平成 20 年度環境省委託事業

平成２０年度ＣＤＭ／ＪＩ事業調査

カンボジア・ナンヨウアブラギリ粗精製油の発電用代替燃料利用ＣＤＭ事業調査

報告書

平成２１年２月

株式会社 日本開発政策研究所

写真集

ﾅﾝﾖｳｱﾌﾞﾗｷﾞﾘ試験農園

薪を収入源とする地方農家

薪炭販売の為荒廃した森林跡地
ナンヨウアブラギリの植林予定地

無電化地帯での自家発電機
農耕機エンジンを使用

遠隔地の農村代表との協議
現地ﾊﾟｰﾄﾅｰ、村長、調査団

ナンヨウアブラギリ種子

種子買取風景

導入予定のサイロと種子フィーダー
(Solar Oil System)

導入予定の余熱機・フィーダー・搾油機
(Solar Oil System)

導入予定の濾過装置
(Solar Oil System)

燃料輸送ローリー

PPSEZ の重油発電機

平成２０年度ＣＤＭ／ＪＩ実現可能性調査　報告書

カンボジア・ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の発電用代替燃料利用ＣＤＭ事業調査

目次

写真集 i
目次 iii
図一覧 v
表一覧 v
略語一覧 viii
1　プロジェクト実施に係る基礎情報 1
1.1　ホスト国、地域 1
1.1.1　一般事情 1
1.1.2　気候 2
1.1.3　政治 2
1.1.4　経済 3
1.1.5　農業 8
1.1.6　エネルギー 8
1.1.7　インフラ設備 10
1.1.8　地雷および不発弾による国土汚染状況 11
1.2　ホスト国のCDMに関する政策・状況 12
1.2.1　カンボジア王国のCDM体制 12
1.2.2　CDM プロジェクトの承認 13
1.2.3　カンボジア王国CDM プロジェクト開発動向 14
1.3　カンボジア王国のSustainable Development Policy概要 15
1.4　ホスト国のニーズ 17
1.4.1　電力インフラ整備 17
1.4.2　農村地域の所得向上 18
1.4.3　未利用地の有効利用 19
2　ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の発電用燃料代替事業 21
2.1　プロジェクトの概要 21
2.2　企画立案の背景 22
2.2.1　JDIの開発支援活動 22

2.2.2 経済特区開発および電力の安定供給ニーズ 23
2.2.3 提案事業の技術的背景 24
2.2.4 本プロジェクトによる持続可能な開発への貢献 25
2.2.5 本プロジェクトの国内外での発展性 29
2.2.6 CDM実現性調査実施体制 29
2.3 プロジェクトの内容 30
2.3.1 プロジェクトの目的 30
2.3.2 プノンペン経済特区での電力需要・発電機増設計画・燃料消費量 31
2.3.3 発電機へのナンヨウナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油導入計画 33
2.3.4 ナンヨウアブラギリ種子調達計画 37
2.3.5 ナンヨウナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油生産 50
2.3.6 プロジェクト操業経費・販売収入 55
2.3.7 プロジェクト実施スケジュール 60
3 CDM事業化分析 61
3.1 CDM プロジェクトの目的 61
3.2 使用する方法論 61
3.3 プロジェクトバウンダリーおよびベースラインの設定 61
3.4 追加性の証明 63
3.5 温室効果ガス削減量 64
3.5.1 ベースライン排出量 64
3.5.2 プロジェクト排出量 65
3.5.3 リーケージ 72
3.5.4 プロジェクト実施によるGHG 排出削減量 75
3.6 モニタリング計画 76
3.7 クレジット獲得期間 78
3.8 環境影響・その他の間接影響 78
3.8.1 カンボジア王国における環境影響評価制度 78
3.8.2 プロジェクトによる環境影響 79
3.8.3 社会経済影響 80
3.9 利害関係者のコメント 80
4 事業性評価 84
4.1 プロジェクトの実施体制 84
4.2 資金計画 85
4.3 経済性分析 89
4.3.1 投資効果 89
4.3.2 感度分析 93

4.4　事業化に向けての見込み・課題 94
5　ホスト国におけるコベネフィットの実現 98
5.1　背景 98
5.2　ホスト国における公害防止の内容 99
5.3　コベネフィット指標の提案 99

図一覧

図 1.1.1　カンボジアおよびプロジェクト対象地域 1
図 1.1.2　カンボジアGDP成長率の変遷 3
図 1.1.3　外国投資受入額とGDPに占める外国投資の割合 4
図 1.1.4　カンボジアの貿易収支 5
図 1.1.5　輸入総額に占める各輸入品目の割合 5
図 1.1.6　首都プノンペンの消費者物価指数の変遷（2003～2008 年） 6
図 1.1.7　都市部・農村部別労働形態内訳 7
図 1.1.8　カンボジアにおける石油製品の消費量 9
図 1.1.10　カンボジアの道路整備計画 10
図 1.1.11　地雷が埋まっている可能性のある地域 11
図 1.2.1　DNAにおける審査プロセス 14
図 2.1.1　バイオ燃料サプライチェーンの中の本提案事業の位置付け 21
図 2.2.1　調査実施体制 30
図 2.3.1　Wärtsilä社のバイオ燃料対応エンジンの燃料システム 34
図 2.3.2　道路網とPPSEZ、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油精製工場 42
図 2.3.3　ELCを活用したプランテーション方式による種子生産計画 45
図 2.3.4　地方村落農民を対象とした小規模な垣根・間作方式による種子生産計画 48
図 2.3.5　ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の生産プロセス概念図 53
図 3.3.1　プロジェクトバウンダリー 62
図 4.1.1　プロジェクト実施体制 84
図 4.2.1　ロンドン銀行間貸し手金利 86
図 4.2.2　本提案事業におけるJBICの投資金融スキーム 87
図 4.2.3　本提案事業におけるNEXI 88
図 4.3.1　IRR感度分析 94
図 5.1.1　硫黄の硫酸への変換 98

表一覧

表 1.1.1　職業の内訳 7

表 1.1.2　カンボジアにおけるエネルギーバランス 8
表 1.1.3　都市部と農村部のインフラ設備状況の比較 10
表 1.2.1　カンボジアにおけるCDMプロジェクト 15
表 1.3.1　持続可能な発展への寄与度に関する指標 16
表 2.3.1　PPSEZで稼働中の発電機の重油消費量および発電量実績 32
表 2.3.2　PPSEZの電力需要予測と必要な発電機の台数 32
表 2.3.3　バイオ燃料対応エンジンの重油消費量と推定ﾅﾝﾖｳｱﾌﾞﾗｷﾞﾘ粗精製油消費量 33
表 2.3.4　Wärtsiläのバイオ燃料規格 35
表 2.3.5　Wärtsiläのバイオ燃料規格・重油・FAME検査項目一覧 36
表 2.3.6　GISによる栽培適正地抽出条件 41
表 2.3.7　対象地域 3 州のELCの概要 45
表 2.3.8　農家一世帯当りの垣根・間作方式での栽培計画 46
表 2.3.9　栽培対象地域における垣根・間作方式での種子生産量・名目生産性 46
表 2.3.10　垣根・間作方式の普及対象地域の概要 47
表 2.3.11　種子の生産・調達計画 48
表 2.3.12　代表的な食用油とナンヨウアブラギリ油脂の成分比較 51
表 2.3.13　Wärtsilä社燃料規格・ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油・重油比較 54
表 2.3.14　人件費の内訳 55
表 2.3.15　ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油生産施設費用 56
表 2.3.16　初期投資コスト 56
表 2.3.17　搾油設備の仕様 57
表 2.3.18　EDC電気料金の推移（US$/kWh） 57
表 2.3.19　Residual Fuel Oil取引価格（シンガポール）の推移 58
表 2.3.20　プロジェクトの実施スケジュール 60
表 3.3.1　PPSEZの発電所におけるCO_2排出係数の算出 63
表 3.5.1　ベースライン排出量の推定に用いたデータ 64
表 3.5.2　ベースラインGHG排出量 65
表 3.5.3　プロジェクトサイト（搾油工場）での電力使用に伴うGHG排出量の推定に用いたデータ 66
表 3.5.4　プロジェクトサイトでの電力使用に伴う排出量 67
表 3.5.5　化石燃料消費に伴うGHG排出量の推定に用いたデータ 68
表 3.5.6　プロジェクトサイトでの化石燃料消費に伴う排出量 69
表 3.5.7　種子輸送に伴うGHG排出量の推定に用いたデータ 70
表 3.5.8　種子輸送に伴うGHG排出量 70

表 3.5.9　種子およびナンヨウアブラギリ油の燃料輸送の増加に伴う排出量 71
表 3.5.10　プロジェクト排出量合計 71
表 3.5.11　施肥によるGHG排出量の推定に用いたデータ 74
表 3.5.12　合成肥料および有機肥料の施肥に伴うN2O排出量（CO2 換算） 74
表 3.5.13　リーケージ 75
表 3.5.14　クレジット期間におけるGHG排出削減量 75
表 3.6.1　モニタリング計画 77
表 3.8.1　社会環境影響評価レポートの構成要素 78
表 4.2.1　国際協力銀行の標準的な融資条件 85
表 4.2.2　NEXIの対象地域別海外投資保険比較 88
表 4.2.3　資金計画表 89
表 4.3.1　経済性分析におけるベースケースの仮定条件 89
表 4.3.2　プロジェクト採算表 91
表 4.3.3　事業性評価表 92
表 4.3.4　想定する排出権売却価格による内部収益率（IRR）および投資資金回収期間 93
表 5.1.1　カンボジアにおける軽油および重油の輸入量と用途別消費量（2005 年） 98
表 5.2.1　日本における重油のJIS規格（K2205－1980 扱粋） 99

略語一覧

ASEAN	Association of South-East Asian Nations／東南アジア諸国連合
CBEDC	Cambodia Bio-Energy Development Corporation／カンボジアバイオエネルギー開発会社
CDC	Council for the Development of Cambodia／カンボジア開発評議会
CDM	Clean Development Mechanism／クリーン開発メカニズム
CEC	Colben Energy Cambodia Ltd.／PPSEZ の発電事業者
CER	Certified Emission Reductions／認証排出削減量
CSL	Colben System Pte Ltd.／CEC の親会社
DNA	Designated National Authority／指定国家機関
EAC	Electricity Authority of Cambodia／カンボジア電力庁
EDC	Electricite Du Cambodge／電力供給公社
EIA	Environmental Impact Assessment／環境影響評価
FAME	Fatty Acid Methil Ester／脂肪酸メチルエステル
FAOSTAT	FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Statistics／国際連合食糧農業機関統計サイト
FS	Feasibility Study／事業化可能性調査
GHG	Green House Gases／温室効果ガス
HFO	Heavy Fuel Oil／重油
IEIA	Initial Environmental Imapct Assessment／初期環境影響評価
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change／気候変動に関する政府間パネル
IRR	Internal Rate of Return／内部収益率
ITC	Institute de Technologie du Cambodge／カンボジア工科大学
JBEDC	Japan Bio-Energy Develeopment Corporation／日本バイオエネルギー開発株式会社：提案事業実施主体、CBEDC 親会社
JBIC	Japan Bank for International Cooperation／国際協力銀行
JDI	Japan Development Institute／㈱日本開発政策研究所：本調査実施者、PPSEZ 実施者、CBEDC 親会社
JI	Joint Implementation／共同実施
JICA	Japan International Cooperation Agency／(独)国際協力機構
JIS	Japanese Industrial Standards／日本工業規格
MAFF	Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries／農林水産省
MIME	Ministry of Industry, Mining and Energy／工鉱業・エネルギー省
MJ	Megajoule／メガジュール（１メガジュール＝0.277 778KWｈ）

MOE	Ministry of Environment／環境省
MOP	Ministry of Planning／計画省
MOI	Ministry of Interior／内務省
MPWT	Ministry of Public Works and Transport／公共事業・交通省
PDD	Project Design Documents／プロジェクト設計書
PPSEZ	Phnom Penh Special Economic Zone／プノンペン経済特区
REF	Rural Electrification Fund
RUA	Royal University of Agriculture／王立農業大学
RUPP	Royal University of Phnom Penh／王立プノンペン大学
SPC	Special Purpose Company／特別目的会社
WTO	World Trade Organization／界貿易機関

平成２０年度ＣＤＭ／ＪＩ事業調査

カンボジア・ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の発電用代替燃料利用ＣＤＭ事業調査

報告書　本編

1 プロジェクト実施に係る基礎情報

1.1 ホスト国、地域

カンボジア王国はインドシナ半島に位置し、タイ、ベトナム、ラオスと国境を接している東南アジアの国家である。国の中心をメコン川が流れており、主食の米となる稲作農業が盛んである。また、近年はアンコール・ワット、アンコール・トムなどの世界遺産を呼び水に観光業の発展も目覚しい。

図 1.1.1 カンボジアおよびプロジェクト対象地域

1.1.1 一般事情

正式名称	カンボジア王国
首都	プノンペン
面積	181,040 平方キロメートル
土地利用状況	耕作地（20.44%）、植樹園作物（0.59%）、その他（78.97%）（2005）
人口	14,241,640

人口増加率	1.752%
言語	クメール語（公用語）：95%、フランス語、英語
宗教	90%以上が上座部仏教
国内総生産	US$29.24 billion
GDP 成長率	7%
1 人当たり GDP（PPP）	US$2,100
主要産業	衣料品、木材、ゴム製品、米、魚
主要輸入品	石油製品、たばこ、金、機械、四輪・二輪車両
外国投資の総流入額	US$500 million （WB and UNCTAD, 2006）

Source: CIA Factbook(2009)

1.1.2 気候

気候は熱帯モンスーン気候であり、季節は大きく6月～10月の雨季と、11月～5月の乾季に分かれ、3月～5月が最も暑い時期で日中の気温は40度に達する。雨季にはメコン川が増水し、トンレサップ川に流れ込み逆流を起こす。逆流した水は上流にあるトンレサップ湖に流れ込み、湖の規模は最大5倍にまで拡大すると言われている。

1.1.3 政治

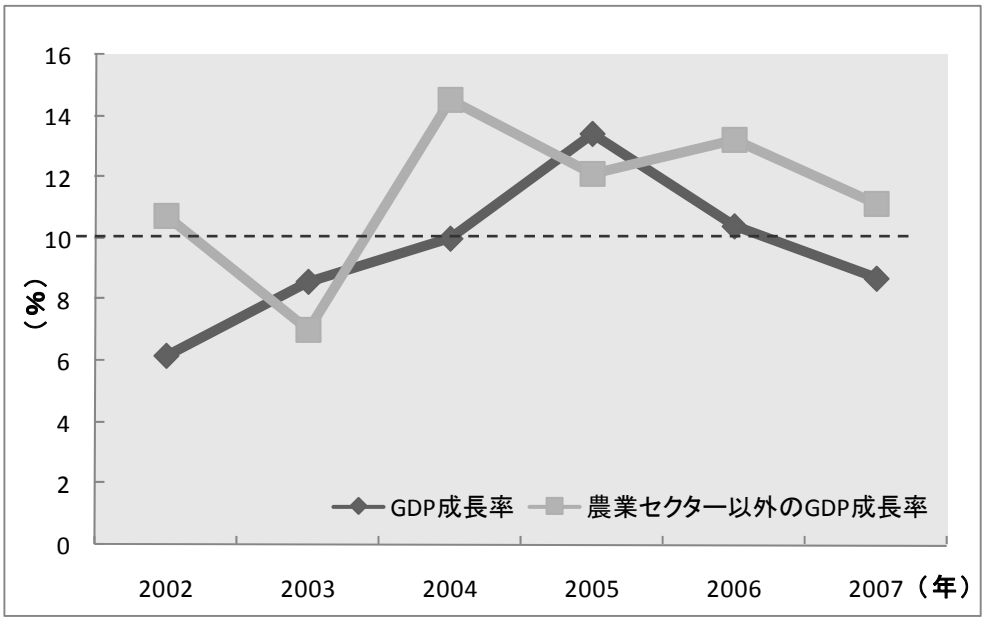
1953年のフランスからの独立以後、カンボジア政権はクメール・ルージュと呼ばれるポル・ポト率いる極右共産党政権の台頭による旱魃、飢餓、虐殺、ベトナム軍の侵攻による紛争などにより、不安定期が続いていた。1991年のパリ平和協定以後は、国際社会の支援の下平和を取り戻し、民主化が進められている。1998年以降は、現首相のフン・センが政権を治めている。

カンボジア政治構造は国民議会に国王を加えた立憲君主制であり、議会では二院制が採用されている。議員は5年に一度比例代表制の直接選挙によって選ばれる。2008年7月に行われた総選挙では、フン・セン現首相が率いる人民党が2003年時の73議席から大きく伸ばし、123議席の内99議席を獲得し、圧勝した。しかし、政権については人民党とフンシンペック党との連立が維持される形でフン・セン首相を首班とする新政府が9月25日に成立した。

政策としては、National Strategic Development Plan (NSDP) 2006-2010に沿って、民間企業の成長主導の貧困削減対策、社会開発、ガバナンスの強化による持続的な開発を目指している。その中でも特に農業・農村部開発、民間企業の成長支援に特に力を入れていく方針が示されている。

1.1.4 経済

内戦終了後、カンボジア経済は堅調な回復をし、周辺諸国の中でも最も安定した成長を続ける国の一つである。特に、主要な第1次産業である農林水産業を除いた縫製業、観光業は2004年以降連続して2桁以上のGDP成長率を示しており、今後もカンボジア経済の牽引役となる事が期待されている。

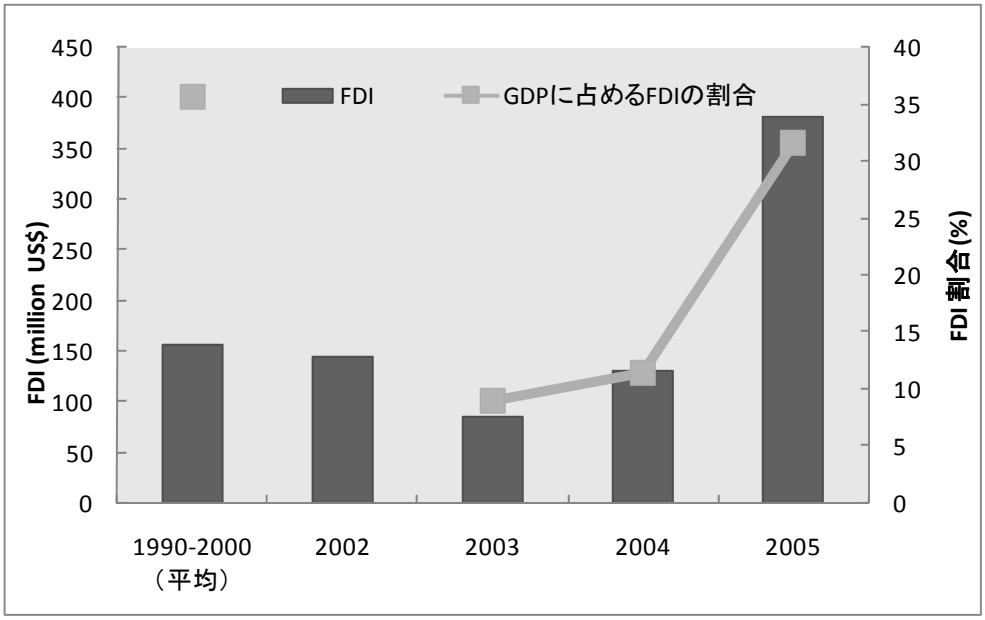


Source：EIC

図 1.1.2 カンボジア GDP 成長率の変遷

(1) 外国投資

カンボジア国民の約8割が従事する農林水産業は、水耕と水産業を除き技術導入が遅れ生産性が低いため、直接外国投資（FDI）の対象としてはまだ多くない。一方、周辺各国の通貨高の影響で、縫製業等の製造業が韓国、中国、タイ、から多く集まり、堅調なFDIを支えている。また、建設ブームを支える、建設業や数多く残る自然や歴史的遺跡の観光業もFDIの促進役となり、カンボジアの経済を支えている。



Source: UNCTAD

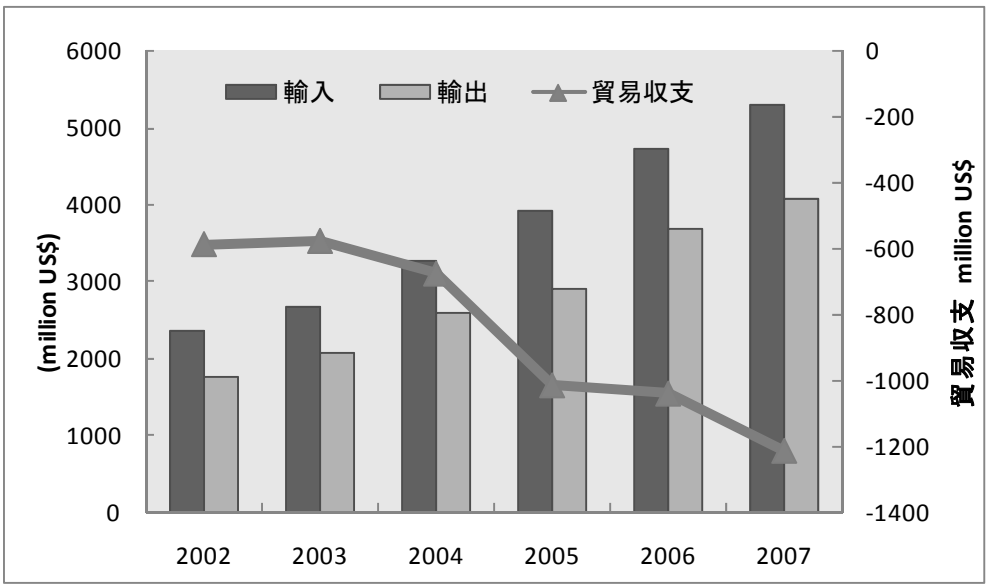
図 1.1.3 外国投資受入額と GDP に占める外国投資の割合

一方、特定の産業に経済成長が依存している為、周辺国に比べてカンボジアは外的要因に脆弱な面がある。2008年後半に顕在化した金融危機の影響で、2007年は7.9%増であった縫製産業の伸びが0.35%減になっており、全体のFDIも前年に比べて6.1%減となる見込みである（世界銀行）。この危機的な状況に対してカンボジア政府は2009年2月より下記のような対策を実施している。

金融政策	預金準備率の引き下げ（16%→12%） 不動産融資規制（貸付の 15%まで）撤廃
財政政策	予算の着実な執行
開発援助	952 百万ドルへ増加　（前年 689 百万ドル）

(2) 貿易概観

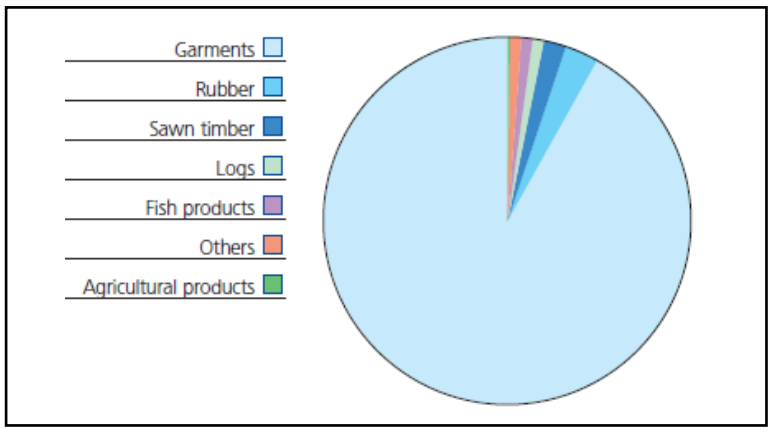
堅調な経済発展をに支えられ、輸出入共に継続的な延びを示している。一方、輸出入の貿易収支は、国内の生活水準の向上による消費の拡大、原油高の影響を受け、継続的にマイナスが大きくなっている。（図1.1.4）



Source：National Bank of Cambodia (2002-2006)、EIC (2007)

図 1.1.4 カンボジアの貿易収支

カンボジアの主たる輸出品目は衣料品、木材、ゴム製品、米、魚などであり、2007年時点での主要輸出国は、輸出額の多い方から順番に、アメリカ(輸出総額の約6割)、ドイツ、英国、カナダ、日本、スペインとなっている。一方、主要輸入品は石油製品、たばこ、金、機械、四輪・二輪車両などである。主な輸入国は輸入額の大きい方からタイ（輸入総額の3割）、中国、香港、シンガポール、ベトナムなど周辺国が多いが、縫製業の原料輸入による影響が大きい。

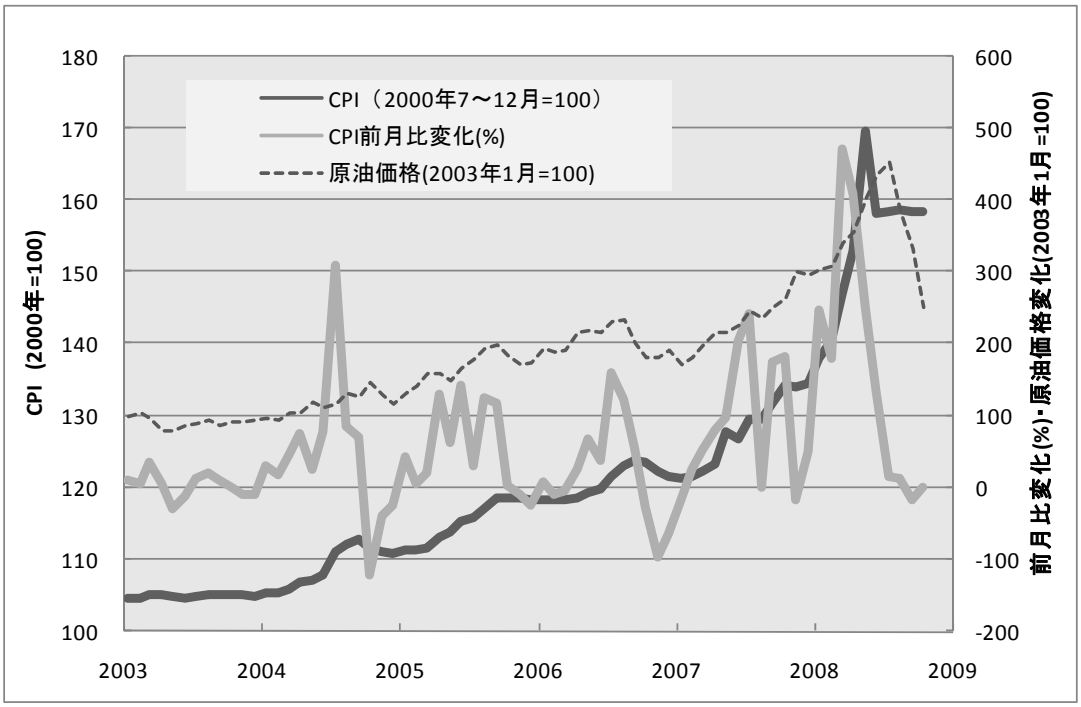


Source：MOP (2002)

図 1.1.5 輸入総額に占める各輸入品目の割合

(3) 消費者物価

下記にプノンペンとその他主要都市の消費者物価指数（CPI）を示す。カボジアは石油製品に留まらず多くの物品調達を輸入に頼っている為、原油価格や海外から調達する物品の価格変動の影響が大きく、2008年7月まで続いた原油価格の動向とよく対応している。



Source: NIS (2008)

図 1.1.6 首都プノンペンの消費者物価指数の変遷（2003～2008 年）

(4) 労働力

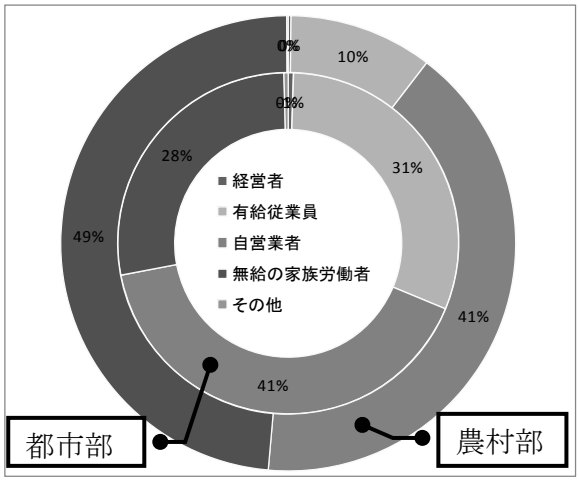
カンボジアでは人口の約2割が集中する都市部と残り8割が散在する農村部で労働従事形態、職業が大きく違う。2004年の国税調査の結果によると、農村部での農林水産業従事者は、男女それぞれ76%、81%で、非情に高い率で従事している事が分かる。一方都市部では、農林水産業が男女共に3割程度で一番多く、販売、製造、公務員と続いている（表1.1.1）。

労働形態においては、農村部・都市部共に自営業が4割で同様である。一方、その他労働形態は大きく異なり、有給の従業員として働く者は、都市部で3割、農村部で1割である。また、無給の家族労働の割合は、都市部で3割弱なのに対し、農村部では5割弱である。

表 1.1.1　職業の内訳

%	カンボジア全土		都市部		農村部	
	男性	女性	男性	女性	男性	女性
農林業	69.43	75.68	29.4	36.58	76.11	81.26
漁業	2.19	0.92	2.92	0.61	2.07	0.97
鉱業	0.24	0.12	0.6	0.33	0.18	0.09
製造業	4.21	6.41	7.33	11.35	3.68	5.7
電力、ガス、水供給	0.13	0.01	0.33	0.03	0.1	0
建設業	2.54	0.26	5.58	0.86	2.04	0.18
車輌および雑貨卸売り、販売、修理	5.74	11.89	14.24	31.25	4.32	9.12
ホテル、レストラン	0.48	0.74	1.65	3.35	0.29	0.36
交通、倉庫、通信業	4.03	0.15	9.81	0.49	3.06	0.1
金融仲介業	0.06	0.09	0.27	0.63	0.15	0.06
不動産、賃貸	0.25	0.14	0.84	0.68	0.15	0.06
公共機関、軍隊、強制社会保障	4.89	3.51	14.77	2.96	3.25	0.16
教育	2.05	0.97	3.27	2.7	1.85	0.73
保健、福祉	0.55	0.35	1.48	1.1	0.4	0.24
その他の地域・個人サービス業	2.86	1.25	6.23	4.71	2.3	0.76
住み込み使用人	0.25	0.43	0.86	1.94	0.15	0.21
治外法権組織	0.09	0.09	0.39	0.44	0.04	0.04

(Source: NIS and UNFPA, 2005)



Source: NIS, 2004

図 1.1.7　都市部・農村部別労働形態内訳

1.1.5 農業

カンボジアでは、メコン川流域の肥沃な大地を利用した米作を中心とした農産業が営まれてきたが、近年水耕に適さない丘陵地を活用した農業生産の多様化の取り組みが始まっている。前項で示したとおり、農業従事者はの割合は非情に多いものの、GDPにおける農業の割合は2006年時点3割程である。その要因として以下のようなものが上げられる。

① 効率的な生産技術の導入が限定的で原始的な農業生産
② 流通インフラの不備による国内外への市場へのアクセス制限
③ 高い貸付金利の為、農耕機や肥料を導入する者が多くない

米作に適した土地は殆どが既に利用されている為、増え続ける都市・農村の若年層の収入源確保の為、現在未利用である丘陵地の畑作に大きな期待がかけられている。しかしながら米作が主体で農業開発が行われていた為、低い生産性と畑作の農産物の低い付加価値の為、丘陵地を多く抱える地方では生産性が高く収益の高い品目の生産技術導入が望まれている。

