

平成 25 年度外務省政府開発援助海外協力事業（本
邦技術活用等途上国支援推進事業）委託費
「案件化調査」

ファイナル・レポート

インドネシア共和国

無電化地域における小型バイオマス発電
装置による電化促進案件化調査

平成 26 年 3 月

（2014 年）

株式会社プロマテリアル・株式会社レノバ
共同企業体

本調査報告書の内容は、外務省が委託して、株式会社プロマテリアル・株式会社レノバ 共同企業体を実施した平成25年度外務省政府開発援助海外経済協力事業（本邦技術活用等途上国支援推進事業）委託費（案件化調査）の結果を取りまとめたもので、外務省の公式見解を表わしたものではありません。

目次

巻頭写真	6
略語表	8
要旨	10
はじめに	16
第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認	21
1.1 対象国の政治・経済の概況	21
1.1.1 インドネシア共和国の基本情報	21
1.1.2 政治概況	22
1.1.3 経済概況	24
1.2 対象国の対象分野における開発課題の現状	26
1.2.1 エネルギー事情	26
1.2.2 インドネシア共和国の電力事情	30
1.2.3 対象地域の電力事情	37
1.3 対象国の対象分野の関連計画、政策及び法制度	45
1.3.1 エネルギー関連計画、政策及び法制度	45
1.3.2 電力関連計画、政策及び法制度	49
1.3.3 その他の開発関連計画、政策及び法制度	57
1.4 対象国の対象分野の ODA 事業の事例分析および他ドナーの分析	58
第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し	59
2.1 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み	59
2.1.1 企業概要	59
2.1.2 プロマテリアルによるスターリングエンジンの開発状況	59
2.1.3 スターリングエンジンの概要	60
2.1.4 スターリングエンジンを用いた用途開発とエンジニアリング	62
2.1.5 無電化地域への本技術の適用	63
2.1.6 製品・技術のスペック／価格	65
2.2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ	66
2.3 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献	67
2.4 想定する事業の仕組み	68

2.4.1	事業スキーム	68
2.4.2	現地での発電事業のスキームの仮説	68
2.5	シッカ県におけるバイオマスの発生状況	72
2.5.1	バイオマスの発生状況の概要	72
2.5.2	種類ごとのバイオマスの発生状況	73
2.5.3	バイオマス発生現場への現地調査	80
2.5.4	自立分散型発電を行っている村への現地調査	85
2.6	発電事業スキームの検証	92
2.6.1	FIT を用いた事業スキームの検証	92
2.6.2	売電スキームの方針	94
2.7	想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール	96
2.7.1	現地パートナー企業の発掘	96
2.7.2	投資計画及び流通販売計画	100
2.8	リスクへの対応	101
第3章	製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）	103
3.1	製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の概要	103
3.1.1	製品・技術の紹介	103
3.1.2	燃焼試験の概要	105
3.1.3	ワークショップの概要	106
3.2	製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の結果	107
3.2.1	燃焼試験結果	107
3.2.2	ワークショップの結果	110
3.2.3	低コスト化のための検討	115
3.2.4	現地生産化のプロセスの例	118
3.3	採算性の検討	119
3.3.1	無電化村で FIT による住民主体のバイオマス発電事業を行う場合（ケース 1）	119
3.3.2	無電化村で FIT を活用せずに住民主体のバイオマス発電事業を行う場合（ケース 2）	123
3.3.3	バイオマス排出事業者が自らバイオマス発電事業を行う場合（ケース 3）	125
3.3.4	インドネシア共和国における導入計画	126

第4章	ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果	127
4.1	提案製品・技術と開発課題の整合性	127
4.1.1	インドネシア共和国の無電化地域における開発課題	127
4.1.2	産業を支える電源の確保	127
4.1.3	地域住民による維持管理が可能な電源の確保	128
4.2	ODA 案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用・活用・普及による開発効果	131
4.2.1	ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果	133
第5章	ODA 案件化の具体的提案	134
5.1	ODA 案件概要	134
5.1.1	方針	134
5.2	具体的な協力内容及び開発効果	136
5.2.1	民間提案型普及・実証事業	136
5.2.2	日本 NGO 連携無償資金協力	140
5.2.3	草の根・人間の安全保障無償資金協力	141
5.2.4	技術協力（専門家派遣）、技術研修（研修員受入）	143
5.2.5	協力案件のまとめ	145
5.3	他 ODA 案件との連携可能性	146
5.4	その他関連情報	147
	現地調査資料	148

巻頭写真



シッカ県知事との面談



公共事業鉱業エネルギー鉱物局



PLN 東ヌサトゥンガラ州支部



カカオ・ココナッツ農園



ワトゥメラ村



ワトワラ村



ATMI 加工所



実証発電システム



燃焼試験の様子



ワークショップの様子

略語表

略称	英語	日本語
APEX	Asian People's Exchange	特定非営利活動法人 APEX
ATMI	Akademi Teknik Mesin Industri Surakarta	スラカルタ産業機械技術アカデミー
BAPPENAS	Badan Perencanaan Pembangunan Nasional	国家開発企画庁
BOE	Barrel of oil equivalent	石油換算バレル
BOP	Base of the Pyramid	ベース・オブ・ピラミッド
BPPT	Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi	技術評価応用庁
CSR	Corporate Social Responsibility	企業の社会的責任
DEN	Dewan Energi Nasional	国家エネルギー審議会
FS	Feasibility Study	可能性調査
FIT	Feed in Tariff	再生可能エネルギー固定価格買取制 度
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
IDR	Indonesia Rupia	インドネシアルピア
IPP	Independent Power Producer	独立系発電事業者
IRR	Internal Rate of Return	内部収益率
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行(日本)
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
JETRO	Japan External Trade Organization	独立行政法人日本貿易振興機構(日本)
JICA	Japan International Cooperation	独立行政法人国際協力機構(日本)

略称	英語	日本語
	Agency	
MEMR	Ministry of Energy and Mineral Resources	エネルギー・鉱物資源省
NGO	Non-Governmental Organizations	非政府組織
NPO	Nonprofit Organization	非営利団体
NPV	Net Present Value	正味現在価値
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OEM	Original Equipment Manufacturer	取引先の商標で販売される製品の受注生産、またはその企業
PLN	Perusahaan Listrik Negara	国営電力会社
RUKN	Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional	国家電力総合計画
RUPTL	Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik	電力供給事業計画
MSE	Ministry of State-Owned Enterprises	国営企業省
SPC	Special Purpose Company	特定目的会社
YDD	Yayasan Dian Desa	ディアン・デサ財団

要旨

第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

インドネシア共和国は、2005年以降5%後半から6%台の高い実質経済成長率を維持しており、急速な経済発展を遂げている。しかしながら、エネルギー消費量の拡大に伴い豊富なエネルギー資源を有しているものの2004年にはエネルギー輸入国となっており、石油や軽油による発電から石炭火力発電へのシフト、再生可能エネルギーの導入、省エネルギーの推進など、エネルギー課題への取り組みが急務となっている。

一方で、離島や町から離れた農村部では、PLNによる送電線の整備の目処が立っておらず、ディーゼルやガソリン発電機による限定的な発電をせざるを得ない人々が多く残っている。本調査対象地域である東ヌサトゥンガラ州は、インドネシア共和国の全33州の中でも電化率が2番目に低い州である。

近年は、PLNによる発電設備及び送電網への設備投資が進んでおり、シッカ県の属する東フローレス地域では、2011年の電化率は前年の37.7%から63.7%へと、169%の拡大をしている。しかしながら、電化された村の割合でいうと、東フローレス地域は2011年で54.7%であり、州全体では46.5%と半分以上の村が未だ電化されていない状況である。

これらの地域では、高騰する化石燃料によらず、住民が自ら運転、管理ができる発電システムが求められている。

表 東ヌサトゥンガラ州の電化状況

項目	地域		2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
設備容量 (kVA)	支部	クパン	80,410	83,286	86,846	89,446	98,970
		西フローレス	28,556	29,746	37,201	38,033	41,033
		スンバ	16,085	16,185	16,248	16,385	17,558
		東フローレス	21,407	21,996	25,683	25,683	30,834
	州全体		146,458	151,213	165,978	169,547	188,395
電化率 (%)	支部	クパン	25.2	25.9	25.9	28.1	41.6
		西フローレス	19.9	21.1	21.8	23.6	39.9
		スンバ	12.8	13.1	13.2	15.4	23.3
		東フローレス	29.9	32.2	34.9	37.7	63.7
	州全体		22.6	23.7	24.1	26.4	41.6
電化された村の割合 (全村比) (%)	支部	クパン	41.3	41.7	43.2	46.0	49.5
		西フローレス	46.6	47.2	48.6	50.1	53.4
		スンバ	31.0	31.7	33.7	37.4	38.2
		東フローレス	44.5	44.6	46.0	48.2	54.7
	州全体		42.1	42.1	42.6	44.1	46.5

(出典：PLN 東フローレス支部提供資料)

第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

プロマテリアルの製品である、外燃機関のスターリングエンジン発電システムは、バイオマスの直接燃焼熱をエンジン内部の気体の膨張・収縮作用によりダイレクトに電気に変換させる。その特徴は以下の通りである。

- ①それぞれの地域にある様々なバイオマス資源を燃料として使うことができる。
- ②可搬性が良く設置が容易。5kW毎にパッケージ化されているので、設置には配管、電気工事で済むため工事費の低コスト化が可能である。
- ③メンテナンスが容易である
- ④バイオマス発電であるために、CO₂の削減ができる。
- ⑤5kW～100kWまで、出力のカスタマイズが可能である。設置場所毎に供給可能なバイオマス量によって、単純に台数の増減によりシステムの出力をカスタマイズできる。

プロマテリアルが現地企業と協力し、工場やIPP（独立発電事業者）等に対して、バイオマス発電システムを販売することが本技術を活用した基本的な事業スキームとなる。当面はプロマテリアルが現地に技術を紹介して現地の協力企業を募り、現地企業と協力して販売やメンテナンスでの協力を行う。現地合弁会社を設立する方法も考えられる。

工場を販売ターゲットとした場合、精米所等のまとまったバイオマスが廃棄物として排出される場所において、自家発電として導入することが可能である。一方、数kWという本技術の発電規模を鑑みると、小規模分散型発電での利用が本技術の特徴を活かした活用方法となると考えられる。このため、本調査では、特に無電化地域への導入を想定し、本技術の導入可能性について検証を行った。

無電化地域における発電事業については、以下の方法が考えられる。

- ①FIT（再生可能エネルギー固定価格買取制度）を使って売電を行い、PLNが料金徴収や送電網整備を行うスキーム
- ②インドネシア共和国政府が補助により機器設置や送電網の整備を行い、住民が自治組織でメンテナンス費用を負担するスキーム

ディーゼル発電や太陽光発電で独立分散型の電化を行っている村への現地調査を行ったところ、独立分散型発電を村の自治組織の運営で実施しているというケースがある。これらの事例を鑑みるに、発電事業の主体は、村の自治組織が担うということは現実的である。ただし、課題は初期投資の負担である。初期投資については、インドネシア共和国政府からの支援、日本のODAや二国間クレジット制度（JCM）の活用等を考える必要がある。

第3章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）

本調査で紹介した小型バイオマス発電システムを東ヌサトゥンガラ州マウメレ市に設置し、地域のバイオマス資源を燃料とした燃焼試験と住民へのデモンストレーションを行った。ワークショップでは、エネルギー資源省やPLN東ヌサトゥンガラ州支部職員をはじめ、無電化の村の住民なども参加し、本発電システムで使える燃料バイオマスの種類や、具体的なメンテナンス方法、無電化の村で導入するための課題

など、活発な議論が行われた。現地調査やワークショップを踏まえて、スターリングエンジンが実際に現地で受け入れられるものとなり、普及していくためには、以下の3つの条件が欠かせないと考え、各条件を整備するために以下4つの提案を行った。

■普及のための条件

- (1)設備費が低廉であること。
- (2)運転・保守費用(原料調達費を含む)が低廉であること。
- (3)運転・保守作業(原料調達を含む)が容易で、使い勝手がよいこと。

■適正化に向けた具体提案

- (1)作動ガスの圧力を0.5MPa~1.0MPa程度の現地生産に適した性能とすること。
- (2)インドネシアでも製造しやすいように、空気を作動ガスとして選択すること。
- (3)メンテナンス性と性能を踏まえた熱交換器を設計すること。
- (4)設置費用、運転費用とも低廉な冷却装置の採用

第4章 ODA案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果

インドネシア共和国の無電化地域における開発課題としては、①産業を支える電源が不足していること、②経済的及び技術的面から地域住民が維持管理できる電源であること、③環境に配慮した電源であること、の3つに集約される。これに対する本技術の開発効果は以下の通りである。

①産業を支える電源の確保に対する本技術の開発効果

本発電システムは、バイオマス資源を燃料とする出力が数kW~100kW規模の発電システムであり、現地調査で確認した農園等の自家発電機として、バイオマス資源の収集可能量、施設で消費する電源の規模などからも十分に貢献できる技術である。

②地域住民による維持管理が可能な電源の確保に対する本技術の開発効果

本発電システムは、外燃式の発電機を採用している点が最大の特徴であり、内燃機関に比べるとメンテナンスが容易である。本技術のメンテナンスは、二輪自動車の整備をしているレベルの技術者であれば十分に対応可能であると考えられる。

また、バイオマス燃料は、石油製品に比べ燃料価格の変動性が低い。特に近年は石油製品の価格が上昇しており住民の負担が増えている。本技術は、地域にあるバイオマス資源を燃料として発電するため、安定した燃料の調達が可能となる。

このように技術の適合性及び燃料調達の安定性の2つの側面から、本技術は地域住民による維持管理が可能な電源である。

③環境に配慮した電源の確保に対する本技術の開発効果

本発電システムは、バイオマス資源を燃料とした発電システムであり、ディーゼルやガソリンなどの石油製品を燃料とする発電システムの代替となる。これにより、石油製品由来のGHG削減が可能であり、

1日6時間、365日稼働の10kWのディーゼル発電機を本発電システムに変換した場合のGHG削減効果は17.5t/年となる。

一方で、オペレーションやメンテナンスがどこまで地域住民に受け入れられるか、地域で利用可能なバイオマス資源の季節変動性や発電性能などについては、通年の実証試験を要する。ODA案件の実施により、最低1年以上の本発電システムの運転実証を行うことで、より地域住民が受け入れやすい発電システムへの改善点や、収集及び燃焼性能の両面から有望な燃料の特定、収集するための仕組みやメンテナンス等の地域パートナーの発掘など、プロマテリアルのインドネシアにおける事業展開の確認と基礎の構築が進められる。

第5章 ODA案件化の具体的提案

ODAの活用は、2段階に分けて考える。

(1) 技術の紹介期

インドネシア共和国エネルギー鉱物資源省や、後進地域開発促進担当自治省によると、本技術のような小規模なバイオマス発電の成功事例というのは、国内にはほぼ存在していない。このため、本技術を普及させるには、まずは技術及び運用スキームが実現可能であることを、インドネシア共和国内に紹介する必要がある。これにより、国、自治体、民間事業者、マイクロファイナンスなどが本技術導入への関心を高め、資金調達をしやすくなると考えられる。

これには、以下のような事業の活用が考えられる。協力団体との協議を進めていずれかの事業の活用を検討して、来年度以降の本技術の普及につなげる。どの事業を活用するかについては、本調査の結果を受けて、現在関係者間で検討中である。

①民間提案型普及・実証事業

我が国中小企業の製品・技術が途上国の開発に有効であることを実証するとともに、その現地適合性を高め普及を図ることを目的とする事業。日本政府の補助により、プロマテリアルが実証機を導入し、当該技術が開発への貢献することを実証することが考えられる。

②日本NGO連携無償資金協力

日本のNGOが開発途上国・地域で行う経済社会開発事業に外務省が資金協力を行う制度。本調査事業の補強メンバーであるAPEXが、シッカ県における開発協力で、本資金とプロマテリアルの技術を活用する方法が考えられる。

③草の根・人間の安全保障無償資金協力

国際及びローカルNGO等が現地において実施する比較的小規模なプロジェクトに対し、資金協力を行うもの。本調査における現地での協力機関であるYayasan Dian Desaが事業主体となった活動の中で、本技術を活用してもらうことが考えられる。

(2) 導入期

技術を実証事業によってインドネシア共和国に紹介し、ステークホルダーへの関心を持ってもらった後、導入期においては、初期投資の負担について ODA を活用する方法が考えられる。また、バイオマス発電はインドネシア共和国では一般的に普及していない技術であるため、本格導入の際には、現地政府機関及び現地企業と協力しながら、バイオマス利活用に関わる政策立案者や技術者を現地に育成することに対して、ODA を活用することが考えられる。

①技術協力（専門家派遣）、技術研修（研修員受入）の活用

本技術の活用を含めたバイオマス利活用の促進に向けて、技術協力及び技術研修を行う。シッカ県庁や東スサトゥンガラ州政府への専門家派遣や、両官庁からの技術研修員受入を実施する。本技術に関わらずバイオマス利活用全般の促進を目的とする事業となるが、プロマテリアルは専門家や視察先としての関与を行うことが可能であると考えられる。

スキーム(案件化調査)
インドネシア共和国
無電化地域における小型バイオマス発電装置による電化促進案件化調査

企業・サイト概要

- 提案企業：株式会社プロマテリアル
- 提案企業所在地：東京都港区
- サイト・C/P機関：インドネシア共和国・東ヌサトゥンガラ州シッカ県政府

●●国の開発課題

- インドネシア共和国では電化率が7割弱であり、特に離島部では30%以下の地域も多い。
- 調査対象地の東ヌサトゥンガラ州においては、電化率が低いため、製造業が著しく未発達で、一次製品の付加価値をあげることができていない。
- バイオマス発電は、地方村落における開発ニーズと適合し、活用が期待されている。

中小企業の技術・製品

バイオマス燃料としたスターリングエンジンによる小型バイオマス発電設備

- 5kW～100 kWまで、出力のカスタマイズが可能
- 地域にある様々なバイオマス資源を燃料として使うことが可能
- シンプルな設計でメンテナンスが容易
- バイオマス発電であるため、CO2の削減に貢献

調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

- 民間提案型普及・実証事業
 - 草の根・人間の安全保障無償資金協力
 - 技術協力(専門家派遣)、技術研修(研修員受入)
- 効果：無電化地域の電化、バイオマス発電を活用した産業の創出、現地に適合した技術の普及

日本の中小企業のビジネス展開

- 無電化地域や、バイオマスが排出される工場等への発電装置の導入
- 再生可能エネルギー固定価格買取制度(FIT)を活用した事業への装置販売
 - 現地企業と協力した製造、販売を目指す



はじめに

(1) 本調査の背景

株式会社プロマテリアルは、わが国において数少ないスターリングエンジンのメーカーであり、かつわが国で唯一、その用途開発を行い、途上国に対しての普及を行っている法人である。スターリングエンジンは、小型で大規模投資が必要なくメンテナンスが容易であり、なおかつ様々なエネルギー源を用いることができることから、同社は従来より市場ターゲットを途上国中心に考えてきた。特にバイオマスが豊富な地域における無電化地域への導入がもっとも普及可能性が高いとみている。

株式会社レノバ（旧名リサイクルワン）は、農林水産省受託事業「東アジア等におけるバイオマス利活用推進事業」（平成 22 年度～24 年度）等で、バイオマス利活用に関わるインドネシア共和国のニーズと課題を把握し、現地の大学や調査機関との連携を行っている。農林水産省調査を受けて、今後は、実際にわが国のバイオマス活用技術の普及に向けて貢献したいと考えている。

特定非営利活動法人 APEX はこれまで、インドネシア共和国における環境分野の適正技術の開発と普及を行ってきた。バイオマスに関しては、現地に適した技術で、農林業廃棄物や荒地を利用したバイオマスエネルギーの開発を進めている。現地の NGO 等とのコネクションが豊富であり、現地の課題等についての状況を把握している。本調査では、インドネシア共和国国内において貧困率が高く特に電化ニーズが高い東ヌサトゥンガラ州フローレス島を主な対象とするが、同地域においても APEX はバイオマス事業の活動実績を持つ。

インドネシア共和国は無電化率が 34%（2010 年）であり、特に離島部や農村部では 30%以下の地域も多い。一方、JICA の「再生可能エネルギー」課題別指針（2006 年）によると、バイオマス発電は天候に左右されない純国産エネルギーであるとして、その長所が認められているとともに、地方村落における開発ニーズとしての再生可能エネルギーへの活用が期待されている。また、外務省の対インドネシア共和国別援助方針（平成 24 年度）の重点分野・重点事項の一つには、「不均衡の是正と安全な社会造りへの支援」として「地方開発のための制度・組織の改善支援」が挙げられている。地方の経済開発の促進を通じた地域間経済格差の是正を図る観点から、主要な地域間・島嶼間・都市間の基幹交通ネットワーク等の整備、地方での電源・資源開発を含む、物流・人流のハブとなる拠点都市圏の都市基盤整備等を支援するとしている。このように、JICA の対インドネシア共和国別援助方針に合致するバイオマス発電事業の取り組みは今後も推進されることと考えられる。

このように、JICA の環境課題ニーズ及び対インドネシア共和国援助計画にも合致するバイオマス発電事業の取り組みは今後も推進されることと考えられることから、上述 3 者の協力体制により、無電化地域に対する小型バイオマス発電施設の導入を検討することとなった。本調査では、特に APEX が活動拠点としており、今後の事業化の足がかりとなりうるシッカ県を調査地域として選定した。

(2) 本調査の目的

インドネシア共和国は年率 5%の成長率を維持しており、今後の電力需要の増加が予測されている。インドネシア共和国では地域によって電化率が大きく異なり、全体の電化率は 77.65%（2013 年）にとどまっている。ジャワ島以外の離島部では電化率が低く、30%以下の地域も存在している。

本調査の主な調査対象地域である東ヌサトゥンガラ州においては、電化率は44.49%にとどまり、半数以上の住民が電気の無い生活を送っている。調査対象県のひとつである同州シッカ県では、農林水産業が主体であり、全生産高のうち第1次産業（農林水産業）が占める割合が44.8%となっている(2009年)。一方、製造業は著しく未発達で、同じく製造業が占める割合は1.6%にすぎず、一次産品の付加価値をあげることができていない。電源が未整備であることは、製造業の発展にとって大きな阻害要因ともなっている。また、医療・衛生、教育の分野でも立ち遅れが著しい。同州の一人当たりの年間平均収入は約200ドル程度にとどまっており、貧困率は23.3%と、州別でみた場合には、全国ワースト4となっている。このようなことから、今後の同地域の発展のためには、新たな産業の育成ならびにそのための電力供給が必須であり、BOP層における電化へのニーズが非常に高い。

国営電力会社である PLN は電源開発を担っているが、離島部に対する電力供給を行うには電送網の整備に多大なコストがかかることから、離島部が後回しになっている側面がある。この問題を解決するため、本調査では、現地 NGO、自治体、企業等と連携した独立電力供給の実現を目指していく。

なお、本調査における「無電化地域」は、地形的な側面などから、PLN が整備している系統電力への接続が今後も難しい地域を想定している。

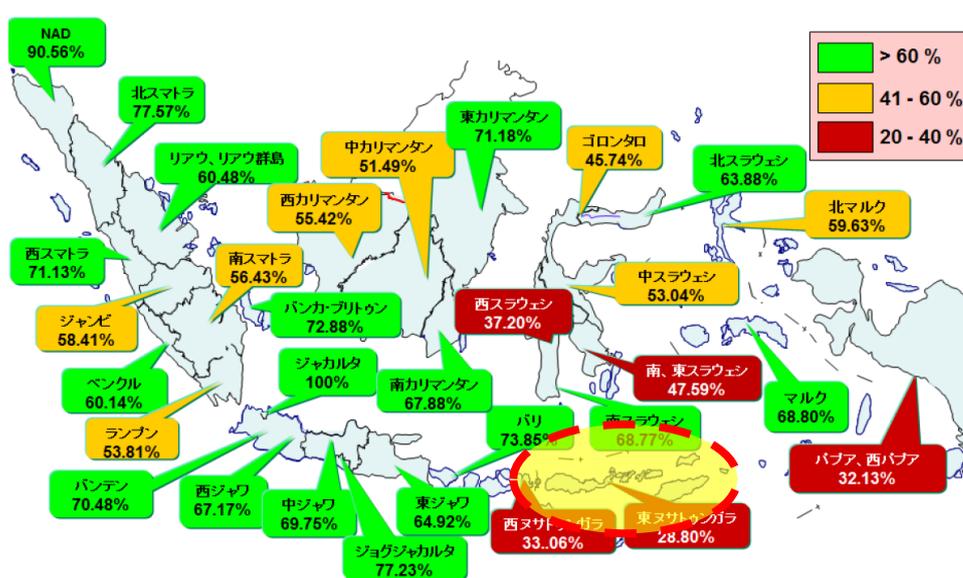


図 インドネシア共和国の電化率（出典：社団法人海外電力調査会資料）

(3) 調査概要

①調査団員リスト

氏名	所属先	担当業務
齋藤 正倫	(株)プロマテリアル	共同事業体代表者、実証機導入に関わる全般を担当
マクレラン 牧子	(株)プロマテリアル	実証運転の体制整備
緒方 勇一郎	(株)プロマテリアル	実証運転の体制整備、バイオマス発電事業の実証運転
星野 太郎	(株)プロマテリアル	バイオマス発電事業の実証運転
中町 正司	(株)プロマテリアル	バイオマス発電事業の実証運転
宮内 正裕	(株)プロマテリアル	バイオマス発電事業の実証運転
南波 洋志	(株)プロマテリアル	バイオマス発電事業の実証運転
辻本 大輔	(株)レノバ	ビジネスモデルの検証、ODA 案件化の可能性調査
加藤 健太郎	(株)レノバ	ビジネスモデルの検証、ODA 案件化の可能性調査
藤平 慶太	(株)レノバ	業務主任者、全般を担当
菊地 洋平	(株)レノバ	業務主任者補佐、全般を担当
田中 義朗	(株)レノバ	バイオマス発電効果の検証、基礎調査・市場調査
井上 斉	補強（特定非営利活動法人 APEX）	実証運転の体制整備、バイオマス発電事業の実証運転
彦坂 哲弥	補強（特定非営利活動法人 APEX）	基礎調査・市場調査、実証運転の体制整備、バイオマス発電事業の実証運転
三木 夏苗	補強（特定非営利活動法人 APEX）	現地 NGO、政府機関との調整

②調査スケジュール

【第1回訪問調査】

日程	訪問先
10月21日(月)	シッカ県地域開発計画局
	シッカ県公共事業鉱業エネルギー鉱物局
	YDD ジャトロファ・センター、
10月22日(火)	シッカ県農業・農園局
	シッカ県環境局
	PLN (東フローレス支部)
10月23日(水)	シッカ県森林局
	マゲパンダ郡コリシア B 村
	マゲパンダ郡コリシア B 村 精米所
10月24日(木)	JETRO ジャカルタ事務所
10月25日(金)	在インドネシア日本大使館
	JICA インドネシア事務所

【第2回訪問調査】

日程	訪問先
11月11日(月)	シッカ県庁
	YDD ジャトロファセンター
11月12日(火)	REROLARA(カカオ加工工場)
	ワトワラ村
	PT. Laugit Laut Biru
11月13日(水)	ワトゥメラ村
	YDD・ジャトロファセンター
	ココナッツ農園
11月15日(金)	インドネシア共和国エネルギー鉱物資源省
	インドネシア共和国農務省
	インドネシア共和国後進地域開発促進担当自治省

【第3回訪問調査】

日程	訪問先
12月15日(月)	YDD ジャトロファセンター
12月16日(火)	PLN 東フローレス支部
	ニタクロアン村

日程	訪問先
	YDD ジャトロファセンター
12月19日(木)	東ヌサトゥンガラ州地方開発計画局
	PLN 東ヌサトゥンガラ州本社
	東ヌサトゥンガラ州鉱物エネルギー局
12月20日(金)	PT. ATMI Kreasi Energi

【第4回訪問調査】

日程	訪問先
1月9日(木)	YDD ジャトロファセンター (バイオマス発電装置設置)
1月10日(金)	YDD ジャトロファセンター (バイオマス発電装置設置)
1月11日(土)	YDD ジャトロファセンター (バイオマス発電装置運転)
1月12日(日)	YDD ジャトロファセンター (バイオマス発電装置運転)
1月13日(月)	YDD ジャトロファセンター (ワークショップ1日目)
1月14日(火)	YDD ジャトロファセンター (ワークショップ2日目)
1月15日(水)	YDD ジャトロファセンター (ワークショップ3日目)
1月16日(木)	YDD ジャトロファセンター (バイオマス発電装置撤収)
1月17日(金)	YDD ジャトロファセンター (バイオマス発電装置撤収)

第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

1.1 対象国の政治・経済の概況

1.1.1 インドネシア共和国の基本情報

インドネシア共和国は、赤道付近にある約 18,000 もの島々から成る世界有数の島嶼国家である。国土総面積は約 189 万平方 km と日本の約 5 倍であり、東西の距離は米国の東西両岸とほぼ同じ約 5,000km に及ぶ。インドネシア共和国の人口は、約 2 億 3,800 万人であり、中国、インド、米国に次いで世界第 4 位であり、2000 年から 2010 年まで毎年 1%以上増加し続けている。主要な宗教はイスラム教であり人口の 88.6%が信仰している。インドネシア共和国は、世界最多のイスラム教徒を有する国でもある。

表 1-1 インドネシア共和国の地勢・人口

項目	内容
国名	インドネシア共和国 (Republic of Indonesia)
地理	面積：約 189 万 km ² (日本の約 5 倍。島国として世界最大の面積を誇る)
人口	2.38 億人 (2010 年)、年平均増加率 1.25% (2000～2010 年)
首都	ジャカルタ (人口 959 万人、2010 年)
民族	マレー系を主体とする 300 以上の部族、華人は全人口の約 3%にあたる約 600 万人
宗教	イスラム教 88.6%、キリスト教 8.9% (プロテスタント 5.8%、カトリック 3.1%)、ヒンズー教 1.7%、仏教 0.6%、儒教 0.1%、その他 0.1%
言語	インドネシア語 (公用語)、他に 250 以上の地方語

(出典：外務省ホームページをもとに作成)



図 1-1 インドネシア共和国の地理

1.1.2 政治概況

インドネシア共和国は大統領制を採用しており、直接選挙によって正副大統領が選出される。大統領は、副大統領と協力して3名の調整大臣、20名の各省大臣、10名の国务大臣、3名の高官を任命して内閣を組成する。内政状況としては、2009年7月の大統領選挙において、ユドヨノ大統領が約60%の得票で再選し、10月20日に正式に就任した。2期目のユドヨノ政権は、(ア)国民福祉の向上、(イ)民主主義の確立、(ウ)正義の実践を今後の五カ年計画の核とし、特に、競争力のある経済発展と天然資源の活用及び人的資源の向上を政府の最優先課題と位置付けている。

また、インドネシア共和国の地方自治体は、①州及び特別行政区(第1級地方自治体)、②県・市(第2級地方自治体)、③町・村・郡(下級機関)の3段階に行政区分が分かれている。第1級地方自治体として33の地方自治体があり、この内訳は、31の州と2つの特別行政区(ジャカルタ、ジョグジャカルタ)となっている。

表 1-2 インドネシア共和国の政治体制

政体	共和制（大統領責任内閣）	
元首	スシロ・バンバン・ユドヨノ大統領 Susilo Bambang YUDHOYONO (就任時期：2009年10月、任期は2014年10月まで)	
議会概要(定員数、発足年、任期)	国会（DPR）（定数560名、99年10月～、任期5年）、 国民協議会（MPR）（定数692名、99年10月～、国会議員560名と地方代表議員132名で構成）	
内閣（主要閣僚）		
	役職	名前-日本語表記 【出身等】
	大統領	スシロ・バンバン・ユドヨノ〔民主党党首〕
	副大統領	ブディオノ〔経済学者、前中央銀行総裁〕
	政治・治安担当調整相	ジョコ・スヤント〔前国軍司令官、空軍出身〕
	経済担当調整相	ハッタ・ラジャサ〔前国家官房長官、国民信託党〕
	公共福祉担当調整相	アグン・ラクソノ〔前国会議長、ゴルカル党副党首〕
	国家官房長官	スディ・シララヒ〔前内閣官房長官、元陸軍中将〕
	外相	マルティ・ナタルガワ〔国連大使、元ASEAN局長〕
	財務相	ハティブ・バスリ〔前投資調整庁長官〕
	エネルギー・鉱物相	ジェロ・ワチック〔前文化・観光相、民主党〕
	工業相	モハマッド・スレマン・ヒダヤット〔インドネシア商工会議所（KADIN）会頭、ゴルカル党〕
	商業相	ギタ・イラワン・ウィルヤワン〔前投資調整庁長官、JPモルガンインドネシア元社長〕
	国務相（国家開発計画担当）	アルミダ・アリシャバナ〔国立パジャジャラン大学経済学部教授〕
国務相（国営企業担当）	ダーラン・イスカン〔国営電力 PLN 社長〕	
備考：2009年10月発足、2011年10月内閣改造、2013年5月財務相交代		

(出典：日本貿易産業機構(JETRO) インドネシア、基礎データ、2013年12月、
http://www.jetro.go.jp/world/asia/idn/basic_01/)

1.1.3 経済概況

1997年7月のアジア通貨危機後、インドネシア共和国政府はIMFとの合意に基づき、銀行部門と企業部門を中心に経済構造改革を断行。政治社会情勢及び金融の安定化、個人消費の拡大を背景として、2001年に3.6%であった経済成長率は、2005年以降5%後半～6%台を達成した。2009年には世界金融・経済危機の影響を受けたものの、4.6%という比較的高い成長率を維持し、2011年は6.5%、2012年は6.2%と引き続き堅調な経済成長を達成した。2013年は5.8%と6.0%成長を割り込む見込みとなっており、2014年については政府が予算指標で6.0%と設定した。

2010年には一人当たり名目GDPが3,000ドルを突破した。2011年に「経済開発加速・拡大マスタープラン(MP3EI)」が発表され、全国各島にインフラ網で連結された経済回廊を形成する構想が明らかにされた。同プランでは、2025年までに、名目GDPを2010年比で約6倍に増加させ、世界の10大経済大国となる目標を掲げている。

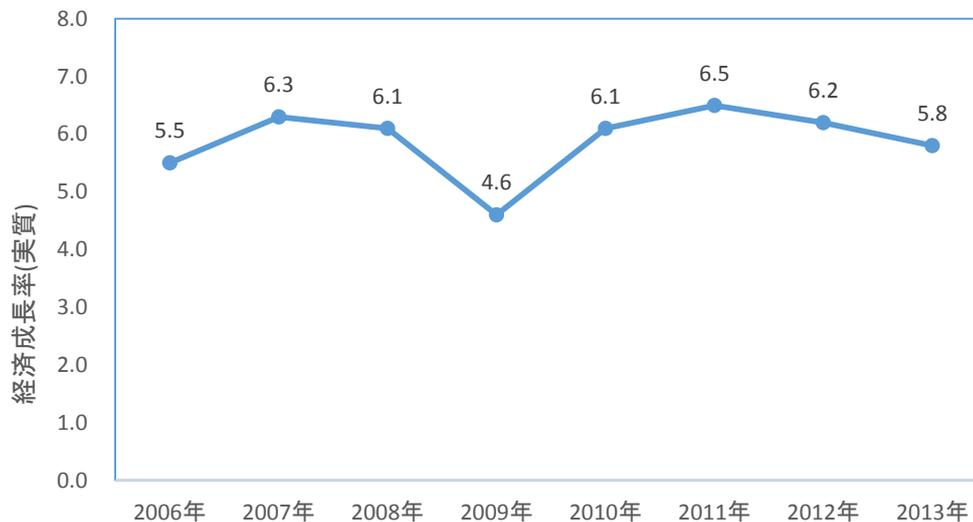


図 1-2 インドネシア共和国の実質経済成長率(%)

(出典：外務省「インドネシア共和国基礎データ」、平成 25 年 10 月、

<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/indonesia/data.html#04>)

表 1-3 インドネシア共和国の経済概況

項目	内容
名目 GDP	8,794 億ドル (2012 年)
一人当たり GDP	3,562.9 ドル (2012 年)
主要産業	製造業 (24%) : 輸送機器 (二輪車など) , 飲食品など農林水産業 (15%) : パーム油, ゴム, 米, ココア, キャッサバ, コーヒー豆など商業・ホテル・飲食業 (14%) 鉱業 (12%) : LNG, 石炭, ニッケル, 錫, 石油など
輸出総貿易額	1,900 億ドル (2012 年) 石油・ガス (20.4%)、鉱物性燃料 (13.5%)、動物・植物油 (10.6%)
輸入総貿易額	1,917 億ドル (2012 年) 石油・ガス (22.9%)、一般機械機器 (13.9%)、機械・電機部品 (11.5%)

(出典：外務省「インドネシア共和国基礎データ」、平成 25 年 10 月、
<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/indonesia/data.html#04>)

1.2 対象国の対象分野における開発課題の現状

1.2.1 エネルギー事情

(1) エネルギー供給量の推移

石油、石炭、天然ガス等の天然資源に恵まれたインドネシア共和国は、エネルギー自給率 100%を超えるエネルギー輸出大国であった。しかしながら、原油生産量が低下する一方で、運輸部門による石油製品の消費が増加しており、石炭の利用を拡大している。現在改訂の新・国家エネルギー政策では、2030年までに一次エネルギーに占める石油の割合を 20%以下にし、地熱やバイオ燃料等の再生可能エネルギーの割合を 2025年に 25%、2030年に 30%とすることを目標としており、再生可能エネルギーの開発が急務となっている。

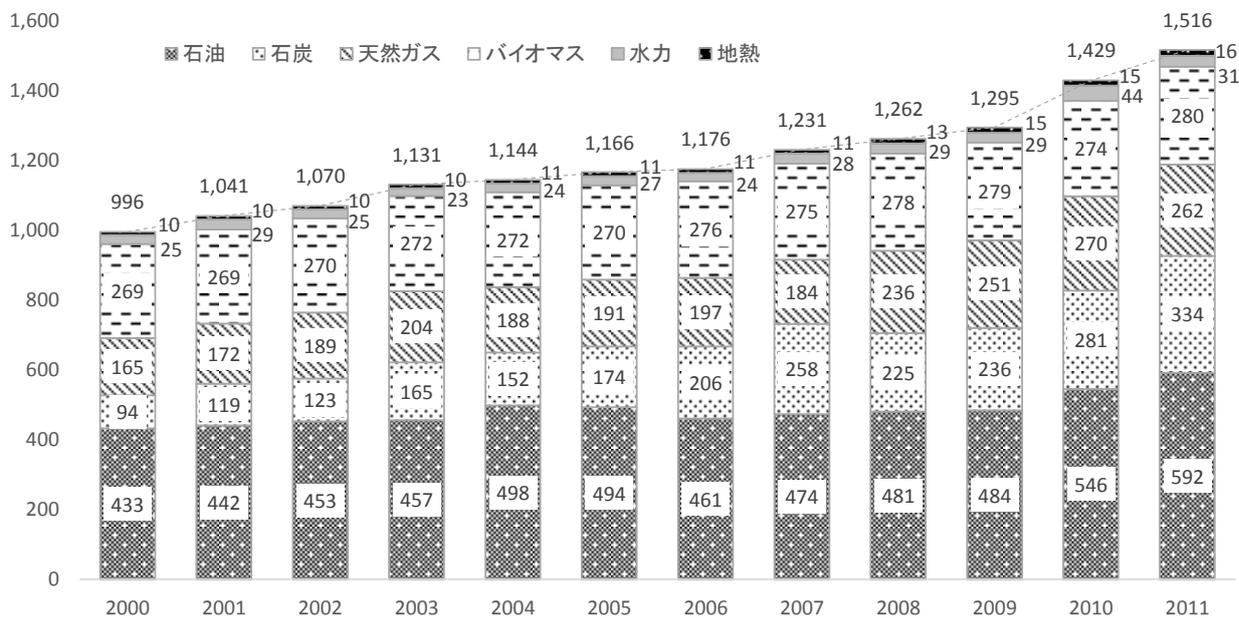


図 1-3 インドネシア共和国の一次エネルギー供給量の推移（百万 BOE）

（出典：Handbook of energy & economic statistics of Indonesia, MEMR, 2012、
<http://www.esdm.go.id/statistik/handbook.html>）

(2) エネルギー消費形態の推移

インドネシア共和国の用途別エネルギー消費の推移を図 1-4 示した。消費形態としては、燃料利用、バイオマス消費が多い。電力消費量は 2000 年に 49 百万 BOE であったが、2011 年には 98 百万 BOE へと約 2 倍に拡大している。

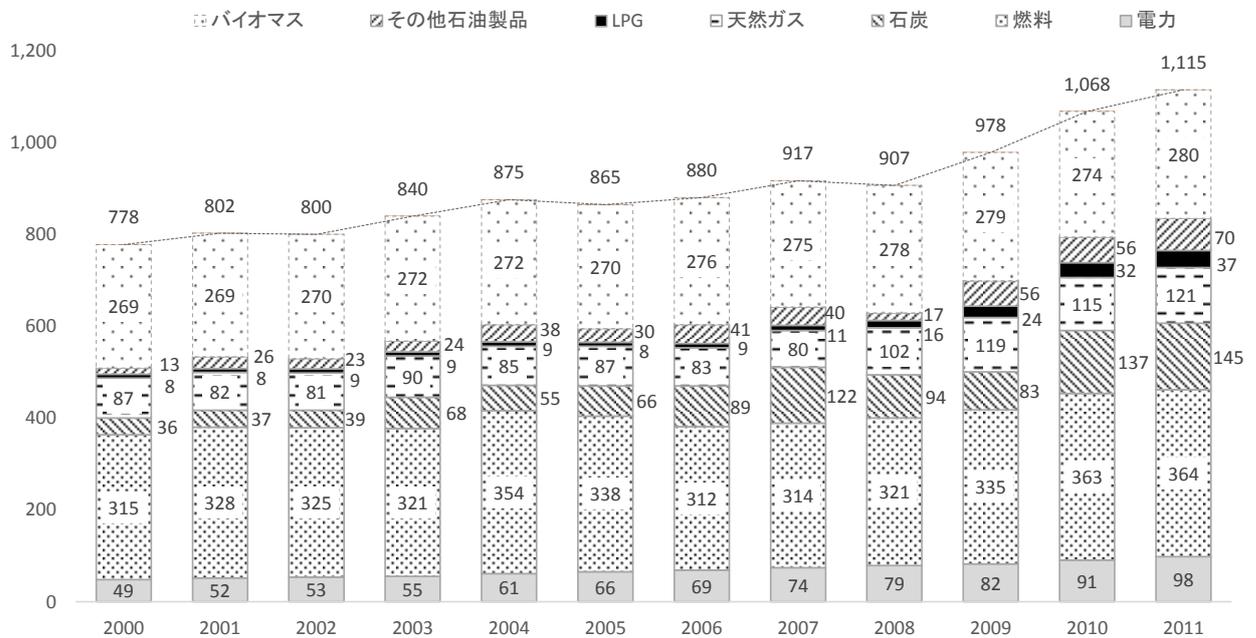


図 1-4 インドネシア共和国のエネルギー消費形態の推移 (百万 BOE)

(出典 : Handbook of energy & economic statistics of Indonesia, MEMR, 2012、
<http://www.esdm.go.id/statistik/handbook.html>)

(3) 部門別エネルギー消費割合の推移

インドネシア共和国の部門別エネルギー消費割合の推移を図 1-5 に示した。2000 年から 2011 年までの各部門の割合の推移をみると、家庭の割合が減少し、物流の割合が増えてきている。2011 年は、産業部門が 42.9%、物流部門が 37.7%、家庭部門が 11.6%、商業部門が 4.4%、その他 3.4%となっている。

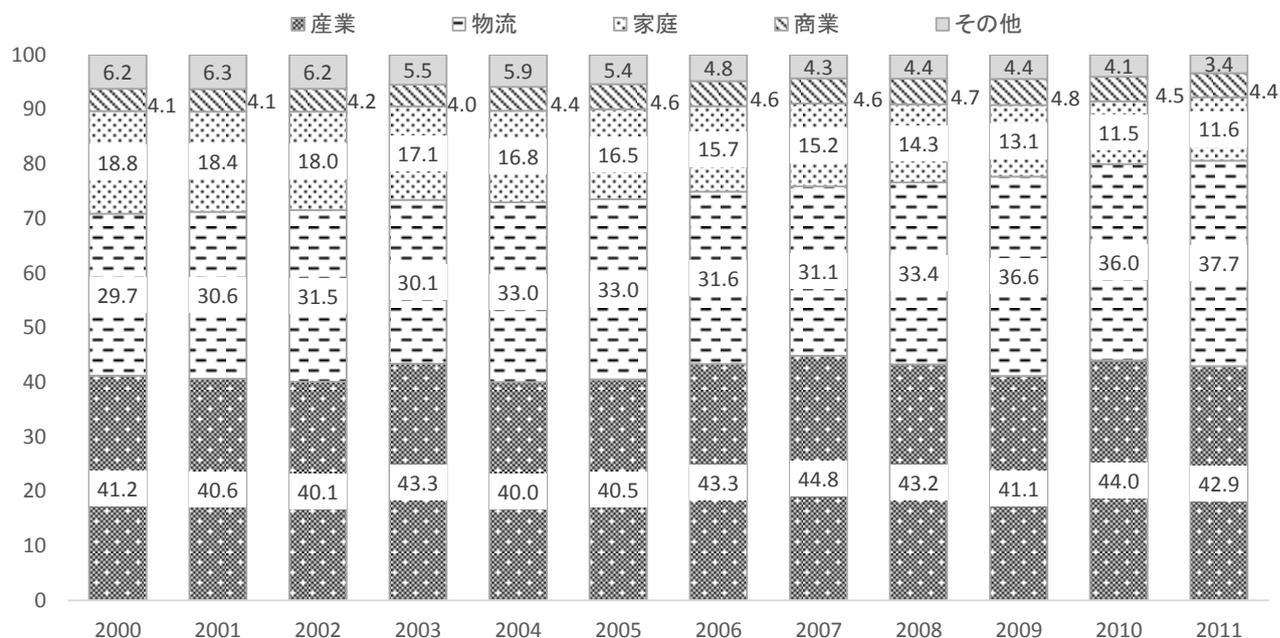


図 1-5 部門別エネルギー消費量の内訳推移 (%)

(出典 : Handbook of energy & economic statistics of Indonesia, MEMR, 2012、
<http://www.esdm.go.id/statistik/handbook.html>)

(4) エネルギー価格の推移

インドネシア共和国の部門別エネルギー消費割合の推移を図 1-6 に示した。ガソリン及び電力ともに上昇傾向にあるが、ガソリンは 2006 年の上昇以降、ほぼ横ばいで推移している。電力価格は、2001 年から 2003 年に急激な上昇以降、安定していたが 2009 年以降再び上昇し産業、家庭、商業ともに上昇をしている。

