

1 背景・目的及び事業の進め方

1.1 背景・目的

国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会合で採択された「パリ協定」において、IPCC（気候変動に関わる政府間パネル）第 5 次評価報告書の政策提言を背景として、温室効果ガスの人為的な排出と吸収の均衡を今世紀後半に達成することが掲げられた。その対策の一つとして、REDD+ の実施と支援が盛り込まれた。一方、IPCC の気候・社会シナリオでは、エネルギーシステムと土地利用の大規模な変更、すなわち再生可能エネルギーの拡大と共に大規模な植林の必要性が提言されている。新たに植林を拡大するためにはそのための土地が必要となるが、気候や土壌条件に恵まれた地域・土地は農地として食糧生産のために優先的に利用されている。したがって、新たな植林の対象地域・土地は、途上国の農・牧畜等によって著しい土壌劣化が進行した荒廃放棄地や降水の少なさのために植生回復が難しい乾燥林地域、逆に過剰な水分等が問題となる湿地林やマングローブ域等に限られることになる。

UNEP（国連環境計画）によると、乾燥地とは、乾燥度指数（＝年降水量／蒸発散位）が 0.65 よりも小さくなる気候下にある地域で、地球上の陸地の約 41%を占め、主にアフリカのサヘルや南部、中央アジア、南米等に広く分布し、世界の人口の 35%が居住している。

乾燥地の中でも、極乾燥地以外は、ある程度降水量が見込め、潜在的に木本植物の生育が可能であるが、農業や放牧等の人為的な活動によって森林が消失し土地劣化が広がっている。Zika and Erb (2009)によると極乾燥地域を除いた乾燥地の約 23% (11,803×10⁵ha) の土地が劣化しているとある。劣化した乾燥地は、一般に生産性が低く農業や牧畜に不適であり、加えて、潜在植生である乾燥林の自然状態での再生も極めて難しく、経済・環境的な便益を生み出さないまま放置されていることが多い。

気候変動に関わる政府間パネル第 5 次評価報告書では、大規模な植林による吸収源の必要性が提言されているが、気候や土壌条件に恵まれた地域・土地は、既に農地等の食糧生産のために優先的に利用されている。今後、大規模に広がり続ける劣化し放置された乾燥地での造林技術の開発は、気候変動や SDGs の観点からも重要になってくることが予想される。

そこで、本事業では、こうした制限のかかった地域・土地（以下、まとめて「荒廃地」とする。）での森林再生に貢献することを目的に、従来の関連技術を整理・体系化すると同時に、期待できる植林関連技術を新たに探索・抽出し、現地に適用可能な技術として確立するための実証試験を行った。それらの結果は、開発途上国、我が国の民間企業や団体、援助機関へ、森林再生データベースやワークショップを通して普及した。

