帯生態学会ならびに多忙にもかかわらず参加された方々に厚くお礼申し上げます。

インドネシアにおける 食葉性テントウの種分化

片倉晴雄（北海道大・大学院理学研究科）
ジャワ（西部：ボゴール周辺、Gede-Pangrango国立公園、Halimun国立公園を含む；東部：Purwodadi周辺）、スマトラ（西スマトラ州パダンおよびその東の山岳地帯）において、マダラテントウ類（Epilachninae）および彼らの食草利用の状況を調査し、以下の結果を得た。

1) マダラテントウの分類群毎に特定の分類群の食草を採用する傾向がある：“*Henosepilachna*”, ナス科, ウリ科；*Epilachna admirabilis* group, ウリ科；*E. chapini* group, キンポウゲ科；*E. flavicollis* group, ブドウ科；*E. fallax* group, イラクサ科。

2) 同所性のごく近縁な種の食草が異なる場合が1例認められた。

3) ホストレース（異なった食草に適応しつつある同一種内の分集団）と思われるものが3例認められた。

4) アジア東部から南部に広く分布するニジュウヤホシテントウには、日本からタイ（バンコック）まで分布するものと、マレー半島南部（クアラルンプール）からインドネシアに分布するものの2つの同胞種が含

まれている。

上記の1) より、新しい種群の誕生は、食草の変換と関連していることが示された。また、2), 3) はマダラテントウにおいて食草の変換を伴う同所性種分化が頻繁に生じていることを示唆する。一方、明確な季節性の欠如、年間世代数の増大、餌となる植物の多様性の高さと1種あたりの現存量の少なさ、といった熱帯に特有の条件が、食植性昆虫の種分化にどのように影響しているのかは、今後解明すべき課題として残されている。

インドネシアにおける 食葉性テントウの生活史と食性分化

中野 進（広島修道大・商）
西スマトラ、西ジャワ、東ジャワを中心とするこれまでの調査で25種のマダラテントウが採集され、その食草を中心に以下の生態的知見が得られている。

1) 食草：ナス科食の害虫2種（*Epilachna vigintioctopunctata*, *E. enneactica*）はそれぞれ15種、12種の植物を利用しているが、ナス科食の森林性の非害虫（*E. bifasciata*, *E. sumatrensis*）の食草はいずれも2種のみである。特定のウリ科植物（ハヤトウリ、アマチャヅル、カラスウリの1種、スズメウリの1種）上では、*E. pytho*, *E. sp. H* の2種に *E. pusillanima*, *E. boisduvali*, *E. sp. 4* などを加えた合計3~4種のマダラテントウが分布しており、同一株から3種が採集されることもある。ナス科、ウリ科の他には、キク科、シソ科、キツネノマゴ科、キンポウゲ科、ブドウ科、マタタビ科、イラクサ科、モクセイ科、マメ科の植物が食草になっており、特定のspecies groupが特定の科の植物を食べている（詳細は、当ニュースレターNo.34, pp. 3-4参照）。上記のナス科食の害虫2種とウリ科食の害虫種（*E. septima*）の食草は、栽培植物、野生植物を含めほとんど国外から入ったものである。

2) 垂直分布：500m以下の低地では害虫種を中心とする6種しか記録されていないが、1000m以上の高地では17種が分布している（500~1000mでは10種）。他地域との比較が必要であるが、マダラテントウの種分化は比較的高度の高いところで起こり、空いている低

地に進出できたのが害虫種といえるのではないか。

3) 生育日数：“*Henosepilachna*”に含まれる種（“*Henosepilachna*”と“*Epilachna*”を合わせて広義の“*Epilachna*”とする見解もある）は幼虫期間が30日前後であるのに対して、その他の“*Epilachna*”は卵期、蛹期が約2倍長く合計60日程度になる。

