

平成 21 年度 CDM / JI 事業調査

インドネシア・東ヌサトゥンガラ州におけるジャトロファ複合利用による地域開発 CDM 事業調査

報告書

平成 22 年 3 月

三菱 UFJ 証券株式会社

目次

1	基礎情報	1
1.1	プロジェクトの概要	1
1.2	企画立案の背景	1
1.3	ホスト国に関する情報	3
1.3.1	地勢	3
1.3.2	気候	4
1.3.3	自然環境	4
1.3.4	政治体制	7
1.3.5	経済状況	8
1.3.6	エネルギー事情	9
1.3.7	電力事情	11
1.3.8	インドネシア政府のエネルギー関連目標・プログラム	15
1.3.9	バイオ燃料及びジャトロファにかかわる状況	17
1.3.10	環境政策	20
1.4	対象地域の情報	22
1.4.1	地勢	22
1.4.2	自然環境	23
1.4.3	貧困にかかわる状況	27
1.4.4	電化率	28
1.4.5	水不足	29
1.5	ホスト国の CDM への取り組み、承認体制	32
1.5.1	気候変動・CDM 関連制度	32
1.5.2	CDM プロジェクトの承認体制	32
2	調査内容	36
2.1	調査実施体制	36
2.2	調査課題	36
2.3	調査内容	38
2.3.1	調査課題に対する成果	38
2.3.2	現地調査	40
3	プロジェクトの内容	43
3.1	プロジェクトの目的	43
3.2	プロジェクトのスキーム	43
3.3	プロジェクト参加者	44
3.4	プロジェクト実施サイト	46

3.4.1	東ヌサトゥンガラ州シッカ県について.....	47
3.4.2	緑化対象地域の状況.....	49
3.5	事業の技術概要.....	53
3.5.1	育種.....	54
3.5.2	育苗.....	54
3.5.3	植栽場所の条件.....	55
3.5.4	植栽、栽培.....	56
3.5.5	収穫、収量.....	57
3.5.6	搾油.....	58
3.5.7	精製.....	59
3.5.8	エンジン燃料としての利用.....	60
3.5.9	副生物の利用.....	61
3.5.10	毒性.....	63
3.6	実施スケジュール.....	63
4	CDM 事業としての実現可能性.....	65
4.1	本プロジェクトより期待される温室効果ガス削減効果.....	65
4.2	本プロジェクトのベースライン・モニタリング方法論.....	66
4.3	プロジェクトバウンダリー.....	69
4.4	ベースラインシナリオ.....	70
4.5	ベースライン排出量の算定.....	70
4.6	プロジェクト排出量の算定.....	72
4.7	リーケージ.....	75
4.8	本プロジェクトによる排出削減量試算.....	77
4.9	プロジェクト期間（クレジット獲得期間）.....	77
4.10	本プロジェクトの追加性.....	77
4.11	モニタリング計画.....	79
4.12	環境影響評価.....	82
4.13	利害関係者のコメント.....	85
4.13.1	郡長、村長、住民のコメント.....	85
4.13.2	シッカ県政府のコメント.....	87
4.13.3	電力公社のコメント.....	88
4.14	資金計画.....	89
4.14.1	初期のモデルシステム形成のための資金.....	89
4.14.2	事業の拡大にかかわる資金.....	91
4.15	経済性分析.....	91
4.16	事業化の見込みと課題.....	98

5 持続可能な開発への貢献に関する調査結果.....	99
----------------------------	----

1 基礎情報

1.1 プロジェクトの概要

本プロジェクトは、インドネシア東ヌサトゥンガラ州シッカ県において、荒地でも生育し、種子から油脂を採取しうるジャトロファ (*Jatropha curcas*) を用いて、未利用の荒地の緑化、再生可能な軽油代替燃料の生産利用、それに伴い発生する廃棄物を利用したガス化発電、並びに廃熱を利用した海水の淡水化を、複合的多面的に行うものである。プロジェクトオーナーである特定非営利活動法人APEX (Asian People's Exchange) が現地カウンターパートであるインドネシアのNGOディアン・デサ財団 (Yayasan Dian Desa : YDD) と協力し、住民の主体的参加のもと、地域開発を促進する目的で実施する。

搾油・精製されたジャトロファ油は、エステル交換せず、軽油混合して発電に利用する。ジャトロファは、通常その種子からの油脂採取だけが注目されているが、その生産に伴い果実の殻、種皮、果肉等のバイオマス廃棄物を大量に副生する。本プロジェクトでは、これらの廃棄物にも着目し利用する。果肉や種皮などのバイオマス残渣はコンポスト化し、ジャトロファの植林地で肥料として再利用する。果実殻は、ガス化発電に利用され、搾油・精製プロセスに必要とされる軽油を代替する。また、ガス化発電の際に生じる廃熱を海水の淡水化に利用する。本プロジェクトがなければ、軽油等の化石燃料が利用されるが、プロジェクトシナリオではジャトロファ油やバイオマス残渣によって代替されることにより、温室効果ガス (GHG) 排出削減に貢献する。また、ジャトロファの複合的利用により、事業の経済性を改善するとともに、ジャトロファの植林による土地の肥沃化とバイオマスの持続的生産、水不足の緩和をはかり、環境保全型でありながら、地域住民の収入増大と生活向上を実現できるような開発モデルを創出する。

1.2 企画立案の背景

インドネシアは、森林の減少と荒地の増大、エネルギー不足、水不足、貧困などの問題を抱えており、とりわけ本プロジェクト実施サイトである東ヌサトゥンガラ州はそれらの問題が際立っている地域の 1 つといえる。東ヌサトゥンガラ州では、貧困率が高く、人口の 26% が貧困ライン以下の収入で暮らしている。また、不法定住、焼畑農業、違法伐採等の原因で、インドネシアの他の地域よりも突出して森林減少率が進んでおり、未利用の荒地が多い。

本プロジェクトオーナーである APEX は、1987 年に日本で創設された非営利の国際協力

団体で、創設以来、インドネシアを主な活動地域として、現地の NGO と協力しつつ、環境保全や住民の生活向上のための活動を実施してきている。活動を行うにあたり、それぞれの地域の社会経済的条件に適合的で、住民が参加しやすく、環境にも負担をかけない適正技術の開発と普及を重視している。

YDD は、1972 年創設のインドネシアの NGO であり、APEX 同様、それぞれの地域・状況に適合的な技術を重視しながら、水供給と衛生改善、バイオマスエネルギー、小産業、マイクロクレジット等の事業を行なっている。APEX と YDD は、1995 年から排水処理の分野で協力を開始し、2003 年からは、バイオマスエネルギー事業でも協力を広めている。また、YDD は、ジョクジャカルタ特別州を本拠としながらも、東ヌサトゥンガラ州のマウメレ市ならびにクパン市に支部を置いており、未利用の荒地の多い同州におけるジャトロファの価値に着目して、2007 年からその試験栽培を開始していた。

それらの経緯に加えて、東ヌサトゥンガラ州シッカ県レロロジャ村がジャトロファ事業に取り組む意向を示したことが契機となって、荒地の緑化、軽油代替燃料生産、廃棄物のガス化原料や堆肥生産としての利用、廃熱の海水淡水化への利用を組み合わせ、ジャトロファの複合的利用にかかわる事業を東ヌサトゥンガラ州シッカ県において開始することとなった。

本プロジェクトは、生産されるジャトロファ油及び、バイオマス残渣による化石燃料の代替により、CO₂ の削減が見込まれる。本プロジェクトの CDM 化を実現することができれば、CER の売却収入が事業の経済性向上に貢献し、その安定的な継続を助ける。そのため、三菱 UFJ 証券が、APEX の要請を受け、本プロジェクトの CDM 化に向けた支援を行うこととなった。APEX は現在、200ha の土地でジャトロファの栽培を実施している。本プロジェクトは小規模ではあるが、その CDM 化が可能とされれば、本プロジェクトをモデルとして、他地域への普及の可能性が期待される。そのため、本調査では、本プロジェクトの拡大の可能性も視野に入れ、CDM 化の実現可能性の検討を行うものである。

1.3 ホスト国に関する情報

1.3.1 地勢

インドネシアは、インド洋東部から太平洋西部にかけて点在する大小 17,508 の島嶼群によって構成される、東西 5,110km、南北 1,888km にわたる世界最大の群島国家である。地域としては、東南アジアに分類される。同国は、スマトラ、ジャワ、カリマンタン、スラウェシ、ニューギニアの 5 つの大きな島と 30 余りの郡諸島から成り立っている。このため、広大な領域の国土を有していながらも、陸上で国境線を接しているのは、東ティモール（ティモール島）、マレーシア（カリマンタン島）、パプアニューギニア（ニューギニア島）の 3 国に過ぎない。

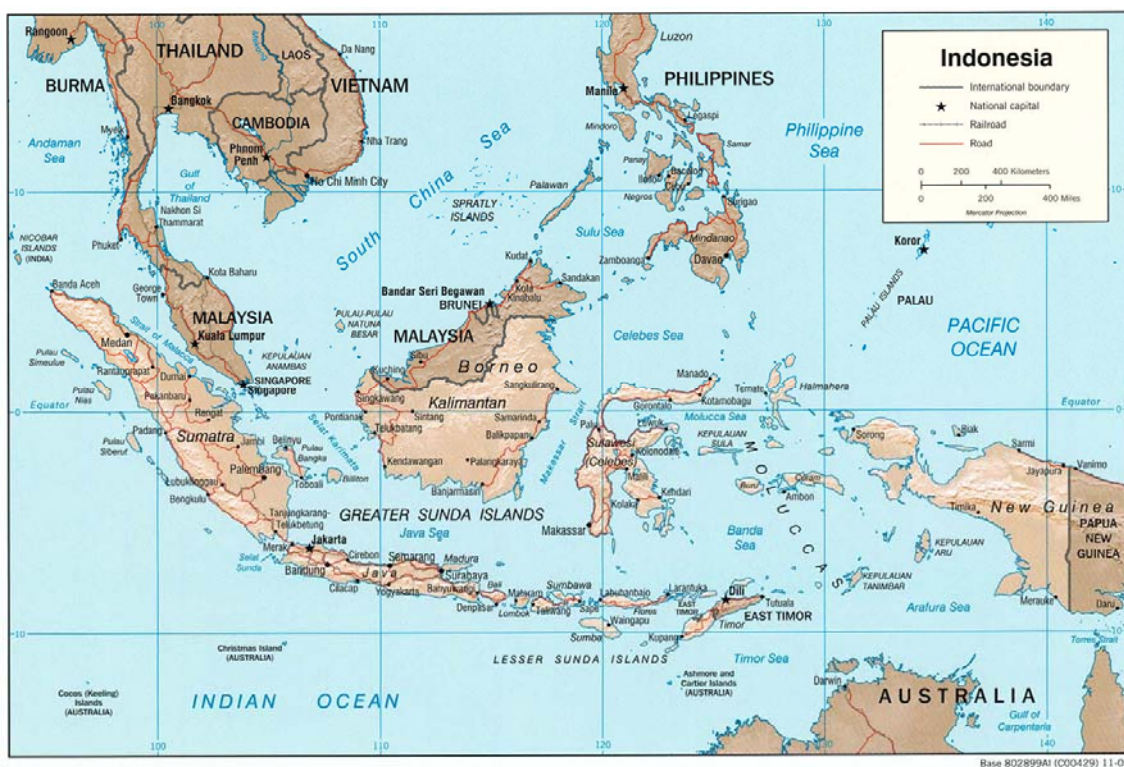


図 1-1 インドネシア全土地図
(出典：U.S. Central Intelligence Agency 2002)

1.3.2 気候

インドネシアは赤道付近に位置しているため、熱帯性気候で、乾期（6～9月）と雨期（12～3月）がある。乾期は、主にオーストラリア大陸からの気団の影響を受け、雨期は主にアジア大陸の気団と、海上を通過する太平洋の気団によってもたらされる。空気は湿気を多量に含んでおり、年平均の湿度は62～81%程度で、国土全体で多量の雨が降る。降水量は、気候、地形及び気流の循環の影響を受けるため、時期と場所によって異なるが、年間平均降水量は996～4,927mmである。

1.3.3 自然環境

インドネシアは、全土に広がる熱帯雨林と、豊富な生物多様性を擁し、ブラジルに続く生物多様性の宝庫といわれ、世界の生物多様性「メガダイバーシティセンター」の一つとして知られている。地球の表面積に占めるインドネシアの国土は1.3%に過ぎないが、そこに世界の種のおよそ17%が集まっている。分類別の割合で見ると、インドネシアには少なくとも世界の顕花植物種の11%、哺乳動物種の12%、爬虫類と両生類種の16%、鳥類種の17%、魚類種の37%が生息している。特に、インドネシアに生息する哺乳動物は世界第1位で515種にのぼる¹。特にスマトラ島には東南アジア独特、固有の種を抱える熱帯雨林が広がっており、なかでもグヌン・ルスル国立公園（Gunung Leuser National Park）、クリンチ・スブラット国立公園（Kerinci Seblat National Park）、ブキット・バリサン・スランタン国立公園（Bukit Barisan Selatan National Park）の3つは2004年にスマトラの熱帯雨林遺産として、ユネスコの世界遺産（自然遺産）へ登録されている。

しかしながら、アジア通貨危機以後のインドネシアの経済発展の影響を受けて、現在様々な環境問題が顕在化してきている。経済発展や人口の流入等により、インドネシアの各地域における都市化が進展する一方で、大量生産、大量廃棄、エネルギーの大量消費が進み、大気汚染、水質汚濁、廃棄物問題等、都市部における環境問題が深刻化してきている。また、インドネシアは、ブラジル、コンゴ民主共和国に次いで、世界第3位の面積の熱帯雨林を保有している。FAOによれば、2005年におけるインドネシアの森林面積は8,850万haであり、その炭素量は58億9,700万トンに相当する²。しかし、インドネシアでは、森林面積が広大である一方、森林破壊も急速に進んでいる。同じFAOの統計によれば、2000年から2005年の間におけるインドネシアの年間森林減少面積は187万ha/年であり、ブラジル

¹ 財団法人バイオインダストリー協会ホームページ
http://www.mabs.jp/countries/indonesia/indonesia_01.html

² FAO, Global Forest Resources Assessment 2005

(310 万 ha/年) に次いで世界第 2 位の減少幅となっている (図 1-2)。これを森林面積の減少率で見ると、インドネシアは年間 2.0% となり、ブラジル (0.6%) の 3 倍以上の減少率となる。森林減少の結果、インドネシアで 2000 年から 2005 年の間に失われた森林の炭素量は 1 年間当たり約 1 億 2,470 万トンであり、CO₂ に換算すると年間約 4 億 5,720 万トンの CO₂ が森林減少により放出されたことになる。ちなみに、同国の 2007 年におけるエネルギー由来の CO₂ 排出量は年間約 2 億 8,000 万トン³であるから、その 1.6 倍の CO₂ が森林減少により毎年放出された計算になる。

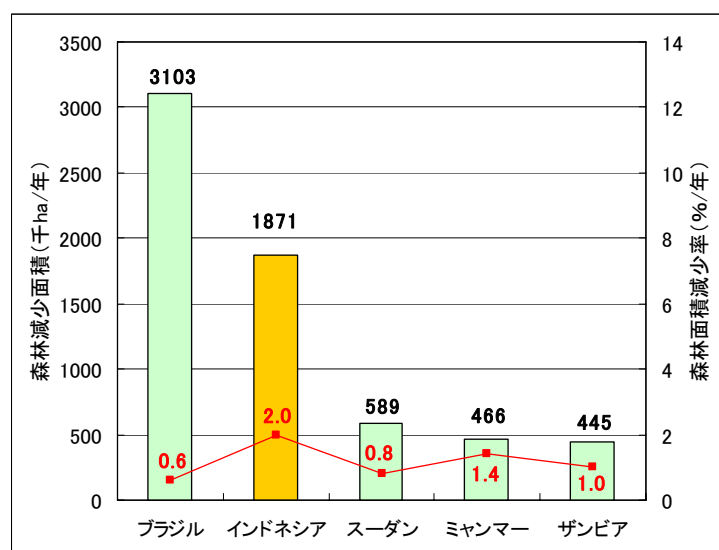


図 1-2 2000 年～2005 年の間の年間森林減少面積の大きい国 5 カ国における森林減少面積と減少率

急速な森林減少により、インドネシアに元々存在した未開拓林 (原生林) の 70% が既に失われてしまったとされる。特に、近年では世界第 9 位にまで成長した紙パルプ産業の発展や乱開発等により、森林破壊の勢いが加速している⁴。加えて、近年アブラヤシの栽培が進んでおり、熱帯雨林が急速にそのプランテーションへ転換されている。なかでも、カリマンタン島においてその転換が著しい。カリマンタン島政府のデータによれば、1 年間にアブラヤシ・プランテーションに転換される森林の面積は、1991 年には 1,163ha にすぎなかったが、2007 年には 46 万 ha と、17 年間で 400 倍にも増えた。インドネシア林業省によると、アブラヤシ・プランテーションは、1990 年の 110 万 ha から 2006 年には 610 万 ha に増加している⁵。

³ Energy Information administration, Official Energy Statistics from the U.S. Government, ホームページ http://tonto.eia.doe.gov/country/country_energy_data.cfm?fips=ID

⁴ 熱帯林行動ネットワーク (JATAN) ホームページ <http://www.jca.apc.org/jatan/genjou-indn.html>

⁵ The Jakarta Post (2008 年 10 月 30 日) <http://www.thejakartapost.com/news/2008/10/30/forests-losing-battle-against-plantations.html>

また、焼畑農業やアブラヤシ・プランテーションによる泥炭湿地帯の破壊が問題視されている。泥炭層には炭素が蓄積されており、泥炭の乾燥・分解、また泥炭地の乾燥により発生する野火が森林火災につながり CO₂ を放出する。国際湿地保全連合 (Wetland International) によると、インドネシアの泥炭地から排出される CO₂ は年間 20 億トンに上り、うち 6 億トンは乾燥した泥炭の分解、14 億トンは火災から生じるとされている⁶。

これら、森林伐採や火災による生息地の減少や密猟等により、スマトラゾウや、スマトラトラ、オランウータン、マレーグマ等の希少な動植物の多くが絶滅の危機に瀕している⁷。



写真 1-1 皆伐された森林



写真 1-2 アブラヤシプランテーション

(出典：熱帯林行動ネットワーク (JATAN))

⁶ 「インドネシア 泥炭地破壊で世界第 3 位の CO₂ 排出国 木材・パームオイル需要と地域経済開発が元凶」(2006 年 11 月 5 日)

<http://www.juno.dti.ne.jp/~tkitaba/earth/climatechange/news/06110601.htm>

⁷ 地球環境協力センター (OECC) 会報「インドネシアに対する新 JICA の環境協力戦略」(2008 年 12 月) <http://www.oecc.or.jp/pdf/kaiho/OECC55/55p8.pdf>

1.3.4 政治体制

表 1-1 インドネシアの政治体制

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、1949年9月9日生まれ)		
議会概要	国民協議会（Majelis Permusyawaratan Rakyat：MPR） 主な機能：憲法の改正、正・副大統領の罷免、1999年10月から現行制度を採用 定数700名（うち500名が国会議員の兼任、135名が地域代表、65名が諸組織代表）		
	国会（Dewan Perwakilan Rakyat：DPR） 主な機能：法律案提案、審議、制定、国家予算の決定、政府に関する監視、 1999年10月から現行制度を採用 定数500名（うち38名は大統領が指名した軍人）、比例代表制、任期5年		
内閣	2009年10月発足		
	役職	名前	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	国連大使、元ASEAN局長
	外相	マルティ・ナタルガワ	国連大使、元ASEAN局長
	財務相	スリ・ムルヤニ・インドラワティ	前財務相（留任）、元IMF東南アジア担当理事
	エネルギー・鉱物相	ダルウィン・ザヘディ・サレ	国立インドネシア大経済学部講師、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	マリ・エルカ・パンゲストゥ	前商業相（留任）、戦略国際問題研究所（CSIS）元研究員
	国家開発計画担当相	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
	国営企業担当相	ムスタファ・アブバカル	食糧調達公社社長

（参照：日本貿易振興機構（JETRO）インドネシア、基礎データ（2010年1月）⁸）

⁸ http://www.jetro.go.jp/world/asia/idn/basic_01/

インドネシア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名の国務大臣、3名の高官（国家官房長官、検事総長、内閣官房長官）を任命して内閣を組織する。

また、インドネシアの地方自治体は、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（下部機関）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。

スハルト長期政権の崩壊後、政治の民主化と地方分権への取り組みが積極的に行われた。2004年には、「新地方自治法」、「新財政均衡法」が施行され、①公共事業、②保健、③教育・文化、④農業、⑤運輸、⑥産業・貿易、⑦投資、⑧生活環境、⑨協同組合といった行政分野については、州、県、市各自自治体の管轄となった。一方、外交、防衛、治安、司法、宗教、国家開発計画などの分野は、依然中央政府の管轄分野となっている。

1.3.5 経済状況

インドネシア政府は、1997年7月のアジア通貨危機後、国際通貨基金（IMF）との合意に基づき、経済構造改革を行った。2005年以降は、好調な個人消費と輸出に支えられ、5%後半～6%台の経済成長を達成した。2007年には、経済危機以降最高の6.3%を記録し、2008年第3四半期までは6%台の経済成長を維持したが、欧米の経済危機により輸出が伸び悩み、国際金融危機の影響等から、同年第4四半期には5.2%に減速（2008年通年では6.1%）している⁹。

インドネシアの国内総生産（GDP）を支出面からみると、民間消費が全体の約6割を占めている。2005年10月、政府は原油価格高騰を受け、国内燃料価格を大幅に引き上げた。その結果生じた高インフレと金利引き上げから、民間消費は低迷した。2006年後半から、徐々に国内消費が回復へ向かい、最近では民間消費が成長を下支えしている。生産面では、製造業が全体の3割を占めており、2006年中ごろまでは国内消費の冷え込みから輸出機器などの生産が低迷していたが、年後半以降は製造業が成長を牽引している。

⁹ 日本外務省（2009年4月）
<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/INDONESIA/data.html>

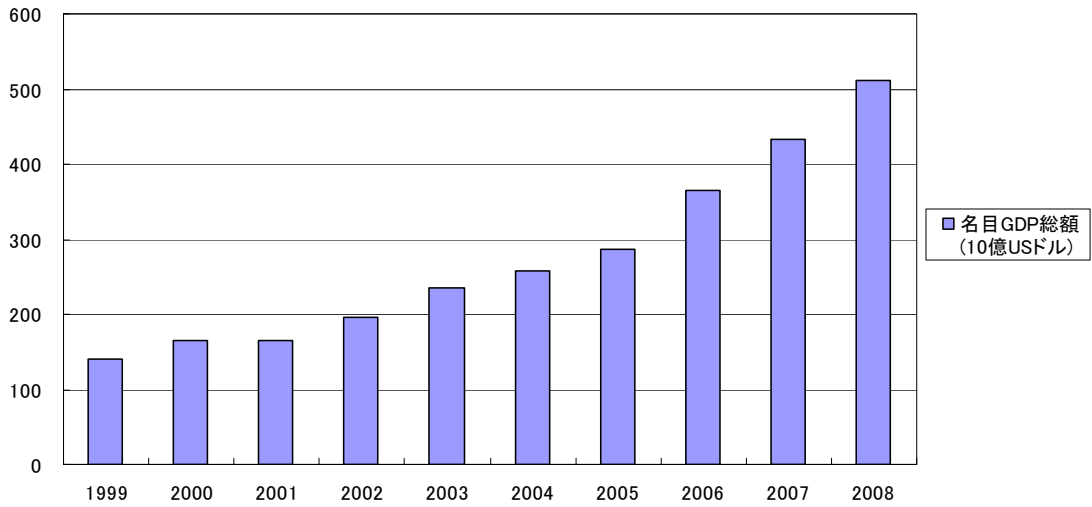


図 1-3 インドネシアの名目 GDP の推移

(参照：日本貿易振興機構 (JETRO) 「基礎経済指標—インドネシア」 (2009 年 8 月))

1.3.6 エネルギー事情

インドネシアの 2007 年における部門別エネルギー消費量内訳は、図 1-4 に示すとおり、家庭部門が 38%、産業部門が 35%、運輸部門が 21%、商業部門とその他がそれぞれ 3% ずつである。

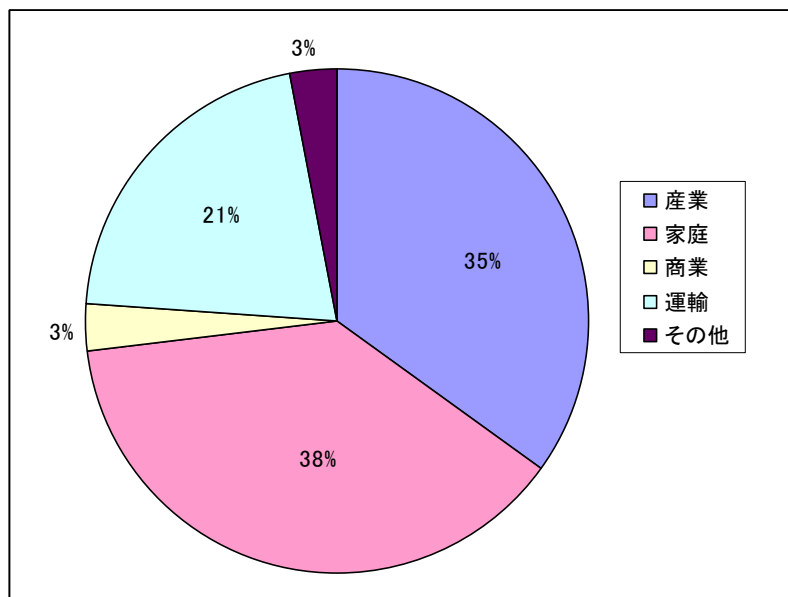


図 1-4 2007 年における部門別エネルギー消費量内訳

(出典：インドネシア環境省、Status Lingkungan Hidup Indonesia 2008)

図 1-5 は一次エネルギー供給量の推移を示したものである。1980 年代にはインドネシアのエネルギーミックスに占める石油の割合は約 70%であったが、徐々に低下し、2007 年には 50%となった。一方、石炭の割合は徐々に増加し、2007 年では 27%となった。天然ガスは 20%と一定の割合を保っている。水力と地熱はそれぞれ 5%以下であり、バイオマスエネルギーは農村部において薪として利用されている。

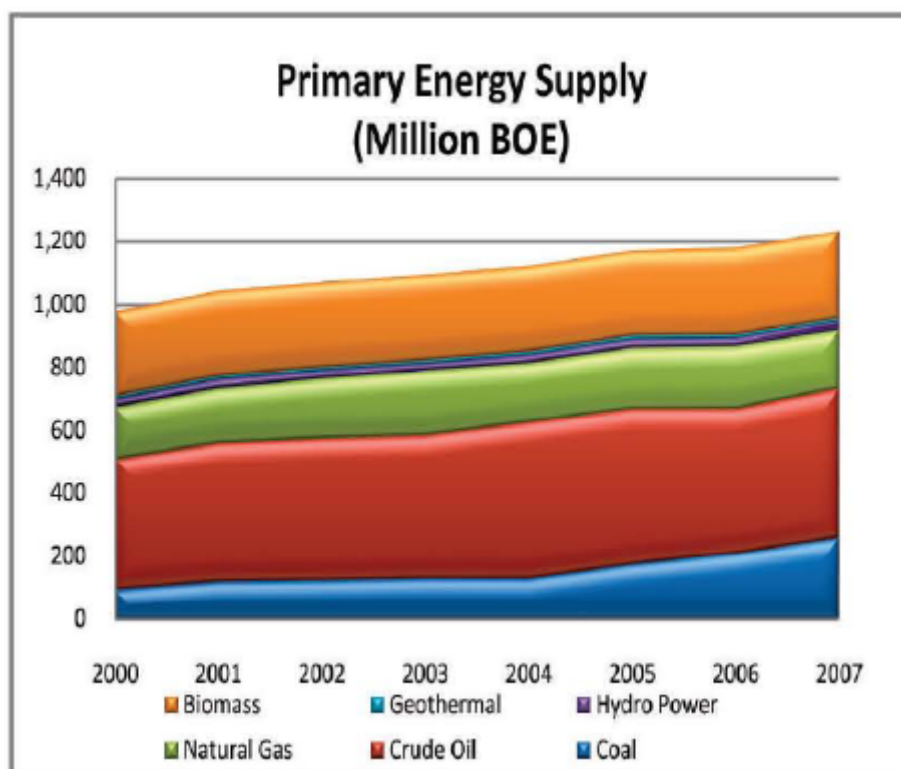


図 1-5 一次エネルギー供給量の推移（縦軸：百万石油換算バレル）
 （出典：インドネシアエネルギー鉱物資源省、
 Key Indicator of Indonesia Energy and Mineral Resources 2008）

最終エネルギー消費量は、石油系燃料がもっとも多く、続いて石炭が多い。2007 年の最終エネルギー消費における割合は石油系燃料が 52.2%、石炭 20.3%、ガス 13.3%、電気 12.4%、LPG1.8%となっている（図 1-6）。

