

## 1. 調査の背景

### (1) ホスト国の JCM に対する考え方

現在、我が国とミャンマー国の双方の政府機関は両国間での JCM の覚書締結に向けて協議中であること、JCM 実施に向けた具体案件があることがミャンマー国の JCM への理解を具体化し、同国との覚書締結の促進に役立つと聞いている。また、現在の協議の状況から、早ければ本年度内に、また遅くとも 2015 年度内に両国間での覚書締結が行われる状況にあるともされている。

これらのことから、ホスト国の JCM に対する考え方は、既に協定関係にある他国と同様に、JCM 制度を、同国内への先進的な技術の導入の契機として、また温室効果ガス削減にも貢献できる仕組みとして肯定的に捉えていると推定される。

### (2) 企画立案の経緯・背景

#### 1) 経緯・背景

ミャンマー国では、同国の食生活に必要な食用パーム油の生産が増大している。提案する同国最大のパーム園では、製油工程で高濃度の有機物を含む廃水(POME)が沈澱池を経て排出されている。このため、①沈澱池や下流河川でのメタン放出、②高濃度排水による環境影響を引き起こしている。これについて、パーム園所有会社の役員も課題を認識しており、日本側からの提案以前には、対策技術の情報を隣国のタイなどから入手していた。しかし、生成ガスの有効活用策が具体的でなく、また日本技術への信頼性から、よい事業計画が立案できれば実施したい意向を示していた。

#### 2) 提案者の動機

日建設計シビルは、今後発展が見込まれるミャンマー国を対象に、ティラワ工業団地の技術支援などをはじめとして、同国での都市・地域計画や環境分野での業務拡大を進めていた。これに平行して、ミャンマー国も含めた途上国において、人口の都市集中ともなう都市と農村での経済格差や、都市化による環境悪化や地球温暖化が進むことに対する改善方策を検討していた。このなかで、ミャンマー国では、電力不足が顕著であり同国の地域発展には何らかのエネルギー供給策が必要であると認識するとともに、ミャンマー国の農業国としての性格から、農業廃棄物のバイオマスエネルギー源への活用方策の可能性を検討していた。とくに、我が国では近年の「バイオマスニッポン」政策などでバイオマス利活用技術は大きく進歩したが、そのなかでも有機性廃棄物における発酵技術は、我が国よりも高温であるミャンマー国などの低緯度地域の国々への適用が合理的かつ有効であると認識していた。このような背景のもと、地域開発に有効となる豊富なバイオマス資源が発生する観点から、比較的大規模なパーム産業に着目し、現地からの情報収集を分析した結果、同国の代表的なパーム油生産企業への我が国の環境技術の適用とそれによるエネルギー回収が、双方の国・企業にとって有効であると考えに至った。

日本総合研究所は、これまで我が国による CDM～JCM の方法論の開発などに積極的に取り組んでおり、シンクタンクとして地球温暖化対策の分析・評価技術の開発を通して問題解決への貢献を目指しているところである。また、ミャンマー国においては、他にも複数の

調査・研究業務に取り組んでおり、発展が期待される同国での領域拡大に対して、本件での活動が総合的にみて貢献するものと考えている。

### 3) 事業オーナーの実施意欲

パーム油担当役員は海外諸国への留学経験をもち、グローバルな地球温暖化対策の動き、大企業である自社の社会的役割についての意識が高い。このPOMEのバイオマス活用技術についても、すでに他国からの情報を集め基礎的な検討を進めており、よい事業計画が立案できれば取り組みたいとの意欲を示している。

### 4) プロジェクト参加者の意欲

クボタは、諸般の事情から本FSでは協力企業の位置づけでの参加であるが、POME対策事業が実際のプロジェクト段階となる場合には、事業主体者となる可能性をもつ。同社は、世界的に取り組まれつつあるPOME対策に関して、日本国内の食品製造廃水等を対象に独自に開発してきた膜処理+メタン発酵技術を、東南アジア諸国のPOME対策とするため、同地域で普及活動を近年に開始し、インドネシアやマレーシアで実プラントの受注実績を持っていた。

同社は、ミャンマー国でもティラワ工業団地の排水処理施設の受注などを通して同国での事業展開を開始しているほか、同社が得意とする農業分野も、農業国であるミャンマー国の特性に適合することなどから、今後、発展が期待される同国での業容拡大に対して前向きである。

ミャンマー国のパーム油生産量は、東南アジア諸国であるマレーシア・インドネシア等に比べてまだ小さいものの、同国でのPOME対策にも、ビジネス参入の可能性を期待している。

また、POME対策としてバイオマス活用による発電が可能であるうえ、パーム油生産を行う各国でも近年にFIT制度が導入されつつあることから、POME対策が企業収益につながる可能性が出ている。このため、パーム油生産国をはじめ欧米各国の環境技術をもつ企業が、このPOME対策事業に参入しているが、このような状況のもとで日本企業が、POME対策のシェアを上げるためには、まず現地での受注実績を増やすこともシェア拡大の一助となり得る。このような観点からも、同社はJCM制度を活用した同社特有の技術・製品の普及に意欲を持っている。

### 5) ホスト国のプロジェクトニーズ

ホスト国は2011年に、約50年間続いた軍政から民政に移管し、テイン・セイン大統領の下で民主化と経済改革を進めている。これにより、新しい技術や投資を諸外国から導入し、同国の発展を一層推進するとされている。一方で、同国の農林水産分野のGDPは全体の36.4%(2012, 農水省)で、依然として大きな比率を占めるうえ、なかでもパーム油生産や水産養殖など換金性の高い分野には、比較的大規模な資本が投下され近代的な生産体制がとられる傾向がある。

とくにパーム油生産に関しては、同国の食生活で植物油とくにパーム油が多量に消費され

るが自国生産量が消費量に満たないため、一部をマレーシア等からの輸入に頼っている。このため、自国内でのパーム油生産量の増加は、外貨獲得に努力する同国のなかで早急に解決すべき経済的課題のひとつでもあり、その生産の拡大が進められている。

さらに、パーム油は、菜種、大豆、ひまわりなどの各種の植物油類のなかで、単位面積あたりの熱量としての生産効率が最大であることや、生産地が途上国の多い低緯度地域に限定されることに関係して生産コストが比較的安価である特徴をもつ。このため、これらの理由によりパーム油は増産が続き、最近では植物油類のなかで生産量が最大となっており、このような増産傾向は世界的にみても当面は継続すると考えられる。

ホスト国におけるパーム油生産事業は、同国の農業分野のなかでも比較的大規模かつ近代的に経営されているうえ、前述のようにパーム油は同国の食生活において認知度も高い製品である。このため、この生産過程で発生している環境問題の改善は、同国における地球環境問題への対応と廃水水質の改善対策として理解されやすく、ホスト国としてもプロジェクトニーズとして有効かつ理解しやすいものと考えている。

#### 6) カウンターパートとの調整状況

基本的に2つの企業の商取引であるため、カウンターパート(相手側所管省庁)は大きな役割を果たすものではないと考えている。しかしながら、農業分野への新技術の導入という意味では、「農務省(Ministry of Agriculture & Irrigation)」の「Department of Agricultural Research」が所管すると考えている。

## 2. 調査対象プロジェクト

### (1) プロジェクトの概要

(プロジェクトの骨子)

ミャンマー国南部、タニンダリー管区の大規模パーム園でのパーム製油事業において、日本メーカーの海外実績あるメタン発酵技術を導入し、製油廃水(POME)のバイオマスから得られるメタンを生成・活用し、

- 1) 化石燃料を代替しエネルギー起源の温暖化ガスの排出を削減する、
- 2) POMEの貯留 Pond における大気中へのメタンガスの自然排出を削減する、

ことを計画している。

また、POMEからメタンを効率的に回収し活用することで、パーム製油事業者には、

- ①製油事業などで使用される化石燃料をメタンガスで代替できる、
- ②廃水の沈殿浄化のため使用している貯留用 Pond が不要となる(用地の有効活用ができる)、

③廃水中の有機物の効率的な除去により放流先の水環境の改善が図ることができる  
といったメリットがある。

一方で、パーム油事業者には設備費と維持管理費の負担が生じるため、このプロジェクトの実現化のためには、パーム製油事業者が、①メタンガス回収の提案企業の技術・サービス等が競合対象よりも優れていると判断すること、②発酵メタンの有効活用を含めて投資効果が具体的となり投資に適した水準のプロジェクトであると判断されること、の2点が最も重要な点となる。

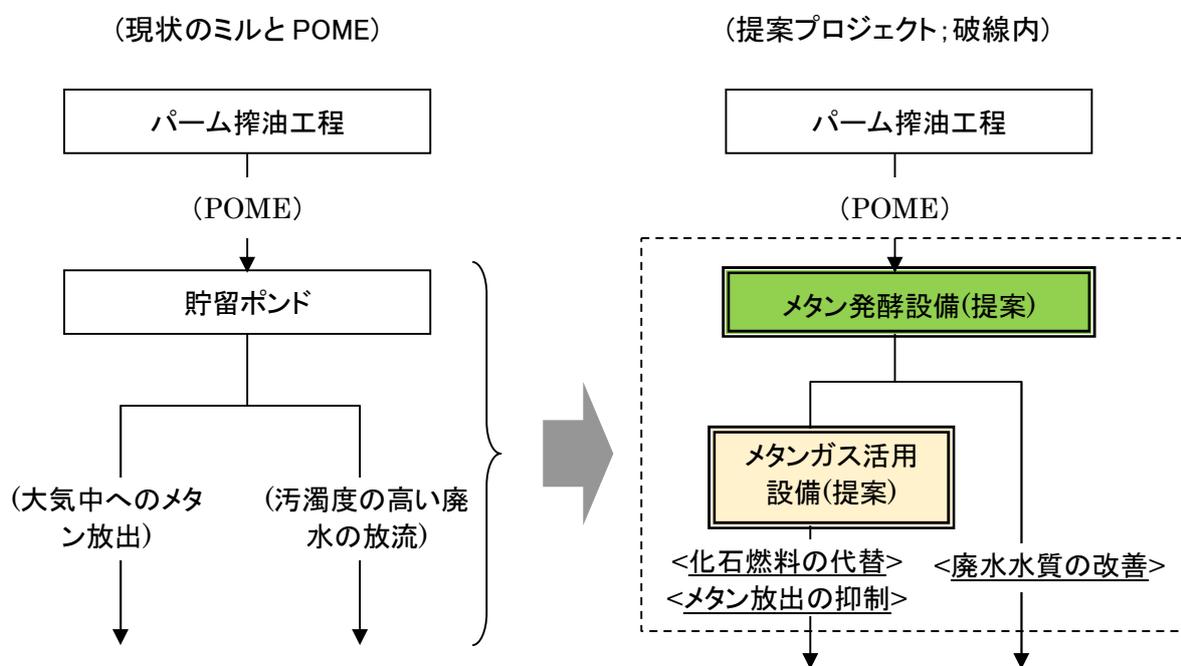


図 2.1 提案プロジェクトの概念図

(プロジェクトの実施主体)

表 2.1 JCMプロジェクトの実施主体と設備導入者

区分		名称	所在地
JCMプロジェクト実施主体	本社事業所	YUZANA Group of Companies YUZANA Co., Ltd.	No130, Shwe Gon Dine Road, Bahau Township, Yangon Myanmar
	パームミル	Kawthaung Mill	38mile Khamauk Gyi Township Tanintharyi Division, Kawthaung District, Myanmar
設備の導入者		クボタ	大阪市浪速区敷津東 一丁目2番47号

(プロジェクトの内容)

提案するプロジェクトは、大きく分けて「メタン発酵設備」と「メタンガス活用設備」で、このうち「メタン発酵設備」は、クボタが開発し普及させつつある“高温発酵条件での膜・メタン方式”である。以下に、メタン発酵設備とガス活用設備に区分して説明する。

1) メタン発酵設備

提案するメタン発酵設備は、POMEを高温のままタンク内で発酵させ、POMEに含まれる有機成分をメタンガス等に転換するものである。標準設備として、メタン発酵槽(タンク)のほかに、幾つかの付帯機器類を要する。

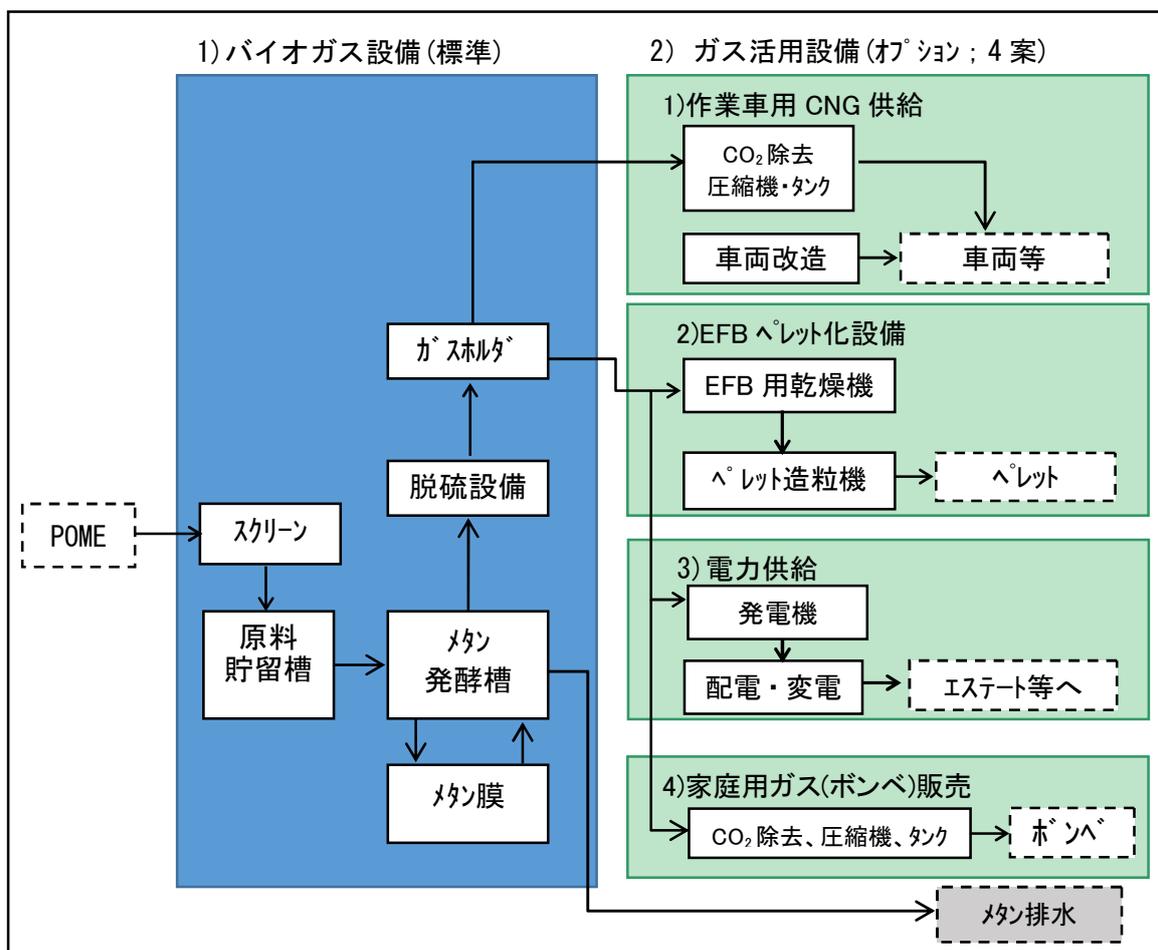


図 2.2 プロジェクトでの設備計画

本方式は、我が国で汚水処理等の効率化とバイオマス活用技術の推進の成果から生まれた高効率の処理技術である。バイオガスの効率的な抽出のために高温発酵 (Thermophilic, POMEでは50~55°Cで計画)を条件としているが、POMEの場合には、搾油過程ですでに加温状態で排出されるほか、ミャンマーの気温が高いため、高温発酵方式の適用は合理的と考えられる。

また、日本で実用化されてきたろ過膜(平膜)を消化タンク内に設置し、水分・アンモニア等の発酵阻害物質をある程度除去することで、バイオガスの発酵を効率化させるとともに、消化タンク容量の縮減を可能としている。さらに、(膜なし)タンク方式がもつ消化タンク内の性状均質化の利点もあわせもつため、この方式によって流入COD<sub>Cr</sub>のメタン当量の転換率は平均的に78%程度と比較的高く、また安定性のある反応を可能としている。

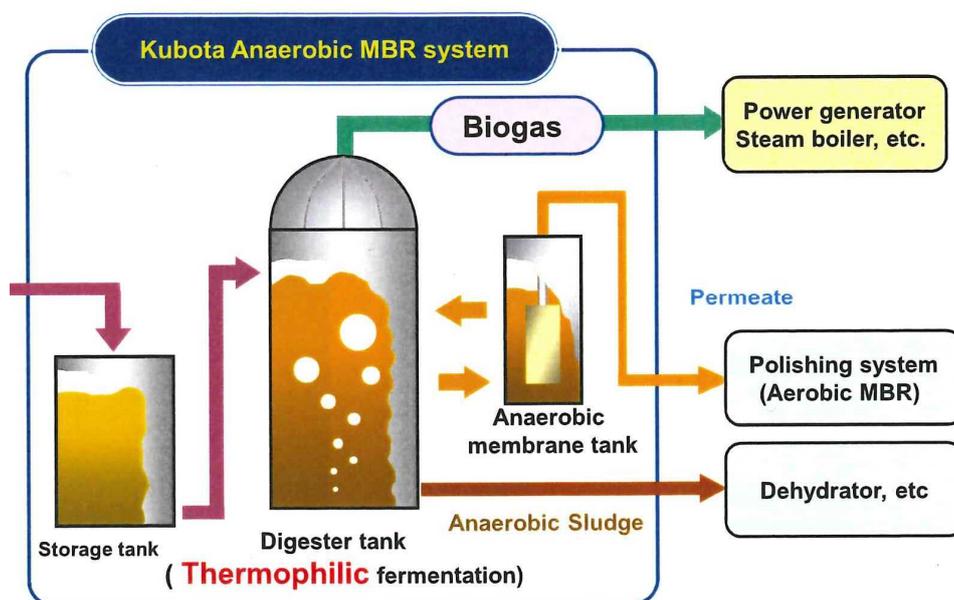


図 2.3 プロジェクトのうちバイオガス生成設備の概念図  
資料)クボタ



写真 バイオガス生成設備の外観例(マレーシア国、写真クボタ)

2) 計画条件

表 2.2 POMEによるバイオガス生成施設の計画条件

項目	詳細	計画内容	備考
ミルの FFB 処理能力	時間最大	120 (t/hr)	設備の能力
FFB の収穫量	ピーク期の日最大	1,800 (t/d)	約 3 ヶ月
	年総量	408,000 (t/y)	年間変動を考慮
対象 POME 量	ピーク期の日最大	1,080 (t/hr)	約 3 ヶ月
	年総量	244,800 (m <sup>3</sup> /y)	年間変動を考慮
POME 水質 (COD Cr)	平均	60,000 (mg/L)	調査と文献から設定
メタン生成方式		膜型高温メタン発酵	クボタによる
生成ガス量	ガス全体年最大	7,025,760 (Nm <sup>3</sup> /y)	CO <sub>2</sub> 等含む
	メタン年最大	4,215,456 (Nm <sup>3</sup> /y)	

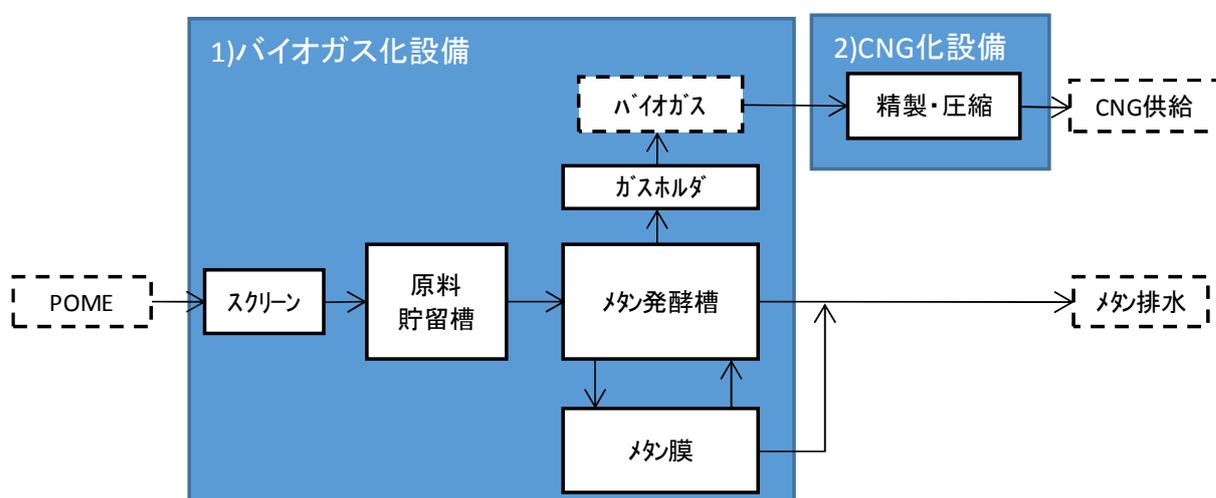


図 2.4 バイオガス生成のための標準の設備フロー (CNG 利用のケース)

3) 導入効果

表 2.3 POME 処理・活用による効果

項目	詳細	計画数値	備考
メタンガス生成量	膜型高温メタン発酵	2,864 t/y	転換率 78%
GHG 放出削減 ※非エネルギー起源	①ポンド放出メタン	1,469 t/y	POME ポンド; 40%転換
	②削減量	30,849 t-CO <sub>2</sub> /y	=①×21(メタン係数) ※方法論値とは異なる
活用削減(CNG 車) ※エネルギー起源	③軽油の削減量	3,100 kL/y	検討結果
	④CO <sub>2</sub> の削減量	8,122 t-CO <sub>2</sub> /y	=③×2.62(軽油)
CO <sub>2</sub> 削減量	非エネルギー→エネルギー起源	38,971t-CO <sub>2</sub> /y	=②+④
水質改善 (COD Cr)	現況	≒60,000 mg/L	調査と文献から設定
	設備導入後	約 6,600mg/L	COD の 78% 転換 × 沈殿量 50% 削減とした

注) ここでの GHG 削減量は施設の設計手法に基づき算出しており JCM 方法論、とは異なる。

4) 設備構成と費用（発電利用の場合）

表 2.4 バイオガス活用のための標準設備とその概略仕様（発電利用の場合）

設備	構成機器
1) バイオガス化設備	1)-1 スクリーン
	仕様：振動スクリーン（40m <sup>3</sup> /h×2台）
	付属：ろ液タンク、ろ液移送ポンプ
	1)-2 原料貯留槽
	仕様：円筒縦型（2,200m <sup>3</sup> ）
	付属：上部ルーフ、攪拌ポンプ、投入ポンプ
	1)-3 メタン発酵槽
	仕様：円筒縦型（9,000m <sup>3</sup> ）
	付属：上部ガスホルダ、攪拌ポンプ、汚泥引抜ポンプ、制御盤
	1)-4 メタン膜
	仕様：浸漬平膜（クボタ液中膜 200枚×10ユニット）
	付属：膜吸引ポンプ、RC造膜槽、膜洗浄ブロワ、汚泥循環ポンプ
	1)-5 余剰ガス燃焼装置
仕様：自然通風式（1,500m <sup>3</sup> /h）	
付属：供給ブロワ	
2) 発電設備	2)-1 バイオガス処理装置
	仕様：生物脱硫（1,300m <sup>3</sup> /h）
	付属：供給ブロワ、ドライヤー、発電機供給ブロワ、制御盤
	2)-2 発電機
	仕様：バイオガス発電機（1,400kW×2台）
付属：ラジエーター、制御盤	

表2.5 概算設備費

項目	数量	千円	thousand USD
バイオガス化設備	一式	370,000	3,200
発電設備	一式	220,000	1,900
計		590,000	5,100

注1) 関税、消費税等の税金は、上記には含まれていない。

注2) 上記には、土建費（機械基礎工事等）は含まれていない。

表2.6 概算年間維持管理費

項目	数量	千円	thousand USD
薬品代	一式	1,200	11
補修費	一式	30,700	270
人件費	一式	3,900	34
計		35,800	315

