

令和2年度環境省委託事業

令和2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による都市開発及び  
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3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	イスカンダル地域、コタキナバル市の概要	3
2.1	イスカンダル地域の概要	3
2.1.1	基礎情報	3
2.1.2	イスカンダル地域開発庁	4
2.2	コタキナバル市の概要	5
2.2.1	基礎情報	5
2.2.2	コタキナバル市役所の構造	7
第3章	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	8
3.1	関連政策・制度の動向分析	8
3.1.1	バイオ燃料利活用に関する政策・制度	8
3.1.2	公共交通を軸とした都市開発に関する政策・制度	14
3.2	事業化計画策定に向けた基礎調査	18
3.2.1	バイオ燃料供給ポテンシャルの把握	18
3.2.2	天然ガス燃料（バイオ燃料を含む）の輸送ビジネスに関する実態の把握	26
3.2.3	バイオ燃料需要ポテンシャルの把握	35
3.2.4	事業モデル案の策定	42
3.3	課題と対応策の検討	47
第4章	小水力発電を軸とした再生可能エネルギーの普及事業	50
4.1	関連政策・制度の動向分析	50
4.1.1	マレーシア政府のエネルギー政策	50
4.1.2	電力政策	50
4.1.3	再生可能エネルギー政策	51
4.1.4	エネルギー関連組織	53
4.1.5	電力事業免許申請	55
4.1.6	FIT 申請手続き	57
4.2	事業化計画策定に向けた基礎調査	59
4.2.1	小水力発電導入候補地の選定	59
4.2.2	導入技術の選定	71
4.2.3	事業モデル案の策定	75
4.3	課題と対応策の検討	79
4.4	環境教育を目的とした小水力発電設備の導入支援	79
第5章	都市間連携活動	81
5.1	都市間連携活動概要	81
5.2	セミナー	86
5.2.1	IRDA とのワークショップセミナー（2021年2月25日）	87
5.2.2	コタキナバル市とのワークショップセミナー（2021年2月25日）	90
第6章	まとめ	94

6.1	今年度の都市間連携事業の成果 .....	94
6.2	次年度の都市間連携事業の方針 .....	94

---



## 図目次

図 1-1	本業務の概要及び実施体制	2
図 2-1	イスカンダル地域の位置図	3
図 2-2	IRDA の位置づけ	4
図 2-3	IRDA の組織図	5
図 2-4	コタキナバル市の位置図	6
図 2-5	コタキナバル市役所の構造	7
図 3-1	パームオイルでバイオガス設備を設置している施設の状況 (2012 年)	14
図 3-2	12 のアクションごとの温室効果ガス排出量削減目標	16
図 3-3	メタン発酵の仕組み	19
図 3-4	世界のパームオイル生産量	20
図 3-5	POME 推定発生量の上位 5 社 (サバ州)	22
図 3-6	POME 推定発生量の上位 5 社 (ジョホール州)	22
図 3-8	事業者毎のバイオ LNG 製造ポテンシャル (サバ州)	23
図 3-9	事業者毎のバイオ LNG 製造ポテンシャル (ジョホール州)	23
図 3-13	ガスフローの模式図 (バーチャルパイプラインとパイプラインの比較)	27
図 3-14	Covered Lagoon 方式	28
図 3-15	タンク方式	28
図 3-18	東南アジアにおけるオイル&ガス生産量の推移	30
図 3-19	マレーシア国内の天然ガス消費割合の推移	31
図 3-20	マレーシアの鉱区分	31
図 3-21	Peninsular Gas Utilization (PGU) プロジェクト	32
図 3-22	Sabah Energy Corporation 社の事業概要	33
図 3-23	Sabah Energy Corporation 社の CNG/LNG 供給エリア	33
図 3-24	Sabah Energy Corporation 社の CNG サプライチェーン	34
図 3-25	CNG 充填用タンク	34
図 3-26	Sabah Energy Corporation 社の LNG サプライチェーン	35
図 3-27	既存のバスの運用ルート①	36
図 3-28	既存のバスの運用ルート②	37
図 3-29	既存の運用ルート③	37
図 3-30	既存の運用ルート④	38
図 3-31	バスの運行システム	38
図 3-32	将来的な BRT システム導入時の路線図	40
図 3-33	NEUTO 技術の図面	40
図 3-34	NEUTO 技術の実証試験の様子	40
図 3-35	中国宜賓市で導入されている自動運転機能付きの電気バスの様子	41
図 3-36	Wawasan Agrolipids 社の位置	42
図 3-38	ジョホール州でのバイオ燃料生産/消費モデルの実施体制イメージ	44
図 3-40	サバ州でのバイオ燃料生産/消費モデルの実施体制イメージ	46
図 4-1	第 11 次マレーシア計画による再生可能エネルギー割合増加目標	51
図 4-2	SEDA 組織図	54
図 4-3	マレーシアにおける電力グリッドシステム (サバ州の例)	55

図 4-4	FIT 申請から事業実施までの流れ	5 8
図 4-5	マレーシアにおけるエリアごとの電源構成及び発電電力量の割合	6 0
図 4-6	マレーシアにおける使用用途毎の電力需要量の推移	6 1
図 4-7	ジョホール州内に導入されている発電所の位置（水力発電所：水色）	6 3
図 4-8	サバ州内に導入されている発電所の位置	6 4
図 4-9	SESB 社が運営する小水力発電所の位置	6 4
図 4-10	Pangapuyan 発電所の位置	6 6
図 4-11	Pangapuyan 発電所の写真	6 7
図 4-12	Kadamaian 発電所の位置	6 8
図 4-13	Kadamaian 発電所の写真	7 0
図 4-14	洪水発生時の川の様子と土砂を取り除く様子	7 1
図 4-15	水車選定表の例	7 2
図 4-16	水機工業株式会社がインドネシア国において提案していた水車	7 3
図 4-17	株式会社北陸精機のパワーアルキメデスの設置事例	7 4
図 4-18	コブニ村の様子	8 0
図 6-1	次年度の活動概要	9 5

---

## 表目次

表 3-1	国家バイオ燃料政策における 5 つの戦略	8
表 3-2	SPV2030 における戦略的推進力	10
表 3-3	マレーシアのバイオ燃料利活用に関する主要法令	11
表 3-4	マレーシアのエネルギーに関する主要法令	12
表 3-5	第 11 次マレーシア計画のうち、公共交通分野に関する目標と達成状況	15
表 3-6	温室効果ガス排出削減ポテンシャルが高い産業及び企業	17
表 3-7	マレーシア国内における州ごとのパームオイル精製能力	20
表 3-8	バイオ燃料供給ポテンシャル量の算定方法	22
表 3-9	Sime Darby Plantation 社が所有するバイオガス発電プラント	24
表 3-13	LNG と CNG の比較	29
表 3-15	Causeway Link 社の燃料消費量及び CO2 排出量	39
表 3-22	熱量当たりのバイオ燃料価格*	45
表 3-23	バイオ燃料利用事業に関するコスト情報	45
表 3-24	燃料転換前後の燃料消費量及び燃料費	45
表 3-25	温室効果ガス排出削減量と温室効果ガス削減コスト	46
表 3-30	熱量当たりのバイオ燃料価格*	47
表 3-31	温室効果ガス排出削減量と温室効果ガス削減コスト	47
表 3-32	課題と対応策	48
表 4-1	国家再生可能エネルギー政策の目的	51
表 4-2	発電別の FIT 価格・期間・逡減率 (2020 年 1 月時点)	52
表 4-3	FIT ボーナスレート (2020 年 1 月時点)	53
表 4-4	公的電力事業免許及び私的電力事業免許のケース説明	55
表 4-5	電力事業免許の取得条件	56
表 4-6	電力事業免許手続きの概要	56
表 4-7	サバ州における IPP 許認可を取得している事業者	57
表 4-8	FiT 申請段階における検査内容	59
表 4-9	マレーシアにおけるエリアごとの既設の電源構成 (2018 年)	60
表 4-10	マレーシアにおけるエリアごとの電力使用用途の割合	61
表 4-11	ジョホール州内に導入されている水力発電所	62
表 4-12	サバ州内に導入されている水力発電所	62
表 4-13	SESB 社が運営する小水力発電所の概要	65
表 4-14	2015 年前後 5 年間の発電量と設備利用率の変化	66
表 4-15	Pangapuyan 発電所の設備概要	67
表 4-16	Pangapuyan 発電所の発電量の推移	68
表 4-17	Kadamaian 発電所の設備概要	69
表 4-18	Kadamaian 発電所の発電量の推移	70
表 4-19	全国小水力利用推進協議会との面談概要 (2020 年 12 月 17 日)	71
表 4-20	水機工業株式会社が有するその他の水車の例	74
表 4-21	事業化イメージとその実施体制図	76
表 4-22	経済性評価を行うための前提条件	76
表 4-23	経済性評価の試算方法	77

表 4-24	事業実施前後の発電量の比較（事業①）	7 7
表 4-25	事業実施による温室効果ガス削減効果及び経済性評価の結果（事業①）	7 8
表 4-26	事業実施前後の発電量及び売電収入額の比較（事業②）	7 8
表 4-27	事業実施による温室効果ガス削減効果及び経済性評価の結果（事業②）	7 8
表 5-1	都市間連携活動の概要	8 1
表 5-2	IRDA とのキックオフミーティングの議事概要	8 2
表 5-3	コタキナバル市とのキックオフミーティングの議事概要	8 4
表 5-4	IRDA とのワークショップセミナーの議事概要	8 7
表 5-5	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 6-1	今年度の都市間連携事業の成果のまとめ	9 4

---

## 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、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。

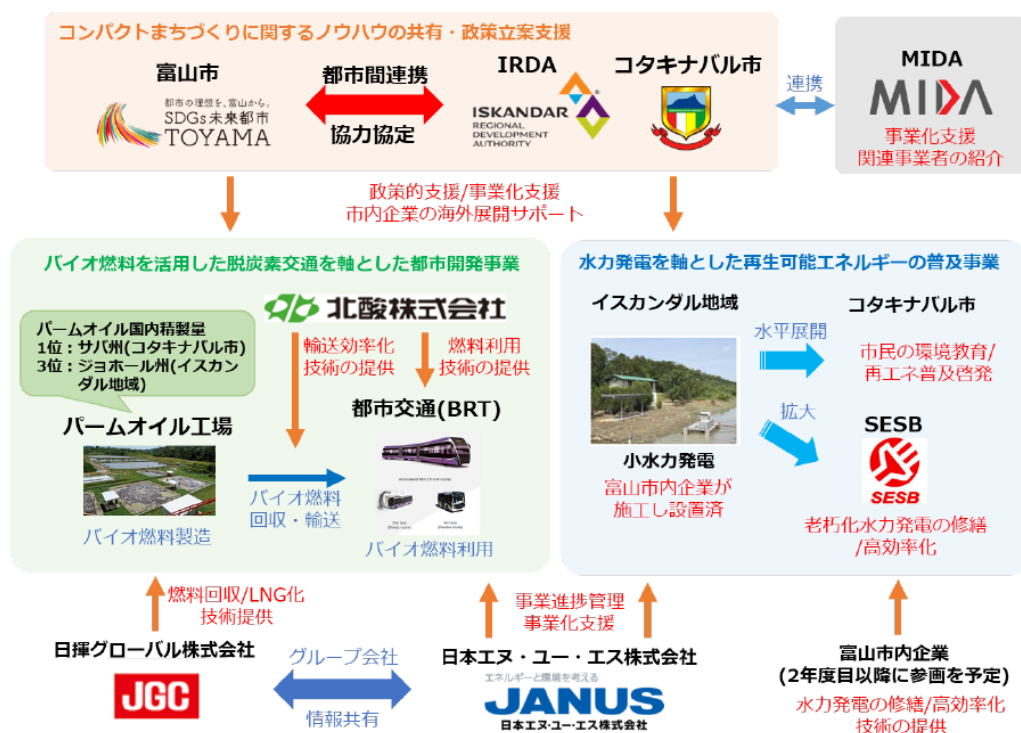


図 1-1 本業務の概要及び実施体制



## 第2章 イスカンダル地域、コタキナバル市の概要

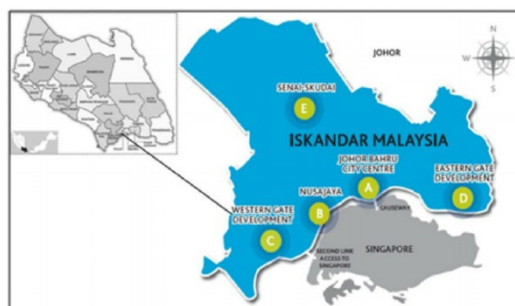
### 2.1 イスカンダル地域の概要

#### 2.1.1 基礎情報

イスカンダル地域は、マレーシアのジョホール州内に位置する経済地域であり、2006年の設立以来、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、大規模な都市開発が進んでいる。また、地理的にシンガポールに隣接していることもあり、外資企業が生産拠点をイスカンダルの工業団地に設置したりなど、外国企業からの投資が増えていることも大きな特徴である。開発地域として指定されているエリアの総面積はシンガポールの約3倍、東京都とほぼ同じ広さとなっており、人口は、170万人（2012年）から300万人（2025年）へ増加すると見込まれている。

イスカンダル開発地域は、現在、6つの柱から構成されるスマートシティ（スマート経済、スマートな経営管理、スマート環境、スマートピープル、そしてスマートな生活）として開発され、様々なパイロット事業が同地域内で実施されている。イスカンダル地域の開発を担う実施主体は、同地域を持続可能な都市に発展させることを目的に、マレーシア連邦政府が設置したイスカンダル地域開発庁（IRDA）である。

地球温暖化や気候変動に対する政策としては、2012年11月に科学技術振興機構（JST）や国際協力機構（JICA）の支援を受け、温室効果ガス排出削減に向けた公式な計画文書「マレーシア・イスカンダル開発地域における2025年に向けた低炭素社会ブループリント」を公表している。さらに、本調査の対象である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」を策定している（同計画の詳細については、3章に記載）。これらの計画の中で、低炭素社会シナリオ開発のテーマとして12の方策を示しており、そのうちの1つのアクションとして環境に優しい公共交通ネットワークを掲げている。こうした経緯から、IRDAは公共交通を軸としたコンパクトなまちづくりで実績を有する富山市に対して、公共交通活性化や再生可能エネルギーの普及も含めた「未来都市」構想に対する協力要請を行い、2015年2月に協力協定を締結している。

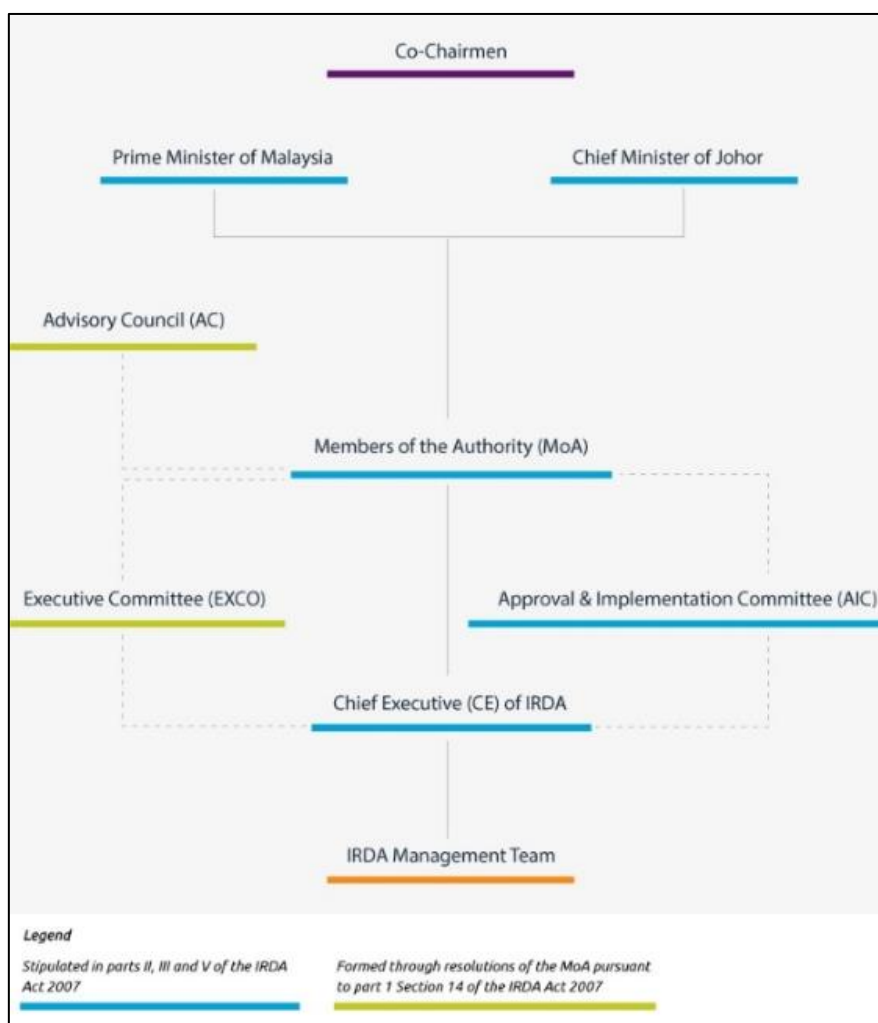


出典：IRDAのホームページより抜粋

図2-1 イスカンダル地域の位置図

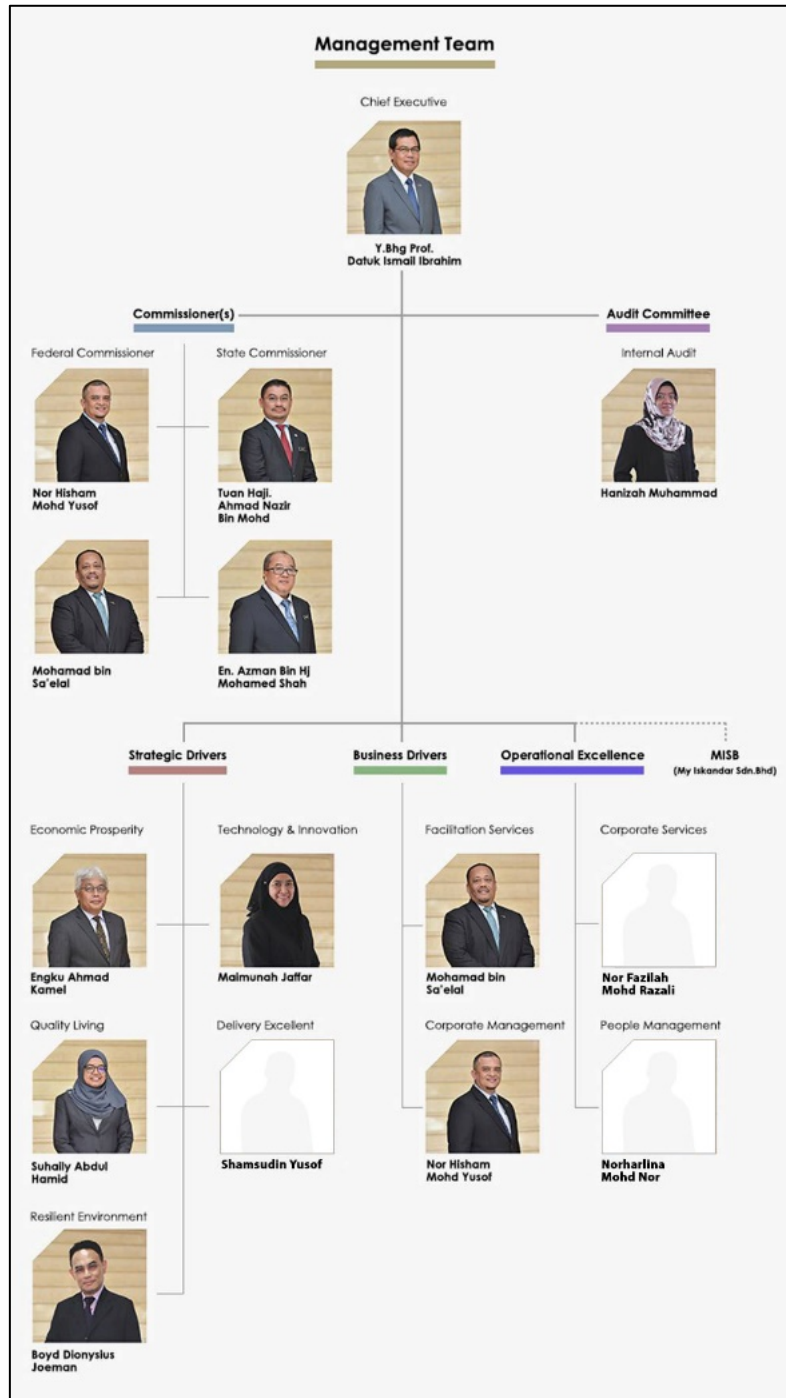
## 2.1.2 イスカンダル地域開発庁

前述の通り、IRDA は、同地域を持続可能な都市に発展させることを目的として、イスカンダル地域の開発を担う実施主体として、マレーシア連邦政府によって設置された。組織の位置づけとしては、**図 2-2** に示す通りであり、マレーシア政府首相及びジョホール州知事が共同議長 (Co-Chairmen) となり、全体の管轄を行っている。また、IRDA の組織図は **図 2-3** に示す通りであり、本調査では、戦略推進チーム (Strategic Drivers) の環境レジリエンス部門 (Resilient Environment) が窓口を担当している。



出典：IRDA のホームページより抜粋

図 2-2 IRDA の位置づけ



出典：IRDA のホームページより抜粋

図 2-3 IRDA の組織図

## 2.2 コタキナバル市の概要

### 2.2.1 基礎情報

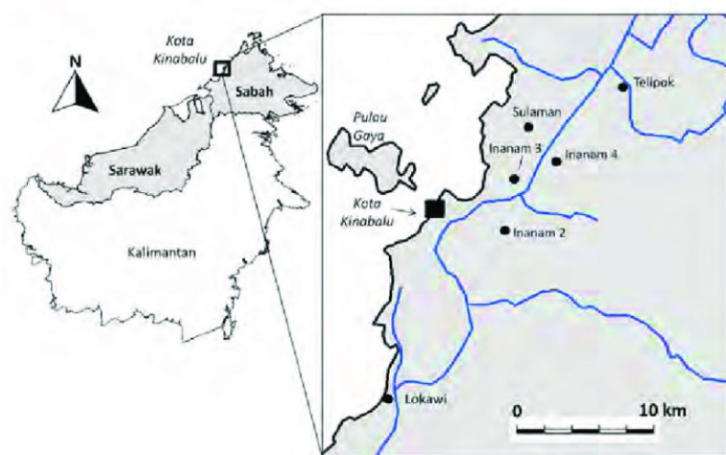
コタキナバル市は、サバ州の州都であり、東マレーシアで最大の都市として、サバ州に

おける商業と産業の大部分を担っている。面積は 394km<sup>2</sup>、人口は約 47 万人で、天候は熱帯気候に属するしていることから、降雨量は年間を通じて著しく変化し、10 月頃のモンスーンの期間にピークに達する。2019 年には ADB の協力を得て、同市をクリーンで緑豊かな住みやすい場所にするための「コタキナバル市におけるグリーンシティ計画 (Green City Action Plan Kota Kinabalu : KK GCAP)」を作成している。

また、コタキナバル市が位置するサバ州は、ボルネオ島の北部に位置しており、州の大半が森林で覆われ、東南アジア最高峰のキナバル山や世界遺産に登録されたキナバル国立公園があり、緑が豊かな地域となっている。経済の側面では、サバ州は、石油、天然ガス等のエネルギー資源に恵まれている一方、経済力ではマレー半島よりも劣ることから、政府が底上げを図る目的で、2008 年 1 月に「2008-2025 年サバ州開発ブループリント

(Sabah Development Corridor Blue Print 2008-2025)」を発表している。同計画の第 3 期計画 (2016 年～2025 年) では、サバ州のインフラ整備や労働力の高度化により、州都であるコタキナバル市をアジアで最も住みやすい都市の一つにし、外国直接投資を呼び込める地域とすることが掲げられており、将来的には東マレーシア地域の主要な経済区域として成長することを目標としている。同計画の開発計画は「観光」「物流」「農業」「工業」の 4 つの分野から構成されている。観光分野では、環境をテーマとしたツアーの開催 (エコ・ツーリズム) や住民の環境保護意識の啓発等の活動の実施などが挙げられているほか、農業分野では、バイオ燃料開発の研究の推進などが挙げられている。

こうした経緯から、コタキナバル市は、IRDA を通じて、「環境未来都市」、「SDGs 未来都市」である富山市に対して、豊かな自然環境を活かした小水力発電や地域資源循環を含めた再生可能エネルギーの活用等について協力要請を行い、2018 年 2 月にコタキナバル市と協力協定を締結している。

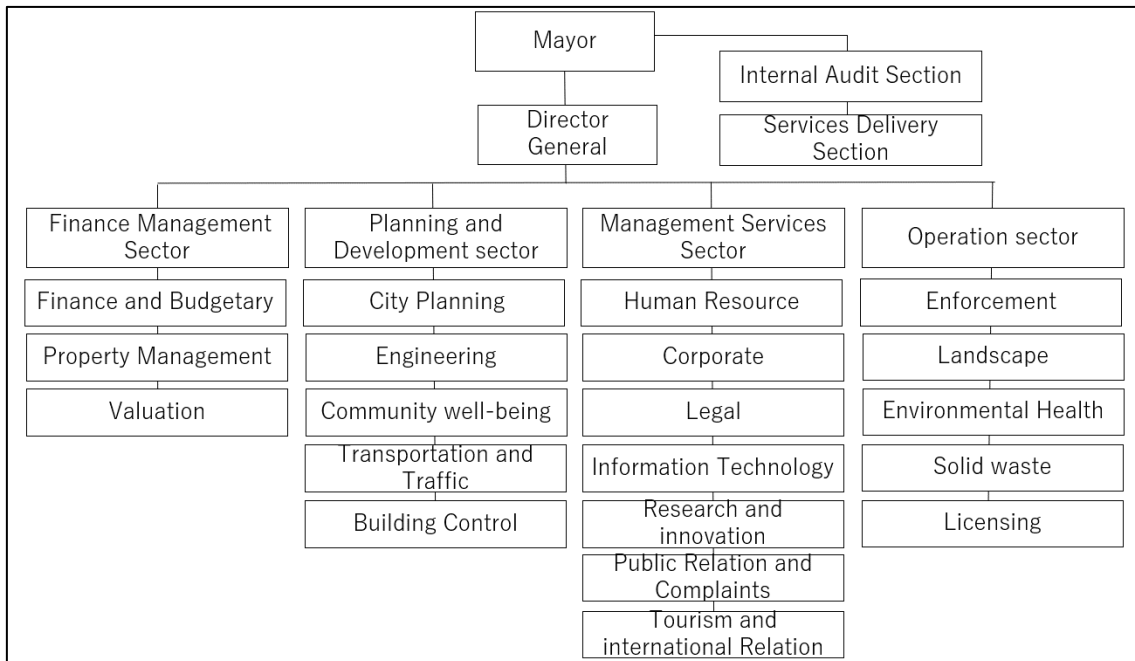


出典 : [https://www.researchgate.net/figure/Map-of-the-study-area-around-the-city-of-Kota-Kinabalu-West-Sabah-Malaysia-in-northern\\_fig2\\_341821831](https://www.researchgate.net/figure/Map-of-the-study-area-around-the-city-of-Kota-Kinabalu-West-Sabah-Malaysia-in-northern_fig2_341821831)

図 2-4 コタキナバル市の位置図

## 2.2.2 コタキナバル市役所の構造

コタキナバル市の組織図は図2-5に示す通りである。コタキナバル市長の元に局長が存在し、その下にそれぞれ4人の副局長を筆頭とした4つのセクターが配置されている。本調査では、オペレーターセクターの環境・福祉部門（Environmental Health）や固体廃棄物部門（Solid Waste）が主な窓口を担当している。



出典：コタキナバル市から受領した資料より当社にて作成

図2-5 コタキナバル市役所の構造

## 第3章 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

#### 3.1 関連政策・制度の動向分析

##### 3.1.1 バイオ燃料利活用に関する政策・制度

マレーシアは産油国であるものの、近年の経済成長により石油消費量が年々増加している。これらを受け、政府としては、将来的なエネルギー供給確保をより確実なものとするため、化石燃料資源への依存軽減対策として、バイオ燃料を対象として、様々な政策・制度を策定している。以下では、関連する政策・制度について、整理した。

##### 1) バイオ燃料に特化した政策・制度

###### ① National Biofuel Policy: NBP 2006 (国家バイオ燃料政策)

国家バイオ燃料政策は、石油海外依存度の低減、パームオイル価格の安定化、バイオ燃料の輸出等を目的とし、マレーシアのバイオディーゼル産業を支える主要な政策として2006年3月に発表された。

同政策では、①輸送用バイオ燃料、②産業用バイオ燃料、③バイオ燃料技術、④バイオ燃料の輸出、⑤クリーンな環境のためのバイオ燃料の5つのセクター毎に戦略を立て(表3-1)、それらの実現のため、短期・中期・長期の実施計画を定めている。

表3-1 国家バイオ燃料政策における5つの戦略

①輸送用バイオ燃料	<ul style="list-style-type: none"><li>・陸上及び海上輸送用のディーゼルを、パーム油由来のバイオディーゼルを5%混合したB-5燃料とする</li><li>・このB-5燃料を全国で利用できるようにする</li><li>・高額補助を受けているディーゼルのメインユーザーが優先的にこの政策の対象となる</li></ul>
②産業用バイオ燃料	<ul style="list-style-type: none"><li>・製造業、建設業、発電機等の産業部門のボイラー燃料にB-5燃料を供給する</li></ul>
③バイオ燃料技術	<ul style="list-style-type: none"><li>・バイオ燃料の使用を増加させるための、バイオ燃料技術(その中の微量成分を抽出する技術を含む)の研究、開発、商業化は、政府及びベンチャーキャピタルを含む民間部門の両方が実施し、それらに対して資金提供を行う</li></ul>
④バイオ燃料の輸出	<ul style="list-style-type: none"><li>・将来的に増加する世界的なバイオ燃料需要を供給するため、輸出用のバイオ燃料を生産するためのプラントの設立を奨励し、促進する</li></ul>

⑤クリーンな環境のための バイオ燃料	・バイオ燃料の使用により、化石燃料の使用を減らし、 温室効果ガス（二酸化炭素）、一酸化炭素、二酸化硫 黄、及び粒子状物質の排出を最小限に抑える
-----------------------	---

実施計画の中では、短期計画として、B-5 ディーゼルのマレーシア標準仕様の確立やB-5 ディーゼルの使用に向けたステーションの設置などが掲げられている。また、中期計画としては、バイオディーゼルの使用を義務付ける法律を可決することを明記しており、これに応じる形で、マレーシア政府は2009年2月から、政府機関が保有する車両に国産パーム油由来のバイオディーゼル燃料（B-5 燃料）の使用を義務付けている。さらに、長期計画では、マレーシア企業及び海外企業から、より多くのバイオ燃料技術を受け入れることが記載されており、バイオ燃料の利活用に向けて、関連技術を取り入れたい意向があると考えられる。

また、同計画では、バイオ燃料使用のインセンティブの具体例として、投資促進法について紹介している。具体的には、バイオ燃料のうち、バイオディーゼルの1986年投資促進法（Promotion of Investments Act 1986）の下で奨励されている製品/活動のリストに含めており、バイオディーゼルに関するプロジェクトは、優先事業または投資税控除の対象として認められることとなる。また、プロジェクトが特定の基準を満たしている場合、戦略的又はハイテクプロジェクトのインセンティブ及び資源ベースの産業における公共部門の研究開発調査結果の商業化のためのインセンティブが検討される可能性もある。

