

平成 19 年度環境省委託事業

平成 19 年度 CDM / JI 事業調査

インドネシア・ランポン州タピオカ廃液からの  
メタン回収事業調査

報告書  
(概要版)

平成 20 年 3 月

JFE テクノリサーチ株式会社

## 目次

1. 調査の概要	1
2. 事前調査結果	1
3. インドネシア共和国の政策	2
4. プロジェクト計画	3
5. 適用方法論の検討	5
6. ベースラインシナリオの検討	5
7. 追加性の証明	5
8. モニタリング計画	6
9. 温室効果ガス排出削減量の検討	6
10. 環境影響評価	6
11. 利害関係者のコメント	7
12. プロジェクトの事業化に向けて	7
13. まとめ	10

## 1. 調査の概要

本調査の目的は、タピオカ澱粉製造廃液を処理している既存の開放型ラグーンから発生している高濃度メタンを含むバイオガスを回収し、既設ディーゼル発電設備代替としてバイオガス発電設備を新設し、その電力をオンサイトで使用することを目的としたプロジェクト（以下、本プロジェクト）に関する CDM 事業化調査を行うものである。

対象サイトは、ランポン州東ランポン県内のタピオカ加工 Kedaton 工場（Ds. Kedaton Kec. Sukadana Kab. Lampung Timur）、カウンターパートは、P. T. WIRAKENCANA ADIPERDANA (以下、PT. Wira) である。カウンターパート概要を表 1 に示す。同社はランポン州内有数のタピオカ澱粉製造会社である。また、対象である Kedaton 工場は PROPER の「青」を取得するなど環境対策にも力を入れている優良工場である。

表 1 カウンターパート概要

会社名	所在地	
	本社	工場
PT. Wira Kencana Adiperdana	1 Jl. Soekarno Hatta Km. 6 Ketapang panjang Teluk Betung Bandar Lampung Lampung Indonesia	Ds. Kedaton Kec. Sukadana Kab. Lampung Timur

本プロジェクトに適用を予定している技術は、短い滞留時間（HRT）で安定したメタン発酵が行える密閉型発酵槽方式である。発酵槽内にはタピオカ製造工程で発生するオンゴック（Onggok）を微生物固定化担体として初期充填し、短 HRT と安定したメタン発酵を実現する。概略フローシートを図 1 に示す。

