

令和3年度環境省委託事業

令和3年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務
(バイオ燃料を活用した脱炭素交通及び再生可能エネルギー
の普及による脱炭素都市形成事業)

報告書

令和4年3月

日本エヌ・ユー・エス株式会社

富山市

目次

第1章	本業務の背景と目的.....	1
1.1	業務の背景.....	1
1.2	業務の目的.....	1
1.3	本業務の実施体制.....	2
第2章	令和2年度調査結果の概要.....	3
第3章	バイオ燃料を活用した脱炭素公共交通事業.....	4
3.1	バイオ燃料利活用事業実現に向けた技術的詳細検討.....	5
3.1.1	バイオ燃料供給.....	5
3.1.2	バイオ燃料輸送.....	14
3.1.3	バイオ燃料利用.....	20
3.1.4	資金調達方法及びビジネススキームの検討.....	33
3.2	公共交通導入に関する検討.....	38
第4章	小水力発電及び太陽光発電を軸とした再生可能エネルギーの普及事業...	45
4.1	再生可能エネルギー発電事業実現に必要な許認可等.....	45
4.2	小水力発電事業.....	47
4.2.1	事業実施地点の選定.....	48
4.2.2	Carabau 発電所.....	51
4.2.3	Naradau 発電所.....	54
4.2.4	課題及び今後の方針.....	56
4.3	太陽光発電.....	61
4.3.1	太陽光発電導入ポテンシャルサイト選定.....	63
4.3.2	今後の検討方針.....	69
第5章	再生可能エネルギーを活用した非電化地域の電化事業.....	71
5.1	コブニ村の概要.....	71
5.2	電力利用に関する課題の抽出.....	72
5.3	事業化計画策定に向けた基礎調査.....	74
5.3.1	電力使用状況.....	74
5.3.2	再生可能エネルギー導入ポテンシャル.....	77
5.4	事業モデル案の策定.....	80
5.4.1	類似の先行事例.....	81
5.4.2	プロジェクト実施方針.....	87
第6章	都市間連携活動.....	88
6.1	都市間連携活動概要.....	88
6.2	セミナー.....	89
6.2.1	IRDA とのワークショップセミナー（2022年2月17日）.....	89
6.2.2	コタキナバル市とのワークショップセミナー（2022年2月17日）.....	91
6.3	オンラインツアー.....	94
第7章	まとめ.....	99
7.1	今年度の都市間連携事業の成果.....	99
7.2	次年度の都市間連携事業の方針.....	100

図目次

図 1-1	本業務の概要及び実施体制	2
図 3-1	令和 2 年度事業で検討した事業モデル	5
図 3-2	パーム搾油工場マップとその数（イスカンダル）	6
図 3-3	パーム搾油工場マップとその数（コタキナバル）	7
図 3-4	バイオ燃料供給ポテンシャル（イスカンダル）	8
図 3-5	バイオ燃料供給ポテンシャル（コタキナバル）	9
図 3-6	想定サプライチェーン	10
図 3-7	POME ガス由来バイオ CNG 製造設備装置構成	11
図 3-8	POME ガス由来バイオ LNG 製造設備装置構成	12
図 3-9	ZR-iLNG プロセスと通常の LNG 液化プロセスの比較	12
図 3-10	他小型液化プロセスと ZR-iLNG プロセスとの Specific Power の比較	13
図 3-11	CNG チュービングトレーラー	15
図 3-12	LNG トレーラー	16
図 3-13	LNG トレーラーの概略図	16
図 3-14	LNG サテライト設備イメージ	17
図 3-15	LNG サテライト設備配置図	19
図 3-16	LNG サテライト設備系統図	19
図 3-17	Causeway Link 社が所有するバス：Mercedes Benz 社	22
図 3-18	Causeway Link 社が所有するバス：日産自動車社	23
図 3-19	Syarikat Pengangkutan Maju 社が所有するバス：Higer 社	24
図 3-20	Transit Link 社が所有するバス：Mercedes Benz 社	26
図 3-21	Transit Link 社が所有するバス：日産自動車社	26
図 3-22	天然ガス・LNG 価格推移（JKM：北東アジアスポット LNG 価格）	30
図 3-23	BRT 計画の進捗	31
図 3-24	BRT 計画の進捗	33
図 3-25	クレジットの分類	34
図 3-26	主要なボランタリークレジットの取扱量と価格	35
図 3-27	シナリオ設定：AMS-III.H	36
図 3-28	クリチバ市の各都市軸のバス輸送人員と方向別バス分担率	40
図 3-29	3 連節バス	40
図 3-30	ボゴタ市の BRT 導入の様子	41
図 3-31	トランスミレニオの組織形態	42
図 3-32	ジャカルタでの BRT 導入の様子	43
図 4-1	Carabau 水力発電及び Naradau 水力発電所位置	49
図 4-2	オンライン現地調査実施イメージ	50
図 4-3	Carabau 発電所の取水口周辺の様子	51
図 4-4	Carabau 発電所ヘッドタンク	52
図 4-5	Carabau 発電所建屋及び周辺設備	53
図 4-6	Naradau 発電所の Liwagu 川取水口周辺の様子	54
図 4-7	Naradau 発電所の Mesilou 川取水口周辺の様子	55
図 4-8	Naradau 発電所建屋及び周辺設備	56

図 4-9	Carabau 発電所の概念図.....	5 8
図 4-10	Tawau 水域及び新規水力発電所の提案位置.....	6 1
図 4-11	太陽光発電導入ポテンシャルサイト.....	6 4
図 4-12	コタキナバル市役所の様子.....	6 4
図 4-13	太陽光パネル設置図面：コタキナバル市役所.....	6 5
図 4-14	推定発電電力量：コタキナバル市役所.....	6 5
図 4-15	Pasar Tanjung Aru の様子.....	6 6
図 4-16	太陽光パネル設置図面：Pasar Tanjung Aru.....	6 6
図 4-17	推定発電電力量：Pasar Tanjung Aru.....	6 7
図 4-18	Anjung Selera の様子.....	6 7
図 4-19	太陽光パネル設置図面：Anjung Selera.....	6 8
図 4-20	推定発電電力量：Anjung Selera.....	6 8
図 5-1	コブニ村の位置図.....	7 2
図 5-2	ホームステイプログラムのパンフレット.....	7 2
図 5-3	調査対象とした施設の外観.....	7 5
図 5-4	街灯設置の候補地点.....	7 7
図 5-5	太陽光発電ポテンシャルサイト：サッカーコート.....	7 8
図 5-6	コタキナバル市の日射量データ.....	7 8
図 5-7	イナナム川の様子.....	7 9
図 5-8	実施体制図.....	8 2
図 5-9	地域分散型エネルギー供給システム.....	8 2
図 5-10	設置された設備.....	8 3
図 5-11	実施体制図.....	8 4
図 5-12	導入された製品.....	8 5
図 5-13	同事業で提案されているパッケージシステム導入イメージ.....	8 6
図 5-14	同事業で提案されているビジネスモデル案.....	8 6
図 5-15	今後のプロジェクト実施イメージ.....	8 7
図 6-1	オンラインツアーの様子.....	9 8
図 7-1	今後の検討方針.....	1 0 0

表目次

表 2-1	令和 2 年度の都市間連携事業の成果のまとめ	3
表 3-1	追加した情報ソース	6
表 3-2	抽出されたパーム搾油工場リスト（イスカンダル）	7
表 3-3	抽出されたパーム搾油工場リスト（コタキナバル）	8
表 3-4	想定した入口条件	10
表 3-5	想定した製品仕様（バイオ LNG）	11
表 3-6	想定した製品仕様（バイオ CNG）	11
表 3-7	液化ユニット各コンプレッサーのタイプ	14
表 3-8	バイオ CNG 輸送設備コスト	15
表 3-9	バイオ LNG 輸送設備コスト	16
表 3-10	バイオ LNG サテライト設備仕様	17
表 3-11	バイオ LNG サテライト設備コスト	19
表 3-12	IRDA に対するヒアリング概要（2021 年 6 月 8 日）	21
表 3-13	Causeway Link 社の走行ルート	22
表 3-14	Causeway Link 社の走行データ（2019 年）	23
表 3-15	Syarikat Pengangkutan Maju 社の走行ルート	24
表 3-16	Syarikat Pengangkutan Maju 社の走行データ（2019 年）	25
表 3-17	Transit Link 社の走行ルート	26
表 3-18	Transit Link 社の走行データ（2019 年）	27
表 3-19	経済性・環境性の試算結果：Causeway Link 社	28
表 3-20	経済性・環境性の試算結果：Syarikat Pengangkutan Maju 社	29
表 3-21	経済性・環境性の試算結果：Transit Link 社	29
表 3-22	公共交通の脱炭素方針に関する協議結果（2021 年 11 月 15 日）	30
表 3-23	実証試験を実施した脱炭素車両	32
表 3-24	電気バスの導入予定	33
表 3-25	想定されるビジネススキーム	37
表 3-26	BRT の導入年表	38
表 3-27	BRT 導入に関する先行事例の比較表	44
表 4-1	事業化イメージとその実施体制図	46
表 4-2	Energy Commission 及び SESB へのヒアリング概要（2022 年 1 月 28 日）	46
表 4-3	サバ州における水力発電所	48
表 4-4	Carabau 水力発電及び Naradau 水力発電所の緯度経度	49
表 4-5	両発電所の 2013 年以降の発電電力量（kWh）	49
表 4-6	両発電所の課題及びその解決方法案	56
表 4-7	損失係数の算出	59
表 4-8	使用水量に対する導水路及び水圧管路の管内流速及び摩擦損失	59
表 4-9	使用水量に対して見込まれる出力	60
表 4-10	コタキナバル市がエネルギー分野で目指す優先事業計画	62
表 4-11	コタキナバル市へのヒアリング概要（2021 年 9 月 13 日）	62
表 4-12	太陽光発電事業により見込まれる CO2 削減量	69
表 4-13	サバ州における電力消費コスト	69

表 5-1	コブニ村に存在する施設一覧.....	7 3
表 5-2	コブニ村関係者へのヒアリング概要（2021 年 8 月 12 日）	7 3
表 5-3	各施設の電力使用量と主な電力使用用途	7 6
表 5-4	全国小水力利用推進協議会へのヒアリング概要（2021 年 11 月 22 日） ...	8 0
表 6-1	都市間連携活動の概要.....	8 8
表 6-2	IRDA とのワークショップセミナーの議事概要	8 9
表 6-3	コタキナバル市とのワークショップセミナーの議事概要.....	9 1
表 6-4	オンラインツアータイムテーブル	9 5
表 6-5	マレーシアからの参加者及び意見の概要	9 6
表 7-1	今年度の都市間連携事業の成果のまとめ	9 9

略称の一覧

略語	英語	和訳
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
BOG	Boil off gas	気化ガス
BRT	Bus Rapid Transit	バス高速輸送システム
CNG	Compressed natural gas	圧縮天然ガス
EPC	Engineering, Procurement and Construction	設計、調達、建設
FIT	Feed in Tariff	固定価格買取制度
GHG	Green house gas	温室効果ガス
DDF	Dual Diesel Fuel	ディーゼル油/CNG の混合燃料
IRDA	Iskandar Region Development Association	イスカンダル地域開発庁
IRR	Internal Rate of Return	内部収益率
JANUS	Japan NUS Co., Ltd.	日本エヌ・ユー・エス株式会社
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
KK	Kota Kinabalu City	コタキナバル市
LNG	Liquefied Natural Gas	液化天然ガス
LPG	Liquefied petroleum gas	液化石油ガス
LRT	Light Rail Transit	次世代型路面電車システム、軽量軌道交通
MRV	Measurement, Reporting and Verification	温室効果ガス排出量の測定、報告及び検証
NDC	Nationally Determined Contributions	パリ協定における自国が決定する貢献
POME	Palm Oil Mill Effluent	パームオイルミル排水
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標

第1章 本業務の背景と目的

1.1 業務の背景

平成28年11月にパリ協定が発効され、2020年を迎えた昨今、いよいよパリ協定の実施段階に入っている。マレーシア政府は、自国が決定する貢献（NDC, Nationally Determined Contribution）として、2030年に2005年比で温室効果ガスを35%削減すること、そして国際的な協力が得られる条件下で45%まで削減することを目標として掲げている。また、2019年には2025年までに発電用燃料全体に占める再生可能エネルギーの比率を20%に引き上げることを目標とする、「マレーシア・エネルギー供給2.0(MESI2.0)」計画を発表し、温室効果ガス削減に向けた活動をより活発化している。

こうした中で、「SDGs 未来都市」である富山市は、公共交通を軸としたコンパクトなまちづくりや地域特性を活かした小水力などの再生可能エネルギーの活用で実績を評価され、国際連合から日本で唯一「エネルギー効率改善都市」として認定されている。富山市は環境先進都市としての役割を果たすため、現在、マレーシア連邦ジョホール州内に位置するイスカンダル地域及びボルネオ島北部サバ州の州都であるコタキナバル市と再生可能エネルギーの活用や公共交通活性化に関する協力協定を締結し、脱炭素社会実現に向け、市や市内企業の環境に関する技術やノウハウの国際展開を進めている。



1.2 業務の目的

パリ協定では、中央政府に加えて自治体・都市を含む非政府主体による気候変動を加速させることが掲げられているが、具体的な地域の気候変動対策やプロジェクトを検討・実施するうえで、都市や自治体はキープレイヤーとなる。世界全体での脱炭素社会の実現に向けては、特に経済成長が著しいアジアにおいて、持続可能な脱炭素社会、またその通過点としての低炭素社会の構築への動きを加速させることが必要であり、社会経済の発展を支える活動の場である都市の脱炭素化・低炭素化に向けて、国際的にも都市の取組を支援する動きが強化されてきている。

本事業では、本都市間連携事業では、富山市及び脱炭素技術を有する市内企業と協力

し、バイオ燃料を活用した低炭素公共交通を軸とした都市開発事業、小水力発電を軸とした再生可能エネルギーの普及事業の実現可能性調査を実施し、将来的な JCM 設備補助事業の提案も含めた JCM 候補案件の選定及び事業実施を円滑に行うための政策・制度の提案、整備を行った。

1.3 本業務の実施体制

本年度の業務実施体制は、図 1-1 の通りである。都市間連携の枠組みの元、富山市とイスカンダル地域、コタキナバル市が協力協定を結び、イスカンダル地域開発庁とコタキナバル市が窓口となり、それぞれ本調査の検討対象事業であるバイオ燃料を活用した脱炭素交通を軸とした都市開発事業や、小水力発電や太陽光発電を軸とした再生可能エネルギーの普及事業を推進するコンパクトまちづくりに関するノウハウの共有や政策立案の支援に関する協議を実施した。

事業化の検討に際しては、富山市内の企業として、産業ガスのサービスに特化した企業で、インドネシアにおいて都市間連携事業をきっかけとした JCM 設備補助事業（公共交通バス燃料転換）を組成した経験を有する北酸株式会社、小水力発電事業組成やエンジニアリング設計の経験を有する北電技術コンサルタント株式会社、太陽光発電のエンジニアリング設計の経験を有する株式会社日本空調北陸、自動車等の排ガスの浄化技術を有する日産化学株式会社、バイオガスの液化技術の知見を有する日揮グローバル株式会社等と連携した。また、日本エヌ・ユー・エス株式会社は、都市間連携にかかる情報収集、各調査支援、関連する機関や企業の連絡調整を含めた事業全体のマネジメントを行った。



図 1-1 本業務の概要及び実施体制

第2章 令和2年度調査結果の概要

令和2年度の都市間連携事業では、新型コロナウイルスの感染拡大により、現地調査を実施することが出来なかったが、オンライン会議等を活用し、当初想定していた、JCM事業化に必要な情報を収集することが出来た。これらも含めた成果のまとめを表2-1に示す。

表2-1 令和2年度の都市間連携事業の成果のまとめ

プロジェクト	成果
バイオ燃料を活用した脱炭素公共交通を軸とした都市開発事業	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオ燃料利活用事業及び公共交通（BRTシステム導入事業）の政策的位置づけを確認した。 ・ バイオ燃料製造ポテンシャルを把握し、検討対象となる工場を選定し、ポテンシャル量を把握した。 ・ バイオ燃料輸送方法について検討し、製造量や輸送方法から想定される適切なバイオ燃料販売費について検討した。 ・ BRTシステム導入時に想定されるバイオ燃料需要量等について検討した。
小水力発電を軸とした再生可能エネルギーの普及事業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 小水力発電設備の位置やポテンシャル量について検討した。 ・ イスカンダル地域に設置されている太陽光ハイブリッド型小水力発電設備をについて紹介した。 ・ 環境教育を目的とした再エネ導入プロジェクトサイトとして、コブニ村を紹介いただき、次年度以降の調査に追加することで合意した。
都市間連携活動	<ul style="list-style-type: none"> ・ キックオフミーティング及びワークショップにおいて、富山市の取組みや政策について紹介した。 ・ 次年度以降も、都市間連携事業について継続したい旨を確認した。

第3章 バイオ燃料を活用した脱炭素公共交通事業

マレーシアはパームオイル生産量世界第2位（2,148.6万t, 2014年）であり、イスカンダル地域の位置するジョホール州はパームオイルの精製能力が国内第3位（1,589万tFFB[Full Fruit Bunches], 2015年）、コタキナバル市の位置するサバ州は国内第1位（3,376万tFFB, 2015年）となっている。パームオイル工場からの排水（POME: Palm Oil Mill Effluent）は、有機性汚濁物質が高濃度で含まれており、その処理が長年の課題となっている。特にサバ州では、飲料や入浴などの生活用水として河川水を用いる地域において、POMEの汚染がみられ、これに起因する健康被害も報告されている。この問題への対応策として、マレーシア政府は、パームオイル産業向けの環境規制を強化し、排水基準の設定によるPOMEの適性処理を義務付けている。以降、パームオイル工場では、POMEをラグーンと呼ばれる素掘りの排水池で処理してきたが、発酵反応により温室効果ガスであるメタンガスが発生することから、国家重点経済分野：National Key Economic Areas（NKEA）において、2020年を目標年に、POMEの処理過程で排出されるメタンガスを回収、再利用することを勧告している。現状、同勧告に従い、メタンガスの回収・利用設備を導入する事業者も存在するが、これは一部大企業に限られている。多くの事業者は、メタンガス回収設備の設置コストが大きいことや、回収したメタンガス利用先や輸送事業者が見つからないことを理由に、なおもPOMEを未処理のまま河川放流するか、ラグーン処理のみに止まっており、環境汚染や地球温暖化の大きな要因となっている。

これらの背景も踏まえ、本事業では、POMEを回収・処理し、その過程で発生するメタンガスを燃料として有効利用することを検討している。令和2年度事業では、イスカンダル地域及びコタキナバル市周辺のパームオイル工場の位置やその製造量から、バイオ燃料の供給ポテンシャル量の調査を行った。加えて、需要サイドの調査として、イスカンダル地域で導入予定のBRTで想定されるバイオ燃料の利用ポテンシャル量について調査・整理し、**図3-1**に示す事業モデル案を検討した。当該モデルの課題としては、回収したバイオ燃料の輸送距離が大きいため、輸送コストの負担が大きくなることや、イスカンダル地域で検討しているBRTの燃料として利用するためには、供給可能なバイオ燃料量が不足していることが挙げられた。

そこで、今年度事業では、バイオ燃料供給可能量の拡大を目指すとともに、事業実現に向け、バイオ燃料供給から利用までに必要な設備の技術的な詳細検討を実施した。また、これらの技術的な検討に加え、本事業では、両都市において、新たな公共交通の導入を軸としたまちづくりを検討していることから、公共交通導入時の自治体の関与の方法や政策的な支援策等の情報を整理した。

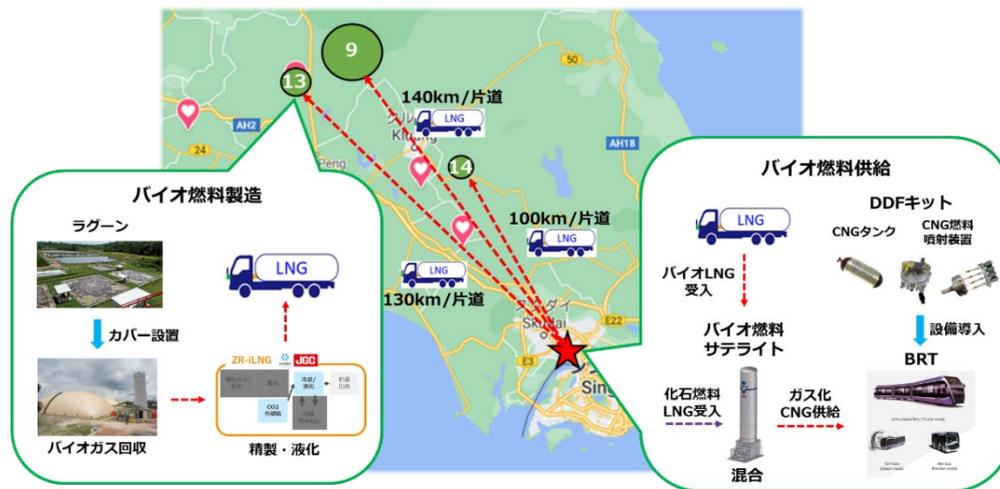


図 3-1 令和 2 年度事業で検討した事業モデル

3. 1 バイオ燃料利活用事業実現に向けた技術的詳細検討

3. 1. 1 バイオ燃料供給

1) バイオ燃料供給可能量の拡大検討

令和 2 年度調査では、主に、文献調査及び MIDA へのヒアリング等により、イスカンダール地域が位置するジョホール州及びコタキナバル市が位置するサバ州を対象として、パームオイル工場とその事業者をリストアップした。一方、前述の通り、昨年度の調査対象工場のみでは、輸送距離及び供給可能量に課題があることが分かった。そこで、今年度調査では、パームオイル工場の情報ソースを新たに追加するとともに、パームオイル工場立地マップを作成した。

NNA ASIA (アジア経済ニュース) によると¹、2020 年 9 月 30 日にマレーシアのパーム農園運営大手の FGV ホールディングスは、米税関・国境取締局 (CBP) から、強制労働を理由に同社のパーム油・関連製品の輸入を差し止める「違反商品保留命令 (WRO)」が出されたほか、2020 年 12 月 30 日には、最大手のサイム・ダービー・プランテーションについても同命令を受けており、RSPO 認証を受けている施設を管理する企業も含め、ここ 2 年で 7 社が対象となっている。現在は、同措置の解除に向け、マレーシア政府も各社を収集し、問題是正に向けた迅速な対策を協議しているところである。

これらの背景も踏まえ、今年度は、今後のビジネス展開の際のリスクを低減するため、強制労働や環境問題等も含めたサステナビリティの課題に対して、より慎重な対応を行っていると考えられる日系企業が公表しているパームオイル取引工場を情報ソースとして追加した (表 3-1)。

¹ <https://www.nna.jp/news/show/2253373>

表 3-1 追加した情報ソース

No.	情報ソース名	備考
1	花王が公表しているパーム取引工場 ²	RSP0 認証有無も公表
2	日清オイリオが公表しているパーム取引工場 ³	RSP0 認証有無も公表
3	不二製油が公表しているパーム取引工場 ⁴	RSP0 認証有無も公表
4	明治が公表しているパーム取引工場 ⁵	
5	GLOBAL FOREST WATCH で公表されている工場 ⁶	RSP0 認証有無も公表

これらの情報ソースで取得したパーム搾油工場の位置情報を整理し、GIS ソフトを活用し、マップ形式として整理した。また、GIS ソフトの機能を活用し、バイオ燃料の供給候補地であるイスカンダル地域及びコタキナバルの市街地を中心に 10km、50km、100km で距離のゾートをかけることで (図 3-2、図 3-3)、パーム搾油工場を抽出した。抽出されたパーム搾油工場のリストを表 3-2、表 3-3 に示す。イスカンダル地域では、50km 内に 18 工場、100km 内に 31 工場の計 49 工場が存在し、コタキナバルでは、100km 内に 9 工場が存在することが明らかとなった。

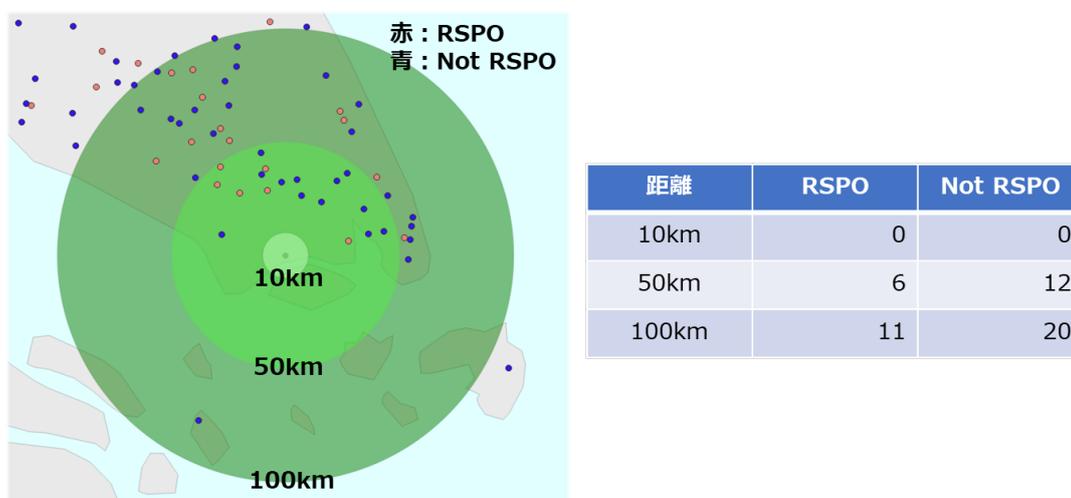


図 3-2 パーム搾油工場マップとその数 (イスカンダル)

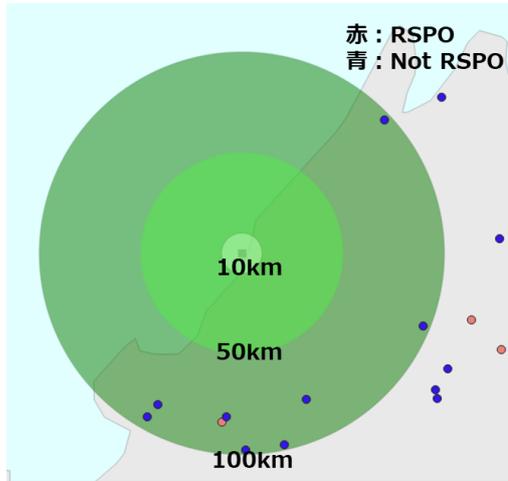
² <https://www.kao.com/content/dam/sites/kao/www-cao-com/jp/ja/corporate/sustainability/pdf/progress-2021-001.pdf>

³ https://www.nisshin-oillio.com/company/sustainability/sustain/pdf/Nisshin_OilliO_Group_Total_Mill_List.pdf?201130

⁴ https://www.fujioilholdings.com/pdf/en/sustainability/supplychain_database/h2_2020_mill_list.pdf

⁵ https://www.meiji.com/sustainability/procurement/pdf/mill_list.pdf

⁶ <https://www.globalforestwatch.org/>



距離	RSPO	Not RSPO
10km	0	0
50km	0	0
100km	1	8

図 3-3 パーム搾油工場マップとその数 (コタキナバル)

表 3-2 抽出されたパーム搾油工場リスト (イスカンダル)

