



環境省

令和4年度環境省委託

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

バンドン市における省エネルギー促進、
モビリティ改善による
脱炭素都市形成支援事業
報告書

令和5年3月
(2023年)

株式会社オリエンタルコンサルタンツ
川崎市

目次

第1章 事業概要	1
1.1 事業の目的.....	1
1.2 事業概要.....	1
1.3 実施体制.....	1
1.4 事業実施計画と今年度の実施工程.....	2
第2章 バンドン市の概要と脱炭素社会形成に向けた取組	4
2.1 バンドン市の概要.....	4
2.2 脱炭素社会形成に向けた取組.....	4
2.2.1 インドネシアにおける脱炭素社会形成に向けた取組.....	4
2.2.2 日本の支援.....	9
2.2.3 バンドン市における脱炭素社会形成に向けた取組.....	12
第3章 建築分野の省エネ促進	14
3.1 バンドン市のグリーンビルディングに係る取組.....	14
3.1.1 グリーンビルディング規則・認証.....	14
3.1.2 公営住宅におけるパッシブデザインの採用.....	16
3.2 モデル事業の検討.....	18
3.2.1 本事業1年次の調査結果概要.....	18
3.2.2 モデル事業候補施設のスクリーニング調査.....	18
3.2.3 BAS (Building Automation System).....	25
3.2.4 BEMS の導入提案.....	27
3.2.5 事業化に向けた方策.....	29
第4章 社会インフラシステムの省エネ促進	36
4.1 本事業1年次の調査結果概要.....	36
4.2 バンドン市の街路灯の現況及び整備計画.....	37
4.2.1 街路灯の現況.....	37
4.2.2 2024年以降の街路灯整備方針・計画.....	38
4.2.3 LED街路灯整備に係わる法制度.....	42
4.3 スマートLED街路灯の導入提案.....	47
4.3.1 スマートLED街路灯の概要.....	47
4.3.2 想定される導入設備、機器.....	49
4.3.3 事業化に向けた方策.....	51
第5章 モビリティ改善と大気質管理	53
5.1 モビリティ改善策.....	53
5.1.1 モビリティ改善に関するバンドン市の取組.....	53
5.1.2 モビリティ改善策の提案.....	56

5.2 大気質モニタリングの改善	61
5.2.1 バンドン市の大気質モニタリングの現況	61
5.2.2 大気質モニタリングの改善に向けた提案	70
5.2.3 次年度の実組案	73
第6章 ワークショップ等の開催、第三国連携の可能性検討	74
6.1 第1回ワークショップ	74
6.2 第2回ワークショップ	76
6.3 第15回川崎国際環境技術展へのブース出展	77
6.4 第三国連携の可能性検討	81
附属資料	
第1回ワークショップ議事録、発表資料	A1-1
第2回ワークショップ議事録、発表資料	A2-1
第15回川崎国際環境技術展ポスター	A3-1

図表リスト

図 1-1	事業実施体制	2
図 2-1	バンドン市地図	4
図 2-2	インドネシアのセクター別 GHG 排出量	5
図 2-3	インドネシアの電源構成の推移	7
図 3-1	バンドン市のグリーンビルディング認証	16
図 3-2	コントロール部分の機器接続イメージ	26
図 3-3	モニタリング部分の表示・操作画面のイメージ (savic-net G5)	26
図 3-4	データトレンド確認画面のイメージ (savic-net G5)	27
図 3-5	BEMS の概念	28
図 3-6	IBMS SCADA の機能	29
図 3-7	ESCO 事業における省エネ効果と保証の関係	31
図 3-8	一般的な省エネ改修工事と ESCO 事業の比較	32
図 3-9	シェアード・セービングの概要	34
図 3-10	ギャランティード・セービングの概要	34
図 4-1	バンドン市内の LED 街路灯	36
図 4-2	各地区の LED 化率と人口密度	39
図 4-3	新規 LED 街路灯設置候補道路	40
図 4-4	E カタログのウェブサイト (LED 街路灯の選択ページ)	46
図 4-5	杉並区に設置された IoT 街路灯システム	47
図 4-6	六本木の繁華街に設置されたスマート LED 街路灯	48
図 4-7	枚方市が導入したスマート LED 街路灯	48
図 4-8	スマートシティ化に貢献する活用事例	50
図 5-1	バンドン市の人口及び車両登録台数	53
図 5-2	混雑路線の位置	54
図 5-3	まちづくりと連携した駐車場施策 (イメージ)	56
図 5-4	駐車場出入口に設置された車種別の満空情報掲示	57
図 5-5	カメラを活用した満空状況の把握イメージ	57
図 5-6	カメラ式駐車場管理システム	58
図 5-7	駐車場情報の提供例	58
図 5-8	公共車両優先システム (PTPS) の仕組み	59
図 5-9	公共交通利用によるメリットの発信例 (健康増進効果)	60
図 5-10	PT Trusur 社製 AQMS 測定機器	64
図 5-11	2021 年のモニタリング結果 (大気質常時監視)	65
図 5-12	2022 年 1~11 月のモニタリング結果 (大気質常時監視)	66
図 5-13	2021 年のモニタリング結果 (面的大気質測定)	66
図 5-14	沿道の大气汚染測定地点	67
図 5-15	モバイルセンシングによる測定の事例	71

図 5-16	定点センサーによる大気質モニタリングの事例	71
図 5-17	インドネシアの ISPU を公開しているウェブサイト	72
図 5-18	アプリケーションの画面例	72
図 5-19	動画マニュアルの例	73
図 5-20	次年度の取組案	73
表 1-1	実施工程.....	3
表 2-1	インドネシアのセクター・シナリオ別 GHG 排出予測値及び削減量.....	5
表 2-2	インドネシアにおけるエネルギー・トランジションの取組	6
表 2-3	RUPTL 2021-2030 による電源構成シナリオ	8
表 2-4	国営・民間企業による取組	8
表 2-5	公的機関による支援.....	10
表 2-6	日本企業による事業・協力	11
表 2-7	バンドン市の GHG 排出量（2021 年）	12
表 2-8	バンドン市の環境局戦略計画に示されている取組方針	13
表 3-1	グリーンビルディングに係る 2016 年市長令と 2021 年行政令の比較	14
表 3-2	建設の各段階における評価項目	15
表 3-3	計画段階における各評価項目のスコア、重みづけ、評価内容.....	15
表 3-4	パッシブデザインを採用した公営住宅	17
表 3-5	本事業 1 年次の調査結果	18
表 3-6	調査対象施設	20
表 3-7	スクリーニング調査で収集した情報	21
表 3-8	算定結果（Bandung Indah Plaza）	22
表 3-9	算定結果（Rumah Sakit Hasan Sadikin）	23
表 3-10	算定結果（Trans Studio Bandung）	23
表 3-11	算定結果（Trans Studio Mall）	24
表 3-12	算定結果（Rumah Sakit Santo Borromeus）	24
表 3-13	JCM 設備補助を適用した場合の費用対効果	25
表 3-14	エネルギー管理の流れ	28
表 3-15	インドネシアにおける類似事業	30
表 3-16	事業の各フェーズにおける実施内容	31
表 3-17	インドネシアの ESCO 関連法規	33
表 3-18	事業者へのインセンティブ・ディスインセンティブ	33
表 4-1	バンドン市内の道路及び街路灯の現況	36
表 4-2	LED 化による使用電力削減量、CO2 排出削減量	37
表 4-3	2021～2023 年の街路灯設置推移	38
表 4-4	各地区の街路灯設置数と使用電灯	39
表 4-5	新規 LED 街路灯設置候補道路リスト	41
表 4-6	道路種別と道路状況や歩行者との接触を考慮した平均照度	42
表 4-7	公共調達方法	44

表 4-8	E カタログの登録手順と必要書類.....	45
表 4-9	E カタログへの商品登録.....	45
表 4-10	IoT 街路灯システムの主な特長	49
表 4-11	事業の概要	51
表 5-1	路上駐車による交差点部の交通容量の低下	54
表 5-2	モビリティ改善に関するバンドン市の取組.....	55
表 5-3	EV 等の取組.....	61
表 5-4	大気質モニタリングに関する規則	62
表 5-5	大気汚染指数の区分	63
表 5-6	沿道測定 of 測定項目と基準	64
表 5-7	PT Trusur 製 AQMS 測定機器の仕様.....	65
表 5-8	測定項目	68
表 5-9	沿道測定の結果（2022 年）	68
表 5-10	大気質モニタリングの主な手法	70
表 6-1	ワークショップ等の開催実績.....	74
表 6-2	第 15 回川崎国際環境技術展の概要	77
表 6-3	川崎市内の取組	79
表 6-4	企業からの情報収集.....	80
表 6-5	川崎市の海外視察・研修実績.....	81

略語表

略語	正式名称	日本語
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AETI	Asia Energy Transition Initiative	アジア・エネルギー・トランジション・イニシアティブ
APBD	Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah	地方予算
AQI	Air Quality Index	大気質指標
AQMS	Air Quality Monitoring System	大気質モニタリングシステム
ATCS	Area Traffic Control System	エリアトラフィックコントロールシステム
BAS	Building Automation System	ビルオートメーションシステム
BEMS	Building and Energy Management System	ビルエネルギー管理システム
CCS	Carbon dioxide Capture and Storage	二酸化炭素回収・貯留
CCUS	Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage	二酸化炭素回収・有効利用・貯留
CIF	Climate Investment Funds	気候投資基金
ESCO	Energy Service Company	エネルギーサービス会社
ETM	Energy Transition Mechanism	エネルギー・トランジション・メカニズム
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関
IKLH	Kualitas Lingkungan Hidup	環境品質指数
INDC	Intended Nationally Determined Contribution	各国が自主的に決定する約束草案
IoT	Internet of Things	モノのインターネット
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
JETP	Just Energy Transition Partnership	公正なエネルギー移行パートナーシップ
JFJCM	Japan Fund for the Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度日本基金
KLHK	Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan	インドネシア環境林業省
NDC	Nationally Determined Contribution	国が決定する貢献
PLN	PT Perusahaan Listrik Negara	インドネシア国営電力公社
PPP	Public Private Partnership	官民連携
PSI/ISPU	Pollution Standard Index/Indeks Standar Pencemar Udara	大気汚染指数
PTPS	Public Transportation Priority System	公共車両優先システム
RPJMD	Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah	地方中期開発計画
RPJMN	Rencana Pembangunan. Jangka Menengah Nasional	国家中期開発計画

第1章 事業概要

1.1 事業の目的

令和3年（2021年）11月に開催された気候変動枠組条約第26回締約国会議（COP26）の合意文書を以て、産業革命前からの気温上昇を1.5℃に抑えることが、世界の新たな目標として確認された。この目標達成には、各国において、州、市、区等、様々なレベルにおいて取組を加速させることが必要不可欠である。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600以上（2022年4月30日現在）にまで急増しており、令和3年（2021年）6月に策定された地域脱炭素ロードマップの下、先進的な対策を各地で創出し、全国に拡大するような取組が進められている。

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。

本事業では、日本の研究機関・民間企業・大学等が、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、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を実施する。

1.2 事業概要

委託業務名：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

バンドン市における省エネルギー促進、交通インフラシステム改善による脱炭素都市形成支援事業

履行期間：令和4年7月8日～令和5年3月10日

発注者：環境省 地球環境局 国際脱炭素移行推進・環境インフラ担当参事官室

受託者：株式会社オリエンタルコンサルタンツ

1.3 実施体制

本事業は、川崎市と、バンドン市の国際協力室、環境局、交通局、都市計画局を中心となって実施された。川崎市とバンドン市は、川崎市が主催した第3回アジア・太平洋エコビジネスフォーラム（2007年）への参加を契機に、その後の毎年のフォーラムへの参加を通じて、先進的な環境技術や国内外の環境施策の情報交換を継続している。2014年度と2015年度に「アジアの低炭素社会実現のためのJCM大規模案件形成可能性調査」を実施し、建物への省エネ設備の導入、街路灯のLED化、廃棄物処理、商業施設へのエネルギー管理シ

システム導入に係る調査を実施した実績がある。両市は、2016年2月に「低炭素で持続可能な都市形成に向けた都市間連携事業に関する覚書」を締結し、JICA草の根技術支援事業や環境省のプログラムを活用した、主に廃棄物管理能力向上や河川の水質改善プロジェクトを実施してきた。また川崎市は「かわさきグリーンイノベーションクラスター」により、市の環境技術・環境産業を生かした地域経済の活性化と国際貢献を推進しており、本事業においても会員事業者の協力を得て、省エネ機器の技術的知見が共有された。2020年2月には、両市は持続可能な都市形成に向けた連携をより一層推進するため、覚書を2025年2月まで延長し、これまで取り組んできた廃棄物管理、水環境管理に加えて、大気質管理の促進を目指している。2022年11月には、バンドン市長が川崎市を訪問し、川崎市市長を表敬訪問するとともに、川崎市の大気汚染対策、廃棄物管理、環境配慮型公共交通に関する視察と意見交換を、バンドン市の環境局長、交通局長、都市計画局長らと共に行った。



図 1-1 事業実施体制

1.4 事業実施計画と今年度の実施工程

3年計画の2年次にあたる今年度は、1年次の成果およびバンドン市との議論を深化し、引き続き同市が積極的に取り組むグリーンビルディングの取組みを支援する。具体的には、昨年度検討した高効率空調システムに加えて、建物全体のエネルギーマネジメントシステム（BEMS）の導入検討にかかる実地調査による、建築分野での省エネ促進への貢献に取り組む。

インドネシア有数の人口密度が高いバンドン市では、2015年に「バンドン・スマートシティ・マスタープラン」が発表されているように、スマート化の促進が求められるなか、これまで同市が長年にわたり調査及び導入実施をしてきたLED街路灯の整備に加えて、スマートLEDの提案も検討することで、社会インフラシステム全体を捉えた省エネ促進を図る。

さらに、川崎市とバンドン市の覚書に基づく、環境分野における協働の中で未着手となっている大気質の改善に考慮しつつ、脱炭素化に取り組む。具体的には、1年次調査に引き

続き、大気汚染の主要因の一つとなっている交通分野において、日本や川崎市の知見を活用した公共交通利用促進策やモビリティマネジメントの提案、バンドン市の大気質モニタリングの現状と課題の把握を行い、モビリティ改善による温室効果ガス（GHG）排出抑制と大気質管理の向上に向けた提案を行う。

インドネシア全体における直近の状況として、エネルギー・トランジションの取組みが促進されており、バンドン市においても、インドネシア有数の理工系大学であるバンドン工科大学（ITB）を中心にその動きの加速が見込まれる。今後の本都市間連携事業の取組みにも影響されることが予測されるため、エネルギー・トランジションの動向も注視する。

表 1-1 実施工程

項目	2022						2023			
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
打合せ・報告会			KoM ▲			進捗報告 ▲	中間報告会 ▲	最終報告会 ▲		
(1) 建築分野の省エネ促進										
・モデル事業の検討、スクリーニング調査 ・高効率設備、BEMSの導入提案 ・事業化に向けたESCO等の活用検討 ・グリーンビルディングに係わる最新動向確認	←→									
(2) 社会インフラシステムの省エネ促進										
・街路灯の現況整理 ・LED街路灯整備に係わる計画・法制度の確認 ・スマートLED街路灯の導入提案 ・事業化に向けた方策の検討	←→									
(3) モビリティ改善と大気質管理										
①モビリティの改善策の提案 ・バンドン市による取組内容の整理 ・公共交通利用促進策、エコドライブ推進の紹介と導入可能性検討	←→									
②大気質モニタリングの改善 ・大気質モニタリングに係わる規則・基準の調査 ・大気質モニタリングの現状、実施体制、課題の整理 ・大気質モニタリングの改善に向けた提案			←→							
現地調査(現地関係者による対応含む)			←→	←→			←→	←→		
ワークショップ・展示会等の開催			▲		▲				▲	
月次報告	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
報告書作成				←→						▲ 提出

履行期間：令和4年7月8日～令和5年3月10日

第2章 バンドン市の概要と脱炭素社会形成に向けた取組

2.1 バンドン市の概要

バンドン市は、ジャワ島西部に位置する西ジャワ州の州都で、首都ジャカルタの東南約200kmに位置し、市域面積は167.31km²、市内に30の郡（Kecamatan）がある。標高が700～800mと高く、インドネシアの他の地域より一年を通して涼しい気候である。人口は約244万人で、ジャカルタ、スラバヤに次いで3番目に多い。人口密度はジャカルタが約16,700人/km²、バンドンが約14,600人/km²である。

実質GDP成長率は、2019年まで約7%と、インドネシア全体の平均5%に比べて高く、国の経済発展を牽引する重要な役割を担っている。主な産業は、繊維（全体の約35%）、衣料（15%）、食品（12%）（2020年バンドン市産業通産局）であり工場も多い。古くから西ジャワ州の政治・経済・文化の中心地として発展してきた歴史があり、20校以上の大学をもつ学園都市でもある。