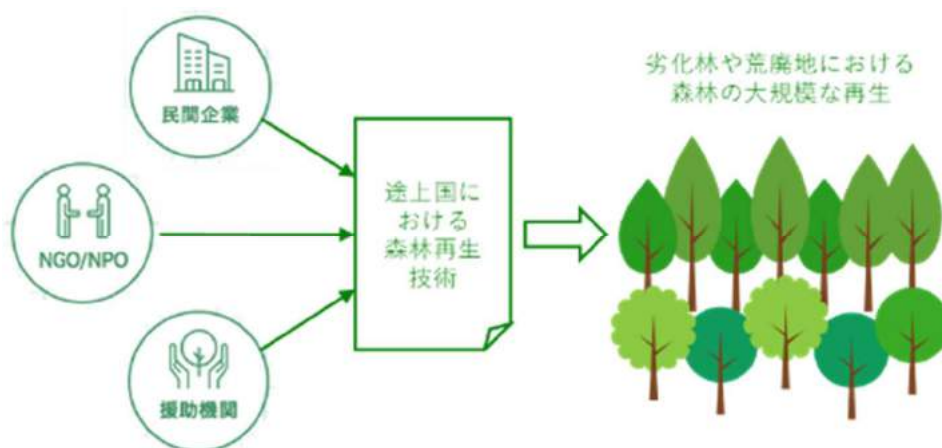


図 1-1 本事業の目的

1.2 事業の進め方

前述の目的を達成するため図 1-2 の通り事業実施項目を設けて事業を進めた。

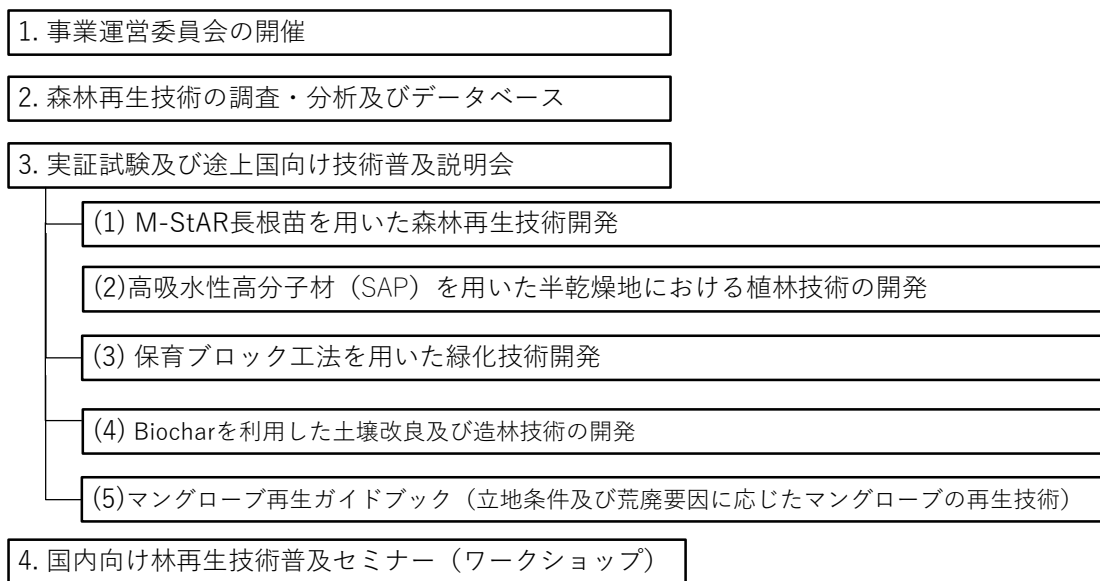


図 1-2 本事業の目的本事業の事業内容

1.2.1 事業運営委員会の開催

事業運営委員会（以下「委員会」という。）を設置し、事業方針、事業計画、実施方法、成果の取りまとめ等、本事業の運営に関する事項を検討した。委員会は、気候変動、森林減少・劣化、国際林業協力、民間部門による途上国の森林保全の取組等に関する知見を有する者 6 名の委員で構成される（表 1-1）。今年度はコロナ感染症拡大防止のためオンラインとの併用で 3 回開催した。委員会での検討結果は 9 章に記した。

表 1-1 運営委員会の委員

氏名	所属	専門
岩田 英治	日本製紙株式会社 基盤技術研究所 植林研究室 主任研究員	民間部門(産業植林)
宇都木 玄	森林総合研究所 研究ディレクター	造林部門(育苗・植栽)
丹下 健	東京大学大学院農学生命科学研究科 教授	気候変動(造林全般)
松根 健二	住友林業株式会社 森林・緑化研究センター チームマネージャー	民間部門(産業植林)
谷本 哲朗	国際協力機構(JICA) 地球環境部 技術審議役	国際林業協力
吉川 賢	岡山大学 名誉教授	森林減少・劣化(乾燥林地域)

1.2.2 森林再生技術の調査・分析及びデータベース

荒廃地を対象とする既存の森林再生技術について、途上国におけるニーズと併せ、国内外の文献調査や関係機関へのヒアリング等を通じて整理・分析を行った。これらの整理・分析にもとづき、その適用条件等を整理した森林再生技術に関するデータベースを構築し公開した(2章参照)。

1.2.3 実証試験及び途上国向け技術普及説明会

上記で整理・分析した技術のうち、森林の再生に大きく貢献すると見込まれるもので、現場適用性の観点から現地での実証試験が必要と考えられる技術について、専門家や国内外の研究機関等の助言を踏まえながら実証試験を実施した。

令和2年度実施した5つの実証試験のうち2つは本事業実施主体である国際緑化推進センター(JIFPRO)が昨年度から引き続き行った。残りについては、森林再生に有効な技術を民間企業等から公募し、効果的な森林の再生に大きく貢献すると見込まれる技術を提案した団体に実証試験を委託した。



図 1-3 これまで本事業で実施した実証試験

実証試験を行うに当たっては、表 1-2 の通り各試験を通してなるべく多くの森林再生技術(方法)を開発し普及することを目指し、その結果は前述のデータベースに掲載するとともに、試験対象国に試験概要を示したポスターやマニュアルを提供することにより当該国の政府機関及び研究機関等へ普及を図った。これらの実証試験の結果は第 3、4、5、6 章に記す。また、今年度はマングローブ再生に係るガイドブック作成を民間企業に委託した。その概要は第 7 章に記す(本編は森林再生テクニカルノート(データベース)のウェブサイトに掲載・公開)。

