

令和4年度環境省委託事業

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

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5年3月

日本工営株式会社
川崎市

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

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	2
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）	8
2.1.5 脱炭素先行地域	9
2.2 プカンバル市	12
2.2.1 プカンバル市の概要	12
2.2.2 パーム油生産廃棄物	13
2.2.3 2050年ゼロカーボンシティ形成	13
2.2.4 CRICプロジェクト	14
2.2.5 テナヤン工業団地の開発	15
2.2.6 シアク川浄化	16
第3章 脱炭素社会実現のための都市間連携活動	17
3.1 都市間連携に係るこれまでの活動	17
3.2 都市間連携に係る今年度の活動方針	20
3.3 都市間連携活動に係る結果	20
3.3.1 活動概要	20
3.3.2 川崎国際環境技術展への出展	21
3.3.3 協力同意書（LOI）の締結	22
3.3.4 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	24

3.3.5	気候変動予測データの提供	26
第4章	JCM事業化検討	27
4.1	環境調和型経済社会形成に資するJCM事業の検討	27
4.1.1	EFB関連事業	28
4.1.2	POMEバイオガス活用事業	37
4.1.3	バイオディーゼル製造由来グリセリン燃料事業およびPAOを活用した液体バイオマス燃料事業の検討	49
4.2	ゼロカーボンシティ形成に資する事業の検討	54
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	54
4.2.2	LED街路灯導入事業の検討	58
第5章	今年度の進捗・達成状況	61
第6章	今後の計画	63
6.1	令和5年度（2023年度）JCM設備補助事業への取組	63
6.2	次年度の方針	63
6.2.1	都市間連携活動	64
6.2.2	JCM事業化調査	66

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	2050年に脱炭素社会を実現した状態の具体例.....	7
表 2-4	取組の3つの柱と特徴的な取組.....	8
表 2-5	地理特性などに応じた取組の類型.....	10
表 2-6	脱炭素アクションみぞのくちの「脱炭素アクション」の例.....	11
表 2-7	脱炭素アクションみぞのくち推進会議 活動内容.....	12
表 2-8	プカンバル市の概要.....	12
表 2-9	CRICプロジェクト所在地（インドネシア）と注力セクター.....	14
表 2-10	CRICプロジェクトが目指す活動の成果.....	14
表 3-1	都市間連携の取組実績.....	17
表 3-2	活動テーマと概要.....	20
表 3-3	都市間連携に係る取組.....	20
表 3-4	地域協力に関する規定の概要.....	22
表 3-5	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.....	25
表 4-1	昨年度までの調査進捗（EFBバイオマス発電事業）.....	29
表 4-2	GHG削減量計算.....	29
表 4-3	パーム油産業廃棄物の物性調査結果.....	30
表 4-4	バイオマス燃料のリアウ州内主要港までの輸送コスト.....	31
表 4-5	今年後の調査概要（EFBバイオマス燃料化事業）.....	32
表 4-6	パーム油搾油工場の情報収集結果.....	32
表 4-7	EFB燃料化技術の整理.....	34
表 4-8	ヒアリング結果の整理.....	35
表 4-9	EFB燃料化によるGHG削減量概算.....	35
表 4-10	昨年度までの調査進捗（POMEバイオガス活用事業）.....	38
表 4-11	今年度の調査概要（POMEバイオガス活用事業）.....	39
表 4-12	パーム油搾油工場の情報収集結果.....	40
表 4-13	Sei Galuhにおける諸情報.....	40
表 4-14	原料バイオガスの条件.....	42
表 4-15	精製バイオガスの組成条件.....	42
表 4-16	マテリアルバランス.....	43
表 4-17	各フローの説明.....	44
表 4-18	機器概要一覧.....	45
表 4-19	ユニット製作費、輸送・据付費の概要.....	46
表 4-20	OPEXの概算.....	46
表 4-21	燃料転換ポテンシャル及びGHG削減量試算.....	47
表 4-22	リアウ州内のBDF工場.....	51
表 4-23	GHG削減効果試算（ナノグリセリン燃料事業）.....	52
表 4-24	GHG削減効果試算（PAOを活用した液体バイオマス燃料事業）.....	53
表 4-25	プカンバル市新市庁舎におけるEMS技術導入検討結果.....	56
表 4-26	LED街路灯及びEMS技術導入検討結果.....	58
表 5-1	今年度の進捗・達成状況.....	61

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	脱炭素社会に向けたイメージ	8
図 2-5	GIC を活用した取組のイメージ	9
図 2-6	農山漁村版 脱炭素先行地域の暮らし・営みのイメージ	10
図 2-7	都市部版 脱炭素先行地域の暮らし・営みのイメージ	11
図 2-8	プカンバル市の位置	12
図 2-9	パーム油製造により発生する廃棄物	13
図 2-10	テナヤン工業団地	16
図 2-11	シアク川	16
図 3-1	NK-ClimVault の表示画面例	26
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	27
図 4-2	アチェ州における EFB バイオマス発電プラント建設構想図	28
図 4-3	自動灰除去機能付き可動階段式火格子	28
図 4-4	EFB 燃料化事業の全体プロセス	31
図 4-5	Sei Galuh office(PT.PN5)外観	33
図 4-6	EFB 集積所 (Sei Galuh)	33
図 4-7	EFB 半炭化工場設置候補地	33
図 4-8	パーム油搾油工場	33
図 4-9	EFB 燃料化事業の実施体制案	36
図 4-10	POME バイオガス活用事業の全体プロセス	37
図 4-11	バイオガス分離膜 SEPURAN® Green	37
図 4-12	東カリマンタン州での導入例	37
図 4-13	パーム油搾油工場の位置	39
図 4-14	対象パーム油搾油工場 Sei Galuh の位置関係	41
図 4-15	バイオガスプラントのプロセスフローダイアグラム	43
図 4-16	計画配置図	45
図 4-17 (1)	POME バイオガス活用事業の実施体制案	48
図 4-18 (2)	POME バイオガス活用事業の実施体制案	48
図 4-19	ナノエマルジョン燃料製造装置「NEFS」	49
図 4-20	インドネシアにおける FAME 生産量	49
図 4-21	ナノグリセリン燃料の製造プロセス	50
図 4-22	グリセリンの世界需給予測	50
図 4-23	入手した副生グリセリンサンプル	51
図 4-24	PAO を活用した液体バイオマス燃料事業の概要	52
図 4-25	プカンバル市新市庁舎地域の様子	54
図 4-26	EMS 技術のイメージ	55
図 4-27	市庁舎におけるエコグリッド事業概要	55
図 4-28	プカンバル市新市庁舎における EMS 技術導入検討結果	57

図 4-29	JCM 設備補助事業実施体制案.....	57
図 4-30	LED 街路灯と EMS 技術の組み合わせイメージ.....	58
図 4-31	LED 街路灯及び統合管理アプリ導入検討結果.....	59
図 4-32	JCM 設備補助事業実施体制案.....	60
図 5-1	3 か年計画（令和4年度（2022年度）提案時点（一部加筆））.....	61
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.....	65
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.....	65
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.....	66

添 付

- 添付資料 1 第15回 川崎国際環境技術展 展示資料
- 添付資料 2 川崎市とプカンバル市の LOI 締結式
- 添付資料 3 川崎市とプカンバル市による都市間連携ワークショップ
- 添付資料 4 気候変動予測データ抽出の解説

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
BWSSIII	Balai Wilayah Sungai Sumatera III	スマトラ地域Ⅲ（リアウ地区）河川事務所
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 project	Climate Resilient and Inclusive Cities project	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
DPRD	Regional People's Representative Council (Dewan Perwakilan Rakyat Daerah)	地域人民代表委員会
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
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
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
KSDLL	Regional Cooperation with Overseas Organizations (Kerja Sama Daerah Dengan Lembaga Di Luar Negeri)	海外機関との地域協力
KSDPL	Regional Cooperation with Overseas Local Governments (Kerja Sama Daerah Dengan Pemerintah Daerah Di Luar Negeri)	海外自治体との地域協力
KLHK	Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan	環境林業省
LED	Light Emitting Diode	発光ダイオード
LOI	Letter of Intent	協力同意書

略語	英語/インドネシア語	和訳
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 Acid Oil	パーム酸油
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
PSA	Pressure Swing Adsorption	圧力変動吸着
PT.PN	PT. Perkebunan Nusantara	国営パーム油公社の名称
PT.PN5	PT. Perkebunan Nusantara V (PERSERO)	PT.PNのグループ会社
PT.SPP	PT. Sarana Pembangunan Pekanbaru	テナヤン工業団地運営公社
PUPR	Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	ブ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
UNRI	Universitas Riau	リアウ大学
ZEB	Net Zero Energy Building	ネットゼロエネルギービル
ZEH	Net Zero Energy House	ネットゼロエネルギーハウス
ZEV	Zero Emission Vehicle	ゼロ・エミッション車

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1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4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。

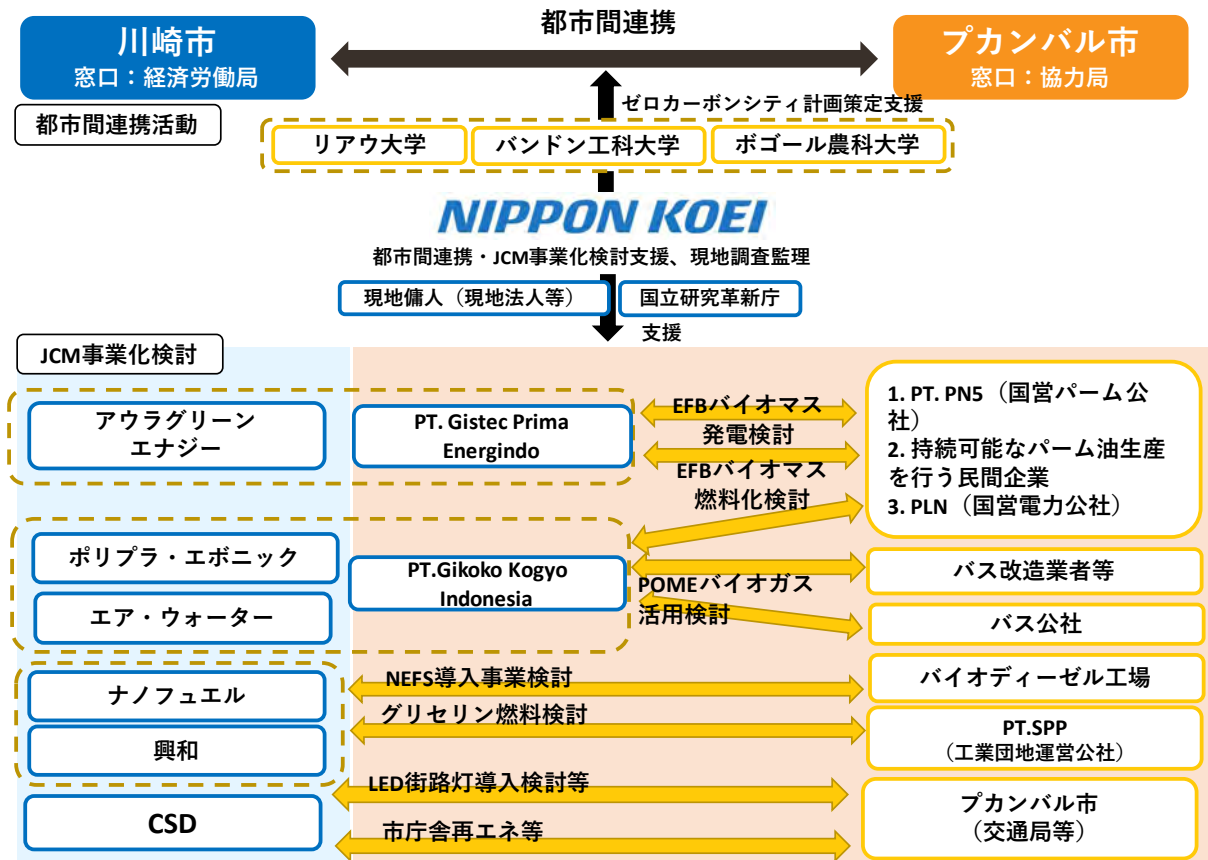
1.3 本業務の実施体制

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) アブラヤシ空果房 (EFB, Empty Fruit Bunch) バイオマス発電事業及び EFB バイオマス燃料化事業、2) パーム油廃液 (POME, Palm Oil Mill Effluent) バイオガス活用事業、3) バイオディーゼル (BDF, Bio-Diesel Fuel) 製造由来グリセリン燃料事業及びパーム酸油 (PAO, Palm Acid Oil) 活用検討事業に係る調査を実施した。1) の EFB バイオマス発電事業については、アウラグリーンエナジー社が現地パートナーである PT. Gistec Prima Energindo との協力の下、国営パーム油公社 PT.PN5 の保有するパーム油搾油工場を対象として活動を実施した。また、EFB バイオマス燃料化事業については、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。2) については、ポリプラ・エボニック社、エア・ウォーター社、及び現地企業である PT.Gikoko Kogyo Indonesia の協力により、こちらも PT.PN5 の保有するパーム油搾油工場を対象としたバイオガス精製プラントの設計検討を行うとともに、プカンバル市交通局との議論を行った。3) については、興和社及びナノフュエル社の協力により、バイオディーゼル工場に対する調査や、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、4) 公共建物への再エネおよびエネルギー管理の導入、及び 5) 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、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、現地傭人 2 名を活用して実施した。



出典：日本工営作成

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2022年6月20日～2023年3月10日である。主な工程は、
 に示す通りである。

#	調査内容	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
都市間連携活動										
1	ゼロカーボンシティ形成支援									
2	排出量の推定									
3	CN経路の検討									
4	ロードマップ案の検討									
5	ロードマップ案に関する協議									
6	気候変動影響の推定									
7	適応策の検討									
8	リアウ州における脱炭素ドミノ形成支援									
JCM案件形成 環境調和型経済社会形成に資する事業の検討 (1-1)										
1	リアウ州におけるバイオマス発電プラント事業の検討									
2	EFB炭化燃料化事業に係る情報収集									
3	炭化燃料事業の実施場所の検討									
4	資金調達の検討									
5	許認可取得に係る対応方針の検討									
6	事業計画・実施体制の最終化									
7	MRVの検討									
JCM案件形成 環境調和型経済社会形成に資する事業の検討 (1-2)										
1	パートナー候補企業との協議									
2	設置場所の検討									
4	プラントコスト試算									
3	事業計画の検討									
5	バス改造業者との協議									
6	バイオCNG利用に係る事業性評価									
7	資金スキームの検討									
8	バス公社（トランスメトロブカンバル）への提案									
9	入札要否、参加要件、スケジュール等の確認									
10	MRVの検討									
JCM案件形成 環境調和型経済社会形成に資する事業の検討 (1-3)										
1	BDF製造工場との協議									
1	BDF製造工場の生産工程等の情報収集									
2	副生グリセリンサンプルの収集・分析									
3	現地の副生グリセリンの質に基づくグリセリン燃料生産技術の確認									
4	生産パートナーの特定と、パイロットプラントの設置場所の検討									
5	NEFS導入に関する情報収集									
6	PAO処理ニーズに関する調査									
7	MRVの検討									
JCM案件形成 ゼロカーボンシティ形成に資する事業の検討 (2-1, 2-2)										
1	現地関係者からの情報収集									
2	現地関係者への技術提案、協議									
3	EPC事業者の調査、協力関係の樹立									
4	ESCO事業者の調査、協力関係の樹立									
5	許認可の確認									
6	事業計画・実施体制の検討（国際コンソーシアム協議を含む）									
7	MRVの検討									
ワークショップ・セミナー等										
1	現地とのワークショップ									
2	環境省指定の会議での発表									
3	川崎国際環境技術展への出展									
現地調査、報告書作成等										
1	現地調査及び情報共有等									
2	月次進捗報告									
3	環境省報告会									
4	国内関係者との打合せ（川崎市、共同事業者等）									
5	最終報告書作成									

出典：日本工営作成

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、神奈川県の北東部に位置し、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	1,540,516 人(令和5年1月1日現在)
3	世帯数	762,705 世帯(令和5年1月1日現在)
4	市内総生産(名目)	6兆3,816億円(平成30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、これまでに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年計画の概要を以下の表に纏める。



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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<p>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tCO₂削減)</p> <p>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tCO₂削減)</p> <p>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tCO₂削減)</p> <p>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tCO₂削減)</p>
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。

