

# JIRCAS プロジェクト「熱帯林再生のための アグロフォレストリー技術の開発」

中村松三<sup>\*1</sup>・横田康裕<sup>\*2</sup>

## 1. はじめに

(独)国際農林水産業研究センター (Japan International Research Center for Agricultural Sciences : 以下 JIRCAS) は 1970 年に発足した農林省熱帯農業研究センターを前身とし、1993 年に国際農林水産業研究センターとして改組され、2001 年に独立行政法人化した研究機関である。JIRCAS は 2000 年から国際プロジェクト研究として「熱帯林再生のためのアグロフォレストリー技術の開発」を実施してきた。2007 年 3 月、プロジェクトは所期の目的を達成し終了した。ここにプロジェクトの概要と、その主な成果を紹介したい。

## 2. プロジェクトの背景

プロジェクトはマレーシアのサバ州で実施した(図 1)。サバ州の森林面積は 2004 年時点で約 438 万 ha あり、サバ州の総面積約 737 万 ha (北海道より少し小さい) の約 60% に相当する。1973 年には約 636 万 ha の森林があったことから(森林率約 86%), これまでに約 200 万 ha の森林が農用地等に転用され減少したことになる。更に、残っている森林の約 60% についても既に抾伐が入っている。これらの森林は十分な期間をおかず再度抾伐が行われ、資源の劣化が進んでいる。このような状況の中、一方で造林の取り組みが 1970 年代に本格化し、2004 年には人工林面積は約 20 万 ha となった(全森林面積の 4.6%)。人工林面積の約 53% が早成樹人工林によって占められ、その約 70% はマンギウムアカシアである。マンギウム・チップが 2005 年以降北部サバを中心に輸出され始めてはいるが、今まで長い間マンギウムアカシア林は林業的にあまり利用

---

Shozo Nakamura and Yasuhiro Yokota : Research Project on Development of Agroforestry Technology for the Rehabilitation of Tropical Forest

\*<sup>1</sup>(独)森林総合研究所, \*<sup>2</sup>(独)国際農林水産業研究センター

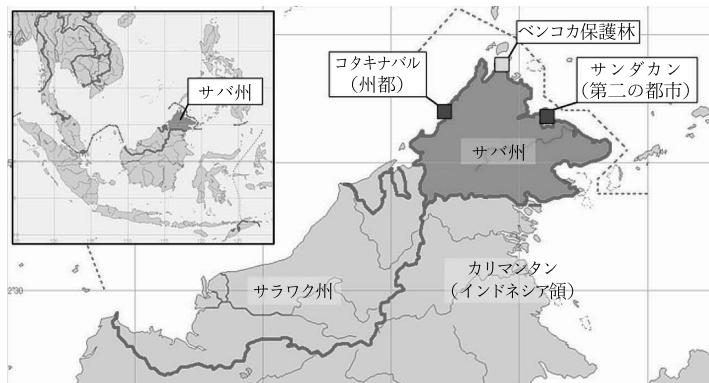


図 1 マレーシア・サバ州の位置

されない状況下に置かれている。

近年、森林管理において生物多様性はますます重要視されなければならない要因となっている。マレーシア・サバ州が所在するボルネオ島の森林は、世界的に見ても生物多様性が最も高い熱帯林の一つである。しかし、前述のように実際は森林資源の減少・低質化・モノカルチャー化が進み、生物多様性の危機を示すホットスポットの一つになっている。そこで本来の多様性豊かなボルネオ熱帯林を再生させる技術が求められている。

### 3. プロジェクトの概要

#### 1) プロジェクトの目的

プロジェクトでは主に、マンギウムアカシア等の放置された早成樹人工林を保護樹として利用し、保護樹の林冠下で郷土樹種や換金作物を育成・栽培する技術の開発を目的とした。一般にフタバガキ科等の郷土樹種の育成には保護樹を利用した樹下植栽の有効性が指摘されている。その有効性の評価と、具体的な樹下植栽技術の開発を行うこととした。また、長期間を要する熱帯林再生の取り組みには周辺住民の協力が不可欠であるので、栽培可能な換金作物を探査し、郷土樹種育成に組み合わせたアグロフォレストリー技術を開発することとした。

#### 2) 共同研究機関

プロジェクトはサバ州林業局 (Sabah Forestry Department) を相手方機関

として実施した。具体的な研究活動は、林業局において試験研究を担当する森林研究センター (Forest Research Centre : 以下 FRC) の研究員をカウンターパートとして実施した。FRC は林業局と同様に、太平洋戦争時まで州都であった東海岸のサンダカン市に所在する。

