

# 平成 21 年度 CDM/JI 実現可能性調査 報告書 概要版

## 調査名

スリランカ・グリシディアチップによる産業熱利用施設における燃料代替プログラム CDM 事業調査

## 団体名

株式会社エックス都市研究所

## 調査実施体制

- 北海道電力株式会社 : クレジット購入にかかる検討、PDD 作成支援
- 株E2 エンジニアリング : ガス化プラント、ボイラー導入等にかかる技術検討、導入技術及び既存ボイラーの環境負荷に関する検討
- Nanpo Shokai.Ltd : 現地調査補助、バイオマス収集に関する技術検討補助、PDD 作成支援
- Ener Fab (Pvt)Ltd.  
(以下、エネファブ社) : 対象サイトとの調整、ガス化・ボイラー技術の検討／積算／基本設計、対象技術の環境配慮検討
- マハマガンジーセンター : 対象サイト周辺におけるグリシディア調達手法の検討、住民への啓発支援、現地情報収集協力、ロジスティクス
- スリランカバイオエネルギー協会  
(以下、BEASL) : 調整管理組織 (Coordinating/Managing Entity: 以下、CME) としてのプログラム CDM 推進方策の検討、現地関係者との調整、ロジスティクス

## 1. プロジェクトの概要

本プロジェクトは、化石燃料の純輸入国でありエネルギー需要増大に伴い国家財政への負担が深刻化するスリランカにおいて、早生樹であるグリシディア(学名: *Gliricidia sepium*) の木質チップを収集し、プログラム CDM の枠組みの下、産業熱源としての利用を図ることにより、化石燃料(燃料油、軽油)を代替、これによる GHG 排出削減、大気汚染防止のコベネフィッツに加えて、その利用拡大を図ることによる同国内のエネルギー自給と農村地域の発展への貢献を目指すものである。

本調査により、抽出された第一フェーズ案件3プロジェクト(Lion Brewery、Premium Exports Ceylon、Ceylon Cold Stores)の実施により見込まれる CO2 削減量は、13,882tCO<sub>2</sub>/y、2011～2020年の10年間で138,820tCO<sub>2</sub>である。また第二フェーズ以降、対象とする年間300kL程度の燃料油を用いているサイトでは、1サイトあたり約800～900tCO<sub>2</sub>/yの削減が見込まれ、こうした大小の熱利用事業者が同国内に2,000箇所想定されることから、本プロジェクトの汎用性は高いといえる。

なお実施スケジュールに関しては、本調査終了後 PoA の枠組みについて利害関係者の合意に基づくより具体的な検討が必要となる。また、第一フェーズ CPA として選定された3事業者と、エネファブ社の間で事業契約に向けた交渉を行う一方で、できるだけ早期に PoA 登録に向けた有効化審査の開始が望まれる。

表 1. PDD 作成対象事業による排出削減量

	ライオンビール社	ユニリーバ社	コールドストア社	合計
代替燃料	燃料油	燃料油	軽油	-
導入設備	ボイラー (ガス化設備も検討中)	ボイラー	ガス化設備	-
年間削減量	5,443tCO <sub>2</sub> /y	7,273 tCO <sub>2</sub> /y	1,166tCO <sub>2</sub> /y	13,882 tCO <sub>2</sub> /y
10 年間削減量	54,430tCO <sub>2</sub>	72,730tCO <sub>2</sub>	11,660 tCO <sub>2</sub>	138,820 tCO <sub>2</sub>

## 適用方法論

本プロジェクトは小規模方法論 I.C.「利用者のための熱エネルギー (Ver 16)」を適用する。

## 2. 調査の内容

### (1) 調査課題

本プロジェクトにおける調査課題は以下の通りである。

#### ① 最適な候補サイトの選定：

スリランカの熱利用設備は化石燃料消費量が小規模なものが多いため、日本企業が個々の案件に対して投資や CER 買取を行なうことは容易ではない。また事業者も CDM やプログラム CDM に対する十分な知識を有していないことも多いことから、円滑、かつ効果的な CDM 事業化のための CDM の事業実施候補サイト選定を行った。

#### ② グリシディア燃料調達のロジスティクス検討：

エネファブ社の試算では、既に探索できている需要家に対するグリシディアチップの調達元はすでに目処がたっているが、今後、プログラム CDM が本格展開し、さらに多量のグリシディア需要が創出された場合、既に植えてある樹木からのチップ収集では調達不足や輸送距離の増大を生じる可能性が高い。そこで、本調査ではグリシディア燃料調達のロジスティクス、またそのためにグリシディア栽培拡大に関する方策を検討した。

#### ③ CME の枠組みと PoA の実施体制：

CER の分配を含む PoA の枠組み、CME の役割などについて、関係者間の合意形成が重要な検討事項となることから、関係者と密な協議を行い、PoA の実施体制を検討した。

#### ④ 環境影響分析とコベネフィット評価：

公害対策については、工場から排出される以下の大気汚染物質について、コベネフィット定量評価マニュアルを参照し、プロジェクトの実施によるコベネフィット効果の技術定量的評価を検討した。

#### ⑤ バイオマス利用技術（ガス化設備・ボイラー設備）に関する検討：

バイオマス燃料の利用に適用可能な技術比較に加えて、本プロジェクトにおける導入を想定するガス化設備、ボイラー設備に関する環境影響と、その改善手法等に関して技術的な検討を行うとともに、提案プロジェクトにおいて導入する設備の仕様を検討した。

⑥ 事業実施のための資金調達検討：

バイオマス燃料転換事業に対する投資に際しての、資金調達の課題と現状に対する考察とともに、資金調達の可能性について、市中銀行、及び国際協力機構（Japan International Cooperation Agency; 以下、JICA）が実施している低金利融資 E-Friends Loan 等に関する情報収集と本プロジェクトでの活用の可能性につき検討を行った。