本戦略では、川崎市が脱炭素社会を実現した状態の具体例として以下を示している。



出典：川崎市

図 2-3 かわさきカーボンゼロチャレンジ 2050

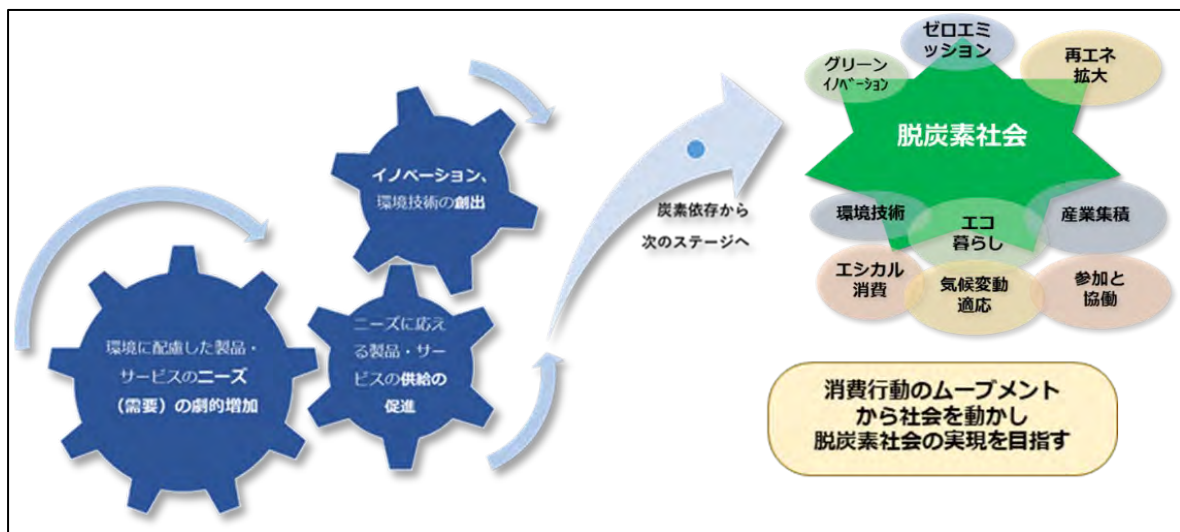
表 2-3 2050年に脱炭素社会を実現した状態の具体例

部門	具体例
民生部門 (家庭系・業務系)	① 建物のゼロエネルギー化(ネットゼロエネルギービルディング(ZEB)、ネットゼロエネルギーハウス(ZEH)化)が定着 ② 再生可能エネルギーを基幹電源とする電力が一般普及するとともに、地域のポテンシャルを活かした地産地消の電力供給が定着 ③ コンパクトシティの実現、建築物の脱炭素化、木造建築の一般化による都市の森の実現 ④ 市の事業活動で使用する電力を100%再生可能エネルギー化、公共施設で使用するエネルギーの最小化
運輸部門	① 市内を走る乗用車、バス・タクシー・トラックなどの車両のゼロ・エミッション車(ZEV)化が定着 ② すべての公用車をZEV化
廃棄物部門	① 市民・事業者の環境配慮行動が一般化し、ワンウェイプラスチックからの脱却、バイオマス素材への転換、食品ロスを出さない行動の定着などライフスタイルの変革
産業系部門	① 市内企業の自発的な脱炭素化の取組が普及し脱炭素化に取り組む企業の一層の集積 ② 市内で生み出された環境・エネルギー分野のイノベーションやビジネスモデルが市域を超えて産業を牽引 ③ 再生可能エネルギーが基幹エネルギーとして普及 ④ 市内企業との協働により、脱炭素化に寄与する技術革新・産業化の実現、さらには市民等の脱炭素なライフスタイルに貢献 ⑤ 水素エネルギーネットワーク社会を構築 ⑥ 脱炭素化に資するサステナブルファイナンスの定着

出典：かわさきカーボンゼロチャレンジ 2050 より日本工営作成

川崎市が脱炭素社会の実現を目指す上での基本的な考え方について、地方公共団体に求められる役割である「地域に身近な存在として、市民・事業者の環境配慮行動を促すこと」や、川崎市の特徴・強みである「環境技術・産業・研究機関の集積や、環境意識の高い市民・事業者が多いこと」などを踏まえ、「消費行動のムーブメントから社会を動かし脱炭素社会の実現を目指す」と設定している。

「消費行動のムーブメント」とは、環境に配慮した製品・サービスを選択することによるニーズ（需要）の劇的な増加であり、また、「社会を動かす」とは、脱炭素化に資する製品・サービスの供給が促進され、新たなイノベーションが創出されることである。さらに、この3つの歯車を動かすための動力として、3つの柱を設定し、2050年の脱炭素社会の実現を目指している。



出典：かわさきカーボンゼロチャレンジ 2050

図 2-4 脱炭素社会に向けたイメージ

表 2-4 取組の3つの柱と特徴的な取組

取組の柱	先導的に進める取組(特徴的な取組)
第Ⅰの柱(あらゆる主体の参加と協働)	(仮称)脱炭素モデル地区(身近な脱炭素モデル)の創設
第Ⅱの柱(川崎市自らが率先して行動を示す)	公共施設の再エネ導入、省エネの徹底、職員の意識改革 施設の省エネ化の徹底により市役所のエネルギー使用量を2030年までに10%削減 廃棄物発電等の再生可能エネルギーの地域活用や再生可能エネルギー電力の調達により、市庁舎や区役所等の主要施設のRE100を達成
第Ⅲの柱(川崎発のグリーンイノベーションの推進)	脱炭素化に取り組む企業への新たな支援・評価手法の可能性検討

出典：かわさきゼロカーボンチャレンジ 2050 より日本工管作成

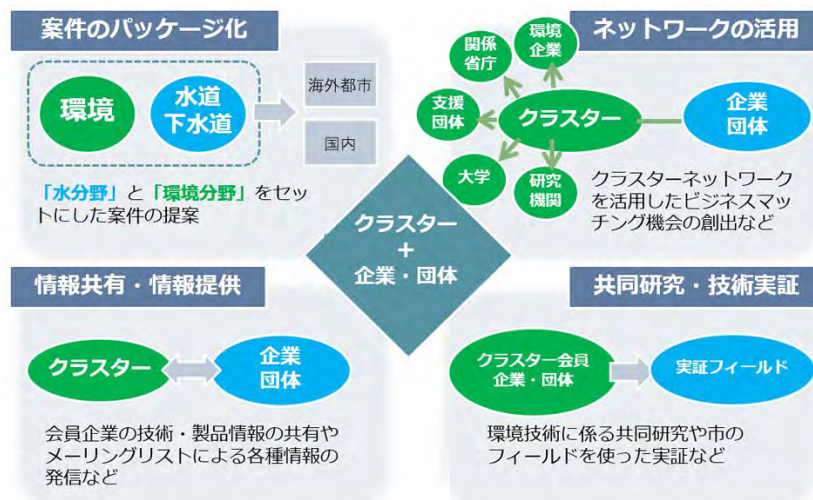
2.1.4 かわさきグリーンイノベーションクラスター (GIC)

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。



出典：川崎市

図 2-5 GIC を活用した取組のイメージ

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

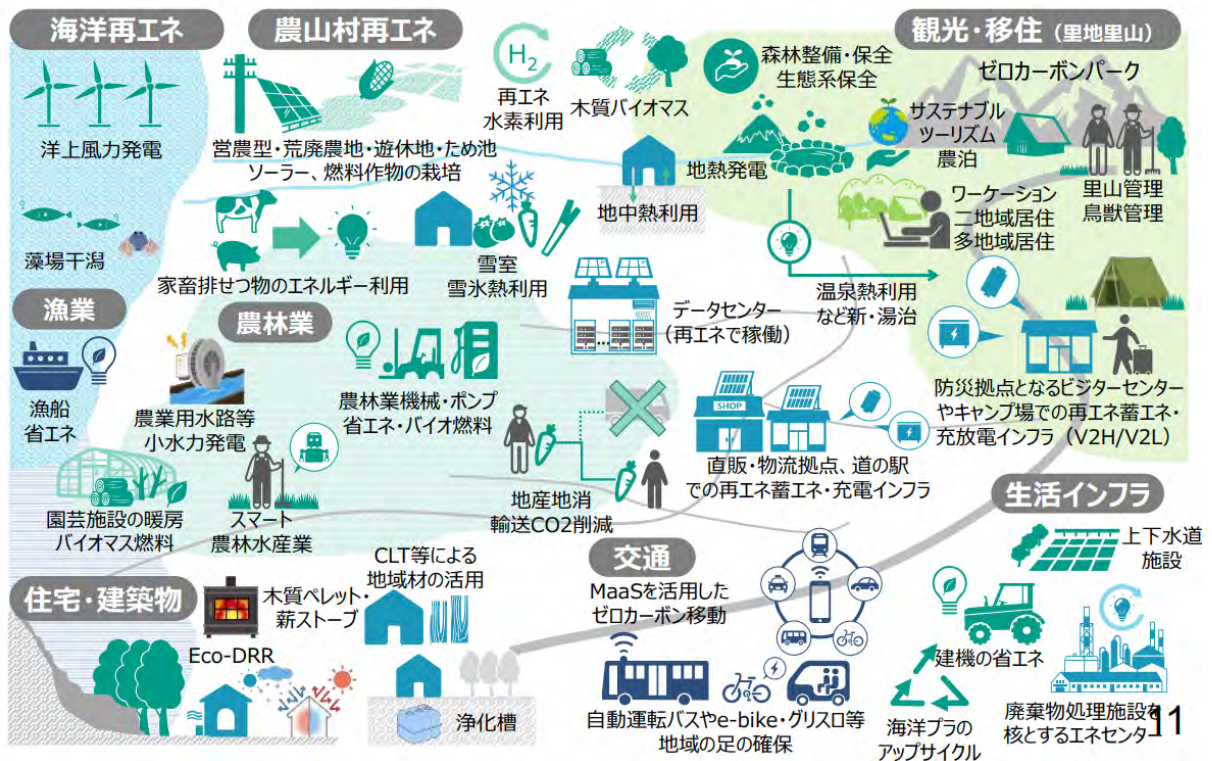
炭素ロードマップ」における取組である。地方自治体や地元企業・金融機関が中心となり、環境省を中心に国も積極的に支援しながら、少なくとも100か所の脱炭素先行地域で、2025年度までに、脱炭素に向かう先行的な取組実施の道筋をつけ、2030年度までに実行する。これにより、農山漁村、離島、都市部の街区など多様な地域において、地域課題を解決し、住民の暮らしの質の向上を実現しながら脱炭素に向かう取組の方向性を示す。

地域の特質を生かした具体的な取り組みの例を下表にまとめる。

表 2-5 地理特性などに応じた取組の類型

地理的特性	取組の例
農村漁村	営農型再エネ、木質/家畜排せつ物等バイオマス、地熱発電、スマート農林水産業、森林整備
離島	洋上風力や太陽光などの再エネ、水素利用、船舶の電動化
都市部の街区	住宅や公共施設、駐車場の屋根置き太陽光、再エネ熱利用
地域間連携	近隣市町村間連携 再エネポテンシャル豊富な地方と都市の大消費地との連携

出典：国・地方脱炭素会議資料より日本工管作成



出典：国・地方脱炭素実現会議

図 2-6 農山漁村版 脱炭素先行地域の暮らし・営みのイメージ



出典：国・地方脱炭素実現会議

図 2-7 都市部版 脱炭素先行地域の暮らし・営みのイメージ

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。

以下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 2-6 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 より日本工管作成

「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 2-7 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 より日本工管作成

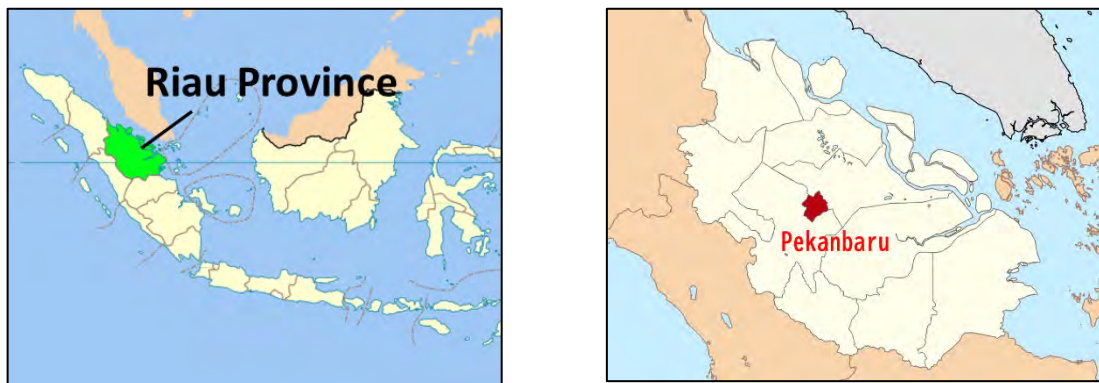
2.2 プカンバル市

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、2022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以下の通りである。



出典：日本工管作成

図 2-8 プカンバル市の位置

表 2-8 プカンバル市の概要

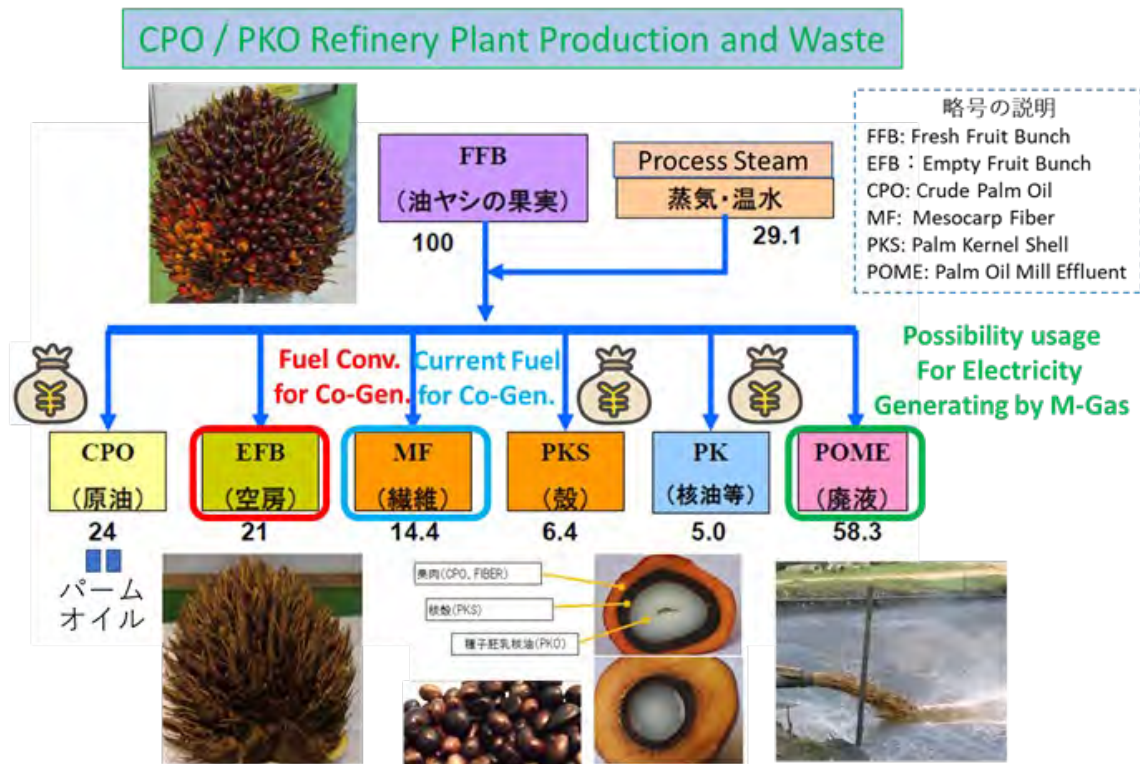
項目	統計データ
人口(人)(2022年)	1,085,000
面積(km ²)	632
人口密度(人/km ²)(2022年)	1,717
地域総生産(USD million)(2021年)	8,845

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管作成

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 2-9 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下表に纏める。

表 2-9 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 ・ サマリンド ・ マタラム 	廃棄物管理
<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”より日本工営作成

このプロジェクトでは欧州（EU）とインドネシア（およびその周辺）の都市と研究センターとの長期的かつ独自の協力関係を提案し、持続可能な地域行動計画、早期警戒ツール、専門家パネルなどのツールを通じて、持続可能な統合都市開発、グッドガバナンス、気候適応/緩和に大きく貢献することを目指す。

活動の成果として、CRICプロジェクトが掲げる3本の柱を下表に纏める。

表 2-10 CRIC プロジェクトが目指す活動の成果

成果	詳細
1. 知識生産と交流	<ul style="list-style-type: none"> ・ 知識の生産と都市分析 ・ 都市レポート ・ 欧州、インドネシア、アジアの都市間の交流とツールの強化
2. 気候変動に強い都市のための地域行動計画	<ul style="list-style-type: none"> ・ 包括的な公共政策の立案と実施における都市と地域の能力強化 ・ 基本的なサービスやインフラの質、提供と公平なアクセスの向上 ・ 都市廃棄物および大気汚染の管理における都市および地域の能力強化、環境に配慮した低炭素で気候変動に

	強い都市開発および都市循環経済の推進 ・ 都市、村、地域の災害リスク管理能力の強化、衝撃に強く、回復力のあるインフラとサービスの促進
3. コミュニケーションと能力開発	・ 都市や地域の制度的、財政的、管理的能力の向上 ・ 都市開発政策の決定・実施における公共・民間・市民社会等の関係者間の協議、調整、協力のためのメカニズム強化 ・ 都市や地域のスマートテクノロジー活用能力の強化 ・ 官民パートナーシップと地域経済のためのスキームの改善

出典：CRIC HP より、日本工営作成

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。

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。



出典：プカンバル市

図 2-10 テナヤン工業団地

2.2.6 シアク川浄化

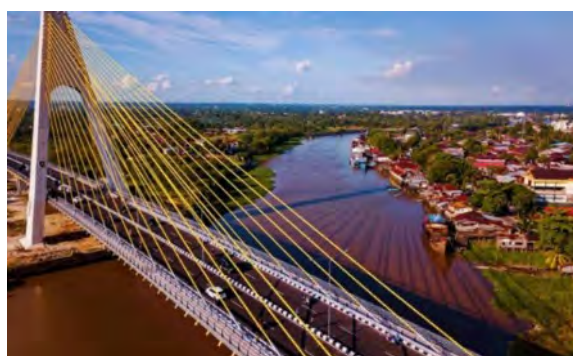
シアク川は、スマトラ島の中央部からプカンバル市を通りマラッカ海峡に注ぐ、長さ 370km の河川である。インドネシアで最も深い川として知られており、タンカーやコンテナ船もプカンバル市までアクセスすることができることから、川沿いにはパーム油搾油、製紙、木材加工、ゴム加工等の工場が多く立地している。

