

平成 21 年度環境省委託事業

平成 21 年度CDM／JI事業調査

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

報告書

平成22年3月

株式会社エックス都市研究所

目 次

第1章 基礎情報	1
1.1. プロジェクト概要	1
1.1.1. プロジェクトの背景と目的	1
1.1.2. 企画立案の背景	2
1.1.3. プログラム CDM の適用	2
1.2. プロジェクト適用技術	6
1.3. スリランカ基礎情報	10
1.4. スリランカにおけるエネルギー概況	14
1.4.1. エネルギー利用現状	14
1.4.2. エネルギー需要の拡大	14
1.4.3. 都市部及び農村部におけるエネルギー利用の現状	15
1.4.4. 再生可能エネルギー導入目標	16
1.5. グリシディアの特徴	18
1.5.1. 基本情報	18
1.5.2. 効果	18
1.6. 関連する法制度	21
1.6.1. 環境影響評価制度	21
1.6.2. グリシディア推進政策	23
1.7. スリランカにおける CDM 関連政策・状況等	24
1.7.1. スリランカにおける CDM 体制	24
1.7.2. CDM プロジェクト承認プロセス	26
1.7.3. スリランカにおける CDM プロジェクト	26
第2章 調査内容	28
2.1. 調査実施体制	28
2.1.1 日本サイド関係者	28
2.1.2 現地カウンターパート	29
2.1.3 スリランカ中央政府	29
2.2. 調査課題	30
2.3. 調査内容	31
2.3.1 現地調査スケジュール	31
2.3.2 最適な候補サイトの選定	32
2.3.3 グリシディア燃料調達のロジスティクス検討	34

2.3.4 CME 枠組みと PoA 実施体制.....	58
2.3.5 バイオマス利用ガス化設備に関する技術検討.....	59
2.3.6 プロジェクト実施のための資金調達検討.....	62
第3章 プログラム CDM に関する一般事項.....	65
3.1. プログラム CDM 関する一般事項.....	65
3.2. PoA-DD に記載すべき事項.....	67
3.3. CPA-DD に記載すべき事項.....	68
3.4. プログラム CDM の現状と課題.....	69
第4章 ベースラインシナリオ.....	70
4.1. ベースライン方法論.....	70
4.1.1. 方法論の適用条件.....	70
4.1.2. バイオマス利用に関する考慮事項.....	70
4.2. プロジェクトバウンダリー.....	78
4.2.1. PoA.....	78
4.2.2. CPA.....	79
4.3. ベースラインシナリオの設定と追加性の証明.....	79
4.3.1. ベースラインシナリオ.....	79
4.3.2. 追加性の証明.....	79
第5章 モニタリング計画.....	85
5.1. モニタリング計画.....	85
5.2. モニタリング体制.....	87
第6章 温室効果ガス排出削減効果.....	88
6.1. ベースライン排出量.....	88
6.2. プロジェクト排出量.....	89
6.2.1. 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.....	89
6.2.2. プロジェクト活動による電力消費に伴う排出量.....	89
6.2.3. プロジェクト排出量の算定.....	91
6.3. リーケージ.....	91
6.3.1. エネルギー生成装置の移動に伴うリーケージ.....	91
6.3.2. バイオマス生産／栽培に基づく排出.....	91
6.3.3. バイオマス利用競合に伴う排出.....	91
6.4. 温室効果ガス排出削減.....	92

第7章 コベネフィットに関する調査結果	94
7.1. スリランカにおける環境汚染の概況	94
7.2. 本プロジェクトにおけるコベネフィット評価項目	94
7.3. コベネフィット評価項目に関する環境影響分析	95
7.3.1. ベースライン及びプロジェクトシナリオ	95
7.3.2. ベースラインの評価方法とモニタリング計画	96
7.3.3. プロジェクト実施前の試算（定量化）の計算過程と結果	99
第8章 持続可能な開発への貢献	105
8.1. 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	105
8.2. ホスト国における公害対策・環境改善	105
8.3. エネルギー自給の向上・貿易収支の改善	105
8.4. 農村開発・地域間格差の是正	106
8.5. 内戦戦災地・震災地復興支援	107
第9章 利害関係者コメント	108
9.1. 政府機関、推進団体等の関係者からのコメント	108
9.2. 農民への聞き取り調査で得られたコメント	109
9.3. セミナー参加者（主に関係する事業者）からのコメント	110
第10章 事業性評価	112
10.1. 本プロジェクトの実施体制	112
10.2. プロジェクト実施期間/クレジット獲得期間	113
10.3. 実施スケジュール	113
10.4. 経済性分析	113
10.5. 資金計画	117
第11章 事業化に向けた課題	118

プロジェクト設計書

CDM-SSC-PoA-DD

CDM-SSC-CPA-DD (Template/ライオンビール社/ユニリーバ社/コールドストア社)

巻末資料：経済性分析シート

略語表

BEASL	: Bio Energy Association of Sri Lanka, スリランカバイオエネルギー協会
CDM	: Clean Development Mechanism, クリーン開発メカニズム
CER	: Certified Emission Reduction
CME	: Coordinating/Managing Entity, 調整管理組織
CPA	: CDM Programme Activities, CDM プログラム活動
CPA-DD	: CDM プログラム活動用設計
DNA	: Designated National Authority, 指定国家委員会
DOE	: Designated Operational Entity, 指定運営組織
FAO	: Food and Agriculture Organization, 国連食糧農業機構
GHG	: Greenhouse Gas, 温室効果ガス
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change, 気候変動に関する政府間パネル
JICA	: Japan International Cooperation Agency, 独立行政法人国際協力機構
PDD	: Project Design Document, プロジェクト設計書
PIN	: Project Identification Note
PoA	: Programme of Activities, プログラム活動
PoA-DD	: プログラム活動用設計書
UNFCCC	: United Nations Framework Convention on Climate Change, 気候変動に関する国際連合枠組条約

第1章 基礎情報

1.1. プロジェクト概要

1.1.1. プロジェクトの背景と目的

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外貨流出による国家財政への負担が深刻化するスリランカ民主社会主義共和国（以下、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*）の枝（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、化石燃料を代替、これによる温室効果ガス（Greenhouse Gas: 以下、GHG）排出削減、大気汚染防止のコベネフィツに加えて、その利用拡大を図ることにより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。

グリシディアはスリランカ全土に自生するマメ科の早生樹である。他の木質系エネルギー作物に比べて収量が高く（20-30t_dm/ha/y）、乾燥地や塩害土壤を含む耕作不適地においても栽培可能な植物であり、スリランカにおける主要輸出産業であるココナツ農園や紅茶農園の樹間での栽培が可能なほか、他の農作物が育たない南部の乾燥地や2004年にスリランカに大きな被害をもたらしたスマトラ沖地震の津波被災地でも栽培が可能である。さらに、定期的に剪定する枝が燃料として利用できるだけでなく、葉や樹皮は良質な堆肥や飼料等としての多目的利用が可能であることから、農村経済にメリットが大きいエネルギー作物として、同国における第4の農園作物として推進することが閣議決定されている。

このように、本プロジェクトは、GHG 排出削減と化石燃料使用量削減による大気汚染防止のコベネフィツに加えて、グリシディアの販売促進や栽培拡大により農村地域におけるエネルギー自給と農村地域の発展への高い貢献が期待される事業である。

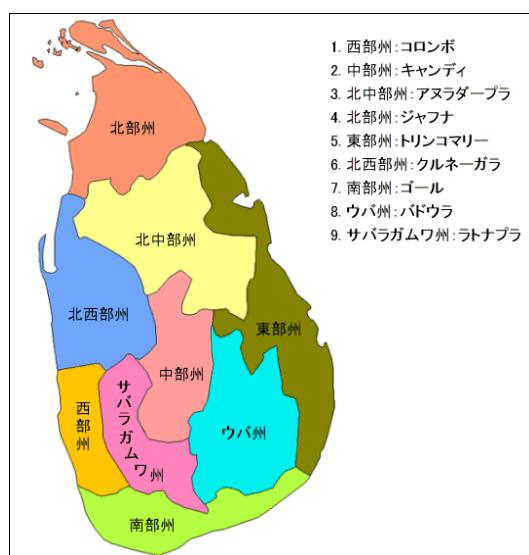


図 1-1 スリランカ地図

1.1.2. 企画立案の背景

本プロジェクトは、スリランカの政府関係者、民間企業、NGO 関係者等から、同国の抱えるエネルギー需給問題の逼迫状況や農村における貧困問題等の窮状に対するソリューションとして、グリシディア普及活動におけるクリーン開発メカニズム (Clean Development Mechanism: 以下、CDM) の活用等のスキームを含む日本からの支援を要望されたことに端を発する。しかし、従来型 CDM としては個々の案件が小規模であったことから、支援策を講じることができずに時間が経過した。その後、プログラム CDM が検討され始めた 2006 年 10 月、地域貢献度の高い CDM 案件としてプロジェクト形成を図るべく、再度、現地調査を実施し、グリシディア推進に関するスリランカ政府の政策、現地ニーズ、栽培ポテンシャル、同推進における課題の把握等の基礎情報を収集した。

同調査により、スリランカの熱利用施設は、工業化が進展した他国に比べて小規模なものが多く、比較的大規模な事業主体で 5,000-10,000 tCO₂/y、小規模となると数百 tCO₂/y となり、従来型の個別の CDM プロジェクトとしての案件形成が可能な事業者はごく一部に限定されることが判明した。しかしその反面、規模の小さい多数のポテンシャルサイトが見込まれたため、プログラム CDM に極めて適したプロジェクトと考えられたが、気候変動に関する国際連合枠組条約 (United Nations Framework Convention on Climate Change: 以下、UNFCCC) においてプログラム CDM の検討開始当初であったこと、内戦によるカントリーリスクの高さ（当時、内戦状況が悪化傾向にあった）等により、投資家の関心獲得に課題が伴い、具体的なアクションへの展開が進まなかった。

その後も、現地側カウンターパートと情報交換を継続しつつ、日本企業数社に対して事業に関する情報提供を行う中で、2009 年 3 月、北海道電力㈱より本プロジェクトへの関心表明があり、同年 4 月に再度現地調査を実施し、現地関係者の協力を得てプログラム CDM の枠組みの下、本プロジェクトを推進するにいたった。現地サイドの事業化に向けた意気込みは強く、早期の事業化が望まれている。

1.1.3. プログラム CDM の適用

(1) プログラム CDM の基本的枠組み

プログラム CDM は、プログラム活動 (Programme of Activities: 以下、PoA) を CDM 登録することにより、プログラムの下に実施される個別プロジェクトを簡易な手続きで実施することを目指して設計された新たな CDM スキームである。プログラム CDM は PoA と、その下に実施される個々の事業である CDM プログラム活動 (CDM Programme Activities: 以下、CPA) とで構成される。PoA は、政府、地方自治体、企業等の調整管理組織 (Coordinating/Managing Entity: 以下、CME) によって一括管理され、関係主体間の連絡、CER 分配、登録料などの支払いを含む CDM 理事会との連絡等も全て CME が行なうこととなる。従来の CDM プロジェクトとしては PDD 作成費や有効化審査など事業登録に必要な事務手続きに多大な手間とコストを要するために事業化が困難であった。同仕組みにより小規模なコミュニティレベルプロジェクトは、CDM 事業化のハードルが下がり、温暖化対

策を面的に実施する有効な手段となることが期待されている。また、このようなプロジェクトは一般的に地域住民を直接の対象とするため、地域貢献策としての効果についても大きな可能性を有すると考えられている。

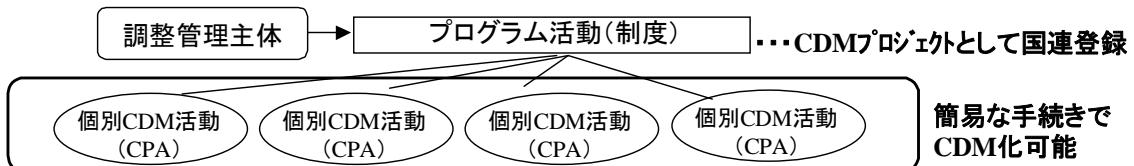


図 1-2 プログラム活動 (PoA) と個別の CDM 活動 (CPA)

(2) 本プロジェクトにおけるプログラム CDM の意義

スリランカでは、化石燃料を使用している大小熱需要事業者が約2,000存在し、近年の原油価格高騰と化石資源枯渇に対する懸念に起因する代替エネルギーへの転換需要が高まりつつある一方で、資金調達、技術、原料調達に関する情報不足、今後の不安により、エネルギーの転換が進まない状況にある。このような状況から、同国におけるエネルギー代替を促進する上でCDMの活用が重要であり、同国の産業規模を含む諸事情からCDM事業化に際してプログラムCDMの活用は極めて有意義であると考えられる。

一方、本プロジェクトを小規模CDMのバンドリングにより実施することに関しては、当該国は内戦の終結に伴う経済成長が期待されているとはいえ、セクター間、企業間では当然のことながら成長格差があり、一部の事業者を除き複数のサイトが同時期にプロジェクトを形成することは極めて難しいと考えられること、また排出量の少ないポテンシャルサイトも多く、かつ、これらが早期に動く見込みもそれほどに高くないことから、現状においては実現可能なシナリオが極めて限定的になると言わざるを得ない。したがって、実施費用を可能な限り抑えた体制を構築するという観点とプロジェクト実施のタイミングに柔軟に対応するという観点から、当該国の温暖化ガス排出量削減スキームとしては、プログラムCDMの適用が妥当であると考えられる。

(3) 提案プログラム CDM の概要

適用条件

本提案プログラム CDM は以下を適用条件としたプロジェクトである。

- ・ スリランカ国内におけるプロジェクトであること
- ・ 小規模方法論 I.C.のベースライン方法論、及びモニタリング方法論を実践する、化石燃料を用いて行われている産業用熱利用をバイオマス燃料で転換するプロジェクトであること
- ・ 適用技術は、産業用熱利用において化石燃料をバイオマス燃料で転換する技術である

こと

- 熱の最大出力は 45MWth 以下であること
- A.4.2.2.に従うモニタリングを実施し適切なデータを収集すること
- 本プロジェクトで使用されるバイオマスはバイオマス残渣のみ、もしくは AM0042 のバイオマスに関する条件に適合する専用プランテーションから供給されるバイオマスであること。
- PoA に含まれる前に CME や DOE の承認を得ているプロジェクトであること
- PoA に含まれる前にモニタリングを実施する主体が CME へ報告されていること
- プロジェクトと同じ物理的位置で登録された CDM プロジェクトや CPA が存在しないこと
- 本プロジェクトで使用されるバイオマスが、「再生可能なバイオマスの定義(EB23, Annex18)」に合致すること
- プロジェクトによってバイオマス燃料で創出されたエネルギーを、プロジェクトバウンダリー内の他の事業者へ販売する場合は、エネルギーを創出した側のみが排出権を獲得する権利を有する旨、エネルギー供給者と需要者との間で合意が形成されていること
- プロジェクトで利用されるバイオマスが 1 年以上貯蔵されないこと
- その他、AM0042 で規定される新規栽培に関する適用条件に合致すること

CME としては、グリシディアを中心とするバイオマス利活用の推進を目的とする非営利組織であるスリランカバイオエネルギー協会（Bio Energy Association of Sri Lanka: 以下、BEASL）を想定した。BEASL は組織としては、60 名の会員を擁し、中立的な立場で運営が可能と考えられる一方で、現状では運営資金不足により、専従者が一名で、他は基本的にボランティアによる活動となっているため、プロジェクト実施に向けた組織強化が必須である。

また、各個別 CPA に対するモニタリング等を BEASL が担う場合、新規の雇用を含む追加費用が追加的ににかかることから、より効率的な運営のために、モニタリングに関しては新規プラントのサプライヤーなどが運営パートナー（Operating partner）となり、継続的に納入先の運転状況をモニタリングするというスキームを想定した。本プロジェクトの第一フェーズにてプラント・サプライヤーと位置付けている Ener Fab 社（以下、エネファブ社）は設備の導入のみならず、原料調達、導入設備の運転、保守保全を含む包括的なサービスを顧客に提供しており、業務遂行上、モニタリングに際して必要となる諸情報（設備運転時間、日数は、原料となる木質バイオマスの消費量等）を正確に把握できる上、記録保持、並びに保管における正確性と確実性が担保されると考えられる。

本プロジェクトにおいては、まずは PoA の早期登録がプロジェクトの成功を左右すると考えられることから、現状において事業化の検討が進んでいる 3 サイトを第一フェーズに

おけるプロジェクトとして抽出し、これらの全て、もしくは最も早い段階で事業化が成立するプロジェクトを CPA として PoA を登録させ、第二フェーズ以降により多くの事業主体を巻き込むこととした。本プロジェクト第一フェーズを実施するにあたり、スリランカにおいてグリシディアを利用した熱利用設備で最も多くの納入実績のあるエネファブ社を運営パートナーとして想定し、サイトの特定を行った。第二フェーズ以降については、小規模バンドリングを前提に CDM プロジェクトの検討を行っているスリランカ国内 CDM コンサルタントからも、本 PoA が事業化された際には、本プロジェクトへの参画を検討したいとの申し出を受けている。さらに、2010 年 2 月に実施した本 PoA の普及を目的としたセミナーでは、新たに 12 社から第二フェーズ以降の本 PoA への参画に向けた関心が寄せられている。なお、北海道電力(株)をポテンシャル・クレジット購入者として想定する。

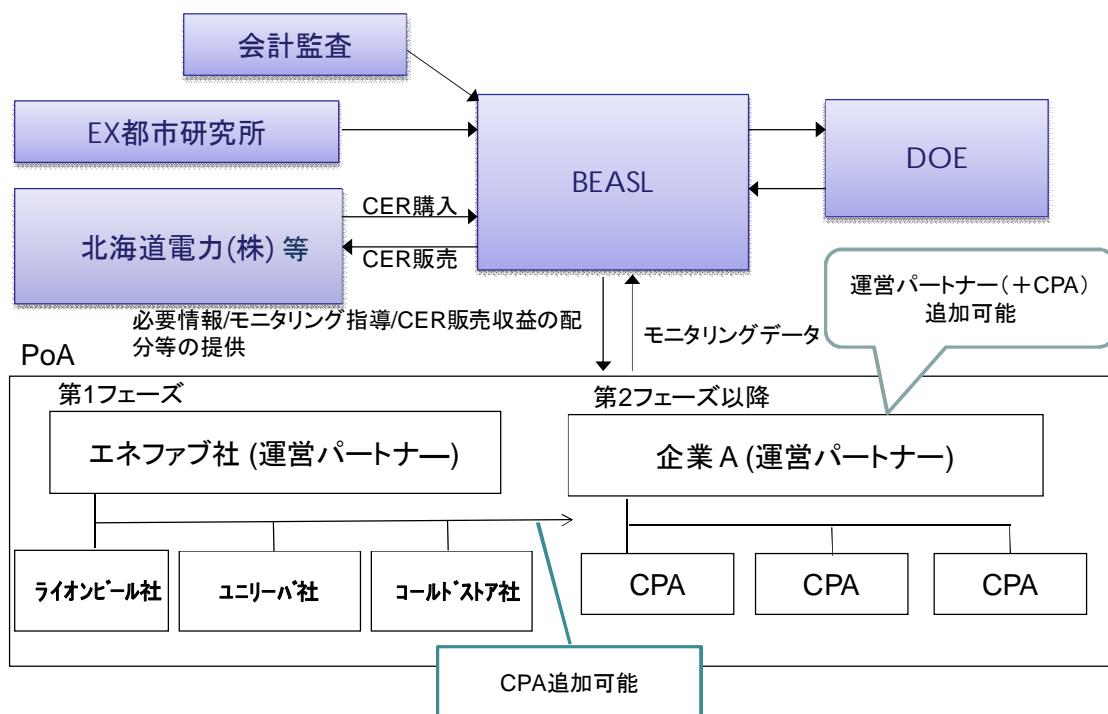


図 1-3 PoA 実施体制

本調査において第一フェーズにおけるプロジェクトサイトとして抽出された¹³ サイトにおいて見込まれる CO₂ 削減量は、13,882tCO₂/y、2011-2020 年の 10 年間で 138,820tCO₂ である。また第二フェーズ以降、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 800-900tCO₂/y の削減が見込まれ、こうした大小の熱利用事業主体が同国内に 2,000箇所想定されることから、スリランカにおける本プロジェクトの汎用性は高いといえる。

¹ 候補サイト抽出方法については 2 章参照。

表 1-1 PDD 作成対象サイトにおける排出削減量

	ライオンヒール社	ユニバース社	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	5,443 tCO2/y	7,273 tCO2/y	1,166 tCO2/y	13,882 tCO2/y
10 年間削減量	54,430 tCO2	72,730 tCO2	11,660 tCO2	138,820 tCO2

1.2. プロジェクト適用技術

下表に示す通り、グリシディアなどの木質バイオマスのエネルギー利用のオプションは、大きく 4 種類に分類できる。

表 1-2 木質バイオマスのエネルギー利用のオプション

オプション	装置	製造燃料	技術レベル 経済性	直接燃焼に比較した エネルギー利用上のメリット
直接燃焼	木質ボイラー	—	実用例多数あり	—
ガス化	木質ガス化炉	気体燃料	実用例あり	装置のコンパクト化 熱効率向上
炭化	炭化炉	固体燃料	実用例多数あり	石炭利用の既存システムでの混焼利用
エタノール発酵	エタノール製造 プラント	液体燃料	実証レベル	液体化石燃料の代替燃料

このうち、木質ボイラーなどを活用した直接燃焼が最も一般的であるといえる。これに対し、エタノール発酵は、技術レベル及び経済性の観点から実証レベル段階である。また、炭化は、直接燃焼に対しエネルギー利用上のメリットが、石炭利用の既存システム混焼利用程度で、メリットを享受する範囲が限定される可能性がある。一方、ガス化については、直接燃焼に対し以下の点でメリットが期待される。

- 装置のコンパクト化
- 熱効率の向上

スリランカでは、インドの熱生産技術をベースに、エネファブ社にて転用した木質バイオマスガス化炉が 8 基稼働しており、その稼働状況から現地技術レベルが実用レベルに達していると判断される。このため、本調査では、現在現地で利用可能な木質バイオマスガス化炉を対象に、燃料の効率的な利用と大気汚染物質のさらなる低減を目指して従来の熱利用代替技術に関する検討を行った。

スリランカで稼働している木質バイオマスガス化システムは下図に示す通りである。同システムは、ダウンドラフト型のガス化炉に排ガス装置を組み合わせたものとなっている。ダウンドラフト型ガス化炉は、タールの発生量が抑制できることから、環境負荷軽減効果にガス化炉の構造をもって寄与することが期待される。また、排ガス装置は、サイクロンとスクラバーが組み込まれており、排ガス中のばいじん等の環境項目の除去機能を備えている。

また、同システムのスペックは、表 1-3 に示すとおりで生成ガス発熱量が 1,050kcal/Nm³ 以上を確保するとともに、システムの制御はガス流量及び炉内温度を指標として行っている。

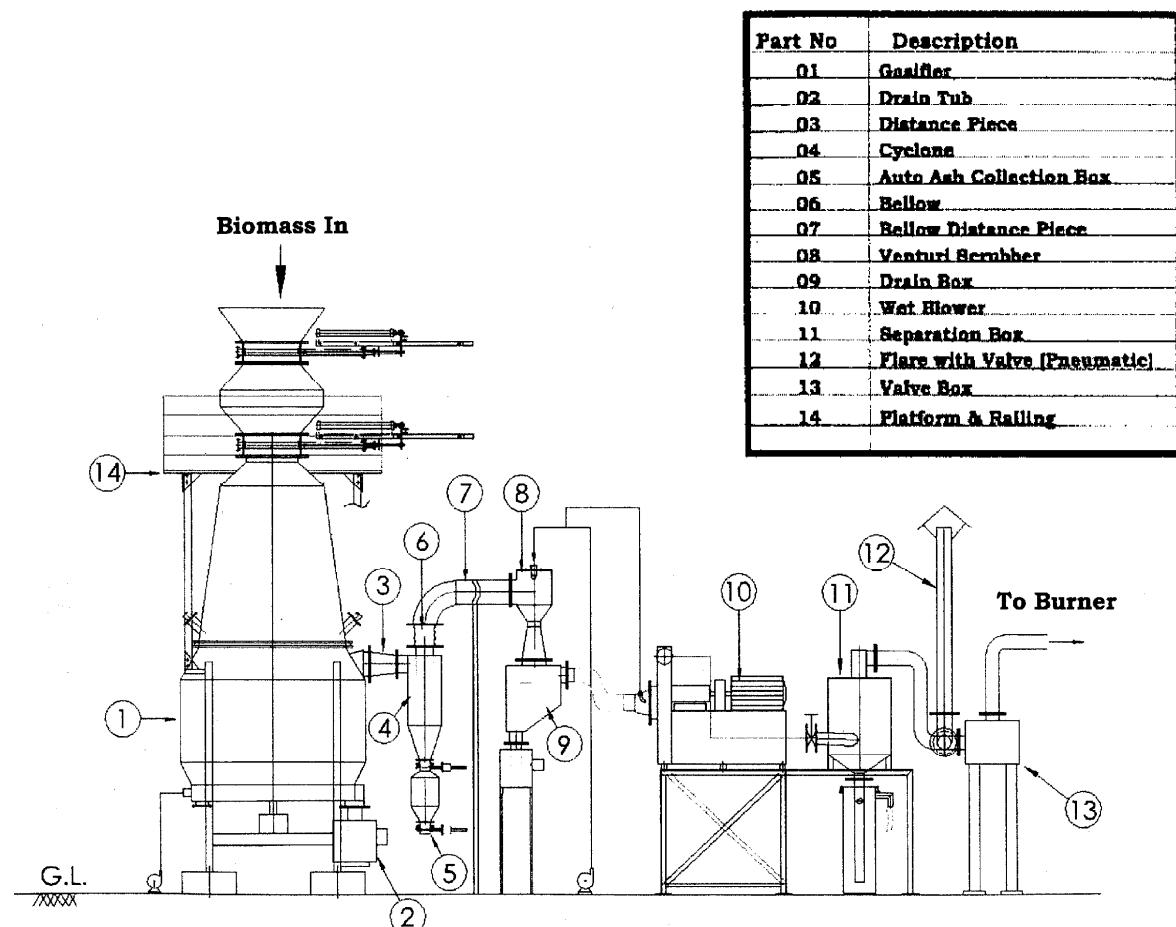


図 1-4 木質バイオマスガス化システムフロー

出典：エネファブ社提供資料.

表 1-3 木質バイオマスガス化設備スペック

Item	Content
Gasifire Model	WEG-500
Gasifier Type	Down Draft
Fuel specification	
Size (mm)	Minimum:10mm-dia length-20mm Maximum:90mm-dia length-150mm
Moisture Content (%)	< 20% (Wet Basis)
Gasifier output	
Rated Gas Flow(Nm ³ /hr)	1,450
Average Gas Calorific Value (kcal/Nm ³)	> 1,050
Thermal Rating (kcal/hr)	1600 kWth
Rated Biomass Consumption (kg/hr)	Upto 480
Gasification Temp. (°C)	1050-1100
Indicative Gasification Efficiency (%)	
Hot Gas Mode (No Scrubbing)	> 75%
Cold Gas Mode (With Scrubbing)	> 65%
Temperature of Gas at Gasifire Outlet (°C)	250 to 400
Biomass Feeding	
Mode	Manual / auto
Frequency	Every 15 minutes
Ash Removal	Continuous by water flow
Gas Cooling (For Scrubbed and Ultra Clean Gas Modes)	Venture scrubber with water re-circulation
Gas Cooling (For Ultra Clean Gas Modes)	Through fine filters
Start-Up	Through scrubber pump / Blower
Typical gas composition	CO: 16±2% H ₂ : 18±2% CO ₂ : 122% CH ₄ : Upto 2% N ₂ : 52pto

出典：エネファブ社提供資料。

木質バイオマスボイラーシステムの事例は、図1-5に示すとおりである。このタイプは、流動床型のボイラーで、主燃焼室の流動床底面から不均一空気を供給するとともに、仕切壁の傾斜により砂を旋回流動し、木質バイオマスを燃焼させるものである。底部から供給する冷空気量を調節し、熱回収室の伝熱管と流動砂との伝熱量を増減することにより、回収熱量を調節して流動層の温度を制御し安定した燃焼を可能にする。

また、排ガス装置は、集じん機とスクラバが組み込まれており、排ガス中のばいじん等の環境項目の除去機能を備えている。

表 1-4 木質バイオマスボイラー設備概要

項目	内容
ボイラ効率	90%以上
発電効率	27.2%以上
空気比	1.25~1.3
最大蒸発量	106t/h

出典：(社) 日本産業機械工業会資料。

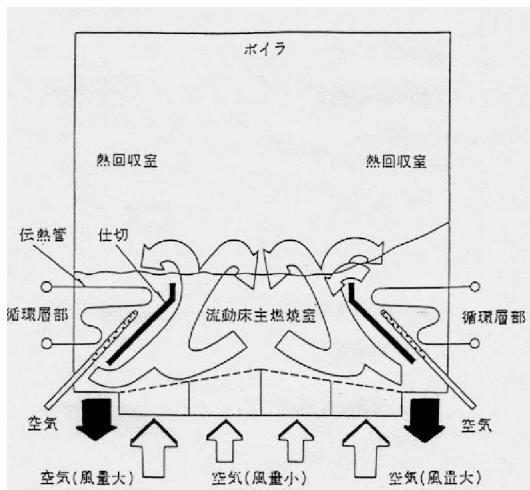


図 1-5 木質バイオマスボイラ概念図

出典：(社) 日本産業機械工業会資料.

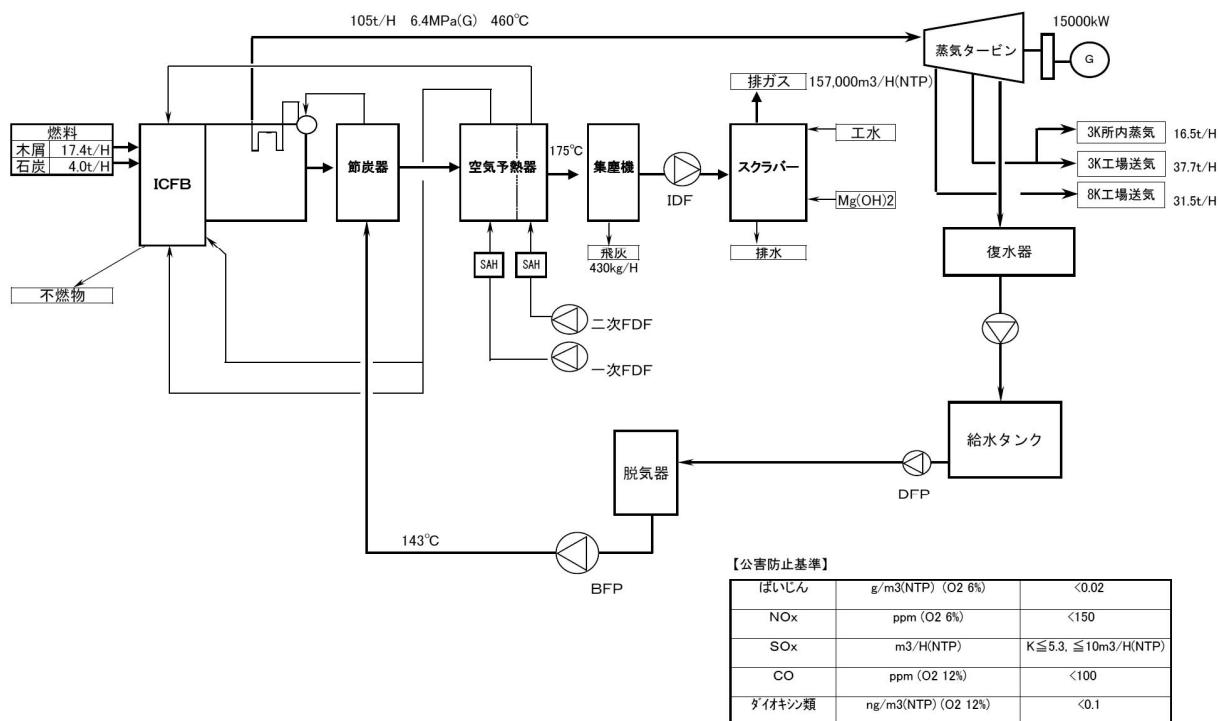


図 1-6 全体フロー図

出典：(社) 日本産業機械工業会資料.