(2) 調査内容

本調査では、合計 6 回の現地調査を実施した。それぞれの現地調査での実施事項を下表にまとめる。

表 2. 現地調査の概要

調査期間	実施事項
第 1 回 2009.8.11~15	<p>現地カウンターパートやホスト国関係者との調整、及び基礎情報収集。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● PDD 作成対象の CPA 候補地として、すでに情報収集ができている候補サイトの中で最大規模のライオンビール社を決定。</li> <li>● ライオンビール社に加えて、2~3 か所の CPA サイトを選定するために、候補となる工場やホテルに対して現地カウンターパート 3 者から質問票を送付。</li> <li>● マハトマガンジーセンターが収集した情報に基づき、生産者サイドの視点から、グリシディアチップ収集・栽培可能性の詳細検討を行う対象地としてワテガデラ村を選定し、同村の周辺 30km の範囲でチップ利用のポテンシャルサイト探索調査を開始。</li> </ul>
第 2 回 2009.10.11~19	<p>情報収集及びポテンシャルサイト選定のための関係者協議。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 「8 月の現地調査時に関係者間で合意形成、スリランカ国内の候補サイトに配付を行っていた質問票」の回収状況、並びに回答内容に関し、関係者間で討議・検討。課題と今後の方針に関しての認識共有。</li> <li>● バイオマス原料需給関係に関してワテガデラ村近辺にあるバイオマス・ボイラーを導入済みのココナツ関連製品製造業者 S.A.Silva Son Private Limited 社視察、バイオマス 熱源調達の現状、並びに課題に関して聞き取り調査を実施。</li> <li>● エネファブ社との間でバイオマス資源賦存量を含むマッピング方法、及びスケジュールに関して合意形成。同社の現行オペレーションに関して聞き取り調査を実施。</li> </ul>
第 3 回 2009.11.5~14	<p>外注調査の進捗状況の把握、既存設備の視察、グリシディア調達現場／候補サイト追加選定のための候補サイト視察。資金調達に関する現地情報の収集。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 原料調達に関連して、エネファブ社のオペレーション概要の確認した上で、木質バイオマス原料調達モデルの検討。</li> <li>● 既存設備の視察に関して、エネファブ社顧客の既存サイト中、2 箇所（ホテル 1 箇所、食品製造業 1 箇所）の視察。</li> <li>● 候補サイトの追加選定に関して、① 現地カウンターパートによる質問票配布と回収状況のアップデートと、②ポテンシャルサイト訪問。</li> <li>● 資金調達に関して、国際協力機構（Japan International Cooperation Agency: 以下、JICA）、JICA の実施している E-Friends loan の現地側カウンターパートである Ministry of Enterprise Development &amp; Investment Promotion 内の PMU (Project Management Unit)、市中金融機関 DFCC 等から初期投資の調達に関する情報収集。</li> <li>● プロジェクト実施体制に関して、CME の役割を担う組織として想定している BEASL との枠組み協議。</li> <li>● 2 月に実施するセミナー企画検討。</li> </ul>
第 4 回 2009.12.10~20	<p>グリシディア燃料調達のための現地賦存量調査開始。事業実施体制に関する関係者間調整。コベネフィット定量評価のための設備視察と現地への分析依頼。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 原料であるグリシディア調達に関するエネファブ社調査より、グリシディア賦存量に関する国家統計資料は存在しないことが判明したため、独自の推定作業の実施検</li> </ul>

	<p>討（プットラム県周辺での聞き取り調査を実施）。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● CME として想定する BEASL の運営体制の検討</li> <li>● PDD 作成のための候補サイトに関して、ライオンビール社、及び Ceylon Cold Storage 社からの追加必要資料の収集と進捗状況報告。</li> <li>● コベネフィット定量評価に関して、化石燃料使用設備、グリシディア燃料使用設備の両社にて、排ガス、排水等の現状のデータ分析のためのサンプリングポイントの確認。</li> <li>● 2月実施セミナーの企画検討。</li> </ul>
第5回 2010.1.12~20	<p>報告書、PDD 作成に向けた最終情報収集、及び関係者との協議。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 外注調査の進捗管理。</li> <li>● 2月実施セミナーの実施内容確定、会場設定等のロジスティクス。</li> <li>● JICA、指定国家委員会（Designated National Authority: 以下、DNA）への進捗報告、意見交換。</li> <li>● 環境省、金融機関への基礎情報収集。</li> </ul>
第6回 2010.2.20~25	<p>2月23日に本プログラム CDM 普及のためのセミナーを開催し、DNA、財務省、BEASL、マハトマガンジーセンター、現地金融機関、技術会社、潜在的クレジットバイヤー（北海道電力(株)）から本 CDM の推進に必要な情報提供を行うとともに、(株)エックス都市研究所から本プログラム CDM の概要について解説した。参加者は100名を上回った。翌24日は、北海道電力と共にグリシディアを燃料利用しているサイト視察を行った。</p>

### （課題1：最適な候補サイトの選定）

本 PoA 下で実施する第一フェーズ CPA として、事業参画の意向が強い以下の3社を対象に PDD を作成した。

- (a) The Lion Brewery Ceylon Limited. (ライオンビール社)
- (b) Premium Exports Ceylon Limited. (ユニリーバ社)
- (c) Ceylon Cold Stores PLC (コールドストア社)

### （課題2：グリシディア燃料調達のロジスティクス検討）

バイオマス賦存量／潜在供給量の調査、及びそれらの木質バイオマス調達のためのロジスティクスの検討を行った。本プロジェクトにおける各候補サイトへの原料供給モデルとして、以下の2ケースが考えられた。