### 3) 試験地

プロジェクトの試験地はサンダカン近郊にある FRC 所管のグム・グム (Gum-Gum), コラピス (Kolapis), セガリウド・ロカン (Segaliud-lokan) の各実験林に設定した。コラピスに設定されたマンギウムアカシアの間伐・樹下植栽試験地が本プロジェクトの中核試験地となり、そこから数多くのデータや知見を得ている。本報告でもこの試験地の成果を紹介するので、以下にその概要を記す。

2002 年 4 月, 14 年生マンギウムアカシア林 (1.6 ha, 553 本/ha, 植栽間隔 3 × 3 m, 平均直径 25.4 cm, 平均樹高 29 m) に対して列状間伐処理を施した。3 列を 1 単位とし, 3 列のうち 1 列を間伐する 33% 間伐区 (平均相対照度約 25%) と, 3 列のうち 2 列を間伐する 66% 間伐区 (同上約 38%) である。さらに, マンギウムアカシアを間伐せずそのまま存置した無間伐区 (同上約 6%), それと対照としての裸地区 (同上 100%) を設定している。

2003 年 3 月, フタバガキ科樹種として *Dryobalanops lanceolata* (カプールバジ), *Parashorea tomentella* (ウラッマタ), *Shorea beccariana* (セラヤランガイ), *S. pilosa* (カワンブル), *S. mécistopteryx* (カワンブルン), *S. parvifolia* (セラヤプナイ), *S. smithiana* (セラヤティムバウ), 鄕土貴重樹種として *Eusideroxylon zwageri* (ブリアン・ボルネオ鉄木), *Aquilaria malaccensis* (ガハル・沈香), 鄉土早成樹として *Octomeles sumatrana* (ビヌアン), *Azadirachta excelsa* (センタン) を, 前述の各区に植栽した (写真 1)。上記樹種の他, 熱帯果樹や農作物 23 種についても同時に同様な方法で植栽した。

## 4. プロジェクト研究成果の概要

プロジェクトを通じて得られた研究成果の詳細は「5. 研究成果の普及, 3) アグロフォレストリー実施マニュアル」に紹介の書籍<sup>1)</sup> (JIRCAS のホームページからダウンロード可) を参照いただくとし, ここではプロジェクトで得られた研究成果をトピック的に紹介したい。その前に二葉の写真を比較してもらいたい (写真 1, 2)。本プロジェクトの中核となったマンギウムアカシア間伐・樹下植栽試験地のいわゆる Before and After である。わずか 4 年に満た

ない期間で、果樹を初め樹下植栽された多様な樹種は樹高 10 m 以上に、フタバガキ科樹種でも 4~5 m に達している。プロジェクトが初期の目的を達して成功したと考える根拠である。

### 1) 保護樹の効果

樹下植栽した郷土樹種のうち、*D. lanceolata*, *S. beccariana*, *S. parvifolia*, *S. smithiana*, *S. pilosa*, *S. meciostopteryx*, *E. zwageri*, *A. malaccensis* の 8 種は、初期生存率（植栽 7 ヶ月後の生存率）が大きく落ち込んだ裸地区に比べ、林内区ではいずれの樹種も 80 % を超えた。また同様に、初期樹高成長（植栽後 7 ヶ月間の平均伸長量）を調べたところ相対照度 20~30% で最大になることが分かった。以上から上記郷土樹種については保護樹の効果・必要性が認められた。一方、*P. tomentella*, *O. sumatrana*, *A. excelsa* の 3 種は、裸地区において初期樹高成長、初期生存率ともに良く、保護樹の必要性が認められなかった。

保護樹の効果・必要性が高かった郷土樹種 8 種について、植栽後約 4 年が経過した生存個体の成長を計測した結果、いずれも林内での樹高成長が裸地区よりも良かった。*S. beccariana*, *E. zwageri*, *A. malaccensis* については、直径成長においても林内の方が裸地区よりも良く、これらの樹種はより保護樹の効果・必要性が高いことが分かった。

### 2) 保護樹に適した樹種

アグロフォレストリーの保護樹としての有用性は、樹下植栽植物に対する被



写真 1 マンギウムアカシア間伐林内に植栽される郷土樹種等の苗木 (2003年3月)



写真 2 マンギウムアカシア間伐林内で旺盛に育つ郷土樹種等の植栽樹 (2006年11月)

