

森林保全モデル林造成事業

(平成 26 年度調査報告書)

平成 27 年 3 月

公益財団法人 国際緑化推進センター

まえがき

本報告書は、政府開発援助国際林業協力事業補助金「途上国森づくり事業（海外森林保全参加支援）」による森林保全モデル林造成事業の平成 26 年度調査報告書である。

近年の地球温暖化問題、生物多様性保全への関心の高まりの中で、これまでも増して熱帯林の重要性が認識されている。すなわち、地球温暖化問題においては、人為起源の温室効果ガス排出の約 2 割が熱帯林を中心とする途上国の森林減少・劣化によるものとされている。また、生物多様性保全においては 500 万～3000 万種と推定されている地球上の種の総数のうち、およそ 9 割が熱帯林に賦存していると想定されており、種の宝庫と言われている。

一方で熱帯林の大部分が賦存する途上国では森林減少・劣化と貧困問題は悪循環に陥っており、自国民の生活を維持・向上させるために森林を伐採し、食料生産のための農地を拡大する動きが活発化している。その結果として途上国の森林の減少・劣化が進んでおり、種の宝庫の存在に大きな影を落とすとともに、時には生物多様性の低下が地域住民が従来得てきた林産物が入手困難になる事例も見られる。このような現実を反映し、生物多様性条約第 10 回締約国会議が平成 22 年度に名古屋で開催され、遺伝資源からの利益配分を定めた名古屋議定書および 2010 年以降の世界目標である愛知ターゲットが採択された。

本事業はこのような国際的な情勢を受けて、途上国における森林減少・劣化の現状の緩和と生物多様性の維持・向上を目標とし、地域住民の生計活動と生物多様性の維持を両立させる仕組みを開発するという、地域住民との協働による取り組み方法について検討を進めることとした。本事業の最終的な成果としては、現地に適合したモデルを開発し、我が国 NGO など小規模な組織が取り組みを行う際の参考に資することを目的とした。

このため、本事業においては、森林造成が生物多様性の向上に資する効果を判定するための試験林の設定と、森林造成の一手法を実証的に提示するためのモデル森林の造成の 2 つの取り組みを計画した。関係国及び関係機関と調査・協議を重ねた結果、インドネシア国ロンボック島において荒廃地の緑化が生物多様性の向上に与える効果を判定するための試験林を設定し、マレーシア国サラワク州においては劣化した森林の生物多様性条件を向上させるモデル林を造成することとして合意し、各種調査を平成 22 年度から開始している。

本事業を進めるにあたり、ご尽力いただいた委員会の委員の皆様、インドネシア及びマレーシアの関係者の皆様、また、調査全般にわたりご指導賜りました林野庁海外林業協力室の皆様にご心から厚く御礼申し上げます。次第です。

平成 27 年 3 月

(公財)国際緑化推進センター
理事長 佐々木恵彦

目 次

まえがき

事業の概要

i 事業の目的	1
ii 委員会等の設置・開催	1
1) 部会の設置	2
2) 委員会及び部会の開催	2
iii 現地調査の実施	3

I 森林保全林モデル林事業の平成 26 年度実施計画

1. 森林保全モデル林造成事業の考え方と全体計画	5
2. 平成26年度の事業実施計画	5
2.1 平成25年度までの事業実施状況	6
2.2 平成 26 年度の事業実施計画	8

II 荒廃地緑化が生物多様性に与える影響評価

II-1 インドネシアロンボク島の「日本・インドネシア友好の森フェーズ1」

昆虫類の生物多様性調査	9
-------------	---

1. はじめに	9
2. 調査方法	10
3. 結果及び考察	13

II-2 荒廃地緑化・植生回復後の生物多様性の更なる向上に向けて

1. はじめに	28
2. スカロー地域での生物多様性の向上に資する樹種リストの作成	30

III 劣化林/外来早生樹植栽地への在来種導入による生物多様性変化

1. モデル林造成後の導入樹種の成長	39
1.1 はじめに	39
1.2 対象地の概要	40
1.3 植栽方法 (Line planting)	41
1.4 導入樹種の選定	42
1.5 植栽木の配置	43

1. 6 植栽2年後(2014年3月)および2年8ヶ月後(2014年10月)の	
	植栽木の成長と光環境 …… 44
1) 調査方法 ……	44
2) 調査結果 ……	45
(1) 植栽樹種の生存率と樹高(苗高)成長 ……	45
(2) 植栽樹種の根元直径－樹高関係と林内の光環境 ……	46
(3) 林内の光環境と相対成長率 ……	48
3) 生物多様性保全のためのラインプランティングにおける主な樹種の特性 ……	49
(1) <i>Dryobalanops beccarii</i> ……	49
(2) <i>Koompassia excelsa</i> の成長と光環境 ……	50
(3) <i>Shorea ladiana</i> の成長と光環境 ……	51
1. 7 今後の管理計画 ……	52
IV 事業成果の普及(ガイドライン, 普及用冊子の作成)	
1. 生物多様性の保全・増進に配慮した森林回復ガイドライン ……	54
2. 普及用冊子: 樹木の植栽による生物多様性の回復 ……	55
V 事業成果の活用(国際森林・林業人材育成研修の実施)	
1. はじめに ……	56
2. 実施場所 ……	56
3. 参加者 ……	56
4. 実施期間 ……	57
5. 研修プログラム ……	57
5. 1 プログラムの構成 ……	57
5. 2 各講義・視察の狙い ……	58
6. 研修参加者からのコメント(評価) ……	60
7. 研修成果の定着・発展に向けて ……	64
資料－1 スカロー地域でのエンリッチメント・プランティングに推奨される樹種リスト	
Selected Tree Species that Recommended to the Enrichment Planting for the Friendship Forest in Sekaroh ……	70
資料－2 国際森林・林業協力人材育成研修の実施状況	
2. 1 平成26年度 国際森林・林業協力人材育成研修実施日程 ……	65
2. 2 ロンボク島での視察対象地 ……	66
2. 3 研修の実施状況(写真) ……	67

2.4 講義資料

- 1) 「熱帯人工林の土壌と持続的生産」：酒井正治 講師 76
- 2) 「地域住民と森林保全・造成活動
(Participatory Forest Management/ Conservation)」：Opoku Boamah 講師 ... 85

事業の概要

i 事業の目的

近年の地球温暖化問題，生物多様性保全への関心の高まりの中で，熱帯林を中心とした途上国の森林への関心が高まってきている。地球上の種の総計は500万～3000万とされ，熱帯林にはその9割にも及ぶ種が賦存していると想定されている。しかしながら，熱帯林を中心とする途上国では森林減少・劣化と貧困問題は悪循環に陥っており，自国民の生活を維持・向上させるために森林を伐採し，食料生産などを拡大する動きが活発化している。その結果として途上国の森林の劣化が進んでおり，種の宝庫の存在に大きな影を落としている。このような現実を反映し，1993年に発足した生物多様性条約(CBD)は，平成22年に名古屋で開催された第10回締約国会議(COP10)において名古屋議定書を締結し，今後の生物多様性保全へのアプローチを採択した。

本事業はこのような国際的な情勢を受けて，途上国における森林劣化の現状を緩和し，生物多様性を維持・向上させることを目標とし，森林劣化の原因の一つと想定される地域住民との協働を図りながら生物多様性を維持し，向上させる方法について検討を進め，研修などを通してNGOなどによる活用を目指すこととした。そのため，現地に適合したモデルとなるような実行方法を開発し，我が国NGOなど小規模組織による具体的な実施の参考に資する成果を確保することを目的とした。モデルとなる実行方法として，具体的には，試験林の設定とモデルとなる森林の造成を計画し，これらの森林から上記の目標にかなう成果を確保することを試みることとした。

具体的な課題として，

1. 荒廃地を緑化することによって生物多様性がどのように変化するかを明らかにする
 2. 劣化した森林を改良することによってどのように生物多様性条件が向上されるかを明らかにする
 3. 生物多様性を意識しつつ森林を管理する際の地域住民との協働を図る条件を探る
- 等について検討を進めることとした。さらに国際的な生物多様性を巡る動きやその他の生物多様性に関わる動きなどについても順次把握することとした。

ii 委員会等の設置・開催

森林保全モデル林造成事業は，政府開発援助国際林業協力事業補助金「途上国森づくり事業」の一環として実施している。途上国森づくり事業は，「海外森林保全参加支援」，「貧困削減のための森づくり支援」，「開発地植生回復支援」事業を3本の柱としており，本モデル林造成事業は，我が国民間部門による海外での森林保全・復旧協力活動を促進するための様々な支援活動を行うことを主目的とする「海外森林保全参加支援」が担当している。

途上国森づくり事業の実施に当たっては，事業の実施方針・実施計画等を検討するための委員会を設置することとしており，加えて，3つの柱それぞれに，事業の具体的実施方

法・事業の効率的な実施手法等の検討・審査を行うための部会を設置することとしている。

「海外森林保全参加支援事業」では、民間部門の実施する海外での森林保全・復旧協力活動を支援するという事業内容に鑑み、学識経験者に加えて民間団体の事業担当者や国際協力機構の森林担当部門専門家を構成メンバーとし、本部会の代表者と他2部会の代表者の合同により委員会を組織することとした。

1) 部会の設置

名称：途上国森づくり委員会のうち

「海外森林保全参加支援部会」

部会長	森川 靖	早稲田大学人間科学学術院 教授
委員	井上 真	東京大学大学院農学生命科学研究科 教授
委員	古賀 剛志	(特活)エコデザイン推進機構 理事
委員	五関 一博	(独)国際協力機構 地球環境部 技術審議役
委員	永石 安明	公益(財)オイスカ 専務理事
委員	馬場 繁幸	(特活)国際マングローブ生態系協会 理事長

2) 委員会及び部会の開催

(1) 途上国森づくり委員会

開催日：平成 26 年 7 月 4 日（金）

場所：(一社) 日本森林林業振興会会議室

議題：① 平成 25 年度の事業実行結果について（海外森林保全参加支援事業，貧困削減のための森づくり支援事業，開発地植生回復支援事業）

② 平成 26 年度の事業実施計画案について（海外森林保全参加支援事業，貧困削減のための森づくり支援事業，開発地植生回復支援事業）

審議概要： 途上国森づくり事業の 3 つの柱である「海外森林保全参加支援」，「貧困削減のための森づくり支援」，「開発地植生回復支援」について，事業毎に平成 25 年度の実施概要を報告と 26 年度計画の提案を行った。それらを基に，事業毎に実施方針・内容について検討が行われた。

(2) 第一回海外森林保全参加支援部会

開催日：平成 26 年 7 月 24 日（木）

場所：(一社) 日本森林林業振興会会議室

議題：①平成 22-25 年度の事業実行結果について

②平成 26 年度の事業実施計画案について

審議概要： 途上国森づくり事業全体について，平成 25 年度の実施概要報告，平成 26 年度事業実施計画の提案を行い，それらを基に各プログラムの具体

的な実施方針・内容について検討が行われた。

(3) 第二回海外森林保全参加支援部会

開催日：平成 27 年 3 月 30 日（月）

場所：(一社) 日本森林林業振興会会議室

議題：①平成 26 年度海外森林保全参加支援事業の実施

審議概要：平成 26 年度の実施結果の報告を行った。特に、NGO のアンケート調査により作成したデータベース、海外の森林と林業の検索システム、森林保全モデル林造成事業の成果を基に作成した「生物多様性の保全増進に配慮した森林回復ガイドライン」、普及用冊子「Biodiversity Restoration by Plantation」については実物を基に説明を行い、完成版の体裁や情報発信方法について提案・意見が出された。また、本事業終了後の NGO 活動に対する国際緑化推進センターの取組みありかたについても提案・意見がなされた。

また、部会での審議終了後に引き続いて、海外森林保全参加支援事業の柱の一つである、我が国の NGO が実施する①国際機関等と連携し活動を強化するための国際会議等への参加、②森林造成プロジェクトや森林資源の持続可能な利用を目指す植林プロジェクトなどの形成調査、③相手国カウンターパートの技術向上を図る受入れ研修の実施等を支援するための「林業 NGO 等活動支援事業」の被支援団体の事業実施結果報告会・情報交換会を合わせて開催し、事業の円滑な開始と適切な事業運営に向けて、部会委員から各団体にアドバイスがなされた。

iii 現地調査の実施

(1) マレーシア（サラワク州サバル自然保護区）

実施期間：平成 26 年 10 月 19 日～10 月 25 日

実施内容：①モデル林及びその周辺地域での郷土樹種植栽木の生長量と環境要因（受光量）との関係解明のためのデータ採取

実施者：石塚森吉，飯田敏雅（国際緑化推進センター）

協力者：Alik Duju, John Sabang, Guru Arai, Ah Boon（サラワク森林公社）

調査概要：ラインプランティング手法による森林造成のための適切な管理手法を検討するため、環境要因と植栽木の生長量との関係を分析することとし、モデル林内及びその周辺地域に植栽された郷土樹種の、樹高・胸高直径生長量を毎木調査により測定するとともに、各植栽木の頂端部における受光度合いを、円周魚眼レンズを使用して撮影し、両者の相関を解析するための基礎資料とした。モデル林を対象としては 25 年度

にも同様の調査を行ったが、今年度の補足調査により解析データの精度を高めた。

(2) インドネシア（ボゴール、西ヌサテンガラ州ロンボク島）

実施期間：平成27年3月1日～3月8日

実施内容：①「生物多様性の保全増進に配慮した森林回復ガイドライン」、普及用冊子「Biodiversity Restoration by Plantation」の作成のための LIPI 研究者との打合せ、情報収集、共同編集作業②ロンボク島の調査地における社会経済調査・植生調査の取りまとめ方法打合せ