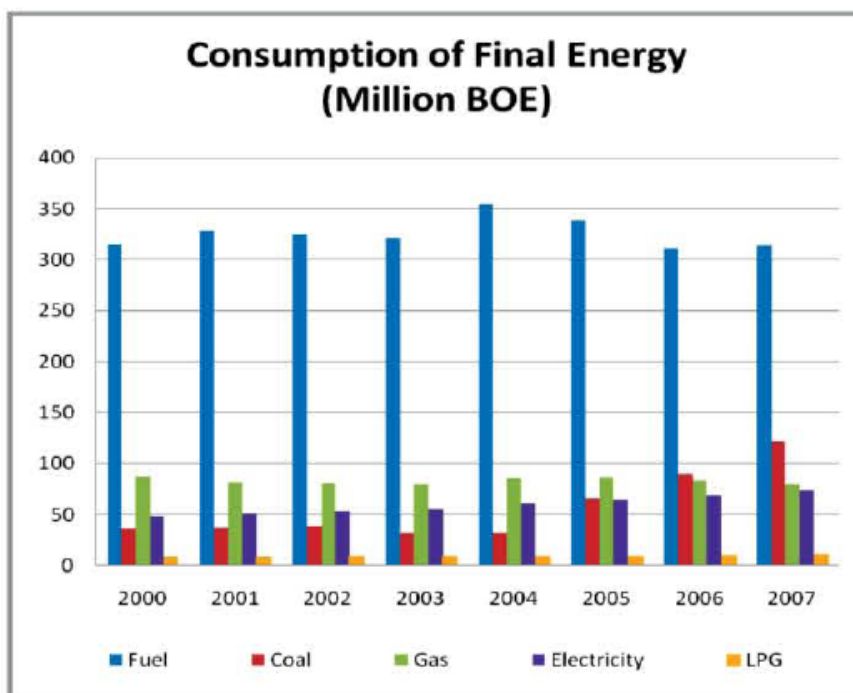


図 1-6 最終エネルギー消費量の推移（縦軸：百万石油換算バレル）

（出典：インドネシアエネルギー鉱物資源省、

Key Indicator of Indonesia Energy and Mineral Resources 2008）

1.3.7 電力事情

インドネシアの2008年の発電設備容量は、29GWであり、その電源構成は、石炭46.2%、石油23.7%、ガス14.3%、水力9.6%、その他0.9%となっている¹⁰。インドネシアの系統電源は、ジャワ・マドゥラ・バリ（JAMALI）系統と、スマトラ系統、カリマンタン系統、スラウェシ系統、バタム島系統などからなる（図1-7）。それぞれの系統の需要とピーク・ロードの2007年度の値と2026年までの予測を表1-2に示す。それによると、インドネシアの首都であり最大の都市であるジャカルタを含み、人口及び産業が集中するJAMALI系統が、インドネシアの電力需要の8割、設備容量の7割を占めている。

¹⁰ 社団法人日本原子力産業協（JAIF）「躍動するアジアの原子力、インドネシア共和国」
http://puente.sub.jp/jaif/ja/asia/indonesia_data.html#chu1

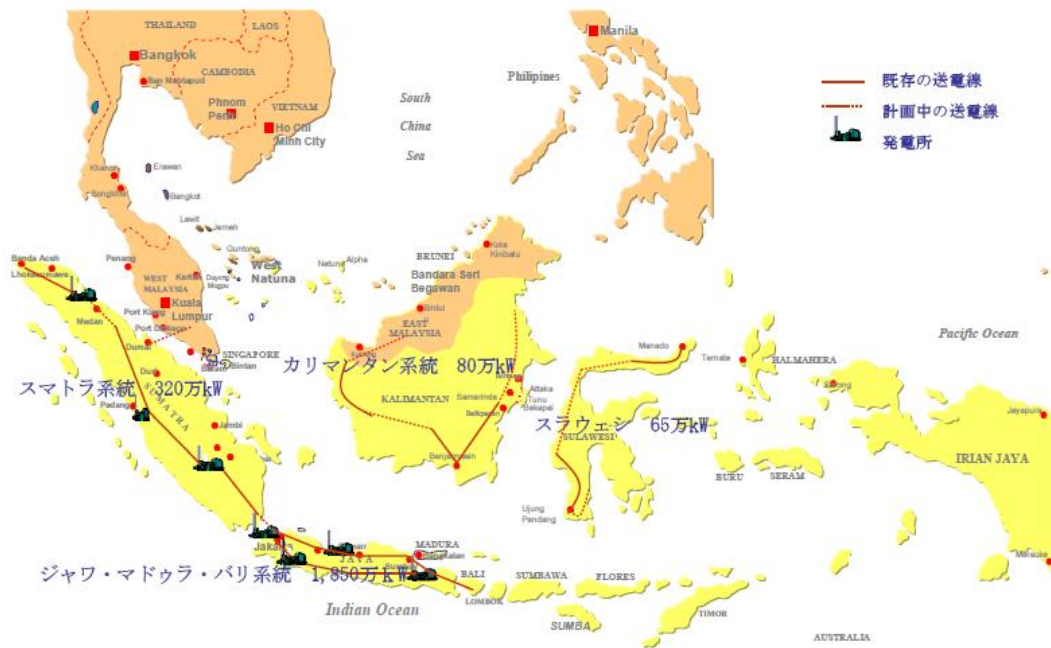


図 1-7 インドネシアの電力系統（数値には計画中のものも含む）

（出典：社団法人日本原子力産業境界 JAIF）

表 1-2 インドネシアの電力系統の概要

年		2007	2012	2017	2022	2026
ジャワ・マドゥラ・バリ (JAMALI) 発送電系統	需要(億 kWh)	980	1,370	1,890	2,560	3,270
	ピーク・ロード(万 kW)	1,600	2,200	3,100	4,200	5,300
JAMALI 外の発送電系統	需要(億 kWh)	250	370	540	840	1,230
	ピーク・ロード(万 kW)	500	700	900	1,600	2,300
インドネシア全土	需要(億 kWh)	1,230	1,740	2,440	3,410	4,500
	ピーク・ロード(万 kW)	2,100	3,000	4,000	5,800	7,600

（出典：社団法人日本原子力産業境界 JAIF）

2007年における発電量は1億4,240万GWhであり、2000年に比べて57%増加している。また、1984年から2004年までの20年間に、発電量は約5.5倍に増加している。

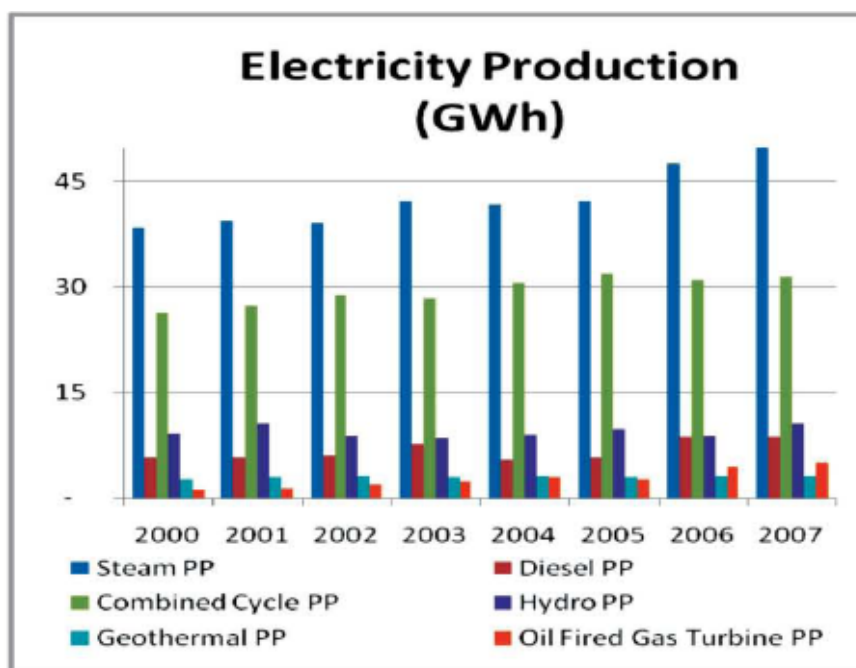


図 1-8 インドネシアにおける発電量の推移
 (出典：インドネシアエネルギー鉱物資源省、
 Key Indicator of Indonesia Energy and Mineral Resources 2008)

図 1-9 は、発電用燃料の消費量推移を示す。インドネシアでは近年、発電用燃料として天然ガスの利用を少なくし、石炭や軽油の利用を多くする傾向にある。そのため、石炭の利用は増え続け、2007 年には発電用燃料の約半分を占めている。

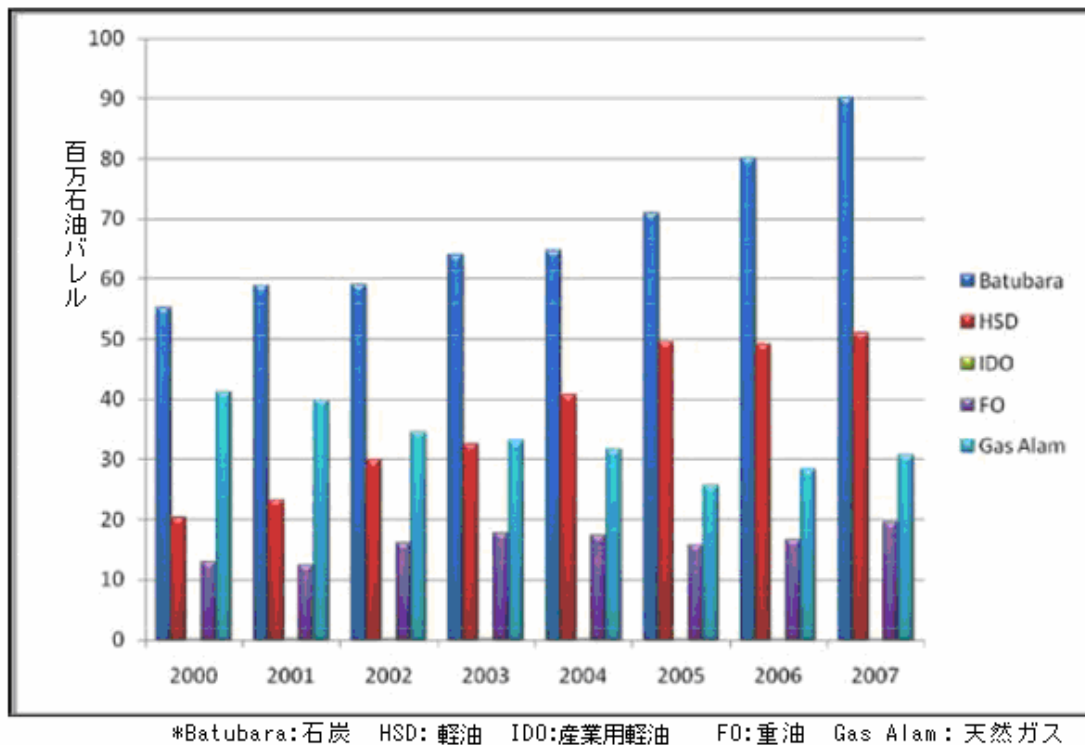


図 1-9 発電用燃料の消費量推移

(出典：インドネシア環境省、Status Lingkungan Hidup Indonesia 2008)

一方、インドネシアの電力需要は1990年代に経済の発展に伴い急速に増加した。アジア通貨危機などの影響により1998年に一時停滞したが、経済の回復に伴い再び上昇傾向にあり、2000年以降、電力需要が年率9%の割合で増大している。また、今後20年間に約7%の電力需要の伸びを想定しており、インドネシア政府は一層の電力供給力の増強を急務としている。また、多数の島々からなるインドネシアでは、大規模な系統電源だけでは全国土をカバーすることはできず、地方での電化率は低い。インドネシアの全国平均電化率は2007年時点で63.9%であり、政府はこれまで一貫して国内の電化政策を推進しており、2025年までに93%にすることを目標にしている¹¹。また、ジャワ島とそれ以外の島との地域格差が大きい。そのため、政府は電力供給増加とともに、地方電化にも力をいれている¹²。

¹¹ 古宮正隆「インドネシア政府のエネルギー政策とそれを巡る諸外国の動向」
財務省委嘱インドネシア研究会報告書（2007年3月）

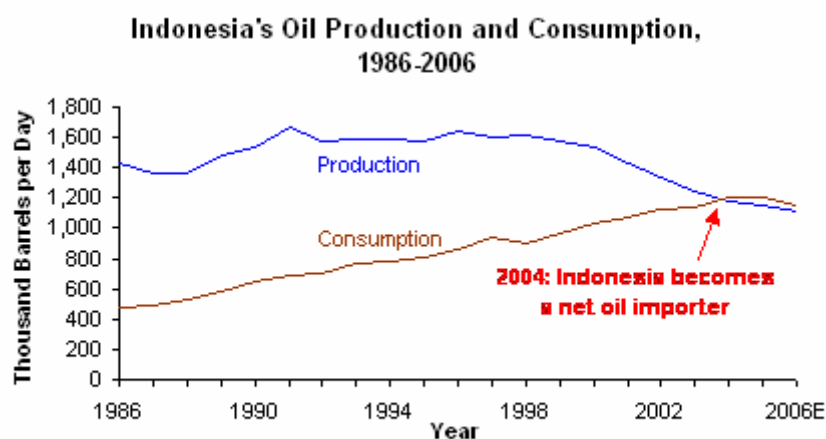
<http://www.mof.go.jp/jouhou/kokkin/tyousa/1903indonesia.htm>

¹² PLN ENERGY OUTLOOK & STATISTICS 2006

<http://www.pln.co.id/InfoUmum/IndonesiaEnergyOutlookStatistic2006/tabid/79/Default.aspx>

1.3.8 インドネシア政府のエネルギー関連目標・プログラム

インドネシアは石油産出国であるが、近年は生産が頭打ちとなる一方で国内需要が増加したため、2004年には石油の純輸入国となった(図 1-10)。

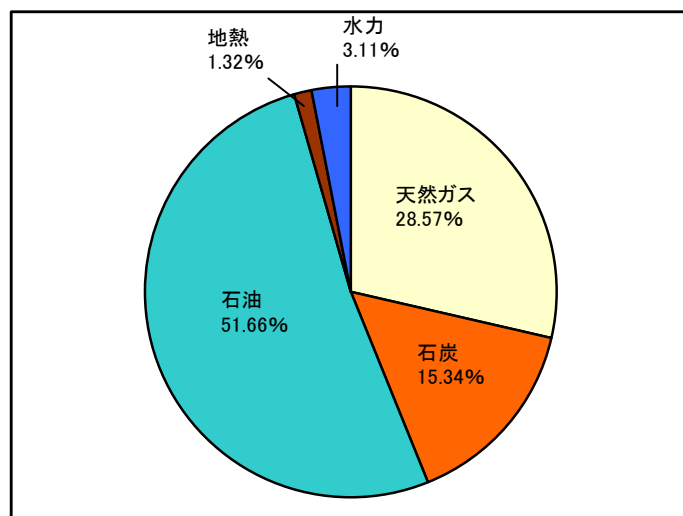


Source: EIA *International Energy Annual*; *Short-Term Energy Outlook*

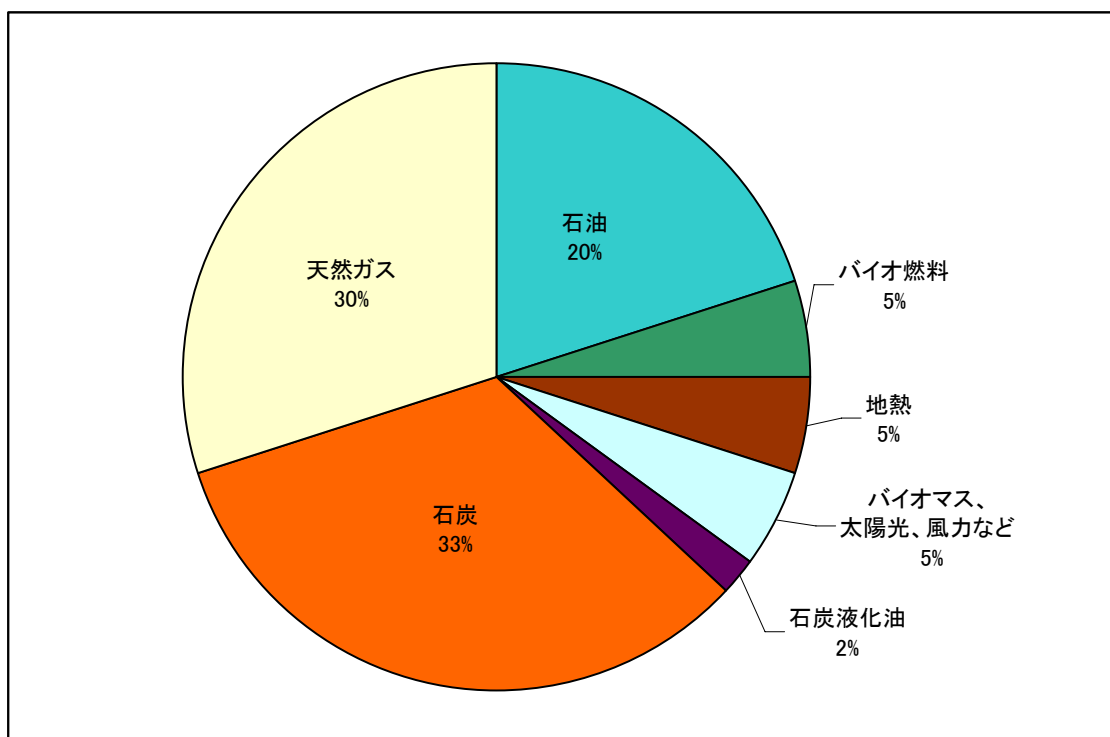
図 1-10 インドネシアの石油生産量と石油消費量の推移

(出典：EIA ホームページ, Indonesia Energy Data, Statistics and Analysis)

同国の石油可採年数は24年とも言われており、石油資源の枯渇が懸念されている。このため、現状では一次エネルギーの5割を石油に頼っているところ、2025年までに石油の依存度を一次エネルギー供給源の20%以内にすることを目標とする大統領令第5号が2006年に出された。この中では、石炭のシェアを35%以上に引き上げるとされている。また、バイオ燃料のシェアも5%とする目標である(図 1-11)。



2006年エネルギーミックス(10億石油換算バレル)



2025年エネルギーミックス目標(30億石油換算バレル)

図 1-11 2006年大統領令第5号によるエネルギーミックス目標

このように、インドネシア政府はエネルギー政策として石炭火力発電所の建設を急速に進めているが、この政策により 2005 年から 2025 年までの石炭燃焼による GHG 排出量は 20 倍になると見込まれている¹³。

1.3.9 バイオ燃料及びジャトロファにかかわる状況

インドネシアでバイオ燃料生産用として開発が進められている主な作物は、バイオディーゼル用ではアブラヤシとジャトロファ、バイオエタノール用ではキャッサバとサトウキビがある。バイオ燃料にはバイオディーゼル、バイオエタノール、バイオオイル（または精製植物油（Pure Plant Oil））の 3 種類があるが、バイオディーゼルは自動車用軽油の代替として、バイオエタノールはガソリンの代替として、バイオオイルは灯油や軽油、その他燃料の代替として利用する計画である。

インドネシアでは、前項の 2006 年大統領令第 5 号のエネルギーミックス目標を達成するために、すでにバイオ燃料開発のブループリントやロードマップ、規格も設けられている。バイオ燃料は既に販売されており、軽油（ソラール）にバイオディーゼルの 5% 混合したバイオソラール（B-5）がジャカルタ、デンパサール、スラバヤにある 411 箇所のガソリンスタンドで販売され、プレミアム（レギュラーガソリン）にバイオエタノールの 5% 混合したバイオプレミアム（E-5）がマランとジャカルタの 14 箇所のガソリンスタンドで販売されている¹⁴。そのほか、バイオ燃料を利用したエネルギー自給村の開発も進められている。

前述のバイオ燃料開発のためのロードマップによれば、発電プラントにおける精製植物油の利用目標は、2010 年までに 40 万キロリットル、2015 年までに 74 万キロリットル、2025 年までに 169 万キロリットルと定められている（表 1-3）。カリマンタン島やスマトラ島の電力公社 PT.PLN（Perusahaan Listrik Negara）では、すでに内燃機関のディーゼル発電設備の燃料としてバイオ燃料を使用している。

¹³ 地球環境戦略研究機関（IGES）「気候と開発に関する協調行動：岐路に立つアジア」
『アジア太平洋の未来戦略—機構政策と持続可能な開発の融合を目指して：IGES 白書』
(2008 年 6 月) http://enviroscope.iges.or.jp/modules/envirolib/upload/1577/attach/fulltext_whitepaper2_j.pdf

¹⁴ 環境省、Status Lingkungan Hidup Indonesia 2008

表 1-3 インドネシアにおけるバイオ燃料開発のロードマップ

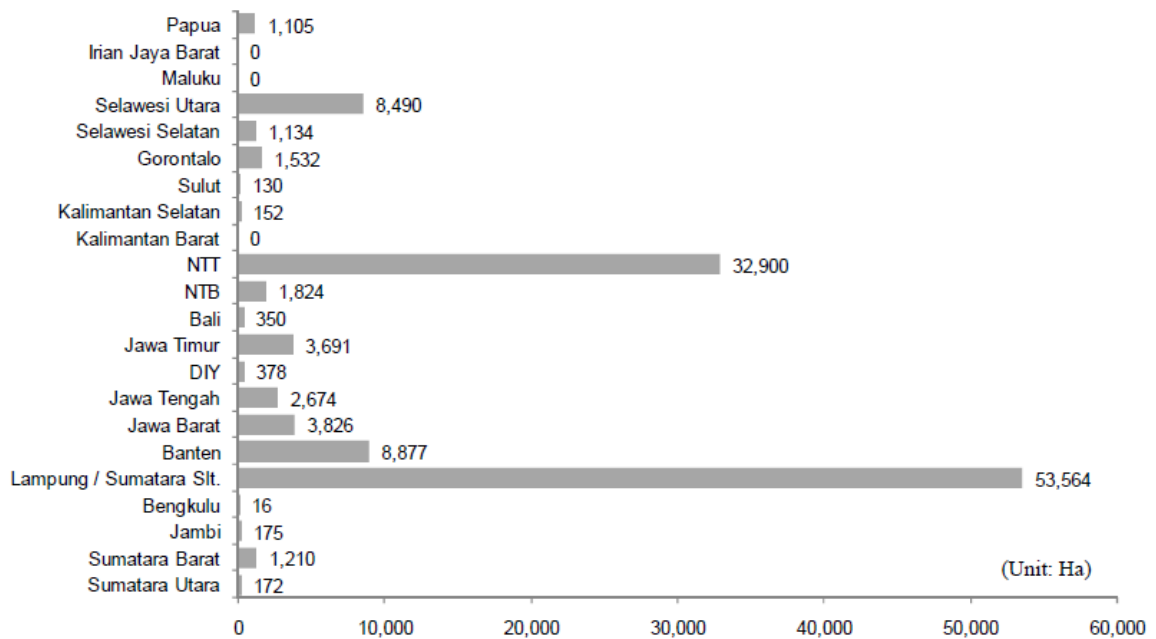
年	2005-2010	2011-2015	2016-2025
バイオディーゼル	輸送用軽油に対して 10%混合使用(241 万 kL)	輸送用軽油に対して 15%混合使用 (452 万 kL)	輸送用軽油に対して 20%混合使用(1,022 万 kL)
バイオエタノール	輸送用ガソリンに対 して 5%混合使用(148 万 kL)	輸送用ガソリンに対 して 10%混合使用 (278 万 kL)	輸送用ガソリンに対 して 15%混合使用 (628 万 kL)
バイオオイル バイオケロシン (灯油代替) 発電プラント用 精製植物油	100 万 kL 40 万 kL	180 万 kL 74 万 kL	407 万 kL 169 万 kL
バイオ燃料	エネルギーミックスの 2%にバイオ燃料を利用 (529 万 kL)	エネルギーミックスの 3%にバイオ燃料を利用 (984 万 kL)	エネルギーミックス の 5%にバイオ燃料を 利用 (2,226 万 kL)

(出典：インドネシアエネルギー鉱物資源省)

ナンヨウアブラギリ (*Jatropha curcas*、通称：ジャトロファ) は、中南米原産の、トウダイグサ科の多年生小喬木～灌木であり、その種子から軽油代替の油脂を採取しうる有用植物（エネルギー作物）として注目されている。熱帯、亜熱帯地域に分布し、強健で乾燥や害虫に耐え、挿し木でも播種でも増殖可能なことから、荒廃地の再生に適している。成木は高さ 5～7m に達し、植栽後 1 年以内から種子の収穫が可能で、木の寿命は 50 年とされている。

国家バイオ燃料チームによれば、インドネシアでは 2010 年までにジャトロファの作付面積を 150 万 ha とし、750 万トンの油脂を生産し、50 万人の雇用を生み出す計画である。さらに、2015 年には作付面積を 300 万 ha に拡大し、1,500 万トンの油脂を生産し、100 万人の雇用を生み出すことを計画している。ジャトロファの作付面積は 2007 年 12 月末時点で 122,200ha であり、これを州別に見ると図 1-12 のとおりである¹⁵。

¹⁵ Chew Chong Siang , IEEJ, February 2009, *Jatropha curcas* L. : Development of a new oil crop for biofuel (Summary)



Source: Indonesia's National Biofuel Team, February 2008.

図 1-12 州別のジャトロファ作付面積 (2007 年 12 月末時点)

農業省農業協会の研究¹⁶¹⁷によれば、インドネシア全国でジャトロファの栽培に適した土地は 4,950 万 ha 存在する。そのうち、非常に適している土地は 1,428 万 ha、適している土地は 553 万 ha、やや適している土地は 2,971 万 ha である(図 1-13)。ジャトロファの栽培に適した土地が多い州は東カリマンタン州、パプア州、西カリマンタン州などであり、東ヌサトゥンガラ州には 175 万 ha のジャトロファ栽培に適した土地が存在する。

¹⁶ <http://www.pustaka-deptan.go.id/publikasi/wr304083.pdf>

¹⁷ <http://www.pustaka-deptan.go.id/inovasi/kl060424.pdf>



図 1-13 ジャトロファの栽培に適した土地の分布
(緑：非常に適した土地、黄：適した土地、オレンジ：やや適した土地)

バイオ燃料の利用拡大目標を達成するため、インドネシア政府は各地にジャトロファの搾油・精製設備を配布するなどバイオ燃料増産に向けて後押しをしているが、そのような政府の後押しにもかかわらず、インドネシアでは、これまでのところジャトロファ事業が成功した例が少ない。これには、優良な苗の選定・育成から植栽・保守・収穫、搾油・精製と利用にいたるまでの一貫したシステムの形成が容易でなく、関連する技術も確立していないこと、現状の燃料価格においては採算性が低く、燃料価格の変動により大きな影響を受けることなどがあると考えられる。

1.3.10 環境政策¹⁸

インドネシアにおける環境関連法規の基本は 1997 年に制定された環境管理法(1997 年法律 23 号)である。この環境管理法は 1982 年に制定された旧環境管理法(1982 年法律第 4 号)を改訂したもので、総則、原則・目的および目標、住民の権利・義務および役割、環境管理の権限、環境機能の保全、環境保全のために遵守すべき要件、環境紛争処理、審査、罰則、経過措置等の 11 章 52 条から構成されている。内容としては、①事業活動による環境規制の強化、②環境汚染に対する罰則の強化、③環境紛争処理に関する規定の強化、④国民の環境情報に関する権利等を盛り込んでいる。

¹⁸ 財団法人 日本エネルギー経済研究所「タイ、インドネシアの環境政策の現況-主要法規および政策実施組織を中心に-」 <http://eneken.ieej.or.jp/data/pdf/953.pdf>

また、大気・水質・悪臭などの環境基準や排出基準などは、以下の政令もしくは大臣令で規定されている。

○大気汚染に関する政令

- ・ 固定発生源域からの排出基準に関する環境担当国務大臣令(1995年第13号)
- ・ 大気汚染の防止に関する政令(1999年政令第41号)

○水質汚濁に関する政令・大臣令

- ・ 産業活動の排水基準に関する環境担当国務大臣令(1995年第51号)
- ・ 水質汚濁防止及び水質管理に関する政令(2001年第82号)

○騒音・振動・悪臭に関する大臣令

- ・ 騒音基準に関する環境担当国務大臣令(1996年第48号)
- ・ 振動基準に関する環境担当国務大臣令(1996年第49号)
- ・ 悪臭基準に関する環境担当国務大臣令(1996年第50号)

1.4 対象地域の情報

前項 1.3 に述べるように、インドネシアは森林減少、エネルギー不足などの問題をかかえている。本プロジェクト実施対象地域である東ヌサトゥンガラ州は、それらの問題が際立つ地域であり、また、インドネシアの中でも最も貧困な州の1つである。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、未利用の荒地が多い。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の状況を本項にまとめる。

1.4.1 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州にあるクパンで、州はおよそ 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。

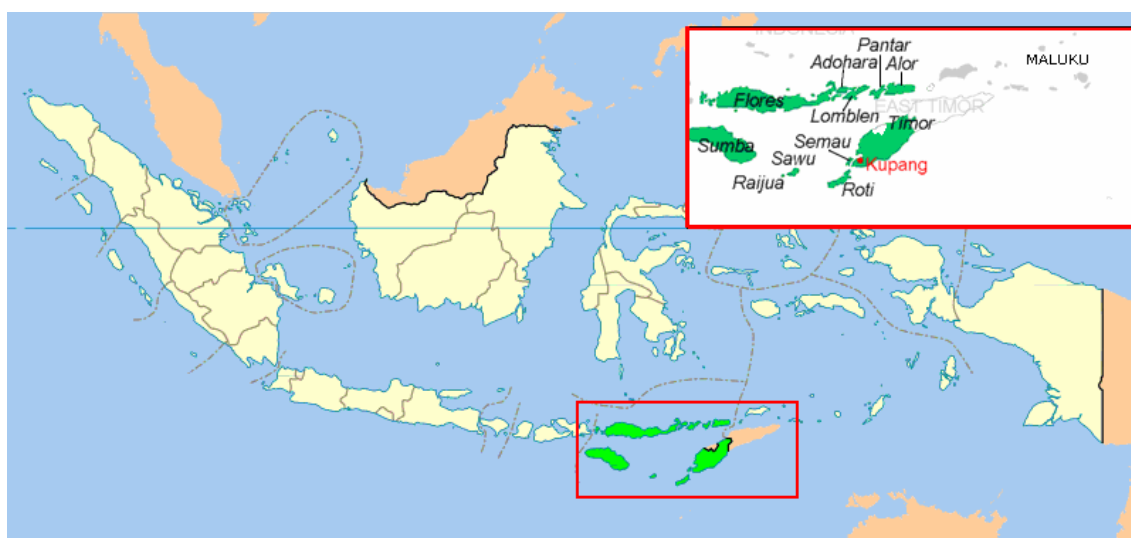


図 1-14 東ヌサトゥンガラ州の位置¹⁹

¹⁹ Wikipedia 「East Nusa Tenggara」 http://en.wikipedia.org/wiki/East_Nusa_Tenggara

