

## 平成 20 年度 CDM / JI 事業調査

マレーシア・サラワク州におけるパーム搾油残さ  
などを活用したバイオマス発電 CDM 事業調査

### 報告書

平成 21 年 2 月

株式会社あすかスマートエナジー



## 目次

1	基礎情報	5
1.1	プロジェクトの概要	5
1.2	企画立案の背景	5
1.3	マレーシアの地勢・本事業を取り巻く環境	6
1.4	ホスト国の CDM/JI に関する政策・状況等	13
1.5	本事業がマレーシアの持続可能な開発に貢献できる点	16
1.6	事業による技術移転	18
2	調査内容	19
2.1	調査課題	19
2.2	調査実施体制	20
2.3	調査内容	20
3	プロジェクト	28
3.1	プロジェクトの内容	28
3.2	プロジェクト・バウンダリー及びベースラインの設定	30
3.3	モニタリング計画	46
3.4	温室効果ガス削減量	52
3.5	クレジット期間	59
3.6	環境影響・その他の間接影響	59
3.7	利害関係者のコメント	61
3.8	プロジェクトの実施体制	62
3.9	資金計画	63
3.10	経済性分析	65
3.11	追加性の証明	69

4	事業を通じたコベネフィットの実現.....	80
4.1	背景.....	80
4.2	事業サイトにおける公害防止の内容 .....	80
4.2.1	コベネフィットの評価手法 .....	80
4.2.2	サラワク州の環境モニタリング体制 .....	81
5	事業化に向けての見込み・課題.....	87

## 1 基礎情報

### 1.1 プロジェクトの概要

プロジェクトはサラワク州中部シブ Sibul 近郊、セランガウ Selangau にあるリンブナン・ヒジャウ (Rimbunan Hijau Group、以下、RH とする) が所有するミルで実施する。同ミルは RH が所有する自社農園から 7 km に位置しており、原料の持続的調達が可能である。ミルは 2006 年に稼動を開始したが、生産能力の増強を決定している。CDM の実施は生産増強によるエネルギー消費の増加を自社設備で賄うとともに余剰電力を、サラワク・エナジーの所有する系統を通じて売却することによってミルの経営基盤を安定化させること、さらには近隣集落の住環境改善に貢献すると考えられる。プロジェクトの実施に当たっては、関係者の出資による特別目的会社 (SPC) を設立し運営する。

サラワク州はエネルギー供給のほとんどを化石燃料に依存しているが、これを大規模な水力発電で補う計画である。しかしダム建設に伴う環境破壊が懸念されるため、水力電源開発は計画された通りに進んでいない。サラワク州政府は太陽光、バイオマスなどの再生可能エネルギーの導入に積極的に取り組んでおり、本事業はこうした地方政府の方針とも合致する。

プロジェクトは 2011 年 1 月の稼動を目標にしており、これに先立つ CDM 事業としての登録を念頭に事業検討を行う。

表 1 事業諸元

プロジェクト実施地	マレーシア、サラワク州 Selangau Mill
排出削減量	177,477 t / 年
採用する排出削減方法論	ACM0006、ACM0014
運転開始 (着工予定)	2011 年 1 月 予定
クレジット期間	10 年
総投資金額	28 百万米ドル
機械設備供給事業者	住友重機械工業株式会社
EPC	タイタン・エナジー社 (Titan Energy Sdn. Bhd.) (マレーシア)

### 1.2 企画立案の背景

本事業は、パーム・ミル残さを活用して発電することを企図しているが、これまでパーム・ミル残さを利用した発電事業は、必ずしも成功しているとは言えない。理由としては、ミルの稼動パターンと送電計画の不一致、パーム・ミル稼動の季節変動、EFB の燃焼時に

燃焼効率が損なわれること、また CDM としては EFB の分類が変更されたことによる基礎設計の変更などが影響していると考えられる。

したがって、本調査では、利活用されていない廃棄物をエネルギー資源とすることによるエネルギー事情の改善、環境問題の改善が期待されることから、現状について調査、予測される問題点を明らかにする。

また、本事業で採用する循環流動床ボイラーは、国内外に多くの導入事例があるもののパーム残渣、とりわけ EFB の直接燃焼の事例が無く、事前処理を含めた技術の適合性を確認する必要がある。この点については、本調査の枠外で検討を進め、適性について一定の結論を得た上で、CDM の組成に取り掛かる。

### 1.3 マレーシアの地勢・本事業を取り巻く環境

#### 1.3.1 地理

マレーシアは、南シナ海を挟んでマレー半島とボルネオ島から構成され、日本の 0.9 倍にあたる 33 万平方km、人口は 2657 万人である。人口のうち、マレー系人種が 66%を占めるが、中華系(26%)、インド系 (8%)、その他 (1%) から構成される多民族国家である。公用語は、マレー語を国語としているが中国語、タミル語、英語等も使用されている。

#### 1.3.2 主要産業

主要な産業は、製造業（電気機器製造）、農林業（天然ゴム、パーム油、木材）及び鉱業（錫、原油、LNG）などであり、国民一人当たりの GNP は 6,685 米ドル（2007 年）である。97 年の通貨・金融危機以降も IMF など国際金融機関の支援を仰ぐことなく、独自の経済政策を推進し、99 年以降、経済のプラス成長を継続している。2007 年の GDP 成長率は 6.3%であった。

主な輸出品目は、豊富な天然資源が中心であり、化学製品、原油、パーム油、LNG などが主要な輸出品目に数えられる。天然ガスの輸出仕向け先の 6 割は日本向けであることから、我が国の天然ガス供給に欠くべからざる貿易相手国となっている。輸入品目の多くは加工貿易のために輸入される機器原材料で、輸入先のトップは日本となっている。

表 2 マレーシアの主要輸出入産品、貿易相手国

主要輸出品目	電気製品、化学製品、原油、 パーム油	輸出国	米国 (15.6%)、シンガポール (14.6%)、日本(9.1%)
主要輸入品目	製造機器、輸送機器、食料 品	輸入国	日本(13.0%)、中国 (12.9%)、シン ガポール (11.5%)

【出典： 外務省 HP、各国・地域情勢、マレーシアの項】

### 1.3.3 エネルギー需給・エネルギー政策

#### エネルギー需給

マレーシアのエネルギー供給は、2526.1PJ（2005年）に達しており、その46.8%を石油系燃料で、41.3%を天然ガスで供給している。これに対してエネルギー需要量は、1631.7PJで分野別には、輸送用部門が40.5%を占め最も大きく、次いで産業用部門の38.6%が続いている。石油、天然ガスの占める割合が低下する一方で、石炭・コークスの利用が伸びていることが注目される。

表 3 第9次計画におけるエネルギー供給計画

	2005年	比率	2010年 (予測)	比率	年平均伸び率
石油	1181.2	46.8%	1400.0	44.7%	3.5%
ガス	1043.9	41.3%	1300.0	41.6%	4.5%
石炭	230.0	9.1%	350.0	11.2%	8.8%
水力	71.0	2.8%	77.7	2.5%	1.8%
合計	2526.1	100.0%	3127.7	100.0%	4.4%

【出典： Chapter 19, Ninth Malaysia Plan, The Economic Planning Unit, The Prime Minister's Office, 2008】

マレーシア政府の公表した「第9次計画（2006～2010年）」によれば、期間中毎年6.3%のペースでエネルギー需要の伸長が見込まれており、2010年には需要が2218PJに達すると予測されている。これは一般家庭への家電製品の普及と移動手段の頻繁な利用が燃料使用に拍車をかけるためである。

第9次計画に掲げられているエネルギー政策の基本方針<sup>1)</sup>は、以下の通りである。

- ・エネルギー供給の充足性、安全性、安定性、品質、コストを確たるものとする。
- ・エネルギー供給事業者の生産性と効率性を改善し、エネルギー価格の決定に市場原理を導入すること。
- ・代替燃料の開発を推進することにより石油製品への依存度を低下すること。
- ・発電、産業分野における再生可能エネルギーの利用を推進すること。
- ・政府機関建物に加え、産業用、交通用、商業部門におけるエネルギー効率の改善を推進すること。

<sup>1)</sup> pp.402, The Ninth Malaysia Plan 2006-2010, Economy Planning Unit, Prime Minister's office, Malaysia

- ・ 離村地域、とりわけサバ、サラワク地域の系統連携を推進すること。
- ・ エネルギー成長に新たな成長源泉を造り出すため、地域企業のエネルギー事業への参入や海外での事業参入に参画すること。

示されている方針に見るように、石油系燃料の再生可能エネルギーによる代替施策、特にボルネオ（サバ州、サラワク州）における施策は、マレーシアのエネルギー戦略の中心的なテーマと位置づけられている。

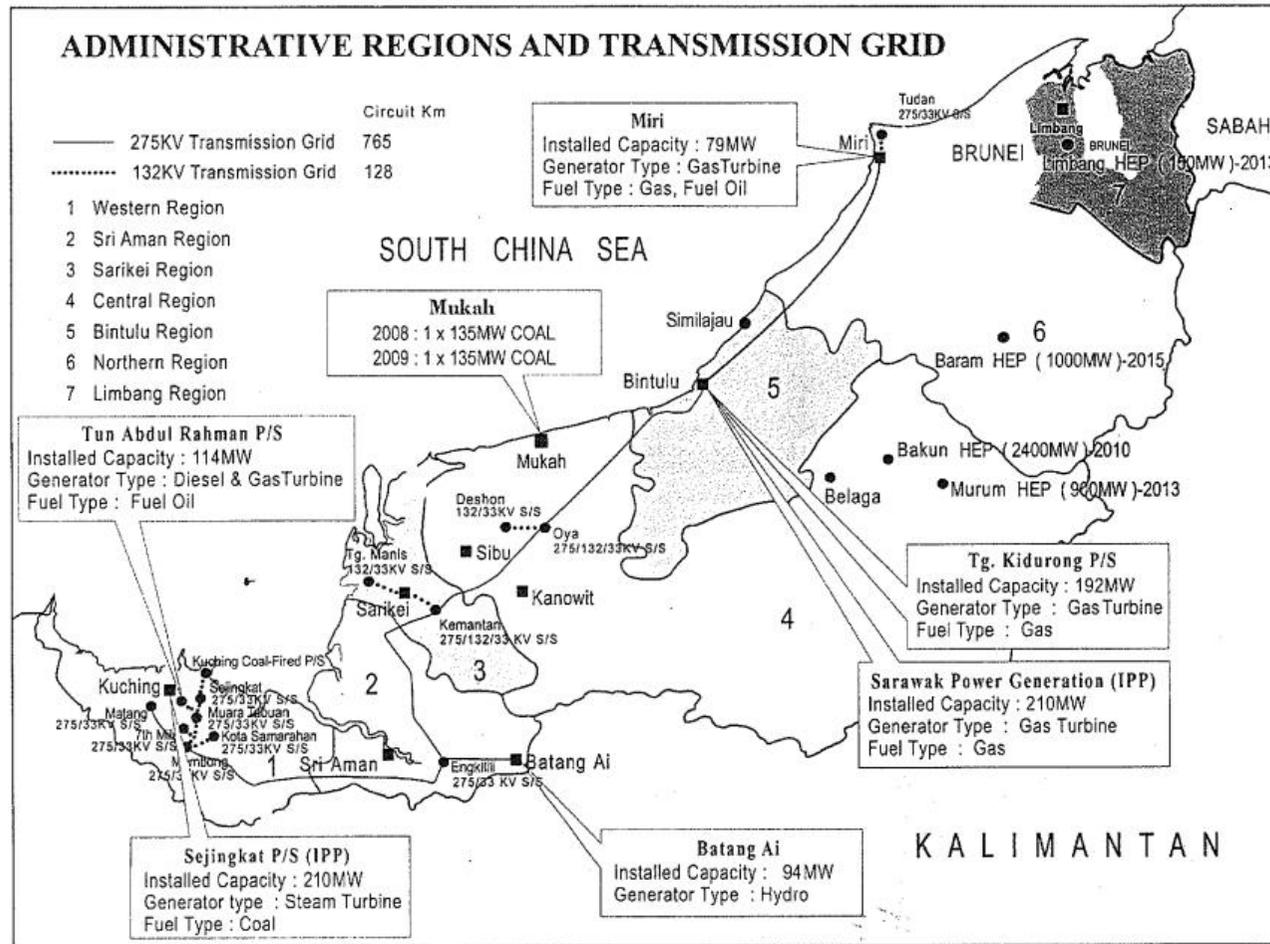
マレーシアの電力供給は半島部を **Tenaga Nasional Bhd (TNB)** が担い、ボルネオ島の二つの州はそれぞれサラワク・エナジーとサバ・エレクトリシティが担っている。サラワク・エナジーは、従来、州営電力公社であった **SESCO** が 2007 年 4 月に民営化されてできた会社であるが、その株式の 65% は依然としてサラワク州政府が所有している。サラワク・エナジーは発送電の全てを担っており、所有、出資する州内 7 カ所の発電所の合計設備容量は 815MW に上る。

サラワクのエネルギー開発、電源開発では、2006 年に運転開始したビンツル火力発電所 (100MW) に加え、2009 年もしくは 2010 年の運転開始を予定するバクン水力発電所の開発を通じて、発電容量 2,400MW 相当の電源開発を進めることとされている。サラワク州政府は、**SCORE** と称される地域開発計画の中で、石油系燃料への依存脱却を図るため、水力電源の開発とバイオマス・エネルギーの利活用を図ることを訴えている。但し、バクン水力は、大規模なダム建設は不可避であることから、環境保護を訴える世論に抗することが出来ず、計画の推進が滞っている<sup>2</sup>。

---

<sup>2</sup> “Dirty dam draw dirty smelters”, *Asia Times*, January, 25, 2006

図 1 サラワク州の電源開発計画



【出典：サラワク・エナジー】

マレーシアでは、第 9 次計画に先立つ、第 8 次計画の中で、SREP ("Small Renewable Energy Power Programme") を立ち上げ 2005 年までにマレーシアのエネルギー源の 5% (770MW 相当) を再生可能エネルギー由来とすることを目標とした。しかし、このプログラムでは対象となる発電所の容量が 10MW に制限された結果、48 件の案件について申請が成されたものの、稼働に至ったものは 2 件、5.2MW に留まり、マレーシアのバイオマス燃料の利活用は捗らなかった。

パーム産業は SREP の中で有力なバイオマス発電源となり得ると目されていたが、以下のような理由で実現しなかった。第一に従来からミルではファイバーやシェルを燃焼し自家消費用のエネルギーを得ていたが、これらは専ら自家消費目的に利用されているもので仕様もそのようになっている。したがって系統に連携し送電をする機器仕様となっていない。第二に系統連携する発電設備は、通常、高い稼働率（一般に 8000 時間稼働程度）が要求される。しかし、多くのパーム・ミルはパームの収穫期に稼働するため、稼働率の低下を免れない。以上のような理由から、パーム・ミルをベースにした小規模発電のためには、SREP を意図した高効率、高稼働率な設備建設を要することになり、ミルでは担い得ない投資額が忌避されたものである。

#### 1.3.4 マレーシアのパーム産業

マレーシアのパーム農園は 1917 年にヘンリー・フォークナーによって始められた。マレーシア政府は、ゴム栽培からの依存から脱却するためにパーム育成を奨励し、今日では、430 万ヘクタール余りのパーム農園が経営され、世界のパーム油の 42% がマレーシアで生産され、最大の輸出国となっている。マレーシアにとってパーム農園及び関連産業は、GDP の 5~6% を占める一大産業となっている。

マレーシア全土のパーム農園の分布状況は表の通りであるが、その 59.6%が民間企業によるものである。FELDA、FELCR、RISDA など政府系組織<sup>3</sup>による栽培も行われ、その所有する農園の面積は総面積の 22.07%に相当する。本事業を予定するサラワク州が、作付面積、ミル数から同じボルネオ島北部のサバ州と並んでパーム産業の集積地であることが分かる。

表 4 マレーシアのパーム作付面積分布 (2005 年)

州	作付面積(ha)	%	稼働中ミル数
Johor	667,872	16.4%	66
Pahang	606,821	15.0%	68
Perak	340,959	8.4%	45
Terengganu	163,967	4.0%	12
Negeri Sembilan	155,164	3.8%	15
Selangor	132,100	3.3%	21
Kelantan	89,886	2.2%	10
Kedah	75,472	1.9%	6
Melaka	52,015	1.3%	3
Penang	14,074	0.3%	0
Perlis	278	0.0%	0
Sabah	1,209,368	29.9%	115
Sarawak	543,398	13.4%	42
Malaysia Total	4,051,374		

【Malaysian Palm Oil Board (MPOB)から作成】

表 5 パーム残さ活用製品の事例

バイオマス	活用事例
EFB	保水効果を利用した砂漠の植栽露地
PKS	集成材、MDF、パーティクルボードなど建材用資材の原料
シェル	集積材、MDF など建材用資材の原料、活性炭
ファイバー	紙原料、セメントへの混合による強化剤

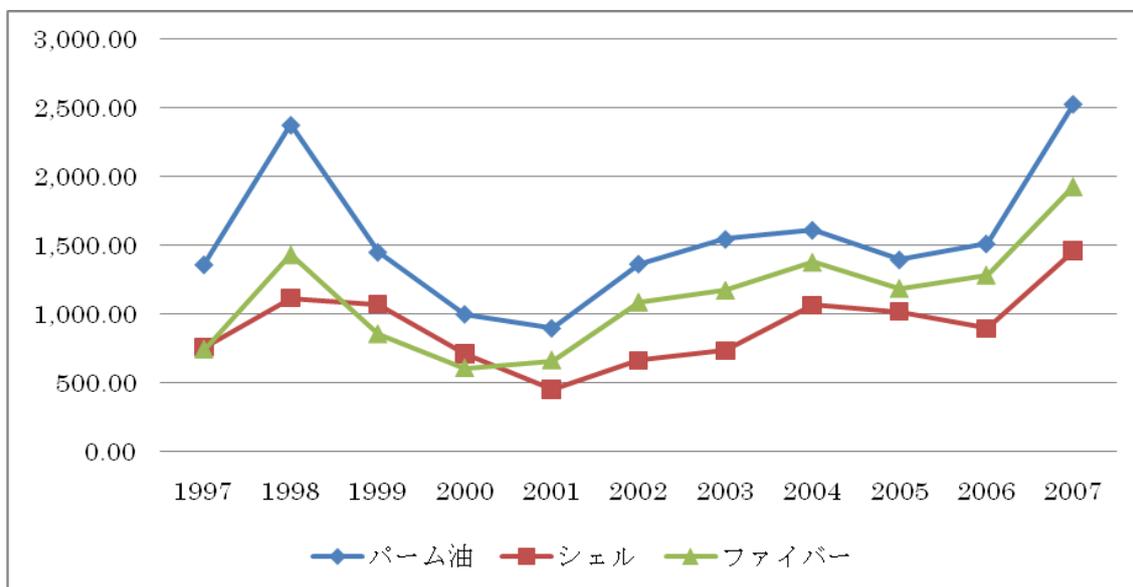
パーム油生産は、その製造過程で様々な廃棄物を生み出す産業でもある。投入する果実

<sup>3</sup> FELDA: Federal Land Development Authority  
 FELCRA: Federal Land Consolidation and Rehabilitation Authority  
 RISDA: Rubber Industry Smallholder Development Authority

房 (Fresh Fruit Bunch:FFB) からは、実を搾取した後の空房 (Empty Fruit Bunch : EFB)、果実の周囲にある繊維 (Mesocarp Fibre: Fibre)、核油粕 (Palm Kernel Shell: PKS)、さらに精製の工程で使用された廃液 (Palm Oil Mill Effluent: POME) が生じる。この他、剪定枝、果実の生産性が落ちた老木なども廃棄物となる。このうち PKS、ファイバーなどは集成材としての需要が一部にあるが、最も大量に排出される EFB は一部が保水剤、コンポストとして農園で利用されるほかはほとんどが自然分解されている。この結果、パーム油工場の残渣の多くは廃棄物として放置され、周辺環境に影響を及ぼしている。

2007 年から 2008 年にかけての資源価格高騰の流れの中で、パーム油も空前の高値を記録した。この結果、マレーシア国内でも従来の農業からパーム農園に業態転換する農家が、相次いだ。これらの農家は植栽したパームが、果実を生産できるまでに育つ前に価格下落に直面している。また経営規模の大小を問わず肥料価格の高騰が農園経営を圧迫しており、コストの 4 割程度が肥料代に費やされている。この結果、EFB の利活用に対する関心が従来に増して高まっており、コンポスト化のプロセスを CDM にする事業も数多く見られる。比較的、経営母体の大きな農園では、先に挙げた残渣の活用、バイオディーゼルの生産などによる収入の多角化を図っており、本事業で取り組む発電事業も同様の観点からの取組といえる。

図 2 パーム製品価格推移 (単位：マレーシアリングgit/トン)



【MPOB から作成】

## 1.4 ホスト国の CDM/JI に関する政策・状況等

### 1.4.1 マレーシアの CDM の現況

マレーシアでは、すでに国連登録済み CDM が、35 件以上登録されている。マレーシアの CDM プロジェクトは 2006 年に最初のプロジェクトが登録されて以降、着実に登録がされており、メキシコに次いで 5 番目に登録数の多い国となっている<sup>4</sup>。UNEP<sup>5</sup>によれば、120 件程度のプロジェクトが開発中である。このうちパーム産業を対象にしたプロジェクトも数多く、EFB のコンポスト化、POME からのメタン回収などが多く見られる。マレーシアの国連登録済み案件のうちパーム関連 CDM 事業だけで 30 件を超え、計画中の案件のうち 100 件程度がパーム産業に立脚している。

### 1.4.2 ホスト国承認手続き

マレーシアにおける DNA は天然資源エネルギー省（NRE: Ministry of Natural Resources and Environment）とされ、この下に CDM 国家委員会（National Committee on CDM）が設置されている。CDM 国家委員会は、2002 年 5 月に設立され、NRE 副長官が議長を務める。エネルギー系プロジェクトについてはマレーシア・エネルギー・センター（PTM: Pusat Tenaga Malaysia）が事務局を務め、吸収源 CDM については FRIM が事務局を務める。CDM 国家委員会は、毎四半期に開催されることとされ 2008 年 12 月の開催が予定されており、PDD の提出後、審査には約 3 ヶ月を要する。

