

令和4年度
脱炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務
（イस्कンダル地域における脱炭素モデルエリア
構築事業
（フェーズ1）
（北九州市ーイस्कンダル地域開発庁連携事業））
報告書

令和5年3月

株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所

目次

第1章 業務の概要と背景

- 1.1 業務の概要
- 1.2 業務の背景

第2章 産業部門の脱炭素化に向けた産業間連携プロジェクト創出検討

- 2.1 活動の概要
- 2.2 産業間連携コンセプトの検討
- 2.3 ステークホルダーへのヒアリング
- 2.4 今後の展開

第3章 再エネ100%北九州モデルによる太陽光発電設備導入

- 3.1 活動の概要
- 3.2 民生部門における太陽光発電導入ポテンシャルの調査
- 3.3 導入技術の検討
- 3.4 経済性の検討
- 3.5 再エネ導入に向けた行政の支援制度等のあり方に関する検討
- 3.6 今後の展開

第4章 ベースロード電源としての廃棄物発電設備導入

- 4.1 活動の概要
- 4.2 マレーシア国におけるジョホール州での廃棄物発電事業の現状
- 4.3 廃棄物発電に関連する規制の調査
- 4.4 廃棄物発電設備導入に係る技術面での検討
- 4.5 今後の展開

参考資料

内容

第1章 業務の概要と背景	2
1.1 業務の概要	2
1.1.1 目的.....	2
1.1.2 業務の内容.....	3
1.1.3 業務の実施方法	3
1.1.4 調査の実施体制	4
1.1.5 調査スケジュール.....	4
1.2 業務の背景	6
1.2.1 IRDA の概要	6
1.2.2 マレーシア政府の温室効果ガス排出削減に関する取組み.....	9
1.2.3 IRDA の温室効果ガス排出削減に関する取組み.....	17
1.2.4 北九州市とイスカンダル開発庁の協力関係.....	20

第1章 業務の概要と背景

1.1 業務の概要

1.1.1 目的

2015年12月にフランス・パリで開催された国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)には全ての国が参加し、2020年以降の公平で実効的な気候変動対策の法的な枠組であるパリ協定が採択された。パリ協定では、地球の気温上昇を産業革命前に比べて2°Cよりも十分低く抑え、さらには1.5°C未満に抑えるための努力を追求することが掲げられ、脱炭素に向けた取組の促進が求められている。またCOP21では、都市を含む非国家主体の行動を認知すること、そして全ての非政府主体(都市その他地方公共団体等)の努力を歓迎し、そのスケールアップを招請することが決定された。

続いて、2016年11月にモロッコ・マラケシュで開催されたCOP22において、採択された「気候及び持続可能な開発のためのマラケシュ行動宣言」でも、気候はかつてない割合で温暖化しており、対応する緊急の義務があることが改めて強調されるとともに、政府だけではなく自治体を含むグローバルな行動、また経済の転換が更なる繁栄と持続可能な開発の積極的な機会であると認識された。

その後、2017年にドイツ・ボン(ホスト国はフィジー)で開催されたCOP23、2018年にポーランド・カトヴィツェで開催されたCOP24を経て、2019年12月にスペイン・マドリードにてCOP25が開催され、日本国としては脱炭素に向けた積極的な姿勢を世界各国にアピールしてきたところである。

そして、令和2年(2020年)、いよいよパリ協定の実施段階に入った。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、令和2年9月に開催された「新型コロナウイルスからの復興と気候変動・環境対策に関する「オンライン・プラットフォーム」閣僚級会合」においても、コミュニティに直結する活動を行う地方自治体の脱炭素政策が必要であること、地方コミュニティ主導の開発アプローチが重要であることが確認されている。日本でも、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにし、脱炭素社会を目指すことが宣言され、CO₂排出実質ゼロを宣言する自治体は800以上にまで急増している。

このとおり具体的な地域の気候変動対策・プロジェクトを検討・実施するうえで、都市や自治体の役割は重要性を増している。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。

以上の点を踏まえ、本事業では、脱炭素社会形成に関する経験・ノウハウ等を有する北九州市とイスカンダル地域開発庁(Iskandar Regional Development Authority、以下IRDA)の連携のもと、脱炭素社会の実現ならびにエネルギー起源CO₂の排出削減に資する工業団地における産業間連携の実現や商業施設への太陽光発電の導入、廃棄物発電の導入等を対象に、海外自治体等に

における脱炭素・低炭素社会形成への取組、脱炭素ドミノの実現、および脱炭素・低炭素社会の形成に寄与する設備の導入を支援するための調査事業を実施する。

1.1.2 業務の内容

本調査では、マレーシア国イスカンダル地域開発庁と北九州市の提携関係の下、マレーシア国における脱炭素化の促進、ならびに、それに寄与する JCM 案件形成を目的として、以下の活動を実施する。

- ・ 活動 1：産業部門の脱炭素化に向けた産業間連携プロジェクト創出検討
- ・ 活動 2：民生部門の脱炭素化に向けた再生可能エネルギー導入検討

1.1.3 業務の実施方法

(3) - 1. 産業部門の脱炭素化に向けた産業間連携プロジェクト創出検討

	活動項目	活動の内容
①	排熱発生状況等の詳細把握、実現可能性調査	①～③の活動を通して、各企業の廃熱・排水の処理状況を踏まえた業種・企業の壁を超えた工業団地全体のエネルギーマネジメント、用排水の一括供給・一括処理を目指した検討を行う。具体的には、各企業の排熱発生状況をリアルタイムで把握し、ヒートポンプ、デマンドレスポンス等による企業間連携での最適利用、および排水一括処理での希釈化、高度処理の導入等で高濃度有機排水を処理可能とすることによる焼却エネルギー削減等に関するパイロットプロジェクトを創出する。
②	工業団地内の用排水の設備・パイプライン等のインフラ整備状況調査	
③	参画候補企業の選定（現地企業および上記の関連技術を持つ本邦企業）	

(3)-2. 活動 2：民生部門の脱炭素化に向けた再生可能エネルギー導入検討

	活動項目	活動の内容
①	再エネ 100%北九州モデルによる太陽光発電設備導入	<p>「再エネ 100%北九州モデル」を活用し、民生業務部門の内、約 65%のエネルギー需要を占めるショッピングモールを中心に再エネ導入が可能か検討を実施する。</p> <p>(1) 民生部門における太陽光発電導入ポテンシャルの調査</p> <p>(2) 導入技術の検討</p> <p>(3) 経済性の検討</p> <p>(4) 排出削減効果の試算</p> <p>(5) 再エネ導入に向けた行政の支援制度等のあり方に関する検討</p>

②	ベースロード電源としての廃棄物発電設備導入	イスカンダル地域における廃棄物発電事業の進捗を確認するとともに、現地企業（SWM Environment Sdn. Bhd. 他）との連携による事業案の精査・高度化の検討を実施する。
---	-----------------------	---

1.1.4 調査の実施体制

本調査は、表 1 に示すとおり、北九州市、NTT データ経営研究所、日鉄エンジニアリング、(公財) 地球環境戦略研究機関・北九州アーバンセンター、イスカンダル地域開発庁の連携のもと、実施している。

表 1-1 実施体制

事業者	役割
北九州市	<ul style="list-style-type: none"> ・ 北九州市内企業との連携・調整
NTT データ経営研究所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本事業のとりまとめ ・ IRDA 等との打ち合わせ協議の調整 ・ 工業団地の産業間連携の実現に向けた検討 ・ 商業施設への太陽光発電の導入に向けた検討
日鉄エンジニアリング	<ul style="list-style-type: none"> ・ 廃棄物発電の実現に向けた技術面からの検討
イスカンダル地域開発庁 (Iskandar Regional Development Authority: IRDA)	<ul style="list-style-type: none"> ・ イスカンダル地域内の企業との連携・調整 ・ 廃棄物発電に関する現地情報の収集

1.1.5 調査スケジュール

本事業で想定した 3 か年の事業計画は図 1-1 に示すとおりである。本年度は、3 か年のうち、1 か年目にあたる。事業期間は 2022 年 6 月 21 日から 2023 年 3 月 10 日となっている。

～2021年		2022～2024年（3カ年）				2025年～	
■ 都市間連携調査実施 (2015年&2016年、2019～2021年)						■ 2050CN達成に向けた モデルエリアの横展開	
		2022年度(1カ年目：本事業)				2023年度	2024年度 以降
		採択～6月	7～9月	10～12月	1～3月		
活動1：産業部門の脱炭素化に向けた産業間連携プロジェクト創出検討		排熱発生状況等の詳細把握、実現可能性調査 工業団地内の用排水の設備・パイプライン等のインフラ整備状況調査		参画候補企業の選定（現地企業及び関連技術を持つ本邦企業）		選定した参画候補企業によるコンソーシアムの形成・協議	JCM設備補助等を活用して「ゼロエミッション」のスタート（1～3年以内）
活動2：民生部門の脱炭素化に向けた再生可能エネルギー導入検討	太陽光発電	民生部門における太陽光発電導入ポテンシャルの調査	導入技術の検討 再エネ導入に向けた行政の支援制度等のあり方に関する検討	経済性の検討	排出削減効果の試算	導入候補施設との協議を実施	署名が行われ次第、JCM設備補助事業への申請を想定
	廃棄物発電	マレーシア国におけるジョホール州での廃棄物発電事業の進捗の確認 現地企業（SWM Environment Sdn. Bhd. 他）との連携による事業案の精査・高度化の検討				中長期のプロジェクトの具体化（3～5年以内）	
現地との打ち合わせ		1～2か月に1度IRDAと打ち合わせを実施するほか、個別企業とのワークショップやメールフォローを適宜実施					
報告書の作成 御省との打合せ		●契約 ●プレキックオフ		●月次報告 ●中間打合せ		●報告書提出 ●最終打合せ (※打合せは、必要に応じて追加)	

図 1-1 調査スケジュール

1.2 業務の背景

1.2.1 IRDA の概要

① IRDA とは

イスカンダル開発庁：Iskandar Regional Development Authority (IRDA) は、イスカンダル地域の開発を推進するための総合調整を行う政府機関として 2007 年に設立された。公共及び民間部門の利害関係を規制することで、持続可能な国際都市への発展を促すことを目的としている。IRDA の法的権限および機能は、上記の目的を達成するために設計されており、大きく以下 3 つのコア機能を有している。

1. 計画（プランニング）

連邦政府、ジョホール州政府および地方自治体の計画方針と戦略を統合して推奨することは、イスカンダル地域の幸福感を高めることに影響する。IRDA は、イスカンダル地域の開発におけるインフラストラクチャー、スキル、科学技術研究を強化するための戦略を策定する。

2. 広報（プロモーション）

イスカンダル地域を一般社会ならびに、潜在的な投資家に広く PR すること。国内および海外の双方の経済セクター、社会インフラの発展を推進し、調整し、監視する。

3. 調整（ファシリテーション）

イスカンダル地域への投資に関する相談の受付と情報提供を行う。イスカンダル地域の投資家に対する必要な承認を獲得し、処理し、迅速化することについて、関係政府機関に代わって主要な調整機関として行動する。ビジネス環境に影響を及ぼす問題を既存投資家が解決することを支援する。

イスカンダル地域開発庁 IRDA (Iskandar Regional Development Authority)

イスカンダルを持続可能な大都市に発展させるというビジョンの実現に向けて開発の政策、戦略を担当する機関であり、マレーシア首相およびジョホール州長を議長とし、官主体の組織構成の政府機関として2007年に設立

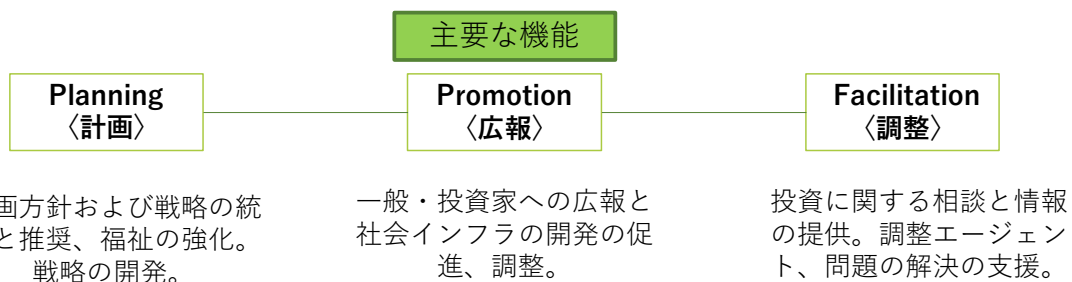


図 1-2 イスカンダル地域開発庁の機能¹

②イスカンダル開発地域

マレーシア・イスカンダル開発地域は、シンガポール対岸のマレーシア・ジョホール州南部、マレー半島の南端に位置し、人口は約 190 万人、クアラルンプール地域に次ぐ第二の経済都市圏である。マレーシア連邦政府が 2006 年から第 9 次マレーシア計画（2006-2010）において指定した 5 つの Economic Corridors（重点開発地域）の一つとして位置付けられており、イスカンダル地域は、総合的な地域開発事業が行われてきた。2015 年にナジブ前首相によって国会に提出された第 11 次マレーシア計画（2016-2020）においても、イスカンダル開発地域は重点開発地域として、環境教育やクリエイティブクラスター、観光と物流の拠点、環境やエネルギー配慮、食品、油脂化学に注力した製造業の育成を 5 か年の主要イニシアチブとしている。当該地域は、【A】 ジョホールバル・シティセンター、【B】 イスカンダル・プテリ（旧ヌサジャヤ）、【C】 西側ゲート開発、【D】 東側ゲート開発、【E】 セナイ＝スクダイという 5 つの旗艦ゾーンで構成されており、広さは 2,217 平方キロメートルに渡る。これは東京都とほぼ同じ面積であり、シンガポールの 3 倍の面積である。2019 年 2 月 22 日、マハティール首相が当該地域を 4,749 平方キロメートルに拡大することを発表しており、イスカンダル開発地域はより積極的な開発が進む可能性がある²。

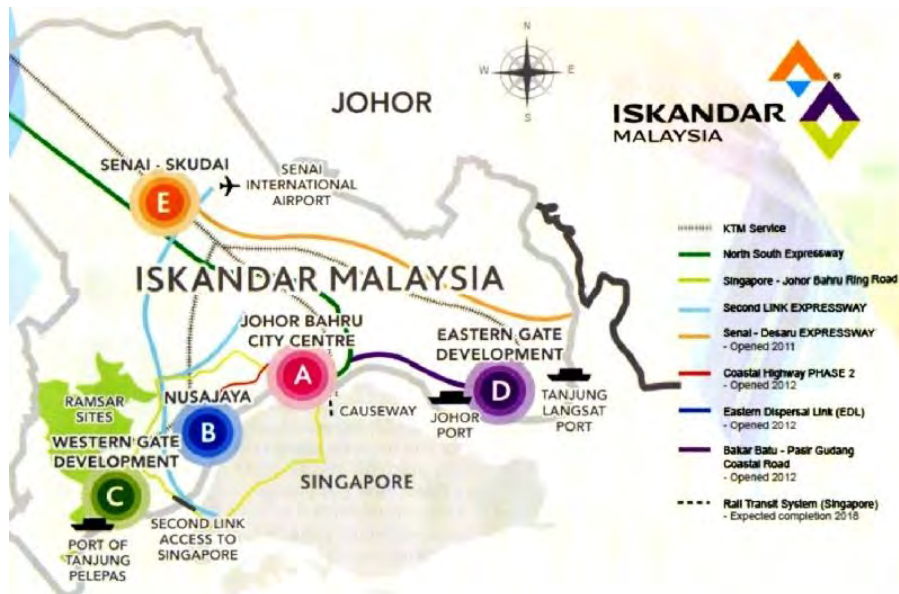


図 1-3 イスカンダル開発地域の地図²

既述の通りイスカンダル開発地域は 5 つの地区で構成されており、上述の 5 つの旗艦ゾーンのそれぞれの機能と特徴は以下の通りである。

A : ジョホールバル シティセンター地区

¹ イスカンダル開発庁のホームページを基に NTT データ経営研究所で作成

² New Straits Times 記事（2019 年 2 月 22 日発行） Iskandar Malaysia to be extended, covering more areas in Johor

ビジネス中心街開発、文化・観光、イミグレーション機能強化、ウォーターフロント開発等に注力する地区である。具体的には、貿易、金融センター、サービスセンター（コーズウェイでシンガポールと連結）を有する。

B：イスカンダル・プテリ地区（旧ヌサジャヤ地区）

ジョホール州政府ビルの建設、教育・医療・エンターテインメントの誘致、プテリ港の開発等に取り組むエリアである。具体的には、海外の大学を誘致した学術都市、LEGO LAND などのテーマパークや映画撮影スタジオのエンターテインメント機能に加え、医療観光などのサービス産業、州政府機能を有する。

C：西側ゲート開発地区

海運物流拠点、発電所の開発に取り組み、物流拠点、自由貿易区域、石油備蓄港、（セカンドリンクでシンガポールと連結）機能を有する。

タンジュン・プルパス港（Port of Tanjung Pelepas : PTP）はシンガポールや他の東南アジア各国に近い地理的優位性と、大型船も入港できる深さが確保できるという特徴を有しており、これを活かした開発が進められている。世界各地の港と航路で結ばれ、コンテナ取扱量においてマレーシアで第2位、世界でも18位の港である³。港はコンテナ港部分と、隣接する自由貿易区域で構成され、総面積は約7.8平方キロメートルになる。

D 東側ゲート開発地区

電気・化学・油脂化学製品の製造業、石油化学備蓄港としての機能を有する。パシグダン港、タンジュンランサー港、タンジュンランサー産業団地、計約15平方キロメートルの土地を利用し、世界各国の外資系製造業を誘致しているパシグダン工業団地がある。

E セナイ・スクダイ地区

セナイ国際空港、物流拠点、ハイテク産業・宇宙関連産業、商業施設、サイバーシティとしての機能を有する。マレーシア屈指の名門国立大学であるマレーシア工科大学（UTM）、また東南アジア初であるジョホールバル・プレミアムアウトレットがあり、産業以外の観光分野としても魅力のあるエリアである。

³ 国土交通省：世界の港湾別コンテナ取扱個数ランキング（2019年(速報値)）
<https://www.mlit.go.jp/common/001358398.pdf>

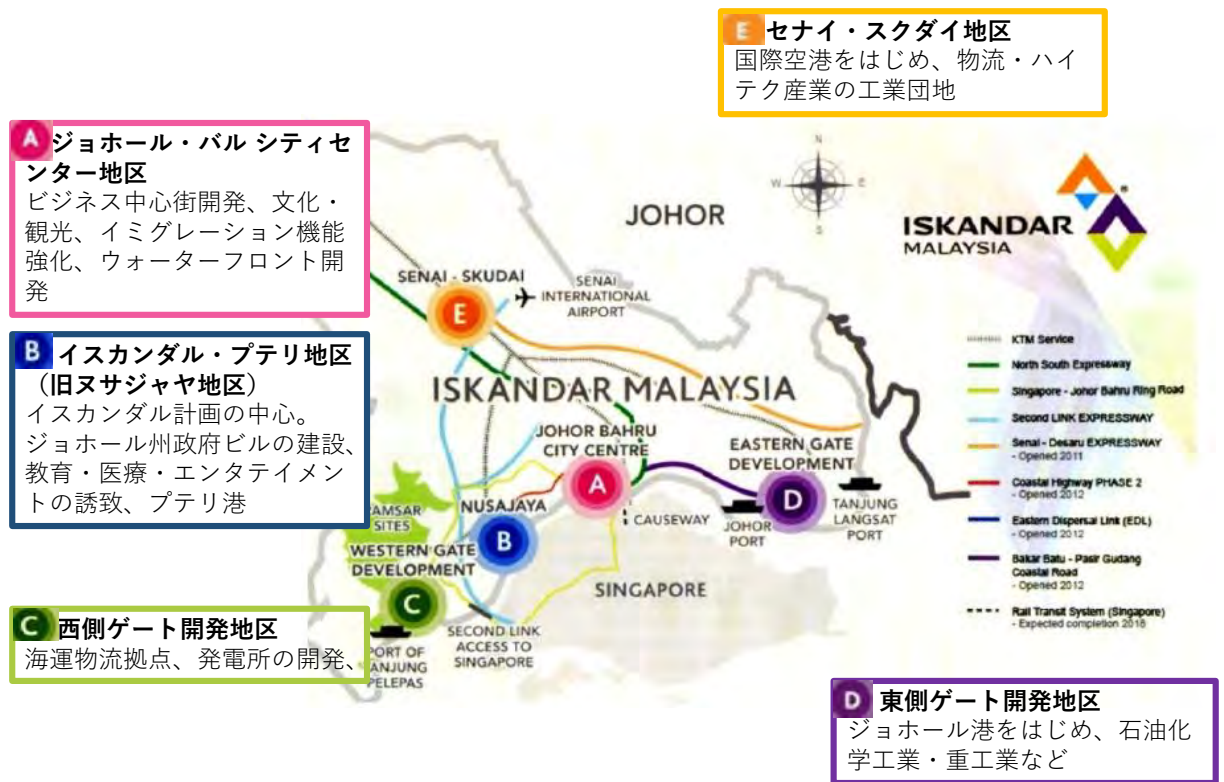


図 1-4 イスカンダル開発地域の旗艦ゾーンの特徴

1.2.2 マレーシア政府の温室効果ガス排出削減に関する取り組み

① マレーシアの環境行政

2018年の総選挙以前は環境や気候変動問題を取り扱う省庁が、天然資源・環境省 (Ministry of Natural Resource and Environment) やエネルギー・グリーン技術・水省 (Ministry of Energy, Green Technology and Water)、そして科学・技術省 (Ministry of Science, Technology and Innovation) と複数に分かれていた。2018年5月に成立したマハティール政権では、これらを統合させ、エネルギー・グリーン技術・科学・環境・気候変動省 (Ministry of Energy, Green Technology, Science and Climate Change、MEGTSCC) という環境・気候変動、廃棄物処理 (指定ゴミ) そして社会実験等を担う新しい省庁を設立した。

その後、与野党の再編を経て2020年3月に誕生したムヒディン政権では、再度省庁再編が行われ、MEGTSCC から、科学・技術・イノベーション省 (Ministry of Science, Technology and Innovation) などが独立して政策運営を行っていた。その後2021年8月に誕生したイスマイル・サブリン政権では、前政権からの省庁の名称変更や再編は行われていない。

② 第12次マレーシア計画における環境分野の取り組み

(概要)

2021年9月、マレーシアのイスマイル・サブリン首相は、国家開発の新たな5カ年計画となる「第12次マレーシア計画 (12MP)」(2021~25年) を発表した。本計画の大きな目的として、以下の3つが挙げられている。

① 繁栄し、包括的で、持続可能なマレーシアを目指す

② コロナ下における経済の再生

③ マレーシアを高い技術力、経済力を持つ国に位置づけるための基礎を築く

また、「シェアード・プロスペリティ・ビジョン 2030⁴の前半5年を担う」、「国家復興計画⁵内の最後の改革」として位置づけられている。

(スキーム)

計画の3本柱とそれを支える4つの政策が提示され、それぞれに関するゲームチェンジャーが14つ設定されている。

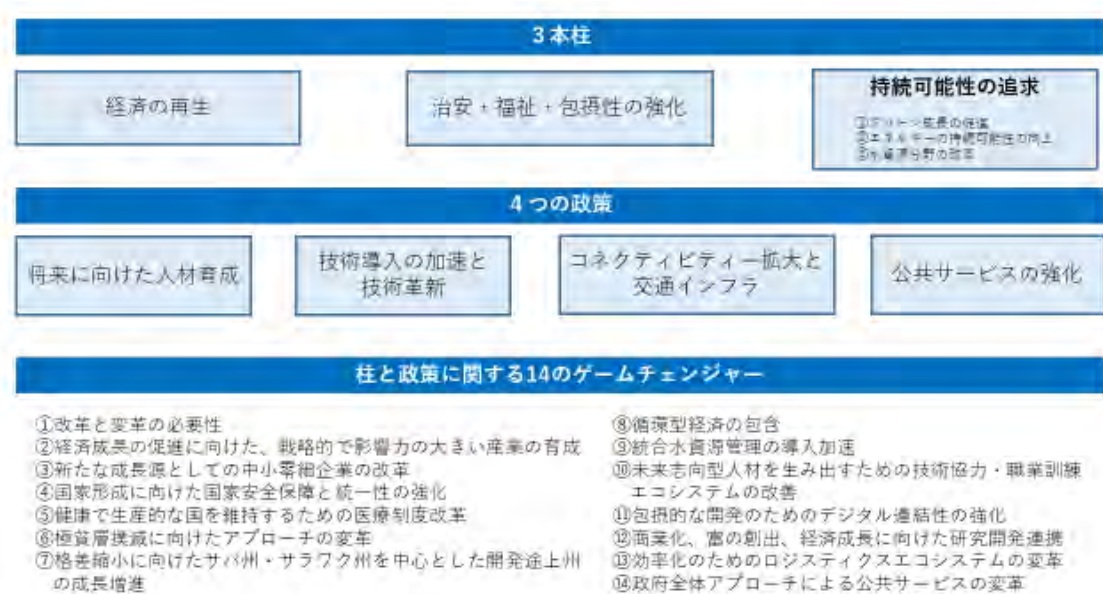


図 1-5 第12次マレーシア計画の全体像
(マレーシア政府資料をもとに NTT データ経営研究所で作成)

(テーマ3：持続可能性の追求)

持続可能性の追求は、継続的な経済成長や生活の質向上を促進するだけでなく、環境や天然資源の保全につながる。また、経済の発展が必ずしも環境に対して悪影響を及ぼしたり、持続可能な天然資源の利用を招いたりするわけではないことを理解することが重要である。

そこで、テーマ3では、3つの戦略を掲げる。持続可能な経済活動や生活へのシフトといった昨今の世界情勢を踏まえ、国内においても持続可能性とレジリエンスを高めるため、**グリーン成長**を促進する。また、**エネルギー**と**水資源**は、それらの需要と供給のバランスを考慮したうえで、全体的にかつ持続可能に管理する。テーマ3を達成するためのこれら3つの戦略は、テーマ1や2を補うものである。

⁴ マハティール首相が2019年に発表した、2021年から2030年までの10年間の国家開発計画。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。1991年に同首相が提唱した2020年までの先進国入りを目指した「ビジョン2020」の後継に位置付けている。

⁵ 2021年6月に当時のムヒディン・ヤシン首相が発表した、新型コロナウイルスのパンデミックからの出口戦略。4段階で構成されており、新型コロナウイルス感染状況に応じて、経済活動と社会活動の段階的な緩和を行っていくもの。

I. グリーン成長の促進

グリーン成長を促進するためには、社会全体で低炭素社会への移行の責任を共有するとともに、天然資源を適切に管理し、それらから得られる利益を均等に分配する必要がある。また、より責任のあるビジネスと投資を生み出すだけでなく、グリーン市場の拡大や新たなビジネスチャンスを生成する、**循環型経済**の形成を加速させることが重要である。

(→ゲームチェンジャー8：循環型経済の包含)

<指標>

- ・2030年までに、2005年比でGDPに対する温室効果ガス排出量強度（greenhouse gas emission intensity to GDP）を45%まで削減
- ・政府によるグリーン調達割合を25%まで上げる
- ・陸地及び内陸水域の保全割合を少なくとも20%まで上げる
- ・海岸及び海域の保全割合を少なくとも10%まで上げる
- ・災害リスク管理に関する法律を導入する

II. エネルギーの持続可能性の向上

エネルギーの持続可能性向上には、エネルギーや関連インフラの適切な供給、またエネルギーのトリレンマ問題（3E問題）に適切に対処する必要がある。そのため、現在あるエネルギー関連の政策を統合し、エネルギー分野の諸問題に対処するための枠組みを提供するような、包括的な国内エネルギー政策を策定する。また、需要側に着目した、代替エネルギーとしての再生可能エネルギーの利用拡大も図る。

<指標>

- ・包括的な国内エネルギー政策を導入する
- ・再生可能エネルギーの導入割合を31%まで上げる

III. 水資源分野の改革

統合型水資源管理（IWRM：Integrated Water Resources Management）を最も優先的に実現することで、水資源管理の効率化、富の創出、職の確保といった政府の長期的目標を達成することができる。（→ゲームチェンジャー9：統合水資源管理の導入加速）そのために、水資源統治、持続可能な財政状況の強化に焦点を当てる。

<指標>

- ・農村部において、清潔で安全な水を利用可能な人の割合を98%まで引き上げる

(企業に対する炭素税の検討)

第12次マレーシア計画を国会に提出する際に、イスマイル・サブリ首相が「早ければ2050年までに炭素排出量の実質0を目標にする」と発言⁶。詳細な脱炭素政策については、2022年末の低炭素成長戦略 (low-carbon development strategies) の長期レビューが完成した後に、発表する。また、経済的な政策 (カーボン・プライシング) として、炭素税のほかに排出量取引 (DETS : domestic emissions trading scheme) の導入も検討している⁷。

実行には信頼性のあるCO₂データが必要であるが、現状では多くの企業がScope1(発生源の調整)およびScope2(一部の間接排出の特定)段階にとどまっており、Scope3(バリューチェーン上の全てのCO₂排出の特定)まで達成している企業はほとんど無い⁸ため、即座に政策として実現させるのは難しいと考えられる。

✓ ペナン研究所の予測・提案⁹

炭素税が電力、輸送、石油、ガス分野に適用されれば、国内における年間CO₂排出量の70%以上をカバーすることになる。また、炭素税の初期価格をRM35/tCO₂とし、2028年までにRM150/tCO₂に引き上げることを提案。さらに、炭素税導入によって今後10年間で毎年の歳入がRM218億~246億増加すると予測。

② 温室効果ガス排出削減に関する取組

(グリーン・テクノロジー)

マレーシア政府は、グリーン・テクノロジーが、経済成長と持続可能な発展を牽引するとして、2009年に「グリーン・テクノロジー制度」(Green Technology Policy)を策定。同制度では、4つの分野(エネルギー、ビル、排水・廃棄物、交通)をグリーン・テクノロジーのコア分野として指定している。

マレーシア政府は、国家グリーンテクノロジー・マスタープラン (National Green Technology Master Plan) において、これらのグリーン・テクノロジーの導入促進により、2030年までにGDPの1.5%(RM600億)をグリーン・ビジネスで占めることを目指している。

(国家エネルギー関連の政策)

マレーシアの再生可能エネルギー関連政策の主な取組みは、次の通りである。

マレーシアのエネルギー基本政策は、第11次国家5か年計画(2016~2020)において「安全かつコスト効果の高いエネルギー供給及び効率的なエネルギー利用促進による経済の発展」を目指しており、「非生産的な消費の削減」「環境への付加の最小化」を目標としている。また、同計画において、7つの戦略ごとに分類された予算のうち、「Pursuing green growth for sustainability

⁶ The Star : PM: Malaysia aims to be carbon -neutral by 2050, no more coal-fired power plants
<https://www.thestar.com.my/news/nation/2021/09/27/pm-malaysia-aims-to-be-carbon-neutral-by-2050-no-more-new-coal-fired-power-plants>

⁷ The Star : Tax and Malaysia's carbon neutrality ambition
<https://www.thestar.com.my/business/business-news/2021/10/14/tax-and-malaysia039s-carbon-neutrality-ambition>

⁸ KPMG : The Malaysian case for carbon
<https://home.kpmg/my/en/home/media/press-releases/2021/10/the-malaysian-case-for-carbon-tax.html>

and resilience」に4,342百万リンギット（全体の4.9%）もの投資額が割り振られている。

マレーシアの再生可能エネルギー関連の主な政策は表3の通りである。自国産エネルギー維持のため、再生可能エネルギー普及策として固定価格買取制度（FIT：Feed-in-Tariff）制度が2011年に公表された Renewable Energy Act において整備されている。