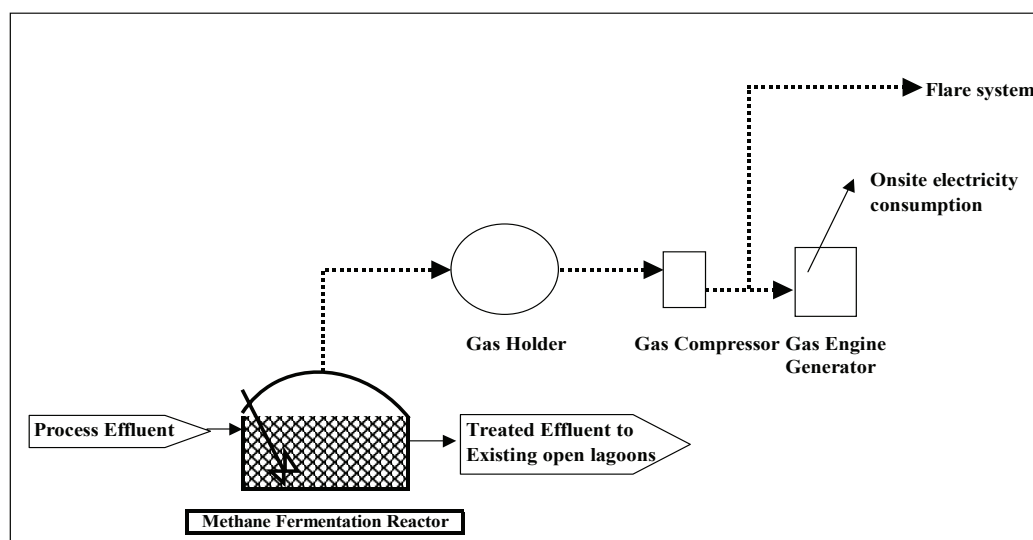


図 1 概略フローシート

本プロジェクト実施による温室効果ガス排出削減量は、おおよそ年間 2.9 万トン-CO<sub>2</sub>e と予想される。

## 2. 事前調査結果

対象地域のランポン州はスマトラ島東南端に位置する。8 県、2 市、162 郡と 2, 143 村の行政区（2002 年時点）から成っている。

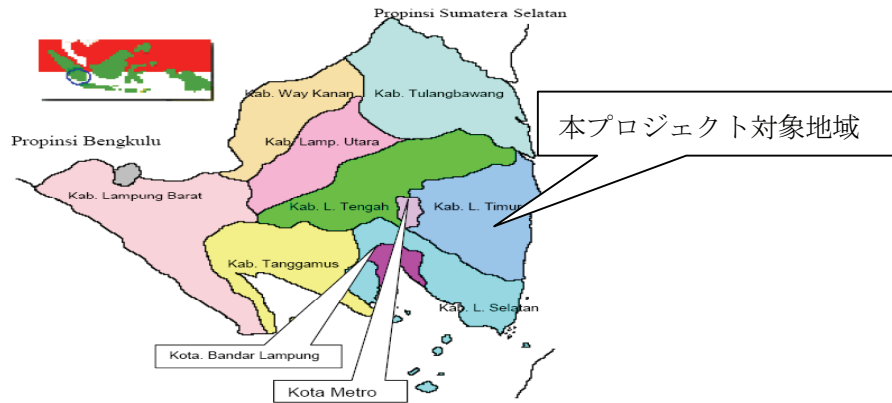


図2 ランポン州

一方、インドネシアのタピオカ産業の国際競争力はタイに対し苦戦をしいられている。同社は本プロジェクト実施による代替エネルギー源の確保によって、燃料費の削減が可能となりコスト競争力の向上が可能になると考えている。

### 3. インドネシア共和国の政策

本プロジェクト実施に係る環境関連、エネルギー関連の法令は以下のとおりである。

- (1) 液体廃棄物水質基準に関する環境大臣令 1998 年第 3 号
- (2) 固定排出源からの排気ガス排出基準に関する環境大臣令 1995 年第 13 号
- (3) 産業廃棄物排出基準に関する 2006 年ランポン州知事令 17 号
- (4) 東ランポン県規則 2004 年第 10 号
- (5) 東ランポン県規則 2004 年第 11 号
- (6) 企業環境対策評価計画 (PROPER)
- (7) 国家エネルギー政策に関する大統領令
- (8) バイオフェューエルの利用促進に関する大統領指示
- (9) CDM 実施スキーム

インドネシアでの CDM プロジェクトの承認を得るための手順を図 3 に示す。

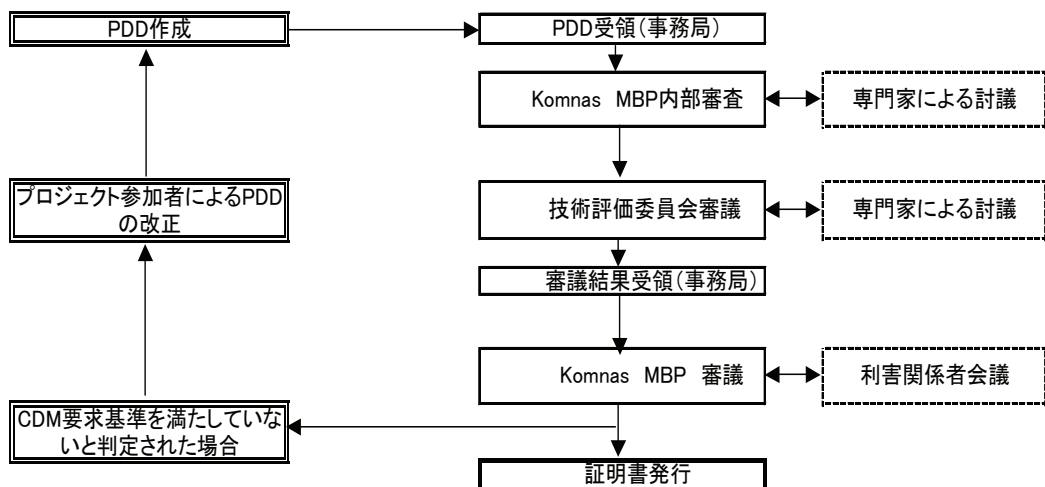


図 3 CDM プロジェクト承認手続き

インドネシアの CDM プロジェクトは、2007 年 10 月現在 8 件が EB 登録済み、16 件が、DNA

承認済みである。

#### 4. プロジェクト計画

ランポン州のタピオカ澱粉製造工場では、現状は開放型ラグーンによる排水処理が行われている。

##### (1) 既存ラグーン調査

工場から排出された廃液は開水路で複数の開放型ラグーンに導入されている。ラグーン数は嫌気ラグーンが二池、通性嫌気ラグーンが二池、好気ラグーンが四池に最初の沈殿池と最終段の調整池の十池構成であった。写真 4-1、4-2 に既存ラグーンの写真を示す。写真 4-2 は現地調査時に最もメタン発酵が盛んな No. 1 嫌気ラグーンである。