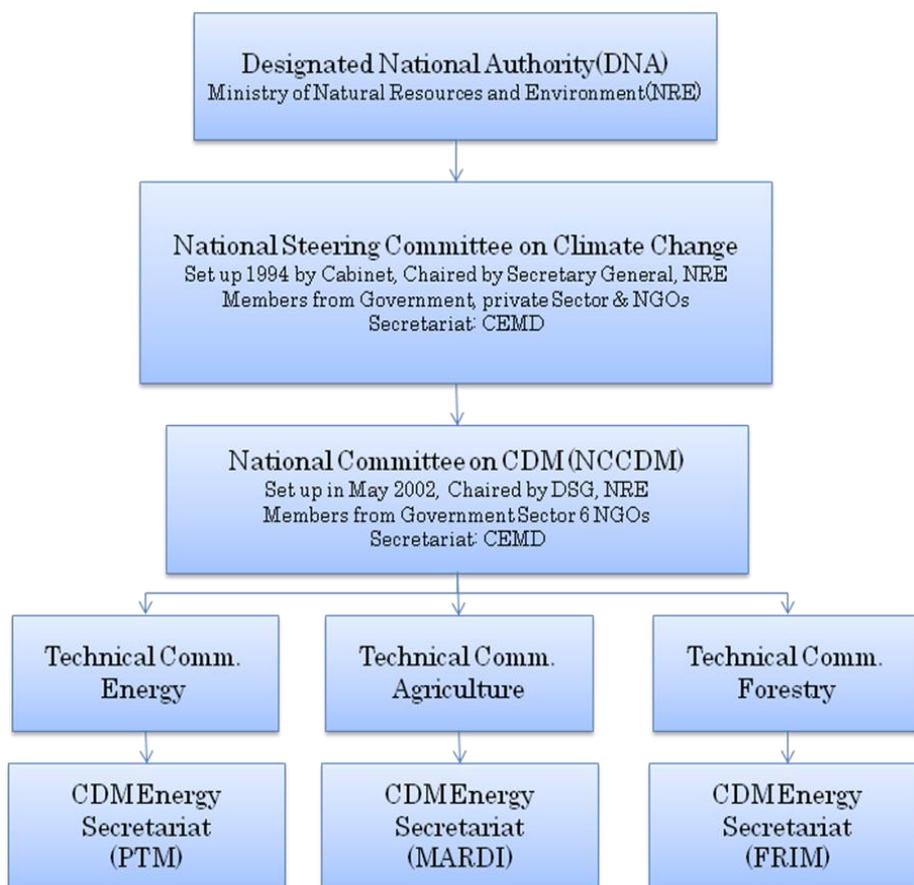
国家委員会の下には、エネルギー起源プロジェクトと吸収源プロジェクトのそれぞれについて技術委員会（Technical Committees）が設けられている。技術委員会の役割は、事務局からのリコメンデーションに基づいて技術的、財務的データの評価を実施することである。これら特定の CDM プロジェクトの評価に限らず、セクター特有の問題についても諮問にも応ずることとされている。

---

<sup>4</sup> UNFCCC, <http://unfccc.int/2860.php>

<sup>5</sup> CD4CDM, <http://cd4cdm.org/>

図 3 マレーシアの CDM 承認検討機関



CEMD: Conservation and Environmental Management Division

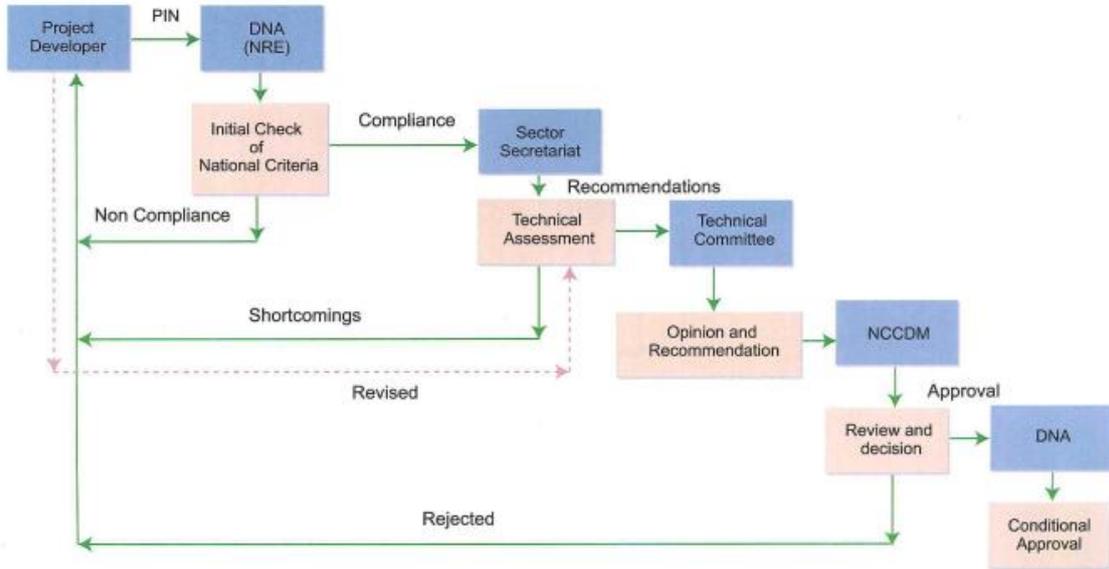
MEWC: Ministry of Energy, Water and Communications

PTM: Pusat Tenaga Malaysia

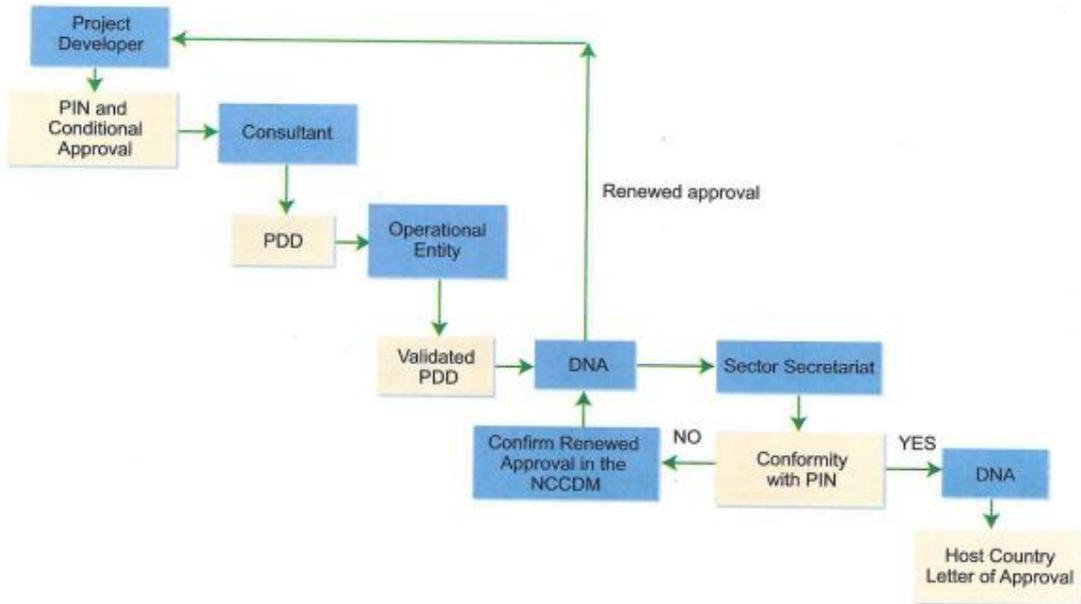
FRIM: Forest Research Institute of Malaysia

NGOs: Non-Governmental Organizations

図 4 マレーシア政府承認プロセス



PIN を提出する場合



PDD を提出する (PIN を提出しない) 場合

【出典:PTM ホームページより抜粋】

承認プロセスは、PIN を予め DNA である NRE に提出し、仮承認を受ける手順と PDD を直接提出し承認を求める手順がある。後者の場合、正式な政府承認は DOE による有効化審査を受けた後に行われる。調査を通じて PTM に対して聴取した結果では、PIN の段階で提出された情報が PDD で変更された場合、仮承認の内容についての変更を加えるなどが必要であるため、作業が煩雑となる。したがって PDD を提出し有効化審査後に正式承認を受領する方法が、直截的であるとの指摘を受けている。

マレーシアのプロジェクト承認条件は、以下の通りである。

- ①プロジェクトがマレーシアの持続可能な開発に貢献し、プロジェクトが直接の便益もたらすこと。
- ②Annex I 国の参加があること。
- ③プロジェクトの実施により技術移転が生じること。
- ④プロジェクトが CDM 実施の前提となる理事会の要求を充足していること
- ⑤プロジェクト実施者が本事業の推進に十分な能力をもっていること。

また、バイオマス関連の事業では、活用できるエネルギー源を出来る限り活用することが望ましいとされており、パーム事業の中で廃液のメタン回収を行い全量フレア処理する事業については、望ましくないとされている。本事業についてはフレア処理する割合が極めて小さく、極力エネルギー源として利用する方針であることから、この懸念を払拭できる。また、近年プロジェクトがマレーシア国内の複数の地域で、複製されている傾向がある。しかしこれらの事業が必ずしも円滑に実施されていないため、DNA は新規技術の導入による CDM 事業の推進を積極的に評価している<sup>6</sup>。

上記承認条件を本事業について検討した場合、その基準を満たせない条項は無いと考える。また本事業について PTM に対して説明を行った結果、同様の感触を得ている。

## 1.5 本事業がマレーシアの持続可能な開発に貢献できる点

### 1.5.1 EFB 等バイオマスの利活用。

パーム産業から生じる廃棄物の利活用は、第 8 次計画においても検討されている課題であり、決して目新しい問題ではない。マレーシア経済におけるパーム産業の位置づけを考えると、パーム工場から出る廃棄物処理の問題は持続可能な開発の観点から、より一層、重要な問題となる。実際、ミル周辺には環境問題が惹起されており、臭気問題など大気汚染、排水により生じる水質悪化などの解決が周辺住民から求めら

---

<sup>6</sup> PTM への聴取による

れている。多くの場合、周辺住民は小規模のパーム農園を営んでおり、ミルへ FFB を収めるなどの生業を営むことから、環境問題はクローズアップされないようである。

しかし廃棄物を削減し、より高付加価値製品とすることは、廃棄物に由来する環境問題を緩和するとともに、CPO 価格に左右されるミルの経営を安定化させる効果が期待される。加えて、バイオマス資源を高付加価値化する際に必要となるエネルギーを、バイオマス燃料を利用するなどの新たな事業モデルへの展開も考えられる。本発電事業を実施した場合、ほとんどのバイオマス資源はボイラーの燃料として利用されるが、バイオマス資源が集約されるパーム・ミルでのバイオマスの利活用に新たな方向性を示すことが期待される。

### 1.5.2 バイオマス・エネルギー源の開発

プロジェクト実施予定地であるサラワク州の電力はサラワク・エナジーにより供給されているが、増加傾向にある電力需要に対して電源開発は、大型水力発電プロジェクトに依拠している。昨今の水力発電開発による環境影響を懸念し、サラワク州政府は、バイオマス・エネルギー源の開発を進めることを SCORE (Sarawak Corridor of Renewable Energy) などを通じて表明している。

過去に、東南アジアを対象として実施された調査ではパーム残さを利用した発電事業の適正規模は、1.5MW 程度とされてきた<sup>7</sup>。POME からのメタンガスを回収した場合でも 1.2MW 程度の発電規模とされてきたが、EFB の事前処理を施すことによってより規模の大きな発電が実現すれば、有効に活用されていない EFB 及び付帯するパーム残さを活用してエネルギーの供給が可能となる。

第 8 次計画で試みられた SREP (Small Renewable Energy Power Programme) は、パーム産業にバイオマス・エネルギー源として大きな役割を期待していたが、実際にはその運用実態と乖離したプログラムであったために、成功に至らなかった。第 9 次計画では、バイオマス・エネルギーの活用が謳われ、この計画の下、サラワク州などは政策的にバイオマス・エネルギーの開発に取り組んでいる。研究<sup>8</sup>によれば、パーム産業の廃棄物をエネルギー源として活用した場合、2,098MW の発電が期待できる。実際に燃料として利用しうるバイオマスの量は精査が必要とされているが、マレーシアにとどまらず、バイオマス燃料が多く賦存する東南アジア地域でのバイオマス・エネルギーの開発及び持続可能な開発の実現のために本事業の意義は大きいと信ぜられる。

したがって本事例の成功が、サラワク、マレーシアのみならず、近傍のバイオマス資源の賦存する国のバイオマス・エネルギー開発に資するところは大きいと考える。

---

<sup>7</sup> 「エネルギー転換技術調査」財団法人エネルギー総合工学研究所、平成 19 年 1 月 「アジア諸国におけるバイオマスエネルギーに関する調査」報告会頒布資料ほか

<sup>8</sup> Palm oil Biomass for Electricity Generation in Malaysia, NA Ludin, PTM

## 1.6 事業による技術移転

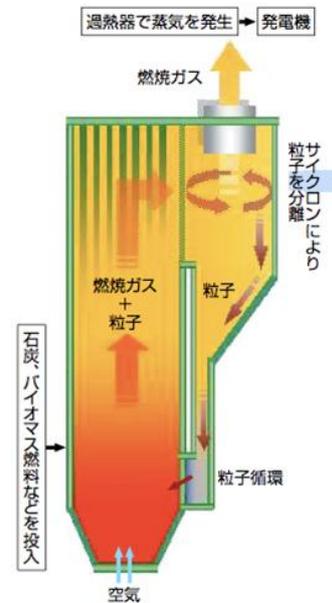
### ・循環流動層ボイラーのパーム産業への導入

本事業は、EFBの燃焼に循環流動層ボイラー（CFB）を採用している。CFBは以下のような優位性のあることから、バイオマス発電事業、とりわけ、パーム残さを活用した発電事業に適切である。

燃料汎用性・・・低品位炭を始め、建築廃材、廃タイヤ、廃プラスチック、石炭くず、製紙スラッジなどこれまで燃焼の難しかった産業廃材に対応することが出来る。

高燃焼効率・・・ミルのEFBを利用して100時間燃焼試験を行った結果、99%以上の燃焼効率のあることを確認している。

保守管理の容易性・・・燃焼灰はボイラー底部から排出することが出来るため、メンテナンスが容易である。またパーム残さを燃料として利用した場合、その灰は農園の肥料として活用できることからパーム産業に向く。



【出典：住友重機械工業株式会社】

### ・EFBの事前処理技術の移転

これまでEFBを燃焼する場合、農薬に含有されるカリウム分が火室内に固着しタールが生成され、この結果、ボイラーの燃焼効率が低下するという問題があった。この問題を解決するため、EFBの脱水、脱カリ処理を行い、燃料としての適性を改善する。

以上のような技術は、マレーシアだけでなく近隣東南アジア諸国で賦存するバイオマスを燃料として活用する端緒となる。

## 2 調査内容

### 2.1 調査課題

#### 2.1.1 現状のシェル、EFB、処理廃液の取回し及びその物量

本事業を通じて図る排出削減が方法論上二つあり CDM のベースライン・シナリオの特定が困難であるため、現状の廃棄物の処理状況を確認する。

#### 2.1.2 処理沈殿池及び EFB 投棄地の現況

前項と同様、POME の廃液処理がどのように行われているのかを確認し、承認済み方法論の適用可能条件を満たすことを確認する。

#### 2.1.3 系統連携の現状及び計画

現状の系統接続状況の確認、将来の系統接続の計画を調査し、ベースライン・シナリオの設定及び排出削減量の算定を実施する。

#### 2.1.4 電力自家消費量の状況

現状の電力自家消費量を確認し、所内電力消費量並びに蒸気消費量を確認し、発生する電力、蒸気のうち、外部供給される量を確認する。

#### 2.1.5 FFB 収量の変化、調達方針、運搬手段

プロジェクトの実施に係り、原料となる FFB を安定的に調達することが出来るのか、またミルへの輸送の際に考慮すべきリーケージ排出が予見される場合、その概算、またモニタリング手法を把握する。

#### 2.1.6 ミルの操業状態

パーム・ミルは季節性が高く、パーム収穫の繁忙期には操業率が上がり閑散期にはミルの操業率事態が低下することから、発電量、発電パターンの設定に影響する。発電量の変動は、すなわち排出削減量の変動となることからミルの操業計画を確認する。

#### 2.1.7 環境影響評価・環境関連法規制等の状況

発電プラントを建設する際に考慮すべき環境関連法令、環境影響評価の必要性を確認する。

#### 2.1.8 建設を検討しているボイラーなど機器類の仕様

プラントの諸条件を確認し、排出削減量並びに事業規模を特定する。

## 2.2 調査実施体制

### 2.2.1 調査実施体制

株式会社あすかスマートエナジーが中心となり本事業調査を実施。

### 2.2.2 関与団体と役割

日本側調査協力機関と役割

**株式会社 あすかスマートエナジー**…本実現可能性調査の実施主体であり、CDM 登録にむけて全体のとりまとめを行う。現地調査、中間・仮・最終報告書、調査月報、現地調査報告書及びPDDの作成を行う。

**住友重機械工業株式会社**…Titan Energy Co., Ltd. と代理店契約を結んでおり Titan Energy Co., Ltd. に機器を提供する。

マレーシア側ホスト国側の協力機関と役割

**Rimbunan Hijau Group**…(Project Owner)本プロジェクトの事業主体となる。発電所の運営管理をおこなう。

**Titan Energy Sdn Bhd**… (Project EPC Contractor) RH Group と EPC 契約を結んでおり、バイオマス・ガス発電所の建設を行う。

## 2.3 調査内容

### 2.3.1 現状のシェル、EFB、処理廃液の取回し及びその物量

セランガウパームミルに存在するバイオマス残さの特定、その状況の調査を実施した。

#### シェル

シェルはPKS粉砕プラント(PKS Crushing Plant)でPKSを処理した後に発生するバイオマス残さである。カロリー値が高いため(4500kcal/kg)燃料としてボイラーに投入されている。セランガウ・ミルでは年間で約1万4千トンのシェルが生成されている。

#### ファイバー

ファイバーはFFBの処理時に発生する。カロリー値が比較的高いので(3200kcal/kg)シェルとともに燃料としてボイラーに投入されている。現状では年間で約3万2千トンのファイバーが生成されている。

#### EFB

FFB処理時に最も多く産出されるバイオマス残さであるが熱量が低いので(1200kcal/kg)燃焼しにくく、カリウムを多く含んでいるため融点が低く、高温で燃焼した場合にボイラ

一にこびりつき燃焼効率の低下につながる。そのため燃料としては使用されず、多くは投棄されている。保水材（Mulching）として少量の EFB がプランテーションで利用されている。現状では年間で約 4 万 2 千トンの EFB が生成されている

## POME

EFB の処理時に発生する排水。有機物を多く含み直接川などに排水することはできない。セランガウ・ミルでは POME はオープンラグーンで嫌気性処理している。環境基準で BOD20mg/L 以下で最終的に放流されるが、現在、まだラグーンが満水になっておらず現状では約 9 万トンの POME がラグーンに排出されている。

### 2.3.2 処理沈殿地及び EFB 等基地の現況

本事業の主要なバイオマス・ガスエネルギーである EFB と POME の現状の利用状況の調査を実施した。

## EFB の現状

EFB は現在保水材としてのみ利用されている。EFB はコンポストとしても利用できるが、そのために非常に労働力を必要とされるのでセランガウの農園では実施されていない。保水材用の EFB はミルから農園にトラックとトラクターで運び込まれ、指定された箇所に集積され、農園の労働者がそこから必要分の EFB を拾い、保水が必要なパームを囲う様に並べる。残りの EFB はプランテーションの谷に投棄されている。



## POME の現状

POME は現在 6 つのオープンラグーンで処理されている。最初の 3 つのオープンラグーンで嫌気性処理がなされ、最後の 3 つの池で BOD 値を 20mg/L 以下に抑えるように設計されている。最後のラグーンからは配管を通じて河川放流される構造であるが、ミルの操業開始から日が浅く、これまでのところ、一度も排水したことがない。そのため法律で義務付けられている排水成分の環境局への報告を実施していない。ただし、ミルから排出される排水の分析は実施されている（最初のラグーンに排出されたポイント）。現在のところ、POME は特に有効利用されていない。

図 5：最終的に近隣の水域に排出するための配管。（ラグーンが満水ではない状態）



表 6 POME 性状分析結果

パラメーター	単位	測定結果
pH		4.6
BOD (20°C)	mg/L	25,900
COD	mg/L	88,000
Total Solids	mg/L	79,318
Suspended Solids	mg/L	76,205
Mixed Liquor Volatile Suspended Solids	mg/L	56,311
Total Volatile Solids	mg/L	58,700
Chlorine	mg/L	Not detected (<0.01)
Potassium (as K)	mg/L	1,675

### 2.3.3 系統連携の現状及び計画

現在、サラワク州では再生可能エネルギー発電の Renewable Energy Power Purchase Agreement (REPPA) に対する明確な規定はなく、サラワク州の電力会社であるサラワク・エネルギー (Sarawak Energy Berhad) が個別に REPPA を締結している。過去に 0.21RM/kWh、21 年間契約で REPPA が締結された事例がある。現在サラワク州では 6 つの主要な発電所が存在し、2 つの発電所が 2009 年に稼動開始する予定である。

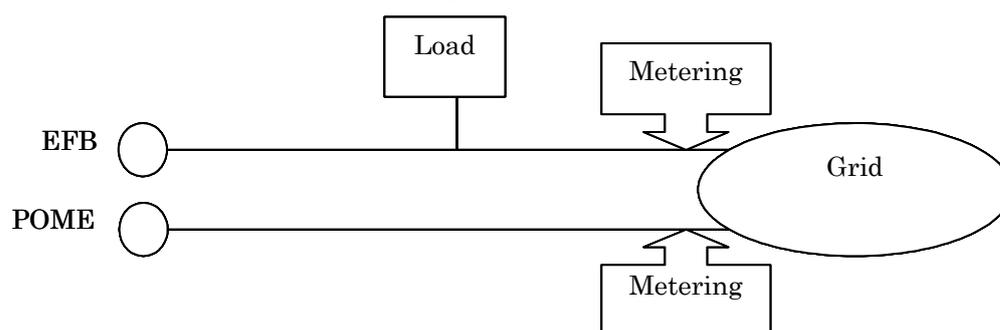
表 7 2009年に稼働予定の発電所

プラント名	燃料	稼働開始日	容量 (MW)	発電タイプ
Bintulu STG Unit 9	ガス	2009年10月	110	コンバインドサイクル
Mukah Unit 2	石炭	2009年3月	135	石炭火力

【出典：サラワク・エナジー】

バイオマスプラントが系統接続された場合のサラワク・エナジーの要求事項としては購入電力を接続する系統直前で計測することである。主系統までの送電線距離が5km以下であれば問題はないが、10km以上であると電力ロスが生じ、REPPAの契約内容との齟齬が生じるため、このような措置を要請している。プロジェクトプラントとメイングリッドまでの距離は10km以下であるが、その場合でもサラワク・エナジーはメイングリッド直前のメーターの設置を求めている。