なお、表中の第12次マレーシア計画は、コロナ禍の影響による経済の不透明性などを理由に、2021年3月をめどに国会に上程される予定である。現在公表されている情報では、「economic empowerment」（デジタル、航空宇宙産業など新たな成長の源の創出）、「environmental sustainability」（グリーン・テクノロジー、再生可能エネルギー、気候変動への適応・緩和など）、「social re-engineering」（人々の購買力の向上、社会保障ネットワークの強化、人々の幸福度向上など）の3つの側面を兼ね備えた計画になるという。⁹

表 1-2 再生可能エネルギー関連の政策方針¹⁰

再生可能エネルギー関連の政府方針	
1999	5種燃料利用多様化戦略策定 (Five Fuel Diversification Policy)
2001	第三次長期基本計画 (2001-2010) (The Third Outline Perspective Plan (2001-2010))
2005	国家バイオ燃料政策発令 (The National Biofuel Policy (NBP 2006))
2009	再生可能エネルギー法公布 (The Renewable Energy Act) 国家再生可能エネルギー政策発令 (National Renewable Energy Policy)
2010	グリーン技術融資スキーム (GTFS) (Green Technology Financing Scheme https://www.asiax.biz/news/21065/ エネルギー委員会法公布 (Energy Commission Act)
2011	再生可能エネルギー法 (改訂) (The Renewable Energy Act (Rev.)) 持続可能な開発事業法公布 (Sustainable Development Business Law) 持続可能エネルギー開発庁法案 (Sustainable Energy Development Authority Act 2011)
2013/2014	再生可能エネルギー法と持続可能な開発事業法のための委員会法公布 (The Renewable Energy Act and Sustainable Energy Development Authority Act)
2015	第11次国家5か年計画 The Eleventh Malaysia Plan (11MP) (2016-2020年)
2017	グリーン技術基本計画(Green Technology Master Plan 2017-2030) (GTMP)
2019	「第12次マレーシア計画 (2021~2025年) 準備中」 Preapration of the Twelfth Malaysia Plan, 2021-2025

(再生可能エネルギーの導入普及状況・目標)

2011年に公表された Renewable Energy Act において規定された FIT 制度は、年々買取価格が下がっていく逓減率が設定されているため、当初の価格が高く設定されている太陽光発電を除き、再生可能エネルギーの普及は進んでいない。FIT 制度の中でも、マレーシア国内で生産された製品に対しては、プレミアムが設定されている。特に太陽光発電については逓減なしのプレミアムとなっており、マレーシア国内で生産している企業にとって有利な条件となっている。

⁹ マレーシア政府 HP (<http://rmke12.epu.gov.my/about-us>)

¹⁰ NEDO:スマートコミュニティ関連技術やサービスに関する標準化及び海外動向調査報告書より NTT データ経営研究所が作成

また、2011年から2050年までの再生可能エネルギー年間発電量は表 1-3 の通りとなっており、目標値に対しても導入実績は未だ追いついていない状況といえる。

表 1-3 2011年から2050年までの再生可能エネルギー環境目標¹¹

年	年間バイオマス GWh	年間バイオマス GWh	年間小水力発電 GWh	年間太陽光発電 GWh	年間 固形廃棄物 GWh	年間再生可能エネルギー電力 (GWh)	年間CO2回避 (t/年)	累積CO2回避 (t)	再生可能エネルギー累積 (MW)
2011	675	123	300	7.7	123	1,228	846,975	846,975	217
2015	2,024	613	1,450	61	1,223	5,374	3,707,825	10,816,136	975
2020	4,906	1,472	2,450	194	2,208	11,229	7,747,900	41,803,181	2,065
2025	7,297	2,146	2,450	456	2,330	14,680	10,128,817	88,071,821	2,809
2030	8,217	2,514	2,450	1,019	2,392	16,592	11,448,339	143,444,366	3,484
2035	8,217	2,514	2,450	2,128	2,453	17,762	12,255,721	202,908,742	4,317
2040	8,217	2,514	2,450	4,170	2,514	19,865	13,707,192	268,207,951	5,729
2045	8,217	2,514	2,450	7,765	2,575	23,522	16,229,914	343,765,293	8,034
2050	8,217	2,514	2,450	13,540	2,637	29,358	20,256,975	436,426,797	11,544

FIT 制度は 2019 年に廃止され、後継の制度として NEM (Net Energy Metering) が導入されている。本制度では、建物の屋根に設置した太陽光パネルで発電した電力を、まずは設置者自身で消費し、その後の余剰分を電力会社が買い取る。余剰電力を電力会社のグリッドに流すと、そのグリッドから等価の電力を受け取ることができる。2021～2023 年までの「NEM3.0 制度」では、家庭用・政府およびその関係機関用・商業および産業用の 3 種類のスキームが存在する。

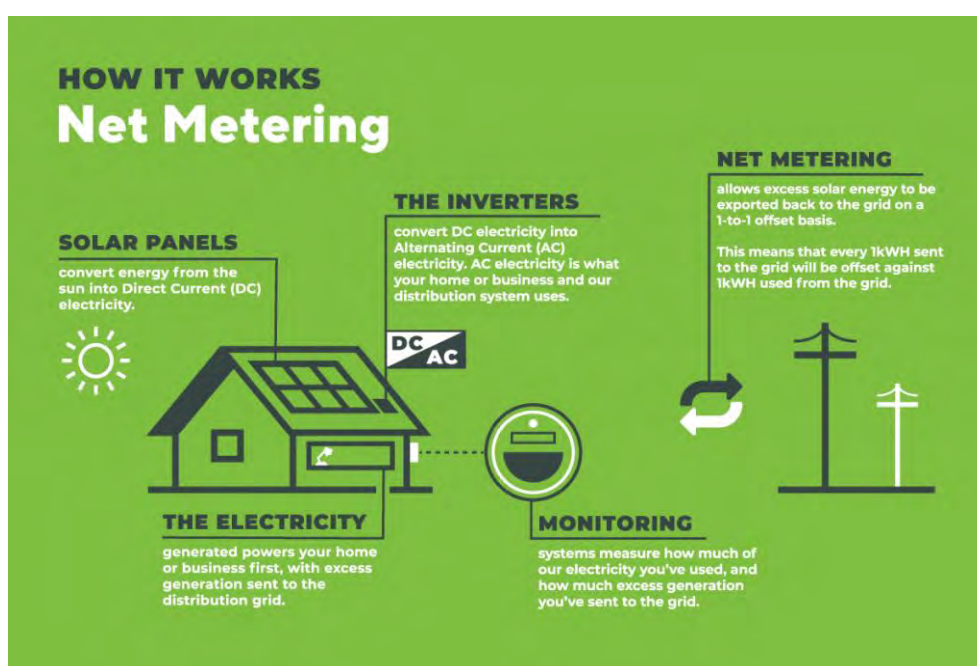


図 1-6 NEM 制度のイメージ¹²

¹¹ Ministry of Energy Green Technology and Water :National Renewable Energy Policy & Action Plan

¹² Johnson Solar : Net Energy Metering 3.0

<http://www.johnsonsolar.com.my/index.php?ws=ourproducts&cid=223852&cat=Net-Energy-Metering-3-0&lang=en>

	Rakyat Domestic	GoMEI Government Buildings	NOVA Commercial, Industrial, Agriculture and Mining buildings
Quota Allocation	100 MW	100 MW	600 MW
Mechanism (Roll-over)	1:1 (12 Months)	1:1 (12 Months)	Average SMP (1 Month)
Offer Period	until 31 st Dec 2023	until 31 st Dec 2023	until 31 st Dec 2023
Offset Rate	Prevailing Gazetted Energy Rate	Prevailing Gazetted Energy Rate	Average System Marginal Price (SMP)
Offset Period	10 Years	10 Years	10 Years
Condition after 10 years	Self-Consumption (SelCo)	Self-Consumption (SelCo)	Self-Consumption (SelCo)
Capacity limit	Single Phase : 4kWac Three Phase : 10kWac	1 MWac	Nett offset : 1MWac Nett offset + Virtual aggregation : 5MWac
Eligibility	TNB registered consumer under domestic tariff	Government agencies under commercial tariff	Non-domestic account holder

図 1-7 NEM3.0 におけるスキーム¹³

(グリーン技術融資スキーム)

環境技術の生産者、使用者およびグリーンエネルギーを提供する企業を対象として、6つの分野に関連する特定プロジェクトに、環境要素を組み込むことを促すための制度。最初の7年間は政府が金利の2%を補助し、金融機関から受ける環境関連融資の60%を政府が保証する。GTFS 2.0では、製造者や利用者に対する金融支援も行われるほか、ESCO 事業者向けの内容が新たなカテゴリーとして加わり、参加金融機関からの融資による資金調達をさらに容易にすることで環境投資の拡大を進める。GTFS 2.0の対象は、参加金融機関・銀行から融資を受ける環境技術または環境関連の費用のみとする。

2010年に開始し現在も継続中。公式サイトで認定企業が確認できるが、2017年8月から更新されていないため、GTFS 2.0としての機能は終えた可能性がある。融資総額RM20億の「GTFS3.0」として2022年まで2年間継続されることが決定。GTFS3.0の詳細は未定だが、GTFS2.0と同様と見られている。

<分野ごとの事例>

- ①エネルギー : バイオマスプラントの建設や運営、エネルギー効率の良い製品の製造
- ②水 : 電池・服・家具のリサイクル、レジ袋の削減事業
- ③建物や都市 : 熱透過率の低い建物の建設、高効率空調設備の設置
- ④輸送 : 穀物からのバイオエネルギー生成、水素・電気自動車の製造
- ⑤廃棄物 : リサイクル事業、廃棄物からの肥料製造
- ⑥製造 : 製造過程における再生可能エネルギーの利用

¹³ seda : NET ENERGY METERING (NEM) 3.0

<http://www.seda.gov.my/reportal/nem/#:~:text=By%20Sustainable%20Energy%20Development%20Authority%0A%28SEDA%29%20Malaysia.%20The%20Government.solar%20PV%20installation%20will%20be%20consumed%20first%2C%20>



図 1-8 GTFS の全体像¹⁴

(グリーン・テクノロジーに関する税制上の優遇措置)

2025 年までに国内の電源構成における再生可能エネルギーの割合を 20%にまで引き上げるとい目標を達成するため、RM330 億相当の再生可能エネルギー投資が必要となることが予想される。そこで、民間企業の再生可能エネルギーへの投資を促進させるために、グリーン・テクノロジーの設備や資産の購入に関するグリーン投資税額控除 (GITA) や、グリーンテクノロジーサービスの提供企業や太陽光発電システムのリースを行う企業に関するグリーン所得税免除 (GITE) を行っている。GITA、GITE いずれも 2023 年末まで継続することが 2020 年国家予算にて決定している。

¹⁴ GTFS 公式サイト <https://www.gtfs.my/certified>

1.2.3 IRDA の温室効果ガス排出削減に関する取組み

① イスカンダル・マレーシアの 2025 年低炭素社会計画

京都大学、国立環境研究所、岡山大学、マレーシア工科大学、イスカンダル地域開発庁などからなる国際研究チームが、国立研究開発法人 科学技術振興機構 (JST) および国際協力機構 (JICA) の支援を受け、イスカンダル地域を対象に 2010 年から活動を開始し、2012 年 11 月に「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 (以下、ブループリント)」を公表した。同計画は、2014 年 3 月 20 日にマレーシア政府による承認委員会 (AIC: Approvals and Implementation Committee) において、イスカンダル地域開発庁の公式な計画文書として正式に承認された。

ブループリントは、2006 年にイスカンダル地域が経済特区に指定されて以来、総合的な地域開発事業を行ってきた中で、開発に伴う温室効果ガス排出量の急速な増大が危惧されたことから、策定されたものである。これは、同地域を低炭素地域へ転換させる低炭素社会計画であり、温室効果ガス排出量削減目標として、2025 年に、現状のまま推移した場合 (BaU: Business as Usual) に比べて 40% (排出強度では 2005 年比 56%) とし、交通システム、建築 (グリーンビルディング)、エネルギーシステム、廃棄物管理、産業プロセス、ガバナンス、大気汚染、都市構造、教育などに関する 12 の方策、281 のプログラムから構成されている。

令和 4 年度末には新たな低炭素社会ブループリント (Low Carbon Society Blueprint Iskandar Malaysia 2030) を策定・公表している。内容としては、2030 年までのイスカンダル地域の気候変動に対する取組みを具体化したものとなっている。

表 1-4 Low Carbon Society Blueprint Iskandar Malaysia 2030 のアクション一覧

Iskandar Malaysia 2030 Sectoral GHG Emission Reduction Potential (ktCO_{2eq}) and Contributing LCS Mitigation Actions:

Actions	Thrusts / Enabler	RES	COM	IND	TRA	MUW
Action 01 Green Sustainable Value Chain	Enabler	√	√	√	√	√
Action 02 Sustainable Smart Farming	Green Economy					
Action 03 Sustainable, Resilient & Liveable Cities	Green Environment	√	√		√	
Action 04 Natural Environment & Habitats	Green Environment					
Action 05 Green Transportation & Mobility	Green Economy		√	√	√	
Action 06 Sustainable Waste Management	Green Environment	√	√			√
Action 07 Consensus Building & Education	Green Community					
Action 08 Green & Renewable Energy	Green Economy	√	√	√	√	
Action 09 Low Carbon Green Building & Infrastructure	Green Economy	√	√	√		
Sectoral Reduction Potential (ktCO_{2eq})		690	2,501	3,288	3,292	100

② Comprehensive Development Plan (CDP) の策定

Comprehensive Development Plan (CDP) とは、国際的に通用する持続可能な大都市の確立に向けたイスカンダル・マレーシアの経済、社会、環境計画・管理の指針となる主要計画である

15. イスカンダル・マレーシアは、経済的にも地理的にも重要な地域であるため、CDPにはあらゆるレベルのステークホルダーの関与が必要である。これらの中には、実際に連邦政府、州政府、地方政府、ビジネスコミュニティやグローバルな産業界のプレイヤーが含まれている。

CDPを作成するにあたり、IRDAは国家物理計画審議会、州計画委員会、イスカンダル・マレーシアの地方自治体などと協議し、CDPのすべての提案が国や州の政策と整合していることを確認した。また、CDPを実施するための詳細なガイドラインとしてLCS Blueprintsが作成されている。

CDPでは、「富の創出」「富の共有」「資源の最適化」「低炭素化」を連続的に行うことを中核とした、全体的かつ強靱なサステナビリティの考え方を採用している。

(1) 富の創出

富の創出は、イスカンダル・マレーシアに住む人々の継続的、安定的、強力かつ弾力的な収入創出を保証するものである。イスカンダル・マレーシアの人々の所得創出を強化するために、3つの戦略的推論が導入されている。

- ① クラスタ間連携を深めることによるエコシステムの強化
- ② 熟練労働者の雇用機会と労働生産性の向上
- ③ 低炭素化を支援するグリーンエコノミーの主流化

(2) 富の共有と包括性

富の共有と包括性は、社会の公正を促進し、生活の質を向上させる。イスカンダル・マレーシアの社会的公正を促進し、生活の質を向上させるために、3つの戦略的推論を導入している。

- ① 知識とスキルのある人財の経済参加の拡大
- ② 格差の是正及びより高い所得と資本を得るためのアクセスの向上
- ③ 社会とのつながり・情報を提供することによる自己主導型社会の構築

(3) 資源の最適化と低炭素化

資源の最適化と低炭素化により、イスカンダル・マレーシアは持続可能でダイナミックな経済圏を目指す。それを達成するために5つの戦略的推論において、持続可能性と効率的な資源利用を推進する。

- ① 地域のバランスのとれた成長の促進
- ② 自然生態系と緑地の保護と強化
- ③ 建築環境の計画・管理
- ④ 都市の連結性と地域内の移動性の向上
- ⑤ インフラ資源の統合化推進

CDPは5年ごとに見直し・更新が行われており、現在は2025年度までの計画が策定されている(CDP:2006~2025年、CDP2:2014~2025年)。最新版のCDP3は現在作成中であり、2030年度までの計画が策定される予定である。

IRDAは、2030年度までの計画が含まれるCDP3を作成するにあたり、マレーシア連邦政府に

15 <https://iskandarmalaysia.com.my/our-development-plan/>

よる政策文書である NLCCM を参考にするとしている。上述の通り、NLCCM に基づき、合計 33 の地方政府がターゲット都市として選定されており、イスカンダル地域もそのうちの 1 つに含まれている。しかし、IRDA は現時点では CDP3 にグループ 1 の絶対的な GHG 排出削減目標を盛り込む予定はない。その代わりに、2025 年の低炭素社会ブループリントに基づき、2025 年までに 2010 年を基準年として炭素集約度を 58%削減するという目標を使用する予定である。また、第 11 次マレーシア計画にて設定されている 2030 年までに経済全体の炭素集約度(対 GDP)を 2005 年比 45%削減するという公約と 2050 年までにカーボンニュートラルを達成するという公約に関しても支持している。

NLCCM (National Low Carbon Cities Masterplan)

NLCCM はマレーシアにおいて低炭素都市実現を目指すあらゆるレベルの連邦・州・地方政府の政策立案者の指針となる政策文書として作成されており、気候変動を緩和する上での国家の GHG 削減目標を達成するための政策のギャップに対処することを目的としている。NLCCM は、地方政府が低炭素都市実現のために現在使用している政策ツールを代替することを意図されたものではなく、2009 年の国家気候変動政策を拡張するものである。

- 炭素の絶対量的な削減目標

NLCCM はマレーシアにおける上位 33 都市・地域において、3 つの実施段階に分けた GHG 削減目標を提示している。マレーシアの GHG 削減公約(第 11 次マレーシア計画にて 2030 年までの炭素排出量を 05 年比 45%削減と設定)を上回る削減目標は、目標達成のために、より影響力のある GHG 削減計画の促進を意図している。その都市の中にはイスカンダル地域も含まれている。

対象都市の 2030 年から 2050 年までのスケジュールと炭素の絶対量削減目標は以下の通りである。イスカンダル地域は Group 1 に含まれる。

表 1-5 対象都市の炭素削減スケジュール

年度	対象都市の各グループ	内容
2021,2022	Group1	ベースライン排出量を含む GHG インベントリを作成し、2030 年までに GHG 排出量の絶対量を 33%削減する目標を設定
2026	Group2	GHG インベントリを作成し、2032035 年までに GHG 排出量の絶対量を 33%削減する目標を設定
2030	Group1	GHG 排出量の絶対値で 33%の削減を達成し、「カーボンニュートラルの年」を宣言
2031	Group3	ベースライン排出量を含む GHG インベントリを作成し、2040 年までに GHG 排出量の絶対量を 33%削減する目標を設定
2035	Group2	GHG 排出量の絶対量を 33%削減し、「カーボンニュートラルの年」を宣言
2040	Group1 Group3	グループ 1 の都市は、GHG 排出量の絶対量を 66%削減 グループ 3 の都市は、GHG 排出量を 33%削減し、「カーボンニュートラルの年」を宣言
2045	Group2	GHG 排出量の絶対量を 66%削減し、2055 年にはカーボンニュートラルを予定
2050	Group1 Group3	グループ 1 の都市はカーボンニュートラルを達成 グループ 3 の都市は、GHG 排出量の絶対量を 66%削減し、2060 年までにカーボンニュートラルを達成

1.2.4 北九州市とイスカンダル開発庁の協力関係

北九州市は、平成 26 年度、平成 27 年度、平成 28 年度とイスカンダル開発地域の低炭素化を目指して IRDA との連携を構築してきた。過去に実施した活動を以下に示す。

①平成 26 年度の活動

北九州市は、「平成 26 年度アジアの低炭素社会実現のための JCM 大規模案件形成可能性調査事業」において、パシグダン市における工業団地の低炭素化を支援することを目的に基礎調査を実施するとともに、パシグダン市との関係構築を図った。

具体的には、パシグダン市等関係者との協議や工業団地内企業へのヒアリング等を実施し、“グリーンで健康な都市を目指すパシグダン”の 4 つの重点プログラムを実現するための方向性を提案した。



図 1-9 パシグダン市の4つの重点プログラムを実現するための方向性

②平成 27 年度の活動

北九州市は「平成 27 年度アジアの低炭素社会実現のための JCM 都市間連携事業」において、「イスカンダル地域における低炭素化プロジェクトの面的拡大のための基盤構築事業（北九州市—ジョホール州連携事業）」を実施した。パシグダン市における工業団地の低炭素化を目指し、具体的に以下の3つの調査を検討した。

- ・ 活動1：工場団地における排熱回収、熱電併給及び省エネ事業
- ・ 活動2：産業廃棄物リサイクル及び一般廃棄物発電事業
- ・ 活動3：イスカンダル地域の JCM 事業化及びその普及に向けた制度設計支援事業

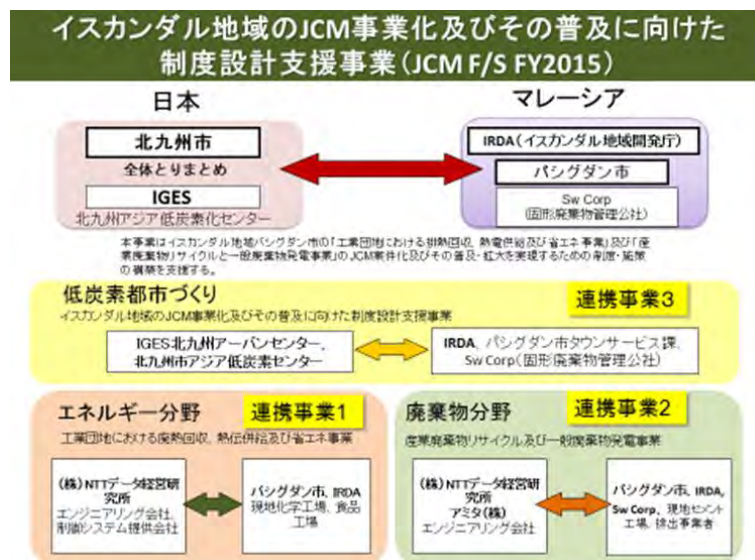


図 1-10 イスカンダル地域の JCM 事業化とその普及に向けた制度設計支援事業の活動概要

③平成 28 年度の活動

北九州市は「平成 28 年度低炭素社会実現のための都市間連携に基づく JCM 案件形成可能性調査事業」において、「JCM 推進に向けたイスカンダル・モデルプロジェクト推進事業（北九州市—IRDA 連携事業）」を実施した。本調査では、27 年度に引き続き、工場等の生産設備を有する事業者及び自治体を主な対象として JCM 適用可能性を詳細に検討し、マレーシアの早期 JCM への参加に資するべく、モデル事業化に向けた活動を推進するため、対象分野を省エネルギー推進とし、以下の2つのプロジェクトの検討を実施した。

- ・ 活動1：蒸気需要のある工場へのコジェネレーションの導入
- ・ 活動2：工場や工場内建物等における省エネの推進

表 1-6 JCM 推進に向けたイスカンダル・モデルプロジェクト推進事業の活動概要

想定事業	1. 蒸気需要のある工場へのコジェネレーションの導入	2. 工場やビル等における省エネの推進
プロジェクト内容	昨年度に引き続き、電熱需要（電力5MW程度、蒸気14t/h程度）を有する石油化学工場にコジェネレーションシステムを導入する技術の詳細検討を行う。あわせて、類似ニーズを有する企業等の発掘を行う。	古くから現地に進出している工場等のうち、冷却が必要な製品を製造している工場等において、高効率な冷却システム導入による省エネ化、直射日光の厳しい工場の屋根等の遮熱と発電を両立できる太陽光発電システムの導入等の可能性を検討する
導入技術	コジェネレーション	高効率空調、太陽光パネル等
実施スキーム	別表参照	
想定している契約方式/事業形式	随意契約を想定 コジェネは物売り、O&M	調査結果を踏まえ検討
補助金見込額、費用対効果	調査結果を踏まえ検討	
要調整事項	プロジェクト実施有無の意思決定	プロジェクト実施企業の発掘 導入機器の選定 プロジェクト実施有無の意思決定
課題	現地事業者の意思決定のスピードとJCM設備補助申請と実際の機器導入のタイミングがマッチするかどうか マレーシアのJCM署名実施の動向	

また、同年の8月22日に、北九州市は、IRDAとLOU（Letter Of Understanding）を締結し、イスカンダル開発地域における低炭素化へ貢献していく意向を明らかにした。



図 1-11 IRDA オフィスでの署名式の様子

④令和元年度の活動

北九州市は、「令和元年度低炭素社会実現のための都市間連携事業」において、「イスカンダル地域における低炭素化促進事業（北九州市－イスカンダル開発地域連携事業）」を実施した。低炭素社会ブループリントに示された目標の達成に向けて、2025年までのアクションプランを作成するとともに、JCMを活用した具体的なプロジェクトの組成を目指すために以下の活動を実施した。

- ・ 活動1 策定済みの低炭素社会ブループリントを踏まえたアクションプランの検討
- ・ 活動2 2015、2016年度に実施した調査のフォローアップ調査

・ 活動3 ポテンシャルのある廃熱回収発電プロジェクト等の発掘調査

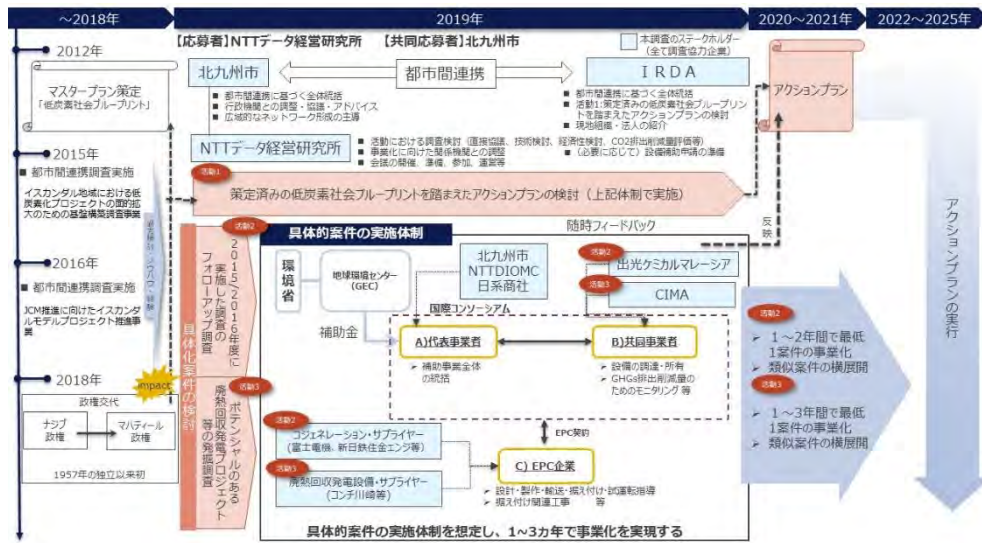


図 1-12 令和元年度事業の全体像

⑤令和2年度の事業

北九州市は、「令和元年度低炭素社会実現のための都市間連携事業」において、「イスカンダル地域における低炭素化促進事業（北九州市－イスカンダル開発地域連携事業）」を実施した。令和元年度の検討の中で、低炭素社会ブループリントに示された活動を順調に展開している折、IRDAから次の重要テーマとして示された「産業共生(Industrial Symbiosis)」「エコタウン(Eco Town)」「廃棄物発電 (Waste to Energy)」をキーワードに、下記3つの活動を実施した。

- ・ 活動1 産業共生型のエコタウンの実現に向けた活動
- ・ 活動2 廃棄物発電の実現に向けた活動
- ・ 活動3 JCM適用案件の発掘活動



図 1-13 令和2年度事業の全体像

④ 令和3年度の活動

令和3年度は令和2年度事業で進めてきた産業共生型エコタウンの実現に向けた活動、廃棄物発電の実現に向けた活動に引き続き取り組んだ。また、令和3年度は3年計画の最終年度でもあったため、過去3年間の活動で得た成果をイスカンダル地域の脱炭素化に向けた取り組みにどう生かすのかIRDAと協議を実施した。その中で、本事業で取り組んできた「Industrial Symbiosis（産業共生）」及び「Eco Town（エコタウン）」、「Waste to Energy（廃棄物発電）」の考え方及び今後の取り組み内容をComprehensive Development Plan（CDP）に盛り込むことで合意した。

CDPは5年ごとに見直し・更新が行われており、現在は2025年度までの計画が策定されている（CDP：2006～2025年、CDP2：2014～2025年）。最新版のCDP3は現在作成中であり、2030年度までの計画が策定される予定である。「Industrial Symbiosis（産業共生）」及び「Eco Town（エコタウン）」、「Waste to Energy（廃棄物発電）」の考え方は新しく策定されるCDP3に盛り込まれる予定である。

本事業での活動がイスカンダル地域における脱炭素化の取り組みに貢献できたことは大きな成果と考えられる。

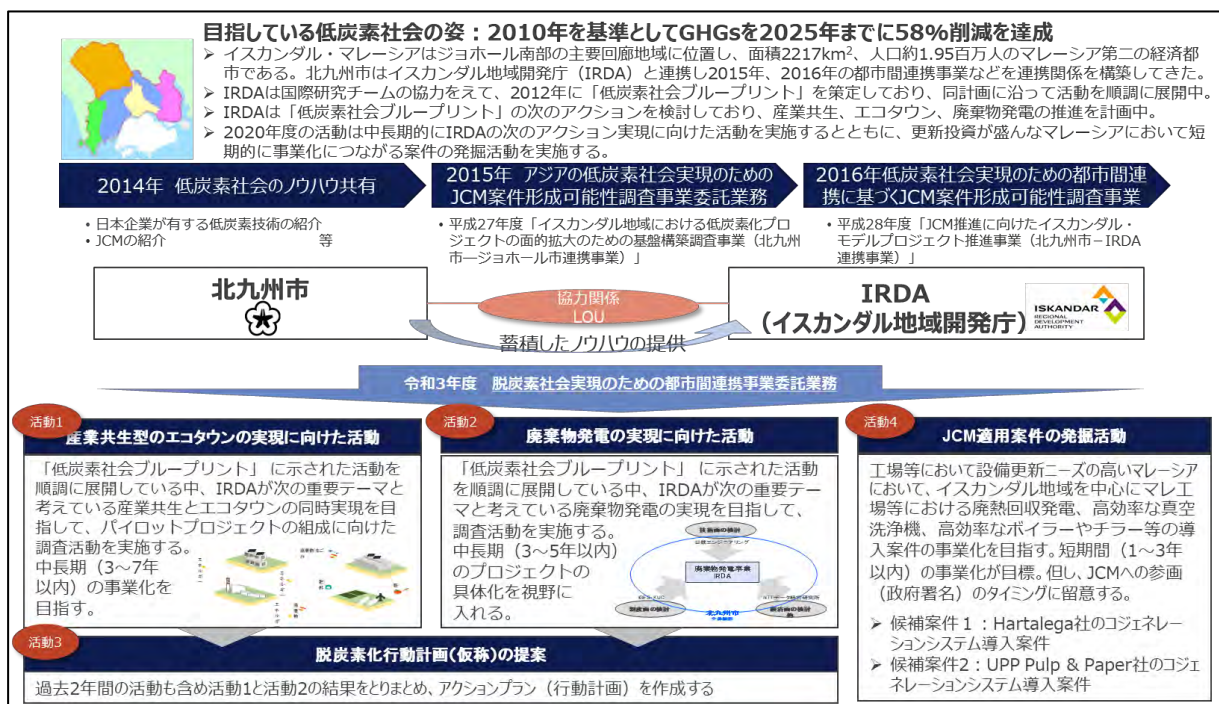


図 1-14 令和3年度事業の全体像

内容

第2章	産業部門の脱炭素化に向けた産業間連携プロジェクト創出検討.....	2
2.1	活動の概要	2
2.2	産業間連携コンセプトの検討.....	5
2.2.1	日本国内における先進事例	5
2.2.3	本事業にて想定している実施イメージ	6
2.3	ステークホルダーへのヒアリング.....	7
2.3.1	マレーシア製造業連合会へのヒアリング	7
2.3.2	工業団地運営会社へのヒアリング	10
2.4	今後の展開	21

