

平成 26 年度
二国間クレジット制度(JCM)
実現可能性調査

「10MW 級バイオマス利用発電によるグリッド電力代替」
(スリランカ)

報 告 書

平成 27 年 3 月

株式会社大林組
株式会社エックス都市研究所

目次

1. 調査の背景	1
1.1 ホスト国の JCM に対する考え方.....	1
1.2 企画・立案の背景.....	1
1.2.1 ホスト国政府.....	1
1.2.2 スリランカ側カウンターパートの意向.....	3
1.2.3 日本側・潜在事業者の意向.....	3
2. 調査対象プロジェクト	4
2.1 プロジェクトの概要.....	4
2.1.1 事業予定地.....	4
2.1.2 施設・設備・機器仕様.....	6
2.1.3 グリッド接続.....	8
2.1.4 売電.....	9
2.1.5 燃料利用を予定するバイオマス.....	10
2.2 ホスト国における状況.....	12
2.2.1 Mahinda Chintana.....	12
2.2.2 Haritha Lanka.....	12
2.2.3 National Energy Policy & Strategy 2006.....	13
2.3 プロジェクトの普及.....	14
3. 調査の方法	15
3.1 調査実施体制.....	15
3.1 調査課題.....	17
3.1.1 調査実施以前に認識された課題.....	17
(1) 資金計画.....	17
(2) 工事計画.....	17
3.1.2 調査の開始後に認識された課題.....	19
3.2 調査内容.....	19
3.2.1 資金計画.....	19
3.2.2 工事計画.....	19
3.2.3 事業運営.....	19
3.2.4 日本技術の優位性.....	20
3.2.5 バイオマス調達に伴う排出量に係るデフォルト値の設定.....	20
3.2.6 ホスト国の環境十全性の確保と持続可能な開発に関する課題.....	20
3.2.7 バイオマス燃料調達に関する課題.....	20
4. プロジェクト実現に向けた調査	24
4.1 プロジェクト計画.....	24
4.1.1 事業実施体制.....	24
(1) 事業主体.....	24
(2) EPC/設計・施工.....	24
(3) O&M.....	24
(4) バイオマス燃料調達.....	25
4.1.2 プロジェクト実施主体の経営体制・実績.....	26
(1) 株式会社大林組.....	26
(2) Sri Lanka Carbon Fund (PVT) Limited.....	27

4.1.3	事業収益性の評価	27
4.1.4	初期投資、運営・維持管理費用	33
4.1.5	リスク分析	36
4.1.6	その他 事業性に係る項目	37
4.2	プロジェクト許認可取得	37
4.3	日本の技術の優位性	39
4.4	MRV 体制	42
4.4.1	モニタリング項目	42
4.4.2	測定機器	43
4.4.3	想定される MRV 体制	44
4.4.4	MRV 体制構築支援	45
4.4.5	モニタリング対象パラメータ実測機器の校正	47
4.5	ホスト国の環境十全性の確保と持続可能な開発への寄与	49
4.5.1	ホスト国における環境基準	49
4.5.2	対象事業の実施に際して想定される環境影響評価	51
5.	JCM 方法論作成に関する調査	53
5.1	JCM 方法論の概要	53
5.1.1	JCM 方法論の概要	53
5.1.2	用語の定義	53
5.1.3	対象 GHG 及びその排出源	55
(1)	国家グリッドへ電力供給を行う火力発電所	55
(2)	バイオマス生産地、及び生産プロセス	55
(3)	バイオマスの前処理プロセス	55
(4)	バイオマスの輸送プロセス	55
(5)	プロジェクトサイトにおいて消費される電力源	55
5.2	適格性要件	56
5.2.1	適格性要件の概要	56
5.2.2	要件 1	57
5.2.3	要件 2	59
5.2.4	要件 3	59
5.2.5	要件 4	61
5.2.6	要件 5	62
5.3	リファレンス排出量の設定と算定、およびプロジェクト排出量の算定	62
5.3.1	リファレンス排出量の設定	62
5.3.2	リファレンス排出量の算定	62
(1)	リファレンス排出量の算定式	62
(2)	リファレンス排出量の算定	63
5.3.3	プロジェクト排出量の算定	63
(1)	プロジェクト排出量の算定式	63
(2)	プロジェクト排出量の算定	64
5.3.4	排出削減量算定	65
(1)	排出削減量の算定式	65
(2)	排出削減量の算定	65
5.4	プロジェクト実施前の設定値	66
5.4.1	事前設定値の概要	66
5.4.2	各パラメータの事前設定根拠及び純排出削減の担保	67

(1)	グリッド排出係数.....	67
(2)	プロジェクトで使用されるバイオマス 1 トンあたりの栽培に伴うプロジェクト CO2 排出量.....	68
(3)	プランテーションにおけるバイオマス栽培に伴う排出量の考察(専門家へのヒアリング)	69
(4)	プランテーションにおけるバイオマス栽培に伴う排出量の考察(CDM 方法論の検討)	73
(5)	前処理工程で使用されるバイオマス 1 トンあたりの化石燃料、及び電力消費に伴うプロジェクト CO2 排出量.....	76
(6)	バイオマス1トンあたりの輸送に伴うプロジェクト CO2 排出量	78
6.	今後の予定と課題	80
6.1	今後の予定.....	80
6.2	今後の課題.....	80

表目次

表 1-1. SLSEA の設定する再生可能エネルギー導入目標値	1
表 1-2. 2014 年度末までにグリッド接続される再生可能エネルギー利用型発電施設容量	2
表 2-1. プロジェクト概要	4
表 2-2. 事業予定地概要	5
表 2-3. 設備・機器仕様(1)	6
表 2-4. 設備・機器仕様(2)	7
表 2-5. 再生可能エネルギー利用型発電・固定買取価格 (単位:LKR/kWh)	10
表 2-6. グリシディア工業分析結果	11
表 2-7. 「Haritha Lanka」の本事業に関連するアクション・プラン	12
表 3-1. 調査参画・関連団体・企業概要、並びに役割	15
表 3-2. 発電所建設予定地から約 50km 圏内に位置する行政区 I アンパラ県	21
表 3-3. 発電所建設予定地から約 50km 圏内に位置する行政区 II バティカロア県	22
表 3-4. 発電所建設予定地から約 50km 圏内に位置する行政区 III モネラガラ県	22
表 4-1. LTL Holdings 社 概要	25
表 4-2. 株式会社大林組 概要	26
表 4-3. Sri Lanka Carbon Fund 社 概要	27
表 4-4. ボイラー仕様	27
表 4-5. 蒸気タービン・発電機仕様	28
表 4-6. プランテーション候補地におけるプランテーション開発可能土地面積試算表	31
表 4-7. バイオマス収集量試算根拠	31
表 4-8. 事業管理コスト試算表	32
表 4-9. 設計施工コスト試算表	32
表 4-10. 運営・保守保全費用試算表	33
表 4-11. バイオマス発電・電力買取価格 (円/kWh)	33
表 4-12. 計量器購入・設置・保守保全費用	34
表 4-13. 事業許認可一覧	37
表 4-14. 蒸気タービン製造会社別製品・仕様比較表	40
表 4-15. 蒸気タービン製造会社別製品・効率比較表	41
表 4-16. リファレンス排出量の算定に必要なモニタリング項目	43
表 4-17. 測定方法、並びに測定器仕様など	44
表 4-18. モニタリングに関する役割及び QA/QC	45
表 4-19. MRV 能力強化セミナー概要	46
表 4-20. 排ガス基準	49
表 4-21. 排水基準	49

表 4-22. 騒音基準 (規則 7(A)).....	51
表 4-23. 騒音基準 (規則 2)	51
表 5-1. JCM 方法論の概要	53
表 5-2. 用語の定義	54
表 5-3. 対象 GHG 及びその排出源.....	55
表 5-4. 適格性要件	56
表 5-5. 非従来型再生可能電力のグリッド送電量 (MW)	58
表 5-6. 非従来型再生可能電力のグリッド送電量 (GWh/y)	58
表 5-7. リファレンス排出量算定の諸元	63
表 5-8. プロジェクト排出量算定の諸元	64
表 5-9. 排出削減量	65
表 5-10. ACM0017 算定シートおよび方法論ツール 16 における対象排出源.....	69
表 5-11. 他のプランテーション作物における除草剤散布量.....	71
表 5-12. グリホサート概要	71
表 5-13. 除草剤利用に伴う排出量の推計	72
表 5-14. 農機利用に伴う排出量の推計	73
表 5-15. 試算条件	74
表 5-16. バイオマス栽培に係る排出量のデフォルト値 (tCO ₂ /ha)	75
表 5-17. バイオマス栽培に係るデフォルト値の試算結果比較.....	75
表 5-18. バイオマス 1 トンあたりの栽培に伴う CO ₂ 排出量の比較.....	76
表 5-19. 前処理工程における必要動力の推計	77
表 5-20. 1 トンのバイオマスの 1km の輸送に係る排出係数	78
表 5-21. 1 トンのバイオマスの輸送に伴う排出係数の輸送距離による比較	79

図目次

図 2-1. 事業サイト所在地図.....	6
図 2-2. 設備ダイアグラム	7
図 3-1. 調査実施体制図	15
図 4-1. 燃料バイオマス調達会社を含む事業関係者・相関関係図（想定）	26
図 4-2. 全体レイアウト.....	28
図 4-3. バイオマス発電所レイアウト.....	29
図 4-4. 発電所システム系統図	30
図 4-5. 燃料バイオマス計量器(Merrick 社 475 型).....	34
図 4-6. 日本製品と比較を行った MAXWATT 社型・蒸気タービン	42
図 4-7. モニタリングポイントの設定	43
図 4-8. 想定される MRV 体制図.....	44
図 5-1. 純削減の実現方法（BaU 排出量を下回るリファレンス排出量の設定）	66
図 5-2. 純削減の実現方法（実際を上回るプロジェクト排出量の設定）	66
図 5-3. グリシディアの潜在栽培地で確認された雑草種.....	70
図 5-2. 事業化に向けた今後のスケジュール	80

略語集

略語	正式名称 (英文)	和訳/概要
BOI	Board of Investment	投資委員会
BaU	Business as Usual	
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
CEA	Central Environmental Authority	中央環境局
CEB	Ceylon Electricity Board	セイロン電力公社
CER	Certified Emission Reduction	
COP/CMP	Conference of the Parties/ Conference of the Parties serving the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol	国連気候変動会議
DNA	Designated National Authority	指定国家機関
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EPC	Engineering, Procurement & Construction	設計調達建設
ESP	Electrostatic Precipitator	電気集塵機
F/S	Feasibility Study	実施可能性評価
FIT	Feed In Tariff	固定価格買い取り制度
GDP	Gross Domestic Production	国内総生産
GHG	Green House Gas	温室効果ガス
GWP	Global Warming Potential	地球温暖化係数
IEE	Initial Environment Examination	簡易環境調査
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
IPP	Independent Power Producer	独立系発電事業者
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
ITI	Industrial Technology Institutes	工業技術協会
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
JETRO	Japan External Trade Organization	日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JQA	JapanQuality Assurance	一般財団法人日本品質保証機構
LKR	Sri Lanka Rupee	スリランカ・ルピー
MIGA	Multilateral Investment Guarantee Agency	多数国間投資保証機関
MRV	Measurement, Reporting and Verification	測定・報告・検証
NEXI	Nippon Export and Investment Insurance	独立行政法人日本貿易保険
PAA	Project Approving Agency	プロジェクト承認担当官庁

略語	正式名称 (英文)	和訳/概要
PAC	Project Approval Committee	プロジェクト承認委員会
PDD	Project Design Document	プロジェクト設計書
PP	Project Participant	プロジェクト参加者
PUCSL	Public Utility Committee	スリランカ公共サービス委員会
QA/QC	Quality Assurance/Quality Control	品質保証・品質管理
SLCF	Sri Lanka Carbon Fund (Private) Limited	スリランカ・カーボンファンド
SLSEA	Sri Lanka Sustainable Energy Authority	持続可能エネルギー局
SLSI	Sri Lanka Standards Institution	スリランカ規格協会
SPPs	Small Power Producer(s)	小規模独立系発電事業者
ToR	Terms of Reference	仕様書
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	気候変動に関する国際連合枠組条約

1. 調査の背景

1.1 ホスト国の JCM に対する考え方

本調査で事業化対象とするプロジェクト実施予定国(ホスト国)はスリランカ民主社会主義共和国(以下、スリランカ)である。スリランカ国政府は、国家政策として「再生可能エネルギー利用による電力供給を 2020 年までに電源構成の 20%とする」という目標を掲げる一方で、政策実現のための有効手段と位置付けていたクリーン開発メカニズム(以下、CDM)が、CDM 事業実施に伴い発行される CER (Certified Emission Reduction) の国際価格の下落等の事情により十分に活用しきれておらず、且つ現時点で活用し得る状況にないことから、CDM に替わる政策実現のための新たなスキームの必要性を認識している。

かかる状況の下、スリランカ国政府は 2013 年に二国間クレジット制度(以下、JCM)に関する関心表明書を日本国政府に対して提出して以来、2014 年末までに、環境・再生エネルギー省¹が数度に亘り書簡を発行、また同国の日本国内における在外公館である在日本スリランカ大使館を通じて Wasantha 大使以下が日本国政府・環境省、経済産業省、外務省の関係三省に対して JCM 締結に向けた積極的な働きかけを行っている。

1.2 企画・立案の背景

1.2.1 ホスト国政府

スリランカ国は大統領教書である Mahinda Chinatana に基づき国家計画「Haritha Lanka」を策定している。再生可能エネルギーの利用については、Haritha Lanka 第三章「気候変動への挑戦」中、第二項に「経済的、且つ環境配慮型の再生可能エネルギー利用を促進」、同第三項に「代替エネルギー利用促進と効率化によるエネルギー消費の最適化」を、また第八章「緑の産業」では「再生可能エネルギー調達ネットワークの確立」を掲げ、それぞれ目標値を設定している。再生可能エネルギーの利用を推進する環境・マハウェリ省傘下の持続可能性エネルギー局 (Sri Lanka Sustainable Energy Authority, 以下、SLSEA) が公表する再生可能エネルギー利用型発電導入目標値は表 1-1 の通りである。

表 1-1. SLSEA の設定する再生可能エネルギー導入目標値

年度	発電施設容量(MW)					発電量(GWh)				
	小水力	風力	太陽光	バイオマス	計	小水力	風力	太陽光	バイオマス	計
2014	279	151	71	43	574	1,137	423	106	298	1,964
2015	329	251	86	63	729	1,210	703	129	438	2,480
2016	349	281	101	83	814	1,284	787	151	578	2,800
2017	369	311	116	103	899	1,358	871	173	718	3,121
2018	379	341	131	123	974	1,394	955	196	858	3,404
2019	389	371	146	128	1,034	1,431	1,040	218	894	3,582
2020	399	401	161	133	1,094	1,468	1,124	240	929	3,761

出典：SLSEA 公表資料

¹ 2015 年 1 月の政権交代を受けて、環境・マハウェリ省に組織変更。

調査実施前までにスリランカ国政府より、上記の国家目標は未達であるとの情報は得ていたが、本調査の一環として実施した現地調査²にて、SLSEA を訪問、同局 Dr. Suagatapala 局長、並びに Mr. Patamasiri 副局長から開示頂いた“2014 年末までにグリッド接続される再生可能エネルギー利用型発電施設容量”は表 1-2 の通り「未達」となっている。同表からも理解される通り、全体の目標達成率は 79%、発電形態別では小水力を除き目標値を下回っており、バイオマス利用型発電についてはほぼ半分の 51.2%に留まっている。

表 1-2. 2014 年度末までにグリッド接続される再生可能エネルギー利用型発電施設容量

区分	稼働発電設備容量(2014 年)	目標との差(MW)(達成率)
小水力	336MW	+57(120.4%)
風力	95MW	-56(63.0%)
バイオマス	22MW	-21(51.2%)
太陽光	1MW	-70(1.4%)
計	454MW	-119(79.1%)

出典：SLSEA 公表資料

再生可能エネルギー利用推進については、「省エネルギーの推進と併せ、スリランカ国政府内でのその重要性が認識されており、スリランカ国政府の予算内での事業実施費用確保も確実に行えるようになってきており、一例を上げると次年度は政府予算で政府関連機関の事務所におけるエネルギー監査を実施する。当初 300 箇所での実施計画を立案、予算申請を行ったが 50 箇所での申請予算のみが認められた。実施規模こそ縮小となったが小規模プロジェクトについては SLSEA でも独自に予算を獲得、実施できるという確かな手応えを感じている。(SLSEA 局長)」とのことであった。また「再生可能エネルギーの利用の中でも特にバイオマス利用は地域経済への裨益効果が高く、優先順位が高い。早魃に見舞われた今年、早魃で農作物に被害が出たため、農家の収益が大幅に減少する中でバイオマスの販売が農家の貴重な収入となり、地域経済、貧困層への裨益効果が高いことを顕著に示す事例となった。スリランカ国政府は、今後ともバイオマス利用型発電事業を継続して推進していく(SLSEA 局長)」とのことであった。

事業主体者である榊大林組は、上記より本事業はスリランカ国の国家方針・計画とも合致、また持続可能な開発に寄与するものであることを確認、本事業の事業化を検討することを決定している。なお、スリランカ国政府では近日中に統合的再生可能エネルギー推進に関する新たな方向性を取りまとめ、再生事業可能の利活用事業をより一層推進していく予定となっている。

なお、スリランカでは 2015 年 1 月 8 日に大統領選挙が実施され、その結果、野党統一候補のマイトリパラ・シリセナ氏が当選、同日夜に第七代大統領に就任した。シリセナ大統領は 1 月 12 日に新閣僚を発表し新政権の運営を開始している。新政権による再生可能エネルギー利活用などに関する方針の詳細は今後の公表を待つこととなるが、大統領選挙に際して大統領が

² 第二回現地調査(2014 年 9 月実施)

公表している選挙公約「Compassionate Government Maithri – A Stable Country」中、第十章にて「高騰する燃料コストと環境問題に特に留意し、木質バイオマス発電をはじめとする再生可能エネルギーの利用による国民のエネルギー需要への対応を実現し得る基盤整備を進める」、「中でも化石燃料供給関係者に流出している資金を地域の住民に還元し得る木質バイオマス発電建設のための具体的なアクションを取る」と記載されていることから、今後、新政権の指導の下、より一層の推進強化が図られるものと推察される。

1.2.2 スリランカ側カウンターパートの意向

本調査で対象とする事業、並びに調査のスリランカ側カウンターパートであるスリランカ・カーボン・ファンド (Sri Lankan Carbon Fund (Private) Limited: 以下、SLCF 社) は、温室効果ガス (以下、GHG) 削減事業を含む環境分野におけるスリランカの国家計画を実現するため 2008 年に設立された国営企業である。SLCF 社は設立以来、スリランカ国内民間企業による CDM 事業化のコンサルタント業務などに従事してきているが、再生可能エネルギーのより一層の利用を推進すべく、2013 年からバイオマス供給事業に着手、2014 年度には GHG 排出削減に係る認証事業も行っている。2014 年度以降の再生可能エネルギー発電事業への参画を計画している。SLCF 社はスリランカ国再生可能エネルギー推進機関として、本事業をスリランカ国内の潜在事業を強力に推進し得るプロジェクトと位置付けている。

1.2.3 日本側・潜在事業者の意向

(株)大林組は、本業である建設業に加え、再生可能エネルギー利用型発電事業を“環境を含む社会的親和性の高い取組み”としており、今後の事業の柱の一つと位置付けている。2020 年までに「ゼロ・エネルギー施工」を実現することを目標に日本国内では太陽光発電に加えバイオマス発電事業にも着手、日本国外でも再生可能エネルギー発電事業を展開すべく調査を続けてきている。本プロジェクトについては、平成 25 年度の環境省委託調査で実施した基礎調査の結果からも、(株)大林組が調査を行った他国・他案件との比較において最も蓋然性の高い事業案件の一つと判断、2016 年度の事業化に着手、2018 年度初の事業化を目指している。


共同調査実施者である(株)エックス都市研究所は、都市設計と環境関連プロジェクトのコンサルタントを主たる業務とする企業である。温暖化対策関連では、日本国内のみならず、海外でも多くの実績を有し、スリランカにおいても同国環境省(現環境・マハウエリ省)・気候変動局に対する国際協力機構 (以下、JICA) の技術協力プロジェクト(2010-2011 年)、環境省委託事業など多くの実績と経験を有する。スリランカ国内のバイオマス推進関係機関・団体・企業の興望を担っての参画であり、本プロジェクトの JCM 下での事業化支援に強い意欲を持つ。本調査は上述する関係者の方針、意向の合致に基づき実施されたものである。

2. 調査対象プロジェクト

2.1 プロジェクトの概要

本プロジェクトは、主たる提案者である(株)大林組が、東部州アンパラ県においてマメ科の早生樹であるグリシディア (*Gliricidia sepium*) を自営、または関連・協力企業による燃料プランテーション、並びに発電所周辺に居住する農家などから構成される外部供給者から調達し、10MW 規模の木質バイオマス利用発電事業を実施することにより、国家電力網に接続される化石燃料利用発電所からの給電の一部を代替し、GHG 削減を実現するものである。プロジェクトの概要は以下の通りである。

表 2-1. プロジェクト概要

事業概要	: 10MW 規模・バイオマス (木質) 発電事業
事業予定地	: スリランカ国東部州アンパラ県
プロジェクト実施主体	: (株) 大林組 / Sri Lanka Carbon Fund (Private) Limited により新設される特別目的会社 (SPC)
初期投資額	: 約 3,940,000 (千円)
着工開始時期	: 2016 年 4 月
工期	: 24 ヶ月
年間維持経費	: 約 677,000 (千円)
事業期間	: 20 年
年間 GHG 削減量	: 40,052tCO ₂ / 年
事業イメージ	: 

本プロジェクトは発電所建設に伴う各事項(事業用地、採用施設、運営)、燃料(木質バイオマス=グリシディアを想定)、発電電力の販売から構成される。また環境面への配慮、ホスト国の持続可能な発展への寄与への配慮が必要である。更に本事業は JCM 登録を前提として検討を進めていることから、GHG 削減量の定量化を想定される JCM、二国間合同委員会の諸規則に則り、実施し得る体制の構築を視野に入れる必要がある。これら本事業を構成する各事項・項目中、主たる項目の概要は以下の通りである (詳細については 4 章参照)。

2.1.1 事業予定地

事業予定地は下記概要、並びに所在地図にも示す通り、東部州アンパラ県に位置する。アンパラ貯水池とガル・オヤ河の間の沖積土の土地で、南北約 100m、東西 800m、面積は約 8 ヘクタールである。土地区画内の一部に粘土採集場、煉瓦焼成場、作業小屋など小規模煉瓦製造関連施設が確認されたが、同利用地を除き、窪地を含む草地となっている。土地は、所有者であ

るスリランカ政府が製糖産業省に土地利用権を付与しており、事業主体者は製糖産業省と同土地区画の長期賃借に関する契約を締結の上、整地し、同地に発電所を建設する予定である。概要を以下に記載する。

表 2-2. 事業予定地概要

所在地(行政区)	: Madugahaedla Block 260, Ampara, Ampara District Eastern Province
サイト面積	: 約 8 ヘクタール (内 4 ヘクタールを今回発電所として利用予定)
土地所有者	: スリランカ国政府
土地利用権所有者	: スリランカ製糖産業省 (Ministry of Sugar Industry)
土地利用状況	: 草地 土地区画内の一部に小規模煉瓦製造関連施設(粘土採集場、作業用小屋、焼成場)
その他	: 土地利用権の変遷・過去の土地利用など <u>2009 年以前</u> スリランカ政府が、内戦以前に当時アンパラ県にあった Hingurana Sugar Industry に供給される砂糖黍・栽培用地として近隣住民に対して利用権を付与していたが、内戦の激化に伴い、製糖工場が閉鎖、同土地区画も放置されることとなった。 <u>2009_2013 年</u> 2009 年の内戦終了と共に復興された製糖工場「Gal Oya Plantation」が 2009 年以降、 Hingurana Sugar Industry が保有していた土地利用権を継承したが、本来の目的である砂糖黍栽培は行われぬまま放置されていた。 <u>2014 年_</u> 2014 年の閣議で製糖産業省に対する土地利用権の付与を決定しており、今後、スリランカ政府から製糖産業省に、その後製糖産業省から、傘下の LANKA SUGAR CORPORATION に土地利用権が移転される予定である。 本事業の事業化に際して、 SLCF 社にて製糖産業省、 LANKA SUGAR CORPORATION から長期賃借に関する同意を取付けており、事業化の過程で土地の長期賃借契約を締結する。発電所事業実施主体(SPC)は SLCF 社との間で同土地の賃借に関する長期契約を締結する予定である。

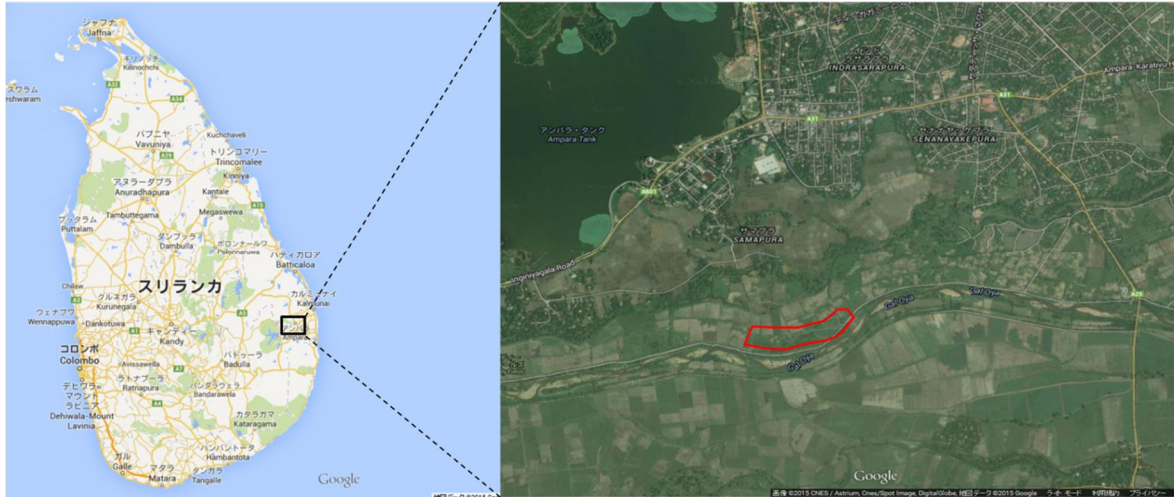


図 2-1. 事業サイト所在地図

2.1.2 施設・設備・機器仕様

本事業では、木質バイオマスを燃料利用する。燃料燃焼により発生する熱を利用しボイラーで蒸気を生成、蒸気を動力源として稼働するタービンにボイラーで発生した蒸気を給気し、タービンの回転を得る。タービンと接続する発電機を回転させることで発電を行い、発電電力を売電契約で要求される品質に調整した上で、国家送電網を管理するセイロン電力公社（CEB）に販売を行うものである。売電量は 10MWh、施設内電力消費量約 1.0~1.5MWh を加え、最大 11.5MWh の発電を行う。よって、発電所の建設に際しては、上記に記載する全ての施設、設備、機器の設置・設営が必要となる。加えて環境基準に合致した排気ガス、廃水などの管理を行うための諸施設が必要となる。各施設、設備、機器についての一般仕様につき以下に記載する。