図 6：要求されているメーターの位置



#### 2.3.4 電力自家消費量の状況

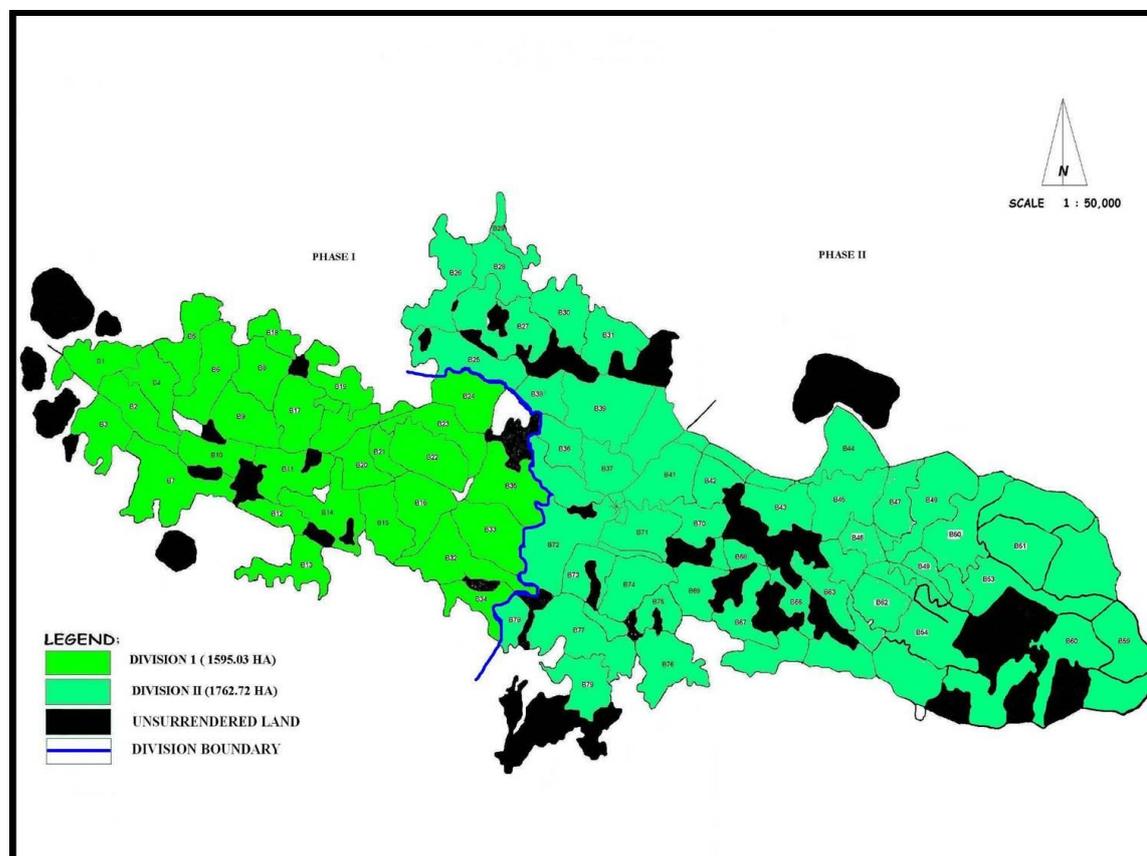
セランガウ・ミルでは現在1.6MWの水蒸気発電機とバックアップ用のディーゼル発電機がある。FFB処理が稼働している間はボイラーからの水蒸気を利用して水蒸気発電で工場を稼働する事ができるが、FFB処理が稼働していない夜や週末時はディーゼル発電機が利用される。現在系統からは電力を引いていない。今後FFBの処理能力を60トン/時から120トン/時に更新する場合は2MWの電力が必要となる。またPKS粉砕プラントの稼働に1.5MWの電力が必要になる。

#### 2.3.5 パームプランテーションの状況

現在セランガウ・ミルで処理されているFFBの8割前後が自社のプランテーションからトラック輸送されている。セランガウにあるRimbunan Sawit Berhad (RSB、プランテーションを管理するRH社のグループ企業)のプランテーションは植栽開始から5年目であり、総面積は5824ha、うち可植栽面積は3350haである。果実を实らせるのに十分に成熟した

パームは 3000ha 相当あり、残りの 350ha は新規に植林されたものである。

図 7：セランガウ・パーム・プランテーションの地図



【出典：RSB】

2.5 年目のパームの生産性は約 6 トン/ha/年である。それが 6 年目になると 24 トン/ha/年の生産量になる。パームは 30 年から 35 年間 FFB を生産し続ける事ができる。FFB の生産量は雨量や土地の環境によっても変化する。セランガウの農園は丘陵地帯に位置しているため平地と比較して生産性が低い。RSB はセランガウ・ミルと同様のプランテーションを近隣に保有しており、セランガウ・パームプランテーションを含めたそれらのプランテーションから FFB をセランガウ・ミルに年間約 144,000 トン程度供給している。RSB 社は新たな土地の確保、またはその予定をしており、自社プランテーションによって約 500,000 トンの FFB をセランガウ・ミルに供給する事を目指している。

RSB はクチン、ミリ、シブにプランテーションを保有しており、一番古いミリのプランテーションは 12 年目であり年間 300,000 トンの FFB を生産している。

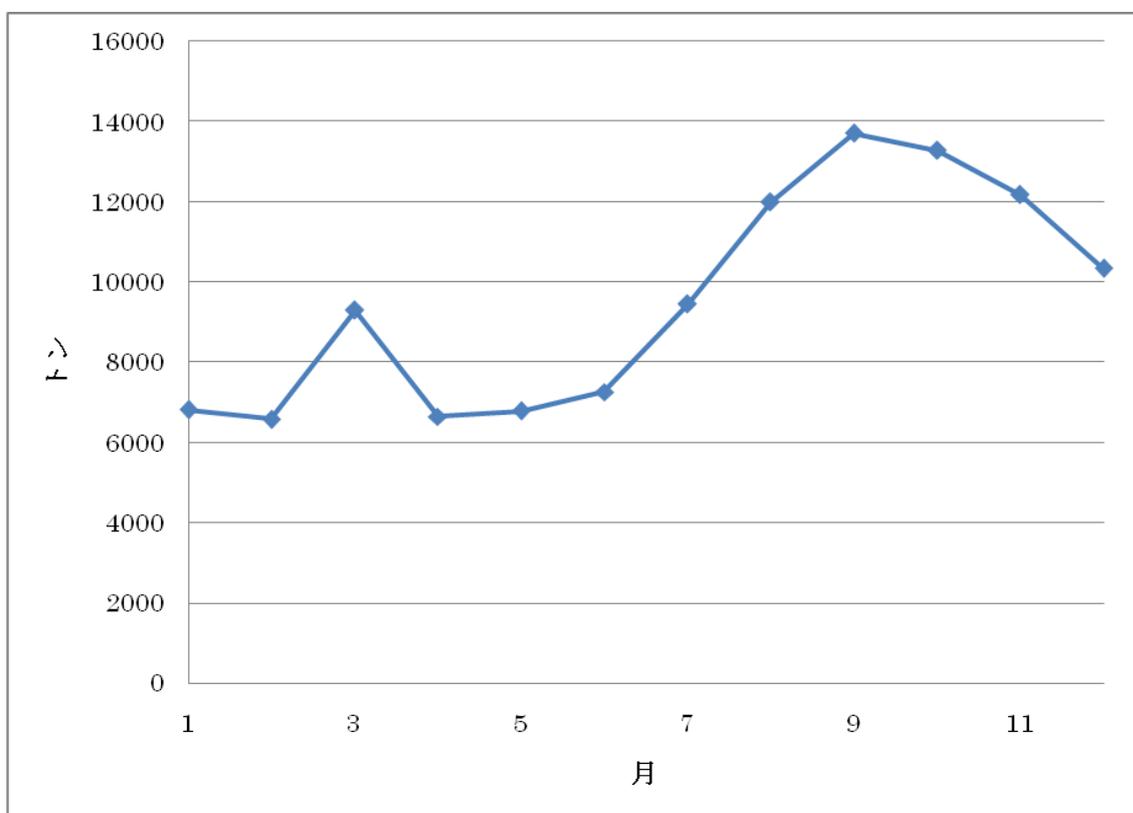
### 2.3.6 ミルの操業状態

現在セラングウ・ミルは年間 180,000 トンの FFB を処理しており、今後も処理量は伸びると考えられる。2013 年には 500,000 トンの FFB を処理する予定である。通常、年間の処理量は 30%前後変動すると考えられているが、パーム農園の生産量自体が増加していることから年間の生産量はそれ以上の変動を示している。FFB 処理能力を 60 トン/時から 120 トン/時に増加させる予定であるが、60 トン/時の FFB 処理設備の最大生産能力が年 300,000 トンであるので（稼働時間 5000 時間）2011 年以降 350,000 トンの FFB 処理を実施するには 2010 年頃までは 120 トン/時の設備を導入する必要がある。

表 8：セラングウ・ミルの FFB 処理計画

2007 年：年間 FFB 処理量 114,300 トン（実績値）
2008 年：年間 FFB 処理量 180,000 トン（実績+予測値）
...
2010 年：FFB 処理能力を 60 トン/時から 120 トン/時に増強（計画）
2011 年：年間 FFB 処理量少なくとも 350,000 トン（予測値）
...
2013 年：年間 FFB 処理量少なくとも 500,000 トン（予測値）

図 8：2008 年度のセラングウ・ミルでの FFB 処理量



### 2.3.7 環境影響評価・環境関連法規制等の状況

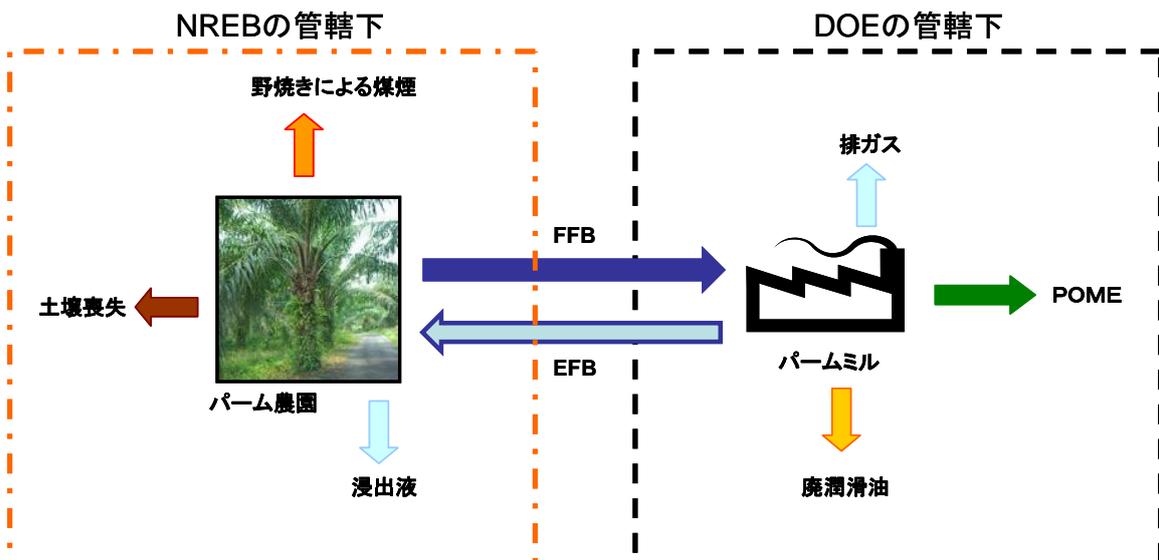
事前調査を通じて、どの程度の環境影響評価が必要となるのかについての法令の理解を持った上で、本事業を実施した場合に予測される環境影響を検討した。

本事業においてマレーシアの環境法上規制対象となる項目は以下である：

- ① 排ガス規制
- ② 排水規制
- ③ 廃潤滑油の規制
- ④ 汚染物質に関する規制

環境規制に関する政府機関には中央政府機関として環境局（Department of Environment）、州政府機関として NREB(Natural Resources and Environment Board)が存在し、パーム農園の管理・調査業務を実施することを認識したため、NREB の機能及び NREB の立場から本事業のコベネフィット効果、環境影響の聞き取りを行った。パーム事業に関するこの 2 機関の役割分担としては、NREB はプランテーションの管理を行い、パーム・ミルの管理は環境局が行う。例えば、POME の処理は DOE の管轄下に置かれるがパーム農園の水質は NREB が管轄している(下図参照)。ミルに隣接するバイオマスプラントの建設を行う本事業においては環境局に対する対応が多いと考えられる。

図 9：NREB と DOE の管轄の違い



### 2.3.8 建設を検討しているボイラーなど機器類の仕様

#### CFB 流動層ボイラーシステム

本事業が導入を検討している CFB ボイラーは、底部から空気を吹き込む事により高温の粒子を燃料と混焼する事ができるため様々な燃料種を燃焼することができる。燃焼ガスとともに上昇した粒子は、低圧流によってボイラー底部に戻されるため、燃焼効率がより一層改善される。

CFB の特徴は以下の通りである。

##### 1) 燃料特性の広さ

低品位炭、建設廃棄物、廃タイヤ、廃プラスチック、スラッジなど燃焼の難しい物質を燃料として活用する事ができる。

##### 2) 廃棄物由来の燃料も燃焼可能

燃料となるべき物質を粉砕する必要が無く、10 ミリ以下の粒度であれば燃焼が可能である。また不純物が混在する場合でも、これを効率的に除去する事ができる。

##### 3) 低温燃焼

燃焼効率が良い事から、他のボイラーシステムに比べて低温の 850 度から 900 度で十分に燃焼させる事ができ、窒素酸化物の発生を大幅に減らす事ができる。

#### バイオガス回収装置

住友重機械工業は、これまで FELDA に対してバイオガス回収装置を提供し半島部のパーム農園で、その実用化を進めている<sup>9</sup>。この調査以後、機器についての改良を進め、特にパーム工場廃液で問題となる SS(Suspended Solids) と FOG (fats, oils and grease) の混入した廃液処理に向くスキマー装置を開発している。また本バイオガス回収装置は長い水理学的滞留時間(HRT)においても安定的に運転でき、効率の良い中温発酵が可能である。またタンクシステムであるため、ラグーンの掃除の必要性がなく、耐久性が高く、メンテナンスの手間もあまりかからないので総合的にも効率の高いオペレーションを実現できる。

---

<sup>9</sup> 平成 14 年度 財団法人 地球環境センター CDM/JI 事業化調査対象案件 「マレーシア パームオイル工場のメタン排出削減対策技術と固形廃棄物利用に関する調査」

### 3 プロジェクト

#### 3.1 プロジェクトの内容

##### 3.1.1 プロジェクトの地理的位置

国名：マレーシア

州名：サラワク州シブ省セランガウ地区

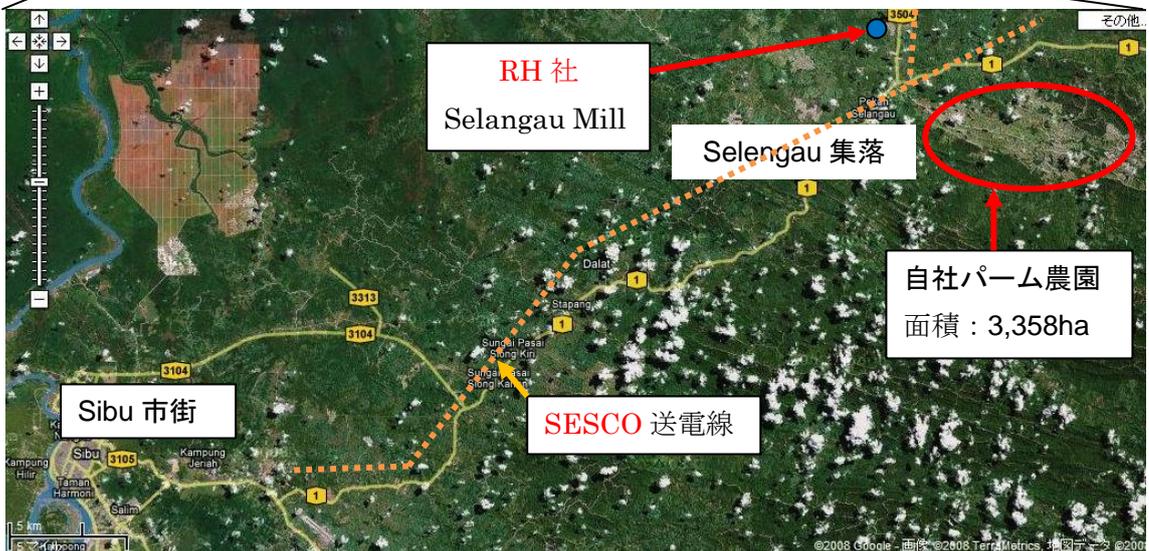


図 10：セランガウ地区の地図

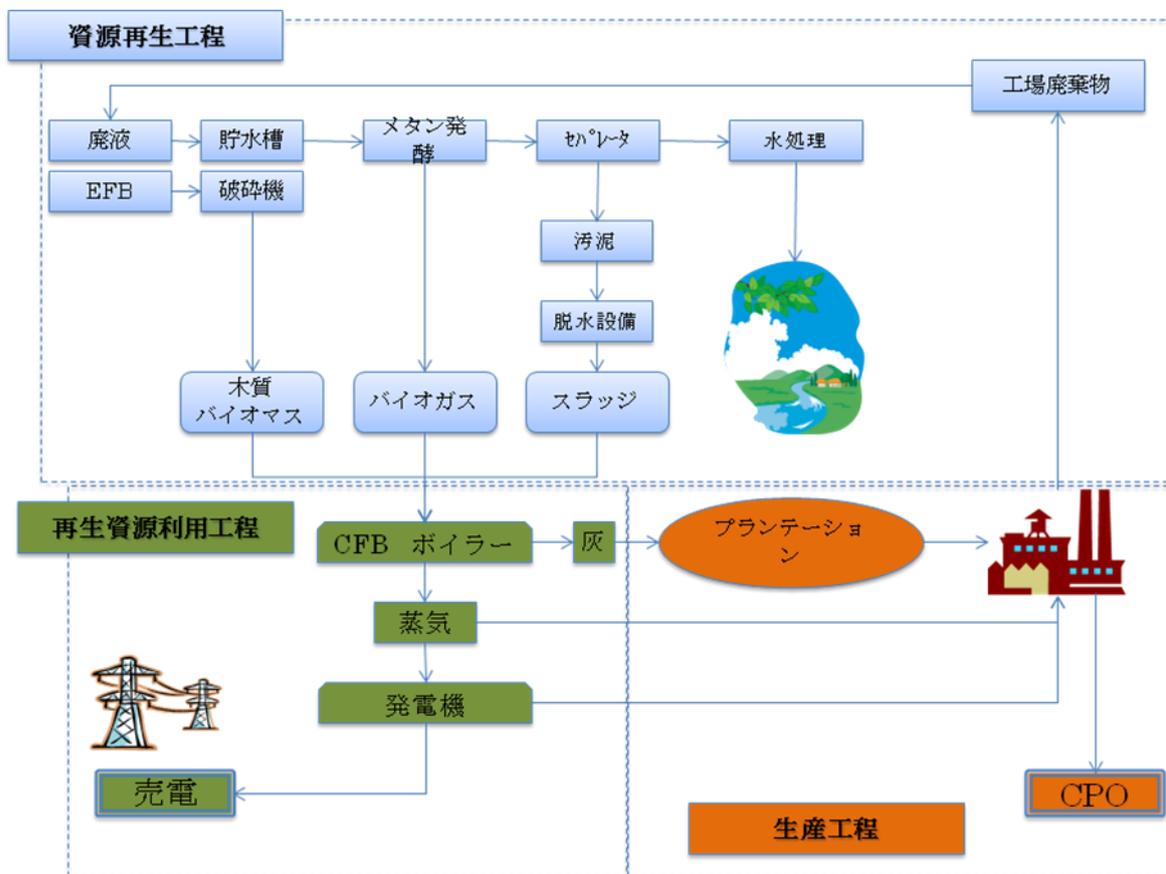
本事業は、マレーシア、サラワク州中部シブ近郊のセランガウ地区で実施する。シブ空港から国道 1 号線を 70 km 北上した地点にセランガウ集落があり、その近傍に RH の所有する自社農園がある。ミルはセランガウからムカ方面に分岐する国道 3304 号線沿いにあり、ミルと農園の距離はおよそ 7 km である。

##### 3.1.2 ミルの概要

本事業のマレーシア側実施主体となる RH は、パーム関連事業を Rimbunan Sawit Berhad (Sawit はマレー語で「パーム」の意味)で行っている。同社は 1988 年に設立され、14,000ha に上るプランテーションをミリに所有するほか、セランガウを含め、3 カ所のミルをいずれもサラワク州内に所有、運営している。2006 年度の生産量は、140,000 トンの FFB 投入に対して、CPO70,000 トン、PKS15,000 トンを生産している。生産された CPO はビンツル

の精油事業者販売されている。セラングウ・ミルは2006年6月に操業を開始した比較的、新しいミルである。

図 11 プロジェクト概要



プロジェクトは、パーム油の生産工程で生じる EFB、シェルなどのバイオマス残さに加えて廃液から回収されるメタンガス、さらには廃液スラッジを循環流動床ボイラーで燃焼し電力と蒸気を得る。その際、燃料として取扱いが難しいとされる EFB を脱カリ、脱水処理に掛け、燃料としての適性を改善することで良好な燃焼効率を確保する。

従来のパーム産業ベースのバイオマス発電と異なるもうひとつの点は、バイオマス残渣と廃液メタンの両方をボイラーに投ずるハイブリッド型であることである。この結果、CDM としては複数の方法論を採用しなくてはならずその設計に困難が伴うが、事業自体の採算性は改善され、バイオマス・エネルギーの有効活用が図られる。

## 3.2 プロジェクト・バウンダリー及びベースラインの設定

### 3.2.1 適用する方法論の選択

本事業は①EFBの処理によるメタン放散回避と②POMEからのメタン放散回避の二つの排出削減手法が適用されることと、これらのバイオマスおよび回収されたメタンガスが燃料として利用、発電された電力が石油由来の電力を代替する(③)という三つの排出削減が行われる事業である。この結果、「EFBの処理及び発電」と「メタン回収」の二つの方法論を採用する。加えて、概算により排出削減量が年間 60,000tCO<sub>2</sub> を超えることから、小規模ではなく通常規模の方法論を使用する。

表 9：EFB 処理方法論リスト

方法論 No	タイトル	適用条件	今回の適用性
AM0025	Avoided emissions from organic waste through alternative waste treatment processes (Version 10.1)	ランドフィルに廃棄処分されたであろう、有機廃棄物をコンポスト化・ガス化・嫌気性消化処理・RDF/SB化・燃焼のどれかによってメタン排出を防ぐ。	MSW を意識して作成された方法論だが、今回の EFB 燃焼に適用できる可能性はある。
AM0036	Fuel switch from fossil fuels to biomass residues in boilers for heat generation (Version 2.1)	新規、買替、改造によってボイラーの燃料代替(石油燃料からバイオマス)を行う。熱のみの利用(発電不可)。	発電を行う事を対象としていないので本事業には適用できない。
AM0039	Methane emissions reduction from organic waste water and bioorganic solid waste using co-composting (Version 2)	廃液はラグーン、廃棄物はランドフィルに捨てられていたのをコンポスト化によってメタン放出を回避する。	本事業はコンポスト化を行わないので適用できない。
ACM0001	Consolidated baseline and monitoring methodology for landfill gas project activities (Version 9)	ランドフィルガス回収プロジェクトによるメタン回避と発電/熱供給による燃料代替。	本事業はランドフィルから直接バイオガスを回収するものではないので適用外。
ACM0006	Consolidated methodology for electricity generation from biomass residues (Version 6.2)	バイオマス廃棄物による発電事業。プラントは新規、増設、改良、燃料代替が適用可能。	今回の事業で適用可能と思われる方法論。