シアク川がリアウ州の経済を支える存在である一方で、プカンバル市などの

都市部における産業化に伴い汚染が進んでいることから、プカンバル市にとってシアク川の浄化は喫緊の課題となっている。この現状から、プカンバル市は、川崎市の多摩川浄化に係る行政経験、バンドン市との連携により実施しているチタルム川浄化に係る協力、そして川崎市内企業の水浄化技術に関心を示している。

また、シアク川本流及び支流の管理はスマトラ地域Ⅲ（リアウ地区）河川事務所（Balai Wilayah Sungai Sumatera III : BWSSⅢ）、人工的な排水システムはプカンバル市 PUPR が管理している。BWSSⅢはシアク川の利水・治水・汚染防止・浄化を管轄しているが、汚染源は上流のパーム農園でありこの管轄は環境林業省（Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan : KLHK）や農業省であるため河川汚染の解決は難航している。

一方、排水システムが不十分なため多くの地点で洪水が発生している点も課題にあげられており、その主な要因として排水路への廃棄物の不法投棄による排水路の閉塞が挙げられていることから、プカンバル市としては廃棄物管理を含めた都市排水システムについても、川崎市の知見・経験及び市内企業の技術に期待している。



出典：プカンバル市

図 2-11 シアク川

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。

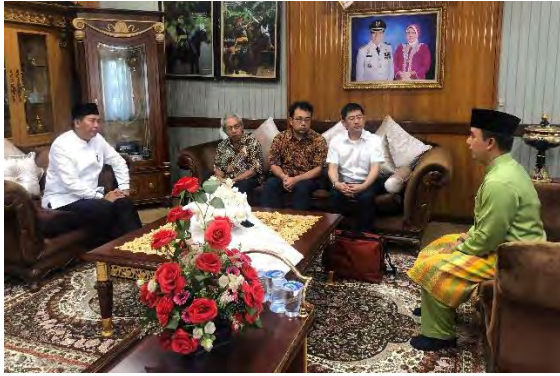
これまでの都市間連携活動の実績は以下の通り。

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	GIC 会員-プカンバル	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

年月	項目(場所)	内容
1月	市のオンライン交流会(オンライン)	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1~2月	川崎国際環境技術展への出展(オンライン)	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(3次)	「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年ゼロカーボンシティ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。

出典：日本工管作成



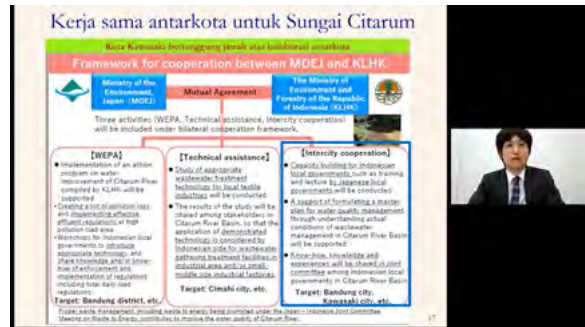
プカンバル市長表敬訪問
 (2019年8月)



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)



都市間連携ウェビナー
 (2021年3月)



都市間連携ワークショップ開会挨拶の様子
 (2022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。活動概要は以下の通りである。

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	<ul style="list-style-type: none"> 第15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。(3.3.2) 川崎市とプカンバル市の2050年ゼロカーボン形成をテーマとするLOIの締結に向けた協議を実施した。(3.3.3) 都市間連携ワークショップにて2022年に川崎市が発表した「川崎市地球温暖化対策推進基本計画(2022年計画)」に関する情報共有を行った。(3.3.4) バンドン工科大学(Institut Teknologi Bandung:ITB)、ボゴール農科大学(Institut Pertanian Bogor:IPB)の支援を得て、プカンバル市職員及びリアウ大学(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。ITB、IPBが支援する気候変動予測のために日本工営の公開しているNK-ClimVaultの情報を提供した。(3.3.5)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)
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職員に対し、プカンバル市2050年ゼロカーボンシティロードマップの進捗状況についての情報共有を行った。(3.3.4)

出典：日本工営作成

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
プカンバル市とのキックオフ会議の実施	2022年 8月10日	プカンバル市とのキックオフ会議をWebにて実施した。本事業の概要説明を実施した。グリーンビルディングとゼロカーボンシティ形成に関して興味を示した。
第1回現地調査	2022年 8月22日～ 9月3日	リアウ州市政府やリアウ大学、ジャカルタ環境局等と対面での打合せを実施した。リアウ州知事、プカンバル市等と対面での打合せを実施し、LOI締結の必要性を説明し、手続きを進められるよう支援する旨を伝えた。2050ゼロカーボンロードマップ作成に関して、CRIC-Jakarta事務局、気候変動タスクフォース、リアウ大学等と対面での打合せを実施し、本事業の概要説明及び情報共有を

活動内容	実施時期	概要
		行った。
在日インドネシア大使館との面談	2022年 9月12日	川崎市、日本工営が在日インドネシア大使館に訪問し、ザフルル林業部長に対し本事業の説明を行った。川崎市プカンバル市の LOI 締結に向けて大使館からも説明いただくことを依頼し、了承を得た。
環境省とのキックオフ会議	2022年 9月21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及び進捗の報告を行った。
IPB 及びリアウ大学との会議	2022年 10月24日	IPB 及びリアウ大学との Web 会議を実施し、リアウ大学の本事業への参画意思の確認及び進捗の共有を行った。
川崎国際環境技術展への出展	2022年 11月17日、 11月18日	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。
第2回現地会調査	2022年 12月4日～ 12月10日	プカンバル市政府やリアウ大学、POJKA 等との対面での打合せを実施した。LOI 締結に関して、プカンバル市政府に進捗及び内容の確認を行い適宜修正依頼した。2050 ゼロカーボンロードマップに関して、POJKA 及びリアウ大学と情報共有を行った。
環境省中間報告会	2023年 1月5日	環境省への中間報告会を行い、活動の進捗状況を報告するとともに、今後のスケジュールについて確認を行った。
第3回現地調査	2023年 2月8日～ 2月15日	都市間連携ワークショップを開催し、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。リアウ市政府や現地企業と打合せを実施し、情報収集を行った。
環境省最終報告会	2023年 2月22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するとともに、来年度の方針案等について説明を行った。

出典：日本工営作成

3.3.2 川崎国際環境技術展への出展

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15回川崎国際環境技術展が2022年11月17日、18日に開催された。本事業として、持続可能な社会への貢献のカテゴリーブースを出展した。本事業の概要説明ポスター及びプ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。また、GBS社、岡村建興社とのビジネスマッチングを実施し意見交換を行った。本ブースには川崎市内企業、政府関係者、関係機関を中心に約100名が来訪し直接の意見交換を行った。



会場内の様子



出展ブースの様子

ブース内掲載ポスター①

ブース内掲載ポスター②

3.3.3 協力同意書 (LOI) の締結

川崎市とプカンバル市は、両都市の合意の下、2050年ゼロカーボンシティをテーマとしたLOIの締結に向けた手続きを実施している。

インドネシアにおいては、2018年に地域協力についての規定として「地域協力に関する政府規定 (PP No.28/2018)」が制定され、さらに詳細な手続き等については「海外地方自治体及び海外機関との地域協力の手続きに関する内務省規定 (Permendagri No.25/2020)」において定められている。それぞれの規定の概要及び、主にLOI締結に関する箇所について以下にまとめる。

表 3-4 地域協力に関する規定の概要

項目	内容
概要 (政府規定第1条、内務省規定1)	地域協力とは、インドネシア国内の地方自治体同士、国内地方自治体と海外地方自治体もしくは国内地方自治体と海外機関が効果的且つ効率的な公共サー

項目	内容
条)	ビスの提供や相互利益のため、協力をを行うことを指す。海外地方自治体との地域協力を KSDPL、海外機関との地域協力を KSDLL と称する。
KSDPL の対象分野 (政府規定第 23 条、内務省規定 4 条)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 科学技術の発展 ・ 文化交流 ・ 技術能力と政府の管理能力の改善 ・ 地域ポテンシャルの促進 ・ その他、法令の規定に抵触しないもの
KSDPL の要件(第 27 条、内務省規定 5 条)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 外交関係があること。 ・ 地方自治体による協力活動であること。 ・ 地方自治体は海外に駐在員事務所を開設しないこと。 ・ 海外の地方自治体は国内の政府に干渉しないこと。 ・ 国や地方の政策や計画に沿ったものであること。 ・ 行政上の地位/領土の平等を保つこと。 ・ 両都市が補完し合うこと。 ・ コミュニティ間の関係を強化すること。
KSDPL 実施の段階 (政府規定第 24、26、28 条、内務省規定第 9 条)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地域協力に関する評価の実施 2. 協力意向表明(LOI 締結) 3. 協力計画書の作成 4. DPRD(地域人民代表委員会)の承認 5. 検証 6. 協力書(MOU)案の作成 7. MOU についての議論 8. 大臣による承認 9. MOU の署名 10. 実施
LOI の必須項目及び 手続 (内務省規定第 13 条、14 条)	<p>必須項目： a) タイトル、b) 協力の対象、c) 目的・目標、d) 協力範囲 e) 有効期間(署名後 1 年以内) f) 署名の場所と日付</p> <p>LOI 締結に係る手続き： 首長は LOI 締結に先立ち、内務・外務大臣との調整・協議しなければならない。調整・協議は大臣への回答依頼書の提出により実施される。 大臣が回答依頼に対する回答書を提出する。 首長により LOI への署名が行われる。内務大臣に提出された LOI と同じものに署名する。</p>

出典：「地域協力に関する政府規定 (PP No.28/2018)」及び「海外地方自治体及び海外機関との地域協力の手続に関する内務省規定 (Permendagri No.25/2020)」より日本工営作成

本年度の協議にて LOI の内容について両市間で合意され、3.3.4 に記載する 2023 年 2 月 9 日に行われた都市間連携ワークショップの中で、LOI 締結式が行われた。両市は最終署名日から 1 年以内に署名する MOU の締結を通して、「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う予定である。



LOI サイニングの様子



集合写真

出典：プカンバル市 HP



川崎市-プカンバル市間で締結した LOI

3.3.4 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

2023年2月9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。本ワークショップの中で、LOI サイニングセレモニーを執り行った。本ワークショップは2050年ゼロカーボンシティをテーマとし、日本工営より今年度の事業進捗及びプカンバル市のゼロカーボンシティに向けた活動提案を行った。一方、川崎市環境局より川崎市における脱炭素社会の実現に向けた取り組みとして「川崎市地球温暖化対策推進基本計画」の紹介をした。また、IPBよりプカンバル市におけるゼロカーボンシティ形成ロードマップの進捗について説明を行った。

当日の資料は、添付資料3を参照。

【開催概要】

- 日時： 2023年2月9日（木） 13:00-16:15（日本時間）
- 場所： Grand Jatra Hotel Pekanbaru (Zoom とのハイブリット開催)
- 参加者： プカンバル市（協力局、環境局他）
 川崎市（経済労働局国際経済推進室、環境局）
 IPB
 リアウ大学
 PT.PN5
 日本工営
 通訳1名（日本語⇄インドネシア語）
 計49名

表 3-5 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スケジュール

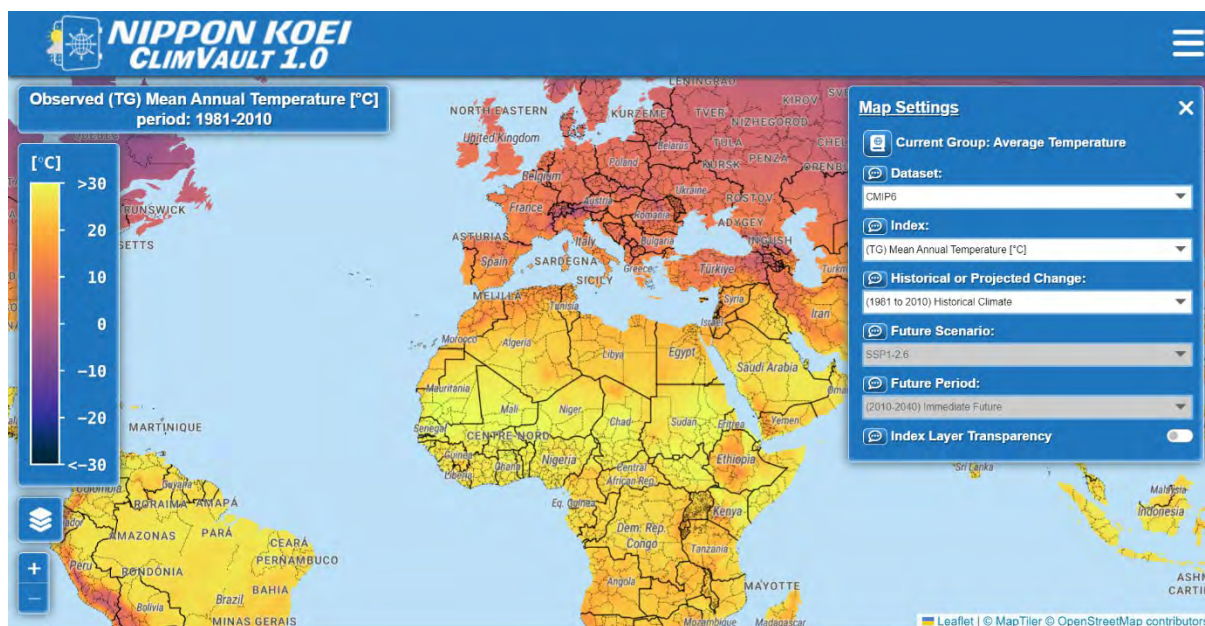
#	時間 (WIB)	プログラム	発表者
1	11:00 - 11:05	参加者入場	プカンバル市プロトコル
2	11:05 - 11:15	インドネシア国歌及び日本国歌斉唱	プカンバル市プロトコル
3	11:15 - 11:20	本事業概要の紹介	日本工営
4	11:20 - 11:25	開会挨拶	プカンバル市
5	11:25 - 11:35	開会挨拶	川崎市
6	11:35 - 11:40	LOI サイニングセレモニー	プカンバル市 川崎市
7	11:40 - 11:45	写真撮影	参加者
8	11:45 - 12:00	小休憩	-
9	12:00 - 12:20	都市間連携事業の進捗 ～2050年ゼロカーボンシティに向けて～	日本工営
10	12:20 - 13:10	昼食	-
11	13:10 - 13:30	川崎市における脱炭素社会の実現に向けた取組 -川崎市地球温暖化対策推進基本計画-	川崎市
12	13:30 - 13:45	プカンバル市におけるゼロカーボンシティ形成ロ ードマップ策定の進捗	IPB
13	13:45 - 14:05	質疑応答	-
14	14:05 - 14:10	閉会挨拶	川崎市
15	14:10 - 14:15	閉会挨拶	プカンバル市

出典：日本工営作成



3.3.5 気候変動予測データの提供

日本工営では2016年6月期より全社横断的に取り組む技術政策の重点テーマの一つに「気候変動への対応技術の開発」を据え、先端技術や新規ビジネスの開発に取り組んでいる。その具体的な活動として、気候変動予測のための補正技術を開発し、2020年より主要都市の降雨・気温の将来気候予測情報を無料で取得できるポータルサイト NK-ClimVault を公開している。これは精度の高い基礎情報を誰でも取得できるツールとして、気候変動適応ビジネスやさまざまな分野の研究での活用が可能である。



出典：NK-ClimVault (<https://nk-climvault.com/>)

図 3-1 NK-ClimVault の表示画面例

本事業で検討しているプカンバル市の2050年ゼロカーボンロードマップを策定するにあたり、日本工営が収集・整理しているデータおよび開発したバイアス補正手法（TR3S）を活用することでより効果的に将来予測が行えるため、ITB・IPB に対しデータの提供を行った。（添付資料4）

今後は提供したデータを踏まえてITB・IPBと議論を行い、プカンバルに適した指標の設定を行う予定である。

第4章 JCM 事業化検討

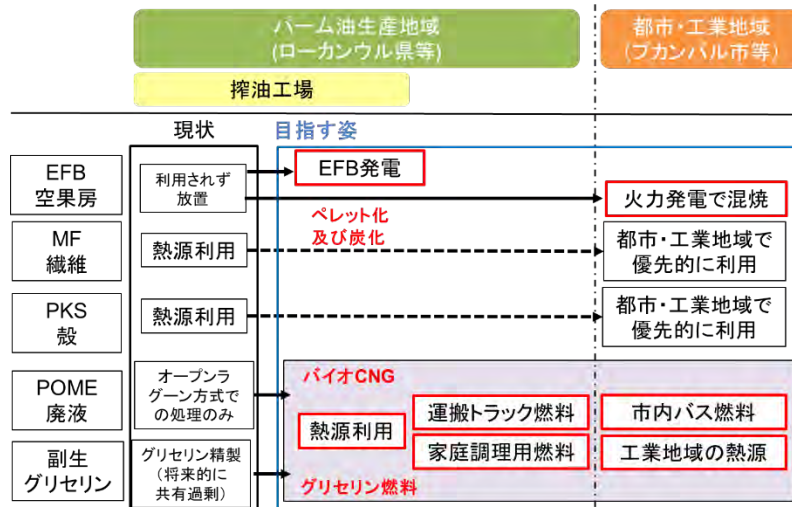
都市間連携活動同様に、1) 環境調和型社会形成に資する JCM 事業、及び2) ゼロカーボンシティ形成に資する JCM 事業の検討を実施した。

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 をバイオマス燃料として活用する EFB バイオマス発電事業 (4.1.1 (1) 項)、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 項) の検討を、国営パーム油公社 PT.PN5 のパーム油搾油工場を対象として実施した。また、BDF 製造由来の副生グリセリンを活用したグリセリン燃料事業 (4.1.3 項) についてもリアウ州内の企業を対象として実施した。加えて、今年度より新事業として、EFB をペレット化もしくは半炭化することでバイオマス燃料として活用する EFB 燃料化事業 (4.1.1 (2) 項)、ナノエマルジョン技術を活用したパーム酸油活用事業についても新たに検討を開始した。