#### <モデル1>



農家は農作業の合間にグリシディアを剪定、既定サイズに切断し、袋詰作業

エネファブ社にて定期的に農家戸口から回収

#### <モデル2>



農家は主製品であるグリシディア等の木質バイオマスの枝を収集、エネファブ社原料集荷場に持込

エネファブ社にて農家・仲買人が持ち込む木質バイオマスを既定サイズに切断

### (課題3 : CME 枠組みと PoA 実施体制)

PoA の実施体制としては、プログラム CDM の有効化審査には小規模 CDM に比してより多額の費用発生が予想されること、また検証においても同様となる可能性が高いことから、関係各社間にてモニタリングを含めて最大限の効率化を図ることで合意した。その結果、CME として機能する BEASL の下に BEASL に加盟する設備販売・保守保全を行なう民間企業他が運営パートナーとなり、各社の顧客をモニタリングすることによって効率化を図る方法を採用することとした。第一フェーズでは運営パートナーにはエネファブ社が任命された。

### (課題4 : 環境影響分析とコベネフィット評価)

導入を想定するガス化設備の環境配慮に関する評価を実施した。調査結果については、4.コベネフィットに関する調査結果を参照されたい。

### (課題5 : バイオマス利用技術 (ガス化設備、ボイラー設備) に関する検討)

導入を想定するバイオマス利用ガス化設備、ボイラー設備に関する技術検討を実施した。

同設備は、生成ガス発熱量として 1,050kcal/Nm<sup>3</sup> 以上を確保しており、燃料ガス生成設備としての性能を備えている。一方、ガス生成の際に発生する副産物の対応については、炭化物を回収するとともに、排ガスの対応としてサイクロン設備及びスクラッピング設備などを設けるなどし、環境への影響を抑制する配慮を行っている。以下に示す対策により、生成ガスの発熱量及び排ガス中の有害ガス量が改善され、エネルギー効率の向上及び排ガス処理設備の簡素化が期待された。

#### ① 排ガス対策 (燃料ガスの利用設備/ガスエンジン及びガス燃焼ボイラー等)

調査結果より、CO 濃度及び NO<sub>x</sub> 濃度が高いことが明らかとなったため、対策が必要と想定された。要因として、空気比 1.85 という過剰供給による燃焼温度の低下が、不完全燃焼を招いている可能性があるため、空気比を抑制し、燃焼温度を高めることにより CO 濃度を抑制する対策が効果的と考えられる。この空気比抑制は NO<sub>x</sub> 濃度の抑制対策となることから、燃焼ガス利用設備の適正な空気比での運転が重要であると結論づけられた。

#### ② 排水策 (木質バイオマスガス化設備)

本調査結果より、COD 測定値が高いことが明らかとなった。COD 測定値が高い要因としては、T-SS 測定値も高いことから、SS 由来の COD がその一つとして挙げられる。そのため、固液分離による SS 除去が対策の一つになる可能性がある。基本的には、循環水をクローズドにすることから、系外への排水がない限りは、周辺への影響はないといえるが、適宜水質のモニタリングを実施することが望ましい。

#### ③ 木質バイオマスガス化生成固形物

木質バイオマスガス化工程にて生成されるチャコールは、実測値から石炭に相当する 6,252kcal/kg (26MJ/t) の発熱量を有していることから、化石燃料代替燃料としての需要が期待できる。

## (課題 6 : 事業実施のための資金調達検討)

貸出金利が高止まりしていたスリランカ国において、中央政府は中央銀行の貸出金利を前年の 19% から 8% まで大幅な引き下げを敢行した。しかし、市中金融機関から資金調達を行う場合、12-15% の年間支払金利を見込まねばならない。さらには融資を受けるに際しては担保の提供 (抵当権の設定) が必要となることから、財務状況の脆弱なエスコ事業者の多くが、化石燃料大量消費型製造業の (化石燃料代替) エネルギー供給への潜在的需要にも拘わらず、事業化に至った事例はほぼ皆無であると認識されている。事業実施のための資金調達検討のため、市中銀行からの借り入れ可能性に加えて JICA が実施している低金利融資 E-Friends Loan に関する情報収集と本プロジェクトでの活用の可能性につき検討を行った。

### 3. CDM プロジェクト実施に向けた調査結果

#### (1) ベースラインシナリオ及びプロジェクトバウンダリーの設定

##### ベースラインシナリオ

本プロジェクトにおけるベースラインシナリオは、産業熱利用設備における化石燃料の燃焼による熱供給であり、グリシディア等のバイオマス残渣は刈取り後、農地、もしくは農家の裏庭に放置され長時間かけて分解されるものである。未利用地を用いてグリシディア等の短周期で継続的に収穫可能な樹木を本プロジェクト活動への燃料供給目的で新規に栽培する場合、ベースラインシナリオは、土地の未利用状態の継続となり経年的な劣化状態を伴う。

##### 適用方法論

小規模方法論 I.C. (Ver16) 「利用者のための熱エネルギー」を採用。また、同方法論に基づき、バイオマス燃料の調達に関しては、AM0042 「新規開発された専用プランテーションから調達するバイオマスを利用したグリッド接続発電(Ver02)」を用いた。

##### プロジェクトバウンダリー

- PoA バウンダリー : スリランカ全土。
- CPA バウンダリー : 小規模方法論 I.C. (Ver16) に基づき、再生可能エネルギーを創出する機材、及び再生可能エネルギーの消費設備の物理的、地理的境界。

#### (2) プロジェクト排出量

プロジェクト排出量は、(1) プロジェクト活動によるオンサイトにおける化石燃料消費に伴う排出量、及び(2) プロジェクト活動による電力消費に伴う排出量の 2 つの要素で構成される。プロジェクト活動においてオンサイトで化石燃料を消費する場合の排出量算出式に基づき計算を行った結果、第一フェーズ候補サイトである 3 工場ではいずれも化石燃料の使用を想定していないため、(1) プロジェクト活動によるオンサイトにおける化石燃料消費に伴う排出量は 0 (ゼロ) と推計された。(2) プロジェクト活動による電力消費に伴う排出量、及びこれらの算定結果に基づくプロジェクト排出量は以下の通りである。