表 1-2 各実証試験の概要と試験を通して普及を目指す技術要素

実証試験	実施者	実施年	実証試験を通して普及を目指す技術要素
長根苗等を用いた森林再生技術開発	国際緑化推進センター	H29～R2 (ミャンマー)、 R3 (ケニア)	ココナッツピートの育苗培地としての利用方法(H29～)
			M-StARコンテナによる育苗方法(H29～)
			エンジンオーガーによる細長い植栽穴の掘削方法(R1～)
			長根苗による植栽技術(H29～)
			保水材としてのココナッツピート添加した植栽方法(R1～)
			深植えの適正樹種と植栽方法(R1～)
			長根苗用の培地の「かさまし」材としてもみ殻燐炭の利用(R3～)
SAPを用いた半乾燥地における植林技術の開発	国際緑化推進センター	R2～R3 (ミャンマー、国内)	SAPの種類や添加量による保水能力の違い(R2～)
			育苗時のSAPの利用方法(H29～)
			植栽時のSAPの利用方法(R2～)
保育ブロック工法を用いた緑化技術開発	応用地質株式会社	H29～R3 (ウズベキスタン)	現地資材を使った保育ブロックの作成方法(H29～H30)
			砂漠植物の保育ブロック苗の育苗方法(H29～H30)
			保育ブロック苗の植栽方法(H30～)
			土壌改良剤による土壌硬度の軽減、透水性・保水性の向上方法(R1～)
湛水育苗による低湿地造林技術開発	東京大学	H29～H30 (タイ)	メラルーカの湛水育苗方法(H29～H30)
			湛水育苗及び低湿地造林に適した湿地性在来種の選抜(H29～H30)
ヤシ殻を利用した海岸砂丘造林造成技術	オイスカ	H30～R2 (フィリピン)	M-StARコンテナによる育苗方法(H30～R2)
			ココナッツピート培地によるオオハマボウ挿し木育苗方法(H30～R2)
			植栽時の保水材としてのココナッツピート利用方法(H30～R2)
			植栽時のマルチとしてのココナッツハスク利用方法(H30～R2)
			竹を利用したコンテナ育苗器の開発(R2)
バイオチャーを利用した土壌改良及び造林技術の開発	日本森林技術協会	R1～R3 (コンゴ民主共和国)	様々な原料で作ったバイオチャーによる砂質土壌の物理性改良効果(R1～)
			様々な原料で作ったバイオチャーによる砂質土壌の化学性改良効果(R1～)
			バイオチャーの植栽時の施用方法(R1～)
マングローブ再生ガイドブック作成	国際航業株式会社	R3 (全世界)	荒廃要因及び立地条件に応じたマングローブの樹種及び再生方法を整理(R3～)

最後に、事業最終年度である今年度は、全ての実証試験の概要・結果をまとめたものを最終成果物として森林再生テクニカルノート(データベース)のウェブサイトに掲載・公開した。それらは10.2に付す。

1.2.4 国内向け技術普及ワークショップ(セミナー)

我が国の民間企業、団体、援助機関等への技術の普及を目的としたワークショップ(セミナー)をオンラインにて開催した。ワークショップでは上記 1.2.2 及び 1.2.3 の成果を報告した。国内向け技術普及ワークショップの結果は第 8 章に記すとともに、発表資料を 10.1 に付す。

2 既存の森林再生技術の整理・分析及びデータベース

途上国における森林再生にあたっては、対象となる荒廃地において、成林を妨げる制限要因の有無を把握することが極めて重要である。制限要因は、植林した樹木の活着を妨げる自然環境要因(気候・土壌等)、又は活着後に植林木を保育管理する際に発生する要因(獣害や病中害等)に大別される。これらの制限要因に着目して、世界各地の森林再生技術について、既存の書籍、論文及びレポート等をレビューした。

レビューした森林再生技術を整理・分析し、森林再生技術データベース(通称:森林再生テクニカルノート)として取りまとめた。このデータベースは、途上国における森林再生に関心のある民間企業、NGO/NPO 及び援助機関等を利用者として想定しており、平成 29 年度より、ウェブサイト上で一般公開している(<https://jifpro.or.jp/tpps/>)。

2.1 森林再生技術テクニカルノートの構造

森林再生テクニカルノートは、①森林再生技術集、②制限要因別に利用可能な代表的樹種の紹介、③実証試験の近況報告、及び④記事紹介:現地からの 4 本柱で構成される(図 2-1)。