表 1-5 木質バイオマスガス化設備スペック

Gasifier Model	WBG - 500
Gasifier Type	Down Draft
Fuel Specifications	
Size (mm)	<i>Minimum:</i> 10mm -dia length -20mm
	<i>Maximum:</i> 90mm -dia length -150mm
Moisture Content (%)	< 20% (Wet Basis)
Gasifier Output	
Rated Gas Flow (Nm ³ /hr)	1450
Average Gas Calorific Value (Kcal/Nm ³)	> 1,050
Thermal Rating (Kcal/hr)	1600 kWth
Rated Biomass Consumption (Kg/hr)	Upto 480
Gasification Temp. (°C)	1050 - 1100
<i>Indicative Gasification Efficiency (%)</i>	
Hot Gas Mode (No Scrubbing)	> 75%
Cold Gas Mode (With Scrubbing)	> 65%
Temperature of Gas at Gasifier Outlet (°C)	250 to 400°C
Biomass Feeding	
Mode	Manual/auto
Frequency	every 15 minutes
Ash Removal	continuous by water flow
Gas Cooling <i>(For Scrubbed and Ultra Clean Gas Modes)</i>	Venturi Scrubber with water re-circulation
Gas Cleaning <i>(For Ultra Clean Gas Mode)</i>	Through fine filters
Start-Up	Through Scrubber Pump / Blower
Typical Gas Composition	CO - 16 ± 2% H ₂ -18 ± 2% CO ₂ - 12 ± 1% CH ₄ -Up to 2% N ₂ - 52 ± 2%

出典：エネファブ社提供資料。

1.3. スリランカ基礎情報

(1) 概要

スリランカにおける人口は約 2,000 万人で、国土面積は 65,607km²である。年一人当たり所得は 1,000 US ドルを超える、これは農業生産の増大と工業生産の増大、とりわけ繊維製品の生産増大によるものである²。また、同国では、1948 年の独立以来、基本的に民主的な選挙により、政権交代が行われている民主主義国であり、経済政策においても国際社会の一員として市場経済に対応すべく経済構造改革への努力が進められてきている。2005 年 11 月に行われた大統領選挙の結果、地方、生活弱者への積極的な支援を選挙公約とする「マヒンダ・チントナ」を掲げたラージャパクサ氏が大統領に就任した。2007 年同大統領の強いイニシアティブによる「10 か年開発計画 2006-2016（案）」が公表され、現在スリランカ政府は、市場経済育成、貧困削減、財政改革等に努めている。

² Sri Lanka Sustainable Energy Authority,2009,Natioal Energy Security Drive-Achieving National Development through Energy Security- Action Plan2009.

表 1-6 スリランカ基礎情報

首都	スリ・ジャヤワルダナプラ・コッテ
面積 ^{*1}	65,607km ²
人口 ^{*2}	2,022 万人
言語	公用語（シンハラ語、タミル語）、連結語（英語）
民族 ^{*3}	シンハラ人（73.9%）、タミル人（18.2%）、スリランカ・ムーア人（7.1%）、その他（0.8%）
宗教 ^{*3}	仏教徒（69.3%）、ヒンドゥ教徒（15.5%）、イスラム教徒（7.6%）、ローマン・カトリック教徒（7.6%）、その他（0.1%）
国内総生産	407.1 億 US ドル
実質 GDP 成長率	6.0%
一人当たり GDP	2,014US ドル
通貨	ルピー（LKR）=0.78 円（2010.3.1 時点）
主要産業	繊維製品、紅茶、ゴム、ココナッツ
貧困率 ^{*4}	5.6%（1990-2005 年）

*¹ 外務省 HP.

*² スリランカ中央銀行,2009,Sri Lanka Socio-economic data 2009."Register General's Department"データに基づく。

*³ スリランカ中央銀行,2009,Sri Lanka Socio-economic data 2009. 1981 年センサスに基づく。

*⁴ 所得が 1 日 1 ドル未満の人口割合。ODA データブック 2008.

(2) 政治

スリランカは大統領制を採用する民主主義国である。交戦に政権を担ってきたのは 1946 年に結成された、知識人、上流階級を基盤とする統一国民党（UNP）と、1951 年に結成された、農村部、労働者階級を基盤とするスリランカ自由党（SLFP）の 2 大政党だが、近年はスリランカ南部の貧困層、若者を基盤とするマルクス主義政党「人民解放戦線（JVP）」や、タミル国民連合（TNA）といった、シンハラ・タミル双方の民族主義政党が台頭している。2010 年 1 月 26 日には大統領選挙が行われ、ラージャパクサ氏が再選された。

(3) 和平問題

スリランカは、多民族国家であり、多数民族シンハラ人と少数民族タミルとの民族対立が最大の内政問題となっている。1970 年代以降、シンハラ語の国語化、シンハラ人居住区における公共事業の集中などに代表される、政府によるシンハラ人優先政策が行われた結果、これに対するタミル人の反発が生じ、北・東部の分離独立を求める動きが高まった。1983 年以降 25 年以上にわたったスリランカ政府と北・東部の分離独立を目指す武装勢力 LTTE（タミル・イーラム解放の虎）との間の内戦が 2009 年 5 月に終結した。同年 5 月 19 日議会で戦闘終結を宣言したラージャパクサ大統領は、今後は多数の国内避難民の再定住や国民和解のための政治プロセスを進めていく旨表明している。

これまでに政府と LTTE の双方で 7 万人以上が犠牲となっている。また、2006 年 7 月以降の政府軍と LTTE による戦闘激化によりスリランカ全体で 20 万人を越える国内避難民が発生し、うち東部については、2007 年 3 月のピーク時にバティカロア県のみで 15 万人を超

える国内避難民が存在した。その後スリランカ政府の対策等により一部帰還したが、2009年5月の内戦終結時点には約28万人の国内避難民が発生し、政府の設置したキャンプに滞在しており、北、東部地域の復興が喫緊の課題となっている。

(4) 経済概況

スリランカ経済は、伝統的に米と三大農園作物（紅茶、ゴム、ココナッツ）を中心とした農業に依存する形態であったが、繊維産業等の工業化や産業の多角化に努め、最近では衣類製品が最大の輸出品目となっている。

1990年代には、年平均約5%の経済成長率を維持しており、2004年末に発生したスマトラ島沖地震による津波がスリランカ経済に与えた影響は限定的であったこと、また津波被災後の再建に向け、建設部門を中心に投資が活発化したこと等により、2007年の実質GDP成長率は6.8%を記録した。

近年では、治安情勢の悪化、津波災害を始めとする自然災害、国際的な原油価格の高騰等のマイナス要因はあるものの、サービス業が堅調に推移していることもあり、過去5年のGDP平均成長率は5.76%、2006年は7.4%の成長率を記録するなど、高い経済成長率を維持している（図1-7 参照）。高い教育水準や良質な労働力もあって、輸出が拡大し（過去3年間は前年比で平均10%の増加）、海外からの直接投資は2006年に前年比倍増となつた³。

他方、元来物価上昇水準の高いスリランカでは、2007年後半以降、米、小麦、粉ミルク等の乳製品をはじめとする食品価格やエネルギー価格の上昇を主因に物価上昇がさらに高まった。その後石油価格の下落により物価上昇率は落ち着いたが、一方で2008年9月の国際金融危機以降、大きな国際収支不均衡が生じて外貨準備が大幅に減少し、厳しい財政状況が続いている。

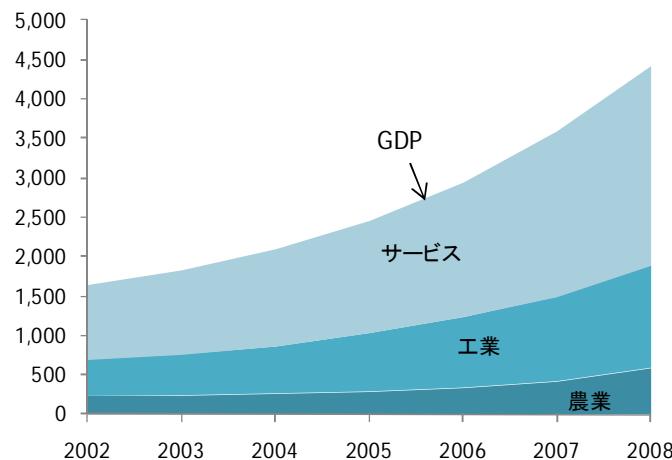


図1-7 スリランカにおけるODAの推移

出典：スリランカ中央銀行,2008,Annual report.

³ ODAデータブック2008.

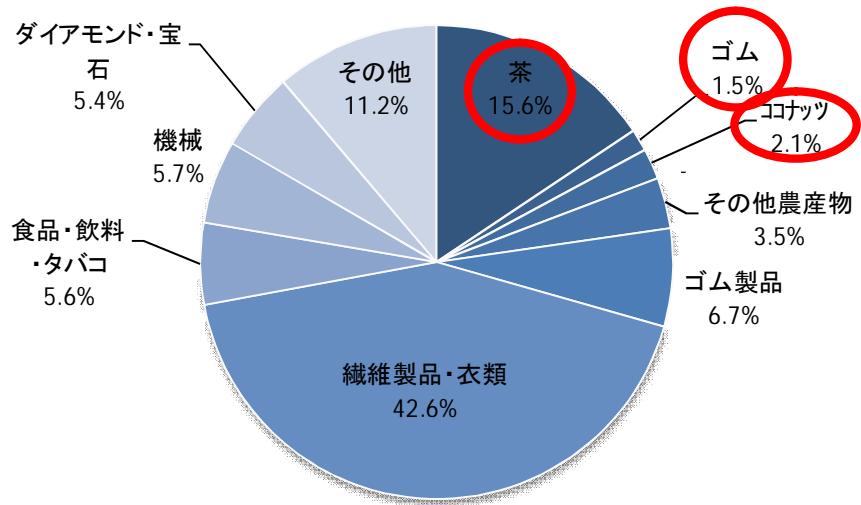


図 1-8 主要輸出品目

出典：スリランカ中央銀行,2008,Annual reort.

図 1-9 はスリランカにおける主要輸入品目を示している。グリシディアの栽培、利用により代替が図れる石油、肥料の輸入額が大きな割合を占めていることが分かる。

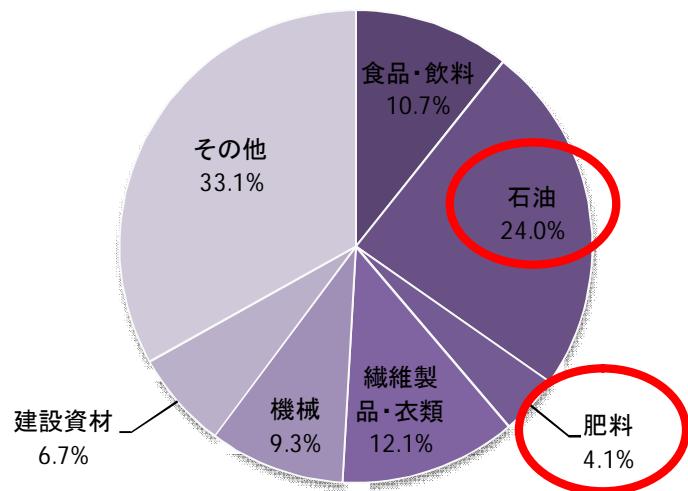


図 1-9 主要輸入品目

出典：スリランカ中央銀行,2008,Annual reort.

1.4. スリランカにおけるエネルギー概況⁴

1.4.1. エネルギー利用現状

現在、スリランカの一次エネルギーは、バイオマス利用、水力発電、石油利用によって供給されている。また、石炭、石油、天然ガス等の化石資源に関しては全て海外からの輸入に依存している。1990年代までは大規模水力発電により十分なエネルギー供給が行われていたが、水力による電源開発は既に頭打ちの状態となり、増え続けるエネルギー需要に対して、海外からの化石燃料輸入依存率は急激に上昇している。

エネルギーの消費者需要はすべてのサブセクターで上昇しており、スリランカにおける今後の主要エネルギー課題は、石油価格の上昇と、電力セクターにおける供給不足であるといわれている。

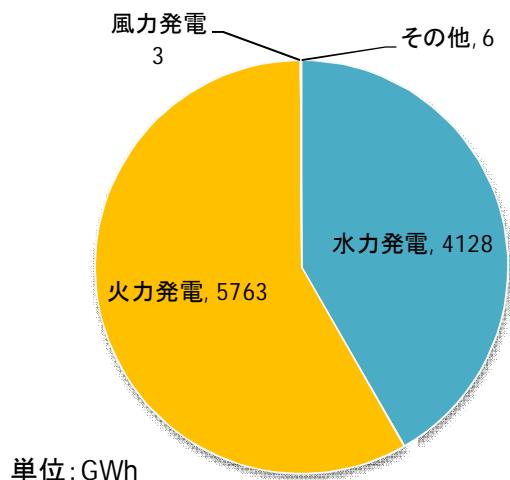


図 1-10 2008 年エネルギー生産量

出典：スリランカ中央銀行,2008,Annual report.

1.4.2. エネルギー需要の拡大

現在の速度で国内の送電網が整備、拡大されることに加えて、工業・商業発展による電力需要の拡大により、石油輸入額の増大がもたらされる。さらに国際的な石油価格という不確定要因を鑑みると、将来にわたって同国のエネルギー・セクターと経済全体に大きな負担となると考えられている。

図 1-9 はそのシナリオを示しており、石油価格の上昇によって輸入収益の大部分が石油輸入で占められ、その割合は急激に上昇している。石油輸入額/輸出総額の割合は、2007年の時点で、30%を超え、2008年にはさらに上昇すると考えられている。

⁴ Sri Lanka Sustainable Energy Authority,2009,Natioal Energy Security Drive-Achieving National Development through Energy Security- Action Plan2009.

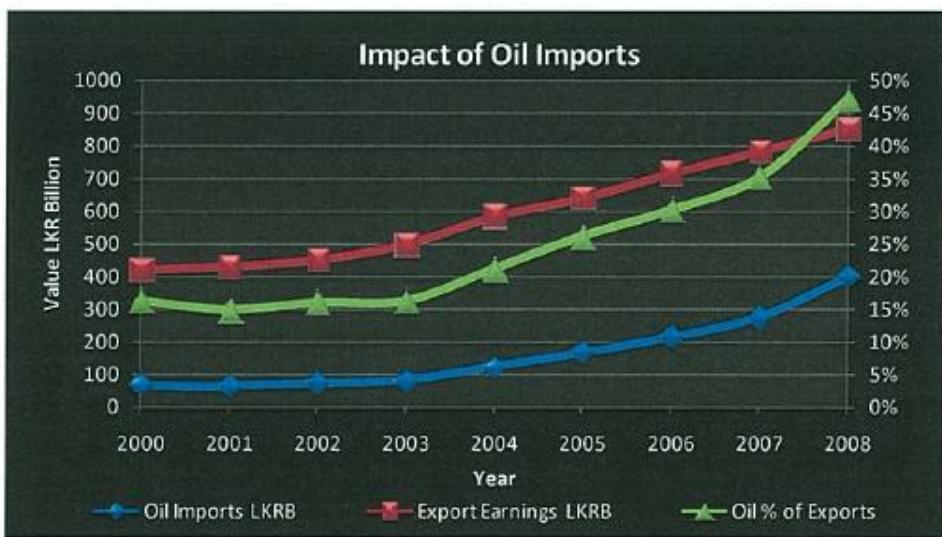


図 1- 11 石油輸入増大による貿易収支への影響

出典 : Sri Lanka Sustainable Energy Authority,2009,Natioal Energy Security Drive-Achieving National Development through Energy Security- Action Plan2009.

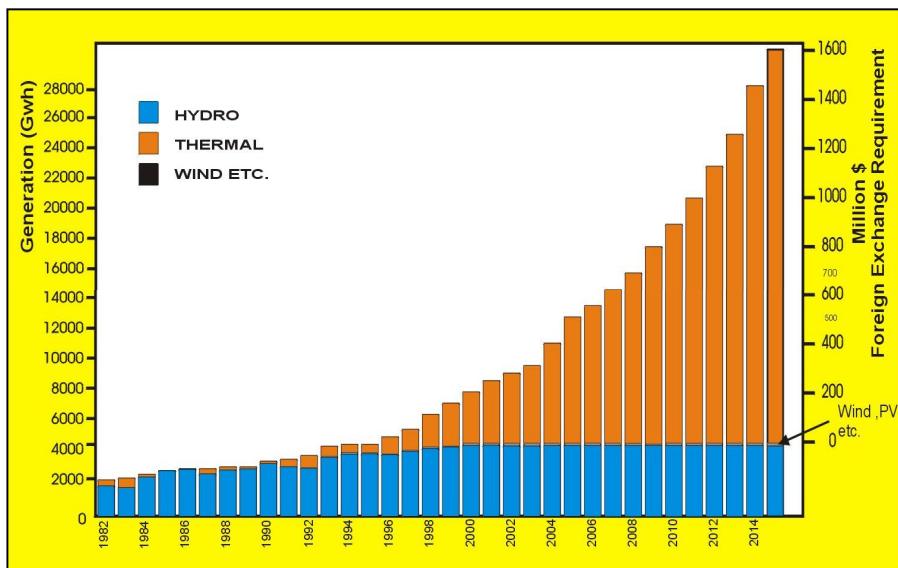


図 1- 12 スリランカにおける電力需要予測

出典 : BEASL 提供資料.

1. 4. 3. 都市部及び農村部におけるエネルギー利用の現状

スリランカでは、1981 年の時点で、全人口のうち 21.5%が都市部、72.2%が農村部に住んでいる。スリランカでは経済発展にともなうエネルギー需要拡大の傾向にあるが、経済発展及びエネルギー利用資源に関して、都市/農村間での現状が異なる点が大きな特徴として挙げられる。経済発展が著しい工業セクターは、主に西海岸沿いの都市地域のみに限定

され、スリランカ全土 26 地域のうち 2 地域だけで全実質 GDP の 50%を占めている。

都市部及び農村部における利用エネルギー源を比較すると、農村部のインフラ整備が遅れており、都市部では照明のためのエネルギー源としてグリットからの電力を利用している割合（2003/4 年）が 93.4%に達しているのに対し、農村部では、その割合は 71.6%にとどまっている（表 1-7）。農村部については、今後更なる電力インフラの普及・整備が必要であるといえる。

表 1-7 照明のためのエネルギー源

	都市		農村		全セクター	
	1996/97 ^(a)	2003/04 ^(b)	1996/97 ^(a)	2003/04 ^(b)	1996/97 ^(a)	2003/04 ^(b)
グリットからの電力	87.0	93.4	54.4	71.6	56.0	73.3
その他電力	0.8	0.3	1.1	1.8	1.1	1.6
灯油	12.0	6.3	44.4	26.5	42.8	25.0
その他	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

(a)北部・東部を除く。

(b)Killinochchi・Mannar・Mullativu 地域を除く。

出典：スリランカ中央銀行,2009,Sri Lanka Socio-economic data 2009.“ Consumer Finances and Socio-Economic Survey of the Central Bank of Sri Lanka” データに基づく。

1.4.4. 再生可能エネルギー導入目標

(1) スリランカエネルギー戦略

スランカエネルギー省（Ministry of Power and Energy）によるエネルギー戦略は以下の通りであり、最近のエネルギー政策では、エネルギー自給が強く強調されている⁵。

スリランカにおけるエネルギー戦略

1. 基礎エネルギー需要を満たす供給確保
2. エネルギー安全保障
3. エネルギー効率と保存
4. 地域資源利用の促進
5. 最適な価格政策
6. エネルギーセクターにおけるキャパシティ能力強化
7. 消費者保護と均等な機会の保障
8. エネルギーの質の向上
9. エネルギー施設からの環境悪影響の軽減

⁵ Sri Lanka Sustainable Energy Authority,2009,Natioal Energy Security Drive-Achieving National Development through Energy Security- Action Plan2009.

また、上記の項目「4.地域資源の利用促進」に関する具体的な戦略のなかでは、地域資源利用を促すため、CDMスキームの利用による地域資源インセンティブ提供が戦略の一つとして挙げられている。「4. 地域資源利用の促進」に関する具体的な戦略内容は以下の通りである。

4. 地域資源利用の促進

- 経済的で、環境に優しい、再生可能エネルギーを利用促進する
- 謙渡的ファイナンスが求められている
- 必要なインセンティブの提供。再生可能エネルギー資源利用促進のため、CDMを含む、環境融資制度Green fundingの利用へのアクセス等
- 競合しない再生可能エネルギー資源利用推進機関の設立
- 輸送部門における化石燃料に代わるエネルギーとしてバイオ燃料開発
- バイオマス供給及びバイオマスやその他廃液の燃料転換促進を他の省庁や機関へ促す

(2) 再生可能エネルギー導入目標

上記戦略に基づき、スリランカでは再生可能エネルギー導入目標として、2015年までに少なくとも10%のグリッド電力を再生可能エネルギーで供給するという目標を掲げている⁶。

表1-8 グリッド電力供給における再生可能エネルギー導入目標

年	グリッド電力供給源の構成			
	水力発電	石油最高値	石炭	NCRE ^{*1} 最低値
1995 ^{*2}	94%	6%	0%	
2000 ^{*2}	45%	54%	0%	1%
2005 ^{*2}	36%	61%	0%	3%
2010	42%	31%	20%	7%
2015	28%	8%	54%	10%

*1 非競合再生可能エネルギー (NCRE; Non-conventional Renewable Energy)

*2 実績データ

出典：Ministry of Power and Energy Government of Sri Lanka,2006, National Energy Policy and Strategies of Sri Lanka.

⁶ Ministry of Power and Energy Government of Sri Lanka,2006, National Energy Policy and Strategies of Sri Lanka.

1.5. グリシディアの特徴

1.5.1. 基本情報

グリシディアは、スリランカに1700年代に紅茶農園の日よけ（直射日光照射防止）のために西インドから移植されたマメ科の植物で、その後、民家や農地の境界に生垣として植えられ、既にスリランカ国民にとって馴染みの深い植物としての地位を確立しているといえる。

表1-9 グリシディアの基本情報

原産地	西インド諸国（1700年代に生垣及び紅茶農園の日よけとしてスリランカ上陸） ⁷
栽培可能降水量	1,000~2,000mm/年
対塩性	PH4.2以上の酸性土壌でも生育可能
栽培不適地	水はけの悪い土地、粘土質土壌
植付方法	挿木、苗木植樹
密度	・ココナツ農園：1,400~5,000本/ha 　・紅茶農園：270~1075本/ha ・単体植樹：5,000~10,000本/ha ⁸ 程度
初回刈取りまでの期間	18ヶ月
刈取り周期	6~9ヶ月（主に8,9ヶ月）
収量	6kg/y/本（含水率20%、植樹後6年目まで収量は単調増加）
主要栽培地	ココナツ農園、紅茶農園、民家生垣、乾燥した耕作放棄地
利活用	・枝：燃料利用 ・葉：飼料利用、コンポスト利用 ・樹皮：飼料利用

出典：Interplanting Gliricidia in Coconut Land to Increase Soil Fertility and Fuel Wood Production, ココナツ研究所, 2004, Grilicidia-for Production of Green Manure and Green Energy in Coconuts plantation, ココナツ研究所へのヒアリング及び、その他各種資料.

1.5.2. 効果

グリシディアは、以下に挙げる多様な効果を有するため、同作物の栽培普及は地域社会への貢献度が極めて高いことが現地研究者や政策決定者の間で認識されており、スリランカ政府は同国の持続可能な発展の実現のためのキーアイテムとして、グリシディア栽培を新たな産業として位置づけ、普及促進を図ることを決定している。グリシディア栽培、利用による主な効果は以下の通りである。

⁷ World Agroforestry Centreによると、グリシディアは中米の在来種であり、カリブ・中央アフリカを経て1600年代にスペイン人によってフィリピンに持ち込まれ、スリランカを始めとする東南アジアに広まったとされる。（www.worldagroforestrycentre.org/sea/products/AFDbases/AF/asp/SpeciesInfo.asp?SpID=912#Ecology）

⁸ 1m×1m 間隔で植樹。12列ごとに作業・運搬用通路を4m確保した場合、8,000本/ha(Biomass Production in Sri Lanka and Possibilities for Agro-Forestry Intervention, Dr.H.A.J. Gunathilake(ココナツ研究所), 2006年8月16~18日開催 International Conference on Issues for the Sustainable Use of Biomass Resources for Energy 投稿論文より)

(1) 植物特性と有用性

グリシディアは窒素固定を行うマメ科の植物であり、土壤改良効果、土壤流出防止効果（水質汚濁改善）、緑化効果（大気浄化・窒素固定量増大）を有している。また、葉や茎・樹皮は良質の飼料⁹・肥料として利用可能な有用作物である¹⁰。そのため、荒廃地（例：塩害地・乾燥地）・未利用地（例：ココナツ農園樹間）での栽培によって土地の生産性向上、葉の利用による化学肥料使用量削減といった効果が期待でき、さらに、その栽培普及・拡大によって農村地域の貧困削減への貢献が期待できる。

- 窒素固定による土壤改良効果（葉の窒素含有率 2~3%，kg当たり 23g の尿素に相当）
- 土壤流亡防止効果
- 多様な用途（燃料/飼料/肥料）
- 生育速度（短い周期で剪定可能）
- 強耐乾性・強対塩性
- 生育の容易性
- 疫病／害虫等の病気可能性が低いこと

(2) スリランカ国における汎用性

グリシディアはスリランカ国全土で民家生垣・紅茶農園の日よけとして栽培されているが、剪定後、農地に放置されるのが一般的で、枝部分に関しては有効利用が図られていないことに加えて、ココナツ農園の樹間や耕作不適地（津波被災地の塩類土壤や乾燥地など）、内戦被災地である東北部地域の耕作放棄地での栽培に期待が寄せられている。（原料調達方法参照）

(3) エネルギー資源としての価値

グリシディアはココナツ農園の未利用地などで栽培される限りにおいて、食料と競合しないエネルギー・バイオマスである。6-9ヶ月ごとに収穫可能（植樹後は9ヶ月）な早生樹であり環境負荷のない持続的なエネルギー資源としての可能性を持つ。

【第4の農園作物として推進された背景】

スリランカ政府機関であるココナツ研究所は、再生可能エネルギーの促進のため、耕作不適地におけるエネルギー作物農園経営を実施した場合の最適植物を判定することを目的として、スリランカ内の乾燥地 10 サイトを選定し、14 種の早生樹¹¹を対象に生育実証実験を実施した。その結果、ほとんど全てのサイトにおいて、グリシディアが他の植物よりも高い収量を記録した。

⁹ 飼料効果について、グリシディア（葉）飼料利用は、放牧飼育と比べて成長率が 25% 向上したと報告がある。

¹⁰ 葉の飼料化による家畜飼育効果については、1ha で牛 6 頭分の飼料に相当する。

¹¹ *Grilicidia Sepium*, *Acacia auvicaliformis*, *Leucaena* 等。



ココナツ樹間のグリシディア



ココナツ農園生垣



グリシディア刈取り作業



葉のマルチング利用



チップ収集庫



グリシディアチップ

1.6. 関連する法制度

1.6.1. 環境影響評価制度

環境影響評価制度に関しては、スリランカ国 環境省 中央環境局から情報収集を行った。同制度の概要は以下の通りである。

(1) 概略

環境保護に関しては 1980 年に施行された国家環境法 47 号がスリランカにおける環境保護関連法の第一号である。環境影響評価については 1981 年沿岸保護法 57 号にて初めてスリランカに導入され、その後、上述、国家環境法 47 号が 1988 年に改訂され、国家環境法 56 号 (The National Environmental Act No. 56) が公布・施行されるに及びスリランカ全土に対象範囲が拡大された。環境影響評価は事業タイプ、規模、予定地の 3 つの観点から実施対象事業、並びに評価機関が定められており、対象事業詳細については 1993 年 6 月 24 日付 772/22 号で規定され（その後、1999 年 11 月 5 日付官報 1104/22 号にて改訂）1995 年 2 月 23 日付 859/14 号の各官報と併せ公示されている。中央環境局 (Central Environmental Authority) が主に管轄しているが、事業タイプにより、スリランカ観光局、農業省、沿岸保護局等、他の政府機関が、プロジェクト承認エージェント (Project Approving Agency) として環境影響の評価を行う。また事業予定地が北東州の場合は北東州・州庁、沿岸部の場合は沿岸保護局、自然保護区から 1 マイル (約 1.6km) 以内で実施が予定される事業については自然保護局がそれぞれ所管行政機関となっている。

(2) 手続き概要

環境影響評価制度の手続き概要は以下の通りである。

① 環境影響評価実施の有無の決定

事業計画のコンセプトが決定してから、事前事業化調査終了直後までの間に当該事業が環境影響評価の対象事業となるか否かにつき、1993 年 6 月 24 日付 772/22 号、1995 年 2 月 23 日付 859/14 号の各官報記載事項と照会の上、決定する。必要に応じて中央環境局とも相談を行う。

② 事業情報の提出（実施の場合）

当該事業が環境影響評価実施対象事業に該当すると判断される場合、事業主体は主要情報 (Preliminary Information) を事業所管プロジェクト承認エージェントに対して提出する。

③ 環境影響報告書の作成

事業主体から主要情報の提出を受けたプロジェクト承認エージェントは ToR 作成作業を開始する。大型事業についてはプロジェクト承認エージェントから追加情報の提供を要求される場合がある。また事業内容によっては環境影響評価では無く、初期環境試験 (Initial

Environmental Examination¹²⁾ の実施のみで承認を行う場合もある。ToR 作成、環境影響評価実施は主要情報提出日から 116 日以内に許可され、初期環境試験の場合は基本的にさらに短い期間内に実施が認められる。

環境影響評価は、事業主体が別途契約するコンサルタントが実施、調査結果は EIA 報告書・書式に基づき作成された報告書としてプロジェクト承認エージェントに対して提出される。なお、スリランカ国内環境コンサルタントの一覧は中央環境局が公開しているので、参照できる。また公開入札を実施する事業主体もある。環境影響評価の実施期間については事業の特性に応じて 3 ヶ月から 1 年と言う期間が一般的ではあるが特段の規定は無い。

④ 環境影響報告書の審査

提出された環境影響評価報告書は、プロジェクト承認エージェントが指定する独立組織・技術審査委員会（Technical Evaluation Committee）が審査を行う。同審査結果を踏まえてプロジェクト承認エージェントが認可の可否を決定、中央環境局が同許認可の実効性を担保する。統計では過去に提出された EIA、IEE の 95%が承認されており、非承認事業の多くは報告書記載内容の不備に基づくものであった。

⑤ 事業実施

環境影響評価報告書・承認有効期間は承認から 1 年以内となっており、事業主体が 1 年以内に事業に着手しない場合にはプロジェクト承認エージェントに対して再申請を行う必要が生じる。

(3) 環境影響評価の本プロジェクトへの適用

中央環境局が刊行している冊子「環境影響評価実施の手引き 3 版 2006 (Guideline for Implementing the Environmental Impact Assessment (EIA) Process)」[環境省中央環境局 2006] の添付資料 IIIにおいて 1993 年 6 月 24 日付番号 772/22 英文原文が掲載されている。同官報における環境影響評価が求められる事業タイプリストは下表に示す全 31 項目から構成されている。

¹²⁾当該事業の環境に及ぼす影響の度合いに応じ、環境影響評価（EIA）の代替として初期環境試験（IEE）が適用される場合がある。IEE では EIA に比べてより短期間、かつ簡易な調査の実施と報告書の提出が求められている。また EIA では事業内容の公開とパブリック・コメントの入手が求められるが、IEE では公開は必要とされていない。申請から承認までの手順につき、中央環境局が刊行している冊子「環境影響評価実施の手引き 中央環境局 環境省 3 版 2006 (Guideline for Implementing the Environmental Impact Assessment (EIA) Process)」に記載されている。

番号	事業タイプ	番号	事業タイプ
1-6	1981 年施行沿岸保護法 57 号関連	19	10ha を超過する工業団地の開発
7	輸送システム	20	製鉄
8	港湾開発	21	非鉄
9	電源開発・送電	22	化学品
10	送電線	23	農薬・肥料
11	住宅・ビル	24	石油・石油化学
12	再定住	25	タイヤ・チューブ
13	水供給	26	砂糖
14	パイプライン	27	セメント・ライム
15	ホテル	28	紙・パルプ
16	水産	29	紡績・紡織・繊維衣料
17	トンネル掘削	30	皮革・なめし
18	ゴミ廃棄	31	その他

上記より事業タイプ別では、再生可能エネルギーを含む発電事業に関してのみ、第 9 項電源開発・送電に記載される条件が適用されることとなるが、本プロジェクトでは熱源代替であり、発電は含まれないため、事業タイプ別では適用外となる。

なお、上記「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、十分留意する必要がある。

1.6.2. グリシディア推進政策

(1) 第 4 の農園作物としての推進政策

スリランカ政府は 2006 年に、再生可能な木質等バイオマスの促進策として、その発育速度、地域経済への副次効果、燃料としての適性に優れた早生樹であるグリシディアを、スリランカの伝統的農園作物である紅茶、ゴム、ココナッツに継ぐ第 4 の農園作物として位置づけ、エネルギー作物として推進していくことを閣議決定している¹³。しかし、これを具体的に推進するための省令や、明確な政策的ターゲットなどは策定されておらず、グリシディア推進の後押しを目的とする象徴的な効果にとどまっている。

¹³ Dr. H A J Gunathilake(CRI), P G Joseph (Ministry of Science & Technology), Harsha Wickremasinghe (Energy Conservation Fund), 2006, Sustainable Biomass Production in Sri Lanka and Possibilities for Agro-forestry Intervention.