1.4.2 自然環境

インドネシアでは森林減少が急速に進んでいる。表 1-4 は、2003 年時点の森林面積、および2003年から2006年にかけての1年間当たりの森林減少面積とその年間減少率を州ごとに示したものである。この表に見られるように、東ヌサトゥンガラ州における2003年の森林面積は陸地面積の39.22%を占めていたが、2003年から2006年までの間に年間平均で約13万haの面積の森林が失われている。その面積は2003年の森林面積の7.04%に相当し、2003年から2006年までの3年間に元々存在していた森林の約21%が失われたことを意味する。この東ヌサトゥンガラ州における森林面積の減少率(7.04%)は西ヌサトゥンガラ州の7.74%に次いで高い値となっており、この2地域は全国の他の地域よりも突出して森林減少が進んでいる。森林減少の原因は主に、不法定住、焼畑農業、違法伐採、山火事などである。

表 1-4 各州別の森林面積（2003 年）、
2003 年から 2006 年までの森林減少面積およびその減少率

州名	A.陸地総面積 (ha)	B.2003年におけ る森林面積(ha)	C.森林が総面積 に占める割合(%) (=B/A×100)	D.2003年から 2006年までの森 林減少面積(ha/ 年)	E.森林面積減 少率(%) (=D/B×100)
アチェ特別州	5,628,730	3,112,370	55.29	52,425	1.68
北スマトラ州	7,137,480	1,984,060	27.80	31,285	1.58
リアウ州	9,696,430	4,013,330	41.39	158,945	3.96
西スマトラ州	4,178,830	1,861,320	44.54	1,374	0.07
ジャンビ州	4,813,720	1,379,560	28.66	55,368	4.01
南スマトラ州	8,652,970	1,055,470	12.20	19,324	1.83
バンカ・ブリトウン諸島	1,664,940	248,390	14.92	2,681	1.08
ブンクル州	2,013,800	785,890	39.03	21,504	2.74
ランブン州	3,345,470	209,590	6.26	221	0.11
スマトラ地域	47,132,370	14,649,990	31.08	343,127	2.34
バンテン州	943,340	157,010	16.64	8	0.01
ジャカルタ特別区	70,730	260	0.37	0	0.00
西ジャワ州	3,727,780	639,700	17.16	108	0.02
中部ジャワ州	3,467,560	700,810	20.21	5,073	0.72
ジョクジャカルタ特別地区	322,590	35,750	11.08	0	0.00
東ジャワ州	4,878,960	1,558,110	31.94	1,103	0.07
ジャワ地域	13,410,950	3,091,640	23.05	6,292	0.20
西カリマンタン州	14,583,250	6,607,820	45.31	42,422	0.64
南カリマンタン州	3,701,360	1,184,850	32.01	8,809	0.74
中部カリマンタン州	15,219,880	8,907,640	58.53	63,087	0.71
東カリマンタン州	19,535,650	11,532,600	59.03	248,503	2.15
カリマンタン地域	53,040,140	28,232,910	53.23	362,821	1.29
北スラウェシ州	1,446,580	532,500	36.81	21,149	3.97
ゴロンタロ州	1,188,510	711,750	59.89	3,976	0.56
中部スラウェシ州	6,036,950	3,987,350	66.05	118,745	2.98
東南スラウェシ州	3,670,840	1,530,360	41.69	38,570	2.52
西スラウェシ州	1,679,660	909,170	54.13	1,656	0.18
南スラウェシ州	4,431,800	1,201,750	27.12	22,125	1.84
スラウェシ地域	18,454,350	8,872,880	48.08	206,220	2.32
バリ州	566,920	76,700	13.53	301	0.39
西ヌサトゥンガラ州	2,003,910	760,480	37.95	58,845	7.74
東ヌサトゥンガラ州	4,753,800	1,864,520	39.22	131,317	7.04
バリ・ヌサトゥンガラ地域	7,324,630	2,701,700	36.89	190,462	7.05
北マルク州	3,144,890	2,244,970	71.38	18,899	0.84
マルク州	4,646,160	1,772,560	38.15	19,655	1.11
マルク・北マルク地域	7,791,050	4,017,540	51.57	38,555	0.96
パプア州	40,759,520	32,357,670	79.39	26,591	0.08
パプア地域	40,759,520	32,357,670	79.39	26,591	0.08
インドネシア全体	187,913,000	93,924,330	49.98	1,174,068	1.25

(出典：インドネシア林業省、Penghitungan Deforestasi Indonesia Tahun 2008²⁰及び Statistik kehutanan Indonesia 2007 より作成)

²⁰ 林業省、Penghitungan Deforestasi Indonesia Tahun 2008
(<http://www.dephut.go.id/index.php?q=id/node/5380>)

森林のみに限らず、植物が少なくなった結果として、土の保水能力や土壌浸食防止能力などが欠けた土地のことを、インドネシアでは”Lahan Kritis”（危機的な土地、痩せた土地、不毛な土地）という。インドネシア全体の土地は、植物の生存状況により、(1) ととても痩せた土地、(2) 痩せた土地、(3) やや痩せた土地、(4) 潜在的な痩せた土地、(5) 通常の土地の 5 種類に分類されている。この分類方法に従えば、2007 年におけるインドネシア全体（ジャカルタ特別区を除く）の痩せた土地の面積は 7,781 万 ha となり、その内訳は以下の通りである。

とても痩せた土地： 689 万 ha

痩せた土地： 2,331 万 ha

やや痩せた土地： 4,761 万 ha

表 1-5 は州別の”Lahan Kritis”の面積と総面積に占める割合を示したものだが、東ヌサトゥンガラ州はとても痩せた土地、痩せた土地、やや痩せた土地の合計面積が総面積の 9 割を占め、全国で最も土地が痩せている州である。また同じ林業省の統計によれば、東ヌサトゥンガラ州における 2000 年のとても痩せた土地、及び痩せた土地の面積は 136 万 ha であったが、2007 年には 322 万 ha に増加（インドネシア全国では 2,324 万 ha から 3,020 万 ha に増加）しており、土地の劣化が進んでいることが分かる。

表 1-5 2007 年における各州別の痩せた土地の面積と総面積に占める割合

州名	総面積 (ha)	2007年							
		A. とても痩せた土地		B. 痩せた土地		C. やや痩せた土地		合計(A+B+C)	
		面積(ha)	割合(%)	面積(ha)	割合(%)	面積(ha)	割合(%)	面積(ha)	割合(%)
アチェ特別州	5,795,600	67,343	1.2	395,680	6.8	1,205,241	20.8	1,668,265	28.8
北スマトラ州	7,298,123	434,767	6.0	1,526,959	20.9	3,256,903	44.6	5,218,629	71.5
リアウ州	8,702,366	108,356	1.2	2,306,659	26.5	4,701,516	54.0	7,116,531	81.8
西スマトラ州	4,201,289	169,598	4.0	239,433	5.7	1,061,639	25.3	1,470,670	35.0
ジャンビ州	5,005,816	4,774	0.1	614,117	12.3	1,586,684	31.7	2,205,575	44.1
南スマトラ州	9,159,243	739,485	8.1	2,085,364	22.8	1,580,908	17.3	4,405,757	48.1
バンカ・プリトウン諸島	1,642,406	314,843	19.2	261,615	15.9	95,756	5.8	672,214	40.9
ブンクル州	1,991,933	163,730	8.2	545,219	27.4	708,935	35.6	1,417,884	71.2
ランブン州	3,462,380	186,408	5.4	339,055	9.8	1,197,985	34.6	1,723,448	49.8
リアウ諸島	820,172	*		*		*		*	
スマトラ地域	48,079,328	2,189,303	4.6	8,314,101	17.3	15,395,568	32.0	25,898,973	53.9
バンテン州	966,292	90,427	9.4	51,982	5.4	67,113	6.9	209,521	21.7
ジャカルタ特別区	66,401	-		-		-		-	
西ジャワ州	3,537,776	19,487	0.6	140,895	4.0	248,246	7.0	408,628	11.6
中部ジャワ州	3,280,069	28,226	0.9	233,300	7.1	685,548	20.9	947,073	28.9
ジョクジャカルタ特別地区	313,315	1,110	0.4	43,549	13.9	94,064	30.0	138,723	44.3
東ジャワ州	4,779,975	247,115	5.2	533,841	11.2	1,008,648	21.1	1,789,605	37.4
ジャワ地域	12,943,828	386,365	3.0	1,003,566	7.8	2,103,618	16.3	3,493,550	27.0
西カリマンタン州	14,730,700	16,124	0.1	1,840,181	12.5	8,203,886	55.7	10,060,191	68.3
南カリマンタン州	3,874,423	54,771	1.4	511,821	13.2	1,531,973	39.5	2,098,565	54.2
中部カリマンタン州	15,356,450	1,267,743	8.3	1,939,144	12.6	2,972,566	19.4	6,179,454	40.2
東カリマンタン州	20,453,434	38,074	0.2	1,015,616	5.0	8,526,149	41.7	9,579,839	46.8
カリマンタン地域	54,415,007	1,376,712	2.5	5,306,762	9.8	21,234,575	39.0	27,918,049	51.3
北スマトラ州	1,385,164	28,040	2.0	229,226	16.5	471,156	34.0	728,422	52.6
ゴロンタロ州	1,125,707	62,988	5.6	202,790	18.0	426,277	37.9	692,054	61.5
中部スラウエン州	6,184,129	103,308	1.7	113,179	1.8	206,798	3.3	423,286	6.8
東南スラウエン州	3,806,770	365,134	9.6	919,467	24.2	1,520,035	39.9	2,804,636	73.7
西スラウエン州	1,678,718	*		*		*		*	
南スラウエン州	4,671,748	330,936	7.1	245,319	5.3	993,558	21.3	1,569,813	33.6
スラウエン地域	18,852,236	890,406	4.7	1,709,981	9.1	3,617,824	19.2	6,218,210	33.0
バリ州	578,006	4,281	0.7	51,639	8.9	114,231	19.8	170,152	29.4
西ヌサトゥンガラ州	1,857,232	68,833	3.7	236,899	12.8	547,558	29.5	853,290	45.9
東ヌサトゥンガラ州	4,871,810	985,224	20.2	2,234,587	45.9	1,171,956	24.1	4,391,767	90.1
バリ・ヌサトゥンガラ地域	7,307,048	1,058,338	14.5	2,523,125	34.5	1,833,745	25.1	5,415,209	74.1
北マルク州	3,198,250	291,390	9.1	259,360	8.1	166,388	5.2	717,138	22.4
マルク州	4,691,403	123,904	2.6	488,315	10.4	1,073,578	22.9	1,685,797	35.9
マルク・北マルク地域	7,889,653	415,294	5.3	747,675	9.5	1,239,966	15.7	2,402,936	30.5
パプア州	31,903,605	311,016	1.0	2,659,384	8.3	1,605,594	5.0	4,575,994	14.3
西パプア州	9,702,427	263,132	2.7	1,041,638	10.7	579,191	6.0	1,883,960	19.4
パプア地域	41,606,032	574,148	1.4	3,701,022	8.9	2,184,785	5.3	6,459,954	15.5
インドネシア全体	191,093,132	6,890,567	3.6	23,306,233	12.2	47,610,081	24.9	77,806,881	40.7

(出典：インドネシア林業省、Lahan Kritis Per Povinsi Tahun 2007²¹、総面積はインドネシア中央統計局²²)

²¹ 林業省、Lahan Kritis Per Povinsi Tahun 2007

http://www.dephut.go.id/files/Lhn_Krts_Prov_07.pdf

²² http://www.bps.go.id/download_file/booklet_maret_2009.pdf

1.4.3 貧困にかかわる状況

UNDP の 2007/2008 Human Development Report²³によれば、インドネシアの人間開発指数²⁴ (Human Development Index) は 0.728 であり、世界第 107 位である。また、インドネシア中央統計局では、各州別の独自の人間開発指数²⁵を公表しており (表 1-6)、2007 年のデータでは全国平均 70.59 に対して東ヌサトゥンガラ州は 68.4 (33 州中 26 位) である。また、貧困率²⁶はインドネシア全体の 15.42% に対して、東ヌサトゥンガラ州は 25.65% (33 州中 30 位) である。

²³ http://hdrstats.undp.org/countries/country_fact_sheets/cty_fs_IDN.html

²⁴ 人間開発指数とは人々の生活の質や発展度合いを示す指標で、成人識字率、就学率、一人当たりの GDP、平均寿命から求められるものである

²⁵ 成人識字率、平均就学年数、一人当たり平均支出額、平均寿命による

²⁶ 貧困ライン以下の収入で暮らす人の割合

表 1-6 インドネシアにおける各州別人間開発指数、貧困率

州名	人間開発指数(2007年)		貧困率(2008年)		貧困ライン(2008年)
	HDI	順位	(%)	順位	(ルピア/人/月)
アチェ特別州	70.4	17	23.53	27	239,873
北スマトラ州	72.8	8	12.55	15	193,321
西スマトラ州	72.2	9	10.67	12	195,733
リアウ州	74.6	3	10.63	11	229,371
ジャンビ州	71.5	12	9.32	8	182,229
南スマトラ州	71.4	13	17.73	19	196,452
ブンクル州	71.6	10	20.64	24	189,607
ランブ州	69.8	19	20.98	26	172,332
バンカ・プリトゥン諸島	71.6	11	8.58	5	246,169
リアウ諸島	73.7	6	9.18	7	262,232
ジャカルタ特別区	76.6	1	4.29	1	290,268
西ジャワ州	70.7	15	13.01	16	176,216
中部ジャワ州	70.9	14	19.23	22	168,168
ジョクジャカルタ特別地区	74.2	4	18.32	20	194,830
東ジャワ州	69.8	20	18.51	21	169,112
バンテン州	69.3	22	8.15	4	181,076
バリ州	70.5	16	6.17	2	176,569
西ヌサトゥンガラ州	68.7	25	23.81	28	167,536
東ヌサトゥンガラ州	68.4	26	25.65	30	139,731
西カリマンタン州	67.5	31	11.07	13	158,834
中部カリマンタン州	73.5	7	8.71	6	186,003
南カリマンタン州	68.0	28	6.48	3	180,263
東カリマンタン州	73.8	5	9.51	9	237,979
北スラウェシ州	74.7	2	10.10	10	168,160
中部スラウェシ州	69.3	23	20.75	25	168,025
南スラウェシ州	69.6	21	13.34	17	138,334
東南スラウェシ州	68.3	27	19.53	23	141,919
ゴロンタロ州	68.8	24	24.88	29	147,154
西スラウェシ州	67.7	30	16.73	18	146,492
マルク州	70.0	18	29.66	31	188,931
北マルク州	67.8	29	11.28	14	187,671
西パプア州	67.3	32	35.12	32	233,570
パプア州	63.4	33	37.08	33	225,195
インドネシア全体	70.59		15.42		182,636

(出典：インドネシア中央統計局、Trends of The Selected Socio-Economic Indicators of Indonesia March 2009²⁷)

1.4.4 電化率

インドネシアでは、全国平均では約9割の世帯に電力網が普及しているが、ジャワ島以外の農村部では普及率が低く、プロジェクトの対象地域である東ヌサトゥンガラ州の農村部では、PLN以外の照明源を利用している世帯が約75%ある(表1-7)。

²⁷ http://www.bps.go.id/download_file/booklet_maret_2009.pdf

表 1-7 電力公社 (PLN)以外の照明源を利用している世帯の割合

州名	電力公社(PLN)以外の照明源を利用している世帯の割合			電化率 (%)
	都市部 (%)	農村部 (%)	都市部+農村部 (%)	
アチェ特別州	2.53	15.18	11.54	76.98
北スマトラ州	1.80	15.58	9.23	69.68
西スマトラ州	2.79	19.77	13.94	69.37
リアウ州	9.10	56.39	32.56	55.84
ジャンビ州	15.07	35.65	28.98	51.41
南スマトラ州	5.95	41.97	28.05	50.30
ブンクル州	3.42	42.07	28.51	51.46
ランブン州	6.34	30.97	25.18	48.82
バンカ・ブリトゥン諸島	8.66	38.87	24.43	72.88
リアウ諸島	10.27	55.02	31.35	55.84
ジャカルタ特別区	1.04	-	1.04	100.00
西ジャワ州	1.12	3.99	2.30	67.40
中部ジャワ州	0.93	3.03	2.01	71.24
ジョクジャカルタ特別地区	1.06	3.19	1.82	84.48
東ジャワ州	1.14	3.87	2.54	71.55
バンテン州	0.80	9.04	4.08	63.90
バリ州	1.35	4.54	2.70	74.98
西ヌサトゥンガラ州	8.82	20.14	15.40	32.51
東ヌサトゥンガラ州	5.50	75.04	62.64	24.55
西カリマンタン州	2.31	41.49	30.59	45.83
中部カリマンタン州	5.50	49.30	34.41	45.22
南カリマンタン州	1.48	15.18	9.49	72.29
東カリマンタン州	5.08	36.11	16.81	68.56
北スラウェシ州	2.76	8.28	5.89	66.87
中部スラウェシ州	3.73	35.95	29.19	48.30
南スラウェシ州	3.04	22.33	16.12	55.20
東南スラウェシ州	5.83	37.53	30.27	38.09
ゴロンタロ州	4.48	37.39	27.09	49.79
西スラウェシ州	7.17	63.76	44.86	55.20
マルク州	6.66	38.50	30.19	54.51
北マルク州	2.43	50.86	36.48	49.44
西パプア州	4.65	61.82	48.79	32.35
パプア州	6.32	79.44	62.93	32.35
インドネシア全体	2.17	18.45	10.54	65.10

(出典：インドネシア中央統計局ホームページ²⁸)

1.4.5 水不足

インドネシアでは水不足も深刻で、全国で5,500万人(約24%)の人が安全な水にアクセスすることができない状態にある²⁹。特に、東ヌサトゥンガラ州は、表 1-8 に示すように、

²⁸ http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id_subyek=18¬ab=32

²⁹ KOMPAS, 2008年3月28日 http://els.bappenas.go.id/upload/kliping/55_juta_Orang.pdf

全国的に見ても水道の普及率が非常に低い。また、私有の飲用水供給源をもつ世帯の割合は全国で最も低く（18.8%）、多くの家庭では共有または公共の水供給設備を利用している。

表 1-8 水道以外の水源を利用している世帯、
及び私有の飲用水供給源を持つ世帯の割合（2008年）

州名	水道以外の水源を利用している世帯の割合(%)	私有の飲用水供給源を持つ世帯の割合(%)
アチェ特別州	76.7	68.8
北スマトラ州	72.3	65.6
西スマトラ州	74.1	60.0
リアウ州	78.1	71.2
ジャンビ州	76.1	60.1
南スマトラ州	73.3	56.4
ブンクル州	82.8	65.4
ランブ州	90.0	62.0
バンカ・ブリトゥン諸島	80.1	47.8
リアウ諸島	57.8	42.7
ジャカルタ特別区	25.7	73.7
西ジャワ州	76.6	58.0
中部ジャワ州	81.1	59.9
ジョクジャカルタ特別地区	75.3	59.6
東ジャワ州	75.7	58.4
バンテン州	63.9	60.1
バリ州	48.2	54.4
西ヌサトゥンガラ州	79.1	28.0
東ヌサトゥンガラ州	82.2	18.8
西カリマンタン州	86.5	36.7
中部カリマンタン州	80.0	49.8
南カリマンタン州	60.9	46.0
東カリマンタン州	39.7	63.5
北スラウェシ州	63.3	48.8
中部スラウェシ州	80.2	51.7
南スラウェシ州	72.0	46.0
東南スラウェシ州	79.5	40.7
ゴロンタロ州	81.6	35.0
西スラウェシ州	80.1	36.0
マルク州	85.0	22.2
北マルク州	78.1	35.3
西パプア州	73.5	33.9
パプア州	81.4	32.3
インドネシア全体	73.7	56.2

（出典：インドネシア中央統計局ホームページ³⁰より）

また、東ヌサトゥンガラ州は清浄な水を利用できる世帯の割合が、全国で3番目に低い州である(表 1-9)。

³⁰ http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id_subyek=18¬ab=5,
http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id_subyek=18¬ab=26

表 1-9 清浄な水を利用できる世帯の割合 (2007 年)

州名	貧困世帯 (%)	非貧困世帯 (%)	全世帯 (%)
アチェ特別州	25.21	40.26	36.96
北スマトラ州	28.45	50.11	47.82
西スマトラ州	22.95	48.67	46.29
リアウ州	14.64	36.9	34.9
ジャンビ州	22.71	44.08	42.36
南スマトラ州	30.38	49.17	46.23
ブンクル州	16.39	30.02	27.51
ランブン州	31.27	42.22	40.11
バンカ・ブリトゥン諸島	34.73	49.76	48.64
リアウ諸島	44.61	71.48	69.33
ジャカルタ特別区	79.91	80.38	80.36
西ジャワ州	24.38	44.11	41.97
中部ジャワ州	35.75	53.69	50.71
ジョクジャカルタ特別地区	49.86	69.88	66.93
東ジャワ州	46.14	59.92	57.63
バンテン州	20.83	46.82	45.05
バリ州	37.69	65.22	63.76
西ヌサトゥンガラ州	35.66	49.64	46.72
東ヌサトゥンガラ州	14.33	31.64	27.75
西カリマンタン州	6.71	17.23	16.19
中部カリマンタン州	18.41	32.66	31.65
南カリマンタン州	31.9	55.14	53.89
東カリマンタン州	33.08	67.33	64.48
北スラウェシ州	29.89	49.09	47.43
中部スラウェシ州	23.39	37.3	34.79
南スラウェシ州	27.09	50.93	48.26
東南スラウェシ州	34.14	46.98	44.8
ゴロンタロ州	33.86	45.99	43.23
西スラウェシ州	31.56	36.79	36.03
マルク州	35.08	46.25	43.54
北マルク州	21.34	38.89	37.32
西パプア州	28.88	51.22	44.25
パプア州	11.33	36.62	28.12
インドネシア全体	32.98	51.16	48.72

(出典：インドネシア中央統計局、Trends of The Selected Socio-Economic Indicators of Indonesia March 2009)

1.5 ホスト国の CDM への取り組み、承認体制

1.5.1 気候変動・CDM 関連制度

インドネシアは 1994 年 8 月に国連気候変動枠組条約を批准し、その後 2004 年 12 月に京都議定書を批准している。インドネシア政府における気候変動問題担当機関はインドネシア環境省であり、同省は国内の環境全般に関わる政策決定を行う機関で、気候変動問題に関する全般を担当している。CDM を担当する指定国家機関 (DNA : Designated National Authorities) として、CDM 国家委員会 (National Commission on CDM, KOMNAS MPB: Komisi Nasional Mekanisme Pembangunan Bersih) が 2005 年 7 月に設置されている。

1.5.2 CDM プロジェクトの承認体制

インドネシアでは、政府承認の体制として CDM 国家委員会、そして同委員会の下に事務局及び技術チームが設置されている。CDM 国家委員会は 9 つの省庁からの代表で構成されている。9 つの省庁とは環境省 (Ministry of Environment)、エネルギー・鉱物資源省 (Ministry of Energy and Mineral Resources)、林業省 (Ministry of Forestry)、工業省 (Ministry of Industry)、外務省 (Ministry of Foreign Affairs)、内務省 (Ministry of Home Affairs)、運輸省 (Ministry of Transportation)、農業省 (Ministry of Agriculture)、国家開発企画庁 (National Development Planning Agency) である。事務局は、プロジェクト申請の受付、CDM 審査手続きなどの事務を担当する。技術チームは、持続可能な開発基準と指標に基づき、プロジェクトの妥当性を技術的・専門的見地から検証を行う。その際、専門家グループ、およびステークホルダー・フォーラムからの意見を求めることができる³¹。

³¹ 財団法人地球環境戦略研究機関 (IGES) IGES CDM 国別ハンドブック (2009 年 9 月)
<http://enviroscope.iges.or.jp/modules/envirolib/upload/2596/attach/kunibetsu.pdf>

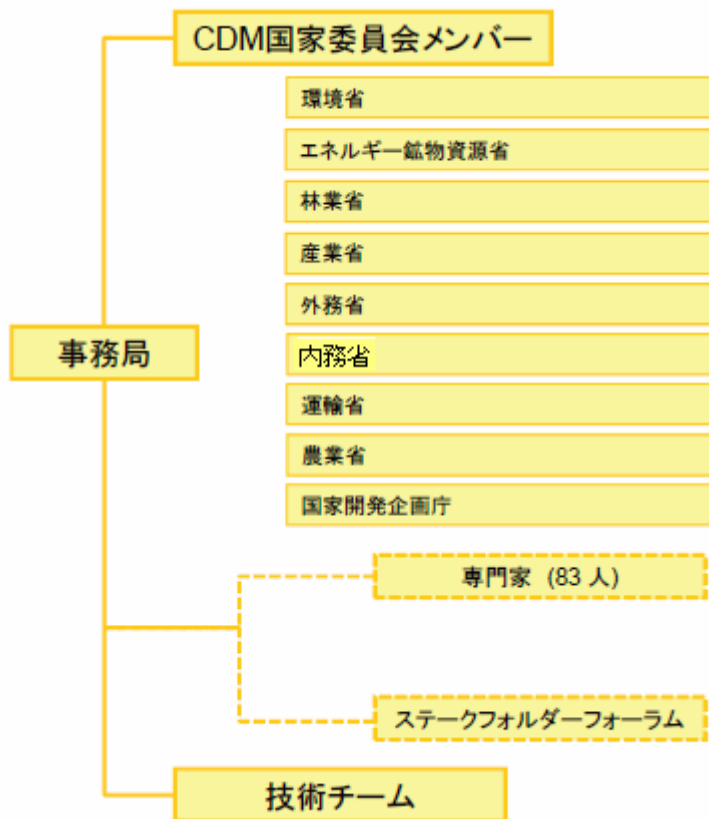


図 1-15 DNA 体制

(出典：IGES CDM 国別ハンドブック)

専門家グループは、必要性が認められた場合に意見提出をするもので、CDM 国家委員会、及び技術チームのそれぞれに対応している。その他、提案されたプロジェクトに関する意見の相違がある場合、CDM 国家委員会の判断の下、必要に応じてステークホルダー・フォーラムが開催される³²。

インドネシアにおける CDM プロジェクトの承認要件として、以下の持続可能な開発基準と指標を満たす必要がある³³。

1. 環境的持続可能性（自然資源の保全と多様化、地域社会の健康と安全）
 - ・ 地域の生態系機能が維持される
 - ・ 国レベルおよび地方レベルの環境基準を超えない
 - ・ 遺伝子、種及び生態系の生物多様性が維持され、いかなる遺伝子汚染も起きない

³² 地球環境センター「CDM/JI ホスト国基礎情報」（2007年3月）
http://gec.jp/gec/JI/publications/hostinfo/hostinfo_2_indonesia.pdf

³³ 京都メカニズム情報プラットフォーム「京都メカニズム・国別ポートフォリオ」（2007年1月）
<http://www.kyomecha.org/pf/indonesia.html>

- ・既存の土地利用計画に反しない
- ・地域住民の健康と安全
- ・健康被害を及ぼさない
- ・職業健康安全法規に反しない
- ・起こりうる事故を防止・管理するために、適切な行動の手続きを文書化する

2. 経済的持続可能性（地域社会の福祉）

- ・地域住民の収入を下げない
- ・地域社会のメンバーの収入がプロジェクト実施の影響により下がる場合、これに対する適切な措置が講じられる
- ・当該地域の公共サービスの質を下げない
- ・利害対立がある場合、関係者間でいかなるレイオフ問題にも対処しながら、現行の規則に則った合意がなされる

3. 社会的持続可能性（地域社会の参加、地域社会の統合）

- ・地域住民がプロジェクト実施者からプロジェクトに関して相談を受けている
- ・地域住民からのプロジェクトに関するコメント及び苦情が考慮され、答えられている
- ・地域社会的な安定
- ・地域住民間のいかなる対立も惹起しない

4. 技術的持続可能性（技術移転）

- ・知識および実施ノウハウの移転に関して、外国への依存が高まらない
- ・実験的あるいは旧式の技術によらない
- ・地域の技術の利用およびキャパシティビルディングを強化する

また、DNA による承認の手続きは、図 1-16 に示すプロセスを経る³⁴。

³⁴ 京都メカニズム情報プラットフォーム「京都メカニズム・国別ポートフォリオ」（2007年1月）
<http://www.kyomecha.org/pf/indonesia.html>