出典：OpenStreetMap

図 2-1 バンドン市地図

2.2 脱炭素社会形成に向けた取組

2.2.1 インドネシアにおける脱炭素社会形成に向けた取組

(1) NDCとカーボンニュートラル宣言

インドネシアは、2018年時点でASEANのGHG排出量の約半分を占めている。またCO₂排出量のみを見ると、2018年時点で世界全体の1.6%を占め、世界9位の排出国である。2015年9月、国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）に先立ち、インドネシアは国連気候変動枠組条約（UNFCCC）事務局に大幅なCO₂削減を目標とする約束草案（INDC）を提出した。2021年11月のCOP26に先立ち同年7月には、そのアップデート版である国が決定する貢献（NDC）と「2050年低炭素・気候強靱化のための長期戦略（LTS-LCCR 2050：Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050）をUNFCCCに提出した。NDC改訂版では、2030年までにGHG排出量を無条件でBAU比29%削減、国際的な支援があることを条件として2030年までにBAU比41%削減を目指すことが示され

ている。また COP26 首脳会議では、今後 GHG 排出量を正味で低下させていき、2060 年までにはカーボンニュートラルを達成する目標を表明し、従来示していた 2070 年から 10 年前倒しした。

表 2-1 インドネシアのセクター・シナリオ別 GHG 排出予測値及び削減量

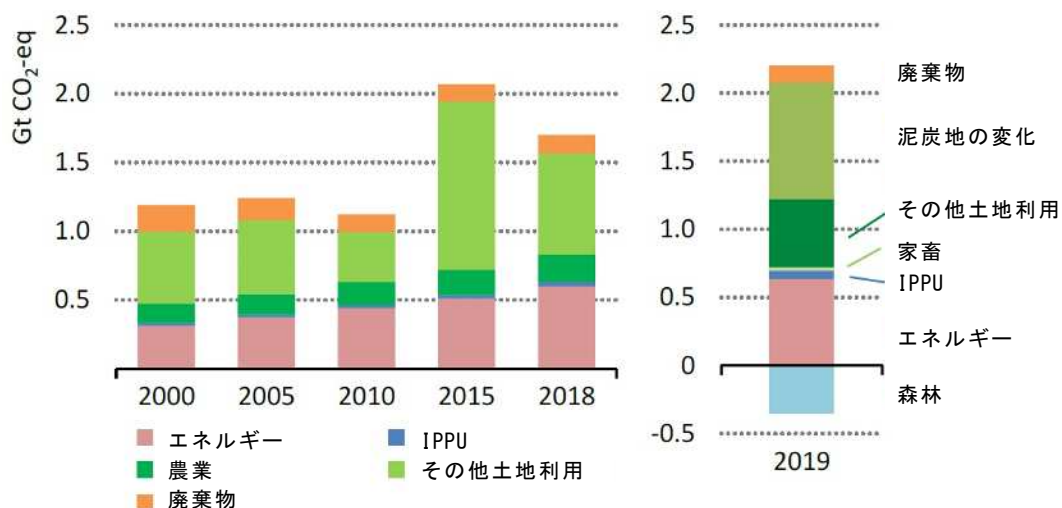
セクター	GHG 排出レベル (2010 年) Mt-CO2I	GHG 排出予測値 (2030 年)			GHG 排出削減量			
		Mt-CO2I			Mt-CO2I			
		BAU	CM1	CM2	CM1	CM2	CM1	CM2
エネルギー	453.2	1,669	1,355	1,223	314	446	11%	15.5%
廃棄物	88	296	285	256	11	40	0.38%	1.4%
工業プロセスおよび製品の使用 (IPPU)	36	70	67	66	3	3.25	0.1%	0.11%
農業	111	120	110	116	9	4	0.32%	0.13%
林業・その他土地利用 (FOLU)	647	714	217	22	497	692	17.2%	24.1%
合計	1,334	2,869	2,034	1,683	834	1,185	29%	41%

BAU：特段の対策のない場合、CM1：国際支援なしの場合、CM2：国際支援を受ける場合

出典：インドネシア NDC 改定版

(2) セクター別 GHG 排出量

セクター別に見ると、林業・その他土地利用の GHG 排出量が多く、NDC 改訂版では、泥炭地や劣化した土地の再生、森林保全・管理に取り組む方針が示されている。さらに近年は、エネルギー分野の GHG 排出量が増加しており、発電における化石燃料への依存から、太陽光、地熱、水力などの再生可能エネルギーの導入拡大による、電源構成の見直しが課題になっている。なお、2022 年の CO₂ の排出削減量は 9,150 万トンであった。



出典：「An Energy Sector Roadmap to Net Zero Emission in Indonesia」国際エネルギー機関、2022 年

図 2-2 インドネシアのセクター別 GHG 排出量

(3) エネルギー・トランジションの取組

COP27（2022年11月）では、政策や目標の大きな見直しは行われなかったものの、インドネシアが議長国を務めたG20バリ・サミットでは、公正なエネルギー移行パートナーシップ（JETP）が締結され、国際支援を条件として、2050年までに電力部門のGHG排出ネット・ゼロを達成することなどが約束された。さらに、アジア開発銀行（ADB：Asian Development Bank）主導によるエネルギー・トランジション・メカニズム（ETM：Energy Transition Mechanism）の発足、気候投資基金（CIF：Climate Investment Funds）による石炭からの移行促進（ACT：Accelerating Coal Transition）プログラムへの参画、2060年までに再エネによる全電力供給を目指す法案の提出など、エネルギー分野におけるGHG排出削減に向けた取組を加速させている。

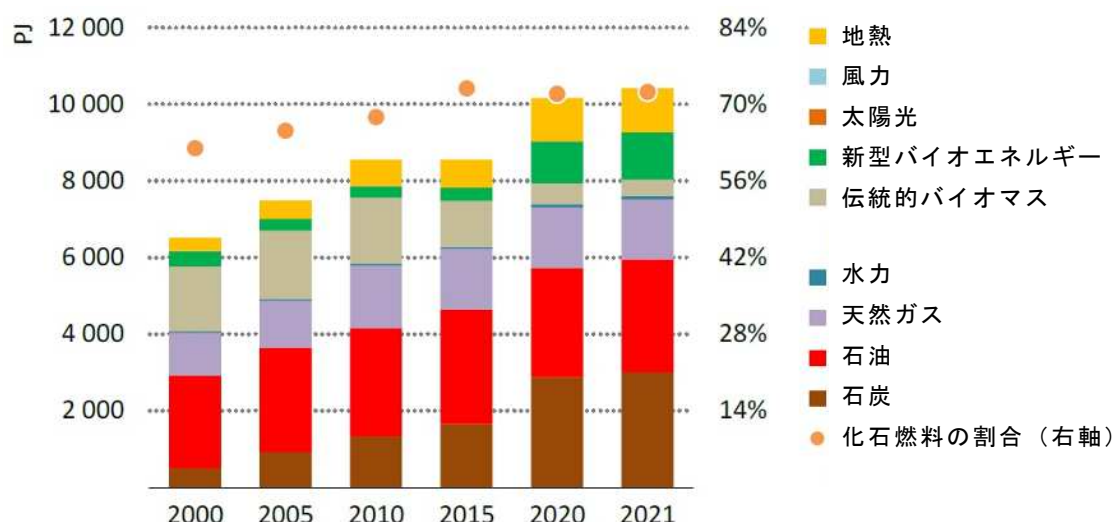
表 2-2 インドネシアにおけるエネルギー・トランジションの取組

CN 宣言 2021年11月	COP26 首脳会議で、2030年までにGHG排出をネットで低下させ、2060年までにカーボンニュートラルを達成する目標を表明
大統領令 No.112/2022 2022年9月	電力供給のための再生可能エネルギー開発の加速に関する大統領令第112号 ・太陽光、水力、地熱、風力、バイオマス、バイオガス発電による電力買い取りの基準価格を提示 ・新規石炭火力発電所の開発を原則禁止
JETP 2022年11月	公正なエネルギー移行パートナーシップ（JETP：Just Energy Transition Partnership） 国際パートナーズグループ（IPG）：インドネシア、日本、アメリカ、カナダ、デンマーク、EU、ドイツ、フランス、ノルウェー、イタリア、イギリス ・インドネシアにおける石炭火力発電所の早期退役、再生可能エネルギーの導入促進を支援し、今後3～5年の間に、200億ドルの拠出を予定 ・インドネシアは、2030年までに電力部門のGHG排出量（2億9,000万トン）をピークとし、2050年までに電力部門のネット・ゼロ排出を達成、また2030年までに全発電量の少なくとも34%を再生可能エネルギーが占めるようにすることを約束 ・計画中のオングリッド石炭火力発電所の既存のパイプラインの凍結、オングリッド石炭発電設備の新規建設中止
ETM 2021年11月	エネルギー・トランジション・メカニズム（ETM） ・ADB 主導によるファイナンス手法で、既存の石炭火力発電所を前倒しで稼働停止し、クリーンな発電施設に置き換えることを目指す ・発足にあたり、日本は2,500万ドルの無償資金を拠出 ・2022年11月、ETMを活用した初の案件として、西ジャワ州のチレボン1石炭火力発電所の事業期間短縮に向けた相互協力に関する覚書を締結 ・インドネシアの他に、フィリピン、ベトナムでもF/Sやパイロット事業が進められている
ACT 2021年11月	石炭からの移行促進プログラム（ACT） ・CIFによる、石炭火力からクリーンエネルギーへの移行を進めるための戦略策定、能力強化、インフラ転換などを支援するプログラム ・インドネシア、インド、フィリピン、南アフリカが参加

炭素税	<ul style="list-style-type: none"> ・2021年10月に施行した「税制の調和に関する法律2021年第7号」に基づき、CO2換算で排出量1kg当たり30ルピアを課税 ・2022年4月から石炭火力発電所で導入を予定していたが、導入開始を2025年に延期（2022年10月発表）
-----	---

出典：調査団

しかし依然として、インドネシアの電力供給は、石炭に依存しているのが実態である。国際エネルギー機関（IEA：International Energy Agency）によると、発電量に占める石炭の割合は、2000年から2021年の間に5倍以上に増加し、総発電量のほぼ3分の2を占めている。インドネシア国営電力公社（PLN：PT Perusahaan Listrik Negara）の「電力供給事業計画（RUPTL 2021-2030）」では、石炭火力発電所の段階的縮小、再生可能エネルギーの導入拡大が示されているが、2030年時点においても石炭火力発電の割合は約6割を占めており、産炭国でもあり経済成長に伴い電力需要が増大するインドネシアでは、引き続き重要な電力供給源となる見込みである。



出典：「An Energy Sector Roadmap to Net Zero Emission in Indonesia」国際エネルギー機関、2022年

図 2-3 インドネシアの電源構成の推移

インドネシアのエネルギー・鉱物資源省の発表（2023年2月）によると、2023年の新・再生可能エネルギーの発電容量は、前年実績から3%増の1万2,925MWが予想され、特に太陽光発電の増加を見込んでいる。発電容量の内訳は、水力発電が6,852.2MWで最大、太陽光発電は432.6MWで風力や地熱より規模は小さいものの、前年からの増加率は60%である。新・再生可能エネルギーの電源構成に占める割合は、2022年の実績は14.1%、2023年は17.9%、2025年は23.0%を目標としている。

表 2-3 RUPTL 2021-2030 による電源構成シナリオ

項目	2025 年	2030 年
新・再生可能エネルギー	23.0%	24.8%
ガス	15.6%	15.4%
石炭	61.0%	59.4%
石油	0.4%	0.4%

出典：「地域・分析レポート」日本貿易振興機構、2022 年 7 月

(4) 国営・民間企業による取組

国のカーボンニュートラル宣言に応じて、インドネシアの主な国営企業も 2060 年を目標年とするネット・ゼロを宣言し、脱炭素に向けて具体的な取組を進めている。これらの取組の中には、日本企業と連携している事例も複数ある（後述「2.2.2 日本の支援」）。一方、民間企業の中には、再エネの利用、植林事業や廃棄物の削減など複数の取組を事業活動の中に取り込み、政府目標より早いカーボンニュートラルの達成を表明する企業もある。

表 2-4 国営・民間企業による取組

実施主体	取組内容
2060 年カーボンニュートラル宣言	
<ul style="list-style-type: none"> ・電力セクター（電力）プルサハアン・リストリック・ネガラ（PLN） ・石油・ガスセクター（石油・ガス）プルタミナ（PT Pertamina） ・運輸セクター（鉄道）クレタ・アピ・インドネシア（PT Kereta Api Indonesia : KAI） ・工業セクター（肥料製造）プブック・インドネシア（PT Pupuk Indonesia） ・工業セクター（セメント製造）、セメン・インドネシア（PT Semen Indonesia） ・農林セクター（農業）：プルクブナン・ヌサンタラ III（PT Perkebunan Nusantara III） ・農林セクター（林業）：プルサハアン・ウムム・クフタナン・ネガラ（Perusahaan Umum Kehutanan Negara） 	
PLN（国営電力会社）	<ul style="list-style-type: none"> ・「電力供給事業計画（RUPTL 2021-2030）」により、石炭火力発電所の段階的縮小、再生可能エネルギーの導入拡大。 ・自動車の電動化に向けて、オンライン配車・物流サービス大手とバッテリー交換設備の整備などで連携。電気自動車（EV）の家庭充電に対して約 24%の夜間割引を提供するなどの取組を進めている。 ・インドネシア・バッテリー・コーポレーション（IBC）と協力し、2022 年内に 5MW の二次電池電力貯蔵システムの設置し、さらに今後 PLN が保有するすべての発電所に同様の設備を導入することを予定。 ・国営石油会社プルタミナ、国営肥料製造会社プブック・インドネシアとの間で、グリーン水素・アンモニアの製造や再エネ供給に関して協力を開始。
プルタミナ（国営石油会社）	<ul style="list-style-type: none"> ・製油・石油化学子会社キラン・プルタミナ・インターナショナルが運営する全国の製油所の敷地内に、太陽光発電施設を設置する。製油所の操業に必要な電力を太陽光発電施設から供給し、総発電容量は約 10MW ピークとなる見込み。

KAI（国鉄）	<ul style="list-style-type: none"> ・ジャカルタのガンビル駅と同社オフィスビルで、太陽光パネルの運用を開始。他の保有施設にも段階的に太陽光パネルを設置し、電源を再生可能エネルギーに移行する。 ・太陽光パネルは PLN の送電網に接続するオングリッド型で、ガンビル駅では最大 6.75%の電力消費節約。 ・省エネ照明の使用や植林にも取り組む。
インディカ・エナジー	<ul style="list-style-type: none"> ・石炭採掘などを手掛ける大手総合エネルギー企業 ・ネット・ゼロ目標年：2050 年 ・B30 バイオディーゼルの使用、採掘機器の省エネ化、太陽光発電設備の導入、森林再生・修復プロジェクト、バイオマス混焼用木質ペレットの開発に取り組む。 ・国営インドネシア・バッテリー・コーポレーション公社等と、EV 関連産業のサプライチェーン構築に向けた覚書を締結。
GoTo グループ	<ul style="list-style-type: none"> ・オンライン配車・物流サービスなどを展開する企業 ・ネット・ゼロ目標年：2030 年 ・5,000 台の電動二輪車を導入し、2030 年までに自社が保有する全ての車両を電動化する計画。 ・EV の導入加速のための実現可能性調査・パイロットプロジェクトを実施。 ・炭鉱会社 TBS エネルギー・ウタマと合弁会社を設立し、電動二輪車の開発を進めている。

出典：調査団

2.2.2 日本の支援

(1) 政府・公的機関による支援

日本が 2021 年 5 月に表明した「アジア・エネルギー・トランジション・イニシアティブ (AETI: Asia Energy Transition Initiative)」は、アジアにおける経済成長、安定した電力供給の必要性、脱炭素化のバランスを鑑み、アジアにおけるカーボンニュートラルの実現に向け、各国のエネルギー転換を包括的に支援するものである。同年 10 月以降、これまでに 3 回開催されたアジアグリーン成長パートナーシップ閣僚会合 (AGGPM: Asia Green Growth Partnership Ministerial Meeting) でも、アジアのエネルギー・トランジションにおいては、AETI が示す、再生可能エネルギーやエネルギーマネジメントの推進のみならず、水素やアンモニアの混焼、カーボンリサイクルなどの幅広い技術の活用が必要であることや、さらなる投資やファイナンス支援の必要性が強調された。

AETI のもと、2022 年 1 月には、日本・経済産業省とインドネシア・エネルギー・鉱物資源省の間で「エネルギー・トランジションの実現に関する協力覚書」に署名し、以下の実施内容を発表した。

1. エネルギー・トランジションのロードマップ策定支援
2. 水素、燃料アンモニア、カーボンリサイクル、CCS/CCUS（二酸化炭素回収・貯留）など、現実的なエネルギー・トランジションに貢献する技術の開発・展開
3. 現実的なエネルギー・トランジションに貢献する技術協力を促進するための多数国間フォーラムでの取組の支援
4. エネルギー・トランジションとそれに貢献する技術に関する政策立案、人材育成及び知

識共有のための支援

下表に、インドネシアにおける日本の公的機関による支援・協力を示す。日本は、水力や地熱など、再生可能エネルギーによる電源開発などの技術支援とともに資金面からの支援も進め、インドネシアの脱炭素分野における日本企業の事業展開も促進している。