表 2-3. 設備・機器仕様(1)

	項目	単位	仕様
1	一般規格	-	-
1.1	燃焼方式	-	移動式火格子炉
1.2	循環方式	-	自然循環形
1.3	設計基準	-	IBR1950(改訂最新版)
2	入出力	-	-
2.1	容量	kg/h	52,000
2.2	給気温度	℃	485 ± 5
2.3	給気圧力	ATA	67
2.4	最低出力	kg/h	31,200
2.5	給水温度(節炭器入温)	℃	130
2.6	排ガス温度	℃	140

表 2-4. 設備・機器仕様(2)

項目	単位	仕様
出力	kW	11,500
タイプ		復水式
冷却装置		空冷式
入側蒸気圧	ATA	68
入側蒸気量	TPH	52
入側蒸気温度	°C	485±5
電圧	KV	11,000
周波数	Hz	50
回転速度	rpm	7800/1500
排気圧	-	0.13ATA / 37.66TPH
抽気条件	-	3.09ATA / 0 & 2 & 5.4TPH

なお、上記に仕様を示す各設備・機器を含む発電所導入システムのダイアグラムは図 2-2 の通りとなる。本調査では上記、仕様、並びに下記ダイアグラムに基づき、各機器製造販売会社、設備・機器設営会社から各社製品の仕様書、並びに見積もりを入手し比較、検討を行っている。

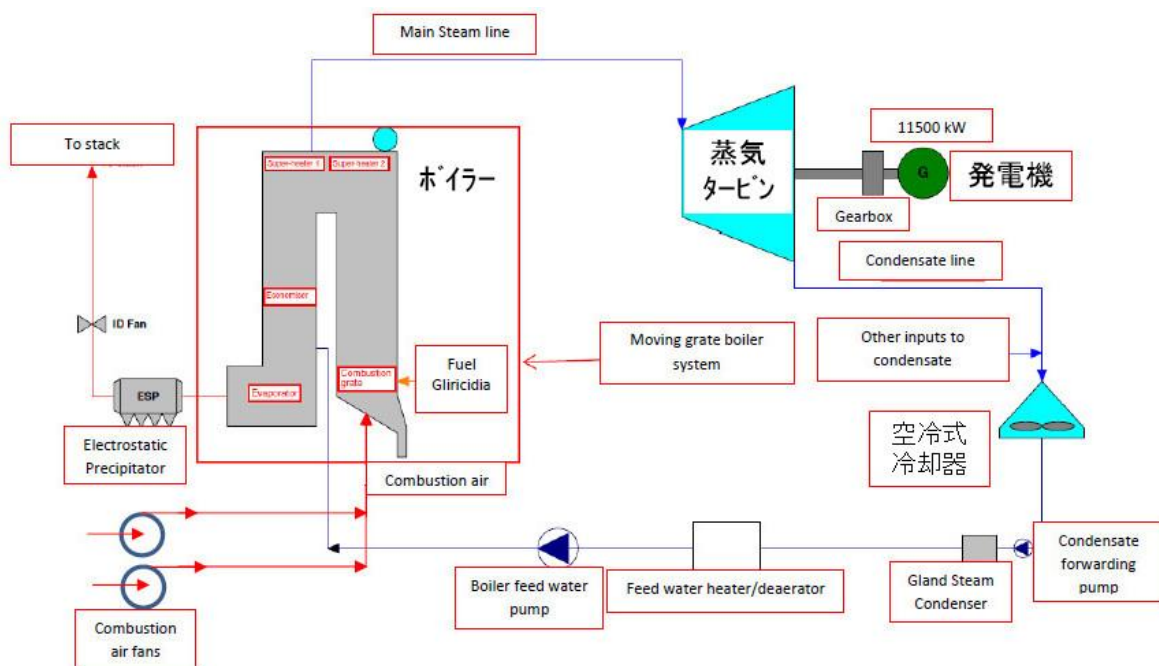


図 2-2. 設備ダイアグラム

発電所の運営には上記に記載する主機に加え、昇圧器(11KV/33KV)、降圧器(11KV/415V)、電気系統における各種機器(継電・保護など)、制御機器一式、排水処理施設など、更に本事業では、枝状のバイオマスを購入し、発電所施設内で前処理を行うため、バイオマス前処理施設一式が必要となる。

2.1.3 グリッド接続

本調査で対象とする事業・事業化に際しては、セイロン電力公社が所有・管理を行うアンパ
ラ変電所内にある 33KV の FEEDER に接続を行う予定である。第二回現地調査時にセイロン電
力公社立ち合いの下、施設を見学、同変電所の概要を以下の通り確認している。

(1) 変電所容量

- 31.5MVA の降圧器 x 3 基(スリランカの変電所の一般基準容量)

(2) 変電所容量

- 132KV 特別高圧電線が BADULLA の変電所から延長敷設されており、同送電線を降圧
器一つに接続、33KV に降圧後、変電所給電域内の地域変電所などに送電している。
- 2014 年に入り MAHIYANGANA 変電所との間を繋ぐ 132KV 送電線敷設工事が完工した。
- 2014 年内に VAVUNATHIVU、MONARAGALA との間を繋ぐ 132KV の送電線敷設工事
が完工予定。
- その後、既設の BADULLA からの送電線を遮断し、最終的に 3 系統からなる
REDUNDANCE な送電体制を構築する予定である。

(3) 新規発電所-AMPARA 変電所間送電線の系統接続

- 発電所発電電力は 11KV、同を 33KV に昇圧し、変電所に送電を行ってもらうこととな
る。
- 発電所からの送電線は 33KV の FEEDER(現時点では 33KV GENFEEDER10)に接続を
行う事になると想定される。

その後、調査における EPC 総括業務を外注発注している LTL 社のエンジニアとも協議を行
った結果、送電線を発電所建設予定地から変電所まで直線に敷設する手法も可能性は皆無では
ないが、送電線敷設予定地・土地利用権者との折衝に加え、それらの地質など不明な点も多い
ことから、基本的に発電所建設予定地から変電所まで道路沿いに敷設する方向で検討を継続す
ることとした。なお、道路沿いに付設を行う場合、送電線敷設距離は 3.7km 程度となり、約 1km
長くなる。

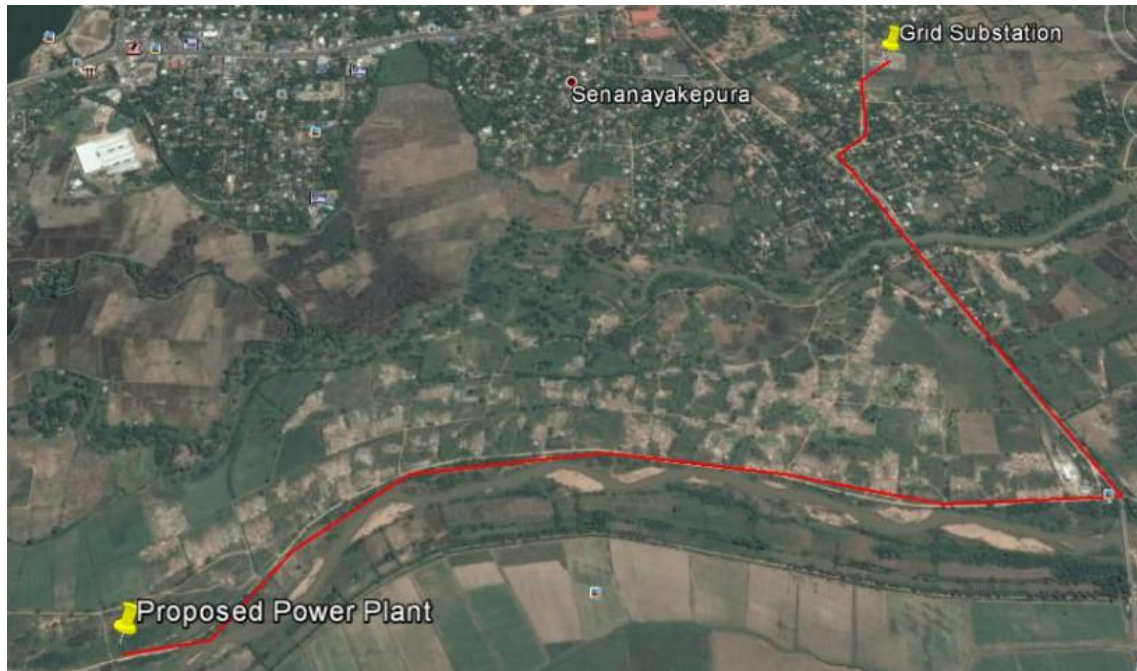


図 2-3. 発電所建設予定地と変電所所在地図(地図中、赤線は想定される送電線敷設経路)

出典：Google Map を基に調査実施主体にて作成



図 2-4. 31.5MVA 降圧器(左)と給電線(右)

2.1.4 売電

本事業は、木質バイオマスを燃料利用して、施設内電力消費量を含む最大発電電力 11.5MW を発電、10MW の電力を国家送電網に販売するものである。よってスリランカにおける発電事業者としては小規模発電事業者(Small Power Producer=SPP)に区分される。スリランカにおける再生可能エネルギー利用型・小規模発電事業については、先ず 1990 年代にスリランカ政府が電力固定買取り価格制度を導入、結果、多くの小規模水力発電事業が開発された。その後、2007 年に再生可能エネルギー利用型・発電推進などを目的とする Sustainable Energy Authority 法(2007 年 35 号)を閣議決定、同決定に基づき 2008 年に Energy Conservation Fund を改組し、新たに Sri Lanka Sustainable Energy Authority を創設すると共に、同を以て、スリランカの再生可能エネルギー利用推進所管機関とした。また、再生可能エネルギー利用型発電による発電電力の固定価

格買取り制度の見直しを行い、発電技術毎の買電価格体系を導入するなど普及・推進体制を整備している。これら一連の取り進めにより、2014 年末までに 454MW の発電施設が国家送電網へ接続済み、または接続を予定していることは上述の通りである。本事業・事業化に際しても、事業実施主体者は、電力買取り会社であるセイロン電力公社との間で売買電契約(Standard Power Purchase Agreement)を締結、同契約に基づき事業運営期間中を通じて売電を行う予定である。2014 年末時点での発電技術別の買取り価格を以下に示す。

表 2-5. 再生可能エネルギー利用型発電・固定買取価格 (単位:LKR/kWh)

	レート変動型 運営費	レート変動型 燃料費	固定レート		
			第一期 (1-8 年)	第二期 (9-15 年)	第三期 (16-20 年)
小水力	1.83	-	15.56	5.98	3.40
小水力(現地)	1.88	-	15.97	6.14	3.49
風力	1.30	-	22.05	8.48	4.82
風力(現地)	1.33	-	22.60	8.69	4.94
バイオマス(1-15 年)	1.52	12.25	9.67	3.72	2.11
バイオマス(16 年以上)	1.90				
農業・工業残渣利用 (1-15 年)	1.52	6.13	9.65	3.71	2.11
農業・工業残渣利用 (16 年以上)	1.90				
廃熱利用	0.48	-	9.14	3.52	2.00
2013 年度 価格調整率	+5.16%	+3.44%			

出典：セイロン電力公社

2.1.5 燃料利用を予定するバイオマス

本調査対象事業では、発電に要する動力源稼働燃料として木質バイオマスを利用する。スリランカは季節風の影響を強く受ける熱帯気候地帯に位置し高温多湿、概して植物の成長は早いとされている。加えて 1700 年代に中米から持ち込まれたとされるマメ科の早生樹であるグリシディアをはじめとする数種類の早生樹が自生していることが確認されている。これらの早生樹は Short Rotation Crop(SRC)とも呼ばれ、文字通り、枝を刈り取った後、短期間の内に再び大いに枝を広げる特性を持っている。本事業においてはこれらの諸事情に鑑み、グリシディアを発電事業で燃料利用するバイオマスと特定、年間 134,569t (発生ベース) を発電所建設予定地周辺地域から調達する。

(1) グリシディア

グリシディアについては、スペイン人が中米に上陸した際に「先住民がカカオの日除けを含め様々な目的で多くのグリシディアを栽培している」ことを報告していることから、中米ではかなり古い時代から利用されてきたことが判る。中米を原産地とするグリシディアの植栽地域の他地域への拡大は記録に残る限り大航海時代にまで遡り、スペイン人が 1600 年代初頭にフィリピンに、またカリブ諸島にも持ち込んだとされている。第二の植栽地域の拡大期である

1880年代には、茶農園の日除けとしてスリランカに持ち込まれている。スリランカに持ち込まれたグリシディアはその後、インド、インドネシア、タイ、マレーシアへと拡散したとされている。第三の拡大は西アフリカとウガンダで20世紀初頭に持ちこまれたとされている他、植民地時代以降、近代までに記録に残らぬ拡大は多々存在するものと推測されている。直近の植栽地域の拡大では、1960年代以降、土中窒素固定をはじめとする様々な目的で熱帯地域の55か国に種が持ち込まれている。

グリシディアの主な特性、並びに用途は以下の通りである。

- 燃料利用(樹枝=1年間で10-30キロ(湿重量)の樹枝を再生)
- 家畜飼料(葉)
- 土壌改良(窒素固定・物質循環)

その他、生垣、日除け、蔓系植物栽培用の支柱などとしても利用されている。

なお、発電所での燃料利用の可能性については、工業分析などにて各分析項目共に一般的な木質バイオマスと類似した数値である(燃料利用可能)ことを確認している。

表 2-6. グリシディア工業分析結果

単位 試験方法	含水率 (% w/w) SLS 571 : 1982	配分 (% w/w) SLS 571 : 1982	固定炭素 (% w/w) SLS 571 : 1982	揮発成分 (% w/w) SLS 571 : 1982	総発熱量 (Kcal / kg) ASTM D-240
サンプル I	24.98	0.89	17.77	81.34	4,853.11
サンプル II		2.11	18.55	79.34	4,744.98
サンプル III	70.31	1.97	20.99	77.04	4,642.00

出典：スリランカ国環境・再生可能エネルギー省作成「バイオマス・ガイドライン(2012)」



(左：グリシディアの生垣利用、右：つる植物の支え木として利用)

(2) 発電所建設予定地周辺における賦存量など調達の可能性

発電所の建設を予定するアンパラ県アンパラ市(Division Secretariat)を中心に概ね半径 50km

程度をバイオマス調達圏内と想定している。本調査において、調達元を関連会社、または協力会社による自営プランテーション、外部供給者からの二方途と想定、それぞれの可能性につき、以下の通り情報を収集するなど、圏内におけるバイオマス調達の可能性調査を実施している。

2.2 ホスト国における状況

スリランカにおける環境・エネルギーに係る国家計画については、1) 大統領の教書である「Mahinda Chintana」、2) 「Mahinda Chintana」に記載される基本方針に基づき項目毎に目標を策定した環境政策アクション・プラン「Haritha Lanka」、3) 電力エネルギー省が公表する政策「National Energy Policy & Strategy 2006」などが公表されている。下記に各公表資料の記載概要を記す。

2.2.1 Mahinda Chintana

Mahinda Chintana に記載の基本方針は下記の通りである。

- 環境と気候変動に関する国際協定の枠内に留まる。
- 国連機関との関係性を強化する。
- 「持続可能な開発」を基本コンセプトとし、再生可能エネルギーの利用推進、環境配慮型産業の育成などを目的とするアクション・プラン「Haritha Lanka」を作成、同アクション・プランに基づく諸事業の推進を行う。

2.2.2 Haritha Lanka

Haritha Lanka の概要は下記の通りである。

- 大統領が議長を務め 22 名の主要閣僚が評議員として参加する、高位意思決定機関・大統領官房「国家持続的開発評議会」を公表。
- 環境政策を 10 分野に大別しており、各分野毎に個別事業計画を立案、コンセプト、目標値、所管省庁などを表記。
- 本事業の実施に関連するアクション・プラン概要は下記の通りである。

表 2-7. 「Haritha Lanka」の本事業に関連するアクション・プラン

アクション・プラン		備考
プラン名	事業数	
気候変動影響対策指針並びに行動計画の策定	6	中期目標(-2013)：100% 所管省庁：環境省、電力エネルギー省、持続可能エネルギー局
発電所並びに高 GHG 排出事業所の排出モニタリング	3	中期目標：100%
気候変動に係る国家計画、並びにアクション・プランの整備・制定 気候変動に係る国家計画並びに行動計画の策定 CDM に係る国家方針の策定 第二次国別報告書の作成 GHG 排出インベントリーの作成	7	中期目標(-2013)：100% 所管省庁：環境再生可能エネルギー省(持続可能エネルギー局他)、電力エネルギー省

アクション・プラン		備考
プラン名	事業数	
SLCF 社の運営体制強化 CDM に対する認知度向上 南アジア域内における気候変動対策行動計画策定		
再生可能エネルギーの利用促進 小水力発電の推進 木質バイオマス、風力、潮力、太陽光などの促進 太陽光灌漑システムの導入	3	電力エネルギー省、持続可能エネルギー局、民間企業
商工業部門におけるエネルギー利用効率改善、再生可能エネルギーへのエネルギー源代替促進 化石燃料のグリシディアへの燃料転換 木質バイオマス・ガス化技術の推進 GHG 削減を目的とする輸送用燃料代替技術利用促進 バイオガスの調理・照明利用の促進 蒸気ボイラー代替としての熱水ボイラー利用促進 バイオマスマス・ボイラーの採用	6	中期目標: 7 業種に対してベンチマークを策定。 所管省庁: 電力エネルギー省、技術・研究省 ³ 、環境省、持続可能エネルギー局、民間企業
電力部門・需給双方側におけるエネルギー利用効率改善	1	目標: 省エネラベル付機器数、送配電ロス率改善(中期目標値=13.5%)などで目標値を設定。 所管省庁: 電力エネルギー省

2.2.3 National Energy Policy & Strategy 2006

スリランカ国電力エネルギー省が 2006 年に公表している国家エネルギー政策で、国家方針、実施、課題別の目標・所管省庁などを含む 4 部から編成されている。下記に記載される事項に係る国家方針、実施方針などの記載がある。

- 国民の生活に必要で生活水準を維持するためのエネルギーを可能な限り安価な価格で供給
- エネルギー源の多様化と組合せによるエネルギー安全保障の確保
- 省エネルギー、エネルギー保全の促進
- 経済、環境、社会制約を考慮した国産エネルギー資源の開発
- エネルギー部門の管理能力向上
- エネルギー消費者保護
- エネルギー部門におけるサービスの向上
- エネルギー供給のための開発と運営による社会環境影響の最小化

本事業とも深い関連性のある「再生可能エネルギーの推進」については、「第 4 章 3 項 エ

³ Ministry of Technology & Research

エネルギーの多様化とエネルギー安全保障」他にて具体的に目標が設定されている。同項に記載される目標は下記の通りである。

- 現行の石油起源燃料と水力による発電・給電体制を早急に多様化させる。
- 石油起源燃料利用型火力発電設備は特に技術的制約がある場合を除き推進しない。
- 第三の発電形態は石炭火力発電、第四の発電形態は再生可能エネルギーである。
- スリランカにおける電力供給の 80%までを非石油起源燃料による発電により賄える体制を構築。
- 発電技術別給電目標を設定（表 1-1 「SLSEA の設定する再生可能エネルギー導入目標値」参照）。

また「4 章 4 項 系統電力としての再生可能エネルギー型電力」において、上記 4 章 3 項に関連し、下記の方針を明記している。

- バイオマスの商業的開発による地方の産業創出と貧困撲滅を推進。
- スリランカ政府による CDM など緑の気候基金へのアクセスなどのプロセスを通じた促進支援の実施。
- 再生可能エネルギー利用による発電追加コストの消費者への転嫁は行なわず、必要に応じて政府が補助金を支出する。

2.3 プロジェクトの普及

本プロジェクトの事業化に際しては、技術、燃料調達、資金調達の 3 つの項目を課題としている。木質バイオマスを燃料利用する発電事業は世界的にも多くの事例があるように技術的にはほぼ確立されており、資金調達を除くと懸案事項は専ら燃料の確保となる。

「2.1.5 燃料利用を予定するバイオマス」で概要を述べている通り、ホスト国を含む南アジア、または東南アジアの熱帯地帯の国々は概して植物の生育が早く、グリシディアの他、ギンネムなど、マメ科に属する SRC が国内に広く生育している国も多い。これらの国々の中では、従来から自然発生的にバイオマスを家庭調理用、または小規模産業用熱源などとして利用してきたが、近年、木質バイオマスを熱源利用する産業の規模が大きくなる傾向にある。

伝統的な利用形態から大規模産業による利用形態への変化によって木質バイオマスの燃料利用する事業を実施するに際しては、供給確保と森林破壊防止を含む環境十全性の担保、他の木質バイオマス利用者との競合回避などの観点から資源の適切な管理が必須条件となる。SRC を未利用地、低利用地に栽培するモデルは、栽培地における土地利用において他の食糧作物との競合が無い限りにおいて、これらの条件を満たすものと認識されている。加えて途上国にて往々にして直面する資金調達面での脆弱性が、JCM 制度の補助金、または JCM 制度下で発行されるクレジット販売による付加価値などにより補完できれば、将来においてスリランカは元より他国においても普及する可能性は高いと推察される。

3. 調査の方法

3.1 調査実施体制

本調査は潜在事業主体者である(株)大林組が(株)エックス都市研究所と共同調査実施体を形成し、スリランカ国環境・マハウェリ省傘下の SLCF 社を調査実施に際してのスリランカ国側カウンターパート、加えて協力者として日本、スリランカ国内の各機関、各団体・各社から参画・協力を得て実施した。以下、図 3-1 に本調査実施体制図を示す。

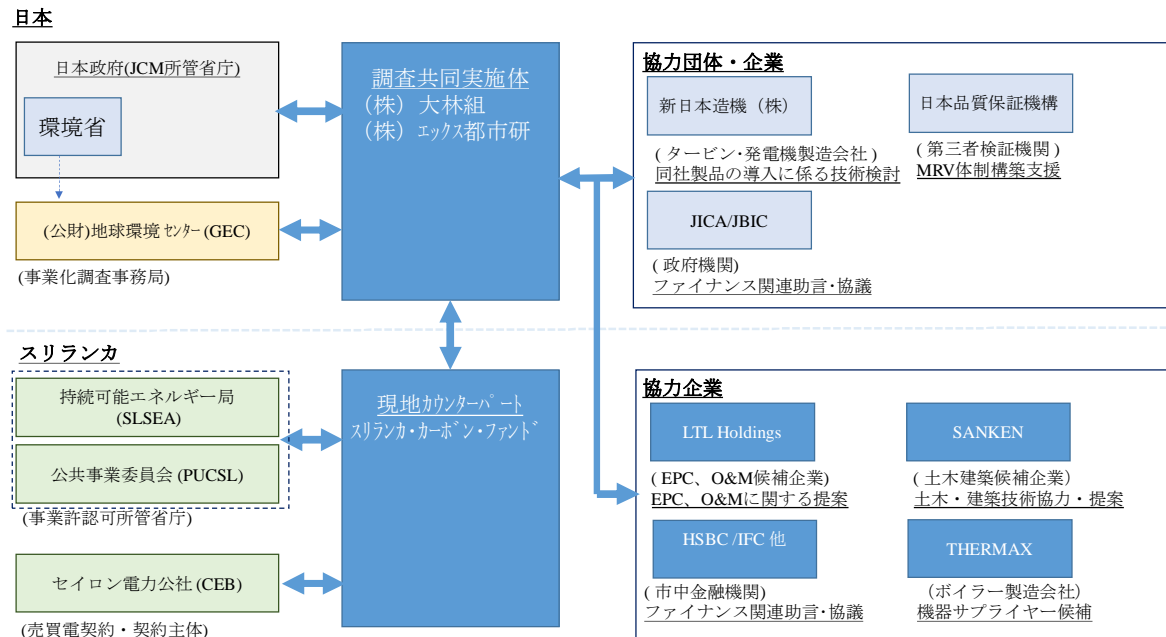


図 3-1. 調査実施体制図

また調査実施に際しての主たる参画社・団体の概要、並びに役割は以下の通りである。

表 3-1. 調査参画・関連団体・企業概要、並びに役割

団体・会社名	団体・会社概要、本調査における役割
(株)大林組	<p>概要 大手総合建設会社。2020 年までに「ゼロ・エネルギー施工」を実現することを目標に日本国内では太陽光発電に加えバイオマス発電事業にも着手、日本国外でも再生可能エネルギー発電事業を展開すべく調査を継続。</p> <p>役割 調査対象事業・潜在事業主体者。本調査実施主体として、対象事業事業化に向け調査業務を総括する他、(株)大林組が強みを持つ土木、建築、EPC に関する調査を担当。</p>
(株)エックス都市研究所	<p>概要 主たる業務は都市設計と環境コンサルタント。環境分野では再生可能エネルギー利活用、気候変動、廃棄物管理、環境アセスメント等の分野で多くの実績を有する。</p> <p>役割 共同調査実施者として、調査を実施。バイオマス発電、スリランカにおけるバイオマスに関する知見、並びにスリランカにおけるネットワークを活用し事業主体者の事業化を支援、併せ対象事業の JCM 登録を前提とする方法論の開発を担当。</p>