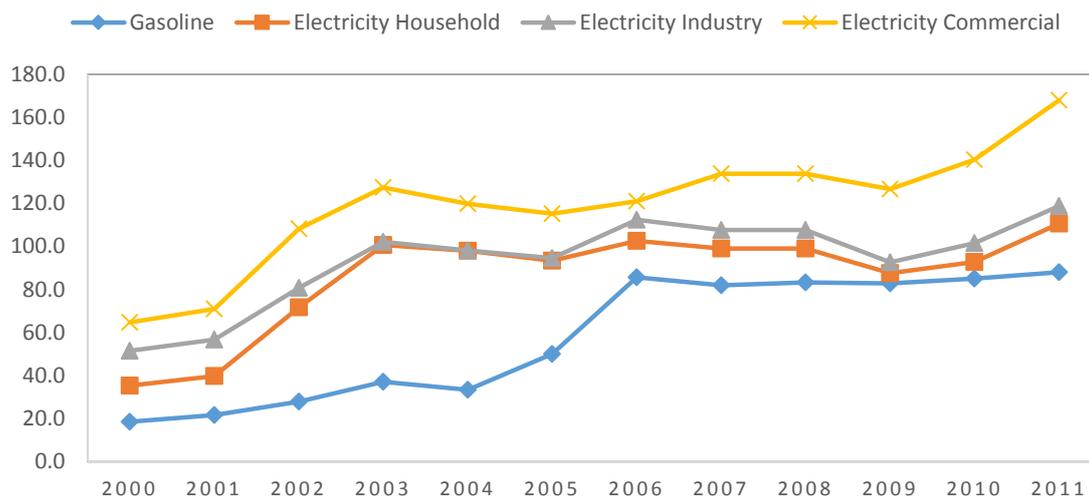


図 1-6 主要エネルギー価格の推移 (US\$/BOE)

(出典 : Handbook of energy & economic statistics of Indonesia, MEMR, 2012、
<http://www.esdm.go.id/statistik/handbook.html>)

1.2.2 インドネシア共和国の電力事情

(1) 電力関連組織

インドネシア共和国では、PLN が、発電、送変電、配電を垂直統合し、電力供給を担当している。PLN は、インドネシア共和国政府によって 100%出資を受けている完全国営企業であり、インドネシア共和国国内で最大の電力及び関連インフラ供給企業である。電気事業の枠組みを図 1-7 に示す。国営企業省

(Ministry of State-owned Enterprises、以下「MSE」という) が PLN を所有、管理し、国家開発企画庁 (BAPPENAS (=National Development Planning Body、以下「BAPPENAS」という) が開発政策等の策定及び調整を実施している。MEMR は、MSE 及び BAPPENAS と連携し、電気事業全体の政策立案及び規制を担当している。財務省 (Ministry of Finance、以下「MOF」という) は、PLN の予算承認の役割を担っている。

PLN は、自社の発電所からの電力供給に加えて、IPP (Independent Power Producer=独立系発電事業者、以下「IPP」という) と電力販売契約 (Power Purchase Agreement、以下「PPA」という) を締結し、電力を購入している。図 1-7 に示すように、一部の IPP は、PLN への売電に加えて、独自の送配電網を整備し、需要家に直接電力供給を行っている。

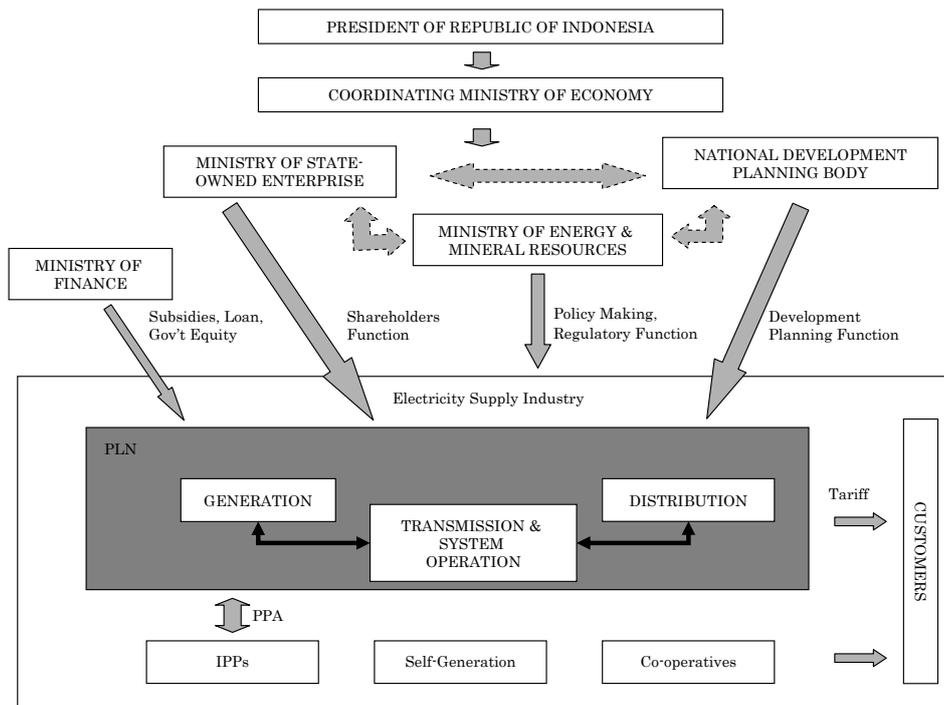


図 1-7 電気事業の枠組み

(出典：IAEA 「Indonesia 2011」をもとに作成)

(2) 電力供給概要

2000年から2011年までのインドネシア共和国国内における電源種類別の発電量推移を図1-8に示す。総発電量は、2000年の93.3TWh/年から2011年は183.4TWhと約2倍に増加している。内訳別にみると、石炭火力が2000年の34.0TWh/年から2011年の81.0TWh/年と最も拡大しており、ついで地熱発電、石油、ガス、水力発電となっている。その他再生可能エネルギーは主にバイオマス発電であり、2009年以降は太陽光発電と風力発電による発電がなされている。

また、基幹送電線を図1-9に示した。人口の集中するジャワ島、スマトラ島は送電線の整備が比較的進んでおり、カリマンタン島、スラウェシ島は計画段階のものが多い。インドネシア共和国東部地域は、発電所の容量も小さく、基幹送電線の計画もほとんどなされていない。

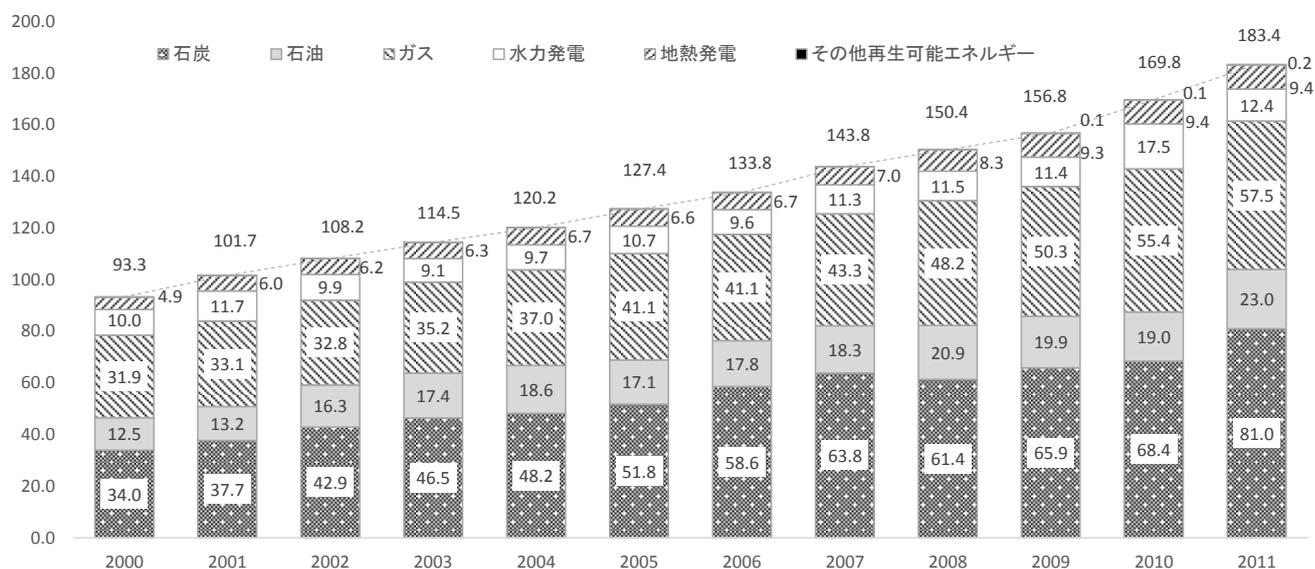


図 1-8 電源種類別の発電量(TWh)

(出典：Handbook of energy & economic statistics of Indonesia, MEMR, 2012)

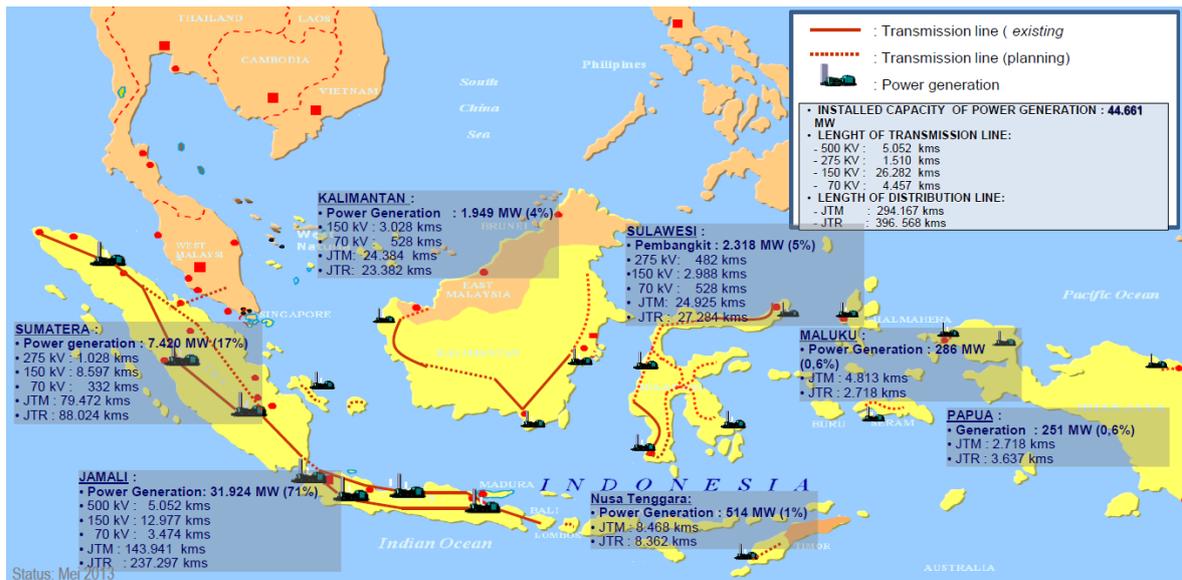


図 1-9 インドネシア共和国の電力供給インフラ

(出典 : MEMR 「ACCELERATION PROGRAM OF POWER PLANT DEVELOPMENT PHASE II (FTP II)」
2013 年 8 月)

(3) 電力需要概要

インドネシア共和国のセグメント別の売電量の推移を図 1-10 に示す。売電量全体を見ると、2000 年から 2011 年の 11 年間で、年平均 6.5% 拡大しており、2 倍に拡大している。最も成長率が高いのは、街灯で年平均 10.4% 拡大している。次いで、商業及び社会部門の成長が大きい。2011 年の内訳を見ると、住宅が全体の 41.2%(65.1TWh/年)を占め最も大きく、ついで産業 34.6%(54.7TWh/年)、商業 17.9%(28.3TWh/年)となっている。

地域別の電力需要予測を見ると、年平均成長率は東部地域 11.4%、西部地域 10.5%、中部地域 7.9%の順で大きいですが、需要量でみると中部地域が 2021 年も 70%以上を占める。

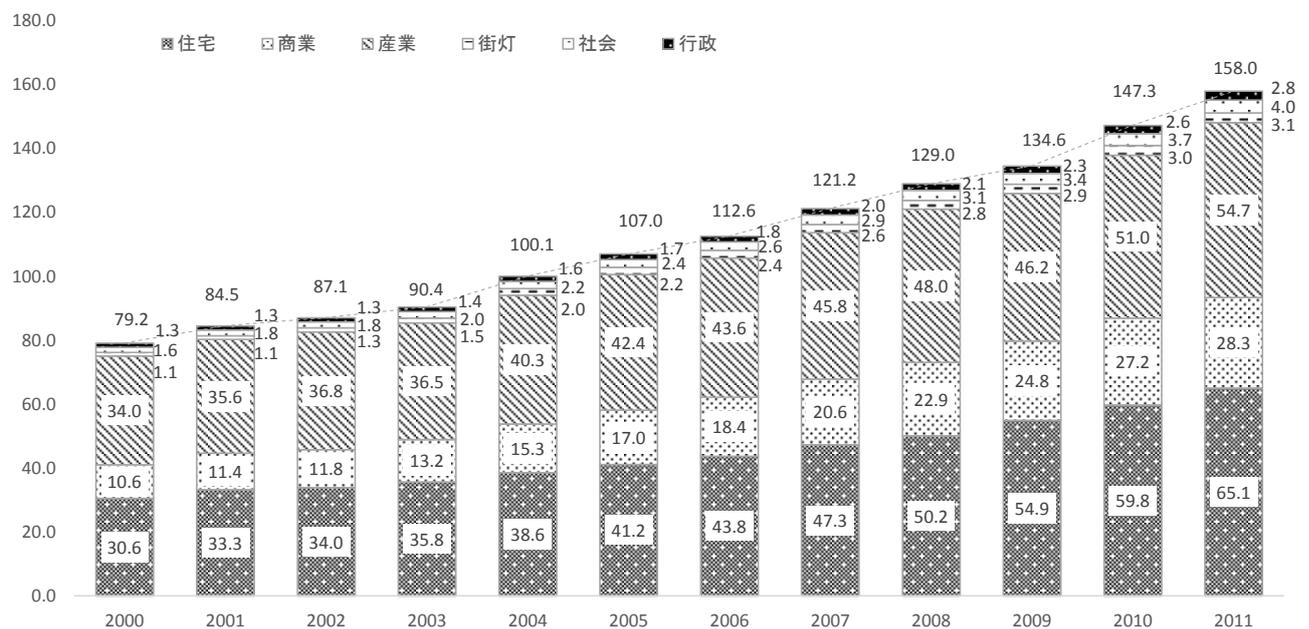


図 1-10 インドネシア共和国の電力消費量の推移(TWh)

(出典 : Handbook of energy & economic statistics of Indonesia, MEMR, 2012)

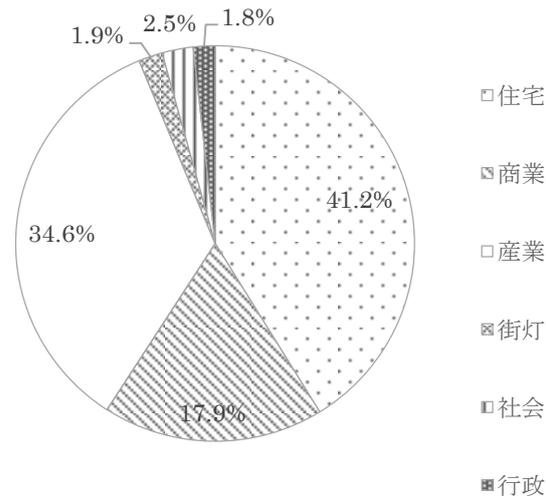


図 1-11 セグメント別売電量の内訳 (2009)

(出典 : Handbook of energy & economic statistics of Indonesia, MEMR, 2012 をもとに作成)

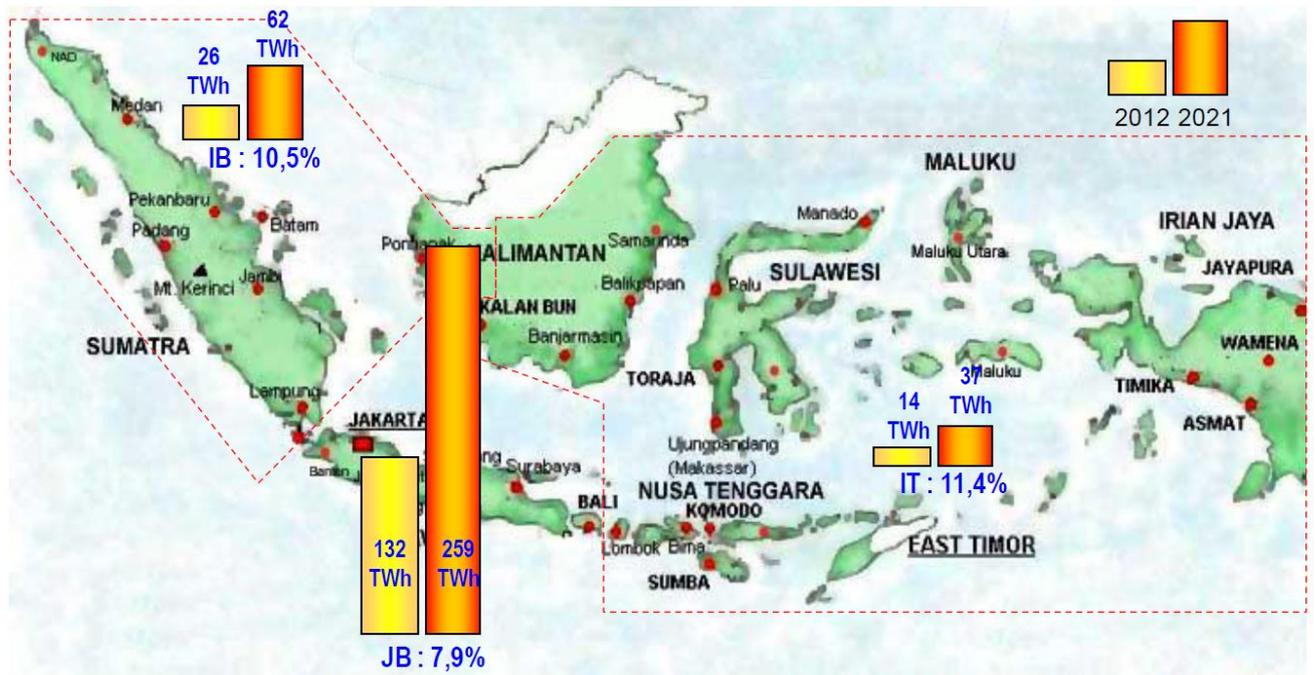


図 1-12 地域別の電力需要予測¹

(出典 : MEMR 講演資料「最近の電力事情」2013年12月)

¹ IB=Indonesia Barat (西インドネシア)
 JB=Jawa Bali (ジャワ・バリ)
 IT=Indonesia Timur (東インドネシア)

(4) 電化率

インドネシア共和国全 33 州の電化率を図 1-13 に示した。電化率が 60%に満たない地域は、インドネシア共和国東部に集中しており、Sultra (57.90%)、Gorontalo (55.88%)、NTB (54.77%)、NTT (44.49%)、Papua (35.89%) である。これらの地域は島嶼部を多く抱えている、数十世帯の村が偏在しているなどの理由により送電網の整備が困難な地域となっている。

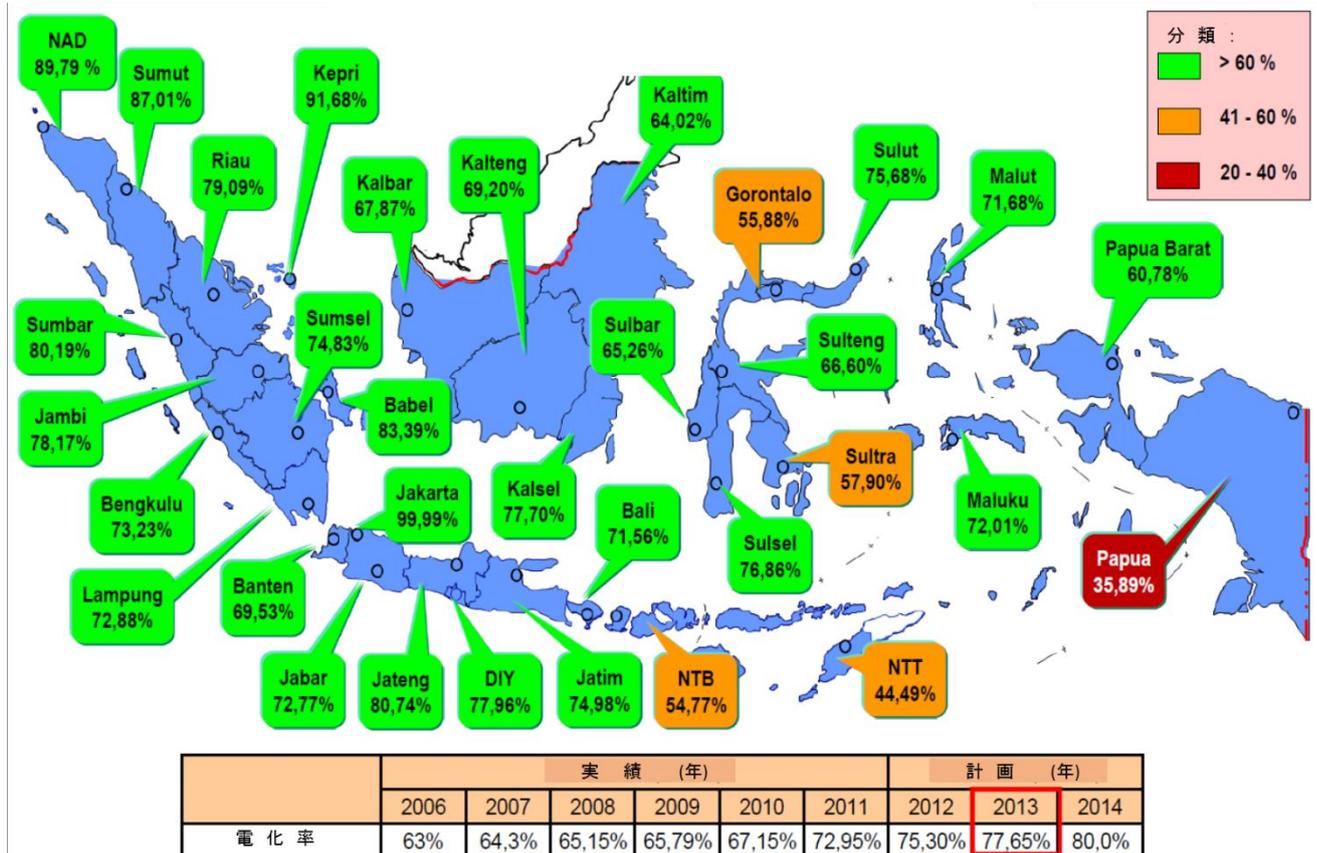


図 1-13 全 33 州の電化率

(出典：MEMR 講演資料「最近の電力事情」2013 年 12 月)

(5) 再生可能エネルギー関連

インドネシアにおける再生可能エネルギーの普及活動を把握するため、MEMR への訪問調査を行った。インドネシア政府が普及を進めている再生可能エネルギーは、太陽光発電と地熱発電が中心であるが、バイオマスガス化発電及び小水力発電についても、既に導入又は開発をしているとのことであった。特に、バイオマスガス化発電では、2010 年から 2011 年の間に 100kW のガス発電機を計 5 機、リアウ州に設置した。2013 年にスンバ島で 80kW のガス化発電を 1 基設置した。2014 年は、アブラヤシ搾油工場の廃液を発酵させ、メタンガスを得て発電するユニットを 2 つ、都市の一般廃棄物から発電するものを 1 ユニット設置する予定である。

MEMR が支援した事業として、既に導入したバイオマスガス化プロジェクトでは発電した電気をコミュニティに供給するプロジェクトを実施してきた。ダウンドラフト式固定床ガス化発電(100kW)で、周囲にある油椰子の農園の葉を集め、切断し、ガス化+軽油の混合発電をしたが、住民から実用的ではない、という意見が出て止まってしまっているとのことであった。理由としては、葉を収集し切断することに手

間がかかり、アブラヤシ農園で働いた方が収入になる、ということであった。ガス化炉は、政府の援助により無料で設置したため、地元民の経済的な損失はなく稼動も安定するかに思えた。しかし、バイオマスが利用されていないうちはバイオマスに値段はついていなかったが、プロジェクトが始まると値段がついてしまい、最終的には頓挫した経緯がある。現状、価格がついていないようなバイオマス資源に値段がつき集まりづらくなることは、本プロジェクトにおいても十分に考慮しなければならない点である。

上記のほか、行政機関等へのヒアリング結果から把握したインドネシアにおける再生可能エネルギーの導入状況を表 1-4 に示した。地域住民への導入支援がなされている再生可能エネルギー設備は、太陽光発電が大部分であり、各機関へのヒアリングによると、今後も暫くはそのような状況が続くと考えられる。

表 1-4 再生可能エネルギーの導入状況

導入機関	内容	実績
エネルギー 鉱業省	<ul style="list-style-type: none"> 戸別に1軒あたり50Wpの太陽光発電を設置。 1件あたり25軒～50軒に設置。 維持管理に必要な費用は個別に地域と調整し、住民が負担している。 	対象地域においては2007年より導入。
後進地域開 発促進自治 省	<ul style="list-style-type: none"> 15kWの蓄電池付太陽光発電を設置し、1軒あたり70W前後で配電。 10年～20年にわたり PLN の送電線が到達する見込みのない地域等を優先的に選定している。 維持管理に必要な費用は個別に地域と調整し、住民が負担している。 	対象地域においては、2009年に実施。これまでに離島で5kWを2件(いずれも50軒規模の照明と揚水利用)、15kWを1件実施(後述のワトワラ村)。
地方政府	<ul style="list-style-type: none"> 戸別に1軒あたり50Wpの太陽光発電を設置。 設備の運営管理は住民による自主運営。 	2013年には1地区53軒に対して設置。
PLN	<ul style="list-style-type: none"> 戸別に1軒あたり50Wpの太陽光発電を設置。 設備は PLN が所有し、住民から3.5万IDR/月の電気代を徴収する。 設置初期に住民は50万IDRを負担、月々の支払いも原則前払い制。 	7,151件(2013年9月現在)

1.2.3 対象地域の電力事情

(1) 東ヌサトゥンガラ州の概要

本プロジェクトの対象地域であるシッカ県は、ジャワ島の東部に位置する東ヌサトゥンガラ州に属する。東ヌサトゥンガラ州は、インドネシア共和国の中でも最も貧困な地域の一つとなっており、住民は農業を主な生業としているが、収入は少なく、また乾燥した気候の中、未利用な土地が多い。本プロジェクト実施の背景として、このような東ヌサトゥンガラ州及びシッカ県の概要を本項にまとめる。

① 地勢

東ヌサトゥンガラ州は、西ティモールを含む小スンダ列島の東側部分に位置する州である。州都は西ティモールにあるクパンで、州は凡そ 550 にも及ぶ島々で構成されており、フローレス島、スンバ島、ティモール島の西側半分である西ティモールの 3 つの大きな島がある。

本プロジェクトは、フローレス島の最大都市であり、シッカ県の県庁所在地であるマウメレに実証システムを設置した。シッカ県は、フローレス島の中心より東側に位置しており、デンパサールから飛行機で約 2 時間の距離にある。



図 1-14 東ヌサトゥンガラ州とシッカ県の位置

(出典 : Wikipedia より作成、
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lokasi_Nusa_Tenggara_Timur_Kabupaten_Sikka.svg)

② 産業

シッカ県の産業別労働人口割合を表 1-5 及び図 1-15 に示した。地域総生産の約 43%を農業と漁業が支えており、2012 年の労働人口比率は 46.21%となっている。その他、卸売・小売業、建設業などが主な産業であり、製造業や観光関連産業は一部に留まっている。

表 1-5 シッカ県の産業別地域総生産・労働人口割合

分類	内訳	地域総生産(%)	労働人口(%)
		2012年	2012年
第一次産業	農林水産業	<u>42.61</u>	46.21
	農業(食料)	18.65	
	農業(非食料)	8.33	
	畜産業	7.19	
	林業	0.37	
	水産業	8.07	
第二次産業	鉱業&採掘業	<u>1.07</u>	17.21
	製造業	<u>1.59</u>	
	電気、水供給	<u>0.51</u>	
	電気	0.37	
	水供給	0.14	
	建設業	<u>5.54</u>	
第三次産業	商業	<u>12.45</u>	36.58
	卸売、小売業	11.86	
	レストラン	0.10	
	ホテル	0.49	
	運輸・通信業	<u>5.84</u>	
	道路輸送	3.18	
	海運輸送	0.59	
	空路輸送	0.44	
	輸送支援サービス	0.36	
	通信業	1.27	
	金融・サービス業	<u>2.8</u>	
	銀行	1.48	
	ノンバンク金融機関	0.50	
	貸しビル	0.72	
	ビジネスサービス	0.10	
公共サービス	<u>27.59</u>		
公務員	19.31		
民間(社会・公共部門)	6.03		
民間(娯楽・保養部門)	0.06		
民間(個人・家庭部門)	2.19		

(出典：Sikka Dalam Angka 2013)

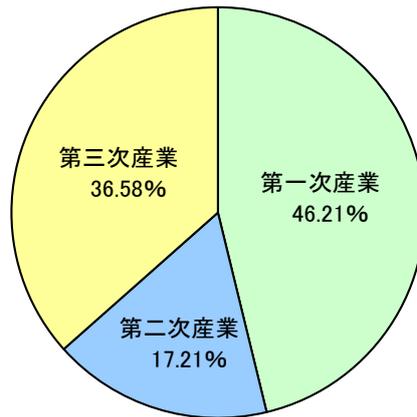


図 1-15 シッカ県の産業別人口比率

(出典 : Sikka Dalam Angka 2013 より作成)

③ 貧困にかかわる状況

インドネシア共和国中央統計局によると、貧困ライン以下の収入で暮らす人の割合を示す貧困率は、インドネシア共和国全体の 11.37% に対して東ヌサトゥンガラ州は、20.03%²で 33 州中 30 位となっている。東ヌサトゥンガラ州の県別貧困率を表 1-7 に示した。シッカ県の貧困率は 12.83% となっており、州の中では比較的貧困率が低い地域となっている。

表 1-6 インドネシア共和国における各州別人間開発指数、貧困率

州名	2012 年貧困率(%)	2013 年貧困率(%)
パプア州	31.11	31.13
西パプア州	28.23	26.67
マルク州	21.78	19.49
ブンクル州	17.71	18.34
西ヌサトゥンガラ州	18.63	17.97
アチェ特別州	19.46	17.60
ゴロンタロ州	17.33	17.51
ジョクジャカルタ特別地区	16.05	15.43
ランブン州	16.18	14.86
中部スラウェシ州	15.40	14.67
中部ジャワ州	15.34	14.56
南スマトラ州	13.78	14.24
東南スラウェシ州	13.71	12.83
東ジャワ州	13.40	12.55
西スラウェシ州	13.24	12.30
北スマトラ州	10.67	10.06
南スラウェシ州	10.11	9.54
西ジャワ州	10.09	9.52
西カリマンタン州	8.17	8.24
西スマトラ州	8.19	8.14
ジャンビ州	8.42	8.07
北スラウェシ州	8.18	7.88
リアウ州	8.22	7.72
北マルク州	8.47	7.50
リアウ諸島	7.11	6.46
東カリマンタン州	6.68	6.06
中部カリマンタン州	6.51	5.93
バンテン州	5.85	5.74
バンカ・ブリトゥン諸島	5.53	5.21
南カリマンタン州	5.06	4.77
バリ州	4.18	3.95
ジャカルタ特別区	3.69	3.55
東ヌサトゥンガラ州	20.88	20.03
インドネシア共和国全体	11.96	11.37

(出典：インドネシア共和国中央統計局、Perkembangan Beberapa Indikator Utama Sosial-Ekonomi Indonesia, Agustus 2013)

表 1-7 東ヌサトゥンガラ州の貧困率

県名	人口 (人)	貧困ライン以下の人(人)	貧困率(%)
東マンガライ県	263,786	64,400	32.7
西サブ県	75,048	29,900	32.7
中部スンバ県	65,606	20,900	32.1
東スンバ県	238,241	72,500	30.4
西スンバ県	116,621	34,600	29.6
ロテ・ンダオ県	125,035	38,700	29.1
南西スンバ県	302,241	83,300	27.7
中南部ティモール県	453,386	124,000	27.5
ルムバタ県	124,912	30,900	24.8
ナゲケオ県	135,419	16,200	24.6
中北部ティモール県	238,426	51,200	21.6
マンガライ県	307,140	65,700	21.5
エンデ県	267,262	55,300	20.7
クパン県	321,384	61,900	20.1
アロール県	196,179	39,400	20.1
西マンガライ県	236,604	44,400	18.9
ブル県	370,770	53,500	14.5
シッカ県	309,074	39,400	12.8
ンガタ県	148,969	16,800	11.4
クパン市	362,104	35,000	9.4
東フローレス県	241,053	21,900	9.1
東ヌサトゥンガラ州	4,899,260	1,000,300	20.4

(出典：NTT dalam angka 2013)

(2) 東ヌサトゥンガラ州の電化状況

第 1.2.2 項に前述したとおり、東ヌサトゥンガラ州はインドネシア共和国の全 33 州の中でも電化率が 2 番目に低い州である。東ヌサトゥンガラ州フローレス支部の管轄地域に関する設備容量、電化率、電化された村の割合を表 1-8 に示した。

近年は、PLN による発電設備及び送電網への設備投資が進んでおり、シッカ県の属する東フローレス地域では、2011 年の電化率は前年の 37.7%から 63.7%へと、169%の拡大をしている。しかしながら、電化された村の割合でいうと、東フローレス地域は 2011 年で 54.7%であり、州全体では 46.5%と半分以上の村が未だ電化されていない状況である。PLN では発電設備の増強を強化する一方で、50Wp の太陽光発電システムの設置も進めており、2010 年から 2011 年にかけて電化率が急激に上昇している。

表 1-8 東ヌサトゥンガラ州の電化状況

項目	地域		2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
設備容量 (kVA)	支部	クパン	80,410	83,286	86,846	89,446	98,970
		西フローレス	28,556	29,746	37,201	38,033	41,033
		スンバ	16,085	16,185	16,248	16,385	17,558
		東フローレス	21,407	21,996	25,683	25,683	30,834
	州全体		146,458	151,213	165,978	169,547	188,395
電化率 (%)	支部	クパン	25.2	25.9	25.9	28.1	41.6
		西フローレス	19.9	21.1	21.8	23.6	39.9
		スンバ	12.8	13.1	13.2	15.4	23.3
		東フローレス	29.9	32.2	34.9	37.7	63.7
	州全体		22.6	23.7	24.1	26.4	41.6
電化され た村の割合 (全村比) (%)	支部	クパン	41.3	41.7	43.2	46.0	49.5
		西フローレス	46.6	47.2	48.6	50.1	53.4
		スンバ	31.0	31.7	33.7	37.4	38.2
		東フローレス	44.5	44.6	46.0	48.2	54.7
	州全体		42.1	42.1	42.6	44.1	46.5

(出典：PLN 東フローレス支部提供資料)

(3) 東ヌサトゥンガラ州における再生可能エネルギーの導入状況

対象地域における再生可能エネルギーの導入状況について、公共事業・鉱業・エネルギー局及び PLN へのヒアリングを行った。主に住宅の照明用途として、送電線の整備が立地的に困難な地域を中心に、①エネルギー鉱業省、②後進地域開発促進自治省、③地方政府、④PLN による太陽光発電システムの整備又は導入支援が進められている。表 1-9 に各機関による設置概要を整理した。

また、PLN 東フローレス支部の太陽光発電システムの導入実績を表 1-10 に示した。太陽光発電システムの設置はなく、PLN の送電線から電力供給を受けているグリッド接続の件数は、92,002 件に対し、立地的に送電線への接続が難しい地域などで 50Wp の太陽光発電システムを設置している地域は 7,151 件と合計の 7%となっている。

太陽光発電システムの他には、行政等による支援策はないため住民が自ら導入しなければならない。シッカ県では、これまでに 2kW の水力発電を住民が設置した例はある。

表 1-9 再生可能エネルギーの導入概要

導入機関	内容	実績
エネルギー 鉱業省	<ul style="list-style-type: none"> 戸別に 1 軒あたり 50Wp の太陽光発電を設置。 1 件あたり 25 軒～50 軒に設置。 維持管理に必要な費用は個別に地域と調整し、住民が負担している。 	対象地域においては 2007 年より導入。
後進地域開 発促進自治 省	<ul style="list-style-type: none"> 15kW の蓄電池付太陽光発電を設置し、1 軒あたり 70W 前後で配電。 10 年～20 年にわたり PLN の送電線が到達する見込みのない地域等を優先的に選定している。 維持管理に必要な費用は個別に地域と調整し、住民が負担している。 	対象地域においては、2009 年に実施。これまでに離島で 5kW を 2 件(いずれも 50 軒規模の照明と揚水利用)、15kW を 1 件実施(後述のワトワラ村)。
地方政府	<ul style="list-style-type: none"> 戸別に 1 軒あたり 50Wp の太陽光発電を設置。 設備の運営管理は住民による自主運営。 	2013 年には 1 地区 53 軒に対して設置。
PLN	<ul style="list-style-type: none"> 戸別に 1 軒あたり 50Wp の太陽光発電を設置。 設備は PLN が所有し、住民から 3.5 万 IDR/月の電気代を徴収する。 設置初期に住民は 50 万 IDR を負担、月々の支払いも原則前払い制。 	7,151 件(2013 年 9 月現在)

表 1-10 PLN 東フローレス支部の太陽光発電システムの導入実績(単位：件)

ユニット	グリッド接続 (太陽光発電未設置)	50Wp 太陽光 発電システム	合計
マウメレ	36,973	3,289	40,262
ララントウカ	15,922	1,748	17,670
アドナラ	24,505	813	25,318
ルンバタ	14,602	1,301	15,903
東フローレス支部全体	92,002	7,151	99,153

(出典：PLN 東フローレス支部提供資料)

1.3 対象国の対象分野の関連計画、政策及び法制度

1.3.1 エネルギー関連計画、政策及び法制度

インドネシア共和国政府は、2004年に制定した国家エネルギー政策を起点として、電化率や新・再生可能エネルギー比率について積極的な目標設定及び実行計画の見直しを行っている。

(1) 国家エネルギー政策 2003-2020、国家エネルギー管理ブループリント 2005-2025

2004年3月に制定された国家エネルギー政策 2003-2020において、2020年までに電化率を90%とすること（2010年時点は67.5%）、再生可能エネルギー率を5%以上とするとの目標が立てられた。この政策を実行に移すために立てられた長期計画が、国家エネルギー管理ブループリント 2005-2025（以下「ブループリント 2005」という）である。ブループリント 2005によって、2025年までの電化率目標が95%に引き上げられ、種類毎のエネルギーミックス目標が示された。

(2) 国家エネルギー政策に関する大統領令 2006年第5号、国家エネルギー管理ブループリント 2006-2025

2006年1月、「国家エネルギー政策に関する大統領令 2006年第5号」が制定され、ブループリント 2005のエネルギーミックス目標が改定され、石油燃料の割合が20%以下に抑えられ、ガスが30%以上、石炭が33%以上、新・再生可能エネルギーが17%以上と定められた。

大統領令 2006年第5号を受けて策定された実行計画が、国家エネルギー管理ブループリント 2006-2025（以下「ブループリント 2006」という）である。ブループリント 2006は、大統領令 2006年第5号で示されたエネルギーミックス目標を引き継いだ形に修正された。ブループリント 2006の制定による最新のエネルギー関連目標を表 1-12に整理した。

また、2007年7月に制定された「エネルギーに関する法律 2007年30号」では、国家エネルギー政策を企画、立案するための「国家エネルギー審議会（DEN）」の設立、省エネルギー及び新エネルギーの定義を明確にし、推進することについて規定された。

インドネシア共和国の一次エネルギー源の構成は、石油が9割近くを占めていた初期段階から1980～90年代には天然ガスが伸び、2000年代には石炭が拡大した。今後は新・再生可能エネルギーを拡大させる方針で、2006年の「国家エネルギー政策」で2025年の数値目標を17%に定め、さらに2010年の「ヴィジョン 25/25」では25%に大きく上方修正した。「ヴィジョン 25/25」は同時に、需要面での省エネルギーを掲げているのが特徴である。2025年までのエネルギー消費の伸び率を従来予測の9.3%から6.4%に低減させ、総消費量を従来予測よりも34%節約するのを目標としており、エネルギー政策のみならず、温室効果ガスの排出抑制政策と連動させたものとなっている。

表 1-11 インドネシア共和国のエネルギー政策の変遷

時期	政策	内容														
2004年3月	国家エネルギー政策 2003-2020 (Kepmen ESDM No. 0983 K/16/MEM/2004)	2020年までに電化率を90%とする 地熱、バイオマス、小水力等の再生可能エネルギー比率を2020年までに5%以上とする エネルギー原単位を年1%削減する														
2005年	国家エネルギー管理 ブループリント 2005-2025	<ul style="list-style-type: none"> 上記の国家エネルギー政策2003-2020を実行に移すための長期計画である。 2025年までに一人当たりエネルギー消費量を最低10バレルにする。 電化率を95%とする。 エネルギー弾性値を2025年までに1以下とする。 エネルギーミックス目標は以下のとおり。 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>エネルギー種</th> <th>割合</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>石油</td> <td>26.2%</td> </tr> <tr> <td>ガス</td> <td>30.6%</td> </tr> <tr> <td>石炭</td> <td>32.7%</td> </tr> <tr> <td>地熱</td> <td>3.8%</td> </tr> <tr> <td>水力</td> <td>2.4%</td> </tr> <tr> <td>その他再エネ</td> <td>2.0%</td> </tr> </tbody> </table>	エネルギー種	割合	石油	26.2%	ガス	30.6%	石炭	32.7%	地熱	3.8%	水力	2.4%	その他再エネ	2.0%
エネルギー種	割合															
石油	26.2%															
ガス	30.6%															
石炭	32.7%															
地熱	3.8%															
水力	2.4%															
その他再エネ	2.0%															
2006年1月	国家エネルギー政策 に関する大統領令 2006年第5号	<ul style="list-style-type: none"> 2004年3月に制定された国家エネルギー政策に関して新たな目標値が示された。 エネルギー弾性値を2025年までに1以下とする。 エネルギーミックス目標は以下のとおり。 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>エネルギー種</th> <th>割合</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>石油</td> <td><20%</td> </tr> <tr> <td>ガス</td> <td>>30%</td> </tr> <tr> <td>石炭</td> <td>>33%</td> </tr> <tr> <td>その他新・再エネ</td> <td>>17% (バイオマス5%、地熱5%、 液化石炭2%、他5%)</td> </tr> </tbody> </table>	エネルギー種	割合	石油	<20%	ガス	>30%	石炭	>33%	その他新・再エネ	>17% (バイオマス5%、地熱5%、 液化石炭2%、他5%)				
	エネルギー種	割合														
石油	<20%															
ガス	>30%															
石炭	>33%															
その他新・再エネ	>17% (バイオマス5%、地熱5%、 液化石炭2%、他5%)															
	国家エネルギー管理 ブループリント 2006-2025	<ul style="list-style-type: none"> 大統領令2006年第5号に示された目標に加えて以下の目標が示された。 2025年までの電化率目標を95%とする。 一人当たりのエネルギー消費量を2025年までに10バレルとする。 エネルギーミックス目標は、大統領令2006年第5号と同じ。 														
2007年7月	エネルギーに関する 法律2007年30号	エネルギーを総合的に管理するための法律。国家エネルギー政策を企画立案するために、大統領を議長とした「国家エネルギー審議会 (DEN)」を設立。省エネ及び新・再生可能エネルギーの定義と推														

時期	政策	内容
		進を規定。
2009年10月以降	MEMRにおいて新・再生可能エネルギー及び省エネルギー総局が設立	新エネ・省エネの更なる推進のため積極的に政策立案が行われている。2025年の一次エネルギーに占める新・再生可能エネルギーの割合の目標を25%とし、省エネルギーも目標に加えたヴィジョン25/25を制定。

(出典：「インドネシアの環境に関する市民意識と環境関連政策」JETRO、2011、「インドネシア国 水力開発マスタープラン調査プロジェクトファイナルレポート」JICA、2011、をもとに作成)

表 1-12 エネルギーに関する国家目標

	国家エネルギー政策に関する大統領令 2006 年第 5 号 国家エネルギー管理ブループリント 2006-2025
電化率	2025 年までに 95%
一人当たりのエネルギー消費量	2025 年までに一人当たり 10 バレル
エネルギーミックス	石油：20%未満 ガス：30%以上 石炭：33%以上 バイオ燃料：5%以上 地熱：5%以上 液化石炭：2%以上 その他：5%以上 (バイオマス、原子力、水力、太陽光、風力)
エネルギー原単位	年 1%削減
エネルギー弾性値	2025 年までに 1 以下とする

(出典：「インドネシアの環境に関する市民意識と環境関連政策」JETRO、2011)

表 1-13 エネルギーに関する法律における新・再生可能エネルギーの定義

分類	定義
新エネルギー	CBM（炭層メタン）、液化石炭、ガス化石炭、水素、原子力などの新技術を活用したエネルギー
再生可能エネルギー	再生可能エネルギーとは地熱、風力、バイオ、太陽光、水流、海洋温度差などを利用した持続可能エネルギー

(出典：エネルギーに関する法律 2007 年 30 号)

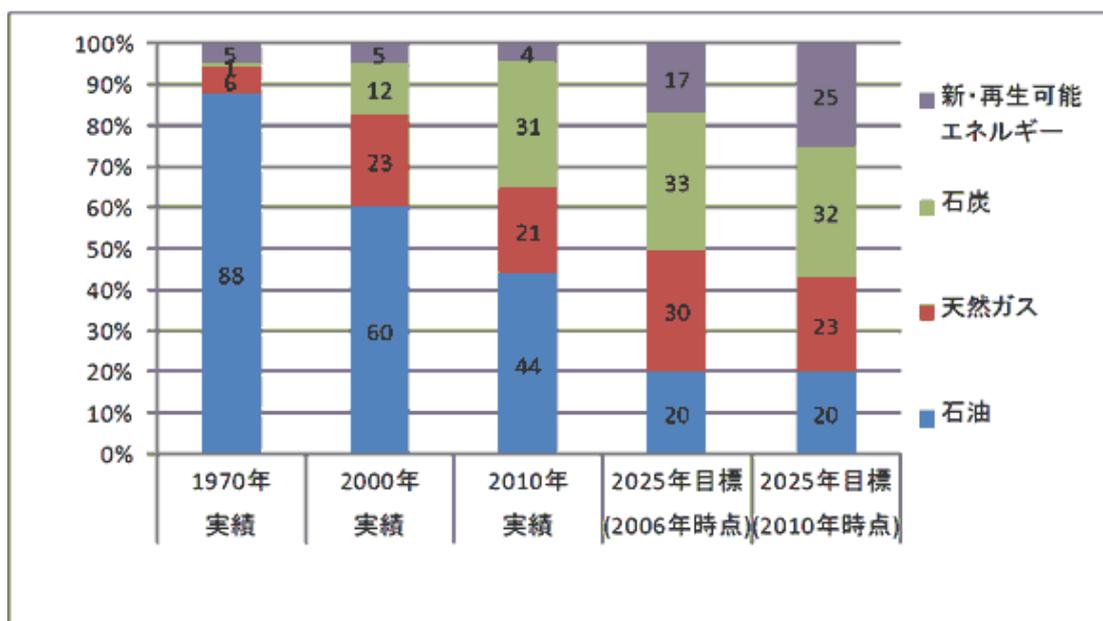


図 1-16 インドネシア共和国の一次エネルギーミックスの変遷と 2025 年目標
(出典：エネルギー鉱業資源省データ資料、同省「vision 25/25」、大統領令 2006 年第 5 号)