以上より、本事業に採用できる方法論は、AM0025 と ACM0006 である。この二つの方法論の違いは、燃料として利用する廃棄物の保管期間の違いである。

ACM0006 と AM0025 の比較 :

AM0025 の廃棄物の保管期間： 10 日間

ACM0006 の廃棄物の保管期間： 1 年間

本事業では、ミルで生じる廃棄物が順次燃料として利用されるが、保管期間がより長い ACM0006 の方が実用的であると考えられる。

**10 : POME メタン回避方法論リスト**

方法論 No	タイトル	適用条件	今回の適用性
AM0039	Methane emissions reduction from organic waste water and bioorganic solid waste using co-composting (Version 2)	廃液はラグーン、廃棄物はランドフィルに捨てられていたのをコンポスト化によってメタン放出を回避する。	本事業はコンポスト化を行わないので適用できない。
ACM0014	Mitigation of greenhouse gas emissions from treatment of industrial wastewater (Version 2.1)	廃液もしくはスラッジからのメタン放出を嫌気性消化処理、及びスラッジの場合は有酸素処理によって回避する。	本事業に適用可能と思われる方法論。

よって ACM0014 が利用可能な方法論であると考えられる。

本事業では三種類の排出削減手法に対して、以下の二種類の承認済み排出削減方法論を適用することとする。

**表 11 : 適用方法論**

削減手法		方法論番号	方法論名称
I.	EFB の処理によるメタン放散回避	ACM0006	Consolidated methodology for electricity generation from biomass residues (Version 6.2)
II.	発電電力が石油由来の電力を代替する		
III.	POME からのメタン放散回避	ACM0014	Mitigation of greenhouse gas emissions from treatment of industrial wastewater (Version 02.1)

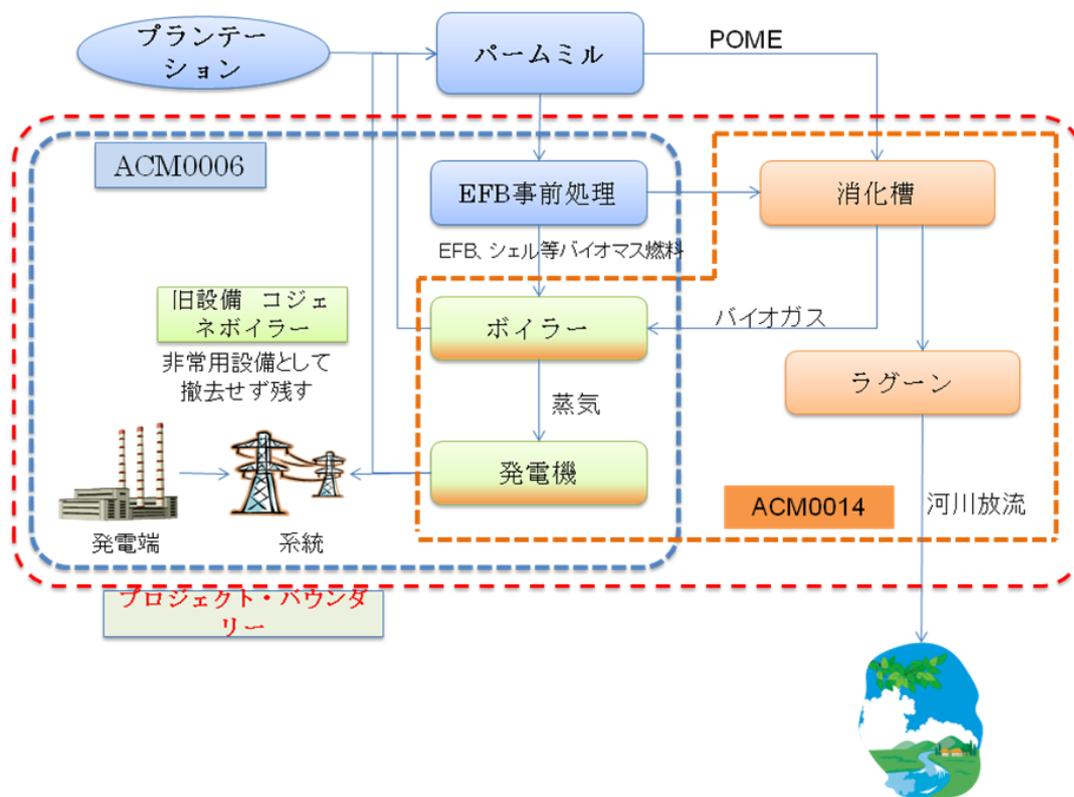
## 化石燃料由来電力の排出係数算出方法

本事業においては石油由来の電力の代替（系統電力代替）は方法論 ACM0006 によって算定されるが、方法論 ACM0014 もバイオガスエネルギー発電による系統への電力の供給を想定しているため、系統電力代替の算定方法が方法論の中に記載されている。方法論 ACM0006 のみで系統電力代替の算定する理由としては、本事業ではバイオマスとバイオガスを同時に同じボイラー内で燃焼し発電しており、系統電力代替の排出削減はバイオマスとバイオガスの双方から由来し、ACM0006 の方法論のみを利用して系統電力代替による排出削減量を計算した場合でも、バイオガス由来(ACM0014)の電力も含まれることとなるからである。仮に ACM0014 でも計算を行った場合はダブルカウントとなってしまふ。

### 3.2.2 プロジェクト・バウンダリーの設定

先述の通り、本事業では二種類の方法論を併用するため、それぞれの方法論が支持するプロジェクト・バウンダリーを検討しなければならない。二つの方法論を比較すると、ACM0006 で捕捉を試みようとしている範囲が広く、以下の点をカバーすることにより二つの方法論の範囲を共通化することが出来ると考える。先述の通り双方の方法論が重なる部分では ACM0006 の化石燃料由来電力の算定式を利用する。熱エネルギーに関してはもともとバイオマスのみ利用されていたので、保守的観点からベースライン排出量を 0 とした。

図 12 プロジェクト・バウンダリーの構成



### 3.2.3 ベースラインの同定

ACM0006 と ACM0014 には複数のシナリオの中から利用するシナリオをひとつ選択する必要がある。利用可能なシナリオをリスト化し、その中から一番ふさわしいシナリオをスクリーニングした。

#### ACM0006 のシナリオの選定

表 12 ACM0006 のシナリオの適用条件

	適用条件	本プロジェクトの状況	該当シナリオ
Project	コジェネの有無	コジェネ事業	1,2,3,4,7,8,10,11,12,13,14, 15, <u>16</u> ,17,18,19,20
Baseline	過去の電力供給	発電あり。燃料はバイオマス残さ。	9,10,11,12,13,14, <u>16</u> ,18,19
	バイオマスの使用方法	廃棄され朽ちるか燃やされる	2,3,5,7,10,15, <u>16</u> ,17,20
	熱利用	バイオマス残さを利用したボイラー	3,12, <u>16</u> ,20

上記の表の通り、全ての条件を充足するシナリオはシナリオ 16 のみである。本事業のベースラインはバイオマスを利用して蒸気と熱を生産している。よって適用条件の「ベースラインにおける熱利用(コジェネレーションプロジェクトの場合)」のベースライン・シナリオ「バイオマス残さを利用したボイラー(Boiler with biomass residue)」を採択することとなるが、本事業のベースラインは正確には「バイオマス残さによるコジェネレーション(Cogeneration with biomass residues)」である。ただし、その場合、本事業を満たすシナリオが存在しない。

しかし、方法論 ACM0006 に記載されているシナリオ 16 条件には”The biomass residues would in the absence of the project activity (partly) be used for heat generation in boilers at the project site and may, in addition, partly be used in the existing power plant(s)”(プロジェクトが実施されない場合、バイオマス残さの一部分は熱利用のためにボイラーで使用され、加えて一部分は既存の発電所で利用されている可能性もある)と記載されている。従って本事業では、シナリオ 16 が適用可能であると判断する。

### ACM00014 のシナリオの選定

方法論 ACM0014 のシナリオの条件から本事業に妥当なシナリオの選択を行った。

表 13 ACM0014 の適用条件

シナリオ	適用条件	該当	コメント
1) 排水が処理されずに明らかに嫌気性であるオープンラグーンに放出されている。	新しく嫌気性消化装置を設置する。	○	バイオガスを回収する。
	回収されたバイオガスがフレアかもしくは発電及び熱利用される。	○	バイオガスはコージェネレーションで利用される。
	嫌気性消化装置からの残留物はオープンラグーンに排出及び好気性処理される。	○	BOD20mg/L 以下という基準をクリアする必要がある。のでいずれかの方法で処理される。
2) 排水は排水処理施設で処理されている。一次及び二次処理から発生するスラッジが明らかに嫌気性のスラッジピットに送られている。	排水はベースラインと同じ排水処理施設で処理されている。	×	排水は嫌気性消化装置で処理される。
	一次及び二次セトラーからのスラッジが以下のいずれ及び両方の方法で処理される：		
	1)スラッジが新しい嫌気性消化装置によって処理され、フレア及び発電／熱利用され、残留物はオープンラグーン及び有酸素処理される。	○	スラッジは排水と一緒に消化槽で処理される。
2)スラッジが有酸素処理される。	×	スラッジは排水と一緒に消化槽で処理される。	

以上の分析から本事業で利用する方法論 ACM0014 において、シナリオ 1 の選択が適切と考えられる。

### 3.2.4 リークージ

採用する方法論のうち、ACM0014 が規定するリークージに該当する排出源は、本事業では存在しない。一方、ACM0006 は、「プロジェクトの実施に起因してバウンダリー外で人為的排出量が増加する場合、これをリークージとして認める」こととしている。本事業でのバウンダリー外での増加とは、具体的にはパーム残さが本事業で使用されることにより、パーム残さをエネルギー源としていた事業が影響を被ることを想定している。

ACM0006 は、他所での影響の無いことを示す方法として三通りの方法を挙げている。本事業では、このうち二つ目の L<sub>2</sub> に規定される手法を用いる。

L<sub>2</sub> では、プロジェクトの使用するバイオマスがふんだんに存在し、プロジェクトが利用する量の 25% を上回る量がこの地域に賦存することを示すこととされている。MPOB によれば、サラワク州のミルの 2007 年の FFB 受入量は、7,797,673 トンである<sup>10</sup>。EFB 重量は FFB 重量の約 23% に相当するので、理論上、EFB は 1,793,464 トンが賦存することになる。

本事業で利用する EFB の量は約 117,000 トン/年と計画されているため、本事業が EFB を使用したとしても、他所の EFB 使用を妨げる使用量とは認識されない。

よって、リークージ排出は無いと結論できる。

---

<sup>10</sup> MPOB <http://econ.mpob.gov.my/economy/annual/stat2007/Processing2.2.htm>

### 3.2.5 ベースラインの計算式

#### ACM0006 のベースライン計算式

##### ベースライン排出量の算定式

ACM0006 では

排出削減量を直接的に求めているので式全体が：

$$ER_y = ER_{\text{electricity}} + BE_{\text{biomass}} - PE_y - L_y$$

となっている。

記号	単位	説明
$ER_y$	tCO <sub>2</sub> /yr	y 年度の排出削減量
$ER_{\text{electricity},y}$	tCO <sub>2</sub> /yr	y 年度における電力代替による排出削減量
$BE_{\text{Biomass},y}$	tCO <sub>2</sub> e/yr	y 年度における燃焼(野外)、自然に腐ったバイオマス残さ、埋立地からのメタン (CO <sub>2</sub> に換算) のベースライン排出量
$PE_y$	tCO <sub>2</sub> e/yr	y 年度におけるプロジェクト排出量
$L_y$	tCO <sub>2</sub> /yr	y 年度におけるリーケージ排出量

よって  $PE_y$  (プロジェクト排出量) 以外の計算式をこの項で提示する。プロジェクト排出量の算定に関しては 3.4.1 参照。

##### $ER_{\text{electricity},y}$ の算定

$$ER_{\text{electricity},y} = EG_y \times EF_{\text{electricity},y}$$

記号	単位	説明
$ER_{\text{electricity},y}$	tCO <sub>2</sub> /yr	y 年度における電力代替による排出削減量
$EG_y$	MWh	y 年度におけるプロジェクトの実施によって増加した発電量 (ベースラインの発電量から比較した増加分)
$EF_{\text{electricity},y}$	tCO <sub>2</sub> /MWh	y 年度におけるプロジェクト活動によって代替された電力の排出係数

##### $EF_{\text{electricity},y}$ の算定

電力代替による削減量は ACM0002 “Consolidated baseline methodology for grid-connected electricity generation from renewable sources” によって算定されるが、本事業では Pusat Tenaga Malaysia (PTM) が出版する “Study on Grid Connected Electricity Beelines in Malaysia” の排出係数を使用した。本事業の PDD 作成において、最新版である 2008 年 12 月に公表された、2007 年のサラワク州の電力排出係数：0.873t CO<sub>2</sub>/MWh を使用した。なお、排出係数の算定方法として Simple Operating Margin を採用

している。

#### EG<sub>y</sub> の算定

$$EG_y = EG_{total,y} - (EG_{historic,3yr}/3)$$

記号	単位	説明
EG <sub>y</sub>	MWh/yr	y 年度におけるプロジェクトの実施によって増加した発電量 (ベースラインの発電量から比較した増加分)
EG <sub>project plant,y</sub>	MWh/yr	y 年度におけるプロジェクトプラントの発電量
EG <sub>total,y</sub>	MWh/yr	y 年度におけるプロジェクトサイトのすべてのプラントで同じタイプのバイオマス残さで発電された電力 (新しいプラントと前からあったプラントを含む)。
EG <sub>historic,3yr</sub>	MW	過去 3 年でプロジェクトサイトのすべてのプラントでプロジェクトプラントにて使用されているのと同じタイプのバイオマス残さで発電された電力

ER<sub>heat,y</sub> の算定

$$Q_y = \text{MIN} \left\{ \begin{array}{l} Q_{\text{project plant},y} \\ Q_{\text{total},y} - \frac{Q_{\text{historic},3\text{yr}}}{3} \end{array} \right\} - \frac{Q_{\text{biomass,historic},3\text{yr}}}{3}$$

3年以上の発熱の記録は存在しないので以下の式を利用する：

$$Q_{\text{biomass,historic},3\text{yr}} = \epsilon_{\text{boiler,biomass}} \cdot \sum_k \text{BF}_{k,\text{boiler,historic},3\text{yr}} \cdot \text{NCV}_k$$

記号	単位	説明
ER <sub>heat,y</sub>	tCO <sub>2</sub> /yr	y年度における発熱代替による排出削減量
Q <sub>y</sub>	GJ/yr	y年度におけるボイラーの化石燃料の消費を代替するプロジェクトプラントの発熱量の増加分
Q <sub>project plant,y</sub>	GJ	y年度におけるコジェネレーションプロジェクトプラントが生産した熱エネルギー量
Q <sub>total,y</sub>	GJ	y年度におけるプロジェクトサイトで、同じタイプのバイオマス残さを燃料にすべてのコジェネレーションプラントによって生産された熱エネルギー量
Q <sub>historic,3yr</sub>	GJ	過去3年間にプロジェクトサイトで同じタイプのバイオマス残さを燃料にすべてのコジェネレーションプラントで生産された熱エネルギー量
Q <sub>biomass,historic,3yr</sub>	GJ	過去3年間にプロジェクトサイトで同じタイプのバイオマス残さを燃料にすべてのボイラーで生産された熱エネルギー量
ε <sub>boiler</sub>		プロジェクトが実施されない場合に利用されるボイラーのエネルギー効率
ε <sub>boiler biomass</sub>		プロジェクトが実施されない場合に利用されるボイラー（バイオマス残さ燃料を使用）のエネルギー効率
BF <sub>k,boiler,historic,3yr</sub>	tons of dry matter	過去3年間に熱エネルギー利用の目的でボイラーに投入されたバイオマスタイプ残さタイプ k の量
NCV <sub>k</sub>	GJ/ton of dry matter	タイプ k のバイオマス残さの熱量
EF <sub>CO<sub>2</sub>,BL,heat</sub>	tCO <sub>2</sub> /GJ	プロジェクトが実施されなかった場合に熱エネルギーの生産を目的として利用されたであろう化石燃料 CO <sub>2</sub> 排出係数

### BF<sub>PJ,k,y</sub>の算定

シナリオ 16 においてはプロジェクト活動によって廃棄されずに燃料として利用されたバイオマス残さのバイオマスタ입とその量 (BF<sub>PJ,k,y</sub>) が廃棄を回避できたバイオマス残さとしてカウントすることができる。本事業の実施によって EFB が追加的に燃料として利用できるようになるので燃料として使用される EFB の量を BF<sub>PJ,k,y</sub> とする事ができる。

記号	単位	説明
BF <sub>PJ,k,y</sub>	tons of dry matter	Y 年度における新規プラントで使用された EFB の量

### BE<sub>Biomass,y</sub>の算定

本事業における EFB の廃棄処理は埋め立てであるが、地面に放置されたり、外で焼かれた場合以下の式で廃棄処理によって発生するメタンの量を算定する必要がある。

$$BE_{Biomass,y} = BE_{burn,biomass,y} + BE_{CH_4,SWDS,y}$$

記号	単位	説明
BE <sub>Biomass,y</sub>	tCO <sub>2</sub> e/yr	y 年度における野焼き、自然に腐ったバイオマス残さ、埋立地からのメタンの量 (CO <sub>2</sub> に換算) のベースライン排出量
BE <sub>burn,biomass,y</sub>	tCO <sub>2</sub> e/yr	y 年度における野焼き及び自然に腐ったバイオマス残さからのベースライン排出量
BE <sub>CH<sub>4</sub>,SWDS,y</sub>	tCO <sub>2</sub> e	y 年度における埋め立てが実施されなかったことによって回避されたメタンの量 (プロジェクト実施開始時期から y 年度まで) (CO <sub>2</sub> に換算)

### Uncontrolled burning or aerobic decay of the biomass residues の算定式

$$BE_{biomass,y} = GWP_{CH_4} \times \sum BF_{PJ,k,y} \times NCV_k \times EF_{burning,CH_4,k,y}$$

記号	単位	説明
BE <sub>burn,biomass,y</sub>	tCO <sub>2</sub> e/yr	y 年度における野焼き、自然に腐ったバイオマス残さ、埋立地からのメタンの量 (CO <sub>2</sub> に換算) のベースライン排出量
GWP <sub>CH<sub>4</sub></sub>	tCO <sub>2</sub> e/tCH <sub>4</sub>	コミットメント期間のメタンの地球温暖化係数
BF <sub>PJ,k,y</sub>	tons of dry matter	y 年度における新規プラントで使用された EFB の量 (うち埋立されずに投機された EFB の量)
NCV <sub>k</sub>	GJ/ton of dry matter	タイプ k のバイオマス残さの熱量

記号	単位	説明
$EF_{\text{burning,CH}_4,k,y}$		y 年度におけるバイオマス残さタイプ k の野焼き (uncontrolled burning) の CH <sub>4</sub> 排出係数
K		リーケージシナリオ(L <sub>1</sub> ,L <sub>2</sub> ,L <sub>3</sub> )のいずれかが設定されているバイオマス残さのタイプ

バイオマス残さの嫌気性発酵(Anaerobic decay of the biomass residues)

$$BE_{\text{CH}_4,\text{SWDS},y} = \phi \times (1-f) \times GWP_{\text{CH}_4} \times (1-\text{OX}) \times (16/12) \times F \times \text{DOC}_f \times \text{MCF} \times \sum \sum W_{j,x} \times \text{DOC}_j \times e^{-k_j(y-x)} \times (1-e^{-k_j})$$

記号	単位	説明
$BE_{\text{CH}_4,\text{SWDS},y}$	tCO <sub>2</sub> e	y 年度における埋め立てが実施されなかったことによって回避されたメタンの量 (プロジェクト実施開始時期から y 年度まで) (CO <sub>2</sub> に換算)
$\phi$		モデル修正係数(model correction factor)(0.9)
F		埋立地からメタンが回収され、燃焼・フレアやその他の方法で利用された割合
$GWP_{\text{CH}_4}$	tCO <sub>2</sub> e/tCH <sub>4</sub>	コミットメント期間のメタンの地球温暖化係数
OX		酸化係数 (oxidation factor)
F		埋立地から発生するガスのメタン含有量
$\text{DOC}_f$		分解可能な有機炭素の割合 (degradable organic carbon)
MCF		メタン修正係数 (Methane correction factor)
$W_{j,x}$	Tons	x 年において有機廃棄物タイプ j が埋め立てられずに済んだ量
$\text{DOC}_j$		有機廃棄物タイプ j の分解可能な有機炭素の割合
$k_j$		有機廃棄物タイプ j の崩壊率 (decay rate)
J		廃棄物タイプのカテゴリ
X		クレジット期間における初年度(x=1)から y 年度(x=y)にかけてのメタン排出回避が計算される年度
Y		メタン排出回避が計算される年度

## ACM0014 のベースライン計算式

### ベースライン排出量の算定式

$$BE_y = BE_{CH_4,y} + BE_{EL,y} + BE_{HG,y}$$

記号	単位	説明
$BE_y$	tCO <sub>2</sub> e/yr	y 年度におけるベースライン排出量
$BE_{CH_4,y}$	tCO <sub>2</sub> e/yr	y 年度におけるプロジェクトが実施されなかった場合のオープンラグーンでの嫌気性処理によるメタン排出量
$BE_{EL,y}$	tCO <sub>2</sub> /yr	y 年度におけるプロジェクト活動によって代替される電力の CO <sub>2</sub> 排出量
$BE_{HG,y}$	tCO <sub>2</sub> /yr	y 年度におけるプロジェクト活動によって代替される機器の加熱時に消費される化石燃料からの CO <sub>2</sub> 排出量

ACM0014 では  $BE_{CH_4,y}$  を算定する際に The Methane Conversion Factor Method か Organic Removal Ratio Method のいずれかを使用できる。本事業ではよりモニタリングが簡素である Methane Conversion Factor Method を使用して  $BE_{CH_4,y}$  の算定を行う。