実施者：松本和馬委員, Woro A. Noerdjito, Sarino, Ismail A. Rachman (LIPI), 飯田敏雅（国際緑化推進センター）

面談者：Woro A. Noerdjito, Sarino, Endang Chorik (LIPI), Andi Pramaria, Iswanto (西ヌサテンガラ州森林局), Tejowulan, I Gde Mertha (マタラム大学)

調査概要：本事業の最終成果品として調査成果を活用して作成する「生物多様性の保全増進に配慮した森林回復ガイドライン」及び冊子「Biodiversity Restoration by Plantation」について、編集方針等を LIPI の研究者（調査の共同実施者）と打合せを行うとともに、補足情報を収集の上、LIPI 研究者とともに編集作業を行った。ロンボク島では、本事業の調査対象地とした「日・イ友好の森」の今後の管理方針等について、西ヌサテンガラ州森林局と打合せを行うとともに、荒廃地の植生回復が地域住民の生計に与えた影響評価のための補足調査と「日・イ友好の森」の生物多様性の向上に向けた導入樹種の候補選定についての打合せを、マタラム大学の研究者と行った。

I 森林保全モデル林造成事業の平成26年度実施計画

1. 森林保全モデル林造成事業の考え方と全体計画

本事業は図-1に示したように、「途上国森づくり事業」の一環として森林保全のためのモデル林を造成し、保全に対する問題点を摘出し、その解決策を探ることに焦点が当てられた事業で、平成 22年度～26年度の 5年間の計画で実施することとなっている。

「森林保全」には環境保全、水土保全等、多くの側面があるが、本事業では特に生物多様性保全に焦点を合わせて実施することとしている。すなわち、生物多様性を現在の状況より劣化させない方策、持続的に維持する方策、劣化した状況を改善する方策を裏付けるための手法や技術を見いだすことが目標である。

そのため本事業では小規模ではあるが、モデルとなる森林を造成し、その生物多様性保全に与える効果を検討することが求められている。

さらに本事業は NGOによる生物多様性保全のための途上国森づくり研修事業と連動して実施することとなっている(図-1)。本事業で得られた生物多様性に関わる調査研究の成果及び造成されたモデル林を研修に活用し、NGOの活動いえ等に対して生物多様性保全の普及啓発を図ることもあわせて本事業に対して求められている。

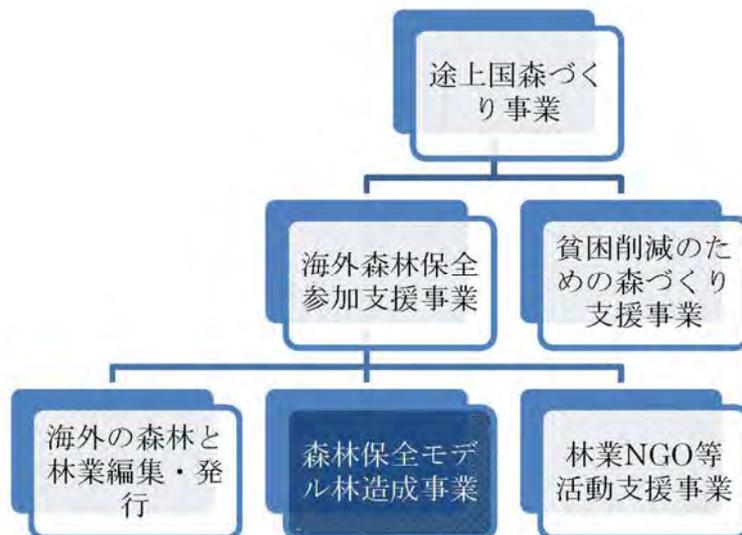


図-1 途上国森づくり事業のフレームワークと森林保全モデル林造成事業と
林業NGO活動動支援事業の位置づけ

このような背景の中で、初年度である平成22年度に検討した結果、熱帯林を対象として生物多様性保全を念頭に置いた事業を実施するためには以下の課題があると整理された。

- (1) 荒廃地を森林化することによって生物多様性条件を改善する必要があること、
- (2) 劣化した二次林を改良することによって生物多様性条件を改善する必要があること、

- (3) 外来樹種の植栽地を地域産樹種に転換することによる地域本来の生物多様性条件を改善する必要があること、
 - (4) 地域住民の協力によって生物多様性保全効果を向上させ、持続的に便益を発生させる必要があること、
 - (5) 孤立し、断片化した森林生態系を連携し、生物多様性保全条件を改善する必要があること、
 - (6) 地域全体の土地利用システムに反映可能な生物多様性情報を収集し、施策に反映させること、
- 等である。

これらの多数の取り組むべき課題がある中で、本事業の実施方針を検討した結果、熱帯林でも対象地域の広い荒廃林地と劣化林地を対象とすることが、限られた実施期間及び予算のなかで波及効果の高い成果が得られると判断した。その結果、本事業を、

- ① 荒廃地の緑化による生物多様性条件の改善実態の把握
- ② 劣化林と外来早生樹未利用植栽地の地域産樹種への樹種転換による生物多様性条件の改善実態の把握

に焦点を当てて実施することとした。

前者については、インドネシア国西ヌサテングラ州ロンボク島において、国際緑化推進センターが1996年から2000年にかけて350haの荒廃地復旧造林を行った「日本・インドネシア友好の森フェーズⅠ」を対象地とすることとした。

後者については、マレーシア国サラワク州において新たにモデル林を造成しつつ、生物多様性改善実態のための調査を進めていくこととした。

2. 平成26年度の事業実施計画

2.1 平成25年度までの事業実施状況

1) インドネシア

インドネシアについては、22年9月のインドネシア科学技術院（LIPI）並びに西ヌサテングラ州森林局との協議により、日・イ友好の森を対象地として調査を実施することが決定され、22年度に植物相の調査（林相の変化の状況等の把握）、雨季の昆虫相出現種の把握調査を行い、昆虫相は23年度にその補足調査を行った。24年度は、友好の森の生物多様性の度合いを客観的に評価するため、ロンボク島の中でも種構成が天然林に近い森林が残されているとされる Suranadi 地域を、友好の森の対照地として、その昆虫相の把握調査を行った。それらの結果、友好の森では森林の成熟に伴い草原依存型の蝶類の種数が減少していること、大型のカミキリムシの侵入は未だ見られないこと、Suranadi に対して明らかに出現種数が少ないことが判明した。また植物相では、植栽木の林冠が鬱閉し、植栽木樹種間の競争の結果、区域によっては消えてしまった種もあること、家畜の侵入・踏圧、住民による種子の採取等により更新が上手く行われていない区域もあることが判明した。25

年度は、友好の森と似通った立地環境（島南部の沿岸地域）にあり、森林が比較的良好に保存され、天然林を構成する樹種が残存しているとされる **Gunung Tunak** 自然公園を、友好の森の対照地として、昆虫相及び植物相の調査を行った。その結果、植生については、かなり以前から人手の入った二次林であり侵入植物もかなり見られることが判明したが、天然林を構成していたと考えられる高木類もいくつかリストアップされた。昆虫相については、平成24年度に、**Gunung Tunak**と同様の考え方で友好の森の対照地として調査をした**Suranadi**自然公園よりも**Gunung Tunak**は種数・個体数で劣るものの、友好の森よりはるかに生物種が豊富との結果が得られた。

2) マレーシア

マレーシアについては、22年6月のサラワク林業公社との協議により、Samarahan 地区 Sabal 保護林の*Acacia mangium* 未利用林*¹⁾を対象として、モデル林を造成することが決定された。23年7月に造成対象を2haとして決定し、ベースラインを把握するため、その時点での林分構成と土壌調査を実施した。また、モデル林に植栽を予定している樹種の将来の生長量を予測するためのデータ採取を目的として、*Dryobalanops beccarii* や*Shorea macrophylla* 等、郷土樹種既存植栽地での成長状況を調査した。更に、23年度は、モデル林造成地の周囲に存在する集落において、各村の人口等統計的データを採取するとともに、住民の森林・樹木に対する認識や活用状況等を、7月の調査でリストアップされた地域の自生種に対して聞き取り調査した（24年1月）。また、木材利用や加工の可能性等について木材公社を対象に情報収集した。モデル林の造成は、24年3月にフタバガキ科樹種を主体に710本の郷土樹種が樹下植栽（ラインプランティング方式）により植栽されたが、5、6月にフェーズ等の影響で例年になく高温状態が続き、植栽された苗木の半数以上が枯損あるいは生育不良な状態となったため、11月末から12月にかけて全て改植を行った。その結果、11樹種711本が植栽され、25年2月には植栽木のベースラインの把握調査、郷土樹種既存植栽地を対象とした生長量と受光量との関係の把握調査を、照度計を用いて行った。更に、天然林構成樹種の周辺森林（早生樹植栽地、低質二次林）への拡大可能性を推定するためのデータの採取を行った。25年度は、26年3月に、モデル林植栽樹種の成長量と環境要因（受光量）との関係を把握するため、円周魚眼レンズを用いて各植栽木の頂端部における受光度合いを測定し、解析を行った。その結果、サラワク森林公社が自ら作成したガイドラインの省力型として実施している育成管理方法では、受光量が不足し植栽木の成長に影響を及ぼしていることが判明した。そのため、具体的な管理手法を提示するために26年度にモデル林における再度の調査及び郷土樹種既存植林地での同様の調査を行い、データの精度を上げることが必要だと判断された。

*1): 1994年に *Acacia mangium* を植栽したが、伐期令になっても利用されずに立ち枯れ状態となった林分。早生樹種が侵入し、劣化した二次林状態となっていた。

2.2 平成26年度の事業実施計画

上記、平成25年度までの調査成果を土台として、平成26年度は、7月の委員会・部会での検討結果や、各調査を担当している委員との打合せを基に、最終成果品となる「生物多様性の保全増進に配慮した森林回復ガイドライン」、普及用冊子「Biodiversity Restoration by Plantation」の作成に向けて、下記の調査及び調査成果を活用した活動を実施することとした。

1) インドネシア

- ガイドライン、普及用冊子の作成について
 - 編集方針・方法についてLIPIの研究者（本調査の共同実施者）との打合せ
 - 必要に応じ、友好の森での補足調査の実施
 - 補足情報（文献等）の収集の実施
- 荒廃地の植生回復が地域住民の生計に与えた影響評価のための社会・経済調査
 - 現地のリソースを活かして実施することとし、調査方針・内容の打合せを実施
- 日・イ友好の森の生物多様性の向上に向けた導入樹種候補の選定
 - 25年度の調査結果を基に、候補樹種の選定方針について打合せを実施
 - 必要に応じ、友好の森での補足調査の実施

2) マレーシア

- モデル林植栽木の生長量と環境要因との関係分析のためのデータ採取
 - データの精度を高めることを目的として、モデル林及びその周辺地域の郷土樹種植栽地を対象に、25年度と同様の手法で調査を実施

また、インドネシアにおいては、25年度までと同様に、ロンボク島での植物相と動物相の調査結果も活用して、NGOの活動家等を対象とした人材育成研修を実施することとした。

II 荒廃地緑化が生物多様性に与える影響評価

II-1 インドネシアロンボク島の「日本・インドネシア友好の森フェーズ1」昆虫類の生物多様性調査

松本和馬（森林総合研究所 東北支所）

1. はじめに

インドネシア共和国ロンボク島スカロー（Sekaroh）の「日本・インドネシア友好の森フェーズ1」（以下「スカロー人工林」）を対象とし、森林消失後の荒廃地における植林が生物多様性の保全・回復に果たす役割を評価することを目的として昆虫相の調査を行なった。この森林は荒廃地における森林回復を目的として、1996～1999年に植林された。2003～2006年にはチョウ類とカミキリムシ類の生物多様性調査が実施されている（2003年は予備調査、2004年より手法を一定にして調査（中牟田ら、2004））。

これらの昆虫群集を指標として、2006年の調査から5年を経過し、植栽木が成長して森林化が進行した条件で、生物多様性にどのような変化が生じているかを知るため、2011年1月から再度スカロー人工林の調査を開始し、今回もチョウ類とカミキリムシ類を対象として生物多様性の評価を行った（松本、2011）。調査は2011年1月、2011年10月、2013年1月、2014年2月に2004～2006年と同一調査地、同一手法で行った。また、スカロー人工林の生物相がどの程度まで地域の低地天然林のそれに近づいているかを評価するため、2013年1月には島内に残る数少ない低地天然林の一つであるスラナディ（Suranadi）の保護林（以下「スラナディ天然林」）において調査を実施し（松本、2013; Noerdjito et al, 2013）、さらに2014年2月にはグヌン・トゥナック（Gunung Tunak）の保護林（以下「グヌン・トゥナック天然林」）においても調査を実施して、スカロー人工林とこれらの天然林のチョウ類とカミキリムシ類の比較データを得た（松本、2014; Noerdjito et al, 2014）。グヌン・トゥナック天然林はスカローに近い海岸に位置し（両地間の距離は約30km）、スカローにかつて存在した天然林に近い森林環境であると考えられるが、スラナディ天然林以上に荒廃した二次林であるため、荒廃が進む過程で失われた種もあると予想され、天然林本来の生息種はグヌン・トゥナック天然林よりもスラナディ天然林により多く残存している可能性が高い。

本報告では以上の調査に基づいて、スカロー人工林において2004～2006年と2011～2013年の間に生じたチョウ類とカミキリムシ類の種数と種構成の変化について検討した上で、スカロー人工林とスラナディ天然林、グヌン・トゥナック天然林との種数と種構成の比較を行い、人工林における生物多様性の回復について考察する。

