

3.6 泥炭地質バイオマス（インドネシア）

3.6.1 背景・目的と調査方法

3.6.1.1 背景・目的

インドネシア国内には、15～20 百万 ha の泥炭地が存在しており、そのうち約 6 百万 ha はオイルパーム等の農園または産業植林の事業地として適しているとされている⁵。このため、近年、泥炭地の開発が進み、それに伴う森林減少・劣化ならびに泥炭地火災による温室効果ガスの排出及び煙害が国際的に大きな問題となっている。気候変動の緩和・適応、生物多様性保全の観点から、泥炭地火災の防止ならびに荒廃した泥炭地の修復が喫緊の課題とされている。

2015 年はエルニーニョ現象が確認され、インドネシアでは、例年より長い異常乾期中に大規模な泥炭地火災が多発し、温室効果ガスの排出ならびに近隣諸国も含めた煙害が大問題となった。これを受けて、2016 年 1 月に、インドネシア政府は、「泥炭地回復庁」を新設し、泥炭火災の防止ならびに荒廃した泥炭地、約 2 百万 ha の機能回復を計画している⁶。対象となる州は、スマトラ島のリアウ州、ジャンビ州、南スマトラ州、ならびにカリマンタン島の西カリマンタン州、中部カリマンタン州、南カリマンタン州及びパプア州である。泥炭火災の防止ならびに泥炭回復のためには、全省庁、民間、大学及び NGO 等の協力が必須との認識の基に、「泥炭地回復庁」は調整役を担う。インドネシア政府は、本政策目標の達成のため、国家予算に加えて、国際的にも多国間・二国間による資金・技術協力を各国へ要請している。

このような状況の下、本調査では、泥炭地域の保全林・保護林(コアゾーン)の周辺に存在する荒廃した泥炭地(バッファゾーン)において、在来樹種を用いた住民参加型の人工林生産地化ビジネスの展開を検討する。荒廃した泥炭地を木質バイオマスの生産地化し、持続的な経済価値を付与することにより、地域住民間に泥炭火災を防止するインセンティブを創出し、泥炭地保全に貢献することを目的とする(図 3-100)。



図 3-100. 荒廃した泥炭地を人工林生産地化することによる泥炭地保全

⁵ インドネシア泥炭コミュニティ(Himpunan Gambut Indonesia, HGI)による報告(2016年1月14日付インドネシア国内新聞)

⁶ 2016年大統領令第1号「泥炭地回復庁」

3.6.1.2 調査対象地

インドネシア国内に存在する 15～20 百万 ha の泥炭地のうち、約 3 百万 ha は中部カリマンタン州に位置している。本調査では、荒廃した泥炭地が広範囲に広がっており、森林減少・劣化の進行が深刻な地域のひとつである中部カリマンタン州を、在来樹種を用いた住民参加型の人工林ビジネスの展開対象地域とした(図 3-101)。



図 3-101. インドネシアにおける中部カリマンタン州の位置

中部カリマンタン州の面積は約 1,536 万 ha であり、そのうち泥炭地の面積は約 300 万 ha であり全面積の約 2 割を占める。荒廃した泥炭地の面積は約 129 万 ha と推定され、泥炭地面積の約 43%である(図 3-102)。

当該地域の森林減少・劣化及び泥炭層の喪失の原因の一つに、乾期における泥炭の乾燥化と火災が挙げられる。泥炭地では、地域住民による農業、企業による産業植林、オイルパームやゴム等のプランテーション栽培のため、排水用の水路が設置される。この排水路の設置により、乾期における泥炭地の乾燥が進み、地域住民や企業による火入れ地拵えが延焼すること等により、泥炭地火災が発生する。劣化した泥炭地では、林冠による被覆が失われ、直射日光により泥炭土壌が乾燥し、さらに燃えやすくなる(図 3-103)。



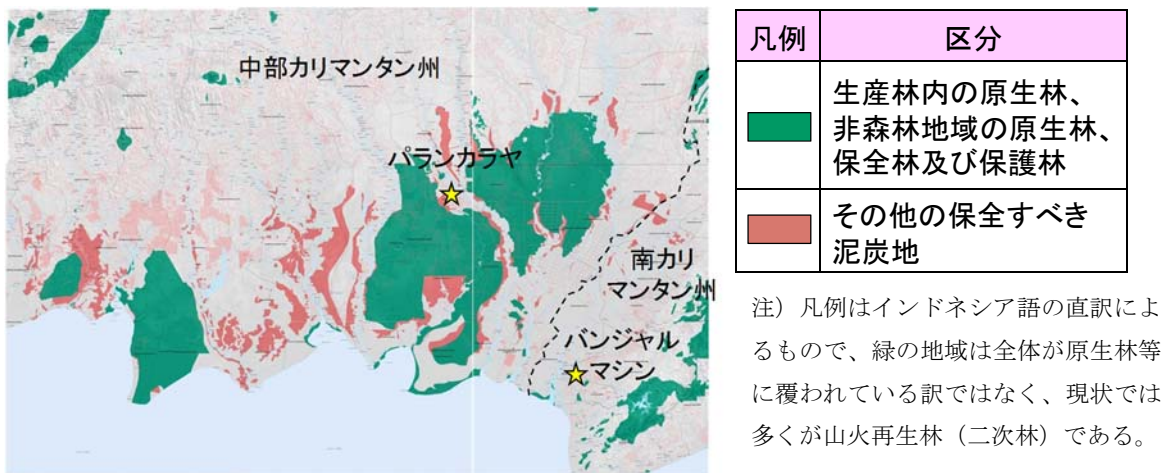
図 3-102. 泥炭地の森林と荒廃地



図 3-103. 荒廃した泥炭地における火災

この泥炭火災を防止する目的で、水位を高く維持するためのダムの建設、運河の埋め戻しによる排水抑制と森林回復の組み合わせが、企業ならびに多くの国際協力ドナーや研究機関により試みられている。

