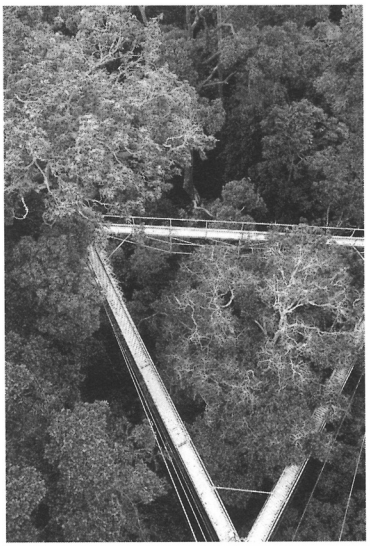
■□ 自然へのアプローチ―今，若い研究者がとりくんでいること― 2

熱帯で学ぶ

京都大学大学院農学研究科森林科学専攻 神崎 護

Study in the tropics. Mamoru Kanzaki (*Division of Forestry and Biomaterials Science, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kyoto 606-8502, Japan*)

急激な経済成長を続ける東南アジアの熱帯林は，急速に減少を続けている。私たち熱帯林環境学研究室のメンバーが行っている研究テーマは，そんな東南アジア各国の社会状況と密接に関係している。自然保護や森林保全の基礎となる生態学的な研究だけではなく，自然林に対するインパクトの小さい持続的な農林業の成立を可能にするようなシステムも，私たちの研究対象となっている。この小文では，そんな私たちの研究室の学生達の研究のうち，私が直接指導に関わっているものを中心に，その一部を紹介したい。



パソーの森の樹冠.

わずかに残った原生的な森林

タイ，マレーシア，インドネシアなどを飛行機で移動していても，窓から見下ろす景観には必ずといっていいほど，水田や焼畑，そして大規模プランテーションが目に入る。わずかに残存した自然林も，周囲を農地に囲まれて島状に孤立した森林であることが多い。そんな森林が，これからも動植物の住処として機能していくためには，森林の更新や動植物の繁殖活動が小さな島の中で円滑に進行していくことが保障されなければならない。しかし，巨大なエマージェントや高木性樹種の繁殖過程はほとんど明らかとなっていない。

マレーシアのパソーは1970年代のIBP時代から研究サイトとして活用されてきた森だが，その森のなかでNさんとHくんは，フタバガキ科樹木と種子捕食者の関係を探っている。Nさんは，膨大な数の種子トラップからの回収物を使って，*Shorea acuminata* の種子の発達過程の死亡要因を解明しようとしている。彼女は個体間の繁殖成功率の差は，受粉直後の初期の死亡落下量に依存していることや，開花イベントごとに主要な捕食者が変動することなどを明らかにした。フタバガキ

の種子の運命は，送粉者や捕食者である昆虫や哺乳動物によって大きく左右されるというわけだ。

一方，Hくんは膨大な数の種子を拾って，内部の幼虫を孵化させて，フタバガキ科樹種の種子捕食者の完全なリストを作り上げた。この結果，多くの捕食者はフタバガキ科樹種全般を利用していること，そして，種子の発育段階に応じて，出現する種子捕食者が明確に変化していくことを示した。種子捕食者の内部で果実をめぐる厳しい競争が存在していることを示唆している。近年エルニーニョ現象が高頻度で発生し，このような気象イベントと連動しているフタバガキの開花のリズムも乱され，大量開花が連続して起きたりしている。このような繁殖リズムに対する擾乱は，彼らの繁殖成功率や交配システムにどんな影響を与えるのだろうか？まだまだ疑問はつきない。