1.3.2 電力関連計画、政策及び法制度

(1) 電力法

2009年に1985年に策定された旧電力法を改正し、「新電力法」として策定された。新電力法は、中央政府が国会の承認のもとで国家電力総合計画（Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional = National Electricity General Plan、以下「RUKN」という）を策定し、地方政府は、RUKNに基づき地方電力総合計画を策定することを定めている。また、電力事業の実施については、過去独占的にPT PLNが実施することとなっていたが、PLN以外の公営企業、民間企業、組合等でも実施できるよう改訂された。電気料金については、中央政府においては国会の承認を必要とし、地方政府においては地方議会の承認を経て定めるよう示された。

(2) 電力開発計画

インドネシア共和国電力政策において最も重要な政策として、RUKN（国家電力総合計画）と電力供給事業計画（Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik = Electricity Supply Master Plan、以下「RUPTL」という）がある。RUKNは、MEMRが策定し、エネルギー政策を踏まえた総合的な電力開発計画である。対するRUPTLは、MEMRが策定したRUKNに基づき、PLNが策定するもので、個別プロジェクトを反映させた10年間の事業計画である。

表 1-14 RUKN 及び RUPTL の概要

	RUKN（電力総合計画）	RUPTL（電力供給事業計画）
策定者	エネルギー・鉱物資源省（MEMR）	国有電力会社（PLN）
内容	20年間の国家計画で、一次エネルギーの需給動向等を踏まえて策定。予算の方向性も示される。	RUKNに基づくPLNの10年間の施設整備計画（発電プラント等）。
国会承認	必要（2009年の電力法改正によって必要となった）	不要
更新	毎年（ただし2008年版の次は2011年）	RUKNの改訂を受けて毎年改訂
改訂状況	RUKN2008-2027（2008年公表） RUKN2010-2029案（2011年公表）	RUPTL2009-2018（2009年公表） RUPTL2010-2019（2010年公表） RUPTL2011-2020（2011年公表）

（出典：平成22年度地球温暖化対策技術普及等推進事業＜第2次＞「インドネシア共和国：火力発電所における低品位炭利用の高効率化」報告書、双日株式会社、2011年3月、PLNホームページをもとに作成）

(3) 電力需要予測

MEMR は、RUKN2010-2029 案において、インドネシア共和国の 2010 年から 2029 年までの電力需要を予測している。これによると、2010 年から 2029 年までの 20 年間で、電力需要は 4.9 倍に拡大すると予測されている。既存の発電設備による発電容量については、施設の老朽化による効率低下・廃止等の理由で、20 年間で 3 分の 2 に縮小すると予測されている。

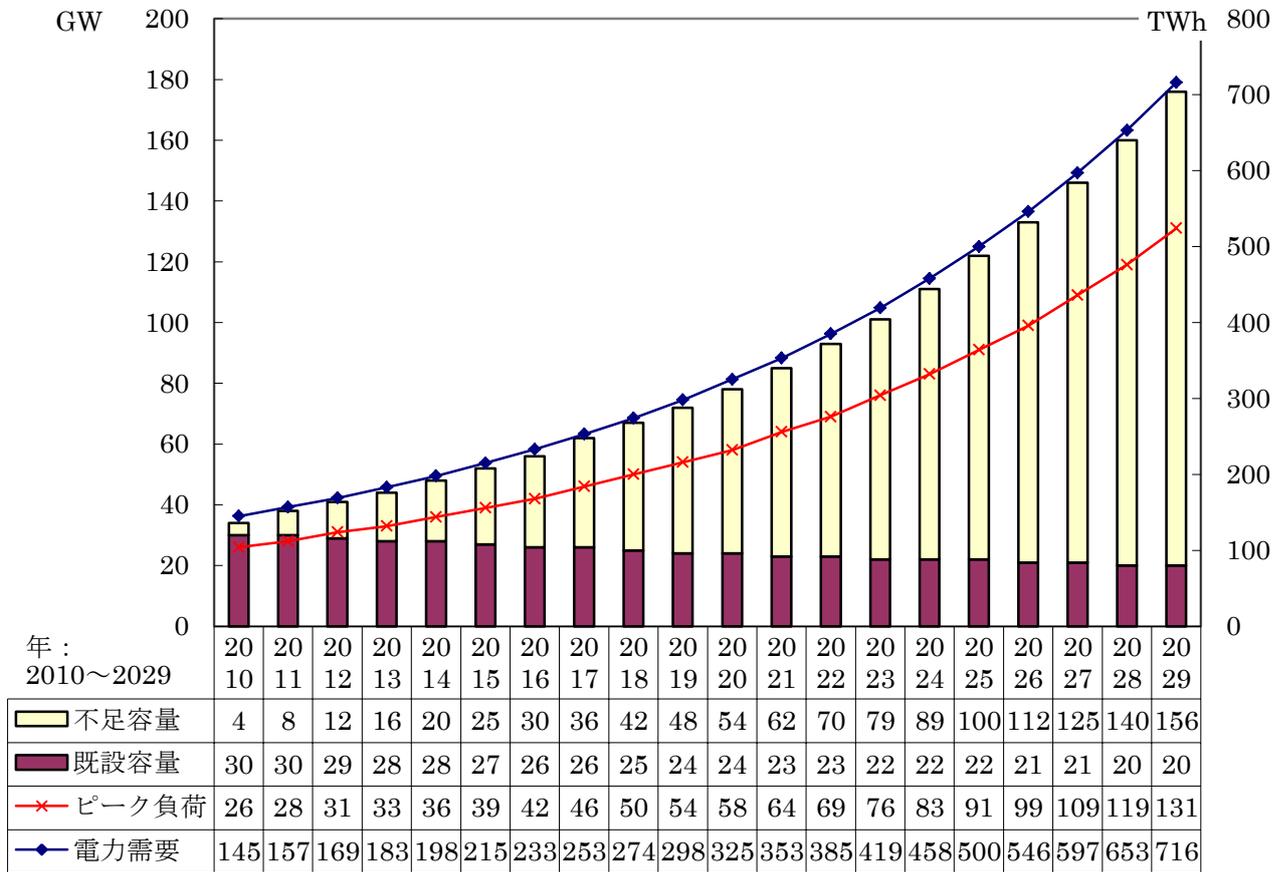


図 1-17 RUKN2010-2029 における電力需要予測

(出典 : Giz Workshop“Policy And Regulation Of Renewable Energy in Indonesia, Ario Senoaji Vice Chairman For Policies & Regulations Indonesia Renewable Energy Society (IRES/METI),2011 年 8 月をもとに作成)

(4) 施設整備計画

PLN は、2011 年 12 月に RUPTL2011-2020 を発表した。RUPTL2011-2020 は、MEMR が策定した RUKN2008-2027、RUKN2010-2029 案及びその他 BAPPENAS 等が策定した経済、エネルギー関連レポート等を参考に策定されている。

図 1-18 に示すとおり、2011 年から 2020 年の 10 年間の PLN 及び IPP による発電施設整備計画がとりまとめられている。10 年間で PLN による施設整備が 31,363MW、IPP による施設整備が 23,992MW、計 55,346MW が新たに整備される計画となっている。

PLN 東フローレス支部によると、容量の大きいディーゼル発電は 2014 年までに全て石炭火力に転換する予定である。具体的には、マウメレの 10,500kW、ララントウカの 4,000kW、アドゥレナの 3,500kW を全てディーゼルから石炭火力に転換する。

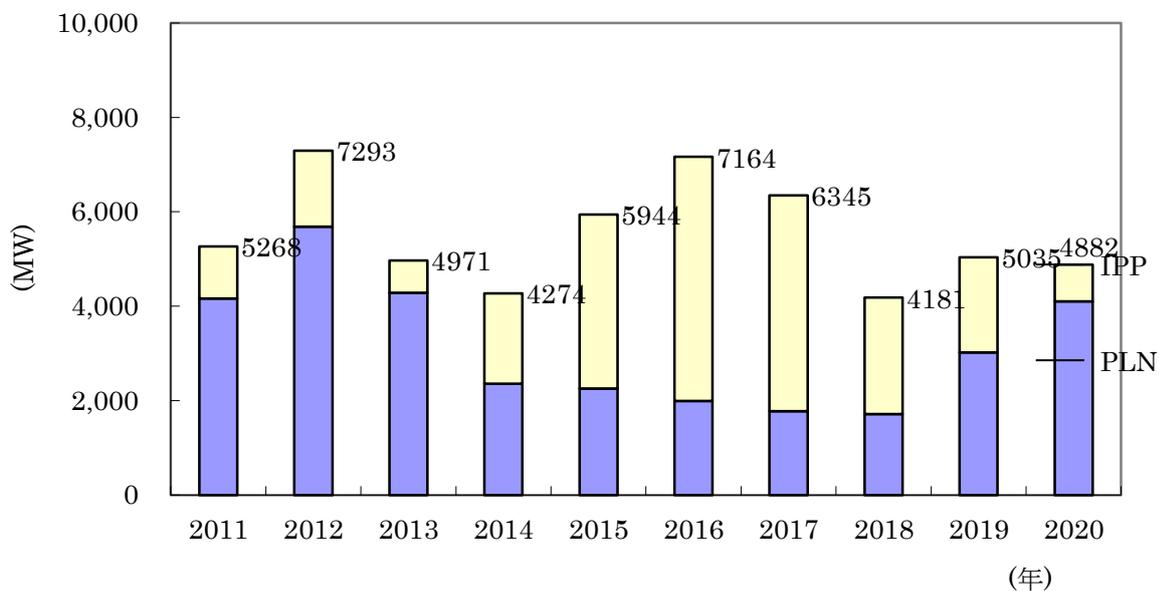


図 1-18 インドネシア共和国国内全域における発電施設整備計画 (MW)
(出典：RUPTL2011-2020, PLN, 2011 をもとに作成)

(5) 電化率

PLN が RUPTL2011-2020 の中で示した、家庭の電化率推移を下表に整理した。インドネシア共和国国内全体で、2006 年の 59.0%から 2010 年には 67.5%に増加した。

PLN はインドネシア独立後 75 年にあたる 2020 年までに全国の電化率を 100%にするビジョン 75-100 を打ち立てている。その他、電力総局 (DJK) と PLN はエネルギー鉱業資源省 (ESDM) の 2010～2014 年中期開発計画に即して、村落部の電力開発について、2014 年までに電化率を 80%、電化村落を 98.9% に引き上げる方針を掲げている³。

PLN 東フローレス支部によると、マウメレ周辺地域で現在 40MW の石炭火力発電を設置する計画があり、発電所の建設に合わせて周辺地域の送電線を整備していく計画があるとのことであった。発電所は 2014 年に着工、2015 年に運転開始を予定している。

表 1-15 地域別電化率の推移 (%)

地域	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
インドネシア全体	59.0	60.8	62.3	65.0	67.5
ジャワバリ	63.9	66.3	68.0	69.8	71.4
スマトラ	57.2	56.8	60.2	60.9	67.1
カリマンタン	54.7	54.5	53.9	55.1	62.3
スラウェシ	53.2	53.6	54.1	54.4	62.7
インドネシア東部	30.6	30.6	30.6	31.8	35.7

(出典 : PLN, RUPTL2011-2020 (2011)をもとに作成)

³ 新興国および太平洋の島国における”ソーラーハイブリッドシステム”(ディーゼル発電と太陽光発電のミックスによる発電システム)の普及に関する調査

http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/seisaku/kanmin/chusho_h24/pdfs/a26.pdf



図 1-19 PLN による東フローレス地域の電力インフラ整備計画
 (出典：PLN 東ヌサトゥンガラ本部提供資料)

(6) 再生可能エネルギー関連

インドネシア共和国では、再生可能エネルギーで発電した電力を PLN が一定価格で買い取ることを義務付ける固定価格買取制度が導入されている。各エネルギー種の PLN 買取価格を表 1-16 に示した。電化率等にて前述したとおり、インドネシア共和国では、地域によって電化率のばらつきがあり、電化率の低い地域では、買取価格を高く設定するインセンティブを付与している。

固定価格買取制度における実際の手続きを図 1-20 及び図 1-21 に示した。PLN 東ヌサトゥンガラ州本部によると、本プロジェクトで提案する小型バイオマス発電システムも環境アセスメントの対象となり、プロジェクト開始前に最短で 3 ヶ月程度、プロジェクト開始後は 3 ヶ月に 1 回の報告が必要となる。環境アセスメントは、環境管理士の資格を持った専門家がレポートまでまとめる。発電事業者は MOU 締結後、電力事業許可の申請や運営適正試験を受けて 1 年以内に発電を開始しなければならない。

固定価格買取制度以外のバイオマス関連導入インセンティブ制度を表 1-18 にまとめた。本技術の対象となる小型バイオマス発電システムでは、固定価格買取制度以上の金銭的インセンティブは難しいと考えられるが、輸入関税の免除や所得税の減税などの財政的なインセンティブを活用できる可能性がある。

表 1-16 固定価格買取制度のエネルギー種別買取価格

エネルギー種	買取価格(IDR/kWh)
小水力発電	656～2,259
バイオマス発電	975～1,722
バイオガス発電	975～1,722
地熱発電	1,100～2,035
太陽光発電	2,750～3,300
ごみ発電	1,250～1,798

(出典：MEMR, Country Report Renewable Energy in Indonesia)

表 1-17 バイオマス発電の地域別買取価格

No.	Energy	Capacity	FiT	Description
Tegangan Menengah				
1.	Biomassa	up to 10 MW	Rp. 975,- / kWh X F	
2.	Biogas	up to 10 MW	Rp. 975,- / kWh X F	Non Municipal Waste
3.	Municipal Waste	up to 10 MW	Rp. 1050,- / kWh	Zero waste *)
4.	Municipal Waste	up to 10 MW	Rp. 850,- / kWh	Landfill *)
Tegangan Rendah				
1	Biomassa	up to 10 MW	Rp. 1.325,- / kWh X F	
2	Biogas	up to 10 MW	Rp. 1.325,- / kWh X F	Non Municipal Waste
3	Municipal Waste	up to 10 MW	Rp. 1.398,- / kWh	Zero waste *)
4	Municipal Waste	up to 10 MW	Rp. 1.198,- / kWh	Landfill *)

Area Jawa, Bali, Sumatera : F = 1
 Area Kalimantan, Sulawesi, NTB dan NTT : F = 1,2
 Area Maluku dan Papua : F = 1,3

Note : *) based on Indonesian Law no. 18 /2008 on waste management

(出典：MEMR, Country Report Renewable Energy in Indonesia)

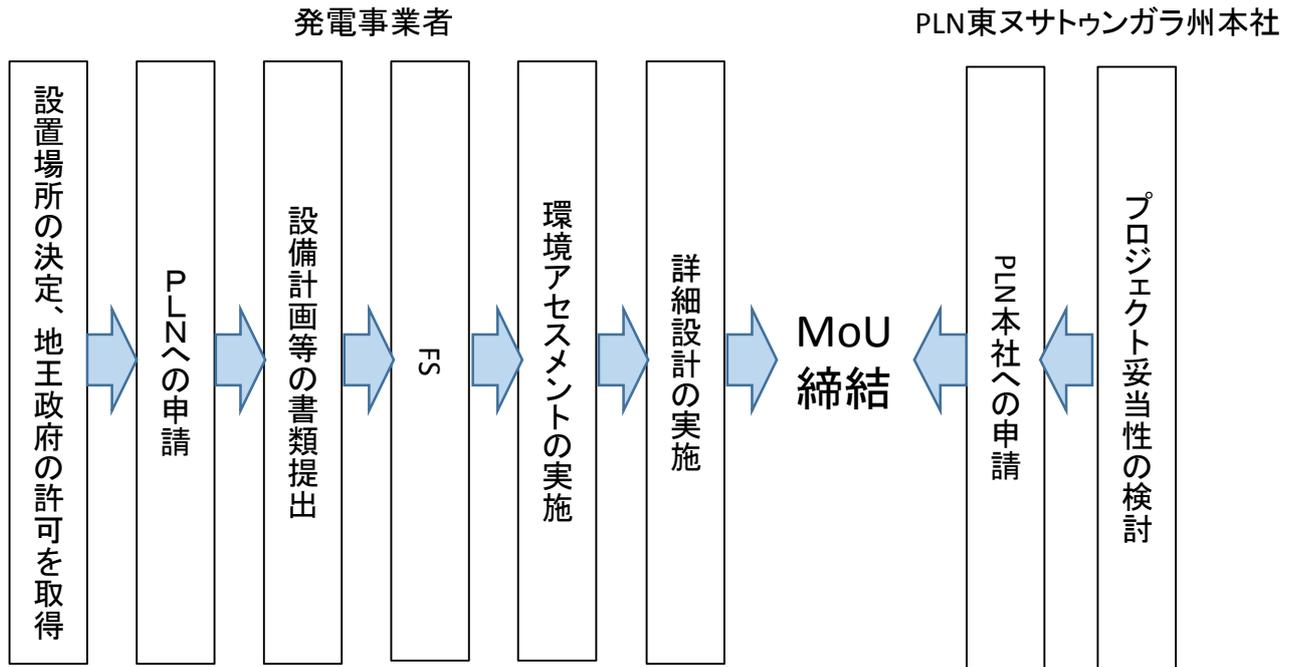


図 1-20 固定価格買取制度における PLN との MoU 締結フロー

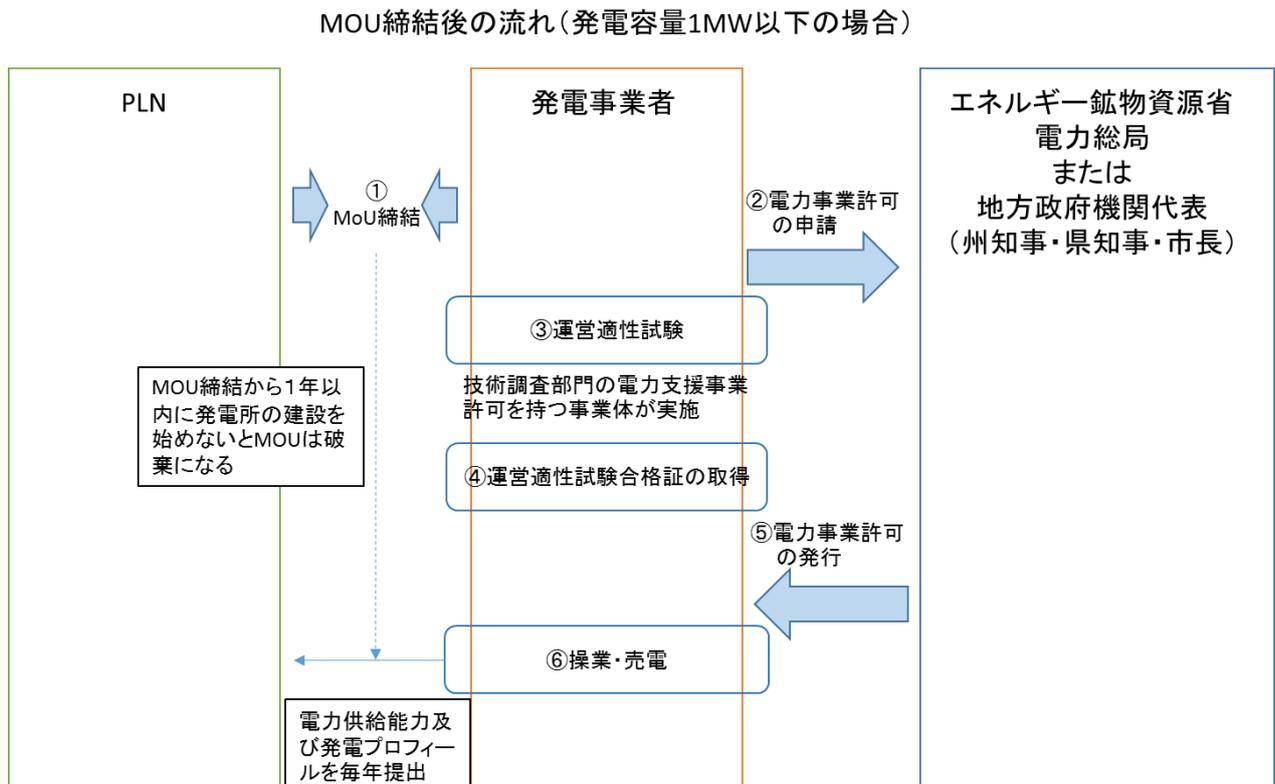


図 1-21 発電容量 1MW 以下の場合の MOU 締結から売電までのフロー

表 1-18 バイオマス発電に対するインセンティブ制度

制度名	関連法案	概要
輸入関税及び VAT 免除	財務省規制第 21 条(2010 年)	発電所開発のための機械及び資産にかかる輸入関税の免除、課税対象となる商品の輸入にかかわる VAT の免除となる。免税は 2 年間有効で、1 年以上の延長が可能となる。
所得税の減税	財務省規制第 21 条(2010 年)	エネルギー関連事業の所得税の課税及び純利益の割引、減価償却の促進、外国人投資家への利益配当割引、など。
バイオ燃料や植林地再生における信用の確立	財務省規制第 117 条(2006 年) および第 79 条(2007 年)	エネルギー作物を育てる農家及び農家団体に対する低コストローン。特にバイオ燃料用のヤシ油を想定している。

(出典：IISD、再生可能エネルギーの投資インセンティブ、2012 年 12 月)

1.3.3 その他の開発関連計画、政策及び法制度

1.3.2 (3) で述べたとおり、インドネシア共和国政府は、2010年から2029年までの20年間で、電力需要は4.9倍に拡大すると予測している。しかしながら、現状は、過度に化石燃料に依存している電源構成、逼迫する電力需給が深刻化している状況である。

インドネシア共和国政府は、このような状況を改善するために、脱石油化発電所計画（クラッシュプログラム）を2006年から開始した。また、その次の計画として第2次クラッシュプログラム（2010年～2014年）を公布した。第2次クラッシュプログラムでは、2010年～2014年にかけて9.5GWの電力容量拡大を図るとともに、電源の多様化を図るとしている。具体的には地熱と水力を多く取り組み、9.5GWの拡大分のうち、地熱を42%、水力を13%（1.2GW）開発する目標を掲げている（MEMR大臣令No.15/2010より）。

表 1-19 クラッシュプログラムの概要

	第1次クラッシュプログラム	第2次クラッシュプログラム
計画年	2006～2009年	2010年～2014年
法令	大統領令（No. 71 / 2006）	大統領令（No.4 / 2010）
目的	緊急電源開発（ジャワ、バリ中心） 脱石油政策	緊急電源開発 電源の多様化 再生可能エネルギーの導入
開発方式	PLN100%	PLN 47.8% IPP 52.2%
電源開発量	約 10,000MW （内訳）ジャワバリ 6,900MW 上記以外 3,100MW	10,153MW （内訳）ジャワバリ 4,515MW
電源種別	石炭 100%	再生可能エネルギー：54% （内訳）地熱 42%、水力 13% 化石燃料：46%、 （内訳）石炭 36%、ガス 10%
開発所要資金	電源：80億 US\$	電源：160億 US\$ 送電設備：4億 US\$
改訂状況	—	MEMR 大臣令（No.02 / 2010） MEMR 大臣令（No.15 / 2010） MEMR 大臣令（No.01 / 2012） MEMR 大臣令（No.21 / 2013）

（出典：「インドネシアの環境に関する市民意識と環境関連政策」JETRO、2011、平成22年度地球温暖化対策技術普及等推進事業（第2次）「インドネシア共和国火力発電所における低品位炭利用の高効率化」報告書、双日株式会社、2011をもとに作成）

1.4 対象国の対象分野の ODA 事業の事例分析および他ドナーの分析

インドネシアで過去に実施された/現在も実施中の資源・エネルギーに関するプロジェクトの一覧を表 1-20 に示した。資源・エネルギー分野の ODA 事業は 21 件であり、そのうち有償資金協力が 18 件、無償資金協力が 3 件、技術協力はゼロである。

本技術の対象国における展開方法は、第 3.3 項及び第 5 章にて後述するが、これまでの ODA 案件としては、No.7 の「地方電化事業(2)」が、無電化村の電化という視点で関連性が強いと言える。当該事業が計画された当時の国家開発 5 ヶ年計画（1994～1998 年）では、未電化村の電化による住民の生活水準の向上および地域間格差の是正を掲げており、開発目標に沿った電化事業が実施されていた。わが国は第 1 期事業において村落の電化や地方都市へのディーゼル発電機の設置、小水力発電所の建設などを支援したが、本事業（第 2 期）では、対象村落における配電網整備やディーゼル発電機の建設を支援した。これにより対象地域における電力供給状態の改善を図り、貧困削減への対応強化および地方の開発に寄与した。

本プロジェクトでは、さらに地域資源であるバイオマスを燃料とした発電システムを提案しており、同様のスキームによる資金協力やシステム導入の際に参考となるものと考えられる。

表 1-20 インドネシア共和国で過去に実施された資源・エネルギー分野の ODA プロジェクト

No.	案件名	事業形態	期間/締結年月
1	ルムットバライ地熱発電事業	有償	2011 年 3 月
2	ムアラカラン火力発電所ガス化事業	有償	2003 年 7 月
3	ムアラタワル・ガス火力発電所拡張事業	有償	2003 年 7 月
4	ジャワ・バリ系統基幹送電線建設事業 (3)	有償	1998 年 1 月
5	シパンシハポラス水力発電事業 (2)	有償	1996 年 12 月
6	ジャワ・バリ系統基幹送電線建設事業 (2)	有償	1996 年 12 月
7	地方電化事業 (2)	有償	1996 年 12 月
8	多目的ダム発電事業	有償	1996 年 12 月
9	シパンシハポラス水力発電所及び関連送電線建設事業	有償	1995 年 12 月
10	ジャワ・バリ系統基幹送電線建設事業 (1)	有償	1995 年 12 月
11	バンジャルマシン石炭火力発電所建設事業	有償	1994 年 11 月
12	ビリビリ多目的ダム建設事業 (3)	有償	1994 年 11 月
13	ルヌン水力発電及び関連送電線建設事業 (3)	有償	1994 年 11 月
14	ルヌン水力発電及び関連送電線建設事業 (2)	有償	1993 年 11 月
15	ビリビリ多目的ダム建設事業 (2)	有償	1992 年 10 月
16	ルヌン水力発電及び関連送電線建設事業 (1)	有償	1991 年 9 月
17	ビリビリ多目的ダム建設事業 (1)	有償	1990 年 12 月
18	ダイヤコロット発電機器修理センター修復事業	有償	1989 年 12 月
19	グレシック火力発電所 3・4 号機改修計画	無償	2004 年 7 月
20	グレシック火力発電所 1・2 号機改善計画 (第 2 期)	無償	1999 年 7 月
21	グレシック火力発電所 1・2 号機改善計画 (第 1 期)	無償	1999 年 3 月

第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

2.1 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み

2.1.1 企業概要

株式会社プロマテリアル
業種：スターリングエンジン発電機・コジェネレーションシステム等の開発・販売
代表者名：齋藤 正倫
本社所在地：〒105-0004 東京都港区新橋 3-26-3 会計ビル 6F
事業概要：スターリングエンジン発電システムの用途開発及び販売、バイオマス発電システムのコンサルティングを行っている。

2.1.2 プロマテリアルによるスターリングエンジンの開発状況

時期	開発状況
2003年 10月	スターリングエンジン開発組織を丸紅ほか参画企業とともに編成。齋藤正倫（現代表取締役）は発電機事業のプロジェクトリーダーとして参加。50kW スターリングエンジン発電システムの開発に従事。
2004年 12月	エマルジョン燃料装置の開発を行い、スターリング+エマルジョンによる廃液・廃油発電システムの開発・設計を行う。
2005年 10月	株式会社プロマテリアル設立 齋藤正倫が代表取締役に就任。 明星大 濱口教授を講師にスターリングセミナーを主催。
2007年 1月	NPO 日本スターリングエンジン普及協会の前身となるスターリングエンジン研究会を鶴野防衛大名誉教授と立上げる。現在、同協会理事。
2007年 3月	米インフィニア社と廃油の燃焼器+スターリングエンジンの開発契約締結。
2008年 6月	2008NEW 環境展（東京ビッグサイト）にスターリングエンジンを出展。
2009年 2月	廃熱・太陽熱・バイオマス、それぞれの熱源によるスターリング発電システム構築・エンジニアリングに関するコンサルティングサービスを開始。
2012年 6月	環境省 平成 24 年度 二国間クレジット実現可能性調査の採択事業としてカンボジア王国 籾殻発電プロジェクトを始動。

2.1.3 スターリングエンジンの概要

(1) スターリングエンジンの基本性質と原理

スターリングエンジンは、密閉したシリンダの外側から熱（高温・低温）を加え、空気の膨張・収縮（圧力変化）を利用してピストンを動かすエンジンである。外側から熱を加えて動くため「外燃機関」と呼ばれる。

「内燃機関」と比べ外燃機関では燃料を爆発させる必要がなく外部からの加熱で作動する。様々なものを燃やして、またいままで利用されていなかった排熱のうちエンジニアリングの限界により用いられなかった排熱も、設計に柔軟性を持っているスターリングエンジンなら電力や運動エネルギーに変換することが可能である

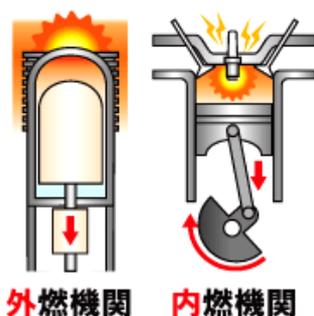


図 2-1 外燃機関と内燃機関との違い

(2) スターリングエンジンによる発電システムの特長

スターリングエンジンによる発電システムの特徴は、以下の通りである。

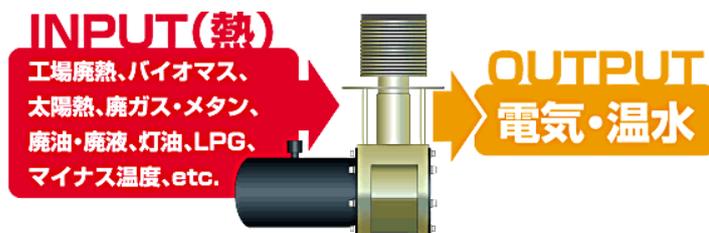


図 2-2 スターリングエンジンの特徴

表 2-1 スターリングエンジンの特徴

特徴	説明
熱源を選ばない 外燃機関	エンジン外部から「熱」を受けて稼動する外燃機関。 エンジン内部で燃料を燃やして作動する内燃機関と違って作動に燃料を選ばず、様々な熱源を使用するシステムが製造可能。
様々な燃料を 使用可能	1. ガス（天然ガス、都市ガス、農業残渣由来メタン等） 2. 油（灯油、A～C重油、廃油、廃食油、可燃性溶剤、廃ペンキ等） 3. バイオマス 4. 焼却炉ほか熱源施設の排熱/廃熱

特徴	説明
コジェネレーションへの応用が可能	熱から電気と温水を供給可能。
外燃機関のため排気ガスがクリーン	スターリングエンジンは爆発工程を必要としない外燃機関のため、NOx等の発生も極めて低くクリーンな排ガスである。
低回転数と高い静粛性	スターリングエンジンは、回転数が低く爆発音を発生させないため、きわめて静かに作動する。

プロマテリアルは、上記の用途のうち、焼却炉や焼成炉の排熱を利用し発電する「排熱利用システム」、バイオマスエネルギーを活用した「バイオマス発電システム」、太陽光をレンズで集め発電する「太陽熱発電システム」をメインに開発を進めている。

(3) スターリングエンジンの作動原理

スターリングエンジンの作動原理は、表 2-2 のような流れになる。

表 2-2 スターリングエンジンの作動原理

「熱による空気の膨張・収縮」を実現するために、密閉したシリンダーの前後に加熱部と冷却部があり、気体または熱交換機による熱のやりとりが行われている。前方の大きなピストンは高温部と低温部を仕切る「ディスプレイサー」。後ろの小さなピストンが力を伝える「パワーピストン」である。

工程①

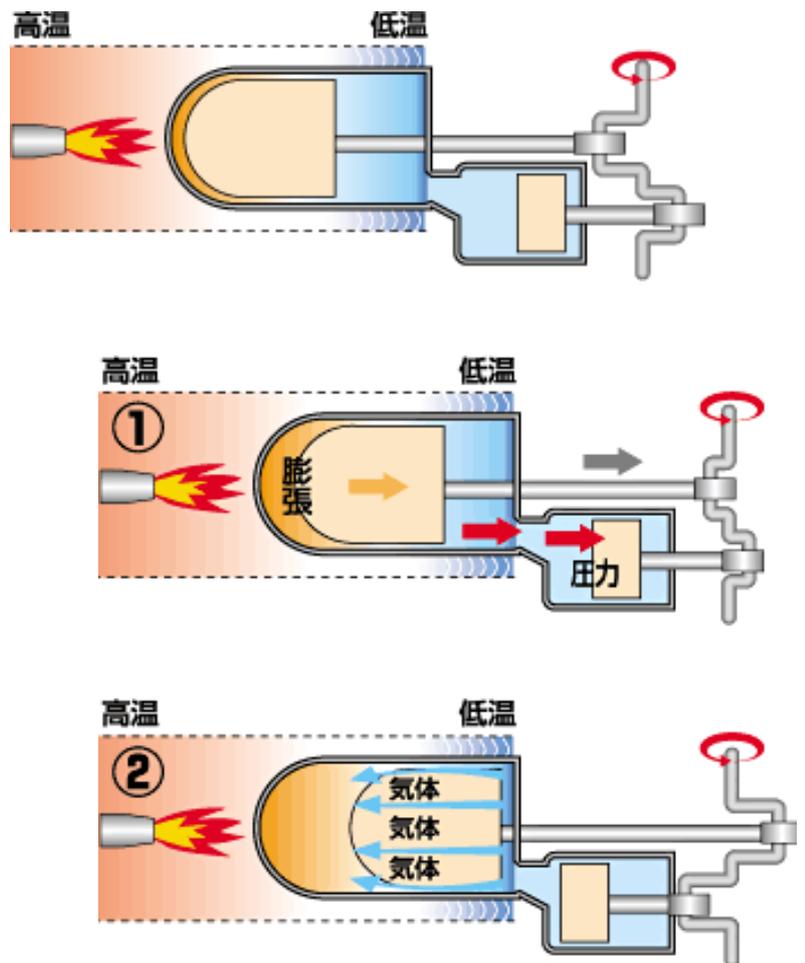
シリンダーの外部から熱を与えると、膨張した空気の圧力がパワーピストンに加わり、押し下げる。

(ディスプレイサーが動き、高温側が広がっていく。パワーピストンに圧力が加わる。)

工程②

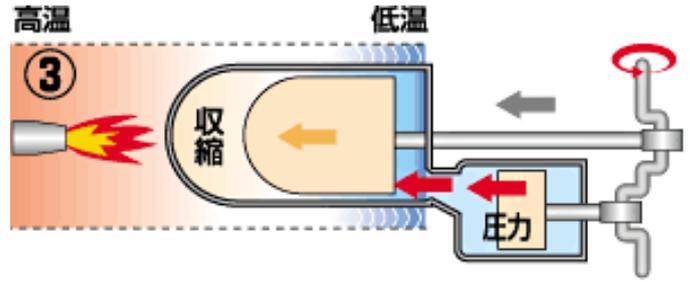
高温側が最大になると温度が低下。位相が変わり、低温側が広がっていく。

(パワーピストンが上昇する位相になると、広がった高温部に冷たい空気がディスプレイサーの間隙を流れていく)



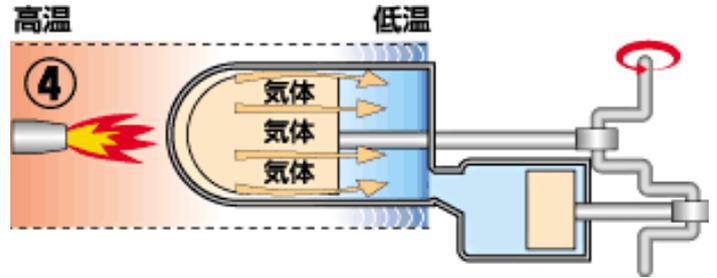
工程③

高温部が冷却されたため気体の収縮が起こり、先程と逆向きの圧力が加わる。



工程④

低温側が最大になると、再度位相が変わり、高温側が広がる膨張の段階へ。再び工程(1)へ戻る。



2.1.4 スターリングエンジンを用いた用途開発とエンジニアリング

プロマテリアルはスターリングエンジンの特長である様々な燃料・熱源を適用可能であるということにフォーカスを合わせ、これまでにクライアントへ技術提案および事業化に貢献してきた。具体的には焼却炉や焼成炉の排熱を利用し発電する排熱利用システム、バイオマスエネルギーを活用したバイオマス発電システム、太陽光をレンズで集め発電する太陽熱発電システムの事業を手がけてきた。



図 2-3 K 製作所 排熱発電試験の様子



図 2-4 バイオマス発電のイメージ

バイオマスは基本的には熱利用目的が多く、日本国内ではペレットストーブが用いられている。バイオマスを発電に用いるためにはガス化しタービンにて発電するという手法がとられているが、ガス化といった前処理施設やバイオマス燃料源によっては腐食ガスを除去するなどの手段を講じなければならず、コストも施設ボリュームもかさんでしまうのが現状である。

プロマテリアルが提案するバイオマス発電システムはそうした施設ボリュームやコストといった投資判断基準をクリアしており、スターリングエンジンを適用させるための課題であった、受熱部への灰や煤の付着対策、温度コントロールといった課題へのアプリケーションを開発した。

2.1.5 無電化地域への本技術の適用

本調査事業では、インドネシア共和国無電化地域における発電設備として、バイオマスを燃料としたスターリングエンジンによる小型バイオマス発電設備の活用を検討を行う。本技術の採用により、地域で未利用となっている資源を有効利用し、無電化地域に対して安価に電力供給を行うことができるようになる。無電化地域を対象とした場合のスターリングエンジンの特徴には、以下のことが挙げられる。

(1) 従来の発電方式との違いと採用技術の特徴

外燃機関であるスターリングエンジン発電システムは、バイオマスの直接燃焼熱をエンジン内部の気体の膨張・収縮作用によりダイレクトに電気に変換させる。その特徴は以下の通りである。

①それぞれの地域にある様々なバイオマス資源を燃料として使うことができる。バイオマスの直接燃焼による熱により発電するため、籾殻、剪定枝、木質チップ、木質ペレット、薪、ジャトロファの種子や果実の殻などの燃料を分散型発電用の燃料として活用でき、エネルギーの地産地消を実現しやすい。廃棄物系バイオマスを燃料利用し、燃料コストを非常に安価にできる。

②可搬性が良く設置が容易。工事コストが低減される。5kW 毎にパッケージ化されているので、他のプラント建設とは異なり、設置には配管、電気工事で済むため工事費の低コスト化が可能である。

③メンテナンスが容易である。外燃機関のため腐食成分がエンジン内部に接することはないため、スターリングエンジンを構成する部品はディーゼルエンジンに比べて 1/3 以下に抑えられる。作業としては定期的なエンジンメンテナンス及び受熱部の煤のクリーニングのみ。

④バイオマス発電であるために、CO₂ の削減ができる。普及により大きな CO₂ 削減効果が期待でき、地球温暖化対策に貢献することができる。

⑤5kW～100 kW まで、出力のカスタマイズが可能である。設置場所毎に供給可能なバイオマス（籾殻等）量によって、単純に台数の増減によりシステムの出力をカスタマイズできる。1 台が故障した際、またはメンテナンスの際にも全体を停止する必要がなく、安定した運転が可能になり、バイオマス特有の不安定リスクを分散することが出来る。ユニットは同一のため、量産効果によるコスト低減が見込める。

スターリングエンジンは200年前からある技術であるが、これまでは少量生産のため製造コストの問題などから、なかなか普及していなかった。このため、世界的に見ても大々的な展開を行っている企業は非常に限られている。しかし、再生可能エネルギーの注目度が世界的に高まる中、プロマテリアルでは小型分散型発電としてスターリングエンジンの新たな用途開発が行えると考えている。途上国における小型分散型電源としての活用は、本技術の最も適した活用方法であると考えている。

途上国における本技術の普及にあたって競合となるのが、現在分散型電源で用いられている他の発電方法である。一般的に無電化において用いられている発電方法について、メリットとデメリットをまとめると以下ようになる。また、インドネシア共和国では、特に初期投資コストが重視されているため、想定される初期投資コストについても比較した。

表 2-3 小型分散型電源に主に用いられる技術

発電方法	初期投資コスト (/kW)	燃料費	メリット	デメリット
小型バイオマス発電 (本技術)	50～100 万円程度	<ul style="list-style-type: none"> ● 1～5 円程度/kg ● 2～3kg/kWhの燃料が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ● 地域の未利用バイオマス資源を有効活用できる。 ● 燃料は地域から安価で調達できる。 ● 燃料代、人件費はすべて地域経済に還元される。 ● 天候等の環境に発電量が左右されない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 小型になる程、初期投資額が高い。 ● 稼働人員が必要となる。 ● 恒常的な燃料収集と投入が必要となる。
小型ディーゼル発電	1 万円～数万円程度	<ul style="list-style-type: none"> ● 60～80 円程度/L ● 0.3L/kWh程度の燃料が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ● 中国製品等を用いると、初期投資額が小さい。 ● ランニングの手間が少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 燃料として軽油を常に購入する必要がある。インドネシアではガソリン、軽油の価格が上昇傾向にある。 ● 二酸化炭素を排出し、地球温暖化の原因となる。
太陽光発電	30～80 万円程度	無し。	<ul style="list-style-type: none"> ● メンテナンスの必要が無い。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 発電できるのは日射がある時間のみとなる。 ● 天候に左右される。
マイクロ水力発電	80～100 万円程度	無し。	<ul style="list-style-type: none"> ● 初期投資以外のランニングコストがほとんどかからない。 ● 設置後は、ランニングの手間が少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 水量に左右されたため、乾季には発電量が減る可能性がある。 ● 初期投資額が高い。

上記を勘案するに、初期投資を勘案すると、ディーゼル発電が圧倒的に競争力がある。途上国の無電化地域における電源にも、一般的に用いられている。ただし、ディーゼル発電は燃料代が恒常的にかかることで、ランニングコストがかかり、ライフサイクルコストでは決して安価ではない。また、バイオマス発電、太陽光発電、マイクロ水力発電といった再生可能エネルギーは、二酸化炭素を排出しないエネルギー源として、多くの国が導入促進に対して補助をつけている。インドネシア共和国においても、固定価格買取制度が導入されており、国政府や自治体が初期投資に補助金を出している。これらをうまく活用すれば、本技術も十分に世界での普及可能性がある。

太陽光発電やマイクロ水力発電と比べての小型バイオマス発電の強みとしては、以下のようなものがある。

- ◆ 太陽光発電やマイクロ水力発電は設置後は地域に雇用を生み出しにくいですが、バイオマスは稼働及び燃料収集で雇用を生み出すことができ、電力供給に加えた地域経済活性化効果がある。
- ◆ これまで廃棄物となっていたバイオマスを燃料として活用することで、地域全体の廃棄物削減につなげることができ、衛生面での改善効果がある。
- ◆ 焼却灰は肥料として農地へ土壌還元することができ、農業へのプラス効果がある。

2.1.6 製品・技術のスペック／価格

(1) スターリングエンジン発電（バイオマス燃焼）システムのイメージ

表 2-4 プロマテリアルの既存のスターリングエンジンシステム

籾殻発電システム一式 (1ユニット)	スターリングエンジン 発電機部分	スターリングエンジン 発電複数台
		

■インドネシア共和国で導入を目指すスターリングエンジンバイオマス発電システム

①バイオマスストッカー及びフィーダー、②バイオマス燃焼装置（バーナー）、③スターリングエンジン発電機の構成から成る。

従来、日本国内で導入していたモデルに対して、インドネシア共和国を含めた開発途上国向け設備のポイントは、更なる低コスト化と現地スタッフのみでの対応を可能にするメンテナンス性の向上を行った点である。スターリングエンジンは、エンジン内部の気体を連続的に膨張・収縮することにより動作する。従来、エンジン内部の作動流体はヘリウムガスのケースが多いが、本件では空気であり、自己過給機構を持ちエンジン内圧を保つため、ヘリウムを再充填するような必要はない。クランク部分についても市販サイズのギア機構とし、現地でのパーツ入手、交換を容易に行えるようにしている。

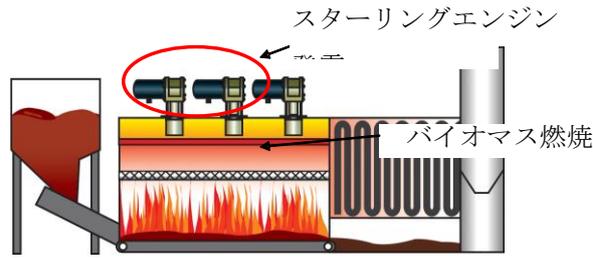


図 2-5 スターリングエンジンを用いたバイオマス発電システムのイメージ

(2) コスト

現状での課題は初期投資に関わるコストである。現在のシステム価格として想定しているのは、発電設備のターゲット価格を 50 万円/kW と想定している。このコストは、通常の独立電源として使われるディーゼルエンジンの 10 倍程度となる。ただし、ディーゼルエンジンは燃料として軽油の購入が必要であるが、バイオマス発電の場合には、現在廃棄物となっている資源や未利用資源を燃料として用いることで、燃料費はゼロに近づけることができる。初期投資のみでなく、ランニングまで勘案すると、ディーゼルエンジンと代替した場合の投資回収年数は 4 年程度と想定され、中長期的にみると大きなコストメリットがある。

