

植林地と非森林荒廃地におけるチョウ類相の違いと その CDM 植林における意味

中牟田潔^{*1}・松本和馬^{*2}・ウォロ ヌルジト^{*3}

はじめに

クリーン開発メカニズム (Clean Development Mechanism, 以下, CDM) は, 温室効果ガスの放出削減を達成するコストを低減するために, 気候変動枠組条約第 3 回締約国会議にて決定された画期的メカニズムである (United Nations, 1998)。すなわち先進国が, 開発途上国で行う温室効果ガス放出削減を目的とした新規植林や再植林 (以下, CDM-A/R) による炭素吸収プロジェクトに技術や資金を投資した結果温室効果ガスを削減できた場合, その削減分の一部を先進国の目標達成に活用でき, かつ途上国の持続的発展を助ける仕組みである。

CDM-A/R を実施する事業者は申請に当たって事業設計書の提出を求められ, 環境影響に関しては事業が事業実施予定地域およびその周囲の生物多様性や生態系にどのような影響を与えるかを事業設計書に記載することが求められている。さらに, 当該 CDM-A/R の実施によって環境へのマイナス影響が想定される場合には, 事業実施者はホスト国が求める手続きにしたがって環境アセスメントを実施したこととその結論を記載しなければならない (United Nations, 2005)。

しかしながら, CDM-A/R の生物多様性への影響を予測するために利用できる情報はきわめて限られている。一次林やかく乱された森林における生物多様

性がより多くの研究者の注目を引いたのに対し (例えば, Whitmore, 1990 ; Primack and Corlett, 2005 ; Cleary and Mooers, 2006), 非森林地や草原 (以下, 非森林草原) および植林地における生物多様性に関する研究が皆無に等しいためである。

そこで, われわれはインドネシアにおいて *Themeda triandra* と *Heteropogon contortus* が優占する非森林草原と植林地の間でチョウ類相を比較することにより, 植林が非森林草原の生物多様性に与える影響を明らかにした。チョウ類は分類学的, 生物地理学的によく研究されており, かつ開けたところに生息する種から森林に生息する種までさまざまな生息地を好む多くの種が知られているので, 森林に生息する昆虫相の回復程度を知るのに非常に有用な昆虫である。さらに今回の調査結果を踏まえて, CDM-A/R を行うにあたって, 生物多様性の観点から留意すべき点を検討したので, 併せて報告する。

なお, 本研究は林野庁「森林吸収源計測・活用体制整備強化事業」(平成 15~17 年度) により行った。また, 本研究を進めるにあたってインドネシアの「JIFPRO 日伊友好の森」(以下「友好の森」, 写真 1) 林内およびその周辺地における調査の機会を与えていただいた(財)国際緑化推進センターと西ヌサトゥンガラ州森林管理署 (Dinas Kehutanan NTB) に謝意を表す。

Kiyoshi Nakamuta, Kazuma Matsumoto and Woro A. Noerdjito : Butterfly Assemblages in Plantation Forest and Degraded Land, and Their Relevance to Clean Development Mechanism-Afforestation and Reforestation

^{*1}(独)森林総合研究所企画部 (現在: 千葉大学大学院園芸学研究科), ^{*2}(独)森林総合研究所森林昆虫研究領域, ^{*3}インドネシア動物博物館

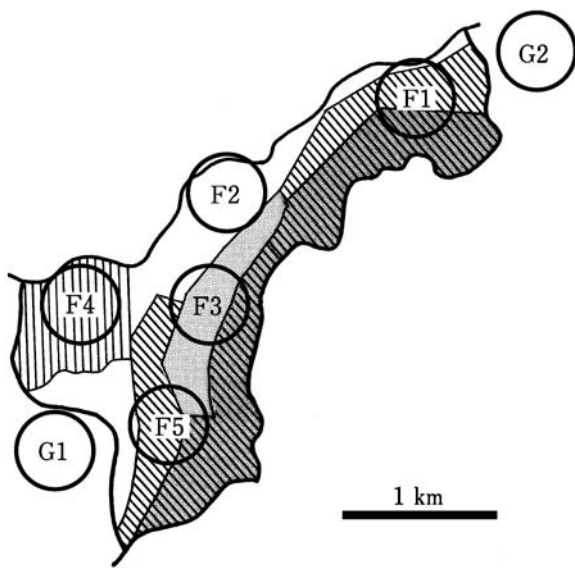


図1 インドネシア・ロンボク島スカローにある「日伊友好の森」の地図。

▨: 1996年植林, □: 1997年植林, ■: 1998年植林, ▩: 火災後, 1999年に再植林をした範囲 (Nakamura, 2008を改変)

