

令和3年度環境省委託事業

令和3年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務

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

調 査 報 告 書

令和4年3月

日本工営株式会社
川 崎 市

令和3年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務

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

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）	9
2.1.5 川崎エコタウン	10
2.2 リアウ州地域	12
2.2.1 リアウ州地域の概要	12
2.2.2 パーム油生産廃棄物	12
2.2.3 2050年ゼロカーボンシティ形成	13
2.2.4 テナヤン工業団地の開発	14
2.2.5 シアク川浄化	14
第3章 脱炭素社会実現のための都市間連携活動	15
3.1 都市間連携に係るこれまでの活動	15
3.2 都市間連携に係る今年度の活動方針	17
3.3 都市間連携活動に係る結果	17
3.3.1 活動概要	17
3.3.2 協力同意書（LOI）の締結	18
3.3.3 川崎国際環境技術展への出展	20
3.3.4 GIC会員とプカンバル市とのオンライン交流会	20
3.3.5 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	23

第4章	JCM事業化検討	25
4.1	環境調和型経済社会形成に資するJCM事業の検討	25
4.1.1	EFBバイオマス発電事業	26
4.1.2	POMEバイオガス活用事業	31
4.1.3	バイオディーゼル製造由来グリセリン燃料事業	39
4.2	ゼロカーボンシティ形成に資する事業の検討	44
4.2.1	工業団地におけるエコグリッド事業	44
4.2.2	LED街路灯導入事業の検討	47
第5章	コロナ禍における課題と調査の留意点	50
5.1	新型コロナ感染拡大による影響	50
5.2	コロナ禍における業務実施の課題および留意点	51
第6章	3か年計画における進捗・達成状況	52
第7章	今後の計画	54
7.1	令和4年度JCM設備補助事業への取組	54
7.2	都市間連携事業フェーズ2の方針	54
7.2.1	都市間連携活動	55
7.2.2	JCM事業化調査	57

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(2010 年計画及び 2018 年計画)の概要	6
表 2-3	川崎市地球温暖化対策推進基本計画(案)(2022 年計画案)の概要 ..	7
表 2-4	2050 年に脱炭素社会を実現した状態の具体例	8
表 2-5	取組の 3 つ柱と特徴的な取組	9
表 2-6	川崎エコタウン構想に基づく取組の 4 本柱と具体策	10
表 2-7	ゼロ・エミッション工業団地のコンセプト及び具体的な取組	11
表 2-8	リアウ州地域の概要	12
表 3-1	都市間連携の取組実績	15
表 3-2	活動テーマと概要	17
表 3-3	都市間連携に係る取組	17
表 3-4	地域協力に関する規定の概要	19
表 3-5	GIC 会員とプカンバル市及びジャカルタ特別州とのオンライン交流会のアジェンダ	21
表 3-6	GIC 会員と DKI-JKT 及びプカンバル市とのオンライン交流会における質疑応答	21
表 3-7	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	23
表 4-1	昨年度までの調査進捗(EFB バイオマス発電事業)	27
表 4-2	GHG 削減量計算	27
表 4-3	今年度の調査概要(EFB バイオマス発電事業)	28
表 4-4	パーム油産業廃棄物の物性調査結果	29
表 4-5	バイオマス燃料のリアウ州内主要港までの輸送コスト	30
表 4-6	昨年度までの調査進捗(POME バイオガス活用事業)	32
表 4-7	原料バイオガスの条件	33
表 4-8	精製バイオガスの組成条件	33
表 4-9	マテリアルバランス	34
表 4-10	各フローの説明	35
表 4-11	機器概要一覧	36
表 4-12	ユニット製作費、輸送・据付費の概要	37
表 4-13	OPEX の概算	37
表 4-14	燃料転換ポテンシャル及び GHG 削減量試算	38
表 4-15	リアウ州内の BDF 工場	41
表 4-16	GHG 削減効果試算(ナノグリセリン燃料事業)	43
表 4-17	プカンバル市新市庁舎における EMS 技術導入検討結果	46
表 4-18	LED 街路灯及び EMS 技術導入検討結果	48
表 5-1	リアウ州での新型コロナウイルス感染状況(2022 年 3 月 5 日時点) ..	50
表 6-1	3 か年計画の進捗・達成状況	53

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	川崎市の地図	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	9
図 2-5	GIC を活用した取組のイメージ	10
図 2-6	ゼロ・エミッション工業団地を含む川崎エコタウンにおける資源循環	11
図 2-7	リアウ州・プカンバル市・ローカンウル県の位置	12
図 2-8	パーム油製造により発生する廃棄物	13
図 2-9	テナヤン工業団地	14
図 2-10	シアク川	14
図 3-1	オンラインブース（入口画面）	20
図 3-2	オンラインブース（取組紹介画面）	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	25
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	26
図 4-3	自動灰除去機能付き可動階段式火格子	26
図 4-4	POME バイオガス活用事業の全体プロセス	31
図 4-5	バイオガス分離膜 SEPURAN® GREEN	31
図 4-6	東カリマンタン州での導入例	31
図 4-7	プロセスフローダイアグラム	34
図 4-8	計画配置図	36
図 4-9	インドネシアにおける FAME 生産量	39
図 4-10	ナノグリセリン燃料の製造プロセス	39
図 4-11	ナノエマルジョン燃料製造装置「NEFS」	40
図 4-12	グリセリンの世界需給予測	41
図 4-13	リアウ州内の主な BDF 工場の位置	42
図 4-14	テナヤン工業団地におけるパーム油産業開発に関する記事	43
図 4-15	テナヤン工業団地の完成イメージ	44
図 4-16	プカンバル市新市庁舎地域の様子	45
図 4-17	EMS 技術のイメージ	45
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	47
図 4-19	LED 街路灯と EMS 技術の組み合わせイメージ	47
図 4-20	LED 街路灯及び EMS 技術導入検討結果	49
図 6-1	3 か年計画（令和3年度（2021年度）提案時点）	52
図 7-1	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	56
図 7-2	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	56
図 7-3	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	57

添 付

- 添付資料1 川崎国際環境技術展 展示資料
添付資料2 GIC 会員とプカンバル市・DKI-JKT とのオンライン交流会
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

略 語 表

略語	英語/インドネシア語	和訳
BAU	Business-as-Usual	対策がなされなかった場合
BtoB	Business to Business	企業間取引
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
DKI-JKT	Special Capital Region of Jakarta (Daerah Khusus Ibukota Jakarta)	ジャカルタ特別州
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
FY	Fiscal Year	会計年度
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
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
JST	Japan Standard Time	日本標準時
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
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
OM	Operations and Maintenance	運用と整備
OPEX	Operating Expenditure	運営コスト
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

略語	英語/インドネシア語	和訳
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
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
RPRKD	Climate Resistant Regional Low Carbon Development Plans (Rencana Pembangunan Rendah Karbon Daerah)	気候変動に強い低炭素地方開 発計画
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
WWF	World Wide Fund for Nature	世界自然保護基金
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、現下の新型コロナウイルス感染拡大の状況下において、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リアウ州地域の自治体（プカンバル市及びローカンウル県）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3か年計画の3年目にあたる。リアウ州はインドネシアのスマトラ島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85%

を占めている（出典：持続可能なパーム油の調達とRSPO、WWF、2017年）が、リアウ州は、パーム油の生産量（772万トン）、栽培面積（226万ha）ともにインドネシア最大の州である。

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、経済発展の著しい州都プカンバル市では、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3年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業」は、脱炭素・低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・低炭素社会形成への取組、脱炭素ドミノの実現、および脱炭素・低炭素社会の形成に寄与する設備の導入を支援するための調査事業を実施するものである。

本業務では、川崎市がエコタウン構想を推進してきた経験と同市関連企業が有する技術をもって、リアウ州地域の自治体がパーム油産業を中心とした地域内の環境調和型経済社会形成を推進することにも貢献するとともに、州都プカンバル市の2050年ゼロカーボンシティ形成に向けた支援を実施することを目的とする。

1.3 本業務の実施体制

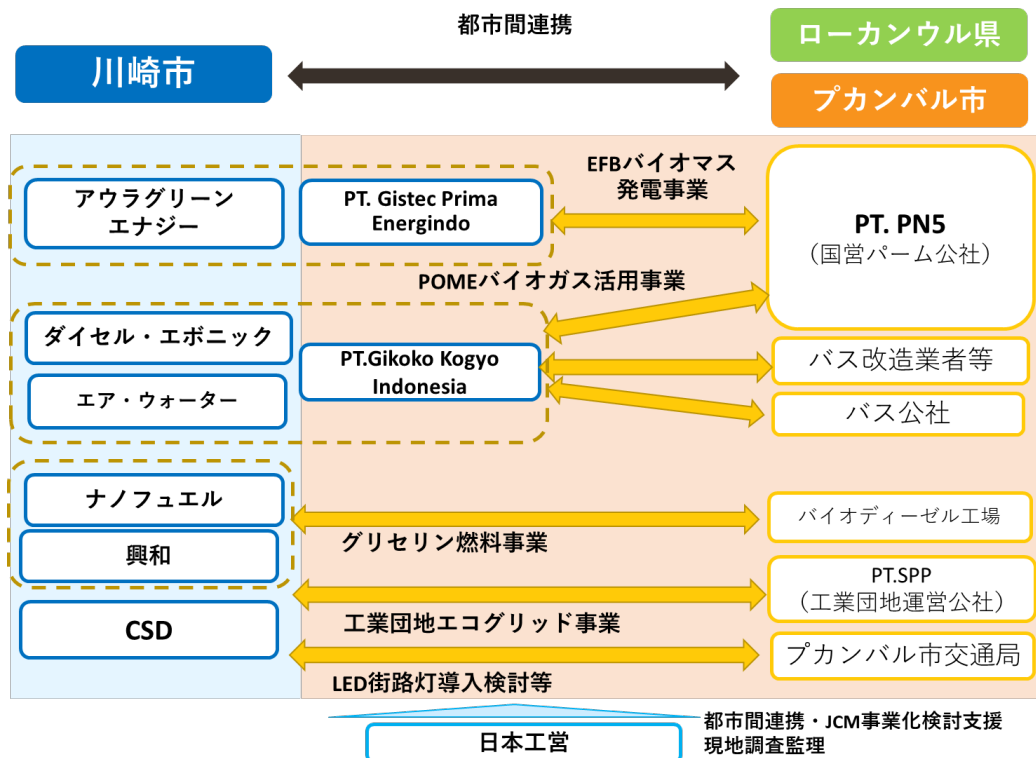
本年度の業務実施体制は、図 1-1の通りである。川崎市とプカンバル市及びローカンウル県により環境調和型経済社会形成やゼロカーボンシティ形成に係る都市間連携活動を行った。

また、同都市間連携の下、パーム油産業を軸とした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、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に係る調査を実施した。1) 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、2) については、ダイセル・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、プカンバル市バス公社Trasns Metro Pekanbaruへの聞き取り等の調査を行った。3) については、興和社及びナノフュエルの協力により、バイオディーゼル工場に対する調査や、グリセリン市場に関する調査を行った。

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) 工業団地におけるエコグリッド事業、及び5) LED街路灯導入事業の検討を行い、テナヤン工業団地運営公社であるPT.SPPやプカンバル市交通局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。なお、今年度は、COVID-19感染拡大状況を考慮し、現地渡航は行わずに実施された。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2名を活用し実施した。



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、2021年9月13日～2022年3月10日である。主な工程は、図 1-2 に示す通りである。

#	調査内容	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
都市間連携活動								
1	循環型経済社会形成に係る協議	→						→
2	2050年ゼロカーボンシティ形成に係る協議	→						→
3	パーム油セクター情報収集		→					→
4	LOI締結手続き	→						→
ワークショップ・セミナー等								
1	現地とのワークショップ・ビジネスマッチング等				▼		▼	
2	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					→	→	→
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	バイオマス燃料調査		→	→	→	→	→	→
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	バイオCNG精製プラントの設計	→	→	→	→	→	→	→
2	バイオCNG精製プラントのCAPEX、OPEXの試算	→	→	→	→	→	→	→
3	バス改造業者の選定	→	→	→	→	→	→	→
4	事業計画の策定及び事業性評価			→	→	→	→	→
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工場へのコンタクト・副生グリセリンサンプル収集	→	→	→	→	→	→	→
2	グリセリン市場調査			→	→	→	→	→
3	事業計画の検討			→	→	→	→	→
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	導入技術の仕様検討			→	→	→	→	→
4	事業計画の策定及び事業性評価			→	→	→	→	→
5	国際コンソーシアム・実施体制の検討			→	→	→	→	→