写真 4-1 嫌気第一ラグーン入口  
(Anerobic lagoon No. 1)



写真 4-2 嫌気第一ラグーン  
(Anerobic lagoon No. 1)  
中央付近メタンガス放出状況

##### (2) プロジェクトのバウンダリー

プロジェクトバウンダリーを、図 4 に示す。

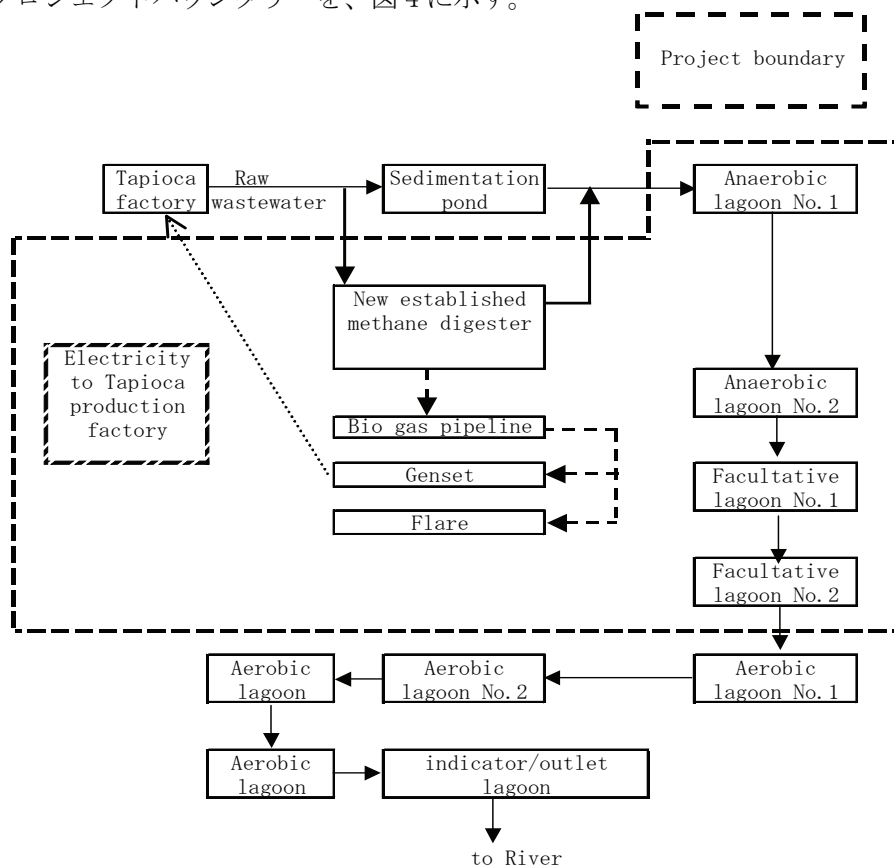


図 4 プロジェクトバウンダリー

(3) 本事業の調査体制

本 CDM 事業化調査体制は、図 5 に示すとおりである。

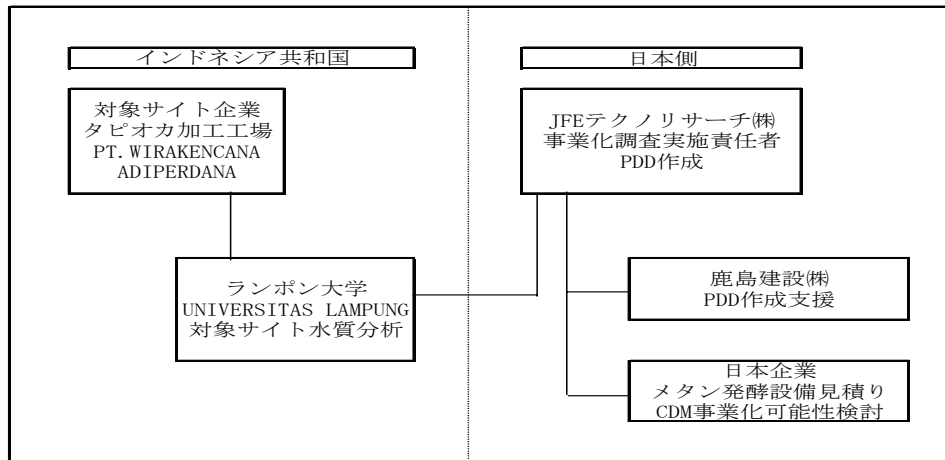


図 5 調査体制図

(4) プロジェクト適用技術

表 2 に類似技術との比較を示す。

表 2 類似技術との比較

項目	適用予定技術	A 社	B 社
メタン発酵方式	完全混合	カバードラグーン	UASB
バイオフィリア	オンゴック添加	—	グラニュール汚泥
ガス捕集方式	強化ポリプロピレン	HDPE シート	鋼製縦型槽
滞留時間	7-10 日	20 日	2-3 日
COD 分解率	80-90% (流入)	80-85% (流入)	80-90% (流入)
維持管理性	○	△	△

(5) 基本計画条件

表 3 基本計画条件

項目	計画条件	
タピオカ生産量	トン/日	92.3
廃液性状	T-COD (mg/l)	15,000
廃液量	m <sup>3</sup> /日	1,661
	m <sup>3</sup> /月	35,988
	m <sup>3</sup> /年	431,860
稼働日数	日/年	260
COD分解率	%	86
バイオガスメタン濃度	%	56
ガスエンジン効率	%	36
フレア容量	%	200

表 4 主要機器諸元

計画設備容量		計画条件
廃液処理量	m <sup>3</sup> /日	1,661
メタンガス回収量	m <sup>3</sup> /日	6,827
バイオガス回収量	m <sup>3</sup> /日	12,191
発電設備容量	kW	1,024
ガスフレア容量	m <sup>3</sup> /日	24,000
主要機器リスト		基数
廃液投入ポンプ	1.73m <sup>3</sup> /min x 7m	1
メタン発酵槽	約6,000m <sup>3</sup> 覆蓋密閉式	4
ガスホルダー	約800m <sup>3</sup>	1
ガスエンジン発電機	1,024 kW x 220V 発電効率36%	1
ガスフレア	1,000m <sup>3</sup> /h x 500℃以上	1