(2) グリシディア植付けに関する補助金

ココナツツ研究所は、ココナツツ樹間の未利用地の有効利活用とグリシディアの推進のために、グリシディアの植林活動に対して、グリシディア 900 本(1 エーカー分)当たり 4,000 ルピー（1 本当たり 4.4 ルピーに相当）の補助制度を導入し、グリシディア樹の栽培促進を図っている。

(3) 木質系バイオマス電力買取制度

電力買取優遇制度

スリランカ政府は、一般的な独立発電事業者に対する電力買取価格が 6.0 ルピー/ kWh であるのに対して、2006 年には木質系電力の初めの 50MW 分に対し 8.5 ルピー/ kWh の優遇価格を定めており、その後 2010 年 1 月時点では 18.56 ルピー/ kWh まで買取り価格を引き上げ促進を図っている。

1.7. スリランカにおける CDM 関連政策・状況等

1.7.1. スリランカにおける CDM 体制

スリランカは、2002 年 9 月 3 日に京都議定書の批准を承認した。同国政府は、国内 CER (Certified Emission Reduction) ポテンシャルとして 620 万 t の CER を見込んでおり¹⁴、以下のセクターにおける CDM プロジェクトに期待を寄せている。

表 1- 10 CDM プロジェクト関連分野

分野	項目
エネルギー	・再生可能エネルギー ・燃料の質向上
輸送	・低排出手法 ・化石燃料の代替エネルギー ・エネルギー効率向上
廃水処理	・廃棄物埋立地におけるメタン回収
森林資源	・植林・森林再生 ・REDD ¹⁵ イニシアティブ ・バイオ燃料栽培
産業	・燃料効率の向上 ・エネルギー節約

出典:Ministry of Environment and Natural Resources, "Opportunities for CDM in Sri Lanka".

¹⁴ Ministry of Environment and Natural Resources, "Opportunities for CDM in Sri Lanka".

¹⁵ 「REDD:Reduced emissions from deforestation and degradation in developing countries」とは、発展途上国で進行している森林の減少や劣化を抑制し、二酸化炭素等 (CO₂) の排出削減を図る地球温暖化対策の一手法のこと。

(1) 指定国家委員会

スリランカでは、指定国家委員会（Designated National Authority: 以下、DNA）として環境省に気候変動局（Climate Change and Global Affairs Division, Ministry of Environment and Natural Resources）が設置されている。

(2) CDM プロジェクト承認クライテリア

スリランカにおける CDM 承認クライテリアは下表の通りである。

表 1- 11 スリランカにおける CDM 承認クライテリア

分野	項目*
環境	<ul style="list-style-type: none">・地域資源の保全・地域環境に対する負荷低減・地域住民の健康増進・地域の再生可能エネルギー・ポートフォリオ標準とその他環境政策への一致
社会	<ul style="list-style-type: none">・生活の質向上・貧困削減・平等促進
経済	<ul style="list-style-type: none">・地域コミュニティへの経済的利益・国家収支へのプラス効果・新規技術移転

*記載項目への貢献が CDM 承認基準とされている。

出典：Ministry of Environment and Natural Resources, "Opportunities for CDM in Sri Lanka".

1.7.2. CDM プロジェクト承認プロセス

スリランカにおける CDM 承認プロセスは、以下の通りである。

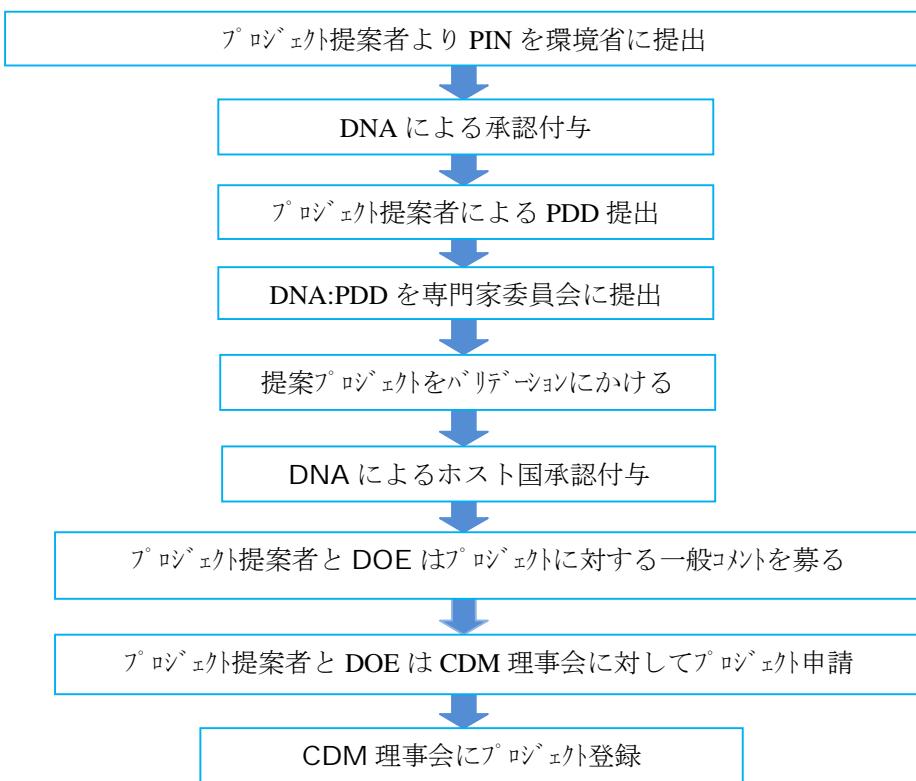


図 1-13 CDM 承認プロセス

PIN (Project Identification Note) の作成、提出はプロジェクト設計書 (Project Design Document: 以下、PDD) 審査前であればどのタイミングでも良いとされており、通常、PIN 提出後、委員会での審査を経て 2 週間以内に許可を与えている。事業主体は PIN 提出後、PDD 作成まで進んだ場合、PDD を DNA に提出し、提出された PDD は DNA による審査を受けることとなる¹⁶。

1.7.3. スリランカにおける CDM プロジェクト

スリランカでは、2010 年 1 月現在までに 96 件の PIN が提出されている。また、現在までに提出された PDD は 12 件であり、内 6 件が UNFCCC に登録されている。その内容は、下表に示す通り、水力発電関連が 4 件、そのほか東京セメントの再生可能エネルギー利用発電プロジェクト、ココナツ炭化プロジェクトである。2006 年以降スリランカにおける CDM 案件形成について大きな動きが見られなかったが、2009 年に入り、日本による登録案件が 2 件続いている。プログラム CDM については本案件以外に、廃棄物案件、小規模水

¹⁶ 2010 年 1 月 19 日スリランカ DNA ヒアリングより。

力発電案件の2案件について現在PDDが作成中である¹⁷。

表1-12 スリランカにおける登録CDMプロジェクト

登録日	プロジェクト名	投資国	方法論	温室効果ガス削減量 (Mt CO ₂ /y)
2005.10.30	Magal Ganga 小規模水力発電プロジェクト	オランダ	AMS-I.D. (ver.5)	34,179
2005.10.30	Alupola と Badulu Oya における小規模水力発電プロジェクト	オランダ	AMS-I.D. (ver.5)	25,109
2005.10.30	Hapugastenne ,Hulu Ganga 小規模水力発電プロジェクト	オランダ	AMS-I.D. (ver.5)	44,842
2006.12.11	Sanquhar と Delta 小規模水力発電プロジェクト	スイス	AMS-I.D. (ver.9)	5,489
2009.3.28	Badalgama におけるココナッツ殻の炭化と発電プロジェクト	日本	AMS-I.D. (ver.13) AMS-III.K. (ver.3)	43,265
2009.10.26	10 MW バイオマスマス発電プロジェクト - 東京セメント,Trincomalee	日本	AMS-I.D. (ver.13)	43,800

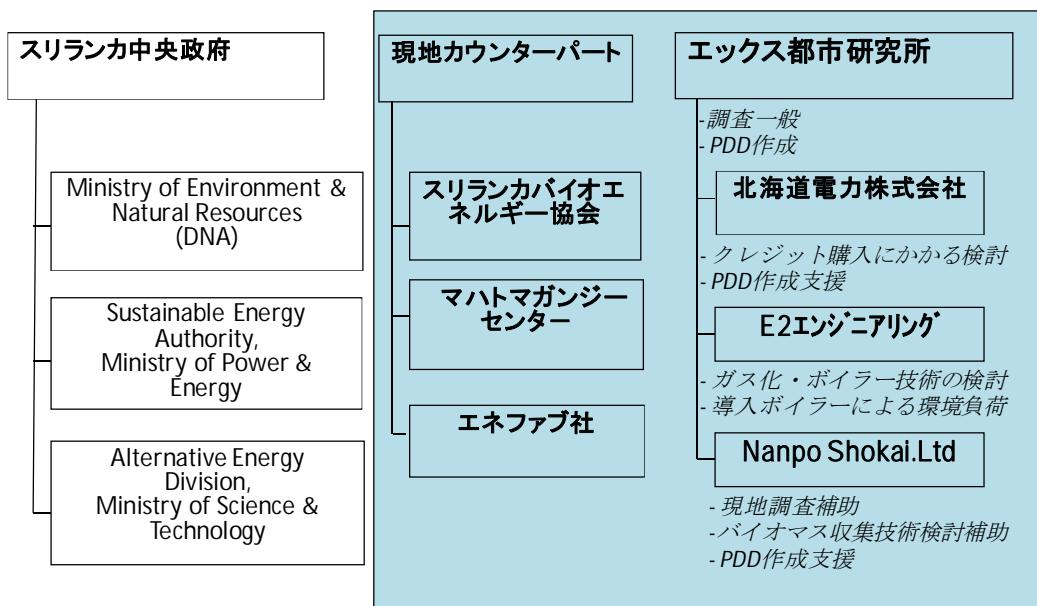
出典：2010年1月20日UNFCCC Website.

¹⁷ 2010年1月19日スリランカDNAヒアリングより。

第2章 調査内容

2.1. 調査実施体制

本調査における調査実施体制を下図に示す。



※網掛け枠内：調査チーム

図 2-1 調査実施体制

提案者以外の各団体の本調査における主な役割は下記の通りである。

2.1.1 日本サイド関係者

■ 北海道電力株式会社

本プロジェクトで発生する CER のポテンシャル購入者として、本調査では、現地調査協力、クレジット購入にかかる検討、PDD 作成支援を委託した。

■ (株)E2 エンジニアリング

エンジニアリング会社として、本プロジェクトによる新規設備（ガス化設備、ボイラー）導入にかかる技術検討、コベネフィット効果に関する技術検討（既存設備の環境負荷）等を委託した。

■ Nanpo Shokai Ltd.

タイに事務所を有する協力会社であり、農業に関する知見が深いことから、本調査においてはバイオマス栽培・収集に関する技術検討補助、現地調査補助、PDD 作成支援を委託した。

2.1.2 現地カウンターパート

- エネファブ社 (Ener Fab (Pvt)Ltd.)

グリシディアを燃料とするガス化施設のサプライヤーで、グリシディアチップ供給や、エスコサービスとしてのガス化設備の導入を行っている。本調査では、対象サイトの抽出・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 等を委託した。
- スリランカバイオエネルギー協会 (Bio Energy Association of Sri Lanka: BEASL)

現職の電力エネルギー省持続可能エネルギー局ディレクターや科学技術省代替エネルギー局ディレクター、民間企業であるエネファブ社、大学関係者等、産官学からの多様なメンバー約 60 名で構成される団体である。当該国におけるグリシディアをはじめとするバイオエネルギーの推進を活動目的としている。特定の民間事業主体に偏ることなく、中立的な立場でプログラム CDM を推進することが可能な機関であると判断し、CME として想定した。本調査では、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、現地基礎情報収集 等を委託した。
- マハトマガンジーセンター (Mahatma Gandhi Center)

農村地域開発や内戦後復興に資する活動の普及や住民への啓発活動を活動目的とする市民団体である。本調査では、具体的なグリシディア栽培サイトを抽出し、対象サイト、及び周辺におけるグリシディア栽培に関する住民の意識調査、住民への啓発支援、現地情報収集協力 等を委託した。

2.1.3 スリランカ中央政府

同国における CDM 制度、ホスト国レター取得手続きに関して、DNA である環境天然資源省と密に情報交換を行った。また、基本情報の収集や、ステークホルダーとしての意見を参考にするため、当該国における再生可能エネルギーの所管機関として、電力エネルギー省持続可能エネルギー局、及び科学技術省代替エネルギー局との情報交換を行った。

- 環境天然資源省 (Ministry of Environment and Natural Resources) [DNA]
- 電力エネルギー省 持続可能エネルギー局 (Ministry of Power and Energy, Sustainable Energy Authority)
- 科学技術省 代替エネルギー局 (Ministry of Science and Technology, Alternative Energy Division)

2.2. 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が多いことから、円滑、かつ効果的な CDM 事業化のための CDM のプロジェクト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、既に把握されてい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と推測しており、本調査にてグリシディア燃料調達のロジスティクスを再検討すると共にグリシディア調達量増加の方法論について考察を行った。

(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(ガス化設備、ボイラーエquipment)に関する技術検討 :

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、ボイラーエquipment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) プロジェクト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。

2.3. 調査内容

2.3.1. 現地調査スケジュール

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は下表の通りである。

表 2-1 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"> ● 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 ● ライオンビール社に加えて、2-3 箇所の 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 ● 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 30 km の範囲でチップ利用の候補サイト探索調査を開始
第 2 回 2009.10.11~19	<p>情報収集及びサイト選定のための関係者協議。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「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て、関係者間で討議・検討。課題と今後の方針に関する認識共有。 ● 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実施。 ● 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、並びに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。
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"> ● 原料調達に関する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。 ● 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。 ● 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。 ● 資金調達に関して、JICA、JICA の E-Friends Loan の現地側カウンターパートである Ministry of Enterprise Development & Investment Promotion 内の PMU (Project Management Unit)、市中金融機関 DFCC (DECC Vardhana Bank) 等から初期投資の調達に関する情報収集。 ● 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。 ● 2 月に実施するセミナー企画検討。
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。プロジェクト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"> ● 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

	<p>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討¹⁸（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"> ● CMEとして想定する BEASL の運営体制の検討 ● PDD 作成のための候補サイトに関して、ライオンビール社、及びコールドストア社からの追加必要資料の収集と進捗状況報告。 ● 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。 ● 2月実施セミナーの企画検討。
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"> ● 外注調査の進捗管理。 ● 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。 ● JICA、DNA への進捗報告、意見交換。 ● 環境省、金融機関への基礎情報収集。
第 6 回 2010.2.20~25	<p>提案するプログラム CDM を多くの関係者に周知し、第二フェーズ以降の候補サイト発掘に繋げることを目的として、2010 年 2 月 23 日 スリランカコロンボ市内にて、”Seminar on Programmatic CDM to Promote Conversion from Fossil Fuel to Biomass”を開催。セミナーでは、プロジェクト実施のメリットに加えて、原料調達、転換技術、資金調達、CDM 登録など、プロジェクトを実施する上で克服しなくてはならない課題についても専門家が解説を行った。参加者はスリランカ政府関係者、国際機関、民間企業から約 100 名、日本側からは、在スリランカ日本国大使館定本二等書記官、JICA スリランカ事務所 原所員、北海道電力(株)関係者 3 名様にご出席頂いた。また、セミナー参加者に対して本プロジェクトへの関心、参画の意向、セミナーの理解度についてアンケートを配布し、25 名から回答を得た。</p>

次項以降に「2.2.調査課題」で挙げた各課題について調査検討結果を記す。なお、課題 4 の「環境影響分析とコベネフィット評価」については、7 章に詳細を記すためここでは省略する。

2.3.2. 最適な候補サイトの選定（課題 1）

(1) 第一フェーズ¹⁹候補サイト

候補サイトの選定にあたっては、「2006 年度の化石燃料大口消費者一覧表（約 1,000 社）」と潜在顧客リスト（70 社）²⁰における企業に対して質問票を配付し、約 20 社から回答を得た。

その結果に基づいて、本プロジェクト第一フェーズにおけるサイトとして、本プログラム CDM、及びバイオマスへの燃料転換事業を実施することに高い関心を示した下記 3 サイトを候補サイトとして選定した。

¹⁸ グリシディア賦存量の推定作業計画の詳細は、後述を参照。

¹⁹ 時期区分を含む提案プログラム概要については、「1.1.3.(3) 提案プログラム CDM の概要」を参照。

²⁰ エネファブ社、BEASL にて潜在顧客と認識する企業。

(a) The Lion Brewery Ceylon Limited. (ライオンビール社)

スリランカ国内ビール市場の 85%のシェアを占める。工場（年産 45,000kL/y）はコロンボから 25km 東部の Biyagama に位置し、ボイラーフuelとして約 2,000kL/y の燃料油を使用している。2007 年の原油高を受けてバイオマスボイラーの導入を検討していたが、その後の原油価格の急落により、バイオマスボイラー導入の切迫度は低下しているが、今後の事業形態のリスク分散の一環として、また環境配慮型企業としての PR 効果の観点からも CDM プロジェクトを自ら実施することに強い関心を示している。

(b) Premium Exports Ceylon Limited. (ユニリーバ社)

同社はユニリーバ・グループのスリランカにおける製造拠点の一つであり、製茶で有名なヌワラエリヤ地域に位置する。同社での主力製品であるお茶パウダー製造の最終工程であるスプレー・ドライ設備にて使用する蒸気発生熱源のディーゼルからバイオマスへの転換に強い関心を示している。一方、本プロジェクト実施に伴う新たな投資、バイオマス原料確保等の課題に対応し、事業リスクを負うことは同社において大きな負担となることから、同社の事業は、エネファブ社によるエスコ事業としての実施を想定する。

現在、当該工場の製造工程で発生するバイオマス残渣を廃棄・もしくは近隣農家に無償配布しているが、バイオマス熱利用設備の導入時には、これを燃料の一部として利用することを想定している。

(c) Ceylon Cold Stores PLC (コールドストア社)

コングロマリットである Jhon keells 社の飲料部門を担当するグループ企業であり、スリランカでアイスクリームメーカーと飲料メーカーとして有名な “エレファン” ブランドを有する。炭酸水の二酸化炭素発生に必要な熱エネルギーなどに軽油を利用しておらず、これをバイオマス燃料で置き換えることを計画している。同社についても、新たな投資やバイオマス原料確保等が大きな負担となることから、投資、導入設備運転への関与に関しては積極的でない。

(2) 第二フェーズ以降の候補サイト

その他の候補サイトに対しては、第二フェーズ以降の候補サイトとして本プログラム CDM への参加を継続的に打診し、参加を希望する企業については第二フェーズ以降の CPA サイトとして追加する予定である。2010 年 2 月には、第二フェーズ以降の CPA 追加を念頭に、本プログラム CDM への参加を広く呼び掛けることを目的として、ポテンシャルサイトを主な対象としたセミナーを開催した。セミナーにおいてアンケート調査を行った結果、回収した 25 回答中 13 回答がポテンシャルサイトとなる化石燃料利用事業者であった。こ

これら 13 回答中 11 回答（非常に積極的+積極的）が燃料代替事業に対して積極的な意向を示し、また、同じく 12 回答が本プロジェクトへの参加に対して積極的な意向を示したことから、多くの事業者が燃料代替事業及び本プロジェクトへ関心を示していることがわかった。今後は、これらの事業者に対して個別に調査を行い、第二フェーズにおける候補サイトを選定することとする。

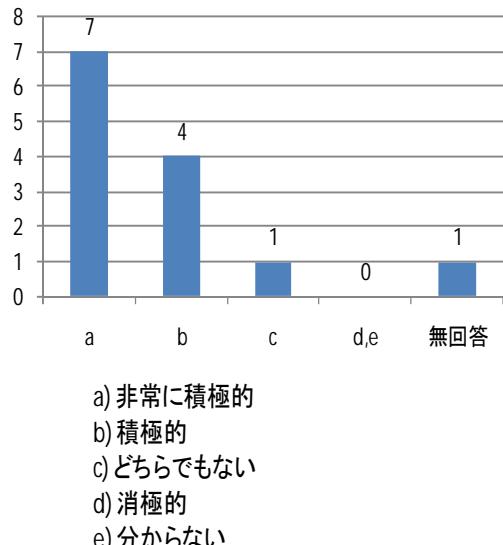


図 2- 2 燃料代替事業への取組意向

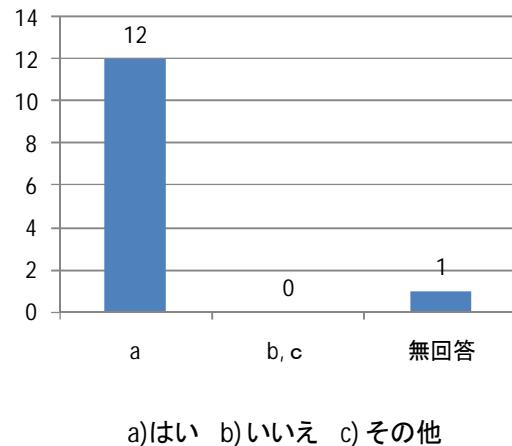


図 2- 3 本 CDM 事業への参加意向

2.3.3. グリシディア燃料調達のロジスティクス検討（課題 2）

本プロジェクトにおいては、化石燃料代替エネルギー熱源となる木質バイオマス資源の確保と調達に関するロジスティクスの確立が非常に重要であるため、原料となり得る木質バイオマスについて、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。

なお、グリシディア賦存量調査に関しては、(1)既存農園樹間での栽培、及び(2)生垣、風防林等、住民居住地域（民家）における利用、の 2 つの観点から調査を行った²¹。

(1) 既存農園における木質バイオマス供給ポテンシャルに関する調査

本項目では、スリランカ国内におけるグリシディア及びその他木質バイオマス資源の潜在供給力に関して、主要供給源と考えられる茶農園、胡椒栽培地における樹間栽培に基づく供給ポテンシャルについて試算を行った。

²¹ グリシディア概要、スリランカにおけるグリシディア利用に関しては、「1.5. グリシディアの特徴」を参照。

① 調査範囲の設定

本プロジェクトでは、第二フェーズ以降の CPA サイトとして他企業の継続的な参加と将来における燃料利用用途グリシディア需要の増加を想定しているため、試算を行う対象区域は主要産業地域で化石燃料の大口消費者（製造業者）が集中するコロンボを中心に半径 100km 圏内とした。調査範囲であるコロンボ市から 100km 圏内とは、南ではゴール市が 98km、東ではヌワラエリヤが 99km、北ではプットラム市が 99.6km の地点にあり、上記各都市とコロンボを結ぶ半円形の中に位置する各県と規定される。

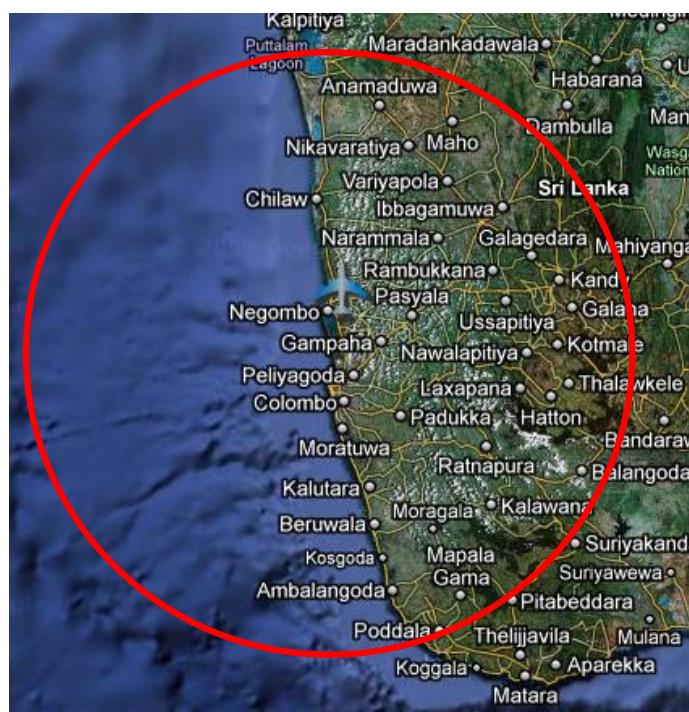


図 2- 4 コロンボ市から半径 100km 圏内

スリランカにおける行政区分は、州、県、郡（サブ・ディストリクト）、市・村である。本項目における調査では、スリランカ国内 24 県中、10 県が調査対象地域となる。

コロンボ県		
Colombo	Kolonnawa	kaduwela
Homagama	Seethawaka	Padukka
Maharagama	Kotte	Thimbirigasyaya
Dehiwala	Ratmalana	Moratuwa
Kesbewa		
カルタラ県		
Kalutara	Panadura	Bandaragama
Horana	Ingiriya	Bulathsinhala

Madurawela	Millaniya	Beruwala
Dodangoda	Mathugama	Agalawatta
Palindanuwara	Walallavita	
ガンパラ県		
Gampaha	Negombo	Katana
Divulapitiya	Mirigama	Minuwangoda
Wattala	Ja-Ela	Attanagalla
Dompe	Mahara	Kelaniya
Biyagama		
ゴール県		
Galle	Benthota	Balapitiya
Karandeniya	Elpitiya	Niyagama
Thawalama	Neluwa	Nagoda
Baddegama	Welivitiya-Divithura	Ambalangoda
Hikkaduwa	Bope-Poddala	Akmeemana
Yakkalamulla	Imaduwa	Habaraduwa
Gonapinuwala		
ラタナプラ県		
Balangoda	Eheliyagoda	Elapattha
Embilipitiya	Godakawela	Imbulpe
Kahawatta	Kalawana	Kiriella
Kolonna	Kuruvita	Nivithigala
Opanayaka	Pelmadulla	Ratnapura
Weligepola	Ayagama	
ヌワラエリヤ県		
Nuwara Eliya	Kothmale	Hanguranketha
Walapane	Ambagamuwa	
マータラ県		
Matale	Galewela	Dambulla
Naula	Pallepola	Yatawatta
Ambanganga Korale	Laggala-Pallegama	Wilgamuwa
Rattota	Ukuwela	
キャンディー県		
Kandy	Thumpane	Poojapitiya
Akurana	Pathadumbara	Panvila
Udadumbara	Minipe	Medadumbara
Kundasale	Harispattuwa	Hatharaliyadda
Yatinuwara	Udunuwara	Doluwa
Pathahewaheta	Delthota	Udapalatha
Ganga Ihala Korale	Pasbage Korale	
ケゴール県		
Kegalle	Rambukkana	Deraniyagala
Mawanella	Aranayaka	Galigamuwa
Warakapola	Ruwanwella	Bulathkohupitiya
Yatiyanthota	Dehiovita	
クルネガラ県		

Kurunegala	Giribawa	Galgamuwa
Ehetuwewa	Ambanpola	Kotavehera
Rasnayakapura	Nikaweratiya	Mahawa
Polpithigama	Ibbagamuwa	Ganewatta
Wariyapola	Kobeigane	Bingiriya
Panduwasnuwara	Katupotha	Bamunakotuwa
Maspotha	Mallawapitiya	Rideegama
Mawathagama	Kuliyapitiya East	Weerambugedara
Kuliyapitiya West	Udubaddawa	Pannala
Narammala	Alawwa	Polgahawela
プラットラム県		
Puttalam	Kalpitiya	Dankotuwa
Karuwalagaswewa	Chilaw	Pallama
Mundalama	Arachchikattuwa	Anamaduwa
Madampe	Nawagattegama	Mahakumbukkadawala
Mahawewa	Nattandiya	Wennappuwa
Vanathavilluwa		

② 調査方法

グリシディア及びその他関連作物の作付状況を把握するため以下の手法で調査を行った。作物作付・生産状況に関するデータに関して地方行政機関を含む関係省庁へ問合わせを行った結果、輸出農産物局（Department of Export Agriculture）、統計局等が商品作物については作付面積等のデータを保有していた。グリシディアについては、元来、単体で植栽されることが少ないとから、学術研究機関を含めデータを保有しているところが無かった。そのため、グリシディアの賦存量については県内主要商品作物である茶、ココナツ、胡椒の作付け面積と各農園における樹間作物としてのグリシディア栽培事例、周辺農家からの聞き取り調査から潜在供給量の試算を行った。

以下では、主要な農園作物である茶、ココナツ、胡椒の各作物に関する栽培状況の現状と、各農園における樹間作物としてのグリシディア及びその他木質バイオマスに関する潜在供給量の試算結果を整理する。

③ 茶農園における賦存量の推計

● 茶栽培概況

同国からの茶の輸出は 1995 年には全世界貿易量の 23% を占め、ケニアの 22% を抑え世界一となっている。中央高地の年間を通じての低温と降雨、さらには適度な湿度が高品質の茶の栽培に大きく寄与している。茶は直射日光のあたらない日陰を好むため、日陰を提供する様々な樹種と混載される場合が多く、スリランカにては喬木では *Albesia mollucana*、灌木ではグリシディア他が利用されている。

- 茶農園におけるグリシディア栽培

一般的なグリシディアのインタークロップ（樹間栽培）、またはコンパニオンプランツ²²としての植栽は 3.0m×3.0m の区画内に茶を栽培、同 4 隅に 1 本毎のグリシディアを栽培する方法が最も一般的な手法とされており、結果、1 エーカー（0.4ha）あたりの茶畠で約 400 本のグリシディアが栽培可能、または既に栽培されていることとなる（ただし、栽培条件は高度 1,500m が上限とされており、ヌワラエリヤ区を含む、同以上の標高の農園ではグリシディアは植栽されておらず *Caliandra callothurses* が一般的に植栽されている）。100km 圏内に位置する各地区毎の茶栽培面積と上記一般的な栽培事例に基づくグリシディアの賦存量を下記の通り試算した。

表 2-2 茶栽培面積とグリシディア栽培数

県名	茶栽培面積 (エーカー)	グリシディア栽培数 (千本)	グリシディア枝 発生量推定 (t/y)
コロンボ県	180	72	432
カルタラ県	17,719	7,088	42,526
ゴール県	63,333	25,333	151,999
ラタナプラ県	94,767	37,907	227,441
ヌワラエリヤ県	124,208	49,683	298,099
マータラ県	12,675	5,070	30,420
キャンディー県	55,842	22,337	134,021
合計	368,706	147,482	884,938

※ ファイアウッド栽培本数についてはエーカーあたり 400 本で試算

※ 木質バイオマス発生量については 1 本当り 6kg（水分含有率 20%）にて試算

※ ヌワラエリアにおけるバイオマスは *Caliandra callothurses*

※ 1 エーカー=0.4ha



茶畠のグリシディア(1)



茶畠のグリシディア(2)

²² コンパニオンプランツ（共栄作物）とは、近傍に栽培することで互いの成長により影響を与え共栄しあうとされる植物のこと。

④ 胡椒栽培地における賦存量の推計

スリランカ国内においては、マータラ、キャンディー、ケゴール、クルネガラ、ヌワラエリヤの各県で栽培されており総面積は 28,310 エーカーである。胡椒はココナツや茶のコンパニオンプランツとして栽培されることも多く、蔓性植物で支柱となる活木、枯木を必要とするため、活木支柱としてグリシディアが利用されることも多く、高級材であるチークも利用される。胡椒は一般的に 2.5m の間隔で栽培されるので、エーカーあたり 640 本の胡椒が栽培可能と試算される。

表 2-3 胡椒栽培面積とグリシディア栽培数

県名	胡椒栽培面積 (エーカー)	グリシディア栽培数 (千本)	グリシディア枝発生量推定 (t/y)
コロンボ県	247	148	889
カルタラ県	314	188	1,130
ガンパラ県	1,569	941	5,648
ゴール県	466	280	1,678
ラタナプラ県	3,114	1,868	11,210
ヌワラエリヤ県	925	555	3,330
マータラ県	6,020	3,612	21,672
キャンディー県	5,529	3,317	19,904
ケゴール県	2,761	1,657	9,940
クルネガラ県	3,071	1,843	11,056
プットラム県	0	0	0
バドゥラ県	2,510	1,506	9,036
モネラガラ県	1,784	1,070	6,422
合計	28,310	16,986	101,916

※ バドゥラ県、モネラガラ県はコロンボから 100km 圏外

※ グリシディア栽培本数についてはエーカーあたり 600 本で試算

※ 木質バイオマス発生量については 1 本当り 6kg (水分含有率 20%) にて試算

※ 1 エーカー=0.4ha

⑤ 結論

以上の結果より、コロンボ市 100km 圏内における主要商農園作物とのコンパニオンプランツとしてのグリシディア栽培が普及すれば、ココナツ農園に既に植栽されているグリシディアを算定に含まずとも、茶農園で 885 千 t/y、胡椒栽培地では 101 千 t/y、合計 986 千 t/y の木質バイオマスが確保されるという結果が得られた。

(2) 民家における木質バイオマス供給ポテンシャルに関する調査

(1)では、既存農園における樹間栽培に基づくグリシディア供給ポтенシャルの試算を行った。ここでは、生垣や風防林等、住民居住地域における小規模単位でのグリシディア利用に基づく賦存量及び栽培拡大の可能性を検討する。

① 対象地域と調査方法

スリランカ国内で農村レベルでのコミュニティ開発に実績を有するマハトマガンジーセンターの協力を得て、クルネガラ県パンナラ郡ワテガデラ村 (Wategadara) を調査対象として選定し、同村においてアンケート調査を実施した。