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 川崎市の地図

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	1,538,825 人(令和4年1月1日現在)
3	世帯数	754,576 世帯(令和4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、2009年に制定した川崎市地球温暖化対策推進条例に基づき、地球温暖化を総合的かつ計画的に推進する計画、及び2020年度の削減目標を設定した川崎市地球温暖化対策推進基本計画（以下、2010年計画）を2010年に策定した。また、同計画は、2030年度の削減目標を新たに設定するとともに、目標達成に向けた計画を示すものとして、2018年に改訂された（以下、2018年計画）。

2010年計画及び2018年計画の概要は、表 2-2の通りである。



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(2010 年計画及び 2018 年計画)の概要

項目	2010 年計画	2018 年計画
期間	2011 年度 － 2020 年度	2018 年度 － 2030 年度
基本理念	環境と経済の調和と好循環を基調とした持続可能な低炭素社会を構築し、良好な環境を将来の世代に引き継ぐ	マルチベネフィットの地球温暖化対策等により低炭素社会を構築
基本方針	①効果的に温室効果ガス排出量の削減が誘導される社会・経済システムを構築する。 ②再生可能エネルギー源、未利用エネルギーなど、地域に存在するエネルギー資源を有効かつ効率的に利用する。 ③事業者、市民、市がそれぞれの役割に応じて削減する。 ④協働の取組を推進する。 ⑤地球全体での温室効果ガス排出量の削減に貢献する。 ⑥ヒートアイランド対策に資する。	①温室効果ガス排出量の削減を進める。 ②再生可能エネルギー等の導入とエネルギーの最適利用を進める。 ③気候変動への適応を進める。 ④環境技術・環境産業により貢献する。 ⑤市民・事業者・行政の連携・協働を進める。
削減目標	2020 年度までに 1990 年度における市域の温室効果ガス排出量の 25%以上に相当する量の削減を目指す。	2030 年度までに 1990 年度比 30%以上 (2013 年度比では 20%以上)の温室効果ガス排出量の削減を目指す。

出典：川崎市地球温暖化対策推進基本計画より日本工営作成

なお、本計画は、後述の2050年ゼロカーボンシティ宣言及び脱炭素戦略「かわさきカーボンゼロチャレンジ2050」の策定に伴い、現在改訂業務が行われている。2021年12月に公表された川崎市地球温暖化対策推進基本計画（案）（以下、2022年計画案）の概要を下表に纏める。

表 2-3 川崎市地球温暖化対策推進基本計画（案）（2022 年計画案）の概要

項目	2022 年計画案
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、21 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、952 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、2019 年度実績 20 万 kW)

出典：川崎市地球温暖化推進基本計画（案）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ティング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

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。

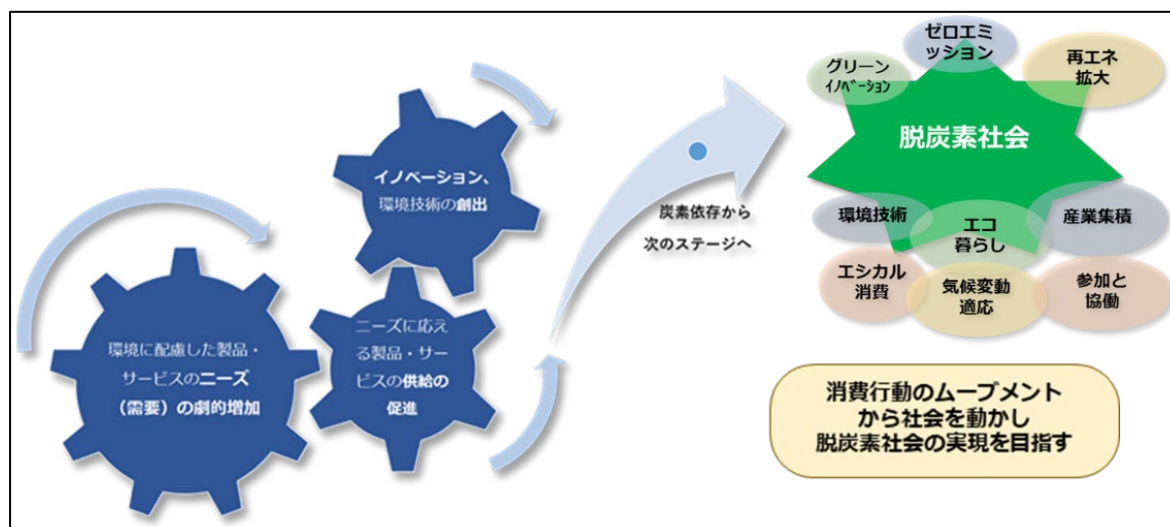
表 2-4 2050 年に脱炭素社会を実現した状態の具体例

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变革
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 2-5 取組の3つ柱と特徴的な取組

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 より日本工営作成

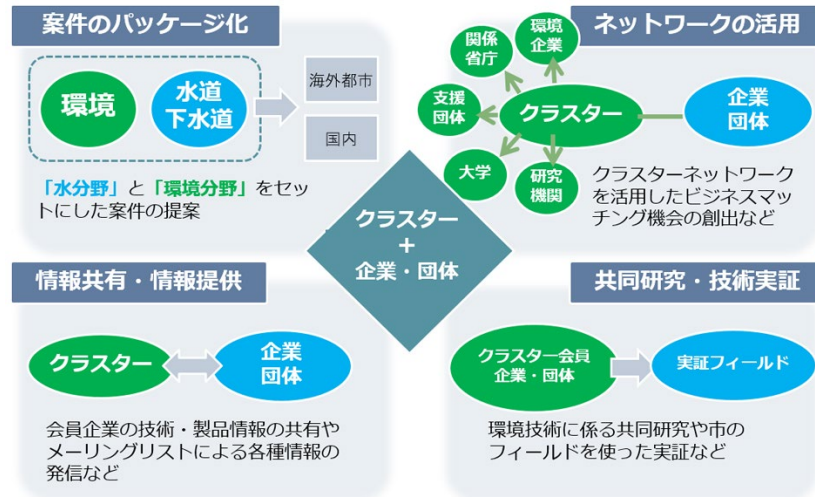
2.1.4 かわさきグリーンイノベーションクラスター (GIC)

川崎市は、2014年に「川崎グリーンイノベーション推進方針」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、「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」といった機能を果たしている。



出典：川崎市

図 2-5 GIC を活用した取組のイメージ

2.1.5 川崎エコタウン

川崎市は、エコタウン構想を地域の環境調和型経済社会形成のための基本構想として位置づけるとともに、地域振興の基軸として推進しており、1997年には、川崎臨海部全体（約2,800ha）を対象とした「環境調和型まちづくり構想」を策定し、日本国政府から、国内第1号のエコタウン地域の認定を受けた。対象エリアでは、「臨海部における高い企業集積と環境技術の集積」を活かし、排出資源や市内で発生する廃棄物を、立地する企業間で循環し活用するなど、資源循環の促進に向けた取組を進めており、また、市内に限らず、国内外での資源循環の促進についても取組を行っている。

川崎エコタウン構想に基づく取組の4本柱と具体策を下表にまとめる。

表 2-6 川崎エコタウン構想に基づく取組の4本柱と具体策

取組の柱	具体策
企業自身がエコ化を推進	- 先導的リサイクル施設の整備 - 企業の特徴・強みを活かした資源循環の促進 - 工場排水・廃棄物のゼロ・エミッション化
企業間の連携でエコ化を推進	- 川崎ゼロ・エミッション工業団地の整備 - 地区における共同リサイクルの実施
環境を軸とした持続的に発展する地区の実現に向けた研究の実施	- エネルギーの有効利用の研究 - エコタウンの取組の高度化に向けた研究 - 研究開発産業の振興
企業・地区の成果を情報化し、開発途上国に貢献	- 視察の受入 - 川崎国際環境技術展の開催

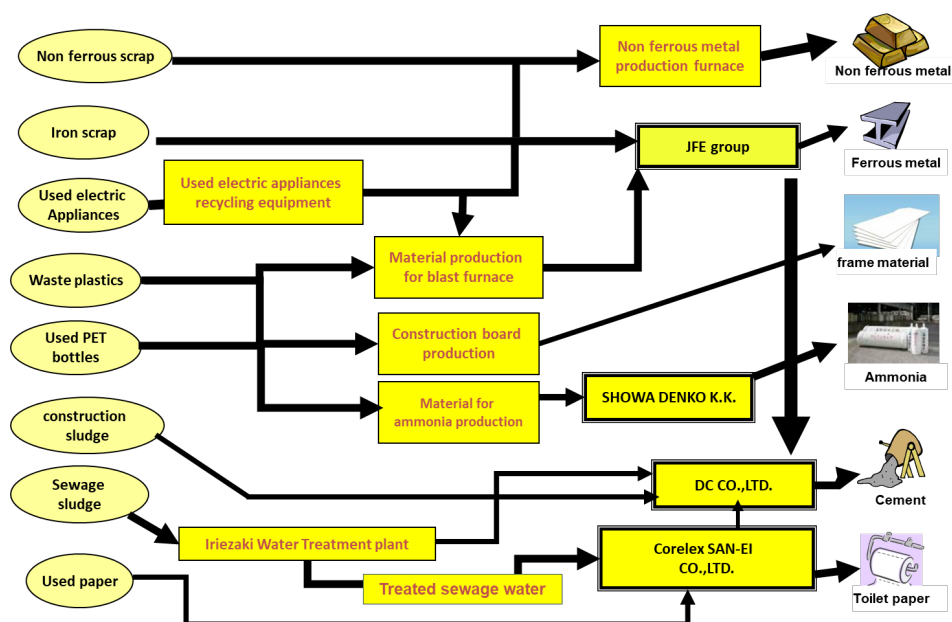
出典：川崎市 HP より日本工営作成

川崎エコタウン対象エリアでは、川崎ゼロ・エミッション工業団地が、川崎エコタウン構想のモデル施設として2002年に操業を開始しており、事業活動により発生する廃棄物等を抑制するとともに、再利用、再資源化、エネルギー循環活用などによる、環境負荷の最小化を目指している。ゼロ・エミッション工業団地のコンセプト及び具体的な取組は、以下の通りである。

表 2-7 ゼロ・エミッション工業団地のコンセプト及び具体的な取組

コンセプト	具体的な取組
- 企業自体が環境基本方針を持つ。 - 発生する環境負荷をその排出基準などより、更に高い目標（ゼロ・エミッション化）を掲げて取り組む。 - 団地内を構成する他の企業との連携により、効率のより取組を行う。 - 企業間での連携により、可能な限り環境負荷要因を行程に内部化する。 - 団地内でゼロ・エミッション化できない事柄について、共同で周辺の循環系の機能とリンクすることにより、トータルのゼロ・エミッション化を図る。	- 企業内で発生する廃棄物を、目標を定めて積極的に抑制 - 企業内で発生する紙類廃棄物は、組合で収集し、団地内企業で再生 - 焼却施設の廃熱エネルギーの再利用 - 団地内においては、川崎市入江崎水処理センターの高度処理水及び工場内処理水を再使用 - 企業内において、水資源はできるだけ循環使用し、廃水処理設備の負荷を定減 - 焼却灰をセメント原料として再利用 - 企業内で発生する生ごみをコンポスト化し、団地の共同緑地内で肥料として再利用 - 雨水を団地内防火用水や植栽への灌水として利用 - 近隣企業との共同受電による共同受電者間の自家発電力有効利用

出典：川崎市 HP より日本工営作成



出典：川崎市

図 2-6 ゼロ・エミッション工業団地を含む川崎エコタウンにおける資源循環

2.2 リアウ州地域

2.2.1 リアウ州地域の概要

リアウ州は、インドネシアのスマト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。リアウ州は、パーム油の生産量（772万トン）、栽培面積（226万ha）ともにインドネシア最大の州であり、リアウ州内においては、ローカンウル県が生産量（149万トン）、栽培面積（41万ha）ともに最大の県である。

一方の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、プカンバル市、ローカンウル県の位置及び、それぞれの概要は以下の通りである。



出典：日本工営作成

図 2-7 リアウ州・プカンバル市・ローカンウル県の位置

表 2-8 リアウ州地域の概要

項目	リアウ州	プカンバル市	ローカンウル県
人口(人)(2021年)	6,454,751	1,045,039	560,355
面積(km ²)	87,023	632	7,588
人口密度(人/km ²)(2021年)	74	1,555	74
地域総生産(USD million)(2020年)	54,120	8,430	---