注1) 電気は、発電電力により自給とし、費用計上しない。

注2) 加温蒸気は、ミルの廃蒸気利用とし、費用計上しない。

注3) メタン膜洗浄薬品溶解水は、少量であるため、ミルより無償支給とする。

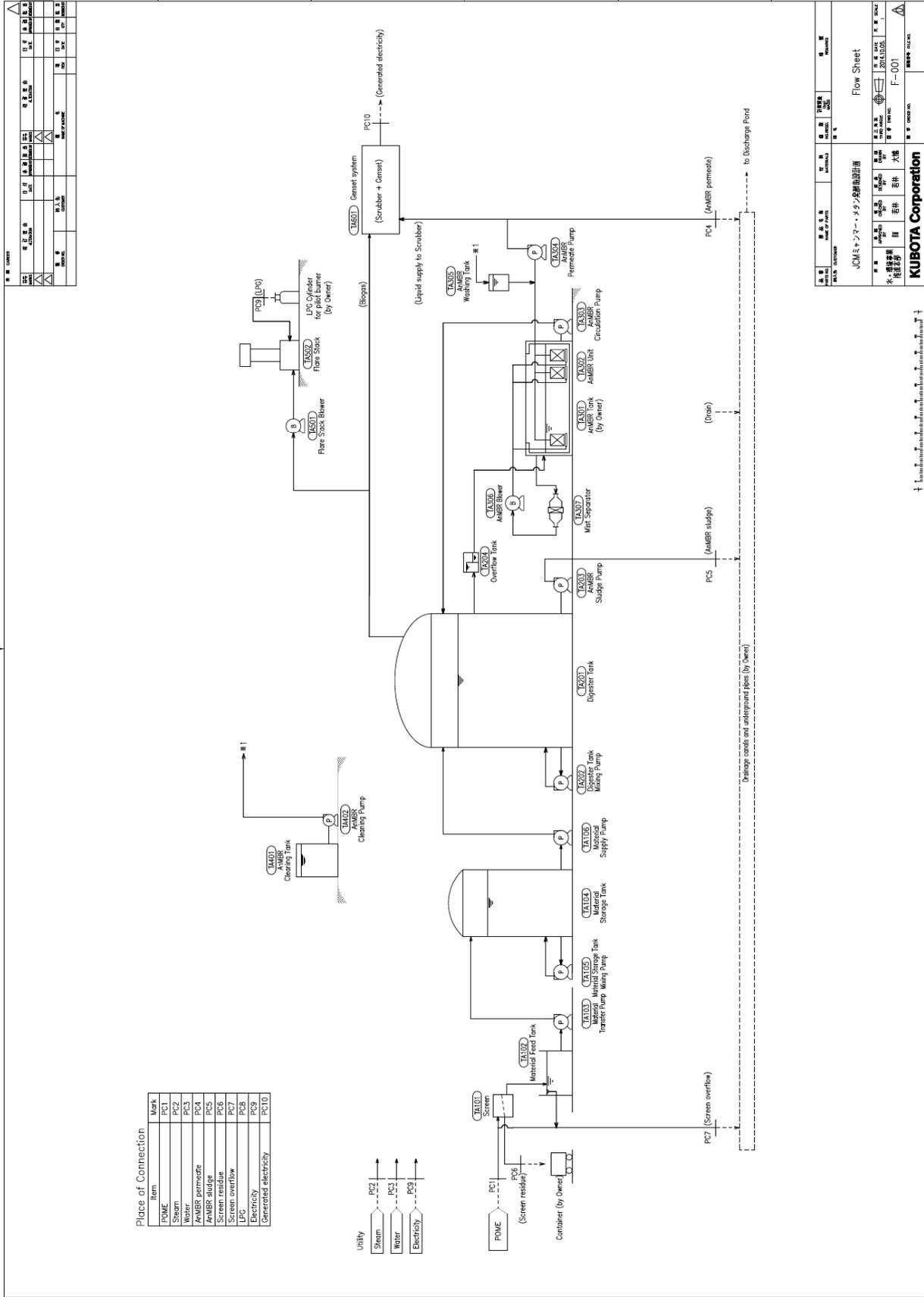
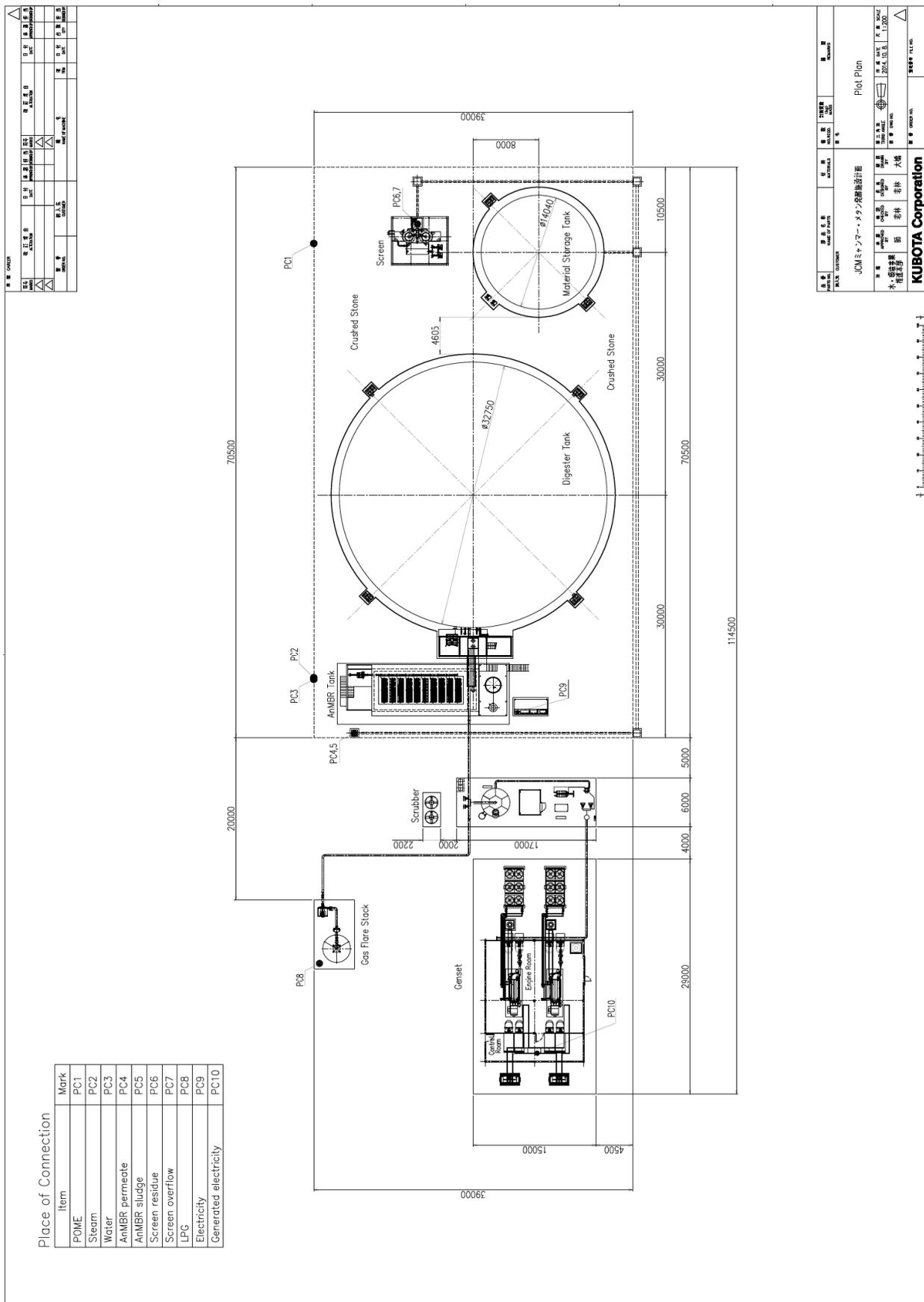


図 2.5 バイオガス生成設備システムフロー図

図名	バイオガス生成設備システムフロー図
図番	F-001
作成者	若林 若林 大株
承認者	
作成日	
承認日	
図面種別	設備配置図
所属	環境部
プロジェクト名	JCMストップウォッチ発酵施設計画
シート名	Flow Sheet
図面コード	F-001
縮尺	
備考	

KUBOTA Corporation



Place of Connection

Item	Mark
POME	PC1
Steam	PC2
Water	PC3
AnMBR permeate	PC4
AnMBR sludge	PC5
Screen residue	PC6
Screen overflow	PC7
LPG	PC8
Electricity	PC9
Generated electricity	PC10

項目	内容	単位	数量	備注
面積	敷地面積	㎡		
容積	貯留容量	立米		
重量	設備重量	トン		
その他	その他			

項目	内容	単位	数量	備注
面積	敷地面積	㎡		
容積	貯留容量	立米		
重量	設備重量	トン		
その他	その他			

図 2.6 バイオガス生成設備平面配置例

## 5) メタン活用設備

一方で、「メタンガス活用設備」には様々なものがあるため、相手企業の事業方針と投資効率の両面から最適とされる手法を相手企業が決定する必要がある。とくにPOMEからのメタンガス活用策として、比較的簡便であり経済性に優れるとされるFIT制度による売電については、ミャンマー国ではFIT制度が未だ整備されていないため適用できない。本調査の以前から、活用方策がプロジェクトの実現化のための重要な課題として認識されていたものである。これについては、相手企業も重視しており、ミルから約60kmにあるコータウン市に売電することも検討されたが、当時は市までの配電設備が高額となるうえ市内に発電量に見合う電力需要がないと判断され、それ以外については十分な検討が進んでいなかった。

本調査において現地のエネルギー消費実態を把握した相手企業との協議を行った中で、調査団は、POMEから得られるメタンガスの活用策として、現時点で下表に示す内容を提案している。

表 2.7 提案中のメタンガス活用方針の概要

	活用策	相手企業へのメリット	注意点
①	プランテーションで使用される作業車両の燃料(CNG)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現在の車両燃料の使用量の削減</li> <li>・エコフレンドリーなパーム園の経営実現</li> </ul>	✓ 車両の改造も必要となる。
②	EFBペレット加工用の乾燥用燃料など	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現在、土中還元するEFBへ付加価値化</li> <li>・EFBの堆肥化用ヤードが不要となる</li> </ul>	✓ バランスのとれた熱量・電力の利用計画
③	パーム栽培地区(エステート)の労働者世帯向け電力供給	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発電量燃料の使用量の軽減</li> <li>・労働者の居住環境の改善</li> </ul>	✓ 配電網の建設が必要となる。
④	コータウン市などへのガス燃料の販売	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガス販売による収入増</li> </ul>	✓ 市民のガス利用方法の習熟など

\*CNG; Compressed Natural Gas

① ガス活用案・1；プランテーションで使用される作業車両の燃料(CNG)

パーム園において月間に 400kL 程度消費される車両量のディーゼル燃料の削減ために、生成されるバイオガスを作業用車両のCNG燃料として用いる。

- ・ 基礎的計算で 年間 3,100 kL の燃料油 ( 3.2 Bil. Kyat ≒ 3.4Mil. USD) を代替できる。
- ・ ヤンゴンでは、バス・タクシーの多くが CNG 車両であり、同国では特殊な技術ではない。
- ・ 現在、世界では 1,702 万台の CNG 車両があり、その数は毎年増加している。

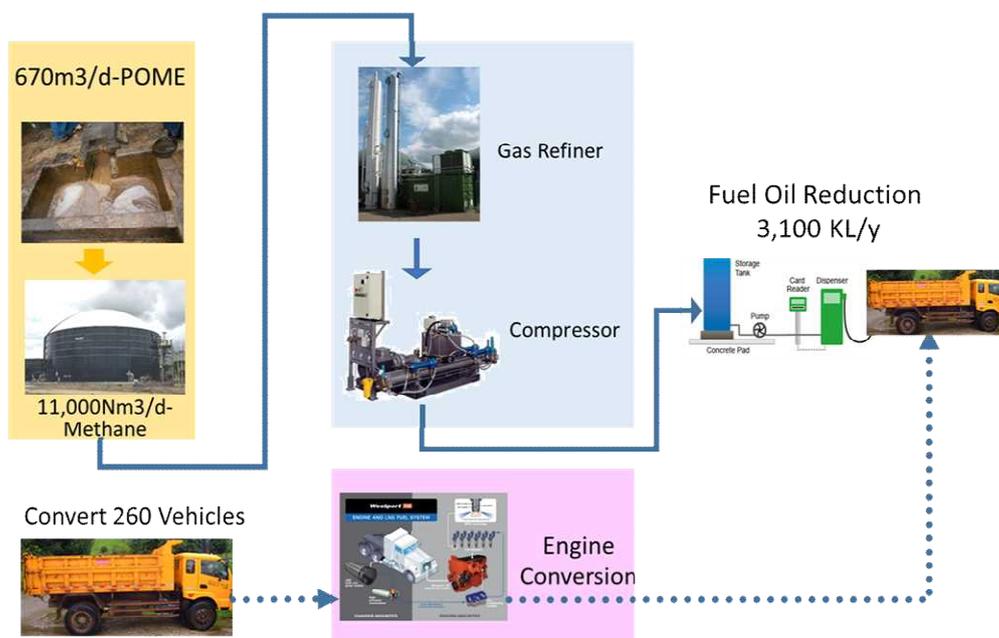


図 2.7 パーム園の作業車でCNG活用のイメージ

表 2.8 パーム園の作業車でCNG活用の計画諸元

項目	内容
1. 想定燃油代替量	軽油 3,100 kL /年 (現在の1年の消費量は 4,800kL。)
2. 燃料支出の削減額	32.6 億 Kyat /年 (340 万 USD/年)
3. ガス精製設備費用	スクラバー方式 50,000-100,000USD
4. コンプレッサー	圧力 10-20 気圧(10Bar) , 能力 800-1,000Nm <sup>3</sup> /hr
6. 車両改造費	約 2,000 USD/1 バス (ヤンゴンでの聞き取り)

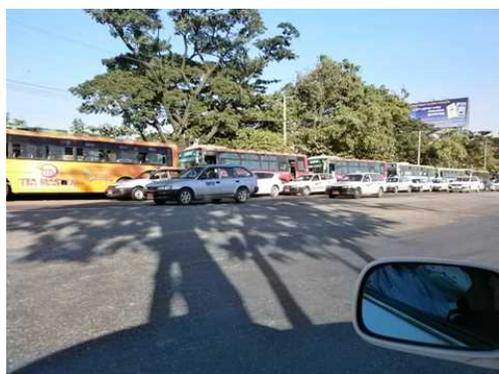


写真 メタンガス補給のバス車列(ヤンゴン)



写真 パーム園内の代表的な作業車両

② ガス活用案 - 2 ; EFB ペレット加工用の乾燥用燃料など

バイオガスを乾燥用燃料として EFB をドライヤーで乾燥させたうえで、裁断等の処理を行い、その後、小型の EFB ペレットに成形する。

- ・ペレットは燃料用の販売や、パーム園内での肥料（マルチング材）として扱いが可能。
- ・発生直後の EFB は湿潤状態にあり、その乾燥への熱量とする。（ペレット造粒用の電力は、プロセス簡略化のため、既存の余剰電力も活用する。）

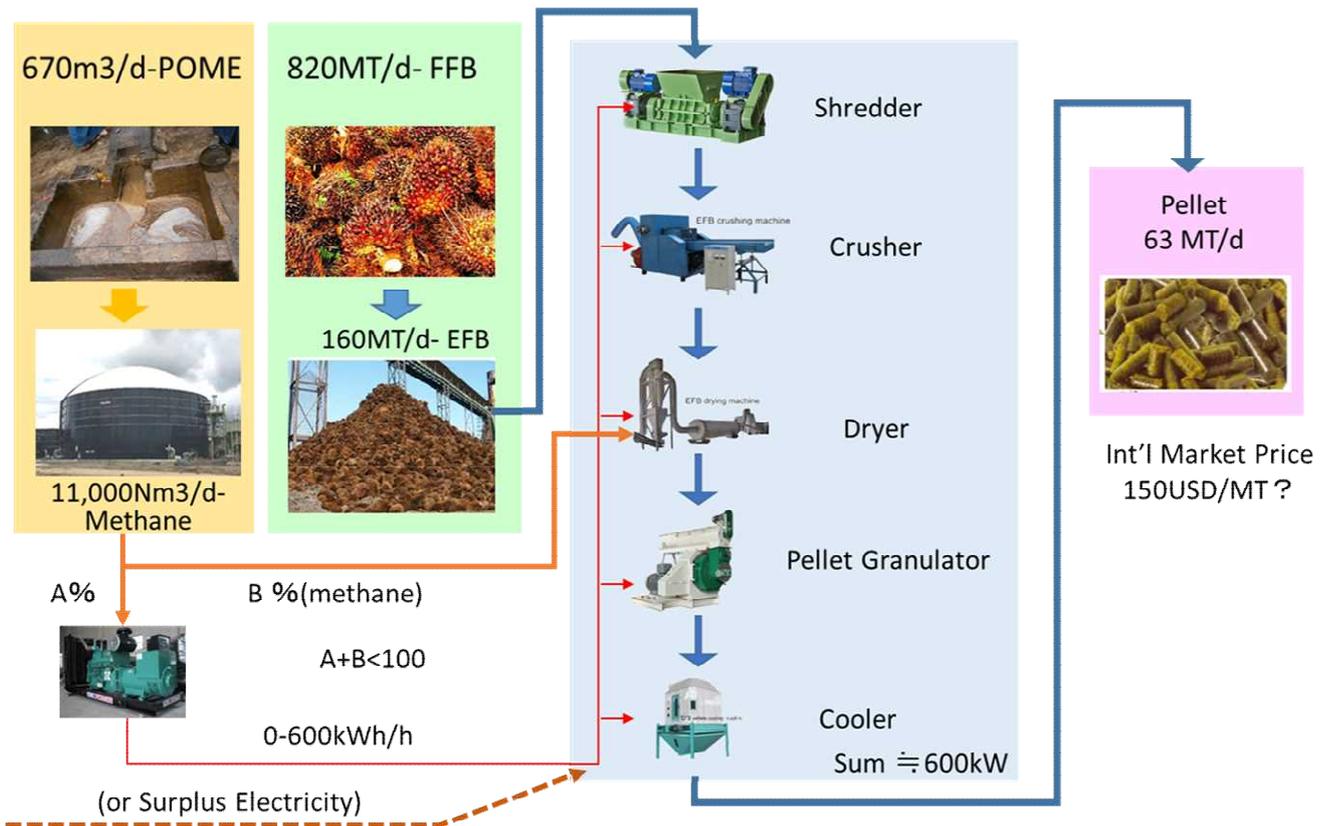


図 2.8 EFB ペレット作成とそのための発電の関連設備

表 2.9 ペレット製造でのバイオガス活用の計画諸元

項目	数量	単位等
1. 対象 EFB 量 (湿重量)	160 t/日	FFB 820 t の約 20%
2. ペレット化設備の機器動力 合計	600 kW	
3. ペレット製造可能量 (湿重量)	63 t/日	含水率 10-15%程度
4. 初期費用	約 6,000,000 USD	発電設備、ペレット化設備等含む

③ ガス活用案・3；パーム栽培地区(エステート)の労働者世帯向け電力供給

パーム栽培地区(エステート)内の労働者世帯に対する電力供給を行う。

- ・ 1世帯当たり 80W×5 時間程度である現状の給電量を増加させる。
- ・ 供給範囲は、配電線の費用を考慮し、ミルから半径 5 km 程度以内と想定する。
- ・ 発電量を最大利用した場合に 3, 600 kL/年の化石燃料消費に相当する。



写真；(左)パーム園住宅での電灯(イメージ)



(右)発電設備



写真 電力供給に関するイメージ

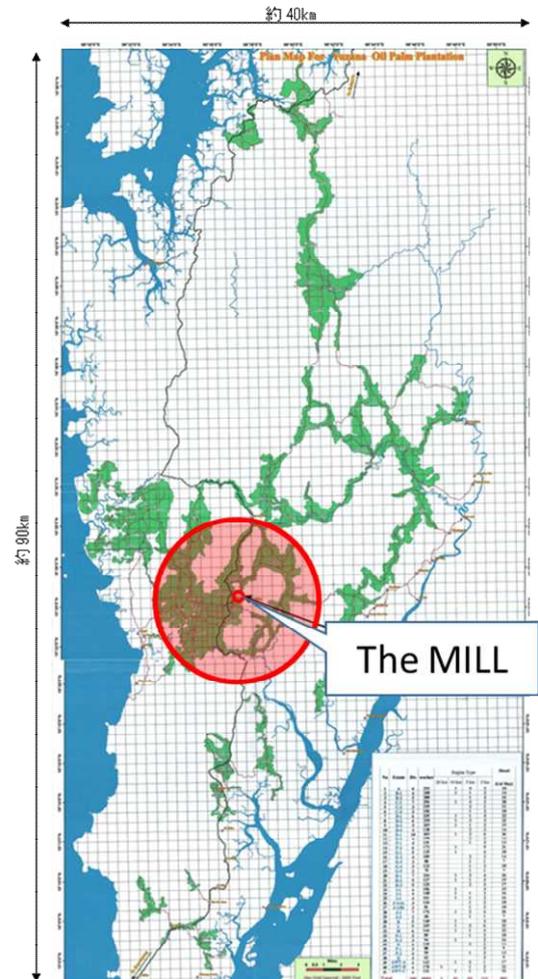


図 2.9 想定する電力供給範囲

表 2.10 パーム栽培地区への電力供給と計画諸元

項目	詳細
1. 能力	供給可能量 12, 700, 000kWh/y (現在の供給量の 8 倍) (現状供給分は最大で 830kW×5hr/day=1, 514, 750kWh/y)
2. 電力供給のモデル	2, 900 世帯；@300W LED 20W×4 灯、扇風機 30W×2 台、テレビ 50W×1 台、他 100W×1 式
3. 必要設備	ガスエンジン発電機：1, 400kVA ×2 変圧器；66kV×10 台、配電線、電柱、その他
4. 対象地区	ミルから半径 5km 以内
5. 初期費用	3, 200, 000USD 配電設備一式およびガス精製設備と発電機やその基礎工事を含む。

④ ガス活用案・4；コータウン市などへのガス燃料の販売

ガスを脱硫と精製を行い、小型ボンベ(シリンダー)などに充填して、家庭等に販売する。

- ・ガスをボンベに充填し、エステート住民などの生活改善につなげる。
- ・もしくは、それらを近隣であるコータウン町やタイ国などに販売する。
- ・現在、調理用の燃料には薪炭や石炭などが利用されるため、生活改善などにつながる。
- ・大きくは、化石燃料の抑制や森林保全にも寄与する。
- ・ただし、この方法は最終的に、ミャンマー国内では規制により実施できないとされた。



写真 家庭用へのガス販売に関するイメージ

表 2.11 家庭用燃料としてのガス販売

項目	数量	単位等
1. 世帯によるメタンガス消費量	20	N m <sup>3</sup> /月/世帯 *調理のみ、4-6人/世帯を想定
2. ガスの供給量	570,000	N m <sup>3</sup> /月
3. 配給可能な世帯数	29,000	世帯
4-1. 初期費用(コンプレッサー)	80,000-600,000	USD/Unit, *1USD≒1000MMK
4-2. 初期費用(家庭用ボンベ)	100-200	USD/ボンベ

(相手事業者の概要)

対象施設の名称はY社が経営するコータウンミルで、このミルはミャンマー国タニンダリー管区 (Tanintharyi Division) のコータウン県 (Kawthaung District)、コータウン郡 (Township) (旧称「ビクトリア・ポイント ; Victoria Point」) に位置する。このミルは、同国の主要都市であるヤンゴンからは南南西方向に約 720km の距離にあり、またタニンダリー管区の首府であるダウェイ市からは、南方向に約 635km km の距離にある。タニンダリー管区は、同国の最南部で細長い地域を形成し、マレー半島の北西部を占めている。西はアンダマン海、東にタイ王国と、北はモン州と接している。

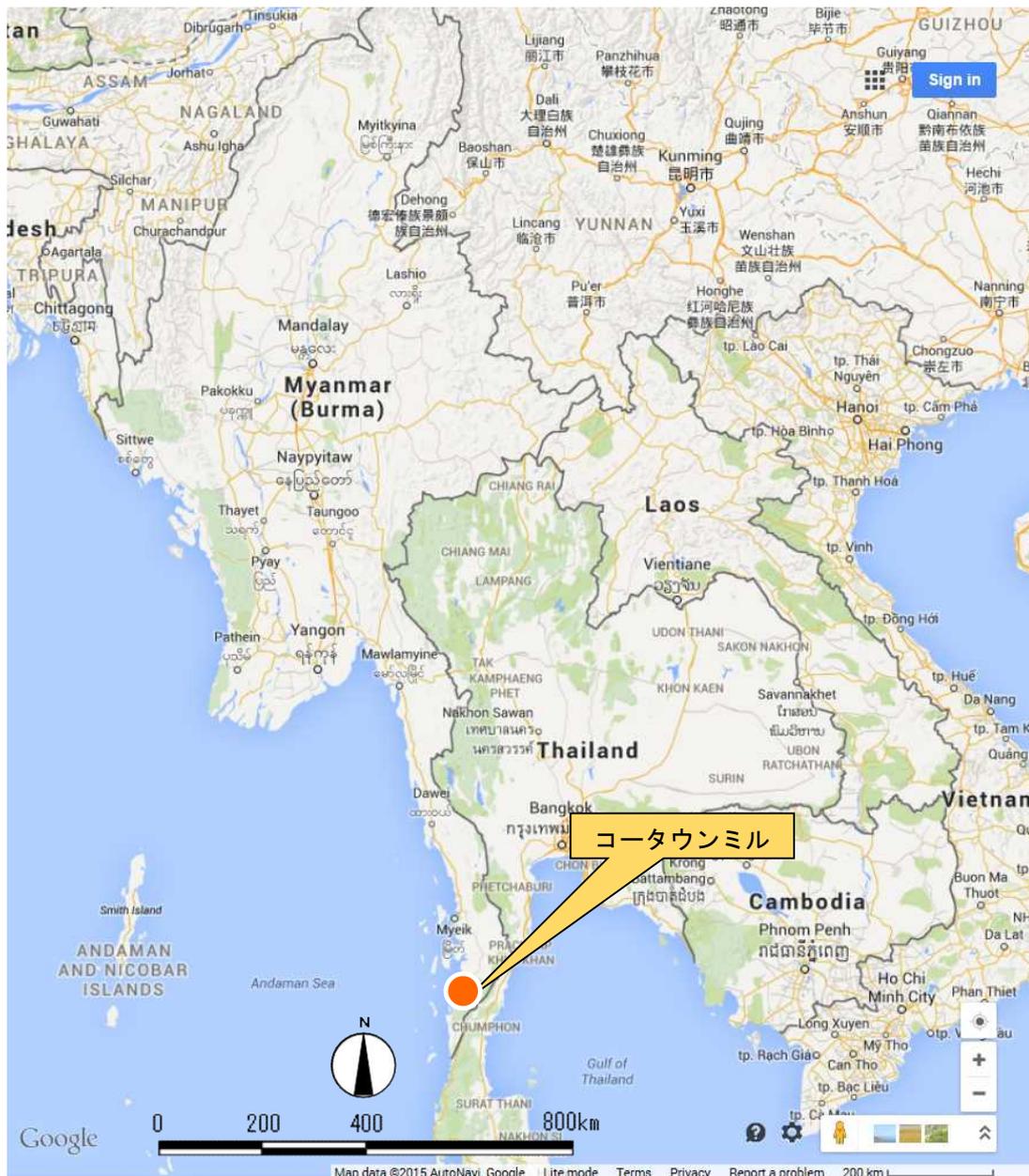


図2.10 コータウンミルの位置

(製油事業の概要)

このパームプランテーションとパームミルは、以下に示す Y グループとその事業会社である Y 社により運営されている。コータウンのミルで得られたパーム粗油 (CPO) はヤンゴンの精油工場に運ばれ、精製工程を経て最終のパーム油製品となる。

1) 事業会社とその企業グループの名称 (英文表記)

YUZANA Group of Companies と YUZANA Co., Ltd.

