

令和5年度環境省委託事業

令和5年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務

プカンバル市との協力を通じたリアウ州地域における
2050年ゼロカーボンシティ形成支援事業

調査報告書

令和6年3月

日本工営株式会社
川崎 市

令和5年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務

プカンバル市との協力を通じたリアウ州地域における 2050年ゼロカーボンシティ形成支援業務

調査報告書

目次

| | 頁 |
|--|----|
| 第1章 業務の背景と目的 | 1 |
| 1.1 業務の背景 | 1 |
| 1.2 業務の目的 | 1 |
| 1.3 本業務の実施体制 | 2 |
| 1.4 本業務の工程 | 3 |
| 第2章 参画都市の概要と環境施策 | 5 |
| 2.1 川崎市 | 5 |
| 2.1.1 川崎市の概要 | 5 |
| 2.1.2 川崎市地球温暖化対策推進基本計画 | 6 |
| 2.1.3 脱炭素戦略「かわさきカーボンゼロチャレンジ2050」 | 7 |
| 2.1.4 かわさきグリーンイノベーションクラスター（GIC） | 7 |
| 2.1.5 脱炭素先行地域 | 7 |
| 2.2 プカンバル市 | 8 |
| 2.2.1 プカンバル市の概要 | 8 |
| 2.2.2 パーム油生産廃棄物 | 9 |
| 2.2.3 2050年ゼロカーボンシティ形成 | 10 |
| 2.2.4 CRICプロジェクト | 10 |
| 2.2.5 テナヤン工業団地の開発 | 11 |
| 第3章 脱炭素社会実現のための都市間連携活動 | 12 |
| 3.1 都市間連携に係るこれまでの活動 | 12 |
| 3.2 都市間連携に係る今年度の活動方針 | 14 |
| 3.3 都市間連携活動に係る結果 | 15 |
| 3.3.1 活動概要 15 | |
| 3.3.2 プカンバル市と川崎市による都市間連携ワークショップ | 16 |
| 3.3.3 川崎国際環境技術展 | 17 |
| 3.3.4 両都市の協力関係の継続に関する協議 | 19 |
| 3.3.5 脱炭素社会実現のための都市間連携セミナー | 20 |
| 第4章 JCM 事業化検討 | 22 |
| 4.1 環境調和型経済社会形成に資する JCM 事業の検討 | 22 |
| 4.1.1 EFB バイオマス活用事業 | 22 |

| | | |
|-------|--------------------------------|----|
| 4.1.2 | POME バイオガス活用事業 | 27 |
| 4.1.3 | ナノエマルジョン技術活用事業 | 34 |
| 4.2 | ゼロカーボンシティ形成に資する事業の検討 | 39 |
| 4.2.1 | 公共建物への再エネおよびエネルギー管理の導入事業 | 39 |
| 4.2.2 | LED 街路灯導入事業の検討 | 42 |
| 第5章 | 今年度の進捗・達成状況 | 46 |
| 第6章 | 今後の計画 | 48 |
| 6.1 | 都市間連携活動 | 48 |
| 6.2 | JCM 事業化検討 | 50 |
| 6.2.1 | EFB 燃料化事業 | 50 |
| 6.2.2 | POME バイオガス活用事業 | 50 |
| 6.2.3 | ナノエマルジョン技術活用事業 | 50 |
| 6.2.4 | 再エネ及び EMS 技術導入事業 | 50 |
| 6.2.5 | LED 導入事業 | 51 |

表目次

| | | |
|--------|---|----|
| 表 2-1 | 川崎市の統計データ | 5 |
| 表 2-2 | 川崎市地球温暖化対策推進基本計画（2022年計画）の概要 | 6 |
| 表 2-3 | 脱炭素アクションみぞのくちの「脱炭素アクション」の例 | 8 |
| 表 2-4 | 脱炭素アクションみぞのくち推進会議 活動内容 | 8 |
| 表 2-5 | プカンバル市の概要 | 9 |
| 表 2-6 | CRIC プロジェクト所在地（インドネシア）と注力セクター | 10 |
| 表 3-1 | 都市間連携の取組実績 | 12 |
| 表 3-2 | 活動テーマと概要 | 14 |
| 表 3-3 | 都市間連携に係る取組 | 15 |
| 表 3-4 | プカンバル市と川崎市による都市間連携ワークショップのアジェンダ | 16 |
| 表 3-5 | 川崎市主催アジア都市間連携ワークショップのアジェンダ | 18 |
| 表 3-6 | 脱炭素社会実現のための都市間連携セミナー関連のイベント概要 | 20 |
| 表 4-1 | 昨年度までの調査進捗（EFB 燃料化事業） | 24 |
| 表 4-2 | パーム油搾油工場の情報収集結果 | 24 |
| 表 4-3 | ヒアリング結果の整理 | 25 |
| 表 4-4 | EFB 燃料化による GHG 削減量概算 | 25 |
| 表 4-5 | EFB 燃料化技術の整理 | 26 |
| 表 4-6 | 昨年度までの調査進捗（POME バイオガス活用事業） | 27 |
| 表 4-7 | 今年度実施の Pre-F/S の概要（POME バイオガス活用事業） | 29 |
| 表 4-8 | Sei Galuh における諸情報 | 29 |
| 表 4-9 | オープンラグーン方式により POME から発生する CH ₄ 排出量 | 32 |
| 表 4-10 | ディーゼルバス/トラックからの CO ₂ 排出量 | 32 |
| 表 4-11 | プロジェクト CO ₂ 排出量 | 32 |
| 表 4-12 | GHG 削減量および費用対効果試算 | 33 |
| 表 4-13 | リアウ州内の BDF 工場 | 36 |
| 表 4-14 | GHG 削減効果試算（ナノグリセリン燃料事業） | 37 |
| 表 4-15 | GHG 削減効果試算（液体化石燃料のナノエマルジョン化実証事業） | 38 |
| 表 4-16 | プカンバル市新市庁舎における EMS 技術導入検討結果 | 41 |
| 表 4-17 | ESDM 令の改正に伴う変更 | 42 |
| 表 4-18 | LED 街路灯導入事業の GHG 排出量試算結果 | 44 |
| 表 5-1 | 今年度の進捗・達成状況 | 46 |

図目次

| | | |
|-------|------------------------------------|----|
| 図 1-1 | 業務実施体制 | 3 |
| 図 1-2 | 本業務のスケジュール | 4 |
| 図 2-1 | 川崎市の位置 | 5 |
| 図 2-2 | 地球温暖化対策推進基本計画 | 6 |
| 図 2-3 | かわさきカーボンゼロチャレンジ 2050 | 7 |
| 図 2-4 | プカンバル市の位置 | 9 |
| 図 2-5 | パーム油製造により発生する廃棄物 | 10 |
| 図 2-6 | テナヤン工業団地 | 11 |
| 図 3-1 | 「地球の恵みファーム・松本」の地産地消エネルギーによる資源循環モデル | 20 |
| 図 4-1 | パーム油産業における環境調和型経済社会のイメージ | 22 |
| 図 4-2 | EFB 燃料化事業の全体プロセス | 23 |
| 図 4-3 | POME バイオガス活用事業の全体プロセス | 27 |
| 図 4-4 | バイオガス分離膜 SEPURAN® Green | 27 |
| 図 4-5 | 東カリマンタン州での導入例 | 27 |

| | | |
|--------|---|----|
| 図 4-6 | プロセスフロー図（廃液処理） | 30 |
| 図 4-7 | プロセスフロー図（POME） | 30 |
| 図 4-8 | 経済性の評価 | 31 |
| 図 4-9 | ナノエマルジョン燃料製造装置「NEFS」 | 34 |
| 図 4-10 | インドネシアにおける FAME 生産量 | 34 |
| 図 4-11 | ナノグリセリン燃料の製造プロセス | 35 |
| 図 4-12 | グリセリンの世界需給予測 | 35 |
| 図 4-13 | 入手した副生グリセリンサンプル | 36 |
| 図 4-14 | ナノフュエル社による液体化石燃料転換イメージ | 37 |
| 図 4-16 | プカンバル市新市庁舎地域の様子 | 39 |
| 図 4-16 | EMS 技術のイメージ | 40 |
| 図 4-17 | 市庁舎におけるエコグリッド事業概要 | 40 |
| 図 4-18 | プカンバル市新市庁舎における EMS 技術導入検討結果 | 42 |
| 図 4-20 | LED 街路灯の導入イメージ | 43 |
| 図 4-20 | LED 街路灯導入事業の実施体制案 | 43 |
| 図 4-21 | LED 街路灯導入事業対象エリア | 44 |
| 図 5-1 | 3 か年計画（令和5年度（2023年度）提案時点） | 46 |
| 図 6-1 | ステップ 1：川崎市とジャカルタ特別州の連携によるプカンバル市の脱炭素計画策定 | 48 |
| 図 6-2 | ステップ 2：川崎市とプカンバル市の連携による脱炭素計画策定に際してのリアウ州との協調 | 49 |
| 図 6-3 | ステップ 3：プカンバル市を核としたリアウ州内自治体への脱炭素ドミノ | 49 |

添 付

- 添付資料1 川崎市とブカンバル市による都市間連携ワークショップ
添付資料2 第16回 川崎国際環境技術展

略語表

| 略語 | 英語/インドネシア語 | 和訳 |
|----------|--|------------------------|
| BAPPENAS | Badan Perencanaan Pembangunan Nasional | 国家開発計画省 |
| BAU | Business-as-Usual | 対策がなされなかった場合 |
| CAPEX | Capital Expenditure | 投資コスト・設備投資 |
| CNG | Compressed Natural Gas | 圧縮天然ガス |
| COVID-19 | Coronavirus Disease 2019 | 新型コロナウイルス |
| CRIC | Climate Resilient and Inclusive Cities | 包摂的で安全、かつ強靱で持続可能な都市の計画 |
| DISHUB | Dinas Perhubungan | プカンバル市交通局 |
| EFB | Empty Fruit Bunch | アブラヤシ果実の空果房 |
| EMS | Energy Management System | エネルギーマネジメントシステム |
| FAME | Fatty Acid Methyl Ester | 脂肪酸メチルエステル |
| FFB | Fresh Fruit Bunch | アブラヤシの果房 |
| F/S | Feasibility Study | 事業可能性調査 |
| GEC | Global Environmental Centre Foundation | 公益財団法人地球環境センター |
| GHG | Green House Gas | 温室効果ガス |
| GIC | Kawasaki Green Innovation Cluster | かわさきグリーンイノベーションクラスタ |
| IGES | Institute for Global Environmental Strategies | 公益財団法人地球環境戦略研究機関 |
| IPB | Institut Pertanian Bogor | ボゴール農科大学 |
| ITB | Institut Teknologi Bandung | バンドン工科大学 |
| JCM | Joint Crediting Mechanism | 二国間クレジット制度 |
| LED | Light Emitting Diode | 発光ダイオード |
| LOI | Letter of Intent | 協力同意書 |
| MF | Mesocarp Fiber | アブラヤシ果実の中果皮 |
| MOU | Memorandum of Understanding | 覚書 |
| NDC | Nationally Determined Contribution | 自国が決定する貢献 |
| OPEX | Operating Expenditure | 運営コスト |
| PAO | Palm Asid Oil | パーム酸油 |
| PGLSSID | PT. Panasonic Gobel Life Solutions Sales Indonesia | パナソニックの現地グループ会社 |
| PKS | Palm Kernel Shell | アブラヤシ果実の殻 |
| PLN | National Electricity Company (PT Perusahaan Listrik Negara /Persero) | インドネシア国営電力公社 |
| POME | Palm Oil Mill Effluent | パーム油廃液 |
| PTPN | PT. Perkebunan NusantaraIV-Regional III | 国営パーム農園企業のうち、リアウ州担当会社 |
| PT.SPP | PT. Sarana Pembangunan Pekanbaru | テナヤン工業団地運営公社 |

| 略語 | 英語/インドネシア語 | 和訳 |
|---------|---|--------------------------|
| PUPR | Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat | プカンバル市公共事業・公共住宅局 |
| PV | Photovoltaics | 太陽光発電 |
| RAD-GRK | Regional Action Plan for Greenhouse Gas Emission Reduction (Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca) | 地方 GHG 排出削減行動計画 |
| RAN-GRK | National Action Plan for Greenhouse Gas Emission Reduction (Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca) | 国家 GHG 排出削減行動計画 |
| RSPO | Roundtable on Sustainable Palm Oil | 持続可能なパーム油のための円卓会議 |
| RUEN | Grand National Energy Plan 2015-2050 (Rencana Umum Energi Nasional) | 国家エネルギー計画 |
| SDGs | Sustainable Development Goals | 持続可能な開発目標 |
| TMP | Transmetro Pekanbaru | トランスメトロプカンバル (プカンバル市営企業) |
| UNIDO | United Nations Industrial Development Organization | 国際連合工業開発機関 |
| UNRI | Universitas Riau | リアウ大学 |

第1章 業務の背景と目的

1.1 業務の背景

平成28年11月に発効し、令和2年(2020年)より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対策を加速させることが掲げられている。また、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300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。

また、新型コロナウイルス感染症の影響により、都市は感染拡大関連の課題に対処すると同時に、持続可能な開発を達成するための新たな方策についての再調整や検討を迫られており、都市間の連携による新たな手法、新たな都市の構築が極めて重要である。

インドネシア政府は国家温室効果ガス排出削減行動計画(RAN-GRK)を策定し、2013年に州政府が州ごとの温室効果ガス排出削減行動計画(RAD-GRK)を制定した。2017年1月には省エネルギーの推進、天然ガスの利用促進が重点項目として掲げられる国家エネルギー計画(RUEN, Grand National Energy Plan 2015-2050)が制定された。また、2016年に提出された「自国が決定する貢献(NDC, Nationally Determined Contribution)」では、2030年にBAU比で29%削減すること、そして二国間クレジット制度(JCM, Joint Crediting Mechanism)などの国際支援により41%まで削減することが約束されたが、さらに、2021年7月に提出された改定版NDCにおいて、遅くとも2060年までにカーボンニュートラルを達成することを目指すことが明文化された。それに続いて、首都ジャカルタ特別州が、2050年までにカーボンニュートラルの達成を目指すことが州知事令90号において示される等、同国での脱炭素社会形成に向けた動きが活発になっている。

本業務は、海外都市の脱炭素化に向けて川崎市とプカンバル市による都市間連携のスキームの下実施されるものであり、令和元年度に開始され、本年度はフェーズ2の2年目にあたる。プカンバル市はインドネシアのスマトラ島中心部に位置するリアウ州の州都であり、リアウ州はパーム油産業が中心となっている地域である。パーム油はインドネシア貿易省が掲げる10の主要産品(鉱業、ガス除く)の一つであり、そのうち輸出に占める割合が最も高く、全体の12%を占めている。世界的にもパーム油の生産はインドネシアが1位であり、2位のマレーシアと合わせて生産量の83%を占めている(出典:Palm Oil Explorer、USDA、2022年)。その中でもリアウ州はパーム油の生産がインドネシアで最大(27%)の州である。

パーム油産業がリアウ州における中心産業となっている一方で、パーム油生産において大量に発生する廃棄物の管理は同州における環境課題となっている。また、経済発展の著しいプカンバル市では、産業化・都市化による環境課題も発生している。

1.2 業務の目的

「令和5年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業」は、脱炭素社会形成に関する経験やノウハウ等を有する本邦都市とともに、海外自治体等における脱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ものである。

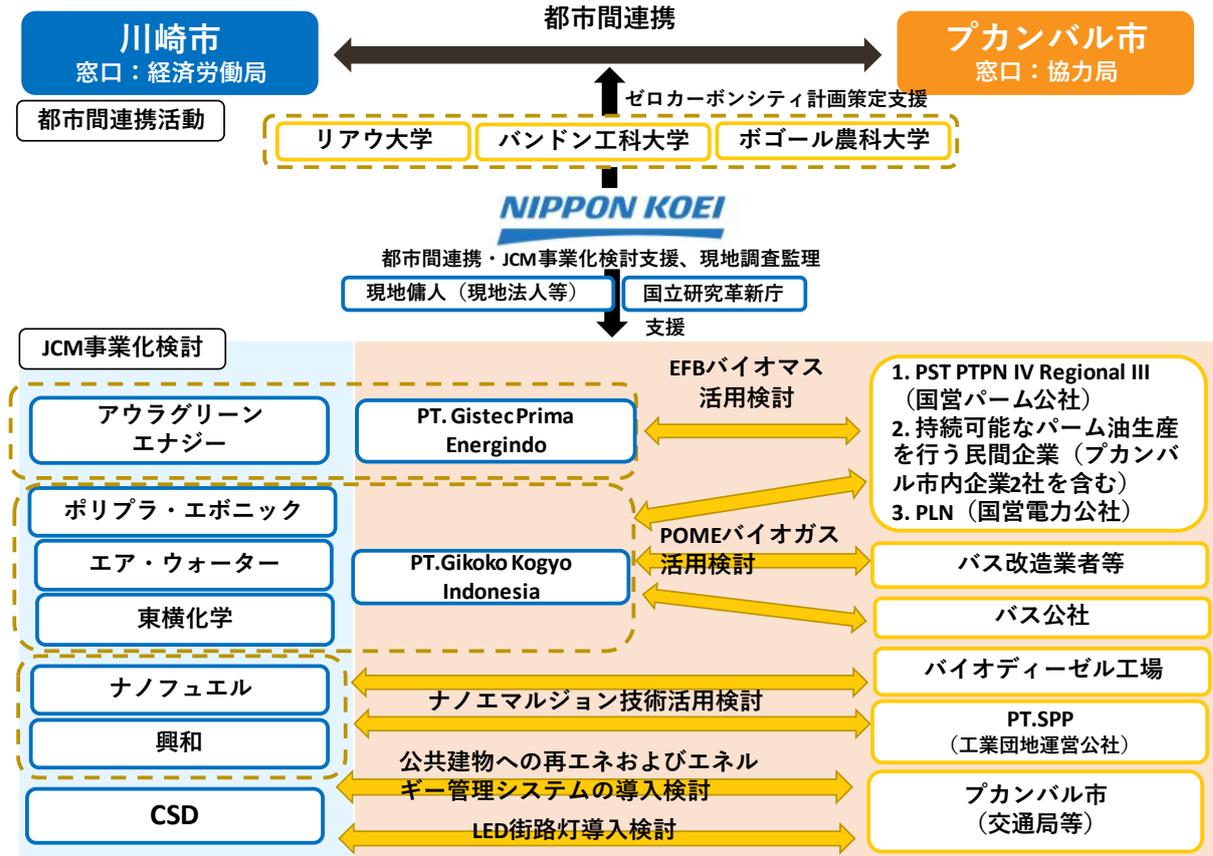
1.3 本業務の実施体制

本年度の業務実施体制は、図 1-1 の通りである。川崎市とプカンバル市によりゼロカーボンシティ形成及び環境調和型経済社会形成に係る都市間連携活動を行った。

また、同都市間連携の下、環境調和型経済社会形成に資する JCM 事業の検討として、1-1) アブラヤシ空果房 (EFB, Empty Fruit Bunch) バイオマス活用事業、1-2) パーム油廃液 (POME, Palm Oil Mill Effluent) バイオガス活用事業、1-3) ナノエマルジョン技術活用事業に係る検討・調査を実施した。1-1) EFB バイオマス活用事業については、EFB 燃料化機器メーカー、原料及び燃料 (ペレット) サプライヤー、オフテイク先候補へのアプローチ・情報収集を行い、事業化に向けた体制の構築を目指した。1-2) POME バイオガス活用事業については、ポリプラ・エボニック社、エア・ウォーター社、東横化学社及び現地企業である PT.Gikoko Kogyo Indonesia の協力により、こちらも PT.PNIV-RegionalIII (PTPN) の保有するパーム油搾油工場を対象としたバイオガス活用事業の組成に向けて Transmetro Pekanbaru 社 (以下、TMP) と協議し Pre-F/S を実施した。1-3) については、ナノフュエル社及び興和社が、「環境省・水素等新技術導入事業」(以降、水素等事業) への申請に向けてナノフュエル社の持つナノエマルジョン技術の活用先の調査を行った。

加えて、ゼロカーボンシティ形成に資する JCM 事業として、2-1) 公共建物への再エネおよびエネルギー管理の導入、及び 2-2) LED 街路灯導入事業の検討を行い、プカンバル市公共事業・公共住宅局 (Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat : PUPR) やプカンバル市交通局 (Dinas Perhubungan : DISHUB) から提供を受けた情報を基に、JCM 設備補助事業への申請を目指してシーエスデー社が検討を行った。

