

第 8 章

荒廃地回復の問題点と制約要因 および回復ポテンシャル

第 8 章 荒廃地回復の問題点と制約要因および回復ポテンシャル

8.1 荒廃地回復の位置付け

8.1.1 荒廃地回復の必要性

ブラジルアマゾン地域の熱帯林は、全世界の熱帯林の約 30%を占め、その森林の機能はブラジル国に限らず、地球全体の環境の維持に大きく影響しているといわれる。一方、近年の急速な天然林の消失にともない、アマゾン地域の各地において荒廃地が拡大している。この状況に緊急に対応し、適切な対策を講じない限り、今後、天然林の消失と共に荒廃地はより拡大することが予測される。荒廃地の拡大はアマゾン地域の自然環境に影響を及ぼすだけでなく、地域住民の生活や経済活動にも大きく影響する。さらに、アマゾン地域の森林や環境が貢献している地球環境の維持にも悪影響を及ぼすことになる。即ち、天然林の減少と荒廃地の拡大の影響は、ブラジル国一国に留まらず、地球全体に影響することになる。

調査対象地域の住民は、生活の基盤を農牧林業に置くと共に、周囲の森林に大きく依存している。荒廃地の拡大は、土地利用の制約により生産が制限され、住民の生活や経済活動に支障をきたすことになる。そのため、荒廃地となって生産性が低下し、経済的な価値が減少した土地や、放棄され利用されなくなった土地を再び生産システムに組み込み、生産性の向上と持続可能な土地利用を図る、荒廃地の回復計画を早急を実施する必要がある。

荒廃地の回復計画は、地域に馴染みのある在来の技術や新たな外来の技術を検討し、類型化された各荒廃地に対して回復モデルが実践的に応用できるように策定する。さらに、荒廃地の回復を実現するために必要な関連組織の活動や組織化、資金源についても検討することが重要である。荒廃地回復計画の実施は、住民の所得の向上と雇用の拡大による生活水準の向上を可能とするとともに、荒廃地を回復し持続的に土地を利用することにより、波及効果としてこれ以上の天然林の消失を防止するだけでなく、森林の機能を向上させることが可能となり、アマゾン地域の天然林の保全と地球環境の維持に貢献することになる。

8.1.2 荒廃地分布の特徴

衛星画像（2000 年）の解析および現地調査の結果、調査対象地域の荒廃地の分布は以下のとおりである。

表 8.1-1 荒廃地の分布（km²）

荒廃地 / 郡	マラバ	São João do Araguaia	São Domingos do Araguaia	Brejo Grande do Araguaia	Palestina do Pará	マラバ小地域
ジュキーラ	196	7	35	22	29	289
カポエイラ	505	11	50	15	23	604
カポエイロン	806	21	102	28	42	999

ババス林	382	640	64	343	50	1479
裸地	0	0	0	0	0	0
合計	1,889 (12.5%)	679 (53.7%)	251 (17.9%)	408 (35.3%)	144 (14.3%)	3,371 (16.9%)
総面積	15,105	1,265	1,400	1,156	1,008	19,933

調査対象地域全体での荒廃地の割合は全面積の約 17%である。ジュキーラとカポエイラの分布面積は、どの郡でも総面積の 1～4%程度である。カポエイロンは São Domingos do Araguaia 郡（約 7%）を除き、4 郡では 2～5%程度である。ババス林は São João do Araguaia 郡と Brejo Grande do Araguaia の分布面積の割合が高く、特に、前者では総面積の半分以上を占めている。裸地は、川沿いの砂浜以外、殆ど存在していない。

マラバ郡の荒廃地は、郡面積の約 13%を占めている。荒廃地の大半は南部中央部に集中している。特に、州道 PA 150 号線沿いには比較的規模の大きなババス林やカポエイロンが分布している。São João do Araguaia 郡の荒廃地は郡面積の約 54%を占めている。特に、東部ではフィッシュボーン化した荒廃地が無数に点在している。この一帯は、ほとんどがババスで占められている。Brejo Grande do Araguaia 郡は São João do Araguaia 郡と類似しており、北部の Araguaia 川と国道 BR 230 号線で挟まれた地域では、ババスが優占する荒廃地が広がっており、郡面積の約 35%を占めている。São Domingos do Araguaia 郡と Palestina do Pará 郡は類似しており、荒廃地はそれぞれ約 18%と 14%であり、牧草地の周辺もしくは森林との境界に散在している。

全体的な傾向は、マラバ郡南部中央と São João Do Araguaia 郡の大半、Brejo Grande do Araguaia 郡の北部に大規模な荒廃地が分布し、この 3 郡の荒廃地面積の合計は 2,976 km²（面積比で 14.9%）である。

8.1.3 荒廃地回復の基本的な考え方

荒廃地の回復は、生産方式の安定と生産者の定住を促進し、経済的・環境的に持続可能な土地利用でなくてはならない。そして結果として、残存する天然林に対する伐採と森林火災の圧力を減らすことに貢献しなくてはならない。

また、伝統的な単一の農業や牧畜業に代えて、これに林木種を加える方式である農牧林混合／複合方式を導入することにより、荒廃地回復を達成することが可能となる。この方式は、熱帯森林地域の生態に対して、単一種栽培方式に比べて効果的である。なお、牧畜は小規模農家にとって魅力的（容易で確実）なため、排除することは出来ない。

経済的に利用されていない荒廃地の回復にあたっての基本的な考え方は、次のとおりである。

- a. 植生遷移に着目し、植生（バイオマス）の潜在力（ポテンシャル）を重視する。
- b. 荒廃地の持続的・合理的な土地利用を検討し、最小の投入で最大の効果が期待でき、

小規模農家でも定住可能となる方策を検討する。

- c. 貧困対策が荒廃地の増加の予防となることから、より経済効果の高い労働力と資本の投入が可能な方策を検討する。
- d. 地域の環境に適応した持続的な方策 / 土地利用方法を広く学際的な観点から検討する。
- e. 在来樹種を中心とした有用樹種の導入と農牧林業の各要素の複合的な組み合わせにより付加価値を増大させる。
- f. 現存する森林をも活用できる、森林生産物の採取業の振興を検討する。
- g. 上位計画との整合性が取れ、行政機関の施策と支援、研究機関の成果の提供と協力が得られる方法を検討する。
- h. 回復計画が実施され、持続的に運営されるためには、住民の参加が不可欠である。
- i. 具体的な事業の実施には、何らかの動機付けが重要であり、家族農業、牧畜業、木材業等の実施主体別に、インセンティブのある方法を検討する。
- j. アマゾン地域の荒廃地回復は国家レベルで重要であり、連邦政府および州政府が責任を持って対策を講じられる体制を検討する。

8.2 荒廃地回復の問題点と制約要因

8.2.1 自然条件

調査対象地域の自然条件は、主に地形、土壌、降水量の 3 要因が支配的で、これらが自然環境や植生分布を決定し、森林型、営農形態、牧草種までにも影響している。

(1) 地形

マラバ小地域には、多様な起伏が存在する。標高は河川周辺の約 100 m から Cinzento 山地の約 800 m まで変化に富んでいる。マラバ、Brejo Grande do Araguaia、Palestina do Pará の 3 郡では、起伏のある地域が大きな割合を占めており、起伏の傾斜によっては、大面積での農業、特に従来型の農法の制約要因となる。

(2) 土壌

1) 土壌区分と特性

調査対象地域に見られる主な土壌区分は、赤黄色アルギソル、赤黄色ラトソル、岩石質ニヨソル、石英質ニヨソル（珪砂）である。

これらの土壌は強度の酸性・風化土壌で、微細な土壌構造を有し、排水性に優れている。また、有機物の養分連鎖を除いて肥沃度が極めて低く、作物栽培のためには十分な土壌改良が

必要であり、肥沃の回復には長期間を必要とする。このような土壌の作物栽培に対する主たる制約は、リンが不十分なこと、毒性アルミニウムを含有していること、そして養分保留水準が低いことである。

適正な管理と土壌改良により生産性を向上できるが、高価な化学肥料、輸送費負担、伝統的農法、資本力等を考慮すると、大面積の土地を農地に転換する可能性は少ない。

2) 森林伐採と牧場造成に起因する土壌の荒廃

牧場造成のために天然林が伐採されると、養分保持のメカニズムが崩されるばかりか、土壌の多孔性が損なわれて土壌硬化が起こり、保水力が低下する。また、森林生態系として保たれている植生・土壌・気候の微妙な均衡は崩される。森林伐採や山焼きにより土壌に堆積される無機養分もあるが、植物に吸収されるのはその一部にすぎない。そのため、調査対象地域に広く植付けられている外来種の牧草は、土壌の肥沃度が低いこともあり、生産性は漸減する。

土壌中のリンは、牧草地の安定に最も重要な養分である。また、土壌有機物は、ある程度の期間、窒素の補給を維持して、牧草の生育を助けることが可能であるが、時間の経過と共に、窒素量が不足する。そこで、リンと窒素を多く含有する化学肥料と除草剤の使用は非常に有効であるが、その費用高のため、火入れによる草地管理が行なわれ、その結果、牧草地の荒廃を引き起こす。