表 2-5 公的機関による支援

機関	施策・取組
国際協力機構 (JICA)	<ul style="list-style-type: none">・「低（脱）炭素化に向けた電力セクターに係る情報収集・確認調査（2022年3月）」：アンモニアや水素混焼、CCS等の技術を含めた脱炭素ロードマップの策定支援。・2022年11月、PLNとの間で、業務連携協力に関する覚書を締結。将来の電力需要予測や再生可能エネルギー導入に伴い必要となる電力系統の安定化に係わる調査の実施を合意。
日本貿易保険 (NEXI)	<ul style="list-style-type: none">・2022年4月、PLNとの間で協力覚書を締結。インドネシアの電力市場や今後の具体的なプロジェクトに関する意見交換を行う枠組みの構築、本邦企業の技術紹介、PLN向けファイナンス支援を実施。
国際協力銀行 (JBIC)	<ul style="list-style-type: none">・2022年11月、インドネシア・インフラ金融公社（SMI：PT Sarana Multi Infrastruktur）との間で覚書を締結。再生可能エネルギー発電所や送電線等、エネルギー・トランジションに貢献するプロジェクトの実現に向けて協力。・2022年11月、国営石油会社プルタミナとの間で覚書を締結。再生可能エネルギー、水素・アンモニアのバリューチェーン事業、CCS、グリーンモビリティなどの分野において協力関係を強化する。

出典：調査団

(2) 日本企業による事業・協力

政府の取組とともに、インドネシアの脱炭素化に向けた日本企業の貢献は、地熱発電所の建設、石炭火力発電所におけるアンモニア混焼、CCUS技術の開発・事業化など多岐に渡っている。2022年にカーボンニュートラルタスクフォースを設立したジャカルタジャパンクラブでは、日本企業が検討している事業が実現することにより、2022年時点で3,000万トン／年、2060年時点で2億5,000万トン／年のCO2排出削減のポテンシャルがあると試算している。国営企業との連携を進める企業もある中、脱炭素に取り組む企業に対するインセンティブの付与や制度の整備など、追加的な施策の導入が期待されており、具体的には省エネ機器の導入に対する補助金、再生可能エネルギーの大量導入を可能とする電力系統の整備や、妥当な買い取り価格の設定などが指摘されている。

表 2-6 日本企業による事業・協力

分野／企業	施策・取組
太陽光発電／ アラムポート、自然電力	<ul style="list-style-type: none"> ・工場・店舗の計 13 施設に、合計約 4.2MW の屋根置き太陽光発電システムを導入（2021 年 4 月着工）、顧客企業に代わり、共同事業者が設備の導入から運用・保守を担当する。 ・同事業の一部は、令和 2 年度 JCM 設備補助事業を活用しており、年間発電量は 6,151MWh、GHG 排出削減量は 3,772 t-CO₂／年を見込む。
地熱発電／ 丸紅、東芝	<ul style="list-style-type: none"> ・バンドン市の南西約 30km に位置するパトハ地熱発電所 1 号機建設工事を受注。東芝製地熱蒸気タービン・発電機を含む設備一式の納入と建設工事を両社で一括して請け負い、総出力は約 55MW、2014 年に運転開始。 ・パトハ地熱発電所 2 号機は、ADB による JFJCM（Japan Fund for the Joint Crediting Mechanism）案件として建設が予定されている。 ・東芝は、パトハ地熱発電所に加え、サルーラ地熱発電所とディエン小型地熱発電所向けにも、地熱発電用の蒸気タービン・発電機を納入。
地熱発電／ 富士電機	<ul style="list-style-type: none"> ・カモジャン地熱発電所 5 号機（2015 年 7 月操業開始）等に蒸気タービンを納入。 ・カモジャン地熱発電所は、西ジャワ州バンドン市から約 40km に位置するガルット市に建設。円借款事業として予定していた拡張事業は、自然保護林の指定解除手続きが難航したため中止、インドネシア政府が自己資金で事業を実施している。PLN 国内系統連系も超高圧 500kV であることから、再生エネルギーである地熱発電所を他サイトに導入し、既設石炭火力発電所による電力供給を減らす焚き減らしによる脱炭素に貢献。
アンモニア発電／ 三菱重工業	<ul style="list-style-type: none"> ・2022 年 9 月、国立バンドン工科大学との間で、ガスタービンによるアンモニア発電について共同研究契約書に調印。 ・同社製品の H-25 形ガスタービンでの実証を通じ、ITB の化学反応工学を用いたアンモニア発電の最適化・実現化を目指す。
アンモニア・水素・ バイオマス混焼／ 三菱重工、インド ネシアパワー	<p>2022 年 11 月、PLN グループ会社のインドネシアパワーとの間で、同社が所有・運営する発電所における低炭素燃料の混焼に関して 3 件の事業化調査を開始する MOU に調印。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. スララヤ石炭発電所：バイオマス混焼・専焼の実現可能性を、燃料のハンドリング、貯蔵、輸送、既設ボイラーの改造など、技術・経済性の観点から調査。 2. スララヤ石炭発電所：既設アンモニア製造プラントで生産されたアンモニアの混焼について調査。アンモニアの生産、輸送、燃料化にいたるサプライチェーンの確立、既設ボイラーで混焼するために必要な技術検討を行う。 3. タンジュンプリオク発電所：天然ガス焚きガスタービンで、水素混焼の実現可能性を技術・経済性の観点から評価。
バイオマス燃料／ 日揮ホールディング ス、大阪ガス、 INPEX	<ul style="list-style-type: none"> ・2022 年 4 月、国営石油会社プラタミナとの間で、パーム油廃液由来のバイオメタン活用に向けた共同調査について契約締結。 ・スマトラ島およびカリマンタン島で製造したパーム油廃液由来のバイオメタンを、ジャワ島などのインドネシア国内需要家に供給することを想定し、その実現可能性を調査。
バイオマス発電／ 住友重機械工業	<ul style="list-style-type: none"> ・2023 年 1 月、国営電力会社 PLN の関連会社プンバンキタン・ジャワバリ・サービスズとの間で、脱炭素・カーボンニュートラル政策に向けた技術協力に関する覚書を締結。

CCS/ 日揮ホールディングス	・2021年「グンディ・ガス田における CCS プロジェクトの JCM 実証に向けた継続調査」を国営石油会社プルタミナと国立バンドン工科大学と共同で実施。天然ガスの生産過程で分離された CO2 を近郊の圧入井までパイプライン輸送し、地下に圧入・貯留する CCS 実証プロジェクトの実現にむけた事業化調査を実施。
CCS/ 関西電力	・2022年9月、メドコパワーインドネシア社との間で、火力発電所における脱炭素技術の適用可能性を共同で調査することを定めた覚書を締結。 ・既存火力発電所へのバイオマス混焼・専焼、CCS 技術の適用可能性、回収した CO2 を油田・ガス田に圧入し原油・ガスの増産に繋げるビジネスモデル構築について検討。
太陽光発電設備リース/ 北陸電気工事	・2022年12月、3社による合弁会社を設立し、屋根置き太陽光発電設備のリース事業を開始。また、国立ウダヤナ大学と太陽光発電シテスムの共同研究実施に向けた覚書を締結。

出典：調査団

2.2.3 バンドン市における脱炭素社会形成に向けた取組

(1) バンドン市の GHG 排出状況

バンドン市は、「国家温室効果ガスインベントリの実施に関する大統領令 No.71/2011」に基づき、温室効果ガスのうち、二酸化炭素 (CO₂)、メタン (CH₄)、一酸化窒素 (N₂O) を測定している。2021年の総排出量は 785,555 t-CO₂/年であり、エネルギー部門からの排出量が最も多く 72.32%を占めている。その排出源としては、陸上交通、家庭及び排水処理に起因するものが主要因となっている。

表 2-7 バンドン市の GHG 排出量 (2021 年)

カテゴリー	排出量			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
(1) エネルギーの調達・使用	553,606	0.399	0.015	568,112
運輸				
航空	2,277	0.000	0.000	2,302
陸上交通	276,733	0.128	0.012	283,606
鉄道	4,810	0.000	0.002	5,368
その他				
家庭	269,786	0.272	0.001	276,836
(2) 農業・林業・土地利用の変化	0.410	0.470	0.170	62,680
家畜				
家畜消化管内発酵	0.000	0.170	0.000	4,238
家畜排せつ物管理	0.000	0.049	0.000	1,283
陸上での CO ₂ 以外の排出量				
尿素の使用	0.410	0.000	0.000	410
土壌管理による直接的な N ₂ O 排出	0.000	0.000	0.170	50,500
土壌管理による間接的な N ₂ O 排出	0.000	0.000	0.000	0
家畜排せつ物管理に伴う間接的な N ₂ O 排出	0.000	0.000	0.000	0
稲作関連の排出	0.000	0.250	0.000	6,240
(3) 廃棄物処理	0.000	6.140	0.020	158,000
固形廃棄物の処理	0.000	0.200	0.020	9,510
廃水処理				
家庭用排水処理	0.000	5.810	0.000	145,260
合計	554,015	6.879	0.200	785,555

出典：バンドン市提供資料より調査団作成

(2) 環境局戦略計画 2018-2023

バンドン市の「環境局戦略計画2018-2023」は、国の「国家中期開発計画（RPJMN）」の中で選定された都市で計画するもので、中期開発計画で示された内容を、都市レベルで実行していくためのガイドラインに位置づけられている。GHG排出量の削減については、2014～2018年にかけて目標を上回る成果を達成したとされており、2023年には前年比9%の削減目標を掲げている。排出量が最も多い交通分野では、バイクや乗合いミニバス利用の推奨、車両乗入れ規制地区の設定などの施策を実施している。また都市計画の観点からも、道路機能の保護、道路交通管理、大量公共輸送システムの開発を優先することが示されている。一方で、GHG排出量の把握は限定的である事も確認された。例えば廃棄物管理については処理施設がバンドン市外にあるため推計の対象外になっており、工業部門からの排出量についてはデータの入手が困難なため算定されていなかった。エネルギー部門についても、データの取得が可能であった一部の公共交通についてのみの算定であった。

表 2-8 バンドン市の環境局戦略計画に示されている取組方針

No.	項目	内容
1.	大気質の基準の達成	目標は達しているものの、環境指数（IKLH）の規準では「あまり良くない」のレベルであり、改善とモニタリングを継続
2.	GHG排出量の削減	GHG排出量は、2014～2018年を通じて削減を達成。 2014年：目標2%→6.38%削減 2015年：目標2%→5%削減 2016年：目標6%→7%削減 2017年：目標8%→9%削減 2018年：目標10%→10.7%削減 以下の削減目標を掲げて実施。ごみ・廃棄物処理セクターからの排出・削減量の把握が重要。 2019年：7% 2023年：9%
3.	3Rによるごみ処理	さらなる改善のポテンシャルがあり、管理の範囲を拡大
4.	保護水源の割合	水源の確保は十分になされており、今後は上水としての供給管理が課題
5.	河川の水質改善	河川の水質は危機的状況であり、水質モニタリングや市民への啓蒙活動などを実施
6.	埋立てによる廃棄物処理	戦略的目標として、住環境の質の向上とともに「廃棄物管理の対象範囲拡大」を掲げ、廃棄物処理インフラの強化、バイオガスのF/S調査を実施
7.	廃棄物のエネルギー転換利用	

出典：「バンドン市環境局戦略計画2018-2023」をもとに調査団作成

第3章 建築分野の省エネ促進

3.1 バンドン市のグリーンビルディングに係る取組

3.1.1 グリーンビルディング規則・認証

(1) グリーンビルディングに係る新行政令

バンドン市は、2015年に発表された「国家グリーンビルディング・ガイドライン」に沿って、2016年に国際金融公社（IFC）の支援を得て、「グリーンビルディングに係る包括的市長令 No.1023/2016（Bandung Mayor Regulation No.1023/2016 on Green Building）」を制定した。この市長令で示された基準は、国のガイドラインで示されている範囲や技術仕様で求められているものより高度であり、インドネシアにおいてバンドン市はグリーンビルディング建築基準の策定において先導的な州となっている。2021年には、バンドン市はグリーンビルディングに係る新たな行政令「Ministry Regulation No.21/2021」を制定した。これは、基本的に市長令 No.1023/2016の内容を踏襲しつつ、建築許可などに係る新たな政府規則（Government Regulation No.16/2021）に沿ったものである。下表に、市長令 No.1023/2016からの主な変更点を示す。新たな行政令では、対象が遺跡も含む既存建築物にも広げられており、建物の計画・設計段階から、取り壊しに至るまでのライフサイクルを把握すること、建物の情報管理システムである SIMBG（Information Management System for Building）によるオンラインでの文書・データ管理の方針が示されている。

表 3-1 グリーンビルディングに係る 2016 年市長令と 2021 年行政令の比較

	市長令 No.1023/2016	行政令 No.21/2021
対象範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・新築の建物のみを対象とする ・すべてのタイプの建物を対象とする（戸建てを含む） 	<ul style="list-style-type: none"> ・新築及び既存の建物を対象とする（歴史的建造物を含む） ・特定の建物のみを対象とする
評価	<ul style="list-style-type: none"> ・適合性チェックリストによる評価 ・施工後の認証 ・1つ星、2つ星、3つ星の3段階評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・スコアの累積による評価 ・設計、建設、施工後の各段階での認証 ・Utama、Madya、Pratamaの3段階評価

出典：バンドン市提供資料

市長令 No.1023/2016 から新行政令 No.21/2021 への大きな変更点は、設計から解体までの各段階が評価の対象となり、スコアとその重みづけにより3段階評価されることである。表 3-2 に各段階の評価項目を、表 3-3 に計画段階における各評価項目の具体的なスコア、重みづけ、評価内容を示す。

表 3-2 建設の各段階における評価項目

建設段階	評価基準	認証	法的統制
計画段階	<ul style="list-style-type: none"> 建設サイトの管理 エネルギー効率 節水 室内の大気質 持続可能な建設資材 廃棄物管理 排水管理 	あり	建築許可
建設段階	<ul style="list-style-type: none"> 計画の順守 持続可能な建築 環境への配慮 環境に配慮した材料、製品 	あり	建築検査
運用段階	<ul style="list-style-type: none"> 建物利用管理 建物利用の標準手順書 グリーンビルディング・ガイドライン 	あり	建物価値証明書
解体段階	<ul style="list-style-type: none"> 解体手続き サイトの復元 	あり	建物解体許可

出典：バンドン市提供資料

表 3-3 計画段階における各評価項目のスコア、重みづけ、評価内容

評価基準	スコア	重み(%)	項目
建設サイトの管理	38	23	建物の配置、景観とアクセス性、緑地、歩行者空間、地下の配置、駐車場、屋外照明等
エネルギー効率	46	28	熱伝導値 (OTTV)、換気、空調、照明、建物内の運搬、電気等
節水	22	12	水資源、水使用量、水栓器具
室内の大気質	19	12	CO ₂ 、CO の処理、冷媒レス冷却システム
持続可能な建設資材	21	13	エコラベル付き資材
廃棄物管理	7	4	3R (リデュース、リユース、リサイクル)、廃棄物処理、廃棄物発生量モニタリング
排水管理	12	12	廃水処理、中水リサイクル

出典：バンドン市提供資料

(2) グリーンビルディング認証

新行政令 No.21/2021 に基づき、3 段階の評価結果は「Utama、Madya、Pratama (バンドン市の説明によると、1 等、2 等、3 等の意味)」として認定される。



出典：バンドン市提供資料

図 3-1 バンドン市のグリーンビルディング認証

これらバンドン市のグリーンビルディングに係わる規則・認証手順は、現在、条例案として準備が進められており、市議会の可決後、新市長令案の作成に進む中で、グリーンビルディングに取り組むインセンティブも盛り込まれる予定である。

3.1.2 公営住宅におけるパッシブデザインの採用

(1) バンドン市が所有・管理する公営住宅

パッシブデザインとは、建物の構造や材料を工夫することにより、熱や空気の流れをコントロールし、快適な住環境をつくる建築設計の手法である。バンドン市が所有・管理する4つの公営住宅ではパッシブデザインが採用されており、建物の形状や配置を工夫することにより、自然光の取入れや自然風の活用による換気を行い、電力使用の削減に取り組んでいる。下表に、パッシブデザインを採用した公営住宅の概要を示す。パッシブデザインの採用による省エネ効果については、詳細な情報を得られなかったが、バンドン市公共事業局の説明によると、23%程度の省エネ効果が見込まれているとの事であった。

表 3-4 パッシブデザインを採用した公営住宅

1. Sadang Serang 公営住宅（Coblong 地区）：1 棟、99 戸		
		
2. Cingised 公営住宅（Arcamanik 地区）：5 棟、483 戸		
		
3. Rancacil 公営住宅（Rancasari 地区）：4 棟（379 戸）が完成、2 棟は建設中		
		
<ul style="list-style-type: none"> ・建物の形状や配置を工夫することにより、各住戸は直接自然光の取入れや通風が可能。室内の大気環境を良好に保つとともに光熱費の節約に貢献。 ・緑のオープンスペースと公共施設を配置。 ・コンポスト容器を設置。（魚の餌に加工して利用） 		
4. Rumah Deret Tamansari 公営住宅（Bandung Wetan 地区）：2 棟（191 戸）を地方予算（APBD：Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah）により建設中		
		
<ul style="list-style-type: none"> ・高床式建築により集水域を最大化し、雨水の排水溝への流入を阻止・減少させ、地下水の貯留量を増やす。 ・リサイクルが困難な仕上げ材の利用を減らす。 ・レインガーデン、屋上庭園により、住民の健康、福祉、生産性向上に貢献。 		