また、インドネシア政府は、原生林及び泥炭地の保全を目的として、原生林・泥炭地における新規の木材利用事業許可の発行を延期している⁷。中部カリマンタン州では、南側に分布する泥炭地がその対象となっている(図 3-104)。ただし、特例として、国家にとって必須の地熱・石油・天然ガス発電や食料安全保障上の米・サトウキビ栽培の事業は許可されている。また、生態系回復事業についても許可されている。



(出所) インドネシア林業省 GIS ウェブサイト⁸を基に作成

図 3-104. 中部カリマンタン州の新規木材利用事業許可の発行延期対象地

上記の保全地域の周辺には、生活道路や運河沿いに広がる多くの民有地、あるいは国有地であっても住民が利用可能な土地が存在している。そのような場所では、泥炭森林の保全に経済的なインセンティブがなければ、森林は伐採される。その結果、火災が起きやすいオープンスペースができ、乾期に火災が頻発することになる。この悪循環を防止するためには、保全地域(コアゾーン)の周辺地域(バッファゾーン)においても、森林被覆した状態で経済性があり、且つ持続的な土地利用方法を確立することが望まれている。

そこで、本調査では、このバッファゾーンにおいて、在来樹種を用いた住民参加型の人工林ビジネスの展開を検討する。2015年7月、エネルギー・鉱物資源省と中部カリマンタン州との間で協力合意が結ばれ、「バイオエネルギー原料生産のための統合的土地利用」の可能性調査が進行中である。この調査は、農産物の栽培には適さない貧栄養土壌エリアを特定し、企業、地域住民コミュニティの参加を得て、バイオエネルギー原料として栽培可能な作物を生産することを目的としている。また、農園廃棄物のバイオマスエネルギー利

⁷ インドネシア大統領決定(2015年第8号)原生天然林及び泥炭地管理の改善及び新規許可発行の延期について

⁸ インドネシア林業省 GIS ウェブサイト <http://webgis.dephut.go.id:8080/kemenhut/index.php/id/>

用も含めた、バリューチェーンにおける持続可能なビジネスモデルの開発を目的としている。本調査の在来樹種を用いた住民参加型の人工林ビジネスもこの可能性調査と同様に、農産物の栽培には適さない貧栄養土壌エリアが対象となると考えられる。

3.6.1.3 調査方法

生産国であるインドネシア及び消費国として想定される日本や近隣諸国について、以下の項目に関して情報収集を行い、事業化可能性の検討結果を取りまとめた。

- 生産国調査
調査対象を現地政府、関係企業・団体、住民等とし、文献調査、現地調査における関係する施設の訪問調査、ヒアリング。
- 消費国調査
調査対象を輸入業者、流通・販売業者、加工業者等とし、文献調査、ヒアリング。
- 事業化可能性の検討
文献調査、過去の検討結果の情報整理、関係行政及び民間機関へのヒアリング。

また、現地調査を下記の通り実施した。

<第一回現地調査 (2015年9月)>

中部カリマンタン州パラカラヤ周辺、行政ヒアリング等

<第二回現地調査 (2015年10月)>

中部カリマンタン州南部プランピサウ県 **Bahar** 地区植林候補地及び道路・港湾等インフラ関連調査

<第三回現地調査 (2016年1月)>

中部カリマンタン州パラカラヤ周辺の泥炭地調査
パラカラヤ大学及び現地木材流通業者ヒアリング
南カリマンタン州バンジャルマシン合板工場調査等

3.6.2 対象国における産品生産状況と課題

泥炭地は酸性かつ貧栄養で地下水位も高く、植物の成長に向かない。このため、適応する樹種は限られており、その生産性も低いことが課題である。このため、既存の泥炭地における産業植林事業では、排水路を切って排水を実施し、アカシアやユーカリ等の早成外来樹種を用いて事業を展開している。

本調査では、人工林ビジネスの展開に使用する樹種を、生物多様性配慮の観点から在来樹種に限定するとともに、泥炭地保全の観点から極端な排水をしない高水位の泥炭地でも生育可能な樹種とし、以下の条件に基づき選定した。

- ① 酸性、貧栄養、高水位の条件でも成育が可能である。
- ② 木材等の木質系バイオマスとして利用可能であり、経済性を有する。

- ③ 造林や天然更新により速やかに泥炭地表面を被覆することができる。
- ④ 造林コストが低い。

その結果、これらの条件を満たす有望な樹種として、泥炭地の在来種である以下の3種3品目について、人工林造成、木質バイオマス生産事業の実現可能性を検討することとした(図3-105)。

- (1) シクシン科の Tumih (*Combretocarpus rotundatus*、以下、トゥミ)
- (2) オトギリソウ科の Gerunggang (*Cratoxylum* sp.、以下、ゲロンガン)
- (3) フタバガキ科の Kahui (*Shorea balangeran*、以下、バラングラン)



