

# CDM 植林事業が熱帯林の生物多様性に どのような影響を与えるか

## —環境省，地球環境保全試験研究費によるプロジェクトを終えて—

福山 研二

### はじめに

この報告は，森林総研が主体となって，平成 16～20 年度に実施した，環境省の地球環境保全試験研究費によるプロジェクト「CDM 植林が生物多様性に与える影響評価と予測技術の開発」の成果概要をまとめたものである。

地球環境問題のなかでも，温暖化問題は IPCC が地球温暖化は人間活動による二酸化炭素の増大によるものであることを科学的に結論づけ，2007 年にノーベル平和賞を獲得したことにより大きな局面を迎えた。今や，世界中の人々が温暖化は人類の責任であることを自覚し始め，世界的な動きとして温暖化対策がメインテーマとなりつつある。さらに新しいアメリカの大統領オバマ氏のグリーンニューディール政策など，環境に関連する大きな流れができつつある。

### CDM 植林事業

CDM とは，クリーン開発メカニズム (Clean Development Mechanism) の略称で，途上国と先進国が共同で温暖化対策に取り組む仕組みとして，1997 年 12 月の COP3 (気候変動枠組条約第 3 回締約国会合) において，京都議定書の一つとして議決されたものである。排出削減は，省エネや生活改善，バイオマスエネルギーのような化石燃料以外のエネルギー資源の開発などがあり，多くの手法が考えられ

るが，吸収量の増大については，人間が積極的に関与できるものとしては，森林の樹木などによる CO<sub>2</sub> の吸収くらいしかない。

CO<sub>2</sub> 吸収量を増やすためには，適正管理により森林の成長量を増やすことと，新たに樹木を植えていく方法があるが，我が国では，もはや新たに植える適地がほとんどない。その意味で，CDM 植林事業が重要になる。CDM 植林事業については 2003 年 12 月の COP9 において，新規植林あるいは再植林としての CDM (CDM 植林) の実施ルールが決定された。簡単に言えば，先進国が新規植林事業のような温暖化対策を発展途上国において実施してもいいという考え方であり，温暖化対策の資金を発展途上国に還元しようという意図もある。

### プロジェクトの必要性と目的

CDM 植林は大面積単一人工林となることが多いため，生物多様性に与える影響が懸念されており，我が国としては，まず CDM 植林事業を実施するに当たって科学的な生物多様性評価手法を開発するとともに，それを用いて CDM 植林が生物多様性に与える影響を評価予測する技術を開発しておく必要がある。

さらに，CDM 事業を温暖化対策ばかりではなく，荒廃した熱帯林の再生という位置づけのもとに，生物多様性を回復させる植林手法，残存林など生物種の供給地確保とその適正配置方法など，ランドス

Kenji Fukuyama : Effects of A/R CDM Plantation on Biodiversity in Tropical Forests

—Final Report of Research Project Funded by Global Environment Research Account for National Institutes—

(独)森林総合研究所 研究コーディネータ

ケープレベルでの総合的森林管理システムの開発を行うことが重要である。しかし、CDM 植林が実施されるであろう熱帯地域における単一大面積人工林や無立木地での生物多様性に関する研究はほとんど行われていないのが現状である。

そこで、今後 CDM が実施されるであろうインドネシアのアカシアマンガウムなどの人工林において植林からの経過年数にともなう植物相の遷移と類型化、周辺の残存地域、天然林、草原等において昆虫類、鳥類、野生動物など各種生物のトラップなどによるモニタリング調査や移動状況などの調査を行い、熱帯地域における CDM 植林事業が生物多様性にどのような影響を与えるかを評価予測する技術を開発するプロジェクト研究を実施した。このプロジェクトは、独立行政法人森林総合研究所が中心となり、神戸大学、インドネシア科学院生物研究所、ポゴール農科大学、ムラワルマン大学などの協力を得て、インドネシア東カリマンタンのバリクパパンからサマリダにかけての地域において実施した（図 1）。