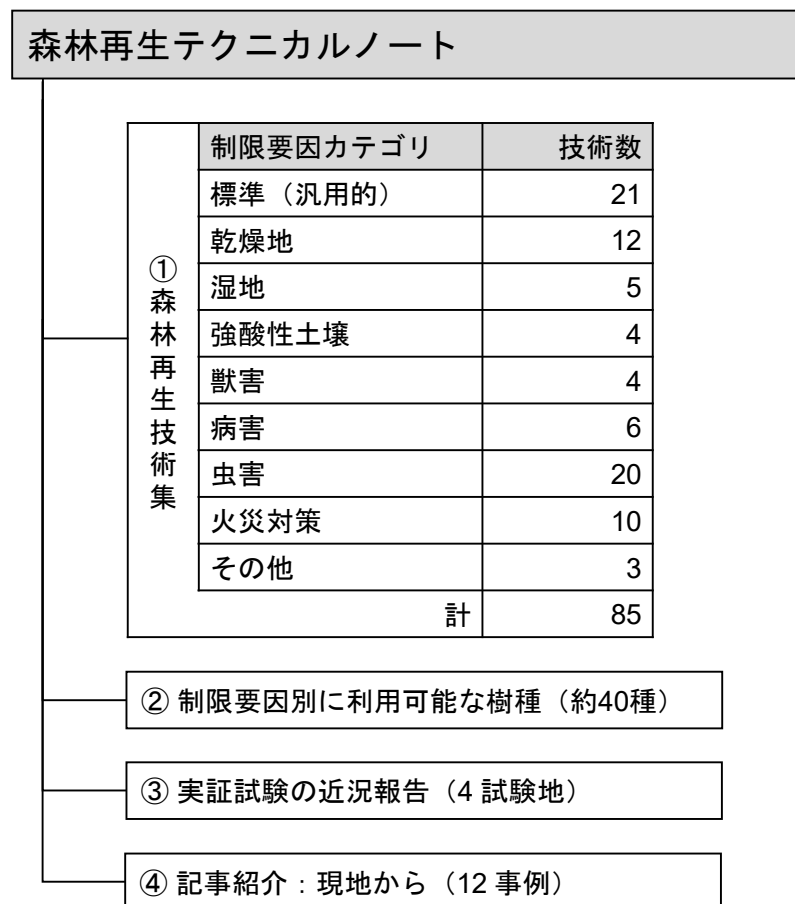


図 2-1 森林再生テクニカルノートの構造

2.1.1 森林再生技術集

汎用的で標準的な森林再生技術、並びに、荒廃地における成林を妨げる代表的な制限要因（乾燥地、湿地、強酸性土壌、火災対策、獣害、病害、虫害、及びその他）をカテゴリとして設定し、それらのカテゴリ別に対処方法として、森林再生技術を提供している（図 2-2）。

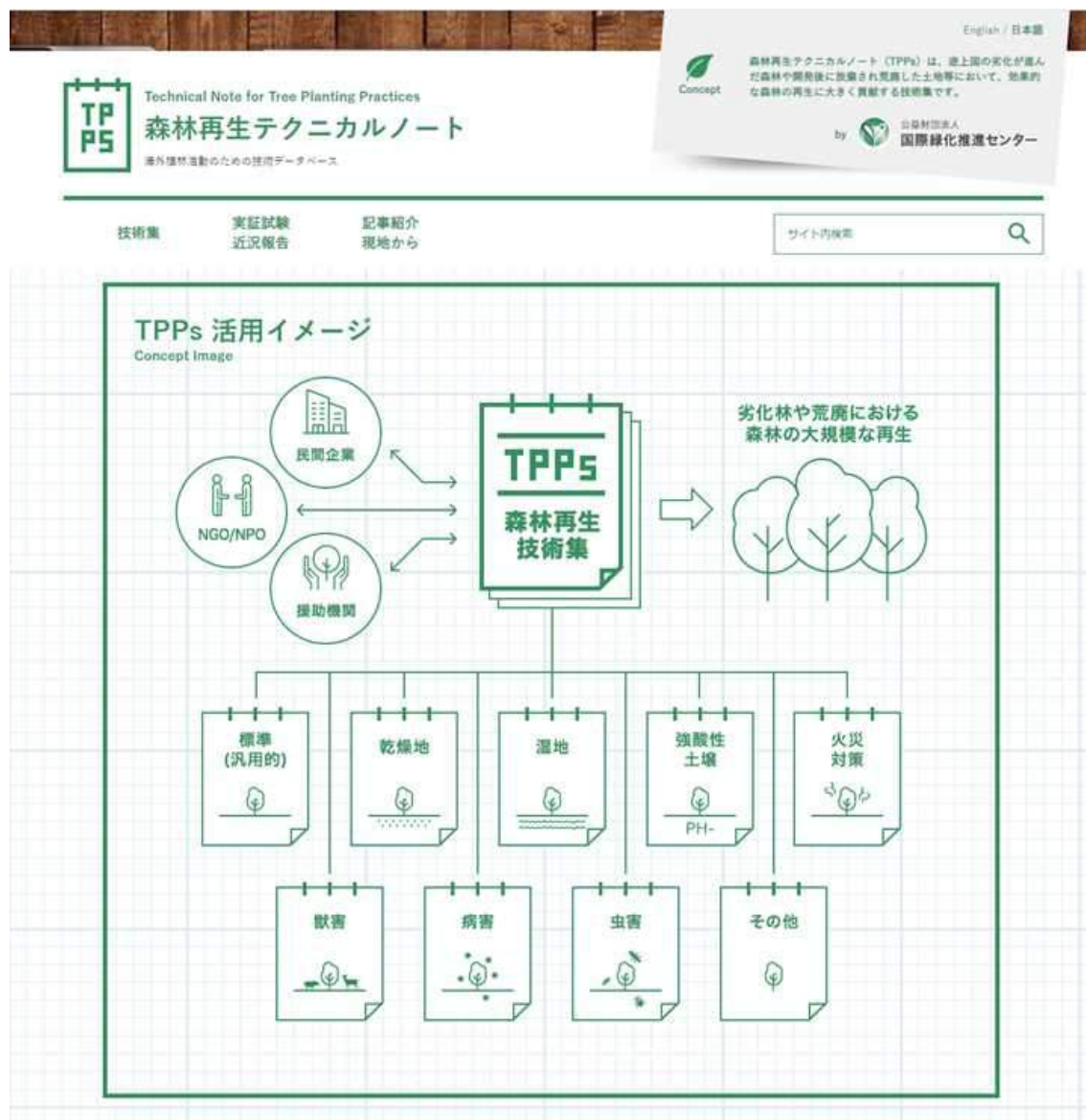


図 2-2 森林再生テクニカルノート:「森林再生技術集」制限要因別の検索画面

利用者が関心のある森林再生技術を探す際には、上述の「適用条件(制限要因)でさがす」に加えて、「生育ステージでさがす」、「運用実績のある国でさがす」、又は「キーワードでさがす」を通じて検索することができる構造となっている（図 2-3）。