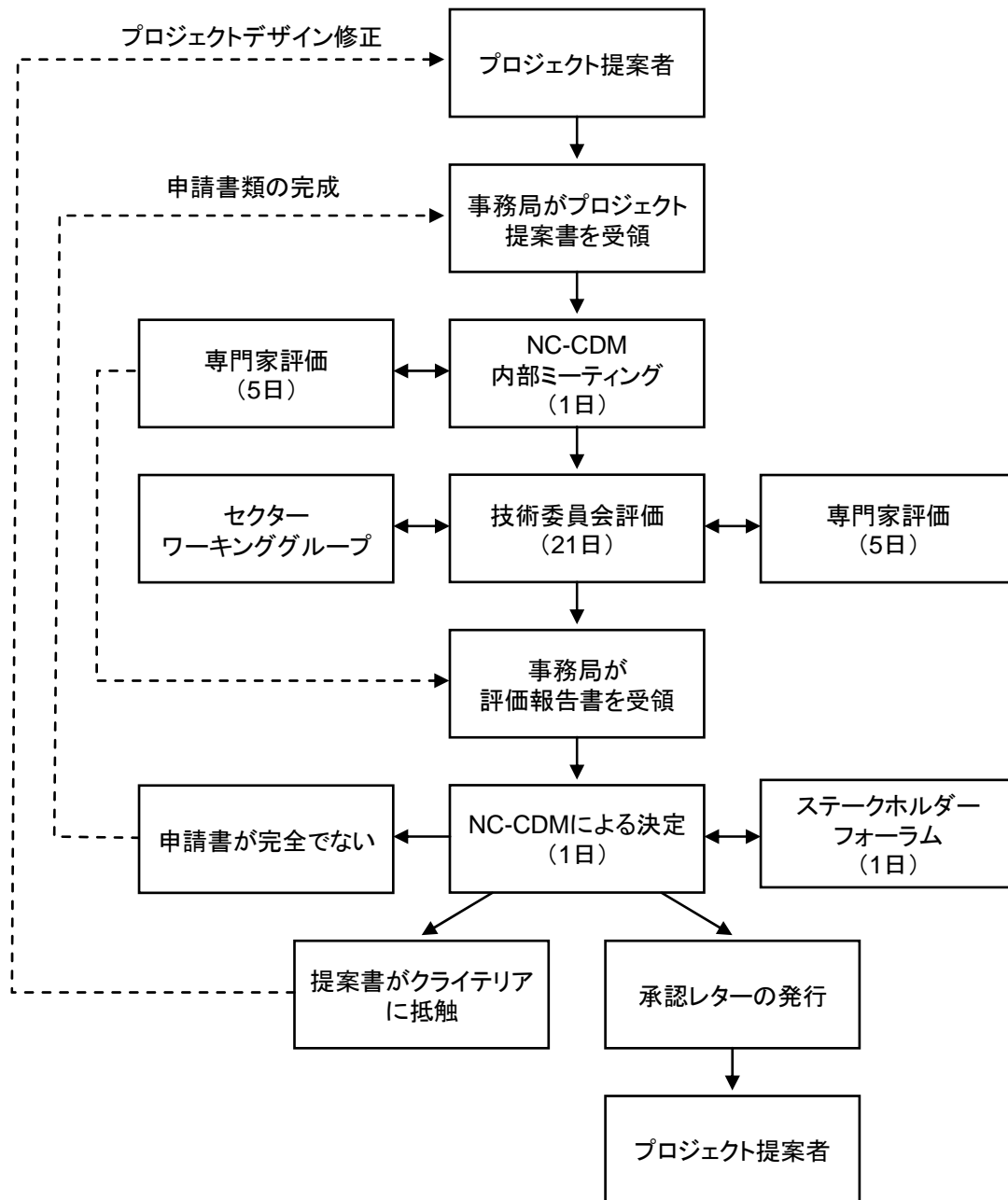


図 1-16 インドネシア政府による CDM プロジェクト承認の流れ³⁵
 (※NC-CDM は CDM 国家委員会の略)

³⁵ 京都メカニズム情報プラットフォーム「京都メカニズム・国別ポートフォリオ」(2007年1月)、地球環境戦略研究機関 (IGES)「CDM 各国情報：インドネシア」(2009年2月) 参照

2 調査内容

2.1 調査実施体制

本調査は、三菱UFJ証券株式会社が、株式会社適正技術研究所（JATI）の協力を得て実施した。JATIは、本プロジェクトの実施機関であるAPEXの関連会社で本プロジェクトの収益業務を実施している。JATI、及びAPEXはYDDと緊密に協力し、対象地域の現状、プロジェクトの状況、及び技術に関する調査、また環境影響評価、利害関係者のコメント収集において、三菱UFJ証券の調査をサポートする。

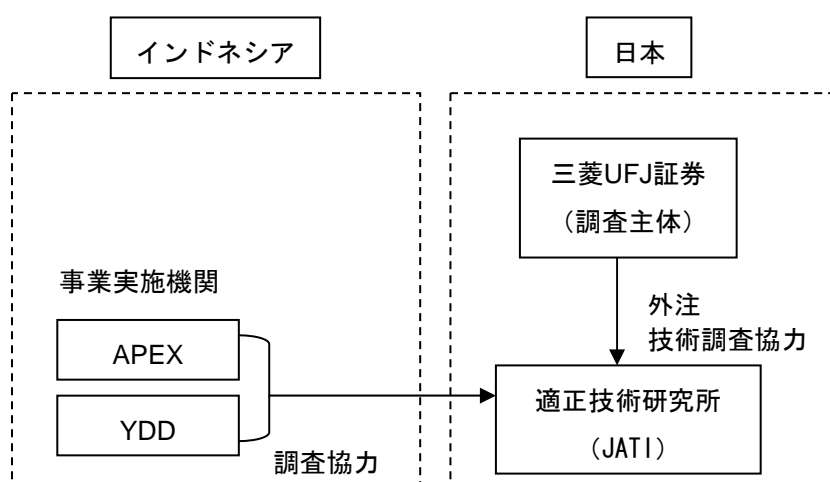


図 2-1 調査実施体制

2.2 調査課題

本プロジェクトを CDM として実施する実現可能性を明らかにするため、本調査において下記に挙げる課題を中心に検討する必要があると考える。

1. ジャトロファ油生産技術

本プロジェクトは、焼畑などにより森林が破壊された荒地を緑化する目的でジャトロファを栽培し、その種子から採取した油、及び油の生産工程で生じるバイオマス残渣を用いて発電を行う。したがって、一連のプロジェクトの継続的な実施のためには、原料となるジャトロファ種子の収穫、及びその搾油・精製が確実に実施されることが重要である。インドネシアにおいて、ジャトロファはバイオ燃料として注目されているにも係わらずその成功事例が少ない。下記の要素について、課題を明確にし、プロジェクトの計画を精査する。

a) ジャトロファの栽培

ジャトロファの育種から収穫までの技術情報、及び事業化のための課題

b) ジャトロファ油の搾油・精製

搾油・精製技術、及び事業化のための課題

c) ジャトロファ油の用途

本プロジェクトで生産されるジャトロファ油はエステル交換せず、そのまま利用する予定である。ジャトロファ油の用途、及びその技術情報について

2. 方法論適用性

本 CDM プロジェクトを構成する 3つの要素 1.ジャトロファ油を用いた発電、2.ジャトロファの果実殻を用いたガス化発電、3.ガス化発電から発生する廃熱を利用した海水の淡水化のそれぞれに適用可能な方法論について検討する。

3. プロジェクトバウンダリー

本プロジェクトは植林から、生産されたジャトロファ油の利用までの一貫したシステム構築を目指す。CDM プロジェクトとしてのプロジェクトバウンダリーについて、方法論に従って明確にする必要がある。

4. ベースラインの設定

本プロジェクトがなければ、発電、及び海水の淡水化に化石燃料が使用される。本ベースラインシナリオの正当性について現地で情報収集、調査を実施する。また、ベースライン排出量に必要なデータ収集を行う。

5. プロジェクト排出量

プロジェクトバウンダリーにより考慮すべきプロジェクト排出量も異なると考える。また、生産したジャトロファ油を使用する際、軽油と混合するか否かによってもプロジェクト排出量は異なる。方法論の分析をすすめ、考慮すべきプロジェクト排出量を明確にするとともに、現地調査においてプロジェクト排出量算出に必要とされるデータ収集を行う。

6. モニタリング計画

ジャトロファ油、及びバイオマス残渣を用いた発電、海水の淡水化のための廃熱利用について、それぞれ方法論に従いモニタリング項目を明確にする必要がある。また、モニタリング方法とその実施体制について、APEX、及び YDD と協議の上決定する。

7. 資金計画及び事業の経済性

本プロジェクトはジャトロファ油の搾油・精製設備建設、苗木生産、初期の運営経費な

どの初期費用の 80~90%までを外務省日本 NGO 連携無償資金協力の助成を得ている。それ以外は APEX、JATI 及び YDD が出資する予定である。プロジェクトの持続的な運営を可能にするための資金計画と、CER 売却収入を考慮した事業の経済性について検討する。

2.3 調査内容

2.3.1 調査課題に対する成果

本調査では、2 度の現地調査の実施に加え、プロジェクト実施サイトの現状、適用技術に関する情報については、JATI、及び APEX の協力を得て現地より必要な情報を入手した。また、プロジェクトの計画に基づき、方法論の適用性の検討、GHG 排出削減量の試算に必要な情報収集、及び環境影響評価やステークホルダーコメント等 PDD に必要な情報収集を行い、ドラフト PDD を作成した。これらの調査によって得られた 2.2 に挙げる調査課題に対する成果を以下にまとめる。現地調査の内容は 2.3.2 に述べる。

1. ジャトロファ油生産技術

ジャトロファ油生産に関連する技術は、文献調査や APEX による実験実施に加えてボゴール農業大学、エネルギー省、農業省、及び技術応用評価庁 (BPPT) を訪問し、インドネシアにおけるジャトロファ事業に詳しい専門家に、それぞれ技術面、政策面を中心にヒアリングを行った。その結果、ジャトロファ栽培、搾油・精製などの技術面に特に難しい問題があるわけではないが、現在のジャトロファ種子の収穫量 (年間約 6 トン/ha) では、商業目的で事業を実施するためには採算があわないということであった。また、現在のビジネスモデルでは、企業が苗、肥料、及びインセンティブを農民に与えて事業化を試みるが、農民が害虫駆除、施肥などのメンテナンス方法を知らないことも問題として指摘されていた。また、土地が企業の所有で、農民の所有ではないことも継続が困難な理由とされていた。農業省の担当者は、ジャトロファ事業の成功例が少ない理由は、技術的な問題ではなく、社会的な問題であると指摘していた。土地の所有が明確でない荒地で換金作物が栽培されれば、土地の所有権の問題が発生する可能性があるということであった。

さらに、政策面ではジャトロファ油の値段が原油価格と競合することが指摘された。現在、インドネシア政府はバイオ燃料の使用を奨励している一方、原油に補助金を出していることが、ジャトロファ油がその価格で原油に競合できない理由とされている。また、ジャトロファ油の価格低下は、種子の買い取り価格低下を引き起こし、ジャトロファを栽培する農民へのインセンティブが低下し、栽培の継続を妨げることになる。

本プロジェクトは、採算性を追求する商業目的の事業ではなく、小規模で農民が持続可能な方法で運営していくことを目的としている。そのため、収穫量が問題になることはないという専門家のお話であった。また、収穫された種子は、農民との交渉により、事前に契約した一定価格で購入することにより、ジャトロファを栽培する農民が事業を継続していくためのインセンティブを与える。さらに、本プロジェクトでは、ジャトロファ油は地域の発電所での軽油代替燃料として利用される予定である。発電所で利用されている軽油は補助金の対象ではない工業用の燃料価格で取引されている。そのため、ジャトロファ油の販売価格が補助金と競合することはないと考えている。ジャトロファ油の使用先である地域の発電所からも理解を得ており、ジャトロファ油の価格は交渉の上、双方に便益のある価格を設定することを検討している。また、土地の所有権の問題については、APEX 及び YDD が植林実施地となる村や県の代表、及び住民と協議した上で、所有権が明確な土地で植栽を実施している。その他、技術情報については、第 3 章でその調査結果を詳しく述べる。

2. 方法論適用性

1. ジャトロファ油を用いた発電、及び 2. ジャトロファの果実殻を用いたガス化発電には、AMS-I.A.ver.13「利用者のための発電 (Electricity generation by the user)」の適用を検討する。AMS-I.A.では、ジャトロファ油の生産に係わるプロジェクトバウンダリー、プロジェクト排出量に関する項目が明確にされていないため、その改訂が必要になると考える。本調査では、ジャトロファ油が再生可能なバイオマスエネルギーであることを示すため、AMS-III.T.「運輸用途の植物油製造・利用 (Plant oil production and use for transport applications)」を参照する。3. ガス化発電から発生する廃熱を利用した海水の淡水化には、AMS-III.Q.ver.3「廃エネルギー回収プロジェクト (Waste Energy Recovery (gas/heat/pressure) Projects)」の適用可能性を検討していたが、第 22 回小規模 CDM ワーキンググループ (2009 年 9 月) の結果を考慮すると、新規施設への本方法論の適用は難しいと考えている。適用方法論に関する検討の結果は第 4 章 2 項に述べる。

3. プロジェクトバウンダリー

本プロジェクトバウンダリーは、AMS-I.A.、及び AMS-III.T.に従って決定する。そのバウンダリーには、ジャトロファの植林地、ジャトロファ油生産工程、及びジャトロファ油を利用する発電所を含むと考える。詳細は、第 4 章 3 項に述べる。

4. ベースラインの設定

本プロジェクトのベースラインシナリオは、本プロジェクトがなかった場合、当該発電所で軽油による発電が継続されることである。ベースライン排出量は、ジャトロファ油によって代替される軽油の燃焼による排出量となる。ジャトロファ油 400 トン分の軽油が代替された場合、そのベースライン排出量は年間 1,178.78 トン CO₂ と試算される。詳細は、第 4 章 5

項に記載する。

5. プロジェクト排出量

AMS-I.A.にはプロジェクト排出量について記載されていないが、AMS-III.T.によれば、プロジェクト排出量には、種子の栽培、及び植物油の生産に関する排出を含むとされている。本プロジェクトでは、種子の栽培に関する排出はないとされるが、ジャトロファ油の生産工程での電力消費に伴う排出が考えられる。ジャトロファ油生産に必要な電力の一部は、ジャトロファの殻を利用したガス化発電によって供給されるが、軽油との混焼のため、軽油の燃焼によるプロジェクト排出が発生する。プロジェクト排出量は、ジャトロファ油 400 トンの生産に対して、年間 41.49 トン CO₂になると試算される。詳細は第 4 章 6 項に記載する。

6. モニタリング計画

本プロジェクトのモニタリングは、AMS-I.A.、及び AMS-III.T.に従って計画される。それによると、ジャトロファ油を利用する発電所における発電量をはじめ、ジャトロファ油の生産量、消費量、ジャトロファ種子の収穫量、また発電所、及びジャトロファ油生産設備で消費される軽油の量などのモニタリングが必要と考えられる。詳細な項目、及びモニタリング実施体制については、第 4 章 11 項で述べる。

7. 資金計画及び事業の経済性

本プロジェクトの生産設備建設、苗木購入のための初期投資、及び 2011 年までの運転経費の一部は外務省の日本 NGO 連携無償資金協力の助成金で約 9 割までを賄う予定である。それ以外の費用は、APEX、JATI、及び YDD が自己資金で賄う。本プロジェクトにより生産されるジャトロファ油、コンポストが順調に販売されれば、その売上により必要経費を賄うだけでなく、収益をあげることが可能となる。しかしながら、本プロジェクトの経済性は、ジャトロファ油の販売価格に大きく影響される。また、その価格は軽油価格の変動の影響を受ける。本プロジェクトを CDM として実施することによって得られる CER 売却収入が、プロジェクトの経済性向上と、ジャトロファ油販売価格の変動による本プロジェクトの経済性への影響を緩和することが期待される。安定した経済性の実現は、住民が本プロジェクトを継続するために非常に重要とされる。第 4 章 14 項及び 15 項に資金計画、及び事業の経済性について述べる。

2.3.2 現地調査

現地調査は 2009 年 10 月、及び 2010 年 2 月に実施した。現地調査では、プロジェクト実施サイトを訪問し、ジャトロファの植栽、ジャトロファ油の搾油・精製施設の現状を調査す

るとともに、プロジェクトに参加する住民や自治体の代表者、電力公社に対して本プロジェクトに関するヒアリングを実施した。また、ジャカルタにある関係省庁や研究機関を訪問し、インドネシアにおけるジャトロファ事業の事例や研究結果について情報を収集した。現地調査の訪問実績を表 2-1 にまとめる。

表 2-1 現地調査訪問実績

日程	訪問先	協議・調査内容
第 1 回		
2009 年 10 月 5 日	ボゴール農業大学	-ジャトロファの栽培、搾油、精製技術に関する研究結果 -ジャトロファ油の生産性 -ジャトロファ事業の可能性と課題 -搾油、精製工程視察
	環境省	-ジャトロファ搾油・精製施設からの廃水基準について -インドネシアの EIA プロセス -DNA 承認プロセス -インドネシアの環境問題一般に関する意見
	国家開発計画局 (BAPPENAS)	-気候変動に係わる BAPPENAS の役割とインドネシアの今後の活動方針 -気候変動に関する活動の支援の可能性について
10 月 6 日	エネルギー鉱物資源省	-再生可能エネルギー政策 -バイオ燃料に対する政策と知見 -ジャトロファ燃料開発に関する知見
	インドネシア電力公社 (PLN)	-再生可能エネルギー、バイオ燃料利用について -PLN のコミュニティ開発に係わる活動について
	森林省	-コミュニティ参加型ジャトロファ栽培プロジェクトの可能性について -インドネシアの森林の現状と政策
10 月 7 日	移動	
10 月 8 日	APEX、ディアン・デサ財団	-プロジェクトの現状報告 -ディアン・デサ財団の活動報告 -本調査の調査項目、手法について協議
10 月 9 日	ジャトロファ・センター(ワイルブレレル村)	-種子の貯蔵倉庫・搾油・精製施設建設予定地視察 -搾油・精製パイロットプラント視察 -ジャトロファ試験栽培地視察
	電力公社(PLN)ヌサトゥンガラ州フローレス支部	-PLN の本プロジェクトへの協力の可能性 -フローレス島の発電施設、系統電源について協議
10 月 10 日	レロロジャ村育苗地視察	-育苗作業地視察 -育苗方法、技術について説明を受ける
	マゲパンダ郡庁	-火事など本プロジェクトの留意点と住民への注意喚起など郡の取り組み -ジャトロファ種子取引の価格制度について -本プロジェクトの他村への拡大の可能性
10 月 11 日	レロロジャ村植林地視察	-前年に植えた植林サイト 3 箇所の視察
	レロロジャ村村長	-レロロジャ村の植林状況 -種子買取り方法及び価格

日程	訪問先	協議・調査内容
第2回		
2010年 2月9日	農業省	-ジャトロファ事業に関する過去の成功例、問題点について -ジャトロファ事業に関連する政府の取り組み -その他バイオ燃料に関する政府の取り組み
	技術応用評価庁 (BPPT)	-ジャトロファ油生産と利用技術について -ジャトロファ事業に関連する過去の事例や取り組みについて
2月10日	移動	
2月11日	レロロジャ村植林サイト	-2008年及び、2009年に植林したジャトロファを視察 -ディアン・デサによる農民からの種子買い取りを視察
	レロロジャ村種子集積場	-レロロジャ村に建設予定である種子集積場を視察
	マゲパンダ郡電力公社	-生産したジャトロファ油を用いたテスト発電を実施する発電所施設の設備視察。
	ジャトロファ・センター視察	-種子倉庫、製油設備、コンポスト生産などの設備建設予定地を視察 -収集したジャトロファ果実の搾油前準備作業の視察
2月12日	環境局	-プロジェクトの内容について説明 -UPL/UKLの手続きについて確認 -事業開始後のモニタリング手続きなど確認
	電力公社(PLN)ヌサトゥンガラ州フローレス支部	-プロジェクトへの協力の意向について再確認 -PLNヌサトゥンガラ州本部に提出済みのプロポーザルの進捗について -今後の予定について
2月13日	ドネ村	-ジャトロファ果実及び種子の買い取り価格提示 -住民の意見公聴

3 プロジェクトの内容

3.1 プロジェクトの目的

本プロジェクトは、インドネシアの森林破壊、エネルギー問題、及び貧困問題に取り組むため、ジャトロファを複合的・多面的に利用することによって、環境保全型で、住民が広く参加でき、住民の生活向上・収入向上に資する地域開発を行うことを目的としている。特に、東ヌサトゥンガラ州は、インドネシアの中で最も貧困な州の1つで、上述する問題が際立っている。本プロジェクトを、東ヌサトゥンガラ州で実施することにより、荒地の緑化、土地の肥沃化、水不足の緩和、住民の収入増大をはかり、地域の持続可能な開発に貢献する。

本プロジェクトは、比較的小規模の開発モデルを形成するが、ニュースレターの発行やセミナー・ワークショップの開催を通じて、同様のモデルが他地域にも普及していくことを目指す。それにより、中長期的には、荒地の緑化、住民の生活向上、代替エネルギー生産が広域的に行われることを支援・促進し、地球温暖化防止にも寄与することを目指すものである。

3.2 プロジェクトのスキーム

本プロジェクトは、インドネシア東ヌサトゥンガラ州シッカ県において、APEX が YDD と協力し、地域住民の主体的参加のもと、ジャトロファの栽培、再生可能な軽油代替燃料の生産利用、それに伴い発生する廃棄物を利用したガス化発電、並びに廃熱を利用した海水の淡水化を、複合的多面的に行う。

通常、ジャトロファの栽培は、その種子から軽油代替燃料となる油脂を採取する目的で行なわれるが、このプロジェクトでは、ジャトロファの強壮な特質を生かし、生物多様性にも配慮しながら未利用の荒地を緑化し、油脂の生産にともなって発生する廃棄物にも着目して、それらのコンポスト原料やガス化発電原料としての利用も行なう。さらに、発電にともなって発生する廃熱を利用した、海水の淡水化も実施する（図 3-1）。すなわち、本プロジェクトは、①良質なジャトロファの苗の育成・選抜、及びその苗による荒地の緑化、②収穫した種子からの油脂の採取と精製によるジャトロファ油生産、③生産されたジャトロファ油による発電のための軽油代替、④油脂の採取にいたる工程で発生するバイオマス廃棄物のガス化発電やコンポスト生産等への利用、⑤海水の淡水化など発電の際に発生する廃熱の有効利用を含む。このうち、①の活動はシッカ県マゲパンダ郡レロロジャ村で、②～⑤の活動は同県ワイゲテ郡ワイルブレレル村で実施する。緑化面積は、まず 200ha を目標として、緑化・生産システムの確立をはかり、その後将来的には 1,000ha までの拡大を目指す計画である。

数字は200ha当たりの計画値

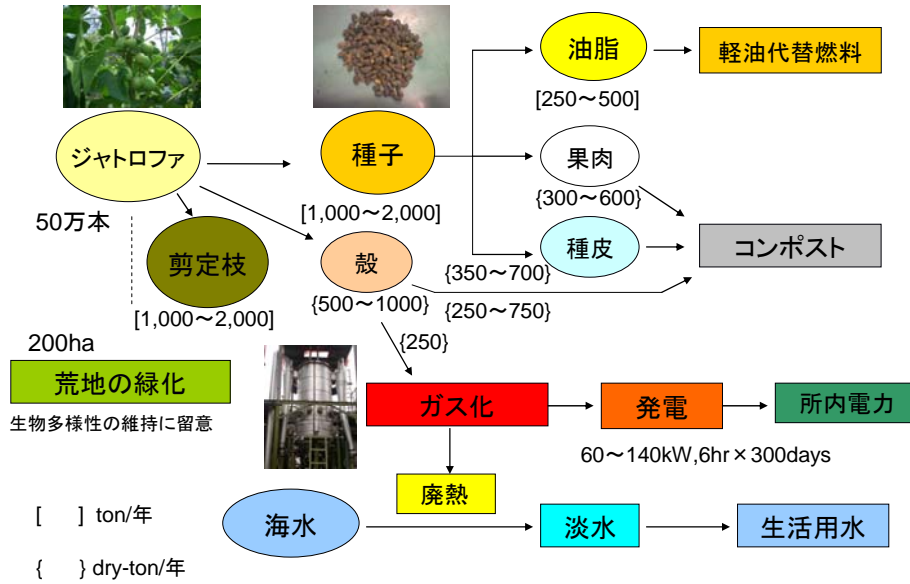


図 3-1 本プロジェクト全体のスキーム

3.3 プロジェクト参加者

本プロジェクトは、APEX が YDD、レロロジャ村及びワイルブレレル村住民と協力して実施する。プロジェクトの実施体制を図 3-2 に示す。

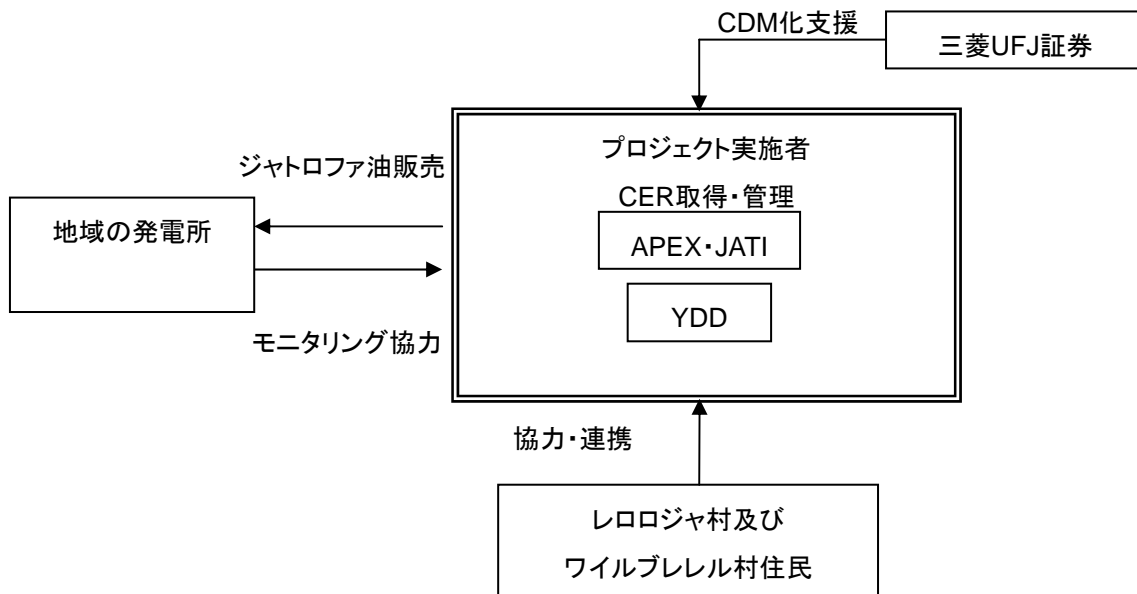


図 3-2 プロジェクト実施体制

プロジェクトを実施する各参加者・組織の役割は以下のとおりである。

- APEX
 - ・プロジェクトオーナーとしてプロジェクトを統括管理。
 - ・苗木生産、植栽・養生を住民と協力して実施。
 - ・ジャトロファ・センターの建設・運営。
 - ・技術調査、技術開発。
 - ・種子の購入、搾油・精製、精製油の販売。(※)
 - ・副生する廃棄物、廃熱の有効利用。(※)
 (※)収益プロジェクト部分は、APEX の関連会社である JATI が YDD と共同で実施
- YDD
 - ・現地スタッフの提供
 - ・住民の組織化、行政との連携、社会経済的調査
 - ・ジャトロファ・センター建設用地の提供
 - ・技術開発を APEX と共同で実施
 - ・種子の購入、搾油・精製、精製油の販売 (JATI と共同で実施)
 - ・副生する廃棄物、廃熱の有効利用 (APEX/JATI と共同で実施)
- レロロジャ村及びワイルブレレル村住民
 - ・緑化のための荒地の提供
 - ・苗木生産、植栽、養生を APEX と協力して実施 (労働力提供)
 - ・果実の収穫、種子の販売
 - ・搾油・精製作業に従事

3.4 プロジェクト実施サイト

本プロジェクトは、インドネシア、東ヌサトゥンガラ州フローレス島シッカ県の2ヶ所のサイトで実施される。すなわち、ジャトロファの植栽による緑化と果実の収穫・収集を行なうマゲパンダ郡レロロジャ村ならびにジャトロファ・センターを建設するワイグテ郡ワイルブレレル村ワイリタ地区である。ジャトロファ・センターは、種子の貯蔵、搾油・精製、廃棄物のコンポスト化、廃棄物のガス化発電、海水の淡水化等を行う拠点としての機能を果たすものである。



図 3-3 フローレス島及びレロロジャ村、ワイルブレレル村の所在位置
(出典 : <http://www.lib.utexas.edu/maps/indonesia.html#country.html>)

シッカ県は、フローレス島の東部に位置し、バリ島から東へ約 750km の距離にある。シッカ県の県庁所在地であるマウメレ市の北西約 25km にレロロジャ村（緑化対象地域）が、同市の東方約 12km にワイルブレレル村ワイリタ地区（ジャトロファ・センター建設地）がある。

3.4.1 東ヌサトゥンガラ州シッカ県について³⁶³⁷

(a) 地理

シッカ県は、南緯 8° 22' ~8° 50'、東経 121° 55'40''~122° 41'30''に位置し、有人・無人の 18 の島を含めて 1731.91km² (173,191ha) の陸地面積を持っている。東は東フローレス県、西はエンデ県と隣接し、北はフローレス海、南はサウ海に面している。陸地の多くは丘陵や険しい斜面を持つ山であり、平坦な土地は海岸部に分布するのみである。土地の利用状況は農業用地が 90,138ha (52%)、森林地区が 38,442ha (22%)、灌木林が 23,745ha (14%)、その他が 20,866ha (12%) となっている。シッカ県は 21 の郡 (Kecamatan) からなり、郡の下位の行政単位である村/区 (desa / kelurahan) の数は 160 である。

(b) 気候

シッカ県は、インドネシアの他の地方と同様、熱帯性気候に属する。気温は年間を通じてほぼ一定で、最低気温 23~25°C、最高気温 31~33°C、平均気温は 27~28°C である。湿度は年間平均 85.5%、相対湿度は 74~86%、風速は平均 12~20 ノットである。乾季は 4、5 月から 10、11 月までの 7~8 ヶ月、雨季は 11、12 月から 3、4 月までのおよそ 4 ヶ月で、年間降水量は 1,000~1,500mm、降雨日は年間 60~120 日である。

(c) 人口

シッカ県の人口は 290,742 人 (2006 年)、世帯数は 69,132 世帯で、1 世帯平均 4.2 人である。人口密度は 172 人/km² である。シッカ県の全人口のうち、56,100 人 (20%) が貧困ライン (74,679 ルピア/人/月) 以下で生活している (2006 年)。

(d) 経済情勢

2002 年の時点の、一人当たり年間平均収入は、東ヌサトゥンガラ州全体では 206 万ルピア (約 20,000 円³⁸)、シッカ県では 195 万ルピア (約 19,000 円) であり、シッカ県の収入は州の平均をやや下回っている。支出の中で食料に費やされる金額の割合は、全国平均 49.2%、

³⁶ シッカ県地域開発庁ホームページ

(<http://sikka.bappenas.go.id/index.php?module=ContentExpress&func=display&ceid=6>)

³⁷ シッカ県中央統計局, Sikka Dalam Angka 2006/2007

³⁸ 1 円 = 102.84 ルピアとする

東ヌサトゥンガラ州平均 65.1%であるのに対して、シッカ県では 65.3%である（2006 年）。シッカ県の産業は、第一次産業が主体であり、表 3-1 のように 56.55%の労働者が農林水産業分野で働き、42.84%の地域総生産（GRDP）を生み出している。