日本工営は、代表事業者として、都市間連携活動及び各 JCM 事業検討の全体支援を行った。今年度は、3 度の現地渡航を実施し、情報収集、調査、協議を行った。現地での情報収集、調査、協議については、上述の現地企業 2 社に加え、現地備人 3 名を活用して実施した。



出典：日本工営

図 1-1 業務実施体制

1.4 本業務の工程

本業務の実施期間は2023年6月22日～2024年3月8日である。主な工程は、図 1-2 に示す通りである。

| # | 調査内容 | 2023 | | | | | | 2024 | | |
|--------------------|---------------------------------------|----------|---------|----|---------|-----|------------------------|---------|----|----|
| | | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 |
| 1. 都市間連携活動 | | | | | | | | | | |
| 1 | 2050ゼロカーボンシティロードマップ案作成支援 | → | | | | | | | | |
| 2 | 現地ステークホルダーとの協議 | | ▼ | | ▼ | | | ▼ | | |
| 3 | リアウ州における脱炭素ドミノ構築に向けた取り組み | | ▼ | | | | | | | |
| 4 | その他支援スキームに関する意見交換（CRICプロジェクト・JICAを想定） | | ▼ | | ▼ | | | | | |
| 2. JCM事業化検討 | | | | | | | | | | |
| 1 | 本年度JCM申請候補案件関係者との協議/支援 | → | | | | | | | | |
| 2 | 企業との案件形成に関するWEB協議、国内情報収集 | → | | | | | | | | |
| 3 | 現地情報収集（現地渡航・傭人の活用） | | ▼(現地渡航) | | ▼(現地渡航) | | | ▼(現地渡航) | | |
| 4 | ビジネスマッチング | | | | | ▼ | (川崎国際環境技術展でのビジネスマッチング) | | | |
| 3. 報告・発表等 | | | | | | | | | | |
| 1 | 月次進捗報告 | | ▼ | ▼ | ▼ | ▼ | ▼ | ▼ | ▼ | ▼ |
| 2 | 環境省報告会 | ▼(キックオフ) | | | ▼(中間報告) | | | ▼(最終報告) | | |
| 3 | 現地ワークショップ | | | ▼ | | | | | | |
| 4 | 環境省指定の会議での発表 | | | | | | | | | |
| 5 | 川崎国際環境技術展 | | | | →▼ | | → | | | |
| 6 | 最終報告書作成 | | | | | | → | | | |

出典：日本工営

図 1-2 本業務のスケジュール

第2章 参画都市の概要と環境施策

2.1 川崎市

2.1.1 川崎市の概要

川崎市は、神奈川県北東部に位置し、多摩川を挟んで東京と隣接する日本の政令指定都市である。

同市は、臨海部に位置する京浜工業団地の中核都市として日本の経済成長を支えているとともに、公害克服に関する市民・事業者・行政の実績や知見を有し、優れた環境技術を持つ企業を多く誘致している。一方、西部は生田緑地をはじめとし、豊かな自然が広がる地域である。



出典：川崎市

図 2-1 川崎市の位置

表 2-1 川崎市の統計データ

| # | 項目 | 統計データ |
|---|-----------|------------------------|
| 1 | 面積 | 144.35km ² |
| 2 | 人口 | 1,545,711人(令和6年1月1日現在) |
| 3 | 世帯数 | 773,052世帯(令和6年1月1日現在) |
| 4 | 市内総生産(名目) | 6兆3,016億円(令和2年度) |

出典：川崎市HPより日本工営作成

川崎市は近年、これまでの環境への取組に加え、RE100¹の参加要件（消費電力量が年間10GWh以上）を満たさない中小企業、自治体、教育機関、医療機関等が、活動に必要なエネルギーを100%再エネで調達することを目標に掲げる民間の新たな枠組み「再エネ100宣言RE Action」のアンバサダーに就任した。アンバサダーの活動を通じ、国内各地域において再エネ普及に向けた取組の輪を広げる役割を担っている。更に、これまで様々な課題を市民や事業者などと解決してきた経験と、持続可能な社会の実現に向けた取組が評価され、2019年7月には日本の内閣府地方創生推進室により「SDGs未来都市²」に選定されるなど、気候変動対策及びSDGs推進に積極的に取り組んでいる。

¹ RE100は、The Climate GroupとCDPによって運営される企業の自然エネルギー100%を推進する国際ビジネスイニシアティブである。企業による自然エネルギー100%宣言を可視化する共に、自然エネの普及・促進を求めるもので、世界の影響力のある大企業が参加している。(出典：自然エネルギー100%プラットフォーム)

² SDGsの理念に沿った基本的・総合的取組を推進しようとする都市・地域の中から、特に、経済・社会・環境の三側面における新しい価値創出を通して持続可能な開発を実現するポテンシャルが高い都市・地域として選定されるもの。令和元年度は新たに31都市（累計60都市）が選定された。

2.1.2 川崎市地球温暖化対策推進基本計画

川崎市は、2010年に策定した川崎市地球温暖化対策推進基本計画（2018年改訂）に基づき、地球温暖化対策を行ってきた。2020年11月には2050年の脱炭素社会の実現に向けた戦略「かわさきカーボンゼロチャレンジ2050」（後述）を策定し、脱炭素化の取組を進めてきた。さらにこのたび、脱炭素戦略及び国内外の急激な社会変化等を踏まえ、川崎市地球温暖化対策推進基本計画を改定することとなった（以下、2022年計画）。2022年計画の概要を表2-2に纏める。



出典：川崎市

図 2-2 地球温暖化対策推進基本計画

表 2-2 川崎市地球温暖化対策推進基本計画（2022年計画）の概要

| 項目 | 2022年計画 |
|----------------|--|
| 期間 | 2022-2030年度 |
| 将来ビジョン | 2050年の市域の温室効果ガス排出量実質ゼロを目指す |
| 基本理念 | 『将来世代にわたって安心して暮らせる脱炭素なまちづくり』と『環境と経済の好循環による持続可能で力強い産業づくり』に挑戦 |
| 基本的方向 | I 市民・事業者などあらゆる主体が脱炭素化に取り組んでいるまち II グリーンイノベーションで世界の脱炭素化に貢献するまち III 再生可能エネルギーを最大活用しエネルギー最適化しているまち IV 地球にやさしい交通環境が整備されたまち V 市役所が自ら率先して脱炭素化にチャレンジしているまち VI 脱炭素化に向けた資源循環に取り組んでいるまち VII 気候変動に適応し安全で健康に暮らせるまち VIII 多様なみどりが市民をつなぐまち |
| GHG削減目標 | 市域目標： 2050年の市域の温室効果ガス排出量実質ゼロ 2030年年度までに50%削減(2013年度比、1,180万tCO ₂ 削減) 民生系目標(民生家庭・民生業務)： 2030年度までに45%以上削減(2013年度比、170万tCO ₂ 削減) 産業系目標(産業・エネルギー転換・工業プロセス)： 2030年度までに50%以上削減(2013年度比、952万tCO ₂ 削減) 市役所目標(市公共施設全体)： 2030年度までに50%以上削減(2013年度比、21万tCO ₂ 削減) |
| 2030年度の再エネ導入目標 | 2030年度までに33万kW以上導入(市域全体、2020年度実績20万kW) |

出典：川崎市地球温暖化推進基本計画より日本工営作成

2.1.3 脱炭素戦略「かわさきカーボンゼロチャレンジ 2050」

2020年2月17日、川崎市の福田紀彦市長は、2050年ゼロカーボンシティ宣言を行い、同年中に脱炭素社会の実現に向けて目指す将来像とその実現に向けた戦略を示すことを発表した。また、同年11月には、脱炭素化の取組のスタート地点として、2050年のCO₂排出量実質100%削減の達成に向け、2030年マイルストーン（中間目標地点）や、基本的な考え方、先導的な取組などを示すものとし、「かわさきカーボンゼロチャレンジ 2050」が策定された。

2030年マイルストーンは、2050年に脱炭素を達成するための数値をバックキャストによるアプローチで算出しており、基本計画に基づく目標（2030年度までに約250万tCO₂削減（2013年度比26%）、2050年度までに2013年比80%削減）に加え、2030年度までの約10年間でさらに100万tCO₂の削減を目標としている。



出典：川崎市

図 2-3 かわさきカーボン
ゼロチャレンジ 2050

2.1.4 かわさきグリーンイノベーションクラスター（GIC）

川崎市は、2014年に「川崎グリーンイノベーション推進方針（2022年に川崎市地球温暖化対策推進基本計画に統合）」を策定した。本方針では、同市の強みである環境技術や環境産業を活かし、グリーンイノベーションに向けた取組をより一層発展、拡大することで、サステナブル・シティを創造するための基本的な方針や実践的な取り組みを示している。グリーンイノベーション推進に向けて掲げられた4つの柱は以下の通りである。

- I 環境技術・環境産業の創出と振興により地域経済を活性化
- II 優れた環境技術・環境産業を市民生活に活用
- III 環境技術・環境産業を活かすために多様な主体と協働
- IV 川崎の環境技術・環境産業を活かして国際社会に貢献

この4つの柱のうち、I及びIVの柱を推進するための体制として、産学官民の連携によって環境改善に取り組み、産業振興と国際貢献を推進して新たな社会の形成を目指すネットワーク「かわさきグリーンイノベーションクラスター（GIC）」が2015年に設立された。2022年度からは、川崎市地球温暖化対策推進基本計画における施策のうち「グリーンイノベーション推進に向けた機能強化及び国際貢献の推進」を実現するためにGICが位置づけられ、「川崎市や支援機関の施策を活用するための相談窓口」、「普及・広報、情報提供」、「環境技術、行政の知見・ノウハウ等を活用したビジネス創出支援」といった機能を通じて、環境分野におけるイノベーションの創出に取り組んでいる。

2.1.5 脱炭素先行地域

脱炭素先行地域とは、2050年カーボンニュートラルに向けて、民生部門（家庭部門及び業務その他部門）の電力消費に伴うCO₂排出の実質ゼロを実現し、運輸部門や熱利用等も含めてそのほかの温室効果ガス排出削減についても、我が国全体の2030年度目標と整合する削減を地域特性に応じて実現する地域で、「実行の脱炭素ドミノ」のモデルとなる。

脱炭素先行地域は2021年に「国・地方脱炭素実現会議」が取りまとめた「地域脱炭素ロ

ードマップ」における取組である。地方自治体や地元企業・金融機関が中心となり、環境省を中心に国も積極的に支援しながら、少なくとも100か所の脱炭素先行地域で、2025年度までに、脱炭素に向かう先行的な取組実施の道筋をつけ、2030年度までに実行する。これにより、農山漁村、離島、都市部の街区など多様な地域において、地域課題を解決し、住民の暮らしの質の向上を実現しながら脱炭素に向かう取組の方向性を示す。

川崎市からは、脱炭素先行地域として「脱炭素アクションみぞのくち」を擁する溝口周辺地域が選定された。2020年より市民・事業者が一体となって2030年のCO2排出量削減目標に向かって取り組んできた点が評価されている。

表2-3に脱炭素アクションみぞのくちの取り組みの例を示す。

表 2-3 脱炭素アクションみぞのくちの「脱炭素アクション」の例

| 分類 | 例 |
|---------------|-------------------------------|
| 再生可能エネルギー | 家庭向け電力の共同購入、公共・商業施設への導入 |
| 資源循環の取り組み | マイボトル、リユース食器・リユースびん、リサイクルシステム |
| シェアリングエコノミー | シェアサイクル、カーシェアリング、傘のシェアリング |
| 電気自動車・燃料電池自動車 | 水素ステーション、公用車・社用車への導入 |
| 食品ロスの削減 | エコなレシピの開発・普及、フードシェアリング |

出典：川崎市・脱炭素アクションみぞのくちHPより日本工営作成

表2-4に示す通り、「脱炭素アクションみぞのくち」推進会議ではエネルギー関連企業のほか地元企業や地域団体など、溝口地域で活躍する様々な事業者・団体等が集まり、取組の展開や広報などを連携して進めている。

表 2-4 脱炭素アクションみぞのくち推進会議 活動内容

| 「脱炭素アクションみぞのくち」の取組推進 | 各主体の取組に関する情報発信 | 会員事業者のつながり作り |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 各主体の取組に関する情報共有 方向性の協議 | <ul style="list-style-type: none"> 市民向けイベント・セミナー等の開催 事業者の取組紹介動画、リーフレット等の作成 広報ツールを活用した広報 | <ul style="list-style-type: none"> 事業マッチング 事業者向けセミナー等の開催 |

出典：川崎市・脱炭素アクションみぞのくちHPより日本工営作成

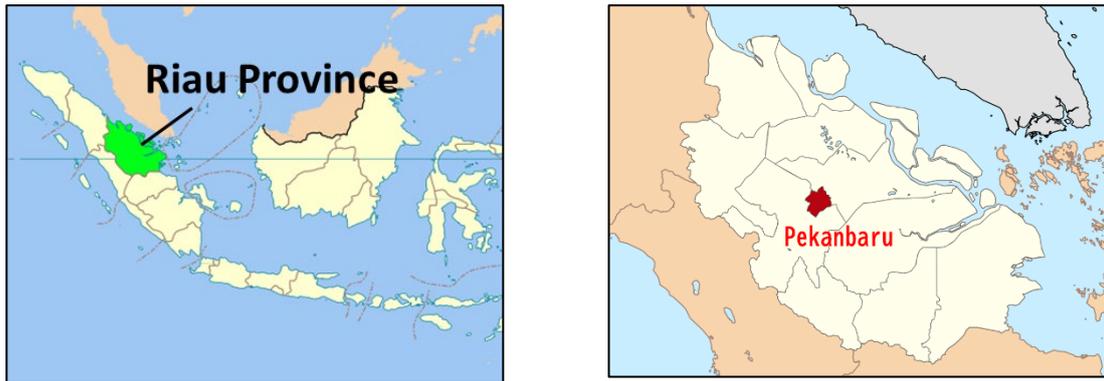
2.2 プカンバル市

2.2.1 プカンバル市の概要

プカンバル市は、インドネシアのスマトラ島の中心部に位置するリアウ州の州都であり、100万人以上の人口を抱える都市である。近年著しい経済・産業発展を見せており、スマートシティ形成を同市の優先政策の一つとして掲げ、工業団地開発、新都市開発、新交通システムの導入等、様々な政策・事業が進められている。

リアウ州はパーム油産業が中心となっている地域で、パーム油はインドネシア貿易省が掲げる10の主要産品（鉱業、ガス除く）の一つである。世界的にもパーム油の生産はインドネシアが1位であり、2位のマレーシアと合わせて生産量の83%を占めている（出典：Palm Oil Explorer, USDA, 2023年）が、リアウ州は、パーム油の生産がインドネシアで最大（27%）の州である。

プカンバル市、リアウ州の位置及びそれぞれの概要は図 2-4 及び表 2-5 の通りである。



出典：日本工営

図 2-4 プカンバル市の位置

表 2-5 プカンバル市の概要

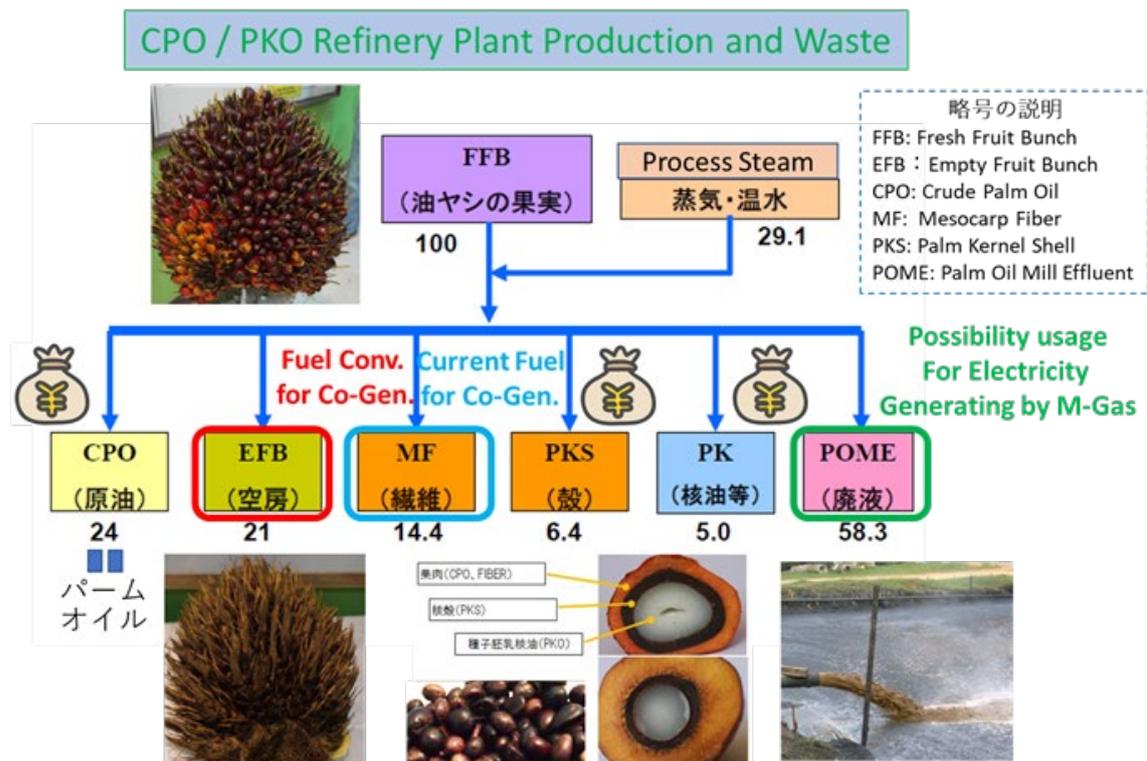
| 項目 | 統計データ |
|---------------------------------|-----------|
| 人口(人)(2023年) | 1,303,000 |
| 面積(km ²) | 632 |
| 人口密度(人/km ²)(2023年) | 2,062 |
| 地域総生産 (USD million)(2021年) | 8,845 |

出典：プカンバル市 HP、プカンバル市中央統計局資料より日本工営作成

2.2.2 パーム油生産廃棄物

アブラヤシ果房 (Fresh Fruit Bunch, FFB) からパーム油を生産する過程においては、複数の廃棄物 (副産物) が発生する。そのうちパーム椰子殻 (PKS)、核油 (PK) 等は、既にバイオマス燃料、化学製品として活用されているが、EFBは十分に処理されず、農園や搾油工場敷地内に放置されるのが現状であり、腐敗し土壌・地下水汚染やメタンの発生源となる他、森林火災の発生源となる可能性がある。また、POMEの処理については、現状、オープンラグーン方式での処理 (ため池処理) が行われているのみであり、メタンの発生源となるとともに、河川の汚染にもつながる可能性がある。

そのため、パーム油廃棄物の管理は、ローカンウル県等のパーム油生産地において深刻な課題となっており、この課題に係る廃棄物管理手法や、廃棄物の活用技術についてのニーズが示されている。



出典：インドネシア国におけるパームオイル工場廃液の燃料化事業

図 2-5 パーム油製造により発生する廃棄物

2.2.3 2050年ゼロカーボンシティ形成

2020年2月に実施した「プカンバル市との都市間連携会議」において川崎市の脱炭素化に係る取組について紹介したところ、プカンバル市の参加部局より、2050年ゼロカーボンシティへの関心が示された。また同市市長も賛同し、後述の川崎市及び日本工営との協力同意書(LOI)においても2050年ゼロカーボンシティがテーマとして設定された。

2.2.4 CRICプロジェクト

CRIC (Climate Resilient and Inclusive Cities) プロジェクトは、5年にわたってEUが資金提供する東南アジア(インドネシア、マレーシア、フィリピン、タイ)、南アジア(インド、ネパール、バングラデシュ)、欧州の三者パートナーシッププロジェクトである。このプロジェクトにおいて、インドネシアではアジア太平洋都市・地方政府連合(UCLG ASPAC)の管理の下、10のパイロット都市で気候変動に対する取り組みを行っている。プカンバル市はパイロット都市に選定されており、注力セクターは廃棄物分野となっている。パイロット都市とその注力分野を表2-6に纏める。

表 2-6 CRICプロジェクト所在地(インドネシア)と注力セクター

| 所在地 | セクター |
|---|------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ・ パンカルピナン ・ バンダール・ランブン | 洪水早期警報システム |
| <ul style="list-style-type: none"> ・ テルナテ | 沿岸早期警報システム |
| <ul style="list-style-type: none"> ・ プカンバル ・ チルボン | 廃棄物管理 |

| | |
|---|------|
| <ul style="list-style-type: none"> ・ サマリンド ・ マタラム | |
| <ul style="list-style-type: none"> ・ バンジャルマシン ・ クパン | 水管理 |
| <ul style="list-style-type: none"> ・ ゴロンタロ | 水と衛生 |