(出所) パランカラヤ市近郊の泥炭地にて撮影

図3-105. 調査対象3樹種の林分概況

3.6.2.1 産品の概要

トゥミ、ゲロンガン及びバラングランは、自然状態の泥炭湿地林の構成種ではあるが、もともとの原生的な泥炭林は多様な樹種構成であり発生頻度はそれほど高くない。ただし、火災後の泥炭地には、一般的に、シダ植物の *Kelakai (Stenochlaena palustris)* や同じくシダ植物の *Pakis-pakistan (Blechnum indicum)* が更新する。それと並行して、パイオニア樹種のトゥミが萌芽または天然下種により一斉更新する。このとき、ゲロンガン及び極相樹種のバラングランも混生することがある。

泥炭湿地の立地条件は、河川の間にはドーム構造を発達させるために、ドームの中心から外縁へと緩やかな斜面で水深が深くなる特徴を持ち、それに応じて植生が変化する。専門家によると、トゥミは泥炭地のドーム構造の縁である低湿地に分布するのに対し、ゲロンガンは泥炭地のドーム等の比較的乾燥した場所や砂地に分布し、両樹種間で住み分けが見られる。また、バラングランは、ドーム構造の縁、水位が最も高まる立地条件に天然分布する。このことから、トゥミやバラングランの方がゲロンガンより湿地耐性があると考えられる。これらの樹種は、強酸性土壌への耐性も高いと考えられるが、どの樹種の耐性が高いかは不明である。

トゥミの材は、赤褐色で比重は約 570~800kg/m³ あり、屋内耐久性は大きく、内装用、家具、柔構造用、枕木等の用途に利用可能である。ただし、大木は殆ど空洞で、加工は比較的容易であるが、割裂や反曲し易い⁹。ゲロンガンの材は、淡褐赤色で比重は約 560 kg/m³ あり、耐久性・抗虫性は小さいが、耐菌性は大きい。合板、内挿玉、実用家具、指物、画板、板、箱等の用途に利用可能である¹⁰。バラングランは、木材流通の分類ではレッドメランティ(赤み色のメランティ)と呼ばれる優良な木材である。材密度は含水率 15%で 730-990 kg/m³ の重硬材であり、国際取引価格も最高級ランクである¹¹。インドネシアの中央カリマンタンでは、古くから住民が建築用材(柱材、板材)として利用している。カリマンタンでは、最高級の耐久性を持つ材であるウリン (*Eusideroxylon zwageri*) は硬質土壌のみに生育するが、バラングランは硬質土壌ならびに有機質土壌の泥炭湿地にも生育可能であり、ウリンに次いで 2 番目に耐久性を持つ材とされる。

トゥミ、ゲロンガン及びバラングランは広葉樹であり、泥炭地の水土保持に効果的である。また、生存時には、火災を防止するリビング・フェンスとしても期待できる。ただし、一旦枯死した場合には、葉に油分が含まれるため燃えやすく、葉が火種となって飛び火し、100m~500m も延焼する可能性がある。このため、泥炭地の乾燥を防ぐため、乾季の泥炭地の水位を高く維持管理する必要があり、泥炭地の在来樹種である上記 3 樹種は適している。なお、泥炭地の火災防止対策として、枯死木は取り出すことが望ましい。

⁹ 北野至亮 (1984) 熱帯植物要覧. 熱帯植物研究会編. 養賢堂. p.361

¹⁰ 北野至亮 (1984) 熱帯植物要覧. 熱帯植物研究会編. 養賢堂. p.121

¹¹ PROCEA (1994) I. Soerianegara and R. H. M. J. Lemmens ed. *Shorea balangeran* (Korth.) Burck. *Plant Resources of South-East Asia No.5, (1) Timber trees: Major commercial timber.* 392-393, Bogor Indonesia

3.6.2.2 生産国における製品の生産概要

(1) 天然林からの木材生産

インドネシアでは、民間企業が木材生産を事業規模で実施するための利用許可は、環境・林業省が発行している。伐採事業の許認可は、天然林木材利用事業許可(IUPHHK-HA)及び産業植林木材利用事業許可(IUPHHK-HTI)に大別される。天然林事業については、州外の企業も含めて61企業に計12.5万haの利用権が発給されている。一方、産業植林事業については、23企業に計63.3万haの利用権が発給されている。ただし、これらのデータは、立地条件についての記載が公表されていないため、泥炭林における天然林事業許可及び産業植林事業許可の発給状況の確認は取れていない。

ヒアリングの結果、パランカラヤ市周辺で流通している木材の生産元は、近隣の天然林から伐採されたものであった。これは主に、地域住民の伐採業者によるものだが、政府から正式に伐採許可を取得しているかどうかの確認は取れていない。

本調査の結果、中部カリマンタン州の泥炭地では、これまで民間企業による事業規模での人工林経営が行われてこなかったことが判明した。それは、以下の理由により、採算性が見込めなかったためと考えられる。

- ① 泥炭地林以外も含めた天然林に豊富な資源量があったこと
- ② 地元消費量との需給バランスで、生産性の低い泥炭地に人工林は不要であったこと
- ③ 輸出するための運搬・港湾インフラの利便性が悪かったこと
- ④ 輸出品として、品質の高い素材を生産する造林技術が無かったこと
- ⑤ 森林火災のリスク

このため、本調査の対象樹種であるトゥミ、ゲロンガン及びバラングランの木材は、パランカラヤ市周辺で一般的に流通はしているが、そのすべては天然林から伐採されたものであり、人工林経営による木材生産は行われていない。