モニタリング機器リスト		基数
COD計	HACH	1
廃液流量計	電磁流量計	2
バイオガス流量計	湿式ガスメーター	3
メタン濃度計	接触燃焼式	1
その他必要なもの	一式	

## 5. 適用方法論の検討

プロジェクトに適用可能な下記の二つの方法論について事前検討を行った。

- ・ ACM0014/version 01 (AM0013 と AM0022 の統合された方法論)
- ・ AMS III.H/ Version 08

本プロジェクトは規模が小さいため、AMS III.H/ Version 08 が有効であるが、同方法論では、排出削減量は ACM0014 の約半分程度に算出される。一方、カウンターパートである PT. Wirakencana は、実施にあたっては複数工場のバンドリング及び将来の増産を計画している。CDM 化にかかる総コストと得られるクレジットを比較して判断した結果、本プロジェクトには、ACM0014 を適用することとした。同方法論に対する本プロジェクトの適用条件の確認結果を表 5 に、プロジェクトバウンダリーの排出源を表 6 に示す。

表 5 プロジェクトの適用性

現状	プロジェクト活動
廃液は未処理のまま、直接開放型ラグーンに導入されている。該ラグーンは明らかに嫌気状態を保っている。	廃液は新たに設置される密閉型メタン発酵槽にて処理。メタン発酵槽から回収されたバイオガスは、発電利用。メタン発酵槽からの廃液は既存の開放型ラグーンで処理。

表 6 プロジェクトバウンダリーの排出源

発生源		ガス	範囲
ベースライン	廃液処理設備	CH <sub>4</sub>	含む
	電力消費	CO <sub>2</sub>	
プロジェクト活動	廃液処理設備	CH <sub>4</sub>	
	オンサイト電力使用	CO <sub>2</sub>	
	オンサイト化石燃料消費	CO <sub>2</sub>	

## 6. ベースラインシナリオの検討

7つの代替シナリオについて検討した結果、妥当なベースラインシナリオは、廃液処理については開放型ラグーンで処理を行ない、発電については化石燃料を用いた自家発電を行う代替シナリオであった。

## 7. 追加性の証明

追加性の証明はバリアー分析による方法を用いた。

現在大勢を占めて慣行的に実施されているタピオカ廃液の処理は、嫌気開放型ラグーンによる方法で最終放流水水質は関連するインドネシアの法律に適合している。この方法は大きな投資を必要としないため多くのタピオカ工場で採用されている。更に本方法に関する運転・保守管理のノウハウを持った要員はホスト国内で確保できる。