表 3-1 シッカ県における地域総生産、労働人口の産業別構成内訳（2006 年）

		地域総生産 (%)	労働人口 (%)
		2006年	2006年
第一次産業	農林水産業	<u>42.84</u>	56.55
	農業(食料)	19.10	
	農業(非食料)	7.69	
	畜産業	9.01	
	林業	0.58	
	水産業	6.46	
第二次産業	鉱業&採掘業	1.34	20.95
	製造業	1.71	
	電気、水供給	<u>0.44</u>	
	電気	0.28	
	水供給	0.15	
	建設業	6.56	
第三次産業	商業	<u>12.88</u>	22.50
	卸売、小売業	12.20	
	レストラン	0.56	
	ホテル	0.12	
	運輸・通信業	<u>6.38</u>	
	道路輸送	4.41	
	海運輸送	0.37	
	空路輸送	0.24	
	輸送支援サービス	0.27	
	通信業	1.09	
	金融・サービス業	<u>2.32</u>	
	銀行	0.85	
	ノンバンク金融機関	0.46	
	貸しビル	0.87	
	ビジネスサービス	0.15	
	公共サービス	<u>25.54</u>	
公務員	16.57		
民間(社会・公共部門)	6.21		
民間(娯楽・保養部門)	0.06		
民間(個人・家庭部門)	2.70		

(出典：Sikka Dalam Angka 2006/2007)

シッカ県における地域総生産の産業別比率をインドネシアにおける GDP の産業別比率と比べると、インドネシア全体では製造業が産業の中心となっているが、シッカ県では農林水産業主体である。また労働人口に占める第 1 次産業（農林水産業）の割合も、インドネシア全国平均が 44.47%であるのに対し、シッカ県では 57.55%と高い水準にある。

(e) 電気・水

電気による照明を使用している家庭はシッカ県全体の 47%に過ぎず、残りの 53%の家庭では灯油を利用したランプなどを照明として利用している(2006年)。水道網の普及率(2006年)も低く、28%に過ぎない。

3.4.2 緑化対象地域の状況

(a) 地理

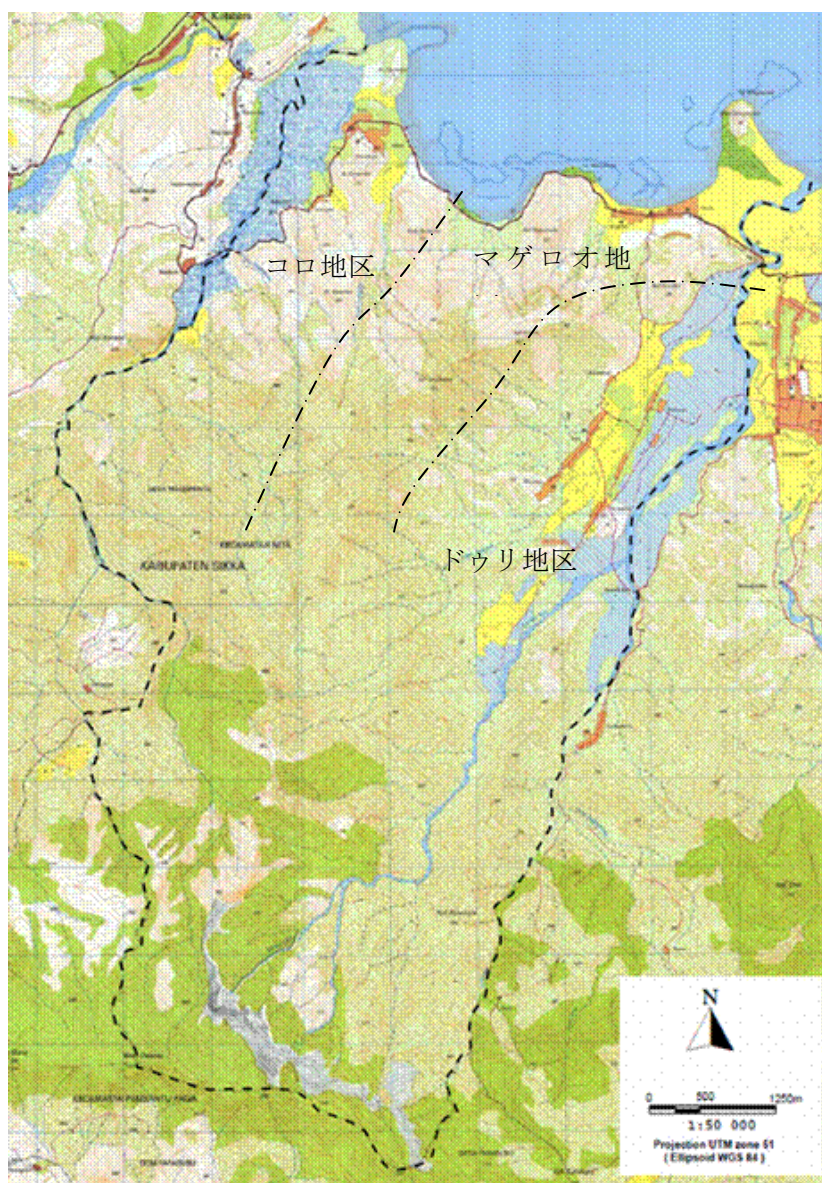


図 3-4 レロロジャ村全体地図

(出典：Pemerintah Daerah Kabupaten Sikka, Atlas Pengembangan Ekonomi Kabupaten Sikka)

緑化対象地域であるシッカ県マゲパンダ郡レロロジャ村は、シッカ県の北西部、エンデ県との県境にあり、北はフローレス海に面している。面積は約 50km² で、ドゥリ地区、マゲロオ地区、コロ地区の3地区に分かれている。シッカ県の他の地域と同様に、レロロジャ村の地形は険しく、写真3-1のような、未利用の荒地が広がっている。



写真 3-1 レロロジャ村の荒地

(b) 人口

2009年7月現在のレロロジャ村の世帯数は778世帯、人口は、3,653人（男性：1,773人、女性：1,880人）である。ドゥリ地区、マゲロオ地区、コロ地区にはそれぞれ312世帯（1,686人）、276世帯（1,080人）、190世帯（887人）が住んでいる。約7割の住民が農業を営み、残りは漁師、公務員などである。

(c) 気候

レロロジャ村の年間降水量は約830mmであり、降雨日は年間71日である（図3-5）。図3-6は、インドネシア全国33箇所の降水量のデータであるが、レロロジャ村は全国的に見ても降水量が非常に少ない地域であることが分かる。

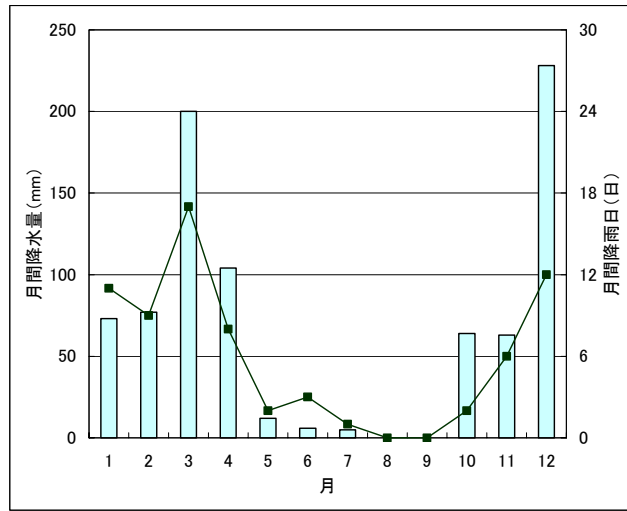
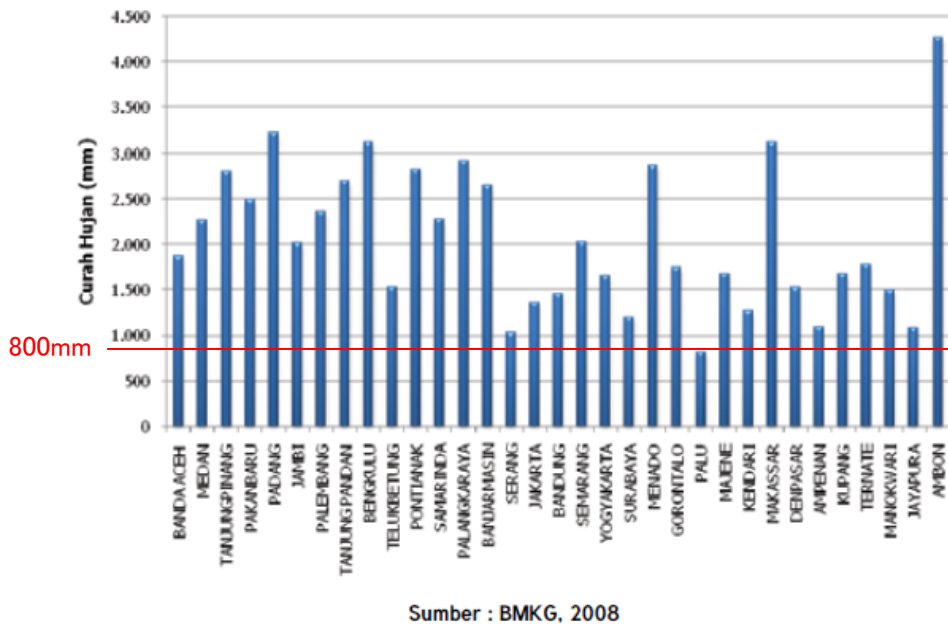


図 3-5 レロロジャ村における月間降水量(棒グラフ)及び月間降雨日(折れ線グラフ)



Sumber : BMKG, 2008

図 3-6 インドネシア全国 33 箇所の大気観測所における 2008 年の年間降水量記録 (出典：インドネシア環境省、Status Lingkungan Hidup Indonesia 2008)

(d) 経済情勢

レロロジャ村の住民の平均世帯収入は月 82.5 万ルピア (約 8,000 円³⁹) である。住民は世帯収入により 3 グループに分けられる。月 150 万ルピア以上の収入がある世帯は全体の 10% であり、主に公務員などで構成される。世帯収入が月 62.5 万ルピア～150 万ルピアの世帯は全体の 45% であり、自分の土地を所有する農民、漁民などから構成される。最も収入の少ない月 62.5 万ルピア以下の世帯は全体の 45% であり、自分の土地を持たない農業労働者などから構成されている。なお、月 62.5 万ルピアは 2008 年の東ヌサトゥンガラ州における最低賃金である。この事業に参加している世帯の収入は、月 25 万～50 万ルピア程度である。

レロロジャ村住民の収入の分布

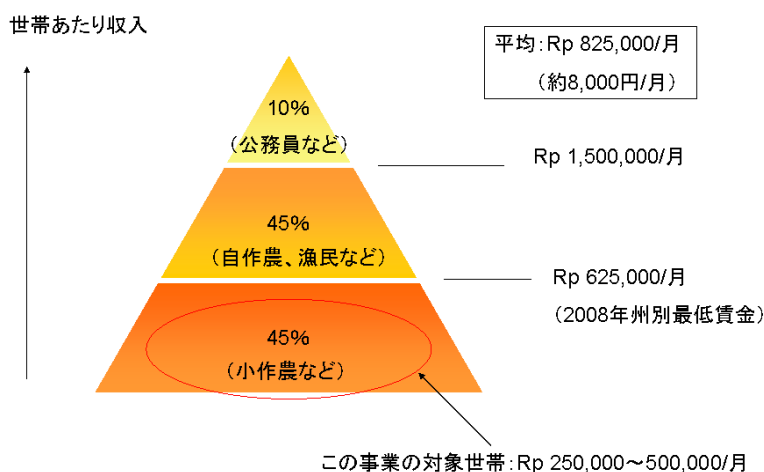


図 3-7 レロロジャ村住民の収入の分布

(e) 電気・水

レロロジャ村には村で所有するディーゼル発電機があるほか、隣接するマゲパンダ村にある発電設備からくる電力グリッドがあるが、電気を利用している家庭は 285 世帯 (37%) に過ぎない。村には常に水が流れている川が 2、3 本あるほか、雨季のみ水が流れる川がいくつかある。また、村内には井戸が 11 本あるが、多くの井戸は乾季には水が枯れて利用できなくなる。そのため、特に乾季の夕方になると、水を汲みに出かける女性や子どもの姿が目立つ。

(f) 野焼き

レロロジャ村をはじめ、東ヌサトゥンガラ州の多くの地域では、乾季になると野焼きによる火災が頻発する。野焼きが行なわれる主な理由は、家畜の飼料の確保ならびに焼畑による

³⁹ 1 円 = 102.84 ルピアとする

農地の確保・拡大である。住民は牛や水牛、ヤギなどの家畜を飼育しているが、乾季には飼料となる草が枯れてしまい、飼料が不足する。このため、枯れ草で覆われている山に火を放ち、新しく出てきた草を家畜に食べさせることがある。また、この地方は土地が痩せており、農作物の収量が少ないが、農民には肥料を購入する経済的余裕がないため、焼畑により農地を広げることで収量を増やそうとする場合がある。その他、捨てタバコ等による失火や、故意の放火による場合もある。レロロジャ村を含むマゲパンダ郡やシッカ県では野焼きを全面的に禁止し、違反したものには厳しい処罰を与えている。

レロロジャ村では、かつて山々は森林に覆われていたが、野焼きや森林伐採が行なわれた結果、山から樹木が消え、かつての生態系も失われて、山は不毛な荒地と化した。状況を打開するため、レロロジャ村はジャトロファによる荒地の緑化を行なう方針を打ち出した。本プロジェクトは、そのようなレロロジャ村の意向をふまえて実施されるものである。



写真 3-2 水汲み場に集まる女性や子供達



写真 3-3 野焼きの被害にあった丘陵地

3.5 事業の技術概要

ジャトロファに関わる技術としては、その育種から収穫までの農業・林業分野の技術、搾油・精製に関わる機械的・化学工学的技術、精製した油の用途にかかわる内燃機関等の機械・エネルギー工学的技術、毒性や生理活性に関わる薬学的・生化学的技術のおよそ4分野があると考えられる。それぞれ既に数多くの研究がなされているが、まだ産業として確立された状況にないこともあり、その知見には幅があり、不確定な部分、未確立の技術も多い。3.4に述べるように、プロジェクト対象地域である東ヌサトゥンガラ州シッカ県レロロジャ村は、乾燥した気候で土地も痩せており、また住民の生活は極めて貧しい。ここでは、そのような対象地域の状況において、環境の改善ならびに住民の生活向上のために、どのような技術を用いるのが適正であるか、という観点から重要と考えられる技術について検討した結果を述べる。

3.5.1 育種

ジャトロファは、一般には中米原産といわれるが、Carels は、Berry の論文を根拠に、実は南米原産の植物である可能性を示唆している (Carels, 2009⁴⁰)。現在では、中南米、アフリカ、インド、東南アジア等に広く分布しており、約 170 種が知られている。油脂の収率向上、果実の成熟時期の同期化、無毒化、病虫害に対する耐性強化等の観点から、インド、中国、タイ、フィリピン、メキシコ、グアテマラ、ブラジルなどにおいて、品種改良の試みがなされている (Carels, 2009)。インドネシアにおいても、農業省のプランテーション技術研究所(Badan Penelitian dan Pengembangan Perkebunan Departemen Pertanian)において、8~9 トン/ha の種子を収穫できる IP-3 株が開発されたとの報告がある (KOMPAS, 2008 年 6 月 25 日)。しかし、一般的に、種子の収穫量が多いということは、それだけ消費される養分、必要とされる水も増大する関係にあることには留意すべきである。このプロジェクトの対象村では、住居の生垣としてジャトロファを植栽する習慣があり、既に多数が生育している。本プロジェクトにおいては、新しい株を外部から導入するコストやリスクを鑑み、株は既に地元で生育している個体群から調達することとする。

3.5.2 育苗

ジャトロファの苗は、播種によっても、あるいは挿し木によっても育てることができることが知られている。ただ、播種によれば、1 本の直根 (主根) と 4 本の側根が形成されるのに対して、挿し木では、直根が生じることがなく、耐旱性、耐病性が弱まるとされている (Kumar and Sharma, 2008)。一方、播種においては発現する形質が予測しがたいのに対して、挿し木では、優秀な株の特性を継承していける利点があり (Carles, 2009)、また結実までの期間も短縮できる。本プロジェクトでは、挿し木の利点を重視して、分枝が活発で結実も豊かな株を選び、そこから挿し木を調達する。

⁴⁰ Carels, N., 2009. *Jatropha curcas*: A Review. *Advances in Botanical Research*, Vol.50



写真 3-4 挿し木作り



写真 3-5 苗木

3.5.3 植栽場所の条件

ジャトロファは、乾季には葉を落として乾燥に耐える特性をもっており、生育に必要な年間降水量の雨量の下限は 200~250mm 程度といわれる。年間降水量の上限に関しては、1,200mm (Kumar and Sharma, 2008⁴¹)、1,500mm (Openshaw, 2000⁴²)、3,000mm (Carels, 2009) と、データに幅がある。Carels は、700mm 程度が適正であり、それ以上の雨量では病原菌が繁殖しやすいとしている (Carels, 2009)。気温については、高温には耐えるが低温には弱い性質があり、20~28°C (Achten *et al.*, 2008⁴³) あるいは 15~40°C (Carels, 2009) で生育するとされる。また、強い直射日光の当たる土地であることが必要といわれる (Carels, 2009)。土質は、水はけと通風のよい、砂質または礫の多い土を好み、45cm 以上の土層を必要とする。また、30 度までの傾斜地でも生育する (Achten *et al.*, 2008)。本プロジェクト対象地であるシッカ県の気候は、3.4 に前述するように最低気温 23~25°C、最高気温 31~33°C であり、年間降水量は 1,000~1,500mm で、気候条件としてはジャトロファの生育可能な地域に属する。また土質も、およそ上記の条件を充たし、かつ農地としては使われない場所を選んで植栽する。

⁴¹ Kumar, A. and Sharma, S., 2008. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. *Industrial Crops and Products* 28, 1-10

⁴² Openshaw, K., 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy*, 19, 1-15

⁴³ Achten A.M.J., Verchot, L., Franken, Y.J., Mathjis, E., Singh, V.P., Aerts, R., Muys, B., 2008. *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass and Bioenergy* 32, 1063-1084

3.5.4 植栽、栽培

植栽に当たり、重要なのは植栽密度であるが、より植栽を密にすれば、収穫を得られる本数は増える一方で、一本当たりの収穫は減少する傾向にある。Achten らによれば、これまでに採用されてきた密度として、2,500 本/ha (2m×2m 間隔)、1,600 本/ha (2.5m×2.5m 間隔)、1,111 本/ha (3m×3m 間隔) があり、年数を経て木が成長するにしたがって間引きをし、最終的には 400~500 本/ha とするのがよいとしている (Achten *et al.*, 2008)。一方 Carels は、2,500 本/ha をインドモデル、357 本/ha をキューバモデルとして紹介し、折衷案として 1,000 本/ha を推奨している (Carels, 2009)。本プロジェクトでは、乾燥した痩せた土地に植栽するため、木が相互干渉するほどの大きさに成長するには相当な期間がかかると見られ、また要すれば追って間引きを行なうという考え方に立って、2,500 本/ha で植栽することとしている。

また、広域にわたって、単一の植生としてしまうことは、生態系の脆弱性を招くと考えられるため、本プロジェクトにおいては、植栽地を小ブロックに分けて分散させ、また、植栽以前に存在していた樹木、灌木はそのまま残存させる方針をとっている。

持続可能な生産を行なうために重要なこととして、施肥と灌漑の問題がある。一般に、施肥と灌漑を行なえば、種子ならびに油の収率を高めるが、それが常態化すると、バイオマスは増えるものの、種子の生産が下がることがあるという (Achten *et al.*, 2008)。また、施肥や灌漑を行わないジャトロファ栽培では、投入エネルギー量は生産されるバイオマスのエネルギーの 17% であるが、施肥・灌漑を行なうと、それが 38% まで増大してしまうという報告もある (Carels, 2009)。その一方で、1 トンの種子の収穫により、栽培地からは、14.3~34.3kg の窒素、0.7~7.0kg のリン、14.6~31.6kg のカリウムが失われるため、それを補う必要がある (Achten *et al.*, 2008)。このプロジェクトの対象村の状況においては、住民に肥料を購入する余裕はなく、エネルギー収支の上からも、極力投入は少なくしたい。また、痩せた土地においては、無機肥料よりも有機肥料のほうが効果的である。そのようなことから、ジャトロファの廃棄物、特に、ミネラルを多量に含む搾り粕 (Seed Cake) を肥料として還元することは有用である。ジャトロファの搾り粕 (但し、胚乳部分のみ) 中には、窒素 3.2~4.4%、リン 1.4~2.1%、カリウム 1.2~1.7% が含まれている (Kumar and Sharma, 2008)。仮に 1 トンの種子から、34% の種皮と 66% の胚乳が得られ (Openshaw, 2000)、胚乳の約 70% が搾り粕となったとすると、1 トンの種子から約 460kg の搾り粕 (風乾重量) が得られることとなり、搾り粕中に存在する無機肥料成分は、窒素 14.7~20.4kg、リン 6.4~9.6kg、カリウム 5.5~7.7kg となり、これらをジャトロファの栽培地に還元することで、窒素、リンについては必要な補填量の大半をカバーできることになる。よって、このプロジェクトでは、搾り粕は原則としてコンポスト化してジャトロファの栽培地へ還元する計画としている。それ

でもカリウムは不足し、窒素やリンに関しても、還元した養分が実際にどの程度吸収されるかは不明である。そのため、それらに注意しつつ、今後施肥について検討していく必要がある。灌漑は、対象村の現状では実施は容易ではないが、天水での収穫量を確認した後、要すれば対策を検討する方針となっている。なお、ジャトロファの根は菌類との共生により、リンや微量元素の吸収が促進されるため (Achten *et al.*, 2008)、植栽時に菌類を添加している。

3.5.5 収穫、収量

ジャトロファの果実の収穫時期、回数は、乾燥した地域では雨季の数ヶ月程度、1回のみにとどまるのに対して、湿潤な地域あるいは灌漑を行なった場合では、年間を通じて収穫があり、収穫回数は計3回程度と幅がある (Achten *et al.*, 2008, Openshaw, 2000)。種子の収量は、雨量 (または灌漑の度合い)、土壌の肥沃度 (または施肥)、ジャトロファの株、樹齢、剪定等によって大きく影響される。Achten らは、種子の収量に関する様々なデータを比較して示しているが、そこには0.1 トン/ha/年から、12 トン/ha/年までの幅がある。果実が緑から黄色ないし茶色に変わると、それは実の成熟を示し収穫適期とされるが、一本の木あるいは同一の房でも成熟のタイミングはまちまちであり、収穫は人手にたよるのが現実的である (Achten *et al.*, 2008)。

ジャトロファ油生産に関連する技術は、文献調査や APEX による実験実施に加えて専門家に対するヒアリングを実施した。ボゴール農業大学の専門家によれば、現在のジャトロファ種子の収穫量 (年間約 6 トン/ha) では、商業目的で事業を実施するためには採算が合わず、そのことがジャトロファ油に関する産業が確立していない理由の1つとされている。商業化のためには、その収穫量を約 15 トン/ha まで伸ばす必要があるといわれている。しかしながら、本プロジェクトのような住民主体の小規模な運営で、採算性を追求する事業でない場合は、その収率が問題となることはないということであった。

種子からの油脂の収量に関しては、Achten は、胚乳をベースとする重量比 (風乾) として、23~38%というデータを引用している (Achten *et al.*, 2008)。一方、バンドン工科大学の Manurung は、インドネシアの様々な地域の種子からの油脂の収率を、胚乳ベースでは 43.1~52.6%、種子ベースでは 24.9~34.1%としている (Manurung, 2007⁴⁴)。

⁴⁴ Manurung, R., 2007. Valorization of *Jatropha curcas* using biorefinery concept. Workshop on biomass gasification appropriate technology, PUSTEKLIM, 21-22 Feb. 2007, Yogyakarta



写真 3-6 ジャトロファ果実



写真 3-7 殻むき作業

3.5.6 搾油

種子からの油脂の搾油法としては、スクリュープレスあるいはラムプレスを用いた機械的方法と、溶剤抽出法などの化学的方法が知られている。Adriaans は、溶剤抽出法は、バイオディーゼルとして 50 トン/日以上以上の規模のプラントでなければ、経済的でないとしている (Achten *et al*, 2008)。本プロジェクトは、規模が小さいこと、ラムプレスよりはスクリュープレスのほうが、搾油効率が低いことから、スクリュープレスを採用する計画である。

搾油効率に影響する要因として、加熱・乾燥等の前処理から水分調整、スクリュープの回転数、搾油機内圧、皮剥ぎの有無、粉碎の有無等がある。Beerens は、2 種類のプレス機を用いた実験の結果として、搾油効率を上げるためには、水分 2~4%、70°Cの予熱、皮剥きなし、高圧、低速の運転が望ましいとしている。とりわけ、水分が最大の要因であるが、未処理の種子の水分 (6.7%) でも最適条件に近い結果となり、目標とする搾油効率によっては格別な前処理は必要ないと述べている。搾油残渣を排出する開孔の調整による圧力設定と、スクリュープの回転速度が、それに次ぐ重要な要因である。圧力は極力高めたほうがよいが、それによりプレス機内が高温となると、油脂の品質に影響を及ぼす。回転数はできるだけ低いほうが油脂の収率は高まるが、20rpm 以上でなければ搾油が難しくなり、また回転数の低下とともに、処理速度も当然下がってくる。それらの兼ね合いを考えた、最適な運転条件の探索が必要である (Beerens, 2007⁴⁵)。

⁴⁵ Beerens, P., 2007. Screw-pressing of Jatropha seeds for fuelling purposes in less developed countries. Eindhoven University of Technology

3.5.7 精製

搾油後のジャトロファ油は、固形分や不純物を含んでおり、使用前にそれらを除去することが必要となる。要求される精製の度合いは、油脂の用途によって異なるが、FACT⁴⁶では、(エステル交換なしで)ディーゼルエンジン燃料として用いる場合、菜種油の燃料としての使用に関わる品質規格としてドイツで定められた規格 DIN51605 を、ジャトロファ油にも適用することを推奨している (FACT, 2009⁴⁷)。

表 3-2 DIN 51605 規格

項目	単位	規格
密度(15°C)	kg/m ³	900-930
引火点	°C	220 以上
動粘度(40°C)	mm ² /s	36.0 以下
低発熱量	kJ/kg	36,000 以上
セタン指数	-	39 以上
残留炭素分	%	0.4 以下
ヨウ素価	gIodine/100g	95-125
硫黄	mg/kg	10 以下
固形異物	mg/kg	24 以下
酸価	mgKOH/g	2.0 以下
酸化安定度(110°C)	hr	6 以上
リン	mg/kg	12 以下
アルカリ土類金属類(Ca+Mg)	mg/kg	20 以下
灰分	%	0.01 以下
水分	mg/kg	750 以下

精製方法としては、沈殿、フィルタープレス等によるろ過、遠心分離などにより固形物を除去した後、脱ガム、脱酸、洗浄を行うのが一般的である。インドネシアでは、脱ガムは60~70°C程度の加温下でリン酸溶液を加えて行なうとされているが、リン酸濃度、添加量、混合時間等の処理条件は、実施機関・研究機関によって差がある。脱酸は、同じく加温下で、酸価に見合うアルカリを投入して行なわれる。BPPT (インドネシア技術応用評価庁) では、脱酸の後に、ベントナイトを用いたブリーチング工程を加えると、より品質の高い油が得られるとしている (Priyanto, 2007)。本プロジェクトでは、沈殿及びフィルタープレス機による固形物除去の後、脱ガム、脱酸、洗浄を行う予定である。

⁴⁶ FACT Foundation <http://www.fact-foundation.com/en/FACT>

⁴⁷ FACT Foundation, 2009. *Jatropha handbook 2nd edition Chapter 4 Oil pressing and purification.*



写真 3-8 搾油機



写真 3-9 フィルタープレス



写真 3-10 精製設備

3.5.8 エンジン燃料としての利用

精製後のジャトロファ油は、これをエステル交換して、いわゆるバイオディーゼルを生産することもできるが、本プロジェクトにおいては、生産から消費までのプロセスを、極力シンプルで現地側が自立的に実施しやすいものとする観点から、また最終製品の生産にいたるまでのエネルギー・費用の投入を抑える意味からも、ジャトロファ油のまま用いることを計画している。

Anso は、ジャトロファ油は基本的に優れたディーゼルエンジン燃料であり、エンジンが温まった状態においては、どんなディーゼルエンジンでも 100%のジャトロファ油で運転することができるとしている。ジャトロファ油タンクと軽油タンクの二つを備え、始動時と停止時には軽油を用い、エンジンの廃熱を利用してジャトロファ油を予熱するシステムとすれば、エンジン本体には格別改変は要らず、また間接インジェクション方式のエンジンであれば、プラグとインジェクターを交換し、インジェクションのタイミングと圧力を調整することにより、ジャトロファ油タンクのためのみの運転も可能としている (Anso, 2009⁴⁸)。Pramanik は、ジャトロファ油と軽油をさまざまな割合で混合してディーゼルエンジンで燃焼させる実験を行い、短期のテストでは、ジャトロファ油の混合比が 40~50%程度までは、何らエンジンの改変や燃料の予熱は要らないものの、より長期的なエンジンの耐久性については、さらに観察を要するとしている (Pramanik, 2003⁴⁹)。BPPT では、すでにスマトラ島の発電所でジャトロファ油を使って 6 ヶ月間稼動した成功例があるということであった。

⁴⁸ Anso N., 2009. Direct fuel for cars and driving engines for shaft power or electricity generation—PPO. FACT Foundation, Jatropha Handbook 2nd edition, chapter 5

⁴⁹ Pramanik, K., 2003. Properties and use of jatropha curcas oil and diesel fuel blends in compression ignition engine. Renewable Energy 28, 239-248

本プロジェクトでは、既存の軽油タンクの他に、軽油/ジャトロファ油混合油用のタンクを設置し、軽油にて始動した後、後者のタンクからの混合油に切り替え、停止時は再び軽油に切り替える方式を採用する予定である。軽油/ジャトロファ油混合油は、エンジン導入前に排気ガスとの熱交換により余熱する。また、両者の混合比は、軽油：ジャトロファ油=8：2から始め、徐々にジャトロファ油の比率を上げるテストを行い、経済的・技術的観点から最適値を定める。