陰効果、保護樹の生産性と取り扱いの難易ならびに材の利用価値等の要件によって決まると考える。サバ州で植林されている外来樹種7樹種, *Araucaria cunninghamii* (ナンヨウスギ), *Pinus caribaea* (カリビアマツ), *Swietenia macrophylla* (オオバマホガニー), *Acacia mangium* (マンギウムアカシア), *Paraserianthes falcataria* (モルッカネム), *Terminalia ivorensis* (フラミレ), *Gmelina arborea* (キダチヨウラク)について、各々の要件に関わる因子を本試験結果と文献から総合的に解析した結果、保護樹の有用性に関わる要件をすべて十分満たしている樹種はなかったが、薬用植物を含めた植栽木に対する被陰効果、林分成長速度、材利用の可能性等（及びサバ州での造林面積）から、マンギウムアカシアが7樹種の中でもっとも保護樹に適していると判断した<sup>2)</sup>。

### 3) 換金作物としての薬用植物ノニの有用性

換金作物候補として果樹や薬用植物等23種の実生苗をマンギウムアカシア間伐林に樹下植栽し、それらの生存率、成長を計測した結果、薬用植物 *Morinda citrifolia* (現地名 Mengkudu, 通称ノニ) が以下の性質から有力候補であることを見出した。ノニは植栽後1年以内に果実を収穫できる唯一の植物であった（写真3）。しかもその後通年かつ2週間～1ヶ月の間隔で果実が収穫でき、さらにその果実は野生動物の食害を受けないことも分かった。ノニは東南アジアからオーストラリア、太平洋諸島に分布するアカネ科の常緑樹で、成長すると3m～10mになる<sup>3)</sup>。日本でも琉球諸島や小笠原諸島に分布しており、和名をヤエヤマアオキという。

その果実にはアミノ酸、ビタミン、ミネラル、スコポレチン等の栄養素がバランス良く含まれていると言うことで、その加工品であるジュースが健康食品・健康飲料ノニジュースとして販路を拡げており、最近日本でも市販されている。

ノニの果実収量は裸地で最も収量が多かったが、間伐林内でも裸地区の7～13%の果実が継続的に収穫でき、成長に伴い収量は増加した。また、ノニの果



写真3 左上：ノニの果実、右上：間伐林冠下で生育するノニ、左下：現地販売のノニジュース、右下：日本の店頭で販売されるノニジュース

実収量には間伐率と斜面地形が有意な効果を示し、斜面上部で66%間伐区に植栽されたノニが最も多い果実収量を示した。斜面上部の土壤水分含量は斜面下部よりも年間を通じて低い値を示しており、また表層10cmにおける土壤の透水性は斜面上部で高かったことから（斜面上部  $1.6 \times 10^{-2} \sim 2.7 \times 10^{-3}$  cm/s, 斜面下部  $2.0 \times 10^{-3} \sim 2.6 \times 10^{-5}$  cm/s）、斜面上部の66%間伐区におけるノニの収量増加には、明るさの他に植栽立地の水はけの良さが関係していると推察された。保護樹を間伐し光環境改善を図るほか、水はけの良い立地を植栽地に選ぶことで、より多くのノニの果実が収穫できることも分かった。

## 5. 研究成果の普及

### 1) 展示林の造成

サバ州北部にベンコカ保護林（6,270 ha）がある（図1、写真4）。この保護林では1960年代から商業伐採が行われ、1984年に水源保安林として指定されるまでそれが続いた。その後、乾燥した気候や痩せた土地、度重なる野火により森林は更に劣化し、現在では、保安林とは名ばかりの草本・灌木地となっている。周辺のマンギウムアカシア人工林から天然更新してきたマンギウム林がそのエリア内に成立している。サバ州林業局は第9次マレーシア計画（略称RMK9、2006～2010年）の中で、このような劣化した植生を郷土樹種からなる森林に転換させる再生事業に着手した。このRMK9計画には正に我々が7年かけて実施してきたプロジェクト成果が組み込めることが分かり、2006年3月にこのRMK9計画への支援の意味も込めてベンコカ保護林内に展示林を造成した。

天然更新したマンギウムアカシア林を15m間隔で帯状伐採し、その伐採跡地に短期換金作物としてプロジェクトで見いだした薬用植物ノニと長期換金作物としてゴムノキを植栽した。残したマンギウムアカシアを保護樹として、その林冠下に郷土樹種による森林再生の主体となるフタバガキ科樹種 (*D. lanceolata*, *S. parvifolia*, *S. argentea*)