EFB バイオマス発電事業により、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：日本工管作成

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 関連事業

アウラグリーンエネルギー（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 PT.PN5 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予定していたが、アチェ州案件の運転開始期限が迫っていることから、アチェ州案件に注力するため本件の EFB バイオマス発電事業の検討について一旦保留としている。

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い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今年度より開始した。フェーズ 1 事業でのバイオマス燃料の発生量や輸送コストに関する調査成果を活かし、比較的早く事業化が見込まれる EFB バイオマス燃料化事業の検討を積極的に検討した。

(1) EFB バイオマス発電事業

1) アチェ州におけるバイオマス発電事業の概要

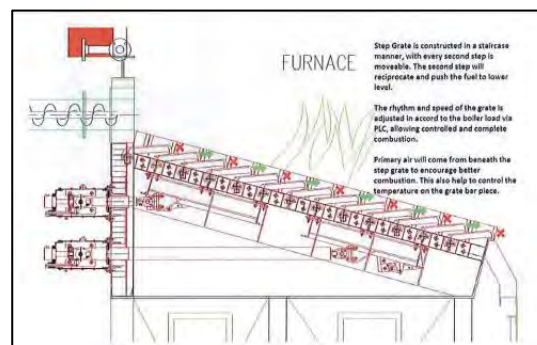
アウラ社と Gistec 社は、2018 年度 JCM 設備補助事業の採択を受け、「スマトラ島アチェにおける 12MW バイオマス発電プロジェクト」を実施しており、2023 年 3 月までに機器の設置を終了し、2023 年度中に稼働を開始する予定である。当事業は、年間発電量 73,500MWh/yr、年間 GHG 削減量 31,322 tCO₂/yr を見込んでいる。

EFB は①大きさ・堅さによる取り扱いの難しさ、②熱量の低さ、③含水率の高さ、④クリンカが形成されやすい、⑤灰の融点が低く、量が多い⑥煤が堆積しやすい等の特徴があり、燃料としての利用が難しく、これまで熱利用が進んでこなかったが、当事業で導入するボイラーには、自動灰除去機能付き可動階段式火格子と、炉内温度の最適化制御システムが組み込まれており、これにより EFB 特有のクリンカの発生を抑制するとともに、EFB を絶えず攪拌しながら全体的に均一に燃焼することができ、EFB の安定的な完全燃焼が可能になる。



出典：アウラグリーンエネルギー

図 4-2 アチェ州における EFB バイオマス発電プラント建設構想図



出典：アウラグリーンエネルギー

図 4-3 自動灰除去機能付き可動階段式火格子

2) 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。また調査結果を基に試算した、EFB バイオマス発電事業の GHG 削減効果を表 4-2 に示す。なお、試算は 2021 年 2 月 17 日にインドネシア JCM 事務局より承認を受けた方法論 ID_AM027 “Electricity generation by a biomass power plant”を用いて行った。

表 4-1 昨年度までの調査進捗 (EFB バイオマス発電事業)

#	項目	概要・結果
1	バイオマス燃料の発生量調査	ローカンウル県所在の3つの搾油工場(Sei Rokan, Sei Intan, Sei Tapung)から発生するバイオマス燃料の発生量を調査した。3工場からの年間 EFB 発生量は 144,829ton であり、これらのデータ及び燃料輸送を考慮した試算結果から、建設地を Sei Intan 搾油工場近辺、発電容量 7.5MW とした。
2	電力普及状況の確認及びグリッド接続調査	リアウ州内の発電所情報、近年の電力供給量及び需要のデータを収集するとともに、グリッド接続について、PLN からの聞き取り及び協議を行い、接続箇所を選定した。Sei Rokan から最も近い(約 3km)グリッドへ接続することを想定している。
3	導入技術及び事業費の検討	日系技術及び川崎市保有技術の導入可能性を検討するとともに、事業費及び経済性評価を行った。
4	許認可の確認	必要な許認可の確認及び取得スケジュール等を検討した。
5	バイオマス燃料排出量及び物性調査	リアウ州内のパーム油搾油工場から排出される EFB、EF、PKS の発生量や、それらの物性(含水率、発熱量、化学成分等)の調査を実施した。(表 4-3)
6	輸送コスト調査	リアウ州内のパーム油搾油工場から、リアウ州域内及び、州内主要港までのバイオマス燃料の輸送コストの調査を実施した。(表 4-4)
7	バイオマス燃料処理技術に係る調査	EFB 活用において課題となる点を纏めるとともに、それらに対応する処理方法及び技術について整理した。
8	サプライチェーンの検証	リアウ州内のパーム油搾油工場の RSPO 認証取得状況について確認を行った。
9	バイオマス発電による環境影響に係る対応方針の検討	バイオマス発電による排ガスやフライアッシュに係る基準の確認及び対応方針の検討を行った。
10	パーム油産業廃棄物利用に係る報告制度のレビュー	アチェ州で制定されたパーム油産業廃棄物利用に係る報告制度についてレビューを実施した。

出典：日本工管作成

表 4-2 GHG 削減量計算

#	項目	数値	単位	備考
a	送電端容量	5.65	MW	検討結果
b	年間稼働時間	7920	h/year	検討結果
c	年間発電量	44,748	MWh/year	=a x b
d	排出係数(グリッド)	0.458	tCO2/MWh	ID_AM027(スマトラ)
e	リファレンス排出量(RE_p)	20,494	tCO2/year	=c x d
f	プラント化石燃料消費量	150,000	L/year	想定(ディーゼル)
g	密度	0.844	kg/L	IEA

#	項目	数値	単位	備考
h	単位発熱量	41.4	GJ/t	IPCC2006
i	排出係数(ディーゼル)	0.0726	tCO2/GJ	IPCC2006
j	プロジェクト排出量(化石燃料) ($PE_{ONSITE,p}$)	381	tCO2/year	=f x g x h x i / 1,000
k	EFB 運搬量	144,829	ton/year	想定
l	運搬距離	47	km	想定
m	排出係数(運搬車輛)	0.000129	tCO2/ton-km	ID_AM027, Heavy vehicle
n	プロジェクト排出量(運搬車輛) ($PE_{TRANS,p}$)	878	tCO2/year	=l x m x n
o	年間 GHG 削減量	19,235	tCO2/year	=e - (j + n)

出典：日本工管作成

表 4-3 パーム油産業廃棄物の物性調査結果

Parameter	Unit	EFB	Fibre	Shell 1	Shell 2	Methods
Total Moisture	%, ar	48.80	31.30	14.10	15.60	ASTM D.3302-10
Proximate Analysis						
Moisture in Analysis	%, adb	7.20	9.50	9.80	14.30	ASTM D.3173-08
Ash Content	%, adb	5.60	5.10	2.50	2.60	ASTM D.3174-04
Volatile Matter	%, adb	71.90	68.20	69.80	66.70	ISO 562-2010
Fixed Carbon	%, adb	15.30	17.20	17.90	16.40	ASTM D.3172-07
Total Sulphure	%, adb	0.27	0.22	0.08	0.02	ASTM D.4239-10
Gross Calorific Value	kcal/kg, adb	4,822.00	4,485.00	4,728.00	4,322.00	ASTM D.5865-10
Gross Calorific Value	kcal/kg, ar	2,660.00	3,405.00	4,503.00	4,256.00	ASTM D.5865-10
Ultimate Analysis						
Carbon (C)	%	53.75	52.36	53.15	50.13	ASTM D.3178-02
Nitrogen (N)	%	0.63	0.40	0.35	0.32	ASTM D.3179-02
Hydrogen (H)	%	7.95	6.34	6.71	6.43	ASTM D.3178-02
Oxygen (O)	%	31.80	35.58	37.21	40.50	ASTM D.3176-02
Chemical Analysis of Ash						
Silicone Dioxide (SiO2)	%	40.28	60.89	74.69	74.60	ASTM D.6349-09
Aluminium Trioxide (Al2O3)	%	2.14	1.11	1.12	6.34	ASTM D.6349-09
Iron Trioxide (Fe2O3)	%	3.59	2.02	0.93	2.32	ASTM D.6349-09
Titanium Dioxide (TiO2)	%	0.10	0.07	0.06	0.32	ASTM D.6349-09
Calcium Oxide (CaO)	%	6.01	6.72	2.24	1.20	ASTM D.6349-09
Magnesium Oxide (MgO)	%	6.93	5.37	4.13	1.81	ASTM D.6349-09
Pottasium Oxide (K2O)	%	29.33	10.39	9.68	5.06	ASTM D.6349-09
Sodium Oxide (Na2O)	%	2.11	0.92	0.30	0.22	ASTM D.6349-09
Phosphorus Pentoxide (P2O5)	%	3.30	4.56	4.98	2.24	ASTM D.6349-09
Sulphur Trioxide (SO3)	%	5.55	7.55	1.58	5.30	ASTM D.1757-03
Manganese Dioxide (MnO2)	%	0.21	0.12	0.12	0.13	ASTM D.6349-09
Chlorine (Cl)	%	0.27	0.18	0.10	0.02	ASTM D.3682-01

ar = sample as received

adb = sample as determined base

出典：PT.Gistec Prima Energindo

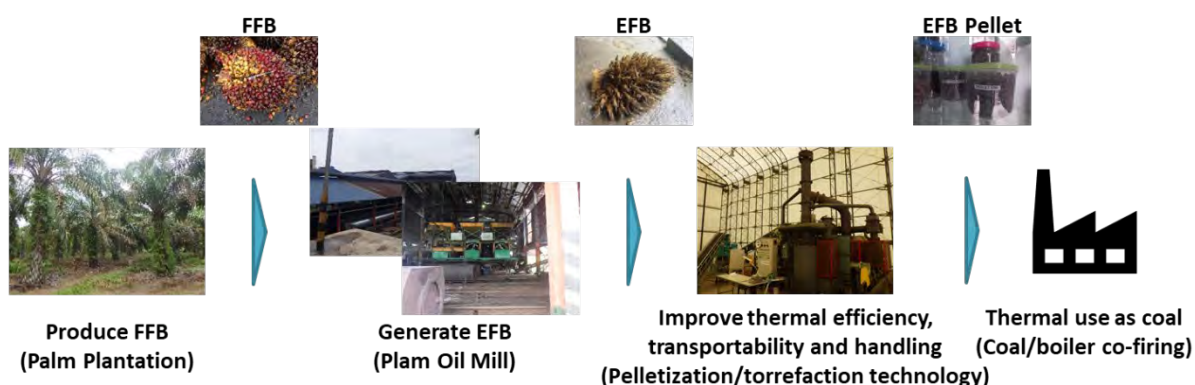
表 4-4 バイオマス燃料のリアウ州内主要港までの輸送コスト

No.	Name of POM	Dumai	Tanjung Buton Siak	Teluk Bayur
		Distance/Cost	Distance/Cost	Distance/Cost
1	PT. Rohul Sawit Industri			
2	PT. Padasa Utama 6 (1)			
3	PT. Padasa Utama 6 (2)			
4	PT. Padasa Utama 6 (3)			
5	PTPN V Sei Garo			
6	PTPN V Sei Galuh			
7	PTPN V Sei Rokan			
8	PTPN V Lubuk Dalam			
9	PTPN V Sei Pagar			
10	PTPN V Sei Tapung			
11	PTPN V Air Molek			
12	PTPN V Sei Buatn			
13	PT. Permata Berlian Indah			
14	PT. Guna Setia Pratama Pasir Putih			
15	PT. Bina Sawit Nusantara			
16	PT. Sawit Mas Nusantara Langga			
17	PT. INECDA			
18	PT. Nikmat Halona Reksa			
19	PT. Jalur Pusaka Sakti Kumala			
20	PT. Peputra Supra Jaya			

出典：PT.Gistec Prima Energindo

(2) 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：日本工営作成

図 4-4 EFB 燃料化事業の全体プロセス

今年度は、パーム油搾油工場の選定、ペレット化技術および半炭化技術の比較検討、原料及び燃料（ペレット）の流通価格等の情報収集、GHG 削減量試算を実施した。

表 4-5 今年後の調査概要 (EFB バイオマス燃料化事業)

#	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。(表 4-7)
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。
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。

出典：日本工営作成

1) 対象パーム油搾油工場の選定

対象パーム油搾油工場の候補として、PT.PN5 が提案した Sei Galuh とパーム油を取り扱う民間企業である PT. Kampar Tunggal Agrindo の以前所有していたパーム油搾油工場 KOTA GARO の2工場の調査を実施した。KOTA GARO では EFB 発生量が少なく、RSPO の取得手続き中であることから、Sei Galuh を今後の調査対象とすることとした。

表 4-6 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：日本工営作成

PT.PN5 の本事業への協力体制として、一括事業請負後譲渡方式 (Building Operation Transer:BOT) と共同操業方式 (Joint Operation:JO) が提案されている。BOT 方式では、操業開始後 10 年で工場及び施設を PT.PN5 に譲渡することが提案された。JO 方式では、資金的な投資はできないが、土地、人的資源および原料の提供は可能との回答を頂いている。

EFB 販売価格は 10 IDR/kg となっており、現時点では需要はほぼなく価値がつかない状態である。現在、余剰資源を有効活用する目的で Sei Galuh において EFB の一部は燃焼され、灰が肥料として出荷されていることが確認されている。全量を EFB 燃料として利用することは可能であることは確認されている。

PT.PN5 はグループ体制の変遷期であるため、今後の動向に留意し密な連絡が必要である。また、土地の借用に係る協議を行う必要や EFB 燃料化工場建設に係る情報収集を今後実施していく必要がある。



図 4-5 Sei Galuh office(PT.PN5)外観



図 4-6 EFB 集積所 (Sei Galuh)



図 4-7 EFB 半炭化工場設置候補地 (Sei Galuh)



図 4-8 パーム油搾油工場 (KOTA GARO)

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碎性、発熱量等を向上させる半炭化技術の 2 通りが確認された。

表 4-7 EFB 燃料化技術の整理

company	A	B	C	D
Technology	Black pellet Half-carbonization	Black pellet Half-carbonization	White pellet pelletization	White pellet pelletization
Co-firing rate				
Calorific value(kcal/kg)				
Na, K, Cl Reduction technology	×	◎ Patented tech	○	○
Business achievement	△	△	○	○
Cost	△	◎	○	○
Crushability	-	◎	△	-
Water resistant	-	◎	△	△

出典：日本工管作成

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砕性の低さ、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。

3) バイオマス燃料に関する情報収集

製造した EFB 燃料のサプライヤー及び EFB 燃料化工場の EPC 企業との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ている。収集した情報を以下の表に示す。

表 4-8 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：日本工管作成

4) GHG 削減量概算

現時点で得られた情報より、EFB 燃料の石炭混焼を実施した際の GHG 削減量の概算を行った。

表 4-9 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：日本工管作成

5) 実施体制の検討

現時点で想定している事業スキームを以下に示す。本邦企業はアウラ社、インドネシア企業としては Gistec 社を想定し、EFB の供給元及び土地の借用先として PT.PN5 社、EFB 燃料の EPC は Prima 社を想定している。今年度実施した EFB 燃料化技術の比較検討結果を基に EFB 燃料のオフテイカーへのアプローチを実施し、事業実施体制を今後構築していく必要がある。

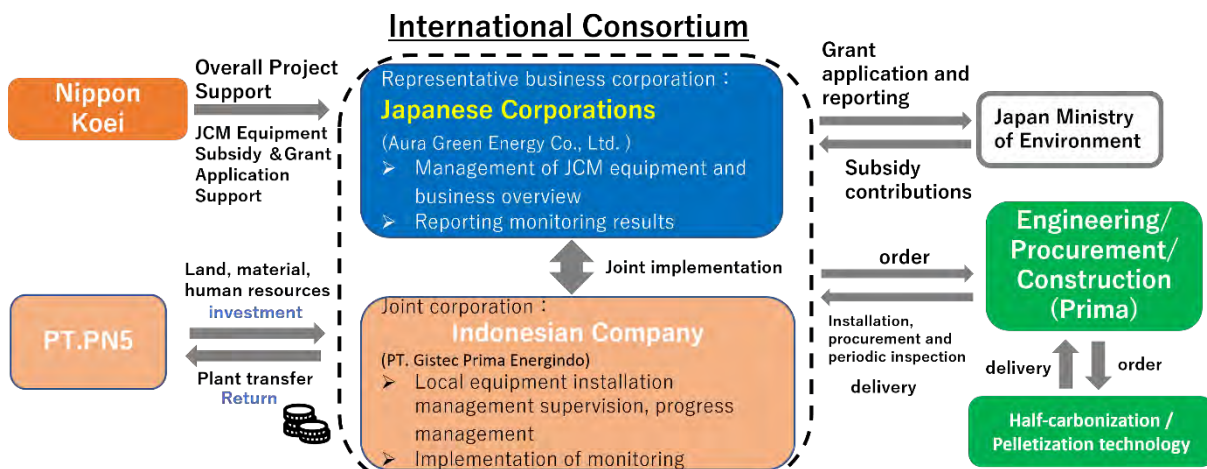


図 4-9 EFB 燃料化事業の実施体制案

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。

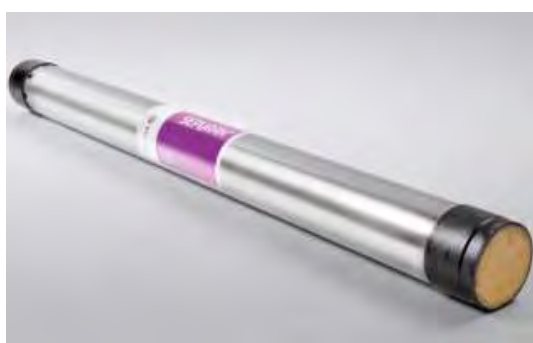
今年度は、調査対象となるパーム油搾油工場の選定、対象パーム油搾油工場における情報収集、バイオガス精製プラントの初期設計、バイオ CNG ガスの活用先をプカンバル市の市内バスを運営する Trans Metro Pekanbaru 保有バスの燃料とした場合の燃料転換ポテンシャル、プカンバル市交通局 (DISHUB) へのヒアリング等を実施した。