2) 本部所在地 (英文表記)

YUZANA Center, No130, Shwe Gon Dine Road, Bahan Township, Yangon

3) ミルの体制

コータウンのミルは、FFB 処理能力 60 t/h の第 1 ミルが 2005 年に稼働をはじめ、2013 年 8 月には同等の処理能力をもつ第 2 ミルが同じ敷地内で稼働開始している。ミルとパームプランテーションは、以下のような体制で運営されている。

- ・ 管理職 ; ミルマネジャー、技術マネジャー、シフトリーダー、その他会計等
- ・ 従業員 ; 約 600 人

4) プランテーションの体制

プランテーションは 41 のエステートと呼ばれる地区によって構成され、さらにエステートはディビジョンと呼ばれる単位で構成される。プランテーションはこれらの単位で栽培・収穫作業が行われ、このプランテーションに従事する全ての労働者数は 2014 年 6 月時点で、約 6,600 人である。

- ・ エステート数 ; 41
- ・ ディビジョン数 ; 185
- ・ プランテーションの労働者数 ; 約 6,600 人
- ・ 全住民数 : 約 30,000 人 (1 家族数を 5 人として推定。)

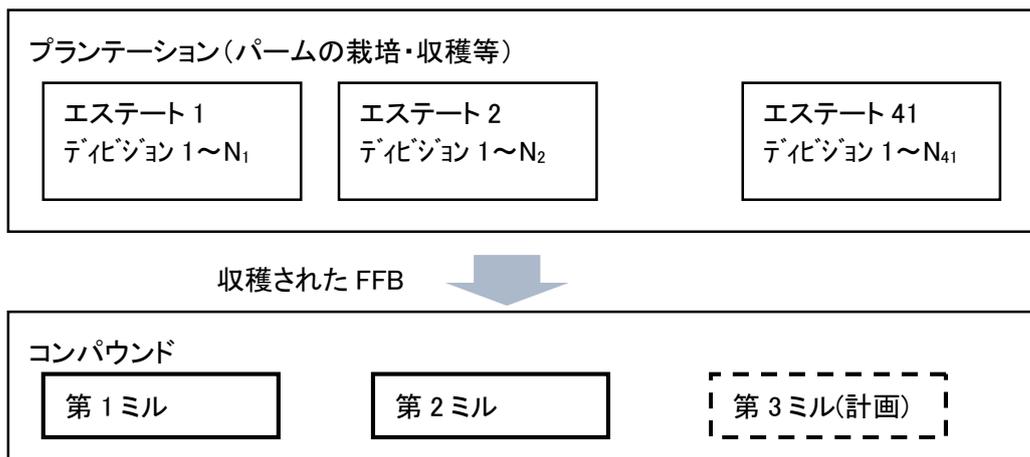


図 2.11 パーム栽培と CPO 製油の体制 (概略)

(生産能力と計画)

プランテーション事業は 1997 年から開始されたが、はじめの搾油工場である 1 号ミルの稼働は 2005 年で、その FFB 処理能力は 60t-FFB/h である。このミルは当初、30 t-FFB/h で運転していたが、2007 年以降、60t-FFB/h で運転している。次いで 2013 年 8 月に FFB 処理能力 60t-FFB/h の 2 号ミルを稼働させた。現在の目標は、2 つのミルの合計の年間 FFB 処理量は、350,000-400,000t である。今後、年間 FFB 生産量が 500,000t を超えた段階で、1 号・2 号と同等の処理能力をもつ 3 号ミルを建設する予定とされている。

表 2.12 現在の FFB 処理能力と将来の計画

項目	詳細	Amount	Unit	備考
FFB 処理量	2012 年値	262,375	t/y	1 号ミル 60t/h
	2013 年値	299,808	t/h	1 号・2 号ミル 60t/h×2
FFB 最終計画	将来年総量	1,000,000 以上	t/y	1~3 号ミル 60t/h×3

## (2) ホスト国における状況

(ホスト国の関連法制度・政策との整合性)

同国での唯一の環境法令として環境保護法が 2012 年 3 月に制定された。本法は 14 章で構成され、環境保全・林業省の権利および責任分掌、環境基準、環境保全、天然資源および文化遺産の保全、都市環境管理、環境に影響を及ぼす可能性のある企業・事業主体の事業許認可、反則と罰則等を規定している。また、本法をもとにした実際の施行については、環境保全法施行細則 (Environmental Conservation Rules) によって規定される予定で、2013 年 2 月に環境保全・林業省大臣によって同細則が承認され、その後国会承認手続きが行われている。

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) は、2012 年 1 月にミャンマー政府と再生可能エネルギー等の包括的な協力に関する合意を発表している。この背景として、ミャンマーの電力消費量は、過去 20 年で約 3 倍に増加、今後 2030 年までにさらに約 3 倍に増加すると予測されていることから、同国政府では、再生可能エネルギーの導入や効率的なエネルギー利用に関するガイドラインを制定し、2020 年までに総電力の 15%~20%を再生可能エネルギーでまかなう計画としている。ミャンマー地方エネルギー開発委員会 (Rural Energy Development Committee) はミャンマーが進める地方発展貧困撲滅中央委員会 (The Central Committee for Rural Development and Poverty Alleviation) の 1 つの委員会であり、地方発展に関するエネルギー開発に責任を持つ委員会で、議長は工業省大臣である。

また、同国は NEDO による「籾殻のバイオマスとしての持続可能な再資源化・リサイクルシステムについての共同研究; 2010~2011 年度」や「非食用植物(ジェトロファ)を原料とするバイオマス燃料製造装置の研究開発; 2011 年度」などの研究協力事業を受け入れている。

2014 年 7 月 10 日にミャンマー国の首都ネピドーにおいて、国連環境計画 (UNEP) と国際連合人間居住計画 (UN-Habitat) と環境保全森林省 (MOECAP) との間で、同国での環境と気候変動

の分野における協力関係を具体化するための覚書を交わした。この合意は、同国政府とこれらの国際機関が、ミャンマー国での総合的な気候変動の検討を政策に盛り込むための能力開発を行うとともに、同国での国家変動対策戦略と分野別アクションプランの作成を目的とした、ミャンマー気候変動対策連合計画 (the Myanmar Climate Change Alliance (MCCA) programme) の実行に向けた協力のための基本をなすものである。これから、同国での気候変動の取り組みに対して、他の国際機関もイニシアチブを発揮するように活動しているほか、同国では気候変動の基本戦略も検討の開始段階にあることが理解できる。

ミャンマー国においては、環境保護法にて環境基準が規定されるとしているが、現在まで具体的な策定作業が進んでいない。ただし、各省庁で必要に応じて指針値が規定されており、例えばヤンゴン市が下水放流水質基準を定め、工業省が工業排水基準や排ガス基準を定めている。工業省の工場廃水排出基準を決めている。工場はプロセス廃水の排出に係る許可を得るために工業省が定める排出基準に従うものとされる。

表 2.13 工場廃水排出基準

No	項目	許容値	単位	注記
1.	BOD (20°C5日間)	max 20-60	ppm	排出先の地勢次第
2.	浮遊物質	max 30	ppm	
3.	溶解性物質	max 2,000	ppm	
4.	過マンガン酸塩 (pH 5から9)	max 60	ppm	
5.	硫化物(as HS)	max 1	ppm	
6.	シアン(as HCN)	max 0.2	ppm	
7.	油分	max 5	ppm	
8.	タール	none	-	
9.	ホルムアルデヒド	max 1	ppm	
10.	フェノール類・クレゾール	max 1	ppm	
11.	遊離塩素	max 1	ppm	
12.	亜鉛	max 5	ppm	
13.	クロム	max 0.5	ppm	
14.	ヒ素	max 0.25	ppm	
15.	銅	max 1.0	ppm	
16.	水銀	max 0.005	ppm	
17.	カドミウム	max 0.03	ppm	
18.	バリウム	max 1.0	ppm	
19.	セレン	max 0.02	ppm	
20.	鉛	max 0.2	ppm	
21.	ニッケル	max 0.2	ppm	
22.	殺虫剤	None	-	
23.	放射性物質	None	-	
24.	温度	max 40	°C	
25.	色・臭気	-		受け入れ水域において観測できないこと

出典) ミャンマー国工業省

### (3) プロジェクトの普及

(相手企業のニーズの増加)

プランテーション事業は 1997 年から開始されたが、はじめの搾油工場である 1 号ミルの稼働は 2005 年で、その FFB 処理能力は 60t-FFB/h である。このミルは当初、30 t-FFB/h で運転していたが、2007 年以降、60t-FFB/h で運転している。次いで 2013 年 8 月に FFB 処理能力 60t-FFB/h の 2 号ミルを稼働させた。現在の目標は、2 つのミルの合計の年間 FFB 処理量は、350,000-400,000t である。今後、年間 FFB 生産量が 500,000t を超えた段階で、1 号・2 号と同等の処理能力をもつ 3 号ミルを建設する予定とされている。

表2.14 現在の FFB 処理能力と将来の計画 (再掲)

項目	詳細	FFB 処理量 (t/y)	備考
FFB 処理量	2012 年値	262,375	1 号ミル 60t/h
	2013 年値	299,808	1 号・2 号ミル 60t/h×2
FFB 最終計画	将来年総量	1,000,000 以上	1~3 号ミル 60t/h×3

(ホスト国でのパーム油の需要増加)

ミャンマー国では、現在までに大規模工場 22、小規模のもの 14 の搾油工場が建設され、2008 年にはヤンゴンに 1 日 200 トンの精製工場が建設されたが、これらによっても国内需要の約 40%程度しか満たしていないのが現状といわれる(日本ミャンマー交流協会)。ただし、ミャンマー国では 2011 年にパーム油の輸入自由化が行われ、その輸入量は、2012 年に 400,000 トン、2013 年に 485,000 トンに増加している。この傾向は、世帯収入の増加による植物油消費量の増加と、従来の主要な食用オイルであったピーナッツオイルから自由に輸入できる安価なパームオイルへのシフトにより、2017-18 年には 700,000 トンにまで増加すると推定されている(Myanmar Latest News, 2014)。政府としては、海外からの輸入による外貨流出を防ぐためにも、自国内でのパーム油生産を増加する方針とされる。

現在まで 140,000 ha のパーム栽培地が開発され、今後 400,000ha が 44 の国内企業と 3 つの海外企業に割り当てられる予定とされており、調査対象の Yuzana のほか、Vantage, Kamboza, South Dagon などのパーム栽培企業がある(Fauna & Flora International News)。

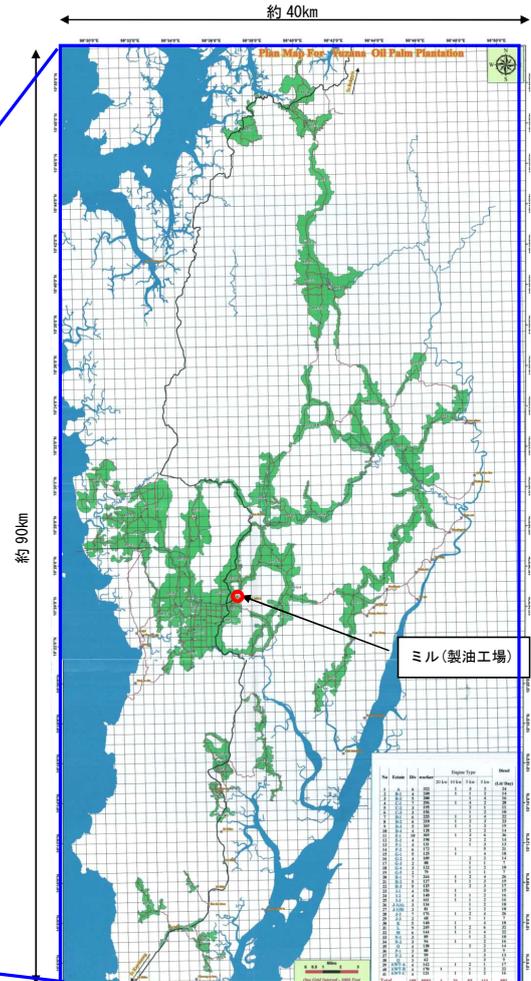
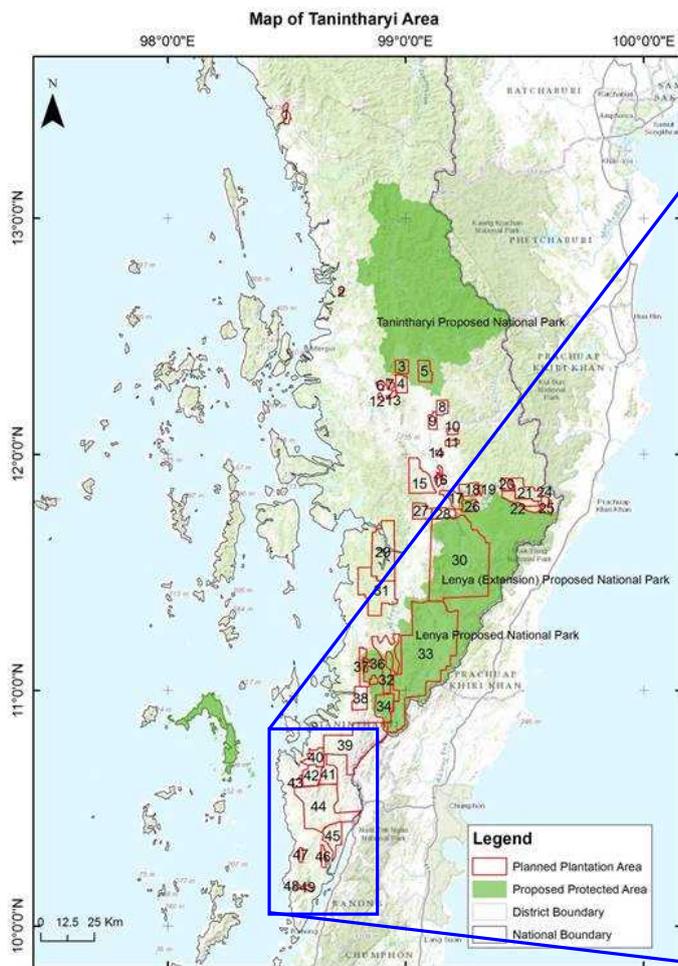


図 2.12 ミャンマー国のパーム栽培予定地 (赤枠線)  
出典) Myanmar Business Today, 5 July, 2014

図 2.13 Y 社の現在の栽培地 (緑色)  
出典) 企業提供

このパーム製油事業での POME で、メタン回収率が高い設備によって、投資効率が高い事業が評価されれば、マレーシア、インドネシアとともに、パーム油の需要増加を背景にミャンマー国内でも POME でのメタン回収設備の普及が期待される。

(他国展開の可能性)

パーム油の原料であるアブラヤシ生産は、緯度が約±15° 以内の低緯度地域に限定され、さらに従来のゴム園からパーム園への転換が進んだ経緯もあり、現在のおもな生産国は東南アジアの、インドネシア、マレーシア、タイが多い。このなかで、2006 年ごろまでマレーシアがトップであったが、その後、インドネシアがマレーシアを追い越し、現在、世界最大の生産国となり、現在はインドネシア、マレーシアの 2 か国で世界の生産量の 85% を占めている (2012~13 年)。パーム油生産の先駆国であったマレーシアでは、フェルダ社、サイムダービー社、ウイルマー社、IOI グループ、KL ケポン社などの大規模な生産企業があり、近年、これらの企業はインドネシアでも栽培と生産を行っており、数字以上にマレーシアの同産業で占める役割は大きい。



図 2.14 東南アジアでアブラヤシが栽培可能とされる地域（赤枠線内）

地図出典) <http://www.freemapviewer.com/ja/map/> 地図-世界\_342.html

表 2.15 パーム油のおもな生産国と生産量(2012年)

順位	生産国	パーム油生産量(トン)
1	インドネシア	23,672,000
2	マレーシア	18,785,030
3	タイ	1,600,000
4	コロンビア	966,900
5	ナイジェリア	940,000
6	パプアニューギニア	530,000
7	コートジボアール	417,770
	その他	3,287,081
		50,198,781

出典) グローバルノート - 国際統計・国別統計専門サイトより作成

パーム油の生産面での特徴として、近年に増産傾向が続いていることが挙げられる。現在、植物油の生産量 1 億 6,281 万トンのうち、パーム油は 5,595 万トンを占める最大品種となっている。

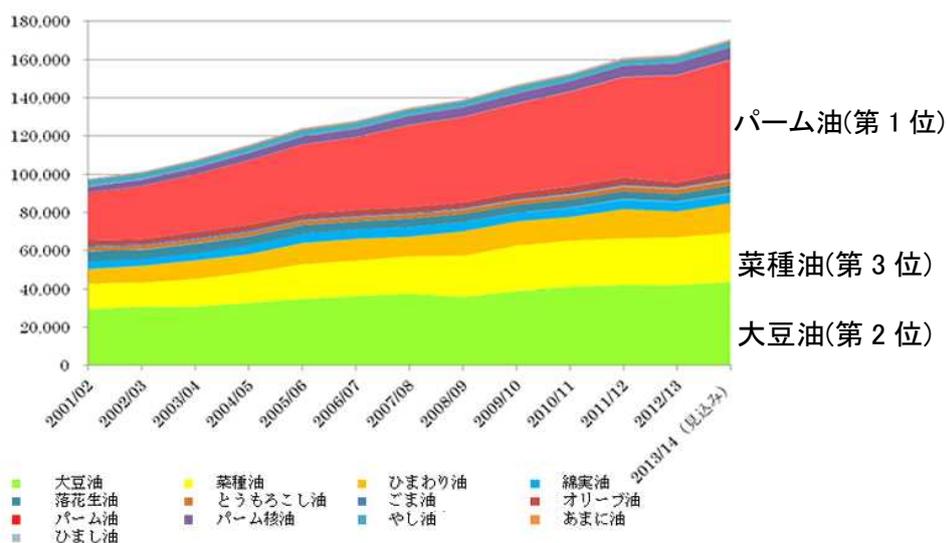


図 2.15 世界の植物油の生産動向（図中単位；千トン、表示順位は最新年のもの）

出典) (一社)日本植物油協会 HP

パーム(アブラヤシ)は、単位栽培面積当たりの油の生産量が極めて高いという特長があるが(下表参照)、収穫後の搾油をおよそ24時間以内に行う必要がある制約もあった。しかし、近年の低緯度地域の諸国での経済成長を背景にして、パーム農園の開発と製油所(ミル)の設置という大型事業の実施が可能となったことが、近年のパーム油の生産量を増加させる要因の一つとなっている。さらに近年では、米国などでの食品中のトランス脂肪酸の問題から、代替材料となるパーム油の需要増なども、パーム油の生産増の要因になっているとされる。

表 2.16 おもな植物油の単位面積あたり生産量

栽培種	油の収量 (トン/Ha)
パーム(アブラヤシ)	3.57
菜種	0.71
ヒマワリ	0.51
大豆	0.40
ヤシ(ココヤシ)	0.33

出典)「パーム油の特徴と日本の需要」 幸書房

このように、世界的に増加が続くパーム油生産であるが、その生産工程での廃棄物としてのPOMEによる高濃度の有機性排水や、廃水ポンドにおけるメタンの大気放出は、生産国の近代化にとともない問題視されるようになってきている。とくに、マレーシアでのパームミルへの排水水質規準の適用の具体化や、マレーシア、インドネシアなどでのFIT制度の導入も開始され、POMEの水質改善とメタンガスの活用については、各国で取り組みが進みつつある。

パーム油生産の先駆国であるマレーシアのパームミルでのPOME対策の実態と傾向は、以下のように理解されている。

- パーム製油ミルの全数は426ミルである。
- そのなかで、POMEのメタンガス活用を計画(検討)中の施設は約151ミルがある。
- POMEのメタンガスの活用中もしくは計画～建設の動機は、経済性からのCDM、FIT制度の利用および国家の排水水質基準への対応である。
- POMEのメタンガスを活用せずまた計画中でもない施設は222ミルに上る。

表 2.17 マレーシアのパーム油ミルでのPOME対策の現状(2012)

項目	Number of Mills	比率
1. 全ミル数	426	100%
2. POMEからメタンガスの大気放出 (開放型の貯留ポンド/貯留タンク)	204	48%
3. POMEのバイオガス対策取り組み	222	52%
3-1. POME対策設備が稼動中	55	13%
3-2. 建設中	16	3.6%
3-3. 計画(検討)中	151	35%

出典)Biogas from palm oil mill effluent(POME): Opportunities and challenge from Malaysia's perspective, Renewable and Sustainable Energy Review 26, Chin May Ji et.al, 2013 より作成

現在のミャンマーでは、マレーシアのようなPOMEの対策とバイオガス活用の事例はなく、今後、他国と同様のニーズが出るものと考えられる。

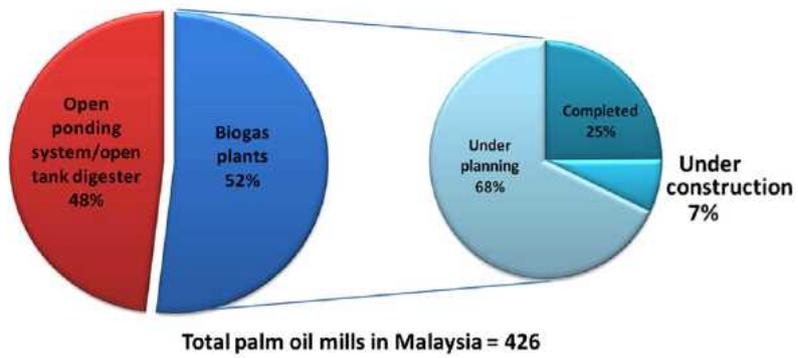


Fig. 6. Development of biogas plants in palm oil mills in Malaysia 2012 [11,49].

図 2.16 マレーシアのパーム油ミルでのPOME対策の比率  
 出典)Biogas from palm oil mill effluent(POME): Opportunities and challenge from Malaysia's perspective, Renewable and Sustainable Enagey Review 26, Chin May Ji et. al, 2013



The third Univanich Biogas Project



Univanich Palm Oil Public Company Ltd

図 2.17 タイでのパーム園でのバイオガス活用発電の事例

### 3. 調査の方法

#### (1) 調査実施体制

日本側での調査は以下の体制で実施した。

表 3.1 調査の実施体制

調査実施に関与した団体名	位置付け	概略の実施内容
株式会社日建設計シビル	共同実施者	企画・各種調査、結果とりまとめ 1) 製油工場の条件整理 2) 法制度と関連計画の整理 3) POME 関連調査 4) バイオマスガス施設計画 5) 全体調整と報告書作成
株式会社 日本総合研究所	共同実施者	1) バイオガス有効活用検討 ・複数案比較、採算性など 2) JCM 方法論検討 ・ JCM 方法論、ガス活用策検討等
株式会社 クボタ	協力企業	1) 現地踏査と事業者説明 2) 施設の計画諸元 3) バイオガス回収量 4) 事業費・維持管理費 5) 事業計画と採算性

相手国側も含めた体制を以下に示す。

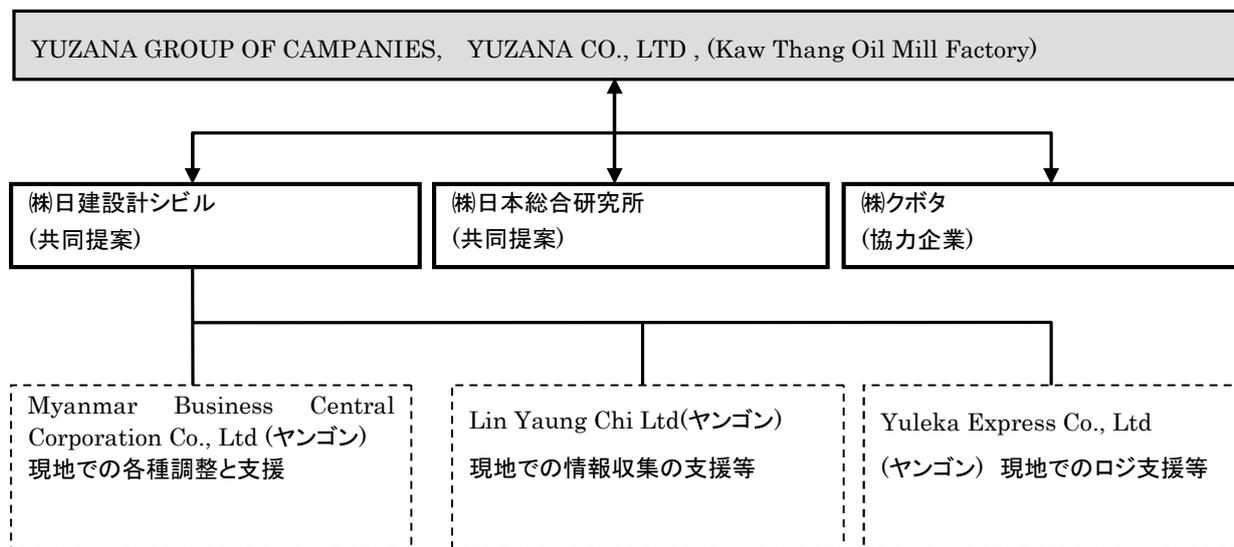


図 3.1 相手国側を含む実施体制図

## (2) 調査課題

ミャンマー国南部、タニンダリー管区の大規模パーム園を対象に、日本メーカーの海外実績あるメタン発酵技術を導入し、製油排水(POME)のバイオマス活用事業を導入可能とするための調査を行う。具体的には、相手国事業者に対して、

- ・ POME対策施設として日本の優れた技術・製品の優位性を紹介する、
- ・ POME対策施設とバイオガス活用策を含めた投資効果を具体的に示す、
- ・ JCM制度の可能性と二国間での協議の進捗を説明し制度のメリットを訴求する、
- ・ 相手国の商制度や貿易上の課題を明らかにする、

ことなどを進め、事業の実施可能性を高めて相手事業者の投資を促すものである。

## (3) 調査内容

表 3.2 調査項目

項目	内容	分担当
1) 関連諸元の整理	①基本諸元 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 製油施設配置、生産能力、生産計画、生産体制</li> <li>・ 生産フロー、物質収支、排水 Pond 形状・HRT 等</li> <li>・ 月別の FFB 収穫量、CPO 生産量、POME 排出量</li> </ul> ②使用エネルギー <ul style="list-style-type: none"> <li>・ FFB ボイル用燃料、自家発電燃料、園内作業車燃料など</li> </ul>	日建設計ビル 日本総合研究所 ※クボタ
2) 関連法制度等の整理	①事業の所管行政機関と関連制度 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ パーム園経営とパーム油製造の所管機関等</li> </ul> ②受注契約・資材調達・委託契約など <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業者との契約方式等に係る制約条件</li> <li>・ 資材、費用、通関・関税条件等</li> </ul>	日建設計ビル
3) POME 性状調査	①排出量の現状と将来値 ②排水の性状確認 (排出直後, Pond 内, Pond 後) ③バイオガス(メタン)回収量の推計	日建設計ビル ※クボタ
4) バイオガス抽出施設計画	①バイオガス抽出施設の検討 (現状・将来増産時) <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設備構成; 発酵タンク・CH<sub>4</sub>精製・ガスホルダ・発電機等</li> <li>・ 施設容量計算; POME 性状調査結果を踏まえた整理</li> </ul> ②概略設計 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 上記の条件で概略の整備計画を具体化する。</li> </ul>	日建設計ビル ※クボタ
5) バイオガス活用計画	①手法抽出 (以下は想定例) <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 場内電力供給、ガス輸送ポンプ販売、場内作業車燃料など</li> </ul> ②設備費用/投資回収額に係る数値の基本設定 ③各活用手法での単純・複合案での採算性分析	日本総合研究所 ※日建設計ビル
6) JCM 方法論開発	①適格性要件、②リファレンス排出量・プロジェクト排出量 ③プロジェクト実施前の設定値、④方法論スプレッドシート	日本総合研究所
7) 実施計画	①資金計画、②工事計画、③運営計画、④実施体制 ⑤MRV体制	日建設計ビル ※クボタ
8) 知見整理と報告書作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 得られた知見を報告書にとりまとめる。</li> <li>・ 概要版(日・英)の作成も行う。</li> </ul>	日建設計ビル