適用条件でさがす

Conditions

- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| ☐ 虫害 | ☐ 病害 |
| ☐ 獣害 | ☐ 標準(汎用的) |
| ☐ 強酸性土壌 | ☐ 乾燥地 |
| ☐ 火災対策 | ☐ 湿地 |
| ☐ その他 | |



生育ステージでさがす

Growth Stage

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| ☐ 保育 | ☐ 適地判定 |
| ☐ 植栽 | ☐ 樹種選定 |
| ☐ 保護 | ☐ 育苗 |
| ☐ その他 | |



適用実績のある国でさがす

Country

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| ☐ アジア | ☐ 中米 |
| ☐ 中東 | ☐ 南米 |
| ☐ アフリカ | ☐ その他 |



キーワードでさがす

- | | | | | | | |
|------|--------------|------|----|----|----|------|
| 乾燥 | 半乾燥及び乾季のある地域 | 切土斜面 | 苗畑 | 低地 | 湿地 | 航空消火 |
| 火の動き | 露 | 集水 | | | | |

[キーワードの一覧へ](#)

図 2-3 森林再生テクニカルノート:「森林再生技術集」項目別の検索画面

2.1.2 制限要因別に利用可能な代表的樹種の紹介

制限要因別に、利用可能な代表的樹種、約 40 種を紹介している(表 2-1)。この樹種紹介ページのイメージとして、マメ科のアフリカン・ブラックウッド(*Dalbergia melanoxylon*)の例を示す(BOX 2-1)。

表 2-1 制限要因別に利用可能な代表的樹種

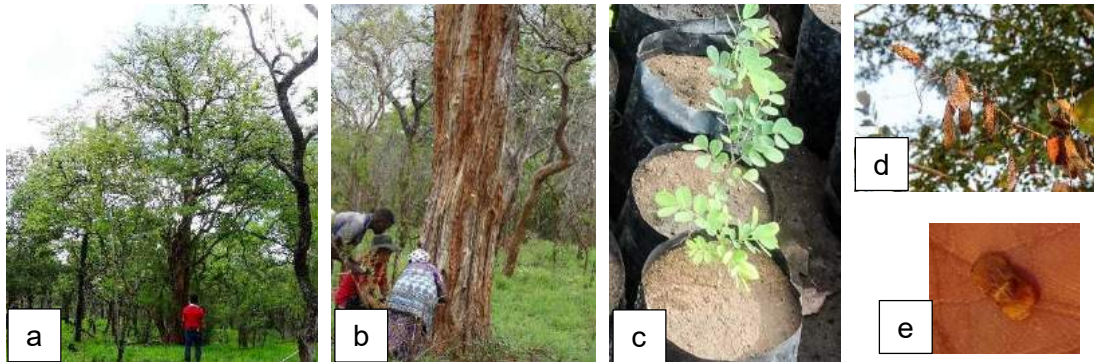
制限要因	地域	科名	種名	原産地
乾燥 (乾期4～5ヶ月以上)	汎熱帯	フトモモ科	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	豪州
			<i>Eucalyptus alba</i>	豪州・PNG・チモール
		マメ科	<i>Acacia auricaliformis</i>	豪州
			<i>Albizia lebbbeck</i>	インドマラヤ～北豪州
			<i>Gliricidia sepium</i>	中南米
			<i>Prosopis juliflora</i>	中南米
			<i>Leucaena leucocephala</i>	東南アジア
			<i>Senna siamea</i>	東南アジア
			<i>Tamarindus indica</i>	東アフリカ
			<i>Vachellia (Acacia) tortilis</i>	アフリカ
			<i>Vachellia nilotica</i>	アフリカ、中近東～インド亜大陸
		センダン科	<i>Azadirachta indica</i>	バキスタン～ミャンマー
		ウルシ科	<i>Anacardium occidentale</i>	ブラジル北東
		ワサビノキ科	<i>Moringa oleifera</i>	インドヒマラヤ
	アジア	マメ科	<i>Senegalia catechu</i>	南・東南アジア
			<i>Prosopis cineraria</i>	西アジア～インド
		シソ科	<i>Tectona grandis</i>	インドシナ
	アフリカ	マメ科	<i>Dalbergia melanoxylon</i>	中南部
			<i>Pterocarpus angolensis</i>	南部
		センダン科	<i>Melia volkensii</i>	東部
	中南米	センダン科	<i>Cedrela odorata</i>	南米
		マメ科	<i>Parapiptadenia pterosperma</i>	ブラジル東部
			<i>Paubrasilia echinata</i>	ブラジル東部
塩性化 (耐塩性)	汎熱帯	フトモモ科	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	豪州
			<i>Eucalyptus robusta</i>	豪州
			<i>Eucalyptus urophylla</i>	東インドネシア
		マメ科	<i>Acacia crassicaarpa</i>	豪州
	アジア	フトモモ科	<i>Melaleuca cajuputi</i>	ベトナム～豪州北部
海岸砂丘 (砂地、高波)		モクマオウ科	<i>Casuarina equisetifolia</i>	東南アジア、豪州北部、太平洋諸島、(マダガスカル)
		マメ科	<i>Millettia pinnata</i>	熱帯アジア、豪州、太平洋諸島
		シクンシ科	<i>Terminalia catapa</i>	アジア、豪州、太平洋諸島、マダガスカル
		アオイ科	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	アジア・オセアニア、フロリダ～プエルトリコ等に野生化
		テリハボク科	<i>Calophyllum inophyllum</i>	東アフリカ～東南アジア、豪州、太平洋諸島
湿地 (淡水)	汎熱帯	フトモモ科	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	豪州
			<i>Eucalyptus grandis</i>	豪州
			<i>Eucalyptus robusta</i>	豪州
			<i>Eucalyptus urophylla</i>	東インドネシア
	アジア	フトモモ科	<i>Melaleuca cajuputi</i>	ベトナム～豪州北部
泥炭地		フタバガキ科	<i>Shorea balangeran</i>	スマトラ、ボルネオ
		テリハボク科	<i>Calophyllum inophyllum</i>	東アフリカ～東南アジア、豪州、太平洋諸島
		マメ科	<i>Adenanthra pavonine</i>	旧熱帯、中南米～フロリダに野生化
		カンラン科	<i>Dacryodes rostrata</i>	ベトナム～ボルネオ
		ブナ科	<i>Lithocarpus dasystachys</i>	マレー半島～ボルネオ
		フトモモ科	<i>Melaleuca cajuputi</i>	ベトナム～豪州北部
鉱山跡地・酸性 土壌	汎熱帯	フトモモ科	<i>Eucalyptus robusta</i>	豪州
		マメ科	<i>Acacia mangium</i>	豪州
			<i>Acacia auricaliformis</i>	豪州
	アジア	フトモモ科	<i>Melaleuca cajuputi</i>	ベトナム～豪州北部
山火事	汎熱帯	マメ科	<i>Pinus caribbean</i>	中米
			<i>Pinus Kesiya</i>	東南アジア
	アジア	フタバガキ科	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	インド～ベトナム
			<i>Shorea roxburghii</i>	インド～ベトナム
	アフリカ	マメ科	<i>Dalbergia melanoxylon</i>	中南部
			<i>Pterocarpus angolensis</i>	南部