出典：日本工管作成

図 4-10 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

図 4-11 バイオガス分離膜
SEPURAN® Green



出典：PT. Gikoko Kogyo Indonesia

図 4-12 東カリマンタン州での導入例

昨年度までの調査進捗を下表に纏める。

表 4-10 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、PT.PN5 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 Buatan 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市内公共バスの燃料転換ポテンシャルの検討	Sei Buatan 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 Buatan 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	PT.PN5 が所有するパーム油搾油工場(Sei Buatan 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。

出典：日本工管作成

昨年度までの検討を踏まえ、今年度、以下の検討を実施した。

表 4-11 今年度の調査概要 (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。
2	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。
3	バイオ CNG プラント設計	PT.PN5 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。
4	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。
5	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。
6	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：日本工管作成

(1) 調査対象パーム油搾油工場の選定

対象パーム油搾油工場の候補として、PT.PN5 が提案した Sei Galuh とパーム油を取り扱う民間企業である PT. Kampar Tunggal Agrindo の以前所有していたパーム油搾油工場 KOTA GARO の2工場の調査を実施した。

KOTA GARO では POME 廃液の油分含有量が高く、既に販売利用されており、本プロジェクトへは PAO のサプライヤーとして参画を希望していた。また、プカンバル市内からの距離、POME の発生状況及び RSPO 取得状況から Sei Galuh を今後の調査対象とすることとした。



出典：Google maps 画像より日本工管作成
 図 4-13 パーム油搾油工場の位置

表 4-12 パーム油搾油工場の情報収集結果

項目	Sei Galuh	KOTA GARO
プカンバル市内からの距離	約 30 km	約 80 km
FFB 処理容量	243,000 ton/year (設計値) 174,862 ton/year(2022 年実績値)	142,500 ton/year
バイオガス発生ポテンシャル	8,952,007 (Nm ³ /year) (設計値を基に算出) 6,441,835 (Nm ³ /year) (2022 年実績値を基に算出)	不明: POME 廃液の油分含有量が高く PAO として販売。
実施体制	BOT を希望	PAO のサプライヤーを希望
RSPO	取得済	取得予定

出典：日本工管作成

(2) 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 CNG プラント建設に必要な各種情報の収集を実施した。収集した情報を以下にまとめる。

表 4-13 Sei Galuh における諸情報

項目		Sei Galuh
原料	年間 FFB 処理量	324,000 ton/year(設計値を基に算出) 174,862 ton/year(2022 年実績値)
	バイオガス発生ポテンシャル	8,952,007 (Nm ³ /year) (設計値を基に算出) 6,441,835 (Nm ³ /year) (2022 年実績値を基に算出)
水	水源位置	搾油工場近くに容量約 6,500m ³ の Dam があり、搾油工場では 15,000 ton/month 使用している。 乾季でも渇水の経験は無い。
	水処理	アルミ系凝集剤(硫酸アルミニウム)及び工業用無水炭酸ナトリウムを用いて水処理
	POME 処理液の排出基準	BOD:5,000 ppm 以下
電気	電源位置	搾油工場近くに Sub-station を建設予定
	電力	1,700kW (予定)
	電圧	220V (予定)
地盤	地盤データ	情報なし ボーリング調査実施には PT.PN5 の許可が必要

出典：日本工管作成



図 4-14 対象パーム油搾油工場 Sei Galuh の位置関係

(3) バイオ CNG プラント設計

PT.PN5 が所有するパーム油搾油工場 (Sei Galuh 工場) を対象としたバイオ CNG プラントの設計を実施した。2 段構成の膜分離を用いることにより、CH₄ 濃度 95% のメタンガスが 103Nm³/h 得られることを確認した。

1) 前提条件

原料バイオガス条件、精製バイオガス条件はそれぞれ表 4-14、表 4-15 の通りである。原料バイオガス条件は Terantam 工場における発生バイオガス組成データ、精製バイオガスの条件は、インドネシアの CNG 規格に従って設定した。なお、原料バイオガスについては、Sei Galuh 工場と同じ組成であることを前提とした。バイオガス発生量は昨年度までの調査結果を基に 174Nm³/h と仮定した。精製バイオガス中の CO と H₂ の扱いに関しては、インドネシア国内の運輸部門における CNG 標準規格に記載がないことを確認したため、除去しない方針とした。

また、本精製プラントでは、日本国内でユニット化し、Sei Galuh 工場横の屋外へ設置することをコンセプトとして検討を行った。

表 4-14 原料バイオガスの条件

項目	条件
流量 (Nm ³ /h)	174
圧力 (MPaG)	0.001
温度 (°C)	32
組成	メタン (CH ₄) : 60.00% 二酸化炭素 (CO ₂) : 34.72% 窒素 (N ₂) : 1.10% 水素 (H ₂) : 1.00% 一酸化炭素 (CO) : 0.62% 硫化水素 (H ₂ S) : 0.16% 水 (H ₂ O) : 2.40%

出典：エア・ウォーター

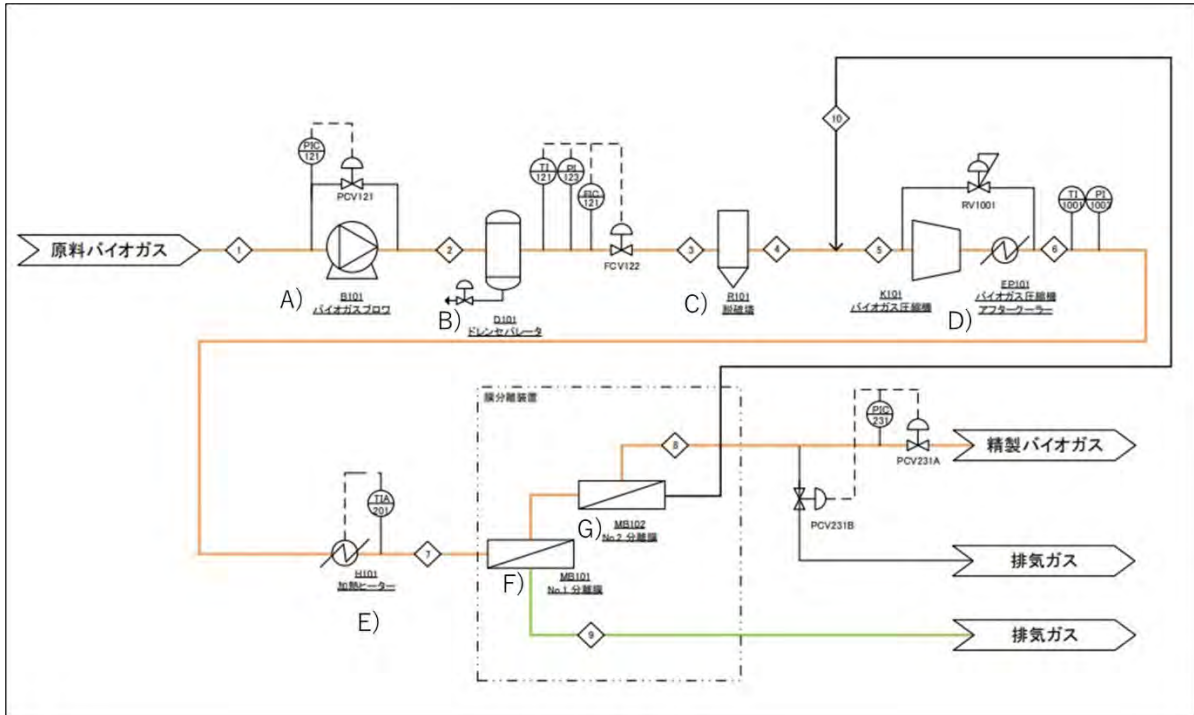
表 4-15 精製バイオガスの組成条件

項目	条件
組成	メタン (CH ₄) : 89.00%以上 二酸化炭素 (CO ₂) : 5.00%以下 窒素 (N ₂) : 3.00%以下 硫化水素 (H ₂ S) : 0.63%以下 水 (H ₂ O) : 3.00%以下

出典：エア・ウォーター

2) バイオガスプラントプロセスフロー

前項の条件よりフローを検討した結果は、図 4-15、表 4-16 の通りである。それぞれのフローの説明を表 4-17 にまとめる。フローは昨年度検討内容と同様であるが、流量の変更によりマテリアルバランスの数値を更新した。



出典:エア・ウォーター

図 4-15 バイオガスプラントのプロセスフローダイアグラム

表 4-16 マテリアルバランス

液体番号※		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
流量	Nm ³ /h	174	174	174	173.7	209.8	205.9	205.9	102.6	67.2	36.1
圧力	MPaG	0.001	0.03	0.027	0.026	0.026	0.792	0.784	0.73	0.028	0.03
温度	°C	32.3	32.3	31.9	31.9	29.8	10	30	25.7	28.6	25.7
組成(%)	CH ₄	60.00	60.00	60.00	60.10	57.91	57.91	59.01	95.42	9.64	47.37
	CO ₂	34.72	34.72	34.72	34.78	37.26	37.26	37.96	1.93	86.95	49.2
	N ₂	1.1	1.1	1.1	1.1	1.13	1.13	1.15	1.66	0.32	1.25
	H ₂ S	0.16	0.16	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CO	0.62	0.62	0.62	0.62	0.64	0.64	0.65	0.93	0.18	0.7
	H ₂ O	2.40	2.40	2.40	2.40	2.00	2.00	0.14	0.00	0.41	0.05
	H ₂	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.05	1.40	2.50

※液体番号は図 4-15 の各プロセスフローに対応

出典:エア・ウォーター

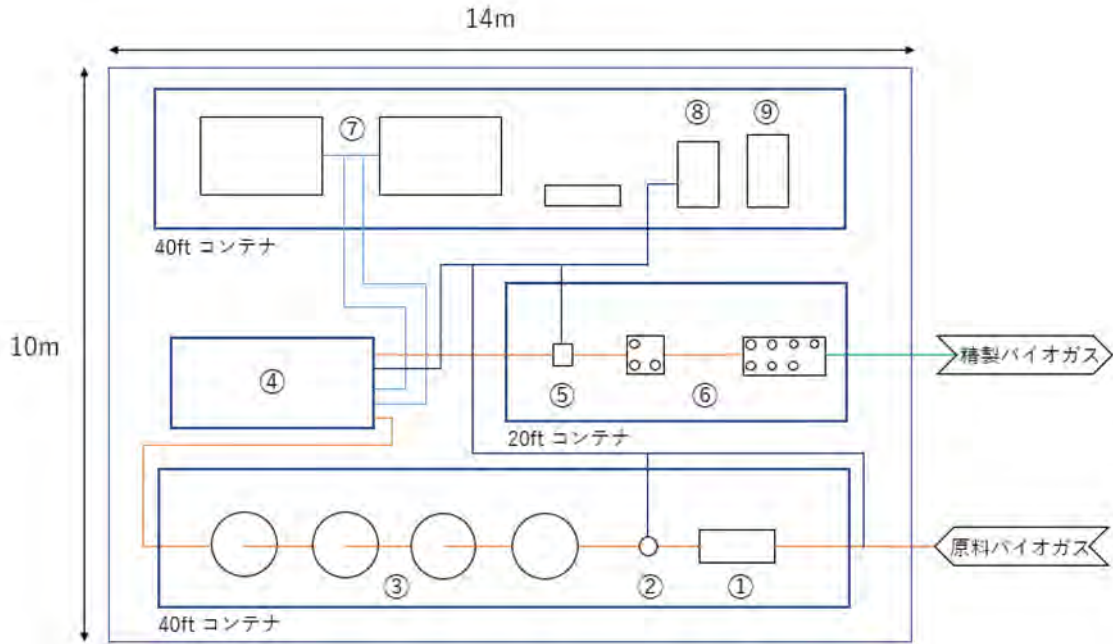
表 4-17 各フローの説明

フロー	概要
ブロワ	0.001MPaGの原料バイオガスを0.03MPaGまで昇圧する。昇圧することで後段に移送する。
ドレンセパレーター	バイオガス中の水滴を除去する。
脱硫設備	原料バイオガスに含まれるH ₂ Sを、鉄系触媒を用いて除去する。脱硫設備の出口において、H ₂ Sが1ppm以下となるように設計した。原料ガス中にH ₂ Sが含まれると、圧縮機や膜が劣化しやすくなるため、これらの前段に脱硫塔を設置した。
圧縮機	原料バイオガスを約0.8MPaGまで昇圧する。本検討においては、日本国内で高圧ガス保安法の規制を受けない0.8MPaGまでの昇圧としたが、詳細設計時にはインドネシアの国内法を確認する必要がある。圧縮後のバイオガスは冷却水により10℃まで冷却したのち、凝縮した水分を除去する。分離膜内で水分が凝縮すると性能が低下するため、分離膜の前段に冷却機構を設置した。
ヒーター	前段で10℃まで冷却したバイオガスを、膜分離の性能向上のために30℃まで昇温する。
1 段目分離膜	精製ガスのメタン濃度95%を目標として検討をし、2段構成とした。1段目の分離膜は3本となる。CH ₄ は非透過側、CO ₂ は透過側となり系外に排出される。1段目は粗い精製となり、シミュレーションの結果、透過側のガスの組成はCO ₂ が約87%、CH ₄ が約9.6%となる。
2 段目分離膜	2段目の分離膜は7本となる。透過ガス中のCH ₄ 濃度が約60%であるため、リサイクルガスとして圧縮機の前段に戻すことでCH ₄ の回収率の向上を図る。2段目の非透過側で得られるガスが精製ガスであり、シミュレーションの結果、ガス量は約103Nm ³ /h、CH ₄ 濃度95.4%、CO ₂ 濃度1.9%、N ₂ 濃度1.7%となる。

出典:エア・ウォーター

3) 配置図

精製プラントの配置図は図 4-16 の通りである。各機器の大きさは表 4-18 に示す。前述の通り、プラントは屋外に設置することを前提としているため、基本的に 40ft コンテナに収納する設計とする。検討の結果、40ft コンテナ 2 つと 20ft ハイキューブ コンテナ 1 つに圧縮機以外の主要機器を配置し、圧縮機は単体で屋外に設置する形とした。全体で 14m×10m の敷地が必要である。また、チラーと窒素 PSA、動力制御盤のコンテナを非防爆、それ以外のコンテナを防爆エリアとしている。



出典：エア・ウォーター

図 4-16 計画配置図

表 4-18 機器概要一覧

#	機器名	サイズ [mm]	仕様	能力 [kW]	数[台]
①	ブロワ	(W) 574 ×(L) 1,332×(H) 756	防爆	7.5 (1台あたり)	1
②	ドレンセパレーター	(胴径) 268 / (胴長) 1,440	-	-	1
③	脱硫塔	(胴径) 1,100 / (胴長) 1,639	-	-	4
④	圧縮機 (ウイング式)	(W) 1,600 × (L) 3,800 × (H) 2,330	防爆	37	1
⑤	ヒーター	(W) 395 × (L) 345 × (H) 1,430	非防爆	1.9	1
⑥	分離膜	(胴径) 184 / (胴長) 1,450	-	-	10
⑦	チラー	(W) 2,190 × (L) 1,340 × (H) 2,150	非防爆	74.4 (1台あたり)	2
⑧	窒素PSA	(W) 1,200×(L) 750 × (H) 1,800	非防爆	-	1
⑨	コンプレッサ	(W) 1,320 × (L) 700 × (H) 1,200	非防爆	11	1

出典：エア・ウォーター

(4) CAPEX、OPEX 概算

1) CAPEX 概算結果

本バイオガス精製プラントにおける CAPEX を算出した結果は下表の通り。主要機器には、ブロワ、圧縮機、ヒーター、チラー、分離膜、窒素 PSA (計装・パージ用)、脱硫塔用触媒) が含まれる。基礎工事に関しては、現地の地盤データが不足していることから、パイリング費用を除外した金額となっている。

表 4-19 ユニット製作費、輸送・据付費の概要

番号	項目	金額 [千円]
①	主要機器	XXXXXX
②	弁・計器	XXXXXX
③	製作費	XXXXXX
④	動力・制御盤	XXXXXX
⑤	設計費	XXXXXX
⑥	輸送費	XXXXXX
⑦	据付費	XXXXXX
⑧	基礎工事	XXXXXX
⑨	予備費	XXXXXX
合計		279,100

出典：エア・ウォーター

2) OPEX 概算結果

本バイオガス精製プラントの OPEX 概算結果を表 4-20 に示す。ユーティリティ必要量については、2017 年のインドネシア国内における情報を参考に計算した。冷却水については、搾油工場でも利用されている雨水由来のダム水を使用できることが判明したが、水処理に係る費用を一部負担する可能性があり、今後搾油工場と調整する必要がある。また、水処理施設において処理されるため工業用水レベルの水質が確保されるが、ダムからの水供給可能量が制限されることから工場内で水を循環、冷却させる必要があるため、今後現地に冷却塔を設置することを検討する必要がある。

メンテナンスについては、現地のメンテナンス体制の構築が必須となる。主要機器のメンテナンス費用については、圧縮機とヒーター以外の機器に関してはインドネシア国内でのメンテナンスが可能である一方、金額は日本国内で実施した場合の参考値としている。

表 4-20 OPEX の概算

項目		使用量	金額 [千円/年]
ユーティリティ	冷却水	30 m ³ /h	XXXXXX
	電力	150 kW	XXXXXX
メンテナンス	主要機器	---	XXXXXX
	脱硫塔充填剤	---	XXXXXX
	その他	---	XXXXXX
合計			45,300