## 4. プロジェクト実現に向けた調査

### (1) 現地調査の結果

(現地のパーム事業体制)

バイオガスの有効活用策を検討するため、9月中旬にミャンマー国南部にあるパームミルなどを訪問し、パーム油の生産工程や生産計画、POMEの排出実態、エネルギーの利用実態などを調査した。この渡航調査などで、おもに以下のような点を把握した。

- 1) CPO 生産過程での必要な熱量や電力は、リカップファイバーやセルの燃焼で得る蒸気と蒸気タービンで得る電力で賄っている。(→このため、CPO 生産にバイオガスは活用できない。)
- 2) 一方で、作業車両に毎月約 400kL の軽油を使うほか、パーム農園地区(エステート)の発電用に毎月約 20kL の軽油を消費していた。(→CNG車両化とバイオガス活用の可能性)
- 3) 一方、農園の労働者数は現在 6,582 人で、大半が家族帯同でとされた。現在、労働者地区に供給される電力量は 1 世帯平均で 120W 程度で給電の時間制限もあり、さらなる供給と有効活用は可能と考えられた。(→家族を含め 2~3 万人と推定される労働者地区での電力供給の可能性)
- 4) 発生する EFB の有効活用策として、FFB 乾燥~ペレット化工場の建設を計画中。(→新たなエネルギー需要へのバイオガス活用の可能性)
- 5) このほか、マレーシア人である工場の技術顧問は、POME からのバイオガス活用設備の知識もあり、クボタから提案した一般的な施設費用には、コスト面が難点であるとの感想を示した。

対象とするパームミルでの生産工程は、熱帯地域で見られる一般的なパーム搾油工程と同様であり、おもに以下のような手順で構成される。

(パーム油搾油工程)

- 1) FFB 蒸煮；高温高圧の蒸気で FFB を約 1 時間蒸し、パーム油に対する分解酵素を不活性化させるとともに、果実の離脱と軟化を促す。この過程は、搾油過程内で最大量の蒸気を使用する。この過程で、コンデンセートと呼ばれる蒸気の凝縮液は、最終的に POME の一部となる。
- 2) 脱果；FFB を機械的に叩きつけて果実が分離される。
- 3) 搾油；②脱果後の果実をスクリューで圧搾する。この過程でパーム原油と、繊維・種の混合物に分離される。分離された繊維と種の混合物は、「圧搾ケーキ」と呼ばれる。
- 4) 清澄化~デキャンタ；パーム原油に加水し、約 85°C に加熱し静置したあと、デキャンタ(遠心分離器)でさらに繊維や水分などを除去する。このとき、余分な成分はスラッジと呼ばれ、その後の POME の主成分となる廃水である。
- 5) デオイリング；デキャンタ後の排水を貯留タンクに静置し、比重差を利用して最終的の油水分離を行う。油分はオイル製造工程に戻され、水分はここでの POME として排出される。

(パーム核油搾油工程)

- 1) ナッツの破碎・洗浄；パーム果実内の種子であるナッツを圧力で破碎し、さらにハイド

ロサイクロンによりシェル（殻）と内部のカーネル（核・仁）に分離する。その分離・洗浄後に排水が生じる。

生産フローとおもなマテリアルバランスを次ページに示した。なお、条件に以下を用いた。

- ・ FFB, CPO 生産量；事業者からの聞き取り値。（2013 年実績）
  - ・ POME量；FFB 量の 40%である施設計画値を事業者から聞き取り。
  - ・ ナッツ洗浄（ハイドロイロン水）；5t/h の設備×2 台×24h×(365-2×12-4) d で推計。
  - ・ EFB、メソカップファイバー、シェル；マレーシアの事例による推計
- として把握されている数値は以下のとおりである。

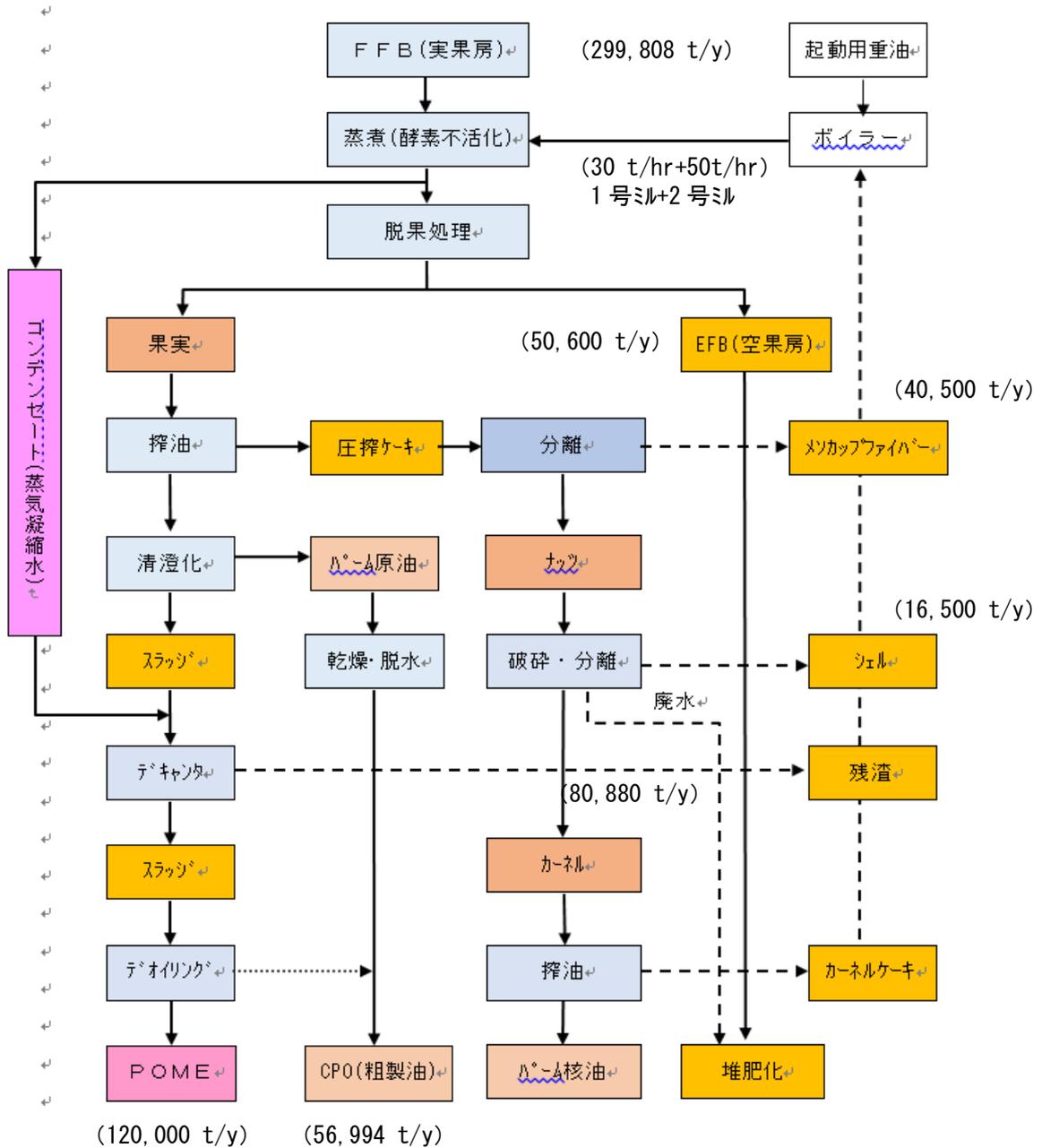


図4.1 調査対象でのパーム油生産工程の概要 (FFB、CPOは、2013年実績値)



ミルのあるコンパウンドの入口



オイルミルの遠景(奥側1号、手前側2号)



FFB蒸煮設備



パーム搾油設備



POMEの排出部 (EFBと混合)



POME貯留用のポンドの例



ポンド第3から第4への排水の流下



パーム農園の労働者用住宅

写真 現地調査によるパームミルとエステートの状況

(FFBの処理量)

FFBの収穫量には、季節変動があり、これを的確に把握することが、合理的な施設計画をする上で重要となる。このため、2012年のFFB処理量を基準とし、月別の稼働日当たり平均FFB処理量を求め、これらを昇順に並び変えた上で、低収穫期(Low)、平均収穫期(Ave)及び高収穫期(Peak)の3つに分類した。

なお、2013年8月に2号ミルが稼働し、前後でミル全体の処理能力が大きく変化していること、また、2014年は年間を通じたデータまで取得できていないことから、2013年と2014年のFFB処理量は検討対象から除外した。

表 4.1 FFB 処理量の季節変動

YEAR 2012	Operating days	FFB			classifying	
		t/month	Accumulation	t/day		
			%	ave.		
Feb	28	10,561	4.0%	377	Low	
Mar	28	12,873	8.9%	460		
Jan	19	9,872	12.7%	520		
Apr	23	13,780	18.0%	599		
Low 計	98	47,086	-	-	18%	
Jun	30	19,258	25.3%	642	Ave	
May	25	18,216	32.2%	729		
Nov	30	25,264	41.8%	842		
Dec	31	26,418	51.9%	852		
Jul	31	26,839	62.1%	866	Peak	
Ave 計	147	115,995	-	-		44%
Oct	30	30,155	73.6%	1,005		
Aug	30	31,451	85.6%	1,048		
Sep	30	37,688	100.0%	1,256	Peak 計	
Peak 計	90	99,294	-	-		38%
合計	335	262,375	-	-	100%	

(POMEポンド)

ポンドは全部で4池ある。池の形式が年により変化しており、容量は正確に把握されていないが、目視では1つの池の水面積は、400 m<sup>2</sup>程度と推定される。

雨季では、ポンド間の流下過程で、周辺からの雨水や生活排水も混合し、最終的に当初の数倍以上の流量となって河川に合流する。この時期のポンドは水深1.8~2.0m程度で満水状態である。乾季では、雨水等の流入が少ないほか、ポンドから灌漑用に取水されるため、最下流のポンド流末にPOMEが到達しない。この時期のポンドは、雨季の水深の1/2かそれ以下となる。また、乾季には、それぞれのポンドの水を抜き、堆積物の除去を行っている。

ポンドのHRTは、雨季には1週間程度として計画されている。乾季はPOMEの全量が散水に利用されるためHRTは計画・把握されていない模様である。



図4.2 POMEポンドの配置図（赤色部分）

POMEは、コンデンセート、搾油スラッジ廃水、ナッツの破碎分離（洗浄）時のハイドロサイクロン廃水などで構成される。（生産フロー参照）一般にPOMEとはパーム製油工程で排出される各種廃水の全体名称であるが、今回調査では、COD濃度の低いナッツ洗浄廃水（ハイドロサイクロン水）が分離して排出されていることから、これを除く成分をPOMEと定義する。POMEとナッツ洗浄廃水等は、一度 EFB ヤードに排出され、一定期間滞留の後、後段に4つあるポンドをカスケード式に流下し、支流などの水を集めて河川に放流される。EFB ヤードでは、EFB とPOME等の混合によって、堆肥化作業で EFB のかき混ぜ時などに臭気が発散している。この固液混合の目的は、乾季時に EFB の乾燥を防ぎコンポスト化を促進するためと推定される。ただし、雨季での混合目的は不明である。この EFB とPOME等の混合後は、一般的なミルのPOMEとは量・質とも異なると推定される。

表 4.2 FFB 処理量とPOME 排出量の設定

	ミル能力	操業時間		FFB 処理量		POME 割合	POME 排出量	
		t-FFB/h	d/y	h/d	t/d		t	m <sup>3</sup> /FFB t
高位量	120	90	15	1,800	162,000	0.6	1,080	97,200
平均	120	145	10	1,200	174,000	0.6	720	104,400
低位量	120	100	6	720	72,000	0.6	432	43,200
計		335			408,000			244,800

現在POMEの量は計測されていないが、ミルの計画値ではFFBの40%とされている。この数値は一般的な60%前後より低い、これはナッツ洗浄時のハイドロサイクロン水が除外された結果と推定される。ミルのマネージャーによると、液体サイクロンは各5 m<sup>3</sup>/hが2基あり、計10 m<sup>3</sup>/hの水が排出されている。

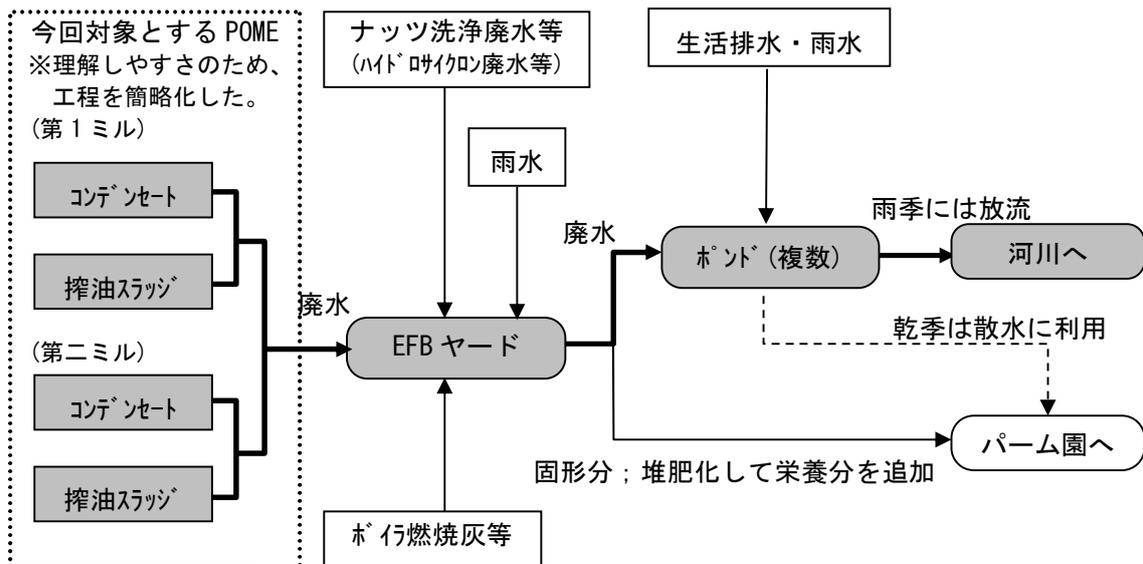


図 4.3 POME 排出に関するフロー

(ミルでの使用エネルギー)

1) 蒸煮用熱量

1号ミル、2号ミルのそれぞれにボイラーが設置されており、ボイラーの能力は、1号ミルが蒸気量 35t/h、2号ミルが蒸気量 50t/h である。蒸気発生用の燃料は、副産物であるメソカップファイバーとシェルなどであり、その他に起動時のみ少量の燃油を用いている。

2) ミル用自家発電用

・蒸気タービン発電

ボイラーで生産した蒸気のうち FFB の蒸煮用以外の余剰分を用いて、蒸気タービンによる発電を行っている。この蒸気タービン発電設備の容量は、2005 年運開の 1号ミルに設置しているものが 1.6MW、2013 年運開の 2号ミルのものが 2.0MW である。(因みにタービンは日本の(株)シンコー社製である)。それぞれの発電量は視察時には 1.1~1.2MW 程度であった。また発電機からの供給は 3相 440V で行われている。

表 4.3 ミルでの蒸気タービン発電機の概要

ミル	発電機容量	備考
1号ミル(2005年稼働開始)	1.6MW	視察時の発電量 1.1~1.2MW 程度
2号ミル(2013年稼働開始)	2.0MW	〃

・ディーゼル発電

コンパウンド内での電力需要に応えるため、従業員の住居や病院等の施設向けの発電設備容量として 200kW を有している。

### 3) 作業車燃料

パーム生産に関する作業車とその台数は以下のように、合計で約 400 台を運用している。この稼働台数は時期によって異なる。2014 年で把握している車両用の燃料は 3 月 38 万 kL、4 月 340kL、5 月 420kL、6 月 410kL、7 月 370kL、8 月 400kL。管理上では月平均で 400kL の燃料(軽油)を消費すると想定している。

表 4.4 ミルでの蒸気タービン発電機の概要

車両形式	保有台数	備考
農園用トラクタ	約 150 台	
小型ダンプ(tipper)	約 150 台	4 t 車程度
大型ダンプ	約 60 台	10 t 車程度
タンク車	14 台	積載量 15~20kL 程度
全体	約 400 台	月約 400 kL 軽油消費

### 4) エステートでの発電

農園労働者が生活する各エステートには、その規模に応じてディーゼル発電機(発動機と発電機が個別の場合もある。)が設置され、生活に必要な電力が供給されている。各エステートの従業員数と発電機容量および燃料である軽油消費量を以下にまとめた。発電機の電気容量の合計は823kWで、毎日の軽油消費量は681L/dとされる。これに対して、月日数を30日とすると、毎月、20.4kLの軽油が消費されていることとなる。

表4.5 エステートでの発電容量と使用燃料(軽油)の量

エステート数	ディビジョン数	労働者数	発電機の規模別数量					軽油消費量(L/day)
			20kW	10kW	5kW	3kW	総計	
41	185	6,582	1台	21台	52台	111台	823kW	681

注) 2014年9月時点の情報

### 5) 周辺地域でのエネルギー需給

エステートおよびコンパウンドに最も近い町であるコータウンでは、最近、8MWの石炭火力発電所が建設され市域に配電している。これらの周辺の集落でも、コータウン市の発電所から給電を受けるか、集落ごとの自家発電設備により電力を得ている。

### 6) エネルギーの需給のまとめ

これまでに述べた、プランテーションとコンパウンドにおける、主なエネルギー需給の流れを以下にまとめた。

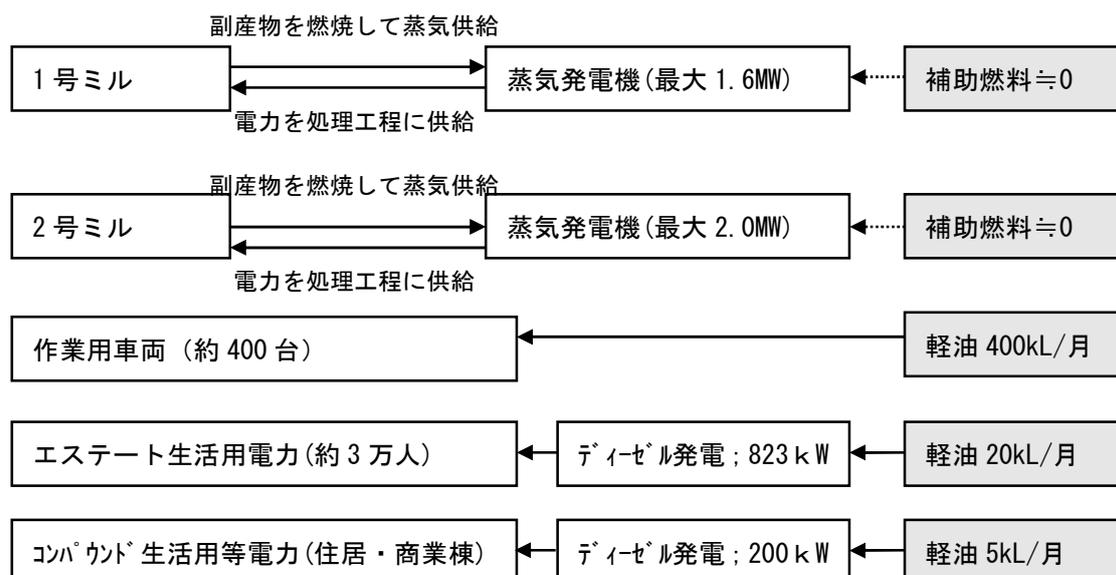


図4.4 エネルギー需給のまとめ

## (2) プロジェクト計画

### 1) 計画の基本条件

現地調査（2014年9月16日～18日）でのヒヤリングによると、Y社は、現在の1号ミル（60t-FFB/h）と2号ミル（60t-FFB/h）の計120t-FFB/hで400,000t-FFB/年を当面の目標値とし、500,000t-FFB/年を超えたときに、3号ミル（60t-FFB/h）の増設を検討する。

ここでは、将来の増設までは考慮せず、現在の目標値を基準としてPOME処理量を設定した。具体的には、ミルの処理能力を120t/hとし、実績の稼働日数に近くなるよう稼働日数を設定し、これらに乗じて算出されるFFB処理量が目標値前後になるようミルの稼働時間を設定した。その上で、標準的なPOME/FFB比率0.5～0.7の中央値0.6を乗じて、POME処理量を算出した。

表4.6 POME処理量の設定

収穫時期	Mill capacity t-FFB/h	Operating time		FFB processing		POME /FFB	POME	
		d/y	h/d	t/d	t		m3/d	m3
高位期	120	90	15	1,800	162,000	0.6	1,080	97,200
平準期	120	145	10	1,200	174,000	0.6	720	104,400
低位期	120	100	6	720	72,000	0.6	432	43,200
Total		335			408,000			244,800 (年総量)

下表にPOMEの性状を示す。ここで、自社分析とは、Y社によるPOMEの分析結果である。現地調査とは、現地調査期間中の2014年9月17日に採取したPOMEの分析結果である。これらだけでは、検体数が不足しており、Y社のPOME性状を代表しているとはいえない。

このため、ここでは、クボタがマレーシアやインドネシアで類似施設を提案する際、POME性状が特定されていない場合に一般的に使用するCODcr60,000mg/Lを採用することにした。

表4.7 POME水質の設定(pH以外、単位 ; mg/L)

項目	採用値	Y社ミル			参考 <sup>1)</sup>	
		自社分析	現地調査	平均	平均	範囲
pH		3.3	4.5		4.2	3.4 - 5.2
TSS			34,410		40,000	11,500 - 78,000
BOD5		37,500	9,900	24,000	25,000	10,250 - 43,750
CODcr	<b>60,000</b>	74,000	38,400	56,000	50,000	15,000 - 100,000
SS		21,510	29,600	26,000	18,000	5,000 - 54,000
TN		652.2			750	180 - 1,400
油分		3,095			6,000	150 - 18,000

文献値出典) The Oil Palm Industry-From Pollution to Zero Waste, The Planter 72(840)pp145, 1996

※ミル側分析値は EFB ヤード出口または中間ポンド後、今回調査は生産工程直後の排水  
 ※今回調査の採水作業を相手企業に任せため、平常でない値となった可能性がある。

(発電利用の場合の設備・ケース①)

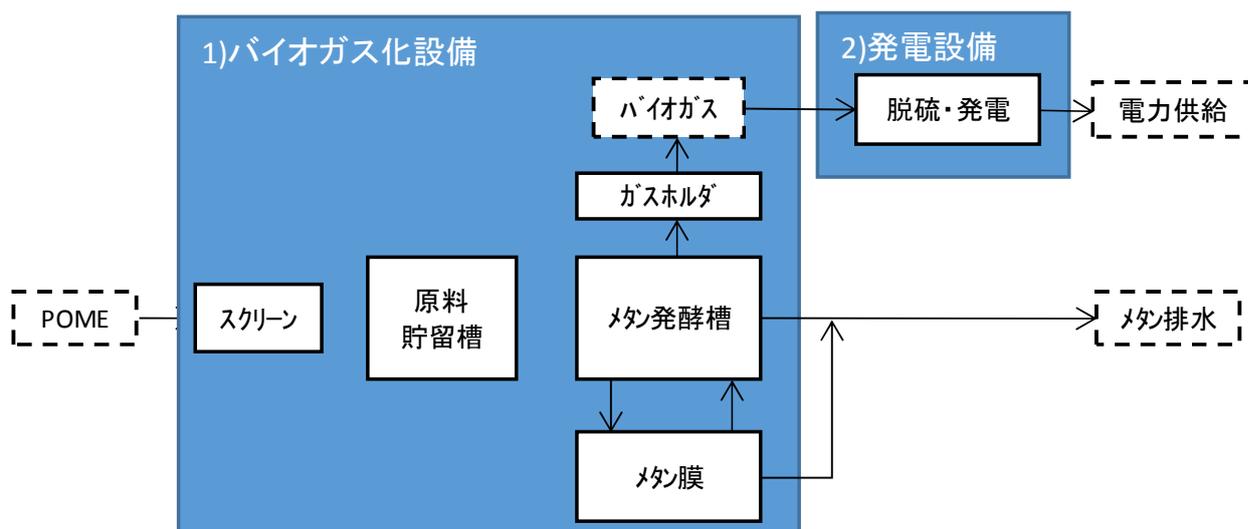


図4.5 基本フロー(発電利用の場合・ケース①)

表 4.8 バイオガス活用のための標準設備とその概略仕様（発電利用の場合・ケース①）

設備	構成機器
1) バイオガス化設備	1)-1 スクリーン
	仕様：振動スクリーン（40m <sup>3</sup> /h×2台）
	付属：ろ液タンク、ろ液移送ポンプ
	1)-2 原料貯留槽
	仕様：円筒縦型（2,200m <sup>3</sup> ）
	付属：上部ルーフ、攪拌ポンプ、投入ポンプ
	1)-3 メタン発酵槽
	仕様：円筒縦型（9,000m <sup>3</sup> ）
	付属：上部ガスホルダ、攪拌ポンプ、汚泥引抜ポンプ、制御盤
	1)-4 メタン膜
仕様：浸漬平膜（クボタ液中膜 200枚×10ユニット）	
付属：膜吸引ポンプ、RC造膜槽、膜洗浄ブロワ、汚泥循環ポンプ	
1)-5 余剰ガス燃焼装置	
仕様：自然通風式（1,500m <sup>3</sup> /h）	
付属：供給ブロワ	
2) 発電設備	2)-1 バイオガス処理装置
	仕様：生物脱硫（1,300m <sup>3</sup> /h）
	付属：供給ブロワ、ドライヤー、発電機供給ブロワ、制御盤
	2)-2 発電機
	仕様：バイオガス発電機（1,400kW×2台）
付属：ラジエター、制御盤	