4) 産卵パターンと産卵場所：“*Henosepilachna*”グループがすべて卵塊産卵であるのに対して、“*Epilachna*”グループの種は数個の卵を葉裏に散らばらして生んだり、ツル植物を寄主とするものでは、巻髭に数個ずつ産卵する。産卵パターンにおいても“*Henosepilachna*”と“*Epilachna*”には明らかな違いがある。

以上のような生態的知見をもとに交配実験や食草選択実験を行い最終的に熱帯におけるマダラテントウの種分化過程を明らかにしたいと考えている。

ジャワにおける 食葉性テントウムシの個体群動態

Sih Kahono（ボゴール動物学博物館）

ジュウヤホシテントウ *Epilachna vigintioctopunctata* の個体群動態を、西ジャワ州のボゴール植物園（海拔260m、年間雨量は3800mmで明瞭な乾季はない）と東ジャワ州のプルウオダディ植物園（スラバヤの南70km、海拔約300m、年間降雨量は2000～2500mm、6～8ヶ月にわたる強い乾季がある）に食草であるナス科の半低木 *Solanum torvum* を植え、成虫にはすべて個体識別マークを施し、卵、幼虫、蛹には生命表を作成した。ボゴールでは1993年から現在まで（7年間、2群落）、プルウオダディでは1993年から1996年まで（3年間、3群落）、7日間隔で連続調査した。

ボゴールでは、成虫個体数の大ピークが5年間に4～5回形成された。ピークの形状や間隔（半年から1年）は一定ではなかった。ピークへの個体数増減は、個体数の山と谷が鋸歯状に一定間隔でおこりながら、それぞれ3～6ヶ月ずつかかり徐々に生じた。成虫数と対応して、産卵数、幼虫、サナギ、新羽化数の変動も鋸歯状であり、いわゆる“generation cycle”が生じ、一定間隔で世代が不連続（discrete）に次々と交代した。

プルウオダディでは、雨季から乾季のはじめにかけて成虫個体数が増加し、その後乾季が進むにつれて個体数は減少したが、乾季の後半まで成虫は食草上に留まり続けた。産卵数は、成虫数の推移と一致した。メス成虫あたりの産卵数も、全体としては成虫数の推移と一致したが、雨季の初期と乾季の中期にピークが見られた。

ボゴールでは卵の孵化率は30～33%、卵寄生率は36

～55%、4齢幼虫の寄生率は6～23%、蛹期の寄生率は31～36%であった。プルウオダディでは孵化率は46.6%、寄生蜂による卵死亡率は9.1%、幼虫期には寄生蜂による死亡は見られなかった。蛹の寄生は18.5%であった。このようにボゴールに比べプルウオダディでは、寄生率が低く、寄生蜂の種類数も少なかった。

西ジャワ州ボゴール周辺における バナナセセリの個体群動態

Erniwati（ボゴール動物学博物館）

演者らは1991年より西ジャワ州及び東ジャワ州でバナナセセリ（*Erionota thrax*、チョウ目：セセリチョウ科）の個体群動態を研究しているが、本講演では西ジャワ州ボゴール周辺のボゴール植物園内（KRと略す。1993年10月～1998年12月まで、5年2月）、Sukaraja（SK. 1995年3月～1998年1月まで、3年3月）、Cimanglid（CM. 1995年4月～1998年12月まで、3年8月）の3地点での調査結果を発表した。調査では1地点あたり30株のバナナを選び、卵、幼虫、蛹数を週1回カウントした（成虫は薄暮活動性であり、敏捷に飛翔するため調査できなかった）。

1) 個体群サイズの長期変動：日当たり産卵数の増減が鋸歯状に一定間隔で生じた。産卵数と対応して、幼虫、サナギ、新羽化数の変動も鋸歯状であり、年6～7世代が等間隔で不連続（discrete）に次々と生じた。ボゴールは多雨で年中繁殖できるので、繁殖を繰り返すうちに、安定年齢構成になると予想されたが、実際には一定間隔の世代交代がみられた。また個体数は3～4世代（約6ヶ月）続けて増加した後、同じくらいかかりながら徐々に減少した。