一方、新たな投資と運転管理に新しい技術を導入する必要が生ずる密閉型メタン発酵槽のような技術の適用は、一般的慣行ではない。よって、提案されているプロジェクトの実施予定地域及び産業分野において同種のプロジェクトは現在運用されていない。以上により、

提案されているプロジェクトは追加的である。

## 8. モニタリング計画

ACM0014にて定められたとおりに実施する。図6にモニタリング計画を示す。

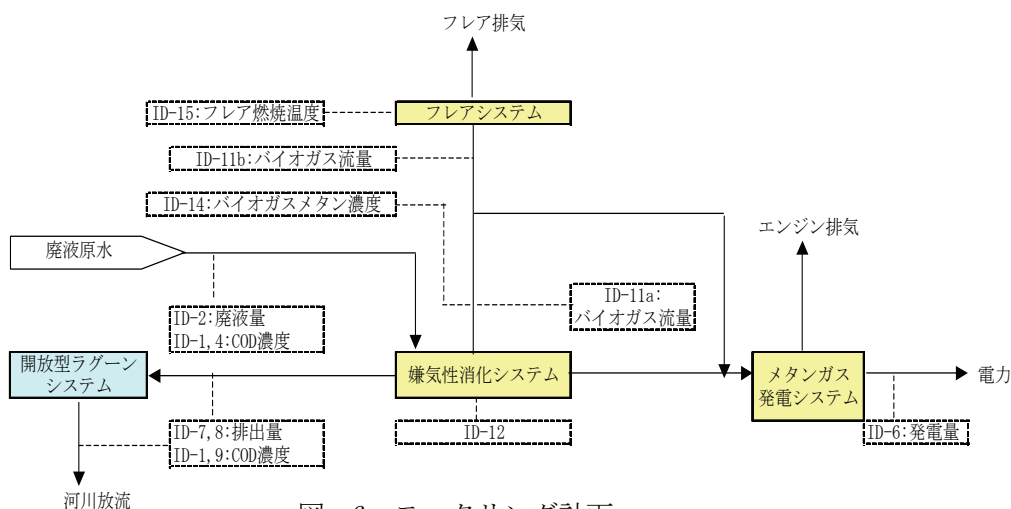


図 6 モニタリング計画

## 9. 温室効果ガス排出削減量の検討

以下に、ACM0014/ version01 に従った計算結果を表7に示す。なお、計算方法はR00法 (The Organic Removal Ratio method) による。

表 7 温室効果ガス排出削減量の検討

年	プロジェクト活動による予測排出量 (tonnes of CO <sub>2</sub> e)	ベースライン予測排出量 (tonnes of CO <sub>2</sub> e)	リーク予測量 (tonnes of CO <sub>2</sub> e)	プロジェクト活動による予測排出削減量 (tonnes of CO <sub>2</sub> e)
Year 1(Mar. 2010-Feb. 2011)	1,545	30,206	0	28,661
Year 2(Mar. 2011-Feb. 2012)	1,545	30,206	0	28,661
Year 3(Mar. 2012-Feb. 2013)	1,545	30,206	0	28,661
Year 4(Mar. 2013-Feb. 2014)	1,545	30,206	0	28,661
Year 5(Mar. 2014-Feb. 2015)	1,545	30,206	0	28,661
Year 6(Mar. 2015-Feb. 2016)	1,545	30,206	0	28,661
Year 7(Mar. 2016-Feb. 2017)	1,545	30,206	0	28,661
プロジェクト期間中の予測総排出削減量(tonnes of CO <sub>2</sub> e)				200,627
クレジット取得期間(年)				7
クレジット取得期間中の予測年間排出量(tonnen of CO <sub>2</sub> e)				28,661

## 10. 環境影響評価

### (1) 環境影響

本プロジェクト実施により、温室効果ガスの発生抑制、開放型ラグーンからの周辺の臭気低減効果、最終放流先へのCOD排出負荷量の低減による水質改善、ガスエンジンからの排気は、現状より大気への汚染物質放出量を下げることができる等の環境に対する好影響を与えることができる。