Mills_name	Parent_Comp	RSPO	10km	50km	100km
TUNJUK LAUT	AWAN TIMUR GROUP	Not RSPO Certified			○
UNITED BELL	BELL GROUP	Not RSPO Certified		○	○
TELOK SENGAT	BOUSTEAD PLANTATIONS BERHAD	Not RSPO Certified		○	○
PALM DISCOVERY / KULAI MAS	DUPONT & LEOSK ENTERPRISES	Not RSPO Certified		○	○
SEMENCHU	FGV HOLDINGS BERHAD	Not RSPO Certified		○	○
WA HA	FGV HOLDINGS BERHAD	RSPO Certified			○
LOK HENG	FGV HOLDINGS BERHAD	Not RSPO Certified			○
ADELA	FGV HOLDINGS BERHAD	RSPO Certified			○
BUKIT BESAR	FGV HOLDINGS BERHAD	Not RSPO Certified		○	○
KULAI	FGV HOLDINGS BERHAD	RSPO Certified		○	○
PENGGELI	FGV HOLDINGS BERHAD	RSPO Certified		○	○
BELITONG	FGV HOLDINGS BERHAD	RSPO Certified			○
KAHANG	FGV HOLDINGS BERHAD	Not RSPO Certified			○
AIR TAWAR	FGV HOLDINGS BERHAD	Not RSPO Certified		○	○
TENGGAROH	FGV HOLDINGS BERHAD	RSPO Certified			○
TENGGAROH TIMOR	FGV HOLDINGS BERHAD	Not RSPO Certified			○
SENINING	FGV HOLDINGS BERHAD	Not RSPO Certified			○
GENTING AYER ITEM	GENTING PLANTATIONS	RSPO Certified			○
KLUANG	HOK HUAT GROUP SDN BHD	Not RSPO Certified			○
PAMOL KLUANG	IOI CORPORATION	RSPO Certified			○
MASAI	KECK SENG (M) BERHAD	RSPO Certified		○	○
CORONATION	KIAN HOE PLANTATIONS BHD	Not RSPO Certified			○
KIAN HOE PLANTATIONS	KIAN HOE PLANTATIONS BHD	Not RSPO Certified			○
KOTA TINGGI	KIM LOONG RESOURCES BERHAD	Not RSPO Certified		○	○
SUNGKIT ENTERPRISES SDN BHD	KIM LOONG RESOURCES BERHAD	Not RSPO Certified		○	○
KEKAYAAN	KUALA LUMPUR KEPONG (KLK)	RSPO Certified			○
PALOH KKS	KUALA LUMPUR KEPONG (KLK)	Not RSPO Certified			○
SEDENAK	KULIM (MALAYSIA) BERHAD	RSPO Certified		○	○
TEREH	KULIM (MALAYSIA) BERHAD	RSPO Certified			○
PASIR PANJANG	KULIM (MALAYSIA) BERHAD	RSPO Certified			○
SINDORA	KULIM (MALAYSIA) BERHAD	RSPO Certified			○
TAI TAK	LADANG TAI TAK (KOTA TINGGI) SDN BHD	Not RSPO Certified		○	○
PPNJ KAHANG	PERTUBUHAN PELADANG NEGERI JOHOR (PPNJ)	Not RSPO Certified			○
PH PALM EXPRESS	PH PALM EXPRESS CORPORATION	Not RSPO Certified			○
FRUIT EXPRESS	PH PALM EXPRESS CORPORATION	Not RSPO Certified			○
RISDA SG AMBAT	RISDA ESTATES SDN BHD	Not RSPO Certified			○
SUNGEI KAHANG	SAYONG PLANTATION SDN BHD	Not RSPO Certified			○
LADANG PADANG KAHANG	SEONG THYE PLANTATIONS SDN BHD	Not RSPO Certified			○
YONG PENG (SOU 19A)	SIME DARBY	Not RSPO Certified			○
BUKIT BENUT (SOU 22)	SIME DARBY	RSPO Certified			○
HADAPAN (SOU 24)	SIME DARBY	RSPO Certified		○	○
ULU REMIS (SOU 23)	SIME DARBY	RSPO Certified		○	○
BUKIT LAWIANG	TH PLANTATIONS BERHAD	Not RSPO Certified			○
SUNGAI KACHUR	TRADEWINDS PLANTATION BERHAD	Not RSPO Certified		○	○
ULU SEBOL	TRADEWINDS PLANTATION BERHAD	Not RSPO Certified		○	○
KILANG KELAPA SAWIT SIANG	UNKNOWN	Not RSPO Certified			○
AGRO MEKAR LESTARI	UNKNOWN	Not RSPO Certified			○
SOUTHERN MALAY	VICTORY ENGHOE PLANTATIONS SDN BHD	Not RSPO Certified			○
ALAF	YPJ PLANTATIONS SDN BHD	Not RSPO Certified		○	○

表 3-3 抽出されたパーム搾油工場リスト (コタキナバル)

Mills_name	Parent_Comp	RSPO	10km	50km	100km
MELALAP (SOU 27)	SIME DARBY	RSPO Certified			○
BEAUFORT	NGIN KONG GROUP	Not RSPO Certified			○
LANGKON	SAWIT KINABALU SDN BHD	Not RSPO Certified			○
LUMADAN	SAWIT KINABALU SDN BHD	Not RSPO Certified			○
DESA KIM LOONG	KIM LOONG RESOURCES BERHAD	Not RSPO Certified			○
SOOK OIL MILL	CHELLAM PLANTATIONS	Not RSPO Certified			○
KENINGAU POM	SABAH LAND DEVELOPMENT BOARD	Not RSPO Certified			○
TANER R&D	TANER INDUSTRIAL TECHNOLOGY (M) SDN BHD	Not RSPO Certified			○
TOUPOS	TOUPOS PALM OIL MILL SDN BHD	Not RSPO Certified			○

イスカンダル地域の市街地から 50km 内に存在する 18 個のパーム搾油工場のうち、文献調査や MIDA へのヒアリングにより FFB 処理量がわかる工場は 10 個存在し、FFB 処理量から推計されるバイオ燃料供給ポテンシャルは合計 21,400t/年となる (図 3-4)。また、コタキナバルの市街地から 100km 内に存在する 9 個のパーム搾油工場のうち、文献調査や MIDA へのヒアリングにより FFB 処理量がわかる工場は 2 個存在し、FFB 処理量から推計されるバイオ燃料供給ポテンシャルは合計 4,200t/年となる (図 3-5)。



図 3-4 バイオ燃料供給ポテンシャル (イスカンダル)

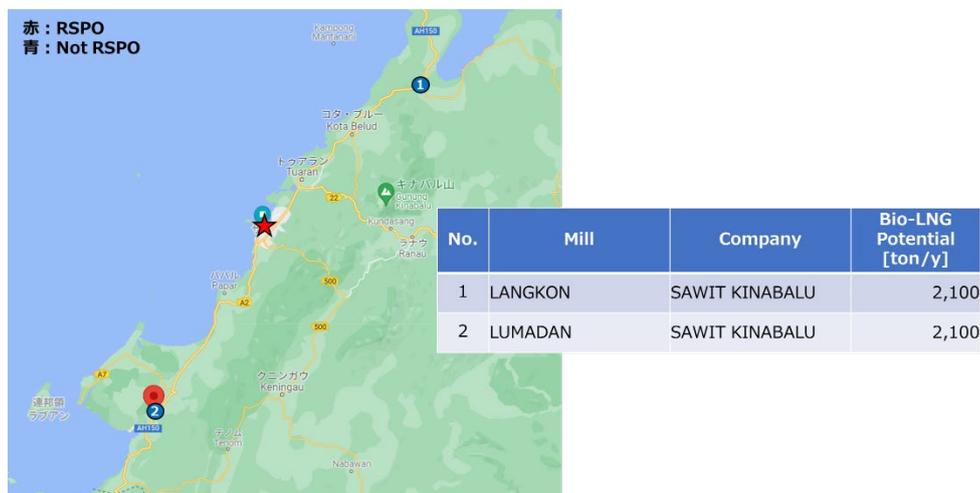


図 3-5 バイオ燃料供給ポテンシャル (コタキナバル)

2) バイオ燃料供給に係るコスト試算

令和 2 年度事業では、図 3-1 で設定したバリューチェーンに対して、簡易的なコスト計算を実施した。今年度事業では、事業実現に向け、バイオ燃料供給に係るコスト試算の精緻化を実施した。

①試算条件

本検討対象サプライチェーン構成を図 3-6 に示す。

パーム油 (Crude Palm Oil: CPO) 製造過程から生じる、パーム油廃液 (Palm Oil Mill Effluent: POME) は、Business as Usual (BaU) では、Open Lagoon における嫌気性発酵処理によって、COD 値を低下させる。この際、Open Lagoon における嫌気性発酵処理によって生じるバイオガス (主にメタンガスと二酸化炭素) は大気に放散され、温室効果ガスとして排出される。本事業モデルでは、Open Lagoon による嫌気性発酵処理から、Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) へ POME の輸送先を変更し、CSTR の密閉空間において嫌気性発酵処理を行うことで、生じるバイオガスを大気放散せずに回収し、回収したメタンガスを精製・分離することでバイオメタンを製造する。製造されたメタンガスは、燃料需要家 (工場や輸送用燃料) に届けられ、消費される。製造バイオメタンの輸送効率を向上するため、圧縮設備 (バイオ CNG 化) もしくは液化設備 (バイオ LNG 化) を設けることを想定する。

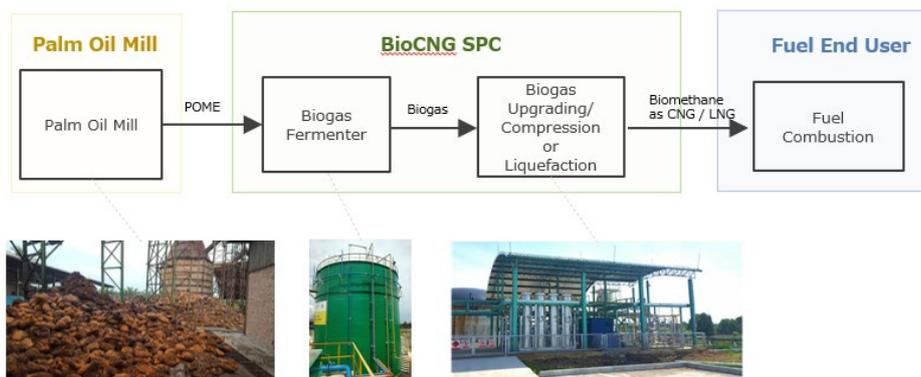


図 3-6 想定サプライチェーン

本検討対象のバイオ LNC 設備及びバイオ CNG 設備コスト試算では、以下の入口条件を前提とした (表 3-4)。

60ton-FFB/hr の処理を行う Palm Oil Mill (POM) を想定し、発生するバイオガス量は 3,000ton-Biomethane/year 生産可能量とした。このバイオガス生産量は、60ton-FFB/hr の POM から発生する POME 由来メタンガス量を、種々のパーム関連文献を参考としたマスバランス情報により概算したものである。

表 3-4 想定した入口条件

Component	Design	Range	Remarks
Nitrogen	0.2 mol%	< 0.8 mol%	Basis of flash gas recycle, impact on capacity
Oxygen	0.1 mol%	< 0.5 mol%	Basis of liquefaction, Sulfur removal; note 3
CO ₂	35 mol%	34 - 42 mol%	Design of membrane gas upgrading & LCO ₂
Methane	64 mol%	58 - 66 mol%	Balance
Water	Saturated	10 - 40° C	At digester pressure of 50 mbarg
Ammonia	10 ppm	< 10 ppm vol	Determines need for scrubber
Hydrogen	50 ppm	< 100 ppm vol	Design of bleed system and LCO ₂ condenser
VOC's	900 ppm	< 900 ppm	See note 1)
Siloxanes	2.3 mg/Nm ³	< 5 mg/Nm ³	OEM limit, previously at 35 mg/Nm ³
H ₂ S	20 ppm	< 30 ppm mol	Design of Activated Carbon system
Sulfur compounds	50 ppm total S	< 50 ppm total S	See note 2), 50 ppm = 65 mg/Nm ³

Note 1) VOC's: total Volatile Organic Compounds
 < 700 ppm p-cymene (4000 mg/Nm³)
 < 100 ppm; D-limonene
 < 100 ppm; Benzene, Toluene, Xylene (BTX)

Mol mass of terpenes is about 135 g/mol; 1 ppm = 6 mg/Nm³; 900 ppm = 5400 mg/Nm³.

Note 2) Other organo-sulfur compounds like Mercaptans; DMS-DiMethyl Sulfide, THT-TetraHydro Thiophene.

Note 3) Sulfur removal by activated (impregnated) carbon requires O₂ to oxidise the H₂S to elemental Sulfur, which is adsorbed in the carbon pores.

次に、FFB 処理の過程から生じる廃液（POME）を処理し、最終製品とするバイオ LNG 及びバイオ CNG の製品仕様はそれぞれ、表 3-5、表 3-6 の通りとした。

表 3-5 想定した製品仕様（バイオ LNG）

項目	値	単位
バイオLNG生産量	3,000	ton-BioLNG/year
温度	-150	deg.C
圧力	大気圧	
メタン濃度	99	%以上

表 3-6 想定した製品仕様（バイオ CNG）

項目	値	単位
バイオCNG生産量	3,000	ton-BioCNG/year
温度	大気温度	
圧力	20	MPa
メタン濃度	99	%以上

以上の条件を基に、プロセス装置構成の検討及び設備投資コストの試算、及びランニングコストの試算を行った。

②試算結果：バイオ CNG ケース

POME ガス由来バイオ CNG 製造設備装置構成を図 3-7 に示す。発生する POME を CSTR に輸送し、密閉システム内でメタン発酵を促進する。発生したバイオガスを Biogas Upgrading Unit に輸送し、バイオガスを精製・分離し、バイオメタンとする。精製・分離されたバイオメタンを、コンプレッサーにより 20 MPa まで圧縮することで、バイオ CNG を製造する。

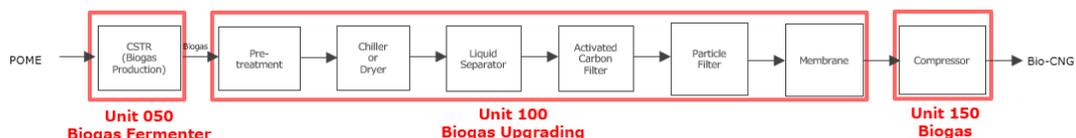


図 3-7 POME ガス由来バイオ CNG 製造設備装置構成

バイオ CNG 年産 3,000 ton の設備には、POME ガスを回収する CSTR（バイオガス発酵槽）、Upgrading Unit 及び Compressing Unit 等の合計で約 5.6 億円の設備投資コストとな

る試算結果となった（想定為替レート=110 円/ドル）。

また、CNG プラント OPEX については CSTR や圧縮設備によって消費される電氣量が大きく、ランニングコストの大部分を占め、年間 1.2 億円となった。

③試算結果：バイオ LNG ケース

POME ガス由来バイオ LNG 製造設備装置構成を図 3-8 に示す。発生する POME を CSTR に輸送し、密閉システム内でメタン発酵を促進する。発生したバイオガスを Biogas Upgrading Unit に輸送し、バイオガスを精製・分離し、バイオメタンとする。精製・分離されたバイオメタンを、Liquefaction Unit に送る。

本検討では、Liquefaction Unit に用いるプロセスに、ZR-iLNG プロセスを想定した。ZR-iLNG プロセスは、バイオメタンのような比較的小型の液化ユニットに対してコストメリットが期待されるプロセスである。C3MR プロセスなどの通常的大型 LNG プロセスによく用いられる液化プロセスと、ZR-iLNG プロセスの Block Flow レベルの比較図を図 3-9 に示す。

当プロセスは、既存のバイオガス液化プロセスにおける酸性ガス除去および外部冷媒の貯蔵を不要とする革新的なプロセスであり、必要機器数の削減及びそれに伴う必要敷地面積の削減により、プラントの初期投資額の 20~40%程度を削減することが期待される。

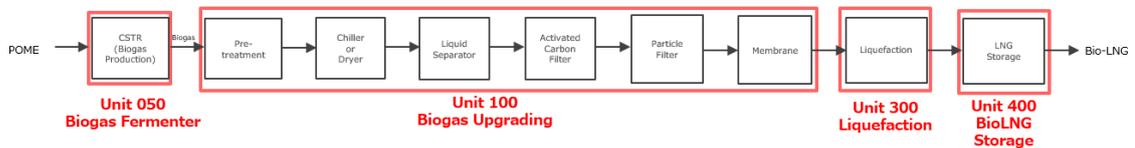


図 3-8 POME ガス由来バイオ LNG 製造設備装置構成



図 3-9 ZR-iLNG プロセスと通常の LNG 液化プロセスの比較

ZR-iLNG プロセスでは Upgrading Unit を通過したバイオメタン内 CO₂ が、3 相セパレータによって更に分離されることにより、最終製品であるバイオ LNG が通常の LNG と同等の CO₂ 濃度となることを可能とする。これにより、上流の Upgrading Unit の CO₂ 分離等を行うための酸性ガス除去装置に多大な設備コストを掛けずに、膜分離や Pressure Swing Adsorption (PSA) のような装置で対応が可能となる。結果、設備全体コスト低下に寄与

する。

POME ガス回収 Unit (CSTR) 及び Upgrading Unit までは、第 3 章の POME 由来バイオ CNG 製造装置と同様であるが、Upgrading Unit 下流が Compressor Unit から Liquefaction Unit に代わる。これにより、Compressor の数、アルミ製の Plate Fin Heat Exchanger、3 相セパレータや特殊バルブ等が追加され、全体的な装置コストは Compressor Unit よりも Liquefaction の方が大きくなる。結果、本検討では合計で約 21.8 億円の設備コストを要する試算結果となった。

また、ZR-iLNG プロセスは、設備投資コストの観点における優位性のみならず、ランニングコストの観点においても優位性を有する。LNG 設備のランニングコストの多くを占めるのは、電気代である（特に回転機類を稼働させるのに消費する電気代）。LNG 製造単位質量当たりには要する電気消費量は Specific Power [kWh/ton-LNG] と呼び、これを指標に消費電力面からのランニングコストが評価されることが一般的である。図 3-10 に他の小型 Liquefaction プロセスと、ZR-iLNG プロセスの Specific Power の比較検討結果を示す。

他の小型 Liquefaction プロセスと比較しても、ZR-iLNG プロセスの Specific Power が 14 % 程度の優位性があることが期待され、これによりランニングコストの削減が期待される。また、脱炭素を主な価値とするこのような事業では、電力消費量が少ないことで、LCA の観点からもより価値が高いと評価されるべきである。

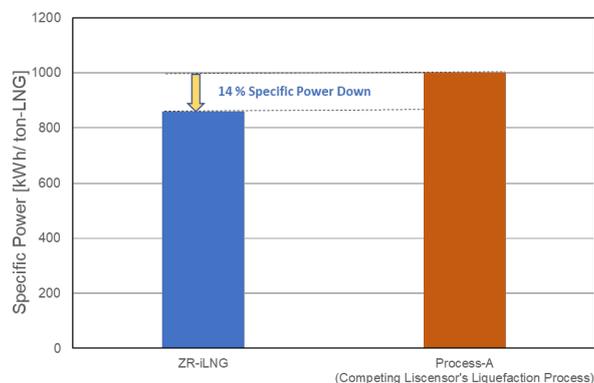


図 3-10 他小型液化プロセスと ZR-iLNG プロセスとの Specific Power の比較

OPEX については、CNG 同様、消費電力が大きいため、多くを電気代が占め、年間 3 億円程度となっている。また、Nordsol 社の有する革新的液化プロセス、ZR-iLNG プロセスを採用するためのライセンスフィーがコストとして計上される。人員計画は CNG と同様の人員計画での見積である。

3) バイオ燃料供給に係るコスト削減検討

バイオ LNG は輸送効率の高さという、大きなアドバンテージを有するものの、設備投資

コストが比較的大きい。よって、POME ガス由来バイオ LNG 設備投資コストのうち大きな比重を占める Liquefaction Unit について、更なるコスト削減余地可能性について検討した。バイオ LNG 製造設備の Liquefaction Unit のうち、大きなコストを占めているのは、回転機類（コンプレッサー）となっていることから、回転機類のコストダウンを検討した。

表 3-7 に液化ユニット各コンプレッサーのタイプを示す。ZR-iLNG プロセスの液化ユニットに使用されるコンプレッサーは、スクリータイプ、レシプロケイティングタイプ、及びエキスパンダー・コンプレッサーに分別される。

また、バイオメタンを処理する本検討スキームのようなプラントで使用されるコンプレッサーは、そのガス処理量が大型 LNG プラントで使用されるコンプレッサーに比べて、非常に小さい。

以上のような特徴（コンプレッサータイプ）及びプロセス条件（各コンプレッサーの入口・出口条件、特に処理量）を踏まえ、より安価に上記特徴・条件に適合するコンプレッサーの納入が可能ベンダーを商社等へのヒアリングにより検討したが、結論として、大きな回転機械コストの削減を行える見込みがないとの回答があった。

表 3-7 液化ユニット各コンプレッサーのタイプ

Equipment Name	Compressor Type
Biogas Compressor	Screw
Recycle Gas Compressor	Screw
Turbo Compressor Expander	Expander Compressor
Booster Compressor	Reciprocating

また、冷凍系のパッケージ化を行うことによるコストダウンについても検討したが、こちらも、本事業で検討した 3,000ton/年のバイオメタン生産量・及び冷却温度に適しておらず、コストダウンが難しい結果となった。

結論として、各単体機器、及びパッケージ化による CAPEX の大幅な低減は、非常に難しいことから、経済性を向上させるためには、設備単体のコストダウンを狙うのではなく、例えば、液化窒素製造設備をハブステーション的に立地させ、1つの液体窒素製造ステーションから、窒素冷媒を各 POM に送り、各 POM にてバイオメタンを液体窒素により液化するようなサプライチェーンを構築するなど、サプライチェーン上の工夫を行うことの方がコストダウンの可能性としては高いと想定される。

3.1.2 バイオ燃料輸送

バイオ燃料輸送についても、令和 2 年度事業では、バイオ燃料供給と同様、図 3-1 で設定したバリューチェーンに対して、簡易的なコスト計算を実施している。今年度事業で

は、事業実現に向け、バイオ燃料供給に合わせる形で、LNG/CNG それぞれ 3,000t/年を輸送することを想定し、輸送設備及びサテライト設備のコスト試算を実施した。

1) バイオ燃料輸送設備のコスト試算

① バイオ CNG ケース

年間 3,000t のバイオ CNG を輸送する場合、年間 300 日の稼働（輸送日）とすると、4,500L もしくは 6,000L の CNG チューピングトレーラーを活用するのが現実的となる（**図 3-11**）。



図 3-11 CNG チューピングトレーラー

4,500L の場合は 1 日 3 回の往復、6,000L の場合は 1 日 2 回～3 回の輸送を行う事で、年間 3,000t の CNG 輸送が可能となる。

設備コストとしては、**表 3-8** に示すとおりであり、車体・貯槽部で約 2,200～2,500 万円、ヘッド部分で約 1,500 万円、合計約 3,700～4,000 万円となっている。

表 3-8 バイオ CNG 輸送設備コスト

容量	4,500L	6,000L
車体・貯槽部	2,200 万円	2,500 万円
ヘッド	1,500 万円	

② バイオ LNG ケース

年間 3,000t のバイオ LNG を輸送する場合、年間 300 日の稼働（輸送日）とすると、8.6t もしくは 14t の LNG トレーラーを活用するのが現実的となる（**図 3-12**、**図 3-13**）。



図 3-12 LNG トレーラー

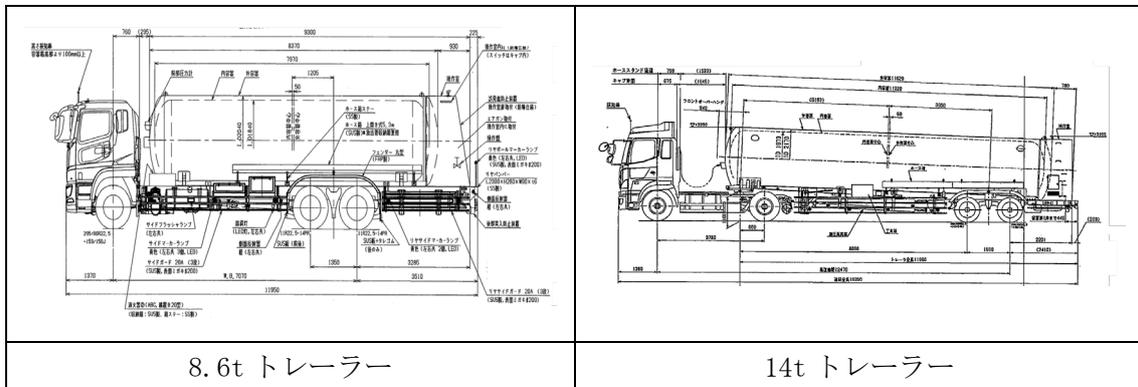


図 3-13 LNG トレーラーの概略図

8.6t の場合は 1 日 1~2 回の往復、14t の場合は 1 日 1 回の輸送を行う事で、年間 3,000t の LNG 輸送が可能となる。

設備コストとしては、表 3-8 に示すとおりであり、車体で約 1,500~2,000 万円、貯槽部で 3,500~4,500 万円、ヘッド部分で約 1,500 万円、合計約 6,500~8,000 万円となっている。CNG チュービングトレーラーと比較すると、貯槽部の価格が高いために、約 2 倍近くの価格となっているが、輸送回数が少ない分、人件費は削減できる見込みが高い。

表 3-9 バイオ LNG 輸送設備コスト

容量	8.6t	14t
車体	1,500 万円	2,000 万円
貯槽部	3,500 万円	4,500 万円
ヘッド	1,500 万円	

2) サテライト設備のコスト試算

LNG で輸送する場合、利用のためのサテライト設備が必要となる。LNG サテライト設備

は、ローリーで輸送された LNG を受入れ、貯蔵、払出・気化（ガス化）し、供給ガス熱量条件によっては熱量調整したガスを製造・供給する構造となっており、貯槽、気化器、熱調設備等から構成される。

実際の設備イメージとしては図 3-14 の通りで、設備仕様としては表 3-10 に示すとおりである。3,000t/年を受け入れる場合は、80kL の貯槽（最大充填量 33t、有効使用量 25t）、500kg/h の LNG 温水蒸発器を 2 基設置するのが適切な設計となる。



図 3-14 LNG サテライト設備イメージ

表 3-10 バイオ LNG サテライト設備仕様

設備仕様	構成機器	標準仕様	オプション例
	受入設備	SUS製フレキシブルホース（1口）	
	貯槽	縦型パーライト真空断熱金属二重殻貯槽	
	気化器	縦型温水式気化器（コイル式、貯槽加圧機能付）	空温式気化器
	温水供給設備	真空式温水ヒーター（燃料：天然ガス）	
	送ガス設備	自圧式減圧弁	熱量調整設備、付臭設備、流量計設備
	ローリー加圧器	なし（ローリー側で加圧蒸発器を積載）	ローリー加圧設備
	防消火設備	粉末消火器	貯水槽、散水設備
	照明	防爆型照明	
	土木基礎	直接基礎	杭基礎工事、地盤改良工事
	窒素設備	パーシ用及び弁操作用	
	ガス漏洩検知	保安電源付	
	動力制御盤	屋外自立式（非防爆）	遠隔監視システム

当該仕様に基づき設計した、配置図及び系統図を図 3-15、図 3-16 に示す。設備コストとしては、表 3-11 に示すとおりで、合計約 1 億 1,550 万円となる。LNG の場合、1 度に輸送できる量が大きくなるメリットはあるものの、サテライト設備が必要になることや輸送用ローリーの価格が CNG に比べると高いことから、海外輸送等の超長距離輸送の場合でないとメリットを見出すことが難しいことが示唆された。

温水循環機器	2,100 万円
制御盤類	600 万円
弁類	900 万円
貯槽運搬費用（※国内）	900 万円
工事代（※国内）	2,200 万円
概算合計	11,550 万円

3.1.3 バイオ燃料利用

イスカンダル地域は、マレーシア政府が推進する重点地域開発プロジェクトの1つとして、近年、大規模な都市開発が進んでいる地域であり、特に、交通に関しては、私有車所有人数が2010年は1000人に対して300人であったところが、2025年には800人に増加すると予想されており、道路の渋滞、大気汚染そして温室効果ガス排出の急激な増加が懸念されている。そのため、交通インフラに関しては、「マレーシア・イスカンダル開発地域における交通インフラに関するブループリント」を策定し、環境に優しい公共交通ネットワークを掲げ、バス高速輸送システム：Bus Rapid Transit (BRT) システムを中心とした公共交通システムの導入を計画しており、バイオ燃料の活用も含めて、温室効果ガス削減や大気汚染の防止策について検討されている。

令和2年度事業では、現在運用しているバス路線や概算の燃料使用量等から、燃料転換による効果を検証したが、今年度事業では、IRDA やバス所有事業者に対するヒアリング等により、対象とするバスを特定の上、燃料転換による経済性や環境性について検討した。