表 3-1. 調査参画・関連団体・企業概要、並びに役割（続き）

団体・会社名	団体・会社概要、本調査における役割
Sri Lanka Carbon Fund (SLCF 社)	<p>概要 2008 年にスリランカにおける環境関連事業の促進を目的として、スリランカ政府が設立した国営企業である。SLCF 社は設立以来、主に気候変動分野におけるコンサルタント業に従事しており、同社の保有する知見は、CDM、NAMA を含む緩和、適応、適用技術面では小水力、太陽光、バイオマスなど多岐に亘り、特にバイオマス分野ではスリランカ国内でも有数の知見を有すると認識されている。加えて SLCF 社は環境・マハウェリ省が所管する国営企業であることから政府機関へのアクセスも良好であり、更に再生可能エネルギー利活用に係る団体・企業との良好な関係を構築している。</p> <p>役割 本調査の現地側カウンターパートとして、スリランカでの調査実施を包括的に支援する。また調査対象事業の潜在事業主体者として委員会(事業主体者間協議)、及び MRV 体制構築支援講習会に参加。</p>
(一財)日本品質保証機構	<p>概要 マネジメントシステムの第三者認証サービス、電気・電子製品、建設材料などの試験・認証、標準供給機関としてのサービス提供、JIS マーク認定などを主たる業容とする。JCM 制度構築分野においてもモンゴルなど多数の国で第三者機関として登録を済ませている。</p> <p>役割 本調査対象事業・事業主体者、並びにスリランカにおける第三者機関候補に対する能力強化支援を担当。</p>
新日本造機(株)	<p>概要 住友グループの企業。主たる業容は蒸気タービン、ポンプの製造販売。世界中に 30,000 台以上の製品納入実績を有する。タービン、ポンプの製造では最新の技術と最高の品質を提供している(同社 HP)とされ、本事業でボイラーなど他の製品製造販売会社候補と位置付ける企業との協業実績を有する。</p> <p>役割 本調査対象事業に対する機器提供候補企業。高効率機器製造会社として方法論で規定するベンチマークをクリアする機器の提供を期待。</p>
LTL Holding 社	<p>概要 セイロン電力公社が 63%出資し、1982 年に設立されたスリランカ最大手の発電施設エンジニアリング会社である。LTL 社は、スイスに本社を置く電力関連機器製造、販売、並びにエンジニアリング会社である ABB から技術移転を受けており、スリランカで最高の技術水準を保持している。グループ内企業にて変送配電関連機器の製造販売、並びに公社の電力施設・設備の施工、保守保全業務の多くを、加えて独立系発電事業者 (IPP) からも関連業務を請け負うなど、スリランカの発電分野における EPC および O&M 分野では突出したノウハウと実績を有する。</p> <p>役割 本調査対象事業に対する EPC 業務提供候補企業。</p>
THERMAX 社 (LALAN Engineering)	<p>概要 インドに本社を置く国際企業。エネルギーと環境分野のエンジニアリング業務に加え、ボイラーなど機器の製造販売を行っている。19 か国に支店を設置、75 か国で設備の導入実績を有する。スリランカにおける中規模以上のボイラーの導入実績は 300 基以上であり、市場占有率は 5-6 割と試算されている。</p> <p>役割 本調査対象事業に対する機器提供候補。</p>

表 3-1. 調査参画・関連団体・企業概要、並びに役割（続き）

団体・会社名	団体・会社概要、本調査における役割
Sri Lanka Sustainable Energy Authority (SLSEA)	<p>概要 2007年の Sustainable Energy Authority Act により 2008年に創設された国家機関、設立時は電力エネルギー省の所管であったが、2013年に環境・再生エネルギー省の所管に移管された。省エネ推進と再生可能エネルギーの利用促進を所管し、政策提言、法規管理、再生可能エネルギー利用事業への許認可付与を行っている。</p>
	<p>関連性 本調査対象事業に対する諸許可証(Provisional Approval 並びに Energy Permit)発行機関。</p>
Public Utility Committee of Sri Lanka (PUCSL)	<p>概要 2002年制定 ACT NO.35 に基づき、2003年に設立された公共事業所管機関。設立当初は電気、水道事業を所管していたが、2006年度以降は石油産業も所管している。電力関連では 2009年に対象事業範囲が拡大され、従来の電力価格の統制に加え、電力利用合理化の推進などを所管している。</p>
	<p>関連性 本調査対象事業に対する発電許可証発行機関(Power Generation License)。</p>
Ceylon Electricity Board (セイロン電力公社)	<p>概要 1969年制定 政令 17号で設立され、18号で電力事業局からの資産の移転を受けると共に事業を継承しているスリランカ政府が 100%出資する電力会社。</p>
	<p>関連性 本調査対象事業の売買電契約(Power Purchase Agreement)・契約当事者。</p>

3.1 調査課題

3.1.1 調査実施以前に認識された課題

(1) 資金計画

初期投資額は約 30.7 億円と想定していたが、本調査内で、現地視察を含む詳細情報に基づく初期投資額の見直しの必要性が認識された。内 60-70%に相当する 18.4~21.5 億円を地場系金融機関からプロジェクト・ファイナンスを活用して調達する予定である。地場系金融機関からの融資については、事業が「損益分岐点以上の稼働率で稼働することを担保できる」という条件を満たせば融資を受けられる可能性が十分にあることを確認済である。稼働率を担保し得る条件、1)確立された技術、2)実績を有する信頼に値する設備製造会社の起用、3)稼働に必要な十分な燃料(バイオマス)の調達と 4)それらを利用して安定的に操業を行えるだけの資質・知識・経験を有する組織による運営体制の構築が要求される。

(2) 工事計画

水源、取水経路、地質に加え、発電所建設に必要なとなる環境(気温、湿度、降水量、風力)などに関する調査を実施し、同結果に基づき、建設地を決定、併せ対象プロジェクト実施のための具体的な工程、スケジュールの確定が課題として認識された。なお、設計、工事計画、管理に際しては(株)大林組の有する知見を最大限に活用し、検討を行った。

(3) 事業計画

事業主体者が設立する特別目的会社が事業運営を行う。但し、O&M に関しては、発電所の O&M を専門に請け負う外部企業への外注を検討している。スリランカ国内で O&M 業務を請け負っている企業の特定と評価を行い、本事業における協業の可能性について、本調査内で協業条件を含め協議、検討の必要性が認識された。また日系製造会社の設備、機器採用時の課題を抽出するとともに、日系機器製造会社とも協議の上、対応策についても検討を行った。

(4) バイオマス調達に伴う排出量に係るデフォルト数値の設定

これまでに CDM 方法論、現地関係者へのヒアリングなどからバイオマス調達に伴う GHG 排出量に対するデフォルト値を設定し、同デフォルト値算出の前提条件(栽培に際して重機、除草剤の使用を想定しないなど)を適格性要件に盛り込む形で方法論を開発、提案している。その後、バイオマス・プランテーションの開発に関する検討を進める中で、整地時に重機を利用する可能性、並びにバイオマス植栽後、一定の大きさに生育するまでの期間に除草剤を使用する可能性が高いことなどが判明した。本調査では特に適格性要件における燃料利用するバイオマスに関する記載の見直しと、これに伴うデフォルト値を専門家へのヒアリングなどの実施が課題として認識された。

(5) 日本の技術の優位性

平成 25 年度の環境省委託事業での調査を通じて、同調査で事業対象とする 5.7MW 規模の発電事業用タービン、発電機については、唯一、新日本造機株式会社製のタービンが EPC 指定の抽気条件下で 25%以上のタービン効率となったため、同値を JCM 方法論におけるベンチマークとしていたが、本年度調査対象事業では内部電力消費量を含め、昨年度検討事業の約 2 倍の発電容量 (11.5MW) となること、また本事業で起用を予定する EPC が新たにシステム設計を行うことから、昨年度同様、ホスト国にて採用されている他社製品との効率面での比較検討を行った。

(6) ホスト国の環境十全性の確保と持続可能な開発に関する課題

対象事業の事業化に際しては、事業化事前許可を持続可能エネルギー局 (SLSEA) から取得後、中央環境局の査察官が現地踏査を行い、遵守すべき環境基準に関する最終判断が下されることとなる。一方でホスト国政府は、一般基準を設定しており、事業予定地・地区が一般基準適用地区であるか、否かの確認、一般基準に関する確認は可能である。本調査では事業予定地・地区の区分、一般基準適用区である場合、排水、排ガス、振動、騒音など規制項目毎の詳細(対象物質、基準値)の確認を行った。また調査の進捗度に応じて事業化事前許可申請を行い調査期間中の取得を目指す(予定地の環境基準は上述の通り取得後の査察で最終化)。加えて、事業予定地周辺の住民などとの対話を行い、周辺地区の実情把握に努めると共に環境十全性の確保、持続可能な開発への寄与、地域社会への貢献に最大限の留意を払い、調査を行った。

3.1.2 調査の開始後に認識された課題

● バイオマス燃料調達に関する課題

調査開始前の想定では関連、または自営プランテーションから 70-80%の燃料バイオマス調達を想定していた。その後、調査を通じて、スリランカ国政府が木質バイオマス利用型発電事業による発電電力買電価格を高値で設定している理由の一つとして、「発電事業者による農家を中心とする周辺住民からの燃料バイオマスの買取りに伴う経済効果を期待している」ことがより明確になった。また当初想定していた製糖会社から土地利用権の譲渡を受ける形で取得を予定していたプランテーション用地の確保が不可能になったこと、更にはスリランカ国内バイオマス専門家各位から「コスト、労働者管理も含めて、プランテーションからの調達率は 25-30%程度が適当」との助言を得たこともあり、発電事業運営で利用するバイオマス全量の 25-30%をプランテーションからの調達とする方針を確定した。結果、調達に必要となるプランテーション開発候補地を新たに確定し、土地利用権保有者の特定を含む現況の把握と土地利用権獲得の手順などにつき確認を行う必要が生じた。また上述の計画変更に伴い、外部供給者から発電所運営で利用するバイオマス全量の 70-75%を調達することとなったため、発電所を中心とする半径約 50km 圏内におけるバイオマス賦存量調査を実施する必要が生じた。

3.2 調査内容

3.2.1 資金計画

2015 年 1 月、調査主体者にて本調査の結果をまとめる形で事業計画を作成、香港上海銀行 (HSBC) のスリランカ国支店 (Head of Finance Instructions & Public Sector 以下 3 名が出席) に対して提出すると共に融資の可能性につき協議を行った。同行融資担当者からは、今回提示された事業計画は初回としては十分すぎる内容であり、新政府も再生可能エネルギーを推奨すると明言しており、HSBC もこれを注力分野と位置付けているので、基本的には支援したい。ただし、最終判断は日本側説明資料に記載ある通り、今後の第二ステージの調査結果次第である、とのコメントを得た。

3.2.2 工事計画

発電・電気工事の分野においてホスト国でも有数の実績を誇る LTL HOLDING 社にエンジニアリング業務を外注発注した。調査主体者にて基礎設計に必要な燃料特性、サイト土地情報、水質、水源、電源を含むインフラ整備状況などを、現地カウンターパート他とも協力の上、収集し、LTL 社に提示、LTL 社から基礎設計、見積もりを入手した。基礎設計、並びに見積もりは調査主体者にて精査を行うと共に必要に応じて LTL 社と詳細協議を行った (詳細は 4 章参照)。

3.2.3 事業運営

スリランカ国内には三井造船が出資する欧系エンジニアリング会社である BWSC の現地法

人、セイロン電力公社が出資する LTL 社他を含め少なくとも数社の発電所運営・保守保全業務請負会社があることを確認できている。BWSC の現地法人は現在稼働中の IPP 事業の売電契約満了後にホスト国から撤退するといった事情もあり本調査では LTL 社に対して O&M 案の提示を依頼、同社提示案に基づく協議を行った。「4.1.4 初期投資、運営・維持管理費用」に詳細を記す。

3.2.4 日本技術の優位性

本調査で EPC 取りまとめを外注している LTL 社から、ALSTOM 社(本社：フランス、地域事業所としてインドに支店があり、同支店を想定)、SIEMENS (ドイツ本社、インドに支店があり同支店を想定)の製品を採用する方向で検討を行いたいとの提案を受け、日本側にて上記 2 社に MAXWATT 社(インド)、TRIVENI 社(インド)の 2 社の追加を指示、これら 4 社の製品を新日本造機株式会社製品との比較対象とすることで合意した。その後、LTL 社にて 5 社に連絡を行ったが、ALSTON 社、TRIVENI 社からは回答が得られず、協力を取り付けることが出来たのは新日本造機株式会社を含む 3 社であった。LTL 社にて 3 社から設計仕様に合致する製品の選定を依頼し、同製品の仕様・コストを入手している。新日本造機株式会社には調査実施に際して調査実施主体から連絡を取り、事前に協力を取付けていたものである。各製造業者の提案内容の比較結果は「4.3.日本の技術の優位性」に詳細を記す。

3.2.5 バイオマス調達に伴う排出量に係るデフォルト値の設定

スリランカ国内バイオマス専門家各位によるバイオマス専門家会議を開催、また個別の事項については特に専門性を有する専門家に別途ヒアリングを行い、聴取内容を取りまとめた。併せて関連情報を政府機関、民間企業から収集し検討、協議を行うことで数値の精査を行うと共に妥当性を担保した。「5.4.2 各パラメータの事前設定根拠及び純排出削減の担保」に詳細を記す。

3.2.6 ホスト国の環境十全性の確保と持続可能な開発に関する課題

スリランカ国中央環境局から排ガス、排水、騒音、振動に関する一般基準(項目、並びに基準値)を入手した。現地関係者と協議を行った結果、ステークホルダー・ミーティングについては(ホスト国の法規制では特に規制が無いが)他国での一般基準に基づき、1)事業概要、環境影響に関する事前説明と、2)環境影響に係る調査結果を踏まえての環境課題対応策、並びにパブリック・コメントへの対応案の提示を含む最終事業案 2 回のミーティングを開催し、事業地周辺住民に十分に理解、納得頂いた上で、取り進め基本方針を確認した。これに基づき、第一回目のパブリック・ヒアリングが 2015 年 2 月 10 日にアンパラ県知事の主催で開催された。「4.5 ホスト国の環境十全性の確保と持続可能な開発への寄与」に詳細を記す。

3.2.7 バイオマス燃料調達に関する課題

発電所所在地から概ね半径 50km を調達圏内と想定、50km 圏内に位置する行政区を抽出した。50km 圏内には、アンパラ県の各行政区に加えて、隣接県であるバティカロア県とモネラ

ガラ県の一部の行政区が含まれる。

(1) アンパラ県内対象行政区

アンパラ県の面積は内陸水域 17,650 ヘクタールを含む 441,499 ヘクタールである。森林は植樹予定も含めると 152,576 ヘクタール、耕作地は 151,024 ヘクタール、残る土地面積が非耕作地となる。非耕作地には道路、建物を含み、グリシディア・プランテーション開発の候補地をなり得る砂地、または山岳地は 10,160 ヘクタール、荒廃地は 31,307 ヘクタール、主要情報は以下表 3-2 の通りである。

表 3-2. 発電所建設予定地から約 50km 圏内に位置する行政区 I アンパラ県

DS ⁴ 名	GN 数	土地面積 (ha)	人口			
			都市部	田園部	計	密度
Addalaichchenai	32	5,250	-	42,749	42,749	8.1
Akkaraipathu	28	10,220		40,500	40,500	4.0
Alayadivembu	22	12,750		23,390	23,290	1.8
Ampara (Namal Oya)	22	22,500		41,489	41,489	1.8
Damana	33	42,620	-	38,769	38,769	0.9
Dehiattakandiya	13	43,250	-	60,617	60,617	1.4
Irakkamam	12	8,430	-	15,150	15,150	1.8
Kalumunai (M)	29	6,090	46,544	-	46,544	12.9
Kalumunai (T)	29		32,186	-	32,186	
Kalativu	17	3,130	-	17,735	17,735	5.7
Lahugala	12	61,690	-	9,808	9,808	0.2
Maha Oya	17	58,360	-	20,913	20,913	0.3
Navithanveli	20	5,769	-	19,585	19,585	3.4
Nintavur	25	5,560	-	28,754	28,754	5.2
Padiyathalawa	20	46,440	-	17,502	17,502	0.4
Pottuvil	27	36,750	-	37,195	37,195	1.0
Sainthamaruthu	17	600	27,414	-	27,414	45.7
Sammanthurai	51	11,470	-	64,945	64,945	5.7
Thirukkovil	22	19,060	-	26,937	26,937	1.4
Uhana	55	41,560	-	56,819	56,819	1.4
計	503	441,499			649,316	-

出典：スリランカ国家統計 2012

(2) バティカロア県内対象行政区

バティカロア県は総面積 285,400 ヘクタール。同面積には 24,400 ヘクタールの内陸水域を含む。土地利用形態別では森林面積 44,383 ヘクタール、内陸水域を含む非耕作地は 101,033 ヘクタール、占有率は 35.4%となっている。耕作地では、陸稲、カシューナッツ、マンゴ、プランテン、ジャックフルーツなどが栽培されている。

⁴ DS; Division Secretariat

表 3-3. 発電所建設予定地から約 50km 圏内に位置する行政区 II バティカロア県

DS ⁵ 名	GN 数	土地面積 (ha)	人口 ⁶			
			都市部	田園部	計	密度
Eravur Pattu	39	69,500	-	-	47,229	
Manmunai West	24	35,200	-	-	16,564	
Manmunai South West	24	14,500	-	-	14,574	
Manmunai South & Eruvilpattu	45	6,300	-	-	38,605	

出典：スリランカ国家統計 2012

(3) モネラガラ県内対象行政区

モネラガラ県は総面積 565,930 ヘクタール、内、内陸水域面積が 13,140 ヘクタールである。森林面積が 231,710 ヘクタールと全体の 40.9%を占めており、非耕作地は 77,810(13.7%)ヘクタールである。耕作地における作物別栽培面積では、陸稲、次にココナッツ、その他作物となっている。

表 3-4. 発電所建設予定地から約 50km 圏内に位置する行政区 III モネラガラ県

DS ⁷ 名	GN 数	土地面積 (ha)	人口			
			都市部	田園部	計	密度
Madulla	38	723.4	-	-	31,400	
Siyambalanduwa	48	1,409.3	-	-	52,527	

出典：スリランカ国家統計 2012

上表に記載する行政区の内、モネラガラ県内の行政区については区内に自然保護区があることから調達区域対象外とした。またアンパラ県内、各行政区中、都市部で人口密度が高い区についても対象外とし、残る行政区を対象に調達手法の考察しているアンパラ県 Dehiattakandiya DS を、次に人口区分から都市部のみから構成される同県 Kalumunai(イスラム系居住区)、同(タミル系居住区)、Sainthamaruthu の 3 つの DS を対象外とし、残る行政区を潜在バイオマス調達地域と想定した。

その後、アンパラ県・土地利用政策・計画局から、潜在バイオマス調達地域内における燃料プランテーション開発候補地の紹介を受け、現地踏査を行った。結果、候補地は面積 約 2,200 ヘクタール、マハウェリ局⁸、森林保護局、DS のいずれかが土地利用権を保有しており、マハウェリ局が保有する一部の土地の土地利用権は、マハウェリ局から森林保護局、DS などに付

⁵ DS; Division Secretariat

⁶ 県統計資料(2009 年度・推定値)

⁷ DS; Division Secretariat

⁸ Mahaweri Authority

与されているとのことであった。土地利用権は、土地毎にそれぞれマハウェリ局、土地局⁹と交渉を行う必要がある。SLCF 社にて既にこれら各土地利用権者に連絡を取り、口頭ベースで了承を取り付けている。今後 SLCF 社にて、プランテーション開発用地を特定、書面による正式な承認を取り付ける予定である。



(写真) プランテーション開発候補地として紹介を受けた土地

⁹ Land Commissioner (Ministry of Land)

4. プロジェクト実現に向けた調査

4.1 プロジェクト計画

4.1.1 事業実施体制

(1) 事業主体

本調査にて事業化対象とするアンパラ県におけるバイオマス発電事業・実施主体は、(株)大林組である。また現地側カウンターパートとして SLCF 社が当該事業への参画を予定している。両社間にて、調査を通じて複数回の協議を行った結果、(株)大林組が発電事業、SLCF 社がバイオマス燃料調達事業でそれぞれ中心的な役割を果たす事業体制を構築する事で概ね合意に至っている。

(2) EPC/設計・施工

本調査にて外部委託先として発電所の基本設計を担当した LTL 社は、当事業が実現した際には、EPC あるいは設計施工の分野で関与したい意向を示している。同社は、現地電力会社であるセイロン電力公社(Ceylon Electric Board)が筆頭株主となっており、同国における電力施設建設分野で最も実績のある会社の一つであり、スリランカにおける発電施設建設におけるベストパートナーと考えられる。加えて、(株)大林組が Construction Management(CM)等の形で設計段階から完工まで一貫して参画・管理する事により、事業化実現のための最重要要素の一つである施設設計・施工において、品質・工程・安全等の品質向上が期待される。今後は、その必要性、事業化における費用対効果を精査の上、最終スキームを確定する。

(3) O&M

O&M 費用についても、EPC/設計・施工と併せ LTL 社に取りまとめ業務を外注発注している。(株)大林組が有する知見を最大限に活用しつつ、LTL 社の収集・整理した O&M 関連情報につき、体制面、コスト面から精査を行った。LTL 社は、同国内における電力施設の O&M を幅広く請け負っており、実績面では十分であると思料している。当該事業実施の際は、発電事業体にて自社 O&M 体制を構築する予定であるが、事業開始当初においては、LTL 社など現地発電事業に実績のある会社と協業体制を構築し、円滑な運営を担保しつつ、運営会社内の実務力を向上させる方針で検討を進めている。EPC、O&M のとりまとめ業務を外注発注している LTL 社の概要を参考まで以下に記す。

[LTL Holdings 会社概要]

LTL 社は、スリランカ国送配電事業を幅広く手掛けているエンジニアリング・建設会社である。再生可能エネルギー分野においても、専門の部署をつくるなどして、その事業拡大のチャンスを狙っている。

表 4-1. LTL Holdings 社 概要

会社名	: LTL Holdings
事務所所在地	: 67, Park Street, Colombo 2, Sri Lanka
設立	: 1982
登記番号	: PV2588
登記資本金	: 8.5 百万スリランカ・ルピー
主要株主(比率)	: Ceylon Electricity Board (70%出資)
業容	: 発電事業の EPC 業務 変送配電関連機器の製造販売・施工 IPP 事業
売上・純利益	: 2013 年度 売上高 約 400million USD ¹⁰ 純利益 約 90million USD 2012 年度 売上高 約 380million USD 純利益 約 110million USD
従業員数	: 約 600 名
実績 (発電設備関連)	: 国内: 火力発電 500MW 以上、再生可能エネルギー18MW 海外: 200MW

出典: LTL 社・年次報告書に基づき調査実施主体にて作成

(4) バイオマス燃料調達

上述の通り、SLCF 社が中心となって設立、運営を行う予定の特別目的会社を、本発電事業の主たるバイオマス調達元と位置付けているが、相当量の燃料バイオマスを調達せねばならないこともあり、発電事業のリスク低減、また調達のコスト面を含め、効率化と最適化を計るためには複数社による調達スキームの構築が望ましいとの意見がある。スリランカにはゴムや紅茶のプランテーションは多く、ゴムでは LALAN、茶では DILMAH グループ等がプランテーション事業を行っている。これらの内、LALAN はグループ内にバイオマス調達を専門に行う LALAN ENERGY 社を有し、既にバイオマスの調達・販売実績を有していることから、同社他を他のバイオマス供給会社候補と位置付け協議を開始している。

¹⁰ ※1USD=126 スリランカ・ルピー

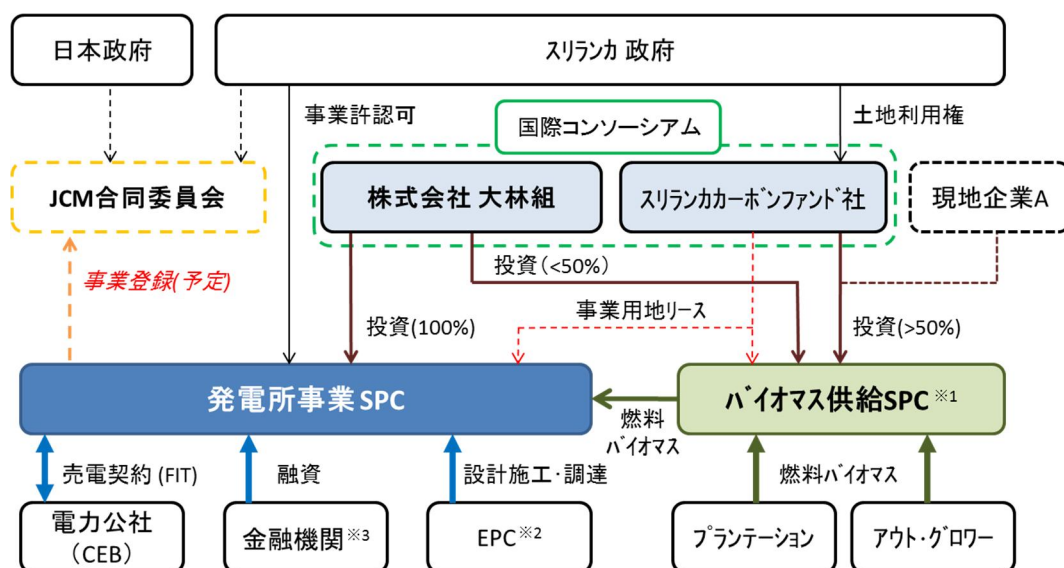


図 4-1. 燃料バイオマス調達会社を含む事業関係者・相関関係図 (想定)

4.1.2 プロジェクト実施主体の経営体制・実績

(1) 株式会社大林組

当事業の実施主体となる(株)大林組は、2012年に発表した中期経営計画において、建築・土木・開発といったこれまでの建設事業に加え、第4の柱として新規事業の創設に力を入れていく事を会社方針として掲げた。昨今では、施工者としてではなく、事業主として数多くの太陽光発電所を企画・開発・運営するに至っており、風力やバイオマスといった他の再生可能エネルギーの開発にも着手している。その中でも当プロジェクトは、海外での最初の再生可能エネルギー案件として、力を入れている。

表 4-2. 株式会社大林組 概要

会社名	: 株式会社大林組
事務所所在地	: 東京都港区港南
設立	: 1892年1月
登記資本金	: 577億5,200万円
主な業容	: 建設工事の設計・請負、及びそれに関わる開発事業(国内外) 不動産事業(国内外) 発電並びに電気及び熱の供給 GHG 排出権の取引に関する事業 農産物の生産、加工及び販売
売上	: 2012年 1兆3,627億円(連結)、1兆497億円(単体) 2013年 1兆4,495億円(連結)、1兆1,376億円(単体)
利益	: 2012年 311億円(連結)、220億円(単体) 2013年 351億円(連結)、142億円(単体)
従業員数	: 8,329人(2014年3月末現在)
再エネ事業実績	: 2012年7月に再エネ事業を目的とした子会社設立 2014年8月現在、総容量58MW(17か所)の太陽光発電所保有 洋上風力の実証FS等(数件)にも取組み