このような状況から、通常、3～4年間、牛の放牧に利用されると、牧草種の成長と植被率が低下し始める。また、起伏の大きい地形では土壌浸食も進行するため、多くの場合、荒廃した草地は放棄され、植生はジュキーラ、カポエイラ、カポエイロンへと遷移する。

(3) 降水量（気候）

調査対象地域の植生分布の違いは、気候条件だけではなく、土壌の物理的特性、特に、土壌水分の均衡および植物の水分要求量・乾燥抵抗力に関係している。

開花・結実の時期が降雨時期に左右される点もまた、多くの植物種の繁殖に重要な要因である。その他、土壌養分や土壌の温度、被陰も植物種を左右する。

ケッペンの気候区分によると、調査対象地域は Aw から Am に属しており、年間降水量は 1,500 ～ 2,000 mm である。調査対象地域の大部分、特に、マラバ以外の 4 郡とマラバ郡の東部は、水収支で年間 400 ～ 500 mm の不足状態である。

8.2.2 社会・経済条件

(1) 土地問題

土地問題に関する、これまでの行政の対応は、適切な土地利用方法や自然遺産の保全には配慮がなされていなかった。行政執行には技術基準がなく、土地の測量も画定も必要とされなかった。土地は無限のものと思われていたからで、その結果、今日の、土地所有状況は極めて複雑になっている。

INCRA、ITERPA、不動産登記所、各郡の土地管理局等の管轄機関には、大量の情報が蓄積されてはいるが、整理統合されてはいない。そのため、実際の土地所有状況の全貌を把握するのが極めて困難であり、調査対象地域の面的な計画策定を困難にしている。

(2) ゾーニングの開発戦略

社会経済的・生態学的な開発を計画する上で、地域のゾーニングの開発戦略は不可欠であるが、未だ実施されていない。その間にも、新たな森林地への開拓前線は拡大し、過去に起こったと同じことが繰り返される。

再生可能な天然資源の持続的な利用は、本質的には生態系に関する問題である。しかし、生産空間の適合形態に関係するため、ゾーニングの開発戦略は最良の利用代替案を検討するうえで重要である。

(3) 社会インフラ

調査対象地域の社会インフラは劣悪で、特に、農村地域および入植地内の地方道は、乾期の6月から12月までの間しか通行できない。流通の効率化を図るために、地方道路の改善は不可欠である。

農村地域における社会インフラのもう一つの問題は、電化と通信設備の欠如である。そのため、この地域の工場は、僅かに鉱物や木材、果肉等、採取産物を加工する工場に限られている。

また、開拓前線地域における他の問題は、教育や保健医療の不備である。教育に関しては、学校数の不足だけでなく、教育内容の貧困さも挙げられる。ほぼどこでも小学校の基礎学年（1年生から4年生まで）クラスしか設置されていない。また、農村地域では教室と教師の数が不足しているため、1人の教師が1つの教室で同時に何学年もの生徒を教えるのが普通である。この複合授業では不十分であり、基礎教育基金（FUNDEF）を通して連邦政府から教育資金が投入されているが、この状態は改善されていない。

保健医療に関しても農村地域の施設の不備は著しい。特に、郡の中心地から離れた集落では顕著である。医師や看護婦もいなければ医薬品も不足している。結局、住民は設備の整った

施設のある遠方まで行かなくてはサービスが受けられない。飲料水の供給、衛生設備、環境教育の各プログラムも、郡内の僻地では不備で、郡の中心部ですら十分でない場合もある。呼吸器系疾患、寄生虫症、下痢等の各種感染症が多く、低社会開発水準の地域に特有の疾病の発生率が高い。この地域で最も多い病気はマラリアであり、健康保険システム（SUS）で対応する患者の40%を占めている。

（４） 農業金融

小規模農家が農業金融の貸付機関を利用する場合には多くの障害がある。理由は以下のとおりである。

- a. 情報不足：小規模生産者協会や協同組合、その他の組織の努力にも拘わらず、小規模農家が金融機関の貸付対象者となるのに必要な要件を満たすのは困難である。
- b. 返済不履行：貸付対象項目は金融機関から指定されているため、小規模農家が必要としている自給生産のための経営能力や生産消費財（技術も含めて）の取得、投資利益の期待の間に誤算が生じることがある。
- c. 目標達成：金融機関が貸付金を支払った後で契約書に記載された目標の達成を要求するケースも珍しくない。それも貸付金が支払われた時点で既に作付け計画とのズレがあるため、目標達成が困難となる。最近、マラバ小地域で、貸付金の出金が遅れたため、クブアス栽培の拡大を計画していた小規模農家は、融資機関が定めた事業実施日程を履行するために、乾期に苗を植え付けざるを得ず、その結果、植付けた苗の95%が枯れてしまったという事態が発生した。
- d. 技術支援：新技術や新規導入作物に関する、生産者の知識水準が低いため、作物の品質管理ができず、生産者価格は低下する。
- e. 加工・販売：加工工場の設備能力が小さく、さらに、地方道の状態が劣悪なため、製品価格が著しく抑えられ、投下資本の償却ができない。

また、FNOの定款は頻繁に改定されるため、不明な点が多く、融資に依存すべきかどうか小規模農家は不安になる。過去においてブラジル国の経済は不安定な状態が続き、インフレ抑制政策が次から次へと施行された。そのため、様々な調整が必要となり、金利が理論以上に引き上げられ、多くの貸付契約者が破産したり地所を失ったりした。金利は、その後引き下げられ、1998年以降になって、ようやく貸付高が増加し始めてきたが、小規模農家が受けた影響は現在も後を引いている。

（５） 市場

未だ収奪的モノカルチャーが主流であり、輸出市場の対象とされるのは、ブラジルナッツ、果肉、パルミット等の産物や、鉱石、熱帯木材、植物油、植物エキス等の一次原材料が今だ主流である。新しい市場の開拓には、生産の全段階で必要な投資、製品の差別化、輸出部門

の煩雑な手続き要件の克服が必要である。

国内市場向けの可能性としては、熱帯木材、乳製品、牛肉、パルミット、果肉、アサイ等、何種類かの製品がある。しかし、品質の低さに加えて、長距離輸送や燃料費の高騰により輸送費が高価となるため、多くの製品は価格競争力を失ってしまう。

8.2.3 生産面

(1) 農業

自給作物を栽培する家族農業においては、一戸当たりの家族構成員が増加すると、耕作地の面積が不足し、休耕期間を短くせざるを得なくなる。その結果、土地の荒廃を引き起こし、貧困と環境破壊の悪循環が生じる。

農業生産は、焼畑耕作による米、トウモロコシ、キャッサバ、フェイジョン豆等の一年生作物が中心であり、熱帯果樹の栽培も一部の農家で試みられているものの、生産基盤は脆弱であり、多くの問題を抱えている。

農民の多くは、過去 30 年程の間に入植した人たちであり、アマゾン地域の自然環境および農牧業の技術・知識に乏しい。また、政府や NGO による技術・資金的な支援は一部の農民が受けているだけである。生産性の向上には組織化が不可欠であるが、入植農民同士の組織化は容易ではない。さらに、不適切な火入れ管理のために果樹園が焼失してしまうなどの事故も多く、全般的に農業生産のための基礎的条件が確立していない。

調査対象地域における農業生産に関する問題点として、以下の項目が挙げられる。

- a. 農業全般、特に果樹栽培に関する技術不足
- b. 農地の持続的利用に関する認識の欠如
- c. 政府機関による技術支援の不足
- d. 生産者組合に対する信頼感の欠如による組織化への低い評価
- e. 農業金融サービスの利便性の欠如

(2) 牧畜業

牧畜業は、粗放な放牧形態をとりつつ拡大してきたため、法定保留域であるか否かを問わず森林地への侵入の圧力が増大してきている。

当初、家畜を飼育するための小面積の牧草地だったものが、周囲の森林の伐採と火入れの繰り返しにより、大面積の牧草地が造成されてきた。調査対象地域の牧畜業の主な問題点は以下のとおりである。

- a. 森林地にも草地にも延焼する火入れに関する行政機関のオリエンテーションが欠けている。
- b. 小規模生産者の牛の繁殖・育種に関する技術が低い。
- c. 病気の発生率が高い。
- d. 過放牧や火入れによる牧草地の劣化。
- e. 土地占有の圧力が強く、土地所有が不安定である。

(3) 林業

木材部門はパラ州の経済に重要な位置を占めているにも拘わらず、原材料の供給源である森林は開拓前線地域において収奪的な利用がなされてきた。

調査対象地域における森林資源の集中的利用とその枯渇傾向は、以下のとおり様々な要因との相関で起こっている。

- a. 適正な林業育成機関の不在による非持続的な森林管理。
- b. 育林など熱帯林業の技術的分野が未確立。
- c. 小規模農家から大牧場まで広く行われている火入れおよび延焼による森林の荒廃。
- d. 効果的な森林パトロール等の管理体制の欠如。
- e. 環境問題および持続的林業経営に関する住民の認識不足。
- f. 林業部門を対象とする融資制度の欠如もしくは脆弱性。