1) 燃料使用量及びコスト

令和2年度調査結果や令和2年度に開催したワークショップの結果を踏まえ、検討対象とする車両やその他要望について、IRDA と協議した結果を表3-12に示す。令和2年度に開催したワークショップで示したバイオ燃料転換による経済効果等について、IRDA から既存のバス所有事業者に対して共有したところ、Causeway Link 社、Syarikat Pengangkutan Maju 社、Transit Link 社の3社がバイオ燃料への燃料転換に興味を示したことから、3社の2019年の走行距離やディーゼル使用量等のデータを受領し、経済性や環境性についてそれぞれ解析を実施した。

表 3-12 IRDA に対するヒアリング概要 (2021 年 6 月 8 日)

参加者	IRDA (6 名)、日本エヌ・ユー・エス (5 名)
ヒアリング概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 令和 2 年度に開催したワークショップの結果等をバス所有事業者 に共有したところ、Causeway Link 社、Syarikat Pengangkutan Maju 社、Transit Link 社の 3 社がバイオ燃料への燃料転換に対 する興味を示している。 ・ 上記、3 社の 2019 年の走行距離やディーゼル使用量等のデータを 送付する。 ・ 脱炭素技術については、バイオ燃料以外に電気自動車及び水素技 術についても合わせて検討している。 ・ なお、新型コロナウイルスの影響で、バスの運用は通常の約半分 となっている。

①Causeway Link 社

Causeway Link 社は合計 462 台のバスを所有するイスカンダル地域で最大のバス所有事業者である。走行ルートは表 3-13 に示すとおりであり、ジョホールバル州内の大学やショッピングモールなどを始めとして、シンガポールとの国境を超えるルートなど、人々が集まる主要な地点が多く存在し、各ルート 10~50km 程度の距離となっている。また、所有する車両は、ホームページ上で公表されており⁷、2002 年の運用開始以来、MAN 社（ドイツ）や Mercedes Benz 社（ドイツ）を中心として、2014 年以降は Yutong 社（中国）やマレーシアの地元メーカーの Sksbus 社等のモデルも利用している（図 3-17）。また、本邦企業では、日産自動車社および日野自動車社のバスも一部利用している（図 3-18）。

⁷ <https://businterchange.net/busphoto/operator.php?album=2104>

表 3-13 Causeway Link 社の走行ルート

Route No.	Route	Route No.	Route
1B	JB Sentral ⇔ Bandar Selesa Jaya	LM1	JB Sentral ⇔ Gelang Patah
5B	Taman Universiti ⇔ JB Sentral	MV2	JB Sentral ⇔ Mid Valley Southkey
7B	JB Sentral ⇔ Kulai Terminal	P101	Larkin ⇔ Bandaraya Johor Bahru
10B	Taman Setia Indah ⇔ JB Sentral	P102	PPR Sri Stulang ⇔ Majlis Bandaraya Johor Bahru
52T	Pontian ⇔ Gelang Patah	P103	Larkin ⇔ PPR Sri Stulang
66	Larkin ⇔ Kota Tinggi	P201	Taman Universiti ⇔ Taman Pulai Indah
77B	JB Sentral ⇔ Kulai Terminal	P202	Taman Universiti ⇔ Taman Ungku Tun Aminah
111	JB Sentral ⇔ Taman Tan Sri Yaacob	P203	PPR Melana Indah ⇔ KIP Mart Tampoi
505	Taman Pulai Indah ⇔ JB Sentral	P211	Taman Universiti ⇔ Larkin
666	Larkin ⇔ Gelang Patah	P212	Perling Mall ⇔ TESCO Extra Mutiara Rini
777B	JB Sentral ⇔ Taman Puteri Kulai	P213	Taman Universiti ⇔ Gelang Patah
AA1	Larkin ⇔ Senai Airport	P214	Taman Universiti ⇔ Taman Setia Tropika
BET3	Taman Universiti ⇔ JB Sentral	P401	Kulai Terminal ⇔ Bandar Putra
CT1	JB Sentral ⇔ Bayu Puteri	P402	Econsave Senai ⇔ Taman Desa Idaman / Taman Aman
CW1	Larkin ⇔ Kranji MRT	P403	Econsave Senai ⇔ Skudai Parade
CW2	Larkin ⇔ Queen Street Terminal	P411	Kulai Terminal ⇔ Larkin
CW3	Perling Mall ⇔ Jurong East	P412	Kulai Terminal ⇔ Taman Scientex Kulai
CW3E	Larkin ⇔ CIQ 2nd Link	PM1	JB Sentral ⇔ Paradigm Mall
CW3L	Perling Mall ⇔ CIQ 2nd Link	S1	JB Sentral ⇔ KSL City
CW3S	Taman Ungku Tun Aminah ⇔ CIQ 2nd Link	TD1	Twin Danga Residence ⇔ JB Sentral
CW4	Pontian ⇔ Jurong East	8	Batu Pahat ⇔ Ayer Hitam
CW4G	GP Sentral ⇔ CIQ 2nd Link	503	Putrajaya ⇔ Puchong Utama
CW4S	Sutera Mall ⇔ Jurong East	601	Pasar Seni ⇔ Putra Perdana
CW5	CIQ Johor Bahru ⇔ Newton Circus	604	Pasar Seni ⇔ Saujana Puchong
CW6	Taman Nusa Bestari ⇔ Boon Lay	608	Pulau Meranti ⇔ IOI Mall Puchong
CW7	Hotel Ramada ⇔ Tuas Link	P701	Port Klang ⇔ Pasar Seni
CW7L	Hotel Ramada ⇔ CIQ 2nd Link	PJ05	Bandar Utama ⇔ LRT Taman Bahagia
CWL	Larkin ⇔ CIQ Johor Bahru	PJ06	Bandar Utama ⇔ Damansara Damai
IM05	GP Sentral ⇔ Pendas	T705	Port Klang ⇔ Bandar Sultan Sulaiman
JPO1	JB Sentral ⇔ Johor Premium Outlets	T706	Port Klang ⇔ Teluk Gong



図 3-17 Causeway Link 社が所有するバス : Mercedes Benz 社



図 3-18 Causeway Link 社が所有するバス：日産自動車社

IRDA より受領した 2019 年の月別の走行距離及び燃料消費量、燃料コスト、CO2 排出量を表 3-14 に示す。Causeway Link 社では、462 台のバスにより、1 年間で約 877 万 km 走行しており、燃料としては約 359 万 L のディーゼルを消費している。これより、1 台当たりの年間平均走行距離としては約 1.9 万 km/台で、燃費としては、約 2.4km となっており、一般的な大型バスの燃費（2～3km/L）と同程度となっている。また、燃料消費に伴うコストとしては、年間 187 万 USD となっており、燃料費のみで、非常に多くの運用コストが発生することが明らかとなった。更に、燃料消費に伴う CO2 排出量としても、年間約 1 万 2,700t-CO2 となっている。

表 3-14 Causeway Link 社の走行データ（2019 年）

Bus Operator	Handal Ceria Sdn Bhd (Causeway link)			
Total Bus	462			
Bulan / month (2019)	Jumlah Jarak / Mileage (KM)	Jumlah Penggunaan Diesel / Total Diesel (litre)	CO2 emission(tCO2)	Total Amount (USD)
Jan	705,531	307,783	1,088	161,032
Feb	662,858	282,835	1,000	147,979
March	705,859	304,256	1,075	159,187
Apr	764,701	308,489	1,090	161,402
May	772,033	310,124	1,096	162,257
June	727,192	290,510	1,027	151,995
July	781,495	305,995	1,081	160,096
Aug	741,324	297,501	1,051	155,653
Sept	750,211	295,586	1,045	154,651
Oct	727,130	299,144	1,057	156,512
Nov	706,260	290,310	1,026	151,890
Dec	722,180	295,465	1,044	154,587
Grand Total	8,766,773	3,587,998	12,681	1,877,241

②Syarikat Pengangkutan Maju 社

Syarikat Pengangkutan Maju 社は合計 64 台のバスを所有するジョホールバールのバス事業者である。走行ルートは表 3-15 に示すとおりであり、主にジョホールバール州内での運用となっている。また、所有する車両は、前述のホームページ上で公表されており、中国の Higer 社や Bonluck 社の車両となっている（図 3-19）。

表 3-15 Syarikat Pengangkutan Maju 社の走行ルート

Route No.	Route
96	Larkin ⇔ Pontian
205	JB Sentral ⇔ Ulu Tiram
207	Senai Airport ⇔ Larkin
208	Larkin ⇔ Masai
224	Larkin ⇔ Pasir Gudang
227	Larkin ⇔ Kota Tinggi
229	JB Sentral ⇔ Kulai Terminal
BET2	JB Sentral ⇔ Ulu Tiram
IM17	JB Sentral ⇔ KSL City
P301	Pasir Gudang ⇔ Tesco Plentong
P302	Pasir Gudang ⇔ Taman Desa Rakyat Perdana
P303	Kota Masai ⇔ Pasir Gudang
P311	Pasir Gudang ⇔ JB Sentral
P312	Masai ⇔ Pasir Gudang
P313	Ulu Tiram ⇔ Kampung Felda Sungai Tiram
P314	Kota Masai ⇔ Kampung Cahaya Baru
272	Kota Tinggi ⇔ Bandar Penawar
KT3	Kota Tinggi ⇔ Air Terjun
MM01	Mersing ⇔ Taman Sri Pantai
MM02	Hab Taman Ehsan ⇔ Taman Sri Pantai
MM03	Mersing ⇔ Kampung Air Papan



図 3-19 Syarikat Pengangkutan Maju 社が所有するバス : Higer 社

IRDA より受領した 2019 年の月別の走行距離及び燃料消費量、燃料コスト、CO2 排出量

を表 3-16 に示す。Syarikat Pengangkutan Maju 社では、64 台のバスにより、1 年間で約 649 万 km 走行しており、燃料としては約 259 万 L のディーゼルを消費している。1 台当たりの年間平均走行距離としては約 10.1 万 km/台で、バス 1 台あたりの走行距離としては Causeway Link 社と比較すると、5 倍近くとなっている。燃費としては、約 2.5km となっており、一般的な大型バスの燃費（2～3km/L）と同程度となっている。また、燃料消費に伴うコストとしては、年間 138 万 USD となっており、燃料消費に伴う CO2 排出量としては、年間約 9,200t-CO2 となっている。

表 3-16 Syarikat Pengangkutan Maju 社の走行データ（2019 年）

Bus Operator	Syarikat Pengangkutan Maju Bhd			
Total Bus	64			
Bulan / month (2019)	Jumlah Jarak / Mileage (KM)	Jumlah Penggunaan Diesel / Total Diesel (litre)	CO2 emission(tCO2)	Total Amount (USD)
Jan	551,456	220,582	780	115,409
Feb	491,044	196,418	694	102,766
March	528,826	211,530	748	110,672
Apr	525,391	210,156	743	109,954
May	568,831	227,532	804	119,045
June	492,026	196,810	696	102,971
July	525,739	210,296	743	110,027
Aug	525,413	209,365	740	109,540
Sept	570,601	228,240	807	119,415
Oct	598,061	239,224	845	125,162
Nov	551,078	220,431	779	115,329
Dec	560,920	224,368	793	117,389
Grand Total	6,489,386	2,594,952	9,171	1,357,679

③Transit Link 社

Transit Link 社は合計 75 台のバスを所有するジョホールバールのバス事業者である。走行ルートは表 3-17 に示すとおりであり、主にジョホールバールを横断する人気のあるバス路線で運行されている。また、所有する車両は、前述のホームページ上で公表されており、Mercedes Benz 社のほか、日産自動車社や日野自動車社などの日本製の車両となっている（図 3-20、図 3-21）。

表 3-17 Transit Link 社の走行ルート

Route No.	Route
2	Larkin ⇔ Ayer Hitam
3	Larkin ⇔ Pontian
13	Larkin → Kulai
15	JB Sentral ⇔ Bandar Selesa Jaya
39	Larkin ⇔ Masai
41	JB Sentral ⇔ Kota Tinggi
51	JB Sentral ⇔ Larkin
123	JB Sentral ⇔ Permas Jaya
133	JB Sentral ⇔ Kota Masai
188	JB Sentral ⇔ Ulu Tiram
331	Taman Universiti ⇔ JB Sentral



図 3-20 Transit Link 社が所有するバス：Mercedes Benz 社



図 3-21 Transit Link 社が所有するバス：日産自動車社

IRDA より受領した 2019 年の月別の走行距離及び燃料消費量、燃料コスト、CO2 排出量を表 3-18 に示す。Transit Link 社では、75 台のバスにより、1 年間で約 502 万 km 走行しており、燃料としては約 118 万 L のディーゼルを消費している。1 台当たりの年間平均走行距離としては約 6.7 万 km/台で、燃費としては、約 4.3km となっており、前述の 2 社と比較すると燃費は良い結果となっている。また、燃料消費に伴うコストとしては、年間 61.8 万 USD となっており、燃料消費に伴う CO2 排出量としては、年間約 4,200t-CO2 となっている。

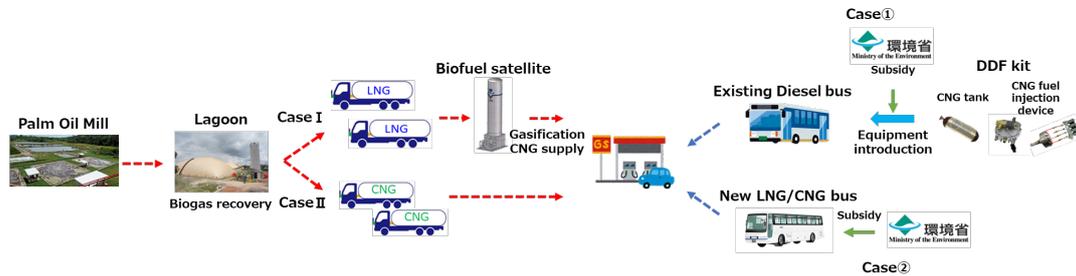
表 3-18 Transit Link 社の走行データ (2019 年)

Bus Operator	Transit Link (Johor Baharu) Sdn Bhd			
Total Bus	75			
Bulan / month (2019)	Jumlah Jarak / Mileage (KM)	Jumlah Penggunaan Diesel / Total Diesel (litre)	CO2 emission(tCO2)	Total Amount (USD)
Jan	402,749	107,878	381	56,442
Feb	388,425	95,121	336	49,767
March	415,915	102,652	363	53,708
Apr	389,523	93,538	331	48,939
May	406,111	98,030	346	51,289
June	399,835	94,895	335	49,649
July	448,521	101,888	360	53,308
Aug	438,454	101,240	358	52,969
Sept	420,934	96,580	341	50,531
Oct	454,953	101,088	357	52,889
Nov	427,494	92,902	328	48,606
Dec	422,720	95,636	338	50,037
Grand Total	5,015,634	1,181,448	4,175	618,134

2) 経済性・環境性検討

本項では、IRDA より受領した各社の 2019 年の走行データを基に、現在利用しているディーゼル燃料から、POME 由来のバイオ燃料へ燃料転換した場合の経済性及び環境性等について検討した。試算条件は以下に示すとおりであり、3 社それぞれに対して試算を行った。

- JCM 設備補助事業を利用した燃料転換のイメージは下図を想定



- バイオ燃料への燃料転換率を 0～100%で設定
- バイオ燃料の価格はマレー半島部での 2021 年 10 月～12 月のガス・マレーシア社の平均販売価格 (36.42RM/MMBTU) を採用
- 通常の燃料転換ケースに加えて、過年度に実施した燃料転換事業では燃料転換により 20%程度の燃費向上効果がみられたことから、燃費向上効果 20%を採用したケースについても試算
- 燃料転換による CO2 削減量から、JCM 設備補助事業を適用した場合に受け取れる可能性のある最大の補助金 (CO2 の削減 1t あたり 4,000 円) を算出し、バス 1 台当たりの補助金を算出

上記の条件を基に、バイオ燃料転換へ燃料転換した場合の経済性及び環境性を試算した結果をそれぞれ、表 3-19、表 3-20、表 3-21 に示す。

表 3-19 経済性・環境性の試算結果：Causeway Link 社

Simulation, Causeway Link					
Green LNG Rate[%]	0	25	50	75	100
Diesel [L]	3,587,998	2,690,999	1,793,999	897,000	0
Green LNG[t]	0	801	1,602	2,404	3,205
Cost Diesel[USD]	1,877,241	1,407,930	938,620	469,310	0
Cost Green LNG[USD]	0	350,201	700,401	1,050,602	1,400,802
Cost Total[USD]	1,877,241	1,758,131	1,639,021	1,519,912	1,400,802
CO2 [tCO2/year]	12,681	9,510	6,340	3,170	0
CO2 [tCO2/5year]	63,403	47,552	31,701	15,851	0
CO2 Reduction[tCO2/5year]	0	15,851	31,701	47,552	63,403
Subsidy [yen]	0	63,402,939	126,805,878	190,208,817	253,611,756
Subsidy [yen/bus]	0	137,236	274,472	411,707	548,943
Include Fuel economy improvement effect (20%)					
Green LNG[t]	0	641	1,282	1,923	2,564
Cost Green LNG[USD]	0	280,160	560,321	840,481	1,120,642
Cost Total[USD]	1,877,241	1,688,091	1,498,941	1,309,792	1,120,642

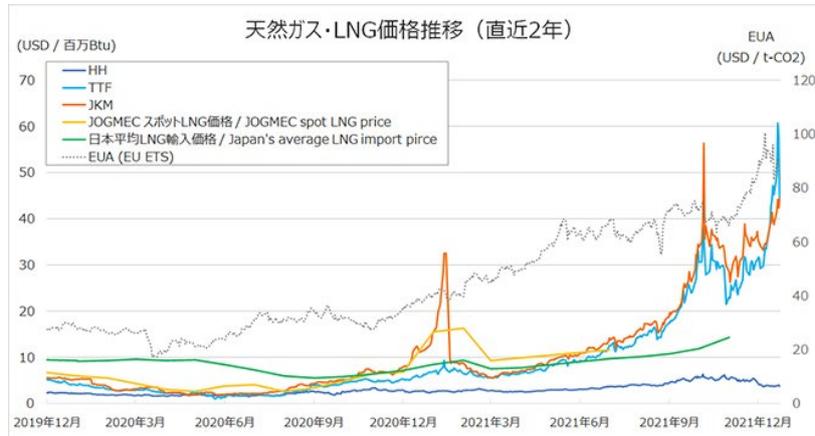
表 3-20 経済性・環境性の試算結果：Syarikat Pengangkutan Maju 社

<i>Simulation Syarikat Pengangkutan Maju Bhd</i>					
Green LNG Rate[%]	0	25	50	75	100
Diesel [L]	2,594,952	1,946,214	1,297,476	648,738	0
Green LNG[t]	0	579	1,159	1,738	2,318
Cost Diesel[USD]	1,357,679	1,018,259	678,839	339,420	0
Cost Green LNG[USD]	0	253,276	506,552	759,828	1,013,104
Cost Total[USD]	1,357,679	1,271,535	1,185,391	1,099,248	1,013,104
CO2 [tCO2/year]	9,171	6,878	4,585	2,293	0
CO2 [tCO2/5year]	45,855	34,391	22,927	11,464	0
CO2 Reduction[tCO2/5year]	0	11,464	22,927	34,391	45,855
Subsidy [yen]	0	45,854,982	91,709,963	137,564,945	183,419,926
Subsidy [yen/bus]	0	716,484	1,432,968	2,149,452	2,865,936
<i>Include Fuel economy improvement effect (20%)</i>					
Green LNG[t]	0	464	927	1,391	1,854
Cost Green LNG[USD]	0	202,621	405,242	607,862	810,483
Cost Total[USD]	1,357,679	1,220,880	1,084,081	947,282	810,483

表 3-21 経済性・環境性の試算結果：Transit Link 社

<i>Simulation Transit Link (Johor Bahru) Sdn Bhd</i>					
Green LNG Rate[%]	0	25	50	75	100
Diesel [L]	1,181,448	886,086	590,724	295,362	0
Green LNG[t]	0	264	528	791	1,055
Cost Diesel[USD]	618,134	463,600	309,067	154,533	0
Cost Green LNG[USD]	0	115,313	230,627	345,940	461,253
Cost Total[USD]	618,134	578,913	539,693	500,473	461,253
CO2 [tCO2/year]	4,175	3,132	2,088	1,044	0
CO2 [tCO2/5year]	20,877	15,658	10,439	5,219	0
CO2 Reduction[tCO2/5year]	0	5,219	10,439	15,658	20,877
Subsidy [yen]	0	20,877,179	41,754,357	62,631,536	83,508,714
Subsidy [yen/bus]	0	278,362	556,725	835,087	1,113,450
<i>Include Fuel economy improvement effect (20%)</i>					
Green LNG[GJ]	0	11,503	23,005	34,508	46,010
Cost Green LNG[USD]	0	92,251	184,501	276,752	369,002
Cost Total[USD]	618,134	555,851	493,568	431,285	369,002

試算の結果、燃料転換による経済メリットとしては、3社とも燃料転換の割合を進めることで、合計の燃料コストを削減することが出来ることが示唆された。更に、昨今は、世界情勢等の影響から、化石燃料由来の天然ガスの価格が高騰していることから（図 3-22）、POME 由来の天然ガスを安定的に供給することで、経営の安定化が図ることもバイオ燃料を利用するメリットの1つとして想定される。



出典：<https://oilgas-info.jogmec.go.jp/nglng/1007905/1009222.html>

図 3-22 天然ガス・LNG 価格推移 (JKM：北東アジアスポット LNG 価格)

また、JCM 設備補助事業を利用することを想定した場合に受領可能なバス 1 台当たりに対する最大の補助金としては、100%バイオ燃料へ燃料転換を想定した場合で、Causeway Link 社が約 55 万円/台であるのに対して、Syarikat Pengangkutan Maju 社では約 287 万円と大きな差がある。これは、バス 1 台当たりの燃料消費量（つまり、バス 1 台当たりの CO2 排出量）に約 5 倍程度の差があることが理由である。よって、費用対効果を考慮すると、Syarikat Pengangkutan Maju 社の車両を、優先的に燃料転換を進める対象として選定する。

また、CO2 排出削減量としては、100%バイオ燃料を利用した場合で、年間 4,200～12,700t-CO2 削減可能であることが明らかとなった。

3) イスカンダル地域における公共交通システムの脱炭素化方針

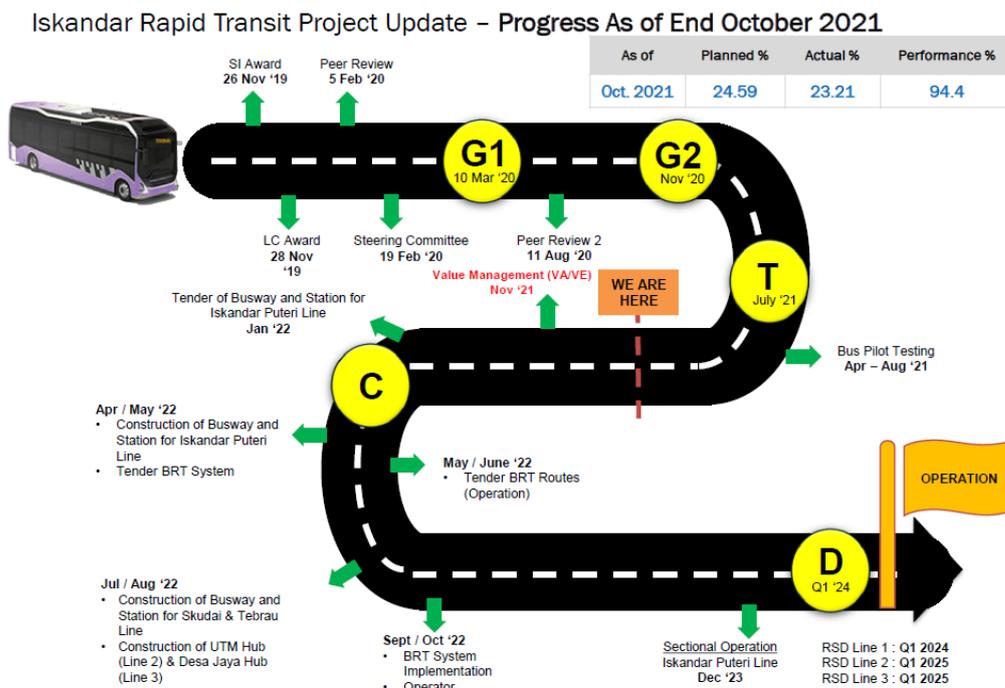
前項で算出した試算結果等をベースとして、バイオ燃料への燃料転換のメリット等を示しつつ、イスカンダル地域における今後の公共交通システムの脱炭素化方針等について協議した結果を表 3-22 に示す。

表 3-22 公共交通の脱炭素化方針に関する協議結果 (2021 年 11 月 15 日)

参加者	IRDA (6 名)、日本エヌ・ユー・エス (5 名)
ヒアリング概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオ燃料への燃料転換によるメリットについては理解した。 ・ 燃料コストが削減可能で、かつ、DDF 設備の導入であれば、投資回収が数年で見込まれるのは魅力的である。 ・ 一方で、バイオ燃料供給に係るサプライチェーンの構築、特にバイオ燃料供給に必要なステーションの設置が大きな課題となる。 ・ また、バスを改造する場合、保証の問題についても課題となる。

- ・ 現在、IRDA では、電気バスやバイオディーゼルなども含め、10 台の脱炭素バスについて実証試験を実施した。
- ・ その実証試験結果も踏まえて、まずは、2030 年までの計画として、電気バスの導入を優先的に進めることを決定した。
- ・ 計画では、2030 年までに全車両の半分（270 台）のバスを電気バスに切り替えることを予定している。
- ・ 残りの車両については、現状では既存のディーゼル車両で運用する予定であるが、インフラ設備などの課題がクリアできるのであれば、バイオ燃料への燃料転換について検討可能である。
- ・ また、合わせて、NEUTO 社の水素を活用した低炭素技術についても検討している。
- ・ 富山市でも水素インフラの整備が進んでいると聞いているので、年度末のワークショップ等でその技術について紹介してほしい。

ヒアリング概要に記載の通り、IRDA からは、現在、IRDA において想定している BRT 計画のアップデートの共有があった。現在の BRT 計画の進捗としては、図 3-23 に示すとおりであり、新規導入車両の実証試験を終え、BRT 導入に合わせた走行ルートやステーションを決定したところである。



出典：IRDA より受領

図 3-23 BRT 計画の進捗

脱炭素車両の実証試験では、表 3-23 に示す 10 台のバスについて、航続距離や燃料・電気の補給に必要な時間、騒音レベル、電子チケットの利用、走行性能等についてテスト実施している。

表 3-23 実証試験を実施した脱炭素車両

No	Company Name	Bus Type	Date	Test Conducted
1	MOBILUS	ART 32m Ebus	April 8 - Aug 31	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Battery capacity & durability; ▪ Record during charging; ▪ Bus noise level; ▪ Use of QR tickets; and ▪ Drive along the proposed Iskandar Rapid Transit/SBST routes as direct and feeder.
2	CRRZ ZHEJIANG ELECTRIC VEHICLE	10.6m Ebus	April 8 - May 8	
3	SCANIA	12m Ebus 10.7m Biodiesel B100	April 8 - April 15	
4	WISESTAR GROUP	8.5m Ebus	April 8 - April 30	
5	HYUNDAI CORPORATION	11m Ebus	April 8 - April 15	
6	SKS	9.7m Ebus	August 8 - 15	
7	VOLVO	10.8m Biodiesel B7	August 17	
8	GO AUTOMOBILE MANUFACTURING SDN BHD	12m Ebus 12m Euro5 (3 doors)	August 23 - 25	
9	WSH AUTOMOTIVE SDN BHD	12m Ebus	TBA / MCO	
10	HMH ELECTRIC TRANSPORT SDN BHD	Mini 6.3m Ebus	TBA / MCO	

出典：IRDA より受領

走行試験の結果、IRDA としては、以下のような理由から、2030 年までの BRT 導入計画としては、電気バスを優先的に進めることを決定している。

- ・ バイオディーゼルのようなグリーン燃料は、インフラ設備が未整備であること
- ・ グリーン燃料導入には、燃料の調達に関して、政府の介入が必要となること
- ・ 運用コストが電気バスの方が優位であること