(2) Sri Lanka Carbon Fund (PVT) Limited

同社は、2007年に制定された法令第7号「会社法」に基づき2008年に設立された官民パートナーシップ企業である。同社の会社概要は下記の通りである。

表 4-3. Sri Lanka Carbon Fund 社 概要

会社名	: Sri Lanka Carbon Fund (PVT) Limited
事務所所在地	: 2nd Floor, No.980/4A, Wickramasinghe Place, Ethulkotte, Kotte, Sri Lanka
設立	: 2008年
登記番号	: PV63781
登記資本金	: 2千5百万スリランカ・ルピー
払込資本金	: 5百万スリランカ・ルピー
主要取引銀行	: セイロン銀行
主要株主(比率)	: スリランカ政府 (財務計画省・財務局)...100%
業容	: 1)スリランカ国内・環境ビジネスに対するコンサルタント業務 2)スリランカ国内・バイオマス調達・販売業務 3)独立系発電事業(予定)
売上・利益	: 非公開
従業員数	: 常勤社員 (7名) 非常勤社員 (1名) その他 (役員、顧問、コンサルタントなど) (20名)
2013年度 営業報告	: 1) 日本政府二国間クレジット制度における方法論実証事業をスリランカ国側カウンターパートとして共同実施 2) スリランカ国アパレル最大手・BRANDIX社向けバイオマスの販売事業を開始 3) 再生可能エネルギー事業・事業化コンサルタント業務 (LALAN社他)

出典: SLCF社・年次報告書に基づき調査実施主体にて作成

4.1.3 事業収益性の評価

(1) 発電所の基本仕様

本事業は、固形バイオマス燃料を燃焼させ、そこから生成される蒸気を利用して発電をし、同国における再生可能エネルギーによる電力買取制度(Feed-In Tariff)を利用して国家送電網に売電するものである。その買取制度を有効に活用するべく、売電容量を制度上最大の10MWとし、それに所内消費電力を加算する形で発電所容量とした。以下は、今回基本設計を依頼したLTL社による設計概要である

表 4-4. ボイラー仕様

項目	仕様
焼却炉形式	ストーカ炉
(出側) 蒸気量	52000kg/h
(出側) 蒸気温度	485±5°C
(出側) 蒸気圧力	67Ata

表 4-5. 蒸気タービン・発電機仕様

項目	仕様
定格出力	11.5MW
冷却システム	復水器(空冷)
出力電圧	11kV
周波数	50Hz
相数	3相

次に事業予定地・敷地図と施設建設、設備・機器配置予定図を図 4-2 以下に示す。事業予定地は表 2-2 (p.4)、また図 2-1 (p.6) に示す通りであり、本事業では事業予定地の中央を縦断する道路を挟んで右側の約 4 ヘクタールの土地に施設を建設予定である。

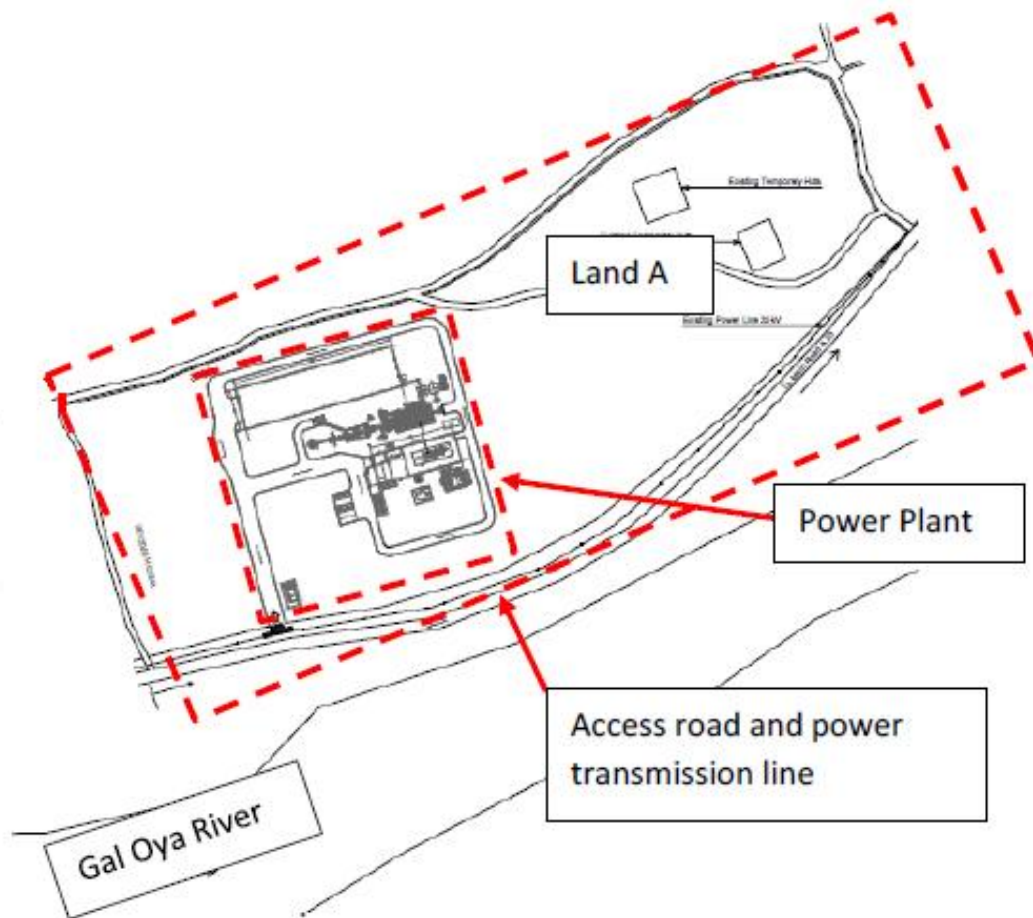


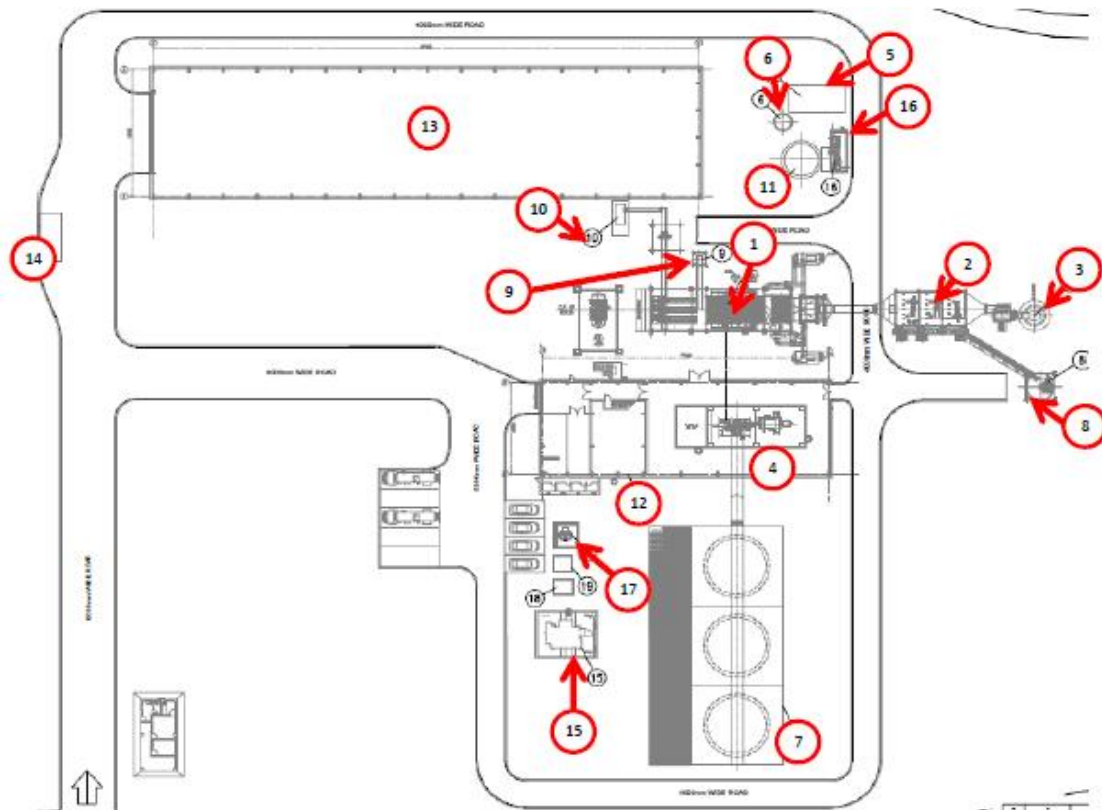
図 4-2. 全体レイアウト

図 4-3 に施設内の設備・機器配置予定を、また図 4-4 にシステム・ダイアグラムを示す。原料入荷から、発電までにフローは次の通りとなる。

- 調達された燃料バイオマスは輸送用車両で発電所に配送され、配送車毎にトラック・スケイラー(図 4-3 内の 14)にて計量を行う。
- バイオマスは計量後、バイオマスの前処理場、兼保管倉庫(図 4-3 内の 13)に搬入される。

- 前処理場でチップ化したバイオマスは倉庫で一定期間、自然乾燥を行う。
- バイオマスは乾燥後、燃料供給ライン(図 4-3 内の 10)から燃焼炉(図 4-3 内の 1)に供給される。
- 燃焼炉で得た動力(蒸気)が蒸気タービン(図 4-3 内の 4)に供給され、タービンと接続する発電機にて発電を行う。

また施設運転上必要となる各設備・機器の稼働条件(水質・水量・水温、送風温度、送風量など)、並びに事業運営上要求される条件(環境条件など)を満たすために付設される補助機器類一式の配置を行う(詳細は図 4-4 を参照)。



1	Traveling grate boiler system	10	Biomass conveyer
2	Electrostatic Precipitator	11	Raw water/fire water tank
3	Chimney	12	Administration/control building
4	Turbine hall	13	Biomass storage warehouse
5	Water treatment plant	14	Weighbridge
6	Treated water tank	15	Main power transformer
7	Air Cooled Condenser	16	Fire water pump container
8	Fly ash silo	17	Station transformer
9	Grate ash silo		

図 4-3. バイオマス発電所レイアウト

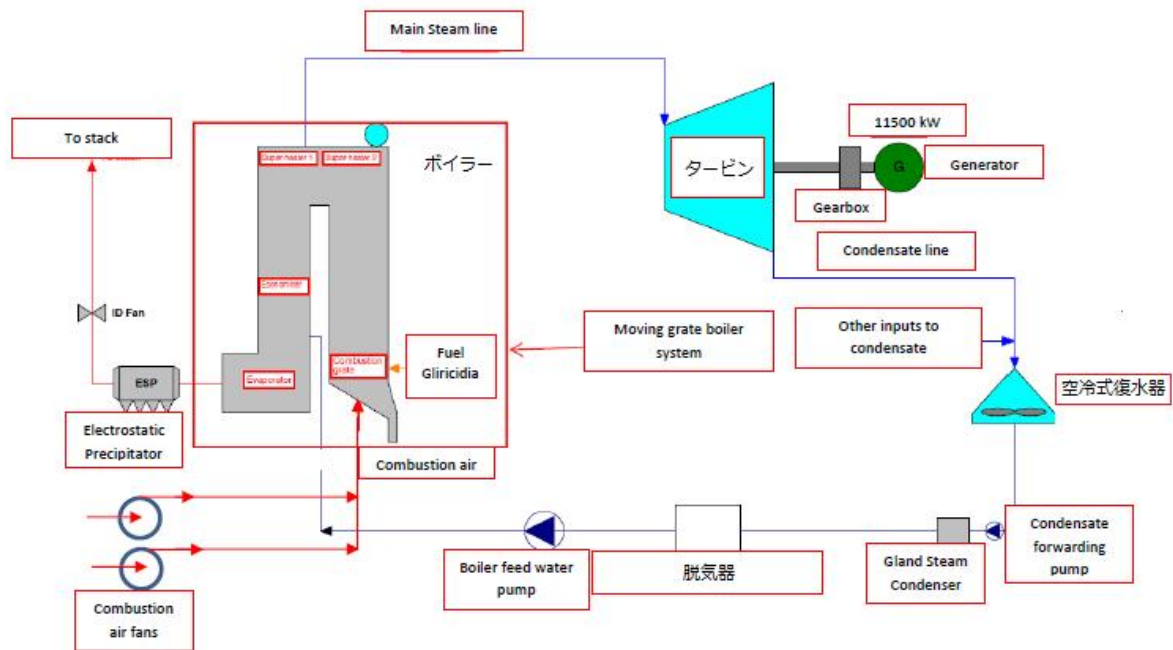


図 4-4. 発電所システム系統図

(2) バイオマス燃料調達の基本スキーム

本事業における大きな特徴は、間伐材や建設廃材などを燃料利用せず、一般的な農業には適さない土地において、先述のグリシディア（マメ科早生植物）を管理栽培することで、市場の動向に極力左右されない形で安定的にバイオマス燃料を調達できるスキームを構築することにある。グリシディアは、1年に約1回のペースで収穫と栽培を繰り返すことができる短周期成長植物（SRC）であり、伸びた部分の枝のみを収穫することにより、1年後には再び同量の成長(収穫)が見込める特長を有し、長期に渡って持続可能な収穫モデルの構築が可能である。

当調査の結果、スリランカにおける実績、リスク分散、運用管理の現実性といった観点から、大きく分けると次のように2種類の管理栽培手法を取る事が適切であると考えられる。

<セルフプランテーション(Self-Plantation)方式>

上述の通り、バイオマス燃料調達 SPC が必要な土地を購入し、農民を雇い入れ、必要な器具や消耗品を手配するなどして、ほぼ 100% 同 SPC の管理下において栽培を行う手法。

当調査を始める時点においては、開発地域の Ampara 県に工場を持つ国営製糖企業(Gal-Oya Plantation 社)より約 3,000ha を超える土地を、本事業向けに紹介を受けることを想定していたが、調査途中において、同製糖企業の方針が変わったことにより、これらの土地が期待できない事態に陥った。しかし、その後の Ampara 県や森林局との交渉において、本事業への協力的な姿勢を得ることができ、本事業向けに利用可能な土地として約 2,159ha の紹介を受けた。これら代表地の視察結果に基づき試算したところ、実際にグリシディア栽培が可能な土地は約 761ha 程度と推定された。

表 4-6. プランテーション候補地におけるプランテーション開発可能土地面積試算表

地区	発電所までの距離	紹介を受けた土地面積	利用可能性係数 ¹¹	利用可能土地面積見込み
アンパラ地区	10～21 km	234 ha	0.32	75 ha
ダマナ地区	26～28 km	156 ha	0.32	50 ha
マハオヤ地区	52～77 km	817 ha	0.34	278 ha
ウハナ地区	11～27 km	592 ha	0.26	154 ha
バティカロア地区	32～50 km	360 ha	0.56	202 ha
合計		2,159ha		761 ha

出典:アンパラ県 土地利用政策・計画局提供データに基づき独自に作成

また、当該土地において管理栽培をする事で収集可能なバイオマス燃料としては、次のように試算できる（含水率は発生ベースの50%とする）。

表 4-7. バイオマス収集量試算根拠（発生ベース）

利用可能土地面積見込み	ha 当り収集量見込み	収集可能な量
761 ha	51.2 ton/ha	38,963 ton/年

出典:専門家へのヒアリング等に基づき独自に作成

<アウトグロワー(Out-Grower)方式>

開発地域周辺の農民が所有する農地・宅地において、その空スペースなどを利用する形で、バイオマス燃料調達 SPC の計画に基づきグリシディアを植えてもらう委託栽培方式。農民に対して裨益効果があることから、地域コミュニティからも賛同を得易いなど、スリランカでは既に実績があるモデルである。

同方式によるバイオマス調達については、当委託調査受託時点では業務内容として想定しておらず、追加での調査が必要であった。従って、委託業務とは全く別の(株)大林組自費予算を用いて、統計調査及び農民へのサンプルヒヤリングを行った。

現時点で農地利用されている敷地の境界へグリシディアを生垣として植樹することを想定し、また、他の作物とのアレイクロッピングとして栽培することを想定した場合、グリシディアの栽培可能量は発生ベースで 586,957ton/年という試算結果が確認された。

以上より、これら二つの調達方式を併用することで、当発電事業向けに発生ベースで合計 134,569ton/年のバイオマス調達は十分に可能であると考えられる。

(3) 運営までの事業管理コスト試算

(株)大林組では、当該事業の事業化決定から運用開始までに約 33 ヶ月が必要であると考えており、その内訳は次のとおりである。施工期間については、先に紹介した LTL 社などからの意

¹¹各土地の現況（土壌、他の農作物の有無、利用状況等）を視察した結果を基に査定した数値

見を参考にした。

事業詳細計画・実施設計	約 9 ヶ月
発電所施工	約 24 ヶ月
バイオマス栽培	約 24 ヶ月(但し、発電所施工と並行して実施可)

上記に関する必要経費として次のように試算している。なお、ここでの試算においては、LKR1=0.91JPY、USD1=120JPY により為替換算を行った。

表 4-8. 事業管理コスト試算表

項目	詳細	試算額
人件費	㈱大林組人件費含む	約 3.0 億円
管理費等	事務所経費、日本人駐在費、外部専門委託、事業準備費等含む	約 3.6 億円
合計	VAT 等税金含まず	約 6.6 億円

(4) 発電所の設計施工に伴うコスト試算

LTL 社による見積もりを基に、㈱大林組がコンストラクション・マネージメントとして関与する事を想定し、以下の通り試算した。また、当見積もりは、タービン・発電機については日本製品(新日本造機製を想定)の採用を想定している。

表 4-9. 設計施工コスト試算表

項目	詳細	試算額
建築・土工工事費	準備工事費、各建物、機械基礎、外構工事等含む	約 4.0 億円
発電施設工事費	ボイラー、タービン、発電機、水処理設備等含む	約 21.0 億円
管理費等	施工管理費、設計費、試運転調整費等含む	約 7.8 億円
合計	VAT 等税金含まず	約 32.8 億円

(5) 発電所の運営・メンテナンス(O&M)に伴うコスト試算

上項(4)の設計施工に伴うコスト試算と同様、LTL 社による見積もり額を基に、㈱大林組が運営に関わることを加味して、以下の通り試算した。

表 4-10. 運営・保守保全費用試算表

項目	詳細	試算額
人件費	(株)大林組人件費含む	約 0.8 億円
バイオマス燃料費	チップ化、乾燥化の作業費含む	約 5.0 億円
その他 O&M 費	事務所経費、機器定期メンテナンス、消耗費、外部監査、保険等含む	約 1.0 億円
合計	VAT 等税金含まず	約 6.8 億円

(6) 事業収益性試算

スリランカにおける再生可能エネルギーによる電力固定買取制度は、固定価格と変動価格の 2 種類がある。固定価格は、日本と同じように、長期に渡り買取価格が固定されている制度である一方、変動価格というのは、物価変動を加味しながら買取価格が毎年調整される制度である。固定価格と比較して、契約当初の単価が割安となるものの、スリランカのような物価変動が激しい新興国においては、変動価格の方がより適切であると判断し、今回の事業収益性試算については、変動価格を採用することとした。2014 年 5 月に発表された最新の買取制度(表 2-5, p.10 参照)及び、同基準に基づき計算した 20 年間の買取価格は以下の通りである。

表 4-11. バイオマス発電・電力買取価格 (円/kWh)

年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
価格	21.44	21.79	21.26	22.75	23.25	23.78	24.32	24.88	20.07	20.68
年度	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
価格	21.30	22.23	22.64	23.35	24.08	24.12	24.93	25.80	26.69	27.61

※LKR1=JPY0.91 として換算

以上のような試算条件から計算された Project-IRR (20 年)は次の通りである。

Project-IRR : 19.0%

当地におけるファイナンス金利が 10%を超えることや、後述する各種リスクを考えると、これらの IRR 算定結果は決して高いとは言えず、当該プロジェクトが今後の JCM 補助対象となることで、よりその実現性が高まる事が期待される。

4.1.4 初期投資、運営・維持管理費用

(1) 初期投資

上項 4.1.3.(3)及び(4)に示した「運営までの事業管理コスト (6.6 億円)」、及び「発電所の設計施工にかかるコスト (32.8 億円)」の合計である初期投資総額は約 39.4 億円と試算された。これらの資金計画については引続き検討中であるが、一つの例として、約 30%を(株)大林組による出資、残りを借入金で賄う事を考えた場合、(株)大林組の出資額は約 11.8 億円となる。プロジェクトそのものの評価が同社基準を超えることを前提とすると、当該投資に対する金額的なハードルは低いと考えられる。

(2) 運営維持管理費

上項 4.1.3.(5)に示した通り、年間の運営・維持管理費用としては約 6.8 億円(初年度ベース)と試算している。これらの費用は、売電による売り上げにより補っていくことが基本的な運営スタイルとなるが、現地での売上収入が現地通貨(スリランカ・ルピー)建となることから、事業実施に向けて、長期に渡る為替ヘッジについて念入りな計画が必要となると考えられる。

(3) MRV に関する資金計画

測定器購入・設置、及び保守保全費用

MRV におけるモニタリング項目は、「4.5 MRV 体制」に詳細を示す通りである。実測を行うパラメータは、売電力量、燃料利用を行うバイオマスの消費量、買電力量、並びに自家発電による電力消費量の 4 項目である。パラメータ実測に利用する機器はそれぞれ、電力計、計量器となる。この内、売買電力を計測する電力系については、セイロン電力公社が指定する計量器を設置することが義務付けられており、JCM 事業における MRV を実施しない場合でも発生する費用である。一方で燃料利用を行うバイオマスの消費量については、JCM 事業の下で実測を行わない場合には、必ずしも設置を必要としないものである。よって MRV に関する追加費用としては、計量器購入費用を計上する必要がある。燃料バイオマスの計量器については、EPC 候補より Merrick 社製 475 型の紹介を受けている。



図 4-5. 燃料バイオマス計量器(Merrick 社 475 型)

LTL 社経由、AVERY 社の現地代理店より入手している価格、費用は以下の通りである。

表 4-12. 計量器購入・設置・保守保全費用

	費目	単価(INR) ¹²	数量	小計(INR)
1	計量器 (Merrick 社製 475 型)	9,800,000	1	9,800,000
2	定期点検費用 (含む交換部品) 1 年毎	些少	-	
3	定期点検費用 (含む交換部品)	些少	-	

¹² INR=Indian Rupee / EX-Factory in India

測定機器・校正費用

「4.4.2 測定機器」に示す通り、実測に用いる機器は売買電・電力計、並びに燃料バイオマス計量器となる。この内、売買電・電力計はセイロン電力公社との売買電額の算定根拠としても利用されることからセイロン電力公社が定期的に校正を行っている。校正費用は事業者負担となるが、これはモニタリングを行うために追加的に発生する費用ではない。他方、燃料バイオマス計量器については、モニタリングを行う目的で追加的に設置されるものであるため、校正費用もモニタリングに要する費用と位置付けられる。計量器の校正については Measurement Unit Standard & Service（以下、MUSS）、スリランカ規格協会（Sri Lanka Standard Institution：以下、SLSI）にてサービスを提供しており、機器により若干の違いはあるとのことであったが、トン単位の計量を行える大型の計量器の校正費用は LKR12,910、機器を検査機関に持込めない場合には、別途、校正作業員の派遣費用が発生するとのことであった。

第三者機関への支払い（有効化審査、並びに認証費用）

他の JCM 締結国においてもホスト国の審査機関が第三者機関（TPE）として登録を行っている事例はまだ存在せず、審査・認証に際しては、当面は CDM における指定運営機関（DOE）として認定された審査機関に依頼を行うしかない状況にある。日本の DOE に審査を依頼した場合、審査員の旅費などを含め 300 万円程度が目安とされている。スリランカにて、DOE として CDM 事業の審査・認証を行っているスリランカ国企業・団体は無く、これまで CDM 事業者は、国際審査機関のインド支社などに有効化審査及び検証を委託する例が多い。スリランカ国内にて ISO（International Organization for Standardization）の認証サービスを行う SLSI をはじめとするホスト国内の審査機関が第三者機関として登録を行うことにより、審査・認証費用を削減できる可能性は高く、将来的にはそれら審査機関の JCM への登録・参画が望まれる。本調査にて MRV 体制構築支援の対象とした SLSI からは「ISO14065 の取得を検討中ではあるが、取得、並びに更新には費用が発生するため、JCM の今後を含めた市場性を見極めた上で最終判断を行いたい」とのコメントを得ている。

(4) 資金計画

今年になって、東京三菱 UFJ 銀行及びみずほ銀行という邦銀 2 行が当地での営業を開始したが、未だにファイナンス等が提案できる体制にはなっていないとのことで、邦銀による支援を得るには難しい状況にある。一方、融資に関して数度のヒヤリングを行った HSBC 銀行コロombo 支店などは、再エネプロジェクトの融資についても積極的な方針を取っており、本事業についても前向きな姿勢を示してきている。また、JICA の民間投融資などの可能性についても、JICA 関係者から肯定的な意見が示されている。但し、この場合は円建て(あるいは米ドル)による融資となることから、現地通貨との為替リスクヘッジの問題については、引続き課題として残る。

資金計画については、現時点で明確なプランは構築されていないものの、これまでの融資機関からのヒヤリング結果と、(株)大林組の自己資金力から判断すると、何らかの形で適切な資金計画を作成できる可能性は高いと思われ、今後は、対象金融機関を絞り込みながら、よりリスク分散ができる具体的な資金計画の検討が必要となってくると考えられる。

4.1.5 リスク分析

当事業実現に向けて、考えられるリスクとしては次のような点が挙げられる。

(1) 完工(EPC)リスク

発電所の主要機器の内、スリランカ国内で内製できるものはほとんど無く、その大半が海外からの輸入に頼ることとなる。また、十分な技術を持った作業員は少なく、その施工能力としても心配が残るところである。つまり、その資機材調達過程や施工過程において様々なトラブルが予想され、それらをどれだけうまく調整・処理できるかは、EPC業者の実力によるところが大きい。

工事工程や予算が予定を大きく超えることになれば、その後の事業に与える影響は大きいため、(株)大林組の能力をうまく活用しながら、現地EPC業者の実力をうまく引き出していくことがリスクヘッジにつながると考えられる。

(2) 燃料調達リスク

バイオマス発電の場合、燃料調達リスクが一番の大きな課題と考えられる。燃料不足や価格高騰などのリスクに対するヘッジ策として、今回のグリシディアの自己管理栽培による調達スキームはかなり有効であると思われるが、完全であるとは言えない。今後、当調達業務の中心となるであろうSLCF社と共同で、自己管理栽培のコストの最小化を図ると同時に、調達先の複数化など、安価で、より良い長期安定型の事業モデルを構築していく必要がある。