第2章 産業部門の脱炭素化に向けた産業間連携プロジェクト創出検討

2.1 活動の概要

2020～2021年度の「イスカンダル地域における脱炭素化促進事業（北九州市－イスカンダル開発地域連携事業）」の中では、“産業共生型のエコタウン”として、イスカンダル地域内の工業団地において、各工場から排出される廃棄物を他の工場で原燃料として利用できる可能性がないか、各工場のインベントリー・データを調査し、工場間のマッチングを検討した。この検討において、イスカンダル地域ではすでに一定レベルのリサイクル技術が発展しており、廃棄物処理に関する商取引も成熟しつつあることから、ただちに本邦のリサイクル技術を適用するプロジェクトの創出には至らなかった。

一方で、工場から排出されているのは廃棄物だけではない。例えば表 2-1 の通り、イスカンダル地域で最もエネルギー需要が多いのは食品・飲料・タバコ製造だが、加熱する工程・冷却する工程がそれぞれ存在し、排ガス等の排熱が発生しているが、温度、利用可能先との場所的・時間的制約等により未利用となっている可能性がある。また、冷却水として多量の水を使用し、その後用途がなく排水してしまっているケースも多く見られる。製造排水は各企業ないしは個別の委託先で処理されているが、処理水質悪化を避けるため高濃度有機排水を焼却している場合がある。そのほか、製造用水(純水)も各企業で作られているが、老朽化が進んでいること、連続操業期間が伸びていることから、メンテナンス機会が少なく、安定操業の潜在的リスク要因となりうる。

表 2-1 イスカンダル地域における産業別エネルギー消費量

(出典：Energy transition pathways for the 2030 agenda (ESCAP))

Subsector	Share of energy demand	Consumption in 2019 (ktoe)						
		Natural gas	Petrol	Diesel	Fuel Oil	LPG	Electricity	Others
Food, beverages and tobacco	37.7%	484.3	7.84	10.66	7.84	0.31	73	-
Chemical	15.8%	99.2	4.36	23.10	25.20	0.81	92	-
Non-metallic mineral products	10.0%	7.5	-	3.22	7.23	-	35	Coal: 100.92
Non-ferrous metals	0.3%	1.1	-	-	-	-	4.26	-
Iron and steel	4.1%	39.1	-	7.79	1.10	1.93	14	-
Wood and wood products	0.5%	0.3	0.05	0.75	1.12	-	5	-
Pulp, paper and printing	0.6%	2.0	0.13	1.16	-	-	7	-
Textile and leather	1.6%	7.9	0.25	1.92	0.71	0.05	14	-
Machinery	8.8%	1.8	17.66	20.10	-	-	97	-
Transportation equipment	1.7%	1.9	-	15.35	-	0.03	9	Kerosene: 0.06
Not specified elsewhere	18.8%	38.0	1.73	8.06	24.19	14.97	204	-

こうした各企業の廃熱・排水の処理状況を踏まえ、業種・企業の壁を超えた工業団地全体のエネルギーマネジメント、用排水の一括供給・一括処理を目指した検討を実施した。

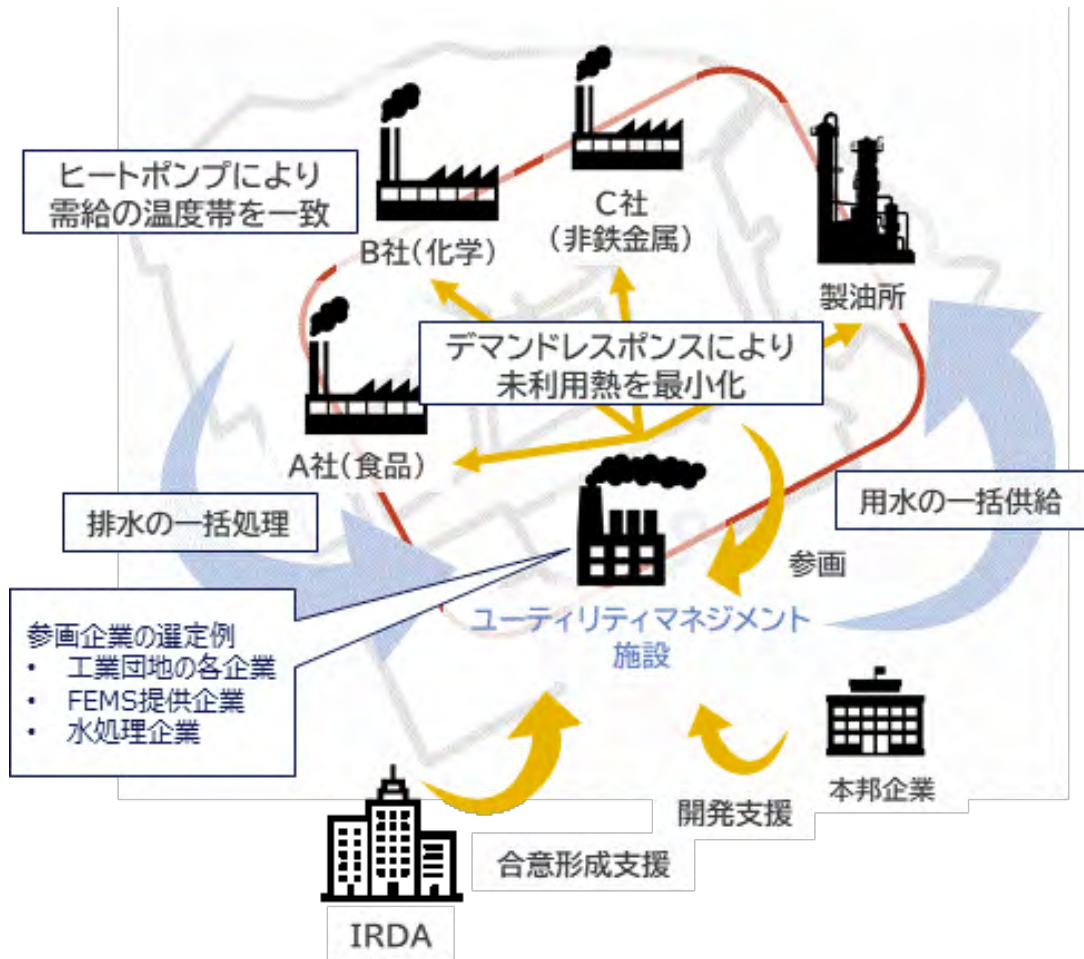


図 2-1 工業団地における産業共生（イメージ）

パイロットプロジェクト創出に向けて今年度は以下の活動を想定する。

- 1) 排熱発生状況等の詳細把握、実現可能性調査
- 2) 工業団地内の用排水の設備・パイプライン等のインフラ整備状況調査
- 3) 参画候補企業の選定（現地企業及び上記の関連技術を持つ本邦企業）

上記の各活動について、以下の表 2-2 に示す通り役割分担に基づいて進めることとする。

表 2-2 各ステークホルダーによる役割分担

#	Activities	IRDA	北九州市	NTTD 経営研
1	排熱発生状況等の詳細把握、実現可能性調査	●		●
2	工業団地内の用排水の設備・パイプライン等のインフラ整備状況調査	●		●
3	参画候補企業の選定(現地企業及び上記の関連技術を持つ本邦企業)	●	●	●

2.2 産業間連携コンセプトの検討

本年度事業ではまず、産業間連携コンセプトの内容について整理した。

2.2.1 日本国内における先進事例

日本で既に産業間連携のコンセプトを実践している事例として横河電機株式会社による実現可能性調査がある。横河電機株式会社は、千葉県市原市五井地区のコンビナートにおけるカーボンニュートラルの実現に向けて、同地区の異業種の複数の事業所の協力を得て、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）受託事業として産業間連携調査を 2021 年に実施した。複数の事業所のエネルギーバランスや排出される二酸化炭素（CO₂）の回収・再利用等について現状調査を行い、産業間連携によるカーボンリサイクル事業の実現の可能性を調査するもので、2050 年の同地区におけるコンビナート全体での CO₂ 排出量実質ゼロを目指している。

具体的には、コンビナート全体の物質とエネルギーの有効利用、CO₂ 回収・有価物転換、水素マネジメントの 3 つを軸としたカーボンリサイクル事業を対象としている。

本調査では、子会社である横河ソリューションサービス株式会社、KBC Advanced Technologies Limited も参画しているが、国内外の様々なコンビナートの製造領域で培ってきたプロセス知識、単独事業所のプロセス改善やエネルギー効率改善および異業種連携に関するコンサルティングノウハウ、地域レベルでの需給制御を可能にするバーチャル・パワー・プラント技術、需給に応じた最適制御を可能とする地域エネルギー・マネジメント・システム、最適な生産計画の実行を支援するシミュレーション技術などを活用している。

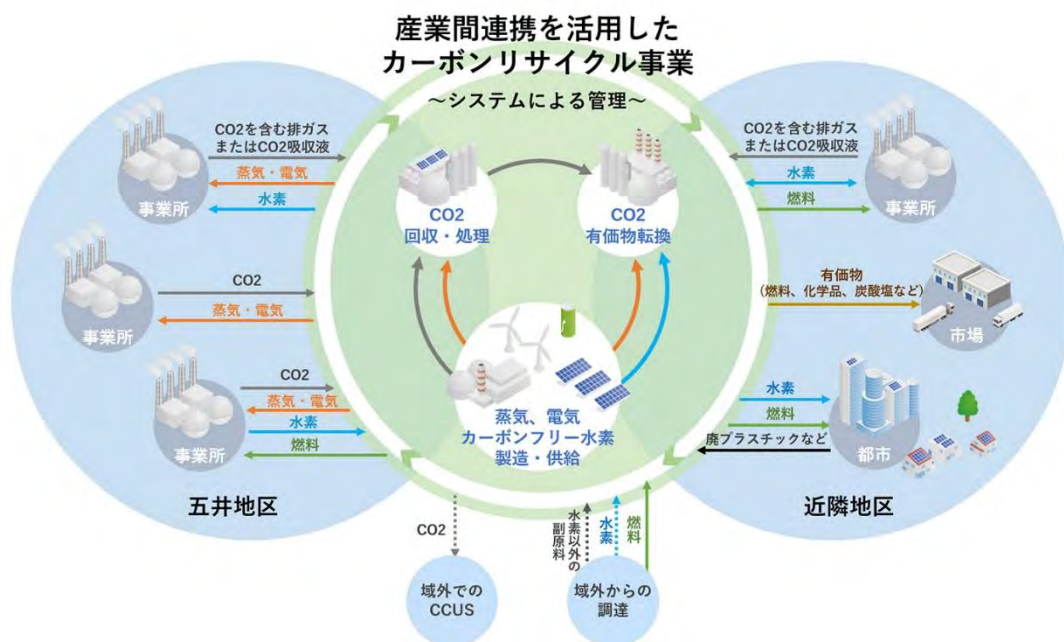


図 2-2 産業間連携を活用したカーボンリサイクル事業のイメージ
 (出典：横川電機株式会社ニュースリリース (2021))

2.2.3 本事業にて想定している実施イメージ

本事業では、横川電機株式会社の事例を参考にしつつ、まずは排熱や排水の効率的な処理によるエネルギー消費量の削減を想定している。具体的には、各企業の排熱発生状況をリアルタイムで把握し、ヒートポンプ、デマンドレスポンス等による企業間連携での最適利用、及び排水一括処理での希釈化、高度処理の導入等で高濃度有機排水を処理可能とすることによる焼却エネルギー削減などを想定する。

これにより、排熱の最適活用等による熱の脱炭素化、用排水処理の集約・大規模化等によるレジリエンス強化、工業団地全体での最適化による競争力ある産業地域の実現が期待される。

また、排熱・排水だけでなく、CO₂ 回収及び有価物転換、最終的にはエネルギー転換といった方向性も考えられる。昨年度まで「産業共生型エコタウン」として検討していた各工場で排出された廃棄物を別工場の製品の原材料として活用するといった取組も、産業間連携のコンセプト内で実施することが出来ると考える。

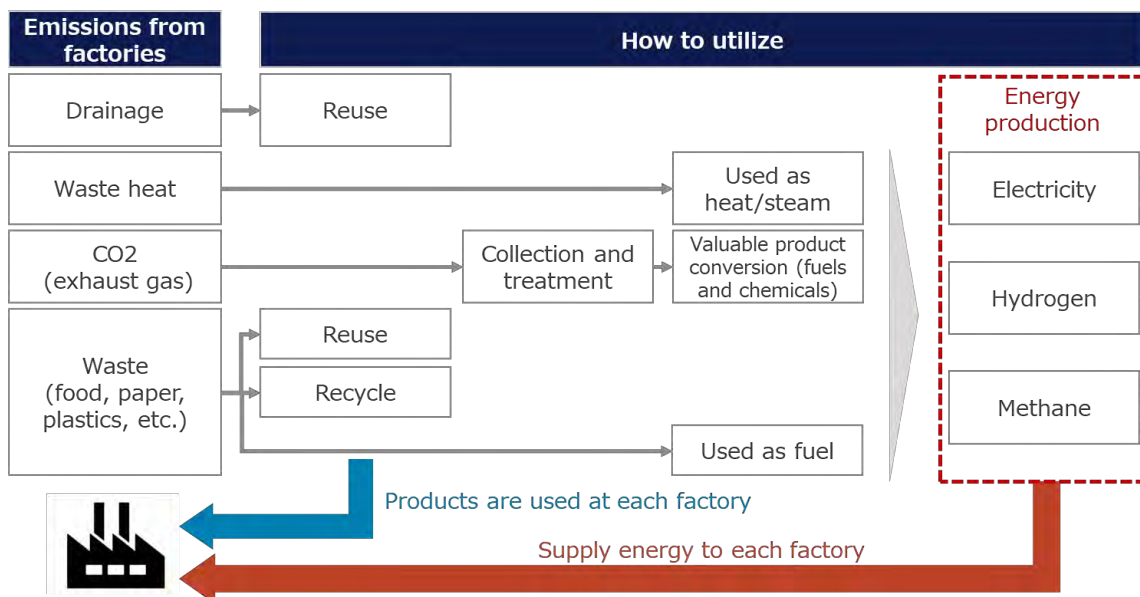


図 2-3 各工場から排出される廃棄物等の活用イメージ (案)

2.3 ステークホルダーへのヒアリング

産業間連携事業の実施可能性を調査するために、実際に工場にて排出されている排水や排熱の発生状況や、各工場で有している施設を調査する必要がある。しかし、工業団地内で既に中央集中的な排水や排熱処理設備を導入している場合、本コンセプトを適用することは難しいため、まずは工業団地の状況を調査することが必要である。そこで、IRDA の提案でまずマレーシアの製造業連合会（FMM）へヒアリングを実施し、どのような工業団地がターゲットとなるかを調査することとした。その後、FMM から候補として挙げられた工業団地 2 社に対してヒアリングを実施した。

2.3.1 マレーシア製造業連合会へのヒアリング

まず始めに、IRDA からの提案でマレーシアの製造業の連合会である Federation of Malaysian Manufacturers（以下 FMM）にヒアリングを実施した。

（1）FMM の概要

FMM は、マレーシアの主要な経済団体で、1968 年の設立以来、一貫してマレーシアの製造業をリードし、国の成長と近代化を先導してきている。さまざまな規模の 3,000 社を超える製造業および産業サービス業を代表するマレーシア最大の民間経済団体である。

FMM に所属している業種は食品・飲料・たばこ分野が一番多く、次いで化学工業、繊維工業となっている。（詳細は図 2-4 を参照）

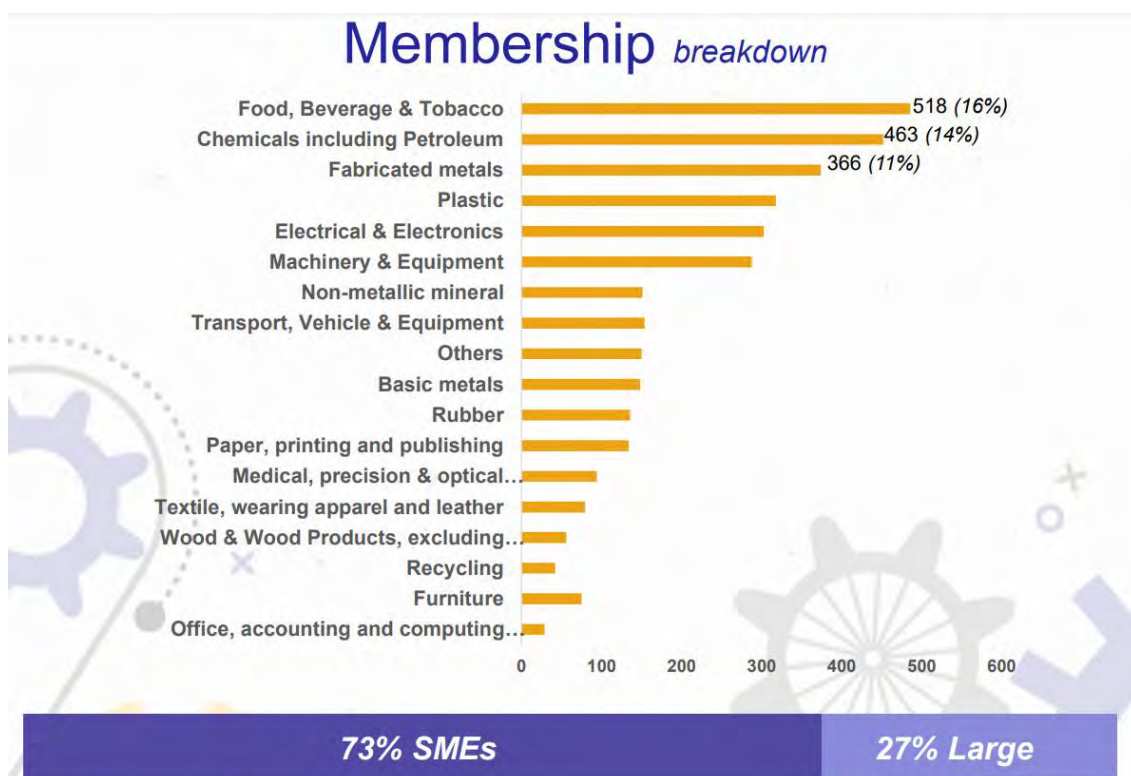


図 2-4 FMM に所属する会員の業種割合
(出典：FMM 資料)

(2) ヒアリング内容

FMM にヒアリングをした際の質問事項は以下の通りである。

- どのような工業団地をターゲットとして調査をすれば良いか？
- エネルギー消費量の多い業種に対してヒアリングを実施したいが、どの工業団地だと対象が多そうか？ (対象業種は表 2-3 を参照)

表 2-3 ヒアリング対象業種 (案)

#	業種
1	食品、飲料、タバコ
2	化学品
3	非金属鉱物製品
4	非鉄金属
5	鉄鋼

6	木材・木工製品
7	パルプ・紙・印刷
8	繊維・皮革
9	機械類
10	輸送用機器

(3) ヒアリング結果

ヒアリングの結果、産業間連携のコンセプト自体について興味を持っていただくことが出来た。また、対象業種の中でも食品、鉄鋼や運輸業界などは CO2 排出量が特に多いと想定されることがわかった。その中で、産業間連携のコンセプトを試すのであれば比較的新しい工業団地が良いといった意見もあったため、FMM からの候補工業団地を参考に、IRDA が工業団地をピックアップし打ち合わせを設定することとなった。

(4) ヒアリング詳細

会議名	都市間連携（北九州市―イスカンダル）FMM 打ち合わせ	
日時	2022 年 11 月 23 日（水）10：00～10：40	
場所	Microsoft Teams	
出席者	FMM (Federation of Malaysian Manufacturers)	Mr. Saw Seong Ho, Mr. QRE Vincen Lim, Mr. Lo Jian Hou
	IRDA	Ms. Velerie Siambun, Mr. Mamdoh B. Dato
	NTT データ経営研究所（NDK）	村岡、吉川（記）

- 産業間連携は良いコンセプトであると思う。調査を実施するのであれば複数の業種が含まれる Senai Airport City が良い。まずは一つの工業団地を対象に調査を実施した方が良いのでは（Saw）
 - イスカンダル地域の工業団地には 60 年の歴史がある。新しいコンセプトを試すのは比較的新しい工業団地である Senai Airport City で実施するのが良いと思う（Saw）
- FMM に Senai Airport City の運営会社等と打ち合わせをアレンジしていただくことは可能か？（村岡）
 - Senai Airport City の開発団体は FMM の加盟メンバーであるが、打ち合わせは IRDA がコーディネートした方が良いと思う（Saw）
 - （To Velerie）Senai Airport Area の代表などとの打ち合わせを調整していただ

けるか？（村岡）

- できれば対面でのミーティングが良いと思う。来週の渡航時に向けて調整できればと思う（Velerie）
- 28日と29日はどちらも予定があり FMM は同行が難しい（Lim）
- 実はイスカンダル地域では繊維産業はあまり盛んではない。ただ、食品や鉄鋼などの業種はもちろん多いし、運輸は CO2 排出量が多いと聞いている（Saw）
- 新規の工業団地と、すでに工場が稼働している既存の工業団地のどちらを対象に調査を行いたいのか？（Lim）
 - このプロジェクトは3年間プログラムであり、今年はポテンシャルを見つけることがメインであるため、どちらでも問題ない（村岡）
 - Senai Airport City はまだ工場は稼働していないのか？（村岡）
 - いくつかの工場で稼働は開始している（Lim）
- Senai Airport City よりも規模が大きい所で調査を実施したい場合は、パシルグダン工業団地が良いと思う（Lim）
 - 是非既存工場のポテンシャルも見たいと思う。日本では省エネ効果が限界である工場団地内では会社を立ち上げてエネルギー供給を一括で担っているところもあるといった事例があるため、イスカンダルの既存工業団地でも適用できるかもしれない（村岡）
- 来週の渡航時に合わせて工業団地の責任者とアポを取るの難しいため、本プロジェクト期間中どこかでまた現地での打ち合わせが出来ればと思う（村岡）
- Senai Airport City では10ターゲットの内6業種しかない。10ターゲット全てが含まれていなくても問題ないか？（Mamdoh）
 - エネルギー消費量が多い業種をターゲットとしただけであるため、全てが含まれていなくても問題ない（村岡）
 - 承知した。ターゲットを Senai Airport City とパシルグダンに絞るのであれば、NDK がイスカンダルに訪問する際に合わせてそれぞれの工場について担当者を確認しておく（Mamdoh）

2.3.2 工業団地運営会社へのヒアリング

FMM へのヒアリングを踏まえて、ヒアリングを実施する工業団地運営会社を2社（AME Development, TPM Technopark）を IRDA が選定した。特に AME Development が運営する Senai Airport City と TPM Technopark が運営する Tanjung Langsat Industrial Park を対象とすることとした。（位置関係は図 2-5 を参照）



図 2-5 イスカンダル・マレーシアの全体地図
 (出典：IRDA HP より NTT データ経営研究所作成)

(1) ヒアリング先の概要

AME Development Sdn. Bhd.

AME Development Sdn. Bhd. (以下、AME Development) は、品質への強いこだわりとダイナミックな結果重視のアプローチを持つ不動産デベロッパーとして設立された。長年にわたり、工業団地開発の計画・設計に積極的に取り組んできており、現在では、マレーシアの総合工業団地デベロッパーとして高い評価を得ている。特に Clean&Green コンセプトで管理されている「i-Park」などの開発実績がある。

i-Park は AME Development の代表的なプロジェクトで、ジム、プール、ヘルススタジオ、屋外スポーツコート、ジョギングコース、サイクリングロード、多目的オフィスなどの施設を備え、従業員に健康的なワークライフバランスを提供することを目的としている。AME Development が運営する工業団地一覧は図 2-6 の通りであるが、今回は比較的その中でも新しい Senai Airport City を対象にヒアリングを実施した。

Senai Airport City は、セナイ国際空港の近くに位置する工業団地で 195 エーカーの広さを誇る。

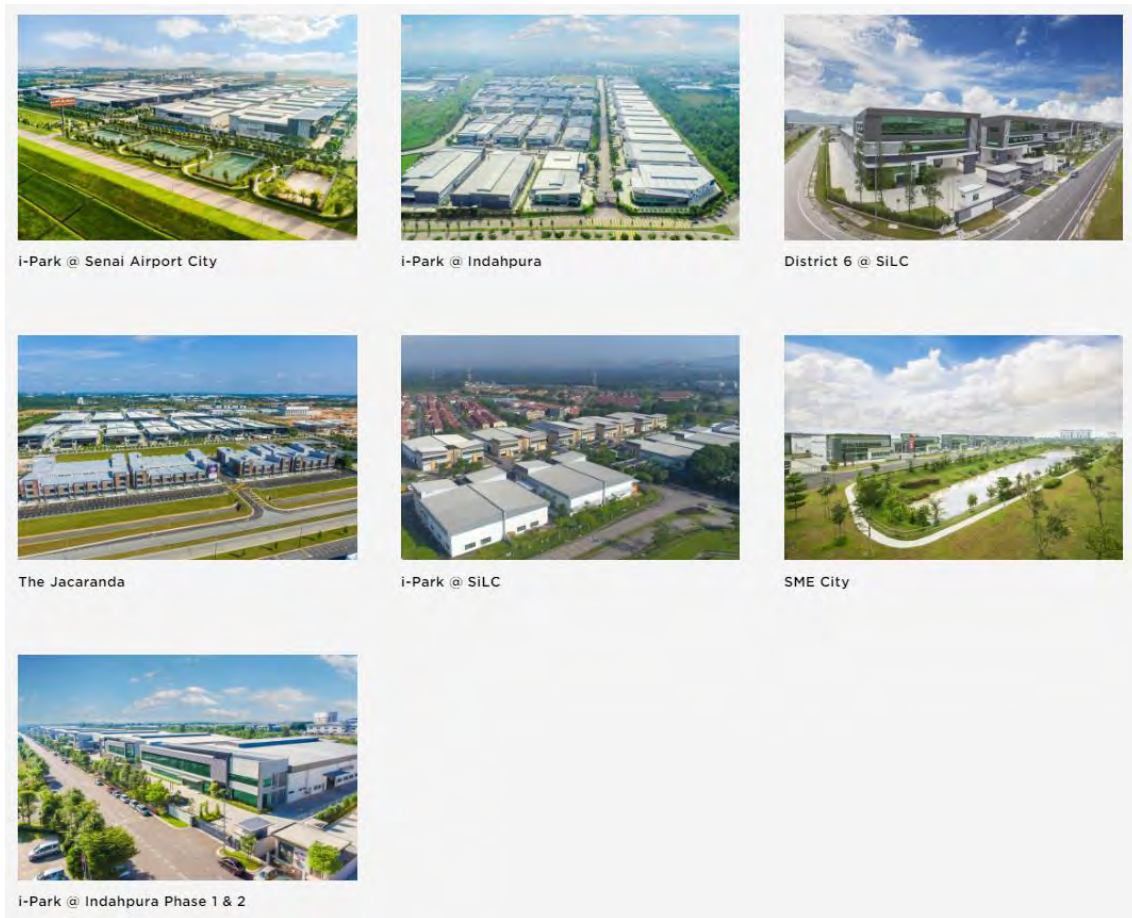


図 2-6 AME Development の運営する工業団地
 (出典 : AME Development HP)

TPM Technopark Sdn. Bhd.

TPM Technopark Sdn. Bhd. (以下、TPM Technopark) は、ジョホールコーポレーション (JCorp) グループの産業開発部門 (IDD) に属する 100%子会社である。TPM Technopark は、商業・工業開発のプロジェクトマネジメントサービスや、JCorp が所有する工業用地や不動産の販売促進サービスを実施している。TPM Technopark は、JCorp グループの建設プロジェクトのプロジェクト・マネージャーとして重要な役割を担っており、連邦政府からジョホール州開発局 (SDO) を通じて受注したプロジェクトのプロジェクト・マネージャーとしての役割も担っている。

2011 年以降、TPM Technopark は 65 件以上のプロジェクトを管理し、その総額は 1 億 348 万リンギット (約 3225 万米ドル) にのぼる。



図 2-7 JCorp 組織体制
(出典： TPM Technopark HP)

今回は TPM Technopark が管理・運営している工業団地の中から Tanjung Langsat Industrial Park を対象にヒアリングを実施した。

Tanjung Langsat Industrial Park (TLIC) は、マレーシア南部では数少ない重工業専用の工業団地である。より成熟したパシルグダン工業団地のすぐ隣に位置する TLIC は、総面積 4,835 エーカーの広さがある。また、自由商業区 (FCZ)、倉庫、海上供給基地、パーム油産業クラスター (POIC)、ジョホール州技能開発センター (PUSPATRI)、集中労働者寮、Tanjung Langsat 港ターミナル (TLPT) の港湾施設などを有している近代的な総合工業団地である。

TLIC の対象業種は建設分野、化学工業、倉庫業、パーム油、港湾サービス、タンク貯蔵が含まれる (図 2-8 参照)。



図 2-8 TLIC の対象業種
(出典： TPM Technopark HP)

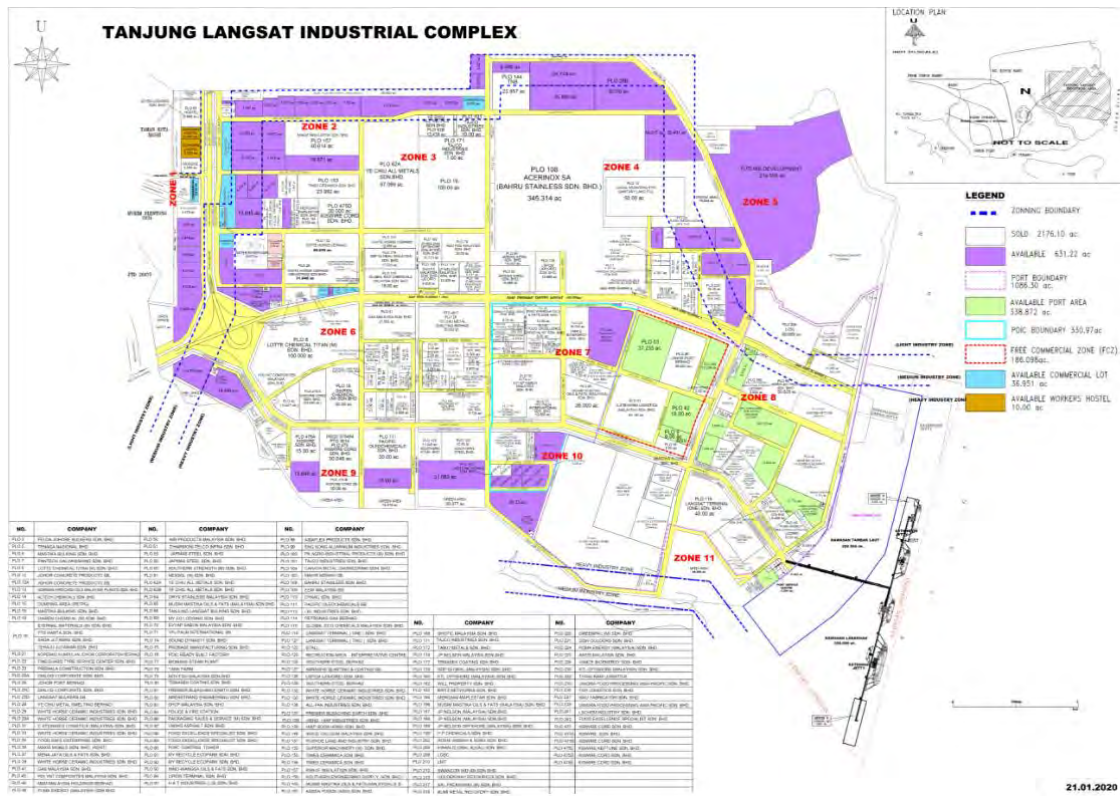


図 2-9 TLIC の全体図
(出典： TPM Technopark HP)

