

平成 27 年度  
二国間クレジット制度に係る  
実現可能性調査

「タピオカ澱粉工場におけるバイオガス  
発生・回収・石炭代替利用プロジェクト」  
(ラオス)

報 告 書

平成 28 年 2 月  
パシフィックコンサルタンツ株式会社



# 目次

1. 調査対象プロジェクト .....	1
(1) 調査対象プロジェクトの概略 .....	1
1) プロジェクトの目的 .....	1
2) GHG 排出削減効果 .....	1
3) 導入する設備・機器の規模及び性能 .....	2
4) 実施サイト .....	5
(2) 調査対象プロジェクトを実施する背景及び理由 .....	6
1) 日本の予定代表事業者が関与する動機 .....	6
2) 現地のプロジェクト実施主体が関与する動機 .....	6
3) ホスト国における調査対象プロジェクトのニーズ .....	7
4) ホスト国の関連法制度・政策との整合性 .....	8
2. 調査実施方針 .....	9
(1) 調査課題及び調査内容 .....	9
(2) 調査実施体制 .....	12
(3) 調査実施スケジュール .....	12
3. プロジェクト実現に向けた調査結果 .....	13
(1) プロジェクトの実現性に関する調査結果 .....	13
1) プロジェクト計画 .....	13
2) 資金計画の評価結果 .....	18
(2) プロジェクト許認可取得 .....	19
(3) 日本の貢献 .....	20
(4) 環境十全性の確保、ホスト国の持続可能な開発への貢献 .....	21
1) 環境十全性の確保 .....	21
2) ホスト国の持続可能な開発への貢献 .....	22
4. JCM 方法論の予備調査結果 .....	24
(1) 方法論に必要なデータ収集等の予備調査結果 .....	24
(2) MRV 実施体制 .....	35
5. 今後の予定 .....	36



## 1. 調査対象プロジェクト

### (1) 調査対象プロジェクトの概略

#### 1) プロジェクトの目的

本プロジェクトは、ラオス人民民主共和国チャンパサック県パクセー市（市街地から 20km）に位置するタピオカ澱粉工場である KPN Tapioca Factory Co. Ltd.（以下 KPN 社）において、廃水を嫌気発酵槽により嫌気処理し、発生するバイオガスを回収してボイラー燃料として利用することで、化石燃料（石炭）と非再生可能バイオマス燃料（伐採木）を代替することを目的とする。本プロジェクトの実施により、化石燃料と非再生可能バイオマスの燃焼に伴う CO<sub>2</sub> およびオープンラグーンからの CH<sub>4</sub> の大気中への放出を回避することで、温室効果ガス排出量の削減を達成する。

#### 2) GHG 排出削減効果

KPN 社では、ボイラーの運転により得られた熱をタピオカ澱粉の乾燥工程において大量に使用している。後述するように、工場の創業当初は石炭を燃料としてボイラーを運転していたが、化石燃料の多くを輸入に頼るラオスでは石炭の価格は高価なため、現在、工場周辺の農地開発、インフラ開発等に伴い発生した伐採木を主な燃料として使用している。しかし、ラオス政府の方針により、木材燃料の獲得・利用は年々規制が強化されており、今後は木材燃料の獲得・利用が難しくなると予想される。そのため、木材燃料が不足してきた場合には、価格の高い石炭やその他の化石燃料を使用せざるを得なくなる。したがって、本プロジェクト実施によりバイオガスの回収利用が実現されれば、化石燃料の燃焼由来の GHG 排出量の削減を実現することが可能となる。

KPN 社では、製造工程において、現状で 1 日最大 900m<sup>3</sup> の有機廃水を排出しているが、廃水は既設のラグーン（オープンラグーン）において、自然状態で処理されている。この廃水を分析したところ、COD 濃度は 21,274mg/l と非常に高濃度であり、バイオガス発生・回収システムを導入しメタン（CH<sub>4</sub>）ガスを回収してボイラーの燃料として使用することが可能になると推測された。



写真 1. KPN 社で使用している石炭/木材用ボイラー（上）、ボイラーの燃料として使用されている伐採木（下）

廃水中の COD 濃度及び廃水量から、工場廃水からは最大で  $5,100\text{m}^3/\text{日}$  の  $\text{CH}_4$  発生量のポテンシャルがあると推測される。これをボイラーの燃料として使用することで、1 日  $109,000\text{MJ}$  の熱量を得ることが可能である。これは KPN 社



写真 2. 工場から排出される有機廃水(左)、既存のオープンラグーン(右)

の工場の運転に必要な熱量を十分上回る熱量であり、バイオガス発生・回収システムの導入により、現在ボイラーの燃料として使用している燃料の全量代替が可能となる。

### 3) 導入する設備・機器の規模及び性能

バイオガス発生・回収システムとしては、Biotrix Flexible Liner Reactor (FLR) 方式のシステムを導入する。この方式は、有機性廃水の嫌気処理で導入される一般的なカバーラグーン形式の嫌気発酵システムを運営・管理が行いやすいよう改良したものである。具体的には、バイオガスが貯留するダイジェスター上部を覆う高密度ポリエチレン (HDPE: High Density Polyethylene) シートを、バ



写真 3. FLR 形式のバイオガスダイジェスター (左:HDPE 敷設時、右:バイオガス発生時) (提供: Biotrix 社)

イオガスの発生量に応じて膨張・収縮するように設計・施工する。

インドネシアやタイの一部のタピオカ澱粉工場では UASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket: 上向流嫌気性汚泥床) リアクターを導入し、バイオガス発生・回収が行われているが、廃水に含まれる固形性有機物 (キャッサバ粕等) がリアクターへ蓄積してしまいシステムが計画どおり稼動していない事例が多く見られる。一般的なカバーラグーン形式の嫌気発酵システムにおいても、固形性有機物がラグーンで蓄積してしまうことにより、バイオガス発生量が年々低下する場合が多い。それに対して、FLR 方式では固形性有機物をダイジェスター内で循環させるシステムが採用されており、バイオガス発生量の低下が生じにくいシステムとなっている。

導入するシステムは、図 1 及び図 2 に示すように、ダイジェスター (90m×65m×10m のラグーン、HDPE で上部をカバー)、薬液注入装置、混合槽、一次ポンプ、廃水ポンプ、スラッジポンプ、ガスブロー、ボイラー、コントロールシステム、 $\text{H}_2\text{S}$  スクラバー、バイオガス

サイクロン、フレアシステムで構成される。既存のラグーンはダイジェスターからの最終放流水用のラグーンとして活用する。ダイジェスターで回収したバイオガスを燃料として利用するため、バイオガスボイラーを導入する。

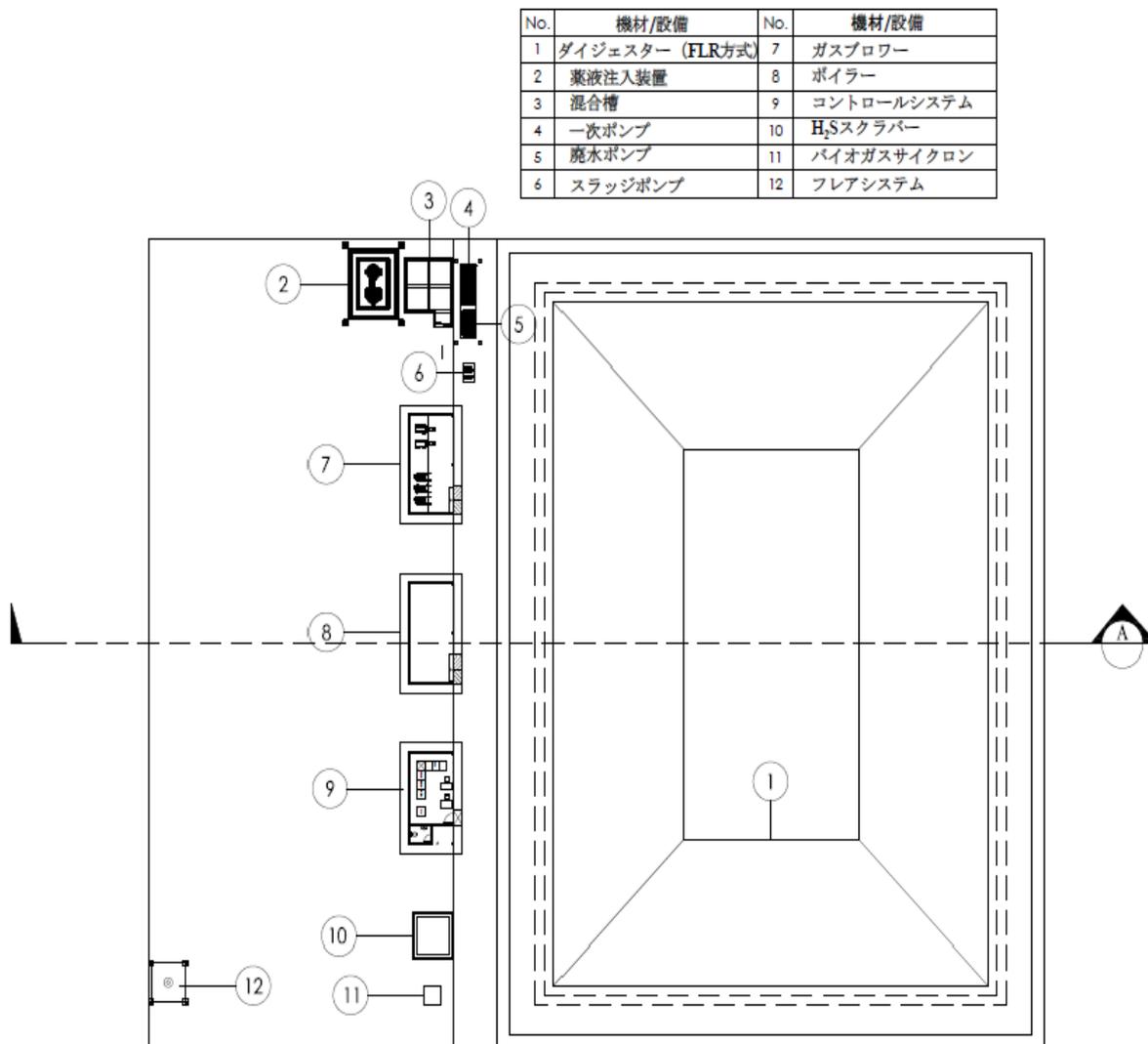


図 1. バイオガス発生・回収システムのレイアウト

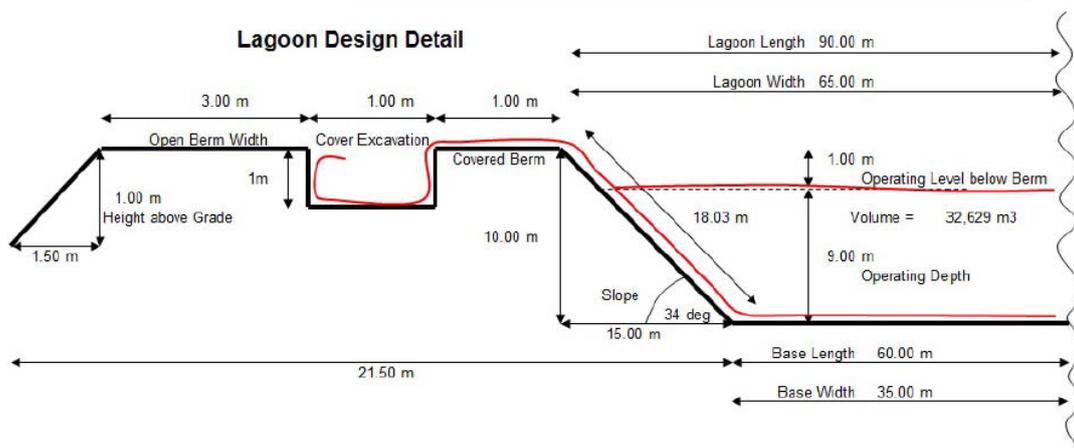


図 2. ダイジェスター (90m×65m×10m) のレイアウト

導入するボイラーの仕様については、以下が想定される。

<b>熱媒ボイラー</b>			
メーカー	Getabec Public Company Limited (ドイツ)		
型式	TOH-40 (横置円筒型)		
最高温度	250℃		
熱出力	3,500,000kcal/h (4,069kW)		
最高使用圧力	10bar		
燃焼効率	87%	燃料	バイオガス
<b>熱媒循環ポンプ</b>			
メーカー	ALLWEILER/KSB (ドイツ)	最大許容温度	280℃
最大吐出し量	320m <sup>3</sup> /h	動作電圧	380V
回転速度	2,900min <sup>-1</sup>	周波数	50Hz