8.2.4 制度面

(1) 関連機関の連携

関連機関は必ずしも連携が良いわけではなく、憲法がある程度の自治権を保証していても、地域の環境保全や開発については連邦政府と州政府の認識格差が大きい。また、地方分権化した形で郡自身が実施できるはずの事業に対しても州政府は干渉し、行政行為を代行したり越権したりしている。逆に、州レベルもしくは連邦レベルで遂行される予定の活動、プロジェクト、プログラムの主導権を郡が握るという逆の現象もある。このような連携の悪さは、公共投資の拡大や無駄な仕事や手続きを増加させ、計画の目標達成を困難にしている。

(2) 技術普及と技術支援

EMBRAPA は、農牧林業分野の研究を行なっているが、使用可能な技術を地域住民に普及させる効果的なシステムを持っていない。また、技術普及ならびに、大学および研究機関に充当される資金は、需要に応える水準ではない。

一方、EMATER は、パラ州の生産者に技術移転を行なうことを職務とする機関であるが、EMBRAPA との直接の連繋ルートを持っていないばかりか、技術者が質量共に不十分で需要に応えることが出来ない。マラバ小地域で EMATER のサービスを受けている地域生産者は、全体の約 10%で、その他の生産者は、郡政府の部局および州政府の地方事務所、さらには CEPASP や Extensão Amazônia 等、地元の本拠地を置く NGO の支援を受けている。しかし、どの組織も僅かな数の技術者を抱えているだけで、技術支援を必要とする小規模農家の殆どは適切なサービスを受けていない。

8.2.5 行政の執行面

荒廃地回復に関連する多くの行政機関は、人員・予算が不十分なため、事業の実施または監督業務の責任を果たせない状況にある。そのため、法規や制度が整備されても、実施の段階で支障をきたしており、荒廃地回復の事業を計画し、実施するためには事業に関わる人員と予算を十分に確保できる裏付けが重要である。

8.3 荒廃地の回復ポテンシャル

類型化された荒廃地である、ジュキーラ、カポエイラ、カポエイロンは、そのまま放置すれば、二次植生に遷移するが、荒廃地を経済的に回復させるために、農牧林業による複合的な生産活動を推進する。植林、アグロフォレストリー、混牧林や牧草地の改善等を組み合わせることにより、林産物、果樹等の生産を行い、荒廃地の回復を目指す。

具体的な方策としては、荒廃した牧草地／ジュキーラにおける有用樹種（果樹、飼料木、庇陰木等）の植栽や混牧林を含む草地管理の改善、早生樹植林、異種の混植および外来種一斉造林がある。また、カポエイラ／カポエイロンでのバイオマスポテンシャルを活用した果樹の混植、有用樹種のエンリッチメント植林等がある（図 8.3-1）。なお、ババスは調査対象地域の荒廃地としては特徴的な植生であるため、ジュキーラ、カポエイラ、カポエイロンと区分して扱う。また、カポエイラとカポエイロンは、回復に関しては類似するため、まとめて扱い、回復方策に違いがある場合は、分けて検討する。

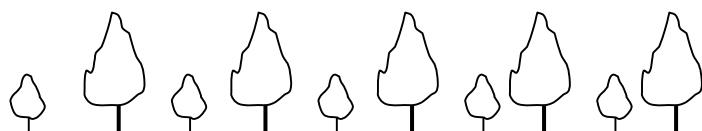
8.3.1 農業開発による荒廃地の回復ポテンシャル

調査対象地域では現在、焼畑耕作と牧畜が主に行われている。より持続的な土地利用にするためには、林木種を利用する農業、すなわちアグロフォレストリーが効果的である。それは、果樹等の導入により、木材、薪炭材、果物、飼料、工芸作物等の経済的な価値の創出が可能となるからである。また、生態学的な効果としては、土壌改良や肥沃化だけではなく、微気候の緩和、土壌浸食の軽減、保水効果、家畜や作物への庇陰等がある。さらに、多種類の果樹や林木種の混成植栽は、一斉植栽で拡大しやすい病虫害を制御し、一方では農産物の多様化をもたらし、収入を安定化する。

アグロフォレストリーを導入して天然林が本来持つ生態系の物質循環システムにより近い複合型の農牧林業を営むことで、経済的にも生態学的にも、持続性の高い生産システムを可能とする。

また、調査対象地域では、焼畑移動耕作が広く実施されており、主にキャッサバ、トウモロコシ、コメ等が栽培されている。伝統的な焼畑は、樹木に蓄積された養分を土壌に還元させる方法であったが、現在広く見られる無計画な焼畑は、生産性の低下による農地の放棄につながりやすく、天然林の消失と荒廃地の拡大という悪循環の要因ともなり得る。現行法において、計画的な火入れは認可されているものの¹、火入れ圧力の軽減は重要課題である。長期的展望に立って、カポエイラ等の荒廃地を有効に活用した持続的な農牧経営のためには、焼畑耕作の後放置された荒廃地に、経済価値の高い林木種や果樹等の永年生作物を植栽していくことで、持続的な生産システムを創ることができる。

混成植栽（樹間栽培）システム



循環型バイオマス利用システム（改良型循環焼畑システム）



カポエイラ → 伐採・火入れ → 1年生作物栽培 → 有用樹植栽 → 有用樹を含む森林再生

（１） ジュキーラ

果樹を中心とした混成植栽

主に劣化した草地に見られるジュキーラでは、土壌の肥沃度が低く、耕作に必要な養分も枯渇しているため、植生回復には長時間を要する。従って、カポエイラ、カポエイロンへの自然の植生遷移にまかせ、土壌の回復を待つのが一つの方法である。一方、ジュキーラを整地し、ライン状に果樹を混成植栽する方法もある。地拵えの方法としては、人手によるものと、トラクター等の農業機械によるものがある。ジュキーラは、施肥および除草が重要となり、管理費用が高くなる傾向がある。費用負担が可能な大企業による大規模植栽には利用できるが、家族農業の場合には、費用負担が困難で、ジュキーラの利用は一般に行われていない。

¹新森林法の改正（法令 2661 号,1998 年 7 月 8 日）で、農林畜産業の開発を目的とした場合に、管理された火入れを SISNAMA（国家環境制度）の審査その他の条件付きで認可する。

(2) カポエイラ / カポエイロン

カポエイラへの庇陰果樹の植栽

有用樹種の天然更新が見られるところでは、カポエイラの全面整地を行わずにそのまま部分的な整地を行って果樹や林木種を植栽することが可能である。この場合、2 m 前後の幅で 10 m 前後の間隔の帯状にカポエイラを伐開して筋状に植栽する。樹種としては、クプアス等の庇陰果樹およびアンジローバ等の林木種が適当である。さらに、残されたカポエイラを部分的に伐開し、適当な光条件を設定した上で、林木種を補植していくこともできる。この方法は、Araras 等の入植地で PRONAF のプロジェクトの中で利用されており、現在 60 戸ほどの農家が参加している。

焼畑耕作と組み合わせた果樹・林木種の植栽

カポエイラ / カポエイロンのバイオマスに蓄積された栄養分を焼畑耕作で利用し、キャッサバ等の一年生作物の栽培期間中、または、栽培後に有用樹種を植栽することが可能である。植栽する果樹や林木種としては、複層構造を利用して、初期の庇陰樹としてバナナ等の短期の永年生果樹とクプアス等の庇陰果樹および長期的な庇陰樹木として比較的樹高の高いアサイ等の果樹またはブラジルナッツ等の林木種との組み合わせが汎用性が高い。このような生産形態は、焼畑耕作を行う小規模な家族農業に適している。焼畑耕作は 2 ~ 3 年行なわれ、1 年目は一年生作物だけで生産を上げ、収量の落ちる 2 年目以降から果樹を収穫する。その後、有用樹種を含む森林が形成される。

カポエイラのマルチ化による果樹栽培

焼畑移動耕作による様々な弊害を低減させながら、定住化を進めるため、ドイツ国が協力する SHIFT プロジェクトでは、トラクターの導入によるカポエイラのマルチ化が試みられている。焼畑とトラクターを使ったマルチ化方式との収量を比較すると、1 年目は焼畑の方が即効性のある養分を提供するため収量が多くなるが、2 年目は焼畑の収量が著しく減少し、マルチ化の方が多くなる。3 年目には、焼畑の収量は初年度に比べ半減する。一方、マルチ化の場合は分解の速い熱帯の条件ではその 90% が失われてしまうため、植付けは行われていない。トラクターによるマルチ化は、高価な機械を使用し、しかも 1 年目に化学肥料を必要とするため費用高になり、実用化されていない。

ババス対策

ババスは年間雨量が 1,200 ~ 2,000 mm の、少なくとも 5 ~ 6 ヶ月の雨期がある地域で生育する (Kass *et al.*, 1993)。調査対象地域の東部はこの地域に属し、ババスが分布している。ババスは、火入れを繰り返すことにより、硬質外果皮が焼失し発芽が促進される。酸性矯正された土壌では、生育が旺盛となり生態系に影響を与える (Anderson *et al.*, 1991)。調査対象地域でのババス対策は、ディーゼル油に農薬を混入させたものを根に直接注入する方法が一

般的である。また、柵作り用の掘削機で抜き取り、その穴に水を注入し主根を腐食させることもある。これらの方法は1～2 haであれば容易であるが、5 haを越える土地では経済的に現実的ではない。大面積では、ババスの幼樹の葉を好んで食する山羊と水牛による混牧林で対応する。ババスの対策では、火入れを行なわないで、ババスの種子を全て除去することが重要である。