表 3. 電力使用量に伴う排出量

項目	ライオンビール社	エリーパ社	コートストア社	備考
電力消費量(MWh/y)	149.8	299.5	74.9	
排出係数(kgCO <sub>2</sub> /kWh)	0.662	0.662	0.662	
電力使用に伴う排出量 (tCO <sub>2</sub> /kWh)	99	198	50	電力消費量×排出係数

表 4. プロジェクト排出量の算定

項目	ライオンビール社	エリーパ社	コートストア社
化石燃料消費に伴う排出量 (tCO <sub>2</sub> /y)	0	0	0
電力使用に伴う排出量 (tCO <sub>2</sub> /y)	99	198	50
プロジェクト排出量 (tCO <sub>2</sub> /y)	99	198	50

なお、リーケージに関しては、以下の3項目を考慮に入れる必要があるが、いずれも以下の理由によりリーケージ発生しないと考えられた。

① エネルギー生成装置の移動に伴うリーケージ

本プロジェクトで利用するエネルギー生成装置は他の活動から移送することは想定しないため、リーケージは発生しない。

② バイオマス生産／栽培に基づく排出

第一フェーズの候補サイトでは新規の栽培を含まないため、バイオマス生産／栽培に基づく排出量は算定に含めない。

③ バイオマス利用競合に伴う排出

地域内でグリシディアの枝はほとんど利用されておらず、定期的な剪定作業の後、農地や庭先で放置処理されているのが一般的であること、茶農園、胡椒栽培地、民家生垣などグリシディアの賦存量は、本プロジェクトで現段階において想定する利用量の25%を大きく上回ることから、リーケージの考慮の必要はないと考えられた。

(3) モニタリング計画

本プログラム CDM では、導入対象設備としてガス化設備、及びボイラー設備を想定している。小規模方法論 IC (Ver16) では、生成エネルギーの形状、及び代替するエネルギーの形状により、モニタリング項目が異なるため、導入設備と代替するエネルギー形状により、本プロジェクトではモニタリング計画を以下の通りに場合分けを想定した。

表 5. ボイラー設備及び 45kW 以上のガス化設備導入ケースのモニタリング項目

項目	単位	計測方法	頻度	QA/AC 方法
生成エネルギー流量	M3/y, t/y	流量計	継続計測	計測器のキャリブレーションの実施、メーカーの推奨による維持管理
生成エネルギー温度	℃	温度計	継続計測	計測器のキャリブレーションの実施、メーカーの推奨による維持管理
生成エネルギー圧力 ※蒸気エネルギーの場合のみ	Bar	圧力計	継続計測	計測器のキャリブレーションの実施、メーカーの推奨による維持管理
バイオマス投入量 (種別ごと)	t/y	伝票	毎日	第三者によるオンサイトチェック
投入化石燃料量※使用された場合	t/y	伝票	毎日	第三者によるオンサイトチェック

表 6. 45kW 以下のガス化設備導入ケースのモニタリング項目

項目	単位	計測方法	頻度	QA/AC 方法
バイオマス投入量 (種別ごと)	t/y	伝票	毎日	第三者によるオンサイトチェック
化石燃料投入量 ※使用された場合	t/y	伝票	毎日	第三者によるオンサイトチェック

(4) 温室効果ガス削減量（又は吸収量）

本推計で想定したプラントにおける排出削減量は、ライオンビール社は 5,443tCO<sub>2</sub>/y、ユニリーバ社は 7,273tCO<sub>2</sub>/y、コールドストア社は 1,166tCO<sub>2</sub>/y となり、3 工場合計で、年間 13,882tCO<sub>2</sub>/y の削減効果が見込まれた。3 工場の排出削減量合計は以下の通りとなった。

表 7. 温室効果ガス削減量（合計）

年次	ベースライン 排出量	プロジェクト 排出量	リーケージ 排出量	GHG 削減量
	tCO <sub>2</sub> /y	tCO <sub>2</sub> /y	tCO <sub>2</sub> /y	tCO <sub>2</sub> /y
2011	14,229	347	0	13,882
2012	14,229	347	0	13,882
2013	14,229	347	0	13,882
2014	14,229	347	0	13,882
2015	14,229	347	0	13,882
2016	14,229	347	0	13,882
2017	14,229	347	0	13,882
2018	14,229	347	0	13,882
2019	14,229	347	0	13,882
2020	14,229	347	0	13,882
合計	142,290	3,470	0	138,820

(5) プロジェクト期間・クレジット獲得期間

PoA のプロジェクト期間は 28 年とする。また各 CPA のクレジット獲得期間に関する最終決定は、今後関係者との協議により決定するが、現状では 10 年間更新なしを想定している。また、プロジェクト開始日は、プロジェクトの実施に対して大きなコスト発生が開始するイベントとしてプラントの建設日を想定する。

(6) 環境影響・その他の間接影響

① PDD に要求される環境影響評価の検討

ホスト国において環境影響評価が要求されている事業を判断するために、事業タイプ、規模、予定地の 3 つの観点から実施が要求される事業、また、その評価機関が定められている。対象となる事業が定められている 1993 年 6 月 24 日付 772/22 号を参照した結果、本プロジェクトで用いる熱源代替事業はすべて対象外となる。また、「本プロジェクトが環境影響評価適用外である」旨については、2010 年 1 月 13 日、中央環境局にて同局 P.V.S. Shantha 副局長、並びに Ajith Ethugala 上級環境オフィサーから確認を取っている。ただし、本プロジェクトに第一フェーズ以降、追加されるであろう各 CPA への原料供給に関して、同官報に記載される 4ha を超過する土地・湿地の開墾（第 2 項）、5ha 以上の土地面積における木の伐採（第 3 項）、1ha を超過する森林の非森林利用（第 4 項）、50ha を超過する土地造成 (Land clearance)