また、KPN 社は CHP (Combined Heat and Power) の導入もオプションとして検討している。発電機の導入により 493.4kW の電力供給が期待できる。導入が想定される発電機を次頁に示す。

バイオガス発電機			
メーカー	Shangdon Grop (中国)		
型式	600GFZ1-RZ-ESM1		
定格出力	600kW		
エンジン			
型式	Z12V190Z <sub>1</sub> DK-2E	燃料タイプ	高濃度 CH <sub>4</sub> バイオガス (CH <sub>4</sub> ≥40%)
種類	水冷、4 サイクル、4 気筒、点火プラグ、インタークーラータンボ	吸気方式	ターボ形式
内径 / ストローク	190/210mm	定格速度	1,000 r/min
消費燃料	9.5MJ/kWh	排気温度	≤550℃
総排気量	71.45L		
交流発電機			
型式	1FC6 457-6LA42	定格出力	750kVA
定格電圧	400V	定格電流	1083A
定格周波数	50Hz	定格力率	0.8
定格速度	1,000 r/min	冷却方式	空気冷却
コントロールパネル			
型式	FCP1		



#### 4) 実施サイト

実施サイトである KPN 社は、ラオス人民民主共和国チャンパサック県パクセー市に位置し、2010 年よりタピオカ澱粉の生産を行っている。同社におけるタピオカ澱粉の生産は、同地域の雨期にあたる 7 月～10 月は、原材料となるキャッサバの収穫量が少なく、キャッサバの品質も良くない（含有される澱粉の量が少ない）ため、工場の稼働を停止している。乾期が始まる 10 月頃から操業再開の準備を進め、11 月～6 月にかけてが生産のピークとなる。



写真 4. KPN 社外観

KPN 社のタピオカ澱粉の製造工程を図 3 に示す。原材料のキャッサバは約 203ha の自社農園及び周辺 120km の農家から調達される。キャッサバは通常、澱粉の質の低下を防ぐため、収穫後 2 日以内に工場の生産プロセスに投入される。キャッサバの洗浄工程及び遠心脱水機から排出される有機廃水は、工場から約 1km 離れたオープンラグーンで自然処理される。乾燥工程に使用される熱はボイラーで、1 日およそ 4t の木材燃料を燃焼させることにより獲得している。

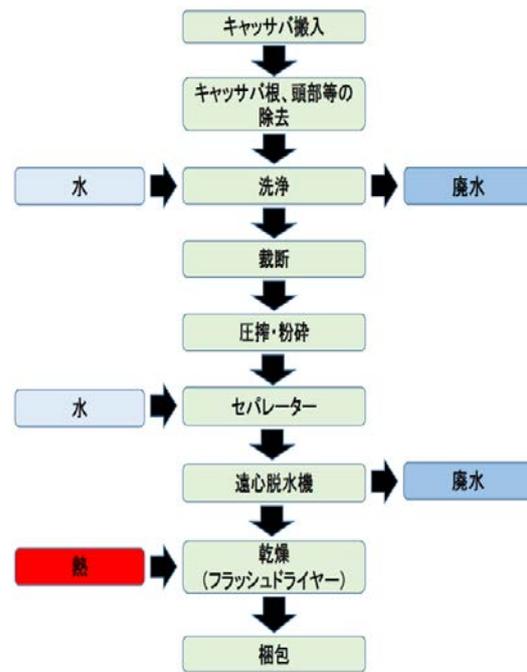


図 3. KPN 社のタピオカ澱粉製造工程

KPN 社は、1 日最大 90 t のタピオカ澱粉の生産能力を持つが、現在、平均 1 日あたり 50～60t 生産する。創業当初は搬入されるキャッサバの量が不十分であったため、生産が安定していなかったが、タピオカ澱粉の国内外の需要は年々増加

しており、また、キャッサバ栽培を行う周辺農家の増加に伴い十分なキャッサバの調達が見込めるため、2 年以内に工場の生産規模を 1 日 150t に拡大することを計画している。

## (2) 調査対象プロジェクトを実施する背景及び理由

### 1) 日本の予定代表事業者が関与する動機

JCM 設備補助事業費を活用して当該プロジェクトを実現させ、JCM プロジェクトとして登録させることにより、日本国政府による JCM スキームの推進に資するコンサルティング会社としての役割を果たしたいと考えている。また、JCM 設備補助事業の国際コンソーシアムの日本側主体として本プロジェクトを実現させることで、海外における事業化のノウハウ蓄積とその強化を狙うものである。

### 2) 現地のプロジェクト実施主体が関与する動機

KPN 社は創業当初からバイオガス回収利用事業に関心があり、タイのエンジニアリング会社がバイオガス発生・回収システム導入に関する FS を行うなど、具体的な検討を行っていた。しかし、タピオカ澱粉の原料となるキャッサバを栽培する周辺農家の収量が上がりず十分な量を確保することが出来てこなかったためタピオカ澱粉の生産量も伸びず、あわせてバイオガス回収利用事業に十分な有機性廃水が発生しない可能性があった。また、バイオガス発生・回収システムの初期投資額も大きく、バイオガス回収利用事業を推進することが出来ていなかった。しかしながら、近年、ラオス国内、特に KPN 社が位置するチャンパサック県のキャッサバ収

穫量は急激に増加しており、タピオカ澱粉の生産量を上げることが可能であると判断された。それにあわせて、KPN 社は、現状 1 日最大 90t の生産量を 2 年以内に 1 日あたり 150t の生産量にするために、設備投資に関する融資を銀行に申請している。すでに、チャンパサック県の投資計画課からは生産規模拡大について了承を得ており、資金の手当てが出来れば設備増強を行う計画である。なお、銀行の低利融資が得られない場合は、自己資金による投資も視野に入れて検討を行っている。

また、KPN 社では近隣の土地開発等から発生した木材を燃料として使いボイラーを運転しているが、今後は木材燃料の安定的な獲得が困難になることを KPN 社は認識している。その上、生産量が現状より増えれば、木材燃料から得られる熱量では不足することが想定されており、木材燃料に代わる燃料に転換する必要があると考えている。そこで、バイオガス発生・回収システムの導入を本格的に検討する段階にきており、JCM の設備補助制度の活用も視野に入れている。

### 3) ホスト国における調査対象プロジェクトのニーズ

KPN 社が行うタピオカ澱粉製造事業は拡大傾向にあり、ラオス国内のタピオカ澱粉の生産量は 2011 年には約 50 万 t であったが、2014 年には約 138 万 t に増加している。タピオカ澱粉製造の原材料となるキャッサバの生産量も増加傾向にあり、ラオス農業省の統計データでは、国内のキャッサバ生産量は 2011 年には 743,190t であったが、2014 年には 1,629,805t に増加している。KPN 社が位置するチャンパサック県においても、2011 年には 23,400t であった生産量は、2014 年には 166,000t へと急激に増加している。周辺国であるタイ、ベトナム、中国あるいは先進各国におけるタピオカ澱粉需要の増加に伴い、既に供給が需要に追いついていない状態であり、将来的にも需要が伸び続けることが予想されている。そのため、今後、他のタピオカ澱粉工場の設備増強あるいは新規建設が進むことが予想される。その一方で、ラオス国内の他のタピオカ澱粉工場では、1 工場で CDM によりバイオガス回収利用が行われている以外は、バイオガス回収利用の取組みは進んでいない。また、その他の食品加工工場や養豚場などにおいても、バイオガス回収利用事業は進んでいない。

化石燃料資源の多くを輸入に頼り、また、森林資源の減少のため、国内の燃料用木材の入手が厳しく制限されているラオスでは、エネルギー自給型のバイオガスプロジェクトへのニーズは本来高い。また、排出係数がゼロである水力発電により電力のほとんどを賄うラオスでは、化石燃料の使用をバイオガスにより代替することで、CO<sub>2</sub>ゼロエミッション型の事業を構築することが可能である。本プロジェクトを CO<sub>2</sub>ゼロエミッション型工場のモデルとすることで、タピオカ澱粉工場やその他の食品加工工場等への波及効果が期待できる。

#### 4) ホスト国の関連法制度・政策との整合性

ラオスでは、2011年に政府が再生可能エネルギー開発戦略を策定している。本戦略では、2025年までにエネルギー消費量の30%を目標として、再生可能エネルギーの利用促進を定めている。バイオガスについては、LPGの輸入量削減、木材燃料や石炭、電力の消費量を削減するために政府として促進することとしており、2020年までに19MW、2025年までに51MWの達成目標を挙げている。この目標を達成するための施策として、家庭用の小規模バイオガスシステムを促進するほか、農業廃棄物や都市廃棄物、廃水から発生するバイオガス利用の促進については、以下が挙げられている。

- ・ バイオガスシステム導入の可能性があるプロジェクトの特定、リスト化
- ・ 自家消費や売電を目的とした中規模及び大規模バイオガスシステムへの民間からの投資を促進する枠組みの構築
- ・ 実証プロジェクトや情報キャンペーン、キャパシティビルディングの実施
- ・ 研究・開発の支援

また、政府は国内産業の環境対策、環境負荷低減の促進、持続可能性の向上を目的に、グリーン産業政策を2016年に策定する予定である。本政策では、グリーン産業を環境配慮型の生産、リサイクル、エネルギー効率や生産性向上を実施する産業及び企業活動と定義している。政府はグリーン産業を促進するために、グリーン産業の基準を設け、認証制度を導入することを検討している。グリーン産業に認定された企業は、政府により認証マークが与えられるほか、政府が企業の宣伝活動を支援し、また、法人所得税の3年間免除等の優遇策を受けられる予定である。2018年までに国内企業5社にグリーン産業の認証を与えることを目標としている。

2015年に策定された第8次国家社会経済開発5カ年計画（2016～2020年）においても、政府として環境配慮型、資源・エネルギー高効率型の製造業、加工業の促進に重点を置くことが示される見込みである。このように、KPN社が導入するバイオガス発生・回収システムは、再生可能エネルギー導入目標、環境型配慮産業の促進政策に沿ったものである。バイオガス発生・回収システムの導入によりKPN社が低炭素型、環境配慮型の製造業に移行すれば、バイオガス回収利用事業、グリーン産業の先行企業となる可能性は高い。

ラオスでは、経済成長に伴い、森林の減少・劣化が加速している。これを受けて、政府は2005年に森林戦略2020を策定し、2020年までに森林被覆率を70%まで回復させる計画を示し、これを達成するために違法伐採対策や森林認証制度の普及等を挙げている。また、森林劣化と増え続ける違法伐採を防ぐため、森林法の下で森林保護区域が定めており、木材の伐採は農林省が規定した保護区域外での伐採のみに限定される。さらに、伐採する際には、事前に地域の農林事務所に届出を提出が義務づけられ、割当量の範囲内でのみ伐採が許可されている。加えて、2015年4月には、違法伐採防止を目的に、EUとラオスは自主連携協定を締結し、違法伐採起源の木材・木材加工品の取引禁止を発表している。

このような背景のなかで、プロジェクトの実施主体である KPN 社では現在、石炭等の化石燃料よりも安価な木材を使用し、ボイラーを運転している。しかし、森林保護の促進や違法伐採起源の森林の取引を厳しく取り締まる動きがあり、木材燃料の獲得は今後困難になることが予想される。したがって、本プロジェクトを実施し、バイオガスを燃料として活用し、石炭及び木材の使用量を削減することは、ホスト国の関連法制度の動向に沿ったものである。