出典：バンドン市提供資料より調査団作成

3.2 モデル事業の検討

3.2.1 本事業1年次の調査結果概要

本事業1年次の調査では、バンドン市と協議の結果、公立病院であるバンドン市地域総合病院（RSUD）を対象に、JCM 設備補助事業を活用して空調設備を更新した場合の、CO2 排出削減効果を推計した（表 3-5）。バンドン市の多くの施設では、空調は家庭用エアコンに代表される個別空調方式であり、バンドン市地域総合病院の空調機器の更新を想定した試算により、機器の高効率化が CO2 排出削減に寄与することを確認した。

今年度の調査では、バンドン市との協議に基づき、建物全体としての省エネや CO2 削減効果を検討する。具体的には、中央空調方式の施設を対象に、空調によるエネルギー消費の大部分を占める、熱源制御システムの高効率化に着目した省エネ及び CO2 排出削減効果の推計と、建物のエネルギー管理に資する検討を行う。

表 3-5 本事業1年次の調査結果

項目	調査結果
対象施設	バンドン市地域総合病院（RSUD） ・1993 年建設、2 階建て
更新設備	空調機器：213 台 ・室外機、室内機、各 213 台 ・既存機器をインバータ制御の機器に更新
導入費用	4,014,054,000 IDR（32,112,432 円）
CO2 排出削減見込み量	752 t-CO2/年
費用対効果	444,820 IDR/t-CO2（3,559 円/t-CO2）

出典：1 年次調査報告書より抜粋

3.2.2 モデル事業候補施設のスクリーニング調査

空調設備の運転効率と負荷は、外気温度と湿度に大きな影響を受ける。バンドン市は熱帯モンスーン気候に属するが、標高が 700～800m と高く、平均気温は日中が約 26～29 度、夜間が約 17～19 度である。インドネシアの他の地域より 1 年を通して涼しい気候であり、ジャカルタなどの低海拔地域と比べると、室内温度調整のための空調負荷は低いと言える。このような低空調負荷の地域においても、高効率熱源制御システムが更なる省エネ及び CO2 排出削減に有効であるかを検討する事は、インドネシア全体への普及の可能性を検討するにあたり有意義であると言える。

一方、バンドン市を含むインドネシアの商業施設等では、高効率熱源制御システムを実装しているケースはまれで、チラー販売業者が標準的に提供するコントローラによる運転管理、すなわちマニュアル設定された運転点による設備運転を行っている施設が大半である。高効率熱源制御システムが普及していない理由として、省エネによる空調機能低下への懸念、制御システムによる省エネ効果が十分に理解されていないこと、並びに現地の設備管理エンジニアの理解不足が挙げられる。

一般に、建物のエネルギー消費の約 40%は空調用エネルギー由来とされており、その大部分は冷房能力を生み出す熱源である冷水システムで消費されている。スクリーニング調

査では、高効率熱源制御システムの採用による、空調用冷水システムの最適化による使用電力削減効果及び CO2 排出削減効果を推計した。

(1) 調査対象施設

バンドン市内にある中央空調方式の設備を持つ商業施設等のうち、規模が大きく、空調稼働時間が長い、比較的高い空調負荷が見込まれる候補施設を 15 件選定し調査を打診、その内、省エネ検討に前向きな回答を得た 5 施設を選定し調査の対象とした（表 3-6）。

一般的に商業施設や遊戯施設の空調は、来場客の多い休日に空調負荷が高く、平日は負荷が低いため、曜日やイベントの有無により負荷が大きく変動する傾向がある。このため、負荷が高い日に冷水能力不足を起こさないようにしながら、負荷が低い日の運転を最小最適化させることで省エネ効果を見込むことができる。一方、病院は一般的に 24 時間空調のエリアがある事が多く、年間を通して高い空調負荷がある事から、省エネ効果が高い傾向にある。また冷房に加え、手術時の高めの温度維持や、リネン殺菌を目的とした蒸気ボイラーシステム等を設置していることが多く、これらも省エネのポテンシャルが高い。しかしながら、現地調査時に病院施設内の視察は、許認可の手続きが煩雑であり、感染症対策の観点から調査が容易ではないため、今回のモデル事業の検討においては、対象外とした。

表 3-6 調査対象施設

<p>①Bandung Indah Plaza 種別：商業施設 空調用冷水システム：水冷式 1990年竣工の6階建てショッピングモール、インドネシア財閥 Lippo グループの所有</p>		
<p>②Rumah Sakit Hasan Sadikin 種別：病院 空調用冷水システム：水冷式 1923年開院の7階建て病院</p>		
<p>③Trans Studio Bandung 種別：遊戯施設 空調用冷水システム：空冷式 2011年竣工のアミューズメントパーク</p>		
<p>④Trans Studio Mall 種別：商業施設 空調用冷水システム：水冷式 2001年竣工の5階建てショッピングモール</p>		
<p>⑤Rumah Sakit Santo Borromeus 種別：病院 空調用冷水システム：空冷式 1921年開院の病院</p>		

出典：調査団

(2) 調査方法

空調用冷水システムには、水冷式と空冷式の2種類があり、水冷式は冷却塔による蒸発気化熱を利用した冷却、空冷式は外気熱との空気熱交換による冷却である。一般に、水冷式の方が省エネ効果は高いとされる。バンドン市は外気の湿球温度（蒸発のしやすさ、蒸発による冷却のしやすさと相関する値）が低いため、冷却塔による冷却、すなわち水冷式のアドバンテージが高く、調査対象の5施設のうち3施設で水冷式が採用されていた。

調査は、現場での設備の確認と、施設運用を担当するエンジニアへのヒアリングにより行い、省エネ効果の算出と、設備導入に係る概算費用算出の根拠とした。具体的に調査で収集した情報を表3-7に示す。

表 3-7 スクリーニング調査で収集した情報

No.	項目
1.	建物と設備のレイアウト
2.	機械・電気設備（M&E）装置に関する図面一式
3.	M&E装置のスペック情報
4.	空調関連機器の運転スケジュール
5.	冷却装置の入口温度と出口温度の履歴（過去1年分）
6.	直近3年間の施設電力の総消費量、および PLN からの電力料金請求情報

出典：調査団

調査対象のいずれの施設においても、既存設備の容量、運転状況と配管レイアウトを鑑みると、一般的な熱源設備の省エネ手法である VWV（Variable Water Volume：変水量）制御の採用が費用対効果を最も発揮できる手法と考えられることから、VWV 制御の採用を主とした省エネ効果の試算を行った。VWV は、各水流ポンプにインバータ装置を設置し、負荷に応じた最適なポンプ運転点で制御することにより、主にポンプ搬送動力の削減、および往還温度差改善による装置 COP（運転効率）の改善を実現する手法である。なお水冷式は、一般的に冷水チラー、冷却塔、冷水ポンプと冷却水ポンプで成り立っており、冷水チラーのみの運転効率化では全体的な省エネ効果は望めない。冷却塔、ポンプ類も含めたシステム全体の運転効率が最大化するようなバランスを目指して、制御設定値を定めることが VWV 制御導入におけるポイントである。

冷水ポンプは、冷水チラーの通過水量を保持する範囲で適切に水量を最小化させる。空調負荷を流量計と差圧変換器で監視し、負荷に応じた水量・水圧となるようにインバータ出力を制御する。冷却塔と冷水チラー間を循環する冷却水用のポンプは、冷水チラーの出口温度を監視し、入口との温度差が最大化（通常は5度差）するようにインバータ出力を制御するものである。この時、冷却塔側の出口温度が設定値（通常は32度）以下になるように冷却塔ファンの自動制御を行うとより好ましい。冷却水温度が低いほど、冷水チラーの熱交換効率が高まり、装置 COP が高くなることから、外気湿球温度（冷却塔による冷却能力と相関がある）が許す限り、冷却水温度設定値を下げるのが肝要である。

(3) 調査結果

調査を実施した 5 施設の調査結果を、以下に示す。

① Bandung Indah Plaza

空調熱源設備として、水冷チラー3基、30kw 冷水ポンプ 3 基、冷却塔（30kw：2 基、15kw：1 基）、11kw 冷却水ポンプ 5 基が配置され、毎日 10:00～21:00 まで運転している。中央監視システムは導入されておらず、制御は一般的な台数制御とボリュームの手動調整であった。VWV 制御設備としてアズビル社製 BAS（ビルディングオートメーションシステム）を導入した場合（導入費用概算：1,571 百万 IDR）、158.4 MWh/年の使用電力削減（174.3 百万 IDR/年）、133.05 ton-CO₂/年の CO₂ 排出削減効果が見込める。導入費用を年間電力使用削減額で除した投資費用回収年数は、約 9 年である。

表 3-8 算定結果（Bandung Indah Plaza）

項目	算定結果
投資費用	1,571 百万 IDR VWV 制御：アズビル社製 BAS “savic-net G5”により以下を制御 ・ 一次ポンプ ・ 復水ポンプ ・ 冷却塔
使用電力削減効果	158.4 MWh/年（174.3 百万 IDR/年）
CO ₂ 排出削減効果	133.05 ton-CO ₂ /年
投資費用回収年数	9.01 年

出典：調査団

② Rumah Sakit Hasan Sadikin

空調熱源設備として、水冷チラー4基、1.5kw 冷水一次ポンプ 4 基、11kw 冷水二次ポンプ 4 基、冷却塔（16.5kw：4 基）、15kw 冷却水ポンプ 4 基が配置され、毎日 24 時間運転が実施されている。アズビル社製の中央監視システムが設置されており、基本的な運転データは保存・管理されているが、制御は一般的な台数制御とボリュームの手動調整であった。VWV 制御設備を導入した場合（導入費用概算：1,331 百万 IDR）、208.7 MWh/年の使用電力削減（229.6 百万 IDR/年）、175.31 ton-CO₂/年の CO₂ 排出削減効果が見込める。導入費用を年間電力使用削減額で除した投資費用回収年数は、約 5.8 年である。

表 3-9 算定結果 (Rumah Sakit Hasan Sadikin)

項目	算定結果
投資費用	1,331 百万 IDR VWV 制御：アズビル社製 BAS “savic-net FX”により以下を制御 ・一次ポンプ ・二次ポンプ ・復水ポンプ ・冷却塔
使用電力削減効果	208.7 MWh/年 (229.6 百万 IDR/年)
CO2 排出削減効果	175.31 ton-CO2/年
投資費用回収年数	5.80 年

出典：調査団

③ Trans Studio Bandung

空調熱源設備として、空冷チラー2基、45kw 冷水ポンプ4基の構成で、毎日 9:30～21:30 まで運転している。アズビル社製の中央監視システムが設置されており、基本的な運転データは保存・管理され、制御はポンプにインバータが設置されているが、ボリュームは手動調整であった。VWV 制御設備を導入した場合 (導入費用概算：517 百万 IDR)、243.9 MWh/年の使用電力削減 (268.3 百万 IDR/年)、204.87 ton-CO2/年の CO2 排出削減効果が見込める。導入費用を年間電力使用削減額で除した投資費用回収年数は、約 1.9 年である。

表 3-10 算定結果 (Trans Studio Bandung)

項目	算定結果
投資費用	517 百万 IDR VWV 制御：アズビル社製 BAS “savic-net FX”により以下を制御 ・一次ポンプ
使用電力削減効果	243.9 MWh/年 (268.3 百万 IDR/年)
CO2 排出削減効果	204.87 ton-CO2/年
投資費用回収年数	1.93 年

出典：調査団

④ Trans Studio Mall

空調熱源設備として、水冷チラー3基、37kw 冷水ポンプ3基、冷却塔 (15kw：3基)、30kw 冷却水ポンプ3基が配置され、毎日 9:30～21:30 まで運転している。中央監視システムは設置されておらず、制御は一般的な台数制御とボリュームの手動調整であった。VWV 制御設備を導入した場合 (導入費用概算：1,164 百万 IDR)、326.0 MWh/年の使用電力削減 (358.5 百万 IDR/年)、273.84 ton-CO2/年の CO2 排出削減効果が見込める。導入費用を年間電力使用削減額で除した投資費用回収年数は、約 3.3 年である。

表 3-11 算定結果 (Trans Studio Mall)

項目	算定結果
投資費用	1,164 百万 IDR VWV 制御：アズビル社製 BAS “savic-net G5”により以下を制御 ・一次ポンプ ・二次ポンプ ・復水ポンプ ・冷却塔
使用電力削減効果	326.0 MWh／年 (358.5 百万 IDR／年)
CO2 排出削減効果	273.84 ton-CO2／年
投資費用回収年数	3.25 年

出典：調査団

⑤ Rumah Sakit Santo Borromeus

空調熱源設備として、空冷チラー3基、11kw 冷水一次ポンプ3基の構成で、毎日24時間運転が実施されている。アズビル社製の中央監視システムが設置されており、基本的な運転データは保存・管理され、制御はポンプにインバータが設置されているが、ポリシーは手動調整であった。VWV 制御設備を導入した場合（導入費用概算：522 百万 IDR）、30.1 MWh／年の使用電力削減（39.6 百万 IDR／年）、25.28 ton-CO2／年の CO2 排出削減効果が見込める。導入費用を年間電力使用削減額で除した投資費用回収年数は、約 13.2 年である。

表 3-12 算定結果 (Rumah Sakit Santo Borromeus)

項目	算定結果
投資費用	522 百万 IDR VWV 制御：アズビル社製 BAS “savic-net FX”により以下を制御 ・一次ポンプ
使用電力削減効果	30.1 MWh／年 (39.6 百万 IDR／年)
CO2 排出削減効果	25.28 ton-CO2／年
投資費用回収年数	13.20 年

出典：調査団

(4) JCM 設備補助の適用可能性

調査対象とした5施設のうち、単純投資費用回収年数5年を判断基準とした場合、Trans Studio Bandung と Trans Studio Mall の2施設は実現可能性が高いと言える。

さらに、JCM 設備補助を適用した場合、補助率を50%、法定耐用年数を15年として費用対効果を試算すると下表の通りである。上記2施設に加えて、Bandung Indah Plaza と Rumah Sakit Hasan Sadikin が JCM 申請条件にあたる4,000円以下を下回るため、モデル事業として適用可能性があると考えられる。

表 3-13 JCM 設備補助を適用した場合の費用対効果

対象施設	投資費用		CO2排出削減効果 ton-CO2/年	費用対効果 円
	IDR	円換算※1		
Bandung Indah Plaza	1,571,000,000	15,710,000	133.05	3,936
Rumah Sakit Hasan Sadikin	1,331,000,000	13,310,000	175.31	2,531
Trans Studio Bandung	517,000,000	5,170,000	204.87	841
Trans Studio Mall	1,164,000,000	11,640,000	273.84	1,417
Rumah Sakit Santo Borromeus	522,000,000	5,220,000	25.28	6,883

※1) 1IDR=0.01円として換算

※2) 費用対効果 (円/t-CO2)

= {初期投資費用 (円) × 補助率 (50%) } ÷ {単年度のCO2削減量 (t-CO2/年) × 法定耐用年数 (15年) }

出典：調査団

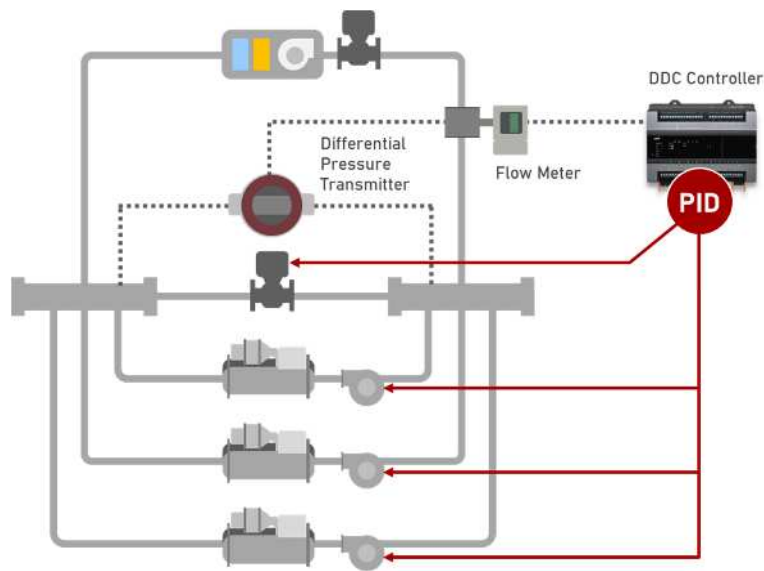
今回の調査では、中央空調方式の設備を有する商業施設等の 15 施設を候補として抽出し、施設側に調査許可を打診したが、許可を得られた施設は半数以下の 6 施設であった（うち 1 件は、個別空調方式に更新済みであったため、調査対象外とした）。さらに施設管理者に対し、JCM 設備補助事業に対する関心をヒアリングしたところ、活用に関して前向きな回答は寄せられなかった。

今後、回答理由を分析するとともに、対象施設を絞り込み、JCM 事業化を促進するには、省エネや CO2 排出削減によるメリットを説明のうえ、調査許可を含めた協力体制の構築が必要である。また、JCM 設備補助を利用した場合、減価償却期間のモニタリングレポートの作成・提出が必要となることから、その負担も考慮した対応が求められると思われる。