(2) ヒアリング内容

各企業へのヒアリングを実施した際の質問事項は以下の通り。

1. 工業団地内の各施設に電気や水は一括で供給されているか？
 - ✓ その場合、電力は再生可能エネルギーで供給されているか？
 - ✓ 使用されているエネルギーのうち、再生可能エネルギーは何%か？
2. 水処理、廃熱処理は工業団地内で一括して行っているか？/あるいは各工場で行っているか？
3. 脱炭素化に向けた取り組みは実施しているか？
 - ✓ 実施している場合、具体的にどのような取り組みを行っているか？(例：電化の推進、省エネ機器の導入など)。
 - ✓ 実施していない場合、課題として認識されていることはあるか？(例：費用対効果など)

(3) ヒアリング結果

AME Development

ヒアリングの結果、AME Development の管理する工業団地では、排水や排熱の排出量がそこまで多くないことから、そもそも各工場にて設備を持っていない可能性があることが分かった。また、電気や水の供給も各工場にて各供給事業者と契約をしておき、運営会社が一括で供給していないことが分かった。

脱炭素化に対する取り組みはまだ進められていないものの、マレーシアの環境省からの要請もあり、各工場も今後取組が求められていることから関心はあるのではとのことであった。また、AME Development としても今後 UNIDO の Eco Industrial park※を基準に工業団地を建設する予定があるなど、脱炭素化への取組の関心度が高いことが分かった。

※UNIDO : Eco Industrial park

UNIDO は、持続可能な開発目標への貢献の一つとして、Eco Industrial park の促進を掲げている。

Eco Industrial park とは、共通の敷地内にある企業のコミュニティで、企業が環境や資源の問題を共同で管理することにより、環境、経済、社会的パフォーマンスの向上を目指すもの。これは産業共生と呼ばれ、企業が材料、エネルギー、水、副産物の物理的な交換を通じて競争上の優位性を獲得し、包括的で持続可能な開発を促進する手段である。



図 2-10 UNIDO: Eco Industrial park の概念図
(出典 : UNIDO (2017))

TPM Technopark

TPM Technopark の運営する工業団地も AME Development と同様に各工場にて排水や排熱処理を実施していることが分かった。産業間連携のコンセプトについては、特に、排水処理について、マレーシアでは水不足が課題となっていることから、工業用水を再利用する取り組みはニーズが高いといったコメントがあった。また、TLIC は重工業がメインであるため、排熱や排水の発生量が多く、産業間連携のコンセプトを適用できる可能性が高いと考えられる。

電気に関しても現時点では TNB との契約の関係上、余剰が出るほどの太陽光発電を設置することは難しく、またその太陽光発電にて発電した電力を他工場に融通することも難しい。日本とは違い、マレーシアでは TNB 経由でないと電力を売電することが出来ないため、電気に関しては工場間で共有することが難しいという結果となった。

一方で、産業間連携のコンセプトを実施するのであれば、既に企業が入っている既存の工業団地ではなく、新たに建設する工業団地にて実施する方が良いというコメントもあった。既存工業団地では既にインフラが出来上がっており、新たに排熱や排水を流すパイプを整備することが難しく、また所有している設備を買い替える時期も各工場によって違うことから設備を集約することも難しいのではとのことであった。

(4) ヒアリング詳細

AME Development

会議名	都市間連携（北九州市－イスカンダル）AME Development 打ち合わせ
日時	2023年2月13日（月）9：00～10：00
場所	Senai Airport City

出席者	AME Development (AME)	Ms. Alice Tee, Ms. Lee Ling Sien, Ms. Tan Pei Hui, MS. Tain Siew Fung
	FMM (Federation of Malaysian Manufacturers)	Mr. Saw Seong Ho, Mr. Irfan Hakimi Bin Azizi
	IRDA	Ms. Velerie Siambun, Mr. Ahmad Sabqi Ismail, Mr. Gerald Woo
	NTT データ経営研究所 (NDK)	村岡、吉川 (記)

※以降敬称略。

■ 議事詳細

- このような産業間連携のコンセプトについて、排熱のみではあるがシンガポールの商業施設などで実施事例があると聞いたことがある (AME)
- 各工業施設で排水・排熱処理設備を有しているか/それとも工業団地一括で管理しているか? (NDK)
 - 排水や排熱の排出量がそれほど多くないため、そもそも各工場で設備を持っていない (AME)
 - どちらかというと紙やプラスチックの廃棄物の排出量が多い (AME)
 - DOE から工場のオーナーは排水処理基準や排気ガス排出基準といったものには関心を持っているが、現在はまだ検討を始めたばかりである (AME)
- 各施設への電力供給はどのような形で行われているか? 再エネ電力などは供給されているか? (NDK)
 - 各工場が TNB と契約をしている。ソーラーパネルを設置しているところもある (AME)
- 各工場はゼロカーボンに向けて少なからず興味は持っている。ただ、TNB による再エネ電力の供給の対象が現時点では商業施設のみであり、工場向けには供給していない (AME)
 - マレーシアは電力料金がそこまで高くないため、まだそこまでインセンティブが働いていないのもある (AME)
 - AME のメインビル自体の供給電力の 50% は再エネ電力である (AME)
- Senai Airport City にある工場は医療機器、機械業や運輸会社が多い (AME)
 - 日本企業だと YKK、マキノの工場が含まれる (AME)
- 電気や水の供給などは工業団地全体で実施しているか/各工場で実施しているか (NDK)
 - それぞれで実施している。AME はあくまでデベロッパーである (AME)
- AME として脱炭素化の取組など実施しているか? (NDK)
 - 今後、UNIDO の Eco Industrial park をベンチマークとして工業団地を建設す

る予定 (AME)

- 各工場による CO2 排出量は図ったことがあるか? (NDK)
 - 建物建設時の CO2 排出量は把握することができるが、各工場の排出量までは把握できない (AME)
- 各工業団地に対してインタビューを実施したいが可能か? (NDK)
 - 調査には協力する。各企業への説明が必要なので資料などいただきたい (AME)
 - 承知した (NDK)

以上

TPM Technopark

会議名	都市間連携 (北九州市-イスカンダル) TPM Technopark 打ち合わせ	
日時	2023年2月13日 (月) 14:30~16:00	
場所	TPM Technopark Office	
出席者	TPM Technopark	Mr. Fuad Omar, Mr. Rohaznizam Bin Yon, Ms. Sofia Syahirah Binti Mohd Nasir
	FMM (Federation of Malaysian Manufacturers)	Mr. Saw Seong Ho, Mr. Irfan Hakimi Bin Azizi
	IRDA	Ms. Velerie Siambun, Mr. Ahmad Sabqi Ismail, Mr. Gerald Woo
	NTT データ経営研究所 (NDK)	村岡、吉川 (記)

※以降敬称略。

■ 決定事項

- 来年度工業団地内の各工場に対してヒアリングを実施する。

■ 議事詳細

- マレーシアの工業団地では既に中央管理型の水処理システムはあるか? (村岡)
 - いや、各工場にて処理設備は管理している (TPM)
 - 日本企業も同様に各施設にて設備を有しているため、工業団地内で一括管理することで効率化する動きがある (村岡)
- 工業団地内の各企業に一括で電気や水の供給などは行っているか? (NDK)
 - 運営会社は施設の提供のみ実施しているため、電気や水は各工場が別途契約している。再エネ電力を使っているかどうか各工場に聞かないとわからない (TPM)
- マレーシアは Tenaga Nasional Berhad (TNB) が電力事業を独占しているため、ソーラーパネルを導入して余剰電力が生まれたとしてもそれを売電することは出来

- ないという理解で良いか？ (NDK)
- 既にある施設に導入する場合は不可。ただし、新しいフィールドにて開発する場合には交渉の余地がある (TPM)
 - TNB が工業団地の運営会社と電力契約を結び、その運営会社が工業団地に電力を供給することは可能か？ (NDK)
 - それは不可能。電力供給には TNB を介する必要がある (TPM)
 - ソーラーパネルの余剰電力を蓄電池に貯めて、その蓄電池を使用して工業団地の別の工場に電力供給することは可能か？ (NDK)
 - 議論は必要だが、恐らく可能ではないか (TPM)
 - 日本では電力価格が高騰しており、ソーラーパネルを入れた方が安く電力を使用することが可能となっているため企業側として導入ニーズが高い。しかし、マレーシアだと余剰売電が難しいため、企業側のニーズとしてはあまり高くないか (NDK)
 - おっしゃる通り、余剰売電が限定的である。例えば HONDA はマレーシアの自社工場にソーラーパネルを設置しているが、実際に消費する電力を賄える量ではない。余剰が出ない範囲で導入している (TPM)
 - 排水処理については、各工場で処理されているという理解で良いか？ (NDK)
 - そうである。ただ、排水処理を集約的に実施することにニーズはあると思う (TPM)
 - 政府としては水不足の中で水はなるべく飲み水に使いたいといった思いがある。工場用水を削減できたり、再利用できたりすると良い (TPM)
 - 特にデータセンターは特に水を使うため、興味がある (TPM)
 - 排熱処理はどうなっているか？ (NDK)
 - 排熱処理がどう行われているかは調査したことがない (TPM)
 - 例えば川崎市などではパイプを各工場につないで排熱を利活用している事例がある (NDK)
 - それは誰が投資するのか？ (TPM)
 - 各工場が投資をしてパイプを整備する。排熱の活用によってガス消費量を減らせるため、5~10年で投資回収ができる (NDK)
 - 当社の運営する工業団地は重工業が多く、ボイラーを使っている工場も多い。排熱の活用は可能性があるかもしれない (TPM)
 - 廃棄物処理についても進めていきたいと思っているため、コンセプトは我々が考えているアイデアとも近い。新しい工場に当たっては、集約型処理施設の建設を考えているところもある。ただ、このコンセプトを現時点で既に出来上がっている工場で実施するのは難しいと思う (TPM)
 - ある程度投資余地、場所が空いている工業団地での実施が良い。パシグダンよりも TLIC の方が良いのではと思う (TPM)
 - パシグダンに工場を構える出光はコジェネを大規模なものに買い替える予定

- があると聞いた。そこで排熱を売ることについて検討している。既にある工業団地でも買い替えの時期であれば切り替えることが可能かもしれない (NDK)
- データセンターを新たに建設する予定とのことだが、集中型のコジェネやソーラーPVを導入する予定はあるか？ (NDK)
 - ソーラーファームを導入して自家消費できるように TNB と議論中。ただ、電力供給にはライセンスが必要となる (TPM)
 - 各工場へのヒアリングが必要であれば、協力は可能である。各工場も ESG の対応が今後必要になると理解している (TPM)
 - 今年度中は難しいため、来年度以降協力をお願いしたい (NDK)
 - マレーシアでは電気料金は安いと、太陽光発電による電気料金は割高になるか？ (NDK)
 - いや、太陽光発電でも TNB の金額と同額である (TPM)
 - 炭素税もないため、各企業としては今すぐ実施しないといけないインセンティブがない。そのため、既存工業団地は厳しいかもしれない。新しい工業団地に投資する方が可能性は高いと思う (TPM)
 - 余談だが、NTT データは世界中にデータセンターを有しているが、昨今銀行や各企業から CO2 排出量を聞かれることが多い。CO2 を如何に排出しないかが選択する際の基準になってきている (NDK)
 - 既存の工業団地だとパイプを新たに設置するスペースがないと思う (TPM)
 - また、排水の質がそれぞれの工業団地によって違うため、それを集中型の処理施設で可能なのかも気になると思う (TPM)

以上

2.4 今後の展開

本年度事業では、産業間連携のコンセプトをマレーシアの工業団地にて実施できるかどうか実現可能性調査を実施した。今回の事業の結果としてはまず、工業団地の運営会社と打ち合わせを実施し、現在の工業団地の実態をヒアリングすることが出来た。産業間連携のコンセプトに興味を持っていただくことができ、また、各工業団地でいまだ集約的に排水・排熱処理は実施されていないことから、産業間連携の実施余地があることがわかった。

各工業団地に入居している個別企業へもヒアリングを実施し、排水や排熱の発生状況やどのような設備をどの程度有しているのかといった情報も調査したいと考えていたが、本年度の事業期間内では工業団地の運営会社へのヒアリングにとどまった。ただ、今年度の一連の活動を通じて、FMM 及び工業団地の運営会社とのコネクションを形成できたこと、各工業団地に入居する企業へのヒアリングの実施に向けた足掛かりを得られたことで、来年度以降も継続して検討を進めていきたいと考えている。

来年度以降は、本年度ヒアリングを実施した AME Development と TPM Technopark の運営する工業団地に入居する個別企業に対してアンケート及びヒアリングを実施し、排水や排熱の発生状況及び各企業の有している設備等について詳細調査を実施する。また、そのヒアリング・アンケート結果から特に産業間連携を実施する上で有望な企業を選定し、パイロットプロジェクトの組成へと検討を進めることを想定している。

内容

第3章	再エネ 100%北九州モデルによる太陽光発電設備導入.....	3-2
3.1	活動の概要.....	3-2
3.1.1	再エネ 100%北九州市モデルとは.....	3-2
3.1.2	イスカンダルでの民生部門における温室効果ガス排出量.....	3-4
3.1.3	マレーシアの太陽光発電導入目標.....	3-5
3.2	民生部門における太陽光発電導入ポテンシャルの調査.....	3-8
3.2.1	マレーシアにおける太陽光発電導入ポテンシャル.....	3-8
3.2.2	イスカンダル地域における太陽光発電導入ポテンシャル.....	3-9
3.3	導入技術の検討.....	3-10
3.3.1	マレーシアにおける太陽光発電の導入プログラム.....	3-10
3.3.2	再生可能エネルギーの供給規制.....	3-14
3.3.3	マレーシアにおける省エネルギー政策.....	3-15
3.3.4	再エネ 100%北九州市モデルの適用.....	3-17
3.4	経済性の検討.....	3-19
3.4.1	前提条件.....	3-19
3.4.2	排出削減効果の試算.....	3-20
3.4.3	GHG 削減効果に伴う JCM 設備補助金額を考慮した評価.....	3-20
3.5	再エネ導入に向けた行政の支援制度等のあり方に関する検討.....	3-23
3.6	今後の展開.....	3-26

第3章 再エネ 100%北九州モデルによる太陽光発電設備導入

3.1 活動の概要

昨年度までの活動では、工業団地を対象に産業共生型エコタウンの検討を実施していたため、主に産業分野における温室効果ガス（GHG）の排出量を削減する取り組みを検討していた。しかし、イスカンダル地域におけるエネルギー消費量を部門別で比較をすると、産業部門に産業部門に次いで業務部門（Commercial）で電気の消費量が多い。また、本年度はイスカンダル地域における「ゼロカーボンエリア」の創出を目指しているが、これは環境省の「脱炭素先行地域」をモデルとしており、日本の脱炭素先行地域の達成要件として「民生部門における温室効果ガス排出量」をゼロにすることが求められている。そのため、本年度は、産業部門だけでなく、業務部門での脱炭素化を進めるための再生可能エネルギー導入検討を進めることを提案する。また、再生可能エネルギーの導入の際には、北九州市における「再エネ 100%北九州市モデル」による導入を想定する。

再エネ導入検討にあたって本年度は以下表 3-1 の活動を実施した。

表 3-1 再エネ導入検討にて実施する活動

#	Activities
1	民生部門における太陽光発電導入ポテンシャルの調査
2	導入技術の検討
3	経済性の検討
4	排出削減効果の試算
5	再エネ導入に向けた行政の支援制度等のあり方に関する検討

3.1.1 再エネ 100%北九州市モデルとは

（1）再エネ北九州モデルの目的及び特徴

再エネ 100%北九州モデルは、再エネの導入促進、省エネ、機器の最適な運用や維持管理などを通して、①再エネ 100%電力を安価にかつ安定的に導入できる体制を構築し、②再エネ 100%電力を必要とする中小企業の競争力を強化し、③「環境と経済の好循環」の実現を目指すことを目的としている仕組である。太陽光パネルや蓄電池、エアコンなどの省エネ機器を電力会社が設置する、いわゆる「第三者所有方式」で、再エネの導入と省エネ対策を図るものであり、さらに、IoT や AI を活用したエネルギーマネジメントシステムを導入

し、最適な運用や維持管理を行うことで、再エネ電力価格の低減を実現して、機器の長寿命化を図り、サーキュラーエコノミーにも貢献するモデルである。

(2) 3つのステップ

再エネ 100%北九州モデルでは、以下 3 つの導入ステップが示されている。

- ステップ 1: 公共施設の電力を、北九州パワー等で発電した再エネ 100%電源に切り替えを行い、再エネ 100%電源を公共施設に供給する。
- ステップ 2: 自家消費型太陽光発電、電気自動車 (EV)、蓄電池を第三者所有方式で設置する。
- ステップ 3: ステップ 2に加え、さらにエアコンや LED などの省エネ機器を第三者所有方式で導入することで、総消費電力量を抑制する。また、省エネ機器を IoT 及び AI で監視することで、長寿命化と維持管理コストを低減する。

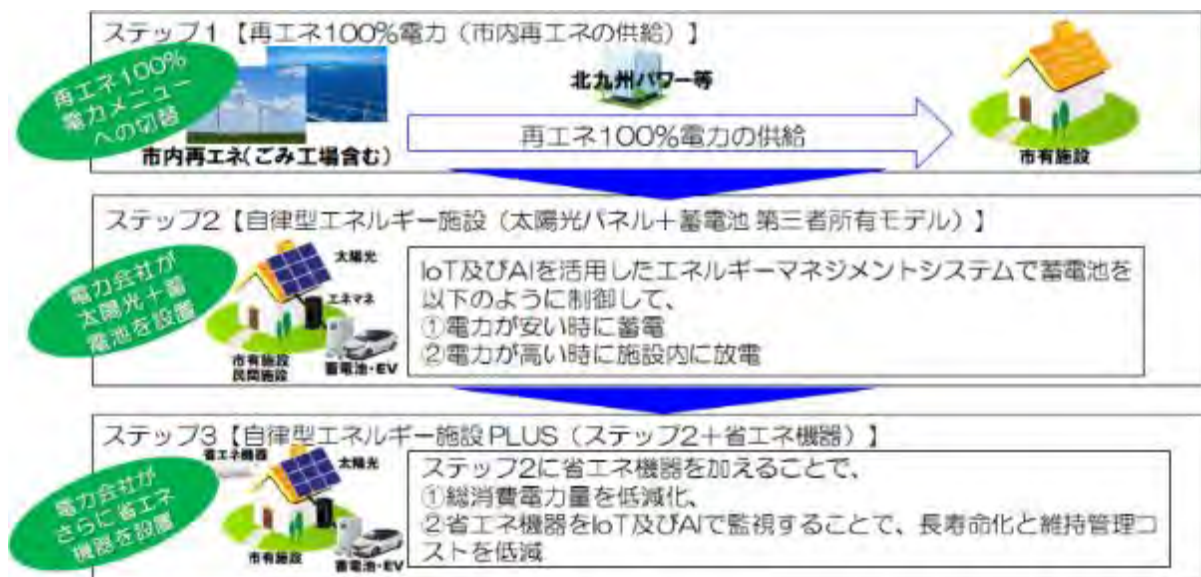


図 3-1 再エネ 100%北九州市モデルの導入ステップ

(出典：北九州市 HP)

(3) 北九州パワーの役割

北九州パワーは、2015 年に北九州市と地元企業や金融機関等の出資によって設立された地域電力小売会社で、再エネ発電所（風力発電、太陽光発電、焼却発電）の再エネ 100%電力を市の公共施設に供給しているほか、市の公共施設に太陽光発電設備、蓄電池、EV、省エネ機器等を第三者所有形式で設置するサービスを、金融機関と連携して提供している。また、ステップ 2 で設置・発電した再エネ電力のうち、自家消費できなかつた余剰電力を他の公共施設に配電する役割も期待されている。つまり、北九州パワーは、再エネ 100%北九州モデルには欠かせない中核的な役割を担っている。また、北九州パワーは、信用力が高い自治体（北九州市）がバックについていることから、一般の民間事業者よりも金融機関との連

携を有利に進められるという特徴も有している。再エネ 100%北九州モデルでは、当初、公共施設を対象に想定していたが、関心がある民間施設への設備導入についても検討が進められている。

(4) 第三者所有方式

自治体が行う従来の設備調達では、自治体が自ら設備を所有していたが、太陽光発電設備のように初期投資額が大きい設備は負担が大きいため、年間導入できる件数に限りがある。そこで、北九州市では、再生可能エネルギー等を早期かつより多く導入する手段として、「第三者所有方式」での設備導入を実施している。一般的に、第三者所有方式は、発電事業者が需要家の設備に太陽光発電設備を設置し、電力購入契約（PPA）を結んで需要家に発電した電力を供給する「PPA モデル」のことである。このモデルでは、初期投資なしで設備の導入が可能で、需要家は契約期間中に月々の電気料金を支払うことで設備を導入することが可能である。

3.1.2 イスカンダルでの民生部門における温室効果ガス排出量

イスカンダル地域におけるエネルギー起源のGHG排出量は、2018年が約1,000万tCO₂e、2019年が約1,080万tCO₂eとなっている。GHG排出量の最も高い割合を占めているのは製造業と建設業で、次いで商業・機関ビル・施設関連、住宅・ビル関連、エネルギー産業、最後に農林水産業という順番となっている。2018年と2019年のGHG排出量を比較すると、2019年の排出量は2018年に比べて約8.5%増加している。エネルギー部門からのGHG排出は、イスカンダル・マレーシアの地理的境界内で消費された化石燃料の燃焼と系統電力に起因している。

(1) 燃料消費によるGHG排出量

2018年の燃料消費によるエネルギー部門のGHG排出量は約330万tCO₂eであり、2019年でのGHG排出量は約350万tCO₂eである。2010年から2019年にかけて年平均2.7%増となり、増加傾向を示している。

(2) 系統電力によるGHG排出量

2018年において、系統電力によるエネルギー部門のGHG排出量は約670万tCO₂eであり、2019年のGHG排出量は約730万tCO₂eである。2010年から2019年にかけて年平均3.0%増と増加傾向にあり、燃料消費によるGHG排出量よりも2倍以上の排出量である。

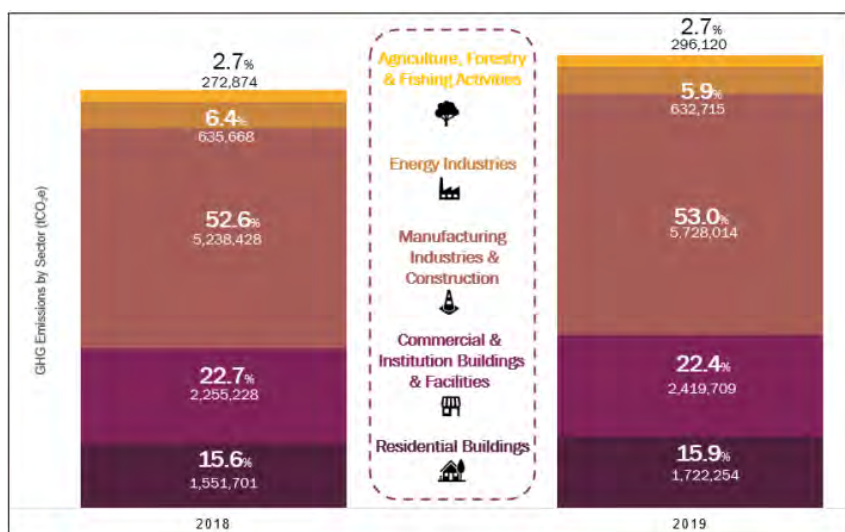


図 3-2 2018 年、2019 年におけるエネルギー部門のセクター別 GHG 排出量
(出典 : IRDA: GHG2018&2019)

3.1.3 マレーシアの太陽光発電導入目標

マレーシアにおける再生可能エネルギー導入計画は、「Renewable Energy Policy and Action Plan」に規定されている。化石燃料への依存度を減らすため、マレーシアは 2025 年までに国内の発電設備容量に占める再生可能エネルギーの割合を 31%、2035 年にはさらに 40%にすることを目指している。太陽光発電の 2011 年から 2050 年までの導入目標（累積設備容量）とそれに伴い生み出されるエネルギー（電力量）とそれによる二酸化炭素削減量目標を下表に示す。

表 3-2 2011 年から 2050 年までの太陽光発電導入目標等

年度	導入目標 (MW)	年間発電電力量 (GWh)	年間二酸化炭素削減量 (t-CO ₂)
2011	7	7.7	4.41
2015	55	61	38.43
2020	175	194	110.25
2025	399	456	251.37
2030	854	1,019	538.02
2035	1,677	2,128	1056.51
2040	3,079	4,170	1939.77

¹ [IM GHG 2018&2019 - Executive Summary 01112021 \(non-printing version\).pdf](https://www.iskandarmalaysia.com.my/IM-GHG-2018-2019-Executive-Summary-01112021-non-printing-version.pdf)
([iskandarmalaysia.com.my](https://www.iskandarmalaysia.com.my))

2045	5,374	7,765	3385.62
2050	8,874	13,540	5590.62

上記の表中の数値は、以下の仮定の下で計算されている。

- ・ 太陽光発電の設備容量は喪失しない（古いプラントは置き換えられる、または更新される。）
- ・ 1MW の太陽光発電は、1,100MWh／年の電力を生み出す（設備利用率 13%、しかし、将来は大きな伸びが期待される）。
- ・ 1MW の再生可能エネルギーによる電力は、0.63 トンの二酸化炭素の排出を削減する。

出典： *National Renewable Energy Policy and Action Plan*（閲覧日：2018年10月22日）

また、マレーシアでは、2011年に制定された **Renewable Energy Act** により FIT 制度が導入されてから、運転開始した太陽光発電の設備容量の推移は図 3-3 の通りである。2017年に FIT 制度が終了し、別制度に切り替えられたため、2018年以降は導入容量が少なくなっている。

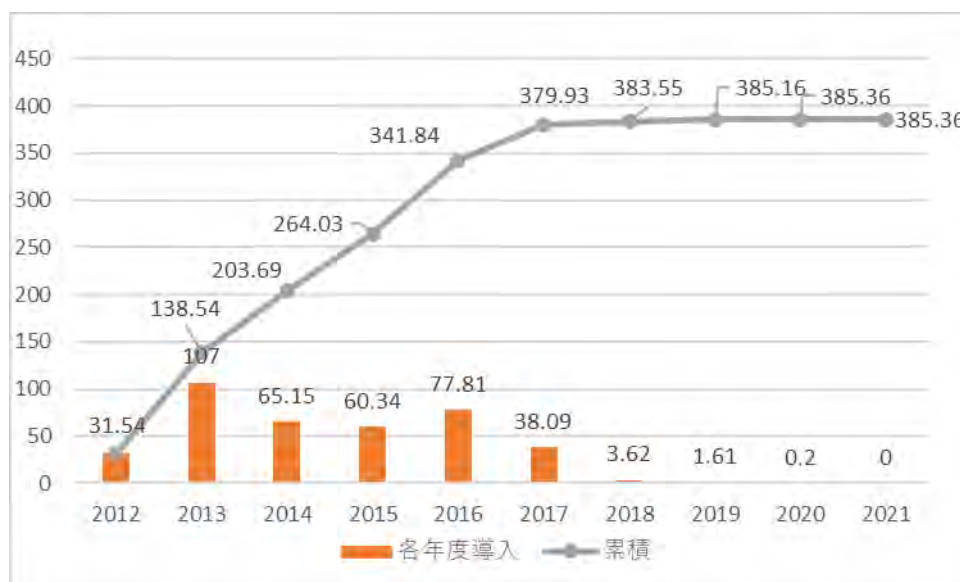


図 3-3 FIT 制度の下で運転開始した再生可能エネルギーの設備容量 (MW)

(出典：Sustainable Energy Development Authority Malaysia HP)

3.1.4 イスカンダル地域における導入目標

イスカンダル地域における低炭素社会の達成に向けたロードマップとして策定されている **Low Carbon Society Blueprint for Iskandar Malaysia 2030 Climate Action Plan** では大きく分けて 9 つのアクションプランが設定されているが、その中の一つに「**Green & Renewable energy**」が含まれている。

「**Green & Renewable energy**」のサブアクションは表 3-3 の通りである。

表 3-3 「Green&Renewable energy」のサブアクション一覧

Sub-Action	Measures
RE 8.1 Promotion and Implementation of Renewable Energy (RE) and Energy Efficiency (EE) Projects	RE 8.1a: Enhancing RE and EE Installation Projects
	RE 8.1b: Facilitation of RE and EE Licensing Approval Process
	RE 8.1c: Enhancing RE and EE Commercial R&D and Human Capacity Building
RE 8.2 Enhance Development and Establishment of Advanced RE and EE System	RE 8.2a: Promote Adoption of Advanced RE and EE System
	RE 8.2b: Promote Adoption of Battery Energy Storage System (BESS)
RE 8.3 Enhance Funding & Incentives for Sustainable Energy and Energy Efficiency Initiatives	RE 8.3a: Fiscal incentives for commercial RE and EE projects
	RE 8.3b: RE and EE subsidy and tax incentives for SME and homeowners
RE 8.4 Decarbonise Industries	RE 8.4a: Encourage efficient usage of resources & industrial inputs
	RE 8.4b: Promote sustainable industrial production process for lower energy intensity

(出典: Low Carbon Society Blueprint for Iskandar Malaysia 2030 Climate Action Plan)

「Green&Renewable energy」の中で指標として再生可能エネルギーの導入目標などが掲げられている。この目標を達成するには住宅、商業施設、産業施設、公共施設の合計 42,486 ヘクタールに対して再生可能エネルギーを供給することが必要と言われている。

表 3-4 「Green&Renewable energy」における指標

指標	2010	2030	2050
再生可能エネルギーの導入量 (GW・GWh/年)	基準年	4.1/5,190	17.4/22,206
二酸化炭素削減量 (ktCO ₂)	基準年	3,187	13,635
エネルギー効率 (BEI 削減量 kWh/m ² /年)	基準年	47.0	69.0

※BEI=建築物のエネルギー原単位・指数

そのために、サブアクション 8.1 では「再生可能エネルギー (RE) およびエネルギー効率 (EE) プロジェクトの推進と実施」が挙げられている。再生可能エネルギーについては、特に太陽光発電の導入に重点を置くこととしている。特に屋根置きで住宅や商業施設、産業施設等に設置することが想定されている。特に電力需要の 76%がオフィスビルや工場などの商業・工業用設備に集中しているため、これらの施設に焦点を当てている。住宅や商業施設への太陽光発電の導入目標としては 2010 年度比 2030 年に 10%、2050 年度に 40%の施設に供給することを掲げている。

3.2 民生部門における太陽光発電導入ポテンシャルの調査

3.2.1 マレーシアにおける太陽光発電導入ポテンシャル

マレーシアにおける再生可能エネルギーの導入ポテンシャルは太陽光発電が 269GW と圧倒的に大きなポテンシャルを持っており、次いでバイオエネルギー（農業廃棄物、バイオガス、固形廃棄物からのバイオマス）が 360 万 kW、小水力（10 万 kW 以下）が 250 万 kW、そして最後に地熱が 0.23 万 kW と推定されている（図 3-4 参照）。

赤道付近に位置するマレーシアの日射量は約 1,575~1,812kWh/m² であり、東南アジアの平均日射量（1,500~2,000kWh/m²）に近い。太陽放射照度が比較的高いため、マレーシアにとって再生可能エネルギーの選択肢として太陽光発電の導入は現実的と考えられている。イスカンダル地域が位置するマレーシア半島のみでも 137.5GW の太陽光発電の導入ポテンシャルが推定されている。