2.2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

プロマテリアルは、昨年度、カンボジア王国において小型バイオマス発電の事業可能性調査を実施し、アジア地域におけるバイオマス発電のニーズと市場があることを検証した。この調査実績が評価され、第 2 回東アジア低炭素パートナーシップ対話（2013 年 5 月）のポスターセッション（外務省主催）において本技術を紹介する機会を得て、UNEP から他国への本技術導入推進の依頼を受けた。これらを受けて、東アジア地域での展開を進めていこうと考えている。小型バイオマス発電は特に LDP の無電化地域において適用可能性が高いと考えており、CO₂ 削減と電化率の向上に寄与することから、途上国をメインに販売を進めたいと考えている。島嶼部で送電網が通っていない地域が特に有望な導入対象地域となることが考えられることから、島嶼部が多いインドネシア共和国を、カンボジア王国の次のターゲットとして選定した。

プロマテリアルは、スターリングエンジンを使ったバイオマス発電システムに関しては国内で最も数多くの実績を持っており、事業化に最も取り組んでいる企業である。競合他社で実質的にスターリングエンジンを商用化しているところはない。スターリングエンジン以外にも小型バイオマス発電の技術はあるものの、この規模では、他技術と比べてイニシャルコストが数分の 1 程度であり、コスト競争力がある

導入実績としては、「平成 24 年度二国間オフセット・クレジット制度の MRV モデル実証調査」（地球環境センターより受託）において、1kW のスターリングエンジンの小型バイオマス発電装置をカンボジア王国で導入した。日本を中心として、中国、韓国等国内外で、約 60 台のスターリングエンジンの販売実績がある。これまで納入している業種は、炉メーカー、省エネ機器メーカー、エレベーター会社、ガス会社、大学、電力会社である。

一方、日本国政府とインドネシア共和国政府は、二国間クレジット制度（JCM）に関する合意を 2013 年 8 月に締結した。JCM は、日本の技術が相手国における温室効果ガス削減プロジェクトに対して、日

本政府が支援を行う仕組みである。プロマテリアルの小型バイオマス発電も、カンボジア王国においてMRV方法論案が作成されている。インドネシア共和国においても同様の方法論を用いることができるため、インドネシア共和国において、本技術によりバイオマス発電を行った際には、日本政府の支援の対象となることができる。

このように、本小型バイオマス発電技術は、地域開発及び地球温暖化防止に貢献する再生可能エネルギーの一つとして、インドネシア共和国政府及び日本政府の後押しを受けることができる可能性がある。

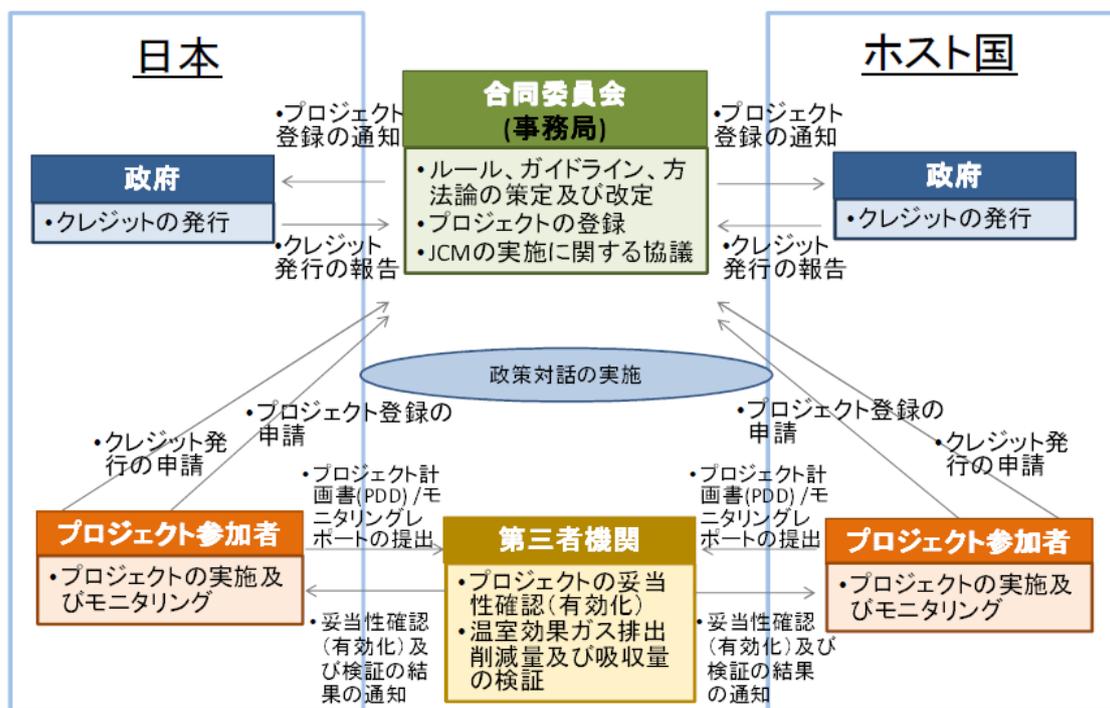


図 2-6 JCM のスキーム図
(出典：新メカニズムプラットフォーム HP)

2.3 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献

株式会社プロマテリアルは本社を東京にしているが、設備の製造は岩手県奥州市の鉄工所への製造委託を行っている。このため、本バイオマス発電技術が普及すればプロマテリアルから同社への発注が増え、同社から地域の部品会社等への発注が増えることになる。これにより、東北地域の産業振興につながる。また、本技術は国内においても、山林の間伐材・林地残材を利用したバイオマス発電に用いることができるため、プロマテリアルでは利益を国内向けの小型バイオマス発電装置の開発に投資していく方針である。バイオマス発電が全国各地で進めば、各地で林業者等が売電収入を得ることができるとともに、山林整備が進むことになる。プロマテリアルでは、海外の事業で得た収益を、国内のバイオマス利用の技術開発に投資していく方針であることから、本事業を含めた海外展開は、日本全国のバイオマス利活用の促進による地域経済の活性化及び環境改善に貢献することができると思う。

2.4 想定する事業の仕組み

2.4.1 事業スキーム

プロマテリアルが現地企業と協力し、工場や IPP 等に対して、発電システムを販売することがインドネシアにおける基本的な事業スキームとなる。当面はプロマテリアルが現地に技術を紹介して現地の協力企業を募り、現地企業と協力して販売やメンテナンスでの協力をを行う。現地合弁会社を設立する方法も考えられる。

工場を販売ターゲットとした場合、精米所等のまとまったバイオマスが廃棄物として排出される場所において、自家発電として導入することが可能である。一方、数 kW という本技術の発電規模を鑑みると、小規模分散型発電での利用が、本技術の特徴を活かした活用方法となると考えられる。このため、本調査では特に無電化地域への導入を想定し、本技術の導入可能性について検証を行った。自家発電用途での導入は基本的に本調査における詳細な検証のスコープ外とした。

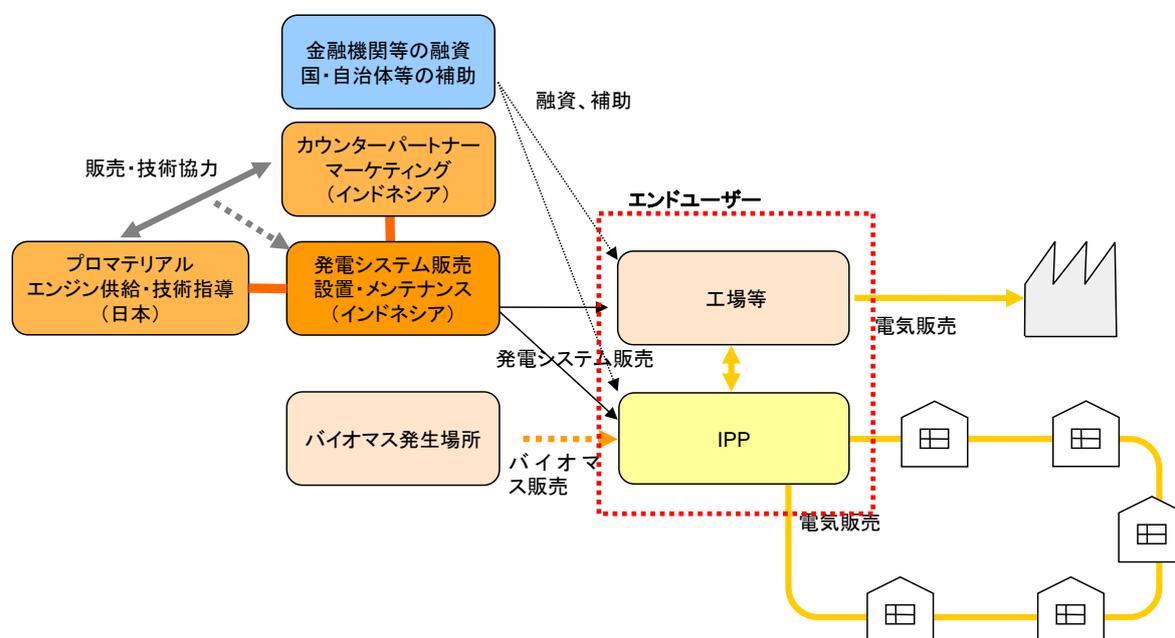


図 2-7 事業スキーム案

2.4.2 現地での発電事業のスキームの仮説

以下のような発電事業のスキームを考え、実現可能性について検証するため、現地政府機関や国営電力会社の PLN へのヒアリング、バイオマス発生場所の調査、参考となる現地での自立分散型エネルギーの事例の調査等を行った。

なお、現状の本技術の普及状況による価格を想定した場合、何らかの初期投資の補助を得ることが、導入の前提となる。補助金なしの本格普及に当たっては、3.2.3 に示すように、現地生産と量産化による低価格化が必要となる。

- (1) FIT を使って売電を行い、PLN が料金徴収や送電網整備を行うスキーム

発電装置を村の自主組織で運営し、固定価格買取制度を使って、PLNに売電することが基本的な事業スキームとなる。PLNが買取った電力を、市場電力価格で各戸に供給する。燃料となるバイオマスは、村の周辺地域から収集するスキームである。

- ◆ 装置の設置を行うことができれば、送電網の整備、料金徴収は、PLNが実施することを確認した。なお、仮に送電網を発電事業者が負担した場合、村単位のマイクログリッドであり、送電網は針金を各戸につなげるような状況となるため、数万円～数十万円の追加コストがかかることとなる。
- ◆ ディーゼル発電や太陽光発電を行っている村を訪問したところ、村落で自主的に作った運営組織がメンテナンス、料金徴収を行っており、運用には同様のスキームを活用できると考えられる。
- ◆ 燃料として用いるバイオマスは、ココナツ椰子の殻と繊維、キャンドルナツの殻、カカオの種皮、とうもろこしの芯と茎、籾殻などが有望とみられる。現在は有効活用されていないが、燃料として収集する場合には買い取りを行う必要があると考えられる。

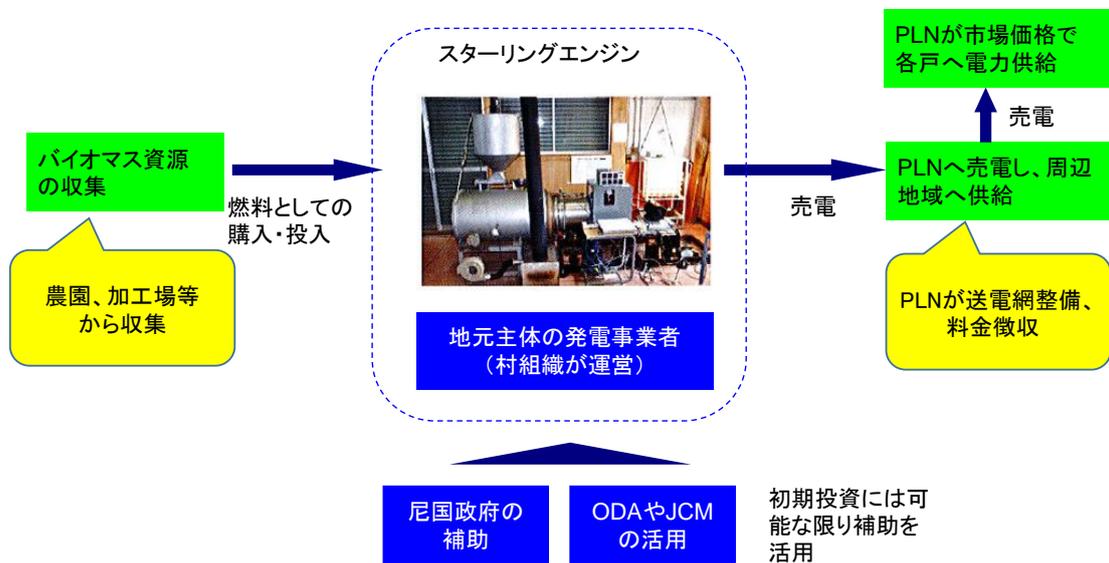


図 2-8 FIT を用いた発電事業スキーム

表 2-5 FIT を用いたスキームでの小型バイオマス発電事業における役割と想定される主体

役割	主体
設置	村で設置した組合 or 国 or 県 etc.
運営	村で設置した組合
バイオマス収集	村で設置した組合
送電網整備、料金徴収	PLN が FIT の仕組みの中で実施
メンテナンス費用	村で設置した組合

課題は初期投資の負担である。現地調査によると、9万円の10kW中国産のディーゼル発電機を導入して分散型発電を行っている村もあり、ランニングコストを勘案しても、非常に安価なディーゼル発電機と

比較した場合、単純に初期投資の差を埋めるのは厳しいと考えられる。初期投資については、インドネシア共和国政府からの支援、ODA や二国間クレジット制度（JCM）の活用等を考える必要がある。

また、FIT の制度を使う場合には、1.3.2 に示すように、IPP 事業者としての要件を満たし、各種の申請を経る必要がある。住民組織がこれを担うことは難しいので、実証導入を行う過程等で、現地協力企業等と連携してプロセスを作り上げる必要がある。

(2) 政府が補助により機器設置や送電網の整備を行い、住民が自治組織でメンテナンス費用を負担するスキーム

初期投資を回収するためには、FIT により高値で売電を行うことが必要であるが、初期投資が全額補助でまかなわれれば、村の運営組織がバイオマス燃料の収集等に関わるランニング費用を負担するだけで持続的な運用を行うことができる。

後進地域開発促進自治省が、無電化地域の電化を再エネで進める補助事業を行っており、毎年各県で無電化地域に対して再生可能エネルギーによる電化が行われている。現時点では実質的に太陽光発電のみが導入技術となっているが、バイオマス発電が電化に活用できることが示せれば、本技術の適用可能性があることを後進地域開発促進自治省に確認している。なお、後進地域開発促進自治省によると、2014 年度には 40 県が同省の予算で、再生可能エネルギーによる無電化地域の電化を進めることとしている。

このスキームでは、政府の初期投資について全額補助を前提とし、FIT は活用しない。料金徴収は、村の自治組織が自主的に行うか、地域のバイオマス住民の持ち回りなどによって無償で集める方法が考えられるが無償で集める方法が考えられる。自主組織による料金徴収については、2.5.4 において現地調査を行い、太陽光発電やディーゼル発電と同様の事例があることを確認している。

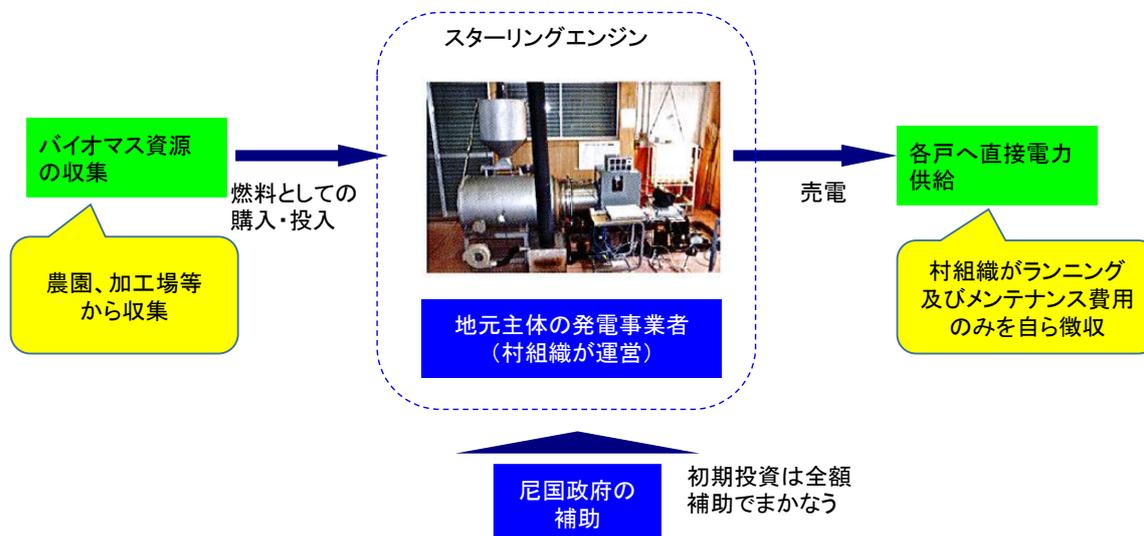


図 2-9 FIT を用いないスキーム

表 2-6 FIT を用いないスキームで小型バイオマス発電事業における役割と想定される主体

役割	主体
設置	国 or 県 (全額補助)
運営	村で設置した組合
バイオマス収集	村で設置した組合
送電網整備	国
料金徴収	村で設置した組織
メンテナンス費用	村で設置した組合

2.5 シッカ県におけるバイオマスの発生状況

2.5.1 バイオマスの発生状況の概要

バイオマス発電を行うにあたって、十分な資源量が地域に存在しているかについて検討を行った。シッカ県における本技術が対象とするバイオマスの発生状況は、以下の通りである。

表 2-7 シッカ県における、バイオマスの発生量

	ココヤシ の殻	ココヤシ の繊維	カカオの 殻	キャン ドルナツ ツの殻	とうも ろこしの 芯	とうも ろこしの 茎や葉 など	タマリ ンの殻	ロンター ルヤシの 種子	籾殻
発生場所	農家家 屋、農園 内収集 所、市場、 屋台など	農家家 屋、農園 内収集 所、屋台 など	農家家 屋、農園 内収集所	農家家屋	農家家 屋、消費 者宅など	各農家の 畑	農家家屋	各農家の 畑	精米所
用途	炭生産、 放置（焼 却）	工芸品生 産、放置 （焼却）	有機肥料 生産、放 置（焼却）	放置 （焼却）	放置 （焼却）	放置 （焼却）	放置 （焼却）	放置 （焼却）	煉瓦焼成 などの燃 料、放置 （焼却）
シッカ県での 該当作物の収 量（2012年）	6,830 トン	6,830 トン	6,409 トン	71 トン	49,273 トン	49,273 トン	3,032 トン	データ なし	10,163 トン
各廃棄物の重 量／収穫物の 重量	0.31	0.59	5.4	1.26	0.45	2.36	0.32		0.54
シッカ県での 廃棄物発生量 推計値	2,117 トン	4,030 トン	34,609 トン	89 トン	22,173 トン	116,284 トン	970 トン		5,488 トン

（出典：「シッカ県での該当作物の収量」は、Sikka Regency in Figure 2013。その他は現地調査結果による）

2.5.2 種類ごとのバイオマスの発生状況

燃料収集の対象となるバイオマス発生現場を調査し、発生場所、発生割合などを調べた。

(1) ココヤシ (Kelapa)

- 発生場所：農家家屋、農園内収集所、市場、屋台など。
- 現地の産業：ココヤシ栽培は地域の主産業のひとつである。シッカ県では、6,830 トン/年が栽培されている。
- 排出形状：地域ごとに農園がある。このため、ある程度まとまった形でバイオマスが発生する。
- 廃棄物の用途：現在は、一部が炭製品等に利用される他は、基本的に放置または焼却されている。

表 2-8 ココヤシのバイオマス発生状況

<p>果実の生産 状況</p>	 <p>ココヤシの木</p>	 <p>果実：1.8kg/個 (熟した果実) コプラ採取用に収穫し、コプラから油脂・ココナッツミルクなどを生産 (未熟の果実) 果汁採取用に収穫</p>
<p>残渣の排出 状況</p>	 <p>繊維：0.56kg</p>  <p>コプラ+果汁：0.95kg</p>	 <p>殻：0.29kg</p>

(2) カカオ(Kakao)

- 発生場所：農家家屋、農園内収集所。
- 現地の産業：カカオ栽培は地域の主産業のひとつである。シッカ県では、6,409 トン/年が栽培されている。
- 排出形状：地域ごとに農園がある。このため、ある程度まとまった形でバイオマスが発生する。
- 廃棄物の用途：現在は、一部が有機肥料生産等に利用される他は、基本的に放置または焼却されている。

表 2-9 カカオのバイオマス発生状況

<p>果実の生産 状況</p>	 <p>果実：2.2kg/6 個</p>	 <p>各農家で殻をむき、種子を洗浄・乾燥後、業者に販売</p>
<p>残渣の排出 状況</p>	 <p>殻：1.5kg</p>  <p>洗浄・乾燥後 種子：0.28kg</p>	 <p>種子+果肉：0.7kg</p>

(3) キャンドルナッツ(Kemiri)

- 発生場所：農家家屋。
- 現地の産業：キャンドルナッツは、主に農家が小規模で栽培しており、島外へ販売されている。
- 排出形状：農家が殻を手で割り、実を販売する。このため、発生は小規模分散型である。
- 廃棄物の用途：現在は、放置または焼却されている。

表 2-10 キャンドルナッツのバイオマス発生状況

<p>果実の生産 状況</p>	 <p>キャンドルナッツの樹木</p>	 <p>果実：445g 平均 10.3g/個 各農家で殻をむき、種子を業者に販売している</p>
<p>残渣の排出 状況</p>	 <p>種子：196g</p>	 <p>殻：249g</p>

(4) とうもろこし(Jagung)

- 発生場所：芯は、農家家屋、消費者宅など。茎や葉などは、各農家の畑。
- 現地の産業：とうもろこしは、主に農家が小規模で栽培しており、島内で食料として消費されている。
- 排出形状：農家からは主に茎や葉が排出される。食料として消費されるので、消費者宅の廃棄物として排出される。
- 廃棄物の用途：現在は、放置または焼却されている。

表 2-11 とうもろこしのバイオマス発生状況

<p>果実の生産 状況</p>	 <p>木全体：840～850g/本</p>	 <p>一部は芯+種子の状態の販売、残りは種子の状態の販売 茎や葉は畑に放置</p>
<p>残渣の排出 状況</p>	 <p>種子：205～232g</p>	 <p>芯：98～100g 茎・葉など：500～530g/本</p>

(5) タマリンド(Asam)

●発生場所：農家家屋。

●現地の産業：タマリンドは、主に農家が小規模で栽培しており、島内外で食料として消費されている。シッカ県では 3,032 トン/年が生産されている。

●排出形状：各農家で殻をむき、その状態（果肉及び種子）で、市場などで販売している。このため、発生は小規模分散型である。

●廃棄物の用途：現在は、放置または焼却されている。

表 2-12 タマリンドのバイオマス発生状況

<p>果実の生産 状況</p>	 <p>タマリンドの樹木</p>	 <p>果実：133g 各農家で殻をむき、その状態（果肉+種子）で市場などで販売</p>
<p>残渣の排出 状況</p>	 <p>殻：32g</p>	 <p>果肉+種皮：101g</p>

(6) ロンタールヤシ(Lontar)

●発生場所：各農家の畑。

●現地の産業：ロンタールヤシは、主に農家が小規模で栽培しており、島内外で食料として消費されている。

●排出形状：各農家で殻をむき、果実を取り出す。このため、発生は小規模分散型である。

●廃棄物の用途：現在は、放置または焼却されている。

表 2-13 ロンタールヤシのバイオマスの発生状況

<p>果実の生産 状況</p>	 <p>ロンタールヤシの樹木</p>	 <p>ロンタールヤシの果実：1.8～2.7kg/個</p>
<p>残渣の排出 状況</p>	 <p>地面に落ちた果実が自然に分解（左→中央→右）されて、右端のように種子のみ残る。1つの果実には種子が3つ含まれる。</p>  <p>乾燥した種子を割ったところ 種子：0.12kg/個</p>	 <p>果実を割ったところ</p>

(7) 粃殻

- 発生場所：精米所。
- 現地の産業：米は主食として、10,163 トンが製造されている。
- 排出形状：精米所にて、粃殻が排出される。精米所は村ごとに存在する。
- 廃棄物の用途：煉瓦焼成などの燃料、または放置・焼却。

表 2-14 粃殻のバイオマスの発生状況

<p>果実の生産 状況</p>	<div data-bbox="778 577 1038 920" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="472 943 1331 972">水田がある村に数カ所ある精米所で粃殻を取り、各戸で消費または販売</p>	
<p>残渣の排出 状況</p>	<div data-bbox="432 1077 855 1395" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="443 1406 855 1435">粃：100kg に対して、粃殻：35kg</p>	<div data-bbox="983 1077 1461 1395" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1158 1406 1302 1435">精米：65kg</p>

2.5.3 バイオマス発生現場への現地調査

燃料となるバイオマスの発生現場を調査した。

対象としたバイオマスは、1つの場所からある程度のもつた発生量が発生し、集めやすいものを装置している。ココヤシ、カカオ、籾殻、キャンドルナッツの発生現場を訪問し、発生量、現在の処理状況、利用可能性についてヒアリングを行った。ヒアリング先の選定基準は次の通り。

- 各バイオマスについて安定した量のバイオマスが発生する。
- 各バイオマスの発生状況について当該地域の特徴が反映されている。

ヒアリング結果の要旨は以下の通りである。

(1) カカオ加工工場

■場所：REROLARA 社(カカオ加工工場) 加工現場

- ・ 農園では、コーヒー、カカオ、ココナッツ(椰子)を栽培している。コーヒーが 210ha、カカオが 60ha (うち 30ha がカカオとココナッツ椰子の混作) である。コーヒーの生産量は 20t/年、カカオは 40t~50t/年である。今年は病気が発生したため 20t/年となっている。ココナッツ椰子は 30t/年である。ココナッツ椰子については、もっと取れるがよいものを選んで商品としている。生産量については、カカオ・コーヒーは乾燥した種子(種皮を剥いた状態)、ココナッツ椰子は繊維分や殻を除いた完熟した実の部分のみの数値である。
- ・ コーヒーは現地での消費用として販売され、カカオとココナッツ椰子は、スラバヤなどの島外(ジャワ島など)へ輸送される。ココナッツ椰子は他の島で油をとり、カカオは国外に輸出されている。
- ・ いずれも農園内で加工(皮や殻を剥き、乾燥)している。
- ・ カカオの殻は、山積みして保管しており、下の方で自然に腐ったものを肥料としての販売や、農園内で利用している。販売価格は 2,500IDR/kg。一部販売している。販売価格はダンプトラック 1台 3 m³で 10 万 IDR、輸送費は別途。殻は乾燥していたり湿っていたりするので重量は不明。購入者は堆肥化する。カカオは基本的に年中取れるが、多い月は 4月、5月、7月、8月である。多い月で 10t/月採れる。1kg の乾燥種子を得るために、30 個の果実が必要である。
- ・ ココナッツ椰子の殻や繊維は、農園内で 1箇所を集め、野焼きしている。コーヒーの種皮は野積みして放置、または有機肥料にしている。
- ・ 農園は、従業員約 100 人、創業 1927 年である。農園内に 51kw のディーゼル発電機(建屋が建てられた 1935 年に設置されたもの)を設置しており、主にコーヒーの外皮剥きに必要な電力を供給している。PLN による系統からの供給は受けていない。非常に古い発電機なので、故障したときの予備パーツ確保に苦慮している。
- ・ ディーゼル発電機は、コーヒー収穫期の 7月~11 月にほぼ毎日、1日 3~4 時間稼働している。1回の処理で 3t のコーヒー豆を処理し、30L の軽油を消費する。軽油のガソリンスタンドでの販売価格は 5,500 IDR だが、近くにガソリンスタンドがないため、道端で販売している 6,000~7,000IDR のものを使用している。



図 2-10 カカオ加工工場の現場

(2) ココナッツ農園

■場所：クリスラマ社（ココナッツ農園）

①施設概要

- ・ 1970年に設立され、自前のココナッツ椰子農園 897haのうち、500haを活用している。
- ・ 農園ではコプラ(白い果肉の部分)を取って乾燥、販売している。外部からの買取はなく、全て自社農園で収穫したココナッツを加工している。そのコプラから油を自前で採ることが出来れば更にいいと考えている。
- ・ シッカ県内の農家の60%がココナッツ生産にかかわっており、搾油まで出来れば収入も増えて地域が豊かになる。コプラから搾油した油は地域住民のために使えると考えている。
- ・ 生産量は乾燥後の重量でおよそ1ヶ月6t、年間だと60tくらいである。
- ・ 従業員は、正社員が20人、及び季節労働者約150人が働いている。
- ・ ココナッツの実4つから1kgのコプラの実が取れて、それを6,000 IDRで販売しているが、搾油を行えば、その油は15,000 IDRで販売できる。

- ・ 同社は株式会社ではあるが、収益は教会に提供され、医療福祉など住民生活のレベル向上に活用している。そのため、政府から支援が入ることもある。
- ・ 施設内の電力は PLN から購入している。以前は、太陽光発電設備を設置していた時期もあったが、PLN が送電網を整備するまでのつなぎであった。
- ・ 停電が頻発するので、自家用のディーゼル発電機を所有している。発電機の規模は 5kW であり、生産活動では電気は利用しない。
- ・ 現在、フローレス島で生産されたコプラはジャワ島のスラバヤなどへ輸送され、そこで油を生産し、その油がフローレス島へ輸送されて、市販されているが、地元のフローレス島内で搾油ができれば地域の発展にもつながると考えている。

②ココナツ椰子由来の廃棄物排出状況について

- ・ ココナツ椰子の殻や繊維部分の排出量について、感覚的には 6t のコプラの生産に伴い、廃棄物として繊維分と殻がトラック 30 台分 (300kg/台) 発生している。
- ・ 繊維分と殻は全量がレンガを焼成する燃料か、モケ (酒) を作るための燃料となっている。乾季であればトラック 1 台分の廃棄物 (繊維分と殻) が 15 万 IDR で、雨季であれば 20 万 IDR で販売されている。販売価格は 500~666 IDR /kg。販売先での燃焼時は、繊維分と殻は廃棄物として発生した状態 (繊維分と殻が一緒になった状態) のまま焼却されている。
- ・ 以前は、椰子殻を繊維に加工する事業者がマウメレにあり、繊維部分はそのまま加工業者に販売していた。前述のレンガ焼成用・モケ製造用の燃料向けの販売価格と同じ値段の 500 IDR /kg で販売していたため、燃料向けの販売と競合していた。
- ・ このココナツ農園などのように排出量がまとまれば、廃棄物も燃料などとして引き取り先があるが、一般農家など小口で出ているところは引き取り手がない。
- ・ ココナツ椰子の葉も無駄に捨てられている。幹の部分も技術があれば家具の材料となるが、この地域ではそのような利用も出来ていない。
- ・ ココナツ椰子の廃棄物を使ってバイオマス発電をすることは賛成である。シッカ県西に位置するエンデ県では、日本の協力で水力発電を導入しているが、それは非常によい取り組みである。この地域も水が豊富なのでぜひ検討されたい。

③その他

- ・ インドネシア共和国は、石油燃料に対して補助金が支給されており非常に安価となっている。補助金がなければバイオマス利用のコスト競争力も出てくるはずである。
- ・ コプラを油にするための圧搾機、ココナツ椰子の幹や葉の有効利用、繊維及び殻の有効利用が、今後必要である。
- ・ ココナツ椰子農園では、ココナツ用の肥料として尿素は与えているがそれ以外は自然に任せている。樹の寿命 (収穫できる年数) は 60 年くらいである。



図 2-11 ココナッツ農園の現場

(3) キャンドルナッツ生産場所

■場所：ニタクロアン村

- ・ キャンドルナッツは、小規模農家が各戸数本の樹木から収穫する。1本の樹木で30kg/年程度が収穫できる。殻のついた状態が250個で1kg程度になる。大規模な栽培を行う村も存在する。
- ・ 実は棒で1個1個割って殻から取り出している。キャンドルナッツの実は、5m程度の木から落ちてくるのを拾って収穫する。
- ・ 実の販売価格は殻がついた状態で5,000 IDR /kg、殻を割った中身の状態で15,000~20,000 IDR /kg。
- ・ 殻はすべて敷地に廃棄している。
- ・ キャンドルナッツは、キャンドル用の油として用いられる他、整髪料や食用油に利用される。
- ・ ニタクロニアン村の農家では、キャンドルナッツ以外にもトウモロコシ、カカオ、ココヤシも栽培している。



図 2-12 キャンドルナッツの生産農家

2.5.4 自立分散型発電を行っている村への現地調査

自立分散型電源を行っている村へ現地訪問を行い、バイオマス発電において自立分散型発電を行う際の村の自治組織の運用体制、料金徴収方法、技術の適用状況についてヒアリングを行った。ヒアリング先の選定基準は次の通り。

- ▶ ディーゼル発電や太陽光発電で、自立分散型発電を行っている。または、限られた系統電力を各戸で分け合っている。
 - ▶ 村に運用体制ができている。
- ヒアリング要旨は、以下の通り。

(1) ディーゼル発電で自立分散型発電を行っているワトワラ村

■場所：東フローレス県ティテヘナ郡ワトワラ村

①ワトワラ村について

- ・ 村の人口は3,200人、800世帯くらいである。村は7つの地区から構成されており、この地区はドナリタ地区になっている。ドナリタ地区は約300名、62世帯である。地区ごとにディーゼル発電を導入している。
- ・ 地区住民の99%は農民で、主要農産物は、とうもろこし、米、ココヤシ、キャンドルナッツ、カシューナッツ、カカオ、ジャトロファである。

②ディーゼル発電の運用状況について

- ・ 地区にあるディーゼル発電は、地区内でディーゼル発電の運営を目的とした運営委員会を構成し、委員会が運営している。
- ・ 7地区のうち6地区がディーゼル発電により電気を供給されている。発電機は4台、電力が供給されていない1地区は、28世帯で離れたところにある。
- ・ 1台あたりの出力規模は10kW、50世帯くらいをカバーしている。それでも全部の世帯をカバーしているわけではなく、料金がなくて利用できていない世帯もある。
- ・ 料金の徴収方法は、利用料と燃料または燃料代を日毎に世帯ごとに回して負担している。利用料は、10,000 IDR～1万5,000 IDR/回(照明利用のみのケース)、燃料は8L/日を供出することとなっている。利用料と軽油代を合わせて、約10万 IDR を接続世帯に応じて50日～60日に一度負担している。電気をつける時間は、18時から22時までの4時間のみ。
- ・ ディーゼルエンジンの作動には、1～2人で対応しており、住民から集めた利用料から給料を支給している。
- ・ ディーゼルエンジンは、各地区の住民が、各世帯10万 IDR～15万 IDRのお金を出し合って購入した。発電機の値段は900万 IDR(9万円)～1,000万 IDR(10万円)/台、100万 IDR(1万円)/kWである。
- ・ PLNが今年12月末までに、ワトワラ村まで送電網を延ばすことを約束している。しかし、過去にも何度も期限を決めて約束してきたが未だに設置されていないので、本当に12月末までに入るか、疑問である。
- ・ 現在、各地区で使用しているディーゼル発電機の導入時期は、地区により3年前～2、3ヶ月前までと幅が広い。村に初めて発電機が入ったのは1995年で、その発電機が故障した後、各地区に導入

された。もっとも交換頻度が多いところでは、初号機から数えて3代目である。発電機は中国製である。1台あたりの寿命は9年くらいである。

- メンテナンスをする人はいるが、部品を調達するために何度もマウメレへ行ったりしなければならず、そのための交通費などを考慮すると新しいものを買った方が安い。
- 軽油は道端で売られているものを利用しており、10,000IDR/Lである。



図 2-13 ディーゼル発電を行っているワトワラ村

(2) 太陽光発電で自立分散型発電を行っているワトゥメラ村

■場所：シッカ県ドレン郡ワトゥメラ村

①ワトゥメラ村と電力事情について

- ・ 村は3つの地区で構成されており、村全体で1,103人(243世帯)、うち46軒が個人的に発電機(1kW程度)を所有している。これは政府からの援助ではなく、個人で購入している。
- ・ 多くの世帯は1軒で1世帯だが、中には1軒で2世帯暮らしているところもある。地域の慣習で、子供が結婚しても親と一緒に暮らしていることが多い。
- ・ 村全体の243世帯のうち17世帯が先生や公務員、残りは農民である。56世帯はまだ家を持っておらず、間借りなどをしている。家の数は160軒である。
- ・ 主要産物はカカオ、ココナッツ椰子、キャンドルナッツ、コーヒー、イモ類(自給用)、香辛料(2種類程度)である。米やとうもろこしは、植えるための土地がないため、購入している。
- ・ 照明は主に灯油ランプを使っており、発電機はガソリン燃料のものが多いが、一部は軽油利用である。ガソリン発電機は、350万IDR/機(YAMAHA製、1kW)~150万IDR/機(YASUKA製、800W)、ディーゼル発電機は3kW前後で400万IDR~500万IDRである。ガソリンの発電機が多い理由は、ガソリンは道端で売られているが、軽油はガソリンスタンドで購入しなければならず、軽油よりガソリンの方が入手しやすいからである。ガソリンスタンドではポリタンクを用いた燃料の販売が禁止されており、車に一度入れた軽油を抜き取って利用している。また、ガソリン発電機の方がコンパクトで携帯性に優れている。現地でのガソリン購入価格は8,000IDR/L(マウメレ市内のガソリンスタンドでは6,500IDR/L)である。
- ・ 発電機を導入している家では、基本は自家用の発電で隣家への電力供給などは行わない。パーティーを開催するときなどは例外として隣家へも電力を供給することもある。

②太陽光発電の運用状況について

- ・ 後進地域開発促進自治省の支援で太陽光発電設備が導入された。太陽光発電設備の出力は15kWで、蓄電池を付帯して90軒の家へ電力を供給する計画となっており、1軒あたり20W(5Wのランプが4つ)を上限とする予定である。
- ・ 以前からシッカ県政府を通じてPLNの送電網整備の要望を上げていたが、最終的にはシッカ県知事の推薦により、村での太陽光発電設備の設置が決定された。
- ・ 太陽光発電システムの管理は、住民組織を形成して行う。電気を供給する世帯に利用手数料を支払ってもらい、メンテナンス費用にあてる。
- ・ 現在はまだ稼働していないが、稼働が開始されたらシッカ県のエネルギー鉱物局から職員が技術指導員として派遣され、村民2名をメンテナンス要員として育成する計画である。
- ・ 現状はまだ集金方法および利用手数料の設定はなされていない。
- ・ 管理のための住民組織は5名で、議長・秘書・経理に加えて、技術者(上記トレーニング要員)2名で構成されている。
- ・ 太陽光発電で発電した電気は、蓄電池に充電され24時間利用可能となる。



図 2-14 太陽光発電を行っているワトゥメラ村

(3) 系統連系されている電気を各戸で分け合っているコリシア B 村

■場所：マゲパンダ郡コリシア B 村

①村の概要と農業事情について

- ・ 村の世帯数は、322 世帯（1 世帯あたり 5 人程度）である。シッカ県の 21 の郡の中で、一番農業生産量が多い郡がマゲパンダ郡である。県全体の年間 1 万トンのお米のうち、約 4,000 トンがマゲパンダ郡である。マゲパンダ郡に村は 5 つある。この村のほかにコリシア A 村、マゲパンダ村、ドネ村、レロロジャ村があり、ジェットロファ事業では、最初にレロロジャ村で植栽を行った。
- ・ 東はコリシア A 村、西はレロロジャ村、北は海、南はニランクリウム村である。この村の中に 3 つの地区（エド地区、コリシア地区、ナウテウ地区）があり、6 つの町内会(Rukun Warga)、15 の隣組(Rukun Tetangga)がある。
- ・ この村の総面積は、991.6ha で、そのうち多少なりとも灌漑をしている田んぼは 70ha、天水に頼っている田んぼが 25ha、畑が 237ha、市民農園が 23ha、森が 1418ha、住宅地が 18.7ha、藪が 253.3ha、草地が 210.3ha、沼地が 5ha、その他が 8ha という構成になっている。
- ・ 米の収穫時期は、基本は概ね年に 1 回、灌漑しているところでは 2 回採取れるところもある。最近では、気候が変動しており、本来乾季なのに雨が降り、一部では 2 回収穫できたところもある。田んぼでは収穫にともなって稲わらが発生する。一部は家畜の飼料に使っているが、多くの部分は焼却に使っている。収穫後の脱穀は、脱穀機を借りたり手作業で行う。精米所はエド地区に 3 箇所、コリシア地区に 3 箇所、ナウテウ地区に 1 箇所、合計 7 箇所ある。
- ・ 収穫期は、天候を見ながら植え付けの時期を選ぶので、収穫時期も幅があるが、灌漑をしている田んぼではおよそ 5～6 月、天水でやっているところは 9 月～10 月である。
- ・ 籾殻は、需要に応じて精米し、それに伴って発生する。
- ・ 米以外の作物として一番多いものはとうもろこし、その他には芋、バナナ、落花生がある。それらの廃棄物として、とうもろこしの茎は家畜の餌として与えることが多いが、乾燥したものや芯は焼却している。その他落花生の殻などの廃棄物も焼却処理か畑に放置している状態である。これらの畑で作るものは、ほとんどが自家消費である。
- ・ 既に農民のグループなどはあるが、このような新しい装置を入れる場合は、新たに集まって、責任者や会計担当者、運転担当者などを決めて新しく組織された住民の自立的な組織で運営するのがよいのではないかと。
- ・ 今後、バイオマス発電装置村に設置する可能性があるのであれば、しかるべき場所を探す。また、設置した際に住民へ影響はあるのか知りたい。

②村の電化状況について

- ・ 村には電気は既に通っている。1 軒の家に 2～3 世帯居住しており、大部分の家には電気が通っているが、一部の非常に貧しい家には電気は通っていない。電気をつなぐためには 200 万 IDR（分割払い可）支払わなければならない、かつ 80 万 IDR（一括払い）の電力計を購入しなければならない。
- ・ 電気の使い方は、比較的裕福な家では照明以外にテレビや冷蔵庫に使い、貧しい家では照明だけに使っている。貧しい家は、隣の家から電線を借りてきて使っており、利用料金は隣の家と相談している。
- ・ 月々の電気代は、およそ 1 軒（2 世帯くらい）あたり 2 万 5,000 IDR 程度が標準である。

③その他

- ・ 村の世帯所得について、かなり幅があるが、一番貧しい家庭でも 25 万 IDR/月程度である。多いところでは、70 万 IDR/月や 100 万 IDR/月程度である。
- ・ 村の仕事は農業と漁業がほとんどである。農民が 663 名、漁民が 10 名、肉体労働者が 3 名、縫製業が 3 名、運転手 15 名、オートバイタクシー13名、それ以外に個人事業者が 4 名、役人が 16 名（教員含む）である。労働者の高齢化は特にない。宗教は、イスラム 46 名、カトリック 1,263 名、プロテスタント 1 名である



2-15 コリシア B 村の精米所

2.6 発電事業スキームの検証

2.6.1 FIT を用いた事業スキームの検証

村の自治組織がバイオマス発電装置を設置して FIT を用いて売電を行い、PLN が送電網整備及び料金徴収を行う発電事業スキームについて検証を行った。PLN 東フローレス支部及び、PLN 東ヌサトゥンガラ州本社に対してヒアリングを行い、現地のニーズ及び FIT 活用の手続きについて確認した。

FIT を活用してマイクログリッドによる無電化地域の電化を行うことは、これまでは実例がないとのことである。このため今後、事業化の前の実証導入等で必要なプロセスを経る中で、PLN と連携を取りながら、課題の洗い出しと解決方法を検証していく必要がある。

(1) FIT のスキームに対する PLN への確認

売電については、国営電力会社である PLN へのヒアリングにより、FIT により、発電した電力を売電できることを確認した。

発電事業を行う場合に大きな作業となる料金徴収と送電網整備は、PLN が実施することができるため、発電事業者としては、機器の設置とランニングに集中することができる。

①PLN 東フローレス支部へのヒアリング

- PLN の送電網に連系されている地域において、スターリングエンジンで発電された電力は FIT の仕組みで購入が可能である。連系されていない地域については、配電網を PLN が設置し電力を購入する。ただし、ある程度の集落になっていることが必要条件となる。その場合、電力購入価格は FIT の価格で買い取り、電力料金の徴収は PLN が実施する。PLN としては、発電した電気を PLN に販売したいのであれば購入する準備はある。FIT に則って電力を購入することは可能である。
- 集落で超小型の IPP 事業としてやる場合に、事業主体となりうるのは、住民の自主組織が考えられる。FIT で購入する場合には PLN が主体にはなりえない。
- PLN としては、太陽光発電を設置したりしてきたが、バイオマス発電ができるようになればそれは非常にいいことである。10kW という、現地ではおよそ 100 世帯分である。用途は照明分なのでそれほど大きな電力はいらず、10kW は無電化村で使う分としては十分な規模である。
- PLN 自体がバイオマス発電事業の主体となった場合は、売買関係が成立しないが、国や外国の支援金が PLN に入ってくる。PLN 以外の事業主体が売電事業を行った場合には、国や外国の補助を受けて設置したとしても、PLN は FIT 定額で買取する。
- マウメレ周辺地区に関しては、40,000kW の石炭火力を設置する計画があり、それが出来れば周辺の電力網が整備される予定である。今回の発電システムをその送電網に繋ぐことも可能である。石炭火力は来年着工、2015 年運転開始の予定である。
- 無電化地域については、地産池消で始め、送電網が整備されれば送電線に連系接続するというのがよいのではないかと。電力網を整備しやすい地域と、そうではない地域があるので、整備すべき地域をスタディし、村から都市へ電力網を広げられるといいのではないかと。
- 大切なことは地域の選択である。燃料となるバイオマスが豊富にあるところであり、電気を必要としているがなかなか電力網がいきわたらないような地域を選択していくことが大事である。PLN としては、地域の検討に際して協力する準備がある。

- ・ 高い山や深い谷があるようなところは、送電線整備が難しい。例えば 10km 離れたところに 50 世帯の村があったとして、5kW の電力需要を満たすために 10km の送電線を整備することは大変である。
- ・ 無電化村での需給バランスを取る際には、バッテリーは用いずに、発電時に電圧と電流を調整するシステムを設置し、各家庭には過電流が流れない装置を設置すれば問題ない。
- ・ 運転時間はおよそ夕方の 6 時から翌朝 6 時までの 12 時間くらいである。夕方の 7 時から 9 時くらいが需要のピークとなるとみられる。スターリングエンジンの場合は、燃料供給量で変動可能であると考えられる。