現在は多くの国際支援機関、NGO等による活動に加え、大型の農業開発を目的とするFDIも流入が始まり、カンボジアの農業セクターは大きく変わる可能性がある。

1.1.6 エネルギー

(1) エネルギーバランス

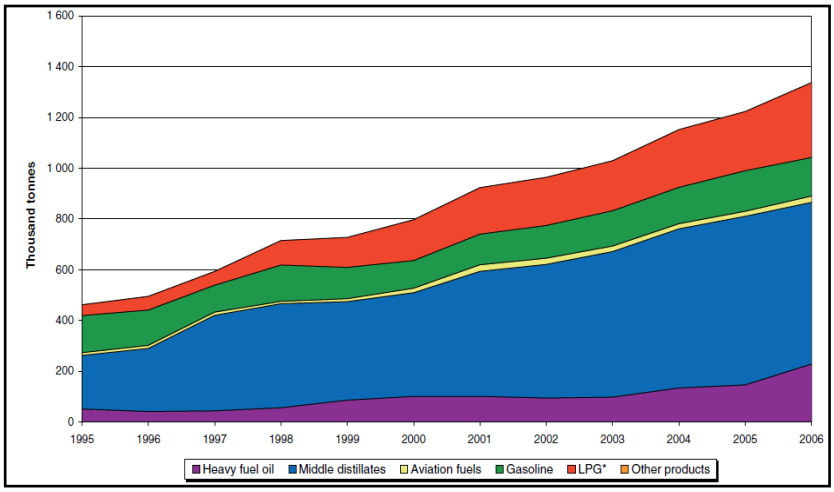
カンボジアでは海底油田や石炭の存在が確認されているが、2009年2月現在商業ベースで生産されているものは無く、国内消費エネルギーは薪炭と小規模水力を除きすべて輸入に依存している（IEA2005：表1.1.2）。輸入石油製品に関しては、復興と共に特に燃料用LPG（一部自動車利用有）と重油（HFO）、軽油・灯油（middle distillates）が高い伸びを示している。

表 1.1.2 カンボジアにおけるエネルギーバランス

（単位：原油換算 1,000 トン）

	石炭 ピート	石油	石油 製品	ガス	原子力	水力	地熱 太陽光	薪炭	電力	合計
生産	0	0	0	0	0	4	0	3,558	0	3562
輸入	0	0	1,415	0	0	0	0	0	9	1425
輸出	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Source: International Energy Agency (IEA), 2006



Source: OECD/IEA, 2008

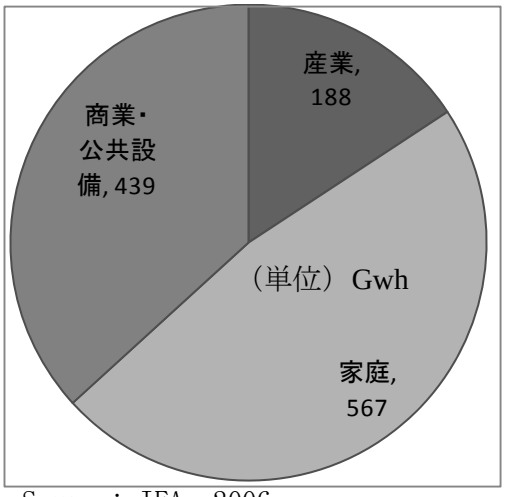
図 1.1.8 カンボジアにおける石油製品の消費量

(2) 電力

堅調な経済発展と共に電力需要が高まり、カンボジア政府は各国の支援を受けて電力インフラの整備を進めている。IEAの調べによると、2006年の発電量1,233Gwhの内、1,182Gwhが重油・軽油、51Gwhが水力によって発電されている。重油・軽油は全て輸入している上に、発電機の容量が小さい為発電コストが非常に高くなり、電気料金はアセアン諸国の中で最も割高となっている。

電力網の整備不足から、人口の15%程度の都市部での電力消費量は全国の電力消費量の約90%強を占めている。特にプノンペン近郊の首都圏地域の電力消費量は全国の80%強で、カンボジアの高い電力需要の主要因となっている。世帯電化率は都市部60%、地方部12%程度で、全国平均で約20%である。

電力網の整備不足と不安定な電力供給の為、大型の産業施設の殆どが自家発電機を導入している為、各種公表資料には産業で利用されている電力消費量は反映されていない。



Source: IEA, 2006

図 1.1.9 カンボジアの電力消費（自家発電を除く）

電力の詳細に関しては1.4.1項、電力インフラ整備を参照の事。

1.1.7 インフラ設備

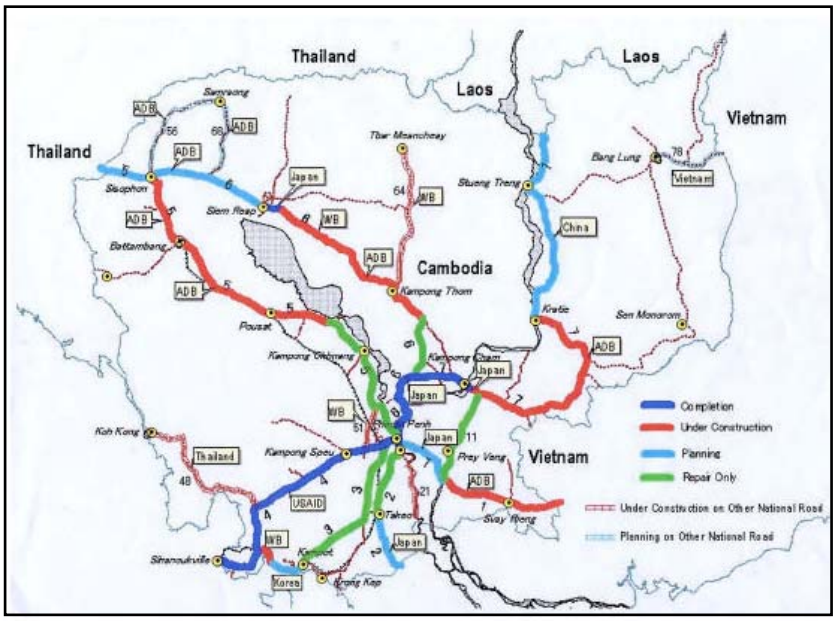
日本を始めとする各国支援により、各種基本インフラ整備は進んでいるが、地方部ではまだその整備が行き届いておらず、都市部と農村部のインフラの格差が広がっている。

表 1.1.3 都市部と農村部のインフラ設備状況の比較

	プノンペン	その他都市部	農村部
下水設備へのアクセスが可能な世帯（NIS, 2004）	59.9%	5.2%	0.9%
公衆衛生設備へアクセスが可能な世帯（NIS, 2004）	29.8%	36.8%	10.6%
安全な水へのアクセスがある世帯（NIS, 2004）	85.9%	57.9%	42.4%
固定電話普及数（JICA, 2003）	2.9 万台		0.9 万台
照明の主要源が電気である世帯（NIS, 2005）	56%		11%

Source: WB(2003)、NIS(2004-2005)、JICA(2003)

道路網の現在の状況と今後の整備計画は図1.1.10に示すとおりである。日本を含む各国支援により、1993年から2002年の間に約13,000km（内舗装道路は4,600km）の道路整備が行われた。また、カンボジアの唯一の外洋国際港であるSihanoukvilleと首都プノンペンを結ぶ国道3号、国道4号線は気温が高い時期でも大型トレーラーが走れる道路舗装が施されている。



Source: JICA (2003)

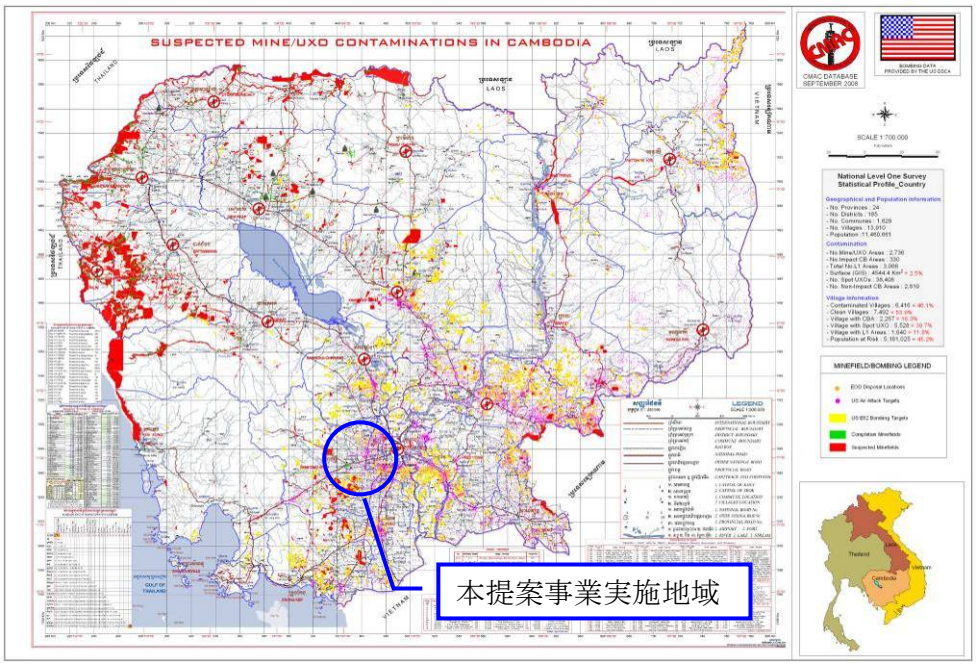
図 1.1.10 カンボジアの道路整備計画

鉄道は、アジア開発銀行（ADB）が中心となって進めているメコン流域開発構想(GMS:Greater Mekong Sub-region)の一端として、既存の鉄道網（プノンペンーシアヌークビル：国際港湾、プノンペンーポイペット：タイとの国境）の改修がADBの支援によって進められている。

1.1.8 地雷および不発弾による国土汚染状況

カンボジアの各種開発、特に地方部での農業開発において他国とは別に考慮する必要項目として地雷および不発弾がある。カンボジアの国土には、1970年より30年間続いた内戦中に大量に埋められた地雷およびベトナム戦争当時に投下された不発弾（UXO）が今も数多く残っている。各国支援、国際NGOの支援の下、除去作業が続けられているが、同爆発物による汚染地域から全ての爆発物を除去するには時間とお金がかかる為、今現在も毎年被害が出ている（2006年時点で年間450人）。

同国で地雷除去を行うカンボジア・マインアクションセンター（CMAC：Cambidua Mine Action Center）の発表資料によると、本提案事業に関連する油糧種子生産地域の一部にも地雷で汚染されている地域がある。



(Source: CMAC, 2008)

図 1.1.11 地雷が埋まっている可能性のある地域

1.2 ホスト国のCDMに関する政策・状況

1.2.1 カンボジア王国のCDM体制

カンボジアは、1995年12月13日にUN Framework Convention on Climate Change（国連気変動枠組条約)を承認し、2002年7月4日に京都議定書の批准を承認した。国内では、2006年4月24日に首相令により国家気候変動委員会(National Climate Change Committee)が設立され、翌年の6月に第一回国家気候変動委員会の会合を開催した。更に、同年12月に二回目の会合が開かれた。この会合において、気候変動技術ワーキンググループが設立され、またCDMプロジェクトの体制および承認手続きを確立した。

(1) 指定国家委員会（DNA Board）

指定国家委員会（DNA：Designated National Authority）の設置は、CDM理事会において、参加国が満たすべき要件として義務づけられている。カンボジアでは、2003年に環境省が暫定DNAとして指名された。指定国家委員会は、環境省(MOE)をはじめとして、農林水産省(MAFF)、鉱物・エネルギー省(MIME)、計画省(MOP)、開発評議会(CDC)、公共交通省(MPWT)から選出された代表者(次官レベル以上)によって構成されている。議長は環境省(MOE)と定められ、副議長は、農林水産省(MAFF)と鉱物・エネルギー省(MIME)の両方が務めることになっている。

委員会の主な役割は、提案されたCDMプロジェクトの評価である。特に、国家の持続可能な発展への目標に準准じているかを確認し、承認の決断を下す。

(2) 指定国家事務局（DNA Secretariat）

指定国家事務局は、環境省内にある気候変動室（CCCO：Cambodian Climate Change Office)）が担当している。事務局である環境省気候変動室は、国家の全てのCDMプロジェクトに対する連絡窓口である。CDMに関する申請書類等を受け取り、申請書類の記入漏れ等を確認する。また、PDD(Project Design Document：プロジェクト設計書)においても、記入漏れや情報の欠如等を確認する役割を果たす。事務局は、指定国家委員会との連絡窓口であるだけでなく、NGO、民間企業、大学、地域団体等の外部組織との連絡窓口でもある。

PDDが不十分である場合、事務局はPDDを拒否する権利がある。ただし、CDMプロジェクトを承認する権限は持っていない。また、事務局は、CDMの内容等を公表する権限を持っている。

(3) Technical Inter-Ministerial Working Group（総合技術ワーキンググループ）

技術的なグループとして、カンボジアには2つのワーキンググループが存在する。一つは、エネルギー技術グループであり、鉱物・エネルギー省(MIME)内の再生可能エネルギー部、エネルギー効率部、エネルギー計画部、水力発電部をはじめとし、プノンペン大学（RUPP）、王立農業大学(RUA)、カンボジア工科大学（ITC)の代表者によって構成されている。また、農林水産省(MAFF)や公共交通省(MPWT)の代表者がグループに加わることもある。もう一方の森林技術グループは、農林水産省(MAFF)内の森林行政部、作物栽培部、農業企画部をはじめとし、環境省(MOE)内の気候変動室、自然保護部、プノンペン大学（RUPP）、王立農業大学(RUA)等の代表者によって構成されている。

CDMプロジェクトにおいて、ワーキンググループが特に注目する内容は、カンボジアにおける持続可能な発展への貢献である。これを念頭に置き、技術的な面からCDMプロジェクトの評価を行い、技術評価レポート（Project Technical Assessment Report）を事務局に提出する。 また、CDMプロジェクトの進展を管理する役割を担う。

1.2.2 CDM プロジェクトの承認

申請から承認までの所要日数は、週末・祝日を除く55日間である。承認手順は３つのフェーズに分けられる。第一フェーズは、プロジェクト提案者によるPDD申請書の提出に始まり、DNA事務局による第一次選考過程である。提出書類の記載漏れ等の確認が、この過程での主な作業である。また、提出書類がCDMプロジェクトの基準に満たされているかを確認し、更にカンボジアの持続性基準が満たされているかも検証する。第一選考には、約10日間を要する。ちなみに、提出が義務付けられている書類は、気候変動室が作成した申請フォーム、PDD、気候変動室が作成した持続可能な開発におけるチェックリスト、クメール語で翻訳されたプロジェクト活動の概要である。また、必要に応じて以下の書類の提出が要求される場合がある：

・環境影響評価報告書（EIA）
・利害関係者コンサルテーションレポート
・環境マネージメント計画書
・投資プロジェクト承認レター

第一フェーズでの提出資料の確認後、ワーキンググループの会合開催の通知が各ワーキンググループのメンバーに配布され、メンバーによるPDD審査が開始される。各メンバーは、10日間の間にPDDに目を通し、個人でPDDを評価する。各メンバーへPDDが配布された10日後に、第一回ワーキンググループ会合が開催される。第一回会

合後にワーキンググループは技術評価レポートの作成に取り掛かる。このレポートを10日間で仕上げ、その後、第二回目の会合が開催される。この会合で、ステークホールダーからのコメントの募集が終了となる。第二回会合後、DNA事務局が国家指定委員会への最終評価報告書を10日間で作成し、委員会メンバーに提出をする。

第三フェーズに入り、各委員会のメンバーにより、最終評価報告書による審査が行われる。最終評価報告書が各メンバーに送られてから10日後に、委員会が開催され、最終的な判断が下り、承認または承認却下の通知書が発行される。第三フェーズは、15日を要する。

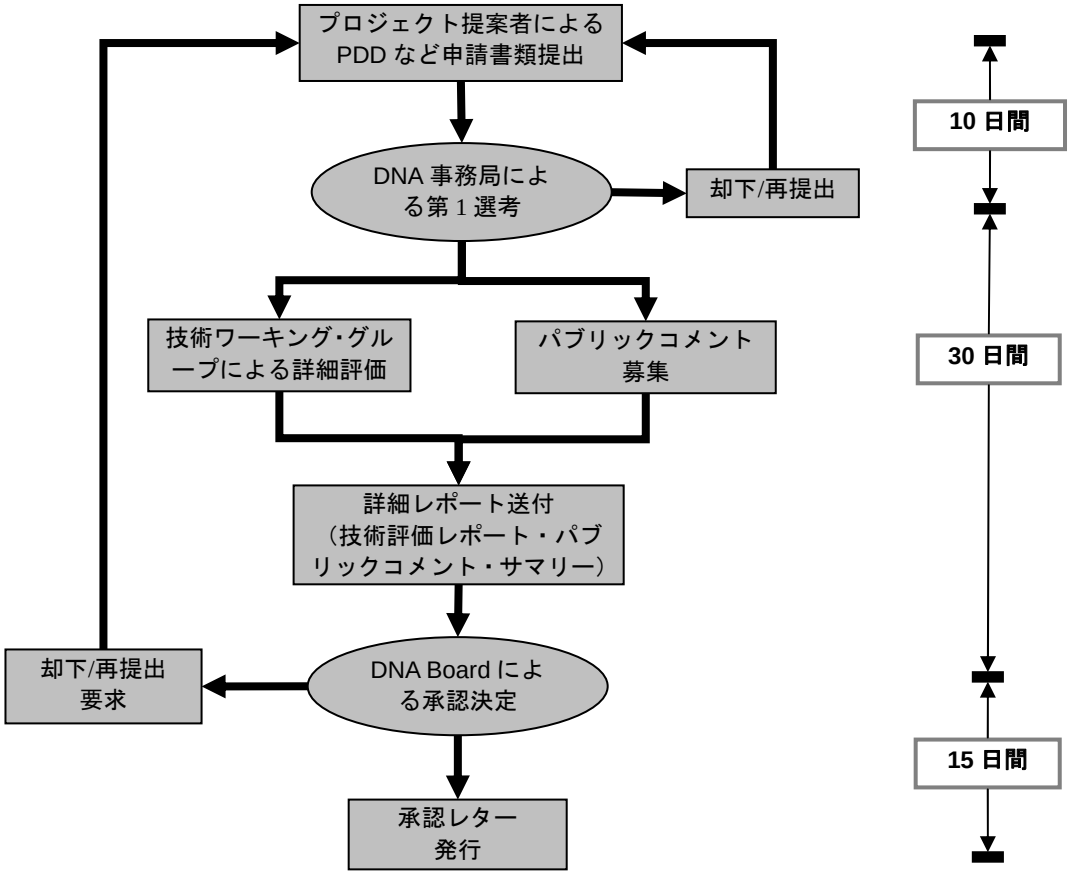


図 1.2.1 DNA における審査プロセス

1.2.3 カンボジア王国CDM プロジェクト開発動向

2008年12月現在、カンボジア政府承認済みのプロジェクトは3件存在する。その内2つはバイオガスに関するプロジェクトであり、残りの1つは、バイオマスに関するプロジェクトである。バイオマスのプロジェクトは、米の籾殻から電力を発電するプロジェクトであり、既に国連の承認を得ている。他のプロジェクトに関しては、

国連の審査中である。

カンボジアでは、更に2つのCDMプロジェクトが存在するが、カンボジア政府の審査中であり、まだ承認されていない。1つは、排熱利用プロジェクトであり、もう1つは、水力発電に関するプロジェクトである。

表 1.2.1 カンボジアにおける CDM プロジェクト

案件名	案件の種類	案件補足情報	ホスト国承認日	年間削減量 (tCO2/yr)	案件参加者(ホスト国)	案件参加者(その他)	ステータス
Angkor Bio Cogen Rice Husk Power Project	バイオマス	粉穀	2006.01.19	51,620	Angkor Bio Cogen Co., Ltd.	三菱 UFJ 証券(日本)	登録済み(2006.08.10)
T.T.Y. Cambodia Biogas Project	バイオガス	家畜糞尿	2007.07.04	50,036	T.T.Y Co., Ltd. Carbon Bridge Pte Ltd.	未定	登録申請中
Methane fired power generation plant in Samrong Thom Animal Husbandry Cambodia	バイオガス	家畜糞尿	2007.10.15	6,262	Samrong Thom Animal Husbandry	三菱 UFJ 証券(日本)	登録申請中
Komport Cement Waste Heat power Generation Project (KCC-WHG)	廃ガス・廃熱利用	セメント製造ライン	未承認	17,249	Komport Cement Company Co., Ltd.	未定	国家承認申請中および有効化申請中
Kamchay Hydroelectric BOT project	水力発電	新規貯水式	未承認	370,496	Sinohydro Kamchay Hydroelectric Project Co., Ltd.	未定	国家承認申請中

(Source: IGES, UNFCC)

1.3 カンボジア王国のSustainable Development Policy概要

カンボジア政府は、開発プランとして3つの柱を軸に持続的成長戦略を提唱している。その3つの柱とは、経済発展、環境保護および貧困の削減である。これらの「柱」が土台となり、開発戦略が考えられ、CDMプロジェクトもこの戦略に見合う必要がある。

カンボジア政府は、持続可能な発展への寄与度を評価するためのマトリックス表を公表している。技術ワーキンググループは、CDMプロジェクトを同表を用いて評価する。

評価項目は、4分野(環境、社会、技術移転、経済)に分別される。全体で25の指標がある。その内、11項目は環境に関するものであり、社会に関しては、8項目の指標が存在する。また、2つの指標が技術移転に関するものであり、残りの4指標は経済

に関する項目である。25の指標をカテゴリー別に表したものが以下の表である。

表 1.3.1 持続可能な発展への寄与度に関する指標

カテゴリー1：環境保護および改善 クライテリア	指標
1.1 地球温暖化緩和への貢献	温室効果ガス
1.2 大気汚染の影響度	大気汚染の増減（PDD 中のベースラインシナリオとの比較）
1.3 水質汚染の影響度	水質汚染の増減（PDD 中のベースラインシナリオとの比較）
1.4 土壌汚染の影響度	土壌汚染の増減（PDD 中のベースラインシナリオとの比較）
1.5 騒音の影響度	騒音の増減（PDD 中のベースラインシナリオとの比較）
1.6 生物多様性保存	生態系、種類、遺伝レベルにおいて土地固有の生物の増減、絶滅の危機にある生物の生息場所の増減、多様な土地固有主の活動、保護種および生息場所におけるマネジメント・実行計画の有無、など
1.7 土地資源の持続可能な利用	土地資源の増減
1.8 鉱物資源の合理的使用	鉱物資源の合理的使用度
1.9 森林資源の持続可能な利用	森林資源の増減
1.10 水資源の持続可能な利用	水資源の増減
1.11 歴史的、文化的、国特有遺産物への影響	歴史的、文化的、国特有遺産物の保全への影響

カテゴリー2：社会指標－所得と生活の質向上 クライテリア	指標
2.1 貧困削減	地域住民の所得の増減、現地住民、特に貧困層の生活の改善
2.2 地域社会基盤への寄与	地域社会基盤の提供具合（井戸、道路、学校など）
2.3 利害関係者とのコンサルテーション	利害関係者とのコンサルテーション開催、 地域利害関係者のプロジェクト支援の有無 意思決定過程において利害関係者の参加有無
2.4 地域社会資産へのアクセス	地域社会資産へのアクセスの増減
2.5 プロジェクト地域の地域社会利益に対する公平性	プロジェクト地域の地域社会利益に対する公平性の有無
2.6 国内雇用の増加	国内雇用の増減
2.7 公衆衛生への影響	公衆衛生の改善度
2.8 男女平等性	男女間の機会均等、女性の社会的地位向上への貢献度

カテゴリー3：技術移転 クライテリア	指標
3.1 最適かつ利用可能な最善技術の移転	高度な産業経済で利用可能な最善技術の採用かどうか 技術が既に立証されているかどうか 地域において利用可能な最善技術が維持されるかどうか 地域の経済や社会状況に対する適切性
3.2 キャパシティビルディング	技術・機器の使用・管理における技能の移転 機器の設置・管理において地域の会社利用 カンボジアで未開発の専門領域における地域の技術専門家の訓練

カテゴリー4：経済利益 クライテリア	指標
4.1 地域ビジネス産業の利用	地域ビジネス産業の利用度
4.2 プロジェクトコストの国内使用の有無	プロジェクトコストの国内使用割合
4.3 化石燃料依存の軽減 （エネルギープロジェクトのみ）	再生可能またはクリーンエネルギー使用度 化石燃料の依存度
4.4 輸入エネルギー依存の軽減 （エネルギープロジェクトのみ）	輸入エネルギーへの依存度

(Source: IGES)

各指標は、3つの基準方法によって評価される。プロジェクトにより、上述したそれぞれの指標に対し効果が得られると判断される場合は、ポジティブ（Positive）と評価され、効果が得られないと判断された場合は、ネガティブ（Negative）と評価される。特に影響しない場合は、ニュートラル（Neutral）といった評価を得る。一つでも「ネガティブ」と評価された場合、その指標項目に関するプロジェクトの改善を行い、再度DNAへ申請する必要がある。

1.4 ホスト国のニーズ

1.4.1 電力インフラ整備

カンボジア政府は半世紀にも及ぶ混乱期を乗り越え、ここ十年の間で目覚ましい復興を遂げてきたが、基本的なインフラ改善の面では近隣諸国に比べるとまだ十分なレベルには達していない。エネルギー分野での政府の取り組みは、電力供給公社（EDC）による散在した地域レベル送電網の設置に留まっている。政府はエネルギーセクター強化のための政策として、官民協力事業（PPP：public and private partnership）の導入による効果的で迅速なエネルギーインフラ開発を目標としている[1]。カンボジアの供給電力の約9割はディーゼル・重油発電機によるものであり、電気事業者の電力系統はそれぞれが独立している。小規模なディーゼル・重油発電機であることに加え、発電燃料はすべて高コストの輸入燃料に頼っているため、カンボジアの電気料金は周辺諸国の中で最も高くなっている。

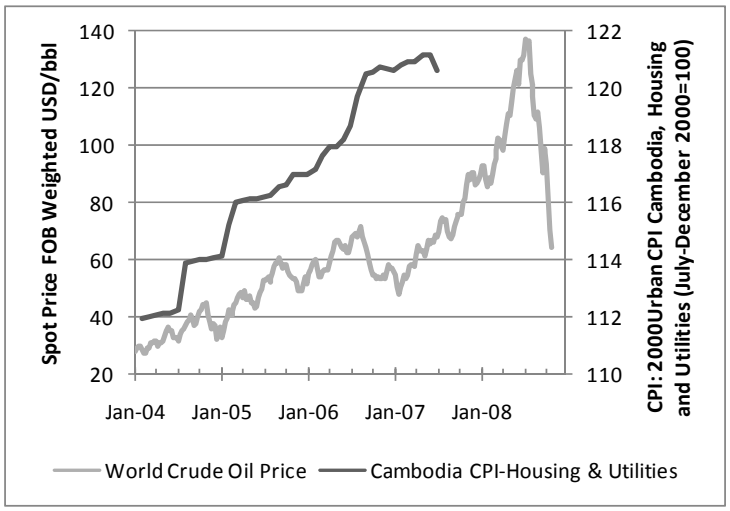
プノンペンの家庭用電気料金は、使用量に応じてUS$0.095～0.176/kWh[2]（1カンボジアリエル=US$4,100で換算）となっている。また2008年5月時点、事業提案者がプノンペンで運営中のPPSEZでのEDCからの電力購入料金はUS$0.21/kWhであった。電力料金は2008年7月末に行われた選挙後更に上がる事が確実視されていたが、その後の原油価格下落で電気料金は維持されている。

一方、地方電化の推進を担う小規模電気事業者の電気料金はさらに高く、US$0.50/kWhを超えているところも多く、US$1.00/kWhを越えるケースに対してもカンボジア電力庁（EAC）は発電および売電免許を与えている（EAC2008）。2003年から継続的に続く燃料価格高騰のあおりを受け、地方では特に小規模発電事業者の更なる料金値上げにより、多くの地方農民は電力購入契約を破棄せざる終えない状況に至っている。その結果、小規模発電事業者そのものが廃業し、地域全体が無電化となる悪循環さえ生まれていた。

[1] MIME,1999, Cambodia Power Sector Strategy 1999-2016
[2] JICA, 2007/11, カンボジア国・電力セクター育成技術協力プロジェクト（フェーズ 2）第 1 次事前評価調査報告書

カンボジアにおける高い発電コストは、一般庶民の生活水準、同国の経済発展、民間投資誘致の大きな阻害要因となっており、各国援助機関、開発銀行等の重点的な開発支援が行われている。タイ国境、ベトナム国境の一部の地域では一部輸入電力が利用できるようになったが、全国を繋ぐ電力網がまだ未整備のため、周辺各国に比べて電力価格が数倍と言う状況は今後も続くことが予想されている。

非常に高い電力価格に加え、不安定な電力供給も大変深刻である。現在EDCのプノンペングリッドの発電能力は200MW程度であるが、グリッド内のピーク時需要は230～250MWと予想される（EDC、PPSEZ）。停電はピーク時に留まらず夜間でも不定期に起こるため、近代的な生産施設で連続的な生産活動を必要とする事業所は主に自家発電施設を併用又は専用に利用している。



Source: Energy Information Administration, DOE, USA
National Institute of Statistics, MOP, Cambodia

図 1.4.1 原油価格とプノンペンの消費物価指数

カンボジアの堅調な経済成長を持続するためには、電力インフラの改善対策が早急に必要である。本提案事業である「カンボジア・ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の発電用代替燃料利用CDM事業」は、今後中長期的にも継続的な使用が見込まれる系統・自家発電事業者に安定的な再生可能燃料供給の可能性を示すもので、輸入燃料に依存という問題に対する抜本的な解決策の一つとなりえる。

1.4.2 農村地域の所得向上

近年堅調な成長を続けるカンボジアは外国投資呼込みに成功し目覚ましい発展を遂げているが、その恩恵は主に外国投資が集中する都市部に限定されている。人口の約8割が居住し、貧困層が散在する農村部では所得の低さに加えて、燃料・食糧価格高騰の影響により、生活が困窮している。その原因のひとつに、長年米作を中心とする農業生産が主体の開発が進められて来た為、畑作による換金作物が少ないことが挙げられる。

本提案事業の対象地域は国道沿いの商店を除き市民の多くは水耕・放牧を中心とした自給自足に近い生活をしている。農閑期にプノンペンにて出稼ぎで生計を立て

る若年層も若干いるが、国道から離れた多くの村落では主に雨季の穀物生産で生計を立てている。同地域の農民の所得源は①水耕②薪炭収集・生産③畑作・放牧の3つに大別される。現地ヒアリングによると、ほぼ全ての家庭で2-4ha程度の土地を所有又は利用が可能だがその一部を利用して水耕のほか、畑作として野菜、かぼちゃ、サフラン、コーン、大豆、ココナツ、マンゴー等の果物などが生産されているが、その殆どが家庭で消費される。

同地域では食糧・燃料費の高騰に伴い、新たな収入源の確保が切望されているが、商品価値が低く生産性の悪い畑作に追加的な収入を求めるものは多くない。増え続ける生活費を支える為、地域内の未利用地である丘陵地帯に適した収益性の有る畑作農業の展開が必要である。また、現在は乾季の収入が殆ど無い為、乾季でもある程度の収入が得られる作物の導入が切望されている。

JDIは耕作に不適切な丘陵地や、路側帯、土地境界を利用したナンヨウアブラギリの生産技術開発を行い、同国の未利用地の有効利用策の提案を行って来た。ナンヨウアブラギリは近年特にその可能性の高さから注目を集めているトウダイグサ科の低木で、油糧種子を生産する。ナンヨウアブラギリの特徴は①非食用で食料との競合が無く、②乾燥地域や痩せた耕作不適性地でも栽培が可能で、③比較的短期で種子生産が可能になり長期間種子生産が期待できる事である。

ナンヨウアブラギリはカンボジアでは古くから垣根として利用されて来たが（一部石鹸や燈油にも利用）、種子の本格的な生産はこれまでなく、農民で高い種子生産技術を知る者は殆どいない。現在の種子生産性ではナンヨウアブラギリ単一の大規模植林は事業性が低いが、JDIが進める換金作物との間作により十分な収益を確保できることが確認されている。

1.4.3 未利用地の有効利用

カンボジアは広大な未利用地があるが、収益性のいい米作に適した土地は既に利用され、増え続ける若年層が新規に開拓を行う未利用地は殆どが丘陵地であるため、畑作で生計を立てる必要に迫られている。また、政府は貧困農民の支援策として、社会土地利用権（SLC： Social Land Concession）で公有地の利用権を与え、適切な運用が一定期間行われた場合、利用者に譲渡される政策が取られている。農民へ分配されるSLCの面積は平均して1世帯辺り数haである。しかしながら、公有地の殆どは丘陵地であり、米作が中心に農業開発が行われてきた同国では、商品価値が低く生産性の低い丘陵地の畑作利用は限定的である。