電気バスの導入については、表 3-24 に示す計画で進めることとし、2030 年までに車両 540 台のうちの半分の 270 台に導入することとしている。一方で、ヒアリングの中では、残りの 270 台の車両については、当面は既存のディーゼル車両を活用しつつ、脱炭素を進めて行く方針であることを確認している。また、本事業で検討している POME 由来のバイオ燃料の活用については、バイオ燃料の普及により燃料供給ステーションなどのインフラ設備が整備されることで、非常に有効な脱炭素手段となることを確認している。

表 3-24 電気バスの導入予定

THE MINISTER'S DEPARTMENT	Package/ Number of Routes (Feeder and Direct)	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
		Target Percentage Rollout and Number of Routes by Package								
Route Package 1	Kulai	0%	20%	30%	40%	50%	70%	80%	100%	
	BRT FEEDER	5	0	1	2	2	3	4	4	5
	BRT DIRECT	9	0	2	3	4	5	7	8	9
	Total	14	0	3	5	6	8	11	12	14
Route Package 2	Pulai	0%	20%	30%	40%	50%	70%	80%	100%	
	BRT FEEDER	3	0	1	1	2	2	3	3	3
	BRT DIRECT	6	0	2	2	3	3	5	5	6
	Total	9	0	3	3	5	5	8	8	9
Route Package 3	Iskandar	20%	30%	40%	50%	70%	80%	90%	100%	
	BRT FEEDER	8	2	3	4	4	6	7	8	8
	BRT DIRECT	9	2	3	4	5	7	8	9	9
	Total	17	4	6	8	9	13	15	17	17
Route Package 4	Johor Jaya	10%	20%	30%	40%	50%	70%	80%	100%	
	BRT FEEDER	18	2	4	6	8	9	13	15	18
	BRT DIRECT	8	1	2	3	4	4	6	7	8
	Total	26	3	6	9	12	13	19	22	26
Route Package 5	Pasir Gudang	0%	20%	30%	40%	50%	70%	80%	100%	
	BRT FEEDER	12	0	3	4	5	6	9	10	12
	BRT DIRECT	6	0	2	2	3	3	5	5	6
	Total	18	0	5	6	8	9	14	15	18
Route Package 6	Ulu Tiram	0%	20%	30%	40%	50%	70%	80%	100%	
	BRT FEEDER	1	0	1	1	1	1	1	1	1
	BRT DIRECT	4	0	1	2	2	2	3	4	4
	Total	5	0	2	3	3	3	4	5	5
Total Route		89	7	25	34	43	51	71	79	89
Peak Vehicle Requirement		540	42	152	206	261	309	431	479	540
Ebus % from PVR			20%	20.0%	25.0%	30.0%	35.0%	40.0%	45.0%	50.0%
Ebus Qty			8	30	52	78	108	172	216	270

出典：IRDA より受領

図 3-24 BRT 計画の進捗

3.1.4 資金調達方法及びビジネススキームの検討

2022年1月末現在、我が国とマレーシア国間ではJCMが未締結の状況である。また、前項で記載の通り、イスカンダル地域で導入予定のBRTの燃料としてPOME由来のバイオ燃料を活用するためには、交通分野以外も含め、マレーシア国内において、バイオ燃料を普及させ、燃料補給スタンド等のインフラ整備が必要となることが示唆された。

これらの状況を踏まえると、今後POME由来のバイオ燃料の利活用事業の検討にあたり、民間主導のボランタリークレジットの活用を視野に入れる必要があることから、以下では、ボランタリークレジットに関する動向や方法論、ボランタリークレジットを活用したビジネススキームについて整理した。

1) 主要なボランタリークレジットの動向

現在、クレジットは図3-25に示すとおり、4種類に分類され、それぞれ、活用の方法が異なっている。ボランタリークレジットは企業な自主的なクレジット活用が前提となっている。昨今は、日本政府の2050年カーボンニュートラル宣言に対応する形で、多くの

企業が脱炭素に関する目標としてカーボンニュートラルを掲げているが、省エネ・再エネの導入による温室効果ガスの排出削減には限界があることから、目標達成に向け、ボランタリークレジットの活用を検討する企業が増加している。更に、燃料供給を行うガス会社等は、化石燃料由来の天然ガス等の燃料に、カーボンクレジットを付与し、カーボンニュートラルを目指す企業向けに、カーボンフリー燃料として、販売する事例も増加している。



出典：世界全体でのカーボンニュートラル実現のための経済的手法等のあり方に関する研究会 第3回資料1より抜粋（経済産業省、令和3年3月）

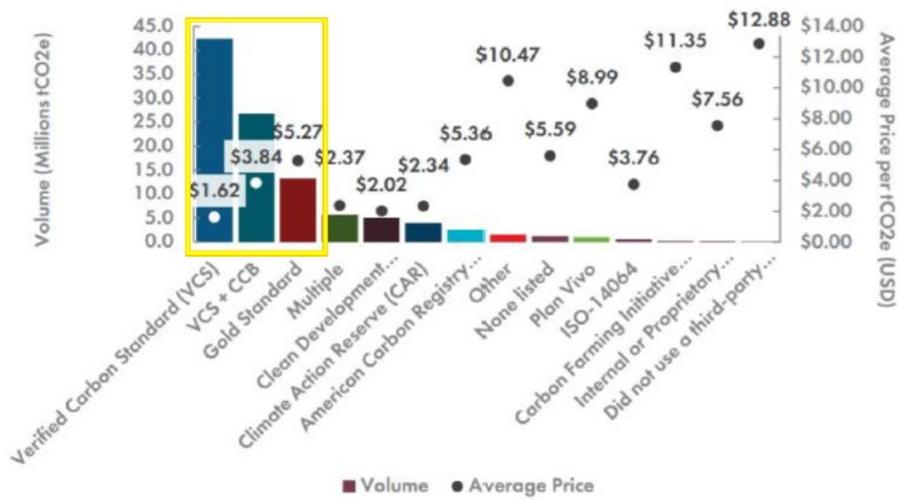
図3-25 クレジットの分類

ボランタリークレジットのうち、現在、国際的な企業において、主に利用されているクレジットは、以下の3つであり、取扱量及び価格は図3-26の通りで、近年の脱炭素化トレンドの影響により、価格の上昇が続いている。

- ・ Verified Carbon Standard (VCS)
- ・ Gold Standard
- ・ CCB Standards

このうち、VCSは、国際的なカーボンオフセット基準団体のVerraによって管理・開発されている。認定されているプロジェクトとしては、森林由来のものを始めとして、工業や農業、畜産など11種類に加えて、独自の的方法論での環境価値の創出が提案可能という特徴を有している。また、Gold Standardは2003年に開発され、GS事務局によって運営されている。Gold Standardの認証では、持続可能な開発への寄与度が評価されることから、認証を受けたプロジェクトから生成されるクレジットはGHG排出削減と合わせて、持続可能な開発への寄与が確保される。

Figure 10. Average Price and Volume by Voluntary Carbon Credit Standards, 2019

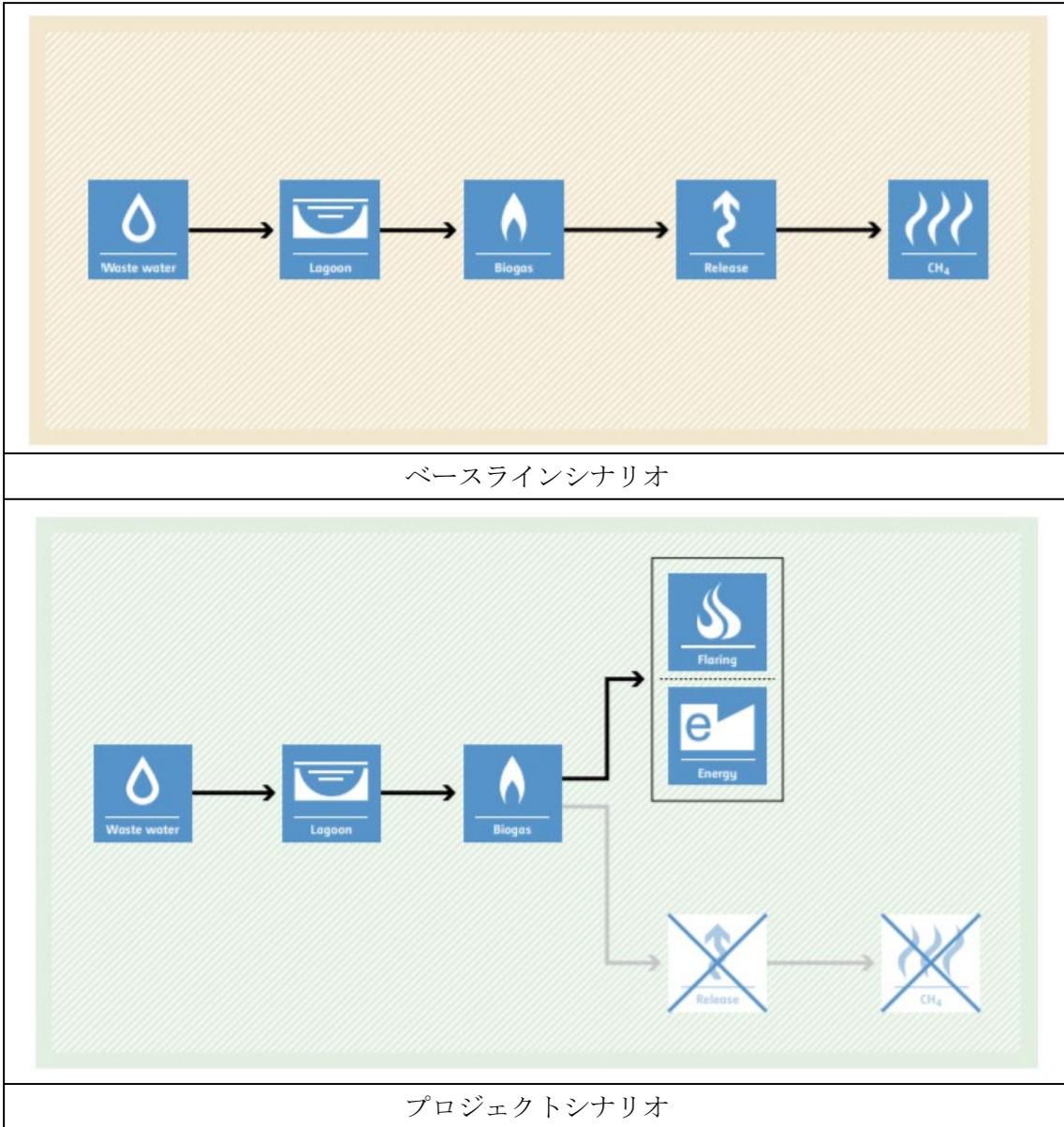


出典：世界全体でのカーボンニュートラル実現のための経済的手法等のあり方に関する研究会 第3回資料1より抜粋（経済産業省、令和3年3月）

図3-26 主要なボランタリークレジットの取扱量と価格

主要なボランタリークレジットでは、ベースライン及びモニタリングの方法として、CDM承認方法論が採用されることがほとんどである。POMEからのメタンガス回収に関しては、CDM承認方法論のうち、「AMS-III.H: Methane recovery in wastewater treatment」が適用されることがほとんどであるが、稀に「ACM0013: Construction and operation of new grid connected fossil fuel fired power plants using a less GHG intensive technology」が適用された事例も存在する。前者については、ブックレットの中⁸で、ベースラインシナリオ及びプロジェクトシナリオは図3-27の通り表現されており、回収したメタン分をクレジットとしてカウントすることが可能である。

⁸ https://cdm.unfccc.int/methodologies/documentation/meth_booklet.pdf#AMS_III_H



出典：CDM METHODOLOGY BOOKLET

図 3-27 シナリオ設定：AMS-III.H

VCS や Gold Standard においても、既に POME からのメタンガス回収に関するプロジェクトが数多く認証・登録されており、マレーシア国におけるプロジェクトとしては、

「Methane recovery and utilisation project at United Plantations Berhad, Jendarata Palm Oil Mill, Malaysia⁹」などが挙げられる。当該プロジェクトでは、年間 180,000t の FFB を取り扱っており、排出される POME の量は年間 120,000m³ であり、開放型

⁹ <https://registry.verra.org/app/projectDetail/VCS/769>

のラグーンで処理していたものを、CSTR の閉鎖型タンクで処理し、メタンガスを回収・利用するプロジェクトである。生成されたバイオガスは、パーム油工場の隣にあるパーム油精製プラントの蒸気ボイラーおよび/またはサーマルヒーターで使用される化石燃料を置き換えるために利用されます。このプロジェクトで認証されたクレジットとしては、年間 20,271t-CO2 となっている。

2) ビジネススキームの検討

ボランタリークレジットを活用したビジネススキームも含め、POME からのメタンガスの利活用で想定されるビジネススキームとしては、表 3-25 のようなものが想定される。次年度の検討では、それぞれのビジネススキームの可能性について、詳細に検討・比較し、ビジネスの実現・脱炭素化の実現に向けた取組を推進する。

表 3-25 想定されるビジネススキーム

No.	利用制度	ビジネススキーム概要
1	JCM	<ul style="list-style-type: none"> ・ POME からバイオガスを回収し、交通分野や工業分野等の既存の化石燃料由来の燃料の代替として利用する ・ バイオガス利用側において、燃料転換に必要な設備に対して JCM 設備補助事業を活用する
2	ボランタリークレジット	<ul style="list-style-type: none"> ・ POME からのバイオガスを回収し、交通分野や工業分野等の既存の化石燃料由来の燃料の代替として利用する ・ POME からのバイオガス回収部分に対して、ボランタリークレジット認証を適用する ・ 取得したクレジットについては、市場での売買もしくは化石燃料由来の燃料に付与することで、カーボンフリー燃料として取引
3	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ POME からのバイオガスを回収 ・ 回収したバイオ燃料を船舶等で日本へ輸出し、カーボンフリー（カーボンネガティブ）燃料として販売・利用
4	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ POME からのバイオガスを回収 ・ 回収したバイオ燃料を、カーボンフリー（カーボンネガティブ）燃料として、プレミアムを付与し、マレーシア国内のエネルギー企業等と取引 ・ 近隣のガスパイプラインへ直接供給

年	都市名	国名	都市人口	路線延長	路線数
2004	ジャカルタ	インドネシア	960万人(2011)	207km	12
2005	メキシコシティ	メキシコ	885万人(2010)	125km	6
2006	杭州	中国	445万人(2013)	55km	3
2007	イスタンブール	トルコ	1,416万人(2014)	52km	1
2008	廈門	中国	191万人(2013)	49km	3
2009	アーメダバード	インド	572万人(2010)	82km	1
2010	バンコク	タイ	830万人(2010)	16km	1
2011	メデジン	コロンビア	274万人(2012)	18km	2
2012	常德	中国	140万人(2013)	19km	1
2013	ラホール	パキスタン	713万人(2010)	27km	1
2014	台中	台湾	270万人(2013)	17km	1
2015	スパンジャヤ	マレーシア	71万人(2010)	5km	1
2016	ダルエスサラーム	タンザニア	436万人(2012)	21km	1
2017	ハノイ	ベトナム	143万人(2017)	15km	1
計画中	ヤンゴン	ミャンマー	521万人(2014)	245km	11
計画中	ヴィエンチャン	ラオス	76万人(2015)	11km	1
計画中	セブ	フィリピン	87万人(2010)	25km	1

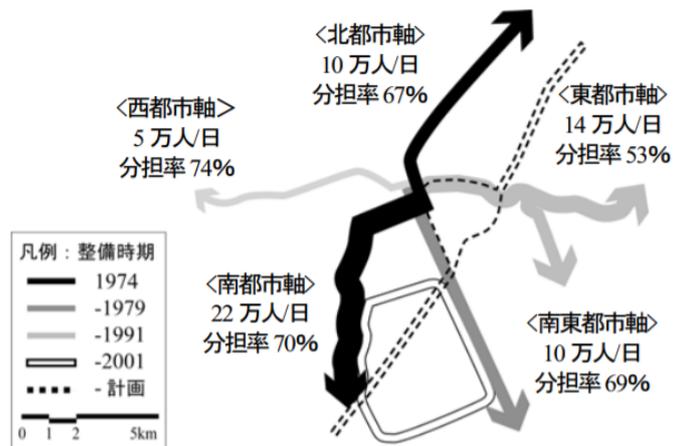
出典： 発展途上国における持続可能な BRT に関する研究：バンコク BRT を事例として

以下では、数多く存在する先行事例の中から、比較的多くの情報が入手できた、「ブラジル・クリチバ市」、「コロンビア・ボゴタ市」、「インドネシア・ジャカルタ」の3事例について、導入の背景や導入時の財源や運用等について整理した。

■ ブラジル・クリチバ市

クリチバ市では、1950年代以降の急激な人口増加により都市部の交通混雑が深刻化していたが、当時のクリチバ市には地下鉄を整備する予算や運営管理する技術が存在していなかった。そこで、1966年に都市計画を推進するための調査研究を行う公的機関である都市計画研究所を設立し、都市軸の成長に合わせて段階的にBRTの導入を推進してきた。

クリチバ市は図3-28に示すとおり、都心部から延びる5本の放射状の都市軸からなる都市構造をしており、軸の成長に合わせ、1974年に南北交通軸、1980年代に東西交通軸、1990年代には3連節バス(図3-29)とチューブ型バスを導入し、輸送力の大幅な増加を実現している。



出典： BRT 導入事例における計画・運営・運航形態に関する比較分析
 図 3-28 クリチバ市の各都市軸のバス輸送人員と方向別バス分担率



出典： <https://www.hilife.or.jp/cities/data.php?p=1748>

図 3-29 3 連節バス

BRT 導入の財源としては、クリチバ市の都市軸やターミナル、チューブ型バス停等の施設整備費用については、先進国からの支援や世界銀行の融資、あるいはブラジル連邦政府からの補助金と市の予算により捻出されている。また、運用については、1963 年に設立された第三セクターのクリチバ市都市公社 (URBS) が管理しているが、出資比率としては、市が 98%、民間が 2%となっており、実質的には市が管轄している状況である。URBS は、市が策定した都市計画の基本方針に基づき市全体の交通ネットワークの計画、運行頻度や運賃、車両の仕様、時刻表の決定、技術スタンダードなどの設定・管理、民間バス事業者との運行契約を実施している。一方、バスの運行は 100%民間企業が行っており、URBS は市内に 10 社あるバス事業者に対し、バス路線運航の権利をエリア別に与えている。運賃収入はすべて URBS が一括管理し、各バス事業者にはバスの運賃ではなく、バスの運行

距離に比例してその報酬を支払う契約となっている。さらに、契約に関して、URBS はバス利用者への満足度調査を行い、サービスレベルが悪い事業者については、契約を打ち切ることが可能になっており、サービスレベル向上のインセンティブとなっている。

バスの料金設定の変更には市長承認が必要で、URBS が赤字になった場合には、市から補填がなされる制度となっている。バス車両はすべて URBS が購入しており、約 2500 台の車両を保有している。現在は、バス事業者の運営コストとバスの購入費用は市全体の運賃収入によって 100% 支払うことが可能となっている。

■ コロンビア・ボゴタ市

コロンビアのボゴタ市では、1990 年代まではバス運行は私企業に任されており、バスは好きなルートを走ることができた。また、バスの停留所がなく、道路端で手を挙げればバスに停まってもらえるという習慣があった。そのため、渋滞やバスの急停車や車線変更などによる交通事故が多発していた。更に、住民の要望により、各企業が走行ルートを自由に設置・運用し、採算が悪ければ廃止するという状態で、政府がコントロールできないまま放置されていた。こうした状況を改善するため、ボゴタ市は、人々をスムーズに移動させる交通手段の調査を JICA に依頼し、1995 年に JICA 支援の下、都市交通マスタープランを策定し、BRT をベースとした都市内幹線輸送システムの導入を計画した。その後、実現可能性調査等を経て、バス専用道路と乗り継ぎターミナルの整備を行い、2000 年に BRT を導入した結果、バスの利用者が大幅に増加し、現在では、移動手段として、公共交通の利用率が約 70% となっている。

ボゴタ市の事例の特徴の 1 つとしては、停留所が挙げられる。プラットホームのある停留所の駅には、自動改札が設置されており、運賃は事前徴収となっている。ホームドアも完全に整備されており、車いす利用者、視覚障害者、高齢者への配慮がなされている。ターミナル駅では、BRT だけでなく、フィーダーバスと呼ばれる支線のバスに乗り換えることができる。また、BRT の運転手の給与は、高めに設定し、倍率 10 倍以上の人気の職種となっており、運転手に対する評価も高く、まじめで、安全、親切と評価されている。



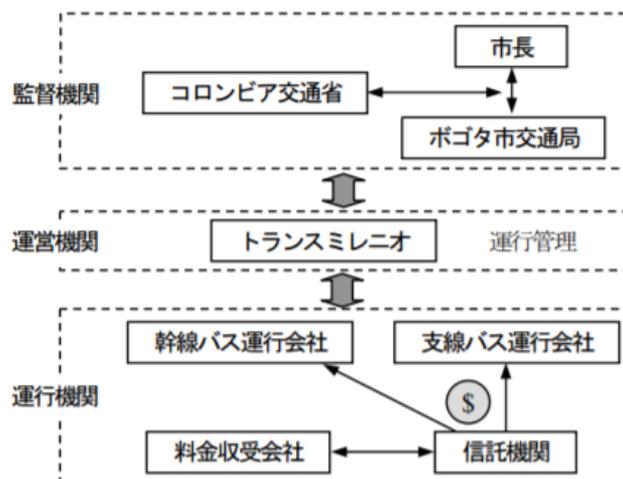
出典： <https://www.mlit.go.jp/common/001020737.pdf>

図 3-30 ボゴタ市の BRT 導入の様子

ボゴタ市のBRTの整備費用は、第一フェーズで、約350億円であり、そのうち、インフラ整備や運行管理システムの構築に必要な費用として、約230億円をボゴタ市燃料課徴金やボゴタ市の一般会計、コロンビア政府の補助金、世界銀行の融資など行政側が負担している。一方、バス車両の購入や車両基地、料金收受システムの整備については、海外投資機関により設立された複数の民間会社の投資により行われた。

また、BRTの運用は、図3-31に示すように、ボゴタ市の出資により設立されたトランスミレニオという運営組織によって行われており、運行計画の立案とリアルタイム運行管理が行われている。実際の運航は、運行計画に基づいてトランスミレニオから委託された民間事業者が行っている。民間事業者は、幹線バス事業者、支線バス事業者、料金收受を行う会社、および運賃収入を管理する信託機関から構成されており、信託機関から各社へ運用費用等が支払われることとなっており、現在のところ、運賃収入の配分の内訳は、幹線バス事業者65%、支線バス事業者20%、運賃收受会社10%、トランスミレニオ4%となっている。

ボゴタ市のBRT導入による効果としては、市民の移動に要した平均時速がBRT導入前後で約20分短縮されたことに加え、交通移動に関すること以外でも効果は大きく、大気汚染物質の減少やCDMの交通分野の事例として2001年から2009年まででシステム全体で、170万トンの二酸化炭素排出削減を認証されている。



出典：<https://www.mlit.go.jp/common/001020737.pdf>

図3-31 トランスミレニオの組織形態

■ インドネシア・ジャカルタ

ジャカルタでは、1990年代後半の経済危機からの経済回復と所得上昇をきっかけとして、個人での車両やバイクなどの利用が大幅に加速することに伴い、公共交通サービスの利用量や質が低下し、都心放射方向道路における朝夕の激しい交通渋滞と大気汚染や騒音

等が問題化した。こうした都市交通問題の解決のため、JICA の提案に基づき、前述のボゴタ市の技師も招聘しつつ、都市内の幹線輸送システムとして BRT の導入を進めている。

ジャカルタの BRT は、主要幹線道路の中央部に両方向 2 車線の専用レーンを確保した高速バス輸送システムとなっており、2004 年に 1 号線を整備・開業以来、8 路線（総延長約 97 キロメートル、1 路線 10～20 キロメートル）が運行されており 8 路線全体では 1 日約 20 万人が利用している。また、利用料金は一律性で 1 回 35 円程度となっており、複数路線を乗り継いだ場合は非常に安価といえる。



出典：<https://www.mlit.go.jp/common/001020737.pdf>

図 3-32 ジャカルタでの BRT 導入の様子

BRT の整備に際しては、既存の広幅員道路の中央側車線と中央分離帯をバス専用道路に再配分する形で行われたため、コストとしては一般車線と区分する縁石・歩道橋・乗降施設（バス停）・検札機の整備・車両の購入費などが主な費用となっており、全ての整備にかかった費用は約 20 億円であり、全てジャカルタ市と交通局の一般財源から賄われている。

運営に関しては、ジャカルタ市の組織の 1 つとしてトランスジャカルタ（Trans Jakarta）を設置し、主に BRT の運営に関わるバス専用道路上の施設のメンテナンスと運行委託事業を行っている。実際のバスの運航は、複数のバス会社が共同出資して設立した JET（Jakarta Express Transport）と呼ばれる民間会社が実施しており、Trans Jakarta から運行を委託するという形態をとっている。BRT の運賃収入については、いったん全額インドネシア中央銀行に集められ、それを Trans Jakarta が各バス事業者、運賃收受を行う民間会社、および警備会社に配分している。バス事業者への配分は、その運行距離数に応じて 1km あたり約 6000 ルピア（約 70 円）を支払っており、おおよその運賃収入の配分の内訳は、バス事業者（JET）65%、運賃收受委託会社 11%、警備会社 11%、Trans Jakarta 11% となっている。

最後に、海外都市における BRT 導入の特徴の比較結果がまとめられた表を表 3-27 に示

す。先行事例における共通点としては、計画立案、インフラ整備、運営まで、全て自治体もしくは第三セクターなどの公的機関が担っていること、一方、運行に関しては、自治体等による徹底した運行管理のもと、事業免許や委託契約に基づいて民間事業者が行っていることが挙げられる。いずれの場合でも、民間事業者は運行距離に応じて収益を得られるため、運転手や車両、あるいは規定されたサービス水準維持を管理する中で、コストを節減して収益を最大化する努力を行うことが出来る構造となっている。

表 3-27 BRT 導入に関する先行事例の比較表

都市名 項目	ボゴタ (コロンビア)	ジャカルタ (インドネシア)	ソウル (韓国)	クリチバ (ブラジル)	日本 ※路線バスの典型例
計画立案	自治体	自治体	自治体	*IPPUC (公的機関)	事業者 (民間・自治体)
インフラ整備	自治体	自治体	自治体	自治体	自治体
インフラ整備財源	・政府補助金 ・自治体燃料課徴金 ・世界銀行融資	・自治体の一般財源	・自治体の一般財源 ・交通誘発負担金 ・通行税	・政府補助金 ・自治体の一般財源 ・世界銀行融資	・道路特定財源 ・自治体の一般財源
運営	Transmilenio (市出資の公的機関)	TransJakarta (市出資の公的機関)	自治体	URBS (第3セクター)	事業者 (民間・自治体)
運営財源	運賃収入	運賃収入	運賃収入+市補助金	運賃収入	運賃収入 (独立採算)
車両購入	民間事業者	自治体	民間事業者	URBS (第3セクター)	事業者 (民間・自治体)
運行	民間事業者 (委託)	民間事業者 (委託)	民間事業者 (委託)	民間事業者 (委託)	事業者 (民間・自治体)

* IPPUC は、市長直結の都市計画立案機関

出典：BRT 導入事例における計画・運営・運航形態に関する比較分析

第4章 小水力発電及び太陽光発電を軸とした再生可能

エネルギーの普及事業

再生可能エネルギーの普及は、イスカンダル地域、コタキナバル市の重要な政策課題の一つとされており、普及促進の具体的な施策も検討されている。特に、コタキナバル市が位置するサバ州は、立山連峰に囲まれ豊富な水資源を有する富山市と同様、東南アジア最高峰のキナバル山等を源とする水資源が豊富に存在し、小水力発電が多く存在している。その一方で、これらの設備は一律に稼働率が低く、ポテンシャルに比して十分に機能していないことが課題となっている。原因としては、経年劣化に起因する故障等により著しく設備利用率が低下している事例や、地震や洪水等による被災後、復旧がままならず、設備利用率が低下したままとなっている事例がある。また、設備稼働当初から設備利用率が低い設備も存在している。これは、河川流量、流況、地質等の設置条件が十分に検討されず導入に至り、不適合な水理条件の下で水車発電設備が計画通り動作しない現象であると推測される。このように、水資源は豊富に存在するものの、そのポテンシャルを活かしきれていない設備が多く見受けられることから、本事業では、サバ州内に存在する設備利用率が低下している小水力発電設備の復旧（リハビリ）、もしくは、日本製のより高効率な設備へと切り替え、小水力発電による発電量を回復または増加させることで、化石燃料由来の電力を代替し、温室効果ガス排出量を削減すること目指している。