(3) カントリーリスク

2009年内戦終結以降は安定した成長をしているスリランカではあるが、新興国特有の政情不安が存在する事は否めない。今後、政局の大きな変化だけでなく、再生可能エネルギーに対する方針や外資・外貨に対する方針についても、突然の変更が成される場合があると考えておく必要がある。そのための対策として、政府との交渉を密に行い、良好な関係を保つことで事業に有益な保証条件を得たり、独立行政法人日本貿易保険(NEXI)や多数国間投資保証機関(MIGA)などの海外投資保険の活用等により、リスクヘッジしていくことが必要である。

(4) 経済情勢

スリランカ国の経済のみならず、他国経済の情勢により、化石燃料の価格暴落・高騰や通貨ショックがおこることも考えられる。スリランカのような内部経済がまだまだ発展途上の国は、そういった場合の影響を大きく受ける可能性があり、今回のような長期の事業においては、そのための準備が必要であると思われる。融資先との条件交渉や、国際保険の適用などを取り入れ、事前の対策をしていくことが必要である。

(5) コンプライアンス

スリランカにおいては、トランスパレンシーインターナショナルによる腐敗指数が178か国中91位(2013年)となっている。他のアジア新興国に比べると、幾分良い順位となっているものの、コンプライアンス違反に巻き込まれる可能性については否定できない。(株)大林組は、全社を挙げてコンプライアンス遵守を徹底しており、十分に注意しながら今後の事業化を検討していくのは当然であるが、コンプライアンス違反をしなければ事業が成立しない、あるいはう

まく進行しない場合は、その時点で事業撤退もやむを得ないと考えている。

(6) 自然災害

近年 50 年くらいの自然災害の記録を確認したが、当開発地域においては、台風・地震・津波といった災害の実績は無い。部分的な地域における洪水や干ばつのリスクはあると考えるが、特に大きく心配する必要は無いと考えている。

4.1.6 その他 事業性に係る項目

2015 年 1 月 8 日に行われた大統領選挙において、シリセナ新政権が誕生することとなった。これまでの中国に偏っていた外交政策からの変革が行われ、日本にとっては良い方向に動いていくものと期待できるが、当事業への影響については未知数であり、今後も各方面との情報交換を密に行いながら、動向を注視していく必要がある。また、これまでの調査及び啓発活動を通じて、アンパラ県自治体のレベルでは事業への概ねの賛同を得ているものの、近隣の地域住民との交渉や調和についてはこれからである。プロジェクトそのものは、地域コミュニティーに対しても有益なものであると信じているが、異論を唱える方々も出てくる可能性については否定できない。

さらに、JCM に関する 2 国間協議の行方についても不透明な状況である。締結されれば、当事業においても追い風になることは間違いないので、ぜひ前向きな協議が行われ、早期に締結に向けた動きが出てくれることを期待している。

4.2 プロジェクト許認可取得

ホスト国における再生可能エネルギー利用型発電事業の事業化に際しては、表 4-13. に概要を示す通り、再生可能エネルギー利用型発電事業のワン・ストップ・サービス提供機関と位置付けられている SLSEA を主体とし、公共サービスを管理する Public Utility Commission of Sri Lanka (以下、PUCSL) から、また環境影響を行う中央環境局からも許認可を受ける必要がある。売電契約相手方となるセイロン電力公社との間で一般売買電契約を締結する必要がある。

表 4-13. 事業許認可一覧

	許認可	所要期間	備考
1)	SLSEA 仮承認 (Provisional Approval)	3 か月程度	申請料 LKR10 万(< 1 MW)、以降、LKR5 万/1MW が容量に応じて加算。有効期限 6 か月、その後 6 か月まで延長可。
2)	セイロン電力公社 (CEB) 買電意思確認書 (Letter of Intent)	1) に含む	
3)	中央環境局 (CEA) 環境保護許可証 (Environmental Protection License)		中央環境局環境保護指示書。
4)	PUCSL 発電許可証 (Power Generation License)		
5)	SLSEA エネルギー・パーミット (Energy Permit)		有効期間 20 年間。建設期間として最大 2 年間の延長が可能。
6)	CEB 売買電契約書 (Standard Power Purchase Agreement=SPPA)		エネルギー・パーミット取得後、1 か月以内に締結が必要。

これら再生可能エネルギー利用発電事業化に係る各種許認可取得など一連の手続きについては SLSEA が手引書を作成している。以下に同手引書などを参考に手順を記す。

- i) 同局のウェブサイトから所定の書式(2011 年度発令・再生可能エネルギー事業に関する規制に準拠)をダウンロード、必要事項を記入の上、同局に提出する。
- ii) 再生可能エネルギー発電は、利用するエネルギーの種類別に 7 種類に分類されており、電力エネルギー省、並びに PUCSL が種類毎に売電価格を設定、売電価格は表 2-5 (p.10) に記載する通り。
- iii) 申請書提出時に必要となる書類は以下の通り。

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- 簡易事業化調査報告書- 事業サイト所在地図- 発電容量・発電量を含むプロジェクト概要- 事業費概算、並びに財源- 財源確保に関する確証- 発電施設、再生可能エネルギー資源所在地・収集地を含む事業所・所在地図- 国家送電網への接続(事業サイト周辺送電線・敷設図など)- 同局への申請費用支払・領収書(写) |
|--|

SLSEA にて受理された申請書は、受理後、直近に開催される同局のプロジェクト承認委員会(Project Approval Committee: PAC)にて関係者に配布され、簡易審査が実施される。その後、SLSEA からセイロン電力公社に対して、買電意思と国家送電網への接続の可否につき確認を行った後、SLSEA 局長の推薦に基づき、PAC が P/A 付与に関する審査を行う。PAC は原則月に一度開催されることとされているが、国家行事開催などによる開催中止、また重要協議事項などがある場合には、P/A 付与の審査が先送りされることもあるため、3 か月程度を要するとの見方が一般的である。

仮承認取得後、所管省庁からの許認可、または事業サイト利害関係者との間で合意形成を行うこととなる。利害関係に関する一般規定はなく、プロジェクト毎に中央環境局が利害関係者を特定するとのことである。表 4-13 に記載する所管省庁他からの許認可取得に加え、以下の同意書入手が必要となる。

- 出資者、金融機関などからの合意書
- エネルギー・パーミット取得上必要となる機関・組織・個人からの合意書・承認書

仮承認書(Provisional Approval)は発行後、6 か月間有効、その後、6 か月間の延長が可能とされており、同期間を超過して上記許認可、合意を得られない事業については仮承認書を取消すとしている。上述する全ての必要許認可を取得した時点で、SLSEA に対してエネルギー・パーミットの取得申請を行う。エネルギー・パーミットは商業運転開始後、20 年間に有効期限とし、取得者は取得後、最長 2 年間の建設を含む事業準備期間を付与される。SLSEA は事業者が同期間中に準備を完成、事業を開始できない場合には、エネルギー・パーミットを取り消す可能性がある。売買電契約書はエネルギー・パーミット発行日から起算して 1 か月以内に締結せねばならないと規定されている。

SLSEA のガイドラインによると、SLSEA への P/A、並びに E/P 許認可申請については、SLSEA に登録を行っているコンサルタントによる申請が必要と記載されている。他方 PUCSL からの発電許可申請・取得については、同様の規定はないものの、電力に関する専門性が求められることは想像に難くない。よって発電許認可・許認可取得については、数多の実績と十分な知見を有する LTL 社を起用するなど、現地で十分な経験を有するコンサルタントを起用し、許認可取得を行う予定である。環境影響評価については、想定される環境基準は「4.5 ホスト国の環境十全性の確保と持続可能な開発への寄与」に記載する通りである。一方で本事業が評価実施対象事業となるかならないか、また EIA になるのか IEE になるのかは仮承認申請後の確定となる。本事業については、環境影響評価においてもっとも難度が高い事項の一つとされる地権者・地元との合意形成について、2015 年 1 月末までに地元政府関係者からは前向きなコメントを得ており、また利用する燃料がバイオマス(自然由来のもの)であること、発電所建設予定地へのアクセスは幹線道路を除き、地元民の利用度が低いことなどからも、その他、利害関係者からの合意を得られやすいものと認識している。上記より、事業主体者にては、環境影響評価を含めた事業許認可取得は困難ではないと判断される。なお、取得に要する時間については、書類の出来、承認を行う権限を有する機関の業務処理状況に応じて、7 か月程度、最長でも 12 か月で全ての許認可を取得できると考えられる。

4.3 日本の技術の優位性

2015 年 2 月末時点でのホスト国の状況は以下の通りである。

- 稼働している同規模のバイオマス発電所は東京セメント社の保有・運営するトリンコマレー発電所のみであり、同社は EPC としてインド系の Thermal System 社を、発電機は TDPS 社製を採用している。
- その他、ORIX 社の現地法人である LOLC 社の子会社である UDE 社、中国系企業と現地の合弁企業である MEGATEN 社にてそれぞれ CDM 登録も視野に入れる 10MW の発電所建設計画があり、いずれも発電許可(Energy Permit)を取得済である。UDE はマレーシア系のインハウス・コンサルタントを起用し、入札図書を作成していることから、関心を示す EPC 候補企業においては、南アジア、または東南アジアで一般的に起用されている機器メーカーの製品(MAXWATT 社、TRIVENI 社、SIEMENS INDIA)を組み込んだ提案がなされるものと推察される。
- 現地で発電事業 EPC に関心を示す THERMAX 社・ホスト国代理店からも、同社が発電事業を EPC で請け負う場合に想定し得るタービン・発電機製造業者として SIEMENS、TRIVENI、MAXWATT 社の名前が挙がる。
- 本調査では EPC 業務を総括する LTL 社にて ALSTOM 社、SIEMENS 社、TRIVENI 社、MAXWATT 社、新日本造機の 5 社に連絡を取っている。結果、ALSTOM 社、TRIVENI 社からは回答を得られなかった。
- SIEMENS 社については同社から一旦協力は取り付けたものの、現時点までに、先方からの情報開示はなされていない。
- スリランカ国市場における蒸気タービンは以下の 2 つのグループに区分される。

<グループ 1>

インドをベースとする企業の製品で安価だが効率はグループ 2 の製品群と比較して相対的に低い。MAXWATT 社、TRIVENI 社など。スリランカ国ではこちらのグループに対する需要が相対的に高く「一般的に導入される可能性が高いモデル」と位置付けられる。

<グループ 2>

欧州に本拠を持つ企業の製品でインド国内での製造品を含む。効率はグループ 1 に属する企業の製品に比して高いが価格も 10-20%程度、割高となる。SIEMENS など。グループ 1 に属する製造会社のパフォーマンスなどに懸念を持つ企業が採用を検討する

- 最終報告書作成時点で技術情報の提供を得ている MAXWATT 社、並びに新日本造機の製品を以下、表 4-14、並びに表 4-15 にて行う。

表 4-14. 蒸気タービン製造会社別製品・仕様比較表

項目	新日本造機	MAXWATT
原産国	日本	インド
モデル	C6-R10-ER	EQE-14-253
発電容量	11,500kW	11,500kW
コンデンサ冷却システム	空冷	空冷
発電電圧	11KV@50HZ	11KV@50HZ
仕様		
タービン	JIS/IEC Pub No.45	IEC
交流発電機	IEC	IS-4722
グラウンド蒸気復水器	JIS	規定無し
減速ギア	JIS/AGMA6011	AGMA6013
潤滑油システム	製造会社標準規格	製造会社標準規格
交流モーター	製造会社標準規格	IS
直流モーター	JEM / JP22	IS
フランジ	ASME B16.5	ASME B165
パネル	製造会社標準規格	製造会社標準規格
ジャンクション・ボックス	Carbon Steel / IP4X	指定無し
ケーブル	製造会社標準規格	製造会社標準規格

出典：各製造会社提供情報に基づき調査実施主体にて作成

表 4-15. 蒸気タービン製造会社別製品・効率比較表

項目	単位	新日本造機	MAXWATT
発電量(kW)	kW	11,500	11,500
(蒸気)給気圧	Ata	67	67
(蒸気)給気温度	℃	490	485
入側(蒸気)エンタルピー	kcal/kg	810.1	807.7
(蒸気)給気量	t/h	48.00	51.60
入力エネルギー	kW	45,106	48,332
(蒸気)排気圧	Ata	0.248	0.244
(蒸気)排気温度	℃	64.38	63.99
出側(蒸気)エンタルピー(1)	kcal/kg	582.90	592.22
(蒸気)排気量(2)	t/h	42.57	46.93
排気(蒸気)エネルギー	kW	28,717	32,238
(蒸気)抽気圧	Ata	3.09	2.50
(蒸気)抽気温度	℃	160.6	165.42
出側(蒸気) エンタルピー(2)	kcal/kg	664.8	688.20
(蒸気)抽気量	t/h	5.33	4.68
抽気(蒸気)エネルギー	kW	3,543.38	3,221.46
蒸気消費量	kg/ kWh	4.17	4.49
発電効率	%	25.5	23.8
試算額(FOB)	JPY(千円)	265,000	192,000 ¹³
当該施設・MW 当たり設備単価	JPY/ MW	2,304 万円	1,670 万円

出典：各製造会社提供情報に基づき調査実施主体にて作成

上記より新日本造機株式会社製の蒸気タービンがスリランカにおいて導入される可能性の高い MAXWATT 社、並びに同社と同程度の効率とされる TRIVENI 社(共にインド)の製品の発電効率(MAXWATT の場合は 23.8%)に対して若干ながら優位性を有していることが確認された(日本製品の発電効率は 25.5%)。よって本調査では蒸気タービンの発電効率 25.0%以上を適格性要件におけるベンチマークとすることで日本製品の優位性を確保している。

スリランカ国では近年、大型のバイオマス利用産業施設が増加傾向にあるため、バイオマスの効率的な利用に関する議論も出始めている。高効率設備導入による資源の有効活用に対する需要は今後一層高まると推察される。

なお、新日本造機株式会社の優位性については同社の公表資料に以下の記載がある。

- 復水式(多段式軸流廃棄型)では、排気を軸流方とすることで以下の特徴を有する。

- 排気損失を低減、エネルギー効率の大幅 UP を実現 (排気フード内部流の流れ解析で検証済)
- レイアウトが容易で建設コストを大きく引き下げ
- 保守点検の面でも時間・コスト削減に大きく寄与

¹³ US1= JPY120 にて換算

また同社にては蒸気タービンをプレートにマウンティングさせると共にタービン周りの配管などを工場にて行うことにより現場での作業日数の短縮化などへの配慮も行っている。新日本造機（株）社製・製品については機器に上述のような特徴を持たせることで、少なくともスリランカにおいて導入される可能性が高いと考えられるインドなど近隣諸国製の蒸気タービンに比して効率面での優位性を保持しているものと理解される。



図 4-6. 日本製品と比較を行った MAXWATT 社型・蒸気タービン

4.4 MRV 体制

4.4.1 モニタリング項目

モニタリング活動にて実測を行うパラメータは、(1)リファレンス排出量算定を目的とする発電所・発電電力中、国家送電線への供給(売電)量、(2)プロジェクト排出量算定のための各排出源における化石燃料、電力など使用中、デフォルト値の設定がなされていないパラメータとなる。本事業ではモニタリング（実測）を行うポイントとして以下を想定する。またモニタリングを行うパラメータのモニタリング頻度などを表 4-16 に記す。

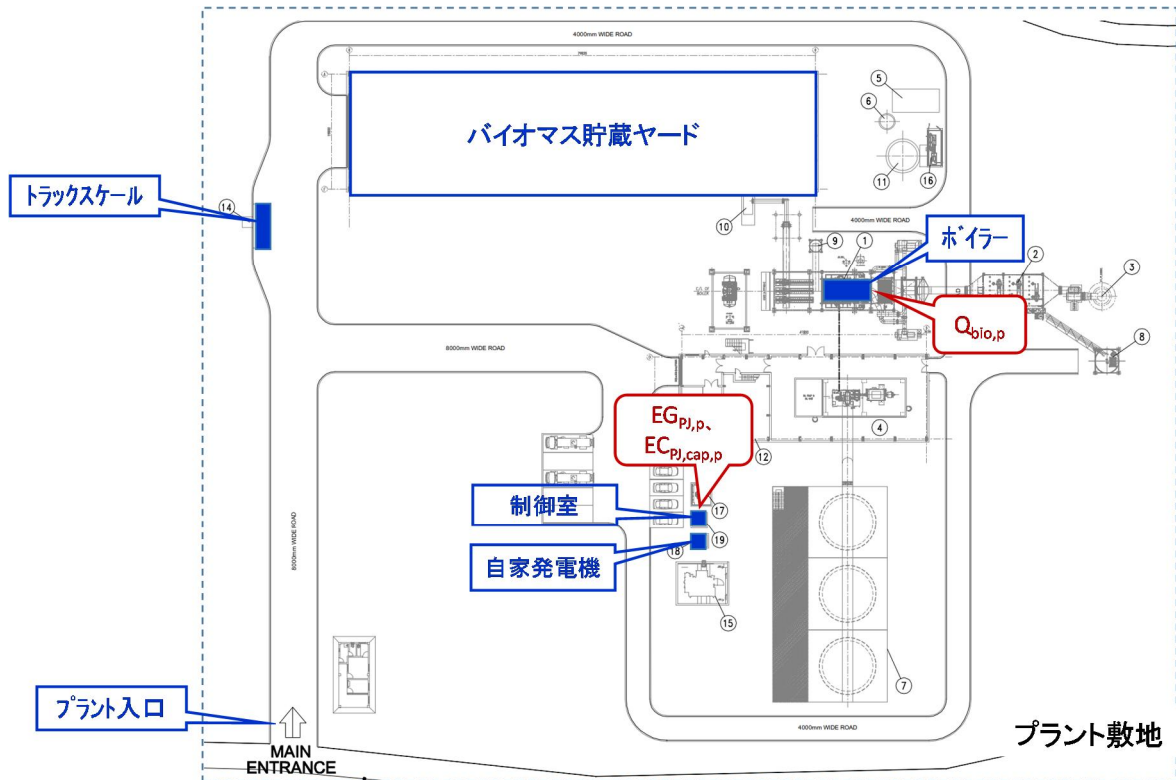


図 4-7. モニタリングポイントの設定

表 4-16. リファレンス排出量の算定に必要なモニタリング項目

	モニタリング項目	モニタリングポイント	モニタリング・オプション	頻度
1	グリッドへの電力供給量	$EG_{PJ,p}$	オプション C (実測)	継続計測、1日1回記録
2	バイオマス消費量	$Q_{bio,p}$	オプション C (実測)	バッチ毎
3	グリッドからの電力購入量	$EC_{PJ,grid,p}$	オプション B (請求書)	電力会社からの請求書、月1回
4	自家発電による電力消費量	$EC_{PJ,cap,p}$	オプション C (実測)	継続計測、自家発電実施時のみ1日1回記録

なお、発電施設稼働停止時の給電はグリッド電力を利用する予定であり、自家発電機はグリッド電力供給が停止するなどの緊急時での利用のみを想定している。

4.4.2 測定機器

上記に示すモニタリング・パラメータは、いずれも実測が可能であることから、制度が求める精度に合致した測定器を選定、校正状況を確認の上、図 4-7 に記すモニタリング・ポイントに設置し実測を行う予定である。なお、グリッドからの電力購入量については、電力会社からの請求書に基づくモニタリングの実施を想定するため、計測機器は不要である。

以下に採用を予定する測定機器の仕様を記す。

表 4-17. 測定方法、並びに測定器仕様など

	モニタリング項目	測定方法	仕様	備考
1	グリッドへの電力供給量	積算電力計	測定単位 0.1kWh	CEB 認可・標準電力積算計(校正済)を新設。CEB が校正サービス提供機関としての認証を受けており、校正時には CEB のサービスを利用
2	バイオマス消費量	重量計	測定単位 0.5kg	図 4-11 に示す計量器などの採用を検討中。校正は MUSS、SLSI などにて対応可能
4	自家発電による電力消費量	積算電力計	測定単位 0.1kWh	標準電力積算計(校正済)を新設。

4.4.3 想定される MRV 体制

(1) 想定される MRV 体制とモニタリング・ストラクチャ

本事業における排出削減量定量化のためのモニタリング活動は、以下、図 4-8 に示す組織で実施する予定である。

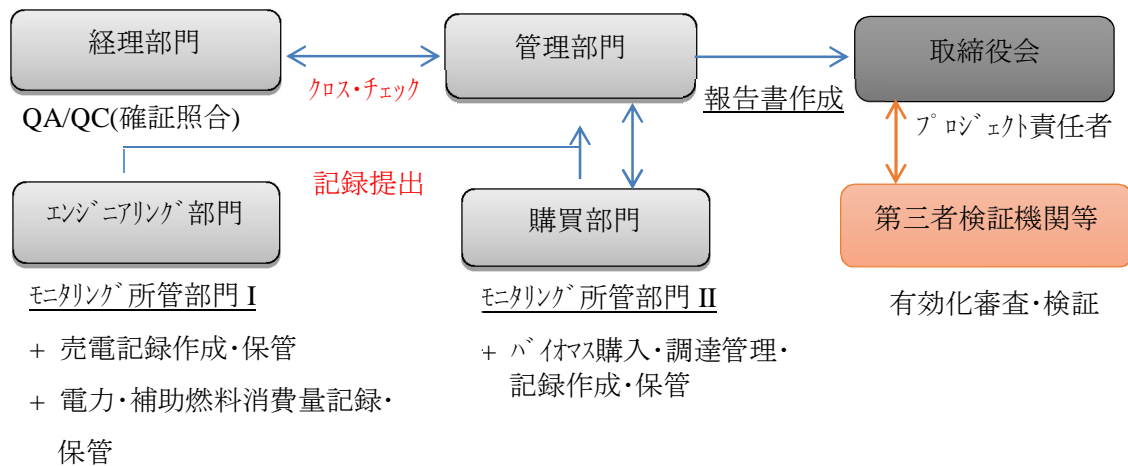


図 4-8. 想定される MRV 体制図

またモニタリングから第三者機関による認証、合同委員会への報告書提出までの業務として以下を想定している。

- 発電所の稼働を管理するエンジニアリング部門の担当者が、日常業務の一環として、1)売買電量、2)燃料バイオマス消費量、3)電力会社からの電力購入量、4)自家発電による発電量をモニタリング、実値を所定の書式に電子データとして記録する。
- 書式は月に一回、同部門の長による確認の後、所定のファイルに保管、定期的に管理部門に提出される。
- 管理部門では、経理部門、燃料バイオマス購買部門から提出を受ける帳簿と照合を行う。
- モニタリング期間を通じて蓄積されたモニタリング・データはプロジェクト設計書に記載されるスプレッド・シートに転記され、プロジェクトの総責任者である取締役役に報告書の形で提出される。
- 取締役会は報告書を第三者機関による認証を得た後、JCM 合同委員会に提出を行う。

上述する業務フローにおける関連各部門の役割を計測、記録、QA/QC の観点でまとめると以下の通りとなる。

表 4-18. モニタリングに関する役割及び QA/QC

パラメータ	計測、及び記録	QA/QC
グリッドへの電力供給量	<ul style="list-style-type: none"> ● エンジニアリング部門が所定の頻度で実値を確認し所定の書式に記録 ● 管理部門がデータを電子化、及び原紙を保管・管理 <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 管理部門が報告書を作成、第三者機関に検証業務を依頼 	経理部門がセイロン電力公社に発行する請求書と照合
バイオマス消費量		購買部門がバイオマス供給会社から受取る納品書・請求書と照合
グリッドからの電力購入量		月に一回の確認作業
自家発電による電力消費量		月に一回の確認作業

4.4.4 MRV 体制構築支援

2015年2月の時点で日本政府とホスト国政府はJCMに係る交渉を継続中であり、協定締結には至っていない。またホスト国内におけるJCMに係る情報量も限定されていることから、ホスト国側カウンターパート、またJCM運用開始時に関係する可能性のある諸機関、団体、企業に対しても制度の概要などを予め理解頂くことが円滑なJCM事業として登録を目指す事業化の観点でも望ましい。またMRVの実施に際して中心的な役割を担うこととなる事業主体が、モニタリング、報告のみならず、検証についても見識を第三者機関と共有することは、既に実施したモニタリング結果の不備が検証時になって初めて指摘され、想定したCER量が発行できないという事態が少なからず生じたCDMにおける課題を繰り返さないという観点からも意義深いといえる。

本調査では、上記の観点から、日本側事業主体者に加え、ホスト国側カウンターパート、ホスト国内でJCM運用後、第三者機関としての登録を検討するSLSIを対象とし、CDMのDOEとしてのみならず、JCMにおける第三者機関として他国で既に登録実績を有する(一財)日本品質保証機構による能力強化支援を2014年12月17日、18日の両日で実施した。

表 4-19. MRV 能力強化セミナー概要

開催地	: SLSI 会議室
開催日	: 2014年12月17-18日
講師	: (一財)日本品質保証機構 山本技術参事
参加者	: 中村則保 / (株)大林組 Mr. P.G. Joseph / SLCF 社 Ms. N. Madurika / SLCF 社 Mr. M. Chamara / SLCF 社 Mr. N. Buddika / SLCF 社 Dr. Lalith Senaweera / Director General / SLSI Mr. R. G. Fenando / Director / SLSI Mr. R. Karawita / SLSI Mr. Jayantha / SLSI 河村愛 / (株)エックス都市研究所 高木智史 / (株)エックス都市研究所
講習資料	: For Self Implementation of the JCM/BOCM MRV (一財)日本品質保証機構、及び(株)エックス都市研究所作成資料)

講習会では、講習資料に基づき、以下の各事項に関して、モンゴル、バングラディッシュなどでの事例を交えながら詳細をご説明頂いた。

- JCM スキーム全般：UNFCCC における JCM の位置付け、交渉の経緯、基本概念など
- JCM 関連プロジェクト：JCM プロジェクト・フロー、必要書類、ネット排出量削減に関する考え方、方法論など
- MRV 概念と MRV 構成：JCM プロジェクト・サイクル概説(有効化審査⇒モニタリング⇒報告書作成⇒検証)
- 測定と校正に関する国際水準：CIPM MRA¹⁴とスリランカの現状、JCGM における“校正”、測定機器の校正、校正有効期間など
- QA/QC

¹⁴ International Committee for Weights & Measures / Mutual Recognition Arrangement

その後、㈱エックス都市研究所から、本調査で事業化を目指す事業の概要、並びに講習実施日までに開発を行っている方法論概要、方法論にて規定するプロジェクトにおける排出量量化に関する説明を行った。