### Methane Conversion Factor Method の算定式

$$BE_{CH_4,y} = GWP_{CH_4} \times MCF_{BL,y} \times B_0 \times COD_{BL,y}$$

記号	単位	説明
$BE_{CH_4,y}$	tCO <sub>2</sub> e/yr	y 年度におけるプロジェクトが実施されなかった場合のオープンラグーンでの嫌気性処理によるメタン排出量
$GWP_{CH_4}$	tCO <sub>2</sub> e/tCH <sub>4</sub>	コミットメント期間のメタンの地球温暖化係数
$MCF_{BL,y}$		y 年度におけるベースラインメタン変換係数。プロジェクト活動がなかった場合に CH <sub>4</sub> に分解されたであろう COD <sub>PJ,y</sub> × B <sub>0</sub> の割合をあらわしている。
$B_0$	tCH <sub>4</sub> /tCOD	メタン生産容量
$COD_{BL,y}$	tCOD /yr	y 年度におけるプロジェクトが実施されなかった場合のオープンラグーンによって処理される化学的酸素要求量

### COD<sub>BL,y</sub> の算定式

$$COD_{BL,y} = AD_{BL} \times COD_{PJ,y}$$

記号	単位	説明
$COD_{BL,y}$	tCOD /yr	y 年度におけるプロジェクトが実施されなかった場合のオープンラグーンによって処理される化学的酸素要求量
$AD_{BL}$		プロジェクトが実施されなかった場合においてオープンラグーンで分解されたであろう COD の割合 (Effluent

記号	単位	説明
		Adjustment Factor)
COD <sub>PJ,y</sub>	tCOD /yr	y 年度のプロジェクト活動において消化槽及び明らかに好氣的に処理された化学的酸素要求量

現在オープンラグーンが存在する場合の AD<sub>BL</sub> の算定式

$$AD_{BL} = 1 - \frac{COD_{out,x}}{COD_{in,x}}$$

記号	単位	説明
AD <sub>BL</sub>		プロジェクトが実施されなかった場合においてオープンラグーンで分解されたであろう COD の割合 (Effluent Adjustment Factor)
COD <sub>out,x</sub>	tCOD	時期 x の嫌気性ラグーンから排出される排水の COD
COD <sub>in,x</sub>	tCOD	時期 x のオープンラグーンに流入してくる排水の COD

本事業では過去 1 年の COD<sub>in/out</sub> 測定値が存在しないので 10 日間の COD<sub>in/out</sub> の測定を実施する必要がある。そして上記の AD<sub>BL</sub> の式に 30% から 50% の不確実性を考慮して 0.89 を掛ける必要がある。つまり、AD<sub>BL</sub> = (1 - (COD<sub>out,x</sub> / COD<sub>in,x</sub>)) × 0.89 となる。

MCF<sub>BL,y</sub> の算定式

$$MCF_{BL,y} = f_d \times f_{T,y} \times 0.89$$

記号	単位	説明
MCF <sub>BL,y</sub>		y 年度におけるベースラインメタン変換係数。プロジェクト活動がなかった場合に CH <sub>4</sub> に分解されたであろう COD <sub>PJ,y</sub> × B <sub>0</sub> の割合をあらわしている。
f <sub>d</sub>		ラグーンの深さによるメタン排出量の変化をあらわす係数
f <sub>T,y</sub>		y 年度における気温によるメタン排出量の変化をあらわす係数
0.89		不確実性を考慮した保守性を確保するための係数

f<sub>T,y</sub> の算定式

月単位で気温の影響を算定し (f<sub>T,m</sub>) 一年間の係数を求める必要がある (f<sub>T,y</sub>)。

$$COD_{available,m} = COD_{BL,m} + (1 - f_{T,m}) \times COD_{available,m-1}$$

$$COD_{BL,m} = AD_{BL} \times COD_{PJ,m}$$

$$COD_{PJ,m} = F_{PJ,dig,m} \times W_{COD,dig,m}$$

$$f_{T,y} = \begin{cases} 0 & \text{if } T_{2,m} < 283\text{K} \\ \exp\left(\frac{E \cdot (T_{2,m} - T_1)}{R \cdot T_1 \cdot T_{2,m}}\right) & \text{if } 283\text{ K} < T_{2,m} < 303\text{ K} \\ 1 & \text{if } T_{2,m} > 303\text{ K} \end{cases}$$

$$f_{T,y} = \frac{\sum_{m=1}^{12} f_{T,m} \times \text{COD}_{\text{available},m}}{\sum_{m=1}^{12} \text{COD}_{\text{BL},m}}$$

記号	単位	説明
$\text{COD}_{\text{available},m}$	tCOD /month	m 月においてオープンラグーンで分解できる化学的酸素要求量
$\text{COD}_{\text{BL},m}$	tCOD /month	m 月におけるプロジェクトが実施されなかった場合のオープンラグーンによって処理される化学的酸素要求量
$f_{T,m}$		m 月における気温によるメタン排出量の変化をあらわす係数
$\text{AD}_{\text{BL}}$		プロジェクトが実施されなかった場合においてオープンラグーンで分解されたであろう COD の割合(Effluent Adjustment Factor)
$\text{COD}_{\text{PJ},m}$	tCOD /month	m 月のプロジェクト活動において消化槽及び明らかに好氣的に処理された化学的酸素要求量
$F_{\text{PJ},\text{dig},m}$	$\text{m}^3/\text{month}$	m 月のプロジェクト活動において消化槽及び明らかに好氣的に処理された水量
$\text{WCOD}_{\text{dig},m}$	tCOD / $\text{m}^3$	m 月のプロジェクト活動において消化槽及び明らかに好氣的に処理された排水の化学的酸素要求量の平均値
m		クレジット期間中の月
E	cal/mol	Activation Energy Constant (15,175cal/mol)
$T_{2,m}$	K	m 月のプロジェクトサイトの平均気温
$T_1$	K	303.16K (273.16K+30K)
R	cal/Kmol	理想気体(ideal gas)の定数(1.987cal/Kmol)

### BE<sub>EL,y</sub>の算定

$$BE_{EL,y} = (EC_{BL,y} + EG_{PJ,y}) \times BE_{BL,EL,y}$$

記号	単位	説明
BE <sub>EL,y</sub>	tCO <sub>2</sub> /yr	y 年度におけるプロジェクト活動によって代替される電力のCO <sub>2</sub> 排出量
EC <sub>BL,y</sub>	MWh/yr	y 年度におけるプロジェクトが実施されなかった場合に排水処理に必要な電力の消費量
EG <sub>PJ,y</sub>	MWh/yr	y 年度における消化槽から発生するバイオガスを利用して発電された電力の量 (系統に送電された電力量のみカウントする)
BE <sub>BL,EL,y</sub>	tCO <sub>2</sub> /MWh	Y 年度における代替電力の排出係数

### BE<sub>HG,y</sub>の算定

現在、ラグーンの排水処理においては熱を消費及び生産しない。よって熱の消費・生産に関するベースライン排出量はゼロとなる：

$$BE_{HG,y} = 0$$

記号	単位	説明
BE <sub>HG,y</sub>	tCO <sub>2</sub> /yr	y 年度におけるプロジェクト活動によって代替される機器の加熱時に消費される化石燃料からのCO <sub>2</sub> 排出量

### ACM0014 のリーケージの考え

方法論 ACM0014 を採用する場合、リーケージの予測を行う必要はない。

### ACM0006 のリーケージの考え

ACM0006 に関しては、他のサイトで利用されていたバイオマス残さがプロジェクトサイトに転用される事によって化石燃料の消費の増加や他の温室効果ガスの増加がプロジェクト・バウンダリー外で起きる（リーケージ）事が懸念される。

本事業ではバイオマス残さの売買を行う予定が無いのでリーケージ・シナリオ 1（L<sub>1</sub>）を利用できるが、将来に亘り、売買が発生することを考えてリーケージ・シナリオ 2（L<sub>2</sub>）を採択するべきと考えられる。

L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> のいずれのシナリオを利用してもリーケージが無い事を証明できない場合は以下の式を利用する：

$$L_y = EF_{CO_2,LE} \times \sum_k BF_{PJ,ky} \times NCV_k$$

記号	単位	説明
L <sub>y</sub>	tCO <sub>2</sub> /yr	y 年度におけるリーケージ排出量
EF <sub>CO<sub>2</sub>,LE</sub>	tCO <sub>2</sub> /GJ	ホスト国で利用されている CO <sub>2</sub> 排出量の最も高い燃料の CO <sub>2</sub> 排出係数
BF <sub>PJ,k,y</sub>	tons of dry matter	y 年度におけるプロジェクトプラントでのバイオマス残さタイプ k の利用増加分
K		L <sub>1</sub> 、L <sub>2</sub> 、L <sub>3</sub> のいずれのシナリオを利用してもリーケージが無い事を証明できないバイオマス残さ
NCV <sub>k</sub>	GJ/ton of dry matter	バイオマス残さタイプ k の熱量

### 3.3 モニタリング計画

表 14 : ACM0006 モニタリング項目

パラメーター	単位	説明	データ源	記録頻度	コメント
BF <sub>k,y</sub>	tons of dry matter	プロジェクトプラントで燃焼されたタイプ k のバイオマス残さの量	オンサイト測定	連続測定、年間エネルギーバランス表を提示	発電（発熱）量や料購入レートとクロスチェックを実施する
BF <sub>T,k,y</sub>	tons of dry matter	y 年度におけるバイオマス残さタイプ k がプロジェクトサイトに輸送された量	オンサイト測定	連続測定、年間エネルギーバランス表を提示	発電（発熱）量や料購入レートとクロスチェックを実施する
Moisture content of the biomass residue	%Water content	バイオマス残さタイプ k の水分含有量	オンサイト測定	連続測定、年間の平均値を計算する	ドライバイオマスの場合、モニターする必要なし
AVD <sub>y</sub>	Km	y 年度におけるトラックが往復した距離（バイオマス残さ燃料供給サイトとプロジェクトプラントの間）	プロジェクト実施者によって記録	連続計測	地図などと比較して整合性を確認する
N <sub>y</sub>		トラックの往復した数	オンサイト測定	連続計測	
TL <sub>y</sub>	Tons	y 年度におけるトラックの平均的な積荷量	オンサイト測定	連続計測、年間にまとめる	
EF <sub>km,CO2,y</sub>	tCO <sub>2</sub> /km	y 年度におけるトラックの平均的な排出係数	トラックタイプごとの燃料タイプ、燃料消費量、走行距離	最低年一回	文献のデータと比較して整合性を確認する

パラメーター	単位	説明	データ源	記録頻度	コメント
			のサンプル測定を実施する		
$EG_{\text{project plant},y}$	MWh/yr	y 年度におけるプロジェクトプラントの発電量	オンサイト測定	連続計測	
$EG_{\text{total},y}$	MWh/yr	y 年度におけるプロジェクトサイトのすべてのプラントで同じタイプのバイオマス残さで発電された電力(新しいプラントと前からあったプラントを含む)。	オンサイト測定	連続計測	
$Q_{\text{project plant},y}$	GJ	y 年度におけるコジェネレーションプロジェクトプラントが生産した熱エネルギー量	オンサイト測定	連続計測	
$Q_{\text{total},y}$	GJ	y 年度におけるプロジェクトサイトで、同じタイプのバイオマス残さを燃料にすべてのコジェネレーションプラントによって生産された熱エネルギー量	オンサイト測定	連続計測	
$NCV_i$	GJ/mass or volume unit	化石燃料タイプ i の熱量	研究所での計測	半年に 1 回, 最低 3 サンプル。他のデータソースの場合は年 1 回確認する	
$NCV_k$	GJ/ton of dry	タイプ k のバイオマス残さの	研究所での計測	半年に 1 回,	

パラメーター	単位	説明	データ源	記録頻度	コメント
	matter	熱量		最低 3 サンプル	
$EF_{\text{burning,CH}_4,k,y}$		y 年度におけるバイオマス残さタイプ k の野外での燃焼 (uncontrolled burning) の $\text{CH}_4$ 排出係数	計測及びデフォルト値を利用する	デフォルト値の場合は年 1 回の確認。測定の場合はプロジェクト開始時に 1 回	
	Tons	プロジェクトサイトの地域で利用された(エネルギー、原料等)バイオマス残さタイプ k の量	調査、統計	年に 1 回	
	Tons	プロジェクトサイトの地域で利用可能なバイオマス残さタイプ k の量	調査、統計	年に 1 回	
$EC_{PJ,y}$	MWh	y 年度におけるプロジェクトサイトでの電力消費量	計測		
$EF_{\text{grid},y}$	t $\text{CO}_2$ /MWh	y 年度における系統の排出係数	文献		
$BF_{\text{all plants},k,y}$	Tons	y 年度におけるプロジェクトサイトのすべての発電所で燃焼されたバイオマスの量	計測	連続計測	$BF_{k,y}$ と同じ
$EF_{\text{CO}_2,LE}$	t $\text{CO}_2$ /GJ	国の最も排出係数の高い燃料	文献等		
F		SWDS で回収され、フレア、燃焼及び利用された割合	SWDS の管理者	年間	

パラメーター	単位	説明	データ源	記録頻度	コメント
W <sub>x</sub>	Tons	廃棄を回避できたバイオマス残さの全量	プロジェクト実施者	連続計測、年間に集計	

表 15 : ACM0014 モニタリング項目

パラメーター	単位	説明	データ源	記録頻度	コメント
F <sub>PJ,dig,m</sub>	m <sup>3</sup> /month	m月のプロジェクト活動において消化槽及び明らかに好氣的に処理された水量	計測	連続計測 (年間で集計する)	
WCOD <sub>dig,m</sub>	tCOD /m <sup>3</sup>	m月のプロジェクト活動において消化槽及び明らかに好氣的に処理された排水の化学的酸素要求量の平均値	計測	定期的、月と年の平均を計算する。	
T <sub>2,m</sub>	K	m月のプロジェクトサイトの平均気温	国及び地方の気象データ	連続計測 (月間平均で集計する)	
EG <sub>PJ,y</sub>	MWh/yr	y年度における消化槽から発生するバイオガスを利用して発電された電力量(系統に送電された電力量のみカウントする)	計測	毎日	
HG <sub>PJ,y</sub>	TJ/year	消化槽から得たバイオガスで生産された熱エネルギーの量	熱処理によって受けた熱エネルギーか	毎日	

パラメーター	単位	説明	データ源	記録頻度	コメント
			ら測定		
F <sub>PJ,effl,dig,m</sub>	m <sup>3</sup> /month	m月における消化槽からの排水量	測定	連続計測(年間で集計する)	
F <sub>PJ,effl,lag,m</sub>	m <sup>3</sup> /month	m月における消化槽の排水を処理するオープンラグーンからの排水量	測定	連続計測(年間で集計する)	
S <sub>LA,y</sub>	t/yr	y年度における土地に散布されるスラッジの量	測定	連続計測(年間で集計する)	
WCOD <sub>effl,dig,m</sub>	tCOD/ m <sup>3</sup>	m月における消化槽からの排水の化学的酸素要求量の平均値	測定	定期的、月と年の平均を計算する。	
WCOD <sub>effl,lag,m</sub>	tCOD/ m <sup>3</sup>	m月における消化槽の排水を処理するオープンラグーンからの排水の化学的酸素要求量の平均値	測定	定期的、月と年の平均を計算する。	
WN <sub>sludge,y</sub>	tN/t sludge	y年度におけるスラッジの窒素含有量	測定	定期的、月と年の平均を計算する。	国際及び国の測定基準を使用する。
F <sub>biogas,y</sub>	m <sup>3</sup> /yr	y年度における消化槽から回収されたバイオガスの量	測定	定期的、月と年の平均を計算する。	流量計は業界基準に沿った定期的なメンテナンス、キャリブレーションを実施する。
FL <sub>biogas,digest</sub>	M <sup>3</sup> biogas leaked / m <sup>3</sup> biogas	消化槽から漏えいするバイオガスの割合	測定	連続アナライザー及び定期的な測定 (95% confidence interval)	Calibrated portable gas analyzer を使用

パラメーター	単位	説明	データ源	記録頻度	コメント
	produced				
$w_{CH_4, biogas, y}$	$Kg CH_4 / m^3$	消化槽から出てくるバイオガスのメタン含有量	測定	連続アナライザー及び定期的な測定 (95% confidence interval)	Calibrated portable gas analyzer を使用
$FV_{RG, h}$	$Nm^3/hr$	フレアされるバイオガス	測定	連続計測	フレアのモニタリング
Flaring in operaiton	hours	フレアの時間	測定	連続計測	フレアのモニタリング
$T_{flare}$	$^{\circ}C$	フレアの温度	測定	連続計測	フレアのモニタリング

### 3.4 温室効果ガス削減量

#### 3.4.1 ACM0006 プロジェクト排出量の計算式

プロジェクト排出量の計算式

$$PE_y = PET_y + PEFF_y + PEEC_{,y} + GWP_{CH_4} \times (PE_{Biomass,CH_4,y} + PE_{WW,CH_4,y})$$

記号	単位	説明
$PE_y$	tCO <sub>2</sub> e/yr	y 年度におけるプロジェクト排出量
$PET_y$	tCO <sub>2</sub> /yr	y 年度におけるプラントにバイオマス残さを輸送する際の排出量
$PEFF_y$	tCO <sub>2</sub> /yr	y 年度におけるプラントでの化石燃料との混焼やプロジェクト活動で消費される化石燃料からの排出量
$PEEC_{,y}$	tCO <sub>2</sub> /yr	y 年度におけるプロジェクトサイトでの電力消費からの排出量
$GWP_{CH_4}$	tCO <sub>2</sub> e/tCH <sub>4</sub>	コミットメント期間のメタンの地球温暖化係数
$PE_{Biomass,CH_4,y}$	tCH <sub>4</sub> /yr	y 年度におけるバイオマス残さの燃焼で発生する CH <sub>4</sub> の量
$PE_{WW,CH_4,y}$	tCH <sub>4</sub> /yr	バイオマス残さ処理からの排水から発生する CH <sub>4</sub> の量

#### PET<sub>y</sub> の算定

本事業はバイオマス残さを他のパーム・ミルから輸送しない計画であるので  $PET_y = 0t$  となる。ただし、プロジェクト実施時に他のミルから輸送を行った場合は  $PET_y$  を計算する必要がある。

$$PET_y = N_y \times AVD_y \times EF_{km,CO_2,y}$$

$$PET_y = \frac{\sum_k BF_{T,k,y}}{TL_y} \cdot AVD_y \cdot EF_{km,CO_2,y}$$

記号	単位	説明
$PET_y$	tCO <sub>2</sub> /yr	y 年度におけるプラントにバイオマス残さを輸送する際の排出量
$N_y$		トラックの往復した数
$AVD_y$	km	y 年度におけるトラックが往復した距離 (バイオマス残さ燃料供給サイトとプロジェクトプラントの間)
$EF_{km,CO_2,y}$	tCO <sub>2</sub> /km	y 年度におけるトラックの平均的な排出係数
$BF_{T,k,y}$	tons of dry matter	y 年度におけるバイオマス残さタイプ k がプロジェクトサイトに輸送された量
$TL_y$	tons	y 年度におけるトラックの平均的な積荷量
k		y 年度においてプロジェクトサイトに輸送されたバイオマス残さのタイプ

### PEFF<sub>y</sub>の算定

プラントでは化石燃料との混焼は行わないがスタート時等で軽油を利用する可能性がある。"Tool to calculate project or leakage CO2 emissions from fossil fuel combustion"を利用して PEFF<sub>y</sub>の算定を行う。

$$PEFF_y = \sum FC_{i,j,y} \times COEF_{i,y}$$

$$COEF_{i,y} = NCV_{i,y} \times EF_{CO_2,i,y}$$

記号	単位	説明
PEFF <sub>y</sub>	tCO <sub>2</sub> /yr	y 年度においてプロセス j で使用される化石燃料による排出量
FC <sub>i,j,y</sub>	Mass or volume unit/yr	y 年度においてプロセス j で使用される燃料タイプ i の量
COEF <sub>i,y</sub>	tCO <sub>2</sub> /mass or volume unit	y 年度における燃料タイプ i の排出係数
NCV <sub>i,y</sub>	GJ/mass or volume unit	y 年度における燃料タイプ i の単位当たりの熱量
EF <sub>CO<sub>2</sub>,i,y</sub>	tCO <sub>2</sub> /GJ	y 年度における燃料タイプ i の熱量当たりの排出係数
I		y 年度においてプロセス j で利用される燃料タイプ

### PE<sub>EC,y</sub>の算定

化石燃料由来の電力をプロジェクトサイトで利用する予定はないので PE<sub>EC,y</sub> = 0 となる。

### PE<sub>Biomass,CH<sub>4</sub>,y</sub>の算定

$$PE_{Biomass,CH_4,y} = EF_{CH_4,BF} \cdot \sum_k BF_{k,y} \cdot NCV_k$$

記号	単位	説明
PE <sub>Biomass,CH<sub>4</sub>,y</sub>	tCH <sub>4</sub> /yr	y 年度におけるバイオマス残さの燃焼で発生する CH <sub>4</sub> の量
EF <sub>CH<sub>4</sub>, BF</sub>	tCH <sub>4</sub> /GJ	プロジェクトプラントでのバイオマス残さ燃焼の CH <sub>4</sub> 排出係数
BF <sub>k,y</sub>	tons of dry matter	プロジェクトプラントで燃焼されたタイプ k のバイオマス残さの量
NCV <sub>k</sub>	GJ/ton of dry matter	タイプ k のバイオマス残さの熱量

CH<sub>4</sub>の排出係数は不確実性が高いので保守的観点から係数 1.37 をさらに掛ける必要がある。

よって算定式は：

$$PE_{Biomass,CH_4,y} = EF_{CH_4, BF} \times 1.37 \times \sum BF_{k,y} \times NCV_k$$

となる。

### PE<sub>WW,CH<sub>4</sub>,y</sub>の算定

EFBの洗浄に使用された排水は消化槽で処理される予定である。消化槽によって処理される場合はプロジェクト排出量として考慮されなくても良いのでPE<sub>WW,CH<sub>4</sub>,y</sub>=0となる。

### 3.4.2 ACM0014のプロジェクト排出量の計算式

#### プロジェクト排出量の算定式

$$PE_y = PE_{CH_4,effluent,y} + PE_{CH_4,digest,y} + PE_{flare,y} + PE_{sludge,LA,y} + PE_{EC,y} + PE_{FC,y}$$

記号	単位	説明
PE <sub>y</sub>	tCO <sub>2</sub> e/yr	y年度におけるプロジェクト排出量
PE <sub>CH<sub>4</sub>,effluent,y</sub>	tCO <sub>2</sub> e/yr	y年度における消化槽の排水から発生するプロジェクト排出量
PE <sub>CH<sub>4</sub>,digest,y</sub>	tCO <sub>2</sub> e/yr	y年度における消化槽からのメタン漏えいで発生するプロジェクト排出量
PE <sub>flare,y</sub>	tCO <sub>2</sub> e/yr	y年度におけるバイオガスのフレアリングから発生するプロジェクト排出量
PE <sub>sludge,LA,y</sub>	tCO <sub>2</sub> e/yr	y年度における土地散布されるスラッジから発生するプロジェクト排出量
PE <sub>EC,y</sub>	tCO <sub>2</sub> e/yr	y年度における電力消費から発生するプロジェクト排出量
PE <sub>FC,y</sub>	tCO <sub>2</sub> e/yr	y年度における石油燃料の使用から発生するプロジェクト排出量