BOX 2-1. 樹種紹介ページ

アフリカン・ブラックウッド(マメ科)
Dalbergia melanoxylon Guill. & Perr.

英語: African blackwood, スワヒリ語: Mpingo

天然分布
(国単位)



【概要】 アフリカ中南部の熱帯季節林に広く分布するが、黒く硬い心材が木管楽器材に珍重されるため、資源は著しく減少し、現在はタンザニアとモザンビークが主産地である。本種は楽器材のみならず重要な蜜源樹種であることから、植栽による後継樹の育成が急がれている。なお、本種を含むツルサイカチ属(*Dalbergia*) は、2017 年 1 月より属全体がワシントン条約の付属書 II に掲載され、国際取引には輸出国政府の許可が必要になった。

【形態】 一般に樹形は捻れ樹高 10m 以下のものが多いが、ときに通直な幹で樹冠を広げ樹高 15-20m に達する(写真 a)。樹幹には縦に深い溝が入る(写真 b)。枝や小枝の先端は刺となり、葉は奇数羽状複葉(長さ 8-20cm、小葉 6-9 枚)、互生で乾季に落葉する。雨季の始めに白い花冠の円錐花序を房状に付ける。果実は乾季に熟し、長さ 3-5cm の薄い莢果(写真 d)に 1-2 個の腎形の種子(7-9mm、写真 e)が入っている。

【生態】 年降水量 400mm 以上の半乾燥～亜湿潤気候下の様々な立地に生育するが、とくにアフリカ東南部のミオンボ林とその周辺に多い。土壌条件の良い混交林に樹形の良い大径木を見るが、他樹種より成長が遅いため隣接木に被圧されやすい。一方で、乾燥や過湿への耐性が強く、明るい場所を好むため、他樹種との競争を逃れて岩石地に、あるいは雨季に滞水する湿地周辺で優占することがある。根には根粒菌を持ち窒素固定する。

【繁殖・育苗】 実生、根株萌芽、根萌芽による更新を行う。実生は地上部が野火による焼失と萌芽を繰り返して、根を太くしてから大きく成長する。また、伐根の周りの裸地に根萌芽起源の幼木が散生することがある。種子は繊細で莢から取り出すと傷つき易いため(写真)、育苗では天日で乾燥した莢をちぎって不要な部分を捨て、莢ごと貯蔵、播種している。種子は 4-5℃で 3 年は保存でき、休眠はほとんどなく、一晩水に浸せばよく発芽する。苗は 2～3 ヶ月で 10-15cm(写真 c)になり、5～6 ヶ月で山出しできるようになる。

【成長・その他】 成長が遅く(7 年で樹高～3m)、草丈を超えるまでは下刈りが必要、収穫サイズ(dbh35 cm～)に達するまで 70-100 年を要するとされる。材の気乾比重 1.23-1.33。