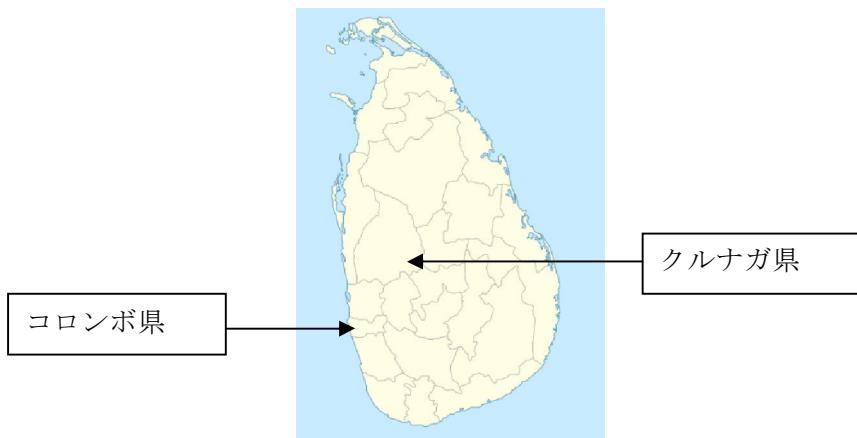


図 2-5 クルネガラ県位置

② 対象地域の概要

クルネガラ県は北西州に属する県の一つで主要都市であるコロンボ市の北東、北緯 7 度 0 分から 8 度 1 分、東経 79 度 50 から 80 度 10 分に位置しており、2001 年の人口統計は 28,401 人、人種別ではシンハラ 74%、シンハラ・イスラム 16%、タミル 8% 他となっている。

地勢は平均海拔 165m (同国の区分では低地)、気候区分では年間平均最高気温 31.8 度、同最低気温 22.9 度、年間平均降水量 2,000mm となっており、県内にドライ・ゾーンと中間ゾーン (同 1,750mm~2,500mm) に属する地区が混在している。ワテガデラ村は同県内における一般的な農村で、2001 年の統計では人口 1,023 人、人口増加率 0.9%、面積 3.1km² (774.6 エーカー) となっている。村の主な栽培作物は米、ココナツである。



ワテガデラ村 地図（左）と村内風景（ココナツ（後）とビートル（手前））



村内風景 水田（左）と苦瓜畑（右）

③ アンケート調査

- 概略

本プロジェクトにおける現地カウンターパートの一つであるマハトマガンジーセンターとともに村内 300 世帯を対象とした聞き取り調査を実施した。対象 300 世帯中、専業農家は 187 世帯で、所有農地 1.5 エーカー以下の小農が約 6 割を占めた。作物別統計では、稻作地は 133 エーカー、対象 300 世帯の半数が（稻作に）従事、ココナツは主要作物で栽培面積は 620 エーカーとなっているが、村人の保有地は小規模農園で 10 エーカーを超える大規模農園は都市部に居住する資本家が所有している。ビートルについては栽培地はごく僅かで 0.25 エーカーに過ぎず、栽培を行っている農家数も 25 世帯に留まっている。上記以外にも、キャッサバ、ジャックフルーツ、シトラス、カスター・アップル、パインアップル等が栽培されているが、いずれも小規模で自家消費用の栽培規模であった。

- グリシディア並びにバイオマス賦存量

村内におけるグリシディア植栽本数は約 108 千本であった。各農家におけるグリシディアの保有数は、約 25% の農家が 25 本以下、約 30% が 25-100 本である一方で、1,000 本以上のグリシディアを保有している農家もあった。一度でもグリシディアの販売を試みたことのある農家は全体の約 10% であり、グリシディアの販売マーケットがほぼ存在しないことが明らかとなった。植栽年数別では 1 年未満が約 42 千本と全体の 30% を占めており、6 年を超過するものは 15% 程度であった。

表 2-4 ワテガデラ村における樹齢別バイオマス発生量

樹齢	本数	割合 (%)	年間グリシディア枝発生量	
			単位当バ付マス量 (kg/本/y)	計 (t/y)
1 年未満	41,910	38.85	1.28	53.6
2-3 年	31,109	28.84	1.89	58.8
4-6 年	21,142	19.60	2.56	54.2
6 年以上	13,718	12.72	4.20	57.6
計	107,879	100.00		224.2

- バイオマス潜在供給量

グリシディアは植物特性上、経年に伴い 6 年目頃までは一本当たりの年間バイオマス発生量が増加していく。アンケート調査を実施した時点で約 108 千本のグリシディアの存在が確認されており、内 87% を占める本数については 6 年未満であることから、新規栽培を行う場合でも、毎年、平均 50% 程度ずつ発生量が増加、樹齢 1 年未満の木が 6 年に育成した時点で最高（供給量は 453t/y）と試算される。村内に未利用地はほとんど無いものの、ココナツ農園は 620 エーカーに上り、ここでもココナツ農園でのグリシディア栽培がバイオマス供給量を増加させる最大の可能性（エーカー当り 1,000 本で試算を行った場合、62 万本のグリシディアが栽培可能となり、ドライ・ベースで年間 3,720t/y のバイオマスを追加で確保できるものと試算される）を有しているといえる。



ワテガデラ村での村民との打合せ風景（写真左・左から 1 人目はマハトマガンジーセンター代表のモハメド・サリム博士）

④ 賦存量の推計

ワテガデラ村のアンケートの結果、グリシディアの保有数が 25 本以下である世帯は全体の 25% であり、多いところでは 1,000 本以上のグリシディアを保有する農家も存在した。一方、その他の農村地域で無作為に選び出した数件に対して行った聴き取り調査では、最も少ない世帯で 0 本、多いところで 100 本程度、最も多い回答は 15~20 本程度/戸であった。グリシディアの植栽本数は農業形態や栽培作物、気候等の地域性もあるため全国を対象に一律に推計を行うことは、不確定要素を多く含むため容易ではない。ここでは賦存量に対して安全側の推計とするため、世帯数のうち都市部は除外し、農村及び農園エリアの世帯を対象に 1 戸当たりの保有数を保守的な 15 本としグリシディア賦存量の推計を行った。その結果、民家のグリシディア賦存量はスリランカ全体で約 319 千 t/y という結果となった。

表 2-5 県別の民家におけるグリシディア賦存量推計値

県名	世帯数				グリシディア枝賦存量 (t/y)			
	都市部	農村	エステート	合計	都市部	農村	エステート	合計
1) コロンボから 100km 圏内								
コロンボ県	254,576	236,651	1,858	493,085	0	21,299	167	21,466
カルタラ県	22,018	219,320	9,601	250,939	0	19,739	864	20,603
ガンパラ県	64,254	422,722	208	487,184	0	38,045	19	38,064
ゴール県	21,256	207,441	4,330	233,027	0	18,670	390	19,059
ラタナプラ県	12,059	208,081	25,603	245,743	0	18,727	2,304	21,032
ヌワラエリヤ県	9,545	71,496	88,499	169,540	0	6,435	7,965	14,400
マータラ県	7,460	97,769	5,657	110,886	0	8,799	509	9,308
キャンディー県	31,683	244,976	23,211	299,870	0	22,048	2,089	24,137
ケゴール県	3,454	178,468	13,931	195,853	0	16,062	1,254	17,316
クルネガラ県	6,511	371,906	1,796	380,213	0	33,472	162	33,633
プットラム県	14,208	161,713	623	176,544	0	14,554	56	14,610
小計	447,024	2,420,543	175,317	3,042,884	0	217,849	15,779	233,628
2) コロンボから 100km 圏外								
マータラ県	13,176	159,718	4,719	177,613	0	14,375	425	14,799
ハンバントータ県	4,523	123,398	87	128,008	0	11,106	8	11,114
アンパラ県	25,115	112,626	-	137,741	0	10,136	0	10,136
アヌラダプラ県	11,030	178,427	242	189,699	0	16,058	22	16,080
ポロナルワ県	-	91,620	98	91,718	0	8,246	9	8,255
バドゥラ県	10,849	139,571	39,505	189,925	0	12,561	3,555	16,117
モネラガラ県	-	94,295	2,303	96,598	0	8,487	207	8,694
小計	64,693	899,655	46,954	1,011,302	0	80,969	4,226	85,195
合計	511,717	3,320,198	222,271	4,054,186	0	298,818	20,004	318,823

※ 世帯数 : Census of Population and Housing 2001 より

※ 栽培本数については 15 本/戸とし、木質バイオマス発生量については 1 本当たり 6kg (水分含有率 20%) にて試算



生垣に利用されるグリシディア



民家生垣のグリシディア

(3) 未利用地・低利用地でのグリシディア栽培の可能性

上記 2 項目では、既存農園及び民家において既に植栽されているグリシディアを念頭に、木質バイオマス供給ポテンシャルに関する検討を行い、潜在供給量の試算を行った。さらにここでは、ココナツ農園内の未利用地を含む、国内未利用地・低利用地におけるグリシディア栽培の可能性を検討した。グリシディアが乾燥に強く、土壤水分含有率が極めて低い土地において自生していることは同国の多くの文献で確認されている。またグリシディアの窒素分を多量に含む葉が落葉、土壤微生物の分解を経て表土に腐葉土を蓄積することから、グリシディア栽培後、数年のうちにグリシディアとのコンパニオンプランツとして他の食用作物の栽培が可能となることが報告されている。グリシディアの新規栽培について、ここではココナツ農園内の未利用地、及びそれ以外の未利用地、低利用地における可能性をそれぞれ以下に考察する。

① ココナツ農園における賦存量、及び新規栽培ポテンシャルの推計²³

● ココナツ概況

ココナツはスリランカにおける重要な農産品の一つであり、総輸出額 2.1%を占める。ココナツは実がココナツ・オイル、ココナツ・ミルク抽出原料となる他、殻は活性炭原料、バイオマス燃料として熱源利用、繊維はロープ他の製造原料として、さらにファイバー・ダストは土壤保湿材原料として利用されている。2010 年の時点でココナツの実は 1 個あたり約 20 ルピー、実以外の部分（ファイバー）は 1 個あたり 1.25 ルピーで取引されている（価格はいずれも農家販売価格）。

²³ ココナツ賦存量、栽培ポテンシャルの調査範囲は、(1)既存農園における木質バイオマス供給ポテンシャルに関する調査、と同じくコロンボ市から 100km 圏内の範囲である。

● ココナツ農園におけるグリシディア栽培

ココナツは他の商品作物に比して国内での作付け面積も大きく、複数の政府また学術研究機関がココナツのコンパニオンプランツとしてのグリシディア栽培による副次的なメリットに言及している他、ココナツ栽培局（Coconuts Cultivation Board）が補助金制度を設ける等、積極的に栽培を推進していることからもココナツ農園におけるグリシディア栽培面積の拡大は、グリシディアを原料とする木質バイオマス供給量を飛躍的に増加させる最大の潜在性を有している。スリランカ国内にはココナツは 3 つの品種があり、ココナツ栽培局の他、民間企業が育苗・苗木の販売を行っている（民間育苗場は許認可制）。育苗期間は播種後、約 1 年、その後、苗木を農園に移植する。移植後、4 年目以降から収穫できる（同期間中、インタークロップの作付けによる低利用地の利用可。作付けされている）。

● ココナツ農園におけるその他作物

作物の種類としては、グリシディアの他、パイナップル、カシューナッツ、胡椒、ビートル、バナナ等がある）樹齢 5-15 年のココナツは樹高が低く、その葉が地上面積の大部分を覆い隠すため、如何なる種類の作物もインタークロップとして栽培できない。16 年目頃から、（樹高が高くなり、樹間に日光が届くようになるため）再び樹間の低利用地の利用が可能となり、樹齢 50-60 年まで同様の土地利用が可能である。樹齢 50 年頃から植替えを始める。植替えはココナツ樹間への新規ココナツ植栽を行う方法が採用されており、植替え直前 4 年間は、少なくとも樹間の半分に相当する土地の利用が不可能となる（農園によつては、1 列置きにインタークロップを栽培することでインタークロップを裁断すること無く、新規ココナツへの植替えを行っているところもある。その場合には低利用地の利用割合は 50% まで低下する）。ココナツ農園におけるグリシディア栽培の可能性はココナツの植栽間隔が 7.8m×7.8m に 1 本とされていることから、1 エーカーあたりの植栽可能本数は約 1,000 と試算される。

樹齢 5-15 年のココナツではインタークロップが不可能であることから全栽培期間（5 年中）10 年、さらに植替え期 5 年（30%）はグリシディアの栽培は不可能であり、小規模農園の約半数で他のインタークロップが栽培されているものと推定、数値調整を行った結果、4,306 千 t/y の木質バイオマス潜在供給量を有すると試算された。

表 2-6 ココナツ栽培面積とグリシディア栽培ポテンシャル

県名	ココナツ栽培面積（エーカー）			グリシディア栽培ポテンシャル (千本)	グリシディア枝 発生量推定 (t/y)
	小規模	エステート	合計		
コロンボ県	16,959	1,047	18,006	18,006	108,036
カルタラ県	33,654	1,468	35,121	35,121	210,726
ガンパラ県	91,349	15,223	106,572	106,572	639,432
ゴール県	28,834	2,161	30,994	30,994	185,964
ラタナプラ県	0	0	0	0	0
ヌワラエリヤ県	0	0	0	0	0
マータラ県	20,552	4,898	25,450	25,450	152,700
キャンディー県	17,847	1,642	19,489	19,489	116,934
ケゴール県	35,941	2,139	38,080	38,080	228,480
クルネガラ県	236,382	93,697	330,079	330,079	1,980,474
プットラム県	71,469	42,422	113,891	113,891	683,346
合計	552,987	164,697	717,684	717,684	4,306,104

※ グリシディア栽培本数についてはエーカーあたり 1,000 本で試算

※ 木質バイオマス発生量については 1 本当り 6kg (水分含有率 20%) にて試算

※ 1 エーカー=0.4ha



ココナツ農園



ココナツ農園内のグリシディア栽培

② 未利用地・低利用地状況

下図は低利用農地、及び未利用低木地を主としたグリシディア栽培適地²⁴のスリランカ国内における分布状況を示している。BEASL の報告によると、これらの面積は 170 万 ha に及び²⁵、内陸部や、乾燥地という気象条件や土壤条件により他の農作物には耕作不適地が広く分布する南部地域に多く見られる。

²⁴ 耕作地、天然林や国立公園、その他の特別保全地を除く。

²⁵ Parakrama Jayasinghe (BEASL), 2006, The biomass energy sector in Sri Lanka success and constraints.



図 2-6 スリランカ国内低木地分布

出典：BEASL,2004, Regaining Sri Lanka with Bio Energy.

しかし、これらには雑木林も含まれると考えられることから、CDM 適用の観点から、より明確に現状が森林ではない未利用地に限定した県別面積を以下に示す。国内の土地利用状況について、政府が実施したものは 1980 年代に統計調査局の調査に基づき作成された国土利用図（10 万分の 1）が最新のものである。同国土利用図は 16 の利用区分に分割されるが、同 16 区分中、未利用地であり、かつ本プロジェクトにおいてグリシディア栽培の可能性があると認識されるのは放棄地、草地の 2 区分である。各区分ごとに圏内地区における土地分布状況は下記の通りとなっている。

これらの土地にグリシディア専用プランテーションを開発した場合のグリシディア栽培ポテンシャルは 1,984 千本、そこから得られる木質バイオマス発生量は 11,940 千 t/y と推計された。当然、グリシディア専用プランテーションの開発は、その採算性や土地の入手などの課題が伴うため、課題は多いと考えられるが木質バイオマス供給源としての潜在的可能性としては大きいといえる。

表 2-7 地域別土地被覆とグリシディア栽培ポテンシャル

県名	放棄農地 (ha)	草地 (ha)	計 (ha)	グリシディア 栽培ポテンシャル (千本)	グリシディア枝 発生量推定 (t/y)
コロンボ県	750	700	2,030	8,120	48,720
カルタラ県	14,840	80	15,570	62,280	373,680
ガンパラ県	120	200	1,060	4,240	25,440
ゴール県	16,320	910	18,190	72,760	436,560
ラタナプラ県	101,570	3,150	111,690	446,760	2,680,560
ヌワラエリヤ県	8,630	7,560	26,070	104,280	625,680
マータラ県	45,600	5,580	71,360	285,440	1,712,640
キャンディー県	28,280	6,010	46,400	185,600	1,113,600
ケゴール県	20	200	1,150	4,600	27,600
クルネガラ県	112,710	120	120,110	480,440	2,882,640
プットラム県	58,700	4,240	82,370	329,480	1,976,880
計	387,540	28,750	496,000	1,984,000	11,904,000

※ グリシディア栽培本数については 4,000 本/ha で試算

※ 木質バイオマス発生量については 1 本当り 6kg (水分含有率 20%) にて試算

他方、国連食糧農業機構 (Food and Agriculture Organization: 以下、FAO) の調査によれば、1990 年代にスリランカ国内の利用可能土地面積に関して国民 1 人あたり 0.36ha、またその内実際に使用可能な土地面積は 0.15ha との数値を公表している。同機構の土地利用に関する公表データは下記の通りである。

表 2-8 土地利用区分別面積

土地利用	面積 (ha)
利用済み(農業用地・都市区画内地)	2,635,000
森林、自然保護区	2,000,000
粗雑林、放棄農地 (低品質 茶栽培地、パタナ草 自生地他)	728,800
保全地 (貯水池、水路保護地、道路等)	585,300
傾斜地 (作物栽培不適合傾斜地)	380,000
荒廃地 (岩地、砂地、作物栽培不適合地等)	77,000
1500 メートル以上の高地	76,400
マンゴローブ林 並びに湖沼	70,000
合計	6,552,500

なお、FAO は人口増加に伴う利用可能地面積の縮小とともに伴う農地面積の減少に対して警鐘を鳴らしており、同報告書によると全農地の 46%が土壤浸食（表土流出）の危機に曝されており 61%に土壤肥沃度の著しい低下が認められる。このような土壤劣化が発生している土地においては、グリシディア栽培による土壤劣化防止効果が期待できる。

③ 結論及び CDM 適用への留意事項

未利用地、低利用地については地域・区画別も、土地利用層も多種多様であることから一括りにグリシディア栽培の可能性について言及することは困難であるが、面積としては広大であり、一部の土地を有効利用するだけでも相当量の木質バイオマスを確保できるものと推測される。

特にココナツ農園の未利用地に対するグリシディアの栽培ポテンシャルは約 400 万 t/y と高く、また、土地取得の問題などもないことから、全くの耕作不適地に対して新たにグリシディアプランテーションを開発するよりも、栽培拡大の実現性は十分に高いと考えられる。一方、CDM の観点からは、バイオマス供給のための未利用地への新たな植栽に関しては、「対象プロジェクト専用のバイオマス供給を目的として造成されたもの」でなくてはならず、既にココナツ農園として機能している土地の利用に関する DOE 及び CDM 理事会の判断が検討課題となる。

(4) 本プロジェクトに関する木質バイオマス需要と供給可能性検討

スリランカ国内において化石燃料の大口消費者上位に位置付けられるライオンビール社の燃料油消費量は年間約 1,850kL であり、同化石燃料をバイオマスに代替した場合のバイオマス必要量はドライ・ベース（含水率 20%）で約 7,000t/y となる。上記の通りコロンボから 100km 圏内の商品作物栽培地で既に存在するグリシディアからだけでも 986 千 t/y、民家における賦存量は安全側の推計でも 319 千 t/y（スリランカ全土）のバイオマス資源を確保できる計算となることに加えて、今後新規栽培が普及した場合には、ココナツ農園から 4,306 千 t/y（コロンボから 100km 圏内）のバイオマスが加算されることとなる。したがって、全土ベースでは今後さらに事業者が追加される場合においても、バイオマス資源の供給については必要十分なだけの潜在性を有すると考えられる。

(5) 第一フェーズ候補サイトにおける原料木質バイオマス調達可能性

本プロジェクトはプログラム CDM であり、PoA 並びに少なくとも 1 つ以上の CPA を登録し、その後適宜 CPA を追加していく予定である。ここでは第一フェーズにて CPA として参加が予定されるライオンビール社、ユニリーバ社、コールドストア社の各サイトにおいて必要となる原料木質バイオマス調達に関して情報収集及び考察を行った。

[候補サイト概要]

各候補企業における具体的なプロジェクト実施サイトは以下の通りである。

- ・ライオンビール社（西部州ガンパラ県 Kaduwela 郡）
- ・コールドストア社（西部州ガンパラ県 Ranala 郡）
- ・ユニリーバ社（中央州ヌワラエリヤ県 Kandapola 郡）

下記図 2-7 候補サイト所在地（1）に示すようにライオンビール社とコールドストア社は共に西部州ガンパラ県の 10km 圏内の地区に位置しており、同地域への原料調達可能性調査を実施することで 2 社への原料調達の可能性を模索できるものと判断した。



図 2-7 候補サイト所在地（1）

他方、ユニリーバ社については図 2-8 候補サイト所在地（2）に記載する通り、中央州ヌワラエリヤ県に工場を保有しているため、上記 2 社とは別に原料調達の可能性に関する調査を実施した。



図 2-8 候補サイト所在地（2）

- ① 西部州ガンパラ県候補サイトへの原料調達の可能性（ライオンビール社、コールドストア社）

原料調達範囲を候補サイト所在地から 30km 圏内とした場合、ガンパラ県全域、並びにカルタラ県、ケゴール県、コロンボ県の各県が対象区域となり、同県に含まれるサブ・ディストリクトは表 2-9 の通りとなる。

表 2-9 候補サイトから約 30km 圏内に位置するサブ・ディストリクト（郡）一覧
(ライオンビール社・コールドストア社)

カルタラ県		
Kalutara	Panadura	Bandaragama
Horana	Ingiriya	Bulathsinhala
Madurawela	Millaniya	Palindanuwara
ガンパラ県		
Gampaha	Negombo	Katana
Divulapitiya	Mirigama	Minuwangoda
Wattala	Ja-Ela	Attanagalla
Dompe	Mahara	Kelaniya
Biyagama		
ケゴール県		
Mawanella	Aranayaka	Galigamuwa
Dehiovita	Ruwanwella	Bulathkohupitiya
Yatiyanthota		
コロンボ県		
Hanwella	Padukka	Homagama

同城内には茶農園と胡椒栽培地が存在し、ほとんどの農園で支柱、日よけも目的のコンパニオンプランツとしてグリシディアが栽培されている。またグリシディア以外に樹皮を

剥いだ後のシナモンが木質燃料として十分利用できることから、シナモンも調達原料の対象に加えることとした。ココナツ農園については、木質バイオマス供給源として最大の潜在性を有しており、将来における原料バイオマス需要の増加を想定すると今後のバイオマス供給源としてココナツ農園でのグリシディア栽培の促進は必須であると考えられる。しかしながら、現時点ではココナツ農園内のグリシディア栽培は一般的には普及しているとはいえない状況のため、現状の賦存量推計においては、（生垣などで植栽されているものはあると思われるものの）安全側の推計とするためにココナツ農園内のグリシディア枝の発生量は推計に含まなかった。さらに、上記農園外に、域内民家や敷地の生垣等として植栽されているグリシディア枝の量については、これも安全側の推計するために平均 15 本/戸と少量を想定し、推計に含めた。これより、各地域ごとの現在の供給量は下記一覧表の通りである。下表より、候補サイトから 30km 圏内におけるグリシディア賦存量は茶農園からの供給量 28,996t/y、胡椒栽培地からの供給量 4,695 t/y、民家から 76,867 t/y の計 110,558 t/y となる。さらに域内にはシナモン起源のファイアウッドも 18,857 t/y 発生しており、これを加算すると、129,415 t/y と試算される。

**表 2-10 候補サイトから 30km 圏内のグリシディア枝 賦存量一覧
(ライオンビール社・コールドストア社)**

(単位 : t/y)

県名	茶	胡椒	民家	合計
カルタラ県	28,704	301	20,603	29,026
ガンパラ県	-	1,506	38,064	39,570
ケゴール県	-	2,651	17,316	19,967
コロンボ県	292	237	21,466	21,995
合計	28,996	4,695	76,867	110,558

※商品作物作付面積に関する統計資料（統計局作成）にスリランカ国内における各農園におけるグリシディアの慣行栽培方法に準じてグリシディア等の賦存量を試算

※茶農園、胡椒栽培地については、サイトから 30km 圏内の郡のみを含む。民家賦存量については、県に属するすべての郡における賦存量の値。民家に関する値は、表 2-5 参照。

さらに候補サイトから 30km 圏外となるが、同国南部地域はシナモンの一大産地であり、原料輸送距離を延長することにより、下記に記載する通りの木質バイオマスを原料として調達できる可能性がある。結果、同地域への原料供給の可能性に関しては、30km 圏内、賦存量からの調達ベースのみでも 129 千 t/y が確認され、また、同圏内にてココナツ農園へのグリシディア栽培が普及することにより 314 千 t/y の供給量増の可能性があると試算される。域外ではあるもの南部のシナモン廃材 78.5 千 t/y プラスアルファがバッファーとなり、域内の需給バランスが市場原理に即して自律的に調整されていくものと推察される。

表 2- 11 候補サイト 30km 圏外におけるシナモン調達可能量

県名	シナモン
ラタナプラ県	19,235 t/y
ゴール県	59,260 t/y
合計	78,495 t/y

[結論及び CDM 適用への留意事項]

本プロジェクト第一フェーズ候補サイトであるライオンビル社、及びコールドストア社の 2 社に関する燃料消費量、並びに代替時の消費量試算（現行、並びに拡張時）は表 2-12 に示す通りである。将来的に域内他企業にもエネルギー代替が普及することを考慮するとココナツ農園内への栽培の促進は必須であると認識される一方で、域内の特に大手化石燃料消費者が代替に躊躇している現時点では、必要十分な数量の原料を調達できるものと結論付ける。また、域内には幹線道路の他、各農村を繋ぐ道路網が発達しており、原料輸送上、問題となる要素は特に散見されない。

また詳細を「4.1.2. バイオマス利用に関する考慮事項」に示すように、バイオマスを燃料として利用する場合、CDM 理事会による「小規模バイオマスプロジェクトにおけるリーケージにかかる一般的ガイダンス(Ver 03)²⁶」に記載される事項を考慮しなくてはならない。

バイオマス残渣を燃料とするプロジェクトの場合、「バイオマスに関する他の用途との競合」を考慮する必要があり、「プロジェクトサイトから半径 50km 以内のバイオマス賦存量が、当該事業を含む地域内で利用されるバイオマス量に比べて少なくとも 25%以上の余剰があることが公的な数値で証明できる場合、リーケージを考慮しなくてよい」と記されている。スリランカには上記を証明する公的な情報が存在しないため、賦存量の推計については前述の通り、公的な統計データに基づく推計を行い、バイオマスの利活用状況については独自の聞き取り調査を行った結果、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が明らかとなった。

一方、表 2-12 より、必要バイオマス量の 9,026 t/y に対して、半径 50km より大幅に範囲の狭い半径 30km 圏内でも、その 12.2 倍の 110.6 千 t/y のバイオマス賦存量が推計されたことから、リーケージの考慮の必要はないと考えられる。

第一フェーズ候補サイトである両工場に対しては、グリシディアの新規栽培による燃料供給は予定していないが、さらに今後、同地域内で新たな候補地が多数出現した場合には、ココナツ農園内の未利用地においてグリシディアの新規栽培を行い原料調達を行うことが想定される。これについても、同ガイダンス中の「農地／草地からのバイオマス」のうち「プロジェクトが実施されなければ利用されない土地」に該当し、考慮すべき項目として「施肥に伴う排出量」及び「土地造成に伴う排出量」が挙げられている。一般的にグリ

²⁶ EB47 Annex 28

シディアの栽培には化学肥料の施肥は行われることではなく（逆に有機肥料として利用目的で植えられることが多い）、また、既にココナツの樹間の未利用地の利用であるため新たな造成も伴わないことから、考慮すべきリーケージは発生しないといえる。

表 2- 12 候補サイトにおける必要バイオマス量（ライオンビール社・コールドストア社）

企業名	化石燃料		代替原料消費量 (t/y)			30km 圏内供給可能量 (t/y)
	種別	消費量 (kL/y)	現行水準	拡張 (+20%)	拡張 (+50%)	
ライオンビール社	燃料油	1,850	7,030	8,436	10,545	
コールドストア社	軽油	449	1,996	2,395	2,994	
合計	-	-	9,026	10,831	13,539	110,558

② 中央州ヌワラエリヤ県候補サイトへの原料調達の可能性（ユニリーバ社）

原料調達範囲を候補サイトから 30km 圏内とした場合、ヌワラエリヤ県、キャンディー県、バドゥラ県の各県の一部が対象区域となり、同県に含まれるサブ・ディストリクトは概ね表 2-13 の通りとなる。

表 2- 13 候補サイトから約 30km 圏内に位置するサブ・ディストリクト(郡)一覧
(ユニリーバ社)

ヌワラエリヤ県		
Nuwara Eliya	Kothmale	Hanguranketha
Walapane	Ambagamuwa	
キャンディー県		
Delthota	Pasbage Korale	Pathahewaheta

同地域は中央高地に位置していることから、木質バイオマスの発生量は茶農園、次いで胡椒栽培地の順で多くなっている。茶農園における発生木質バイオマスはグリシディアの栽培条件、上限値（標高 1,500m 程度）付近、また以上では極端に少なくなり、代替として Caliandra が栽培されている。一方、中部州と同様に、民家の生垣や、庭先の賦存量は 54.7 千 t/y と推計された。

表 2-14 候補サイトから 30km 圏内のグリシディア 賦存量一覧 (ユニリーバ社)

(単位 : t/y)

郡 (SD) 名	茶農園	胡椒栽培地	民家	合計
ヌワラエリヤ県	201,217	888	14,400	216,505
Ambagamuwa	87,853	-	-	-
Hanguranketha	7,880	-	-	-
Kothmale	19,276	-	-	-
Nuwara Eliya	71,301	-	-	-
Walapane	14,907	-	-	-
キャンディー県	7,850	5,308	24,137	37,295
Delthota	6,691	-	-	-
Pathahewaheta	1,160	-	-	-
バドゥラ県	-	2,410	16,117	18,527
合計	209,067	8,606	54,654	272,327

※茶農園での発生バイオマスはグリシディアの他、*Caliandra* 種を含む

※茶農園、胡椒栽培地については、サイトから 30km 圏内の郡のみを含む。民家賦存量については、県に属するすべての郡における賦存量の値。民家に関する値は表 2-5 参照。

[結論及び CDM 適用への留意事項]

本プロジェクト第一フェーズ候補サイトであるユニリーバ社が現在熱源として利用している燃料油の消費量、並びにバイオマスへの代替を実施した場合の需要量を現行ベース、拡張時でそれぞれ試算を行うと下記の通りとなる。ユニリーバ社では現状では廃棄処理している加工プロセスで発生する茶残渣を代替燃料の 20%分、利用する予定である。したがって、グリシディア枝で残りを代替するための必要量は 7.6 千 t/y となる。これに対して、域内に存在する木質バイオマスのみで茶農園における発生分 209.0 千 t、胡椒栽培地 8.6 千 t、民家 54.7 千 t 合計で 272.3 千 t と試算され、候補サイトの必要量の 35.9 倍もの賦存量であることから、十分な量のバイオマスが存在しているものと結論付けられる。また、域内には幹線道路の他、各農村を繋ぐ道路網が発達しており、原料輸送上、問題となると思われる要素は特に散見されない。

表 2-15 候補サイトにおける必要バイオマス量 (ユニリーバ社)

企業名	化石燃料		自社発生 バイオマス使用率 (%)	代替原料消費量 (t/y)			30km 圏内 供給可能量 (t/y)
	種別	消費 (kL/y)		現行水準	拡張 (+20%)	拡張 (+50%)	
ユニリーバ社	燃料油	2,494	20	7,582	9,098	11,373	272,327

原料調達ロジスティクスの検討

エネファブ社が現行、スリランカ南部 2 県で行なっている原料調達オペレーションを踏まえ、本プロジェクトにおける木質バイオマス原料調達オペレーション・モデルとして、以下の 2 ケースが考えられる。

<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

<モデル 2>



農家は主製品であるグリシディア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

エネファブ社にて定期的に農家戸口から回収

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

上記モデル 1、モデル 2 の場合共、購入した木質バイオマスを集荷場にて約 1 ヶ月間保存、水分含有率 20%まで乾燥を行った後、原料供給契約を締結している同社顧客に対して出荷を行っている。また将来における需要増への対応としては下記表に記載する方法論を採用、確実に需要を賄えるだけの供給を確保できるとのことであった。

<今後の原料調達ステージ>

第 1 ステージ	既存集荷センターでの収集量を増加させる。=決済条件の改善（現金払制度導入）、農家戸口からの回収作業を含め既存センターへの収集範囲の拡大と域内回収可能農家数の増加
第 2 ステージ	新規収集センターの開設と（または）自社による剪定・収集作業の実施
第 3 ステージ	未利用地、低利用地、荒廃地への栽培促進 <ul style="list-style-type: none"> ● 要森林破壊防止策、モノ・カルチャー防止対策等、政府その他関係機関との協働による宣教活動 ● インタークロップ、コンパニオンプランツとしての栽培促進については村落単位での実証試験

本プログラム CDM 第一フェーズで対象とするライオンビール社の場合、年間バイオマス需要量は 7,000 t/y、一般的農村と認識されるワテガデラ村の賦存量が 450 t/y であったことから、ライオンビール社の場合では半径 30km 圏内で同様の農村を 25-30 箇所確保することにより安定供給を行う体制を構築できる。また雨季の長雨による所要乾燥日数の長期化を含む不慮の事態への対応も考慮の上、バイオマス熱源利用サイトにおける一定量の原料保管、代替供給地の確保等についても検討の必要があるが、ライオンビール社にてはこれまでの討議において、最低 1 ヶ月分の原料確保を計画、またエネファブ社が原料の調達に携わる場合には、同社の集荷センターの規模を拡大することで対応を行うとしている。