## ②The Malaysian Biofuel Industry Act 2007（マレーシアバイオ燃料産業法）

マレーシアバイオ燃料産業法は、国家バイオ燃料政策を受ける形で2008年11月に施行された。同法では、バイオ燃料と石油ディーゼルの強制的な混合、及び生産・混合・貯蔵・輸送・輸出などの下流活動の認可を規定している。また、それまで、バイオ燃料を生産したい企業は2種類のライセンスを取得する必要があったが、同法が施行後は、1つのライセンスに統一され、ライセンス所有者の管理が合理化された。同法の施行により、2010年3月までに、政府は56事業者のライセンスを承認し、バイオ燃料の生産能力の合計が680万tに増加した<sup>1</sup>。

## 2) バイオ燃料に関連する政策・制度

### ①国家開発計画

マレーシアにおける経済・社会経済事案の最高意思決定機関は、内閣の経済部局であり、首相が議長を務める国家計画評議会（National Planning Commission：NPC）である。NPCは長期的展望に基づいた国家の長期経済計画を策定することが求められており、

<sup>1</sup> Chin, M. 2011 Biofuels in Malaysia: an analysis of the legal and institutional framework. Working Paper 64. CIFOR, Bogor, Indonesia

これを基に、それらを運用するための5ヶ年計画が策定されている。

1991年には、当時のマハティール首相が2020年までに経済・文化等あらゆる側面での先進国入りを目指すとして「VISION2020（ビジョン2020）」を発表し、今後30年間の国家政策の指針を示した。これ以降、ビジョン2020をベースに経済産業政策が実施されている。マレーシアは1997年のアジア通貨危機や2008年から翌年にかけての世界金融危機といった世界経済の翳りなど難しい局面を迎えながらも、2020年までの先進国入りの目標実現に向け邁進していた。その後、当時のマハティール政権のもと、現行の国家5カ年計画「第11次マレーシア・プラン」の中期レビューが行われ、2018年10月18日に中間報告書及び同計画の改定版を発表した。改定版の5カ年計画では、財政安定化と包括的成長を目指し、新たな6つの柱を軸に、19の優先分野と66の戦略を策定した。新たな6つの柱は、①公共サービスの透明性と効率性向上に向けたガバナンス改革、②包括的発展と福祉の強化、③公平な地域発展の追求、④人的資本の能力開発、⑤環境配慮型の成長を通じた環境持続性の強化、⑥経済成長の増進となっている。なお、2021～2025年の5カ年計画となる「第12次マレーシア・プラン」の議会提出は、当初2020年8月を予定していたが、新型コロナウイルス流行に伴う影響を考慮し、2021年初頭に延期されている。

また、2019年10月には、1991年のビジョン2020の後継政策として、当時のマハティール首相が2021年から2030年までの10年間の国家開発計画を盛り込んだ「シェアード・プロスペリティ・ビジョン2030（SPV2030）」を発表している。同計画では、2030年までに「所得グループ、民族、宗教、サプライチェーンにおける公正かつ公平な分配による持続可能な成長」を達成することを目的としている。この「SPV2030」には、表3-2に示す7つの戦略的推進力を活用することが示されており、重点経済成長活動では、再生可能エネルギー等新分野を育成する目標も掲げられている。

表3-2 SPV2030における戦略的推進力

戦略的推進力	主な具体目標
1 ビジネスおよび産業エコシステム	・中小企業によるGDP貢献比率を50%に ・中小企業における高度技術導入企業を30%に
2 重点経済成長活動(KEGAs)	・機械設備分野の投資額を全投資額の4割に ・イスラム金融や再生可能エネルギーなど新分野を育成
3 人的資本	・労働力の35%を高度人材に ・人的資源開発基金(HRDF)の40%をインダストリー4.0関連研修に
4 労働市場および従業員補償	・年齢、性別、民族、宗教などによる差別のない労働市場の実現 ・外国人労働者数の削減
5 社会福祉	・社会保障制度の拡大 ・各地域へのデイケアセンター設置
6 地域包括	・都市－農村間の公共交通機関の統合 ・地域間の所得格差を半減
7 社会関係資本	・汚職、宗教、環境、犯罪、健康など各種指標の改善

## ②環境法

マレーシアでは幅広い領域の環境問題に取り組むために、事業及び活動の種類に適した



政府機関ごとに、それぞれの法令や規制を策定・施行・管轄している。このうち、バイオ燃料利活用に関する主要な法令は表 3-3 に示す通りである。

表 3-3 マレーシアのバイオ燃料利活用に関する主要法令

No.	法令名	出典
1	Environmental Quality Act 1974 (環境法 1974 年)	www.doe.gov.my
2	Sabah Environment Protection Enactment 2002 (サバ州環境保護法 2002 年)	ww2.sabah.gov.my
3	Renewable Energy Act 2011 (再生可能エネルギー法 2011 年)	www.seda.gov.my

国の環境政策及び気候変動政策と並ぶマレーシアの環境管理の基盤である環境法は 1974 年に執行されたが、その後多くの改正や新たな規則が制定され、最新の環境法は 2017 年 2 月 15 日付けとなっている。30 本以上の規制、命令が環境法を母体として制定され、そのうちのバイオ燃料利活用に関連する規制・命令は下記の通りである。

- 1977 年パーム原油の特定施設に関する環境命令 [P. U. (A) 199/77]
- 1977 年パーム原油の特定施設に関する環境規則 [P. U. (A) 324/77]

### ③持続可能なパーム油のための円卓会議 (RSPO)

パーム油の持続可能性を高めるために、持続可能なパーム油のための円卓会議 (以下、RSPO とする) は 2004 年に設立された。RSPO に基づく認証では、パーム油が「認証された持続可能なパーム油」として認定されるために、パーム油生産者は、管理慣行、社会的責任、環境への配慮をカバーする 8 つの原則と 39 つの基準を満たす必要がある。

2011 年 3 月の時点で、マレーシアには 53 の RSPO 認定パーム油生産工場があり、約 200 万 t の認定パーム油が生産されている<sup>1</sup>。また、2015 年 12 月、ヨーロッパ各国で政府や業界団体が動き出したことが後押しとなり、ヨーロッパ全体で RSPO 認定 100%への転換を目指すため「アムステルダム宣言」が採択された。こうした動きはヨーロッパだけではなく、中国、インド、マレーシア、アフリカ、中南米でも政府単位での持続可能な生産への取り組みが始まろうとしている。2016 年までの国別 RSPO 加盟数推移によると、全体約 3,000 のうち、マレーシア、日本の加盟数はそれぞれ 128、51 であった<sup>2</sup>。

また、2018 年 9 月 28 日にニューヨークで行われた第 73 回国連総会では、当時のマハティール首相が一般討論演説において、2019 年末までにマレーシア持続可能なパーム油基準

<sup>2</sup> 公益財団法人世界自然保護基金ジャパン (2017) : 持続可能なパーム油の調達と RSPO

(Malaysian Sustainable Palm Oil : MSP0) に基づくパーム油生産の管理を、多数の既存の国内法規制に準拠させる方針であることを表明している。

#### ④国家環境政策

2002年、持続可能な開発の三要素である経済、社会・文化の発展、環境保全を統合する国家環境政策が、天然資源環境省によって立案され、認可された。同政策では、バイオ燃料利活用について、「現在及び将来の世代のための汚染のない安全で健全、そして生産的な環境を達成すること」という目標が明記されている。

#### ⑤エネルギーに関連する政策・制度

マレーシアのエネルギーに関連する政策・制度は表3-4下記の表に示す。再生可能エネルギーの利活用に関する主要政策については、4章で整理していることから、本章では詳細については割愛する。

表3-4 マレーシアのエネルギーに関する主要法令

No.	名称	概要
1	National Petroleum Policy 1975 国家石油政策 1975年	マレーシアの経済発展のニーズを達成するため、石油及びガス産業を規制する手段として確立された。
2	National Energy Policy 1979 国家エネルギー政策 1979年	電力を含む効率的で安全かつ環境的に持続可能なエネルギーの供給を確保するために策定された。3つの主要な目標（エネルギーの供給・利用・環境配慮）が挙げられた。
3	National Depletion Policy 1980 国家枯渇政策 1980年	原油の生産が急速に増加していたため、天然石油の埋蔵量の搾取を保護するために導入された。
4	The Four Fuel/Diversification Policy (1981) 第4次燃料・多様性政策1981年	石炭、天然ガス、水力発電などの供給を多様化することにより、原油への過度の依存を減らし、エネルギー供給の信頼性と安全性を確保する。
5	The Five-Fuel Policy (2001) 第5次燃料政策2001年	従来のエネルギー供給を補完するために、アブラヤシ、籾殻、木くずなどの新しい再生可能エネルギー源を奨励する。

## ⑥Green Technology Master Plan (グリーンテクノロジー基本計画)

グリーン技術基本計画は、近い将来、マレーシア国内で再生可能エネルギーや省エネに対する大きな需要が生まれるという考えに基づき、マレーシアのグリーンテクノロジー部門の成長促進することを目的に策定された。2017～2030年グリーンテクノロジー基本計画では、バイオガス発電の設備容量について、2014年時点で5%であるものを、2020年までに12%まで増加させることを明記している。また、パーム油産業の特定分野では、新しいライセンスの申請条件として2020年までにメタンガスの捕集がすべてのパームオイル工場に義務付けられている。

## ⑦National Key Economic Area/NKEAs (国家重点経済分野)

第10次マレーシア・プランの中で発表された12つの国家重点経済分野における、バイオ燃料の利活用に関する分野は以下の通りである。

### ・ 石油・ガス・エネルギー分野 (OGE/Oil, Gas and Energy)

本計画では、一定のOGEの生産量を維持しながら、太陽光発電から電気自動車までの代替エネルギー形態に移行するインセンティブを、マレーシアの下流部門を構築することを目標としている。この目標達成に向けて、OGEに関する13つのエントリーポイントプロジェクト (EPP/Entry Point Project) が策定され、バイオガス発電、バイオマス発電、太陽光発電に関するEPPは、第10のEPP (再生可能エネルギー・太陽光発電容量の構築) に位置づけられている。具体的な目標としては、グリッドに接続される再生可能エネルギープラントの総設備容量は約110MWとして、そのうち、バイオガス:約6MW、バイオマス (オームオイル・農業廃棄物) :約42MW、バイオマス (固形廃棄物) :約9MWとなっている。

また、バイオマス及びバイオガスの低い利用率の背景としては、原料、送電網への接続するための送電コスト、土地に関する課題が挙げられている。

### ・ パーム油・ゴム分野 (Palm oil and rubber)

パーム油・ゴム分野については8つのEPPが策定され、バイオ燃料に関するEPPは以下の通りである。

#### 【第5のEPP: パーム油工場でのバイオガス施設の開発】

2020年までにマレーシアにあるすべてのパーム油工場にバイオガス施設を設置することにより、パーム油工場がメタンを捕捉し、温室効果ガス (GHG) をクリーンエネルギーに変えることを奨励することを目的としている。本計画によると、2012年時点でのマレーシアのパーム油工場におけるバイオガス施設の進捗状況は図3-1に示す通りである。

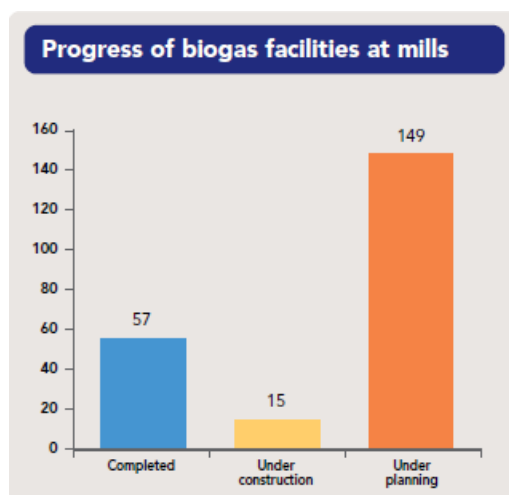


図 3-1 パームオイルでバイオガス設備を設置している施設の状況 (2012 年)

【第 7 の EPP : 第二世代バイオ燃料の商品化】

石炭・石油の価格変動を緩和するため、バイオオイルを含む第二世代バイオ燃料の商業化を迅速に追跡することを目指すこととしている。

⑧Low Carbon Society Blueprint for Iskandar Malaysia 2025 (マレーシア・イスカンダルにおける低炭素社会ブループリント 2025)

グリーン産業を普及するための戦略のうち、イスカンダル地域はグリーン産業のグローバルハブとして位置する目標を掲げている。イスカンダル地域のグリーン産業の候補としては、バイオ燃料やバイオマス、ナノテクノロジー、スマートコミュニティ (都市・農村)、エネルギーサービスが挙げられている。また、戦略的なセクターの研究開発の促進において、バイオ燃料等の再生可能エネルギーに関する技術開発が推奨されている。

また、低炭素社会の観点から、化石燃料の代替燃料としてバイオディーゼルやバイオエタノール等のバイオ燃料が選択されているが、バイオ燃料に関する品質基準を設けることも課題として記載されている。

3. 1. 2 公共交通を軸とした都市開発に関する政策・制度

1) 第 11 次マレーシア計画 2016-2020

マレーシア政府は、2020 年までに 2005 年比で GHG を 40%削減する目標を立てており、目標達成の指針として、2015 年の 5 月に、第 11 次マレーシア計画 (2016 年~2020 年) を発表し、2018 年 10 月に中間レビューが行われたことは前述の通りである。交通分野に関しては、同計画の「第 6 章 : インフラの強化による経済の拡大」で記述があり、重点項目としては、「需要に対応した交通システムの構築」と「持続可能なエネルギー利用の促進」を掲げている。表 3-5 に 2020 年までの目標と 2017 年までの達成状況を記載する。

2016年から2017年の中間レビュー時には、公共交通が手ごろな価格で利用可能となったことなどが挙げられた一方で、投資額が不足していることによるメンテナンスの欠如や新規インフラ設備の導入が困難などの課題も挙げられている。また、投資額に対してのメリットが少ないため、サービス提供者が公共交通への投資をためらうという問題も顕在化したとされている。都市鉄道やバスサービスに対して多額の投資が行われたにもかかわらず、公共交通の利用率としては依然として低い状態であり、その要因としては、自家用車への依存率が高いこと、需要に対する管理手段の欠如、接続性が悪いことがあげられている。

表 3-5 第 11 次マレーシア計画のうち、公共交通分野に関する目標と達成状況

2020 年までの目標	2016 年～2017 年の達成状況
「需要に対応した交通システムの構築」 ・クアラルンプール首都圏(GKL)と KV における公共交通分担率 40%	・ 21% 達成
「成長のための持続可能なエネルギー利用の促進」 ・マレーシア半島における新たな電力供給：7,626MW ・ジョホール州ペンゲランにおける LNG の輸入容量の増加：3.5MTPA	・ 3,825MW 達成 ・ 達成

## 2) Transportation Blueprint 2010-2030 for Iskandar Malaysia (マレーシア・イスカンダルにおける交通ブループリント 2010-2030)

2006年にイスカンダル地域が国の発展の重点地域として指定されて以降、同地域の人口は年々増加し、2030年には同地域の人口が300万人になると予想されている。これに伴い、自家用車の所持台数も増加し、これまで以上に交通渋滞や環境問題などの都市問題が深刻化することが予想されるため、より綿密な交通インフラシステムを発展させるために「マレーシア・イスカンダルにおける交通ブループリント 2010-2030 (Transportation Blueprint 2010-2030 for Iskandar Malaysia)」が IRDA によって作成された。

同ブループリントの効率的なアクションプランの実行のために、IRDA は Iskandar Malaysia Transport Council (IMTC)、Pengangkutan Awam Iskandar Malaysia (PAIM) や Pasukan Pengangkutan Persendirian Iskandar Malaysia (PPIM) といった組織を立ち上げ、BRT システムの導入を計画している。

また、同ブループリントでは、次の世代のために持続可能な交通と環境を達成するための手段として、エンジンや代替可能な燃料を含む最先端のグリーンテクノロジーを導入することを重点項目として掲げている。具体的には、燃料転換に注目しており、石油が輸入されることが減るため、エネルギーが保障されること、資源獲得のための紛争を免れることができ、交通の利用者が燃料の価格変動に振り回されることが減ることをメリットとし

て挙げている。

### 3) Low Carbon Society Blueprint for Iskandar Malaysia 2025 (マレーシア・イスカ ンダルにおける低炭素社会ブループリント 2025)

マレーシア・イスカダルにおける低炭素社会ブループリント 2025 は、イスカダル地域が 2025 年までに持続可能な国際都市に発展することを目的に JICA や日本の大学の協力のもと策定された。同ブループリントでは、12 のアクションプラン、300 以上のプログラムが計画されている。

イスカダル地域はマレーシア国内において、気候変動に対策に対する目標を定めた初めての自治体であり、同ブループリントでは、12 のアクションごとに温室効果ガス排出量削減目標を図 3-2 の通り設定しており、仮にすべてを実行できた場合、2025 年までに何もアクションをとらなかった場合と比較し、約 41%の温室効果ガスが削減できるとされている。

Mitigation Options	Reduction (ktCO <sub>2</sub> eq)	Percentage (%)
<b>Green Economy</b>	<b>6,937</b>	<b>54%</b>
Action 1 Integrated Green Transportation	1,916	15%
Action 2 Green Industry	1,094	9%
Action 3 Low Carbon Urban Governance**	-	-
Action 4 Green Building and Construction	1,203	9%
Action 5 Green Energy System and Renewable Energy	2,725	21%
<b>Green Community</b>	<b>2,727</b>	<b>21%</b>
Action 6 Low Carbon Lifestyle	2,727	21%
Action 7 Community Engagement and Consensus Building**	-	-
<b>Green Environment</b>	<b>3,094</b>	<b>25%</b>
Action 8 Walkable, Safe and Livable City Design	263	2%
Action 9 Smart Urban Growth	1,214	10%
Action 10 Green and Blue Infrastructure and Rural Resources	392	3%
Action 11 Sustainable Waste Management	1,224	10%
Action 12 Clean Air Environment**	-	-
<b>Total</b>	<b>12,758**</b>	<b>100%</b>

図 3-2 12 のアクションごとの温室効果ガス排出量削減目標

また、同ブループリントでは、温室効果ガス排出削減量が多いアクション 1、5、6 を特に優先的に実施することとしており、以下ではそれらのアクションについて整理する。

#### ①アクション 1 統合されたグリーン交通

前述の通り、2006 年にイスカダル地域が国の発展の重点地域として指定されて以降、

同地域の人口は年々増加している。同ブループリントでは、仮に対策を実施しない場合、2025年には、交通の分野でのCO2排出量は8,584kt-CO2となり、マレーシア全体の排出量の27%を占めることが予想されている。また、イスカンダル地域の住民の交通手段としては、約60%が自動車、約21%がバイクという自家用車等であるのに対して、公共交通利用については、バスが10%、電車が0%であった。

これらを踏まえ、アクション1では、統合されたグリーン交通による温室効果ガス排出削減量目標として、2025年までに1,916kt-CO2を設定している。また、これらの達成に向けては、2030年までに公共交通の利用率を50%以上に引き上げることが不可欠としており、具体的には、自動車の利用率を25%、バイクの利用率を10%に引き下げ、同時にバスと電車の利用率をそれぞれ28%に引き上げることを掲げている。さらに、バスで利用する燃料転換策として、現在、イスカンダル地域で稼働しているディーゼルエンジンバスを段階的に全て廃止し、CNGと入れ替えることを明記している。一方、CNGバスは、現段階では高価であるため、設備導入のための補助金を支給することを求めている。

## ②アクション2 グリーン産業

アクション2では、グリーン産業による温室効果ガス排出削減量目標として、2025年までに1,094kt-CO2を設定している。グリーン産業としては、具体的には、省エネ設備、再生可能エネルギー、ゼロカーボンや低炭素の代替可能な燃料などが含まれている。また、アクション2では、温室効果ガス排出削減ポテンシャルが高い産業及び企業が明記されており（表3-6）、バイオ燃料産業についてはSime Darby社、バイオマス産業ではFelda社となっている。

表3-6 温室効果ガス排出削減ポテンシャルが高い産業及び企業

Potential Strategic GI Sectors	Malaysian Industrial Player	Foreign Investors
Nanotechnology	Nano Malaysia Bhd	To be identified
Bio-fuel	Sime Darby	
Biomass	Felda	
Smart Community	IBM Malaysia	
Electric Vehicles	Proton	

## ③アクション5 グリーンエネルギーシステムと再生可能エネルギー

アクション5では、グリーンエネルギーシステムと再生可能エネルギーによる温室効果ガス排出削減量目標として、2025年までに2,725kt-CO2を設定している。具体的なアクションの方針としては、以下3点を掲げていることに加え、POMEの積極的なエネルギー活用についても明記されている。

1. 再生可能エネルギーや代替するエネルギーの利用を促進する。
2. スマートグリッドで分散型電力発電を行うなどの先進的なエネルギーシステムを作ることにより、需要と供給の両サイドにとって持続可能、クリーンで効率的なシステムを提供する。
3. インセンティブや補助金を付けることにより、再エネや代替可能エネルギーを宣伝する。

### 3.2 事業化計画策定に向けた基礎調査

本項では、イスカンダル地域及びコタキナバル市を中心として、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の形成を目指し、現地調査（オンライン）及び文献調査や関連企業へのヒアリング調査等により、事業形成に必要な基礎情報を収集した。

以下では、製造・輸送・利用それぞれの観点から調査した結果を整理するとともに、収集した情報から考えられる事業モデル案の検討結果について整理する。

#### 3.2.1 バイオ燃料供給ポテンシャルの把握

##### 1) バイオ燃料製造技術

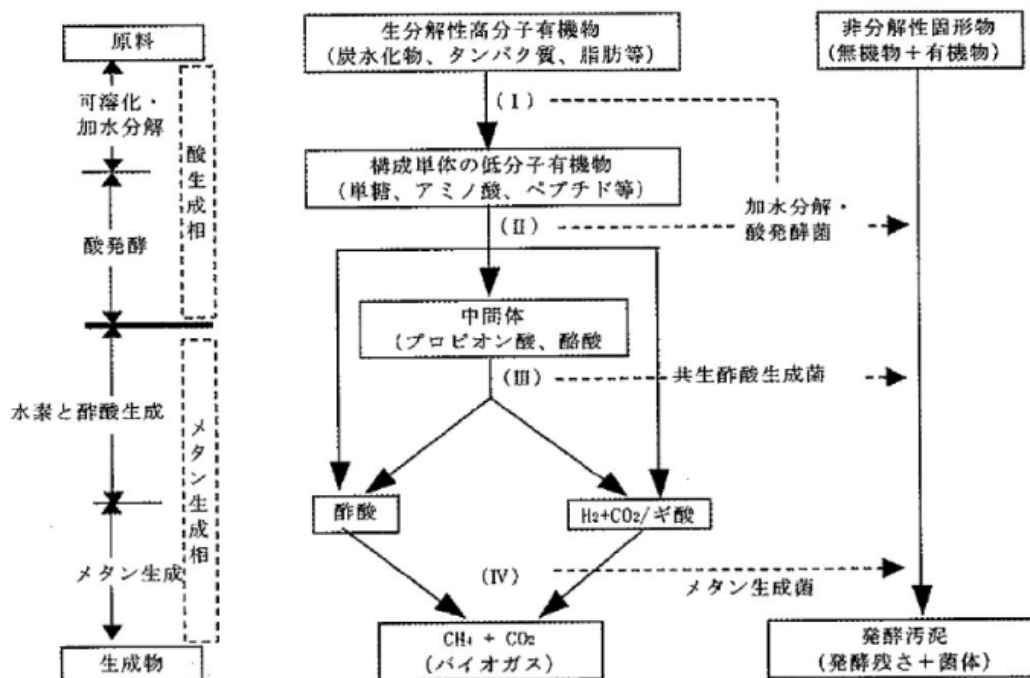
バイオマスからバイオ燃料を得る技術として、メタン発酵がある。メタン発酵は、酸素のない嫌気条件下において嫌気性微生物群によりバイオマス（有機物）が分解され、最終的に主にメタンと二酸化炭素からなるバイオガスを生成する反応である。メタンは可燃性ガスであり、燃料として利用することができる。したがって、メタン発酵はバイオマスからバイオガス、つまりバイオ燃料を回収できる技術として利用されている。

バイオガスの二酸化炭素を除去すればメタンガスとなり、一般的に家庭で使用されている都市ガスやプロパンガスと同じように使用することができる。異なる点としては、同じ体積当たりでの得られるエネルギーが小さい点である。日本のガスの熱量基準である 13A に合わせるためには、エタンやプロパン、ブタンなどのガスと混合して熱量を調整する必要がある。

メタン発酵の長所は、前述した通りエネルギー回収が可能な点、焼却によって廃棄されていたバイオマス廃棄物から環境に低負荷な燃料を製造できる点が挙げられる。短所としては、窒素化合物やリン酸の除去率が低い、処理時間が長い、発酵温度を保つために加温が必要な点などが挙げられる。

メタン発酵の過程は大きく4つに分けることができる（図3-3）。可溶化・加水分解、酸発酵、水素と酢酸生成、メタン生成である。様々な嫌気性微生物の働きによって、バイオマスが分解されバイオガスが生成する。可溶化・加水分解では高分子有機物が低分子有機物に分解され、酸発酵にてプロピオン酸や酪酸といった中間体である有機酸が生成される。その後、水素と酢酸を経て、最終的にメタンと二酸化炭素からなるバイオガスが生成される。





出典： <http://www.env.go.jp/recycle/waste/biomass/foundation.html>

図 3-3 メタン発酵の仕組み

メタン発酵は、高温・中温といった温度や、湿式・乾式といった含水率の違いによっていくつかの種類がある。

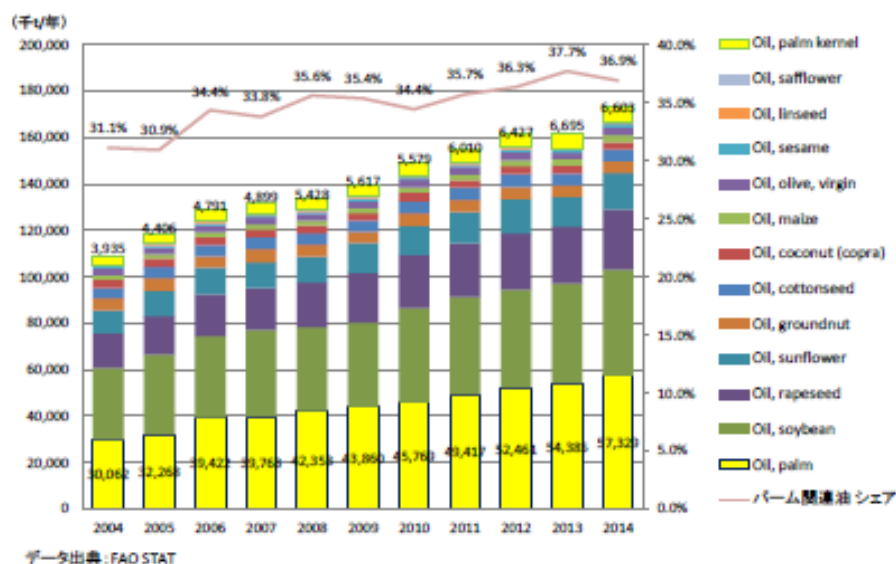
メタン発酵に用いるバイオマスの種類によって、発生するバイオガス量が異なる。前述の通り、微生物群による反応のため、原料バイオマスの分解のしやすさに依存する。また、原料の含水率、有機物や窒素分の割合など、多くのファクターを考慮しなければならない。

メタン発酵の原料として、バイオマス廃棄物である食品廃棄物や下水汚泥、家畜糞尿などの研究が多く行われている。ひとつの原料だけでなく、複数のバイオマスを混合した研究も多く行われている。有機物であればメタン発酵し、バイオ燃料を得ることが可能であるが、バイオマス廃棄物を利用することで、普段は焼却処理されていたバイオマスからエネルギーを得ることができる。

## 2) マレーシア国内における POME の処理状況

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 (図 3-4)、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 (表 3-7)。パームオイルはマレーシ

アにおける主要輸出品目であるため今後の増産を期待されるものの、主要輸出先である EU では、森林保護の観点等から輸入規制が開始させるなど、世界の眼は厳しく、RPSO 認証等の持続可能な発展がより一層求められている状況である。



出典：マレーシア国パームオイル工場の排水処理高度化・資源循環利用普及・実証事業業務完了報告書 (JICA)

図 3-4 世界のパームオイル生産量

表 3-7 マレーシア国内における州ごとのパームオイル精製能力

州	国土面積 単位 ha	パーム農園の 面積 ha	農園 面積比率 %	工場数	
				数量	精製能力 tFFB/年
Malaysia全体	32,984,700	5,642,943	17.1%	445	108,396,400
Sabah	7,611,500	1,544,223	20.3%	129	33,763,200
Sarawak	12,445,000	1,439,359	11.6%	73	18,297,000
Johore	1,998,400	739,583	37.0%	61	15,885,400
Pahang	3,596,400	725,239	20.2%	71	15,692,200
Perak	2,100,600	398,314	19.0%	45	10,302,800
Terengganu	1,295,500	172,587	13.3%	13	3,317,600
Negeri Sembilan	664,500	177,741	26.7%	15	3,509,400
Selangor	795,600	137,336	17.3%	17	3,329,600
kelantan	1,492,200	151,973	10.2%	10	1,679,200
Kedah	942,600	87,244	9.3%	6	1,564,000
Malacca	165,000	54,603	33.1%		
Penang	104,630	14,447	13.8%	5	1,056,000
Perlis	81,000	294	0.4%		

データ出典：MPOB "Malaysian Oil Palm Statistics 2015"

出典：マレーシア国パームオイル工場の排水処理高度化・資源循環利用普及・実証事業業務完了報告書 (JICA)

また、パームオイル産業に関連する環境問題の1つとして、パームオイル製造工場から排出される廃液である POME による河川の汚染、及びそれに伴う温室効果ガスの排出が挙

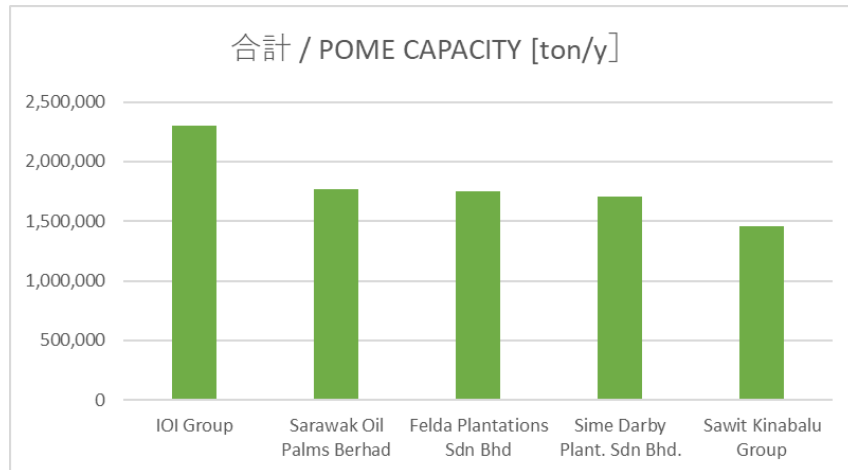
げられる。POME は有機性汚濁物質が高濃度で含まれているが、その処理が長年の課題となっており、多くのパームオイル製造工場では廃液の処理を行わず、有機成分が多分に含まれたまま河川に放流してしまっている。特にサバ州では、POME によって汚染された河川の水を、飲料や入浴などの生活用水として使うことを余儀なくされている地域もあり、健康被害も報告されている。これらに対応するため、マレーシア政府は、パームオイル産業向けの環境規制により排水基準を設定し、POME に対して適切な処理をすることを義務付けているが、規制の浸透度が低いのが現状である。