泥炭地は酸性かつ貧栄養で地下水位も高い。このため、生育可能な樹種は限定され、その生産性も低いことが事業規模の人工林を経営する上での課題である。現状では、泥炭地に自生する在来樹種の実用的な造林技術は確立されていない。

(2) 在来種造林技術の試験研究

インドネシア環境林業省の研究開発局が、パランカラヤ市近郊に位置する **Tumbang Nusa** 研究林において、泥炭地に生育可能な在来樹種の育苗技術の開発及び試験植栽を実施している¹²。

また、北海道大学造林学研究室は、2000年より、JST-JICA プロジェクト「インドネシアの泥炭・森林における火災と炭素管理プロジェクト」を実施した¹³。バラングランの種子

¹² Tumbang Nusa 研究林のウェブサイト <http://foreibanjarbaru.or.id/khdtk-2/tambang-nusa>

¹³ 「インドネシアの泥炭・森林における火災と炭素管理プロジェクト」のウェブサイト <http://www.census.hokudai.ac.jp/html/JSTJICA/index.html>

採取法、種子の保存法、播種と育苗法、植栽法、植栽立地の評価、火災耐性評価、生産力評価、材質評価などに取り組んでおり、造林を行うための同種の基本的な特性を明らかにした。また、パランカラヤ市近郊の典型的な荒廃泥炭湿地において小面積の植栽試験（5ヶ所,計 10ha）も実施しており、実用的な植生回復技術としての検証も進めている。今後は、優良系統の選抜や育苗・植栽の低コスト化、伐木運材の効率化、加工流通システム化などに取り組むことで、環境保全に貢献するだけでなく、経済的にも価値の高い実用的な造林技術として確立されることが期待されている。

(3) 人工林からの木材生産

近年の天然林資源の減少、需要増加に伴う木材価格の高騰により、泥炭地における人工林経営のビジネスチャンスが生まれている。現地では、早成樹である *Sengon* (*Paraserianthes falcataria*、以下、ファルカタ)材が、合板芯材用丸太として、中部カリマンタン州のパランカラヤから約 200km 離れた南カリマンタン州のバンジャルマシンの合板工場に販売可能である。このため、近年、住民の私有地におけるファルカタの造林が増加中である。

例えば、パランカラヤとバンジャルマシンのほぼ中間地点に位置する *Pulang Piasu* 県の *Henda* 村では、ファルカタの住民植林が実施されていた。パランカラヤ周辺の厚い泥炭の有機土壌湿地ではなく、鈹質土壌の湿地であったが、排水路を切り排水を実施していた。そこでは、住民が私有地にファルカタを植林。植林面積 5ha。植栽間隔 2m×3m で、植栽密度 1,667 本。3 年生で、樹高 15m、胸高直径 10~15cm であった。胸高直径が 20~25cm になった時点で伐採を予定しているとのこと。3 年生時点での平均成長量(MAI)として胸高直径(DBH)5cm/年を基に推測すると、4~5 年伐期で収穫が可能と予測された。ただし、植林に際し、地ごしらえ、苗木代、植栽、保育費などの初期投資が必要であり、住民自身の負担は困難。そこで、木材流通業者がその初期投資を負担し、住民に貸し、収穫時に返済する約束で、住民植林が進められていた。

3.6.2.3 サプライチェーンの現状と課題

本調査の対象樹種である、トゥミ、ゲロンガン及びバランゲランの資源利用に関して、現地インドネシア政府の法的規制はない。いずれもパランカラヤ市内の材木店では現地利用を目的として合法的に販売されている。以下に、その実態を報告する。なお、輸出規制については確認が取れていない。

(1) 幹線道路沿いにおける丸太販売

2016 年 1 月の現地調査の結果、幹線道路沿いにおいて、天然林から伐採されたバランゲランと *Galam* (*Melaleuca leucadendron*、以下、メラルーカ)の小径木の丸太が比較的高値で販売されていた。幹線道路沿いにおける丸太の販売価格を表 3-36 に示す。

丸太の伐採は、道路から数百 m 以上奥の天然生二次林で行われている。伐採した丸太を

水路まで搬出し、小舟に乗せて水路を通じて道路脇まで丸太を運搬している(図 3-106)。伐採地点から運搬用水路までの距離が遠いと材の搬出経費が増加し、採算性が低くなる。道路脇に積み上げられた丸太のサイズは、小径木～中径木で、中径木は伐採現場でチェーンソーを用いて搬出可能な短尺サイズに造材され、小径木は長尺サイズに玉切りされて搬出されていた(図 3-107)。また、別の場所では、ゲロンガンの小径朴も足場材として販売されていた(図 3-108)。

表 3-36. 幹線道路沿いにおける丸太販売価格

樹種名	丸太長 (m)	丸太径 (cm)	販売価格 (ルピア/本)	用途
バランゲラン	4	15～20	50,000	建築用柱材
メラルーカ	4	9～10	8,000	足場材
		15	15,000	建築用柱材