(物質収支とエネルギー収支・ケース①)

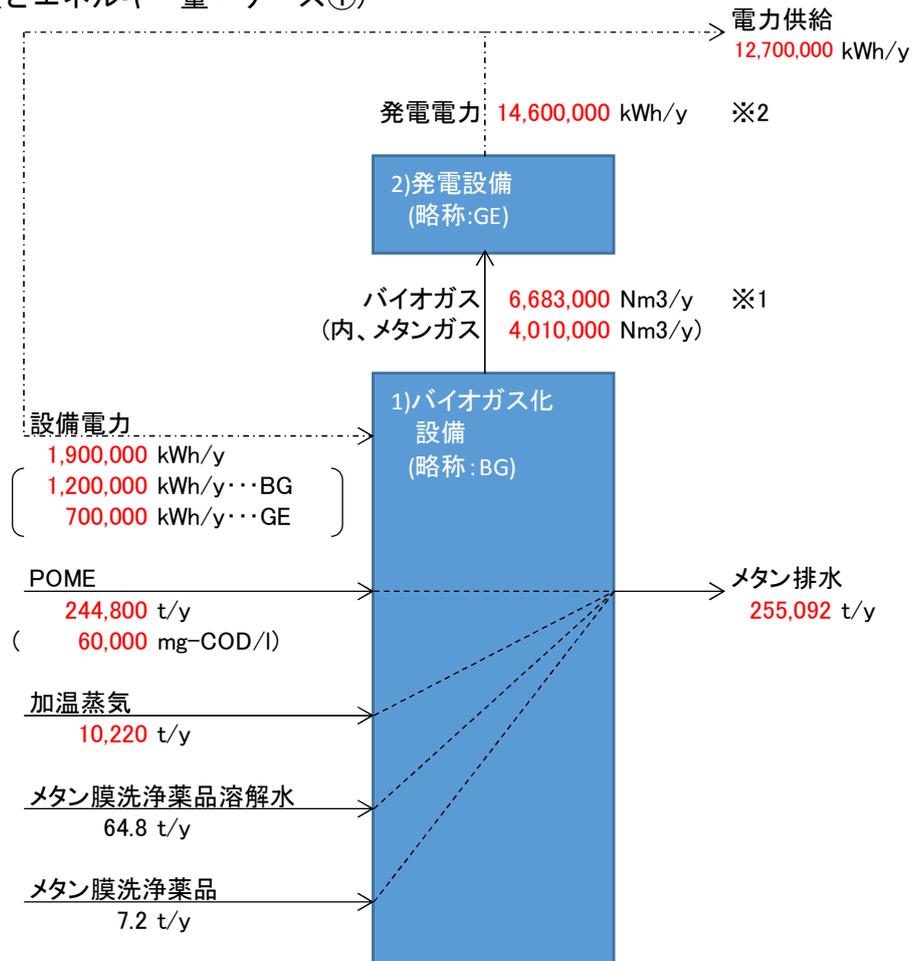


図4.6 物質収支・エネルギー収支図 (発電利用・ケース①)

表4.9 得られるエネルギー量の計算

※1: バイオガスの試算方法:

POME 処理量	244,800 t/y	①
COD 濃度	60 kg/t	②
COD 負荷	14,688,000 kg/y	③=①×②
COD 転換率	78%	④・・・クボタ経験値
(Peak 時に 72%、Ave 及び Low 時に 82%となり、それらの加重平均として 78%)		
転換CODのメタン等量	0.35 Nm3/kg	⑤
メタンガス量	4,010,000 Nm3/y	⑥=③×④×⑤
メタンガス濃度	60% v/v	⑦・・・平均的な値
バイオガス量	6,683,000 Nm3/y	⑧=⑥/⑦

※2: 発電量の試算方法:

メタンガス低位発熱量	35.8 MJ/Nm3	⑨
発電効率	40%	⑩・・・平均的な値
単位換算係数	3.6 MJ/kWh	⑪
発電機稼働率	92%	⑫・・・平均的な値
発電量	14,675,000 kWh/y	⑬=⑥×⑨×⑩/⑪×⑫
	→ 14,600,000 kWh/y	

表4.10 ケース①の概算設備費（ケース①・試算レート：115円/USD）

項目		数量	千円	thousand USD
バイオガス化設備	機器類	一式	370,000	3,200
	機器据付・配管工事	一式		
	電気工事	一式		
発電設備	機器類	一式	220,000	1,900
	機器据付・配管工事	一式		
	電気工事	一式		
計			590,000	5,100

注1) 関税、消費税等の税金は、上記には含まれていない。

注2) 上記には、土建費（機械基礎工事等）は含まれていない。

表4.11 概算年間維持管理費（ケース①・試算レート：115円/USD）

項目		千円	thousand USD
薬品代	メタン膜洗浄薬品	1,200	11
	小計	1,200	11
補修費	交換膜、その他消耗品類	5,700	50
	発電機メンテナンス費	25,000	220
	小計	30,700	270
人件費	運転人員5名	3,900	34
	小計	3,900	34
		35,800	315

注1) 電気は、発電電力により自給とし、費用計上しない。

注2) 加温蒸気は、ミルの廃蒸気利用とし、費用計上しない。

注3) メタン膜洗浄薬品溶解水は、少量であるため、ミルより無償支給とする。

（CNG利用の場合の設備・ケース②）

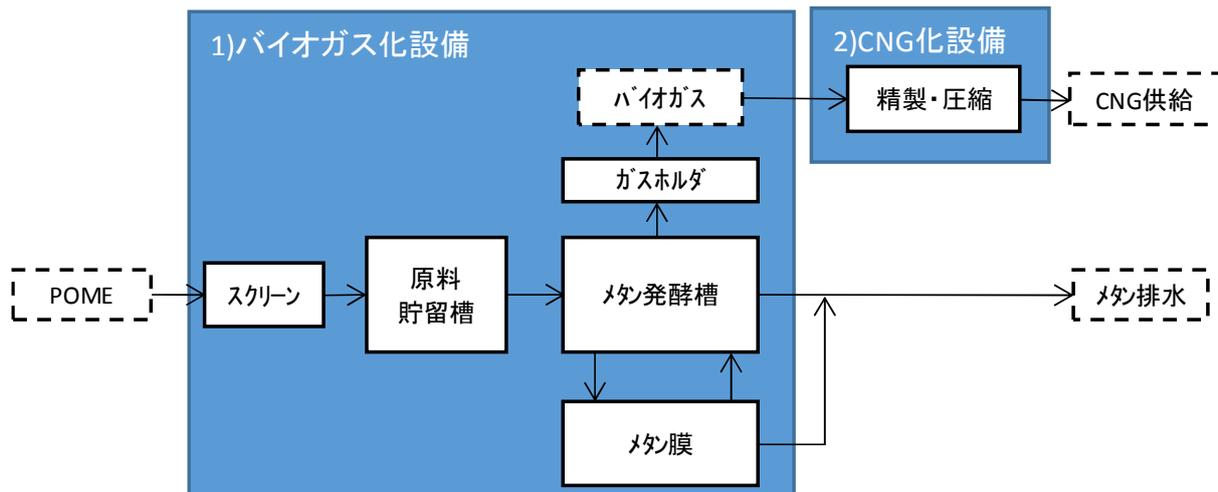


図4.7 基本フロー（CNG利用・ケース②）

表 4.12 バイオガス活用のための標準設備とその概略仕様 (CNG利用・ケース②)

設備	構成機器
1) バイオガス化設備	1)-1 スクリーン
	仕様：振動スクリーン (40m <sup>3</sup> /h×2 台)
	付属：ろ液タンク、ろ液移送ポンプ
	1)-2 原料貯留槽
	仕様：円筒縦型 (2, 200m <sup>3</sup> )
	付属：上部ルーフ、攪拌ポンプ、投入ポンプ
	1)-3 メタン発酵槽
	仕様：円筒縦型 (9, 000m <sup>3</sup> )
	付属：上部ガスホルダ、攪拌ポンプ、汚泥引抜ポンプ、制御盤
	1)-4 メタン膜
仕様：浸漬平膜 (クボタ液中膜 200 枚×10 ユニット)	
付属：膜吸引ポンプ、RC 造膜槽、膜洗浄ブロワ、汚泥循環ポンプ	
1)-5 余剰ガス燃焼装置	
仕様：自然通風式 (1, 500m <sup>3</sup> /h)	
付属：供給ブロワ	
2) CNG 化設備	2)-1 ガス精製装置
	概要：前処理 (脱硫塔等) + 精製 (PSA+CO <sub>2</sub> 分離膜 ; メタン 85%へ)
2)-2 ガス圧縮装置	
概要：ガス圧力 20MPa G へ圧縮	

(物質とエネルギー量・ケース②)

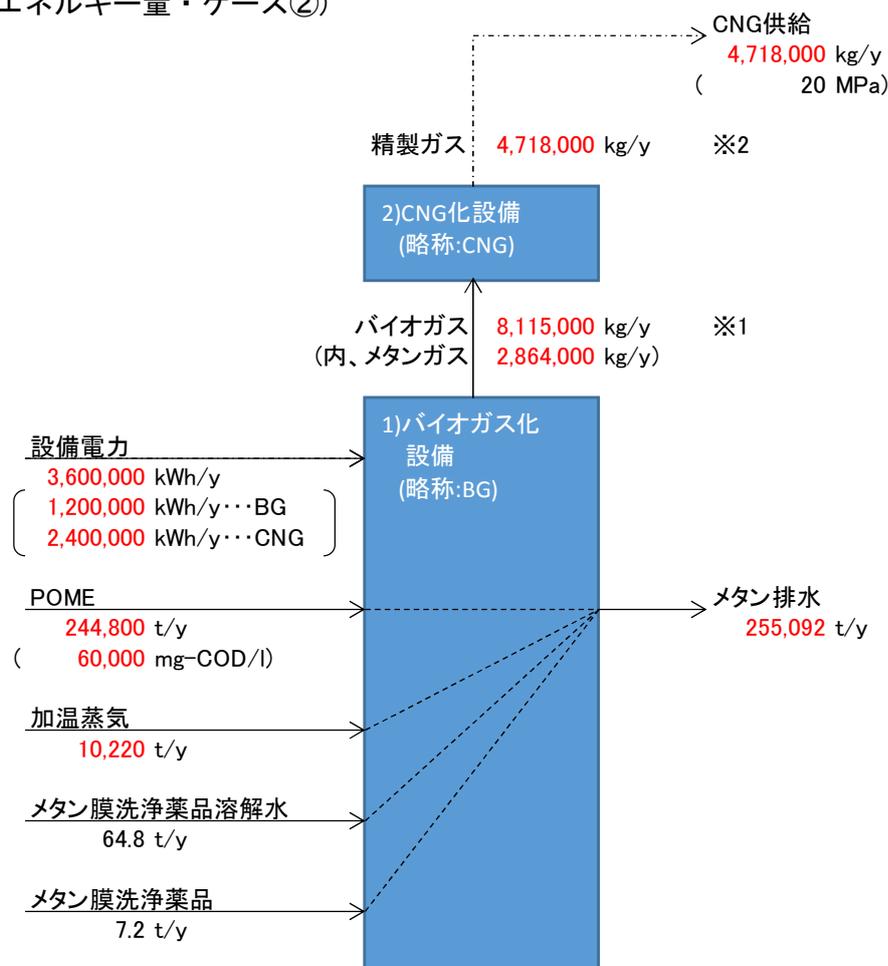


図4.8 物質収支・エネルギー収支図 (CNG利用・ケース②)

表4.13 得られるエネルギー量の計算 (CNG利用・ケース②)

※1: バイオガスの試算方法:

POME 処理量	244,800 t/y	①
COD 濃度	60 kg/t	②
COD 負荷	14,688,000 kg/y	③=①×②
COD 転換率	78%	④…クボタ 経験値
(Peak 時に 72%、Ave 及び Low 時に 82%となり、それらの加重平均として 78%)		
転換 COD のメタン等量	0.35 Nm <sup>3</sup> /kg	⑤
	( 0.25 kg/kg	⑤' )
メタンガス量	4,010,000 Nm <sup>3</sup> /y	⑥=③×④×⑤
	( 2,864,000 kg/y	⑥'=③×④×⑤' )
メタンガス濃度	60% v/v	⑦…平均的な値
バイオガス容量	6,683,000 Nm <sup>3</sup> /y	⑧=⑥/⑦
バイオガス比重量	27.2 kg/kmol	⑨…メタン以外は CO <sub>2</sub> と仮定
バイオガス重量	8,115,000 kg/y	⑩=⑧/22.4×⑨

※2: 精製ガスの試算方法:

メタンガス濃度	85% v/v	⑪
精製ガス容量	4,718,000 Nm <sup>3</sup> /y	⑫=⑥/⑪
精製ガス比重量	20.2 kg/kmol	⑬…メタン以外は CO <sub>2</sub> と仮定
精製ガス重量	4,255,000 kg/y	⑭=⑫/22.4×⑬

表4.14 ケース②の概算設備費（ケース②）

項目		数量	千円	thousand USD
バイオガス化設備	機器類	一式	370,000	3,200
	機器据付・配管工事	一式		
	電気工事	一式		
CNG化設備	機器類	一式	330,000	2,900
	機器据付・配管工事	一式		
	電気工事	一式		
計			700,000	6,100

注1) 関税、消費税等の税金は、上記には含まれていない。

注2) 上記には、土建費（機械基礎工事等）は含まれていない。

表4.15 概算年間維持管理費（ケース②）

項目		千円	thousand USD
薬品代	メタン膜洗浄薬品	1,200	11
	小計	1,200	11
補修費	交換膜、その他消耗品類	5,700	50
	CNG化設備関係概算メンテナンス費	42,000	368
	小計	47,700	418
人件費	運転人員5名	3,900	34
	小計	3,900	34
		52,800	463

注1) 電気は、既設蒸気発電設備より支給とし、費用計上しない。

注2) 加温蒸気は、ミルの廃蒸気利用とし、費用計上しない。

注3) メタン膜洗浄薬品溶解水は、少量であるため、ミルより無償支給とする。

(施設計画図)

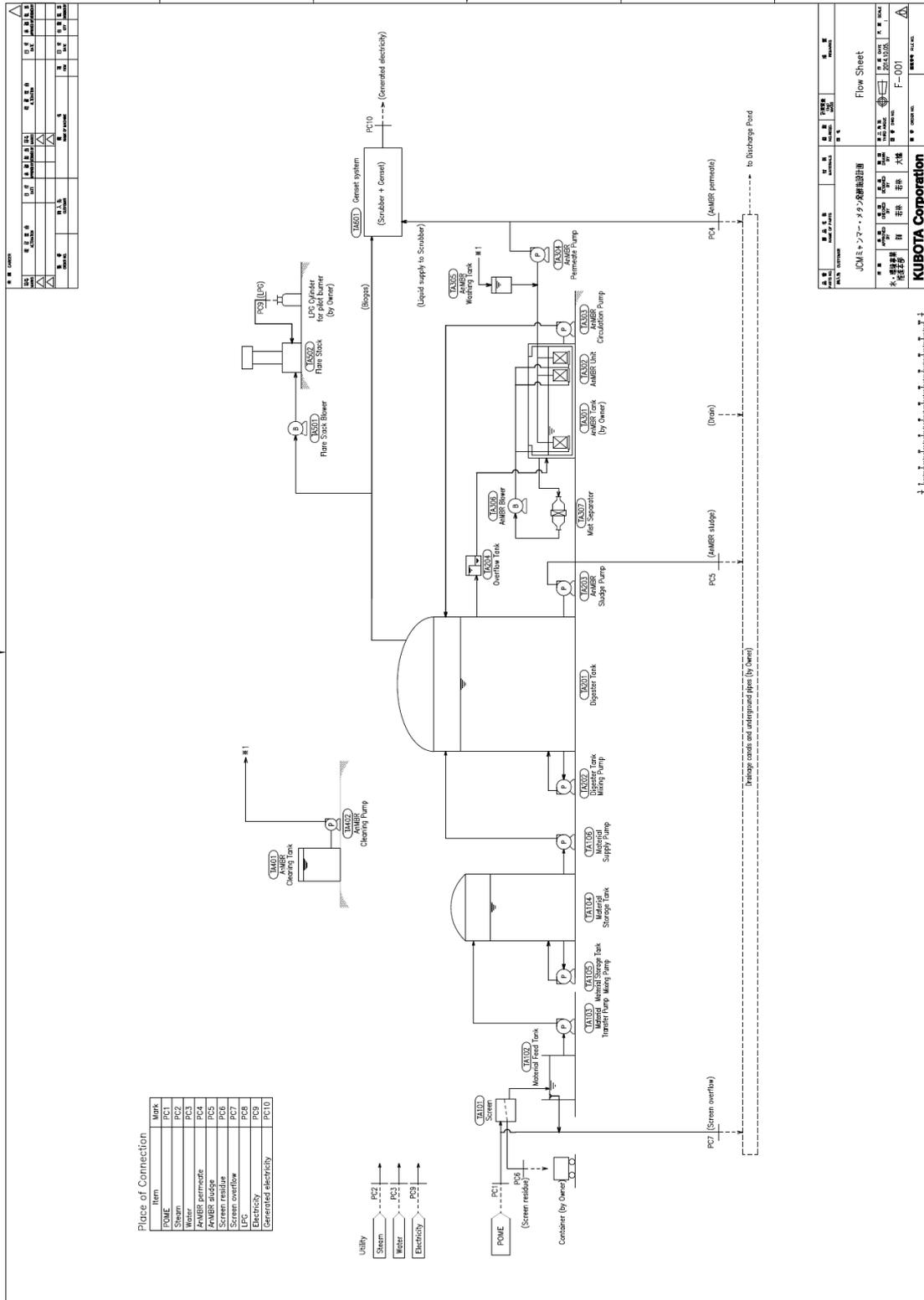
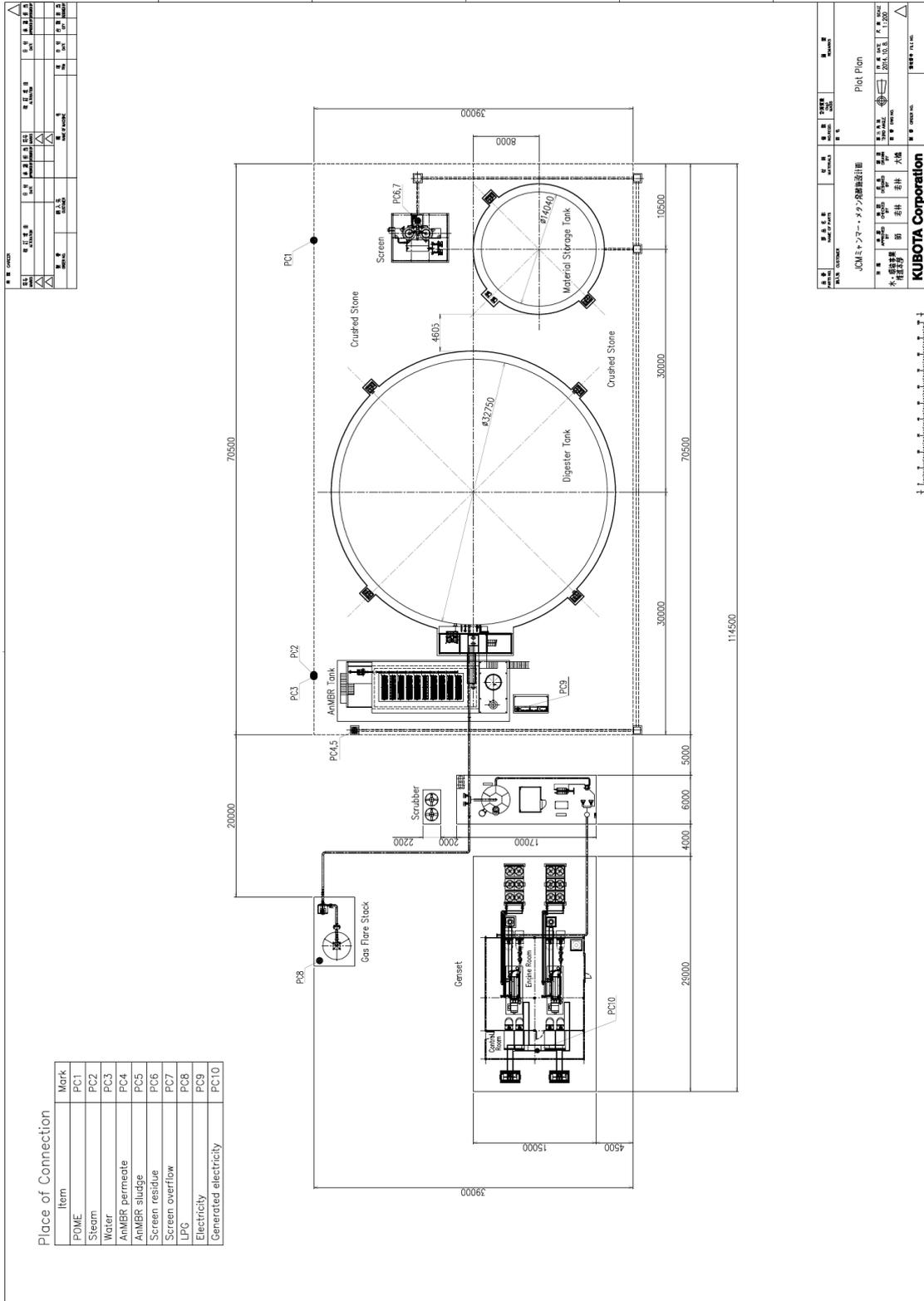


図 4.9 バイオガス生成設備システムフロー図



Place of Connection

Item	Mark
POME	PC1
Steam	PC2
Water	PC3
AnMBR permeate	PC4
AnMBR sludge	PC5
Screen residue	PC6
Screen overflow	PC7
LPG	PC8
Electricity	PC9
Generated electricity	PC10

TABLE	MARK	DESCRIPTION	UNIT	VALUE	REMARKS
1	PC1	Water	m <sup>3</sup> /day	100	
2	PC2	Steam	kg/hr	100	
3	PC3	Water	m <sup>3</sup> /day	100	
4	PC4	AnMBR permeate	m <sup>3</sup> /day	100	
5	PC5	AnMBR sludge	m <sup>3</sup> /day	100	
6	PC6	Screen residue	m <sup>3</sup> /day	100	
7	PC7	Screen overflow	m <sup>3</sup> /day	100	
8	PC8	LPG	kg/hr	100	
9	PC9	Electricity	kWh/day	100	
10	PC10	Generated electricity	kWh/day	100	

Plot Plan

JOMエンジニア・システム設計部

KUBOTA Corporation

図 4.10 バイオガス生成設面配置例

## 2) バイオガス活用策の抽出

本調査では、Y社より事前に入手した情報ならびに第一次現地調査（2014年9月14日～19日）の結果を基に、下表4.16に示す5つのバイオガス活用策を抽出し、それぞれの活用策の実現可能性を検討した。

表4.16 バイオガス活用策の概要

活用策		概要
Y社自家用	① 作業車用の燃料用途	Y社で所有する作業車の燃料としてバイオガスを活用する。
	② EFBペレット化設備（新設）への電力供給用途	新設見込みのEFBペレット生産設備に対し、バイオガスを用いて発電した電力を供給する。
	③ 作業員等の住居施設等への電力供給用途	ミル周辺のエステート内に居住する作業員およびその家族の住居や学校等施設に対し、バイオガスを用いて発電した電力を供給する。
	④ パーム油生産設備（既設）への電力供給用途	既存のパーム油生産設備に対し、バイオガスを用いて発電した電力を供給する。
外部用	⑤ 周辺地域への電力供給用途	バイオガスを用いて発電した電力を近隣の町（コータウン）に供給する。

### ① 作業車用の燃料用途（自家消費）

Y社ではタンクローリーや大型ダンプトラックを含む計400台の作業車を所有しており、経済性次第では、これら作業車の燃料をバイオガスにて代替するニーズが想定される。同社ではこれらの車両用燃料として、2014年3～8月の平均でおよそ40万L/月の軽油を使用している。2014年9月時点での同社へのヒアリングによれば、軽油の価格は900チャット（約108円）/Lであり、3.6億チャット（4,320万円）/月の燃料費負担となっている。既存の車両をCNG車へ改造し、燃料をバイオガスにて代替することが出来れば、本プロジェクトにて得られるエネルギーを有効に活用できると共に、経済性の観点からもY社にとってのメリットが生まれる可能性がある。

本案を本格的に検討に際しては、今後使用する予定の作業車台数や車種といった情報を追加で入手し、実際の車両運行をふまえた詳細な検討が必要である。

1チャット=0.12円で計算（出所：財務省貿易統計『外国為替相場（2015年1月4日～1月10日）

### ② EFBペレット化設備（新設）への電力供給用途（自家消費）

Y社では今後1.5～2年以内を目処に、肥料化工場の新設を検討しており、同工場での電力ニーズが発生する可能性がある。ただし、現時点では肥料化工場の建設に関して具体的な計画があるわけではなく、よって工場における必要電力も現時点では不明であるため、引き続き情報収集・検討が必要である。

### ③ 作業員等の住居施設等への電力供給用途（自家消費）

本プロジェクトサイト周辺には、ミルを中心に広範囲にわたり計41のエステートが配置されており、約6,600人の作業員およびその家族、計2~3万人（推計）が生活している。当該地域において送配電網は未整備であるものの、Y社は各エステートに小規模な自家発電機を設置し、燃料を供給しているため、完全な無電化状態ではない。ただし、発電が出来るのは一日あたり数時間程度（照明を使う夜間）に限定されており、集落の中にある学校でも日中に授業を行い電気は使用していない状況である。従って、本プロジェクトにより、現状の限られた電力供給体制の改善に資する可能性はある。

ただし、前述のとおり配電網はまったくの未整備であり、広範囲に分布する作業員世帯へ電力を供給するためには配電網の整備コストと時間が追加的に必要となるため、民間企業としてのY社にとっては本活用策の経済的な観点からの実行可能性は低い（ただし、雇用主としての従業員に対する複利厚生 の拡充という観点から、同社が本活用策の実施を検討する可能性を否定するものではない）。