## 2. 調査実施方針

### (1) 調査課題及び調査内容

#### 1) 資金計画

##### 【解決すべき課題】

初期投資費用の資金計画については、KPN 社の支払能力や資機材調達の支払方法の確認等が必要である。また、融資が必要な場合には、融資条件等を明確にしておく必要がある。KPN 社のコーポレートとしての信用力を確認するため、これまでの借入実績等についてヒアリングする。維持管理費用の資金計画のうち、人件費については既存の工場稼働に関わっている人材と共有できる部分があるか精査が必要であるとともに、将来のビジネス継続・発展に関する方針や計画について確認する必要がある。

##### 【課題解決に向けて実施した調査内容】

KPN 社の過去 3 年間の財務関連資料の提供を受け、KPN 社の財務状況および資金の借り入れ実績等について確認した。その結果、開業当初に長期融資を借り入れており、現在も返済を継続していることが確認された。その理由は、開業当初、周辺のキャッサバ生産農家に対して多額の投資を行いキャッサバ生産を奨励したが、製造したタピオカ澱粉の販売先確保が難しかったため投資に見合うリターンを得られず赤字決算が継続し、長期融資の返済も当初の返済計画から遅れが生じたためである。現在は、開業当初に比較して販売先確保は容易になりつつあり、タピオカ澱粉の需要は増加傾向にあるため、事業の収益性は改善傾向にある。また、KPN 社の資産総額は現在の累積赤字を十分に超えるものであり、KPN 社製菓などのグループ企業の業績は順調である。現在、更なる収益改善に向けた事業規模拡大のための融資申請を行っているが、実際に融資がされていないことが確認できたため、その理由を確認した。当該融資は、ラオス政策銀行、ラオス中央銀行に対して 2015 年に申請されているが、融資は得られていない。KPN 社オーナーは、融資が得られない理由として、中央銀行がタピオカ澱粉生産業自体への融資に関して厳しく査定しているためと説明した。なお、KPN 社オーナーはバイオガス発生・回収システムの設備投資には、年利 4.5%程度までの低利融資の確保が必須条件と考えている。

また、中期的な経営改善を背景としてラオス国内の金融機関から資金調達を行なうため、経営改善計画についても聞き取り調査を行なった。KPN 社は財務状況の改善化ための手段を真剣

に検討しており、生産拡大による事業収益の改善の他にもタピオカ澱粉生産以外の事業実施によるキャッシュフローの改善など、具体的な手段を特定している。当面 1～2 年先の澱粉販売先には、中国、タイ、ベトナムなど周辺国の企業などがあるものの、実際に生産拡大と事業収益やキャッシュフローの改善が図れるかなど、中期的なモニタリングを要する課題が残されている。

いずれにしても、ラオス国内の金融機関からの資金調達には短期間で解決策が導き出せない課題があることが確認された。

## 2) 概略設計

### 【解決すべき課題】

バイオガスシステムの概略設計は、ダイジェスター等の建設予定地周辺の地盤や土壌等の状況や、工場からの廃水量や COD 濃度等の季節変動を勘案した最大負荷量を見積もった上で実施する必要がある。また、タピオカ生産プロセスに必要な熱量を勘案したバイオガスボイラーのスペックを検討し、予想されるバイオガス発生量による供給可能性および余剰量を明らかにすることが課題である。

### 【課題解決に向けて実施した調査内容】

概略設計や工事計画を立案する Biotrix 社とともに KPN 社を訪問し、KPN 社の工場の生産状況、廃水の状況、既存ボイラーのスペック等についてヒアリング及び現地調査を行った。概略設計等を進めるためには、工場が稼動した状態での廃水サンプリングと COD/BOD 値等の測定・分析が必要であるため、2015 年 11 月下旬から 12 月にかけて廃水のサンプリング調査、タイのコーンケン大学による水質測定・分析を行った。その結果、ボイラーの熱需要を十分に満たすことが可能なバイオガス量を得られるとの結果が得られた。

それらの結果を受けて、具体的なバイオガスシステムの設計及び概算費用の算出を行った。システムの概算見積には、バイオガスシステムを新規に設置する場合を想定した幹線道路からの道路建設、工場建屋、駐車場などの工場設備などを含んだ金額を算出し、KPN 社との複数回の協議・調整を行い、KPN 社の要望に見合う経費削減方法を採用したシステム設計とした。

## 3) 工事計画

### 【解決すべき課題】

タピオカ澱粉生産の繁忙期や運転時期との兼ね合いにより適切な工事計画を立案する必要がある。なお、現時点では、バイオガスシステムの導入については、着工からバイオガス供給開始まで 9～10 か月程度かかると想定される。

#### **【課題解決に向けて実施した調査内容】**

Biotrix 社からの技術支援のもと、設備導入に係る工事工程を検討した。バイオガス発生・回収システムの導入には着工から完工まで9～12ヶ月要し、特にダイジェスターの建設にあたっては、雨期の期間中は工事に適さないため、乾期の間には工事をする必要がある。なお、KPN 社からは、2016年はバイオガス事業の事業性や資金調達方法を評価・検討、2017年に設備導入というスケジュールを希望された。そこで本調査では、上記スケジュールを考慮した上で2017年10月に着工となる工事計画を検討した。

#### **4) プロジェクト運営計画**

##### **【解決すべき課題】**

バイオガスシステムの運用にかかる人材確保、運転管理能力の育成、運転管理体制、MRV実施等が課題である。

##### **【課題解決に向けて実施した調査内容】**

プロジェクトを行うことにより導入されるシステムの仕様、運転要領などは、現時点ではまだ明確化できていないものの、KPN社が新たに多くの技術者を雇用できる状況にはないため、既存の人材の活用がプロジェクト運営の基礎となる。したがって、システムの運用にかかる人材向けの研修・指導の内容などを確認した。

MRV体制の構築等については、まず方法論に関連する情報収集を可能とするため、バイオガスシステム概念図上でモニタリングポイントと手段の確認を行なった。その際、既存人材によるMRV体制の構築を念頭に、モニタリングの容易な方法を採用することを事業者側と確認した。

#### **5) その他**

##### **【解決すべき課題】**

CO<sub>2</sub>およびその他の温室効果ガスの排出削減量の算定が必要である。

##### **【課題解決に向けて実施した調査内容】**

KPN社にヒアリングを行い、方法論構築にあたり必要となる情報、課題等を確認した。検討した方法論では、リファレンス排出量の算定において、KPN社がボイラーの燃料として使用している伐採木を非再生可能バイオマスとして扱う必要がある。そのため、森林資源を管轄する天然環境資源省森林資源管理局にラオスの森林資源政策、目標、関連法律、動向等をヒアリングし、森林資源を燃料として使用することに対する非持続可能性について確認した。

## (2) 調査実施体制

本調査の実施体制を以下に示す。

団体名	調査実施内容
パシフィックコンサルタンツ株式会社	全体管理、事業性評価、方法論予備調査、関連法制度・政策調査、報告書策定、その他調査
クライメート・コンサルティング合同会社	方法論予備調査及び現地調査活動支援
Biotrix Asia Company Ltd.	概略設計、工事計画、廃水分析、導入技術評価・分析
KPN Tapioca Factory Co., Ltd.	事業性評価（資金調達計画）、プロジェクト実施にあたり必要となる情報の提供

## (3) 調査実施スケジュール

本調査の実施スケジュールを以下に示す。工場の稼動開始が雨期が明けた 10 月末となったため、工場の稼動を待って、11 月に廃水水質の測定・分析を行った。その結果を基に、KPN 社と導入するバイオガス発生・回収システムを検討し、概略設計、費用積算、工事計画を作成した。

表 1. 調査実施スケジュール

項目	2015						2016	
	8	9	10	11	12	1	2	
関連法制度・政策調査		■	■	■	■	■	■	
廃水水質調査・分析				■	■	■		
導入技術調査・検討		■	■	■	■	■		
概略設計・工事計画				■	■	■		
運営計画 <sup>※1</sup>		■	■	■	■	■		
資金計画					■	■	■	
方法論予備調査		■	■	■	■	■		
GHG 排出削減量算定				■	■	■	■	
その他調査 <sup>※2</sup>				■	■	■	■	
現地調査		■		■ <sup>※3</sup>	■	■		
報告書作成						■	■	

※1: MRV 実施体制を含む。

※2: 日本の貢献、環境十全性の確保、ホスト国の持続可能な開発への貢献等に関する調査を含む。

※3: 廃水サンプリング及び測定・分析（Biotrix 社が実施）

### 3. プロジェクト実現に向けた調査結果

#### (1) プロジェクトの実現性に関する調査結果

##### 1) プロジェクト計画

###### ● 工事計画

本プロジェクトの工事計画は下表のとおりである。工事着工から完工まで9～12ヶ月要する。雨期にあたる6月～10月上旬はダイジェスターの建設に適さないため、雨期が明けた10月中旬から工事を開始する。

ダイジェスターへのHDPE敷設等の専門的な工事はタイの施工会社が行うが、費用削減のためKPN社が既に所有する利用可能な設備や機器は活用する他、電線・電柱工事等、ラオス現地の施工会社でも対応可能な作業は、ラオス現地の施工会社が担当する。また、土質調査やコントロールシステム等の簡略化により、費用削減を図る。

なお、KPN社からは、2016年は今回のFS調査結果をもとに導入設備の精査と資金調達先との協議・調整および事業安定化に向けた顧客開拓を重点的に行い、実際の設備導入に向けた本格的な準備は2017年以降にしたいとの意向が示された。そこで本調査では、上記スケジュールを考慮した上で2017年10月に着工となる工事計画を検討した。

表 2. バイオガス発生・回収システムの工事計画

項目	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10	M-11	M-12
	バイオガスプラント設計	■	■									
1 (建設・土木工事)												
1.1 測量、土質調査		■										
1.2 土地造成工事		■	■									
1.3 ダイジェスター建設			■	■								
1.4 混合槽				■	■							
1.5 ガスプロワー用建物				■	■	■						
1.6 コントロールルーム					■	■	■					
1.7 除湿機用基礎工事					■	■	■					
1.8 H2Sスクラパー用基礎工事						■	■					
1.9 フレアシステム用基礎工事						■	■					
1.10 冷却塔及び熱交換器用基礎工事						■	■					
1.11 ポンプ室						■	■					
2 (機械設備工事)												
2.1 発注		■	■	■								
2.2 HDPE敷設、ライニング					■	■	■					
2.3 廃水配管敷設						■	■	■				
2.4 ガス配管敷設							■	■	■			
2.5 ポンプ設置								■	■			
2.6 ガスプロワー設置									■	■		
2.7 フレアシステム設置										■	■	
2.8 H2Sスクラパー設置											■	■
2.9 除湿機設置												■
2.10 冷却塔及び熱交換器設置												■
3 (電気工事)												
3.1 発注		■	■	■								
3.2 コントロールパネル、電力開閉装置、電力線通信							■	■	■			
3.3 建物内照明装置								■	■			
3.4 屋外用照明装置									■	■		
3.5 配線工事										■	■	■
4 (計器、試運転)												
3.6 計器設置										■	■	
3.7 避雷針											■	■
3.8 システム試運転												■

● 運営計画

バイオガス発生・回収システムの運営は KPN 社の工場長を責任者とし、工場職員が行う。バイオガス発生・回収システム稼動後 1 年間はシステムの設計を行う Biotrix 社と O&M 契約を結び、システムの維持管理や KPN 社工場長及び工場職員に対する教育訓練を実施する。教育訓練はシステムの運転マニュアルに基づき OJT を中心として行うが、併せて、工場職員に対して以下の内容に関するレクチャーを実施する。

- 嫌気性消化の仕組み
- 廃水のサンプリング及び分析手法
- バイオガス発生回収システム及び各設備の仕組み
- 工場の運転管理手法
- バイオガス発生・回収システムの安全面