令和2年度事業では、コタキナバル市及びサバ州内に存在する小水力発電設備として、公営電力会社が所有する設備計7カ所（8.1MW）、民間事業者が所有する設備2カ所（6.5MW）に関して、発電設備の仕様や発電量の経年変化のデータを入手した。その結果、設備利用率が日本の平均値と比較し、非常に低い（平均20%前後）ことから、事業実施により、発電量を増加出来る可能性があることが示唆されたが、具体的な設備利用率低下の原因特定までには至らなかった。

そこで、今年度事業では、設備利用率低下の原因を特定するとともに、具体的な対策を検討するための情報収集及び診断を実施した。

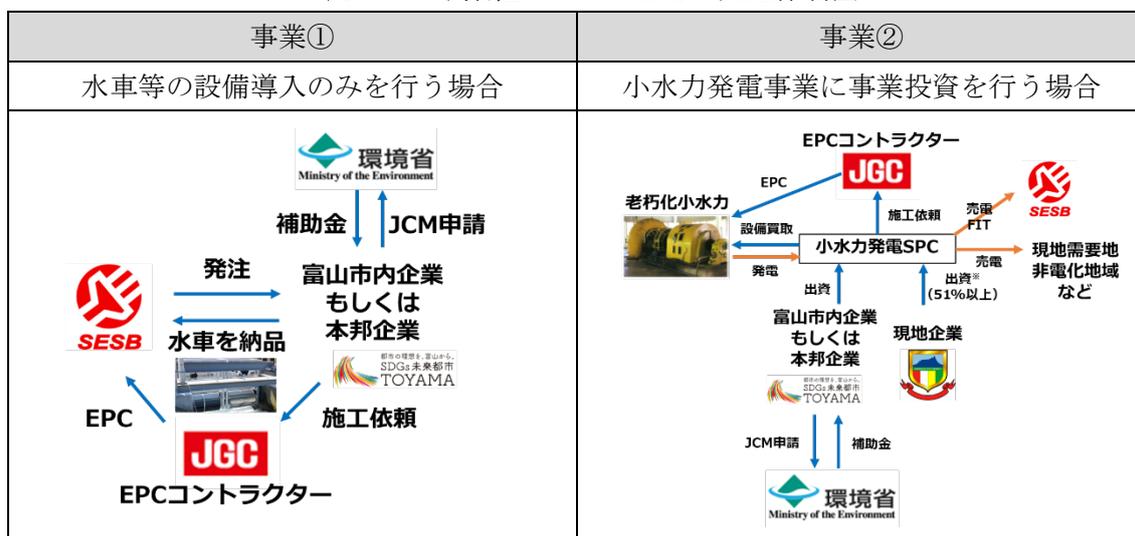
また、コタキナバル市では、上述の「Green City Action Plan : Kota Kinabalu」の中で、市内の56箇所の学校施設等も含め、合計100MWの太陽光発電設備を導入することを目指している。そこで、今年度事業では、新たに、コタキナバル市を中心に、太陽光導入ポテンシャルを検討した。

4.1 再生可能エネルギー発電事業実現に必要な許認可等

令和2年度事業では、マレーシア国における電力政策や再生可能エネルギーに関する政策、それらを管轄する政府系の組織体系等について整理した。今年度事業では、令和2年度事業で検討した事業スキーム（表4-1）の実現に向け、電力事業の規制を管轄している

サバ州の電力公社である SESB 社やエネルギー委員会（Energy Commission）に対して、サバ州内の詳細なルールや法制度についてヒアリングを行う事で、サバ州内で発電事業を実施する場合やその EPC を行う際に必要となる条件等を確認した。

表 4-1 事業化イメージとその実施体制図



Energy Commission 及び SESB 社に対するヒアリング事項及びその回答の概要を表 5-2 に示す。

表 4-2 Energy Commission 及び SESB へのヒアリング概要（2022 年 1 月 28 日）

参加者	Energy Commission (3 名)、SESB (4 名)、日本エヌ・ユー・エス (2 名)
ヒアリング事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発電事業に関する海外企業の参画の可能性及び条件 ・ 海外の EPC コントラクターの参加の条件 ・ FIT の適用 ・ 売電料金の設定

ヒアリング結果及び文献調査の結果から、サバ州内で再生可能エネルギー等を活用する発電事業を実施する場合もしくはその EPC を行う際に必要となる条件等について、以下の通り整理した。

■ 発電事業に対する海外企業の参画

発電事業における海外企業の参画は、原則 49% 以下の出資が上限になる。また、発電事業を実施するにはエネルギー・天然資源省の承認が必要となるため、電力販売契約 (Power Purchase Agreement : PPA) 関連の書類を提出することによって事業を申請する

手続きが行える。本省はその後、事業に関してコメントをすることになっており、そこで事業者の出資割合についても意見を述べることもある。本規則は、固定価格買取制度（Feed-In Tariff：FIT）の関連法令にも記載されているが、FITの適用可否に関わらず電力事業における海外出資比率は49%が上限となる。

■ EPC への海外企業の参画

海外のEPCコントラクターが建設を担うことは頻繁にあり、特に水力発電事業では中国企業の参加が近年増えている。ただし、プロジェクトのタイミングなどによっては規制が一時的に厳しくなることもある。例えば、コロナ禍で国内の経済環境が悪化した際には、国内企業を支援するため、海外からのEPCは入札に応募ができない仕組みとなっていた事例が存在することから、事業組成のタイミングで最新の状況について確認する日宇町がある。また、EPC事業を実施するには、企業はマレーシア建設工業開発局（Construction Industry Development Board）¹⁰からライセンスを取得する必要がある。

■ FIT 制度・再エネに対する補助制度

サバ州では、2022年現在、FITが適用されない状況である。その理由としては、サバ州の主要電力事業者であるSESB社が、マレーシア中央政府の補助金を受け、長年、ガスを低価格で購入しており、サバ州における電力の7割程度がSESB社のガス発電で賄われていることから、発電事業に対するこれ以上の助成金は認められないという判断が基になっている。

ただし、この補助金制度は近い将来に金額が見直される予定であり、ガス価格が現在より3倍以上値上げされる（補助金が削減される）と言われており、SESB社としても、ガス発電以外の発電事業として再生可能エネルギー発電事業を積極的に開発せざるを得ないという状況である。特に水力発電事業は、今後SESB社が注力する分野であることを確認している。

4.2 小水力発電事業

前述の通り、令和2年度事業では、コタキナバル市及びサバ州内に存在する小水力発電設備として、SESB社が所有する設備計7カ所（8.1MW）、民間事業者が所有する設備2カ所（6.5MW）に関して、発電設備の仕様や発電量の経年変化のデータを入手した。その結果、設備利用率が日本の平均値と比較し、非常に低い（平均20%前後）ことから、事業実施により、発電量を増加出来る可能性があることが示唆されたが、具体的な設備利用率低下の原因特定までには至らなかった。

そこで、今年度事業では、SESB社や現地関係者と協議の上、事業の実現性が高いと考え

¹⁰ <http://mytraderepository.customs.gov.my/en/pia/Pages/mow.aspx>

られる地点を優先的に選定し、文献調査やオンラインの現地調査により、設備利用率低下の原因を推定するとともに、具体的な対策を検討するための情報収集及び診断を実施し、今後の事業実現に向けた方針を検討した。

4.2.1 事業実施地点の選定

現在、SESB 社では、サバ州内の 7 ヶ所で小水力発電所を運営している（表 4-3）。これら発電所はいずれも 1990 年代に建設・運転開始されたものである。

表 4-3 サバ州における水力発電所

No.	発電所名	タービンと生産国	設備容量	運転開始年
1	Naradau, Ranau	WKV Turgo Turbine/ England	2*880kW	1999
2	Carabau, Ranau	Pelton Hidro Biwater/England	2*1,000kW	1991
3	Sayap, Kota Belud	Xian China - CJ-W-90/1 x 11/ China	2*500kW	1991
4	Melangkap, Kota Belud	Jyoti 600T-500 / India & Xian China - CJ-W-90/1 x 11/ China	2*500kW	1990 & 1992
5	Kiau, Kota Belud	Wassercraft TD50H 330-1	1*350kW	1994
6	Bombalai, Tawau	WKV-Turgo Implus TT-285-180-1	1*1,000kW	1996
7	Merotai, Tawau	Gilkes Hidro G-150 (Francis Turbine)	1*1,000kW	1992

これらの設備のうち、優先的に改修を進めたい設備の有無について、SESB 社にヒアリングをしたところ、設備利用率が大きく低下しているながら、今後の設備の改修の計画や見込みが立っていない Carabau 発電所及び Naradau 発電所を優先的に検討したい意向を確認した。これらも踏まえ、本事業では、両発電所を改修対象設備として選定し、設備利用率低下の原因等について、調査・整理した。

両発電所は、図 4-1 に示すとおり、コタキナバル市から車で約 3 時間離れた、サバ州の西部の Ranau 区に位置しており、いずれも Ranau 区を中心都市 Ranau 市から、北西に数 10 キロ離れた場所に存在している。

発電所建屋及び取水口の位置としては、表 4-4 に示すとおりであり、取水位置から発電所建屋まで数キロ離れていることから、車での移動が必要となる。また、Naradau 発電所については、取水を 2 箇所から行う特徴的な設備となっている。



出典：Google Maps

図 4-1 Carabau 水力発電及び Naradau 水力発電所位置

表 4-4 Carabau 水力発電及び Naradau 水力発電所の緯度経度

		緯度	経度
Carabau 発電所	取水口	5° 58' 43.16"N	116° 38' 45.98"E
	建屋	5° 57' 22.28"N	116° 39' 30.34"E
Naradau 発電所	Liwagu 川取水口	5° 58' 47.10"N	116° 36' 34.30"E
	Mesilou 川取水口	5° 58' 53.31"N	116° 35' 33.38"E
	建屋	5° 57' 55.56"N	116° 36' 33.29"E

また、2013 年以降の両発電所での発電量は、表 4-5 のとおりとなっている。

SESB 社へのヒアリングによると、Carabau 発電所については、ペンストック周辺で起きた地滑りによって 2014 年及び 2015 年の発電量が記録できていない。また、タービンの不調により水量が少ないにも関わらずオーバーヒートが頻発するという事象が発生し、それ以降、2016 年以降の発電量が急激に減少している。

また、Naradau 発電所については、2015 年にサバ州で発生した地震の影響により、取水口が破損し（詳細は後述）、それ以降、発電量が減少している。さらに、2020 年はノズルの故障、雨季には地滑りによる取水の停止、全体点検などにより、前年と比較し、発電電力量が大幅に減少している。

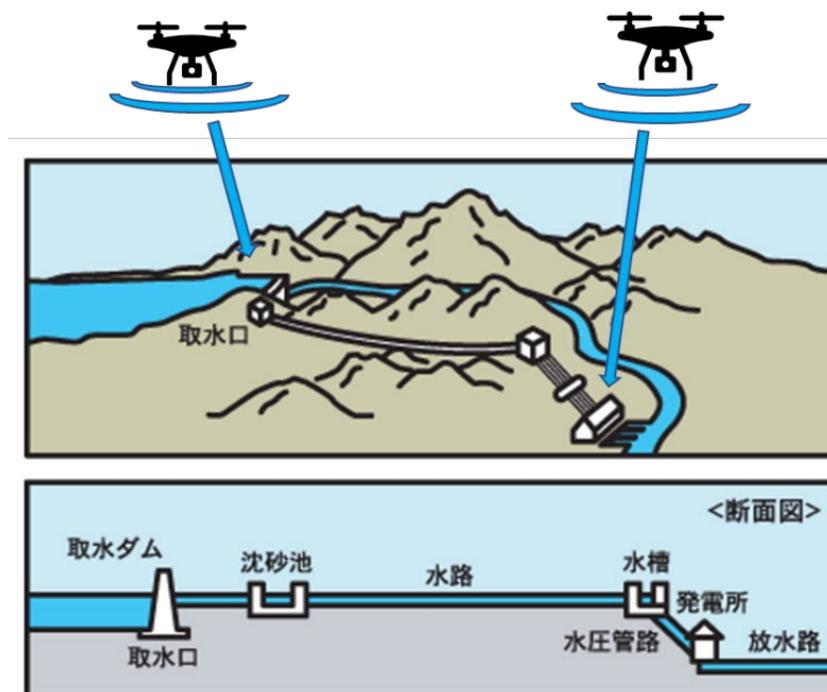
表 4-5 両発電所の 2013 年以降の発電電力量 (kWh)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021*
Carabau	4,875,683	-	-	60,400	3,759,020	241,950	382,520	621,230	1,860,734
Naradau	9,805,929	9,385,730	8,456,188	4,035,744	5,959,392	5,830,432	5,756,160	4,292,640	2,131,307

*2021 年のデータについては、1～5 月のみが対象。

また、文献調査の結果、Naradau 発電所については、1992 年 10 月に国際協力事業団（現 JICA）により、小水力発電開発計画調査が実施されていることが明らかとなった。当該調査報告書¹¹では、発電量の予測や基本設計などを確認していることに加え、Naradau 発電所に先行して運転が開始されていた Naradau 発電所についても課題等を整理している。本事業では、これらの文献調査及び SESB 社へのヒアリングに加え、より実態に沿った課題等を明らかにするため、コタキナバル市内に支店を持つ旅行代理店の HIS と協力し、サイトのオンライン現地調査を実施した。オンライン現地調査は、Naradau 発電所（取水口を含む）については 2021 年 12 月 6 日、Carabau 発電所については、2021 年 12 月 8 日に実施した。オンライン現地調査の実施方法としては、**図 4-2** に示すイメージの通り、各発電所の主な設備である取水口、沈殿池、水路（陸上パイプラインの場合）、発電所建屋及び関連設備（タービン、放水路入口等）を中心にカメラで撮影するとともに、設備の全体像や位置関係が把握するため、ドローンを活用し、上空からも撮影を実施した。合わせて、現地調査当日は、日本側からリアルタイムで状況を確認するため、可能な限りオンラインで接続し、現地関係者との情報共有を行った。

次項では、両発電所のオンライン現地調査の結果等について整理した。



出典：<https://enechange.jp/articles/hydroelectric-power-generation>

図 4-2 オンライン現地調査実施イメージ

¹¹ https://openjicareport.jica.go.jp/643/643/643_113_11009966.html

4.2.2 Carabau 発電所

■ 取水口

現地調査で取得した図面の一部を図4-3に示す。Carabau 発電所の取水方法としては、河川の底の方から取水を行っている構造となっている。取水口には、バースクリーンが設置されており、大きな石などの障害物は取水しない仕組みになっている。取水した水は、取水口から数メートル離れた沈砂池で砂利などを沈殿させた後、ヘッドタンクへ送水される構造となっている。なお、オンライン現地調査実施日については、雨季であったことから、河川の流量が多い状況であった。



図4-3 Carabau 発電所の取水口周辺の様子

■ ヘッドタンク

取水口で取水された水は、発電所建屋に送水される前に、図4-4に示すヘッドタンクに送水される。ヘッドタンクについては、取水口の位置から車で約20分程度離れた場所に設置されている。ヘッドタンクの容量としては、面積として約3m×9.5m、水深として約1.5mの規模となっており、セメント製となっている。SESB 担当者へのヒアリングによると、沈砂池で落としきれなかった砂や泥が、ヘッドタンクの底に堆積するため、約半年～

8ヶ月程度に1回の頻度でそれらの堆積物を除去する作業を行っている。ヘッドタンクの端に、水が溢れないようにするため、余分な水を放出する水路が設置されており、堆積物の除去についても、この水路を利用している。

ヘッドタンクの水については、その後、Carabau 発電所の発電所建屋に送水される。ヘッドタンクと発電所建屋は約 1.8km 離れており、落差は 200m 程度、水圧としては、約 35bar で送水される。また、ヘッドタンク左側に設置されている屋根付きのデッキにはバルブが設置されており、そこで発電所建屋への送水量を調整する構造となっている。



図 4-4 Carabau 発電所ヘッドタンク

■ 発電所建屋

ヘッドタンクから送水された水は、図 4-5 に示す発電所建屋に送水される。Carabau 発電所には、2 台の 1,000kW 級のペルトン式タービンが設置されている。

一方、SESB 担当者へのヒアリングによると、現状では、発電所への送水量が少なく、2 台のうち 1 台のみの稼働となっている。そのため、現状では、定常的に送水量が少なくなっている理由については、SESB へのヒアリングやオンライン現地調査からは明らかにならなかったため、現在の運用方法（運転マニュアル）や実際の現地調査により把握する必要

がある。

発電機を通過した水は、その後、建屋の外に導かれ、最終的には水路に放出される。また、電気はサイト内の変電器等を通過した後、消費者へと送られる。



図 4-5 Carabau 発電所建屋及び周辺設備

4.2.3 Naradau 発電所

■ 取水口

前述の通り、Naradau 発電所では、Liwagu 川と Mesilou 川の 2 つの河川から取水を行っている。

Liwagu 川の取水口は、**図 4-6** に示すとおりであり、基本的に Carabau 発電所と同様の方法で取水を行う構造となっており、川の底側にスクリーンが設置されている。取水した水は、川に平行して設けられた沈殿池で砂利などを沈殿させる。



図 4-6 Naradau 発電所の Liwagu 川取水口周辺の様子

一方、Mesilou 川の取水口は、**図 4-7** に示すとおり、2015 年に起きた地震によって大きく損傷されており、現状では、取水が行えない状態となっている。現在、SESB により、取水口の修復作業を検討している。

いずれの取水口にも共通して、発電所建屋への送水を調整するためのバルブが設置されており、大雨による洪水が発生した際には、取水スクリーンへの損傷を回避するため、バルブを閉じて、取水は行わない運用となっている。

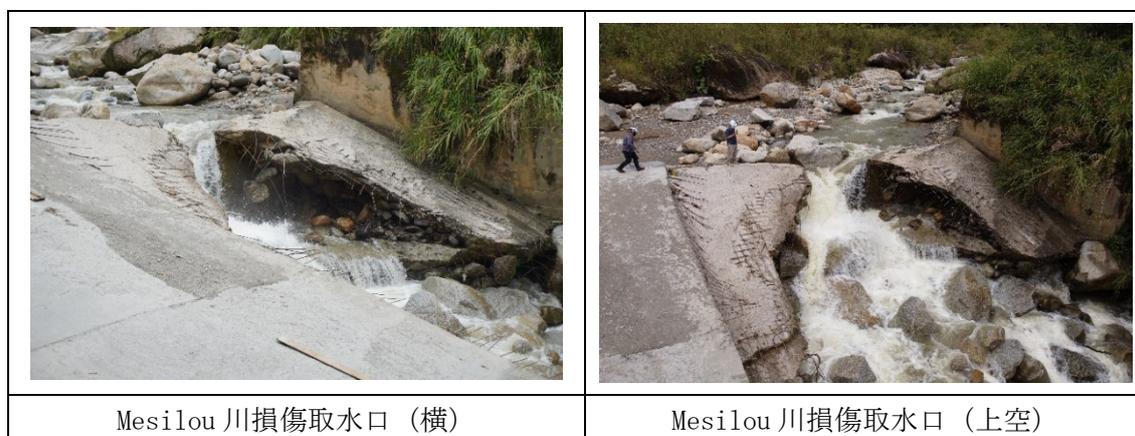




図 4-7 Naradau 発電所の Mesilou 川取水口周辺の様子

■ 発電所建屋

Liwagu 川及び Mesilou 川から取水された水は、各取水口から南に数 100m 離れた場所で合流し、ペンストックに送水され、約 35bar の水圧で Naradau 発電所に送られる（図 4-8）。Naradau 発電所には、2 台の水車タービンが設置されている。前述の通り、現状では、2 つ存在する取水口のうち、1 つが損傷し、取水が出来ていないことから、発電所への送水量が少なく、2 台のうち 1 台のみの稼働となっている。

発電機を通過した水は、その後、建屋の外に導かれ、最終的には水路に放出される。





図 4-8 Naradau 発電所建屋及び周辺設備

4.2.4 課題及び今後の方針

前述のオンライン現地調査及び文献調査、SESB へのヒアリングの結果等の情報から、両発電所において把握できる課題を抽出し、それに対する解決方法を考察した結果を表 4-6 に示す。

表 4-6 両発電所の課題及びその解決方法案

	課題	解決案
設備面	設置されている設備規模に対して発電量の不足している	<ul style="list-style-type: none"> 取水口等から漏水・逸水している可能性があることから、取水設備の機能調査を実施し、必要に応じて改修する。 送水管等から漏水が発生していないか、現地で流量の測定し、必要に応じて補修する。 設備の位置や構造が正しく設置されているか確認し、必要に応じて、回収する。 .

	課題	解決案
	沈砂池の堆砂機能が低下もしくは不足している	・ 洪水発生頻度等の実績に合わせて、堆砂機能を改善する。
	水車タービンが本来の性能を発揮できていない	・ 水車の耐久性等に問題がある場合は、水車を交換する。
	流量の自動調整機能が存在しない	・ ヘッドタンクから発電所の間で通信制御系設備を導入し流量の調整を電動化する。
運用面	オンライン調査で確認できる流量に対して発電量が不足している	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運用マニュアルが存在しているか、存在している場合は正しい運用となっているのか確認し、必要に応じて、日本での運転実績に基づく、ゲートやバルブ操作の条件などに関するマニュアル作成を支援する。 ・ 発電所を運用している SESB 社を対象として、日本の運転方法や課題解決に関するワークショップを開催し、知見を共有する。
保守面	設備の定期点検やメンテナンスの頻度や方法が不十分である	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設備点検マニュアルや頻度について確認し、必要に応じてマニュアル作成を支援する。 ・ 発電所を運用している SESB 社を対象として、日本の運転方法や課題解決に関するワークショップを開催し、知見を共有する。 ・ 現地調査により、取水設備や発電設備のメンテナンスの実施方法を確認・指導する。
データ	主要構造物のレイアウト・仕様・構造寸法及び健全度に関するデータの不足	<ul style="list-style-type: none"> ・ 図 4-9 の現況図が実際の状況と整合しているかの確認 ・ 各構造物の天端高を確認の上、ヘッドタンクにおける発電所の水調運転を想定し、水位～仕様水量の調査
	需要に見合った運転状況であるか不明	・ 現地の電力需要量の確認

上表の通り、両発電に共通する課題として、2台設置されてタービンのうち、1台のみしか稼働していないため、設備の設置規模に対して発電量が大きく不足していることが挙げられる。その要因としては、Carabau 発電所については、タービンの不調、取水量や送水量の不足など、複数の要因が考えられる。一方、Naradau 発電所については、取水口の損傷により、2つある取水口のうち1つしか利用できていないことが原因である。現在、取水口の回復工事を計画しており、改修が完了し、2台のタービンで稼働することで、発電電力量は地震発生以前の水準に回復することが予想される。その一方で、オンライン現

地調査の結果、Carabau 発電所と同様に、漏水や土砂堆積などの課題が存在することから、更なる発電量増加の見込みが考えられる。

適切な発電量の目安を考察するため、オンライン現地調査や文献調査等から得られた情報をベースに、いくつかの仮定を置きながら、Carabau 発電所の概念図を作成し、想定水量に基づく発電出力を算出した。現況の概念図を図 4-9 に示す。なお、Naradau 発電所については、2つの河川から取水しているが、ここでは、1つの取水と仮定することで同概念図を適用できると考えられる。また、取水口からヘッドタンクを繋ぐ導水路及びヘッドタンクから水車を繋ぐ水圧管路の長さ及び直径については、現地から提供されたデータに基づき作成したが、取水堰、取水口、沈殿池、ヘッドタンクのそれぞれの設備に置いて水位 (EL) 及び使用水量 (WL) については、今後、現地調査等により確認し、正確な数値を入力することとした。

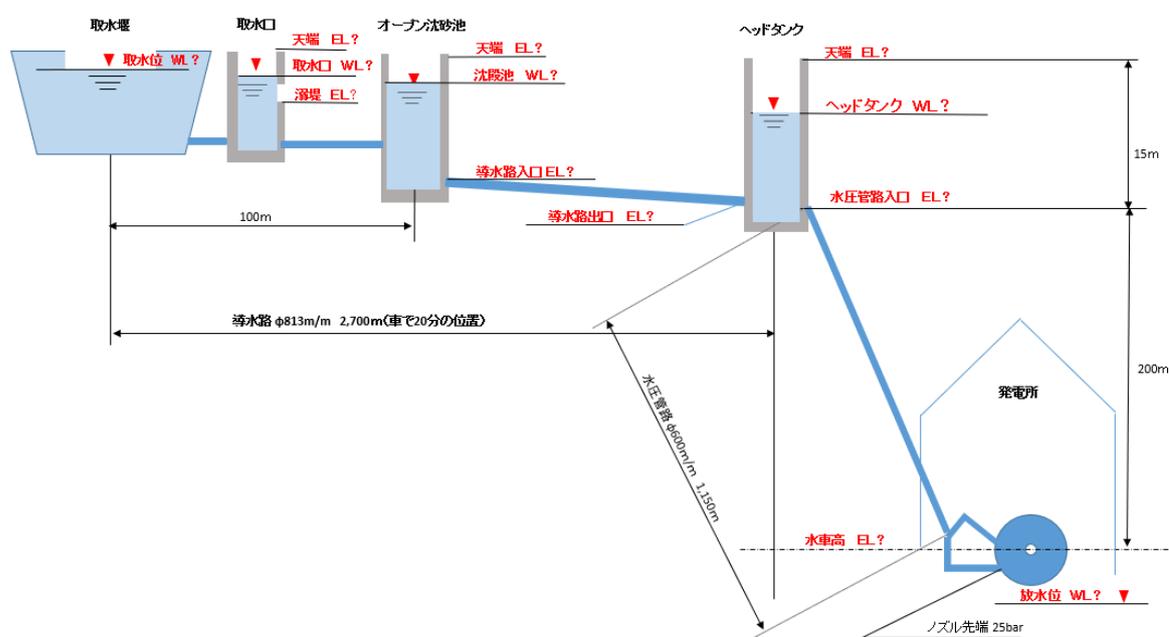


図 4-9 Carabau 発電所の概念図

また、導水路及び水圧管路の仕様については、表 4-7 の通り設定し、同仕様に基づき、使用水量（取水量）に対する導水路及び水圧管路における管内流速及び摩擦損失を表 4-8 の通り算出した。

表 4-7 損失係数の算出

パラメータ	単位	導水路の仕様	水圧管路の仕様
n: 粗度係数 (溶接鋼管)	-	0.011	0.011
D: 水路・管路管径	m	0.813	0.600
L: 水路・管路長さ	m	2,700	1,150
2g	m/s ²	19.60	19.60
f: 損失係数	-	0.016	0.018

表 4-8 使用水量に対する導水路及び水圧管路の管内流速及び摩擦損失

使用水量	導水路(取水口～ヘッドタンク)		水圧管路(ヘッドタンク～水車)	
	管内流速	摩擦損失 hf1	管内流速	摩擦損失 hf2
m ³ /s	m/s	m	m/s	m
0.100	0.193	0.101	0.354	0.221
0.200	0.385	0.402	0.707	0.880
0.300	0.578	0.906	1.061	1.981
0.400	0.771	1.612	1.415	3.524
0.500	0.963	2.514	1.768	5.502
0.600	1.156	3.623	2.122	7.926
0.700	1.348	4.926	2.476	10.791
0.800	1.541	6.438	2.829	14.087
0.900	1.734	8.151	3.183	17.833
1.000	1.926	10.057	3.537	22.021
1.100	2.119	12.173	3.890	26.636
1.200	2.312	14.491	4.244	31.704
1.300	2.504	16.998	4.598	37.214
1.400	2.697	19.720	4.951	43.147
1.500	2.889	22.627	5.305	49.537
1.600	3.082	25.751	5.659	56.369
1.700	3.275	29.078	6.013	63.642
1.800	3.467	32.587	6.366	71.334
1.900	3.660	36.316	6.720	79.488
2.000	3.853	40.247	7.074	88.083