等（第 5 項）等については、同様の事態が発生しないよう、CME 並びにプロジェクト実施サイト、設備納入業者を含むエネルギー代替推進主体にて十分留意する必要がある。

## ② 本プロジェクトによる環境影響の検討

本プロジェクトは、化石燃料を安価なボイラーで燃焼させ大気汚染物質を放出している工場において、環境配慮型の設備導入を行う環境改善事業である。このため、設備転換により、周辺地域の環境負荷軽減が期待される。

## (7) 利害関係者のコメント

本調査では主に、①政府機関、推進団体の関係者へのヒアリング、②グリシディアの栽培・利用状況の把握のための農民への聴き取り調査、並びに③2010年2月に実施したセミナー参加者に対するアンケートの3つの方法にて利害関係者のコメントを収集した。

①については、DNA や電力エネルギー省、科学技術省から、再生可能エネルギー（バイオマス利用）と CDM の推進に期待する発言があり、ペラデニア大学、BEASL からはグリシディアの特性に基づき、グリシディアの栽培・利用をスリランカで推進することの意義について本取組みを支持するコメントがあった。マハトマガンジーセンターについては、内戦被災地の復興の緊急性とそれに対してグリシディアが重要な役割を担いうる点についてのコメントに加え、栽培促進の難しさについても触れられた。また、National Development Bank からは CDM を活用することによりバイオマス事業に伴うリスクファクターが低減し資金調達のハードルが低下するとのコメントがあった。JICA からは、グリシディアの農村への裨益効果への期待に関するコメントがあった。

②については、多くの農家は敷地内にグリシディアを複数植えているが、その枝はほとんど利用されておらず、定期的な剪定後は敷地内に放置処理していることが分かった。また、多くの農家の証言から、グリシディアの枝を販売できる市場は形成されていないこと、また農家によっては生育のよいグリシディアが土地収奪的な植物であると誤解している場合もあり、啓発活動の必要性が認識された。

③については、配布したアンケートに対して 25 の回答が得られた。バイオマス燃料の潜在的な利用者は 13 回答得られ、このうち 12 回答が本 PoA への参加の意向を表明した。コメントの多くは本取組みに対して肯定的、かつ関心を示すものが多く、参加者の関心の高さが伺えた。

## (8) プロジェクトの実施体制

プロジェクトの実施体制は下図に示すとおり、BEASL を CME とし、第一フェーズ CPA に対する運営パートナーとしてエネファブ社を想定している。BEASL が全ての CPA に対してモニタリング等に関する運営管理を行う場合、追加的なコストが生じるのに対して、当該 CPA に対するプラントのサプライヤーであるエネファブ社が、通常のメンテナンス業務の一環としてモニタリング等の管理を行う方が効率的、かつ適切な管理が行えるとの発想に基づいている。また、潜在的なクレジット購入者として北海道電力㈱等の日本企業を想定する。

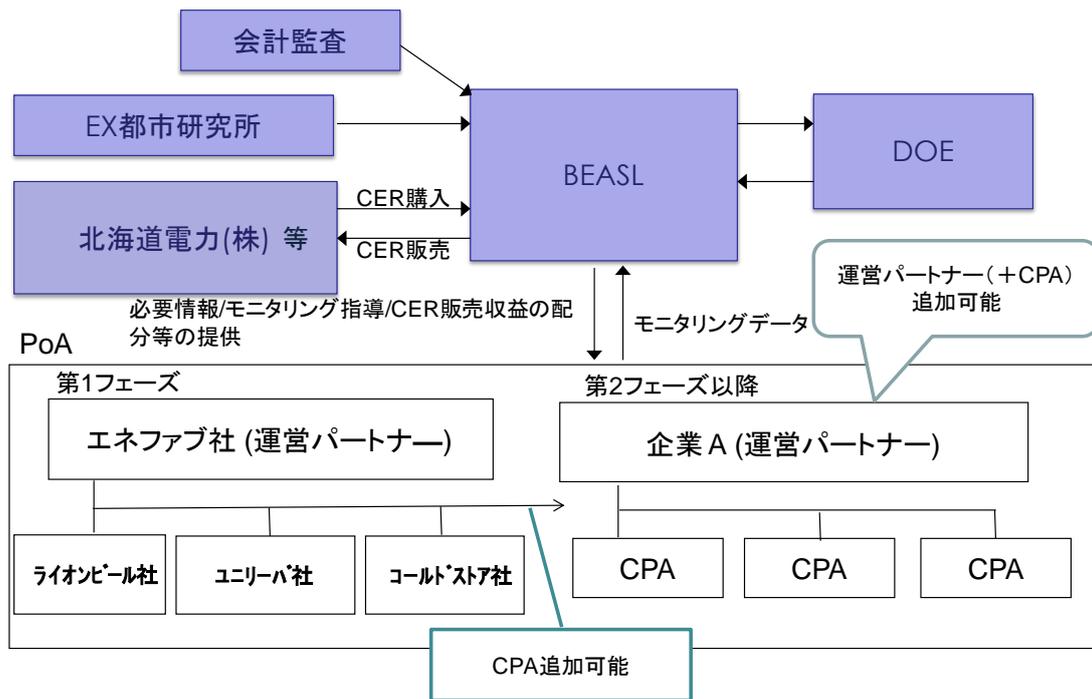


図 1. プロジェクト実施体制図

#### (9) 資金計画

ライオンビール社は 2009 年度 3 月期決算値で売上約 61 億 ルピー、純利益 89 百万ルピーを計上する優良企業であり、自己資金で対応可能である。一方、他の候補サイトについては、一部借り入れを想定しているが、初期投資費用の捻出が実質上のバリアの一つとなっている。基本的には、市中銀行からの借入れ、及び政府の支援策、市中銀行等から事業化に向けて、今後も継続情報収集を行う予定である。