② PLN 東ヌサトゥンガラ州本社

- ・ 無電化村での FIT 売電スキームについては、一般的に PLN が電力網を整備し、バイオマス発電による発電電力を買い取ることは問題ないはずなので、無電化の村においても同様になると考えられる。
- ・ 無電化村で稼働させる場合の稼働時間については、夕方の 6 時から朝の 6 時までとなるのではないか。今は少ないが、後進地域では夕方 6 時から夜中の 0 時までというケースもまれにある。
- ・ ディーゼルエンジンと組み合わせて、調整部分はディーゼルで行うこともありうるのではないか
- ・ FIT を活用するには、エネルギー鉱業省と PLN の本部の了解を得る必要があり、申請が必要である。売電主体は、IPP (Independent Power Producer) として申請する形になる。
- ・ FIT による売電をする際の手続きについては、以下の通り。手続きの期間は、ケースによって異なるが、半年～1 年程度が想定される。

- ① 設置場所の決定、地方政府の許可を取得
- ② PLN への申請
- ③ 設備計画などの書類提出
- ④ FS の実施
- ⑤ 環境アセスメントの実施：プロジェクト開始前に最短で 3 ヶ月間のアセスが必要となる。
- ⑥ 詳細設計の実施
- ⑦ プロジェクト妥当性の検討【PLN】
- ⑧ PLN 本社への申請
- ⑨ MoU 締結

2.6.2 売電スキームの方針

(1) 事業の想定

上記で示したように、無電化地域において分散型発電事業を行う場合、以下のようなスキームが可能であることが、本調査において確認された。

- 無電化地域の電化（マイクログリッド）を想定。
- 売電には、再生可能エネルギー固定価格買取制度（Feed in Tariff）を活用する。
- 送電網と料金徴収は、PLN が実施する。
- 設備投資とバイオマス収集、機械運転は発電事業者が行い、発電事業者が FIT にて収入を得る。
- 使用する分だけ発電するので、24 時間稼動する必要が無い。

なお、国や自治体の全額補助により整備される場合には、送電網の整備は国や自治体によって行われると考えられる。料金徴収は、村の自治組織が燃料調達費用とメンテナンス費用を村人より徴収する形になると考えられる。その他の条件は、FIT を活用するケースと同様である。

(2) 発電事業の運営

ディーゼル発電を行っているワトワラ村や、太陽光発電を行っているワトゥメラ村への現地調査で判明したように、現地では、独立分散型発電を村の自治組織の運営で実施しているというケースがある。これらの事例を鑑みるに、発電事業の主体は、村の自治組織が担うということは現実的である。

バイオマス発電事業で想定される作業は、以下の通りである。

①燃料収集・運搬

まとまったバイオマスが発生する場所の近くで発電装置を設置することで、回収コストを下げるができる。ほとんどの村において主産業は農業であるため、燃料として利用できるバイオマスが豊富に存在している。ただし、バイオマスの種類によっては収集にかかる手間が異なるため、導入場所の選定にあたって、バイオマス収集方法をあらかじめ検証しておく必要がある。ココナッツ農園等が近くにある地域が望ましい。

②燃料投入

バッチ式の投入の場合、1 時間おきに燃料を投入する必要がある。このため、1 人の作業員を常時雇用し、運転を行う必要がある。

③清掃

燃焼により排出された灰等について、定期的に清掃する必要がある。これは、上記の燃料投入作業員が行うことが可能である。

④灰処分

バイオマスを燃焼した場合、投入量の数%～15%程度が焼却灰として排出される。この焼却灰については、バイオマス由来の再生資源であり、土壌改良剤として農地で活用することができる。まとまった量を保管し、定期的に農地に還元することが適切であると考えられる。

⑤故障への対応

故障時の対応は、運営組織ではできないため、専門知識を持った業者に依頼する必要がある。

スターリングエンジンによるバイオマス発電装置は、シンプルな作りであることを特徴としており、メンテナンス、故障への対応は自動車整備工程程度の知識があれば対応できると考えられる。故障時に日本からプロマテリアルが修理に訪問することは現実的ではないため、インドネシア共和国の協力事業者が故障時の対応を依頼することが考えられる。本事業で訪問した PT. Laugit Laut Biru や Akademi Teknik Mesin Industri Surakarta (スラカルタ産業機械技術アカデミー)などは、協力事業者の対象となるとみられる。

(3) 装置の設置

本発電装置は、小型のバイオマス発電装置であるため、装置の設置には広い場所を取ることはない。本事業で実証プラントとして設置した 3kW の発電装置は、6m×2m 程度の場所があればよい。機器設置以外にも、まとまった量のバイオマス燃料を保管しておくためのストックヤードが必要となる。ただし、シッカ県のような地方部では、土地の確保は大きな問題にはならないと考えられる。

(4) バイオマス収集

上記で検討したように、シッカ県には、バイオマス発電に十分な賦存量が存在している。特に、ココヤシの殻及び繊維、カカオの殻、キャンドルナッツの殻は、加工場や農場からまとまった量が排出されるため、効率的な収集が行いやすい。

これらのバイオマスは、現状ではほぼ廃棄されている状況であり、燃料として収集することが十分に可能であるとみられる。ただし、これまでは廃棄物として金銭的な価値がついていなかったこれらのバイオマス系廃棄物でも、新たに燃料として収集するようになれば価値が認識されるようになるため、一定の金額で買い取る必要が出てくることになる。これは発電事業としてはある程度は収益を圧迫することになるものの、地域に資金が還元されることになるという考え方ができる。

(5) 初期投資

本事業でもっとも大きな課題となるのが初期投資の負担である。

本技術のターゲット価格は 50 万円/kW としているが、10kW でも 500 万円の初期投資がかかることになる。フローレス島の無電化の村が初期投資 500 万円を負担することは現実的には困難であると考えられる。このため、初期投資については、何らかの補助が必要となると考えられる。

2.7 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール

2.7.1 現地パートナー企業の発掘

製造やメンテナンスについては、現地企業との協力をを行い、製造コスト削減やメンテナンスの現地化を行う必要がある。

パートナーとなりうる Akademi Teknik Mesin Industri Surakarta (スラカルタ産業アカデミー、ATMI)、PT. Laugit Laut Biru、PT. Aristo Satria Mandiri Indonesia を訪問し、今後の協力依頼と、当該企業の持つ技術の概要把握を行った。

将来的に、プロマテリアルはカウンターパートナーとの合弁でインドネシア共和国に代理店を設置することも検討する。その代理店が本発電システムを IPP や工場等のエンドユーザーへの販売及びメンテナンスを行う。プロマテリアルは、機器の販売だけでなく、現地での運用体制構築の支援なども行っていく。スターリングエンジン本体を含む設備を現地生産可能なものとしていき、それによりコストを下げ、現地側の参加を促し雇用も生み出していくことを検討する。

これらの企業に対しての訪問ヒアリングの概要は、以下の通りである。

(1) PT. Laugit Laut Biru (日本名：(株)青い海の空)

- ・施設及び設備：金属の溶接、旋盤、組立、加工を始め、木材加工、エンジン等のメンテナンス、自動車、バイク等のメカニック及び家電製品等の保守も可能である。人材的にも図面を読める技術者も含め、手慣れている職人もいる。

- ・PT. Laugit Laut Biru は、マウメレ教区の司教と、ATMI (Akademi Teknik Mesin Industri Surakarta、スラカルタ産業機械技術アカデミー) が半々に出資して、2010 年に設立された。現在 15 名のスタッフがいる。

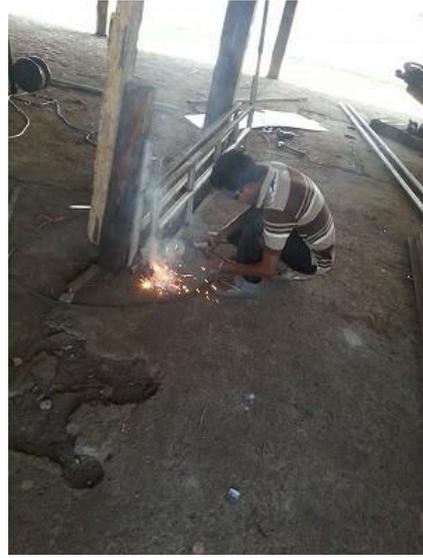
- ・これまで、木材加工、自動車・オートバイの修理、海藻加工、職業訓練などさまざまな事業・活動を行ってきたが、今後はその中の職業訓練部門をポリテクニクとして独立させ、力を入れていく計画である。

- ・スターリングエンジンやこのプロジェクトの説明をしたところ、非常によいアイデアであり、この辺りは、無電化の村がたくさん存在しているので、そこで出たゴミなどの素材を活用して発電できれば素晴らしいことである。

- ・製造コストを下げるため、将来的に現地で生産することも踏まえて協力の依頼し、快諾を得た。

- ・工作機械もあり、試作も可能である。技術は違うが、廃食用油を用いて動かすエンジンもここで作ったことがある。新製品開発は通常スラカルタで行っている。

- ・人材の訓練のためにも、スターリングエンジンに対する協力は歓迎する。



2-16 PT. Laugit Laut Biru の工場

(2) Akademi Teknik Mesin Industri Surakarta (スラカルタ産業アカデミー、ATMI)

- ・ ジョグジャカルタのカトリックの工業系私立大学である。各種の工作機械を取り揃えている。日本の自動車メーカーから研修目的で部品の受注を受け、販売した利益は大学の運営資金に充てている。R&D 部門は、民間企業との協力を行っている。
- ・ PT. Laugit Laut Biru のように、同大学が出資して設立された企業が国内に多く存在している。
- ・ 国内での技術者養成機関として、評価が高い。
- ・ 自前の太陽熱スターリングエンジン発電システムの開発を行っている。システムは集熱ユニットも全て含めて 250 百万 IDR/1.5kW である。基本設計はドイツから来ている。
- ・ スターリングエンジン製造の協力可能性については、部分的な生産が可能である。具体的には今後、図面などスペックを見た上で協議していくことになる。



図 2-17 Akademi Teknik Mesin Industri Surakarta の生産施設（左）と、自社開発の太陽熱型スターリングエンジン発電設備（右）

(3) PT.Aristo Satria Mandiri Indonesia

- ・ジャカルタの機械製造会社である。本プロジェクトの概要及び将来的なビジネスプランを説明し、同社が今後、生産及びメンテナンス、販売に関して具体的にビジネスパートナーとなり得るかどうか、また、インドネシア国内でのスターリングエンジン発電システムの生産に関しての技術的課題を確認するためにジャカルタにある同社を訪問した。
- ・同社は設計から、各種切削加工、金属加工、精密加工、アッセンブルまで行うことができる製造機械、技術者を有する。特筆すべきは金属金型の製作まで行っており、精度に関する検査体制等は充実している。
- ・本事業の説明及びスターリングエンジンの構造、基本原理、主要パーツのマテリアル、製造課題や、同エンジンを使った分散型発電システムの構築に必要な各種アプリケーションについてレクチャーを実施した。また、インドネシア国内のバイオマス発電、無電化地域における電気ニーズの状況に基づいたマーケットについて意見交換を行った。
- ・同社工場を見学し、彼らの持つ機械設備及び、技術者のレベル、現在製作・納品している部品及び製品類についての説明を受けた。
- ・精密加工については3軸のマシニングを中心に使用している。韓国・台湾の最先端の設備においては5軸、6軸のものも見かけるが、3軸機械を使いこなしており、また、ATMI等、工業大学出身の若く、知識、技術習得欲の高い技術者も多くいることもプラス材料と判断した。インドネシアの標準機械設備で対応できるような部品に日本国内で一部改良する必要はあるが、設備面、人材面、コスト面、また、自動車産業も発達していることから、鋼材の調達面からも非常に有利であると判断した。



図 2-18 PT.Aristo Satria Mandiri Indonesia の工場

2.7.2 投資計画及び流通販売計画

(1) 事業化スケジュール

プロマテリアルでは、2013年度に本調査を実施し、その後約1～3年間はODAを活用して実証機機の運転、住民参加の仕組みのモニタリングを試行するとともに、普及のための働きかけを開始することを想定している（2014年～）。将来的に100台程度の見込みが立てば、現地組み立てのための投資・事業を開始する（2016年以降）。

表 2-15 事業化スケジュール

	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
本調査(F/S)	→					
デモ機の運転期間		→	現地移行・NGOあるいはJICA事業によるモニタリング			
インドネシア国内普及期間	→ 事業準備				
現地生産・事業開始			→		
			目標 100 台			目標 2000 台

(2) 現地企業との協力

本調査で訪問し、協力を依頼したATMI（Akademi Teknik Mesin Industri Surakarta）、PT. Laugit Laut Biru、PT.Aristo Satria Mandiri Indonesiaが製造やメンテナンスにおける現地協力企業となることが可能である。現地ニーズの把握と、運転に関わるノウハウの普及にあたっては、本調査の外注先であるYDDの協力を得ることができる。

(3) 他地域への拡大計画

上記表の「インドネシア国内普及期間」に示すように、2015年頃よりインドネシア普及のための営業・事業開発活動に入ることを目指す。本調査以降も協力会社との調整を行い、有望な代理店候補があれば、インドネシア共和国内の営業、販売、メンテナンスについて交渉し合意する。

2.8 リスクへの対応

本事業を実施するに当たってのリスクとその対応方法は、以下の通りである。

(1) 事前に想定されたリスク

表 2-16 事前に想定されたリスクと対応方法

項目	リスク	対応方法	調査結果
燃料調達	稼動のためには、バイオマスの継続的な収集が必要となる。	現在廃棄物になっているものを、一定のコストをかけて収集する。	バイオマスの賦存量は、地域ごとに十分であることを現地訪問や統計調査で確認した。
	燃料に適したバイオマスが地域に存在する必要がある。	発電装置導入地域の選定にあたって、事前に主要なバイオマスの種類と収集方法を検証しておく。	各地域にはキャンドルナッツ、ココヤシ、カカオの廃棄物がまとまった量が発生することを確認した。
	通年で安定したバイオマスの確保が必要となる。	近隣の複数の農園等と長期調達の覚書を交わす。	ココナッツやカカオ農園からは、安定した量のバイオマスが発生することを確認した。
維持管理	現地で稼動する人たちに、電気の使い方や、発電の仕組みについて理解してもらう必要がある。	村の運営団体から、メンテナンスの担当者を選定してもらい、研修等を行う。	太陽光発電での電化を行っている地域では、県が村のメンテナンス要員を育成していることを確認した。
	燃料の含水率が高いと、燃焼効率が悪くなる可能性がある	自然乾燥で乾燥した燃料から燃料を用いていく。または前処理で余熱を用いた燃料の乾燥工程を入れる。	地域で集まる主要なバイオマスについて燃焼試験を行い、発電が可能であることを確認した。
	定期的なメンテナンスや故障時の対応を現地で行う必要がある。	現地の協力会社に、本技術のメンテナンス等について学んでもらう。研修等を実施する。定期的な交換が必要になるとみられる部品については、協力会社に一定量をストックする。	ディーゼル発電や太陽光発電では、村の人員でメンテナンスを行っていることを確認した。
電力供給	インドネシアでは系統電力の価格が安いいため、系統電力の価格での売電価格では、事業採算性が合わない可能性がある。	FIT を活用して、バイオマス発電による電力を高値で PLN に販売し、収益を向上させる。	以下のようなスキームが成り立つことについて、PLN に確認した。FIT を用いることで、採算性が向上する。 ・固定価格買取制度 (FIT) を用いて、FIT 価格での売電を PLN に対して行う。

項目	リスク	対応方法	調査結果
			・ PLN は住民に対して、市場価格で売電する。
	無電化地域では、電気料金の徴収が難しい可能性がある。	FIT を活用できれば、料金徴収は PLN が行うことになる。	FIT を活用して発電事業を行う場合、送電網の整備と料金徴収は PLN が実施することになることを確認した。

(2) 新たに顕在化したリスク

表 2-17 新たに顕在化したリスクと対応方法

リスク	対応方法
燃料となるバイオマスについては、現在廃棄物として捨てられているが、燃料として利用できるようになった場合には、値がつくことになる。値が上がった場合、売電事業としては収益を圧迫する可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事業計画を立てる際に、有価での買取を想定しておく。 ・ 村から発生するバイオマス燃料として活用することができれば、村の中で資金が回ることになり、村の中の経済としてはマイナスにならない。
発電の事業主体に誰になるのかが不確定である。	運営は村の自治的な運営組織になるものの、初期投資の負担は国、自治体や企業などが行うことが現実的である。
FIT を用いる場合には、IPP としての登録が必要。村の運営組織が申請を実施するのは困難な可能性がある。	現地で販売やメンテナンスを行う協力企業が手続きを代理で行う方法が考えられる。手続きのプロセスについては、今後、事業化の前の実証導入等で必要なプロセスを経る中で、PLN と連携を取りながら、課題の洗い出しと解決方法を検証していく必要がある。

第3章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）

3.1 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の概要

3.1.1 製品・技術の紹介

本調査で紹介した小型バイオマス発電システムの概要を表 3-1 に、実証プラントの発電システムの配置図及び発電システムの設置外観を図 3-1 に示した。本発電システムの特徴であるスターリングエンジンの仕組みと発電システムの技術的特徴については、第 2.1 項に前述したとおりである。

表 3-1 実証プラントの概要

対象	項目	内容
燃焼炉	燃料	木チップ、農業残渣などのバイオマス資源
	炉内容積	99L (400φ×790)
	燃焼方式	旋回燃焼
	発熱量	38kW
スターリングエンジン	形式	外部燃焼式 スターリングサイクル
	最大軸出力	3,500W
	作動媒体	空気（充填圧力 5bar）
	ヒーターヘッド温度	650℃
	冷却媒体	水

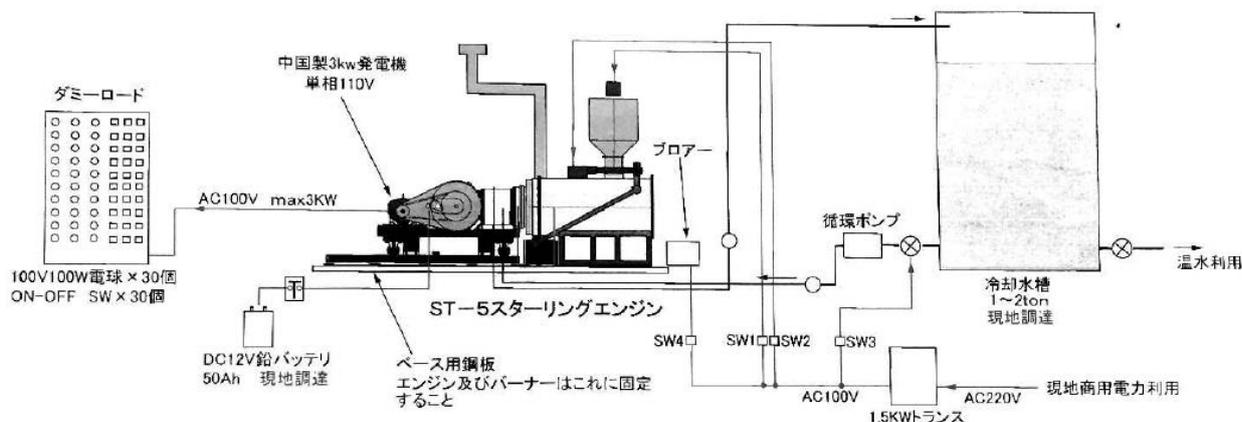


図 3-1 実証プラントの配置図



図 3-2 実証プラントの外観①



図 3-3 実証プラントの外観②

3.1.2 燃焼試験の概要

本調査における燃焼試験は、現地バイオマス資源による発電の確認と発電時の課題の把握を目的とした。市場調査を踏まえて、インドネシア共和国のフローレス島シッカ県地域で有望と考えられるココヤシ繊維、カカオの殻、キャンドルナッツの殻について、実証プラントで燃焼試験を行った。燃焼試験の概要を表 3-2 に示した。

今回実証試験を行った発電システムは、スターリングエンジンの受熱部が 600 度以上で発電するため、試験開始から燃焼炉内の温度が 600 度に到達するまでは、薪とおが屑を燃料とし、試験燃焼時は各バイオマス資源のみで燃焼した。

現地 NGO である YDD にも機器設置及び撤去、デモ機稼働の燃料投入等で作業をしてもらい、実証機の稼働方法や技術の仕組みについて理解をもらった。

表 3-2 燃焼試験の概要

項目	内容
バイオマス種類	ココヤシ繊維、カカオの殻、キャンドルナッツの殻、薪、おが屑
バイオマス前加工	雨よけ野積み乾燥
実施場所	ディアン・デサ財団ジャトロファセンター敷地内
電力需要先	LOAD 盤
稼働時間	2 時間程度
稼働日数	5 日間（2014 年 1 月 11 日～15 日）
燃料投入	各約 1kg、適宜手動で投入
残灰除去	試験後に手動で除去

3.1.3 ワークショップの概要

本発電システムの普及を目的に、ヒアリング調査に協力頂いた関係者らを対象に普及イベント（以下、ワークショップとする）を開催した。ワークショップでは、実証システムによる発電デモンストレーション、技術概要の説明、アンケート方式による参加者の意向確認とフリーディスカッションによる意見交換を行った。

ワークショップは2014年1月13日(月)～15日(水)の3日間実施した。

表 3-3 ワークショップの概要

項目	内容
開催日時	第1回：2014年1月13日(月)14:00～15:30 第2回：2014年1月14日(火)14:00～15:30 第3回：2014年1月15日(水)10:00～11:30
開催場所	ディアン・デサ財団マウメレ支部敷地内
実施内容	実証システムの発電デモンストレーション システム概要の説明 フリーディスカッション 参加者アンケート

3.2 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の結果

3.2.1 燃焼試験結果

燃焼試験より、いずれもバイオマス資源においても発電することが確認された。燃焼試験では、現地のバイオマス燃料でも発電可能であることの確認を第一に考えて実施したが、下記、3種類のバイオマス資源を燃焼した際のハンドリング性及び燃焼特性についても目視にて確認した。燃焼試験では、ワークショップとの兼ね合いもあり、出力を1kW前後に抑えて燃焼した。

いずれの燃料も燃焼することが確認できたので、今後は通年モニタリングによる燃焼及び発電の季節変化や必要となるメンテナンスの確認など、現地適合性を確認していく必要がある。

表 3-4 燃焼試験結果

項目	ココヤシ繊維	カカオの殻	キャンドルの殻
時間あたり燃料消費量(kg)	約 10kg	約 10kg	約 10kg
燃料投入時のハンドリング	素手で投入でき非常に投入しやすい。	形が崩れているため、スコップにて投入。	小さいためスコップで投入。
燃焼及び発電特性	約 1,025kWe の電力出力が得られた。投入直後の反応は悪いが、15分ほどで定常に達した。定常状態では安定して燃焼した。煙がやや多かった。	平均約 800We の電力出力が得られた。剪定枝やココナッツに比べると炉内温度の上がりが悪く（一番低くて 580 度）、出力が落ちる傾向になった。	平均約 936We の電力出力が得られた。炉内温度は 690 度～700 度であり、比較的安定した燃焼が確認された。

(備考)

- ・ 5分に1kgのインターバル投入であったため、投入直後は不完全燃焼となり効率が低下する。
- ・ チップのみの場合は、燃料の過不足が緩和されるので完全燃焼状態の時間が長く、炉内温度も高く安定し、発電出力も安定して高い出力が得られる。



図 3-4 燃料の剪定枝



図 3-5 燃料のおが屑



図 3-6 燃料のココヤシ繊維



図 3-7 燃料のカカオ殻



図 3-8 燃料のキャンドルナッツ



図 3-9 キャンドルナッツ燃焼の様子



図 3-10 燃料投入(カカオ殻)の様子



図 3-11 LOAD 盤

3.2.2 ワークショップの結果

ワークショップは予定していた3日間、滞りなく開催し、シッカ島の各行政関係者、国政府エネルギー鉱物資源省、PLN 職員、ATMIをはじめ延べ35人の参加を得た。ワークショップで得られたアンケートの結果及び主な質問事項を以下に記す。参加者へのアンケート及びフリーディスカッションから、本発電システムに対する以下の理解、普及の示唆を得た。

表 3-5 ワークショップ参加者所属一覧

分類	所属	人数
行政	エネルギー鉱物資源省	2
行政	ワトゥメラ村	2
PLN	PLN 東ヌサトゥンガラ州本社	2
PLN	PLN 東フローレス支部	2
PLN	PLN 東フローレス支部	1
NGO	NGO 法人プランインドネシア	1
NGO	NGO 法人 WVI	1
学生	UNIPA(マウメレ市内大学)	1
学生	ライデン大学(オランダ)	1
研究機関	チャンドラ・アディティア	1
その他	回答なし	1
	集計中	20
合計		35



図 3-12 ワークショップ受付



図 3-13 実証プラントの説明の様子①



図 3-14 実証プラントの説明の様子②



図 3-15 ディスカッションの様子

(1) ワークショップ参加者へのアンケート結果

① 今回紹介した発電機を実際に使うことに興味があるか。

本発電システムに対する関心は極めて高く、たいへん関心があるが 16 名、関心があるが 12 名であった。「興味はあるが現実的ではない」、「関心はない」といった回答はゼロであった。

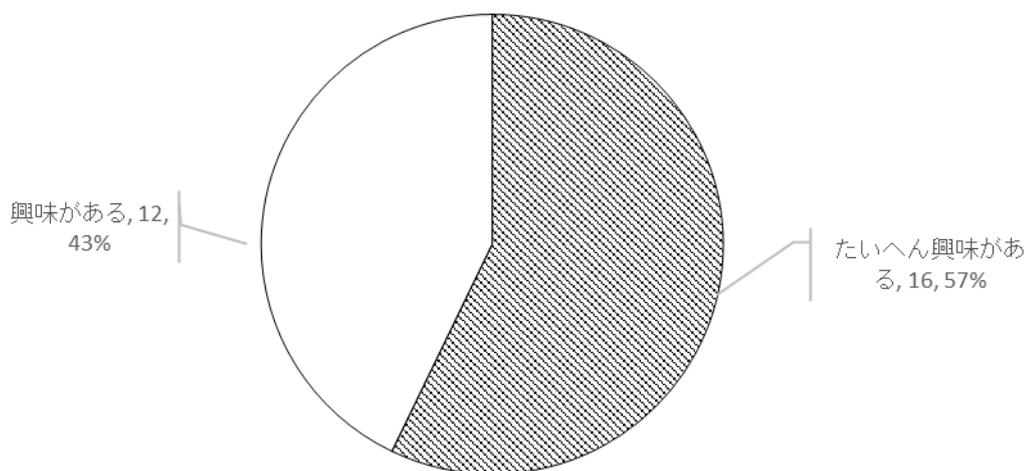


図 3-16 本発電システムへの関心(N=28)

② 今回紹介したバイオマス方式の発電を行う場合、どのような用途・規模での発電が考えられるか。

本発電システムに期待する用途としては、無電化の村への電化が圧倒的に多く、規模としては 5kW～50kW であった。実際に無電化の村人からは 10kW、電力会社関係者からは大きめの 50kW を期待する声が寄せられた。「事業用発電」は、NGO 関係者からココヤシを使った 5kW のみの 1 件であった。

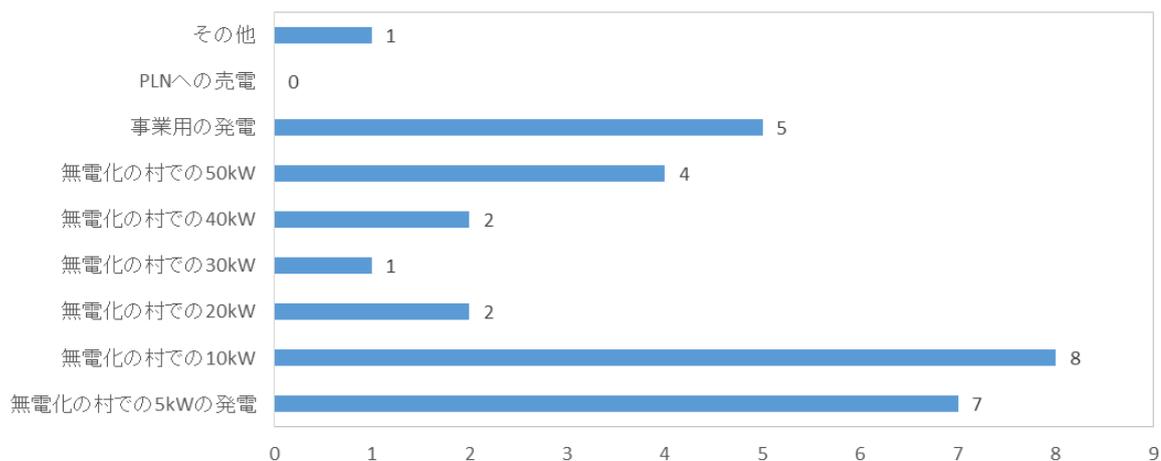


図 3-17 本発電システムに期待する用途 (N=28)

③ 今回紹介した発電機を使う場合、貴方の地域ではどのような燃料で発電したいと思うか。
 本発電システムを導入した場合に、地場で燃料として活用できそうなものを聞いたところ、薪が最も多く、18名件、ついでココナッツ椰子の殻が15名、キャンドルナッツの殻が13名という回答が得られた。その他としては、籾殻やプラスチック廃棄物などの声があった。

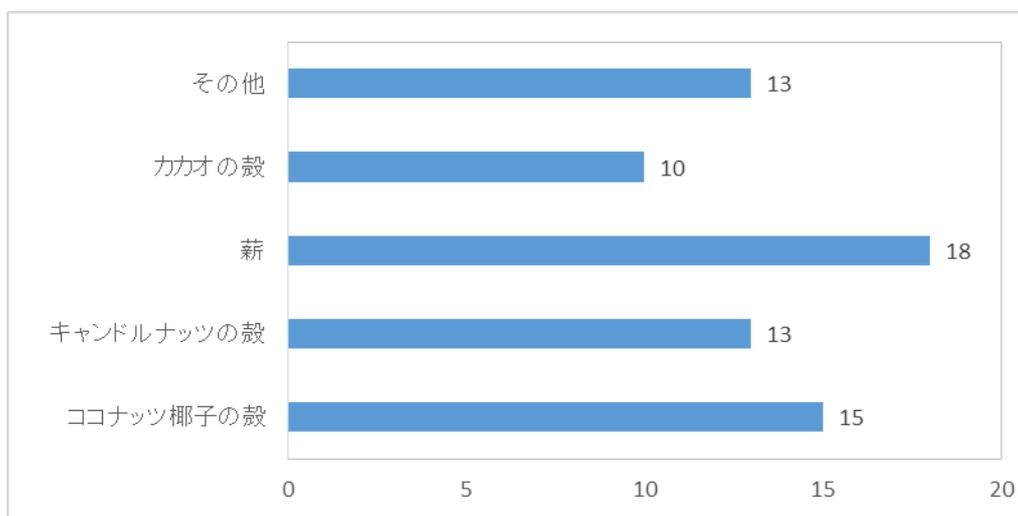


図 3-18 燃料として適しているもの (N=28)

④ バイオマス発電の導入により期待することはどのようなことか。
 本発電システムの導入で期待することとしては、「無電化村の照明の改善」と「発電用の石油燃料の節約」が最も多く17件、照明以外の電気消費が6件となった。

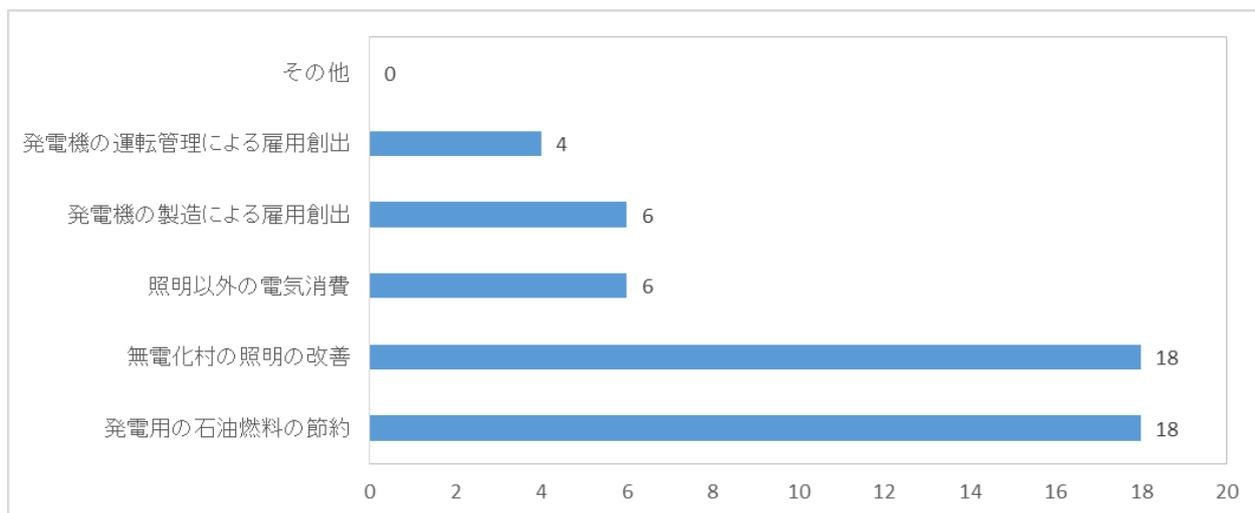


図 3-19 バイオマス発電の導入で期待すること (N=28)

⑤ 今回紹介した発電機を使う際に難しいと感じることはどのようなことか。

本発電システムを使う上で難しいと感じるところについて、発電機の運転管理が 11 件、燃料の収集・確保が 9 件であった。その他の意見としては、初期投資や予備パーツの確保、燃料収集の仕組みづくり、といった声があった。

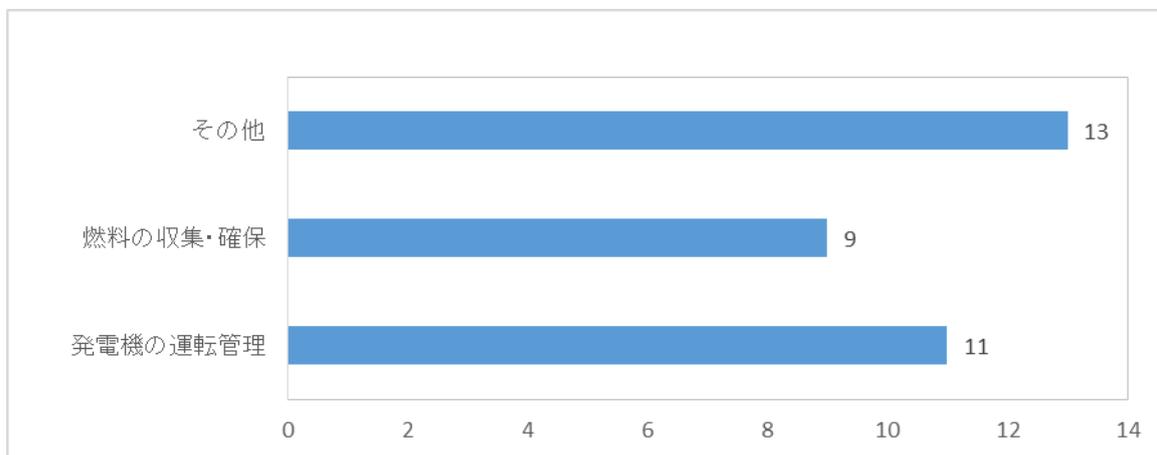


図 3-20 本発電システムで難しいと感じるところ (N=28)

⑥ その他、ワークショップや発電機に対する感想について

その他、ワークショップ参加者からの自由コメントとして、以下のような意見があった。

- ・ 東ヌサトゥンガラ州にはまだ電化されていない山岳地域の村が多くある。そのため、このスターリングエンジンがあれば、村の協同組合と協力して発電事業を行うことができる。
- ・ 技術開発が進んで、特にシリンダー中のピストンがより早く動くように、それによって必要なエネルギーが少なく、(もし燃料確保が難しい地域では) 必要な燃料もより少なくなるようになると良いと思う。
- ・ 東ヌサトゥンガラ州には無電化地域(特に僻地の村など)がまだ多いので、スターリングエンジンのニー

ズは高い。しかし、装置は自動的に動くように設計したほうが良い。

- ・ 政府・住民への普及宣伝活動を頻繁に行ったほうが良い。
- ・ スターリングエンジンはフローレスでの使用に適している。
- ・ 興味深い革新である。
- ・ 適正技術だと思う。住民はいつも実物を見て初めて新しい技術を信じるので、このワークショップはとても良い。
- ・ もしできれば、システム（特に燃料関連）の改善に協力したい。
- ・ このワークショップは無電化の村の住民にとって非常に有益なものである。このプロジェクトで私達の村を支援していただけるとありがたい。
- ・ 私達の村はまだ電化されていないので、ぜひ私達の村を支援して下さい。
- ・ このスターリングエンジンを利用するのは十分に良いことだが、実際に利用するにはもう少し勉強が必要だ。
- ・ 素晴らしい。東ヌサトゥンガラ州における新しい打開策となる。東ヌサトゥンガラ州の発展のためにこの事業が順調に進むことを祈る。
- ・ このスターリングエンジンは、まだ電化されていなく、廃棄物（例えば農業廃棄物）の多い村にとって非常に有用なものであるし、その需要は十分に高い。
- ・ この装置は非常に効率的、効果的である。どのように協力していけばよいのか。もし値段が手頃なものになれば、私達の職場で使うのに非常に適している。
- ・ この装置は非常に有益で、農民・事業者・農園に適したものである。問題は価格がまだ高いことである。
- ・ フローレス島内のほぼ全ての県に PLN の電力グリッドが入っていない村々がある。この技術は大変魅力的で、住民はきっと関心を持つに違いない。
- ・ エンデ県でもパイロットプロジェクトを実施してほしい。
- ・ ワークショップだけでなく、（この事業を引き続き実施して）装置の運転のトレーニングも実施してください。
- ・ 燃料が自動的に供給されるように改造すべき。エンデ県でも試験運転・パイロットプロジェクトを実施してほしい。既存の発電機の代替用として事業所や村で普及活動を行ったほうが良い。

(2) ワークショップ参加者との意見交換

ワークショップでは、3日間で述べ28名の参加があり、本発電システムに対する活発な質問や意見交換が交わされた。以下に、ワークショップで上がった具体的な質問や意見を紹介する。

- ・ スターリングエンジンによる本発電システムの特徴は何か。
 - 発電の中でも最もシンプルにできる方法の一つであり、シンプルであるが故にイニシャルやランニングコストを抑えることができる。
- ・ 今回の発電システムでは、燃料として使用するバイオマスの基準はあるのか。また、灰分はどの程度まで許容できるのか。
 - スターリングエンジンとしての基準はなく、燃焼炉の問題となる。灰分についても、木材などの一般的なバイオマスでは4~5%と認識しているが、籾殻のように灰分を20%含むものでも発電している。

- ・ メンテナンスは具体的にどのようなことをどのくらいの頻度で実施する必要があるのか。
 - ▶ まず特徴として、一般の内燃式エンジンに比べると圧倒的に部品点数が少ない。エンジンのメンテナンスとしては、伝熱部分の清掃を1年に1回やるかやらないか、程度である。
- ・ 燃料として、廃プラスチックなどのごみも使えるのか。都市から出てくるごみに含まれるプラスチックも燃やせるか。
 - ▶ 結論としては使えるが、都市ごみでは塩化ビニールによるダイオキシンの問題もある。
- ・ 再生可能エネルギーの取り組みとしては、スンバ島で大規模な取り組みをしているが、PRの割にはあまりうまくいっていないと聞く。今回のような小型の発電システムでも、着実に実績を重ねていくことが重要である。
- ・ また、再生可能エネルギーは、石炭火力などに比べるとコスト高となる。最初は政府の補助なども得ながらうまく活用していくことが重要である。

以上のように、ワークショップ参加者の感想からは、大半の参加者がスターリングエンジンに関心があることがわかったが、それは石油系燃料ではなく、地域で採取できるバイオマスによって発電ができるという定性的・概念的な理由によるところが大きいと思われる。スターリングエンジンが実際に現地で受け入れられるものとなり、普及していくためには、以下の条件が欠かせないと考えられる。

- (1) 設備費が低廉であること。
- (2) 運転・保守費用(原料調達費を含む)が低廉であること。
- (3) 運転・保守作業(原料調達を含む)が容易で、使い勝手がよいこと。

それらを実現するための条件やプロセスを以下で検討する。

3.2.3 低コスト化のための検討

後出の「第3.3項採算性の検討」によれば、固定価格買取制度を利用し、1kW当たりの設備費を、日本での調達では最も安いレベルの50万円とした場合でも、3年以内での投資回収をするためには、無電化地域で住民主体のバイオマス発電事業を行う場合で85%、バイオマス排出事業者が自らバイオマス発電事業を行う場合で56%の補助率が必要となる。すなわち、自立的な普及を達成するためには、前者では初期投資額をおよそ6分の1に、後者でおよそ2分の1に下げる必要がある。住民への裨益を考えると、前者を達成できることが望ましいが、そのような格段の低コスト化を実現するためには、設備の現地生産化をはかっていくことが欠かせない。現地で生産することは、低コスト化の達成とともに、現地での雇用を生み出し、現地の人々の能力向上につながる。また、単に製造コストの低廉化ばかりか、外国から輸送する輸送費の節約にもなる。さらに、インドネシア国内で生産できる体制を整えることができれば、故障の際の補修も現地で行えることになって好都合である。

現地生産を進めるためには、欧米や日本にある技術をそのまま持ち込むのではなく、装置の設計自体を、現地の条件に適合的なものにしていく必要がある。一般に、技術の現地への適合化は、

- ① 装置構成の単純化、簡素化
- ② 現地で入手しやすい材料の利用

③ 現地の産業基盤と人材への適合化

よってはかられる。但し、それは一概に技術の低レベル化を意味するものではなく、場合により、新しい発想の高度な技術が必要とされる。これらの条件を、運転・保守の低コスト化・簡便化をも考慮しつつ、スターリングエンジンの製造に即して展開すると、以下のようにになると考えられる。

(1) 作動ガスの圧力

スターリングエンジンの出力は、作動ガスの平均圧力、膨張空間の掃気容積、回転数にそれぞれ比例して増大する。したがって、作動ガスの圧力を増加すれば、同じ掃気容積、回転数においてはそれだけ出力が増す利点がある。一方、圧力を増すことは、それだけエンジンの耐圧性・耐久性と、運動部を密閉する動的シールのシール性を高める必要があり、材料面や機械加工面で、より高品質化・高精度化が求められる。

それらの得失を考慮しつつ、最適の作動ガス圧力が選択されるべきであるが、無電化村で用いるケースでは、設置面積・装置の嵩高さにはあまり制約がかからず、現地生産を進めるためには製造しやすさが重要である。さらに、(2)で述べるように空気を作動ガスとして用いる場合は、高圧にすると酸素分圧が高まり、エンジン本体の劣化を早める。それらから、先進国で製造・設置する場合より低圧化の方向が望まれる。今回、インドネシアでテストした実証プラントは、運転時内圧が 0.5MPa とスターリングエンジンとしては低圧のものであるが、0.5MPa~1.0MPa 程度の圧力の採用が妥当と考えられる。

(2) 作動ガスの選択

一般に、エンジンの最高出力を与える回転数 n_{max} は、近似的には作動ガスの分子量の平方根にほぼ逆比例する。したがって、回転数 n_{max} において、分子量約 29 の空気に対して、分子量 2 の水素は約 4 倍、分子量 4 のヘリウムは約 2.5 倍の最高出力を与える。しかし、水素は爆発性気体で安全性に問題があり、また分子量の小さいガスほど漏えいのリスクが高く、ヘリウム同様、高度な性能を持ったシール機構が要求される。また、使用にともない、経時的な圧力の低下は避けられず、ガスを補充して圧力を保つ必要があるが、インドネシア現地において水素やヘリウムの入手は容易でなく、補充には困難が予想される。無電化村のような、都市と離れた地域では、なおさらである。これらのことから、作動ガスとしては空気をを用いることが望ましい。

(3) 熱交換器の設計と加熱温度

スターリングエンジンを構成する部品・部材の中で、熱交換器とピストンヘッドは、他の部品・部材より消耗が早く、容易に交換できる設計とする必要がある。そのことから、熱交換機の低廉化は必須の課題といえる。

実証プラントは、エンジンヘッド外壁に熱交換促進用のフィンが設置されているタイプで、エンジンヘッドの加熱温度は 650°C である。その程度の温度であれば、エンジン本体(シリンダー、ディスプレイサー、ピストンヘッド)を、汎用のステンレス鋼で製造することが可能であるが、700°C 以上の温度となると、多くの場合、耐熱性コーティングが必要となり、現地での製造が制約され、製作費・交換費用が高くなる。したがって、温度を 700°C 以下に制約することが望ましい。一方、上記のような構造を持った実証プラントの熱交換能力は限られているから、インドネシアでの製造適合性を確保しつつ、熱交換能力を増強し、エンジンへの入熱の増大をはかることが望まれる。

また、バイオマスを燃料として発電するスターリングエンジンの保守作業としては、熱交換器(ヒーター)の清掃が主なものであるが、インドネシアでも普遍的に用いられているエアークンプレッサー等で容易に清掃できる構造としたい。

(4) 循環冷却水の冷却機構

熱帯性気候のインドネシアでは、調達できる水の温度ならびに気温が高いため、冷却水の温度が高くなりやすい。また、今回の調査対象地域であるフローレス島は、概して水不足の地域であり、エンジンの冷却用の水は、循環して使わざるを得ず、そのことは冷却水の温度をさらに高めることになる。温水の用途は容易には見いだせない。したがって、何等かの循環冷却水の冷却機構が必要となるが、エアフィンクーラーを用いるのは、電力消費が大きく得策でない。ディアン・デサ財団ならびに APEX では、以前よりバイオマスガス化装置の生成ガス冷却用に、低揚程の循環ポンプ一台で足りる散水式の循環冷却装置を用いており、設置費用、運転費用とも低廉な冷却装置として有望である。

3.2.4 現地生産化のプロセスの例

インドネシアには、かつて砂糖産業が隆盛したジャワ島を中心に、機械工作や板金加工を行うワークショップ(Bengkel と呼ばれる)が無数に存在する。例えば、本調査でも訪問した ATMI は、機械工作分野ではインドネシアでも最高峰の技術レベルをもつといわれ、そこでは3次元 CAD/CAM や放電加工を含む精密加工を多々行っていた。それらから測られるインドネシアの機械工作技術の水準からして、3-2-1 で述べたような点に留意すれば、現地でのスターリングエンジンの生産と、その運転・保守は、十分に可能であると考えられる。

現地生産移行へのステップとして、第一段階では、難易度の高いエンジン本体ならびに制御機構については日本での生産とし、その他の部分を現地生産とすることが考えられる。エンジン本体も、(1)、(2)で述べた工夫などにより、コストを下げる。この段階では、ODA 資金の活用をはかりつつ、実証、周知と協力関係の構築をはかるのが得策である。

引き続き段階では、現地で100%生産することをめざし、その際の価格目標を、10kW のシステムで、約10万円/kW程度とすると、その目標達成により、自立的普及への基盤が整う。

表 3-6 は、そのようなプロセスを踏んだ場合の、各段階の設備費の試算例である。その後、量産段階に移行できれば、さらに格段なコストダウンをはかることができ、本格的普及が可能となるであろう。