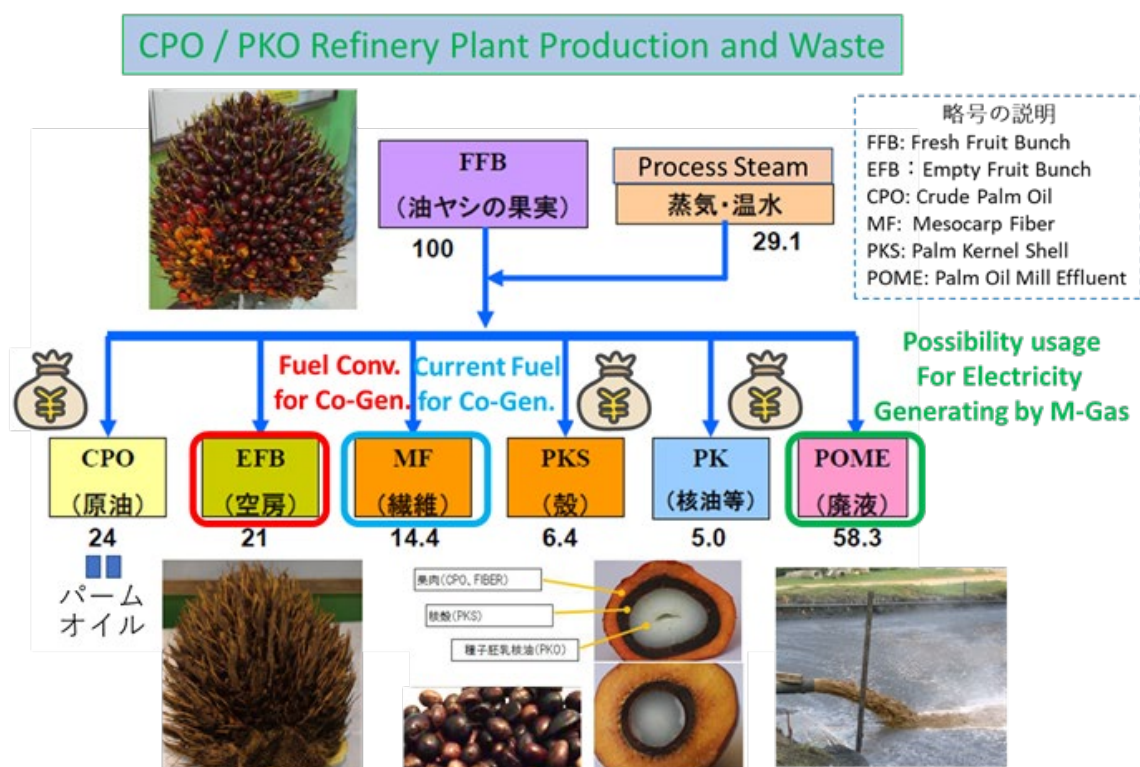
出典：インドネシア統計局資料より日本工営作成

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 2-8 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 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優先工業団地の指定を受け、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。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 2-9 テナヤン工業団地

2.2.5 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。



出典：プカンバル市

図 2-10 シアク川

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。

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。

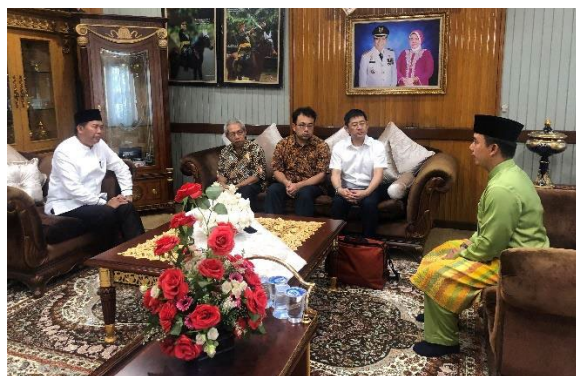
これまでの都市間連携活動の実績は以下の通り。

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。

年月	項目(場所)	内容
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 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。

出典：日本工営作成



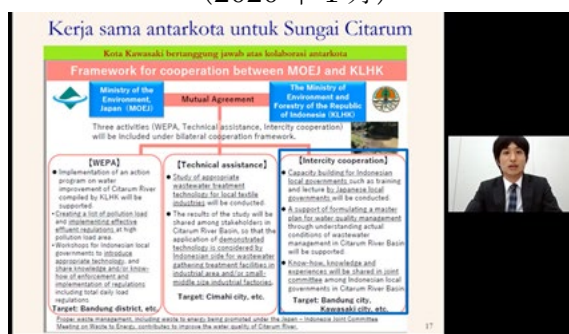
プカンバル市長表敬訪問
(2019年8月)



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)

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) 環境調和型経済社会形成及びグリーンリカバリー支援、及び2) 2050年ゼロカーボンシティ形成支援をテーマとし、川崎市の知見及び経験とリアウ州地域において確認されている環境ニーズを鑑みた、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	環境調和型経済社会形成及びグリーンリカバリー支援	川崎国際技術展への出展(3.3.3 項)、GIC 会員とプカンバル市及びジャカルタ特別州との交流会(3.3.4 項)を通して、プカンバル市の環境ニーズについての情報発信を行うとともに、環境調和型経済社会形成及びグリーンリカバリーに資する GIC 会員企業の技術紹介やネットワーク形成を行った。
2	2050 年ゼロカーボンシティ形成支援	川崎市とプカンバル市の 2050 年ゼロカーボンをテーマとする LOI の締結に向けた協議を実施した。(3.3.2 項) 川崎市が 2020 年 11 月に策定した脱炭素戦略「かわさきカーボンゼロチャレンジ 2050」の進捗状況や、川崎市と別途都市間連携事業を実施しており、且つ 2021 年 10 月に同国で初めて「気候変動に強い低炭素地方開発計画(RPRKD)」を発表したジャカルタ特別州の脱炭素社会形成に向けた取組について、都市間連携ワークショップ内で情報共有を行った。(3.3.5 項参照)

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下表にまとめる。

表 3-3 都市間連携に係る取組

活動内容	実施時期	概要
川崎 GIC 会員交流会での発表	2021 年 9 月 13 日	GIC 会員交流会に参加し、会員企業に対して日本工営より、本業務の事業紹介を行うとともに、個別面談を実施した。発表資料は添付 1 参照。
環境省キックオフ会議	2021 年 9 月 21 日	環境省、川崎市、日本工営の 3 者で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確認を行った。
在日インドネシア大使館との面談	2021 年 10 月 4 日、13 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 締結を含め、今後の活動において適宜情報交換を行うとともに、必要に応じて協力頂くことを依頼し、了承を得た。
プカンバル市協力局との会議	2021 年 11 月 5 日	プカンバル市協力局との面談を実施した。川崎市との LOI、日本工営との MOU はいずれも署名の前に、プカンバル市から内務省への説明が必要であるため、署名

活動内容	実施時期	概要
		は2022年1月以降となることを確認した
川崎国際環境技術展への出展	2021年 11月16日～ 26日	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。
GIC 会員企業とのビジネスマッチング	2021年 12月23日	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。
環境省中間報告会	2022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。
プカンバル市協力局との会議	2022年 1月25日	プカンバル市協力局との面談を実施した。川崎市との LOI、日本工営との MOU について、プカンバル市担当者が2月中に内務省を訪問し、当文書についての説明を行う予定であることを確認した。 また、2月に実施した都市間連携ワークショップについての調整及び協力依頼を行った。
都市間連携ワークショップ	2022年 2月16日	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2050年ゼロカーボンシティをテーマとし開催した。 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。
環境省最終報告会	2022年 2月24日	環境省への中間報告会を行い、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 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条)	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ビスの提供や相互利益のため、協力を行うことを指す。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)	1. 科学技術の発展 2. 文化交流 3. 技術能力と政府の管理能力の改善 4. 地域ポテンシャルの促進 5. 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)	1. 外交関係があること。 2. 地方自治体による協力活動であること。 3. 地方自治体は海外に駐在員事務所を開設しないこと。 4. 海外の地方自治体は国内の政府に干渉しないこと。 5. 国や地方の政策や計画に沿ったものであること。 6. 行政上の地位/領土の平等を保つこと。 7. 両都市が補完し合うこと。 8. 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)	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)	<u>必須項目:</u> 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 <u>LOI 締結に係る手続き:</u> 1. 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。 2. 大臣が回答依頼に対する回答書を提出する。 3. 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。

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

本年度の協議を通して、LOIの記載内容については、川崎市、プカンバル市共に合意している。現在、LOI締結に向けた内務省との最終調整のため、プカンバル市が準備を行っており、内務省の確認が取れ次第、両市長による署名が行われる予定であることが、本年度の都市間連携ワークショップにおいて確認された。

3.3.3 川崎国際環境技術展への出展

2021年11月16日～11月26日に開催された第14回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た。プカンバル市との協力の下、本事業概要、テナヤン工業団地の紹介、シアク川の浄化、市内バスの燃料転換、LED街路灯の導入等について出展を行った。出展資料は添付資料1を参照。



出典：川崎国際環境技術展

図 3-1 オンラインブース（入口画面）



出典：川崎国際環境技術展

図 3-2 オンラインブース（取組紹介画面）

3.3.4 GIC 会員とプカンバル市とのオンライン交流会

GIC会員企業とプカンバル市及びジャカルタ特別州とのオンライン交流会を2021年12月23日に実施した。

本交流会では川崎市国際経済推進室から、GICの紹介と共に川崎国際環境技術展の

紹介及び参加方法の説明を行い、プカンバル市及びジャカルタ特別州からの参加者に対し同技術展のアーカイブページへの訪問を促した。

また、GIC会員企業として、株式会社総商、九城企業株式会社、アジアゲートウェイ株式会社、他1社が参加し、それぞれの保有する技術、製品について紹介を行うとともに、プカンバル市及びジャカルタ特別州からの参加者との質疑応答を行い、紹介技術の現地での活用可能性等について議論した。

質疑応答の内容は表 3-6の通り、また、各社の発表資料は、添付資料2を参照。

【開催概要】

日時： 2021年12月23日（木） 15:00-16:30（日本時間）
場所： オンライン会議
参加者： プカンバル市（協力局、交通局他）
ジャカルタ特別州（地方開発計画庁（BAPPEDA）、環境局、交通局、労働移住・エネルギー局、SDGs 事務局他）
川崎市（経済労働局国際経済推進室）
GIC 会員企業（株式会社総商、九城企業株式会社、アジアゲートウェイ株式会社、他1社）
テナヤン工業団地（プカンバル市）
日本テピア社（GIC 事務局）
日本工営
通訳2名（日本語⇄インドネシア語） 合計約 60 名

表 3-5 GIC 会員とプカンバル市及びジャカルタ特別州とのオンライン交流会のスケジュール

#	時間 (JST)	プログラム	発表者
1	15:00-15:05	導入	川崎市経済労働局国際経済推進室
2	15:05-15:10	川崎市のグリーンイノベーションに係る活動	川崎市経済労働局国際経済推進室
3	15:10-16:10	GIC 会員企業によるジャカルタ特別州及びプカンバル市の環境ニーズに資する技術紹介	GIC 会員企業(株式会社総商、九城企業株式会社、アジアゲートウェイ株式会社、他1社)
4	16:10-16:25	Q&A	----
5	16:25-16:30	閉会挨拶	川崎市経済労働局国際経済推進室

出典：日本工営作成

表 3-6 GIC 会員と DKI-JKT 及びプカンバル市とのオンライン交流会における質疑応答

1. 総商: Introduction of Heat reflecting film	
質問	回答
貴社のフィルムは通常インドネシアで使われているフィルムに比べて技術的に何が違うのか？また、インドネシアにも同様の製品	総商にて扱っているフィルムは「DTEC」というもので、おそらくインドネシアでは「V-KOOL」が使用されていると思われるが、そちらに関する情報が無いため回答は