2) 干ばつの影響と個体数変動の同調性：ボゴールの年間降雨量は3850ミリであり、通常明瞭な乾季はないが、1994年、1997年には3～4ヶ月間続く強い乾燥に見舞われた（後者は1997/98エル・ニーニョによる）。これらの干ばつは、バナナセセリの個体群サイズを必ずしも減少させるとは限らなかった。3個体群の個体数変動の消長は同調しなかった。

3) 卵死亡率（調査期間全体の合計値）：寄生蜂（*Agiomatus sumatraensis*, *Ooencyrtus erionotae*, *Pediobius erionotae* の3種）による死亡率は44.0%（KR）、SK（46.3%）、CM（36.9%）であり、卵の全死亡率は、66.0%（KR）、65.4%（SK）、54.7%（CM）であり、卵死亡にしめる寄生蜂の役割は大きかった。

インドネシアにおける植食性昆虫の 個体群動態：まとめ

中村浩二（金沢大・理）

筆者らは、インドネシア国内の様々な機関（アンダラス大学、スカラミ農業技術研究所、ボゴール動物博物館など）と共同して、インドネシア各地で昆虫の個体数と死亡要因の季節変動を長期間にわたり継続調査中である。調査対象は、マダラテントウ（コウチュウ目テントウムシ科*Epilachna* 3種類）、ジンガサハムシ（コウチュウ目ハムシ科*Aspidomorpha* 2種類）、バナナセセリ（チョウ目セセリチョウ科*Erionota thrax*）などである。調査地は、乾雨季の区別のはっきりしない多雨環境（スマトラ西部州パダン）、多雨であるが時々干ばつの生ずる環境（西ジャワ州ボゴール）、内陸部でかなり乾季の強い地点（スマトラ西部州シチュン）、明瞭に乾雨季が交代する少雨環境（東ジャワ州ブルヴォダディ）、高地（スマトラ西部州スカラミ）が含まれている。成虫には個体識別マークを施し、卵、幼虫、蛹には生命表を作成した。これらの調査結果のまとめは以下である。

1) パダンやボゴールでは、多雨で年中産卵がとぎれることはなかった。繁殖を繰り返すうちに、安定齢構成になると予想されたが、実際には個体数の山と谷が鋸歯状に一定間隔で生じ、世代が不連続（discrete）に次々と交代した（いわゆる"generation cycle"）。個体数の変動幅は大きく、時々大ピークが形成された。このピークへの増加と減少は、3~4世代（約6ヶ月）続けて増加した後、同じくらいかかきながら徐々に減少した。ピーク形成と降雨量の変動や干ばつには単純な関係はみられなかった。また近接した個体群間であっても、個体数変動トレンドは必ずしも同調しなかった。干ばつ期には、寄主植物の葉量がしばしば減少したが、干ばつ後半に葉量が増加したり、干ばつにもかかわらず葉量が増加し続けることもあった。

2) 強い乾季のあるブルヴォダディでは、雨季から乾季のはじめにかけて、成虫個体数が増加し、その後個体数は乾季が進むにつれて減少したが、成虫は乾季の後半まで食草上にとどまり続けた。産卵数は、全体として成虫数の推移と一致したが、乾季中期に産卵することもあった。食草の葉数は、乾期に入ってもしくは減少せず、乾季中期にも出葉したり、乾季後半に葉数の増加がみられることもあった。

3) どの調査地点でも、卵、幼虫、蛹の死亡率に占める寄生蜂の役割は大きかったが（マダラテントウ類では、日本に比べると、寄生蜂の種類数が多く、寄生率も高い）、寄生率の季節変動と寄主密度や降雨量に