### 調査地域概況

調査対象地域は、前述のようにインドネシアの東カリマンタン、バリクパパンからサマリダにかけての地域である。この地域は、これまでに、幹線道路ができたことや商業的伐採や移住者による森林の開墾、山火事の多発などにより、急速に森林が失われた

（写真 1）。現在では、低地の熱帯林としては、断片的に保護林が残っているに過ぎず、それらも、頻発する山火事の危険にさらされている状況である。幸い、この地域には、こうして長期間にわたって草原化した地域や人工的に植栽された森林（写真 2）、部分的に残っている天然林（写真 3）や二次林（写真 4）が存在している。こうした、人工林や二次林などの生物を比較調査することによって、CDM 植林を行った場合の生物相の変化についての情報が得られるものと期待できる。この地域で、植栽年数の異なるアカシアマンガウムの人工林や山火事後の回復している二次林、天然林などに共同調査地を設定した。



写真 1 山火事などによりチガヤ（アランアラン）の草原となった地域



図 1 調査地域（バリクパパン近郊）



写真 2 アカシアマンギウムの人工林



写真 3 山火事を受けていない天然林



写真 4 山火事を受けた二次林 (撮影: 松本和馬)

## 調査内容

熱帯には、非常に多くの生物が生息しているため、それらをすべて調査することは不可能である。そこで、熱帯林生態系の中で比較的分類がすすんでおり生態や生息状況がわかっている生物群として、樹木等の植生の他に、天然林からの種子を運んでくるものとして、鳥類や中型の獣類 (写真 5, 6), 森林生態系で重要な働きをしている、昆虫類を対象とした。

熱帯林の昆虫類は、あまりにも種類が多いため、



写真 5 二次林に見られるホオアカコバシタイヨウチョウ (撮影: 川上和人)



写真 6 自動カメラに写されたマレーシベット (撮影: 安田雅俊)

代表選手を選ぶ必要がある。

この調査では、植物の生きた葉を食べる昆虫の代表として、チョウを取り上げた。チョウは昆虫の中では、最も種類や生態がわかっているグループである。次に、樹木の枝や材を食べるものとしてカミキリムシをとりあげた。カミキリムシもチョウほどではないにしろ、分類も進んでおり、その生態もかなりわかっている。次に、動物の糞や死体を分解するコガネムシ類（フン虫）を対象とした。フン虫は、非常に美しいものがあることもあり、その分類や生態も比較的よくわかっている。なによりも、動物の糞や死体に依存しているため、野生動物の生息状況を反映してくれる可能性が高い。また、森林昆虫全体の状況を反映するものとして寄生性のハチ類も調査対象とした。寄生性ハチ類は、多くの昆虫に寄生し、昆虫の種やグループに特有な寄生バチが存在することから、指標昆虫として利用できることが期待されるものである。

### 調査方法

植物は、一定の区画を調査地として設定し（コードラート）その中に生育している植物を調べていく方法をとった。また、広域の植生や土地被覆状況を把握するため、衛星画像を利用することとした。

鳥類は、原則的にはカスミ網などを使って捕獲するほか、直接観察によってしらべることとなる。ただ、残念なことに、肝心の保護林ではカスミ網による捕獲許可が取れなかったため、良好な天然林の資料がとれなかった。

中型の獣類は、調査が難しいため、赤外線を利用した自動撮影カメラを用いた調査法を用いた。これは、動物が発散する熱赤外線を感知することにより、そばに来た動物を自動的な撮影するもので、トイレなどで、自動的に水を流したりする装置として開発された技術を利用したものである。

昆虫類については、チョウは基本的には、調査地で一定時間、一定の距離を歩いて、出現したチョウを調べる方法をとった。カミキリムシは、アルトカルプス属の樹木の生枝を束にしてつるしておき、数

日おきにその束に来たカミキリムシをたたき落として採集する方法（アルトカルプストラップ法）が有効であり、自動カメラや通常の誘因トラップとは違い、盗まれたり、いたずらされることもなく、安価に多点調査が可能となった。フン虫は、糞を誘引剤とした落とし穴トラップを用いる。寄生性ハチ類は、スイーピング法といって、一定回数下草などを捕虫網ですいすいとる方法で行った。