3.2.3 BAS (Building Automation System)

スクリーニング調査で導入を検討した BAS (Building Automation System) は、VWV 制御を含む高効率熱源制御を実現するシステムで、コントロール部分とモニタリング部分に大別される。

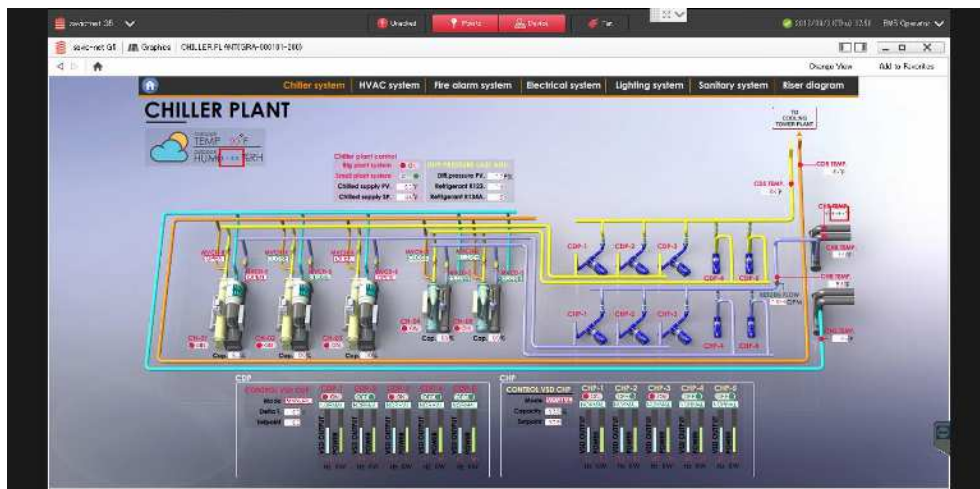
省エネを実現するコントロール部分は、センサー、アクチュエータ（動作ドライブ）、コントローラから構成され、熱源設備の様々な設備との情報信号の接続、温度や流量などのセンサーの配置により、設備の作動と状態の監視を行う。例えばチラー冷水用のポンプ出力の制御は、空調機負荷への送水、還水の差圧によって直線的に出力を変化させるような動作を行う。チラー本体への通水量を確保するために、最小水量を下回らないよう制限を設け、最小水量にしても余剰がある場合は、冷水バイパス回路に設置した電動バルブアクチュエータでバイパス水量を作り、差圧が上がらないよう制御する。また、ポンプ出力の変化スピードが速すぎると、チラー本体内部回路（冷やす量を調整する回路）の容量制御との干渉が起き、チラー本体の緊急停止を招くことから、保護回路として変化スピードの制限をかける。緩やかに出力を下げ、一方で少しでもチラーへの負担がかかる状況であれば速やかに安全レベルまで出力を上げるといった動作が行われる。単純な比例的制御だけではなく、装置に負担をかけないよう安全面も考慮した制御ロジックを、多数のコントローラに実装する。



出典：アズビル株式会社

図 3-2 コントロール部分の機器接続イメージ

モニタリング部分は、広範に設置される制御システムの情報統合し、全体最適を図り、またその運転結果を保存・監視するものである。PC やタッチパネルで構成され、コントローラと接続することで情報の監視、履歴の保存、遠隔操作を行う。このモニタリング部分は、後述の BEMS と同義である。



出典：アズビル株式会社

図 3-3 モニタリング部分の表示・操作画面のイメージ (savic-net G5)

BAS の導入にあたっては、現地での詳細調査とシステム設計が必要となる。スクリーニング調査の結果、Trans Studio Bandung と Trans Studio Mall の 2 施設は、使用電力量と CO2 排出削減量、および投資費用回収年数の観点から、BAS 導入による効果が見込める。次の段階として、ログをを設置するなどして運用の詳細データを取得し、省エネ制御を実装するための具体的なシステム設計を行う事が推奨される。なお、BAS の導入には、一部の熱源プラントの配管改造工事などが含まれる為、熱源の部分停止が必要となる期間がある点は留意が必要である。



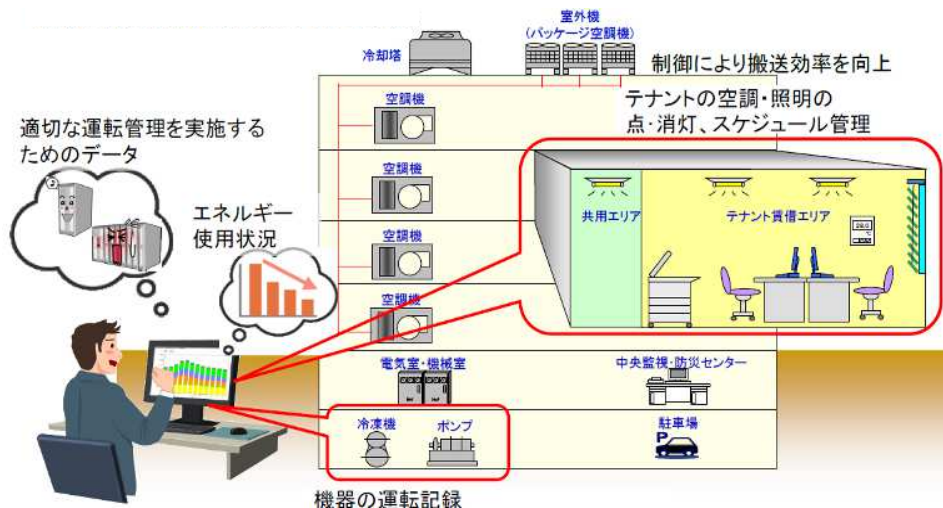
出典：アズビル株式会社

図 3-4 データトレンド確認画面のイメージ (savic-net G5)

3.2.4 BEMS の導入提案

ビルエネルギー管理システム (BEMS : Building Energy Management System) は、IoT 技術を利用して施設内の空調や照明などを制御し、最適なエネルギー管理を行うもので、建物の状況、設備の運転状況をリアルタイムで把握、エネルギーの消費状況を記録、監視、制御、操作するシステムである。室内環境とエネルギー性能の最適化を図るための一体的なシステム構築により、機器類の効率的な運転および CO2 排出削減を実現する。一般的に、BEMS の導入によりエネルギー使用量を 5~7%程度削減することが可能であり、エネルギー消費の見える化を図ることができ、省エネ意識の向上にも結びつく。

具体的には、建物内の各種設備 (空調、照明、換気、衛生設備、受配電設備など) にセンサーとリモート装置を配置し、通信線で BEMS センター装置に接続する。以前は設備やメーカーにより通信プロトコルが異なっていたため、取得できる情報は限定的であったが、近年は通信プロトコルの統一が進み、建物では BACnet または Modbus と呼ばれる通信での情報取得が標準化されてきている。エネルギー使用や機器の運転状況の計測では、建物全体だけでなく系統やフロア、設備や機器ごとの把握・分析が可能なことで、問題の特定を容易にする。蓄積されたデータは最適な運転設定に反映されるだけでなく、機器の経年変化やメンテナンスの要否判定にも活用することができる。



出典：経済産業省資料より抜粋

図 3-5 BEMS の概念

表 3-14 エネルギー管理の流れ

計測・蓄積、見える化	<ul style="list-style-type: none"> ・電力量、水量、温度の計測 ・機器の運転状況の把握
分析・診断	<ul style="list-style-type: none"> ・蓄積されたデータの比較や目標値との差異により問題点を特定
対策の実施	<ul style="list-style-type: none"> ・機器の ON/OFF 設定、出力設定の変更 ・スケジュール設定、他エリアの設備との連動設定
効果の検証	<ul style="list-style-type: none"> ・一定期間の監視により効果を確認 ・修正や追加の設定

出典：調査団

BEMS の一例として、アズビル社が海外で展開している IBMS SCADA (図 3-6) では、モバイルツールによる操作との連携、警報が発生したエリアの監視カメラ動画を即時に表示させる機能、警報発生と対応ガイダンスをオペレータのモバイルに発信する機能、3D バーチャル空間での建物内点検など、応用的なシステムの構築も可能である。

今回のスクリーニング調査では、空調設備のうち熱源制御システムの高効率化による使用電力と CO2 排出削減量を確認したが、さらなる削減効果が見込める、建物全体のエネルギー管理を行う BEMS の導入は有効である。一方、BEMS の導入は、太陽光パネルの設置や LED 照明への切り替えといった、見た目にもわかりやすい省エネ対策とは異なり、未だ広く理解されていないため、BEMS によるエネルギー管理の手法や仕組みの啓蒙活動も重要である。



出典：アズビル株式会社

図 3-6 IBMS SCADA の機能

3.2.5 事業化に向けた方策

下表に、インドネシアで実施された高効率設備への更新、ESCO 事業の活用事例など、モデル事業を検討するにあたり類似する事業を整理する。インドネシアでは、工場の空調や冷却設備、商業ビルの空調について、高効率機器への更新やエネルギー管理システムを導入する事例が多い。事業実施にあたりまず課題となるのは資金調達で、後述の ESCO 事業のスキームは、初期投資を含む顧客側の資金負担を軽減する点でメリットが大きい。一方で、エネルギー削減量が小さいと資金回収年数が長くなるため、採用される省エネ手法が偏り、例えば断熱ガラスの導入など、省エネ効果を補足するような役割のものは取り入れられない傾向がある。また導入や更新工事に長時間を要するもの、生産ラインへの影響が懸念されるものも同様に適さない傾向がある。次節以降では、ESCO 事業の形態やインドネシアの現況、ESCO 事業活用にあたっての課題を整理する。

インドネシアでの JCM 設備補助事業は、その大半が太陽光や小水力の発電事業、あるいは大規模なプラントの設備更新に活用されている。スクリーニング調査時の事業者へのヒアリングで判明した通り、モデル事業で想定する規模の事業者にとっては、JCM 設備補助事業に必要な申請手続きや長期のモニタリングは、見合わない負担と捉えられている点に留意が必要である。

またインドネシア特有の背景として、政府補助金により電気代が非常に低く抑えられている点にも、省エネ事業を推進するにあたり留意が必要である。2022 年 3 月の PLN のデータによると、電気料金は 1kWh あたり Rp.1,445 (約 12.8 円) で、他の東南アジア諸国よりも低い。低い電気料金により、事業者が省エネ事業により得られる削減効果は低く、投資に対する収益率の低さ、投資回収期間の長期化に繋がっている。また、インドネシアは再生可能エネルギーの市場潜在力が大きく、国の政策としても、優先順位は電力確保のための再生可能エネルギーの開発にある。高効率設備の導入やエネルギーマネジメントの普及には、市民や事業者の省エネ意識向上のみならず、国や行政への働きかけも必要である。

表 3-15 インドネシアにおける類似事業

事業	内容
<p>ESCO 事業によるショッピングモール等への高効率機器、BEMS の導入</p>  <p>実施企業：アズビル株式会社</p>	<p>① Pondok Indah Mall 2 (ショッピングモール) 使用電力削減効果：1,920 MWh/年</p> <p>② Puri Indah Mall (ショッピングモール) 使用電力削減効果：1,260 MWh/年</p> <p>③ PT. Bekaert Indonesia (工場) ・使用電力削減効果：630 MWh/年 ・VWV による、熱源一次ポンプ、二次ポンプ、冷却水ポンプの制御と、管理システム (BEMS) を導入</p>
<p>動力プラントへの運用最適化技術の適用実証事業</p>  <p>実施企業：アズビル株式会社 実施期間：2014～2018 年度</p>	<p>事業サイト：プルタミナ・チラチャップ製油所 (中部ジャワ州)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・JCM クレジット発行量：34,956 tCO₂ ・使用電力の削減：約 4% ・NEDO の「民間主導による低炭素技術普及促進事業」として実施 ・製油所のプラント (ボイラー、タービン設備) に、高度最適化技術の一つである「連携制御」技術を導入し、製造設備側へ蒸気・電力を安定供給した上で、個々のボイラー・タービンの負荷を最適に制御し、動力プラント全体のエネルギー消費の最小化を実現
<p>高効率圧縮機の導入による工場内空調とプロセス冷却の省エネ</p> <p>実施企業：荏原冷熱システム株式会社 採択年度：2013 年</p>	<p>事業サイト：PT. Primatexco Indonesia 工場 (中部ジャワ州)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・想定 GHG 排出削減量：117 tCO₂/年 ・JCM クレジット発行量：122 tCO₂ ・環境省 JCM 設備補助事業として実施 ・高効率の圧縮機、エコノマイザーサイクル、冷媒過冷却サイクルを採用した冷凍機に更新し、省エネを図る
<p>製紙工場におけるコンプレッサの最適制御と配管設備の見直し</p> <p>実施企業：アズビル株式会社 実施年：2014 年</p>	<p>事業サイト：PT. Aspex Kumbong (西ジャワ州ジャカルタ郊外)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・使用電力の削減：約 8.5% ・3 台の抄紙機に対して 7 台のコンプレッサを常時稼働していたものを、配管の見直しとコンプレッサの統合制御により、4～5 台のコンプレッサで必要量を満たすことが可能となり、監視要員の負担軽減にも寄与

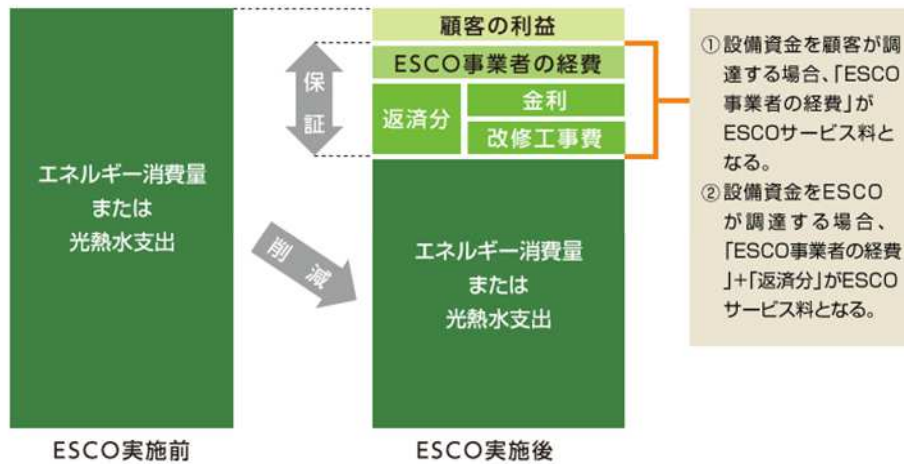
出典：調査団

(1) ESCO 事業の概要

1) ESCO 事業の概要

ESCO (Energy Service Company) 事業とは、省エネ改修などにより顧客の光熱水費等の経費削減を行い、その削減実績から対価を得るビジネス形態である。ESCO 事業者は、顧客の光熱水費の使用状況の分析、改善、設備の導入といった初期投資から、設備運用の指導や装置類の保守管理まで、顧客の光熱水経費削減に必要となる投資の全て、あるいは大部分を負担して顧客の経費削減を実施し、これにより実現した経費削減実績から一部を報酬として受け取る。ESCO 事業者と顧客の間で、パフォーマンス契約と呼ばれる出来高契約を締結することで、事業による省エネ効果が顧客の利益として ESCO 事業者によって保

証されることが最大の特徴であり、もし省エネ効果が発揮できずに、顧客が損害を被った場合は、これを ESCO 事業者が補填することになる。



出典：一般社団法人 ESCO・エネルギーマネジメント推進協議会（JAESCO）

図 3-7 ESCO 事業における省エネ効果と保証の関係

2) パフォーマンス契約

パフォーマンス契約を結ぶことにより、ESCO 事業者が省エネ効果の保証リスクを負うため、ESCO 事業者は、その顧客にあった最適な省エネ技術提案を行うことにより保証リスクの軽減を図る。同時に顧客にとっては確実な省エネ効果の達成を実現することになり、両者にとって Win-Win の関係が成立することになる。ESCO 事業を、その企画段階から導入し、運用に至るまでの各フェーズにおける活動を整理すると、下表の通りとなる。