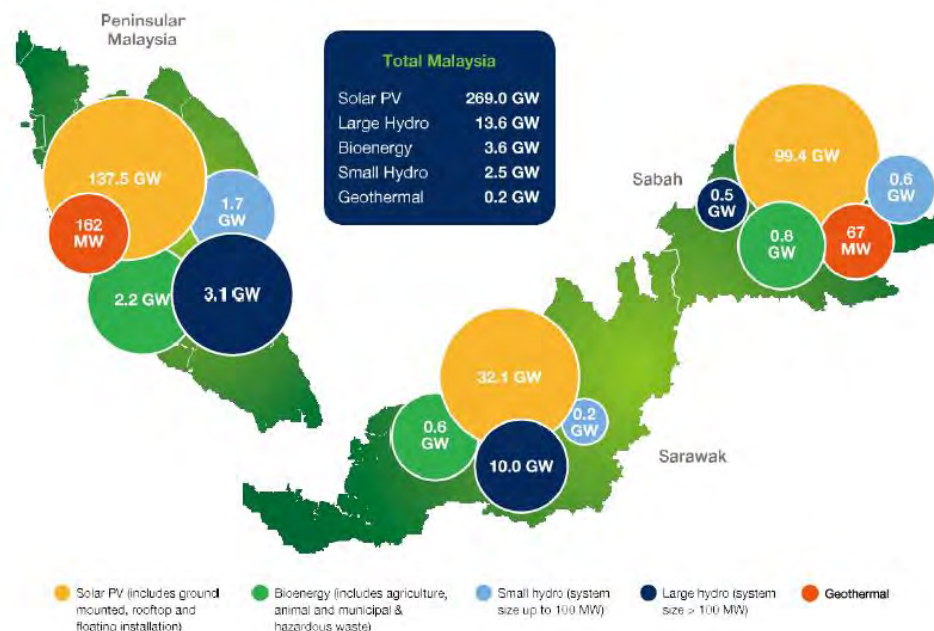


図 3-4 マレーシアにおける再生可能エネルギー導入ポテンシャル

(出典：SEDA:Malaysia Renewable energy Roadmap)

建物の屋根に設置する太陽光発電システムに限定すると、マレーシアにある460万棟の建物と43の大学キャンパスから約42GWの屋上太陽光発電資源が利用可能である。これには、住宅（土地付き、高層）ビル、商業ビル（ホテル、ショッピングモール、オフィス、ショップハウス）、工業ビル（工業オフィス、工場）、公共機関（小中学校、大学、病院）が含まれる。マレーシア半島に限定すると、都市化が進んでいる地域が多いことから屋根置きのパテンシャルが高く、37.4GWとなっている。

屋根設置型太陽光発電資源の大半は住宅用ビルが対象となっており、約390万棟の住宅で

2,270万kWのポテンシャルがある。他に11.5万棟の産業用ビルが990万kWのポテンシャルを有しており、商業用ビルに関しては52万棟で520万kWのポテンシャルがあるとされている。

日本、インド、中国などの国々は屋根上太陽光発電の成長を支援するため、国家的な屋根上太陽光発電プログラムを採用している。適切な戦略によって、マレーシアは推定 42GW の屋上太陽光発電資源の一部を開放することができる。マレーシアで実施されているプログラムについては 3.3.1 にて説明する。

3.2.2 イスカンダル地域における太陽光発電導入ポテンシャル

イスカンダル地域における太陽光発電の導入ポテンシャルは表 3-5 の通りである。商業用及び公共用の太陽光発電導入ポテンシャルはおよそ年間 2,112GWh である。ただし、年間電力消費量を見てみると、業務部門は年間 3,643GWh と太陽光発電の導入ポテンシャルよりも多いため、省エネによって消費電力を削減していくことも必要である。

表 3-5 イスカンダル地域における太陽光導入ポテンシャル (2013)

(出典 : NEXSTEP: Sustainable Energy Transition Roadmap for Iskandar Malaysia)

表 3-6 イスカンダル地域における業務部門の年間電力消費量 (2019)

(出典 : NEXSTEP: Sustainable Energy Transition Roadmap for Iskandar Malaysia)

商業施設に限った導入ポテンシャルについてはデータがなかったため、特に電力消費量が多いショッピングモールに限定して、延べ床面積から太陽光発電挿入ポテンシャルを算出した。算出方法としては環境省の再エネポテンシャルの算定方法を参考としている。

導入可能容量については、イスカンダル地域におけるショッピングモールの延べ床面積 (1,913,000 m²) ×商業施設の設置係数 (0.05) ×単位面積当たりの設備容量 (0.083kW/m²) にて算出したところ、7,939kW という結果となった。

3.3 導入技術の検討

3.3.1 マレーシアにおける太陽光発電の導入プログラム

マレーシアでは、太陽エネルギーを促進するために導入されたさまざまなプログラムやインセンティブがある。各プログラムの詳細は表 3-7 の通りである。

表 3-7 マレーシアにおける太陽光発電導入の導入プログラム

プログラム	開始年	主要なポイント
FIT 制度 (Feed-in-Tariff)	2011	<ul style="list-style-type: none"> ● 2017 年に制度が終了し、LSS、NEM、SELCO に置き換わる ● マレーシア半島とサバ州のみが対象
LSS (大規模太陽光発電)	2016	<ul style="list-style-type: none"> ● 4 回のオークションが終了 ● マレーシア半島とサバ州のみが対象
NEM (ネットエネルギーメータリング)	2017	<ul style="list-style-type: none"> ● 屋上太陽光発電市場を促進するため、累積 1GW の容量を確保 ● 補償率を「1 対 1 オフセット」に改定し、普及を促進 ● 100%子会社のもとで、余剰電力を指定された施設に輸出できる VNM の実施 ● マレーシア半島のみ対象
SELCO (自家消費)	2011	<ul style="list-style-type: none"> ● サバ州では 2019 年から SELCO が NEM に置き換わる
SARE	2019	<ul style="list-style-type: none"> ● 2019 年から制度が開始 ● ソーラーパネルをリースし、システムの初期投資なしで設置

(1) 太陽光発電の固定価格買い取り制度(「FiT」)

FiT は、再生可能エネルギー(バイオマス、バイオガス、小水力発電、太陽光発電など)から生産された電力を固定価格買い取り制度保有者 (FIAH) から所定の FiT レートで特定の期間購入することを配電ライセンス保持者 (DL) に義務付けるスキームである。「DL」とは、Tenaga Nasional Berhad (TNB)、Sabah Electricity Sdn. Bhd.、NUR Power Sdn Bhd など、マレーシアで電力を配電するライセンスを保持している企業を指し、「FIAH」とは、SEDA が発行し、再生可能エネルギーを FiT レートで販売する権利を有する固定価格買い取り制度承認証明書を保持している個人または企業を指す。

FIT スキームを通じて、FIAH は、発電事業者が生産した電力に対する電力金の支払い、

発電された電力に対する輸出関税の支払い、およびグリーンテクノロジー/または再生可能エネルギープログラムの下で提供されるその他のインセンティブなど、さまざまなメリットを受けることができる。しかし、2011年に導入された太陽光発電の固定価格買い取り制度は、2016年以降登録が終了しており、代わりにネットエネルギーメータリング（NEM）が導入されている。

（２） 大規模ソーラー(LSS)

大規模太陽光発電プラントのエネルギーコスト削減を目的として、大規模太陽光発電（LSS）競争入札制度が2016年に導入された。LSSプログラムはエネルギー委員会によって実施されLSSのPVプラントを建設、所有、運営するための入札を実施する。最終選考に残った入札者は、その後、TNBまたはSabah Electric Sdn Bhd（「SESB」）とPPAを締結する。

入札は2016年から計4回実施されている。最低落札価格は毎回低くなっており、2020年のLSS4では約0.14RM/kWhという価格帯であった。

表 3-8 LSS 入札結果

	年	容量	最低落札価格
LSS 1	2016	371MW	0.39RM/kWh
LSS2	2017	526MW	0.34RM/kWh
LSS3	2019	491MW	0.17RM/kWh
LSS4	2020	1,000MW	0.14RM/kWh

エネルギー委員会の要件によると、LSSに参加する予定の参加者は、少なくとも51%のマレーシアの株式持分を持つ現地企業、または少なくとも1つの現地企業で構成され、51%のマレーシアの株式持分を持つ法人のコンソーシアムでなければならない。これにより、参加者の外国株式保有は事実上49%に制限される。

（３） ネットエネルギーメータリング(「NEM」)

太陽光発電のネットエネルギーメータリング（NEM）制度は、太陽光発電による発電量から自家消費量を差し引き、余剰電力を国営電力会社のTenaga Nasional Berhad（TNB）に売電するものである。一般的に、マレーシア半島のTNBとサバ州およびラブアン連邦直轄領のSESBに登録されている消費者は、NEMを申請する資格がある。NEMスキームの実施を希望する企業には株式制限はなく、このスキームはすべての国内、商業、産業、農業部門に適用される。

この制度は導入された2016年から2018年末までは発電した余剰電力は平均的な小売料金より低い価格で販売されていたため、わずか10MWの設置とNEMの普及率は低かったが、2019年1月には、NEMの新規申請に対する余剰電力の価格が小売価格と一致するよ

うに引き上げられたことから NEM が一気に普及し、2020 年 12 月 31 日までに元々割り当てられていた 500MW の枠が全て適用された。

PV 業界からの圧倒的な反応と、太陽エネルギーの使用を促進するための努力により、2021 年には新たに NEM3.0 と称したプログラムを導入した。NEM 3.0 は 2021 年から 2023 年まで有効であり、割り当てた枠の合計は最大 800 MW である。NEM 3.0 は、次の 3 つの新しいイニシアチブ/カテゴリに分類される。

表 3-9 NEM3.0 の概要

イニシアチブ/カテゴリ	割当枠 (MW)	割当日
NEM Rakyat プログラム	100MW	2021 年 2 月 1 日 ～2023 年 12 月 31 日
NEM GoMEEn プログラム (Government Ministries and Entities)	100MW	2021 年 2 月 1 日 ～2023 年 12 月 31 日
NOVA プログラム (Net Offset Virtual Aggregation)	600MW	2021 年 4 月 1 日 ～2023 年 12 月 31 日

(4) SELCO (自家消費)

2017 年に導入された、SELCO として知られる自家消費プログラムは、太陽光発電を自家消費目的で行い、余剰分をグリッドに流せないケースに適用される。自家消費のシステムには特に優遇措置は設定されていないが、政府は個人、商業分野、工業分野の消費者が自家消費を目的に太陽光発電システムを設置することを奨励している。自家消費は系統電線に接続せず、料金の支払も発生しないことから、ユーザーが自己責任で自己調整を行うシステムとなっている。このため、自家消費用に発電された再生可能エネルギーの全体量に関するデータは入手不可能である。独立型 (オフグリッド) 自家発電については政府が定めた容量の上限はないが、消費者の現行最大需要の 75%未満でなくてはならない。単相で 24kW または三相で 72kW を超える太陽光発電システムの設置にはエネルギー委員会が発行するライセンスを取得する必要がある、これらのシステムの設置は太陽光システムの設置工事業者またはエネルギー委員会が認証する資格を有する電気工事業者が行わなければならない。

(5) 再生可能エネルギー供給契約(「SARE」)プログラム

SARE は、顧客、投資家/所有者、および配電ライセンシー (Tenaga Nasional Berhad、以下 TNB) の間で締結された三者間契約であり、顧客が太陽光発電システムを採用する際のアクセシビリティと手頃な価格を高めることを目的としている。SARE プログラムでは、投資家/所有者が太陽光発電システムを顧客にリースし、顧客による太陽エネルギーの購入は TNB から請求される。この取り決めでは、TNB は契約および請求エージェントの役割を引き受ける。顧客は TNB を介して投資家/所有者にリース料を支払い、その見返りとして、消

費者は太陽光発電システムを設置するための初期費用を支払う必要がないため、太陽光発電システムへの投資が顧客にとってより手頃な価格になる。このプログラムはいわゆる PPA であり、北九州市モデルが実施している取組と一番近い形となる。ただ、SARE プログラムに参加するには、投資家/所有者が SEDA に登録されている必要がある。

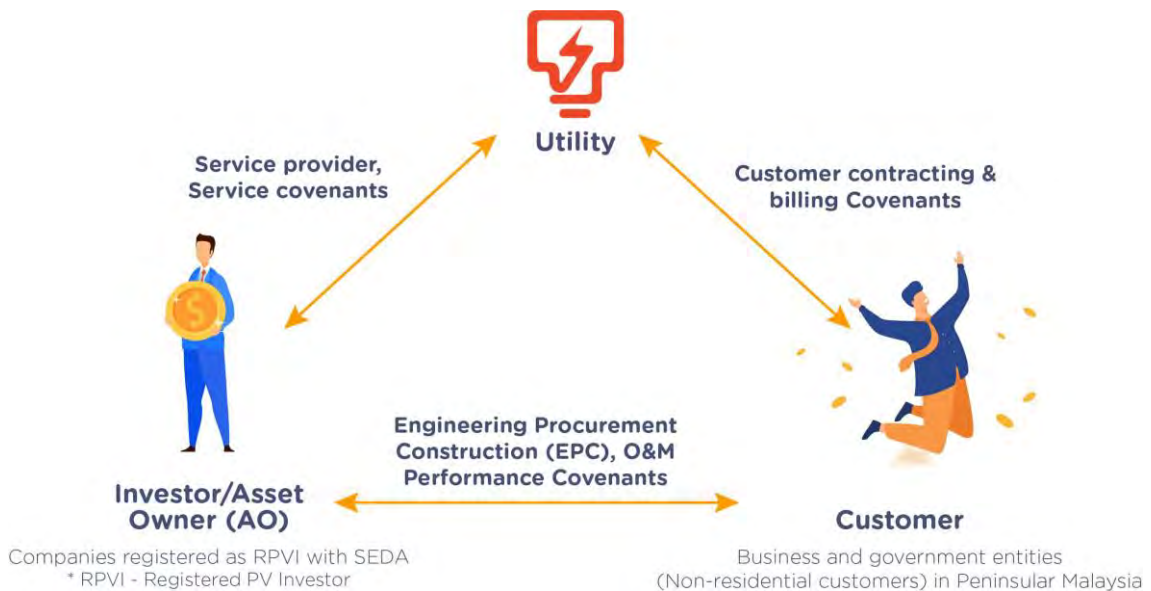


図 3-5 SARE プログラムスキーム
(出典：OpenSys Technologies Sdn Bhd HP)

ジョホール州内で登録されている事業者は表 3-10 の通りである。

表 3-10 ジョホール州における登録済み太陽光発電投資家 (RPVIs) 名簿

#	Company Name		State
1	DITROLIC ENERGY SOLUTION 2 SDN. BHD.		JOHOR BAHRU, JOHOR DARUL TAKZIM
2	DYNAC ENERGY SDN BHD		JOHOR, JOHOR DARUL TAKZIM

3	ELECTRON HARVEST SDN BHD		SKUDAI, JOHOR DARUL TAKZIM
4	NEUTO SDN BHD		JOHOR, JOHOR DARUL TAKZIM
5	SOLSTICE SOLAR SDN. BHD.		JOHOR BAHRU, JOHOR DARUL TAKZIM

3.3.2 再生可能エネルギーの供給規制

マレーシアでは、上記のように消費者側に対して太陽光発電の導入をサポートするプログラムが実施されているが、そのプログラムを提供する電力供給事業者に関しては制限がある。

電気供給事業として、「お客さまサイトに現法資産で小規模電源を設置・所有・運転することで電気を供給するスキーム」を想定した場合に遵守すべきルール等は次の通りと想定される。

まず、マレーシアの電気供給法（1990年）のもとでは、“Public installation”と“Private installation”の2つのタイプのライセンス制度が有り、いずれもエネルギー委員会により認可されている。

このうち、“Public installation”とは、ライセンスを受けた者以外へ電気を供給するための設備導入に関するものであり、“Private installation”とは、ライセンスを受けた者が所有する土地・建物内において電気を供給・使用するための設備導入に関するものである。今回は第三者保有型による電力供給を想定しているため、“Private installation”のライセンスが必要となる。参考までに“Private installation”のライセンスが必要とされる事業の具体例は次の通りである。

- Private installation :
 - ① 他者が所有する道路・橋・川・通信線・鉄道と交差する架空電線・地中ケーブル
 - ② 電力系統・電力会社・ライセンス事業者からの電力供給が無い場所での自家用発電
 - ③ 建設現場・展示会等における一時的な自家用発電
 - ④ コージェネレーションのような効率的技術を用いた自家用発電

- ⑤ 太陽光発電のような再エネ電源を用いた自家用発電

一方、“Public installation”のライセンスが必要となる事業の具体例は次の通りである。

● Public installation :

- ① TNB、SESB のような電力会社による消費者への電気供給
- ② IPP・FIT 認可事業者のような電力会社へ電気を供給・売電するための発電
- ③ 太陽光発電のような再エネ電源を用いた自家用発電であり、余剰電力をNEM 方式によって系統へ売電するもの
- ④ コージェネレーションのような効率的技術を用いた自家用発電であり、クアラルンプール国際空港のGas District Cooling Sdn. Bhd.のような複合施設または特定エリアに余剰電力を売電するもの
- ⑤ クアラルンプールのKL セントラルにおいてMalakoff Utilities が運営するような、電力会社から電気を購入し、複合施設または高層ビルにて電気供給・売電や他のサービスを提供するもの

なお、5MW 以上の容量のPrivate installation またはPublic installation は、エネルギー委員会のライセンスユニットであるDepartment of Industry Development and Electricity Market Regulation において審査が行われる。また、5MW以下の容量のPrivate installationはおり簡素な審査が行われる。いずれの審査についてもオンライン申請が可能となっている。

3.3.3 マレーシアにおける省エネルギー政策

再エネ100%北九州市モデルでは、太陽光発電の導入による再生可能エネルギーの導入拡大だけでなく、省エネ機器を活用したエネルギー消費量の削減といった取り組みも特徴としてある。

マレーシアの省エネルギーについては、1991年に国家エネルギー効率プログラム（National Energy Efficiency Program）が策定され、エネルギー利用効率の向上に資するシステム、設備や建物の開発促進が図られてきた。1998年5月には非営利独立法人としてマレーシアエネルギーセンター（Pusat Tenaga Malaysia、PTM）が設立され、政府の省エネルギー政策を推進するとともに、エネルギー分野における様々な研究開発を強化し、エネルギー効率的な管理に資するためエネルギー関連情報のデータベース化に取り組んでいる。

政策的な主な動きは次の通りである。

- 第11次5か年計画（2016～2020）

第11次五か年計画における省エネの重点分野として、デマンドサイドマネジメントマスタープラン（Demand Side Management Master Plan）を作成し、建物、産業及び家庭部門のデマンドサイドマネジメントを拡大することとされている。また、次の取組みも計画されている：

- ① 政府機関によるグリーン調達比率を20%とする。
- ② 環境に優しい建物の資格取得の促進や評価制度の強化。
- ③ My Hijauラベリングプログラムの拡大。
- ④ 低炭素モビリティの促進、特に高効率自動車（energy efficient vehicles、EEVs）、CNGやバイオ燃料の利用を促進する。

- 機器の最低エネルギー効率基準

現在冷蔵庫、エアコン、テレビ、家庭用ファンと照明（蛍光灯、CFL、LEDと白熱灯）の5品目が義務化対象となっている。

- ラベリング制度

2013年5月の電気規則1994（Electricity Regulations 1994）の改定によって、冷蔵庫、エアコン、テレビと家庭用ファンの4製品がラベリング制度の対象となった。

- グリーンビルインデックス（Green Building Index、GBI）

2009年5月に、自主制度として実施。これまで、新築商業用ビルや住宅、タウンシップ、産業や工場用の認証基準を定めた。GBIの評価基準は、エネルギー効率、室内環境、継続可能なビル管理方法、資材・高熱・水の効率的利用から構成されており、この基準に基づいて新築の商業用ビルは、銀、金及びプラチナと格付けされる。

- 省エネ家電割り戻し制度（Sustainability Achieved via Energy Efficiency、SAVE Program）

2011年7月7日に実施された制度で、消費者が省エネ家電を購入する際に補助金を支給し、省エネ型の家電製品の普及促進を狙っている。対象商品は、冷蔵庫、エアコンと業務用冷凍庫の3品目である。

- 国家省エネ関連制度と目標の制定

省エネ関連制度と目標の設定に関する主な動きは次の通り。

- ① 1991年：「国家省エネルギー計画」（National Energy Efficiency Program）を発足。
- ② 1998年：「マレーシアエネルギーセンター」を創設 → 省エネの推進 など
- ③ 2010年：「第10次マレーシアプラン」の中に、家庭、町・都市、産業、ビルの省

エネ促進戦略を策定 → 2014年までに白熱灯の段階的に廃止。

- ④ 2010年：「国家エネルギー効率マスター計画」(National Energy Efficiency Master Plan)調査を完了。
- ⑤ 2011年：省エネルギー法の草案を作成しており、2013年に導入する予定
- ⑥ 2014年1月：「国家エネルギー効率マスター計画」のドラフトが公表された
- ⑦ 2015年12月：COP21に、GDP当たりのCO2排出量を2030年までに2005年比で45%削減する目標を提出。
- ⑧ 2022年9月：「国家エネルギー政策」(National Energy Policy 2022-2040)を策定。「工業用および商業用エネルギー効率の節約率の増加(1%未満から11%)」及び「住宅のエネルギー効率の節約率の増加(1%未満から10%)」を目標として設定。

● 省エネに関する推進体制の整備や促進計画

- ① 省エネ推進センターの設立。
- ② 充実と多様な税制・優遇制度や助成措置の導入。
- ③ 産業の省エネ：国際機関及び他ドナー地球環境基金、国連開発計画、デンマーク国際開発援助等の支援より、省エネ促進に注力。
- ④ ESCO事業
- ⑤ 建物の省エネ：省エネルギーガイドライン、グリーンビルインデックスを導入、省エネビルプロジェクトーゼロエネルギービル、ローエネルギーオフィスビル、エネルギー委員会本部ビル
- ⑥ 普及啓発活動・省エネルギー教育キャンペーン
- ⑦ 省エネ家電割り戻し制度(日本のエコポイント制度相当)

以上の通り、マレーシア国では省エネ推進施策が積極的に推進されてきているが、法律は制定されておらず、低価格なエネルギーコストの影響もあり、必ずしも省エネは普及していない。特にESCO事業については、そのコンセプトは知られているものの、実証的な活動以外で商業ベースのESCO事業は1件しかないとの指摘もあり、普及は今一つの状況にあるものと考えられる。

ただし、「国家エネルギー政策」の中で今後、新しいエネルギー効率保全法(EECA)の策定を予定しており、今後省エネルギー対策に対する規制が厳しくなることが予想される。

3.3.4 再エネ 100%北九州市モデルの適用

3.3.1 にて紹介した政府が実施している各プログラムを比較すると、100%再エネ北九州

市モデルに一番近い形は同じく PPA モデルを実施している SARE であると言える。しかし、SARE モデルにて契約を締結する電力会社は TNB に限られており、電力自由化が進んでいる日本とは状況が異なるため、北九州パワーといった自治体新電力会社が事業を実施する方法はマレーシアでは難しい。

また、北九州市モデルの特徴である省エネの推進については、マレーシアではまだ ESCO 事業も進んでおらず、エネルギーコストが低価格であることから省エネに対するインセンティブも低いものとする。北九州市モデルをマレーシアで実施するためには省エネの取組を再エネと合わせて実施していくための仕組みも検討していく必要がある。

3.4 経済性の検討

本項では、再エネ 100%北九州市モデルにて太陽光発電を導入した場合、利益が出るのかを試算する。本事業では特に商業施設の中で電力消費量が多いショッピングモールを対象とし、太陽光発電を導入した場合の温室効果ガス排出削減効果と費用対効果を試算する。

3.4.1 前提条件

(1) 発電電力量の算出

導入容量に対する発電電力量に関しては、マレーシアにおける日射量のデータを基に算出する。日射量のデータは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が公開している太陽光発電システム等に係る設計支援ツールのアジア標準日射データベースを使用する。閲覧可能なデータのうち、24 時間×365 日のデータを利用できるもので、イスカンダル地域に最も近い時刻別 METPV-ASIA のマレーシア・クアラルンプールの日射データを使用する。なお、METPV-ASIA の日射データは、平均的な年のデータをそのまま採用されたものではなく、統計期間内で「月ごと」に最も平均的な年を選定し、月の境目でデータのスムージングを行い人工的に作成されたデータである。

日射量のデータを基にショッピングモールに最大 7,939kW を導入した場合の発電電力量の年間推移は図 3-6 ショッピングモールの太陽光発電による年間発電量推移図 3-6 の通りである。合計で 8,729,703kWh を発電することが可能である。設備利用率は年平均 12.55% となっている。

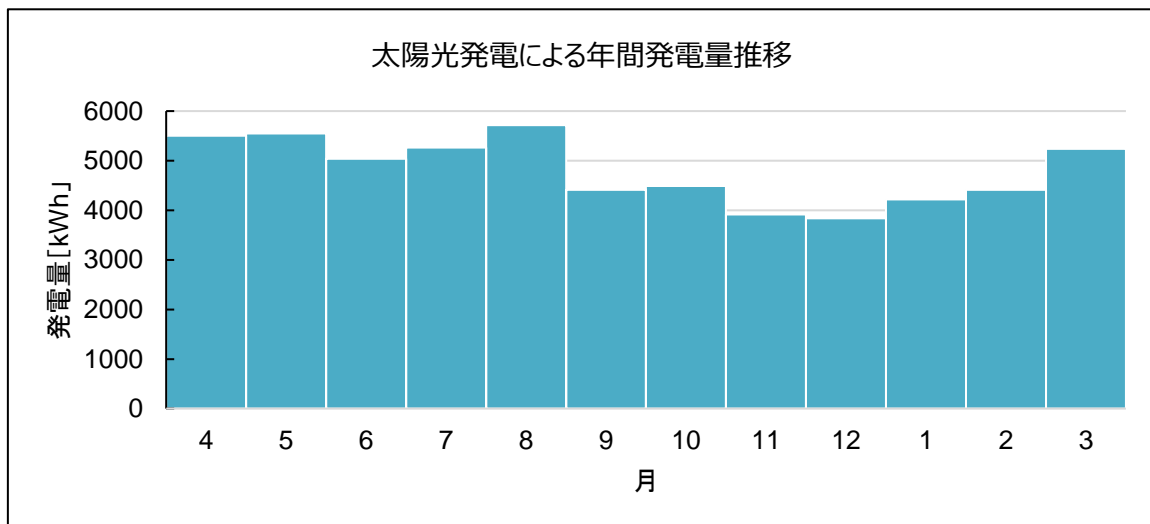


図 3-6 ショッピングモールの太陽光発電による年間発電量推移

(2) 系統電気料金

太陽光発電にて発電した電力の売電価格については、TNB の売電価格と同様とする。

TNB の一般商用料金を参考に以下設定した。

- ・ 1KW ごと : 30.3 RM/kW
- ・ 1kWh ごと : 0.365RM/kWh

(3) 太陽光発電の導入費

マレーシアでの太陽光発電導入に係るコストについては、M A Islam et al 2018 の文献によると、12kW の系統連系型太陽光発電所の総設置費用は約 RM93,480 である²。この数値を参考に、1kW 当たり 7,790RM の費用がかかると試算した。なお、日本円換算については、日本銀行の報告省令レートの 2023 年 2 月の適用分を参考に 1RM=30.65 で計算する。

3.4.2 排出削減効果の試算

(1) 算出方法

設備導入の際に最も投資を必要とする初期費用に関して、GHG 排出削減量に応じての設備補助を活用できる JCM 設備補助事業は、経済性確保の視点から非常に有益な補助制度である。JCM 設備補助を活用し初期費用の負担を軽減できることは、経済性ならびに事業性の確保に大きく寄与することとなる。マレーシアは現時点で JCM が締結出来ていないため、排出削減効果の試算はタイ国の JCM 設備補助の MRV 方法論における算定式を活用する。

$$RE_p = \sum_i EG_{i,p} \times EF_{RE}$$

RE_p : 期間 p の基準排出量 [tCO₂/p]

EG_{i,p} : 太陽光発電システムによる発電量 / 期間 p の電力量 [MWh/p] [MWh/p]

EF_{RE} : 系統電力及び自家発電電力の基準 CO₂ 排出係数[tCO₂/MWh]

本調査検討では、太陽光発電の導入を対象とするため、排出係数は、マレーシアの系統電力における排出係数として設定されている 0.6448 kg-CO₂/kWh³を適用し検討する。

3.4.3 GHG 削減効果に伴う JCM 設備補助金額を考慮した評価

経済性の検討計算も併せて実施するために、太陽光発電設備の初期想定コストを以下の

² <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/358/1/012019/pdf>

³ <https://www.iges.or.jp/en/pub/list-grid-emission-factor/en>

通り設定した。

太陽光発電設備導入費用	7,790RM (238,764 円) /kW
耐用年数	17 年
排出係数	0.6448 kg-CO2/kWh
JCM 設備補助率	50%

以上の条件から算出すると、7,939kW を導入するのに必要な費用は 61,844,810RM (1,895,547,396 円)で、JCM の設備補助 (50%) を活用すると、設備投資額は 30,922,405RM (947,773,698 円) となる。

また、発電量及び電力料金から太陽光発電による電力の売電売上は年間で 3,426,893RM/年であるため、約 9 年間で投資回収が可能である。

費用対効果については、JCM の基準である 4,000 円/tCO2 を目安とする。計算方法は以下の通りである。

<p>費用対 GHG 排出量削減効果 = 補助金額/GHG の年間排出削減量 [tCO2/y] ×法定耐用年数</p>

年間の GHG 排出削減量は約 5,629t-CO2 であるため、上記計算式に当てはめると、
30,922,405RM/5,107t-CO2×17 年=323RM
1RM=30.65 円で換算すると費用対効果は 9,904 円/tCO2 である。

表 3-11 費用対効果算出結果

年間 GHG 排出削減量	5,629t-CO2
補助金額	30,922,405RM (947,773,698 円)
プロジェクト期間内の GHG 排出削減量	95,692t-CO2
費用対 GHG 排出量削減効果	323RM (9,904 円) /tCO2

JCM の基準である 4,000 円/tCO2 よりも高い数値となった理由としては、太陽光発電の導入費が他国よりも高水準であることが原因と考えられる。図 3-7 は各国の太陽光発電の導入費の比較を表しているが、今回の試算での太陽光発電の導入費は一番導入費が高いロシア、日本と同水準となっている。

比較的価格の安いドイツなどと同水準の価格帯であれば十分費用対効果 4,000 円/t-CO2 を達成することが可能である。

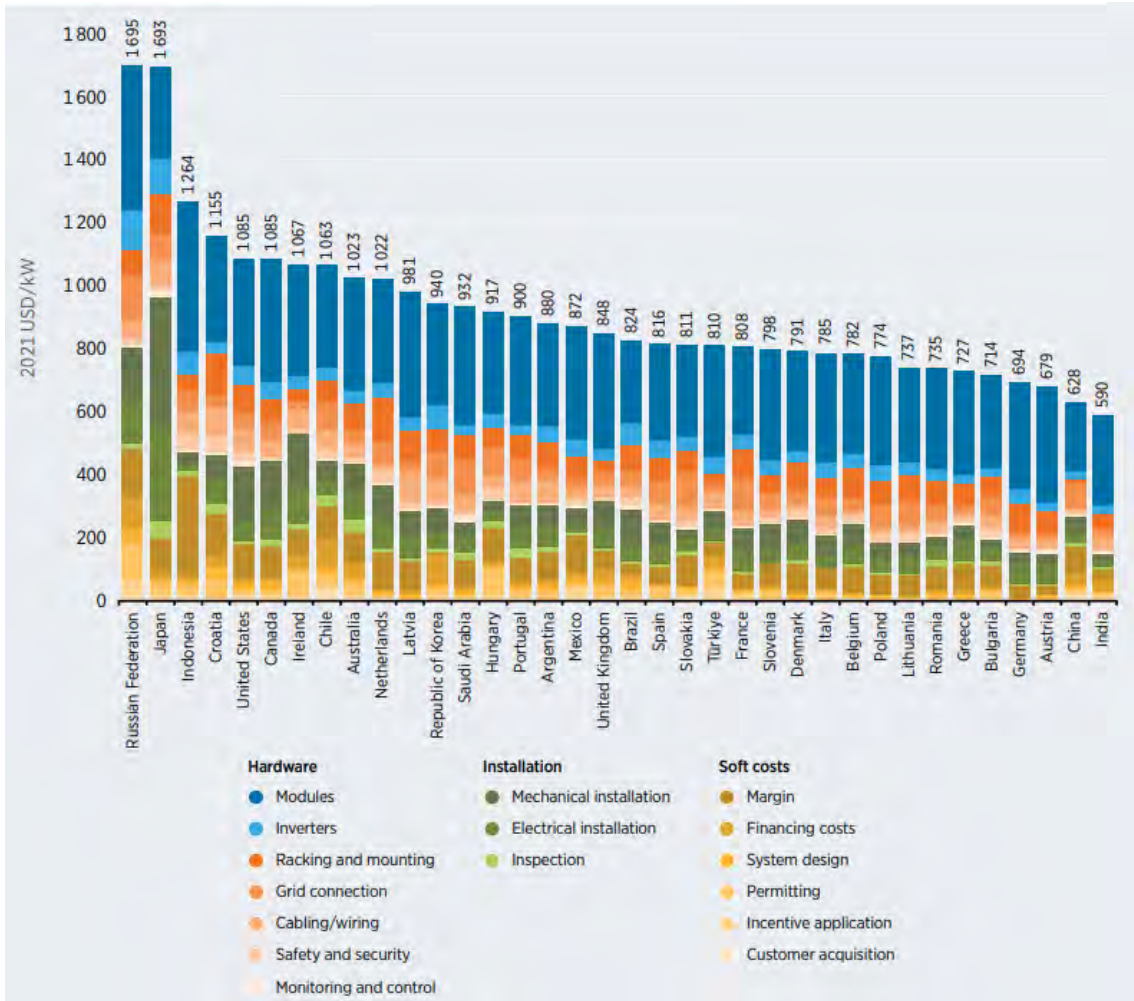


図 3-7 各国の太陽光発電の導入費比較

(出典 : IRENA: RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2021)