### (2) 環境影響評価



2006年に布告された環境省令(No. 11 of 2006)により、既存のタピオカ工場廃液処理プロセスからのバイオガス回収プラント及び10MW以下の発電設備の建設に関しては、及び環境モニタリング計画(UPL)を提出しなければならない。また、BAPEDALDA(東ランポン県環境監視・規制部)は、現状工場から発生しているオンゴックを利用しての本プロジェクトの場合、使用するオンゴックが少量であるので、EIAの新規手続きは不要である、との見解であった。PT. Wiraとしてもオンゴックは一部飼料として利用されているが、本プロジェクトで初期に充填する量は、非常に少量であるので、近隣農民に関しては全く問題ないと考えている。

## 11. 利害関係者のコメント

本プロジェクトは、調査段階である為利害関係者ミーティングは正式には開催していないが、プロジェクト関係者であるから聴取したコメントを記す。

### (1) ホスト国協力者(ランポン大学学長) Muhajir Utomo 学長

ランポン大学では、政府予算でBiomass Complex計画を実施中である。上記構想の中に位置付けて最大の協力をしていきたい。

### (2) BAPEDALDA(東ランポン県環境監視・規制部) Sahid Alkarim 氏

(ア) 本プロジェクト実施により更に環境改善が行われることを期待している。

(イ) 本プロジェクト実施に関する意義、安全性などを関係者に周知すること。

### (3) 環境省気候変動局 Prasetyadi Utomo 氏 Upik Sitti Aslia 氏

政府としては、海外技術の国内移転も推進したい。UNILAが参加していることは、現地側の役割分担向上の点から意義がある。

### (4) 環境省公害対策局(State Ministry of Environment) Tuti Hendrawati 次官補

本事業は環境対策からもエネルギー源多様化の観点からも大変望ましい。

## 12. プロジェクトの事業化に向けて

### (1) プロジェクト活動計画

プロジェクト活動計画を表8に示す。プロジェクト期間は7年間を想定している。

表 8 プロジェクト活動計画

項目	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1 追加調査 採用技術評価	◆									
2 パートナーとの協議	◄►									
3 設備設計・機器調達		◄►								
4 CDM事業化手続 (審査/登録)		◄►								
5 設備建設		◄►								
6 設備供用			◆							◆
7 モニタリング			◄►							
8 CER売却期間			◄							►
			Mar. 2010							Feb. 2017

(2) プロジェクト実施体制

本プロジェクトの実施体制としては、図7に示すような体制を基本案として交渉を行っている。

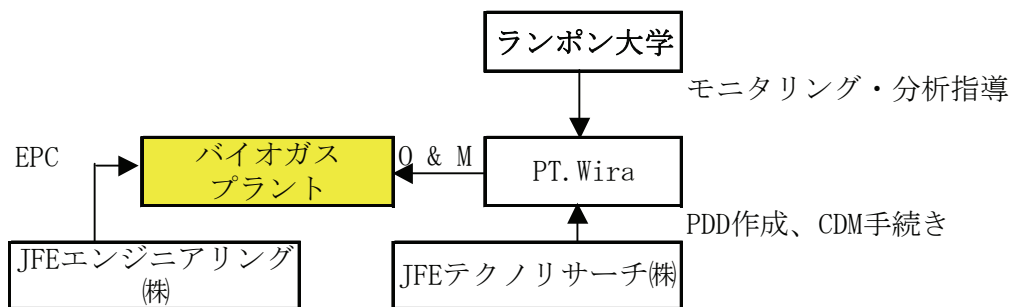


図 7 プロジェクト実施体制

上図に示した実施体制は関係者間での最終合意を得たものではなく、プロジェクト実施段階にて更なる協議が必要と考える。なお、想定されるプロジェクト参加者の概要を表9に示す。

表 9 プロジェクト参加者の概要

PDD 作成者	JFE テクノリサーチ(株)
設備建設・納入者	JFE エンジニアリング(株) 但し、今後の技術評価の中で決定する。
クレジット取得者	未定 (商社) クレジット販売先は日本政府を想定
設備運転・保守管理者	PT. Wira を予定しているが今後の協議による。
モニタリング, 分析指導等	ランポン大学

(3) 資金計画

建設費については、後日のクレジット売却収入と工場側の燃料費節約分を原資として日本の商社が融資することを想定している。同工場は、年間 1.4 億円程度の燃料費をディーゼル発電用に使っており、本事業実施によりこの燃料費が不要となり、この範囲内で資金を供出することは可能である。しかし、工場側は本メタン発酵装置の導入によりキャッサバの購買量をあげることをもくろんでおり、資金供出の割合については今後議論を深める必要がある。発生する CER は日本政府に販売することを想定している。