出典：エア・ウォーター

(5) プカンバル市内バスにおける燃料転換ポテンシャル及び GHG 削減量の検討

上記の検討より、得られたバイオ CNG の活用による、プカンバル市内バスの燃料転換ポテンシャル及び GHG 削減量を以下の通り推計した。なお、バスの年間燃料使用量については、コロナ禍前の 2020 年 1 月の実績値を基に計算している。

表 4-21 燃料転換ポテンシャル及びGHG削減量試算

#	項目	数値	単位	備考
a	バイオ CNG 生産容量	102.6	Nm3/h	シミュレーション結果
b	年間稼働時間	8,700	h/year	想定
c	年間バイオ CNG 生産量	892,620	Nm3/year	=a x b
d	年間バイオ CNG 生産量	596.3	ton	
e	バイオ CNG 発熱量	45	TJ/ton	想定
f	バイオ CNG 年間生産熱量	26,832	TJ/year	=d x e
g	バス年間ディーゼル消費量	1,942,594	l/year	蒲カンバル市交通局
h	密度	835	kg/l	
i	発熱量	41.4	TJ/Gg	IPCC2006
j	バス年間消費熱量	67,154	TJ/year	=g x h x i /10^6
k	燃料転換ポテンシャル	40	%	= f / j x 100
l	年間ディーゼル削減量	776,181	l/year	= g x k /100
m	排出係数	2.58	tCO2/kl	環境省
n	年間 GHG 削減量	2,003	tCO2/year	= l x m

出典：日本工管作成

(6) DISHUB との情報共有の実施

交通局としては近い未来のゼロエミッションを目標に掲げており、バスプロジェクトとしては EV バスと CNG ガスのバスどちらも検討している状態である。一方で、OPEX に係るコストは年間約 3 億円以上となっており、中でも燃料費は約 1 億円を超えており占める割合が最も大きい状態である。Bio-CNG は値段が安く環境にも優しいことから交通局は Bio-CNG バスの導入に前向きであることが確認された。

現在蒲カンバル市内にはバスの路線が 15 路線あり、90 台が稼働（保有：115 台）している。今後はバスの CNG ガス化の方針やガスステーション設置位置等について協議を実施する必要がある。

(7) 実施体制の検討

現時点で想定している事業スキームを以下に示す。POME の供給元及び土地の借用先として PT.PN5 社、バイオ CNG 精製プラントの設計はエア・ウォーター社、調達及び建設を Gikoko 社、膜技術の提供元としてポリプラ・エボニック社を想定している。今年度実施した調査により事業の大まかな概算を実施した。来年度以降は詳細なコストの算出及びバイオ CNG の精製後の蒲カンバル市内への供給に係る事業の詳細検討を進めるとともに、代表事業者候補へのアプローチを実施し、事業実施体制を今後構築していく必要がある。

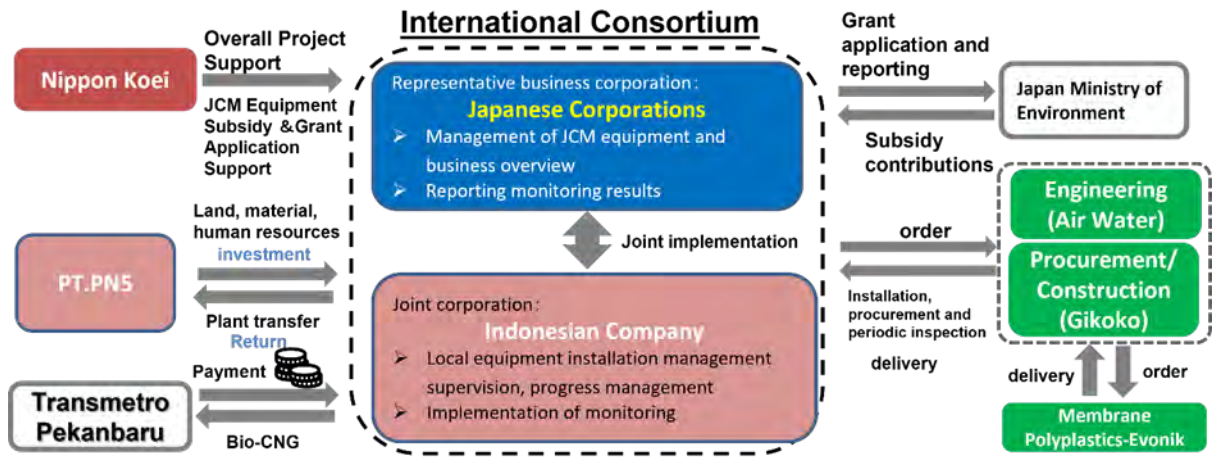


図 4-17 (1) POME バイオガス活用事業の実施体制案

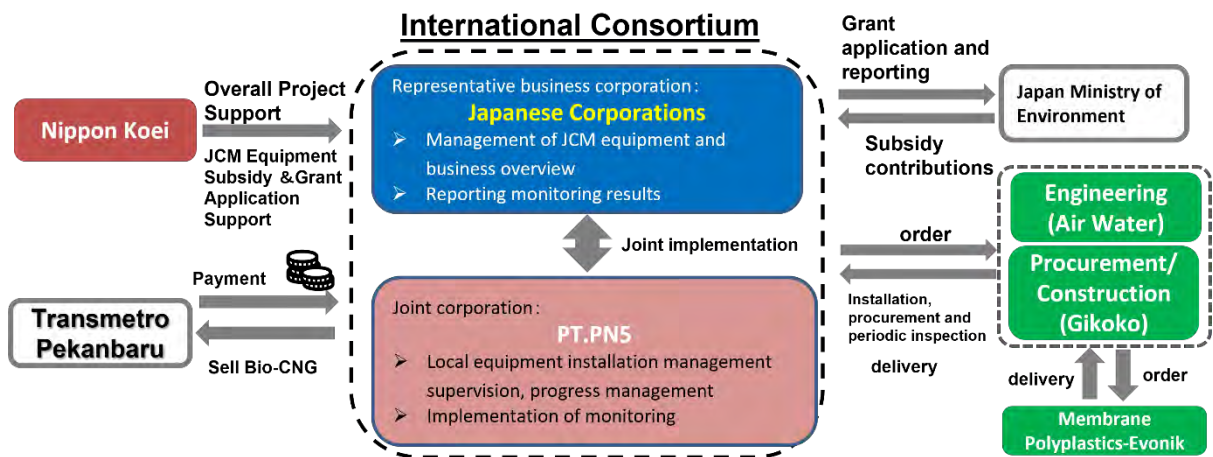


図 4-18 (2) POME バイオガス活用事業の実施体制案

4.1.3 バイオディーゼル製造由来グリセリン燃料事業およびPAOを活用した液体バイオマス燃料事業の検討

昨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に加えて、今年度はパーム油の精製プロセス中に発生する PAO を活用し、独自のナノ技術を活かしたバイオマス液体新燃料の開発事業に関しても検討を行った。

(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 4-19 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

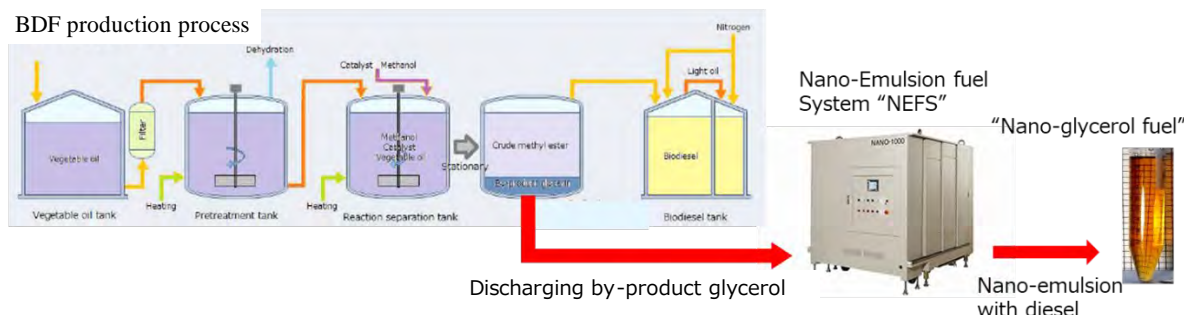
インドネシアでは、2006 年に大統領令第 5 号として国家エネルギー政策が発表されて以来、化石燃料への依存度を減らしパーム油を原料とするバイオ燃料への転換が進められてきている。BDF は、主にパーム油由来の脂肪酸メチルエステル (FAME) をディーゼルに混合して製造するが、BDF の生産量、及び混合割合の増加に伴い、FAME の生産量も急増している。さらに国営石油公社プルタミナは、バイオディーゼルの生産量を 24 年までにさらに 15%増やす計画を立てており、今後さらなる増産が予測される。

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



図 4-20 インドネシアにおける FAME 生産量

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：ナノフュエル社資料を基に日本工管作成

図 4-21 ナノグリセリン燃料の製造プロセス

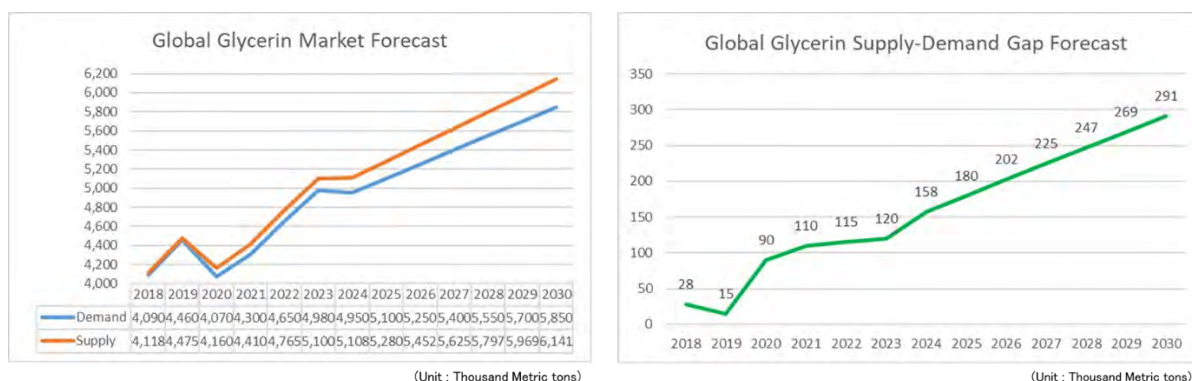
2) グリセリン市場の概況

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 4-22、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 4-22 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以下の通り。

表 4-22 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。

昨年度はサンプル入手がかなわなかったが、今年度は第2回渡航において上記企業のうち1社からサンプル提供を受けることができた。現在、日本にて成分分析を行っており、その結果を踏まえ次年度の方針を検討していく。



出典：日本工営

図 4-23 入手した副生グリセリンサンプル

(3) PAOを活用した液体バイオマス燃料事業の検討

1) 概要

通常、POME (広義) は約3~5%のPAOと約95~97%の水により構成され、4.1.2で検討されているPOME (狭義) はPAOを極力除いた後の廃液である。PAOはパーム油精製過程で生成される副産物であり、バイオ燃料原料として知られている。主に車両用バイオ燃料と混合して使用されている。

本事業では、独自のナノ技術により燃焼効率を高め、PAOを活用した液体BDF新燃料の開発を目指すナノフュエル社の調査支援を行った。



出典：JETRO ジャカルタ事務所「インドネシアでの脱炭素化実現のための日系企業によるビジネスカタログ（第2版）」2022年11月

図 4-24 PAO を活用した液体バイオマス燃料事業の概要

2) 検討結果

4.1.1 に挙げた 2 社（PT.PN5 及び PT. Kampar Tunggal Agrindo）のうち、PT. Kampar Tunggal Agrindo へヒアリングを行い下記の通り確認した。

- ・ PAO は多くの油分があり価値が高く、高値で販売を行っている。

一方で、環境省資金の獲得を目指した事業を進めるにあたり、特にパームセクターでは環境並びに人権への影響を十分に配慮する必要があるため、少なくとも RSPO もしくはそれに準ずる認証がなされている企業をバリューチェーンに置くことを検討する必要がある。

(4) GHG 削減効果試算

1) 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。試算結果は以下の通り。

表 4-23 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：日本工営作成

2) PAO を活用した液体バイオマス燃料事業

PAO を活用した液体バイオマス燃料事業による GHG 削減効果試算を、PAO 使用量年間 2,000t と想定し行った。試算結果は以下の通り。

表 4-24 GHG 削減効果試算 (PAO を活用した液体バイオマス燃料事業)

#	項目	数値	単位	備考
a	PAO 燃料使用量	2,000	t/year	想定
b	PAO 燃料発熱量	17,000	MJ/t	“Energy database of the oil palm”, Palm Oil Engineering Bulletin No.70 (Jan - Mar 2004) p15-16, 21-22 を基に想定
c	PAO 燃料年間熱量	34,000,000	MJ/year	= a x b
d	ディーゼル低位発熱量	38.04	MJ/L	石油連盟
e	ディーゼル代替ポテンシャル	893,796	L/year	= c / d
f	排出係数(ディーゼル)	0.0726	tCO ₂ /GJ	IPCC2006
g	年間リファレンス CO ₂ 排出量	2,468	tCO ₂ /year	= c x f / 1,000
h	PAO 燃料混合率	10%		想定
i	プロジェクト年間 CO ₂ 排出量	2,222	tCO ₂ /year	= c (1-h) x f / 1,000
j	年間 CO ₂ 削減量	246	tCO ₂ /year	= g - i
k	事業期間	7	year	法定耐用年数
i	総 CO ₂ 削減量	1,722	tCO ₂	= i x m

出典：日本工管作成

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。

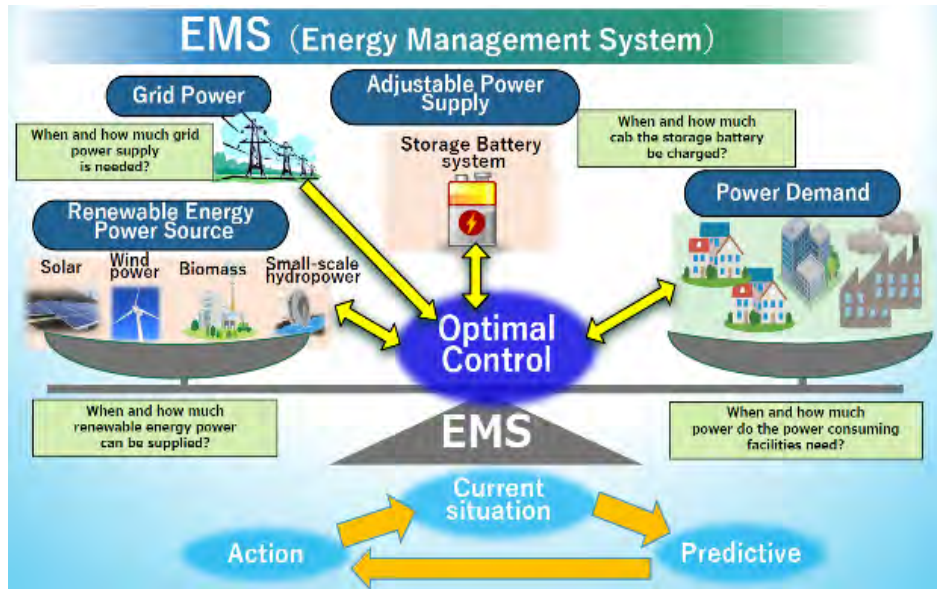
EMS は、系統電源がいつどの程度必要か、再エネ電源がいつどの程度供給可能か、蓄電池がいつどの程度充電・放電が可能か、電力消費施設がどの程度電力が必要かについて現状を把握し、今後の予測をしてエネルギー全体を最適制御する。