はあるのか？ (BAPPEDA, DKI-JKT)	難しい。インドネシアにはまだ進出していない。 (総商)
インドネシアのような熱帯地域では換気のために車に乗る際はエアコンを常時作動させることがよくあるが、そのような場合でも消費電力は抑えられるのか。 (BAPPEDA, DKI-JKT)	エアコン等の車内設備に関しては他社の領域であるため答えることは難しいが、感覚的にはエアコンの設定温度を上げることによってエネルギー消費は削減できると思われる。 (総商)
車両よりも大きなスペースのある建物での使用は検討しているか、その効果はどのようなものか。 (Department of Housing and Settlement Areas, Pekanbaru)	建物にも非常に効果があり、一般的には密閉度が高く、窓の割合が大きいほど省エネ効果は大きい。 (総商)
2. 九城企業： Introduction of energy saving device (LORENTZ MG)	
質問	回答
産業部門と家庭部門の顧客によって価格の違いはあるか？例えば 家庭部門で10%省エネをしたとしても、投資収益率(ROI)を目標達成させることは非常に難しいことが考えられる。 (BAPPEDA, DKI-JKT)	投資回収は電力の負荷率によって変わる。一般に電力使用量が大きいほど回収は早い。価格だけでは決められない部分ではある。 (九城企業)
キャパシタバンクの動作原理と同じか？ (Manpower, Transmigration and Energy Agency, DKI-JKT)	キャパシタバンクとは機能が全く違う。キャパシタバンクは遅れている力率を進めるものであるが、ローレンツMGはコイルのリアクタンスを利用して、損失を発生させずに電流値を小さくする。進み力率になっている場合はキャパシタバンクと直列に接続することによって力率を1に近づけることもできる(省エネ効果が上がる)。 (九城企業)
ローレンツMGの導入により、一定のメンテナンスコストがかかるものか？ファストムービングパーツはインドネシアへの提供は可能か？ (Department of Housing and Settlement Areas, Pekanbaru)	メンテナンスは7年フリーである。ファストムービングパーツはおそらく自動電圧調整装置のムービングパーツのことかと思うが、ローレンツMGにはこれはない。メカニカルな部分は持ち合わせていない。 (九城企業)
電氣的歪みが大きい地域では機器の寿命に影響を与える可能性はあるのか？ (Department of Housing and Settlement Areas, Pekanbaru)	高調波が多い地域でも問題ない。高調波を鉄心が吸収するようになっている。 (九城企業)
ローレンツMGは非常に大きな騒音を持つエンジンやモーターを使用する業界でどれほどの効果を期待できるか。 (Pekanbaru City)	モーターの種類によるが、固定トルクではないのであれば、回転数を下げる効果があるので騒音も減少できる。 (九城企業)
3. アジアゲートウェイ： Introduction of sharing mobility project	
質問	回答
インドネシアでは免許を持っている人のほとんどは個人所有のバイクを持っているが、このサービスを利用する一番のメリットは何か？個人所有のバイクの方が費用を抑えることができるのではないか？ (BAPPEDA, DKI-JKT)	個人所有もレンタルでの使用も可能である。もちろんコストを下げるのが最優先である。燃料費は1/6程度に下げることができる上、オペレーションコストも劇的に減らすことができる。これに加えて Connected な機能によるインセンティブの付与がメリットとなる。 (アジアゲートウェイ)

出典：日本工営作成

3.3.5 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

2022年2月16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う一方、川崎市及び、川崎市と別途都市間連携事業を実施しており、また2021年10月に同国で初めて「気候変動に強い低炭素地方開発計画（RPRKD）」を発表したジャカルタ特別州より、それぞれの脱炭素社会形成に向けた取組を紹介した。

また、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。

当日の資料は、添付資料3を参照。

【開催概要】

日時： 2022年2月16日（水） 15:30-17:30（日本時間）
場所： オンライン会議
参加者： プカンバル市（協力局、環境局他）
ジャカルタ特別州（環境局）
川崎市（経済労働局国際経済推進室、環境局）
日本工営
通訳2名（日本語⇄インドネシア語）

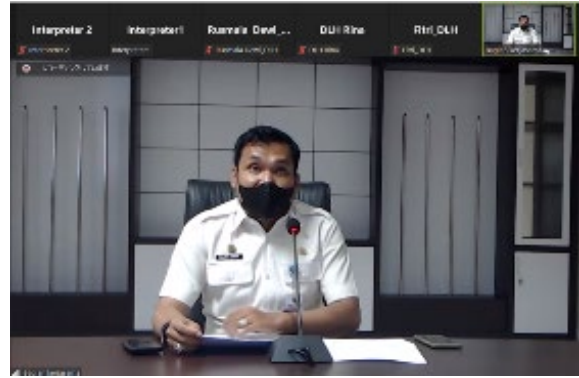
表 3-7 プカンバル市と川崎市による都市間連携ワークショップのアジェンダ

#	時間 (JST)	プログラム	発表者
1	15:30-15:35	導入	日本工営
2	15:35-15:45	開会挨拶	川崎市 プカンバル市
3	15:45-16:00	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
4	16:00-16:15	脱炭素戦略「かわさきカーボンゼロチャレンジ 2050」	川崎市
5	16:15-16:40	ジャカルタ特別州における脱炭素開発計画の策定とその背景	ジャカルタ特別州
7	16:40-17:00	Q & A	---
8	17:00-17:10	閉会挨拶	川崎市 プカンバル市

出典：日本工営作成



ワークショップの様子



プカンバル市による開会挨拶

第4章 JCM 事業化検討

都市間連携活動同様に、1) 環境調和型経済社会形成及びグリーンリカバリー支援、及び2) 2050年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。

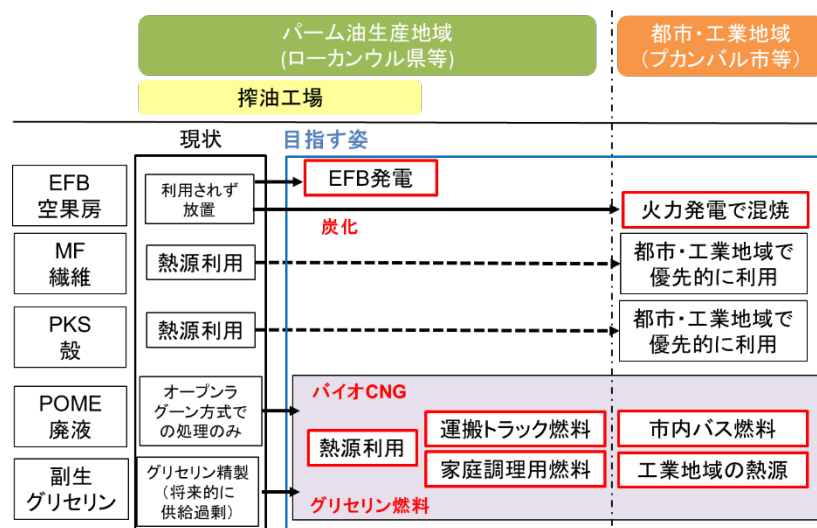
4.1 環境調和型経済社会形成に資する JCM 事業の検討

環境調和型経済社会形成に資するJCM事業として、昨年度からの継続として、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、今年度より、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）についても新たに検討を開始した。

上述の3事業は、図4-1で示すようなパーム油産業を軸とした環境調和型経済社会のイメージを実現することができると考えている。

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、プ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。輸送と利用の観点からEFBを都市部で活用することは難しいが、取扱が容易なPKSやMF、POME、バイオCNGでは可能であることから、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：日本工営作成

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 バイオマス発電事業

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継続実施している。

(1) アチェ州におけるバイオマス発電事業の概要

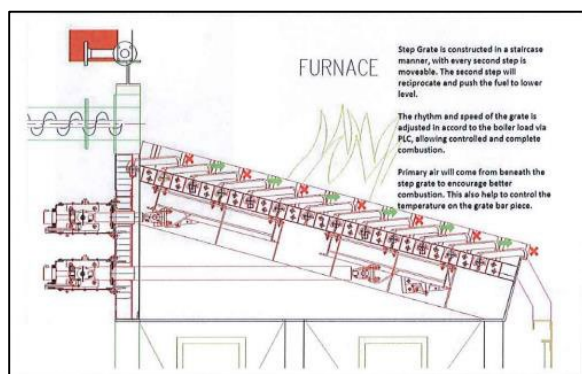
アウラ社とGistec社は、2018年度JCM設備補助事業の採択を受け、「スマトラ島アチェにおける12MWバイオマス発電プロジェクト」を実施しており、2021年中に稼働を開始する予定である。当事業は、年間発電量73,500MWh/yr、年間GHG削減量31,322 tCO₂/yrを見込んでいる。

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灰の融点の低く量が多い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：アウラグリーンエナジー

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：アウラグリーンエナジー

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。

出典：日本工営作成

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
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(運搬車両)	0.000129	tCO2/ton-km	ID_AM027, Heavy vehicle
n	プロジェクト排出量(運搬車両)($PE_{TRANS,p}$)	878	tCO2/year	=l x m x n
o	年間 GHG 削減量	19,235	tCO2/year	=e - (j + n)

出典：日本工営作成

(3) 今年度調査

昨年度までの活動により、事業化に向けた大半の調査を終えることができた一方、本年度事業の開始前に、電力公社PLNが2050年までにカーボンニュートラル達成を目指すことを発表し、またパーム油公社PT.PNも協力を行うことになったため、PT.PN5含む同グループによるEFB活用に関する活動はすべて保留となることを確認した。

そのため、本件のEFBバイオマス発電事業の検討についても一旦保留となり、本年度はバイオマス燃料源のより広範な調査を実施することとした。

調査項目及び概要は以下の通りである。

表 4-3 今年度の調査概要（EFB バイオマス発電事業）

#	調査項目	調査概要
1	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 4-4）
2	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 4-5）
3	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。
5	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。
6	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。
7	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：日本工営作成

表 4-4 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 (SiO ₂)	%	40.28	60.89	74.69	74.60	ASTM D.6349-09
Aluminium Trioxide (Al ₂ O ₃)	%	2.14	1.11	1.12	6.34	ASTM D.6349-09
Iron Trioxide (Fe ₂ O ₃)	%	3.59	2.02	0.93	2.32	ASTM D.6349-09
Titanium Dioxide (TiO ₂)	%	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 (K ₂ O)	%	29.33	10.39	9.68	5.06	ASTM D.6349-09
Sodium Oxide (Na ₂ O)	%	2.11	0.92	0.30	0.22	ASTM D.6349-09
Phosphorus Pentaoxide (P ₂ O ₅)	%	3.30	4.56	4.98	2.24	ASTM D.6349-09
Sulphur Trioxide (SO ₃)	%	5.55	7.55	1.58	5.30	ASTM D.1757-03
Manganese Dioxide (MnO ₂)	%	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 4-5 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

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、ダイセル・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、バイオガス発生ポテンシャルの検討、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等を検討した。



出典：日本工営作成

図 4-4 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ダイセル・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：ダイセル・エボニック

図 4-5 バイオガス分離膜
SEPURAN® Green



出典：PT. Gikoko Kogyo Indonesia

図 4-6 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 4-6 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、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(ダイセルエボニック社の膜を採用)の情報収集を実施した。

出典：日本工営作成

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。

(1) 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）を対象としたバイオCNGプラントの設計を実施した。

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 4-7、表 4-8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 Buatan 工場と 同じ組成であることを前提とした。

また、本精製プラントでは、日本国内でユニット化し、Sei Buatan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 4-7 原料バイオガスの条件

項目	条件
流量(Nm3/h)	520
圧力(MPaG)	0.001
温度(℃)	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