2. 調査方法

2.1 調査地の概要

2.1.1 スカロー人工林

インドネシア共和国西ヌサトゥンガラ州東ロンボク県(Lombok Timur)スカローの植林地、「日本・インドネシア友好の森フェーズ1」（総面積350ha）を調査対象とした。荒廢地に1996～1999年に *Cassia siamea* (*Senna siamea*)、*Enterolobium cyclocarpum*、*Tamarindus indica*、*Leucaena leucocephala*、*Dalbergia latifolia*、*Azadirachta indica*、*Tectona grandis* 等が植林された。ただし、一部火災を被ったため1999～2000年に補植が行われている。また、植林対象となっていない隣接地の荒廢草原も対照区として調査した(松本, 2011; Noerdjito et al., 2012)。

2.1.2 スラナディ天然林

スラナディ天然林は西ロンボク県(Lombok Barat)内陸のナルマダ(Narmada)地域にあり、面積は52ha、地形は比較的平坦で平均標高は256mである。やや荒廢した二次林であるが、島内低地に残る数少ない天然林として、隣接するヒンドゥー寺院とともに自然公園に指定され、保護されている。

2.1.3 グヌン・トゥナック天然林

グヌン・トゥナック天然林は中部ロンボク県 (Lombok Tengah) 東部の海岸に位置するトゥナック山にある荒廢した二次林である。林内は大径木が少なく、藪状のギャップやタケが侵入している箇所が多い。島内では数少ない低標高地の天然林であることから300haが保護林に指定されており、この森林と海岸を含む1200haが自然公園に指定されている。

2.2 調査法

2.2.1 チョウ類の調査法

1) スカロー人工林

スカローでは2011年1月15日～20日、2011年10月19日～27日、2013年1月9日～13日、2014年2月20～22日に調査を実施した。植林地内に2004～2006年の調査と同じ調査プロット5ヶ所(図-1 左のF1、F2、F3、F4、F5)を設定して再調査した。他に2004～2006年当時植林されていない荒廢地(荒廢草原)の調査プロットとして設定した範囲は部分的に耕作地化が進んでいたため同位置に調査プロット1ヶ所(G1)を設けるとともに近くに2011年1月時点で耕作地を含まない草原状態のプロット1ヶ所を(G3)新たに設定した。前回調査した別の荒廢草原プロット(G2)はその後フタバガキ科樹種の植林が試みられたが乾燥害により成功せず、耕地化されるなど状況が変化したため調査地としなかった。以上合計7箇所て採集調査を行った。各プロットのほぼ中心となる地点の適当な木の枝にカラーテープをつけ、目測でこの地点から200 m以内の範囲で2名による45分間採集を行って

1 サンプルとした。前回調査との比較に当たっては2003年の予備調査のデータを除き、2004～2006年のサンプリングデータのみを前回調査のデータとして使用した。なお、2003年の予備調査で確認された種は全てその後の調査で確認されている。サンプル数は、前回、今回とも1プロット当り10サンプルであり、植林地内5プロットの合計は50サンプル、荒廃草原2プロットの合計は20サンプルである。前回調査及び天然林との種数の比較には記録された種数のほかに、調査精度の影響を受けにくいrarefaction法を用いた。

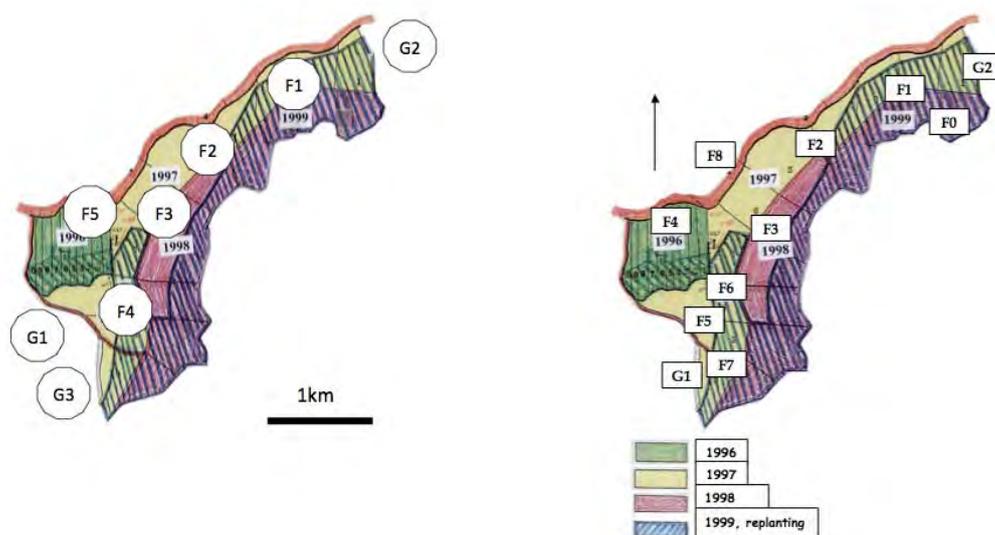


図-1 スカロー人工林(日本・インドネシア友好の森)と周辺荒廃草原におけるチョウ類(左)とカミキリムシ類(右)のサンプリングプロットの配置

2) スラナディ天然林

スラナディ天然林には散策路もあるが、林床が比較的空いており、また周辺住民が落ち枝(燃料)や草(家畜飼料)を集めるため頻繁に林内に入り、網の目状に踏み分け道ができていて林内はどこも歩きやすい状況であった。そこで、林内ほぼ全域をカバーするように14プロットを設定し、スカローと同様の2名による45分間採集を行って1サンプルとする調査を行い、2013年1月8日～11日に14サンプルを得た。

3) グヌン・トゥナック天然林

グヌン・トゥナック天然林では林床に繁茂する植物が障害となって林内での採集が困難な箇所が多かった。林内を貫く車道(大部分未舗装)が通っているため、これに沿って8箇所の調査プロットを設け、可能な範囲で林内に分け入りスカローにおけると同様2名45分間の採集を1サンプルとする調査を1箇所につき2回ずつ実施し、16サンプルを得た。

2.2.2 カミキリムシ類の調査法

1) スカロー人工林

ジャックフルーツ *Artocarpus heterophyllus* の葉付きの枝を束ねたものをトラップ（以下 *Artocarpus* トラップ；図-2 左）として用いてカミキリ類を採集した。このトラップは2003～2006年の調査でも使用したものであり、カミキリムシ類の成虫がよく誘引されることがわかっている。林縁1プロット（F0）、林内8プロット（F1、F2、F3、F4、F5、F6、F7、F8）、林縁に近い荒廃草原（林縁から10～20m）2プロット（G1、G2）を設定し、それぞれ5本の立木の幹の地上約2 mの位置にトラップを縛り付け、合計55トラップを設置した。トラップに集まったカミキリムシは、ほぼ2日置きにトラップを棒で叩いて白布の上に落とすビーティング法により採集した（図-2 右）。トラップ設置期間は、葉が残りカミキリムシ類の誘引が続く期間が時季により異なるため一定しないが、2011年1月13～30日、2011年10月19～11月12日、2013年1月7～20日、2014年2月11～24日である。チョウ類同様前回調査との比較に当たっては2003年の予備調査のデータを除き、2004～2006年のサンプリングデータのみを前回調査のデータとして使用した。2003年の予備調査で確認された種は全てその後の調査で確認されている。なお、2004～2006年の調査では林内6プロット（図-1 左のF1～F6）と林縁の草原側2プロット（G1とG2）に5トラップずつの合計40トラップを設置したので、トラップ数は今回より少ないが、調査回数は2004年1月、2004年6月、2005年1月、2005年9月、2006年1月の5回行っているため今回より1回多い。カミキリムシ類も調査精度の影響を受けにくいrarefaction法による種数の評価を重視した。



図-2 *Artocarpus*トラップ(左)とビーティング法(右)によるカミキリムシ類の採集

2) スラナディ天然林

スラナディ天然林では2013年1月7～12日にスカローとほぼ同様のトラップによるサンプリング調査を実施した。ただし *Artocarpus* が不足したため *Ficus* sp. を用いて同様のトラップを作成し、それぞれ30トラップずつ設置した。設置位置は林内散策路に沿ってほぼ50m置きに道の両側に *Artocarpus* と *Ficus* のトラップを1つずつとした。

3) グヌン・トゥナック天然林

グヌン・トゥナック天然林では、2014年2月15～27日に *Artocarpus* トラップ50を林内道路にそって100m置きに設置してサンプリング調査を実施した。

3. 結果及び考察

3.1 スカローにおける昆虫群集の変化

3.1.1 チョウ類群集の変化

2011～2014年の調査では植林地で58種1367個体、荒廃草原で39種613個体が採集された (Appendix 1)。2004～2006年の記録種数は植林地56種1119個体、荒廃草原39種297個体なので、記録種数は前回とほぼ同様である。Rarefaction曲線(図-3)を比較しても、植林地の種数はほとんど変化がないことが分かった。植林地の種数が荒廃草原の種数を上回る点も2004～2006年と同様であった。ただし荒廃草原では記録種数は前回と一致したが、rarefaction曲線(図-3)を比較すると種数にやや増加傾向が見られ、個体数も多かった。先に2011年までの調査結果を報告した際には、rarefaction曲線に基づいた比較では前回よりも種数が少なくなっている可能性が示されたが(松本, 2012)、これは種当り個体数の分布に偏りがあり、調査が進んでいない段階(小サンプル)では個体数の少ない種が検出されにくいことによる可能性がある。一般に飽和度の高い群集を構成する種の個体数は、その対数を個体数の多い順にプロットすると、傾きの緩やかな右下がりの直線状に配列される(等比級数則に従う)ことが知られているが、遷移初期などの単純な群集の個体数順位曲線は一部の個体数上位種のみが多いため下に凸になる傾向、および種間の個体数格差が大きいことにより傾きが大きくなる傾向が知られている。2004～2006年のサンプルでも2011～14年のサンプルでも個体数順位曲線を描くと、ほぼ直線状に右下がりとなり、種あたり個体数分布は特段に個体数の多い種が存在するとは見なせないが、1個体のみ記録された稀な種がやや多い。また、個体数順位曲線は2011～2014年の方がより直線的で傾きは緩やかであり2004～2006年の方がわずかに下に凸の曲線でやや傾きが大きい点で、後者は個体数にやや偏りのある遷移初期の状態により近いともみなせるが、その差はわずかである。

野村シンプソンの類似度指数(NSC)を用いて2004～2006年と2011～2014年のサンプルを比較すると、0.804と高い値であり、両期間に種構成の大きな変化はなかったことがわかる。

$$NSC=c/b, (a > b) \quad (a, b \text{ は2つの群集のそれぞれの種数、} c \text{ は両群集の共通種数である。})$$

個体数上位10種は、表-1の通りで、2004～2006年と順位の入替わりはあるが8種が共通しており、また今回の上位10種は前回も14位以内の個体数上位種である。すなわち優占種は前回も今回もほぼ変わらなかったことが分かる。これら優占種は、幼虫の寄主植物が

林床や林縁や荒廃草原に豊富であるか (*Ixias reinwardtii*, *Belenois java*, *Anosia chrsippus*, *Leptosia nina*, *Appias lycnida*, *Cepora perimale*, *C. temena*)、植栽木が寄主である種 (*Catopsilia pomona*, *Eurema hecabe*) がほとんどである。

荒廃草原の種数は植林地に定着した森林性種が飛来することにも影響されるので植林後に増えている可能性もあるが、今回種数がやや増えたのは耕作地が拡大したことにより栽培植物に発生する種 (バンレイシに発生する *Graphium Agamemnon* など)、および少数ではあるが *Acraea terpsicore* のような海外からの侵入種が追加されたことにもよっている。

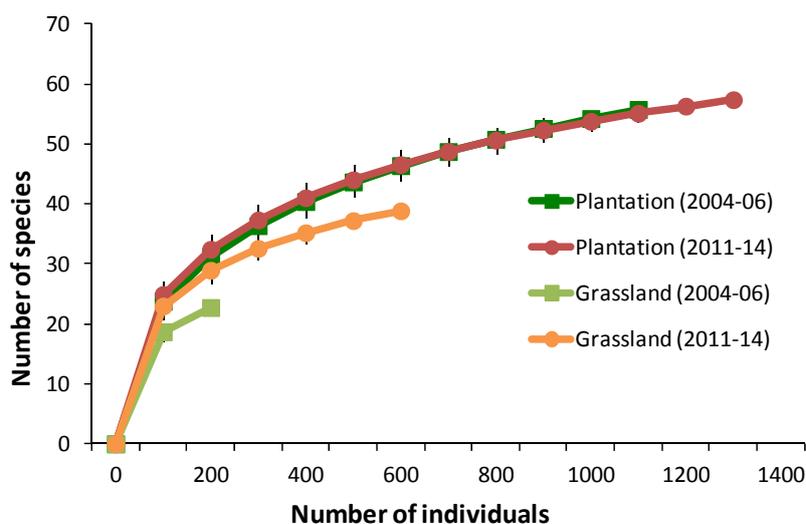


図-3 スカロー人工林および隣接する荒廃草原での前回調査(2004~2006年)と今回調査(2011~2014年)で記録されたチョウ類のrarefaction曲線