8.3.2 牧畜開発による荒廃地の回復ポテンシャル

荒廃した牧草地を回復するためには、機械により耕起し、肥料を投入し、牧草を再度播種することが提案されている（Veiga, 1995）が、調査対象地域のように粗放的に使われている広大な牧草地の荒廃の場合は、再造成するのは経済的に難しい。

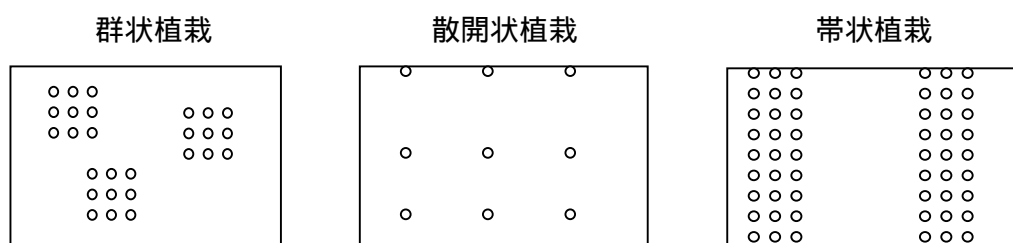
しかし、牧畜業に林木種を導入する混牧林を利用すると、牧草地に組み込まれた林木種により、土壌の有機質の増加がもたらされ、樹木の根系による土壌養分の利用度が高まり、家畜には庇陰を提供し、微気候の緩和および病虫害の軽減等にも寄与する。

（１） ジュキーラ

長期にわたる使用により荒廃した草地では、ジュキーラが優占する傾向が見られる。このような土地の土壌は劣化しているため、放牧を中止して地拵えし、施肥を行なって牧草を再度播種する。この際に、在来樹種または外来樹種を同時に植栽することで、混牧林を開始することが可能である。

混牧林の造成

中・大規模の牧場では放牧を部分的に停止し、林木種の植栽を行い、1、2年後に、植栽した林木種がある程度大きくなった時点で放牧を再開できる。植栽方法には、群状植栽、散開状植栽、带状植栽等がある。調査対象地域では手間のかからない带状植栽が適している。導入樹種は、透光性の高い樹種が適当であり、パリカ等の林木種、ココヤシ等のヤシ科の有用樹、エリトゥリナ（*Erythrina spp*）等のマメ科の肥料木が有効である。



（２） カボエイラ / カボエイロン

循環型バイオマス利用システムの牧畜への応用

カポエイラ / カポエイロンを火入れにより地拵えし、一年生作物を数年間連続栽培した後に牧草を植える。数年間放牧を行い、土壌の養分が減少し、雑草の管理が難しくなった時点で放置し休耕地にする。休耕地に森林が成長した時、ブルドーザーで整地を行い、再び一年生作物の栽培に戻る。このシステムでは、初期段階にマメ科の草本を導入して土壌を改善し、これにより牧草地の持続性を高めることができる。また、休耕期間を利用した有用樹種の生産も可能である。

8.3.3 林業開発による回復ポテンシャル

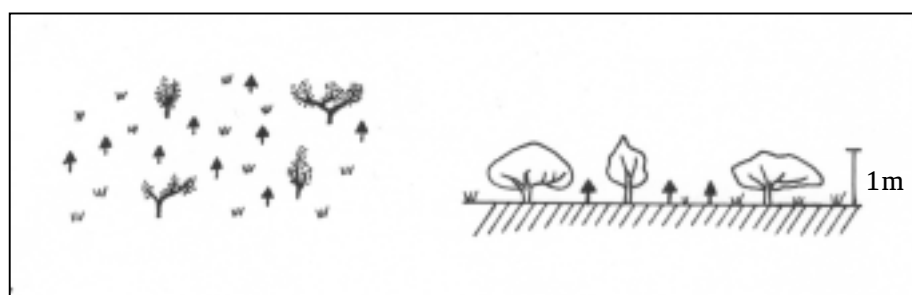
荒廃地は、小低木から高木まで多種の木本植物を含んでいるが、それらは木材や果実としての経済価値を伴わない場合が多い。このような荒廃地を経済的に回復させる手法の一つとして、経済価値の高い在来樹種や外来導入樹種を選抜的に用いた林業開発が可能である。

(1) ジュキーラ

簡単な整地の後に、在来の早生樹種の植林と複数の有用樹種を規則的に植え込む異種混成植林がある。また、機械による地拵えの後に外来種を一斉造林する方法がある。

早生樹植林

ジュキーラは、土壌が劣化した後に顕現する荒廃地であるため、土壌の生産性は期待できないが、日照条件には優れ、植生は疎である。このような特徴を開発手法に生かし、再生力の強い在来早生樹種を、ジュキーラの中に自由な形で植え込んでいくことができる。この植栽方法は、樹種によっては整地にほとんど経費をかけずに植栽が可能である。植栽樹種としては、再生力の強いパリカ、ファヴェイラ等のマメ科その他の早生樹種がある。簡単な技術で経費をかけないこの方法は、小規模から大規模農家まで広く適用が可能である。



異種混成植林

生態的な危険度の軽減および生産樹種の多様化を目的とした方法として、人手による簡単な整地の後に、早生樹種を含む複数の有用樹種をライン状に混成植栽（ライン・プランティング）することが可能である。アマゾン地域ではこの分野の経験の蓄積がまだ少ないが、在来樹種を用いた造林の中心となるものである。牧養力の低下した草地等では、一定期間放牧を行わない牧区を設けたうえ植林を行うことで、混牧林への第一段階とすることが可能となる。

外来種一斉造林

トラクター等の機械による地拵えの後に、ユーカリ等の育林技術体系が確立している外来樹種を植栽する。ジュキークラは土壌の肥沃度が低いため、一斉造林においては土壌改良や施肥が重要になる。COSIPAR 社の試験造林では、改良品種の *Eucalyptus urograndes* が有望視されている。

(2) カポエイラ / カポエイロン

ジュキークラと比較すると、これらの植生においてはバイオマス生産機能が高く、また、土壌の物理性も優れている。ここに在来林木種を植栽する場合、大きな制約因子になるのは林床の光条件と他種との養分摂取の競合である。カポエイラ初期の段階では、林床に直接植栽できる条件が充分満たされている場合もあるが、カポエイロンの場合には、筋刈りをして在来有用樹種を植栽するエンリッチメント技法が有効である。これによって、樹幹の通直性が得られにくい樹種や、生育に庇陰を必要とする樹種の育林が可能である。カポエイラ / カポエイロンの他の利用方法としては、植生バイオマスに蓄積された栄養塩類を作物栽培のために土壌に還元させる手法がある。バイオマスの機械粉砕によるマルチ化、あるいは地拵えにより可能である。整地後は在来種・外来種の植林、一年生作物の栽培を伴うタウンヤ式植林および工芸作物を栽培することが可能である。

(3) 農用地の緩衝帯

大規模牧場の法定保全域と草地の境界、あるいは小規模農家の農地の境界では、幅 20 ~ 40 m 程度のカポエイラが分布しており、緩衝帯となっている場所が多い。エンリッチメント方式での在来早生樹の植林や異種混成植林が可能であり、カポエイラの経済性を高めることができる。

8.4 適用技術の可能性

8.4.1 農業技術の適用

(1) アグロフォレストリーの樹種選定

一般作物、短期結実の永年生作物、林木種の複合構成による混植の組み合わせを実施する。調査対象地域で利用されている作物と構成層との関係は、以下のとおりである。

表 8.4-1 作物の階層による分類

	構成内容	作物
第 1 層	1 m 以内の一年生作物	フェジヨン豆、パイナップル、陸稲等
第 2 層	1 m 程度の一年生作物	キャッサバ、トウモロコシ等
第 3 層	数 m までの短期の永年生果樹	バナナ、パパイア、パッションフルーツ等

第4層	6 mまでの永年生果樹	クブアス、オレンジ、アセロラ等
第5層	ヤシ科果樹	アサイ、ププーニャ、ココナッツ等
第6層	果樹・林木種	ブラジルナッツ、マホガニー、パリカ等

出典：Sistema Agroflorestal. 2000. P. S. Miranda. より変更

調査対象地域の在来種であり、市場性も高く、近年生産が増加している永年生果樹であるクブアスを主体とする混植は、適用の可能性が高い。この混植では一年生作物や短期の永年生果樹は収穫後伐採され、最終的にはクブアスと永年生果樹および林木種が残る。

植物が有する代謝経路（C₃, C₄, CAM）、耐陰性、栄養循環、根系成長等の生理的機能を考慮し、植栽密度に反映させる。多様な生態系をつくることにより、病虫害の被害を減らし、窒素、炭素等の循環を向上させる。

- 1) 果樹（3年生）と + 庇陰永年生果樹の混植（パッションフルーツ（7年目以降グリリシリア）+ クブアス）

パッションフルーツの植栽間隔は 6 m × 3 m（555 本 / ha）であり、クブアスの植栽間隔は 6 m × 6 m（277 本 / ha）である。クブアス間に灌漑設備を設置し、パッションフルーツを植栽する。陽性植物であるパッションフルーツの作付期間は 3 年間であり、クブアスが地表面を覆うまで作付けする。連作障害を避けるために、パッションフルーツ植栽後にマメ科植物（グリリシリア）を植栽し、窒素を土壌に還元させ、クブアスによる収穫を継続する。