また、POME から発生するバイオメタンはマレーシア全体の GHG 排出量に対しておよそ 7%に相当するとされていることから、前述の国家重点経済分野（NKEA）では、2020 年を目標年として、POME の処理過程で排出されるメタンガスを回収し、再利用することを方針として掲げている。今後は、パリ協定を中心とした脱炭素社会への世界の潮流から、各産業における温室効果ガス排出量削減規制が進むと考えられ、パームオイル産業にとっても重要な課題となると考えられる。

### 3) パームオイル工場とバイオ燃料供給ポテンシャルの把握

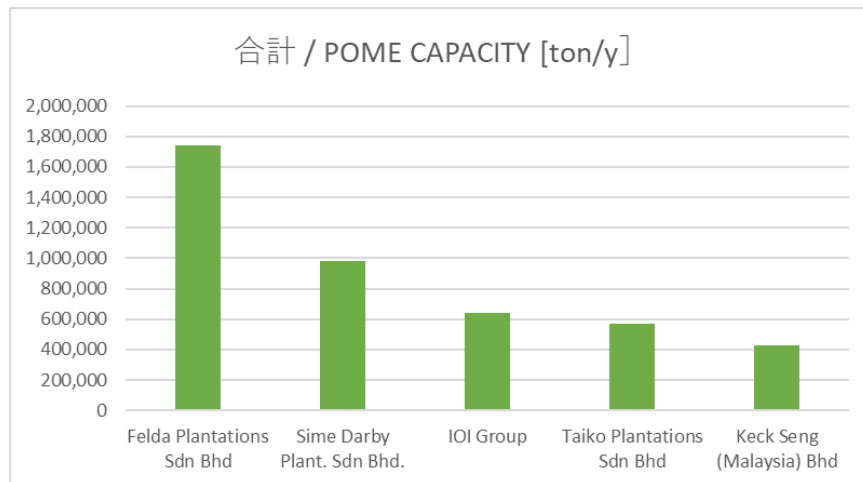
本調査では、文献調査及び MIDA へのヒアリング等により、イスカンダル地域が位置するジョホール州及びコタキナバル市が位置するサバ州を対象として、パームオイル工場とその事業者をリストアップした。州ごとのパームオイル精製工場と事業者毎のパームオイル精製量から推定した POME 発生量について整理した結果を図 3-5、図 3-6 に示す。年間の POME 発生量としては、サバ州全体で年間約 2,076 万 t（マレーシア全体の約 42%）、ジョホール州全体で年間約 890 万 t（マレーシア全体の約 18%）であり、発生量が多い企業としては、IOI 社、Felda 社、Sime Darby 社がいずれの州の上位 5 社に入っている。

また、POME の発生量から製造可能なバイオ燃料の供給ポテンシャルの算定方法を表 3-8 に示す。同算定方法により、パームオイル精製工場から製造可能なバイオ LNG ポテンシャルを事業者毎に整理した結果を図 3-7、図 3-8 に示す。バイオ LNG 製造ポテンシャルとしては、製造ポテンシャルの高い上位 5 社の合計で見ると、サバ州で年間約 11.7 万 t、ジョホール州で年間約 5.8 万 t であった。



出典：MIDA から受領した資料等を基に当社にて作成

図 3-5 POME 推定発生量の上位 5 社 (サバ州)



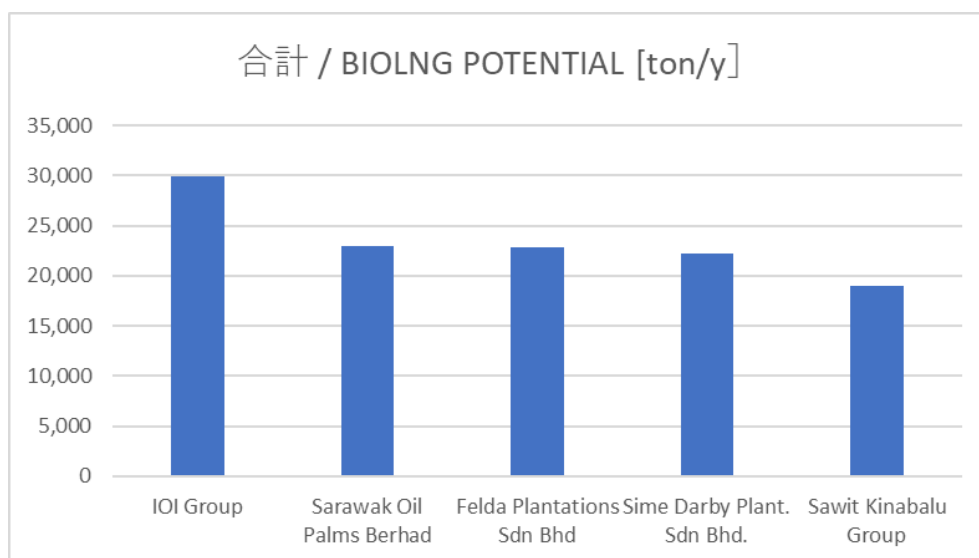
出典：MIDA から受領した資料等を基に当社にて作成

図 3-6 POME 推定発生量の上位 5 社 (ジョホール州)

表 3-8 バイオ燃料供給ポテンシャル量の算定方法

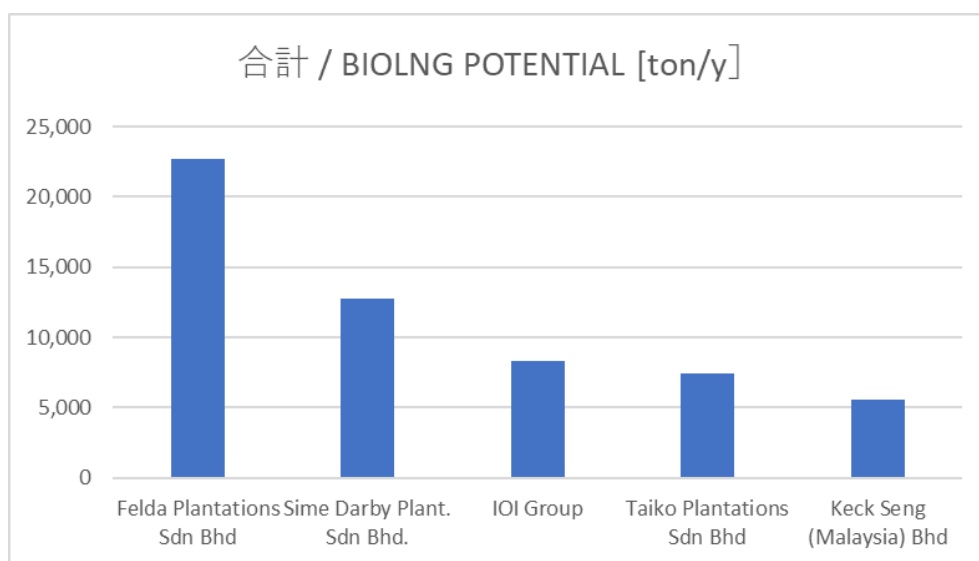
「パームオイル工場廃液を処理するラグーンシステムからのメタンガス放出量の測定 (土木学会論文集 G (環境), Vol. 69, No. 4, 157-165, 2013) によると、1 t あたりの POME から排出されるバイオガス量は 28m<sup>3</sup> であり、そのバイオガス中には 65% のメタンガスを含むと報告されている。よって、メタンガスのガス密度 0.717[kg/Nm<sup>3</sup>] で重量換算することで、バイオ燃料の発生量を以下の算定式により算出できる。

$$\begin{aligned}
 1[\text{t-POME}] \text{発生するメタンガスの重量}[\text{kg}] &= 1[\text{t-POME}] \times 28[\text{Nm}^3/\text{t-POME}] \\
 &\quad \times 0.65[\%] \times 0.717[\text{kg}/\text{Nm}^3] \\
 &= 13.04[\text{kg}] = 0.013[\text{t}]
 \end{aligned}$$



出典：MIDA から受領した資料等を基に当社にて作成

図 3-7 事業者毎のバイオ LNG 製造ポテンシャル (サバ州)



出典：MIDA から受領した資料等を基に当社にて作成

図 3-8 事業者毎のバイオ LNG 製造ポテンシャル (ジョホール州)

次に、バイオ燃料の供給ポテンシャル量の多い上位 5 社を対象とし、企業ホームページやプレスリリース及び MIDA へのヒアリング等から、対象企業の経営方針を確認した。その結果、イスカンダル地域のバイオ燃料産業のポテンシャルが高い企業として挙げられており、バイオ燃料供給事業を含めた脱炭素・低炭素に関心が高く、持続可能なパーム油の生産・利用を目指す国際的な認証制度である「持続可能なパーム油のための円卓会議(以下、RSPO とする。)」の創設メンバーである Sime Darby Plantation Berhad をバイオ燃料供給事業の実施候補企業として選定した。

Sime Darby Plantation 社は、2007 年に Sime Darby グループの 5 つのコア部門の 1 つであるプランテーション部門及びアグリビジネス部門を担うために設立され、パーム油のバリューチェーンに関して、上流から下流まで幅広く関与している。同社の作付面積は世界最大であり、認証された持続可能なパーム油（CSP0）の生産量としては、24 億 9,600 万 t と世界最大の生産者である。また、同社では、生産責任を果たすため、バイオガスやバイオベースの化学物質の製造など、再生可能エネルギーやグリーンテクノロジーを対象とした研究開発も積極的に取り組んでいる。具体的には、POME から回収されるバイオガスを活用して、2030 年までに二酸化炭素排出量を 40%削減するという目標値を掲げ、現在、マレーシア国内では、9 つのバイオガス発電プラントが稼働しており（表 3-9）、2020 年から 2025 年にかけて 7 つのプラントを追加する計画を立てている。これらの活動が評価された結果、2019 年 1 月には、マレーシアのエネルギー科学技術環境気候変動大臣から、Sustainable Business Awards（SBA）を受賞している。

表 3-9 Sime Darby Plantation 社が所有するバイオガス発電プラント

	
Flemington バイオガスプラント	Flemington バイオガスプラント
	
Chersonese バイオガスプラント	建設中のラグーンの様子

出典：https://www.simedarbyplantation.com/content/biogas

同社がサバ州及びジョホール州で管理するパームオイル精製工場は、サバ州では 8 工場で合計 22,500t/年、ジョホール州では 5 工場で合計 12,900t/年程度のバイオ LNG の供給ポテンシャルを有していることが分かった。これは LNG 発電所で考えると、それぞれ、20MW、10MW 程度の設備容量の発電所を 1 年間稼働させるために必要な量と同程度であり、大きなポテンシャルを有していると言える。

これらを踏まえて、同社と 2020 年 10 月、2021 年 1 月の 2 度にわたりオンライン面談を

実施し、バイオ燃料供給事業のビジネス化の検討可能性についてヒアリングを実施した。面談では、Sime Darby 社は POME 由来のバイオガス事業に非常に高い関心を抱いており、既に稼働しているバイオガス発電事業を拡大させたい意志が強いことが確認できた。また、バイオガスの生産方法についても独自で研究を進めており、従来の方法よりも、多くのバイオガスを製造できる可能性を見出していることが分かった。一方で、マレーシア国内では、まだまだ脱炭素に対する意識が低く、コスト重視であるため、国外への輸出を基本と考えているようであり、仮にマレーシア国内で事業を実施する場合は、脱炭素に対する意識が高いオフテイカーを日本サイドで見出し、上流から下流までのバイオ燃料サプライチェーンを構築する必要があることが示唆された。

#### 4) その他のバイオ燃料供給ポテンシャルの把握

バイオ燃料のサプライチェーン構築を目指す上で、事業の経済性確保のためには、バイオ燃料の取扱い量を可能な限り大きくすることが非常に重要となってくる。そこで、本調査では、パームオイル工場以外のバイオ燃料供給ポテンシャル候補として、マレーシア国内の「食品廃棄物」、「下水汚泥」、「家畜ふん尿」の発生状況について整理した。

##### ①食品廃棄物

食品廃棄物は、食品加工工場の加工残渣やレストランでの廃棄分、家庭から出る生ごみなどである。一般に食品の種類にもよるが、食品廃棄物からのバイオガス発生量は多い。日本では一般的に焼却・埋め立て処分が多く、マレーシアでも同様に焼却・埋め立て処分が多い。

マレーシアでは、2005年での固形廃棄物 19,000t/日に占める食品の割合は 45%であり、2012年での固形廃棄物 33,000t/日に占める食品の割合は 44.5%と推計されている<sup>3</sup>。つまり、マレーシアでは1日あたり約 1.5 万 t、年間で約 540 万 t の食品が廃棄されていると推測される。

食品廃棄物からは 150 Nm<sup>3</sup>/t のバイオガスが発生する<sup>4</sup>とされていることから、食品廃棄物をバイオマス源としたメタン発酵を想定すると、2,700t/日、98 万 t/年のバイオガスが生成され、バイオガスの 60%をメタンと仮定すると、950t/日、35 万 t/年のメタンガスが生成可能だと想定される。

##### ②下水汚泥

下水処理場で水を処理する際にはかならず汚泥が発生する。下水汚泥は一般的に焼却処分されるが、水分量が多いために焼却時のエネルギーを多く必要としたり、焼却前に固液分離され、液分は更に排水処理されたりなど、処分にエネルギーを多く要する。そのため、下水汚泥をバイオマス源としたメタン発酵の研究が活発に行われている。食品廃棄物に比べ

<sup>3</sup> [https://www.env.go.jp/recycle/circul/venous\\_industry/pdf/malaysia.pdf](https://www.env.go.jp/recycle/circul/venous_industry/pdf/malaysia.pdf)

<sup>4</sup> [https://www.env.go.jp/recycle/report/h28-10/manual2\\_syousai.pdf](https://www.env.go.jp/recycle/report/h28-10/manual2_syousai.pdf)



ると、1t あたりのバイオガス発生量が小さいが、下水汚泥は水を利用して生活していれば必ず発生してしまうため、活用方法が模索されており、そのひとつとしてメタン発酵が挙げられる。

マレーシア全体では、年間に 430 万 m<sup>3</sup> の下水汚泥が発生すると推算されている<sup>5</sup>。

下水汚泥からは 12~14 Nm<sup>3</sup>/t のバイオガスが発生する<sup>6</sup>。下水汚泥をバイオマス源としたメタン発酵を想定すると、マレーシア全体では 6.8 万 t/年のバイオガスが生成され、バイオガスの 60%をメタンと想定すると、マレーシア全体では 2.4 万 t/年のメタンガスが生成される。

### ③家畜ふん尿

家畜糞尿は一般的に堆肥化处理されているが、堆肥化後の受け入れ先が限られていたり、悪臭が発生したりという問題がある。日本でも堆肥化处理が行われることが多いが、一部農家で既にメタン発酵設備が導入されており、バイオガスの生成が行われている。

マレーシアでは、75 万頭の乳牛が飼育されており、210 万頭の豚が飼育されている<sup>7</sup>。

バイオガス発生量は家畜の種類によって大きく変わる。乳牛糞尿からは 15~30 Nm<sup>3</sup>/t、豚糞尿からは 19~34Nm<sup>3</sup>/t のバイオガスが発生する<sup>8</sup>。飼料等によってもバイオガス発生量が異なるが、乳牛からの糞尿をバイオマス源としたメタン発酵を想定すると、マレーシア全体では 30 万 t/年のバイオガスが生成され、10 万 t/年のメタンガスが生成される。養豚からの糞尿をバイオマス源としたメタン発酵を想定すると、マレーシア全体では 10 万 t/年のバイオガスが生成され、3.6 万 t/年のメタンガスが生成される。

上記には、乳牛と豚だけを記載したが、それ以外の肉牛、採卵鶏などがマレーシアでは飼育されており、家畜糞尿のバイオマス源としてのポテンシャルがあると考えられる。

## 3.2.2 天然ガス燃料（バイオ燃料を含む）の輸送ビジネスに関する実態の把握

### 1)バイオ燃料輸送システムの概要

パームオイル工場から目的地までバイオガスを輸送するシステムは、バイオガスを回収する設備、ガスを加工して LNG や CNG を製造するプラント+トラック輸送+船舶輸送、もしくはパイプラインと、バイオガスを受け取り、ユーザー側で使用できるように調整するサテライト基地から構成される。

一般的に、日本で利用される天然ガスの 97%を占める輸入 LNG は、LNG 一次受入基地で受け入れられた後、気化器で気化され、都市ガス用として熱量調整・付臭が施された上で、パイプラインにより需要地に輸送される。ただし事業性の観点から、大きなガス需要を見込

<sup>5</sup> [https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11932357\\_01.pdf](https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11932357_01.pdf)

<sup>6</sup> [https://www.env.go.jp/recycle/report/h28-10/manual2\\_syousai.pdf](https://www.env.go.jp/recycle/report/h28-10/manual2_syousai.pdf)

<sup>7</sup> <https://lin.alic.go.jp/alic/month/fore/2005/dec/spe-02.htm>

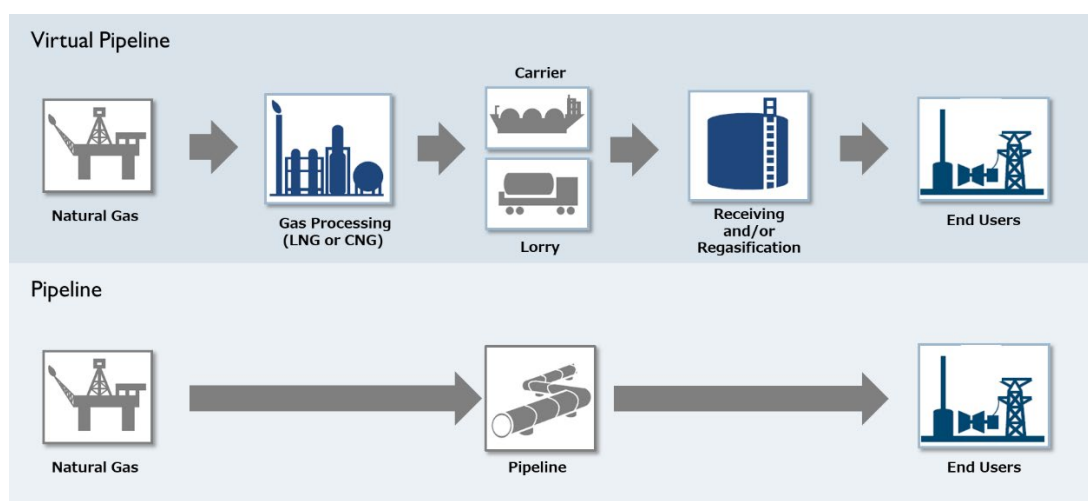
<sup>8</sup> [https://www.env.go.jp/recycle/report/h28-10/manual2\\_syousai.pdf](https://www.env.go.jp/recycle/report/h28-10/manual2_syousai.pdf)



めない地域へはタンクローリー等設備投資が少額となる輸送方法を一般的に適用する。LNGをタンクローリー、鉄道貨車で輸送し、需要先の現地基地（サテライト基地）で気化・供給する。

また、LNG や CNG などのバーチャルパイプラインの場合、不純物除去である前処理に加えて、液化や圧縮などといった工程により原料ガスを加工し、需要地に向けてトラックや船舶等を用いて輸送する。LNG や CNG などのバーチャルパイプラインの場合は採算が取れるならば各方向に向けてどこへでも配送できるが、パイプラインの場合は、一度敷設したルートからの拡張のためには、新設パイプラインの敷設が必要となるため、あらかじめ輸送ガス量に対して過大なキャパシティを持つパイプラインを敷設することが多い。従って初期投資額が大きくなる傾向にある。図 3-9 にガスフローの模式図を示す。

以下では、バイオ燃料利用事業を検討する上で、供給地から需要地までに必要な各設備の概要や特徴について整理する。



出典：日揮グローバル会社より受領

図 3-9 ガスフローの模式図 (バーチャルパイプラインとパイプラインの比較)

### ①バイオガス回収

パームオイル製造残渣の POME から発生するバイオガスは、回収して利用可能な形にしなければならない。そのために POME ラグーンをカバーで覆い、バイオガスの回収を行う Covered Lagoon 方式 (図 3-10) や、POME を固定のタンクへ送出しタンク内でバイオガスを発生させ回収を行うタンク方式がある (図 3-11)。一般的には Covered Lagoon 方式の方がより安価であるが、必要敷地面積が大きく、建設地次第で選択されない場合もある。



出典：Handbook POME-to-Biogas Project Development in Indonesia  
Second Edition, WINROCK INTERNATIONAL, 2015

図 3-10 Covered Lagoon 方式



出典：Handbook POME-to-Biogas Project Development in Indonesia  
Second Edition, WINROCK INTERNATIONAL, 2015

図 3-11 タンク方式

## ② バイオガス輸送

回収したバイオガスは、輸送距離や量に応じて、圧縮または液化され、CNG または LNG とした状態で需要地へ輸送される。一般的な CNG と LNG の特徴についての比較を表 3-10 に示す。

表 3-10 LNG と CNG の比較

	LNG	CNG
輸送距離	長い (数 100km 以上)	短い (数 10km 以下)
輸送量	多い (18ton/Truck)	少ない (7.5 ton/Truck)
製造設備の運転及び管理	深冷ユニットを有するため、CNG と比較すると複雑	前処理、圧縮のシンプルな工程のため、LNG と比較すると容易
安全性	比較的ガス圧力が低いため、安全性が高い	比較的ガス圧力が高いため、注意を要する
初期投資	プラント：比較的高価 輸送：エネルギー密度が高いため、輸送用ローリー数は少ない	プラント：比較的高価 輸送：エネルギー密度が低いため、輸送用ローリー数は多い

### ③ バイオガス供給サテライト

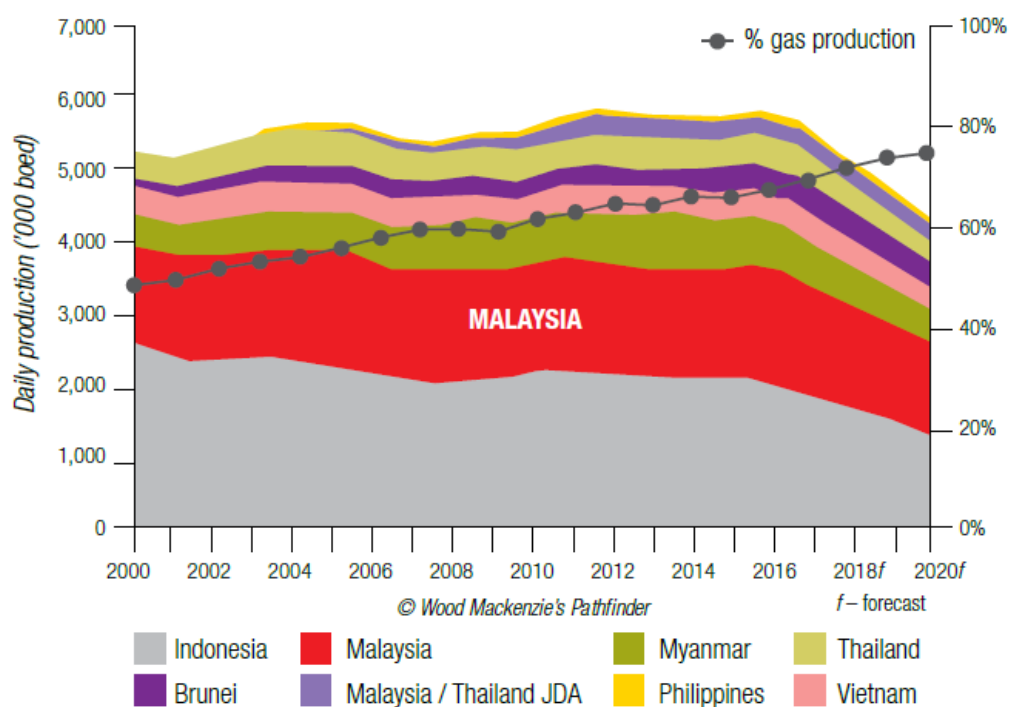
LNG 化したバイオガスについては、需要家が利用する際に、サテライト設備により、再ガス化する必要がある。特に、LNG については、貯蔵しておくこと、温度差で一部が自然に気化し、貯蔵量が目減りすることから、在庫として貯蔵する量が多くなると、その分、聞か量が多くなってしまいうため注意が必要である。

## 2) マレーシアの天然ガス市場状況及びガスインフラ整備状況

Meet Malaysia Investment Opportunities in Asia's Oil and Gas Hub (2020 年 6 月、MIDA) によると、現在、マレーシアは約 129 億 4,000 万バレルの石油埋蔵量と世界の約 1.2% にあたる 1.75 兆 m<sup>3</sup> の天然ガス埋蔵量を有しているとされている。また、東南アジアにおける天然ガス生産割合は年々増加しており、2020 年時点で 80% に迫る勢いである (図 3-12)。マレーシアの石油産業は長年シェルとエッソによる寡占状態となっていたが、1974 年に国営石油会社 Petronas が設立され、1980 年代から新たに生産分与 (PSC) による鉞区開放を進めており、現在に至っている。マレーシアのオフショア鉞区は大きく「マレー半島沖」、「サラワク沖」、「サバ沖」の 3 つの地域に区分され、ボルネオとマレー半島との間はインドネシアの排他的経済水域 (EEZ) が存在することや距離も 1000km を超えることから、サラワク州沖で採取された天然ガスをマレー半島に直接輸送することは難しい (図 3-14)。そのため、サラワク沖で生産されたガスは、域内需要も小さいことから、多くが海外輸出用として扱われている。マレー半島沖で生産されたガスは、Peninsular Gas Utilization (PGU) によって、マレー半島部一体に供給されているが、需要量に満たないため、LNG を輸入して、対応している状況である。サバ沖で生産された天然ガスは、一部はサバ州内で消費されるが、

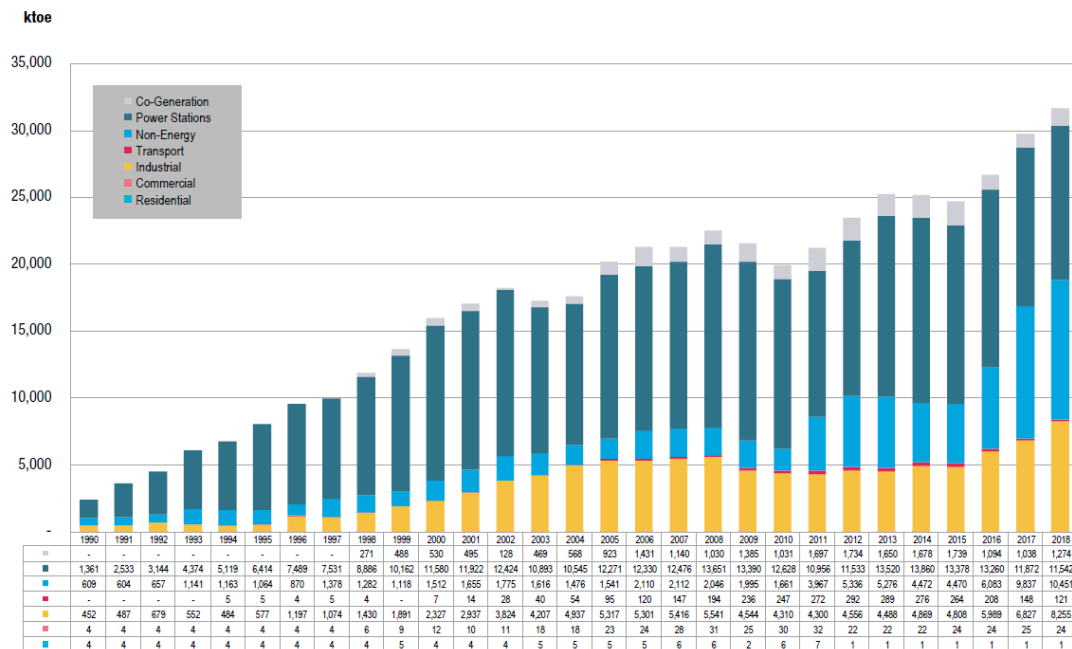
多くはサバ・サラワクガスパイプライン (SSGP) を通じてサラワク州の LNG 液化プラントに送られ、LNG に液化され、海外に輸出されている。

なお、マレーシアのガス価格は政府の認可によって決定されており、ガス価格水準は ASEAN で最安値水準と言われている。価格決定に際して、市場概念やコストは考慮されていないため、コストが売値を上回った場合は、マレーシア政府から Petronas に対して補助金が支払われることとなっている。



出典：Meet Malaysia Investment Opportunities in Asia's Oil and Gas Hub

図 3-12 東南アジアにおけるオイル&ガス生産量の推移



出典：National Energy Balance 2018 (Suruhanjaya Tenaga)

図 3-13 マレーシア国内の天然ガス消費割合の推移



出典：ペトロナスに関する考察（後編）（2019年、石油天然ガス・金属鉱物資源機構）

図 3-14 マレーシアの鉱区区分



出典 : <https://www.gasmalaysia.com/index.php/gas-fundamentals/peninsular-gas-utilisation-project>

図 3-15 Peninsular Gas Utilization (PGU) プロジェクト

### 3) 既存の天然ガス輸送事業者

コタキナバル市内における既存の天然ガス輸送事業者としては、サバ州政府が管轄する Sabah Energy Corporation Sendirian Berhad が挙げられる。同社では、サバ州内において天然ガスの小売事業や IPP 事業などのエネルギー関連事業やロジスティクスなどの非エネルギー事業など、様々な取り組みを実施している (図 3-16)。

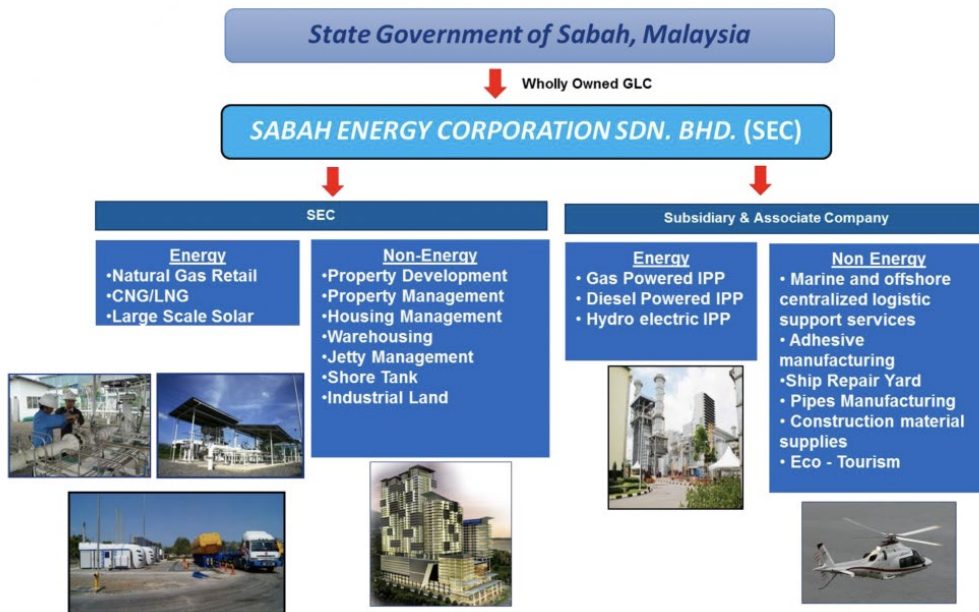
同社における天然ガス輸送事業に関しては、パイプライン輸送、CNG 輸送、LNG 輸送の大きく 3 つの事業に取り組んでいる。