は、単純な関係は見られなかった。マダラテントウでもジンガサハムシでも、ブルヴォダディよりもパダン、ボゴールの方が寄生率が高かった。

インドネシアの植食性テントウムシに 対する雨とアリの作用

溝入真治（九州大・大学院農学研究科）

ニジュウヤホシテントウ*Epilachna vigintioctopunctata*は日本から熱帯アジアまで広く分布するナス科の主要害虫である。インドネシアにおける本種の個体群の幼虫期死亡率は、日本の個体群に比べずっと高い。これには捕食者、特にアリが重要な役割を果たしていると予想されるが、定量的なデータはない（Nakamura *et al.*, 1988, 1990）。そこで1991年12月に、ジャワ島ボゴール植物園内でナス科の寄主食物*Solanum torvum*上にアリ採餌区（AF）とタングルフトによるアリ除去区（AE）をつくり、室内飼育した幼虫を放飼し、実験的に幼虫の死亡要因としてのアリの効果を検討した。また観察期間中に降雨があった際にはその前後のAEの個体数を晴天時と比較し、雨による死亡率も調べ、以下の結果を得た。

1) *S. torvum*にはカイガラムシが多数発生しており、AFでは*E. vigintioctopunctata* 幼虫の大部分は、カイガラムシに高密度に随伴する*Anoplolepis* sp.（ヤマアリ亜科）に攻撃または捕食された。アリの攻撃により、*S. torvum*から落下した幼虫は、地表では*Anoplolepis* sp.にはしばしば「無視」されたが、地表徘徊性の*Odontoponera* sp.（ハリアリ亜科）に捕食された。

2) 降雨の有無による幼虫の死亡率に差はなかった。幼虫は晴天時には寄主植物の葉の表または裏面で摂食していたが、降雨開始前後には葉柄部に向けて急速に移動した。幼虫の雨による死亡がほとんど無かったのは、その結果によると思われる。

インドネシア西スマトラ州高地の耕作地における地表性節足動物の動態

曾田貞滋（京都大・大学院理学研究科）

インドネシア西スマトラ州ソロ地方（標高900~1000 m）の耕地において、1994年8月~1995年9月、1996年3月~1997年8月にピットフォールトラップを用いた地表性節足動物の動態調査を行った。トラップ採集は2週間ごとに3個所で行った。捕獲された節足動物のうち、アリ類の個体数が最も多く、ついでクモ類、直翅類、甲虫類、ハサミムシ類、等脚類が多かった。またミミズ類（環形動物）も多く捕獲された。この地域は、降雨に弱い季節性が認められる。いくつかの分類群で

は少雨期に個体数が多い傾向が見られたが、完全な季節的消長を示すものは見いだせなかった。ほとんどの分類群で、降雨の後には捕獲数が減少する傾向が認められた。クラスター解析によって捕獲個体数の変動パターンは3つに分類でき、捕獲数が安定して多いもの(アリ、クモ、直翅、甲虫類)、捕獲数が不規則に大きく変動するもの(等脚、ミミズ、ハサミムシ類)、低密度レベルでより小間隔の不規則な変動を示すもの(多足類、ゴキブリ、カメムシ、鱗翅類)が認められた。

捕食は熱帯産ホシカメムシの個体群に どのような影響をあたえるか？

西田隆義(京都大・大学院農学研究科)
東南アジア熱帯に分布しアオギリ科樹木の種子を専食するダイフウシホシカメムシ *Melampus faber* において、種特異的な捕食性ホシカメムシ *Raxa nishidai* による捕食の直接的・間接的効果について調べた。捕食圧は低く死亡要因のごく一部を占めるにすぎなかった。しかし、その一方で被食者は、警告色、分散多型など捕食回避のためと考えられるさまざまな形質を発達させていた。鶏を使った捕食実験の結果、被食者はひどく不味であること、摂食経験のない雛鳥は摂食を試みるが一度経験すると強く忌避するようになり、鶏にとって警告色は効果的と考えられた。しかし、警告色は捕食性カメムシには何の効果もなかった。次いで、飛翔能力を調べると被食者個体群内に飛翔能力の大きな変異があり、活発に飛翔する個体から全く飛べない個体まで存在することがわかった。被食者の飛翔力を経時的に追跡したところ、捕食者の密度が高い年には飛翔力が高まり、さらに飛翔能力の高い個体は生存率が高い傾向があった。しかし、飛翔能力が非常に高い個体は生殖巣、とりわけ卵巣の発育が悪く、生涯を通じた繁殖成功は低かった。飛翔能力がある程度以上発達しないのは、飛翔による捕食回避と繁殖との間にトレードオフがあるためと考えられた。