図8に本事業の資金の流れを示す。

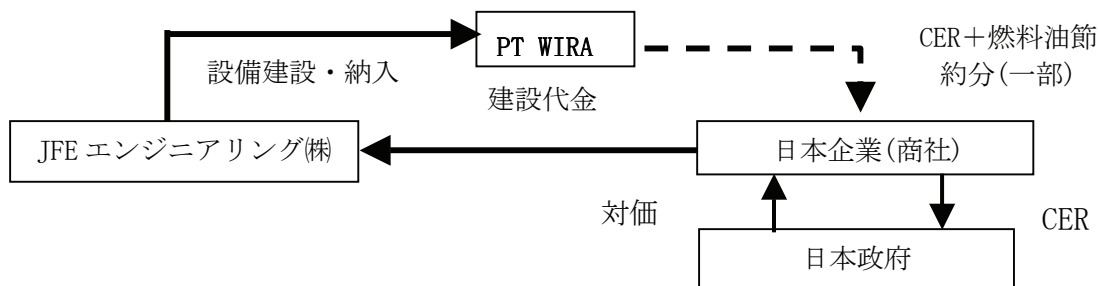


図 8 プロジェクト資金の流れ

(4) IRR の試算

- ・初期投資額（設備費）：5 億円

本事業に適用を予定している技術は、短い滞留時間で安定したメタン発酵が行える密閉型発酵槽方式である。機器調達については、国際調達を行う。建設に関しては現地工事会社の起用を想定している。

- ・プロジェクト実施機関：7 年
- ・収入（CER）：クレジットは、本プロジェクト実施により削減される、28,661tCO<sub>2</sub>e/y 相当分が、2010 年より発行、取引されるものとし、かつ 2013 年以降も何らかの形で市場で売却可能とした。
- ・便益（発電用ディーゼル油削減費用）：本プロジェクト実施により、発電用ディーゼル油購入削減費用が年間約 1.4 億円便益として発生する。建設資金を融資する日本企業が最初の 3 年間は便益の 75%を、続く 4 年間は、50%を、獲得すると仮定した。

表 10 に金利前・税前の条件での IRR 試算結果を示す。投資基準としては、IRR10%以上が目安であるので、事業収益性は良いと判断できる。なお、投資回収年数は 4 年であった。

表 10 IRR 試算結果

CER 獲得 期間	CER なし	CER 有り		
		@10\$/tCO <sub>2</sub>	@12\$/tCO <sub>2</sub>	@14\$/tCO <sub>2</sub>
7 年	3.7%	11.1%	12.4%	13.7%

対 US\$ 為替レート：@108¥/US\$

なお、クレジットの市場での取引が 2013 年以降成立しない場合を想定すると、@18\$/tCO<sub>2</sub>程度と仮定してもなお、IRR は 2%程度であり、事業としては成立しないと考えられる。

(5) プロジェクトの IRR に関連するリスクの検討

本プロジェクト実施に関する主たるリスクは以下の 4 つである。

- ・プロジェクト稼働日数（キャッサバ集荷量、タピオカ工場稼働日数）
- ・廃液量及び COD 濃度
- ・メタン回収率（COD 除去率）
- ・建設代金回収

このうち最大のリスクは、プロジェクト稼働日数低下のリスクであった。

プロジェクト稼働日数が、過去 4 年間の最低稼働日数である、191 日となった場合の IRR 評価結果を表 11 に示す。

表 11 稼働日数リスク評価

CER 獲得期間	CER 有り		
	@10\$/tCO <sub>2</sub>	@12\$/tCO <sub>2</sub>	@14\$/tCO <sub>2</sub>
7 年	3.4%	4.6%	6.2%

対 US\$ 為替レート：@108¥/US\$

メタン回収設備への流入廃液量の減少にともなう、回収バイオガス量及び発電量の減少、獲得 CER の減少及びディーゼル油購入削減費用の減少が IRR に大きく影響を与えた。なお、建設代金回収リスクは、CER 売却期間の設定、プロジェクト実施体制等により異なってくる。プロジェクト実施に際しては、プロジェクト参加者間での更なる協議が必要である。

#### (6) 事業化に向けての課題

##### ・プロジェクトの経済性

必要投資額の圧縮による IRR の向上が今後の課題であることは言うまでもないが、一方、2013 年以降の CER 市場の安定的継続もまた事業性に影響を与える重要な要素である。2009 年開催予定の COP15 以降の動向を注意深くウォッチしていく必要がある。