表 3-6 現地生産化に伴う設備費(発電能力:10kW)の推移(例)

内訳	現状		一部現地生産		100%現地生産	
	円	%	円	%	円	%
熱交換器	1,000,000	20	200,000	6.8	200,000	20
エンジン本体	1,250,000	25	1,000,000 ^{*)}	33.9	250,000	25
動力伝達機構	750,000	15	150,000	5.1	150,000	15
発電機	250,000	5	50,000	1.7	50,000	5
クーラー	250,000	5	50,000	1.7	50,000	5
制御機構	1,500,000	30	1,500,000 ^{*)}	50.8	300,000	30
合計	5,000,000	100	2,950,000	100	1,000,000	100

^{*)}日本からの輸送費込み

3.3 採算性の検討

第 2.4 節及び第 2.6 節を踏まえて、採算性を検討すべき事業スキームを整理した。本調査では、無電化村を対象としているが、現地調査の結果、バイオマスの排出事業者である農園などにおける事業化もありうる事が明らかとなったため、プロマテリアルがインドネシア共和国で事業展開する際の有望市場の一つとして採算性を検討した。

表 3-7 採算性を検討した事業スキーム

ケース	事業主体	FIT 活用	概要
1	村住民組織	あり	2.4.2(1)のスキーム。村内の閉じたグリッドを PLN が整備し、FIT 価格で PLN に売電する。村民は発電した電力を通常の電力料金で PLN から通常の販売価格で購入し利用する。料金徴収や配電整備は PLN が負担する他、国による設備補助の併用利用も可能となる。
2	村住民組織	なし	2.4.2(2)のスキーム。PLN の関与はなく、発電、料金徴収、配電整備の全てを住民組織により行う。ワトワラ村のように PLN の関与がなく、自主管理でディーゼル発電をしている村が対象となる。国による設備補助を想定したスキームとなる。
3	農園等	あり	PLN の配電有無に関らず、農園加工所などバイオマスの排出事業者が自ら発電事業を行うスキーム。本調査の趣旨とは異なるが、調査を進める中で最も導入しやすいスキームと考えられたため、本項にて事業性のみ評価する。

3.3.1 無電化村で FIT による住民主体のバイオマス発電事業を行う場合（ケース 1）

(1) 前提条件

当該ケースにおける前提条件を下表に整理した。ディーゼル発電を行っている無電化村へのヒアリング結果より、住民主体での発電機稼働はコスト削減の観点から 4 時間/日であったが、①本事業においては稼働率を上げるほど収益性がよくなること、②4 時間/日で発電した電力の用途が照明に限られており、冷蔵庫やテレビといった生活家電でのポテンシャルは高いこと、この 2 点から 12 時間/日の稼働を想定した。発電主体となる住民組織は、ディーゼル発電による自立発電組織を運営していたワトワラ村と同様に、持ち回りで管理するものの作業員は 1 名とし、運転管理費はインドネシア共和国の賃金相場から算出した 7,000IDR/時間を計上した。

燃料となるバイオマス資源の調達については、住民が周囲の山林から薪などを無料で集めてくることが考えられるが、燃料として販売可能となると従来無償であったものに価格がつくようになるとの既存事例もあることから、既に有償取引が行われている農園の販売価格を参考とした。

ココナッツ農園及びカカオ農園への現地調査では、これらの農業残渣は現状、野積み又は 500IDR/kg 以内で販売されているということであったため、買取価格を 100IDR/kg と想定した。

表 3-8 無電化地域で住民が FIT を活用しバイオマス発電事業を行う場合の前提条件

項目	数量	単位	備考
為替	90	IDR/JPY	
初期投資	450,000,000	IDR	発電規模 10kW 単価 45,000,000 IDR/kW
導入補助			
プラント稼働日	365	days/year	稼働日発電時間 12 時間/日を想定
年間発電量	43,800	kWh/年	
売電単価	1,590	IDR/kWh	東ヌサトゥンガラ州の売電価格 Rp.1,325/kWh × 1.2(低電圧)
売電電力(発電機端発電量の)	100%		全量売電想定
燃料消費量	3	kg/kWh	一般的な木質バイオマスを想定
燃料調達費	100	IDR/kg	自社工場・農園等にて発生することを想定
メンテナンス費	4,500,000	IDR/年	
運転管理費	7,000	IDR/時間	稼働時間中常時 1 人配置を想定

(2) 事業性評価結果

表 3-9 の通り、上記前提条件における事業採算性の確保は困難な結果となった。事業が成り立たない最大の理由は、キャッシュフローで明らかな通り、毎年の売電収益約 70 百万 IDR に対して、450 百万 IDR が大きすぎることである。本事業を事業として成立させるためには、①初期投資の低コスト化、②補助金の活用による初期投資の軽減、③買取価格の引上げによる売電収入の拡大、などが考えられる。

①低コスト化については、第 3.2.3 節及び第 3.2.4 節にて前述したとおり、スペックの見直しや生産の現地化が考えられる。②補助金の利用については、表 1-4 に掲載した政府支援策の活用などが考えられる。

表 3-9 無電化村で住民主体が FIT によるバイオマス発電事業を行う場合の事業性評価

		(百万IDR)										
項目		1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	15年目
収入	売電収入	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
	補助金	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	計	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
支出	初期投資	450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	燃料調達費	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
	メンテナンス費	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	運転管理費	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
	計	498	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
キャッシュフロー		-429	-407	-386	-365	-343	-322	-301	-279	-258	-237	-130

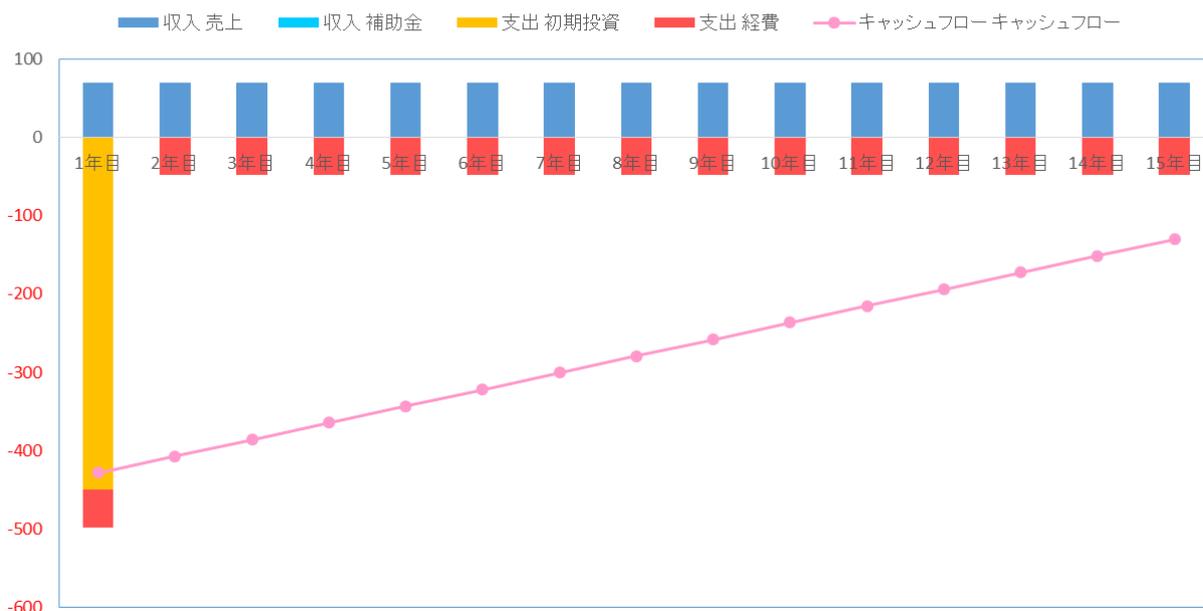


図 3-21 無電化村で住民主体が FIT によるバイオマス発電事業を行う場合の事業性評価(百万 IDR)

(3) 事業改善時の採算性

インドネシア共和国の政府関係者や無電化村住民へのヒアリング調査より、投資回収年数 3 年以内であれば現地住民による投資は十分に成り立つことから、現状は太陽光発電などと同様に、表 18 に掲載したインドネシア政府の補助金を活用して事業性を確保することを想定した。具体的には、初期投資の 85% の補助があれば下表の通り、3 年以内の投資回収が可能となる。太陽光発電では、100% の補助もなされていることから、導入初期段階では十分にありうる補助といえる。

以上より、インドネシア共和国の無電化村に本技術を導入する場合、現状は初期投資の 85% を補助金によって賄い、且つ発電した電力は全量 FIT の売電価格で販売することが条件となる。前述したとおり、インドネシア共和国政府は、無電化地域の電化支援として太陽光発電に対して全額補助をしている事例もあり、設備単価で見ると 50 万円/kW~100 万/kW に該当する。これは、本発電システムの設備単価 50 万円/kW 以上であることから、インドネシア共和国での導入初期としては十分に期待できるといえる。

表 3-10 3 年以内の投資回収想定時の前提条件及びキャッシュフロー

項目	数量	単位	備考
為替	90	IDR/JPY	
初期投資	450,000,000	IDR	発電規模 10kW 単価 45,000,000 IDR/kW
導入補助	85%		
プラント稼働日	365	days/year	稼働日発電時間 12 時間/日を想定
年間発電量	43,800	kWh/年	
売電単価	1,590	IDR/kWh	東ヌサトゥンガラ州の売電価格 Rp.1,325/kWh × 1.2(低電圧)
売電電力(発電機端発電量の)	100%		全量売電想定
燃料消費量	3	kg/kWh	一般的な木質バイオマスを想定
燃料調達費	100	IDR/kg	自社工場・農園等にて発生することを想定
メンテナンス費	4,500,000	IDR/年	
運転管理費	7,000	IDR/時間	稼働時間中常時 1 人配置を想定

(百万IDR)											
項目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	15年目
収入											
売電収入	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
補助金	383	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	452	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
支出											
初期投資	450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
燃料調達費	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
メンテナンス費	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
運転管理費	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
計	498	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
キャッシュフロー	-46	-25	-3	18	39	61	82	103	125	146	253

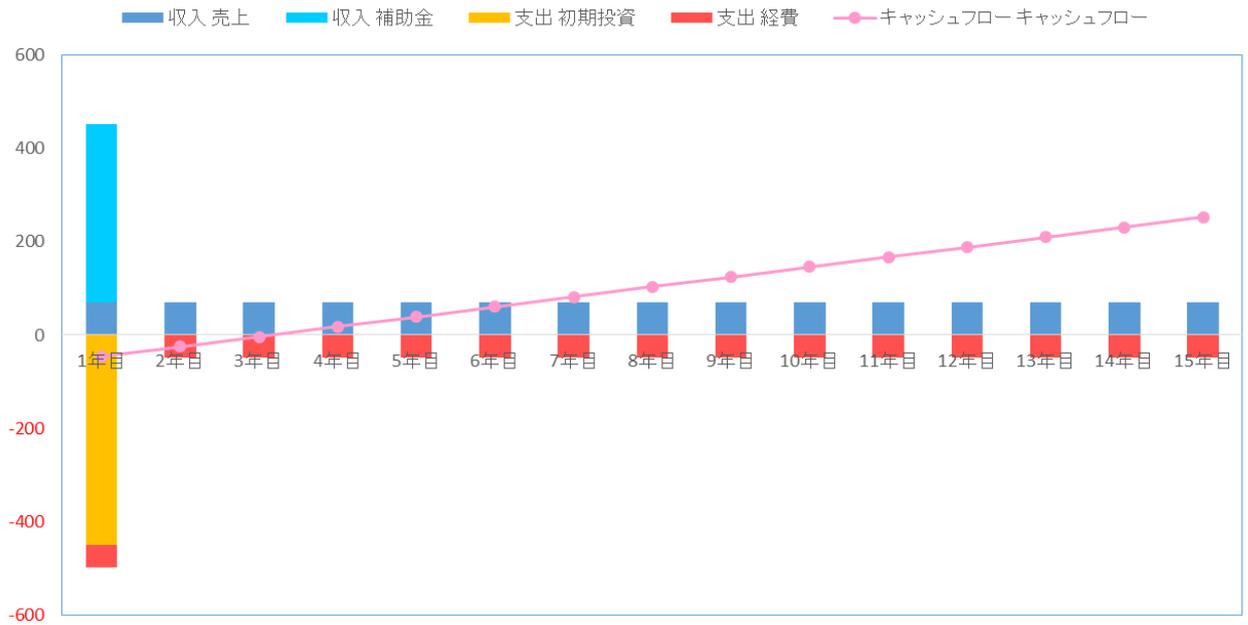


図 3-22 無電化村 設備補助 85%のケース(百万 IDR)

3.3.2 無電化村で FIT を活用せずに住民主体のバイオマス発電事業を行う場合(ケース 2)

(1) 前提条件

当該ケースにおける前提条件を下表に整理した。売電価格以外の前提条件は、前項と同じとなるが、FIT 価格での売電においても補助金なしでは事業性の確保は出来ないことから、本ケースでは太陽光発電と同様に 100%の設備補助を前提とした。

表 3-11 無電化地域で住民が FIT を活用使わずにバイオマス発電事業を行う場合の前提条件

項目	数量	単位	備考
為替	90	IDR/JPY	
初期投資	450,000,000	IDR	発電規模 10kW 単価 45,000,000 IDR/kW
導入補助	100%		
プラント稼働日	365	days/year	稼働日発電時間 12 時間/日を想定
年間発電量	43,800	kWh/年	
売電単価	1,590	IDR/kWh	東ヌサトゥンガラ州の売電価格 Rp.1,325/kWh × 1.2(低電圧)
売電電力(発電機端発電量の)	100%		全量売電想定
燃料消費量	3	kg/kWh	一般的な木質バイオマスを想定
燃料調達費	100	IDR/kg	自社工場・農園等にて発生することを想定
メンテナンス費	4,500,000	IDR/年	
運転管理費	7,000	IDR/時間	稼働時間中常時 1 人配置を想定

(2) 事業性評価

上記前提条件における事業性は、発電単価にて評価した。単年のキャッシュフローと年間発電量から算出した平均発電単価は、1,103IDR/kWh となる。これは、ディーゼル発電において、初期投資を 1 万円/kW、ディーゼルの調達単価を 7,000IDR/L、燃費を 0.3L/kWh、ディーゼル発電の寿命を 3 年、メンテナンス費なし、運転管理費 7,000IDR/h とした場合の発電単価 2,868 IDR/kWh の半値以下の値段であり、ディーゼル発電と比較した場合、住民の投資インセンティブが働く単価となる。

表 3-12 前提条件によるバイオマス発電の単年キャッシュフローと平均発電単価

■キャッシュフロー		(IDR)										
項目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	15年目	
収入												
売電収入	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
補助金	450,000,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
計	450,000,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
支出												
初期投資	450,000,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
燃料調達費	13,140,000	13,140,000	13,140,000	13,140,000	13,140,000	13,140,000	13,140,000	13,140,000	13,140,000	13,140,000	13,140,000	
メンテナンス費	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	4,500,000	
運転管理費	30,660,000	30,660,000	30,660,000	30,660,000	30,660,000	30,660,000	30,660,000	30,660,000	30,660,000	30,660,000	30,660,000	
計	498,300,000	48,300,000	48,300,000	48,300,000	48,300,000	48,300,000	48,300,000	48,300,000	48,300,000	48,300,000	48,300,000	
単年キャッシュフロー	-48,300,000	-48,300,000	-48,300,000	-48,300,000	-48,300,000	-48,300,000	-48,300,000	-48,300,000	-48,300,000	-48,300,000	-48,300,000	
発電単価	1,103	1,103	1,103	1,103	1,103	1,103	1,103	1,103	1,103	1,103	1,103	

表 3-13 ディーゼル発電の前提条件と平均発電単価

■前提条件

項目	数量	単位	備考
為替	90	IDR/JPY	
初期投資	9,000,000	IDR	発電規模 10kW 単価 900,000 IDR/kW
導入補助			
プラント稼働日	365	days/year	稼働日発電時間 12 時間/日を想定
年間発電量	43,800	kWh/年	
売電単価		IDR/kWh	
売電電力(発電機端発電量の)			
燃料消費量	0.3	L/kWh	一般的な木質バイオマスを想定
燃料調達費	7,000	IDR/L	自社工場・農園等にて発生することを想定
メンテナンス費		IDR/年	
運転管理費	7,000	IDR/時間	稼働時間中常時 1 人配置を想定

■キャッシュフロー

項目		(IDR)										
		1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	15年目
収入	売電収入	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	補助金	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
支出	初期投資	9,000,000	0	0	9,000,000	0	0	9,000,000	0	0	9,000,000	0
	燃料調達費	91,980,000	91,980,000	91,980,000	91,980,000	91,980,000	91,980,000	91,980,000	91,980,000	91,980,000	91,980,000	91,980,000
	メンテナンス費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	運転管理費	30,660,000	30,660,000	30,660,000	30,660,000	30,660,000	30,660,000	30,660,000	30,660,000	30,660,000	30,660,000	30,660,000
	計	131,640,000	122,640,000	122,640,000	131,640,000	122,640,000	122,640,000	131,640,000	122,640,000	122,640,000	131,640,000	122,640,000
キャッシュフロー		-131,640,000	-122,640,000	-122,640,000	-131,640,000	-122,640,000	-122,640,000	-131,640,000	-122,640,000	-122,640,000	-131,640,000	-122,640,000
発電単価		2,868	3,005	2,800	2,800	3,005	2,800	2,800	3,005	2,800	2,800	3,005

3.3.3 バイオマス排出事業者が自らバイオマス発電事業を行う場合（ケース 3）

(1) 前提条件

ココナッツ農園などのバイオマス排出事業者が自らバイオマス発電事業を行うケースにおける、前提条件を下表に整理した。法人事業主体であることから稼働時間は 24 時間/日とし、年間 330 日の稼働を想定した。燃料とするバイオマス資源の調達コストは、自らの農園で発生する農業残渣を利用するため、ゼロとした。

表 3-14 バイオマス排出事業者が自らバイオマス発電事業を行う場合の前提条件

項目	数量	単位	備考
為替	90	IDR/JPY	
初期投資	450,000,000	IDR	発電規模 10kW 単価 45,000,000 IDR/kW
導入補助	0%		
プラント稼働日	330	days/year	稼働日発電時間 24 時間/日を想定
年間発電量	79,200	kWh/年	
売電単価	1,590	IDR/kWh	東ヌサトゥンガラ州の売電価格 Rp.1,325/kWh × 1.2(低電圧)
売電電力(発電機端発電量の)	100%		全量売電想定
燃料消費量	3	kg/kWh	一般的な木質バイオマスを想定
燃料調達費	0	IDR/kg	自社工場・農園等にて発生することを想定
メンテナンス費	4,500,000	IDR/年	
運転管理費	7,000	IDR/時間	稼働時間中常時 1 人配置を想定

(2) 事業性評価結果

下表の通り、上記前提条件では、投資回収に約 7 年を要する結果となった。前項の無電化地域における導入と同様に、投資回収年数を短くするためには、①初期投資の低減化、②補助金の活用による初期投資負担の軽減、③売電単価の引上げによる売電収入の拡大、を行う必要がある。

表 3-15 バイオマス排出事業者が自らバイオマス発電事業を行う場合の事業性評価

項目	(百万IDR)										
	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	15年目
収入											
売電収入	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
補助金	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
支出											
初期投資	450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
燃料調達費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
メンテナンス費	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
運転管理費	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
計	510	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
キャッシュフロー	-384	-318	-252	-186	-120	-54	12	78	144	210	540

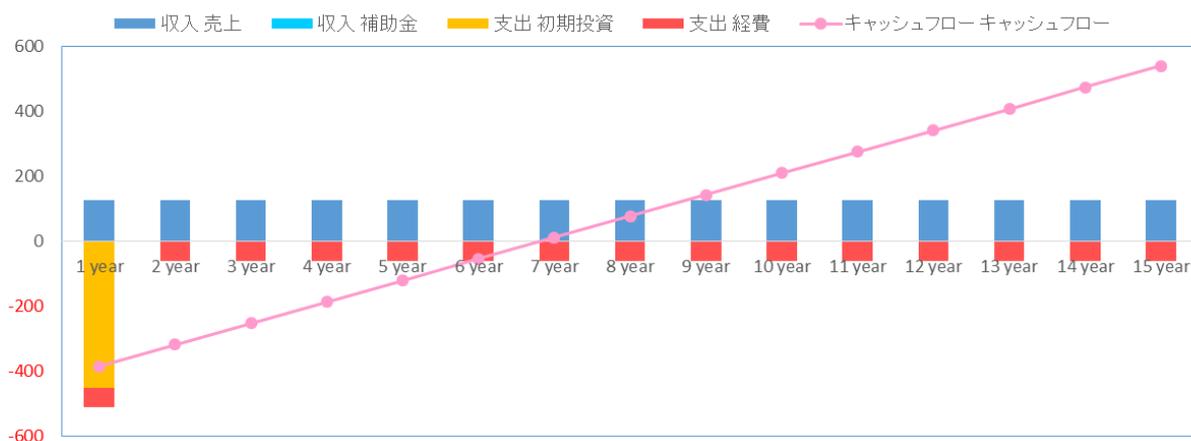


図 3-23 バイオマス排出事業者 設備補助なしのケース(百万 IDR)

(3) 事業改善時の採算性

先の検討を踏まえて、②補助金の活用による初期投資負担の軽減のみで3年以内の投資回収を目安とした場合、56%の補助率(約280万円)が必要となる。

表 3-16 3年以内の投資回収想定時の前提条件及びキャッシュフロー

項目	数量	単位	備考
為替	90	IDR/JPY	
初期投資	450,000,000	IDR	発電規模 10kW 単価 45,000,000 IDR/kW
導入補助	56%		
プラント稼働日	330	days/year	稼働日発電時間 24 時間/日を想定
年間発電量	79,200	kWh/年	
売電単価	1,590	IDR/kWh	東ヌサトゥンガラ州の売電価格 Rp.1,325/kWh × 1.2(低電圧)
売電電力(発電機端発電量の)	100%		全量売電想定
燃料消費量	3	kg/kWh	一般的な木質バイオマスを想定
燃料調達費	0	IDR/kg	自社工場・農園等にて発生することを想定
メンテナンス費	4,500,000	IDR/年	
運転管理費	7,000	IDR/時間	稼働時間中常時 1 人配置を想定

項目	(百万IDR)											
	1 year	2 year	3 year	4 year	5 year	6 year	7 year	8 year	9 year	10 year	15 year	
収入												
売上	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
補助金	252	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
支出												
初期投資	-450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
経費	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60
キャッシュフロー	-132	-66	0	66	132	198	264	330	396	462	792	

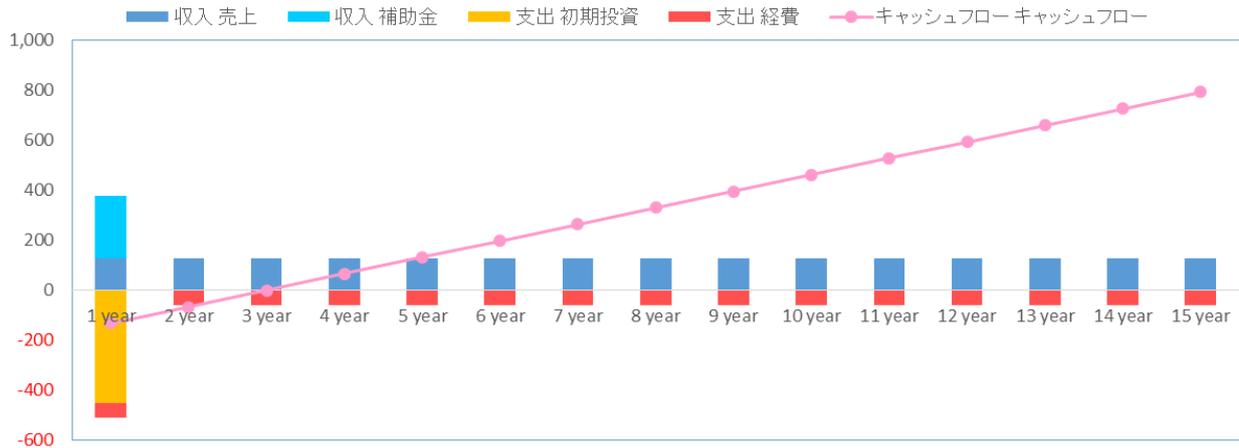


図 3-24 バイオマス排出事業者 3年回収のケース(百万 IDR)

3.3.4 インドネシア共和国における導入計画

採算性の検討結果より、無電化村での普及を進めるためには設備補助及び FIT の活用が必要であることが明らかとなった。一方で、バイオマス排出事業者である農園などでは、投資回収年数が6年程度となることから目安の3年は厳しいものの、関心のある事業者はいるものと期待される。

これらの点を踏まえると、低コスト化などインドネシア共和国における販売、生産体制を構築しつつ、ワークショップで高い関心を示した行政から、関心の高い地域、事業者の紹介や、インドネシア共和国の導入補助を受けつつ、認知度の向上と量産化による低価格化を進めていくことが現実的である。

第4章 ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果

4.1 提案製品・技術と開発課題の整合性

4.1.1 インドネシア共和国の無電化地域における開発課題

本調査の主な調査対象地域であるインドネシア共和国東ヌサトゥンガラ州は、およそ 550 にも及ぶ島々と散在する小規模集落を多く抱える地域であり、インドネシア共和国全 500 県のうち後進地域開発促進自治省が管轄する 183 県の後進県の 1 つとなっている。2013 年 12 月現在の東ヌサトゥンガラ州の電化率は 56% であり⁴、地理的に送電線の整備に高額のコストを要する地域での電力供給は、分散型電源の整備が現実的である。現地調査では、後進地域の分散型電源による電化の必要性は、後進地域開発促進自治省も同様の見解であることを確認しており、後進地域開発促進自治省はエネルギー・鉱物資源省と共に太陽光発電を主とした全額補助による導入支援をしていることが確認できた。

こうした無電化地域では、生活レベルの向上に必要な電源の確保、地域住民による維持管理が可能な電源の確保、化石燃料費用の上昇による住民の経済的負担の拡大といった問題が表面化しており、下記の通り 3 つの開発課題がある。

4.1.2 産業を支える電源の確保

インドネシア共和国の後進地域では、農業や漁業従事者の割合が多く、収穫した農産物一部や海産物を販売し現金収入を得ている。農業従事者が住民の大部分を占めるシッカ県マゲパンダ郡コリシア B 村の村長によると 1 世帯あたりの世帯所得は、25 万 IDR/月～100 万 IDR/月(約 2,500 円/月～約 10,000 円/月)⁵となっており、これはインドネシア共和国全体の平均月収の 4 分の 1～10 分の 1 にあたる。

後進地域における現金収入が少ない理由の一つに、農業や漁業で得た収穫物の付加価値を高める手段が乏しい現実があり、その背景としては産業を支える電源の不足がある。第 2 章にて前述したとおり、PLN では石炭火力の整備計画を進めているが、PLN による電力供給体制の整備と並行して、農園や漁港での自家発電の導入や保存・加工施設の導入が課題となっている。

現地調査を行ったカカオ農園では、全て作業員が手作業で殻を剥き、中身を天日乾燥した後、島外へ販売されており、より付加価値の高いチョコレートなどへの加工はなされていなかった。カカオに限らず、農産物の多くは直接または実を取り出すなどの簡単な加工をした後、販売されている。

また、マウメレ市内の漁港では、図 4-1 のとおり氷付けにされることなく販売される魚も多く、気温の高さから鮮度も落ちやすい。これらを、冷凍・冷蔵する施設や、缶詰などに加工することができれば現金収入の向上も期待できる。

⁴ 東ヌサトゥンガラ州地方開発計画局ヒアリング

⁵ 100IDR=約 1 円として換算



図 4-1 カカオ加工所の様子



図 4-2 市場にてそのまま販売される魚

4.1.3 地域住民による維持管理が可能な電源の確保

後進地域の電化は、エネルギー鉱物資源省や後進地域開発促進自治省による再生可能エネルギーの設備導入の他、PLN による住宅への小規模太陽光発電システムの導入が進められている。政府機関へのヒアリング調査では、政府により導入されている発電システムは、大部分が太陽光発電であり、その他の実績として小水力発電となっている。

東ヌサトゥンガラ州地方開発計画局長によると、これまでに年間 50 億 IDR(約 5,000 万円)の予算をつけて太陽光発電を主とする地域電源を整備してきたが、太陽光発電は地域住民によるメンテナンス対応が難しく、既に半分が使えない状態となっているとのことだった。こうした課題を踏まえて、ヒアリング調査を行った東ヌサトゥンガラ州シッカ県ドレン郡ワトゥメラ村では、既に設置が完了し、間もなく稼働が開始される 15kW の太陽光発電システムに対して、行政から派遣させる技術指導員が住民 2 名をメンテナンス要員として育成する予定である。こうした現地住民によるメンテナンス対応は、分散電源を維持していく上で不可欠な要素である。

また、太陽光発電以外の地域電源の実績として、東ヌサトゥンガラ州東フローレス県ディテヘナ郡ワトワラ村のように軽油やガソリンによる発電システムを導入している地域もあり、内燃発電システムは住民が簡単なメンテナンスなどを行いながら対応していることが確認された。これらの化石燃料による内燃発電システムでは、燃料の調達や上昇する燃料価格が課題となっている。



図 4-3 ワトゥメラ村に設置された太陽光発電



図 4-4 ワトワラ村のディーゼル発電機

(1) 環境に配慮した電源の確保

前述した2つの開発課題に比べ、重要度は劣るものの地域資源で発電可能な環境負荷の低い電源の確保は、エネルギー輸入国となったインドネシア共和国においても重要な課題の一つである。第1章に前述したとおり、インドネシア共和国は原油生産量が低下する一方で、運輸部門による石油製品の消費が増加し、2004年からは輸入量が輸出量を超過する状況となっている。エネルギー自給率の低下に伴い、石油製品の値上がりも進んでおり、現金収入の少なく石油製品調達価格が割高となる後進地域では、経済的な負担が大きくなっている。

PLNでは新規の電源開発を石油火力から石炭火力にシフトしているが、種類・量共に豊富なバイオマス資源を有する後進地域においては、環境負荷の少ない電源の確保が重要である。

また、実証システムを設置したマウメレ市を始めとする後進地域では、ごみ処分も問題も顕在化している。マウメレ市内では、幹線道路を除き市内の至るところで空き地や道路にごみが散乱しており、早朝に住民が集めて野焼きをしている。幹線道路で収集されたごみは、中間処理されることなくそのまま埋め立て処分をされており、将来的には地下水汚染などの重大な環境問題に繋がる可能性がある。農業、漁業による地域資源に加え、美しい海や深い森は重要な観光資源になることを考えると、ごみの適正な処理と将来的にごみ焼却による発電ができれば、電源確保、地域環境の保全の両面から大きな効果が期待される。



図 4-5 埋立処分場



図 4-6 マウメレ市内に散乱するごみの様子

表 4-1 開発課題のまとめ

背景	電力会社による電力供給能力の不足	立地的理由による、送電線整備の困難さ		分散電源の実用化レベルの低さ
現状	製造業や農林漁業加工所への電力供給ができないため、産業が育たない。 農産物や海産物を加工した高付加価値製品を提供できない。	無電化地域では、産業利用可能な電気が確保できていないため、農業加工なども全て人の手による加工がなされており、生産性が低い。	住民組織による軽油やガソリンによる発電が行われている無電化村もあるが、1軒あたりの電力供給量が照明 2～3 個を賄うレベルの 50W 前後、供給時間が日 4 時間、勉強が必要な子供のいる家庭を優先的に供給といった状況である。	技術の実用レベル及び利用可能なエネルギー資源量から、無電化地域における分散電源の大部分が太陽光発電となっているが、高額な補助により導入した太陽光発電もメンテナンスや修理が行き届いておらず既に半分が未稼働な地域もある。
開発課題	<ul style="list-style-type: none"> 農林漁業加工所や工場を賄う規模の発電システムの整備 農園等における自家発電の導入・拡大 	<ul style="list-style-type: none"> 農業加工や魚介類保管のための冷蔵・冷凍電源の確保、 	<ul style="list-style-type: none"> 住民の生活を支える分散電源の確保。 化石燃料の消費による環境への影響。 	<ul style="list-style-type: none"> 地域住民による運転管理・メンテナンスが可能又はメンテナンスフリーな再生可能エネルギー技術の普及。
改善ニーズ	農園等での数十 kW の自家発電導入ニーズはある。	人手による作業を軽減できる機械の導入が必要であり、優先順位は低い。	化石燃料に替わる地域資源を活用した発電システムの潜在ニーズは高い。	後進地域に多い農業残渣等を燃料とし、自分たちである程度修理可能な発電システムの需要は高い。

4.2 ODA 案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用・活用・普及による開発効果

(1) 産業を支える電源の確保に対する本技術の開発効果

本発電システムは、バイオマス資源を燃料とする出力数 kW~100kW 規模の発電システムであり、現地調査で確認した農園等の自家発電機として、バイオマス資源の収集可能量、施設で消費する電源の規模などからも十分に貢献できる技術である。

例として、現地調査を行った REROLARA 社では、ココヤシ、カカオ、コーヒーの栽培と加工を行っているが、PLN からの電力供給は受けていないため、ディーゼル発電機による自家発電でコーヒー豆の加工設備を動かしている。同社のココヤシ生産量は年間約 30t(果実部分のみ)であり、野積みしている繊維及び殻を燃料とした発電を行った場合に期待される発電量は、年間約 9,000kWh である。これは、コーヒーの外皮剥きに消費する推計電力の 3 分の 1 に該当する⁶。



図 4-7 同社ディーゼル発電機



図 4-8 乾燥中のココヤシと野積中の繊維(写真奥)

(2) 地域住民による維持管理が可能な電源の確保に対する本技術の開発効果

本発電システムは、内燃機関と方式は異なるものの、構造は内燃機関よりシンプルになっており、外燃式であることから発電機本体に付着した煤などの除去も外燃式に比べると容易である。さらに、直接燃焼方式を想定しているため、ガス化炉のようなガス改質設備も不要なメンテナンス性に優れた発電システムである。前項に前述したとおり、ワトワラ村における住民主体のディーゼル発電機の電源管理ができていたり、地域の移動手段として二輪自動車が普及しており、メンテナンスショップや工具店が点在していることを鑑みると、スターリングエンジンによる発電システムのメンテナンスも十分に対応できるものと期待される。

⁶ 実測結果より、ココヤシ 1 個(1.8kg)あたりの実(コブラ)重量は 0.95kg(53%)であり、残りの 47%は繊維と殻である。本発電システムによる発電電力量 1kWh に必要なバイオマス資源量を 3kg とし、ココヤシ残渣で年間約 9,000kWh の発電が期待できると推計した。さらに、同社で導入している 50kW のディーゼル発電機が、年間 5 ヶ月、1 日 3~4 時間稼動していることから、消費電力量を 26,250kWh/年と推計し、算出した。

さらに、本発電システムは地域にさまざまな種類、ボリュームで存在するバイオマス資源を燃料としていることから、石油製品に比べて調達価格の変動は低く、収集の仕組みが構築できれば安定した燃料の調達と発電システムの稼働が期待できる技術である。

したがって、本発電システムは、安定した燃料の調達と地域住民による維持管理の両面から地域電源に貢献できる技術である。

(3) 環境に配慮した電源の確保に対する本技術の開発効果

本発電システムは、バイオマス資源を燃料とした発電システムであり、ディーゼルやガソリンなどの石油製品を燃料とする発電システムの代替となる。これにより、石油製品由来の GHG 削減が可能であり、1日6時間、365日稼働の10kWのディーゼル発電機を本発電システムに変換した場合のGHG削減効果は17.5t/年⁷となる。

さらに、塩素対策や燃焼温度調整などの課題はあるが、ごみ焼却時のエネルギーから発電することが可能となれば、GHG削減に加えてごみの放置、埋立、野焼きによる悪臭、地下水汚染、大気汚染、害虫の発生などのさまざまな環境課題を低減化することが期待される。

⁷ 公益財団法人地球環境センター「スターリングエンジンを用いた小規模バイオマス発電」(平成24年度)におけるMRV方法論に基づき算出。

4.2.1 ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果

本発電システムをインドネシア共和国の後進地域に普及させることで、後進地域の農業・漁業資源の加工産業を支える電源の確保と、住民が経済的及び運転管理の両面から維持できる電源を確保することができ、化石燃料の代替による環境負荷の低い電源といった開発課題の解決に繋がる。

しかしながら、バイオマス燃料は、通年で発生するものもあれば季節性のあるものもあり、また収集の仕組みづくりも問題となる。エネルギー・鉱物資源省へのヒアリングでは、本発電システムと類似するバイオマスガス化発電による地域電力供給プロジェクトをこれまでに実施していることが確認できた。先行プロジェクトでは、周囲にある油椰子の葉を収集、切断してガス化する方式であったが、葉の切断に手間がかかり、農園での労働に比べると割安であることから収集がうまくいかなかった経緯があることが確認された。本プロジェクトにおいても、そうした地域住民が実際に運転する際の作業をどのように受け止めるのか、といった実用段階における課題も一つひとつ確認し、対応していかなければならない。

以上のことから、第5章にて後述する ODA 案件の実施により、最低1年以上の本発電システムの運転実証を行うことで、より地域住民が受け入れやすい発電システムへの改善点や、収集及び燃焼性能の両面から有望な燃料の特定、収集するための仕組みやメンテナンス等の地域パートナーの発掘など、プロマテリアルのインドネシア共和国における事業展開の確認と基礎の構築が進められる。

第5章 ODA 案件化の具体的提案

5.1 ODA 案件概要

5.1.1 方針

JICA の「再生可能エネルギー」課題別指針（2006 年）によると、バイオマス発電は天候に左右されない純国産エネルギーであるとして、地方村落における開発ニーズとしての再生可能エネルギーへの活用が期待されている。また、外務省の対インドネシア共和国国別援助方針（平成 24 年度）の重点分野・重点事項の一つには、「不均衡の是正と安全な社会造りへの支援」として「地方開発のための制度・組織の改善支援」が挙げられている。地方の経済開発の促進を通じた地域間経済格差の是正を図る観点から、主要な地域間・島嶼間・都市間の基幹交通ネットワーク等の整備、地方での電源・資源開発を含む、物流・人流のハブとなる拠点都市圏の都市基盤整備等を支援するとしている。このように、JICA の対インドネシア共和国国別援助方針に合致するバイオマス発電事業の取り組みは今後も推進されることと考えられる。ODA を活用した本技術の無電化地域等への導入は、地域における産業の創出、生活の質の向上、廃棄物の有効利用による環境改善等に資することができる事業である。

製品の普及にあたって導入効果を現地に理解してもらうためには、「民間提案型普及・実証事業」の活用が想定される。また、日本の NGO と協力した日本 NGO 連携無償資金協力が想定される。無電化地域の電化事業は、地域の開発課題の解決に資するため、「草の根・人間の安全保障無償資金協力」の活用等が想定される。本技術は、集落や地場産業の独立電源として導入されることが想定され、国や自治体が主体となり導入することも考えられる。この場合には、無償資金協りに結びつく可能性がある。インドネシア共和国で技術を導入し、現地生産や現地メンテナンスを進めるにあたっては、生産やメンテナンスについて技術移転が必要となる。これについて、技術協力（専門家派遣）に ODA を活用することが想定される。また、現地の関係者を招き、技術研修（研修員受入）を行う。

このような ODA を活用したプロセスを得ながら、現地企業と協力して現地生産で製造コストを低減させ、将来的には経済的支援無しにも自立的な導入が行われるようにする。

ODA の活用は、2 段階に分けて考える。

(1) 技術の紹介期

エネルギー鉱物資源省や、後進地域開発促進自治省によると、本技術のような小規模なバイオマス発電の成功事例というのは、国内にはほぼ存在していない。このため、本技術を普及させるには、まずは技術及び運用スキームが実現可能であることを、インドネシア共和国国内に紹介する必要がある。これにより、国、自治体、民間事業者、マイクロファイナンスなどが本技術の導入の関心を高め、資金調達をしやすくなると考えられる。

これには、以下のような事業の活用が考えられる。協力団体との協議を進めていずれかの事業の活用を検討して、来年度以降の本技術の普及につなげる。協力して本事業を進めていくことを想定している NGO である APEX 及び YDD は、本調査を協力して進めており、本技術の内容及び対象地域の開発課題への適用可能性について熟知している。本技術をこれらの NGO の活動に活用してもらうことが想定できる。どの事業を活用するかについては、本調査の結果を受けて、現在関係者間で検討中である。

①民間提案型普及・実証事業

我が国中小企業の製品・技術が途上国の開発に有効であることを実証するとともに、その現地適合性を高め普及を図ることを目的とする事業。日本政府の補助により、プロマテリアルが実証機を導入し、当該技術が開発への貢献することを実証する。

②日本 NGO 連携無償資金協力

日本の NGO が開発途上国・地域で行う経済社会開発事業に外務省が資金協力を行う制度。本調査事業の補強メンバーである APEX が、シッカ県における開発協力で、本資金とプロマテリアルの技術を活用する方法が考えられる。

③草の根・人間の安全保障無償資金協力

国際及びローカル NGO 等が現地において実施する比較的小規模なプロジェクトに対し、資金協力を行うもの。現地での協力機関である YDD が事業主体となった活動の中で、本技術を活用してもらうことが考えられる。

(2) 導入期

これまでみたように、本技術は無電化地域で普及させるためには、初期投資の負担が大きな課題となる。単純に 24 時間発電する売電事業としてみた場合には、採算を合わせることができるものの、需要が限られた地域への供給となるマイクログリッドの場合には、稼働時間が限られることから、売電収入が低く採算ベースに乗ることが難しい。また、所得の低い無電化地域の農村部で、数百万円の初期投資を負担することは現実的には困難である。一方で、無電化地域に対して安定した電力を供給することは、離島部の地域の開発に大きく貢献する。また、化石燃料を用いないことから、地球温暖化対策に対しても貢献することができる。このような観点から、不採算を避けることができない地域における本技術導入の初期コストに対して、公的資金が補助を受けることは社会的にみて合理性があるものとみられる。

技術を実証によってインドネシア共和国に紹介し、ステークホルダーへの関心を持ってもらった後、導入期においては、ODA の無償資金協力を提案する方法が考えられる。また、バイオマス発電はインドネシア共和国では一般的に普及していない技術であるため、本格導入の際には、現地政府機関及び現地企業と協力しながら、バイオマス利活用に関わる政策立案者や技術者を現地に育成することに対して、ODA を活用することが考えられる。

なお、現地生産による製造コスト削減により価格競争力を持つまでは、政府予算等を活用した分散型電源としての導入を促進し、技術の実証と課題検証を通じてコスト削減を実現した上で、FIT を活用したマイクログリッドでの導入を行うというプロセスを経る方法が考えられる。また、既存ディーゼル発電の代替や既存グリッドへの系統連系を行うことで、本技術を導入していく方法も考えられる。

①技術協力（専門家派遣）、技術研修（研修員受入）の活用

本技術の活用を含めたバイオマス利活用の促進に向けて、技術協力及び技術研修を行う。シッカ県庁や東ヌサトゥンガラ州政府への専門家派遣や、両官庁からの技術研修員受入を実施する。本技術に関わらずバイオマス利活用全般の促進を目的とする事業となるが、プロマテリアルは専門家や視察先としての関与を行うことが可能であると考えられる。

5.2 具体的な協力内容及び開発効果

5.2.1 民間提案型普及・実証事業

(1) 事業概要

我が国の中小企業の製品・技術等が途上国の開発問題の解決に資するため、試用・実証を行い、その導入に向けた事業実施計画や事業実施方法の検討を行うためのもの。資機材の購入や年度をまたぐ調査期間の設定が可能となる。

実証に関わる機材購入・輸送費、再委託・外注費、外部人材活用費等について本予算を用いることができる。予算は1件当たり1億円が上限となる。

(2) 活用目的

プロマテリアルが事業主体となり、バイオマス発電の実証機（5k～10kW）をシッカ県、または近隣地域に導入し、1～3年にわたって実際の発電及び電力供給を行う。これにより、インドネシア共和国の後進地域における本技術の適合性の検証、発電事業を実施する際の課題、社会的効果等の検証を行う。また、発電が実際に行われていることをインドネシア共和国の政策決定者や企業、または周辺国の関係者に見てもらうことで、本技術が途上国の開発に資することを理解してもらい、普及啓発に活用する。

(3) 活用内容

実証期間中、以下のことを実証する。

- バイオマス収集の社会システムの構築（収集方法、買取価格等）
- 現地のバイオマスを使った発電効率、発電量の長期的検証
- 現地関連会社や技術者に対する技術的知識の伝達
- ランニングコストを加味した採算性の検証

本調査事業では、無電化地域の電化を想定した調査を行ったが、マイクログリッドにおける電力供給は、需給バランスを含めた電力供給システムが必要となるため、当初からの無電化地域での導入は難易度が高いとみられる。このため、当初は PLN の送電網に接続しての実証を行い、スキームの構築と技術の現地適合化を行った後、無電化地域での電力供給の実証につなげる方法が考えられる。3年間の中で、単独のバイオマス発電のみでなく、蓄電池を設置した需給バランスの調整などの実証も想定される。

(4) 本案件のカウンターパート

・シッカ県庁

公共事業鉱業エネルギー鉱物局及び地域開発計画局が関係部局となる。シッカ県知事及び関係部局には、本技術の紹介を行い、今後の導入に対しての協力を依頼している。シッカ県知事からは、本技術をシッカ県に導入することについて、協力を受けることができる旨の意思が示されている。実証場所については、候補地の選定を依頼することができる。

- ・ 東ヌサトゥンガラ州
 鉱物エネルギー局と地方開発計画局が関係部局となる。関係部局には、本技術の紹介を行い、今後の導入に対しての協力を依頼している。これらの部局からは、シッカ県のみならず、州政府が存在しているクパン周辺地域等の別の場所でも本システムの実証を実施してほしい旨の意向を受けている。実証場所については、候補地の選定を依頼することができる。
- ・ インドネシア共和国エネルギー鉱物資源省
 エネルギー政策を担当しているインドネシア共和国の政府機関。PLN 東フローレス支部及び東ヌサトゥンガラ州本社には、本技術の紹介を行い、必要な手続きについての相談を行っている。本事業の開始にあたっては、事業提案者、先方実施機関、JICA 在外事務所の三者間にて協議録の合意を交わす必要がある。
- ・ YDD
 実証場所は、本調査の中でも実証機を設置した YDD の敷地で行うことが考えられる。周辺には送電網が整備されているため、発電した電力は送電網につなげて消費することが可能である。また、現地の自治体や農園・加工場等とのつながりが深いため、バイオマスの収集を継続して行う仕組みを作ることができる。
- ・ APEX
 YDD とともに、実証の現地作業及び日本側関係機関との調整を行うことができる。また、技術の適合性の検証を行い、技術をより実現可能性の高いものにしていく。
- ・ PLN
 発電した電力は当初は系統連系を行うことが想定されるため、事前に PLN に対して同意を取っておく必要がある。また、実証期間中に、FIT の制度を利用するための申請を行う。関係部局には、本技術の紹介を行い、今後の導入に対しての協力を依頼している。フローレス島内での実証地域の選定については、協力を受けられる旨の意向を受けている。