パイプライン輸送に関しては、1996 年 11 月からサービスを開始しており、コタキナバル市のコタキナバル工業団地 (KKIP) とラブアンのランランカ工業団地に対して、天然ガスの供給を行っている。

CNG 輸送に関しては、主にコタキナバル工業団地内に供給をしている (図 3-17)。供給の方法としては、図 3-18 に示す通りであり、工業団地のマザーステーションまではパイプラインにより低圧 (4~17Bar) で供給され、そこで 250Bar まで圧縮し、専用の CNG タンク (図 3-19) へと充填された後、専用のトラックなどで輸送され、利用地点において減圧し、利用している。

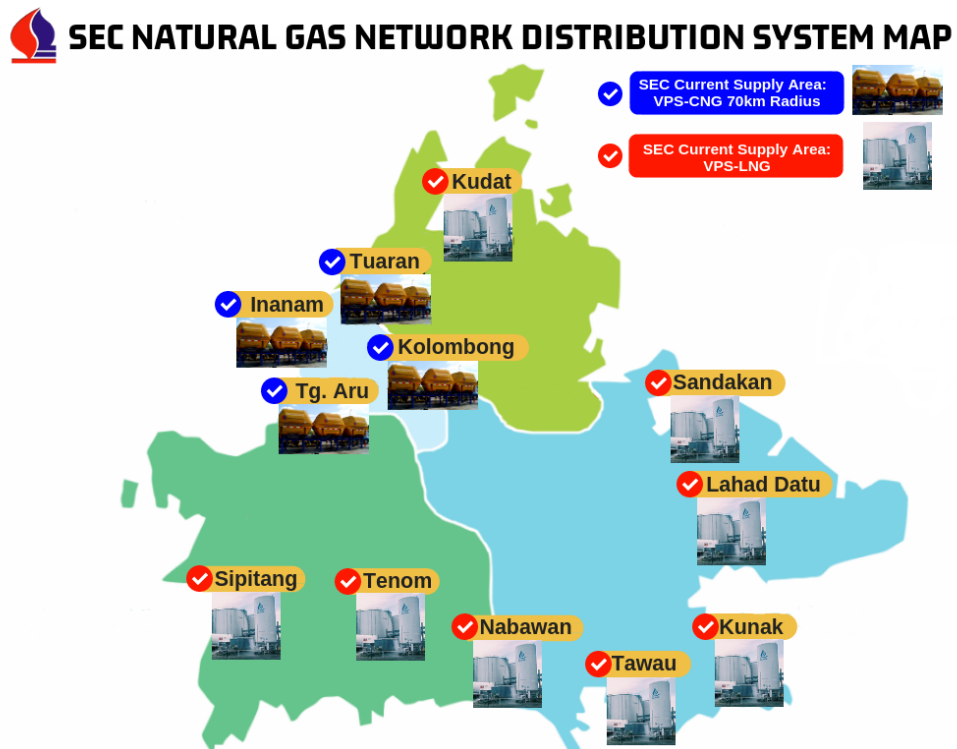
LNG 輸送に関しては、可搬性が高いことから、CNG よりも広範囲に供給されている (図 3-17)。供給の方法としては、図 3-20 に示す通りであり、小型の液化装置で LNG 化した後、利用地点において再ガス化し、利用している。





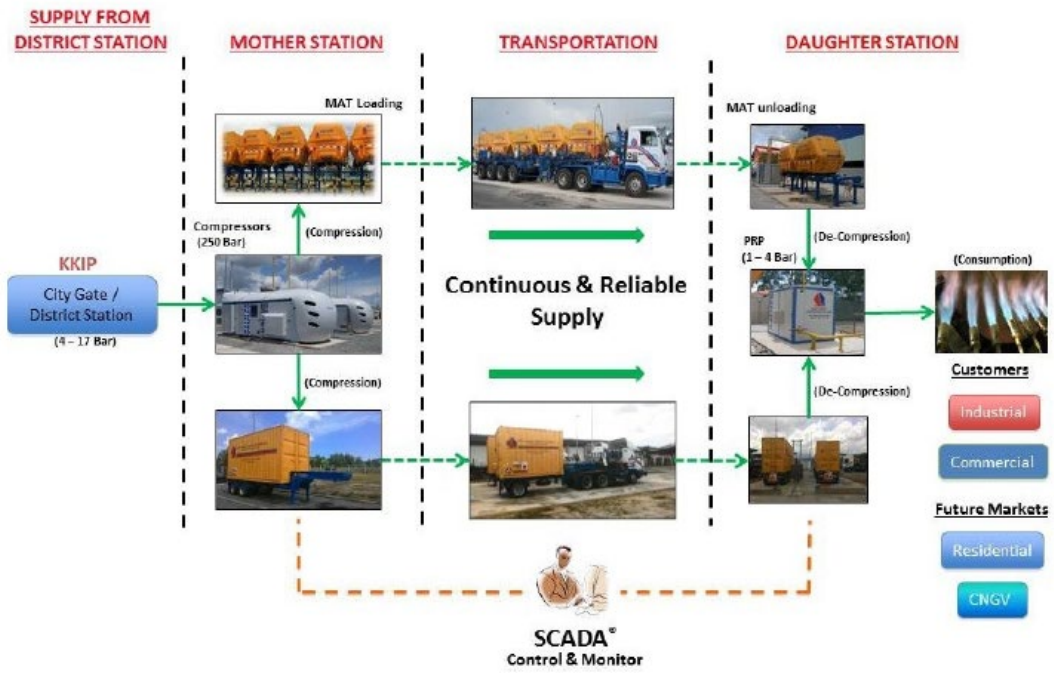
出典 : <https://www.sabahenergycorp.com>

図 3-16 Sabah Energy Corporation 社の事業概要



出典 : <https://www.sabahenergycorp.com>

図 3-17 Sabah Energy Corporation 社の CNG/LNG 供給エリア



出典 : <https://www.sabahenergycorp.com>

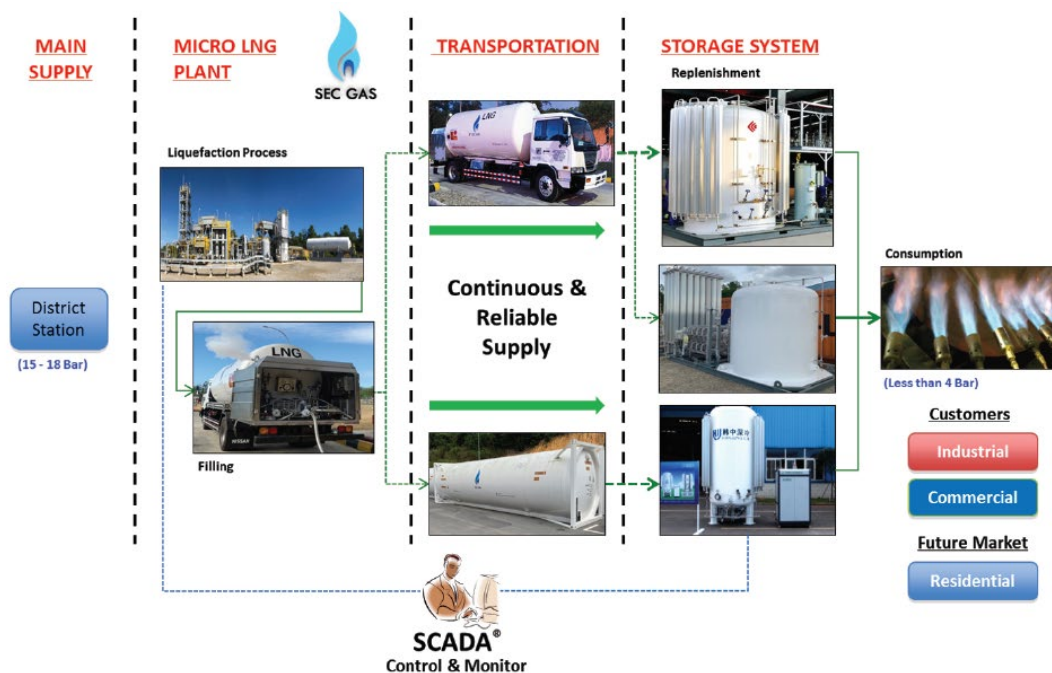
図 3-18 Sabah Energy Corporation 社の CNG サプライチェーン



出典 : 当社にて撮影

図 3-19 CNG 充填用タンク





出典：https://www.sabahenergycorp.com

図 3-20 Sabah Energy Corporation 社の LNG サプライチェーン

Sabah Energy Corporation 社は、サバ州内で天然ガス輸送事業を実施していることから、今後、バイオ燃料利用事業を検討する上で、輸送部分のビジネス検討を行う際のキープレイヤーになる可能性が高いと考え、2021 年 2 月 8 日にオンライン面談を行い、バイオ燃料の輸送事業を検討する上での課題や興味についてヒアリングを行った。バイオ燃料の利活用については、可能性があると考えている一方、全量をバイオ燃料由来に切り替えるのは、コスト面でなかなか難しいため、供給可能なバイオガス量も踏まえ、例えば、既存の天然ガス供給網に対して、数パーセントバイオ燃料由来のバイオガスを混合させるのが良いと助言を受けた。

### 3.2.3 バイオ燃料需要ポテンシャルの把握

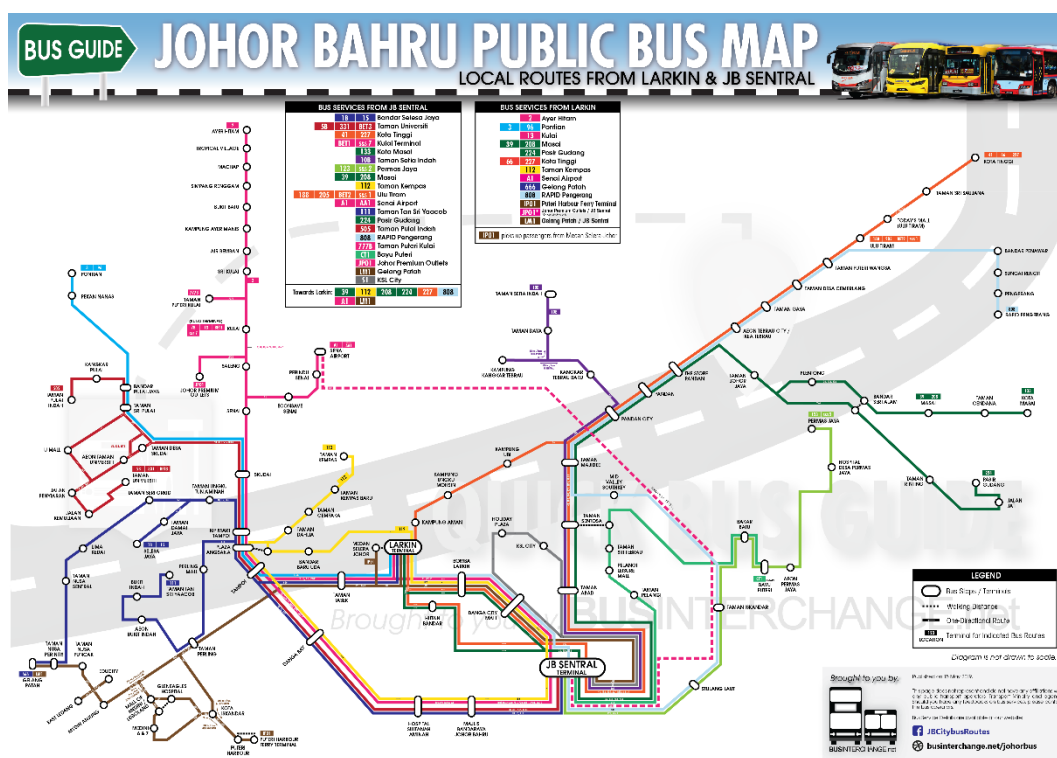
#### 1) イスカンダル地域で導入予定のバス高速輸送システム (BRT) 事業

前述の通り、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いる。同計画では、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ことから、以下では、現在の燃料使用量から算出したバイオ燃料の需要量や最新の計画について整理する。

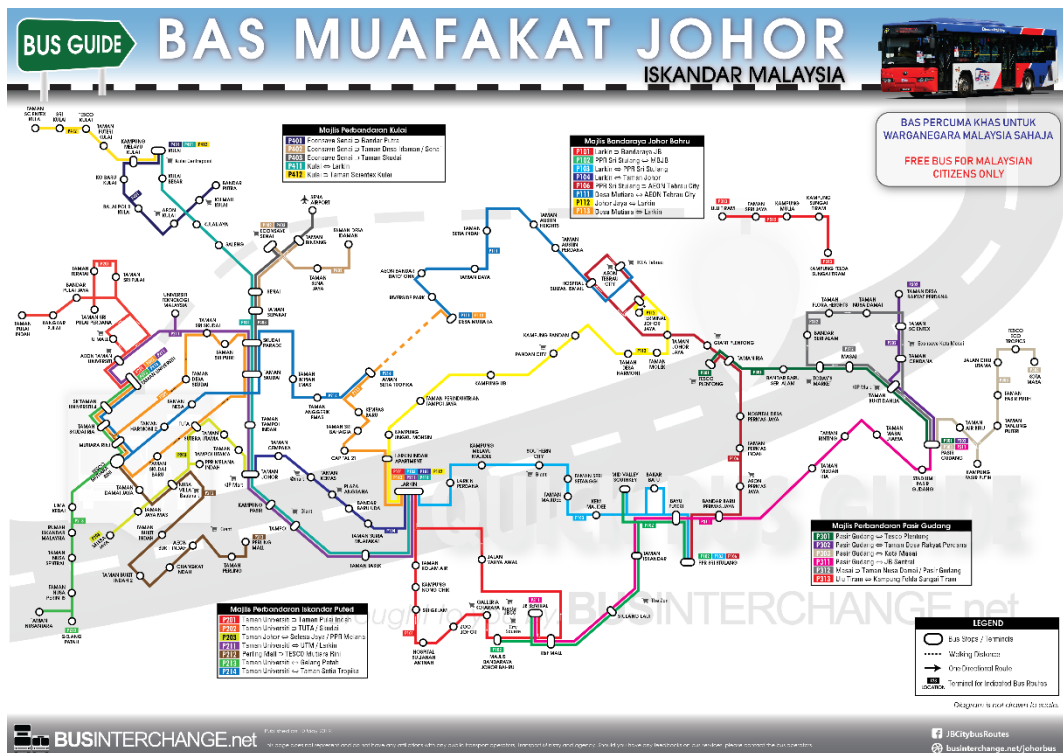
### ①現在の燃料使用量及びコスト

現在、イスカンダル地域では、7事業者が約700台のバスを用いて、市内や隣接するシンガポールとの間でバスを運行している（図3-21、図3-22、図3-23、図3-24、図3-25）。計画では、最終的に、すべての事業者に対してBRTシステムを導入する予定であるが、初期段階として、まずは、7事業者のうち、最もバスの保有台数が多いCauseway Link社が保有するバスの切り替えを進め、その効果や課題等を検証した上で、残りの事業者についても切替を進めることを予定している。



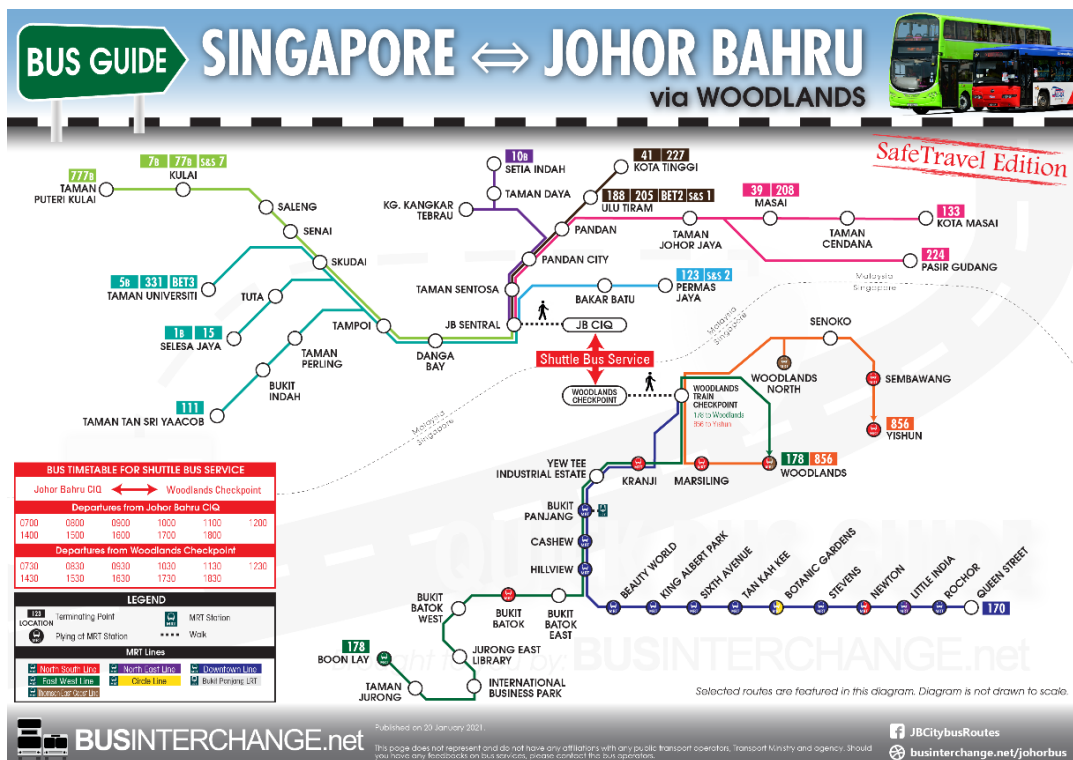
出典：<https://businterchange.net/johorbus/routes.html>

図3-21 既存のバスの運用ルート①



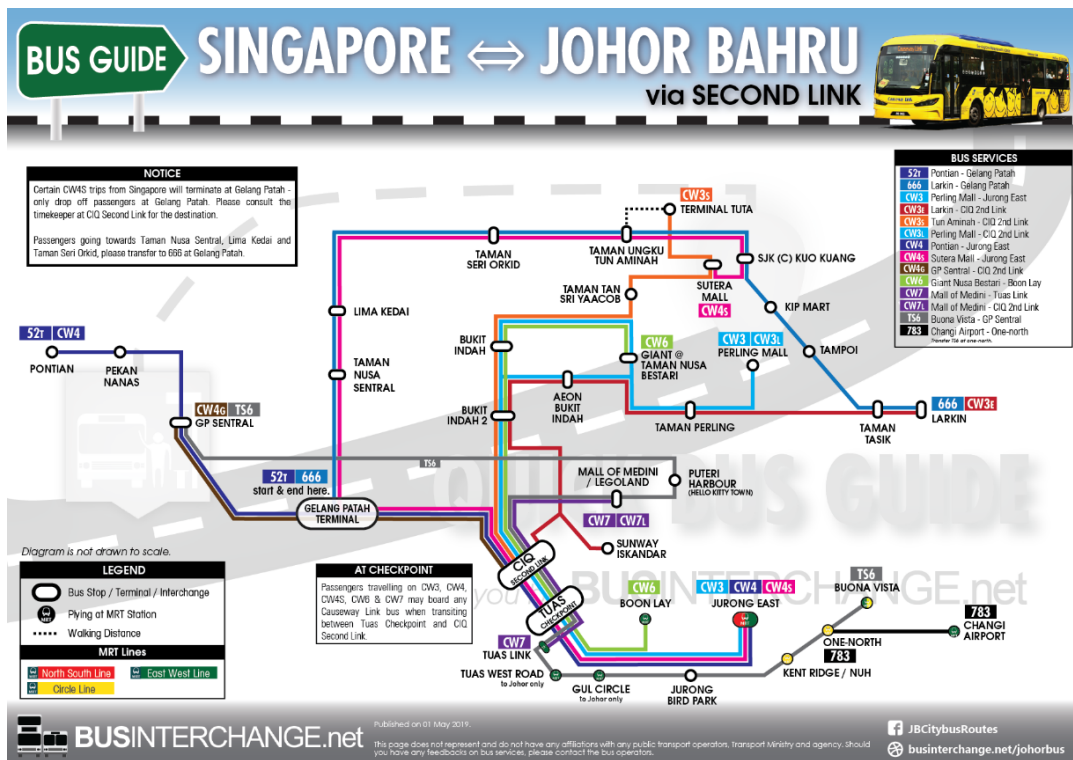
出典 : <https://businterchange.net/johorbus/routes.html>

図 3-22 既存のバスの運用ルート②



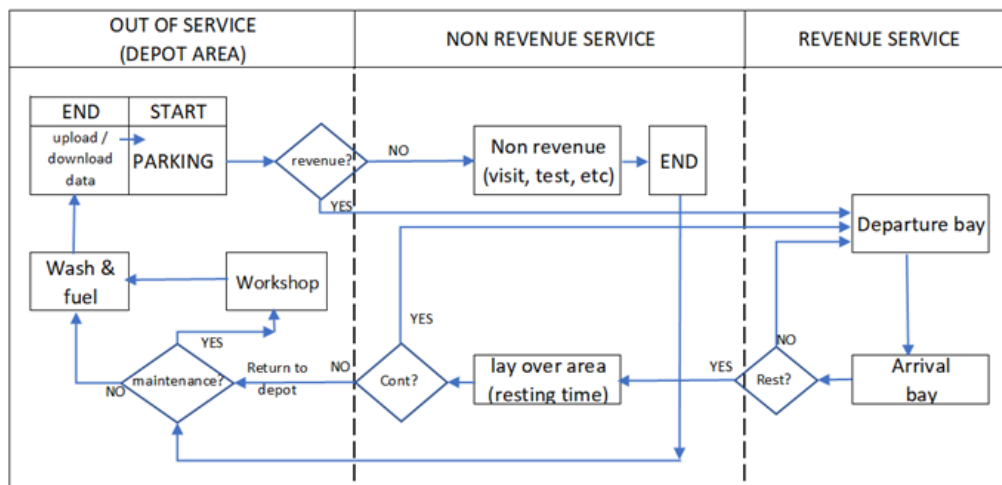
出典 : <https://businterchange.net/johorbus/routes.html>

図 3-23 既存の運用ルート③



出典 : <https://businterchange.net/johorbus/routes.html>

図 3-24 既存の運用ルート④



出典 : IRDA より受領

図 3-25 バスの運行システム

IRDA に対するヒアリングによると、Causeway Link 社の燃料（ディーゼル）消費量等は表 3-11 に示す通りであり、Causeway Link 社全体では、年間で約 26,400~35,280kL 程度のディーゼルを消費していることがわかった。ヒアリングによると、ディーゼル価格は約

RM2.2/L (57.2 円/L<sup>9</sup>) であることから、年間の燃料費にすると、約 20 億円近くの費用が発生していることになる。そのため、ディーゼルを、より燃料費の安価な天然ガスに置き換えることによる経済的なメリットが大きいと考えられる。また、CO2 排出量としては、最大で、約 95,000t-CO2/年となっている。

表 3-11 Causeway Link 社の燃料消費量及び CO2 排出量

項目	単位	数値
バス 1 台当たりの月間燃料消費量	L-Diesel/台・月	5,500~7,350
バス 1 台当たりの月間燃料費	円/台・月	312,000~416,000
Causeway Link 社の年間燃料消費量	kL-Diesel/	26,400~35,280
Causeway Link 社の年間燃料費	千円/年	1,497,600~1,996,800
Causeway Link 社の年間 CO2 排出量	t-CO2/年	71,534~95,596

### ②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

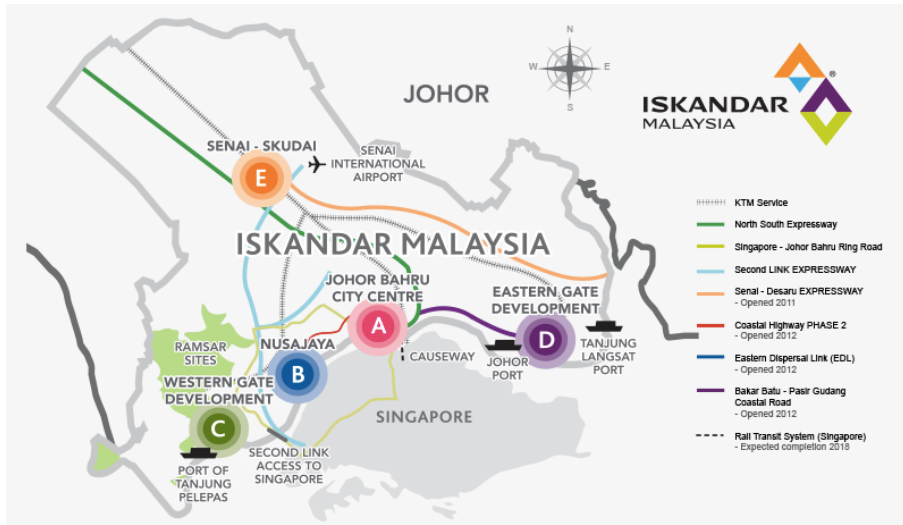
イスカンダル地域では、BRT システムの導入に際して、将来的には図 3-26 に示すような路線での運用を目指している。合わせて、脱炭素化の方法として、バイオ燃料以外に水素燃料の活用や電気バスの導入についても合わせて検討を行っている。これまで、それぞれの技術について実証試験等を実施してきており、最終的にどの技術を採用するかは、環境面や経済面から判断し決定する意向である。以下では、水素燃料及び電気バスの検討状況の概要について整理する。

水素技術に関しては、シンガポール企業である NEUTORINOS Engineering 社の NEUTO 技術を検討している。NEUTO 技術は水素を固体金属に貯蔵し利用する技術である (図 3-27)。IRDA では、2019 年 6 月に試験的に設備を導入し、CO2 削減効果や経済性について検証している (図 3-28)。

電気バスについては、中国の宜賓市で 2019 年 12 月に導入された自動運転のシステムの導入を検討している。今後、2021 年 2 月から 3 か月間試験的に運用する予定であるが、自動運転機能については、マレーシア国内の法制度面から許認可が難しく、運転手も乗車した状態で電気バスの機能としての実証を行う予定である。

<sup>9</sup> RM1=26 円で換算





出典 : <https://paultan.org/2016/03/31/iskandar-malaysia-brt-system-gets-the-green-light/>

図 3-26 将来的な BRT システム導入時の路線図



出典 : <https://neutrinos.com.sg/neuto/>

図 3-27 NEUTO 技術の図面



出典 : IRDA より受領

図 3-28 NEUTO 技術の実証試験の様子



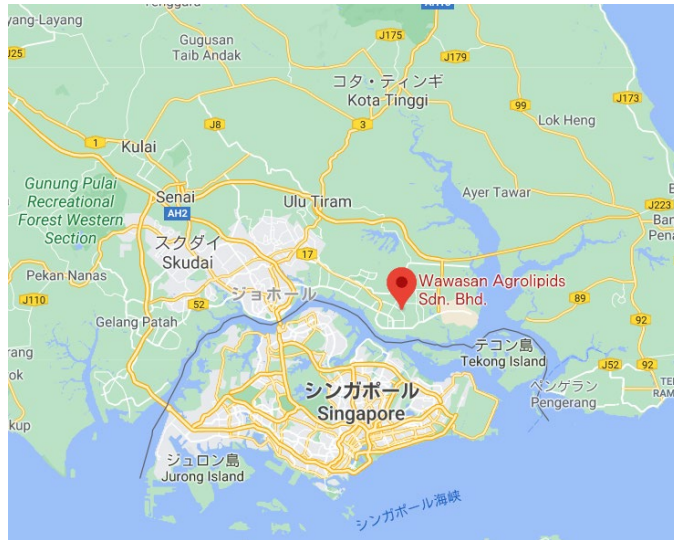
出典:<https://paultan.org/2021/01/22/automated-rapid-transit-arrives-in-johor-for-testing-to-be-test-line-for-iskandar-malaysia-brt-system-project/>

図3-29 中国宜賓市で導入されている自動運転機能付きの電気バスの様子

## 2) その他のバイオ燃料需要ポテンシャル候補

前述の通り、バイオ燃料のサプライチェーン構築を目指す上で、事業の経済性確保のためには、バイオ燃料の取扱い量を可能な限り大きくすることが非常に重要となってくる。バイオ燃料需要ポテンシャル候補としては、既存の燃料として、化石燃料由来の天然ガスを用いている工場などが考えられるが、既存燃料に対する価格面で、切替のハードルは高い。一方、昨今の世界的な地球温暖化防止の盛り上がりを考慮すると、特に日本企業や欧州などのグローバル企業は、経営方針として脱炭素や低炭素化を掲げていることもあり、バイオ燃料への切替に関心を示す可能性が考えられる。

そこで、本調査では、ジョホール州、サバ州に工場を持つ日系企業やグローバル企業をリストアップした。各企業の分野や所在地などの概要を整理した（添付資料 2）。整理した企業へは、Linked in 等のアプリケーションを用いてコンタクトを行い、バイオ燃料への興味や関心についてヒアリングを実施した。バイオ燃料活用事業に興味を示した企業として、Wawasan Agrolipids 社は、飼料脂肪の製造や販売を行っている企業で、製品となる飼料脂肪の原料として自社で生産したパーム油を利用している。また、製品の 99%を欧州を中心とした海外に輸出していることから、輸出先の要求により、RSPO に加入している。そのため、POME 由来のバイオ燃料利用に関する興味が高く、工場もイスカンダル地域のすぐ横に位置していることから（図3-30）、今後、ビジネス化を検討する際、キープレイヤーとなる可能性が高い。



出典：Google map

図 3-30 Wawasan Agrolipids 社の位置

### 3.2.4 事業モデル案の策定

本項では、前項までの調査内容を踏まえ、マレーシア国におけるバイオガスバリューチェーンモデルを策定し、簡易的な経済性評価及び温室効果ガス削減効果について検証した。なお、事業モデル案策定に際して、前項までの調査結果から、バイオ燃料の製造、輸送、供給に関して、それぞれ以下のような前提条件を設定した。

#### ■ バイオ燃料の製造

バイオ燃料供給事業を含めた脱炭素・低炭素やバイオガスプロジェクトに関心の高い Sime Darby 社をバイオ燃料供給事業の実施候補企業として仮定し、Sime Darby 社が有するサバ州及びジョホール州に位置する工場をバイオガス供給可能性地点として設定した。

#### ■ バイオ燃料の輸送

マレーシア東西半島の島間輸送はインドネシアの EEZ（排他的経済水域）を跨ぐため現実的な選択肢と考えにくいこと、更に新造パイプラインは場合、土地の調達、土地代の観点から現時点で未整備のエリアにおいて現実的ではないことから、輸送エリアとしては、それぞれのジョホール州内もしくはサバ州内とし、それぞれの想定スキームに対して LNG 輸送/CNG 輸送の費用を試算し、ガス仕上がり価格を比較した。

#### ■ バイオ燃料の供給

サバ州内の供給先としては、CNG/LNG の既存配給網が整っていることから、Sabah Energy Corporation 社の既存販売先である 8 社に対して、バイオ燃料及びバイオ混合燃料の販売す