本プロジェクトでは、シッカ県マゲパンダ郡にある独立ミニグリッドに接続された発電所の軽油をジャトロファ油で代替する計画である。現在、最初にジャトロファ油を利用することを検討している発電所の容量は80kWで、マゲパンダ村及び、レロロジャ村の250世帯に電力を供給している。同発電所での稼働の経過を確認しつつ、ジャトロファ油の生産量が増えれば周辺にある同様の発電所での使用を検討する予定である。

3.5.9 副生物の利用

ジャトロファは、主として、その種子から得られる油脂を軽油代替燃料として用いることに注意が向けられているが、経済性の改善の観点からも、またバイオマスの有効利用の観点からも、副生物の利用が重要である。図3-8は、ジャトロファの栽培によって得られる様々な生成物が、どれだけの発熱量を持っているかを示したものである（この図では、葉と根は含まれていない）。そこに見られるように、油脂が含有するエネルギーは、ジャトロファが生産するバイオマス全体のエネルギーの中で5分の1程度にすぎない。油脂を除く胚乳及び種皮は搾り粕として回収されるが、それは3.5.4に述べるようにコンポスト化して土壌還元することが望ましい。剪定枝などの木質系廃棄物は、そのポテンシャルは大きいものの、収集・利用方法に検討を要する。本プロジェクトでは、搾り粕のコンポスト化の他、果実の殻のガス化発電を行って副生物を有効利用する計画である。

果実の殻のガス化に当たっては、構造が単純でインドネシア現地でも受け入れられやすく、かつタールの生成も少ない、ダウンドラフト式固定床ガス化技術を採用する予定である。なお、本プロジェクトでは、搾油・精製設備に電力を供給するディーゼル発電機の廃ガスを利用して、海水を淡水化することも計画されている。農業と競合しないようなジャトロファ事業の適地は、概して乾燥して水不足であり、廃熱を利用した淡水化は意義が大きいと考えられるためである。海水淡水化技術として、やはり構造が単純で現地で製作・保守のしやすい多重ベイスン型、ならびにコンパクトで低温の熱源でも高い回収率の得られる膜蒸留型を比較検討し、優位性のあるものを採用する計画である。

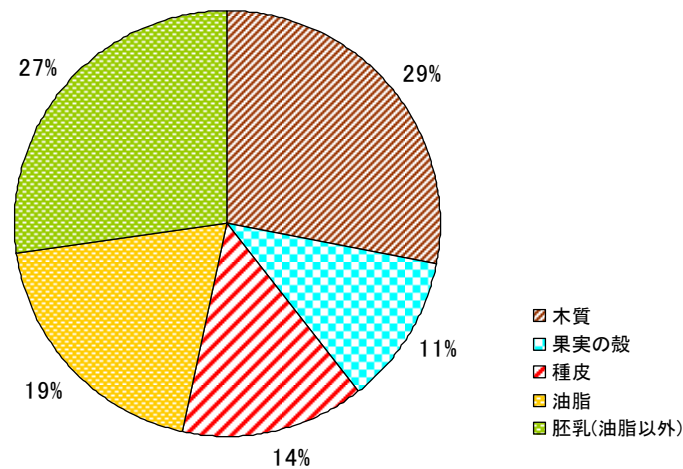


図 3-8 ジャトロファの栽培により生成する各バイオマスの持つ発熱量
(出典：Openshaw, 2000 のデータより作成)

表 3-3 ジャトロファ各部の可能な利用方法

バイオマス	エネルギー利用	その他の利用
小枝	家庭用調理燃料、熱化学的ガス化原料	支柱、フェンス
枝、幹	家庭用調理燃料、工業用燃料(食品加工、レンガ・瓦の焼成、ボイラー燃料等)、熱化学的ガス化原料、木炭原料	建材、支柱、フェンス
果実	家庭用調理燃料、工業用燃料	灰の肥料としての利用
種子	家庭用調理燃料、工業用燃料	灰の肥料としての利用
果実の殻	家庭用調理燃料、工業用燃料、熱化学的ガス化原料、メタンガス製造原料	土壌改良剤
種皮	家庭用調理燃料、工業用燃料、熱化学的ガス化燃料、木炭原料	土壌改良剤
胚乳	家庭用調理燃料、工業用燃料	飼料(但し無害化要)
油脂	軽油代替燃料、灯油代替燃料、工業用燃料、家庭用調理燃料	石けん製造、潤滑油、化粧品、医薬品、ニス、殺虫剤
搾り粕	家庭用調理燃料、工業用燃料、メタンガス製造原料	肥料、飼料(但し無害化要)、酵素生産用培地

(出典：Openshaw, 2000、Achten, 2009、Kumar and Sharma, 2008 を参考に作成)

3.5.10 毒性

ジャトロファの種子には、ホルボールエステル (phorbol esters) やクルチン (curcin) などの有毒物質が含まれており、これを誤って食すると、めまい、嘔吐、下痢などの症状を起こし、極端な場合は死に至ることもある (Kumar and Sharma, 2008)。ホルボールエステルは、葉や茎を傷つけた際に得られる乳液にも含まれることが知られている。また、ホルボールエステルは皮膚を刺激する性質を持ち、腫瘍の原因になるとの報告もある (Carels, 2009)。これらのことから、食用としないことはもちろん、種子の搾油・精製、荷役等を行なう作業者が、ジャトロファ油や搾り粕に直接触れないよう注意する必要がある。

Devappa らは、ジャトロファの絞り粕の土中における分解実験において、ホルボールエステルは、水分や温度にもより 15~21 日間で完全に分解することを見出している (Devappa, 2009⁵⁰)。このため、搾り粕を肥料として用いた場合の毒性に関する心配は少ないものの、食用の作物に用いる時は、作物への残留をチェックする必要がある (Achten, 2008)。

種子の絞り粕はタンパク質に富み、これを無毒化して飼料として利用するための研究も行われている。しかし、ホルボールエステルは熱的に安定で、160℃、30 分程度の加熱処理では分解することが難しい。このため、化学的処理、溶剤抽出、水熱処理等によってこれを除去する研究が進行中である (Kumar and Sharma, 2008)。

3.6 実施スケジュール

本事業は、まずレロロジャ村における 200ha の緑化と、そこから収穫されるジャトロファの種子の搾油・精製、精製油の販売、副生する廃棄物、廃熱の利用にかかわるモデルシステムを、3 年間で確立する計画である。表 3-4 にその予定を示した。緑化は 2 段階に分けて行ない、第 1 段階では 80ha、第 2 段階では 120ha を緑化する。

⁵⁰ Devappa, R. K., 2009. Fate of Jatropha Curcas Phorbol Esters in Soil. 13th Annual Green Chemistry & Engineering Conference, 23-25 June, 2009, College Park, MD

表 3-4 事業スケジュール

項目	2008		2009				2010				2011			
	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9		
ジャトロファ・センターの建設 倉庫の建設 搾油・精製設備の設置・建設 製品油貯蔵設備の建設 事務所の建設					_____	_____	_____							
荒地の緑化 住民の組織化 第一次植林対象地域の決定 第二次植林対象地域の決定 第一次植林用苗木調達 第二次植林用苗木調達 第一次植林 第二次植林 養生・施肥	_____	_____			_____		_____							
収穫、搾油、精製				_____										
ガス化 ジャトロファ廃棄物のガス化検討 小規模ガス化炉の製作・設置 小規模ガス化炉の運転 ガス化炉(本装置)の設置 ガス化炉(本装置)の運転 改造、改善、保守管理		_____			_____	_____	_____		_____		_____	_____		
海水の淡水化 小規模モデルの設置 小規模モデルによる淡水化テスト 淡水化装置の製作、設置 淡水化装置の運転 改造、改善、保守管理						_____	_____			_____	_____	_____		
ネットワーク形成 ニュースレターの発行 セミナー/ワークショップの開催			_____	_____		_____		_____		_____		_____		

4 CDM 事業としての実現可能性

4.1 本プロジェクトより期待される温室効果ガス削減効果

本プロジェクトはジャトロファの複合利用であり、3.2 で述べるように、その中には主に5つの要素が含まれている。それぞれの構成要素により、表 4-1 に示すような GHG 削減が期待される。

表 4-1 プロジェクトの構成要素と期待される GHG 削減

プロジェクトの構成要素	期待される GHG 削減効果
①良質なジャトロファの苗の育成・選抜、及びその苗による荒地の緑化	ジャトロファの生育による CO ₂ 吸収
②収穫した種子からの油脂の採取と精製によるジャトロファ油生産	
③生産されたジャトロファ油による発電のための軽油代替	軽油代替による CO ₂ 削減
④油脂の採取にいたる工程で発生するバイオマス廃棄物を用いたガス化発電やコンポスト生産等への利用	バイオマス廃棄物を用いたガス化発電での軽油代替による CO ₂ 削減
⑤海水の淡水化など発電の際に発生する廃熱の有効利用	海水の淡水化に利用する燃料を廃熱で代替することによる CO ₂ 削減

このうち、①のジャトロファの植林によって、現実にはCO₂吸収も期待される。インドネシアの林業省大臣令No.14/2004によれば、森林の定義は「現地での成熟樹高が5mに達する樹木を有し、その林冠率が30%以上である最小面積が0.25haの土地」とされている。しかしながら、収穫作業の効率等を考慮して、本プロジェクトのジャトロファの樹高は2mを超えないように管理する予定である。そのため、本CDMプロジェクトは植林によるCO₂の吸収を含まない。

上述する分析の結果、本調査では1.ジャトロファ油の発電利用による軽油代替、2.バイオマス廃棄物を用いたガス化発電による軽油代替、3.海水の淡水化のための廃熱利用を CDM として実施することが可能かどうかについて次項より検証する。

4.2 本プロジェクトのベースライン・モニタリング方法論

前項 4.1 で述べる、CDM 化の可能性が期待される 3 つの要素について、それぞれ適用可能な方法論を検討する。

1. ジャトロファ油の発電利用

15MW を超えない再生可能エネルギーを用いた発電には、小規模方法論 AMS-I.A.ver.13 「利用者のための発電 (Electricity generation by the user)」が適用できる。また、第 21 回小規模 CDM ワーキンググループ (2009 年 6 月) では、植物油を利用するプロジェクトへの方法論適用性に関するクラリフィケーション SSC_302 に対して、「理事会によって定められている再生可能バイオマスの定義に合致する持続可能なプランテーションより生産された植物油は小規模方法論のタイプ I に含まれる」ということが確認されている。したがって、本プロジェクトには AMS-I.A. を適用することが可能と考えている。表 4-2 に AMS-I.A. の適用条件と本プロジェクトの整合性を分析する。

表 4-2 AMS-I.A. の適用条件と本プロジェクトケース

適用条件	プロジェクトケース
<p>個々の家庭や利用者、又は家庭や利用者のグループに電力を供給する再生可能エネルギー生成設備からなる。適用性は下記(a)、(b)の場合を除き、系統電源に連結していない家庭や利用者に限られる。</p> <p>(a)発電容量が 15MW を超えない独立ミニグリッドにより電力を供給されている家庭や利用者のグループ、または</p> <p>(b) 1 機器あたりの排出削減量が 5 トン CO₂ 以下の再生可能エネルギーによる照明機器。かつ、プロジェクトがなかった場合に化石燃料が使用されることを下記のいずれかの方法により証明できる場合。</p> <p>(i)90%信頼区間、±10%誤差範囲での、対象家庭のサンプリング調査、または</p> <p>(ii)ホスト国政府機関からの公式な統計</p> <p>これらの設備は太陽光、水力、風力などの利用者により所内で利用される電力を生成する技術。例えば、ソーラーホームシステム、風力蓄</p>	<p>本プロジェクトで、ジャトロファ油を利用する予定の発電所は、地域の独立ミニグリッドで、その容量は 15MW を超えない。</p>

電池など。再生可能生成設備は新規または、既存の化石燃料の燃焼による発電設備を置き換える。再生可能エネルギー生成設備の容量は15MWを超えない。	
コージェネレーションシステムには適用されない。	本プロジェクトはコージェネレーションを含まない。
導入された機器が再生可能と非再生可能の構成要素を有する場合（風力/軽油設備など）、小規模 CDM プロジェクトのための 15MW の上限は再生可能部分にのみ適用される。導入された設備が化石燃料との混焼の行う場合、設備容量は 15MW を超えてはならない。	本プロジェクトでは、ジャトロファ油と軽油を混焼する予定であるが、その発電所の容量は 15MW を超えない。
プロジェクト活動が、再生可能エネルギー発電のために、既存設備の改修や修繕を行う場合も本カテゴリーに含まれる。改修・修繕された設備の総容量は 15MW を超えてはならない。	本プロジェクトでは、既存設備の改修、修繕は含まない。
再生可能エネルギー発電設備の既存発電設備への追加を含むプロジェクト活動は、プロジェクト活動により追加された設備が 15MW を超えず、かつ既存設備と物理的に区別可能でなければならない。	本プロジェクトは、既存設備への設備追加は含まない。

また、クラリフィケーション SSC_302 に対する小規模 CDM ワーキンググループの回答によると、植物油が再生可能なバイオマスエネルギー起源であることは、AMS-III.T.「運輸用途の植物油製造・利用 (Plant oil production and use for transport applications)」に定められる手順で示される。AMS-III.T.に示される、再生可能なバイオマスに関する適用条件と本プロジェクトケースを表 4-3 に示す。

表 4-3 AMS-III.T.の再生可能なバイオマスに関する適用条件とプロジェクトケース

適用条件	プロジェクトケース
承認済み小規模プロジェクトのための「バイオマスプロジェクト活動によるリーケージに関する一般的なガイダンス」に従って、プロジェクト参加者はバイオマスが成長する場所は森林（DNA の森林の定義に従う）ではなく、またプロジェクトを実施する前の過	本プロジェクトでジャトロファを栽培する土地は、長く未利用の荒廃地として放置されている土地であり過去 10 年間に森林伐採は行われていない。

<p>去 10 年間に森林伐採が行われていないことを証明しなければならない。DNA による森林の定義がない場合は、国際機関 (FAO など) の関連する定義を用いる。</p>	
---	--

以上より、本プロジェクトは、再生可能なバイオマスを利用した発電事業であるため、AMS-I.A.の適用の可能性が考えられる。しかしながら、現在承認済みの AMS-I.A.には、再生可能なバイオマスに関する適用条件や植物油の製造に関わるプロジェクト排出量、プロジェクトバウンダリーについて明記されていないため、AMS-III.T.に示される再生可能なバイオマスに関する適用条件と一致するように AMS-I.A.の改訂を申請することが必要であると考える。

2. バイオマス廃棄物を用いたガス化発電

ジャトロファ油生産工程で生じる果実殻を用いて、ガス化発電を実施する。発電された電力はジャトロファ油の搾油・精製プロセスに利用される。ガス化発電のポテンシャルは大きいものの、本プロジェクト実施サイトでは、現在ジャトロファ油搾油・精製所付近で特に電気の利用先がない。したがって、将来的にはその電力の活用を検討するもの、現段階ではジャトロファ油生産のためのエネルギー消費を抑えるために、ガス化発電で生成された電力を用いることとする。AMS-I.A. ver.13 を適用し、1.のプロジェクト排出量算出の中でガス化による所内電力供給を考慮することになると考えている。

3. 海水の淡水化のための廃熱利用

廃エネルギーの利用には、小規模方法論 AMS-III.Q.ver.3「廃エネルギー回収プロジェクト (Waste Energy Recovery (gas/heat/pressure) Projects)」の適用可能性を検討していた。承認済み AMS-III.Q.の適用条件には既存施設しか含まれていない。一方、「小規模 CDM 方法論に関する一般的なガイダンス (General guidance to SSC CDM methodologies)」では、小規模方法論のタイプ II、及びタイプ III に属するすべての方法論の新規施設への適用を制限しないとされている。それに関連して、AMS-III.Q.の新規設備の適用に関する幾つかのクラリフィケーションが国連に提出されていた。しかしながら、2009 年 9 月に行われた第 22 回小規模 CDM ワーキンググループで、これらのクラリフィケーションに対する回答が出され、新規設備には本方法論の適用ができないことが明確に示された。この回答に従えば、本プロジェクトの廃熱回収に承認済み方法論を適用することは難しいと考える。また、新方法論の開発などの方法も考えられるが、本要素によって期待される排出削減量は非常に少ないため、開発のためのコストを考えると、現段階では効果的ではないと考えている。

4.3 プロジェクトバウンダリー

4.1、及び4.2に述べるように、本プロジェクトを構成する様々な要素のなかで、ジャトロファ油による発電とバイオマス廃棄物を用いたガス化発電のための軽油代替が CDM として実施可能な活動と考える。ジャトロファ油の発電利用について、そのプロジェクトバウンダリーは AMS-I.A.ver.13 には明確に示されていない。しかしながら、クラリフィケーション (SSC_302) に対する、小規模 CDM ワーキンググループの回答では、「植物油が再生可能バイオマスエネルギー起源であることは、AMS-III.T.に示される方法に従って証明しなければならない。AMS-III.T では作物の栽培場所、植物油の生産工程もプロジェクトバウンダリーに含める必要があるとされている」と述べられている。ここでは、AMS-III.T.に従い作物の栽培、植物油の生産工程もプロジェクトバウンダリーに含めて検討する。

ジャトロファ油の生産工程をプロジェクトバウンダリーに含めることは、その工程で生じる果肉、種皮などのバイオマス残渣のコンポスト化、また所内電力供給のためのガス化発電もプロジェクトバウンダリーに含めることとなる。これらの活動は、ジャトロファ油の生産に伴うプロジェクト排出を抑えることになる。

海水の淡水化への廃熱利用による GHG 排出削減を CDM としてプロジェクトに含めることは、現段階では難しいと考えている。そのため、本活動はプロジェクトバウンダリーには含めないこととする。

本 CDM プロジェクトのプロジェクトバウンダリーを図 4-1 に示す。

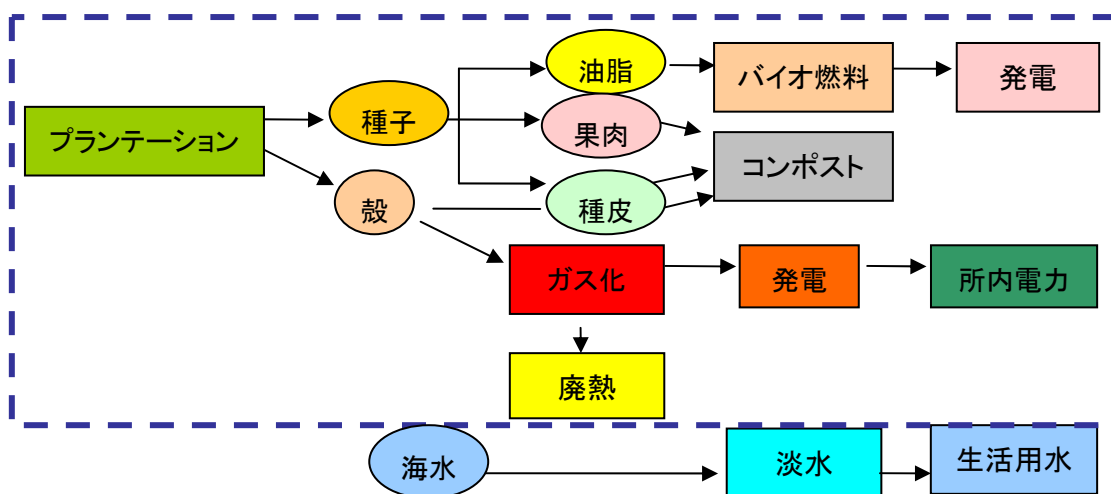


図 4-1 プロジェクトバウンダリー

4.4 ベースラインシナリオ

本 CDM プロジェクトが実施されなかった場合の代替シナリオとして下記の 2 つのシナリオが考えられる。

- 1) ジャトロファ油の生産利用（本プロジェクト活動）を CDM として登録せず実施
- 2) 軽油による発電を継続

4.10 の追加性に関する項で述べるように、1) 本プロジェクト活動を CDM として登録せずに実施することは、投資障壁、技術障壁、及び一般的慣習に関する障壁に起因する障壁に直面するために起こりえない。したがって、本 CDM プロジェクトが実施されなかった場合、軽油による発電が継続される。すなわち、軽油による発電が本 CDM プロジェクトのベースラインシナリオとなる。

4.5 ベースライン排出量の算定

ベースライン排出量は、AMS-I.A.ver.13 に従って算出する。AMS-I.A.では、エネルギーベースラインは、既存の技術、またはプロジェクトが実施されなかった場合に利用されるであろう技術によって、プロジェクト活動と同等のエネルギーを生成するために消費される燃料の量とされている。そして、そのエネルギー量を求める方法として、3 つのオプションが示されており、それぞれ下記に挙げるデータをもとに算出されている。

Option 1: 再生可能エネルギーによって電力を供給される消費者が、現在連結している近隣の系統電源から消費している電力量の試算

Option 2: 導入される再生可能エネルギー技術による発電量

Option 3: 既存技術による燃料消費量

本プロジェクトでは、Option 3 の既存技術による過去の燃料消費量をもとにした方法を適用して、ベースライン排出量を算出する。本プロジェクトのベースラインシナリオは、本プロジェクトが実施されなかった場合、当該発電所では軽油が消費される。

ジャトロファ油の生産量は 1 年目 50 トン、2 年目 300 トン、3 年目以降は 400 トンと予定されている。これらのジャトロファ油全量が当該発電所で消費される予定で、ジャトロファ油の燃焼と同等のエネルギーが軽油の燃焼により生成された場合の排出量がベースライン排出量になると考える。

400 トンのジャトロファ油が軽油を代替した場合のベースライン排出量を下記のように算出する。ジャトロファ油の熱量は Kumar の文献⁵¹に基づいて 39.77GJ/ton を用いて算出する。

$$\begin{aligned}
 BE_y &= \sum FC_{j,y} \times NCV_j \times EF_{CO_2,j} \\
 &= \sum FC_{k,y} \times NCV_k \times EF_{CO_2,j} \\
 &= 400 \times 39.77 \times 0.0741 = 1,178.78
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

各値は次のように定義される。

- BE_y = ベースライン排出量 (tCO₂)
- $FC_{j,y}$ = y 年に消費される燃料 j (tons)
- NCV_j = 燃料 j の熱量 (GJ/ton)
- $EF_{CO_2,j}$ = 燃料 j の二酸化炭素排出係数 (tCO₂/GJ) : 0.0741 (IPCC データ)
- $FC_{k,y}$ = y 年に消費される燃料 k (tons)
- NCV_k = 燃料 k の熱量 (GJ/ton) : 39.77
- j = 代替される燃料の種類 : 軽油
- k = 植物油の種類 : ジャトロファ油

したがって、各年のベースライン排出量は、ジャトロファ油の生産量に従って、表 4-4 のように算出される。

表 4-4 ベースライン排出量

	ジャトロファ油生産量 (トン)	ベースライン排出量 (tCO ₂)
1 年目	50	147.34
2 年目	300	884.08
3 年目以降	400	1,178.78

⁵¹ Kumar, A., Sharma, S., 2008. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. *Industrial Crops and Products* 28, 1-10

4.6 プロジェクト排出量の算定

AMS-I.A.ver.13 には、プロジェクト排出量について記載されていない。AMS-III.T.によれば、プロジェクト排出は、種子の栽培、及び植物油の生産に関する排出を含む。それぞれのプロジェクト排出量は「バイオマスプロジェクト活動におけるリーケージに関する一般的なガイダンス (General guidance on leakage in biomass project activities)」に従い、以下の a)、b) に示す方法で求められる。

a) 植物油生産プロセス (搾油・精製) で利用されるエネルギーからの排出

$$PE_{OFP,k,y} = EC_{OFP,k,y} \times EF_{CO2,ELEC} + \sum_i (FC_{OFP,j,k,y} \times NCV_j \times EF_{CO2,j}) \quad (2)$$

各値は次のように定義される。

$PE_{OFP,k,y}$ = y 年の作物 k から油を生産する工程 (搾油・精製) におけるプロジェクト排出量 (tCO₂)

$EC_{OFP,k,y}$ = y 年の作物 k から油を生産する工程における電力消費量 (MWh)

$EF_{CO2,ELEC}$ = グリッド排出係数 (tCO₂/MWh)

$FC_{OFP,j,k,y}$ = y 年の作物 k から油を生産する工程における燃料 j の消費量 (tons)

NCV_j = 燃料 j の熱量 (GJ/ton) : 43.0 (IPCC データ)

$EF_{CO2,j}$ = 燃料 j の排出係数 (tCO₂/GJ) : 0.0741 (IPCC データ)

本プロジェクトでは、搾油・精製工程において系統からの電力消費はなく、すべて所内で発電された電力を利用する予定である。400 トンのジャトロファ油の生産のために消費される電力量を表 4-5 に示す。

表 4-5 400 トンのジャトロファ油を生産するために必要な電力量

工程	機器	容量 (kW)	台数 (台)	稼働時間 (時間/年)	消費電力量 (kWh)
殻剥き	殻剥き機	2.25	3	1,575	10,631
搾油	スクリュープレス機	18.5	3	1,575	87,413
精製	フィルタープレス	2.25	2	1,575	7,088
	ミキサー	1.5	1	412	618
	オイルポンプ	0.75	3	75	169
	ボイラー	0.75	1	1,575	1,181
	照明	2	1	1,575	3,150
合計					110,250

表 4-5 に示す消費電力量は、軽油による発電と、ジャトロファの殻を利用したガス化発電によって供給される。ガス化発電は固定床ガス化による出力 60~140kW の発電を予定している。軽油との混焼運転で、運転開始から正規の運転状態に達するまで 2 時間程度かかると想定されている。したがって、1 日 7 時間の稼働時間のうち、5 時間はガス化発電により、電力が供給される。また、ガスと軽油は 7 : 3 で混焼される。すなわち、消費電力量の 50% ($5/7 \times 0.7 = 0.5$) がガスによって代替されると想定する。ガス化発電は 2 年目以降に実施するため、毎年の消費電力量と、ガス化によって代替される電力量、及び軽油消費量は表 4-6 のように算出される。

表 4-6 搾油・精製設備で消費される電力量と軽油消費量

	生産量 (トン)	消費 電力量 (kWh)	軽油による発電量 (kWh)	発電効率 (%)	熱量 (MJ)	軽油消費量 (トン)
1 年目	50	13,781	13,781	35.45	139,951	3.26
2 年目	300	82,688	41,344	35.45	419,852	9.77
3 年目以降	400	110,250	55,125	35.45	559,803	13.02

式 (2) に従って、3 年目以降の軽油消費によるプロジェクト排出量を算出すると下記のようになる。

$$\begin{aligned}
 PE_{OFP,k,y} &= EC_{OFP,k,y} \times EF_{CO_2,ELEC} + \sum_i (FC_{OFP,j,k,y} \times NCV_j \times EF_{CO_2,j}) \\
 &= 0 + (13.02 \times 43.0 \times 0.0741) \\
 &= 41.49
 \end{aligned}$$

各年の植物油生産工程（搾油・精製）で利用されるエネルギーからの CO₂ 排出量は、表 4-7 に示す。

表 4-7 植物油生産工程で利用されるエネルギーからの排出量

	$PE_{OFP,k,y}$ (tCO ₂)
1 年目	10.38
2 年目	31.12
3 年目以降	41.49

b) 施肥及び、または作物残渣に含まれる N₂O 排出

$$PE_{FA,k,y} = \left[(F_{ON,k,y} + F_{SN,k,y} + F_{CR,k,y}) \times EF_{N2O_direct} \right] \times \frac{44}{28} \times GWP_{N2O} \quad (3)$$

各値は次のように定義される。

- $PE_{FA,k,y}$ = y 年の作物 k の栽培に伴うプロジェクト排出量 (tCO₂)
 $F_{ON,k,y}$ = y 年に作物 k の栽培に使用される有機肥料窒素の量 (tonN)
 $F_{SN,k,y}$ = y 年に作物 k の栽培に使用される合成肥料窒素の量 (tonN)
 $F_{CR,k,y}$ = y 年に作物 k の残渣中に含まれる窒素量 (tonN)。大豆などの窒素固定作物は含まれるが、その他の F_{CR} は無視することができる。
 EF_{N2O_direct} = N₂O 排出係数 (tonN₂O-N/ton N input)
 GWP_{N2O} = N₂O の温暖化係数 (tCO₂/tN₂O) : 310

本プロジェクトでは、有機肥料や合成肥料による施肥は行わず、搾油・精製工程で生成する果肉や種皮を用いて生産されるコンポストを肥料として利用する。したがって、本プロジェクトでは外部からの窒素投入はなく、N₂O 排出はない。

$$PE_{FA,k,y} = 0$$

プロジェクト排出量は、a)と b)で算出された排出量の合計として計算される (表 4-8)。

$$PE_y = PE_{FA,k,y} + PE_{OFF,k,y} \quad (4)$$

ここで、

$$PE_y = y \text{ 年の植物油の生産にともなうプロジェクト排出量 (tCO}_2\text{)}$$

表 4-8 プロジェクト排出量

	プロジェクト排出量 (tCO ₂)
1 年目	10.38
2 年目	31.12
3 年目以降	41.49

4.7 リークージ

AMS-I.A.よれば、エネルギー生成機器が他の活動より移転されてきた、または既存の機器が他の活動に移転される場合にリークージが考慮される。本プロジェクトでは、機器の移転は発生しないため、それに伴うリークージは発生しない。また、ジャトロファの栽培に関するリークージは、AMS-III.T.に示されるように「バイオマスプロジェクト活動におけるリークージに関する一般的なガイダンス」に従う。同ガイダンスによると、下記の3つをプロジェクト活動に起因する顕著な（排出削減量の10%以上）可能性のある排出源として挙げている。

- a) プロジェクト以前の活動の移転:バイオマスが成長している土地の外にプロジェクト以前の活動が移転することにより、例えば森林伐採がおこり炭素貯蔵量の減少がみられる場合。
- b) バイオマス生産に関連する排出
- c) バイオマスの競合利用:プロジェクト活動で利用するバイオマスが、プロジェクト活動がなければ、他の場所で同じまたは違った目的で利用されていた場合。