出典：インドネシア語冊子“Climate Resilient and Inclusive Cities”より日本工管作成

2020年に発表されたCRICプロジェクトにおける都市分析結果によると、プカンバル市は洪水、森林火災、煙霧などによる災害リスクに直面している。優先課題として、大気汚染だけでなく、廃棄物管理、持続可能な都市化、災害防止が挙げられた。この結果を踏まえ、CRICプロジェクトにおいて現在プカンバル市では廃棄物管理に注力している。

加えて、プカンバル市内に気候変動ワーキンググループ（WG; POKJA）を設立し気候変動緩和策、適応策、廃棄物管理に関する取り組みを推進する市長令が発令される予定である。

2.2.5 テナヤン工業団地の開発

プカンバル市は現在、インドネシア政府から国家戦略プロジェクトによる優先工業団地（全国4か所のうちの一つ）の指定を受け、テナヤン工業団地（全開発地面積：2.66 km²）の開発を行っている。同プロジェクトでは国家開発計画省（Badan Perencanaan Pembangunan Nasional：BAPPENAS）による支援を受けており、2024年の運転開始を目指している。テナヤン工業団地はシアク川に隣接していること、また新市庁舎の移転に伴い新市街地に隣接することになる予定であることから、事業を進める上で戦略的な立地である。



出典：プカンバル市

図 2-6 テナヤン工業団地

プカンバル市は、当工業団地をエコ工業団地として開発する方針を持っており、その点から、川崎市のエコタウン事業を推進してきた行政経験に高い関心を示している。また、当工業団地に日本企業含む外資企業を誘致したいと考えているとともに、工業団地内のインフラ設備として日本の省エネ技術や再エネ技術等を導入することについても関心を示している。

第3章 脱炭素社会実現のための都市間連携活動

3.1 都市間連携に係るこれまでの活動

川崎市によるリアウ州における都市間連携活動は、環境省「令和元年度低炭素社会実現のための都市間連携事業」としての採択を受け開始され、同地域における環境調和型経済社会形成等に係る自治体間の協議やJCM事業の検討が行われている。

これまでの都市間連携活動の実績は表 3-1 の通り。

表 3-1 都市間連携の取組実績

| 年月 | 項目(場所) | 内容 |
|-------------|--|---|
| 2019年 4月 | 令和元年度低炭素社会実現のための都市間連携事業 | 「川崎市・インドネシア共和国ローカンウル県連携事業 リアウ州地域におけるパーム油産業を軸とした環境調和型経済社会形成支援事業」が採択され、同年7月より川崎市によるリアウ州地域を対象とした都市間連携事業が開始された。 |
| 2019年 8月 | ローカンウル県とのキックオフ会議 (ローカンウル県) | 川崎市とローカンウル県の連携テーマについて協議し、パーム油産業における環境調和型経済社会形成をテーマの一つとすることで、大筋合意した。 |
| 2019年 8月 | ローカンウル県政府職員及び県内パーム油関連企業を対象としたミニセミナー (ローカンウル県) | ローカンウル県職員及び県内パーム油関連企業22社が参加。川崎市から川崎市の概要及び環境調和型経済社会形成に係る活動について発表を行うとともに、川崎市内企業より、EFBバイオマス発電技術に関する説明を行った。 |
| 2019年 8月 | プカンバル市長表敬訪問 (プカンバル市) | プカンバル市長を表敬訪問した。川崎市国際経済推進室より川崎市の概要及び都市間協力の説明を行ったところ、プカンバル市長が川崎市との連携に強い関心を示した。 |
| 2020年 1月 | プカンバル市本邦招聘 (東京都、川崎市) | 環境省主催の都市間連携セミナーへの参加に合わせ、プカンバル市からFirdaus市長含む7名を招聘し、川崎市内視察(かわさきエコ暮らし未来館、Jバイオフードリサイクル)及び川崎市との都市間連携可能性協議を実施した。 |
| 2020年 2月 | プカンバル市との都市間連携会議 (プカンバル市) | 川崎市・プカンバル市都市間連携会議を実施し、プカンバル市側からは、国際協力室、交通局、地方計画庁、公共事業住宅局、工業団地開発を担当する公営企業であるPT.SPP等から計25名が参加した。プカンバル市からは協力テーマ候補として、スマートシティ、工業団地開発、交通セクター、水処理について、それぞれの担当部局からの発表が行われた。一方、川崎市からは、市の概要、これまでの都市間協力(ジャカルタ特別州、ヤンゴン市)、ゼロ・エミッション工業団地の説明を行った。 当会議内で、プカンバル市が2050年ゼロカーボンシティへの関心を示し、後日、都市間連携のテーマとすることで合意した。 |
| 2020年 8月 | プカンバル市-日本工営間のLOI締結 | 2020年8月24日付で、プカンバル市-日本工営間の2050年ゼロカーボンシティをテーマとしたLOIを締結した。 |
| 2020年 9月 | 令和2年度低炭素社会実現のための都市間連携事業(2次) | 「リアウ州地域におけるパーム油産業を軸とした環境調和型経済社会及び2050年ゼロカーボンシティ形成支援事業」が採択を受け、同年12月より活動を開始した。 |
| 2021年 1月 | GIC会員-プカンバル市のオンライン交流会 (オンライン) | GIC会員企業とプカンバル市によるオンライン交流会を実施し、プカンバル市からは副市長他、13名が参加した。GIC会員企業4社が参加し、それぞれの製品について紹介を行うとともに、紹介技術のプカンバル市での導入可能性等について質疑応答を行った。 |
| 2021年 | 川崎国際環境技術展 | 川崎国際環境技術展において、本事業としてオンラインブースを設 |

令和5年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務
 プカンバル市との協力を通じたリアウ州地域における
 2050年ゼロカーボンシティ形成支援事業

| 年月 | 項目(場所) | 内容 |
|--------------|-------------------------------|--|
| 1～2月 | への出展(オンライン) | け、「テナヤン工業団地の紹介」「シアク川の現状と浄化のための技術ニーズ」「パーム油産業を軸とした環境調和型経済社会形成支援」の3テーマについて出展を行った。 |
| 2021年 2月 | 環境省主催都市間連携セミナー(オンライン) | 環境省主催の「脱炭素社会の構築に向けた都市間連携セミナー」がオンラインで開催され、都市間連携事業を実施する日本及び海外都市、実施事業者、共同事業者等、合計100名以上が参加し、都市間連携事業やJCM設備補助事業の動向に関する発表や、コロナ禍における事業の進め方についてのパネルディスカッションが行われた。 |
| 2021年 2月 | 動画による知見、経験の共有 | 川崎市の2050年ゼロカーボンシティに係る取組(環境局)、及び河川浄化に係る取組(環境総合研究所)の発表を撮影し、インドネシア語の吹替えをした動画を作成した。3月上旬に動画をプカンバル市へ送付した。 |
| 2021年 3月 | 川崎市プカンバル市による都市間連携ウェビナー(オンライン) | 川崎市プカンバル市による都市間連携ウェビナーを実施し、令和2年度の活動結果を共有するとともに、次年度事業における活動計画について協議を行った。 |
| 2021年 4月 | 令和3年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業 | 「リアウ州地域における環境調和型経済社会及び2050年ゼロカーボンシティ形成支援事業」が採択を受け、同年9月より活動を開始した。 |
| 2021年 11月 | 川崎国際環境技術展への出展 | 川崎国際環境技術展に本事業としてオンラインブースでの出展を行った。本事業の概要資料に加え、プカンバル市より提供を受けた、テナヤン工業団地の開発、シアク川の浄化、市内バスの燃料転換、LED街路灯の導入に関する資料を展示した。 |
| 2021年 12月 | GIC会員企業とのビジネスマッチング | 川崎GIC会員企業とプカンバル市及びジャカルタ特別州関係者とのビジネスマッチングをGIC事務局と共同開催し、GIC会員企業4社(総商、九城企業、アジアゲートウェイ、他1社)が発表を行った。 |
| 2022年 2月 | 都市間連携ワークショップ | 2050年ゼロカーボンシティをテーマとしたプカンバル市と川崎市による都市間連携ワークショップを開催した。開催及び閉会挨拶において、プカンバル市より、2050年ゼロカーボンをテーマとした川崎市とのLOIの締結及びゼロカーボン宣言に向け、前向きに進める旨の発言がされた。 |
| 2022年 4月 | 令和4年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業 | 「プカンバル市との協力を通じたリアウ州地域における2050年ゼロカーボンシティ形成支援事業」が採択を受け、同年6月より活動を開始した。 |
| 2022年 11月 | 川崎国際環境技術展への出展 | 川崎国際環境技術展に本事業としてブースの出展を行った。本事業の概要ポスターに加え、プカンバル市より提供を受けた、テナヤン工業団地の開発、シアク川の浄化、LED街路灯の導入に関するポスターを展示した。また、川崎市内企業とのマッチングやブース見学、意見交換等を行った。 |
| 2023年 2月 | 都市間連携ワークショップ | LOIサイニングセレモニー、川崎市環境局からの「川崎市地球温暖化対策推進基本計画」を中心とした川崎市の脱炭素に向けた取り組みの説明等を実施した。 |

出典：日本工営



プカンバル市長表敬訪問
 (2019年8月)



プカンバル市本邦招聘
 (2020年1月)



GIC 会員-プカンバル市のオンライン交流会
 (2021年1月)



都市間連携ワークショップ開会挨拶の様子
 (2022年2月)



LOI サイニングの様子
 (2023年2月)



都市間連携ワークショップ集合写真
 (2023年2月)

3.2 都市間連携に係る今年度の活動方針

今年度の都市間連携事業は、1) 2050年ゼロカーボンシティ形成支援、及び2) リアウ州における脱炭素ドミノ形成支援をテーマとして都市間連携活動を実施した。

活動概要は表 3-2 の通りである。

表 3-2 活動テーマと概要

| # | 活動テーマ | 概要 |
|---|--------------------|--|
| 1 | 2050年ゼロカーボンシティ形成支援 | ・ バンドン工科大学 (Institut Teknologi Bandung: ITB)、ボゴール農科大学 (Institut Pertanian Bogor: IPB) 及び地球環境戦略研究機関 (IGES) の支援を得て、プカンバル市職員及びリアウ大学 |

| | | |
|---|--------------------|--|
| | | <p>(Universitas Riau: UNRI) に対しプカンバル市の 2050 年ゼロカーボンシティロードマップ作成に関するキャパシティビルディング(能力開発)を行った。また、CRIC プロジェクト(UCLG、IPB、POKJA) との緊密な連携を図り、両者の役割の違いを理解した上で積極的なコラボレーションを行った。(3.3.1)</p> <ul style="list-style-type: none"> 都市間連携ワークショップにてリアウ州の脱炭素計画に関する情報共有等を行った。(3.3.2) 第 16 回川崎市国際環境技術展に出展し、プカンバル市の環境課題を紹介し、関心のある市内企業等と意見交換を行った。また、プカンバル市職員を招聘し、市内企業との面談をサポートした他、川崎市主催の「東南アジア都市間連携フォーラム」での発表の支援を実施した。(3.3.3) 川崎市とプカンバル市の 2050 年ゼロカーボンをテーマとした LOI 有効期限後の継続協力に係る協議を実施した。(3.3.4) 環境省主催の都市間連携セミナーへのプカンバル市職員招聘を支援し、追加でプカンバル市交通局長の招聘を行った。また、本イベント後エア・ウォーターの資源循環モデル開発施設の視察を行った。(3.3.5) |
| 2 | リアウ州における脱炭素ドミノ形成支援 | 都市間連携ワークショップにてリアウ州の脱炭素計画に関する情報共有を行った。(3.3.2) |

出典：日本工営

3.3 都市間連携活動に係る結果

3.3.1 活動概要

今年度実施した主な活動を表 3-3 にまとめる。

表 3-3 都市間連携に係る取組

| 活動内容 | 実施時期 | 概要 |
|------------------------------|--------------------------------|---|
| 環境省とのキックオフ会議 | 2023 年 7 月 13 日 | 環境省、川崎市、日本工営の 3 者でのキックオフ会議を行った。今年度の事業概要とスケジュールについての確認を行った。 |
| 第 1 回現地調査 | 2023 年 7 月 31 日～ 8 月 6 日 | インドネシア JCM 事務局、プカンバル市政府、在インドネシア日本大使館等と会議を実施し、今年度の活動予定を確認し特に LED 街路灯事業の JCM 案件申請を目指して協議を実施した。 また、都市間連携ワークショップを実施しリアウ州の脱炭素計画の共有を行ったほか、LED 街路灯事業実施に向けた説明を行った。 |
| JICA との面談 | 2023 年 8 月 10 日 | JICA インドネシアとの WEB 会議を実施し、本事業概要の説明および本件との連携の可能性について協議を行った。現時点で連携可能な事業は確認できなかったが、引き続き情報共有を行うことを確認した。 |
| 2050 ゼロカーボンシティロードマップ策定に向けた協議 | 2023 年 9 月 4 日 | プカンバル市にて現地備人(ITB 及び IGES) が主体となってプカンバル市職員、リアウ大学と共に 2050 ゼロカーボンシティロードマップ策定に向けたを行った。 |
| 第 2 回現地調査 | 2023 年 9 月 30 日～10 月 6 日 | 主に POME バイオガス事業の次年度申請案件形成に向けてプカンバル市政府やバイオガス事業者等との対面での打合せを実施した。 |
| 環境省中間報告会 | 2023 年 | 環境省への中間報告会を行い、活動の進捗状況を報告す |

| 活動内容 | 実施時期 | 概要 |
|------------------------|----------------------------|--|
| | 10月13日 | るとともに、今後のスケジュールについて確認を行った。 |
| 川崎国際環境技術展への 招聘および出展 | 2023年 11月15日～ 11月17日 | 第16回川崎国際環境技術展にブースの出展を行い、川崎市内企業とのマッチングやブース見学、意見交換等を行った。また、本イベントにプカンバル市職員を招聘し、GIC 会員企業4社との面談や川崎市主催「アジア都市間連携フォーラム」での発表を通じ環境関連技術を持つ企業への理解を深めた。 |
| 第3回現地調査 | 2024年 1月14日～ 1月20日 | プカンバル市政府や現地企業と打合せを実施し、特にPOME バイオガス活用事業実現に向けた情報収集を実施したほか、次年度事業の継続に向けた協議を実施した。 |
| 都市間連携セミナー | 2024年 2月26日～ 2月28日 | 環境省主催の都市間連携セミナーに事務局長、交通局長を含むプカンバル市職員3名を招聘し開催を支援した。また、エア・ウォーター社の実証施設見学を実施した。 |
| 環境省最終報告会 | 2024年 3月6日 | 環境省への最終報告会を行い、今年度の活動結果を報告実施した。 |

出典：日本工営

3.3.2 プカンバル市と川崎市による都市間連携ワークショップ

2023年8月2日にプカンバル市と川崎市による都市間連携ワークショップを開催した。本ワークショップではプカンバル市 2050年ゼロカーボンシティロードマップ作成に向け、リアウ州開発企画局よりリアウ州の2060年ゼロカーボンロードマップの策定経緯や内容を発表した。また、川崎市から11月に開催される第16回川崎国際環境技術展に関する説明を行った。一方で、JCM 設備補助事業形成のため、代表事業者候補のCSD及び日本工営より事業の概要及びJCM 設備補助事業に関しての情報提供を実施した。

当日の資料は、添付資料1を参照。

【開催概要】

日時： 2023年8月2日（水） 10:30-13:00（日本時間）

場所： SKA Co Ex Pekanbaru- Convention & Exhibition Centre -
 (Zoom とのハイブリット開催)

参加者： プカンバル市（協力局、交通局、開発企画局他）、川崎市（経済労働局）、リアウ州（開発企画局他）、CSD、IPB、ITB、UNRI、Lancang Kuning 大学、PTPN、プカンバル市内企業他、日本工営、通訳1名（日本語⇄インドネシア語）、計65名

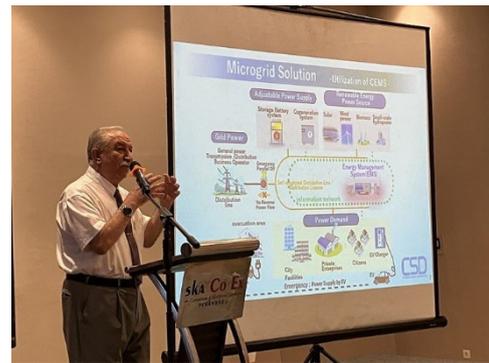
表 3-4 プカンバル市と川崎市による都市間連携ワークショップのアジェンダ

| # | プログラム | 発表者 |
|---|----------------------------|------------|
| 1 | イントロダクション | 日本工営 |
| 2 | 開会挨拶 | 川崎市/プカンバル市 |
| 3 | 本都市間連携事業の概要と変遷 | 日本工営 |
| 4 | 第16回川崎国際環境技術展の紹介 | 川崎市 |
| 5 | リアウ州 2060年ゼロカーボンロードマップの紹介 | リアウ州 |
| 6 | プカンバル市におけるLED照明導入プロジェクトの紹介 | CSD、日本工営 |
| 7 | 質疑応答 | - |
| 8 | 閉会挨拶 | プカンバル市 |

出典：日本工営



リアウ州・開発企画局による発表



CSD・長坂氏による発表



質疑応答の様子



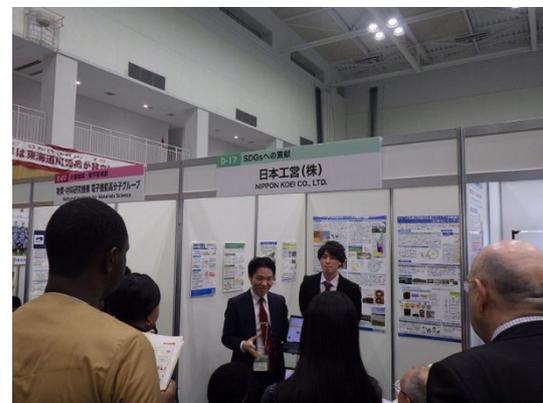
集合写真

3.3.3 川崎国際環境技術展

国内外の環境問題に即応する環境技術から地球環境問題を解決する最先端の環境技術まで幅広く展示を行い、川崎から国内外へ発信するとともに、出展企業・団体と国内外の企業等とのビジネスマッチングの場を提供することを目的とした第16回川崎国際環境技術展が2023年11月15日、16日に開催された。本事業の紹介を主たる目的として、「SDGsへの貢献」のCATEGORYブースを出展し、本事業の概要説明ポスター及びブカンバル市における現状と課題に関するポスターを作成、展示した。本ブースには川崎市内企業や関係機関の他、国際連合工業開発機関（UNIDO）主催のツアーにて各国大使館関係者が来訪し直接の意見交換を行った。



会場内の様子



各国大使館関係者への説明の様子

プカンバル市との協力を通じたリアウ州地域における 2050年ゼロカーボンシティ形成支援事業

本事業では川崎市とプカンバル市との都市間連携のもと、プカンバル市の2050年ゼロカーボンシティ形成を起点としてリアウ州地域における脱炭素化の促進を図ります。報告書では、地域の中心産業であるパーム油産業から廃棄物処理施設までの脱炭素化の促進を図ります。また、特に都市部や工業団地においては、エネルギー管理システムや省エネ技術の導入を図る。なお特にパーム分野においては、環境と人権に配慮した企業と連携するよう促す。

事業実施体制

川崎市 環境局 環境政策課
 プカンバル市 環境局 環境政策課
 NIPPON KOEI 環境政策課

1. プカンバル市のゼロカーボンシティの形成支援

川崎市では、在籍が2020年2月1日に2050年ゼロカーボンシティ宣言を行い、また同年11月に脱炭素戦略「かわさきカーボネutral宣言2050」を策定した。プカンバル市でも、2050年ゼロカーボンシティに強い関心を持っていることから、両市の協力の下、プカンバル市のゼロカーボンシティ形成支援に向けて、シヤク川の都市部や工業団地に集まった経験を持つパンドン国立大学、ボロム農科大学に代りて、現地国立大学であるリアウ大学の協力も得て、ロードマップの策定を行う。