ることとした。一方、ジョホール州においては、現時点で具体的な供給ポテンシャル量を把握できたイスカンダル地域の BRT システムの輸送用燃料を想定した。

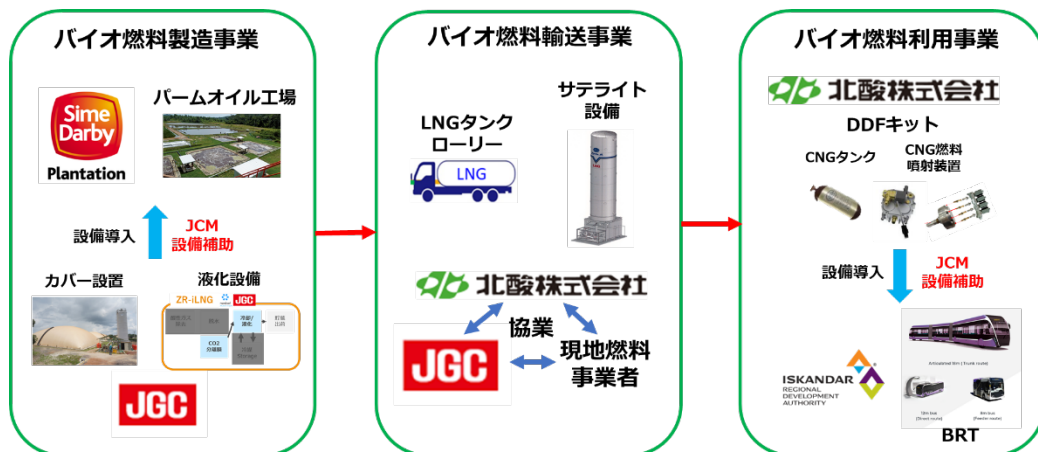
## 1) ジョホール州でのバイオ燃料生産／消費モデル

### ①事業化イメージと実施体制

まず、バイオ燃料製造については、Sime Darby 社が保有するジョホール州内のパームオイル工場は 6 箇所存在するが、そのうち 3 箇所は、既にバイオガス回収・発電設備を導入しているため、それらを除いたに示す 3 つの工場をバイオガス回収サイトとして選定した。これらの工場から回収されるバイオ LNG のポテンシャルは、それぞれ年間約 1000～3000 t であり（合計 5,200 t/年）、それぞれのパームオイル工場に併設する形でバイオ CNG/LNG 設備を建設し、イスカンダル地域へ輸送するスキームを想定した。

次に、バイオ燃料供給先については、イスカンダル地域に導入予定の BRT システムの燃料を想定する。前述の基礎調査やヒアリングの結果、現状のバスの燃料消費量としては、第 1 フェーズで導入対象として Causeway Link 社全体で年間約 35,000kL 程度のディーゼルを消費していることがわかっている。ここで、外注先である北酸株式会社がインドネシアで実施した「インドネシア／スマラン市公共交通バスへの CNG とディーゼル混焼設備導入プロジェクト」によると、ディーゼル燃料消費に伴う熱量の約 50%が天然ガスへと燃料転換できることがわかっている。これを熱量換算で LNG 重量に換算すると年間約 12,555 t に相当する量となり、前述のバイオ LNG の供給ポテンシャル量の 2.5 倍程度の量となるため、全量をバイオ燃料で代替することは困難である。一方、前述の通り、POME 由来のバイオ CNG/LNG は、有機性廃棄物が原料であるという点を除き、基本的には、既存の化石燃料由来の燃料と同様の性状を持つことから、既存燃料への混合が可能である。そのため、本モデルでは、既存燃料と共通の新設サテライト基地にてバイオ CNG/LNG を貯蔵した後、BRT へ導入する前に混合することでハイブリッド燃料として使用するスキームを想定した。また、今後は、脱炭素の観点から、全量バイオ燃料に切り替えることを目指し、Sime Darby 社以外のパームオイル工場から調達やパームオイル以外の廃棄物等からのバイオ CNG/LNG の混合も視野に入れて、検討を進めることが必要である。

最後に、輸送については、バイオ燃料の輸送については、バイオ LNG を輸送できる LNG タンクローリーを活用し、それぞれの工場から輸送することを想定した。また、サテライト基地については、3 工場それぞれから別々のローリーで燃料が輸送されてくることも考慮し、小規模 LNG 向けの LNG タンクを 6 個設置することを想定した。



出典：当社にて作成

図 3-31 ジョホール州でのバイオ燃料生産／消費モデルの実施体制イメージ

## ②経済性評価

本調査における経済性評価については、基本的に、外注先の日揮グローバル株式会社が試算した設備導入コスト（CAPEX）や運転コスト（OPEX）の数値及び、前述の北酸株式会社がインドネシアで実施した「インドネシア／スマラン市公共交通バスへの CNG とディーゼル混焼設備導入プロジェクト」の実績値等を利用することとした。

まず、バイオ燃料製造事業については、ラグーンカバー、バイオガス昇圧設備、前処理設備、液化設備、貯蔵設備等が含まれるものとし、設備導入費用、運転費用、JCM 設備補助事業（補助率：50%）を適用した場合、しない場合の 2 通りについて検討した。

次に、バイオ燃料輸送事業については、保守性を担保するため、燃料輸送に必要なタンクローリー等の全ての設備を新設することを仮定し、輸送コスト及びサテライトの建設コストを算出した。

ここで、前述のバイオ燃料製造、輸送、サテライト設備を経済的に運転させることを想定し、POME の調達価格はゼロ、プラント操業期間は 25 年、減価償却期間を 10 年と設定し、バイオ燃料製造から輸送を含めたバイオ燃料供給まで事業の IRR が 10%となる条件で熱量当たりのバイオ燃料価格を算出した結果、表 3-12 の通りとなり、JCM 補助金なしの場合は 19.6USD/MMBTU、JCM 補助金を 50%とした場合（バイオ燃料製造事業の設備導入費用にのみ適用）に 13.4USD/MMBTU となった。IRDA へのヒアリングによると、現在、イスカンダル地域における交通用のディーゼル燃料の調達価格は RM2.18/L で、これを熱量に換算し、単位を揃えると、13.9USD/MMBTU であることから、JCM 補助金が適用出来れば、既存燃料より安価かつ、化石燃料由来の天然ガスよりも安価な価格での供給が可能になる可能性が示唆された。

表 3-12 熱量当たりのバイオ燃料価格\*

	単位	価格
補助金なし	USD/MMBTU	19.6
補助金：50%	USD/MMBTU	13.4

※POME の調達価格はゼロ、プラント操業期間は 25 年、減価償却期間は 10 年の条件で、プラント事業が IRR=10%となる条件で算出した。

最後にバイオ燃料利用事業については、設備導入費用として、CNG/ディーゼル混焼化に必要な DDF キットを想定し (表 3-13)、運転費用については、前述の通り、ディーゼル価格：13.9USD/MMBTU、バイオ LNG (補助金なし)：19.6USD/MMBTU、バイオ LNG (補助金：50%)：13.4USD/MMBTU、化石燃料由来 LNG：10.0USD/MMBTU として算出した。

これらの条件をベースに、簡易的に経済性について検討した結果を表 3-14 に示す。バイオ燃料利用事業に限定すれば、設備導入費用については補助金なしの場合でも 3 年で投資回収が可能になる結果となったが、バイオ燃料製造や輸送、サテライト設備においてもコストが発生することなどを考慮する必要があるため、今後は、サプライチェーン全体で検討を進める必要がある。

表 3-13 バイオ燃料利用事業に関するコスト情報

	単位	DDF キット
設備導入費用 (補助金なし)	千円/台	1,000
設備導入費用 (補助金：50%)	千円/台	500
導入台数	台	400
設備導入費用 (補助金なし)	千円	400,000
設備導入費用 (補助金：50%)	千円	200,000

表 3-14 燃料転換前後の燃料消費量及び燃料費

年	コスト(プロジェクト)						コスト(リファレンス)				補助金額	便益		累積便益	
	投資コスト	ランニングコスト	ディーゼルコスト	バイオLNGコスト	化石LNGコスト	合計コスト	投資コスト	ランニングコスト	ディーゼルコスト	合計コスト		補助金なし	補助金あり	補助金なし	補助金あり
1	400,000	0	0	0	0	400,000	0	0	0	0	200,000	-400,000	-200,000	-400,000	-200,000
2	0	40,000	997,500	395,954	417,948	1,851,402	0	0	1,995,000	1,995,000	143,598	143,598	-256,402	-56,402	
3	0	40,000	997,500	395,954	417,948	1,851,402	0	0	1,995,000	1,995,000	143,598	143,598	-112,804	87,196	
4	0	40,000	997,500	395,954	417,948	1,851,402	0	0	1,995,000	1,995,000	143,598	143,598	30,794	230,794	
5	0	40,000	997,500	395,954	417,948	1,851,402	0	0	1,995,000	1,995,000	143,598	143,598	174,393	374,393	
6	0	40,000	997,500	395,954	417,948	1,851,402	0	0	1,995,000	1,995,000	143,598	143,598	317,991	517,991	
7	0	40,000	997,500	395,954	417,948	1,851,402	0	0	1,995,000	1,995,000	143,598	143,598	461,589	661,589	
8	0	40,000	997,500	395,954	417,948	1,851,402	0	0	1,995,000	1,995,000	143,598	143,598	605,187	805,187	
9	0	40,000	997,500	395,954	417,948	1,851,402	0	0	1,995,000	1,995,000	143,598	143,598	748,785	948,785	
10	0	40,000	997,500	395,954	417,948	1,851,402	0	0	1,995,000	1,995,000	143,598	143,598	892,383	1,092,383	
11	0	40,000	997,500	395,954	417,948	1,851,402	0	0	1,995,000	1,995,000	143,598	143,598	1,035,981	1,235,981	
12	0	40,000	997,500	395,954	417,948	1,851,402	0	0	1,995,000	1,995,000	143,598	143,598	1,179,579	1,379,579	
13	0	40,000	997,500	395,954	417,948	1,851,402	0	0	1,995,000	1,995,000	143,598	143,598	1,323,178	1,523,178	
14	0	40,000	997,500	395,954	417,948	1,851,402	0	0	1,995,000	1,995,000	143,598	143,598	1,466,776	1,666,776	
15	0	40,000	997,500	395,954	417,948	1,851,402	0	0	1,995,000	1,995,000	143,598	143,598	1,610,374	1,810,374	
	400,000	560,000	13,965,000	5,543,356	5,851,270	9,657,009	0	0	0	9,975,000		317,991	517,991	9,077,803	12,077,803

### ③温室効果ガス削減効果

本事業による温室効果ガス削減効果及び温室効果ガス削減コストは表 3-15 に示す通りである。

表 3-15 温室効果ガス排出削減量と温室効果ガス削減コスト

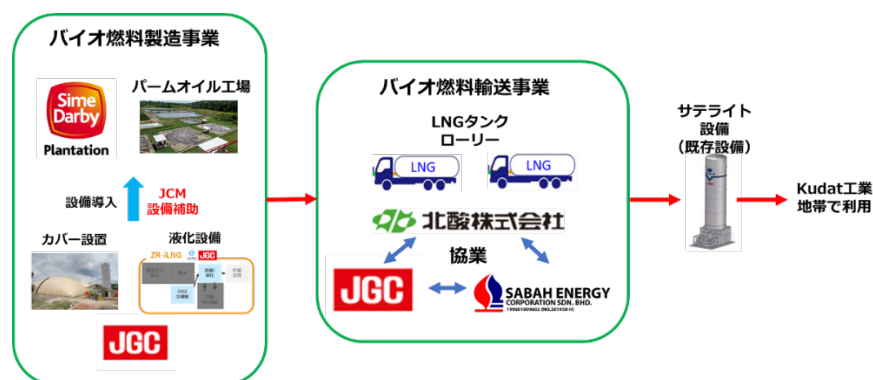
	単位	燃料製造事業	燃料利用事業	合計
年間温室効果ガス削減量	t-CO2/年	127,530	24,771	152,301
プロジェクト期間	年	10	5	-
合計温室効果ガス削減量	t-CO2	1,275,300	123,855	1,399,155
補助金額	千円	1,246,350	200,000	1,446,350
温室効果ガス削減コスト	円/t-CO2	977.3	1,615	1,034

## 2) サバ州でのバイオ燃料生産／消費モデル

### ①事業化イメージと実施体制

まず、バイオ燃料製造及び供給先については、Sime Darby 社が保有するサバ州内のパームオイル工場は 8 箇所存在するが、前項の記載の通り、Sabah Energy Corporation 社へのヒアリングの結果、Kudat 地域に所属する顧客に対して、年間 1,835t 程度の LNG を供給していることがわかっていることから、製造地と利用地の距離等も考慮し、バイオ燃料として年間約 1,900 t 製造可能な工場を選定した。

輸送については、基本的に、ジョホール州での事業と同様の条件で実施するが、往復距離が離れているため、2 台のトレーラーを利用することとした。また、サテライト基地については、供給先に設置されている既存の設備を利用することとしたため、費用から除いた。これらを整理すると図 3-32 に示す事業モデルを想定できる。



出典：当社にて作成

図 3-32 サバ州でのバイオ燃料生産／消費モデルの実施体制イメージ

## ②経済性評価

前項と同様の条件で試算を行い、バイオ燃料製造から輸送を含めたバイオ燃料供給まで事業の IRR が 10%となる条件で熱量当たりのバイオ燃料価格を算出した結果は表 3-16 に示す通りとなった。補助金なしの場合、現在、Sabah Energy Corporation 社が販売している化石燃料由来の LNG よりも約 5.5USD/MMBTU 高価であるため、難しいが、仮に JCM 設備補助事業が適用出来た場合、その価格差は 0.2USD/MMBTU とほぼ同程度の価格で販売が可能となるため、CO2 削減効果を考慮し、バイオ LNG を選択する企業が出てくる可能性は考えられる。

表 3-16 熱量当たりのバイオ燃料価格\*

	単位	価格
補助金なし	USD/MMBTU	19.5
補助金：50%	USD/MMBTU	14.2
参考：SEC 社販売価格	USD/MMBTU	14.0

※POME の調達価格はゼロ、プラント操業期間は 25 年、減価償却期間は 10 年の条件で、プラント事業が IRR=10%となる条件で算出した。

## ③温室効果ガス削減効果

本事業による温室効果ガス削減効果及び温室効果ガス削減コストは表 3-17 に示す通りである。

表 3-17 温室効果ガス排出削減量と温室効果ガス削減コスト

	単位	燃料製造事業	燃料利用事業	合計
年間温室効果ガス削減量	t-CO2/年	46,598	4,101	50,698
プロジェクト期間	年	10	10	10
合計温室効果ガス削減量	t-CO2	465,980	41,010	506,980
補助金額	千円	449,400	-	449,400
温室効果ガス削減コスト	円/t-CO2	964	-	886

### 3.3 課題と対応策の検討

今年度の調査では、ジョホール州及びサバ州いずれの事業モデルにおいても、JCM 設備補助事業を活用することで、一定以上の経済性を担保した事業が実施可能であることが示唆された。

一方、今年度の調査では、コロナウイルスの影響もあり、現地へ渡航しての調査が実施できなかったことに起因した課題等が存在し、それらも含めた、課題と対応策について検討した結果は表 3-18 の通りである。

また、NNA ASIA（アジア経済ニュース）の 2021 年 2 月 19 日の記事<sup>10</sup>によると、インドネシア企業のアラム・ドゥタ・マンディリ社が、同社で排出されている POME のうち、月に約 2,000t の POME を、2 年間にマレーシア企業のデンドロ社に対して輸出し、バイオ燃料に活用とする覚書を締結したとの報道があった。このようにマレーシア国内でも POME 由来の燃料の需要は高まっていることは事実であるため、今後のビジネス展開に向けて明るいニュースだと言えることから、引き続き、ビジネス化に向け、現地調査も含めたより詳細な検討を進めるとともに、ビジネス化する際の実施体制の構築を並行して進める必要がある。

表 3-18 課題と対応策

	課題	対応策
全体	2021 年 3 月時点において、我が国とマレーシア国との間で JCM が締結されていない。	今年度の調査結果から、検討しているモデルではいずれも経済性や環境性、SDGs の観点からメリットが大きい事業であることが示唆されたため、次年度調査では、JCM 設備補助事業以外の資金スキーム等の活用も選択肢に入れ、具体的な資金調達の可能性について検討する。
	今年度調査で検討した事業モデルにおいて、各事業者の所掌や役割、メリット等を明らかにする必要がある。	次年度調査において、インドネシアスマラン市の事例や富山市における LRT 導入時の事例なども参照しつつ、現地関係者とも協議をしながら、事業実施体制、役割分担等について、詳細な検討を行う。
製造	オンライン面談等により、パームオイル工場の位置やバイオ LNG 製造ポテンシャルについては把握したが、サイトを訪問しての現地調査が実施できなかったため、実際の処理状況や POME の組成等の詳細な情報について、把握する必要がある。	今年度調査の候補地について、サイトを訪問しての現地調査を行うとともに、万が一コロナウイルスの影響が長引き、次年度も渡航が難しくなった場合に備えて、Sime Darby 社や Wawasan Agrolipids 社等の関係機関と NDA や MoU を締結し、より詳細な情報のやりとりを行う体制を構築する。
	Sime Darby 社のパームオイル工場だ	後述のワークショップにおいて、現地の

<sup>10</sup> <https://www.nna.jp/news/show/2154115>

	<p>けでは、イスカンダル地域で導入予定の BRT の燃料すべてをバイオ LNG で代替することが難しい。</p>	<p>政府関係者（IRDA、コタキナバル市、サバ州）から、本調査で検討したモデルに、非常に大きな関心を抱いていただくことが出来たことから、それらの機関を通じて、Sime Darby 社以外にも、現地の大手のパームオイル製造企業や工場を紹介いただき、実施体制に加えることで、バイオ LNG 供給ポテンシャル量を増加させることを目指す。</p>
輸送	<p>バイオ燃料の輸送事業には、現地で既にライセンス等の許認可を得た事業者を巻き込むことが必要となる。サバ州事業においては、SEC 社と協力関係を構築することが出来たが、ジョホール州事業においても、具体的な企業の選定が必要となる。</p>	<p>今年度調査では、マレーシアのガス供給を行う、大手国営企業である Petronas 社とコンタクトを行い、バイオ LNG 利活用事業に関心を抱いてもらうことが出来ている。一方、大手国営企業ということもあり、具体的にプロジェクトを進めるためには、次年度の調査では、NDA 締結や MoU 等が必要となる可能性が高いことから、早い段階から事業モデルについて説明し、事業の検討に参加できるような体制を構築する。</p>
	<p>バイオ燃料供給事業実施に必要なライセンスや外資企業の参画可能性について検討が必要である。</p>	<p>次年度調査において、事業参画に必要なライセンスの有無やその条件、ライセンス取得に必要なスケジュール感等について整理する。</p>
供給	<p>イスカンダル地域におけるバイオ燃料供給設備設置場所や容量等の検討が必要である。</p>	<p>次年度調査において、既存のディーゼル燃料供給施設（ガソリンスタンド）の位置を把握した上で、IRDA と協力し、BRT システム導入時のバスルートやバス停の位置も踏まえ、最適な位置や容量等について検討する。</p>
	<p>DDF システムを導入する際の施工事業者や機器の調達方法についての検討が必要である。</p>	<p>IRDA や MIDA 等にヒアリングを行うとともに、インドネシアスマラン市における事例で施工を担当した現地事業者へのコンタクトを行う。</p>

## 第4章 小水力発電を軸とした再生可能エネルギーの普及事業

### 4.1 関連政策・制度の動向分析

#### 4.1.1 マレーシア政府のエネルギー政策

1979年に策定された国家エネルギー政策（National Energy Policy）では、以下の3つの目標が掲げられている。

- ・供給に関する目標：適切、安全、費用効果の高いエネルギーの供給
- ・利用に関する目標：国内資源である原油及びガスの利用期間の延命を目的とした利用資源の多様化による石油依存の回避
- ・環境：効率の高いエネルギーの利用の促進、無駄の回避による環境への悪影響の低減

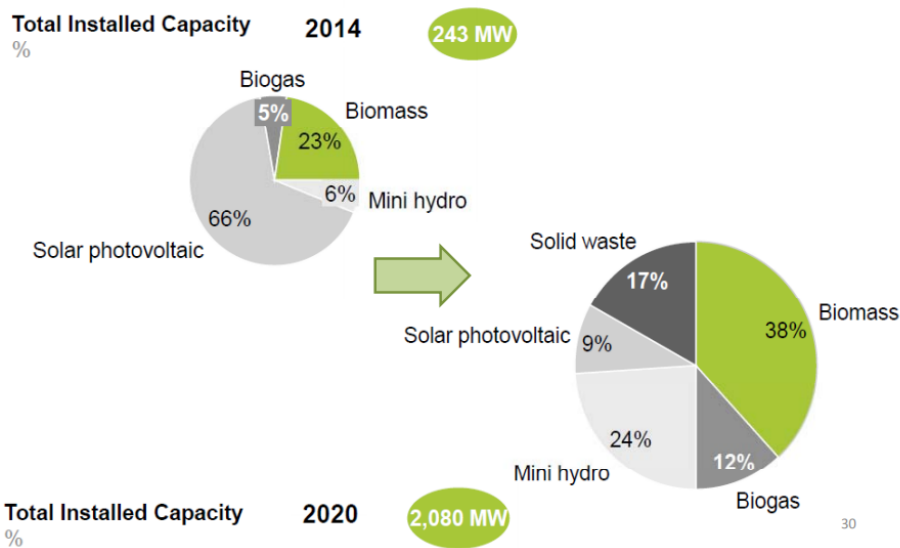
#### 4.1.2 電力政策

電力政策としては、1990年に施行された電力供給法（Electricity Supply Act1990）が基本となっている。それまでは国営であった電力公社 National Electricity Board が本法により民営化され、半島部では、TNB（Tenaga Nasional Berhad）が設立された。サバ州では、1998年までサバ州政府そして連邦政府参加の電力公社が運用していたが、1998年に民営化され、SESB（Sabah Electricity Sdn. Bhd.）が設立された。さらに、本法により、電力供給事業が免許制となり、基本的に市場が開放され、独立発電事業者（IPP）制度について可能となった。

また、電力部門に関する目標値としては、前章で紹介した、5年次マレーシア計画 2016-2020（The 11th Malaysia Plan）に掲載されている。同計画では、エネルギー分野については地球温暖化の緩和策として、GDPにおける二酸化炭素排出強度を40%削減することを目標に掲げ、再生可能エネルギーの発電容量を2020年までに2,080MWとすることを目標として設定している（図4-1）。

なお、前述の通り、2021年以降の計画については、2021年3月に公開される予定であるが、新型コロナウイルスの影響により、遅延が予定されている。





出典 : <https://eneken.ieej.or.jp/data/6447.pdf>

図 4-1 第 11 次マレーシア計画による再生可能エネルギー割合増加目標

#### 4. 1. 3 再生可能エネルギー政策

再生可能エネルギーに関する政策については、2010 年に国家再生可能エネルギー政策 (National Renewable Energy Policy) が策定されている。同政策の目的は表 4-1 に示す通りであり、2025 年までにエネルギーミックスの 20% を再生可能エネルギーで賄うビジョンが掲げられている。合わせて、その戦略として、再生可能エネルギーの開発を促すプログラムを設立し、太陽光発電とそれ以外のエネルギー源に注力することも記載されている。

具体的な数値としては、総発電量に対する再生可能エネルギー設備導入量を、2015 年には 985MW (約 5.5%)、2020 年には 2,080MW (11%)、2030 年には 4,000MW (17%) と増加させる目標を設定しており、前述の第 11 次マレーシア計画の目標値とも一致している。

表 4-1 国家再生可能エネルギー政策の目的

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 再生可能エネルギーの割合の増加</li> <li>• 再生可能エネルギー業界の展開の促進</li> <li>• 再生可能エネルギー発電コストの適切な設定及び保証</li> <li>• 未来世代の環境の保全</li> <li>• 再生可能エネルギーの役割及び重要性に関する意識の向上</li> </ul> |
|--|

また、マレーシア国でも、我が国と同様、FIT (固定価格買取、Feed-In-Tariff) 制度により、再生可能エネルギーの導入促進及び電力不足の解消や関連産業の誘致促進、発電減の多様化を目指しており、2011 年には、FIT の導入を盛り込んだ再生可能エネルギー法 (Renewable Energy Act) 及びそれを監督する官庁の持続可能エネルギー開発庁

(Sustainable Energy Development Authority、SEDA) を設立する再生可能エネルギー開発法が策定された。同法は9部から構成されており、FIT制度や基金などについての記載がある。

FIT制度に係る具体的な規則については、2011年に施行されたRenewable Energy (Feed-In Approval and Feed-in Tariff Rate) Rulesによって定められている。

FIT制度による買取価格としては、再生可能エネルギーの種類、導入設備規模、ボーナスレート該当条件の有無、売電開始時期に合わせて設定されている。

具体的には、FIT制度対象となるエネルギー種類はバイオガス、バイオマス、小水力、太陽光であり、それぞれの買取価格、適用期間は表4-2の通りである。また、2020年1月時点では、バイオガス、バイオマス及び太陽光において、表4-3の通りボーナスレートが加算される。なお、FITの買取価格やボーナスレートについては、普及率等の背景情報を確認しながら毎年見直されている<sup>11</sup>。

表4-2 発電別のFIT価格・期間・逓減率(2020年1月時点)

エネルギー源	発電量	買取価格 (RM/kWh)	買取期間	逓減率 (%/年)
バイオガス	≤4MW	0.3184	21年	0.5
	>4MW、≤10MW	0.2985	21年	0.5
	>10MW、≤30MW	0.2786	21年	0.5
バイオガス (埋立処分/農業廃棄物)	≤5MW	0.2210～ 0.2814	21年	0.5
バイオマス (一般廃棄物利用含む)	≤10MW	0.3085	21年	0.5
	>10MW、≤20MW	0.2886	21年	0.5
	>20MW、≤30MW	0.2687	21年	0.5
小水力	≤2MW	0.2600	21年	0.5
	>2MW、≤10MW	0.2500	21年	0.5
	>10MW、≤30MW	0.2400	21年	0.5
小水力(高落差)	≤30MW	0.2599	21年	0.5
小水力(低落差)	≤30MW	0.2900	21年	0.5
太陽光 <sup>*</sup>	≤4kW	0.5413	21年	8.0
	>4kW、≤24kW	0.5280	21年	8.0
	>24kW、≤72kW	0.3205	21年	8.0
	>72kW、≤1MW	0.8208	21年	8.0
	>1MW、≤10MW	0.6840	21年	8.0
	>10MW、≤30MW	0.6120	21年	8.0

※太陽光の自家消費発電の場合は、12kWまで。

出典：<http://www3.seda.gov.my/iframe/>

<sup>11</sup> [https://www.env.go.jp/recycle/circul/venous\\_industry/pdf/fit\\_malaysia.pdf](https://www.env.go.jp/recycle/circul/venous_industry/pdf/fit_malaysia.pdf)

表 4-3 FIT ボーナズレート (2020 年 1 月時点)

	ボーナス価格 (RM/kWh)
<b>バイオガス</b>	
電気効率 40%以上のエンジン技術使用	+0.0199
現地で製造または組み立てたガスエンジン使用	+0.0500
埋立処分場、排水処理施設または家畜由来のガス利用	+0.0000
バイオガス (埋立処分/農業廃棄物)	
電気効率 40%以上のエンジン技術使用	+0.0199
現地で製造または組み立てたガスエンジン使用	+0.0500
埋立処分場、排水処理施設または家畜由来のガス利用	+0.0786
<b>バイオマス(一般廃棄物利用含む)</b>	
ガス化技術使用	+0.0199
総合効率 20%以上の蒸気式発電システム使用	+0.0100
現地で製造または組み立てたボイラーまたはガス化設備使用	+0.0500
一般廃棄物の使用	+0.0000
<b>太陽光</b>	
建物用発電	+0.1017
建設用発電	+0.0542
現地で製造または組み立てた太陽光モジュール使用	+0.0500
現地で製造または組み立てた逆変換装置使用	+0.0500

出典：http://www3.seda.gov.my/iframe/

#### 4.1.4 エネルギー関連組織

##### 1) Economic Planning Unit (経済計画部)

首相府直下の組織であり、マレーシアにおけるエネルギーの全体的な政策の立案及び実施、経済発展のための法律、規制、計画等を管轄している。

##### 2) KeTTHA (エネルギー・グリーンテクノロジー・水省)

KeTTHA は、エネルギー、グリーンテクノロジー及び水道サービスの分野で産業の発展を目的として 2009 年に設立された省であり、電気料金及び電力事業免許の承認について管轄している。

##### 3) Energy Commission (エネルギー委員会)

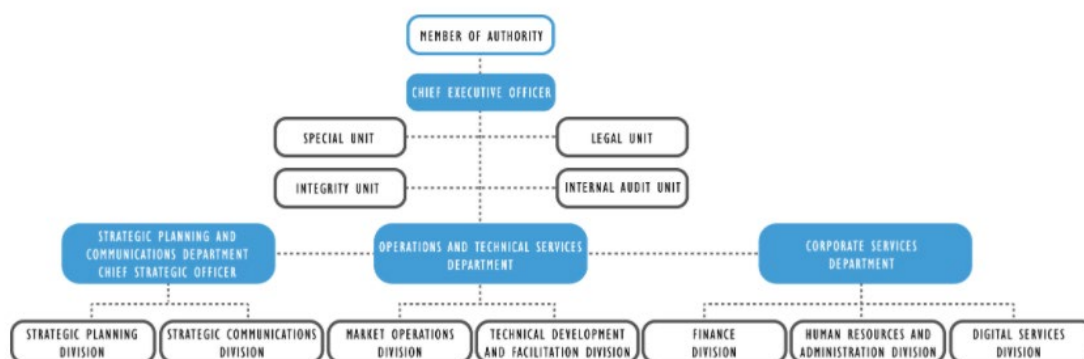
マレーシアにおける電力事業は、基本的に、2001 年に制定された「エネルギー委員会法」に基づき設立された KeTTHA 傘下のエネルギー委員会 (Energy Commission) により規

制・管理されている。エネルギー委員会の役割は、以下の通りである。

- ・ 電力供給事業に関するあらゆる事案について、エネルギー大臣への助言を行う
- ・ 電力供給事業における規制（経済的、技術的、安全面、消費者保護面）を立案、実施する
- ・ 電力供給事業に関する政策を実施する

#### 4) SEDA

SEDA は、FIT 制度運用のための行政機関として、KeTTHA の傘下に設立された組織である。SEDA は、FIT 制度の監督のほか、再生可能エネルギー分野の政策に関する助言や方針の促進、法規制の施行を管轄している。また、民間企業による持続可能なエネルギーへの投資や具体的な事業の展開を促進するための税制優遇措置の提案等も提案することを目的に設立された。SEDA の組織図を図 4-2 に示す。

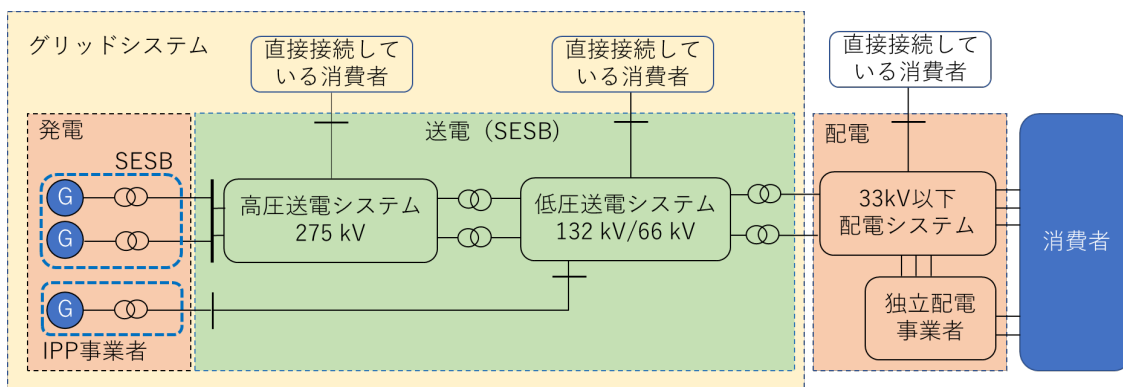


出典：<http://www.seda.gov.my/about-seda/organizational-structure/>

図 4-2 SEDA 組織図

#### 5) 電力事業者

マレーシアの主な電力事業者は、マレーシア半島における TNB (Tenaga Nasional Berhad) 社、サラワク州における SESCO (Syarikat SESCO Berhad) 社、サバ州における SESB (Sabah Electricity Sdn. Berhad) 社の 3 社が各地域の中心事業者となっている。発電、送変電、配電を統合的に実施しているのはこれら元国営の 3 社のみであるが、90 年代に市場が開放されてからは多くの民間企業が発電事業及び配電事業に参入している。一方で送変電事業については地域が独占的に事業を実施している (図 4-3)。