### i. プロジェクトの実施体制

プロジェクトの実施体制としては、図4に示す体制を検討している。当プロジェクトの実施では、JCM設備補助事業を活用すること前提としている。ボイラーの供給先として、日本メーカーを想定していたが、日本製のボイラーはKPN社が要望するバイオガスと重油／軽油の混焼のボイラーの取り扱いがなく、金額面でもKPN社に導入することが困難なことが明らかとなった。また、KPN社はボイラーの定期的なメンテナンス時に、メンテナンス担当者が対応しやすいタイの供給先を望んでいる。そのため、ボイラーはタイの供給先を最優先として想定する。EPC事業者としては、東南アジア諸国でFLR式のバイオガスダイジェスター施工の実績があり、周辺機器も含めたシステム全体をアレンジ可能なBiotrix社を考えている。

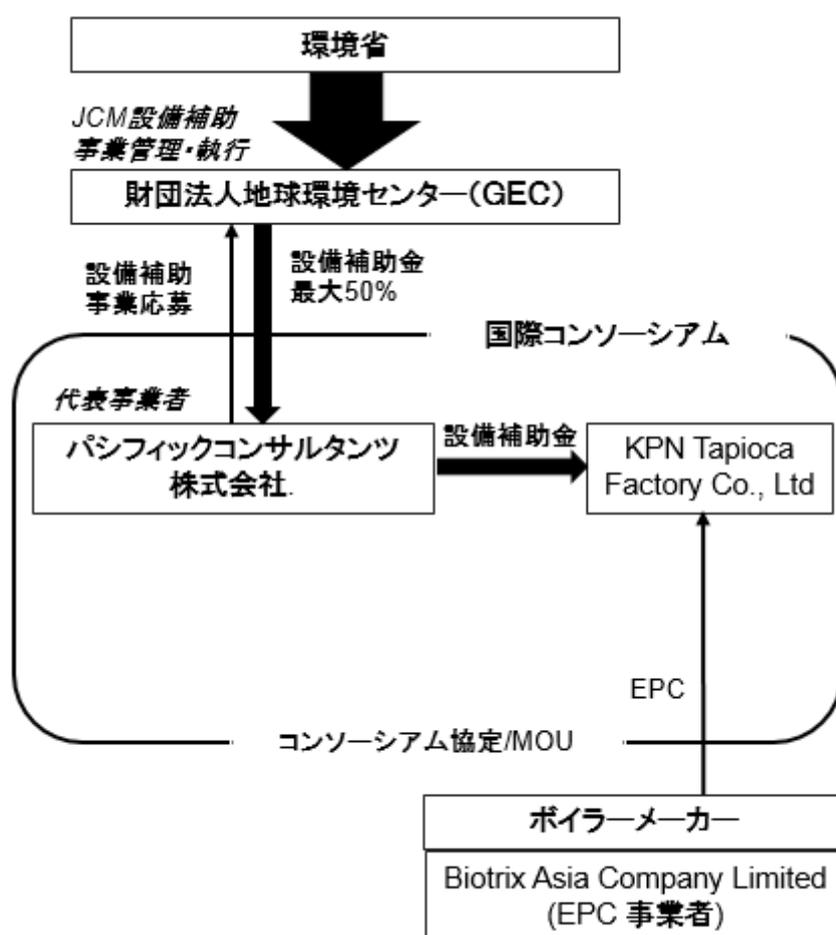


図4. プロジェクト実施体制図 (案)

## ii. プロジェクト実施主体の経営体制・実績等

調査により得られた KPN 社の経営体制・実績等の情報を以下に示す。

項目	情報							
操業開始年	2010 年 11 月 17 日							
事業沿革・所有者	別会社の製薬工場がビエンチャンで 1990 年から操業。KPN 社は 2010 年 11 月から操業を開始。KPN 社工場長の実姉が製薬工場、KPN 社の所有者に当たる。							
資本金	登録時資本金	2.68 百万 USD			総資本金	13 百万 USD		
売上高(百万 USD)	2012 年	1.40	2013 年	1.06	2014 年	1.27		
収支(百万 USD <sup>1</sup> )	2013 年	-	2014 年	▲0.72	2015 年	▲0.77		
総従業員数	70 名(工場稼動時) ※非稼動時は従業員は一部を除き出社せず、給与の半分を支給							
敷地面積	会社所有	203ha (工場・オフィス、ラグーン、自社農園等)						
	政府からの借地	78ha (土地リース期間: 30 年)						
タピオカ澱粉生産量	2012 年	2,996t	2013 年	2,835t	2014 年	4,200t	2015 年	2,300t
タピオカ澱粉の販売先	生産量の 70%を台湾、タイ、サウジアラビア、イタリア等に輸出。30%は国内販売分。							

KPN 社のタピオカ澱粉製造工場は、オーナー兼取締役社長のもと、工場長が実質的に運営管理を行っている。生産部、栽培促進部、管理・財務・マーケティング部が配置され、小規模ながらも組織的な工場経営を実践している。工場では 70 名程度が働いている。工場には直営のキャッサバ農場もあり、栽培促進部で農場管理を行っている。

工場周辺には、小作農家が点在し、キャッサバ栽培を行う傍ら、他の農作物の生産活動も行っている。工場操業開始時は周辺農家と 5 年間のキャッサバ栽培の契約を結ぶことにより一定量のキャッサバを確保するようしていたが、5 年を経過した今では、周辺農家は自由にキャッサバを栽培し、栽培したキャッサバを工場が買い取っている。工場の操業開始後 3 年間は、農家もキャッサバ栽培で生計が立てられるのか疑問視しており、また、農家の栽培方法にも問題があったため、工場へのキャッサバの搬入量が少なかった。しかし、KPN 社の周辺農家に対する支援により、この 2 年間でキャッサバ栽培をする農家も増え、搬入量は増えており、最盛期には 1 日 150t~200t のキャッサバが工場に搬入される。

工場生産されたタピオカ澱粉のうち 30%は国内の製麺所やその他食品工場へ販売され、残りの 70%は主に台湾やタイ、イタリアに輸出される。販売単価はロット毎(契約毎に決められ

<sup>1</sup> 2016 年 2 月 5 日付為替レート <http://www.oanda.com/lang/ja/currency/converter/>

ており、長期固定単価契約は行っていない。

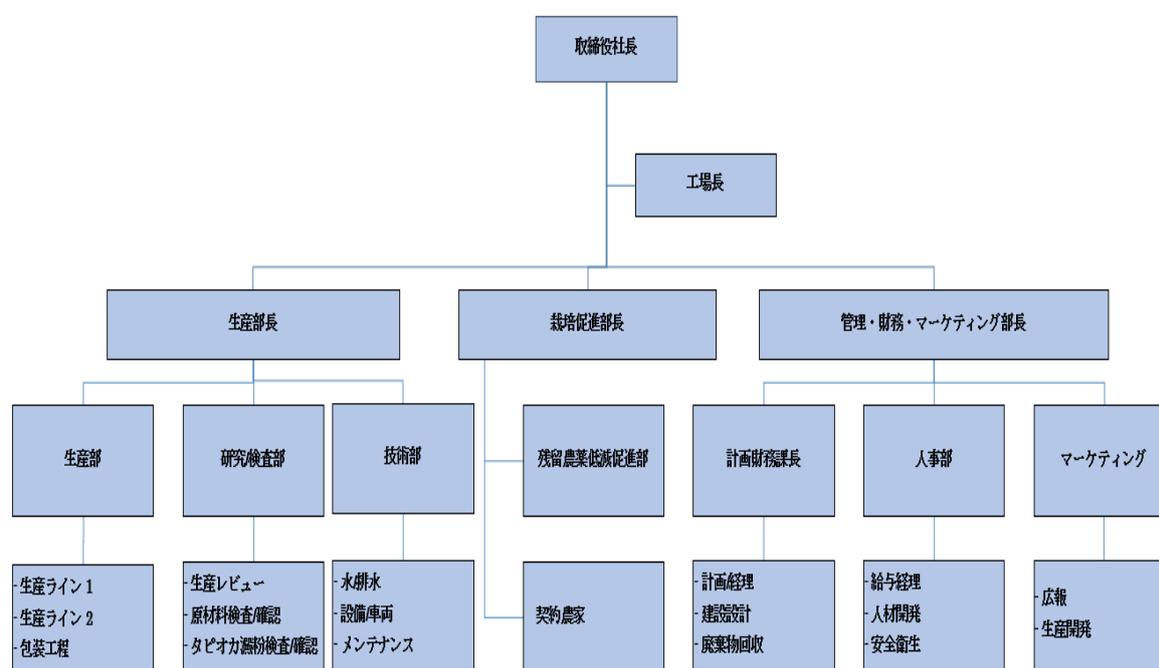


図 5. KPN 社の組織体制図

次に、2012 年～2015 年の KPN 社のタピオカ澱粉生産量及び燃料使用量を下表に示す。

工場創業時の 2012 年には石炭を使用していたが、2013 年以降は安価な木材を使用している。工場創業時は 1 日平均 20t 程度であった生産量は、2014 年には 1 日平均 50t 程度に増加し、以降も増加傾向にある。タピオカ澱粉の生産効率（生産量あたりの燃料消費量）は増加傾向にあるものの、生産量がこのまま増加し、1 日あたり 80t の生産量に達すれば、現在の木材の使用ではタピオカ澱粉の乾燥工程に必要な熱量を賅えないため、燃料を石炭や重油、軽油等の化石燃料に転換する必要があると KPN 社は考えている。

表 3. KPN 社のタピオカ澱粉生産量と燃料消費量の推移（2012 年～2015 年、工場稼動時）

年月	タピオカ澱粉生産量		種類	燃料使用量	
	月 (t)	日平均 (t)		月 (t)	日平均 (t)
2012.1	514.0	19.8	石炭	97.4	3.7
2012.2	518.9	20.0		60.0	2.3
2012.3	567.1	21.8		66.6	2.6
2012.4	547.3	27.4		89.2	4.5
2012.5	515.9	25.8		100.7	5.0
2012.11	511.4	19.7		—	—

年月	タピオカ澱粉生産量		種類	燃料使用量	
	月 (t)	日平均 (t)		月 (t)	日平均 (t)
2012.12	532.5	20.5		—	—
2013.1	747.0	28.7	木材	144.0	5.5
2013.2	774.1	29.8		132.0	5.1
2013.3	748.0	28.8		192.0	7.4
2013.4	797.0	39.9		180.0	9.0
2013.5	725.0	36.2		156.0	7.8
2013.11	760.2	29.2		156.0	6.0
2013.12	803.7	30.9		144.0	5.5
2014.1	1,251.4	48.1		133.1	5.1
2014.2	1,130.2	43.5		149.0	5.7
2014.3	1,103.9	42.5		91.0	3.5
2014.4	1,039.3	52.0		47.0	2.4
2014.5	1,014.2	50.7		—	—
2014.11	1,150.4	57.5		25.0	1.3
2014.12	1,345.3	51.7		136.0	5.2
2015.1	1,253.6	48.2		101.4	3.9
2015.2	1,295.0	49.8		44.8	1.7
2015.3	1,190.2	45.8		78.8	3.0
2015.4	1,180.2	59.0		36.0	1.8
2015.5	1,147.7	57.4		—	—
2015.11	1,257.5	62.9		42.0	2.1
2015.12	1,290.3	49.6	90.0	3.5	

※2012.11、2012.12、2014.5、2015.5の燃料使用量は不明

※KPN社は1日あたりの燃料使用量を測定していないため、工場に月に搬入された石炭、木材の量を燃料使用量とした。

## 2) 資金計画の評価結果

後述するとおり、プロジェクト実施に際しての初期投資総額は約2億円、年間の運転・維持管理費用として約4.5百万と想定している。

この初期投資額については、プロジェクト開始及び設備導入時点では、プロジェクト実施主体であるKPN社の自己資金と現地銀行からの借入金により賄い、設備の完工、稼働開始後にJCMの設備補助金を充当する。想定する借入先としては、KPN社が融資申請を行なったラオス中央銀行を想定するが、ラオス国内に支店のあるタイ資本の銀行からの融資取り付けが可能である場合、借入先候補となり得る。