参加者からは、JCM 下で実施されているプロジェクトの数、プロジェクトの種類、実施国などに関する質問、スリランカ国政府と日本政府間の交渉進捗状況などに関する質問があり、調査実施主体、講師にて回答可能な範囲で回答を行った。講師から「モンゴルで初めて現地企業が ISO14065 の認証を獲得し、JCM における第三者機関(TPE)候補になった。スリランカ国では SLSI がホスト国の第三者機関(TPE)として認証されることに期待したい。」との発言に対して、SLSI 側からは、「SLSI にて ISO14065 の取得を行うことは左程、難度の高い取組であるとは認識していない。一方で、取得、並びに認証の維持には費用が伴うので、今後、本分野で第三者機関としてのニーズがどの程度出てくるかを見極める必要がある。CDM/CER の市場はほぼ崩壊していると言っても過言ではなく、JCM の今後を注視したい。」(局長)との回答があった。また潜在事業主体である SLCF 社からは計 4 名が参加、参加者はいずれも JCM 制度、並びに制度下での MRV に関する考え方を理解する良い機会になったとのコメントがあった。



(写真) MRV 体制構築支援・講習会開催の様子

4.4.5 モニタリング対象パラメータ実測機器の校正

(1) 測定機器調達と機器の校正

モニタリングにて実測を行う各パラメータの計測機器の精度、及び校正サービスに関して、スリランカ国内の計量体系の確認、及び校正機関について概要を調査した。概要は以下の通りである。

(2) スリランカ国内検定・検証・校正機関

1) Measurement Unit, Standards & Service (MUSS)

MUSS は 1997 年政令 35 号 Measurement Units Standards & Services により設立された組織で、前身は 1952 年に創設された Weight & measures division (1946 年政令 37 号 the weight & measure ordinance に基づく)である。主たる設立目的は「関連法規の管理並びに規定事項の遂行による信頼性の高いトレーサビリティの確立された校正業務をスリランカ国内で提供するこ

と」、また業務内容として国家計量水準の確立・維持・普及、国内計量システムの維持管理、校正役務の提供などと規定している。スリランカ国は2007年11月にCIPM MRA¹⁵を締結しており、スリランカ国の国家標準は国際標準との間でトレーサビリティが確立されている。よってMUSSTとの間でトレーサビリティを確立している校正機関により校正された機器を使用して測定・計測された数値は校正時に確認される不確定要素の範囲の中で国際的にも承認され得る値である。

2) Sri Lanka Standards Institution (SLSI)

SLSIは、1984年政令6号 Sri Lanka Standards Institution 令に基づき発足した組織である。SLSI法の発効と同時に1964年政令38号 Bureau of Ceylon Standards (BCS) 令が廃止されており、実質上はBCSがSLSIに名称変更、機能・権限が拡大されたものと位置付けられている。SLSIはMinistry of Technology, Research & Atomic Energy 傘下の機関であり、同省所管大臣の任命を受けた理事会により運営されている。SLSIはISOの会員でもあり、スリランカ国の標準制定、標準に係る知識の普及などに努めている。また測定機器の校正、トレーニング、商品・システム認証などの役務を提供している。校正に関してはDepartment of Metrologyが独自の校正設備を・機器を保有し国内の需要に対応している。

3) Industrial Technology Institution (ITI)

1994年政令11号 Science & Technology Department 令に基づき1998年に設立された機関で前身はInstitute of Science and Industrial Research (CISIR)。所管省庁はMinistry of Technology, Research & Atomic Energy。ISO9000並びにISO17025に基づく組織運営を標榜しており、スリランカ国認証機関であるSri Lanka Accreditation Body for Conformity Assessment (以下SLAB)の他、Swedish Board of Accreditation (以下SWEDAC)、ISO/IEC17025の認証も受けている。校正業務はIndustrial Metrology Laboratory (IML)にて、量、容積、電気、圧力、大きさ、温度、力などの校正、測定業務を提供している。SWEDACより2004年に質量、並びに温度に対して認証を取得、電気、大きさ、容量については2007年にISO/IEC17025を取得している。

(3) スリランカ国認証機関

1) Sri Lanka Accreditation Body (SLAB)

SLABは、2005年政令第32号 the National Accreditation Authority for Sri Lankaに基づき創設された機関である。Ministry of Technology, Research & Atomic Energyが理事会を所管する。SLABの主たる活動はスリランカ国における品質管理制度と評価手順の強化とそれらの活動に伴うスリランカ国商品・役務のスリランカ国内市場、国際市場での認知度の向上である。試験所・校正所の認証はISO/IEC 17025 – 試験所・校正機関適正一般要求事項に基づくものであり、化学試験、生物試験、物理試験、機能試験、並びに校正がこの国際規格に基づいている。認証を受けた試験所により発行されたQA (Quality Assurance) 報告書は国内・国際取引において受理されている他、法規制を所管する試験所も法規の実施に際して認証試験所の役務を利用している。

¹⁵ International Committee for Weights & Measures / Mutual Recognition Arrangement

4.5 ホスト国の環境十全性の確保と持続可能な開発への寄与

4.5.1 ホスト国における環境基準

ホスト国における事業実施に際しては、中央環境局（CEA）への事前報告書を提出し、環境影響評価実施の要否に関する判断を仰がねばならない。環境影響評価の実施の有無に関らず、1980年施行・国家環境法「The National Environmental Act No. 47 / 1980」にてグループ A、またはグループ B に分類される業種を行う事業者は、同法他、ホスト国所管省庁が定める環境基準に準拠した施設の建設、設備の導入を行い、中央官局から環境保護許可証 (Environmental Protection License) を取得せねばならない。遵守すべき基準値などについては以下の通りである。

(1) 排ガス基準

発電所の排ガス基準については 2012 年に制定された「施設からの排ガス基準」にて規定されている。同基準にて規定されるバイオマス発電所からの排出基準詳細を以下に記す。

表 4-20. 排ガス基準

環境基準	基準値
窒素酸化物(NO _x)	450ppm 以下
煤塵(PM)	200ppm 以下
煤煙	20% 以下

出典：中央環境局

(2) 排水基準

事業所からの排水基準については、2008 年 2 月 1 日付で排水基準に係る官報が公示されている¹⁶。同官報中、付則 1 に一般排水基準を以下の通り規定している。

表 4-21. 排水基準

	パラメータ	単位	限界許容値
01	浮遊物量	mg/l	<50
02	浮遊物サイズ	Um	<850
03	pH (大気温)	-	6.0 – 8.5
04	生物的酸素要求量 (BOD) (BOD ₅ = 20 °C 5 日間、または BOD ₃ = 27°C 3 日間)	mg/l	<30
05	排水温度	°C	放流域下流 15m 以内 <40
06	油脂分	mg/l	<10
07	フェノール含有率 (as C ₆ H ₅ OH)	mg/l	<1
08	化学的酸素要求量 (COD)	mg/l	<250
09	色	波長域 436 nm (黄色域) 525 nm (赤色域) 620 nm (青色域)	光学吸収 <7m ⁻¹ <5m ⁻¹ <3m ⁻¹
10	溶解リン酸塩 (P)	mg/l	<5

¹⁶ http://www.cea.lk/images/pdf/Waste_Water_Discharge_standards.pdf

	パラメータ	単位	限界許容値
11	ケルダール窒素	mg/l	<150
12	アンモニア窒素 (N)	mg/l	<50
13	シアン化物 (CN)	mg/l	<0.2
14	全残留塩素	mg/l	<1.0
15	フッ素 (F)	mg/l	<2.0
16	硫黄 (S)	mg/l	<2.0
17	ヒ素 (As)	mg/l	<0.2
18	カドミウム (Cd)	mg/l	<0.1
19	全クロム (Cr)	mg/l	<0.5
20	六価クロム (Cr ⁶⁺)	mg/l	<0.1
21	銅 (Cu)	mg/l	<3.0
22	鉄 (Fe)	mg/l	<3.0
23	鉛 (Pb)	mg/l	<0.1
24	水銀 (Hg)	mg/l	<0.005
25	ニッケル (Ni)	mg/l	<3.0
26	セレンウム (Se)	mg/l	<0.05
27	亜鉛 (Zn)	mg/l	<2.0
28	殺虫剤	mg/l	<0.005
29	洗剤 / 界面活性剤	mg/l	<5
30	糞尿性大腸菌群	MPN/10ml	<40
31	放射性物質		
	(a) α線放射	Micro curie/ml	<10 ⁻⁸
	(b) β線放射	Micro curie /ml	<10 ⁻⁷

出典：中央環境局

(1) 騒音基準

事業所からの騒音については1996年5月23日付けで騒音管理規定に係る官報が公示されている。同官報中、規則7(A)にて地区毎に最大騒音レベルを設定、同に騒音発生源となる地区にその他の騒音が認められる場合の許容範囲(地区毎に上限値+3-5dBの許容)を規則7(B)にて規定されている。

<規則 7(A)>

表 4-22. 騒音基準 (規則 7(A))

地区	境界騒音許容レベル [dB]	
	昼間(06:00-18:00)	夜間(18:00-06:00)
地方居住区	55	45
都市部居住区	60	50
低騒音地区	50	45
複合居住区	63	55
商業区	65	55
工業区	70	60

出典：中央環境局

また建設期間中の騒音については、規則 4 にて地区区分に関わらず、昼間 75dB、夜間 50dB と規定している。なお、低騒音地区については本文にて「裁判所、病院、図書館、学校、動物園、宗教施設、リクリエーション、環境保全を目的とする施設」と定義されている。

次に規則 7 (A) とは別に規則 2 にて、別の地区・区分による騒音許容範囲を規定している。規則 2 にて規定される騒音許容レベルは以下の通りである。

表 4-23. 騒音基準 (規則 2)

地区	境界騒音許容レベル [dB]	
	昼間(06:00-18:00)	夜間(18:00-06:00)
低騒音地区(地方・居住区)	55	45
中騒音区(都市区域内)	63	50
高騒音区(輸出加工区、工業団地)	70	60
静寂区(規則 7 (A) の低騒音地区から 100m 以内の地区)	50	45

出典：中央環境局

4.5.2 対象事業の実施に際して想定される環境影響評価

本調査を通じて、スリランカ国中央環境局から、スリランカ国内で事業化を終えている発電所事業許認可付与に際して同局が発行している環境影響評価(IEE)のための TOR を入手した。以下に項目を記す。

- 事業サイト
- 概要
 - 原料収集、及び保管
 - ガス化システム（本事業では燃焼システム）
 - 発電システム
 - 灰処理
 - 排水処理
 - 排ガス処理
 - 騒音・振動対策
 - その他、必要施設・設備
 - 施設建設・設備設営計画
- 事業予定の現在の環境
 - 物理的環境
 - 水資源
 - 気象条件
 - 地勢
 - 生態系
 - 社会環境
- 事業実施に伴い想定される環境影響
 - 物理的影響
 - 生態的影響
 - 社会経済的影響
- 環境負荷低減のための施策
- モニタリング計画
- 総括

事業主体者には上記情報を留意の上、本事業の事業化に際しては環境十全性を確保する予定である。

5. JCM 方法論作成に関する調査

5.1 JCM 方法論の概要

5.1.1 JCM 方法論の概要

本 JCM 方法論が適用対象とするプロジェクトは、スリランカ国内において小規模発電事業者（SPP）として、木質バイオマスを燃料に発電を行い、施設内での消費電力を差し引いた電力の全量をセイロン電力公社（CEB）への販売する事業である。リファレンス排出量は、プロジェクトの実施により代替されるグリッド電源による排出量であり、プロジェクト排出量は、プロジェクトの発電設備内における電力使用に伴う排出量、バイオマス栽培／輸送／前処理に係る排出量に起因する排出量で構成される。

表 5-1. JCM 方法論の概要

項目	内容
対象国	スリランカ
方法論タイトル	「持続可能なバイオマス発電によるグリッド電力代替」
GHG 排出削減量の測定	本方法論は、スリランカにおいて、高効率発電設備により持続可能な木質バイオマスを燃料として発電し、国家グリッド電力を代替することにより、グリッド電力創出のための化石燃料燃焼量の低減を目指すプロジェクトに適用される。
リファレンス排出量の算定	リファレンス排出量は、スリランカ DNA が毎年公表する公式なグリッド排出係数に、モニタリングで得られるプロジェクトによる国家グリッドへの純売電量を乗じることにより算定される GHG 排出量である。
プロジェクト排出量の算定	プロジェクト排出量は、以下の合計で求められる。 1) バイオマス燃料の生産／輸送／前処理に伴う排出量： 以下のa)、b)、c)の合計に、プロジェクトで発電利用されるバイオマス燃料量を乗じた値。 a) 1トン当たりのバイオマスの生産に伴う排出量 b) 1トン当たりのバイオマスの輸送に伴う排出量 c) 1トン当たりのバイオマスの前処理に伴う排出量 2) オンサイトにおける電力使用に伴う排出量： プロジェクトで使用された電力量に、使用された電力のCO2排出係数を乗じた値。グリッド電力と自家発電電力に分類される。
モニタリングパラメータ	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマス燃料消費量（トン） ・ プロジェクトによる国家グリッドへの売電量（MWh） ・ プロジェクトによるグリッド電力の消費量（MWh） ・ プロジェクトによる自家発電電力の消費量（MWh）

5.1.2 用語の定義

JCM 方法論における「用語の定義」は、当該方法論における固有の定義を規定するものであ

り、一般用語に関する定義は行わないとされている。本方法論において、方法論固有の定義が必要となる用語と定義、及び、その固有性と定義付けの意義は、下表に示す通りである。

表 5-2. 用語の定義

用語	定義	定義の意義
持続可能な木質燃料バイオマス	スリランカ政府が公表する「バイオマス評価ガイドライン」(Guideline for Biomass Assessment in SriLanka”)に燃料用途が明記される木質バイオマス資源、及びスリランカ政府が個別に燃料利用を承認する木質バイオマス資源であり、プロジェクト実施前には利用されておらず、その利用によって土地の炭素蓄積レベルの系統的な減少、住民の移転、周辺の地域社会／環境への悪影響を伴わないもの。	適格性要件 1 のスリランカ国の実情に応じた持続可能なバイオマス燃料に関する規定。
バイオマス評価ガイドライン	「バイオマス評価ガイドライン」は、スリランカ環境・マハウェリ省・傘下の SLCF 社が各分野の専門家の知見を得て、農業残渣系、木質系、廃棄物などスリランカで発生する全てのバイオマス資源について、燃料としての利用の可否、及び他の用途との競合の有無の評価方法について規定したガイドラインである。	上記規定の根拠となるガイドラインに関する説明。
加工バイオマス資源	ペレット、ブリケット、バイオコークス等の加工工程を経て製品化されたバイオマス資源。木質チップは加工バイオマスには含まない。	生産工程でエネルギー投入量の高い加工バイオマス資源を定義し、本 JCM 方法論の対象外とすることにより、「バイオマス 1 トン当たりの前処理に伴う排出量」のデフォルト値の設定において、必要以上のエネルギー投入を考慮する必要を回避。適格性要件 3 に該当。
発電機器	発電機器とはバイオマス資源を燃料として電力を創出し、国家グリッドへ供給する設備であり、蒸気タービンと発電機で構成される (ボイラー及びその他の付帯設備は含まない)。	適格性要件 4 で発電効率を規定する発電設備の構成範囲に関する定義。
定期点検	定期点検は、製造メーカー、もしくは製造メーカーに認定されたエージェントによる定期的なメンテナンスのことを指す (部品交換やオーバーホールは含まない)。	高効率の発電設備のパフォーマンスを維持するための規定。適格性要件 5 に該当。

5.1.3 対象 GHG 及びその排出源

排出削減量の算定の対象となる GHG 及びその排出源は下表の通りである。

表 5-3. 対象 GHG 及びその排出源

リファレンス排出量	
GHG 排出源	GHG 種類
(1) 国家グリッドへ電力供給を行う火力発電所	CO2
プロジェクト排出量	
GHG 排出源	GHG 種類
(2) バイオマス生産地、及び生産プロセス	CO2、N2O
(3) バイオマスの前処理プロセス	CO2
(4) バイオマスの輸送プロセス	CO2
(5) プロジェクトサイトにおいて消費される電力源	CO2

上表で示した各排出源と排出削減量の算定対象となる GHG について以下に説明する。

(1) 国家グリッドへ電力供給を行う火力発電所

本プロジェクトで創出されるバイオマス電力は、化石燃料起源のグリッド電力を代替することから、系統に連携された火力発電所を排出源とする CO2 が削減対象の GHG となる。

(2) バイオマス生産地、及び生産プロセス

バイオマスの生産に伴う潜在的な排出源として、①バイオマスの野焼き、②土地利用変化、土地管理の変化による土壌炭素貯蔵量変化、③窒素/尿素の投入、④化学肥料の生産、⑤土地管理による N2O 発生、⑥石灰/ドロマイトの利用、⑦土地の造成のために使用される重機の稼働に伴う燃料利用が挙げられるが、これらについて、本プロジェクトに関連する排出源についてプロジェクト排出量としてカウントすべくデフォルト値の検討を行った。検討結果は「5.4.2.(2) プロジェクトで使用されるバイオマス 1 トンあたりの栽培に伴うプロジェクト CO2 排出量」に詳述する。

(3) バイオマスの前処理プロセス

バイオマスの発電設備で利用されるバイオマスは、燃焼効率を高めるためにチップ化等の簡易な前処理を行うのが一般的である。前処理工程では、電力や化石燃料を用いるため、化石燃料の燃焼に伴う CO2 排出源となる。

(4) バイオマスの輸送プロセス

バイオマス発電事業では、複数のバイオマス発生源から発電プラントまで、車両を用いたバイオマス輸送が多くの場合に必要となる。そのため、バイオマス輸送プロセスは、消費される化石燃料の燃焼に伴う CO2 発生源となる。

(5) プロジェクトサイトにおいて消費される電力源

プロジェクトサイトにおいて消費される動力源は、原則としてバイオマス発電プラントから

の供給を想定するが、プラント停止時に必要となる立ち上げ動力や設備の稼働に使用される所内電力の電源は GHG 排出源となる。該当する電源としては自家発電の場合とグリッド電力の場合が想定される。

5.2 適格性要件

5.2.1 適格性要件の概要

本 JCM 方法論で想定する適格性要件を下表に示す。

表 5-4. 適格性要件

No	設定理由	要件
要件 1	事業タイプの規定（規模/燃料）、追加性の担保	プロジェクトは FIT 制度の下に実施される、専ら木質バイオマス燃料とした国家グリッドへの売電事業でありグリッド電力を代替するものであること。
要件 2	事業タイプの規定（新規）、既存設備の取り扱いに対する不考慮条件	プロジェクトは新規設備を導入するものであること。
要件 3	1)~3) バイオマス燃料の持続可能性担保に関する規定 4) デフォルト値設定のための対象バイオマスの規定	プロジェクトで燃料利用するバイオマスが、以下の全ての条件を満たすこと。 1) ホスト国中央環境局が、再生可能エネルギー局が発刊するバイオマスガイドラインなどを参考にプロジェクト実施許認可の発行に際して承認を行った種であること。 2) バイオマスを、専ら当該プロジェクトへの供給を目的として、新規に造営されたプランテーションから調達する場合、プランテーション造成以前の土地が荒廃地、または低利用地であったことを証明できること。 3) 森林区、野生保護区、泥炭地などから調達されるバイオマスではないこと。ただし、当該森林区、野生保護区から調達するバイオマスであっても、当該森林区、野生保護区の所管省庁・機関がバイオマスの収集、搬出に関して許可を行った種については、特例としてプロジェクトでの利用を認める。(野生保護区における外来有害種除去作業に伴い発生するバイオマスなど)。 4) ペレット、ブリケット、バイオコークス等の加工バイオマス資源を燃料利用しないこと。
要件 4	対象技術のポジティブリスト化（ベンチマークの設定）	仕様上の発電効率が 25% 以上の発電機器を使用する事業であること。なお、発電効率とは発電量をタービンへの入力エネルギーで除した数値である。
要件 5	高効率なパフォーマンスの担保に関する規定	最低一年に一回の定期点検計画があること。

5.2.2 要件 1

No	設定理由	要件内容	事前評価の根拠資料
要件 1	事業タイプの規定（規模/燃料）、追加性の担保	プロジェクトは FIT 制度の下に実施される、専ら木質バイオマス燃料とした国家グリッドへの売電事業でありグリッド電力を代替するものであること。	FIT 制度下で実施される発電事業の仮許可証、発電許可証、事業計画書等。

<設定根拠>

要件 1 は事業タイプ（燃料及び規模）に関する規定であると同時に、追加性を担保するための要件である。

1) バイオマス燃料のタイプについて：

バイオマス燃料の栽培、輸送、前処理に伴う GHG 排出量のデフォルト値や持続可能性の担保手法は、バイオマス燃料のタイプに応じて大きく異なる。そのため、バイオマス燃料のタイプに関する方法論の適用範囲の広さと方法論の簡潔さとは、常にトレードオフの関係にあるといえる。

本事業では、主に以下の 2 点により、方法論の簡素化のために適用対象バイオマスを絞り込むことが望ましいと考えられた。

- 将来的な事業の横展開においても対象とするバイオマス燃料は特定のタイプ（木質バイオマス）に限定されるため、方法論の適用範囲の限定に伴うデメリットは限定的であると考えられること。
- 農業残渣等の他のバイオマスタイプを方法論の適用対象とすることによる方法論の煩雑化のデメリットは無視できないこと。

以上より、本方法論では、「木質バイオマス燃料」を対象バイオマスとして規定した。

2) 発電事業の規模

本要件は事業タイプ（規模）に関する規定であると同時に、スリランカにおける FIT 制度の条件を含めることにより、追加性を担保することを目的とした要件である。同国の FIT 制度では、送電量（売電量）が 10MW 以下の再生可能エネルギー由来の電力を国家グリッドへの売電することが条件とされている。

スリランカでは、2009 年より FIT 制度が導入され、多数のバイオマス発電事業が計画されたにもかかわらず、これまでに FIT 制度の下で現在も稼働しているバイオマス発電事業はわずか 2 件である。このうち 1 件は、東京セメントが CDM 事業として実施中の 10MW の発電プラントであり、もう一方は同じく東京セメントの第二期発電事業である。つまり東京セメント以外で、FIT 制度の下で、稼働中の事業は東京セメント以外に存在せず、また、カーボンクレジットとして実施していないものはわずか一件のみである。

下表は、スリランカにおける非従来型の再生可能電力のグリッド送電量を示している。水力、風力については急激に規模を拡大しているのに対して、バイオマス発電は、発電ポテンシャルとしては水力、風力に劣らぬ期待がされているにもかかわらず、発電量は風力、水力に代表される非従来型再生可能電力の中でも 2%程度のシェアで横ばい状態である。

表 5-5. 非従来型再生可能電力のグリッド送電量 (MW)

項目	2009	2010	2011	2012	2013	備考
水力	170.1	175.4	193.6	227.4	255.8	
風力	0.0	0.0	1.4	1.4	1.4	
バイオマス	12.0	12.0	12.5	10.5	16.0	10MW、5MW (東京セメント)
太陽光	0.0	30.2	33.2	73.0	78.5	
SPP 合計	182.2	217.6	240.7	312.3	351.6	
グリッド総発電容量	2,697.2	2,817.6	3,140.7	3,368.1	3,290.5	

出典：Energy Balance 2013 SLSEA

表 5-6. 非従来型再生可能電力のグリッド送電量 (GWh/y)

項目	2009	2010	2011	2012	2013	備考
水力	525.5	645.8	600.6	564.7	908.4	
風力	0.0	50.2	89.0	144.5	232.3	
バイオマス	23.0 (3.3MW)	32.5 (4.6MW)	31.6 (4.5MW)	22.2 (3.2MW)	26.4 (3.8MW)	()内は稼働率 80%とした場合の送電量。
太陽光	0.0	0.0	1.1	2.0	1.7	
SPP 合計	548.5	728.5	722.3	733.3	1,168.7	
グリッド総発電量	9,970.1	10,783.3	11,581.6	11,878.9	12,000.9	

出典：Energy Balance 2013 SLSEA

一次エネルギーとしてはバイオマスが最大のエネルギー源であるスリランカにおいて、バイオマス発電事業が進まない最大の理由は、以下の 2 点によると考えられる。

- 安定的なバイオマス調達のハードル：バイオマス燃料を従前より用いていた一般的な熱利用産業は、グリッドへ電力を供給する発電事業の場合と比べてサイト当たりのバイオマスの使用量の規模が小さく、サイト周辺で発生する製材残渣等のバイオマスにより供給が可能であった。これに対して、グリッド売電事業の場合、事業採算性を確保するためには大規模化の必要があり、安定的なバイオマス調達の実現に関して、収集範囲の拡大、バイオマス燃料の市場価格変動、自社プランテーション運営等、様々な課題を伴うこと。
- 資金調達のハードル：安定的なバイオマス調達にハードルがあることにより、金融機関による融資条件が厳しくなり、事業実施のための資金調達が行えないケースがあること。

以上より、FIT 制度下で実施される木質バイオマス燃料とするバイオマスによるグリッド

売電事業は、BaU、及びリファレンスにはなり得ないと考えられることから、要件1を設定することにより、本プロジェクトの追加性の担保とした。

<事前評価のための根拠資料>

事業計画書等が第三者機関による事前評価の根拠資料としては、燃料タイプやその調達計画に関する記載が必要となる発電事業の仮許可証や発電許可証、及び事業計画等が想定される。

5.2.3 要件2

No	設定理由	要件内容	事前評価の根拠資料
要件2	事業タイプの規定(新規)、既存設備の取り扱いに対する不考慮条件	プロジェクトは新規設備を導入するものであること。	FIT制度下で実施される発電事業の仮許可証、発電許可証等。

<設定根拠>

スリランカ国のFIT制度下で実施されるバイオマス発電事業はほとんどが新規に実施される事業であることが想定されるため、既存設備の取り扱いを方法論内で既定する必要を回避し、方法論を簡素化するために対象事業は新規事業のみに限定した。

<事前評価のための根拠資料>

事業計画書等が第三者機関による事前評価の根拠資料としては、発電事業の仮許可証や発電許可証が想定される。

5.2.4 要件3

No	設定理由	要件内容	事前評価の根拠資料
要件3	1)~3)バイオマス燃料の持続可能性担保に関する規定。 4)デフォルト値設定のための対象バイオマスの規定	プロジェクトで燃料利用するバイオマスが、以下の条件を満たすこと。 1) ホスト国中央環境局が、再生可能エネルギー局が発刊するバイオマスガイドラインなどを参考にプロジェクト実施許認可の発行に際して承認を行った種であること。 2) バイオマスを、専ら当該プロジェクトへの供給を目的として、新規に造営されたプランテーションから調達する場合、プランテーション造成以前の土地が荒廃地、または低利用地であったことを証明できること。 3) 森林区、野生保護区などから調達され	1) 「バイオマスガイドライン」及び「発電事業の燃料調達計画」。 2) プランテーション用地の土地利用計画分類を示す書類。 3) プランテーション用地の土地利用計画分類を示す書類、及び、所管省庁・機関からの許可を証明する書類。 4) 「発電事業の燃料調達計画」、及び燃料の