### PE<sub>CH<sub>4</sub>,effluent,y</sub>の算定式

$$PE_{CH_4,effluent,y} = GWP_{CH_4} \times MCF_{PJ,y} \times B_0 \times (COD_{PJ,effl,dig,y} - COD_{PJ,effl,lag,y})$$

$$COD_{PJ,effl,y} = \sum F_{PJ,effl,dig,m} \times W_{COD,effl,dig,m}$$

$$COD_{PJ,effl,lag,y} = \sum F_{PJ,effl,lag,m} \times W_{COD,effl,lag,m}$$

記号	単位	説明
PE <sub>CH<sub>4</sub>,effluent,y</sub>	tCO <sub>2</sub> e/yr	y年度における消化槽の排水から発生するプロジェクト排出量
GWP <sub>CH<sub>4</sub></sub>	tCO <sub>2</sub> e/tCH <sub>4</sub>	コミットメント期間のメタンの地球温暖化係数
MCF <sub>PJ,y</sub>		y年度におけるプロジェクトメタン変換係数。プロジェクト活動がなかった場合にCH <sub>4</sub> に分解されたであろうCOD <sub>PJ,y</sub> ×B <sub>0</sub> の割合をあらわしている。
B <sub>0</sub>	tCH <sub>4</sub> /tCOD	メタン生産容量
COD <sub>PJ,effl,dig,y</sub>	tCO <sub>2</sub> /yr	y年度における消化槽の排水の化学的酸素要求量
COD <sub>PJ,effl,lag,y</sub>	tCO <sub>2</sub> /yr	y年度における消化槽の排水が処理されているオープン

		ラグーンからの排水の化学的酸素要求量
$F_{PJ,effl,dig,m}$	$m^3/month$	m 月における消化槽からの排水量
$WCOD_{effl,dig,m}$	$tCOD/ m^3$	m 月における消化槽からの排水の化学的酸素要求量の 平均値
$F_{PJ,effl,lag,m}$	$M^3/month$	m 月における消化槽の排水を処理するオープンラグ ーンからの排水量
$WCOD_{effl,lag,m}$	$tCOD/ m^3$	m 月における消化槽の排水を処理するオープンラグ ーンからの排水の化学的酸素要求量の平均値

### MCF<sub>PJ,y</sub>の算定式

$$MCF_{PJ,y} = f_d \times f_{PJ,T,y}$$

記号	単位	説明
$MCF_{PJ,y}$		y 年度におけるプロジェクトメタン変換係数。プロジェクト活 動がなかった場合に $CH_4$ に分解されたであろう ( $COD_{PJ,y} \times B_o$ ) の割合を表している。
$f_d$		ラグーンの水深によるメタン排出量の変化をあらわす係数
$f_{PJ,T,y}$		プロジェクト活動中の y 年度における気温によるメタン排出量 の変化をあらわす係数

### f<sub>PJ,T,y</sub>の算定式

$$COD_{PJ,available,m} = (COD_{PJ,effl,dig,m} - COD_{PJ,effl,lag,m}) + (1 - f_{T,m}) \times COD_{PJ,available,m-1}$$

$$COD_{PJ,effl,dig,m} = F_{PJ,effl,dig,m} \times WCOD_{effl,dig,m}$$

$$COD_{PJ,effl,lag,m} = F_{PJ,effl,lag,m} \times WCOD_{effl,lag,m}$$

$$f_{PJ,T,y} = \frac{\sum_{m=1}^{12} f_{T,m} \times COD_{PJ,available,m}}{\sum_{m=1}^{12} (COD_{PJ,effl,dig,m} - COD_{PJ,effl,lag,m})}$$

記号	単位	説明
$COD_{PJ,available,m}$	$tCOD/month$	プロジェクト活動中の m 月においてオープンラグ ーンで分解できる化学的酸素要求量
$COD_{PJ,effl,dig,m}$	$tCOD/month$	m 月における消化槽からの排水の化学的酸素要求量
$COD_{PJ,effl,lag,m}$	$tCOD/month$	m 月における消化槽の排水を処理するオープンラグ ーンからの排水の化学的酸素要求量
$f_{T,m}$		m 月における気温によるメタン排出量の変化をあら わす係数
$F_{PJ,effl,dig,m}$	$m^3/month$	m 月における消化槽からの排水量
$WCOD_{effl,dig,m}$	$tCOD/ m^3$	m 月における消化槽からの排水の化学的酸素要求量 の平均値
$F_{PJ,effl,lag,m}$	$m^3/month$	m 月における消化槽の排水を処理するオープンラグ

		ーンからの排水量
WCOD,effl,lag,m	tCOD/ m <sup>3</sup>	m 月における消化槽の排水を処理するオープンラグーンからの排水の化学的酸素要求量の平均値
M		クレジット期間中の月

#### PE<sub>CH4,digest,y</sub>の算定式

$$PE_{CH4,digest,y} = F_{biogas,y} \times FL_{biogas,digest} \times W_{CH4,biogas,y} \times GWP_{CH4} \times 0.001$$

記号	単位	説明
PE <sub>CH4,digest,y</sub>	tCO <sub>2</sub> e/yr	y 年度における消化槽からのメタン漏えいで発生するプロジェクト排出量
F <sub>biogas,y</sub>	m <sup>3</sup> /yr	y 年度における消化槽から回収されたバイオガスの量
FL <sub>biogas,digest</sub>	M <sup>3</sup> biogas leaked / m <sup>3</sup> biogas produced	消化槽から漏えいするバイオガスの割合
W <sub>CH4,biogas,y</sub>	Kg CH <sub>4</sub> / m <sup>3</sup>	消化槽から出てくるバイオガスのメタン含有量
GWP <sub>CH4</sub>	tCO <sub>2</sub> e/tCH <sub>4</sub>	コミットメント期間のメタンの地球温暖化係数

#### PE<sub>flare,y</sub>の算定式

フレアリングからのプロジェクト排出量の計算には”Tools to determine project emissions from flaring gases containing methane”を利用する。

$$PE_{flare,y} = \sum_{h=1}^{8760} TM_{RG,h} \times (1 - \eta_{flare,h}) \times \frac{GWP_{CH4}}{1000}$$

記号	単位	説明
PE <sub>flare,y</sub>	tCO <sub>2</sub> e/yr	y 年度における残余ガスのフレアから発生するプロジェクト排出量
TM <sub>RG,h</sub>	kg/h	h 時における残余ガスに含まれるメタンの質量流量
η <sub>flare,h</sub>	-	h 時におけるフレア効率
GWP <sub>N2O</sub>	tCO <sub>2</sub> e/tCH <sub>4</sub>	コミットメント期間の N <sub>2</sub> O の地球温暖化係数

$$TM_{RG,h} = FV_{RG,h} \times fv_{CH4,RG,h} \times \rho_{CH4,n}$$

記号	単位	説明
FV <sub>RG,h</sub>	m <sup>3</sup> /h	h 時における残余ガスの質量流量
fv <sub>CH4,RG,h</sub>	-	h 時における残余ガスに含まれるメタンの容積比 (無水ベース)
ρ <sub>CH4,n</sub>	kg/m <sup>3</sup>	通常メタンの密度 (0.716)

排出量の算定においてはバイオガスの5%がフレアリングされる想定でPE<sub>flare,y</sub>を算出した。

$$PE_{flare,y} \text{ (tCO}_2\text{e/yr)} = \text{フレアリングが行われる量 (バイオガス全体の5\%)} \times \text{バイオガスの}$$

メタン含有量(0.000429トン/m<sup>3</sup>) ×フレア効率 (90% enclosed flare) × GWP<sub>CH<sub>4</sub></sub> / 1000

PE<sub>sludge,LA,y</sub>の算定式

$$PE_{sludge,LA,y} = COD_{sludge,LA,y} \times B_0 \times MCF_{sludge,LA} \times GWP_{CH_4} + S_{LA,y} \times WN_{sludge,y} \times EF_{N_2O,LA,sludge} \times GWP_{N_2O}$$

記号	単位	説明
PE <sub>sludge,LA,y</sub>	tCO <sub>2</sub> e/yr	y年度における土地に散布されるスラッジから発生するプロジェクト排出量
COD <sub>sludge,LA,y</sub>	tCOD/yr	y年度における脱水処理後土地に散布されるスラッジの化学的酸素要求量
B <sub>0</sub>	tCH <sub>4</sub> /tCOD	メタン生産容量
MCF <sub>sludge,LA</sub>		土地に散布されるスラッジのメタン変換係数
GWP <sub>CH<sub>4</sub></sub>	tCO <sub>2</sub> e/tCH <sub>4</sub>	コミットメント期間のメタンの地球温暖化係数
S <sub>LA,y</sub>	t/yr	y年度における土地に散布されるスラッジの量
WN <sub>sludge,y</sub>	tN/t sludge	y年度におけるスラッジの窒素含有量
EF <sub>N<sub>2</sub>O,LA,sludge</sub>	tN <sub>2</sub> O/tN	スラッジに含まれている窒素当たりの N <sub>2</sub> O 排出係数
GWP <sub>N<sub>2</sub>O</sub>	tCO <sub>2</sub> e/tN <sub>2</sub> O	コミットメント期間の N <sub>2</sub> O の地球温暖化係数

PE<sub>EC,y</sub>とPE<sub>FC,y</sub>の算定

本事業の様にバイオガスを利用して電力が発電される場合は消化槽の稼動にあたって消費される電力は系統に送電する電力ではなく内需用の電力として計算する。この場合、PE<sub>EC,y</sub>=0となる。化石燃料が使用された場合はその量をモニターし”Tools to calculate project or leakage CO2 emissions from fossil fuel combustion”を利用してPE<sub>FC,y</sub>を算定する必要がある。

3.4.3 プロジェクト実施前、ACM0006 排出削減量の計算

基本データ

セラングウパームミルの FFB 処理量将来予測をベースに排出削減量の試算を実施した。

表 16 : クレジット期間中の FFB 処理量の予測

年	FFB 処理量	バイオマス残さ			バイオマス残さの合計
		EFB	ファイバー	シェル	
2011	350,000	81,900	62,895	27,300	172,095
2012	435,000	101,790	78,170	33,930	213,890
2013	500,000	117,000	89,850	39,000	245,850
2014	500,000	117,000	89,850	39,000	245,850
2015	500,000	117,000	89,850	39,000	245,850
2016	500,000	117,000	89,850	39,000	245,850

2017	500,000	117,000	89,850	39,000	245,850
2018	500,000	117,000	89,850	39,000	245,850
2019	500,000	117,000	89,850	39,000	245,850
2020	500,000	117,000	89,850	39,000	245,850

セラランガウ・ミル、と Titan Energy Sdn Bhd から FFB トン当たりから産出される EFB、ファイバー、シェル、POME の割合と各バイオマス残さ等の熱量のデータを収集した。

表 17 : EFB、ファイバー、シェル、POME の産出量と熱量の予測

Biomass	100% FFB	Processing rate (FFB 60t/h)	LHV
EFB (treated)	23.4%	14.04t/h	1920 LHV TM50%
Fiber	17.97%	10.78t/h	3200LHV TM40%
PKS (shell) (from KCP)	7.8%	4.68t/h	4500LHV TM10%
POME biogas	50%		5130LHV

排出削減量

表 18 : ACM0006 排出削減量 (tCO<sub>2e</sub>)

年	a.熱代替排出削減量	b.電力代替排出削減量	c.バイオマスメタン回避	d.プロジェクト排出量	ACM006 排出削減量 (a+b+c-d)
2011	0	56,476	12,906	1,739	67,642
2012	0	73,416	26,929	2,162	98,183
2013	0	86,370	41,157	2,485	125,042
2014	0	86,370	53,160	2,485	137,045
2015	0	86,370	63,287	2,485	147,172
2016	0	86,370	71,830	2,485	155,716
2017	0	86,370	79,038	2,485	162,923
2018	0	86,370	85,119	2,485	169,005
2019	0	86,370	90,250	2,485	174,135
2020	0	86,370	94,578	2,485	178,463

表 19 : ACM0014 排出削減量 (tCO<sub>2e</sub>)

y	BE <sub>y</sub> (a)			PE <sub>y</sub> (b)						ER <sub>v</sub> (a-b)
	BE <sub>CH4</sub>	BE <sub>EL,y</sub>	BE <sub>HG,y</sub>	PE <sub>CH4,effluent,y</sub>	PE <sub>CH4,digest,y</sub>	PE <sub>flare,y</sub>	PE <sub>sludge,LA,y</sub>	PE <sub>EC,y</sub>	PE <sub>FC,y</sub>	
2011	56,236	0	0	24,760	0	5,184	0	0	0	26,292
2012	69,893	0	0	30,773	0	6,443	0	0	0	32,677
2013	80,337	0	0	35,372	0	7,406	0	0	0	37,559
2014	80,337	0	0	35,372	0	7,406	0	0	0	37,559
2015	80,337	0	0	35,372	0	7,406	0	0	0	37,559
2016	80,337	0	0	35,372	0	7,406	0	0	0	37,559
2017	80,337	0	0	35,372	0	7,406	0	0	0	37,559
2018	80,337	0	0	35,372	0	7,406	0	0	0	37,559
2019	80,337	0	0	35,372	0	7,406	0	0	0	37,559
2020	80,337	0	0	35,372	0	7,406	0	0	0	37,559

表 20：合計の排出削減量 (tCO<sub>2e</sub>)

年	ACM006 排出削減量	ACM0014 排出削減量	合計の排出削減量
2011	67,642	26,292	93,934
2012	98,183	32,677	130,860
2013	125,042	37,559	162,601
2014	137,045	37,559	174,605
2015	147,172	37,559	184,731
2016	155,716	37,559	193,275
2017	162,923	37,559	200,483
2018	169,005	37,559	206,564
2019	174,135	37,559	211,694
2020	178,463	37,559	216,023
合計	<b>1,415,326</b>	<b>359,443</b>	<b>1,774,773</b>
年平均	<b>141,533</b>	<b>35,944</b>	<b>177,477</b>

### 3.5 クレジット期間

本事業は 15 年のプロジェクト期間を想定し、クレジット期間を 10 年（2011～2020 年）とする。設備の運転開始予定期日である 2011 年 1 月 1 日をクレジット開始日として想定している。

### 3.6 環境影響・その他の間接影響

本事業のバイオマスプラント建設で、環境影響評価 Environmental Impact Assessment (EIA)を実施する必要性はない。但し、サラワク州では Site Evaluation Report を提出する必要がある。また年に一回 Stack Emission Monitoring Report と Wastewater Monitoring Report を提出する必要がある。セラングウ・ミルは Stack Emission Monitoring Report を提出しているが、ラグーンは満水になっておらず排水を水域に放出していないので Wastewater Monitoring Report の提出を行っていない。発電所の建設を実施する前に必ず Site Evaluation Report を Department of Environment, Sibuloh Office に提出して認可を得る必要がある。プラント着工は 2010 年の上半期前半を予定しているなのでその前に許認可を取得する必要があるが、PDD の記載項目となるため、PDD の完成前に SER を完成させる必要がある。

本事業においてマレーシアの環境法上規制対象<sup>11</sup>となる項目は以下の通りである：（実測値は基準値以下の必要性がある）

<sup>11</sup> *Environmental Quality Act and Regulations*, MDC Publishers, Malaysia, 2007.

表 21 : 排ガスに関する環境基準

Substance	Standard
Dust Load	0.4g/Nm <sup>3</sup>
Dioxin and Furan	0.1nanogram/Nm <sup>3</sup>
Sulphuric acid mist or sulphur trioxide or both	0.2g of sulphur trioxide/Nm <sup>3</sup> of effluent gas
Chlorine gas	0.2g of hydrogen chloride/Nm <sup>3</sup>
Hydrogen chloride	0.4g of hydrogen chloride/Nm <sup>3</sup>
Fluorine, hydrofluoric acid, or inorganic fluorine compound	0.02g of hydrofluoric acid/ Nm <sup>3</sup> of effluent gas
Hydrogen sulphide	5.0 PPM v/v
Oxide of nitrogen	2.0g of sulphur trioxide/Nm <sup>3</sup>
Mercury	0.01g/Nm <sup>3</sup>
Cadmium	0.015 g/Nm <sup>3</sup>
Lead	0.025 g/Nm <sup>3</sup>
Antimony	0.025 g/Nm <sup>3</sup>
Arsenn	0.025 g/Nm <sup>3</sup>
Zinc	0.1 g/Nm <sup>3</sup>
Copper	0.1 g/Nm <sup>3</sup>

表 22 : 排水(POME)に関する環境基準

Measurement	Standard
BOD	20mg/L
Suspended Soil	100mg/L
Oil & Grease	25mg/L
Ammoniacal Nitrogen	100mg/L
Total Nitrogen	100mg/L
pH	5 to 9
Temperature	45°C

#### 廃潤滑油の規制

廃潤滑油の廃棄に関しては環境局の認定の業者に廃潤滑油の回収を依頼する必要がある。

表 23 : 汚染物質に関する環境基準

Substance	Standard
Mercury	0.005mg/L
Cadmium	0.01mg/L
Chromium, Hexavalent	0.05mg/L
Arsenic	0.05mg/L
Cyanide	0.05mg/L
Lead	0.10mg/L
Chromium, Trivalent	0.20mg/L
Copper	0.20mg/L
Manganese	0.20mg/L
Nickel	0.20mg/L
Tin	0.20mg/L
Zinc	2.0mg/L
Boron	1.0mg/L

Iron	1.0mg/L
Phenol	0.001mg/L
Free Chlorine	1.0mg/L
Sulphide	0.5mg/L

### 3.7 利害関係者のコメント

#### (1) 地域住民とのステークホルダー・ミーティング

プロジェクト実施に必要なステークホルダー・ミーティングを実施。それと同時に社会調査も実施し地域住民の情報を得た。ただし、事業実施が本決定した際には、導入技術による環境影響の低減効果などを含めたより包括的な説明がプロジェクト実施者側より成されることを住民代表が期待している旨、意見があった。本件のみを以ってステークホルダー・ミーティングの開催とすることは出来ないと考えている。

■ 8人の村の代表者らが参加。彼らに対して社会調査を行った。家族構成、働き手の人数、職業、収入などに関して質問をした。パーム農園を独立して営む農家がほとんどであったがバスの運転手や農業ビジネス、また副職として道路の工事に携わっている者もいた。

■ 彼らのプロジェクトに関する懸念事項は空気汚染、水質汚染、臭気であった。

■ 特にミルの稼動による住環境、河川環境（水質）の悪化については、強く指摘が成されたが企図する CDM 事業によって、これらの環境を改善する努力がなされる旨を説明している。

地域住民へのコベネフィットは水質改善、大気汚染緩和など長期的なものでありそれを地域の住民が理解するには何回か会議を重ねる必要があると思われる。短期的な雇用の創出、利益の共有などについては、他の事業者の意図も図る必要のあることから、ステークホルダー・ミーティングを通じての回答をすることは控えている。

#### (2) 現地調査を通じ関係者から聴取したコメント

##### Sarawak Energy Berhad

出席者： Leslie Chiai Kim Pau, Senior Manager, Renewable Energy

Goh Wei Chiun, Electrical Engineer, Renewable Energy

コメント：

■ サラワク州において普及が可能な再生可能エネルギーはバイオマス発電、中でもパーム搾油残さを利用した再生可能エネルギーに期待している。

■ セランガウ・ミルで実施される予定のプロジェクトは RSB 自らが所有するプランテーションとミルからの原料 (EFB) 調達となるので安定的な燃料供給を期待できる。

■ 発電のメーターはサラワク・エナジーのメイングリッドの直前に設置する事を希

望する。

Department of Environment (DoE), Sibu office

出席者：Ching Yuan Kong

コメント：

■ DOE としてのプロジェクト実施に係る懸念事項は大気汚染、汚染物質（EFB 脱カリプロセスにおける化学物質の使用）、水質汚染とエンジン潤滑油の処理方法である。これらの環境基準は Environmental Quality Act And Regulations に定められている。

■ プロジェクトで期待される効果としては職の創出、技術移転、効率的なパーム残渣の管理化である。

Natural Resources and Environment Board (NREB)

出席者：Elizabeth Nyomek, Regional Environmental Control Officer

コメント：

■ EFB 残さがフィールドに放置されなくなればシロアリ等の害虫の発生を防ぐ事ができる。

■ 今後のプロジェクトの発展に興味がある。

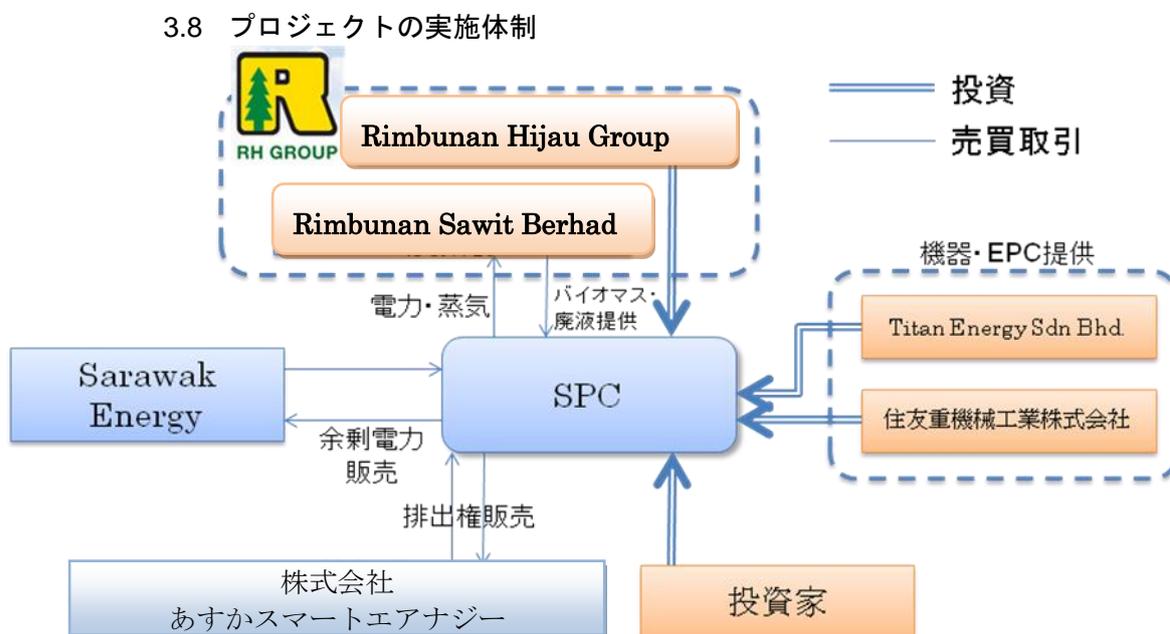


図 13 プロジェクト実施体制図

(1) Rimbunan Sawit Berhad (RSB)