- 2) 一般作物 + 短期結実の永年生果実 + 林木の混植（陸稲、トウモロコシ、フェジヨン豆 + バナナ、クブアス、ブラジルナッツ）

植栽間隔は、ブラジルナッツ 20 m × 20 m（25 本 / ha）、クブアス 6 m × 6 m（277 本 / ha）、バナナ 3 m × 3 m（867 本 / ha）である。これらの間に、陸稲、トウモロコシ、フェジヨン豆の順で一般作物を 2 年間三毛作する。三毛作を連続して行うために、マメ科植物を導入し、窒素を固定させる。バナナ、クブアスの収穫は、植栽後 3 年と 4 年である。

- 3) 一般作物 + 短期結実の永年生果樹 + 飼料木・林木の混植（陸稲、トウモロコシ、フェジヨン豆、パイナップル + バナナ、クブアス、グリリシデア、ブラジルナッツ）

飼料木の間に一般作物を植栽する、アグロフォレストリーによる三毛作である。林木種は、ブラジルナッツとグリリシデアを 10 m × 10 m（100 本 / ha）で植栽し、この間に、陸稲、トウモロコシ、フェジヨン豆、バナナ、パイナップルの一般作物を三毛作する。10 m × 10 m の林木間にパイナップルを 0.4 m × 0.3 m（1000 本 / ha）で植栽する。パイナップルの収穫は 2 年目からである。三毛作を行うために、マメ科植物（グリリシデア）を導入し、窒素を固定する。クブアスは 2 年目に植栽する。バナナ、クブアスは 3 年目と 5 年目から収穫する。

4) ココヤシ等による混牧林（ココヤシ、インドセンダン、グリリシデア + ブラックキャリア）

ココヤシ、インドセンダン、飼料木の間にブラックキャリア（*Brachiaria brizantha*）を播種する。ココヤシ、インドセンダン、飼料木を 8 m × 8 m（52 本 / ha）で植栽し、半年後に、牧草を播種する。家畜による苗木の食害を避けるために、ココヤシ、インドセンダンが 2 m を越えてから家畜を入れる。牧草の成長が早いので、ココヤシ、インドセンダンの庇陰下で牧草の生育を抑制する。ココヤシは、4 年目から収穫する。

5) ババス等による混牧林（ババス、ギンネム + ブラックキャリア）

ババスの植栽密度は、100 本 / ha である。ブルドーザーで整地した後、飼料木を植栽する。半年後に、飼料木の樹高が 2 m 以上になったら、牧草を播種する。火入れは、短期的にはアルカリ養分を増加させるが、土壌劣化を起こすだけでなく、ババスの埋土種子の発芽を促進するため、火入れは行なわない。4) 同様に、庇陰下で牧草の生育を抑制する。

（2） 工芸樹木の樹種選定

1) ゴム

ブラジル国内の天然ゴムの年間需要は 12 万 t であるが、生産は 8 万 t で、4 万 t を輸入に頼っている。マラバ小地域には天然ゴムが自生しているが、プランテーションは見られない。アマゾン地域の天然ゴム栽培の主な制限要因は、病害、融資条件、販売経路である。天然ゴム園造成には、以下の利点がある。

- a. 植生遷移の第 5 相に現れる再生林種であり、地域への適応性が大きい。
- b. 既にある程度育種技術の蓄積があるため、ノウハウを適用しやすい。
- c. 若年林の林内環境が、在来種の植林に適している。
- d. 比較的乾燥した気候（Aw）により、病害菌の被害率軽減が期待できる。
- e. ラテックス加工場が比較的小投資で建設でき、加工プロジェクトを作成しやすい。

過去にアマゾン地域で行なわれていた天然ゴムの大規模なプランテーション栽培は、病虫害の発生等により良好な成果は得られなかった。しかし、中小規模の農家では、アグロフォレストリーに組み込んだ形での導入が可能である（Smith *et al.* 1995）。

2) デンデ

デンデの市場は拡大傾向にあり、ブラジル国の輸入作物である。アマゾン地域全体で 5,000 万 ha が栽培に適しているといわれ、栽培のポテンシャルは大きい（Smith *et al.* 1995）。パラ州では Bragantina や Thailandia 周辺で広く栽培されている。生育には、年降水量が 2,000 mm 以上で、降雨が年間を通して均等にあることが必要であり、顕著な乾期がある調査対象地域での栽培は適さない。

8.4.2 牧畜業技術の適用

(1) 混牧林の概要

アマゾン地域には混牧林の例はまだ少ない。EMBRAPA-CPATU による実証研究では、パリカ、タタジューバ、ユーカリ (*Eucalyptus tereticornis*) による 3 列の帯状植栽とアマゾンキクユ、シグナルグラス、クリーピングシグナルグラスとの組み合わせで実験が行われ、成長はパリカ、シグナルグラスやクリーピングシグナルグラス + ユーカリとタタジューバの組み合わせが良い成績を上げている (Marques & Brienza, 1991)。

工芸樹木の混牧林としては、ゴムとプエラリア、マンゴーと自生草本等の例がある。また、果樹との例として、ココヤシの混牧林がある。ココヤシは透光性が高く、アジアでは古くから行われており、適用の可能性は高い。放牧成果に関するデータはないが、ベレン南部の Acará では、ココヤシ 160 本 / ha が 3,600 ha に植栽されており、8 年生のもので約 1 万個 / ha / 年の生産がある。

調査対象地域では、ユーカリの植林を行っている COSIPAR が、林内で牛の放牧を行っている。ここでは 3 m × 4 m の間隔に植えられた 1 年半から 2 年生のユーカリ林に 0.5 頭 / ha 程度の牛が放牧されている。

(2) 柵沿い・生垣柵植栽

放牧管理のための木杭と鉄線の柵は、耐久年数 (4 ~ 15 年) があり、定期的な更新が必要であるが、これを生垣柵に代えると維持管理費用低減できるだけでなく、樹種によっては食料や飼料等の経済価値を生みだすことができる。

(3) 飼料木の導入

アマゾン地域の牧畜業では、飼料木の利用例はほとんどない。しかし、飼料木の利用は、飼料のタンパク質を補充し、乾期の飼料不足を補完できるため、牧畜業の集約化および持続性の向上に貢献する。マメ科飼料木は、以下のとおりである。

表 8.4-2 アマゾン地域のマメ科飼料木

一般名	学名	原産	特徴
Caliandra	<i>Caliandra calothyrsus</i>	在来	飼料に適する。カボエイラに生える。
Cassia	<i>Cassia siamea</i>	外来	タンパク質の含有率は低いが飼料に適する。
Gliricidia	<i>Gliricidia sepium</i>	外来	生垣柵として広く利用される。
Guandu	<i>Cajanus cajan</i>	外来	飼料に適する。中米では広く利用される。
Leucenas	<i>Leucaena leucocephala</i>	在来	アマゾン西部の原産で、酸性土壌では生育できない。
Leucenas	<i>Leucaena hibridos</i>	外来	<i>Leucaena leucocephala</i> を酸性土壌への適応性を強化したものである。
Erythrina	<i>Erythrina spp.</i>	在来	毒性があるものは飼料としては注意が必要である。主

			に肥料木として利用される。
--	--	--	---------------

出典：Manual Agroforestal para amazonia. Instituto Rede Brasileira Agroflorestal (REBRAF) 1996.

8.4.3 林業技術の適用

(1) 有用樹種の選定

アマゾン地域でこれまでに植林された有用樹種は、外来導入種としてはユーカリ、カリビアマツ、メリナの他、最近ではチークやアフリカ・マホガニー等がある。一方、在来樹種は極めて多種類で、製材所で利用されている商業樹種だけでも 60 種以上ある。これらは成長速度および気乾比重の違いにより、5 つのグループに分けられる。

表 8.4-3 アマゾン地域の有用樹種のグループ分け

グループ	種数	気乾比重	特 性
A	10	0.4 ~ 0.5	成長の速い早生樹種
B	8	0.5 ~ 0.7	一般構造用/家具用の良材を産する樹種
C	6	0.7 ~ 0.9	良材の他に有用果実等を産する樹種
D	10	0.8 ~ 1.0	地域需要の高い重構造用材を産する樹種
E	12	0.8 ~ 1.0	木理美麗で重構造用材/高級用材を産する樹種

グループ A：成長の速い早生樹種

アサクー、サマウマ、モロトト、パラパラ、パリカ等の樹種の多くは、材積 20m³/ha/年の成長量があり、樹冠部の割合は 50%以下、樹高の半分以上は商業価値の高い通直な樹幹で占められている (SUDAM, 1977)。EIDAI 等により既に企業造林も試みられているパリカは、生育旺盛で、調査対象地域でも林地の境界付近や新しく伐開された土地への侵入が広く確認されており、早生樹植林には最も重要な樹種の一つである。