タイの北部のドイインタノン国立公園には，シイ・カシ類，クスノキ科，ツバキ科で構成される熱帯山地林が，かなり広く残存している。そんな林に大阪市立大学の山倉先生たちと設置した大面積調査区の中に，樹高50mに達する *Mastixia euonymoides* というミズキ科の大木がある。この林では，シイ・カシやクスノキ類とともに，この *Mastixia* が優占種となっている。東南アジア熱帯に広く分布する *Mastixia* 属のなかでこの調査区に出現する *Mastixia* は，第三紀にヨーロッパにも分布していた *Manglesia* 亜属に分類され，第三紀に優占していた古いタイプの種だと考えられている。この種はタイ，ミャンマー，中国南部に隔離分布していて，標高1700m前後の保存状態の良い原生的な森林には普通に出現するのだが，二次林では見出すことができない。生活史のどこかで更新の障害となるような問題点があるのだろうか？種子散布が制限されているのだろうか？発芽に問題があるのだろうか？Aくんはこの *Mastixia* の種子散布と発芽過程を追跡した。果実は鳥によって効率よく散布されている。また，果肉つきの種子の地表での生存率は，果肉が除去された種子に比べると明らかに低く発芽成功率も低い。このことは，この種が鳥散布へ高度に適応していることを示していそうだ。散布された種子は1年程度かけて徐々に発芽してくる。種子生産から発芽に関して，特にこの種が劣っているようなことはなく，この種が隔離分布する稀少な種になってしまった原因を見出すことはできなかった。

熱帯林の内部の種多様性や動植物間相互作用が注目をあびる一方，熱帯林と大気の間の炭素収支にも注目が集まっている。日本でも植物群落表層で微気象学的に炭素のフラックスを測定し，炭素収支を測定するサイトが増えたが，東南アジアの熱帯でもそのようなサイトが増えている。このようなフラックス測定の研究測器は飛躍的に進化し，連続測定データから，日変動，季節変動，年変動が明らかになっている。地上部での測定による炭素循環の測定方法は，それに比べるとほとんど変化していないと言っていいかもしれない。しかし，地上部での測定にも強みはある。少なくとも，地



枯死材の分解速度測定（タイ，サケラートにて）.



森林調査チーム（タイ，チェンマイ県のカレン村にて）．

上部でモニタリングできる生立木と，枯死木，そして地上部リターについては，長期的な観察が可能で，炭素貯留量の長期変動などに関しては，信頼性の高いデータを提供できる。タイのサケラートではタワーを利用したフラックス法による炭素収支の測定のかたわら，1985年からモニタリングを続けている調査区で，地上部分の炭素の長期変動を解明しつつある。

Kさんはこの林の中で，大型枯死材の現存量と枯死木の分解速度を，過去のモニタリングデータを活用して解明した。大型枯死材の分解速度はマレーシアのパソーで報告されている主要樹種のそれよりもかなり遅く，結果として大型枯死材の滞留量も大きい。しかし，温帯以北の枯死木に比べれば分解速度は早い。この森林は炭素量でみればほぼ定常状態にあるが，今後の大気中二酸化炭素の濃度変化や降水量変動といった気候変動で，炭素量の平衡点も変化していく可能性がある。彼女が行った分解速度の推定は，その予想に大きく貢献するだろう。

このサケラートの常緑林の優占樹種は *Hopea ferrea* である。この木は材比重が0.8〜0.9程度と，フタバガキの中でもかなり重いほうで，そんな *Hopea* が現存量の半分程度を占めている。このため，単位面積あたりの現存量は400ton/haを超えると推定される。*Hopea* の優占がくずれれば，この森林の炭素貯留量も著しく減少してしまうだろう。それでは，なぜこの樹種が優占するのだろうか。*Hopea* の優占は，稚樹が高い耐陰性をもち，林床を先取りしてしまうことが原因と考えられる。それでは，*Hopea* の実生はどのように発生しているのだろうか。Kくんは，この林のなかで発芽したての実生に黙々とタグをつけて，その動態を追跡調査した。並行して，数百枚の全天写真を雨期，乾期に撮影して，場所ごとの光条件を推定した。当初 *Hopea* の実生の動態とその場所の光環境には何の関連性も見出せなかったのだが，定着時期ごとに死亡率の光依存性を調べてみると，本葉を展開した時期が遅い個体ほど，死亡率の光依存性が顕著になることがわかった。つまり，定着時期が遅い個体ほど，暗い環境での死亡率が高くなっていった。耐陰性が強いこの種でも，光は後発の実生の生存にクリティカルに効いていたのである。しかし，それはすべての実生をプールしていては見出せない現象であった。長年サケラートで林を見てきた私にも予想できない結果であった。光をめぐる同種内のすさまじい競争の存在を示唆しているのかもしれない。