本事業のオーナーとなる。Rimbunan Hijau グループの子会社でありグループのパーム

事業を管轄している。RSB は本事業の投資、運営を中心的に実施する事業主体となる。本事業の実施にあたって特別目的会社(SPC)を設置する可能性もあるが、その場合も RSB が事業の運営に大きく関わる役割を果たす。RSB は Selangau Mill と Selangau Plantation を保持している上でバイオマスプラントの運転を実施するので EFB を他のミルから購入するバイオマスプラントと比較して安定的かつ廉価に燃料を供給できる事が期待されている。

#### (2) Titan Energy Sdn. Bhd.

本事業の EPC コントラクター。過去にいくつものボイラーの納入を行った実績がある。Titan Energy の主要メンバーは精密なエンジニアリング技術を要する精米機器を精米工場に納入した経験もあり、高い技術料を要する CFB ボイラー及びプラントの建設に必要なスキルを有する。プロジェクトのエクイティーに参加する予定。

#### (3) Sarawak Energy Berhad

本事業で系統に供給される電力を購入。PPA が本事業の経済性を大きく左右するポイントなので、PPA は本事業実施の要となる。Sarawak Energy Berhad の本事業に対する期待は大きく、サラワク州のバイオマス発電普及に積極的な姿勢を見せている。

#### (4) 住友重機械工業株式会社

Titan Energy Sdn. Bhd.と代理店契約を結んでおり、同社に機器を提供する。フォスターウィラーの小型・中型 CFB ボイラーのライセンスを取得しており 20 年以上にわたって 35 ユニットの CFB ボイラーを導入した実績を有する。日本で EFB の燃焼実験を実施済みである。プロジェクトのエクイティーに参加する予定。

#### (5) 株式会社あすかスマートエナジー

CDM コンサルタント。PDD 作成支援、排出権の仲介業務等の CDM 全般の業務支援を実施する。

#### (6) 投資家 (未定)

本事業に対して投資を行う。上記の通り RSB、Titan Energy、住友重機械工業もプロジェクトに投資を実施するので投資家は残りの投資額に対して資金の提供を行う。

### 3.9 資金計画

#### 3.9.1 資金調達計画

事業資金の調達については、当初 100%自己資金 (RH 社出資) でのプロジェクト推進が

計画されていたが、EFB を利用した CFB 発電プロジェクトに前例の無いことから、リスク共有を求められており（9 月下旬、住友重機械工業及び Titan Energy 社と RH 社の面談において示唆）、これを受けて、あすかスマートエネルギーを含めた関係者による投資家の募集を進める予定である。

投資家の募集に当っては、マレーシア外国投資委員会が示すガイドラインによれば、非製造業に関する以下のルールを順守して投資家の募集を進める必要がある。非製造業部門については、2003 年 5 月の規制緩和に伴って、最低 30%の資本をブミプトラと呼ばれるマレー人及び先住民が保有しておれば、残り 70%の持分は外国企業が保有することが出来る。

### 3.9.2 投資家募集及び決定時期を含めた事業実施スケジュール

本調査を結論する時点において、RH 社は事業の実施について住友重機械工業との間で合意書を取り交し、事業で導入を予定する機器の仕様について調整している。今後の投資家の決定及び着工開始までの日程は、以下の通りを予定している。

図 14：事業実施スケジュール

	2Q09	3Q09	4Q09	1Q10
機器の仕様決定・総投資額決定	→			
投資家募集	→	→		
投資家との条件交渉		→	→	
着工				★
仕様決定を受けた PDD 修正	→			
マレーシア国家承認取得		→		
有効化審査		→	→	
国連における審査			→	

上記の通り、総投資金額については機器設備仕様を決定の上、総額が確定する事となるが、現地行からの借入金額については総投資額の 60%程度を借入とすることで RH 社が調整を続けている。本邦投資家に対して募る投資金額についても、この現地行との調整が終了して後に決定（4~5 月初旬を予定）する事から、最終的な投資額の決定を待ちたい。

### 3.9.3 バイオマス・エネルギー生成に係る税額控除

また、バイオマスを利用したエネルギー生成に係る事業については、以下の税制優遇が認められている。5 年以内に発生した適格資本的支出に対して、100%の ITA が認められ、この控除額で各付加年度内の法定所得の 70%を相殺することが出来る。国内で生産されたものでないという条件で、設備の輸入税及び販売税の免除、および、国内の製造業者から

購入した設備の販売税の免除を受けることが出来る。

#### 3.9.4 温室効果ガスの排出削減に対する優遇措置

環境マネジメントに関連した事業を行う企業に、とりわけ、以下のような事業を行う企業に対しては、優遇措置が適用される。

- 農業廃棄物の付加価値製品への再生利用
- 再生可能エネルギー資源の生成
- 省エネルギープロジェクト

CDM プロジェクトから生じた所得に対して税額控除を認めることが「提案」されている。優遇措置は 2010 年度までの時限措置である<sup>12</sup>。

### 3.10 経済性分析

本事業を CDM として実施した場合としない場合の収益性を比較した。

仮定：

- 売電価格：0.057US ドル(0.18 リンギット)
- 設備投資額：28 百万 US ドル
- 法人税：28%
- 借入れ無し
- パーム・ミル年間稼働時間：5000 時間
- バイオマスプラント年間稼働時間：8000 時間

分析の結果、非常に好条件な仮定を設定してプロジェクトの収益性を計算したが、それでも排出権がなかった場合は IRR が 10.2%とベンチマークである 15%に達する事ができなかった。CER 価格が 12.73US ドル (9.43 ユーロ、1 ユーロ=1.35US ドルの場合) 以上であればベンチマークラインを超えることができる。なお、IRR15%はマレーシア政府の調査でも利用されているベンチマークである<sup>13</sup>。また、設備投資額、売電価格、排出権価格、運転管理維持費の変動に対する IRR の変化を示す感度分析を実施したが、設備投資額と売電価格に対して IRR が大きな反応を示した。つまり、より設備を安く、より好条件な PPA を締結する事ができれば高い収益性を上げられる事が理解できる。グリッドに供給する電力量は売電価格と同じ感度を示す。つまり送電量が 5%落ちるのは電力価格が 5%下落するのと収益性上、同等である。グリッドに供給できる量が減るケースはパーム・ミルでの自家

---

<sup>12</sup> 前項と併せ JETRO [http://www.jetro.go.jp/world/asia/my/invest\\_03/](http://www.jetro.go.jp/world/asia/my/invest_03/)

<sup>13</sup> Ministry of Water, Energy and Communication / Malaysia Energy Centre / DANIDA. Study on the CDM Potential in Waste Sectors in Malaysia, 2005.

消費量が上がったときである。また、現在パーム・ミルの稼働時間を 5000 時間に設定しているが、パーム・ミルの稼働時間が長引いたり、ミルに電力か蒸気を消費する新たな設備が導入された場合、グリッドに送電できる電力が減少しプロジェクトの収益性が下がることとなる。ただし、今回のケースのようにプロジェクト・オーナーがミルのオーナーである場合は、CPO 価格が良い場合にミルの稼働率をあげて収益をミルのオペレーションで稼ぎ、CPO 価格が悪い場合はミルの稼働率を下げて、逆に売電によって収益を得るという選択肢ができる。

図 15 : CER 価格とプロジェクト IRR の関係性

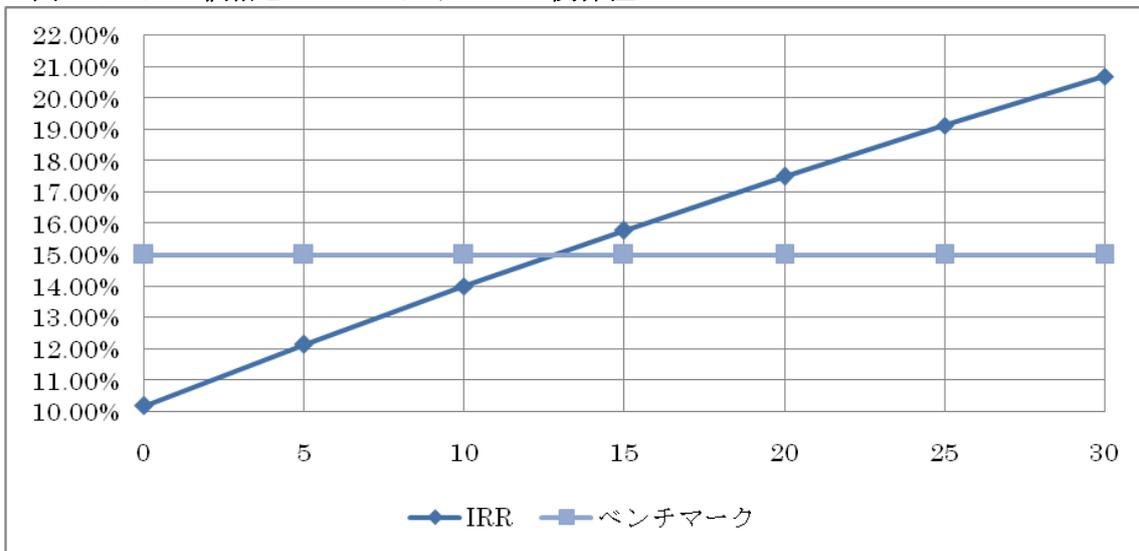


図 16 : 価格変動の感度分析

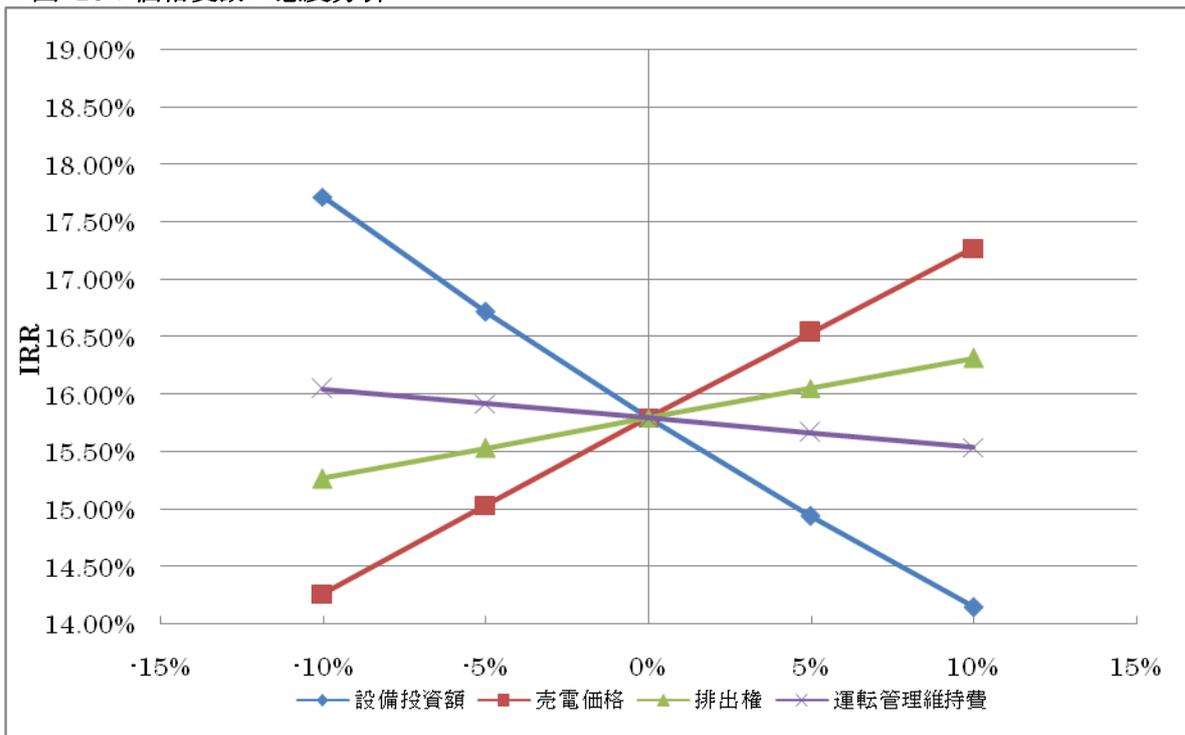


図 17 : CDM なしに事業を展開した場合の収益性 (CER=0 US ドル)

	マイナス1年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A 設備投資	28,000,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B 売電売上	0	3,696,629	4,805,486	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429
C CER 売上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
D 運転維持管理費	0	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000
E 減価償却費(固定資産)	0	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667
F 利払い	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
付加価値税	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
経費合計	28,000,000	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667
G 営業利益(B+C-経費合計)	(28,000,000)	949,962	2,058,819	2,906,762	2,906,762	2,906,762	2,906,762	2,906,762	2,906,762	2,906,762	2,906,762	2,906,762	2,906,762	2,906,762	2,906,762	2,906,762
H 法人税	0	265,989	576,469	813,893	813,893	813,893	813,893	813,893	813,893	813,893	813,893	813,893	813,893	813,893	813,893	813,893
I 税引き後利益	(28,000,000)	683,973	1,482,350	2,092,869	2,092,869	2,092,869	2,092,869	2,092,869	2,092,869	2,092,869	2,092,869	2,092,869	2,092,869	2,092,869	2,092,869	2,092,869
J (I+E+F)	(28,000,000)	2,550,639	3,349,016	3,959,535	3,959,535	3,959,535	3,959,535	3,959,535	3,959,535	3,959,535	3,959,535	3,959,535	3,959,535	3,959,535	3,959,535	3,959,535
IRR		10.20%														

図 18 : CDM プロジェクトとして実施した場合の収益性 (CER=15US ドル)

	マイナス1年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A 設備投資	28,000,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B 売電売上	0	3,696,629	4,805,486	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429	5,653,429
C CER 売上	0	0	1,409,010	1,962,900	2,439,015	2,619,075	2,770,965	2,899,125	3,007,245	3,098,460	3,175,410	3,240,345				
D 運転維持管理費	0	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000	880,000
E 減価償却費(固定資産)	0	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667	1,866,667
F 利払い	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
付加価値税	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
経費合計	28,000,000	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667	2,746,667
G 営業利益(B+C-経費合計)	(28,000,000)	949,962	3,467,829	4,869,662	5,345,777	5,525,837	5,677,727	5,805,887	5,914,007	6,005,222	6,082,172	6,147,107	2,906,762	2,906,762	2,906,762	2,906,762
H 法人税	0	265,989	970,992	1,363,505	1,496,818	1,547,234	1,589,764	1,625,648	1,655,922	1,681,462	1,703,008	1,721,190	813,893	813,893	813,893	813,893
I 税引き後利益	(28,000,000)	683,973	2,496,837	3,506,157	3,848,959	3,978,603	4,087,963	4,180,239	4,258,085	4,323,760	4,379,164	4,425,917	2,092,869	2,092,869	2,092,869	2,092,869
J (I+E+F)	(28,000,000)	2,550,639	4,363,504	5,372,823	5,715,626	5,845,269	5,954,630	6,046,905	6,124,752	6,190,426	6,245,830	6,292,584	3,959,535	3,959,535	3,959,535	3,959,535
IRR		15.80%														

### 3.11 追加性の証明

#### (1) ACM0006 の追加性の証明

ACM0006 においては“Combined tool to identify the baseline scenario and demonstrate additionality”を利用して追加性の証明を実施する。以下の追加性の分析を実施した表で灰色に塗られた行は、代替シナリオとして適用外である事を示している。なお、本報告書では追加性の分析をより明解にするために EFB のみの追加性の検証を実施しているが、PDD においてはファイバーとシェルの追加性の検証もおこなっている。よって PDD とは多少異なる表示形態ではあるが、内容自体は報告書も PDD 同一である。

#### ステップ1代替シナリオ案の特定

サブステップ1a プロジェクトに代わるシナリオを特定する：

表 24：発電の代替シナリオ

P1	本プロジェクトが CDM なしに実施される
P2	既存のバイオマスプラントでプロジェクトと同じバイオマス残さを燃料とする（既存のバイオマスプラントに改造を加えない）
P3	既存の自家発電所で化石燃料のみを燃料として利用
P4	系統連携された発電所で発電
P5	本プロジェクトと同じタイプのバイオマス残さを同量利用するが、プロジェクトプラントと比較して発電効率が低い新しいバイオマスプラントの建設。（よってプロジェクトと比較して発電量が落ちる）。
P6	本プロジェクトと同じタイプのバイオマス残さをプロジェクト以上に利用するが、プロジェクトプラントと比較して発電効率が低い新しいバイオマスプラントの建設（よってプロジェクトと比較して発電量は同等である）。
P7	既存のバイオマスプラントを改造して本プロジェクトと同じタイプのバイオマス残さを同量利用できるようにする。発電効率はプロジェクトプラントと比較して低いので本プロジェクトと比較して発電量は落ちる。
P8	既存のバイオマスプラントを改造して本プロジェクトと同じタイプのバイオマス残さをプロジェクト以上に利用できるようにする。発電効率はプロジェクトプラントと比較して低い。
P9	新規の化石燃料を利用する自家発電所の建設

表 25：発熱の代替シナリオ

H1	本プロジェクトが CDM なしに実施される
H2	本プロジェクトと同じバイオマス残さでコジェネレーションを実施するがプロジェクトとは違う発熱効率
H3	既存の自家発電所で化石燃料を使用してコジェネレーションを実施する。
H4	プロジェクトと同じバイオマス残さをボイラーでもって燃焼し熱エネルギーを生産する。
H5	既存のコジェネレーションプラントで改造なしでプロジェクトと同じバイオマス残さを利用し熱エネルギーを生産する。
H6	化石燃料を使用してボイラーで熱エネルギーを生産する。
H7	他の熱源から熱エネルギーを引いてくる。
H8	他の熱エネルギー生産技術（ヒートポンプ、ソーラーエネルギー等）

表 26：バイオマス残さ利用の代替シナリオ

B1	フィールドに投棄されるなどしてバイオマス残さが好気性の状態で分解される。
B2	5メートル以上深いランドフィルなど明らかに嫌気性の状態でバイオマス残さが分解される。
B3	バイオマス残さがエネルギー回収などおこなわれずに焼かれる。
B4	プロジェクトサイトにおいてバイオマス残さが発熱及び発電に利用される。
B5	コジェネレーションを含む発電でバイオマス残さが他の系統に接続された発電所でも利用されている。
B6	バイオマス残さは熱エネルギーの生産のために他のサイトで既存や新しいボイラーで利用されている。
B7	バイオ燃料等の他のエネルギー利用目的でバイオマス残さが利用されている。
B8	肥料、原料としてエネルギー利用目的以外でバイオマス残さが利用されている。

サブステップ 1b 法的義務に則しているかの確認：

シナリオ B3 はマレーシアの法律で規制されている。

(Environmental Quality Act, 1974; Section 29A. “Prohibition of open burning”)

それ以外のシナリオはマレーシアの法律に準拠している。よって B3 以外は次のステップに進む事ができる。

## ステップ2バリア分析

サブステップ2a 代替シナリオの実現を阻止するバリアの特定：

- 投資バリア
- 技術バリア
- 慣習バリア

以上の3項目が代替シナリオの実現を阻止するバリアである。

サブステップ2b. 特定されたバリアによって実現を阻止される代替シナリオを消去する：

表 27：消去される発電の代替シナリオの特定

シナリオ	投資バリア	技術バリア	慣習バリア	コメント
P1	高い収益性が得られない。(投資分析で実証)	CFB ボイラーを使用した EFB の燃焼試験は日本で実施され技術的には可能である事は証明されている。	サラワク州での EFB バイオマス発電 CDM 事業はクチンとムカの二箇所だけであり(バンドリングされている)、それらはバリデーションの段階であるのでサラワク州での EFB バイオマス発電事業は無しに近い。	投資、慣習バリアが存在する。
P2	既存の設備を使用するだけなのでバリアは存在しない	EFB の燃焼は既存のボイラーで実施すると溶けた灰がボイラーにこびりついてトラブルを起こす可能性がある。また EFB の燃焼効率が悪いので補助燃料が必要となる。	既存の設備で大量の EFB を燃焼した前例がない。	技術、慣行バリアが存在する。
P3	ただで手に入るバイオマス残さを使用せずに軽油を購入するとコストが大幅にあがってしまうので現	既存の設備は 600kw と小型のディーゼル発電機なので物理的に必要な電力を供給できない。	小型発電機はどこのミルでも存在する。	投資、技術バリアが存在する。

シナリオ	投資バリア	技術バリア	慣習バリア	コメント
	実的ではない。			
P4	既存の状況である	既存の状況である。	既存の状況である。	バリアは存在しない。
P5	投資分析を実施する情報が無い	技術が存在しないので比較できない。	サラワク州での EFB のバイオマス発電事業自体、現在バリデーシヨンの CDM 1 件（クチンとムカ）以外前例が無い。	技術、特に慣行バリアが存在する。
P6	投資分析を実施する情報が無い	技術が存在しないので比較できない。	サラワク州での EFB のバイオマス発電事業自体、現在バリデーシヨンの CDM 1 件（クチンとムカ）以外前例が無い。	技術、特に慣行バリアが存在する。
P7	投資分析を実施する情報が無い	技術が存在しないので比較できない。	サラワク州での EFB のバイオマス発電事業自体、現在バリデーシヨンの CDM 1 件（クチンとムカ）以外前例が無い。	技術、特に慣行バリアが存在する。
P8	投資分析を実施する情報が無い	技術が存在しないので比較できない。	サラワク州での EFB のバイオマス発電事業自体、現在バリデーシヨンの CDM 1 件（クチンとムカ）以外前例が無い。	技術、特に慣行バリアが存在する。
P9	ファイバー、シェル等のパーム残さが存在するのに石油燃料を使用するのはコスト的に現実的ではない。	自家発用発電機は市場で入手できるので技術的な問題は存在しない。	自家発電機を利用している工場はサラワク州にて多く存在するので慣行バリアは存在しない。	投資バリアが存在する。

表 28 : 消去される発熱の代替シナリオの特定

シナリオ	投資バリア	技術バリア	慣習バリア	コメント
H1	高い収益性が得られない。(投資分析で実証)	CFB ボイラーを使用した EFB の燃焼試験は日本で実施され技術的には可能である事は証明されている。	サラワク州での EFB バイオマス発電 CDM 事業はクチンとムカの二箇所だけであり(バンドリングされている)、それらはバリデーシヨンの段階であるのでサラワク州での EFB バイオマス発電事業は無しに近い。	投資、慣習バリアが存在する。
H2	投資分析を実施する情報がない。	技術が存在しないので比較できない。	サラワク州での EFB のバイオマスコジェネレーション事業自体、現在バリデーシヨンの CDM1 件(クチンとムカ)以外前例が無い。	技術、特に慣行バリアが存在する。
H3	ファイバー、シェル等のパーム残さが存在するのに石油燃料を使用するのはコスト的に現実的ではない。	既存の設備が存在しない。	コジェネレーションはサラワク州でも特別な技術ではない。	投資、技術バリアが存在する。
H4	既存の設備が存在する。	プロジェクトでは EFB を利用するが既存のコジェネレーション設備ではファイバーとシェルのみで大量の EFB をあつかえない。	サラワク州での EFB のバイオマスコジェネレーション事業自体、現在バリデーシヨンの CDM1 件(クチンとムカ)以外前例が無い。	技術、慣行バリアが存在する。
H5	既存の設備が存在する。	プロジェクトでは EFB を利用するが既存のコジェネレーション設備ではファイ	サラワク州での EFB のバイオマスコジェネレーション事業自体、現在バリデーシヨ	技術、慣行バリアが存在する。