グループ B：一般構造用/家具用の良材を産する樹種

広く植栽されているアンジローバ、オオバマホガニー、セードロ・ヴェルメーリョ等がある。これらセンダン科の樹種は生育が比較的早いだが、裸地に一斉植栽された場合、穿孔虫の被害を受け易く、通直な樹幹が得られにくいという問題がある。土壌の劣化が激しい場所では、窒素固定能力のあるマメ科のタチー・ブランコの植栽が有効である。

グループ C：良材の他に有用果実等を産する樹種

ブラジルナッツは通直性に極めて優れ、材積の成長量も 24m³/ha/年 (SUDAM, 1977) を示しており、荒廃地の回復を目的とした植林に最も適している。バクリ、ペキア等は果樹の自家消費や景観を目的に植栽できるが、木材生産のためには、エンリッチメント方式によりカポエイラでの植栽や、ゴム等の工芸作物との混植が有効である。

グループ D、E：気乾比重の高い重構造用材を産する樹種

他のグループに比べて成長は緩慢である。マメ科の樹種が多く、クワ科、アカテツ科等も含む。これらの樹種の種子や果実は、鳥類、霊長類および林床の小動物等の食糧となるものも多く、生態系保全の観点から重要である。エンリッチメント方式または混成植林により、少数でも常にこのグループの樹種を導入することが効果的である。比較的成長が早く通直性に優れ、植林に適している樹種としてはタタジューバがある。

調査対象地域での植林は、各有用樹種の生育成績および種子入手の難易度等を考慮し、以下の30種を適用する。

表 8.4-4 調査対象地域の植林用樹種選定

	特徴	樹種名
在来種	グループ A（早生樹種）	パリカ、ファヴェイラ、モロトト、パラパラ、クアルーバ、サマウーマ、ウクウーバ
	グループ B（良材を産する樹種）	アンジローバ、セードロ・ヴェルメーリョ、フレイジョー、オオバマホガニー、タチー・ブランコ
	グループ C（良材・果実等を産する樹種）	バクリ、ブラジルナッツ、コパイーバ、ペキア
	グループ D（重構造用材を産する樹種）	アンジェリン・ペドラ、ジュタイ・アスー、マサランドゥーバ
	グループ E（高級用材を産する樹種）	クマルー、イペー・アマレロ、イペー・ロッショ、ジャカラダ・ド・パラ、ムイラピランガ、スクピーラ、タタジューバ
外来種	一斉造林向け樹種	ユーカリ
	良材を産する樹種	アフリカ・マホガニー、チーク
	良材・果実を産する樹種	ジャックフルーツ

（2） 早生樹植林および一斉造林

在来早生樹の植林の利点は、地拵えや施肥等に経費を掛けずに済むこと、対象地の母樹から比較的簡単に大量の安価な苗を作ることが可能なことである。種子の発芽率がよい樹種では、雨期に直蒔きもできる。植栽方法は、ジュキーラや疎なカボエイラ等の荒廃地の場合では、ランダムに植栽してもよい。ただし、病虫害の可能性があるので、大規模植栽等には注意が必要であり、数 ha から数 10 ha までの小面積の植林区を分散させる必要がある。樹種はグループ A から選定し、単一でも混成でもよい。小地区毎に選定樹種を絞り込み、まとまった材積収量の目標を立て、計画的に植林継続する。在来早生樹種の植林は、最も簡単な技術で、手間や経費を掛けずに荒廃地を回復させる手法であり、事業主体の規模や資金力に影響されることが少ない。

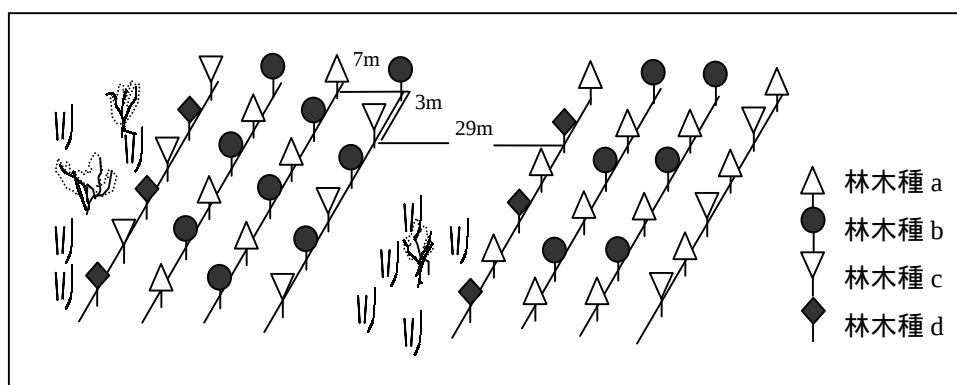
在来早生樹種の植林は、コミュニティー林業として実施されることが多いのに対して、大規模な経営に適するユーカリ等の外来種の一斉造林がある。ユーカリの一斉造林は、調査対象

地域でも既に数年前から製鉄企業 COSIPAR その他が実施している。南部の技術的なノウハウを用い、選抜育種を行いながら自動湿度調整設備のある苗畑センターで大量のユーカリ苗を生産し、数 1,000 ha の規模で造林を行なっている。試験的に植栽された *Eucalyptus grandis* は病虫害に弱く、現在改良品種の *Eucalyptus urograndes* (*Eucalyptus grandis* と *Eucalyptus urophylla* の交配種) が成長も早く有望視されている。COSIPAR のユーカリ造林の目的は、製鉄に必要とする木炭燃料を得ることであるが、将来、カラジャス鉄道を利用した木材輸出の可能性もある。

在来早生樹種の植林とユーカリの一斉造林に適用される林業技術は対照的である。前者は、植栽による荒廃地の優良林化であり、後者は高度な集約林業である。トラクター等の機械による地拵え整地、石灰による酸度矯正等の土壤改良、施肥、除草、殺蟻、防火帯の整備等の施業が行われ、単位面積当たりの経費は高くなるが、7～8 年の短い伐期で資本の回収ができる。

(3) 異種混成植林およびタウンヤ式植林

在来種のグループ A～E および良材を産する外来種の中から、グループの異なる樹種を選定し帯状植栽する。林木種の組み合わせは、植栽する各樹種の本数により決定する。荒廃草地やジュキークラでは、放牧との関わりで、草地帯（ジュキークラ帯）と林木帯の比率を変えることが可能である。カポエイラ／カポエイロンでは、ライン・プランティングによるエンリッチメント植林が可能である。小規模農家から大規模農家まで実践的に導入することができるこの植栽方式は、異種混成植林の中心となる。図中で本数の多い林木種 a、は早生の樹種から選定し、b、c は良材を産する一般の有用樹種から、本数の少ない d は成長の緩慢な樹種あるいは試験的な樹種から選定してもよい。



導入可能な在来種の組み合わせ例を示す。

表 8.4-5 導入可能な在来種選定

	林木種 a	林木種 b	林木種 c	林木種 d
例 1	パリカ	オオバマホガニー	ブラジルナッツ	タタジューバ
例 2	パリカ	ファベイラ	オオバマホガニー	ブラジルナッツ
例 3	ファベイラ	オオバマホガニー	セードロ	タタジューバ
例 4	ファベイラ	パリカ	チーク	オオバマホガニー

これらの植栽方式をカポエイラに適用する場合は、植栽列沿いに在来植生を 1 ～ 2 m の幅で筋刈りして、簡単な整地を行う必要がある。植栽する樹種は、光条件の要求度を考慮し選定する。カポエイロンの林相が密である場合は 2 ～ 3 m の小道を開設し、周辺木の巻枯らしを行う等、植栽に好適な環境をつくると筋植が可能となる。

異種混成植林の手法は、タウンヤ式植林へ応用できる。タウンヤ式植林では、林木の植栽とともに畝間を利用して初期の数年間是一年生作物を栽培する。林木種の植栽前に、土壤改良を含めた機械による整地を行う。作物導入の主な目的は、土壤改良による農牧林業複合システムの確立である。従って、作物はマメ科を中心に、3 ～ 4 年目にトウモロコシ等とともに牧草を播種することで、草地造成を行うことが可能である。再造成された草地は、通常の 2 倍以上の牧養力を有することが確認されている。タウンヤ式植林は、農業機械による作物栽培が可能な大・中規模農家が対象となる。