##### ・工場操業の安定性

既に述べたように、プロジェクト稼働日数低下リスクが、本プロジェクトの IRR に大きく影響する。プロジェクト稼働日数確保の為に、キャッサバ品種改良による生産性の向上、キャッサバ買い上げ価格の安定化等インドネシア官民挙げての対策が必要であろう。本プロジェクト実施により、キャッサバ栽培農家へ長期的にインセンティブを与えられる買取価格の設定が可能となると期待できる。

##### ・設備運転・保守管理体制

安定したクレジット量の確保の為に、一定レベル以上の運転・保守管理体制の構築が重要である。運転・保守管理主体は、本検討の中ではカウンターパートと想定している。一方、カウンターパートは、現時点では BOOT 方式での本プロジェクト実施を考えており、自らの出資、運転管理への関与を考えていない。今後も日本側からの事業説明を通じて双方の合意点を探る予定である。

##### ・事業化にあたっては、工場操業実績及び設備運転・保守管理結果にともなう、獲得クレジット及びディーゼル油購入費削減便益増減に関するリスク及びベネフィットの分担についての取り決めが必要となる。

##### ・CDM 化手続き

ホスト国においては、CDM 事業登録までに時間がかかるということがいわれている。実用化段階では、DOE 選定も含め、時間的ロスの最小化を計る必要があると考える。

### 13. まとめ

インドネシア共和国ランポン州東ランポン県内のタピオカ澱粉製造 Kedaton 工場 (Ds. Kedaton Kec. Sukadana Kab. Lampung Timur) を対象サイトとし、タピオカ澱粉製造廃液から高濃度メタンを含むバイオガスを回収し、既設ディーゼル発電設備代替としてバイオガス発電設備を新設し、その電力をオンサイトで使用することを目的としたプロジェクトに関する CDM 事業化調査を行った。ランポン州のタピオカ澱粉製造コストは、近年タイからのタピオカにコスト競争力を失いつつあるといわれているが、タピオカ澱粉製造会社は本プロジェクト実施によりエネルギーコストの大幅な削減が実現でき、ランポン産タピオカ澱粉の価格競争力の大幅な向上につながるとの認識をもっている。

なお、インドネシアでは既に CDM 手続きが整備され、24 件が実施段階にある。また、環

境, エネルギー関連法律も国, 州, 県レベルで整備されている。本プロジェクトに適用する方法論としては、事前検討の結果 ACM0014/version 01 (AM0013 と AM0022 の統合された方法論) を適用することとした。妥当なベースラインシナリオは、廃液処理については、開放型ラグーンで処理を行ない、発電については化石燃料を用いた自家発電を行うシナリオで、現在が継続するシナリオに対し、本プロジェクトが追加的であることが、バリアー分析法により証明された。

対象サイトの廃液性状の分析をカウンターパートと日本側で別個に実施し、本プロジェクトの流入条件を、流入 COD 濃度 15,000mg/l 年間廃液流入量 431,860m<sup>3</sup> と設定し、温室効果ガス排出削減量 (ER<sub>y</sub>) を試算した結果、プロジェクト実施期間を通じた ER<sub>y</sub> の平均はおおよそ年間 2.9 万トン-CO<sub>2</sub>e と予想された。

本プロジェクト実施により、温室効果ガスの発生抑制、周辺の臭気低減効果、最終放流先の水質改善、エンジン排気ガス性状の向上等環境に対する好影響を与えることができる。

本プロジェクト関係者である、BAPEDALDA(東ランポン県環境監視・規制部) 環境省気候変動局、カウンターパート PT. Wira、ホスト国協力者ランポン大学学長からコメントを聴取し本プロジェクトに反映させた。

金利前・税前の条件で本プロジェクトの IRR を試算した結果、プロジェクト期間を 7 年、CER 売却価格を 10US\$ 以上と想定した場合、IRR は 10% を超え、事業収益性はよいと判断できた。投資回収年数検討結果は 4 年であった。一方、プロジェクト稼働日数低下に関するリスクが高く、IRR に大きく影響を与えることが判明した。プロジェクト稼働日数確保の為に、キャッサバ品種改良による生産性の向上、キャッサバ買い上げ価格の安定化等インドネシア官民挙げての対策が必要であろう。その他、必要投資額の圧縮による IRR の向上、2013 年以降の CER 市場の安定的継続、運転・保守管理主体の決定、リスク及びベネフィットの参加者間での分担についての取り決めが今後の課題である。更にホスト国においては、CDM 事業登録までに時間がかかるということがいわれている。実用化段階では、DOE 選定も含め、時間的ロスの最小化を計る必要があると考える。