(出所) 2016 年 1 月現地調査結果に基づく



図 3-106. 丸太の運搬に使用される水路

図 3-107. 道路沿いに搬出された小径木

(2) 製材所

2015 年 9 月の現地調査のヒアリングの結果、中部カリマンタン州のパランカラヤ市周辺で流通している木材は、天然林から伐採され生産されているとのことであった。パランカラヤ市の製材所は、大別して、中規模と小規模の 2 種類が存在した。中規模の製材所は、主に川沿いに位置して川で運搬された大径木の製材を行い、小規模の製材所は、主にトラックで運搬された小～中径木の製材を行っていた。製材所における木材の買い取り価格は、樹種別に価格が決まっており、最高価格は、バランゲランで 700,000 ルピア/m³ との説明があった(図 3-109)。製材機器はベルトソーによる大型機器が用いられていた。製材には現地の規格があり、構造材・板材・角材が生産されていた。製材後の乾燥は自然乾燥で、乾燥機は用いられていなかった。



図 3-108. ゲロンガン小径木足場材



図 3-109. バランゲランの板材

(3) 合板工場

現地流通木材業者へのヒアリングの結果、中部カリマンタン州のパランカラヤから約 200km 離れた南カリマンタン州のバンジャルマシンの合板工場 SST 社は、自社で天然林木材利用事業許可(IUPHHK-HA)を所有しており、合板表面材用に、メランティ、クルウイン等の天然木を自社調達していた。一方、合板用材(芯材)としては、早成樹であるファルカタや Jabon (*Anthocephalus cadamba*、以下、ジャボン)等の丸太を、登録された木材流通業者から、工場着で買い取りしていた。合板用芯材については、一日当たり 15~18 台のトラックを受け入れ。トラック 1 台当たり、約 10m³なので、一日当たり 150~180m³の丸太を受け入れている。ただし、河川を通じて船で積み込みがある場合は、その分トラックの入荷台数を減らしている。

道路を通ってのトラック輸送またはバリトー川を通して河川輸送も可能であり。パランカラヤとバンジャルマシンの中間点に、中間港があり、そこでトラックに積み替え工場まで運んだ方が時間的に早い。荷卸し、積み込み作業に手間及び経費がかかるとのこと。

工場着時点で、合法木材の書類を確認。不備があれば、2~3 日中に必要書類を全て揃えて来るよう納入業者へ依頼する。合板芯材用丸太の工場着の買い取り価格は、丸太の形状分類、丸太の長さ及び直径によって決められている(表 3-37)。

表 3-37. バンジャルマシンの合板工場における丸太買取価格

樹種名	丸太			販売価格 (ルピア/本)
	形状分類	長さ (m)	直径 (cm)	
ファルカタ、 ジャボン	A 材	2	30~40 以上	809,700~964,000
	B 材	2	30~40 以上	756,700~915,700
	C 材	1	15~40 以上	385,600~803,000
	D 材	1.3	25~40 以上	639,100~807,800

(出所) 2016 年 1 月現地ヒアリング結果に基づく

なお、丸太の形状の分類基準は以下の通り。

A 材：節なし・割れなし。

B 材：節最大 3 つまで・割れ最長 10cm までで割れ止め S カン入り。

C 材：同上

D 材：同上(ただし、製品受注状況により買取量を決定)

(4) サプライチェーンの課題

中部カリマンタン州のパランカラヤは内陸に位置しており、現地販売を目的とした製材工場は存在するが、輸出用の港湾施設までのアクセスが悪いため、大規模な合板工場は存在していない。このため、収穫した材を需要の高い合板用材として販売するためには、約 200km 離れた南カリマンタン州のバンジャルマシンまで輸送しなければならない。この輸送コストにより、採算性が低くなることから、サプライチェーンの課題と考えられた。

3.6.3 ビジネスモデル

3.6.3.1 ビジネスモデルの提案

(1) 林業経営方式

インドネシアにおける代表的な林業の経営形態は、大別して、①コンセッション方式と②買い取り方式があげられる。

① コンセッション方式

コンセッション方式とは、国有地において地権者である行政機関から、事業者が林業活動と土地利用の権利を取得して林業経営を行う方式である。当該地の場合、事業者は作業員として地元住民や移民等を雇用して林業経営を行う。

② 買い取り方式

買い取り方式とは、住民が権利を所有する立木もしくは伐採された丸太を、事業者が購入する方式である。素材を計画的かつ安定的に買取するためには、地域住民によるコミュニティ林業の育成（技術指導も含む）及び買い取り契約が必要になる。

上記で述べた通り、近年、インドネシアでは、生物多様性の保全及び温室効果ガスの排出削減を目的として、泥炭地保全の気運が高まり、泥炭地における新規事業許可の発行が延期されている。その一方で、地域住民の雇用創出や生計向上と社会インフラ整備は喫緊の政策課題と位置づけられている。そこで本調査では、泥炭保全地域(コアゾーン)の周辺に存在する荒廃地(バッファゾーン)において、地域住民がオーナーシップを持って人工林を造成し、木質バイオマスを生産し、それを企業が買い取るという、買い取り方式による林業経営モデルについて検討を行うこととした。

森林火災の防止のためには、地域住民が人工林の所有権を持つことにより、私有財産を保護するというインセンティブが働くことが極めて重要である(図 3-110、図 3-111)。



図 3-110. 火災から保護された地域住民所有のファルカタ人工林(右側) 図 3-111. 地域住民の所有するゴム農園における消火活動

(2) ビジネスモデルの対象地

ビジネスモデルの対象地は、泥炭地において荒廃地化した未利用地である。荒廃地化した泥炭地とは、森林伐採や森林火災などの度重なる攪乱によって高木類が生育せず灌木やシダ類が優占する未利用地、農業やパームヤシプランテーションの放棄地などが想定される。さらに天然生二次林の様相を示しつつも数年に一度の野火により消長を繰り返して森林として十分に発達できない低質な天然林も含めることとする。