人口が継続的に増加する中、貧困農民層や新たに農業に就く若年層の所得を向上させる為には、低い収益性の畑作という問題の根本的な解決が必要である。また、広大な未利用地が無秩序な開拓により比叡する事の無いように、土壌、地勢を考慮した土地の有効利用が望まれる。

JDI は 2004 年より新たな換金作物としてナンヨウアブラギリの栽培技術の移転をで進めてきたが、生産性の低いナンヨウアブラギリ生産を農民が続ける為の試行錯誤を続け各種試験栽培を行った。その結果、海外市場で安定的に高価で取引されている豆類との間作がうまく組み合わできる事を確認し、現在プロジェクト実施地域においてプロモーション用の試験農園で実証と農民への栽培技術講習を行っている。

2　ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の発電用燃料代替事業

2.1　プロジェクトの概要

株式会社日本開発政策研究所（JDI：本調査実施者）が現在カンボジア王国プノンペン郊外で運営・開発中のプノンペン経済特区（PPSEZ）へ増設予定の計13MWの重油発電機（6.5MW x 2基、※現在6.5MW x 2基の重油発電機が稼働中）の燃料をナンヨウアブラギリ油脂の粗精製油（ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油）で代替し、温室効果ガスの削減と安価で安定した燃料供給による価格競争力のある電力供給をPPSEZへ行う。（図2.1.1）

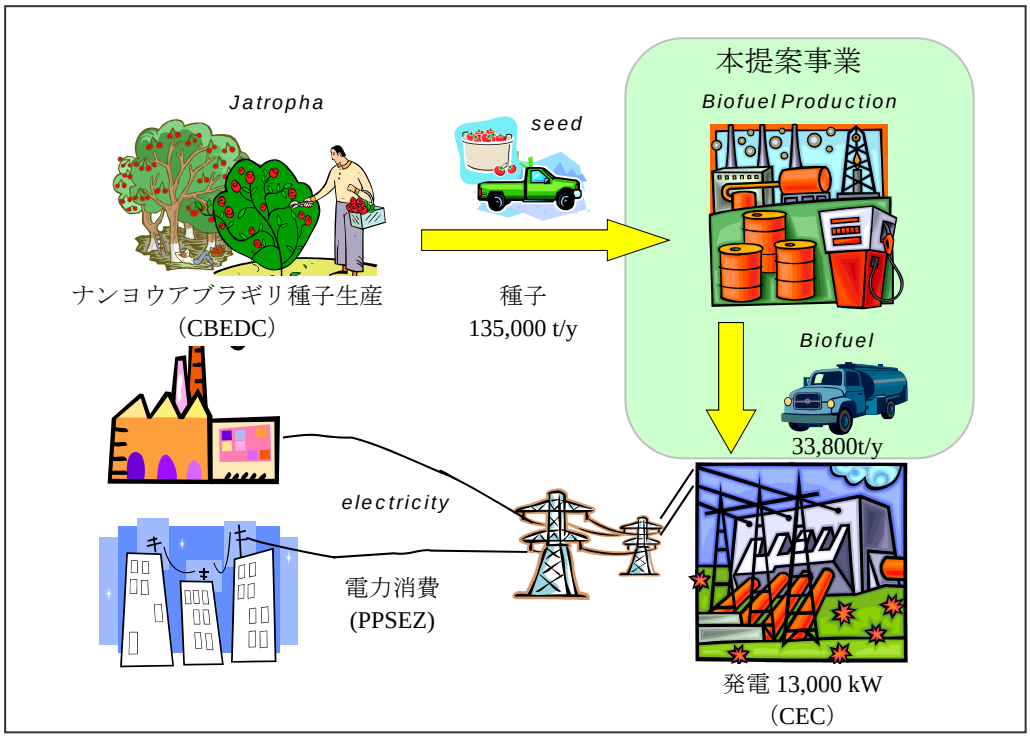


図 2.1.1　バイオ燃料サプライチェーンの中の本提案事業の位置付け

本提案事業はCDMの特別目的会社（グリーンエナジー社：SPC仮称）を設立し、SPCがナンヨウアブラギリ粗精製油の製造・販売を行う計画である。SPCはまた、CDM事業の実施主体として排出権取得事業の実施・運営・管理を行う計画である。SPCは、JDIとJDIのバイオ燃料特別専門会社（JBEDC：日本バイオエネルギー開発㈱）、PPSEZ（予定）、PPSEZで発電事業を行うColben Energy Cambodia Ltd.（CEC）の親会社であるColben System Pte Ltd.（CSL）（予定）、本邦企業でCDM事業に参画を希望する法人（予定）の4社の共同出資により構成され予定である。（図4.1.1）

ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油は、プノンペンに隣接するカンポンスプー州でナンヨウアブラギリ種子から搾油後精製され生産される。ナンヨウアブラギリ種子の調達はJBEDCがカンボジア法人として創設したCBEDC(Cambodia Bio-Energy

Development Corporation)から全量購入する予定である。

ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油は3.4万トン/年生産され、トラック輸送によりPPSEZへ運搬され、CECのバイオ燃料対応発電機へ供給される。

想定されるプロジェクトの稼働開始時期は2011年で、ナンヨウアブラギリ栽培面積の段階的な拡大と、ナンヨウアブラギリ種子の生産性向上により、2016年にはPPSEZに増設されるバイオ燃料対応発電機2基の燃料全量をナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油で代替する事が可能となる見込みである。

想定されるプロジェクトの温室効果ガス削減量は、2011年：489tCO_2e、2012年：971tCO_2e、2013年：7,589tCO_2e、2014年：26,791tCO_2e, 2015年：52,645tCO_2e, 2016年～2020年：各年68,235tCO_2e/年で、10年間の合計429,657tCO_2eとなる予定である。

2.2 企画立案の背景

2.2.1 JDIの開発支援活動

提案者JDIは、2003年よりカンボジア政府の経済開発アドバイザーとして、持続的な発展を可能にする各種産業開発支援と雇用創出を進めてきた。特に、外資呼び込みの環境整備として進めた経済特区法の導入とその実例として行ったPPSEZの開発は、近年同国の開発に大きな影響を与えている。

一部の富裕層、新興事業家を除き、カンボジアでは人口の約8割が農業で生計を立てているが、伸び悩む生産性と高騰する物価の為、貧困状態から抜け出せない状況が続いている。JDIはこれら農村貧困層の収入安定と向上をもたらす支援事業にも取り組んでいる。特に海外マーケットを対象とした高付加価値の農産物生産の事業開発も行っている。

非食用バイオ燃料サプライチェーンの開発支援は、再生可能エネルギー開発及び雇用創出の観点から可能性の高い開発分野であり、2003年以来世界6カ国で計画を進めている。カンボジアは栽培技術の検討から始め、現在最も成果が上がっている国のひとつである。バイオ燃料サプライチェーンの構築は、安定かつ継続的な雇用を創出する新しい農業開発手法として、各国援助機関、カンボジア政府関係各省等、非常に高い関心を示している。

JDIが2003年より4年越しで行ってきたカンポンスプー州でのナンヨウアブラギリ栽培は、栽培技術の確立、栽培技術者の育成、農民の組織化等を行い、2007年より本格的なモデルプランテーションの開発に着手している。現在試験栽培を行う試験農園は、複数箇所合計30ヘクタール程で、今後は下記を計画している。

2009年度に①追加のプロモーション・栽培指導農園として自社農園200ヘクタール、

また2009年以降順次、②大型の経済的土地営業権(ELC：国内外の事業家が大型の農産業を行う為に貸与される最大10,000Haの土地営業権)での「プランテーション」開発支援、および③農村および耕地境界を利用した「垣根・間作方式契約栽培」支援を行う計画をしている。同計画の推進により、本提案事業で必要とされるバイオ燃料資源のナンヨウアブラギリ種子の十分量を調達する計画である。

2.2.2 経済特区開発および電力の安定供給ニーズ

(1) 経済特区開発支援と電力の安定供給ニーズ

提案者がAttwood Investment Group（現地法人）と進めているPPSEZの開発は首都プノンペン地区で初めての経済特区開発であり、既に第１フェーズの140ヘクタールの内9割は売約済みで、日系企業を含む国内外の事業者が2008年より工場の建設を始め、事業者によっては既に生産活動を始めている（2009年2月現在）。

PPSEZでは入植企業の安定的な生産活動を支援するため、CSLとの合弁で、PPSEZ内に重油発電機を導入し、CECが運転管理を行っている。現在は、PPSEZ内での需要が少ないため、既に稼働中の13MWは一部EDCに売電を行っているが、PPSEZ内での需要増加に伴ってPPSEZ内への売電へ順次切り替えを行う予定である。

他発電事業社と同様、2007年より継続的に続いた燃料高による発電コストの高騰により、PPSEZへの売電価格を非常に高くする必要があり、企業誘致の観点から非常に深刻な問題となっていた。このような理由から、PPSEZ/CECはJDIが提案する国内産のバイオ燃料による安定且つ競争力のある燃料調達に高い関心を示していた。

(2) 提案事業の意義

本提案プロジェクトは、高コストの輸入燃料をカンボジア国内産のナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油で代替し、電気料金の低減・安定化を目指すと同時に、化石燃料の利用を低減し温室効果ガスの削減を企図するものである。また、気候変動対策に対する関心が世界的に高まる中、カンボジアにおいても再生可能エネルギーを用いた事業活動に対するニーズが高まりを見せており、より競争力のある企業誘致の面でナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油を利用した電力供給事業はPPSEZ、CEC双方にとって有意義な事業である。

また、PPSEZはカンボジアでは先進的な開発事業として大変注目を集めており、CDMという新たなスキームを利用した低炭素型産業開発の取組みは今後のカンボジアにおける事業開発に大きな影響を与えることが予想される。カンボジアではCSRに対する関心も徐々に高まりを見せており、低炭素型社会構築の取り組みは今後大きな流れとなる事が予想される。本提案事業がそれを先導する事業として重要な意義を持つ。

2.2.3 提案事業の技術的背景

(1) ナンヨウアブラギリ生産・燃料生産事業への取り組み

世界的なバイオ燃料ブームのあおりを受け、非常に高騰した食用の植物油脂に代わる非食用のバイオ燃料資源としてナンヨウアブラギリは近年高い注目を集め、主に欧州の資金によりアジア・アフリカ各地で大型のプランテーションの開発が過去数年立て続けに発表された。国のエネルギー保障の観点から、先進的なバイオ燃料政策を推し進めるタイやインドネシアでは、高騰するパーム油の脂肪酸メチルエステル（FAME）を補完する燃料油脂として、自国および周辺各国でナンヨウアブラギリを生産する計画を官民が協力して実現しようとしている。

しかしながら資源作物としての歴史がまだ浅い為、産業レベルでの種子生産技術がまだ確立しておらず、先行するアジア・アフリカでの大型プランテーション開発では収益が得られず事業を断念するケースが各国で見られている。

JDIは2003年よりカンボジアの未利用丘陵地を活用した農業開発の一環として、ナンヨウアブラギリの生産技術開発に着手した。2008年までの成果によると、現状での生産性、費用対効果等を考慮した場合ナンヨウアブラギリ単一の生産では事業としては厳しい状況である。遠隔地の農村等での契約栽培であっても持続的に生産を維持するには収益性の面で難しい。そこでJDIでは、他の換金植物との間作（毎年安定且つ魅力的な収入源）を取り入れ、契約農家が継続的に生産できる環境作りを進めている。特に、換金作物に乏しい地域や、農耕に適さない地域では新しい収入源の機会として高い関心を集めており、試験栽培を進めてきたカンポンスプー州の知事からは高い期待を寄せられている。

(2) 植物油由来粗精製油の発電機への利用

通常植物油の粘度は軽油よりも高いため、従来、植物油とメタノールを反応させて製造されるFAMEが植物油燃料の主流である。しかし、欧州ではエネルギーおよび農業政策の一環として菜種油の多角利用が長らく研究され、燃料用精製菜種油（食用に準じた脱ガム・脱酸・脱水）を利用する技術が進み、民間の商業レベルで比較的低速なレシプロエンジン用燃料（農耕機・発電機等）として利用されている。この技術により、従来、投資金額を高額にしていたエステル交換反応設備を導入する必要がなく、搾油・粗精製設備のみで代替燃料を生産することが可能となり、競争力のあるバイオ燃料を供給することを可能とする。

本提案事業で検討を行った発電機メーカー（Wärtsilä）は、フィンランドのディーゼルエンジンメーカーで発電機に加え船舶エンジン等の供給を世界的に行ってい

る。ヒアリングによると、Wärtsiläは過去数十年に渡りディーゼルエンジンの代替燃料の研究開発を行って来ており、重油に続きバイオ燃料、特にメチルエステル化しない植物油を燃料とする発電機の販売を行っている。ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油への対応は、現在販売しているモデルに限り保障されており、2009年春には同発電機を導入したナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油100％の発電事業がオランダで開始される予定である。

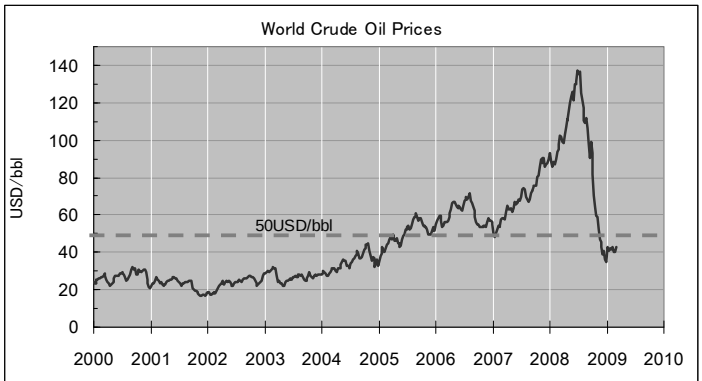
ナンヨウアブラギリの油脂成分は菜種や大豆油に類似しており、バイオ燃料資源として大変注目されているパーム油とは大きく異なる。菜種油のバイオ燃料化は欧米で既に産業化されており、ナンヨウアブラギリのバイオ燃料化も欧州各国で盛んに開発が進められている。更に、菜種の精製では必須となる脱ガム（リン成分）は、提案者が栽培する地域のナンヨウアブラギリ種子では低い事が確認されており、簡素化または施設導入なしで燃料を生産できる可能性が高く、化石燃料と比べて競争力のある燃料を生産する事が可能である。（詳細については2.3.3、2.3.5項を参照）

2.2.4 本プロジェクトによる持続可能な開発への貢献

(1) エネルギー保障

小規模の水力・バイオマス発電、バイオガス、薪炭の利用を除きカンボジアの国内利用エネルギーはほぼ全量を輸入に頼っており、本提案事業はカンボジア国内での中長期的な再生可能エネルギー資源の開発と言った視点から持続的な開発への貢献が可能である。

現在原油価格はピーク時に比べ3割以下に落ち着いている為、国内の燃料価格も大幅に下落し、庶民の燃料利用が回復傾向にある。燃料価格の乱高下は庶民生活に留まらず産業活動に大きな影響を与えるため、中長期的に安定的なエネルギー供給を行える体制作りが望まれている。



Source: Energy Information Administration, DOE, USA

電気料金は2008年7月に行われた総選挙までは政策的に低く抑えられていたようだが、その価格も一般家庭の収入に比べ決して安いものではない。プノンペン市内では恒常的な電力不足で非定期な停電がある。周辺各国からの電力輸入のインフラ整備も進むが、周辺各国でもカンボジア同様電力需要が急速に伸びており、今後低価格の電力をどれぐらい調達ができるかは不透明である。また、隣接する各国から

の電力輸入はカンボジアの電力状況を大きく改善する可能性は有るが、隣接各国との領土問題は歴史的に根が深く、現在もカンボジア北部の寺院をめぐる紛争の影響でタイ国政府の支援事業が凍結されている例も見られ、長期的には価格競争力があり、隣接国に依存しない電力供給能力の開発が望まれる。

本提案事業はカンボジア国内で生産されるバイオマスエネルギーを活用して競争力のある電力供給を目指すものであり、関係各省のヒアリング結果ではナンヨウアブラギリによる再生可能エネルギー開発に関して非常に期待を持っている事が再確認された。中国、韓国、タイ等の周辺各国民間事業社が進めている「輸出用燃料作物の生産事業」とは異なり、「国内の電力供給」を想定した本提案事業には大きな期待が寄せられている。本事業が本格的に進められるようであれば、政府機関としてプロモーション協力、他支援事業との融合等、各種支援の可能性を示唆されている。

また、ナンヨウアブラギリ粗精製油は発電用途に留まらず、比較的低速な農耕機用エンジンに直接使え、更に精製（メチルエステル化等）を行う事により一般的なディーゼルエンジン（自動車・船舶・小型発電機）へ適用できることが確認されている。バイオ燃料によるエネルギー供給能力は現在のカンボジアの需要から推察して決して十分ではないが、長期的なエネルギー保障を考えた場合、少なからずエネルギー自給率向上に寄与することが可能で、将来大きな資産となり得る。

(2) 未利用地を活用した所得向上と食糧生産との「非」競合

カンボジアでは広大な未利用地が存在するが、その多くは生産性の低い地域でその利用は限定されており、未利用地を活用した所得向上手法の開発が望まれている。本提案事業は既存の食糧生産との競合が無い生産性の低い未利用地を活用し、農村地域の所得向上をもたらす事が可能で、現在所得向上が伸び悩む多くの農村地域の開発に寄与する事が可能である。

提案者が4年に渡り行った栽培技術開発によると、一部報道とは大きく異なり、ナンヨウアブラギリの生産にはある程度の水、施肥、手入れが必要である。しかしながら、燃料用の油糧種子という性質上、食用の油糧種子よりも高額で取引される事は長期的にはあり得ず、農民が継続的に栽培を行うためには他作物との間作栽培、畑や道路に沿った垣根栽培等の工夫が現在の種子生産性では必要になる。本提案事業の実施地域を含め、現在カンボジアで放置されている未利用地の多くは他地域に比べ土壌が肥沃ではない為、農業生産の競争力に欠け利用できない状況が続いており、本提案で導入される耕作非適正地において農民の副次的な収入を生む新しい試みとして、カンポンスプー州知事を始め契約農民から高い支持を得ている。

各国ではバイオ燃料作物生産による「食糧との競合」が問題視されているが、本提案事業では未利用地を活用した食糧生産との「協調」により持続的で経済的な生産活動をもたらす事が可能である。最近の一部報道では、アフリカにおいて大型の海外投資によるナンヨウアブラギリの単一プランテーション開発により農民の一部が耕作地にナンヨウアブラギリを植え始め、食糧生産との競合が起きている例が報告されているが、カンボジアではナンヨウアブラギリ単一の栽培では家計をまかなうことが困難である事はよく知られており、同様の弊害は本提案事業も含め他の事業者による開発においても起こらないと思われる。しかしながら、将来種子生産性が高くなった場合の競合を抑制する為には、農業政策等により競合が起こらない仕組みを導入する必要がある。

(3) 低炭素型産業開発

燃料の輸入を全て海外に頼るカンボジアでは、化石燃料に頼らない再生可能エネルギーを活用した開発計画が真剣に議論されており、本提案事業はその先行事例として他開発事業に影響を与えることが可能である。現在カンボジアでは、発展に伴い従来型の化石燃料依存型の社会が形成されつつあるが、2007年から続いた一連の原油高騰による高価な石油製品の為に各種生産活動の抑制、エネルギー効率の改善に加え、国産の再生可能エネルギー利用を促進する動きが出てきている。

本提案のバイオ燃料開発事業を筆頭にその他再生可能エネルギー産業の育成は中長期的に多くの安定的な雇用を生み出し、長期的には競争力のある低炭素型産業構造を作りあげる事が可能で、海外依存度の低いカンボジアの持続的な開発に寄与する事が可能である。また、低炭素型の産業開発により育成される多くの人材は、今後アジア・アフリカ各国で必要とされる同分野の人材となる為、同国の開発に留まらず各国の持続的な開発に寄与する事も期待される。

(4) ホスト国の公害対策への寄与

バイオ燃料の代替利用により化石燃料の燃焼ガスに含まれる大気汚染物質（二酸化硫黄等）の排出抑制が期待され、環境負荷を低減した持続的な開発に寄与する事が可能である。

JDIが収集した各国（カンボジア、タンザニア、ラオス）のナンヨウアブラギリ種子の油脂成分分析結果によると、硫黄分が殆ど含まれないことが確認されている。提案プロジェクトは現在重油を使っている発電機の燃料をナンヨウアブラギリ粗精製油で代替するというものであり、二酸化硫黄の削減による、環境の改善に寄与する可能性が期待される。

さらに、エネルギー高、高いインフレ率にも関わらず産業・民生用途の燃料需要

は増え続け、それに対応して燃焼ガスの排出も増え続けている。現地調査の状況によると、発電機やプノンペン市内を走る自動車やオートバイの状態はよく整備され、欧米並みの排気レベルであることが推察される。しかしながら増え続ける車輌による交通渋滞で局所的な排気ガスの増加と停滞が起こり始めている。市街地の道路はよく整備されているものの、細かな砂塵等が大気中に多く浮遊しており、今後ますます増える排気ガス等の大気汚染物質が粉塵に吸着され引き起こる呼吸器官等への影響が懸念される。現在でも市内を走るオートバイや自転車の運転者の内、マスクをしている人数は決して少なくない。

本提案事業では、自動車用燃料の大気汚染物質を削減する事を対象としていないが、安定した電力供給が実現されるまでは市内各所に点在するディーゼル・重油発電機の利用は続くことが予想され、それら発電機の燃料代替により、市内で集中する大気汚染物質の排出を低減する事で、カンボジアの公害対策へ寄与する事が可能である。

(5) 提案プロジェクトの技術移転の側面

本提案事業の主幹技術であるナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油生産技術および発電技術は先行する欧州の技術を活用する予定であり、日本からの技術移転は想定していない。また、日本では、植物油を直接発電機の燃料として使うニーズが殆ど無い為、今後同様の技術開発が行われる事は見込めない。粗精製油の生産技術は基本的に一般的な植物油脂の精製工程を簡素化したもので、欧州に限らず多くの途上国で行われている。本提案事業で導入を検討している精製技術は薬品を利用せずに発電機メーカーが要求する燃料規格に適応した燃料を生産することが可能で、ほぼ全ての工業燃料を輸入に頼るカンボジアに適した技術である。

発電機へのバイオ燃料の適用に関しては、近年の関心の高まりを受けて邦人企業数社が海外への展開を考え開発研究を続けているようだが、現時点では植物油の粗精製油に対応したエンジンの販売は行われておらず、Wärtsilä 社のように今後メーカーサポートが行われる状況となるまでには時間がかかると思われる。

一方、ナンヨウアブラギリの生産技術に関しては、JDIが長年かけてアジア・アフリカで蓄積した技術をホスト国に適応する。今後本格的なプランテーション、契約農園を広めていく際には大変重要な技術である。現在既に現地カウンターパートの栽培指導員を育成済みである。今後栽培事業の本格化と共に栽培指導員を通してJDIが開発蓄積した栽培技術の移転を行う。

2.2.5 本プロジェクトの国内外での発展性

本提案事業は、未利用地を活用した農村開発事業としてカンボジア政府の期待も高く、本提案事業対象地域と同様に生産性の低い未利用地が広がる地域で展開されることが期待される。現在までに、カンボジア政府関係省に加え国際農業基金(IFAD)、国際協力機構(JICA)で間作を取り入れたナンヨウアブラギリの生産事業の説明を行い高い関心を得ている。また、ドイツ開発公社(GTZ)では、ナンヨウアブラギリに関するセミナーを複数回開催し、タイ国境の州では小型の発電機をナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油で運転するモデル事業の支援も行っており、本提案事業に関しても高い関心を示している。

また、本プロジェクトのバイオ燃料発電事業は、産業用の小・中型発電機に限らず、農村に点在する数百 kw 程度の発電事業にも展開が可能である。現在各国支援で進められている電力インフラの改善事業により市街地の電力価格が低下した後も、遠隔地の農村へ電力網が行き渡る事は当分無い事が予想され、高額の輸入燃料で発電を行う地方電力事業者の安価で安定的なバイオ燃料に対するニーズは高い。安価なバイオ燃料による発電は、農村地域での電力価格低下への寄与が期待される。これは、「地産地消エネルギー利用モデル」の非常にいい例で、エネルギー効率が非常に良く、種子生産地域に最も便益をもたらす。世界銀行グループは、カンボジアで Rural Electrification Fund (REF)を設け地方の電化率引き上げを支援しているが、REF で発電機を設置した周辺でナンヨウアブラギリ種子を生産・燃料化する事で、乱高下する高額な輸入燃料に依存しない地方電化を可能とする。

世界各地には、カンボジアと同様に高い輸入燃料に頼る開発途上国が多く存在し、近年対象各国でナンヨウアブラギリの可能性と大型投資計画が多数発表されているが、単一生産の大型事業の成功事例は殆ど無い。大型投資事業で提案されているナンヨウアブラギリ種子の輸出モデルではホスト国への持続的な発展に対する寄与は少ない。

本提案事業で目指す「地産地消エネルギー利用モデル」は、ホスト国であるカンボジアに最も便益をもたらし、真に途上国の持続可能な発展に資する開発モデルとして今後アジア・アフリカ・中南米等の対象地域で展開される事が望まれる。

2.2.6 CDM実現性調査実施体制

本調査実施主体であり、提案事業の実施者となる JDI は、既に PPSEZ の開発（ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油消費）と、CBEDC によるナンヨウアブラギリ種子生産技術の移転体制の確立（油原料生産）を別々の事業として実施してきた。

PPSEZ の要請により、別に進められてきた上記 2 事業を繋げる CDM 事業の事業性の検討を行う事が求められていたが、（財)地球環境センターの支援によりその評価を行う事が可能となった。CDM 実現可能調査の調査実施体制は以下の通り。

株式会社日本開発政策研究所（JDI）	本調査実施主体
Japan Bio-Energy Development Corporation（JBEDC） Cambodia Bio-Energy Development Corporation （CBEDC）	提案事業主体 （JDI 関連事業者）
株式会社双日総合研究所	本調査実施支援
Phnom Penh Special Economic Zone（PPSEZ）	現地カウンターパート(JDI 関連事業者)
Colben Energy Cambodia Ltd.(CEC)	現地カウンターパート（発電事業者）
Wärtsilä Singapore Pte. Ltd（Wärtsilä）	調査協力（発電技術）
Solar Oil System（SOS）	調査協力（バイオ燃料生産技術）

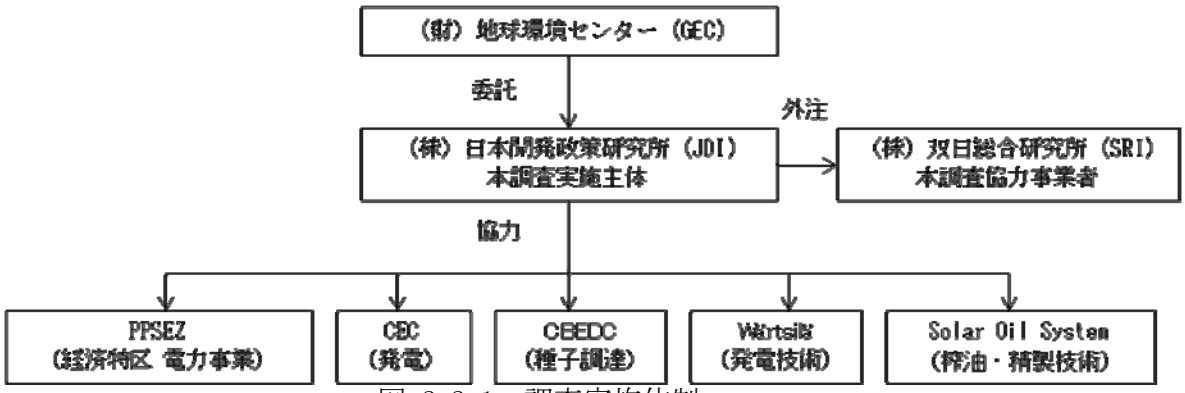


図 2.2.1 調査実施体制

2.3 プロジェクトの内容

2.3.1 プロジェクトの目的

本事業は、高価で変動の激しい輸入化石燃料をカンボジア国内産のナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油による代替を行い、安価で安定的な電力供給をPPSEZに行うことを目的とする。

プノンペン郊外で運営・拡張中のPPSEZの入植企業の需要に併せ、CECは新たに計13MW（6.5MW x 2）程度のバイオ燃料対応重油発電機の導入が検討されている。PPSEZ/CECは高額で変動の激しい輸入重油をカンボジア国内産の安価で安定的な燃料で代替する事により、安定した電力供給を行う事を目指している。

SPCはPPSEZから約50km離れたカンポンスプー州の地方都市にナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油生産工場を建設し、CBEDCより調達した種子の搾油・精製を行う。ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油は、既存の燃料運搬事業者によりPPSEZの発電事業であるCECに供給される。

プロジェクトの目的を達成するためには、年間約14万トンの種子量を得る必要があり、契約によるプランテーションと小規模な垣根・間作方式による栽培を併せて約5.9万haのナンヨウアブラギリ栽培が必要と想定される。ナンヨウアブラギリ種子の調達はCBEDCが自社生産と自社ネットワークの活用で行い、SPCへ販売する。

2.3.2 プノンペン経済特区での電力需要・発電機増設計画・燃料消費量

CSLはシンガポールに本社を置く電源開発事業者で、現在カンボジアではCECとして下記の発電機9基運用し電力卸売り事業を行っている。

事業所	発電機メーカー／発電容量／燃料
プノンペン	A 社製／5.5MW x 2 基／重油
	B 社製／4.0MW x 1 基／重油
	Wärtsilä／6.0MW x 1 基／重油
PPSEZ	Wärtsilä／6.5MW x 2 基／重油
シアヌークビル	A 社製／4.0MW x 2 基／重油
	B 社製／6.0MW x 1 基／重油

Source: CEC

PPSEZにおいては、2008年4月よりWärtsilä社製の重油発電機2基を稼働させた。重油使用量、軽油使用量、および発電量の月次実績を表2.3.1に示した。現在はPPSEZ内の需要が発電容量に満たない為、カンボジア電力公社（EDC）に一部売電を行っているが、今後PPSEZでの需要増加に伴い、PPSEZ内への電力供給へと切り替えを行う。

現在は、EDCへの売電事業に関しては燃料の供給を受けている為、輸入燃料の変動はCECに大きな影響を与えていないが、将来PPSEZ内への電力供給が主となった場合、燃料代の変動を消費者へ転嫁をする事を考えると、安価で安定した燃料が望まれる。CECとしては発電機メーカーが動作保証をし、安価で安定したナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の調達が可能であれば、導入したい意向である。

表 2.3.1 PPSEZ で稼働中の発電機の重油消費量および発電量実績

	重油(kg)	軽油(kg)	発電量(KWh)
2008 年 4 月	140,000	21,466	498,462
5 月	683,572	2,269	2,625,612
6 月	1,182,982	1,681	4,683,462
7 月	1,000,756	2,521	4,143,178
8 月	1,285,142	168	5,103,710
合計	4,292,452	28,105	17,054,424

Source: CEC

PPSEZの開発計画を下にした電力需要は表2.3.2のとおり予測され、2011年には6.5MW容量の発電機が最低でも4基必要となる見込みである。

表 2.3.2 PPSEZ の電力需要予測と必要な発電機の台数

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
PPSEZ 電力需要 (MWh)	4,475	51,080	112,734	185,530	208,378	228,773	230,000
必要な発電機の容量 (MW)	0.64	7.29	16.09	26.47	29.73	32.64	32.82
必要な発電機 (6.5MW)の台数(基)	0.1	1.2	2.5	4.1	4.6	5.1	5.1

Source: JDI

従って、現在設置されている発電機2基（No.1、No.2）に加え、2010年には新たな発電機2基（No.3、No.4）を設置する計画となっており、この発電機No.3および発電機No.4について、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油対応の発電機を導入すべく検討を進めている。

発電機No.3 （6.5MW）および発電機No.4 （6.5MW）を商業ベースで稼動させた場合の平均的な重油消費量およびナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の発熱量を考慮した代替燃料の必要量を表2.3.3に示す。

表 2.3.3 バイオ燃料対応エンジンの重油消費量と推定ﾅﾝﾖｳｱﾌﾞﾗｷﾞﾘ粗精製油消費量[3]