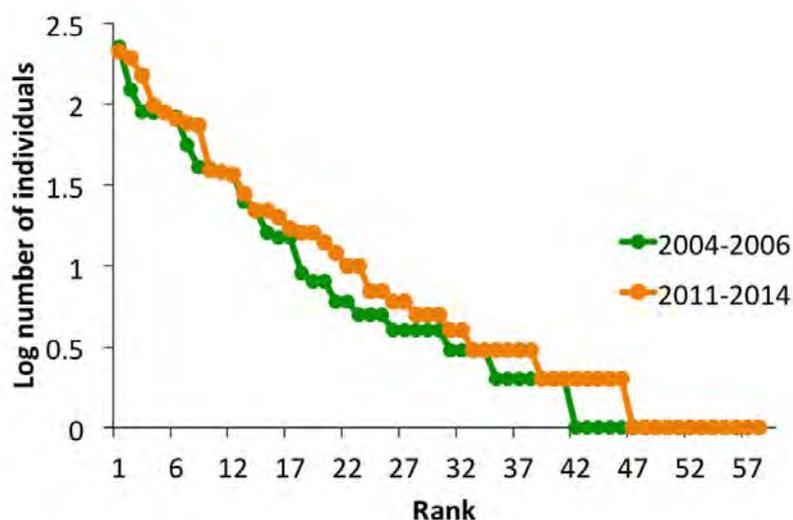


図-4 スカロー人工林での前回調査(2004~2006年)と今回調査(2011~2014年)で記録されたチョウ類の個体数順位曲線(縦軸は個体数の常用対数)

表-1 2011～2014年のスカロー人工林におけるチョウ類調査での個体数上位10種およびその2004～2006年の個体数順位と寄主植物

順位	種名	2004～2006年順位	寄主植物
1	<i>Belenois java</i>	3	<i>Capparis sepiaria</i> , <i>C.micrantha</i>
2	<i>Ixias reinwardtii</i>	2	<i>Capparis sepiaria</i> , <i>C.micrantha</i>
3	<i>Leptosia nina</i>	6	<i>Capparis</i> sp. (草本)
4	<i>Anosia chrsippus</i>	5	<i>Carotropis gigantea</i>
5	<i>Appias lyncida</i>	7	<i>Capparis sepiaria</i> , <i>C.micrantha</i>
6	<i>Eurema hecabe</i>	4	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>
7	<i>Junonia erigone</i>	12	未知 (近縁種はキツネノマゴ科の草本を食す)
8	<i>Catopsilia pomona</i>	1	<i>Cassia siamea</i>
9	<i>Cepora perimale</i>	8	<i>Capparis sepiaria</i> , <i>C.micrantha</i>
10	<i>Cepora temena</i>	14	<i>Capparis sepiaria</i> , <i>C.micrantha</i>

3. 1. 2 カミキリムシ類群集の変化

2011～2014年の調査では、カミキリムシ類は29種991個体が採集された (Appendix 2 ; 未同定種が多いため形態上識別できる形態種を含む)。2004～2006年の調査で採集された19種269個体に比べると、種数・個体数は増えている。両期間を通じて採集された総種数は36種である。今回の方が調査回数が1回少なく、設置トラップ数は前回は上回っているのに、記録種数だけからは直ちに生息種数が増えたとは結論できないが、rarefaction曲線も種数が増えたことを示唆している。また、個体数の厳密な比較も困難であるが、採集個体数は前回は比べて今回の方が大幅に増えていること、とくに後述のように顕著に個体数が増加している種が複数あることから、生息密度が上昇していると判断できる。

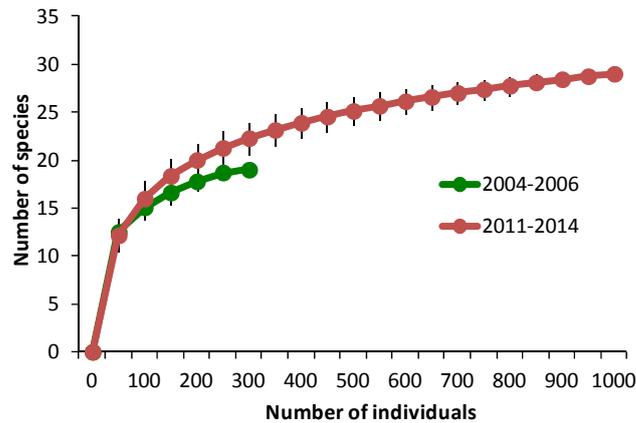


図-5 スカロー人工林での前回調査(2004~2006年)と今回調査(2011~2014年)で記録されたカミキリムシ類のrarefaction曲線

2004~2006年の調査で採集されて今回採集されなかった種には *Ceresium* sp.1、*Chlorophorus annularis*(タケトラカミキリ)、*Chlorophorus sumbavae*、*Prosopulus* sp.1、*Prosopulus* sp.2、*Pterolophia* sp.2、*Pterolophia* sp.3の合計7種があるが、この内15個体採集された*Pterolophia* sp.3 以外はいずれも少数個体が採集されたのみであり、前回多産した種が明らかに減少ないし消滅したものではない。前回の調査で採集されず今回採集された種は、*Ceresium* sp.2、*Ceresium* sp.3、*Ceresium* sp.4、*Epania* sp.、*Apomecyna histrio*、*Ropica* sp.1、*Ropica* sp.2、*Ropica* sp.3、*Sybra alternans*、*Sybra* sp.1、*Pothyne* sp.1、*Exocentrus drescheri*、*Exocentrus hirtus*、*Exocentrus kalshoveni*、*Prosoplus* sp.3、*Pterolophia mediocarinata*、*Tmesisternus* sp. の17種である。この内*Epania* sp.、*Apomecyna histrio*、*Ropica* sp.2、*Exocentrus drescheri*、*Exocentrus hirtus*、*Pterolophia mediocarinata*は採集された個体数が比較的多く、新たに定着したか、前回は生息密度が低く発見されなかったが最近になって個体数が増加した可能性が高い。また、前回と今回の調査で共通して採集されている種の中でも、*Coptops pardalis*、*Sybra modesta*、*Sybra refecta*、*Prosoplus bankii*、*Pterolophia illicita* は今回の方が顕著に個体数が多い。これらの状況から全体的に判断すると、カミキリムシ類は種数・個体数とも増加傾向にあると見られる。

カミキリムシ類の記録種の多くは小径の枝を穿孔食害する小型種であったが、*Coptops pardalis* と *Tmesisternus* sp. はやや大きな種(体長1.2cm程度)である。*Coptops pardalis* はやや大きな枝や小径木の幹(直径約5cm以上)に食入する種である。今回1個体だけ採集された *Tmesisternus* sp.は種名が確定できないが、この属の種の多くはヤシ科を加害するので、スカロー人工林以外のヤシ類のある場所(周囲の民家または海岸の自然植生)で発生したものかもしれない。前回野調査で1個体だけ採集されたタケトラカミキリもタケ類・竹材を食害する種であり、タケ材が使われている周囲の民家(出作り小屋)から飛来した可能性が考えられている(中牟田ら, 2004)。

3.2 スラナディおよびグヌン・トゥナック天然林との比較

3.2.1 チョウ類群集の比較

2013年1月に実施したスラナディ天然林での調査では、43種154個体のチョウ類が記録された(Appendix 3)。同時期にスカローでの調査では32種144個体が記録された。これらのデータからrarefaction曲線を描いて比較すると、スラナディ天然林の方がスカロー人工林より種数が多いことが示された(図-6)。2014年2月に実施したグヌン・トゥナック天然林での調査では、52種605個体のチョウ類が記録された(Appendix 4)。同時期にスカローでの調査では28種242個体が記録された。これらのデータからrarefaction曲線を描いて比較すると、スラナディ天然林の方がスカロー人工林より種数が多いことが示された(図-7)。以上の結果からスカロー人工林に生息するチョウ類の種数は天然林に比べて少ないと判定できる。

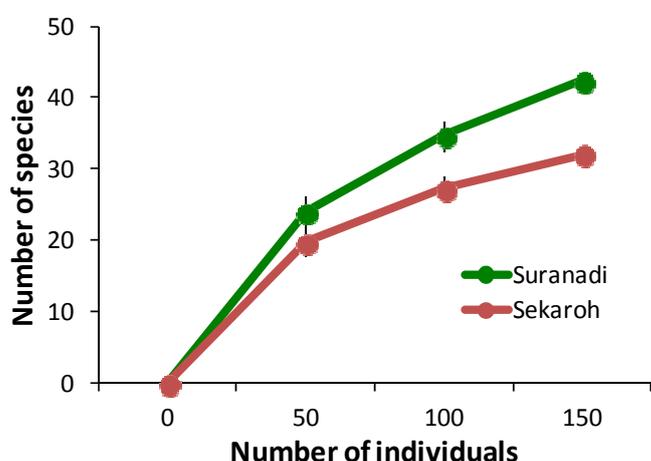


図-6 スラナディ天然林とスカロー人工林での2013年の調査で採集されたチョウ類のrarefaction曲線

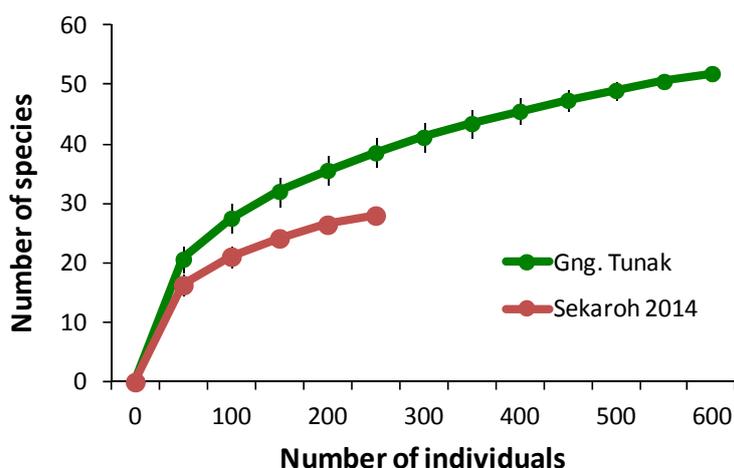


図-7 グヌン・トゥナック天然林とスカロー人工林での2014年の調査で採集されたチョウ類のrarefaction曲線

スラナディ天然林ではスカローに記録のない *Troides helena*、*Papilio perantus*、*Jamides alecto*、*Tanaecia palguna*、*Lexias aegle*などの森林性種が記録された。グヌン・トゥナックにおいても、*Troides helena*、*Papilio perantus*、*Phaedyma columella*、*Lethe europa*などのスカローに記録のない森林性種が記録されている。以上の調査結果から、ロンボク島の低地林に生息していた種の中にはスカロー人工林には回復していない種が多く存在するとみなせる。

3. 2. 2 カミキリムシ類群集の比較

2013年1月に実施したスラナディ天然林での調査では16種177個体のカミキリムシ類が記録された(Appendix 5)。同時期にスカローでの調査では17種382個体が記録された。これらのデータからrarefaction曲線を描いて比較すると、スラナディ天然林の方がスカロー人工林より種数が多いことが示された(図-8)。2014年2月に実施したグヌン・トゥナック天然林での調査では、22種217個体のカミキリムシ類が記録された(Appendix 6)。同時期にスカローでの調査では15種315個体が記録された。これらのデータからrarefaction曲線を描いて比較すると、スラナディ天然林の方がスカロー人工林より種数が多いことが示された(図-9)。以上の結果からスカロー人工林に生息するカミキリムシ類の種数もチョウ類同様天然林に比べて少ないと判定できる。

2013年の調査で記録されたスラナディ天然林とスカロー人工林の共通種は3種しかなく、NSCは0.188と低い値であり、両群集の構成種は非常に異なっている。グヌン・トゥナック天然林とスカロー人工林の共通種は9種、NSCは0.600であり、両群集はやや似た種構成である。スラナディおよびグヌン・トゥナック天然林で採集されたカミキリムシとスカロー人工林で採集されたカミキリムシの体長分布を比較するとスラナディで記録されたカミキリムシ類にはスカロー人工林では見られない2cm前後の大型の種が含まれていた(図-10)。一方荒廃が進んでいるグヌン・トゥナック天然林のカミキリムシ類はスカロー人工林同様小型である(図-11)。スラナディ天然林のカミキリムシ類は相対的に成熟度の高い森林の種構成であり、グヌン・トゥナック天然林とスカロー人工林のカミキリムシ類はより荒廃した森林の種構成を示すものと考えられるが、スカロー人工林のカミキリムシ類はグヌン・トゥナック天然林よりもさらに劣化した段階にあるとみなせる。