導水路及び水圧管路における摩擦喪失を計上し、その他落差が 2%程度であると想定す

る。また、総落差は約 220m であるため、以下の有効落差が計算できる。なお、水力発電所の合成効率 70%と仮定し、下表の出力が見込めると言える。

$$\text{出力} = \text{重力加速度 (9.8)} \times \text{有効落差} \times \text{合成効率 (0.7)}$$

表 4-9 使用水量に対して見込まれる出力

使用水量	損失総落差	有効落差	出力
m ³ /s	m	m	kW
0.100	0.328	219.672	151
0.200	1.308	218.692	300
0.300	2.945	217.055	447
0.400	5.239	214.761	589
0.500	8.176	211.824	727
0.600	11.780	208.220	857
0.700	16.031	203.969	979
0.800	20.936	199.064	1,092
0.900	26.504	193.496	1,195
1.000	32.720	187.280	1,285
1.100	39.585	180.415	1,361
1.200	47.119	172.881	1,423
1.300	55.296	164.704	1,469
1.400	64.124	155.876	1,497
1.500	73.607	146.393	1,506
1.600	83.762	136.238	1,495
1.700	94.574	125.426	1,463
1.800	105.999	114.001	1,408
1.900	118.120	101.880	1,328
2.000	130.897	89.103	1,222

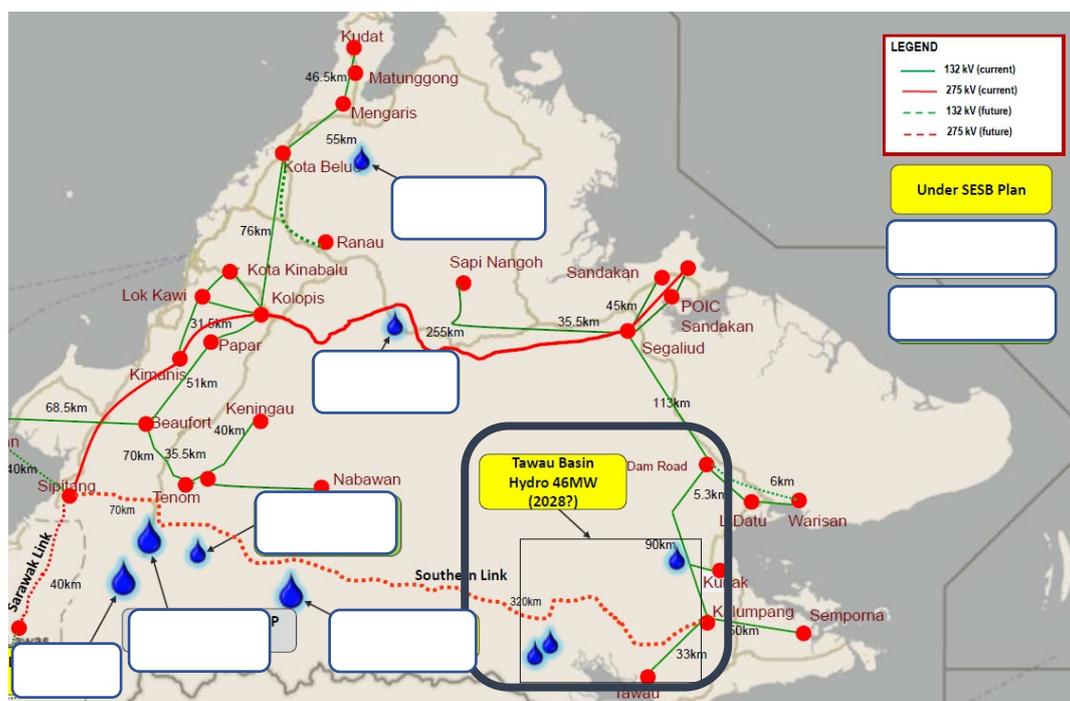
今後は、実際の現地調査も含め、より詳細な調査の実施により、取水可能量や水車の性能等を確認した上で、上記の表を活用しつつ、発電所のリハビリ方針について、SESB と協議をしながら最終決定する方針である。また、Naradau 発電所の取水口の改修についても、今後、2015 年の地震と同様の災害が起こる可能性が起こることを想定し、水路設計や材質の選定について、日本での設計・運転実績に基づき、提案や支援することも想定される。

また、今年度の調査では、設備の改修・交換・追設のハード面以外でも、運転管理や設

備点検・メンテナンス等のソフト面を要因とした設備利用率の低下が生じている可能性も示唆された。次年度は、日本の運転実績や知見に基づく運転マニュアルやメンテナンス・点検マニュアルの作成支援に加え、現地関係者向けのワークショップ実施等により、即効性のある対策も実施できる可能性がある。

次年度は、上記の課題及び解決案を SESB 社としつつ、先方の意向を確認しながらハード面・ソフト面の双方の取組について、具体化していく方針である。

また、前述の通り、SESB 社は、近い将来、天然ガスの購入に係る補助金が再生可能エネルギーの事業に割り当てられる見込みである。こうした状況も踏まえて、SESB 社としては、小水力発電の改修・アップグレードと合わせて、水力発電事業の新設についても検討しているところである。現状では、**図 4-10** に示す、サバ州中央東部の Tawau 水域を活用した 46MW 級の水力発電事業を進めていることから、同事業への JCM 適用も視野に入れ、情報収集及び現地関係者との関係構築を進めて行く方針である。



出典：SESB 社により提供

図 4-10 Tawau 水域及び新規水力発電所の提案位置

4.3 太陽光発電

マレーシア国では、現地の豊富な日射量から、再生可能エネルギー導入の可能性が高いものとして、太陽光発電が候補として挙げられている。また、サバ州は、マレーシア国の中でも日射量が非常に高いことが報告されており、文献では約 $180\text{kWh}/\text{m}^2$ の年平均日射量が

期待できると言われている¹²。こうした背景もあり、コタキナバル市が2019年に発行している「Green City Action Plan : Kota Kinabalu」では、市のエネルギーセクターに係る事業として、公共施設の建物における太陽光パネルの設置が含まれており、優先度も高い(High)ものとして計画されている(表4-10)。

表4-10 コタキナバル市がエネルギー分野で目指す優先事業計画

事業計画	優先度
ソフト面での計画	
市レベルでの効率的な戦略及び実施計画の策定	高い
ハード面での計画	
グリッドに接続した太陽光システムの構築	高い
市の様々な公共施設における5-15kWの太陽パネルの設置	高い
小学校における太陽光パネルの設置(56か所)	高い
インバーター付きの太陽光システムの導入による従来型の電力の代替及び電力平均分配時の補給	中間
病院、ホテル及びレストランにおける給湯器の導入	高い
太陽熱調理器による液化石油ガス(LPG)の代替	中間
学校、ホテル、レストランにおけるスチーム調理器の導入	高い
エネルギー効率の高いエアコン、冷蔵庫、送水ポンプ及び天井ファンの設置	高い

出典：「Green City Action Plan : Kota Kinabalu」2019.

これらも踏まえ、本事業では、コタキナバル市による本計画への取り組み状況及び太陽光発電事業を含む再生可能エネルギー事業を実施に対する意見や要望についてヒアリングを行った。コタキナバル市へのヒアリング概要(表4-11)及びその回答を以下に示す。

表4-11 コタキナバル市へのヒアリング概要(2021年9月13日)

参加者	コタキナバル市(3名)、持続可能エネルギー開発庁(SEDA)(1名)、SESB(1名)、日本エヌ・ユー・エス(3名)
ヒアリング概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 都市間連携事業、JCMスキームの説明 ・ 「Green City Action Plan : Kota Kinabalu」の進捗状況 ・ 公共施設に対する自家消費用の太陽光発電設備導入の意向

¹² F.M Markos and J. Sentian, Potential of Solar Energy in Kota Kinabalu, Sabah: An estimate using a Photovoltaic System Model, Journal of Physics, 2016. (doi: 10.1088/1742-6596/710/1/012032)

■ 「Green City Action Plan : Kota Kinabalu」の進捗状況

ヒアリング時点では、コタキナバル市が事業主体となって導入した太陽光発電設備は存在していない。その理由として、前述の通り、サバ州では、FITが適用されないことから、オフテイカーと直接売電交渉を行うもしくは、自家消費用の設備導入の計画を立てざるを得ないことが挙げられる。また、現状では、SESBの所有するLNGに大きな補助金が充てられているため、発電コストで比較すると、太陽光発電が高価であると認識されているため、大規模な太陽光発電設備の導入計画は市では実施しない方針である。一方、今後、LNGに対する補助金が見直された場合、発電コストが太陽光発電の方が安価になることも考えられる。

また、コタキナバル市では、過去に市内の街灯の電力を太陽光発電により賄う計画の検討も行われたが、夜間に利用するためにはバッテリー等の電力貯蔵設備が必要になり、コスト高となるため、こちらの計画も中止となっている。

4.3.1 太陽光発電導入ポテンシャルサイト選定

前述のヒアリングから、コタキナバル市が主導となつての事業用の太陽光発電設備の導入は困難であることが明らかとなったが、今後の制度見直しや脱炭素化の方針を見据え、本事業では、公共施設に対する自家消費用の太陽光発電設備の導入を優先し検討した。前述のヒアリングにおいて、コタキナバル市が所有もしくは運営に関わる施設や駐車場のうち、自家消費を見据え、昼間での電力消費量が見込める施設についてヒアリングを行い、最終的には、コタキナバル市役所との協議により、**図4-11**に示す3地点を導入ポテンシャルサイトとして選定した。以下では、それぞれのサイトにおいて、導入可能な容量及び年間の推定発電量について試算した結果を示す。

なお、推定発電量の算定方法としては、各候補地点において、Google Earth等を用いて航空写真から設置可能な面積を算出した上で、株式会社日本空調北陸に依頼し、パネルの設置図面及び推定発電量を算出した。



出典：Google Maps

図 4-11 太陽光発電導入ポテンシャルサイト

1) Kota Kinabalu City Hall

Kota Kinabalu City Hallは、図 4-12 に示すとおり、複数の棟から成り立つ建造物であるが、その中でも、比較的最近に建設された最もエントランスに近いメインの建物の屋上が候補地となる。市役所という事で、市民も多く訪れることから、脱炭素化を目指す取り組みのPRとしても効果が最も大きいと考えられる。また、建物の横には大きな平面駐車場も存在することから、ニーズに応じて、カーポート型の太陽光発電設備の導入も検討可能である。



出典：Googlemaps

図 4-12 Kota Kinabalu City Hallの様子

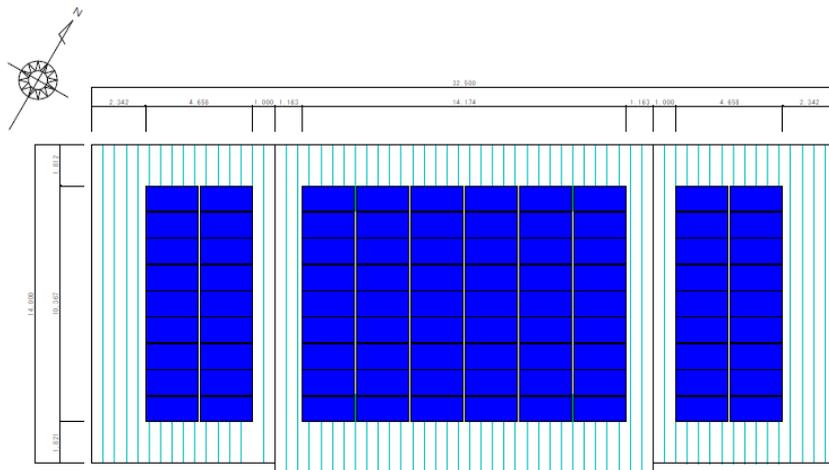
パネルの設置図面は図 4-13 に示すとおりであり、540W のパネルを 32 枚設置すること



出典 : Google Maps

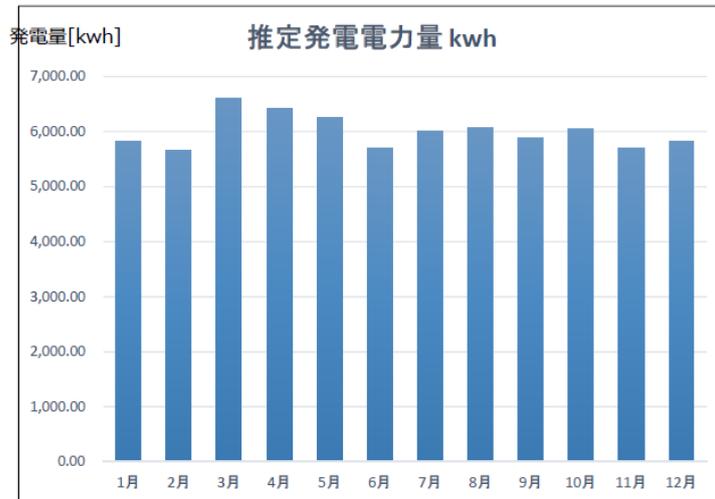
図 4-15 Pasar Tanjung Aru の様子

パネルの設置図面は図 4-16 に示すとおりであり、540W のパネルを 90 枚設置することで、合計 48.6kW の設備を導入可能であることが明らかとなった。また、当外設備による年間の推定発電量としては、図 4-17 に示すとおりで、年間 72,042kWh (設備利用率 16.9%) となる。



出典 : 株式会社日本空調北陸より

図 4-16 太陽光パネル設置図面 : Pasar Tanjung Aru



出典：株式会社日本空調北陸より

図 4-17 推定発電電力量：Pasar Tanjung Aru

3) Anjung Selera

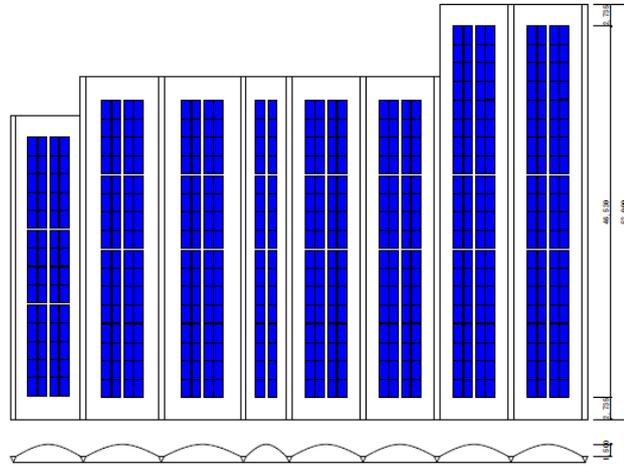
Anjung Selera についても、図 4-18 に示すとおり、市民が多く利用するスーパーマーケットである。海に面していることから、塩害等の課題や、屋根が特殊な形をしていることから、実際に設置可能かは現地確認が必要であるが、比較的面積が大きいことから、他設備より多くの設備の導入が可能である。



出典：Google Maps 等

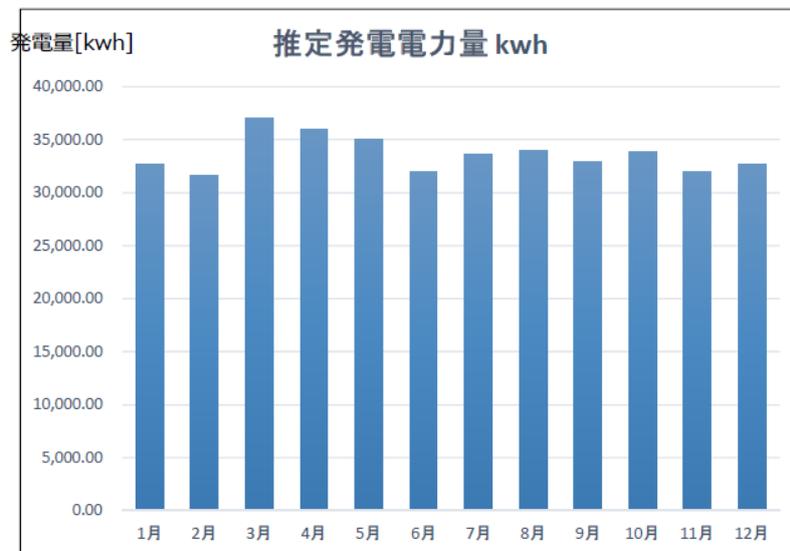
図 4-18 Anjung Selera の様子

パネルの設置図面は図 4-19 に示すとおりであり、540W のパネルを 504 枚設置することで、合計 272.16kW の設備を導入可能であることが明らかとなった。また、当外設備による年間の推定発電量としては、図 4-20 に示すとおりで、年間 403,439kWh（設備利用率 16.9%）となる。



出典：株式会社日本空調北陸より

図 4-19 太陽光パネル設置図面：Anjung Selera



出典：株式会社日本空調北陸より

図 4-20 推定発電電力量：Anjung Selera

それぞれの設備導入により削減できる温室効果ガス排出量としては、表 4-12 に示すとおりであり、法定耐用年数の 17 年では最大 3,656t-CO₂ 削減できる可能性が示唆された。

表 4-12 太陽光発電事業により見込まれる CO2 削減量

候補地点	温室効果ガス削減量 [t-CO2/年]	温室効果ガス削減量 [t-CO2/17年]
コタキナバル市役所	13.65	232.10
Pasar Tanjung Aru	38.40	652.78
Anjung Selera	215.03	3,655.56

4.3.2 今後の検討方針

SESB が公開している資料によると、サバ州における電力消費コストについては、表 4-13 のとおり設定されており、基本料金は存在せず、電力消費量の増加に伴い、従量料金が上昇する方式となっている。

表 4-13 サバ州における電力消費コスト

電力消費量 [kWh/月]	従量料金 [RM/kWh]	従量料金 [円/kWh]
1 から 100kWh まで	0.175	4.73
101 から 200kWh まで	0.185	5.00
201 から 300kWh まで	0.330	8.91
301 から 500kWh まで	0.445	12.02
501 から 1,000kWh まで	0.450	12.15
1,001kWh 以上	0.470	12.69

出典：Tariff Booklet January 2014¹³

太陽光発電の導入メリットを検討するため、コタキナバル市役所の年間電力消費量を確認したところ、年間約 177,000kWh であることを確認した。これを月間の電力消費量にすると、約 14,750kWh/月であり、前述の計算式に基づくと、毎月約 191,000 円、年間約 2,292,000 円支払っていることとなる。前項の想定では、コタキナバル市役所では、17.28kW の設備により、年間 25,615kWh の発電が可能であることから、仮に発電分を全量自家消費した場合、現在の消費電力量の約 15%を太陽光発電により賄えることになる。これを年間削減可能な電力料金に換算すると、年間約 344,000 円削減できることとなる。よって、法定耐用年数である 17 年間の稼働を想定すると、5,850,000 円となることから、メンテナンスコスト等も含め、約 585 万円以下で設備を導入することが出来れば、導入メリ

¹³ [https://www.sesb.com.my/getattachment/835e4583-b2ee-4fa9-ad76-0ea303991620/Tariff-Booklet-\(English\).pdf](https://www.sesb.com.my/getattachment/835e4583-b2ee-4fa9-ad76-0ea303991620/Tariff-Booklet-(English).pdf)

ットが生まれることが明らかとなった。日本国内における屋根置き太陽光発電導入コストは、おおよそ 30 万円/kW 程度とされていることから、仮に同程度の価格することを仮定すると、約 520 万円となることから、導入メリットがあることが想定される。

また、将来的なビジネス展開としては、現在想定している規模での JCM 設備補助事業の適用は難しいことから、例えば、蓄電池、もしくは何らかの需要側にメリットがある設備（例：浄水装置等）と合わせて導入することも選択肢として考えられる。

また、今年度事業では、コタキナバル市内での太陽光発電導入を中心に検討したが、前章のバイオ燃料利活用事業の調査を進める中で、マレー半島に存在するバイオ燃料のオフテイク候補となる事業者と面談した際、屋根置き太陽光の導入について積極的に検討している企業が複数存在したことから、次年度以降については、そうした企業への働き掛けも実施することも想定する。

第5章 再生可能エネルギーを活用した非電化地域の電化事業

コタキナバル市は東マレーシア最大の都市である一方、農村地域では電化の遅れがみられる地域も散在している。これら地域の電化率向上のため、サバ州及びサラワク州では「農村地域電化プログラム」(Rural Electricity Supply (BELB) Programme) を実行し、電化に取り組んでいる。同計画では、電化の方法として、既存の送電線及びグリッドを農村地域に接続すること、もしくは、同地域に直接発電設備を導入する方法の2つの手段が提案されている。一般的に、未電化地域はグリッドから離れた地点であることから、既存グリッドへの接続は費用対効果が低く、後者が選択されることが殆どである。同計画の実施により、2012年末には、サバ州全体の電化率は90.81%まで増加しているが、依然、非電化地域は一定数存在している。

そこで、本応募事業においても、未電化地域の電化に関してモデル事業の検討を行った。具体的には、コタキナバル市中心部から約20kmに位置する未電化村コブニ村である。同村は令和2年度事業において、コタキナバル市との協議を進める中、電化支援の要請を得た地点である。同村は、人口300人弱の村であるが、市域までのアクセスが悪く、電力供給が不安定であり、停電が頻発する状況である。その一方で、コブニ村は、伝統的な生活様式や、熱帯雨林、滝などの観光資源が豊富であり、エコ・ツーリズムスポットとして著名である、コタキナバル市政府は、環境教育を含めた、エコ・ツーリズムの展開を見据え、再生可能エネルギーと電化を組み合わせ、環境に配慮し、伝統的な生活を重んじながらも、住民の生活に不可欠なエネルギー需要に応える仕組みを構築することで、同村をモデル地域化する計画がある。

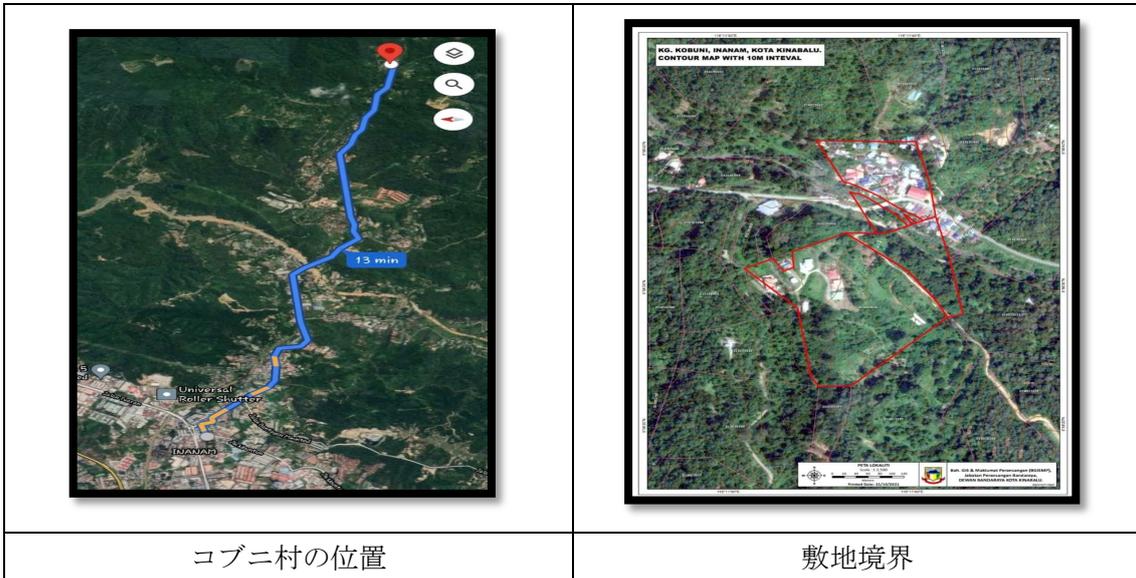
そこで、本都市間連携事業では、コブニ村を対象とし、電力需要に合わせ、小水力発電や太陽光発電等の再生可能エネルギーを組み合わせた電化プロジェクトを検討する。電化を進めることで、教育環境や病院などの医療施設環境の向上、ジェンダーバランスの向上、都市への人口流出防止などの効果が見込まれ、これらはSDGsの観点からも、意義のある取組である。

5.1 コブニ村の概要

コブニ村はサバ州の州都であるコタキナバル市から東に約20km、車で30分ほどの地点に位置している(図5-1)。面積は約28,000㎡、人口は約300名、82世帯が暮らしている。コブニ村には、東南アジア最高峰のキナバル山を源流とするコブニ川とイナナム川の2つの河川が流れており、その美しい自然と独自の文化を活かし、ホームステイなどを積極的に受け入れている(図5-2)。

現在、コブニ村では、新型コロナウイルスの影響で、ホームステイの受け入れが制限されている状況であるが、コブニ村を管轄するコタキナバル市の方針として、今後も、その豊かな自然を活かした環境教育プログラムの設定や近年普及が進んでいるエコツーリズム

の推進に力を入れていく方針である。



コブニ村の位置

敷地境界

出典：現地関係者より受領

図 5-1 コブニ村の位置図

WELCOME
Selamat datang

List of Packages

Day Trip Package

Session 1
9.30 a.m. - 12.00 p.m.

- Welcoming ceremony
- Welcome drink
- Briefing

Session 2
2.00 a.m. - 5.00 p.m.

- Sabahan delicacy making
- Handicraft Making
- Native Storytelling
- Learning the local language
- Lunch / Hi-Tea

Price Per Pax
Malaysian: **RM 65**

Non-Malaysian: **RM 80**

Packages	Price Per Pax (Malaysian)	Price Per Pax (Non-Malaysian)
2 Days 1 Night	RM175.00	RM190.00
3 Days 2 Night	RM240.00	RM260.00

2 Day 1 Night

Day 1 - Activities

- Welcoming ceremony
- Welcome drink
- Briefing and handover to the host family
- Sabahan delicacy making
- Handicraft Making
- Cultural night :
 - Village feast / buffet dinner
 - Sabahan cultural performance

Day 2 - Activities

- Breakfast with host family
- Traditional games
- River / waterfall activities
- Closing ceremony

3 Day 2 Night

Day 1 - Activities

- Welcoming ceremony
- Welcome drink
- Briefing and handover to the host family
- Sabahan delicacy making
- Handicraft Making
- Dinner with host family

Day 2 - Activities

- Breakfast with host family
- Jungle / Hiking activity
- Lunch with host family
- Cultural night :
 - Village feast / buffet dinner
 - Traditional tribal wedding of dusun tribe
 - Sabahan cultural performance

Day 3 - Activities

- Breakfast with host family
- Traditional games
- River / waterfall activities
- Closing ceremony

PRICE INCLUDES

- Accommodation at host family house
- Meals as specified
- Homestay program
- Gift

EXCLUDES

- Optional tour / activities and items not mentioned

REACH US AT

ADDRESS :
P.O.Box 16712 Inanam,
88872 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.