これら a)~c)の排出源は、プロジェクトバウンダリーに含まれていればプロジェクト排出になることもある。表 4-9 に異なるバイオマスの種類により、考慮すべき、または考慮する必要がない排出起源について示す。

表 4-9 バイオマスの種類による排出源

バイオマスの種類	活動/供給源	プロジェクト以前の活動の移転	バイオマスの生成/栽培による排出	バイオマスの競合利用
森林からのバイオマス	既存の森林	-	-	×
	新規森林	×	×	-
耕地及び草地からのバイオマス (木質、または非木質)	プロジェクトがなかった場合、耕地または湿地として使用される	×	×	-
	プロジェクトがなければ、土地は荒地として放置	-	×	-
バイオマス残渣、または廃棄物	バイオマス残渣または廃棄物を回収利用	-	-	×

本プロジェクトでは、ジャトロファの種子は新規の植林地から供給される。しかしながら、ジャトロファは2mを超えて栽培されないため、インドネシア DNA が指定する森林の定義

を満たさない。よって、本プロジェクトのバイオマスは、プロジェクトがなければ荒地として放置される耕地から供給される。表 4-9 に従えば、考慮すべきリーケージはバイオマスの生成/栽培による排出のみである。

バイオマスの生成/栽培に関する排出については、次の 2 項目が定められている。

1. 再生可能なバイオマスの生産により、顕著と思われる排出源は下記の 2 つである。

- a) 施肥による排出
- b) 土地の開墾による排出

2. これらの排出源はそれぞれ、相互作用を含まない簡易な方法により考慮する。原料やバイオマスの運搬や植林栽培のための化石燃料の消費などを含むその他のすべての排出源は、排出削減量の 10% に満たない可能性が高いため、小規模活動では無視することができる。

1. a) の施肥による排出は、4.6 のプロジェクト排出量の算出で述べるように、本プロジェクトでは施肥を行わないため、それに伴う N_2O の排出はない。

1. b) の土地の開墾による排出については、次のように示されている。

- ① 開墾によるプロジェクト排出は、バイオマス生産のために、森林伐採が起こる場合に著しい。その他の場合、バイオマスの生産がなければ、その土地でバイオマスの再生が起こり、炭素貯蔵量が増加する。その結果、ベースラインシナリオの方が、プロジェクトシナリオよりも炭素貯蔵量が高くなる。しかしながら、簡素化のために、後者のケースは無視する。CDM プロジェクト実施のために起こり得る森林伐採は次に述べる適用条件を考慮して検討されなければならない。
- ② バイオマス残渣や廃棄物ではない再生可能バイオマスの利用を含むプロジェクト活動は、プロジェクト参加者はバイオマスが育つ場所が、プロジェクト活動開始前の 10 年間、森林でなかったこと、及び森林伐採が起こっていないことを、DNA の定める森林の定義に基づいて証明しなければならない。

本プロジェクトは、かつて森林伐採や野焼きが行われたために不毛な荒地として放置されている土地で実施される。住民に対して行った調査よれば、ジャトロファを栽培する土地は、プロジェクト活動開始前の 10 年間は森林でなかったとされる。

以上より、本プロジェクトによるリーケージはないとする。

4.8 本プロジェクトによる排出削減量試算

排出削減量は下記のように計算される。計算の結果を表 4-10 に示す。

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y \quad (5)$$

表 4-10 排出削減量

	ベースライン排出量 BE_y	プロジェクト排出量 PE_y	リーケージ LE_y	排出削減量 ER_y
2010	147.34	10.38	0	136.96
2011	884.08	31.12	0	852.96
2012	1,178.78	41.49	0	1,137.29
2013	1,178.78	41.49	0	1,137.29
2014	1,178.78	41.49	0	1,137.29
2015	1,178.78	41.49	0	1,137.29
2016	1,178.78	41.49	0	1,137.29
2017	1,178.78	41.49	0	1,137.29
2018	1,178.78	41.49	0	1,137.29
2019	1,178.78	41.49	0	1,137.29
合計	10,461.66	373.42	0	10,088.24

(tCO₂)

4.9 プロジェクト期間（クレジット獲得期間）

本プロジェクトのクレジット期間は、機器の寿命を考慮して 10 年とする。

4.10 本プロジェクトの追加性

本プロジェクトの追加性は、1)投資バリア、2) 技術バリア、及び 3) 一般的な習慣に起因するバリアによって論証される。

1) 投資バリア

本プロジェクトは、ジャトロファを利用した地域開発事業のモデル開発を目的として、初期投資の約 80~90%が外務省からの助成金によって賄われる。本プロジェクトのような、低所得のコミュニティーを主体とした事業は、その初期投資を賄うための融資を受けることが困難なため、その初期投資の一部として ODA を活用する。一方、ODA によりその初期投資のほとんどが賄われたとしても、種子の買い取り、事業運営、継続のために費用が必要となる。また、事業を継続していくためには、住民が安定した収入を得ることが不可欠である。本プロジェクトの収益は、ジャトロファ油の販売価格に影響される。インドネシアでジャトロファ事業の成功事例が少ない原因の1つとして、原油価格との関係が指摘されていた。原油価格の下落に伴い、ジャトロファ油の買い取り価格が下がることが、ジャトロファ事業の継続を妨げる原因として考えられる。CER の売却収入は、原油価格の下落による、本プロジェクトの収益減少への影響を緩和することに貢献する。

日本の ODA を利用した CDM 事業には、エジプト・ザファラーナ風力発電事業、インド・デリー高速輸送システム建設事業、及び円借款により途上国の民間企業の環境改善活動を支援し、その事業が CDM として登録されたスリランカ「環境対策支援事業」がある⁵²。ODA を利用した事業を CDM として実施するためには、付属書 I 国が「その資金が ODA の流用ではなく、それらの国の資金的義務とは別である」という確認を行うことが必要である。本プロジェクトを CDM として実施することを目指し、本調査を実施することは、外務省の了承を得ており、本プロジェクトを CDM として実施する際は、外務省より「本 CDM 事業に ODA を流用していない」ことを示す書面を取得する予定である。また、本プロジェクトでは、民間企業等より CER の購入者を探す予定で、ODA の資金的義務とは別に追加的投資をして CER が取得されることとなる。

ODA を利用した CDM 事業の追加性として、ザファラーナ風力発電事業の場合は、風力発電の投資障壁とともに、当該プロジェクトはグラントではなく、ローンで実施される最初の風力発電プロジェクトであることにより論証している。また、デリー高速輸送システム建設事業は、オペレーションリスクに対する担保や、オペレーションコストを賄うために CER 売却収入が必要であることを述べている。本プロジェクトは、上述するように ODA を初期投資資金として活用するものの、その後のプロジェクトの継続のために CER 売却収入が不可欠であることにより、その追加性を証明する。

2) 技術バリア

ジャトロファ事業は、注目されているにも係わらず、成功事例が非常に少ない。これは、優良な苗の選定・育成から植栽・保守・収穫、搾油・精製と利用にいたるまでの一貫したシ

⁵² JICA ウェブサイト、http://www.jica.go.jp/press/2009/20090515_01.html

システムの形成が容易でなく、関連する技術も確立していないことも原因である。また、メンテナンス方法など、住民への継続的な技術指導がないことも成功事例が少ない原因の1つとされている。本プロジェクトでは、ジャトロファの栽培、油脂の搾油・精製にとどまらず、製造工程に生じる廃棄物にも着目し、その多面的・複合的な有効利用をはかる。新しい取り組みであるため、育苗から油脂利用までの各段階の技術、廃棄物利用技術が確立しておらず、APEX 及び YDD の技術的な支援と住民への継続的な教育なしには、本プロジェクトは起こり得ない。

3) 一般的な慣習に起因するバリア

本プロジェクトの実施サイトであるレロロジャ村や、東ヌサトゥンガラ州の多くの地域では、土地が痩せており、農作物の収量が少ないが、肥料を購入する経済的余裕がないため、焼畑により農地を広げることで収量を増やそうとすることが多い。レロロジャ村を含むマゲパンダ郡やシッカ県では野焼きは禁止されているが、依然として状況は改善されていない。本プロジェクトで、APEX と YDD による荒地の緑化とジャトロファの複合利用に関する支援と啓蒙活動がなければ、住民は昔からの習慣を変えることは困難で、住民は焼畑を続けるであろう。

以上により、本プロジェクトは技術的バリア、投資バリア、及び一般的慣行に起因するバリアの存在が認められ、追加的であるといえる。

4.11 モニタリング計画

本プロジェクトのモニタリングは、AMS-I.A.、及び AMS-III.T.に従って検討する。

1) AMS-I.A.では、下記の事項をモニタリングすることが求められている。

- a) すべてのシステム、またはそのサンプルが稼働していることを毎年確認する。或いは、
- b) すべてのシステム、またはそのサンプルによる発電量を測定する。

さらに、AMS-I.A.には以下に挙げる 2)~6)が指示されている。

2) バイオマスのみ、或いはバイオマスと化石燃料を用いるプロジェクトでは、バイオマスと化石燃料の投入量をモニタリングしなければならない。

3) バイオマスを消費するプロジェクトでは、利用予定となっている燃料（バイオマス、又は化石燃料）の各種類に対する特定燃料消費量⁵³を事前に特定しておかなければならない。各種類に対する燃料の消費量は、モニタリングしなければならない。

4) 化石燃料が利用される場合、計測される発電量は、特定燃料消費量及び化石燃料消費量を用いて、化石燃料からの発電量減算の調整をしなければならない。

⁵³ 特定燃料消費量とは、発電 1 単位当たりの燃料消費量のこと（例えば 1MWh あたりのバガス重量 (t)）

- 5) 2種類以上のバイオマス燃料を消費する場合、各種類について個別にモニタリングしなければならない。
- 6) 上記3)に基づいて計算されるバイオマス燃料を利用して生成される電力量は、各種類別の利用バイオマス燃料の特定燃料消費量、及び利用バイオマス燃料量を用いて計算される発電量と比較しなければならない。排出削減量の算出には、両者のうち低い値を用いなければならない。

また、小規模方法論 AMS-I.A.には示されていないが、植物油の利用に関連してモニタリングが必要と考えられる項目を、小規模方法論 AMS-III.T.を参考にして下記7)~12)に挙げる。

- 7) 作物の生産地ごとの種子の収穫量、種子の含油量、種子から生産される植物油の生産量。また、油の原料となる作物が生産される土地の面積は、作物の収穫量、植物油の抽出量、及び植物油の最終消費量に一致しなければならない。
- 8) 植物油生産のために必要なエネルギー消費量と作物栽培のために利用した肥料の量。
- 9) プロジェクト以前の活動の移転とバイオマスの競合利用が生じないことのモニタリングと検証。
- 10) 植物油の純熱量 (NCV) はサンプルの直接測定により決定されなければならない。
- 11) 植物油の生産者と消費者の間で締結された、生産者のみが CER の権利を主張できることを明記した契約書。
- 12) 植物油が AnnexI 国に輸出されていないことのモニタリングと検証。

以上より、本プロジェクトでは表 4-11 に示す項目をモニタリングする。

表 4-11 モニタリング項目

モニタリング項目	パラメーター	単位
ジャトロファ油を利用した発電所における発電量	-	kWh/year
発電所におけるジャトロファ油消費量	$FC_{k,y}$	ton/year
発電所における軽油消費量	-	ton/year
ジャトロファ油の純熱量	NCV_k	GJ/ton
ジャトロファ種子の収穫量	-	ton/year
ジャトロファ種子の含油量	-	%
ジャトロファ油の生産量	-	ton/year
ジャトロファ生産設備で消費される軽油量	$FC_{OFP,j,k,y}$	ton/year
ジャトロファ栽培地面積	-	ha

表 4-11 の項目に加えて、方法論で求められている下記のような項目をモニタリング、検証する計画である。

- ・ 当該発電施設における軽油、及びジャトロファ油の特定燃料消費量を事前に特定。
- ・ ジャトロファ栽培のために、外部より肥料が投入されていないことの確認。
- ・ プロジェクト以前の活動の移転とバイオマスの競合利用が生じないことの確認。
- ・ APEX、及び YDD と発電所の間で締結された、APEX、及び YDD のみが CER の権利を有することを明記した契約書。
- ・ ジャトロファ油が輸出されていないことの確認。

また、図 4-2 のような体制で、モニタリングを実施することを検討している。

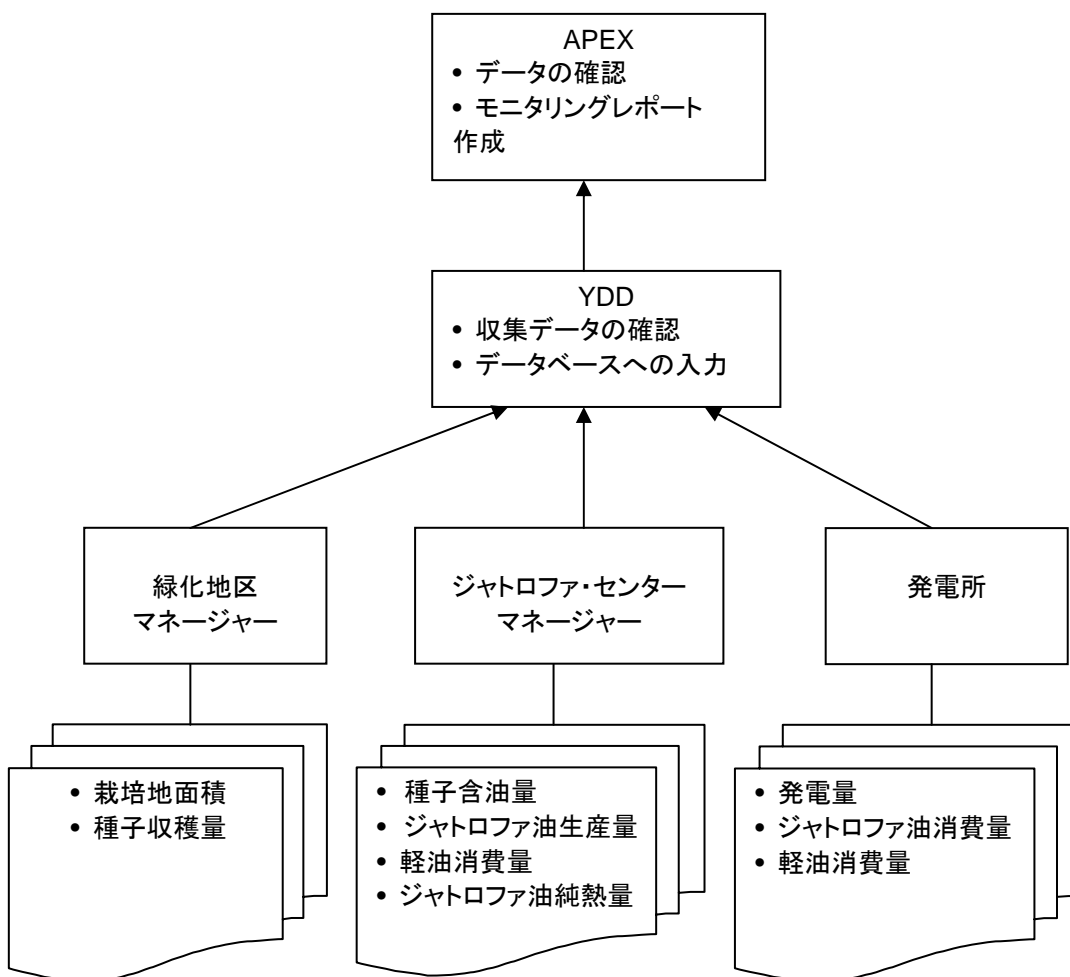


図 4-2 モニタリング実施体制

4.12 環境影響評価

インドネシアの環境影響評価制度(AMDAL)は、旧環境管理法(1982年法律第4号)の規定に基づき、1986年に初めて導入された。その後1993年に「環境影響評価に関する政令」(1993年政令第51号)が制定され、1999年政令第27号において改定された。その後に制定されたものを含め、現在の環境影響評価に関連する法令としては、以下のものがある。

- ・ 環境影響評価に関する政令(1999年政令第27号)
- ・ 環境影響評価書のためのガイドラインに関する環境担当国務大臣令(2000年第2号)
- ・ 環境影響評価プロセスにおける住民関与及び情報開示に関する環境担当国務大臣令(2000年第8号)
- ・ 環境影響評価作成のためのガイドラインに関する環境担当国務大臣令(2000年第9号)
- ・ 環境影響評価書の評価委員会の作業システムのガイドラインに関する環境担当国務大臣令(2000年第40号)
- ・ 環境影響評価書の地方評価委員会設立のための指針に関する環境担当国務大臣令(2000年第41号)
- ・ 環境影響評価を必要とする事業あるいは活動形態に関する環境担当国務大臣令(2001年第17号)

AMDALの実施が必要な事業規模に関しては、環境担当国務大臣令2001年第17号において、下記の14種類の事業ごとに規定されている。

- | | | |
|------------|----------------|--------------|
| 1. 軍事施設の建設 | 6. 運輸・通信 | 11. 観光 |
| 2. 農業 | 7. 衛星技術 | 12. 核開発 |
| 3. 漁業 | 8. 産業 | 13. 危険・有毒廃棄物 |
| 4. 林業 | 9. 地域インフラ整備 | 14. 遺伝子工学 |
| 5. 保健衛生 | 10. エネルギー・天然資源 | |

本プロジェクトは農業、産業、エネルギー・天然資源内の発電セクターに関連すると考えられる。それぞれのAMDALの対象となる活動、事業規模を以下の表4-12に示す。

表 4-12 AMDALの対象となる活動、事業規模(環境担当国務大臣令2001年第17号)

事業の種類	対象活動	対象規模
農業	季節性農作物・園芸栽培	2,000ha 以上
	通年性農作物・園芸栽培	5,000ha 以上
	季節性農園作物栽培 ・森林地帯外 ・森林地帯内	3,000ha 以上 全ての規模

	通年性農園作物栽培 ・森林地帯外 ・森林地帯内	3,000ha 以上 全ての規模
産業	セメント産業	全ての規模
	紙・パルプ産業	全ての規模
	石油化学産業	全ての規模
	鉄鋼産業	全ての規模
	鉛製造業	全ての規模
	銅製造業	全ての規模
	アルミニウム製造業	全ての規模
	工業地帯	全ての規模
	ドックを有する造船産業	4,000 重量トン以上
	飛行機産業	全ての規模
	武器、弾薬、爆発物製造業	全ての規模
	乾電池産業	全ての規模
	蓄電池産業	全ての規模
	有害物質に属する製品を製造する有機・無機化学産業	全ての規模
エネルギー・天然資源	その他の産業 a. 都心部 ・首都 ・主要都市 ・中規模都市 ・自治町村 b. 農村部	5ha 以上 10ha 以上 15ha 以上 20ha 以上 30ha 以上
	鉱業	
	発電 ・電力ネットワークの建設 ・ディーゼル発電所/ガス発電所/火力発電所/ガス蒸気発電所の建設 ・地熱発電開発 ・水力発電所建設 ダム高 停滞水域 発電能力	150kV 以上 150MW 以上 55MW 以上 15m 以上 20ha 以上 50MW 以上

	・太陽光・風力・バイオマスなどを利用した発電所建設	10MW 以上
	石油・天然ガス	
	地下水	

このプロジェクトにおけるジャトロファの植栽は森林地帯外で行なわれ、また総面積は 200ha と、規定の 3,000ha 以下である。この事業は、産業分野の中ではその他の産業に属し、搾油・精製およびガス化が行なわれるジャトロファ・センターの面積は約 900m²(0.09ha)と、規定の 30ha 以下である。さらに、建設されるバイオマスガス化発電設備は 60～140kW であり、規定の 10MW 以下である。よって、本プロジェクトでは AMDAL は不要だが、手続きや内容がより簡易な UKL (Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup: 環境管理) 及び UPL (Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup: 環境モニタリング) の手続きをふむ必要がある。UKL と UPL は、事業を開始するためのライセンス発行の基礎となる。UKL と UPL のプロセスは環境担当国務大臣令 2002 年第 86 号によって規定されており、下記のような内容を示し、認可を受ける必要がある。

- ・ 開発者または事業主の情報
- ・ 事業計画の概要
- ・ 事業による環境影響
- ・ 環境管理及び環境モニタリング計画
- ・ サイン及び捺印

本プロジェクトでは一つの県内で事業が行なわれるため、UKL、UPL の実施にかかわる指針の提出先はシッカ県環境管理局となるが、二つ以上の県で事業が行なわれる場合は州レベルの環境管理局、二つ以上の州で事業が行なわれる場合は国家レベルの環境管理局に提出しなければならない。

環境管理局は、UKL、UPL の実施にかかわる指針を受領した場合、それをすみやかに検査し、もし書類に不備や修正すべき点があれば、受領後 7 労働日以内に申請者に修正させる。環境管理局は、修正された指針を受け取ってから 7 労働日以内に、UKL、UPL に関する推薦状を事業主に発行する。UKL、UPL の実施にかかわる指針に不備が無ければ、環境管理局は、受領後 14 労働日以内に UKL、UPL に関する推薦状を事業主に発行する。事業主は UKL、UPL に関する推薦状を、事業実施にかかわる認可機関に提出する。事業実施にかかわる認可機関は、環境管理および環境モニタリング実施に際しての条件や義務を、事業実施許可証に記載する。発行される許可証は、環境管理局にもコピーが送付される。

また、インドネシアでは、前項 1.3.10 に述べるように、大気・水質・悪臭などの環境基準

や、排出基準が政令もしくは大臣令で規定されている。それぞれの基準に関連する本プロジェクトの環境影響について述べる。

○大気汚染

本プロジェクトでは、ディーゼル発電機から排ガスが出る他は、格別排出されるガスはなく、特に問題ないと思われる。

○水質汚濁

本プロジェクトでは、搾油・精製工場より排水が発生する。排水は油水分離し、生物処理した後、土壌浸透させる予定である。排水の量も少なく、土壌浸透させることから、特に環境に対する悪影響は生じないと考えている。

○騒音・振動・悪臭

本プロジェクトでは、騒音、振動は問題にならないと考えられるが、搾油工程の搾り粕からコンポストを生産する予定であり、悪臭についてはその影響について注意する必要がある。

4.13 利害関係者のコメント

利害関係者のコメント収集は、本プロジェクト実施サイトであるシッカ県において、自治体関係者、住民、また電力会社の職員を対象に実施された。それぞれの結果を下記にまとめる。

4.13.1 郡長、村長、住民のコメント

[日時] 2009年8月26日(水) 16:30-17:15

[場所] レロロジャ村ドゥリ地区簡易保健所

[参加者]

マゲパンダ郡長 シルベスター・サカ

レロロジャ村長 シリリアヌス・バジョ

レロロジャ村住民約60名

在インドネシア日本大使館一等書記官 仙波徹

APEX 田中直、彦坂哲弥、ピウス・サニ・ヘリン、リカルドゥス・ムガ

[内容]

○マゲパンダ郡長 (Silvester Saka)

ジャトロファはこの地域に適合的な植物であり、この事業は村の経済の向上に役立つものである。郡としても支援する。郡としては野焼きを厳しく取り締まっており、違反した者には、貧困層向けの援助プログラム(教育、保険衛生助成など)の対象からはずすなど厳格な措置をとっている。今はレロロジャ

村だけが、この事業は住民のためになるので他の村にも広げていきたい。

○レロロジャ村村長 (Cirylianus Badjo)

村は貧しく、教育も不足、水も不足、仕事もない。ジャトロファはこの地域の経済を向上させるのに非常に役立つものである。この事業により収入・生活が向上することを期待する。

植えられた苗木が家畜などによって傷つけられないか、火事がないかを監視する人を置いて欲しい。また、植栽地の周りを除草剤で除草して、延焼を防いだほうがよい。さらに、乾季の間、苗木に水をやれるように、要所々に水溜めが欲しい。

収穫した種子の引き取り価格を明確に提示して欲しい。ジャトロファに伴う作業で労力が必要なときは、村人を雇用して欲しい。植栽する土地は村で用意する。村人もこの事業が成功することを願っている。しかし、新しい事業なので、村人はジャトロファの油がどのように役立つのか等についてあまりよくわかっていない。それを理解すれば、村人もさらに事業に協力してくれるだろう。

たとえ途中で何らかの問題が生じて、私たちは成功するまで努力する。

○住民からの意見・質問と APEX からの回答

(住民)プロジェクトのために植林を行ったり、草を刈ったりする作業に対して、もしプロジェクトにお金があるのであれば労賃を払って欲しい。

(APEX)原則としてこのプロジェクトでは植林や養生、収穫は住民が自主的に行ってほしい。もし収穫があれば APEX が責任をもって買い取る。

(住民)今植えられているとうもろこしなどを犠牲にして事業を進めないほうがよいと思う。

(APEX)この事業では、今ある畑を犠牲にしてジャトロファを植えることは考えておらず、未利用の荒地を利用するのみである。

(住民)ジャトロファの買い取り価格をなるべく高く設定して、村人もやる気が高まり、地域の経済も向上するようにしてほしい。

(APEX)買い取り価格は重要なので、お互いにこの事業の中で最適な価格を探っていきたい。軽油価格の兼ね合いが重要である。

(住民)基本的にこのプロジェクトに賛同しており、積極的に参加したいと思っている。

(住民)乾季にジャトロファが過剰に乾燥するのを防ぐため、水溜めをつくり、そこに水を溜めて水やりをした方がよいのではないか。

(APEX)水を溜めて撒くためには、人手や水槽がいる。まずは雨季を待つ様子を見たい。必要があれば検討していく。

(住民)それぞれの植栽地に守衛所のようなものを設けて、それぞれの地域の人が見回りをして、ジャトロファの生育に支障がないように監視をしてはどうか。

(APEX)既に監視は行っている。

(住民)子供達にはジャトロファを植える意味がわからず、苗を傷つけたりすることもある。このプロジェクトのねらいや意義について学校でも紹介してはどうか。

(APEX)賛成である。



写真 4-1 レロロジャ村でのステークホルダーミーティングの様子

4.13.2 シッカ県政府のコメント

[日時] 2009年8月27日(木) 8:30-10:10

[場所] シッカ県庁舎内会議室

[参加者]表 4-13 のとおり。

○シッカ県知事 (Drs. Sosimus Mitang) :

事業を支援してほしいとのことであるが、県としては既に支援している。関連する部局は、それぞれの立場からこの事業をサポートするように。

この事業に関して、APEX、YDD、県知事の間で MOU を締結したい。

県内の他の地域にもプロジェクトを広めたい。搾油・精製も県内で行ってほしい。油の用途が見出され、安定的に販売されることが事業の継続上重要である。これまで使われていなかった土地で価値のあるものを生産できるとなると、所有権の問題が発生しがちである。利用される土地の所有権を明確にするために証書を発行すべきである。

○シッカ県地域開発投資庁長官 (Blasius P. PARERA) :

このプロジェクトを広げていく際は、地方政府と連絡を取りながら行ってほしい。

○シッカ県公共事業局環境部長 (Mauritz DA CUNHA) :

事業の継続のためには、ジャトロファによって住民が収入を得られるようにすることが重要である。種子が APEX・YDD によって確実に買い取られなければならない。そ

の買い取り価格は、事業の継続性を確保し、かつ住民が満足できるものでなければならない。また、土地の所有証書を整備する必要がある。

表 4-13 シッカ県政府との会合出席者名簿

No	氏名	役職
1	Sosimus MITANG	シッカ県知事
2	Toru SENBA	日本大使館一等書記官
3	Nao TANAKA	APEX 代表理事
4	Pius HERIN	ディアン・デサ財団 NTT 支部代理、本事業の現地マネージャー(APEX 職員)
5	Tetsuya HIKOSAKA	APEX 職員
6	Cyprianus DA COSTA	経済開発局補佐
7	LUKMAN	天然資源部代表
8	Herman BELA	土地管理局局長
9	Elkana M. HALE	土地管理局職員
10	Rodja a. NATSIR	森林局局長
11	Blasius P. PARERA	地域開発投資庁代表
12	Kornelis NGGALA	福利国家政策事務所代表、地域社会保護事務所代表
13	Simon SUBSIDI	住民育成委員会代表
14	Yakobus REGANG	公共事業局職員
15	Silvester SAKA	マゲパンダ郡郡長
16	Lodovikus LOTAK	シッカ県地方事務局社会部長
17	A.A.G. CONTERIUS	シッカ県地方事務局開発部長
18	Endang SRI	シッカ県地方事務局経済部長
19	Valerianus SAMADOR	食糧安全保障・調査部長
20	Ferdinandus FLORIANUS	農園畜産局長
21	A.B. SATRIO	公共事業局鉱山エネルギー部長
22	Mauritz DA CUNHA	公共事業局環境部長
23	G.K. UBA	産業商業局長

4.13.3 電力会社のコメント

ジャトロファから生産した軽油代替燃料の供給先候補である PT. PLN 東フローレス支部を訪問して、本プロジェクトへの協力の可能性について話を聞いた。PLN からは支部長の

他、財務担当者、技術担当者など6名が参加した。

[日時] 2009年10月9日(金) 15:40-16:40

[場所] 電力公社東フローレス支部会議室

[参加者]

電力公社(PLN)東フローレス支部:ロバート・ルマペア支部長他6名

三菱UFJ証券:吉高まり、石井晶子

APEX:田中直、彦坂哲弥、ピウス・サニ・ヘリン

○電力公社東フローレス支部長(Robert Rumapea)

良いプロジェクトであると思う。PLNとしては、たとえわずかでもジャトロファ油が供給されると助かる。ジャトロファは、農民が育てても種子を買うところがないと続かないし、また買い手があっても使うところがないと続かない。

○電力公社担当者

(技術担当者) 発電機本体の改造は要らないのか

(APEX) 本体の改造は必要ない。始動時は軽油を用い、エンジンが温まったら、ジャトロファの軽油の混合油に切り替え、廃熱との熱交換により油を温めながら供給する。停止時は再び軽油に置換する。