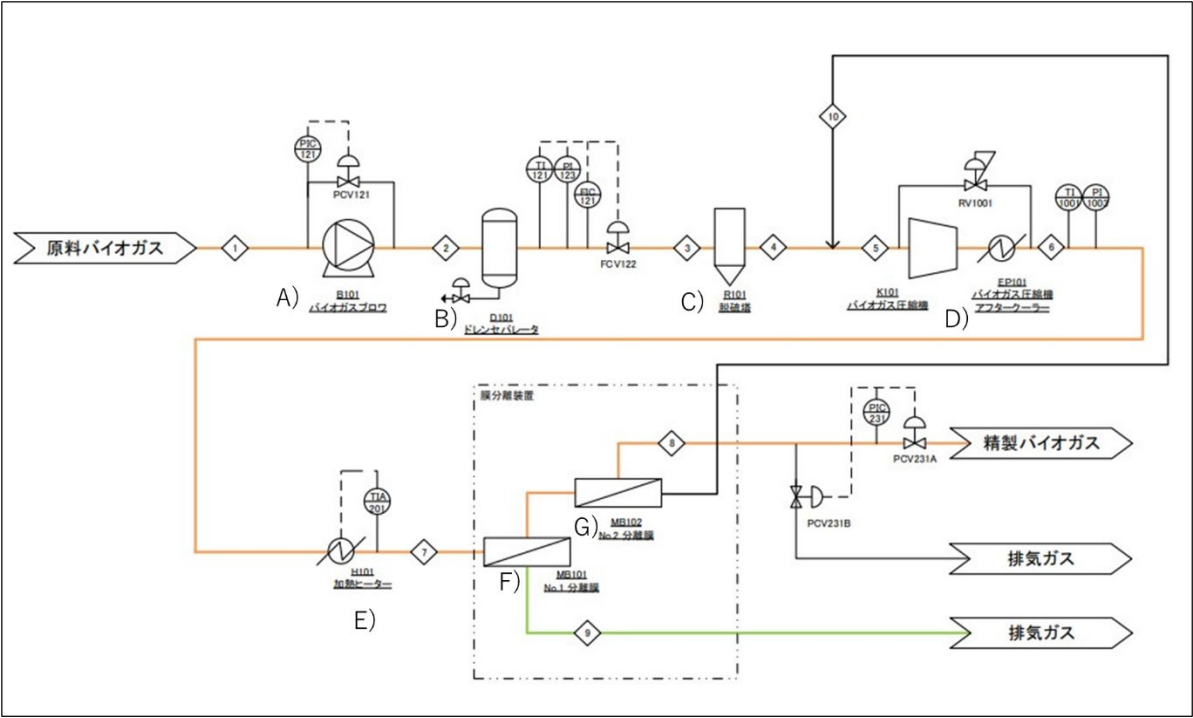
表 4-8 精製バイオガスの組成条件

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) フロー

前項の条件よりフローを検討した結果は、図 4-7、表 4-9の通りである。それぞれのフローの説明を表 4-10にまとめる。



出典:エア・ウォーター

図 4-7 プロセスフローダイアグラム

表 4-9 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	Nm3/h	520.0	520.0	519.9	519.1	708.6	696.9	696.9	314.7	192.7	189.4
圧力	MPaG	0.001	0.030	0.027	0.026	0.026	0.800	0.779	0.761	0.730	0.030
温度	℃	32.3	40.0	40.0	40.0	36.3	10.0	30.0	25.8	28.1	28.7
組成	CH4	60.00	60.00	60.01	60.11	53.60	54.50	54.50	95.50	6.66	35.90
	CO2	34.72	34.72	34.73	34.78	41.90	42.55	42.55	2.27	89.93	61.27
	N2	1.10	1.10	1.10	1.10	1.08	1.10	1.10	1.69	0.20	1.04
	H2S	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	0.77	0.78	0.78	0.88	0.22	1.17
	H2O	2.40	2.40	2.38	2.39	1.80	0.15	0.15	0.00	0.44	0.08
	H2	1.00	1.00	1.00	1.00	0.87	0.89	0.89	0.09	2.53	0.51

出典:エア・ウォーター

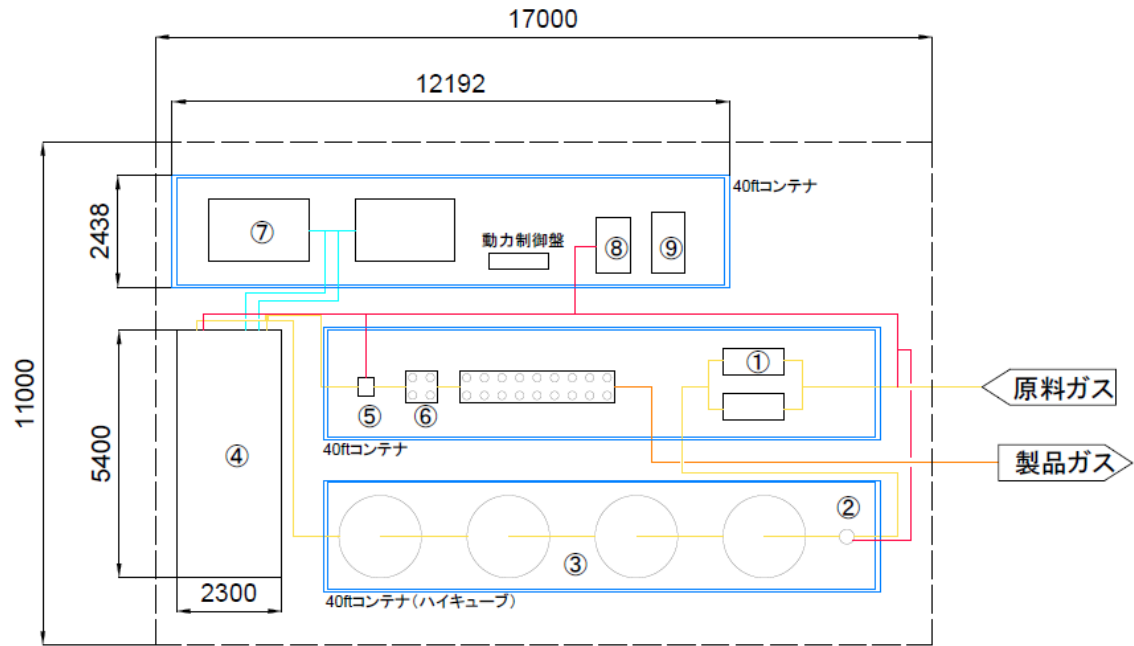
表 4-10 各フローの説明

フロー	概要
A) 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。
B) ドレンセパレーター	バイオガス中の水滴を除去する。
C) 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。
D) 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。
E) 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。
F) 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4 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90%、CH ₄ が約6.6%となる。
G) 2 段目分離膜	2 段目の分離膜は18 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315Nm ³ /h、CH ₄ 濃度96%、CO ₂ 濃度2.3%、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 4-8の通りである。各機器の大きさは表 4-11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40ft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17m×11m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 4-8 計画配置図

表 4-11 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)	2
②	ドレンセパレーター	(胴径) 268 / (胴長) 1,440	-	-	1
③	脱硫塔	(胴径) 1,800 / (胴長) 1,829	-	-	4
④	圧縮機 (ウイング式)	(W) 2,300 × (L) 5,400 × (H) 2,200	防爆	106	1
⑤	ヒーター	(W) 395 × (L) 345 × (H) 1,430	非防爆	6.7	1
⑥	分離膜	(胴径) 184 / (胴長) 1,450	-	-	22
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

(2) 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 4-12 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	
②	弁・計器	
③	製作費	
④	動力・制御盤	
⑤	設計費	
⑥	輸送費	
⑦	据付費	
⑧	基礎工事	
⑨	予備費	
合計		

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 4-13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、本検討では支給条件が不明であったため、今回は32度の冷却水が支給されるという前提で必要水量を算出した。今後、現地に冷却塔を設置することで必要冷却水量を削減することが可能となる。

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 4-13 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	
	電力	250 kW	
メンテナンス	主要機器	---	
	脱硫塔充填剤	---	
	その他	---	
合計			

出典：エア・ウォーター

(3) 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再検討した。なお、バスの年間燃料使用量については、コロナ前の2020年1月の実績値を基に計算している。

表 4-14 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	314.5	Nm3/h	シミュレーション結果
b	年間稼働時間	3,600	h/year	想定
c	年間バイオ CNG 生産量	1,132,200	Nm3/year	=a x b
d	年間バイオ CNG 生産量	756.3	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	34,034	TJ/year	=d x e
g	バス年間ディーゼル消費量	1,942,594	L/year	プカンバル市交通局
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	50.6	%	=j / g
l	年間ディーゼル削減量	959,641	L/year	=g (1-k)
m	排出係数	0.0726	tCO2/TJ	IPCC2006
n	年間 GHG 削減量	2,408	tCO2/year	=i x j x k x m /10 ⁶

出典：日本工営作成

4.1.3 バイオディーゼル製造由来グリセリン燃料事業

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。

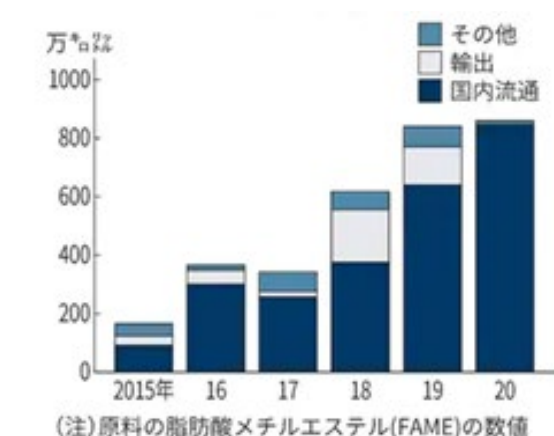
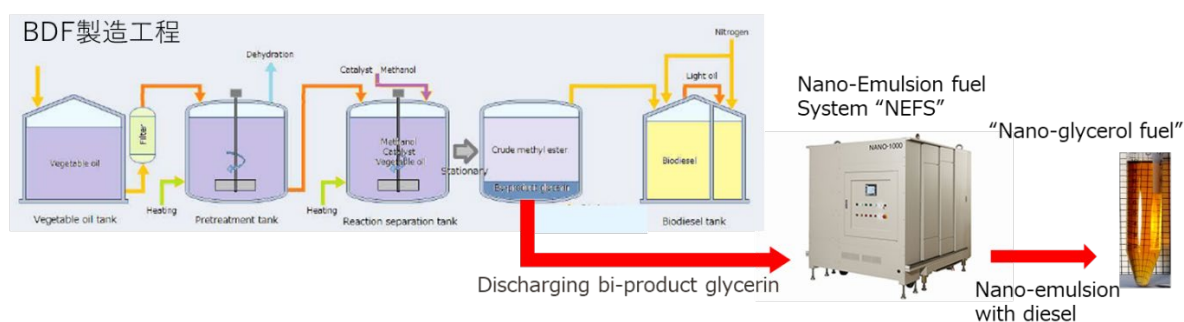


図 4-9 インドネシアにおける FAME 生産量

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。

上記の背景から、ナノフュエル社（川崎市内企業、GIC会員企業）が進める、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及び興和社とのインドネシアで事業化検討を、本事業において支援した。



出典：ナノフュエル社資料を基に日本工営作成

図 4-10 ナノグリセリン燃料の製造プロセス

(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年に対象を受賞している。



出典：ナノフュエル

図 4-11 ナノエマルジョン
燃料製造装置「NEFS」

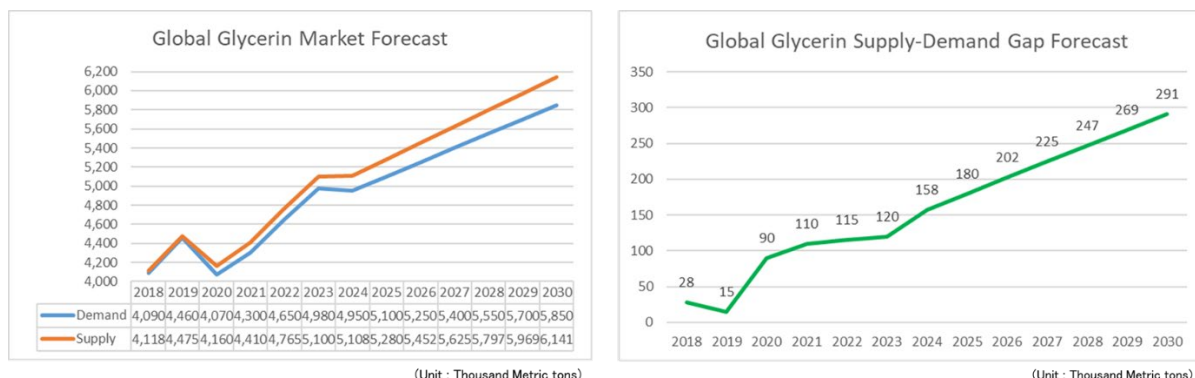
(2) グリセリン市場の概況

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、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

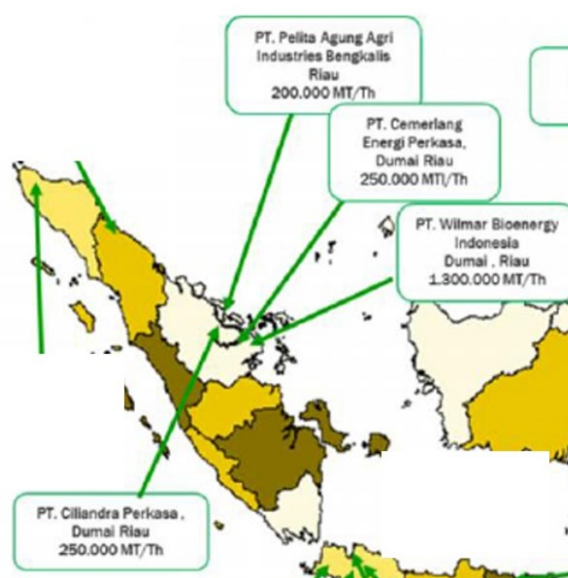
ナノグリセリン燃料事業の実施に向けたステップとして、まず、インドネシアで発生した副生グリセリンを用いたグリセリン燃料生産技術の確認が必要である。そのため、副生グリセリンのサンプルの提供依頼を行った。