出典： <https://www.tnb.com.my/commercial-industrial/malaysian-grid-code>

図 4-3 マレーシアにおける電力グリッドシステム（サバ州の例）

#### 4.1.5 電力事業免許申請

電力セクターにおける民間企業の参入は、前述の通り、発電事業と配電事業について市場が開放されている。いずれの事業も、エネルギー委員会から免許を取得する必要がある。電力事業免許は、1990年エネルギー供給法に則り、表 4-4 に示す通り公的免許と私的免許の2種類存在する。また電力事業免許の取得条件としては、2001年エネルギー委員会法に記載されているもの（i～iv）に加えて、政府からの特別要求（v～x）があり、表 4-5 に示す通りである。

表 4-4 公的電力事業免許及び私的電力事業免許のケース説明

公的免許	私的免許
免許所有者以外の者への電気の供給を目的とした事業が対象であり、以下のパターンが想定されている。	免許所有者による電力消費を目的とした事業が対象であり、以下のパターンが想定されている。
<ul style="list-style-type: none"> <li>一般消費者への電力供給（TNB や SESB のパターン）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>障害物（道路、河川、橋梁等）をまたぐ架空線または地下電線の運転</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>電力会社への電力販売（IPP 事業者等に販売）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電力が供給されていない地域における自家発電</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>自家消費用に発電した再生可能エネルギー由来電力の余剰分をグリッド単価で販売</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建設現場や展示会場などでの一時的な発電</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>コージェネなどの効率的な発電技術由来電力の余剰分を特定エリア内での消費目的の販売（空港内における消費など）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コージェネや再生可能エネルギーなど、効率的な技術を利用した発電</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>外部から購入した電力の他サービスと併せて、複合施設や構想建築物利用者への提供</li> </ul>	

表 4-5 電力事業免許の取得条件

ID	条件
(i)	電力発電及び供給において競争力の向上に貢献し、適切な価格で供給の保証
(ii)	マレーシアの経済発展を目的とした発電の促進
(iii)	電力価格、安全及び供給の安定性の保証
(iv)	免許期間における事業継続の保証
(v)	消費燃料の多様化、特に石炭及び水力発電の増加
(vi)	バイオマス（パームオイル、もみ殻等）、産業廃棄物（ガス）または一般廃棄物の利用
(vii)	コージェネや地域冷房等の先進的または効率的な技術の利用
(viii)	効率的、スピーディかつ経済的なソリューションの提供（例えば他所有者による配電）
(ix)	環境汚染を伴う発電事業の回避
(x)	新技術の実証等による開発の促進

エネルギー委員会の資料（Guidelines on Procedures for Licensing Electricity Supply 2015）によると、実際の電力免許申請手続きは、設置施設の規模及び種類で分かれるが、いずれもオンラインで実施可能となっている（表 4-6）。

表 4-6 電力事業免許手続きの概要

	審査責任組織	備考
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 5MW 以上の私的免許</li> <li>・ 公的免許</li> <li>・ 暫定免許</li> </ul>	エネルギー委員会により審査され、エネルギー大臣により承認	事業開始する 3 か月以上前に申請が推奨されている
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 5MW 未満の私的免許</li> </ul>	エネルギー委員会地方局により審査され、地方局長により承認	-

なお、エネルギー委員会が公表している「Performance & Statistical Information on the Malaysian Electricity Supply Industry 2018」によると、サバ州において事業の実施が認められている IPP 事業者は表 4-7 の通りとなっている。

表 4-7 サバ州における IPP 許認可を取得している事業者

BIL. NO.	PEMEGANG LESEN LICENSEE	ALAMAT SURAT MENYURAT MAILING ADDRESS	KAPASITI (MW) CAPACITY (MW)	JENIS LOJI PLANT TYPE	SUMBER TENAGA ENERGY SOURCE
1.	Kimanis Power Sdn. Bhd.	Kimanis Power Plant, Office Building, KM 48, Kg. Batu Pungit, Papar, 89607 Kimanis, Sabah	285	CCGT	Gas asli Natural gas
2.	Ranhill Powertron II Sdn. Bhd.	Lot 35 (IZ4) IZ4 Kota Kinabalu Industrial Park (KKIP) 88460 Kota Kinabalu, Sabah	190	CCGT	Gas asli Natural gas
3.	Ranhill Powertron Sdn. Bhd.	Lot 3, KKIP Selatan IZ3 Kota Kinabalu Industrial Park (KKIP) 88460 Kota Kinabalu, Sabah	190	CCGT	Gas asli Natural gas
4.	Sepangar Bay Power Corporation Sdn. Bhd.	Suite 2A-12-1, Blok 2A, Level 12, Plaza Sentral, Jalan Stesen Sentral 5, 50470 Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur	100	CCGT	Gas asli Natural gas
5.	SPR Energy (M) Sdn. Bhd.	No. 1.01, 1st Floor Wisma E&C, No. 2, Lorong Dungun Kiri, Damansara Heights, 50490 Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur	100	CCGT	Gas asli Natural gas
6.	Stratavest Sdn. Bhd.	Tingkat 15, Amcorp Tower, Amcorp Trade Centre, No. 18, Jalan Persiaran Barat, 46050 Selangor	64.4	Enjin diesel Diesel engine	Diesel

出典：Performance & Statistical Information on the Malaysian Electricity Supply Industry 2018 (Energy Commission)

#### 4. 1. 6 FIT 申請手続き

FIT 制度は前述の通り 2011 年再生可能エネルギー法で設立され、2012 年 1 月に開始した。FIT 免許取得者 (Feed-In Approval Holders, FIAHs) が発電した再生可能エネルギー由来の電力を、配電事業者 (Distribution Licensees) が一定期間定められた価格で購入する仕組みになっている。以下条件を満たしている事業者が FIT 申請に適用していると見なされる。

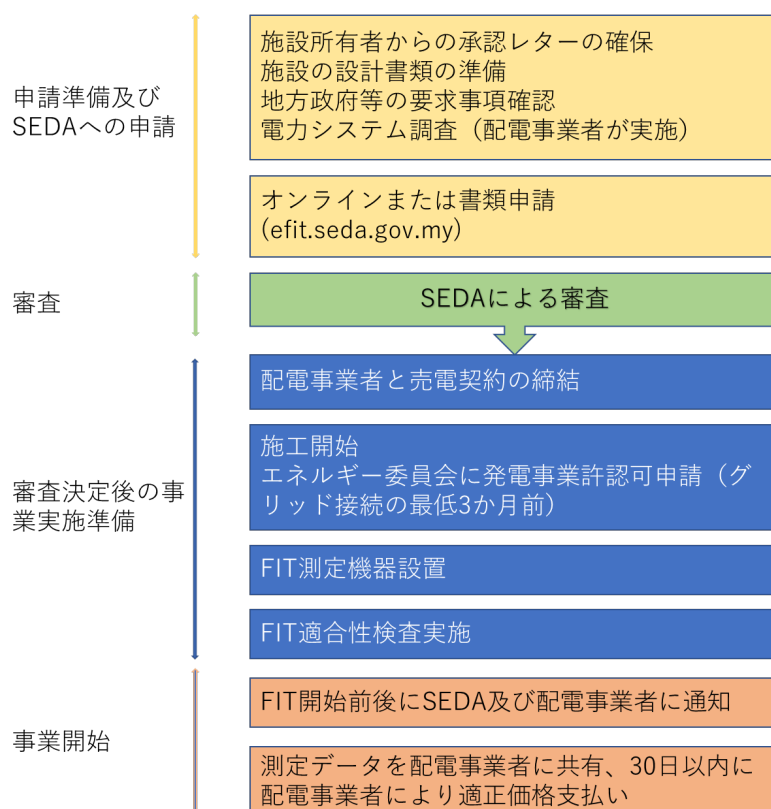
- ・マレーシア国内の事業者であること。または、51%以上をマレーシア企業が出資している事業者であること。ただし、マレーシア事業者が事業体となり、外資系企業が EPC を受注するといった体制をとることは可能。
- ・マレーシアでの事業許可を得ていること。
- ・配電事業者が事業者の構成に含まれる場合、その割合が 49%を超えないこと。
- ・30MW 以下の再生可能エネルギー由来の発電を実施している/予定していること。

また、申請にあたって必要となる事項は下記の通りである。この中では、「地方自治体からの許可を取得していること」が最も重要である。SEDA に申請される前に環境庁が 1 年かけてアセスメントを行っているため、SEDA には申請条件をクリアした案件のみが申請される。

- ・ 地方自治体などから必要な許可を取得していること
- ・ 利用地が決まっていること
- ・ マレーシア国内の電力会社である TNB との間で技術的な実現可能性を確認できていること
- ・ 財政上の問題がないこと

適用期間の延長に関しては、事業者が TNB と直接交渉を行う。適用期間中に事業者が満たすべき条件としては、Energy condition のライセンスを毎年更新することや、廃棄物処理事業のライセンスを保持すること、SEDA モニタリング（FIT のボーナスレートに関連）を毎年受けること等が挙げられる。また、施設規模が 10MW 以上の場合、毎年、発電能力の 70%以上の発電を行うことが事業者に求められる。

事業者は、FIT 制度申請のために SEDA のオンラインページまたは紙での手続きで申し込みをできるようになっている。FIT 申請から実際のプロジェクト実施までの流れは、SEDA が公開しているパンフレット（Feed-in-Tariff in Malaysia）に記載されており、手続きのフローとしては、図 4-4 の通りである。



出典：Feed-in-Tariff in Malaysia、SEDA パンフレットより当社にて作成

図 4-4 FIT 申請から事業実施までの流れ



また、小水力発電事業の FIT 適合性検査については、SEDA が発電事業者、現地関係者、エネルギー委員会等と協議をして作成した小水力発電 FiT ガイドライン (Guideline for Testing and Commissioning Small Hydro Power Plant for Feed-in-Tariff (FiT) Projects for Malaysia, 2015) が参考になる。本ガイドラインでは、FiT 申請対象施設が申請書通りのものであるか確認するための検査手段が詳細に記載してあり、それに使用するチェックリストが添付されている。具体的な検査は、試運転前と試運転段階に分かれており、表 4-8 の通りとなっている。

表 4-8 FiT 申請段階における検査内容

試運転前検査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 土木関係及びパイプラインの確認</li> <li>・ 機械系及び電気系統の確認</li> <li>・ 機械系及び電気系統の一体確認</li> <li>・ 制御装置の確認</li> </ul>
試運転検査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ パイプラインのヘッドロス測定</li> <li>・ パイプライン内の速度変動測定</li> <li>・ 出口測定</li> <li>・ バルブ開閉タイミング設定</li> </ul>

## 4.2 事業化計画策定に向けた基礎調査

### 4.2.1 小水力発電導入候補地の選定

#### 1) マレーシアの電力情勢

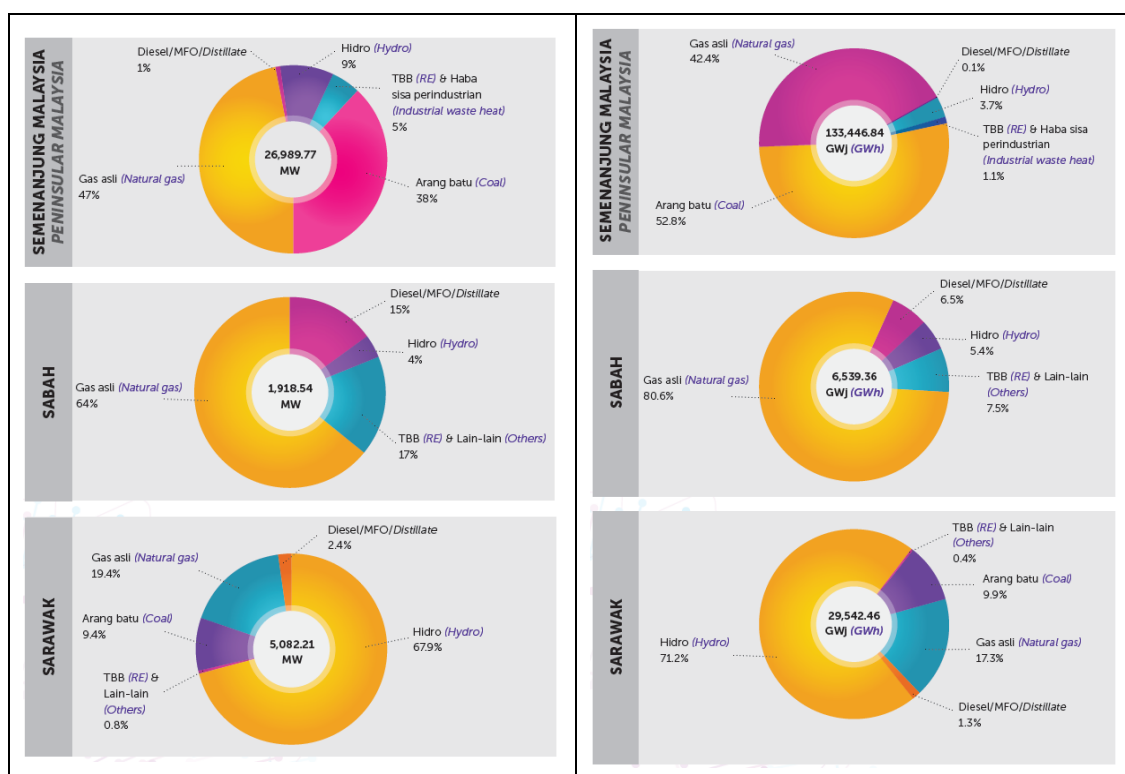
前述の通り、マレーシアは、1990 年に施行された電力供給法 (Electricity Supply Act1990) により、マレー半島部は TNB (Tenaga Nasional Berhad)、サラワク州は SESCO (Syankat SESCO Berhad)、サバ州は、SESB (Sabah Electricity Sdn. Berhad) が、送变电事業を独占的に行っている他、発電事業や配電事業についても、主要な事業者となっている。それぞれのエリアにおける既設の発電所の電源構成を表 4-9、図 4-5、発電電力量の割合を図 4-5 に示す。水力発電 (大型の発電所を含む) による発電電力量としては、ジョホール州が属するマレー半島では全体の 3.7%にあたる約 5,100GWh、コタキナバル市が属するサバ州では全体の 5.4%にあたる約 370GWh となっている。

また、エリアごとの電力使用用途の割合を表 4-10、電力使用用途毎の需要量の推移を図 4-6 に示す。エリアごとに使用用途の割合が異なり、マレー半島では、工業用の使用量が最も多く、サバ州では商業用の使用量が最も多くなっている。また、電力需要量については、年々増加しており、特に 2015 年以降については増加の割合が急激になっていることがわかる。この傾向については、今後も続くことが予想されることから、エネルギー政策に応じた電源開発が求められると考えられる。

表 4-9 マレーシアにおけるエリアごとの既設の電源構成 (2018 年)

		Hydro	Natural Gas	Coal	Diesel / MFO	Biomass	Solar	Biogas	Others	Total
Peninsular Malaysia	TNB	2,557.7	2,530.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5,087.7
	IPPs	20.0	9,276.4	10,180.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19,476.4
	Co-Generation	0.0	821.1	0.0	0.0	12.4	0.0	0.0	54.0	887.6
	Self-Generation	0.0	7.4	0.0	399.0	296.6	71.8	0.0	0.0	774.8
	FIT	43.8	0.0	0.0	0.0	44.9	344.0	60.3	0.0	493.0
	LSS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	260.5	0.0	0.0	260.5
	NEM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	9.8
	Subtotal	2,621.5	12,635.0	10,180.0	399.0	353.8	686.1	60.3	54.0	26,989.8
Sabah	SESB	81.8	112.0	0.0	178.9	0.0	21.5	0.0	0.0	394.2
	IPPs	0.0	1,012.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,012.6
	Co-Generation	0.0	106.8	0.0	0.0	36.7	0.0	0.0	0.0	143.5
	Self-Generation	0.0	2.8	0.0	111.0	79.9	0.0	10.1	8.7	212.5
	FIT	6.5	0.0	0.0	0.0	50.7	38.9	9.6	0.0	105.7
	LSS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0	50.0
	NEM**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Subtotal	88.3	1,234.3	0.0	289.9	167.3	110.4	19.7	8.7	1,918.5
Sarawak	SEB	3,458.1	504.6	480.0	113.8	0.0	0.6	0.0	0.0	4,647.1
	Co-Generation	0.0	389.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	389.0
	Self-Generation	0.0	0.0	0.0	9.7	31.3	0.0	0.0	5.1	46.1
	Subtotal	3,458.1	983.6	480.0	123.5	31.3	0.6	0.0	5.1	5,082.2
<b>Total</b>		<b>6,167.9</b>	<b>14,852.9</b>	<b>10,660.0</b>	<b>812.5</b>	<b>552.4</b>	<b>797.1</b>	<b>80.1</b>	<b>67.7</b>	<b>33,990.5</b>
<b>Share (%)</b>		<b>18.15%</b>	<b>43.7%</b>	<b>31.4%</b>	<b>2.4%</b>	<b>1.6%</b>	<b>2.35%</b>	<b>0.2%</b>	<b>0.2%</b>	<b>100.0%</b>

出典 : National Energy Balance 2018 (Energy Commission)



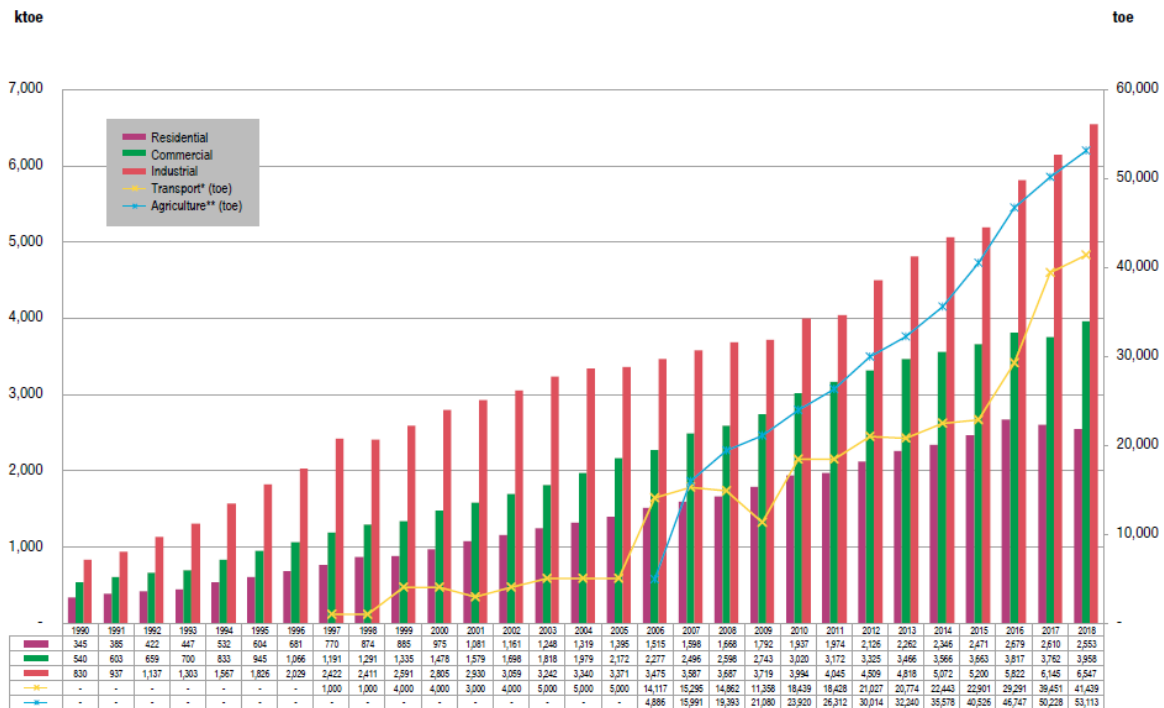
出典 : Performance & Statistical Information on the Malaysian Electricity Supply Industry 2018 (Energy Commission)

図 4-5 マレーシアにおけるエリアごとの電源構成及び発電電力量の割合

表 4-10 マレーシアにおけるエリアごとの電力使用用途の割合

Region	Industry		Commercial		Residential		Transport		Agriculture		Total
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%	
Peninsular Malaysia	53,388	70.2	39,124	88.2	27,006	86.2	482	100.0	617.3	100.0	120,617
Sarawak	21,297	28.0	2,844	6.4	2,478	7.9	-	-	-	-	26,618
Sabah	1,404	1.8	2,377	5.4	1,850	5.9	-	-	-	-	5,630
<b>Total</b>	<b>76,088</b>	<b>100.0</b>	<b>44,345</b>	<b>100.0</b>	<b>31,334</b>	<b>100.0</b>	<b>482</b>	<b>100.0</b>	<b>617</b>	<b>100.0</b>	<b>152,866</b>

出典：National Energy Balance 2018 (Energy Commission)



出典：National Energy Balance 2018 (Energy Commission)

図 4-6 マレーシアにおける使用用途毎の電力需要量の推移

## 2) ジョホール州及びサバ州の既設の水力発電所

National Energy Balance 2018 (Energy Commission) 及び Performance & Statistical Information on the Malaysian Electricity Supply Industry 2018

(Energy Commission) によると、2018年時点でのジョホール州及びサバ州内に導入されている水力発電所はそれぞれ表 4-11、表 4-12 に示す通りである。また、それぞれの設備の位置については、図 4-7、図 4-8 に示す通りである。

表 4-11 ジョホール州内に導入されている水力発電所

No.	発電所	事業者	設備容量[MW]
1	Temengor	TNB	348.0
2	Bersia	TNB	72.0
3	Kenering	TNB	120.0
4	Chenderoh	TNB	40.0
5	Sg Piah	TNB	68.6
6	Pergau	TNB	600.0
7	Kenyir	TNB	400.0
8	Sultan Yussuf	TNB	100.0
9	Sultan Idris	TNB	150.0
10	Hulu Terengganu	TNB	250.0
11	Tambat	TNB	15.0
12	Ulu Jelai	TNB	372.0
13	Hidro mini	TNB	21.6
14	Musteg Hydro	Musteg Hydro Sdn. Bhd	20.0
15	Hidro mini	FIT※	43.8

※FITについては、複数の設備の合計値が記載されていたため、そのままの数値を掲載

表 4-12 サバ州内に導入されている水力発電所

No.	発電所	事業者	設備容量[MW]
1	Tenom Pangi	SESB	75.0
2	Hidro mini Merotai	SESB	1.0
3	Hidro mini Bombalai	SESB	1.0
4	Hidro mini Melangkap	SESB	0.0
5	Hidro mini Sayap	SESB	1.0
6	Hidro mini Kiau	SESB	0.0
7	Hidro mini Carabau	SESB	2.0
8	Hidro mini Naradau	SESB	1.8
9	Hidro mini	FIT※	6.5

※FITについては、複数の設備の合計値が記載されていたため、そのままの数値を掲載



出典：National Energy Balance 2018 (Energy Commission)

図 4-7 ジョホール州内に導入されている発電所の位置（水力発電所：水色）

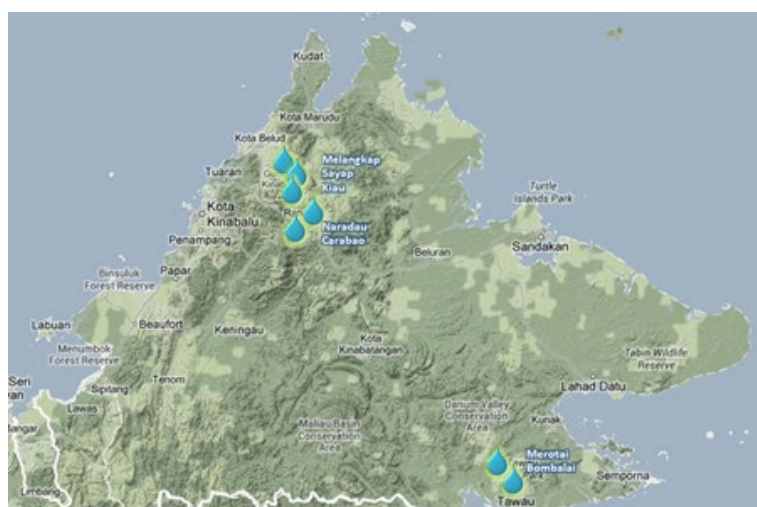


出典：National Energy Balance 2018 (Energy Commission)

図 4-8 サバ州内に導入されている発電所の位置

### 3) SESB 社が所有する小水力発電プラント

SESB 社は 1990 年代前半に運転が開始された 7 つの小水力発電所を運営している。SESB 社が所有する小水力発電所の位置及び設備の概要について図 4-9、表 4-13 に示す。これらは、いずれの発電所も設備導入後 20 年以上経過しており、様々なトラブルなどが発生していることから、SESB 社に対するヒアリングでは、設備の改修を行いたい意向を確認している。



出典：SESB 社より受領

図 4-9 SESB 社が運営する小水力発電所の位置

表 4-13 SESB 社が運営する小水力発電所の概要

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

SESB 社へのヒアリングによると、2015 年 6 月 5 日にラナウ地域でマグニチュード 5.9 の大規模な地震が発生し、Bombalai 発電所 (No. 6)、Merotai 発電所 (No. 7) を除く 5 つの発電所が何らかの影響を受け、発電量が低下している。具体的な発電量の変化は、表 4-14 に示す通りであり、いずれの発電所も設備利用率が 20%以上低下している。また、地震の影響を受けていない Merotai 発電所についても、何らかの原因により設備利用率が 10%程度低下している。設備利用率低下の原因としては、水路の故障や発電設備の故障など、複数の要因が考えられるが、いずれの発電所も運転開始後 20 年以上経過しており、地震発生以前の設備利用率も、日本の小水力発電設備の一般的な設備利用率として公表されている 70%<sup>12</sup>にどの設備も達していない。このことから、水路の修繕等のインフラ工事と合わせて、水車や発電機などを、現地の環境に適した最新の設備へとアップグレードすることが望ましいと考えられる。

<sup>12</sup> <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/shg/page02.html>

表 4-14 2015 年前後 5 年間の発電量と設備利用率の変化

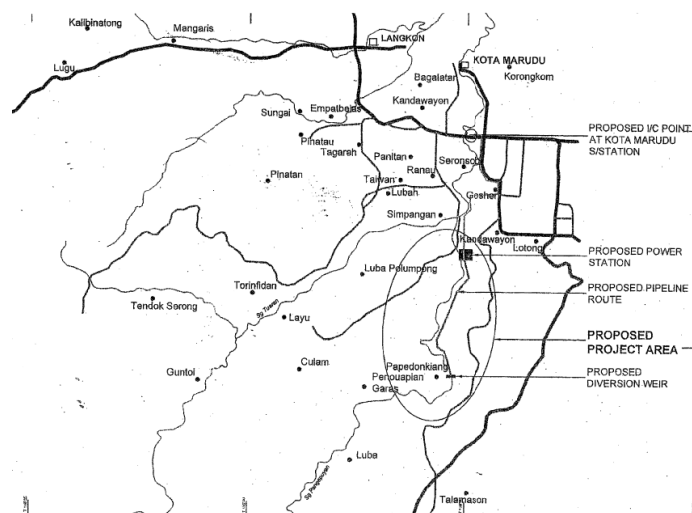
No.	発電所名	発電量 2010-2014 年 [MWh]	設備利用率 2010-2014 年 [%]	発電量 2015-2019 年 [MWh]	設備利用率 2015-2019 年 [%]
1	Naradau, Ranau	48,914	64	26,047	40
2	Carabau, Ranau	22,698	65	5,584	19
3	Sayap, Kota Belud	20,330	58	10,669	36
4	Melangkap, Kota Belud	17,363	50	1,690	6
5	Kiau, Kota Belud	2,979	19	0	0
6	Bombalai, Tawau	434	1	2,111	7
7	Merotai, Tawau	6,751	19	2,540	9

#### 4) その他の小水力発電プラント

コタキナバル市とのオンラインミーティングの中で、SESB 社が運営する小水力発電プラント以外に、現在、FIT で長期買取契約を実施している小水力発電プラントのうち、発電電力量が低下してきている発電所 2 地点について紹介を受けた。以下に、それぞれの発電所の概要について記載する。

##### ①Sg. Pangapuyan Kota Marudu (4.5MW)

Sg. Pangapuyan Kota Marudu (以下、Pangapuyan 発電所とする。) は、コタキナバル市から約 122km 北東の村に位置している (図 4-10)。Pangapuyan 発電所の設備概要は表 4-15 に示す通りである。また、設備や川の外観は図 4-11 の通りである。



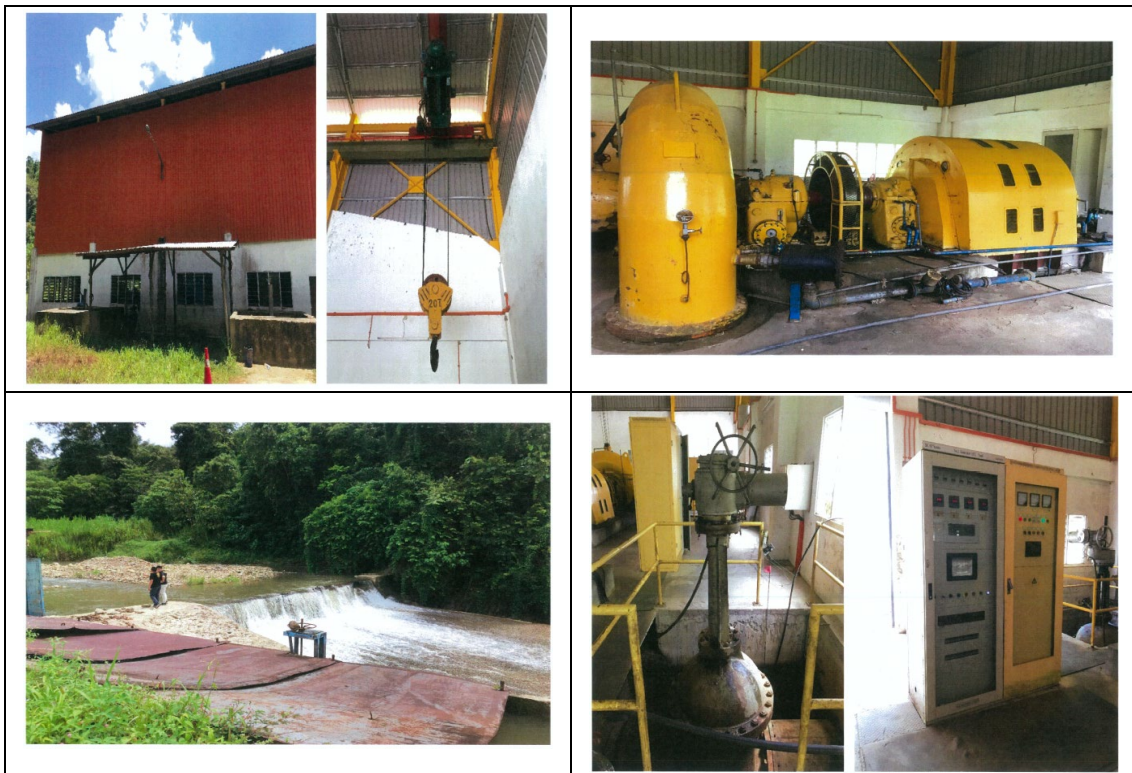
出典：コタキナバル市より受領した資料より抜粋

図 4-10 Pangapuyan 発電所の位置



表 4-15 Pangapuyan 発電所の設備概要

項目	スペック
水車	<ul style="list-style-type: none"> <li>型番：Zhejiang Jinlun Electromechanical 社（中国）の HLA 550-WJ-71×2 台</li> <li>出力：2,475kW（2 台で 4,950kW）</li> <li>回転速度：1,000rpm</li> <li>落差：134m</li> <li>流速 2.25m<sup>3</sup>/秒</li> <li>製造年：2007 年 9 月</li> </ul>
発電機	情報なし
その他／特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動调速機（YWT-1000）</li> <li>発電機制御盤</li> </ul>