シナリオ	投資バリア	技術バリア	慣習バリア	コメント
		パーとシェルのみで大量の EFB をあつかえない。	ンの CDM1 件（クチンとムカ）以外前例が無い。	
H6	ファイバー、シェル等のパーム残さが存在するのに石油燃料を使用するのはコスト的に現実的ではない。	化石燃料炊きボイラーは市場で入手できるので技術的な問題は存在しない。	化石燃料炊きボイラーは市場で入手ので、慣行バリアは存在しない。	投資バリアが存在する。
H7	遠くの工場から引く事になりコストがかかりすぎ現実的ではない。	技術的には可能である。	近くに利用可能な熱源があれば可能である。	投資バリアが存在する。
H8	再生可能エネルギーの導入ではコストがかかりすぎてしまう。	ソーラーやヒートポンプを利用した場合、十分な熱量を確保するのに相当量の設備が必要となってしまう技術的課題も多い。	サラワク州でのパーム・ミルではヒートポンプ、ソーラー発電利用の事例が無い。	投資、技術、慣行バリアのいずれも存在する。

表 29：消去されるバイオマス残さ利用の代替シナリオの特定

シナリオ	投資バリア	技術バリア	慣習バリア	コメント
B1	EFB を保水材として丁寧に敷地に撒くよりも全量ランドフィルに投棄したほうが、人件費がかからずに済む	技術的な問題は存在しない	保水材として利用されているがそれ以上の EFB が発生する	投資と慣習バリアが存在する
B2	実施されている	実施されている	一般的な EFB の処理方法である	EFB の代替シナリオ
B4	既存の設備で技術的に可能であるのならばバリアは存在しない。	サラワク州で存在する既存の設備では大量の EFB を処理しきれない。	サラワク州での EFB のバイオマスコージェネレーション事業自体、現在バリデーシンの CDM1 件（クチンとムカ）以外前例が	技術、慣行バリアが存在する。

シナリオ	投資バリア	技術バリア	慣習バリア	コメント
			無い。	
B5	プロジェクトサイトの近くに EFB を受け入れる設備があれば可能である。	サラワク州で存在する既存の設備では大量の EFB を処理しきれない。	サラワク州での EFB のバイオマスコジェネレーション事業自体、現在バリデーションの CDM1 件（クチンとムカ）以外前例が無い。	技術、慣行バリアが存在する。
B6	プロジェクトサイトの近くに EFB を受け入れる設備があれば可能である。	サラワク州で存在する既存の設備では大量の EFB を処理しきれない。	サラワク州での EFB のバイオマスコジェネレーション事業自体、現在バリデーションの CDM1 件（クチンとムカ）以外前例が無い。	技術、慣行バリアが存在する
B7	プロジェクトサイトの近くに EFB を受け入れる設備があれば可能である。	サラワク州で存在する既存の設備では大量の EFB を処理しきれない。	サラワク州での EFB のバイオマスコジェネレーション事業自体、現在バリデーションの CDM1 件（クチンとムカ）以外前例が無い。	技術、慣行バリアが存在する。
B8	保水材として利用されているがそれ以上の EFB が廃棄されている。	保水材として利用されている。	保水材として利用されている。	投資バリアが存在する。

#### 追加性証明の結果

- P4：系統連携された発電所で発電
- B2：5 メートル以上深いランドフィルなど明らかに嫌気性の状態でバイオマス残さが分解される。(EFB の代替シナリオ)

以上の2つの代替シナリオが残り（ベースライン・シナリオ）、これら P4,B2 を含んだシナリオ 16 が採択される。(3.2.3 参照)。なお、発熱の代替シナリオが存在しないが、こちらはファイバーとシェルのバイオマス残さの対象となる。ただし、もともとベースラインがバイオマス残さを利用した発熱事業であるので排出削減量は無しとする。保守的観点から

しても妥当な処置であると考えられる。

## (2) ACM0014 の追加性の証明

ACM0014 においては“Tools for the demonstration and assessment of additionality”を利用して追加性の証明を実施する。以下の追加性の分析を実施した表で灰色に塗られた行は、代替シナリオとして適用外である事を示している。

### ステップ 1 代替シナリオ案の特定

**表 30 : 排水処理の代替シナリオ**

W1	オープンラグーンによる排水処理
W2	近くの水域に排水を直接排出
W3	好気性排水処理施設
W4	メタン回収とフレアリング付き消化槽
W5	発電及び発熱に利用するメタン回収とフレアリング付き消化槽

**表 31 : 発電の代替シナリオ**

E1	自家発電所での化石燃料による発電
E2	系統連携された発電所での発電
E3	再生可能エネルギーによる発電

**表 32 : 発熱の代替シナリオ**

H1	自家コージェネレーション発電所での化石燃料による熱エネルギーの生産
H2	化石燃料を利用してボイラーで熱エネルギーの生産
H3	再生可能エネルギーによる熱エネルギーの生産

### ステップ 2 法的義務に則しているかの確認

W2 はマレーシアの法律とサラワク州の規定で規制されている  
(サラワク州の排水の BOD 規定値は 20mg 以下である。)

それ以外のシナリオはマレーシアの法律に準拠している。よって W2 以外は次のステップに進む事ができる。

### ステップ 3 バリア分析

“Tools for the demonstration and assessment of additionality”のステップ 3 を利用する。

サブステップ 3a 代替シナリオの実現を阻止するバリアの特定：

- 投資バリア
- 技術バリア
- 慣習バリア

以上の 3 項目が代替シナリオの実現を阻止するバリアである

サブステップ 3 特定されたバリアによって実現を阻止されない代替シナリオが最低一つ存在する事を実証する：

表 33：消去される排水処理の代替シナリオの特定

シナリオ	投資バリア	技術バリア	慣習バリア	コメント
W1	実施されている	実施されている	実施されている	バリアは存在しない
W3	好気性処理するにはエネルギーを消費して酸素を供給する必要がある。エネルギーを消費せずに処理できる嫌気性処理と比較して明らかにコストがかかってしまう。	ラグーンに大量の酸素を送り込むポンプが必要なので技術的には可能である。	サラワク州においては POME 好気性処理するパーム・ミルは存在しない。	投資バリア、慣習バリアが存在する。
W4	メタンを回収してフレアリングする法的な義務はマレーシアにおいて存在せず、またこれを実施しても支出だけで収入はないので現実的ではない。	カバードラングーン等を使用してメタンを回収・フレアリングできる。	サラワク州において CDM 事業以外で POME からのメタンとフレアリングを実施しているミルは存在しない。	投資バリア、慣習バリアが存在する。
W5	メタンを回収してフレアリングする法的な義務はマレーシアにおいて存在せず、また初期費用が高くバ	技術的には可能であるが、不確定要素も多い。	サラワク州において CDM 事業以外で POME からエネルギー利用目的でバイオガス回収を実施して	投資、慣習バリアが存在する。

	イオガス利用によるエネルギーコスト削減効果も少ない。		いるミルは存在しない。	
--	----------------------------	--	-------------	--

表 34 : 消去される発電の代替シナリオの特定

シナリオ	投資バリア	技術バリア	慣習バリア	コメント
E1	ファイバーやシェルのバイオマス残さが存在するパーム・ミルでは自家発電用に化石燃料を購入するのは経済的ではない。	ディーゼル自家発電機等の化石燃料ベースの自家発電は可能である。	ディーゼル自家発電機はサラワク州でも利用されている。	投資バリアが存在する。
E2	既存の状況である	既存の状況である。	既存の状況である。	バリアは存在しない。
E3	再生可能エネルギーの導入ではコストがかかりすぎてしまう。	ソーラーやヒートポンプを利用した場合、十分な熱量を確保するのに相当量の設備が必要となってしまう技術的課題も多い。	サラワク州でのパーム・ミルではヒートポンプ、ソーラー発電利用の事例が無い。	投資、技術、慣習バリアのいずれも存在する。

表 35 : 消去される発熱の代替シナリオの特定

シナリオ	投資バリア	技術バリア	慣習バリア	コメント
H1	ファイバーやシェルのバイオマス残さが存在するパーム・ミルではコジェネレーション用に化石燃料を購入するのは経済的ではない。	コジェネレーション発電は可能である。	コジェネレーションはサラワク州のパーム・ミルでも利用されている。	投資バリアが存在する。
H2	ファイバーやシェルのバイオマス残さが存在するパーム・ミルではボイラー燃料として化石燃料を購入するのは経済的では	化石燃料炊きのボイラーは一般的な技術である。	サラワク州にも化石燃料炊きボイラーは存在する。	投資バリアが存在する。

シナリオ	投資バリア	技術バリア	慣習バリア	コメント
	ない。			
H3	既存の状況である	既存の状況である。	既存の状況である。	バリアは存在しない。 ここでの「再生可能エネルギー」は <b>Fiber, PKS</b> などのバイオマス残さである。

### ステップ4 残りの代替シナリオの経済性の比較

#### 3.10 経済性分析参照

#### 追加性証明の結果

- W1：オープンラグーンによる排水処理
- E2：系統連携された発電所での発電
- H3：再生可能エネルギーによる熱エネルギーの生産

以上の3つのシナリオが残り、ベースライン・シナリオとなる。

## 4 事業を通じたコベネフィットの実現

### 4.1 背景

本事業は、以下の点で現地国の公害対策に貢献すると考えている。

#### 【大気汚染の改善】

本事業で採用する CFB（循環流動層）ボイラは、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、PM などの削減に寄与すると考えられており、サラワク州のエネルギー開発によって避けられない大気汚染が、本事業の実施により大気汚染を伴わない形での電源開発を可能にすることが出来ると考えている。

#### 【水質の改善】

POME は COD 値が 5 万 mg/L 以上と非常に高く、環境基準値までに下げるには時間を要した、ラグーンから浸出している可能性もある。EFB は簡易的に埋め立てられるが、そこからの浸出液が河川に流れている可能性がある。本事業では POME と EFB の有効利用により、これらの問題を解決できると考えられる。

### 4.2 事業サイトにおける公害防止の内容

本プロジェクトによって地域の環境改善に貢献すると考えられる項目は大気汚染の緩和、水質の改善、臭気の緩和、害虫発生防止が挙げられる。

EFB の野焼きを回避する場合、森林火災の防止や煙の抑制にもつながる。臭気の緩和は確実に把握できるがもともと周囲に住居がないところに作られているのでその効用はミルの労働環境の改善に限定される。

#### 4.2.1 コベネフィットの評価手法

##### 大気汚染

コベネフィットの定量評価は NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> の比較を通じて測定することが望ましいと考えられる。ミルで操業している自家消費用ボイラーのばい煙のデータを、導入する設備のそれと比較することにより、近隣の大気環境の改善を定量的に示すことが出来ると考える。

表 36 排ガス性状比較

	EFB 発電所からの排ガス	一般的な石炭発電からの排ガス
SO <sub>2</sub>	23 ppm-6%O <sub>2</sub>	126 ppm-6%O <sub>2</sub>
NO <sub>x</sub>	99 ppm-6%O <sub>2</sub>	216 ppm-6%O <sub>2</sub>
HCl	8 ppm-6%O <sub>2</sub>	14 ppm-6%O <sub>2</sub>

本プロジェクトプラントからの排ガスのデータを環境局に Stack Emission Monitoring Report にまとめて提出必要があるためそのデータをコベネフィットの指標として利用することができる。

## 水質汚染

POME 排水の質の向上と河川の水質改善に関しては現在ミルから排水が河川に放水された事がないので水質改善効果を断定するのが難しい。今後、排水の定量評価はプロジェクト実施前とプロジェクト実施後の計測値の変化を分析することができるが、プランテーションに放置された EFB からの浸出液等による河川水質の変化を定量評価することは難しい。特に他のプランテーション、工場からの浸出液もあるため、汚染源を特定することができない。定量評価は排水の性状分析のみとするのが現実的な対策であると考えられる。

表 37 : 排水基準

パラメーター	単位	基準値
BOD	mg/L	20 以下
Suspended Soil	mg/L	100 以下
Oil & Grease	mg/L	25 以下
Ammoniacal Nitrogen	mg/L	100 以下
Total Nitrogen	mg/L	100 以下
pH		5-9(範囲)
Temperature	°C	45 以下

上記の測定項目は **Wastewater Monitoring Report** として毎年環境局に提出する必要があるので環境基準をベースラインとして実測値を比較する事ができる。本事業が開始される以前にセラングウミルが **Wastewater Monitoring Report** を環境局に提出した場合はそのデータを比較対象とする事もできる。

### 4.2.2 サラワク州の環境モニタリング体制

サラワク州環境局は河川、海、土壌と大気などの環境データの測定を実施している<sup>14</sup>。これらの環境測定はマレーシア全土で行われている。環境局の測定データは大気汚染状況や河川の水質などであり、コベネフィット指標で利用している排ガスや排水データと直接的には比較できない。ただし、今後近隣の大気の状態や河川の水質検査を実施した場合にサラワク州及びマレーシア全土のデータと比較する事ができる。

### 大気汚染のモニタリング

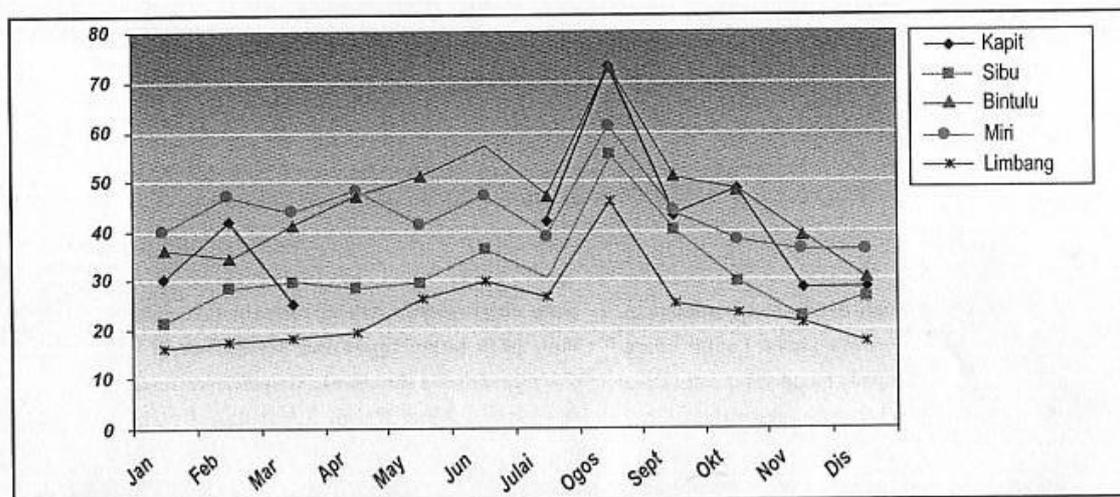
マレーシアでは、大気汚染の状況を示す **Air Pollution Index (API)** のデータを全国で収集し公表している。API は大気の一酸化炭素(CO)、オゾン(O<sub>3</sub>)、二酸化窒素 (NO<sub>2</sub>)、二酸化

---

<sup>14</sup> Laporan Tahunan Annual Report 2004, Jabatan Alam Sekitar Negeri Sarawak, Malaysia

硫黄(SO<sub>2</sub>) 浮遊粒子状物質(PM<sub>10</sub>)のデータを測定する。APIが 0-50 はきれいな大気(clean)、51-100 は中等の大気(moderate)、101-200 は汚染された大気(unhealthy)、201-300 は非常に汚染された大気(very unhealthy)、301 以上は危険な大気汚染(hazardous)と解釈されている。APIが 500 以上の場合は観測地域に非常事態宣言が発動される。2004 年においては8月を除いてAPIは50以下であった。8月には伝統的な農法である野焼きが集中的に実施されたためにAPIが50を超えたと考えられている。マレーシアでは、自動計測によりAPIはモニターされており、サラワク州にも大気汚染の自動計測所が10箇所存在する。シブ市では大気汚染の自動計測できる設備が警察署に備え付けられている。

図 19: 2004 年におけるサラワク州の各地域での月間 API 平均値



Sarawak: Average Air Pollution Index Profile with Corresponding Division for Year 2004

表 38 : サラワク州における連続自動測定が実施されている観測所

Division	Location	Type of Index Measurement
Kuching	Makmal Ubat, Pending ( <i>Medication Lab, Pending</i> )	PM <sub>10</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , CO, THC
Kuching	Kolej Lat, Telekom ( <i>Lat College, Telekom</i> )	PM <sub>10</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> and CO
Samarahan	Pejabat Daerah ( <i>Regional Office</i> )	PM <sub>10</sub>
Sri Aman	Pejabat Residen ( <i>Resident Office</i> )	PM <sub>10</sub>
Sarikei	Balai Polis ( <i>Police Station</i> )	PM <sub>10</sub>
Sibu	Balai Polis ( <i>Police Station</i> )	PM <sub>10</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> and CO
Kapit	Stadium Tertutup ( <i>Closed Stadium</i> )	PM <sub>10</sub>
Bintulu	Balai Polis ( <i>Police Station</i> )	PM <sub>10</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> and CO
Miri	Sek. Men. Permaisuri ( <i>Permaisuri Secondary School</i> )	PM <sub>10</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> and CO
Limbang	Dewan Suarah ( <i>Civic Centre</i> )	PM <sub>10</sub>

#### 河川の水質のモニタリング

サラワク州の 21 河川には 104 のモニタリング・ステーションが存在する。BOD、COD、SS、pH、DO、NH<sub>3</sub>-N が測定され、Water Quality Index (WQI) が算出されている。WQI が 81-100 の場合はきれいな水質 (Clean; B)、60-80 の場合は中等の水質 (Moderately Polluted; ST)、0-59 の場合は汚染された水質 (Polluted; T) と評価される。1994 年から 2004 年にかけてサラワク州では 6 つの河川の水質の改善が見られたが 12 の河川の水質の低下が観測された。WQI はマレーシア全土の環境局で利用されているので、河川の時系列での変化のみならず、全国の河川同士も比較する事ができる。本事業サイトは Mukah River の上流に位置している。

表 39 : サラワク州の河川の WQI

Basin	Number of Stations	River	Water Quality Index (WQI) Average	Status	Class
Kayan	4	Kayan Sematan	84	B	II
Sarawak	18	Kuap Maong Kiri Santubong Sarawak Sarawak Kanan Sarawak Kiri Semenggoh Tabuan Samarahan	79	ST	II
Sadong	6	Karangan Sadong Tarat	81	B	II
Lupar	7	Ai Lupar Sekerang Seterap Undup	80	ST	II
Saribas	2	Rimbis Saribas	80	ST	II
Kerian	3	Kerian Seblak	79	ST	II
Rajang	20	Binatang Julau Meradong Rajang Sarikei	82	B	II
Oya	3	Oya	74	ST	III

Kayan	4	Kayan Sematan	84	B	II
Sarawak	18	Kuap Maong Kiri Santubong Sarawak Sarawak Kanan Sarawak Kiri Semenggoh Tabuan Samarahan	79	ST	II
Sadong	6	Karangan Sadong Tarat	81	B	II
Lupar	7	Ai Lupar Sekerang Seterap Undup	80	ST	II
Saribas	2	Rimbias Saribas	80	ST	II
Kerian	3	Kerian Seblak	79	ST	II
Rajang	20	Binatang Julau Meradong Rajang Sarikei	82	B	II
Oya	3	Oya	74	ST	III
Mukah	4	Mukah	75	ST	II
Balingian	2	Balingian	78	ST	II
Tatau	1	Tatau	84	ST	III
Kemena	3	Kemena Sibiu	80	B	II
Similajau	1	Similajau	82	B	II

Suai	1	Suai	81	B	II
Niah	5	Niah Sekaloh	77	ST	III
Sibuti/Kabuloh	6	Kabuloh Kejapil Satap Sibuti	81	B	II
Miri / Lutong	4	Lutong Miri	69	ST	III
Baram	4	Baram	76	ST	III
Limbang	5	Limbang	81	B	II
Trusan	1	Trusan	85	B	II
Lawas	2	Lawas	87	B	II
Total Stations	102				

Notes: 1. WQI represents: BOD, COD, SS, pH, DO, NH<sub>3</sub>-N

2. Status: B = Clean (81-100), ST = Moderately Polluted (60-80), T = Polluted (0-59)

## 5 事業化に向けての見込み・課題

### 5.1 売電価格の決定

本事業の収入源であるサラワク・エナジーへの買電価格について、先述の通り、RM0.18/kWhでの交渉がされている。しかし、依然としてPPAを締結するに至っておらず、収支計画を確定することが出来ない。レートが定まらない理由はいくつか指摘されている。サラワク・エナジーとしては、電源開発の核である水力発電計画の遅れが著しく、これを補うためにも多く賦存するバイオマスに依拠した発電事業開発に期待している。また、現状のREPPAは参画する発電事業者と買い上げる電力会社との間で個別取引の形態をとっており、発電事業者からは電力売買価格の決定に対する透明性を求める声が強い。このため、サラワク・エナジーでは、買上価格の引き上げと定額制を採用することも模索されている。

### 5.2 運転パターンの確定

本事業の収入源であるサラワク・エナジーへの買電価格について、RM0.18/kWhでの交渉がされている。しかし、依然としてPPAを締結するに至っておらず、収支計画を確定することが出来ない。レートが定まらない理由はいくつか指摘されている。サラワク・エナジーとしては、電源開発の核である水力発電計画の遅れが著しく、これを補うためにも多く賦存するバイオマスに依拠した発電事業開発に期待している。また、現状のREPPAは参画する発電事業者と買い上げる電力会社との間で個別取引の形態をとっており、発電事業者からは電力売買価格の決定に対する透明性を求める声が強い。このため、サラワク・エナジーでは、買上価格の引き上げと定額制を採用することも模索している。

### 5.3 FFBの生産計画

本事業の発電量は現状のパーム残さの量ではなく、将来的に増加するであろうパーム残さの量を推定し、その処理に適したバイオマス発電設備の設計を行っている。パーム残さの量の推定は将来的なFFB処理量の計画に基づいており、このFFB処理計画はRH社のパーム農園のFFB生産計画に従っている。本F/S調査においては現状のFFB処理量の確認、RH社のFFB増産計画の調査、及びそれに基づくCO<sub>2</sub>削減量の算定を行ったが、今後の事業実施にあたっては、どの程度FFBが確実に増産されるのか、FFBが増産できないリスクは存在するのか、計画通り増産されない場合や発電に必要なバイオマス残さの量が確保できない月があった場合に他社のパーム農園からFFBやバイオマス残さを確保できるか、などの発電事業の立場からバイオマス残さの確保に関してのより詳細な調査を実施し、安定的にバイオマス残さを供給できるようにリスクマネジメント体制を整備しておく必要がある。