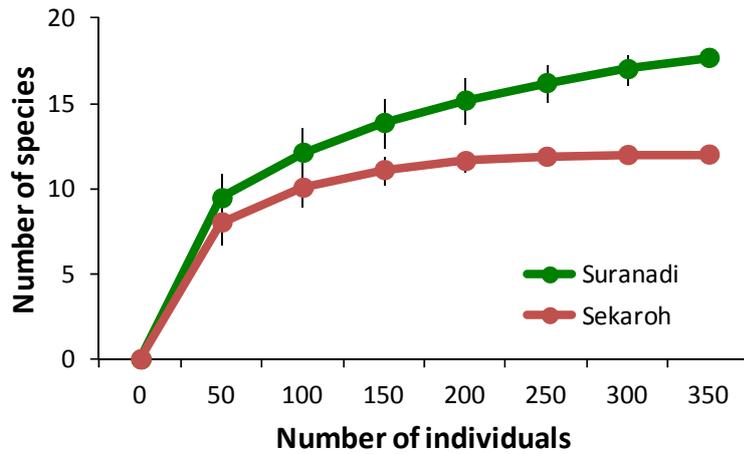


図-8 スラナディ天然林とスカロー人工林での2013年の調査で採集されたカミキリムシ類のrarefaction曲線

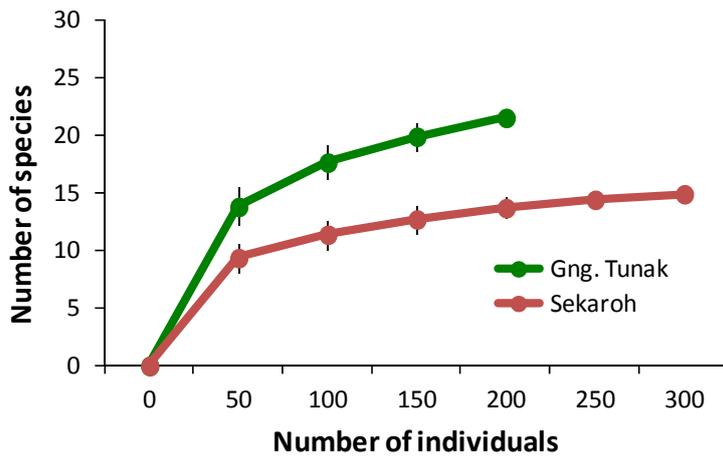


図-9 グスン・トゥナック天然林とスカロー人工林での2014年の調査で採集されたカミキリムシ類のrarefaction曲線

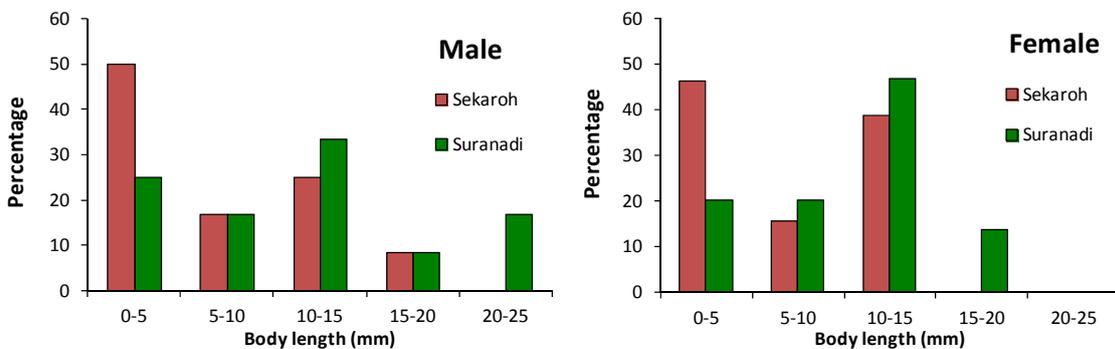


図-10 2013年のスラナディ天然林とスカロー人工林での調査で採集されたカミキリムシ類の体長の頻度分布(縦軸は種数の割合)

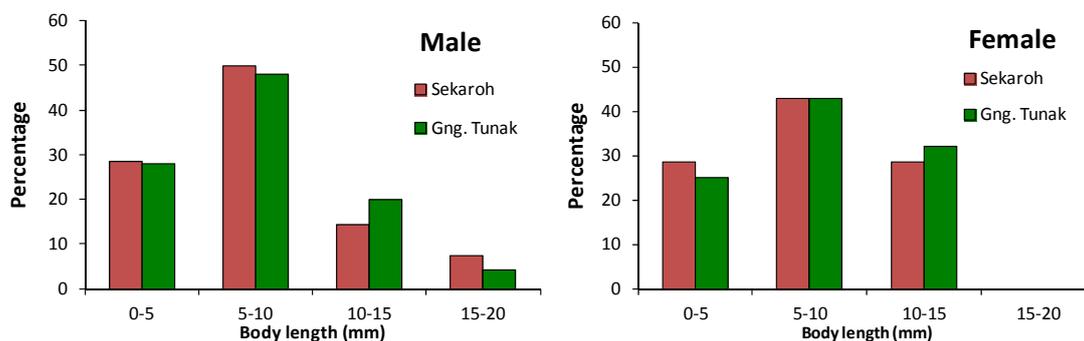


図-11 2014年のグヌン・トゥナック天然林とスカロー人工林での調査で採集されたカミキリムシ類の体長の頻度分布(縦軸は種数の割合)

3. 3 植林による生物多様性向上をどう考えるか

3. 3. 1 人工林における昆虫の生物多様性

スカローにおける人工林と荒廃草原のチョウ類群集の比較結果や、前回調査と今回調査の間のカミキリムシ類の種数・個体数の増加で確かめられたように、荒廃草原に植林を行って人工林を造成することにより、ある程度の森林性昆虫を回復させることができる。チョウ類は植林後比較的速やかに種数の増加が見られたが、その後の目立った変化はなかった。カミキリムシ類では現在も種数・個体数が増えつつあるようだが、大型種の定着はいまだに見られず、小型種のみが生息している。カミキリムシ類の大型種は幼虫が生育するために大径木を必要とするので、大径木が消失した荒廃地には大型種は生息せず、カミキリムシ類は灌木や細い枝で生育可能な小型種のみになると考えられる。カミキリムシ類はチョウ類に比べ、森林化に対する反応(人工林への植民速度)が遅いようであるが、これはカミキリムシ類はチョウ類に比べ移動力が乏しいことや、幼虫期間が長く世代時間がチョウ類よりも長い増殖に時間がかかること等が関係していると考えられる。スカロー人工林へのチョウ類の侵入定着が比較的速やかで前回と今回の調査では種数の増加等の変化がないことと、カミキリムシ類の定着種が小型種のみであることから、現在スカロー人工林に定着しているチョウ類の森林性種やカミキリムシ類は、森林消失後も周辺に生き残っていたものが主体となっていると考えられる。すなわち、荒廃地に残っている木本植物、海岸の傾斜地等に残っている木本植物群落、集落や耕作地の樹木のある環境など比較的近距离に低密度で生息していた種が、人工林が出現したことにより侵入定着したものであろう。チョウ類では、すでに周辺に残っていた森林性種のほとんどが人工林に侵入定着を済ませていたため2004～2006年の調査と2011～2014年の調査で種構成にほとんど差が見られなかったのであろう。カミキリムシ類においても、比較的近距离に残っていてそこから人工林に侵入定着できる種数には限界があるはずなので、まもなくスカロー人工林のカミキリムシ類の種数の増加も止まるものと予想できる。

3.3.2 人工林の生物多様性を天然林の生物多様性に近づけるにはどうすればよいか？

スラナディ天然林やグヌン・トゥナック天然林の調査では、これらの天然林に生息しているスカロー人工林には生息していない種があることが示された。このような種がスカロー人工林に定着できない理由として、人工林に生育する植物（植林樹種および下層植物）が限られるため、多くの植物食昆虫にとって食物資源がないこと、および人工林と天然林が遠くはなれているため、天然林からの昆虫の移住が困難であることが考えられる。調査した天然林2カ所に生息しているスカローには見られないチョウ類には比較的暗い林内を好む種が多い。このような林内種は開放的な空間に出現することがほとんどなく、開放的な空間によって隔てられた林地間を移動することは困難であろう。一般に閉鎖的な林内に生息する林内種は疎林や林縁等の比較的明るい条件の森林環境を好む種に比べ、攪乱に弱く、移動力の乏しい種が多いようである。これらの種は森林の荒廃によっていち早く消失する種であると考えられる。カミキリムシ類では、スラナディ天然林に比較的大型の種が少数記録されたが、このような種は森林が消失すると幼虫が利用できる樹木が無くなるため絶滅する可能性が高く、人工林が成林しても周辺に生息環境がない限り簡単には回復しないと考えられる。カミキリムシ類には体長5cmを超える大型種も知られているが、スラナディ天然林にもこれほど大きな種は見られなかった。このような大型種は大径木が豊富に存在する成熟した森林が生息条件であろう。

生物多様性の向上を意図した植林活動は盛んになって来ているが、どのような生物多様性を目指すべきか、どのような生物多様性が植林によって実現できるのかの具体的なイメージを伴った活動は少ないようである。原生的な天然林（一次林）と同様の生物多様性を植林によって再現することはまず不可能であるが、単に植林を行うだけでなく、ある程度工夫を加えることで、よりレベルの高い生物多様性を目指すことは可能であろう。植物食の昆虫が餌資源として利用できる郷土植物（高木樹種以外の低木樹種や草本、着生植物等も含む）の樹下植栽や複層林化等はそのような取組として検討する価値がある。ただし、そのような郷土植物を供給できる森林の確保、そのような森林に負担を与えずに種子や苗を確保する技術の確立、育苗・植栽・育林技術の確立等課題は多い。一方、低地林のほとんどが消失したロンボク島のような地域では、天然林と人工林の距離を埋め、森林昆虫の分散経路を確保する意味で、従来同様の樹種・手法であっても植林の推進は望ましいと考えられる。なお、グヌン・トゥナックはスカローから距離的にも近く海岸に立地する点もスカローと同様であり、スカローにかつて生息した森林性昆虫相を類推する上で有用であるとともに、今後スカローの昆虫相を天然林に近づけることを考えるならばその供給源としても価値がある。

引用文献

- 中牟田潔・松本和馬・Woro Noerdjito (2004) 動物、病害虫に及ぼす影響の解析. 森林吸収源計測・活用体制整備強化事業調査報告書(3) CDM植林基礎データの整備: 71-76.
- 松本和馬 (2011) 昆虫類の生物多様性調査の方法と結果概要. 森林保全モデル林造成事業(平成24年度調査報告書) : 22-27.
- Noerdjito, Woro A. (2012) List of longhorn beetles (Cplepoptera, Cerambycidae) collected from Friendship Forest, Sekaroh, East Lombok in 2011. 森林保全モデル林造成事業(平成23年度調査報告書) : 12-28.
- 松本和馬 (2013) インドネシアロンボク島の「日本・インドネシア友好の森フェーズ1」昆虫類の生物多様性調査 現地調査. 森林保全モデル林造成事業(平成24年度調査報告書) : 12-19.
- Noerdjito, Woro A., Kazuma Matsumoto and Endang Cholik (2013) Longhorn beetles and butterflies collected from Suranadi natural forest (West Lombok) and Sekaroh Friendship Forest (East Lombok) collected in January 2013. 森林保全モデル林造成事業(平成24年度調査報告書) : 20-33.
- 松本和馬 (2014) 昆虫類の生物多様性調査 現地調査(日本・インドネシア友好の森). 森林保全モデル林造成事業(平成25年度調査報告書) : 17-22.
- Noerdjito, Woro A., Kazuma Matsumoto and Sarino (2014) Longhorn beetles and butterflies collected from, Mountain Tunak natural forest (Central Lombok) and Sekaroh Friendship Forest (East Lombok) in Febuary 2014. 森林保全モデル林造成事業(平成25年度調査報告書) : 72-84.

Appendix 1 スカロー人工林および隣接荒廃草原で採集されたチョウ類の種名と個体数

種名	人工林	草原	種名	人工林	草原
Hesperiidae (セセリチョウ科)			<i>Zizina otis</i>	4	22
<i>Tagiades japetus</i>	3	0	<i>Zizeeria karsandra</i>	5	6
<i>Parnara apostata</i>	7	3	<i>Zizula hylax</i>	14	2
<i>Pelopidas agna</i>	0	1	Nymphalidae (タテハチョウ科)		
<i>Pelopidas conjunctus</i>	1	0	<i>Anosia chrysippus</i>	98	73
<i>Borbo cinnara</i>	0	1	<i>Anosia genutia</i>	1	0
<i>Potanthus fettiingi</i>	1	0	<i>Anosia affinis</i>	1	1
<i>Taractrocera nigrolimbata</i>	5	4	<i>Euploea modesta</i>	7	1
Papilionidae (アゲハチョウ科)			<i>Euploea tulliolus</i>	3	0
<i>Graphium agamemnon</i>	16	9	<i>Euploea sylvester</i>	22	1
<i>Graphium doson</i>	1	0	<i>Euploea leucostictos</i>	1	0
<i>Papilio polytes</i>	10	0	<i>Euploea eleusina</i>	1	0
<i>Papilio memnon</i>	1	0	<i>Ideopsis juvena</i>	6	0
Pieridae (シロチョウ科)			<i>Tirumala hamata</i>	37	1
<i>Appias albina</i>	1	0	<i>Tirumala limniace</i>	1	0
<i>Appias lycnida</i>	89	12	<i>Acraea terpsicore</i>	0	62
<i>Appias olferna</i>	3	3	<i>Ariadne ariadne</i>	17	38
<i>Belenois java</i>	211	52	<i>Cethosia penthesilea</i>	3	0
<i>Catopsilia pomona</i>	74	23	<i>Cupha erymanthis</i>	6	0
<i>Catopsilia scylla</i>	1	1	<i>Hypolimnas anomala</i>	1	0
<i>Catopsilia pyranthe</i>	2	0	<i>Hypolimnas misippus</i>	0	1
<i>Cepora perimale</i>	39	10	<i>Hypolimnas bolina</i>	16	12
<i>Cepora temena</i>	38	1	<i>Junonia atlites</i>	0	1
<i>Cepora iudith</i>	2	0	<i>Junonia erigone</i>	76	23
<i>Cepora nerissa</i>	2	0	<i>Junonia hedonia</i>	4	0
<i>Eurema hecabe</i>	81	52	<i>Junonia orithya</i>	0	2
<i>Hebomoia glaucippe</i>	20	0	<i>Junonia villida</i>	1	18
<i>Ixias reinwardtii</i>	193	58	<i>Neptis hylas</i>	22	3
<i>Leptosia nina</i>	150	3	<i>Pantoporia hordonia</i>	3	0
Lycaenidae (シジミチョウ科)			<i>Phalanta phalantha</i>	3	5
<i>Castalius rosimon</i>	28	82	<i>Vindula dejone</i>	1	0
<i>Catochrysops strabo</i>	1	0	<i>Yoma sabina</i>	12	0
<i>Everes lacturnus</i>	5	0	<i>Melanitis leda</i>	2	2
<i>Theclinesstes miskini</i>	0	8	<i>Mycalesis mineus</i>	12	6
<i>Lampides boeticus</i>	0	3	合計個体数	1367	613
<i>Prosotas nora</i>	1	0	合計種数	58	39
<i>Prosotas dubiosa</i>	1	7			