2. リアウ州における脱炭素化の形成支援

プカンバル市におけるゼロカーボンシティに向けた取り組みが波及効果を生むように、リアウ州内やリアウ州と連携を強化し、州内自治体ゼロカーボンシティの取組に関する情報共有を行う。

3. JCM事業化検討

1. 地域産業を活かした環境調和型経済社会形成に資する事業の検討

- 1-1. EFBバイオマス活用事業
- 1-2. POMEバイオマス活用事業
- 1-3. ナノエマルジョン技術活用事業

川崎市が得意とするナノエマルジョン技術を活用したバイオエマルジョン技術の導入を支援し、自社開発のナノエマルジョン技術を活用したバイオエマルジョン技術の導入を支援し、特に、部内製造工場での導入を支援し、リアウ州内における脱炭素化を促進する。

2. ゼロカーボンシティ形成に資する事業の検討

川崎市が得意とするナノエマルジョン技術を活用したバイオエマルジョン技術の導入を支援し、特に、部内製造工場での導入を支援し、リアウ州内における脱炭素化を促進する。

年間のCO2削減量: 30,922 tCO2/yr
 年間のCO2削減量: 56,516 tCO2/yr
 年間のCO2削減量: 1,176 tCO2/yr

ブース内掲載ポスター①

リアウ州プカンバル市の現状と課題

リアウ州の概要

リアウ州は、インドネシアのスマタラ島の中心部に位置しており、パーム油産業が中心となっている地域である。パーム油はインドネシアの主要産品（総産出量の約7割）であり、そのうち約1割はリアウ州で生産されている。リアウ州は、パーム油の生産量（約40万ト）と、総面積（22万ha）とでインドネシア最大の州である。

プカンバル市の概要

プカンバル市はリアウ州の州都であり、100万人以上の人口を抱えている。スマタラ島の中心部に位置し、海陸空の交通アクセスがよく、貿易港として知られている。近年若い層の移住も進んでおり、スマートシティ創成や都市開発を進めている。また、工業団地開発、都市開発、公共交通システムの導入等、様々な施策が進められている。

リアウ州の課題

リアウ州は、スマート島の中心部からプカンバル市を通りマッカラン川に注ぎ、最終目的地のリアウ州である。インドネシアで最も豊かな川（水深50m）として知られており、タンカーやコンテナ船もプカンバル市までアクセスすることができ、川沿いにはパーム油の生産、製油、木材加工、ゴムなどの工業が盛んである。

プカンバル市の課題

プカンバル市は、パーム油産業が中心となっており、パーム油の生産と加工が中心となっている。また、パーム油の生産と加工に伴って、環境汚染や水質汚濁などの課題が生じている。また、パーム油の生産と加工に伴って、環境汚染や水質汚濁などの課題が生じている。

ブース内掲載ポスター②

また、本技術展へプカンバル市協力局国際協力サブセクター長のハフィス・ムナンダ氏を招聘し、各ブースの見学、本事業関連企業4社との面談、川崎市主催「アジア都市間連携フォーラム」でのプカンバル市のニーズ紹介を実施した。フォーラムでは川崎市の依頼を受け司会進行・運営補助を担当した。本技術展会期翌日の11月17日（金）には川崎市主催の川崎市内視察ツアーへ参加し市内の先進的な環境技術の理解を深めた。

表 3-5 川崎市主催アジア都市間連携ワークショップのアジェンダ

| # | 時間 | プログラム | 発表者 |
|----|---------------|---------------------------|------------------|
| 1 | 14:00 | 開会 | 司会: 日本工営 |
| 2 | 14:00 - 14:05 | オープニング | 川崎市経済労働局 |
| 3 | 14:05 - 15:05 | 【第1部】 | プカンバル市協力局 |
| 4 | | 東南アジア諸国からの現地ニーズのご紹介(各15分) | 八千代エンジニアリング |
| 5 | | | バングラデシュ環境森林気候変動省 |
| 6 | | | ベトナム科学技術省 技術革新局 |
| 7 | 15:05 - 15:15 | 質疑応答 | - |
| 8 | 15:15 - 15:20 | 小休憩 | - |
| 9 | 15:20 - 15:50 | 【第2部】 | 日之出産業 |
| 10 | | 出展者等からのシーズのご紹介 | カウント・ゼロ |
| 11 | | | WOTA |
| 12 | 15:50 - 16:00 | 質疑応答 | - |
| 13 | 16:00 - 16:05 | クロージング | UNIDO 東京事務所 |

出典：日本工営

【川崎市内視察ツアーの開催概要】

日時： 2023年11月17日（金） 9:30-17:00
 視察場所： 川崎市キングススカイフロントマネジメントセンター

- 株式会社島津製作所 Shimadzu Tokyo Innovation Plaza 見学
- 浮島処理センター視察
- 入江崎水処理センター視察

参加者： プカンバル市都市間連携チーム（プカンバル市協力局/ハフィス氏、日本工営スタッフ2名）
 東南アジア諸国途上国技術担当官チーム（バングラデシュ環境森林気候変動省ホセイン氏、ベトナム科学技術省技術革新局ファイ氏、UNIDO東京事務所スタッフ）



プカンバル市・ハフィス氏による発表

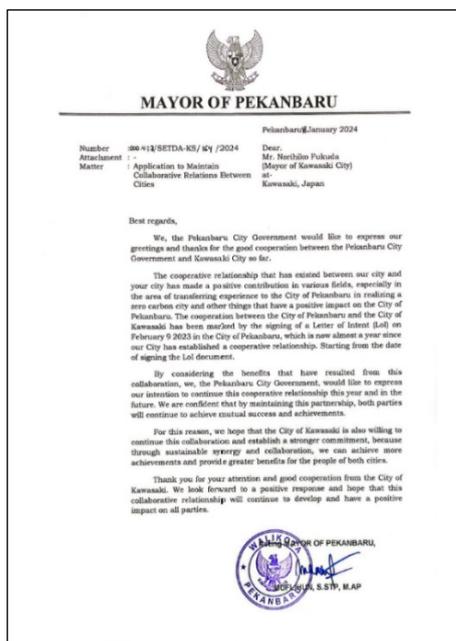


川崎市内視察ツアーの様子

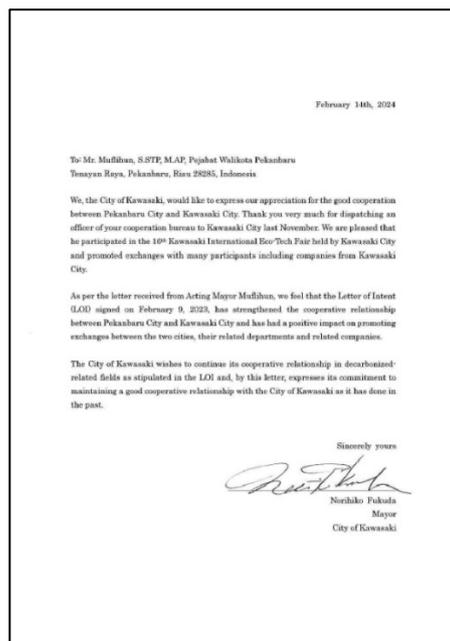
3.3.4 両都市の協力関係の継続に関する協議

川崎市とプカンバル市は2023年2月9日にLOI締結式を行い、「ゼロカーボンシティ2050」「持続可能で環境にやさしい移動手段の開発」「再生可能エネルギー源の開発」「エネルギーの最適化」の4分野を基軸とした協力を行っている。

上述のLOIは有効期間が1年間であることから、両都市の協議によりLOIの項目に関して両都市の協力を今後も継続する旨を記載したレターが両市長間で取り交わされた。これにより、両市が主に脱炭素分野にて今後も協力を続けていくことが確認された。



プカンバル市からのリクエストレター



川崎市からのレスポンスレター

3.3.5 脱炭素社会実現のための都市間連携セミナー

2024年2月26、27日に環境省主催の「気候変動・脱炭素都市ウィーク」の一環として「脱炭素社会実現のための都市間連携セミナー」を開催するため、都市間連携関係現地自治体から職員1名が招聘された。これに合わせてプカンバル市から交通局長を招聘した。上記セミナーへの参加に加えて、28日（水）には本事業の参画企業であるエア・ウォーター社の地産地消エネルギーによる資源循環モデルの開発施設「地球の恵みファーム・松本」の視察を行った。

表 3-6 脱炭素社会実現のための都市間連携セミナー関連のイベント概要

| 日時 | 概要 |
|---|--|
| 2月26日（月）@イイノホール&カンファレンスセンター | |
| 10:00～11:30 | 都市間連携事業に関するセミナー（ハイブリッド） 参加者：都市間連携事業の関係者（ハイレベル）、一般申し込み 内容：事業の概要や成果などについて、環境省や国内外自治体から発表 |
| 13:30～17:00 | 地域脱炭素に関する相互学習（非公開） 参加者：都市間連携事業の関係者 内容：環境省・JICA等日本国政府から支援メニューの紹介 各都市間連携事業の概要や成果の共有 グループディスカッションを通じた情報交換 |
| 17:30～19:00 | レセプション |
| 2月27日（火）@横浜市（プカンバル市協力局職員）、川崎市（プカンバル市交通局長） | |
| 8:00～13:00 | 脱炭素先行地域の視察（エクスカージョン） 参加者：海外都市の招聘者 内容：日本の脱炭素先行地域を訪問し、具体の取り組みを見学 |
| 9:30～11:00 | 打合せ、市庁舎見学@川崎市庁舎 |
| 13:00～18:00 | 移動（東京⇒松本） |
| 2月28日（水）@松本市 | |
| 10:00～12:00 | 地球の恵みファーム・松本の視察 |
| 13:00～15:00 | メタン発酵施設視察 |

出典：日本工営



出典：エア・ウォーターHP (<https://www.awi.co.jp/ja/business/news/news-6878810633407338863.html>)

図 3-1 「地球の恵みファーム・松本」の地産地消エネルギーによる資源循環モデル



川崎市との打合せ



エア・ウォーター社施設見学

第4章 JCM 事業化検討

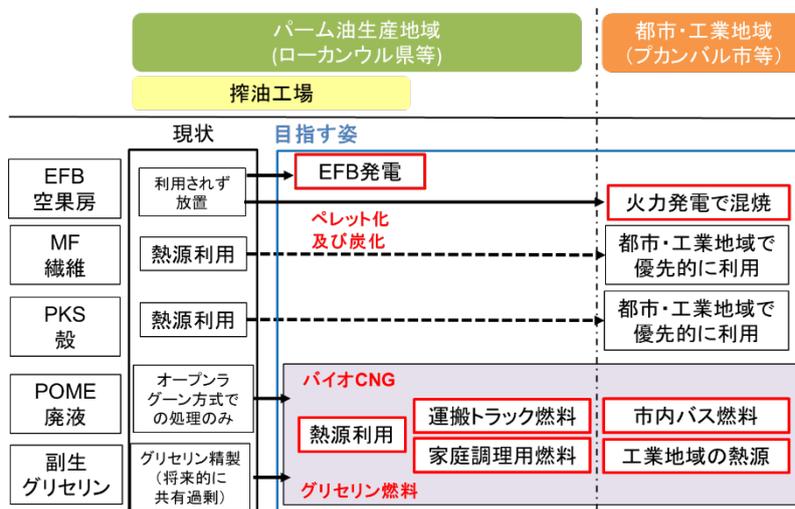
都市間連携活動同様に、1) 環境調和型社会形成に資する JCM 事業、及び2) ゼロカーボンシティ形成に資する JCM 事業の検討を実施した。

4.1 環境調和型経済社会形成に資する JCM 事業の検討

環境調和型経済社会形成に資する JCM 事業として、昨年度から継続して検討している EFB の燃料活用を目指した EFB バイオマス活用事業 (4.1.1)、POME 由来のバイオガスからバイオ圧縮天然ガス (以下、バイオ CNG) を精製し活用する POME バイオガス活用事業 (4.1.2) の検討を、国営パーム油公社 PTPN のパーム油搾油工場を対象として実施した。また、ナノエマルジョン技術を活用した新燃料製造を目指すナノエマルジョン技術活用事業 (4.1.3) の検討を実施した。

EFB バイオマス活用事業により、これまで PKS や MF で賄ってきたパーム油搾油工場内の電力を、EFB で賄うことができるようになる。一方で、PKS や MF は、ブカンバル市の石炭火力発電所への混焼や、新規バイオマス発電所での利用を行うことで、地域で発生するパーム油廃棄物由来エネルギー源を有効に使うことが可能となり、都市部のエネルギー由来 GHG 削減にもつなげることが出来る。また、都市部で活用することが難しかった EFB をペレット化、半炭化することで輸送と利用の課題を解決し、取扱が容易な PKS や MF、POME、バイオ CNG と合わせて利用することで、リアウ州地域全体での資源循環に繋がると期待できる。

また、今後のインドネシア国内での BDF 増産により、排出が増加することが予想される副生グリセリンについてもナノエマルジョン技術によってグリセリン燃料として活用することで、さらなる地域の資源循環、脱炭素化に貢献することができると考えられる。



出典：日本工営

図 4-1 パーム油産業における環境調和型経済社会のイメージ

4.1.1 EFB バイオマス活用事業

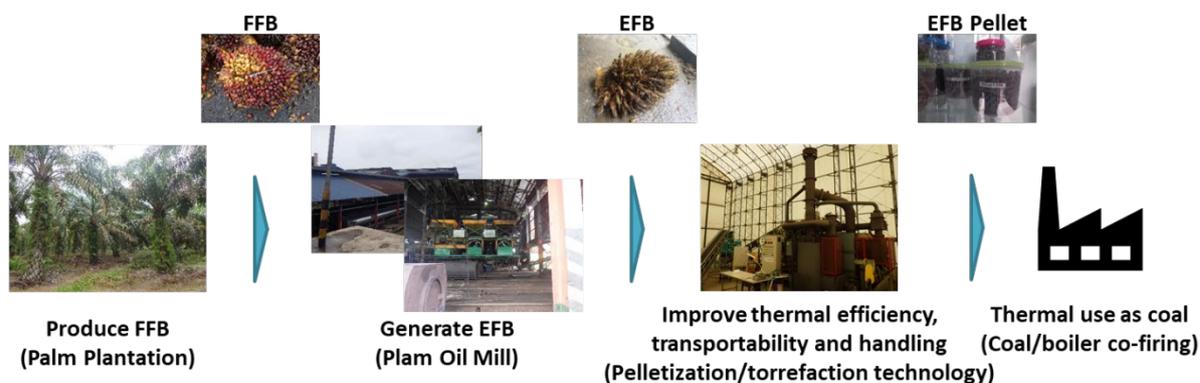
アウラグリーンエナジー (以下、アウラ社) は現地パートナーである PT.Gistec Prima Energindo (以下、Gistec 社) との協力のもと、JCM 設備補助事業「スマトラ島アチェにおける 12MW バイオマス発電プロジェクト」を実施中である。

本業務においては、アチェ州案件の横展開事業の検討として、国営パーム油公社 PTPN が保有するローカンウル県内のパーム油搾油工場から発生する EFB 等を活用する EFB バイオマス発電事業の実現可能性調査を検討していたが、リアウ州内ではグリットからの距離が遠く採算性を見込めないため、本事業での EFB バイオマス発電事業の検討は難しいことが分かった。

一方で、EFB はその大きさ及び重量、そして都市部から離れた場所で発生することから、輸送の伴う熱源利用が進んでいなかったが、ペレット化もしくは半炭化することで輸送のコストを抑えたうえで都市部に位置する火力発電所等での混焼による利用が可能となることから、EFB バイオマス燃料化事業の検討を昨年度より開始している。

(1) EFB 燃料化事業

EFB 燃料化事業として、本邦企業の有する EFB ペレット化技術および半炭化技術により、EFB の熱量、輸送効率及び扱いやすさを改善し、EFB を都市部でも利用できるように燃料化する技術の導入を検討した。当技術によって、広域でのエネルギー利用を可能とし GHG 削減にも貢献することが出来ると考えられる。



出典：日本工営

図 4-2 EFB 燃料化事業の全体プロセス

1) 昨年度までの調査進捗

昨年度までの調査進捗を表 4-1 にまとめる。

表 4-1 昨年度までの調査進捗 (EFB 燃料化事業)

| # | 項目 | 概要・結果 |
|---|-----------------------------|--|
| 1 | 対象パーム油搾油工場の選定 | リアウ州内所在の2つの搾油工場 Sei Galuh と KOTA GARO の現地調査を実施し、FFB の発生量、販売価格、RSPO 取得の有無等の情報を収集した。EFB の発生量及び RSPO の取得状況から Sei Galuh を今後の調査対象とすることとした。(表 4-6) |
| 2 | EFB 燃料化機器メーカーの情報収集及び比較検討 | EFB 燃料化技術を有する本邦企業 4 社との打合せ及び工場視察(1 社)を通じて燃料化技術及び製造コストの概算金額等の情報収集を実施した。 |
| 3 | インドネシア国内におけるバイオマス燃料に関する情報収集 | EFB 燃料のサプライヤー及び EFB 燃料化工場の EPC を担う企業と面談を通じて、インドネシア国内におけるバイオマス燃料に関する情報共有を実施した。(表 4-3) |
| 4 | GHG 削減量概算 | EFB 燃料を石炭混焼することを想定して GHG の削減量を概算した。(表 4-4) |

出典：日本工営

表 4-2 パーム油搾油工場の情報収集結果

| Items | Sei Galuh | KOTA GARO |
|--|--|---|
| Amount of FFB processing capacity | 243,000 (ton/year) (planned value) 45 (ton/h) (planned value) 174,862(ton/year) (FY2022) ※Currently, processing volume is about 2/3 due to equipment repair | 164,000 (ton/year) 22.7 (ton/h) ※Estimated from the amount of CPO |
| Amount of generated EFB | 48,600 (ton/year) (5400h: FY2022) 9 (ton/h) | 32,775 (ton/year) 4.55 (ton/h) ※Estimated from the amount of CPO |
| EFB shape | As it is →Incinerated and sold as fertilizer | 1.As it is 2.Cut & compressed(like fiber) (1 inch=2.54 cm) (moisture rate ≒ 40%) |
| EFB cost | 10 IDR/kg →No demand and almost no price | 1. 12 IDR/kg 2. 80 IDR/kg |
| Implementation | 1.BOT (Building Operation Transfer) →transfer the facility in 10 years 2.JO (Joint Operation) →investment × financial, ○land, ○human resources, ○material support | Supplier Business owner |
| RSPO | Acquired | In progress (may take time) |

出典：日本工営

表 4-3 ヒアリング結果の整理

| # | 項目 | 概要 |
|---|----------------------|----|
| 1 | インドネシア国内での炭化装置の稼働の有無 | |
| 2 | EFB 燃料化に施設に要する用地面積 | |
| 3 | PLN への供給の可能性 | |
| 4 | バイオマス燃料価格 | |
| 5 | 理想生産量 | |

出典：日本工営

表 4-4 EFB 燃料化による GHG 削減量概算

| # | 項目 | 数値 | 単位 | 備考 |
|---|------------------|--------|--------------|-----------------------------------|
| a | FFB 発生量 | 45 | ton/h | 設計処理量(現在一部機械が故障中だが今後修復する予定) |
| b | EFB 発生量 | 9 | ton/h | FFB 量の約 21%が EFB となる |
| c | EFB 燃料生産量 | 1.4 | ton/h | EFB 含有水分の乾燥による質量減少 |
| d | 年間稼働時間 | 5,400 | h/year | 実績値 |
| e | 年間 EFB 燃料生産量 | 7,560 | ton/year | =c x d |
| f | EFB 燃料単位発熱量 | 4,000 | kcal/kg | 想定 |
| g | EFB 燃料単位発熱量 | 16.7 | GJ/ton | 1 kcal=4.184kJ |
| h | 一般炭単位発熱量 | 26.08 | GJ/ton | 出展:資源エネルギー庁 エネルギー源別標準発熱量・炭素排出係数一覧 |
| i | 一般炭単位当たり CO2 排出量 | 2.409 | kg-CO2/kg | |
| j | 燃料転換ポテンシャル | 64.2 | % | =g / h x 100 |
| k | 年間 GHG 削減量 | 11,687 | t-CO2eq/year | =e x i x j |

出典：日本工営

2) EFB 燃料化機器メーカーの情報収集及び比較検討

昨年度までの検討を踏まえ、今年度は引き続き EFB 燃料化機器メーカーの情報収集及び比較検討を実施した。EFB 燃料化技術を有する本邦企業 4 社との打合せを実施し、情報の収集及び比較検討を実施した。EFB 燃料化技術としては、EFB をバイオマス燃料として扱いやすくするペレット化技術と、ペレット化した EFB を炭化することにより破砕性、発熱量等を向上させる半炭化技術の 2 通りが確認されている。