3.5 再エネ導入に向けた行政の支援制度等のあり方に関する検討

再エネ導入、特に太陽光発電の導入に向けては3.3にて検討した通り、様々なプログラムが政府によって実施されている。また、イスカンダル・マレーシアでも同様に再エネ導入に向けて支援を進めている。

その中で、Low Carbon Society Blueprint for Iskandar Malaysia 2030 Climate Action Plan では、表 3-12 の内容にて再生可能エネルギーの導入を促進すると記載されている。既に政府から提供されている導入プログラム（NEM、SARE など）のプロモーションを実施すると共に、再生可能エネルギー及びエネルギー効率の許認可プロセスの円滑化や RE・EE 分野での人的能力開発の強化が取組として挙げられている。

現在、電力供給プロジェクトの申請・承認プロセスは3～6ヶ月、電力供給システムの設置・試運転は1週間から1ヶ月の期間を要している。エネルギー委員会や SEDA などの連邦政府機関、国営電力網所有者である TNB、地元当局の間で、電気自動車や EE の設置申請手続きを合理化・短縮化する必要があるとされている。また、RE・EE 導入の遅れは、RE・EE プロジェクトの設計、設置、試運転を行うことのできる熟練した人材の不足に起因している。このため、RE・EE 分野での人材育成を優先し、RE・EE 導入の需要増に対応できる人材を確保することが重要であるとされている。

また、取組に対する資金援助に関しても記載がある。インセンティブや補助金を与えることで再生可能エネルギーの導入がより進むことを想定している。インセンティブと補助金は、再生可能エネルギーの導入を加速させるために重要である。IRDA は、イスカンダル・マレーシアにおける RE/EE プロジェクトの投資と実施を促進するための追加的なインセンティブを開発するために、各機関と調整することを想定している。特に中小企業や住宅所有者など太陽光発電など再エネ導入に対して投資金額の負担が大きい対象に向けて補助金や税制優遇措置を実施していく。

表 3-12 Low Carbon Society Blueprint for Iskandar Malaysia 2030 Climate Action Plan における再生可能エネルギーの導入に関する取組

再生可能エネルギー（RE）およびエネルギー効率（EE）プロジェクトの推進と実施	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2020年時点でのイスカンダル・マレーシアのREとEEのベースラインと年次レビューを確認するため、エネルギー委員会とSEDAと共にストックテイク演習プログラムを実施（3ヶ月に1回推奨）。 ・ イスカンダル・マレーシアの政府、民間、公共機関の関係者の間で、REとEEへの参加を促進するためのREとEEに関するプロモーション・プログラム。 ・ ネットエネルギーメータリング（NEM）、自家消費（SELCO）、電力購入契約またはリースによる再生可能エネルギー供給契約（SARE）イニシアティブを通じて、C&Iビル向けに政府のゼロコスト再エネプログラムを展開・実施し、設備

	<p>所有者に資本支出や運用・保守をゼロコストで提供する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 住宅所有者向けゼロコストREプログラムの開発・確立 ・ 産業ビル所有者のためのゼロコストEEプログラムの開発と確立 ・ イスカンダル・マレーシアに投資する国内外投資家のRE・EEへの参加を呼びかけるためのRE・EEに関するプロモーション・プログラム ・ 住宅、タウンシップ、インフラストラクチャの開発者が、新しい開発にREとEEシステムを導入するためのREとEEに関するプロモーション・プログラム。 ・ MyHIJAU中小企業・起業家育成プログラム及びその他グリーンスキームの推進
再生可能エネルギー (RE) およびエネルギー効率 (EE) 許認可プロセスの円滑化	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 連邦政府機関、TNB、地元当局によるワンストップセンター (OSC) プログラムを開発・確立し、REおよびEE設置プロジェクトの申請・承認プロセスを合理化・短縮化すること。 ・ 地方公共団体による RE/EE 設置のガイドラインと要求事項をジョホール州地方自治局 (SUKT) を通して標準化し、新規開発時に RE/EE 設置を義務化する。RE、EE 設置のための年間査定料と仮設申請料を引き下げるインセンティブを自治体から提供することができる。 ・ 建築物一体型太陽光発電 (BIPV) 設置のための仮設承認と、建物内のEEシステムの改修のための地方当局との承認プロセスを短縮すること。 ・ エネルギー委員会が発行する発電ライセンスの承認プロセスを短縮し、REおよびEE設置のための一時的なライセンス発行を可能にする。 ・ SEDAが発行するREおよびEE認証の承認プロセスを短縮すること。 ・ RE設備のTNBによる試験と試運転の承認プロセスを短縮すること。 ・ エネルギー委員会による設置済みRE設備の浮動式充電器を可能にする。
REとEEの商業的研究開発及び人的能力開発の強化	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ REとEE技術の開発と導入に関連した商業R&D補助金プログラムのための政府機関と民間機関の連携 ・ REとEEの人材育成に関連した研修助成プログラムのための政府機関と民間機関の連携 ・ 新卒者及び既存の技術熟練労働者を対象とした、長期的キャリアとしてのREとEEの可能性についての普及啓発プログラム。
商業用 RE および EE プロジェクトに対する財政的インセンティブ	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 商業・工業施設のオーナーやデベロッパーを対象とした、REとEEに関するプロモーションと意識向上プログラム ・ 政府機関、金融機関、商業・工業施設所有者、開発者を結びつけ、RE・EEとそれに関連するエネルギー効率化システム、グリーンモビリティ製品 (EV、E

	<p>バイク) への容易な資金アクセスを提供するクロスエージェンシープログラム。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 商業・工業施設所有者および開発者向けの特別なREおよびEE税制優遇プログラムの開発・確立。 ・ 協同組合がREとEEに参入するための補助金と助成金の設立。 ・ 商業・工業施設のオーナーやデベロッパーがREやEEに参入するための補助金の設立。 ・ REとEEの利用を促進するために、関税率のインセンティブと補助金の推進。
<p>中小企業および住宅所有者のための RE および EE 補助金および税制優遇措置</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 中小企業や住宅所有者を対象としたREとEEに関するプロモーションと意識向上プログラム ・ 政府機関、金融機関、中小企業、住宅所有者を結びつけ、エネルギー効率化製品やグリーンモビリティ製品 (EVやEバイク) など、REやEEおよびその関連製品への容易な資金アクセスを提供するクロスエージェンシープログラム。 ・ 住宅所有者のための特別なREおよびEE税制優遇プログラムの開発・確立。 ・ 中小企業向けの特別なREおよびEE税制優遇プログラムの開発・確立。 ・ 中所得者層や低所得者層の住宅所有者に対するRE及びEE補助金プログラムの開発及び確立。

マレーシアでまだ太陽光発電が普及していない理由としては、電力価格が低価格であるため、自ら太陽光発電を導入するインセンティブが湧いていないところが挙げられる。導入を促すための方法として、上記にて説明したように、政府が既に実施している導入プログラムのプロモーションや、制度をより利用しやすくする仕組み、そして後々需要が増加した際に対応する人材育成が挙げられる。それ以上に、電力価格が普及の壁になっている場合は、補助金や税制優遇といった対応がより効果的ではないかと思料する。

3.6 今後の展開

本活動ではマレーシアにおける太陽光発電の導入ポテンシャルや導入するビジネスモデルについて検討を実施した。マレーシアでは 2030 年及び 2050 年に向けて再生可能エネルギーの導入目標を掲げており、特にイスカンダル地域では太陽光発電の導入に注力していく姿勢があることから、導入ニーズに関しては高いことがわかった。

政府としても太陽光発電の導入拡大のために様々なプログラムも実施しており、再エネ 100%北九州市モデルと同じく PPA モデルを実施するプログラムも存在する。しかし、電力市場の形が日本とマレーシアでは大きく異なることから、北九州市モデルをそのままイスカンダル地域にて適用させることは難しいことが分かった。

まだまだ取組が進んでいない省エネ化も含めて実施していくためにどのようなビジネスモデルが最適なのか、再エネ 100%北九州市モデルのマレーシア版を検討していくことが今後必要である。

また、太陽光発電の導入に向けて今年度はイスカンダル地域のショッピングモール全体に対して太陽光導入ポテンシャル及び費用対効果を試算したが、各施設などの導入容量によっても結果が異なることから今後具体的な施設を選定し、詳細を検討していくことが必要である。

内容

第4章	ベースロード電源としての廃棄物発電設備導入	2
4.1	活動の概要	2
4.1.1	適用技術.....	3
4.1.2	3ヶ年の調査計画案	5
4.2	マレーシア国におけるジョホール州での廃棄物発電事業の現状	6
4.2.1	Bukit Payong での廃棄物発電施設建設計画について	6
4.2.2	進捗確認結果	9
4.3	廃棄物発電に関連する規制の調査.....	10
4.3.1	施設設計に適用される法令等.....	10
4.3.2	環境影響評価	14
4.4	廃棄物発電設備導入に係る技術面での検討	23
4.4.1	事業実施内容	23
4.4.2	今年度の活動結果.....	25
4.4.3	次年度の活動内容案	40
4.5	今後の展開	46

第4章 ベースロード電源としての廃棄物発電設備導入

4.1 活動の概要

マレーシア国では、経済成長に伴い、増大する廃棄物の適切な管理・処理が重要な課題となっている。同国第二の経済都市圏であるイスカンダル地域においては、2019年度から北九州市及び株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所がイスカンダル地域開発庁（以下「IRDA」）と連携し、環境省委託の都市間連携事業を開始した。令和元年度に実施された「イスカンダル地域における低炭素化促進事業（北九州市－イスカンダル開発地域連携事業）」の中で、イスカンダル地域開発庁（IRDA）から低炭素社会ブループリントの次のステップの活動において、「Waste to Energy（廃棄物発電）」がキーワードの1つとして示された。IRDAとしては、今後、我が国企業の有する技術等をベースとした詳細検討を期待していることから、2020年度の「イスカンダル地域における脱炭素化促進事業（フェーズ2）」及び2021年度の「イスカンダル地域における脱炭素化促進事業（フェーズ3）（北九州市－イスカンダル開発地域連携事業）」では、日鉄エンジニアリング株式会社も参加したうえで廃棄物発電施設の導入に向けた実現可能性調査を実施した。

今回の「令和4年度脱炭素化社会実現のための都市間連携事業委託業務 イスカンダル地域における脱炭素モデルエリア構築事業（フェーズ1）」（以下「本事業」）における廃棄物発電施設に係る実現可能性調査は、前述の2021年度の都市間連携事業の継続事業である。

本年度は令和3年度の活動成果を踏まえ、マレーシア政府が進める廃棄物発電事業の進捗を確認するとともに、廃棄物発電施設の候補サイトである Seelong 最終処分場の管理を行っている SWM Environment Sdn. Bhd.との協議を継続し、将来の廃棄物発電施設に関する連携可能性の検討を実施するとともに、Seelong 最終処分場に赴きごみ量といったデータ収集を実施した。以上をまとめると、令和4年度の活動は次の通りである。

- 1) マレーシア国におけるジョホール州での廃棄物発電事業の進捗の確認
- 2) 現地企業（SWM Environment Sdn. Bhd. 他）との連携可能性の検討

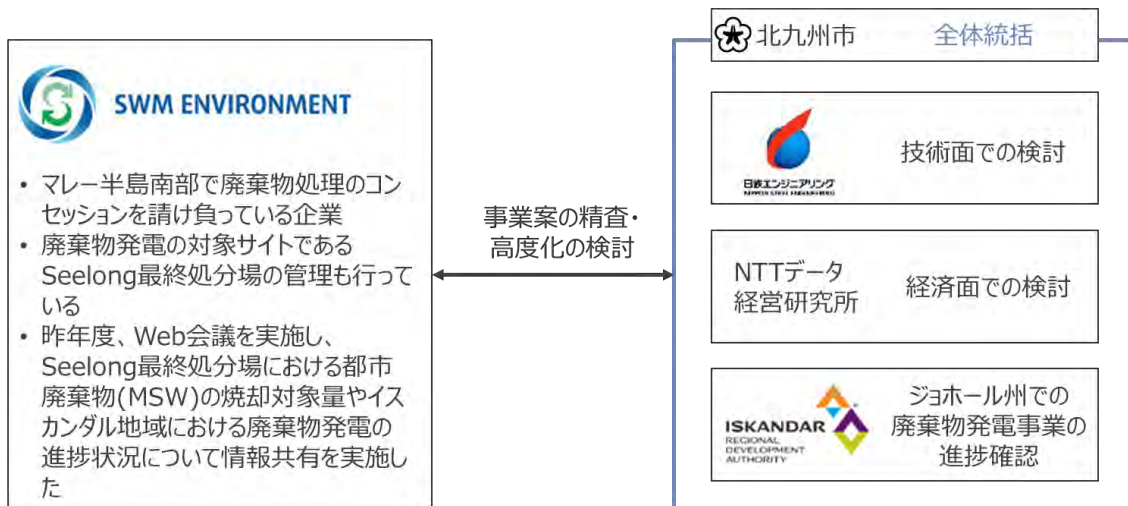


図 4-1 令和 4 年度事業の実施体制

4.1.1 適用技術

本検討では、ストーカ炉技術の適用による廃棄物発電施設の導入を前提とする。我が国は廃棄物発電施設による一般廃棄物処理が世界で最も普及した国の一つであると共に、ストーカ炉式焼却炉、流動床式焼却炉、及びガス化溶融炉等、様々な廃棄物処理方式が導入され、長期にわたり安定的に稼働している。また、我が国の法規制に上乘せされる形で各自治体が追加的に条例で定めることにより設定された、世界で最も厳しい環境基準を満足する為に、焼却灰及び飛灰の処理・安定化技術や高度排ガス処理技術も開発・導入されている。これらの事から、本事業では我が国の世界最先端レベルの廃棄物発電技術のマレーシアへの展開を視野に入れている。

日鉄エンジニアリングのストーカ炉式廃棄物発電技術の利用実績は、全世界で 500 基以上を数える。これらの施設は、年間 300～330 日間の運転を前提として設計されており、多くの施設で長期安定稼働を実現している。一般に、廃棄物発電施設の年間稼働日数が多いほど年間発電量（売電量）が向上する。一方、年間廃棄物処理量が一定の場合、廃棄物発電施設の稼働日数が少なければ、それだけ施設規模（一日当たり処理量）を大きくする必要があり、施設休止期間中の廃棄物の適正処理についても方途を検討しなければならず、初期投資費用等の増加につながる。これらの観点から、年間稼働日数が長く安定的に処理できる日鉄エンジニアリング製の廃棄物発電施設は、廃棄物の適正処理と経済性を求める現地のニーズに合致する技術であると言える。

加えて、日鉄エンジニアリングではボイラの高圧高温化、過熱器の材質の最適化、(燃焼)空気比低減、排ガス温度低減、タービン排気圧力低減等の取組みにより、施設による発電端効率 25～28%を実現している。このような高効率発電による発電収入の最大化に関わる取組みは、廃棄物処理に関する財政上の問題を抱える現地行政政府にとって歓迎されるものと

思料する。

今回提案する日鉄エンジニアリングの廃棄物発電施設の技術的特長は以下の通りである。
また、施設の全体フロー図（参考）を図 4-2 に示す。

- ① 多様なごみ質への対応
 - ・ 低位発熱量 1,200～5,000 kcal/kg まで安定燃焼可能
- ② スケールアップ性
 - ・ 1 系列あたり最大 1,200 トン/日 まで処理可能
- ③ 高効率発電
 - ・ 発電効率 最大 30%まで達成可能
- ④ 高度排ガス処理
 - ・ ニーズに応じて多様な技術を提供可能（乾式、半乾式、湿式処理）
- ⑤ 安定稼働
 - ・ 年間稼働時間 8,000 時間超を達成

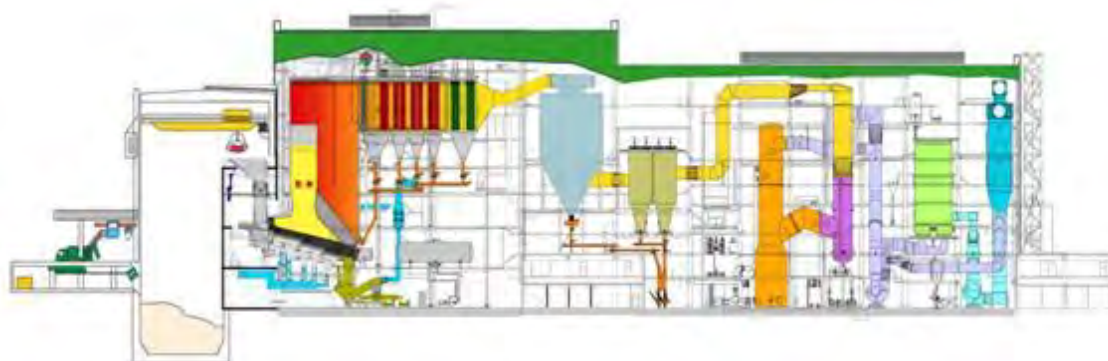


図 4-2：廃棄物発電施設全体フロー図（参考）

4.1.2 3ヶ年の調査計画案

イスカダル地域における廃棄物発電事業の実現可能性を評価するために必要と考えられる調査は以下の通りであり、今年度を含む3カ年での実施を前提としている。また、本調査は、北九州市が IRDA との都市間連携の元で全体を統括し、主幹事会社である株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所が現地法制度調査、事業実施条件・課題整理や事業採算性の評価等の法制度・経済面での検討、日鉄エンジニアリングが施設計画の策定や概算事業費の算定等の技術面での検討を実施する体制で進める。

本年度は施設計画の前提に係る情報の調査として処理対象ごみの量に関する調査と施設設計に適用される法制度について調査を実施した。

- 1) 施設計画の前提に係る情報の調査と整理
 - ① 処理対象ごみの量及び組成・性状等
 - ② 施設設計に適用される法制度（排ガス・排水基準、耐震基準、焼却灰・飛灰の受入条件等）
 - ③ 建設予定地（水道、電気、アクセス道路等の基本インフラの整備状況調査）
- 2) 事業実施に関連する法制度の調査と整理
 - ① 売電制度
 - ② 環境影響評価
 - ③ 建設業関連許認可
 - ④ 税制・通関手続き
- 3) 事業実施条件・課題整理
 - ① 官民の適切な責任分担
 - ② IRDA へ期待する役割
- 4) 事業実施体制の検討
- 5) 事業採算性の評価
 - ① 概算事業費（施設建設・運営コスト）の算定
 - ② 事業採算性の評価（環境負荷低減効果の算定含む）

4.2 マレーシア国におけるジョホール州での廃棄物発電事業の現状

本年度事業ではマレーシア政府が進める廃棄物発電事業の進捗確認を実施した。

連邦政府の計画によると、マレーシア全体で 11 カ所、ジョホール州で 2 カ所の廃棄物発電が計画されている（下表参照）。イスカンダル地域の対象プロジェクトは下表の No. 11 である。

表 4-1 マレーシア連邦政府の廃棄物発電導入計画地

No.	州	候補サイト	現状の受入量 (t/日)
1	Kedah	Semeling Landfill, Gurun	450
2	Pulau Pinang	Pulau Burong Landfill, Seberang Prai	2,000
3	Perek	Lahat Landfill, Ipoh	650
4	Selangor	Jeram Landfill, Klang	3,000
5	Kuala Lumpur	Taman Beringin Transfer Station	2,300
6	Melaka	Sungai Udang Landfill	900
7	Terengganu	Marang Landfill, Marang	100
8	Pahang	Jabor-Jerangau Landfill, Kuantan	500
9	Negeri Sembilan	Tanah Merah Landfill, Port Dickson	585
10	Johor	Bukit Payong Closed Landfill, B. Pahat	2,875
11	Johor	Seelong Landfill, Johor Bahru	3,164

ジョホール州における廃棄物発電候補地としては Seelong 最終処分場（上表の No.11）と Bukit Payong 最終処分場（上表の No.10）の 2 か所がある。この 2 か所の内、イスカンダル地域外の 1 か所（Bukit Payong）において 2020 年、先行して廃棄物発電事業の入札が開始された。イスカンダル地域の廃棄物発電も類似の入札が行われる可能性があると考え、先行する Bukit Payong の入札状況について進捗を確認することとする。

4.2.1 Bukit Payong での廃棄物発電施設建設計画について

2020 年 8 月に発表されたジョホール州 Bukit Payong での廃棄物発電施設建設計画の入札仕様書（Request for Proposal）によると、本事業は PPP 方式による設計・建設・資金調達・運営・維持管理・閉鎖の契約により実施され、コンセッション期間終了後、コンセッ

オン企業は全ての施設を解体し、土地と関連資産をマレーシア政府に譲渡するものとなっている。支払いに関しては、パフォーマンスとサービスレベルの遵守に基づくものとする。

プロジェクト要件として、マレーシア政府は、ジョホール州北部から排出される商業・産業・施設廃棄物を含む、少なくとも 800 t/日 (292,000 t/年) の固形廃棄物処理施設を調達することを求めている。また、入札者は以下のパラメータに準拠していることを証明する必要がある。

- マレーシア資本が 51%以上の企業であること。
- 自治体固形廃棄物処理施設および埋め立ての管理経験があること。
- 最低 800 トン/日の処理能力を持つ固形廃棄物管理施設の管理経験があること。
- 提案する技術ソリューションが、少なくとも 3 年間の実績を有すること。
- 提案する技術が年間 8000 時間以上稼働していること。

また、契約固形廃棄物の処理および処分に加え、コンセッション契約は、回収材料または製品（エネルギー（または電力）を含む）の移動および販売、ならびに廃棄物および処理残渣の移動、輸送、処分を含む廃棄物処理からのすべてのアウトプットの管理も含めるものとなっている。入札者は、計画的及び非計画的なメンテナンスのために施設が稼働していない場合、全ての契約固形廃棄物の管理及び処分に関する詳細を解決策に含めるものとする。上記事項に関するすべての費用は、ゲートフィーによって回収されなければならないが、マレーシア政府が別途支払いを行うことはないものとされている。

入札仕様書では、入札スケジュールが表 4-2 の通り記載されている。本スケジュールはプロジェクトに関連する重要な日付のうち、納品全体から見て重要なもの、あるいは遅延した場合に契約上の影響を受けるものを記載している。

表 4-2 主要スケジュール

Milestone	Date	Contractual Consequence
Contract signing	1 August 2021	
DEIA completion	31 July 2022	
Planning application submission	31 July 2022	
Planning permission	31 July 2022	

Planning Application Longstop Date	31 October 2022	Failure to submit Planning Application by Planning Application Longstop Date by the Longstop may lead to CA being void.
Planned Works Commencement Date	1 August 2022	Failure to commence the Works by 6 Months after the Planned Works Commencement Date is a Concessionaire's Default
Testing and Commissioning Period	1 May 2025 to 31 July 2025	
Planned Services Commencement Date	1 August 2025	
Readiness Longstop Date	6 Months after the Planned Readiness Date	Failure to obtain Readiness Certificate by Readiness Longstop Date is a Concessionaire's Default
Acceptance Longstop Date	6 Months after the Planned Services Commencement Date	Failure to obtain Acceptance Test Certificate by Acceptance Longstop Date is a Concessionaire's Default
Expiry Date	The 25th anniversary of the Services Commencement Date, unless extended by mutual agreement	

4.2.2 進捗確認結果

本年度も Bukit Payong での廃棄物発電入札案件について、業者選定の進捗状況や選定候補者の件を含め情報収集を実施したが、明確な情報を得ることはできなかった。

2022 年 7 月には当時のマレーシア住宅・地方政府大臣であった Reezal Merican Naina Merican が、国会で「ジョホール州 Bukit Payong、ムラカ州 Sungai Udang は、コンセッション契約の主要な条件を最終決定する過程にある。」と発言した。そのため、Bukit Payong のコンセッション契約に関して一定程度進んでいることは想定される。

さらに大臣は、「固形廃棄物管理のための統合施設の建設がリスクを冒さず、住民の健康に有害でないことを保証するために、住宅・地方政府省は入札者によって提案された技術が効果的であることが証明されなければならないなど、多くの規則を設定した」と述べた。これには、ガスと処理された浸出水（廃液）の放出に関する要件が含まれるとされており、さらに、環境影響調査（EIA）が実施され、汚染と住民や環境への妨害に関連する問題を特定する必要があるとのことであった。

廃棄物発電建設に向けて様々な規則が設けられることが予想されることから、現状の廃棄物基準に加え Bukit Payong の条件等を引き続き確認していき、アップデートしていくことが必要であると考ええる。

4.3 廃棄物発電に関連する規制の調査

4.3.1 施設設計に適用される法令等

(1) 環境基準

マレーシア国における廃棄物発電施設に係る環境基準として、①排ガス基準、②騒音・振動基準及び臭気基準、③排水基準を下記に示す。

① 排ガス基準

廃棄物発電施設に適用される排ガス基準（環境質法（大気）規制（Environmental Quality (Clean Air) Regulations, 2014））を表 4-3 に示す。

表 4-3 マレーシア国の排ガス基準

項目	単位	基準値
前提条件（酸素濃度）	%	11
ばいじん	mg/Nm ³	100
塩化水素 (HCl)	mg/Nm ³	40
フッ化水素 (HF)	mg/Nm ³	1
一酸化炭素 (CO)	mg/Nm ³	50
二酸化硫黄 (SO ₂)	mg/Nm ³	50
窒素酸化物 (NO _x)	mg/Nm ³	200
水銀 (Hg)	mg/Nm ³	0.05
カドミウム (Cd)、タリウム (Tl)	mg/Nm ³	合計 0.05
鉛 (Pb)、他の重金属合計	mg/Nm ³	合計 0.5
PCDD/PCDF	ng-TEQ/Nm ³	0.1

出典：Environmental Quality (Clean Air) Regulations, 2014

② 騒音・振動基準及び臭気基準

廃棄物発電施設に適用される騒音・振動基準及び臭気基準は未整備である。従い、本検討では、日本と同水準の基準値を前提に施設仕様を決定した。

③ 排水基準

排水に係る基準値（環境質法（排水）規制（Environmental Quality (Industrial Effluent) Regulations 2009）及び環境質法（固形廃棄物の中継基地及び埋立処分場の汚染管理）規制（Environmental Quality (Control of Pollution from Solid Waste Transfer Station and Landfill) Regulations 2009）を表 4-4 に示す。

表 4-4 マレーシア国の排水基準

項目	単位	A 基準 ¹⁾	B 基準 ¹⁾	浸出液 ²⁾
温度	℃	40	40	40
pH	-	6.0-9.0	5.5-9.0	6.0-9.0
BOD (20℃)	mg/L	20	50	20
COD	mg/L	120	200	400
浮遊固体	mg/L	50	100	50
水銀	mg/L	0.005	0.05	0.005
カドミウム	mg/L	0.01	0.02	0.01
六価クロム	mg/L	0.05	0.05	0.05
三価クロム	mg/L	0.20	1.0	0.20
ヒ素	mg/L	0.05	0.10	0.05
シアン化物	mg/L	0.05	0.10	0.05
鉛	mg/L	0.10	0.5	0.10
銅	mg/L	0.20	1.0	0.20
マンガン	mg/L	0.20	1.0	0.20
ニッケル	mg/L	0.20	1.0	0.20
スズ	mg/L	0.20	1.0	0.20
亜鉛	mg/L	2.0	2.0	2.0
ホウ素	mg/L	1.0	4.0	1.0
鉄	mg/L	1.0	5.0	5.0
銀	mg/L	0.1	1.0	0.10
アルミニウム	mg/L	10	15	-
セレン	mg/L	0.02	0.5	0.02
バリウム	mg/L	1.0	2.0	1.0
フッ化物	mg/L	2.0	5.0	2.0
ホルムアルデヒド	mg/L	1.0	2.0	1.0
フェノール	mg/L	0.001	1.0	0.001
遊離塩素	mg/L	1.0	2.0	-
硫化物	mg/L	0.50	0.50	0.50
油	mg/L	1.0	10	5.0
アンモニア性窒素	mg/L	10	20	5
色素	ADMI	100	200	100

出典：

1) Environmental Quality (Industrial Effluent) Regulations 2009 注) 「A 基準」は飲み水・生活用水の取水地点より上流地域を対象とし、「B 基準」は下流地域を対象とする

2) Environmental Quality (Control of Pollution from Solid Waste Transfer Station and Landfill) Regulations 2009

(2) 耐震基準

建築基準について、マレーシア連邦政府が規則を制定して実施しており、民間の建築コードは存在しない。規則は、科学・技術・イノベーション省に属する部局であるマレーシア規格局が制定、公布、および施行するコード・オブ・プラクティス（指針または最良慣行に相当する）、規格、および設計指針を参照している。地方政府は連邦政府の建築基準に従う必要はなく、独自に建築基準を開発、執行、運用することができるが、多くの地方政府は、中央政府の建築細則を採用し建築行政を行っている。

マレーシアの主な建築規則は、道路、排水、建築法（1974年制定）、統一建築細則（1984年制定）、建築細則（クアラルンプール連邦領）（1985年制定）である。これらの法的施策には、建築計画の承認の指針が定められるとともに、工事規制が規定されている。これらの法律とともに、消防局が、1988年消防法の規定および消防局の指針によって建築物の火気の安全要件を定めている。

ほとんどの規格は、MS (Malaysian Standards) を参照しているが、法律では、MS の他に英国規格、ASHRAE、AS/NZS、ASTM などの規格についても参照することがある。現地当局は、自ら規格を自由に採用することができる。

例えば、地震に対する構造物の設計のための実施基準に関する規格については、建築・建設・土木の業界標準化委員会 (ISC D) が欧州規格を使用することを推奨している。参考とする欧州規格とそれに対応するマレーシアの規格を表 4-5 にて整理した。

表 4-5 参考とした欧州規格とそれに対応するマレーシアの規格

参考とした欧州規格	対応するマレーシアの規格
EN 1990, Eurocode – Basis of Structural design	MS EN 1990, Eurocode – Basis of Structural design
EN 1992-1-1, Eurocode 2 – Design of concrete structures – Part 1-1: General – Common rules for building and civil engineering structures	MS EN 1992-1-1, Eurocode 2 – Design of concrete structures – Part 1-1: General – Common rules for building and civil engineering structures
EN 1993-1-1, Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1-1: General – General rules	MS EN 1993-1-1, Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1-1: General – General rules
EN 1997-1, Eurocode 7 – Geotechnical design – Part 1: General rules	MS EN 1997-1, Eurocode 7 – Geotechnical design – Part 1: General rules