インドネシア国内には20のBDF工場が存在し、そのうちリアウ州に7工場が存在する。それぞれの所在地およびFAME生産容量は以下の通り。

表 4-15 リアウ州内の BDF 工場

#	工場名	場所	FAME 生産容量 (kL/year)
1	PT Wilmar Bioenergi Indonesia	Dumai	1,395,000
2	PT Bayas Biofuels	Indragiri Hilir	750,000
3	PT Cemerlang Energi Perkasa	Dumai	600,000
4	PT Intibenua Perkasatama	Dumai,	385,000
5	PT Dabi Biofuels	Dumai	360,000
6	PT Ciliandra Perkasa	Dumai	250,000
7	PT Pelita Agung Agrindustri	Bengkalis	200,000

出典：エネルギー・鉱物資源省令 No. 252.K/10/MEM/2020 を基に日本工営作成



出典：BPPT

図 4-13 リアウ州内の主な BDF 工場の位置

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。

一方、本事業終了時点までに、サンプルの提供が可能な工場は存在しなかった。主な理由として、1) グリセリンの今後の見通しについての理解が進んでいないこと、2) 工場のプロセスにおいて、副生グリセリンは直接、精製工程につながっているため取り出すことができないこと、が挙げられる。1) については、前項に示したグリセリン需給の今後の見通しや関連情報を示し、BDF工場側の理解を促進することが必要である。また、1) 2) に共通して、現在の精製グリセリン販売から、ナノグリセリン燃料製造（もしくは副生グリセリンとしての販売）への転換による経済的メリットを示す必要がある。

(4) テナヤン工業団地におけるパーム油産業開発との協業可能性の検討

プカンバル市内で開発中のテナヤン工業団地の運営公社であるPT.SPPへの聞き取りにおいて、団地内にBDF工場を含むパーム油産業エリアの開発が予定されていることを確認した。図 4-14は、当パーム油産業開発に関する記事である。

当エリア開発を予定している国営企業D社との協業可能性を確認することを目的とし、PT.SPP及び同工業団地開発に係る国家計画庁のコンサルタントとの協議を開始した。上述の通り、副生グリセリン発生後、直接グリセリン精製プロセスにつながっている既存のBDF工場に比べ、新設工場では、副生グリセリンを取り出すことを可能とする設計を検討できることから、より効率的に事業化を進めることができると考えており、今後さらなる協議を行う予定である。



出典：https://www.berazam.com/read-126815-2021-02-24-tahun-ini-pabrik-pengolahan-sawit-dibangun-di-kawasan-industri-tenayan.html#sthash.ZpCUQ3aE.fZsmg0yr.dpbs（アクセス 2022/03/06）

図 4-14 テナヤン工業団地におけるパーム油産業開発に関する記事

(5) GHG 削減効果試算

ナノグリセリン燃料事業によるGHG削減効果試算を、生産容量を3,000 L/hと想定し行った。試算結果は以下の通り。

表 4-16 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容量	3,000	L/h	想定
b	グリセリン燃料年間生産量	21,024,000	L/yr	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	47,920.1	tCO2/year	= e x f 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	29031.0	tCO2/year	= e x g x i / 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

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、工業団地におけるエコグリッド事業、及び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。

- 1) 再生可能エネルギー利用によるCO2削減（環境負荷の低減）
- 2) エネルギーの地産地消、地域資源の活用
- 3) エネルギーコスト低減
- 4) 地域産業の活性化と地域資金の好循環化
- 5) エネルギーの供給信頼性向上
- 6) 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）
- 7) 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 工業団地におけるエコグリッド事業

(1) テナヤン工業団地におけるエコグリッド検討

前項2.2.4で記載の通り、プカンバル市は現在テナヤン工業団地をエコ工業団地として開発する意向があることから、運営公社であるPT.SPPからの情報提供を基に川崎市内企業かつGIC会員企業である株式会社シーエスデー（以下、シーエスデー）が持つEMS（エネルギーマネジメントシステム）技術の導入可能性について検討を行った。

しかしながら、現地傭人を介してPT.SPPと協議を行ったところ、工業団地の建設進捗が遅れていることからEMS導入検討するための十分な情報提供が受けられなかった。そこで次項に示す検討に切り替えることとなった。



出典：プカンバル市

図 4-15 テナヤン工業団地の完成イメージ

(2) プカンバル市新市庁舎における EMS 技術導入検討

上述の状況を踏まえ、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。

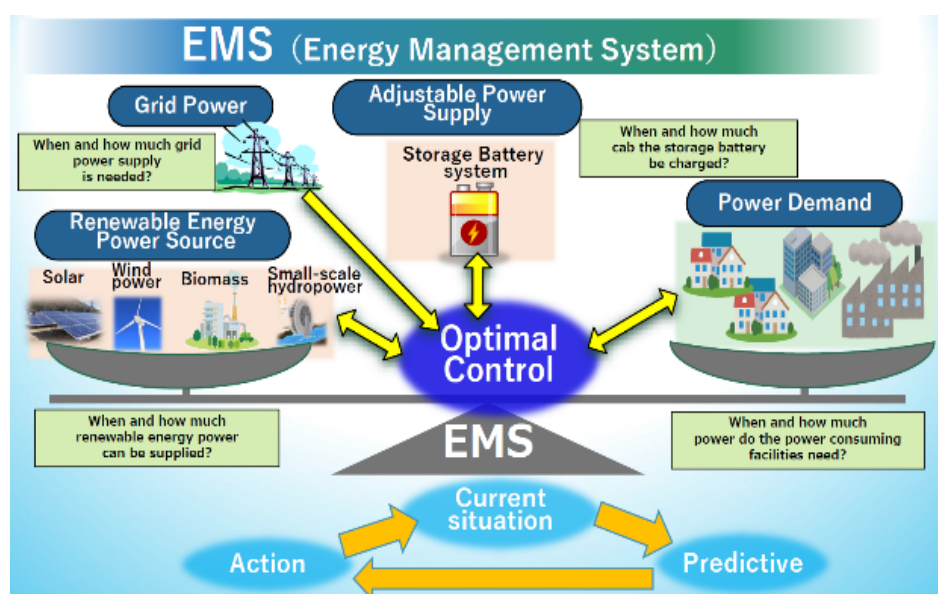
EMSは、系統電源がいつどの程度必要か、再エネ電源がいつどの程度供給可能か、蓄電池がいつどの程度充電・放電が可能か、電力消費施設がどの程度電力が必要かについて現状を把握し、今後の予測をしてエネルギー全体を最適制御する。

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 4-16 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 4-17 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

<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。各数値は現地傭人を介し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。

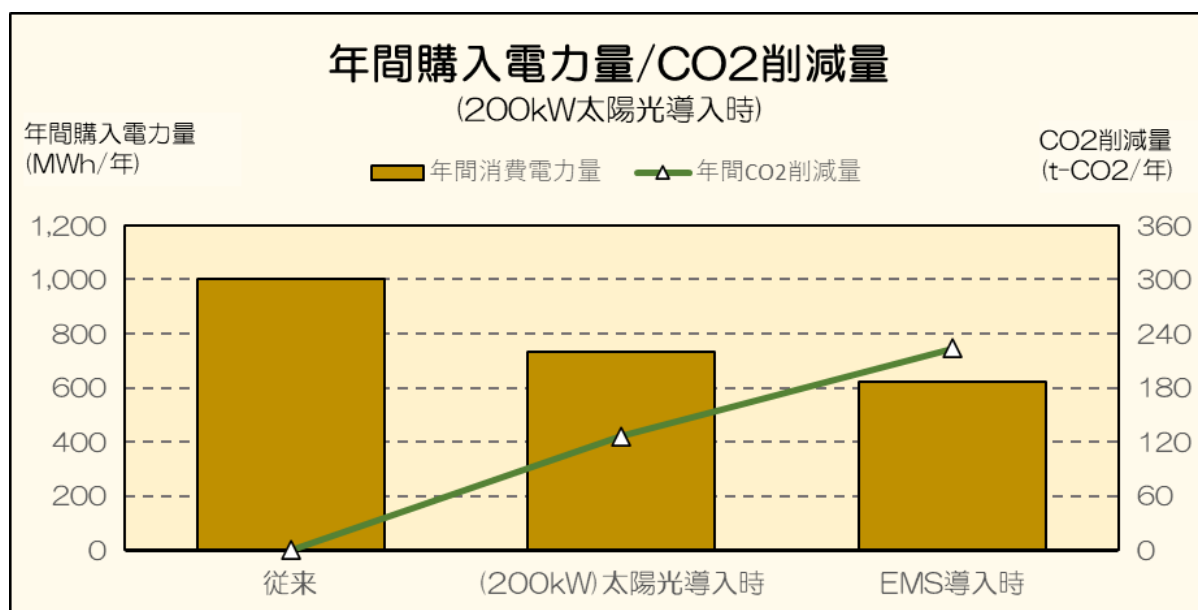
表 4-17 a～dより、市庁舎に200kW太陽光発電システムを導入した際の年間GHG削減量は126 t-CO₂となることが分かった。また、EMSと蓄電池を導入した際の削減効果を15%としたとき年間GHG削減量は224 t-CO₂となり、EMSによるGHG削減効果が示された。

表 4-17 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	1,000	MWh/年	仮定データ
b	太陽光発電の年間発電量	267	MWh/年	太陽光パネル容量: 200 kW Global Solar Atlas ³ より
c	排出係数	0.473	t-CO ₂ /MWh	JCM 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)	126	t-CO ₂ /年	= b × c
e	蓄電池+EMS による削減効果	15	%	- 蓄電池容量: 250 kWh 仮定データ - EMS=PV 最適制御+調光制御+空調制御
f	排出係数	0.89	t-CO ₂ /MWh	JCM 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)	377	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)	224	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>

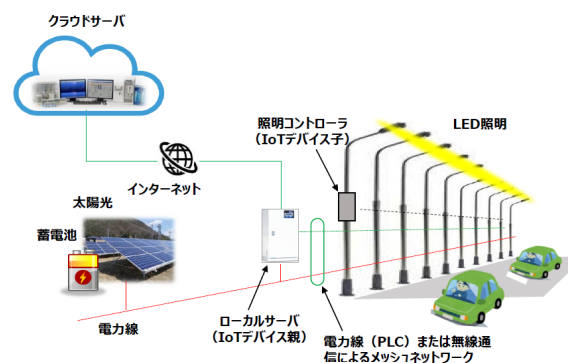


出典:シーエスデー

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

4.2.2 LED 街路灯導入事業の検討

プカンバル市交通局が現在、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、OMコストの大幅な削減も期待できる。



出典：シーエスデー提供資料

図 4-19 LED 街路灯と EMS 技術の組み合わせイメージ

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 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 街路灯電源として再エネ電源（太陽光など）の活用によるCO2排出削減

<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。各数値は現地傭人を介し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

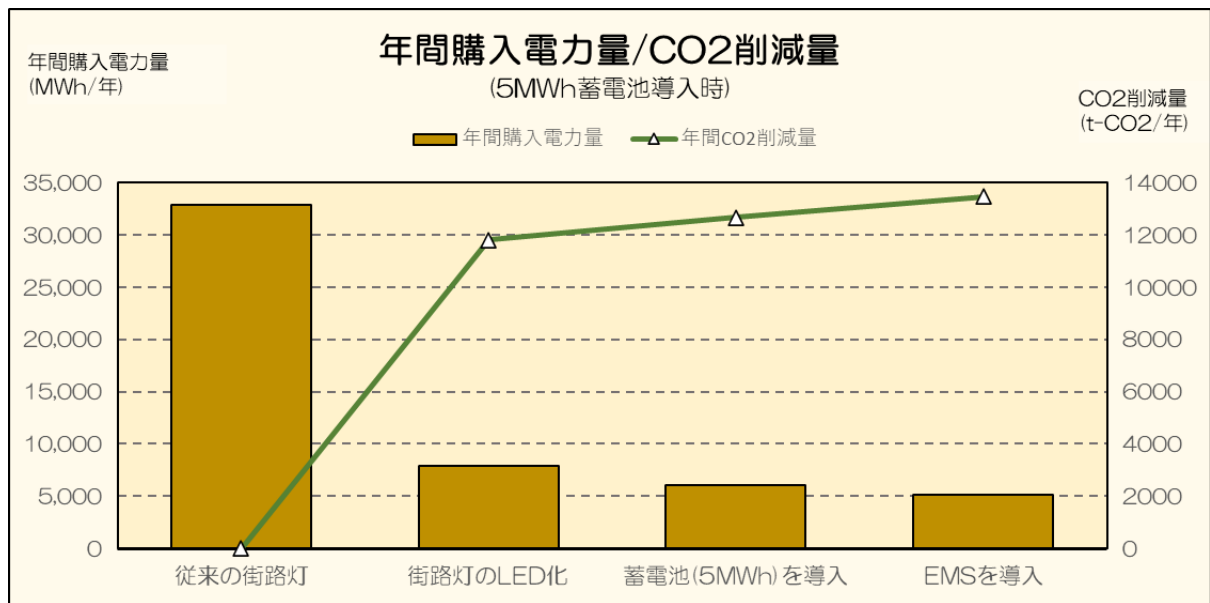
- ・蓄電池による購入電力量の削減効果=3～6%（蓄電池規模による）
- ・制御による電力量削減効果=10%前後（制御対象、内容により変動）