出典：調査団撮影

写真 エステートに設置された発電機

### ④ パーム油生産設備（既設）への電力供給用途（自家消費）

既存のパーム油製造ラインに対する電力供給用途でのバイオガス活用のニーズは低い。本プロジェクトサイトではミル内で2機の発電機（発電能力はそれぞれ1.6MWと2.0MW）を用いた発電を行っており、それぞれ1.1MW前後の電力を供給している。この電力により、場内での必要電力量は供給できている状態にある。なお、発電に使用する燃料はほぼ100%が製造工程で出たファイバー類であり、ボイラーの初期燃焼時のみ、重油を利用している。



Y社保有の作業車両  
出典：調査団撮影



専用スタンドで CNG 充填中の車両



CNG 専用のコンプレッサー



保存量シリンダー60~70L/本×50本程度



タクシー内での CNG ボンベ

写真 ヤンゴン市内でのバス・タクシー専用の CNG スタンドの様子  
出典：調査団撮影

⑤ 周辺地域への電力供給用途（外部供給）

電力系統への電力供給（近隣の町への売電）について、現状ではニーズは低いと考えられる。ミルから直近の町コータウンまでは約 50km の距離があり、この間の送配電網は未整備である。加えて、コータウンでは 2013 年に 8MW の石炭火力発電所が完成し、電力が供給されているため、近隣地域における新たな電力ニーズはないと考えられる。

3) Y社等のニーズに基づき更なる検討を行う活用策

各活用案の検討結果を基に、Y社または現地ニーズがあると考えられ、更なる検討をすべき活用策は、以下の表に示した 2 つの活用策とした。

表 4.17 Y社等のニーズに基づき更なる検討を行う活用策

活用策	選定理由
① 作業車用燃料（自家消費）	Y社ではタンクローリーや大型ダンプトラックを含む計 400 台の作業車を所有しており、これら作業車の燃料をバイオガスにて代替可能であるため。
② EFB ペレット化設備（新設）への電力供給用途（自家消費）	Y社では今後 1.5～2 年以内を目処に、EFB ペレット化工場の新設を検討しており、同工場での電力ニーズが発生する可能性があるため。

※活用策の番号は表 4.16 に対応している。

#### 4) 設備費用・投資回収額に係る数値の基本設定

経済的な実行可能性を検討するにあたり、すべての活用策に共通する前提条件は下表 4.18 のとおりである。

表 4.18 事業の経済性分析の前提条件

項目	内容	設定根拠
事業期間	10 年間を上限	調査団検討結果
減価償却	コンクリート建物（工場）： 3%での定率償却	ミャンマー政府の法令による。
	機械設備・機械装置：6.25%での定率償却	同上
	運搬（車輛）：20%での定率償却	同上
法人税	25%	同上
商業税	一部を除き 5%	同上
関税	10%	調査団設定
金利	12%	調査団設定
運転資金	運転資金の増減はないものとする。	-
為替レート	1 チャット=0.12 円	財務省貿易統計『外国為替相場 (2015 年 1 月 4 日～1 月 10 日)』
	1 ドル=115 円	調査団設定

#### ① 作業車用燃料（自家消費）

本活用策は、前掲のとおり、Y社の所有する作業車の燃料としてバイオガスを活用するものである。現在Y社が保有している約400台の作業車の駆動燃料は軽油であるため、本活用策の実施には車両の改造が必要となる。本活用策におけるY社にとっての費用と便益は下記のとおりとなる。

（費用）バイオガス抽出・圧縮設備・簡易型CNG充填機器、および車両の改造費用

（便益）現在の軽油を用いた車両が、バイオガスを燃料とした車両に代替される場合における費用削減

表 4.19 費用／便益算定に際しての数値設定

	項目	内容	設定根拠
共通	作業車両台数（現在）	400 台	調査団にて試算
	作業車両台数（今後）	400 台	（現状維持を想定）
費用	基礎部分の土木工事費	43,125 千円	調査団にて試算
	バイオガス抽出設備費	370,000 千円	同上
	バイオガス圧縮設備費	33,000 千円	同上
	簡易型 CNG 充填機器	30,000 千円	同上
	CNG 車両改造費単価	230,000 円／台	同上
便益	既存燃料（軽油）使用量	40 万 L／日	調査団による調査結果
	既存燃料（軽油）料金単価	900 チャット／L	同上

② EFB ペレット化設備（新設）への電力供給用途（自家消費）

本活用策は、前掲のとおり、今後近い将来にY社が新設を検討している EFB ペレット化工場への電力供給用途として、抽出されたバイオガスを活用するものである。本プロジェクトの実施がなければ、パーム園の所在する地域には系統電力網が整備されていない状況下、Y社が軽油等を燃料とする発電を行う必要があると想定されるため、Y社にとっての費用と便益は下記のとおりとなる。また、左記の算出にあたり利用する数値を下表 4.20 に示す。

（費用）バイオガス抽出・発電設備の整備費用、建築費（発電機屋）、EFB ペレット化設備費

（便益）軽油等を用いた電力供給が、バイオガスを燃料とした電力供給に代替される場合における費用削減、工場において製造される EFB ペレットを販売した場合の収入

表 4.20 費用／便益算定に際しての数値設定

	項目	内容	設定根拠
費用	バイオガス抽出設備費	表 4.19 に同じ	-
	バイオガス発電設備費	220,000 千円	同上
	建築費（発電機屋）	5,000 千円	同上
	EFB ペレット化設備費	44,850 千円	同上
便益	発電設備費用	55,000 千円	調査団にて試算
	軽油の料金単価	900 チャット／L	同上
	軽油の使用量（予測）	153 万 L／年	同上
	EFB ペレット販売収入	17,250 円／トン	同上

(参考；作業員等の住居施設等への電力供給用途（自家消費）)

本活用策は、前掲のとおり、パーム園作業員およびその家族への電力供給における燃料として、抽出されたバイオガスを活用するものである。現在、Y社はパーム園作業員およびその家族の電力利用のために、全額自社負担により、各エステートに自家発電機を設置しその燃料として軽油を供給している。

従って、本活用策におけるY社にとっての費用と便益は下記のとおりである。また、左記の算出にあたり利用する数値を下表 4. 22 に示す。

(費用) バイオガス抽出・発電設備および配電設備の整備費用

(便益) 現在の軽油を用いた電力供給が、バイオガスを燃料とした電力供給に代替される場合における費用削減

表 4. 21 費用／便益算定に際しての数値設定

	項目	内容	設定根拠
費用	バイオガス関連設備費	表 4. 19 に同じ	-
	配電設備費	101, 200 千円	調査団にて試算
便益	軽油の使用量（現状）	681 L/日	調査団による調査結果
	軽油の料金単価	900 チャット/L	同上
	軽油の使用量（予測）	681 L/日	(現状維持を想定)
	自家発電機の残存価値	-	今回は考慮しない。

表 4. 22 事業の経済性分析の前提条件（再掲）

項目	内容	設定根拠
事業期間	10 年間を上限	調査団検討結果
減価償却	コンクリート建物（工場）： 3%での定率償却	ミャンマー政府の法令による
	機械設備・機械装置:6. 25%での定率償却	同上
金利	12%	ミャンマーにおける金利を参考に、仮に設定
商業税	一部を除き 5%	同上
関税	10%	調査団設定
金利	12%	調査団設定
運転資金	運転資金の増減はないものとする。	-
為替レート	1 チャット=0. 12 円	財務省貿易統計『外国為替相場 (2015 年 1 月 4 日~1 月 10 日)
	1 ドル=115 円	昨今の為替レートを参考に調査団設定

## 5) 事業の経済性分析の結果概要

本項では、表 4.17 の調査結果を基にプロジェクトの経済性評価を行った。

表 4.18 に記載の前提条件の下に計算した活用策の IRR を表 4.23 に示す。ここでは、二国間クレジット制度を利用したプロジェクト補助事業による補助金がない場合、50%の補助金がある場合の 2 通りの試算結果を記載した。

なお、表 4.17 に挙げた活用策のうち、「② EFB ペレット化設備（新設）への電力供給用途」については、前述のとおり現時点では工場新設に関する詳細な計画は策定されていないため、調査団が工場の規模を仮に設定して経済性分析を行っている。

計算の結果、現状で経済性が高いと見込まれるのは、Y 社が所有する作業車両の燃料をバイオガスにより代替する活用策であり、為替変動を考慮しない場合、IRR は 23%（10 年間で計算。前述の補助金がない場合の試算結果）となった。本活用策の実現にあたっては燃料供給設備の整備だけでなく、保有車両の改造が必要となる。現地ヒアリングによると、ミヤンマーでは通常仕様の車両から CNG 車への改造は容易に行うことができ、費用もトラック一台につき 2,000 ドル程度（約 23 万円）と比較的廉価であった。本プロジェクトから得られるバイオガスにより、Y 社が利用している作業車 262 台分（総保有台数 400 台）に相当する CNG が供給可能である。

EFB ペレット化設備（新設）への電力供給用途での活用策においても、IRR は 59%（10 年間で計算。前述の補助金がない場合の試算結果）と高い経済性が見込まれた。

これらの資料をもとに、相手企業の担当役員と最終協議を行い、相手企業から「作業車両の燃料代替」を活用策として事業化を進めたい意向が示された。

表 4.23 ガス活用策を含めたプロジェクトの経済性評価の結果

メタンガスの活用策	投資回収期間		IRR（10 年間）（%）	
	補助金有り	補助金無し	補助金有り	補助金無し
1. 作業車用燃料 （自家消費）	2 年 11 ヶ月	3 年	47%	23%
2. EFB ペレット化設備（新設）への電力供給用途 （自家消費）	初年度で 投資回収	1 年 4 ヶ月	59%	120%

表 4.23 に示した経済性分析の詳細を次ページ以降に示した。

表 4.24 キャッシュフロー（作業車用燃料）（10 年間）

Item	Year										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Construction period					Operation period					
1. IN (thousand yen)	0	339,984	339,984	339,984	339,984	339,984	339,984	339,984	339,984	339,984	339,984
プロジェクトを実施しない場合に購入が必要であったと想定される 軽油費用(車両用)		339,984	339,984	339,984	339,984	339,984	339,984	339,984	339,984	339,984	339,984
2. OUT (thousand yen)	912,411	52,900	52,900	52,900	52,900	52,900	52,900	52,900	52,900	52,900	52,900
基礎部分の土木工事費 ※関税対象外	43,125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
バイオガス抽出設備費	370,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CNG化設備	330,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
簡易型CNG充填機器	30,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
車両の改造費	60,260	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
設備オペレーション費用(バイオガス化設備+CNG化設備)		52,900	52,900	52,900	52,900	52,900	52,900	52,900	52,900	52,900	52,900
関税	79,026										
金利											
3. Earnings before Depreciation(thousand yen)	-912,411	287,084	287,084	287,084	287,084	287,084	287,084	287,084	287,084	287,084	287,084
4. Depreciation (thousand yen)	0	58,971	53,670	49,031	44,945	41,326	38,102	35,213	32,613	30,261	28,125
減価償却-土木工事費	1,294	1,255	1,217	1,181	1,145	1,111	1,078	1,045	1,014	984	954
減価償却-バイオガス抽出設備費	23,125	21,680	20,325	19,054	17,864	16,747	15,700	14,719	13,799	12,937	12,137
減価償却-CNG化設備	20,625	19,336	18,127	16,994	15,932	14,937	14,003	13,128	12,307	11,538	10,818
減価償却-車両の改造費	12,052	9,642	7,713	6,171	4,936	3,949	3,159	2,527	2,022	1,618	1,288
減価償却-簡易型CNG充填機器	1,875	1,758	1,648	1,545	1,448	1,358	1,273	1,193	1,119	1,049	984
5. Earnings after Depreciation (thousand yen)	-912,411	228,113	233,414	238,053	242,139	245,758	248,982	251,871	254,471	256,823	258,959
6. TAX (thousand yen)	0	57,028	58,354	59,513	60,535	61,439	62,246	62,968	63,618	64,206	64,740
法人税	0	57,028	58,354	59,513	60,535	61,439	62,246	62,968	63,618	64,206	64,740
7. Net profit (thousand yen)	-912,411	171,085	175,061	178,540	181,604	184,318	186,737	188,903	190,853	192,617	194,219
8. Depreciation (thousand yen)		58,971	53,670	49,031	44,945	41,326	38,102	35,213	32,613	30,261	28,125
借入金返済 (thousand yen)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
借入金返済											
9. CASHFLOW (thousand yen)	-912,411	230,056	228,730	227,571	226,549	225,645	224,838	224,116	223,466	222,878	222,322
		230,056	458,786	686,357	912,906	1,138,551	1,363,389	1,587,505	1,810,972	2,033,850	2,267,322

表 4.25 EFB ペレット化設備（新設）への電力供給用途（10 年間）

Item	Year										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Construction period      Operation period											
1. IN (thousand yen)	55,000	571,023	571,023	571,023	571,023	571,023	571,023	571,023	571,023	571,023	571,023
プロジェクトを実施しない場合に購入の必要があったと想定される 軽油費用		165,564	165,564	165,564	165,564	165,564	165,564	165,564	165,564	165,564	165,564
プロジェクトを実施しない場合に購入の必要があったと想定される 発電設備費用	55,000										
プロジェクトを実施しない場合に支出の必要があったと想定される 発電設備メンテナンス費		6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250
ペレット販売金額		399,209	399,209	399,209	399,209	399,209	399,209	399,209	399,209	399,209	399,209
2. O&M (thousand yen)	746,460	40,385	40,385	40,385	40,385	40,385	40,385	40,385	40,385	40,385	40,385
基礎部分の土木工事費 ※関税対象外	43,125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
バイオガス抽出設備費	370,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
バイオガス発電設備費	220,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
建築費(発電機屋)	5,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
設備オペレーション費(バイオガス化設備・発電設備)		35,900	35,900	35,900	35,900	35,900	35,900	35,900	35,900	35,900	35,900
ペレット化設備費	44,850										
設備メンテナンス費		4,485	4,485	4,485	4,485	4,485	4,485	4,485	4,485	4,485	4,485
関税	63,485										
金利											
3. Earnings before Depreciation (thousand yen)	-691,460	530,638	530,638	530,638	530,638	530,638	530,638	530,638	530,638	530,638	530,638
4. Depreciation (thousand yen)	0	41,122	38,599	36,232	34,011	31,929	29,975	28,141	26,422	24,808	23,294
減価償却-土木工事費		1,294	1,255	1,217	1,181	1,145	1,111	1,078	1,045	1,014	984
減価償却-バイオガス抽出設備費		23,125	21,680	20,325	19,054	17,864	16,747	15,700	14,719	13,799	12,937
減価償却-バイオガス発電設備費		13,750	12,891	12,085	11,330	10,622	9,958	9,335	8,752	8,205	7,692
減価償却-建築費(発電機屋)		150	146	141	137	133	129	125	121	118	114
減価償却-ペレット化設備費		2,803	2,628	2,464	2,310	2,165	2,030	1,903	1,784	1,673	1,568
5. Earnings after Depreciation (thousand yen)	-691,460	489,516	492,039	494,406	496,627	498,709	500,663	502,497	504,216	505,830	507,343
6. TAX (thousand yen)	0	122,379	123,010	123,602	124,157	124,677	125,166	125,624	126,054	126,457	126,836
法人税		122,379	123,010	123,602	124,157	124,677	125,166	125,624	126,054	126,457	126,836
7. Net Profit (thousand yen)	-691,460	367,137	369,029	370,805	372,470	374,032	375,498	376,872	378,162	379,372	380,508
8. Depreciation (thousand yen)		41,122	38,599	36,232	34,011	31,929	29,975	28,141	26,422	24,808	23,294
借入金返済 (thousand yen)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
借入金返済											
8. CASHFLOW (thousand yen)	-691,460	408,259	407,628	407,036	406,481	405,961	405,472	405,014	404,584	404,181	403,724
		408,259	815,887	1,222,924	1,629,405	2,035,366	2,440,838	2,845,851	3,250,435	3,654,616	4,026,860

6) 事業の実施体制  
(契約・実施体制)

①製品供給（直接）

相手企業によりバイオガス活用方針が定まった直後のため、この方針に応じた最適な体制を検討中である。以下にその一例を示す。

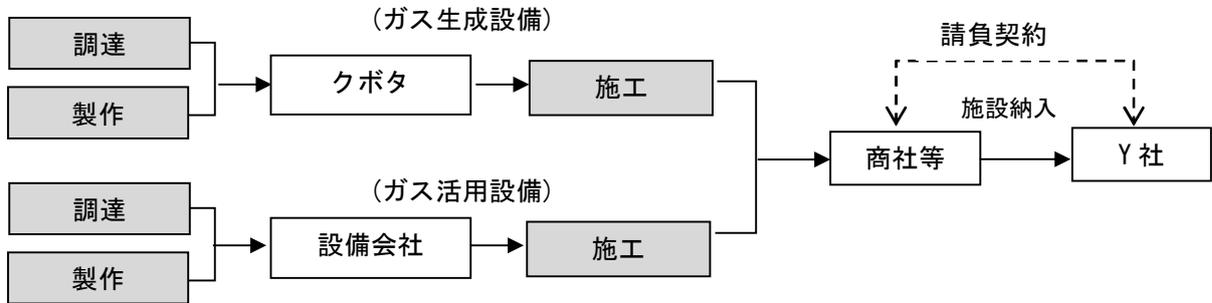


図 4.11 設備・工事の契約方法

(運用体制)

本調査期間の採取段階で、相手国企業側がガス活用方針を決めたことで、運用段階で想定する体制について、以下の形態を中心に検討を行う必要がある。

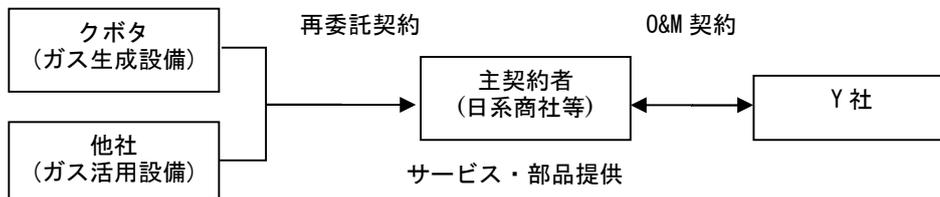


図 4.12 運用体制(例)

(資材・機器調達)

資材・機器の調達について、現時点の考えられる例として、

- ・ 発電機・鋼製タンクはオーストリアなど欧州等
- ・ ポンプ・配管類および電気設備はタイなどアジア諸国等
- ・ 制御・計装設備は日本から、
- ・ EFBの処理設備はマレーシア等
- ・ CNG車両改造設備やコンプレッサーなどはタイおよびミャンマー等
- ・ 土木・建築資材はミャンマー
- ・ 土木・建築の付帯設備はアジア諸国、

などがあり、資材、機器への要求水準と価格を勘案し、調達国を設定して、直接・間接の調達を図る。

(国際輸送・通関)

ミャンマー国での通関経験や航路をもつ国内外の大手ロジスティクス企業等に委託することを想定する。

(現地国での搬入方法)

パームミルから約60kmに税関機能をもつコータウン港があり、ここには3つの公共埠頭、7つの民間埠頭がある。公共埠頭のうち最大のタウン・ジェティーは以下の仕様をもち、貨物、客船ともに利用可能で2,000~3,000t程度の船舶も入港可能である。定期の国際貨物航路はないため、ヤンゴンもしくはタイにおける国際港で積み替えて、コータウンで通関することが可能である。

表 4.26 コータウン港最大の Tawwin 埠頭の仕様

埠頭構造	位置	埠頭規模 (長辺×幅)	接岸可能な船舶	
			最大長	最大水深
コンクリート構造 固定式	北緯 09° 59.92' 東経 98° 34.00'	110x9.0m	76m	4m

資料) Myanmar Port Authority

コータウン港からミルまでの国道6号は、幅員が8m程度で、コータウンミルのために良好に舗装されており、大型車での輸送が可能である。

(プロジェクト実施主体(クボタ)の経営体制・実績)

表 4.27 プロジェクト主体の体制

項目	内容
社名	株式会社クボタ
本社所在地	大阪、東京
創業	1890年
資本金	840億円(2014年3月31日現在)
売上高	15,086億円(2014年3月期・連結)
	7,653億円(2014年3月期・単独)
従業員数	33,845名(2014年3月31日現在・連結)
	10,387名(2014年3月31日現在・単独)

表 4.28 クボタの膜・メタン設備の納入実績

対象有機物	導入設備数	対象国
焼酎蒸留廃液	9	日本
食品残渣	7	日本
POME(パーム搾油廃水)	1	マレーシア
	6	インドネシア(建設中)
計 23		

(プロジェクト実施主体(相手企業)の経営体制・実績)

表 4.29 相手企業のプロジェクト体制

区分	名称	所在地	体制
本社事業所	YUZANA Group of Companies YUZANA Co., Ltd.	No130, Shwe Gon Dine Road, Bahan Township, Yangon Myanmar	Win Pa Pa 取締役 Zin Me Thient 取締役 Zar Chi Htay 取締役
パームミル	Kawthaung Mill	38mile Khamauk Gyi Township Tanintharyi Division, Kawthaung District, Myanmar	Er Chin Cheng(技術顧問)、Thura 氏(工場長) Zaw giy 氏(電気担当) Kyaw Naing Oo 氏(用地) Zaw Lwin 氏と Moe moe Khaing 氏(土木)

相手企業の経営諸数値などは非公開のため現時点で把握できていない。ただし、農業・水産業・土木建築・商業など幅広いビジネスを行うグループ企業であり、全従業員数は3万人を数える。パームとパーム油の生産実績は前述のとおりで、パーム園とパーム油搾油設備を保有し、現地では工場労働者で600人程度を、またパーム園で6,000人程度の園内作業者を雇用している。

(資金計画)

本プロジェクトは、BOTやSPC設立などの複雑な仕組みがなく、日本企業が財・サービスを提供する相手国の買主(バイヤー)との間の取引のため、できるだけ簡素な資金計画としたい。

・第1案

相手国の対象企業は、従業員3万人の農水産業を中心とした大規模グループ企業であり、数億円規模の資金の融通を期待し、本プロジェクトへの投資効果の理解を高めることで、第一に相手企業の自己資金での投資を要請する。

・第2案

資金に関して相手企業と協議のなかで、相手側から融資制度の紹介を依頼された。この理由として、ミャンマー国では高金利と(高インフレ)のため、海外から相対的に低い融資で事業を実施した場合に、事業自体のリスクと自国のインフレリスクの双方を軽減する思惑と考えられる。

これに対しては、日系現地法人等が生産・販売する財・サービスを購入する買主(バイヤー)に対して融資を行うJBI Cによるバイヤーズ・クレジットや、この資金を相手国の銀行に対して融資するバンクローン(ツーステップ・ローン)などの活用が考えられる。ただし、これらのための与信評価の作業や日本側も様々なリスクを負うことから、日本からの融資制度の利用はできるだけ回避する方針とする。

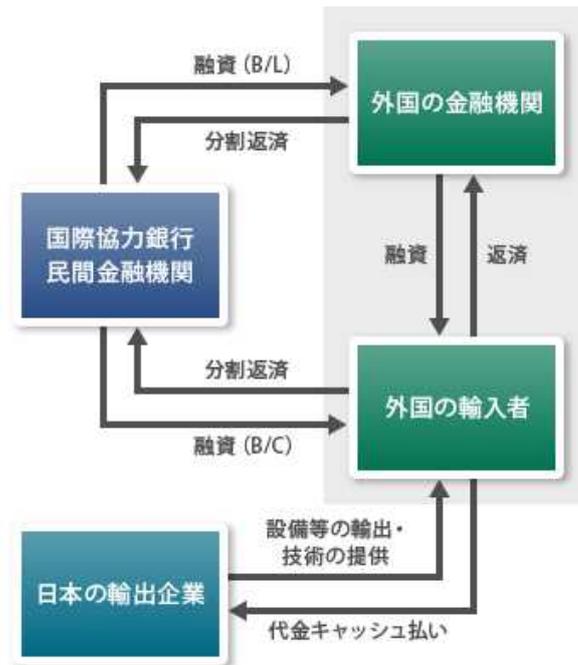


図 4.13 日本企業の取引先に対する融資制度の例  
 (バイヤーズ・クレジット (B/C)、バンクローン (B/L)  
 出典) JBIC

(リスク分析)

事業リスクとして、カントリーリスク、相手事業者に対する与信リスク、契約書の不備による各種リスク、資材調達での破損・遅延等のリスク、請負工事での瑕疵によるリスクなどがある。

これらについて定量化できるものは少なく、与信調査のほか、貿易保険などヘッジ方を最大限に活用する。また、基本的に契約書に基づく内容は国際的に有効であるため、マレーシア、インドネシア等での過去の契約経験にもとづいて、契約書に伴うリスクをできるだけ低減する。

### (3) プロジェクト許認可取得

#### 1) 建設業として請け負う場合

ミャンマーの法令はイギリス植民地時代に制定され、現在でも有効なものが多い。法体系はイギリス法の考え方が基礎にあるために、基本法がその都度改正及び修正されて現在に至っている。建築基準法にあたる法律は、現在「ミャンマー建設コード」(Myanmar Building Code) (案) が策定されて、国会の承認が 2014 年中には行われる予定とされている。

また、図面について、作成したエンジニアが署名して、その工事に特に構造設計等に関する保証をする責任がある。これを担当するエンジニアの資格に関して、これまで明確な法による規定がなかったが、2013年11月に、ミャンマー技術評議会法(通称:エンジニア資格法: Engineering council law) が制定されている。また、外国人技術者も専門教育を受けた証明等の必要な要件を満たす者は、この制度により「リミテッドエンジニア証明書」を受給し、ミャンマーにおける有資格エンジニアとして専門業務に従事することができることとされている。

※上記は、日本企業がサプライヤーとなる製品納入契約の場合には無関係である。

#### 2) 環境影響評価について

ミャンマー国においては、2013年1月の新外国投資法の施行細則により、EIAが認可の条件となる投資分野が規定されたのを受け、環境影響評価に関する規則現在検討中である。このドラフトでは、現在以下のような内容に該当する事業については、環境影響を調査検討した資料を関係機関に提出することが記述されている。これらの内容は一般的であり、さらなる仔細の事業が規模が規定されない状態では、明確な判断ができない。

- (a) 地形や自然の生態系、自然景観の改変
- (b) 再生可能エネルギーと非再生可能エネルギー資源の開発
- (c) 生態系による恩恵に対して排出・毀損・悪化を与える可能性を伴う活動や行為
- (d) 社会・文化的な環境に対して影響を与える可能性のある活動や行為
- (e) 自然資源保護エリアの保全や歴史・文化の保全に影響を与える可能性のある活動や行為
- (f) 遺伝子組み換えを含む新しい動植物種や生命体の導入
- (g) 環境に相当の影響を与える可能性が見込まれる技術の適用
- (h) 国家の安全保障に影響や高い可能性のある活動
- (i) 生物学的および非生物学的物質の使用および生産
- (j) 国家環境保護委員会により規定されるその他の基準類に該当するもの