#### (10) 経済性分析

プロジェクトの経済性は以下に示す通りである。燃料油代替のライオンビール社とユニリーバ社では、CER 販売益無しでは 15 年間の IRR は事業性が担保される水準にはならず、スリランカ中央銀行の大幅引下げ後の貸出金利である 8%にも届かないため、投資バリアの証明が可能と考えられる。一方、軽油代替のコールドストア社は、CER 販売益無しでも 15 年の IRR が 36.7%、投資回収年数も 5 年と、かなり採算性が高いという結果になった。これは、政府の補助金対象である燃料油と、補助金の付かない軽油の価格差によるものである。

表 8. 事業性評価の諸元

項目	ライオンビール社	ユニリーバ社	コールドストア社
資金調達	資本金：100% 借入金：0%	資本金：0% 借入金：100%	資本金：40% 借入金：60%
借入金利	-	12%	12%
返済期間	-	10 年	10 年
減価償却年	15 年	15 年	15 年
法人税率	35%	35%	35%
クレジット販売単価	1,923 ルピー/tCO2 (1,500 円/tCO2)	1,923 ルピー/tCO2 (1,500 円/tCO2)	1,923 ルピー/tCO2 (1,500 円/tCO2)

表9. プロジェクトの事業性評価

サイト	CER 無		CER 有	
	IRR (15年、税引後)	投資回収年	IRR (15年、税引後)	投資回収年
ライオンビール社	-6.7%	-	13.2%	9
ユニリーバ社	-3.3%	-	13.9%	15
コールドストア社	36.7%	6	44.6%	5

### (11) 追加性の証明

追加性の評価について、「追加性の実証及び評価のためのツール(Ver05.2)」に基づき、①義務的・法的・規制に一致するプロジェクト活動代替案の特定、②投資分析、③バリア分析、④一般慣行分析、の手順で検討を行った。主な内容は以下の通りである。

#### 【投資分析】

投資分析はベンチマーク分析を用いて行った。スリランカ政府が2010年1月に大幅に引き下げた国立銀行の貸出金利が唯一ベンチマークとして利用できる公表データであると考えられたため、ベンチマークは引下後の国立銀行の貸出金利である8%とした。IRR評価は設備の耐用年数と考えられる15年とした。また、感度分析では、初期投資額、バイオマス燃料の調達価格、化石燃料価格、工場稼働率をそれぞれ10%変動させ、また、事業期間についても20年での評価も併せて行った。投資分析により明確なバリアを示せなかった場合は、「追加性の実証及び評価のためのツール(Ver05.2)」に基づき、バリア分析を行うことで、追加性の立証を行うこととした。

#### 【バリア分析】

##### ● 一般的な慣行に伴うバリア

グリシディアを主な燃料とするガス化設備はこれまでにスリランカ全土で8基存在するが、これら8基のガス化設備はすべて外国政府による初期投資補助が投入されており、純粋な民間投資による施設は一基も存在していない。また、中・大規模のボイラーに至ってはゴムの廃材や森林バイオマスを燃料としたプラントは存在するものの、グリシディアを主とするバイオマスを利用したボイラーは1基も確認できていない。したがって、中・大規模の熱利用プラントに対してグリシディアを中心とするバイオマス燃料を利用した1%にも満たない導入率であり、一般的な慣行に伴うバリアが想定される。

##### ● 原料調達に伴うバリア

スリランカにおける主なエネルギー需要地はコロンボ市を中心とする西海岸部に集中している。一方、グリシディアの潜在的供給地となり得る農村はその他の地域に分散している。このことはグリシディアを始めとするバイオマスの燃料利用を検討する場合、少なくとも供給地と需要地間の物理的輸送が必要となる他、需要家が必要なバイオマス量を安定的に確保することに本業以外のところで多大な追加的な労力と資金投下を必要とすることが求められる。このことは本来、本業に専念していた多くの製造業者にとって費用面以外にも大きな負担を強いるばかりでは無く、農家との交渉等、不慣れな業務に取り組みかねばならぬ不安が伴う。このことが、需要家がバイオマス利用設備に対する投資を躊躇する最大の要因の一つとなっている。

## ● 資金調達に伴うバリア

スリランカ国内でエスコ事業として認可・登録されている会社は概ね中小規模の企業であり、エネルギー代替を希望する化石燃料大口消費者がエスコ事業者との間でエネルギー供給契約に基づく再生可能エネルギーの供給を希望する場合、エスコ事業における初期投資、並びに設備運転資金の調達が最大の障害の一つであることが予測されている。さらに融資を受けるに際しては担保の提供（抵当権の設定）が必要となることから、財務状況の脆弱なエスコ事業者の多くが、化石燃料大量消費型製造業の（化石燃料代替）エネルギー供給への潜在的需要にも拘わらず、事業化に至った事例はほぼ皆無であると認識されている。さらに、スリランカの市中銀行との協議では、バイオマス燃料による化石燃料の代替事業は、通常、様々な不確定要素を含むため、特に借入先が中小企業である場合は融資が難しいという結論とならざるを得ないが、CDM 事業としての実施が可能となると、日本等の投資国企業の関与が担保されることによりリスクファクターに対する認識は改善され、融資の可能性が大幅に向上するとのことであった。このことから資金調達に関するバリア（Access-to-finance barrier）の存在は明らかである。

### 【一般慣行分析】

本プロジェクトに類似の活動として、①バイオマス燃料を主に用いた既存のガス化設備、②グリシディア以外の木質燃料を用いた既存のボイラー、③極めて小規模でのバイオマス熱利用が挙げられるが、それぞれ本プロジェクトと明確な相違点があるため、一般的な慣行に伴うバリアが存在するといえる。