2.1.3 実証試験近況報告

ミャンマー、フィリピン、及びウズベキスタンにおける実証試験の近況報告を適宜更新し、情報提供している(図 2-4)。



図 2-4 森林再生テクニカルノート:「実証試験の近況報告」

2.1.4 記事紹介:現地から

これまで海外で植林を行った事例は数多いが、学术论文になったものは少ない。また学术论文は特定の研究に目的が絞られるとともに、専門的な内容及び専門用語が多く、専門出ない人にとっては読みづらい。そこで、森林・林業を専門としていない人(他分野の NGO/NPO や一般企業の CSR 担当者等)でも理解しやすいように、海外の森林事情や植林に関する実践事例について、リード文を分かり易く作成し提供している。貴重な森林再生の実践事例が掲載されている技術雑誌、『海外の森林と林業¹』等の中から好適な事例や関連記事を選んで紹介している(図 2-4、表 2-2)。

利用者のメリットとしては、以下が期待される。

- 個別技術の具体的な適用事例を知る
- 類似の植林現場から、先人の創意工夫等を学ぶ
- 植林活動による環境改善、CO₂ 吸収・固定、生計向上等の具体的事例を知る
- 企業や NPO、JICA 等の植林事例を紹介することで、同様の活動の参考となる

¹ 1966 年に熱帯林業協会の情報交換誌として発行された「熱帯林業」を前身とし、2008 年からは「海外の森林と林業」と名称を変えて年 3 回発刊し続けている実践事例の宝庫。

表 2-2 記事紹介リスト

No.	タイトル	出典
1	＜超＞強酸性土壌にも適応できる樹種	田原(2009)熱帯の酸性硫酸塩土壌に適応する樹種の選抜とその生理特性
2	マレーシア早生郷土樹種植林後8年目の成長を評価	大谷(2010)半島マレーシアビドーにおけるJICA試験地の再評価
3	よい苗木とは	森(2015)海外植林の豆知識:(5) 健全な苗木
4	砂漠の植林では湿土層を狙え	榎本(2015)荒廃地に木を植える:マリ共和国での植林技術の開発
5	ラテライトの硬盤層に水たまりを作る	同上
6	造林地の成長を最大にする植林密度と期間	斉藤ら(2008)早生樹種の成長量を最大にする造林方法:(2) 密度と栽培期間
7	石炭採掘跡地の森林回復	仲摩ら(2014)インドネシア南カリマンタン州における石炭採掘跡地の森林回復技術
8	森林の生物多様性アセスメントの方法	中静&市川(2008)森林の生物多様性はどのように行うべきか
9	マダガスカルにおけるユーカリ造林の成長を予測する	松平昇(2010)マダガスカルにおけるCDM試験植林地(第二報)2年間の成長状況と地形・土壌要因と成長の関係解析
10	熱帯早生樹による用材利用のための森林造成	吉田&佐藤(2008)サバ州での用材生産を目指した熱帯早生樹植林
11	不揃いな植林地の炭素吸収量の推定方法の検討	森&仲摩(2010)CDM植林プロジェクトの炭素吸収量モニタリング方法について
12	異なる地域のユーカリに適用可能な現存量推定式	宇都木ら(2010) <i>Eucalyptus camaldulensis</i> の現存量推定手法の提案:オーストラリア半乾燥とベトナム熱帯モンスーンのデータを用いて



図 2-5 森林再生テクニカルノート:「記事紹介:現地から」

2.1.5 アクセス状況

平成 29 年度に森林再生テクニカルノートを公開して以来、アクセス数は増加し、2022 年 3 月時点では、毎日 100 回前後のアクセスがある(図 2-6)。2020 年 8 月下旬、及び 2021 年 2 月下旬には、それぞれ 1 日 500 回、及び 600 回以上のアクセスがあった。これは、それぞれ、アメリカのカリフォルニア大森林火災、及び栃木県足利市の山火事の際に、火災対策に関する情報がネット検索された際に、この森林再生テクニカルノートがヒットしたと推察される。