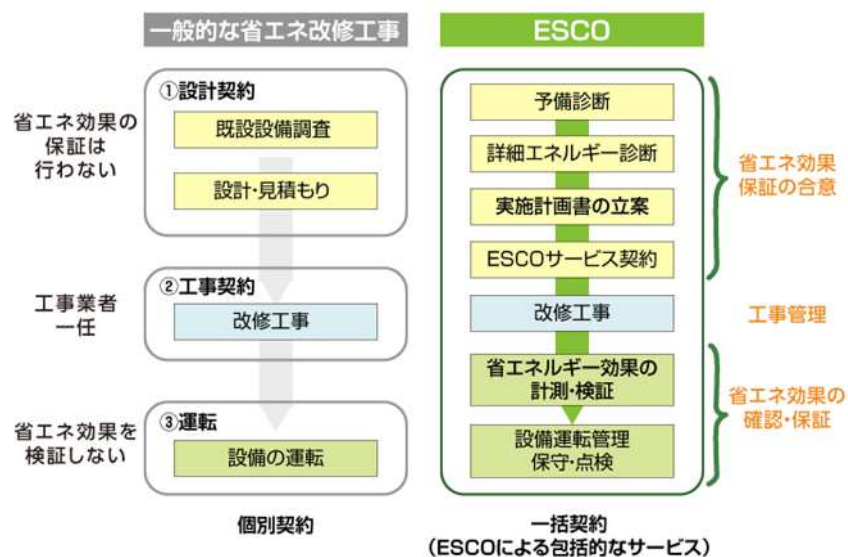
表 3-16 事業の各フェーズにおける実施内容

事業の段階	内容
企画	ESCO 事業者は省エネ診断に基づき、あらゆる省エネの可能性を検討しながら、その顧客にとって最適な省エネ技術を選択し提案する。
設計	パフォーマンス契約を結ぶと、ESCO 事業者が省エネ効果を保証する。責任ある運転管理が期待できるとともに、設計段階においては採用する省エネ技術の性能を適正に見積り、設計者が厳しく自らの提案を吟味しながら、省エネ効果達成の可能性を図る。
施工	施工の善し悪しは、実際の省エネ効果に大きな影響を与えるが、パフォーマンス契約を結ぶことにより、ESCO事業者は当初の設計性能が確保されるように施工管理を厳しく行うことになり、顧客は安心して施工を任せることができる。
運用	運転・管理が始まると、ESCO 事業者は計測・検証を行い、顧客に対し省エネ効果を報告する。顧客は、ESCO 事業者が保証した省エネ効果と報告された省エネ効果を比較し、達成度合いを確認した後、ESCO サービス料を確定する。計測・検証は省エネ効果を把握するだけでなく、最適な設備の運転・管理方法の調整や設定変更などにおいても重要であり、効率的な運転を継続させるために必要不可欠である。

出典：調査団

3) ESCO 事業の特徴

一般的な省エネ改修工事と、ESCO 事業の包括的サービスの違いを下図に示す。各フェーズを通して、省エネ効果と円滑な運転管理を意識した計画、管理が実現されることが特徴である。



出典：JAESCO

図 3-8 一般的な省エネ改修工事と ESCO 事業の比較

(2) インドネシアにおける ESCO 事業

1) 背景と法令

インドネシアにおける ESCO 事業の歴史は、1980 年代後半にインドネシア政府によって設立された国営企業の PT. Koneba（現在の PT. Energy Management Indonesia）が、省エネとエネルギーマネジメントに力を入れたことが始まりといわれている。その後、長らく目立った進展はなかったが、2009 年 11 月に、省エネに係る政令 2009 年第 70 号が制定され、第 12 条で「年間 6,000 TOE（石油換算）以上の一次エネルギーを消費する事業者はエネルギー管理者を任命し、エネルギー監査を実施し、建築物における省エネのベストプラクティスを実践する必要がある」と定められ、実質的に ESCO の市場参入を奨励する内容となっている。2011 年の大統領令第 13 号では、政府省庁や地方政府のオフィスビルに対して、省エネ対策のベストプラクティスを実施し、6 ヶ月ごとに建物のエネルギー消費量を報告することが義務付けられた。2012 年には、上述の政令 2009 年第 70 号を実装する形で、エネルギー管理に関するエネルギー鉱物資源省令 2012 年第 14 号が制定され、改めて、6,000 TOE 以上のエネルギー消費者に対してはエネルギーマネジメントの実施を義務付け、それ以下のエネルギー消費者に対しては自主的に実施することを再確認している。

2011 年 4 月には、インドネシア国内の ESCO 業者と政府、産業界との橋渡しを目的として、インドネシア ESCO 協会（APKENINDO）が設立された。APKENINDO には、2018 年時点で 25 の ESCO 事業者が加盟している。2016 年には、ESCO 事業の実施に係るエネルギー鉱物資源省令第 14 号により、ESCO 事業の定義、ESCO 事業の事業形態、省エネパフォーマンス契約（ESPC）の定義、ESCO 事業者の登録方法などが規定され、ユーザーと ESCO 事業者の間での、費用分担に基づく省エネの方向性を示した。インドネシアにおける ESCO 関連法規を整理すると下表の通りとなる。

表 3-17 インドネシアの ESCO 関連法規

法令	主な内容
省エネに関する政令 2009 年第 70 号	<ul style="list-style-type: none"> ・ (第 12 条) 年間石油換算で 6,000 TOE 以上の一次エネルギーを消費するエンドユーザーは、エネルギー管理者を任命し、エネルギー監査を実施し、省エネのベストプラクティスを実践する必要がある。 ・ 省エネレベルの表示、税制優遇、州税の軽減、関税優遇、銀行部門からの低金利、省エネに関する官民パートナーシッププログラムの下でのエネルギー監査の無料提供などのインセンティブを受けられることができる。
大統領令 2011 年第 13 号	<ul style="list-style-type: none"> ・ 政府省庁や地方政府のオフィスビルに対して、省エネ対策のベストプラクティスを実施し、6 ヶ月ごとに建物のエネルギー消費量を報告することを義務付け。
エネルギー管理に関するエネルギー鉱物資源大臣令 2012 年第 14 号	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2009 年政令 70 号の規則を実施するために定められた大臣令で、6,000 TOE 以上のエネルギー消費者に対しては、エネルギーマネジメントの実施を義務付け、6,000 TOE 以下のエネルギー消費者に対しては自主的に実施することを再確認。
ESCO 事業に関するエネルギー鉱物資源大臣令 2016 年第 14 号	<ul style="list-style-type: none"> ・ ESCO 事業者は「省エネパフォーマンス契約に基づき、エネルギー効率化プロジェクトにおける省エネサービス事業を行うインドネシアの法人」と定義され (第 1 条)、ESCO 事業を構成する要素として、①エネルギー効率化コンセプトおよび計画策定、②エネルギー監査、③省エネプロジェクトに関する融資の提供、④エネルギー効率化の設置および開発に関するサービスの提供、⑤エネルギー設備の運転・監視および保守、⑥省エネ性能の測定と検証 (M&V) を定義 (第 2 条)。

出典：調査団

2) 事業者へのインセンティブ・ディスインセンティブ

前述の政令 2009 年第 70 号において、エネルギー管理を行うことによる事業者へのインセンティブおよびディスインセンティブを定めている。しかしながら、これまでに税制優遇措置はいずれも実施されていない。その理由は、エネルギー鉱物資源省はインセンティブを提供する権限は持っているものの、減税や投資補助金を与える権限は財務省の下にあり、両省間での調整不足のためといわれている。また、罰則やエネルギー供給停止のために必要な政策・規制やガイドラインも、同省から出されていない。

表 3-18 事業者へのインセンティブ・ディスインセンティブ

インセンティブ (第 20 条)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 省エネ機器への税制優遇措置および地方税の控除、減税、免除 ・ 省エネ機器の輸入関税の引き下げ ・ 省エネ投資のための低金利資金融資 ・ 政府負担によるエネルギー監査の無償提供
ディスインセンティブ (第 22 条)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 文書による勧告 ・ メディアへの公表 ・ 罰金 ・ エネルギー供給量の削減

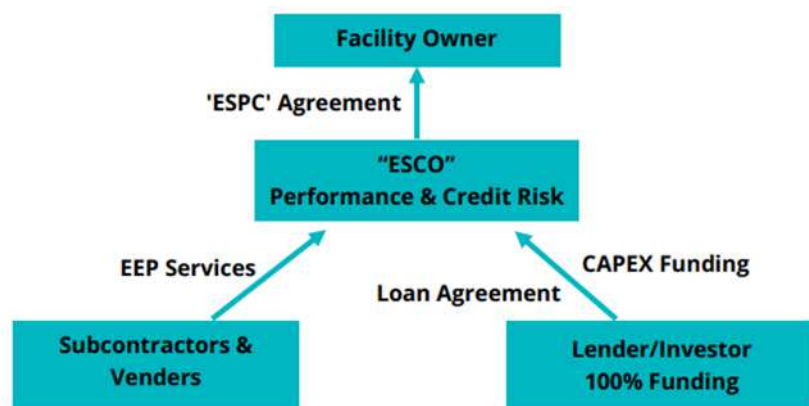
出典：調査団

3) インドネシアにおける ESCO 事業の種類

ESCO 事業者は、前述の「ESCO 事業に関するエネルギー鉱物資源省令 2016 年第 14 号」において、「エネルギー消費施設における、省エネプロジェクトの特定、開発、実施、資金調達をパフォーマンス契約に基づき行う企業」と定義されている。ESCO 事業が利用するパフォーマンスベースの資金調達方法としては、世界的にシェアード・セービングと、ギャランティード・セービングの 2 つの仕組みがある。ESCO 事業に対する知識不足や省エネプロジェクトへの投資にリスクを負いたくない顧客側の意向から、ESCO 市場の未成熟な国では、シェアード・セービングの仕組みが主流となっている。

① シェアード・セービング (Shared Saving)

ESCO 事業者がプロジェクトの初期設備投資を行い、資金返済の全責任を負う仕組み。

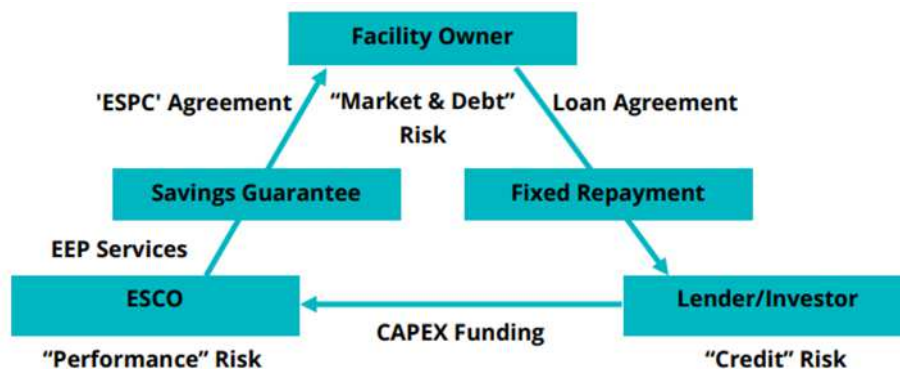


出典：「Diagnostic Review and Analysis of Energy Efficiency Development in Indonesia」
The Energy Transition Partnership, 2022 年

図 3-9 シェアード・セービングの概要

② ギャランティード・セービング (Guaranteed Savings)

施設所有者の負担で、プロジェクトの初期設備投資を行い、ESCO 事業者が施設所有者に十分な利益を保証する仕組み。



出典：「Diagnostic Review and Analysis of Energy Efficiency Development in Indonesia」
The Energy Transition Partnership, 2022 年

図 3-10 ギャランティード・セービングの概要

調査によると、現在までインドネシアでは、シェアード・セービングによる小規模のプロジェクトが、少数の ESCO 事業として実施されている。

(3) インドネシアにおける ESCO 事業の課題

1) 資金調達面での課題

現地金融機関は、省エネプロジェクトに対して、リスクが高いと思われること、取引規模が小さいこと、市場の可能性が小さいこと、取引コストが高いこと、プロジェクトのリスクとキャッシュフローの利益を評価するために必要な内部評価能力が欠けていることなどを理由に、省エネプロジェクトへの融資に消極的である。

省エネプログラムの資金調達は、ESCO 事業者は依然として金融機関を通じた従来の融資スキームに頼っている。しかしながら現地の金融機関の多くは、省エネプロジェクトに対して、伝統的な資産ベースのアプローチを適用し、融資額全体に対する完全な担保を要求している。金融機関の多くは、省エネプロジェクトの成果として生じる将来のキャッシュフローに対する価値を認めていないため、ESCO 事業者は、既存の信用力から資金を調達するか、市場性のある資産担保や返済保証を追加で担保にする必要があり、好条件（低コスト）での融資を困難にしている。インドネシアの ESCO 事業者は一般的に中小企業が多く、自己資本により省エネプロジェクトを開発するための信用実績や資本資源は限られている。事業実施にあたっては、低コストでの資金調達を必要とすることが多い中、現地金融機関の伝統的な融資慣行と、ESCO 事業者が必要とするプロジェクトベースの融資の間には依然としてギャップが大きい。

2) 技術・ノウハウ面での課題

ESCO 事業者やコンサルタントの技術不足により、エネルギー監査によって省エネ機会を特定しても、施設のエネルギー消費量のベースラインや省エネ技術適用による削減量の推定、省エネ対策への測定と検証（M&V）計画等が不十分である。省エネ効果の見積もり精度の信頼性が低く、事業を組成し資金調達を行うために必要となる、プロジェクト計画に基づいた投資適格監査（IGA）を実施するための経験や技術的な能力が十分ではない。インドネシア・エネルギー鉱物資源省によると、2014～2018 年にかけて、現地コンサルタントが作成した 28 件の IGA を調査した結果、1 件の事業も実現していないことが判明した。また、2011 年にインドネシア ESCO 協会（APKENINDO）が設立され、2018 年時点で 25 の ESCO 事業者が加盟した。インドネシア国内で、ESCO を推進するための活動をしていたと思われるが、現在は活動休止状態となっている。

これらに見られるように、政府は ESCO 事業の普及に向け、制度を整備しつつあるものの、依然として事業環境は未成熟であり、今後の意識向上や、技術面での能力向上が必要である。

第4章 社会インフラシステムの省エネ促進

本事業1年次の調査では、バンドン市の街路灯の現況及び整備計画を調査し、非LED街路灯のLED化による使用電力及びCO₂排出削減量を試算した。今年度の調査では、街路灯の整備状況及び計画の最新情報を把握したうえで、今後の事業化に向け、本邦企業の参画を想定した公共調達制度の整理を行った。さらに、本邦企業の強みであるスマートLEDについて導入を提案する。

4.1 本事業1年次の調査結果概要

(1) バンドン市の道路及び街路灯の現況

バンドン市の道路及び街路灯の現況を以下に示す。

表 4-1 バンドン市内の道路及び街路灯の現況

項目	内容
市域面積	16,729m ²
道路数	38,000 路線
道路延長	1,254.87km
道路幅員	5.6m
街路灯数	45,507 基 うち、LED : 28,952 基 非LED : 16,555 基

出典：1年次報告書より抜粋



出典：調査団

図 4-1 バンドン市内のLED街路灯

(2) LED化による使用電力及びCO₂排出削減量

本事業1年次の調査では、非LED街路灯16,555基について、LEDに更新した場合の使用電力削減量及びCO₂排出削減量を試算した。この結果、使用電力削減量は1,679,515 kWh/年、CO₂排出削減量は1,253 t-CO₂/年であった。

表 4-2 LED 化による使用電力削減量、CO2 排出削減量

照明種別	消費電力		数量 ^{※1}	稼働時間 (h/day)	稼働日数 (day/year)	使用電力量 (KWh/year)
	(W)	(KW)				
従来電球	10	0.01	441	11	365	17,706
	70	0.07	2,109	11	365	592,734
	90	0.09	389	11	365	140,565
	150	0.15	13,401	11	365	8,070,752
	250	0.25	215	11	365	215,806
		全て	16,555		全て	9,037,564
		90-250	14,005			8,427,124

照明種別	消費電力		数量 ^{※1}	稼働時間 (h/day)	稼働日数 (day/year)	使用電力量 (KWh/year)
	(W)	(KW)				
LED	10	0.01	441	11	365	17,706
	70	0.07	2,109	11	365	592,734
	120	0.12	14,005	11	365	6,747,609
		全て	16,555		全て	7,358,050
		120	14,005		120	6,747,609
				電力削減量	120	1,679,515 (KWh/year)
				CO2排出削減量 ^{※2}	120	1,253 (t-CO2/year)

※1：数量及び LED 消費電力：バンドン市提供資料

※2：年間 CO2 排出量＝電気使用量 (KWh) /日×365 (日) ×CO2 排出係数 (「平成 26 年度アジアの低炭素社会実現のための JCM 大規模案件形成可能性調査-バンドン市・川崎市の都市間連携による低炭素都市形成支援-」より設定)

出典：1 年次報告書より抜粋

4.2 バンドン市の街路灯の現況及び整備計画

4.2.1 街路灯の現況

(1) 2022 年の街路灯設置状況

2021 年 12 月末にバンドン市交通局により実施されたデータ収集結果によると、2021 年末までに 46,629 基（うち、LED ランプ：30,375 基、高圧ナトリウムランプ：14,688 基、その他：1,566 基）が設置された。さらにバンドン市へのヒアリングによると、2022 年末には 51,358 基の街路灯を設置済みである。2022 年以降に新設した街路灯（4,729 基）は全て LED であることから、2022 年末の LED 変換済み街路灯は 35,104 基と推計される。

(2) 2023 年の街路灯設置目標

バンドン市が改めて示した市全体の目標設置数 68,984 基に対し、2023 年内の目標設置数は 58,762 基である。この目標通りに設置された場合、2023 年内には目標設置数に対して残り 10,222 基となり、街路灯整備率は 85.18%、LED 化率は 71.82%になる。なお、地方中期開発計画 (RPJMD) 2019～2023 年では、1 年あたりの設置数は 2,500 基とされているものの、直近では 2～3 倍 (5,000～7,500 基) の設置数になっている。急激な増加ペースの理由は明らかではないが、今後も毎年 4,000～5,000 基のペースで増設した場合、2026 年には目標設置数に到達する見通しである。