(6) グリシディア栽培推進上の課題（ココナツ農園におけるグリシディア栽培）

ココナツ農園におけるグリシディアの栽培については政府（ココナツ栽培局所管）が作付時、1エーカーあたり4,000ルピーの助成金を交付している。作付を行う予定の農家は予めココナツ栽培局の地方事務所に対して、グリシディアの栽培を行うことを前提とする助成金の申請を行い、植栽後、係員の検査を経て、助成金の交付を受けることができる。一方、これまでの現地側カウンターパートであるBEASLからはグリシディアはファイアウッドとして利用できる以外にも葉が飼料、堆肥原料としても利用でき、農家に大きな収入をもたらすとの説明を受けていたが、複数の地域にて農家からの聞き取り調査を実施した結果、現実にはそのような利活用が図られていない現状が浮き彫りとなった。具体的には、カカパリヤ地区では地域住民は小さいながらもココナツ農園を保有しているが、同農園内にグリシディアは1本も栽培されていないところがほとんどで、少数の農家を除き、グリシディアを栽培・活用するためには、外部の労働者を雇用する必要があり（労賃は1日500ルピー）、見合うだけの収入が約束されない限りは栽培を行う可能性は無いと回答する農家が多数あった。下記において、採算性の担保が栽培が普及に大きく影響するものと推測される。

また、「グリシディアは土地収奪性の高い植物である」と言った誤った認識を持つ農家も多く、更なる啓発活動が必要とされる。他方、一定規模以上のココナツ農園は都市部に居住する資本家が所有、概して保守的であると認識されており、採算性・植生の不透明さに加え、グリシディア栽培による副次的収益が十分に魅力的なものではない現況下で、大規模ココナツ農園におけるグリシディア栽培の推進には多くの課題を伴うと言わざるを得ない状況である。

表2-16 グリシディア栽培における経済メリットと費用

項目	期待利益	費用
栽培時	政府助成金4,000ルピー（エーカー当たり）	栽培のための諸作業。外部労働者を雇用する際には同労賃。
葉の堆肥利用	葉50kgの施肥で尿素窒素0.8kg、燐0.25kg、カリウム0.6kg、ドロマイト0.5kgを代替可能。	枝の剪定、穴堀り（ココナツ周辺）
茎の飼料利用*	牧草のみでの飼育に比して体重ベースで25%も良好な結果を得ることができる。	剪定作業を外注する場合は、労賃が発生。なお、スリランカにおいては宗教上の理由（屠殺に対する抵抗感）で家畜飼育を好みぬ農家が多いため、飼料利用にはごく限られた範囲に限定されるものと推測される。
枝の燃料利用	水分含有率20%で年間6kgのファイアウッドの収穫が可能。	剪定のための労働力投下が必要。労賃の支払いを前提とすると採算取れない。

- ※ 定植時の活着率は、複数の試験結果より3回の定植作業で平均92%とされている。
- ※ ココナツ・ファイバー、並びにダストの有機堆肥として利用はココナツ使用分以外にもグリシディアにも使用されるのが一般的である。
- ※ 飼料としてのグリシディア利用は、配合比で全飼料30%程度までとされており、グリシディア以外にも藁等の飼料原料の確保を行わなければ家畜は飼育できない。

2.3.4. CME 枠組みと PoA 実施体制（課題 3）

本調査の実施を通じ、当該国において CDM に深く関わり、かつ知見を有する幾つかのグループの存在が確認された。一つは政府の窓口である環境・天然資源省 気候変動局であり、一つは国家 CDM センターに指定されている Peradeniya 大学、Moratuwa 大学といった学術研究機関であり、別に非政府組織・非営利団体、最後のグループとして民間コンサルタントと 4 つに大別できた。政府系では Carbon Fund が 2008 年 4 月に設立されているが、調査を開始した 2009 年 8 月の時点で実質上機能しておらず、非政府系・非営利組織である BEASL を CME 第一候補として選定した。

BEASL には冒頭部にも記載する通り電力エネルギー省持続可能エネルギー局ディレクターが代表、科学技術省代替エネルギー局ディレクターが副代表を務めていることもあり、当該国における CDM 分野の情報はかなり集積されており、知名度も高く、国際・国内機関のセミナーを共催する等、活発に活動を行なっている。第一フェーズで重要な役割を担うエネファブ社も代表取締役がボード・メンバーとして参加しているほか、原料調達担当課長も個人会員として加盟しており、調査実施後 CME として最適であるとの判断に至った。

なお、同判断に至る経緯において、協会の運営・活動方針、特に情報管理に関して関係者間にて協議を行った結果、運営者については協会の透明性と公正の確保により一層努めることで合意、また協会の活動をより活性化するためにも会費徴収の強化等を協会にて検討・協議されることとなった。協会は会の趣旨を理解し、希望すれば誰でも参加できる比較的緩やかな団体であるため、参加している民間企業は業種によっては競業他社である。例えば設備販売企業同士はエネルギー転換を計画する各民間企業（製造業者）への販売に関しては、原料供給会社同士はエネルギー転換に伴う「熱源となり得る木質バイオマスの調達面」において買取上で競合してしまう。このため、BEASL が CME としての活動を通じて知り得た、また知り得るであろう情報の管理手法によっては会員の中に不平・不満を持つものも現れ兼ねないと懸念から同様の協議を行ったことを追記する。

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も、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計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る予定であるが、同社の場合、これまでにも記述してきた通り、設備の導入、保守保全から必要原料の調達、運転までを一括して受注している事例もあり、設置現場によっては同社の社員が 24 時間体制で常駐している。つまりエネファブ社の現行のオペレーションで管理している情報（原料の消費量、運転時間）をそのままモニタリングで必要となる情報として利用できるため、特に追加の費用が発生すること無く、モニタリングを実施できることとなる。

第二フェーズでは、同じく BEASL の会員であり、バイオマス・ボイラの最大手である

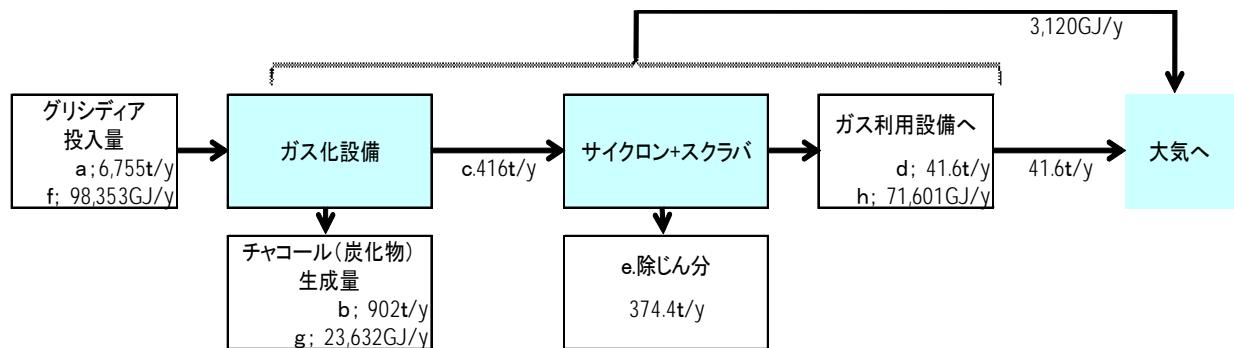
LALAN 社等が運営パートナーの候補と想定され、今後、多くの民間企業が運営パートナーとして本プログラム CDM に参画できる余地を残している。民間企業は従来通りの業務を行なうことで自社の収益改善、または顧客へのエネルギー転換を行なう上でのモチベーションアップに本プログラム CDM を活用できるものと大きな期待を寄せてきている。

2.3.5. バイオマス利用ガス化設備に関する技術検討（課題 5）

12月現地調査において、外注先の E2 エンジニアリングの同行の下、提案する設備の環境影響評価のためのサンプリングポイントの確認と、その導入改善手法等に関して技術的な検討を行った。また、発生する残渣の有効利用手法についても検討を行った。

同設備の構成及び仕様は、前述の図 1-4 及び表 1-3 に示すとおりである。同設備は、生成ガス発熱量として 1,050kcal/Nm³ 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。制御方法としては、ガス化炉内の温度及びガス流量である。

同設備の物質収支及び熱収支は、次図に示すとおり推算される。同図は、「7.1.コベネフィット評価項目に関する環境影響分析」した、ベースラインシナリオとしてライオンビル社へ年間発生熱量 71,601GJ/y (=年間使用燃料油(kL/y) × 使用燃料油比重(t/kL) × 単位使用燃料油熱量(GJ/t)=1850 × 0.958 × 40.4) を供給する条件に基づくものである。



【物質収支に係る条件設定】

a. グリシディア投入量: 7,030t/y(=ガス利用設備への熱量(GJ/y) ÷ 単位グリシディアガス化回収熱量(GJ/t) =
 $71,601 \div 10.185$)

b. チャコール(炭化物)生成量: $939t/y = a \times (100 - a\text{の含水率}(\%)) / 100$
 $\times \text{グリシディアの残留炭素分質量\%}/100 = 7,030 \times (100-20)/100 \times 16.7^{※1}/100$

c. ガス化設備出口量ばいじん量: $432t/y = a \times (100 - a\text{の含水率}(\%)) / 100 \times \text{グリシディアの灰分質量\%}/100$
 $= 7,030 \times (100-20)/100 \times 7.69^{※2}/100$

d. ガス利用設備へのばいじん量: $43.2t/y = c \times (1 - \text{サイクロン及びスクラバによる除じん割合}^{※3})$
 $= 432 \times (1-0.9^{※3})$

e. サイクロンによる除じん量及びスクラバ中SS分量: $388.8t/y (=c-d = 432-43.2)$

※1:「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2006 改訂版」の“木”的残留炭素分質量%

※2:グリシディアの近似分析による灰分質量%

※3:「産業廃棄物中間処理に関する研究(Ⅲ)木くず焼却処理施設」の“サイクロン”的集じん効率 0.85~0.95
 の中间値

【熱収支に係る条件設定】

f. グリシディア投入熱量: $102,357GJ/y (=a \times (100 - a\text{の含水率}(\%)) / 100$
 $\times \text{グリシディアの Gross energy (GJ/t)} = 7,030 \times (100-20)/100 \times 18.2^{※4})$

g. チャコール熱量: $24,602 GJ/y (=b \times \text{単位チャコール熱量(GJ/t)} = 939 \times 26.2^{※5})$

h. 大気への放熱量: $6,154 GJ/y (=f-g-\text{ガス利用設備への熱量(GJ/y)} = 102,357-24,602-71,601)$

※4:グリシディアの近似分析値 (4.35kcal/g \Rightarrow 18.2GJ/t)

※5:実測値

図 2-9 バイオマス利用ガス化設備の物質収支及び熱収支

上図から、回収燃料ガスの熱効率(冷ガス効率)は 70% ($=71,601/102,357 \times 100$) である。

ガス化設備の燃料ガス生成機能は、燃料ガス発熱量 (1,050kcal/Nm³ > 1,000kcal/ Nm³; ガスエンジン必要単位熱量) 及び、冷ガス効率(70%)からみて相応の性能を発揮しているが、以下の事項の確認・修正により、さらなるガス発熱量及び効率の向上の可能性がある。

- ア) 炉内空気流量が温度・滞留時間などの炉内条件を決定づける指標であるため、木質バイオマス炉内投入量(方法)に対する炉内空気流量の最適解の再確認
- イ) 投入木質バイオマスのサイズ上限値(Φ90 mm、L150 mm)の下方修正
- ウ) ガス化工程と燃焼工程の区分(費用対効果等の検証が必要)

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等)

木質バイオマスガス化設備の排ガス処理工程は、既述した図 1-4 のとおりサイクロン+スクラバにより対応しており、「燃料ガスをガスエンジンにて発電した後の排ガス」の環境項

目の測定結果は、次表に示すとおりである。

表 2-17 「発電した後の排ガス」の環境項目の測定結果

環境項目	単位	測定値（平均値）
O ₂	%Vol.	9.4
CO	ppmv	2,847
NOx	ppmv	986
SO ₂	ppmv	23
CO ₂	%Vol.	6.5

出典：本調査で実施した分析結果。

上表より、CO 濃度及び NOx 濃度が高いことから対策が必要といえる。CO 濃度が高い要因としては、燃焼ガス利用設備での燃焼が不完全であることが挙げられる。一方、NOx 濃度が高い要因は、空気過剰投入（空気比²⁷実測データ；1.85）による燃焼が挙げられる。

通常の不完全燃焼の要因として空気供給不足が挙げられるが、空気比実測データが 1.85 であることから、当該要因は該当しないといえる。本ケースでは逆に、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。このため、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。ただし、空気比を抑制し過ぎる場合には、空気供給量不足による不完全燃料から“すす”を発生させることがあるため、留意する必要がある。

この空気比抑制は NOx 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いえる。適正な空気比としては、完全燃焼及び燃焼のエネルギー効率を考慮した上で、通常 1.1-1.3 とされている（日本においては省エネルギー法において各工場での「ボイラーに関する目標空気比」を定めており、ベースラインシナリオとなるライオンビル社のボイラー設備規模での気体燃料利用の場合、1.15-1.25 とされている）。ちなみに、空気比を 1.85 から 1.2 にした場合に、NOx 濃度は、986ppmv から 232 ppmv に抑制されるものと試算される。

② 排水策（木質バイオマスガス化設備）

木質バイオマスガス化設備の排ガス処理工程にスクラバが設置されており、スクラバ排水は、スクリーンで固形物を選別回収後、循環利用している。この循環水の水質測定結果は、次表に示すとおりである。

²⁷ 燃焼に必要とされる理論的空気量に対する実際に供給する空気量の比を表わす。空気過剰係数ともいわれる。

表 2- 18 スクラバ循環水水質測定結果

環境項目	単位	測定値（平均値）
pH	-	7.79
T-SS	mg/L	120
BOD	mgO ₂ /L	150
COD	mgO ₂ /L	800
Ammoniacal Nitrogen	mg/L	11
Sulfide	mg/L	0.4
Phenolic compounds (as phenolic OH)	mg/L	ND
Cr	mg/L	ND
CN	mg/L	ND
F at 25°C	mg/L	0.7
As	mg/L	ND
Cd	mg/L	0.64
Cu	mg/L	ND
Fe	mg/L	0.4
Pb	mg/L	ND
Hg	mg/L	ND
Ni	mg/L	ND
Zn	mg/L	0.04
Se	mg/L	ND

出典：本調査で実施した分析結果。

上表より、COD 測定値が高いといえる。COD 測定値が高い要因としては、T-SS 測定値も高いため、SS 由来の COD がその一つとして挙げられる。このため、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体物

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。

2. 3. 6. プロジェクト実施のための資金調達検討（課題 6）

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。本プロジェクト事業化調査の過程で現地側カウンターパートであるエネファブ社（エスコ事業と

しても登録済み)とポテンシャルサイトの間でエスコ契約の交渉が進捗しており、同ポテンシャルサイトを具体的なプロジェクト実施を前提とした資金調達に関して検討を行う必要が生じている。

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。

また自社で設備導入を検討する化石燃料大量消費型製造業者については、スリランカでは貸出金利は2009年12月までは20%前後に高止まりしており、原油国際価格やスリランカ国内のエネルギー政策の不透明さと相まって設備投資意欲を冷え込ませる大きな要因となっていた。しかし、2010年1月、政府の決定により国立銀行を対象に金利が8%まで大幅に引き下げられた。これにより、資金調達面のハードルを下げる要素と考えられる反面、金利の引き下げ対象ではない民間銀行がこれに追従するとは限らない(影響は受けてもおそらく大幅な引き下げにはならない)ため、現在、金利に関しては不確定要素が伴う状況となっている。

本調査では、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。E-Friends Loan第一フェーズは、27億円、第二フェーズは50億円を原資としている。主な貸出条件は年利6.5%(中央銀行から市中金融機関への貸出金利)、最長2年間の返済猶予期間が設定されており、最大貸出額5千万ルピーである。これらについては、既に全て終了(使用済み)しており、今後は、これらの回収金を原資とするリボルビングファンドが運用される見込みであるが、本PoAで実施する事業に対するリボルビングファンドの利用可能性については、現時点では詳細情報が明らかとなっていないため、今後の動向を注視する必要がある。

● JICA E-Friends Loan 概要

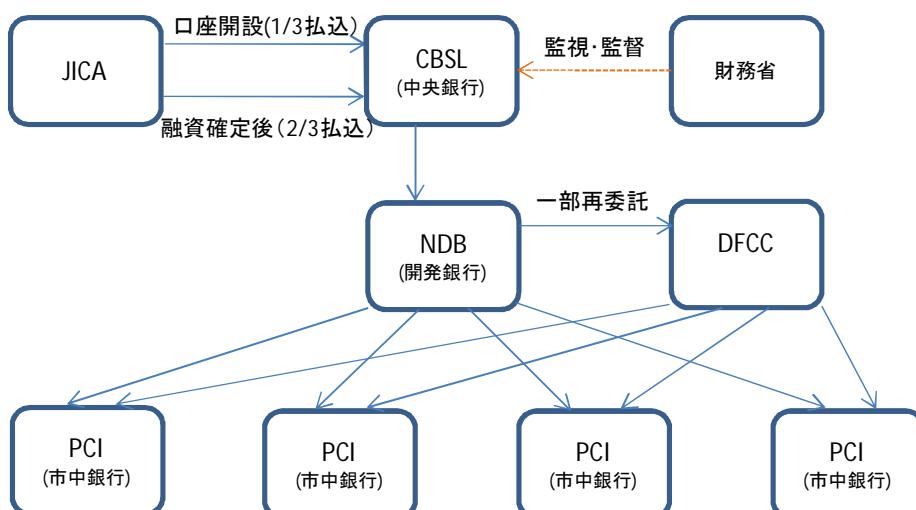


図2-10 E-Friends I ファンドの資金の流れ

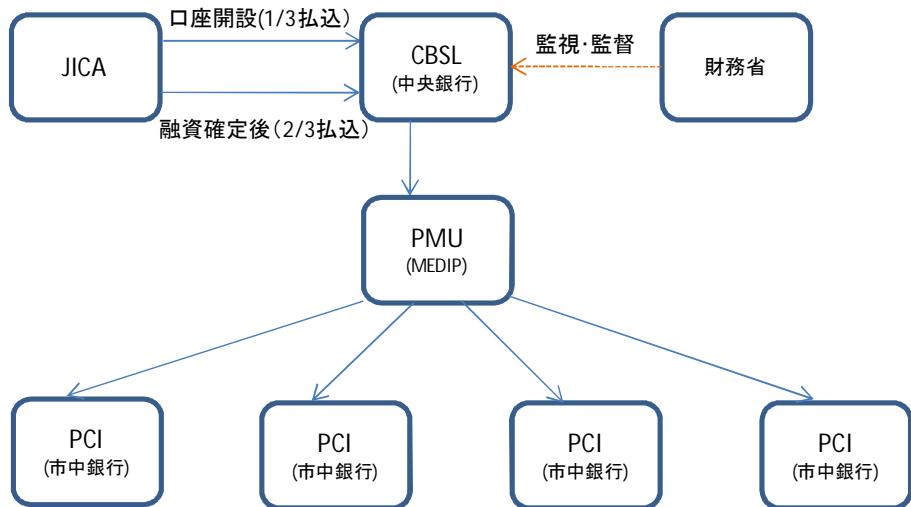


図 2- 11 E-Friends II ファンドの資金の流れ

第3章 プログラム CDM に関する一般事項

3.1. プログラム CDM に関する一般事項

プログラム活動（programme of activities; PoA）とは、企業または公的主体が自主的かつ調整して実施する、政策・措置は目標設定（例えばインセンティブ付与や自主的プログラム）による活動のことを言う²⁸。プログラム活動の中で実施される CDM プログラム活動（CDM program activities; CPAs）の数には制限がない。前述のように、本プロジェクトではプログラム CDM の枠組みを適用する²⁹。プログラム CDM に関する一般事項の概要は以下の通りである。

■ 登録料 [EB33,Meering Report]

PoAの登録料は、PoA登録申請時のCPA合計の年間排出削減量を基準として計算する。費用は調整または管理主体がCDM事務局に支払う。後から追加されるCPAについては、登録料を支払う必要はない。

■ 複数のベースライン方法論の適用 [EB47,Annex29]

PoAに含まれるCPAについては、1つまたは複数の承認済み方法論を組み合わせて適用することが可能。複数の方法論を組合せる場合、「複数の方法論のPoAへの適用に関する承認手順[EB47 Anx31]」によって承認されることが必要である。

■ 有効期間とクレジット期間 [EB47,Annex29]

① 有効期間：PoAの有効期間は28年（A/Rプロジェクトについては60年）を最長とし、PoAの登録申請時に、調整または管理主体によって決められていることが必要である。有効期間内であればいつでも、調整または管理主体がCPAをPoAに加えることが可能で、その際には、規定用紙を用いて、DOEを通じてCDM理事会に提出する。

② クレジット期間：CPAのクレジット期間は、最大7年間（A/Rプロジェクトについては最大20年間）で最大2回更新可能とするか、最大10年間（A/Rプロジェクトについては最大30年）で更新なしのいずれかとする。ただし、追加された時期に関わらず、CPAのクレジット期間はPoAの最終日までに限られる。

■ 義務的な政策・規制にかかる条件 [EB47,Annex29]

PoAは、地方・地域・国家の政策・規制に関する全てのCDM理事会の最新ガイダンスに従うことが必要である。義務的な地方・地域・国家の政策・規制に関するPoAは、それらの政策・規制が体系的に執行されていなければプログラムCDMとして承認可能である。執行されている場合、PoAは義務的に要求されるレベルを超える影響を与えること

²⁸ 単一のCDMプロジェクト活動としての活動プログラム（PoA）の登録、及びPoAにかかる認定排出削減量（CERs）の発行のための手続,Ver.03 （EB47,Annex29）

²⁹ プログラム CDM の基本的枠組み及び本プロジェクトにおけるプログラム CDM の意義については、「1.1.3. プログラム CDM の適用」参照。

が必要である。

- バウンダリー [EB47,Annex29]

PoA の物理的なバウンダリーは、複数の国にまたがることが可能である。ただし、その場合には、バウンダリーに含まれる全ての国（非附属書 I 国のホスト国）がPoA、及びCPA が当該国の持続可能な開発の実現に貢献することが確認されなくてはならない。

- 追加性の証明 [EB47,Annex29]

PoAの中のそれぞれのCPAについて、排出削減または吸収増大の追加性を証明することが必要である。

- 方法論改訂への対応 [EB47,Annex29]

承認済み方法論が統合化以外の目的で利用停止または撤廃された場合、当該方法論を適用して新しいCPAをPoAに追加することはできない。当該方法論が改定または統合方法論によって代替された場合、PoAもそれにしたがって改定し、変更点についてDOE の有効化審査を受け、CDM理事会に承認される必要がある。CDM理事会の承認以降に追加されるCPAは、新しいPoAに沿っていることが必要で、方法論が利用停止される前に含められたCPAについては、クレジット期間の更新時には新しいPoAに沿うことが必要である。

- モニタリング [EB47,Annex29]

モニタリングは、承認済みのベースライン・モニタリング方法論に基づく必要がある。

- ダブルカウントの回避 [EB32,Annex38]

PoAの調整主体は、PoAに含まれる全てのCPAが個別のCDMプロジェクトとして登録されていたり、他のPoAに含まれていたりしないことを確認するための措置を特定しなくてはならず、これらの措置はDOEによって有効化審査及び検証される。

- 調整または管理主体 (CME) [EB47,Annex29]

PoAは、CMEが提案することが必要である。それらの主体は関係締約国のDNAからプロジェクト参加のための承認(authorization) を受けており、また関係主体間の連絡方法（「プロジェクト参加者とCDM理事会との連絡手順(MoC: Modalities of Communication)」[Glossary of CDM terms Ver5, p21]）に基づいて、CERの分配に関する事項を含むCDM理事会との連絡手順についても特定していることが必要である。個別CPAの運営者はプロジェクト参加者になる必要はなく、CDMプログラム参加者は、PoA レベルで登録されるのみである。

3.2. PoA-DD に記載すべき事項

PoA-DD に記述すべき事項³⁰は以下の通りである。

- CME、ホスト締約国、及びPoA参加者の特定。
- 当該PoAに含まれる全CPAが実施される地理的範囲（例えば、市域・国内の地域・国域・複数国など）にかかるPoAのバウンダリーの定義。ベースラインの決定に当たっては、選定したバウンダリー内におけるすべての適用可能な国家的・分野別の政策及び規制を反映する点を考慮に入る。
- 当該PoAが促進を図る政策・手法又は明示的目標の記述。
- 提案される当該PoAが調整管理組織による自主的（voluntary）な行動であることの確認。
- CDMが無ければ、(i) 提案された自主的(voluntary)な手法が実施されないであろうこと、(ii) 当該国・地域において強制的な政策・規制が体系的に履行されておらず、広範囲にその義務が遵守されていないこと、又は(iii) 当該PoAによって既存の強制的な政策・規制の履行レベルの向上に資することの内いずれかの証明。これは、当該PoA全体の追加性の証明となる。
- 当該PoAに含まれることとなる典型的なCPAの記述。利用する技術・手法、承認ベースライン・モニタリング方法論（又は複数の承認方法論の組合せ³¹）の選択の根拠、承認ベースライン・モニタリング方法論の適用について、言及する。
- CPAとしてプロジェクト活動を当該PoA下に追加するための適格性基準の定義。これには、必要に応じて、当該CPAの追加性証明の基準、及びその適格性を確保するための各CPAが提供しなければならない情報の種類・範囲（例えば、基準、指標、変数、パラメーター、計測結果など）を含めなければならない。
- 当該PoAの開始日及び期間。28年（A/Rの場合は60年）を超えてはならない。
- 当該PoA実施のために調整管理組織が定める運用管理規定の記述。これには、当該PoA下の各CPAの記録保存システム、既にCDMプロジェクトとして登録されているか別のPoAのCPAとして登録されているものを新規のCPAとして追加することを回避するための二重算入回避のシステム・手順、及びそのCPAの運営者がその活動がPoAに組み込まれることを認識し、同意していることを確認する規定を含むものとする。
- 承認モニタリング方法論にしたがって作成される各CPAのモニタリング計画の記述、並びに各CPAが適用・モニタリングしなければならないモニタリング規定及びデータパラメーターの特定。

³⁰ 「Procedures for registration of a Programme of Activities as a single CDM project activity and issuance of Certified Emission Reductions for a Programme of Activities – ver.3」（EB47, Annex 29）の段落4に基づく。

³¹ 複数方法論の組合せは、「複数方法論のPoAへの適用の承認のための手続」にしたがって承認される場合のみ、認められる。承認方法論の組合せを適用する場合は、この組合せをすべてのCPAに対して、矛盾のない形で適用しなければならない。

- 調整管理組織が全CPAの検証を望まない場合、当該PoA下のCPAによる温室効果ガス（GHG）の人為的排出削減量又は吸収除去量を検証するためにDOEが用いることとなる、提案されている統計的に適切なサンプリング手法・手順の記述³²。
- CDM実施手順（CDM modalities and procedures）の要件にしたがった、当該PoAの環境分析。この分析が当該PoAのために実施されたのではなく、CPAレベルで行われたのであれば、その旨をCDM-POA-DD及びCDM-CPA-DDに記述し、反映しておかねばならない。
- 現地利害関係者によるコメントを当該PoA全体に関して受け付けた場合、必要に応じて、現地利害関係者によるコメントをどのように受け付けたか、その受け付けたコメントの要約、及びその受け付けたコメントへの適切な配慮をいかに行つたかに関する情報。このようなコメントがCPAレベルで求められる場合には、その旨をCDM-POA-DD及びCDM-CPA-DDに記述し、反映しなければならない。
- 公的資金が用いられる場合、当該PoAの実施は、政府開発援助（ODA）の流用でないことの確認。

3.3. CPA-DD に記載すべき事項

CPA-DD に記述すべき事項³³は以下の通りである³⁴。

- 特定するための地理的表現情報あるいは他の手段³⁵、当該CPAの運営に責任を有する組織・個人の名前及び連絡先詳細。
- ホスト締約国。
- 当該CPAのクレジット獲得期間の開始日、タイプ（固定か更新可能か）、及びその長さ。CPAクレジット獲得期間の開始日は登録済みPoAへの追加日かそれ以降でなければならないこと、並びにクレジット獲得期間の長さは当該PoAの終了日を越えてはならないことを考慮する。
- いずれのCPAの開始日も、当該PoAの有効化審査の開始（すなわち、当該CDM-POA-DDが世界中の利害関係者協議のために初めて公表される日）以前とはならないことの確認。
- 各CPAが以下の点に関する要件を満たす方法を示すことに利用するために当該PoAで要求されている情報。

³² CDM 理事会は、統計的に適切な検証技術・手法にかかる基準を含むガイドラインを策定する予定である。このガイドラインが採択する前に単一 CDM プロジェクト活動として登録する可能性のあるプログラムが、検証の時点でこの基準を満たす必要があることを、プロジェクト開発者は留意しておくことが求められる。

³³ 「Procedures for registration of a Programme of Activities as a single CDM project activity and issuance of Certified Emission Reductions for a Programme of Activities – ver.3」（EB47, Annex 29）の段落 4に基づく。

³⁴ 「Procedures for registration of a Programme of Activities as a single CDM project activity and issuance of Certified Emission Reductions for a Programme of Activities – ver.3」（EB47, Annex 29）の段落 5に基づく。

³⁵ 例えば、物理的に固定された CPA の場合は地理的表現情報を、物理的に移動する複数の CPA の場合は登録数や GPS 装置等により算出される平均値を利用する。

- (i) CDM-POA-DDで特定されている適格性基準（必要に応じて、当該CPAの追加性の証明も含む）を満たすこと。
 - (ii) ベースライン排出量、及び排出源における温室効果ガスの排出削減推計量あるいは吸収源における温室効果ガスの除去量の計算。
- CDM-POA-DDに反映されるべき当該PoA全体に対する環境分析が実施されない場合、CDM実施手順の要件に基づいた環境分析。
 - CDM-POA-DDに反映されるべき当該PoA全体に対する利害関係者コメントが収集されない場合、規定通りに、現地利害関係者からのコメントをどのように募集したか、それにより受領したコメントの要旨、及び受領したコメントをどのようにして適切に考慮したかに関する情報。
 - 当該CPAがCDMプロジェクト活動として登録されていないこと、かつ他の登録済みPoAに含まれていないことの確認。

3.4. プログラム CDM の現状と課題

新しいCDMのスキームであるプログラムCDMは、初案件が2009年7月に登録され、表3-1に示す通り、2010年3月1日現在の登録事業は2件のみとなっている。有効化審査中の案件数は2009年に飛躍的に増大し、44件となっている。

表 3- 1 プログラム CDM 登録案件

登録日	プロジェクト名	ホスト国	投資国	方法論	温室効果ガス削減量 (Mt CO ₂ / y)
2009.7.31	CUIDEMOS Mexico - メキシコにおけるエネルギー効率利用	メキシコ	イギリス	AMS-II.C. (ver.9)	520,365
2009.10.29	Sadia Institute 社による 3S プログラムにおける家畜廃液管理システム (AWMS) メタン回収	ブラジル	イギリス	AMS-III.D. (ver.13)	591,418

出典：UNFCCC Website.

表 3- 2 訂正要求中案件

見直し決定	プロジェクト名	ホスト国	投資国	方法論	温室効果ガス削減量 (Mt CO ₂ / y)
EB53	ウガンダにおける都市廃棄物コンポスト化プログラム	ウガンダ	-	AMS-III.F. (ver. 6)	83,700

出典：UNFCCC Website.