写真 4-2 シッカ県政府とのミーティング



写真 4-3 電力公社とのミーティング

4.14 資金計画

4.14.1 初期のモデルシステム形成のための資金

本プロジェクトは、まずジャトロファによる200haの荒地の緑化をベースとして生産システムの確立をめざしているが、その段階における所要資金は以下のとおりである。

a) 生産設備等

生産設備や苗木等の費用として、表 4-14 に示す支出が計画されている。

表 4-14 生産設備等の費用

費 目	金額(千ルピア)	金額(千円) ²⁾
ジャトロファ・センター建屋建設費 ¹⁾	1,727,856	16,801
種子集積場	130,000	1,264
搾油・精製設備 ³⁾	1,333,251	12,964
分析設備	101,446	986
苗木代	1,116,600	10,858
土壌改良剤代	71,250	693
廃棄物ガス化装置	699,380	6,801
海水淡水化装置以外合計	5,179,783	50,367
海水淡水化装置	255,201	2,482
合計	5,434,984	52,849

1)種子倉庫、搾油・精製場、製品油貯槽、事務所、計 953m²、廃棄物置き場 96m²

2)Bank Indonesia Foreign Exchange Rate、2009 年 9 月平均 102.84 ルピア/円

3)搾油・精製設備処理能力 1,000kg (種子) /hr

b) 運転経費

3.5.5 で述べたように、単位面積当たりのジャトロファの種子の収穫量には文献により大きな幅があり、本プロジェクトにおける単位収量、最大収量に達するまでの期間も、現時点では正確な予測が難しい状況である。ここでは、挿し木による植栽を行なった後、1 年後から収穫が始まり、その後収穫が増加して 3 年間で 5 トン/ha の収量に達するという仮定に立って計算を行ない、追って実績を見ながら見直すこととする。そのような仮定に立つと、第 1 段階で 80ha、第 2 段階で 120ha の緑化を行なう場合、最大収量に達するまでの各年の種子収穫量は表 4-15 に示すようになる。

表 4-15 収穫開始後の種子収穫量の推移 (単位:トン/年)

区 分	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
第 1 次緑化分(80ha)	133	267	400	400
第 2 次緑化分(120ha)	0	200	400	600
合計	133	467	800	1,000

このような収穫量の前提に立って、この初期のモデルが定常状態に達するまでの運転経費は表 4-16 のように試算される。

表 4-16 初期システム定常化までの運転経費 (単位:千円)

項目	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
種子購入費	778	2,723	4,667	5,834
人件費	1,167	1,167	1,167	1,167
燃料費	229	803	1,377	1,721
薬品代	97	338	579	724
運搬費	132	462	793	991
事務所経費	233	233	233	233
合計	2,636	5,726	8,816	10,670

c)資金調達

以上の、初期のモデルシステムを形成するための資金源としては、表 4-14 の生産設備等の費用ならびに表 4-16 の運転経費のうち 2011 年までの経費(但し、種子購入費を除く)は、外務省の日本 NGO 連携無償資金協力の助成金で約 9 割までを賄う予定である。それらに関する残りの約 1 割、2010～2011 年の種子購入費ならびに 2012 年以降のすべての運転経費は、APEX、JATI 及び YDD が自己資金でこれを賄う。自己資金部分の出費は、精製油、コンポストが順調に販売されれば、その売上によっても充足する。

4.14.2 事業の拡大にかかわる資金

初期のモデルシステムが確立すれば、その後緑化面積 1,000ha までの事業の拡大をはかるが、その資金と調達方法については、単位面積当たりのジャトロファの種子の収穫量、種子の引き取り価格、精製油の販売価格等によって大きく影響されるため、2010 年までの事業の経過を見てこれを検討する。

4.15 経済性分析

本プロジェクトは事業収益性や、CER 売却収入を初期投資回収費用の一部とすることを目的としたプロジェクトではなく、CER 売却収入を持続可能な地域開発促進に活用することを目指している。また、本プロジェクトは CDM を活用した地域開発モデル構築を目的としており、本モデルが確立されれば、他地域への拡大を図る。従って、CER 売却収入は、本プロジェクトの継続的な運営、及び他地域への拡大のための資金の一助とする。

本プロジェクトの経済性は、生産されたジャトロファ油の販売価格に影響される。本プロジェクトでは、シッカ県の発電所において軽油を代替するためにジャトロファ油を使用する計画である。発電所によるジャトロファ油の買い取り価格はまだ決定されていないが、その価格は軽油価格を考慮して交渉される。インドネシアにおける軽油価格の変動について下記に分析する。

インドネシアにおける石油燃料価格の変動

インドネシアでは、長い間補助金によって石油製品価格を国際市場価格より低いレベルに抑えてきた。しかしながら、補助金が政府の財政を圧迫していることから、インドネシア政府は徐々に補助金を削減してきている⁵⁴。2005年7月には、インドネシアは産業用の燃料の補助金を撤廃し、市場価格に基づく価格設定に移行した。

現在、インドネシアにおける石油燃料の価格は、家庭、小企業、交通一般などの補助金対象の価格と、産業向けの補助金対象外の価格が設定されている。補助金対象外の石油燃料価格は、シンガポール市場価格（MOPS : Mean of Platts Singapore）をもとに、国営石油会社プルトamina（Pertamina）によって1ヶ月に2回発表されている。その価格は、MOPS平均価格に15%以上のコストと10%の付加価値税を追加して設定されている⁵⁵。コストは輸送費等の相違により、15%~20%が加算されている。本プロジェクト対象地域である東ヌサトゥンガラ州は、第3地域に分類され、MOPS平均価格にコスト20%と税金が加算された価格である⁵⁶。2003年3月からのインドネシアにおける産業用軽油価格の変動を図4-3に示す。軽油価格は国際的な原油価格の変動に伴い、2007年後半より高騰しているが、2008月以降は、世界的な景気後退に伴い急落している。

⁵⁴ IEEJ 「インドネシアの石油・天然ガス：その現状と課題」（2006年8月）

⁵⁵ Petroleum Report Indonesia 2007-2008, Embassy of the United States of America Jakarta
[http://jakarta.usembassy.gov/econ/\(PR_All_2008\)_Petroleum_Report_Consolidated.pdf](http://jakarta.usembassy.gov/econ/(PR_All_2008)_Petroleum_Report_Consolidated.pdf)

⁵⁶ NNA.ASIA アジアのビジネス情報 「インドネシア産業向けガソリン、6月は13%値上げ」

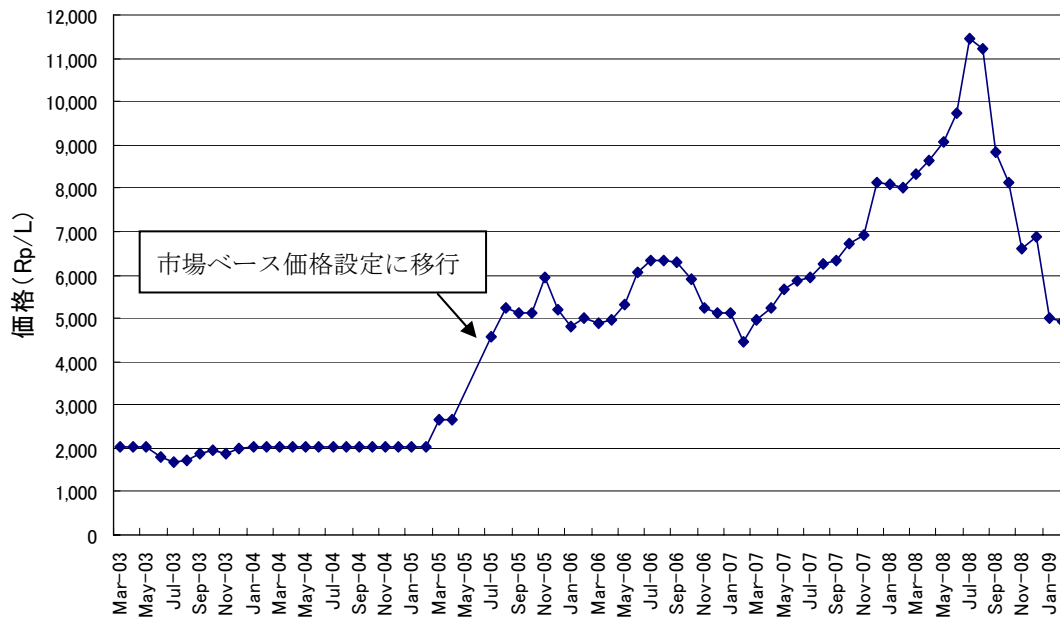


図 4-3 産業用軽油価格の動向

*2006年2月以降は東ヌサトゥンガラを含む第3地域の価格を示す。

(出典：国営石油会社プルタミナ公表データを基に作成)

前述するように、インドネシアでの産業用軽油価格は市場価格により変動するため、その予測は難しい。図 4-3 に示すように、2008 年の急速な高騰を除くと、その価格はおよそ 4,500 ～6,500 ルピアで変動している。現在、発電所で利用されている軽油は 1 リットルあたり 6,000 ルピア（約 60 円）前後で購入されているといわれている。本プロジェクトのジャトロファ油の販売価格は、発電所との交渉次第であるが、1 リットルあたり 4,500 ルピア（約 45 円）～5,500 ルピア（約 55 円）での販売を想定している。ここでは、保守的に見積もるため、ジャトロファ油 1 リットルあたり 4,500 ルピア（約 47,600 円/トン）、及び 4,000 ルピア（約 42,300 円/トン）の場合を想定して、本プロジェクトの経済性を分析する。また、本プロジェクトを CDM として実施しない場合と、CDM として実施した場合のキャッシュフローをそれぞれ表 4-17 から 4-20 に示す。

本プロジェクトによる CER の売却収入は、決して大きくはないが、プロジェクトの経済性向上に貢献し、軽油価格の変動によるジャトロファ油販売価格の下落などの、プロジェクトの経済性への影響を緩和することが期待される。

表 4-17 CDM として実施しない場合の経済性-1 (ジャトロファ油の販売価格 4,500 ルピア/リットル)

(単位：千円)

	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
初期投資	50,367									
種子購入費	778	2,723	4,667	5,834	5,834	5,834	5,834	5,834	5,834	5,834
人件費	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167
燃料費	229	803	1,377	1,721	1,721	1,721	1,721	1,721	1,721	1,721
薬品代	97	338	579	724	724	724	724	724	724	724
運搬費	132	462	793	991	991	991	991	991	991	991
事務所経費	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233
支出合計	2,636	5,726	8,816	10,670	10,670	10,670	10,670	10,670	10,670	10,670
ジャトロファ油売り上げ	2,381	14,288	19,051	19,051	19,051	19,051	19,051	19,051	19,051	19,051
コンポスト売り上げ	399	1,401	2,400	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
収入合計	2,780	15,689	21,451	22,051	22,051	22,051	22,051	22,051	22,051	22,051
キャッシュフロー	-50,223	9,963	12,635	11,381	11,381	11,381	11,381	11,381	11,381	11,381
累積利益	-50,223	-40,259	-27,624	-16,243	-4,862	6,520	17,901	29,282	40,663	52,044
IRR	17%									

1円=102.81ルピア、1USドル=98円とする。

表 4-18 CDM として実施した場合の経済性-1 (ジャトロファ油の販売価格 4,500 ルピア/リットル)

(単位：千円)

	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
初期投資	50,367									
種子購入費	778	2,723	4,667	5,834	5,834	5,834	5,834	5,834	5,834	5,834
人件費	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167
燃料費	229	803	1,377	1,721	1,721	1,721	1,721	1,721	1,721	1,721
薬品代	97	338	579	724	724	724	724	724	724	724
運搬費	132	462	793	991	991	991	991	991	991	991
事務所経費	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233
支出合計	2,636	5,726	8,816	10,670	10,670	10,670	10,670	10,670	10,670	10,670
ジャトロファ油売り上げ	2,381	14,288	19,051	19,051	19,051	19,051	19,051	19,051	19,051	19,051
コンポスト売り上げ	399	1,401	2,400	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
CER ¹⁾	201	1,254	1,672	1,672	1,672	1,672	1,672	1,672	1,672	1,672
収入合計	2,982	16,943	23,123	23,723	23,723	23,723	23,723	23,723	23,723	23,723
キャッシュフロー	-50,021	11,217	14,307	13,053	13,053	13,053	13,053	13,053	13,053	13,053
累積利益	-50,021	-38,804	-24,497	-11,444	1,609	14,662	27,715	40,768	53,821	66,874
IRR	21%									

¹⁾CER の価格は 1,470 円/tCO₂ として試算。

1 円=102.81 ルピア、1US ドル=98 円とする。

表 4-19 CDM として実施しない場合の経済性-2 (ジャトロファ油の販売価格 4,000 ルピア/リットル)

(単位：千円)

	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
初期投資	50,367									
種子購入費	778	2,723	4,667	5,834	5,834	5,834	5,834	5,834	5,834	5,834
人件費	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167
燃料費	229	803	1,377	1,721	1,721	1,721	1,721	1,721	1,721	1,721
薬品代	97	338	579	724	724	724	724	724	724	724
運搬費	132	462	793	991	991	991	991	991	991	991
事務所経費	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233
支出合計	2,636	5,726	8,816	10,670	10,670	10,670	10,670	10,670	10,670	10,670
ジャトロファ油売り上げ	2,117	12,701	16,934	16,934	16,934	16,934	16,934	16,934	16,934	16,934
コンポスト売り上げ	399	1,401	2,400	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
収入合計	2,516	14,102	19,334	19,934	19,934	19,934	19,934	19,934	19,934	19,934
キャッシュフロー	-50,487	8,376	10,518	9,264	9,264	9,264	9,264	9,264	9,264	9,264
累積利益	-50,487	-42,111	-31,593	-22,329	-13,064	-3,800	5,465	14,729	23,993	33,258
IRR	12%									

表 4-20 CDM として実施した場合の経済性-2 (ジャトロファ油の販売価格 4,000 ルピア/リットル)

(単位：千円)

	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
初期投資	50,367									
種子購入費	778	2,723	4,667	5,834	5,834	5,834	5,834	5,834	5,834	5,834
人件費	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167
燃料費	229	803	1,377	1,721	1,721	1,721	1,721	1,721	1,721	1,721
薬品代	97	338	579	724	724	724	724	724	724	724
運搬費	132	462	793	991	991	991	991	991	991	991
事務所経費	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233
支出合計	2,636	5,726	8,816	10,670	10,670	10,670	10,670	10,670	10,670	10,670
ジャトロファ油売り上げ	2,117	12,701	16,934	16,934	16,934	16,934	16,934	16,934	16,934	16,934
コンポスト売り上げ	399	1,401	2,400	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
CER ¹⁾	201	1,254	1,672	1,672	1,672	1,672	1,672	1,672	1,672	1,672
収入合計	2,717	15,356	21,006	21,606	21,606	21,606	21,606	21,606	21,606	21,606
キャッシュフロー	-50,286	9,630	12,190	10,936	10,936	10,936	10,936	10,936	10,936	10,936
累積利益	-50,286	-40,656	-28,466	-17,530	-6,594	4,343	15,279	26,215	37,151	48,087
IRR	16%									

¹⁾CER の価格は 1,470 円/tCO₂ として試算。

4.16 事業化の見込みと課題

本プロジェクトは、現在までの実験、調査で技術的な問題はなく進められている。2010年1月末からは前年に植えられたジャトロファの種子の収穫、及びその種子の買い取りが開始されている。十分な種子が集まり次第、小規模パイロットプラントの試運転を開始する予定である。また、試運転により生産されたジャトロファ油はシッカ県マゲパンダ郡の発電所で試験的に発電に使用される予定である。2度の現地調査で行った専門家へのヒアリングの結果からも、ジャトロファ油の植栽、搾油・精製、及びその利用について技術的な問題はないと考えられる。一方、本プロジェクトの事業の継続と CDM 化のためには、下記のような課題に取り組むことが重要と考える。

1) 事業の継続

a) 事業の経済性

本プロジェクトの継続のためには、プロジェクトにより安定した収益を得ることが重要となる。そのためには、ジャトロファ油を安定した価格で継続的に販売することが必要である。前項 4.15 に述べるように、ジャトロファ油の需要とその価格は、軽油価格の変動の影響を受けると考えられる。本プロジェクトは小規模で、地域の持続可能な開発を目的としているため、市場価格より低価格であっても、変動の少ない安定した価格で販売することがより重要と考えられる。ジャトロファ油の使用先候補である発電所にとっても、本プロジェクトにとっても、双方に長期的に便益のある価格の設定を目指す。また、その取引は、定期的な見直しを行うものの、ある程度長期的な一定価格での取引契約が望ましいと考えている。

b) 住民の継続的参加

ジャトロファ油の使用者にとって、その安定的な供給の確保は重要である。ジャトロファ油の安定的な生産のためには、本プロジェクトに参加する農民が継続的にジャトロファを栽培するための十分なインセンティブを与えることが必要となる。本プロジェクトでは、地域の代表や農民と協議の上決定し、事前に公表した一定価格で種子を購入している。今後も物価などを考慮して、定期的な見直しが必要であると考えられる。また、ジャトロファの栽培や、メンテナンス方法について、APEX 及び YDD が引き続き農民を支援していく予定である。

2) CDM 化の課題

AMS-I.A.には、植物油の生産に関連するプロジェクトバウンダリー、プロジェクト排出量に関する記載がない。そのため、AMS-III.T 中の植物油の生産に関連する項目と整合する AMS-I.A.の改訂案を申請することが必要になると考えられる。

5 持続可能な開発への貢献に関する調査結果

本プロジェクトの実施により、GHG 排出削減だけでなく、植林による荒地の緑化、土地の肥沃化、水不足の緩和と住民の収入増大に貢献することが期待される。それぞれ期待される効果と、その評価が可能と考えられる項目についてはその方法に関する考察を下記に述べる。

1) 荒地の緑化

本プロジェクトの植林実施サイトであるレロロジャ村は、野焼きや森林伐採により、不毛な荒地が広がっている。このような未利用の荒地をジャトロファにより緑化することで、下記のような便益が期待される。

a) 土壌流出の防止

対象地域は全般に険しい地形で急峻な斜面も多く、降雨により土壌が流出し、表土が薄くなっている状況である。ジャトロファの植栽により、土壌中に根が張りめぐらされ、土壌の流出を防ぐことができると考えられる。

b) 土壌の水涵養力の向上

対象地域では、多くの土地が荒地化し、森林の持っていた水の涵養力を失っているために、雨季には降雨時に大量の雨水が一気に流下し、乾季には水不足となる状態である。ジャトロファの植栽によって、森林が復活し、水の涵養力が回復していくと期待される。

c) 野焼き・山火事の減少

対象地域では、農地の拡大、家畜の飼料供給のための野焼きが頻繁に行われ、また失火、不審火等による山火事も多く発生していたが、このプロジェクトの開始にともない、郡、村をあげて野焼き・山火事の防止に乗り出しており、その減少は顕著である。野焼き・山火事の頻度や範囲については、住民に対するヒアリング等により、プロジェクト実施前後の違いをある程度明らかにすることはできると考えられる。

d) 景観の改善

対象地域は、雨季には雑草の緑で覆われるものの、乾季には褐色、ないしは野焼き・山火事による黒色の景観となる。ジャトロファの植栽による樹木が増加し、また野焼き・山火事も減少することによって、景観の大幅な改善が期待できる。その効果は、住民や来訪者へのヒアリング等によって、およその傾向は把握することができると考えられる。

2) 水不足の緩和

対象地域は乾燥した気候の下、慢性的な水不足の状況であるが、本プロジェクトでは、廃熱を利用した海水の淡水化による水供給を計画しており、これにより、住民の生活の利便性の向上が期待される。生産される淡水量、供給量、供給先については、計測・記録が可能であり、効果の定量的評価が可能である。

3) 住民の収入増大

本プロジェクトにより収穫されたジャトロファの種子は、APEX と YDD が全量を買取ることとなっている。安定した種子の買取り価格の提示は、住民の継続したジャトロファの栽培、収穫とジャトロファ油の安定供給のために重要である。そのため、買取り価格は住民と協議の上決定する。買取り開始後の価格・買取り量に関するデータより、住民の収入向上にかかわる寄与を評価することができる。本プロジェクト実施後、住民の収入や生活の変化を理解するために、社会経済調査の実施も検討する。



写真 5-1 種子買取りについて住民への説明会

以上より、本プロジェクトは対象地域の環境保全、及び住民の生活向上に寄与し、地域の持続可能な開発に貢献すると考えられる。また、本プロジェクトによってジャトロファの複合利用による地域開発モデルが確立されれば、フローレス島のみならず同様の状況下にある東ヌサトゥンガラ州を中心とするインドネシアの他地域へ拡大され、インドネシアの持続可能な開発に貢献することが期待される。

表一覧

表 1-1	インドネシアの政治体制	7
表 1-2	インドネシアの電力システムの概要	12
表 1-3	インドネシアにおけるバイオ燃料開発のロードマップ	18
表 1-4	各州別の森林面積 (2003 年)、	24
表 1-5	2007 年における各州別の痩せた土地の面積と総面積に占める割合	26
表 1-6	インドネシアにおける各州別人間開発指数、貧困率	28
表 1-7	電力公社 (PLN) 以外の照明源を利用している世帯の割合	29
表 1-8	水道以外の水源を利用している世帯、	30
表 1-9	清浄な水を利用できる世帯の割合 (2007 年)	31
表 2-1	現地調査訪問実績	41
表 3-1	シッカ県における地域総生産、労働人口の産業別構成内訳 (2006 年)	48
表 3-2	DIN 51605 規格	59
表 3-3	ジャトロファ各部の可能な利用方法	62
表 3-4	事業スケジュール	64
表 4-1	プロジェクトの構成要素と期待される GHG 削減	65
表 4-2	AMS-I.A.の適用条件と本プロジェクトケース	66
表 4-3	AMS-III.T.の再生可能なバイオマスに関する適用条件とプロジェクトケース	67
表 4-4	ベースライン排出量	71
表 4-5	400 トンのジャトロファ油を生産するために必要な電力量	72
表 4-6	搾油・精製設備で消費される電力量と軽油消費量	73
表 4-7	植物油生産工程で利用されるエネルギーからの排出量	73
表 4-8	プロジェクト排出量	74
表 4-9	バイオマスの種類による排出源	75
表 4-10	排出削減量	77
表 4-11	モニタリング項目	80
表 4-12	AMDAL の対象となる活動、事業規模 (環境担当国務大臣令 2001 年第 17 号)	82
表 4-13	シッカ県政府との会合出席者名簿	88
表 4-14	生産設備等の費用	90
表 4-15	収穫開始後の種子収穫量の推移	90
表 4-16	初期システム定常化までの運転経費	91
表 4-17	CDM として実施しない場合の経済性-1	94
表 4-18	CDM として実施した場合の経済性-1	95
表 4-19	CDM として実施しない場合の経済性-2	96
表 4-20	CDM として実施した場合の経済性-2	97

図一覧

図 1-1	インドネシア全土地図	3
図 1-2	2000 年～2005 年間の年間森林減少面積の大きい国.....	5
図 1-3	インドネシアの名目 GDP の推移	9
図 1-4	2007 年における部門別エネルギー消費量内訳.....	9
図 1-5	一次エネルギー供給量の推移（縦軸：百万石油換算バレル）	10
図 1-6	最終エネルギー消費量の推移（縦軸：百万石油換算バレル）	11
図 1-7	インドネシアの電力系統（数値には計画中のものも含む）	12
図 1-8	インドネシアにおける発電量の推移	13
図 1-9	発電用燃料の消費量推移	14
図 1-10	インドネシアの石油生産量と石油消費量の推移.....	15
図 1-11	2006 年大統領令第 5 号によるエネルギーミックス目標.....	16
図 1-12	州別のジャトロファ作付面積（2007 年 12 月末時点）	19
図 1-13	ジャトロファの栽培に適した土地の分布.....	20
図 1-14	東ヌサトゥンガラ州の位置	22
図 1-15	DNA 体制.....	33
図 1-16	インドネシア政府による CDM プロジェクト承認の流れ.....	35
図 2-1	調査実施体制	36
図 3-1	本プロジェクト全体のスキーム	44
図 3-2	プロジェクト実施体制	45
図 3-3	フローレス島及びレロロジャ村、ワイルブレレル村の所在位置.....	46
図 3-4	レロロジャ村全体地図	49
図 3-5	レロロジャ村における月間降水量	51
図 3-6	インドネシア全国 33 箇所の大気観測所における 2008 年の年間降水量記録..	51
図 3-7	レロロジャ村住民の収入の分布	52
図 3-8	ジャトロファの栽培により生成する各バイオマスの持つ発熱量.....	62
図 4-1	プロジェクトバウンダリー	69
図 4-2	モニタリング実施体制	81
図 4-3	軽油価格の動向	93

参考資料

財団法人バイオインダストリー協会ウェブサイト
http://www.mabs.jp/countries/indonesia/indonesia_01.html

FAO, Global Forest Resources Assessment 2005

Energy Information administration, Official Energy Statistics from the U.S. Government
http://tonto.eia.doe.gov/country/country_energy_data.cfm?fips=ID

熱帯林行動ネットワーク (JATAN) ウェブサイト
<http://www.jca.apc.org/jatan/genjou-indn.html>

The Jakarta Post (2008年10月30日)
<http://www.thejakartapost.com/news/2008/10/30/forests-losing-battle-against-plantations.html>

「インドネシア 泥炭地破壊で世界第3位のCO2排出国 木材・パームオイル需要と地域経済開発が元凶」(2006年11月5日)
<http://www.juno.dti.ne.jp/~tkitaba/earth/climatechange/news/06110601.htm>

地球環境協力センター(OECC)会報「インドネシアに対する新JICAの環境協力戦略」(2008年12月)
<http://www.oecc.or.jp/pdf/kaiho/OECC55/55p8.pdf>

国際協力銀行(JBIC)「インドネシアの投資環境」
http://www.jbic.go.jp/ja/investment/report/2008-009/jbic_RIJ_2008009.pdf

外務省ホームページ、各国・地域情報
<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/INDONESIA/data.html>

日本貿易振興機構(JETRO)「基礎経済指標—インドネシア」(2009年8月)

インドネシアエネルギー鉱物資源省、Key Indicator of Indonesia Energy and Mineral Resources 2008

社団法人日本原子力産業協(JAIF)「躍動するアジアの原子力、インドネシア共和国」
http://puente.sub.jp/jaif/ja/asia/indonesia_data.html#chu1

インドネシア環境省、Status Lingkungan Hidup Indonesia 2008

古宮正隆「インドネシア政府のエネルギー政策とそれを巡る諸外国の動向」、財務省委嘱インドネシア研究会報告書(2007年3月)
<http://www.mof.go.jp/jouhou/kokkin/tyousa/1903indonesia.htm>

PLN Energy Outlook & Statistics 2006
<http://www.pln.co.id/InfoUmum/IndonesiaEnergyOutlookStatistic2006/tabid/79/Default.aspx>

Chew Chong Siang, IEEJ, February 2009, Jatropha curcas L. : Development of a new oil crop for biofuel (Summary)

財団法人 日本エネルギー経済研究所「タイ、インドネシアの環境政策の現況-主要法規お

よび政策実施組織を中心に-

<http://eneken.ieej.or.jp/data/pdf/953.pdf>

インドネシア林業省, Penghitungan Deforestasi Indonesia Tahun 2008

<http://www.dephut.go.id/index.php?q=id/node/5380>

インドネシア林業省, Lahan Kritis Per Povinsi Tahun 2007

http://www.dephut.go.id/files/Lhn_Krts_Prov_07.pdf

インドネシア中央統計局, Trends of The Selected Socio-Economic Indicators of Indonesia March 2009

http://www.bps.go.id/download_file/booklet_maret_2009.pdf

UNDP 2007/2008 Huan Development Reort

http://hdrstats.undp.org/countries/country_fact_sheets/cty_fs_IDN.html

KOMPAS, 2008年3月28日

http://els.bappenas.go.id/upload/kliping/55_juta_Orang.pdf

財団法人地球環境戦略研究機関 (IGES) IGES CDM 国別ハンドブック (2009年9月)

<http://enviroscope.iges.or.jp/modules/envirolib/upload/2596/attach/kunibetsu.pdf>

地球環境センター「CDM/JI ホスト国基礎情報」

http://gec.jp/gec/JP/publications/hostsinfo/hostinfo_2_indonesia.pdf

京都メカニズム情報プラットフォーム「京都メカニズム・国別ポートフォリオ」

<http://www.kyomecha.org/pf/indonesia.html>

シッカ県地域開発庁ウェブサイト

<http://sikka.bappenas.go.id/index.php?module=ContentExpress&func=display&ceid=6>

シッカ県中央統計局, Sikka Dalam Angka 2006/2007

Achten A.M.J., Verchot, L., Franken, Y.J., Mathjis, E., Singh, V.P., Aerts, R., Muys, B., 2008. Jatropha bio-diesel production and use. Biomass and Bioenergy 32, 1063-1084

Anso N., 2009. Direct fuel for cars and driving engines for shaft power or electricity generation—PPO. FACT Foundation, Jatropha Handbook 2nd edition, chapter 5

Beerens, P., 2007. Screw-pressing of Jatropha seeds for fuelling purposes in less developed countries. Eindhoven University of Technology

Carels, N., 2009. Jatropha curcas: A Review. Advances in Botanical Research, Vol.50

Devappa, R. K., 2009. Fate of Jatropha Curcas Phorbol Esters in Soil. 13th Annual Green Chemistry & Engineering Conference, 23-25 June, 2009, College Park, MD

FACT Foundation, 2009. Jatropha handbook 2nd edition Chapter 4 Oil pressing and purification.

Kumar, A. and Sharma, S., 2008. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (Jatropha curcas L.): A review. Industrial Crops and Products 28, 1-10

Manurung, R., 2007. Valorization of *Jatropha curcas* using biorefinery concept. Workshop on

biomass gasification appropriate technology, PUSTEKLIM, 21-22 Feb. 2007, Yogyakarta

Openshaw, K., 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy*, 19, 1-15

Pramanik, K., 2003. Properties and use of *Jatropha curcas* oil and diesel fuel blends in compression ignition engine. *Renewable Energy* 28, 239-248

Priyanto, U., 2007. Menghasilkan biodiesel Jarak Pagar Berkualitas. AgroMedia Pustaka

Petroleum Report Indonesia 2007-2008, Embassy of the United States of America Jakarta, September 2008

[http://jakarta.usembassy.gov/econ/\(PR_All_2008\)_Petroleum_Report_Consolidated.pdf](http://jakarta.usembassy.gov/econ/(PR_All_2008)_Petroleum_Report_Consolidated.pdf)