写真4 ベンコカ保護林の植生

*tifolia* (セラヤダウンマス)) を植え込んだ。FRC のカウンターパートが定期的に成長調査を継続しているが、現地からはフタバガキ科樹種の生育が非常に順調だということと、ノニが既に着果しはじめているとの情報が入ってきている。RMK9 の森林再生計画にこの展示林が大いに役立つことを願っている。

## 2) ワークショップ開催

プロジェクトの中間ワークショップを 2004 年 12 月に、最終ワークショップを 2006 年 11 月にサンダカン市内で開催した。それぞれ 13 題、14 題の研究成果が日本・マレーシア双方の研究者によって発表された。両ワークショップとも政府関係機関、大学、木材関連企業・団体、コンサルタント、NGO を含め、90 名を超える参加があった。最終ワークショップでは、サバ州内での熱帯林再生のためのアグロフォレストリー技術の開発と普及について、ワークショップ実行委員会が討議総括を行い、以下の提言を発表した。この提言はサバ林業局のホームページにもアップされた。

### <提言>

#### (1) アグロフォレストリー技術の開発について

- ① 荒廃地の森林再生にマンギウムアカシアのような造林樹種を保護樹として利用することを推進する。
- ② 保護樹の林冠下には積極的にフタバガキ類のような郷土樹種を植栽する。
- ③ アグロフォレストリーにおける薬用植物等の短期換金作物と保護樹や郷土樹種との複合栽培に関連して、適応立地の解明や栽培技術の改善についてさらなる研究を進める。
- ④ アグロフォレストリー技術開発について情報を共有する関係機関の密接な協力関係を育成する。

#### (2) サバにおけるアグロフォレストリー技術の適用について

- ① 政府機関、大学、NGO 他、関係各団体はサバでアグロフォレストリーを定着させるよう、なお一層努力する。
- ② 荒廃地（荒廃した森林を含む）で実施する森林再生・森林修復計画においてアグロフォレストリー技術を奨励する。
- ③ アグロフォレストリー技術を使った森林再生・修復計画への地域住民の参画を推進する。
- ④ 上記計画の実施にあたっては、影響を受ける地域社会の諸問題、ニーズや権利等の事項に十分な考慮を払う。
- ⑤ アグロフォレストリーで対象となる短期換金作物のサバでのマーケット

や流通経路の更なる開発を行う。

- ⑥ アグロフォレストリー技術の推進に際し、実行できる計画にて着実に実施する。
- ⑦ 保護林内でのアグロフォレストリーの実施に際しては、目的に合致した適切な仕組みと指針のもと実践する。

### 3) アグロフォレストリー実施マニュアル

サバ州における熱帯林再生のためのアグロフォレストリー実施マニュアルとして「Agroforestry Approach to the Rehabilitation of Tropical Lands by Using Nurse Trees ; Research Highlights of the International Collaborative Project, "Development of Agroforestry Technology for the Rehabilitation of Tropical Forests"(December 2001-March 2007)」を2007年3月に発刊した。これは、林業局の現場責任者やNGOリーダー等の人々を対象として、アグロフォレストリーを通じて森林再生事業を実践する際に留意すべき事項を、プロジェクトの研究成果を基にまとめたものである。

## 6. おわりに

サバ林業局とのMOU締結から足かけ6年、JIRCASからFRCへ長期在外研究員として延べ6人が、また相当数の研究者が短期で出張した。プロジェクトが初期の目的を達成し終了できたのも、日本・マレーシア双方の関係機関の支援があったからこそと考える。紙面を借りて謝意を表したい。最後に、JIRCAS長期在外研究員としてサンダカンのFRCへ派遣されプロジェクトに従事した加茂皓一、稻垣昌宏、横田明彦、太田敬之、山田毅、宮本和樹の各氏にも、この場を借りてあらためて敬意を表したい。

〔参考文献〕 1) JIRCAS-SFD Joint Research Project (Ed.) (2007) Agroforestry Approach to the Rehabilitation of Tropical Lands by Using Nurse Trees ; Research Highlights of the International Collaborative Project, "Development of Agroforestry Technology for the Rehabilitation of Tropical Forests" (December 2001-March 2007), 70p. 2) Kamo, K. et al. (2006) Growth and survivorship of tropical rain forest tree seedlings under shaded conditions, with special initial seedling size. Development of Agroforestry Technology for the Rehabilitation of Tropical Forests 2006. 3) Species Profiles for Pacific Island Agroforestry, *Morinda citrifolia* (noni), [www.agroforestry.net/tti/Morinda-non.pdf](http://www.agroforestry.net/tti/Morinda-non.pdf)