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 4-25 プカンバル市新市庁舎地域の様子



出典：シーエスデー提供資料

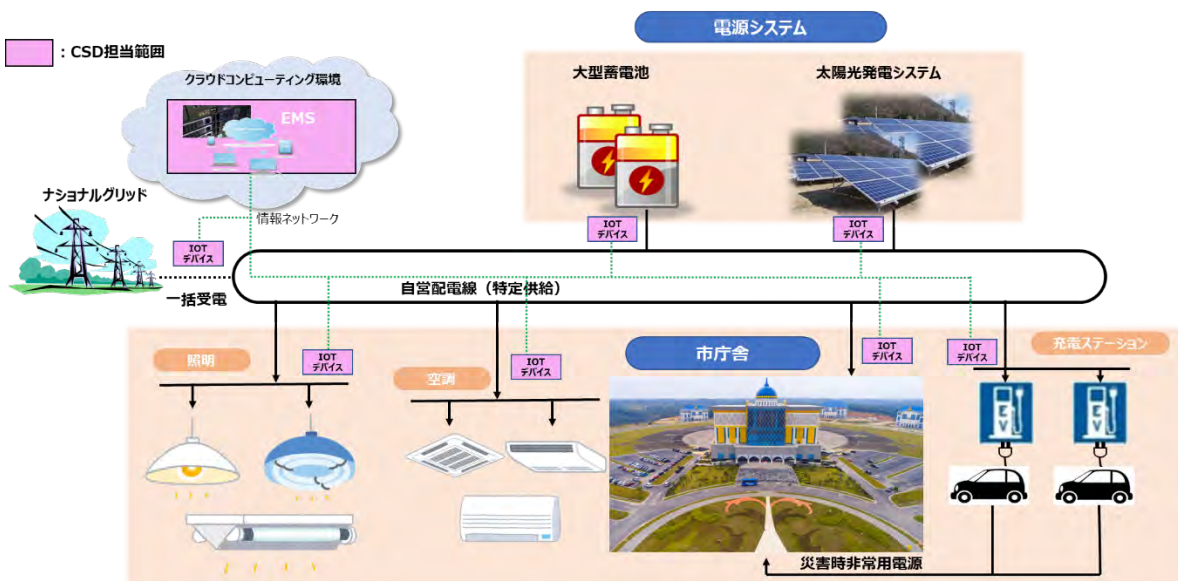
図 4-26 EMS 技術のイメージ

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 4-27 市庁舎におけるエコグリッド事業概要

また、今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。

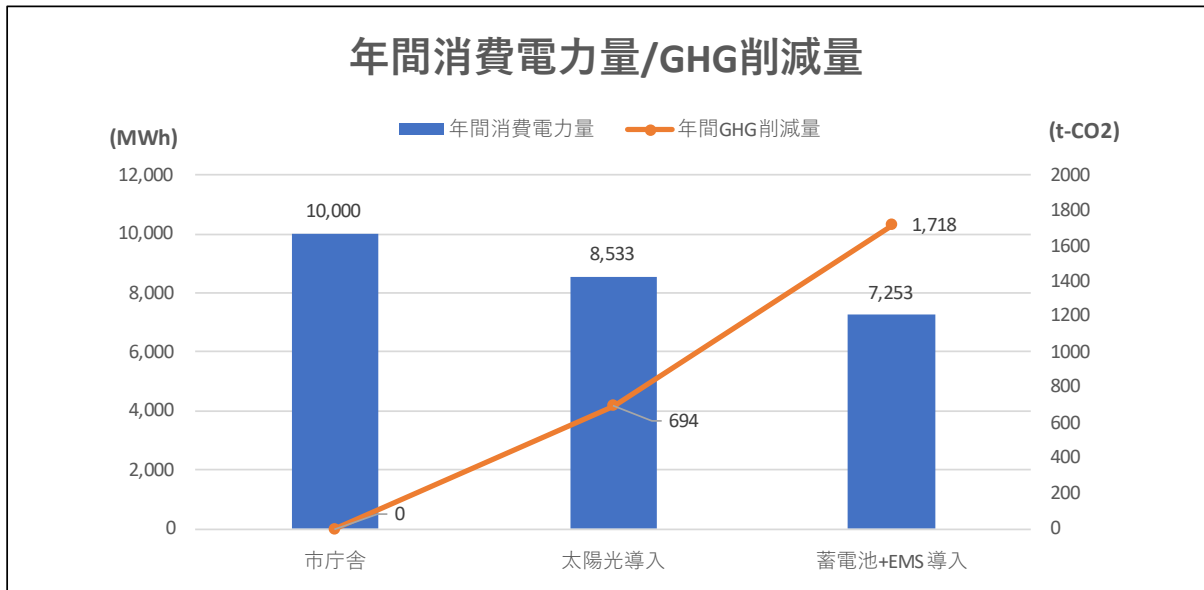
表 4-25 より、市庁舎に 1.1MW 太陽光発電システムを導入した際の年間 GHG 削減量は 694 t-CO₂ となることが分かった。また、EMS と蓄電池を導入した際の削減効果を 15%としたとき年間 GHG 削減量は 1,024 t-CO₂ となり、EMS による GHG 削減効果が示された。

表 4-25 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>

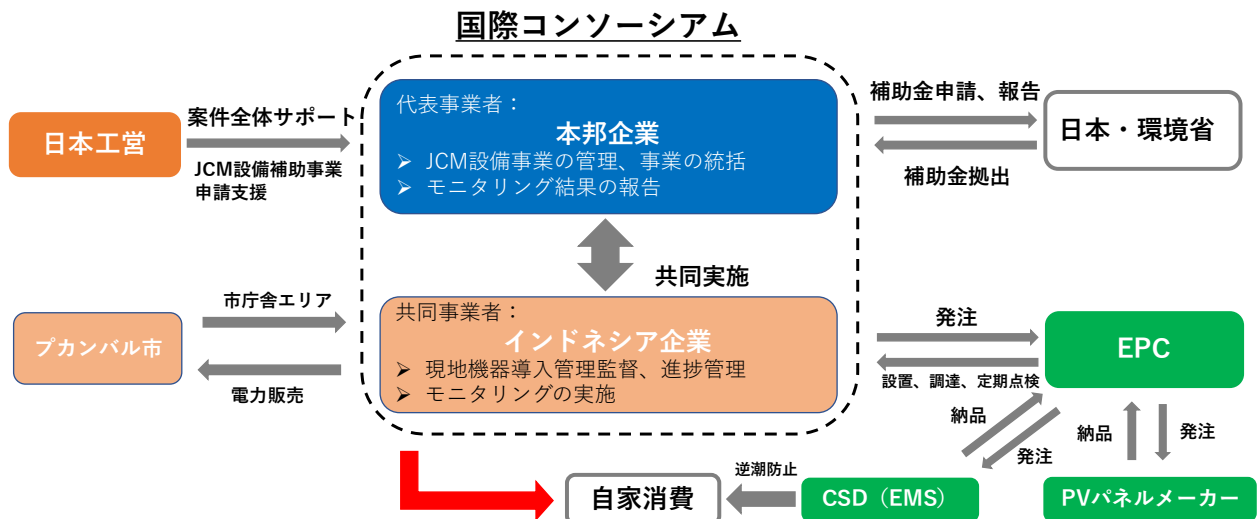


出典：シーエスデー

図 4-28 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 設備補助事業への申請に向けて、下図のような実施体制を想定し検討を行っている。現状の課題として、上述した PLN の規制による設置可能量の制限があるが、これについては現在進行形で議論が行われており、今後も情報収集が望まれる。また、PLN の制限により使用される建物の消費電力量が影響を受けるため、プカンバル市より詳細な消費電力量データを入手する必要がある。この点に関しては、3.3.3 に述べた LOI の締結により、次年度は問題なく入手可能な見込みである。



出典：シーエスデー提供資料より日本工営作成

図 4-29 JCM 設備補助事業実施体制案

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 街路灯とシーエスデー社の EMS 技術を組み合わせた導入を検討する。高効率 LED への転換と IoT 技術の組合せによる適正稼働により、大きな省エネ効果が得られるだけでなく、EMS 技術によりセンターでの各種設定、故障監視、スケジュール制御等が可能となることで、O&M コストの大幅な削減も期待できる。

本年度の検討施策については以下の通り。

<主な検討施策>

1. 遠隔監視・制御による省エネと CO2 排出量削減
2. 時間帯や周囲の明るさ、交通量に応じた調光制御による省エネ
3. 街路灯管理アプリケーションの統合化

(2) 検討結果

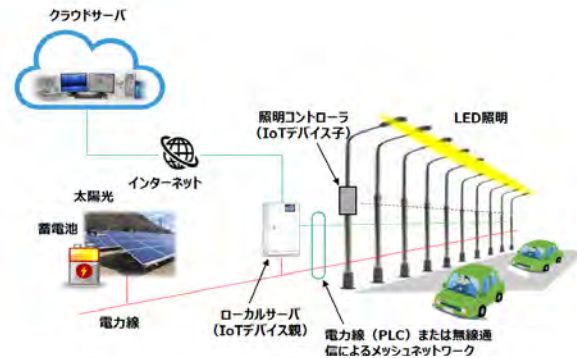
プカンバル市への LED 街路灯及び EMS 技術の導入可能性について検討するために、GHG 削減量の計算を行った。各数値は現地調査を通じてプカンバル市から入手した現地情報を参考にし、入手できない情報については仮定データを用いて計算を行った。

試算結果は下表及び下図の通りである。なお、統合管理アプリ単独の効果は

- ・システム簡略化、業務効率化による電力量削減効果=5%前後
- ・制御による電力量削減効果=5%前後（制御対象、内容により変動）

と仮定し、総合的效果を 10%とした。

この結果から、既設街路灯を LED 街路灯に切り替えることで 28,944 t-CO₂/年の GHG 排出量削減につながり、さらに統合管理アプリを導入することで 29,857 t-CO₂/年の GHG 排出量となることが分かった。



出典：シーエスデー

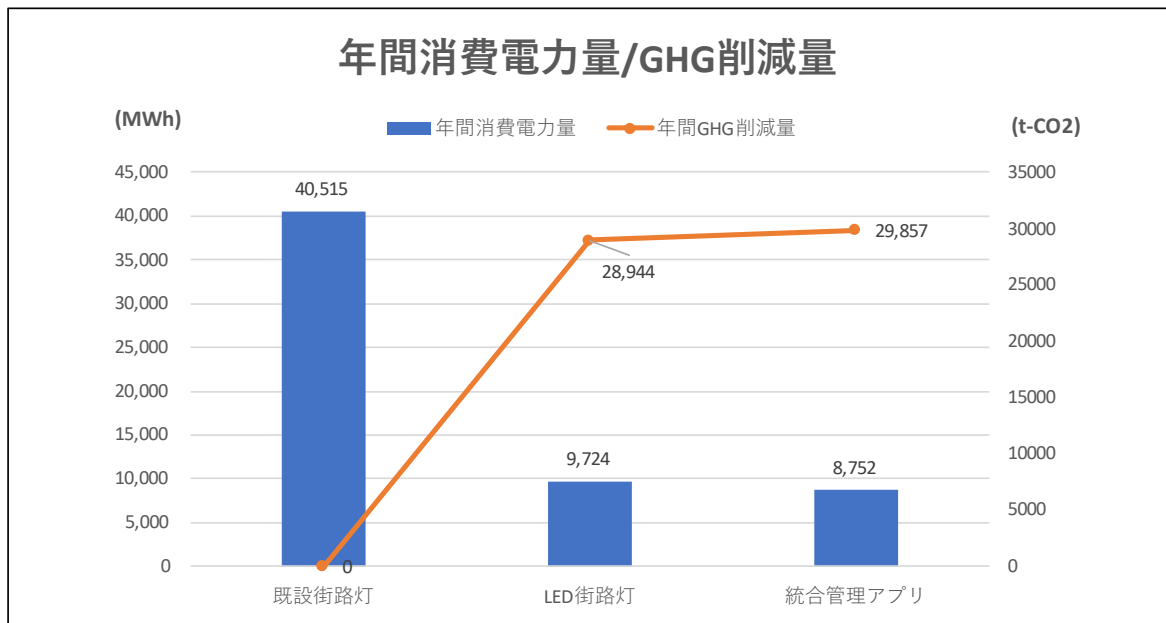
図 4-30 LED 街路灯と EMS 技術の組み合わせイメージ

表 4-26 LED 街路灯及び EMS 技術導入検討結果

#	項目	数値	単位	備考
a	前提条件	-	-	街路灯数: 37,000 points 点灯時間: 12 hours/day 既設街路灯の電力消費量: 250W/point LED 街路灯の電力消費量: 60W/point
b	既設街路灯の年間電力消費	40,515	MWh/年	= a (37,000×12×250×365×10 ⁻⁶)

#	項目	数値	単位	備考
	量			
c	年間電力消費量 (LED 街路灯導入)	9,724	MWh/年	LED 街路灯の電力消費量: 60W =37,000×12×60×365×10 ⁻⁶
d	年間電力削減量 (LED 街路灯導入)	30,791	MWh/年	= b - c
e	排出係数	0.94	t-CO2/MWh	JCM 設備補助事業公募要領 (ケース 1、 省エネルギー、Sumatera)
f	年間 GHG 削減量 (LED 街路灯導入)	28,944	t-CO2/年	= d × e
g	統合管理アプリの削減効果	10	%	仮定データ
h	年間電力削減量 (統合管理アプリ導入)	972	MWh/年	= c × g
i	年間 GHG 削減量 (統合管理アプリ導入)	914	t-CO2/年	= h × e
j	年間電力削減量 (LED 街路灯導入+統合管理 アプリ導入)	31,763	MWh/年	= d + h
k	年間 GHG 削減量 (LED 街路灯導入+統合管理 アプリ導入)	29,857	t-CO2/年	= j × e

出典：シーエスデー提供資料より日本工営作成



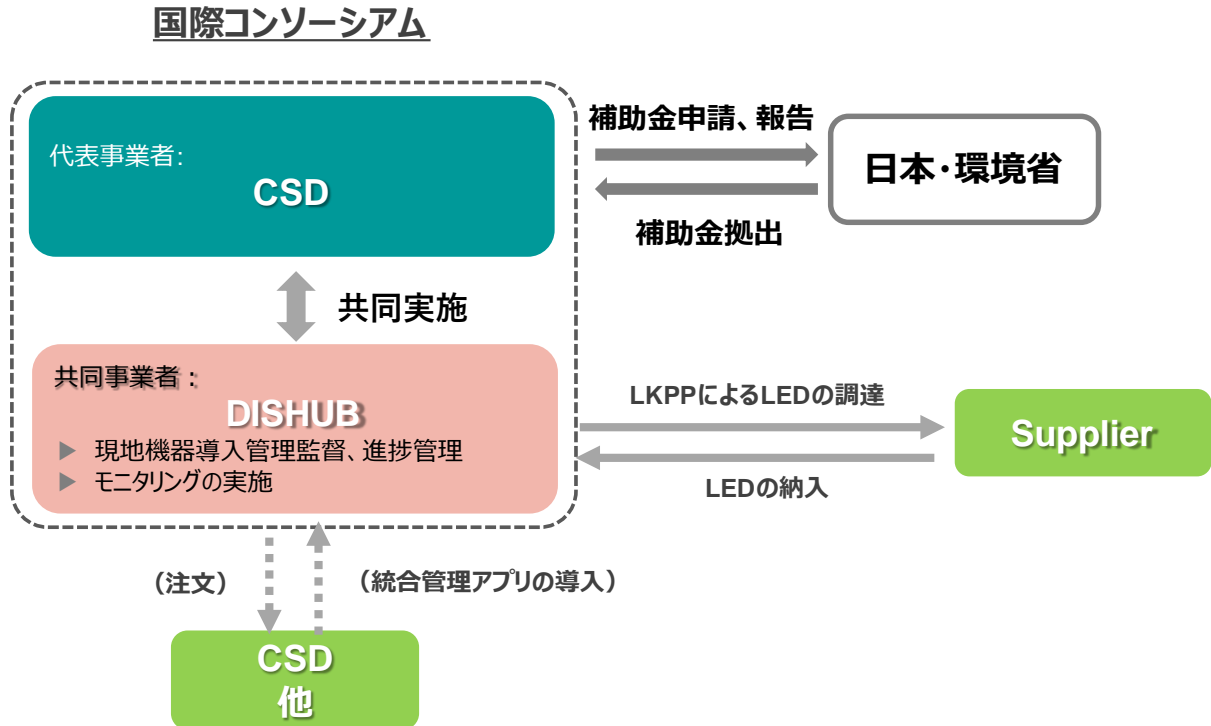
出典：シーエスデー

図 4-31 LED 街路灯及び統合管理アプリ導入検討結果

(3) JCM 設備補助案件化に向けて

JCM 設備補助事業への申請に向けて、下図のような実施体制を想定し検討を行っている。LED サプライヤーとして、インドネシアにて豊富な実績・経験を持つ企業と複数回ミーティングを行っている。また、調達スキームは公共入札ではなく LKPP

(政府調達庁) の E-カタログによる調達を想定している。現在、プカンバル市 DISHUB の今年度予算に基づいた具体的な LED の本数やスペック、設置箇所等の情報を確認し、DISHUB への提案を具体化している。



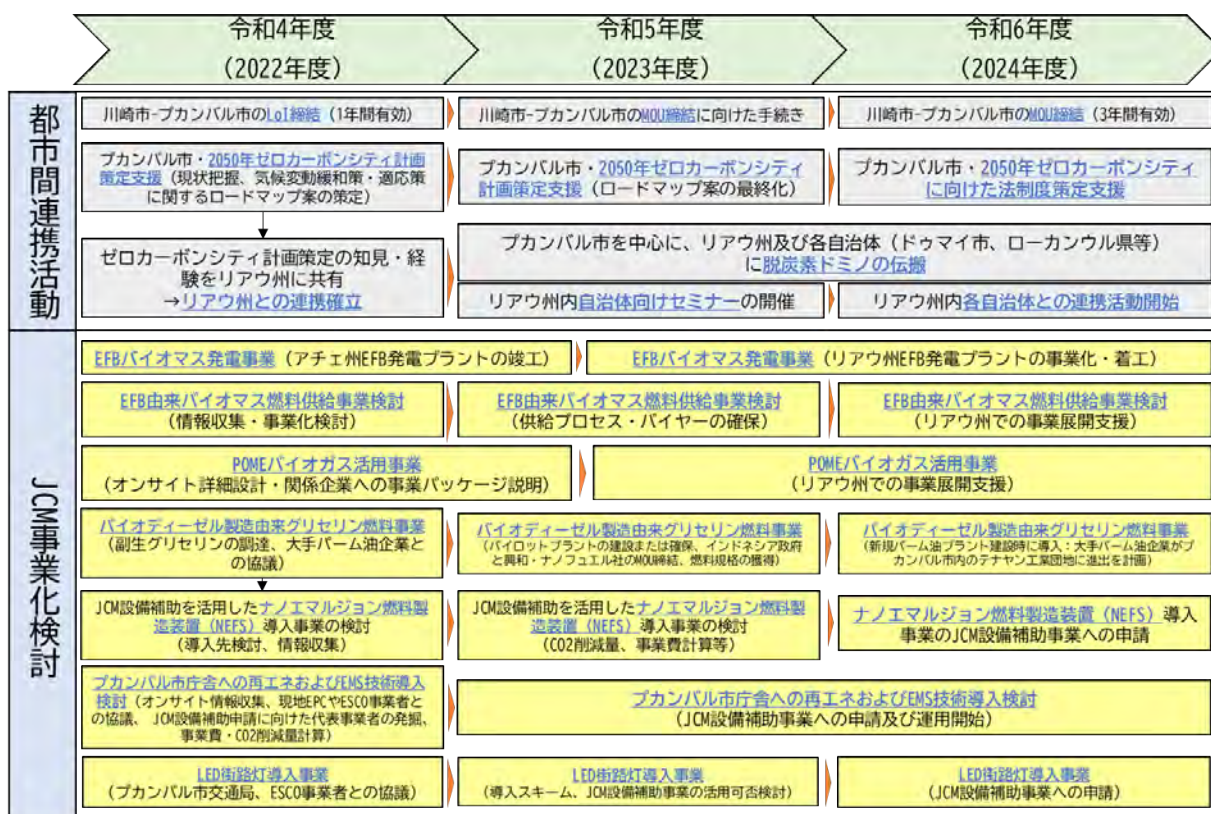
出典：日本工営作成

図 4-32 JCM 設備補助事業実施体制案

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1年目として活動を行った。

下図は、今年度提案時点での3か年計画である。



出典：日本工営作成

図 5-1 3か年計画 (令和4年度 (2022年度) 提案時点 (一部加筆))