チョウ類の調査

調査は、インドネシア・ロンボク島の南東部に位置するスカロー国有林内「友好の森」とその周囲にある草原にて行った。ロンボク島はインドネシア南部の小スンダ列島に属し、バリ島の東隣にある、面積が約4,700 km²の島である。友好の森(面積約350 ha)は1996年に植林が開始されたがその後度々火災にあっており、焼失地では1999年に再植林を行っている。植えられている樹種は、タガヤサン *Cassia siamiae*, センダン *Melia azedarach*, マルバシタン *Dalbergia latifolia*, ティーク *Tectona grandis*, カボック *Ceiba pentandra*, オオバマホガニー *Swietenia macrophylla*, ギンネム *Leucaena leucocephala*, タマリンド *Tamarindus indica*, カシュー *Anacardium occidentale*, バンレイシ *Annona squamosa*, パラミツ *Artocarpus heterophyllus* である。これらはすべてロンボク島への導入種であるが、マホガニーとマルバシタンを除いて長年にわたって植えられてきた。植林地内ではランタナ *Lantana camara* が優占



写真1 乾季初めの植林地(図1のF)



写真2 乾季初めのインドナツメが点在する草原(図1のG1)

する下草である。

調査地を1996年から1999年にかけて植林された植林地内に5カ所(F1~F5)、および周囲の草原に2カ所(G1, G2)設定した。G1は植林地の西側で、ほとんどが *T. triandra* や *H. contortus* に被われているが、導入種のインドナツメ *Zizyphus jujuba* も点在している(写真2, 図1G1)。G2は植林地の東側で、植生はG1と似ているが、灌木が散在し、樹高4m以下の立木がわずかに見られる(写真3, 図1G2)。植林地における調査は、2003年から3年間の雨期と乾期にそれぞれ1回、合計6回行った。各年の調査日と採集回数は以下のとおりである: 2003年8月



写真 3 乾季初めの非森林荒廃地（草本+低木）
（図1のG2）

26日～30日（1回），2004年1月3日～7日（2回），2004年6月23日～25日（1回），2005年1月5日～10日（3回），2005年9月11日～15日（2回），2006年1月25日～28日（2回）。それぞれの調査地では約45分間見取り採集を行い，3年間の調査で得られた標本をもとに種数と個体数を数えた。非森林草原の調査は，G1で2004年6月から植林地と同様に行った。また草原G2では2004年6月，2005年9月，2006年1月に行った。

今回の調査により全部で70種のチョウを採集した。15種は草原生息種，7種はサバンナ林生息種，17種は林縁生息種，24種は森林生息種で，残り7種は複数の生息地にすむ種であった。このうち63種が植林地で捕獲された。林縁生息種の多くは植林地とG2で採集された。森林生息種はF4以外の植林地で頻繁に採集されたが，G1ではほとんど採集できなかった。植林地にて採集した種数の累積曲線が漸近線状になっている（図2）ことから，植林地に生息するチョウ類のほとんどを採集できたものと推測される。そこで，種数が調査期間全体にわたって安定していたとの前提で，種数を推定するとJackknife 1法で約81種，Jackknife 2法で約91種と推定された。したがって，生息種の7～8割を捕獲できたと考