表 4-5 EFB 燃料化技術の整理

| メーカー名 | A | B | C | D |
|------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| 燃料化技術 | ブラックペレット (半炭化) | ブラックペレット (半炭化) | ホワイトペレット (ペレット化) | ホワイトペレット (ペレット化) |
| 石炭混焼率 | | | | |
| 発熱量 (kcal/kg) | | | | |
| Na,K,Cl 低減技術 | — | 特許技術有 | 有 | 有 |
| 実績 | ○ | ○ | ◎ | ○ |
| コスト感 | △ | ◎ | ○ | ○ |
| 破碎性 | - | ◎ | △ | - |
| 耐水性 | - | ◎ | △ | △ |

出典：日本工営

ペレット化技術は、工程が半炭化に比べて少ないため比較的安価に製造可能であり、インドネシア国内でも既に化石燃料の代替としての需要も見込まれている。一方で、混焼時に EFB の繊維が残ってしまうことから破碎性の低さ、野ざらしで保管することが多いため耐水性の低さが課題として挙げられる。

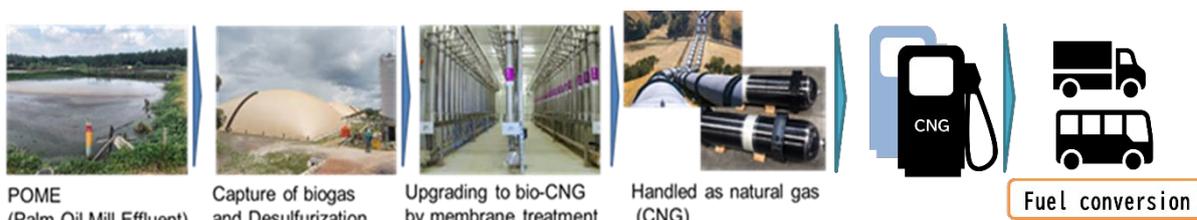
半炭化技術は、ペレット化した EFB を酸素遮断した環境で熱分解することで炭素の含有率を向上させ、木質ペレットに比べて高い発熱量とする技術である。半炭化することで、粉碎性、耐水性、自然発火耐性及び生分解性が向上し、高い石炭混焼率、野外貯蔵の安定性向上、貯蔵の安全性向上、長期保存等を可能にできる。一方、ペレット化技術に比べて工程が多くなり、製造コストが高くなることが課題として挙げられる。

共通の課題としては、EFB を燃料として利用するためには塩素やカリウム等の濃度を下げることが挙げられる。塩酸ガス (Cl₂) や塩化水素ガス (HCl) は、鋼材を激しく腐食させることが知られている。また、カリウム (K) 含有量が大きいと石炭火力の微粉炭ボイラーの混焼ではファウリングやスラッジングの灰付着、堆積の障害を生じる可能性が大きくなる。そのため、これらの低減技術が必要となる。

EFB 燃料化技術の選定にあたっては、オフテイカーの受け入れ可能な燃料の品質基準及び燃料購入可能単価などを踏まえる必要がある。

4.1.2 POME バイオガス活用事業

POME バイオガス活用事業として、ポリプラ・エボニック社の膜技術により、回収、脱硫後の POME 由来のバイオガスを改質し、高濃度のメタンガス（バイオ CNG）を精製する技術の導入を検討した。当膜技術によって、90%程度までメタン濃度を高めることにより、通常の CNG と同等に扱うことができ、従来のガスエンジンによる発電、車輛燃料、家庭調理用のガスとしての利用とともに、対象地域で今後整備されるガスパイプラインに注入することも可能となる。



出典：日本工営

図 4-3 POME バイオガス活用事業の全体プロセス

なお、2020年に東カリマンタン州において、同様のバイオガス精製プラントが建設・稼働開始しており、同プラントにおいてもポリプラ・エボニックのバイオガス分離膜 SEPURAN® Green が採用されている。



出典：ポリプラ・エボニック



出典：PT. Gikoko Kogyo Indonesia

図 4-4 バイオガス分離膜 SEPURAN® Green

図 4-5 東カリマンタン州での導入例

(2) 昨年までの調査進捗

昨年度までの調査進捗を表 4-6 にまとめる。

表 4-6 昨年度までの調査進捗（POME バイオガス活用事業）

| # | 項目 | 概要 |
|---|-------------------------|--|
| 1 | 対象パーム油搾油工場の選定 | 現地傭人を活用し、PTPN の保有工場の情報収集を行い、対象工場を選定した。工場における FFB 処理量とバイオ CNG の輸送を考慮し、プカンバル市から最も近くに位置(約 30km)する Sei Galuh 工場(FFB 処理容量 60ton/h)と約 80km に位置する Sei Buatun 工場(FFB 処理容量 60ton/h)を調査対象とすることとした。 |
| 2 | バイオガス発生ポテンシャルの検討及びプカンバル | Sei Buatun 工場及び Sei Galuh 工場から排出される POME の成分から、メタンガスの発生ポテンシャル量の試算を行った。また試算結果、及び |

| | | |
|----|----------------------------|---|
| | 市内公共バスの燃料転換ポテンシャルの検討 | 現在プカンバル市内で運用されている公共バスのデータから、燃料転換ポテンシャル（ディーゼル→バイオ CNG）の初期検討を行った。公共バスの年間ディーゼル消費量(3,438,089 L/yr)のうち、Sei Buatun 工場の場合 58.8%、Sei Galuh 工場の場合 38.2%をバイオ CNG に転換可能であるという結果となった。 |
| 3 | バイオ CNG 精製プラントの初期設計検討 | #1,#2 で得られた情報、試算結果を基に、バイオ CNG プラントの初期設計を実施した。 |
| 4 | バス改造対応可能な現地企業の情報収集 | PT.GIKOKO KOGYO INDONESIA との協力により、ディーゼルバスから CNG バスへの転換改造が可能な現地企業の情報収集を実施した。 |
| 5 | 東カリマンタンにおける POME 活用事業の情報収集 | PT.GIKOKO KOGYO INDONESIA との協力により、東カリマンタンで稼働中のバイオ CNG プラント事業(ポリプラ・エボニック社の膜を採用)の情報収集を実施した。 |
| 6 | バイオ CNG プラント設計 | PTPN が所有するパーム油搾油工場(Sei Buatun 工場)を対象としてバイオ CNG プラント設計を実施した。 |
| 7 | CAPEX、OPEX 概算 | #6 で得られた情報より、バイオ CNG プラントに係る CAPEX、OPEX の概算算出を実施した。 |
| 8 | 燃料転換ポテンシャル及び GHG 削減量の検討 | プカンバル市内バスの燃料転換ポテンシャル及び GHG 削減量を検討した。 |
| 9 | 対象パーム油搾油工場の選定 | リアウ州内所在の2つの搾油工場 Sei Galuh と KOTA GARO の現地視察を実施し、POME の発生量、販売価格、RSPO 取得の有無等の情報を収集した。プカンバル市内からの距離、POME の発生状況及び RSPO の取得状況から Sei Galuh を今後の調査対象とすることとした。 |
| 10 | 対象パーム油搾油工場における情報収集 | 搾油工場 Sei Galuh において、バイオ CNG プラント建設に必要な各種情報の収集を実施した。 |
| 11 | バイオ CNG プラント設計 | PTPN が所有するパーム油搾油工場(Sei Galuh 工場)を対象としてバイオ CNG プラント設計を実施した。 |
| 12 | CAPEX、OPEX 概算 | #3 で得られた情報より、バイオ CNG プラントに係る CAPEX、OPEX の概算算出を実施した。 |
| 13 | 燃料転換ポテンシャル及び GHG 削減量の検討 | プカンバル市内バスの燃料転換ポテンシャル及び GHG 削減量を再検討した。 |
| 14 | DISHUB との情報共有の実施 | バイオ CNG 供給先として検討している DISHUB と現状及び今後の方針等について情報共有を実施した。 |

出典：日本工営

昨年度までの検討を踏まえ、簡易な事業可能性調査を実施し、事業実施体制構築に向けた調査を実施した。今年度実施した調査概要を表 4-7 に示す。

表 4-7 今年度実施の Pre-F/S の概要 (POME バイオガス活用事業)

| # | 項目 | 概要 |
|---|--------------------------------------|--|
| 1 | 対象パーム油搾油工場 (Sei Galuh) における情報収集 | 事業実施候補地である搾油工場 Sei Galuh (PTPN 所有)において、Pre-F/S に必要な各種情報の収集を実施した。 |
| 2 | 関係企業との協議および概算見積依頼 | POME バイオガス活用事業に興味を示した企業に必要な情報を提供し、概算見積を作成いただき情報を集約した。 |
| 3 | DISHUB および TMP との情報共有の実施 | バイオ CNG 供給先として検討している DISHUB および TMP と現状及び今後の方針等について情報共有を実施した。 |
| 4 | POME バイオガス活用事業における GHG 削減量および費用対効果試算 | これまでの検討結果より、バイオガスの活用による GHG 削減量および費用対効果の試算を検討した。 |

出典：日本工営

(3) 対象パーム油搾油工場 (Sei Galuh) における情報収集

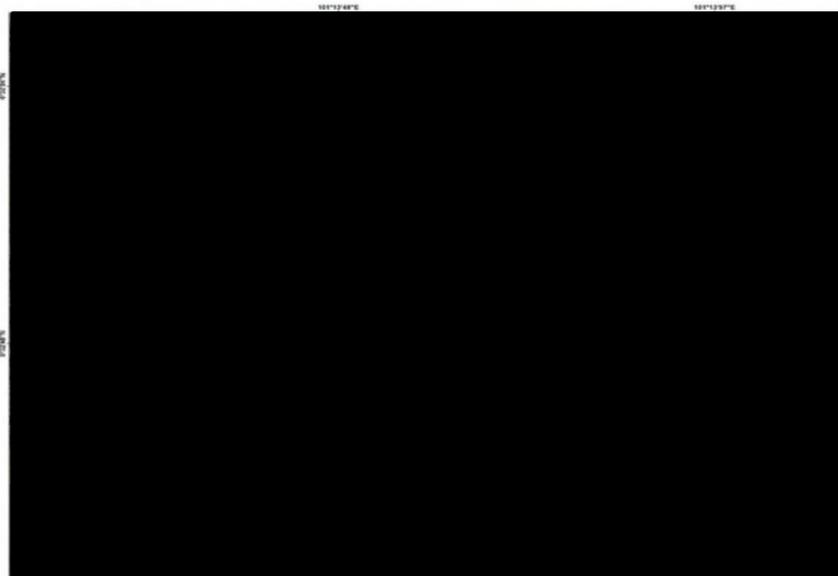
対象パーム油搾油工場 (Sei Galuh) において、バイオガス捕集に係る概算作成の際に必要なとなる FFB 処理量やプロセスフロー図等の情報を PTPN より取得しとりまとめた。収集した情報を表 4-8 にまとめる。

また、現地視察した際に POME をサンプリングし、成分分析を行った。

表 4-8 Sei Galuh における諸情報

| No | Data Required | UoM | 2020 | 2021 | 2022 | until Nov 2023 |
|----|---|-------------------|---------------|------|------|----------------|
| 1 | a FFB processed | ton FFB/year | | | | |
| | | ton FFB/month | | | | |
| | | ton FFB/hour | | | | |
| b | Working Hours | Hours | | | | |
| 2 | a FFB Supply | - Core Plantation | ton FFB/year | | | |
| | | - Eksternal | ton FFB/year | | | |
| | | - Total | ton FFB/year | | | |
| | | - Average | ton FFB/month | | | |
| | b Area | | | | | |
| | - Core Plantation | Ha | | | | |
| | - Eksternal | Ha | | | | |
| c | Planting year | - | | | | |
| 3 | POME Production | ton POME/year | | | | |
| | | ton POME/month | | | | |
| 4 | PFD of POM Production | - | | | | |
| 5 | PFD of WWTP | - | | | | |
| 6 | Specification and Photo of WWTP | - | | | | |
| 7 | COD at WWTP inlet | ppm | | | | |
| 8 | Map of existing WWTP location | - | | | | |
| 9 | Map of electricity network | - | | | | |
| 10 | PKS Coordinate Point | - | | | | |
| 11 | Soil test result | - | | | | |
| 12 | Regarding future plans for PKS and FFB processing, should be raised to 60 ton/h | - | | | | |

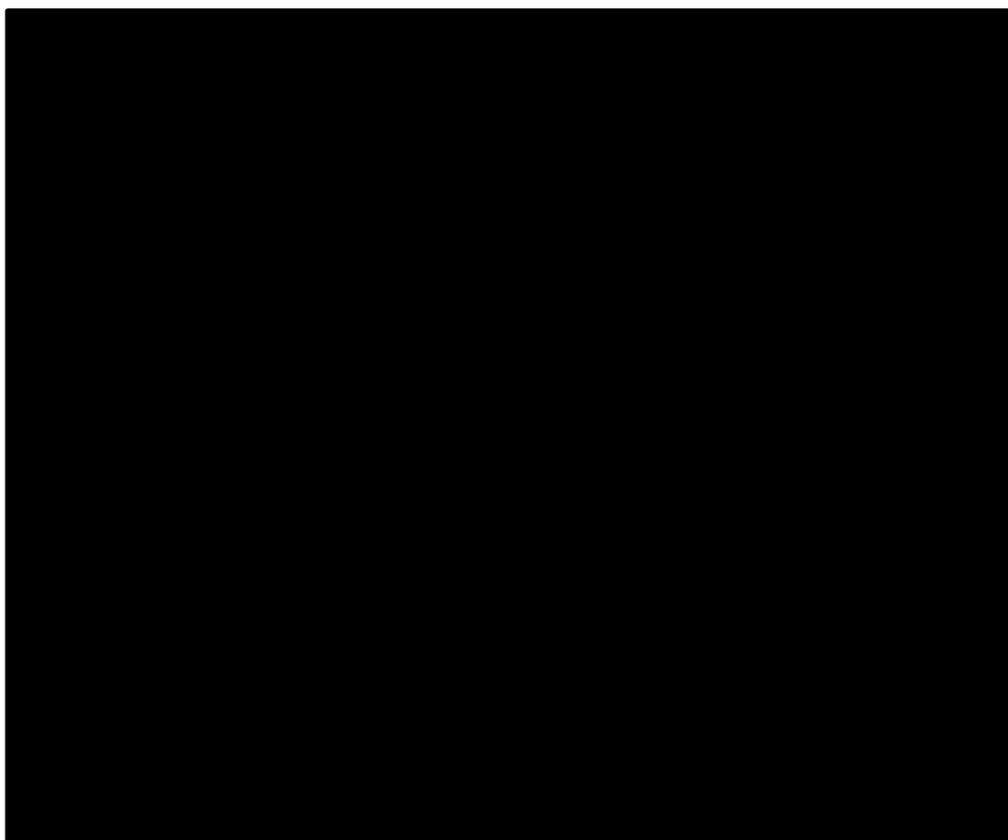
出典：PTPN



Gambar 24 Lay Out PKS Sei Galuh

出典：PTPN

図 4-6 プロセスフロー図（廃液処理）



出典：PTPN

図 4-7 プロセスフロー図（POME）

REPORT OF ANALYSIS

PRINCIPAL : NIPPON KOEI CO. LTD
Jl. Sultan Hasanuddin No.45 Melawai – Kebayoran Baru
Jakarta Selatan, DKI Jakarta - Indonesia

SUBJECT : WASTE WATER

RECEIVED DATE : 17/01/2024

REFERENCE : Letter dated on 16/12/2023

TESTED FOR : COD by K₂Cr₂O₇ and Oil & Grease

SAMPLE DESCRIPTION : 1 (one) sample from client

SAMPLE IDENTIFICATION : POME

ANALYSIS DATE : 17/01/2024 up to 19/01/2024

Result:

| Parameter | Unit | Test Result | Method * |
|--|------|-------------|------------------|
| COD by K ₂ Cr ₂ O ₇ | mg/L | 17.268 | APHA 5220 B-2017 |
| Oil & Grease | mg/L | 16.0 | APHA 5520 B-2017 |

*1 Standard Methods, 23rd Edition 2017, APHA-AWWA-WEF

出典：日本工営

POME 分析結果

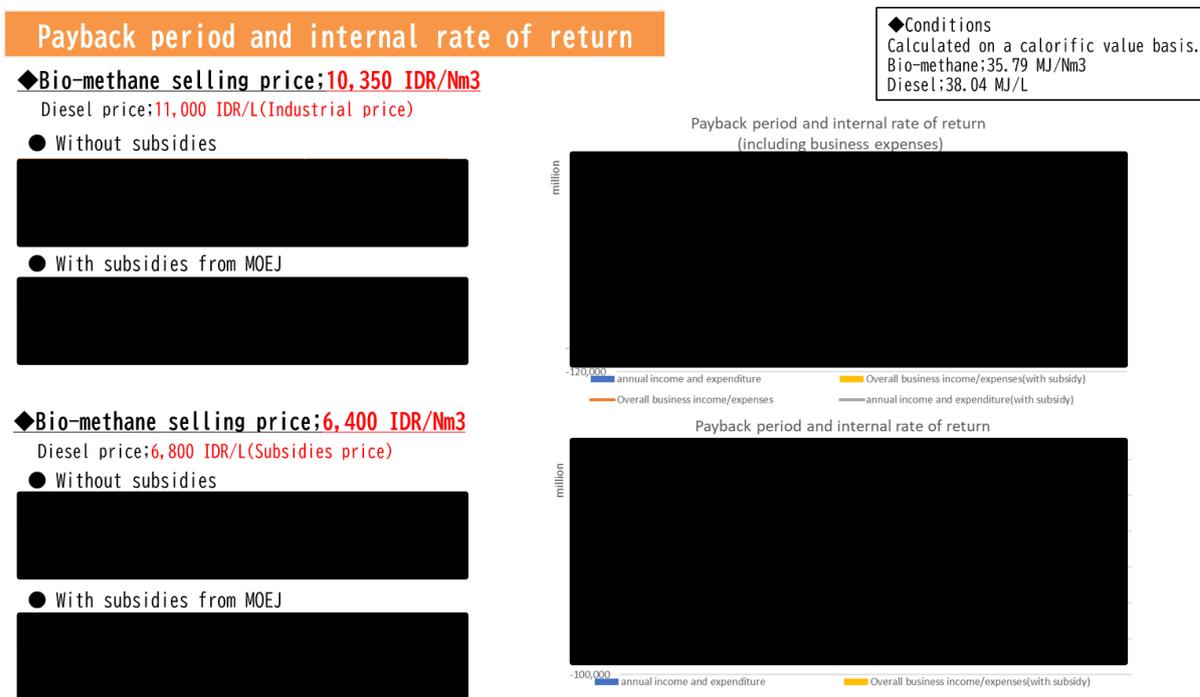


出典：日本工営

POME サンプルングの様子

(4) 関係企業との協議および概算見積依頼

バイオガス捕集技術を有する企業に(3)において収集した情報を提供し、概算見積を依頼し情報を集約した。収集した情報を基に事業の経済性を評価した。オフテイカー候補であるTMPはバス燃料のディーゼルを国からの補助金価格で購入している。そのため、経済性の評価は①補助金有のディーゼル価格と熱量同等な金額で販売する場合②補助金無しの場合の2パターンで実施した。図4-8に結果を示す。



出典：日本工営

図 4-8 経済性の評価

(5) DISHUB および TMP との情報共有の実施

バイオ CNG 供給先として検討している DISHUB および TMP と情報共有を実施した。

TMPがPOMEバイオガス活用事業由来のバイオCNG購入に合意するには、市長もしくはSekda（市事務局長、市のNo.2の地位）の承認が必要であるが、市長選挙が2024年10月22日にあり、また、現代理市長の在任期間が5月22日までであることから来年の11月以降でないと本格的なPOMEバイオガス活用事業への参画が難しいことが判明した。

また、TMPの運営状況について、小型バス40台、大型バス50台の計90台を所有しているが、COVID-19の影響もあり、現在は小型14台、大型バス24台、予備8台を含む計46台で運営しており、ディーゼル消費量が大幅に減少し、バイオCNG発生見込み量がディーゼル消費量を上回ることが判明した。そのため、バイオCNG供給先として運輸会社等の民間企業を対象に検討を行う必要がある。