と仮定し、総合的效果を15%とした。

表 4-18 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: 30,000 点灯時間: 12 hours 従来の街路灯の電力消費量: 250W
b	従来の街路灯の年間電力消費量	32,850	MWh/年	= a (30000×12×250×365×10 ⁻⁶)
c	年間電力消費量 (LED 街路灯導入時)	7,884	MWh/年	LED 街路灯の電力消費量: 60W =30000×12×60×365×10 ⁻⁶
d	年間電力削減量 (LED 街路灯導入時)	24,966	MWh/年	= b - c
e	排出係数	0.473	t-CO ₂ /MWh	JCM 設備補助事業公募要領 (再生可能エネルギー、Sumatera)
f	年間 GHG 削減量 (LED 街路灯導入時)	11,809	t-CO ₂ /年	= d × e
g	年間電力削減量 (PV+蓄電池)	1,825	MWh/年	蓄電池容量: 5 MWh
h	年間電力削減量 (LED 街路灯+PV+蓄電池)	26,791	MWh/年	= d + g
i	年間 GHG 削減量 (LED 街路灯+PV+蓄電池)	12,672	t-CO ₂ /年	= e × h
j	EMS の削減効果	15	%	仮定データ EMS=調光制御
k	排出係数	0.89	t-CO ₂ /MWh	JCM 設備補助事業公募要領 (省エネルギー、Sumatera)
l	年間電力削減量 (LED 街路灯+PV+蓄電池+EMS)	27,700	MWh/年	= b - ((c - g) × (1 - i/100))
m	年間 GHG 削減量 (LED 街路灯+PV+蓄電池+EMS)	13,481	t-CO ₂ /年	= i + (l - h) × j

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 4-20 LED 街路灯及び EMS 技術導入検討結果

第5章 コロナ禍における課題と調査の留意点

本年度の都市間連携事業は、前年に引き続き新型コロナウイルス拡大の影響を被った。例年であれば主要な活動となる、現地調査、両都市間の協議、現地ワークショップ、都市間連携セミナー等の開催が完全オンラインとなったことで、物理的な制約の下、実施することとなった。コロナ禍において、創意工夫を持って実施できた活動や代替案に変更した活動、あるいは今後へ持ち越しとした活動などを、次年度の参考として以下に取りまとめた。

5.1 新型コロナ感染拡大による影響

国際通貨基金（IMF）の報告(2022年1月)によれば、新型コロナウイルスの世界的な感染拡大の影響により、2021年における世界の経済成長率は5.9%、さらに2022年には4.4%まで減速する見込みであると発表している⁴。

また、インドネシアの経済成長率は、2019年が5.0%、2020年には-2.0%に落ち込み、2021年は3.1%と回復基調にはあるが未だ低い成長率に留まっている⁵。

インドネシアの新型コロナウイルス感染者数は、2022年3月6日時点で累計572万人を超えており、東南アジアで最も感染者数が多い国である⁶。リアウ州においても、2022年3月5日時点で累計144,418人の感染者がおり、1日あたり数百人規模の感染が広がっている⁷。

表 5-1 リアウ州での新型コロナウイルス感染状況（2022年3月5日時点）

NO	DISTRICT / CITY	NUMBER OF CASES			NUMBER OF CURE CASES			NUMBER OF DEATH CASES		
		03 March 2022	04 March 2022	CUMULATIVE CASES	03 March 2022	04 March 2022	CUMULATIVE CASES	03 March 2022	04 March 2022	CUMULATIVE CASES
1	PEKANBARU	60573	264	60837	55874	384	56258	1328	3	1331
2	KAMPAR	9765	35	9800	8773	77	8850	408	2	410
3	PELALAWAN	3621	8	3629	3323	3	3326	184	0	184
4	INDRAGIRI HULU	6685	50	6735	6152	31	6183	206	2	208
5	INDRAGIRI HILIR	5825	33	5858	5519	5	5524	192	0	192
6	DUMAI	11099	57	11156	10297	31	10328	250	0	250
7	KEP. MERANTI	2151	6	2157	1974	0	1974	75	1	76
8	BENGKALIS	9376	20	9396	8749	16	8765	414	3	417
9	SIAK	10210	13	10223	9596	33	9629	310	2	312
10	KUANTAN SINGINGI	5834	15	5849	5529	21	5550	165	0	165
11	ROKAN HILIR	5449	47	5496	5092	10	5102	218	1	219
12	ROKAN HULU	5704	19	5723	5080	19	5099	360	0	360
13	LUAR PROVINSI	7459	100	7559	6307	0	6307	106	1	107
TOTAL		143751	667	144418	132265	630	132895	4216	15	4231

出典:リアウ州 COVID-19 特設サイト (<https://corona.riau.go.id>)より日本工営一部加筆

⁴ 国際通貨基金（IMF）ホームページ <https://www.imf.org/ja/Publications/WEO/Issues/2022/01/25/world-economic-outlook-update-january-2022>

⁵ IMF data base : <https://www.imf.org/en/Publications/SPROLLS/world-economic-outlook-databases>

⁶ Peta Sebaran | Covid19.go.id : <https://covid19.go.id/peta-sebaran/>

⁷ <https://corona.riau.go.id/>

5.2 コロナ禍における業務実施の課題および留意点

新型コロナウイルス感染拡大の影響を受け、日本からの渡航だけでなくLOIの締結業務や現地企業との面談等において円滑な実施が難しい場面があったため、現地企業2社及び現地傭人2名の活用によりリモートで活動を実施した。都市間連携活動については、初年度から本事業に参加しており先方政府との人脈があり、かつかつての経験から自治体行政に明るい現地傭人Aを活用し、自治体との協議、情報共有等を行った。一方JCM事業化検討については、現地協力企業2社に加え、パーム油関連技術・事業に明るく、また現在中央政府機関にも籍を置いている関係で民間企業等に対する情報収集がしやすい現地傭人Bを活用し現地調査を行った。このように適材適所の現地人材を活用することで、円滑に活動を進めた。

以上の対策により、新型コロナウイルスの影響は緩和できたものの、次年度以降はJCM案件形成調査を円滑に進める上で、JCM設備補助事業申請に向けた現地企業との密な協議は必須である。そのため、新型コロナウイルスの感染収束が見通せない場合には、より一層活動の工夫が求められる。

第6章 3か年計画における進捗・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）に開始した。令和元年度事業（2019年度）の開始時には、今年度（2021年度）終了時までの3か年計画を設定したが、当初よりテーマとしていた環境調和型社会形成に係る支援に加え、2年目からプカンバル市の2050年ゼロカーボンシティ形成に係る支援を開始した。

下図は、本年度提案時点での3か年計画である。なお、作成時点では、令和2年度事業が2次公募での採択となったこと、また新型コロナウイルス感染拡大に伴う現地渡航の制限等による活動の遅延を鑑み、令和4年度まで延長することを提案していた。

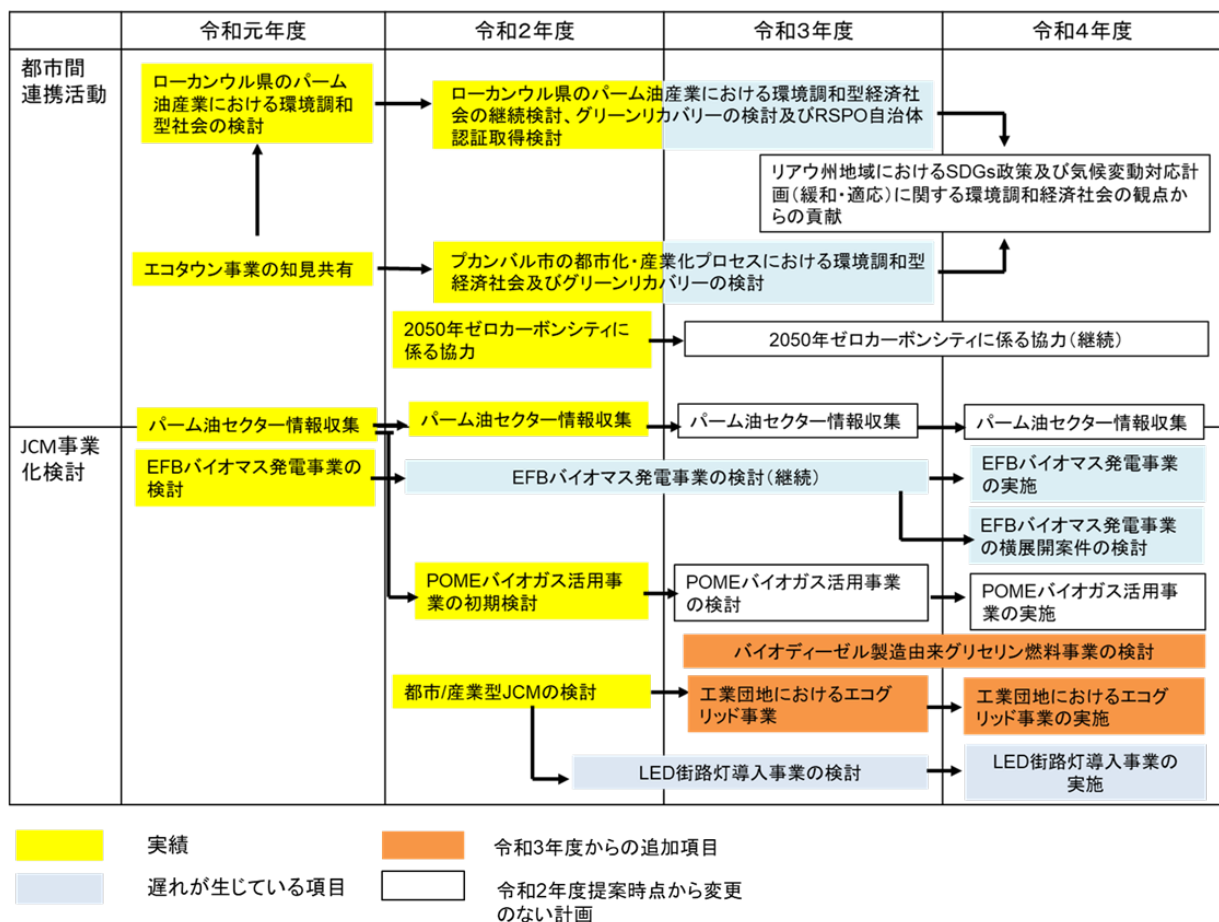


図 6-1 3か年計画（令和3年度（2021年度）提案時点）

本年度は3か年計画の最終年度である。3か年経過時点での計画の進捗及び達成状況を下表にまとめた。

表 6-1 3 か年計画の進捗・達成状況

セクター	進捗・達成状況
(1)都市間連携活動	
環境調和型社会形成及びグリーンリカバリー支援	計画初年度は、現地でのワークショップ等を通して、環境調和型経済社会、河川浄化等に係る川崎市の知見を共有するとともに、本邦招聘を通して、川崎市内施設の見学を行った。 2年目以降は、新型コロナ感染拡大の影響を受け、すべてオンラインでの活動となったものの、オンラインワークショップや動画提供により川崎市の知見共有を継続するとともに、年に一度、GIC 会員企業とプカンバル市によるビジネスマッチングを実施し、GIC 会員企業より、環境調和型経済社会形成及びグリーンリカバリーに資する技術・製品の紹介が行われた。
ゼロカーボンシティ形成支援	2年目より、プカンバル市の 2050 年ゼロカーボンシティ形成に係る支援を開始した。オンラインワークショップにおいて、川崎市の脱炭素戦略「かわさきカーボンゼロチャレンジ 2050」の概要や進捗状況を定期的に共有することに加え、今年度のオンラインワークショップでは、川崎市と別途都市間連携事業を実施しており、また同国内で初めて脱炭素計画「RPRKD」を発表したジャカルタ特別州より、同活動に関する情報共有がなされた。 また、川崎市とプカンバル市が準備を進めている LOI は 2050 年ゼロカーボンシティをテーマとすることで合意している他、プカンバル市は脱炭素宣言についても前向きに検討している。
(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	EFB バイオマス発電事業 1 年目より調査を実施。2 年目終了時点までに事業化に向けた大半の調査を終えることができた一方、本年度事業の開始前に、電力公社 PLN が 2050 年までにカーボンニュートラル達成を目指すことを発表し、またパーム油公社 PT.PN も協力を行うこととなったため、本件の検討について一旦保留となっている。そのため、本年度はバイオマス燃料源の追加調査を実施した。 POME バイオガス活用事業 2 年目より調査を開始し、PT.PN5 保有のパーム搾油工場を対象とし、バイオガス発生量の調査、バイオ CNG プラントの設計、CAPEX、OPEX の検討を行うとともに、プカンバル市内バスの燃料転換（ディーゼル→バイオ CNG）のポテンシャルを試算した。 BDF 製造由来グリセリン燃料事業 本年度より調査を開始し、現地 BDF 工場へのコンタクトや、グリセリン市場の調査を実施した。また、プカンバル市内のテナヤン工業団地におけるパーム油産業開発との協業可能性の検討を行っている。
ゼロカーボンシティ形成に資する事業の検討	今年度より、工業団地におけるエコグリッド事業、及び LED 街路灯導入事業の検討を開始。再エネ・省エネ技術と IoT 技術を組み合わせによる削減効果の算定を行った。なお、工業団地については現時点で十分に開発が進んでいないことが判明したことから、今年度は、市庁舎を対象として調査実施した。