山に住む人と森

熱帯林が急速に減少してしまった原因として，真っ先にあげられるのは焼畑だろう。焼畑＝森林消失という図式は一般化してしまった。しかし，焼畑と一言でくくれないほど，その中身は多様である。Fさんは，カレンの伝統的な焼畑をミャンマーで調べた。その結果，混交落葉樹林の中で行われているカレンの伝統的焼畑では，タケがきわめて重要な役目を果たしていることがわかった。伐開・火入れのあと，陸稲を1シーズン栽培する

だけで，翌年には次のサイトに畑は移動する。聞き取り調査の結果，彼らは樹木とタケとが適度に混ざった状態にまで森林が回復すると（ほぼ15年後），次の焼畑に使えると判断している。ヒヨドリバナ類が繁茂するのは休閑２年目までで，そこからはタケが休閑地の主役になる。熱帯の連軸型のタケは株状になり，焼畑による火入れでも株は死なない。休閑５年程度でタケの現存量は自然林でのタケのバイオマスにほぼ匹敵するまでに回復する。そして，それ以降ほぼ一定のバイオマスを維持している。樹木のバイオマスがタケに追いつくのは，休閑後15年程度である。カレンの焼畑システムは循環的で集落を移動する必要は無く，定着型焼畑と呼ばれている。山間地で自給自足の生活をしなければならなかった彼らが米をつくるとしたら，無耕起で土壌浸食が抑えられ，施肥や除草剤の必要の無いこのシステムは合理的である。このタイプの焼畑が，森林をどんどん食い潰していくと考えるのは間違いである。

カレンはタイでも焼畑をしていた。しかし，タイ政府の方針で，国立公園などの保護地域内での焼畑は早くから禁止され，そんな場所では水田耕作に移行した人々も多い。Ｆさんの次の研究は，彼らが焼畑を停止した後の森林の回復過程の解明であった。ドイインタノン国立公園の下部山地林では，伝統的な焼畑が停止された後，ツバキ科の *Schima wallichii* やオオバギ属のパイオニア樹種などが急速に成長するため，休閑林の回復は順調である。しかし，例外もある。面積は少ないが，彼らも昔ケシを栽培していた。ケシを栽培後に放棄した場所では，パイオニア樹種が出現せず，ヒサカキ属の低木などが優占していてバイオマスの回復は遅い。ケシの栽培は，生産力がおちるまで長期間同じ場所で行われ，耕起も行われる。このため，土壌中の種子バンクもその過程で消耗しつくされるのかもしれない。このような焼畑跡地は，



お茶の森の村の住人とともに（タイ，チェンマイ県にて）.

草原化してしまう例も多いようである。ケシだけではなく，トウモロコシやキャベツなどの換金作物を栽培する焼畑にはこのタイプのものが多く，急速な森林消失の原因となってきたようである。定着型焼畑の持つ合理性は，もっと目をむけられるべきであり，同時にそのような農法を維持してきた人々の焼畑を軸とした生活スタイルにも敬意が払われるべきであろう。

チェンマイ北部の地図を見ると，Ban Pa Miang という単語で始まる村の名前があちこちに点在している。その意味は，「お茶の森の村」という意味で，茶を栽培する村なのだ。ここでは，原生林の下層を刈り払い，そこに茶を植えて栽培する。茶の木は樹高４ｍくらいにまで達し，私たちの慣れ親しんだお茶園とは違って，天然の林を見ているようだ。もともとは自生している茶の木をそのまま使っていたといわれている。収穫した茶葉は，蒸したあとに嫌気発酵させて嗜好品として食用に供し，タイではこれをミアンと呼んでいる。同じ食品をミャンマーではラペッソと呼んでいる。茶の栽培方法としてもユニークだしその製品もユニークだ。森林をあまり傷つけずに農業利用する点もおもしろい。このような村に住み込んで，農民の土地利用や，村の歴史を調べているＳさんは，す