(6) POMEバイオガス活用事業におけるGHG削減量および費用対効果試算

上記までの検討より、得られたバイオガスの活用によるGHG削減量および費用対効果の試算を表4-9～表4-12の通り実施した。本検討ではTMPとプカンバル市内の民間輸送会社のバイオCNGへの燃料転換を想定して試算を行った。試算結果より、年間GHG削減量は57,324 tCO₂-eq/yearであると想定される。

表 4-9 オープンラグーン方式により POME から発生する CH₄ 排出量

| # | 項目 | 数値 | 単位 | 備考 |
|---|--------------|-----------|---|---|
| a | FFB 処理量 | 200,000 | t/year | 想定 |
| b | POME 割合 | 0.65 | m ³ POME/t-FFB | 想定 |
| c | 年間 POME 排出量 | 130,000 | m ³ POME/year | =a×b |
| d | COD 濃度 | 62,000 | mg COD/L | USAID & Winrock International, "POME-to-Biogas"(2015) |
| e | COD 質量 | 8,060,000 | kg COD/year | =f×g/1000 |
| f | COD⇒メタン割合 | 0.35 | Nm ³ CH ₄ /kg COD removed | USAID & Winrock International, "POME-to-Biogas"(2015) |
| g | COD 除去効率 | 90 | % | 想定 |
| h | 年間メタン排出量(体積) | 2,538,900 | Nm ³ CH ₄ /year | =e×f×g |
| i | メタン密度 | 0.717 | kg/m ³ | |
| j | 年間メタン排出量(質量) | 1,820 | tCH ₄ /year | =h×i/1000 |
| k | メタンの温暖化係数 | 27.9 | tCO ₂ /tCH ₄ | IPCC AR6 |
| l | 年間メタン排出量 | 50,789 | tCO ₂ -eq/year | =j×k |

出典：日本工営

表 4-10 ディーゼルバス/トラックからの CO₂ 排出量

| # | 項目 | 数値 | 単位 | 備考 |
|---|------------------------|-----------|------------------------|--|
| a | バス年間燃料消費量 | 1,151,600 | L/year | プカンバル市交通局データ(2023) |
| b | トラック年間燃料消費量 | 1,500,000 | L/year | 想定 |
| c | 年間ディーゼル消費量 | 2,651,600 | L/year | =a+b |
| d | 排出係数 | 2.62 | tCO ₂ /kl | 軽油：算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧(令和5年12月12日更新)、環境省 |
| e | 年間 CO ₂ 排出量 | 6,947 | tCO ₂ /year | =c x d /10 ³ |

出典：日本工営

表 4-11 プロジェクト CO₂ 排出量

| # | 項目 | 数値 | 単位 | 備考 |
|---|-----------------|-------|------------------------|------------|
| a | 年間メタン排出量(質量) | 1,820 | tCH ₄ /year | 表 4-9 j より |
| b | バイオ CNG 中のメタン割合 | 95 | % | 想定 |

| # | 項目 | 数値 | 単位 | 備考 |
|---|----------------|-----------|-----------|--|
| c | 年間バイオ CNG 生産量 | 1,916 | ton/year | =a x b |
| d | バイオ CNG 発熱量 | 45 | TJ/ton | 想定 |
| e | バイオ CNG 年間生産熱量 | 86,229 | TJ/year | =c x d |
| f | 年間ディーゼル消費量 | 2,651,600 | l/year | 表 4-10 c より |
| g | 密度 | 835 | kg/l | |
| h | 発熱量 | 41.4 | TJ/Gg | IPCC2006 |
| i | 年間消費ディーゼル熱量 | 91,663 | TJ/year | =f x g x h /10^6 |
| j | 燃料転換ポテンシャル | 94.1 | % | = e / i x 100、ただし 100% 上限 |
| k | 年間ディーゼル排出量 | 157,196 | l/year | = f x j |
| l | 排出係数 | 2.62 | tCO2/kl | 軽油：算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧(令和5年12月12日更新)、環境省 |
| m | 年間 GHG 排出量 | 412 | tCO2/year | = k x l /10^3 |

出典：日本工営

表 4-12 GHG 削減量および費用対効果試算

| # | 項目 | 数値 | 単位 | 備考 |
|---|------------|-------------|--------------|-------------------------------------|
| a | 年間 GHG 削減量 | 57,324 | tCO2-eq/year | (表 4-9 l) + (表 4-10 e) - (表 4-11 m) |
| b | 年間 GHG 削減量 | 6,535 | tCO2/year | エネルギー起源 |
| c | 補助申請予定額 | 250,000,000 | 円 | 想定(製造・精製のみ) |
| d | プロジェクト期間 | 10 | 年 | ガス業用設備 製造用設備 |
| e | GHG 排出削減総量 | 573,243 | tCO2-eq | |
| f | GHG 排出削減総量 | 65,353 | tCO2 | エネルギー起源 |
| g | 費用対効果 | 436 | 円/tCO2 | |
| h | 費用対効果 | 3,825 | 円/tCO2 | エネルギー起源 |

出典：日本工営

4.1.3 ナノエマルジョン技術活用事業

過年度から引き続きナノフュエル社（川崎市内企業、GIC 会員企業）及び興和社により進められている BDF の製造プロセスにおいて発生する副生グリセリンを独自のナノ技術により石油と可溶化したナノグリセリン燃料の開発事業と独自のナノ技術を活かした液体化石燃料のナノエマルジョン化実証事業の検討を行った。

(1) ナノエマルジョン燃料製造装置「NEFS」

ナノフュエル社のナノエマルジョン燃料製造装置「NEFS」は、独自のナノ技術により液体燃料に水を加え、ナノエマルジョン燃料を製造する装置であり、軽油や重油などをナノエマルジョンにすることで燃焼性を改善し、燃費向上による CO₂ 排出量の削減を可能にする。本技術は、今回検討を行う副生グリセリンや、植物油にも適応可能である。

なお同製品は、川崎市が原材料調達から廃棄・リサイクルまでのライフサイクル全体を通じ従来製品等と比較して、CO₂ がより削減された川崎発の製品・技術等を認定する「低CO₂川崎ブランド」において、2021年に認定されている。



出典：ナノフュエル

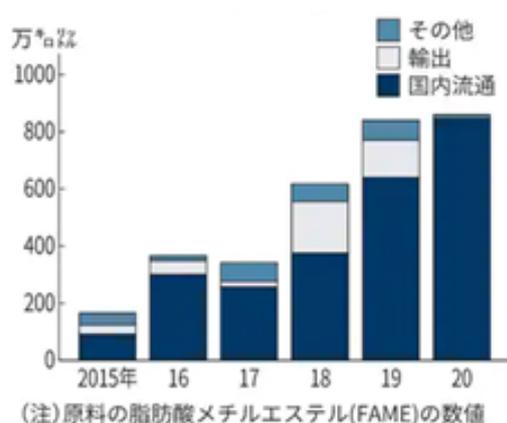
図 4-9 ナノエマルジョン燃料製造装置「NEFS」

(2) バイオディーゼル製造由来グリセリン燃料事業

1) 背景

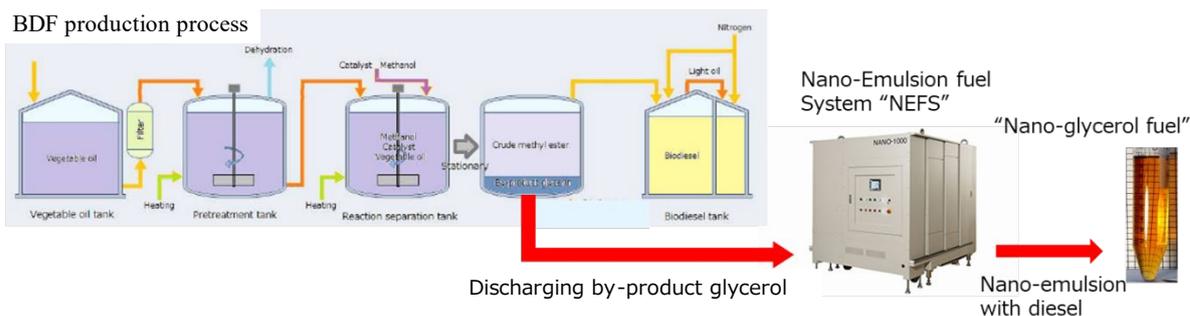
インドネシアでは、2006年に大統領令第5号として国家エネルギー政策が発表されて以来、化石燃料への依存度を減らしパーム油を原料とするバイオ燃料への転換が進められてきている。BDFは、主にパーム油由来の脂肪酸メチルエステル（FAME）をディーゼルに混合して製造するが、BDFの生産量、及び混合割合の増加に伴い、FAMEの生産量も急増している。さらに国営石油公社プルタミナは、バイオディーゼルの生産量を24年までにさらに15%増やす計画を立てており、今後さらなる増産が予測される。

一方、FAMEを製造する際には濃度の低い副生グリセリンが発生する。現状、BDF製造工場では副生グリセリンを精製しグリセリンとして販売を行っているが、BDFの生産量が急増していく中で、グリセリンの需要が同割合で増加することは想定できない。そのため、今後はグリセリンの供給過多となり、販売が難しくなっていくことが予見されることから、副生グリセリンの処理・活用が求められている。



出典：インドネシア・バイオ燃料製造協会

図 4-10 インドネシアにおける FAME 生産量



出典：ナノフュエル社資料を基に日本工管作成

図 4-11 ナノグリセリン燃料の製造プロセス

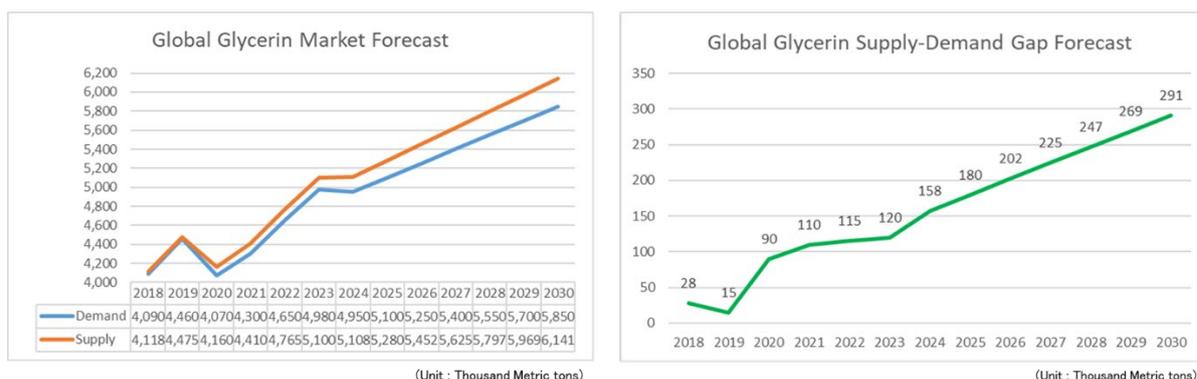
2) グリセリン市場の概況

グリセリンは、食品添加物として、甘味料、保存料、保湿剤、増粘安定剤などとして使われるほか、医薬品や化粧品などの保湿剤や潤滑剤としての用途がある。

また、グリセリンは植物油（パーム油、大豆等）を精製して製造する天然グリセリンと、エピクロロヒドリンを加水分解して製造する合成グリセリンに大きく分けられるが、その生産割合は、93:7であり、圧倒的に天然グリセリンの割合が大きい。また、全グリセリンの約3分の2がBDF製造由来のグリセリンであることから、BDFの生産量の変動が、グリセリンの生産量に大きく寄与する。

図 4-12 は世界のグリセリン需給予測を示しているが、世界的な BDF 生産量の急増により、グリセリンの生産量も今後増加することが見込まれている。人口増加等によりグリセリンの需要も同様に増加するものの、徐々に需給の差は広がり、2030年には、290,000 ton 程度の開きが生じることが予測されている。

このことから、今後、グリセリンの新たな用途を検討することは重要であり、その一つとしてナノグリセリン燃料としての活用を BDF 生産者に対し説明、提案していくことが重要である。



出典：富士キメラ総研「バイオケミカル・脱石油化学市場の現状と将来展望 2020」を基に興和社作成

図 4-12 グリセリンの世界需給予測

3) BDF 工場への副生グリセリンサンプルの収集

ナノグリセリン燃料事業の実施に向けたステップとして、まず、インドネシアで発生した副生グリセリンを用いたグリセリン燃料生産技術の確認が必要である。そのため、副生グリセリンのサンプルの提供依頼を行った。

インドネシア国内には 22 の BDF 工場が存在し、そのうちリアウ州に 8 工場が存在する。それぞれの所在地は表 4-13 の通り。

表 4-13 リアウ州内の BDF 工場

| # | 工場名 | 場所 |
|---|-------------------------------|-------------------|
| 1 | PT Wilmar Bioenergi Indonesia | Dumai |
| 2 | PT Sari Dumai Sejati | Dumai |
| 3 | PT Pelita Agung Agrindustri | Bengkalis / Dumai |
| 4 | PT Bayas Biofuels | Indragiri Hilir |
| 5 | PT Intibenua Perkasatama | Dumai, |
| 6 | PT Ciliandra Perkasa | Dumai |
| 7 | PT Sari Dumai Oleo | Dumai |
| 8 | PT Dabi Biofuels | Dumai |

出典：エネルギー・鉱物資源省令 No. 149.K/EK.05/DJE/2021 を基に日本工営作成

上記のリアウ州内の工場を中心にコンタクトを行い、副生グリセリンサンプルの提供を依頼した。コンタクトした工場のすべてが、BDF 生産により発生した副生グリセリンを精製グリセリンとして販売していることが分かった。

昨年度入手したサンプルの成分分析の結果は以下の通り。

- ・ 油脂類の含有が無かった。これはタンク内で水と油脂類が分離されており、タンクの底部から採取したためと想定される。
- ・ グリセリン含有量が 50%以下であり、ナノフュエル社の期待する範囲内であった。
- ・ メタノール量が想定よりも多かった。これは BDF 作成時にメタノールを混入していることが要因と考えられる。

今後サンプリングする際は品質が均一になるように複数のタンクから収集する必要がある。



出典：日本工営

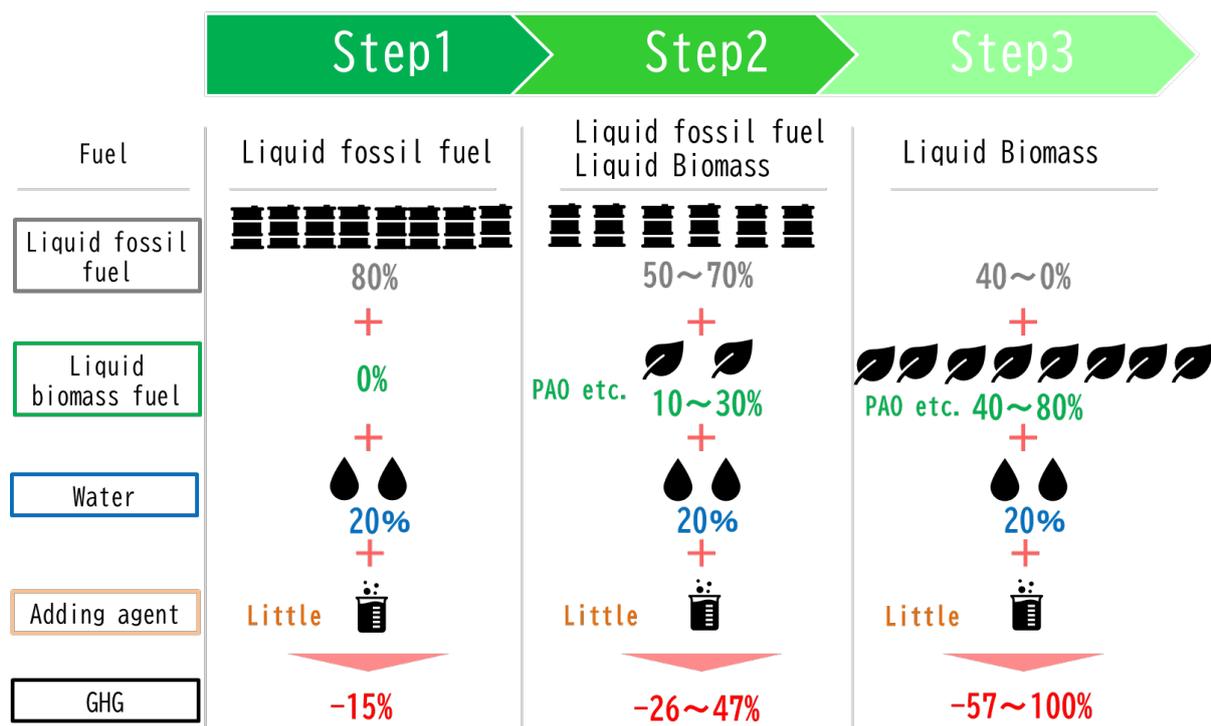
図 4-13 入手した副生グリセリンサンプル

(3) 液体化石燃料のナノエマルジョン化実証事業の検討

ナノフュエル社の持つナノエマルジョン技術を活用して、液体化石燃料（重油、軽油等）の使用量を削減するナノエマルジョン燃料を生産する実証事業を行うため、インドネシア国内の液体化石燃料使用工場等からパートナー企業の検討を行った。ナノフュエル社はこの実証を皮切りに、将来的には PAO などの液体バイオマス燃料も混合することで、よりクリーンな燃料を作り出すことを目指している。

今年度はナノフュエル社の現地協力企業である Kowa Emori Indonesia 社をはじめ昨年度調査にて面談した東銀リース現地法人（PT.BOT Finance 社）によって現地企業を複数紹介いただいたものの実証事業の実現には至らなかった。

一方で、本事業の水素等新技术導入事業への申請に向け、公益財団法人地球環境センター（GEC）やインドネシア JCM 事務局に事前案件相談を行い事業の組成を目指した。両者からは事業化に向けた課題に関するコメントを受領したものの、概ね前向きな反応であった。



出典：日本工営

図 4-14 ナノフュエル社による液体化石燃料転換イメージ

(4) GHG 削減効果試算

4) バイオディーゼル製造由来グリセリン燃料事業

ナノグリセリン燃料事業による GHG 削減効果試算を、生産能力を 3,000 L/h と想定し行った。試算結果は表 4-14 の通り。

表 4-14 GHG 削減効果試算 (ナノグリセリン燃料事業)

| # | 項目 | 数値 | 単位 | 備考 |
|---|------------------|-------------|-----------|---------------------|
| a | グリセリン燃料生産能力 | 3,000 | L/h | 想定 |
| b | グリセリン燃料年間生産量 | 21,024,000 | L/year | 想定 |
| c | グリセリン燃料発熱量 | 31.40 | MJ/L | 想定 |
| d | グリセリン燃料年間生産熱量 | 660,056,364 | MJ/year | = b x c |
| e | ディーゼル低位発熱量 | 38.04 | MJ/L | 石油連盟 |
| f | ディーゼル代替ポテンシャル | 17,351,639 | L/year | = d / e |
| g | 排出係数(ディーゼル) | 0.0726 | tCO2/GJ | IPCC2006 |
| h | 年間リファレンス CO2 排出量 | 47,920 | tCO2/year | = d x g / 1,000 |
| i | グリセリン燃料混合率 | 50% | | 想定 |
| j | 年間ディーゼル混合量 | 10,512,000 | L/year | = b x i |
| k | プロジェクト年間 CO2 排出量 | 29,031 | tCO2/year | = e x g x j / 1,000 |
| i | 年間 CO2 削減量 | 18,889 | tCO2/year | = h - k |
| m | 事業期間 | 7 | year | 法定耐用年数 |
| n | 総 CO2 削減量 | 132,223 | tCO2 | = i x m |

出典：日本工営

5) 液体化石燃料のナノエマルジョン化実証事業

液体化石燃料のナノエマルジョン化実証事業による GHG 削減効果試算を、年間ディーゼル消費量を 30,000,000 L と想定し実施した。試算結果は表 4-15 の通り。

表 4-15 GHG 削減効果試算（液体化石燃料のナノエマルジョン化実証事業）

| # | 項目 | 数値 | 単位 | 備考 |
|---|----------------------|-------------|-----------|--|
| a | 年間ディーゼル消費量 | 30,000,000 | l/year | 想定 |
| b | 排出係数(ディーゼル) | 2.62 | tCO2/kl | 軽油:算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧(令和5年12月12日更新)、環境省 |
| c | 年間リファレンス GHG 排出量 | 78,600 | tCO2/year | =a×b |
| d | 水分混合率 | 20 | % | ナノフュエル社計画 |
| e | ナノエマルジョン燃料中のディーゼル混合量 | 24,000,000 | l/year | =a*(1-d) |
| f | 年間プロジェクト GHG 排出量 | 62,880 | tCO2/year | =b×e |
| g | 年間 GHG 削減量 | 15,720 | tCO2/year | =c-f |
| h | 補助申請予定額 | 200,000,000 | 円 | 想定 |
| i | プロジェクト期間 | 7 | 年 | 石油製品又は石炭製品製造業用設備 |
| j | GHG 排出削減総量 | 110,040 | tCO2-eq | |
| k | 費用対効果 | 1,818 | 円/tCO2 | |