一方で、国内の銀行からの融資取り付けが難しい場合は、オーナーのKPN社経営改善計画

の一つに含まれる、ビエンチャン市内の土地開発プロジェクトからの事業収入による中期的なキャッシュフローの改善、生産量の拡大とそれによる収益確保を待ち、資産を担保にした借入などと組み合わせた方策が可能と思われる。ただし、オーナーによれば年利4%の低利融資の取り付けは必須であることから、中期的な視点で経営改善とバイオガスシステム導入に対する資金調達の可能性を模索していく必要がある。

JCMの設備補助事業により初期投資額の最大半分までが補助されるとなれば、貸し出しをする金融機関にとってもリスクが低減されることになるので、審査を受ける際に有利な条件となるとと思われる。現地で行った金融機関へのヒアリングでも、申請企業の環境への取り組みも重要な融資判断条件の一つであり、JCM設備補助金も融資の判断の際に考慮されることを確認している。

例えば開発資銀行による融資申請を行なう場合、融資を受けるにあたっては担保（銀行の残高証明、国債、貴金属等の有価物、不動産など）が必要である。申請の申込みには、住所、住民票、戸籍、身分証明書、組織図、定款、株主の証明、財務状況、資産リスト、収支バランス、売買契約、商品の販売先、担保証明、その他、銀行が要求した書類の提出が必要である。政策銀行への融資申請の場合にも、上記の書類と同様のものと、チャンパサック県が主催したキャッサバ生産に関する会議の議事録、タイ企業が実施したバイオガス事業のフィージビリティ調査結果を提出している。政策銀行の規則によると、融資申請後60日以内に審査結果を示すことになっている。

KPN社は、ラオス政府及び政策銀行に対して、ローンの申請を行った経験があり、上記のような書類も整備されていることが確認されている。したがって、JCM設備補助事業の申請にあたって必要となる書類は、大きな問題なく集めることが可能であると想定される。

## (2) プロジェクトの許認可取得

ボイラーやバイオガス発生・回収システム導入にあたって必要となる許認可は確認されていない。ただし、既存の営業申請内容の変更にあたるか否かについて、工業商業省内の商業局と工業局の見解が異なったため、実際の事業実施前に本件を所管するチャンパサック県工業商業局に相談する必要がある。

商業局は、ビエンチャン特別市などの養豚場が導入したバイオガスシステムの事例を挙げ、バイオガス発生・回収システムの導入はKPN社の事業であるタピオカ澱粉製造の周辺設備に該当するものであり事業とは直接関係ないものであること、また売電を目的としないため設備の建設許可は必要になるが、登記変更の必要はなく営業申請の変更も特に必要ない、との見解であった。

### (3) 日本の貢献

#### 1) 日本の貢献(日本製技術・製品等による優れた技術の移転、ホスト国への投資額、雇用効果(日本及び現地における新規雇用者数)等)

本プロジェクトでは、当初、日本製のバイオガスボイラーの導入を検討した。しかし、KPN社が要望するバイオガスと軽油／重油の混焼に対応したボイラーを、想定していた日本のメーカーが取り扱っていなかった。また、金額面からも KPN 社の要望に見合わなかったことから、日本製ボイラーの導入は見送ることとした。ただし、ボイラーに装着するバーナーを日本製にする等の工夫は考えられる。

#### 2) プロジェクトに必要な技術・製品等に関する経済性分析、今後の普及導入計画

Biotrix 社の FLR とドイツ Getabec 社の熱媒バイオガスボイラーのセット、CHP を導入した場合の経済性について、比較検討を行うとともに、技術的なスペックや運用コストも含めた総合的な優位性を調査した。なお、検討にあたっては、KPN 社が今後の事業計画の中で想定しているタピオカ生産量の増産が図られて、1 日 90t 程度の生産を達成し、その際に利用するボイラー燃料が化石燃料となっている状態を想定して検討した。

その結果、JCM 設備補助事業として補助金を利用した場合で投資回収年は 4.2 年、内部収益率は 22.8% となった。なお、CHP を導入した場合、事業総額はより大きくなる。今回の分析では中国製 CHP の見積を入手したため、費用の増額幅は抑えられたものの、事業総額は 2.15 億円となる。年間維持管理費をほぼ同等と想定した場合の事業性は、補助金を用いた場合で投資回収年は半年増加する結果となる。

なお、KPN 社では現在、メンテナンスサービスへのアクセスが容易であるため、タイ製の機器の導入を希望している。

項目	FLR バイオガスシステム及び Getabec 社熱媒ボイラー	
プロジェクト総額	2.03 億円	
年間運転・維持管理費	4.5 百万	
プロジェクト全体の事業性	補助金あり	補助金なし
(1) 投資回収年数	4.2 年	7.8 年
(2) 内部収益率	22.8%	9.5%

注 総額は税抜き。

表 4. Getabec 社熱媒ボイラーを導入した場合の事業性評価表

累計年度		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
初期投資		102											
初期費用		102	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
収入		-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
発電収入	発電なし	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
支出		-	-23.1	-23.1	-23.1	-23.1	-23.1	-23.1	-23.1	-23.1	-23.1	-23.1	
現状	維持管理費	-	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
	人件費	-	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
	モニタリング費	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	廃水処理費	-	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
	ボイラー燃料代	-	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	
	合計	-	35.2	35.2	35.2	35.2	35.2	35.2	35.2	35.2	35.2	35.2	
	プロジェクト	維持管理費	-	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
		人件費	-	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
		モニタリング費	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		廃水処理費	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ボイラー燃料代		-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
合計	-	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4		
コスト差額		-	-29.9	-29.9	-29.9	-29.9	-29.9	-29.9	-29.9	-29.9	-29.9	-29.9	
減価償却		-	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	
税引前利益		-	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	
法人税	24%	-	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	
税引後利益		-	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	
インフロー		-	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	
税引前当期利益		-	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	
減価償却		-	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	
アウトフロー		-	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	
法人税		-	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	
キャッシュフロー		-102	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3	

- 注1 初期投資費用は、JCM 設備補助事業により総事業費の 50%補助を得ることを前提としている。
- 注2 現状の維持管理費、ボイラー燃料費については現地調査時に部分的な情報を入手したものの、他の関連数値との不整合などの課題が見られたため、入手データから想定値を算出している。なお、ボイラー燃料代の計算には 2012 年当時の石炭価格を便宜的に利用している。
- 注3 タイパーツは 3.37 円/パーツ、ラオスキップは 0.0142587 円/キップ（どちらも 2016 年 2 月 5 日付為替レート）を用いた。

ラオスは規模は小さいながらも、2010 年以降年平均 8% といった高い経済成長を続けており、2015 年の ASEAN 経済共同体の発足後はタイやベトナムなどの主要企業がサテライト工場などをラオスに建設する可能性が高いと言われている。周辺諸国の最低賃金の上昇や自然災害、政治的不安定等のリスクヘッジのため、ラオスに進出をする企業も既に増加している。養豚場、農産物・食品加工などの工場などにおいても有機性の高い廃水の処理システムが求められることが考えられ、小規模かつ事業者の経済状況に合わせて設計可能な、柔軟なシステム設計が可能な本件のバイオガスシステムの導入需要は今後高くなると思われる。

#### (4) 環境十全性の確保、ホスト国の持続可能な開発への貢献

##### 1) 環境十全性の確保

本プロジェクトによる排水処理の高度化または適切な処理、およびボイラーでの石炭利用の削減により、地球環境（気候変動）のみならず、地域環境の改善に寄与することが可能である。具体的には、バイオガス発生・回収システムの導入により、廃水に起因する悪臭の低減や水質

汚濁の改善が期待できる他、ボイラーの運転に使用される石炭または薪消費量の低減による環境の改善に資する事業である。その一方で、本プロジェクトの実施による環境および社会への悪影響は現時点では想定されない。

天然資源環境省社会環境影響評価局に対する聞き取り調査によると、新規案件において IEE と EIA のどちらを実施する必要があるかは、工場の規模により異なることが確認されている。タピオカ澱粉の日生産量が 80t 以下の場合は IEE となる。本件のようにバイオガス発生回収システムを既存の工場に導入する場合、システムは工場に付属する廃水処理設備と見なすことができるため、IEE と EIA を新たに実施する必要はないことが確認できた。

なお、2013 年の改正環境保護法及び、ガイドラインと呼ばれる IEE と EIA 実施プロセスに関する大臣令では、IEE と EIA 実施後、事業者による定期的な環境管理計画 (EMP)<sup>2</sup>の作成が定められた。EMP にシステムの概要、導入機材、社会・環境への影響等を記載の上、工事開始前に担当機関に提出し、検査を受ける必要がある。IEE を実施している場合は県の天然資源環境局が、EIA を実施している場合は天然資源環境省が EMP 提出の窓口であり、本件のバイオガスシステムの場合は前者のケースに該当する。

## 2) ホスト国の持続可能な開発への貢献

本プロジェクトの実施による持続可能な開発への貢献には、直接的な社会経済面の貢献と、ラオスの社会経済政策の推進に資する貢献の 2 つの側面がある。対象地域の社会的側面では、バイオガスシステムの建設および運用により追加的な雇用を生み出すとともに、ボイラー燃料として使用されている木材燃料の利用を回避することで、ラオス政府の森林保全政策に貢献できる。経済的側面では、エネルギーの自給によってより低いコストでのタピオカ澱粉の生産が可能になると共に、適切な廃水処理など、加工過程における環境面の配慮を支援することにより、事業者の市場競争力の向上に貢献する可能性がある。

ラオス政府は、「森林戦略 2020」(Forest Strategy to the year 2020 of the Lao PDR, July 2005, Prime Minister's Office) などにより森林保全政策を強化し、2020 年に森林被覆率 70% を達成すべく注力している(植林、原木輸出全面禁止、家具・建材工場等での木材資源使用のライセンス制、違法伐採取締等)。

---

<sup>2</sup> 改正環境保護法上の正式名称は、Social and Natural Environmental Management Plan である。

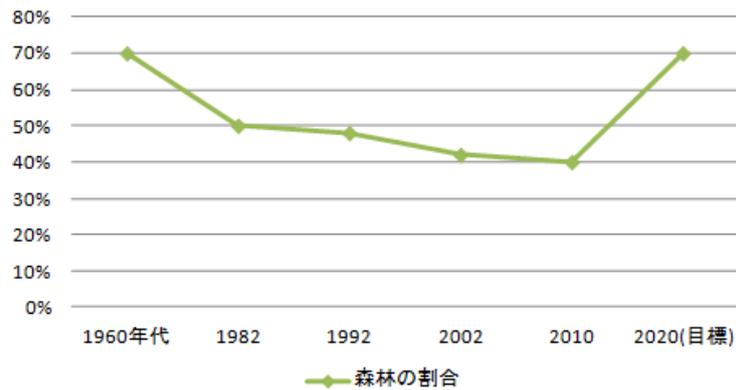


図 6. ラオスの国土に対する森林面積の割合 (単位: %) (1960年代~2020年目標)  
(UNDP, 2010)

出典: 新メカニズム情報プラットフォーム, [http://www.mmechanisms.org/initiatives/laos\\_info.html](http://www.mmechanisms.org/initiatives/laos_info.html)

本プロジェクトサイトであるチャンパサック県においても、2002年から2010年にかけて森林被覆率が13.4%減少しており、他県と比較しても極めて高い数字である。ラオスにおいて家庭用・商業用等の燃料として多く使われる薪は、製材端材、インフラ整備に伴う伐採木、住民が所有する土地から得られるものからのみ使用できるが、現実には違法伐採により取得されているケースがあるのも現状であり、森林面積の減少の一因となっている。また、天然環境資源省森林資源管理局によると政府は既に薪の生産に関しても細則を策定しており、今後、規制を厳しくしていく見込みである。

表 5. ラオスの県別森林被覆率の変化 (単位: %)