今年度の計画の進捗及び達成状況を下表にまとめた。

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LOI締結	3.3.3に述べた通り、2023年2月9日(木)に川崎市-プカンバル市間のLOI締結式を開催した。これにより、次年度以降都市間連携活動・JCM案件形成活動両面においてこれまで以上の成果が期待できる。 なお、次年度以降にて検討しているMOUの締結に関しては、川崎市・プカンバル市の意向を踏まえて進める。
プカンバル市2050年ゼロカーボンシティ計画策定支援	今年度は2050年ゼロカーボンシティロードマップ策定に向けて、プカンバル市・リアウ大学及び支援を行うIPB・ITBの体制の構築を行った。具体的なロードマップ案の策定は次年度に行う。 また、2023年2月9日(木)に開催されたワークショップにおいて、川崎市の改正温暖化対策基本計画について発表が行われ、多くの質疑があり活発な議論が行われた。

セクター	進捗・達成状況
リアウ州地域での脱炭素ドミノの伝搬	リアウ州との連携確立には川崎市とプカンバル市の LOI 締結が必要ということが分かり、上述の LOI 締結式をもって連携を開始した。
(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 バイオマス発電事業> 代表事業者が行っているアチェ州事業が今年度運転開始であることから、今年度リアウ州での具体的な活動は行われなかった。</p> <p><EFB 燃料化事業> 今年度より調査を開始し、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検討を行った。</p> <p><POME バイオガス活用事業> 調査対象となるパーム油搾油工場の選定、対象パーム油搾油工場における情報収集、バイオガス精製プラントの初期設計、バイオ CNG ガスの活用先をプカンバル市の市内バスを運営する Trans Metro Pekanbaru 保有バスの燃料とした場合の燃料転換ポテンシャル、プカンバル市交通局 (DISHUB) へのヒアリング等を実施し、事業化に向けた体制構築を行った。</p> <p><バイオディーゼル製造由来グリセリン燃料事業および PAO を活用した液体バイオマス燃料事業> 現地 BDF 工場へ現地調査を行い、サンプルの副生グリセリンを入手した。PAO を活用した液体バイオマス燃料事業化に向けた情報収集を行った。 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) の導入先の検討も行われた。</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。</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、次年度での LED 街路灯導入に向けた検討を行った。</p>

出典：日本工営作成

第6章 今後の計画

6.1 令和5年度（2023年度）JCM設備補助事業への取組

まず次年度のJCM関連事業の取り組み概要を示す。今年度の事業可能性調査(F/S)において、関係者の意向として、EFB発電事業については今年度末に完工が見込まれているアチェ州のプラントが完成次第、2023年度以降の設備補助事業として検討を本格化したいとのことであった。また、本年はEFB燃料化事業の調査を実施し様々な技術についての聞き取り調査と比較検討を行ったものの、有望と考えられた技術が現在商用化に向けた実証の最終段階にあることが分かり、設備補助事業の提案は同実証を待ってからにしたいとのメーカーの意向もあり、提案は再来年度以降を想定しながら実施することとした。

POME バイオガス事業については、今年度基本設計が完成し、ある程度のコストがまとまった。同情報を以て、次年度、事業者候補に説明を行い、関心を有する企業との案件形成を行う。なお、昨年度情報を入手したバイオガスの発生源としてPOMEではなく家畜糞尿になる類似の事業を関係事業者が検討した。同事業案については全体的に予算が上がってしまったことと、消化液処理のための追加予算が必要になったことから、経済性が下がり応募申請には至らなかった。

バイオディーゼル製造由来グリセリン燃料事業については、本年度後半に当事業を通じマッチングしたバイオディーゼル企業から副生グリセリンのサンプルを入手しており、現在分析を進めている。同結果をもって、引続きフォローを行う。また、本事業に活用するナノ技術は、一般の液体燃料（重油や軽油など）の燃焼効率を上げ、エマルジョン化により水と混合することで単位熱量当たりの排出量を削減できることから、重油や軽油を活用している企業への実証での導入可能性を並行して探っている。

現時点でこれら事業のうち、2022年度早々にJCM関連事業として申請することが考えられるのは液体燃料の効率化事業（コ・イノベ後継スキームでの提案を想定）をインドネシア国内の他州で提案することである。

ゼロカーボンシティ形成に資する事業については、太陽光とLED街路灯のうち、特に後者の検討が進んだ。現在現地日系メーカーによる現地踏査の実施調整を進めており、2023年度中の設備補助事業申請を目指した案件形成を継続する。太陽光については、PLNから電力消費量の最大3割までしか設備を導入出来ないこと、クレジットの権利について放棄することなどを求められており、これらの課題の解決がまず必要になると考えている。

6.2 次年度の方針

2022年度は、Phase2の一年目として、現地への渡航を再開し、様々な成果をあげることができた。特に、Phase1からの課題であった両市間によるLOIの締結を2023年2月に行うことができた。リアウ州など他自治体を巻き込む際や、ゼロカーボンシティロードマップの策定のために市内の様々な組織を巻き込むためにはLOIが不可欠であったため、来年度以降、LOIの存在を活かして活動を順次本格化していくことを考えている。

まず、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。

6.2.1 都市間連携活動

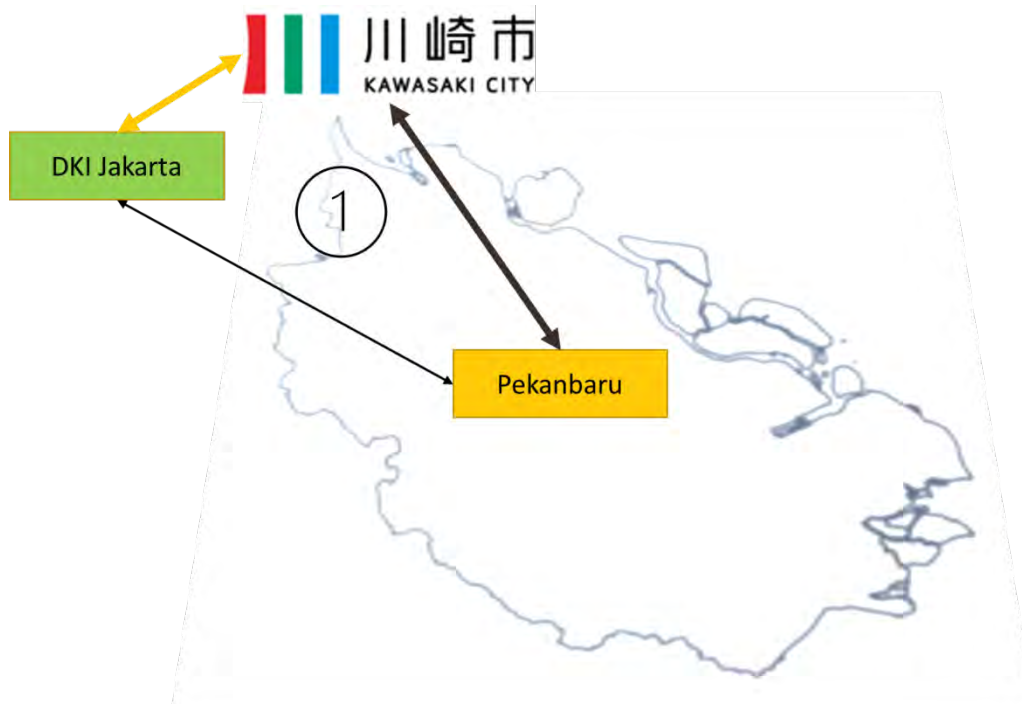
フェーズ2のテーマ：プカンバル市を核とした脱炭素ドミノの実現

昨年度、川崎市の都市間連携先であるジャカルタ特別州に、プカンバル市のセミナーに参加いただき、脱炭素に向けた取り組みや法令の紹介をしていただいた。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。プカンバル市に対する支援として、2022年度と2023年度に計画策定支援を行いつつ、実際のGHG削減につながるJCM事業の実施を2023年度、2024年度に進めていく。

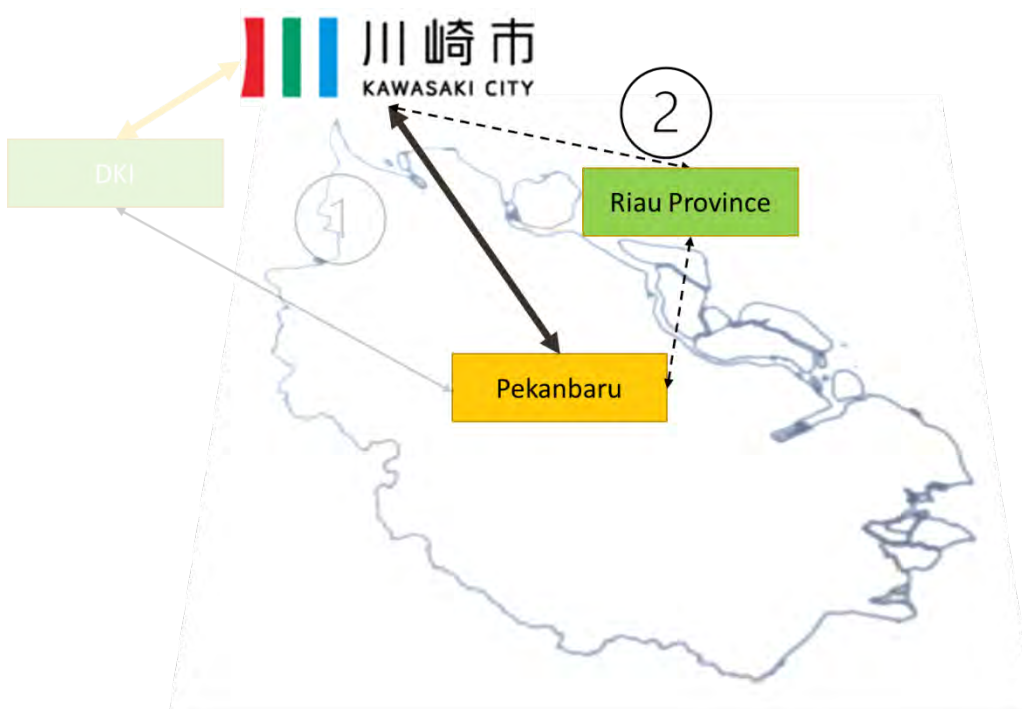
特に本事業で検討している技術の活用可能性としては、リアウ州内では、プカンバル市の他に、臨海地域でパーム油関連産業が多く立地しているドゥマイ市など、またローカンウル県などパーム油の中心的生産地のポテンシャルが高いと考えており、それら自治体との連携が期待される。

プカンバル市を核とした脱炭素ドミノのイメージは以下の通り。



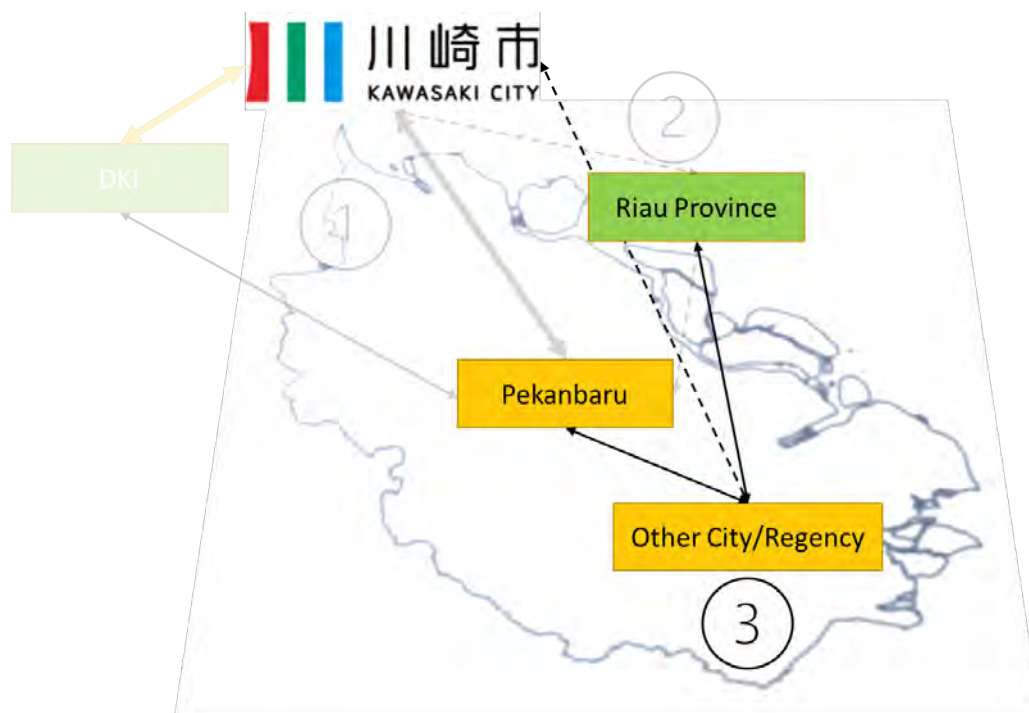
出典：日本工営作成

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：日本工営作成

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：日本工営作成

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、本年度はジャカルタ特別州の計画策定支援を行った ITB、IPB の専門家にプロジェクト実施体制に加わってもらい、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、リアウ大学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てきたと考えており、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 の知見をリアウ大学やプカンバル市、またリアウ州に共有していくことを考えている。なお、リアウ州の参画には LOI が不可欠であったため、今年度具体的な議論を進めることは出来なかったが、来年度から、積極的に巻き込みを進めることとする。

6.2.2 JCM 事業化調査

本年の調査結果に基づき、次フェーズにおいて、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。

(1) EFB バイオマス発電事業

アウラグリーンエナジー社によるアチェ州 EFB 発電プラントの竣工を待ち、リアウ州内での着工を想定している。一方で、PLN のバイオマス燃料の需要の高まりを受けて、EFB 由来のバイオマス燃料供給事業にシフトすることも有望であると考えられるため、その二つのアプローチを併せ進めることで EFB の活用というパーム生産地リアウ州の課題解決に取り組む。

(1) POME バイオガス活用事業

本年度の調査結果より、事業費概算やプラントのデザインが確定し、同結果を事業パッケージとしてまとめ、関係企業への説明が開始できる状態となった。昨年度調査でも大きなGHG削減効果が期待できることが分かっており、それらメリットを軸に説明を行う。

(2) バイオディーゼル製造由来グリセリン燃料事業

グリセリン燃料事業については、現状のリアウ州の状況下で、既存パーム油プラントへの適用よりも、新規パーム油プラント建設に同時に導入される方が望ましく、より実現性の高い提案が出来ることが本年の調査の結果明らかとなった。プカンバル市内のテナヤン工業団地に大手のパーム油企業が進出を計画しているため、同企業との協議を最優先にして進めていく。

(3) プカンバル市新市庁舎群における EMS 技術導入

テナヤン工業団地に対し、昨年度来、調達電力の脱炭素化が有望企業の誘致には重要である点を説明してきた。一方でCOVID-19の影響もあり、テナヤン工業団地への企業の入居状況は計画よりも遅れている。昨年度までの調査を踏まえ、より早く成果を挙げるためにプカンバル市新市庁舎群（テナヤン工業団地に隣接）を対象として、再エネ+EMS+蓄電技術を導入し、そのGHG削減効果を実証することが望ましいとの結論に達した。同実証結果に基づき、さらに工業団地を対象にした大規模導入に向けた準備活動に進むことが有効であるため、まず新市庁舎群を対象にした事業を設備補助事業として案件化することに取り組む。国営電力公社 PLN の方針等に影響される部分も大きいですが、本年度は、近年太陽光発電分野でインドネシアでの採択経験を持つ代表事業者と面談し、実際の課題や進め方、太陽光パネルの設置方法についての助言を得ることができた。来年度、特に電力消費量に対する太陽光発電の導入量の制限について何らかの緩和があるか、また太陽光の売電事業に対しクレジットを日本政府が得られることを確認の上で、案件化を進める方針である。

(4) 街路灯のLED化

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、街路灯をLEDへ交換する計画の確認と見込まれる効果大きいことを確認した。補助金を得ることでLED街路灯の導入を加速させられることについて強い関心が示された。またLED街路灯の分野でインドネシア国内にて活躍する日系企業とジャカルタで複数回協議を行い、今後の設備補助事業提案に向けた手順を確認した。代表事業者候補とともに、来年度中の申請に向けて作業を進める。現段階では、設備補助事業を実施とした場合の対象地域、同地域内の街路灯の概数について交通局から共有を受けたため、これをLED街路灯メーカーの支援を得て実際の導入本数や導入スペックのFSを実施するとともに、プカンバル市側でどのように補助金を受け取るかの確認を行い、来年度中を目指した申請準備を進める。

以上