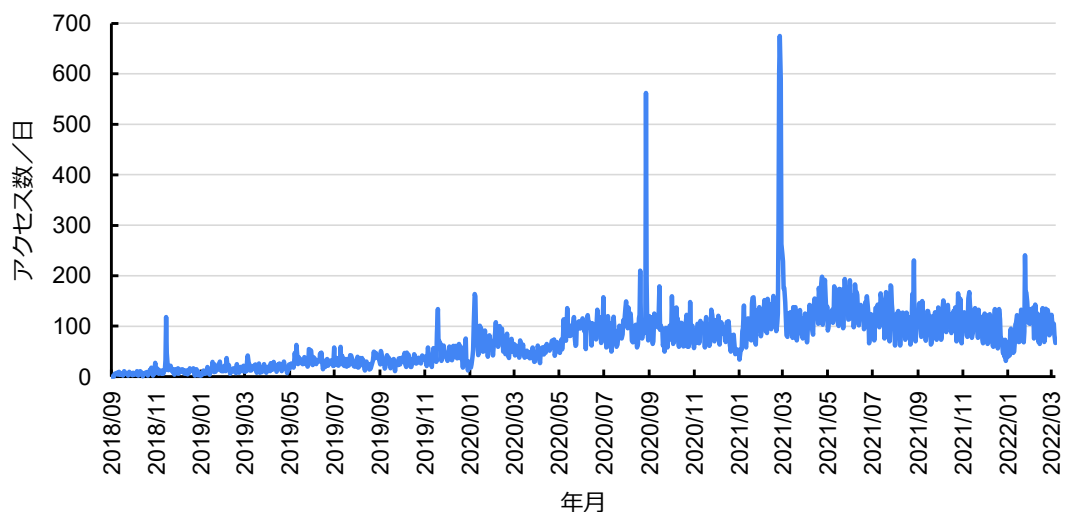


図 2-6 森林再生技術データベースへのアクセス数の推移

2.2 森林再生テクニカルノートの英語版

海外の利用者向けに、森林再生テクニカルノートの英語版を作成した(図 2-7、図 2-8)。これにより、途上国をはじめとする世界中の関係者が、上記と同様の森林再生技術情報にアクセスすることができる。

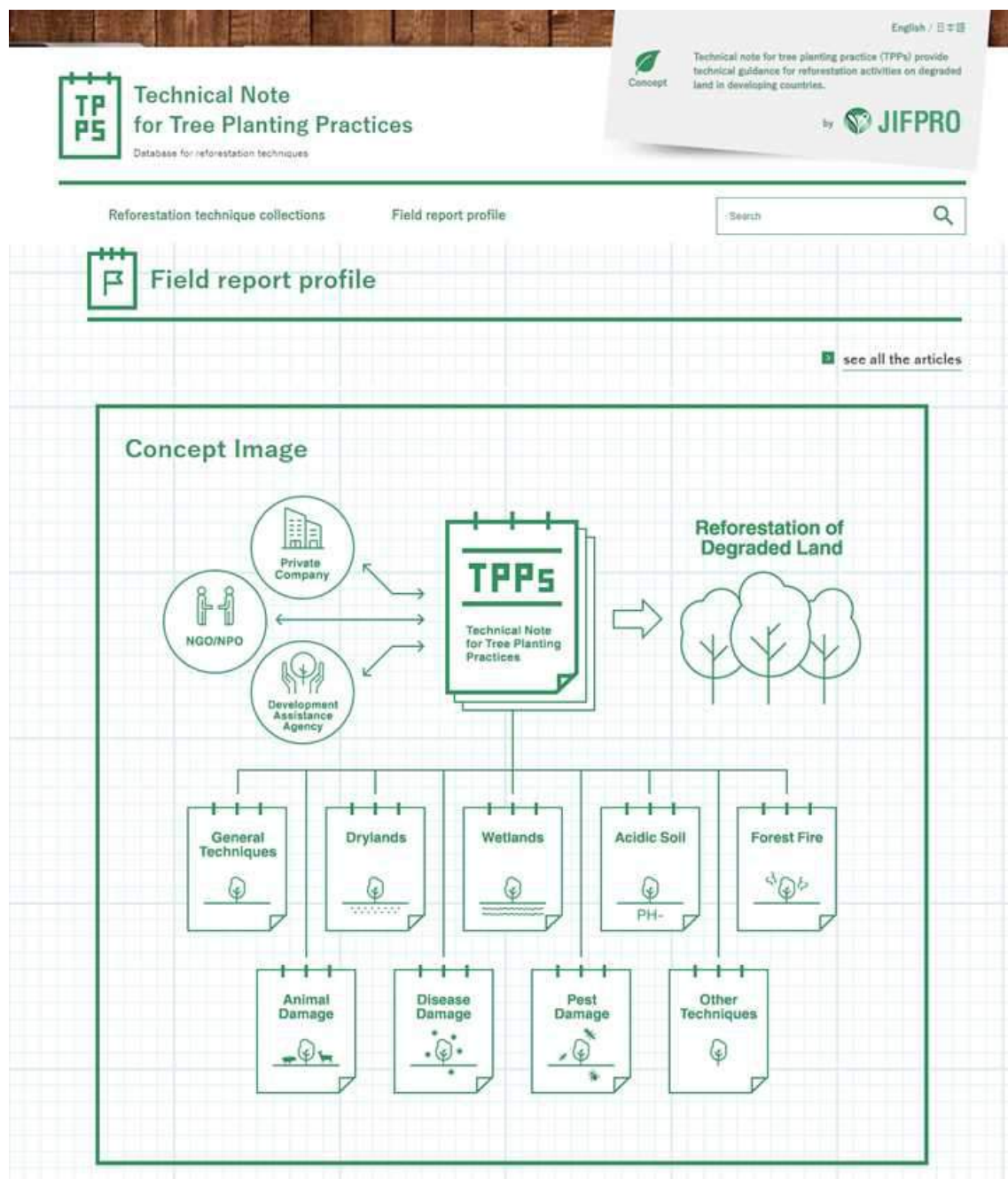


図 2-7 森林再生テクニカルノートの英語版:「森林再生技術集」制限要因別の検索画面



図 2-8 森林再生テクニカルノートの英語版:「森林再生技術集」項目別の検索画面