県	2002年	2010年	変化 2010-2001
全土	41.5	40.3	-1.2
北部	27.9	33.8	5.9
ポンサリー	23.8	37.7	13.9
ルアンナムター	12.8	36.9	24.1
ウドムサイ	30.7	32.1	1.4
ボケオ	44.3	41.9	-2.4
ルアンパバーン	12.8	32.8	20.0
ファパン	29.7	24.7	-5.0
サイニャブリー	34.9	37.2	2.3
中部	46.1	42.6	-3.5
ビエンチャン県	22.2	11.8	-10.4
シェンクアン	38.7	37.5	-1.2
ビエンチャン特別市	24.3	40.4	16.1

県	2002年	2010年	変化 2010-2001
ボリカムサイ	61.4	54.9	-6.5
カムアン	54.0	46.8	-7.2
南部	56.7	47.4	-9.3
サワンナケート	56.5	51.5	-5.0
サラワン	54.8	39.2	-15.6
セコン	53.0	38.8	-14.2
<b>チャンパサック</b>	<b>54.0</b>	<b>40.6</b>	<b>-13.4</b>
アタプー	49.2	63.9	14.7

出典：2010年の森林被覆率調査報告書（2012年1月、ラオス農林省森林局）

政策面では第7次国家社会経済開発5カ年計画（2010－2015）において、輸出促進は重要な課題の一つに挙げられている。産業分野の目標（2015年まで）では、食品加工業の輸出拡大目標が示されており、本プロジェクトの実施により事業者の市場競争力の向上を通じて、輸出拡大にも資する案件である。

#### 4. JCM 方法論の予備調査結果

##### (1) 方法論に必要なデータ収集等の予備調査結果

本プロジェクトに適用可能な JCM 方法論はラオスにおいて作成されていない。このため、JCM プロジェクト化においては、新方法論の作成が必要となる。本予備調査では、方法論の策定に必要な以下の点について方向性を検討した。あわせて、MRV 実施体制についても検討した。

- ・ 適格性要件
- ・ リファレンス排出量の考え方および算定に必要なデータ
- ・ プロジェクト排出量の考え方および算定に必要なデータ

##### 1) 適格性要件

本プロジェクトは、既存のタピオカ澱粉工場の廃水を Biotrix 社が提案する Flexible Liner Reactor (FLR) 方式の嫌気発酵槽により嫌気処理し、バイオガスを発生・回収し、ボイラー燃料として利用することで、化石燃料または非再生可能バイオマス燃料を代替するプロジェクトである。適格性要件について、FLR 方式の嫌気発酵システムの利点等を踏まえて以下のように検討した。なお、以下ではタピオカ澱粉工場に限定した適格性要件としているが、他の工場等への拡張性を考慮して、以下の「タピオカ澱粉工場」を「有機廃水を排出する工場等」とするこ

とで対象を広くすることも可能である。

項目	番号	内容
廃水処理関連	Criterion 1	既存のタピオカ澱粉工場において、FLR 方式の嫌気発酵槽（カバーラグーン形式）を導入し、有機廃水の嫌気処理によりバイオガスを発生・回収すること。
燃料代替関連	Criterion 2	回収したバイオガスは、タピオカ澱粉工場のボイラーに用い、化石燃料または非再生可能バイオマス燃料を代替すること。
ボイラー関連	Criterion 3	バイオガス用ボイラーは新規に導入することとし、既設の化石燃料用ボイラーよりもエネルギー効率が高いこと。
嫌気発酵槽関連	Criterion 4	嫌気発酵槽は表面のカバーとともに底面も HDPE（High Density Polyethylene：高密度ポリエチレン）シートで覆い、廃水の地下浸透等の環境汚染を未然に防止すること。
	Criterion 5	嫌気発酵槽のカバーは、突風や落雷等の悪天候時の災害への対応のために構造面の工夫がなされていること（例：Soft pillow 型カバー）。
メンテナンス関連	Criterion 6	導入したシステムについて、少なくとも 1 年に 1 回の定期点検が行われること。

## 2) リファレンス排出量の考え方および算定に必要なデータ

リファレンス排出量の算定方法は、主に小規模 CDM 承認方法論（AMS II.G. II.G. Energy efficiency measures in thermal applications of non-renewable biomass、AMS III.H. Methane recovery in wastewater treatment）を参考に、以下のように検討した。

本プロジェクトは「廃水処理システムの変更」および「ボイラーの転換」を含むため、それぞれについて、リファレンスシナリオおよびリファレンス排出量の検討が必要となる。図 7 に示すように、リファレンス排出量は、ボイラーでの化石燃料等の消費に伴う CO<sub>2</sub> 排出量およびオープンラグーンからの CH<sub>4</sub> 発生量の合計である。

なお、CDM 方法論では、ベースライン排出量として、サイトでのスラッジ処理、放流廃水、最終処分場でのスラッジ処理等による排出をカウントできるとしているが、本プロジェクト用の方法論としては保守性を勘案してこれらを含めないこととする。

リファレンス排出量の算定にあたっては、ボイラーについては燃料およびエネルギー効率、廃水処理システムについては既存のラグーンの状態について特に精査・検討が必要である。以下にこれらについて、本プロジェクトの状態を鑑みて検討した。

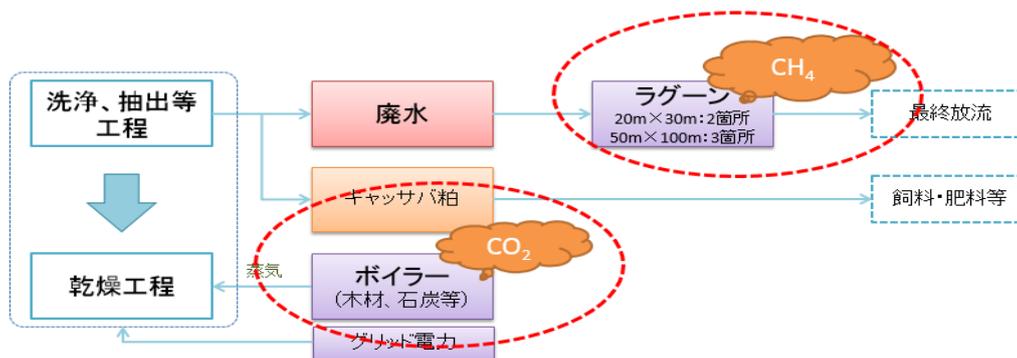


図7. リファレンスシナリオ下における排出のイメージ

### i. ボイラーの燃料

KPN 社では、操業当初はボイラー燃料に石炭を使用していたが、現在は、タピオカ澱粉の生産量が以前に比べて少ないために、石炭ではなく、主に近隣での道路整備や水力発電所開発に伴い発生する伐採木を主な燃料として使っている。KPN 社は、当該工場でのこのような木材燃料について、森林保全の強化あるいは開発の減少により、今後 2 年間程度で得られなくなる、あるいは、高価になり入手困難になると考えている。パクセーあるいは周辺地域の主要な工場（インスタントコーヒー工場、ビール工場、タバコ工場）では、ボイラー燃料として重油や軽油が用いられており、既に木材燃料は使われていない。

ラオスにおいて家庭用・商業用等の燃料として多く使われる薪は、製材端材、インフラ整備に伴う伐採木、住民が所有する土地から得られるものからのみ使用できるが、現実には違法伐採により取得されているケースがあるのも現状であり、森林面積の減少の一因となっている。このような状況から、政府は既に薪の生産に関しても細則を策定しており、今後、規制を厳しくしていく見込みである。<sup>3</sup>

一般に薪等の木質バイオマス資源は再生可能エネルギーとみなされ、その燃焼時の CO<sub>2</sub> 排出量はカウントしないこととされている。しかし、一部の木質バイオマス資源は、植林などを伴わないため再生可能な資源ではなく、非再生可能バイオマス (NRB: Non-Renewable Biomass) と呼ばれている。NRB を燃料として使用した場合には CO<sub>2</sub> 排出量はゼロではなく、将来的に当該 NRB が得られなくなり化石燃料に転換されると想定し、化石燃料を一定の比率分使用したとして相応の排出量をカウントすることとしている。CDM では、ラオスの木質バイオマスの多くは NRB とみなされ、バイオマス使用時の NRB 比率のデフォルト値 (87%) が CDM 理事会によって設定されている (Default values of fraction of non-renewable biomass for least developed countries and small island developing States, EB67 Report Annex 22)。

KPN 社では、現在、木材は安価なため使用しているが、前述のとおり必ずしも豊富な量があるわけではなく、今後、澱粉の生産量が増加してより多くのエネルギーが必要な場合には前述

<sup>3</sup>天然資源環境省森林資源管理局ヒアリング

の理由から調達は容易ではなく、化石燃料に転換せざるを得なくなるとみている。KPN 社では、澱粉生産量が 1 日あたり 80t 以上の場合、石炭・重油等の化石燃料を使用することになると考えている。

以上の状況を踏まえ、本プロジェクトでは、ボイラー燃料として木材燃料を使用した場合には、その一部は NRB とみなすこととした（CDM のデフォルト値 87%を利用）。また、1 日あたり 80t 以上の澱粉生産量になる場合には、重油を使用すると仮定した（KPN 社澱粉工場が位置するパクセーでは、石炭よりも重油の方が入手が容易なため）。

## ii. ボイラーのエネルギー効率

リファレンス排出量の算定にあたっては、リファレンスシナリオ下およびプロジェクトで導入するボイラーのエネルギー効率を設定する必要がある。しかし、KPN 社の既存のボイラー（石炭用ボイラー）についてはカタログ値等が得られず効率を特定するのは容易ではなく、また、プロジェクトのボイラーの効率についても実測等により適切な効率を設定するのは簡単ではない。このため、保守性を勘案しつつ、デフォルト値等によりこれらを設定することが妥当と考える。

## iii. 既存の廃水処理用ラグーン

KPN 社では合計 5 箇所のオープンラグーンにより廃水処理を行っている。しかしながら、ラグーンの底面土壌の性質により廃水が一部地下浸透しており、特に非稼働期間にはラグーンに十分な量の廃水が溜まっていないとみられる。ラグーンの深さは実際には 3.5m であるが、このような状況および保守性を勘案し、廃水の深さは IPCC ガイドライン等の下限である 2m 未満と設定するのが妥当と考える。

## iv. リファレンス排出量の算定式およびパラメータ

以上を踏まえて、リファレンス排出量の算定式、および、各パラメータについて本プロジェクトにおいて想定される値およびその出典、測定方法を以下のように検討した。

$$RE_p = RE_{fs,p} + RE_{wt,p}$$

$RE_p$  : 期間 p におけるリファレンス排出量 [tCO<sub>2</sub>-eq/p]

$RE_{fs,p}$  : 期間 p におけるボイラーでの化石燃料等の消費に伴うリファレンス排出量 [tCO<sub>2</sub>/p]

$RE_{wt,p}$  : 期間 p における廃水の嫌気発酵に伴うリファレンス排出量 [tCO<sub>2</sub>-eq/p]

$$RE_{fs,p} = (1 - R_{fw,p}) \times PC_{bg,p} \times NCV_{bg} \times (\eta_{PJ}/\eta_{RE}) \times EF_{CO_2,i}$$

$$+R_{fw,p} \times PC_{bg,p} \times NCV_{bg} \times f_{NRB} \times (\eta_{PJ}/\eta_{RE}) \times EF_{CO2,projected fs}$$

$$RE_{wt,p} = Q_{ww,p} \times COD_{in,p} \times \eta_{COD_{RE}} \times MCF_{ww,RE} \times B_{0,ww} \times UF_{RE} \times GWP_{CH4}$$