Appendix 2. スカロー人工林で採集されたカミキリムシ類の種名と個体数

種名	個体数
<i>Sybra refecta</i>	275
<i>Pterolophia illicita</i>	210
<i>Sybra modesta</i>	148
<i>Prosopius bankii</i>	89
<i>Coptops pardalis</i>	66
<i>Epania</i> sp	37
<i>Exocentrus drescheri</i>	24
<i>Exocentrus hirtus</i>	19
<i>Ropica</i> sp. 1	15
<i>Ropica</i> sp. 2	15
<i>Prosopius truncatus</i>	14
<i>Pterolophia mediocarinata</i>	14
<i>Pterolophia melanura</i>	12
<i>Prosopius vexatus</i>	11
<i>Ropica</i> sp. 3	7
<i>Desisa</i> sp.	6
<i>Exocentrus kalshoveni</i>	5
<i>Ceresium larvatum</i>	4
<i>Prosopius</i> sp. 3	4
<i>Ceresium</i> sp. 4	3
<i>Sybra arcifera</i>	3
<i>Ceresium</i> sp. 3	2
<i>Apomecyna histrio</i>	2
<i>Ceresium</i> sp. 2	1
<i>Sybra alternans</i>	1
<i>Sybra</i> sp.1	1
<i>Pothyne</i> sp.1	1
<i>Pterolophia</i> sp.1 <i>annulitarsis?</i>	1
<i>Tmesisternus</i> sp.	1
合計個体数	991
合計種数	29

Appendix 3. スラナディ天然林で採集されたチョウ類の種名と個体数

種名	個体数	種名	個体数
Hesperiidae (セセリチョウ科)		<i>Doleschallia bisaltide</i>	1
<i>Tagiades ultra</i>	2	<i>Pantoporia hordonia</i>	1
<i>Tagiades japetus</i>	1	<i>Neptis hylas</i>	1
<i>Gangara thyrasis</i>	3	<i>Tanaecia palguna</i>	4
<i>Taractrocera nigrolimbata</i>	1	<i>Lexias aegle</i>	1
<i>Parnara apostata</i>	6	<i>Elymnias hypermnestra</i>	8
<i>Pelopidas agna</i>	3	<i>Mycalesis janardana</i>	9
<i>Pelopidas conjunctus</i>	1	<i>Mycalesis mineus</i>	13
<i>Borbo cinnara</i>	2	<i>Orsotriaena medus</i>	1
Papilionidae (アゲハチョウ科)		<i>Ypthima aphnius</i>	11
<i>Troides helena</i>	2	<i>Amathusia phidippus</i>	1
<i>Graphium agamemnon</i>	1	合計個体数	154
<i>Papilio helenus</i>	3	合計種数	43
<i>Papilio memnon</i>	16		
<i>Papilio peranthus</i>	1		
<i>Papilio demolion</i>	4		
Pieridae (シロチョウ科)			
<i>Catopsilia pomona</i>	2		
<i>Cepora iudith</i>	2		
<i>Eurema hecabe</i>	1		
<i>Hebomoia glaucippe</i>	1		
<i>Leptosia nina</i>	9		
Lycaeinidae (シジミチョウ科)			
<i>Acytolepis puspa</i>	1		
<i>Neopithecops zalmora</i>	1		
<i>Jamides alecto</i>	5		
<i>Nacaduba kurava</i>	5		
Nymphalidae (タテハチョウ科)			
<i>Anosia genutia</i>	2		
<i>Ideopsis juvena</i>	19		
<i>Euploea eleusina</i>	1		
<i>Euploea mulcibar</i>	1		
<i>Euploea modesta</i>	1		
<i>Junonia atlites</i>	1		
<i>Junonia iphita</i>	3		
<i>Hypolimnas bolina</i>	1		
<i>Hypolimnas misippus</i>	1		

Appendix 4. グヌン・トウナック天然林で採集されたチョウ類の種名と個体数

種名	個体数	種名	個体数
Hesperiidae (セセリチョウ科)		<i>Euploea tulliolus</i>	2
<i>Borbo cinnara</i>	1	<i>Euploea sylvester</i>	5
<i>Telicota augias</i>	1	<i>Euploea climena</i>	2
Papilionidae (アゲハチョウ科)		<i>Euploea leucostictus</i>	1
<i>Troides helena</i>	2	<i>Euploea eleusina</i>	2
<i>Pachliopta aristolochiae</i>	1	<i>Euploea midamus</i>	3
<i>Graphium doson</i>	3	<i>Libythea geoffroy</i>	1
<i>Graphium agamemnon</i>	2	<i>Ariadne ariadne</i>	9
<i>Papilio memnon</i>	2	<i>Junonia hedonia</i>	21
<i>Papilio peranthus</i>	26	<i>Junonia erigone</i>	36
<i>Papilio polytes</i>	65	<i>Hypolimnas bolina</i>	2
Pieridae (シロチョウ科)		<i>Hypolimnas anomala</i>	1
<i>Appias albina</i>	81	<i>Yoma sabina</i>	1
<i>Appias lynceida</i>	13	<i>Pantoporia hordonia</i>	2
<i>Belenois java</i>	3	<i>Neptis hylas</i>	7
<i>Cepora perimale</i>	17	<i>Phaedyma columella</i>	1
<i>Cepora temena</i>	26	<i>Phalanta phalantha</i>	1
<i>Cepora nerissa</i>	11	<i>Vindula dejone</i>	21
<i>Cepora iudith</i>	2	<i>Cethosia penthesilea</i>	20
<i>Catopsilia pomona</i>	10	<i>Cupha erymanthis</i>	10
<i>Eurema hecabe</i>	30	<i>Lethe europa</i>	4
<i>Hebomoia glaucippe</i>	42	合計個体数	605
<i>Ixias reinwardtii</i>	33	合計種数	53
<i>Leptosia nina</i>	54		
Lycaeinidae (シジミチョウ科)			
<i>Amblypodia narada</i>	1		
<i>Acytolepis puspa</i>	1		
<i>Neopithecops zalmora</i>	10		
<i>Castalius rosimon</i>	2		
<i>Caleta sp. (nr. roxus)</i>	1		
<i>Catochrysops strabo</i>	2		
<i>Nacaduva kuravba?</i>	2		
<i>Prosotas sp.</i>	2		
Nymphalidae (タテハチョウ科)			
<i>Ideopsis juvena</i>	5		
<i>Tirumala limniace</i>	1		
<i>Tirumala ishmoides</i>	1		

Appendix 5 スラナディ天然林で採集されたカミキリ
ムシ類の種名と個体数

種名	個体数
<i>Ropica</i> sp. 2	2
<i>Sybra arcifera</i>	2
<i>Sybra modesta</i>	1
<i>Sybra</i> sp.	1
<i>Acalolepta rusticatrix</i>	49
<i>Epepeotes luscus</i>	16
<i>Myagrus vinosus</i>	2
<i>Pelargoderus bipunctatus</i>	13
<i>Pothyne</i> sp.1	10
<i>Pothyne</i> sp.2	1
<i>Prosoplus bankii</i>	6
<i>Prosoplus</i> sp.1	3
<i>Pterolophia melanura</i>	63
<i>Pterolophia</i> sp.	1
<i>Tmesisternus</i> sp.1	4
<i>Tmesisternus</i> sp.2	3
合計個体数	177
合計種数	16

Appendix 6 グヌン・トウナック天然林で採集された
カミキリムシ類の種名と個体数

種名	個体数
<i>Ceresium</i> sp.	1
<i>Ephania</i> sp.	1
<i>Coptops pardalis</i>	2
<i>Ropica</i> sp.1	1
<i>Ropica</i> sp.2	1
<i>Ropica</i> sp.3	7
<i>Sybra modesta</i>	38
<i>Sybra</i> sp. 1	2
<i>Sybra</i> sp. 2	33
<i>Sybra</i> sp. 3	25
<i>Sybra</i> sp. 4	20
<i>Sybra</i> sp. 5	4
<i>Sybra</i> sp. 6	3
<i>Desisa</i> sp.	1
<i>Exocentrus</i> sp. 2	8
<i>Prosoplus bankii</i>	5
<i>Prosoplus truncatus</i>	5
<i>Prosoplus vexatus</i>	10
<i>Pterolophia illicita</i>	1
<i>Pterolophia melanura</i>	3
<i>Pterolophia</i> sp. 1	41
<i>Tmesisternus</i> sp.	5
合計個体数	217
合計種数	22

II-2 荒廃地緑化・植生回復後の生物多様性の更なる向上に向けて

国際緑化推進センター 飯田敏雅

1. はじめに

1.1 スカローにおける荒廃地緑化

対象地域に本来存在していた生物多様性を修復するためには、本来自生していた樹種を可能な限り多種類用いて植栽していくのが最も望まれる方法である。さらに、遺伝子レベルでの生物多様性を考慮すると、対象地域の近くに種子源となる母樹が複数残され、それらの種子を活用するのが理想である。

しかしながら、荒廃地緑化の対象となる土地は、大規模な開発が行われたため近くに種子源が残されていない、土地利用の負荷により地力が低下している、植栽した苗木を厳しい環境条件から保護する機能が失われている等の問題があり、本来の自生樹種を植栽・育成するのが困難な場合が一般的である。それらのことに加え、荒廃地の緑被を早期回復させることを目的として、外来の早生樹種 (*Acacia mangium* 等) による植生回復がこれまでは一般的に行われてきた。

本事業で調査対象とした、インドネシア国西ヌサテンガラ州ロンボク島の「日本・インドネシア友好の森林」も、1996年に植生回復事業を開始した当初は本来自生していた樹種が不明であったこと、区域が保護林*¹⁾に指定され早期植生回復が望まれていたことから、7種のマメ科樹木を含む14種の各種環境耐性の高い一般的造林樹木と、住民の生計の配慮した4種の果樹が植栽された(表-1)。3年間で360haに植栽され、高波等の被害で生育不良を起こした区域の再植林(177ha)が1999年に行われている。

* 1) 本来、保護林(Protection forest)は保全林(conservation forest)に比して規制は緩やかであるはずだが、現地では便乗伐採が起こることを懸念して、保護林でも間伐が禁止されている。保護林は日本の制度では保安林に、保全林は国立公園等に相当する。

1.2 植生回復の状況

友好の森林では、適切な技術が投入されたため植生は順調に回復し、平成22年度の報告書に、スカローに設定した10の固定プロットのうちの5つについて、2011年11月に調査した時点での林相断面図を掲載しているが、全てのプロットで樹高は10m前後に成長しており、*Enterolobium cyclocarpum* の植栽区域では、樹高が12mを超えていることが確認できた。また、樹冠は既に閉じられ、植栽樹種間の光を巡る競争の結果、プロットによっては初期成長が優勢な種に被圧され消失してしまった種もあることが確認できた。

植生の回復は住民の生活にも影響を及ぼし、鳥類の生息数が増加したため、違法ではあるが、それらを捕獲して生計の足しにする者も出てきている。但し、違法行為であるため、具体的な数値を得ることはできなかった。

表-1 スカローに植栽された樹種リスト

No.	学名	和名等	科名
1.	<i>Cassia siamea</i>	タガヤサン	マメ科
2.	<i>Dalbergia latifolia</i>	マルバシタン	マメ科
3.	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	ゾウノミミ	マメ科
4.	<i>Samanea saman</i>	レインツリー	マメ科
5.	<i>Acacia arabica</i>	アラビアゴムノキ	マメ科
6.	<i>Leucaena leucocephala</i>	ギンネム	マメ科
7.	<i>Sesbania grandiflora</i>	シロゴチョウ	マメ科
8.	<i>Swietenia macrophylla</i>	マホガニー	センダン科
9.	<i>Azadirachta indica</i>	インドセンダン, ニーム	センダン科
10.	<i>Ceiba pentandra</i>	カボック	アオイ科
11.	<i>Tectona grandis</i>	チーク	クマツヅラ科
12.	<i>Lannea coromandelica</i>		ウルシ科
13.	<i>Gmelina arborea</i>	イエマネ, ヤマネ	シソ科
14.	<i>Eucalyptus alba</i>	ポプラガム	フトモモ科
15.	<i>Moringa oleifera</i>	ワサビノキ	ワサビノキ科
16.	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	ジャックフルーツ	クワ科
17.	<i>Annona squamosa</i>	バンレイシ	バンレイシ科
18.	<i>Anacardium occidentale</i>	カシュー	ウルシ科
19.	<i>Tamarindus indica</i>	タマリンド	マメ科



写真-1 1997年5月の状況



写真-2 2014年12月の状況

1.3 残された課題

緑被は順調に回復したが、生物多様性の面から見ると、更なる改良を行う余地が残されている。「II-1 インドネシアロンボク島の「日本・インドネシア友好の森フェーズ1」昆虫類の生物多様性調査」で述べられているように、樹木の導入によりチョウ類の種数は増加したものの、樹木の成長はその後のチョウ類の種数の増加には影響を与えていない。また、カミキリムシ類については現在でも種数が増加しているものの今後頭打ちになると予測がされている。地域が荒廃地化した後も周辺地域で細々と生き残っていた種が、植生の回復により区域内に侵入した（帰ってきた）ものと推測されている。前者については、食草となる植物の植栽、後者については大型種の宿主となる大径木となる樹木の植栽が、種

数の増加には不可欠である。また、昆虫の移動・侵入経路として、他の森林とスカロー地域を点で結ぶ森林（Stepping stone corridor）の造成も必要となる。