捕食圧が高い年と低い年で被食者の繁殖成功を比較すると、捕食圧が高い年には繁殖成功は半減することが分かった。その原因は、捕食を回避するために採餌活動が低下することや、飛翔能力が高まることで卵巣の発育が遅延することと考えられた。

以上の結果から、捕食による直接的死亡はわずかであるものの、捕食を回避するコストはかなり大きく、捕食は間接的に被食者個体群の増殖や生活史形質に大きく影響していた。捕食の間接的効果は従来考えられてきたよりも、ずっと大きい可能性がある。

インドネシアにおけるツシマハリアリ *Pachycondyla (Ectomomyrmex) astuta* の 社会構造とワーカー間順位行動について

大河原恭祐(金沢大・理)

ハリアリ亜科に属する多くのアリでは受精産卵の役割を担う女王カーストと不妊であるワーカー間に形態的差が少なく、ワーカーが受精産卵を行うという特殊な社会構造が見られる。このような種ではワーカーも女王同様に卵巣小管や受精嚢を備えており、一般に受精、産卵を行うワーカーはガンマーゲイト *gammergate* と呼ばれ100種近くのハリアリグループで観察されている。演者はインドネシア、ジャワ島のゲデーパングランゴ国立公園とハリムン国立公園の熱帯雨林においてこのハリアリグループの1種であるツシマハリアリ *Pachycondyla (Ectomomyrmex) astuta* のコロニーを採集、その社会構造と受精個体の決定様式について調査観察を行った。

調査は1996年から1997年にかけて行われ、森林林床の腐倒木中に営巣していた *P. astuta* のコロニー総計31コロニーが採集された。この内3コロニーは行動観察のため実験室内において飼育し、28コロニーは社会構造の観察のためそのコロニー個体全てを解剖した。観察を行ったコロニーも観察終了時に解剖した。その結果、31コロニー中8コロニーは受精女王を含んでおり(DQコロニー)、11コロニーはガンマーゲイトを含むコロニー(Gコロニー)であった。また1コロニーでは女王とガンマーゲイトを両方含んでおり、残り11コロニーは未受精ワーカーのみかあるいは創設女王であった。このことから *P. astuta* ではDQコロニーとGコロニーの2つのタイプの社会構造が同所的に分布しているものと思われる。またDQコロニーでは常に女王が1個体の単女王制であったのに対し、Gコロニーではガンマーゲイトが複数存在するコロニーが見られ、多女王制の傾向が強かった。

行動観察を行った3コロニーにおいて女王を除去し、未受精ワーカーのみにするとワーカー間で順位行動が観察された。未受精ワーカーは順位行動に参加する闘争グループと参加しない非闘争グループとに分かれ、闘争ワーカー間では激しい順位行動が観察されたが、非闘争ワーカーとの間では順位行動は行われなかった。解剖の結果、闘争ワーカーではいずれもその卵巣小管が発達し、受精嚢卵が肥大していたが非闘争ワーカーではそのような変化は見られなかった。順位行動は大別して(1)触角同士の叩きあい(antennation)、(2)かみつきあい(biting)、(3)押さえつけ(immobilization)の3タイプの行動が観察されたが、

闘争ワーカー間でその行動の頻度には差が見られ、1あるいは6個体程度の一部のワーカーが高頻度で他の闘争ワーカーに対して、特にかみつきあいと押さえつけを高頻度で行っていた。これらワーカーは優位個体と考えられ、後に巢内交尾を行い、ガンマーゲイトとなると推測される。

インドネシアと亜熱帯-温帯の コオロギの幼虫発育

新井哲夫 (芦屋大学・教育)