### (12) 事業化の見込み

本プログラム CDM 事業検討に参画している現地パートナーの事業化に向けた意欲は非常に高く、早期の事業化に向けて真剣に検討を進めている。ライオンビール社は、CDM として燃料転換事業を実施することが同社の企業イメージの向上と、将来的なエネルギー管理のリスクヘッジに繋がることから、提案事業の実施に向けて強い意欲を示している。また、ユニリーバ社、コールドストア社に関しては、資金調達において市中銀行からの借入れが課題となるが、現状で、エスコ事業として実施を計画中のエネファブ社は Hatton National Bank と融資の可能性に関する交渉を進めており、CDM 事業としてポテンシャルサイトとの間で然るべきエネルギー供給契約が締結されていることを前提に、導入設備を担保に融資を得られる目処が立ったとの報告を受けている。プログラム CDM としての事業登録に対するリスクが可能な限り低減されれば、事業化の見込みは十分にあるため、今後も引き続き、最大の課題である PoA の登録に向けた取組みを行う。

## 4. コベネフィットに関する調査結果

### (1) ホスト国における環境汚染対策等効果の評価

#### ① 評価対象項目

コベネフィットに関する検討では、硫黄酸化物（SOx）、窒素酸化物（NOx）、ばいじん、二酸化炭素（CO2）を評価項目とした。

#### ② ベースライン／プロジェクトシナリオ

ベースライン、及びプロジェクトのシナリオ概要と構成要素は以下の通りである。

表 10. ベースライン及びプロジェクトのシナリオ概要と構成要素

	ベースラインシナリオ	プロジェクトシナリオ	摘要
シナリオ概要	既存ボイラーでの化石燃料の燃焼による熱製造（供給）	木質バイオマスガス化装置でのグリシディアチップのガス化+ガス利用による熱製造（供給）	—
熱源装置	既存ボイラー [ボイラー本体+（排ガス処理設備）+熱供給付帯設備]	木質バイオマスガス化装置 [ガス化炉+排ガス処理設備+ガス燃焼ボイラー+熱供給付帯設備]	同じ燃料を扱う場合にガス化装置採用により装置のコンパクト化及び熱効率の向上が期待できる
燃料	化石燃料	木質バイオマス （グリシディアチップ）	グリシディアチップ利用による CO2 及び SOx 排出量削減が期待できる。
熱の製造	化石燃料燃焼	ガス化+ガス燃焼	
熱交換	蒸気（水）等	ガス直接燃焼,蒸気(水)等	

③ ベースラインの評価方法とモニタリング計画

ベースラインの評価方法とモニタリング計画の概要を以下に記す。

表 11. ベースラインの評価方法（排出量計算方法）

評価項目	単位	ベースライン排出量計算方法
SOx 排出量	t/y	$\text{SOx 排出量(t/y)} = \text{化石燃料使用量(kL/y)} \times \text{化石燃料比重(t/kL)} \times \text{使用化石燃料 S 分(質量\%)} \times (1 - \text{脱硫効率})$ $\text{燃料油使用量(kL/y)} = \frac{\text{プロジェクトの熱発生量 (MJ/y)}}{\text{ベースライン (化石燃料ボイラー等) の熱効率(MJ/化石燃料 kL)}}$
NOx 排出量	t/y	$\text{NOx 排出量(t/y)} = \frac{\text{排出 NOx 濃度 (ppm)} \times 10^{-6}}{\text{乾き排出ガス量(Nm}^3\text{/h)} \times \text{施設稼働時間 (h/y)}} \times 46/22.4 \times 10^{-3}$
ばいじん排出量	t/y	$\text{ばいじん排出量(t/y)} = \text{化石燃料使用量(kL/y)} \times \text{化石燃料比重(t/kL)} \times (\text{使用化石燃料灰分質量\%} \times \text{灰分由来の排出係数}) + (\text{使用化石燃料残留炭素分質量\%} \times \text{残留炭素分由来排出係数}) / 100$ $\text{化石燃料使用量(kL/y)} = \frac{\text{プロジェクトの熱発生量 (MJ/y)}}{\text{ベースライン (化石燃料ボイラー等) の熱効率(MJ/化石燃料 kL)}}$
GHG 排出量	t/y	$\text{GHG 排出量(t/y)} = \text{化石燃料使用量(kL/y)} \times \text{化石燃料比重(t/kL)} \times \text{化石燃料熱量 (TJ/kL)} \times \text{化石燃料 CO2 排出係数(CO2- t/TJ)} / 1000$ $\text{化石燃料使用量(kL/y)} = \frac{\text{プロジェクトの熱発生量 (MJ/年)}}{\text{ベースライン (化石燃料ボイラー等) の熱効率(MJ/化石燃料 kL)}}$

※表中下線部は要測定項目を示す。赤字表記は、モニタリング項目を示す。

表 12. モニタリング計画（モニタリング方法と頻度）

評価項目	モニタリング項目	モニタリング方法と頻度
SOx 排出量 (固定発生源)	プロジェクトの熱発生量 (MJ/y)	以下に示す方法のいずれかを選択して行う。 ①年間生産熱利用量（蒸気量、発電電力量）を取得し熱量に換算する。[年 1 回] ②グルシディアチップ年間使用量にチップ発熱量原単位を乗じて推算[年 1 回]
NOx 排出量 (固定発生源)	プロジェクトの排出 NOx 濃度 (ppm) プロジェクトの乾き排出 ガス量(Nm3/h) 施設稼働時間 (h/y)	排ガス中の NOx 濃度を測定する。[月 1 回] 排出されるガス量を測定し乾き排中ガス量に換算する。[月 1 回] 施設の年間稼働時間データを取得する。[年 1 回]
ばいじん排出量 (固定発生源)	プロジェクトの排出ばい じん濃度 (g/m3) プロジェクトの乾き排出 ガス量(Nm3/h) 施設稼働時間 (h/y)	排ガス中のばいじん濃度を測定する。[月 1 回] 排出されるガス量を測定し乾き排中ガス量に換算する。[月 1 回] 施設の年間稼働時間データを取得する。[年 1 回]
GHG 排出量 (固定発生源)	プロジェクトの熱発生量 (MJ/y)	以下に示す方法のいずれかを選択して行う。 ①年間生産熱利用量（蒸気量、発電電力量）を取得し熱量に換算する。[年 1 回] ②グルシディアチップ年間使用量にチップ発熱量原単位を乗じて推算[年 1 回]