さらに、それぞれの森林の状況だけでなく、生物が移動分散してくる場合の供給源である原生的な天然林からの距離の問題もあるため、天然林からライン上の調査を行った。

このように、比較的人力を使ったローテクな調査が中心となっているが、これはむしろ熱帯の発展途上国では、器械やトラップの破損、盗難などが心配ないことから、有効な方法といえる。

### 調査結果

#### ・リモートセンシングによる土地利用被覆状況把握

過去の空中写真や衛星画像を用いて土地利用/被覆の変遷を把握するため、雲が非常に少ない衛星画像である2005年のSPOT画像と現地調査によるグランドトゥールース情報を用い、教師付き分類で生物多様性評価に耐えうるカテゴリー区分での土地利用被覆図を作成した。

1980年代以降の土地利用変遷について、過去に撮影された空中写真や衛星画像を用いて被覆分類し、その推移を把握した。

対象地域およそ40km×40kmの範囲での土地利用被覆を見ると、全体のおよそ半分が森林で覆われていた。成熟した森林は土地利用全体の10%に満たず、軽度な火事被害林が2割、重度の火事被害林が1割、アカシア人工林が5%程度であった。農地は15%程度で、アランアラン草原が軽度火事被害林と同程度の25%を占めていた。アランアラン草原をCDM対象地と見なすならば植栽可能地は対象地に現存するアカシア造林地面積の約5倍あることになる。

成熟した森林が残るスンガイワイン保護林とブ

キットバンキライ演習林周辺の土地利用について、1980年代の空中写真や1990年から2000年代の衛星画像を使って推定したところ、1980年代のはじめにはほとんどが成熟した森林で覆われ、両森林は一つの大きな成熟林を形成していた。しかし80年代から90年代前半にかけて、成熟林の伐採が進み、徐々に分断化していった。さらに1998年の大規模な山火事などによって成熟林は急速に減少し、今世紀に入った頃には2つの森林に分断され、現在のよう状態となったことが明らかになった。

・人工林植林によって森林生物はかなり回復する  
東カリマンタンの調査対象地域では、衛星画像の解析でも明らかのように、大きな森林火災が繰返されたため森林が著しく荒廃しているが、荒廃の程度は一様ではなく、木がなくなって草原化してしまったところ、木は残っているが荒廃した林になっているところ、火災を免れて残っている天然林などが見られる。人工林は一度草原化したところに森林被覆を回復する目的で植えられる。調査の結果、昆虫や鳥は人工林ができることにより荒廃草原よりも種数が増え、多様性は高まることが分かった。荒廃草原に対する植林はいわれているように生物多様性を損なうものではなく、CDM植林は、昆虫や鳥類の生物多様性を高めるプラスの効果をもたらすと考えられる。

#### ・人工林と天然林の生物相の違い

アランアランの草原に人工林を植栽することにより生物多様性はある程度回復するものの、天然林のレベルに達することはなく、また質的にも天然林と人工林の生物相はかなり異なることもわかった。その違いについてさらに詳しく人工林に棲息する昆虫類を調べてみると、その多くは広域分布種や生息環境の幅の広い種、つまりどこにでもいる種類であり、天然林の奥深くに住むボルネオ島の固有種は、人工林ではなかなか回復しないことも分かった。鳥類では天然林と人工林では種構成が異なる上、残されている小規模な二次林でもかなり多様な鳥類がいることがわかった。これは、鳥類が飛ぶことができるため、残存している二次林をステッピングストー

ンのように利用していることを示している。しかし天然林に比べるとこのような残存二次林での鳥の定住性が低いことから、ある程度の規模の天然林が近くに存在することが重要であることがわかってきた。