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
総発電量（MWh）	91,104	91,104	91,104	91,104	91,104	91,104	91,104	91,104	91,104	91,104
必要な重油量(t)	22,931	22,931	22,931	22,931	22,931	22,931	22,931	22,931	22,931	22,931
重油消費量(t)	22,922	22,526	17,578	9,409	0	0	0	0	0	0
ﾅﾝﾖｳｱﾌﾞﾗｷﾞﾘ粗精製油消費量(t)	13	598	7,893	19,938	33,810	33,810	33,810	33,810	33,810	33,810

Source: JDI

本提案事業の検討では、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の発熱量をIPCCのデフォルト値（27.4MJ/kg）を下に、燃料代替を検討したが、エンジンの開発を行うWärtsilä社の研究によると、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の発熱量は36.8MJ/kgあり、重油の40.4 MJ/kgに対し、 約91%の熱量を持つことになり、IPCCのデフォルト値（重油の約68%）と比較すると大幅に改善される事が期待される。代替燃料の必要量はIPCCから推定した33,810トン/年から約25,200トン/年に大幅に削減され、種子生産・早期の原料調達の観点から今後十分な検討が必要である。また、発電機の燃料使用量は、PPSEZで導入されているWärtsilä社の旧式の発電機の実績である為0.25トン/MWhを使用しているが、Wärtsilä社の技術担当者によると、旧式と同様の発電能力を持つ現行モデルでは0.20～0.23トン/MWhが通常運転した場合の平均的な燃料消費量であり、その面でもナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の消費量が低減されることが期待される。

しかしながら本事業の検討に当たっては、現時点では不確定要素が多い為安全を考慮して、燃料消費量は旧式の実測値、バイオ燃料の熱量はIPCCのデフォルト値を適用して検討を行った。

2.3.3 発電機へのナンヨウナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油導入計画

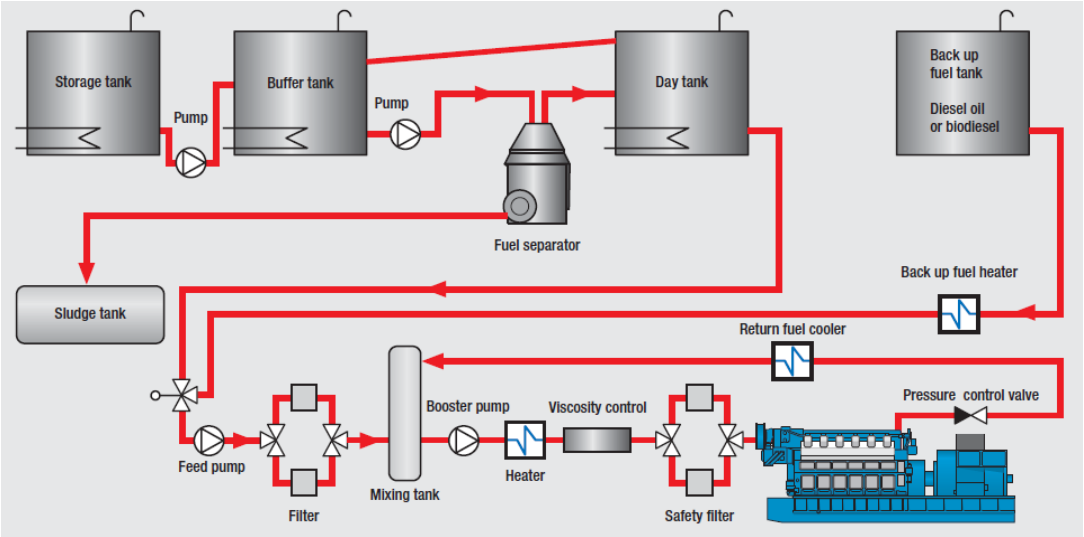
(1) エンジンメーカーの対応状況

本提案を検討するに当たり、PPSEZで稼動していWärtsilä社製の旧式の発電機(VASA 18V32)の改良を行いナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の適用を検討したが、旧式モデルの対応に付いては現状ではメーカーサポートは行えないという解答であった。今後の対応については、旧式モデルの生産が既に終了している為、今後多額の研究費をかけてサポートが行える技術開発を行う事は期待できない。

現行モデルはバイオ燃料対応（非FAME,FAME）を行っており、メーカーサポートを

[3] 表 2-3-1 より 1MWh の発電に要する重油の量は 0.2517 トン/MWh と計算される。また、IPCC2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2 : Energy, 1 Introduction, TABLE 1-2 より 重油のカロリーは 40.4MJ/kg、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油のカロリーは 27.4MJ/kg として計算した。

行っている。同メーカーサポートは、菜種精製粗油の対応から始まり、パーム精製粗油、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の対応も済ませ、植物燃料（Wärtsilä社ではLiquid Vegitable Fuel）による運転に関してもメーカーサポートを行っている。Wärtsilä社広報によると、2009年2月にベルギーでナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油100%による発電事業が民間で実施され、Wärtsilä社はその発電機の納入とサポートを行う事になっている[4]。同社はFAMEへの対応も行っているが、同社が必要とする燃料規格はFAMEほど高いものではない為、高コストの精製を行うことなく植物油を燃料として使うことに対応している。



Source: Wärtsilä

図 2.3.1　Wärtsilä 社のバイオ燃料対応エンジンの燃料システム

(2) 発電機メーカーの精製粗油品質要件

発電機メーカーの対応状況により、本提案事業で検討する発電機としてWärtsilä社のバイオ燃料対応発電機を想定して、メーカーがメンテナンス保障をするバイオ燃料規格を検討した。欧州では欧州統一のFAME規格（EN14214）が有名であるが、それに加え、エステル交換をしない菜種油燃料規格としてドイツの燃料規格(DIN51605)が存在する。Wärtsilä社のバイオ燃料規格はドイツの菜種油燃料に類似している（表2.3.4）。また、同社燃料規格の項目は、ISOで規定される重油の品質検査項目とEUのFAME規格の検査項目と類似している（表2.3.5）。ドイツの菜種油の燃料規格は、メチルエステル化しない菜種油の粗精製油を農耕機や発電機で長時間燃焼試験を行い、エンジンへの影響を考慮した上で策定されたものであり、信頼性

[4] Wärtsilä delivers world's first CHP plant using crude jatropha oil to produce electricity and heat, Wärtsilä Corporation, Press release, 23 April 2008

の高い規格とされている。

本提案事業では、Wärtsiläのメーカーサポートを得る為に、同社燃料規格に合ったナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の生産を行う。

表 2.3.4 Wärtsilä のバイオ燃料規格

項目	単位	制限値	
		Wärtsilä	DIN51605
密度 @15℃ (max)	kg/m3	991	(min900)/930
動粘度 @40℃ (max)	mm2/s	100 注入粘度 (min1.8-2.8/max24)	36
点火燃焼特性		化石燃料の規定と同等あるいはそれを上回る数値	N/A
残留炭素分（ミクロ法）(max)	%mass	0.50	0.40
灰分 (max)	%mass	0.05	0.01
水分（蒸留法） (max)	%volume	0.20	0.075
硫黄分 (max)	%mass	0.05	10(mg/kg)
潜在トータルセジメント	%mass	0.05	N/A
リン (max)	mg/kg	100	12
ケイ素 (max)	mg/kg	15	N/A
アルカリ含有量 (Na+Mg) (max)	mg/kg	30	N/A
引火点 (PM) (min)	℃	60	220
曇点	℃	燃料投入温度の最低 10℃以下	N/A
目詰まり点	℃	燃料投入温度の最低 10℃以下	N/A
銅板腐食 (max)		1b	N/A
鋼鉄腐食		腐食なし	N/A
酸価 (max)	mgKOH/g	15.0	2.0
強酸価 (max)	mg KOH/g	0.0	N/A
酸化安定性 @110℃(min)	h	N/A	6.0
ヨウ素価 (max)	g/100g	120	(min95)/125
カロリー値 (min)	kJ/kg	N/A	36,000
セタン価 (min)		N/A	39
不純物 (max)	mg/kg	N/A	24

Source: Wärtsilä、DIN51605

表 2.3.5 Wärtsilä のバイオ燃料規格・重油・FAME 検査項目一覧

	Wärtsilä	重油 ISO	FAME
密度（振動式密度計法）	○	○	○
動粘度	○	○	○
引火点（PM）	○	○	○
点火燃焼特性	○	－	－
流動点	－	○	○
残留炭素分（ミクロ法）	○	○	○
灰分	○	○	－
水分（蒸留法）	○	○	○
硫黄分（励起法）	○	○	○
バナジウム	－	○	－
アルミニウムおよびケイ素	－	○	－
実在トータルセジメント	○	○	－
カルシウム	－	○	－
リン	○	○	○
ケイ素	○	－	－
アルカリ（Na＋K）	○	－	－
金属（Na+K）	－	－	○
金属（Ca+Ｍｇ）	－	－	○
モノグリセライド,ジグリセライド,トリグリセライド,遊離グリセリン,全グリセリン	－	－	○
曇り点	○	－	－
目詰まり点	○	－	－
銅板腐食 @50℃, 3h	○	－	－
鋼鉄腐食 @20,60,120, 24/72h	○	－	－
酸価	○	－	○
強酸価	○	－	－
ヨウ素価	○	－	○
熱量	－	－	○
酸化安定性(110℃)	－	－	○
亜鉛	－	○	○
不純物	－	－	○
エステル分	－	－	○
硫酸灰分	－	－	○
リノレン酸メチル	－	－	○
メタノール	－	－	○

(3) 重油燃料代替運転計画

本報告書では、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の熱量として、IPCCのバイオ燃料のデフォルト値(27.4MJ/kg)を利用している為、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油が重油に比べ重量で1.5倍程度必要と試算されている。前述の通り、Wärtsilänの研究では重油の1.1程度の増加で十分であり実際の運用においては、本提案事業で検討される代替燃料の必要量に比べ少ない事が想定される。Wärtsilänの技術担当によると本提案事業のナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の熱量が非常に

低い場合は、重油を混ぜて燃焼する必要がある事も指摘されているが、本調査では、CBEDCで生産されているアブラギリ種子から生産されたナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の燃料試験を実施していない為、IPCCのデフォルト値の燃料を100%で使用した場合の燃料切り替え計画について検討を行った。

以下2.3.4項のナンヨウアブラギリ種子調達計画にあるように、種子の供給が十分では無い為、発電機導入当初の4年程はナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の供給が不足するため、重油との混合により運転を行う予定である（表2.3.4）。重油とナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の混合率はその期間に十分な検討を行い、重油の添加無しでも十分な発電効率が得られる場合は、5年目以降は完全に重油を代替する形で運転を行う。ただし、発電効率と経済的な発電事業運用の観点から、重油を混入する事が必要と判断された場合は、5年目以降も重油を混入して発電を行う。

2.3.4 ナンヨウアブラギリ種子調達計画

ナンヨウアブラギリの種子はJDIの関連子会社であるCBEDCから購入することを前提としている為、本提案事業とは別事業となる。しかしながら安定的なナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油生産には、種子の安定調達が大変重要である為、以下にCBEDCの種子調達計画について説明を行う。

(1) ナンヨウアブラギリ種子生産性と生産方式

CBEDCは2003年よりナンヨウアブラギリの栽培技術開発に着手し、2008年までに計60haのモデル農園開発を行い、一部生産性が非常に悪い所を手放し現在は約20haの良好なモデル農園の開発に成功している。CBEDCは本提案地域で契約農園を広める為に現地の農民支援組織と連携し、モデル農園の周辺村落で自生のナンヨウアブラギリの種子買取を進めながら、様々な状況下での生産性の情報収集を行って来た。

ナンヨウアブラギリの種子の生産性は、インターネット、文献等では非現実的な情報が交錯しているが、CBEDCが対象とする未利用地、非耕作丘陵地での経験では、適正な管理無しの種子生産性は乾燥種子で0.5～1.5t/ha程度が現実的である。適正な管理（施肥、散水等）は、3年以上の樹木で平均2.5～3.0トン/ha程度の生産性が見込まれる。また、種子の生産性は、適切な管理により大きく変動することが確認されており、技術指導・生産管理をCBEDCが支援を行う現地農民支援組織の指導員を通して行う事を前提とした生産性とした。栽培技術を農民に指導する指導員の養成は、現地の農民支援組織を支援する形で過去3年余りに渡り行って来た。指導員の研修は定期的に行い、海外での研修、国外から指導員の招聘による研修を行い、現在は試験農園周辺の約10箇所の村落で種子の買取と、希望者に対する栽培支援を行う

状態に至っている。

種子の生産は、CBEDCのモデル農園と、契約栽培で行うが、約5.9万Ha必要とされる栽培地域の殆どは、契約栽培によるものである。契約栽培の中にも、比較的大型のプランテーション型の栽培方法と、小規模な垣根状の生産方法で家庭・路側帯・畑の境界等を利用して農民が農閑期に副次収入を得るために行う方式の2つの栽培方法を想定している。プランテーション方式と垣根方式では生産性が異なる為、以下にその特徴をまとめる。

プランテーション方式

カンボジア政府が推し進める国土の有効利用と農産業開発支援策として国内外の事業家に対し認可されている、経済土地利用権（ELC）を取得している各事業者との契約により、効率的で管理の行き届いた種子生産を行う。ELCは本提事業実施地域一帯でも多くあり、カンポンスプー州では政府が新たなELCとして発行できる土地が殆ど無い状態である。しかしながら、現実的にはELCの利用が行われておらず、2008年より政府の新しい方針により適正な利用がさないELCの取り消しが相次いでいる。ELC所有者は大型の投資を必要としない有効な利用方法を真剣に模索している。

カンボジアでは、隣国タイの先進的なバイオ燃料政策の影響を受けて、早くからナンヨウアブラギリの生産が試みられてきたが、栽培技術の導入が適切になされなかった事もあり、種子生産性が低く大型のプランテーション型で生産を行おうとする事業主は現在殆どいない。CBEDCでは、その問題を解決する為に、特に生産性の低い当初3年間の収益性を確保する為に、ナンヨウアブラギリの樹木間を利用した短期で収益を得られる換金作物の間作によりプランテーション型の採算を向上させる試みを続け、土地所有者が持続的にナンヨウアブラギリの生産を行える程度の採算性を実現するに至った。

CBEDCが進めるナンヨウアブラギリと豆類の間作事業は、ELC所有者に大変高い関心を得ており、2009年の雨季（6月）までに試験農園に隣接するELCの一部でナンヨウアブラギリの試験栽培を実施する合意がなされている。ELC所有者は、ナンヨウアブラギリの栽培技術が無い為、CBEDCは養成したナンヨウアブラギリの栽培指導員を派遣しELCの管理を行う農民の支援を行い、生産された種子の長期買取契約を結ぶ方針である。

CBEDCのカンボジアでの経験と、ELCでの適切な管理が行われるという前提から、ELCで行われるプランテーション方式での種子生産性は植林から3年で2.5トン/haと想定する。

プランテーション方式の一例

豆類との間作の一例

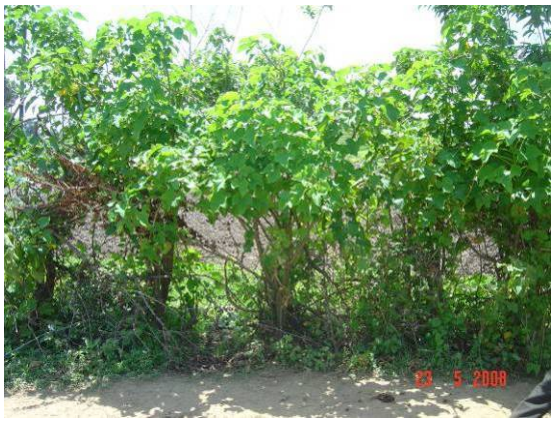
小規模垣根・間作方式

本提案事業対象地域に点在する多くの農村村落において多数の小規模農家で垣根状に畑、路側帯、家の周囲に植えたナンヨウアブラギリの種子の長期購入契約により種子の調達を行う。また、農閑期に余力のある者や政府の支援等（社会土地利用権：Social Land Consession）で土地を与えられたが何らかの理由で未利用状態となっている土地を持つものに対し、小規模ではあるが上記プランテーション方式と同様に他の換金作物との間作によりナンヨウアブラギリ栽培を推進する方式により種子調達を行う。同栽培方式は現行のCBEDCの事業活動として現地農業支援団体、その他NGOとの連携で苗の提供、栽培技術指導を徐々に進めているが、本提案事業実施に必要となる種子調達の為には、栽培指導員の拡充が必要である。栽培指導員の拡充等詳細については以下(3)種子生産・集積計画で述べる。

カンボジアでは伝統的に農家敷地や畑の垣根としてナンヨウアブラギリを植える習慣があるが、これらは通常栽培方法や植林場所が不適切であるため生産性は極めて低いことが現地調査で確認されている。本プロジェクトでは技術指導を行うことでこれら垣根の生産性も向上させる。間作は、初期段階（栽培開始後2～3年）の資金繰りを改善させると同時に、土壌の肥沃効果や雑草抑制効果が期待できる。垣根・間作方式での生産性は、契約農家に対する技術指導を行うものの、農家の資金制約などから施肥・散水など前述ELC程度の手入れはできないと予想される為、現状把握している状態に基づきCBEDCによる生産指導が行われる前提から、垣根・小規模間作方式での種子生産性は植林から3年で名目上約1.8トン/ha[5]と想定した。

5) 本項以下(3)種子生産・集積計画の小規模垣根・間作方式表 2.3.9 参照

路側帯の垣根の例



大豆畑の垣根の例

(2) ナンヨウアブラギリ栽培適地（抽出・検証）

栽培適地の抽出は次の方法で行った。

① GIS による栽培適正地の抽出

② 経済・社会的条件に基づいた抽出

③ 現地踏査による現状の確認

①GISによる栽培適正地の抽出は、「Save Cambodia’s Wildlife」というNPOがオランダ政府国際開発庁(Danida)の支援で作成した「The Atlas of Cambodia: National Poverty and Environment Maps」の関連情報を投射して、栽培「不適正地」を取り除く事で栽培適正地の抽出を行った。栽培地除外条件は自然条件、社会条件、保護区等の政策条件等を元に設定した（表 2.3.7)。また、栽培適正地の検討は現地公共交通省（MPWT）とJICAが作成した標高地図を元に傾斜地・水文等も考慮して検討を行った。GISを活用して抽出された栽培適正地は図2.3.2、図 2.3.3 の薄黄色で示された地域である。

表 2.3.6 GIS による栽培適正地抽出条件

地図・データセット	ナンヨウアブラギリ栽培不適正地条件
降雨量	1500mm 以下
土地利用状況	稲作地、作物、焼畑農業、村の庭園栽培地、衰退・浸水した稲作地、ゴムプランテーション、都市および建設地、果樹園、塩田蒸発地、浸水低木林、浸水草原、露出岩石、多年水域、マングローブ、沼地/湿地、浸水林、水域
人口密度	301 人/km^{2}以上
植生および土地利用	山麓地帯湿潤常緑林、浸水林、浸水低木林、浸水草原、沼地および湿地、湖水および河川、マンブローブ林、植林マングローブ林、島嶼の常緑林、沖合の島嶼森林、 河口地域、島嶼の低木、島嶼の草原、焼畑農業、森林プランテーション、果樹園、ゴムプランテーション、乾燥地作物、エビおよび魚の養殖と塩田、水田、衰退・浸水した稲作地、居住地およびインフラ用地
森林営業権	竹林コンセッション、木材コンセッション、水域
森林利用状況	被害の少ない森林、水域
各種保護区	鶴の聖域区，海洋保護区、国立公園、保護林、景観保護地域、野生動物聖域区、動物園、生物多様性保全地区、魚の聖域区、ラムサー地区、水域
湿地帯および河川洪水域	メコンおよびトンレサップ湿地帯、Stung Kaoh Pao および Stung Kep 河口水域、水域

②経済・社会的条件による抽出は、GISで栽培適正地として抽出された地域の内、対象地域の経済・社会条件によりELC保有者および農民がナンヨウアブラギリ種子生産に興味を示す可能性の無い地域を除外する事により対象地域の選定を行った。本提案事業では、最終的に生産された大量のナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油をPPSEZへ搬入する必要がある為、大型の燃料用ローリーがアクセス可能な場所に搾油・精製工場を建設し、その工場周辺で経済的な種子収集網を構築する必要がある。GISで抽出された地域とPPSEZを結ぶ最適な幹線道路は、カンボンスプー州の中央を横断する国道 4 号線（NH4）である。

PPSEZ に近いほどメコン川流域の平坦で肥沃な土壌になる為、地価が高く住民の生活も豊かになり、主食の確保と高い収益性の為、米作で利用されている。従って同様の地域はナンヨウアブラギリの栽培には適さない地域である為除外した。地域の経済的・社会的条件を考慮すると、SPC のナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油生産工場は、現在 CBEDC がモデル農園を運営する Ou Commune（カンポンスプー州 Phnom Sruch District）周辺（PPSEZ より約 50km、プノンペン中心部より 80km の国道 4 号線沿い）が最適な候補地である。同地域を中心とする、カンポンスプー州西・北・南部および同地域に大小の地方道で連絡が可能な同州西部・南部に隣接するココン州、カンポット州が本提案事業のナンヨウアブラギリ

種子栽培に最適な地域である（図 2.3.3 赤枠内）。同選定地域では、ELC を活用したプランテーション方式と小規模な垣根・間作栽培方式による契約栽培により種子生産を行う計画である。同地域は、水耕に適さない丘陵地帯の為、他の所得機会が少なく現在は薪炭の販売で細々と生活する者が多くいる地域である。同地域の現状については、CBEDC の現地パートナーである農民支援団体や、別にナンヨウアブラギリの栽培を奨励する NGO に相談を行い、土壌条件や地域の状況から推察して契約によるナンヨウアブラギリの生産が受け入れられる可能性が高い事を確認した。

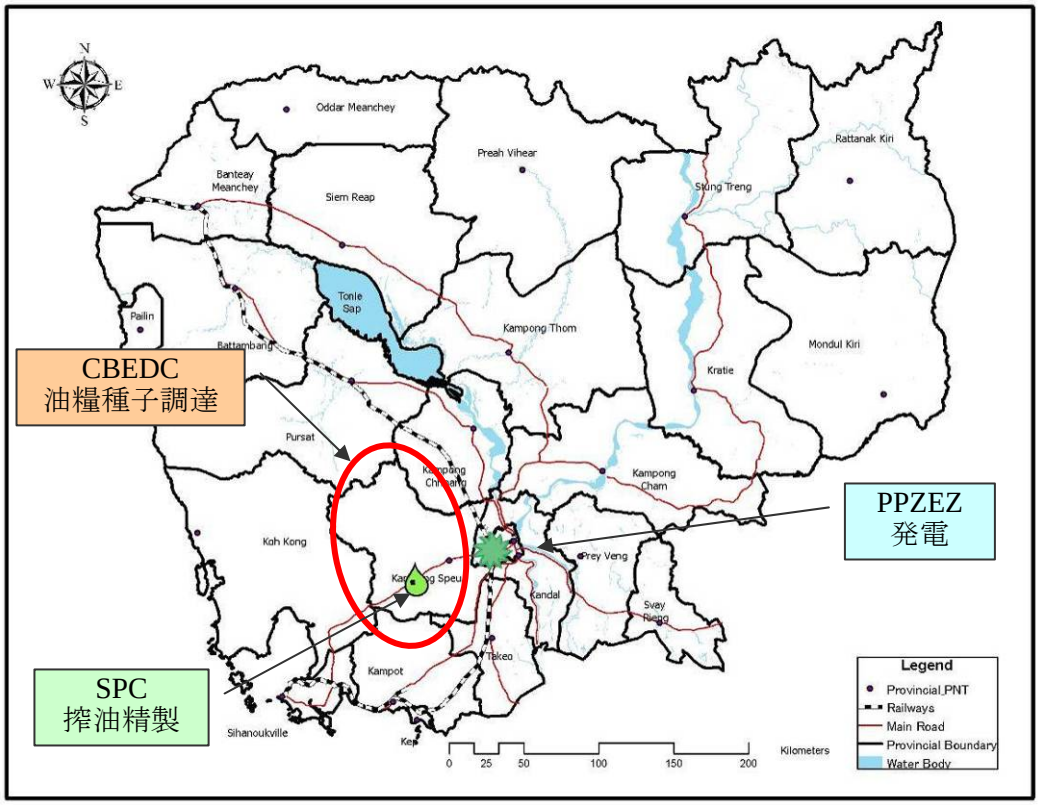


図 2.3.2　道路網と PPSEZ、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油精製工場

③現地踏査による現状の確認は、上記ステップを踏んで選定された地域の内、実際の自然環境、住民の関心度を探る為、現地カウンターパートと複数箇所視察を行い、報告を受けていた適正な環境を確認した。また、住民の代表との協議を行い、CBEDC支援の下進められる小規模な垣根方式のナンヨウアブラギリ種子生産に高い参加意欲がある事を確認した（巻頭写真）。同地域に関しては、本調査の現地調査終了後、CBEDCと農民支援組織によりフォローアップが行われ、定期的な巡回による自生のナンヨウアブラギリ木の種子買取と、新規植林の指導を行っている。

カンボジア政府は1990年代後半以降、多数の政府保有地をELCとして民間に利用権を与えた。各事業者はELC取得の際にキャッサバ、ゴム、オイルパーム、アカシア、ユーカリなどの大型プランテーションの開発計画を立てたが、実際には技術・資金不足のため多くのELCは放置されていた。そのため、近年適切な利用がなされないELCに関しては利用権の取り消しが行われ始めている。従って、多数のELC保有主がELCの開発で協力できるパートナーを真剣に探す状況となっている。本プロジェクトでは、ELC保有者と協力しELCの一部でナンヨウアブラギリの栽培を普及させる。現地での聞き取り調査によると、ELC保有者は表2.3.8に示された計画事業品目に加え、ナンヨウアブラギリと換金作物の間作に関心がある事を確認している。本プロジェクトでは栽培対象地域に含まれる各ELCの3割（面積ベース）にナンヨウアブラギリを植林することを前提とした（図2.3.3）。

丘陵地を含む ELC の例（Kampot 州）

他方、小規模な垣根・間作方式については、図2.3.4の対象栽培地域の全住民を対象に普及を進める。プノンペンなど中心都市から遠く離れ、丘陵地帯を多く含むこの地域では、農民は水耕・丘陵地での畑作・放牧・薪炭の販売を中心とした自給自足に近い生活をしている。現地ヒアリングによると、同地域の家庭は平均2～4haの土地を所有又は利用が可能であり、畑作作物としては野菜、かぼちゃ、サフラン、コーン、大豆等などが自給用に生産されている程度でその殆どが利用されていない。出稼ぎ等による副収入を得る家庭は殆ど無く、主に雨季の穀物生産で自給生産を行い、薪炭販売により少ない所得を得ている。このため、本プロジェクトの換金作物（豆類など）とナンヨウアブラギリを組み合わせた垣根・間作方式は栽培対象地域の農民に貴重な現金収入源を提供するため、高い栽培意欲が確認された。こうした条件のもと、技術指導や生産支援をすることで、対象地域の世帯（約1万7千世帯）

高い割合が本プロジェクトに参加することが期待される。本提案事業では現地農民支援団体・NGOの協力に加え、本提案事業に理解を示すカンポンスプー州知事等の協力の下、該当地域でのCBEDCの契約栽培参加率7割を前提とした。

垣根・間作方式の普及対象地域（カンポンスプー州西北部）

(3) 種子生産・集積計画

2.3.2項で示されたとおり、本提案事業実施に必要とされるナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油は約33,800トン/年必要となり、アジア・ヨーロッパ各国のナンヨウアブラギリの搾油・粗精製の経験値から推察すると、ナンヨウアブラギリ種子量は約135,000トン/年必要である。カンボジアの現状から推察して、135,000トン/年という大量の種子をELCを活用したプランテーション又は小規模な垣根・間作方式どちらか一方で調達する事は現実的では無い為、現状最も可能性のある両方式の混合により必要種子量の調達を検討する。

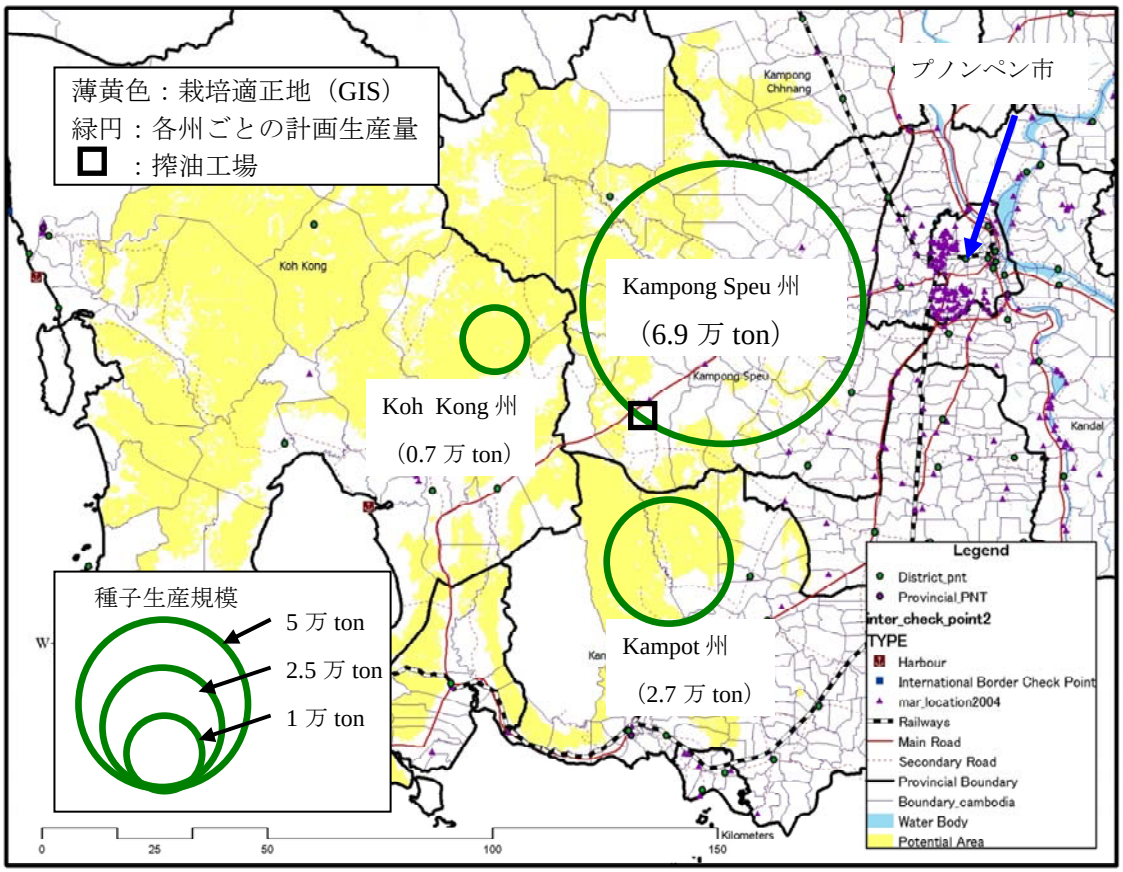
<u>プランテーション方式</u>

栽培対象地域内のELCの合計面積は13.7万haに上る（表2.3.7）。前述各前提条件により、各ELCの3割に相当する面積でナンヨウアブラギリを栽培すると、栽培面積4.1万ha、植林より3年程度で種子生産約10万トン/年が得られる。ELCによる種子生産量は年間種子調達量の7割超に相当し、資金・農耕機等の整備状況、生産管理能力から判断すると安定した収量が期待でき、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の安定供給を考える上では、好ましい状況であるが、安定した種子の長期販売契約に関する交渉で工夫が必要となることが想定される。

表 2.3.7　対象地域 3 州の ELC の概要

州名	面積(ha)	生産品目
ココン州	9,700	サトウキビ
カンポンスプー州	3,000	キャッサバ
	5,000	キャッサバ
	3,200	キャッサバ
	4,100	農産物
	12,506	カシューナッツ
	8,000	産業用農産物
	4,900	産業用農産物
	23,000	農産物
	28,550	コーン、豆類、キャッサバなど
カンポット州	16,000	油ヤシ
	9,800	コーン
	10,000	農産物・畜産
合計	137,756	
ナンヨウアブラギリ栽培	41,327	