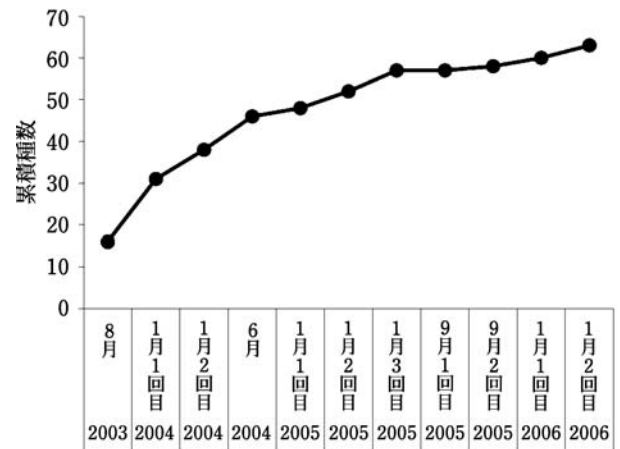


図 2 各調査時に捕獲したチョウの累積種数
（Nakamura ら，2008 を改変）

えられる。

ロンボク島に生息するアゲハチョウ科，シロチョウ科，タテハチョウ科の全種のうち3分の1以上の種が今回調査した植林地において生息を確認されたことは，ロンボク島全体に占める植林地の面積を考慮すると，友好の森はチョウにとって好適な生息地を提供していると言える。

さらに，Jackknife 1 および Jackknife 2 法で推定した生息種数は，植林地（F1～F5）ではいずれの方法によっても30種を越えているのに対し，非森林草原では30種に達しておらず（図3），植林地の方が草原よりも推定種数が多かった。この結果は，草原への植林がそこに生息するチョウ類相にマイナス影響を与える可能性の低いことを示唆している。

今回生息が確認されたチョウ類の中に，国際自然保護連合（IUCN）のレッドリストに希少種あるいは絶滅危惧種として記載されているチョウは含まれていなかった。しかし，今回採集した *Papilio demoleus*（オナシアゲハ），*Appias olferna*（ヤエヤマシロチョウ），*Theclinesthes miskini*，*Mycalasis mineus*，*Tirumala ishmoides*，*Junonia villida*，*Acraea andromacha* の7種はロンボク島から初めて記録された。また採集された中では，*Cepora temena*，*Delias oraiia*，*Ixias reinwardti* の3種のみが小スンダ列島固有の種であり，6種がスンダランド-ワラセア

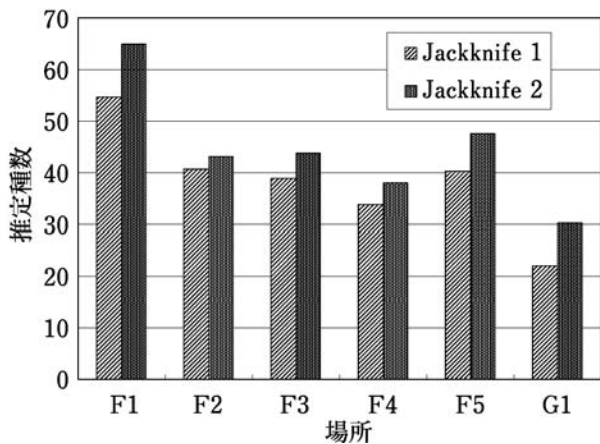


図 3 Jackknife 法による生息種数の推定値 (Nakamura, 2008 を改変)

(Sundaland-Wallacea) 固有種であったが、ほとんどの種は熱帯アジアや熱帯オーストラリアに広く分布する種であった。侵入種のオナシアゲハとヤエヤマシロチョウの 2 種はサバンナ的環境に生息し、疎林や荒れ地に多い種であるため、熱帯雨林地域への分布拡大は近年の森林破壊の進行と密接な関係があると推察される (Matsumoto, 2002)。

本調査の結果より、非森林草原への植林は生物多様性を改善しており、植林による顕著なマイナス影響はないと思われる。Chey ら (1997) はボルネオ島サバ州で伐採後の草原や造林地、二次林などにおけるガ類の多様性を調査し、多様性は調査した中では伐採後の草原においてもっとも低く、*Acacia mangium*, *Gmelina arborea*, *Paraserianthes falcataria*, *Pinus caribae* の造林地では予想以上に高かったと結論している。非森林草原への植林が生物多様性を高めるとの結果はまだ限られているが、Chey ら (1997) やわれわれの結果は植林が生物多様性に悪影響を及ぼす可能性の低いことを支持している。