ビジネスモデルの対象地である荒廃泥炭湿地の面積は、2001年～2013年の新規森林消失面積だけ取りあげてもパランカラヤ市に約1万haあり、さらに地域を広げて該当する荒廃地を含めると広大な面積になり、林業の事業化に必要とされる面積としては潜在的に十分である。

(3) 対象樹種の林分成長量

比較対象であるファルカタは、現地木材業者へのヒアリング結果及び既存の人工林の現地調査結果を基にして林分成長量を予測した。本調査の対象樹種であるトゥミ、ゲロンガン及びバラングランの人工林造成技術は確立されておらず、既存の収穫表や成長曲線等は入手できなかった。そこで、各樹種について、現地調査の結果を基にして、林分成長量を推定した。

① ファルカタ (*Paraserianthes falcataria*)

現地調査を実施したパランカラヤとバンジャルマシンの中間地点のファルカタ人工林を参考にし、泥炭地ではなく硬質土壌におけるファルカタ人工林の成長量を予測した。その結果、ha当たり1,100本植え、伐期6年と仮定した年間成長量は約80m³/ha/年と仮定した。

② トゥミ (*Combretocarpus rotundatus*)

パランカラヤ市郊外に位置する北海道大学の泥炭地植栽試験におけるトゥミの生残率および成長量の測定結果を基にして林分成長量を推定した。その結果、ha当たり2,500本植えて、植栽後3～4年間の年間成長量は約12m³/ha/年と試算された。以下のビジネスモデルでは、用途をペレットとし、ha当たり10,00本植え、

伐期 5 年で年間成長量は約 50m³/ha/年と仮定した。

② ゲロンガン (*Cratoxylum* sp.)

ゲロンガンの泥炭地植栽試験データは適切なものを入手できなかったため、植栽木単木の成長量を基にして林分成長量を推定した。その結果、ha 当たり 2,500 本植え、伐期 10 年で年間成長量約 30m³/ha/年と仮定した。

③ バランゲラン (*Shorea balangeran*)

パランカラヤ市郊外に位置する北海道大学の泥炭地植栽試験におけるバランゲランの生残率および成長量の測定結果を基にして林分成長量を推定した。その結果、ha 当たり 2,500 本植え、伐期 10 年で年間成長量約 15m³/ha/年と仮定した。

(4) ビジネスモデル案

上記の成長量予測を基にして、本調査の対象樹種であるトゥミ、ゲロンガン及びバランゲランについて、それぞれ地域住民による人工林経営ビジネスモデルの前提条件を提示した(表 3-38)。収穫材の用途は、トゥミがペレット、ゲロンガンは合板芯材、バランゲランは建材・家具材と仮定した。なお、比較対象として、人工林ビジネスとして、現地で実際に住民による人工林造成が進んでいる外来早成樹のファルカタも用途を合板芯材と仮定してビジネスモデルを提示する。

表 3-38. 人工林ビジネスモデルの前提条件

樹種名		ファルカタ	トゥミ	ゲロンガン	バランゲラン
特性	材質	軽軟	中庸	中庸	重硬
	用途	合板芯材	ペレット	合板芯材	建材、家具材
前提条件	伐期 (年)	6	5	10	20
	植栽密度 (本/ha)	1,100	10,000	2,500	2,500
	収穫本数 (本/ha)	800	7,000	1,200	800
	単木材積 (m ³ /本)	0.60	0.04	0.25	0.38
	成長量 (m ³ /ha/年)	80	50	30	15
	立木材積 (m ³ /ha)	480	250	300	300
	造材歩留り (%)	80%	100%	70%	60%
	商用材積 (m ³ /ha)	384	250	210	180

(出典) 2016年1月現地聞き取り調査結果及び委託報告書を基に前提条件を設定

3.6.3.2 ビジネスモデルの収益性

上記のビジネスモデルの前提条件に沿って、本調査の対象樹種であるトゥミ、ゲロンガン、バランゲラン及びファルカタの人工林経営の収支を試算した。

(1) 対象樹種の人工林経営に要するコスト

対象樹種の人工林経営に要するコストは、前述の木材流通業者へのヒアリング結果を基にして推定した。

① 対象樹種の造林に要するコスト

対象樹種の造林及び収穫に要するコストは、現地のファルカタ人工林造成にかかるコストを基にして推定した。6年伐期のファルカタ人工林経営(ha 当たり 1,100 本植え)にかかるコストは表 3-39 の通り仮定した。

② 対象樹種の収穫に要するコスト

上記①と同様に、ファルカタ人工林経営(ha 当たり 1,100 本植え)では、6年伐期で 800 本の立木が収穫可能と見込まれ、収穫にかかるコストを表 3-39 の通り仮定した。

③ 対象樹種の収穫材の輸送コスト、販売価格

対象樹種の収穫材の販売価格については、前述の木材流通業者へのヒアリングの結果を基にして、収穫した材は、全てバンジャルマシンの加工工場に輸送することを想定して、上述の工場着価格等を基にして推定した。その結果、バイオマス発電用のペレットとして 1 千円/m³、合板芯材として 5 千円/m³、建材・家具材として 16 千円/m³と仮定した。

(2) ファルカタ人工林の経営収支試算

上記のビジネスモデルの前提条件、コスト及び販売価格を基にして、ファルカタ人工林の ha 当たりの経営収支を試算した(表 3-39)。

表 3-39. ファルカタ人工林の経営収支試算

(単位:千円/ha)