パラメータ/データの説明	デフォルト値	事前設定値	モニタリング値	本プロジェクトにおいて想定される値およびその出典、測定方法
$R_{fw,p}$ : リファレンスシナリオ下の全燃料消費量に占める木材燃料の消費量の割合 (熱量換算)			○	当該工場における過去の燃料種別消費量および生産量等の統計から設定。(現段階では、日生産量が 80 t/day 未満の場合は全量が木材燃料 (=1.0)、80 t/day 以上の場合全量が重油とする (=0.0) )
$PC_{bg,p}$ : 期間 p におけるバイオガスの消費量 [t/p]			○	ローメーターによる測定値 (連続測定)。 1,248t/年 (Biotrix 社推計値 5,100m <sup>3</sup> /日、バイオガスの密度 1.2kg/m <sup>3</sup> 、稼働日数 204 日/年より推計)
$NCV_{bg}$ : バイオガスの正味発熱量 [GJ/t]	○			2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Table 1.2 本プロジェクトでは、ガイドラインを参照し 50.4 とする。
$\eta_{PJ}$ : プロジェクトのボイラーのエネルギー効率	△	○		ボイラーの更新では一般に $\eta_{PJ} > \eta_{RE}$ であることを踏まえて、保守性を考慮し、 $(\frac{\eta_{PJ}}{\eta_{RE}}) = 1.0$ と設定する。
$\eta_{RE}$ : リファレンスシナリオ下のボイラーのエネルギー効率	△	○		あるいは、 $\eta_{RE}$ を重油ボイラーで最も効率が高い値とする (CDM ツールのデフォルト値は 90% (Tool to determine the baseline efficiency of thermal or electric energy generation systems) )。
$EF_{CO2,i}$ : 代替される化石燃料の CO <sub>2</sub> 排出係数 [tCO <sub>2</sub> /GJ]	○			プロジェクト固有値または IPCC デフォルト値 (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Table 1.4 の下限値 (保守性考慮) )。

パラメータ/データの説明	デフォルト値	事前設定値	モニタリング値	本プロジェクトにおいて想定される値およびその出典、測定方法
				本プロジェクトでは、ガイドラインを参照し重油（Residual fuel oil）の 0.0755 を用いる。
$f_{NRB}$ : バイオマスに占める非再生可能バイオマスの割合	○			Default values of fraction of non-renewable biomass for least developed countries and small island developing States, CDM EB67 Report Annex 22 本プロジェクトでは、CDM での決定を参照しラオスのデフォルト値 0.87 とする。
$EF_{CO_2,projected fs}$ : リファレンスシナリオ下で予想される化石燃料の CO <sub>2</sub> 排出係数 [tCO <sub>2</sub> /GJ]	○			AMS II.G. Energy efficiency measures in thermal applications of non-renewable biomass, ver.07.0 方法論を参照し 0.0816 とする。
$Q_{ww,p}$ : プロジェクトの廃水量 [m <sup>3</sup> /p]			○	フローメーターによる測定値（連続測定） 183,600m <sup>3</sup> /年（Biotrix 社設計値 900m <sup>3</sup> /日、稼働日数 204 日/年より推計）
$COD_{in,p}$ : プロジェクトの廃水処理システムに流入する廃水の COD 濃度 [tCOD/m <sup>3</sup> ]			○	分析値（サンプル分析） 0.010793（Biotrix 社による現地分析値）
$\eta_{COD_{RE}}$ : リファレンスシステムの COD 除去効率	○			デフォルト値 85%（Biotrix 社 経験値）
$MCF_{ww,RE}$ : リファレンスシステムの MCF	○			2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5, Table 6.3 本プロジェクトでは、2m 未満と想定し、“Anaerobic shallow lagoon”の 0.2 とする。
$B_{0,ww}$ : 廃水のメタン生成キャパシティー [kgCH <sub>4</sub> /kgCOD]	○			2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5, Table 6.2 ガイドラインを参照し 0.25 とする。
$UF_{RE}$ : モデル不確実性	○			AMS III H. Methane recovery in wastewater treatment, ver.16.

パラメータ/データの説明	デフォルト値	事前設定値	モニタリング値	本プロジェクトにおいて想定される値およびその出典、測定方法
				方法論を参照し 0.89 とする。
$GWP_{CH_4}$ : メタンの地球温暖化係数	○			IPCC Fourth Assessment Report (2.10.2 Direct Global Warming Potentials, Table 2.14) 25 とする。

### 3) プロジェクト排出量の考え方および算定に必要なデータ

プロジェクト排出量の算定方法は、主に小規模 CDM 承認方法論 (AMS III.H. Methane recovery in wastewater treatment) を参考に、以下のように検討した。

$$PE_p = PE_{el,p} + PE_{dc,p} + PE_{fs,p} + PE_{fg,p} + PE_{fl,p}$$

$PE_p$  : 期間 p におけるプロジェクト排出量 [tCO<sub>2</sub>-eq/p]

$PE_{el,p}$  : 期間 p におけるプロジェクトシステムにおける電力消費に伴う CO<sub>2</sub> 排出量 [tCO<sub>2</sub>/p]

$PE_{dc,p}$  : 期間 p における放流廃水からの CH<sub>4</sub> 排出量 [tCO<sub>2</sub>-eq/p]

$PE_{fs,p}$  : 期間 p における最終スラッジの腐敗による CH<sub>4</sub> 排出量 [tCO<sub>2</sub>-eq/p]

$PE_{fg,p}$  : 期間 p におけるバイオガス回収システムからの漏洩等による CH<sub>4</sub> 排出量 [tCO<sub>2</sub>-eq/p]

$PE_{fl,p}$  : 期間 p における不完全なフレアリングによる CH<sub>4</sub> 排出量 [tCO<sub>2</sub>-eq/p]

$$PE_{el,p} = EC_p \times EF_{grid,y}$$

$$PE_{dc,p} = Q_{ww,p} \times COD_{in,p} \times (1 - \eta_{COD,RE}) \times MCF_{PJ,dc} \times B_{0,ww} \times UF_{PJ} \times GWP_{CH_4}$$

$$PE_{fs,p} = S_{fs,PJ,p} \times DOC_s \times DOC_f \times MCF_{PJ,fs} \times UF_{PJ} \times F \times GWP_{CH_4} \times 16/12$$

$$PE_{fg,p} = (1 - CFE) \times Q_{ww,p} \times COD_{in,p} \times \eta_{COD,RE} \times MCF_{PJ} \times B_{0,ww} \times UF_{PJ} \times GWP_{CH_4}$$

$$PE_{fl,p} = F_{bg,p} \times F \times (1 - \eta_{flare}) \times GWP_{CH_4}$$

パラメータ/データの説明	デフォルト値	事前設定値	モニタリング値	本プロジェクトにおいて想定される値およびその出典、測定方法
$EC_p$ : 期間 p における電力消費量 [MWh/p]			○	電力メーターによる測定値 (連続測定) 343 (Biotrix 社設計値)
$EF_{grid,y}$ : プロジェクトで使用するグリッド電力の排出係数 [tCO <sub>2</sub> /MWh]		○		ラオスの全電源平均排出係数 (下記、「ラオスのグリッド CO <sub>2</sub> 排出係数の算定」参照)

パラメータ/データの説明	デフォルト値	事前設定値	モニタリング値	本プロジェクトにおいて想定される値およびその出典、測定方法
$Q_{ww,p}$ : 期間 p におけるプロジェクトの廃水処理システムに流入する廃水量 [m <sup>3</sup> /p]			○	フローメーターによる測定値 (連続測定) 183,600m <sup>3</sup> /年 (Biotrix 社設計値 900m <sup>3</sup> /日、稼働日数 204 日/年より推計)
$COD_{in,p}$ : プロジェクトの廃水処理システムに流入する廃水の COD 濃度 [tCOD/m <sup>3</sup> ]			○	分析値 (サンプル分析) 0.010793 (Biotrix 社による現地分析値)
$\eta_{COD_{RE}}$ : リファレンスシステムの COD 除去効率	○			デフォルト値 85% (Biotrix 社経験値)
$MCF_{PJ,dc}$ : 廃水の放流先の MCF	○			2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5, Table 6.3 河川放流の場合は 0.1。
$B_{0,ww}$ : 廃水のメタン生成キャパシティ [kgCH <sub>4</sub> /kgCOD]	○			2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5, Table 6.2 ガイドラインを参照し 0.25 とする。
$UF_{PJ}$ : モデル不確実性	○			AMS III H. Methane recovery in wastewater treatment, ver.16. 方法論を参照し 1.12 とする。
$S_{fs,PJ,p}$ : 期間 p におけるプロジェクトの最終スラッジの乾燥重量 [t/p]			○	重量計による測定 (随時測定) 35 (Biotrix 社設計値) (稼働後 1~3 年間はゼロ)
$DOC_s$ : 最終スラッジ中の腐敗性有機物の比率 (乾燥ベース)	○			AMS III H. Methane recovery in wastewater treatment, ver.16. 方法論を参照し 0.257 とする。
$DOC_f$ : バイオガスに転換される腐敗性有機物の比率	○			AMS III H. Methane recovery in wastewater treatment, ver.16. 方法論を参照し 0.5 とする。
$MCF_{PJ,fs}$ : 最終スラッジ廃棄先の MCF	○			2006 IPCC guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Volume 5, Table 3.1) Unmanaged-shallow SWDS or stockpiles that are considered SWDS の場合は 0.4。

パラメータ/データの説明	デフォルト値	事前設定値	モニタリング値	本プロジェクトにおいて想定される値およびその出典、測定方法
$F$ : バイオガス中の $\text{CH}_4$ の割合	○			AMS III H. Methane recovery in wastewater treatment, ver.16. 方法論を参照し 0.5 とする。
$GWP_{\text{CH}_4}$ : メタンの地球温暖化係数	○			IPCC Fourth Assessment Report (2.10.2 Direct Global Warming Potentials, Table 2.14) 25 とする。
$CFE$ : プロジェクトシステムのバイオガス回収効率	○			2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5, Chapter 4, Page 4.4. 0.95 とする。
$MCF_{PJ}$ : プロジェクトシステムの MCF	○			2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5, Table 6.3 Anaerobic reactor の場合は 0.8。
$F_{bg,p}$ : 期間 p においてフレアされるバイオガスの量 [Nm <sup>3</sup> /p]			○	フローメーターによる測定値 (連続測定) (現時点ではゼロと想定)
$\eta_{flare}$ : フレア効率	○			AMS III H. Methane recovery in wastewater treatment, ver.16.に準じて設定

参考までに、ベトナムでの有機性廃棄物の嫌気発酵プロジェクトに関する承認方法論 VN\_AM004 “Anaerobic digestion of organic waste for biogas utilization within wholesale markets”では、プロジェクト排出量として電力由来の排出量のみをカウントすることとしており、スラッジの腐敗やバイオガス回収システムからの漏洩、フレアリング等による排出は算定の対象としていない。これらについては適格性要件にて、スラッジの有効利用（堆肥等）、バイオガス回収システムの漏洩防止などを行うことを規定することで算定の対象外としている。フレアリングについては想定とされていない。

#### ラオスのグリッド電力 $\text{CO}_2$ 排出係数の算定

ラオスでは設備容量ベースでは 99%以上が水力発電である。一方で、乾期等に電力が不足する際には、タイや中国、ベトナムから電力を輸入している。グリッド電力  $\text{CO}_2$  排出係数の設定方法については以下が考えられる。

オプション 1 : JCM は二国間のメカニズムであることから、排出係数の算定においては、バ

ウンダリーをラオスのみに限定し、排出係数をゼロ (0.0tCO<sub>2</sub>/MWh) とする。

オプション 2 : 輸入電力も勘案した全電源平均の排出係数を算定する。

オプション 3 : ラオスでの省エネ・再エネプロジェクトの推進に資するように、タイ等の輸入電力を代替するような排出係数の設定方法。

どの方法を採用するかは、日本側での JCM 制度設計やラオスと日本での合同会議等にて決定されるべき事項と考えるが、以下に、一例として、オプション 2 の方法を示す。

グリッド電力 CO<sub>2</sub> 排出係数の算定については、“CDM Methodological tool "Tool to calculate the emission factor for an electricity system (Version 03.0.0)”の手法を参考とした。本事業は、再生可能エネルギーを利用した発電事業等ではないため、ここでは当該ツールの Average OM (operating margin)<sup>4</sup> (全電源平均の排出係数) を計算した。なお、ラオスでは電力の輸出入量が極めて多いため、排出係数の算定においてはこれらの適切な考慮が必要である。本調査では、EDL (Electricite du Laos) による総発電電力量、IPP からの購入電力量および周辺各国からの輸入電力量を勘案し、算定した。この考え方の根拠は上記ツールの以下のパラグラフである。

(輸出電力の扱い)