出典：日本工営

4.2 ゼロカーボンシティ形成に資する事業の検討

本応募事業においては、ゼロカーボンシティ形成に資する事業として、公共建物への再エネおよびエネルギー管理の導入事業とLED街路灯導入事業の検討を行った。

これらの再エネ・省エネ技術とIoT技術を組み合わせた事業の実施による効果として以下が挙げられる。

- ・ 再生可能エネルギー利用によるCO2削減（環境負荷の低減）
- ・ エネルギーの地産地消、地域資源の活用
- ・ エネルギーコスト低減
- ・ 地域産業の活性化と地域資金の好循環化
- ・ エネルギーの供給信頼性向上
- ・ レジリエンス強化（災害時のエネルギーセキュリティ強化）
- ・ RE100を謳う企業の誘致

また、これらの事業を川崎市との連携により、プカンバル市におけるゼロカーボンシティ形成を推進するモデル事業としてアピールすることで、同地域の民間企業等による脱炭素化の取組を誘起することができるとともに、類似事業の他地域への展開も期待できる。

4.2.1 公共建物への再エネおよびエネルギー管理の導入事業

(1) 事業概要

昨年に引き続き、プカンバル市の新市庁舎における同社のEMS技術導入可能性について検討を行った。

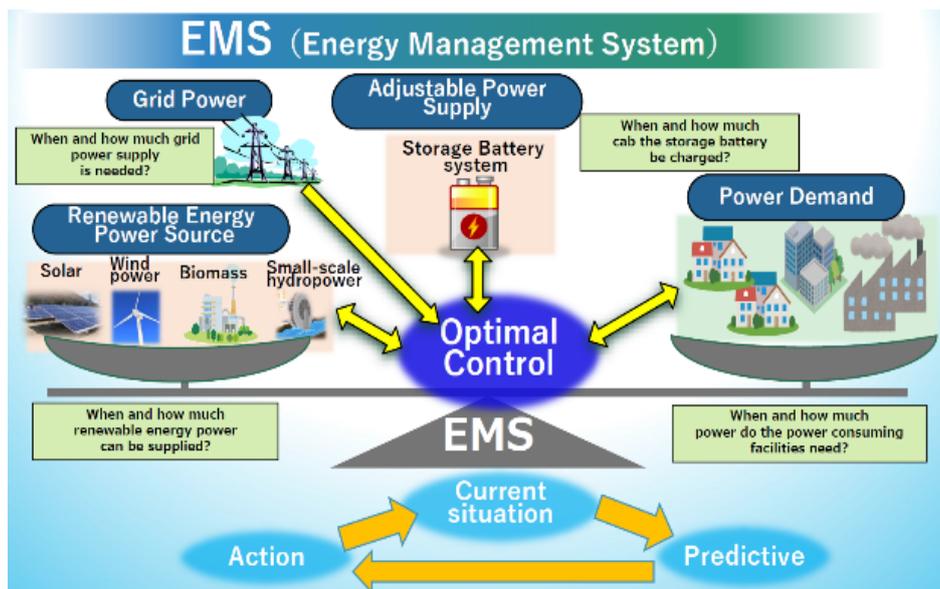
EMSは、系統電源がいつどの程度必要か、再エネ電源がいつどの程度供給可能か、蓄電池がいつどの程度充電・放電が可能か、電力消費施設がどの程度電力が必要かについて現状を把握し、今後の予測をしてエネルギー全体を最適制御する。

シーエスデーは、EMS技術を活用し、主に環境・安全に配慮したシステムの開発等を行っている。



出典：プカンバル市

図 4-15 プカンバル市新市庁舎地域の様子



出典：シーエスデー

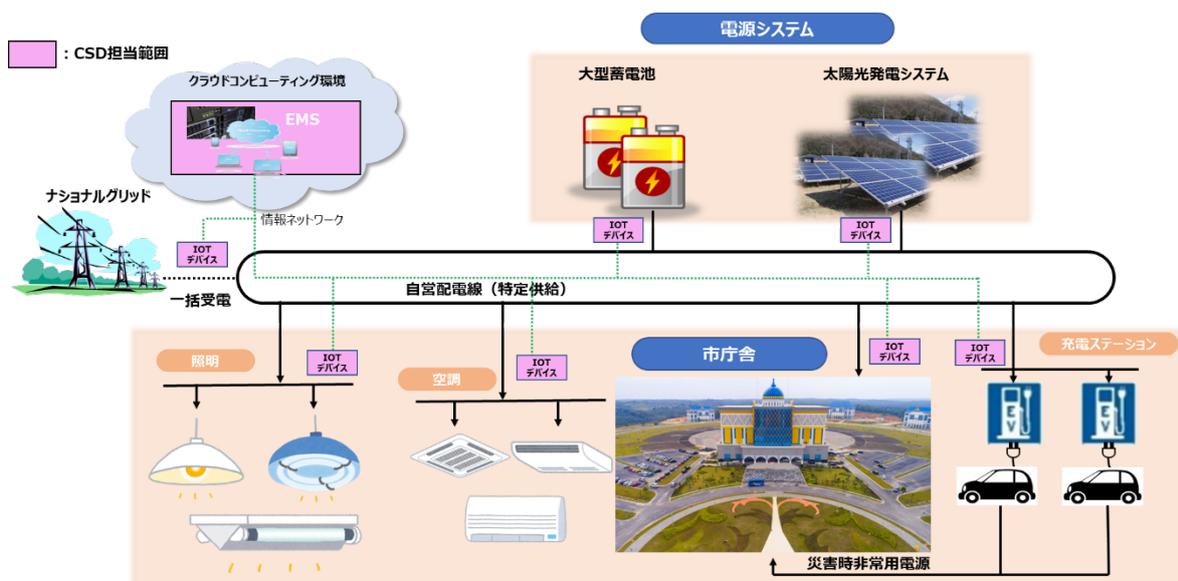
図 4-16 EMS 技術のイメージ

本年度の検討施策と結果については以下の通り。

<主な検討施策>

1. 電力として太陽光発電の再エネを活用した場合の省エネ、CO2 削減効果
2. 更に庁舎内で EMS を活用した照明制御、空調制御を取り込んだ場合の省エネ、CO2 削減効果
3. EV による災害時の非常用電源の供給

市庁舎エコグリッド全体構成例



出典：シーエスデー

図 4-17 市庁舎におけるエコグリッド事業概要

また、昨年度のヒアリング調査を通じて下記が確認された。

1. 太陽光発電を導入する際には PLN（国営電力公社）への確認が必要であり、設置可能な PV の設備容量は消費電力量の 15%未満（または以下）である。
2. 地面置きの場合、IPP（独立系発電事業者）と見做され PLN の承認を得ることが難しくなるため、現状屋根置きのみが現実的と考えられる。
3. 市庁舎の屋根は伝統的なデザインであり、急こう配のため PV 設置が難しい。

(2) 検討結果

プカンバル市新市庁舎における EMS 技術導入可能性について検討するために、GHG 削減量の計算を行った。各数値は現地調査を通じてプカンバル市から入手した現地情報を参考にし、入手できない情報については仮定データを用いて計算を行った。

試算結果は下表及び下図の通りである。なお、EMS の効果を論ずる場合は、太陽光発電の採用効果を盛り込んだ評価が一般的であり、今回の EMS 単独の効果は

- ・蓄電池による購入電力量の削減効果=3~6%（蓄電池規模による）
- ・制御による電力量削減効果=10%前後（制御対象、内容により変動）

と仮定し、総合的效果を 15%とした。

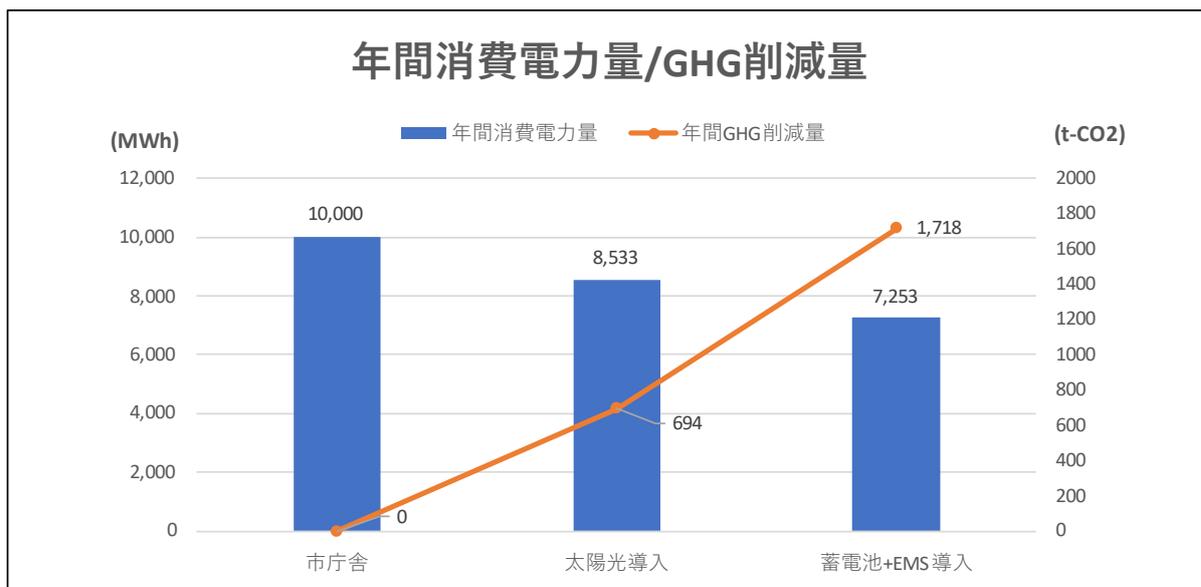
表 4-16 より、市庁舎に 1.1MW 太陽光発電システムを導入した際の年間 GHG 削減量は 694 t-CO₂ となることが分かった。また、EMS と蓄電池を導入した際の削減効果を 15%としたとき年間 GHG 削減量は 1,024 t-CO₂ となり、EMS による GHG 削減効果が示された。

表 4-16 プカンバル市新市庁舎における EMS 技術導入検討結果

| # | 項目 | 数値 | 単位 | 備考 |
|---|----------------------------------|--------|------------------------|--|
| a | 市庁舎の年間電力消費量 | 10,000 | MWh/年 | 仮定データ |
| b | 太陽光発電の年間発電量 | 1,467 | MWh/年 | 太陽光パネル容量: 1.1 MW Global Solar Atlas ³ より |
| c | 排出係数 | 0.473 | t-CO ₂ /MWh | R4JCM 設備補助事業公募要領（再生可能エネルギー、Sumatera） |
| d | 年間 GHG 削減量 （太陽光発電システム導入） | 694 | t-CO ₂ /年 | = b × c |
| e | 蓄電池 + EMS による削減効果 | 15 | % | 蓄電池容量: 2 MWh 仮定データ、EMS=PV 最適制御+調光制御+空調制御 |
| f | 排出係数 | 0.8 | t-CO ₂ /MWh | R4JCM 設備補助事業公募要領（省エネルギー、Sumatera） |
| g | 年間電力削減量 （太陽光発電システム+蓄電池+EMS） | 2,747 | MWh/年 | = a - ((a - b) × (1 - e / 100)) |
| h | 年間 GHG 削減量 太陽光発電システム+蓄電池+EMS） | 1,718 | t-CO ₂ /年 | = d + (g - b) × f |

出典：シーエスデー提供資料より日本工営作成

³ <https://globalsolaratlas.info/map?c=0.571257,101.372464,11&s=0.568597,101.423508&m=site&pv=ground,180,1,200>



出典：シーエスデー

図 4-18 プカンバル市新市庁舎における EMS 技術導入検討結果

(3) JCM 設備補助案件化に向けて

JCM 設備補助事業の事業化に向けて検討を続けてきたものの、後述 4.2.2 の調査において実施体制内にプカンバル市が入ることが困難であることが判明したため、設備保有者がプカンバル市 PUPR を想定している本事業の実現は難しいことが分かった。

一方で、PLN の 15% 上限ルールに関しては進展があり、2024 年 2 月 7 日に大統領がエネルギー鉱物資源省 (ESDM) 令「Permen ESDM No.26 Tahun 2021」の改正を承認したことにより今後は下記のような変更が行われる見込みである。

表 4-17 ESDM 令の改正に伴う変更

| 項目 | 現状の ESDM 令 | 現状の PLN 対応 | 変更案 |
|--------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 最大設置容量 | 既存容量の 100% 迄可能 | PLN 社内規定により既存容量の 15% に制限 | 最大容量制限なし |
| PLN への余剰電力送電 | 余剰電力は PLN が電力価格と同等価格で買い取る | 余剰電力を買い取らない。送電用メーターを提供しない。 | 余剰電力は買い取らない(送電しない) |
| 太陽光設置申請時期 | いつでも可能 | 地域によって申請可否を制限 | 年に 2 回の申込制; 申請可能な枠を設置 |

出典：日本工営

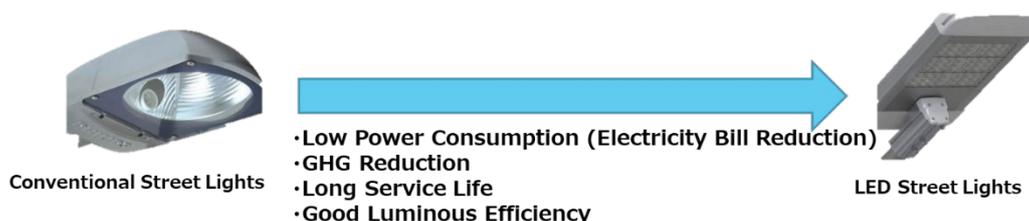
この変更により、余剰電力の有効活用が必要になり、蓄電池+EMS の需要が増大しうるため、まずはプカンバル市もしくはリアウ州内の民間企業に上記検討アイデアを展開し導入を図る。

4.2.2 LED 街路灯導入事業の検討

(1) 事業概要

プカンバル市 DISHUB は現在、市内における LED 街路灯の導入を進めている。プカンバル市には 2017 年時点で約 4 万本の街路灯が設置されているが、そのうち 3 万本は電力メーターが敷設されておらず、それにより通常より高額な電気料金を払っていることが課題とさ

れている。そのため、消費電力管理をスマート化し、最適運用により電気料金及び GHG 削減を可能とする、LED 街路灯の導入を検討した。



出典：シーエスデー

図 4-19 LED 街路灯の導入イメージ

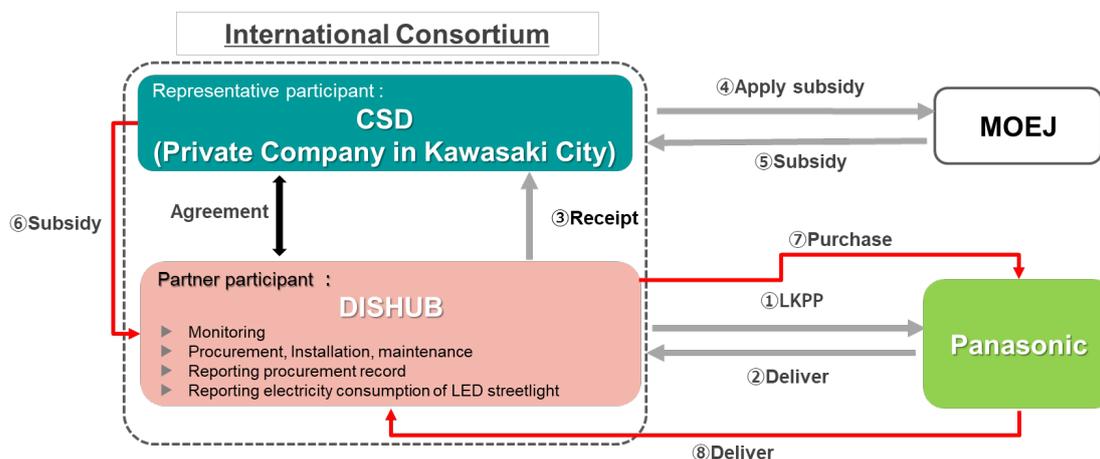
(2) 検討結果

今年度の JCM 設備補助事業を活用したプカンバル市への LED 街路灯導入を目指して検討を行った。本事業においては、購入した LED 街路灯に対する補助金を活用して追加的に LED 街路灯を導入することで、決められた市の予算の中でより多くの LED 街路灯を導入することを想定している。

1) 実施体制

実施体制案を図 4-20 に示す。

本事業では川崎市内企業であるシーエスデーを代表事業者として、現地共同事業者をプカンバル市交通局 (DISHUB)、LED 街路灯は Panasonic の現地法人である PT. Panasonic Gobel Life Solutions Sales Indonesia (PGLSSID)製の製品を想定した。なお、同社製品は LKPP (政府調達庁) の E-カタログにも掲載されており、ジャカルタ特別州などの自治体への導入実績も持つ。

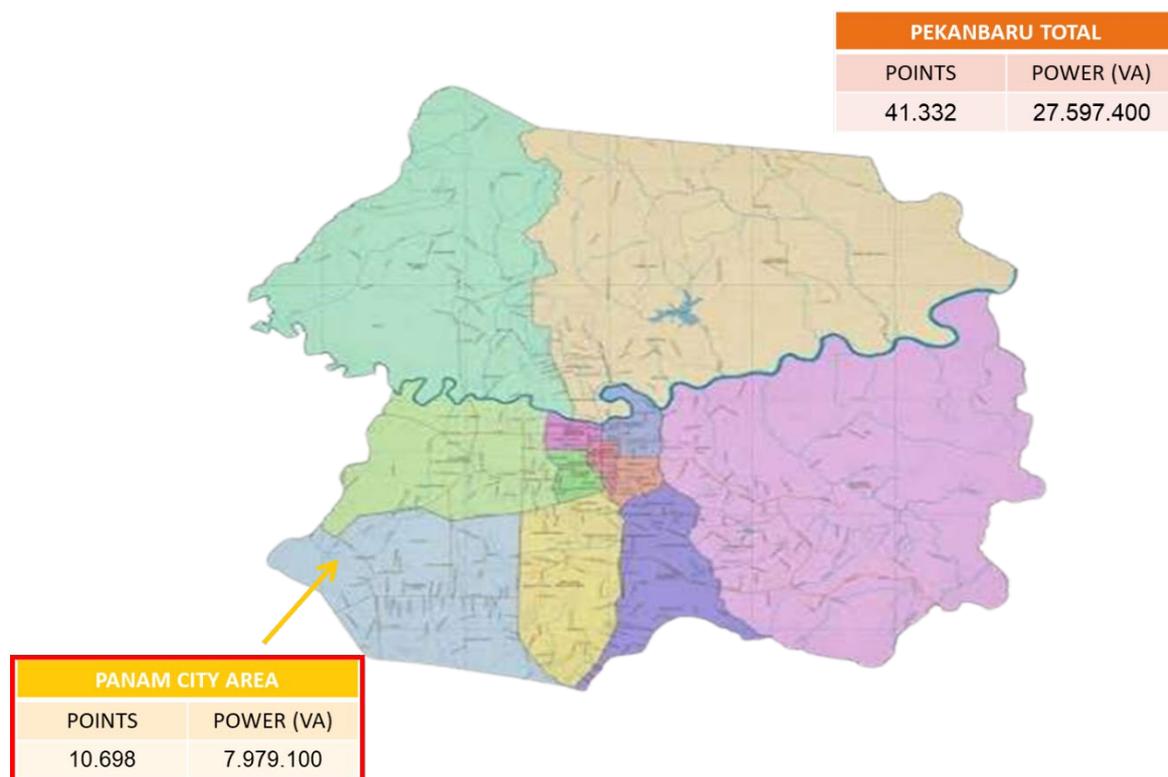


出典：日本工営

図 4-20 LED 街路灯導入事業の実施体制案

2) 導入エリア

プカンバル市からの要請もあり、本事業では市内 Panam 地区への導入を検討する。図 4-21 の通り、パナム地区は国立大学であるリアウ大学 (UNRI) 等が位置するエリアで、プカンバル市内全体のうち 4 分の 1 ほどである約 10,000 本の街路灯が設置されている。