アカシアマンギウム人工林の林床植生の種数は、若齢で少なかったが、林齢が進んでも増加せず、種組成は山火事高被害二次林に近い組成であった。成長が早いため、同林齢の二次林よりも早く林冠が閉鎖し、草原性の種が消滅しているが、森林性の種の移入は見られず、多様性の回復には長い時間が必要と推察された。これは、森林性の種の種子供給がほとんどないことによると思われる。昆虫類は、餌や住み場所を植物に大きく依存していることから、人工林で天然林性の昆虫が回復しないのは、人工林に天然林性の植物が回復しないためであると思われる。そのため、人工林に回復しにくい天然林の生物を回復するには、人工林を作るだけでなく火災で荒廃した二次林をうまく回復させたり、人工林の林床に天然性の植物を人為的に導入していくことが大切だと考えられる。

#### ・人工林の配置

鳥や哺乳動物は人工林を移動経路やかくれ場所として利用することがわかった。各地に点在する荒廃林の鳥は林の面積によって種数が変わることや、植物や昆虫は、樹木の生育状況だけでなく、天然林からの距離が離れると減少することもわかった。今後、人工林の適正配置を図ることと荒廃林の回復を促進することが、過去の人為により生物多様性が低下した地域の多様性回復に繋がると考えられる。

#### 成果の公開

このプロジェクトでは、現地であるインドネシアの協力が不可欠であるとともに、成果を現地に還元していくことが重要である。そのため、当初からMOU（研究協力の覚え書き）のなかにも、現地での共同セミナーの開催を織り込んでいた。

まず、プロジェクトの初年度にインドネシアのボゴールの生物研究所（RCB-LIPI）において、第1回

の共同セミナーを開催し、翌年には東京大学の弥生講堂において共同の国際セミナー「CDM 植林と熱帯林の生き物—地球温暖化対策の一つ CDM 植林が熱帯林の生物多様性に与える影響—」を開催した。さらに中間報告として2007年に、調査地域である東カリマンタンのサマリダにあるムラワルマン大学にて、共同セミナーを開催し、成果を報告した。また、最終年度には2009年1月にインドネシアのRCB-LIPIにおいて最終報告となる共同セミナーを開催し2月にはつくばの森林総研において国際セミナーを開催した。

### さいごに

植林 CDM は、仕組みが難しいこともありなかなか認定が得られず、まだ数件しか認められていないが、これによりわずかずつつでも、熱帯林が増加の方向に向かうことは喜ばしいことである。

今回のプロジェクトにより、東カリマンタンにおける森林減少が危機的状况にあり、早急の対策が必要であることが分かった。また、我々の研究により、衛星画像の解析から、ある程度その場所の生物多様性を推定できるプロトモデルもできた。熱帯林減少に対する対策としては人工林の多面的利用や二次林の修復など人為的な修復努力が必要であり、さらなる研究が必要である。特に、野生動物保全のためには、コアとなる原生的な天然林を山火事等から守るために、周辺の二次林の修復とともに人工林による緩衝地帯を作り、現地の人々に大規模な伐採や火入れをしないで、森を使いながら守る体制を根付かせていくことが重要である。日本の夏鳥の越冬地としても重要であるインドネシアの森林に対しては、これまで多くの木材を輸入し恩恵を受けてきた我が国としては、何らかの形で貢献していきたいものである。

(海外林業情報) .....

### CDM 理事会に登録された A/R CDM プロジェクト

(2009年6月10日現在)

登録年月	プロジェクト名 (抄訳)	ホスト国	使用方法論	削減量*
2006.11	江西省パール川水源管理のための再植林促進	中国	AR-AM0001 (ver. 2)	25,795
2009.01	モルドバ土壌保全事業	モルドバ	AR-AM0002 (ver. 1)	179,242
2009.03	砂丘移動の影響下の私有地における小規模新規植林のパイロット事業	インド	AR-AMS0001 (ver. 4)	11,596
2009.04	カオ・ホン再植林事業	ベトナム	同上	2,665
2009.06	ITC 社会林業プロジェクトによるカーマン地方の荒廃地再植林事業	インド	AR-AM0001 (ver. 2)	57,792

\* 年間の総 CO<sub>2</sub> 推定削減量 (トン CO<sub>2</sub>/年)

(編集係)