第4章 ベースラインシナリオ

4.1. ベースライン方法論

4.1.1. 方法論の適用条件

本プロジェクトは小規模方法論 I.C. (Ver 16) を適用する。当該方法論の適用対象となるプロジェクトの適用条件と本プロジェクトの適合性を下表に示す（本プロジェクトに関連部分のみ抜粋）。

表 4-1 小規模方法論 I.C. (Ver 16) の適用条件と適合性

適用条件	適合性
(1) 家庭又は利用者に、化石燃料に替えて熱エネルギーを供給する再生可能エネルギー技術が対象であり、バイオマス燃料を産業熱利用設備で利用する本プロジェクトに適用可能である。 <ul style="list-style-type: none">- 太陽熱温水乾燥機、太陽熱調理器、温水暖房、暖房、乾燥利用のための再生可能バイオマス起源エネルギー- その他化石燃料を代替する熱エネルギー供給を行う技術。- バイオマス利用に基づいたコジェネレーションシステム（熱と電力の両方を生成）についても当該方法論の対象に含まれる	本プロジェクトはバイオマスエネルギーを用いた化石燃料代替プロジェクトであるため適合する。
(2) 導入/表示 (installed/rated) される熱生産容量の総計は45MW th以下でなければならない。	本プロジェクトで想定する対象工場は 0.1MW から最大でも 14MW 程度(拡張後のライオンビル社工場)の規模が想定され、同基準を満たす
(3) 混合燃焼システム ³⁶ の場合、プロジェクトの影響を受ける全システムの導入容量（化石燃料利用と再生可能エネルギー利用の総計）は、45MWthを超えてはならない。	エスコ事業の場合には、要求された契約手続きを締結することにより適合する。
(4) 事業活動によって生産された電力、及び/又は蒸気（又は熱）が他の設備（又はプロジェクトバウンダリー内の施設へ移動される）場合、エネルギー供給者と利用者の間で、エネルギーを生産する事業主体のみが同エネルギー代替により発生する排出削減量をクレームできることを明記した契約締結が必要となる。	

4.1.2. バイオマス利用に関する考慮事項

(1) 再生可能バイオマスの定義[EB23, Annex18]

再生可能なバイオマスは以下のように定義され、条件に該当する場合、そのバイオマスは再生可能であるとされ、該当しないものは非再生可能とされる。

³⁶ 混合燃焼システムでは、化石燃料と再生可能燃料の両方を利用するものとする。

表 4-2 再生可能バイオマス定義

1.バイオマスが右記条件を満たす森林地から生じる場合	<ul style="list-style-type: none"> 森林のままである土地であり、かつ 特にその土地の炭素蓄積のレベルが時とともに系統的に減少しない (炭素蓄積が収穫によって一時的に減少する場合は該当しない)ことを確保するために、持続可能な管理が行われている土地であり、かつ 国家的・地域的な林業及び自然保護に関する規制が定められている土地
2.バイオマスが <u>木質バイオマス</u> であり、かつ右記の条件を満たす耕作地・草地から生じる場合	<ul style="list-style-type: none"> 耕作地・草地のままである土地であるか、または森林に再転換された土地であり、かつ 特にその土地の炭素蓄積のレベルが時とともに系統的に減少しない (炭素蓄積が収穫によって一時的に減少する場合は該当しない)ことを確保するために、持続可能な管理が行われている土地であり、かつ 国家的・地域的な林業、農業及び自然保護に関する規制が定められている土地
3.バイオマスが <u>非木質バイオマス</u> であり、かつ右記の条件を満たす耕作地・草地から生じる場合	<ul style="list-style-type: none"> 耕作地・草地のままである土地であるか、または森林に再転換された土地であり、かつ 特にその土地の炭素蓄積のレベルが時とともに系統的に減少しない (炭素蓄積が収穫によって一時的に減少する場合は該当しない)ことを確保するために、持続可能な管理が行われている土地であり、かつ 国家的・地域的な林業、農業及び自然保護に関する規制が定められている土地
4.バイオマスがバイオマス残渣であり、プロジェクト活動における当該バイオマス残渣の利用が、その発生地域における炭素プール（特に枯死木、落葉落枝、または土壤有機炭素）の減少を起さない場合。例えば、CDMプロジェクトがない場合に投棄・放置され腐敗していた砂糖製造から発生するバガスが、CDMプロジェクトの下ではエネルギー利用される場合、バガスの利用は実際のサトウキビ栽培に影響を及ぼさず、したがってそれぞれの土壤における炭素プールに影響はない。しかし、CDMプロジェクトがなければ収集されなかつた森林の枯死木を、CDMプロジェクトでは収集する場合には、炭素蓄積が減少する結果になるため、収集されたバイオマスは再生可能とはみなされない。	
5.バイオマスが産業廃棄物または都市廃棄物の非化石起源のものである場合	

⇒ 本プロジェクトへの適用

本プロジェクトにおいて対象とする、新規栽培、バイオマス残渣の両者の利用についてそれぞれ、2及び4に該当する。したがって、本プロジェクトにおいて利用するバイオマスは再生可能バイオマスである。

● 新規栽培：

本プロジェクトで想定する新規植栽は下記の条件を想定していることから、2に示される3つの条件を満たすため、再生可能なバイオマスと結論付けられる。

- 新たにバイオマスの植栽を想定する土地は、ココナツ農園の樹間の未利用地、及び、耕作不適地（乾燥地／荒廃地）であるため、同条件を満たす。

- 植栽を想定するバイオマスは、早生樹であり幹のある地点から枝分かれし、その枝が数ヶ月の間に2-3mまで成長し、その枝部分を定期的に収穫するものであるため、「土地の炭素蓄積のレベル」は変化しない。
- 対象とする土地は、ココナツ農園等の農地の中の未利用地、あるいは、林業・農業として規制が定められていながら利用が図られていない土地を想定する。

● バイオマス残渣：

本プロジェクトで主に対象とするバイオマス燃料はグリシディア枝であり、現在は、茶農園、胡椒栽培地、ココナツ農園の一部にて日陰用、生垣、コンパニオンプラン特のため植栽され、定期的に剪定されるが、その枝部分はほとんど用いられずに農地、もしくは農家の裏庭に放置され、長時間かけて分解処理されているものである。シナモンなど、他のバイオマスについても基本的には同様の処理が行われていると推定される。したがって、本プロジェクトで使用するバイオマスは「バイオマス残渣であり、プロジェクト活動における当該バイオマス残渣の利用が、その発生地域における炭素プール（特に枯死木、落葉落枝、または土壤有機炭素）の減少を起こさない」に該当するため、再生可能なバイオマスであるといえる。

(2) 小規模方法論 I.C. の PoA 下のプロジェクトに対する特記事項

小規模方法論 I.C. (Ver 16)において、当該方法論をPoAにおいて利用するためには、さらにいくつかの条件を満たさなければならないことが定められている。小規模方法論I.C. (Ver 16)に示されているPoAのための追加条件のうち、本プロジェクトに関連する条件は、以下の2項目である

表 4- 3 小規模方法論 I.C. (Ver 16) における PoA への追加条件（関連部分）

①バイオマス調達方法	バイオマスプロジェクトの事例において、本方法論は、バイオマス残渣のみを利用するプロジェクト、あるいはAM0042 の適用条件を満たす専用プランテーションから調達するバイオマスを利用するプロジェクトに対して、適用できる。
②バイオマス利用リーケージ	バイオマスプロジェクトの事例において、リーケージは、小規模バイオマスプロジェクトにおけるリーケージにかかる一般的ガイダンス (appendix Bのattachment C)、あるいはAM0042 のリーケージの項目に含まれる記載事項にしたがい、決定される。

1) バイオマス調達方法に関する適用条件 (AM0042)

上記の通り、バイオマスプロジェクトの事例においては、バイオマス残渣のみを利用するプロジェクト、あるいはAM0042の適用条件を満たす専用プランテーションから調達するバイオマスを利用するプロジェクトに対して適用できる。AM0042におけるバイオマス栽培に関する適用条件は以下の通りである。

表 4-3 AM0042 の適用条件（バイオマスプランテーション部分）

(1)	専用プランテーションからの再生可能バイオマスを主に燃焼する（化石燃料や他のバイオマスの混焼も可）施設を新規に導入するプロジェクト活動。
(2)	プロジェクト実施以前に、プロジェクト実施場所で発電が行われていない（プロジェクト施設はプロジェクト実施場所における既存発電施設の代替や改良ではない）。
(3)	プロジェクト施設で使用されるバイオマスは、1年以上貯め置かれたものではない。
(4)	専用プランテーションは、バイオマスをプロジェクトにのみ供給するために、プロジェクト活動の一環として、新たに設立されたものである。
(5)	プランテーションからのバイオマスは、プロジェクト施設での燃焼前に化学的な加工（バイオディーゼル製造のためのエステル化、バイオマスアルコールの製造など）は行われないこと。ただし、機械的加工や乾燥処理は行ってもよい。
(6)	土地造成によって、土壤炭素起源の長期的な純排出が起こらない。プロジェクト活動がなければ、土壤有機物・落葉落枝・枯死木による炭素貯留は、土壤浸食や人為的介入により大きく減少するか、もしくは、あまり増加しないと予測される。
(7)	専用プランテーションの地区内には、直接植林又は播種される。
(8)	収穫後は、直接植林か自然発芽により再生産される。
(9)	プランテーション内で放牧が行われない。
(10)	バイオマス栽培のための灌漑は行われない。
(11)	プランテーションを開発する地域の土地は、プロジェクトが行われなければ農林業が行われることがない、深刻な劣化状態にあること。土地の劣化は以下のひとつ以上の指標を用いて証明される。 (a) 植生衰退（例：近年の非持続的な収穫活動により既存樹木の樹冠率が減少した） (b) 土壤劣化（例：近年、土壤劣化が進んだ/近年、土壤有機物質が減少した） (c) 人為的影響（例：近年、人為的活動による土壤や、植生の衰退がみられる。人為的活動により、自然の再生産が妨げられていると証明される）

⇒ 本プロジェクトへの適用

本プロジェクトで適用するバイオマスは以下の主に2種類のバイオマスを想定しております、各バイオマスに関する上記条件の適用検討は、以下の通りである。

- バイオマス残渣

「再生可能バイオマスの定義」で示した通り、本プロジェクトで利用するバイオマス燃料は再生可能なバイオマス残渣の定義に当てはまる。

- 専用プランテーションから供給されるバイオマス（第二フェーズ以降）

(1),(2)については、プロジェクトの性質上、適合している。(3),(9),(10)については、プロジェクトの運営時に条件に適合するような運営を各CPAに遵守させが必要である。
 (4)については、新規栽培を行う農家に対して本PoAの傘下で実施するCPAに対するバイオマス供給を行う栽培活動を行う農地である旨、覚書を交わすなどの調整が必要となる。(5)については、本プロジェクトで想定するバイオマスに必要な前処理は木質バイオマスのチッ

化と乾燥のみであり、化学的な処理を含まない。(6),(8)については、「持続可能なバイオマスの定義」で前述した通り、適合する。(7)については、本プロジェクトで主に栽培を推進するグリシディアは刈り取った枝を挿木することによる植付け方法が適用されるため、条件を満たす。そして最後の(11)については、長年使用されたココナツ農園では土壤有機物の減少による収量減が問題視されているが、それに対する科学的なデータによる論証が必要となる。

2) バイオマス利用リーケージに関する適用条件

小規模方法論 I.C.(Ver16)に基づき、バイオマスプロジェクトにおけるリーケージに関しては、以下のいずれかの方法によりリーケージ項目に含まれる記載項目に従い決定しなくてはならない。

- 「小規模バイオマスプロジェクトにおけるリーケージにかかる一般ガイダンス Ver.3」 (EB 47Annex 28)
- 「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」 (AM0042Ver. 02)

① 小規模バイオマスプロジェクトにおけるリーケージにかかる一般ガイダンス

再生可能バイオマスを利用するプロジェクトにおいては、表4-3に示すようにバイオマステイプに応じて、潜在的に顕著で（排出削減量の10%より大）、プロジェクト活動を要因とする排出源として、a) プロジェクト実施前活動のシフト、b) バイオマス生産に伴うGHG排出、c) バイオマス利用用途の競合の3項目を考慮しなくてはならない。

表 4- 4 バイオマステイプ別排出源

バイオマステイプ	活動/発生源	事前プロジェクト活動のシフト	バイオマス生産/栽培に基づく排出	バイオマス利用競合
森林バイオマス	既存の森林	-	-	●
	新規植林活動	●	●	-
農地/草地バイオマス (木質、非木質)	事業がない場合、対象地は農地又は湿地として利用される	●	●	-
	事業がない場合、土地は豊富に存在する 【新規栽培】	-	●	-
バイオマス残渣	バイオマス残渣や廃棄バイオマスを回収、利用する 【バイオマス残渣】	-	-	●

本プロジェクトで利用するバイオマスは新規栽培、バイオマス残渣、それぞれ表中の網掛け部分に対応する。本プロジェクトに該当する排出源において、リーケージ排出量（またはプロジェクト排出量）を算入の必要性についての検討方法は以下の通りである。なお、森林バイオマスと農地バイオマス、草地バイオマスについては、プロジェクトバウンダリーはバイオマスが採取、または生産される地域を含む。

バイオマス生産に伴うGHG排出

再生可能エネルギー生産からの潜在的に顕著な排出源は、(a) 肥料投入による排出³⁷、(b) 土地造成によるプロジェクト排出、である。これらの排出源は簡単化された手順によってそれぞれ分類され、取引費用は含まれない。また、原料やバイオマス輸送、作物栽培のための栽培化石燃料消費、といった排出源はそれぞれ10%以下となる可能性が高く、無視することができる。

a) 化学肥料利用による排出算定：

- 事業参加者は、土地に投入される肥料の種類、品質を管理していかなければならぬ。
- 化学肥料、有機肥料の利用によるNO₂排出は、“ provisions outlined in the Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Chapter. 4.5)” に準じて推計されなければならない。

b) 土地造成によるプロジェクト排出算定：

- 顕著なケース：バイオマス生産によって森林劣化をひきおこす場合。
- 無視可能なケース：バイオマス生産事業が無い場合に、炭素プールにおける炭素ストックが増大する結果、土地エリア（例：豊富な土地）が再生産される場合³⁸。
- CDMプロジェクト実施による森林劣化の可能性については、以下の適用条件を検討することによって明らかにされなければならない。

プロジェクト活動が、バイオマス残渣ではない再生可能バイオマス利用を伴う場合、プロジェクト参加者は、プロジェクト実施前10年間について、バイオマスが生産される/育っている地域が森林でないこと、森林が減少していないことをDNAの森林定義に基づき明らかにしなければならない。DNAによる定義がない場合は、関連する国際機関（FAOなど）の定義を使用することができる。

³⁷ この排出源に関して、大部分の森林植林活動においては小さいかもしねれないが、いくつかのエネルギー作物については非常に大きな値（燃料代替による排出削減の30%より大）になるかもしねれない。

³⁸ 結果として、ベースラインシナリオにおける炭素ストックがプロジェクトシナリオにおける炭素ストックよりも大きくなる。

[本プロジェクトへの適用]

ココナツ農園内の未利用地においてグリシディアの新規栽培を行い原料調達を行う場合においては、前述の考慮が必要となる。一般的にグリシディアの栽培には化学肥料の施肥は行われることではなく（逆に有機肥料として利用目的で植えられることが多い）、また、既にココナツの樹間の未利用地の利用であるため新たな造成も伴わないことから、考慮すべきリーケージは発生しないといえる。ただし、これらの土地については、新規栽培を開始する時点で、CMEがオンラインチェックを行い、DOEへ報告することとする。

バイオマス利用用途の競合³⁹

バイオマス利用用途の競合とは、プロジェクトがなかった場合にプロジェクトで利用されるバイオマスが、別の場所で、同じ目的または異なる目的で利用される可能性があること⁴⁰。プロジェクト参加者は、未利用バイオマス余剰がプロジェクト活動地域にあるかどうか事前調査しなければならない。各クレジット期間の開始頃に、その地域（半径50km 圏内）における利用可能なバイオマスが、プロジェクト活動において利用されているバイオマスの25%以上あることが明らかにされれば（例：文献、公的報告書、統計等）、リーケージは無視できる。25%に満たない場合は、リーケージが推計され、排出削減量から差し引かれる。

[本プロジェクトへの適用]

調査の結果、上記を証明する公的な情報はスリランカには存在しないと考えられたため、賦存量の推計については前述の通り、公的な統計データに基づく推計を行い、バイオマスの利活用状況については独自の聴き取り調査を行った結果、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が明らかとなった。一方、2章で述べた通り、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、本プロジェクトが現段階において想定する利用量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る。賦存量の算定方法については下記、AM0042 の条件及びアプローチを用いる。

② 「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（AM0042Ver. 02）」のリーケージ項目

ここでのリーケージとは、「化石燃料の燃焼、あるいはプロジェクトの結果として他の利用方法からプロジェクト施設での利用へのバイオマス残渣の利用方法の転換による他の排出源からの排出量の増加」を指す。

³⁹ 生産されたバイオマスがプロジェクト活動（新規森林、または栽培）の一部として生産されたバイオマスである場合、利用競合が関係していないといえ、リーケージが無視できる。

⁴⁰ 例：既存森林からのバイオマス残渣が燃料木材として利用されたり、農業バイオマス残渣が肥料やエネルギー生成に用いられる場合。

バイオマス残渣がプロジェクト施設で混合燃焼される場合、プロジェクト参加者は、当該バイオマス残渣の利用によって、他の場所での化石燃料の利用の増加又は他のGHG排出を引き起こさないことを証明しなければならない。この目的のために、プロジェクト参加者は、モニタリングの一部として、プロジェクト施設で利用されるバイオマス残渣の種類別供給状況を調査しなければならない。

プロジェクト施設で利用されるバイオマス残渣が他の場所において、化石燃料燃焼量、または他のGHG排出量を増加させていないことを以下に記す方法で証明する必要がある。

利用するアプローチは、当該バイオマス残渣の利用に関する最も確度の高いベースラインシナリオによるが、本プロジェクトの場合、シナリオはB1、アプローチL1及びL2の組み合わせを想定する。

[ベースラインシナリオ]

B1	バイオマス残渣が野積み(dumped)、または主に好気条件で腐敗したまま放置される。
----	--

[リーケージを排除するためのアプローチ]

L1	<ul style="list-style-type: none">バイオマス残渣をプロジェクトに供給するサイトにおいて、プロジェクト実施前には、当該バイオマス残渣が収集・活用（例えば、燃焼、肥料、あるいは工業原料として）されておらず、投棄後腐敗されるままになっていたこと、埋立処分されていたこと、もしくはエネルギー生成に利用されずに焼却処理（例えば、野焼）されていたことを証明する。当該CDMプロジェクトが無ければ、当該実践が継続していることを、例えば、対象バイオマス残渣の市場がモニタリング期間中に現出していないことを示すことで、あるいは何らかの目的で当該バイオマス残渣の活用の実現性がないこと（例えば、当該バイオマス残渣を産出する場所が遠隔地であるとの理由によって）を示すことで、証明する。
L2	プロジェクトの地域において活用されていない大量の余剰分があることを証明する。この目的のために、当該地域における利用可能なバイオマス残渣（種類k）の量が、プロジェクト施設での活用を含めたバイオマス残渣（種類k）の活用（例えば、エネルギー生成又は工業原料として活用等）の量よりも25%以上多いことを証明する。

- リーケージ効果を調査するためにアプローチL2、L3 又はL4 を利用しようとする場合、プロジェクト参加者は、当該地域の地理的バウンダリーを明確に定義し、CDM-PDD 草案の中でそれを文書化しなければならない。当該地域の地理的バウンダリーを定義する際には、プロジェクト参加者はバイオマス運搬の妥当な距離を考慮に入れなければならない。即ち、バイオマス残渣の運搬距離が50km以内であれば、当該地域はプロジェクト周辺の半径50km圏内をカバーする。いずれの場合においても、当該地域はプロジェクト周辺の半径20km圏内以上をカバーするべきであるとするが、半径200km圏内

を越えてはならない。一旦地理的バウンダリーが定義されれば、クレジット獲得期間中は当該地域を変更することができない。

- プロジェクト参加者は、前述のアプローチのいずれかを用いてバイオマス残渣の利用がリーケージを引き起こさないことを証明できなかった場合は、バイオマス残渣の量に応じたリーケージのペナルティーを適用しなければならない。リーケージペナルティーの目的は、バイオマス残渣の当該量が、当該国内で最も炭素原単位の高い燃料で代用されると仮定することにより、リーケージ効果にかかる排出削減量の調整を保守的な方法で行うことにある。
- プロジェクトにおけるバイオマス残渣（種類 k ）に対して、リーケージ効果が前述のアプローチのいずれかを用いて排除できなかった場合は、 y 年のリーケージ効果を以下のとおり計算しなければならない。

$$LE_y = EF_{CO2,LE} \cdot \sum_n BF_{LE,n,y} \cdot NCV_n$$

LE_y	y 年中のリーケージ排出量 (tCO2/年)。
$EF_{CO2,LE}$	当該国で利用される最も炭素原単位の高い燃料のCO2 排出係数。
$BF_{LE,n,y}$	y 年中のプロジェクトの結果として熱生成のために利用され、またアプローチL1、L2、L3、又はL4 の内のいずれかを用いてもリーケージを排除できないために利用される、バイオマス残渣（種類 n ）の量（乾重量t 又はℓ）。
NCV_n	バイオマス残渣（種類 n ）の純熱量値 (GJ/乾重量t 又はGJ/ℓ)。
n	アプローチL1、L2、L3、又はL4 の内のいずれかを用いてもリーケージを排除できないバイオマス残渣（種類 n ）。

- アプローチL1 の場合、 $BF_{LE,n,y}$ は関連排出源から取得されるバイオマス残渣（種類 n ）の量に相当する。
- アプローチL2 又はL3 の場合、 $BF_{LE,n,y}$ は y 年中のプロジェクトの結果としてプロジェクト施設で利用されるバイオマス残渣（種類 k ）の量に対応する ($n=k$ であれば、 $BF_{LE,n,y} = BF_{PJ,k,y}$)。

4.2. プロジェクトバウンダリー

プログラム CDM では、PoA 及び CPA の両方のプロジェクトバウンダリーを特定する必要がある。本プロジェクトにおけるプロジェクトバウンダリーは下記を想定する。

4.2.1. PoA

スリランカ全土を PoA のバウンダリーとする。

4.2.2. CPA

小規模方法論 I.C. (Ver16) では、CPA のバウンダリーを下記の通りに定義している。

方法論における CPA バウンダリー定義

プロジェクトで再生可能エネルギーを創出する機材の物理的、地理的境界。ただし、プロジェクトで創出するエネルギーを消費する（プロジェクトの影響を受ける）設備もバウンダリーに含めることができる。

本プロジェクトでは、再生可能エネルギーを創出する機材の物理的、地理的境界に加えて、再生可能エネルギーの消費設備はプロジェクトの影響を受けるため、バウンダリーに含めることとする。

4.3. ベースラインシナリオの設定と追加性の証明⁴¹

4.3.1. 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。

プロジェクト活動において、未利用地において新規に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への燃料供給目的で栽培する場合、ベースラインシナリオは、土地は未利用状態の継続となり経年的な劣化状態を伴う。

4.3.2. 追加性の証明

追加性の証明とは、CDM プロジェクトとしての妥当性を示すために、本プロジェクトがベースラインシナリオでないこと示すことを意味する。本プログラム CDM において追加性の証明は個々の CPA で行わなくてはならない。小規模 CDM プロジェクトについては、「追加性の実証及び評価のためのツール(Ver05.2)⁴²」及び「小規模 CDM プロジェクトに関する簡素化された様式及び手順」の付属書 B を用いて評価を行う。

「追加性の実証及び評価のためのツール(Ver05.2)」に基づき、追加性の評価は以下に示す図 4-1 の手順で行う。

⁴¹ ベースラインシナリオにおいて利用される化石燃料の排出係数 ($EF_{BL,i}$) と純熱量 (NCV_j) を決定するために、必要に応じて、最新のIPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventoriesに基づかなければならぬ。プロジェクト参加者は測定を行うか、あるいは、利用可能であれば、信頼できる現地/国家データを用いる。これらの数値が利用できない場合、現場の状況が正当に示されるとみなされるならば、IPCCデフォルト排出係数（国別のもの。利用可能であれば）を用いることができ（例：妥当な範囲内より低い値が選ばれる）、その選択は、SSC-CDM-PDDの中に記載されなければならない。測定が行われた場合、プロジェクト参加者は、測定結果と計算された排出係数の平均値、又はベースライン燃料の純熱量を事前にSSC-CDM-PDDに記載しなければならない。

⁴² EB39, Annex10

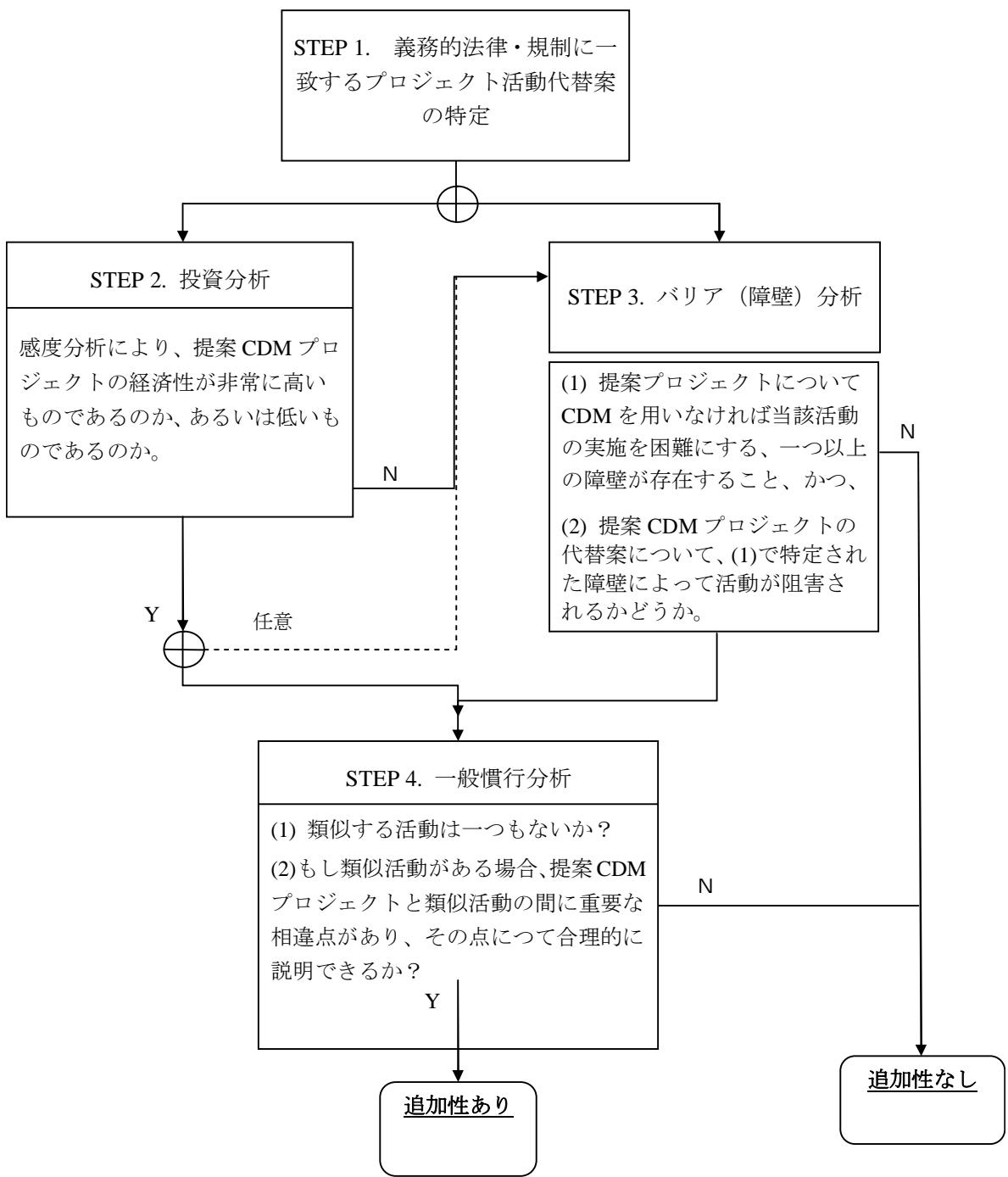


図 4-1 追加性の実証及び評価手順

出典：追加性の実証及び評価のためのツール(Ver05.2).

(1) ステップ1: 義務的法律・規制に一致するプロジェクト活動代替案の特定

ステップ1では、ガイドラインの手順に基づき、義務的法律・規制に一致するプロジェクト活動の複数の代替案を特定した。

代替シナリオ1: 提案するプロジェクトCDMを伴わずに実施される

代替シナリオ2: 等量の熱エネルギーが既設の設備で創出される（現状シナリオの継続、提案されるプロジェクトは実施されない）

(2) ステップ2: 投資分析

本プロジェクトでは、ツール中で規定されるベンチマーク分析（オプション3）を採用した。スリランカでは銀行の融資条件に関する国家的なベンチマークは設定されていない。また、証券取引所によると投資判断の一要素となるROE（Return of Equity）に関しても統計データが公表されておらずベンチマークとして利用することができない。投資判断のベンチマークとして利用可能な透明性のある公開データとして、スリランカ中央銀行の貸出金利が考えられるが、同行の金利に関しては、同国政府の決定により、2009年12月の時点では19%であったものが2010年1月に8%まで大幅に引き下げられた。一方で、金利の引き下げは国立銀行のみが対象であるため、民間銀行はこれに影響は受けるものの、10数%の水準で推移すると考えられる。しかし、民間銀行の金利については金利引下げ直後であることも影響して、ベンチマークに利用できる公表データが存在しないため、本プロジェクトでは、現状において唯一利用可能な数値である国立銀行金利の8%をベンチマークに採用した。

IRR 評価

スリランカ政府は産業保護の観点から燃料油に対して補助を行い、燃料価格を31ルピー/ルで固定している。燃料油を使用する熱利用設備において、本CDMにおける木質バイオマスを主な原料とするガス化設備、またはボイラーエquipmentへの転換事業は、ベンチマークである8%を超える事業性を見込むことが難しいケースが多い。

上記を論証するために、各CPAはCDM-SSC-CPA-DDの中で、IRR分析を行ってこれを実証しなくてはならない。「投資分析の評価に関するガイドライン」では、投資分析の評価期間の一般的な範囲を10年から20年としている。技術的耐用年数よりも短い評価期間を選択する場合は、評価期間終了時における資産の適正価格も反映しなくてはならない。

本プロジェクトでボイラーを導入する場合、技術的耐用年数のデフォルト値は25年とされるが、カントリーリスクの比較的高いスリランカにおいて、25年間の事業期間を想定した投資分析は実質的な意味を成すとは言い難く、今回の調査で検討を行った事業者によれば、国の政情が不安定なスリランカでは投資判断を3~5年で行うのが一般的であるということであった。そこで、採用した設備に対してサプライヤーが耐用年数を示している場合はこれを、そうでない場合は、15年を投資判断の評価対象期間とし、この場合、事業最終年には設備の残存価値を資産として事業評価に加えることとした。

これらの評価は、各CPAごとに行い、CDMを伴うケースとそうでないケースとで、ベンチマークとの比較を行う。また、初期投資、バイオマス燃料の調達価格、化石燃料価格、工場稼働率、事業期間（20年）をパラメータとして感度分析を行うこととした。ベンチマーク分析で追加的であることが示せない場合は、次のステップ3により追加性を立証する

必要がある。

(3) ステップ3: バリア分析

「小規模 CDM プロジェクトに関する簡素化された様式及び手順」の付属書 B より、投資バリア、技術バリア、一般的な慣行に伴うバリア、その他のバリア、のうち少なくとも一つについてプロジェクトの実施を阻害する要因となっているかどうかについて分析する。

【一般慣行に伴うバリア】

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、純粹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。

さらに、プロジェクトの実施に関しては、以下に示すような明らかなリスクが存在することも本プロジェクトが一般的な慣行となることを阻害している要因であると考えられる。

- ・ 原油価格が下落し、原油利用のケースの燃料調達費が木質バイオマス調達費を下回った際に、化石燃料使用競合他社と比してコストが高くなり、収益性を悪化させるリスクがあること（実際に、エネファブ社の設備導入サイトのうち 2 サイトでは原油価格の下落に伴う国内燃料油価格の下落を受けて、導入設備の使用を停止し、燃料油の利用を再開している）
- ・ 再生可能木質バイオマスの調達価格は国内需給関係に左右されるであろうことからも CDM 参画による収益性の向上とリスクのヘッジは必須であること

以上より、従来の化石燃料から、本事業で提案するグリシディアを中心とする木質バイオマスへの利用に対しては、一般的な慣行に伴うバリアが存在することは明らかである。

また以下では、「その他のバリア」のうち原料調達に伴うバリア、及び資金調達に伴うバリア、について検討を行う。

【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なく、農家との交渉等、不慣れな業務に取り組ま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。

実際に、軽油代替事業の企画を有する某工場では、事業採算性はよいが安定的なバイオマス原料供給に対して懐疑的であったために 5 年間も事業をペンディングしている。本プログラム CDM の枠組みの中で原料調達元と、需要家をマッチングさせて安定的な原料供給体制を構築されなければ、原料調達に伴うバリアにより、本プロジェクトの実現は困難となる。

【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。また、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考えられる。

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かうことであった。このことからも資金調達に関するバリア（Access-to-finance barrier）の存在は明らかであり、プロジェクトの CDM としての実施によりバリアが大きく軽減すると結論付けられる。

【CDM 登録によるインパクト】

CDM 登録は CPA が低利ローンにより資金調達を行うことに加えて、投資国の企業がプロジェクトに関与することや、CER 販売益、さらにはプログラム CDM に参画することによる原料確保の安定化など、様々なリスクの軽減が実現される。

(4) ステップ4: 一般慣行分析

ステップ 4 として、本プロジェクトの実施に、一般的な慣行に伴うバリアが存在することを示すために、本プロジェクトに類似の活動と本プロジェクトとの明確な相違を示す必

要がある。本プロジェクトに類似の活動としては、「バイオマス燃料を主に用いた既存のガス化設備」、「グリシディア以外の木質燃料を用いた既存のボイラー」、「極めて小規模でのバイオマスの熱利用」の 3 つを挙げることができる。それぞれのプロジェクトと本プロジェクトとの明確な相違点は下記の通りである。

a) バイオマス燃料を主に用いた既存のガス化設備

ステップ 3 のバリア分析で述べた通り、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。つまり、純粋な民間投資を前提とする本提案プロジェクトとは明らかに異なる前提条件を有するといえる。

b) グリシディア以外の木質燃料を用いた既存のボイラー

中規模・大規模の産業の一部は、ゴムの廃材をボイラー燃料として利用している。通常は発生源に近いところで安価に調達できるということが大きな理由として考えられるが、ゴムの廃材は材木として、また燃料として既に市場が形成されている。一方、本プロジェクトで想定する主なバイオマス燃料は市場が未形成でほとんど利用が図られずに農地に廃棄されているグリシディアの枝である。したがって、ゴム廃材の利用とグリシディア枝の利用には大きな相違があることは明確である。

c) 極めて小規模でのバイオマスの熱利用

スリランカにおいて、バイオマスは、農村地域の家庭などでごく小規模に用いられる熱需要に対する一般的な燃料である。このような利用が実現しているのは、ごく小規模の需要に対しては、自己が所有する土地から得られる樹木の剪定枝や、近隣にある 1-2 箇所の供給源から安価（輸送距離も短い）、かつ容易に必要な量のバイオマスが調達可能な場合であり、このような条件が揃わない場合、バイオマスは利用されないと考えられる。したがって、比較的遠方にある複数のバイオマス供給源から大量に安定的にバイオマスの調達を継続しなくてはならない本提案プロジェクトとは条件に大きな相違があるといえる。