表 4-3 2021～2023 年の街路灯設置推移

項目	2021 年	2022 年	2023 年（目標）
街路灯目標設置数 (a)	67,000 基	67,000 基	68,984 基
設置済み数 (b)	46,629 基	51,358 基	58,762 基
LED (c)	30,375 基	35,104 基	42,207 基
非 LED (d)	16,254 基	16,254 基	16,254 基
街路灯整備率 (b)/(a)	69.60%	76.65%	85.18%
LED 化率 (c)/(b)	65.14%	67.76%	71.82%
街路灯増加数（前年比）	—	4,729 基	7,404 基

出典：バンドン市提供資料より調査団作成

4.2.2 2024 年以降の街路灯整備方針・計画

(1) 地方中期開発計画（RPJMD）2024～2028 年

バンドン市の開発計画は、RPJMD に則って遂行される。LED 街路灯の整備においても、RPJMD との統合が必要であり、本調査において次期 RPJMD の策定状況について確認したが、現時点で素案がないことが判明した。ただし、街路灯整備を所掌するバンドン市交通局によると、今後の LED 整備の方針は以下の通りである。

- 現時点では RPJMD 2024-2028 の素案はなく、2024 年以降の LED 街路灯整備に係る詳細計画や予算計画は策定していない。2024 年に予定している次期市長の選出後に、検討開始される見通しである。
- 新設街路灯の整備に関する詳細な計画はないが、喫緊に整備を要する道路やエリアもないと考えている。したがって、LED 街路灯を新設するよりも、既存の街路灯を LED に交換する方が現実的である。ただし LED 化についても具体的な計画はない。
- 今後、バンドン市に新たな道路を整備する可能性は低いため、既存道路に LED 街路灯を新設・追加する可能性の方が高い。

(2) 地区別の LED 化率と人口密度

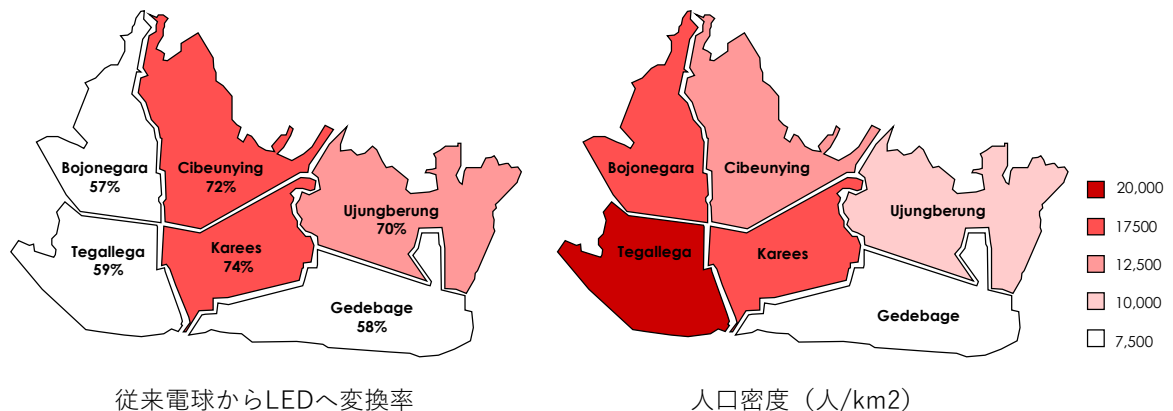
2021 年 12 月末に実施されたデータ収集結果を基に、整備済み街路灯の LED 化率を整理すると、他地域と比して Karees 地区が最も LED 化が進んでおり、Bojonegarati 地区が遅れている状況にある。また、高圧ナトリウムランプの設置数が最も多い地区は Gedebage 地区で、最も少ないのは Karees 地区である。

表 4-4 各地区の街路灯設置数と使用電灯

地区	街頭ランプ	LED	高圧ナトリウムランプ	その他	LED 化率	人口	人口密度
Bojonagara	6,372	3,611	2,026	735	57%	364,143	17,225
Cibeunying	9,717	6,953	2,612	152	72%	398,391	13,280
Tegallega	7,011	4,138	2,857	16	59%	555,501	21,292
Karees	7,692	5,676	2,012	4	74%	387,525	18,151
Ujungberung	6,861	4,788	2,025	48	70%	225,043	10,467
Gedebage	8,976	5,209	3,156	611	58%	125,308	7,410
合計	46,629	30,375	14,688	1,566			

出典：バンドン市からの提供資料、人口と人口密度は <https://en.wikipedia.org/wiki/Bandung> より作成

下図に、LED 化率や人口密度を示す。人口密度が最も多い Tegallega 地区の LED 化率は 59% に留まっており、人口密度が最も少ない Gedebage 地区とほぼ同じ割合である。また、Bojonagara も人口密度が比較的高いエリアであるが、LED 化率は最も低い。なお、本データは 2021 年 12 月 31 日集計時点のものであり、かつ 2022 年以降に整備した新規街路灯は全て LED であるため、各地区の LED 化率は全体的に上がっていると思われる。



従来電球からLEDへ変換率

人口密度 (人/km²)

出典：調査団

図 4-2 各地区の LED 化率と人口密度

(3) バンドン市交通局による整備方針

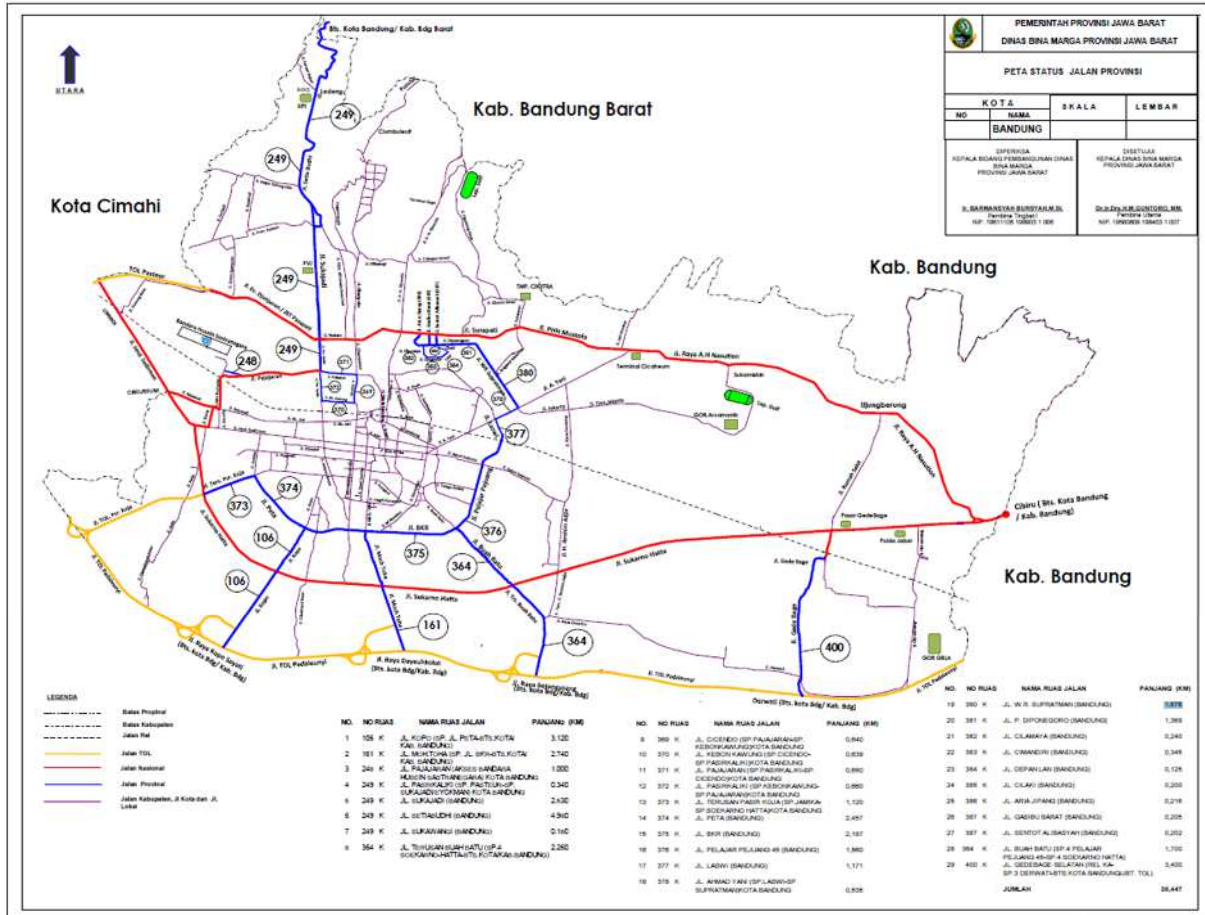
バンドン市交通局は、以下の図及び表に示す 29 の道路（主に県道）について、街路灯を整備する方針である。これらはいずれも、RPJMD 2019-2023 の中で、2023 年までの新規設置対象には含まれておらず、またこれまでの整備エリア・道路とも重複していない。

1) 新規 LED 街路灯設置

基本的にバンドン市の全道路に街路灯は整備されているが、法令で定められた 20m 間隔の整備には至っていない不均一な区間もある。したがって 29 路線の内、20m 間隔で整備されていない区間については、新設の LED 街路灯で補いたい考えである。

2) 既存街路灯のLED化

既存街路灯をLED化したい優先道路・エリアは、バンドン中心部に位置する Cibueying 地区（ハジジュアンダ通りの周辺道路）であった。ただし、ハジジュアンダ通り自体は、街路灯の整備は完了している。



出典：バンドン市提供資料

図 4-3 新規LED街路灯設置候補道路

表 4-5 新規 LED 街路灯設置候補道路リスト

No.	道路 No.	道路名	距離 (km)
1	106 K	JL. KOPO (SP. JL. PETA-BTS.KOTA /KAB. BANDUNG)	3.120
2	161 K	JL. MOH.TOHA (SP. JL. BKR-BTS.KOTA/KAB. BANDUNG)	2.740
3	248 K	JL. PAJAJARAN (AKSES BANDARA HUSEIN SASTRANEGARA) KOTA BANDUNG	1.000
4	249 K	JL. PASIRKALIKI (SP. PASTEUR-SP. SUKAJADI/EYCKMAN) KOTA BANDUNG	0.340
5	249 K	JL. SUKAJADI (BANDUNG)	2.530
6	249 K	JL. SETIABUDHI (BANDUNG)	4.980
7	249 K	JL. SUKAWANGI (BANDUNG)	0.180
8	364 K	JL. TERUSAN BUAH BATU (SP.4 SOEKARNO-HATTA- BTS.KOTA/KAB.BANDUNG)	2.260
9	369 K	JL. CICENDO (SP.PAJAJARAN-SP. KEBONKAWUNG)KOTA BANDUNG	0.640
10	370 K	JL. KEBON KAWUNG (SP.CICENDO- SP.PASIRKALIKI)KOTA BANDUNG	0.639
11	371 K	JL. PAJAJARAN (SP.PASIRKALIKI-SP. CICENDO)KOTA BANDUNG	0.650
12	372 K	JL. PASIRKALIKI (SP.KEBONKAWUNG- SP.PAJAJARAN)KOTA BANDUNG	0.660
13	373 K	JL. TERUSAN PASIR KOJA (SP.JAMIKA- SP.SOEKARNO HATTA)KOTA BANDUNG	1.120
14	374 K	JL. PETA (BANDUNG)	2.457
15	375 K	JL. BKR (BANDUNG)	2.187
16	376 K	JL. PELAJAR PEJUANG 45 (BANDUNG)	1.560
17	377 K	JL. LASWI (BANDUNG)	1.171
18	378 K	JL. AHMAD YANI (SP.LASWI-SP SUPRATMAN)KOTA BANDUNG	0.535
19	380 K	JL. W.R. SUPRATMAN (BANDUNG)	1.676
20	381 K	JL. P. DIPONEGORO (BANDUNG)	1.369
21	382 K	JL. CILAMAYA (BANDUNG)	0.240
22	383 K	JL. CIMANDIRI (BANDUNG)	0.345
23	384 K	JL. DEPAN LAN (BANDUNG)	0.125
24	385 K	JL. CILAKI (BANDUNG)	0.200
25	386 K	JL. ARIA JIPANG (BANDUNG)	0.216
26	387 K	JL. GASIBU BARAT (BANDUNG)	0.205
27	387 K	JL. SENTOT ALIBASYAH (BANDUNG)	0.202
28	364 K	JL. BUAH BATU (SP.4 PELAJAR PEJUANG 45-SP.4 SOEKARNO HATTA)	1.700
29	400 K	JL. GEDEBAGE SELATAN (REL KA-SP.3 DERWATI-BTS.KOTA BANDUNG/JBT. TOL)	3.400

合計： 38.447

出典：バンドン市提供資料

4.2.3 LED 街路灯整備に係わる法制度

前述の通り、次期 PJMD 2024-2028 における街路灯整備計画は明らかになっていないが、バンドン市交通局としての整備方針は判明した。今後の事業化にあたっては、対象道路の絞り込みと事業規模の把握、資金調達を含む導入計画や費用対効果の検討が必要となる。他方、将来的に本邦企業あるいは本邦企業の製品がバンドン市の公共調達に参画する場合、バンドン市の公共調達制度や調達時に生じうる制約等を把握し、予め必要な手続きや対応を施しておく必要がある。したがって以下では、公共調達による街路灯整備に関連しうる法規制や政策等を整理する。

(1) 街路灯整備に関する法規制

街路照明器具の整備は、運輸大臣規則 2018 年 PM27 号に規定されており、街路照明器具の種類（自律点灯型や連携型）や通信規格の整備、使用するランプの種類、電力供給方法、ランプの点灯時間や調光時間、道路種別のポール高さ制限などが細かく規定されている。使用するランプの消費電力に対する制限等はないが、道路種別と歩行者との接触の関係により照度値、輝度値が定められている。以下に、各道路種別の定義と、道路種別と歩行者との接触を考慮した平均照度を示す。

表 4-6 道路種別と道路状況や歩行者との接触を考慮した平均照度

道路種別	定義
高速道路	完全な車道制御で交差点のない連続した交通のための公道で、路側帯のフェンスを備えているもの。
幹線道路	長距離の移動、速い平均速度、主要な交通機関として機能する公道。
接続道路	中距離の移動、中程度の平均速度、分割輸送を提供する機能を持つ公道。
地域道路	短距離の移動、低い平均速度、地域交通を提供する公道。
近隣道路	短距離の移動、低い平均速度、近隣交通を担う公道。

道路種別と歩行者との接触		路面分類に基づく照度値			比率 エクイティ Eavg/Emin
道路種別	歩行者との接触	道路塗装分類 R1	道路塗装分類 R2、R3	道路塗装分類 R4	
		Lux	Lux	Lux	
高速道路	接触なし	6	9	8	3
幹線道路	高	12	17	15	3
	中	9	13	11	3
	低	6	9	8	3
接続道路	高	8	12	10	4
	中	6	9	8	4
	低	4	6	5	4
地域道路	高	6	9	8	6
	中	5	7	6	6
	低	3	4	4	6
近隣道路	高	4	6	5	6
	中	3	4	4	6
	低	2	3	3	6

出典：運輸大臣規則 2018 年 PM27 号付録 I より調査団作成

(2) 公共調達に関する大統領令

政府調達に関する大統領令は、大統領令 2003 年 80 号、大統領令 2005 年 54 号を経て、現在の大統領令 2018 年 16 号と、その改定版 2021 年 12 号によって定められている。なお以前は、バンドン市独自調達規程を定めていたが、上記の大統領令 2018 年 16 号以降は、原則として同大統領令に則っている。関連規則として、以下の国家調達庁規制がある。

- ・ 国家調達庁規則 2018 年第 9 号：サプライヤーを利用した公共調達のガイドライン
- ・ 国家調達庁規則 2018 年第 11 号：E カタログについて
- ・ 国家調達庁規制 2022 年 122 号：E カタログによる調達実施について

(3) 外国製品に対する政策

1) 公共調達に対する国産品優先 (P3DN) 政策

インドネシア政府は、2018 年から国産品優先 (P3DN) 政策を実施している。同政策は、産業の競争力強化についてのプログラムで、インドネシア産の原材料・部品の利用を積極的に促進するものである。商品の国産比率 (TKDN : Tingkat Komponen Dalam Negeri) を示す TKDN 証明書の付与などを通じ、国産品の競争力強化、国産品利用促進を図っている。本政策では、政府調達品の満たすべき国産比率を指定しているため、日系企業の製品を含む、多方面の品目で影響が出ていると言われている。TKDN 証明書が必要になるのは、主に二つのケースであり、一つは政府調達品である。政府調達とは、国家予算、地方予算により賄われる省庁、機関、地方機関による活動と定義されており、バンドン市による調達も対象である。政府調達品は、国産品を使用することが義務化され、TKDN 40%以上の製品が国産品と定義されている。二つ目のケースは、工業省によって国産化率が定められている特定の商品である。これまでに、携帯電話 (工業大臣規定 2017 年第 29 号)、太陽光発電関連機器 (工業大臣規定 2017 年第 4 号)、バッテリー電気自動車 (工業大臣規定 2020 年第 27 号) などで、個別商品ごとに国産化率の算出規定が定められている。よって、太陽光を用いた街路灯を提案する場合は留意が必要である。