スカロー地域での植栽樹種は19種類と、一般的な植林に比較し多くの樹種を用いているが、天然林とは比較にならないほど貧弱な種数である。鳥類の飛来数が増加したことにより、鳥が種子の運び屋となる樹種が増加していることは2011年11月の調査で確認されたが、それらは全ていわゆる先駆樹種であった。スカロー地域は他の森林と隔離されていることから、種子の伝播を重力落下や小動物に頼らざるを得ない種類は、人為的な植え込みが必要となる。

2. スカロー地域での生物多様性の向上に資する樹種リストの作成

2.1 樹種リストの作成

スカロー地域の植生改良のための植栽樹種を検討するため、2014年2月に、スカロー地域と同じ沿岸地帯に立地しスカローとも距離的に近いGunung Tunak自然休養林を対照地として植生調査を行っている（詳細については平成25年度の報告書を参照）。

調査の結果、Gunung Tunak も人為的影響が入った二次林であることが判明したが、それでも61属67種の本木植物が確認され、その中には、*Drypetes ovata*, *Celtis wightii*, *Casearia flavovirens*, *Aglaia argentea*, *Garuga floribunda*, *Micromelum minutum*, *Pterospermum diversifolium*, *Cleistanthus* sp. 及び *Cordia monoica* 等の、一般的に天然林あるいはそれに準ずる森林を構成する樹種の生育が認められた。焼き畑等の人為的圧力が比較的短かったことがこれらの種が存続し得た理由だと推察される。

Gunung Tunak で確認された67種について、スカロー地域での生物多様性に資する樹種の抽出を、国立マタラム大学のI Gde Mertha博士に依頼した。樹種の抽出は、スカロー地域の住民の知見・意見も取り入れ行われ、40種についてそれぞれ、①樹種特性（形態等）、②生育環境、③用途、④技術的課題、⑤選定理由、⑥植栽適季について取りまとめられている（資料-1 スカロー地域でのエンリッチメント・プランティングに推奨される樹種リスト）。地元の意向も反映されたため、成長の早い樹種が主に取り上げられているが、上述の、天然林あるいはそれに準ずる森林を構成する樹種も多く残されている。また、一部外来樹種も取り上げられているが、地域への導入の歴史が古く、既にロンボク島での森林生態系の一部を構成する要員として定着しているものと見なし、そのまま掲載した。それらの結果、スカロー地域での植栽に限らず、近隣地域での荒廃地植生回復に役立つ樹種選択となっている。

2.2 植栽樹種の選定

2.2.1 住民の生計の維持・向上の観点から

具体的にどの樹種を植栽するかについては、生物多様性の効率的な増進や住民の生計向上の観点から、以下のような樹種を優先して植栽していく事が望まれる。

☆風や鳥類による種子の散布が期待できない樹種

☆地元固有種や資源量が乏しくなっている樹種

☆住民の生計に資する非木材林産物を生産する樹種

特に、スカロー地域もそうであるが、環境保全や生物多様性の増進を目的とした植生回復では、木材の利用に制限が課せられることが多く、住民の生計の維持・向上や森林保全へのインセンティブを付与する観点から、非木材林産物を生産する樹木の植栽は効果的である。資料-1に抽出された40種のうち、住民の生計に役立つと考えられる樹種を利用目的別に表-2～表-4に取りまとめた。

表-2 薬用となる樹木

No.	種名(学名)	No.	種名(学名)
1.	06. <i>Wrightia pubescens</i>	9.	29. <i>Agleia elliptica</i>
2.	10. <i>Gauga floribunda</i>	10.	30. <i>Azadirachta indica</i>
3.	11. <i>Protium javanicum</i>	11.	31. <i>Dysoxylum gaudichaudianum</i>
4.	12. <i>Senna timorensis</i>	12.	32. <i>Ziziphus rotundifolia</i>
5.	13. <i>Senna siamea</i>	13.	38. <i>Lepisanthes rubiginosa</i>
6.	15. <i>Caesalpinia sappan</i>	14.	46. <i>Scleichera oleosa</i>
7.	22. <i>Shirakiopsis indica</i>	15.	49. <i>Vitex pubescens</i>
8.	27. <i>Stychnos lucida</i>		

表-3 果実等が食用となる樹木

No.	種名(学名), 利用部位	No.	種名(学名), 利用部位
1.	01. <i>Spondias pinnata</i> (実, 葉)	7.	14. <i>Tamarindus indica</i> (果肉)
2.	02. <i>Dracontomelon dao</i> (花, 葉)	8.	22. <i>Shirakiopsis indica</i> (種子)
3.	05. <i>Ochrosia akkeringae</i> (種子)	9.	25. <i>Casearia grewiaefolia</i> (果実)
4.	10. <i>Gauga floribunda</i> (実)	10.	32. <i>Ziziphus rotundifolia</i> (実)
5.	11. <i>Protium javanicum</i> (葉, 果実)	11.	42. <i>Manilkara kauki</i> (果実)
6.	12. <i>Senna timorensis</i> (葉)		

表-4 その他の利用価値がある樹木

No.	種名(学名), 利用方法	No.	種名(学名), 利用方法
1.	34. <i>Micromelum minutum</i> (蜜源)	5.	22. <i>Shirakiopsis indica</i> (魚毒)
2.	10. <i>Gauga floribunda</i> (染料)	6.	09. <i>Salmalia malabarica</i> (繊維-実)
3.	15. <i>Caesalpinia sappan</i> (染料)	7.	03. <i>Mitrephora polypyrrera</i> (園芸-花)
4.	22. <i>Shirakiopsis indica</i> (染料)	8.	42. <i>Manilkara kauki</i> (園芸-街路樹)

2.2.2 チョウ類の種数増加の観点から

チョウ類が生物多様性を判定する指標として役立つ理由の一つとして、多くの種が食餌植物(食草)を限定することによる。逆に言えば、それら食草が生育していない限り、チ

ヨウ類は分布域を拡大することはできない。

スカロー地域での植栽候補樹木を、昆虫相の生物多様性の増加の観点から抽出するため、本事業で調査した3地域Sekaroh, Suranadi, Gunung Tunak地域で確認された種の食草を、科ごとに整理した(表-5~表-9)。

1) セセリチョウ科

セセリチョウ科は、イネ科草本やヤシ科、ヤマノイモ科を食草とする種が本事業の調査で確認された。イネ科とヤシ科については食糧生産と密接に関係する種も多く、害虫という視点から捉えられる場合もある。スカローで育成が行われていないヤシ科植物を食草とする種を除き、殆どがスカローでも確認されている。

2) アゲハチョウ科

アゲハチョウ科は、バンレイシ科やミカン科、モクレン科、クスノキ科等樹木を食草とする種と、ウマノスズクサ科(蔓性木本)を食草とする種が本事業の調査で確認された。バンレイシ科やミカン科を食草とする種については、各家庭での果樹栽培を推奨することによりStepping Stone corridorを作り出すことが可能だと思われる。また、ウマノスズクサ科については、絶滅危惧種とされる *Troides* 属の食草にもなっている。ウマノスズクサ科は林床や林縁に生育する種で、その資源量の減少が *Troides* 属の減少に繋がっている。ウマノスズクサ科の一部の種は園芸植物として観賞植物(花)や緑蔭植物としても用いられる。また、薬用植物としても活用されている。それらを目的とした植栽を推奨することも手段の一つと考えられる。

3) シロチョウ科

シロチョウ科は、毒草であるトウダイグサ科やジンチョウゲ科を食草とする種、フウチョウソウ科やマメ科、サトイモ科、ウリ科を食草とする種が本事業の調査で確認された。スカローでは全種が確認されており、その理由としては、フウチョウソウ科植物は棘を有すること、トウダイグサ科植物等は有毒であること等から、家畜の食害等を免れていりことが要因の一つと考えられる。

4) シジミチョウ科

シジミチョウ科は、マメ科等の草本類を食草とする草原性種と、カキノキ科やブナ科、ニレ科等の樹木を食草とする森林性種が本事業の調査で確認された。カキノキ科については、Gunung Tunakで抽出された種も含まれており、これらをスカローに植栽するとともにStepping stone corridorとしての森林造成を、Gunung Tunak とスカローの間に行うことにより、これらの種の誘導が期待できる。

5) タテハチョウ科

タテハチョウ科は、キョウチクトウ科やガガイモ科等の有毒植物を食草とするグループと、マメ科やムラサキ科、キツネノマゴ科、シソ科、イネ科等の草本植物を食草とする種が、本事業の調査で確認された。

表-5 Hesperiiidae (セセリチョウ科)

	種名	調査地			食草
		*1	*2	*3	
1	<i>Borbo cinnara</i>	○	○	○	イネ科(<i>Setaria</i> , <i>Axonopus</i> , <i>Rottboellia</i> , <i>Brachiaria</i> 属)
2	<i>Gangara thyrasis</i>		○		ヤシ科(<i>Cocos</i> , <i>Calamus</i> , <i>Phoenix</i> , <i>Licuala</i> 属)
3	<i>Parnara apostata</i>	○	○		イネ科(<i>Apluda</i> , <i>Oryza</i> 属)
4	<i>Pelopidas agna</i>	○	○		イネ科(<i>Lophatherum</i> , <i>Paspalum</i>)
5	<i>Pelopidas conjunctus</i>	○	○		イネ科(<i>Panicum</i> 属)
6	<i>Potanthus fettingi</i>	○			???
7	<i>Tagiades japedus</i>	○	○		ヤマノイモ科(<i>Dioscorea</i> 属)
8	<i>Tagiades ultra</i>		○		ヤマノイモ科(<i>Dioscorea</i> 属)
9	<i>Taractrocera nigrolimbata</i>	○	○		???
10	<i>Telicota augias</i>			○	???

*1: Sekaroh, *2: Suranadi, *3: Gunung Tunak

表-6 Papilionidae (アゲハチョウ科)

	種名	調査地			食草
		*1	*2	*3	
1	<i>Graphium agamemnon</i>	○	○	○	バンレイシ科(<i>Annona</i> , <i>Artabotrys</i> , <i>Goniothalamus</i> , <i>Milliusa</i> , <i>Mitrephora</i> , <i>Polyalthia</i> , <i>Uvaria</i> 属), モクレン科(<i>Michelia</i> 属), クスノキ科(<i>Cinnamomum</i> 属)
2	<i>Graphium doson</i>	○		○	バンレイシ科(<i>Desmos</i> , <i>Miliusa</i> , <i>Polyalthia</i> , <i>Uvaria</i> 属), モクレン科(<i>Magnolia</i> , <i>Michelia</i> 属)
3	<i>Graphium sarpedon</i>				バンレイシ科(<i>Miliusa</i> , <i>Polyalthia</i> 属), モクレン科(<i>Michelia</i> 属), クスノキ科(<i>Alseodaphne</i> , <i>Cinnamomum</i> , <i>Litsea</i> , <i>Persea</i> 属)
4	<i>Pachliopta aristolochiae</i>			○	ウマノスズクサ科(<i>Aristolochia</i> , <i>Thottea</i> 属)
5	<i>Papilio demoleus</i>				ミカン科(<i>Acronychia</i> , <i>Aegle</i> , <i>Atalanta</i> , <i>Chloroxylon</i> , <i>Citrus</i> , <i>Glycosmis</i> , <i>Microcitrus</i> , <i>Murraya</i> , <i>Ruta</i> 属), クロウメモドキ科(<i>Ziziphus</i> 属)
6	<i>Papilio demolion</i>		○		ミカン科(<i>Citrus</i> , <i>Euodia</i> , <i>Luvunga</i> 属)
7	<i>Papilio helenus</i>		○		ミカン科(<i>Citrus</i> , <i>Euodia</i> , <i>Fortunella</i> , <i>Phellodendron</i> , <i>Poncirus</i> , <i>Toddalia</i> , <i>Zanthoxylum</i> 属)
8	<i>Papilio memnon</i>	○	○	○	ミカン科(<i>Citrus</i> , <i>Fortunella</i> 属)
9	<i>Papilio peranthus</i>		○	○	???
10	<i>Papilio polytes</i>	○		○	ミカン科(<i>Aegle</i> , <i>Atalantia</i> , <i>Citrus</i> , <i>Glycosmis</i> , <i>Murraya</i> 属)
11	<i>Troides helena</i>		○	○	ウマノスズクサ科(<i>Aristolochia</i> , <i>Bragantia</i> 属)

*1: Sekaroh, *2: Suranadi, *3: Gunung Tunak

表-7 Pieridae (シロチョウ科)

	種名	調査地			食草
		*1	*2	*3	
1	<i>Appias albina</i>	○		○	トウダイグサ科(<i>Drypetes</i> 属)
2	<i>Appias lyncida</i>	○		○	フウチョウソウ科(<i>Capparis, Crataeva</i> 属)
3	<i>Appias olferna</i>	○			フウチョウソウ科(<i>Capparis</i> 属)
4	<i>Belenois java</i>	○		○	フウチョウソウ科(<i>Apophyllum, Capparis</i> 属)
5	<i>Catopsilia pomona</i>	○	○	○	マメ科(<i>Bauhinia, Butea, Cassia, Pterocarpus, Senna, Sesbania</i> 属)
6	<i>Catopsilia pyranthe</i>	○			マメ科(<i>Cassia, Crotalaria, Ormocarpum, Senna, Sesbania</i> 属), サトイモ科(<i>Colocasia</i> 属), ジンチョウゲ科(<i>Gnidia</i> 属)
7	<i>Catopsilia scylla</i>	○			マメ科(<i>Cassia, Senna</i> 属)
8	<i>Cepora iudith</i>	○	○	○	フウチョウソウ科(<i>Capparis</i> 属)
9	<i>Cepora nerissa</i>	○		○	フウチョウソウ科(<i>Capparis</i> 属)
10	<i>Cepora perimale</i>	○		○	フウチョウソウ科(<i>Capparis</i> 属)
11	<i>Cepora temena</i>	○		○	???
12	<i>Eurema hecabe</i>	○	○	○	マメ科(<i>Abrus, Acacia, Aeschynomene, Albizzia</i> 属), トウダイグサ科, ウリ科
13	<i>Hebomoia glaucippe</i>	○	○	○	フウチョウソウ科(<i>Capparis, Crataeva</i> 属)
14	<i>Ixias reinwardtii</i>	○		○	???
15	<i>Leptosia nina</i>	○	○	○	フウチョウソウ科(<i>Capparis</i> 属)