Source：MAFF（2008）



Source：JDI

図 2.3.3　ELC を活用したプランテーション方式による種子生産計画

小規模垣根・間作方式

前述各前提条件により、対象となる3州で多数の農家を対象に、小規模な垣根・間作方式での栽培を行うとすると、栽培適正として抽出された地域は3州、5地区（District）、16村落（Commune）にまたがる。GISの情報（2004年の国税調査）を基にすると、同選定地域は住民が88,968人、一世帯の平均人数5名でから推定すると約17,800世帯となる。現地パートナーとの協議、現地視察の際に協議を行った住民代表の情報を下に判断すると、平均的な世帯では、水田、耕作地、自宅周辺の周囲およそ900mにナンヨウアブラギリを垣根状に植え、未利用地の1.5haにナンヨウアブラギリと豆類などの間作を行う事が可能と推察される。農家1世帯当たりの種子生産量の算定根拠は表2.3.9に示す。

表 2.3.8　農家一世帯当りの垣根・間作方式での栽培計画

項目	値
農家 1 世帯当たりの間作面積（ha）	1.5
農家 1 世帯当たりの間作による植林数（本）	1,600
農家 1 世帯当たりの垣根の長さ（m）	500
農家 1 世帯当たりの垣根による植林数（本）	600～700
収量（kg/本）	1.2
農家 1 世帯当たりの植林数（本）	2,200
農家 1 世帯当たりの種子生産量（トン）	2.64

Source ：JDI

前述前提条件により、選定地域での契約栽培参加率を7割とすると、約4.1万トン/年が小規模な垣根・間作方式で生産され、想定必要量13.6万トンの3割に相当する種子の調達が期待される（表2.3.11）。小規模な垣根・間作栽培の場合は、種子の調達コストに関しては大きな問題は無いと思われるが、品質管理や、収集コストの面で工夫が必要と思われる。

表 2.3.9　栽培対象地域における垣根・間作方式での種子生産量・名目生産性

対象地域世帯数（家）	17,800
CBEDC 契約栽培方式参加世帯数 7 割（家）	12,500
垣根間作方式の種子生産量（トン/年）	33,000
新規耕作地面積総計（1.5ha・参加世帯数）（ha）	18,500
名目生産性：世帯当種子生産量／世帯当耕作地(t/ha)	1.78

Source ：JDI

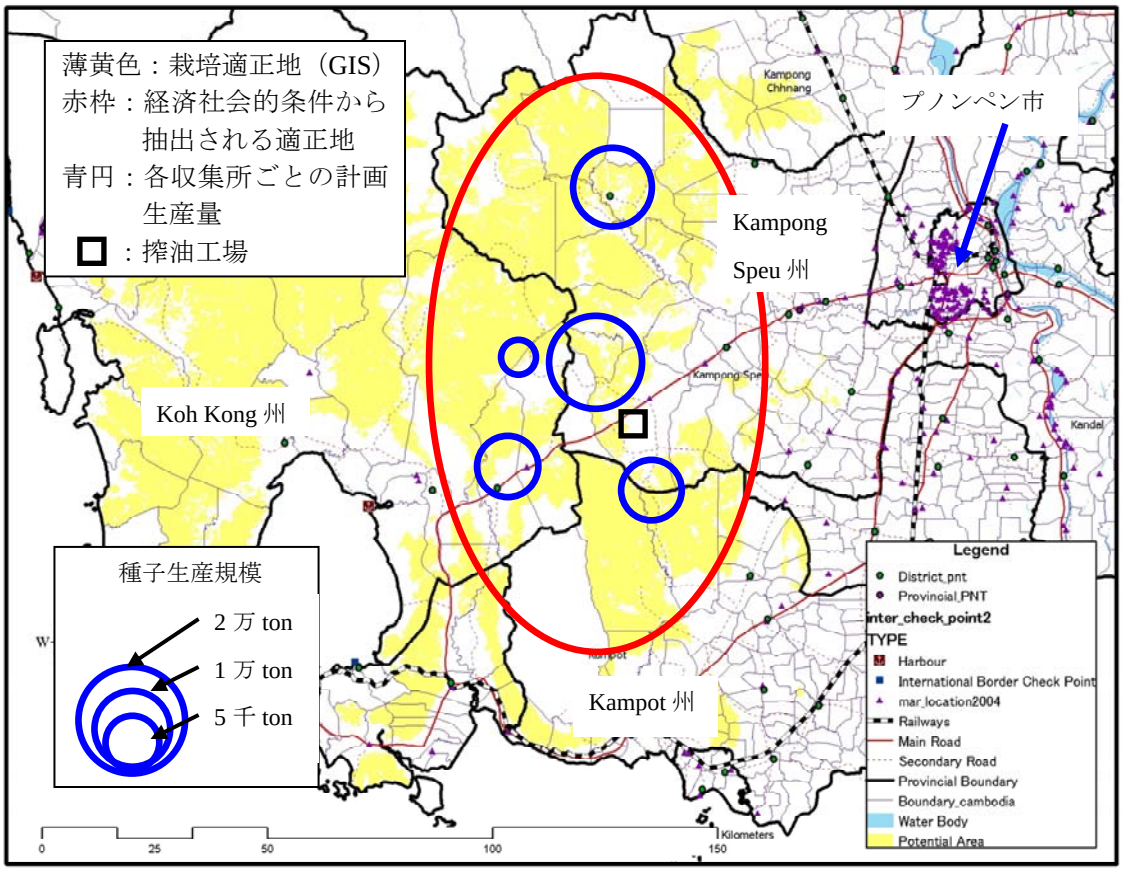
表 2.3.10　垣根・間作方式の普及対象地域の概要

州	収集センターの場所	人口(人)	収集センターと搾油所の距離(km)	計画生産量(トン)
Kampong Speu	Oral dist. center	3,050	90	10,912
		2,175		
		5,537		
		4,312		
		8,545		
Kampong Speu	Phnom Sruch dist.西部	3,010	14	15,085
		6,115		
		5,492		
		18,035		
Kampong Speu	両州の州境	5,151	20	6,364
Kampot		8,624		
Koh Kong	Sre Amble dist.東部	4,611	41	2,130
Koh Kong	Kampong Sela dist center	2,450	41	6,612
		5,985		
		3,719		
		2,157		
合計		88,968		41,103

Source：JDI

集積計画

ELC の栽培の場合は、種子がまとまって調達できる為、ELC 毎に収集をおこなうものとする。小規模な垣根・間作方式の場合は、効率的な種子収集の観点から、地理的にまとまった 5 箇所の栽培エリアごとに種子収集所を設置し、CBEDC／農民支援団体／NGO の既存･新設ネットワークを通じで種子の品質管理、買取、収集を行う。5 箇所の栽培エリアの位置と、その地区での予想種子生産量を青色の円ので示した。(図 2.3.4)。



Source：JDI

図 2.3.4　地方村落農民を対象とした小規模な垣根・間作方式による種子生産計画

以上をまとめると、ELCでのプランテーション方式で約10万トン、地方村落農民を対象とした小規模な垣根・間作方式で4万トンの種子を確保する事が可能で、本提案事業で必要とされる年間13.5万トンの種子の調達が可能となる（表2.3.12）。本提案事業であるSPCはCBEDCの種子買取網を通して集められた種子を、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油生産工場において買い取る計画である。

表 2.3.11　種子の生産・調達計画

生産方法	予測される種子調達量
垣根方式	4 万トン
プランテーション方式	10 万トン
合計	14 万トン

Source：JDI

(4) 新規植林予定地利用に係る潜在的な競合の検討

本提案事では、直接的には農園の開発は行わないが、SPCへ種子調達を行うCBEDC

は約5.9Haという広大な未利用地域において、ELCオーナーや農民が契約で行うナンヨウアブラギリの農園開発を支援する計画である。農園としての開墾が行われた場合、収益性のいい他の農作物の生産へシフトする事業者、農民が出る可能性があり、同対象地域利用に係る潜在的な競合について十分な把握を行い、不必要な競合を避ける必要が在る。

本提案事業検討において、まず危惧されたのはキャッサバ等の大型農園開発との競合であったが、キャッサバの生産は機械化が進んでいる為平坦な耕作地が必要となる。一方、ナンヨウアブラギリに関しては、キャッサバ等のELCの一部を利用して種子生産を行う事を検討しており、競合の可能性もある。しかしながら、多くのELCでは、技術的・資金的不足からキャッサバを大々的に行う状況にはなく、ELCの取り消しを逃れる為にナンヨウアブラギリに高い関心を示しており、今後その状況が多く変わる事は殆どあり得ない為、それら大型の農園開発との競合は殆ど影響が無いと思われる。

また、既にキャッサバ等の生産をしているELCにおいても、適正な土壌管理がされなかった為、連作障害がおこり放置されたため表土の流出が起きている。同様の地域に関しては、アフリカ・マリの成功事例のように、ナンヨウアブラギリを利用した土壌流出対策と収益をもたらす有効な土地利用ができる為、ELCオーナーまたはそれらの管理者にとっても魅力的な提案となりえる。

次に、新規開拓を想定している未利用の丘陵地に関しては、前述機械式の大型農園開発は向いていない為、主に他換金農産物生産、放牧との競合が考えられる。しかしながら対象地域においては、家から比較的近隣にある平坦なSLC（政府により貸与された土地）でさえ、自家用の野菜等で利用される他は、利用されずに放置されている現状である。CBEDCが進める栽培支援は、ナンヨウアブラギリ単一の生産性では農民が継続的に種子生産を行う魅力性に欠ける為、換金食物の間作を奨励しており、他農産物生産との競合では無く「協調」により、ナンヨウアブラギリの生産が可能となる。いったん開墾が行われた丘陵地に関しては、換金植物の単一生産となる事が危惧されるが、CBEDCでは開墾支援、ナンヨウアブラギリに限らない換金作物の栽培指導、競争力のある価格での換金作物の買い取りを行っており、農民やELCオーナーがナンヨウアブラギリ種子生産を継続する意義は大きい。

SLCで活用されていない畑の未利用地にでの間作に関しては、CBEDCが実施してきた農民の所得向上対策の一環で進めてきた事業であり、農民が希望すれば換金植物を植える為に利用する事を否定するものではない。現在の所、同様のケースは聞かれないが、今後の推移を見守る必要がある

畑、路側帯等の垣根方式の栽培に関しては、競合の恐れは考えられず、その生産性も高くはない為本提案事業の周知調達に関して大きな問題とはならないと考えられる。しかしながら、現在自生のナンヨウアブラギリの生産性向上については、まだ未知数な部分が多いい、持ち主が特定できないような樹木の管理も含めた効率的な生産性向上対策を練る必要がある。

牛の放牧に関しては、農業関係者の中には牛が歩き回ることにより、根の成長に悪影響を与えるという者もあるが、CBEDCが現地で確認する限りではその効果は逆にナンヨウアブラギリの成長と農園の管理に大きな便益をもたらしている。まず、種子の生産性を保つためには、初期段階の下草取りが大変重要となるが、放牧された牛により下草が適度に刈り取られるため、農民が下草を取る労働力の削減が可能となる。また、畑中にばらまかれる糞尿により、土壌が豊かになり化学肥料等の追加支出無しでも非常に良好な成長をみせている。従って、本提案事業においては競合ではなく協調により相互便益を得られると理解する。

2.3.5 ナンヨウナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油生産

本項は、JDIが過去に各国で行った類似調査業務で得た情報と、搾油・精製専門家からの情報提供により最も適切と推察される施設導入の検討を行った。本提案事業で導入するナンヨウアブラギリの搾油・精製技術は、欧州の植物油燃料（非FAME）産業で多くの導入実績のある燃料精製技術（PPO: Pure Plant Oil technologies）をナンヨウアブラギリに適応させたものを利用する事とした。PPOはヨーロッパのバイオ燃料指令[6]で正式に認められている自動車用燃料で、その殆どは燃料用途の菜種油である。菜種PPOに関しては、低速の農耕起用エンジン、発電機への利用が国際エネルギー機関（IEA）のバイオエネルギー研究グループ、ヨーロッパ各国研究機関、民間で長年研究が行われ、現在はPPO対応の商業用エンジンが販売されている。

ナンヨウアブラギリのPPOに関しては、その油脂成分が菜種油（カノーラ）や大豆油に類似しており（表2.3.13）、その低温流動性や燃料性能の類似性から菜種油の代替油脂としてヨーロッパでは長く研究が行われて来た。

[6] 2003/30/EC：promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport

表 2.3.12 代表的な食用油とナンヨウアブラギリ油脂の成分比較

炭素数	8	10	12	14	16	16	18	18	18	18	>20
2 重結合数	0	0	0	0	0	1	0	1	2	3	-
パーム			0	1	40	0	4	43	11	0	1
ひまわり					6		4	24	64	0	1
菜種(ｶﾉｰﾗ)					4	0	2	62	21	8	2
大豆					11		3	25	53	5	1
ﾅﾝﾖｳｱﾌﾞﾗｷﾞﾘ		**0**		**0**	**15**	**1**	**7**	**45**	**31**	**0**	**0**

Source：坂士朗（2006)、バイオディーゼルのすべて

前述2.3.3項で示された発電機メーカーが運転保証を行うナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油を生産する技術に関して国内外の調査を行った所、一般的な油糧種子の搾油・精製により対応が可能なことが明確となった。一般的な食用油の搾油・精製に関しては、既に確立された伝統的な技術であり、世界各地で大型の商業施設が稼動している状況である。

本提案事業で導入する技術は、信頼性と価格競争力の観点からヨーロッパの技術を導入する事とし、ヨーロッパ共同体が運営するBiofuel Cities[7]とヨーロッパのPPO業界団体[8]に照会を行った。紹介を受けた複数社の中から適当と思われる4社と協議を行い、本提案事業に最適と思われたSolar Oil System社[9)]（SOS）の搾油・精製施設を導入する計画とした。SOS社は、オランダで菜種の搾油・精製・販売を行うPPO事業者で、本提案事業と同等の年間30,000tの菜種PPO生産施設を独自技術で導入し運営を行っている。

ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の生産プロセスの概念図を図2.3.5に示す。概念図は菜種油のプロセスを示したものだが、ナンヨウアブラギリ種子に関しても油脂性状が類似している為、同様の生産プロセスで搾油・精製が可能である(SOS)。日本の搾油機械メーカーの話では、菜種に比べ種子が大きく硬い為、搾油率を上げる為には、搾油前に種子の粉砕処理と加熱処理が理想的であるようである。SOS社はナンヨウアブラギリの搾油を商業的には行っていないが、SOSの技術者はインドネシアでナンヨウアブラギリの搾油・精製に取り組んでおり、調整は必要であるが菜種と同様のシステム構成でナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の生産が行える事を確認している。

搾油方法には大きく分けて熱をかけた搾油方法(ホットプレス)と、熱をかけずにそのまま搾油(コールドプレス)をする方法があるが、本提案ではホットプレスを採

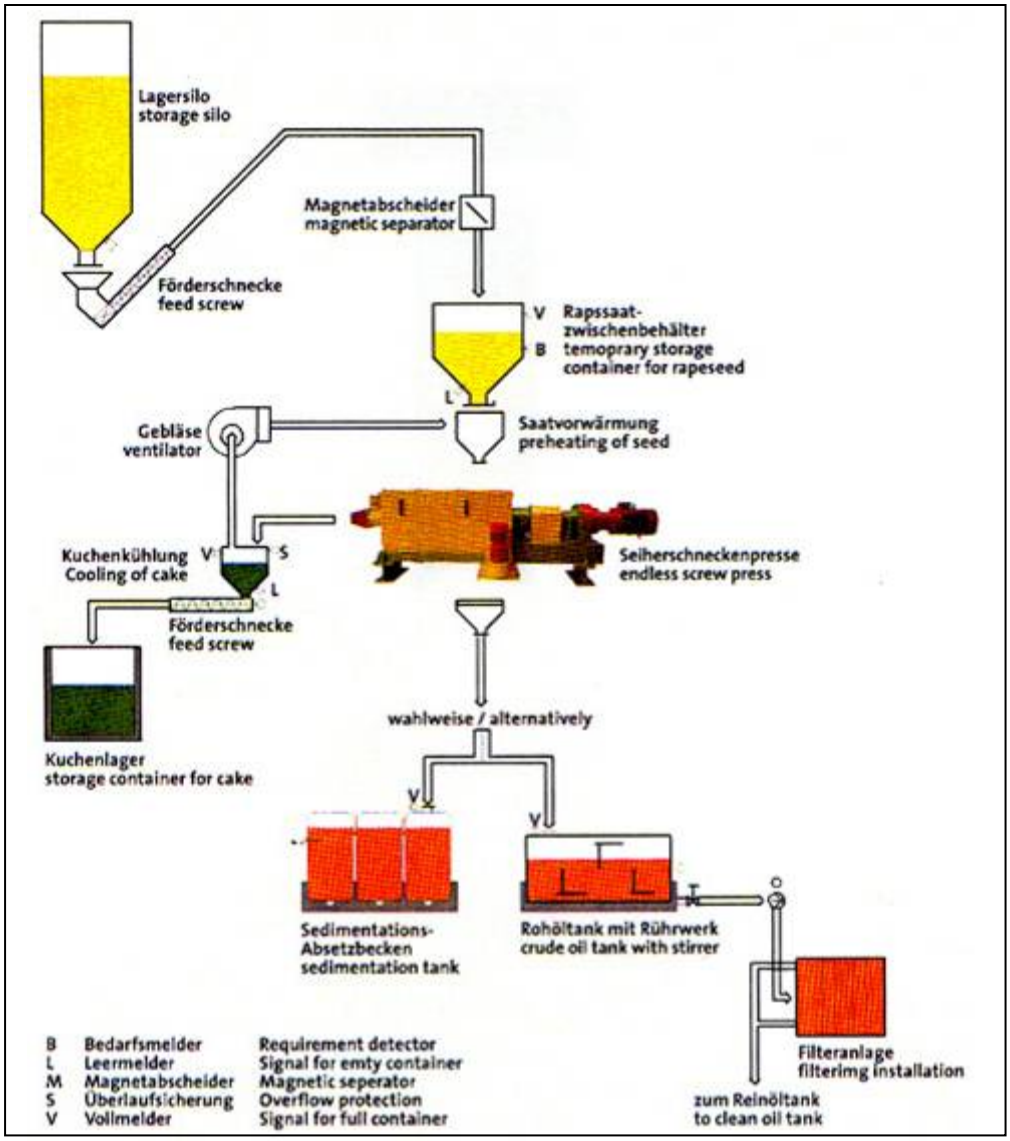
[7] http://www.biofuel-cities.eu/
[8] http://www.ppo-eu.org/
[9] Solar Oil Systems社（http://www.solaroilsystems.nl/）

用する。ナンヨウアブラギリの搾油方法の研究は、欧州を中心に進められているが、それら報告によるとホットプレスの方が油の収率が高いことが確認されているが、同時にリン（ガム）成分が高く抽出される事も確認されている。ナンヨウアブラギリのガム成分に関しては、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の研究報告[10]によると小型のディーゼル発電機の内燃機関に支障をきたす為、脱りんが必要と報告されている。世界で標準的に使われているヨーロッパのFAME規格(EN14214)は、リンの最大混入量は10mg/kgと規定されているが、NEDOの研究で利用されたナンヨウアブラギリの粗精製油は、31mg/kgであり、その事が原因であったと推察されている。しかしながら、表 2.3.4で示したWärtsilä社の燃料規格ではリンの混入量は100mg/kgまで許されており、同社ではナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の燃焼試験でも問題が無い事を確認している。

ホットプレスにより、ガム成分が多く抽出され、Wärtsilä社の燃料規格に適応するために脱ガム施設を入れる必要が想定れる場合には、施設の簡素化と脱リン工程のコスト削減の為にコールドプレスで搾油を行う事も検討する。

本調査では油脂分析を行えなかったが、Beerens[11]、Rietzler[12]ら報告によると、種子の産地によりガム成分の含有量は15～150mg/kgの間で大きな違いがある。しかしながらコールドプレスで搾油したものは、概ね100mg/kgを下回る事が確認されている。Wärtsilä社がアジア・アフリカで調達したナンヨウアブラギリ種子の分析では、12-40mg/kgの範囲であり、同社燃料規格に適応することが確認されている。従って本提案事業では脱ガム工程を除いた簡素化したシステム構築を行う事を前提として検討を行った。

[10] NEDO, 2005-2006,インドネシアにおけるナンヨウアブラギリ油の小規模分散発電システム開発
[11] Peter Beerens, 2007, Screw-pressing of Jatropha seeds for fuelling purposes in less developed countrie
[12] Rietzler, Brandt, 2007, 2007, Usiing Jattropha Curcas For Generattiing Energy, 発表資料 NAROSSA® 2007 - 13th International Conference for Renewable Resources and Plant Biotechnology



Source: Solar Oil Systems

図 2.3.5 ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の生産プロセス概念図

通常食用油の精製の場合、搾油直後の粗油は種子に含まれる水分や、繊維質等の微細な不純物が混入しているため、濾過機（フィルタープレス等）を利用して、不純物を取り除き、その後の脱リン、脱酸、脱水、脱臭、脱色工程を経て精製油となる。本提案事業ではSOS社が開発した特殊な技術導入により、搾油機とフィルタープレスの運転を最適化させ効率的に不純物を取り除く事が可能で、追加的な処理無しでバイオ燃料としての利用が可能となる。Wärtsilä社の研究によると、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油は、搾油・濾過後特に追加的な処理無しで、同社燃料規格を満たすことが確認されている（表2.3.13）。

JDIが今までに行った各地での調査の結果、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油は菜種油に比べて酸化し易い事が分かっている。従って事業実施の際にはエンジンで燃焼される前の酸化防止策を検討する必要があると思われる。本調査においては搾油脂試験をしていない為、同内容の検討は行わなかったが、今後油脂分析と共に対応策を検討する予定である。

表 2.3.13 Wärtsilä 社燃料規格・ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油・重油比較

品質項目	単位	Wärtsilä 燃料規格	ﾅﾝﾖｳｱﾌﾞﾗｷﾞﾘ	重油
Viscosity, max.	cSt @ 40 ℃	100	36	700
Density, max.	kg/m3 @ 15 ℃	991	917	993
Sulphur, max	% mass	0.05	<0.050	2.3
Total sediment existent, max	% mass	0.05	<0.01	0.08
Water, max.	before engine	0.2	0.1	0.5
Micro carbon residue, max.	% mass	0.5	0.4	13
Ash, max.	% mass	0.05	0.015	0.082
Phosphorus, max.	mg/kg	100	12-40	<1
Silicon, max.	mg/kg	15	1-5	10
Alkali content (Na+K), max.	mg/kg	30	10-30	30
Flash point (PMCC), min.	℃	60	>200	90
Pour point, max.	℃		8	15
Cloud point, max.	℃		16	n/a
Cold filter plugging point, max.	℃		20	20
Steel corrosion, max.		発生無し	発生無し	発生無し
Acid number, max.	mg KOH/g	15	10-15	<3
Strong acid number, max.	mg KOH/g	0	0	0
Iodine number, max		120	80-110	n/a
Net calorific value	MJ/kg		36.8	40.1

Source: Wärtsilä

上記内容をまとめると、本提案事業で導入を予定する搾油精製施設は、FAMEでは通常必要となる脱リン・脱酸を必要としない為、各反応施設導入費用だけでなく大量に使用される反応薬、電気、工業用水が不要である。また、FAME精製では大量に排出される洗浄排水の処理も不要で、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の生産コストはFAMEに比べ大きく低減が可能で、カンボジアのような燃料輸入国では政府等の補助金無しでも石油製品と価格競争が可能となる。

2.3.6 プロジェクト操業経費・販売収入

(1) 土地賃借料

搾油工場は前述の通り、プノンペン中心部から約80kmの国道4号線沿いに建設する計画であり、工場用地としては、50m x 50m = 2,500 m^2 を予定している。CBEDCおよび同地域で活動を行う現地カウンターパートによる調査の結果、同地域の土地を購入する場合は1.0～1.5 US$/$m^2$程度である。カンボジアでは外国法人は土地を購入する事は出来ない為、ELC等の申請により長期利用（更新可能で最長99年）が可能となる。しかしながら本提案事業で必要となる工場用地は大きな場所を必要としない為、現地カウンターパートと協議の上、同地域で土地を所有する者との長期契約を結んだ場合の相場として年間の利用価格が0.3～0.5 US$/$m^2$年程度が妥当となっている。本調査以降も土地代金・賃料は金融危機の影響で急激に低下しているが、実際の施設導入が行われる2年程先には調査時と同程度又はさらに高くなる可能性がある。従って本経済性分析では、年間土地賃借料を1.0 US$/$m^2$年（2,500US$/年）年とした。

(2) 人件費

現地でのヒアリングを下に、人件費を表2.3.16のとおりと仮定した。

表 2.3.14　人件費の内訳

役職	人数	賃金（US$/月・人）	年間賃金総計（US$）
社長	1	8,000	96,000
エンジニア	3	400	14,400
一般工員	10	100	12,000
総計			122,400

(3) ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油生産設備費用および運転資金

SOS社が数年前にオランダで導入した本提案事業と同程度の施設導入費用を参考に本提案事業のナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油生産施設費用を試算すると工事費込みの施設導入費用一式は1,050万米ドル程度になる（表2.3.15）。工事費用や、自動化システムに関してはカンボジアの現状に合わせた調整が今後必要になると思われる。しかしながら施設導入時期はヒアリング時点より数年先となり不確定要素が大きい為、現時点では若干高めの試算ではあるが、本調査においては同試算内容で事業性の評価を行った。

施設の運転費用に関しては、現在施設を運用しているSOS社の実績を下に、CBEDCへの種子購入費用の支払・人件費・運転費用とナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油販売収入の受取までの回転期間を考慮し、244万米ドルとした（表2.3.16）。従って、本提案事業に於ける経済性分析においては、初期投資額として1,280万米ドルと

した。

表 2.3.15　ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油生産施設費用

項　目	米ドル
1)　原料種子保管倉庫（種子保管容量：約 8,500M3）	2,100,000
2)　工場建屋（基礎工事含む）	3,080,000
3)　ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油保管タンク（容量：300 トン）	280,000
小　計	5,460,000
4)　圧搾機 10 台	2,240,000
5)　フィルターシステム	280,000
6)　種子・搾りかす・粗精製油の搬出入設備	1,260,000
7)　電気系統整備	1,120,000
小　計	4,900,000
合　計	10,360,000
搾油・濾過装置の消耗品、メンテナンス費用 4)～7)の 5%程度	年間 245,000

Source: Solar Oil Systems/JDI

表 2.3.16　初期投資コスト

項　目	米ドル
設備投資	10,360,000
運転資金	2,440,000
合　計	12,800,000

(4) 減価償却費

日本アセアンセンターのカンボジアの税制[13]によるとカンボジアでの減価償却費の取り扱いは下記のとおりである。

有形資産に対する支出	指定されている率で減価償却可能
建物	5.0 %
資産（耐用年数 4 年）	25.0 %
資産（耐用年数 4 年～8 年）	12.5 %
その他の有形資産	10.0 %

Source: 日本アセアンセンター

本経済性分析においては、表2.3.15の1)～3)については5%、4)～7)については10%の減価償却率を適用する。従って、年間償却費は

US$5,460,000 x 5% + US$4,900,000 x 10% = US$763,000/年

となる。

[13] http://www.asean.jp/invest/guide/cambodia/05tax.html

(5) 光熱費・副資材費用

SOS社からの情報を元にすると、搾油・精製設備の仕様は表3.1.17のとおりとなり、光熱費・副資材費用としては電気代のみ発生する。

表 2.3.17　搾油設備の仕様

項目	適用
電気（搾油・濾過・運営）	260-350kW
水	不要
蒸気	不要
副資材	不要
燃料（重油又は軽油）	不要

Source: SOS

搾油機および濾過装置の電気消費量を300kWとすると、年間電気使用量は、
300kW × 24時間×330日 = 2,376,000kWh　となる。

工場建設予定地は、電力公社（EDC）が運営するプノンペンーカンポンスプー州電力グリッド内にあり、EDCから電力を購入する事が可能である。EDCの電力料金はEDCが自社と民間の発電事業者から調達した費用に各工業用途に対応した加算料金を足した料金が請求される。電力庁発表の資料や、PPSEZの実績値を表2.3.19に示す。2009年2月現在、燃料価格は2006-2007年レベルまで低下しているが、今後の状況は原油価格の動向によって大きく変わる為、搾油機器が運転を開始する2011年度の電力料金を安全側に取り、0.20US$/kWhとした。

表 2.3.18　EDC 電気料金の推移（US$/kWh）

工業用途クラス	加算料金	2006 年[14]	2007 年[15]	2008 年[16]
<20,000 kWh	0.036	0.183	0.180	N/A
>20,000 - <50,000 kWh	0.028	0.175	0.172	0.23
>50,000 kWh	0.024	0.171	0.168	N/A
中圧電源	0.020	0.167	0.164	N/A

従って本提案事業が本格的に稼働した場合の電気料金は、
0.20US$/kWh×2,376,000kWh = 575,200 US$/年となる。

14 EAC, 2007, Report on Power Sector for the Year 2007
15 EAC, 2008, Report on Power Sector for the Year 2008
16 2008 年 5 月 PPSEZ の EDC 購入電気料金実績

(6) 種子調達費用

ナンヨウアブラギリ種子はカンボジアでは殆ど流通しておらず、まだ市場が形成されていない。現在はナンヨウアブラギリの開発ブームのあおりを受けて非常に高値で取引されるケースも見られるが、現在の重油価格に対して価格競争力を持ったバイオ燃料生産を行うためには、乾燥種子で百数十ドル/トン前後が妥当な数字である。提案者がカンボジアで進めてきた種子の買取実績、種子の収集費用、種子生産性に対応する農民の収入、農民の生産意欲を持続的に保つ事等を考慮して、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油生産工場での種子買い取り価格（種子運搬輸送費込み）をUS$130/トンと仮定する。種子の買い取り価格は今後も変動が予想されるが、長期の買い取り保証と栽培支援等の地域に根差したアプローチにより、安定した種子の調達を行う事を前提とする。

(7) 製品の販売単価

本提案事業のSPCで生産されたナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の価格は、本プロジェクトが存在しなかった場合にCECが購入するであろう重油価格と同等あるいは、それ以下であることが求められる。EDCでのヒアリングによると、カンボジアの燃料用重油は殆どがシンガポールのスポット取引で調達されている。2005年1月から2009年2月までの、シンガポールにおけるResidual Fuel Oil（重油）の取引価格の推移は表2.3.20に示すとおりである。

CECへのヒアリングによると、2008年9月にPPSEZでの重油調達価格は860 US$/kLであった。同時期のシンガポールのスポット料金と比較すると約US$290/kL程度高い。これは、荷役料、船運賃、流通マージンに相当すると推定される。

表 2.3.19 Residual Fuel Oil取引価格（シンガポール）の推移[17]

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
2005	183	197	220	249	246	255	262	282	316	303	287	283
2006	302	319	328	341	340	321	339	321	280	280	266	271
2007	265	289	301	337	338	351	377	368	386	433	491	466
2008	464	462	490	531	595	630	711	655	570	391	238	221
2009	250	251										
平均	301											

Source: Energy Information Administration

2005年1月～2009年2月までのシンガポール重油平均取引価格であるUS$301/kLを基準値とすると、重油とナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の発熱量の差異からナンヨウアブラギリ粗精製油が販売可能な価格は以下のように算出される。

17 Energy Information Administration, Petroleum Navigator
(http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_m.htm)のデータをkLあたりに換算して作成

ナンヨウアブラギリ粗精製油販売可能価格
=（シンガポール重油取引価格(US$/kL) + 290(US$/kl)) / 比重(t/kL) x アブラギリ発熱量[18]/重油発熱量
=((301 (US$/kL) + 290(US$/kL)) / 0.88 (t/kL) x 39.66(MJ/kg) / 40.4 (MJ/kg)
= 659 US$/t

バイオ燃料対応の発電機を導入するCECがナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油を購入するインセンティブを持たせる為に、2%分のプレミアムを差し引くと、645 US$/tとなる。従って、本提案でのナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油販売価格は645US$/tと仮定する。

実際の販売価格に関しては、固定値として設定するナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の最低販売価格と、変動値としてシンガポールの重油価格を参照する価格の組み合わせにより長期販売契約を結ぶ事になると思われる。同案に関してはCEC側でも理解を示しており、長期的な燃料価格の変動を加味してCEC、SPC双方が納得できる条件の模索が必要になると思われる。