出典) 環境影響評価の規則(ドラフト) ミャンマー国環境保全森林省

#### (4) 日本技術の優位性

##### 1) 従来方式と比較した提案技術の優位性

東南アジアのパーム園のPOMEのバイオガス活用では、排水ポンドを薄膜で被覆してガスを抽出する方式(カバード・ラグーン方式)がある程度普及しており、それ以外は未利用とされている。この方式では、①ポンド内の排水の不均質化によりバイオガスが十分に抽出されない問題や、②ポンドを覆うゴム薄膜も劣化・暴風による破裂や爆発の恐れもある。これに対して、本調査でのバイオガス提案技術(濾過膜・タンク方式)は、タンク内の性状均質化に加え、同社製の液中膜による固液分離技術を組み合わせて、ガス回収効率を高めるとともに、排水水質の改善効果を高める特長をもつ。このクボタの技術は、インドネシア、マレーシアのパーム園で実際に採用されており、日本製品の価格を上回る品質と信頼性が評価されている。

表 4.30 本プロジェクトでの提案方式と従来方式の基本的な比較

項目	提案方式 (クボタ AnMBR)	従来方式
反応タンク内での発酵温度帯	50-55℃ (高温発酵)	34-37℃ (中温発酵)
POMEの冷却の手段	容易 (高温発酵のため特段POMEを冷却する必要はない)	容易ではない (冷却のためのポンドなどが必要)
発酵・分解速度	速い (中温発酵の約2倍)	遅い
CODからバイオガスへの転換比率	高い (中温発酵より約20%高い)	低い
発酵の安定性	高い安定性 (嫌気での膜処理の効果)	相対的に高い

##### 提案技術の優位性のポイント

1. 廃水であるPOMEから、製油事業に有益なエネルギーを得ることができる。
2. カバード・ラグーン方式に比較して安全で効率が良い。
3. ろ過膜によって、発酵阻害物質が減るためエネルギー回収効率が向上する
4. "、反応系が安定しエネルギーの安定的回収ができる
5. 効率向上によって、タンクの容量の小型化、排水水質がより改善する

ただし、提案技術の特長を、定性的な説明だけでなく、POMEを活用しない場合やコンベンショナルな手法と定量的に比較して提示する必要がある。ここでは、以下に示す比較対照案とともに提案技術の特徴をとりまとめた。

(比較案)

- ① (POMEの利用なし)
- ② カバードラグーン方式
- ③ 膜なしタンク方式

### ①POMEを活用しない

各国のパーム油生産の多くの現場では、POMEは滞留 Pond での沈殿・嫌気分解処理によって有機物と懸濁質濃度を低下させて放流されている。Pond の計画手法に基準類がなく、またパーム生産国では排水基準が不十分である場合が多く、不十分な処理のまま POME が放出されることもある。

この状態では、Pond での嫌気発酵によって、大気中に盛んにメタンが放出されるほか、一般に COD が 50,000mg/L 以上である廃水が不十分な状態で放流される。さらに貯留 Pond は、嫌気化処理のため一般的に水深は 2~5m であり安全面からも問題がある。

### ②カバードラグーン(カバード Pond)方式

この方式は、安価にバイオガスの回収ができるため、パーム油生産国である程度普及している。POME 用の Pond 上をビニル膜等で覆い、発生するバイオガスを補足し回収・利用するものである。ただし、アジアのパーム油生産国で POME の活用に積極的なマレーシアでも、全体で 426 あるパームミルの内、12.9% である 55 のミルがこの実設備をもつ<sup>\*</sup>。さらにこの中の多くカバードラグーン方式と推定される。また、マレーシアでもバイオガスをフレア処理(燃焼)だけ行い、エネルギー利用をしていないミルも多い。

この方式では、発酵のための滞留時間や温度条件などが計画的ではなく、バイオガス回収効率が良好ではない。また、温度条件は高温発酵~中温発酵の間と推定される。Pond 上のビニル膜等は発生ガスの膨圧のみで支持されているため、暴風時の風圧などによる「ゆらぎ」や飛来物での破損の可能性がある。また、このビニル膜等は太陽光により劣化も生じるなど、可燃性ガスの回収・保持設備としては安全面での問題が多い。

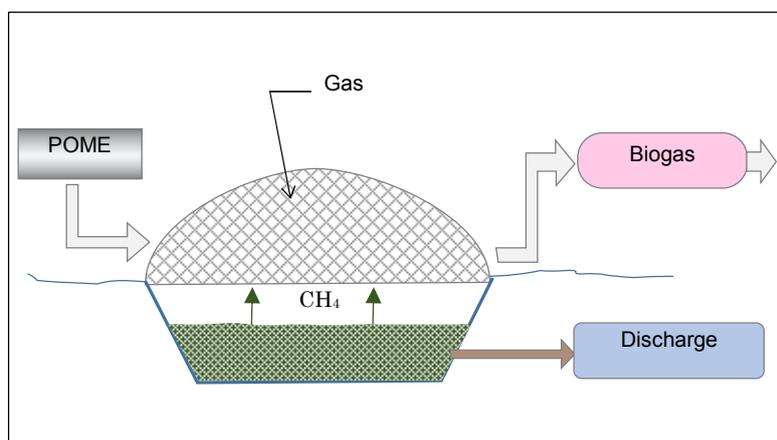


図 4.14 カバードラグーン方式の概念図

### ③(ろ過膜なし)タンク方式

本方式は、CDM を想定して、マレーシア・インドネシア等で研究が進み幾つかの事業が実施されている。我が国でも本方式を想定した CDM 関連調査が行われてきた。

ただし、本方式の普及率は低く、カバードラグーンを下回ると推定される。ただし、マレーシアの環境コンサルタント企業などは、この方式を POME 活用のサービスメニューのひ

とつとするなど、現地国での普及活動が進捗している。また、2014年3月には、GE社がマレーシアのGreen and Smart Sdn Bhd社とともに、同国パーム生産大手のFELDA社と設備供給に対する合意を表明するなど、アジア以外から本方式への参入も始まっている。因みにGE社は、自社のJenbacherガスエンジンの普及にメリットを見出しているとされる。マレーシアでは、このPOMEからのバイオガス活用にGreen and Smart Sdn Bhd社のほか、上記写真のEco-Ideal Consulting Sdn. Bhd社など、多くの現地企業が取り組んでいる。



Sungei Kahang POME Biogas Project  
in Kahang, Johor, INDONESIA



Sandakan, Sabah, Malaysia FFB  
90Mt/hr > 3MW

参考写真 Sungei Kahang POME Biogas Project in Kahang, Johor  
(UNFCCC に対して 2010 年登録、出典 ; Eco-Ideal Consulting Sdn. Bhd の HP)

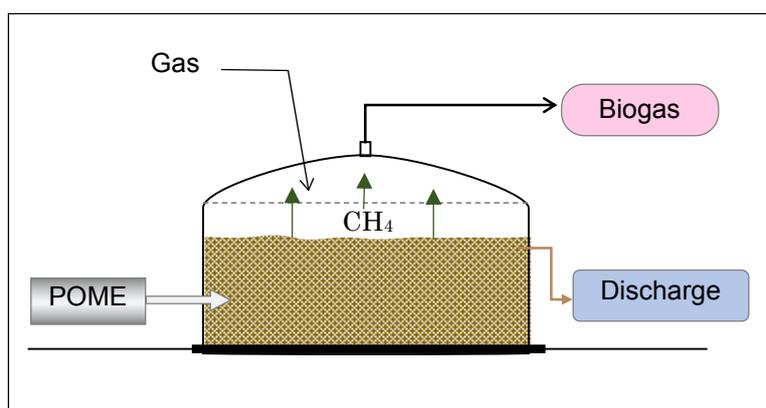


図 4.15 (ろ過膜なし) タンク方式の概念図

この方式では、タンク内部での物質濃度の均質化や滞留時間のコントロールが可能であるため、カバードラグーン方式よりもバイオガスを効率的かつ安定的に回収できるといえる。

#### ④ろ過膜・タンク方式

本方式は、我が国で汚水処理等の効率化とバイオマス活用技術の推進の成果から生まれた高効率のPOME処理技術である。バイオガスの効率的な抽出のために高温発酵(Thermophilic, POMEでは50~55°Cで計画)を条件としているが、POMEの場合には、搾油過程ですでに加温状態で排出されるほか、熱帯特有の比較的高温の環境下にあるため、高温発酵方式の適用は合理的である。

また、日本で実用化されてきたろ過膜(平膜)を消化タンク内に設置し、水分・アンモニア等の発酵阻害物質をある程度除去することで、バイオガスの発酵を効率化させるとともに、

消化タンク容量の縮減を可能としている。さらに、(膜なし)タンク方式がもつ消化タンク内の性状均質化の利点もあわせもつため、この方式によって流入COD<sub>cr</sub>のメタンガス当量に対して、回収メタン量は80%を安定的に上回ることができ(図4.16参照)、高効率で安定的なバイオガス回収を可能としている。

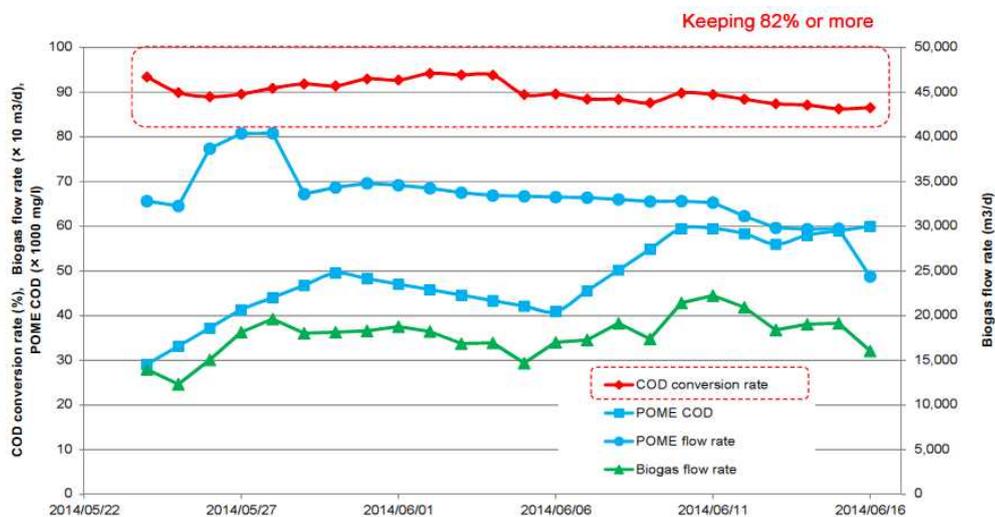


図 4.16 ろ過膜・タンク方式でのCOD<sub>cr</sub>～メタン発生率の測定結果の例(クボタ資料)

このクボタの技術は、近年にインドネシア、マレーシアのパーム園で実際に採用されており、従来方式に対して日本製品の価格差を超える品質と信頼性が評価されている。

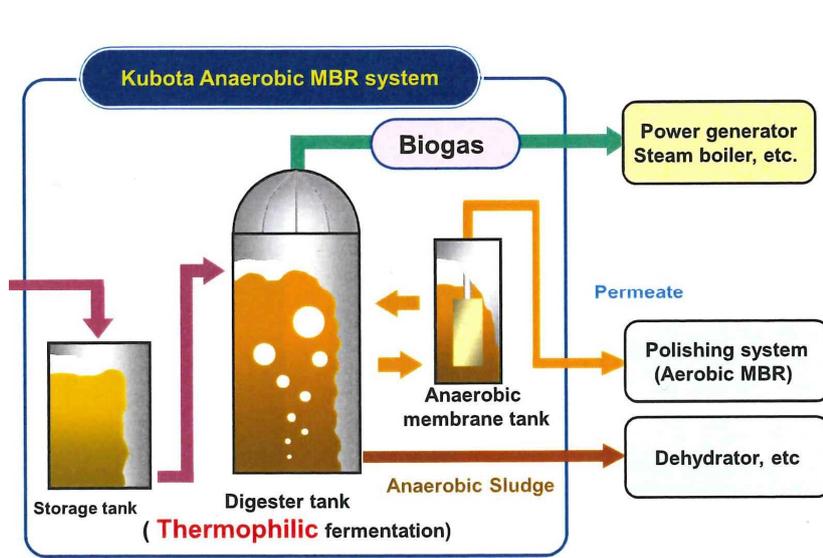


図 4.17 ろ過膜・タンク方式の概念図①

※投資効果；CH<sub>4</sub>回収量→発電単価への転換、初期・運転費用とあわせた概略の経済性

※条件；検討費用は発電まで、発電単価＝マンマー買電単価 FFB量は約40万t/y

他方式の費用はヒアリング等で設定。

※その他；従来方式での安全性や不確実性の問題提起。具体的な問題事例が必要。

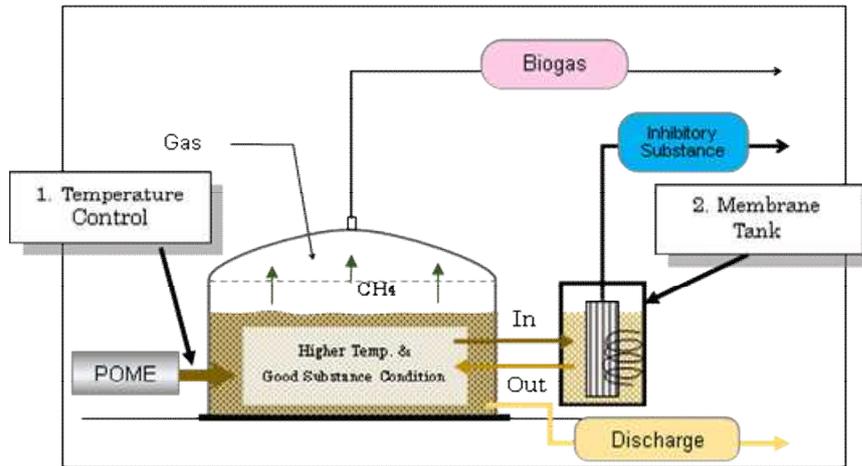


図 4.18 図 4.15 ろ過膜・タンク方式の概念図②

表 4.31 バイオガス生成に関する従来方式と提案プロジェクト(C案)の比較

項目	A 方式 カバードラグーン	B 方式 従来型タンク方式	C 方式 提案方式
1. 外観			
2. システムイメージ			
3. 発酵温度帯	中温発酵 (34~37℃)	中温発酵 (34~37℃)	高温発酵 (50~55℃)
4. POMEのCOD成分からバイオガスへの転換比率	≒40% Poor	≒50~60% Good	72*~82% Superior
5. バイオガスで得られるエネルギー量 (POME 1080m <sup>3</sup> /d で COD 60,000mg/L の場合)	36,000 kWh/day (Ave 1,500 kW)	50,000 kWh/day (Ave 2,100 kW)	65,000 kWh/day (Ave 2,700 kW)
6. 初期費用 (発電機までを含む)	≒4.9 million USD	≒6.1 million USD	3.5~7 million USD**
7. 長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>初期費用が最も安価</li> <li>導入が単純</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>左記より効果的である</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>最も効果的である</li> <li>排水水質がもっとも良好</li> </ul>
8. 短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>発酵が不安定</li> <li>暴風時などに危険である</li> <li>シート経年劣化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>相対的に複雑な機構</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>最も複雑な機構</li> </ul>

## (5) MRV体制

クボタは元請けを通して設備導入した場合にも、何等かの方法で保守契約を結ぶ可能性が高い。また、それ以外の場合にも日本企業が中心となりMRVを行うことで、MRVに対して日本側の責任感と技術的裏付けを高めることができる。これらの方針は、今後、実施体制を検討するなかで整理していく予定である。モニタリングのデータのうち、比較的簡単に自動計測ができる流量や発電量などについては、プラント導入時に併せて計測設備を設置・追加するものとする。またFFB処理量など、相手事業者が管理するデータは、適時、管理データの提供を求めて整理する方針とする。なお、特別に分析装置が必要なCODなどをモニタリングする場合は、政府認可を受けた環境モニタリング機関等に試料分析を委託する。この結果は、主契約者がミャンマー国内での第三者機関等に評価を求め、さらにその結果を将来設置が予定される日本・ミャンマー国でのJCM合同委員会に報告することとする。

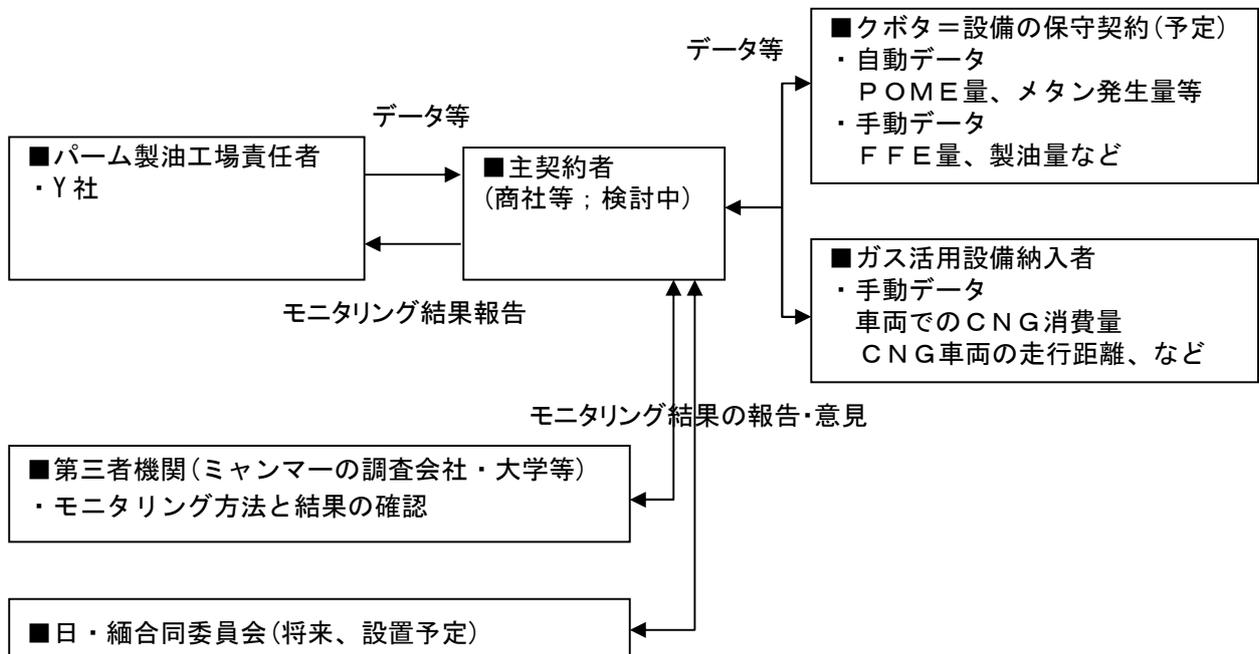


図 4.19 MRV体制の例

MRV方法論では、①水量計によるPOME量の実測、あるいはポンプなどの稼動状況を基にしたPOME量の推計の可否、および②COD濃度の実測の可否、に応じて算出方法を選択できるようモニタリング項目を設定する。

表 4.32 MRV方法論でのケース別モニタリング項目

		COD濃度	
		実測可能	実測不可
POME量	実測・推定可能	【Option 1】 ・COD濃度 ・POME排出量 ・電力、ガスの生成量	【Option 2】 ・POME排出量 ・電力、ガスの生成量
	実測・推定不可	【Option 3】 ・FFB投入量 ・電力、ガスの生成量	【Option 4】 ・FFB投入量 ・電力、ガスの生成量

## (6) ホスト国の環境十全性の確保と持続可能な開発への寄与

パーム園でのPOMEは、現在、沈殿ポンドからもなお高いCODにて地先に放流される。提案プロジェクトは、この排水中の有機物をバイオガスとして抽出するほか、臭気を放ち地下水汚染などにもつながるPOMEポンドを撤去・縮小できるものであるため、ホスト国の持続可能な開発に寄与すると考える。

我が国での環境影響評価の要素に倣って、現状と、提案プロジェクト導入後で、POME処理を巡る環境影響について概略検討した結果を以下に示した。

表 4.33 提案プロジェクト導入の前後での環境影響の検討結果(その1)

区分	環境要素	影響・1(現状)	影響・2(設備導入)	事業の影響
(参考)	施設・用地の比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2ha程度のEFBヤードにPOME排出され、EFBとともにPOMEの嫌気性分解が進む。</li> <li>・ヤード後には3.2ha程度のPOME貯留用ポンドがあり、4週間程度の滞留の後、雨季には下流に放流、乾季には灌漑用に散水されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・POMEからのバイオガス回収のための設備と、バイオガス内のメタンガスを活用する設備が導入される。</li> <li>・現在約3.2haあるPOMEポンドが不要となる。</li> <li>・現在、POMEをFFBに散布している作業と取りやめる。</li> </ul>	
大気質	(1)大気	<ul style="list-style-type: none"> <li>・EFBヤードとポンドでの嫌気分解より、硫化水素、アンモニアなどの有害物質が大気中に放出される。</li> <li>*大気中濃度の実測データはない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオガス抽出過程で発生する硫化水素やアンモニアは、処理プロセス中で除去される。</li> <li>*生物脱硫など</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大気汚染の影響は軽減される。</li> <li>(○)</li> </ul>
	(2)騒音	<ul style="list-style-type: none"> <li>・EFBヤードで、EFBを上下置換するためのバックホウ1台程度が常時稼働。</li> <li>・それ以外で騒音はない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオガス抽出設備では騒音は発生しない。</li> <li>・メタンガスの発電利用では機械騒音が発生する。パッケージ型で60db(A)程度。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発電機の騒音が発生する。</li> <li>(×)</li> </ul>
	(3)振動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・とくになし</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・とくになし</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・不変</li> <li>(-)</li> </ul>
	(4)悪臭	<ul style="list-style-type: none"> <li>・POME中の高濃度の有機物の嫌気分解によって、様々な悪臭物質が発生している模様。</li> <li>・EFBヤードでは、植物性油脂の腐敗臭が感じられる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・EFBへのPOMEの散布を止めることで、EFBヤードでの悪臭は低減する。</li> <li>・POMEポンドがなくなり、密閉タンク内で処理されるため、悪臭は発生しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・悪臭の発生が防止され、従業員環境が改善。</li> <li>(○)</li> </ul>
水環境	(1)水質	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一般には、POMEの貯留ポンド処理後でも、CODcrで10,000mg/L以上の排水濃度である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオガスによる有機物抽出と沈殿効果などで、CODcrの除去率90%以上と推定される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・排水の有機物濃度などが改善。</li> <li>(○)</li> </ul>
	(2)底質	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポンドから下流に放流される有機物濃度が比較的高いため、下流水域への沈殿の影響が考えられる。</li> <li>(雨季には流出が多く、実際には把握しにくい)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・POME水質の改善によって、下流での影響を軽減できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水質改善による下流の底質改善が期待できる。</li> <li>(○)</li> </ul>

注) 右欄の“○”は、事業が環境改善に寄与することを示す。“×”は反意、“△”不明。

表4.34 提案プロジェクト導入の前・後での環境影響の検討結果(その2)

区分	環境要素	影響・1(現状)	影響・2(設備導入)	事業の影響
水環境	(3)地下水	・EFBヤードとPOMEポンドの地盤から、地下水への影響も懸念される。	・EFBヤードとPOMEポンドの地盤からの浸透水による影響は解消される。	・地下水汚染が防止される。(○)
土壌環境他	(1)地形・地質	・面積約3.2ha×水深2.0m程度のPOMEポンドが掘削・造成されている。	・左記のPOMEポンドが解消される。	・現行の人為的な地形改変を解消できる。(○)
	(2)土壌	・POMEポンドの底部を通し、硫化水素やアンモニアなどでの土壌汚染が懸念される。	・EFBヤードとPOMEポンドの地盤からの浸透水による影響は解消される。	・土壌汚染が防止される。(○)
生物	(1)植物	・POMEポンドにおいて植生が分断されている。	・POMEポンドを埋め戻し、植生の復元も可能である。	・植生復元が可能である。(△)
	(2)動物	・同様に動物の生息や行動への障害が懸念される。	・POMEポンドを埋め戻して動物の生息域を復元することも可能である。	・生息域の復元が可能である。(△)
	(3)生態系	・高濃度の排水による空間の占有とその下流への放流で、水生生物などへの影響が懸念される。	・排水水質の改善とPOMEポンドの空間での自然回復により生態系への影響を回復できる。	・生息域の復元に役立つ可能性あり。(△)
触れ合い	景観	・POMEポンドは排水の貯留池のため、一種異様な景観となっている。	・POMEポンドをなくし、φ約33m、H約15mの反応タンク等を設置。	・改善につながる。(○)
	親水性など	・防護柵がなく、廃水が貯留されたPOMEポンドは親水性が低く危険である。	・左記のPOMEポンドの問題が解消される。	・改善される。(○)
環境負荷	廃棄物	・ポンドに堆積した有機汚泥を年1回除去している。 ・汚泥の処分方法は農地還元と推定される。	・バイオガスタンクからも廃棄物が発生するが、堆肥化等により、パーム園への農地還元をすることで影響を軽減できる。	・現状で差異を評価できない。(－)
	温室効果ガス	・POMEポンドでの嫌気反応によってCO2換算で約30,000t/yの温室効果ガスが排出される。	・POMEポンドからの排出抑制とバイオガス活用の場合の燃料代替で、温室効果ガスが削減される。	・大幅な削減につながる。(○)

注) 右欄の“○”は、事業が環境改善に寄与することを示す。“×”は反意、“△”不明。



写真 EFBヤードの外観



写真 POMEポンドの景観

## (7) 今後の課題及び予定

### ①今後の課題

#### 1) JCMを想定した精度向上

実測値を用いることで、MRV方法論での補正係数によるGHG削減量の目減りを防ぐため、P/S調査などにおいて、通年での排出量や水質値の把握による精度向上を行う必要がある。また、CNG設備などクボタで実施困難な設備については、海外調達品の品質・費用の精査などを行う必要がある。

#### 2) 実施体制の再検討

これまでガス活用の方針が明確でなかったが、最終協議において相手企業が「作業車両の燃料代替」を活用策として事業化を進めたい意向を示した。この結果、多数の作業車両の改造と、ガス充填スタンドの建設などが必要となるため、これらを含めてクボタが単独で直接実施することは困難との判断に至った。このため、CNG用精製と車両改造などを含めて全体事業を実施できる商社等を含めて、日本側の体制の再検討が必要である。