(5) 実施体制及びスケジュール

プロマテリアルが本実証の主体となるが、オペレーションについては、現地に根ざした活動を行っている YDD や APEX と協力して実証を行うことが現実的である。

スケジュールは以下のようなものが考えられる。

- 1 年目：技術の実証（YDD の敷地などを想定）、燃料調達スキームの検証、無電化地域の村での運営組織の組成、PLN との FIT 活用の手続き、現地企業との協力体制の構築
- 2 年目：無電化地域へのバイオマス発電装置設置、PLN による送電網整備、燃料調達スキームの構築、FIT での売電開始
- 3 年目：実証運転による運用や技術上の課題の検証、実際の事業性の検証、技術者の育成、二酸化炭素削減効果のモニタリング

なお、売電による収益については、プロマテリアルの収益とならないようにする。収益は村の運営組織による運営に充てるか、または実証期間中は売電収入を得ないこととする。

表 5-1 民間提案型普及・実証事業の実施内容と実施主体

年度	フェーズ	実施事項	実施主体
1年目	技術の実証	YDD 敷地等でプラントの設置	プロマテリアル
		実証運転による技術の検証	プロマテリアル、APEX
	無電化村での運営組織の組成	シッカ県と設置場所の調整	シッカ県政府、東ヌサトゥンガラ州政府、プロマテリアル、APEX
		対象村のバイオマス状況等調査	プロマテリアル、APEX
		燃料調達スキームの検証	プロマテリアル、APEX
		村の自治組織の組成	プロマテリアル、APEX、YDD
		現地運転要員の育成	プロマテリアル、APEX、YDD、現地協力会社
		現地企業との協力体制の構築	プロマテリアル
	PLN との FIT 手続き		プロマテリアル、APEX、YDD
		現地協力会社との調整	プロマテリアル、APEX、YDD
2年目	無電化地域へのバイオマス発電装置設置	IPP 登録手続き	プロマテリアル
	FIT での売電開始	PLN による送電網整備	PLN
		燃料調達スキームの構築	プロマテリアル、APEX
		村の運転要員の育成	村の自治組織、プロマテリアル、APEX、YDD
	安定的な運転の開始	村の自治組織	
3年目	効果と課題の検証	実証運転による運用や技術上の課題の検証	プロマテリアル、APEX
		実際の事業性の検証	プロマテリアル、APEX
		二酸化炭素削減効果のモニタリング	プロマテリアル、APEX
	横展開の検討	現地協力企業の技術研修	プロマテリアル、APEX

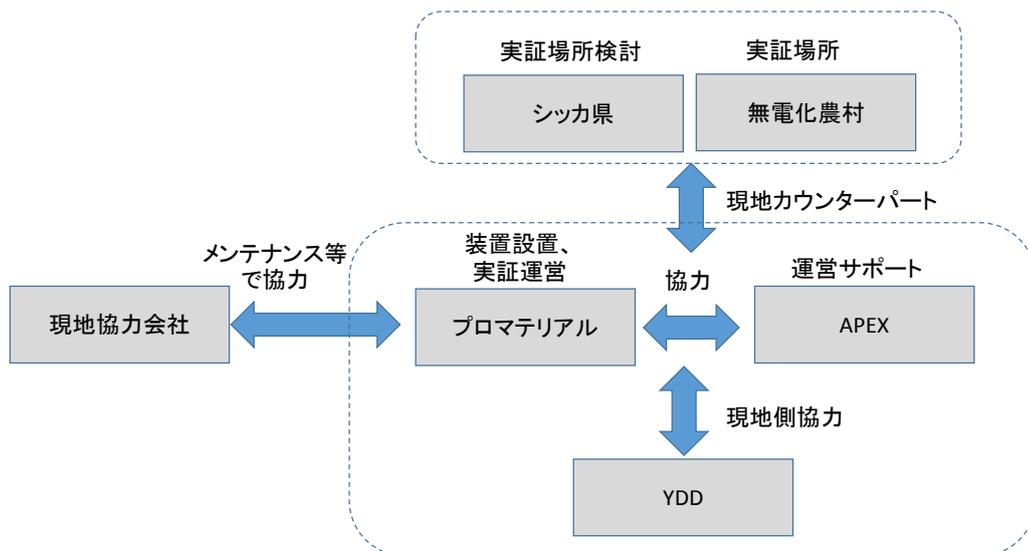


図 5-1 実施体制案

表 5-2 民間提案型普及・実証事業のスケジュール案

フェーズ	実施事項	平成26年度	平成27年度	平成28年度
技術の実証	YDD敷地等でプラントの設置	→		
	実証運転による技術の検証	→		
無電化村での運営組織の組成	シッカ県と設置場所の調整	→		
	対象村のバイオマス状況等調査	→		
	燃料調達スキームの検証	→		
	村の自治組織の組成	→		
	現地運転要員の育成	→		
現地企業との協力体制の構築	現地協力企業との調整	→		
PLNとのFIT手続き	IPP登録手続き	→		
	FIT申請手続き	→		
無電化地域へのバイオマス発電装置設置	実証機の移転		→	
FITでの買電開始	PLNによる送電網整備		→	
	燃料調達スキームの構築		→	
	村の運転要員の育成		→	
	安定的な運転の開始		→	
効果と課題の検証	実証運転による運用や技術上の課題の検証			→
	実際の事業性の検証			→
	二酸化炭素削減効果のモニタリング			→
横展開の検討	現地協力企業の技術研修			→

(6) 協力額試算

3年間で1億円程度を想定する。

(7) 開発効果

- ・ 導入先の無電化地域において、電化が達成される。または自家発電で導入する場合には、安定した電源の確保が達成される。
- ・ 廃棄物となっているバイオマス資源が活用されるようになる。
- ・ 実証効果を示すことで、現地政府や PLN に対して、新たなエネルギー源の一つとして効果を示すことができる。
- ・ 二酸化炭素削減に貢献する。今後、JCM を活用できるように、二酸化炭素削減効果を検証する。
- ・ 技術者のキャパシティビルディングにつながる。
- ・ 将来的には、エンジンのメンテナンスや現地生産等で新たな産業が生まれる可能性がある。

5.2.2 日本 NGO 連携無償資金協力

(1) 事業概要

日本の NGO が開発途上国・地域で行う経済社会開発事業に外務省が資金協力を行う制度である。資機材購入費、人件費等に利用することができる。

(2) 活用目的

日本の NGO であり、本調査事業において補強メンバーである APEX が、シッカ県における開発援助の活動の中に、本技術を活用したバイオマス発電を位置づける。これにより、無電化地域等におけるバイオマス発電の普及を促進していく。

本スキームでは、プロマテリアルは、事業に必要な資機材・役務の調達先として、装置の納入や運転支援を担える可能性がある。

(3) 活用方法

APEX がシッカ県内において、本技術を活用したバイオマス発電事業を行う。上記実証事業と同様、段階を踏んで、発電事業スキームの検証の後、無電化地域でのマイクログリッドでの電力供給という形に持っていく方法が考えられる。NGO の活動の観点からは、特に本技術を活用して、現地でバイオマス技術に精通した人材育成に力を入れる。

- 無電化地域の電化の実施
- バイオマス収集の社会システムの構築（収集方法、買取価格等）
- 技術の適合性の検証
- 他地域への普及方策の検証
- バイオマス発電に関わる現地の人材育成

(4) 本案件のカウンターパート

- ・ シッカ県庁

公共事業鉱業エネルギー鉱物局及び地域開発計画局が関係部局となる。シッカ県知事からは、本技術をシッカ県に導入することについて、協力を受けることができる旨の意思が示されている。

- ・ YDD

現地の自治体や農園・加工場等とのつながりが深いため、バイオマスの収集を継続して行う仕組みを作ることができる。

- ・ PLN

発電した電力は当初は系統連系を行うことが想定されるため、事前に PLN に対して同意を取っておく必要がある。

(5) 実施体制及びスケジュール

APEX が実施主体となり、YDD と協力の上でオペレーションを行う。プロマテリアルは、事業に必要な資機材・役務の調達先として、装置の納入や運転支援を担える可能性がある。民間提案型普及・実証事業と同様、3 年程度の複数年度での実施が想定される。実施体制及びスケジュールは、3 年間での成果を想定した場合、民間提案型普及・実証事業と同様になると考えられる。

毎年 12 か月間で一定の成果を出す必要があるため、初年度は場所の選定と PLN との売電手続きを含めて、提案前に関係者との一定程度の調整を行っておく必要がある。

(6) 協力額試算

3 年間で 1 億円程度。

(7) 開発効果

- ・ 導入先の無電化地域において、電化が達成される。
- ・ 廃棄物となっているバイオマス資源が活用されるようになる。
- ・ 実証効果を示すことで、現地政府や PLN に対して、新たなエネルギー源の一つとして効果を示すことができる。
- ・ 二酸化炭素削減に貢献する。
- ・ 技術者のキャパシティビルディングにつながる。
- ・ 将来的には、エンジンのメンテナンスや現地生産等で新たな産業が生まれる可能性がある。

5.2.3 草の根・人間の安全保障無償資金協力

(1) 事業概要

草の根無償は、開発途上国の地方公共団体、教育・医療機関、並びに途上国において活動している国際及びローカル NGO（非政府団体）等が現地において実施する比較的小規模なプロジェクトに対し、当該国の諸事情に精通しているわが国の在外公館が中心となって資金協力を行うものである。

(2) 活用目的

YDD が主体となって、無電化地域において発電事業を行う際に活用する。

本スキームでは、プロマテリアルは、事業に必要な資機材・役務の調達先として、装置の納入や運転支援を担える可能性がある。

(3) 活用方法

原則として消耗品や小型備品、施設・設備の運営・維持費は支援の対象外となる。このため、YDDが行う発電事業において、発電装置の初期投資に本資金を充て、事業運営自体は自立して行う方法が考えられる。本調査における検討結果のように、FITを使いかつ初期投資の補助を受けることができれば、発電事業としては現時点でも成り立つため、無電化地域においてYDDが継続的な発電事業の運営を行うことが可能である。

本資金では、YDDがリスクを取る必要が出てくることから、まだインドネシア共和国において納入が行われていない段階で本技術を使うことは難易度が高いと考えられる。このため、上記の民間提案型普及・実証事業や日本NGO連携無償資金協力において本技術の導入と運用が可能であることが実証された後、現地NGOが本技術を活用した活動を行う方法が適切であると考えられる。

(4) 本案件のカウンターパート

・ シッカ県庁

公共事業鉱業エネルギー鉱物局及び地域開発計画局が関係部局となる。シッカ県知事からは、本技術をシッカ県に導入することについて、協力を受けることができる旨の意思が示されている。

・ YDD

現地NGOとして、シッカ県の開発に取り組んでいる。現地の自治体や農園・加工場等とのつながりが深いため、バイオマスの収集を継続して行う仕組みを作ることができる。

・ PLN

発電した電力は当初は系統連系を行うことが想定されるため、事前にPLNに対して同意を取っておく必要がある。

・ 在インドネシア日本国大使館

在インドネシア日本国大使館に対して申請の実施を行い、同大使館が実施案件の選定を行う。同大使館に訪問を行い、今後、YDDと協力して草の根・人間の安全保障無償資金協力を活用し、本技術を導入することを検討したい旨を説明した。

(5) 実施体制及びスケジュール

YDDが実施主体となり、現地住民と協力の上でオペレーションを行う。プロマテリアルは、装置の調達先として納入、設置と、技術支援を行う。

民間提案型普及・実証事業や日本NGO連携無償資金協力において技術の実用性と、自立的な運用ができる事業スキームが検証された上で、YDDが主体となった地域開発を行う方法が考えられる。

- 場所の選定
- PLNとの売電に関する手続き

- PLNによる送電網整備
- 燃料収集スキームの構築
- 農村の自治組織の確立
- 設置
- 運転
- 維持管理

(6) 協力額試算

1000万円程度。

(7) 開発効果

- ・ 導入先の無電化地域において、電化が達成される。
- ・ 廃棄物となっているバイオマス資源が活用されるようになる。
- ・ 二酸化炭素削減に貢献する。
- ・ 技術者のキャパシティビルディングにつながる。

5.2.4 技術協力（専門家派遣）、技術研修（研修員受入）

(1) 事業概要

技術協力事業は、開発途上国の課題解決能力と主体性（オーナーシップ）の向上を促進するため、専門家の派遣、必要な機材の供与、人材の日本での研修などを通じて、開発途上国の経済・社会の発展に必要な人材育成、研究開発、技術普及、制度構築を支援する取り組みである。

(2) 活用目的

本技術を現地に導入する際には、現地でのバイオマス利活用の技術や計画等について詳しい技術者や政策立案者を育成する必要がある。人材育成を行うにあたって、本事業を活用する。

現地におけるバイオマス発電技術のモデルとして本技術の実証機の導入を行い、バイオマス政策の中心として活用することができれば、より効果的な人材育成を行うことが可能となる。本技術に関わらずバイオマス利活用全般の促進を目的とする事業となるが、プロマテリアルは専門家や視察先としての関与を行うことが可能であると考えられる。

(3) 活用内容

(ア) 専門家派遣

シッカ県及び東ヌサトゥンガラ州に対して、バイオマス利活用の専門家を派遣する。

以下のような活動を行い、本技術を含めたバイオマス発電技術を広げることに寄与することを目的とする。

- バイオマス利活用計画の作成
- バイオマスを含めた廃棄物リサイクルの推進計画の作成

▶ バイオマス利活用技術の研究開発及び普及

(イ) 研修員受入

シッカ県及び東ヌサトゥンガラ州にから、バイオマスに関する研修員を受け入れる。

以下のような活動を行い、本技術を含めた本邦におけるバイオマス利活用についてのノウハウの習得に寄与することを目的とする。

- ▶ バイオマスタウン等のバイオマス利活用を行っている地域の視察
- ▶ バイオマス利活用技術についての研修
- ▶ 国内プラントメーカーの視察
- ▶ バイオマス発電の運用のために必要な社会面でのスキームの構築についてのワークショップ

(4) 本案件のカウンターパート

- ・ シッカ県庁
公共事業鉱業エネルギー鉱物局及び地域開発計画局が関係部局となる。
- ・ 東ヌサトゥンガラ州
鉱物エネルギー局と地方開発計画局が関係部局となる。

(5) 実施体制及びスケジュール

シッカ県庁及び東ヌサトゥンガラ州政府からのニーズを受けて、専門家派遣及び研修員受入を行う。

(6) 協力額試算

1,000～3,000 万円程度。

(7) 開発効果

- ・ 技術者及び政策立案者のキャパシティビルディングにつながる。
- ・ 現地におけるバイオマス利活用が根ざし、環境改善につながる。
- ・ バイオマス関連で新たな産業が生まれる。

5.2.5 協力案件のまとめ

上記の協力案件の目的と、想定される期間のまとめは、以下の通りである。

表 5-3 想定される協力案件のまとめ

フェーズ	事業名	目的	想定される期間
技術の紹介期	民間提案型普及・実証事業	技術の実証を行い、無電化地域に対する適用可能性とその効果を外部に見せる。	平成 26 年度～3 年程度
	日本 NGO 連携無償資金協力	日本の NGO によるシッカ県での開発課題の解決に本技術を活用する。	平成 26 年度～3 年程度
	草の根・人間の安全保障無償資金協力	現地のローカル NGO によるシッカ県での開発課題の解決に本技術を活用する。	平成 28 年度頃～
技術の導入期	技術協力（専門家派遣）、技術研修（研修員受入）	スターリングエンジンの現地稼働や現地生産に関わる人員を育成する。	平成 27 年度頃～

5.3 他 ODA 案件との連携可能性

インドネシア共和国では現在、技プロ「気候変動能力強化プロジェクト」、技プロ「地熱開発技術力向上支援プロジェクト」等の再生可能エネルギー案件が実施されており、これらとの連携による波及効果あるいはバイオマス版類似案件の発掘が期待できる。

表 5-4 連携可能な既存の ODA 事業

想定される ODA 事業（既存）	連携内容（案）	期待される効果
気候変動能力強化プロジェクト (2010-2015)	バイオマスエネルギー利用を普及させることで、「緩和行動」及び「村落電化」の具体例として取り上げられる。また、今後 MRV（測定・報告・検証）方法論が策定されれば、二国間オフセットクレジットメカニズム（JCM）に結びつけることができる。	プロジェクトにおいて支援している緩和策について、バイオマス発電における効果発現及び行政によるモニタリング体制の強化が図れる。CO2 削減目標に寄与する。本事業側にも知名度・宣伝効果が生じ、補助金や投資・融資が受けやすくなる。また、JCM 案件に結び付けやすくなる。
地熱開発技術力向上支援プロジェクト (2010-2013)	プロジェクトで支援した地熱用 GIS データベース、資源評価、CDM（クリーン開発メカニズム）事業化、事業経済性評価等を、「バイオマス用」に構築・技術支援する。	プロジェクトで支援した地熱用を開発したツールを「バイオマス用」に構築・技術支援することにより、インドネシア共和国のバイオマス発電のデータ統一化、調査方法等の課題が解決される。インドネシア共和国の行政側にも本事業の推進のインセンティブが働く。

5.4 その他関連情報

対象国関連機関（カウンターパート機関）との協議状況については、以下のとおりである。

(1) シッカ州政府

県知事、地域開発計画局、公共事業鉱業エネルギー鉱物局、農業・農園局、環境局、森林局を訪問し、事業についての説明を行った。また、ワークショップにおいて、デモプラントの稼働に基づいた技術の説明を行った。技術について、一定の理解を得ることができた。県知事を含めた各局とも、本事業に高い関心を示しており、今後実際に実証事業を行う際には、場所選定等で協力を受けることができる旨を確認している。

同県においては、本事業の補強メンバーである APEX 及び外注先である YDD が地域に根ざした活動を行っており、今後も ODA 案件具体化に向けた交渉を進めることが可能である。

(2) 東ヌサトゥンガラ州政府

地方開発計画局及び鉱物エネルギー局を訪問し、事業についての説明を行った。本事業に高い関心を示しており、シッカ県に加え、州都のクパン周辺地域においても、実証機の稼働の要望があった。また、その際には、場所の選定等で協力を得られる旨の提案があった。

(3) インドネシア共和国政府

エネルギー鉱物資源省及び後進地域開発促進自治省を訪問し、事業についての説明を行った。後進地域開発促進自治省では、無電化地域の電化について太陽光発電導入の補助を行っており、本バイオマス発電技術の効果が示せれば、今後補助事業で活用する可能性も考えられる旨のアドバイスを受けた。

現地調査資料

【第1回訪問議事録】

1. シッカ県地域開発計画局会議室

- 実施日：2013年10月21日(月)8:00~9:30
- 場所：シッカ県地域開発計画局会議室
- 出席者：(敬称略)

地域開発計画局(BAPPEDA) 局長 Alosius A.G.Conterius S.Sos

株式会社プロマテリアル 齋藤、マクレラン

株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)

APEX 井上(田中)、彦坂

①シッカ県の電力事情と電化政策について

- ・ 地域には電気が行き届いていない地域がたくさんあるので、局としてはプロジェクトを歓迎する。より詳しくは、環境局に行くとかどのようなバイオマスがあるかなどは教えてもらえるだろう。必要性やポテンシャルなども聞けるだろう。最近、電力が不足している地域には太陽光発電で電力供給をする計画も始まっているが、まだごく一部である。
 - バイオマス発電については、これまで検討はされてきているのか？(調査団)
- ・ 知っている範囲では、石炭発電、ディーゼル発電、太陽光発電である。
 - 電化政策としては、送電線を島中に巡らせるのか、それとも自家発電設備を点在させるのか。(調査団)
- ・ 電力網の整備の問題は PLN が決めることであり、PLN の中央本社の指示で決まってくるので、あまり関与していない。これまで取り組んできたことは太陽光だが、バイオマスでも出来れば非常にいいと思う。
 - 地域のディーゼル発電では、ミャンマーの寺のように地域供給者がいるのか。(調査団)
- ・ ディーゼルによる地域供給はすべて PLN がやっている。その他は、個人的に発電機を買って、発電、使用している状況である。

②その他本事業に関連する関心や意見

- ・ 次回、訪問時に、県知事との面談の機会、ならびに県政府の関係部局を集めての会議を調整する。
- ・ JICA については既にこの地域でも衛生分野などの支援をしている。

②シッカ県公共事業・鉱業・エネルギー局会議室

■ 実施日：2013年10月21日(月)10:00～12:00

■ 場所：公共事業・鉱業・エネルギー局会議室

■ 出席者：(敬称略)

公共事業・鉱業・エネルギー局：Urbanus, ST. HT (鉱業・エネルギー部長)、Evi Sofriyanti, S.Si, MT (鉱業課長)、Daniel Riady (秘書)

株式会社プロマテリアル 齋藤、マクレラン

株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)

APEX 井上(田中)、彦坂

①エネルギー関連事情について

- ・ 石油価格が上昇し、補助金の削減もあって住民の燃料調達が困難になっている。公共事業・鉱業・エネルギー局としても、住民の支援として太陽光導入をしているが、まだ一部である。
- ・ こちらの地域では、製造業が未発達なので、ニーズが高いのは住宅の照明用である。必要があれば、いくつかの村でサーベイすることは可能である。
- ・ 太陽光発電の事業性について、kW単価、どこが主体となって設置しているのか、どのくらい設置されているのか、課題は何か教えてほしい。また、発電している時間帯と、夜間の照明は時間帯が異なるがどうしているのか知りたい。
- ・ 太陽光発電を使った地域の電化プロジェクトは、全部で4つの事業がある。すなわち、①エネルギー鉱業省、②後進地域開発担当大臣府、③地方政府、④PLNの4つである。

①エネルギー鉱業省のプロジェクトは、2007年からこの地域でも実施されるようになり、戸別設置で1軒あたり50Wpの太陽光発電を設置する。

エネルギー鉱業省の予算によるプロジェクトは、ひとつの対象地域当たり25軒～50軒に設置する。

②後進地域開発担当大臣府が本年度に設置しているケースの太陽光発電の能力は15kWで、蓄電池付である。設備費は後進地域開発担当大臣府が負担し、場所の選定と住民調整は地方政府が実施する。用途は主に照明で、1軒あたり3つのランプがつけられる。最大で100Wまで使えるが、実際は70Wくらいである。照明の目的は、生活用と子供の学習用である。設備メンテナンスは地方政府が住民に対して研修をするが、研修の講師は中央から派遣されてくる。

それぞれの家に電力メーターがつけられており、使用制限がかかっている。住民からの料金徴収は、使用量に対する従量制ではなく、村ごとに定めた定額契約で回収している。定額の料金は、1ヶ月1軒あたり1万IDRから1.5万IDRくらいである。

後進地域開発担当大臣府の太陽光発電プロジェクトは前からあるが、この地域に入ってきたのは2009年である。これまでに3つのプロジェクトがあり最初の2つは5kW(いずれも離島)で約50軒の家をまかなうものである。照明以外には、揚水目的の設置もある。本年度の15kWのものはフローレス島内である。

太陽光発電設備以外に、1台のTVが後進地域開発担当大臣府から提供されている他、コンセントがあり、住民がアイロンを持ってくるとその場で使える。

後進地域開発担当大臣府、地域予算について、選択基準は、向こう10年～20年にわたり PLN の電線が到達する見込みのない地域、または離島、さらには住民が貧しく学校に行っている子供がいる地域を選択している。

③ 地方政府の太陽光発電プロジェクトは、個々の家庭に 50Wp の太陽光発電を取り付けるプロジェクトで、一軒当たりの設置費は 550 万 IDR である(設備、蓄電池、工事費含む)。2013 年には、1 地区 53 軒に対して総額 3 億 2500 万 IDR をかけて設置した。

④ PLN のプロジェクトは、グリッドの届かないところへ、1 軒あたり 50Wp(3 つのランプをつける程度)の太陽光発電設備を設置するもので、設備は PLN が所有する。PLN は、電気代として住民から 1 ヶ月 3.5 万 IDR 徴収しているが、滞納するケースがあり、それは住民の電力代負担能力が、その程度であることを示している。

- PLN の事業は PLN が管理している。地方政府のものは、住民の自主運営で実施している。深刻な故障が生じた場合には、中央政府に連絡が来るようになっている。住民運営の母体となるような組織はなく、プロジェクトのために新たに組織される。
- PLN のプロジェクトの場合は、住民がプロジェクトに参加する場合、口座を開設し、初期に 50 万 IDR を振り込まなければならない。そこから利用料金や照明メンテナンス料金を引き落とし、残金がなくなる前に追加しなければならない。照明を含めて設備は PLN のものである。将来的にグリッドが普及した際には、プロジェクト参加者が優先的に接続できる。PLN が村長と調整する。
- 太陽光発電設備の設置費用や、住民の電気代に対する支払い能力はどのくらいか。(調査団)
- 後進地域開発省のプロジェクトでは、2009 年の 5kW のシステム(工事、輸送込み)で 17 億 IDR(1700 万円)であった。輸送費や(輸送)保険費用が高額となっている。現在はもっと安いと思うが、詳細はわからない。
- 住民の支払い能力から見ると、PLN の 3.5 万 IDR は上限に近く、支払いが滞るケースもある。国や地方政府がやるプロジェクトでは、維持費用なので 1 軒いくらか集めるかは、住民が管理に必要な金額を相談して決めている。
- 太陽光発電以外の再生可能エネルギーに関して、今のところ他に支援策はない。水力発電については検討しているが予算がないので、住民達が自分たちで作るしかない。このシッカ県でも 2kW のものが住民により導入された事例が 1 件ある。
- 太陽光発電においては、5kW や 15kW くらいの規模が出ているが、現在は予算の関係から規模が決まり、照明利用に限っているが、設備容量が大きければテレビやラジオなどにも使えてよい。
- 当局としては、もっとやりたいが予算が限られているのでなかなか広められない。2013 年は、上記後進地域開発担当大臣府の予算による 15kW の設備が 1 件、53 軒の住宅への設置が 1 件となっている。

②技術について

- スターリングエンジンは、独自技術なのか。ディーゼルエンジンを改造して使うことはできないのか。
➤ 根本的に違うので難しい。(調査団)
- また、我々(調査チーム)としては、どのようなシステムだと現地に合致しそうなのか、を把握したいと考えている。どのような燃料や価格帯が現実的なのか、アドバイスを頂ければと考えている。バイオマス燃料の調達にはなるべくコストをかけず、量を調達できるものがよい。
- 燃焼によってどのくらいの温度にしなければならないのか。

- 700度から800度くらいである。(調査団)
- ・スターリングエンジンによっておよそどのくらいの出力が出せるのか。またその際に必要となるバイオマス燃料はどのくらいなのか。
 - 出力については、電力需要に応じてエンジンを併設する。数百kW以上は合わないと思うが、数十kWなどは問題ない。また、必要な燃料について、バイオマスの種類や水分率にもよるが、概算目安としては1kW#hを生むために2・3kg/hくらいバイオマス資源が必要である。(調査団)
- ・資料を見ると、いろいろなバイオマスの種類が書かれているので、地域でどのようなバイオマスが出ているか、などについても調査が必要だと感じられる。清掃局などについてデータをもらうことも検討するとよい。

③その他

- ・15kWの太陽光プロジェクトは、現在建設中でマウメレから車で1時間くらいのところにある。設置は出来ているので、来月くらいには動かし始める予定である。
- ・製造産業が発展しない大きな理由のひとつに電力事情の悪さがあり、電力事情が改善されれば、産業振興にも繋がるだろう。

3. シッカ県農業・農園局会議室

■ 実施日：2013年10月22日(火)9:00~10:00

■ 場所：シッカ県農業・農園局会議室

■ 出席者：(敬称略)

農業・農園局：Mauritius Da Cunha(局長)、他2名

株式会社プロマテリアル 齋藤、マクレラン

株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)

APEX 井上(田中)、彦坂

①有望なバイオマス資源について

- ・ 外向けに生産している主要農産物は、カシューナッツ、コブラ、キャンドルナッツ、カカオである。これらは島内で加工までは出来ないので、収穫したものを島外に輸出している。島内向けに生産しているものとしては、米、豆、イモ類、とうもろこしなどがある。
- ・ 利用できそうな廃棄物としては、ココナッツ椰子の殻・殻の外の繊維分、キャンドルナッツ(搾油用)の種の殻、カカオの種皮がよいのではないか。これらはいずれも未利用であり、焼却処分されている。その他には、籾殻、稲わら、とうもろこしの芯と茎、木や作物の葉はたくさんある。とうもろこしの茎は利用できるのか。
 - 乾燥していれば利用できると思う。(調査団)
 - これらのバイオマス資源の中で、1箇所から大量に得られるものはあるか。(調査団)
- ・ ココナッツについては、各戸で出てくる場合と加工工場が出てくる場合がある。キャンドルナッツ、カカオ、とうもろこし、稲わらについては各戸である。籾殻は精米所でまとめて出てくる。
 - これらの資源は現状何かに利用されているか。未利用な場合、これらの資源を燃料として利用することは可能か。(調査団)
- ・ ほとんど未利用であり、焼却や埋め立てされている。バイオマス発電機器を入れることで電気を得られるのであれば、喜んで集めることは可能だろう。ただし、経済性やオペレーションの問題はある。
- ・ 5kWのエンジンを1時間動かすのにどのくらいの燃料が必要か。
 - ものにもよるが、10~15kgくらいである。(調査団)
- ・ ココナッツ農園では、養豚や養鶏も一緒にやっている。ペレット状の餌を作るために電気が必要である。
- ・ あるいは精米所で発電が出来れば、当然精米所で利用する電気を節約することが出来る。
- ・ 乾季になると灌漑のためにポンプを動かす必要があり、そのために稲わらやとうもろこしの残渣を使ってポンプを動かすことが出来ればよい。米を生産するためのコストとして、ポンプを稼動するためのガソリンなどは大きな負担となっており、バイオマス発電でまかなうことが出来れば農民は非常に助かるだろう。
 - これらの未利用な農業残渣を利用するためには、対価が必要か。(調査団)
- ・ 自分で利用する分には問題ないが、他人が取りに来て持っていくとなると何かしらの対価が必要だろう。それが農民の副収入になればよい。もちろんこれまでは捨てていたものなので高い値段で引き取る必要はないが。
 - 今まで捨てていたというのは、畑の中に転がしていたということなのか。(調査団)

- ・コンポスト的に利用されるというのはごく一部で、大部分は野焼きである。

②技術について

- ・スターリングエンジンの値段はいくらなのか。
 - 目標値として、システムとしての設備価格で 50 万円/kW を目指している。利用する燃料の種類によっても多少異なってくる。（調査団）
- ・系統に接続する以外に、ポンプや精米機の動力として利用することはできるのか。
 - ダイレクトに利用することは出来る。（調査団）
- ・（インドネシア国内ではもっと安価な価格を目指すということであれば）価格、利用方法ともにそのようなことであれば、これまでのバイオマス発電よりも非常によい。
- ・今は、石油系燃料が高騰してきており、バイオマスが利用できれば非常に助かる。

4. シッカ県環境局

■ 実施日：2013年10月22日(火)10:15～:11:00

■ 場所：シッカ県環境局会議室

■ 出席者：(敬称略)

環境局：Pius M.Temaluru 氏他、計4名

株式会社プロマテリアル 齋藤、マクレラン

株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)

APEX 井上(田中)、彦坂

①環境局のこれまでの取り組みについて

- ・以前にユドヨノ大統領から石油燃料の代替燃料としてバイオマスを含む再生エネルギーのインストラクションがあり、2006年に地域レベルでの再生可能エネルギーの推奨があり、ジャトロファの利用などがあつた。その他に、環境局では家畜廃棄物を発酵させメタンガスを得るプロジェクトをやっている。
- ・それ以外には、ココナツの殻を用いた発電をネレ郡でやっている。現在の稼動状況を含め、そのプラントの詳細はわからない(訪問後、発電でなく、ブリケット生産と判明)。デモプラントをやるのであれば、環境アセスメント的なものが必要になる可能性もあるが、設置しながら必要性を検討するのがよいだろう。
- ・ココナツの殻を用いた発電については、郡庁に確認すればわかるはずである。
 - 環境局でバイオマス利活用に対して予算をつけているのか。(調査団)
- ・バイオマスに関連することとしては、中央政府の環境省から予算が下りてきて環境保全のために植林をするということはある。バイオマスエネルギー関係の予算というのではない。
- ・自然エネルギーでは、公共事業・鉱業・エネルギー局がやっている。
 - 廃棄物は環境局の担当なのか。(調査団)
- ・廃棄物に関しては2つの局が絡んでおり、ひとつは環境局であり、もう一つは公共事業鉱業エネルギー局である。役割として、環境局は収集車、リアカー、ごみ箱などの機材を調達する。それらの配分は公共事業鉱業エネルギー局が行っている。
 - 今回の技術は、ごみ焼却にも活用できる可能性(アイディア)がYDDとの打ち合わせの中であつた。(調査団)
- ・有機ごみや無機ごみなどがある。有機ごみといっても食品廃棄物や葉っぱ、紙などもある。
 - 実現までにはいろいろなハードルがあると思うが、水分率の高いものは嫌気性のメタン発酵、可燃性のものはどこまで分けるかによるが燃焼し熱回収する、という大きく2つの方法に分けることが効率的だと思っている。熱回収の方については、関心があれば検討を協力することはできると思う。(調査団)
 - 現状、ごみ処理は料金徴収をしていないのか。(調査団)
- ・基本的には、未処理で最終処分場にダンピングしているだけである。
 - 今後、人口が増加または所得が増えればごみの量が増えてきて、従来のような処理では不足するのではないか。そのあたりの将来的な計画はあるか。(調査団)

- 2009年に廃棄物処理場の建屋は建てたが、設備がともなわず、稼働していない。破碎設備はあるが、一部は壊れてしまい、放置されている状態である。しかしながら、住宅に近く先日の県議会で廃棄物処分場として使うべきではないとの決断が出た。
 - ごみ処理については、将来的に中間処理をする可能性はあるのか。またその際に発電をするということはどうか。（調査団）
- もともと廃棄物は法的に中間処理をしなければならないが、現状は出来ていない。同時に発電するという発想はこれまでなかったので、出来ればよいと思う。これらの話は、一般廃棄物の話であり、産業用については事業者が責任をもって処理をする必要がある。
 - 農業生産者の廃棄物は、ここでは農地に埋めるか大部分を焼却していると聞いている。日本では、そうした農業廃棄物は野焼きが法的に禁止されているが、インドネシアでも将来的にそのような可能性はないか。（調査団）
- 法律上は禁止されているが、実際は法律に則って運用されていない。
 - そういうことであれば、違法処分されている農業廃棄物をバイオマス発電の燃料として利用することは環境局としては望ましいことである、という認識でよいか。（調査団）
- 非常によいことである。

5. PLN 東フローレス支部

- 実施日：2013年10月22日(火)14:00～15:00
- 場所：PLN 東フローレス支部会議室
- 出席者：(敬称略)

PLN 東フローレス支部：Tige B Kale(支部長)、他1名
株式会社プロマテリアル 齋藤、マクレラン
株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)
APEX 井上(田中)、彦坂

①電化計画(特に無電化地域の)について

- ・ 基本方針としては、フローレス島内については全ての地域にわたって(時間はどのくらいかかるかわからないが)グリッドを延ばしていく。バサール、バルエ、スクン島などの離島地域については、独立電源を持っていくのが基本的な方向である。一部は、各戸の太陽光発電電気を設置しているようなところもある。
- ・ 電化計画のロードマップとしては、全体の電化率としては、2015年までに70%を予定している。従来はディーゼル発電機で発電していたが、石炭火力発電への転換を進めており、容量の大きい集中型のディーゼル発電設備は、2014年までにすべて置き換える予定である。
- ・ 従来の集中型のディーゼル発電設備として、マウメレが10,500kW、ララントウカ4,000kW、アドゥレナ3,500kWがあったが、これらが石炭火力からの電力に転換される。
- ・ ロパ地域(エンデ県)に、石炭火力発電所の建設が進んでおり、その能力は、第1期分が7,500kW、第2期分も7,500kWである。
- ・ PLNの送電網に連系されている地域において、スターリングエンジンで発電された電力は購入する。連系されていない地域については、配電網をPLNが設置し電力を購入する。ただし、ある程度の集落になっていることが必要条件となる。その場合、電力購入価格はFITの価格で買い取り、電力料金の徴収はPLNが実施する。
- ・ 技術的に必要な情報があればそれをサポートすることは問題ない。
- ・ 事業化が見込める集落がどのくらいあるのかについては、実際に村長と話をしてみなければわからない。1つの集落は大体40～50軒くらい。

②無電化地域におけるディーゼル発電・太陽光発電の電力供給事業について

- ・ 太陽光発電の各戸への供給ビジネス(50Wの電球つき、35,000IDR/月)はどのくらい普及しているのかについては、後日数値を確認して連絡する。
- ・ 1つの集落に太陽光発電を導入するPLN以外のケースだと中央政府から支援があり、住民の中でオペレーションや管理をやるといった自立的なモデルはある。
 - そのようなモデルにおける法規制などはあるのか。(調査団)
- ・ 非常に規模が小さいものなので、厳しく言えば何かあるかもしれないが、現状は特にない中でやっている。
- ・ 太陽光発電の値段については本部でないとわからない。

- ・化石燃料を使う動力については、今は燃料代の負担が増えているので、バイオマス発電でまかなうことは非常に喜ばれるのではないかと。

③事業について

- ・スターリングエンジンで無電化地域に電力を供給する事業スキームはどのように考えているのか。
 - 基本的には、ソーラーパネルと同様に発電機を販売することを考えているが、現実的には難しいと思うので、IPPと同じように事業をして電力を販売することを考えているが、PLNの方針とどのようにマッチするか、探っていきたい。（調査団）
- ・PLNとしては、発電した電気をPLNに販売したいのであれば購入する準備はある。昨年10月に開始したFITがあるので、それに則って電力を購入することは可能である。
 - グリッドがない無電化地域でも購入は可能なのか？（調査団）
- ・制度上は可能である。
 - 集落で超小型のIPP事業としてやる場合に、事業主体となりそうなところはあるか。（調査団）
- ・住民の自主組織しかありえないだろう。FITで購入する場合にはPLNが主体にはなりえない。

6. シッカ県森林局

- 実施日：2013年10月23日(水)9:00～10:00
- 場所：シッカ県森林局会議室
- 出席者：（敬称略）

森林局：F.Gabriel Pojenti, S.Hut(森林・土地再生部長)、他2名
株式会社プロマテリアル 齋藤、マクレラン
株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)
APEX 井上(田中)、彦坂

①地域バイオマスについて

- ・シッカ県だと集落はあるが、1集落あたりの世帯数が少なくグリッドが行き届かないところが多いので、そのような地域でバイオマス発電が出来ると助かる。Doreng(PLNで太陽光の話が出た地域)などはその例である。局としては出来る限り協力したい。
- ・こちらのバイオマスはなかなか利用されていない。ジャトロファについては、州の援助で搾油機をもっている。今回の技術でバイオマスの利用が進めば非常によいが、生態系への影響がないようにはして頂きたい。
 - 森林局の役割について具体的に教えて欲しい。（調査団）
- ・東ヌサトゥンガラ州の90%くらいが荒地（3段階ある全ての合計。以前は森林だったが、農地が少ないので住民が焼畑で開拓し、その後放牧などをしてきた。）として指定されている。森林局のビジョンとして、森林再生の役割が大きい。国の政策としても森林を再生しようとしている。住民が育てて植えており、森林局はそのための費用や運用を支援している。また、森林の保護を目的とした放火、伐採等の監視をしている。その他、森林伐採を許可制でやっているが、その許可を森林局で出している。
- ・国全体としては年間50万haの森林が再生しているが、シッカ県では30のグループが森林再生に取り組んでいる。1つのグループで6haくらいの規模である。
- ・島内の森林が少ないので、木材の加工業者はいるものの主に外から持ってきて加工している。多くはスラウェシ島から持ってきている。木材の加工所は主に家具工場であり、柱や板の状態で仕入れている。
 - 日本でイメージしているような製材所の端材のような、燃料として利用できる未利用の木質資源はあまりないのか。（調査団）
- ・農村で家畜を飼っているところでは、葉を餌として与える際に剪定をしており、枝の部分は未利用なので使えるかもしれない。その他、木材加工工場から発生するおがくずなどは使えるかもしれない。
- ・工場から排出される数量は把握していない。比較的大きい加工工場が3つくらいある。
- ・バイオマスとしては、タマリンドという植物の種皮なども使えるのではないかと。キャンドルナッツと、タマリンドは管轄としては農業局ではなく森林局になる。カシューナッツやカカオについても、一部は森林局の管轄になっている。

7. マゲパンダ郡コリシア B 村

■ 実施日：2013年10月23日(水)9：40～11：00

■ 場所：マゲパンダ郡コリシア B 村

■ 出席者：（敬称略）

役場：Donatus Nggake(村長)、他1名

株式会社プロマテリアル 齋藤、マクレラン

株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)

APEX 井上(田中)、彦坂

①村の概要と農業事情について

- ・ 村の世帯数は、322世帯（1世帯あたり5人くらい）である。シッカ島の21の郡の中で、一番生産量が多い郡がマゲパンダ郡である。県全体の年間1万トンの水稲のうち、約4,000トンがマゲパンダ郡である。マゲパンダ郡に村は5つある。この村のほかにコリシア A 村、マゲパンダ村、ドネ村、レロロジャ村があり、ジェットロファ事業では、最初にレロロジャ村で植栽を行った。
- ・ 必要とされる情報は準備する。この村役場でする範囲でいいのか、あるいは現場に行った方がいいのか、どのようなデータが必要なのか教えて欲しい。村に設置する可能性があるのであれば、しかるべき場所を探す。また、設置した際に住民へ影響はあるのか知りたい。
- ・ 東はコリシア A 村、西はレロロジャ村、北は海、南はニランクリム村である。この村の中に3つの地区（エド地区、コリシア地区、ナウテウ地区）があり、6つの町内会(Rukun Warga)、15の隣組(Rukun Tetangga)がある。
- ・ この村の総面積は、991.6haで、そのうち多少なりとも灌漑をしている田んぼは70ha、天水に頼っている田んぼが25ha、畑が237ha、市民農園が23ha、森が141.8ha、住宅地が18.7ha、藪が253.3ha、草地が210.3ha、沼地が5ha、その他が8haという構成になっている。
 - 米の収穫時期はいつか。（調査団）
- ・ 基本は概ね年に1回、灌漑しているところでは2回採れるところもある。
- ・ 最近は、気候が変動しており、本来乾季なのに雨がふり、一部では2回収穫できたところもある。
- ・ 田んぼでは収穫にともなって稲わらが発生する。一部は家畜の飼料に使っているが、多くの部分は焼却に使っている。
- ・ 収穫後の脱穀は、脱穀機を借りたり手作業でやったりする。精米所はエド地区に3箇所、コリシア地区に3箇所、ナウテウ地区に1箇所、合計7箇所ある。
 - 収穫期は何月で、村としての収穫量はどのくらいか。（調査団）
- ・ 天候を見ながら植え付けの時期を選ぶので、収穫時期も幅があるが、灌漑をしている田んぼではおよそ5～6月、天水でやっているところは9月～10月である。
 - 粃殻は、収穫時期に合わせて発生するのか、それとも粃がついた状態で保管し、需要に応じて精米するのか。（調査団）
- ・ 需要に応じて精米する。
 - 稲作以外に畑ではどのような作物を収穫しているのか。また、それらの農業残渣の発生状況、利用状況はどうか。（調査団）

- ・作物として一番多いものはとうもろこし、その他には芋、バナナ、落花生がある。それらの廃棄物として、とうもろこしの茎は家畜の餌として与えることが多いが、乾燥したものや芯は焼却している。その他落花生の殻などの廃棄物も焼却処理か畑に放置している状態である。
- ・これらの畑で作るものは、ほとんどが自家消費である。
- ・既に農民のグループなどはあるが、このような新しい装置を入れる場合は、新たに集まって、責任者や会計担当者、運転担当者などを決めて新しく組織された住民の自立的な組織で運営するのがよいのではないか。

②村の電化状況について

- ・村には電気は既に通っている。1軒の家に2~3世帯居住しており、大部分の家には電気が通っているが、一部の非常に貧しい家には電気は通っていない。電気をつなぐためには200万IDR（分割払い可）支払わなければならない、かつ80万（一括払い）IDRの電力計を購入しなければならない。
- ・電気の使い方は、比較的裕福な家では照明以外にテレビや冷蔵庫に使い、貧しい家では照明だけである。貧しい家は、隣の家から電線を借りてきて使っており、利用料金は隣の家と相談している。
- ・月々の電気代は、およそ1軒（2世帯くらい）あたり2万5,000IDRくらいが標準である。

③その他

- ・村の世帯所得について、かなり幅があるが、一番貧しい家庭でも25万IDR/月くらいである。多いところでは、70万IDR/月や100万IDR/月くらいである。
- ・村の仕事は農業と漁業がほとんどである。農民が663名、漁民が10名、肉体労働者が3名、縫製業が3名、運転手15名、オートバイタクシー13名、それ以外に個人事業者が4名、役人が16名（教員含む）である。労働者の高齢化は特にない。
- ・宗教は、イスラム46名、カトリック1,263名、プロテスタント1名である

8. JETRO ジャカルタ事務所

- 実施日：2013年10月24日(木)16:30~17:40
- 場所：JETRO 会議室
- 出席者：(敬称略)

JETRO ジャカルタ事務所：コーディネーター 酒井
株式会社プロマテリアル 齋藤、マクレラン
株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)
APEX 井上(田中)

①通関手続きについて

- ・デモ発電機の税関手続きについて、受け入れ主体はどこになるのか。ただし、JICA が絡んでくるような公的機関が絡むケースはケースバイケースが多い。通常の商業上のやり取りの際は、選択肢の提示や港で受け取れない場合の解決支援などをしてきた。インドネシアでは輸入に対しても輸入者、輸出者の登録をしなければならない。登録をしないと、税関で引っかかった際の対応が異なってくる。
- ・APEX と YDD が考えられるが、YDD で受けた方がスムーズとなるのではないかと。
 - 商品ではなく見本品でも必要なのか。(調査団)
- ・インドネシアの税関がどのように判断するか、による。
- ・輸送の進め方に関しては2つの方法がある。1つは商業ベースで実施する方法、2つ目は外務省や大使館のレターなどを使って根回しする方法である。
- ・インドネシアの法的な不明瞭さがあり、いいのか、だめなのかわからない状況が非常に強く、法的主張を通しても通らない可能性はある。
- ・したがって、現地カウンターパートがいるのであれば、YDD をうまく活用した方がよいのではないかと。
- ・クリスマスから年末年始はパフォーマンスが非常に落ちる時期なので、そもそもスケジュールがタイトである。
 - 12月中には現地に届くようなスケジュールを考えたい。(調査団)
- ・レター類は取っておけば、何かあった際に使えないことはない。
- ・インポートはどこからするのか。
 - ジャカルタかスラバヤで考えている。(調査団)
- ・ネガティブに言えば、ジャカルタの方がハードルは高い。