年次	内訳	1	2	3	4	5	6	7	計	
支出	資材費	苗木	11							11
		肥料	52	15	15	15				97
		小計	63	15	15	15	0	0	0	108
	作業費 (保育)	地拵え	25							25
		植栽	11							11
		施肥・保育	50	39	28	15	11	11		154
		小計	86	39	28	15	11	11	0	190
	作業費 (収穫)	伐採							40	40
		造材							20	20
		搬出							120	120
		小計	0	0	0	0	0	0	180	180
	輸送費	積込み							77	77
		運搬							384	384
		荷降ろし							77	77
小計		0	0	0	0	0	0	538	538	
計		149	54	43	30	11	11	718	1,016	
収入	販売価格(工場着)							1,920	1,920	
収支差額		-149	-54	-43	-30	-11	-11	1,202	904	

(出典) 2016年1月現地聞き取り調査結果

その結果、7年伐期で全体収支は約 90 万円のプラスとなり、伐期までの内部収益率(IRR)

は 31.3%であった。インドネシア銀行の政策利率 7.25%をベンチマークとして用いると、ファルカタ造林は、ビジネスとして十分採算が取れる試算結果となった。

(3) 対象樹種を用いた人工林の経営収支試算

上記のビジネスモデルの前提条件、コスト及び販売価格を基にして、本調査の対象樹種であるトゥミ、ゲロンガン、バランゲランの人工林の ha 当たりの経営収支をファルカタと同様に試算した(表 3-40)。

その結果、まず、用途をペレット原料と仮定したトゥミは、5年伐期で全体収支はマイナス約 90 万円となり、収支がプラスになる年次がないので、IRR は算定不能であった。次に、用途を合板芯材と仮定したゲロンガンは、10年伐期で全体収支はマイナス約 20 万円となり、IRR はマイナス 3.7%であった。そして、用途を建材、家具材としたバランゲランは、20年伐期で全体収支はプラス約 130 万円となり、IRR はマイナス 5.7%であった。

すなわち、トゥミ及びゲロンガンを用いた人工林経営は収入が支出を下回り赤字となる試算結果となった。一方、バランゲランを用いた人工林経営は、最終的には収入が支出を上回り黒字となるが、IRR が 5.4%であり、インドネシア銀行の政策利率 7.25%をベンチマークとして用いると、ビジネスとしては採算が取れない試算結果となった。

表 3-40. 対象樹種を用いた人工林の経営収支試算

樹種名		ファルカタ	トゥミ	ゲロンガン	バランゲラン
特性	材質	軽軟	中庸	中庸	重硬
	用途	合板芯材	ペレット	合板芯材	建材、家具材
前提条件	伐期 (年)	6	5	10	20
	販売価格 (千円/m ³)	5	1	5	16
試算結果	収入計 (千円/ha)	1,920	250	1,050	2,880
	支出計 (千円/ha)	1,016	1,154	1,251	1,560
	収支差額 (千円/ha)	904	-904	-201	1,320
	IRR (%)	31.3%	-	-3.7%	5.4%

(出典) 2016年1月現地聞き取り調査結果及び委託報告書を基に前提条件を設定

なお、住友林業株式会社の委託調査報告書では、ha 当たりではなく、木材流通業者(仲買企業)が人工林ビジネスを展開する前提に基づき、事業収支を試算している。コミュニティ(20世帯、20ha)をひと単位として、木材流通業者が、20のコミュニティ(計400世帯、計400ha)と契約して人工林ビジネスを展開するビジネスモデルである。このビジネスモデルについても、上記 ha 当たりの試算結果と同様の収支試算結果が出ている。

これらの本調査を通して試算した結果は、現地の実情を反映しており、実際に採算が取れる早成樹のファルカタに比べて、調査対象の在来 3 樹種を用いた人工林ビジネスは、現状としては採算が取れないと示唆された。

3.6.3.3 ビジネスモデルによって期待される波及効果（森林保全・生計向上）

本調査の結果、中部カリマンタン州の荒廃泥炭地において、在来樹種を用いた人工林ビジネスは成立困難であると示唆された。しかしながら、泥炭地開発に伴う森林減少・劣化ならびに泥炭地火災による温室効果ガスの排出及び煙害は国際的に大きな問題となっている。気候変動の緩和・適応、生物多様性保全の観点から、公的資金を投入してでも、泥炭地火災の防止ならびに荒廃泥炭地の修復を推進する必要があると考える。

それには、インドネシア政府が、地域住民の人工林造成に補助金を出すだけでは不十分である。政府－企業－住民が一体となって、保全地域をコアゾーンとして、その周辺地域（バッファゾーン）を含めたランドスケープ・レベルでの「統合的な土地利用管理」が必要と考えられる。提案する具体的なビジネスモデルは、以下①、②、③の組み合わせである(図3-112)。

- ① 保全地域(コアゾーン)において、企業が泥炭地の保全・回復を実施
 - ・ 企業が、保全すべき森林地域において、「保全・回復コンセプション」を取得。
 - ・ 泥炭地(酸性、貧栄養、高水位)に耐性を持つ在来種を用いて森林回復を実施。
 - ・ ランドスケープ・レベルでの泥炭地水位管理により、周辺地域も含めて、乾期の極度の乾燥を防止し、山火事を未然に防ぐ。
 - ・ 予算は、無償資金協力(ODA)や緑の気候基金(GCF)等の公的資金を活用。
 - ・ 途上国の森林減少・劣化に由来する排出の削減(REDD+)プロジェクトとしても最適。