タンボコオロギは、熱帯から温帯にかけて広く分布している。日本列島では、東北地方宮城県近辺（北緯約39度）が北限であると考えられている。本種は、幼虫で休眠し、関西以北では年1化、関西以南では年2化と考えられる。沖縄などの亜熱帯では、成虫個体の出現ピークからみると年2化を示しているようであるが、野外での生息状況から、本州のような明確な幼虫休眠の形態をとった年2化の生活史であるかどうかについては、今のところ不明である。

幼虫発育に対するいろいろな光周期の影響をみると、つくば（北緯36度2分）の系統では14L:10Dで幼虫の発育が遅延し、鹿児島（北緯31度13分）系統では13L:11Dで、沖縄島（北緯26度13分）系統では12L:12Dで遅延する。このように緯度が約5度南に下がることによって、幼虫発育の臨界日長は、約1時間短くなることがわかった。熱帯のタンボコオロギの幼虫発育に対する光周期の影響はなく、北緯13度44分のタイ・バンコクの個体群でも同様であった。

インドネシアのタンボコオロギは、スマトラ西部州 Sukarami（標高928m）（南緯0度56分）において、1997年8月に雌成虫1匹が採集された。かなりの個体が鳴いていたが、幼虫は発見できなかった。このことは、日長の年変動がほとんどない赤道直下においても、タンボコオロギの幼虫発育が何らかの要因によってコントロールされていることを示唆している。

インドネシア系統の雄とつくば系統の雌を交配すると、F1の幼虫の発育は性によって異なり、13Lより明期が長い光周期では、雌個体の発育が早く、かつ集中して羽化した。雄の羽化は雌より2~3週間遅く始まり、羽化のばらつきは非常に大きくなった。12L及び11Lでも同様に雌は集中して羽化した。しかし、雄個体の羽化は、雌の羽化と同時期から始まったが、羽化のば

らつきは長日より顕著に大きくなった。逆の交配結果はまだでていないが、タイ系統とつくば系統の交配結果から類推すると、インドネシア系統の雌とつくば系統の雄とのF1の幼虫発育は、雄個体の発育が早く、雌の発育が遅延すると考えられる。このことから、インドネシアと日本列島のタンボコオロギは、別種とはいえないまでも遺伝的にやや離れた系統と考えられる。

低地フタバガキ天然林における ポリネータの季節変動及び群集構造

大澤直哉 (京都大・大学院農学研究科)

熱帯林では植物種類数の多様性は高い。そのことは逆に、同一種の成木個体数が少ない（成木は数ヘクタールに1本であることは稀ではない）ことを意味している。同一種の個体間の距離が離れている場合、植物側にとって、どのように花粉媒介者を効率的に利用して、送粉及び受粉を行うかは重要かつ深刻な問題である。さらに多くのフタバガキ科の植物は自家不和合であると考えられている。従って、東南アジアフタバガキ林で見られる一斉開花は、複数の植物が同調して開花することで大量の花粉媒介者を誘引し、植物側が送粉者を効率的に利用し受粉させるために行うとも考えられる。

熱帯林における花粉媒介者の野外研究は少なく、特にその時間的空間的な群集構造は皆無とってよく、本研究の意義は極めて大きいと考えられる。調査は全てマレイシア森林研究所パソ試験地（ネグリセンピラン州パソ）で行った。同地に建設されているタワー（高さ約50mジュラルミン製）に、地上高40mまで10mおきにハニートラップを3時間及び6時間設置し、95年から97年末の2年半にわたり調査を行った。その結果、採集された昆虫類の95.52%は膜翅目で、飛来昆虫数は採集の時期や時間に影響されていた。主な昆虫であるミツバチ類の優先種が採集時期によって大きく入れ替わっていた。またハチ類は種類により固有の探索高度を持っている可能性が示唆された。調査期間中に起こった一斉開花期間の結果と総合して考えると、ハニートラップに飛来するような形態的に特殊化していないポリネータは、時間的空間的にニッチ分割をおこなない、「植物との緩やかな」関係を結びながら、花粉媒介を行っているものと想像された。