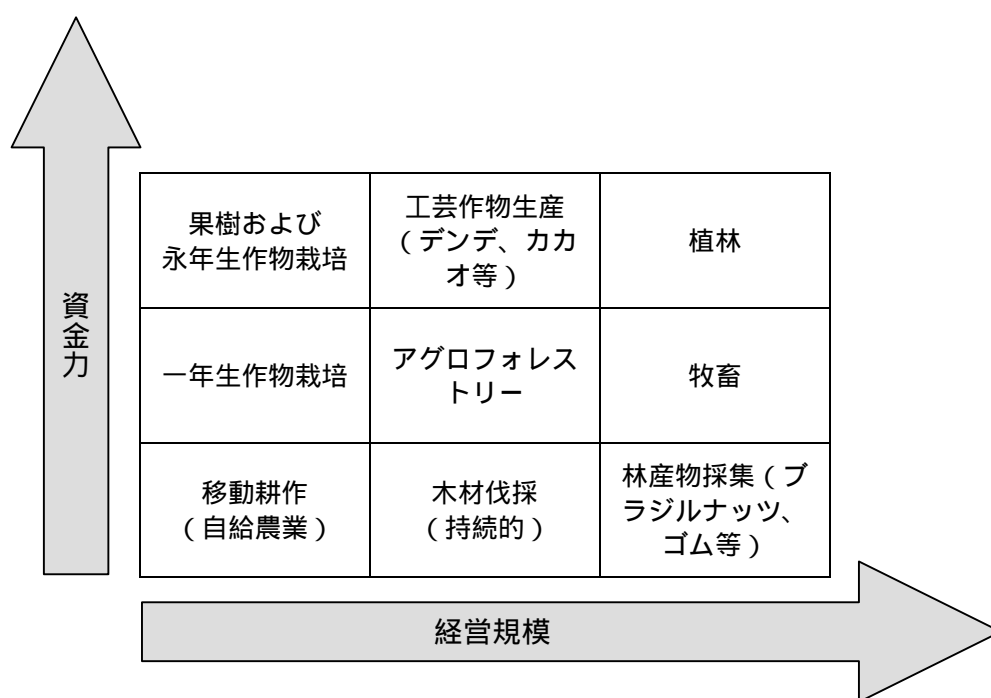
(4) 混成ゴム園の造成

アマゾン地域が原産で、広く栽培されてきたパラゴムノキを選定し、ゴム園の造成を行う。調査対象地域では、ゴム園経営の経験がないが、入植地の小規模農家の組織化・定住化のためには、小面積でのゴム園の造成が有効である。植栽後 5 ～ 6 年のゴム林の環境は、在来林木種の生育に良好なため、時間差による複合的な在来種の植林を行う。混成ゴム園の造成は、ゴム樹液の収穫が経営の中心であり、林木種の導入は木材生産の他、作物の庇陰、生態的なリスクの軽減のためである。

8.5 荒廃地回復モデル

8.5.1 営農形態と規模によるモデルの類型化

調査対象地域の生産者は、営農形態や営農規模において多様であり、各荒廃地の回復方策の適応も異なる。持続可能な土地利用を実現させ、荒廃地を回復させるためには、経営形態・規模に適応した土地利用の方策を検討する必要がある。アマゾン地域における経営規模および資金力による土地利用は以下のように整理される。



出典：Agricultura Brasileira e Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA, 2000

図 8.5-1 資金力と経営規模による土地利用関係

荒廃地回復に適用可能な技術を異なる経営形態で実施し、目的を達成させるためのモデルは以下のとおりである。

- (1) モデル 1：灌漑による果樹の混植（クブアス + パッションフルーツ（7 年目から庇陰飼料木の植林））

クブアスの植栽間に灌漑施設を整備し、パッションフルーツを植栽する。クブアスの庇陰樹として、パッションフルーツを用いる。パッションフルーツは、草本であるため支柱と針金を必要とするため初期投資が高くなるが、収益性の高い果樹である。パッションフルーツは、555 本 / ha から約 15,000 kg / ha / 年の収穫量がある。また、クブアスは、277 本 / ha から 3,575 kg / ha / 年の収穫量がある。粗収益の合計は、R\$ 1,475 / ha / 年である。初期経費と年間維持管理費は、R\$ 728 / ha / 年と R\$ 380 / ha / 年である。

- (2) モデル 2：一般作物と果樹・林木種の混植（陸稲、トウモロコシ、フェジョン豆 + バナナ、クブアス、ブラジルナッツ）

庇陰飼料木の間に一般作物を植栽する三毛作のモデルである。林木種には、クブアスへの庇陰を考慮して、調査対象地域が原産であり、近年減少傾向にあるブラジルナッツを用いる。ブラジルナッツは通直性がよく、果実も採取できる。植栽間隔は、ブラジルナッツ 20 m、クブアス 6 m、バナナ 3 m である。一般作物からの粗収益は、R\$ 580 / ha / 年であり、果実からの粗収益は、R\$ 470 / ha / 年である。粗収益の合計は、R\$ 1,050 / ha / 年である。初期経費と年間維持管理費は、R\$ 236 / ha / 年と R\$ 380 / ha / 年である。

(3) モデル 3：一般作物と飼料木の混植（陸稲、トウモロコシ、フェジョン豆、パイナップル + クプアス）

小規模農家を対象に、庇陰飼料木の間に一般作物を植栽する三毛作のモデルである。一般作物の収穫量は、陸稲 150 kg / ha、トウモロコシ 1,800 kg / ha、フェジョン豆 450 kg / ha である。果実の収穫量は、パイナップル 10,000 kg / ha、クプアス 3,575 kg / ha である。一般作物からの粗収益は、R\$ 580 / ha / 年であり、果実からの粗収益は、R\$ 380 / ha / 年である。粗収益の合計は、R\$ 960 / ha / 年である。初期経費と年間維持管理費は、R\$ 184 / ha / 年と R\$ 380 / ha / 年である。

(4) モデル 4：ココヤシ等による混牧林（ココヤシ、インドセンダン、飼料木 + ブラックキャリア）

ココヤシ、インドセンダン、飼料木の植栽間に牧草を播種する。中・大規模農家の果樹を用いる混牧林として、市場性の高いココヤシと牧草を組み合わせる。ココヤシの 4 年目からの収穫量は、52 本 / ha で 6,760 個であり、粗収益は R\$ 676 / ha / 年である。牛のネローレ種からの粗収益は、R\$ 150 / ha / 年である。初期経費と年間維持管理費は、R\$ 127 / ha / 年と R\$ 300 / ha / 年である。

(5) モデル 5：ババス等による草地造成（ババス、飼料木 + ブラックキャリア）

ババスと飼料木の植栽間に牧草を播種する。また、ババスの幼樹を食する水牛を導入する。調査対象地域の東部では、広い範囲で牧草地が荒廃しババス林になっている。ババスを一部残し、火入れすることなく、ババス林を混牧林として活用する。ババスの植栽密度が 100 / ha となるように掘削機を用いてババスを間引き、飼料木の樹高が 2 m を越えた段階で牧草を播種する。粗収益は R\$ 400 / ha / 年であり、うち水牛からの粗収益は、R\$ 150 / ha / 年である。初期経費と年間維持費は、R\$ 71 / ha / 年と R\$ 300 / ha / 年である。

(6) モデル 6：早生樹植林（パリカの植林）

早生樹植林として最も可能性が高い在来種であるパリカを植栽する。整地に全く経費を掛けず自由な形態で植栽する方法から、均等な植栽間隔（5 m × 4 m）で植栽する方法まで多様である。1 ha のジュキーラまたは疎なカポエイラの中に、パリカの苗木 500 本を植栽する。13 年後に半数を間伐し、91 m³ / ha の木材から R\$ 2,275 の粗収益を、20 年後に皆伐して 171 m³ / ha の木材から R\$ 4,275 の粗収益が得られる。年平均の粗収益は、R\$ 328 / ha / 年である。初期経費、年間維持管理費、伐採経費は、R\$ 44 / ha / 年、R\$ 43 / ha / 年、R\$ 105 / ha / 年である。

(7) モデル 7：異種混成植林・混牧（応用自在な帯状植栽）

異種混成植林の帯状植栽は、混牧林の導入から、カポエイラ / カポエイロンのエンリッチメントまで広く応用可能である。林木種の植栽間隔は 3 m、植栽列の幅は 7 m で 4 列とし、幅 21 m の林木帯と 29 m の休閒帯（草地帯 / ジュキーラ帯）を設ける。ha 当たりの植栽本数は、

林木種 a = 98 本、林木種 b = 82 本、林木種 c = 51 本、林木種 d = 33 本、合計 264 本/ ha となる。本数の多い林木種 a に早生樹種のパリカ、林木種 b にオオバマホガニー、林木種 c にブラジルナッツ、林木種 d にタタジューバを選定して異種混成植林を行った場合を適用する。13 年後にパリカを主伐し、ブラジルナッツを 50% 間伐する。25 年後にマホガニー、タタジューバを主伐し、ブラジルナッツを皆伐する。全ての樹種で、植栽本数の 30% が欠損すると仮定する。伐採時の材長は、全種とも 7 m である。粗収益は、R\$ 377 / ha / 年である。初期経費、年間維持管理費、伐採経費は、R\$ 21 / ha / 年、R\$ 50 / ha / 年、R\$ 94 / ha / 年である。また、牧畜からの粗収益は、R\$ 46 / ha / 年である。初期経費と年間管理経費は、R\$ 12 / ha / 年と R\$ 31 / ha / 年である。

(8) モデル 8 : タウンヤ式植林・混牧

林木の植栽形態は、異種混成植林に準じる。機械による整地を行い、林木種を植栽し、畝間および林木帯に、一年生作物を機械化栽培する。作物導入の目的は、収益の増大だけではなく、土壌改良の効果を期待する。1 ~ 2 年目に大豆、3 年目にフェイジョン・カウピー、4 年目にトウモロコシと牧草を播種し、5 年目から放牧する。材積収量は、モデル 7 と同様である。これに作物および牧畜からの粗収益が加わる。木材からの粗収益は、R\$ 377 / ha / 年である。初期経費、年間維持管理費、伐採経費は、R\$ 17 / ha / 年、R\$ 47 / ha / 年、R\$ 94 / ha / 年である。作物からの粗収益は、R\$ 112 ± 37 / ha / 年である。初期経費と年間維持管理費は、R\$ 82 / ha / 年と R\$ 38 / ha / 年である。牧畜からの粗収益は、R\$ 89 / ha / 年である。初期経費と年間維持管理費は、R\$ 24 / ha / 年と R\$ 49 / ha / 年である。