FOR RESERVATION

EMAIL :
homestaydesacinta@gmail.com

CONTACT NO. :
Emilia +60-189655281
Rozita +60-1136971568
Mariam +60-192058969

出典：現地関係者より受領

図 5-2 ホームステイプログラムのパンフレット

5.2 電力利用に関する課題の抽出

前述の通り、コブニ村には 82 世帯が生活していることに加え、ホームステイの受け入

れ等のため、表 5-1 に示すような施設が存在している。

表 5-1 コブニ村に存在する施設一覧

No.	Facilities	No.	Facilities
1	Mosque	11	Public hall
2	Surau	12	Bus stop
3	Non-Muslim Workship place	13	Police station
4	Community hall	14	Playground
5	Clinic	15	Football field
6	Deputy pos	16	Game court
7	Facilities/Banking agents	17	Graveyard
8	Library	18	Street light
9	ICT center/Computer center	19	Public Phone
10	Operational room	20	Recycle facilities

出典：現地関係者より受領

一方、コブニ村は中心市街地から離れた場所に位置していることからグリッドが弱く、電力の安定的な供給が出来ていない状況である。

そこで、本事業では、電力利用に関する課題を抽出するため、現地関係者へオンラインでヒアリングを実施した。ヒアリング結果の概要を表 5-2 に示す。ヒアリングの結果、コブニ村では、住民の生活に必要な電力供給はある程度賄えている一方、住民のイベントやホームステイの活動等で利用する公共施設への電力供給が不足しており、時折停電が発生する状況であることが明らかとなった。

表 5-2 コブニ村関係者へのヒアリング概要（2021年8月12日）

参加者	コタキナバル市役所（1名）、コブニ村の現地関係者（4名）、日本エヌ・ユー・エス（3名）
ヒアリング概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現在、コブニ村では、現地電力公社の SESB から供給される電力を利用している。 ・ 電力の供給状況として、住民の生活に必要な電力供給はある程度賄えており、時折停電は発生するものの、発生率としては、高くない。 ・ 一方で、コミュニティホールやサッカーコート（表 5-1 のうち No. 4、15）等の公共施設は結婚式などのイベントなどでも利用しており、利用率が高く、電気使用量も大きい。 ・ 仮に、再生可能エネルギーを活用できるのであれば、それらの公

	<p>共施設に対して供給してほしい。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ また、ホームステイの受け入れを行う中で、利用者から街灯の少なさを指摘されることが多い。村には川が流れることから、橋もいくつか設置されているが、街灯が少ないと足元が見えず、怪我をするリスクがあることから、街灯の数を増やしたいと考えている。 ・ コブニ村を流れる川に設備を導入する際には、水利権が問題になることはない。
--	---

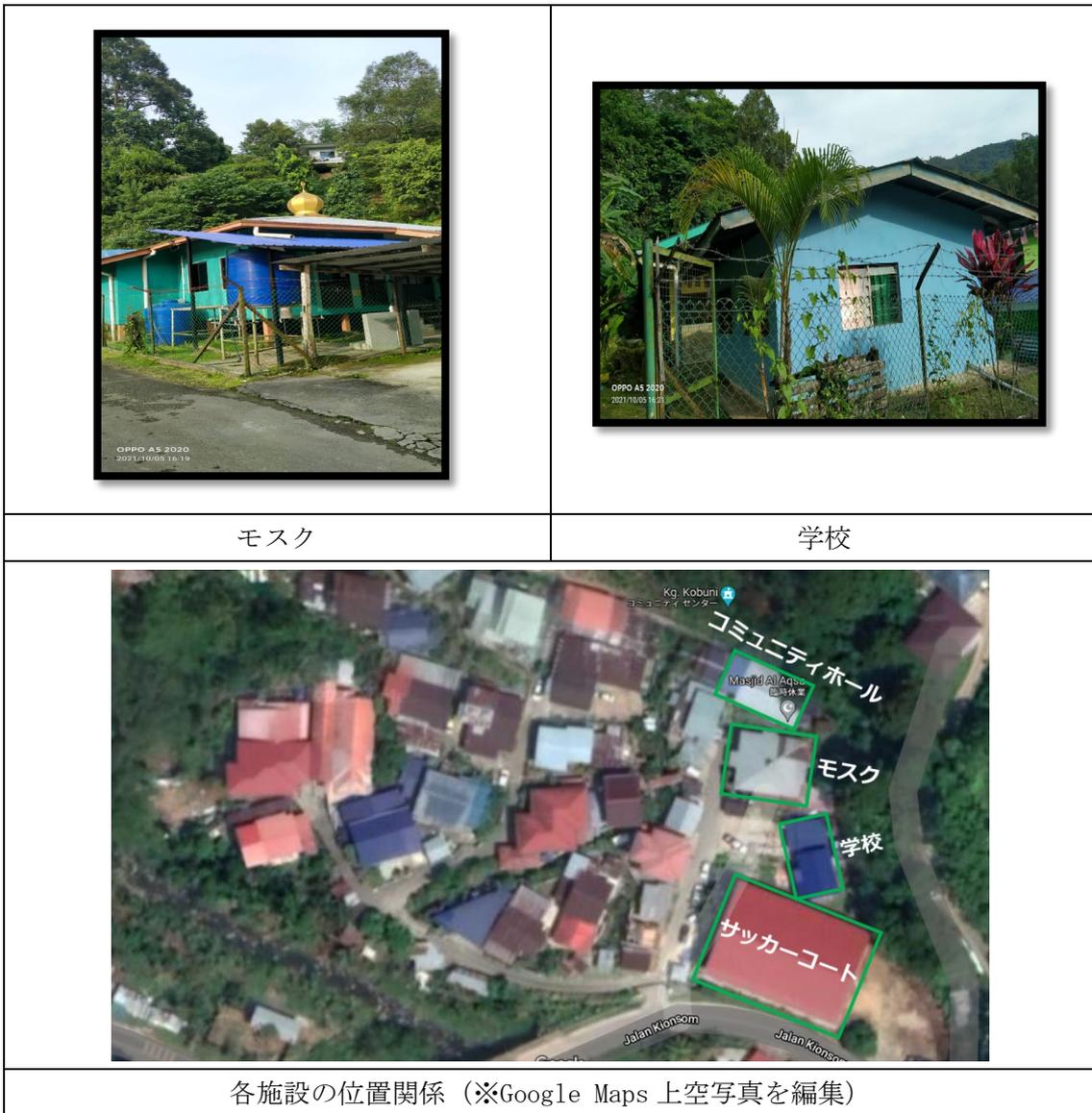
5.3 事業化計画策定に向けた基礎調査

現地関係者へのヒアリング結果も踏まえ、本調査では、現地関係者に対するヒアリング等により、公共施設における電力使用状況や太陽光発電、小水力発電等の再生可能エネルギー導入ポテンシャルがある程度想定される地点について調査した。

5.3.1 電力使用状況

現地関係者へのヒアリング結果等も踏まえ、本調査では、サッカーコート、コミュニティホール、モスク、学校（**図5-3**）を対象として電力使用状況等について調査した。

	
サッカーコート	コミュニティホール



出典：現地関係者より受領

図 5-3 調査対象とした施設の外觀

各施設の電力使用量と主な電力使用用途についてヒアリングした結果を表 5-3 に示す。なお、モスクと学校については、両施設合わせての電力供給契約となっている。最も使用量が多いのは、2021 年 9 月のモスク及び学校で、1 ヶ月で 288kWh となっており、4 施設合計では 2021 年 9 月で 337kWh となっている。主な用途としては、照明がメインであり、その他、コミュニティホール等の室内施設では空調用のエアコンで電力が消費されている。環境省が公表している令和 2 年度家庭部門の CO₂ 排出実態統計調査結果の概要¹⁴（速報値）によると、日本の世帯当たりの年間電気消費量は 4,258kWh であり、これを 1 ヶ月あ

¹⁴ https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/03_R2kateiCO2kekkagaiyou_sokuhou.pdf

なりに換算すると約 355kWh となることから、4 施設の合計の消費量としては、日本の 1 世帯当たりの電力消費量と同程度であり、大規模な再生可能エネルギー発電設備は不要であることが示唆された。

なお、2021 年 3 月は新型コロナウイルスの影響から、マレーシア国内で移動制限等が発生していることから、電力使用量が少なくなっている。そのため、現在ホームステイの受け入れは停止しているが、今後ホームステイの受け入れを再開した場合、電力使用量は 2021 年 9 月の合計値より大きくなると考えられる。

表 5-3 各施設の電力使用量と主な電力使用用途

施設名	電力使用量(kWh)		電力目的
サッカーコート	2021年9月/26.00		・ 照明
モスク、学校	2021年3月 /99.00	2021年9月 /288.00	・ 照明 ・ お祈りのための スピーカー放送 (1日5回)
コミュニティホール	2021年3月 /18.00	2021年9月 /23.00	・ 照明 ・ パソコン ・ エアコン

出典：現地関係者より受領

また、街灯の設置の候補地点としては、現地へのヒアリングの結果、図 5-4 に示すような、階段や橋の付近について要望があった。



出典：現地関係者より受領

図 5-4 街灯設置の候補地点

5.3.2 再生可能エネルギー導入ポテンシャル

前述の通り、コブニ村における需要電力量は最大でも一か月あたりで 500kWh 程度である。そこに街灯の消費電力分を考慮しても、日本の世帯当たりの使用量で計算すると 2 世帯分程度の需要となる。そのため、大規模な発電設備の設置は不要であり、太陽光発電の場合、屋根置き太陽光発電で 10kW 以下、小水力発電の場合で 2kW 以下の設備で賄えると考えられる。電力の消費時間帯を考慮すると、昼間の時間帯の利用が多いと考えられる公共施設については屋根置き太陽光発電、夜間に利用する街灯については小水力発電の導入によりハイブリッドな発電システムの構築が有益であると考えられることから、本調査では、現地関係者へのヒアリング及び現地関係者のスマートフォンで撮影したオンライン現地調査により、導入ポテンシャルがある地点を抽出した。

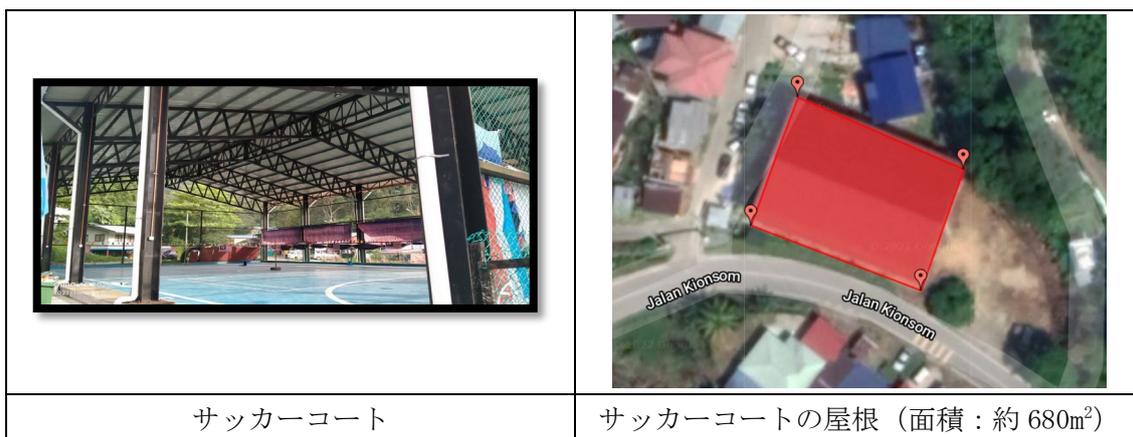
1) 太陽光発電

Google Maps の航空写真を確認したところ、コブニ村内で最も屋根の面積が大きい設備は前述のサッカーコートであり、屋根の面積としては 680m² となる (図 5-5)。ここで、シャープ社が販売している家庭用の屋根置き太陽光発電 (NQ-254BM¹⁵) の場合、パネル 1 枚当たりの出力が 254W であることから、仮に 10kW の設備を設置する場合、40 枚のパネルが必要となる。また、パネルの寸法としては 1,265×1,055×46mm であることから、必要な

¹⁵ <https://jp.sharp/sunvista/products/module/254bm/spec/>

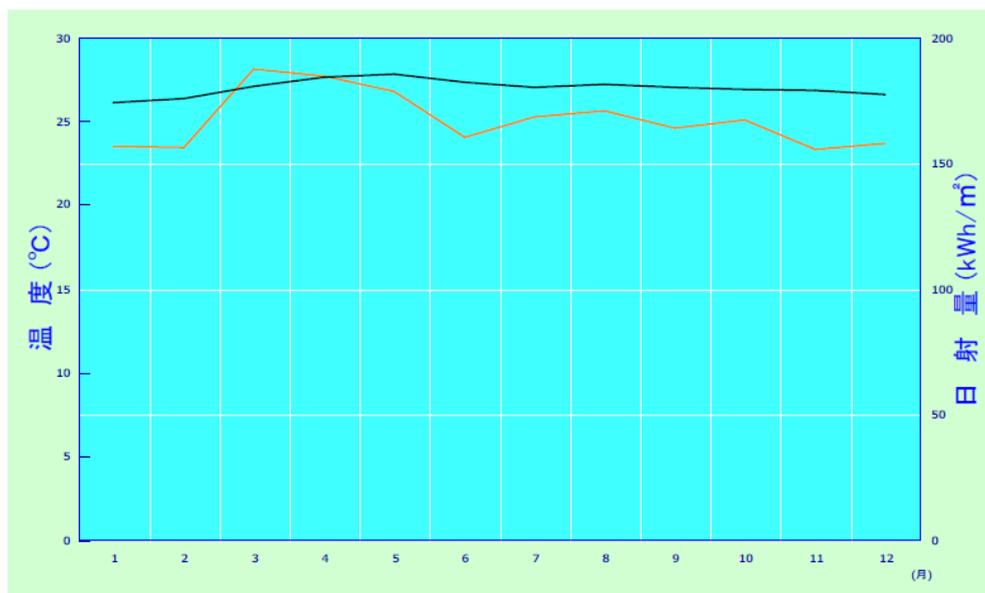
面積としては 53.4m² となり、サッカーコートの屋根の面積で十分設置可能である。推定発電量としては、コタキナバル市の日射量データ（図 5-6）をベースに算出すると、年間約 15,000kWh となり、必要需要量を十分賄うことが可能であることが示唆された。

一方、太陽光発電設置には、屋根及び建物の強度や耐荷重性が必要となる。今回の試算では、1枚当たりのパネル重量が 16.5kg であることから、40枚の総重量は合計 660kg となる。サッカーコートの耐荷重性については、現時点では、設計図書等が整理されていないことから、実際に現地へ赴いての調査等により確認が必要となる。



出典：Google Maps 及び現地関係者より受領

図 5-5 太陽光発電ポテンシャルサイト：サッカーコート



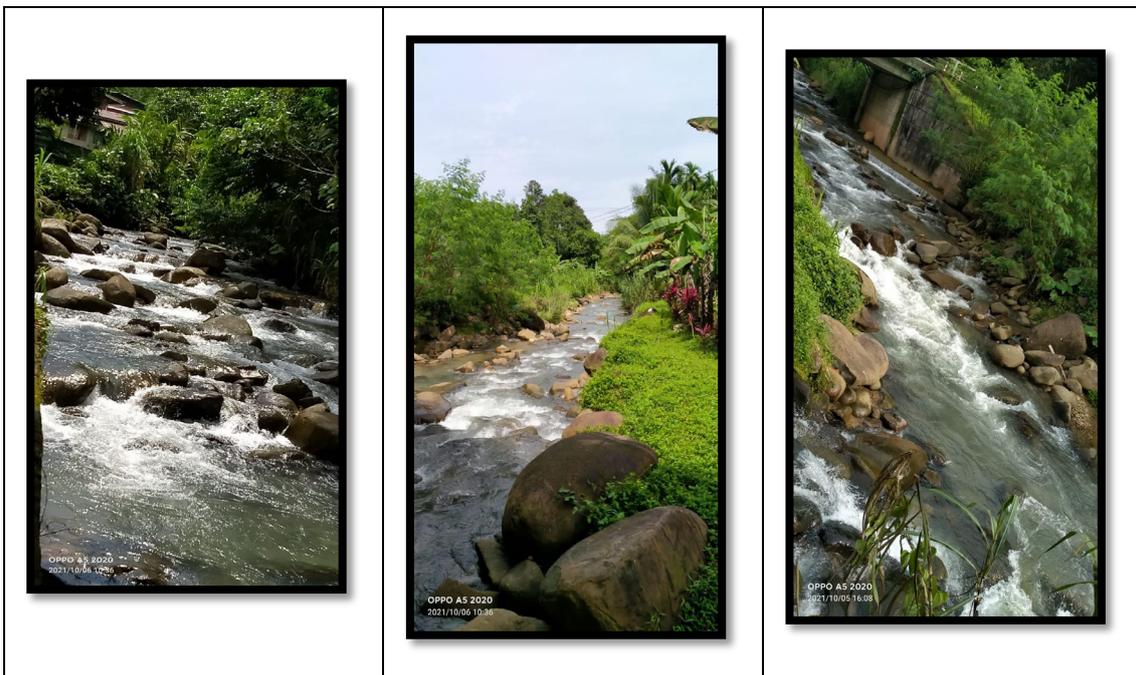
出典：株式会社日本空調北陸より受領

図 5-6 コタキナバル市の日射量データ

2) 小水力発電

前述の通り、コブニ村には、コブニ川とイナナム川の2つの河川が流れている。現地関係者へのヒアリングによると、イナナム川については、年間を通じて一定以上の流量を確保できる一方、コブニ川については、乾季にはほとんど流量が無くなる時期があることが明らかとなった。よって、本調査では、小水力導入ポテンシャルサイトとしてイナナム川を選定した。

イナナム川の様子を撮影した様子を図5-7に示す。一般的に、小水力発電の導入ポテンシャルを定量的に把握するためには、流量及び有効落差のデータが必要となるが、過去に測定したデータが存在しないこと及び新型コロナウイルスの影響により、現地へ赴いての現地調査が困難であったことから、現地から受領した写真や動画を基に、小水力利用事業の普及展開や小水力利用推進に関する調査研究を行っている、「全国小水力利用推進協議会」に対してヒアリングを実施し、必要電力量を賄うために必要な2kWの小水力発電設備の導入可能性について確認した。ヒアリングの概要は表5-4に示す通りである。ヒアリングの結果、2kW程度の設備であれば、イナナム川でも十分設置可能な流量があることを確認した。今後、より詳細な設備設計を行うためには、現地へ赴いての調査等が必要となる。



出典：現地関係者より受領

図5-7 イナナム川の様子

表 5-4 全国小水力利用推進協議会へのヒアリング概要 (2021 年 11 月 22 日)

参加者	全国小水力利用推進協議会 (1 名)、日本エヌ・ユー・エス (2 名)
ヒアリング概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 過去に、ミャンマーの村で JICA の ODA/案件化で実施した際は、1kW で村全体の電気を賄える程度であった。現在、コブニ村はミャンマーの村よりは、生活レベルは少し高いと思われる。 ・ イナム川の写真を見る限り、河川内の岩に水しぶきがあがっている様子が確認できる。これより、10 cm 程度の落差があることが想定でき、それが写真内で確認できる範囲で 3 ヶ所存在することから、約 30 cm の程度の落差が存在すると想定できる。 ・ 流量としても、写真から 1m³/s 程度はありと想定されるため、2kW 程度の発電設備であれば、十分設置可能だと考えられる。 ・ 今後、より詳細なデータを推定する場合、地域の年間雨量のデータ、水源の集水域の面積の算出、雨が降ったりやんだりする頻度等のデータがあれば、流量や設置可能な設備容量をより正確に把握することが出来る。 ・ また、街灯を設置する場合は、別途、送電線や電柱について考慮する必要があり、それが課題になると想定される。ミャンマーでは現地の竹を利用し、簡易的な電柱を作成した。

5.4 事業モデル案の策定

前述の通り、コブニ村で必要としている電力需要量としては、日本の 1 世帯当たりの消費電力量の 2 世帯分程度にとどまることから、JCM 設備補助事業を活用したビジネス展開を想定するにはスケールが小さいことが明らかである。その一方、サバ州内には、コブニ村と同様、中心市街地から離れていること等の要因からグリッド接続状況が悪い地域が多く存在し、中には、住民の生活に必要な電力供給が行えていない地域も存在することを、文献調査やコタキナバル市へのヒアリングから把握している。そうした観点から、コブニ村を、再生可能エネルギーを活用した電力自立地域のモデルとして確立し、他地域へ横展開することにより、結果として、大規模に再生可能エネルギーの普及が可能となる。また、中心市街地から離れている地域への電力供給については、サバ州の場合、電力会社の SESB 社が責任を負う事になり、グリッド接続のコスト等が経営に大きな影響を及ぼすことになるが、再生可能エネルギーを活用し、グリッドから独立することで、SESB 社のコスト負担が減少するというメリットも存在する。

また、現在、新型コロナウイルスの影響により受け入れを停止しているものの、コブニ村には、ホームステイの学生を始めとした観光客が多く訪れる。よって、ホームステイプログラム等に再生可能エネルギーを活用した環境教育プログラムを追加することで、結果

として、世界的に再生可能エネルギー活用の意識付けが行えることが想定される。

上記の理由から、本プロジェクトはSDGsの目標4（質の高い教育をみんなに）、目標7（エネルギーをみんなにそしてクリーンに）、目標11（住み続けられるまちづくりを）、目標13（気候変動に具体的な対策を）、目標17（パートナーシップで目標を達成しよう）の実現への寄与が大きく、有意義なプロジェクトであると考えられる。そこで、本項では、類似の先行事例を整理するとともに、今後のプロジェクト実施方針等について整理した。

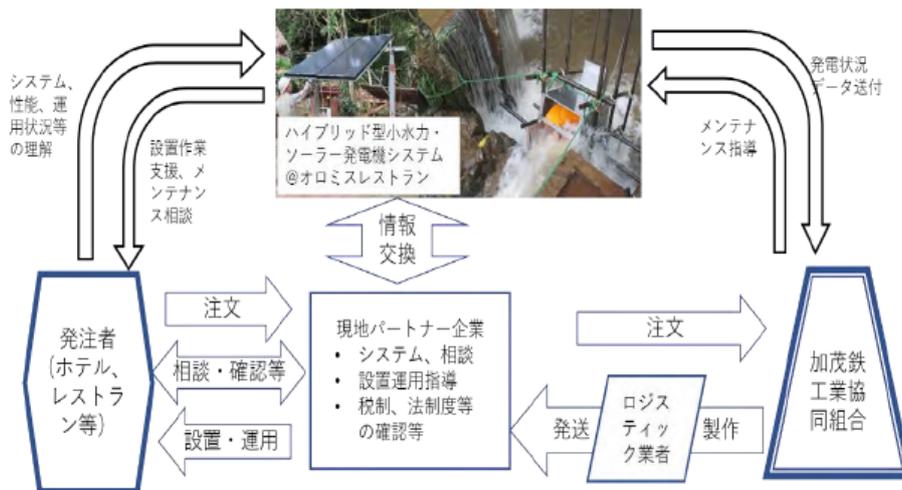
5.4.1 類似の先行事例

1) カンボジア国螺旋式マイクロ水力発電機による無電化・電力不足地域への電力支援 基礎調査（独立行政法人国際協力機構、平成30年1月）¹⁶

同事業成果報告書によると、カンボジア国のモンドルキリ州の州都センモノロム市の開発課題として、慢性的な電力不足と送電線から外れている無電化村の存在があげられており、センモノロム市内は電力網による電力供給が拡大しているが、中心部から離れた地域や少数民族が居住する山間部の農村はそのほとんどが無電化村であり、それら地域にどのように電気供給するかが課題となっていた。そこで、同調査では、小水力発電を中心とした再生可能エネルギーを活用した電力供給により、照明の設置による生活の質の改善のみならず、コーヒーや胡椒などの地場産業の振興、センモノロム市が推進しているエコツーリズムの振興、更には電力事業に係る雇用の増大など、地域産業への貢献を期待し、実施されたものである。

同調査では、加茂鉄工業協同組合、加茂商工会議所が連携し、「Tech×Tech KAMO」を組織し、石川県立大学との連携下（実施体制：図5-8）で、図5-9に示す地域分散型エネルギー供給システムの確立を目指し、マイクロ小水力発電機の開発・実証事業実施している。

¹⁶ <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12303285.pdf>



出典：同調査業務完了報告書より

図 5-8 実施体制図



出典：同調査業務完了報告書より

図 5-9 地域分散型エネルギー供給システム

同調査では、水力発電技術として、螺旋式マイクロ水力発電機を導入している（図 5-10）。実際に導入された設備は太陽光発電も併存するハイブリッド型に改良されたものであり、以下のような特徴を有しているとされている。

- 1) 他社製品に比較し、低落差・低水量でも高効率な発電が可能
- 2) 螺旋型の羽根によって、ゴミを容易に流下せしめ、メンテナンスが容易
- 3) 100kg 以下の軽量製品のため可搬性に優れ、大規模な設置工事が不要
- 4) 太陽光とのハイブリッド化により、昼夜、乾季・雨季を問わず発電が可能。



出典：同調査業務完了報告書より

図 5-10 設置された設備

成果報告書によると、実際の発電量としては、小水力で 1.085kWh/日、太陽光で 0.306kWh/日の合計 1.391kWh/日で、輸送費や設備工事費等も含めた総コストとしては 124 万円となっており、投資回収には 30 年以上を要すると報告されている。一方で、事業を通じて、期待される効果として、環境客に対するエコツーリズム推進のきっかけとなることや、それに伴う地域経済の発展の可能性についても言及されている。

2) フィリピン國小水力発電を利用した未電化地域開発普及・実証事業¹⁷（独立行政法人国際協力機構、平成 28 年 6 月）

同事業成果報告書によると、フィリピンは高い山岳地帯を抱え、かつ多雨エリアという水力発電には地理的・気候的好条件を備えていることを踏まえ、東ミンドロ地域をモデルサイトとして小水力発電の導入による未電化地区への電力供給、および余剰電力を利用して、上水設備が整備されていないモデルサイトへの飲料水供給、ならびに観光地への照明設備設置、低公害型の電動交通機器等の導入を行うことにより、衛生や交通環境の改善、観光の振興を目的としたコミュニティ開発を行うものとされている。

上述の目的の実現に向け、同事業では、小水力発電（2 機）に加えて、小規模飲料水浄化システム、省エネ LED 照明、電動トライシクルを導入し、需要サイドのエネルギー有効利用を含めた実証事業を実施している。

同プロジェクトでは、喜多機械産業が中心となり、中国電力、NPO 法人アジア日本相互交流センター、アンジェロセックと連携しながら、各供給先から機器を購入し、事業を実施している（図 5-11）。

¹⁷ <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12261830.pdf>



出典：同事業業務完了報告書より

図 5-11 実施体制図

成果報告書によると、同事業で導入された製品とその特徴は、それぞれの通りであり、実際の写真は図 5-12 の通りである。

1) 阿南高専学内ベンチャー製小水力水車発電機

出力 1kW の横軸プロペラ水車であり、プロペラ水車を流水中に設置することで発電が可能となる。低落差、低流量での発電が可能であり、設置にはほとんど土木工事を必要としないため、施工が容易であることが特徴である。価格としては、約 350 万円程度とされている。

2) デンヨー製小水力水車発電機

出力 5kW のクロスフロー水車であり、低流量 (0.02~0.04m³/s)、中程度の落差 (10~30m) が適用範囲となっている。発電機本体と受水槽、塩化ビニール製の導水管等で発電システムを構成することが可能であることから、価格として、約 300 万円程度と同クラスの製品と比較し安価であることが特徴とされている。

3) 喜多機械産業製小規模飲料水浄化システム

急速濾過方式の浄水装置であり、毎分 5L の水を浄化可能である。濾過材の洗浄機能を搭載していることから、長期的に使用が可能であることが特徴である。価格としては、約 220 万円とされている。

4) 東西電工製省エネ LED 照明

消費電力が通常の水銀灯と比較して、約 75%の省エネ効果があることに加え、寿命が 6 万時間 (約 16 年) と長寿命であることが特徴である。価格としては、スポットライトや

街灯、防犯灯等 10 台で約 33 万円とされている。

5) BEMAC 社製電動トライシクル

乗車定員 6 人の電動 3 輪自動車である。リチウムイオン蓄電池を搭載し軽量化をはかりつつ、起伏の多い道路にも耐えうる強度、走行距離を実現している。価格としては、約 235 万円とされている。

	
<p>阿南高専学内ベンチャー製小水力水車発電機</p>	<p>デンヨー製小水力水車発電機</p>
	
<p>喜多機械産業製小規模飲料水浄化システム</p>	<p>東西電工製省エネ LED 照明</p>
	
<p>BEMAC 社製電動トライシクル</p>	

出典：同事業業務完了報告書より

図 5-12 導入された製品

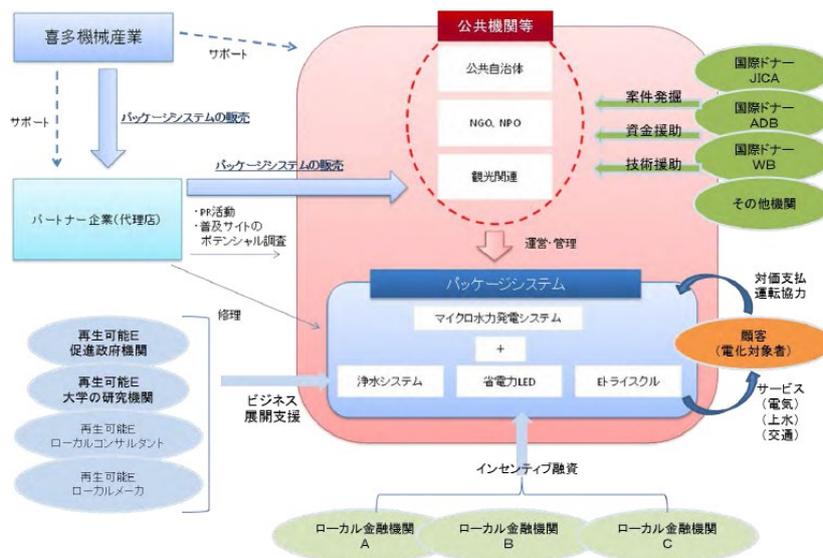
このように、同プロジェクトでは、発電された電力の利用側も含めて、現地の課題解決に向けた1つのシステムとしての提案を行い（図5-13）、実証を行う事により、普及展開を目指していることが特徴である。