(3) 焼却灰・飛灰の処理条件

マレーシアにおける廃棄物の発生から保管、取り扱い、処理、最終処分までの廃棄物管理プロセスは環境品質法（Environmental Quality Act 1974）を基本的な法律とし、この法律を踏まえて他の環境関連の法律や政策が構築されている。指定廃棄物の管理については、以下のような規制が設けられている。

表 4-6 指定廃棄物の管理に関する規制

規制	記載内容
① 指定廃棄物に関する環境規則（Environmental Quality (Schedule Wastes) Regulations）(1989年制定、2005年改定)	指定廃棄物の種類、発生者の責任等について定めている
② 指定廃棄物処理・処分施設に関する環境命令（Environmental Quality (Prescribed Premises) (Schedule Wastes Treatment and Disposal Facilities) Order）(1989年制定)	指定廃棄物処理・処分施設の種類を定め、許可が必要なことを定めている
③ 指定廃棄物処理・処分施設に関する環境規則（Environmental Quality (Prescribed Premises) (Schedule Wastes Treatment and Disposal Facilities) Regulations）(1989年制定)	処理・処分施設の所有者が変わった場合の手続きや受け入れ量、処理量、保管量、廃棄量等の届出を義務づけている

指定廃棄物に関する環境規則では、指定廃棄物のカテゴリーが示されているが、焼却灰はSW 406に属する。（SW 406：指定廃棄物焼却炉からのクリンカー、スラグ、灰）

また、マレーシアで指定廃棄物を発生させる者は、一般的に以下の観点から統制されている。

- 指定廃棄物の発生に係る届け出義務
- 決められた要求事項
 - 保管とラベリング
 - 輸送
 - 処理と処分
- 指定廃棄物在庫の報告義務と記録管理
- 指定廃棄物の特別管理の適用
- 資格のある／訓練を受けたスタッフ

1989年指定産業廃棄物処理及び処分の特定施設に関する環境命令で「特定施設」と規定されている施設があり、指定廃棄物焼却炉も含まれている。環境法に定める特定施設になる

ような、任意の土地又は建造物の上に建設を計画する、又は土地・ビルにおける工事を計画するいかなる企業又は投資者は、環境局から事前に書面許可を取得しなければならない。書面許可に加えて、特定施設の占有・操業にはライセンスが必要であり、各ライセンスの発行にはライセンス料金が請求される。書面許可取得後にのみ、ライセンスの申請ができる。

4.3.2 環境影響評価

廃棄物発電を建設する際には開発による環境に与える影響を特定、評価することも政府から求められることとなる。マレーシアでは **Section 34A (2C) of the Environmental Quality Act (EQA), 1974 (Act127)** に基づき、環境影響評価 (EIA) の手順や審査方法などが示された EIA ガイドラインが策定されている。EIA 報告書は、プロジェクト承認機関が、提案されたプロジェクトの実施を承認できるかどうかを決定するための判断材料として機能する。

EIA の手続きフローは図 4-3 の通りである。

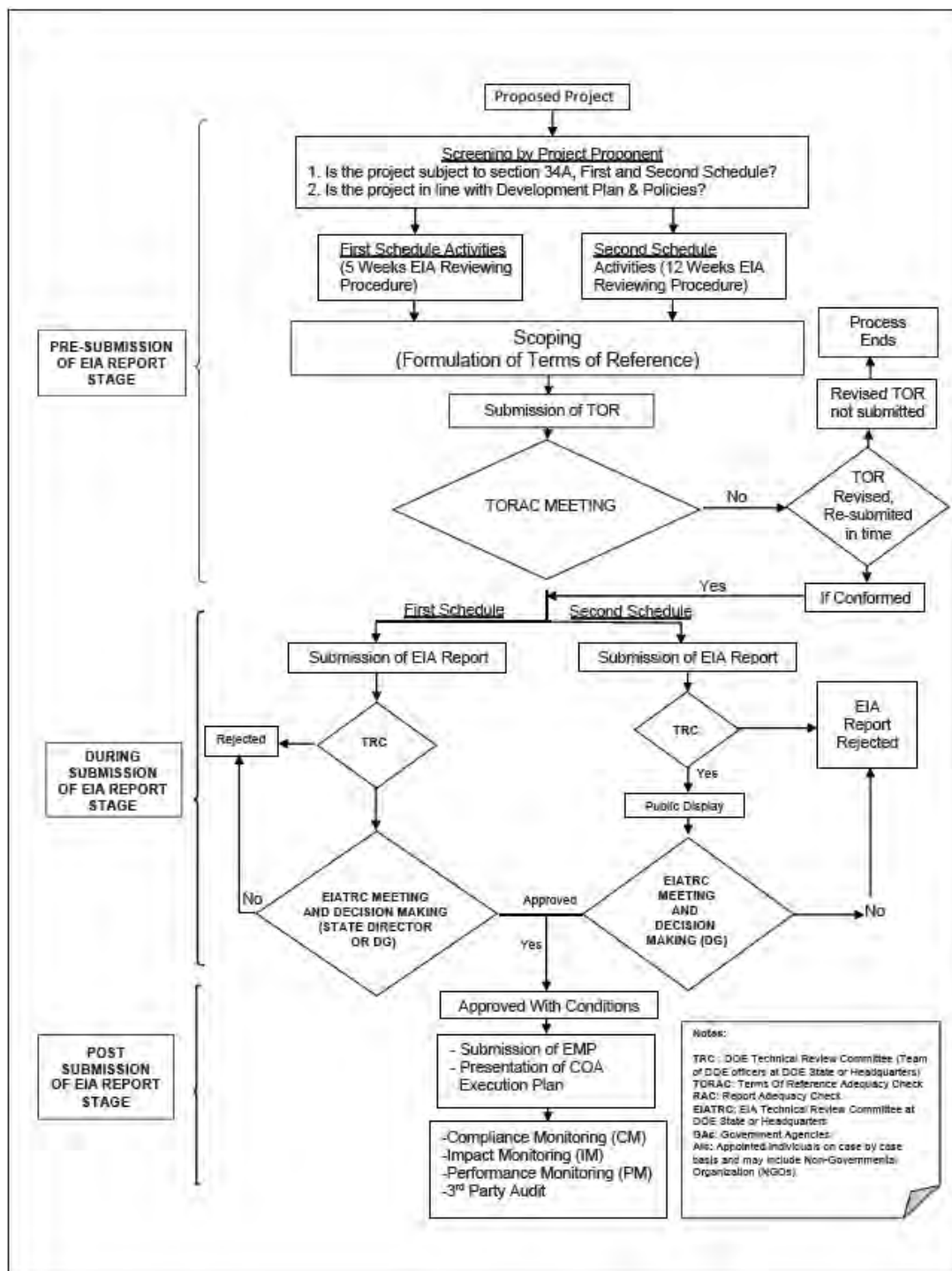


図 4-3 EIA の手続きフロー

(1) EIA に関与する関係者の役割と責任

EIA では、いくつかの個人と組織が重要かつ特定の役割を果たし、さまざまな責任を負う。その役割と責任を以下表 4-7 に整理した。

表 4-7 EIA に関与する関係者の役割と責任

<p>a) 事業提案者</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 所定の活動の開発を行うことを提案する個人または組織 ・ 公共部門または民間部門のどちらでもよく、コンサルタントが代表を務めることもある。 ・ プロジェクトとその関連費用の環境計画を含む、プロジェクトの開発に関連するすべての側面に責任を持つ。 ・ EIA の実施を、プロジェクトコンサルタントまたは他の組織に委任することができるが EIA 報告書の内容に対する最終責任は提案者が負う。
<p>b) EIA コンサルタント</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ プロジェクト実施主体者からプロジェクトの環境影響評価（EIA）の実施を依頼された個人のこと。 ・ 通常、提案されたプロジェクトに関連する様々な分野のコンサルタントからなるチームのリーダーであり、プロジェクト提案者に責任を持つ。 ・ 包括的な EIA 調査の実施において専門性を維持し、意思決定に有用な品質の EIA 報告書を作成する DOE 登録のコンサルタントでなければならない。
<p>c) 環境関連機関および専門家</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 特定の分野において膨大な技術的専門知識と経験を有する環境関連機関および個人は、環境影響、影響調査技術、および汚染防止と緩和対策に関する関連情報を提供する上で重要な役割を担っている。 ・ これらの機関および個人からのインプットは、必要と判断された場合、DOE が求めることができる。
<p>d) 一般市民</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ EIA 調査へのインプットを得るために、パブリック・エンゲージメントや EIA 報告書の公開など、何らかの形で市民参加を実施しなければならない。
<p>e) 技術審査委員会</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ EIA 報告書の審査は、DOE 州事務所と DOE 本部の両方に設置された EIA 技術審査委員会（EIATRC）によって実施される。 ・ 両 EIATRC のメンバーは、TRC メンバー、関連政府機関の代表者、および DOE 内外から任命された個人であり、提案されたプロジェクトに関連する分野で豊富な技術経験を有している。 ・ 技術分野には、プロジェクトの潜在的な環境影響、

	影響調査方法、および適用される汚染防止と緩和手段を含む場合がある。さらに、非政府組織(NGO)も、一般代表または任命された個人として委員会に招待される場合がある。
--	---

(2) EIA の承認機関

承認機関は、環境と開発コスト、および提案されたプロジェクトが地域社会にもたらす利益を考慮し、プロジェクトをどのように進めるべきかを決定する任務を持つ政府機関である。プロジェクト承認機関は以下が含まれる。

- i. 連邦政府が出資するプロジェクトのための国家開発計画委員会(NDPC)
- ii. 州政府が出資するプロジェクトのための州執行委員会(EXCO)
- iii. それぞれの地域内の計画承認に関する様々な地方自治体または地域開発局(RDA)
- iv. 産業プロジェクトのための国際貿易産業省または MIDA

(3) 所要期間等

EIA の審査プロセスおよび決定までのスケジュールは以下の通りである。

- i. 第一工程に該当するプロジェクトの EIA 報告書の場合：
 - 25 営業日 (5 週間)
- ii. 第二工程に該当するプロジェクトの EIA 報告書の場合：
 - 60 営業日 (12 週間)

EIA レポートの審査に関する一般的な要求事項は表 4-8 に、審査プロセスに関与する委員会は表 4-9 に整理した。

表 4-8 EIA 報告書の審査に関する一般的な要求事項

EIA のレビュープロセス項目	第一工程	第二工程
EIA 報告書の提出	環境省州事務所に提出	環境省本部に提出
EIA での公的な連携	要求されない	要求される
EIA 報告書の一般公開	要求されない	要求される
EIA 報告書の Web 閲覧	EIA 報告書の写しを環境省州事務所に提出する必要がある	EIA 報告書の写しを環境省の本部に提出する必要がある
EIA 報告書の広告掲載	要求されない	要求される。2社の主要新聞への掲載が必要

表 4-9 審査プロセスに関する委員会

審査委員会の詳細	関与する人物	
	第一工程	第二工程
審査委員会名	環境省州事務所 EIA 技術検討委員会 (EIATRC)	環境省本部 EIA 技術検討委員会 (EIATRC)
主要人物	環境省州事務所 所長	環境局長
審査委員会のメンバー	環境省州事務所職員、 任命された個人 (AI) - 特定の状況においては、 政府機関及び NGO の代 表者	環境省本部役員、任命された 個人 (AI) - 特定の状況にお いては、政府機関及び NGO の代表者 (必要な場合) .

(4) 手続き

i. 第一工程での EIA 報告書の審査手順について

図 4-4 に、第 1 次活動に関する EIA レポートの審査手順 (EIA レポート審査段階) を示す。審査の特徴は、以下の通りである。

- EIA 報告書の最低 12 部のハードコピーと 1 部のソフトコピー (PDF 形式) を環境省州事務所に、1 部のソフトコピーを環境省本部に提出すること。
- 提出された EIA 報告書は、まず環境省の役員で構成される技術委員会 (TRC) により「報告書の妥当性」(RAC) が確認される。この品質チェックプロセスでは、EIA 報告書の書式への準拠、明らかな技術的誤りの無さ、報告書の一貫性、プロジェクト実施主体による環境宣誓などが確認される。RAC を通過しなかった EIA 報告書は却下される。RAC に合格した EIA 報告書は、EIATRC による審査が行われる。
- RAC に合格した EIA 報告書は、書面によるコメントを得るために関係政府機関 (GA) に配布され、コメント提出期限までに最低 3 営業日が与えられる。
- もし必要な場合は、環境省役員 (TRC) によるプロジェクトサイトの視察が実施される。
- プロジェクト提案者とそのコンサルタントによる、EIA 技術審査委員会 (EIATRC) に対するプレゼンテーションを実施。EIATRC のメンバーは、TRC メンバー (環境省州職員)、政府機関の代表 (GA)、および特定の状況下では必要に応じて環境省内外の指名者 (AI) により構成される。
- EIA 審査会議は、環境省に EIA 報告書が提出された日から 3 週間目実施され

る。

- EIA 審査会議の結果は、以下をもたらす可能性がある。
 - EIA 報告書が 1974 年 EQA34A 条 3 項の要件を満たしている場合。EIA 報告書は承認される。
 - EIA 報告書が EQA 1974 年第 34A 条(3)の要求事項を満たしていない場合、EIA レポートは却下される。

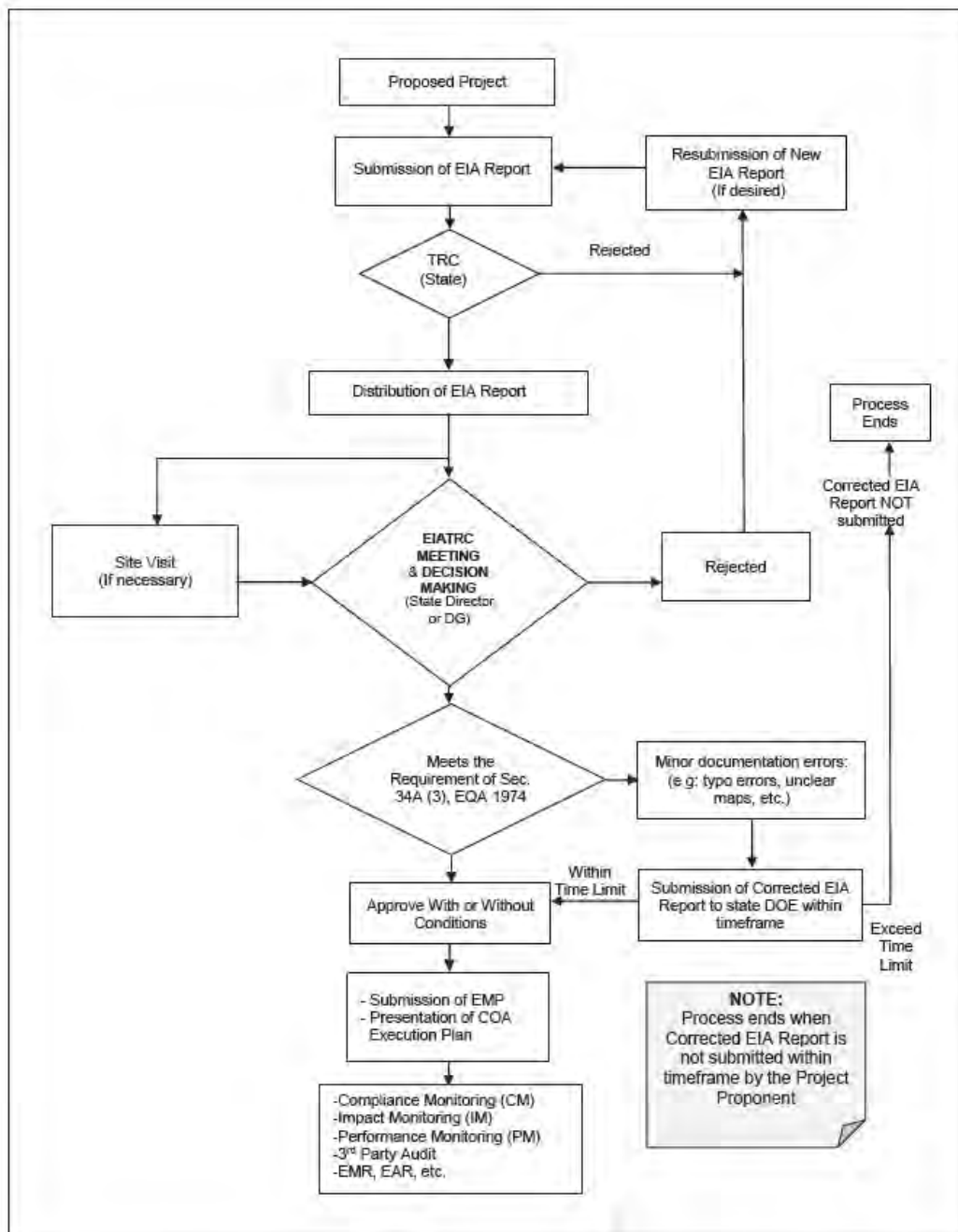


図 4-4 第一工程における EIA 報告書の審査手順

(出典 : Environmental Impact Assessment Guideline in Malaysia)

ii. 第二工程における EIA 報告書の審査手順について

図 4-5 に、第 2 スケジュール活動の EIA 報告書審査手順を示す。特徴は、以下の通りである。

- 審査は 12 週間以内に完了する予定である。
- 報告書のハードコピー35 部以上およびソフトコピー1 部（PDF 形式）を環境省本部に提出すること。また、必要に応じて追加コピーを提出すること。環境省は、プロジェクト提案者を通じて、報告書を関連政府機関及び EIATRC のメンバーに配布する。
- まず、環境省本部の技術審査委員会（TRC）が、環境省の役員で構成されるチームにより、「報告書の妥当性」（RAC）を確認する。この品質チェックプロセスでは、EIA 報告書が参照条件（TOR）および EIA 報告書の書式に準拠しているか、明らかな技術的誤りがないか、報告書の一貫性が保たれているか、などを確認する。
- RAC を通過した EIA 報告書は、環境省内または環境省外から特別に任命された個人（AI）、および関連政府機関の代表（GA）で構成される EIATRC によって審査される。EIATRC には、一般代表として委員会に招待されるか、または AI として任命される NGO を含めることができる。AI によるレビューは、特定の主題分野に焦点を当て、それらが技術的に正当な方法で対処されているかどうかを検証するものとする。さらに、レビューでは、提案された汚染防止および緩和対策が適切であり、利用可能な最善の技術または業界のベストプラクティスとみなすことができるかどうかを評価するものとする。
- 事務局長は、EIATRC メンバーの意見を考慮した上で、EIA 報告書の承認または不承認の最終決定を行う。
- プロジェクト提案者は、報告書を所定の場所に掲示するものとする。さらに、プロジェクト提案者／コンサルタントは、環境省が指定した場所以外の適切な展示場所を推奨することもできる。これは、できるだけ多くの影響を受ける当事者または利害関係者が報告書を検討し、環境省にコメントを提出できるようにするためである。これは、EIA 報告書の提出日から 1 週間以内に実施されなければならない。
- EIA 報告書の提出後、プロジェクト実施主体は、公開レビューのために主要な新聞に広告を出すものとする。これは、少なくとも 2 つの主要新聞に 3 日間連続で広告を掲載しなければならない。広告掲載の前に、広告の草稿を EIA 事務局に提出し、承認を得るものとする。広告には、プロジェクトに関する情報及び報告書の写しを閲覧または購入できる場所を含めるものとする。または購入できる場所に関する情報を含めなければならない。プロジェクト提案者は、環境省の同意を得て、オンラインニュースポータルサイトに広告を掲載することもできる。
- プロジェクト実施主体及びコンサルタントは、EIA レポートをハードコピー及びソフトコピー（PDF 形式）の両方で一般に販売するものとする。ハードコピーの報告書の

価格は、一般市民が購入できるものでなければならず、通常、印刷費と同額でなければならない。

- EIA 報告書は、公表日から 30 日間表示されるものとする。一般市民が環境省に意見を提出できる期間は、45 日間である。
- 必要な場合、環境省役員（TRC）によるプロジェクト現場への訪問を実施。
- プロジェクト実施主体者とコンサルタントは、一般市民から受領した全ての意見書に回答しなければならない。回答は、審査のために環境省本部に提出される。
- EIA レビュー会議の結果は、以下をもたらす可能性がある。
 - EIA 報告書が EQA 1974 年第 34A 条（3）の要件に適合している場合承認される。
 - EIA 報告書が EQA1974 年第 34A 条(4)の要求事項を満たしていない場合却下される。

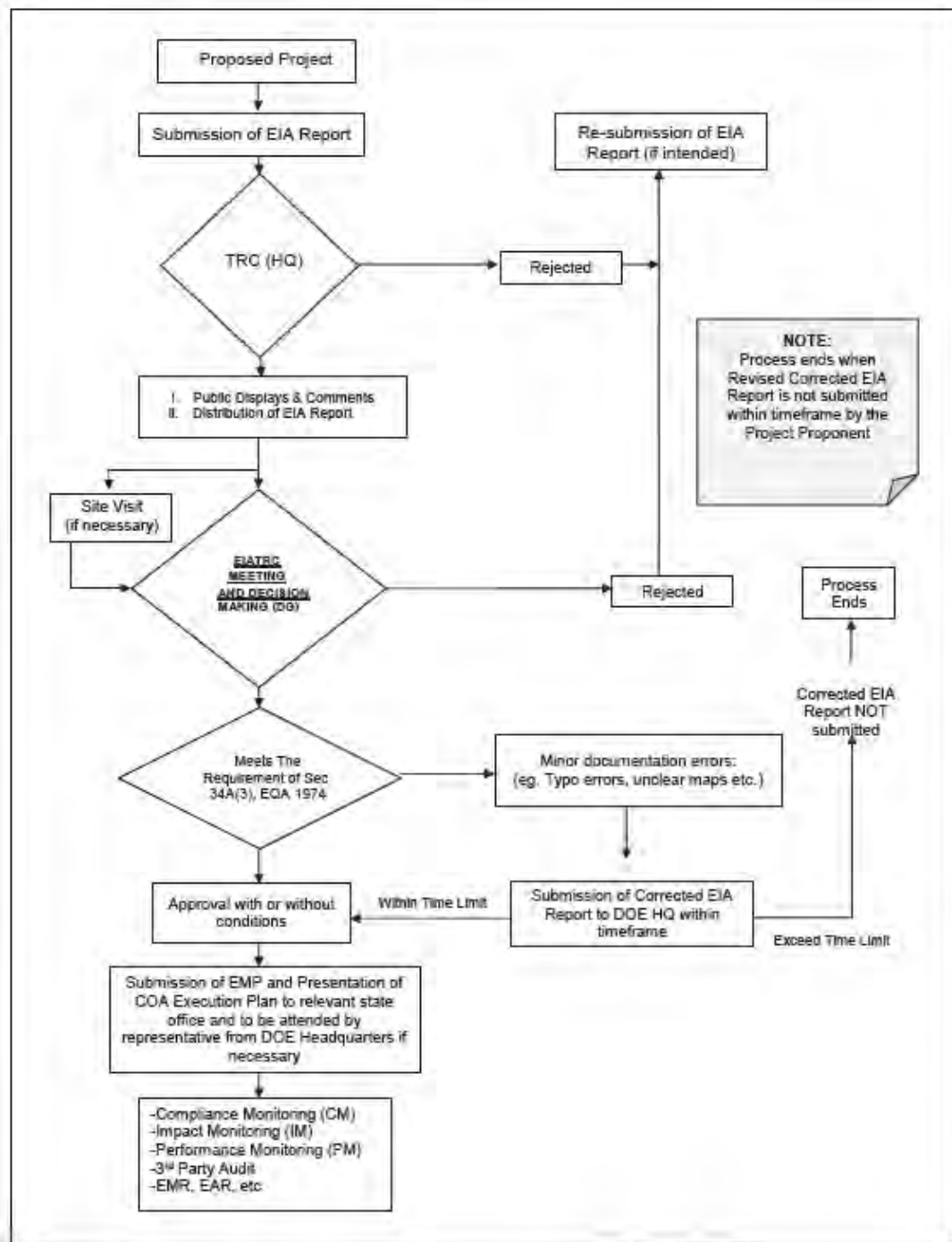


図 4-5 第二工程における EIA 報告書の審査手順
(出典 : Environmental Impact Assessment Guideline in Malaysia)

4.4 廃棄物発電設備導入に係る技術面での検討

4.4.1 事業実施内容

今年度は、2019 年末からの新型コロナウイルス感染症の感染拡大に伴うマレーシアへの入国制限措置が緩和されたため、現地調査の実施を前提に IRDA 及びイスカンダル地域に所在する Seelong 最終処分場を運営する現地廃棄物処理事業者の SWM Environment Sdn. Bhd. (以下「SWME 社」と今年度の活動計画を策定し、2022 年 11 月 28 日～29 日の 2 日間の日程で実際に現地調査を実施した。また、SWME 社との現地での面談の結果、Seelong 最終処分場では独自に十分なごみ質調査を実施しておらず、受入れごみの組成・性状のデータを保有していないことが判明した。従い、来年度事業において Seelong 最終処分場でのごみ質調査を実施するために、現地でのごみ質調査の実施経験が豊富にあり、またイスカンダル地域にメインキャンパスを置くマレーシア工科大学 (Universiti Teknologi Malaysia。以下「UTM」) の研究チーム (Department of Chemical Engineering) と調査計画案をリモートで協議した。

表 4-10 今年度の活動内容

活動	内容
1. 活動計画策定	日時 2022 年 8 月 25 日 (木) 13:00~13:45 活動 IRDA との面談 (11 月現地調査の計画検討) 場所 Web 会議 参加者 <ul style="list-style-type: none"> • マレーシア側 : IRDA/ Ms. Kamisah Mohd Ghazali (President, Environment), Ms. Siambun (Vice-President, Environment) • 日本側 : 北九州市、エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所、日鉄エンジニアリング (4 名)
	日時 2022 年 10 月 31 日 (月) 15:30~16:30 活動 SWME 社との打合せ (Seelong 最終処分場視察の計画検討) 場所 Web 会議 参加者 <ul style="list-style-type: none"> • マレーシア側 : IRDA/ Mr. Mamdoh B. Dato' Hj. Yusof Malim Kuning (Vice-President, Resilient Environment), Ms. Siambun (Vice-President Environment)、SWME 社 / Mr. Nordin (General Manager) • 日本側 : 北九州市、エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所、

	日鉄エンジニアリング (4名)
2. 現地調査	<p>日時 2022年11月28日(水) 10:00~16:00</p> <p>活動 SWME社との意見交換及び Seelong 最終処分場の視察</p> <p>場所 Seelong 最終処分場 (イスカンダル)</p> <p>参加者</p> <ul style="list-style-type: none"> マレーシア側 : IRDA/ Ms. Siambun (Vice-President Environment)、SWME社 / Mr. Nordin (General Manager) 日本側 : 北九州市 (1名)、エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所 (1名)、日鉄エンジニアリング (3名)
	<p>日時 2022年11月29日(火) 14:00~15:30</p> <p>活動 IRDAとの意見交換</p> <p>場所 IRDA事務所 (イスカンダル)</p> <p>参加者</p> <ul style="list-style-type: none"> マレーシア側 : IRDA/ Mr. Mamdoh B. Dato' Hj. Yusof Malim Kuning (Vice-President, Resilient Environment), Ms. Siambun (Vice-President, Environment)、Mr. Pang 日本側 : 北九州市 (1名)、エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所 (1名)、日鉄エンジニアリング (3名)
3. ごみ質調査計画策定	<p>日時 2022年12月21日(水) 11:00~12:00</p> <p>活動 UTMとの来年度のごみ質調査計画案の検討</p> <p>場所 Web会議</p> <p>参加者</p> <ul style="list-style-type: none"> マレーシア側 : IRDA/ Mr. Mamdoh B. Dato' Hj. Yusof Malim Kuning (Vice-President, Resilient Environment), Ms.Siambun (Vice-President, Environment)、UTM/Dr. Arif, Dr. James, Ms. Atikah, Mr. Iqbal (Department of Chemical Engineering) 日本側 : 日鉄エンジニアリング (2名)

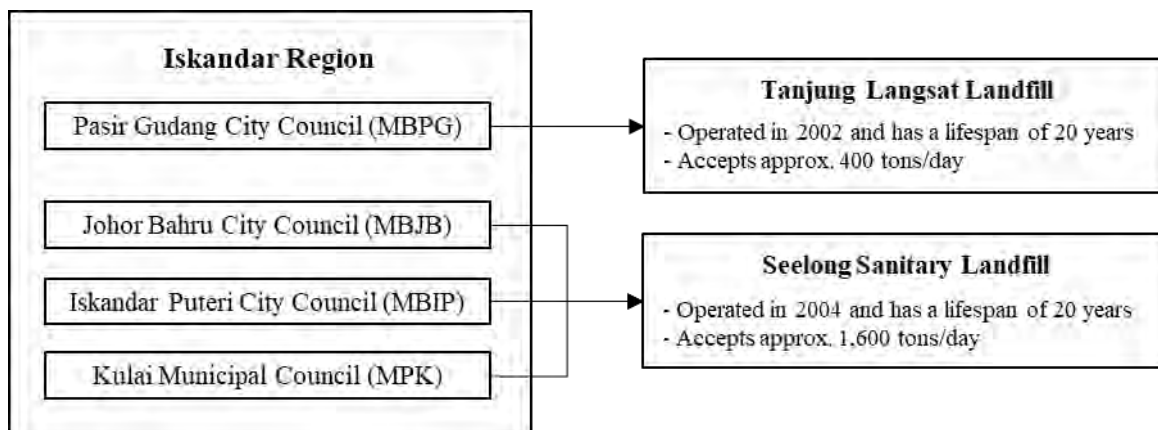
4.4.2 今年度の活動結果

本項では、今年度の活動の成果として、2022年11月28日～29日の2日間の現地調査の中で実施した、IRDAとの意見交換、SWME社が運営するSeelong最終処分場の視察及び同社との意見交換を通じて得られた、現地の処理対象ごみの収集・処理の現況の調査結果を報告する。

(1) 廃棄物管理の概況

マレーシアにおいて廃棄物管理は、中央政府の国家固形廃棄物管理部（JPSPN: Jabatan Pengurusan Sisa Pepejal Negara）が廃棄物政策を担当、固形廃棄物・公共清掃管理公社（SWCorp）が実際の固形廃棄物の執行・管理業務を担当している。なお、IRDAは、中央政府の外局（首相・ジョホール州長が chairman）であり、イスカンダル経済特区に関わる公共団体の活動や戦略立案、投資をモニタリング、調整を行う機関という位置づけであり、イスカンダル地域の廃棄物管理は所管していない。IRDA内の業務執行部隊は KPI（“Strategic Drivers”）に分けて組織されており、本事業のIRDA側担当者は環境分野のプロジェクトの推進を支援する“Program Manager”である。

イスカンダル地域のごみの収集及び処理（埋立処分）のフローは下図の通りである。イスカンダル地域には、最終処分場が2カ所あり、それぞれのごみ受入量は、Seelong最終処分場で約1,600トン/日、Tanjung Langsat最終処分場で約400トン/日であった。



出典：マレーシア工科大学作成資料を基に日鉄エンジニアリングが作成

図 4-6 イスカンダル地域の埋立処分場

(2) Seelong 最終処分場の視察

イスカンダル地域で排出されるごみの大部分を処理している、SWME社が運営する

Seelong 最終処分場の視察結果を以下の通り報告する。

i. Seelong 最終処分場の概要

Seelong 最終処分場 (Seelong Sanitary Landfill) は、マレーシア ジョホール州 イスカンダル開発地域 Seelong に位置する管理型最終処分場であり、面積は 275 acres (約 1.11 km²)、埋立容量は 18.8 Million m³ (約 15 Million トン) である。Seelong 最終処分場はイスカンダル開発地域のうち、Johor Bahru 地区 (MBJB)、Iskandar Puteri 地区 (MBIP)、Kulai 地区 (MPK) からごみの搬入を受けており、イスカンダル地域東部の Majlis Bandaraya Pasir Gudang 地区 (MBPG)のごみはジョホール東部に位置する Tanjung Langsat Landfill にて埋立処分されている。