出典：日本工営作成

第7章 今後の計画

7.1 令和4年度（2022年度）JCM設備補助事業への取組

第6章までの検討結果を踏まえ、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現在建設中のアチェ州のプラントが完成次第、2022年度以降の設備補助事業として提案したいとのことであった。また、本年の燃料調査の結果を踏まえ、アウラ社が、EFB発電プラントを建設するオプションだけでなく、EFB由来のバイオマス燃料の生産プロジェクトについても有望として並行して検討を行っており、これはPLNが進めるバイオマス混焼の方針に沿うものであることから、案件化の可能性を検討する。

POMEバイオガス事業については、今年度Pre-F/Sが完成したため、同情報を以て、次年度、生産側（POMEを排出する各事業者）、利用側（バイオCNGの活用に関心を有するプカンバル市バス公社およびパーム油関連企業等）に説明を開始し、関心を有する企業との案件形成を行う。なお、バイオガスの発生源としてPOMEではなく家畜糞尿になるものの、本年度検討を行った技術とエンジニアリング検討の結果を活用したバイオCNGの活用事業の可能性がインドネシア国内の他州に存在する。同事業案については資金調達の目途について先行しているため、本調査結果の普及として、まず他州から着手することも検討している。他州での実例を見せることで、リアウ州内での普及が加速することが期待できる。なお、同事業については「コ・イノベーションによる脱炭素技術創出・普及事業」での申請を考えている。

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、本年度当事業を通じマッチングしたパーム事業大手への技術導入の可能性が検討できる。先方が対面での面談を希望することが多く協議に時間を要しているが、引続きフォローを行う。

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バイオCNG事業（コ・イノベでの提案を想定）をインドネシア国内の他州で提案することである。ただし、他事業についても、引続き年度半ばでの申請を行うことができないか引き続き検討したい。

ゼロカーボンシティ形成に資する事業については、代表事業者候補の現地渡航によるさらなるデータ収集と、ビジネスモデルの確定のための協議が重要と考えている。特に新市庁舎に対するEMSや再エネ導入の提案は、初期コストが大きくなることなく想定されるので、2022年度後半での設備補助事業申請も含めた案件形成を継続する。

7.2 都市間連携事業フェーズ2の方針

2021年度で、当初計画の3か年が完了したものの、コロナ禍の直撃を受けたこと、2年次で2次採択となってしまう活動が遅れたこともあり、実際にJCM事業化の達成はまだできていない。一方で、3年間の事業を経て、プカンバル市側から、2050年ゼロカーボンシティ宣言について進める旨の発言が本年度セミナーであり、その支援を担保するプカンバル市、川崎市間のLOIについてもほぼ最終化され、近日中に署名の見込みである。

よって、来年以降も本都市間連携事業を継続する意義は高いと考える。フェーズ2（2022年度～2024年度）継続の方針を7.2.1、7.2.2に示す。

なおローカンウル県については、県の新体制との協議がリモートでは再開できなかったことから、フェーズ2での連携先としては提案しない方針である。一方で、JCM事業を形成するにあたって、ローカンウル県内のパーム油工場が対象となる可能性は引き続いて高いため、事業実施のために、連絡等は引き続き試みる。

7.2.1 都市間連携活動

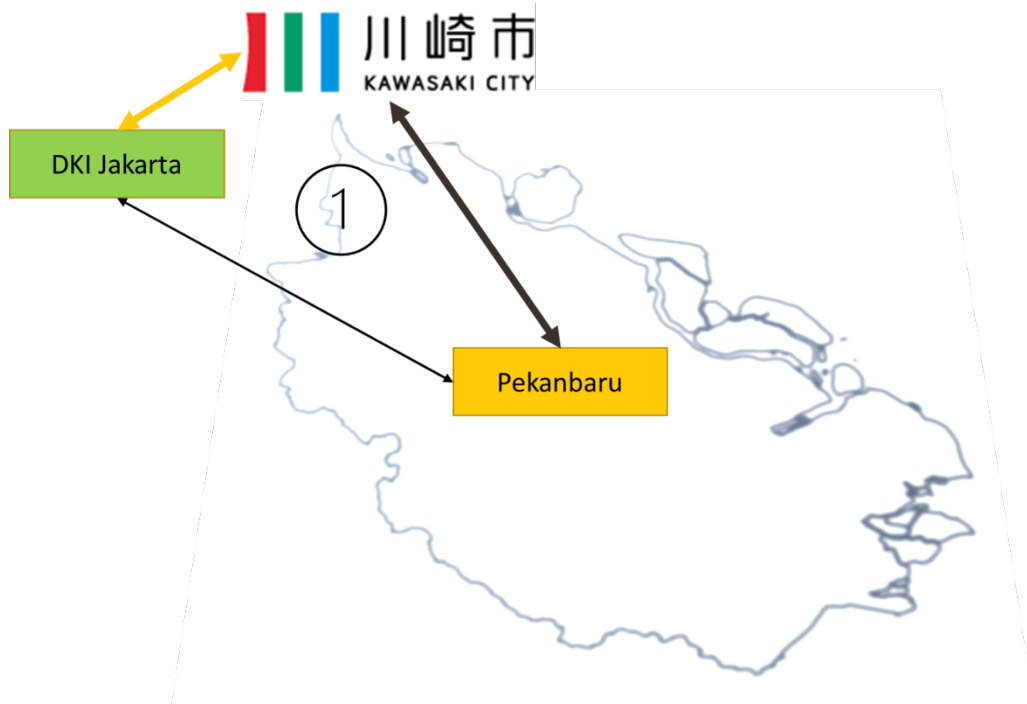
フェーズ2のテーマ：プカンバル市を核とした脱炭素ドミノの実現

本年度、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。

そこで、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。

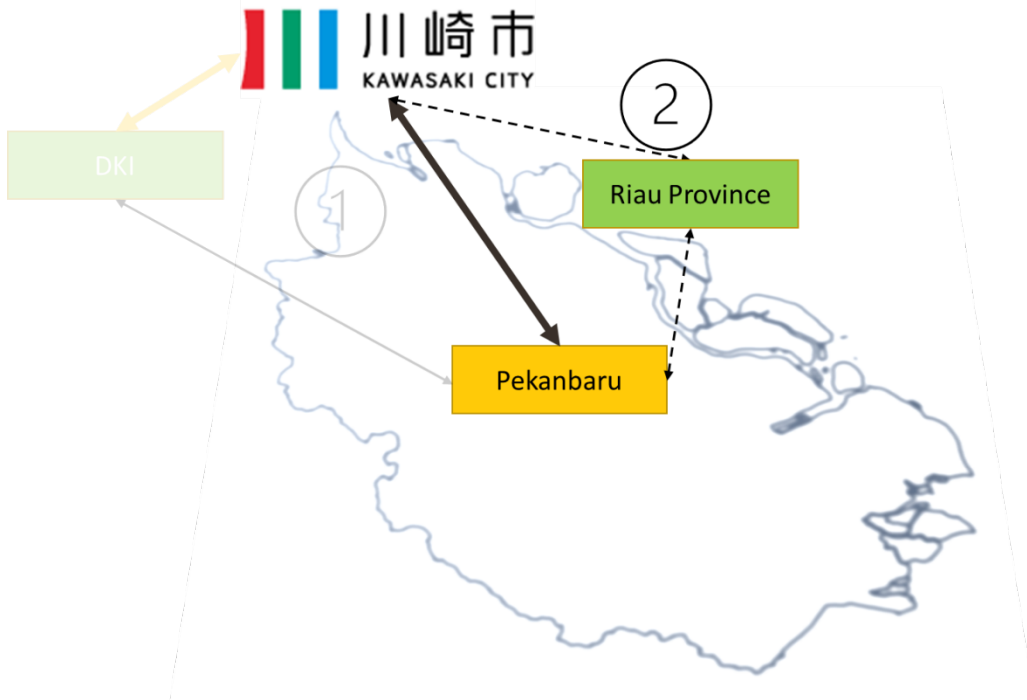
特に本事業で検討している技術の活用可能性としては、リアウ州内では、プカンバル市の他に、臨海地域でパーム油関連産業が多く立地しているドゥマイ県など、またローカンウル県などパーム油の中心的生産地のポテンシャルが高いと考えており、それら自治体との連携が期待される。

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。



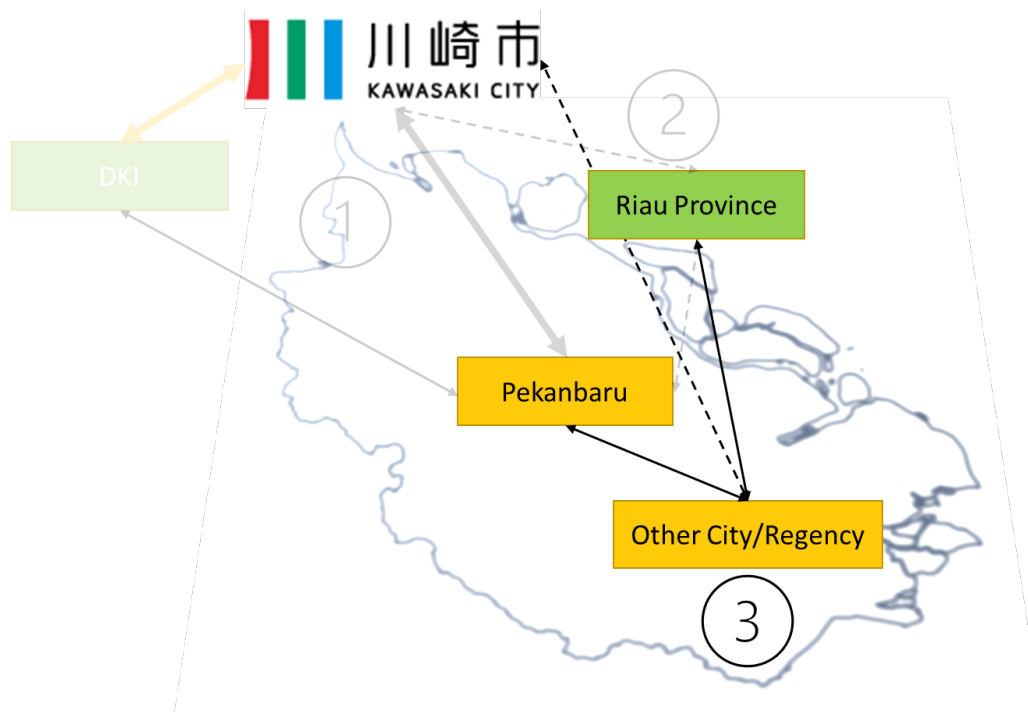
出典：日本工営作成

図 7-1 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 7-2 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 7-3 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

7.2.2 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。

(2) 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。なお、コ・イノベーション事業として他州での実現が先になる可能性があるが、他州での採択実績も活かして、より説得力のある計画としてリアウ州内で展開を行う。

(3) 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。

(4) 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。よって、本年度の調査を踏まえ、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。

(5) 街路灯の LED 化

プカンバル市交通局の街路灯をLEDへ交換する計画について、効果が大きいことは本年度調査を通じても確認できたため、来年度継続して事業化のための検討を実施する。

以上