出典：コタキナバル市より受領した資料より抜粋

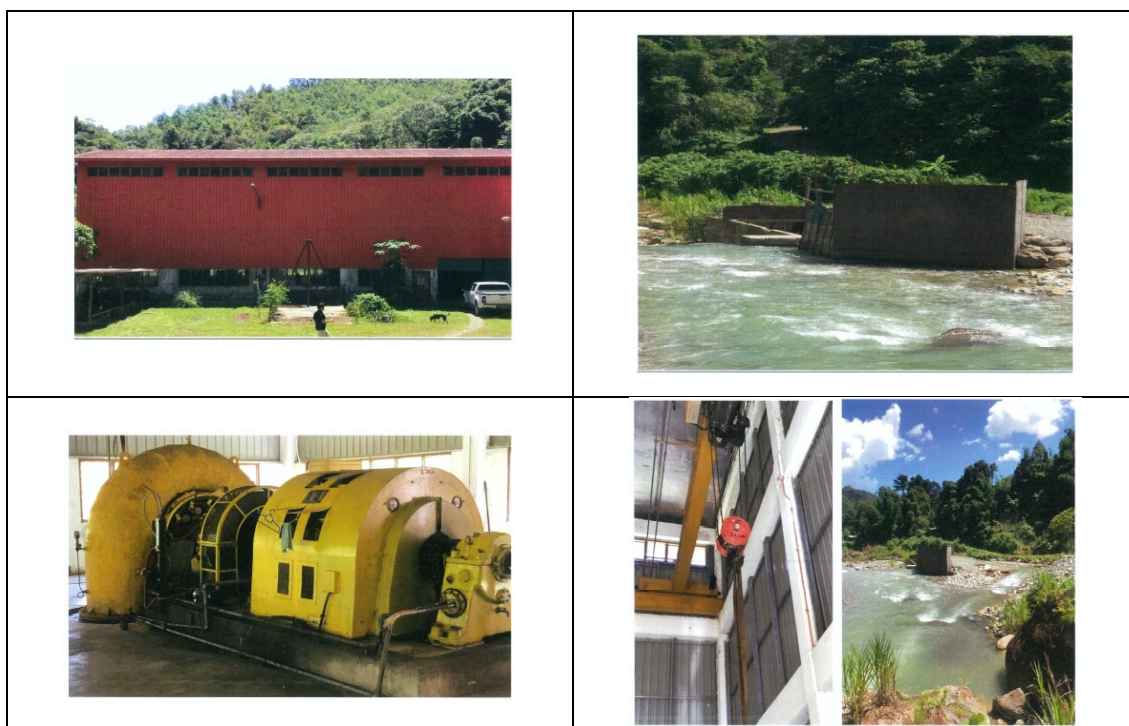
図 4-11 Pangapuyan 発電所の写真

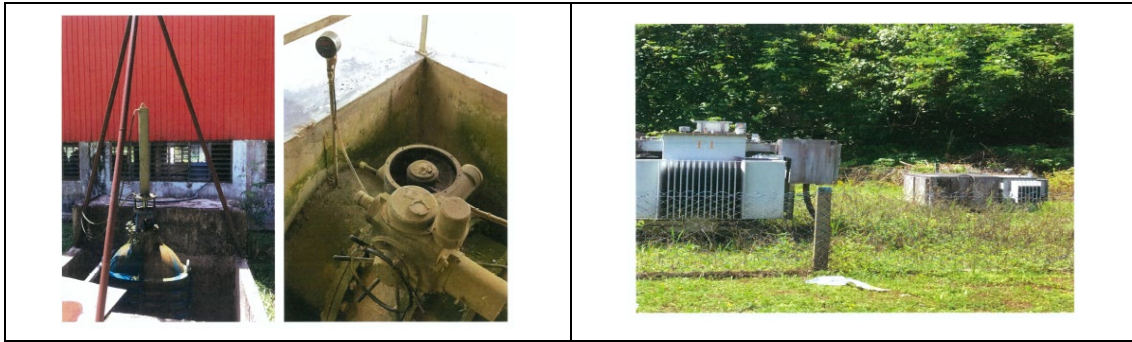
年間の発電量及び設備稼働率、売電収入については、2011 年 1 月に運転開始して以降、表 4-16 の通り推移しており、設備稼働率は、運転開始年から 20%前後と、非常に低い数値となっている。この原因については、次年度、現地調査等で確認する必要がある。



表 4-17 Kadamaian 発電所の設備概要

項目	スペック
水車	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 型番：Zhejiang Jinlun Electromechanical 社（中国）の HLA 696-WJ-60×2 台</li> <li>• 出力：1,114kW</li> <li>• 回転速度：1,000rpm</li> <li>• 落差：59m</li> <li>• 流速 2.15m<sup>3</sup>/秒</li> <li>• 製造年：2007 年 9 月</li> </ul>
発電機	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 型番：Chaozhou Huineng Electric Machinery（中国）の SF1250-6/1180×2 台</li> <li>• 設備容量：1,000kW</li> <li>• 電圧：6,300V</li> <li>• 製造年：2007 年 11 月</li> </ul>
その他／特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 自動调速機（YWT-600）×2 台</li> <li>• 発電機制御盤</li> </ul>





出典：コタキナバル市より受領した資料より抜粋

図 4-13 Kadamaian 発電所の写真

年間の発電量及び設備稼働率、売電収入については、2009 年 8 月に運転開始して以降、表 4-18 の通り推移しており、設備稼働率は、2015 年を境に大きく減少している。これは SESB の小水力発電プラントと同様、2015 年に発生した地震が何かしらの影響を及ぼしていると思われるが、詳細については、現地調査で実際に確認を行う必要がある。また、発電所を管理している担当者にヒアリングをしたところ、10 月～3 月の雨季には度々洪水が発生し（図 4-14）、その度に濁流とともに流れた土砂が水車につまるため、その土砂の除去を人の手で行っておることから、自動的に小石を除去できるような水車があれば、興味があるとの意見を得ている。

表 4-18 Kadamaian 発電所の発電量の推移

年	発電量 [MWh]	設備稼働率 [%]
2009*	3,794	52.0
2010	9,443	53.9
2011	12,115	69.2
2012	10,220	58.3
2013	9,824	56.1
2014	9,605	54.8
2015	4,305	24.6
2016	2,915	16.6
2017	2,408	13.7
2018	3,148	18.0
2019	4,088	23.3
2020	3,090	17.6

※2009 年 8 月に稼働を開始したため、5 か月間の数値である。

出典：コタキナバル市より受領した資料より作成





図 4-14 洪水発生時の川の様子と土砂を取り除く様子

#### 4.2.2 導入技術の選定

本調査では、我が国の優れた小水力発電技術について、幅広く調査するため、日本国内の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た。ヒアリングの概要は表 4-19 に示す通りである。

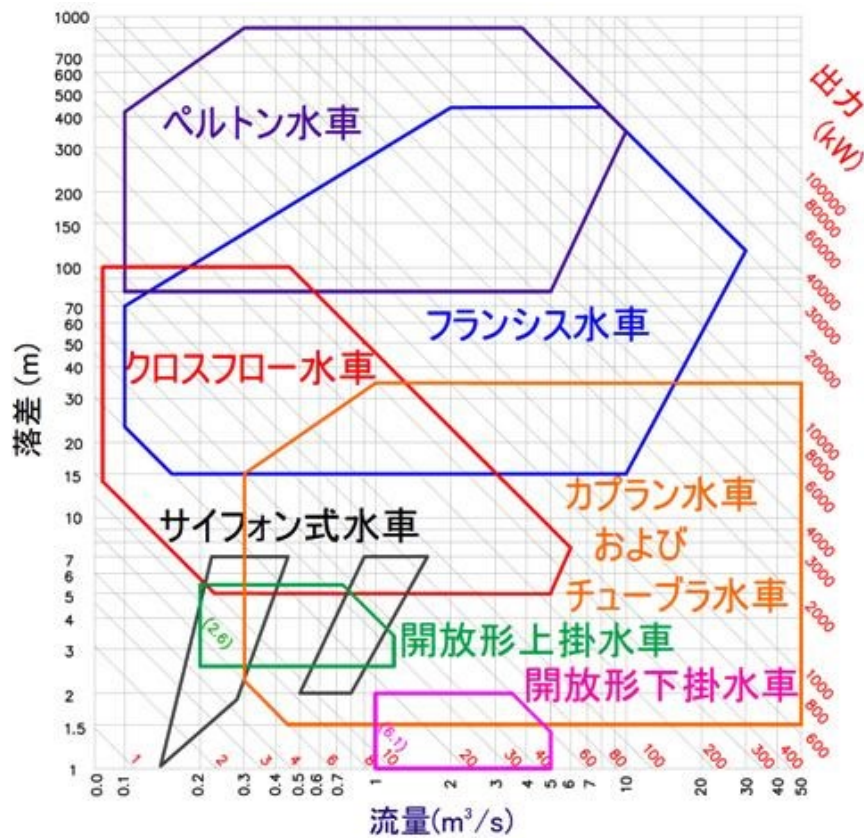
表 4-19 全国小水力利用推進協議会との面談概要（2020 年 12 月 17 日）

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）
面談概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小水力発電システムの作り方はバラバラであり、基本的にサイトの地形に依存する。</li> <li>・主な構成としては、①土木、②水車、③電気設備となっている。</li> <li>・このうち③の電気設備はその国や地域に合ったシステムを適用する必要がある（系統や電圧など）。</li> <li>・②の水車については、協議会が毎年発行している「小水力発電事例集」が参考になる。</li> <li>・県内の事業者では、北陸精器や水機工業が有名である。</li> <li>・一方、実際の事例では、海外製品を使うことが多い。その理由は、コストが圧倒的に海外の方が安いためである。</li> <li>・特にドイツなどでは高性能のものが多く、例えば耐水スラストなど、斜めの軸受けなどの複雑な製品の開発技術を有している。</li> <li>・水車を発注する際には、発注者からメーカーに対して細かい仕様を要求するのではなく、例えば、落差と流量、必要な発電量といった主要な項目のみを仕様とし、あとは、メーカー側の思想を持って水車を作成することで低コスト化が可能になると考えている。</li> <li>・上記を考慮すると、小水力技術の輸出という面では、水車ではなく、例えば、様々な地形条件等を経験した土木業者（設計）などが現実的</li> </ul>

である。

- ・特に富山県内では、条件の厳しい地点が多く存在するため、それらの事例を経験した事業者が有する知見は海外事業でも有効である。
- ・今回の都市間連携事業の場合、現地のプロバイダーを探した上で、タイアップし、現地調達する方法が一番適していると思われる。

国内の小水力発電事業における水車の選定にあたっては、落差及び流量に応じた水車選定表が利用されることが多い。一例としては、**図4-14**に示す通りであり、目安となる出力についても把握することが可能である。



出典 : <https://taiyo-gas.or.jp/kurashi/12th/>

**図4-15 水車選定表の例**

富山市内における水車メーカーとしては、水機工業株式会社や株式会社北陸精機などが存在する。両社は、2016年に共同で、インドネシア国において、「用水路対応型小水力発電システム導入による電力不足解消を目指す案件化調査」(独立行政法人国際協力機構(JICA))を実施しており、同調査において、水機工業株式会社の製品として、水位に併せた効率的な発電が可能な水車を提案している。具体的には**図4-16**に示す通りであり、同調査報告書に

において、特徴として、以下を挙げている。

- ①設置対象水路に対して、水車をそのまま設置可能で、土木構造物の改変がほとんど必要ない。
- ②流量調整ゲートにより、流量の少ない場合においても効率的な発電が可能。
- ③ゴミを下流へ流す。水車羽根先端はゴム製で流下物の噛込を防止するため、構造上、ゴミによるつまり減少は生じない。
- ④水車単体で国内販売価格 60 万円/kW 程度であり、コストパフォーマンスに優れる。
- ⑤リフトアップ機能により洪水時対応が可能である。
- ⑥0.5kW～30kW まで、設置場所毎に利用可能な水量・流量によって、適用水車の選定や台数の増減によりシステムの出力をカスタマイズできる。
- ⑦水車の構造は簡単で、途上国での生産が可能である。



出典：インドネシア国用水路型小水力発電システム導入による  
電力不足解消を目指す案件化調査業務完了報告書（JICA）

図 4-16 水機工業株式会社がインドネシア国において提案していた水車

一方、前項で調査した既存の小水力発電設備の設備容量は 500～5,000kW と大きいため、水路によるところがあるが、複数台の設置または、適した容量の水車を選定することが必要となる。同調査報告書では、前述の水車以外に、可動式胸掛け水車、らせん水車、プロペラ水車を紹介しており、それぞれ、表 4-20 に示すような特徴有しているとされている。

また、同社では、水車に関連する特許として、水上清掃機（平成 4 年/第 3289962 号）やポンプゲート（平成 16 年/第 3605370 号）等を取得しており、現地に適した水車の選定や開発が期待できる。



表 4-20 水機工業株式会社が有するその他の水車の例

可動式胸掛け水車	らせん水車	プロペラ水車																								
<p>水車が上下に動き流量変動に対応し、緊急時は上昇し水路を阻害しない高機能水車</p> <p>除塵機不要 過水したままメンテナンス バイパス水路不要</p> <table border="1"> <tr> <td>口径</td> <td>500～3000mm</td> <td>出力</td> <td>0.5～50kw</td> </tr> <tr> <td>流量</td> <td>0.04～4.0 m<sup>3</sup>/s</td> <td>有効落差</td> <td>0.5～3.0m</td> </tr> </table> 	口径	500～3000mm	出力	0.5～50kw	流量	0.04～4.0 m <sup>3</sup> /s	有効落差	0.5～3.0m	<p>開放方式で簡易的な構造、低落差、大流量が可能な景観の良い水車</p> <p>ゴミの影響が少ない 維持管理が容易 耐久性が高い</p> <table border="1"> <tr> <td>口径</td> <td>1000～2000mm</td> <td>出力</td> <td>1～30kw</td> </tr> <tr> <td>流量</td> <td>0.2～2.0 m<sup>3</sup>/s</td> <td>有効落差</td> <td>1.0～3.0m</td> </tr> </table> 	口径	1000～2000mm	出力	1～30kw	流量	0.2～2.0 m <sup>3</sup> /s	有効落差	1.0～3.0m	<p>配管ラインに接続可能なコンパクトな水車、サイホン方式でも使用可能</p> <p>低落差でも可能 インライン接続可 省スペース</p> <table border="1"> <tr> <td>口径</td> <td>200～2000mm</td> <td>出力</td> <td>1～400kw</td> </tr> <tr> <td>流量</td> <td>0.07～8.0 m<sup>3</sup>/s</td> <td>有効落差</td> <td>2.0～20.0m</td> </tr> </table> 	口径	200～2000mm	出力	1～400kw	流量	0.07～8.0 m <sup>3</sup> /s	有効落差	2.0～20.0m
口径	500～3000mm	出力	0.5～50kw																							
流量	0.04～4.0 m <sup>3</sup> /s	有効落差	0.5～3.0m																							
口径	1000～2000mm	出力	1～30kw																							
流量	0.2～2.0 m <sup>3</sup> /s	有効落差	1.0～3.0m																							
口径	200～2000mm	出力	1～400kw																							
流量	0.07～8.0 m <sup>3</sup> /s	有効落差	2.0～20.0m																							

出典：インドネシア国用水路型小水力発電システム導入による電力不足解消を目指す案件化調査業務完了報告書（JICA）

また、株式会社北陸精機は、同社のホームページによると、「パワーアルキメデス」という水車を開発しており、特徴として、以下を挙げている（図 4-17）。同製品の納入実績としては、海外についてもフィリピン及びミャンマーで 4 件とされている。

- ①発電装置を水路に直接設置できる。
- ②低落差・小流量で発電効率が高い。
- ③構造が簡単で発展途上国での製造が可能。
- ④装置価格が安い。
- ⑤装置据付が容易。
- ⑥メンテナンスが容易。



出典：<http://www.s-hokuriku.com/product/archimedes>

図 4-17 株式会社北陸精機のパワーアルキメデスの設置事例



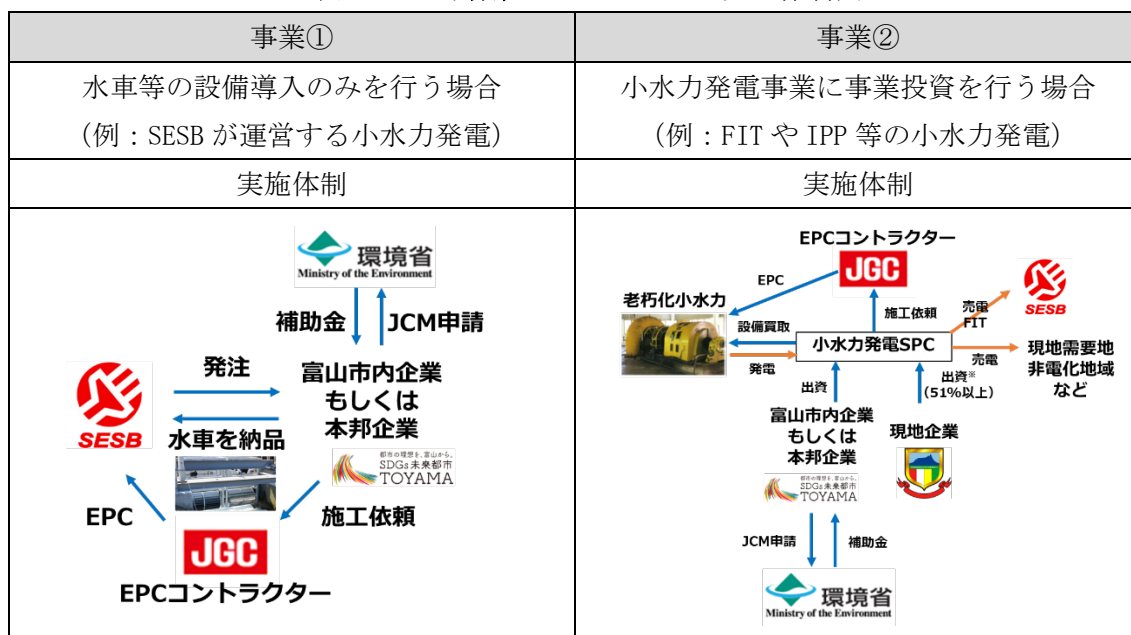
### 4.2.3 事業モデル案の策定

#### 1) 事業化イメージと実施体制

本調査で考えられる事業としては、表4-21に示すような2つが考えられる。1つは、現地の発電開始後20年以上経過したような老朽化した小水力発電所の水車を、富山市内企業もしくは本邦企業の持つ水車に入れ替えることで、発電量を確保する事業である（以下、事業①とする。）。事業①では、優れた水車技術を持つ富山市内企業もしくは本邦企業が代表事業者となり、SESBと国際コンソーシアムを形成し、JCM案件化が可能である。一方、事業①の場合、本邦企業の海外進出のきっかけにはなるが、発電所の所有者がSESBであるため、JCM設備補助事業の実施により、発電量が向上し、売電収入が増加した場合においても、日本企業に入るインセンティブが特にないため、事業参画のメリットが小さい事業となる。さらに、発電量低下の原因が水車の老朽化だけではなく、水路等に起因する場合、水車を入れ替えても発電量が期待される数値にならない場合がある。

これらの課題を解決するため、事業②としては、現地に既に設置されているSESB以外のIPP事業者やFITで売電している老朽化水力発電を所有する事業者と協力し、現地に新たに特別目的会社（SPC）を設立した上で、SPCが老朽化水力発電を所有する形で、JCM設備補助事業の対象となる水車や発電機等の発電設備だけではなく、その他の発電量低下の原因となっている水路等の故障も合わせて改修する事業が考えられる（以下、事業②とする。）。事業②では、発電した電気を売電することで得られた収入については、日本企業も資本比率などに応じて得ることが可能となることに加え、新規地点の開発と比較すると、低コストで事業化が可能となるため、メリットが大きいと考えられる。さらに、前述の通り、小水力発電事業において富山市内企業や本邦企業が持つ技術としては、様々な条件の川で事業を実施した経験値による、水路設計も含めた、全体のマネジメントや設計業務が強みとして挙げられるため、事業②では、こうした強みを存分に活かすことが可能だと考えられる。

表 4-21 事業化イメージとその実施体制図



2) 経済性評価及び温室効果ガス削減効果

実際に事業化検討を行う場合、現地調査を実施した上で、詳細なコストの見積もり等が必要となる。そのため、本調査における経済性評価については、次年度以降の事業化を検討する地点を選定するための参考として、本調査では、前述の2つの事業を、表 4-22 に示す条件で JCM 設備補助事業を実施した場合に、CO2 削減コストとして、補助金額に対して 4,000 円/t-CO2 の事業となる補助金額及び補助対象事業費を算出した。具体的な試算方法としては、それぞれ、表 4-23 の通りとしたある。

表 4-22 経済性評価を行うための前提条件

項目	単位	数値	備考
事業実施後の設備利用率	%	70	日本の小水力発電設備の一般的な設備利用率の公表値
FIT 売電収入	円/kWh	6.76 6.5	0.2600RM/kWh (≤2MW) 0.2500RM/kWh (>2MW、≤10MW)
グリッド係数	t-CO2/MWh	0.5637	IGES 公表資料の Sabah の OM を採用
プロジェクト期間	年	22	水車などの機械装置の法定耐用年数

表 4-23 経済性評価の試算方法

リファレンス発電量	過去5年間の発電量から算出した設備利用率に設備容量を乗ずることで、事業実施前の年間リファレンス発電量[MWh/年]を算出し、プロジェクト期間の22年を乗ずることで、リファレンス発電量[MWh]を算出した。
プロジェクト発電量	事業実施後の設備利用率として、日本の小水力発電設備の一般的な設備利用率として公表されている70%を採用し、設備容量に乗ずることで、事業実施後の年間プロジェクト発電量[MWh/年]を算出し、プロジェクト期間の22年を乗ずることで、リファレンス発電量[MWh]を算出した。
温室効果ガス削減量	上記のリファレンス発電量及びプロジェクト発電量にグリッド係数の0.5637t-CO <sub>2</sub> /MWhを乗じた上で、その差を取ることで算出した。
補助金額	上記の温室効果ガス削減量に対して、JCM設備補助事業の温室効果ガス削減コストの基準(補助金額に対して)4,000円を乗ずることで算出した。
プロジェクト金額	補助率を50%と仮定し、補助金額を割り戻すことで算出した。

① 事業①の場合 (SESBが所有する小水力発電プラントを想定)

事業①の場合の事業実施前後の発電量を比較した結果を表4-24に、それらをベースに温室効果ガス削減効果及び経済性評価を実施した結果を表4-25に示す。事業実施前後の発電量としては、合計7ヶ所の発電所で、年間35,154MWh、22年間で、773,385MWh改善が見込まれることが分かった。また、温室効果ガス削減量としては、年間19,816t-CO<sub>2</sub>、22年間で435,957t-CO<sub>2</sub>となり、JCM設備補助事業の補助率が50%と仮定すると、最大34.9億円のプロジェクトが組成可能であることが分かった。

表 4-24 事業実施前後の発電量の比較 (事業①)

基礎情報			事業実施前			事業実施後		
No.	発電所名	設備容量	設備利用率	年間発電量	リファレンス 発電量	設備利用率	年間発電量	プロジェクト 発電量
		kW	%	MWh/年	MWh	%	MWh/年	MWh
1	Naradau, Ranau	1,760	40	6,167	135,675	70	10,792	237,431
2	Carabau, Ranau	2,000	19	3,329	73,234	70	12,264	269,808
3	Sayap, Kota Belud	1,000	36	3,154	69,379	70	6,132	134,904
4	Melangkap, Kota Belud	1,000	6	526	11,563	70	6,132	134,904
5	Kiau, Kota Belud	350	0	0	0	70	2,146	47,216
6	Bombalai, Tawau	1,000	7	613	13,490	70	6,132	134,904
7	Merotai, Tawau	1,000	9	788	17,345	70	6,132	134,904

表 4-25 事業実施による温室効果ガス削減効果及び経済性評価の結果（事業①）

基礎情報			温室効果ガス削減効果及び経済性評価				
No.	発電所名	設備容量	発電量差	売電金額	GHG削減量	補助金額	プロジェクト額
		kW	MWh	千円	t-CO2	千円	千円
1	Naradau, Ranau	1,760	101,756	687,872	57,360	229,440	458,880
2	Carabau, Ranau	2,000	196,574	1,328,843	110,809	443,236	886,472
3	Sayap, Kota Belud	1,000	65,525	442,948	36,936	147,745	295,491
4	Melangkap, Kota Belud	1,000	123,341	833,784	69,527	278,109	556,218
5	Kiau, Kota Belud	350	47,216	319,183	26,616	106,464	212,927
6	Bombalai, Tawau	1,000	121,414	820,756	68,441	273,763	547,527
7	Merotai, Tawau	1,000	117,559	794,700	66,268	265,072	530,145

② 事業②（その他の小水力発電プラント）

事業②の場合の事業実施前後の発電量を比較した結果を表 4-26 に、それらをベースに温室効果ガス削減効果及び経済性評価を実施した結果を表 4-27 に示す。事業実施前後の発電量としては、合計 2 ヶ所の発電所で、年間 31,683MWh、22 年間で、697,022MWh 改善が見込まれることが分かった。また、温室効果ガス削減量としては、年間 17,860t-CO2、22 年間で 392,911t-CO2 となり、JCM 設備補助事業の補助率が 50%と仮定すると、最大 31.4 億円のプロジェクトが組成可能であることが分かった。前項も含め、プロジェクトの実施効果が最も高いサイトとしては、「Sg. Pangapuyan Kota Marudu」のプロジェクトであることから、次年度については、これらのうち、プロジェクト実施効果の高いサイトを優先的に調査を進めていく意向である。

表 4-26 事業実施前後の発電量及び売電収入額の比較（事業②）

基礎情報			事業実施前			事業実施後		
No.	発電所名	設備容量	設備利用率	年間発電量	リファレンス 発電量	設備利用率	年間発電量	プロジェクト 発電量
		kW	%	MWh/年	MWh	%	MWh/年	MWh
1	Sg.Pangapuyan Kota Marudu	4,500	12.7	4,991	109,811	70	27,594	607,068
2	Sg.Kadamaian Kota Belud	2,000	18.2	3,184	70,044	70	12,264	269,808

表 4-27 事業実施による温室効果ガス削減効果及び経済性評価の結果（事業②）

基礎情報			温室効果ガス削減効果及び経済性評価				
No.	発電所名	設備容量	発電量差	売電金額	GHG削減量	補助金額	プロジェクト額
		kW	MWh	千円	t-CO2	千円	千円
1	Sg.Pangapuyan Kota Marudu	4,500	497,257	3,232,172	280,304	1,121,216	2,242,431
2	Sg.Kadamaian Kota Belud	2,000	199,764	1,350,407	112,607	450,429	900,858

### 4.3 課題と対応策の検討

今年度調査では、新型コロナウイルスの影響により、オンライン調査により、各サイトの発電量や機器メーカー等の情報を入手することが出来たが、現地のサイトを訪問しての現地調査を実施することが出来なかった。小水力発電事業を検討する上では、実際にサイトを訪問し、水力機械設備、発電機器、水路を含めた土木設備を確認し、発電量の低下の原因となっている設備の劣化状況や故障の状況について詳細に調査を行う必要がある。次年度調査では、実際にサイトを訪問し、現地調査を実施した上で、サイト毎の特徴に応じて、事業実施による発電ポテンシャルの試算を行う必要がある。

加えて、JCM 設備補助事業を活用した事業を検討する場合、事業実施体制の構築にあたって、富山市内企業または本邦企業の参画が必要となることから、現地調査の結果も含め、事業実施による可能性を詳細に検討した上で、それらの結果をもって、事業参画可能性のある事業者へのコンタクトを行い、基礎調査フェーズから、事業化に向けた詳細検討フェーズへと移行する必要がある。

### 4.4 環境教育を目的とした小水力発電設備の導入支援

本調査では、現地とのキックオフミーティング及びワークショップにおいて、イスカンダル地域に設置されている環境教育を目的とした太陽光ハイブリッド型小水力発電設備を紹介し、意見交換を実施した。

また、同ミーティングにおいて、コタキナバル市からは、サバ州では、半島マレーシアと比べて都市化が進んでおらず、特に農村地域において電力化事業展開が遅延している状況であり、再生可能エネルギーを利用し、環境教育と組み合わせた電化事業を進めたい意向を確認した。

農村地でも電力化を進める目的で、農村地域及び地方開発省により、サバ州及びスラワク州にて「農村地域電力化プログラム」(BELB Programme) が実施されている。同プログラムでは、現地政府の管轄外におけるエリアや、伝統的な生活をしている農村や家庭に電気を送ることを目指している。

具体的な対策として、2パターンがある。ひとつ目は、既存の送電線及びグリッドを利用し、そこから農村地域をつなぐ方法、二つ目は、隔絶した地域に直接発電機を導入する方法である。実際には、当該地域はグリッドから離れた場所に位置していることが多く、既存グリッドへの接続にはコストがかかってしまうため、後者が選択されることが殆どである。本プログラムの実施により、2012 年末には、サバ州の電力化は 90.81%まで増加し、369,578 世帯のうち 335,626 世帯で電気が利用できる状態になり、2015 年にはその割合を 95.03%まで上げる目標を掲げている。

しかし、電力化の割合が進むにつれ、当該地域への物理的なアクセスの問題、道路や送電線建設用の敷設用地 (Right-of way, ROW) の取得、現地政府が環境社会データを把握

していないなどの問題があり、電化に係る課題は多い。

このような地域において、電気の最大の需要としては、照明としての利用である。電力化が進む地域では、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、都市への流入防止などの効果が見込まれ、これらはSDGsの観点からも、非常に重要である。

本事業でコタキナバル市にヒアリングを実施した結果、コタキナバル市から約20km離れた地域に電力化が遅れているコブニ村という伝統的な生活をしている集落があることを確認した。コブニ村は、人口300人弱の村であり、都心までのアクセスが悪く、電気の供給も安定していないため、頻繁に停電が発生する地域である。またコブニ村は、自然資源が豊富で、滝などを目当てに観光客が多く訪れるため、コタキナバル市としては、環境保全のためのエコツーリズムを実施する最適な場所と考えている。よって、コブニ村を対象として小水力発電プロジェクトを推進し、1つのモデルケースとすることで、環境教育の推進と近隣の村へのモデル展開の2つの効果が期待できると考えている。

小水力発電を実施する河川も特定されているが、過去に実現可能性調査の実績がないことから、データは今後収集する予定である。また、対象となっている川は乾期と雨季で水量の変動が大きいため、乾期の水量が少ない時期については、太陽光発電など、ほかの発電方法と組み合わせる必ことを検討している。

今後、コタキナバル市と調整して、コブニ村での再生可能エネルギー設備の導入実施可能性について調査を進める予定である。パイロットプロジェクトを実施した後に、どのようにマレーシアの国家再生可能エネルギー政策の目標である、現地住民の教育や意識向上につなげるべきであるか、平行して検討する必要がある。