*para. 23: Electricity exports should not be subtracted from electricity generation data used for calculating and monitoring the electricity emission factors.*

(輸入電力の扱い)

*para.50: For this approach (simple OM) to calculate the operating margin, the subscript m refers to the power plants/units delivering electricity to the grid, not including low-cost/must-run power plants/units, and including electricity imports to the grid. Electricity imports should be treated as one power plant m.*

※このパラグラフでは low-cost/must-run を除くと書いてあるが Average OM の計算では除かないこととされている。

グリッド排出係数は、“CDM Methodological tool "Tool to calculate the emission factor for an electricity system (Version 03.0.0)”の Simple OM の計算式を参考とし、各発電所の発電電力量とその CO<sub>2</sub> 排出係数を用いて下式により算定する。

$$EF_{elec,y} = \frac{\sum_m EG_{m,y} \times EF_{elec,m,y}}{\sum_m EG_{m,y}}$$

EG<sub>m,y</sub> Quantity of electricity generated and delivered to the grid by power unit m in year y (MWh)

EF<sub>elec,m,y</sub> CO<sub>2</sub> emission factor of power unit m in year y (tCO<sub>2</sub>/MWh)

---

<sup>4</sup> para.66 : The average OM emission factor is calculated as the average emission rate of all power plants serving the grid, using the methodological guidance as described under Step 4 (section 6.4.1) above for the simple OM, but also including the lowcost/must-run power plants in all equations.

m All power units serving the grid in year y

算定に用いたデータとともに、EDL のグリッド CO<sub>2</sub> 排出係数の一例を表 2 に示す。なお、この算定では、ラオスのグリッドシステムは国全体で一つのシステムと仮定している。

以下は一例であり、本プロジェクトに適用する場合には、プロジェクトの進捗に応じて最新のグリッドの接続状況等を勘案し、再計算する必要がある。

表 6. ラオス (EDL) におけるグリッド電力 CO<sub>2</sub> 排出係数の算定・結果

	電力量 (MWh)	Grid EF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	CO <sub>2</sub> 排出量 (tCO <sub>2</sub> )
発電 (ラオス国内)	2,698,786	0.0000	0
輸入	タイ	978,144	500,125
	中国	112,688	71,253
	ベトナム	36,497	19,738
合計	3,826,115		591,116
グリッド CO <sub>2</sub> 排出係数 (tCO <sub>2</sub> /MWh)			0.154

出典：電力量 (Electricity Statistics 2012, EDL)、Grid EF (List of Grid Emission Factors, IGES)

#### 4) プロジェクト排出削減効果

上述の「2) リファレンス排出量の考え方および算定に必要なデータ」、および「3) プロジェクト排出量の考え方および算定に必要なデータ」の項に示した算定式を使ってプロジェクトの CO<sub>2</sub> 削減量を試算すると、年間排出削減量は 4,749tCO<sub>2</sub> と算定された。プロジェクトにおいて導入する熱媒ボイラーの法定耐用年数を 15 年とした場合、プロジェクトの CO<sub>2</sub> 削減量は 71,235tCO<sub>2</sub> と算定される。CH<sub>4</sub> は 1,874(tCO<sub>2</sub>e/年)があることが想定された。

## (2) MRV 実施体制

### 1) MRV 実施体制

MRV 実施体制を以下のとおり検討した。国際コンソーシアムには、プロジェクトオーナーである KPN 社および提案者であるパシフィックコンサルタンツが参画する。実施体制案を図 8 に示す。

KPN 社では、代表取締役、工場長、算定・報告担当、測定担当が、主にデータの取得、GHG 排出削減量の算定、モニタリング報告書の作成および承認を行う。測定担当は、主に下表に示すパラメータを測定あるいは集計し、電子データに取り纏めた後、算定・報告担当に送付する。測定担当はあわせて測定機器の管理を行い、測定の精確性に期する。算定・報告担当は、測定／集計データを用いて方法論に従いエクセルシートにて GHG 排出削減量を算定する。また、これらの結果を指定されたモニタリング報告書（ラオ語および英語）に取り纏める。工場長は現場での測定、算定・報告の結果を随時確認し、総括する役割を担う。工場長によりチェックされたモニタリング報告書は KPN 社の代表取締役にて承認を受ける。

パシフィックコンサルタンツは、KPN 社において作成されたモニタリング報告書を確認し、日本語版を作成する。特段の問題がある場合には、KPN 社の工場長に連絡し、修正等を依頼する。

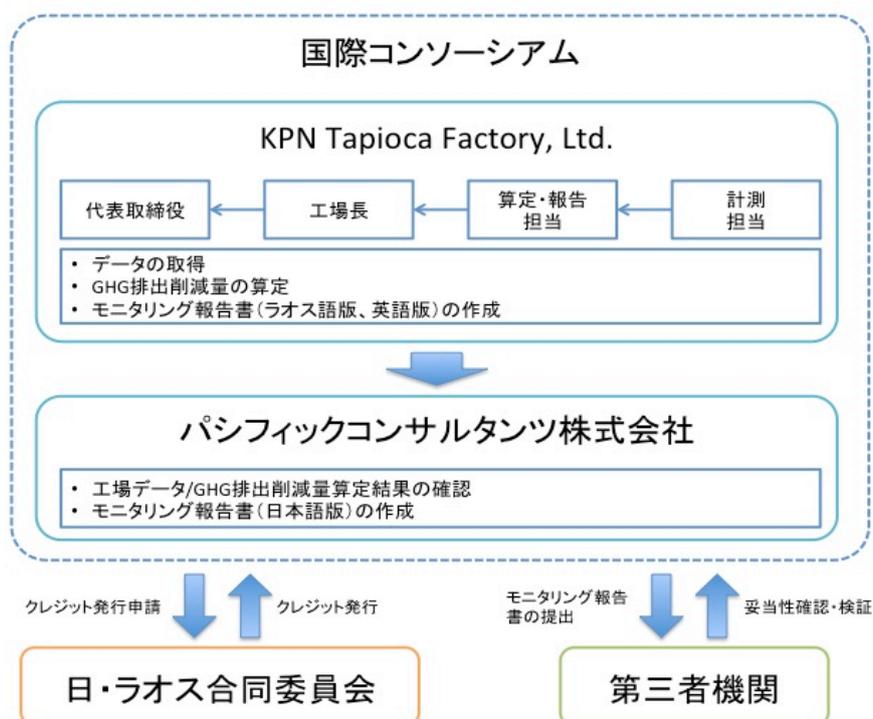


図 8. MRV 実施体制案

## 2) モニタリングの詳細

モニタリングすべきパラメータについては、(1)に示したが、これらのうち主要なパラメータのモニタリング内容の詳細を表7に示す。

表7. 主要なモニタリングパラメータの測定方法・測定頻度等

パラメータ/データの説明	測定方法	測定頻度	その他
$PC_{bg,p}$ : 期間 p におけるバイオガスの消費量 [t/p]	フローメーター	連続測定	計器メーカーが推奨する頻度および方法により較正を行う。
$Q_{ww,p}$ : 期間 p におけるプロジェクトの廃水処理システムに流入する廃水量 [m <sup>3</sup> /p]	フローメーター	連続測定	計器メーカーが推奨する頻度および方法により較正を行う。
$EC_p$ : 期間 p における電力消費量 [MWh/p]	電力メーター	連続測定	計器メーカーが推奨する頻度および方法により較正を行う。
$COD_{in,p}$ : プロジェクトの廃水処理システムに流入する廃水の COD 濃度 [tCOD/m <sup>3</sup> ]	工場の分析室における分析	サンプル測定 (3 か月に一度)	事前に作成する分析マニュアルに沿って分析を行う。1年に一度程度、外部の分析機関で分析し、クロスチェックを行う。

## 5. 今後の予定

### (1) 本調査終了後のスケジュール

第3回現地調査において KPN 社との間で、今後の事業化に向けたスケジュールについて協議を行ったところ、KPN 社からは、2016年は今回の FS 調査結果をもとに導入設備の精査と資金調達先との協議・調整および事業安定化に向けた顧客開拓を重点的に行い、実際の設備導入に向けた本格的な準備は2017年以降にしたいとの意向が示された。

これを受け、本 FS 調査終了後のスケジュールとしては、以下のものを想定する。今後も継続して KPN 社とは連絡を取り続け、KPN 社による事業改善および資金調達の状況などを確認して、それらの状況を勘案しながら、FS 調査もしくは JCM 設備補助事業への応募などを、引き続き検討していく。

- ・ 2016年4月以降：KPN 社との定期的な連絡による検討進捗状況の確認
- ・ 2016年6月以降：FS 調査の継続（可能な場合）
- ・ 2017年4月以降：JCM 設備補助事業に応募。現地銀行への融資申請。

## (2) 今後の課題及び解決策、方針

### ● 課題点

#### <課題1: KPN 社の財務状況および事業の改善>

- ・ 今回の FS 調査の中で検討した事業性評価では JCM 設備補助事業を活用した場合には、投資回収年が 4.2 年と良好な数値が出ている。しかし、これは KPN 社によるタピオカ澱粉生産販売事業が好調に推移し、KPN 社の生産設備がほぼフル稼働している状態である日生産量 90 トン程度を維持し、かつ使用するボイラー用燃料が化石燃料（石炭もしくは重油）であると仮定した場合の推計結果である。現状では、生産販売量はそこまで達しておらず、燃料代も同様に高額にはなっていない。現時点では、KPN 社は事業安定・発展のために固定買取顧客の確保を進めようとしている段階である。
- ・ したがって、現時点の KPN 社の財務状況（特に、長期借入金 の存在）や事業の状況では、JCM 設備補助事業を活用した形での事業実施は、国際コンソーシアムの日本側代表事業者にとって不安要素が多い。したがって、今後、KPN 社から、より具体的かつ実現可能な財務及び事業計画の改善に向けた方針が示される必要がある。また、もし仮に、事業が途中で中断し補助金返還要請が出たとしても対応が出来るような措置（親会社などによる保証など）が取れるかどうかについても、今後検討していく必要がある。その際には、KPN 社のみならず、オーナーとの協議なども複数回にわたって行い、具体的な契約条件の交渉を行って行く必要がある。

#### <課題2: 導入するボイラーについて>

- ・ 当初は日本製のバイオガス専焼ボイラーの導入を検討していたが、KPN 社はバイオガスと軽油／重油の混焼に対応したボイラーを要望した。日本のボイラー供給先に、バイオガスと軽油／重油混焼ボイラーについて問い合わせたが、取り扱いがないとのことであった。また、KPN 社はメンテナンス時のやり取りのし易さをタイの供給先のボイラーを要望している。また、金額面でも日本製のボイラーは高額との意見を示している。

#### <課題3: バイオガス発生・回収システム導入にあたり必要な許可申請等について>

- ・ バイオガス発生・回収システム導入にあたり必要な営業許可等の申請について、商業工業省商業局及び工業局にヒアリングしたが、両局の見解に食い違いが生じており、明確な回答を得ることができなかった。そのため、事業実施の際に改めて、商業工業省の担当者及び県の担当者に事業内容を詳細に説明し、設備導入に必要な申請等について確認する必要がある。

### ● 解決策・方針

- ・ KPN 社に財務状況や事業全体の収支の改善等に向けた取り組みを進めるように提言する

とともに、JCM 設備補助事業に応募に向けた情報交換、意見交換を定期的実施するなどしていく。

- ・ 日本製の機材／設備の導入については、改めて検討する必要がある。例えば、ボイラーに装着するバーナーを日本製にする等の案も考えられる。
- ・ バイオガス発生・回収システム全体の概算費用を、より低減する方策を検討する。ラオス国外では、ボイラーやフレアをハンドメイドで作成したり、システムのコントロール設備を簡素化したりすることにより、費用削減を図っている事例もあり、KPN 社に合った費用削減方法を引き続き検討する必要がある。同時に、本案件を実現させていくためには導入設備の費用低減策のみならず、KPN 社の事業継続および拡大方針について短期的に改善状況を確認すると共に、今後の実現性を細かく精査していく必要がある。