第5章 モニタリング計画

5.1. 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 I.C (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、本プロジェクトではモニタリング計画については導入設備と代替するエネルギー形状に基づき、以下の通りに場合分けを想定する。

(1) 45kW 以上のガス化設備、及びボイラー設備導入の場合

ボイラー設備導入の場合、代替エネルギーは熱エネルギー（温水、温風）と蒸気エネルギーが想定される。それぞれ流量と温度の計測は必須であるが、蒸気エネルギーの場合は、これに加えて圧力の測定が求められる。ただし、代替エネルギーが別の設備に供給される場合は、モニタリングはエネルギーが消費される地点で行われなくてはならない。

表 5-5 ボイラー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	°C	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	第三者によるオンラインチェック
バイオマス供給源				
投入化石燃料量 ※使用された場合	t/y	伝票	毎日	第三者によるオンラインチェック

(2) 小規模ガス化設備導入の場合

当該方法論では、家庭又は商業施設/システムにおいて、その最大出力容量が 45kW 以下の熱エネルギー、かつガス化設備を含む熱エネルギー出力の直接測定が妥当でないプロジェクトの場合、出力エネルギー量を「バイオマス消費量（エネルギー量換算）」と「プロジェクト設備効率」の積で推定する方法を定めている。

$$BE_y = [HG_{PJ,y}/\eta_{BL}] * EF_{FF,CO2} \\ = \{[B_{biomass,PJ,y} * NCV_{biomass} * \eta_{PJ}] / \eta_{BL}\} * EF_{FF,CO2}$$

BE_y	y年における、再生可能バイオマスを用いた熱エネルギー代替プロジェクトからのベースライン排出量。 (tCO2)
$HG_{PJ,y}$	y年における、再生可能バイオマスを用いたプロジェクトにおける純熱エネルギー供給量。 (TJ)
η_{BL}	代替されたベースライン設備の効率。
η_{PJ}	代表サンプリング方法や参照資料を用いて測定されたプロジェクト施設の効率。効率テストは、関連する国家/国際基準によって規定されるガイドラインに基づいて行わなければならない。
$EF_{FF,CO2}$	ベースラインにおいて利用されていたであろう化石燃料のCO2排出係数。 (tCO2/TJ)
$B_{biomass,PJ,y}$	y年における純バイオマス消費量。 (tons)
$NCV_{biomass}$	バイオマスの純熱量。 (TJ/tons)

その際のモニタリング項目としては、下記が想定される。

表 5-6 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

(3) その他の事前に設定が必要なパラメータ

当該方法論では「特定エネルギー消費量」の事前設定が定められている。特定エネルギー消費量とは、単位生成エネルギー当たりの燃料消費量のことを意味する。バイオマスと化石燃料を消費して熱エネルギー及び／あるいは電力が生産される場合、種類別の特定の燃料消費量（バイオマス、化石燃料）が事前に特定され、各燃料における消費量がモニタリングされなければならない。

$$SEC_{j,PJ,y,measured} = \frac{\sum_j (FC_{j,PJ,y} \times NCV_{j,y})}{EG_{PJ,y}}$$

$SEC_{j,PJ,y,measured}$	y年における、特定の燃料種jのエネルギー消費量。 (TJ/MWh)
$EG_{PJ,y}$	y年における、エネルギー生産量。 (MWh)
$FC_{j,PJ,y}$	y年における、燃料種jの燃焼量。 (質量又は体積)
$NCV_{j,y}$	y年における、燃料種jの燃焼による平均純熱量。 (TJ/質量又は体積)

5.2. モニタリング体制

提案プログラム CDM におけるモニタリング計画としては、BEASL にて同協会の会員により構成される モニタリング・コミッティー を組織、各 CPA のモニタリング担当者の協力を得て実施する。具体的なモニタリング手法は、各 CPA 担当者から、同 CPA におけるモニタリング項目に関する月次報告書の提出を受け、報告書記載内容の真偽に付き実地モニタリングも含め精査を行うものとする。CPA サイトにおけるモニタリング作業に関しては基本的に第三者からの要望があれば特段の事情が無い限り、視察を受け入れるものとする。BEASL のモニタリング・コミッティーのメンバー並びに各 CPA の担当者に対しては然るべき講習会への参加を義務付け、スキル・アップを図るものとする。なお、モニタリングはプラント・サプライヤー等の運営パートナーがモニタリング・コミッティーと協議の上、執り行うこととなった。

リーケージに関連して、各 CPA で導入を予定する ガス化設備は固定式のものであり、また工場内の熱源利用設備と配管で結ばれていますこと、同設備を他所に移動、利用することは不可能であるため、利用施設におけるリーケージ検討の必要は生じない。しかし、バイオマス利用に関するリーケージ条件が定められているため、バイオマス原料調達に関して、「4.1.2.バイオマス利用に関する考慮事項」においてバイオマス利用リーケージに関する適用条件を満たす調達・管理方法となるようモニタリングしなければならない。

【モニタリング 責任者】

スリランカバイオエネルギー協会 (Bio Energy Association of Sri Lanka; BEASL)

465/1 Sunetraadevi Rd., Pepiliyana, Boralesgamuwa, Sri Lanka

TEL : +94 11 2812584 FAX : +94-11 2823881

E-Mail : bioenergy@slnet.lk

Web Site : www.bioenergysrilanka.org

代表 : Parakrama Jayasingha

第6章 温室効果ガス排出削減効果

小規模方法論 I.C (Ver16) に基づき、第一フェーズの CPA として、ライオンビール社工場、ユニリーバ社工場、コールドストア社工場の 3 工場におけるプロジェクト実施に伴う温室効果ガス排出削減効果を推計する。

6.1. ベースライン排出量

ベースライン排出量は燃料油、軽油、LPG 等、既存の産業熱利用設備で使用されている燃料の燃焼に伴う排出量である。ベースライン排出量は下式で求められる。

$$BE_{thermal,CO2,y} = (EG_{thermal,y}/\eta_{BL,thermal}) * EF_{FF,CO2} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$BE_{thermal,CO2,y}$ y 年中にプロジェクトによって代替される蒸気/熱からのベースライン排出量 (tCO2e)

$EG_{thermal,y}$ y 年中にプロジェクトによって供給される蒸気・熱の純量 (TJ)。

$EF_{FF,CO2}$ ベースライン設備で利用されていたであろう化石燃料のCO2 排出係数 (tCO2/TJ)。入手可能であれば、信頼できる現地・国家データから取得するが、入手できない場合はIPCC のデフォルト排出係数を利用する。

$\eta_{BL,thermal}$ プロジェクトが無かつた場合に利用されていたであろう化石燃料を利用した施設の効率。

表 6-1 ベースライン排出量と算定に用いたパラメータ

項目	単位	ライオンビール社	ユニリーバ社	コールドストア社	備考
代替燃料	-	燃料油	燃料油	軽油	
a) 燃料代替量 ⁴³	kL/y	1,850	2,494	449	
b) 燃料比重	t/kL	0.958	0.958	0.85	燃料油比重: 分析値 軽油比重: 現地情報
c) 燃料熱量	TJ /kt	40.4	40.4	43.0	Residual oil: 40.4 Diesel: 43.0 (IPCC 2006)
d) 純供給熱量	TJ/y	71,601	102,738	16,411	a)*b)*c)
e) 燃料排出係数	tCO ₂ /TJ	77.4	77.4	74.1	Residual oil: 77.4 Diesel: 74.1 (IPCC 2006)
f) ベースライン排出量	tCO ₂ /y	5,542	7,613	1,216	d)*e)/1000

⁴³ 代替燃料別グリシディア必要量に関しては、表 6-5、6 - 6 参照。

6.2. プロジェクト排出量

プロジェクト排出量は以下に示す通り、「(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。

$$BE_{ww,y} = \{ PE_{on-site,y} + PE_{power,y} \}$$

$PE_{on-site,y}$	y年における化石燃料消費に伴うプロジェクト排出量 (tCO ₂ e/y)
$PE_{power,y}$	y年における電力消費に伴うプロジェクト排出量 (tCO ₂ e/y)

6.2.1. 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

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は下式で求められる。

$$PE_{on-site,y} = FF_{PJ,y} \times NCV_{FF} \times EF_{FF,CO2}$$

$PE_{on-site,y}$	y年における化石燃料消費に伴うプロジェクト排出量 (tCO ₂ e/y)
$FF_{PJ,y}$	プロジェクトシナリオにおいてオンサイトで使用される化石燃料量 (kt/y)
NCV_{FF}	バイオマス燃料で代替される化石燃料の熱量 (TJ/kt)
$EF_{FF,CO2}$	ベースラインシナリオにおいてプラントで使用されていたであろう化石燃料のCO ₂ 排出係数 (信頼性の高いデータが入手可能な場合は地域やホスト国データ、入手不可能な場合は、IPCCのデフォルト排出係数を用いる) (tCO ₂ e / TJ)

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、 $PE_{on-site,y}$ は0（ゼロ）と推計される。

6.2.2. プロジェクト活動による電力消費に伴う排出量

電力消費に伴うプロジェクト排出量は、下式により求められる。

$$PE_{y,grid} = Electricity_y \times T_y \times CEF_y$$

$PE_{y,grid}$	電力供給システムからの年間プロジェクト排出量(tCO ₂ eq/year)
$Electricity_y$	導入設備の必要電力(MW)
T_y	y年における導入設備の稼働時間(h/y)

CEF_y 電力供給システムにおけるCO₂排出係数 (tCO₂_{eg} /MWh)

電力消費量(EC_y)の算定

第一フェーズ候補サイトである 3 工場に導入するプラントの設計を行ったエネファブ社の設計条件に基づき、同 3 工場における電力使用量は下表の通りとなる。

表 6- 2 電力使用量

項目	ライソビール社	ユーリバ社	コールドストア社	備考
必要電力(kW)	20	40	10	
年間稼働時間(h/y)	8,064	7,488	7,488	
電力使用量(kWh/y)	149,760	299,520	74,880	必要電力 × 稼働時間

電力排出係数の算定

候補サイトで使用する電力は全てグリッド電力である。ここで、「電力消費に伴うベースライン、プロジェクト、及びリーケージ排出量の計算ツール(Ver 01)⁴⁴」に基づき、オプション A1 より、電力使用に伴う排出係数の算定は、スリランカにおけるグリッド電力の排出係数を用いて行った。

系統電源の排出係数の推計には、オペレーティングマージン(OM)、ビルドマージン(BM)、とそれぞれの平均で得られるコンバインドマージン(CM) の 3 つの概念を用いる。OM は、電力系統に接続する発電所全体の排出量(排出係数)、BM は直近に建設された 5 基の発電所に起因する排出量(排出係数)、CM は OM と BM の単純平均で求められる。国営のセイロン電力局 (Ceylon Electricity Board: CEB) が毎年発行する統計データに基づいて算定した。2004-2006 年の統計データに基づき、得られたグリッド電力の排出係数は表 6-3 の通りである。

表 6- 3 グリッド排出係数

オペレーティングマージン排出係数	EF_OM	0.663	kgCO ₂ /kWh
ビルドマージン排出係数	EF_BM	0.661	kgCO ₂ /kWh
グリッド排出係数	EF_CM	0.662	kgCO ₂ /kWh

⁴⁴ EB39, Annex7

電力使用に伴う排出量

表 6-2、及び表 6-3 より、電力使用に伴う排出量は下表に示される。

表 6-4 電力使用に伴う排出量

項目	ライオンピール社	ユニリーバ社	コールドストア社	備考
電力使用量(MWh/y)	149.8	299.5	74.9	必要電力(MW)×稼働時間(h/y)
排出係数(kgCO2/kWh)	0.662	0.662	0.662	
電力使用に伴う排出量(tCO2/kWh)	99	198	50	電力消費量×排出係数

6.2.3. プロジェクト排出量の算定

6.2.1.及び 6.2.2.に基づき、プロジェクト排出量を下表に示す。

表 6-5 プロジェクト排出量の算定

項目	ライオンピール社	ユニリーバ社	コールドストア社
化石燃料消費に伴う排出量 (tCO2/y)	0	0	0
電力使用に伴う排出量 (tCO2/y)	99	198	50
プロジェクト排出量 (tCO2/y)	99	198	50

6.3. リーケージ

6.3.1. 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。

6.3.2. 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。

6.3.3. バイオマス利用競合に伴う排出

「地域（サイトから半径 50km 圏内）における利用可能なバイオマスが、プロジェクト活動において利用されているバイオマスの 25%以上あること」を示す公的な情報はスリランカには存在しないため、賦存量の推計について公的な統計データに基づく推計を行い、バイオマスの利活用状況については独自の聴き取り調査を行った。その結果、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が明らかとなった。一方、2章で述べた通り、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で想定する利用量の 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る。

6.4. 温室効果ガス排出削減量

6.1.~6.3.より、本推計で想定したプラントにおける排出削減量は、表 6-6～表 6-9 に示されるとおり、ライオンビール社は 5,443tCO₂/y、ユニリーバ社は 7,273tCO₂/y、コールドストア社は 1,166tCO₂/y となり、3 工場合計で、年間 13,882tCO₂/y の削減効果が見込まれた。

表 6-6 温室効果ガス削減量（ライオンビール社）

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 ₂ /y	tCO ₂ /y	tCO ₂ /y	tCO ₂ /y
2011	5,542	99	0	5,443
2012	5,542	99	0	5,443
2013	5,542	99	0	5,443
2014	5,542	99	0	5,443
2015	5,542	99	0	5,443
2016	5,542	99	0	5,443
2017	5,542	99	0	5,443
2018	5,542	99	0	5,443
2019	5,542	99	0	5,443
2020	5,542	99	0	5,443
合計	55,420	990	0	54,430

表 6-7 温室効果ガス削減量（ユニリーバ社）

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 ₂ /y	tCO ₂ /y	tCO ₂ /y	tCO ₂ /y
2011	7,471	198	0	7,273
2012	7,471	198	0	7,273
2013	7,471	198	0	7,273
2014	7,471	198	0	7,273
2015	7,471	198	0	7,273
2016	7,471	198	0	7,273
2017	7,471	198	0	7,273
2018	7,471	198	0	7,273
2019	7,471	198	0	7,273
2020	7,471	198	0	7,273
合計	74,710	1,980	0	72,730

表 6-8 温室効果ガス削減量（コールドストア社）

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
	tCO2/ y	tCO2/ y	tCO2/ y	tCO2/ y
2011	1,216	50	0	1,166
2012	1,216	50	0	1,166
2013	1,216	50	0	1,166
2014	1,216	50	0	1,166
2015	1,216	50	0	1,166
2016	1,216	50	0	1,166
2017	1,216	50	0	1,166
2018	1,216	50	0	1,166
2019	1,216	50	0	1,166
2020	1,216	50	0	1,166
合計	12,160	500	0	11,660

表 6-9 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
	tCO2/ y	tCO2/ y	tCO2/ y	tCO2/ 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

第7章 コベネフィットに関する調査結果

7.1. スリランカにおける環境汚染の概況

スリランカにおける主要工業製品は、繊維製品であり、その他、機械、食品・飲料、ゴム製品といった製品が挙げられる。これらの産業における環境配慮の低い安価なプラントでの化石燃料の燃焼による大気汚染が懸念されている。

7.2. 本プロジェクトにおけるコベネフィット評価項目

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。環境省コベネフィット定量評価マニュアル（以下、「マニュアル」という。）に基づくコベネフィット効果に係る評価項目（指標）⁴⁵は以下の通りである。

本プロジェクトにおいて評価対象とされるのは、産業熱利用施設（以下、「ボイラー」と記す）の環境に影響及ぼす因子特性（排ガスの排出による大気への影響）であり、評価分野は「大気質改善」に分類される。マニュアルに基づき、本プロジェクト評価指標は「硫黄酸化物（SOx）、窒素酸化物（NOx）、ばいじん、二酸化炭素（CO₂）」とした。

表 7-1 コベネフィット効果に係る評価指標

対象分野	評価指標	指標選定理由 (生成メカニズム)	プロジェクト実施により期待される指標改善点
環境汚染対策	硫黄酸化物（SOx）	ボイラーの使用燃料に含有されている硫黄が燃焼により酸化され生成される。	・燃料転換（化石燃料から木質バイオマス（グリシディアチップ））による削減
	窒素酸化物（NOx）	ボイラー使用燃料中の窒素酸化物が酸化されて生成される。さらに、高温下では、空気中のN ₂ とO ₂ の反応により生成される。	・燃料転換（化石燃料から木質バイオマス（グリシディアチップ））による削減 ・転換燃料対応の燃焼装置（システム）の設置（改造・更新）による（燃焼室内温度管理、燃焼酸素濃度管理など）削減 ・排煙脱硝装置の設置による削減
	ばいじん	ボイラー使用燃料の燃焼過程での不完全燃焼によりスス等の固体粒子が生成される。	・転換燃料（木質バイオマス（グリシディアチップ））を完全燃焼する燃焼装置（システム）の設置（改造・更新）による削減 ・集塵装置設置による削減
温暖化対策	二酸化炭素（CO ₂ ）	ボイラーの使用燃料の燃焼に伴い発生する。	①燃料転換（化石燃料から木質バイオマス（グリシディアチップ））による削減 ただし、②転換燃料の輸送・前処理過程における増加及び、③燃料転換に伴い発生する灰処理過程における増加を考慮

⁴⁵ コベネフィット定量評価マニュアル第1.0版（平成21年6月）における評価対象分野。（表1-4で網掛けしていない「環境汚染防止」の分野）

7.3. コベネフィット評価項目に関する環境影響分析

7.3.1. ベースライン及びプロジェクトシナリオ

熱生産用化石燃料の代替燃料として木質バイオマスを活用する木質バイオマスガス化設備を導入するプロジェクトでは、ベースラインが化石燃料を使用する既存ボイラーとなり、その産業用熱利用オプションを考えた場合に、蒸留、加熱、滅菌（洗浄）などと幅広く想定される。

ベースライン及びプロジェクトのシナリオの概要等は、下表に示すとおりである。

表 7-2 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 (BLS)	プロジェクトシナリオ (PLS)	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 CO ₂ 及び SO _x 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 (媒体)	蒸気（水）等	ガス直接燃焼, 蒸気(水)等	

上表から、プロジェクトシナリオの要点は以下のとおりである。

- ① 燃料油の代替燃料として木質バイオマス（グリシディアチップ）を使用する。
⇒CO₂ 及び SO_x の排出量削減が期待される。
- ② 木質バイオマス（グリシディアチップ）を対象とする熱源装置としてガス化装置を想定する。
⇒木質バイオマスボイラーに比べ小規模化及び熱効率の向上が期待される。

7.3.2. 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

ベースラインに対する 7.2. 項で選定した評価指標の評価方法は、下表に示すとおりである。

表 7-3 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	SOx 排出量(t/y)=化石燃料使用量(kL/y)×化石燃料比重(t/kL) ×使用化石燃料 S 分(質量%)×(1-脱硫効率) 燃料油使用量(kL/y)= プロジェクトの熱発生量 (MJ/y) ／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	NOx 排出量(t/y)= <u>排出 NOx 濃度 (ppm)</u> ×10 ⁻⁶ × <u>乾き排出ガス量(Nm³/h)</u> × <u>施設稼働時間 (h/y)</u> ×46/22.4×10 ⁻³
ばいじん排出量	t/y	ばいじん排出量(t/y)=化石燃料使用量(kL/y)×化石燃料比重(t/kL) ×(使用化石燃料灰分質量%×灰分由来の排出係数)+(使用化石燃料残留炭素分質量%×残留炭素分由来排出係数)/100 化石燃料使用量(kL/y)= プロジェクトの熱発生量 (MJ/y) ／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	GHG 排出量(t/y)=化石燃料使用量(kL/y)×化石燃料比重(t/kL) ×化石燃料熱量(TJ/kL) ×化石燃料 CO ₂ 排出係数(CO ₂ - t/TJ)/1000 化石燃料使用量(kL/y)= プロジェクトの熱発生量 (MJ/年) ／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。

プロジェクトラインに対する 7.3.1. 項で選定した評価指標の評価方法は、下表に示すとおりである。

表 7-4 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 排出量(t/y)= <u>排出 NOx 濃度 (ppm)</u> ×10 ⁻⁶ × <u>乾き排出ガス量(Nm³/h)</u> × <u>施設稼働時間 (h/y)</u> ×46/22.4×10 ⁻³
ばいじん排出量	t/y	ばいじん排出量(t/y)= <u>排出ばいじん濃度 (g/m³)</u> × <u>乾き排出ガス量(Nm³/h)</u> × <u>施設稼働時間 (h/y)</u>
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。

モニタリング計画

本プロジェクト実施の効果を確認するために、評価指標に係るモニタリングを以下の計画で行うこととする。

表 7-5 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(Nm ³ /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/m ³) プロジェクトの乾き排出ガス量(Nm ³ /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]

測定項目及びサンプリング

指標評価のために測定が必要な項目及び測定箇所は、次表のとおりである。

表 7-6 測定項目及び箇所等

評価指標	測定が必要な項目	試料採取及び測定・計算方法 《全指標共通》	測定箇所及び測定点 《全指標共通》
窒素酸化物 (NOx)	a) 排出される NOx 濃度を測定 b) a) の時間当たりの乾き排出ガス量を測定		【測定箇所】 ボイラの煙突部の煙道の屈曲部分や断面形状の急激に変化する部分を避け、排ガスの流れが一様に整流され、測定作業が安全かつ容易な場所とする。 ⇒次頁参考写真参照 【測定点位置】 原則として煙道断面の中心とする。
ばいじん	a) 排出されるばいじん濃度を測定 b) a) の時間当たりの乾き排出ガス量を測定	(図 7-1 参照)	

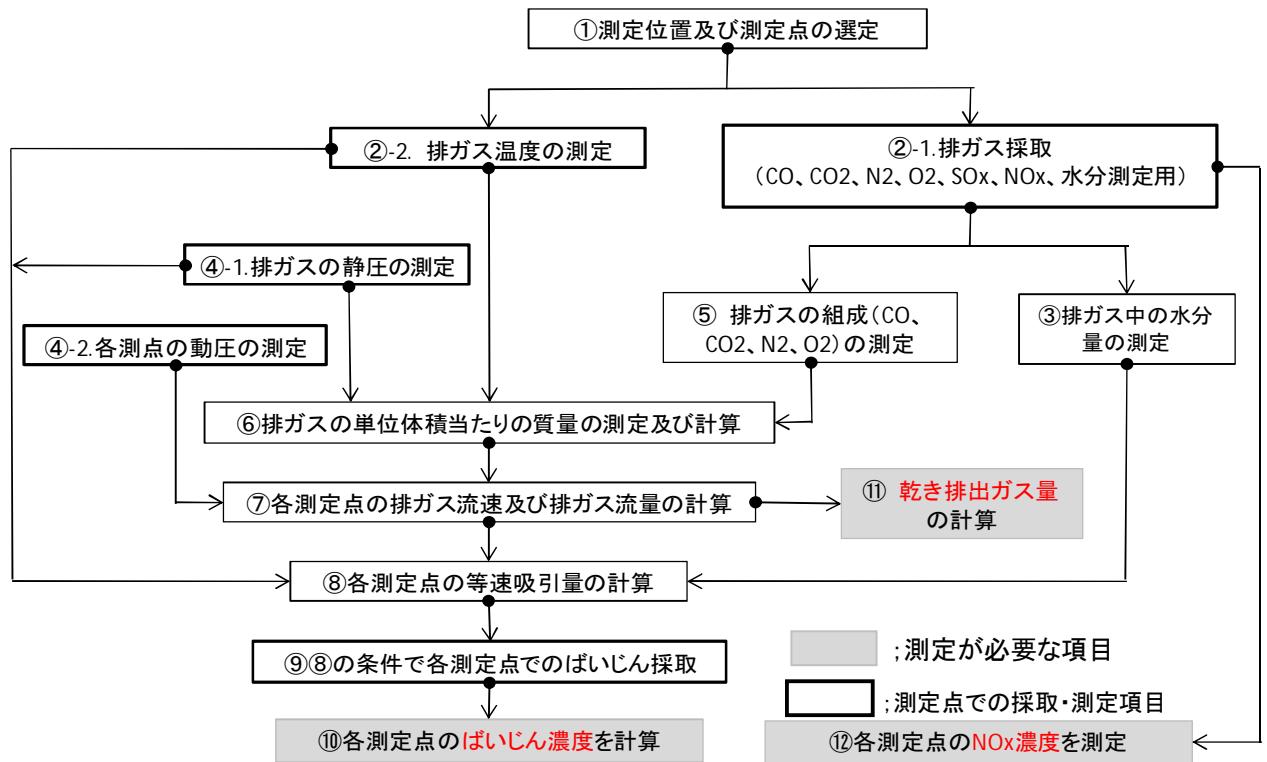


図 7-1 各評価指標に係る測定必要項目の情報入手フロー



写真 7-1 既存木質バイオマスガス化システムサンプリング位置

(生成ガスを発電利用しているガスエンジンの排ガス煙道；矢印箇所)



写真 7-2 既存燃料油燃焼ボイラーサンプリング位置（ビール工場内）

（ボイラーの排ガス煙道；矢印箇所）

7.3.3. プロジェクト実施前の試算（定量化）の計算過程と結果

試算は、燃料油（ボイラーによる蒸気発生）及び軽油（ディーゼルエンジンによるエネルギー変換）使用の2種類について行った。その計算過程及び結果は、以下に示すとおりである。

燃料油使用の試算

1) プロジェクト実施前の試算（定量化）の計算過程

ベースラインの試算（定量化）の計算過程は、下表に示すとおりである。

表 7-7 ベースラインの試算（定量化）の計算過程

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	$\text{SOx 排出量(t /年)} = \text{燃料油使用量(kL/ y)} \times \text{燃料油比重(t/kL)}$ $\times \underline{\text{使用燃料油 S 分(質量%)} \times (1-\text{脱硫効率})}$ $= 1,850 \times 0.958 \times 0.029 \times (1-0.0) = 51.4$ <hr/> $\text{燃料油使用量} = 1,850 \text{ kL/ y} [\text{ライオンビール社実績}]$ <hr/> $\text{燃料油比重} = 0.958 \text{ t/kL} [\text{実測値}]$ <hr/> $\underline{\text{使用燃料油 S 分} = 2.9\% \text{ 質量} [\text{実測値}]}$ <hr/> $\text{脱硫効率} = 0.0 [\text{脱硫機能なし}]$

評価項目	単位	ベースライン排出量計算方法
NOx 排出量	t/y	$\text{NOx 排出量(t/y)} = \frac{\text{排出 NOx 濃度 (ppm)}}{10^6} \times \text{乾き排出ガス量(Nm}^3/\text{h}) \times \text{施設稼働時間 (h/y)} \times 46/22.4 \times 10^3$ $= 392 \times 10^{-6} \times 3,270 \times 8,064 \times 46/22.4 \times 10^3$ $= 21.2$ <p>排出 NOx 濃度 = 392 ppm [実測値]</p> <p>乾き排出ガス量 = 3,270 Nm³/h [排出酸素濃度実測値、時間当たり燃料使用量、燃料分析粘性値に基づく C 重油相当の理論乾き排出ガス量からの推算値]</p> <p>施設稼働時間 = 8,064 h/y [ライオンペール社実績]</p>
ばいじん排出量	t/y	$\text{ばいじん排出量(t/y)} = \text{燃料油使用量(kL/y)} \times \text{燃料油比重(t/kL)}$ $\times (\text{使用燃料油灰分質量\%} \times \text{灰分由来の排出係数})$ $+ (\text{使用燃料油残留炭素分質量\%} \times \text{残留炭素分由来排出係数})/100$ $= 1,850 \times 0.958 \times (0.1 \times 0.57 + 8 \times 0.43)/100 = 62.0$ <p>燃料油使用量 = 1,850 kL/y [ライオンペール社実績]</p> <p>燃料油比重 = 0.958 t/kL [実測値]</p> <p>使用燃料油灰分質量\% = 0.1% [JIS K 2205 3種 1号灰分質量\%相当]</p> <p>灰分由来の排出係数 = 0.57 [(社)潤滑油協会調査報告書「使用済み潤滑油に関する調査」]</p> <p>使用燃料油残留炭素分質量\% = 8% [JIS K 2205 2種 残留炭素分質量\%相当]</p> <p>残留炭素分由来の排出係数 = 0.43 [(社)潤滑油協会調査報告書「使用済み潤滑油に関する調査」]</p>
GHG 排出量	t/y	$\text{GHG 排出量(t/y)} = \text{燃料油使用量(kL/y)} \times \text{燃料油比重(t/kL)}$ $\times \text{燃料油熱量 (TJ/kL)} \times \text{燃料油 CO}_2 \text{ 排出係数(CO}_2\text{-t/TJ)}$ $= 1,850 \times 0.958 \times 40.4 \times 77.4/1000 = 5,542$ <p>燃料油使用量 = 1,850 kL/y [ライオンペール社実績]</p> <p>燃料油比重 = 0.958 t/kL [実測値]</p> <p>燃料油熱量 = 40.4 TJ/kt [IPCC 2006 residual oil]</p> <p>燃料油排出係数 = 77.4 t CO₂/TJ [IPCC 2006 residual oil]</p>

※表中下線部は要測定項目を示す。

プロジェクト実施前のプロジェクトラインの試算（定量化）の計算過程は、下表に示すとおりである。

表 7-8 プロジェクトラインの試算（定量化）の計算過程

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[使用木質バイオマスに硫黄分が含まれていないため]
NOx 排出量	t/y	$\text{NOx 排出量(t/y)} = \frac{\text{排出 NOx 濃度 (ppm)}}{10^6} \times \text{乾き排出ガス量(Nm3/h)} \times \text{施設稼働時間 (h/y)} \times 46/22.4 \times 10^{-3}$ $= 232 \times 10^{-6} \times 3,653 \times 8064 \times 46/22.4 \times 10^{-3}$ $= 14.0$ <p><u>排出 NOx 濃度 = 232ppm</u>[実測値をベースに空気比制御を考慮し推算 (空気比 = 1.2 として試算)]</p> <p>乾き排出ガス量 = 3,653Nm3/h[ガス化炉の仕様による燃料ガス組成等からの乾きガス排出量及び制御空気比 1.2 を考慮した推算値。ベースラインシナリオ相当の発生熱量を考慮]</p> <p>施設稼働時間 = 8,064h/年[ライセンス社実績に合わせた]</p>
ばいじん排出量	t/y	$\text{ばいじん排出量(t/年)} = \frac{\text{ベースライン熱発生量(GJ/y)}}{\text{プロジェクトライン単位熱発生量(GJ/t)} \times (100 - \text{使用木質バイオマス含水率\%})} / 100$ $\times \text{使用木質バイオマス灰分質量\%} / 100 \times (1 - \text{ばいじん除去率})$ $= 71,601 / 10.185 \times (100 - 20) / 100 \times 7.69 / 100 \times (1 - 0.9)$ $= 43.2$ <p>ベースライン熱発生量 = 71,601GJ/y[燃料油使用量 × 燃料油比重 × 热量から算出]</p> <p>プロジェクトライン熱発生量 = 10.185GJ/t [現地情報(ベースライン燃料油使用量 1L(単位熱量; 40.4MJ/L, 比重; 0.958)に対し必要なグリシディア使用量 3.8kg)]</p> <p>使用木質バイオマス含水率\% = 20%[ガス化炉仕様]</p> <p>使用木質バイオマス灰分質量\% = <u>7.69%</u>[グリシディアの近似分析による灰分質量\%]</p> <p>ばいじん除去率 = 0.9[「産業廃棄物中間処理に関する研究(III)木くず焼却処理施設」の“サイクロン”の集じん効率 0.85～0.95 の中間値]</p>
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。

2) 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（定量化）結果は、下表に示すとおりである。下表より、コベネフィット評価項目に関する環境影響分析は、いずれの評価項目においてもプロジェクトラインにて改善効果が確認された。

表 7-9 試算（定量化）の結果

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 = <u>-18.8</u> 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