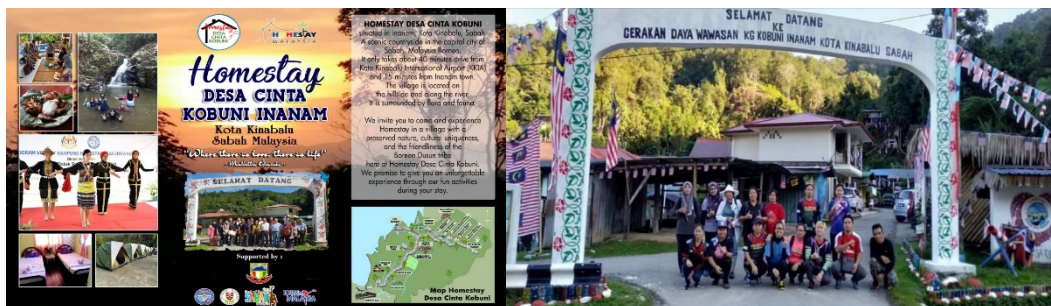


図4-18 コブニ村の様子

## 第5章 都市間連携活動

### 5.1 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5-1に示す通りである。今年度は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。

また、これらの活動のうち、IRDA及びコタキナバル市それぞれの都市と開催したキックオフミーティングの議事概要を表5-2、表5-3に示す。

表5-1 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
2020年9月1日	MPOB, JGC, JANUS	バイオ燃料	バイオ燃料利活用状況及び制度に関するヒアリング
2020年10月9日	Sime Darby, JGC, JANUS	バイオ燃料	バイオ燃料製造に関するヒアリング
2020年10月22日	SESB, JANUS	小水力	老朽化小水力発電設備に関するヒアリング
2020年11月5日	IRDA, 富山市, JANUS	共通	キックオフミーティング
2020年11月26日	MIDA, JANUS	共通	都市間連携事業の紹介
2020年12月3日	TGES, 北酸, JANUS	バイオ燃料	バイオ燃料利活用事業のご紹介
2020年12月17日	全国小水力協議会, 北酸, JANUS	小水力	小水力発電技術に関するヒアリング
2020年12月17日	北陸電力, 北酸, JANUS	小水力	小水力発電事業のご紹介
2020年12月21日	コタキナバル市, 富山市, JANUS	共通	キックオフミーティング
2021年1月13日	FASTENAL MALAYSIA, JGC, JANUS	バイオ燃料	バイオ燃料利用可能性に関するヒアリング
2021年1月18日	IRDA, JGC, JANUS	バイオ燃料	BRT事業計画等に関するヒアリング
2021年1月21日	Sime Darby, JGC, JANUS	バイオ燃料	バイオ燃料製造及び利用可能性に関するヒアリング
2021年1月26日	コタキナバル市, JANUS	小水力	老朽化小水力発電設備に関するヒアリング
2021年2月8日	SEC, JGC, JANUS	バイオ燃料	バイオ燃料輸送事業の可能性に関するヒアリング
2021年2月25日	IRDA, 富山市, 環境省, 北酸, 日本空調北陸, JGC, JANUS	共通	ワークショップ
2021年2月25日	コタキナバル市, 富山市, 環境省, 北酸, 日本空調北陸, JGC, JANUS	共通	ワークショップ



表 5-2 IRDA とのキックオフミーティングの議事概要

日時	2020年11月5日(木) 11:00~12:45
議事次第	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Greetings and introduction of related parties</li> <li>2. Progress of Low Carbon Society Blueprint, and focusing on the city-to-city cooperation between Toyama City and IRDA / Sustainable Energy for All collaboration</li> <li>3. Closing</li> </ol>
写真	



## 1. 公共交通

IRDA より、先方で実施している公共交通の低炭素化に係るデスクトップ調査について説明いただいた後、JANUS より都市間連携事業の中で検討している公共交通の点炭素化のモデル及び利用する技術について説明し、意見交換を実施した。議事の概要は以下の通りである。

- ・デスクトップ調査の中で実施している内容は、建設、インフラ、エネルギーにかかる設計・技術、及び使用する燃料等の検討である。燃料については、ハイブリット、バイオLNG、電気、ディーゼルについて比較・検討している。(IRDA)
- ・インドネシアの事業では、バスの改造は現地の事業者が実施したのか。(IRDA)  
→その通りである。現地の事業者において、実施した。(JANUS)
- ・マレーシアで実施する場合も、現地の改造事業者を探す必要があるかもしれない。(IRDA)
- ・DDF 化によってどの程度エネルギーメリットを出すことが出来るのか。(IRDA)  
→CO2 排出量ベースで計算すると、インドネシアの事業の場合、ディーゼル燃料と比べて、約 40%削減できた実績がある。また、今回はバイオ燃料由来の CNG/LNG を活用するので、更に削減が可能である。(JANUS)
- ・日本サイドで実施している検討でも、燃料使用予定量等のデータが必要だが、共有いただくことは可能か。(JANUS)  
→可能である。必要なデータをリスト化して共有いただきたい。(IRDA)
- ・マレーシアで水素を活用した FS 事業を検討したが、その際には以下のような課題があった。
  - －バス自体の所有権はバスの所有者が持っているため、保証等の関係から、許可なく改造を実施することが難しい。
  - －ディーゼルと比較し、コスト削減になっても、バスのオペレーターのみが利益を得て、IRDA 側に対する利益がない。
- ・日本サイドでは、現地のバイオ燃料供給事業者の候補となる企業といくつかコンタクトをしている。その1つとして、SimeDarby 社と意見交換を実施予定である。(JANUS)  
→もし可能であれば、担当者の連絡先等を共有いただきたい。(IRDA)

## 2. エコタウン事業

IRDA より、計画中のエコタウン事業の概要について説明をいただき、その後意見交換を実施した。概要は、以下の通りである。

- ・IRDA では廃棄物発電を中心としたエコタウンの形成を目指している。現在、川崎市や北九州市のモデルを参考としているが、富山市でもそういった取り組みを実施しているのか。(IRDA)  
→川崎市や北九州市と比較すると小規模であるが富山市でも積極的にエコタウン事業を実施している。パンフレットを共有するので、参考にさせていただきたい。必要に応じて、事業者を紹介することも可能である。(小林主幹)  
→富山市のエコタウン事業は IRDA で想定している規模にも近く、とても魅力的であるので、今後、富山市のノウハウを参考にしたい。(IRDA)

## 3. その他

- ・2021 年初旬に JETRO とのセミナー（状況によってはウェビナー）を開催する計画であるため、富山市内の企業等にもぜひご参加いただきたい。(IRDA)

以上

表5-3 コタキナバル市とのキックオフミーティングの議事概要

日時	2020年12月21日(木) 15:00~17:00
議事次第	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Greetings and introduction of related parties</li> <li>2. Introduction of Toyama city and background of City-to-City Collaboration Project</li> <li>3. Explanation about the contents of JCM project and City-to-City Collaboration project plan</li> <li>4. Explanation about current issues related environment and waste treatment, cooperation expected from Toyama city</li> <li>5. Closing</li> </ol>
写真	

議 事 内 容	<p>1. 都市間連携プロジェクトについて</p> <p>富山市より、富山市とコタキナバル市との都市間連携締結に至る背景について改めてご説明いただいた後、JANUS より、今年度の都市間連携事業の概要について説明した。質疑及び議論の概要は、以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コロナウイルスの影響で当初予定したスケジュールに対して遅れなどはあるか (KK)。</li> </ul> <p>→現地渡航が出来なくなったことは誤算であったが、現地関係者に協力いただいていることもあり、情報は集まってきている (JANUS)。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コタキナバル市として協力できることはあるか (KK)。</li> </ul> <p>→コタキナバル市として策定している再生可能エネルギーに関する政策があれば教えてほしい (JANUS)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コタキナバル市としては詳細な政策がないが、基本的に、サバ州の政策に遵守している。今後、都市間連携事業などを活用し、再生可能エネルギーの導入が進めば、サバ州の目標値を達成できると考えている (KK)。</li> <li>・小水力発電の実現可能性調査の対象地域はコタキナバル市内だけに限られるのか。過去に、サバ州内で、小水力発電を導入し、うまくいかなかった事例がある。そうした事例を紹介することが可能である (KK)。</li> </ul> <p>→必ずしもコタキナバル市に限った話ではなく、サバ州全体で広く検討したいと考えている。過去の事例に関して、まずは、設備の情報やうまくいかなかった理由等を教えていただきたい (JANUS)。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・小水力発電で発電した電力は、必ず SESB の系統に接続する必要があるのか。コタキナバル市には、SESB の連系線に接続されていない小さな村がいくつかあるので、そこに小水力発電機を設置し、地産地消のようなシステムでプロジェクトを検討したい (KK)。</li> </ul> <p>→実際に現地の情報を収集したり、現地調査をした上で、そうした可能性も視野にいれた検討を進めたい (JANUS)。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・すでに小水力発電設備の導入を検討しているサイトはあるか (JANUS)。</li> </ul> <p>→先日、コタキナバル市周辺に位置する市の市長と面談し、二か所程度候補が上がっている (KK)。</p> <p>2. コタキナバル市における環境課題について (廃棄物処理)</p> <p>コタキナバル市より、コタキナバル市で力を入れている環境課題の1つとして、廃棄物処理に関するコタキナバル市としての取組み及び日本側に期待することについてご説明いただいた。質疑及び議論の概要は、以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・日本のごみの分別をしっかりとできるようになりたいと考えている。特に家庭やレストランで出る食品廃棄物が多いため、過去に秋田市の支援を受け、家庭における堆肥化のプロジェクトを進めていたが、調理済みの食品廃棄物には適用できなかったため、うまくいかなかった。食品廃棄物について、富山市として取り組んでいる事例等はあるか (KK)。</li> </ul> <p>→堆肥化も含め、食品廃棄物の処理については、政府や市が補助金を導入する等の支援が必要であると考えている。富山市としては、食品廃棄物の堆肥化に特化したガイドライン等は作成していないが、パイロット事業として、一部の地域の過程から排出される食品廃棄物を収集し、バイオガス燃料を製造する実証を実施している地域もある (富山市)。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・家電製品のリサイクルに関して取り組んでいる事例等はあるか (KK)。</li> </ul>
------------------	---

→日本では、家電リサイクル法という法律が制定されており、国全体として、家電のリサイクルを推進しており、国民全体に家電リサイクルの意識や仕組みが浸透している。実際に、回収された家電については、電子部品の分別が行われ、再利用できる部品等については、リユースやリサイクルされている（富山市）。

・参考までに、サバ州全体におけるリサイクル率はどの程度か（富山市）。

→現在は約 14%以下で、2025 年までに 30%を達成するのが目標である（KK）。

### 3. 省エネルギープロジェクト及びコブニ村の小水力発電プロジェクトについて

コタキナバル市より、LED 街頭の設置による省エネルギープロジェクト及びコブニ村における小水力発電プロジェクトの概要について説明をいただき、その後意見交換を実施した。概要は、以下の通りである。

・プロジェクトの実施サイトとして、コブニ村を選定した理由は何かあるか（JANUS）。

→コブニ村はコタキナバル市までのアクセスが悪く、電気の供給も安定していないため、頻繁に停電が発生する地域である。一方、コブニ村は、自然資源が豊富で、滝などを目当てに観光客が多く訪れるため、環境保全のためのエコツーリズムにも力を入れている。よって、コブニ村を対象として小水力発電プロジェクトを推進し、1 つのモデルケースとすることで、環境教育の推進と近隣の村へのモデル展開の 2 つの効果が期待できると考えている（KK）。

・コブニ村は人口がどの程度の村なのか（JANUS）。

→350 人程度である（KK）。

・その規模であれば、メガワット規模の小水力発電を設置する必要はなく、もう少し小さな規模で十分であると考えられる。川の水量や川全体の見取り図に関するデータはあるか（JANUS）。

・これまで実現可能性調査を実施した実績がないことから、データの有無については、担当者に確認して回答する。また、この川は乾期と雨季で水量の大きいことから、乾期の水量が少ない時期については、太陽光発電など、ほかの発電方法と組み合わせる必要があるかもしれない。ただし、村全体が木に覆われているため、日照時間が短く、直射日光が当たるのは午前 9 時から午後 3 時半ごろまでなので、色々と課題は多いかもしれない（KK）。

・事業実施後のモニタリングやメンテナンスは誰が実施するのか。

→モニタリングやメンテナンスも含めた事業実施体制については、実際に調査の中で構築していくことになる。まずは、現地の情報を収集した上で、市と協力しながら詳細な検討を進めていきたい（JANUS）。

以上

## 5.2 セミナー

前述の通り、今年度事業では、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。

### 5.2.1 IRDA とのワークショップセミナー（2021年2月25日）

表5-4にワークショップの議事概要を示す。今年度の調査及び今後の事業モデルについて報告した後、調査内容や事業モデルに関する質疑応答や、今後の調査方針等に関する意見交換を実施した。質疑応答や意見交換では、イスカンダル地域におけるバイオ燃料利活用事業モデルについて、非常に魅力的な事業であることから、今年度調査対象とした Causeway Link 社以外の事業者も検討対象に加えることが可能かどうかや、コタキナバル市でも BRT システムを導入しようとしている計画があるため、そちらの事業でもバイオ燃料利活用事業を検討可能かどうかといった、非常に前向きな意見を多く得ることが出来た。また、これらの事業の更なる推進のため、現地からは、早期の現地調査の実現を希望されていること等を確認できた。

表5-4 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25日（木）15：00～17：00
議事次第	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Greetings and introduction of related parties</li> <li>2. City-to-City Collaboration project background and overview</li> <li>3. Survey results for FY2020</li> <li>4. Future development</li> <li>5. Closing</li> </ol>
写真	

議 事 内 容	<p><b>1. Opening Remarks</b></p> <p>富山市より、これまでのイスカンダル地域との都市間連携の経緯も含めて、今年度の事業について、振り返りつつ、ご挨拶をいただいた。</p> <p><b>2. Special Remarks</b></p> <p>IRDA より、これまでの富山市との関わりや、富山市で実施しているコンパクトシティ政策の魅力等についてコメントをいただきつつ、今後も引き続き、都市間連携を継続していきたい旨も含め、ご挨拶をいただいた。</p> <p><b>3. Study Report</b></p> <p>JANUS より、JCM のスキームやプロジェクトの概要、スケジュールについて改めて確認しつつ、今年度の調査から得られた結果及び今後の調査予定について、説明した。</p> <p><b>4. Comment and Discussion</b></p> <p>Study Report に対する質問やその他の意見も含めて、幅広いディスカッションを行った。以下では、その概要について、記載する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・説明いただいた調査結果は、詳細な数値まで調査されており、非常に有意義な調査であると感じている。特に、ジョホール州内の POME の発生量等はこれまで存じ上げていなかったのので、調べていただき、大変参考になった。(IRDA)</li> <li>・調査結果の中でもお示しいただいた通り、イスカンダル地域では、Causeway Link 社以外に6つバス事業者が存在している。今回の調査結果は経済的なメリットも大きいため、他の事業者もプロジェクトに参画したいという意見が出る可能性が高いと考えている。Causeway Link 社以外の事業者が参画することは可能か。(IRDA)</li> </ul> <p>→他の事業者が参画することについては全く問題なく、むしろ大歓迎である。(JANUS)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・どのようなバスのタイプが DDF 技術に適しているかといった情報はるか。(IRDA)</li> </ul> <p>→具体的なバスの設備情報(エンジンの種類等)をいただければ、DDF 技術を保有している企業と確認したい。(JANUS)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・富山市では公共交通を軸としたコンパクトシティ政策や低炭素政策に力を入れていることが1つの魅力である。今回のワークショップには、コタキナバル市にも参加いただいているので、コタキナバル市では、公共交通を導入するといった計画はあるのかなど含めて、意見をいただきたい。(IRDA)</li> <li>・まずは、少ない情報源から、非常に魅力的な事業モデルを整理いただけていることに驚いている。現在、コタキナバル市でも、公共交通システムを導入することを計画しているのでも、もし可能であれば、コタキナバル市でも、イスカンダル地域と同様に、バイオ燃料を活用した公共交通システムを導入することが可能かどうかを検討いただくことは可能か。サバ州はマレーシア国内で最もパームオイル生産量が多い地域であるため、ポテンシャルが高いと考えられる。(KK)</li> </ul> <p>→今回の発表では、時間の関係から割愛したが、実は、2020年度の調査では、サバ州においても、パームオイル工場の情報を整理した上で、バイオ燃料の利活用事業について検討をしているので、後日、報告書として、調査結果を共有させていただきたい。(JANUS)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現在、コタキナバル市で検討している BRT システムでは、バイオ燃料を活用した技術以外に、電気を利用したシステム(電気バスや LRT)も検討を進めているが、電気とバイオ燃料どちらを軸にするのが良いか等、コメントをいただけ場ありがたい。(KK)</li> <li>・IRDA においても、現在進行形で、電気、バイオ燃料、水素の3つを軸に検討を進めているところである。検討を進めるうえで重要なのは、ライフサイクルコストであると</li> </ul>
------------------	--

<p>考えている。例えば、電気バスの場合、初期の導入コストは高いが、7年以上使用するという確証があれば、メンテナンス費用を考慮しても、投資回収が可能であり、かつ高いCO2削減効果も見込まれると考えている。また、バスの使用年数を想定する際は、バスのルートや年間の走行距離なども考慮に入れて計算する必要がある。また、IRDAでも独自に燃料の比較をコンサルタントに依頼しているが、バイオ燃料に関しては、今回調査いただいた内容とほぼ同様の結果となっている。(IRDA)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• また、電気バスとバイオ燃料を活用したバスのCO2排出量を比較すると、バスの利用プロセスだけで見ると、電気バスの方はCO2の排出量はゼロであるが、電気バスに使われている電力は化石燃料から作られていることを考慮すると、バイオ燃料を活用した方が、トータルのCO2排出量は少ない可能性がある。(IRDA)</li> <li>• これまでの経験上、脱炭素プロジェクトを実施する場合、プロジェクトの中身も重要であるが、それと同時に、政策面での後押しも重要であると考えている。富山市では、脱炭素・低炭素の取組みも含め、SDGsを推進する政策に積極的に取り組んでいるため、知見を共有することが可能である。また、これまでの取組みから得た知見から、電気・バイオ燃料・CNGなどの技術が適しているかといった、広い視野をもったアドバイスなど出来る可能性がある。(富山市)</li> <li>• BRTシステムの新たな導入にあたっては、富山市でこれまで導入されているLRTの事例が非常に参考になると考えている。現在、IRDAでは、既存事業者との棲み分けなどに苦労されていると聞いているが、公共交通を導入する際に、必ず起こりうる課題だと思うので、自治体として、どのようにそうした課題を解決に導いたのかなど、今後の事業の中でご紹介いただければありがたい。(JANUS)</li> <li>• 午前のセッションでも確認させていただいたが、今回のプロジェクトで削減できたCO2クレジットは、どのような割合で配分されることになるのか。(IRDA)</li> </ul> <p>→JCM制度では、基本的に50%日本政府に対して配分され、残りの50%は協議して決定することになる。一方、今回は、メタンの回収により、非常に大量の温室効果ガスが削減できる可能性があるため、数%であっても、かなりの量になることが予想される。(JANUS)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• イスカンダル地域では、2030年までにCO2を58%削減する目標を掲げているが、現在の進捗としては、約30%となっている。JCMスキームも積極的に活用して、削減目標を達成したいと考えている。(IRDA)</li> <li>• バス燃料転換事業で必要となるDDF技術の導入費用に対して、補助金が支払われるという事であるが、その場合、設備の費用は誰が支払うことになるのか。(IRDA)</li> </ul> <p>→現時点では、未確定であり、それらについても、2021年度以降の都市間連携事業の中で、最も良い選択肢を探していきたいと考えている。参考として、インドネシアのスマラン市の事業では、スマラン市がBRTを運営するTrans Semarang社に対して予算を割り当てる形で、Trans Semarang社が設備費用を負担している。(JANUS)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• コタキナバル市の方を始めとして、2021年度は、機会があれば、是非とも富山市を訪問いただき、富山市の公共交通システムの素晴らしさを実感していただきたい(IRDA)。</li> </ul> <p><b>5. Closing</b></p> <p>JANUSより、今年度の調査協力及びワークショップでの活発な議論等に感謝を述べつつ、2021年度以降の継続的な活動の支援について依頼し、ワークショップを閉会した。</p>
--

### 5.2.2 コタキナバル市とのワークショップセミナー（2021年2月25日）

表5-5にワークショップの議事概要を示す。今年度の調査及び今後の事業モデルについて報告した後、調査内容や事業モデルに関する質疑応答や、今後の調査方針等に関する意見交換を実施した。質疑応答や意見交換では、コタキナバル市だけではなく、サバ州全体として、広く調査したことや限られた情報から、実現可能な事業モデルについて深い考察をしたことに対する謝意があったほか、環境教育やエコ・ツーリズムの観点から、コブニ村の再生可能エネルギーの電化プロジェクトに対する期待等の意見を得ることが出来た。また、環境教育に関しては、IRDAより、イスカンダル地域に既に導入されている太陽光ハイブリッド型小水力発電システムの技術やその導入効果について説明いただき、環境教育の面からも、再生可能エネルギー設備設置導入の重要性について、コタキナバル市関係者の理解を得ることが出来た。

これらの事業の更なる推進のため、現地からは、早期の現地調査の実現を希望されていることに加え、現地調査等の際には、プロジェクトのキーパーソンへの取りつなぎや情報収集に関して、これまで以上の支援をいただけることで合意することが出来た。



表 5-5 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	2021年2月25日(木) 10:00~12:00
議事次第	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Opening remarks - Toyama city</li> <li>2. Opening remarks - Kota Kinabalu</li> <li>3. Study report</li> <li>4. Comment and discussion</li> <li>5. Closing</li> </ol>
写真	

議 事 内 容	<p><b>1. Opening Remarks</b></p> <p>富山市より、コタキナバル及び IRDA からの参加者にお礼を示した後、イスカンダル地域との都市間連携に至る経緯や、コタキナバル市を訪問した際の印象として、山や川等の自然が豊かで、富山市と似た環境であることが印象的であったことをお話しいただいた。また、今回の都市間連携事業では、コタキナバル市が、その豊かな自然環境を保ちながら発展することを望んでおり、そうした観点から、コタキナバル市に対して、どのような貢献ができるか検討してきた旨も含め、ご挨拶をいただいた。</p> <p><b>2. Special Remarks</b></p> <p>コタキナバル市より、ワークショップに参加できなかったコタキナバル市長からのメッセージを伝言としてお伝えいただいた。その後、日本のテレビドキュメンタリーを見て、日本や富山市に関する情報を勉強し、富山市コミュニティに対する取組について関心した旨も含め、ご挨拶をいただいた。</p> <p><b>3. Study Report</b></p> <p>JANUS より、JCM のスキームやプロジェクトの概要、スケジュールについて改めて確認しつつ、今年度の調査から得られた結果及び今後の調査予定について、説明した。</p> <p><b>4. Comment and Discussion</b></p> <p>Study Report に対する質問やその他の意見も含めて、幅広いディスカッションを行った。以下では、その概要について、記載する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・まずは、コタキナバル市だけではなく、サバ州全体も含め、広範囲で調査を実施いただき、非常に感謝している。(KK)</li> <li>・コブニ村は電化が遅れている地域であるため、再生可能エネルギーを活用して電化を進めることで、より多くの観光客や投資家を引き付けるきっかけになる可能性があり、Green Sustainable initiative を達成するために重要であると考えている。(KK)</li> <li>・今回の資料の中で、富山市で導入実績のある水上に設置した噴水と太陽光発電を訓見合わせた技術を紹介したが、このような事例では、景観としても魅力があり、観光との相性が良いと考えている。環境×観光を組み合わせた事例は富山市内にもあるか。(JANUS)</li> <li>・富山市の豊富な水資源を活かし、水力発電の水車設備がエコツーリズムの事例と言えるだろう。観光客も多く訪れているので、2021 年度は、可能であれば、コタキナバルの方も富山に来ていただき、実際に見ていただきたいと考えている。富山市では、経済発展の際に、豊かな自然の景観を壊さないということを非常に重要視している。(富山市)</li> <li>・イスカンダル地域で導入した太陽光ハイブリッド型小水力発電設備は、潮汐と太陽光を組み合わせたシステムで、設備容量としては 1kW と小さいが、設置後は、富山市の水車の事例と同様に、観光客を惹きつける施設となっていることに加えて、環境教育としても大きなメリットがあると考えている。(IRDA)</li> </ul> <p>→イスカンダル地域の設備について、潮汐の動きで発電できる技術があることは知らなかった。今回のワークショップで、再生可能エネルギーも含め、新たな知識を得ることの重要性を改めて実感した。その観点でも、コタキナバルを訪れる観光客の多くはコブニ村も合わせて訪れることが多いので、イスカンダル地域に設置されたような新たな技術を活用したものを設置することで、新たな気付きを与える場所になると嬉しいと感じた。(KK)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・JCM 設備補助事業における補助金は、日本の環境省の資金を活用するという理解で良いか。(IRDA)</li> </ul> <p>→JCM 設備補助事業の補助金は、日本の環境省の予算であるが、その金額、削減できる CO2 等の条件によって決まってくる。2020 年度は現地調査が出来なかったが、水力発電事業では、現</p>
------------------	--

地調査を行い、発電量低下の原因を明らかにする必要があるため、2021年度はより詳細な調査を進めたい意向である。(JANUS)

- ・CO2削減量のクレジットは、どのように分配されるのか。(IRDA)
- 基本的には、50%を日本政府が取得し、残り50%は協議の上決定することとなる。一方、日本とマレーシアは、まだJCM締結前であるため、まずは、JCM締結が行われることが重要である。もし、マレーシア政府の方と対話する機会があれば、Boyd氏からもJCMの締結を勧めていただけると大変助かる。(JANUS)
- ・例えば、マレーシア政府ではなく、サバ州政府に対してクレジットが配分される可能性もあるのか。(IRDA)
- 事業者も含めた、サバ州とマレーシア政府と協議により決定され则认为している。(JANUS)
- ・コブニ村では、ホームステイプログラムを進めており、観光客を積極的に誘致している。そうした意味でも、電化プロジェクトは非常に有意義であると考えており、とても期待している。2021年度の調査で、具体的に協力できることがあれば、是非とも教えてほしい。(コブニ村)
- ・コブニ村でプロジェクトを実施することで、コブニ村だけではなく、その周辺の村等にも良い影響があると考えており、期待している。(KK)
- この調査事業でも、SDGsの観点から、コブニ村をモデルとして、周辺地域に同様のプロジェクトを広めていくことを想定しており、期待に沿えるよう、調査を進めたい。(JANUS)
- ・2021年度は、いつ頃に渡航できそうかわかるか。(KK)
- 日本では、先週からワクチン接種が始まり、まずは医療従事者、その後に高齢者を対象とした集団接種が行われる見込みである。我々がワクチンを接種できるのがいつ頃になるかは未定であるが、夏にはオリンピックも開催されることもあるので、そのころには渡航できることを期待している。(JANUS)
- ・マレーシアはすでにワクチンの接種が始まっているが、まだ国境は開いていない状態である。まだ正式には公表されていないが、国境の開放は、今年の夏ごろになるかと言われている。コタキナバル市を訪問できた際にコンタクトしたい関係者がいれば、適宜会議をアレンジすることが可能である。(KK)
- 今回説明したプロジェクトに関して、キーパーソンと思われる方がいればぜひご紹介いただきたい。(JANUS)

## 5. Closing

富山市より、今後、可能な限り早いタイミングで渡航を計画するとともに、2021年度については、コタキナバルの方にも来日し、富山市を訪問していただきたい旨をお伝えいただいた。その後、JANUSより、今年度の調査協力及びワークショップでの活発な議論等に感謝を述べつつ、2021年度以降の継続的な活動の支援について依頼し、ワークショップを閉会した。

以上

## 第6章 まとめ

### 6.1 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6-1に示す。

表6-1 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を軸とした都市開発事業	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 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。</li><li>・ 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。</li><li>・ 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。</li><li>・ 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。</li></ul>
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"><li>・ 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。</li><li>・ 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。</li><li>・ 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。</li></ul>
都市間連携活動	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 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。</li><li>・ 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。</li></ul>

### 6.2 次年度の都市間連携事業の方針

次年度の各事業の実施方針は、それぞれ図6-1に示す通りである。前述の通り、今年度の都市間連携事業では、新型コロナウイルスの影響により、現地を訪問してのサイト調査

が実施できなかった。そのため、より現実的なプロジェクト効果の検証やプロジェクトの実現に必要な情報が一部、不足している部分がある。また、現地関係者からは、実際に現地を渡航しての現地調査を強く要望されていることから、まずは、現地渡航が可能となった段階で、早期の現地調査を行う考えである。加えて、今年度の調査からある程度、事業実施によるポテンシャルがあることが示唆されたことから、JCM 事業の実現に向けて、実際に国際コンソーシアムに加わる可能性がある事業者へのアプローチや MoU や NDA の締結等の実施体制の構築を行い、事業実現に向け、日本側だけではなく、現地事業者も交えた詳細検討フェーズに移行する考えである。

また、今年度の都市間連携活動の中から見出された新たな事業として、再生可能エネルギーを活用したコブニ村の電化プロジェクトを新たに検討する方針である。当該事業は、現地関係者からも検討を実施してほしい旨について強く要望を受けていることに加え、電化により、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、都市への流入防止などの効果が見込まれる他、観光客が多く訪れる地域という事もあり、エコツーリズムの観点からも有意義なプロジェクトであり、SDGs の観点からも、非常に重要であると考えられる。当該プロジェクトについては、様々な太陽光発電技術を有する富山市内企業である株式会社日本空調北陸や全国小水力利用推進協議会の代表理事を務め、富山国際大学の上坂教授などと連携しながら検討を進める意向である。

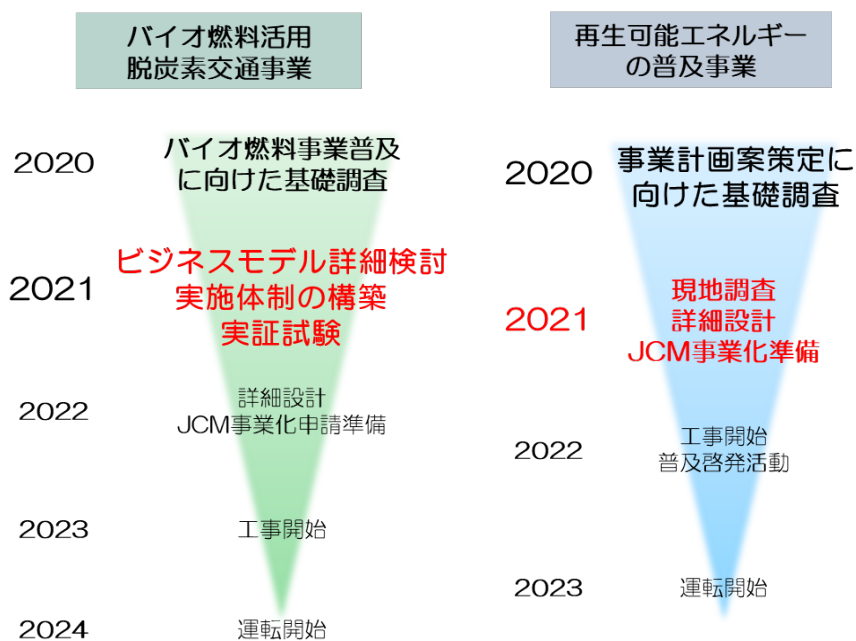


図 6-1 次年度の活動概要

以上