CDM-A/R 実施にあたって生物環境影響の観点から留意すべきこと

気候変動枠組条約第 10 回締約国会議において、小規模 CDM-A/R の環境影響に関して、「顕著なマイナス影響があると考えられる場合には、規模に応

じた評価を実施する」ことが決定された。小規模 CDM-A/R の事業主体は NGO や NPO、地域住民などが想定されるので、マイナス影響があると考えられる場合にコストのかかる環境アセスメントを行うことは、実現可能なシナリオとは言い難い。むしろ、そのようなマイナス影響がありそうな場所は CDM-A/R の対象地としないことが、より現実的である。また、今回のロンボク島における調査結果は、植林事業それ自体によりチョウ類の種多様性が植林前の非森林よりも低下する可能性は低いことを示唆している。したがって、生物多様性の観点からは下記のような場所における CDM-A/R は行わない方がよいと考える。

- 1) 現植生が一次植生である。
- 2) 国際自然保護連合のレッドリスト (www.iucnredlist.org) に記載されている種が生息する。
- 3) ホスト国が指定する絶滅危惧種、希少種が生息する。

また、環境影響の観点から、CDM-A/R に用いる樹種は以下の 2 点に配慮して選ばなければならない。すなわち、1) 植えられた樹種の予想外の分散およびその後の地域生態系への侵入は避けなければならない。また、2) 害虫の大発生をもたらすような樹種は避けるべきである。実際に選ぶべきではない樹種としては、

- 1) ホスト国に導入されたことのない外来樹種
- 2) 容易に分散、帰化しそうな樹種。例えば、「世界の外来侵入種ワースト 100」にも指定されているギンネム (今回の調査地にも一部植えられている) やアカキナノキ *Cinchona pubescens*。
- 3) 成林を阻害するような甚大な被害をもたらす害虫の寄主となりうる樹種。例えば、マホガニーマダラメイガ 2 種 *Hypsipyla robusta*, *Hypsipyla granderra* の被害が甚大になるセンダン科樹種、チークビーホールボラー *Xyleutes ceramica* の寄主であるチークなどである。これらの樹種は甚大な被害が予測される場所では選

択しない方が好ましい。

ここで調査した植林地は多樹種の混交林であるが、1樹種の単純林での報告が本号の8~13ページに掲載されているので、併せてご覧いただきたい。植林地とその周辺の劣化した森林や非森林草原の生物多様性を比べた例はまだまだ少ないので、CDM-A/Rの推進のためには今後さらなるデータの蓄積が望まれる。

〔引用文献〕 Chey V.K., Holloway J.D. and Speight M.R. (1997) Diversity of moths in forest plantations and natural forest in Sabah. *Bulletin Entomological Research* 87 : 371-385. Cleary, D.F.R. and Mooers, A.Ø. (2006) Burning and logging differentially affect endemic vs. widely distributed butterfly species in Borneo. *Diversity and Distribution* 12 : 409-416. Matsumoto, K. (2002) *Papilio demoleus* (Papilionidae) in Borneo and Bali. *Journal of the Lepidopterists' Society* 56 :

108-111. Nakamuta, K., Matsumoto, K. and Noerdjito, W.A. (2008) Butterfly assemblages in plantation forest and degraded land, and their importance to Clean Development Mechanism-Afforestation and Reforestation. *Tropics*. 17 (3) : 237-250. Primack, R. and Corlett, R. (2005) *Tropical rain forests : An ecological and biogeographical comparison*. Blackwell Publishing, Malden, 319 pp. United Nations (1998) *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, 20 pp. United Nations (2005) *Simplified modalities and procedures for small-scale afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism in the first commitment period of the Kyoto Protocol and measures to facilitate their implementation*. Decision-/CP.10, 15 pp. (http://unfccc.int/meetings/cop_10/items/2944.php) Whitmore, T.C. (1990) *An introduction to tropical rain forests*. Clarendon Press. 226 p.