④ プロジェクト実施前の試算（定量化）結果

プロジェクト実施前の試算結果を以下に記す。燃料油、軽油ともに対象項目の全てが低減する結果が得られた。

表 13. プロジェクトラインの評価方法（排出量計算方法）

評価項目	単位	プロジェクトライン排出量計算方法
SOx 排出量	t/y	ゼロとみなすことができる
NOx 排出量	t/y	$NOx \text{ 排出量}(t/y) = \frac{\text{排出 NOx 濃度 (ppm)} \times 10^{-6}}{46/22.4 \times 10^{-3}} \times \text{乾き排出ガス量(Nm3/h)} \times \text{施設稼働時間 (h/y)}$
ばいじん排出量	t/y	$\text{ばいじん排出量}(t/y) = \frac{\text{排出ばいじん濃度 (g/m3)}}{46/22.4 \times 10^{-3}} \times \text{乾き排出ガス量(Nm3/h)} \times \text{施設稼働時間 (h/y)}$
GHG 排出量	t/y	ゼロとみなすことができる

※表中下線部は要測定項目を示す。赤字表記は、モニタリング項目を示す。

表 14. プロジェクト実施前の試算（定量化）結果（燃料油）

評価項目	単位	プロジェクトラインの指標評価
SOx 排出量	t/y	SOx pls (t/y) - SOx bls (t/y) = 0 - 51.4 = -51.4 t/年 年間 51.4 t の SOx を削減
NOx 排出量	t/y	NOx pls (t/y) - NOx bls (t/y) = 14.0 - 21.2 = -7.2 t/年 年間 7.2 t の NOx を削減
ばいじん排出量	t/y	ばいじん pls (t/y) - ばいじん bls (t/y) = 43.2 - 62.0 = -18.8 t/y 年間 18.2 t のばいじんを削減
GHG 排出量	t/y	GHG pls (t/y) - GHG bls (t/y) = 0 - 5,542 = -5,542 t/y 年間 5,542 t の CO2 を削減

※表中下線部は要測定項目を示す。

※pls: プロジェクトシナリオ、bls: ベースラインシナリオ

表 15. 試算（定量化）の結果（軽油）

評価項目	単位	プロジェクトラインの指標評価
SOx 排出量	t/y	SOx pls (t/y) - SOx bls (t/y) = 0 - 0.01 = -0.01 t/年 年間 0.01 t の SOx を削減
NOx 排出量	t/y	NOx pls (t/y) - NOx bls (t/y) = 3.2 - 5.4 = -2.2 t/年 年間 2.2 t の NOx を削減
ばいじん排出量	t/y	ばいじん pls (t/y) - ばいじん bls (t/y) = 11.5 - 9.9 = <u>-1.6</u> t/y 年間 1.6 t のばいじんを削減
GHG 排出量	t/y	GHG pls (t/y) - GHG bls (t/y) = 0 - 1,216 = -1,216 t/y 年間 1,216 t の CO2 を削減

※表中下線部は要測定項目を示す。

※pls: プロジェクトシナリオ、bls: ベースラインシナリオ

## 5. 持続可能な開発への貢献に関する調査結果

コベネフィット評価における効果（温室効果ガス削減効果、環境改善）に加えて、本プロジェクトにおいて期待される持続可能な開発への貢献は以下の5点が挙げられる。

### ■ ホスト国における土壤保全と土壤保全に伴う各種派生効果

グリシディアはマメ科に属する植物であり、その特性である大気中の窒素固定を行なうことができる。土中に他の栄養素が全く無い、極端な強酸性、またはアルカリ性の土壤を除き、様々な条件下で栽培が可能であり、葉中の窒素が落葉に伴い土壤に還元されるので地力を向上させることができると考えられる。これを利用されなくなった荒地・荒廃地の再利用、低利用地の有効利用を行なうことにより、下記の効果が期待できる。

- ① 土壤条件の改善
- ② 土壤浸食防御（栽培地、並びに栽培区画）
- ③ 生物・植物多様化
- ④ 二酸化炭素吸収

### ■ ホスト国における公害対策・環境改善

グリシディアチップの燃料利用は、軽油や燃料油に比べて燃焼時の SOx、煤塵、SPM を削減することが可能である。特にこの削減効果は燃料油の代替において顕著である。現在スリランカの主要農産物であるココナッツや紅茶工場では、主に燃料油を利用している工場が多数存在することから、工場に隣接する農園内でグリシディアの栽培を促進し、燃料代替を図ることによって、大気汚染防止や地域住民の健康被害の改善が期待できる。

### ■ エネルギー自給の向上・貿易収支の改善

国内エネルギー需要の増加と化石燃料の高騰により、エネルギーの輸入依存率の急激な上昇を招いているスリランカにおいて、エネルギー自給の向上と貿易収支の改善が期待できる。

### ■ 農村開発・地域間格差の是正

グリシディア栽培により農村地域の人々に現金収入をもたらすことができるほか、葉の有効（堆肥）利用による化学肥料使用量の減量、飼料として利用することによる自家所有家畜の自給率の向

上に起因する農業事業運営上のコスト削減も期待できる。これにより農村地域の継続的な発展に貢献することができる。

■ 内戦戦災地・震災地復興支援

ホスト国は長きにわたる内戦を経験しており、国土の北部、東部、東北部は内戦により疲弊、特に激戦が行なわれた地域では周辺住民が避難、農地は放置され、荒廃が進んでいる。このような荒廃地、また津波・震災地である南部を中心とする沿岸部の乾燥地等の耕作不適地においてもグリシディアの栽培が可能であることが報告されており、これらの地域における栽培地域の拡大が期待される。