(8) ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の輸送費

ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の、搾油工場からPPSEZまでの輸送費については、燃料運送会社（Hong Inn Co., LTD）との協議の上検討を行った。同社は現在タイPPT、フランスTOTALのカンボジア国内の自動車用燃料とジェット燃料の運輸最大手である。輸送費用の検討は、距離に加え、積み込み・積み降ろし施設（時間）、道路状況、有料道路の有無等を考慮する必要がある為、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油施設建設予定地とPPSEZ間の道路視察を行い、同社から以下の見積を入手した。

項目	
搾油精製工場から PPSEZ までの距離	60 km
ローリー1 台に積載可能な液体量*	28,000 L
運送費単価	6.0 US$/kL

＊カンボジアの国内法で、車両と積載貨物の総重量は40トンまでとされている為、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の比重から逆算すると28kLが最大積載量となる。

従って、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油のトンあたりの輸送単価は
6.0 US$/kL /0.88 t/kL（粗精製油の比重）=6.818 US$/tとなる。

18 Conference on International Agricultural Research for Development Oct7-9, 2008 資料より。
http://www.tropentag.de/abstracts/full/322.pdf

2.3.7 プロジェクト実施スケジュール

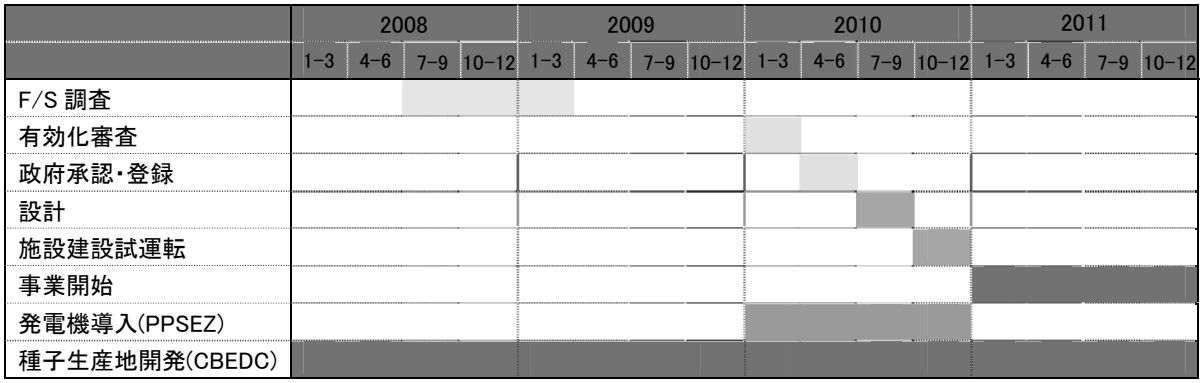
現在想定される最も早いプロジェクトの実施スケジュールを表2.3.20に示した。有効化審査、政府承認は、事業主体となるグリーンエナジー社（SPC仮称）設立時期により多少の前後は想定されるが、2009年中に行う計画である。種子調達にある程度目処が付けば、施設設計・導入は政府承認後に進められる為、2010年度に完了し、2011年初頭からの燃料供給を計画している。一方、発電機導入時期に関しては、今後PPSEZの発電事業者と協議を進める必要があるが、2011年から排出権取得事業を始める為に、2010年に発電機の導入を行う計画とした。

ただし、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の生産およびナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油による発電事業に関しては既に産業レベルで浸透している産業技術の為、本提案事業においても大きな支障は無いが、必要な油糧種子の調達が大きな鍵となる。前述2.3.4項で示すように、本提案事業と平行してCBEDCはELCを活用したプランテーションの開発支援と、小規模な垣根・間作方式の契約栽培の拡大を進めているが、信頼性のある種子調達計画に沿った開発が着手されるまでは、プロジェクトの実施スケジュールに大きな影響を与える事が想定される。

また、本提案事業では新たに同程度の発電機導入を前提としており、CECとその親会社であるCSLの意向も大変大きな影響を与えることが予想される。

提案者および関連事業者（JDI、JBEDC、CBEDC、PPSEZ）、CECは各社事業活動を継続的にカンボジアで行っており、本調査による現地調査終了後も情報交換を行っている。現在は種子調達計画の精査と具体的な行動計画と資金計画を進めている所であり、今後本提案プロジェクトの実施スケジュールに関しても具体化する予定である。

表 2.3.20 プロジェクトの実施スケジュール



3 CDM事業化分析

3.1 CDM プロジェクトの目的

プノンペン郊外で運営・開発中のPPSEZの入植企業の需要に併せ、CEC社が新たに導入を検討しているバイオ燃料対応重油発電機の発電燃料を、ナンヨウアブラギリ粗精製油（バイオ燃料）により大体する事で、温室効果ガスの排出削減を目的とする。

3.2 使用する方法論

本CDMプロジェクトは、プロジェクト参加者によって精製されたナンヨウアブラギリのストレート油を経済特区内の発電所の発電燃料として利用する。このナンヨウアブラギリ油は新規購入予定の2基の発電機の燃料として使用され、発電された電力は経済特区内の工場、商業施設、住居に供給される。発電容量の合計は、15MW以下である。

このことから、本プロジェクトには以下に示す承認済み小規模CDM方法論を適用する。

Type: Type I-Renewable Energy Projects
Category: AMS-I.A.- Electricity generation by the user

AMS-I.Aに関しては、グリッドに接続していない住居群や利用者群に再生可能エネルギーによる発電による電力を供給し、発電容量が15MW以下のプロジェクトに適用されるものである。

3.3 プロジェクトバウンダリーおよびベースラインの設定

(1) プロジェクトバウンダリーの設定

当該プロジェクトでは、グリッドに接続していない住居群や利用者群に対し再生エネルギーによる電力を供給するため、承認済み小規模方法論「Category: 1.A.: Electricity generation by the user」を適用する。

プロジェクトバウンダリーに関しては、再生可能エネルギー発電源および装置の存在する物理的、地理的場所である必要がある。しかしながら、本プロジェクト参加者であるSPC（Special Purpose Company）の管理下で、ナンヨウアブラギリ植物油が搾油されることから、搾油工場ならびにナンヨウアブラギリ植物油の運搬業務もバウンダリー内に含むこととする。更に、種子の運輸に関しても、種子を回収し、それを搾油工場まで運送することは、SPCの管理下で行われることから、バウンダリー内に含まれることとなる。ナンヨウアブラギリ栽培に関しては、プランテーショ

ンおよび垣根方式の委託栽培のどちらに関しても、プロジェクト参加者であるSPCの管理下にないことから、バウンダリーには含まず、リーケージとしてGHG排出削減量の計算に含む。本プロジェクト活動に含まれるGHG排出源は、以下の活動が挙げられる。

① 原料のナンヨウアブラギリ種子のストレート油精製工場への運搬
② ストレート油の製造工程でのエネルギー使用
③ 搾油されたストレート油の電力発電施設への運搬
④ 電力発電施設でのストレート油の消費

プロジェクトバウンダリーは以下の図の点線枠の部分である。

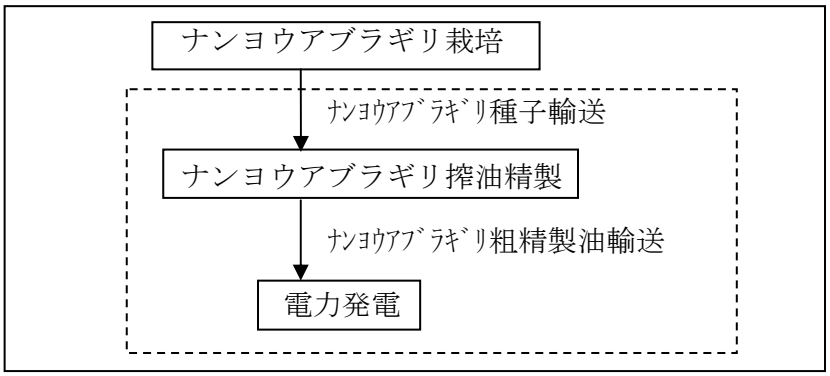


図 3.3.1 プロジェクトバウンダリー

(2) ベースラインの設定

ベースラインは、AMS.-1.A.(Version 13)のパラグラフ7（オプション2）に従い、プロジェクトが実施されなかった場合の化石燃料の消費量を基に計算される。プロジェクトが実施されない場合、PPSEZの電力供給は引き続き、重油によって発電されると想定され、発電される年間電力量（MWh）が計算される。この数字を、電力配分の割合で割った数字が発電電力の年間ベースライン量となる。更に、この年間電力量に限定値CO_2排出係数の0.8（AMS.-1.A.のパラグラフ8参照）を乗じたものが年間ベースラインCO_2排出量である。

プロジェクトが実施されない場合、PPSEZの発電は引き続き重油によって行われると想定される。年間発電量（MWh）にCO_2排出係数を乗じたものが年間ベースラインCO_2排出量となる。CO_2排出係数は、発電所を運営するColben社の実績に基づき、表3.3.1のとおり、0.79228tCO_2e/MWhと計算される。

表 3.3.1 PPSEZ の発電所における CO_2 排出係数の算出

	重油(kg)	軽油(kg)	発電量(KWh)
2008 年 4 月	140,000	21,466	498,462
5 月	683,572	2,269	2,625,612
6 月	1,182,982	1,681	4,683,462
7 月	1,000,756	2,521	4,143,178
8 月	1,285,142	168	5,103,710
合計	4,292,452	28,105	17,054,424
Default CO2 Value	77,400 kg/TJ	74,100 kg/TJ	
Net Calorific Value	40.4 TJ/Gg	43.0 TJ/Gg	
CO_2 Emission (kg)	13,422,325.71	89,550.96	
CO_2 Emission (ton) 合計	13,511,876.67		0.79228

Source：CEC

3.4 追加性の証明

小規模CDM簡易実施手順（Simplified modalities and procedure for small-scale CDM project activities）Appendix B のAttachment Aによると、小規模CDMプロジェクトの追加性に関しては 1.)投資バリア，2.）技術バリア、3.）一般的慣行に伴うバリア、4.）その他のバリア、の４つのバリアを規定している。本プロジェクトがこのうち一つ以上に合致すれば、プロジェクトは追加的であり、簡易ベースラインおよびモニタリング方法論が利用可能であるとされている。

カンボジアでは、ナンヨウアブラギリ由来のバイオ燃料を含め代替エネルギー源の確保に注目が集まっている。しかし、政府関係者等へのヒアリングの結果、同国ではナンヨウアブラギリの栽培技術の体系化が進んでいない状況である。さらに、本プロジェクトに適用されるナンヨウアブラギリ搾油精製技術は、カンボジア国内に普及しておらず、技術的なバリアが存在するといえる。したがい、小規模CDM簡易実施手順で挙げられているバリアに合致しているため、本プロジェクトは追加的であることが証明された。

また、4.3節の「経済性分析」において、本プロジェクトの採算性を検証しているが、CER による収入を含まない場合のIRR は11.26%であり、プロジェクトに対する投資対象としての魅力は薄い。CDM 事業として登録されることにより発生するクレジットからの収入をプロジェクトの収入に含めなければ、プロジェクトの財務的・経済的な利益確保は難しく、投資バリアも存在すると考えられる。

3.5 温室効果ガス削減量

3.5.1 ベースライン排出量

AMS.-1.A.の項目7～12 には、本プロジェクトに適用可能なベースライン方法論が述べられている。この項目の中で、ベースライン排出量の算出にあたっては、3つのオプションが与えられており、当該プロジェクトでは、再生可能エネルギープロジェクトからの電力の消費者が、ごく限られたエリアであるため、オプション2を選択することとする。

EBL,y = Σi (EGi,y)/(1-l) (1)

EGi,y：各再生可能エネルギー利用技術”i”による発電量の総和

l： 隔絶された地域の配電会社によって設置されたディーゼル油による小規模な系統電源の技術的配電ロスの平均値

本プロジェクトにおける再生可能エネルギー利用技術は1種類である。また、発電所はPPSEZの敷地内にあるため、技術的配電ロス「l」はゼロである。したがい、ある年yのベースライン排出量<BECO2,y>は、以下の式に置き換えられる。

$BECO_2$,y = EBL,y ＊ $EFCO_2$ (2)

EBL,y：ベースライン総発電量(KWh)

$EFCO_2$：CO_2排出係数(kgCO_2eq/KWh)

年間ベースライン排出量（$BE_{CO2,y}$）の計算に用いたデータを表3.5.1に一覧する。

表 3.5.1 ベースライン排出量の推定に用いたデータ

	値	単位	出典
$E_{BL,y}$	91,104	KWh	6.5MW＊2 基＊24 時間＊365 日＊力率 80%
EF_{CO2}	0.79228	tCO2e/MWh	計算（CEC における発電実績を基に計算）

これらを用いて計算した結果、$BE_{CO2,y}$>は、下記のとおりとなる。

ベースライン排出量 tCO_2/年	＝	総発電量 MWh/年	＊	CO_2 排出係数 kg CO_2eq/KWh	＊	MWh 換算 KWh/MWh	＊	トン換算 ton/kg
	＝	91,104 MWh/年	＊	0.79228 kg CO_2 E eq/KWh	＊	1,000 KWh/MWh	＊	1/1,000 ton/kg
	＝	72,180 tCO_2/年						

したがって、プロジェクト期間中のベースラインGHG排出量は以下の表の通りである。

表 3.5.2 ベースライン GHG 排出量

年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	合計
排出量 (tCO_2e)	72,180	72,180	72,180	72,180	72,180	72,180	72,180	72,180	72,180	72,180	721,800

3.5.2 プロジェクト排出量

プロジェクトバウンダリーに含まれる活動には、

- ナンヨウアブラギリ種子の搾油精製工場までの輸送
- ナンヨウアブラギリ油の搾油精製
- 精製された油の発電施設までの輸送
- 発電所でのナンヨウアブラギリ油の消費

が含まれる。

本プロジェクトにおける、ある年yのプロジェクト排出量<PEy>は以下の式を用いて計算される。

$$PE_{CO2,y} = PE_{elec,y} + PE_{fuel,y} + PE_{t,y} \quad (3)$$

PEelec,y: プロジェクトサイトでの電力使用に伴う排出量（tCO2e/y）
PEfuel,y: プロジェクトサイトでの化石燃料消費による排出（tCO2e/y）
Pet,y:種子およびナンヨウアブラギリ油の燃料輸送の増加に伴う排出（tCO2e/y）

(1) 電力使用・発電に伴う GHG 排出量

本プロジェクトの搾油工場では、エネルギーとして電力の使用が想定される。本プロジェクトにおける電力使用に伴うGHG排出量は、以下の式を用いて算出する。

$$PE_{elec,y} = PE_{elec,plant,y} + PE_{elec,gene,y} \quad (4)$$

・PEelec,plant,y: プロジェクトサイト（搾油工場）での電力使用に伴うGHG排出量（tCO2e/y）
・PEelec,gene,y: 発電所（PPSEZ）での電力使用に伴う排出量（tCO2e/y）

(a) 搾油工場

搾油工場で使用される電力は、プノンペン市で発電される電力を、搾油工場建設予定地であるカンポンスプー市のグリッド経由で購入する。プロジェクトサイトでの電力使用に伴うGHG排出量は、以下の式を用いて算出する。

$$PE_{elec,plant,y} = E_{PJ,plant,y} * CEF_{grid} \quad (5)$$

・EPJ,Plant,y: グリッドからの電力購入量（MWh）
・CEFgrid: 購入電力のグリッド排出係数（tCO2e/MWh）

プロジェクトサイトでの電力使用に伴う年間プロジェクト排出量<PEelec,plant,y>の計算に用いたデータを表3.5.3に一覧する。

表 3.5.3 プロジェクトサイト（搾油工場）での電力使用に伴う GHG 排出量の推定に用いたデータ

	値	単位	出典
$E_{PJ,Plant,y}$	2,376	MWh	搾油機器：30KW ＊ 24 時間 ＊ 330 日 ＊ 10 台 / 1,000 ＊ 該当年の処理種子量（トン）/139,250 トン
CEF_{grid}	0.72460	tCO2e/MWh	計算（プノンペンにおけるグリッド電源の加重平均）

(b) 発電所
発電所での電力使用に伴うGHG排出量は、以下の式を用いて算出する。

$$PE_{elec,gene,y} = E_{PJ,gene,y} * CEF_{elec,gene} \quad (6)$$

・EPJ,gene,y：PPSEZにある発電所にて使用される電力
・CEFelec,gene：使用する電力の排出係数（tCO2e/MWh）

PPSEZにある発電所にて使用される電力は、カーボンニュートラルであるナンヨウアブラギリ油によって発電された電力であり、排出係数はゼロとなる。したがい、発電所での電力使用に伴うGHG排出量はゼロである。

プロジェクトサイトでの電力使用に伴う排出量は、上述された(a)、(b)のGHG排出量の合計であり、表3.5.4のとおりとなる。

表 3.5.4 プロジェクトサイトでの電力使用に伴う排出量

年	搾油する種子量（トン）	電力量（KWh）	CO2 排出量（tCO2e/年）
2011	50	878	1
2012	2,390	41,989	30
2013	31,570	554,646	402
2014	79,750	1,401,109	1,015
2015	135,240	2,376,000	1,722
2016	135,240	2,376,000	1,722
2017	135,240	2,376,000	1,722
2018	135,240	2,376,000	1,722
2019	135,240	2,376,000	1,722
2020	135,240	2,376,000	1,722
合計			11,778

(2) プロジェクトサイトにおける化石燃料の消費に伴う GHG 排出量

本プロジェクトの化石燃料消費に伴うGHG排出量（PEfuel,y）に関して、2種類の活動が含まれる。1つは、搾油工場(プロジェクトサイト)での重油使用とそれに伴うGHG排出量であり、もう1つは、発電における重油の使用である。後者に関しては、当初5年間は、ナンヨウアブラギリ種子の収穫量が不足しており、足りない分を重油でまかなう必要があり、それによりGHGが排出されると想定される。

$$PE_{fuel,y} = PE_{fact,fuel,y} * + PE_{elec,fuel,y} \quad (7)$$

・PEfact,fuel,y：搾油工場での化石燃料消費による排出量（tCO2e/y）
・PEelec,fuel,y：発電所での化石燃料消費による排出量（tCO2e/y）

(a) 搾油工場での化石燃料消費による排出量

搾油工場での化石燃料消費による排出量は以下の式により算出される。

$$PE_{fact,fuel,y} = F_{fact,fuel,y} * NCV_{fuel} * EF_{fuel} \quad (8)$$

Ffact,fuel,y：搾油工場における当該化石燃料（重油）使用量（ton）
NCVfuel：当該化石燃料（重油）の熱量（MJ/ton）
EFfuel：当該化石燃料（重油）のCO2排出係数（tCO2/MJ）

しかし、本プロジェクトでは、ナンヨウアブラギリ種子搾油工場にて搾油機（Solaroilsystems BV社製）が導入されるが、搾油機は電力のみ使用し、重油等の化石燃料は使用しない。したがい、搾油工場での化石燃料使用に伴うGHG排出量はゼロである。

発電所での化石燃料使用による排出量

発電所での化石燃料使用による排出量は以下の式で算出される。

$$PE_{elec,fuel,y} = F_{elec,fuel,y} * NCV_{ff} * EF_{ff} \quad (9)$$

Felec,fuel,y：発電所における当該化石燃料（重油）使用量（ton）

NCVff：当該化石燃料（重油）の熱量（MJ/ton）

EFff：当該化石燃料（重油）のCO2排出係数（tCO2e/MJ）

発電施設における重油の使用は、ナンヨウアブラギリ種子の収穫量がPPSEZ全体の電力発電に満たないため、プロジェクト開始時から5年間続けられると想定される。ナンヨウアブラギリ種子の収穫量が増えれば、発電における重油の使用は減り、プロジェクト開始時から6年後には発電に必要な種子の供給量が満たされ重油の使用が必要でなくなる。

表 3.5.5　化石燃料消費に伴う GHG 排出量の推定に用いたデータ

	値	単位	出典
NCV_{ff}	40.4	MJ/ton	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Volume 2 : Energy, 1 Introduction, TABLE 1.2)
EF_{ff}	0.0774	tCO2e/MJ	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Volume 2 : Energy, 2 Stationary Combustion, TABLE 2.2)

プロジェクトサイトでの化石燃料消費に伴う排出量は、上述された(a)、(b)のGHG排出量の合計であり、表3.5.6のとおりとなる。

表 3.5.6 プロジェクトサイトでの化石燃料消費に伴う排出量

年	ナンヨウアブラギリ油に置き換えられない重油量（t）	CO2 排出量（t CO_2e）
2011	22,922	71,676
2012	22,526	70,438
2013	17,578	54,966
2014	9,409	29,422
2015	0	0
2016	0	0
2017	0	0
2018	0	0
2019	0	0
2020	0	0
合計		226,501

(3) 種子およびナンヨウアブラギリ油の燃料輸送の増加に伴う排出（tCO_2e/y）

本プロジェクトにおいて、2種類の輸送活動が存在する。一つは、ナンヨウアブラギリ種子の搾油工場への輸送であり、もう一つは搾油工場からPPSEZまでのナンヨウアブラギリ油の輸送である。種子およびナンヨウアブラギリ油の燃料輸送の増加に伴う排出量は以下の式で算出される。

$$PE_{t,y} = PE_{t,seed,y} * + PE_{t,oil,y} \quad (10)$$

PEt,seed,y：種子輸送に伴う排出（t/CO2e）
PEt,oil,y：ナンヨウアブラギリ油の輸送に伴う排出（t/CO2e）

(a) 種子輸送に伴う排出
種子輸送による排出は以下の式により算出される。

$$PE_{t,seed,y} = NO_{truck,y} * DT_{t,seed,y} * VF_{cons,truck} * NCV_{tf} * D_{tf} * EF_{tf} \quad (11)$$

・NOtruck,y：種子輸送のトラック増加台数（台）
・DTt,seed,y：輸送距離（km）
・VFcons,truck：トラックの燃費（L/km）
・NCVtf：トラック燃料の熱量（MJ/kg）
・Dtf：トラック燃料の比重（kg/L）
・EFtf：トラック燃料の排出係数（tCO2e/MJ）

種子輸送に伴うGHG排出量の計算に用いたデータを表3.5.7に一覧する。

表 3.5.7 種子輸送に伴う GHG 排出量の推定に用いたデータ

	値	単位	出典
$NO_{truck,y}$	27,850	台	ピーク時の台数（139,250 トン/5 トン）
$DT_{t,seed,y}$	30	km	輸送距離は最大でも 30km と想定される。
$VF_{cons,truck}$	0.5	L/km	現地の運送会社である So Nguon Transportation & Service Imp. Exp. Co., Ltd よりのヒアリング.
NCV_{tf}	43	MJ/kg	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Volume 2：Energy, 1 Introduction, TABLE 1.2)
D_{tf}	0.86	kg/L	軽油の JIS 規格 (http://www.jisc.go.jp/app/pager?id=2275)
Ef_{tf}	0.0741	kgCO2e/MJ	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Volume 2：Energy, 2 Stationary Combustion, TABLE 2.2)

これらを用いて計算した結果、PEt,seed,yは表3.5.8のとおりと推定される。

表 3.5.8 種子輸送に伴う GHG 排出量

年	種子量(トン)	増加台数（台）	CO2 排出量 (ｔCO2e/年)
2011	50	10	1
2012	2,390	478	39
2013	31,570	6,314	519
2014	79,750	15,950	1,311
2015	135,240	27,048	2,224
2016	135,240	27,048	2,224
2017	135,240	27,048	2,224
2018	135,240	27,048	2,224
2019	135,240	27,048	2,224
2020	135,240	27,048	2,224
合計			15,211

(b) ナンヨウアブラギリ油の輸送増加に伴う GHG 排出量

ナンヨウアブラギリ油の輸送増加に伴うGHG排出量は、以下の式により算出される。

$$PE_{t,oil,y} = NO_{tank,y} * DT_{t,oil,y} * VF_{cons,tank} * NCV_{tf} * D_{tf} * EF_{tf} \quad (12)$$

NOtank,y：ナンヨウアブラギリ油の輸送に伴うローリー増加台数（台）

DTt,oil,y：輸送距離（km）

VFcons,tank：ローリーの燃費（L/km）

NCVtf：ローリー燃料の熱量（MJ/kg）

Dtf：ローリー燃料の比重（kg/L）

EFtf：ローリー燃料の排出係数（tCO2e/MJ）

しかし、発電所のフル稼働に必要な重油22,931トン/年を発電所から片道160km離れたシアヌークビルからの輸送に伴う排出量、上記の重油の熱量に相当するナンヨウアブラギリ油を発電所から片道50km離れたカンポンスプー市からの輸送に伴う排出量を比較すると、下記計算式から明らかなように、後者の方が小さくなる。

22,931トン / 比重0.86 / 28kL19＊（160km ＊ 2）
＊燃費0.5L/km ＊ 熱量43,000 ＊比重0.86＊排出係数0.0741

（22,931トン＊40.4/27.4） / 比重0.86 / 28kL＊（50km ＊ 2）
＊燃費0.5L/km ＊ 熱量43,000 ＊比重0.86＊排出係数0.0741

したがい、ナンヨウアブラギリ油の輸送増加に伴うGHG排出量はゼロとみなすことができる。

種子およびナンヨウアブラギリ油の燃料輸送の増加に伴う排出（tCO2e/y）は、上述された(a)、(b)のGHG排出量の合計であり、表3.5.9のとおりとなる。

表 3.5.9 種子およびナンヨウアブラギリ油の燃料輸送の増加に伴う排出量

年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ｸﾚｼﾞｯﾄ期間合計
CO_2排出量（tCO2eq/年）	1	39	519	1,311	2,224	2,224	2,224	2,224	2,224	2,224	15,211

(4) プロジェクト排出量合計

年間プロジェクト排出量合計は式(4)を用いて計算し、表3.5.10のとおりとなる。

表 3.5.10 プロジェクト排出量合計

年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ｸﾚｼﾞｯﾄ期間合計
プロジェクト排出量（tCO2eq）	71,678	70,508	55,887	31,748	3,945	3,945	3,945	3,945	3,945	3,945	253,491

19 現地ヒアリングより、カンボジアにおける通常のローリー容量は 28kL。

3.5.3 リーケージ

本プロジェクトのリーケージ算定に関して、小規模CDM簡易実施手順のAppendix BにAttachment Cとして表記された「General guidance on Leakage in biomass project activities」に従って、リーケージを算出する。3種類のバイオマス(森林、耕作地および残渣)が提示されている。本プロジェクトで使用されるナンヨウアブラギリは、残渣ではなく、また森林由来のものでないことから、耕作地のカテゴリー「Biomass from croplands or grasslands」となる。

また、本プロジェクトで使用するナンヨウアブラギリの栽培が想定される土地は、具体的な土地の利用計画が存在しないことから、「In the absence of the project the land would be abandoned」と考えられ、本CDM事業のリーケージは、「Emissions from biomass generation/cultivation」である。

ガイダンスでは、再生可能バイオマスの製造における潜在的に重大な排出源として、

Emissions from application of fertilizer （施肥に伴う排出）
Project emissions from clearance of lands（栽培地の造成に伴う排出）
を挙げている。

(1) 施肥に伴う排出

施肥に伴う排出を求める式は、第33回CDM理事会で制定されたA/R方法ツール「窒素肥料からの直接的な亜酸化窒素排出量の推定（EB33 Annex 16）」に示されている以下の式を利用する。

$$N2O_{direct-N,t} = (F_{SN,t} + F_{ON,t}) * EF_1 * MW_{N2O} * GWP_{N2O} \quad (14)$$

$$F_{SN,t} = \sum_{i}^{I} M_{SFi,t} * NC_{SFi} * (1 - Frac_{GASF}) \quad (15)$$

$$F_{ON,t} = \sum_{j}^{J} M_{OFj,t} * NC_{OFj} * (1 - Frac_{GASM}) \quad (16)$$

$N2O_{direct-N,t}$：窒素肥料施肥によって生じる直接的な N_2O 排出量（tCO_2e）
$F_{SN,t}$：t 年 1 年間に使用された合成肥料の窒素量（t-N/yr）
$F_{ON,t}$：t 年 1 年間に使用された有機肥料の窒素量（t-N/yr）
EF_1：窒素添加による N_2O 排出係数（t-N_2O-N /t-N input）
MW_{N2O}：N_2O と N の分子量比（t-N_2O /t-N）
GWP_{N2O}：N_2O の温暖化係数（kg-CO_2-e /kg-N_2O）

$M_{SFi,t}$：t 年 1 年間に施肥された合成肥料 i の質量（tonne）
NC_{SFi}：施肥された合成肥料 i の窒素含有率（g-N/100 g fertilizer）
$Frac_{GASF}$：合成肥料の NH_3 と NO_X として脱窒する割合
$M_{OFj,t}$：t 年 1 年間に施肥された有機肥料 j の質量（tonne）
NC_{OFj}：施肥された有機肥料 j の窒素含有率（g-N/100 g fertilizer）
$Frac_{GASM}$：有機肥料の NH_3 と NO_X として脱窒する割合
I：合成肥料のタイプの番号
J：有機肥料のタイプの番号

本プロジェクトのプランテーション方式による栽培では、牛糞（有機肥料）と化学肥料の2種類が使用される。苗を植えた最初に苗木1本あたり牛糞2kg/木を投与し、3ヵ月後に生育の悪いものに対してのみ、さらに牛糞2kg/木を投与する。その後、生育の悪いものに対してのみ、化学肥料25-30mg/木を年2回投与する。

ここでは、保守的に見て、すべての苗に牛糞4kg/木および化学肥料30mg/木を投与するものとして計算する。また、植栽間隔は3m×3mである。

なお、小規模垣根・間作方式においては、施肥を行わない可能性もあるが、保守的に見てプランテーション方式による栽培と同様に施肥を行うものとして計算した。

1haあたり施肥される合成肥料（ton）は、
30mg/1,000,000×10,000m2/(3m×3m)×（前年の有機肥料の施肥面積（ha））
1haあたり施肥される有機肥料（ton）は、
（4kg/1000kg×10,000m2/(3m×3m)×（前年の有機肥料の施肥面積（ha））
により計算される。

窒素肥料の施肥によって生じるGHG排出量< N2Odirect-N,t >の計算に用いたデータを表3.5.11に一覧する。

表 3.5.11 施肥による GHG 排出量の推定に用いたデータ

	値	単位	出典
EF_1	0.01	t-N2O-N/t-N input	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Volume 4 : Agriculture, Forestry and Other Land Use, TABLE 11.1)
MW_{N2O}	44/28	t-N2O-N/t-N	
GWP_{N2O}	310	kg-CO2-e /kg-N2O	第一約束期間中の IPCC デフォルト値
NC_{SFi}	28/132	g-N/100 g fertilizer	窒素肥料としてよく利用される硫酸アンモニウム（(NH4) 2SO4、分子量 132）を想定
$Frac_{GASF}$	0.10	Dimensionless	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Volume 4 : Agriculture, Forestry and Other Land Use, TABLE 11.3)
NC_{OFj}	3.75/100	g-N/100 g fertilizer	Animal Manure Data Sheet (http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/eb1719/eb1719.html)
$Frac_{GASM}$	0.2	Dimensionless	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Volume 4 : Agriculture, Forestry and Other Land Use, TABLE 11.3)

これらを用いて計算した結果、$N2O_{direct-N,t}$は、表3.5.12のとおりである。有機堆肥は、ナンヨウアブラギリ栽培において、発育の期間のみに使用されるため、植物がある程度育った場合、有機堆肥は使用されない。したがい、GHG排出量は2017年からゼロとなる。

表 3.5.12 合成肥料および有機肥料の施肥に伴う N2O 排出量（CO2 換算）

年	施肥量（トン）		N_2O 排出量(CO_2 換算)		リーケージ N_2O 排出量合計 (tCO2e)
	合成肥料	有機肥料	合成肥料	有機肥料	
2011	0	89	0	13	13
2012	0	4,800	0	701	702
2013	1	59,556	1	8,704	8,704
2014	1	93,333	1	13,640	13,641
2015	2	106,667	1	15,589	15,590
2016	0	0	0	0	0
2017	0	0	0	0	0
2018	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0
合計	4	264,444	4	38,647	38,650