出典：同事業業務完了報告書より

図5-13 同事業で提案されているパッケージシステム導入イメージ

また、ビジネス展開に向けては、JICA や ADB、世界銀行などの国際ドナーによる資金援助も含めて、図5-14 に示すモデルを提案されている。



出典：同事業業務完了報告書より

図5-14 同事業で提案されているビジネスモデル案

5.4.2 プロジェクト実施方針

前項に示した先行事例の特徴を踏まえると、本事業で検討している、コブニ村における再生可能エネルギーを活用した電化プロジェクトの実現に向けて、以下のポイントが、実現に向けた課題になると考えられる。

- ・低流量、低落差でも発電可能なシステムの採用及び設備の開発
- ・発電設備の設置に係る工事や施工の容易さ
- ・メンテナンスの容易さ
- ・発電した電力の利用方法も含めたシステムの提案
- ・地場産業や地産品と連携したプロモーション
- ・地元住民や企業を巻き込んだプロジェクトの推進

上記も踏まえ、次年度以降は、富山市内の大学であり、小水力発電を中心として再生可能エネルギーの普及にも力を入れている富山国際大学と連携し、現地の電力供給以外の課題解決も見据えたプロジェクトの開発を目指す方針とする。具体的には、図5-15に示すとおり、小水力発電や太陽光発電等の再生可能エネルギーの普及を中心としつつ、現地の課題解決につながるような電力利用先の検討や環境教育プログラムの開発も含めたプロモーション方法の検討、他地域への横展開方法の検討等について並行して実施し、2024年度設備導入を目指す。

なお、次年度以降のプロジェクト実施に向け、2022年3月2日に開催したコブニ村とのワークショップ（詳細は6章にて記載）では、富山国際大学からも2名参加いただき、過去に同大学で実施した国際協力プログラムの内容の紹介や次年度以降のプロジェクト実施方針についても共有し、現地関係者から、賛同の意を確認している。

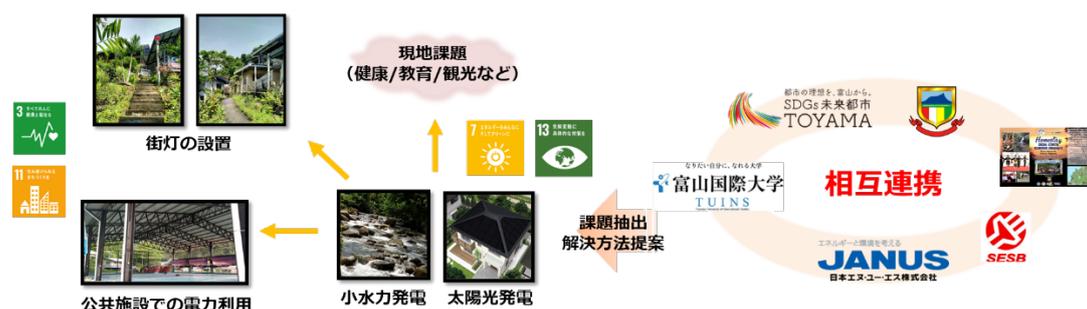


図5-15 今後のプロジェクト実施イメージ

第6章 都市間連携活動

6.1 都市間連携活動概要

今年度事業における都市間連携活動概要は表6-1に示す通りである。今年度も新型コロナウイルスの影響により、現地へ渡航しての現地調査やヒアリングが出来なかったため、現地自治体や関係機関、関係企業との連携活動については、全てオンラインで実施した。

表6-1 都市間連携活動の概要

開催日	参加者（事業者）	関連事業	議題
2021年9月6日	OECC、JGC、JANUS	バイオ燃料	クレジット制度に関するヒアリング
2021年9月6日	コブニ村、JANUS	電化	電力利用状況に関するヒアリング
2021年9月13日	コタキナバル市、JANUS	太陽光	太陽光発電導入候補地に関するヒアリング
2021年10月18日	マレーシア大使館、富山市、JANUS	共通	都市間連携事業のご紹介、協力依頼
2021年10月22日	コブニ村、JANUS	電化	電力利用状況及び再エネポテンシャルに関する協議
2021年10月25日	SESB、JANUS	小水力	今年度業務の進め方に関する協議
2021年11月10日	コタキナバル市、JANUS	太陽光	太陽光発電導入候補地に関するヒアリング
2021年11月15日	IRDA、JANUS	バイオ燃料	BRT計画の進捗に関するヒアリング
2021年11月30日	コブニ村、JANUS	電化	再エネ電化に関する先行事例の紹介
2021年12月6日- 2021年12月7日	SESB、HIS、JANUS	小水力	オンライン現地調査
2021年12月9日	IRDA、コタキナバル市、コブニ村、SESB、富山市、JANUS	共通	オンラインツアー（富山）
2021年12月13日	IRDA、NEUTO、JANUS	バイオ燃料	脱炭素公共交通実現に向けた方針に関する協議、水素活用技術の紹介
2021年12月20日	FGV、JANUS	バイオ燃料	バイオ燃料利活用事業の紹介
2022年1月27日	SESB、Energy Commission、JANUS	再エネ	再エネビジネスに関する政策・制度のヒアリング
2022年2月17日	IRDA、コタキナバル市、富山市、日本空調北陸、北酸、北電技術コンサルタント、JANUS	共通	ワークショップ

2022年2月17日	コタキナバル市、IRDA、富山市、日本空調北陸、北酸、北電技術コンサルタント、JANUS	共通	ワークショップ
2022年3月2日	コタキナバル市、コブニ村、富山市、富山国際大学、JANUS	電化	ワークショップ

6.2 セミナー

前述の通り、令和2年度に引き続き、今年度事業においても、新型コロナウイルスの影響により、現地へ渡航できなかったため、イスカンダル地域、コタキナバル市それぞれとオンラインでのワークショップセミナーを以下の通り開催した。

6.2.1 IRDA とのワークショップセミナー（2022年2月17日）

表6-2にワークショップの議事概要を示す。

表6-2 IRDA とのワークショップセミナーの議事概要

日時	2020年2月17日（木）15：00～17：00	
場所	Web 会議（ZOOM）	
参加者	マレーシア	IRDA, Nueto Group
	日本	富山市、北酸、北電技術コンサルタント、日本空調北陸、JANUS

1. Opening Remarks

富山市より、開会の挨拶において、都市間連携事業の経緯、富山市のゼロカーボンシティ宣言、日本の2050年カーボンニュートラル宣言について紹介があった。

2. Special Remarks

調査の継続と2024年に案件の具体化を目指す意向、ハード面だけでなくソフト面（QOL向上等）も含めた富山市からのノウハウ伝承への要望等について言及があった。

3. Study Report

JANUSより、令和3年度の調査結果、協力依頼事項について説明した。質疑内容を以下に記載する。

- ・ IRDA：クリチバもボゴタもBRT導入検討開始時2009年からベンチマークとしていた。ボゴタについては市長と何度も面談している。Trans Milenioも成功事例としてずっと見てきた。Malaysia Transportation Blueprintでも参照している。

4. Technology introduction

Neuto group及び北酸より、水素関連技術の紹介があった。

5. Comment and Discussion

- ・ IRDA：本調査の次のステップはどう考えているか。
→JANUS：バイオ燃料については、工業利用を今後検討する。電気バスの導入後、残りの270台のバスにNeutoや北酸の技術を組み合わせたい。
- ・ IRDA：水素の利用可能性について、どう考えるか。
→JANUS：どの技術が適しているかは今後検討が必要である。Simple Fuelはコンパクトな装置であるため、大規模なインフラが不要であり、経済性の検討がしやすいと考えている。
→北酸：自立型かつコンパクトという特徴を生かし、各地域に設置するのがよいと考えている。
- ・ JANUS：イスカンダルでは水素の導入について検討は進んでいるか。
→IRDA：水素に関する特定の方針はない。マレーシア中央政府でルールメイキング中であるが、完了するのは2030年以降だろう。また、Neutoの技術導入に向けて、バスオペレーターと交渉中である。バスオペレーターの理解が得られれば非常に有用な技術であると思う。
- ・ IRDA：ディーゼル使用量削減実現に向けた手段のひとつが、電気バスの導入である。ただし、電気バスは導入コストが非常に高く、8年間で段階的に導入する計画である。電気バス以外の技術も、脱炭素を達成できる技術であれば歓迎する。すべ

ての技術において供給～利用をどのように賄うのか、教えてほしい。水素、Neuto、北酸の技術についても理解を深めていきたい。

→JANUS：ご指摘のとおり、インフラ整備が課題である。その課題をクリアするため、まずは広くバイオ燃料を普及する方策を検討したい。それと併せて水素関連の技術も検討したい。

6. Closing

富山市環より、閉会の挨拶があった。

写真



6.2.2 コタキナバル市とのワークショップセミナー（2022年2月17日）

表6-3にワークショップの議事概要を示す。

表6-3 コタキナバル市とのワークショップセミナーの議事概要

日時	2022年2月17日（木）10：00～12：10	
場所	Web 会議（ZOOM）	
参加者	マレーシア	Kota Kinabalu city hall、SESB
	日本	富山市、北酸、北電技術コンサルタント、日本空調北陸、JANUS

1. Opening Remarks

富山市より、開会の挨拶において、コタキナバル市との連携の経緯、富山市のゼロカーボンシティ宣言、日本の2050年カーボンニュートラル宣言について紹介があった。

2. Special Remarks

コタキナバル市役所より、コタキナバルの再生可能エネルギー資源（風力、水力、太陽光）の活用への意向、サバ州の他地域への横展開への期待、などに言及があった。

3. Study Report

JANUS より、令和3年度の調査結果について紹介した。

- ・ コタキナバル市：今回算出したコストは導入コストと理解しているが、メンテナンスコストはどの程度かかるか。
→JANUS：今回の発電規模では大規模なメンテナンスは必要ない。導入後10年程度で設備交換に約10万円のコストを要する。
- ・ コタキナバル市：コタキナバル市の建物は古く、設備の重さを今後検討する必要がある。
→JANUS：現状検討している建物は比較的新しいが、設備の重さと建物の耐久性についても今後留意する。
- ・ コタキナバル市：コタキナバル市役所を立て替えた場合、太陽光パネルの移設は可能か。
→日本空調北陸：移設可能だが、取り外し・移設にはコストがかかる。

4. Initiatives Introduction

SESB より、SESB としての脱炭素へのコミットメントについて紹介があった。

- ・ コタキナバル市：2017年以降に導入された SELCO 事業のメリットは何か。
→SESB：自家発電用に太陽光発電を設置すると、グリッド接続よりも安価に電力を購入できるメリットがある。補助金制度ではない。
- ・ コタキナバル市：なぜ太陽光発電の導入率は20%に制限されてしまうのか。
→SESB：電力は需給バランスを保つことが重要である。太陽光は、不安定かつコントロールができないため、他の発電技術も導入する必要がある。太陽光発電の割合を計算したところ、20%となった。水力は安定していることに加え、需要量に応じてコントロールも可能である。バイオマスは原料の性質により変動がある。
- ・ コタキナバル市：排出係数がサラワクで低く、マレー半島で高い用意は何か。

→SESB：これはエネルギーミックスによる差である。マレー半島は半分が石炭火力、残りは水力発電とガス火力である。一方、さらにサワラクは水力が80%を占める。

- ・ コタキナバル市：コタキナバル市役所で太陽光発電設備を導入する場合の許認可手続きについて知りたい。

→SESB：まずは SESB に連絡いただければ対応する。追ってガイドラインを提供する。またエネルギー委員会にも申請が必要。

- ・ JANUS：許認可手続きに進む前に都市間連携事業にて調査を進める。

→コタキナバル市：日本から EPC コントラクターを呼ぶためには新たな許認可が必要となる場合があるので、留意してほしい。

5. Comment and Discussion

- ・ JANUS：コタキナバル市役所への太陽光発電設備の導入意思を確認したい。また、学校の屋根などへの導入についてどう考えるか。

→コタキナバル市：コタキナバル市役所への導入は魅力的であるが、初期投資が高いことが課題である。政府から補助金を得たい。また、建物が古く、耐久性を懸念している。政府へ補助金を申請する際に、移設可能性が指摘されそうなので、先ほどの質問をした。市役所以外の2つのポテンシャルサイトについては、大きな発電量が想定されており、さらに調査を進めてもよいと感じた。加えて、水処理施設は電力消費量が大きいことに加え、建物の耐久性、設置面積も問題がなく、候補としたらよいと思う。

→JANUS：コタキナバル市役所は規模が小さく JCM 設備補助事業が適用できない。ご紹介いただいた小水力発電所アイデアであれば、日本政府から 50%補助できる可能性もある。今後検討していきたい。

- ・ 北電技術コンサル：小水力発電所の図面など、資料を提供いただくことは可能か。

→SESB：かなり古いプラントであり、図面の提供が難しい。このまま調査を進めていただくことは可能か。

→北電技術コンサル：個人的にはベトナム、ラオス等他地域のプロジェクトを担当した実績もあり、非常に高い関心があるので、是非協力したい。

- ・ 日本空調北陸：コタキナバル市の水処理場はポテンシャルが高いと感じた。太陽光発電設備の導入にあたり、SESB にサポートいただけるのは大変心強い。イニシャルコスト算出についても SESB と議論を続けていきたい。

6. Closing

富山市、コタキナバル市より、閉会の挨拶があった。

	<p>コタキナバル市からは、本調査がモデルケースとなり、他の事業者がプロジェクトを進めるきっかけになってほしいとの意向があった。</p>
<p>写真</p>	

6.3 オンラインツアー

今年度事業についても、新型コロナウイルスの影響により、これまでの都市間連携事業で実施していた現地関係者の本邦受入が困難な状況であった。一方で、富山市の脱炭素に係る活動を見学したい要望等があったことから、大手旅行会社の HIS がコロナ禍をきっかけとしてサービスを拡大したバーチャルツアーの応用を企画し、当社ならびに富山市が関係する3か国5都市を対象として、2021年12月9日にオンラインで開催に至った。当日は、表6-4に示すタイムテーブルに沿って、事前に撮影した動画を用いて富山市の環境技術を紹介し、テーマごとに意見交換を実施した(図6-1)。マレーシアからの出席者及び意見の概要は表6-5の通りであり、小水力や太陽光等の再生可能エネルギーにとどまらず、水素や廃棄物関係等も含め、活発な議論を行うことが出来た。

表6-4 オンラインツアータイムテーブル

日本時間	内容	スピーカー
16:00	開催趣旨説明	JANUS
16:10	環境省ご挨拶	環境省 国際連携課 国際協力・環境 インフラ戦略室
16:15	開会のご挨拶 (VTR)	富山市 藤井市長
16:20	To Achieve global Carbon Neutrality - International Cooperation (VTR)	
16:30	LRT ご紹介 (VTR)	
16:35	質疑	全員
16:45	太陽光発電所及び給排水衛生設備工事現場のご紹介 (日本空調北陸株式会社) (VTR)	
16:50	質疑	全員
17:00	水素ステーションのご紹介 (北酸株式会社) (VTR)	
17:05	質疑	全員
17:15	小水力発電所 (常西公園、東町・東新町公民館小水力発電所) のご紹介 (VTR)	
17:20	質疑	全員
17:30	食品リサイクル設備のご紹介 (富山グリーンフードリサイクル株式会社)	
17:35	質疑	全員
17:45	各地域からのコメント	各地域参加者 (マレ、バリ、スマラン、 イスカンダル、コタキナバル)
18:00	閉会のご挨拶	富山市

表 6-5 マレーシアからの参加者及び意見の概要

マレーシアの参加者からの意見の概要	
■	<p>LRT</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ LRT を導入するための、富山市の政策はどのようなものか。マレーシアに導入する場合、政策が存在しないため、現存の自動車等の交通手段と組み合わせることが難しいと感じている。マレーシアに組み込むことができるとしたら、どのような政策が適しているか。マレーシアでの導入実績についても教えていただきたい。(IRDA) →富山市はコンパクトシティ政策を掲げ、公共交通の活性化により人口を増加させることを狙っている。富山市の抱える高齢化・人口減少の課題を見据えて、政策的対策を講じている。(富山市) ・ シェアサイクルの価格はいくらか。また、誰が運営しているのか。(IRDA) →30 分以内の利用であれば、月に 500 円の登録料のみで利用可能、運営については、民間事業者。富山市は、ハード面の整備（サイクルステーション設置）の際に補助金を出して、側面的な支援をしている。(富山市)
■	<p>太陽光発電</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 太陽光パネルを設置するにあたり、設置場所の基準はあるか、屋根置き太陽光の場合ほどのくらいの面積があれば設置可能か。価格はいくらくらいか。(IRDA) →置場所については、太陽が照っている場所であれば問題はない。建物の屋根や空き地に設置している場所が多い。また、電気を使用する場所が近い方が良い。様々なサイズがあるため、対応可能と考えられる。価格も場所によって変わるため、設置場所の情報がいただけるとありがたい。(日本空調北陸) ・ マレーシアでも敷地内で余っている場所もあるため、そのように活用ができるとありがたい。(IRDA)
■	<p>水素ステーション</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ マレーシアでも現在水素を自動車の燃料として活用する事業を実施しているが、充填させる時の装置が大きくなってしまいう課題があるため、マレーシアでは活用が進んでいない。富山市において水素を活用することは、政府からの補助があったのか。(コタキナバル市) →水素ステーションの設置は水素ステーションとやまは METI、富山市の補助、再エネ由来水素ステーション (H2oneST unit) の設置は MOE、富山市の補助を受けて設置した。(北酸) ・ 水素を使うにあたって安全性の課題はあるか。(IRDA) →日本では高圧ガス保安法があり、それに則って設置している。当該法律は非常に

厳しく 3 日に 1 回メンテナンスを実施し、安全性を確保している。

■ 小水力発電

- ・ 小水力発電設備から発電された電力価格は FIT を導入した場合どのくらいか。(SESB)

→約 0.30 USD/kWh である (JANUS)

- ・ 水力発電設備の導入の際には、水の流れが必要である。水が湧いて土地に流れ込んでいる場所があるが、その場合に何かの工事を行うことで水力発電設備を導入することは可能か。元々高い場所から水が流れ出しており、周辺エリアで農業を実施する予定である。(IRDA)

→水力発電の要件は落差×流量×重力加速度の掛け合わせで決まる。そのため土木工事を実施して落差を作ることで設置は可能と考えられる。サイトの状況をみて適切な設計をする。灌漑用水路を活用した農業は富山市内でも盛んに行われているため、ぜひ事例を紹介させていただきたい。SDGs のターゲットにも繋がるテーマである。(JANUS)

■ 食品リサイクル設備

- ・ 下水から発生するガスを活用した事例はあるか。(コタキナバル市)

→富山市内の下水処理場で下水から出るガスを活用して発電している事例がある。(富山市)

■ まとめ

- ・ 富山市との都市間連携事業を 2020 年から実施している。低炭素技術を様々紹介していただき、現在バス (BRT) の改造プロジェクトにフォーカスして実施している。IRDA の中にも政策はあるが、なかなか政策を実現できていない実態があるため、富山市の政策を参考にしたい。また、小水力発電装置に非常に興味を持った。現在、310 エーカーの土地を農業地帯に変えたいと考えており、農業用水と小水力発電と組み合わせたシステムを検討したい。本日のオンラインツアーが非常に参考になった。(IRDA)
- ・ コタキナバル市長も都市間連携事業を誇りに思っている。コタキナバル市はサバ州に含まれているが、サバ州は水も豊富で日照時間も長いため、自然資源を活かして再生可能エネルギーの普及を進めていきたい。(コタキナバル市)

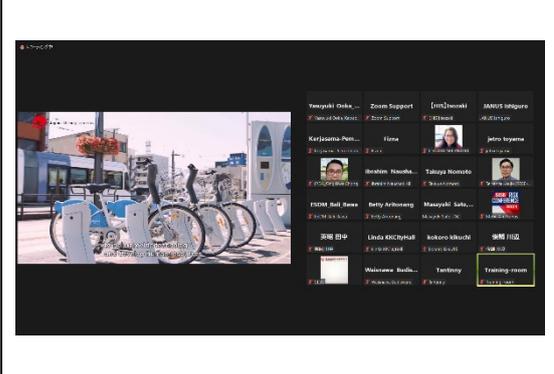
	
<p>富山市による Opening remarks</p>	<p>富山市藤井市長によるご挨拶</p>
	
<p>動画上映中の様子</p>	<p>当日実施メンバー</p>

図 6-1 オンラインツアーの様子

第7章 まとめ

7.1 今年度の都市間連携事業の成果

今年度の都市間連携事業では、新型コロナウイルスの感染拡大により、現地調査を実施することが出来なかったが、オンライン会議等を活用し、当初想定していた、JCM 事業化に必要な情報を収集することが出来た。これらも含めた成果のまとめを表7-1に示す。

表7-1 今年度の都市間連携事業の成果のまとめ

プロジェクト	成果
バイオ燃料を活用した脱炭素公共交通事業	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオ燃料供給サイトの拡大に向け、イスカンダル地域及びコタキナバル市付近のパーム工場を抽出し、ポテンシャル量を把握した。 ・ バイオ燃料供給事業の実現に向け、パームオイル事業者へのアプローチを開始した。 ・ バイオ燃料供給設備・輸送設備に関する技術的検討を行い、設備コスト・運用コストの精緻化を行った ・ BRT システム導入に際して、バイオ燃料への燃料転換を実施した際のメリットを把握し、現地へ燃料転換事業への働きかけを実施した。 ・ バイオ燃料利活用事業の実現に向け、ボランティアクレジットなどの活用も含め、複数のビジネススキームについて検討した。 ・ 公共交通（BRT）導入に関する先行事例を調査した上で、ワークショップにおいてその内容や課題について共有した。
小水力発電及び太陽光発電を軸とした再生可能エネルギー普及事業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 小水力発電のリハビリ候補地点を選定した。 ・ 設備利用率低下の原因を把握するため、オンライン現地調査を実施した。 ・ オンライン現地調査及び文献調査の結果から、設備利用率低下の要因や課題を抽出し、ハード面・ソフト面の双方から、課題の解決方法について考察した。 ・ 再生可能エネルギー事業化に関する制度面や規制面での課題を抽出した。 ・ 公共施設の太陽光発電導入ポテンシャルサイトを選定し、パネル設置図面や推定発電量を算出した。
再生可能エネルギーを活用した非電化地域の電化事業	<ul style="list-style-type: none"> ・ コブニ村における電力利用課題について把握し、電力利用量等の基礎情報に関する情報収集を実施した。 ・ 非電化地域の電化事業に関する先行事例等から、今後の方針について整理した。
都市間連携活動	<ul style="list-style-type: none"> ・ ワークショップにおいて、富山市の取組みや政策について紹介した。 ・ 富山市のオンラインツアーにより、富山市や市内企業の取組み内容について共有した。

7.2 次年度の都市間連携事業の方針

■ バイオ燃料を活用した脱炭素公共交通分野

今年度事業では、バイオ燃料供給に関して、パームオイル工場のポテンシャルサイトを大幅に見出すことが出来た。一方、バイオ燃料利用に関しては、IRDA としては、BRT について、当面は電気バスを中心に交通分野の脱炭素化を目指す方針であり、バイオ燃料利活用に向けては、交通分野以外での利用を普及しつつ、利用に必要なインフラ設備を整備していくことが必要であることが明らかとなった。また、現状では、マレーシア国との JCM 締結前であることやボランタリークレジットを活用したバイオ燃料製造事業の先行事例が存在することから、JCM 設備補助事業の活用以外でもビジネススキームがいくつか検討できる状況であることも明らかとなっている。

これらの状況を踏まえ、当該事業については、図 7-1 に示すとおり、次年度以降、脱炭素公共交通を実現するために、まずは、産業分野でのバイオ燃料の利用先見出すことを優先して検討する。また、関係するステークホルダーについても一通りコネクションが形成できたので、複数のビジネススキームを示しつつ、事業参画に向けたアプローチを継続する。

一方、交通分野についても、BRT システムの導入が本格的にスタートすることから、富山市がこれまで取り組んでいる公共交通システムの導入の知見を活かし、ソフト面における支援を継続し、脱炭素公共交通の導入を進めることとする。更に、IRDA で検討している電気バスの導入についても、JCM 設備補助事業等の適用が可能かどうか働きかけつつ、電気バスの導入に必要な電力の脱炭素化なども併せて提案し、脱炭素公共交通の実現をより加速化させることを目指す。

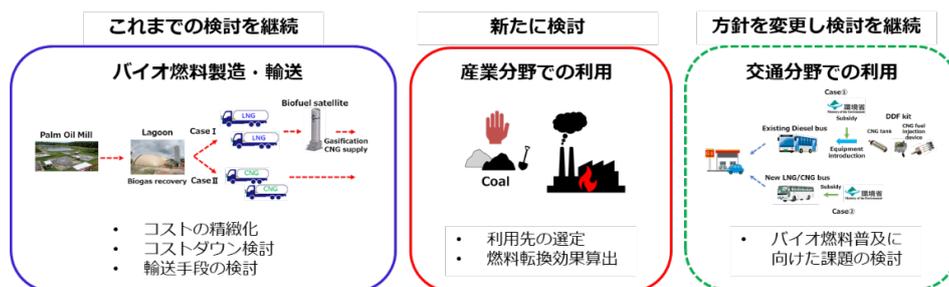


図 7-1 今後の検討方針

■ 小水力発電および太陽光発電を軸とした再生可能エネルギー分野

今年度事業では、小水力発電については、優先的に検討する地点を選定した上で、オンライン現地調査等も実施し、これまでより、詳細な情報を入手することが出来た。その一方で、今後、本格的に設備の設計等を行うためには、実際に現地に赴いての現地調査が不可欠である。次年度については、今年度事業の成果も含めて、SESB 社と共有・協議しつつ、現地調査を実施し、リハビリ計画の具体化や設計を行う考えである。更に、SESB で検

討している水力発電の新設案件についても、JCMの適用の可否について、検討を進める考えである。

太陽光発電については、コタキナバル市役所の屋根に設置することにより、ある程度コストメリットが見出せることが示唆されたことから、より詳細な電力使用状況（需要カーブ）等の情報を把握しつつ、必要に応じて現地調査を実施し、より詳細なエンジニアリング設計を行う考えである。また、JCM設備補助事業の活用のためには、当該設備の導入のみだと規模が非常に小さくなることから、脱炭素化やSDGsの観点から、現地の課題解決につながる設備と合わせた新たなビジネスモデルを検討し、現地関係者へビジネス展開を働きかける考えである。

■ 再生可能エネルギーを活用した非電化地域の電化分野

コブニ村における再生可能エネルギーを活用した電化プロジェクトの実現に向けて、以下のポイントが、実現に向けた課題になると考えられる。

- ・低流量、低落差でも発電可能なシステムの採用及び設備の開発
- ・発電設備の設置に係る工事や施工の容易さ
- ・メンテナンスの容易さ
- ・発電した電力の利用方法も含めたシステムの提案
- ・地場産業や地産品と連携したプロモーション
- ・地元住民や企業を巻き込んだプロジェクトの推進

これらの課題解決のため、次年度以降は、富山市内の大学であり、小水力発電を中心として再生可能エネルギーの普及にも力を入れている富山国際大学と連携し、現地の電力供給以外の課題解決も見据えたプロジェクトの開発を目指す方針とする。具体的には、小水力発電や太陽光発電等の再生可能エネルギーの普及を中心としつつ、現地の課題解決につながるような電力利用先の検討や環境教育プログラムの開発も含めたプロモーション方法の検討、他地域への横展開方法の検討等について並行して実施し、2024年度の設備導入を目指す。

■ 都市間連携活動

今年度事業では、これまでにない取り組みとして、現地関係者を対象とした富山市のオンラインツアーを実施し、事業化イメージの具体化を進めることができた。また、オンラインツアーの中では、現在検討している事業以外でも、水素の利活用や農業分野の脱炭素化も含め、新たな脱炭素事業の展開につながる意見も確認できた。

次年度は、これまでの取り組みを継続しつつ、富山市の「ゼロカーボンシティ宣言」に準ずるような、政策的表明を現地関係者に働きかけをしつつ、その具体化につながるような取り組みや過去の知見、実績について現地関係者と共有を続ける考えである。

以上