SWME 社は中央政府より、2004 年から 20 年間の処分委託を受けている。

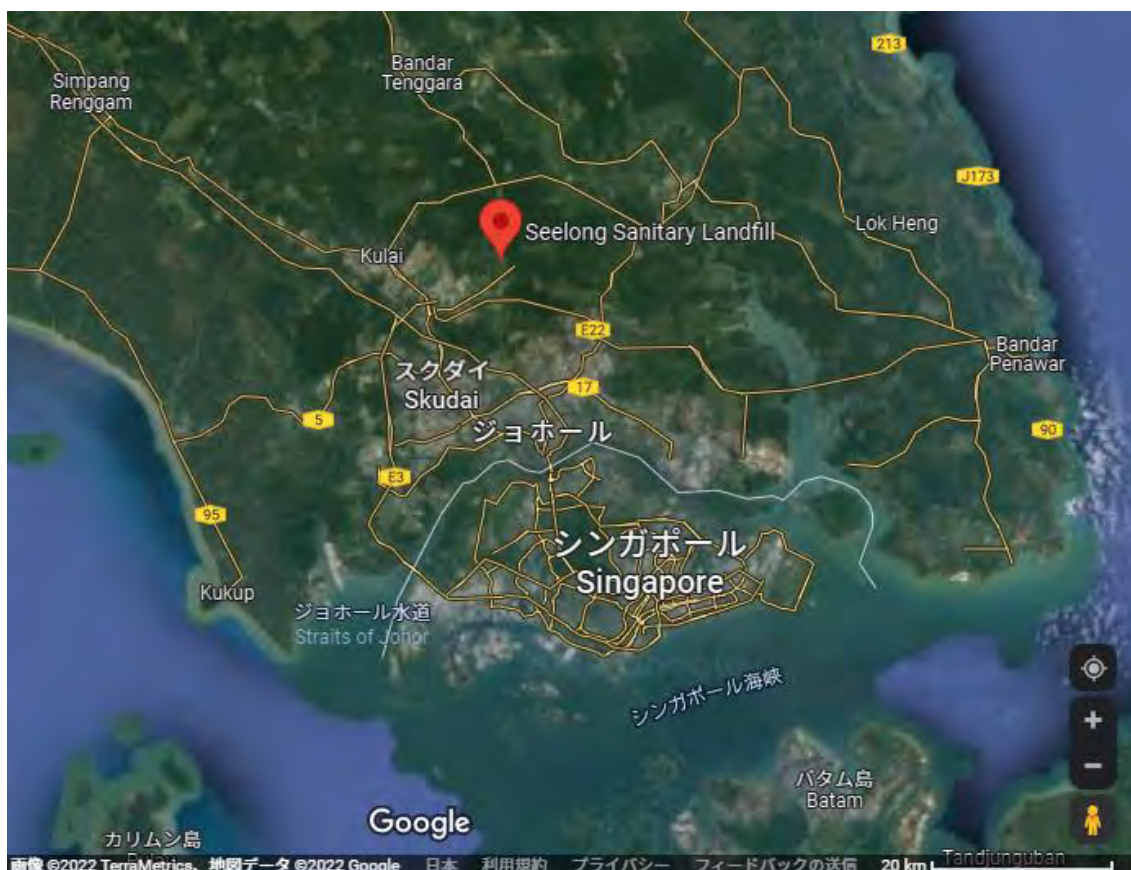


図 4-7 Seelong 最終処分場の立地 (出典: Google Map)

表 4-11 Seelong 最終処分場における処理・処分プロセス

処理・処分プロセス	実施内容	備考
① Weigh Bridge	搬入車両の重量計測・記録	入場時・退場時にそれぞれ計測
② Transfer Station	搬入ごみの搬入車両積替え プラスチック廃棄物の選別・除去	埋立場所の混雑緩和のため 一部の車両のみを対象
③ Landfilling	埋立処分地への搬入	現在はCell No.7に埋立中（全13Cell中）
④ Leachate Treatment Plant	生物・化学・物理処理実施後に水質管理の上で河川放流	水質検査はDaily（内部管理用）、 Weekly, Monthly（当局報告用）
⑤ Landfill Gas Utilization	ガスエンジンによる発電	操業初期のフレアスタックから更新
⑥ Recyclable waste segregation	廃家電、段ボール、ピンを選別し売却	

Seelong 最終処分場における処理・処分プロセスは、Weigh Bridge（計量棟）、Transfer Station（積替え・選別）、Landfilling（埋立処分）、Leachate Treatment Plant（浸出水処理）、Landfill Gas Utilization（埋立ガス発電）、Recyclable Waste Segregation（リサイクルごみ選別）から成る（表 4-11）。各プロセスの詳細は後述するが、SWME 社では日本と同様に浸出水を適切に処理し、水質管理の上で放流をおこなっており、また温室効果ガスであるメタンガスを積極的に回収し、発電設備を導入するなど、廃棄物最終処分事業者として適切な処理・処分を実施していることが確認できた。

Seelong 最終処分場へのごみの搬入量は 2021 年時点で 628,346 t/年（1,721 t/日）であり、この数値には Recyclable として搬入された廃家電等の重量も含まれている。図 4-8 は直近 10 年間の年間搬入ごみ量のトレンドを示したものであるが、マレーシア全土の人口増加率よりも速い速度で Seelong 最終処分場へのごみ搬入量が増加していることが分かる。

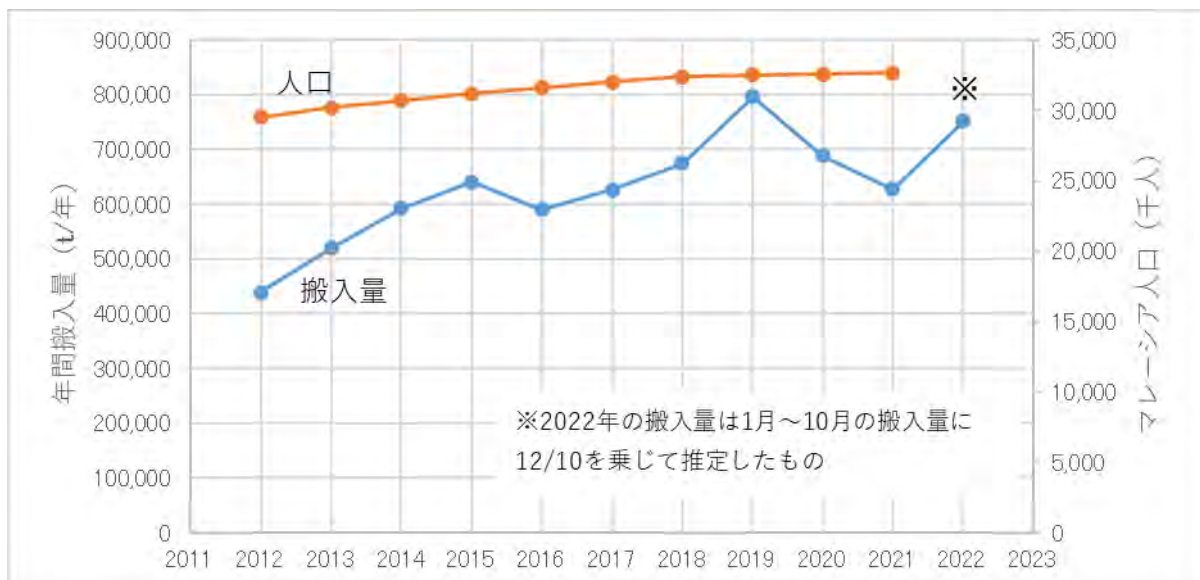


図 4-8 : Seelong 最終処分場の年間搬入ごみ量のトレンド

(マレーシア人口データ出典 : Department of Statistics Malaysia Official Portal

(<https://www.dosm.gov.my/v1/index.php>))

図 4-9 に Seelong 最終処分場の月毎の搬入量の推移を示す。1 月、2 月を除いて搬入量は概ね安定しており、雨季・乾季による水分による影響は大きくないものと推定される。1 月、2 月は搬入量が平均月搬入量のそれぞれ+10%、-10%となっているが、SWME 管理者によると旧正月に伴う消費活動の影響が考えられるとのことであったが詳細原因は不明である。

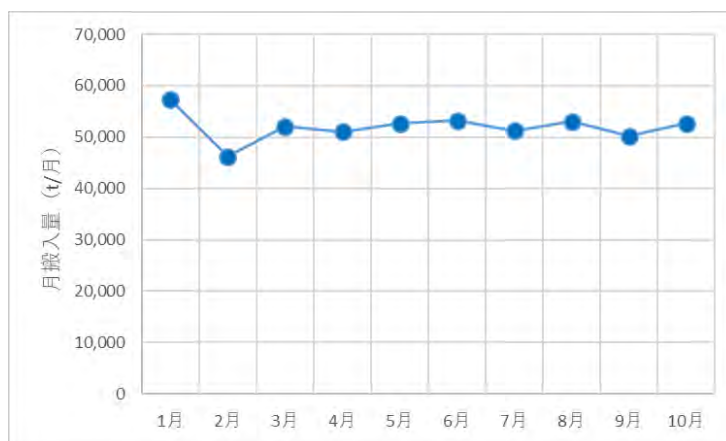


図 4-9 Seelong 最終処分場の月別搬入ごみ量のトレンド (2022 年)

図 4-10 は 2022 年 8 月に SWME 社が自主的に実施したごみ種類組成分析の結果である (左図は SWME 社による種類組成区分 (生値)、右図は SWME 社分析結果を日本の種類組成区分に割り当てたもの)。日本の中間処理施設 (焼却施設) における処理対象ごみと定性的に比較すると、Seelong 最終処分場のごみでは「厨芥類」(Kitchen waste/Food waste) の割合が高く、「紙類・布類」(Papers & Textiles) の割合が低い傾向が見られた。

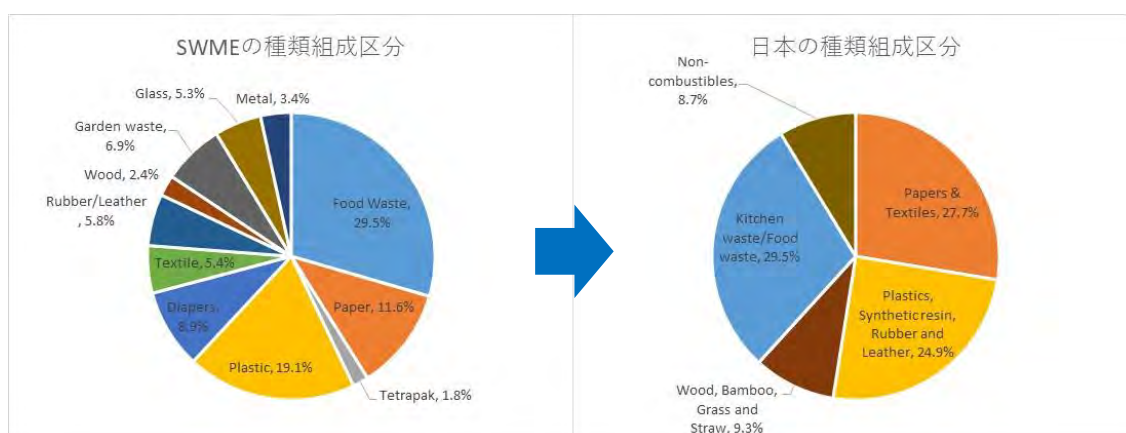


図 4-10 Seelong 最終処分場における種類組成分析結果 (2022 年 8 月実施)

ii. ごみの収集・運搬

対象収集エリアにおけるごみの収集は“Curbside collection”方式であり、SWME 社所有の Compactor 車両（パッカー車）で半自動投入が可能な Household waste 専用 Bin（蓋つきコンテナ）を各家庭に配布（販売？）し、指定収集曜日に各家庭玄関前で収集を行っている（図 4-11）。収集頻度は 3 回/週であり、うち 2 回/週は Household waste の収集、1 回/週は Recyclable waste（Non-hazardous IW、Bulky waste、E-waste）の収集となっている。（うち、Non-hazardous IW は Packaging（容器包装）や木パレットがその多くを占める。）Recyclable waste も上記 Household waste 専用 Bin と同様に各家庭玄関前で収集される。



図 4-11 SWME 社ごみ収集専用 Bin

（出典：<https://www.johorkini.my/kaunter-pengambilan-tong-sampah-beroda-di-johor-kembali-beroperasi-swm-environment/>）

ごみの収集・運搬には主に以下 2 種類の車両を使用している。

- (1) Compactor（16t パッカー車）：Household waste を対象
- (2) Small Lorry（5t 車）：Non-hazardous IW、Bulky waste、E-waste を対象



写真 4-1 (1) Compactor (16t パッカー車)



写真 4-2 (2) Small Lorry 5t 車



写真 4-3 場内搬送用車両 10t 車 (積載量は推定)

iii. 処理・処分プロセス①Weigh Bridge (計量棟)

搬入車は入場・出場時に計量棟に車両毎に事前に登録されたカードをカードリーダーにかざして重量登録を実施している。計量データには、車両番号、収集エリア、ごみ種、入場時刻、退場時刻、入場時重量、退場時重量等が記録される。



写真 4-4 計量棟



写真 4-5 計量棟における計量記録票

iv. 処理・処分プロセス②Transfer Station（ごみ積替場）

埋立場所のごみ搬入車両による混雑を避けるため、また有価プラスチックを分別回収するために搬入車両の一部が、Transfer Station に誘導されてダンピングを行っていた。プラスチックの分別は、(1)PET ボトル、(2)白色プラスチック（洗剤容器など）、(3) 大物プラスチックの 3 種類に分けられて売却されるが、この分別作業は SWME 社とは別会社が担って

おり、売却益は SWME 社には帰属しないという。



写真 4-6 Transfer Station (ごみ積替場)



写真 4-7 Transfer Station から場内搬送用車両への積替え



(左より(1)PET ボトル、(2)白色プラスチック、(3)大物プラスチック)

写真 4-8 分別後のプラスチック

v. 処理・処分プロセス③Landfilling (埋立)

Seelong 最終処分場の埋立地は全 13 セルに区分されており、セル No.1 より順次埋立・覆土が進められている。視察時には 2022 年 5 月に新しく施工したセル No.7 に埋立を実施中であった。写真 4-9 にセル No.7 を中心とした処分場のパノラマ写真を示す。



写真 4-9 視察時埋立場所の俯瞰写真 (写真左側：埋立場所、写真中央：一次集水池)



写真 4-10 視察時点において埋立処分が行われているセル No.7 の状況

現在埋立を行っているダンピング場所は車両通行による安全上の理由により視察不可であったため、我々視察メンバーのために特別に Transfer Station において 16t パッカー車からのダンピングのデモンストレーションをして頂いた。パッカー車には大量の水分が溜まっており、搬入された Household waste は日本のごみに比べて高水分であると推定された（目視）。ごみ種としては厨芥ごみが多いことが観察された。ほとんどのごみがプラスチック製の袋に詰められており、比較的プラスチック類の割合も高そうであった。



写真 4-11 搬入ごみ（16t パッカー車で収集された Household waste）



写真 4-12 搬入ごみ (16t パッカー車で収集された Household waste)

vi. 処理・処分プロセス④Leachate Treatment Plant (浸出水処理)

浸出水は最終処分場内に 7 つある Primary pond に集水されたのち、ポンプで浸出水処理プロセスに送水される。浸出水処理プラントは以下のプロセスから構成される。

表 4-12 浸出水処理プロセス

処理プロセス	処理方法
(1) Biological Treatment	曝気活性汚泥法による有機物処理
(2) Precipitation	浮遊粒子状物質、活性汚泥の沈降
(3) Ammonia stripper	エアレーションによるアンモニア除去
(4) Chemical Treatment	薬剤注入+ラメラセパレーター※による重金属除去
(5) Biological Treatment	活性汚泥法+ラメラセパレーター※による有機物処理
(6) Physical Treatment	砂ろ過+活性炭吸着棟による濁度除去

※ラメラセパレーター：傾斜版式沈殿装置、限られた設置スペースでの固液分離が可能。

処理水水質は場内にある分析室で測定され、水質基準値以下であることを確認後に場内の放流池を経て河川放流される。測定は、報告用に月次と週次、内部管理用に毎日、実施される。場内の放流池にはコイが飼育されており、処理水が安全なものであることをアピールする取組みがなされていた。



写真 4-13 (1) Biological Treatment (活性汚泥法)



写真 4-14 (3) Ammonia stripper によるアンモニア除去



写真 4-15 (4) Chemical Treatment による重金属除去 (ラメラセパレーター)



写真 4-16 水質分析室と処理プロセス毎の水質見本

vii. 処理・処分プロセス⑤Landfill Gas Utilization (埋立ガス発電)

各埋立セルに設置された垂直抽出井戸から回収した埋立ガス (LFG) をコンプレッサーで加圧後にガスエンジンで発電を行っている。なお、本処分場の LFG 中のメタン濃度は約 54%とのことであった。ガスエンジンはドイツ/MWM 社製であり、発電最大出力は 2MW、視察時は 0.9MW で時間変動も少なく、安定的に発電されていた。

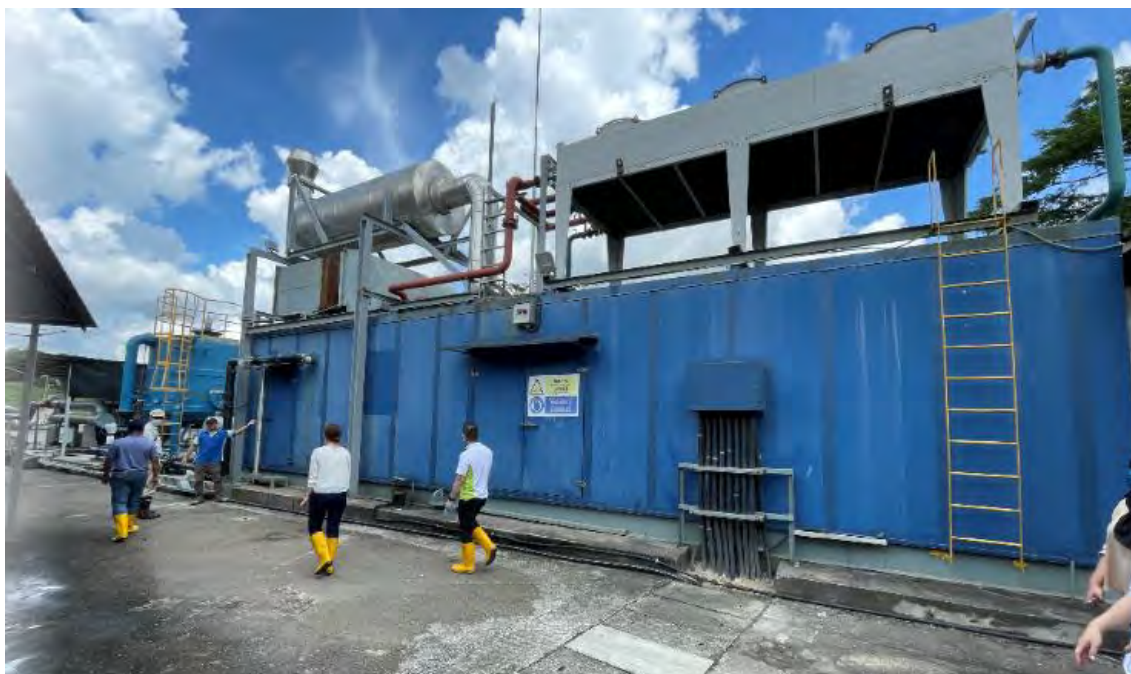


写真 4-17 LFG 発電設備

viii. 処理・処分プロセス⑥Recyclable Waste Segregation（リサイクルごみ選別）

1回/週の頻度で収集される Recyclable Waste を廃家電、段ボール、ビンに分別。売却益は SWME 社の収入となる。ごみ排出者はアプリ上で登録した上で QR コード付きの紙をごみに貼って指定収集曜日に各家庭玄関先に出し、SWME 社が収集・運搬を行っている。排出者へのインセンティブとして、SWME 社より現金に交換することができるポイントを与える仕組みを採用している。



写真 4-18 リサイクルごみ選別（選別・保管場のパノラマ写真）

4.4.3 次年度の活動内容案

来年度事業で UTM と共同で実施する Seelong 最終処分場でのごみ質調査について、UTM と今年度協議した計画案を以下の通り報告する。

(1) ごみ質調査の実施計画

廃棄物処理施設の処理対象ごみのごみ質は、施設設計上の極めて重要な前提条件であるが、2019 年度～2021 年度事業では、新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響により現地調査を実施することができなかつたため、文献値（岡山大学大学院環境学研究科の藤原健史教授らの研究グループにより 2011 年及び 2013 年に実施された、Seelong 最終処分場（イスカンダル地域における 5 つの自治体から排出されるごみを処分）のごみ質調査結果（表 4-13））を基に計画ごみ質を設定することで、プラントの技術仕様を決定し概算事業費の算定を行ってきた。

表 4-13 過去事業にて文献値を参考に設定した計画ごみ質

項目		単位	基準
低位発熱量		kcal/kg	1,591
三成分	水分	wet%	56.90
	灰分	wet%	8.20
	可燃分	wet%	34.90
化学組成	炭素 (C)	wet%	18.90
	水素 (H)	wet%	2.70
	酸素 (O)	wet%	12.67
	窒素 (N)	wet%	0.39
	硫黄 (S)	wet%	0.05
	塩素 (Cl)	wet%	0.19

出典：Norbaizura, Siti, M.R. & Fujiwara, Takeshi (2013). Characterization of Household waste in Iskandar Malaysia and its Suitability for Alternative Waste Handling Methods. 『土木学会論文集 G（環境）』 Vol.9, No.5 : L_209-L_216. 掲載のデータを基に日鉄エンジニアリングが作成

3ヶ年事業の2年目となる来年度事業においては、施設の技術仕様及び概算事業費の見積り精度向上を目的として、廃棄物発電施設建設予定であるイスカンダル地域で収集され最終処分場に搬入されているごみのごみ質分析実施を計画している。今年度はごみ質分析対象の Seelong 最終処分場を運営する SWME 社との協議の実施（前項にて報告）及び分析業務請負者との協議を実施した。以下、分析業務請負者予定である Uni-Technologies Sdn. Bhd. (Uni-Technology 社) との協議（2022 年 12 月 21 日）の概要とごみ質分析の計画について報告する。

(2) Uni-Technology 社について

Uni-Technology 社は、UTM 傘下の法人であり、これまでマレーシア国内の Kuala

Lumpur, Melaka, Labuan, Cameron Highland, Northern Johor, Pontian, Pasir Gudang, Johor Bahru, Kulai の政府系組織や民間組織のためにごみ質分析業務を実施しており、30年以上の経験を有する。また Uni-Technology 社は日本企業との協働した経験もある。

(3) 本ごみ質分析調査の目的

本調査の目的を以下に示す。

- ① イスカンダル地域におけるごみ種 (Waste Type) 毎の発生量の把握
- ② 上記ごみ種毎のごみ種類組成 (Waste Fraction) データの取得
- ③ 上記ごみ種毎のごみ質分析 (物理的・化学的性状) データの取得

(4) サンプルング場所及びサンプルング時期

イスカンダル地域で発生するごみ質を代表するものと考えられる Seelong 最終処分場においてごみサンプルングを実施する。

イスカンダル地域では蓋付の収集 Bin を使用しているために雨季、乾季によるごみ質 (ごみ中水分) への影響が小さいこと、一方でドリアンの収穫が盛んな季節 (7月と11月) とそれ以外の季節によりごみ質が異なることが過去の UTM の先行研究により分かっている。この情報を受けて本調査においては、非果実季 (2023年9月) 及び果実季 (2023年11月) の2回に分けてサンプルングを実施することとした。

(5) サンプルング対象ごみ種

サンプルング対象のごみは搬入車両の収集先・収集ルートに応じて、以下の4種類とした。

- ① 家庭ごみ
- ② 産業系廃棄物 (有害廃棄物でないもの)
- ③ 商業系廃棄物
- ④ 混合ごみ

④混合ごみは Seelong 最終処分場に搬入される平均的ごみ質を把握する目的で設定したものであり、上記①～③のように収集先による車両特定を行わず、ランダムに抽出された搬入車両複数台のごみを採取、混合する (例えば、搬入車両3台ごとに1台をサンプルング対象車両として選出する)。

(6) ごみ質の分析項目

上記 (4) 及び (5) で述べた2つの時期に採取された各4種のごみサンプル (合計8

種のサンプル) に対して、以下の分析を実施する。

- ① 種類組成分析
- ② 三成分分析、工業分析
- ③ 可燃分元素組成分析
- ④ 灰分元素組成分析

①種類組成分析

採取された 200kg のごみサンプルを以下の 16 項目の種類組成に分別することにより精度の高い種類組成分析結果を得る計画とする。また、得られた 16 項目の種類組成分析結果を再分類することにより、日本式の 7 項目の種類組成 (※) の値を計算することにより、日本のごみ質との比較も可能であると考えられる。

(※) 日本式の 7 項目の種類組成：紙類、繊維類、合成樹脂・ゴム・皮革類、木竹・草・わら類、厨芥類、不燃物類、その他 (雑物)

表 4-14 種類組成分析の分類項目

Analysis items	Unit
Material fraction	-
Food Waste	wt%, wet
Fruit Husk	wt%, wet
Yard Waste	wt%, wet
Paper	wt%, wet
Tetra Pak	wt%, wet
Plastic	wt%, wet
Dry Wood	wt%, wet
Textile	wt%, wet
Rubber and Leather	wt%, wet
Metal	wt%, wet
Glass	wt%, wet
Nappies	wt%, wet
Face Mask	wt%, wet
Haradous Waste releted to Covid-19	wt%, wet
Other Hazardous Waste	wt%, wet
Others	wt%, wet

②三成分分析・工業分析

分析項目を以下の表 4-15 に示す。

表 4-15 三成分分析・工業分析の項目

Analysis items	Unit
Proximate analysis	-
Moisture Content	wt%, wet
Combustibles	wt%, wet
Volatile Matter	wt%, wet
Fixed Carbon	wt%, wet
Ash Content	wt%, wet
Lower Heating Value (LHV)	kJ/kg
Bulk Density	kg/m ³

③可燃分元素組成分析

分析項目を以下の表 4-16 に示す。

表 4-16 可燃分元素組成分析の項目

Analysis items	Unit
Elemental analysis (Combustibles)	-
C	wt%, dry
H	wt%, dry
N	wt%, dry
O	wt%, dry
S	wt%, dry
Cl	wt%, dry

④灰分元素組成分析

分析項目を以下の表 4-17 に示す。

表 4-17 灰分元素組成分析の項目

Analysis items	Unit
Elemental analysis (Ash)	-
Ca	wt%, dry
Si	wt%, dry
Al	wt%, dry
Mg	wt%, dry
Pb	wt%, dry
Zn	wt%, dry
Na	wt%, dry
K	wt%, dry
Cu	wt%, dry
Cd	wt%, dry
F	wt%, dry
Hg	wt%, dry
Fe	wt%, dry

(7) サンプルング方法

ごみのサンプルング方法は日本における環整 95 号に規定されるサンプルング方法を基本としながら、極力代表性のあるごみのサンプルングができる方法を採用する。

複数の搬入車両から各 10kg 以上を採取し、1 サンプルあたり計 200kg を採取する。各搬入車両からのサンプルングに際しては、ごみ積載箇所的前方部、中央部、後方部の 3 か所からそれぞれ採取、混合することにより、各搬入車両毎のごみの代表性を極力確保できる方法とする (図 4-12)。

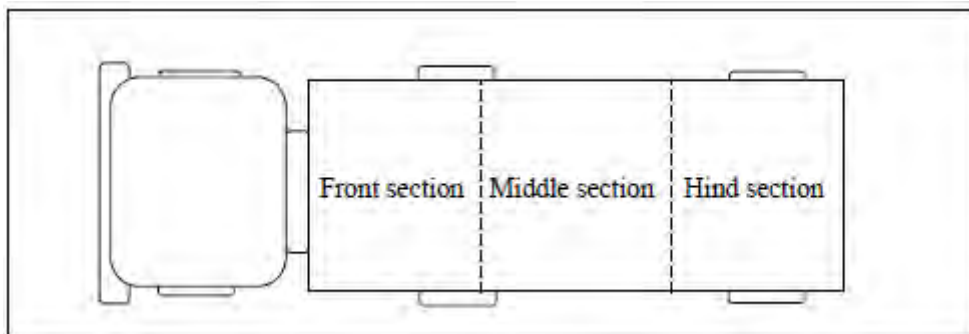


図 4-12 各搬入車両からのサンプルング箇所

ごみサンプルング及び分析のフローを図 4-13 に示す。採取された 200kg のごみサンプルを使用して、最終処分場オンサイトにて種類組成分析及び単位体積重量 (ごみ嵩密度) の測定を実施する。得られた種類組成分析結果に基づいて、2kg の混合ごみサンプルを作成し、これをラボに持ち帰り、三成分分析、工業分析、可燃分元素組成分析、灰分元素組成分析を

実施する。

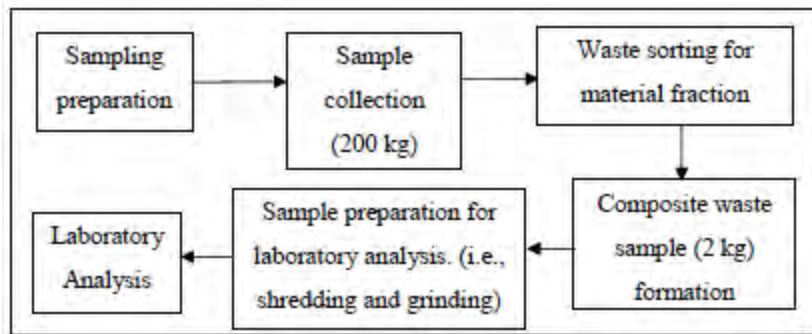


図 4-13 ごみのサンプリング・分析フロー

(8) サンプリング及び分析のスケジュール

表 4-18 サンプリング及び分析のスケジュール

		2023																					
		August				September					October				November				December				
		W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W5	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	
Sampling for Non-fruit season	Site entry approval		■																				
	Sampling preparation			■	■	■																	
	Waste sampling & waste sorting					■																	
	Sample preparation for lab analysis					■	■																
	Lab analysis						■	■	■	■													
	Data analysis						■	■	■	■	■												
	Report preparation & submission										■	■											
Sampling for Fruit season	Site entry approval																						
	Sampling preparation												■	■									
	Waste sampling & waste sorting													■									
	Sample preparation for lab analysis													■	■								
	Lab analysis														■	■	■	■					
	Data analysis														■	■	■	■	■				
	Report preparation & submission																		■	■			

4.5 今後の展開

今年度は、2019 年末からの新型コロナウイルス感染症の感染拡大に伴うマレーシアへの入国制限措置が緩和されたため、現地調査の実施を前提に IRDA 及びイスカンダル地域に所在する Seelong 最終処分場での現地調査を実施することが出来たのは大きな成果である。Seelong 最終処分場を運営する現地廃棄物処理事業者の SWM Environment Sdn. Bhd. との現地での面談の結果、Seelong 最終処分場では独自に十分なごみ質調査を実施しておらず、受入れごみの組成・性状のデータを保有していないことが判明した。そのため、ごみ質調査を実施するために、マレーシア工科大学の研究チームと調査計画に関する協議をリモートにて実施した。

3ヶ年事業の2年目となる来年度事業においては、施設の技術仕様及び概算事業費の見積り精度向上を目的として、廃棄物発電施設建設予定であるイスカンダル地域で収集され最終処分場に搬入されているごみのごみ質分析を実施する予定である。

また、施設計画の前提に係る情報の調査として施設設計に適用される法制度の調査も本年度は実施したが、来年度は制度設計に関する調査を深堀していくと共に、Bukit Payong 案件の進捗も追いながら条件等を参考に事業実施に関連する法制度や課題整理を実施していくことを想定している。

以上