(2) 栽培地の造成に伴う排出

栽培地の造成に伴う既存バイオマスの減少による排出は、プロジェクトで使用するバイオマスの栽培に森林伐採が行われる時に問題とされる。本プロジェクトにお

けるナンヨウアブラギリの栽培候補地は、上述のとおり未利用の草地であることが確認されている。そのため、既存バイオマスの減少によるGHG排出は計算する必要がない。

(3) 本プロジェクトのリーケージ計算

上記の(1)(2)より、本プロジェクトのリーケージは表3.5.13のとおりと推計される。

表 3.5.13 リーケージ

年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ｸﾚｼﾞｯﾄ期間合計
ﾘｰｹｰｼﾞ (tCO2eq)	13	702	8,704	13,641	15,590	0	0	0	0	0	38,650

3.5.4 プロジェクト実施によるGHG 排出削減量

プロジェクト実施によるGHG排出削減量は、ベースライン排出量からプロジェクト排出量とリーケージを差し引いて求められる、クレジット期間における年間GHG排出削減量を表3.5.14に示す。

表 3.5.14 クレジット期間における GHG 排出削減量

年	ベースライン排出量 (tCO2e)	プロジェクト排出量 (tCO2e)	リーケージ (tCO2e)	GHG 排出削減量 (tCO2e)
2011	72,180	71,678	13	489
2012	72,180	70,508	702	971
2013	72,180	55,887	8,704	7,589
2014	72,180	31,748	13,641	26,791
2015	72,180	3,945	15,590	52,645
2016	72,180	3,945	0	68,235
2017	72,180	3,945	0	68,235
2018	72,180	3,945	0	68,235
2019	72,180	3,945	0	68,235
2020	72,180	3,945	0	68,235
クレジット期間合計	721,800	253,491	38,650	429,657

3.6 モニタリング計画

ベースラインシナリオと同様に、承認済み小規模方法論「AMS1.A.： Electricity generation by the user」を適用する。PPSEZの関係者とのヒアリングの結果、PPSEZでは、電力発電量および燃料使用量をモニタリングし、その記録を保管していることが確認できた。バイオ燃料使用量およびそれによる電力量を今後どのようにモニタリングを実施するかが課題である。これらの要因を踏まえ、正確なモニタリング実施に向けたモニタリング計画を第2回調査で明確にし、策定する。

本プロジェクトでモニタリングされるデータ変数は以下の表3.6.1に示す通りである。

表 3.6.1　モニタリング計画

データ変数	単位	説明	データソース	頻度
ﾅﾝﾖｳｱﾌﾞﾗｷﾞﾘ粗精製油投入量	ton	発電燃料として投入されたナンヨウアブラギリ粗精製油の量	Colben Energy Limited の流量計により測定	連続
$EG_{i,y}$	kWh	導入された再生可能エネルギー技術 i のグループにおける、当該再生可能エネルギー技術による年間アウトプットの推計値	Colben Energy Limited の電力計により測定	連続
$E_{PJ,plant,y}$	kWh	ナンヨウアブラギリ油製造に使用するために、グリッドから購入される電力量	ナンヨウアブラギリ製造プラントに導入される電力計により測定	連続
CEF_{grid}	tCO_2/kWh	プノンペングリッドの排出係数	ｸﾞﾘｯﾄﾞの発電実績ﾃﾞｰﾀを用い、AMS-I.D.に従い各電源の発電量と燃料消費量の加重平均	毎年
$F_{elec,fuel,y}$	ton	PPSEZ での発電に使用される化石燃料量	化石燃料の購入伝票或いはメーター	毎年
$NO_{truck,y}$	number	種子運搬に使用されるトラック台数	運送会社の記録	毎年
$DT_{t,seed,y}$	km	種子運搬の距離	運送会社の記録を基にした推計	毎年
$VF_{cons,truck}$	l/km	トラックの燃費	運送会社の記録	毎年
$M_{SFi,t}$	tonne	t 年 1 年間に施肥された合成肥料 i の質量	購入、使用した合成肥料の表示 購入量、使用量の記録	毎年
NC_{SFi}	g-N/100 g fertilizer	施肥された合成肥料 i の窒素量	購入、使用した合成肥料の量、製造者からの窒素量の情報	製造者から窒素量のﾃﾞｰﾀを得られない場合、事前に検定
$M_{OFj,t}$	tonne	t 年 1 年間に施肥された有機肥料 j の質量	購入、使用した有機肥料の表示 購入量、使用量の記録。	毎年
NC_{OFj}	g-N/100 g fertilizer	施肥された有機肥料 j の窒素量	購入、使用した有機肥料の量、堆肥等有機肥料の検定値	プロジェクト開始前

3.7　クレジット獲得期間

ナンヨウアブラギリは充分な油を含む種子ができるのに、植栽してから約3年が必要であるため、、プロジェクトの開始は2011年を予定する。本プロジェクトの実施期間は、搾油工場建設期間を含めて15年とし、クレジット獲得期間は2011年からの10年間を予定する。

3.8　環境影響・その他の間接影響

3.8.1　カンボジア王国における環境影響評価制度

カンボジアでは、「Sub-Decree on Environmental Impact Assessment Process」に規定される又は、環境影響評価が必要であると判断された活動に対して環境影響評価（EIA)の実施が必要となる。これに対し、カンボジアではEIAに関するガイドラインが環境省のEIA部によって作成された。このガイドラインは、アジア開発銀行・世界銀行が作成したガイドラインを基に作成されたもので、カンボジアの環境保護・資源管理法に準拠するものである。環境に影響を与える可能性のある全ての投資プロジェクト実施者はこのガイドラインに従い環境影響評価を実施する。

新しく事業を行うプロジェクトに対しては、先ずIEIA（初期環境影響評価)を行う必要がある。プロジェクト責任者は、初期環境影響評価としてSEIA（Social and Environmental Impact Assessment)[社会・環境影響評価]と題するレポートを環境省に提出する必要がある。

表 3.8.1　社会環境影響評価レポートの構成要素

第1章　概要	
プロジェクトの目的、方法論、社会・環境への影響に対する可能性、影響緩和への対策、環境管理対策等の説明が必要である。	
第2章　法律または法令に関する枠組み	
プロジェクトに関連する法律・法規等の概要。特に固形廃棄物、廃水、大気汚染、騒音に関する説明が必要である。	
第3章　プロジェクトの解説	
プロジェクトの背景、プロジェクトのロケーション（地図等で示す)、プロジェクトの範囲・期間（建設、実施等)、事業内容（使用する原料、使用する機械・機材等、従業員の特性、汚染物・汚染源の量およびそれに対する対策、プロジェクトの作業計画等の説明が必要である。	
第4章　既存の環境資源	
4.1	物理資源：気候、水資源、土壌に関する説明
4.2	生物資源：生態系の多様性、森林生態、水生動物、水生植物、保護・保存地域等に関する説明
4.3	社会・経済資源：人口、集落、地域の土地利用、地域の水資源利用法、インフラ設備（交通、電力、水、公衆衛生)、教育、公共医療、経済的状況（雇

用、主収入源、準収入源)、文化遺産、地域の伝統文化等の説明が必要である。
第5章　社会・環境への影響分析および軽減対策：
この章ではプロジェクト活動における肯定的・否定的影響を説明する必要がある。特に、方法論の説明、プロジェクト実施場所と軽減対策の説明、プロジェクトデザインの説明と対策案、建設に係る説明と対策案、プロジェクトの撤退・閉鎖と対策案等の説明が必要となる。
第6章　公共の場での協議：
プロジェクト実施者は公共での協議内容を提供する必要がある。特に、フォーカスグループとの議論・討論、世論調査、地域住民および地域 NGO の評価・意見・反響、またその結論等の説明が必要となる。
第7章　環境管理計画：
プロジェクトを実施するに当たり、どのような環境管理計画を考えているか説明する必要がある。特に、環境管理に対する基金および事務所の設立、また、そこで就業する適格なスタッフの雇用に対する計画を説明する必要がある。更に、適切な設備等の使用計画および方法論、実施機関等の説明が必要となる。
第8章　結論および提案：
プロジェクト実施者は上述された項目に関して、いか結論づけられるか説明する必要がある。

IEIAは、上述されたガイドラインに沿って、初期環境影響評価を行わなければならない。更に、IEIA提出後に環境に対する影響が環境省によって深刻であると判断された場合、EIA（環境影響評価)文書を提出する必要がある。内容的にはまったく同じであるが、プロジェクトに関してもう少し詳細化された説明が必要になると想定される。

3.8.2 プロジェクトによる環境影響

本プロジェクトにおけるIEIA/EIAに関して、カンボジアの環境影響審査が必要となる。前述したガイドラインに沿って、IEIA/EIA報告書を作成する義務がある。本プロジェクトでは、ナンヨウアブラギリのプランテーションを行い、ナンヨウアブラギリ搾油製造施設でバイオ燃料を製造する。

カンボジアでは1,000ha以上のプランテーションについてIEIA/EIAが必要になる。本プロジェクトでは、5.9万haのナンヨウアブラギリ栽培地が必要と想定されるが、1,000haを超える大型プランテーションの開発は提案事業者の事業として実施は行わない。よって、ナンヨウアブラギリのプランテーションに関しては、IEIA/EIAは必要でないと判断する。

ただし、ELCを利用した大型のプランテーション開発にはIEIA等が必要になる可能性がある為、JDI/CBEDCが ELCオーナーに協力しIEIA等を実施する可能性がある。

次に、ナンヨウアブラギリ粗製精製油生産施設であるが、現在カンボジアではパーム油を除き植物油の精製工場は存在しない。さらに、「Sub-Decree on Environmental Impact Assessment Process」にはEIAの必要性に関して明確な説明が無い。しかし、本プロジェクトの事業内容から考えて、IEIA/EIAが必要であると判断する。

本プロジェクトに係るナンヨウアブラギリ粗精製油生産活動には、種子の集積、搾油、精製、貯蔵が含まれる。よって、水質汚染・騒音、大気汚染、固形廃棄物の3つが環境に影響を与える可能性があると考えられる。これらの環境影響に対し、本プロジェクト実施者は関連する全ての法規および基準にしたがい、プロジェクトを設計して実施する。また、環境への負の影響に対し、適切な環境管理体制を確立する必要がある。

3.8.3 社会経済影響

栽培対象としているコンポンスプー州Ou Commune周辺地域では、主な収入源は農業であり、大多数の農家が稲作を営んでいる。稲作の他に主な収入源は、薪炭生産および畑作・放牧によるものである。畑作といっても、栽培される作物の種類は少なく、主に野菜、大豆、トウモロコシ、および幾つかの果物に限られている。また、農作物の収穫は雨季に集中しており、乾季には収入源がほとんど無い状況で、若者による都市部への出稼ぎ等も行われている。将来を担う農村の若者の都市流出を防ぐためにも、農村での新たな収入源が求められている。

ナンヨウアブラギリには、①非食糧作物であり食糧との競合がなく、価格の高騰により食料の需給に影響を及ぼすことがない、②栽培は、コンポンスプー州のような比較的乾燥し、痩せた土壌でも可能である、③低木であり、短期間で良質の種子が収穫できる、という特性がある。カンボジアが注目する代替エネルギーおよび再生可能エネルギーとして、ナンヨウアブラギリ油を開発することにより、農村に新たな収入源を与え、農村の若者の都市流出を防ぐこととなろう。

また、搾油精製工場の建設・運営を行うことにより、農村の雇用の増大に寄与することとなろう。

3.9 利害関係者のコメント

本調査では現地調査を実施し、事業実施における利害関係者および関連機関とのヒアリングを実施し、意見を聴取した。以下にそのコメントを記載する。

① Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries、Forestry Administration/ Mr. Ung Sam Ath (Deputy General Director of FA)、Mr. Omaliss Keo (Deputy Director of the Wildlife Protection Office)

- カンボジアにおいてバイオエネルギーのプロジェクトは現在ないが、FA としては非常に興味を持っている。バイオエネルギーに関する政策的戦略案は存在しているようだが、具体的には不明である。本プロジェクトでは、ナンヨウアブラギリをカンボジアで栽培する計画のようだが、もし、種子を輸入する場合は、ASEAN や WTO の法律に基づき検疫を行う必要があろう。

② Ministry of Environment/ Mr. Tin Ponlok (Deputy Director of Natural Preservation、Climate Change Office)、Mr. Chea Chanthou (Climate Change Office)、Mr. Ouk Navann (Climate Change Office)

- カンボジアでは３つの CDM プロジェクトがこれまで提出された。その内、一つは、プロジェクトが開始し稼働中である。CDM プロジェクトの中で、電力供給関連のプロジェクトがあり、最大で 3MW の電力を供給する。これは、キャサバ廃棄物から出されたメタンガスを使い、電力を供給するプロジェクトである。なお、電力供給が 5MW を超えた場合 EIA が必要となる。発電に関しては、主に、空気汚染、固形廃棄物、水質汚染、騒音の問題が考えられる。

③ Ministry of Environement、Environmental Impact Assessment Office/ Mr. Puth Sorithy (Director of EIA Department and Representitive of MOE in CDC)、Mr. Duong Samkeat (Deputy Director of EIA Department)

- ナンヨウアブラギ栽培に関しては、1,000ha 以下のプランテーションであれば、EIA は必要ではない。発電所については、5MW を超える場合 EIA が必要となる。搾油設備に関しては EIA が必要である。また、新しい技術ということで、IEIA (Initial Environmental Impact Assessment)が必要となる。EIA を行うには、環境省から許可証を得た業者に依頼することが必要である。

④ CEC (PPSEZ の電力供給事業者) / Mr. Ramasamy (General Manager)

- CEC (Colben Energy Cambodia Ltd.) は現在、カンボジアの 3 ヶ所 (プノンペン (21.5MW)、シアヌークビル (14.5MW)、PPSEZ (13MW)) で電力を供給している。PPSEZ では、発電機に Wartsila 社製の 6.5MW の発電機を 2 基使用している。Colben としてはナンヨウアブラギ油の使用に関して R&D は必要ないと考えているが、ナンヨウアブラギ油が発電機に支障を与えては困るため、どの発電機にナンヨウアブラギ油が使用可能か、確認したい。

⑤ Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries/ Mr. Ho Puthea (Chief of Land management Office)

- 農水省にとっての最重要課題は、貧困の削減と食糧の保障である。これは、CDM プ

ロジェクトでも同様である。CDM プロジェクトにおいて、農水省が最も重要であると判断する要因は、荒廃した土地を改良するようなプロジェクトであり、また、農民の生活向上を約束するプロジェクトである。

- バイオエネルギーだけを目的とする政府からの援助は、今のところ存在しないが、農民の生活を向上させるようなプロジェクトであれば、政府は何らかの援助を行うであろう。政府の政策に関しては、National Strategic Development Plan (2006-2010)が発行されている。農業に関しては、小規模農家の生活の向上と小規模産業の発展がテーマとなっている。カンボジアでは、小規模農家に対し、機械、堆肥、殺虫剤等に係る消費税の免除を行っている。農業に関しても、国としての政策案を Department of Planning と共同で作成した。

⑥ Ministry of Industry, Mines and Energy (MIME)の Energy Development Department/ Mr. Heng Kunleang (Director of Energy Development Department & General Department of Energy)

- 再生可能エネルギーに関しての、マスタープランは存在する。これは、JICA の援助によって作成されたものである。エネルギーに関しては、MIME が最終的な権限を持つ。電力供給のビジネスを行う場合、先ず MIME の了解を得る必要がある。MIME が許可すれば、次に EAC からライセンスを得る必要がある。最後に、EDC との交渉がある。これは、パートナーシップを組むことへの合意であり、合意後 Power Purchase Agreement (PPA)を EDC が発行する。
- 電力供給について、一般企業の参加を促進している。現在、カンボジアでは供給が需要に満たされず、EDC 側も他の企業からの供給を期待している。一般企業の参入に関しては、CDC から許可を得れば、収入税が免除になる。エネルギーに関しては、原油の価格高騰が不安材料である。また、隣接国でのテクノロジーの発展が、カンボジアへトランスファーされることに期待を寄せている。ナンヨウアブラギリ油に関しては、MIME も強い関心がある。

⑦ PPSEZ/植松氏 (Managing Director)

- 日本では、カンボジアはまだリスクの高い国であると判断される。したがって、日本からの投資はまだ少ない。カンボジアのリスク要因として挙げられるのが、電力代の高さ、物流の発展途上度合、シアヌークビルからの直行便(船)の欠如、国内市場の規模、様々なコスト高の重なり、スキルの低さ等が挙げられる。隣国と比べ、コストパフォーマンスの低さが目立つ。
- カンボジア国内で認可されている経済特区は 19 ほど存在する。PPSEZ は、カンボジアで 2 番目に古い。最初に開発された経済特区は、ベトナム国境沿いにあるマンハッタン経済特区である。ここは、台湾資本で作られた特区であり、台湾・中国の企業がほとんどである。シアヌークビルの経済特区は、5 年後の稼働を目指してい

る。

⑧ Hong Inn Co., LTD. (タンクローリー会社)/ Mr. Hong Man (Director of the company)

- 具体的な油の重量は以下の通りである:
  ディーゼル：1 トン＝1,190 リットル
  ジェット油：1 トン＝1,250 リットル
  重油：1 トン＝1,050 リットル
  ガソリン：1 トン＝1,390 リットル

- 本プロジェクトにおける植物油の重量は、ディーゼル油と重油の間であると想定する。カンボジアにおける輸送に関する法律では、許可されている最大総重量は 1 トラックにつき 40 トンである。34,000 リットル(15 トン)のローリーを使用すると想定して、約 25,000 から 28,000 リットルのジャトロファ油の輸送が可能である。この数値から計算した場合、年 900 回の輸送が必要になる。月に換算すると、約 74 回の輸送となる。これは、1 日約 3 回の輸送と計算される。満タンの場合のローリートラックの燃費は、平均で 1 km あたり 0.5 リットルである（1 リットルあたり 2 km である)。

⑨ Council for the Development of Cambodia (CDC)/ JICA の専門家としてカンボジアの Council for the Development of Cambodia (CDC)で投資環境の整備等を担当されている岩名氏

- 本プロジェクトはバイオエネルギーに係る搾油工場 SPC を設立するということであるが、Qualified Investment Project (QIP)としてカンボジア政府から承認される必要がある。承認されて初めて免税等の優遇が受けられる。本プロジェクトの概要を聞く限り、QIP の承認を得ることができるのは、ほぼ間違いないと考える。
- QIP として承認された場合、政府の優遇措置として、3 年プラス数年（トータルで 6 年から 9 年間可能）までの法人税が免税となるが、必ずしも 3 年以上優遇されるとは限らない。投資金額によって決まる。本プロジェクトの場合、1 年から 2 年の法人税の免税が可能であると経験から考える。その後は、法人税は 20%である。優遇措置に対する政府の評価は単年度で行われる。評価の内容は、Annual Report がきちんと提出されているかどうかを確認し、財務的な観点から評価を行う。QIP が承認された場合、VAT の税についても同じように優遇されるが、単年度ごとに評価される。VAT はゼロであり、建設機材、敷材等の輸入関税がゼロになる。もう一つ、カンボジアへの投資方法として、カンボジア国内で企業を設立するという手段も考えられる。カンボジア政府は現在農業関連の投資にかなりの興味を示している。最近、農業促進のための関税減税・免除と VAT の政府負担についての政策案が出された。

4　事業性評価

4.1　プロジェクトの実施体制

現段階ではまだ確定はしていないが、グリーンエナジー社（仮称）は日本バイオエネルギー開発株式会社（JBEDC：JDIが親会社の特別目的会社でCBEDCの100％出資者）、PPSEZ、Colben System社（現在稼働中のPPSEZの発電事業者(Colben Energy Cambodia社)の親会社）および温室効果ガス削減を必要とする邦人事業社（予定）の4社共同出資により設立される予定である。（図4.1.1）

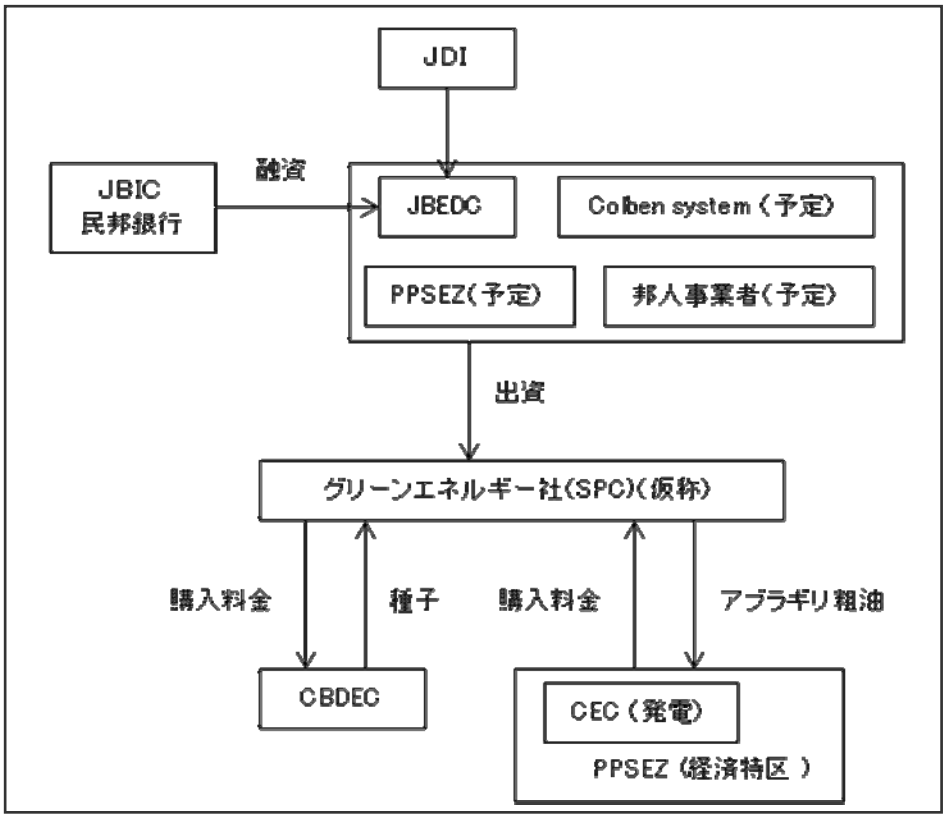


図 4.1.1　プロジェクト実施体制

JBEDCは海外のバイオエネルギー開発事業に投資、技術提供をすることを目的に創設されており、グリーンエナジー社（仮称SPC）の筆頭株主となる予定である。

Colben System社は再生可能エネルギーの発電事業に高い関心を持っており、本提案事業にも早くから関心を示している。発電事業者としても安定的で価格競争力のある代替燃料の調達には高い関心があり、種子調達計画がより具体的なものとなれば参画の意欲は高い。出資比率等詳細条件に関してはまだ明確ではない。

PPSEZは、経済特のCSRや追加的なアピールとしての事業参画に留まるためマイナーな参加となることが予想される。具体的な参画条件は今後詰める予定である。

現在は、まだ具体的な法人との協議は進められていないが、日本国内でGHG排出削減を必要とする事業社や、CSRや自主的な取り組みでGHG削減を目指す法人でCDMによる排出権取得を検討している事業者の参加も視野に入れている。JBEDCには過去に同様の問い合わせが複数寄せられており、広報活動等により適正な事業者との協議を進める予定である。

4.2 資金計画

本プロジェクトの初期投資額は、設備資金US$10,360千、運転資金US$2,440千の合計US$12,800千であり、自己資金と金融からの融資で調達を行う計画である。

JDIの経験では、カンボジアの民間金融機関での長期融資は殆ど無く、短期間で借り入れと返済を繰り返す融資形態が一般的である。その金利は国際協力銀行（JBIC：（株）日本政策金融公庫の中の国際金融部門）の外貨建て融資の一般的な金利の4～5倍程度である。本提案事業は主に本邦事業者による事業となる為、JBIC等の公的機関の融資を利用できる可能性があり、本調査では公的金融機関を利用した資金計画の検討を行った。

民間事業者が利用可能なJBICの融資として、1)輸出金融、2)輸入金融、3)投資金融の3種類があるが、本提案事業は日本からの機材の輸出は想定していない為、3)の投資金融が該当する。本提案事業は融資の判断ができる情報がまだそろっていない為、投資金融が利用可能な場合の標準的な融資条件についてJBICでヒアリングを行った。その結果によると一般的な融資条件は以下のとおりである。

表 4.2.1 国際協力銀行の標準的な融資条件[20]

区分	標準的な貸付利率*4	融資割合*5
投資･事業開発等 （資源・国際競争力）	円貨*1 1.65%（*2：1.40～1.45%） 外貨*3 LIBOR+0.25%（*2 ： 特別金利:LIBOR+0.0%、+0.125%）	国際協力銀行 42%程度 本邦民間金融 28%程度 事業実施主体 30%程度

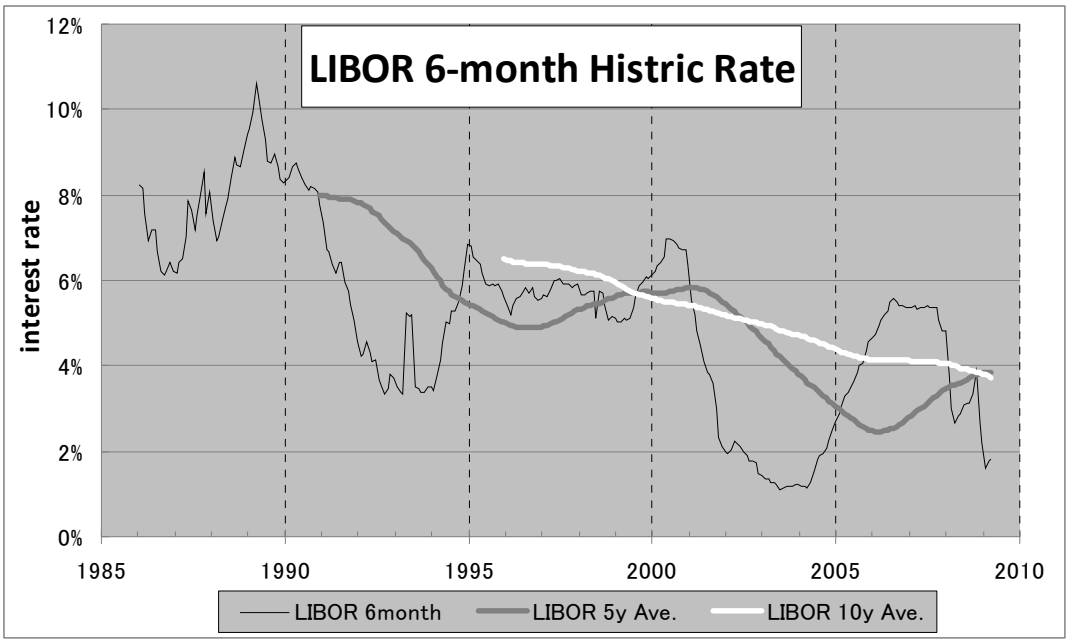
*1貸付･据置期間および償還形態に応じて設定。本表記載の貸付利率は「10年（3年据置後7年均等半年賦）」の場合の例示で、その他の貸付・据置期間の場合の貸付利率は問い合わせが必要。*2日本国にとって重要な資源の海外における開発および取得の促進への貢献、我が国の産業の国際競争力の維持および向上への貢献などを勘案の上、決定される。*3外貨貸付の利率は、米ドルLIBOR（6ヶ月）がベースである。*4 担保・保証、融資のスキーム等に応じ、プレミアムが付加される。*5一般的な融資資条件として投資費用の3割を事業実施主体、残りの7割の6割程度をJBIC、残りの7割の4割程度を本邦金融機関との協調融資が原則である。

Source: JBIC（2009年2月12日）

20 http://www.jbic.go.jp/ja/finance/terms/standard/index.html

JBICの融資には、固定金利の円貨融資と変動金利の外貨融資がある。円貨融資の場合は、固定金利の上に低い金利のため魅力的ではあるが、近年大きく変動する円ードルの為替を考えると換金リスクが残る。一方、外貨は主要通貨の選択が可能で、ロンドンの銀行間貸し手金利（LIBOR）6ヶ月にJBICが定期的に変更する金利（スプレッド）を加算した利息となる。カンボジアでは金額が10米ドルを超えるような支払いの場合、通常米ドルが使われている為、本提案事業の場合も米ドルでの決済となることが予想される。

世界的な金融危機の影響で一時高騰していたLIBORも低下し、2009年2月現在6ヶ月の金利が2%程度まで低下している。5年間の移動平均で4%未満、10年間の移動平均でも4%未満でる（図4.2.1）。現在の経済情勢を考えた場合、今後5年間にLIBORが急激に上がる事は想定されにくく、JBICの外貨融資の変動金利リスクは大きくないと想定される。従って、本提案事業では米ドルでの借り入れが適当であると思われる。



Source: British Bankers' Association

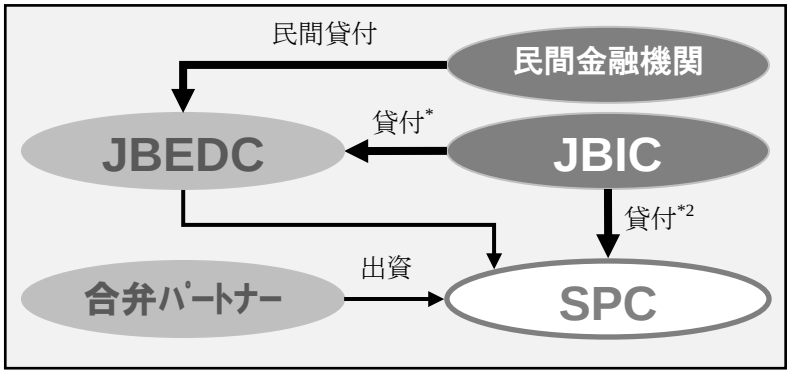
図 4.2.1　ロンドン銀行間貸し手金利

融資形態に関しては、本提案事業のようなケースの場合、基本的に本邦民間金融機関との協調融資が前提となる（図4.2.2）。従ってJBICの投資金融を利用する際には、本提案事業に対して融資が可能な本邦金融機関を探す必要がある。

現段階では不確定要素が多く、民間の金融機関が融資を検討できる状況ではない

が、本提案事業に対する融資審査するのに最低限必要な条件について民間の大手金融機関においてヒアリングを行った。

それによると、借り入れを行う事業者（JBEDC）の事業実施能力、事業実施実績、本提案事業の事業性に加え、融資額の担保が重要な要件となる。特に担保に関しては、大変重要であり、新しい分野の事業、海外での事業等を考慮すると、公的な保証が無い場合、融資は難しいと言う回答であった。



*日本の投資者に対するもの（中堅・中小企業である場合に限定）で原則的に本邦民間金融機関との協調融資。*2日系合弁企業に対するもの

図 4.2.2　本提案事業における JBIC の投資金融スキーム

海外の投資事業の公的な保障に関しては、日本貿易保険（NEXI）が利用できる可能性があり、民間融資機関からの借入額の担保が保証されるようであれば、前述民間の融資を得られる可能性がある。

NEXIの各種保険に関しては同社ホームページより保険条件の整理を行った。

NEXIは各種貿易保険商品の取扱いを行っているが、前述民間金融機関の融資に対する保証に関しては、海外投資保険が該当する。海外投資保険は、本邦金融機関が海外事業に対して貸付を行う際に利用が可能な保険で、最高で貸付金の95%又は100%が保証されるものである（図4.2.2）。CDM事業は、NEXIの地球環境保険（温室効果ガス排出低減が見込まれる案件に係る貿易一般保険）対象事業である為、その保証は最高で100%が適用される。

保険金額は、保険が保証する内容と、投資対象国によって異なる。カンボジアは9つのカテゴリー（A～H）の中で8番目のGカテゴリーに入り、モンゴル、ケニアと同等の保険料が高いクラスに入る。（表4.2.2）

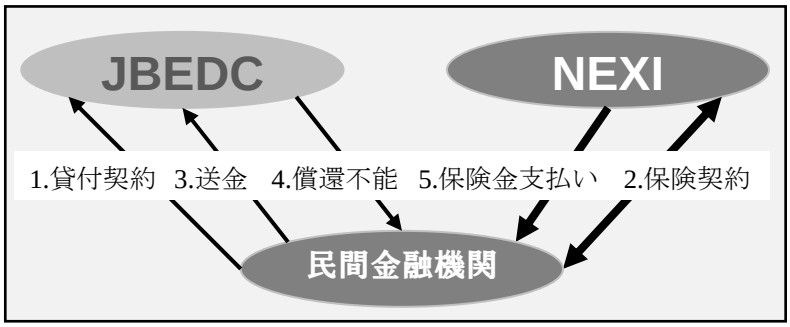


図 4.2.3　本提案事業における NEXI

表 4.2.2　NEXI の対象地域別海外投資保険比較

	カテゴリーA	カテゴリーH	カテゴリーG
代表的な国	シンガポール、英国	**カンボジア、ケニア**	ミャンマー、イラク
保険金　I	0.174%	**0.475%**	0.617%
保険金　II	0.202%	**0.659%**	0.847%
保険金　III	0.252%	**0.659%**	0.848%
保険金　IV	0.125%	**0.340%**	0.441%