(9) モデル 9 : 異種混成ゴム園造成

ゴム園との組み合わせによる異種混成植林である。パラゴムの苗を 7 m × 3 m の間隔で、476 本 / ha 植栽する。5 年後に、パラゴムの植栽間に、林木種 a および b を 119 本 / ha で合計 238 本植栽する。30 の生産者を 1 単位として、6 年目から小規模なラテックス加工処理を行う。また、自家加工の容易なセルナンビーの生産も一部で行なう。林木種 a にフェヴェイラ、林木種 b にアンジローバを適用する。20 年後にフェヴェイラおよびアンジローバを皆伐すると、前者では 99 m³ / ha の木材から R\$ 4,956、後者では 60 m³ / ha の木材から R\$ 3,040 の粗収益が得られる。年平均の粗収益は、R\$ 320 である。初期経費、年間維持管理費、伐採経費は、R\$ 15 / ha / 年、R\$ 6 / ha / 年、R\$ 102 / ha / 年である。ゴムからの収益は、ラテックスの粗収益は、R\$ 1,027 / ha / 年であり、初期経費と年間維持管理費は、R\$ 34 / ha / 年と R\$ 69 / ha / 年である。また、セルナンビーの粗収益は、R\$ 504 / ha / 年であり、初期投資費と年間管理経費は、R\$ 34 / ha / 年と R\$ 69 / ha / 年である。

(10) モデル 10 : 外来種一斉造林 (ユーカリ植林)

ユーカリを中心とした外来種の一斉造林は、企業や大規模農家を中心となる。トラクター等の機械による地拵えの後に、1,111 本 / ha のユーカリを植栽する。調査対象地域の一斉造林で

は、改良品種の *Eucalyptus urograndes* (*Eucalyptus grandis* と *Eucalyptus urophylla* の交配種) が用いられており、成長が早いことから本モデルでも選定する。単位面積当たりの経費が割高であるが、7～8年の短伐期で投資の回収が可能である。調査対象地域のユーカリ植林は、製鉄等で必要な木炭燃料の原料となる。7年後に皆伐して、300 m³/haの木材から、R\$ 2,632の粗収益が得られる。平均粗収益は、R\$ 376/ha/年である。初期経費、年間維持管理費、伐採経費は、R\$ 166/ha/年、R\$ 48/ha/年、R\$ 105/ha/年である。

荒廃地の回復方策としてのモデル、適応させる対象農家および荒廃地の類型との関係は以下のように整理できる。

表 8.5-1 荒廃地回復モデルと対象者

モデル	回復方策	対象農家			荒廃地の類型			
		小規模	中規模	大規模	ジュキ ーラ	カボエ イラ	カボエ イロン	パバス 林
1	灌漑による果樹の混植	○				○		
2	一般作物と果実・林木種の混植	○				○		
3	一般作物と飼料木の混植							○
4	ココヤシ等による混牧林	○						
5	パバス等による草地造成			○		○	○	
6	早成樹植林	○	○	○		○		
7	異種混成植林・混牧	○	○				○	
8	タウンヤ式混成植林・混牧		○				○	○
9	異種混成ゴム園造成				○	○		
10	外来種一斉造林			○	○	○		

注： 適用性大、○ 適用性中、 適用可能

8.5.2 回復モデル実施の支援技術

(1) 土壌条件の改善

調査対象地域の土壌の肥沃度はかなり低いため施肥が必要であるが、費用高となるため実施には困難を伴う。Tomé-açu では、果肉工場から出る果肉滓をコンポスト有機肥料として利用し、肥料費を下げる工夫が行われている。調査対象地域の小規模農家では、一年生作物の焼畑耕作から牧畜まで多種にわたる営農を包括しているため、家畜からの牛糞堆肥を使うことができる。

(2) マメ科植物と施肥

熱帯多雨地域では、大量の降雨によって土壌の栄養分が流亡し、土壌の劣化を起こしやすい。また、一般的にアマゾン地域の土壌は、強酸性である。この地域で荒廃地を回復させるためには、窒素を固定し、葉・果実を飼料に利用できるマメ科植物を導入することが有効である。

マメ科は、根系に共生する根粒菌によって空気中の窒素を固定し、土壌の栄養分を高める働きをする。また、マメ科植物は草本類に不足するタンパク質と必須アミノ酸を補充することが可能であるため、牧畜業に不可欠な栄養源となる。マメ科植物を導入する際は、窒素をできる限り制限（NPK：4－30－16＋Zn）し、リンを与えることが重要である。鶏糞にはリンが多く含まれているため、鶏糞の利用は有効である。また、植栽を実施する 30 日程度前に 0.5～2 t/ha の石灰を施肥し、土壌の pH を調整することが重要である。

（３） 乾期の灌漑

調査対象地域の全域、特に東部では水収支の不足が顕著で、乾期の耕作には灌漑が必要である。灌漑を行っていない農家もあるが、一般に灌漑を用いた果樹栽培の方が良好な成績を上げている。調査対象地域ではパイプとポンプを用いた簡易式灌漑システムが一般的である。

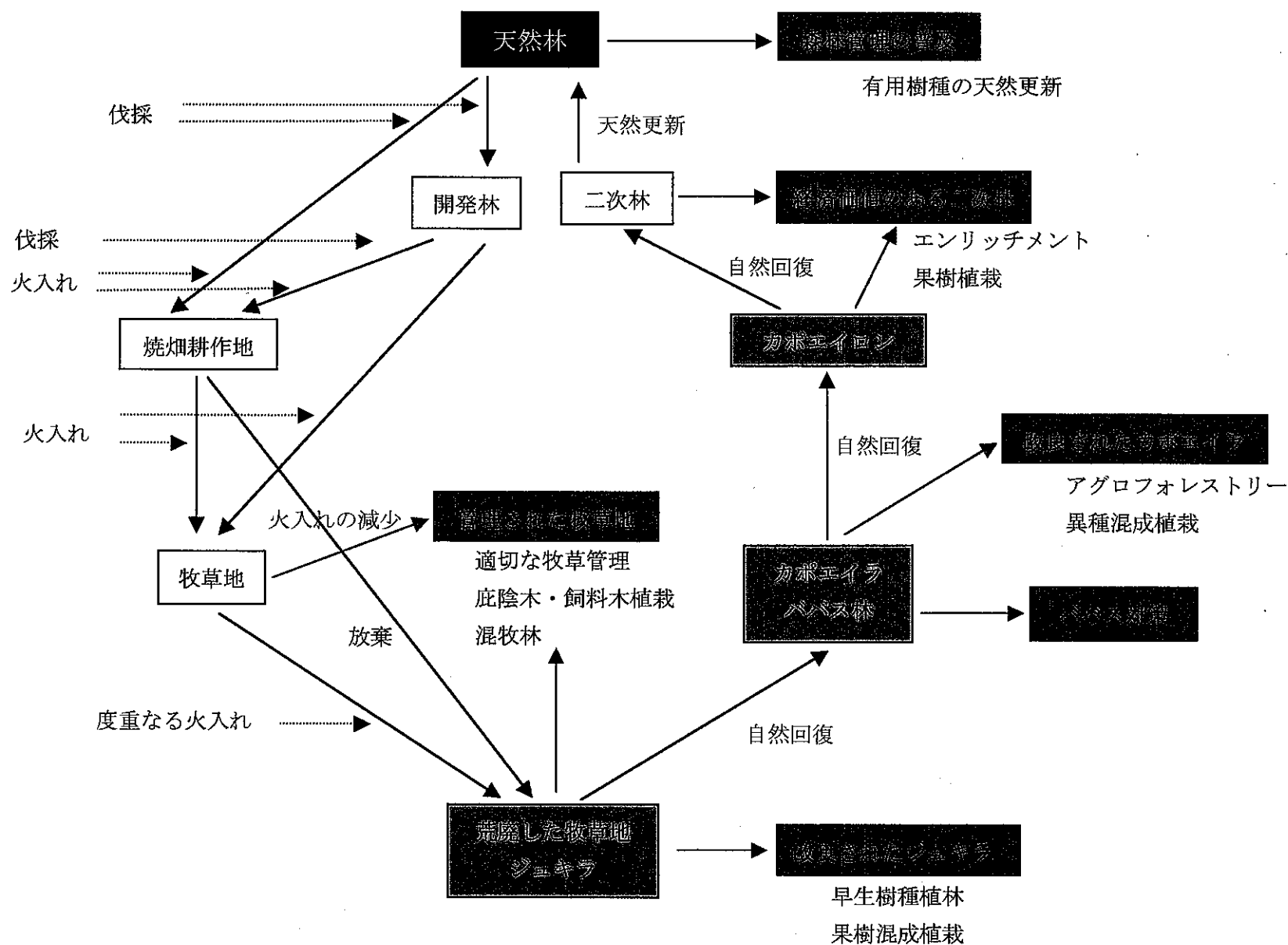


図 8.3-1 荒廃の過程と荒廃地回復の概念図