軽油使用の試算

1) プロジェクト実施前の試算（定量化）の計算過程

ベースラインの試算（定量化）の計算過程は、下表に示すとおりである。

表 7-10 ベースラインの試算（定量化）の計算過程

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	SOx 排出量(t/y)=軽油使用量(kL/年)×軽油比重(t/kL) ×使用軽油 S 分(質量%)× (1-脱硫効率) =449×0.85×0.00005× (1-0.0) = 0.01
		軽油使用量=449 kL/ y [コールドストア社実績]
		軽油比重=0.85 t/kL [現地情報]
		使用軽油 S 分=0.0050%質量[JIS K2204 規格の上限値]
		脱硫効率=0.0[脱硫機能なし]
NOx 排出量	t/y	NOx 排出量(t/ y)=排出 NOx 濃度 (ppm) ×10 ⁻⁶ ×乾き排出ガス量(Nm ³ /h) ×施設稼働時間 (h/ y) ×46/22.4×10 ⁻³ =500×10 ⁻⁶ ×699×7,488×46/22.4×10 ⁻³ =5.4
		排出 NOx 濃度=500ppm[「バイオマス燃料のエンジン適用に関する技術の研究開発」（人見ら）からの情報】
		乾き排出ガス量=699Nm ³ /h[実績から試算した時間当たり燃料使用量、軽油の理論乾き排出ガス量及び、空気比 1.3 の条件からの推算値]
		施設稼働時間=7,488h/ y[コールドストア社実績]
ばいじん排出量	t/y	ばいじん排出量(t/ y)=排出ばいじん濃度(%) ×単位時間あたり軽油使用量(kL/h) ×軽油比重 ×施設稼働時間(h/ y) =3/100×0.0600×0.85×7,488=11.5

評価項目	単位	ベースライン排出量計算方法
		<p>排出ばいじん濃度=3%[「バイオマス燃料のエンジン適用に関する技術の研究開発」(人見ら)からの情報]</p> <p>単位時間あたり軽油使用量=0.0600 kL/h[コールドストア社実績]</p> <p>軽油比重=0.85 t/kL [現地情報]</p> <p>施設稼働時間=7,488h/ y[コールドストア社実績]</p>
GHG 排出量	t/y	<p>GHG 排出量(t / y)=軽油使用量(kL/ y) × 軽油比重(t/kL) $\times \text{軽油熱量 (TJ/kL)} \times \text{軽油 CO}_2 \text{ 排出係数(CO}_2\text{- t / TJ)}$ $=449 \times 0.85 \times 43.0 \times 74.1 / 1000 = 1,216$</p> <p>軽油使用量=449 kL/年[コールドストア社実績]</p> <p>軽油比重=0.85 t/kL [現地情報]</p> <p>軽油熱量=43.0 TJ/kt [IPCC 2006 Diesel oil]</p> <p>軽油排出係数=74.1 t CO₂/TJ[IPCC 2006 Diesel oil]</p>

プロジェクト実施前のプロジェクトラインの試算（定量化）の計算過程は、下表に示すとおりである。

表 7- 11 プロジェクトラインの試算（定量化）の計算過程

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[使用木質バイオマスに硫黄分が含まれていないため]
NOx 排出量	t/y	<p>NOx 排出量(t/y)=<u>排出 NOx 濃度 (ppm)</u> $\times 10^{-6}$ \times乾き排出ガス量(Nm³/h) \times施設稼働時間 (h/y) $\times 46 / 22.4 \times 10^{-3}$ $=232 \times 10^{-6} \times 901 \times 7,488 \times 46 / 22.4 \times 10^{-3}$ $=3.2$</p> <p><u>排出 NOx 濃度=232ppm</u>[実測値をベースに空気比制御を考慮し推算 $(\text{空気比}=1.2 \text{ として試算})$]</p> <p>乾き排出ガス量=901Nm³/h[ガス化炉の仕様による燃料ガス組成等からの乾きガス排出量及び制御空気比 1.2 を考慮した推算値。ベースラインシナリオ相当の発生熱量を考慮]</p> <p>施設稼働時間=7,488h/ y[コールドストア社実績]</p>
ばいじん排出量	t/y	<p>ばいじん排出量(t/年)=<u>ベースライン熱発生量(GJ/y)</u> / <u>プロジェクトライン単位熱発生量(GJ/t)</u> \times (100 - 使用木質バイオマス含水率%) / 100 \times <u>使用木質バイオマス灰分質量%</u> / 100 \times (1 - ばいじん除去率) $=16,411 / 10.185 \times (100 - 20) / 100 \times 7.69 / 100 \times (1 - 0.9)$ $=9.9$</p> <p>ベースライン熱発生量=16,411GJ/y[燃料油使用量×燃料油比重×熱量]</p>

評価項目	単位	プロジェクトライン排出量計算方法
		<p>から算出]</p> <p>プロジェクトライン熱発生量=10.185GJ/t [現地情報（ベースライン燃料油使用量1L(単位熱量;40.4MJ/L,比重;0.958)に対し必要なグリシディア使用量3.8kg)]</p> <p>使用木質バイオマス含水率%=20%[ガス化炉仕様]</p> <p>使用木質バイオマス灰分質量%=<u>7.69%</u>[グリシディアの近似分析による灰分質量%]</p> <p>ばいじん除去率=0.9[「産業廃棄物中間処理に関する研究(III)木くず焼却処理施設」の“サイクロン”の集じん効率0.85~0.95の中間値]</p>
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。

2) 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（定量化）結果は、下表に示すとおりである。下表より、コベネフィット評価項目に関する環境影響分析は、いずれの評価項目においてもプロジェクトラインにて改善効果が確認された。

表 7- 12 試算（定量化）の結果

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	SOxpls (t/y) - SOxbls (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	NOxpls (t/y) - NOxbls (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	GHGpls (t/y) - GHGbls (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

第8章 持続可能な開発への貢献

本プロジェクトを通して、グリシディアの栽培・利用を推進することは、温室効果ガス削減効果のみならず、ホスト国の経済・社会・環境のニーズと多面的に合致しているといえる。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通りである。

8.1. 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

本プロジェクトで主な熱源代替原料と位置付けているグリシディアはマメ科に属する植物であり、マメ科の植物は一般的な特性として大気中の窒素固定を行なうことができる。一般的にリン酸等、いくつかの栄養素は不溶性であり、雨水に溶出して流亡する割合が低く、かつ栽培植物の落葉に伴い植物-土壤間を循環するものである。そのため、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。加えて、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、下記の効果が期待され、ホスト国の持続可能な発展に貢献するといえる。

- ① 土壌条件の改善
- ② 土壌浸食防御（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

本プロジェクトは、これら主に廃棄され有効利用されていない木質系バイオマス（グリシディア）に加え、専用プランテーションでの栽培、利用を促進することを意図したものであり、後者については、土壤を含む栽培・育成環境に持続性が認められる限りにおいて持続可能な開発に貢献するものであるといえる。

8.2. ホスト国における公害対策・環境改善

7章で検討した通り、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。

8.3. エネルギー自給の向上・貿易収支の改善

スリランカでは、化石燃料の高騰と国内エネルギー需要の増加により、エネルギーの輸入依存率の急激な上昇を招いており、外貨流出による政府の財政逼迫状況が著しい。この

ような状況のなか、本プロジェクトの普及により、エネルギー自給の向上と貿易収支の改善が期待できる。

BEASL の試算によれば、グリシディアによって総エネルギー需要の 50%を供給することにより 600 億ルピー/y の外貨支出を抑えられると予測している⁴⁶。なお、この試算では、グリシディアによるエネルギー供給ポテンシャルは 4,000MW とされている⁴⁷。

表 8-1 グリシディアによるエネルギー供給ポテンシャル及び外貨節約額

年次	年間エネルギー 需要予測 (GWh)	提案導入率 (%)	提案導入率 (GWh)	必要植林面積 (ha)	生産コスト (100 万ルピー -)	外貨節約額 (100 万ルピー -)
2005	6,967	2%	139.34	6,500	65	1,463
2006	8,342	10%	834.2	35,540	356	8,759
2008	9,892	20%	1978.4	50,550	506	20,773
2010	11,505	50%	5752.5	176,630	1,767	60,401

出典：BEASL,2006,The biomass energy sector in Sri Lanka success and constraints,Parakrama Jayasinghe.

8.4. 農村開発・地域間格差の是正

スリランカにおいて全人口の 72%⁴⁸が農村人口であり、人口の大部分を占める農村人口が生活基盤を置く地方部・農村の開発と、農村と都市部との所得格差の是正が重要な課題の一つとして数えられている。本プロジェクトにて着目するグリシディアは栽培できる土地さえあれば、特に大きな労力・資金を投下すること無く、栽培、維持管理が容易であることから、グリシディアを利用した熱源転換が進めばグリシディアの栽培及び販売によって農家に現金収入をもたらすといえる⁴⁹。さらに、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資材のコスト削減も期待される。これらの現金収入の増加、経費の削減により農村、地域の継続的な発展に貢献することができると考えられる。

- 燃料チップ販売収入
- 葉・樹皮による家畜飼育／飼料としての利用
- 葉の肥料利用による化学肥料／尿素購入費節約

⁴⁶ スリランカ政府はこれを 2010 年までの目標としている。

⁴⁷ 2010 年までに 50% という目標達成の場合は年間稼働時間を 6,000 時間とした場合に 960MW に相当し、4,000MW の 24% ということになる。

⁴⁸ スリランカ中央銀行,2009,Sri Lanka Socio-economic data 2009.

⁴⁹ 需給関係に基づく販売先と販売価格による。

8.5. 内戦戦災地・震災地復興支援

スリランカは長きにわたる内戦を経験しており、国土の北部、東部、東北部においては内戦により農地が放置され、荒廃が進んでいる地域が存在する。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ている。本プロジェクトにて企図する通り、産業分野において熱源代替が推進され、国内における木質バイオマスの需要が増加すれば、内戦被災地域での雇用の創出、現金収入源の創出等、多くの効果が期待される。また地域住民によるエネルギー、肥料、飼料としての利用も図れることから、本プロジェクトの推進に伴う効果は多大であるといえる。

第9章 利害関係者コメント

9.1. 政府機関、推進団体等の関係者からのコメント

本提案プログラム CDM に対して個別のインタビューによる利害関係者のコメントは以下の通りである。

- [DNA] 天然環境資源省 大気管理/国際関係局 局長 Dr. W.L.Sumathipala 、副局長 Anoja Herath 氏：
再生可能エネルギーの創出は政府のトッププライオリティである。グリシディアを初めとするバイオマス利用の CDM プロジェクトは政府としても大いに期待している。
- 科学技術開発省 再生可能エネルギー局 ディレクター PG Joseph 氏：
グリシディアの CDM 推進をプログラム CDM で行うことはスリランカにとって極めて大きな貢献を果たす。ぜひ進めるべきであり、そのための協力は惜しまない。
- 電力エネルギー省 再生可能エネルギー局次長 Chandana Samarasinghe 氏：
グリシディアによるエネルギー供給はスリランカ政府も推進しているが、なかなか進展していない。CDM や ODA などを通じて複数の成功事例を増やすことが重要である。日本の支援に期待する。
- BEASL 事務局長 Parakarama Jayasinghe 氏：
グリシディア栽培のメリットは、枝をファイアウッドとして販売可能であることに加えて、葉や枝皮が肥料や飼料として多目的利用が可能なことによる副次的な効果は非常に高いことが重要である。現在、化石燃料の輸入により国外へ流出させている外貨を国内の経済循環で回していくためにも、スリランカ国民にとってグリシディアの利用・栽培推進は極めて重要であり、BEASL の役割はそれを牽引することである。BEASL は CME としての機能を果たすために組織的な変革も含めて、対応を図りたい。
- National Development Bank Januka Nanayakkara 氏：
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かうため、今後も継続して情報交換を望んでいる。

- マハトマガンジーセンター M.A. Mohamed Saleem 氏：
グリシディアは農村経済への裨益効果が極めて高い植物であるが、ココナツ農園主はコロンボ在住の地主であったりして既に確立された農園に対して新たな投資を好まない傾向にあり、栽培がなかなか進んでいない状況にある。特に内戦被災地であり、住民が農地を放棄せざるを得なかつた東・北部地域の復興支援に大変有効であると考えている。
- JICA 現地事務所 原氏、小田原氏、飯田氏：
スリランカ政府は再生可能エネルギーを推進しているが、なかなか進まない。グリシディアを用いたエネルギー代替、及び農村地域活性化事業は温暖化対策に資する大変望ましい事業である。JICA も支援の可能性を探りたいため、引き続き情報提供を期待する。
- ペラデニア大学元副学長 S Ananda Kulsooriya 氏：
グリシディアを含む 14 の早生樹の栽培実験を実施し、グリシディアが最も収量が高く、また栽培する農家への裨益効果が高いことから政府が推奨する再生可能エネルギー資源として推奨した。提案プロジェクトが実施されることによるスリランカへの貢献度は大きい。

9.2. 農民への聴き取り調査で得られたコメント

12 月にプトラム県、並びにクルネガラ県（ワテガデラ村）で実施した農民への聴き取り調査で得られた農民の主なコメントは以下の通りである。

- 既に植えてあるグリシディアについては、剪定作業後農地で放置・分解処理をしている。作業に見合いのある単価で購入してもらえるのであれば、販売の意思はある。（プトラム県／クルネガラ県農民）
- 過去に一時期グリシディア枝を販売したことはあるが、その後事業者は来なくなり、基本的には放置処理している。（クルネガラ県農民）
- 農民としてはこれまで行っていない新たな活動を農地へ行うことはリスクであり、特にグリシディアは成長が早いため、ココナツの栄養が奪われるのではないかという思いもあり、グリシディアをココナツの間に植えることはない。（ココナツ農園労働者）
- 葉が良質の肥料になり化学肥料の使用を抑えられるため、グリシディアを植えている。（プトラム県農民）
- グリシディアが農地に有効であるということは聞いたことがある。多くの農民はそのことに対する知識がないため、グリシディアを推進したいのであれば、啓発活動が必要だろう。（プトラム県農民）

また、プロジェクトの実施が農民へ実際に与える影響を把握するために、既にグリシディア枝をエネファブ社の既設工場へ供給している農家（エネファブ社所有の収集センターへ販売）に対して、11月に聴き取り調査を実施した際に得られたコメントは以下の通りである。

- 胡椒やマンゴー、バナナを主に生産している。胡椒のコンパニオンプラントで植えているグリシディアをエネファブ社に販売している。枝のチップ化作業は夫婦で農作業の合間にやっているので苦はない。
- 収穫は不定期だが、1本から6~8kgの枝が収穫でき、家族でチップ化してエネファブ社に販売している。エネファブ社への販売のために新たにグリシディアを植栽することはしていない。これまで農地に捨てていた枝を集めて売っている。
- グリシディア枝は以前は農地に放置していたが、今はエネファブ社に販売でき、月5,000円ほどの副収入になっており、家系的には収入が増えて助かっている。

9.3. セミナー参加者（主に関係する事業者）からのコメント

(1) セミナー参加者へのアンケート概要

2章で述べた通り、2010年2月23日にコロンボにて、利害関係者に対する本提案プログラムCDMの情報提供、及び第二フェーズ以降のプロジェクト候補サイトの発掘を目的としたセミナーを開催し、約100名の参加を得た。その際、セミナー参加者に対してアンケートを配布し25名から回答を得た。回答者の多くは、第二フェーズにおけるポテンシャルサイトとなる事業者やプラント・サプライヤー、ココナッツ栽培局を含むバイオマス原料供給サービスに携わる事業者が主であった。アンケート回答者の所属内訳は以下の通りである。

表9-1 アンケート回答者の所属内訳

	バイオマス燃料の潜在的利用者	プラントサプライヤー	バイオマス原料供給サービス	その他	計
該当数	13	4	4	5	25

(2) セミナー参加者からのコメント

アンケート実施により得られたセミナー参加者からのコメントは以下の通りである。2章で述べたように、本セミナー参加者のうち、バイオマス燃料の潜在的利用事業者は燃料代替事業及び本プロジェクトに対して積極的意向を示す事業主体が多数派であった（回収した25回答中13回答がポテンシャルサイトとなる化石燃料利用事業者であり、13回答中12回答が本プロジェクトへの参加の意向を示した）。

アンケートにおいて、コメントを記した事業者のうち、バイオマス燃料の潜在的利用事

業者及びプラント・サプライヤーからのコメントでは、「本プロジェクトに関心のある顧客を有する」、「CDM プロジェクトに関してもっと知りたい」といったような CDM プロジェクトに対して積極的なコメントが見られた。その他（援助団体）からのコメントでは、コミュニティレベルでの木質バイオマス栽培普及の難しさに対する懸念が示される一方、本プロジェクトにおける社会的意義に賛同するようなコメントが示されている。

回答者の母集団が本セミナー参加者である時点で本プロジェクトに関心があることが想定されるため、バイアスがかかっている可能性は排除はできないが、これらのコメント及びアンケート結果より、様々な利害関係者が本プロジェクト及び燃料代替事業に対して、その経済効果、環境効果、さらには社会的効果を把握した上で、関心をもっていると考えられる。

① バイオマス燃料の潜在的利用事業者からのコメント

- 当社の顧客は本 CDM プロジェクトに高い関心を持っている。
- 利益が担保されないことには、CDM プロジェクト形成にかかるコストは非常に高い。企業が自ら CDM プロジェクトを形成することは難しいため、そのための基盤整備のための初期投資は非常に重要である（PoA という基盤ができれば参画が検討可能）。また、当社は 27 事業部を有するため、燃料転換事業を小規模 CDM のバンドリングで実施できるかどうかが知りたい。
- GHG 排出削減に対する寄与とそれがもたらす経済的メリットにに関心がある。しかし、UNFCCC への登録は容易ではないことを理解しているため、より十分な CDM に対する知識が必要だと考えている。
- CDM プロジェクトに関する手続きや枠組みの追加説明が必要である。

② プラント・サプライヤーからのコメント

- 当社ではバイオマス燃料による化石燃料を代替する CDM プロジェクトに関心のある顧客を多く有している。

③ その他（援助団体）からのコメント

- 本 CDM セミナーへの参加、及び本提案プロジェクトに対する参加を検討することは、社会的責任であると感じている。
- スリランカ国及びスリランカ国民に代わって、本プロジェクトの普及活動に対して感謝を述べたい。
- 直ちに利益を得ることが出来なければ、コミュニティを動かすことはできないため、本原料となる作物栽培を促進することは容易ではないと思う。

第10章 事業性評価

10.1. 本プロジェクトの実施体制

本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する。運営パートナーとは本 PoA 独自の概念であるが、BEASL が全ての CPA に対してモニタリング等の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。

プロジェクトオーナーは、ライオンビール社の工場に関してはライオンビール社、ユニリーバ社である。一方、及びコールドストア社の工場については、エネファブ社がエスコサービスを提供する形式をとることを想定することから、プロジェクトオーナーはエネファブ社となる。

日本サイドはエックス都市研究所がコーディネート、及び CDM に関する技術支援を行い、北海道電力(株)をポテンシャル・クレジット購入者として想定する。

既に 12 社から関心表明が得られている第二フェーズ以降の CPA 実施に際しては、上記枠組みの下、エネファブ社の管理による CPA の増加と同時に、エネファブ社と同様の機能を有する他社による新たな CPA 実施を推進していくこととなる。

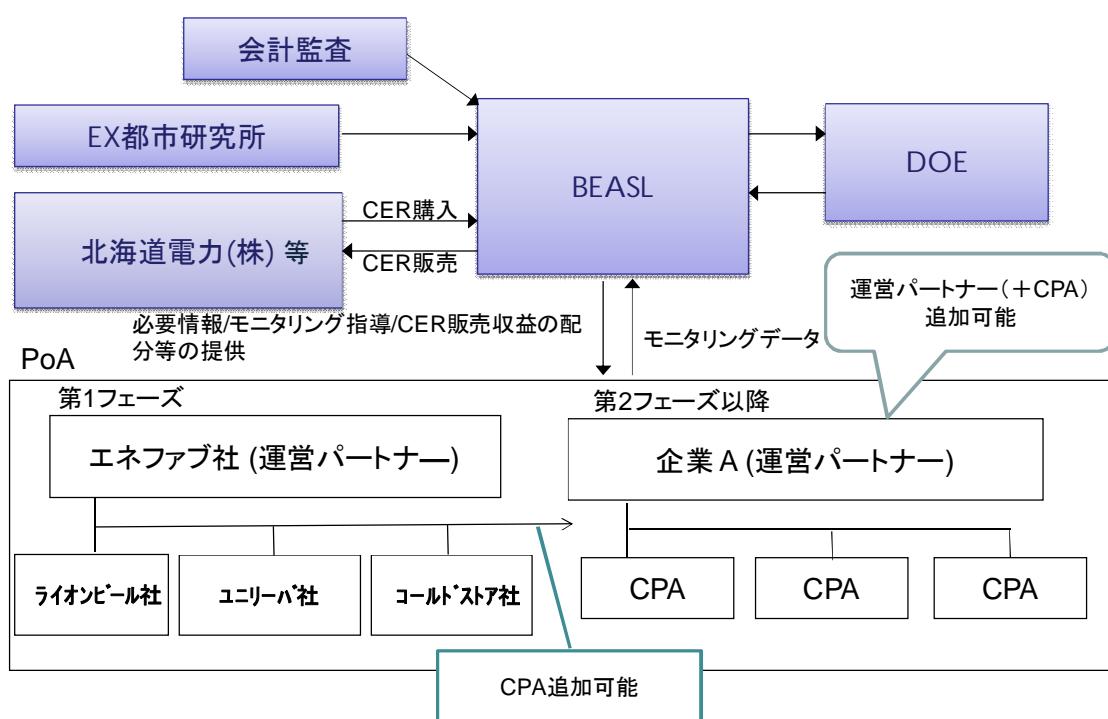


図 10-1 本プロジェクトの実施体制図

10.2. プロジェクト実施期間/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。

10.3. 実施スケジュール

本プログラム CDM 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 候補として選定された 3 事業主体と、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必要となる。

10.4. 経済性分析

本プログラム CDM は、各プロジェクトの採算性が個別の CPA において代替される燃料種別に大きく左右されるという特徴を有する。これは、スリランカにおいて軽油の販売価格には政府の補助金が投入されていないのに対して、燃料油に対しては産業保護の観点から 20 ルピー/L の補助金が投入されている状況によっている。

本プログラム CDM において第一フェーズ候補サイトである 3 企業における初期投資額を表 10-1 に、またライオンビール社工場で導入予定の機器リストを表 10-2 に記す。

表 10-1 初期投資額

単位	ライオンビール社	ユニリーバ社	コールドストア社
千ルピー	48,000	64,000	23,000
千円	37,440	49,920	17,940

※1 ルピー=0.78 円

表 10-2 ライオンビール社工場の初期コスト内訳

No:	内容	金額	
		千ルピー	千円
1	詳細設計費用	951	741
2	ボイラー及び付帯設備	10,038	7,830
3	煙突 (直径 600mm 高さ 20m)	1,711	1,335
4	集塵機	713	556
5	耐火／絶縁体	1,141	890
6	Structure & platforms	998	779
7	バイオマス供給機器	8,505	6,634
8	貯水タンク 10m ³	428	334
9	蒸気配管	1,501	1,171
10	造成／整地	3,002	2,341
11	建屋、バイオマス貯蔵庫、基礎工事	15,010	11,707
12	ボイラー導入コスト	3,502	2,732
13	性能／運転試験	500	390
	合計	48,000	37,440

ランニングコストと、その前提条件、人件費内訳は表 10-3～表 10-5 の通りである。

表 10-3 ランニングコスト推計の前提条件

項目	ライオンビール社	ユニーバー社	コールドストア社	備考
プラント稼働時間	8,064 h/y	7,488 h/y	7,488 h/y	
対象設備における燃料油節約量	1,850 L/y	2,494 L/y	449 L/y	
枝購入量	7,030 t/y	7,582 t/y	1,796 t/y	ユニーバー社は 20%を自社で発生するバイオマス残渣利用
枝買取価格	6 ルピュー/kg	7 ルピュー/kg	6 ルピュー/kg	・輸送費を含む ・ユニーバー社は山間部のため輸送費増
電力消費量	149,760kWh/y	299,520kWh/y	74,880kWh/y	
電力単価	9.0 ルピュー/y	9.0 ルピュー/y	9.0 ルピュー/y	
代替燃料価格	31 ルピュー/kg	31 ルピュー/kg	73 ルピュー/kg	・ライオン、ユニ:燃料油 ・コールド:軽油
雇用増員数（合計）	16 人	24 人	17 人	想定
技術	4 人	4 人	4 人	4 シフト制
運転士	4 人	4 人	4 人	
燃料管理	8 人	16 人	8 人	
作業員	0 人	0 人	1 人	
メンテナス費	初期コストの 3%	初期コストの 3%	初期コストの 3%	想定

※1 ルピュー=0.78 円

表 10-4 人件費内訳

項目	ライオンビール社		ユニリーバ社		コールドストア社		備考
	千ルピー	千円	千ルピー	千円	千ルピー	千円	
技師	112	87	112	87	112	87	28,000 ルピー/月
運転士	88	69	88	69	88	69	22,000 ルピー/月
燃料管理	136	106	272	212	136	106	17,000 ルピー/月
作業員	0	0	0	0	35	27	8,800 ルピー/日
食費／宿舎代	184	144	256	200	184	144	
月間合計	520	406	728	568	555	433	
年間合計	6,240	4,867	8,736	6,814	6,662	5,197	

表 10-5 ランニングコスト

項目	ライオンビール社		ユニリーバ社		コールドストア社	
	千ルピー	千円	千ルピー	千円	千ルピー	千円
原料調達コスト	42,180	32,900	55,072	42,956	11,976	9,341
電力購入費	1,348	1,051	2,696	2,103	674	526
人件費	6,240	4,867	8,736	6,814	6,662	5,196
補修・メンテナンス	1,440	1,123	1,920	1,498	690	538
消耗品費	225	176	140	109	225	176
合計	51,433	40,118	66,564	51,920	20,227	15,777

本プロジェクトの経済性は以下に示す通りである。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、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。この差は、代替する燃料の価格によっていると考えられることから、燃料価格の高い軽油、LPG の代替を行うプロジェクトの追加性の立証には、投資バリアを用いることは容易ではないことが明らかとなった。

表 10-6 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 10-7 本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

表 10-8 感度分析（ライオンビール社）

パラメータ		IRR		
感度分析範囲		-10%	0%	10%
a)	初期投資額	-4.4%	-6.7%	-8.8%
b)	バイオマス燃料調達コスト	4.6%	-6.7%	-
c)	代替する化石燃料価格	-	-6.7%	7.7%
d)	工場稼働率（稼働日数）	-9.0%	-6.7%	-4.6%
e)	CER 販売収入(@1500 円/tCO2)	11.4%	13.2%	14.9%
		-	15years	20years
f)	プロジェクト期間	-	-6.7%	-2.8%

表 10-9 感度分析（ユニリーバ社）

パラメータ		IRR		
感度分析範囲		-10%	0%	10%
a)	初期投資額	-1.6%	-3.3%	-6.7%
b)	バイオマス燃料調達コスト	4.3%	-3.3%	-
c)	代替する化石燃料価格	-	-3.3%	7.5%
d)	工場稼働率（稼働日数）	-6.5%	-3.3%	-2.2%
e)	CER 販売収入(@1500 円/tCO2)	10.6%	12.3%	13.9%
		-	15years	20years
f)	プロジェクト期間	-	-3.3%	-0.3%

表 10-10 感度分析（コールドストア社）

パラメータ		IRR		
感度分析範囲		-10%	0%	10%
a)	初期投資額	43.6%	36.7%	34.2%
b)	バイオマス燃料調達コスト	40.1%	36.7%	33.3%
c)	代替する化石燃料価格	26.3%	36.7%	46.8%
d)	工場稼働率（稼働日数）	32.2%	36.7%	41.1%
e)	CER 販売収入(@1500 円/tCO2)	42.2%	44.6%	42.2%
		-	15years	20years
f)	プロジェクト期間	-	36.7%	36.9%

10.5. 資金計画

現段階で候補サイトとして決定しているライオンビル社は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、主な資金源としては借入を想定しているが、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、市中銀行等から継続情報収集を行う予定である。その後、設備導入予定企業（エネファブ社）と候補サイトとの間での交渉で、それぞれユニリーバ社、コールドストア社からエネファブ社に対してエスコ事業としての事業参画（具体的にはエネルギー供給契約に基づくエネルギーの販売）の可能性に関する打診があった。エネファブ社にて同打診に基づき、同社のメインバンクの1行である Hatton National Bank と交渉の結果、各候補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 CDM プロジェクトであることを前提に、同社の導入する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。借入金利は年利12-15%を想定している。

さらにエネファブ社と National Development Bank との交渉では、融資は難しいとの回答であったが、2月のセミナーに発表者として参加した同銀行のプロジェクト・ファイナンス・マネージャーの Januka Nanayakkara 氏によると、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ことであった。これに基づき、今後エネファブ社と同銀行とで改めて協議を行うことが想定されるほか、JICA が実施する 2ステップ・ローン (E-Friends Loan) のリボルビング運用が低金利で開始される予定であることから、同ローンの適用についても引き続き検討をしていくこととなる。

第 11 章 事業化に向けた課題

事業化に向けて、今後、下記の課題が想定される。

(ア) PoA の枠組み構築、関係者間の合意形成

今後、具体的な取り組みに向けて、発生諸費用の概算見積の確定（有効化審査、及び検証）、関係者間での費用負担、CER 分配方法に関する詳細討議に関する関係者間の協議、合意形成が必要となる。より公益性が高く、より多くの企業の参加を得るためにも BEASL の透明性・公正性を高める活動を担保するための約款の策定等、BEASL が CME として適切に機能するための基礎的な枠組みの整備が望まれる。

(イ) 資金調達

スリランカ国内の化石燃料消費者間でも CDM に関する認識は高まりつつあり、関心を示す企業は多い反面、追加性の証明に記載する通り、候補サイトの保有資金、低金利融資実施主体の不在、当該国政府の方針や原油価格の動向、景況の不透明感等、いくつかの要因が潜在的な課題となっている。一方、2010 年 1 月の政府の金利引下げより、市中貸出金利が低下傾向にあり、来年度以降は中央銀行の短期貸出レートで年利 12-15%（一部に 8-12% との情報もあり）まで金利が抑制される見込みとなっている。

また、本調査で National Development Bank に聴き取り調査を行ったところ、「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のハードルは高い」とのことであった。一方で「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かう」との認識であったことから、CDM として実施する事業に対する資金調達の観点で、さらに資金計画を検討する必要がある。

今後、E-Friends Loan の第一・第二フェーズ分からのリボルビング・ローンの運用が開始される予定であり、政府系主幹銀行のものから順次、中央銀行レベルへの返済額積上金まで、適用範囲が拡大される予定とされている。また、同ローンはこれまでのところエスコ事業に対しては適用されていないが、今後、エスコへの適用可能性も検討され始めている。中小企業の多いエスコ事業者にとっては資金調達が最大の課題とも言え、E-Friends Loan からの資金支援が可能となり、本プロジェクトにて対象としている事業者に適用されれば資金面での課題は解決に向け大きな一歩を踏み出し、本プログラム CDM の活性化に大きく寄与することは確実であるため、E-Friends Loan の利用可能性についても引き続き検討を行う必要がある。

(ウ) プログラム CDM の適用範囲、及び追加性の立証

本プログラム CDM は現地側の強い要望により、プログラムの汎用性を最大化するために適用範囲を「産業熱利用をバイオマス資源で代替する活動」としている。一方、プログ

ラム CDM は全ての CPA が同一の技術、及び同一の追加性立証方法を適用するルールとなっており、利用設備（主にガス化とボイラー）を「産業熱利用」としてひと括りの技術と捉えることができるかどうかは判断の分かれることである。また、小売価格に政府の補助金が投入されていない軽油、LPG の代替に関しては、高い IRR が得られる可能性が高く、投資バリア以外の追加性の立証が必要となる。グリシディア利活用プロジェクトにおいては原料調達、及び資金調達が最も深刻なバリアとなっているが、十分に説得性のあるバリア分析が極めて重要となる。

（エ）国連登録に向けた課題

プログラム CDM は、従来の CDM では対象となりえなかった特に小規模な排出源をも対象とすることでき、より小規模の事業者における GHG 削減を加速させると同時に、これらの事業者が CDM のメリットを享受できることに期待される一方で、DOE の負担するリスクに相当する（小規模 CDM 等との比較において）高額な有効化審査・認証費用が生じるものと認識されており、同費用の関係者間における負担・分担が大きな課題となっている。また、そのスキームの新しさから、有効化審査に要する期間も通常の CDM 事業よりも長期間にわたる可能性が高いほか、積極的に有効化審査を実施する DOE が多くないことも課題の一つである。実際に本調査において、海外の DOE を含む数社に見積もり依頼を行ったところ、一部 DOE からはプログラム CDM に伴う不確定要素を理由に見積もりの取得ができなかつた。

本プロジェクトは適用範囲を最大化したことにより、個々のプロジェクトの形態が一様でないという特徴を有しており、プログラム CDM として早期の登録を実現させるためにも、今後、早期の登録とプログラムの汎用性の両者のバランスを関係者間で協議し、CPA の適用範囲を早急に最終確定し、登録に向けたアクションを取ることが早期の事業実現に向けて肝要であるといえる。

（オ）他の支援事業との連携による取組み

小規模事業者の多いスリランカにおいて、プログラム CDM は同国のエネルギー問題への打開策の一部となりうるとして、スリランカ政府は、とりわけプログラム CDM の積極的な推進を図っている。2009 年には、アジア開発銀行等の他のドナーも同国におけるプログラム CDM に対する支援を行っているほか、2010 年には JICA がスリランカ政府 DNA に対して CDM 事業推進のための能力強化技術協力事業開始を予定している。同事業においてもスリランカ政府の意向によりプログラム CDM の推進に重点が置かれる計画であることから、本プロジェクトもこれらの事業と連携の上、効果的に推進を図ることが望ましい。