Ⅰの料率は、海外投資保険（株式等）の元本のみを保険の対象とする場合、及び海外投資保険（不動産に関する権利等）に対応する。
Ⅱの料率は、海外投資保険（株式等）の元本＋配当等を保険の対象とする場合に対応する。
Ⅲの料率は、海外投資保険（株式等）の配当のみ保険対象とする場合に対応する。（実績なし）
Ⅳの料率は、Ⅰの内、送金リスクを不てん補とする場合に対応する。

年間保険料金 ＝ 投資額 × 付保率（最大９５％）[*1] × 地域別料率

[*1]地球環境保険の場合、付保率100%であると思われる。（JDIのコメントの為要確認）

Source: NEXI（2009年2月9日）

従って、本邦民間金融機関が、NEXIの投資保険等を使ってJBEDC/SPCに融資が可能であると判断された場合、JBICの投資金融の利用が可能になる。JBICの貸出金利には、標準的な金利条件に加え、担保・保証、融資のスキームに応じ、プレミアムが付加される。

本提案事業の資金計画を検討するには、JBICの金利、本邦民間金融機関の金利それぞれを考慮する必要がある。現時点では各条件は不明な為、SPCがバイオ燃料の生産設備を導入する2010年に借り入れをし10年未満に返済すると仮定し、前述JBICの外貨貸し付条件の基本となるLIBORの長期的な動向と、想定される金利のプレミアム、民間金融機関の貸付金利を考慮した。従って、本調査の検討ではそれらの考慮の下、長期金利を8%/年として計算を行った。本提案事業の資金計画表を表4.2.2に示した。

各金融機関、貿易保険等の利用の可能性については、今後具体的な種子の調達計を含めた事業計画を策定し、理解を求める取り組みが必要である。

表 4.2.3　資金計画表

(1,000 US$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
期初運転資金/前期繰越金	2,440	1,362	352	201	1,132	2,556	4,373	6,258	8,073	12,247
粗精製油の売上	8	385	5,091	12,860	21,807	21,807	21,807	21,807	21,807	21,807
CER 収入	7	15	114	402	790	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024
収入合計	**2,455**	**1,762**	**5,557**	**13,463**	**23,729**	**25,387**	**27,204**	**29,089**	**30,903**	**35,078**
種子仕入高	-7	-311	-4,104	-10,368	-17,581	-17,581	-17,581	-17,581	-17,581	-17,581
光熱費	-0	-8	-111	-280	-475	-475	-475	-475	-475	-475
消耗品・ﾒﾝﾃﾅﾝｽ	-245	-245	-245	-245	-245	-245	-245	-245	-245	-245
粗精製油の輸送費	-0	-4	-54	-136	-231	-231	-231	-231	-231	-231
人件費	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
土地賃借料	-122	-122	-122	-122	-122	-122	-122	-122	-122	-122
支払利息	-717	-717	-717	-677	-517	-357	-197	0	0	0
借入金返済	0	0	0	-500	-2,000	-2,000	-2,100	-2,360	0	0
支出合計	**-1,093**	**-1,410**	**-5,356**	**-12,330**	**-21,174**	**-21,014**	**-20,946**	**-21,017**	**-18,657**	**-18,657**
当期収支合計	**1,362**	**352**	**201**	**1,132**	**2,556**	**4,373**	**6,258**	**8,073**	**12,247**	**16,421**

4.3　経済性分析

4.3.1　投資効果

前述2.3.6項のプロジェクト創業経費販売収入、3.5.4項のGHG排出削減量より、経済性分析における基本条件を表4.3.1にまとめた。クレジット取引価格は15 US$/トンCO2eをベースケースとした。

表 4.3.1　経済性分析におけるベースケースの仮定条件

プロジェクト期間		15 年	備考
生産品目		ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油	
原料		ナンヨウアブラギリ種子	
製品生産量	1 年目	13 トン	
	2 年目	598 トン	
	3 年目	7,893 トン	
	4 年目	19,938 トン	
	5 年目	33,810 トン	
	6 年目	33,810 トン	
	7 年目	33,810 トン	
	8 年目	33,810 トン	
	9 年目	33,810 トン	
	10 年目	33,810 トン	
搾油工場敷地面積		2,500m^2 (50m x 50m)	
搾油工場稼動時間		24 時間	フル生産時

搾油工場稼動日数		330	日	フル生産時
初期投資額	設備投資	10,360,000	US$	
	運転資金	2,440,000	US$	
	合計	12,800,000	US$	
年間売上高		21,807,000	US$	フル生産時
年間仕入額		17,581,000	US$	フル生産時
製品販売価格		645	US$/トン	
原料（種子）購入価格		130	US$/トン	
製品輸送価格		6.818	US$/トン	
搾油工場光熱費		475,000	US$	フル生産時
土地賃借料		2,500	US$/年	
搾油工場人件費		122,400	US$/年	
搾油・精製施設消耗品		245,000	US$/年	
減価償却費		763,000	US$/年	
年間の CO2 排出削減量		68,234	CO2e/年	フル生産時
クレジット取引価格		15	US$CO2e /トン	
年間の排出削減取引収入		1,024,000	US$/年	フル生産時

この仮定条件に基づき算出したプロジェクト採算表を表4.3.2に、事業性評価表を表4.3.3に示す。2011年～2013年は原料（種子）が少ないため、製品販売量もまだ少なく、減価償却費、人件費、借入金利などの固定費負担が大きく掛かり、経常赤字となる。2014年以降は原料および製品販売量も増大し経常黒字へと転換する。

2015年には計画している製品最大販売数量33,810トン/年に達する。製品最大販売数量33,810トン/年（2015年～2020年）での経常利益は2,388千ドル/年となる。

表 4.3.2　プロジェクト採算表

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	合計
新規栽培面積・ﾌﾟﾗﾝﾃｰｼｮﾝ(ha)	20	580	7,400	15,000	18,000		0	0	0	0	0	0	0	
新規栽培面積・垣根・間作(ha)	0	500	6,000	6,000	6,000		0	0	0	0	0	0	0	
総栽培面積(ha)	20	1,100	14,500	35,500	59,500	59,500	59,500	59,500	59,500	59,500	59,500	59,500	59,500	
ナンヨウアブラギリ調達量（トン）				50	2,390	31,570	79,750	135,240	135,240	135,240	135,240	135,240	135,240	
ﾅﾝﾖｳｱﾌﾞﾗｷﾞﾘ粗精製油生産量(トン)				13	598	7,893	19,938	33,810	33,810	33,810	33,810	33,810	33,810	
粗精製油・販売単価（US$/トン）				645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	
売上（千 US$）				8	385	5,091	12,860	21,807	21,807	21,807	21,807	21,807	21,807	
種子購入単価（/トン）				130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	
種子購入費用（千 US$）				7	311	4,104	10,368	17,581	17,581	17,581	17,581	17,581	17,581	
搾油精製工場電気料金（千 US$）				0	8	111	280	475	475	475	475	475	475	
メンテナンス・消耗品（千 US$）				245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	
減価償却費（千 US$）				763	763	763	763	763	763	763	763	763	763	
粗精製油の輸送費（千 US$）				0	4	54	136	231	231	231	231	231	231	
製造原価（US$/トン）				81,181	2,228	669	591	571	571	571	571	571	571	
売上マージン（%）				-12,486	-245	-4	8	12	12	12	12	12	12	
土地賃借料(千 US$)				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
搾油工場の人件費(千 US$)				122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	
借入金利（8%/年）（千 US$）				717	717	717	677	517	357	189	0	0	0	
法人税（3+7 年免税）				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
現預金の増減額(千 US$)				**-1,848**	**-1,787**	**-1,028**	**266**	**1,871**	**2,031**	**2,199**	**2,388**	**2,388**	**2,388**	
電力事業者発電量　(MWh)				91,104	91,104	91,104	91,104	91,104	91,104	91,104	91,104	91,104	91,104	
必要な重油量（トン）				22,931	22,931	22,931	22,931	22,931	22,931	22,931	22,931	22,931	22,931	
置き換えられる重油量（トン）				8	405	5,353	13,522	22,931	22,931	22,931	22,931	22,931	22,931	
置き換えられない重油量（トン）				22,922	22,526	17,578	9,409	0	0	0	0	0	0	
重油代替粗精製油（トン）				13	598	7,893	19,938	33,810	33,810	33,810	33,810	33,810	33,810	
ベースライン排出量（トン CO2e）				72,180	72,180	72,180	72,180	72,180	72,180	72,180	72,180	72,180	72,180	721,799
搾油工場の電力使用（トン CO2e）				-1	-30	-402	-1,015	-1,722	-1,722	-1,722	-1,722	-1,722	-1,722	-11,778
重油使用(トン CO2e)				-71,676	-70,438	-54,966	-29,422	0	0	0	0	0	0	-226,501
種子輸送（トン CO2e）				-1	-39	-519	-1,311	-2,224	-2,224	-2,224	-2,224	-2,224	-2,224	-15,211
栽培地の有機肥料（トン CO2e）				0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-4
栽培地の合成肥料（トン CO2e）				-13	-701	-8,704	-13,640	-15,589	0	0	0	0	0	-38,647
排出削減量総計（トン CO2e）				**489**	**971**	**7,589**	**26,791**	**52,645**	**68,235**	**68,235**	**68,235**	**68,235**	**68,235**	**429,657**
クレジット収入(千 US$)				7	15	114	402	790	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024	6,445

表 4.3.3　事業性評価表

IRR（CER なし）	=	14.8%	IRR（CER あり） = 17.4%
投資回収期間	=	8 年	投資回収期間 = 7 年

【損益計算書】　（単位：US 千ドル）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ﾅﾝﾖｳｱﾌﾞﾗｷﾞﾘ粗精製油の売上	8	385	5,091	12,860	21,807	21,807	21,807	21,807	21,807	21,807
売上高合計	8	385	5,091	12,860	21,807	21,807	21,807	21,807	21,807	21,807
種子仕入高	-7	-311	-4,104	-10,368	-17,581	-17,581	-17,581	-17,581	-17,581	-17,581
搾油工場ユーティリティー	0	-8	-111	-280	-475	-475	-475	-475	-475	-475
消耗品・メンテナンス	-245	-245	-245	-245	-245	-245	-245	-245	-245	-245
減価償却費	-763	-763	-763	-763	-763	-763	-763	-763	-763	-763
粗精製油運搬費用	0	-4	-54	-136	-231	-231	-231	-231	-231	-231
人件費	-122	-122	-122	-122	-122	-122	-122	-122	-122	-122
土地賃借料	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
経常利益	-1,132	-1,071	-311	943	2,388	2,388	2,388	2,388	2,388	2,388
支払利息	-717	-717	-717	-677	-517	-357	-189	0	0	0
税引前利益	-1,848	-1,787	-1,028	266	1,871	2,031	2,199	2,388	2,388	2,388
税金(20%)　(3+7 免税期間)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
当期純利益	-1,848	-1,787	-1,028	266	1,871	2,031	2,199	2,388	2,388	2,388

【貸借対照表】　（単位：US 千ドル）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
現金	1,363	335	24	479	1,026	1,820	2,681	3,472	6,623	9,773
売掛金	0	3	42	107	182	182	182	182	182	182
製品在庫	0	3	42	107	182	182	182	182	182	182
固定資産	9,597	8,834	8,071	7,308	6,545	5,782	5,019	4,256	3,493	2,730
資産合計	10,960	9,175	8,180	8,001	7,934	7,965	8,064	8,091	10,479	12,867
買掛金	8	11	44	98	161	161	161	161	161	161
長期借入金	8,960	8,960	8,960	8,460	6,460	4,460	2,360	0	0	0
資本金	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840
前期繰越金	0	-1,848	-3,636	-4,664	-4,397	-2,527	-496	1,703	4,091	6,478
当期利益	-1,848	-1,787	-1,028	266	1,871	2,031	2,199	2,388	2,388	2,388
負債・資本合計	10,960	9,175	8,180	8,001	7,934	7,965	8,064	8,091	10,479	12,867

【FCF 計算書】　（単位：US 千ドル）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
税引前利益	-1,848	-1,787	-1,028	266	1,871	2,031	2,199	2,388	2,388	2,388	
支払利息	717	717	717	677	517	357	189	0	0	0	
償却費	763	763	763	763	763	763	763	763	763	763	
利子･税引前利益に対する税金	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
運転資金の増減	8	-4	-46	-75	-87	0	0	0	0	0	
フリーキャシュフロー(CER なし)	-360	-311	406	1,631	3,064	3,151	3,151	3,151	3,151	24,155	21,004
CER 収入	7	15	114	402	790	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024	
フリーキャシュフロー(CER あり)	-353	-297	520	2,033	3,854	4,174	4,174	4,174	4,174	25,178	

また、CO_2排出削減量も年を追って増大し、2016年～2020年には、68,234トンCO_2e/年に達する。想定する排出権売却価格US$15/トン$CO_2$eで計算すると排出権売却収入はUS$1,024千ドル/年に達する。

表4.3.2のプロジェクト採算表をもとに内部投資収益率（IRR）および投資資金回収期間をを算出すると、表4.3.4のとおりとなった。排出権が認められない場合、IRRは14.8%、投資資金回収期間8年であるのに対し、排出権がUS$15/トン$CO_2$eで売却できる場合には、IRR17.4%、投資資金回収期間7年となった。排出権売却により事業採算性は大きく良化する事業であるといえる。

表 4.3.4　想定する排出権売却価格による内部収益率（IRR）および投資資金回収期間

	内部投資収益率（IRR）	投資資金回収期間
排出権が認められない場合	14.8%	8 年
排出権売却価格が US$5/トン CO2e の場合	15.7%	8 年
排出権売却価格が US$10/トン CO2e の場合	16.7%	7 年
排出権売却価格が US$15/トン CO2e の場合	17.4%	7 年
排出権売却価格が US$20/トン CO2e の場合	18.2%	7 年
排出権売却価格が US$25/トン CO2e の場合	18.9%	7 年
排出権売却価格が US$30/トン CO2e の場合	19.7%	7 年

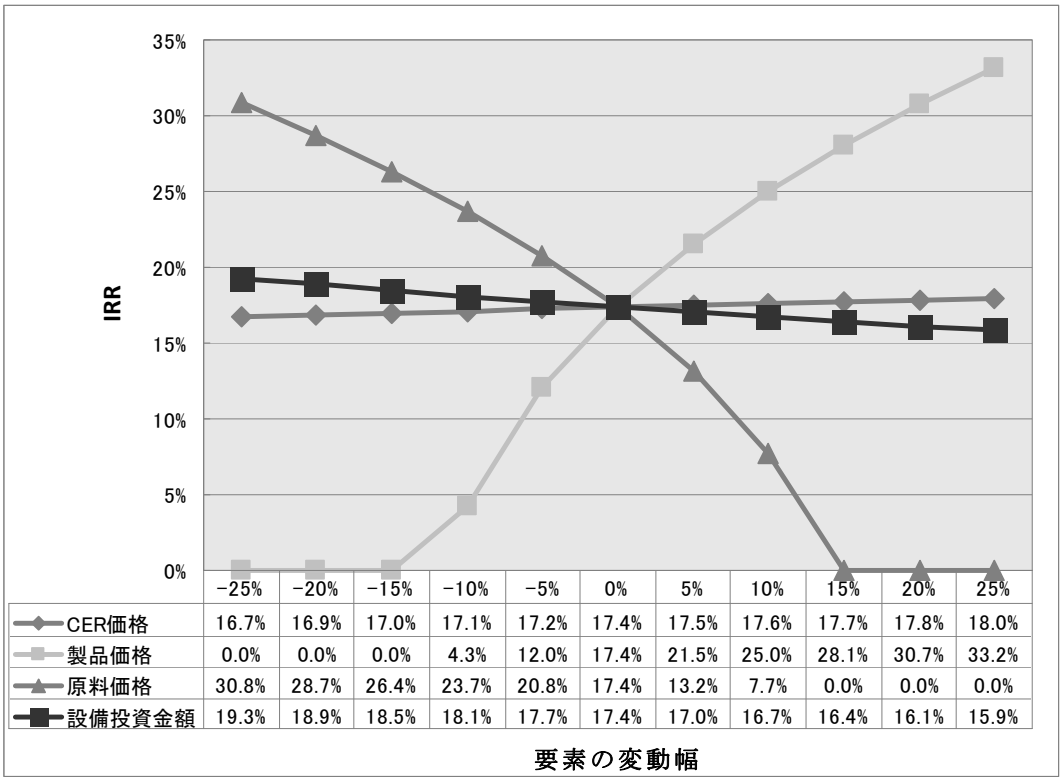
4.3.2　感度分析

①CERの価格変動、②製品価格の増減、③原料（種子価格）の増減、④設備金額の増減の4要素に関して、ベースケースから±25%変動した場合にIRRに与える影響を図4.3.1に示す。製品価格（ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油）の増減および原料種子調達価格の増減がIRRに対して極めて大きな影響を与えることがわかる。

種子の調達価格に関しては、現実的には固定値ではなく変動性の取引になると思われる為、その価格決定は本提案事業の事業性の観点から大変重要である。現在同国で実施中の種子買取に関しては国内で流通する化石燃料の価格に準じて変動する方法を取っており、農民の理解も得られている。

また、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の販売価格に関しても、2.3.6項のナンヨウアブラギリの粗精製油の販売価格で詳細を記述したように、固定値として最低販売価格を設定し、変動値としてシンガポール等の重油価格を参照する事で、SPC、CEC双方にメリットがある価格設定の検討が必要である。CECがSPCのバイオ燃料を購入するインセンティブとして、重油に比べ安価で値段が安定化している事が求められる。従って、価格設定にはそれら条件を盛り込みつつ、SPCの収益を確保するバランスが重要となる。

製品の製造コストの大部分を種子の購入費用が占める為、燃料の販売価格の検討にはCEC側だけではなく、種子生産者側との長期的な関係を維持する工夫が必要である。



	−25%	−20%	−15%	−10%	−5%	0%	5%	10%	15%	20%	25%
CER価格	16.7%	16.9%	17.0%	17.1%	17.2%	17.4%	17.5%	17.6%	17.7%	17.8%	18.0%
製品価格	0.0%	0.0%	0.0%	4.3%	12.0%	17.4%	21.5%	25.0%	28.1%	30.7%	33.2%
原料価格	30.8%	28.7%	26.4%	23.7%	20.8%	17.4%	13.2%	7.7%	0.0%	0.0%	0.0%
設備投資金額	19.3%	18.9%	18.5%	18.1%	17.7%	17.4%	17.0%	16.7%	16.4%	16.1%	15.9%

図 4.3.1　IRR 感度分析

4.4　事業化に向けての見込み・課題

本提案事業の事業化に当たっては、主に以下の2点の課題があり、それらの解決の為に今後もJDI及びJBEDCは作業を進める予定である。

事業化に向けての見込み

種子の調達計画の進展にもよるが、SPC設立の合意形成を2009年末までに行う事を目標としており、その合意前後にバリデーション、それに続いてCDM理事会への申請とつなげる予定である。2009年2月現在、バイオ燃料資源から燃料を生産し、燃焼するといったCDM事業は1件も承認されておらず、本提案事業においても過去の問題点をよく研究して臨む必要がある。

本提案事業においては、GHGの排出削減業を評価する方法として、LCA等の複雑な理論を使わず承認された方法論で行っている為、大きな問題は無いと思われる。また、過去の例ではFAMEを使ったバイオ燃料生産を基本としている為、最終製品の価

格競争力の面で問題があったが、本提案事業においては低コストな精製技術の利用を考えており、実際の事業開発の面で実現性が高いアプローチである。その他バイオ燃料資源の生産の所で問題を指摘されている例もあるが、それらに関しても対処が可能である。

本提案事業の根幹にある問題として、カンボジアでの高すぎる燃料代、それによって電気代がASEANで最も高い状態となっている事である。現地で発電事業、その他生産事業を行う事業者にとっては、乱高下し高価な輸入燃料へ頼らざる負えない現状は今後の事業展開を考えた場合、大変深刻な問題である。

本調査結果によると、種子生産がある程度の規模になれば、それから生産されるバイオ燃料は輸入重油に対し優位性を持って販売が可能である事が示された。また、バイオ燃料の利用技術においても信頼のおける確立された技術で、発電機メーカーのサポートが受けられる状態であることが明確になり、現地の電力卸売り事業者の期待度は非常に高くなっている。

本提案事業の非情に大規模で種子生産を行うには時間がかかる事が予想されるが、重油への混入であれば、早期に事業を実施できる可能性があり、あらゆる方法を活用して事業化を進める方針である。本提案事業に関しては、本調査終了後も、JBEDCの事業開発案件として進める予定で、定期的にJDI[21]及びJBEDC[22]のホームページで情報発信を行い、本邦企業の参画を求めていく予定である。

<u>課題1：種子調達計画の具体化と栽培支援体制の強化</u>

第一に、現状では年間約14万トンの種子を生産できるナンヨウアブラギリが栽培されていない為、今後早急にELCを活用した大型プランテーションと小規模な垣根・間作方式の契約農園を広める必要がある。

CBEDCは既に、広域の栽培対象地域の絞込みと一部農民へのナンヨウアブラギリ栽培支援プログラムの導入に成功しているが、種子調達のカギとなるELCオーナーとの協議を活発化させる必要がある。現在既に対象地域の数名のELCオーナーと協議をはじめ、その内の1ヶ所では長期間の利用同意書も交わしている。現段階ではその他大勢のELCのオーナーとの協議が進められていない為、本調査で検討されたELCオーナーへの働きかけと、ELC事業者に対する栽培支援体制の構築が急務である。

[21] 日本開発政策研究所（JDI）ホームページ：http://jditokyo.com/
[22] 日本バイオエネルギー開発株式会社（JBEDC）ホームページ：http://jbedc.com/

現在は、農業省の新しい政策により、既に与えられたELCが長期間未利用である場合、ELCを取り消す作業が進められておりCBEDC/CAIDには既に複数のELCオーナーからナンヨウアブラギリの間作事業に対する支援要請が来ている。それらの要請に迅速な対応を行い、成功事例を各地で示す事で、現在関心を示していないELCオーナーの潜在的な参画を喚起する事が期待される。ELCを利用した種子調達に関しては、同方法により契約栽培者を増やしていく事で、必要な種子調達は十分可能であると考えられる。今後はさらに積極的なプロモーションを行い既存のELCを活用したプランテーション開発を進める計画である。

垣根・間作方式に関しては現地農民との対話を通じで広めていく必要があり、単独で急速に増やしていく事は大変難しい。従って、同方法に関しては現在と同様に、CBEDCの現地パートナーと密接に協力しあいながら契約農民を増やしていく必要がある。CBEDCは現地カウンターパートと2008年度より本格的なプロモーション活動と種子の買取活動を実施しているが、本提案事業規模の計画では無い。従って、本調査で策定された種子調達計画規模に相当する農民の支援体制作りを早急に進める必要がある。

幸いな事に、本提案事業の中心地となるカンポンスプー州の知事が本提案事業に深い理解を示している為、今後協議を進めながら官民協力事業（PPP）を活用した効果的なプロモーションと、事業実施方法について検討を進める予定である。現在は現地パートナーが中心となり、各種プロモーション活動、契約栽培支援を行っているが、現地政府等との共同プログラムが本格的に実施される際には、CBEDCの職員の増強を行い、早期に種子調達体制を構築する予定である。

また、農村の道路沿いや畑の周辺を利用した垣根方式の栽培に当たっては、非常に多くの住民参加が必要とされるため、本提案事業へ関心を示す政府関係機関等との連携により、効率的なプロモーション活動が求められる。一例としては、現地農林水産省が実施するCommunity Forestプログラム（公共地を利用した所得向上支援事業）等との連携により、開墾費用の支援や種子買取価格の助成等により、参加者の拡大を狙う事が可能となる。

<u>課題2：ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の価格競争力</u>

第二に、2007年より連続的に高騰し2008年7月をピークに急降下した原油価格の影響で、カンボジアの重油の値段が1/3程度にまで下落している。その結果、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油の価格競争力が低下している事である。本提案事業は、高コストではあるが汎用性があり一般的なFAME技術を使わず、簡易的な精製技術に

よって精製コストを削減することで政府等の補助金なしでも価格競争力を持つ重油代替燃料の生産を可能としていた。しかしながら、2009年2月現在、原油が1バレル当り40ドル前後という現状では、価格競争力は低下し発電事業者にとってバイオ燃料対応発電機を購入して国産のバイオ燃料を調達する意義が薄れている。

経済原理からは、種子の買い取り価格を安くする事で事業の採算性を確保することも可能であるが、農民の労働意欲をそぐ事になり持続的な種子調達を行う事が厳しくなり、バイオ燃料生産業務の継続は難しい。過去には一時種子を高額で買い取りその後継続的な買取が行われなかったケースが多く有り、ELCの土地所有者も含め農民はナンヨウアブラギリの栽培に対して非常に警戒をしている。

原油が高騰していた2008年前半は、燃料販売価格に対応した種子の買い取りが出来た。しかしながら現状のレベルでは、自生の種子を回収する垣根方式であっても農民が継続的に種子を生産するには厳しい状況である。

ヨーロッパ各国や隣国タイのように先進的なバイオ燃料政策を導入しているような国では、バイオ燃料の最低買取価格が決められている為、種子生産事業者・燃料生産事業者・燃料販売事業者共に事業採算性を確保することは可能である。しかしながら、同様の政策はカンボジアで近い将来導入されることは考えられ難い。したがって、油糧種子生産者、粗油生産者、発電事業者の3社一体となった取り組みにより、価格調整をする仕組みが必要になる。前述4.3.2の感度分析の項で示されたように、種子購入費用と燃料販売価格の影響は大きく表裏一体である。

燃料購入者であるCECとその親会社であるCSLは各種発電事業をカンボジア、ベトナムで行っているが、再生可能エネルギーを活用したクリーンで持続可能な発電事業に高い関心を示している。従って、同社が本提案事業の意義を十分理解し、燃料の最低買い取り価格導入と、変動価格を取り入れた価格設定に合意ができれば本提案事業の滑り出しにとって大きな前進となる。

原油価格は底値で一時30US$/bbl台を付けていたが、2009年2月現在で40 US$/bbl中頃にまで戻っており、今後大幅な下落が起こる要因は見当たらない。

現在の価格水準であれば、本提案事業も種子の買い取り価格をある程度の値段に維持して事業を維持する事は可能である。従って、ナンヨウアブラギリ粗精製油の最低買い取り価格のベンチマークとして、原油価格50US$/bblに相当する重油、またはそれより少し安い価格水準が適正だと思われる。

本件に関しては、非常に繊細な問題である為、今後CEC、CSLとの対話を通じて理解を引き出す予定である。

5　ホスト国におけるコベネフィットの実現

5.1　背景

石油製品に含まれる硫黄は燃焼して硫黄酸化物（SO x）が発生し、水との結合を経て、酸性雨の原因物質である硫酸となる。酸性雨は森林や農作物にダメージを与えたり、土壌構造を変質させたり、川や湖の水質を酸性として魚類に被害を与えると指摘されている。硫黄の硫酸への変換は図5.1.1に示すとおりである。

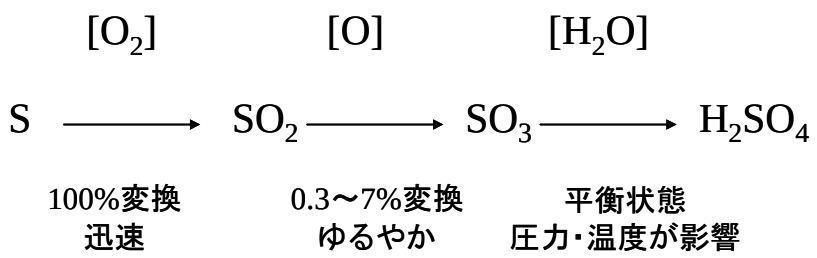


図 5.1.1　硫黄の硫酸への変換23

カンボジアにおいては、発電燃料として軽油および重油が使用されており、これらには硫黄分が含まれている。輸送用燃料としての軽油の硫黄分の問題とともに、発電燃料としての軽油や重油の硫黄分についても近年問題となってきている。2005年のカンボジアにおける軽油および重油の輸入量および用途別消費量を表5.1.1に示す。

表 5.1.1　カンボジアにおける軽油および重油の輸入量と用途別消費量（2005 年）

		軽油	重油
輸入量		610	155
消費量	発電用燃料	209	129
	工業用燃料	26	15
	輸送用燃料	251	2
	家庭用燃料	32	0
	農林漁業用燃料	92	0
	合計	610	146

なお、カンボジアにおける大気汚染・騒音防止法（2000年）24では、工場などの定置式発生源からの汚染物質の排出許容範囲が定められている。二酸化硫黄(Sulfur Dioxide)は500mg/m3、三酸化硫黄(Sulfur Trioxide)は35mg/m3,となっている。

[23] Low Sulphur Fuel (Singapore Maritime Academy, 2006 年 8 月 30 日)
http://cursa.ihmc.us/rid=1159368511521_1597518645_693/Use%20of%20Low%20Sulphur%20Fuel.doc
[24] ANUKRET on The Control of Air Pollution and Noise Disturbance
http://www.bigpond.com.kh/council_of_jurists/a00-Anukret%5CANK00_07_42_E.htm

5.2　ホスト国における公害防止の内容

現在、Colben社にて利用されている重油の硫黄分は、約2%（規格値max.3.5%）である 。日本における重油のJIS規格は表4-2のとおりとなっており、硫黄分だけから見るとColben社は3種1号相当の重油を利用していると推測される。

表 5.2.1　日本における重油の JIS 規格（K2205－1980 扱粋）

性状・種類		反応	引火点 ℃	動粘度(50℃) cSt (mm²／s)	流動点 ℃	残留炭素分質量%	水分容量%	灰分質量%	硫黄分質量%
1 種	1 号	中性	60 以上	20 以下 (20 以下)	(注) 5 以下	4 以下	0.3 以下	0.05 以下	0.5 以下
	2 号	中性	60 以上	20 以下 (20 以下)	(注) 5 以下	4 以下	0.3 以下	0.05 以下	2.0 以下
2 種		中性	60 以上	50 以下 (50 以下)	(注) 10 以下	8 以下	0.4 以下	0.05 以下	3.0 以下
3 種	1 号	中性	70 以上	250 以下 (250 以下)	－	－	0.5 以下	0.1 以下	3.5 以下
	2 号	中性	70 以上	400 以下 (400 以下)	－	－	0.6 以下	0.1 以下	－
	3 号	中性	70 以上	400 以上 1000 以下 (400 以上 1000 以下)	－	－	2.0 以下	－	－

1 種及び 2 種の寒候用のものの流動点は 0℃以下とし,1 種の暖侯用の流動点は 10℃以下とする。

一方、ナンヨウアブラギリ油の硫黄分については、以下のとおり文献により数値が大きく異なっている。

0.13%：The cultivation of Jatropha curcas in Egypt（FAO）
0.0001%以下：Jatropha Curcas as Biodiesel Feedstocks（Surfactant and Bioenergy Research Center, Indonesia）

しかし、ナンヨウアブラギリ油の硫黄含有量が0.13%を上回るデータは見当たらず、重油との比較において、硫黄含有量は多くても約1/25程度であろうと推測される。すなわち、ナンヨウナンヨウアブラギリ粗精製油を利用することにより、硫黄酸化物の排出は重油利用の場合に比べて、約1/25程度に低減できるものと予測される。

実際のプロジェクトを開始する前に、発電所において現在使用している重油の硫黄含有量、および現在カンボジアにて栽培しているナンヨウアブラギリの抽出油の硫黄含有量を専門分析機関にて分析し、硫黄酸化物の低減量を算出する予定である。

5.3　コベネフィット指標の提案

現状では情報不足のため、指標の提案は困難である。したがって、本報告書では指標の提案を差し控えた。