		<p>るバイオマスではないこと。特例として森林区、野生保護区からバイオマスの調達を行う場合には、当該森林区、野生保護区の所管省庁・機関がバイオマスの収集、搬出に関して許可を行った種のものであること(野生保護区における外来有害種除去作業に伴い発生するバイオマスなど)</p> <p>4) ペレット、ブリケット、バイオコークス等の加工バイオマス資源を燃料利用しないこと</p>	<p>前処理設備の仕様等。</p>
--	--	--	-------------------

要件3は、適用可能なバイオマス燃料の詳細条件に関する規定である。1)～3)については、バイオマス燃料の持続可能性の担保に関する規定、4)については、プロジェクト排出量算定に必要なパラメータのデフォルト値設定のための対象バイオマスの規定である。各要件についての設定根拠は下記の通りである。

1) 対象バイオマス燃料の利用可否の判断基準

<設定根拠>

バイオマスの燃料としての利用の可否、及び他の用途との競合の有無の判断基準をホスト国政府が公表するガイドラインとして明確化することにより、対象事業におけるバイオマス利用が周辺地域への間接的な悪影響をもたらさないことを担保するための要件設定である。

<事前評価のための根拠資料>

事前評価の根拠資料としては、「バイオマスガイドライン」及び「発電事業の燃料調達計画」が想定される。

2) バイオマス栽培のためのプランテーション用地の持続可能性担保

<設定根拠>

プランテーションで栽培される場合のプランテーション用地に関する持続可能性に関する要件である。対象用地がホスト国の基準における荒廃地、低利用地であることを要件化することにより、土地の過去の履歴や他の用途との競合の有無についての調査を個々の事業者が個別に実施する必要性を排除した。

<事前評価のための根拠資料>

事前評価の根拠資料としては、プランテーション用地の土地利用計画分類を示す書類が想定される。

3) 森林区や野生保護区におけるバイオマス調達の特例事項

<設定根拠>

原則として、2)に示す通り、本方法論の対象プロジェクトでバイオマス・プランテーションからバイオマス燃料を調達する場合、森林区、野生保護区などの保護対象のプランテーション用地は対象外とする。しかし、スリランカの一部の地域の森林区、野生保護区では、焼畑農業による違法森林伐採、ユリフローラ（*Prosopis juliflora*）等の有害植物とされる植物の繁茂等により、劣化が問題とされている森林区や野生保護区が存在する。そのため、本要件は、スリランカ国政府が許可する森林区や野生保護区の回復を目的とした植林活動や、スリランカ国政府が除去対象として伐採を承認した有害植物を当該プロジェクトにおけるバイオマス燃料として位置付けることを排除しないための要件設定である。

<事前評価のための根拠資料>

事前評価の根拠資料としては、プランテーション用地の土地利用計画分類を示す書類、及び、所管省庁・機関からの許可を証明する書類が想定される。

4) バイオマスの前処理工程に関する対象バイオマスタイプの絞込み

<設定根拠>

本要件は、バイオマスの前処理工程で発生するプロジェクト排出量のデフォルト値化において、過剰に保守的なデフォルト値の設定を回避するために、ホスト国の一般的なバイオマス発電設備で使用される可能性が極めて低く（コストが高く発電事業の燃料としては採算が合わない）、生産工程でエネルギー投入量の高いペレット、ブリケット等の加工バイオマス資源を当該方法論の適用対象外とするためのものである。

<事前評価のための根拠資料>

事前評価の根拠資料としては、「発電事業の燃料調達計画」、及び燃料の前処理設備の仕様等が想定される。

5.2.5 要件 4

No	設定理由	要件内容	事前評価の根拠資料
要件 4	対象技術のポジティブリスト化（ベンチマークの設定）	仕様上の発電効率が 25% 以上の発電機器を使用する事業であること。なお、発電効率とは発電量をタービンへの入力エネルギーで除した数値である。	製造メーカーが提出する発電効率を示す書類。

<設定根拠>

要件 4 は、バイオマス燃料をより効率的に使用することにより、純排出削減に寄与することを目的として、対象技術の効率に関する要件をポジティブリスト化（ベンチマークの設定）するための要件設定である。ホスト国で市場占有率の高い欧米系メーカーのインド支社を含むインド系企業と日本の技術の比較を行い、日本が優位性を有する技術のポジティブリストとしての設定を行うことを目標に、日本メーカー等やバイオマス発電機器に関する専門家へヒアリングを実施した結果、日本のメーカー一社のみが 25% の発電効率を達成できることが明らかとな

り、これを適格性要件にベンチマークとして記載することが可能と考えられた。日系メーカー一社に限定されぬ複数の日系メーカーに対する汎用性の高いベンチマークの設定は、今回の調査で得られたデータからは困難であった。さらに、本調査を行う過程において、発電機器の仕様上の要件で縛りを行う場合でも、実際の運転時の実績としては仕様を満たせずとも書類上のみスペックを満たし入札に臨む事業者が続出するとの情報も得ていることから、上記のベンチマーク設定が果たしてどの程度、実効性のある要件となるかについては、引き続き課題として残る。

<事前評価のための根拠資料>

事前評価の根拠資料としては、発電機器の製造メーカーが提出する発電効率を示す書類が想定される。

5.2.6 要件 5

No	設定理由	要件内容	事前評価の根拠資料
要件 5	高効率なパフォーマンスの担保に関する規定。	最低一年に一回の定期点検計画があること。	定期点検の実施計画、もしくは事業者が実施を約束する念書。

<設定根拠>

要件 5 は、本方法論で導入を促進する高効率な発電機器のパフォーマンスが、一時的なものではなくプロジェクト期間中にわたり担保されるための要件設定である。要件内容としては、パフォーマンスの維持に必要、かつ発電機器メーカーが対応可能な最低限の水準として、最低 1 年に一回の定期点検計画を要件とした。

<事前評価のための根拠資料>

事前評価の根拠資料としては、定期点検の実施計画、もしくは事業者が実施を約束する念書が想定される。

5.3 リファレンス排出量の設定と算定、およびプロジェクト排出量の算定

5.3.1 リファレンス排出量の設定

リファレンス排出量はプロジェクトにより発電され、国家送電網に接続・給電される電力量にグリッド排出係数を乗じて算出される。グリッド係数については、ホスト国政府所管省庁である持続可能エネルギー局が公表する最新のグリッド排出係数とする。

5.3.2 リファレンス排出量の算定

(1) リファレンス排出量の算定式

リファレンス排出量は下式により算定される。

$$RE_p = EG_{PJ,p} \times EF_{grid} \quad \dots\dots [式 1]$$

- RE_p : リファレンス排出量(tCO₂/p)
 EG_{PJ,p} : プロジェクトにより期間 p にグリッドに給電される電力量 [MWh/p]
 EF_{grid} : グリッド電力の CO₂ 排出係数 [tCO₂/MWh]

(2) リファレンス排出量の算定

リファレンス排出量の算定に必要な各種データは下表に示す通りである。

表 5-7. リファレンス排出量算定の諸元

項目	値	備考
発電容量	11.5 MW	
所内電力	1.5 MW	
送電量	10.0 MW	
発電プラント稼働率	80%	
発電量	80,592 MWh/年	
所内消費電力量	10,512 MWh/年	原則としてバイオマス発電プラントより供給
プロジェクトによりグリッドに給電される年間電力量 (EG _{PJ,p})	70,080 MWh/年	期間 p=1 年間として算定、純売電量 (発電量-所内消費電力量)
グリッド電力の CO ₂ 排出係数 (EF _{grid})	0.7092 tCO ₂ /MWh	グリッド排出係数

以上より、本プロジェクトのリファレンス排出量は下記の通りとなる。

$$\begin{aligned}
 RE_y &= EG_{PJ,p} \times EF_{grid} && \dots\dots[\text{式 1}] \\
 &= 70,080 \times 0.7092 \\
 &= \underline{49,701} \text{ (tCO}_2\text{/y)}
 \end{aligned}$$

5.3.3 プロジェクト排出量の算定

(1) プロジェクト排出量の算定式

プロジェクト排出量は、バイオマス栽培、輸送、前処理に係る排出量、及びプロジェクトにおける電力消費に伴う排出量（グリッド電力、自家発電力）から算定される。プロジェクト排出量算定式は式 2 の通りである。なお、式 2 のパラメータのうち、下線を付したものはモニタリング対象、下線のないものは事前設定対象のパラメータである。

$$PE_p = \{APE_{cul} + APE_{pret} + APE_{trans}\} \times Q_{bio,p} + \underline{EC_{PJ,grid,p}} \times EF_{PJ,grid} + \underline{EC_{PJ,cap,p}} \times EF_{PJ,cap} \dots\dots[\text{式 2}]$$

- PE_p : 期間 p におけるプロジェクト排出量 [tCO₂/p]
 APE_{cul} : バイオマス 1 トンあたりの栽培・収穫に伴うプロジェクト排出量 [tCO₂/t]
 ※デフォルト値 : 0.0252 [tCO₂/t]

- APE_{pret} : バイオマス 1 トンあたりの前処理に使用する化石燃料及び電力消費に伴うプロジェクト排出量 [tCO₂/t]
 ※デフォルト値 : 0.0220 [tCO₂/t]
- APE_{trans} : バイオマス 1 トンあたりの輸送に伴うプロジェクト排出量 [tCO₂/t]
 ※デフォルト値 : 0.0245 [tCO₂/t]
- $Q_{bio,p}$: 期間 p におけるプロジェクトで消費されるバイオマス燃料量(湿潤ベース) [t/p]
- $EC_{PJ,grid,p}$: 期間 p におけるプロジェクトで消費されるグリッド電力量 [MWh/p]
- $EF_{PJ,grid}$: グリッド排出係数 [tCO₂/MWh]
 ※デフォルト値 : 0.7092[tCO₂/MWh]
- $EC_{PJ,cap,p}$: 期間 p におけるプロジェクトで消費される自家発電電力量 [MWh/p]
- $EF_{PJ,cap}$: 自家発電電力の CO₂ 排出係数 [tCO₂/MWh]
 ※デフォルト値 : 0.8[tCO₂/MWh]

(2) プロジェクト排出量の算定

プロジェクト排出量の算定に必要な各種データは下表に示す通りである。

表 5-8. プロジェクト排出量算定の諸元

項目	値	備考
バイオマス 1 トンあたりの栽培・収穫に伴うプロジェクト排出量(APE_{cul})	0.0252 tCO ₂ /t	方法論における事前設定値、CDM 方法論ツール 16 に基づき算定
バイオマス 1 トンあたりの前処理に使用する化石燃料及び電力消費に伴うプロジェクト排出量(APE_{pret})	0.0220 tCO ₂ /t	方法論における事前設定値、調査対象とした 5 社 8 製品のうち最大値を採用
バイオマス 1 トンあたりの輸送に伴うプロジェクト排出量(APE_{trans})	0.0245 tCO ₂ /t	方法論における事前設定値、輸送距離当たりの CO ₂ 排出量は UNFCCC Methodology Tool 12、輸送距離はホスト国専門家へのヒアリング調査結果により得られた数値に基づき算定
プロジェクトで期間 p に消費するバイオマス燃料量 (t/p)	134,569 t/年	期間 p=1 年間として算定、湿潤ベース
期間 p におけるプロジェクトで消費されるグリッド電力量($EC_{PJ,grid,p}$)	0 MWh/年	バイオマス発電プラント停止時に必要なスタートアップ電力等のみのため事前算定では 0 と想定
プロジェクトにおけるグリッド電力の CO ₂ 排出係数($EF_{PJ,grid}$)	0.7092 tCO ₂ /MWh	方法論における事前設定値、スリランカ国の公式グリッド排出係数
期間 p におけるプロジェクトで消費される自家発電電力量($EC_{PJ,cap,p}$)	0 MWh/年	バイオマス発電プラント停止時、かつ停電等の事情によりグリッド電力購入ができない場合

項目	値	備考
		のみの利用となるため、事前算定では0と想定
プロジェクトにおける自家発電力のCO2 排出係数(EF _{PJ,cap})	0.8 tCO2/MWh	方法論における事前設定値、CDM approved small scale methodology: AMS-I.A.における設定値

以上より、本プロジェクトのリファレンス排出量は下記の通りとなる。

$$\begin{aligned}
 PE_p &= \{APE_{cul} + APE_{pret} + APE_{trans}\} \times Q_{bio,p} + EC_{PJ,p} \times EF_{elec} + EC_{PJ,cap,p} \times EF_{PJ,cap} \quad \dots\dots[式 2] \\
 &= \{0.0252 + 0.0220 + 0.0245\} \times 134,569 + 0 \times 0.7092 + 0 \times 0.8 \\
 &= 9,649 + 0 + 0 \\
 &= \underline{9,649 \text{ (tCO2/y)}}
 \end{aligned}$$

5.3.4 排出削減量算定

(1) 排出削減量の算定式

「5.3.2.リファレンス排出量の算定」、及び「5.3.3.プロジェクト排出量の算定」で求めたリファレンス排出量、及びプロジェクト排出量に基づき、排出削減量は下式で求められる。

$$ER_p = RE_p - PE_p \quad \dots\dots[式 3]$$

- ER_p : 期間 p における排出削減量 [tCO2/p]
- RE_p : 期間 p におけるリファレンス排出量 [tCO2/p]
- PE_p : 期間 p におけるプロジェクト排出量 [tCO2/p]

(2) 排出削減量の算定

上述する算定式に算出条件を代入し得られる推定排出量は下記の通りである。

$$\begin{aligned}
 ER_p &= RE_p - PE_p \quad \dots\dots[式 3] \\
 &= 49,701 - 9,679 \\
 &= \underline{40,052 \text{ (tCO2/y)}}
 \end{aligned}$$

表 5-9. 排出削減量

項目	値
リファレンス排出量	49,701 tCO2/y
プロジェクト排出量	9,679 tCO2/y
排出削減量	40,052 tCO2/y

5.4 プロジェクト実施前の設定値

5.4.1 事前設定値の概要

純削減の実現手法として、BaU 排出量を下回るリファレンス排出量を設定する手法と、実際のプロジェクト排出量を上回るプロジェクト排出量を設定する2つの手法がある。

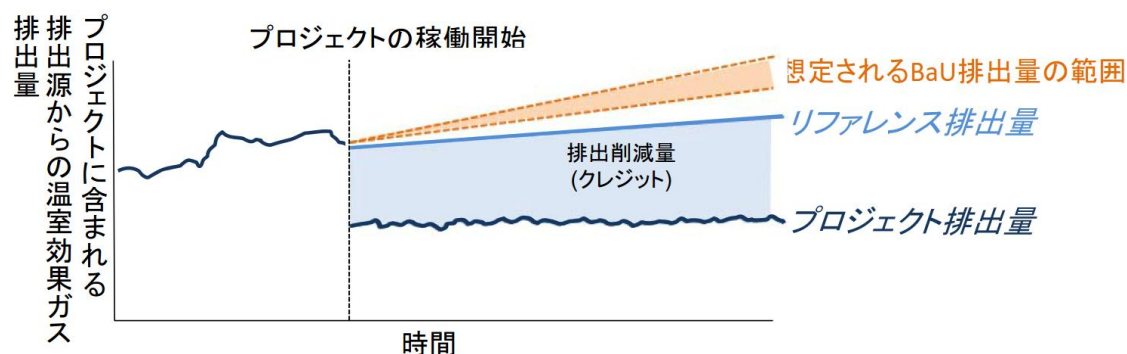


図 5-1. 純削減の実現方法（BaU 排出量を下回るリファレンス排出量の設定）

出典：二国間クレジット制度（Joint Crediting Mechanism（JCM））の最新動向

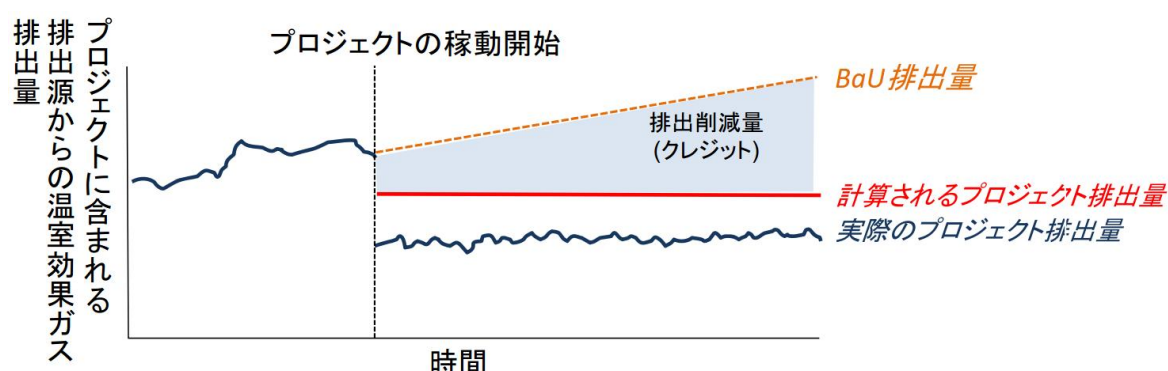


図 5-2. 純削減の実現方法（実際に上回るプロジェクト排出量の設定）

出典：二国間クレジット制度（Joint Crediting Mechanism（JCM））の最新動向

本方法論で対象とするプロジェクトでは、リファレンス排出量はグリッド電力を代替する発電量にグリッド電力のCO₂排出係数を乗じて求められるが、以下に挙げる理由により、BaU 排出量を下回るリファレンス排出量を論理的に設定することは難しいことから、プロジェクト排出量を保守的に算定する手法を採用することとした。

- グリッド電力のCO₂排出係数については、既にCDMにおいて排出係数の算出方法が確立されているほか、同手法に基づいた排出係数が公式値として公開されていること。
- グリッド電力の代替電力量は、電力メーターにより正確にモニタリング可能であること。

上記に基づき、本方法論においてプロジェクト実施前にデフォルト値として設定するプロジェクト排出量に関するパラメータは以下の通りである。なお、プロジェクト排出量については、より大きな値を採用することが保守的となる。

パラメータ	説明	保守性の根拠
APE _{cul}	バイオマス 1 トンあたりの栽培・収穫に伴うプロジェクト CO2 排出量 (tCO2/t)	本プロジェクトにおいて想定される栽培条件のうち、最大値を採用（肥料については、専門家へのヒアリング結果に基づき無施肥を想定）。
APE _{pret}	バイオマス 1 トンあたりの前処理に使用する化石燃料及び電力消費に伴うプロジェクト CO2 排出量 (tCO2/t)	調査対象とした 5 社 8 製品のうち最大値を採用。
APE _{trans}	バイオマス 1 トンあたりの輸送に伴うプロジェクト CO2 排出量 (tCO2/t)	事業として成立し得る輸送最大距離である片道 100km を平均輸送距離と想定するため保守性が担保される。
EF _{PJ,grid}	プロジェクトにおけるグリッド電力の CO2 排出係数 (tCO2/MWh)	純排出量に寄与する保守的な算定手法は採用しない（リファレンス排出量と同様にグリッド排出係数としては政府公表値を採用。自家発電については CDM approved small scale methodology: AMS-I.A. で規定される排出係数を採用。）
EF _{PJ,cap}	プロジェクトにおける自家発電電力の CO2 排出係数 (tCO2/MWh)	

5.4.2 各パラメータの事前設定根拠及び純排出削減の担保

(1) グリッド排出係数

<事前設定根拠>

グリッド排出係数の算定は、グリッド排出係数算定に関する UNFCCC のガイドラインに基づき、以下の手法で算定される。

1) オペレーティングマージン (O/M) の算定：

国家グリッドに接続されているマストラン電源や低コスト電源以外の既存の発電設備の稼働実績の加重平均で求められる排出係数。当該プロジェクトによる電力が、ベースロード電源（マストラン電源や低コスト電源）以外の既存の発電設備の電力を代替するとの想定に基づく。

2) ビルドマージン (B/M) の算定：

近い将来に建設される見込みの発電所における創出電力の排出係数。当該プロジェクトによる電力が、将来的に建設される発電所で創出される電力を代替するとの想定に基づく。

3) コンバインドマージン (C/M) の算定：

O/M と B/M に規定される係数を乗じて算出される排出係数。

B/M の算定においては、将来的に建設される発電所を正確に把握することができないため、CDM では便宜的に以下の 2 ケースの内、年間発電電力量の合計値が大きくなる方をサンプルグループとして、平均の排出係数を算定する方法がとられている。

- 最近 5 年間に建設された発電所
- 最近建設され新たに系統に加わった発電所で、系統における電力量の 20% を占める発電所 (CDM プロジェクトとして登録された発電所については除外)

スリランカでは、2011 年以降、毎年、最新のグリッド排出係数が公表されており、本プロジェクトでは、政府公表の排出係数を採用する。なお、排出係数の算定は最新の算定ツールが適用されており、2013 年の排出係数は、EB 75, Annex 15 "Tool to calculate the emission factor for an electricity system" (Version 04.0) に基づき算定されたものである。

<純排出削減の担保>

グリッド排出係数としては、スリランカ政府の公表値を採用し、純排出削減に寄与する排出係数の検討は行わない。

(2) プロジェクトで使用されるバイオマス 1 トンあたりの栽培に伴うプロジェクト CO₂ 排出量

<事前設定根拠>

1) バイオマスタイプ別の概観

a) 生垣、裏庭に植栽されるバイオマス

生垣や裏庭に植えられた未利用バイオマスについては、一般的に施肥は伴わず耕起などの影響を無視できる他、慣行的に鎌を用いて人力で採取するのが主となっている。さらに、基本的にはこれらのバイオマスは生垣や支柱としての利用を目的として植栽され、定期的に剪定される枝部分を燃料利用しても新たな GHG 排出を伴わないことから排出量は 0 と推定される。

b) 未利用・廃棄物系バイオマス

CDM、及び国内の各クレジット制度において未利用・廃棄物系のバイオマスについては、農産物等の BaU での生産プロセスの一環として発生するバイオマスであり、プロジェクトの有無によって、発生量に影響が生じないことから、プロジェクトバウンダリーに含まれていない。このため、排出量は 0 とすることが妥当と考えられる。

c) エネルギープランテーションで栽培されるバイオマス

エネルギープランテーションにおけるバイオマス栽培に伴う排出については、ACM0017、及び方法論ツール 16 で、各排出源に対する排出量の算定方法が下表の通りに規定されている。エネルギープランテーションにおけるバイオマス栽培に関して、ホスト国の専門家へのヒアリング調査結果を(3)、(4)に詳述する。

表 5-10. ACM0017 算定シートおよび方法論ツール 16 における対象排出源

排出源	ACM0017	方法論ツール 16
バイオマスの野焼き	○	○
土地利用変化、土地管理の変化による土壌炭素貯蔵量変化	○	○
N の施肥	○	○
化学肥料の生産	○	
土地管理による N ₂ O 発生	○ (N の施肥を含む)	○
尿素の利用	○	
石灰、ドロマイトの利用	○	○
エネルギーの利用 (電力及び化石燃料)	○	○
排出量 (上記の和)	ha あたり	ha あたり

(3) プランテーションにおけるバイオマス栽培に伴う排出量の考察 (専門家へのヒアリング)

a) 肥料・害虫駆除剤に係る考察

現時点でスリランカ国内にはグリシディアを対象とする大規模燃料バイオマス・プランテーションは存在しない。そのため、グリシディアを対象とする大規模燃料プランテーションを開発、運営する場合に想定される肥料、除草剤を含む農薬使用の可能性につき、専門家へのヒアリングに基づき検討を行った。結果は以下の通りであった。

■ 肥料

施肥を行うことでバイオマスのより早い生育と高い収量を期待できるが、ココナッツ農園におけるココナッツ樹間へのグリシディア栽培などでも施肥を行うことは殆どなく、プランテーションの開発に際しても施肥を行う可能性は極めて低いとの意見が大勢を占めた。その後、農業局関係者へのヒアリングにて、スリランカ国政府の農業政策として米作で使用される肥料に対しては政府補助金により LKR350(50 キロ袋)で流通しているが、その他の作物に使用する場合には、補助金の適用外となるため、同製品が LKR1,200 になるとの情報を得ている。燃料用バイオマスは戸口販売価格が LKR1.5/kg であるため、燃料用バイオマス栽培のための施肥は採算性に欠けると認識される。

■ 害虫駆除剤

グリシディアへの害虫による被害は世界的にも事例が少なく、スリランカ国においては報告例がないことからプランテーション開発、運営期間を通じて利用することはないとの見解が得られた。参考まで英国オックスフォード大学の公表する資料から関連箇所を以下抜粋する。

- インドの森林昆虫学ではグリシディアへの害虫被害に関する記載は無し。
- ナイジェリアで甲虫類を中心とする害虫被害に関する報告があるが経済的な損失は微小。
- アブラムシによる被害はインド、ウガンダ、トリニダッド、フィリピンで報告されているが経済的損失は微小。
- グリシディアは過去の害虫との闘いから、害虫に対する優れた耐性を備えていると推察されている。

上記より、グリシディアを対象とする大規模プランテーション開発、運営に際しては肥料、害虫駆除剤は利用されないと結論付けることができる。

b) 除草剤にかかる考察

8月5日に開催したバイオマス専門家会議における議論の結果、「大規模プランテーションを行う場合には整地、並びに除草剤を利用する可能性を否定できない。具体的には、グリシディアの植栽に際しては植栽前に1回の耕耘を行うことが望ましく、除草は耕耘・植栽後、グリシディアの樹冠が地面を覆い、日照不良で雑草が枯死するまで状況に応じて1-2回使用される可能性がある」との結論に至った。

上記に基づき、グリシディアを対象とする大規模プランテーション開発、運営に際して、除草剤は最大2回の散布される可能性があることを前提とし、除草剤の利用に関する情報収集を行うと共に、除草剤の利用に伴うGHG排出量につき検討を行った。収集情報、並びに検討結果を以下に記す。

■ プランテーション用地に自然繁殖する可能性のある雑草群

本事業で燃料として利用するグリシディアの潜在調達地域・地区を視察、草地に繁殖する雑草の調査を行った。その結果、①樹冠により日光を遮蔽されている、②他の作物が栽培されている、または③土壌が極度の乾燥状態にある等の場合を除き、以下のような雑草の自然繁殖が至る所で確認された。グリシディアを更地で栽培する場合、植栽から一定以上の枝が繁茂し、地上への日照を制限するまでの間にこれらの雑草が繁殖する可能性が高く、効率的なプランテーション開発を行う上で、除草剤が利用される可能性がある。