*1: Sekaroh, *2: Suranadi, *3: Gunung Tunak

表-8 Lycaenidae (シジミチヨウ科)

	種名	調査地			食草
		*1	*2	*3	
1	<i>Acytolepis puspa</i>		○	○	トウダイグサ科(<i>Glochidion</i> 属), ツツジ科(<i>Rhododendron</i> 属), マンサク科(<i>Distylium</i> 属), バラ科(<i>Prunus, Rosa</i> 属), ヤマモモ科(<i>Myrica</i> 属), ブナ科(<i>Quercus</i> 属), ニレ科(<i>Celtis</i> 属), ユキノシタ科(<i>Astilbe</i> 属), ムクロジ科(<i>Schleichera</i> 属), キントラノオ科(<i>Hiptage</i> 属), マメ科(<i>Xylia</i> 属)
2	<i>Amblypodia narada</i>			○	???
3	<i>Caleta sp. (nr. roxus)</i>			○	
4	<i>Castalius rosimon</i>	○		○	クロウメモドキ科(<i>Zizyphus</i> 属)
5	<i>Catochrysops strabo</i>	○		○	マメ科(<i>Desmodium, Ougeinia</i> 属), ムクロジ科(<i>Schleichera</i> 属)
6	<i>Everes lacturnus</i>	○			マメ科(<i>Desmodium, Lotus, Trifolium</i> 属)
7	<i>Jamides alecto</i>		○		???
8	<i>Lampides boeticus</i>	○			マメ科(<i>Crotalaria, Cytisus, Dolichos, Lathyrus, Medicago, Spartium, Sutherlandia</i> 属), ヒメハギ科(<i>Polygala</i> 属)
9	<i>Nacaduba kurava</i>		○	○	サクランノウ科(<i>Ardisia</i> 属), ヤブコウジ科(<i>Myrsine</i> 属)
10	<i>Neopithecops zalmora</i>		○	○	カキノキ科(<i>Diospyros</i> 属), ミカン科(<i>Glycosmis</i> 属)
11	<i>Prosotas dubiosa</i>	○			マメ科(<i>Acacia, Albizia, Archidendron, Cajanus, Dalbergia, Leucaena</i> 属), ムクロジ科(<i>Alectryon, Harpullia, Litchi</i> 属), ヤマモガシ科(<i>Macadamia</i> 属)
12	<i>Prosotas nora</i>	○			マメ科, ムクロジ科
13	<i>Prosotas sp.</i>			○	
14	<i>Theclinesthes miskini</i>	○			マメ科(<i>Acacia, Paraserianthes, Sesbania</i> 属), ムクロジ科(<i>Alectryon, Atalaya</i> 属), ヤマモガシ科(<i>Hakea</i> 属), フトモモ科(<i>Eucalyptus</i> 属)
15	<i>Zizeeria karsandra</i>	○			マメ科(<i>Medicago, Melilotus, Trifolium, Zornia</i> 属), ザクロソウ科(<i>Glinus</i> 属), ハマビシ科(<i>Tribulus</i> 属), ヒユ科(<i>Amaranthus</i> 属)
16	<i>Zizina otis</i>	○			マメ科(<i>Alysicarpus, Desmodium, Glycine, Indigofera, Mimosa</i> 属)
17	<i>Zizula hylax</i>	○			キツネノマゴ科(<i>Hygrophila, Phaulopsis</i>)

*1: Sekaroh, *2: Suranadi, *3: Gunung Tunak

表-9 Nymphalidae (タテハチョウ科)

	種名	調査地			食草
		*1	*2	*3	
1	<i>Acraea terpsicore</i>	○			マメ科, トケイソウ科
2	<i>Amathusia phidippus</i>		○		ヤシ科(<i>Cocos</i> 属)
3	<i>Anosia affinis</i>	○			???
4	<i>Anosia chrysippus</i>	○			キョウチクトウ科(<i>Asclepias, Calotropis, Caralluma, Ceropogia, Cryptolepis, Cynanchum, Gomphocarpus, Kanahia, Leptadenia, Marsdenia, Metaplexis, Orbea, Oxystelma, Pentatropis, Pergularia, Periploca, Pleurostelma, Secamone, Stathmostelma, Tylophora</i> 属), ガガイモ科(<i>Aspidoglossum, Leichardtia</i> 属)
5	<i>Anosia genutia</i>	○	○		マメ科(<i>Crotalaria</i> 属), ムラサキ科(<i>Heliotropium</i> 属)
6	<i>Ariadne ariadne</i>	○		○	トウダイグサ科(<i>Ricinus, Tragia</i> 属)
7	<i>Cethosia penthesilea</i>	○		○	トケイソウ科(<i>Adenia</i> 属)
8	<i>Cupha erymanthis</i>	○		○	ヤナギ科(<i>Flacourtia, Scolopia, Xylosma</i> 属), トウダイグサ科(<i>Glochidion</i> 属), ムクロジ科(<i>Lepisanthes</i> 属)
9	<i>Doleschallia bisaltide</i>		○		クワ科(<i>Artocarpus</i> 属), キツネノマゴ科(<i>Girardina, Graptophyllum, Pseuderanthemum, Ruellia, Strobilanthes</i> 属), ロウバイ科(<i>Calycanthus</i> 属)
10	<i>Elymnias hypermnestra</i>		○		ヤシ科(<i>Calamus, Cocos, Phoenix</i> 属)
11	<i>Euploea climena</i>			○	???
12	<i>Euploea eleusina</i>	○	○	○	???
13	<i>Euploea leucostictos</i>	○		○	クワ科(<i>Ficus</i> 属)
14	<i>Euploea midamus</i>			○	キョウチクトウ科(<i>Strophanthus</i> 属)
15	<i>Euploea modesta</i>	○	○		キョウチクトウ科(<i>Nerium</i> 属), クワ科(<i>Ficus</i> 属)
16	<i>Euploea mulcibar</i>		○		???
17	<i>Euploea sylvester</i>	○		○	クワ科(<i>Ficus</i> 属), キョウチクトウ科(<i>Gymnema, Ichnocarpus</i> 属), ガガイモ科
18	<i>Euploea tulliolus</i>	○		○	クワ科(<i>Ficus, Trophis</i> 属), キョウチクトウ科(<i>Nerium</i> 属)
19	<i>Hypolimnias anomala</i>	○		○	イラクサ科(<i>Pipturus, Pouzolzia, Villebrunea</i> 属), トウダイグサ科(<i>Claoxylon</i> 属)
20	<i>Hypolimnias bolina</i>	○	○	○	アオイ科(<i>Malva, Triumphetta, Sida</i> 属), イラクサ科(<i>Elatostema, Fleurya, Laportea, Urtica</i> 属), スベリヒユ科(<i>Portulaca</i> 属), キツネノマゴ科(<i>Asystasia, Pseuderanthemum, Synedrella</i> 属)
21	<i>Hypolimnias misippus</i>	○	○		スベリヒユ科(<i>Portulaca</i> 属), キツネノマゴ科(<i>Asystasia</i> 属)
22	<i>Ideopsis juvena</i>	○	○	○	???
23	<i>Junonia atlites</i>	○	○		キツネノマゴ科(<i>Asteracantha, Barleria, Hygrophila</i> 属), ヒユ科(<i>Alternanthera</i> 属)
24	<i>Junonia erigone</i>	○		○	???

	種 名	調査地			食 草
		*1	*2	*3	
25	<i>Junonia hedonia</i>	○		○	キツネノマゴ科(<i>Hemigraphis</i> , <i>Ruellia</i> 属)
26	<i>Junonia iphita</i>		○		キツネノマゴ科(<i>Hygrophila</i> , <i>Justicia</i> , <i>Lepidagathis</i> , <i>Strobilanthes</i> 属)
27	<i>Junonia orithya</i>	○			ゴマ科(<i>Angelonia</i> , <i>Antirrhinum</i> , <i>Cycnium</i> , <i>Misopates</i> , <i>Plantago</i> 属)バンレイシ科(<i>Annona</i> 属), キツネノマゴ科(<i>Asystasia</i> , <i>Hygrophila</i> , <i>Justicia</i> , <i>Lepidagathis</i> , <i>Plectranthus</i> , <i>Pseuderanthemum</i> , <i>Thunbergia</i> 属), ハマウツボ科(<i>Buchnera</i> , <i>Striga</i> , <i>Graderia</i> 属), ヒルガオ科(<i>Ipomoea</i> 属), クマツヅラ科(<i>Phyla</i> 属), スミレ科(<i>Viola</i> 属), シソ科(<i>Englerastrum</i> , <i>Plectranthus</i> 属)
28	<i>Junonia villida</i>	○			キツネノマゴ科(<i>Hygrophila</i> 属), キク科(<i>Epaltes</i> 属), シソ科(<i>Evolvulus</i> 属), マツムシウ科(<i>Scabiosa</i> 属), リンドウ科(<i>Centaurium</i> 属), クサトベラ科(<i>Scaevola</i> 属), ゴマ科(<i>Plantago</i> 属), スベリヒユ科(<i>Portulaca</i> 属), クマツヅラ科
29	<i>Lethe europa</i>			○	イネ科(<i>Bambusa</i> 属)
30	<i>Lexias aegle</i>		○		???
31	<i>Libythea geoffroy</i>			○	ニレ科(<i>Celtis</i> 属)
32	<i>Melanitis leda</i>	○			イネ科(<i>Andropogon</i> , <i>Brachiaria</i> , <i>Cynodon</i> , <i>Eleusine</i> , <i>Imperata</i> , <i>Oplismenus</i> , <i>Oryza</i> , <i>Panicum</i> , <i>Rotboellia</i> 属, 竹類)
33	<i>Mycalesis janardana</i>		○		???
34	<i>Mycalesis mineus</i>	○	○		イネ科(<i>Axonopus</i> 属)
35	<i>Neptis hylas</i>	○	○	○	マメ科(<i>Desmodium</i> 属)
36	<i>Orsotriaena medus</i>		○		イネ科(<i>Brachiaria</i> , <i>Oryza</i> , <i>Saccharum</i> 属)
37	<i>Pantoporia hordonia</i>	○	○	○	マメ科(<i>Acacia</i> , <i>Albizzia</i> , <i>Archidendron</i> , <i>Parkia</i> 属)
38	<i>Phaedyra columella</i>			○	マメ科(<i>Derris</i> , <i>Pterocarpus</i> 属)
39	<i>Phalanta phalantha</i>	○		○	キツネノマゴ科(<i>Barleria</i> 属), アカネ科(<i>Canthium</i> , <i>Coffea</i> 属), ヤナギ科(<i>Dovyalis</i> , <i>Flacourtia</i> , <i>Populus</i> , <i>Salix</i> , <i>Scolopia</i> , <i>Trimeria</i> , <i>Xylosma</i> 属), ウルシ科(<i>Mangifera</i> 属), ニシキギ科(<i>Maytenus</i> 属), フトモモ科(<i>Melaleuca</i> 属), ピクトデンドロン科(<i>Petalostigma</i> 属), サルスベリ科(<i>Smilax</i> 属), キク科(<i>Tridax</i> 属)
40	<i>Tanaecia palguna</i>		○		???
41	<i>Tirumala hamata</i>	○			キョウチクトウ科(<i>Cryptostegia</i> , <i>Cynanchum</i> , <i>Heterostemma</i> , <i>Hoya</i> , <i>Leichardtia</i> , <i>Marsdenia</i> , <i>Parsonsia</i> , <i>Tylophora</i> 属)
42	<i>Tirumala ishmoides</i>			○	???
43	<i>Tirumala limniace</i>	○		○	キョウチクトウ科(<i>Asclepias</i> , <i>Calotropis</i> , <i>Dreggea</i> , <i>Epibaterium</i> , <i>Heterostemma</i> , <i>Hoya</i> , <i>Marsdenia</i> 属)

	種 名	調査地			食 草
		*1	*2	*3	
44	<i>Vindula dejone</i>	○		○	トケイソウ科(<i>Adenia</i> , <i>Passiflora</i> 属)
45	<i>Yoma sabina</i>	○		○	キツネノマゴ科(<i>Dipteracanthus</i> , <i>Ruellia</i> 属)
46	<i>Ypthima aphnius</i>		○		???

*1: Sekaroh, *2: Suranadi, *3: Gunung Tunak

2.3 樹種導入の留意事項

対象地域の林種改良やStepping stone corridorの造成のために、他地域から種子・苗木を導入するにあたっては、種子や苗の供給源になる森林に負荷を与えることは避けなければならない。

そのためには、

☆ 採取可能量の把握

☆ 育苗，養苗，植栽，移植，保育管理のための適正な技術が各樹種ごとに確立されること

☆ 植栽場所の適切な整備・準備による歩留まり（活着率）の向上

等に気をつけなければならない。

また、「はじめに」で述べたように、遺伝子レベルでの生物多様性に配慮するためには、対象地域に残存している個体を母樹とした苗木を用いることが望まれる。もし、地域内にそのような個体が残存していたら、母樹指定をして保護すること、その母樹の次世代を育成することが望まれる。