でに２つの村での住み込み調査を終えて，ここ30年間のミアン林と村の変化を明らかにするとともに，ミアン栽培を維持するために，村人がさまざまな制約を設け慣習法としていることを明らかにした。それらの慣習法の中には穀物栽培のための焼畑の禁止，茶樹園内の大木の伐採に対する強い制約などがあり，村全体がミアン栽培に特化した共同体となっていることを示している。しかし，そんな村にも低地の農村と同じように，小子化・人口流出，それにともなうミアン園の売却などの問題が起きている。それでも，森を最大限残してミアンを栽培する村人の誇りは高い。茶樹園と共存できるような果樹やハーブ類などを導入する経営多角化で，この状況を乗り切ろうとしていることをＳさんは報告している。

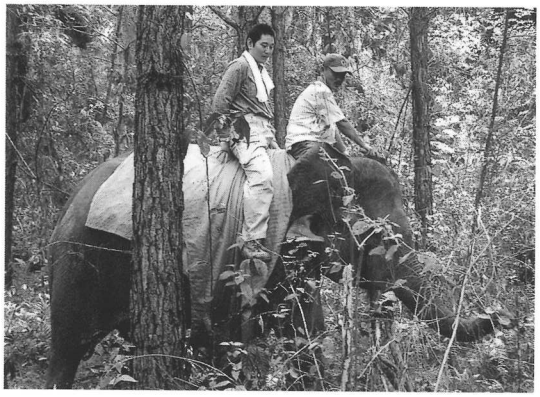
同じ村でＭくんは茶園の森林構造を調査し，上層木がほとんど天然林の構成種で占められているような茶園から，天然林要素がほとんど姿を消して，果樹が混交するような茶園にいたるまで，その中身は実に多様なことを明らかにした。茶樹以外のバイオマスが，自然林の約半分の200ton/haにまで達する茶樹園もある。茶樹の密度は著しく少なくなるが，そんな林の中でも茶樹を栽培しているとは驚きである。しかし，このような茶園の構造の多様性がなぜ生じるのかはよくわからない。茶園のオーナーの考え方で決まっているのかもしれない。被陰樹が必須と考える村人もいれば，疎開していたほうがいいという人まで意見はさまざまだというのが彼の結論であった。ちなみに，この茶樹栽培は，無肥料，無農薬で行われ，農薬使用が慣習法で禁止されている場合もあるようだ。



聞き取りの合間に（インドネシア南スマトラ州にて）.

おわりに

ほかにも，カンボジアやミャンマー，そしてインドネシアで調査研究を続けている学生がいる。ほとんどの学生にとって，海外での長期滞在の経験は始めてである。日本国内での研究経験を経てから海外に向かった私たちの世代とは異なり，いきなり海外調査というのが普通のことになってしまった。そんなわけで調査研究についても初心者のまま現地調査を始めることになる。長期にわたる現地滞在と体力的にも厳しい野外調査，さらには現地社会との摩擦や人間関係をめぐるトラブルも起きる。単独で長期調査を始めて経験する修士課程の学生にとっては，いろんな問題がまとめて降りかかってくることになる。こんな状況の中で，唯一の武器は彼らのやる気と体力だろう。なにが何でも熱帯で調査をしたいという意気込みは皆共通して持っている。ほんとうにへこたれずに，みんな頑張っていると思う。そんなプロセスを経てきた彼らにとっては，調査研究の成果とともに，現地で形成した人間関係がもっと重要な成果かもしれない。一方，たかが学生などと見下すことなく対応してくれている相手国側のカウンターパートや，現地の若手のスタッフの協力がなければ，こんな研究体制を維持することはできない。また学生を受け入れてくれている日本のプロジェクト関係者にも，ほんとうに頭の下がる思いだ。今後日本と東南アジアの国々の関係はもっと緊密になっ



調査の合間の楽しみ（インドネシア，南スマトラ州にて）.

ていくのだろうが，その中で，今の若手が中核となって関係を担う日がすぐにやってくるだろう。

紹介した研究はいずれも現在投稿準備中のものである。詳細は彼らがこれからまとめる論文をご覧頂きたい。研究室のウェブサイトは *http://www.tofre.kais.kyoto-u.ac.jp/* です。