出典：プカンバル市交通局資料より日本工営作成

図 4-21 LED 街路灯導入事業対象エリア

3) GHG 排出削減量試算

GHG 排出削減量の試算には既存方法論 (JCM_ID_AM018_ver01.0) を用いた。試算結果は表 4-18 の通り。

表 4-18 LED 街路灯導入事業の GHG 排出量試算結果

| # | 項目 | 数値 | 単位 | 備考 |
|---|---------------------|------------|-----------|--------------------------------|
| a | プロジェクト LED の消費電力 | 90 | W | プカンバル市交通局データより想定 |
| b | プロジェクト LED の導入本数 | 10,000 | 本 | 想定 (Panam 地区) |
| c | プロジェクト LED の点灯時間 | 4,380 | h/year | 想定 (12 時間×365 日) |
| d | プロジェクト LED の年間消費電力量 | 3,942 | MWh/year | 想定 |
| e | プロジェクト LED の発光効率 | 160 | lm/W | 想定 |
| f | リファレンス照明の発光効率 | 115 | lm/W | ID_AM018 参照 |
| g | 排出係数 | 0.94 | tCO2/MWh | 令和5年度 JCM 設備補助事業公募要領 (Sumatra) |
| h | 年間リファレンス GHG 排出量 | 5,155 | tCO2/year | =a×(b/c)×d |
| i | 年間プロジェクト GHG 排出量 | 3,705 | tCO2/year | =a×d |
| j | 年間 GHG 削減量 | 1,450 | tCO2/year | =e-f |
| k | 補助申請予定額 | 25,000,000 | 円 | 想定 |
| l | プロジェクト期間 | 10 | 年 | ID025 参照 |
| m | GHG 排出削減総量 | 14,500 | tCO2-eq | |
| n | 費用対効果 | 1,724 | 円/tCO2 | |

出典：日本工営

4) 申請への課題

上記1)~3)の通り事業申請に向けた準備を行ってきたが、申請書類の準備段階にて下記3つの課題に直面した。

- ① 前例が無いためプカンバル市側のサインが必要な書類の取得が困難
- ② プカンバル市からの提供が遅れており、必要なデータ・情報が取得に難航
- ③ プカンバル市の予算規模が小さい上、他メーカーの導入を検討している

上記①に関して、対象設備であるLED街路灯の所有者がプカンバル市（交通局）であるため共同事業者として体制に組み入れたが、申請時の必要書類である International Consortium Agreement への署名については事例が無いため困難であることが分かった。また、②については、導入にあたって機器選定に必要な情報（既存照明の間隔・高さ等）がプカンバル市の担当者から受領することが出来なかった。③に関して、プカンバル市のLED街路灯購入に係る次年度予算が約140本分にしか満たなかったこと、値段を理由に他メーカーを検討していることが挙げられる。特に後者に関しては、本事業の代表事業者候補のシーエスデー社がJCM設備補助事業未経験であることもあり、実績・技術・コミュニケーションにおいて信頼のおけるPGLSSID社の製品を使うことが条件であったため、事業の実現には至らなかった。

(3) JCM設備補助案件化に向けて

上記を踏まえてプカンバル市との案件構築は困難であることが分かったため、次年度調査では工場、ビル、ショッピングモール等や工業団地等の民間企業への導入を目指して検討を行う。

第5章 今年度の進捗・達成状況

川崎市によるリアウ州地域における都市間連携事業は、令和元年（2019年）に開始し、今年度はフェーズ2の2年目として活動を行った。

図5-1は、今年度提案時点での3か年計画である。

| | 令和4年度(2022年度) | 令和5年度(2023年度) | 令和6年度(2024年度) |
|-----------|--|--|--|
| 都市間連携事業 | 川崎市-プカンバル市のMOU締結（1年間有効） | 川崎市-プカンバル市のMOU締結に向けた手続き | 川崎市-プカンバル市のMOU締結（3年間有効） |
| | プカンバル市・2050年ゼロカーボンシティ計画策定支援（現状把握、気候変動緩和策・適応策に関するロードマップ案の策定） | プカンバル市・2050年ゼロカーボンシティ計画策定支援（ロードマップ案の最終化） | プカンバル市・2050年ゼロカーボンシティに向けた法制度策定支援 |
| | ゼロカーボンシティ計画策定の知見・経験をリアウ州に共有 →リアウ州との連携確立（連携開始） | プカンバル市を中心に、リアウ州及び各自治体（ドゥマイ市、ローカンウル県等）に脱炭素ドミノの伝播 リアウ州内自治体向けセミナーの開催 | リアウ州内各自治体との連携活動開始 |
| JCM設備補助事業 | アチェ州EFB発電プラントの竣工（期間延長） | EFBバイオマス活用事業 | リアウ州EFB発電プラントの事業化検討 |
| | 情報収集・事業化検討・燃料化技術検討 | 供給プロセス・オフタイカー検討 | リアウ州での事業展開支援 |
| | オンサイト詳細設計・関係企業への事業説明 | POMEバイオガス活用事業 事業者候補検討・案件具体化 | リアウ州での事業展開支援 |
| | 副生グリセリンの調達、大手パーム油企業との協議 | ナノエマルジョン技術活用事業 大手パーム油企業との事業化に向けた協議 | 新規パーム油プラント建設時に導入：大手パーム油企業がプカンバル市内のテナヤン工業団地に進出を計画 |
| | 導入先検討・情報収集・関係企業との協議 | JCM関連補助金事業申請準備 | JCM関連補助金事業への申請 |
| | オンサイト情報収集、現地PCやESC事業者との協議、JCM設備補助申請に向けた代表事業者の発掘、事業費—CO削減量計算（未対応） | 公共建物への再エネおよびエネルギー管理システムの導入検討 太陽光関連法規制の確認・事業体制構築 | JCM設備補助事業への申請 |
| | プカンバル市交通局、ESCO事業者との協議、LEDメーカーとの協議、実施体制構築 | LED街路灯導入事業 JCM設備補助事業への申請 | JCM補助金を活用したLEDの追加導入 |

☆赤字：実績（予定からの変更点）

出典：日本工営

図5-1 3か年計画（令和5年度（2023年度）提案時点）

今年度の計画の進捗及び達成状況を表5-1にまとめた。

表5-1 今年度の進捗・達成状況

| セクター | 進捗・達成状況 |
|----------------------------|---|
| (1) 都市間連携活動 | |
| 川崎市-プカンバル市のMOU締結に向けた手続き | 両都市の議論を通して、MOUの締結は現時点では不要であることを確認した。一方で、今後も両市とも協力関係を継続する意向があったため、両市市長による協力継続意向レターが取り交わされた。 |
| プカンバル市2050年ゼロカーボンシティ計画策定支援 | ITB/IPB/IGESによるプカンバル市及びUNRIへのキャパシティビルディングを行い、ゼロカーボンシティロードマップ策定に向けプカンバル市側の能力向上を図った。また、日本工営とUNRI間のMOUを締結し、本事業への公式な参画が可能となった。 2024年に改訂作業が実施されている中期開発計画において、本事業で提案しているゼロカーボンシティへの取り組み、地域バイオマス資源の循環利用等が含まれるよう働きかけを実施した。 |
| リアウ州地域での脱炭素ドミノの伝播 | 都市間連携ワークショップにおいてリアウ州による2060脱炭素ロードマップの発表が行われた。 |

| セクター | 進捗・達成状況 |
|----------------------|---|
| (2)JCM 事業化検討 | |
| 環境調和型社会形成に資する事業の検討 | <p><EFB バイオマス活用事業> EFB サプライヤー、燃料化技術を持つ企業複数社へのヒアリング調査等を行い、事業化に向けた体制の構築及び情報収集を実施した。</p> <p><POME バイオガス活用事業> 代表事業者を中心とした事業体制の構築のため Pre-F/S を実施し、事業採算性の把握等を行った。また、各社と NDA を締結し情報収集を積極的に行った。</p> <p><ナノエマルジョン技術活用事業> 現地 BDF 工場への現地調査を通じて入手した副生グリセリンサンプルの分析を実施した。また、インドネシアでのナノエマルジョン燃料製造装置 (NEFS) 導入による液体化石燃料のナノエマルジョン化実証事業の実現に向け各社とミーティングを実施した。</p> |
| ゼロカーボンシティ形成に資する事業の検討 | <p><公共建物への再エネおよびエネルギー管理の導入事業> 現地 EPC 候補企業やプカンバル市との協議を重ね、インドネシアによる法規制、実施体制の検討を行った。インドネシア国内で太陽光 JCM 事業を実施した経験を有する企業との協議を行った。</p> <p><LED 街路灯導入事業> プカンバル市や LED メーカーとの協議を重ね、また代表事業者候補による現地渡航も行い LED 街路灯の JCM 設備補助事業申請に向けた準備を実施した。最終的にはプカンバル市側が国際コンソーシアム協定書にサインすることが難しい(海外法人との直接の契約締結には長時間の調整を要する)との結論になり、実現には至らなかった。</p> |

出典：日本工営

第6章 今後の計画

6.1 都市間連携活動

ゼロカーボンシティロードマップを作るための組織の確認が重要と考えている。今年度までは、CRIC プロジェクトで気候変動アクションプランの検討のために組織された気候変動ワーキンググループを主な相手方として協議を行ってきた。

ロードマップ作成はプロジェクトチームの支援のもとでプカンバル市が主体的に進めるものである。よってプカンバル市側のメンバーを明確にした上で取り組むことが重要と考えており、早々に市側にロードマップ作成への取り組み体制の構築を働き掛けていく。

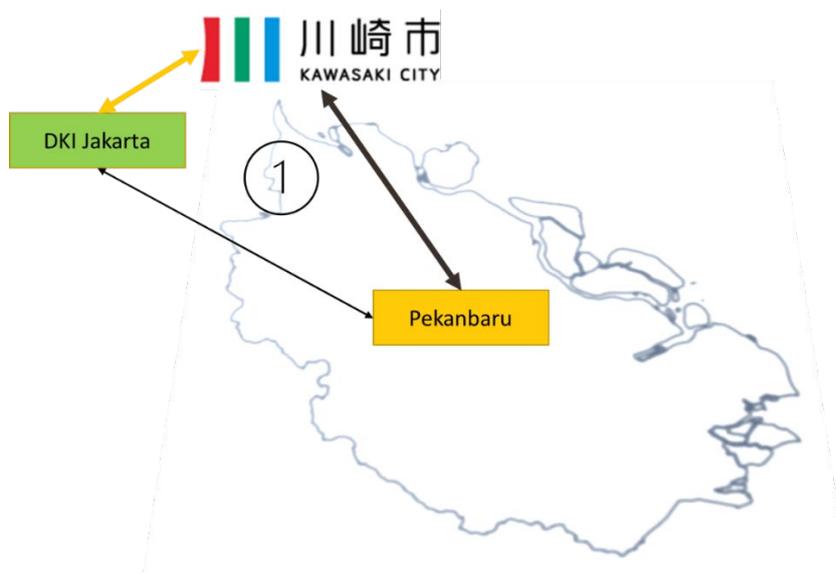
フェーズ2のテーマ：プカンバル市を核とした脱炭素ドミノの実現

令和4年度調査において、当時川崎市の都市間連携先であったジャカルタ特別州がプカンバル市の都市間連携セミナーに参加し、脱炭素に向けた取り組みや法令の紹介を行った。インドネシアの自治体同士とあって質疑も活発であり、川崎市を媒介とした都市間連携事業の協調が有効であることが確認できた。

フェーズ2に当たっては、まずプカンバル市の脱炭素計画の策定支援を川崎市とジャカルタ特別州の知見・経験を導入することで、その知見をリアウ州内に広げていくアプローチを実施する。その際には、ステップ2としてリアウ州との連携を確立し、ステップ3ではプカンバル市が中心となってリアウ州と各自治体（市・県）に脱炭素ドミノを広げていくアプローチである。川崎市が多くの自治体と直接連携するのではなく、ドミノの起点となる主要自治体を支援するアプローチである。

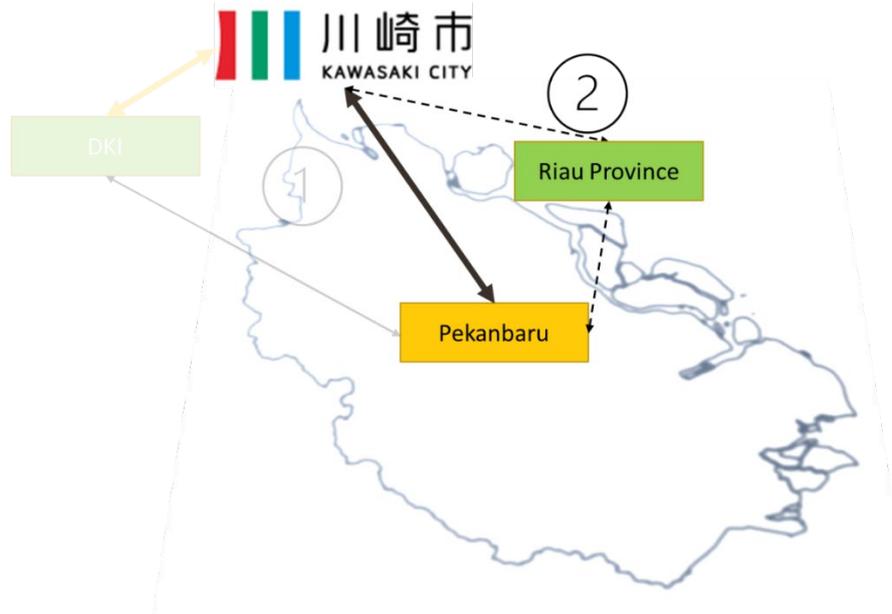
特に本事業で検討している技術の活用可能性としては、リアウ州内では、プカンバル市の他に、臨海地域でパーム油関連産業が多く立地しているドゥマイ市など、またローカンウル県などパーム油の中心的生産地のポテンシャルが高いと考えており、それら自治体との連携が期待される。

プカンバル市を核とした脱炭素ドミノのイメージは図6-1～図6-3の通り。



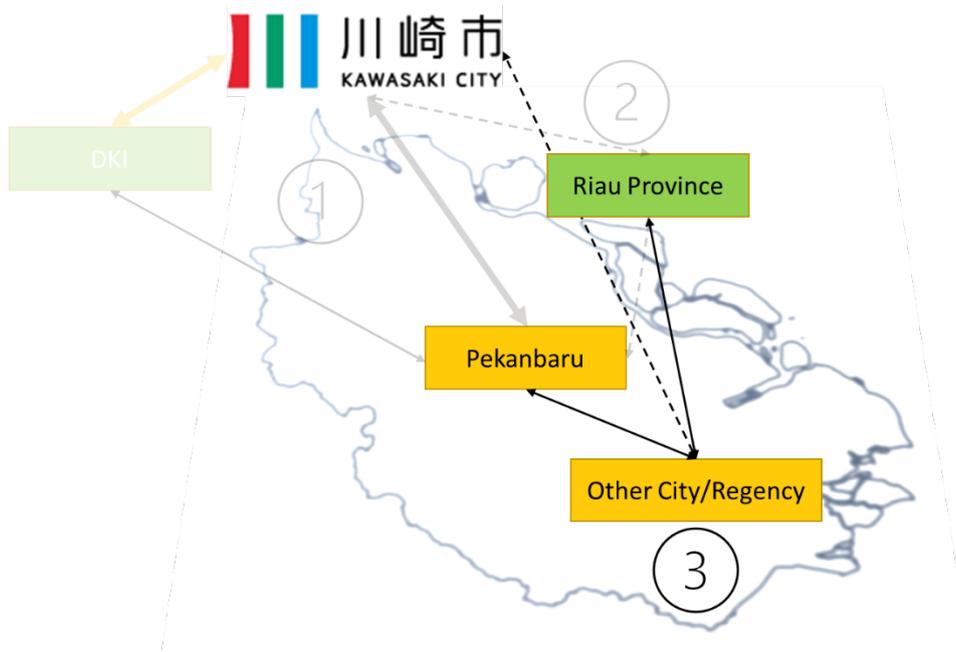
出典：日本工営

図6-1 ステップ1：川崎市とジャカルタ特別州の連携によるプカンバル市の脱炭素計画策定



出典：日本工営

図 6-2 ステップ2：川崎市とプカンバル市の連携による脱炭素計画策定に際してのリアウ州との協調



出典：日本工営

図 6-3 ステップ3：プカンバル市を核としたリアウ州内自治体への脱炭素ドミノ

これらを確実に実施に繋げるために、令和5年度よりジャカルタ特別州の計画策定支援を行った ITB、IPB の専門家がプロジェクト実施体制に加わり、プカンバル市の支援を開始した。また、リアウ州における経験・知識の受け皿として、UNRI の参画も得ることができた。これら大学を中心として実施支援体制が整ったため、来年度も具体的なロードマップ作成支援を行う中で ITB や IPB の知見を UNRI やプカンバル市、またリアウ州に共有していくことを考えている。

6.2 JCM 事業化検討

今年度の調査結果に基づき、プカンバル市の脱炭素計画に対し、以下それぞれの脱炭素化候補技術を位置づけて、設備補助事業等を活用した導入を進められるようにする。

6.2.1 EFB 燃料化事業

EFB バイオマス発電事業についてはアチェ州のプラントの完成が遅れていることに加えてリアウ州内ではグリッドからの距離が遠く採算性を見込めないことが分かった。一方、EFB 燃料化事業の調査に関しては、燃料化候補メーカーA社の実証プラントの建設が開始されたことが分かったため引き続き進捗を確認することとした。また、別の候補メーカーB社が、別の国かつ別の対象物について実証を進めていた自社製品の実証をインドネシア国内でEFB等パーム廃棄物を活用して進めることの検討をしており、現在燃料の販売契約に向けた準備を進めている。本事業での現地調査及びPTPNとの協調関係を活かした案件化の可能性が高いと考えており、来年度の水素等新技术導入事業への提案を目指すこととした。

6.2.2 POME バイオガス活用事業

今年度は実施体制の構築を目指してPre-F/Sを実施し、プロジェクトバリューチェーンの主な候補企業の抽出及び概算コストの算出を実施した。

今年度の調査結果を踏まえ、来年度は工事企業の選定と、バイオガスの利用者の特定を行い、バイオガスの販売価格の感度分析を実施して事業性を確認する。また、より正確な工事費とバイオガス生産量の算定には、地質調査及びPOMEのラボ分析が必要であり、来年度の活動内容に含めることを提案予定である。また、市バスにおけるバイオガス利用の合意を得るために、来年度実施予定であるプカンバル市の市長選の結果を待って、新市長及びプカンバル市交通局との協議を実施予定である。これらの作業を行い、来年度の水素等新技术導入事業に二次公募があった場合、または再来年度の水素等新技术導入事業（またはその後継スキーム）への提案を行う計画である。

6.2.3 ナノエマルジョン技術活用事業

今年度の水素等新技术導入事業への申請を目指していたが、使用先工場との最終調整に手間取り申請に至らなかった。次年度は現地協力会社の支援を得ながら、今年度難航した使用先工場の特定・調整を進め、年度内の水素等新技术導入事業への申請を目指す。

6.2.4 再エネ及びEMS 技術導入事業

インドネシア国内で実施されるあらゆる再エネ事業において、国営電力公社 PLN へクレジットの権利を譲渡することなどが求められており、JCM 案件形成に対して引き続き大きな課題となるが、設備導入量の制限撤廃が大統領により承認されたこともあり、次年度は特に蓄電池・EMSを組み合わせた導入の検討を進める。一方、今年度の調査にてプカンバル市の所有設備へのJCM案件形成は困難であることが分かったため、ドゥマイ市の工業団地や、リアウ大学等へのアプローチを検討する。プカンバル市内にて計画されているテナヤン工業団地についても開発状況を引き続き追っていくものの、現状はタイムラインが合わないため、他の州内工業団地への導入後展開することを考える。また、JCM 事業化は難しくとも、本事業をきっかけとした再エネの導入につながるように、民間企業による寄付等による事業化の検討を始めたいと考えている。

6.2.5 LED 導入事業

本年度の現地渡航を通じ、プカンバル市交通局と3回の協議を行い、プカンバル市が国際コンソーシアム内に入ることは難しいことが確認された。一方、ジャカルタ特別州内でのLEDメーカーとの複数回の協議を通して、JCMの補助金を活用した自社製品の導入に強い関心が寄せられた。従って、次年度はリアウ州内の工業団地・ビル・ショッピングモール等と協議を行いながらJCM設備補助事業の形成を目指す。

以上