②関連する政府機関について

- ・政府機関は、こちらがあたりをとしている部分がおおよそではないかと。

③地場のパートナーについて

- ・まずはジャカルタで探すのがよいだろう。
- ・PLN で聞いてみるのもよいのではないかと。ただし、国民性として縄張り意識が非常に高いので、進め方には注意が必要である。将来的に考えれば、ジャワ島から発信することになるだろう。

- ・ 事業として考えた際にどこと組むか、が非常に重要な要素だと認識している。候補となりそうな企業が出席するイベントなどの機会があれば情報を頂けると幸いである。
- ・ ジャカルタでは地方自治政府向けに売り込むイベントがあるので、そこでネットワークを作るのはよいのではないかと。

- ・ シッカ県以外の有望地について
- ・ 現状、発電システムのポテンシャル的な部分がまだわかっていない。
- ・ 投資状況として、ジャカルタは減ってきており、むしろ地方への投資が増えてきている。
- ・ 油椰子殻の買取価格も上がってきており、バイオマス発電なども話としてはよく聞く。
- ・ 韓国企業がインドネシア政府と組んでどんどん入り込んできている。

9. 在インドネシア日本大使館

■ 実施日：2013年10月25日(木)11:00~12:00

■ 場所：日本大使館会議室

■ 出席者：(敬称略)

外務省：長坂一等書記官、慶野二等書記官

株式会社プロマテリアル 齋藤、マクレラン

株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)

APEX 井上(田中)

①事業概要について

- ・発電に必要な熱はどのくらいなのか。
 - 一般的には800度~1,000度くらいだが、それ以下でも出力は落ちるが発電はする。バイオマスでも燃焼が伴えば600度くらいは期待できるので、程度の差はあるが発電は出来る。(調査団)
- ・水は大量に使うのか。
 - 北の地域では温水利用もでき効率的だが、インドネシアのような南部地域ではお湯のニーズはあまりないので、循環式を考えている。太陽熱を使ったスターリングエンジンの発電システムもあり、インドネシアでは揚水に使っている事例がある。あとはシステムの仕上げ方、手間の少なさやコストが現実的にどこまで現地の方々に受け入れられるのか、を見ていきたい。(調査団)
- ・発電した電気はどうするのか。
 - PLNの話では、FITで買い取るだけでなく、配電網の整備もPLNがやると言っていたので、料金徴収を誰がやるのかという問題も解決できそうである。(調査団)
 - 村でも比較的裕福な人は料金負担をしておき、貧しい人はその人から借りる形をとっているので、電気料金の支払いもある程度解決できそうである。(調査団)
- ・設備価格はどのくらいなのか。
 - 機械物なので販売数にもよるが、糶殻を燃料としているカンボジア王国では3MWや4MWであれば40万~50万/kWくらいのターゲット価格が見えてきている。(調査団)

②見本品の輸送手続きに関するアドバイス・協力について

- ・通関関係については、まずはJICAに相談して欲しい。
- ・税関にJICAから事前連絡をしておき、焦げ付いたときに大使館が対応するということはある。JICAやNEDO事業で機器を持ってくる際に税関で止められる場合でも、最終的に大使館が発動したことは少ない。レターを準備はしても実際に使う事態には至らないケースがほとんどである。

③ODA活用について

- ・JICAのODAの他に、1,000万以内になるが大使館でやっている草の根無償事業が使える可能性もある。ただし、インドネシア政府内の規則で地方の行政組織が直接外国政府の補助を受けることを禁止しているので、NGOしか出来ない仕組みになっている。
 - APEXがジャトロファ事業でやっているスキーム(日本NGO連携無償資金協力)もありうるのではないかと。(調査団)

- ・我々(長坂氏、慶野氏)は経験がないスキームなのでわからない。
- ・ NGO に関しては、今回協力してくれている YDD がありうる。
 - また民間提案型普及事業も想定できるのではないか、と考えている。そのあたりうまく現地に見せられればよいスキームが組めると考えている。(調査団)
- ・ ODA はエネルギー・鉱物資源省から BAPPENAS 経由で出てくる。スキームが固まってから訪問した方がよいだろう。

10. JICA インドネシア事務所

■ 実施日：2013年10月25日(木)14:00～15:30

■ 場所：JICA 会議室

■ 出席者：(敬称略)

JICA：小澤、矢口、壽楽

株式会社プロマテリアル 齋藤、マクレラン

株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)

APEX 井上(田中)

①通関手続きについて

- ・ デモ機の輸送はいつを考えているのか。
 - 輸送は12月の渡航前までに到着しているように段取りはしているが、税関手続きが読めない。エンジンではなく発電機という定義で、税関手続きで余計な問題が発生しないようにしたい。(調査団)
 - YDDも輸入者登録をしていないため、APEXが以前に排水処理設備を持ち込んだ際の協力企業を通すスキームを考えている。(調査団)
 - 輸送手続きについて、JICAからの支援などは得られるか。(調査団)
- ・ 外務省のレターの中で実証機器と位置づけし、調査であることを明記した上で、持ち込む機材リストを添付する方法を検討している。ただし、税関で止められる場合がないわけではない。
 - 大使館からは、JICAから税関に事前相談してもらう方法の提案があったが可能か。(調査団)
- ・ 正式な技術協力プロジェクトであればそのようなルートがあるが、今回はその形式には該当しない。現時点で考えられる方法としては、上記のとおり機材リストを追加することが唯一という状況である。
- ・ 本プロジェクトの次の事業として、普及実証事業をやっているが、無税通関を出来るかというところが、インドネシアの中央政府の了解を得ないと出来ない。中央政府と地方自治体とJICAで調整をしている最中である。
- ・ デモ機の設置場所は決まっているのか。
 - APEXがやっているジャトロファ・センター内で目処が立っている。工具類について、フローレス島内でどの程度調達できるのか、次回訪問時に確認をしたいと思っている。(調査団)
- ・ 本部に依頼すればサポートレターは出せるはずだが、それ以外の方法は今のところ思いつかない。
 - 100%大丈夫という方法があるわけではないと認識している。(調査団)
- ・ 具体的にどのルートで持ち込むのか。
 - スラバヤ経由で考えているが、スラバヤからマウメレまでの船が、荷物がいっぱいになったら船が出港するという状況のため、早めに輸送を進めてしまいたい。フローレス島はカトリックの地域なので、クリスマス前に物流量が増えると思われる。日通など、インドネシアに荷物を運んでいる物流会社と相談をして進めなければならないが、スラバヤからマウメレへうまく繋がられるか、が不安ではある。今回の件を踏まえて日通や商船三井などに具体的に相談を進める。(調査団)
- ・ インドネシアに現地法人のある日本企業を経由して持ち込んだ例はある。
- ・ 別の事例では、コア部分のみ飛行機で輸送し、外装などは現地調達をしている事例もある。

②関連する政府機関について

- ・ 後進地域開発担当大臣府、農業省に関して、リソースパーソンへのコンタクトが可能かどうか JICA 内でも確認する。ただし、農業省はバイオマスに対してあまり接点はないのではないと認識している。

③ODA の活用について

- ・ ポイントになるのは、どれだけ事前にカウンターパートの自治体や公社と調整が進んでいるのかである。

④その他について

- ・ FIT を用いた際の配電線整備に関して、PLN の本社に確認した方がよい。水力などの他の電源では、配電部分を IPP が負担している例もあるように聞いている。FIT を活用する場合は、PLN の本社に話が上がると聞いている。
- ・ OM について、太陽光ではコミュニティでやっているということだが、本技術は同じ位のレベルと考えてよいのか、ある程度の専門性が求められるのか。
 - OM の負担が小さいことは太陽光発電の大きなメリットである。本技術も、エンジンの構造上は外燃式なので、一般的なディーゼル発電などに比べると比較的簡易であるが、太陽光と同レベルというわけにはいかない。ただし、今回の現地調査から、無電化地域で太陽光発電を導入している事例を見ると、発電規模や電力ニーズが本技術のターゲットとずれていないことを確認できた。（調査団）
 - ごみ処理に関して、インドネシアでは大きな都市でようやく分別の取り組みが開始されようとしている。廃棄物系は現地のニーズが非常に高い。（調査団）
- ・ 将来的な展開を鑑みて、デモ機の運用をあえてジャカルタでやるような事例もある。
 - 普及のためにはコストが従来の発電機から 2 段階、3 段階のブレークスルーが必要と考えている。カンボジア王国では、比較的裕福な精米所をターゲットに台数を裁くことで、単価を下げて BOP へ繋げていきたいと考えている。（調査団）

【第2回訪問訪問議事録】

1. シッカ県知事

■ 実施日：2013年11月11日(月)10:00～12:00

■ 場所：シッカ県庁会議室

■ 出席者：(敬称略)

シッカ県知事 Yoseph Ansar Rera

株式会社プロマテリアル 南波、緒方

株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)

APEX 井上(田中)、彦坂

①事業概要について

- ・シッカ県でこのような調査を実施することに感謝する。また必要な協力は出来る限り行いたい。
- ・太陽光発電との違いにおいて夜間の発電も可能とのことであるが、夜間も燃焼するのか、蓄電して利用するのか。
 - どちらでも可能である。(調査団)
 - 無電化地域への電力供給において、これまでにバイオマス発電の検討はなされてきたのか。(調査団)
- ・まだそのような検討はない。
- ・今後の成果に期待する。

2. PT. Laugit Laut Biru (日本名：(株)青い海の空)

- ・ 実施日：2013年11月12日(火)10:00~12:00 / 打ち合わせ及び企業内見学(設備含む)
- ・ 場所：PT. Laugit Laut Biru (日本名：(株)青い海の空)
- ・ 出席者：(敬称略)
 - PT. Laugit Laut Biru Romo Paulus (ディレクター)、Yulius Dwi P
 - 株式会社プロマテリアル 南波、緒方
 - APEX 井上(田中)
- ・ PT. Laugit Laut Biru は、マウメレ教区の司教と、ATMI(Akademi Teknik Mesin Industri Surakarta、スラカルタ産業機械技術アカデミー)が半々に出資して、2010年に設立された。現在15名のスタッフがいます。
- ・ これまで、木材加工、自動車・オートバイの修理、海藻加工、職業訓練などさまざまな事業・活動を行ってきたが、今後はその中の職業訓練部門をポリテクニクとして独立させ、力を入れていく計画である。
- ・ スターリングエンジンやこのプロジェクトの説明をしたところ、非常によいアイデアであり、この辺りは、無電化の村がたくさん存在しているので、そこで出たゴミなどの素材を活用して発電できれば素晴らしいことである。
 - 日本で製造するとコストが高いため、将来的に現地で生産することも踏まえて協力してくれないか。(調査団)
- ・ ここには既に場所もあるし、工作機械もあるし、試作もできる。技術は違うが、廃食用油を用いて動かすエンジンもここで作ったことがある。但し、新製品開発は通常スラカルタで行っている。非常に協力の機会としてはいいのではないかと歓迎する。
- ・ また、人の訓練もする予定だし、ここにスターリングエンジンを設置しようと思えば、それも可能である。ここにきた人が学んで、それを持ち帰って説明し、広めていければいいのではないかと。
 - 近々デモプラントを日本から持ってくるので、もし何かトラブルがあれば助けてほしい。(調査団)
- ・ それは全く問題無い。いつでも言ってほしい。場所はYDDでもここでもいいので大丈夫である。

3. REROLARA 社(カカオ加工工場)

- 実施日：2013年11月12日(火)11:00~12:00
- 場所：REROLARA 社(カカオ加工工場) 応接スペース、加工現場
- 出席者：(敬称略)
REROLARA 社 農園部長 Ignasius Photo
株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)
APEX 彦坂

①事業概要について

- ・事業及び技術について概要の説明を行い、調査協力を得た。

②農園の概況及びバイオマスの発生状況について

- ・農園は、従業員約100人、創業1927年である。農園内に51kwのディーゼル発電機(初号機と言っていたので、恐らく建屋が建てられた1935年に設置されたもの)を設置しており、主にコーヒーの外皮剥きに必要な電力を供給している。PLNによる系統からの供給は受けていない。非常に古い発電機なので、故障したときの予備パーツ確保に苦慮している。
- ・ディーゼル発電機は、コーヒー収穫期の7月~11月にほぼ毎日、1日3~4時間稼働している。1回の処理で3tのコーヒー豆を処理し、30Lの軽油を消費する。軽油は道端で販売している6,000~7,000IDRのものを使用している(ガソリンスタンドでの販売価格は5,500IDRだが、近くにガソリンスタンドがないため。)
- ・農園では、コーヒー、カカオ、ココナツ(椰子)を栽培している。コーヒーが210ha、カカオが60ha(うち30haがカカオとココナツ椰子の混作)である。コーヒーの生産量は20t/年、カカオは40t~50t/年である。今年は病気が発生したため20t/年となっている。ココナツ椰子は30t/年である。ココナツ椰子については、もっと取れるがよいものを選んで商品としている。生産量については、カカオ・コーヒーは乾燥した種子(種皮を剥いた状態)、ココナツ椰子は繊維分や殻を除いた完熟した実の部分のみの数値である。
- ・コーヒーは現地での消費用として販売され、カカオとココナツ椰子は、スラバヤなどの島外(ジャワ島など)へ輸送される。ココナツ椰子は他の島で油をとり、カカオは恐らく国外に輸出されている。
- ・いずれも農園内で加工(皮や殻を剥き、乾燥)している。
- ・カカオの殻は、山積みして保管しており、下の方で自然に腐ったものを肥料として販売(2,500IDR/kg)を行い、または農園内で利用している(いずれも量は不明)。一部販売している。ダンプトラック1台3m³で10万IDR、輸送費は別途。殻は乾燥していたり湿っていたりするので重量はよくわからない。購入者は堆肥化する。カカオは基本的に年中収穫できるが、多い月は4月、5月、7月、8月である。多い月で10t/月採れる。1kgの乾燥種子を得るために、30個の果実が必要である。
- ・ココナツ椰子の殻や繊維は、農園内で1箇所に集め、野焼きしている。
- ・コーヒーの種皮は野積みして放置、または有機肥料にしている。

4. 東フローレス県ティテヘナ郡ワトワラ村

- 実施日：2013年11月12日(火)14:30～15:30
- 場所：東フローレス県ティテヘナ郡ワトワラ村広場
- 出席者：(敬称略)
ワトワラ村(全部で7地区)の4地区の住民 10人
株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)
APEX 彦坂

①ワトワラ村について

- ・ 村の人口は3,200人、800世帯くらいである。村は7つの地区から構成されており、ここの地区はドナリタ地区になっている。ドナリタ地区は約300名、62世帯である。地区ごとにディーゼル発電を導入している。
- ・ 地区住民の99%は農民で、主要農産物は、とうもろこし、米、ココヤシ、キャンドルナッツ、カシューナッツ、カカオ、ジャトロファである。

②ディーゼル発電の運用状況について

- ・ 地区にあるディーゼル発電は、地区内でディーゼル発電の運営を目的とした運営委員会を構成し、委員会が運営している。
- ・ 7地区のうち6地区がディーゼル発電により電気を供給されている。発電機は4台、電力が供給されていない1地区は、28世帯で離れたところにある。
- ・ 1台あたりの出力規模は10kW、50世帯くらいをカバーしている。それでも全部の世帯をカバーしているわけではなく、料金がなくて利用できていない世帯もある。
- ・ 料金の徴収方法は、利用料と燃料または燃料代を日毎に世帯ごとに回して負担している。利用料は、10,000～15,000IDR/回(照明利用のみのケース)、燃料は8L/日を出することとなっている。利用料と軽油代を合わせて、約10万IDRを接続世帯に応じて50日～60日に一度負担している。電気をつける時間は、18時から22時までの4時間のみ。
- ・ ディーゼルエンジンの作動には、1～2人で対応しており、住民から集めた利用料から給料を支給している。
- ・ ディーゼルエンジンは、各地区の住民が、各世帯10万～15万IDRのお金を出し合って購入した。(発電機の値段は9万円～10万円/台、1万円/kWである)。
- ・ PLNが今年12月末までに、ワトワラ村まで送電網を延ばすことを約束している。しかし、過去にも何度も期限を決めて約束してきたが未だに設置されていないので、本当に12月末までに入るか、疑問である。
- ・ 現在、各地区で使用しているディーゼル発電機の導入時期は、地区により3年前～2、3ヶ月前までと幅が広い。村に初めて発電機が入ったのは1995年で、その発電機が故障した後、各地区に導入された。もっとも交換頻度が多いところでは、初号機から数えて3代目である。発電機は中国製である。1台あたりの寿命は9年くらいである。
- ・ メンテナンスをする人はいるが、部品を調達するために何度もマウメレへ行ったりしなければならず、そのための交通費などを考慮すると新しいものを買った方が安い。

- 軽油は道端で売られているものを利用しており、10,000IDR/L である。

5. シッカ県ドレン郡ワトゥメラ村

- 実施日：2013年11月13日(水)9:00~10:30
- 場所：シッカ県ドレン郡ワトゥメラ村役場
- 出席者：(敬称略)

村長 Yosef Hobi、太陽光発電の運営管理代表者 Yozh Andreas Woda、他約10名
株式会社プロマテリアル 緒方、南波
株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)
APEX 彦坂

①ワトゥメラ村と電力事情について

- ・村は3つの地区で構成されており、村全体で1,103人(243世帯)、うち46軒が個人的に発電機(1kW程度)を所有している。これは政府からの援助ではなく、個人で購入している。
- ・多くの世帯は1軒で1世帯だが、中には1軒で2世帯暮らしているところもある。地域の慣習で、子供が結婚しても親と一緒に暮らしていることが多い。
- ・村全体の243世帯のうち17世帯が教員や公務員、残りは農民である。56世帯はまだ家を持っておらず、間借りなどを行っている。家の数は160軒である。
- ・主要産物はカカオ、ココナッツ椰子、キャンドルナッツ、コーヒー、イモ類(自給用)、香辛料(2種類くらい)である。米やとうもろこしは植えるための土地がないため、購入している。
- ・照明は主に灯油ランプを使っており、発電機はガソリン燃料のものが多いが、一部は軽油利用である。ガソリン発電機は、350万IDR/機(YAMAHA製、1kW)~150万IDR(YASUKA製、800W)、ディーゼル発電機は3kW前後で400万~500万IDRである。ガソリンの発電機が多い理由は、ガソリンは道端で売られているが、軽油はガソリンスタンドで購入しなければならず、軽油よりガソリンの方が入手しやすいからである。ガソリンスタンドではポリタンクを用いた燃料の販売が禁止されており、車に一度入れた軽油を抜き取って利用している。また、ガソリン発電機の方がコンパクトで携帯性に優れている。現地でのガソリン購入価格は8,000IDR/L(マウメレ市内のガソリンスタンドでは6,500IDR/L)である。
- ・発電機を導入している家では、基本は自家用の発電で隣家への電力供給などは行わない。パーティーを開催するときなどは例外として隣家へも電力を供給することもある。

②太陽光発電の運用状況について

- ・後進地域開発促進自治省の支援で太陽光発電設備が導入された。太陽光発電設備の出力は15kWで、蓄電池を付帯して90軒の家へ電力を供給する計画となっており、1軒あたり20W(5Wのランプが4つ)を上限とする予定である。
- ・以前からシッカ県政府を通じて PLN の送電網整備の要望を上げていたが、最終的にはシッカ県知事の推薦により、村での太陽光発電設備の設置が決定された。
- ・太陽光発電システムの管理は、住民組織を形成して行う。電気を供給する世帯に利用手数料を支払ってもらい、メンテナンス費用にあてる。

- ・現在はまだ稼働していないが、稼働が開始されたらシッカ県のエネルギー鉱物局から職員が技術指導員として派遣され、村民2名をメンテナンス要員として育成する計画である。
- ・現状はまだ集金方法および利用手数料の設定はなされていない。
- ・管理のための住民組織は5名で、議長・秘書・経理に加えて、技術者(上記トレーニング要員)2名で構成されている。
- ・太陽光発電で発電した電気は、蓄電池に充電され24時間利用可能となる。

6. クリスラマ社（ココナッツ農園）

- 実施日：2013年11月13日(水)16:30~18:00
- 場所：クリスラマ社（ココナッツ農園）応接スペース
- 出席者：（敬称略）
クリスラマ社 経営者（Aloisius Ndate）
株式会社プロマテリアル 緒方、南波
株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)
APEX 井上（田中）、彦坂

①施設概要

- ・ 1970年に設立され、自前のココナッツ椰子農園 897haのうち、500haを現在も活用している。
- ・ こちらではコプラ(白い果肉の部分)を取って乾燥、販売している。外部からの買取はなく、全て自前農園で収穫したココナッツを加工している。そのコプラから油を自前で採ることが出来れば更にいいと考えている。
- ・ シッカ県内の農家の60%がココナッツ生産にかかわっており、搾油まで出来れば収入も増えて地域が豊かになる（ジャトロファセンターの施設で搾油できることを踏まえて）。コプラから搾油した油は地域住民のために使えるだろう。
- ・ 生産量は乾燥後の重量でおよそ1ヶ月6t、年間だと60tくらいである。
- ・ 従業員は、正社員が20人、季節労働者が約150人いる。
- ・ ココナッツの実4つから1kgのコプラの実が取れて、それを6,000IDRで販売しているが、搾油を行えば、その油は15,000IDRで販売できる。
- ・ 同社は株式会社ではあるが、収益は教会に提供され、医療福祉など住民生活のレベル向上に活用している。そのため、政府から支援が入ることもある。
- ・ 施設内の電力は PLN から購入している。以前は、太陽光発電設備を設置していた時期もあったが、PLN が送電網を整備するまでのつなぎであった。
- ・ 停電が頻発するので、自家用のディーゼル発電機を所有している。発電機の規模は5kWであり、生産活動では電気は利用しない。
- ・ 現在、フローレス島で生産されたコプラはジャワ島のスラバヤなどへ輸送され、そこで油を生産し、その油がフローレス島へ輸送されて、市販されているが、地元（フローレス島内）で搾油ができれば地域の発展にもつながる。

②ココナッツ椰子由来の廃棄物排出状況について

- ・ ココナッツ椰子の殻や繊維部分の排出量について、感覚的には6tのコプラの生産に伴い、廃棄物として繊維分と殻がトラック30台分(300kg/台)発生している。
- ・ 繊維分と殻は全量がレンガを焼成する燃料か、モケ(酒)を作るための燃料となっている。乾季であればトラック1台分の廃棄物（繊維分と殻）が15万IDRで、雨季であれば20万IDRで販売(500~666IDR/kg)されている。販売先での燃焼時は、繊維分と殻は廃棄物として発生した状態（繊維分と殻が一緒になった状態）のまま焼却されている。

- ・以前は、椰子殻を繊維に加工する事業者がマウメレにあり、繊維部分はそのまま加工業者に販売していた(先ほどのレンガ焼成用・モケ製造用の燃料向けの販売価格と同じ値段の 500IDR/kg で販売していたため、燃料向けの販売と競合していた。)
- ・このココナッツ農園などのように排出量がまとまってあれば、廃棄物も燃料などとして引き取り先があるが、一般農家など小口で出ているところは引き取り手がない。
- ・ココナッツ椰子の葉っぱも無駄に捨てられている。幹の部分も技術があれば家具の材料となるが、この地域ではそのような利用も出来ていない。
- ・ココナッツ椰子の廃棄物を使ってバイオマス発電をすることは賛成である。シッカ県西に位置するエンデ県では、日本の協力で水力発電を導入しているが、それは非常によい取り組みである。この地域も水が豊富なのでぜひ検討されたい。

③その他

- ・インドネシアは、石油燃料に対して補助金が支給されており非常に安価となっている。補助金がなければジャトロファのコスト競争力も出てくるはずである。
- ・コプラを油にするための圧搾機、ココナッツ椰子の幹や葉の有効利用、繊維及び殻の有効利用が、今後必要である。
- ・ココナッツ椰子農園では、ココナッツ用の肥料として尿素は与えているがそれ以外は自然に任せている。樹の寿命(収穫できる年数)は 60 年くらいである。

7.インドネシア共和国エネルギー鉱物資源省

- 実施日：2013年11月15日(金)9:00～11:30
- 場所：エネルギー鉱物資源省
- 出席者：(敬称略)

エネルギー鉱物資源省：

Fitria A Firman(バイオエネルギー協力課長)、Budiman R Saragil(バイオエネルギープログラム評価・分析課長)、Efendi Manurung(バイオエネルギー技術課長)

矢野、インターン生

株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)

APEX 井上(田中)

①事業及び技術概要について

- ・ 1kwh 発電するのに、どのくらいのバイオマスが必要か。
 - バイオマスの種類にもよるが、目安として 2kg～3kg である。(調査団)
- ・ ガス化との違いはどうか？ガス化はタールが出てくるがその問題はないのか。
 - 今回のシステムは完全燃焼なので、ガス化とは根本的に異なる。完全燃焼ではタールの発生もなく、残るのは灰のみである。(調査団)
- ・ 発電機のコストを電気代に乗せると FIT でも採算が取れないのではないか。
 - 発電機のコストを電気代に乗せると住民の負担が大きいことは認識している。現状は、発電機の導入コストは補助でまかない、燃料を住民が集めてくる仕組みであれば成り立つと考えている。(調査団)
- ・ デモ機は1台だけか。3か月の検証では、技術的、社会的検証としては不十分ではないか。
 - デモ機は1台のみ、シッカ県のマウメレに来年1月に設置する。1月の設置以降の取り扱いは、現状はフレキシブルである。(調査団)
 - 実証期間については、我々も十分な期間ではないと認識している。本事業については、JICA のスキームを活用しているので如何ともしがたいところである。ただし、次のステップとして ODA を活用し、次年度以降に発展スキームとして導入できればと考えている。(調査団)
- ・ 市場調査は終わったのか？
 - 市場調査は大方終わっている。ココナッツやカカオ農園を視察し、視察したココナッツ農園では、ココナッツ椰子殻が月に 9t 発生していることを確認した。(調査団)
- ・ 市場調査に関して、資料にある①～④の項目はどのような意味か。
 - アイディアスキームだが、IPP の場合は村が事業主体として発電する。村の農業廃棄物を使うのが理想的ではないか。(調査団)
- ・ YDD の役割はなにか。
 - この調査の中では政府でのヒアリングや、バイオマスの市場調査、デモ機の運転支援などであるが、調査の後の普及段階では、発電機の設置やメンテナンス人材の育成なども必要になるので、YDD を核に体制を構築できればと考えている。(調査団)
- ・ 発電コストはいくらくらいか？

- 視察した農園では、燃料費のみで 15 円/kWh くらいになりそうである。椰子殻バイオマスの買取コスト 5 円/kg、発電に必要な資源量 3kg/kWh として考えている。(調査団)
- ・類似のプロジェクトとして、ガス化によって発電し、コミュニティーに電気を供給するプロジェクトをやってきた。ダウンドラフト式固定床ガス化発電(100kW)で、周囲にある油椰子の農園の葉を集め、切断し、ガス化+軽油の混合発電をしたが、住民から実用的ではない、という意見が出て止まってしまった。葉を収集し切断することに手間がかかり、アブラヤシ農園で働いた方が収入になる、ということであった。ガス化炉は、政府の援助により無料で入れた。バイオマスが利用されていないうちは、バイオマスに値段はついていなかったが、プロジェクトが始まると値段がついてしまった。本プロジェクトにおいてもその点を考慮しなければならない。
- ・解決方法の案をアドバイスすると、一つは電気をを用いて住民が生産活動をするようになると解決されるようになるかもしれない。もう一つは、自家発電をしている工場などに入れれば、燃料コストの削減に繋がるので、受け入れられるかもしれない。

②バイオマス関連政策について

- ・政策としては、2012年1月31日に FIT を発行した。2005年に再生可能エネルギーに関する機器の免税を開始している。
- ・設備導入では、2010年から2011年の間に100kWのガス発電機を計5機、リアウ州に設置した。2013年にスンバ島で80kWのガス化発電を1基設置した。2014年は、アブラヤシ搾油工場の廃液を発酵させ、メタンガスを得て発電するユニットを2つ、都市の一般廃棄物から発電するものを1ユニット設置する予定である。
- ・その他に、研究開発の支援も行っている。

8. インドネシア共和国農務省

- 実施日：2013年11月15日(金)14:00~15:00
- 場所：農務省
- 出席者：(敬称略)

農務省：

Siti Marfoah Batubara(ポストハーベスト・事業開発局多年生作物ポストハーベスト部長代理)、Arifan Sri Hananingsih(多年生作物局種子部長代理)他計4名
株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)
APEX 井上(田中)

①事業及び技術概要について

- ・発電機の値段は？また発電に必要なバイオマス量は？
 - 目標価格は50万円/kWだが、現地生産をはかればさらにコストダウンが期待される。発電に必要なバイオマスの量は、資源の種類にもよるがおよそ3kg/kWhである。(調査団)
- ・値段について、インドネシアの住民も政府もそれほどお金がないので、導入コストが大きな課題の一つとなる。
- ・スマトラなどでは、電力が大幅に不足している。特に東部で不足している。この調査が可能性のある計画を考案してくれるとよい。
- ・この調査の最終目的は何か？インドネシア政府が採用する可能性のある新しい技術をインドネシアに提供することか？それとも、アジアの他の国に普及させることか？他地域では？
 - 他地域では、カンボジア王国で籾殻を燃料に、日本では木材を燃料に発電している。(調査団)

②今後について

- 来年度はODAを使って1年近い実証が出来ればと考えている。(調査団)
- ・どのような機関・会社と協力するのか？
 - プロマテリアルが技術を持っているが、現地のどのような機関と協力して普及をはかるかは検討中。政府の資金を得ることでできれば、実証ができる。(調査団)
- ・使っていないココナッツの殻や繊維は豊富にある。シッカ県でうまくいくことがわかって、機械の値段が購入可能なものであれば、農業だけでなく、漁業にも電力を活用できる(水産物の冷凍・冷蔵など)ので助かるだろう。

③農業政策及び農業廃棄物の利活用について

- ・バイオマスに関しては、地域によって違ってくる。およそインドネシア東部ではココナッツが多く、西部では、オイルパーム(アブラヤシ)が多い。(東部の)シッカには、ココナッツの殻や繊維がたくさんあり、それらは活性炭やブリケット生産に利用できるものであるが、利用されていない。
- ・このプロジェクトのターゲットはどこか？家庭か、それとも、農民グループか？インドネシア東部では、電化を非常に必要としている。ココナッツとカシューナッツ等が利用可能である。東部については、農民グループがターゲットになろう。農民自身によって運用できるかもしれないし、日々、バイオマス原料が産出されているので、東部では、この技術はとても有用であると思う。

- 化石燃料に限界があるため、インドネシアではバイオマスも含む再生可能エネルギーを促進していくという政策がある。インドネシアには、バイオマスが豊富にあり、エネルギーや農業の大臣間でも、重要なエネルギー源として認識して、活用していくことが検討されているが、電力として利用するまでには、いろいろ問題がある。国内でも技術を開発していこうとしている。
- 天然ゴムもインドネシアにあるバイオマスの一つである。その幹は、既に家具に利用されている。
- ハルマヘラ島北部、中部、南部、マルク島、スンバ島南西部、リアウ州の島嶼部はココナッツ椰子栽培が盛んである。北スマトラ州、中部スマトラ州、リアウ州、西スマトラ州、南スマトラ州、ジャンビ州、ベンクル州、東・西・中央カリマンタン州、はオイルパーム（アブラヤシ）やココナッツ、スマトラ南端のランブン州はココナッツを生産している。
- ジャワ島については、南部の海岸沿いはココナッツ、それ以外は稲である。
- インドネシア東部の多くは、ココナッツの産地である。
 - ▶ アブラヤシと同様に、ココナッツも広大なプランテーション方式なのか。（調査団）
- ココナッツも広い農園があるが、小規模に分散しているところもある
- シッカのココナッツ農園のように、残渣を販売(500~600IDR/kg)しているか否かはわからない。おおよそは捨てているのではないか。ジャワではココナッツの繊維を売っているケースもあるようだ。

9. 後進地域開発促進自治省

■ 実施日：2013年11月15日(金)17:20~18:00

■ 場所：後進地域開発促進自治省

■ 出席者：(敬称略)

後進地域開発促進自治省：

Dr. Siswa Trihadi (エネルギーインフラ担当次長補佐)

Theresia Junidar(海外協力計画局二国間援助部門長)

Ridha Ocfani (海外協力計画局多国間援助部門長)

Zainah (海外協力計画局海外協力部スタッフ)

株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)

APEX 井上(田中)

①事業及び技術概要について

- ・ バイオマス発電に対しては、まだ取り組みが少ないのでこの事業に対しては非常に興味がある。
- ・ 来年1月のワークショップの際は、ぜひ参加したいので招待状を送ってほしい。

②後進地域の電化政策及び同省の取り組みについて

- ・ 5kW, 10kW, 15kW の太陽光発電導入支援をしている。ワトゥメラ村についても、当省の支援で導入したものだろう。
- ・ エネルギー鉱物資源省との役割分担については、全国500県のうち183県が後進県とされており、当省はその183県を対象としている。エネルギー鉱物省は、その他の県も含めて事業を行っている。正確な切り分けはなく、協調して進めることもある。
- 後進地域の電化は、PLNの電力網を広げていく方法と、分散型電源を配置していく方法の2通りがあると思う。コストの問題もあるだろうがどちらがメインになっていくのか。(調査団)
- ・ 当省としては、分散型を進めようとしている。
- 分散型を進めようとした場合、金銭的な負担はどこが担うのか。省からの支援がメインになるのか。(調査団)
- ・ プロジェクトごとに、当省が出す場合、エネルギー鉱物資源省が出す場合、当省がコーディネーターをしてエネルギー鉱物資源省がハードを入れる場合もある。
- 年間どのくらいプロジェクトが行われているのか。また、コスト面からすると、再エネよりもディーゼル発電の方が安価だと思うが、ディーゼル発電なども普及の対象としているのか。(調査団)
- ・ 全体数はよくわからないが、今年は67県で67のプロジェクトを実施した。大きさは5kWもあれば10、15kWもある。いずれもすべて再生可能エネルギー(太陽光発電か、小水力発電)である。
- 太陽光と水力発電のみでバイオマスを取り組んでこなかったのはなぜか。今後取り組む可能性はあるのか。(調査団)
- ・ バイオマスのポテンシャルが大きいことはわかっているが、これまで利用できる技術がなかった。うまく利用できる技術があればぜひやりたい。
- ・ 太陽光発電の場合だと、2,200万IDR/kWp(2~3USD/Wp)である。バッテリーも含めたシステムの値段だと、5USD/Wpくらいである。

- 今回のバイオマス発電システムは、50万円/kWを目標価格としているが、現地生産を進めることなどにより、さらにコストダウンすることも期待される。（調査団）
- ・ 後進地域の電源開発計画について、当省としては5ヵ年計画をベースに2014年には40県に導入するが、その先は大統領も代わるので現時点での計画はない。

【第3回訪問訪問議事録】

1. ニタクロアン村

- 実施日：2013年12月17日(火)11:00～12:00
- 場所：ニタクロアン村
- 出席者：（敬称略）

村人数十人

JICA 細川、松山

株式会社プロマテリアル 斉藤、マクレラン、中町、宮内

株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)

APEX 井上(田中)、彦坂、現地スタッフ2名

- ・ キャンドルナッツは、小規模農家が各戸数本の樹木から収穫する。1本の樹木で30kg/年程度が収穫できる。殻のついた状態が250個で1kg程度になる。大規模な栽培を行う村も存在する。
- ・ 実は棒で1個1個割って殻から取り出している。キャンドルナッツの実は、5m程度の木から落ちてくるのを拾って収穫する。
- ・ 実の販売価格は殻がついた状態で5,000 IDR/kg、殻を割った中身の状態で15,000～20,000 IDR/kg。
- ・ 殻はすべて敷地に廃棄している。
- ・ キャンドルナッツは、キャンドル用の油として用いられる他、整髪料や食用油に利用される。
- ・ ニタクロニアン村の農家では、キャンドルナッツ以外にもトウモロコシ、カカオ、ココヤシも栽培している。

2. 東ヌサトゥンガラ州地方開発計画局会議室

- 実施日：2013年12月18日(水)8:00~9:00
- 場所：東ヌサトゥンガラ州地方開発計画局会議室
- 出席者：(敬称略)

東ヌサトゥンガラ州地方開発計画局 局長 Ir. Wayan Darmawa, MT、Edy Latu
株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)
APEX 井上(田中)

①技術・ビジネススキーム概要について

- ・再生可能エネルギーでの電力供給には、大変歓迎である。どこか1~2箇所でパイロットプロジェクトをやってシステムを周知するとよいのではないか。州の電化率は56%になっている。小さな集落や島での電力供給に大変向いているのではないかと期待している。
- ・無電化村の家庭の電力供給に関する費用負担について調査したこともあるが、燃料代の負担が非常に大きいものがあり、身近にあるバイオマスを使って発電できるのは非常によいのではないかと。また、別の観点からいうと、とうもろこしの芯などのさまざまな農業廃棄物があり、肥料に使おうとすると発酵するまでに時間がかかるが、発電システムを使えば灰になるので土壌改良剤にもなり、循環農業としても非常によいのではないかと。
- ・別の利点としては、地域に散乱、野積みされている農業廃棄物が消費されれば地域の環境がきれいになる。

②小型バイオマス発電装置の普及について

- ・州の35%くらいの村は立地条件から電力公社の電力網が到達するのはかなり難しい。いずれにしても分散型の電源が必要であり、これまで太陽光発電をやってきたが住民にはメンテナンスが難しく、既に使えなくなっているものもある。
- ・東ヌサトゥンガラ州だけでなく、マルク州やパプワ州なども小さな島が点在している州なので、分散電源に対するニーズは高い。
- ・いずれにしてもパイロットプロジェクトが必要だと思うが、その場合、エネルギー鉱業省が資金を出しているので、エネルギー鉱業省に相談するのがよいのではないかと。
 - パイロットプロジェクトを定める際に、村の選定や調整に協力を受けたい。(調査団)
- ・東ヌサトゥンガラ州の中で一番無電化村が多い県を後日連絡する。エネルギー鉱業省に対してプログラムの紹介レターも出す。
- ・これまで年間50億IDRの予算で再生可能エネルギーの導入を進めてきたが、ほとんどが太陽光発電であり、半分はうまくいっていない。
- ・またスンバ島にて、エコニックアイランドづくり(環境調和型の島づくり)が動いており、そこに入れることもありうるのではないかと。

3. PLN 東ヌサトゥンガラ州本社

- 実施日：2013年12月18日(水)13:00～15:00
- 場所：PLN 東ヌサトゥンガラ州本社 会議室
- 出席者：（敬称略）

PLN Technical Manager Mr. Taufik Eko Wardyanto、他 2 名
株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)
APEX 井上(田中)

①技術・ビジネススキーム概要について

- ・発電システムの値段は、高いのではないか。
 - ▶ 初期投資が高いところが課題であり、最初は日本政府の補助などを得ながら導入していくイメージであるが、その後の普及にあたって PLN 側での支援などはないか。（調査団）
- ・具体的な支援策は現時点では回答できないが、よい取り組みなので出来る限り支援をしたいと思う。
- ・ディーゼルエンジンの場合、エンジンにガバナーが付いていて燃料供給が自動的に調整できるが、バイオマス発電システムの場合、どのようにやっているのか。
- ・ディーゼルエンジンと組み合わせて、調整部分はディーゼルで行うこともありうるのではないか。

②無電化村での FIT 売電スキームについて

- ・一般的に PLN が電力網を整備し、バイオマス発電による発電電力を買い取ることは問題ないはずなので、無電化の村においても同様になるのではないか。
- ・無電化村で稼働させる場合の稼働時間については、夕方の 6 時から朝の 6 時までとなるのではないか。今は少ないが、後進地域では夕方 6 時から夜中の 0 時までというケースもまれにある。

③FIT による売電をする際の具体手続きについて

- ・エネルギー鉱業省と PLN の本部の了解を得る必要があり、申請が必要である。また、電力メーターをつけなければならないのではないか。
- ・プロジェクト組成のフローについて
 - ◆設置場所の決定、地方政府の許可を取得
 - ◆PLN への申請
 - ◆設備計画などの書類提出
 - ◆FS の実施
 - ◆UKL-UPL:環境アセスメントの実施：規模が小さくてもやる必要がある。特に森林の中でやるような場合には必要。プロジェクト開始前に最短で 3 ヶ月間のアセスが必要となる。さらに、プロジェクト開始後には 3 ヶ月に 1 回報告が必要。環境管理士の資格を持った専門家に報告書を作成してもらう必要がある。
 - ◆詳細設計の実施
 - ◆KKP:プロジェクト妥当性の検討【PLN】
 - ◆PLN 本社への申請
 - ◆MoU 締結

◆中圧 2 万 V、低圧 400V

◆住民側は、接続料金を支払い、電力計は PLN が費用負担して設置する。

④その他

- IPP にも 2 種類ある。建設、発電、オペレーションなどをすべて IPP が実施し、PLN に売電するスキームと、一定期間が経過したのち所有権を PLN に移管するケースである。

4. 東ヌサトゥンガラ州鉱物エネルギー局

- 実施日：2013年12月18日(水)15:00~16:00
- 場所：東ヌサトゥンガラ州鉱物エネルギー局 会議室
- 出席者：(敬称略)
鉱物エネルギー局 局長 Ir. Danny Suhadi
株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)
APEX 井上(田中)

①技術・ビジネススキーム概要について

- ・ 初期投資は、少し高めだがそのくらいだろう。
 - ▶ 現地生産すればもっと安くなるのではないかと考えている。(調査団)
- ・ 来年東ヌサトゥンガラ州の16の県で地域エネルギーを調達するためのプロジェクトを開始する予定である、予算の30%はバイオマスがらみで使う。1県(1プロジェクト)あたり Rb.1億~Rb.2億である。
- ・ エネルギー鉱物資源省から Rb.30億が地方政府の再生可能エネルギーとして配分され、そのうち30%にあたる Rb.9億がバイオマス発電かバイオガス化に使わなければならないが、2013年度は使い切れず翌年に持ち越しとなったので、今回のプロジェクトに使えるのではないかと。又これとは別に、同額規模の予算が2014年も配分される予定である。
- ・ シッカ県も良いが東ヌサトゥンガラ州の中心であるクパンや農業バイオマスが多く発生するティモール島でやった方がよいのではないかと。こちらでもデモンストレーションをやるのであれば置き場所は提供できる。家畜を飼う場合にラントロ(木の名称)の葉を家畜の餌としてあたえ、枝を発電燃料としたらよいのではないかと。
 - ▶ こちらで製造できる技術を持っていそうな企業はあるか。(調査団)
- ・ 一般的な工作できる企業はたくさんある。

②その他

- ・ 州の再生可能エネルギーの導入状況としては、フローレス島は課題が多いものの地熱発電やコミュニティ単位の太陽光発電を進めている。太陽光発電は10kWでRb.10億の投資規模となっており非常にコスト高である。小水力発電は6kW~20kWの規模である。スンバ島はオランダのNGOの支援を受けて500kWの太陽光発電や20kWの小水力発電をやろうとしている。ティモール島は、まだ限られているがFIT絡みで1MWと4MWの太陽光発電が計画されている。小規模水力としては、30kWのものが1つあるが故障している。
- ・ 前回こちらでバイオマス発電を行った際は、プラウディジャヤ大学の技術で行った。

5. PT.Aristo Satria Mandiri Indonesia

- 実施日：2013年12月18日 15:00～18:00 先方工場にて打ち合わせ
19日 9:00～13:00 工場見学及びディスカッション
- 場所：PT.Aristo Satria Mandiri Indonesia
- 出席者：PT.Aristo Satria Mandiri Indonesia
プロマテリアル：斎藤、マクレラン、宮内、中町

- ・本プロジェクトの概要及び将来的なビジネスプランを説明し、同社が今後、生産及びメンテナンス、販売に関して具体的にビジネスパートナーとなり得るかどうか、また、インドネシア国内でのスターリングエンジン発電システムの生産に関する技術的課題を確認するためにジャカルタにある同社を訪問した。
- ・同社は設計から、各種切削加工、金属加工、精密加工、アッセンブルまで行うことができる製造機械、技術者を有する。特筆すべきは金属金型の製作まで行っており、精度に関する検査体制等は充実している。
- ・本事業の説明及びスターリングエンジンの構造、基本原理、主要パーツのマテリアル、製造課題や、同エンジンを使った分散型発電システムの構築に必要な各種アプリケーションについてレクチャーを実施した。また、インドネシア国内のバイオマス発電、無電化地域における電気ニーズの状況に基づいたマーケットについて意見交換を行った。
- ・同社工場を見学し、彼らの持つ機械設備及び、技術者のレベル、現在製作・納品している部品及び製品類についての説明を受けた。
- ・精密加工については3軸のマシニングを中心に使用している。韓国・台湾の最先端の設備においては5軸、6軸のものも見かけるが、3軸機械を使いこなしており、また、ATMI等、工業大学出身の若く、知識、技術習得欲の高い技術者も多くいることもプラス材料と判断した。インドネシアの標準機械設備で対応できるような部品に日本国内で一部改良する必要はあるが、設備面、人材面、コスト面、また、自動車産業も発達していることから、鋼材の調達面からも非常に有利であると判断した。

6. Akademi Teknik Mesin Industri Surakarta (スラカルタ産業機械技術アカデミー)

■ 実施日：2013年12月20日(金)9:00～11:00

■ 場所：PT. ATMI Kreasi Energi 会議室

■ 出席者：(敬称略)

GM PT. ATMI Mr. Alfonsus Arista Tefa、他2名

株式会社プロマテリアル 斉藤、マクレラン、中町、宮内

株式会社リサイクルワン 藤平、菊地(文責)

APEX 井上(田中)

①プロマテリアルのスターリングエンジンについての説明と協力依頼

②ATMI の取り組みについて

- ATMI がジャカルタで取り組んでいる太陽熱スターリングエンジン発電システムの説明があった。発電システムの価格は、集熱ユニットも全て含めて 250,000,000IDR/1.5kW である。太陽の追尾システムは付いていないので、出来るだけ多くの太陽熱を集められるように受熱部を大きくしている。基本設計はドイツから来ている。

③ATMI について

- カトリック系私立大学である。各種の工作機械を取り揃えている。日本の自動車メーカーから研修目的で部品の受注を受け、販売した利益は大学の運営資金に充てている。R&D 部門は、民間企業との協力を行っている。
- 自前の太陽熱スターリングエンジン発電システムの開発を行っている。システムは集熱ユニットも全て含めて 250 百万 IDR/1.5kW である。基本設計はドイツから来ている。
- スターリングエンジン製造の協力可能性については、部分的な生産は出来ると思うが、今後、図面などスペックを見た上で詳細を検討していくことになる。