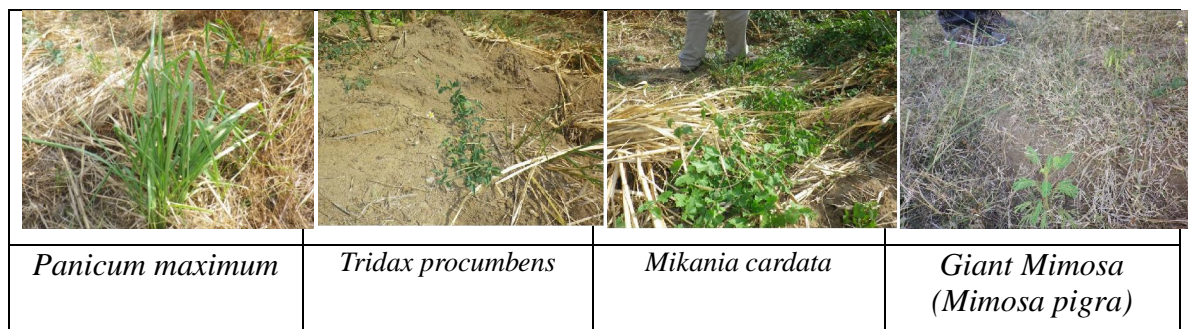


図 5-3. グリシディアの潜在栽培地で確認された雑草種

■ 除草剤(市販品)と想定される利用方法

スリランカ国内で除草剤を含む農薬の製造、または販売会社では、米国に本社を置く多国籍バイオ・ケミカル企業である Monsanto Company、スリランカ国内最大手の複合企業である

Hayleys のグループ企業である Hayleys Agriculture Holdings Limited、CIC Holdings Limited などがある。アンパラ県内の農薬販売店でヒアリングを行った結果、CIC Holdings 社が販売する「Glyphosate360」、「MCPA(主成分 NCPA ナトリウム)」が一般的に利用されている除草剤であるとのことであった。使用方法は畑作物、ゴム・茶などで区分されている。グリシディアと同じく多年樹であるゴム、茶畑での利用方法は以下、下表の通りであった。

表 5-11. 他のプランテーション作物における除草剤散布量

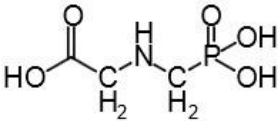
除草剤	ゴム	茶
グリホサート 360	200ml/10L の混合液を 11L/ha の割合で散布（希釈前の除草剤 2.2L/ha 相当）	(第一回) 30ml/10L の混合液を 1.75L/ha の割合で散布（希釈前の除草剤 5.25mL/ha 相当）
		(第二回) 200ml/10L の混合液を 11L/ha の割合で散布（希釈前の除草剤 2.2L/ha 相当）
MCPA	記載無し	30ml/10L の混合液を 1.75L/ha の割合で散布（希釈前の除草剤 5.25mL/ha 相当）

■ 除草剤・主成分

<グリホサート>

アミノ酸系除草剤の一種である。グリシンにリン酸を導入した誘導体でグリホサート、グリホサートイソプロピルアミン塩、グリホサートカリウム塩、グリホサートアンモニウム塩、グリホサートトリメシウム塩、グリホサートナトリウム塩の 6 種類がある。グリホサートイソプロピルアミン塩は、酸、アルカリ、光、熱に対して安定、カルシウムイオン存在下で水中光分解、グリホサートカリウム塩は、熱に対して 200°C で分解される。光に対して、水中で半減期 45 日（緩衝液 pH5）で 8.8（自然水）とされている。化学名は N-ホスホノメチルグリシン。雑草の茎や葉に散布して使用。植物のアミノ酸合成を阻害し、雑草体内のアンモニアガスで枯死させる。ほとんどの植物に非選択的に作用するが、動物には毒性を示さず、非散布の植物には基本的になんの影響もとされる。また、土壌に達すると微生物によって水と二酸化炭素に分解されるため、安全性が高いとされている。

表 5-12. グリホサート概要

一般名	グリホサート	化学名	N-(phosphonomethyl) glycine
分子式	C ₃ H ₈ NO ₅ P	分子量	169.1
外観		融点	184.5
蒸気圧	184 x 10 ⁻⁷ mmHg(45C)	比重	1.704
pH	1% = 2.5		
化学構造式			

出典：日本モンサント

■ 温室効果ガス排出量

本調査では、上記で示した特定の除草剤の使用に伴う GHG 排出量の推計について、「平成 22 年度農林水産分野における『CO₂ の見える化』推進事業 報告書」（農林水産省）によると、除草剤の CO₂ 排出係数は、化学薬品製造工程におけるエネルギー必要量に基づく推計値は 3.74 kgCO₂/kg、産業連関表に基づく推計値は 5.863 kgCO₂/kg となった。これに基づく、除草剤の比重を保守的に 1 とみた場合、除草剤 1L の使用に伴う排出量は 3.74~5.86kgCO₂/L と推定される。仮にこの数値を上記ヒアリングで得られた投入量に適用した場合、最大で 0.012 tCO₂/ha、バイオマス 1t 当たりへ換算すると 0.00038tCO₂/t となり、極めて微小であることから、本方法論では、「排出削減量の 5% 以下の排出源については微小とみなし削減量の算定に含めなくともよい」とする「Joint Crediting Mechanism Guidelines for Validation and Verification」の 8.1.4 Materiality に関する記述に基づき、除草剤の使用に伴う排出量については、考慮の対象外とする。

表 5-13. 除草剤利用に伴う排出量の推計

項目	値	備考
1ha のプランテーション管理に使用される除草剤（原液）	2.2 L/ha	現地ヒアリング結果
除草剤の比重	1.0	保守的な想定
除草剤の排出係数	5.86 kgCO ₂ /kg	平成 22 年度農林水産分野における『CO ₂ の見える化』推進事業 報告書（農林水産省）
除草剤の使用に伴う排出量	0.012 tCO ₂ /ha/年	
バイオマス 1 トン当たりの排出量	0.00038 tCO ₂ /t	最も保守的な収量 20t/ha（乾重量ベース）、32t/ha（湿潤重量ベース）を想定した場合

c) 農機の利用に係る考察

スリランカ国内でインド製トラクターなどの輸入・販売を手掛ける BROWNS 社、自社でアッセンブリーを行う二輪トラクターをはじめとするトラクター、農機、その他農機具の販売を行う ASIRI HOLDINGS LANKA 社にヒアリングを行った。BROWNS 社、ASIRI 社の担当者からは、耕耘に要する時間は土地の状況次第という前提の下、四輪トラクター利用時で、1ヘクタールの耕耘に要する時間を 3.8~5.0 時間、燃費を時間あたり 4~8L（軽油）との回答を得た。



(写真) TAFE 社製・四輪トラクター(左)とトラクター後部に接続する耕耘ユニット(中央・右)

上記情報に基づき、グリシディア・プランテーション開発時に利用する可能性のある農機からの GHG 排出量を以下の通り試算した。なお、四輪トラクターの利用によるグリシディア植栽時の GHG 排出は大規模プランテーションの開発時のみに発生するものであり、家庭菜園など小規模土地区画での植栽では一般的ではない。

表 5-14. 農機利用に伴う排出量の推計

項目	値	備考
1ha の開発に要する燃料量	40L	8L/時×5 時間
軽油の真発熱量(NCV)	39.7GJ/t	SLSEA
軽油の排出係数	0.0755tCO ₂ /GJ	SLSEA
1ha の土地開発に伴う排出量(農機利用時のみ)	0.12tCO ₂ /ha	

本事業では、現地カウンターパートが新たに開発する最大 1,000 ヘクタールの専用プランテーションから、発電所で利用する燃料バイオマスの一部を調達することが見込まれることから、プランテーションの開発に伴う GHG 排出量は、最大 120tCO₂ と試算される。同数値は上述する CDM で定める算定方式から得られる数値よりも小さくなることから、GHG のネット削減のための保守性担保の観点から CDM 算定値をデフォルト値として適用するものとする。

なお、プランテーションの開発は、専ら荒廃地、または近隣住民などにより違法に伐採された森林跡地における植林事業として推進されるため、プランテーション開発前のカーボン・ストックは考慮対象外とする。

(4) プランテーションにおけるバイオマス栽培に伴う排出量の考察 (CDM 方法論の検討)

a) 概要

CDM に関する既存方法論の調査を行った結果、本調査ではバイオマスの栽培を含む CDM 方法論として、ACM0017、及び方法論ツール 16 の算定方法をもとに、本方法論で採用可能なデフォルト値の検討を実施した。以下に概要、試算条件、試算結果を記す。

上記の排出源に利用されるパラメータのうち、土壌炭素貯蔵量変化 (changes in soil carbon stocks)、化学肥料または土壌に還元されるバイオマス残渣の窒素分 (N) からの排出、については、2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol 4, Chapter 4 に示されるデフォルト値が利用されている。

b) 試算条件

本方法論でデフォルト値設定の対象とするグリシディア (プランテーション栽培の場合) は、ヤトロファと重複した気候帯に生育し、また、その性質から、いずれの場合においても投入は最小限であるとの想定が妥当と考えられることから、試算には ACM0017 の算定シートでヤトロファに採用されているモニタリング値、及びデフォルト値の選択 (施肥量、土地管理手法、エネルギー利用等) を仮置き値として引用し、試算を行った。試算の前提条件を以下に示す。

表 5-15. 試算条件

項目	条件
<p><土壌中の炭素ストックの変化> ΔSOC</p>	<p>以下のとおり、Relative stock change factor 算定用パラメータのデフォルト値を選択。スリランカのバイオマス専門家の見解をもとに値を選択した。</p> <ul style="list-style-type: none"> リファレンスの土中炭素ストック (SOC_{REF}) : 「HAC soils」の値を選択。 土地利用 (f_{LU}) : リファレンス、プロジェクトともに耕作地 (cropland) とし、「Short-term cultivated (< 20 years) or set aside (<5years)」を選択。 土地管理 (f_{MG}) : スリランカのバイオマス専門家の助言をもとに、リファレンスでは、プロジェクトでは、「No-tillage」を選択。 インプット (施肥条件) (f_{INP}) : リファレンスは「Medium」を選択、プロジェクトではグリシディアは炭素固定効果を有する植物であるため、「High without manure」を選択。
<p><施肥関連> $PE_{SF,y}$</p>	<ul style="list-style-type: none"> 施肥量 : 先述の通り、無施肥を想定。
<p><エネルギー消費> $PE_{EC,y}$</p>	<ul style="list-style-type: none"> ACM0017 算定シートでヤトロファに利用されている化石燃料利用量を採用。
<p><野焼き> $PE_{BB,y}$</p>	<p>スリランカでは野焼きの規制等は存在せず、プランテーションの土地造成において野焼きが実施される可能性を考慮した。またこの際、地下部のバイオマスは燃焼しない前提とした。</p> <ul style="list-style-type: none"> 対象面積: プランテーションの営業期間は売電契約期間 (20 年) とし、年間対象面積 ($A_{FR,y}$) は 0.05ha/年と設定する。 燃焼係数 ($C_{f,SF}$; ACM0017 計算シートのみ利用) : LUCF Good Practice Guideline Chapter 3 Annex.3A.1 より、「All savanna grasslands (early dry season burns)」の係数を選択した。
<p><排出量単位></p>	<ul style="list-style-type: none"> ACM0017 算定シート 及び方法論ツール 16 ではバイオマス栽培単位面積あたりの排出量であるが、本検討においては、面積あたりの排出量として算出された値を、単位面積あたりのバイオマス収量 (バイオマス輸送は湿潤状態で行うため収量は湿重量ベースで算定) で除することによって、バイオマス生産量当たりのデフォルト値についても試算を行った。 グリシディアのプランテーションの ha 当たりの収量について専門家へのヒアリングの結果、<u>乾ベースで 20t/ha (湿潤ベースで 32t/ha)</u> が最低水準であるという結果が得られたことから、<u>保守的な算定のため、同数値を用いて排出量デフォルト値の算定を行った。</u>

上記による試算結果を下表に示す。また上述の通り、方法論の構成上、ha 当たりのデフォルト値よりもバイオマス 1t 当たりのデフォルト値が望ましいことから、バイオマス 1t 当たりの数値として気候区分別に整理した。また、ACM0017 と方法論ツール 16 の算定に本質的な違いはないと考えられるため、ここでは適格性要件の設定との整合性を有し、かつ保守的な値をデフォルト値として採用することとした。前述の(3)の考察において、グリシディアを対象とする大規模プランテーション開発、運営に際しては肥料、害虫駆除剤は利用されないと結論付けることができた。除草剤については、少量適用されることが確認されたが、上述の通り、GHG 排出量としてのインパクトは極めて微小であることから算定の対象外とした。

ACM0017 及び方法論ツール 16 に基づく、バイオマス栽培に係る排出量のデフォルト値 (tCO₂/ha) の推計結果を下表に示す。

表 5-16. バイオマス栽培に係る排出量のデフォルト値 (tCO₂/ha)

	ACM0017 による算定結果 (tCO ₂ /ha)	方法論ツール 16 による算定結果 (tCO ₂ /ha)
Tropical Moist/Wet	0.7674	0.8078
Tropical Dry	0.7153	0.7362

<純排出削減の担保>

上記に基づき、ACM0017 及び方法論ツール 16 に基づき、バイオマスの栽培に伴う排出量を推計した結果は下表の通りである。本方法論では、保守性の観点から、このうち最も保守的な値 (0.0252tCO₂/t) をデフォルト値として採用することとした。

表 5-17. バイオマス栽培に係るデフォルト値の試算結果比較

方法論	ACM0017 による算定結果 (tCO ₂ /t)		方法論ツール 16 による算定結果 (tCO ₂ /t)	
	32t/ha(湿)* ¹	48t/ha(湿)* ²	32t/ha(湿)* ¹	48t/ha(湿)* ²
バイオマス収量				
Tropical Moist/Wet	0.0240	0.0160	<u>0.0252</u>	0.0168
Tropical Dry	0.0224	0.0149	0.0230	0.0153

*1:乾重量ベースで 20t/ha、*2:乾重量ベースで 30t/ha

表 5-18. バイオマス 1 トンあたりの栽培に伴う CO2 排出量の比較

タイプ	解説	値	デフォルト値
生垣、裏庭に植栽されるバイオマス	生垣や裏庭に植えられた未利用バイオマスについては、一般的に施肥は伴わず耕起などの影響を無視できる他、慣行的に鎌を用いて人力で採取するのが主である。さらに、基本的にはこれらのバイオマスは生垣や支柱としての利用目的で植栽され、定期的に剪定される枝部分を燃料利用しても新たな GHG 排出を伴わないため排出量は 0 と推定される。	0	
バイオマス残さ (廃棄物系バイオマス)	農産物等の BaU での生産プロセスの一環として発生するバイオマスであり、プロジェクトの有無によって、発生量に影響が生じないことから、排出量は 0 とすることが妥当と考えられる。	0	
エネルギープランテーションで栽培されるバイオマス	方法論ツール 16 において示される排出量の算定方法 (プランテーションの土地の野焼き、土壌炭素貯蔵量の変化、施肥等の排出源を対象とする) を用い、無施肥条件により試算した結果のうち、最も保守的な値 (0.0252) をスリランカにおけるバイオマス・プランテーションのデフォルト値として採用する。	0.0252	◎ (保守的)

(5) 前処理工程で使用されるバイオマス 1 トンあたりの化石燃料、及び電力消費に伴うプロジェクト CO2 排出量

<事前設定根拠>

木質バイオマス燃料のうち、ペレットやブリケット等の加工製品については、加工工程に要するエネルギーがチップ化工程に必要なエネルギーに比べて相当大きいことが知られているが、バイオマス発電事業において高コストとなる加工製品を燃料として使用することは想定しにくいことから、適格性要件において、本 JCM 方法論では加工燃料は対象外としている。

そのため、木質バイオマス燃料の前処理工程に要するエネルギーは、主にチップ化、及び乾燥工程で構成される。乾燥工程は、燃料栽培地、収集センター、もしくはバイオマス利用設備内の乾燥ヤードで 2 週間ほど燃料を乾燥させてから使用するのが一般的であり、乾燥のために廃熱を利用することはあっても、乾燥目的で燃料を使用する事例は皆無であることがスリランカにおけるバイオマスのエネルギー利用に関する専門家へのヒアリングでも明らかとなっている。そのため、本方法論では、乾燥工程にかかるエネルギー消費は考慮の対象外とする。

一方、チップ化については、スリランカにおけるバイオマス販売取扱最大手の実績データとして、バイオマスの創出電力の 1%程度 (バイオマス 1 トン当たりの前処理に必要な動力は 7kWh) という数値が得られている。さらに本調査では、スリランカ現地で利用可能な破砕機に

限定することなく、日本メーカーを中心に破碎機の必要動力の検討を行った。チップパー（破碎機）にはディスクチップパー、シュレッダー、ハンマーミル等の様々な処理形態があるが、本調査ではチップパーのタイプを限定することなく、5社8製品の破碎機を対象に調査を行った。

調査では、カタログ上の原動機定格容量を定格処理量で除することで燃料1トンあたりの破碎機の動力を割り出し、これにベルトコンベアの動力を加えることで燃料1トン(湿潤ベース)あたりの動力を推計した。

表 5-19. 前処理工程における必要動力の推計

メーカー	形式	定格処理量 (t/hr)		原動機定格容量 [湿ベース破碎動力] (kW)	バイオマス1トン当たりのバイオマスの 前処理にかかる動力[湿ベース](kWh/t)		
		乾ベース	湿ベース		破碎動力	コンベヤ	合計
A社	ディスク型	5	8.0	110	13.8	1.6	15.4
	ハンマーミル	30	48.0	250	5.2	0.8	6.0
	ハンマーミル	5	8.0	75	9.4	1.6	11.0
B社	ハンマーミル	5	8.0	150	18.8	1.9	20.7
C社	低速せん断	0.6	1.0	22	22	4	26.0
	粗破碎	1.0	1.6	37	23.1	4.4	27.5
D社	ディスク型	20	32.0	75	2.3	0.9	3.2
	高速せん断	20	32.0	55	1.7	0.8	2.5
E社*	ディスク型						7.0
*E社:スリランカ現地企業(実測ベース)				最大	23.1	4.4	27.5
*乾ベース:20%含水率、湿ベース:50%含水率				最小	1.7	0.8	2.5
				スリランカ現地企業			7.0

<純排出削減の担保>

バイオマス燃料の前処理工程に伴う排出量は、前処理工程で必要となる電力量に、電力の排出係数を乗じることで求められる。本方法論では、電力量、排出係数のそれぞれの数値について想定される選択肢の中から、最大値を採用することで保守性を担保することとした。

- 破碎機の電力使用量：本調査で対象とした5社8製品、及びスリランカにおけるヒアリングで得られた実測値のうち、最大値を採用。
- 電力の排出係数：電力源としては、グリッド電力 (0.7092 tCO₂/MWh) と自家発電による電力 (0.8 tCO₂/MWh) が想定されるが、より保守的な自家発電による電力の排出係数を採用。

以上より、前処理工程で使用されるバイオマス1トンあたりの化石燃料、及び電力消費に伴うプロジェクトCO₂排出量は 0.0220 tCO₂/t と算定された。

APE_{pret} [デフォルト値]の算定式

$$\begin{aligned}
 &= \text{破碎機の電力使用量 (MWh/t)} \times \text{電力のCO}_2\text{排出係数 (tCO}_2\text{/MWh)} \\
 &= 27.5 / 1000 \times 0.8 \\
 &= \underline{0.0220 \text{ (tCO}_2\text{/t)}}
 \end{aligned}$$

なお、「Joint Crediting Mechanism Guidelines for Validation and Verification」の 8.1.4 Materiality の記載に基づき、排出削減量の 5%以下を下回る場合は、算定式から除外することが可能である。前処理工程で使用される排出量については、5%を下回る可能性があるが、本検討では保守性の観点からもプロジェクト排出量の算定式に含めることとする。

また、本調査では日本における主要なチッパーメーカーは網羅できていると考えられる反面、ヨーロッパ製、インド製等の世界的な視点でみた場合の主要メーカーのデータは考慮できていない。

(6) バイオマス 1 トンあたりの輸送に伴うプロジェクト CO2 排出量

<事前設定根拠>

1) デフォルト値の算定式

「バイオマス 1 トンあたりの輸送に伴うプロジェクト CO2 排出量」は、「1 トンのバイオマスの 1km の輸送に係る排出係数」に「バイオマスの輸送距離」を乗じることで求められる。

APE_{trans} [デフォルト値]の算定式

=バイオマス燃料 1 トンの 1km の輸送に伴う CO2 排出量 (tCO₂/t/km) ×バイオマスの輸送距離 (km)

2) バイオマス燃料 1 トンの 1km の輸送に伴う CO2 排出量 (tCO₂/t/km)

「バイオマス燃料 1 トンの 1km の輸送に伴う CO2 排出量」は UNFCCC の Tool 12 (Methodological tool: Project and leakage emissions from transportation of freight Version 01.1.0) において、車両規模別に下表に示す通りのデフォルト値が設定されている。プロジェクトで使用される車両の規模は、栽培地から収集センターまでの一次輸送、収集センターから発電所までの二次輸送において異なることが想定されるが、具体的な車両サイズについてはケースバイケースである。そのため本方法論では、より保守的な Light vehicle を想定した 0.000245 (tCO₂/t/km) を採用する。

表 5-20. 1 トンのバイオマスの 1km の輸送に係る排出係数

車両タイプ	値 (tCO ₂ /t/km)	備考
小型車両 (Light vehicles)	0.000245	最大積載量 26 トン以下
大型車両 (Heavy vehicles)	0.000129	最大積載量 26 トンより大

出典: UNFCCC Tool 12: Methodological tool:
Project and leakage emissions from transportation of freight Version 01.1.0

なお、同排出係数は、特定の輸送距離をバイオマスを積載した状態と空荷の状態との片道ずつの往復分を考慮した値として設定されているため、バイオマスの収集地点から輸送先（プラント）までの想定片道距離を乗じることで、1 トン当たりの輸送に伴う CO2 排出量を求めることができる。

3) 輸送距離の設定

スリランカにおけるバイオマス燃料利用を想定する場合、一般的には規模に応じて 30~50km 以内でバイオマス収集計画を立てるのが一般的である。一方、スリランカは東西 200km 程度の小さな島国であるが、道路事情は必ずしも良好ではなく、一般的にバイオマスを 100km 以上輸送することはコスト的にも採算が合わないとされている（複数の有識者への聞き取りでも 100km 以上の輸送は非現実的との回答を頂いている）。

そのため、本 JCM 方法論ではデフォルト値の設定における保守性の観点から、平均輸送距離を、現実的な輸送距離の上限値である 100km と想定する。

<純排出削減の担保>

「バイオマス 1 トンあたりの輸送に伴うプロジェクト CO₂ 排出量」のデフォルト値の算定において、「輸送距離」及び「バイオマス燃料 1 トンの 1km の輸送に伴う CO₂ 排出量」について、上記 2)及び 3)において考察した 2 通りの想定に基づくデフォルト値は下表の通りである。

表 5-21. 1 トンのバイオマスの輸送に伴う排出係数の輸送距離による比較

車両サイズ 輸送距離	小型車両 (Light vehicles) [0.000245 tCO ₂ /t/km]	大型車両 (Heavy vehicles) [0.000129 tCO ₂ /t/km]
平均 50km 輸送	0.0123 tCO ₂ /t	0.00645 tCO ₂ /t
平均 100km 輸送	<u>0.0245 tCO₂/t</u> (最大)	0.0129 tCO ₂ /t

上記より、デフォルト値として推計値の中で最も保守的な 0.0245tCO₂/t を採用する。

6. 今後の予定と課題

6.1 今後の予定

(株)大林組は、当事業を前向きに進めるべく、当 FS 調査と並行して、事業化に向けた独自の活動を推し進めているが、本報告書で記載したとおり、解決しなければならない課題・リスクは依然として多く、課題の解決に向けて独自の調査を継続し、2018 年夏頃までに JCM 事業化の可能性も含めた事業化の判断を行う予定である。検討の結果、事業性有と判断した場合は、その後に詳細設計や事業化のための体制構築に着手し、合わせて JCM 補助事業への申請も予定した上で 2018 年春頃の運営開始を目指したいと考えている。

現時点で想定する今後のスケジュールは下図の通りである。

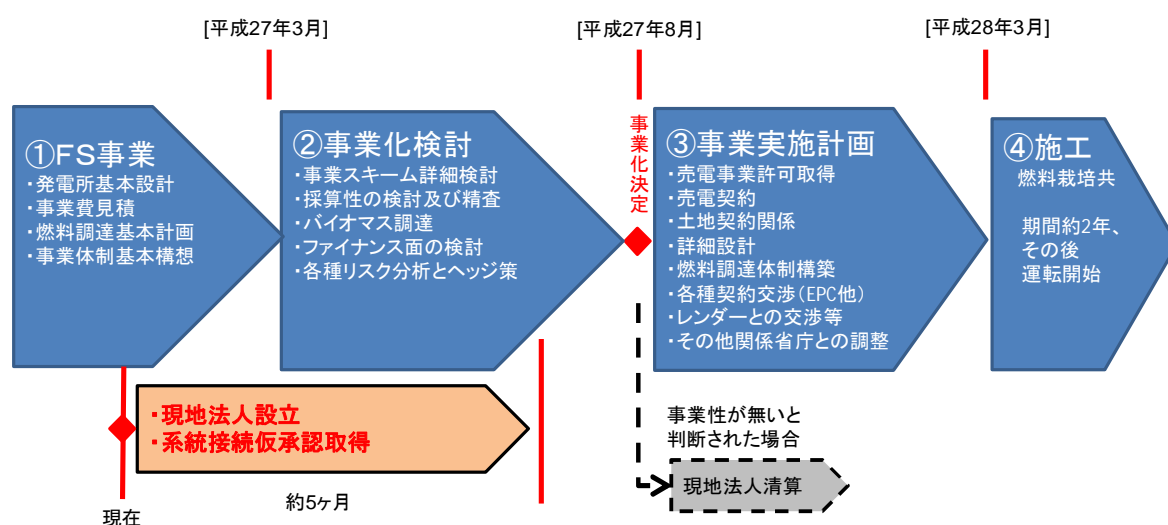


図 6-1. 事業化に向けた今後のスケジュール

6.2 今後の課題

バイオマス調達において、土地の確保や農民とのコミュニティ形成など、これから執り行われる地元との交渉実務が、どれだけ計画に則した形で進められるかが、事業実現に向けての一番の大きな課題と考えられる。また、カントリーリスクや経済情勢リスクに対し、どのような回避策を講じることができるかという点も大きな要素となっており、このような点については日本側の政府・金融機関の対応によっても大きく左右されることから、今後の交渉において当該機関からの前向きなサポートが得られることを期待したい。