#### 3) 相手事業者との関係強化

さらなる事業の具体化に向けた相手事業者との関係強化が必要である。また、相手企業の幹部の要望もあり、マレーシア国にあるクボタのプラントに相手企業の関係者を招聘し視察を行うことなども必要である。

### ②今後の予定

JCMの場合、現在の方法論(案)での仮定のパラメータをできるだけ排除するため、P/S等により、現地でのPOME量と水質や製油施設の稼働状況の連続観測を行うとともに、車両改造を含めた設備設計と調達計画を進め、2016年に事業着手する方向で検討したい。

## 5. JCM 方法論作成に関する調査

本調査では、既存の方法論である小規模 CDM 方法論 AMS-III.H (Version 16.0) 「排水処理におけるメタン回収」を参考に方法論を開発した。

本項では、まず本方法論で用いる用語の定義を行ったうえで、算定方法の詳細を記載することとする。

表 5.1 用語の定義

用語	定義
嫌気性消化装置	嫌気性消化により液状廃棄物または固形廃棄物からバイオガスを生成する際に使用する設備。この消化装置は遮断されており、バイオガスを回収し、それを利用することにより熱生成が可能になっている。
嫌気性消化	嫌気性細菌の働きにより有機物を分解し、安定化させることにより、メタンと二酸化炭素を生成する。嫌気性消化に利用される代表的な有機物は、都市固形廃棄物 (MSW)、動物糞尿、廃水、有機工場廃水、および好気性廃水処理施設で生成されるバイオソリッドである。
バイオガス	消化槽で生成されたガス。一般的なガスの構成は、CH <sub>4</sub> が50～70%、CO <sub>2</sub> が30～50%、そしてH <sub>2</sub> SとNH <sub>3</sub> の痕跡がある (1～5%)。
湿式高温発酵	固形分濃度10%未満、かつ、高温 (50～55℃) の条件下で行うメタン発酵方式のこと。
嫌気膜	嫌気性細菌を高濃度に維持して発酵の安定性を高める嫌気性消化に用いられる膜のこと。

### (1) 適格性要件

本方法論は以下の全ての要件を満たすプロジェクトに適用することができる。

表 5.2 適格性要件

要件 1	嫌気性消化装置から抽出されたバイオガスを燃料とするバイオガス発電機、および／或いはバイオガスボイラ、並びに／或いはバイオガス圧縮・供給機を導入すること。
要件 2	嫌気性消化装置に投入される原料は、プロジェクトが実施されない場合には、開放系で沈殿処理される POME であること。
要件 3	湿式高温発酵（50～55 度）の嫌気性消化装置が導入されること。
要件 4	嫌気膜を有する嫌気性消化装置が導入されていること。
要件 5	点検チェックリスト、運営体制および安全基準を含むメンテナンス計画を備えること。

それぞれの要件の設定根拠を下表に示す。

要件 3 および 4 を含めることにより、日本技術の優位性を生かすと共に、要件 5 により GHG 排出量の削減を確実なものとするよう設定している。

表 5.3 適格性要件の設定根拠

要件	設定根拠
要件 1	本方法論で対象とする技術を特定するため。
要件 2	本方法論では、リファレンス排出量を「プロジェクトを実施しない場合に、開放系で処理される有機排水から発生する排出量」とする（後述）。従って、嫌気性消化装置に投入される原料は、プロジェクトが実施されない場合には開放系で処理される有機排水に限定される必要があるため。
要件 3	GHG排出量の削減における日本技術の優位性を生かすため。
要件 4	同上。
要件 5	プロジェクトの継続的な管理運営を実現し、GHG排出量の削減を確実なものとするため。

本調査で対象としている事業では、日本製の湿式高温発酵の嫌気性消化装置を導入することを想定しており、上記要件をすべて満たす。

## （2）リファレンス排出量の設定と算定、およびプロジェクト排出量の算定

本事業の対象工場では、パーム油の製造工程から排出される POME は、ポンドを経て最終的に河川へ放流（乾季にはパーム園での散水に利用）されている。ミャンマーにおいて、こうした工場排水に関する規制・基準を定める法令等は、2015 年 1 月現在、制定されていない。今後、排水規制・基準の導入や、経済性等のインセンティブをきっかけとした工場運営事業者自身による排水処理技術の導入が行われな限り、同国における経済活動の拡大に伴い、高濃度の有機排水量が増加することが想定される。したがって、プロジェクトが実施されない場合には工場から排出された有機排水が開放系で処理されるケースをリファレンスシナリオとして、算定方法を検討している。

本方法論において評価対象とする GHG 排出源および GHG の種類は下表のとおりである。

リファレンス排出量	
GHG 排出源	GHG 種類
プロジェクトを実施しなかった場合に、工場排水に含まれる分解性有機物	CH <sub>4</sub>
プロジェクトを実施しなかった場合に消費される化石燃料	CO <sub>2</sub>
プロジェクトを実施しなかった場合に消費される系統電力	CO <sub>2</sub>

プロジェクト排出量	
GHG 排出源	GHG 種類
嫌気性消化装置が付設されていない排水処理システムにおける排水に含まれる分解性有機物	CH <sub>4</sub>
プロジェクト活動により消費される化石燃料	CO <sub>2</sub>
プロジェクト活動により消費される系統電力	CO <sub>2</sub>

出典：調査団作成

### ① リファレンス排出量の算定方法

リファレンス排出量は、プロジェクトが実施されなかった場合に開放系で沈殿処理される有機排水に起因する CH<sub>4</sub> 排出量ならびに、電力および／或いは化石燃料の消費に起因する CO<sub>2</sub> 排出量から算出する。

$$RE_y = RE_{treatment, y} + RE_{discharge, y} + RE_{power}$$

$RE_y$	y年のリファレンスシナリオでの排出量 (tCO <sub>2</sub> e)
$RE_{treatment, y}$	y年のリファレンスシナリオでの排水処理システムからのメタン排出量 (tCO <sub>2</sub> e) (R1)
$RE_{discharge, y}$	y年のリファレンスシナリオでの河川・湖沼・海洋へ放流される処理水に含まれる分解性有機物に起因する CH <sub>4</sub> 排出量 (tCO <sub>2</sub> e) (R2)
$RE_{power, y}$	y年のリファレンスシナリオでの電力および／或いは化石燃料の消費に起因する CO <sub>2</sub> 排出量 (tCO <sub>2</sub> e) (R3)

(R1) リファレンスシナリオでの排水処理システムからのメタン排出量 ( $RE_{treatment, y}$ )

$$RE_{treatment, y} = \sum_i \{ Q_y * (COD_{inflow, i, RS} - COD_{outflow, i, RS}) / 1,000,000 * MCF_{treatment, RS, i} * B_{o, ww} * UF_{RS} * GWP_{CH4} \}$$

$i$	リファレンスシナリオでの排水処理システムの番号
$Q_y$	y年に処理される排水量 (m <sup>3</sup> ) $Q_y$ の算定方法は下記参照。
$COD_{inflow, i, RS}$	リファレンスシナリオで i に流入する排水中の COD 濃度 (mg/L) 実績値または設定値を採用する。

$COD_{outflow, i, RS}$	リファレンスシナリオで $i$ から流出する排水中の COD 濃度 (mg/L) 実績値または設定値を採用する。
$MCF_{treatment, RS, i}$	システム $i$ のメタン補正係数 表 5-4 より決定する。
$B_{o, ww}$	排水のメタン生成能力 (t-CH <sub>4</sub> /t-COD) IPCC の定める 0.25t-CH <sub>4</sub> /t-COD を採用する。
$UF_{RS}$	モデル補正係数 0.89 を採用する。
$GWP_{CH_4}$	メタンの地球温暖化係数 21 を採用する。

表 5.4 メタン補正係数 (MCF) のデフォルト値

排水処理システムのタイプ	MCF
海洋・河川・湖沼への排水の放流	0.1
良好に管理された状態での好氣的処理	0.0
管理が行き届いていない状態での好氣的処理	0.3
メタン回収を行わない嫌氣性反応槽	0.8
底の浅い (深度 2m以下) ラグーンでの嫌氣的処理	0.2
底の浅い (深度 2m以上) ラグーンでの嫌氣的処理	0.8
汚水処理タンク方式	0.5

出典：IPCC

$y$  年に沈殿処理される POME 排出量 ( $Q_y$ ) は以下の式から求める。前述のように、本方法論では POME 排出量あるいは排水中の COD 濃度の実測・推定可否により、4つのオプションを設定している (オプション分けについては次頁を参照)。

Option1 又は Option2 (POME量の測定可) の場合

$$Q_y = Q_{y, measure}$$

Option3 又は Option4 (POME量の測定不可) の場合

$$Q_y = \alpha_{RS} * P_y * f_0$$

$$\alpha_{RS} = Q_{RS} / P_{RS}$$

$Q_{y, measure}$	$y$ 年における実測によるPOME排出量、或いはポンプ容量と稼働時間などから算出した推定排水量 (m <sup>3</sup> )
$f_0$	モデル補正係数 0.5 を採用する。
$\alpha_{RS}$	リファレンスシナリオにおける FFB (mt) あたりの POME 排水量 (m <sup>3</sup> )

$Q_{RS}$	リファレンスシナリオにおける POME 排水量 (m <sup>3</sup> ) 事業実施前の実測値或いは設計値を採用する。
$P_{RS}$	リファレンスシナリオにおける FFB の投入量 (mt) 事業実施前の実測値を採用する。
$P_y$	y 年における FFB の投入量 (mt)

本事業の対象となるサイトの場合、雨季と乾季において、雨量の違いに起因して POME の処理方法が異なっている。

パーム油製造過程で生じるコンデンセートおよび搾油スラッジの混合物である POME (「1st POME」とする) は、いったん EFB ヤードに入り、雨水やナッツ洗浄廃水等と混ぜた後、ポンドへと排水される (「2nd POME」とする)。4 か所のポンドを経た POME (「3rd POME」とする) の処理は季節によって異なり、雨季には河川へと放流され、乾季にはパーム園での散水に利用される。

したがって、本プロジェクトにおいてはそれぞれの処理方法に応じて、異なるメタン補正係数を用いる (図 5.1 および表 5.5 参照)。

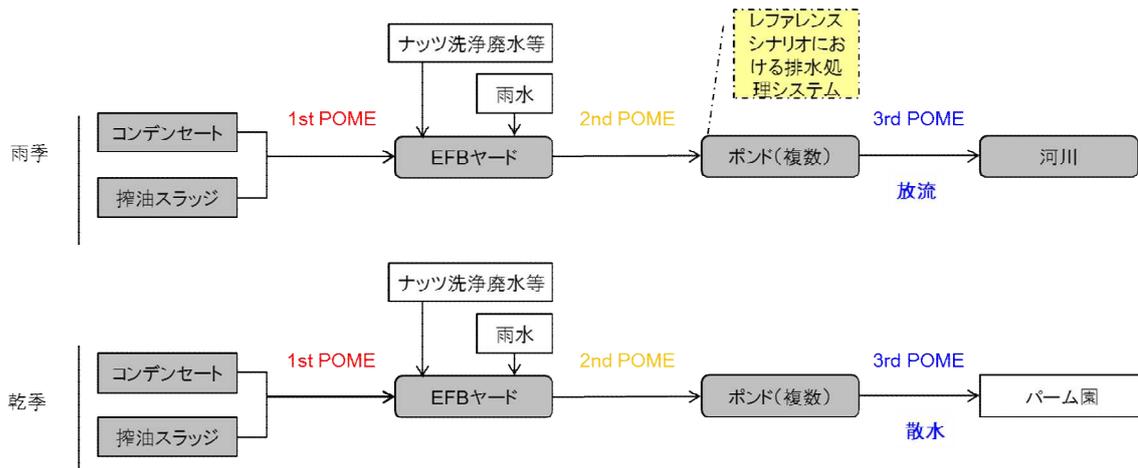


図 5.1 : 本プロジェクトサイトにおける有機排水の処理プロセス  
出典 : Y 社へのヒアリングおよび現地視察を基に調査団作成

表 5.5 乾季/雨季におけるメタン補正係数

	メタン排出量	メタン補正係数 (MCF)		
		季節	処理方法	係数
$RE_{treatment1,y}$ (EFB ヤード)	1st POME と 2nd POME の差分	雨季	管理が行き届いていない状態での好氣的処理	0.3
		乾季	管理が行き届いていない状態での好氣的処理	0.3
$RE_{treatment2,y}$	2nd POME と 3rd POME の	雨季	底の深い (2m以上) ラグーンでの嫌氣的処理	0.8

(ポンド)	差分	乾季	底の浅い (2m未満) ラグーンでの嫌氣的処理	0.2
$RE_{discharge, y}$	3rd POME	雨季	海洋・河川・湖沼への排水の放流	0.1
		乾季	管理が行き届いていない状態での好氣的処理	0.3

※本事業の対象サイトにおいては、有機排水は EFB ヤードおよびポンドの 2 種類の処理システムを経るため、ここでは EFB ヤードを  $RE_{treatment1, y}$ 、ポンドを  $RE_{treatment2, y}$  と区別して記載している。

(R2) リファレンスシナリオでの河川・湖沼・海洋へ放流される処理水に含まれる分解性有機物に起因するメタン排出量の計算式 ( $RE_{discharge, y}$ )

$$RE_{discharge, y} = Q_y * GWP_{CH4} * B_{o, ww} * UF_{RS} * COD_{discharge, RS} / 1,000,000 * MCF_{discharge, RS}$$

$Q_y$	y年にリファレンス排水処理システム <i>i</i> で処理される排水量 (m <sup>3</sup> ) 「(R-1) リファレンスシナリオでの排水処理システムからのメタン排出量」と同じ値を採用する。
$GWP_{CH4}$	メタンの地球温暖化係数 21 を採用する。
$B_{o, ww}$	排水のメタン生成能力 (t-CH <sub>4</sub> /t-COD) IPCC の定める 0.25t-CH <sub>4</sub> /t-COD を採用する。
$UF_{RS}$	モデル補正係数 0.89 を採用する。
$COD_{discharge, RS}$	リファレンスシナリオで河川・湖沼・海洋へ放流される処理水の COD 濃度 (mg/L) 実測値を採用する。
$MCF_{discharge, RS}$	リファレンスシナリオでの放流した排水のメタン補正係数 表 5-4 より決定する。

(R3) リファレンスシナリオでの電力および/或いは化石燃料の消費に起因する CO<sub>2</sub> 排出量 (tCO<sub>2</sub>e) ( $RE_{power, y}$ )

$$RE_{power, y} = RE_{electricity, y} + RE_{thermal, y}$$

$RE_{electricity, y}$	y年にリファレンスシナリオでの電力の消費に起因するCO <sub>2</sub> 排出量 (tCO <sub>2</sub> )
$RE_{thermal, y}$	y年にリファレンスシナリオでの化石燃料の消費に起因するCO <sub>2</sub> 排出量 (tCO <sub>2</sub> )

1) y年にリファレンスシナリオでの電力の消費に起因するCO<sub>2</sub>排出量

$$RE_{electricity, y} = EG_{net, electricity, PJ, y} * EF_{electricity}$$

$EG_{net, electricity, PJ, y}$	y年の事業による供給電力量 事業実施後の実測値或いは設計値を採用する。
$EF_{electricity}$	電力のCO2排出係数 (tCO <sub>2</sub> /MWh) リファレンスシナリオで電力をグリッドから購入している場合は、ミャンマー政府の公表値を使用する。公表値が未発表の場合、過去のプロジェクトにおける計算値、或いは独自に計算した値を使用することとする。 自家発電の場合は、総発電用化石燃料使用量（熱量ベース）を自家発電供給量で除し、IPCCで定める炭素排出係数を乗ずることと求める。

2) y年にリファレンスシナリオでの化石燃料の消費に起因するCO<sub>2</sub>排出量 (tCO<sub>2</sub>)

$$RE_{thermal, y} = EG_{net, thermal, PJ, y} * EF_{FF, RS}$$

$EG_{net, thermal, PJ, y}$	y年における化石燃料の熱量 (TJ) 事業実施後の実測値或いは設計値を採用する。
$EF_{FF, RS}$	リファレンスシナリオで使用する化石燃料のCO2排出係数 (tCO <sub>2</sub> /TJ)

## ② プロジェクト排出量の算定方法

プロジェクト排出量は、本プロジェクト活動によって影響を受けるバイオガス回収装置の付設されていない排水処理システムにおける排水、およびプロジェクト実施後に放流される処理水の2つに含まれる分解性有機物に起因するメタン、ならびにプロジェクト活動による電力および/または化石燃料の消費に起因するCO<sub>2</sub>の合算により算出する。

$$PE_y = PE_{treatment, y} + PE_{discharge, y} + PE_{power, y}$$

$PE_y$	y年のプロジェクト排出量 (tCO <sub>2</sub> e)
$PE_{treatment, y}$	y年のプロジェクト活動によって影響を受ける、バイオガス回収装置が付設されていない排水処理システムからのメタン排出量 (tCO <sub>2</sub> e) (P1)
$PE_{discharge, y}$	y年のプロジェクト実施後に河川・湖沼・海洋へ放流される処理水に含まれる分解性有機物に起因するメタン排出量 (tCO <sub>2</sub> e) (P2)
$PE_{power, y}$	y年のプロジェクト活動での補助電源および/或いは補助化石燃料の消費に起因するCO <sub>2</sub> 排出量 (tCO <sub>2</sub> e) (P3)

(P1) プロジェクト活動によって影響を受ける、バイオガス回収装置が付設されていない排水処理システムからのメタン排出量 ( $PE_{treatment, y}$ )

$$PE_{treatment, y} = \sum_i \{ Q_y * \Delta COD_{i, y} / 1,000,000 * MCF_{treatment, PJ, i} * B_{o, ww} * UF_{PJ} * GWP_{CH4} \}$$

$i$	プロジェクトの排水処理システムの番号
$Q_y$	y 年に処理される排水量 (m <sup>3</sup> ) リファレンスシナリオでの排水処理システムからのメタン排出量 (R2) での算出結果を採用する。
$\Delta COD_{i, y}$	y 年に排水処理システム i で除去される排水 1L 当たりの COD 量 (mg/L) 以下の式から算出する。
$MCF_{treatment, PJ, i}$	システム i のメタン補正係数 表 5-4 より決定する。
$B_{o, ww}$	排水のメタン生成能力 (t-CH <sub>4</sub> /t-COD) IPCC の定める 0.25 t-CH <sub>4</sub> /t-COD を採用する
$UF_{PJ}$	モデル補正係数 1.12 を採用する。
$GWP_{CH4}$	メタンの地球温暖化係数 21 を採用する。

y 年に排水処理システム i で除去される排水 1m<sup>3</sup> 当たりの COD 量 ( $\Delta COD_{i, y}$ ) は以下の式から求める。

Option1 又は Option3 のとき

$$\Delta COD_{i, y} = COD_{inflow, i, measure} - COD_{outflow, i, measure}$$

Option2 又は Option4 のとき

$$\Delta COD_{i, y} = COD_{inflow, i, PJ, design} * RR_{i, RS} * f_{COD}$$

$$RR_{i, RS} = (COD_{inflow, i, RS} - COD_{outflow, i, RS}) / COD_{inflow, i, RS}$$

$COD_{inflow, i, measure}$	y 年における実測の排水処理システム i に流入する排水中の COD 濃度 (mg/L)
$COD_{outflow, i, measure}$	y 年における実測の排水処理システム i から流出する排水中の COD 濃度 (mg/L) ※ $COD_{outflow, i, measure} = COD_{inflow, i+1, measure}$ と考えてよい。
$COD_{inflow, i, PJ, design}$	y 年における設計値の排水処理システム i に流入する排水中の COD 濃度 (mg/L)
$RR_{i, RS}$	リファレンスシナリオにおける排水処理システム i の COD 除去率
$COD_{inflow, i, RS}$	リファレンスシナリオで i に流入する排水中の COD 濃度 (mg/L) リファレンス排出量 (R1) での採用値と同等。

$COD_{outflow, i, RS}$	リファレンスシナリオで $i$ から流出する排水中の COD 濃度 (mg/L) リファレンス排出量 (R1) での採用値と同等。
$f_{COD}$	モデル補正係数 2 を採用する

(P2) プロジェクト実施後に河川・湖沼・海洋へ放流される処理水に含まれる分解性有機物に起因するメタン排出量 ( $PE_{discharge, y}$ )

$$PE_{discharge, y} = Q_{ww, y} * GWP_{CH4} * B_{o, ww} * UF_{PJ} * COD_{discharge, PJ, y} / 1,000,000 * MCF_{discharge, PJ}$$

$Q_{ww, y}$	y 年にリファレンス排水処理システム i で処理される排水量 (m <sup>3</sup> ) 事業実施後排出量 (P1) での算出結果を採用する。
$GWP_{CH4}$	メタンの地球温暖化係数 21 を採用する。
$B_{o, ww}$	排水のメタン生成能力 (t-CH <sub>4</sub> /t-COD) IPCC の定める 0.25t-CH <sub>4</sub> /t-COD を採用する
$UF_{PJ}$	モデル補正係数 1.12 を採用する。
$COD_{discharge, PJ, y}$	y 年における河川・湖沼・海洋へ放流される処理水の COD 濃度 (mg/L)
$MCF_{discharge, PJ}$	事業実施後の排水の放流経路に基づくメタン補正係数 0.1 を採用する。

y 年における河川・湖沼・海洋へ放流される処理水の COD 濃度 ( $COD_{discharge, PJ, y}$ ) は以下の式から求める。

Option1 又は Option3 のとき

$$COD_{discharge, PJ, y} = COD_{discharge, measure}$$

Option2 又は Option4 のとき

$$COD_{discharge, PJ, y} = COD_{discharge, PJ, design} * f_{COD}$$

$COD_{discharge, measure}$	y 年における実測の河川・湖沼・海洋へ放流される処理水の COD 濃度 (mg/L)
$COD_{discharge, PJ, design}$	y 年における設計値の河川・湖沼・海洋へ放流される処理水の COD 濃度 (mg/L)
$f_{COD}$	モデル補正係数 2 を採用する。

(P3) プロジェクト活動での補助電および/或いは補助化石燃料の消費に起因する CO<sub>2</sub> 排出量 ( $PE_{power, y}$ )

$$PE_{power, y} = EG_{FF, PJ, y} * EF_{FF, PJ, y}$$

$EG_{FF, PJ, y}$	補助電力および/或いは補助化石燃料の消費量 (MWh、 $m^3$ 、kg、kl)
$EF_{FF, PJ, y}$	補助電力および/或いは補助化石燃料の $CO_2$ 排出係数 (tCO <sub>2</sub> /MWh、tCO <sub>2</sub> / $m^3$ 、tCO <sub>2</sub> /kg、tCO <sub>2</sub> /kl)

補助電力および/或いは補助化石燃料を使用しない場合は、補助電力および/或いは補助化石燃料の消費に起因する  $CO_2$  排出量 ( $PE_{power, y}$ ) をカウントしない。

### ③ 排出削減量の算定方法

排出削減量はリファレンス排出量からプロジェクト排出量を引くことにより算出する。

$$ER_y = RE_y - PE_y$$

$ER_y$	y 年における排出削減量 (tCO <sub>2</sub> )
$RE_y$	y 年におけるリファレンス排出量 (tCO <sub>2</sub> )
$PE_y$	y 年におけるプロジェクト排出量 (tCO <sub>2</sub> )

### (3) プロジェクト実施前の設定値

表 5.6 事業実施前にデフォルト値として固定する項目

No.	パラメータ	データの説明	値	設定根拠
1	$COD_{inflow, i, RS}$	リファレンスシナリオで、排水システム $i$ に流入する排水中の COD 濃度 (mg/L)	60,000mg/mL	事業実施前の実測値
2	$COD_{outflow, i, RS}$	リファレンスシナリオで $i$ から流出する排水中の COD 濃度 (mg/L)	(未入手)	-
3	$MCF_{treatment, RS, i}$	システム $i$ のメタン補正係数	表 5.4 参照	IPCC2006 ガイドライン
4	$B_{o, ww}$	排水のメタン生成能力 (t-CH <sub>4</sub> /t-COD)	0.25t-CH <sub>4</sub> /t-COD	IPCC2006 ガイドライン
5	$UF_{RS}$	モデル補正係数	0.89	SBSTA2003 年
6	$GWP_{CH4}$	メタンの地球温暖化係数	21	IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007

7	$f_0$	モデル補正係数	0.5	IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories を基に設定。
8	$Q_{RS}$	リファレンスシナリオにおける POME 排水量	119,925m <sup>3</sup>	事業実施前の実測値
9	$P_{RS}$	リファレンスシナリオにおける FFB の投入量	299,808mt/y	事業実施前の実測値
10	$COD_{discharge, RS}$	リファレンスシナリオでの河川・湖沼・海洋へ放流される処理水の COD 濃度 (mg/L)	13,300mg/L	事業実施前の実測値
11	$MCF_{discharge, RS}$	リファレンスシナリオでの放流した排水のメタン補正係数	表 5.4 参照	IPCC2006 ガイドライン
12	$EF_{electricity}$	電力の CO <sub>2</sub> 排出係数 (tCO <sub>2</sub> /MWh)	0.0692	ミャンマー政府公表値、過去に実施されたプロジェクトの計算値、或いは独自計算による値のいずれかを使用
13	$EF_{FF, RS}$	化石燃料の CO <sub>2</sub> 排出係数 (tCO <sub>2</sub> /TJ)	0.0686	ミャンマー政府公表値 (省令)
14	$MCF_{treatment, RS, i}$	システム $i$ のメタン補正係数	表 5.4 参照	IPCC2006 ガイドライン
15	$UF_{PJ}$	モデル補正係数	1.12	SBSTA2003 年
16	$f_{COD}$	モデル補正係数	2	IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories を基に設定。

前述のように、本方法論では POME 排出量あるいは排水中の COD 濃度が実測できない場合は、保守的に排出削減量が算定されるようにパラメータを選定している。

具体的には、リファレンス排出量の算出において、POME 排出量が実測できない場合には、IPCC ガイドラインに定められるモデル係数 0.5 を乗じることにより、 $\alpha_{RS}$  (FFB あたりの POME 排水量の係数) から算定した POME 排水量が半減するよう算定式を設定している。また、プロジェクト排出量の算定において、処理される排水中の COD 濃度が実測できない場合には、同じく IPCC ガイドラインで定めるモデル係数 2 を乗じることにより、設計値を用いて算定した COD 濃度が倍増するよう設定している。

これらにより、排出削減量の算定結果の保守性は十分に担保されると考えられる。