- ② 周辺地域(バッファ)において、地域住民が人工林を経営
 - ・ 地域住民が主体となって人工林を造成し、木材生産(在来種+外来種)。
 - ・ 企業が、地域住民に苗や技術を提供し、収穫時に材を買い取る方式。
 - ・ 必要に応じて、政府より、造林補助金等を拠出。

- ③ 企業が、上記②で生産される木材を利用した加工・流通事業を展開
 - ・ 対象地域において、人工林経営による木材生産活動を大規模に推進するためには、生産した木材を受け入れるマーケットが不可欠。
 - ・ 輸送費の削減の観点から、近隣に加工工場を建設し、流通・販売経路を再構築。
 - ・ 企業が、加工工場を経営することで、上記②の持続性確保にも貢献。

この政府－企業－住民の3者一体の取組みによる、統合的な土地利用管理モデルは、泥炭地の保全・回復、気候変動緩和、企業利益、住民生計向上に貢献するビジネスモデルであり、森林関係企業の社会貢献事業（CSR）モデルとしても最適と考えられる。

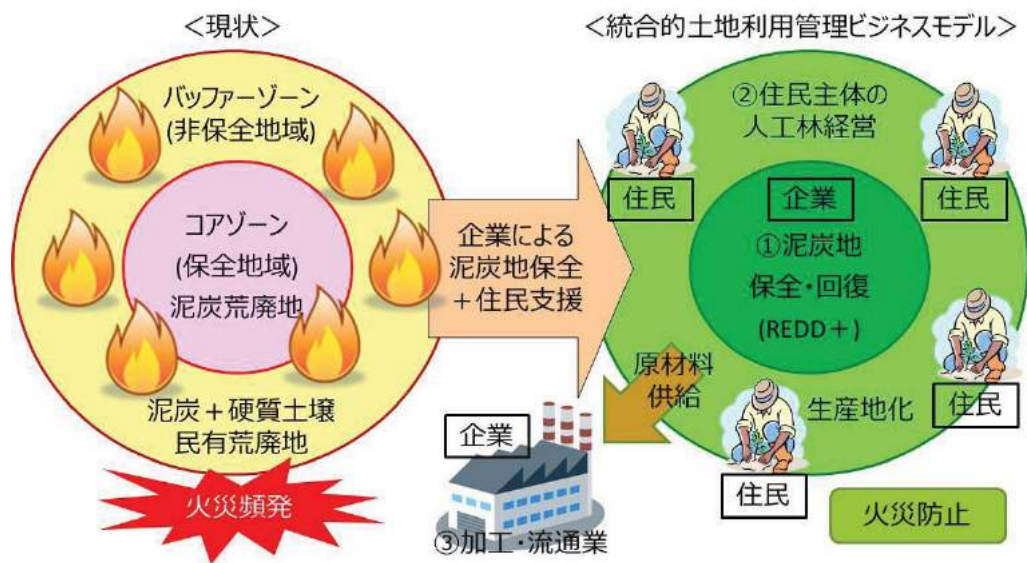


図 3-112. 統合的土地利用管理モデルの概念図

本調査の委託調査を担当した住友林業株式会社は、西カリマンタン州において大規模産業植林地を経営しており、高度な水位管理技術を保有している。また、ジャワ島では、合板工場がファルカタの苗木を無償提供し、地域住民が人工林を造成し、合板工場がその収穫材を原材料として地域住民から買い取るビジネスモデルが確立している。住友林業株式会社は、東ジャワ州で合板工場を経営しており、原料の一部を地域住民の人工林から調達しており、地域住民との協力体制を構築した経験がある。

上記の泥炭地域における「統合的土地利用モデル」の一環として、地域住民による人工林経営が一定の収益が上がることを、地域住民が認識すれば、中部カリマンタン州においても「住民人工造林ビジネス」が爆発的に普及する可能性はある。

3.6.3.4 今後に向けて

インドネシア政府は、泥炭火災の防止及び荒廃泥炭地の回復を目的として、排水路の埋め立てやダムを設置などにより、泥炭地の水位を高く維持する方針を打ち出している。本調査の対象樹種とした在来樹種のトゥミ、ゲロンガン、バラングランは、泥炭地の酸性・貧栄養・高水位の悪条件でも成育が可能な貴重な樹種である。今後は、これらの樹種の人工林経営収支を改善するために、精英樹の選抜育種や低コストの直播造林技術の開発、市場価値の高い用途の開拓及びアクセスの良い立地に加工工場を建設し輸送費を削減することが効果的と考察された。

なお、住友林業株式会社の委託調査報告書では、トゥミやゲロンガンの既存林分の蓄積量や材質特性について実測調査を実施している。また、中部カリマンタン州における「木質ペレット製造工場建設の可能性」の可能性についても検討している。さらに、荒廃泥炭地における「人工林と高生産性草本によるバイオマス生産の組み合わせ(アグロフォレスト

リー)」の事業化可能性についても検討している。

泥炭火災防止による泥炭地の保全、荒廃泥炭地の回復は、気候変動の緩和・適応、生物多様性保全の観点から喫緊の課題である。今後も、企業の技術力を生かした“ビジネス化”とともに、“企業と地域住民との協働”をキーワードに、持続可能な森林経営について検討を続けていく必要があると考えられる。