2) 政府調達における輸入品の扱い

国産品優先 (P3DN) 政策を取るものの、大統領令 2018 年第 16 号の 66 条では、以下の場合において輸入品の調達も可能にしている。

- ・ 当該製品が国内で生産できない場合
- ・ 国内生産量では需要を満たす事が出来ない場合 (国内品で代替できない場合)

(4) 公共調達制度

公共調達に用いる調達方法は、「E-purchasing」、「Direct Procurement」、「Direct Appointment」、「Quick Tender」、「Tender」があり、条件に適合する方法で調達が行われる。

表 4-7 公共調達方法

調達方法	条件
1) E-purchasing (E カタログ)	<ul style="list-style-type: none"> 標準化された製品・サービス、および反復的な需要がある場合。 (価格や仕様のカスタマイズが必要な商品・サービスは不可。) Eカタログに記載された商品、工事、その他のサービスが対象。 大臣、各省庁長、自治体長が E カタログでの調達を決定した製品・サービスは、E カタログを介した調達が必須となる。それ以外は 2)~5)による調達 E カタログを選択するか否かは、経済的平等、中小企業や地元企業への機会を考慮して定められる。 公募価格 25 億ルピー以下の調達は、中小企業に限定される。(中小企業にない高い技術力を必要とする調達は除く。)
2) Direct Procurement	<ul style="list-style-type: none"> 標準化されていない製品・サービス(技術仕様と価格について交渉が必要な物品・サービスに適用される) 最大2億ルピア(約175万円)までのものを対象とするもの。 5,000 万ルピア未満：任意の品目・サービスの直接購入が可能。 (領収書を使用) 5,000 万~2 億ルピア：サプライヤーが価格と仕様の見積書を提出する必要がある購買方法。2 社以上の相見積が必要。
3) Direct Appointment	一定の条件のもとで商品・工事・その他の役務について行われるもの。(一定条件は、大統領令2021年12号第38条5項で規定)
4) Quick Tender	<ul style="list-style-type: none"> 仕様と数量が詳細に決定されていること。 企業体が SIKap に登録されていること。(SIKap (Sistem Informasi Kinerja Penyedia) は、公共入札に参加するサプライヤー情報を記録するデータベース)
5) Tender	上記 1)~4)の選定方法による調達の対象外の場合に行われる。

出典：調査団

(5) E カタログ

バンドン市へのヒアリングにより、これまで LED 街路灯を E カタログに掲載されている取扱業者から調達しており、バンドン市にとっても E カタログから製品を選択する方が容易であるとの見解を得た。本邦企業の参画促進を検討するため、以下に、E カタログの概要と輸入品に対する取り扱い等について整理する。

1) E カタログ

E カタログは、政府・政府機関等が物資やサービスを調達する際に用いるウェブサイト (<https://e-katalog.lkpp.go.id/>) で、モノやサービスの名称、仕様、価格等が掲載されている。インドネシア政府は、国家予算や地方政府予算を使用する中央政府(中央省庁/国家機関)、国有企業、地方自治体等によって物品やサービスを調達する場合は、E カタログに登録されている物品・サービスから調達する事を推奨している。なお、公共調達者(例えばバンドン市)の長が、「E カタログからの調達」に限定した場合は、製品を E カタログに登録していない商品は、選定機会を得られない事になる。E カタログは、「National (国レベル)」、

「Local（地域別）」、「Sectoral（分野別）」の3カテゴリーに分かれている。カテゴリーごとに管理組織が異なり、National は国家調達庁（LKPP）、Local は地方行政の管理チーム、Sectoral は省庁の管理チームに権限が与えられている。カテゴリーの管理者が「サプライヤーに登録して欲しい商材」を検討し、E カタログの告知のページで登録を求める商品の通知、募集を行う。サプライヤーは、募集期間中に適合する商品に登録する。なお、「街路灯」の募集は National（国レベル）で、2022年3月から現在まで継続されている。

2) E カタログの登録手順

サプライヤーである企業が E カタログに商品に登録するには、国家調達庁令 122/2022 に基づき、電子調達システム（SPSE : Sistem Pengadaan Secara Elektronik）から登録する。SPSE アカウント申請に必要な書類は、企業識別番号や会社定款等が求められていることから、登録可能な法人はインドネシア法人に限定される。なお、外資企業に対する制限は定められていない。

表 4-8 E カタログの登録手順と必要書類

登録手順	SPSE アカウント申請に必要な書類
1) SPSE アカウントの取得を申請する。申請は最寄りの電子調達サービス事務所で行う。	・ 納税者登録番号（NPWP）
2) SPSE ログイン ID を取得する。同 ID が E-カタログと SIKaP の共通 ID となる。	・ 企業識別番号（NIB）
3) SIKaP に詳細な企業情報を入力し、E カタログに商品に登録できる状態にする。	・ 会社定款（Akte）
	・ 識別番号（KTP）

出典：調査団

3) 商品を E カタログに登録する方法

大統領令 2018 年 16 号では、E カタログに登録する製品は入札または交渉によって選定されていた。しかし、より多くのサプライヤーに製品登録することを奨励すべく、大統領令 2021 年 12 号で入札・交渉プロセスを廃止し、製品登録の簡素化が行われた。新たな登録方法を以下に示す。

表 4-9 E カタログへの商品登録

1) E カタログ管理チームが、E カタログのウェブサイトに募集要項を掲載し、要件を満たす製品を申請するようサプライヤーに呼びかける。
2) サプライヤーは適用する製品をオンライン申請する。
3) 管理チームは、申請された製品が E-カタログに掲載条件を満たすか確認をする。
4) 確認後、製品は E-カタログに掲載される。

出典：国家調達庁規制 2022 年 122 号より調査団作成

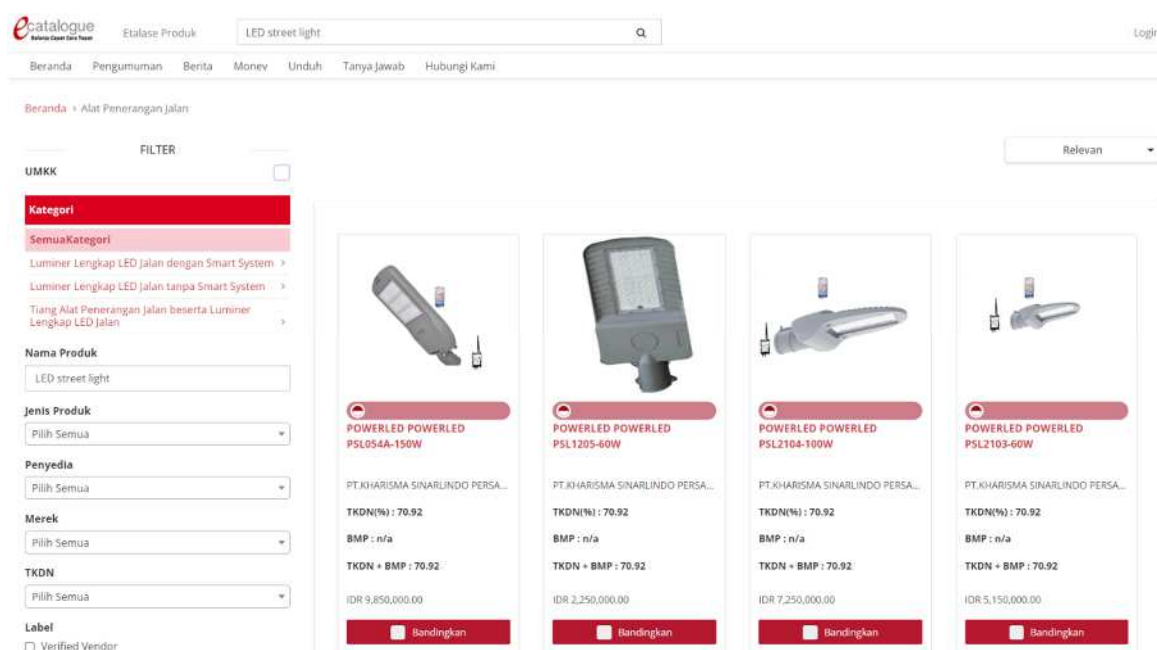
4) E カタログの登録内容と期間

E カタログには、商品・サービスのリスト、種類、技術仕様、TKDN、国産品、SNI 認証、

環境配慮型製品、原産国、価格、プロバイダー情報などが掲載される。登録期間は原則 2 年間である。ただし、国家調達庁規制 2022 年 122 号では、LKPP または E カタログ管理チームはサプライヤーに通達すること無く、登録商品を削除する事が可能になっている。2022 年 11 月の報道によると、輸入製品を含む 14,161 点の商品が E カタログから削除されたと報告されている。

5) LED 街路灯の登録

E カタログには既に 1,432 点（輸入品 62 点、国内品 1,370 点）の LED 街路灯が登録されている。（2023 年 2 月時点）



出典：<https://e-katalog.lkpp.go.id/>より抜粋

図 4-4 E カタログのウェブサイト（LED 街路灯の選択ページ）

6) 公共調達者が E カタログから購入する場合

公共調達者（地方自治体など）が E カタログを介して商品を購入する場合、公共調達者はサプライヤーから最良の価格を得るために、以下のいずれかの行為に従う必要があると規定されている。

- A) 価格交渉：特に大量に購入する場合、E カタログに記載されている価格より安くするように交渉すること。
- B) ミニ競争：類似製品を扱う 2 社以上のサプライヤーに価格改善を依頼し、より良い価格を提示したサプライヤーを選択すること。

7) E カタログにおける輸入製品の扱い

国家調達庁規制 2022 年 122 号の APPENDIX II 「K」の条文によると、E カタログの運面でも P3DN 政策が反映されている。特に輸入製品については、「(2) E カタログに掲載されている外国（輸入）製品が既に国内製品で代替可能な場合は、当該外国（輸入）製品を E カタログで注文できない」、「(3) 外国（輸入）製品は、国内製品で対応できない場合に E カ

カタログで注文できる」との規定がある。したがって、バンドン市が E カタログを介して LED を調達する場合、本邦製品を含む輸入製品は選択される可能性は低いと考えられる。バンドン市の意向により輸入品も調達対象になる場合は、国の輸入規制に則り、輸入ライセンスを保有する現地企業を販売店または代理店を指名し、代理店名で対象製品を E カタログに登録する必要がある。

4.3 スマート LED 街路灯の導入提案

4.3.1 スマート LED 街路灯の概要

(1) スマート LED 街路灯の概要

スマート LED 街路灯は、IoT ネットワーク化により、LED 照明の点灯・消灯時間や照度の調整を可能にし、省エネと CO2 排出削減を実現する技術である。また維持管理業務の一元化により、効率化や故障の回避、保守コストの削減にも資するものである。さらに、カメラ、マイク、各種センサー、5G 基地局、映像表示システム（デジタルサイネージ）、スピーカーなどを搭載することにより、交通機関の運行支援や交通量測定、交通誘導、防犯、防災、災害時の誘導等の機能を持たせることが可能で、都市の強靱化にも繋がるものである。日本電気株式会社の試算によると、季節やエリアごとに点灯・消灯時間や照度を細かく変更し、点灯時間を 1 時間短縮できた場合、CO2 排出量は約 7% の削減が見込め、年間の排出量に換算した場合、街路灯 100 本あたり、約 1.8 トンの CO2 排出削減が可能である。

(2) 日本の地方自治体等によるスマート LED 街路灯の導入事例

日本では、スマートシティの実現に向けて、自治体によりスマート LED 街路灯の導入や実証事業が行われている。導入する地域により、災害対策、防犯対策、地域交通や産業振興などの課題に焦点をあて、その解決の糸口としても期待されている。

1) 河川監視や道路冠水の把握を目的とした導入

杉並区は、リアルタイムな河川監視や道路冠水の把握を目的として、神田川沿いや JR 阿佐ヶ谷駅の駅前広場などを対象に、IoT 街路灯システムを導入した。近年増加している集中豪雨や大型台風による急激な河川の増水など、都市部における水害対策が課題となっており、杉並区の安全・安心なまちづくりのため、河川の氾濫や道路の冠水などの水害対策として期待されている。



出典：<https://jpn.nec.com/streetlight/case.html> より抜粋

図 4-5 杉並区に設置された IoT 街路灯システム

2) 商店街の安全性と利便性の向上を目的とした導入

六本木商店街振興組合は、六本木の日抜き通りにスマートLED街路灯を33基設置した。洗練されたデザインを取り入れ、データ収集や情報発信の機能を備え、備え付けモニターには店舗の紹介や街の混雑状況を表示する機能もある。搭載したカメラとAIによる映像解析により、通行人の移動方向や性別、人数をリアルタイムで推定する。来訪者の行動範囲を広げる効果を狙い、人の流れが少ないエリアにある店舗のデジタルクーポンを街路灯のモニターで発行する事業も実施した。商店街の混雑状況を把握し、来訪者の安全確保や利便性向上を図るほか、来訪者の属性を分析して商品開発や新たな客層の獲得に繋げる試みである。



出典：<https://jpn.nec.com/streetlight/case.html> より抜粋

図 4-6 六本木の繁華街に設置されたスマートLED街路灯

3) 商店の売上予測やフードロス削減効果の実証実験

大阪府枚方市は、街中の人流データを小売店の売り上げ予測やイベントのにぎわい創出効果を検証している。導入したスマートLED街路灯には、人物像分析システムを搭載しており、通行人の数や性別、年代などの自動解析が可能である。具体的に検証しているデータ活用モデルケースは、街路灯から数百メートル離れているパン屋の売り上げ予測である。人流データ、曜日、天気と販売数の関係をAIに学習させ、パンの販売数を予測したところ、売れ残りによる廃棄数を最大9割程度削減できることが確認された。



出典：<https://jpn.nec.com/streetlight/case.html> より抜粋

図 4-7 枚方市が導入したスマートLED街路灯

4.3.2 想定される導入設備、機器

(1) NEC

NECのIoT街路灯システムは、街路灯にIoT技術とネットワーク技術を集約することで、街全体の情報を収集する新たなネットワークインフラである。AIなどと組み合わせて活用することで、安全、快適、そして活気ある街づくりに貢献する。街路灯は、照明のLED化とネットワーク化による一元管理により、膨大な数の街路灯の維持管理を効率化する。例えば、季節やエリアごとに点灯消灯時間や照度を細かく変更することで、電力使用量を削減する事や、各部をリモートで自動診断し部品交換することで故障を回避するなど、省エネと管理業務の効率化に繋がる。また、ネットワークカメラで街全体をリアルタイムに監視することで、台風などの気象災害の際には、河川の監視や公共交通機関の運行状況の告知、避難誘導など、暮らしの安心安全を守る役割を担う。

表 4-10 IoT街路灯システムの主な特長

 <p>街路灯の状態を見る化。省エネ、効率的な設備保全</p>	 <p>その人に合わせた情報発信</p>
<p>① IoTネットワーク化で街路灯を一元管理</p>	<p>② 周囲を把握し情報提供することでにぎわいを創出</p>
 <p>カメラで周辺情報を常時監視</p> <p>不審な人物・ものをいち早く検知</p>	 <p>自動運転社会をささえる新たなインフラ</p>
<p>③ 防犯・避難誘導など暮らしの安心安全を守る</p>	<p>④ 5G時代・自動運転社会を支える未来のインフラ</p>

出典：NECのホームページより抜粋

(2) ミネベアミツミ株式会社

ミネベアミツミの無線機能付き高効率LED道路灯は、海外を中心に設置数を増やしており、カンボジアでは2020年に10,165灯を設置、欧米では37,300灯の導入実績がある。無線通信を利用して、遠隔で光量のコントロールが可能で、調光により一般的な水銀の道路灯と比べて約90%の電力削減を実現している。道路灯のデータをクラウド上で一元管理することで、点灯時間や消費電力量などをモニタリングし、さらに各種センサー（環境センサー、パーキングセンサー等）、電力メーター、監視カメラなどを組み合わせ、都市生活に

かかわる機能を一括してモニタリングできるシステムの構築を進めており、都市のスマートシティ化に貢献する。



出典：ミネベアミツミ株式会社提供資料より抜粋

図 4-8 スマートシティ化に貢献する活用事例

(3) 5G 基地局を兼ねるスマート街路灯

5G は、クルマの自動運転、高精細な 4K/8K 映像のデータ伝送、製造プロセス全体を最適化するスマートファクトリー、ロボットアームを使った遠隔手術などを実現する新たな社会インフラとして期待されている無線通信規格である。5G は基地局のカバーエリアが狭く、高速・大容量の特徴を生かすには 100~300m 程度のセル単位でのアンテナ設置が求められると言われており、本格的な普及には膨大な数の基地局やアンテナが必要となる。街路灯の設置範囲を鑑みると、街路灯が 5G 基地局を兼ねた整備事業となると、都市にとってのメリットも大きい。

(4) 導入にあたっての留意事項

スマート街路灯の導入にあたっては、カメラや画像解析を導入する場合のプライバシー侵害対策に留意が必要である。前述の六本木商店街振興組合の事例では、経済産業省・総務省・IoT 推進コンソーシアムが定めたカメラ画像利活用のガイドラインを用いてプライバシー保護に配慮し、組合向けのガイドラインも作成している。また、町会や自治体等の関係者への周知、カメラ設置付近やホームページに「個人を特定可能なカメラ映像は即破棄し、通行状況の統計情報のみ保存する」という内容を掲載するなど、近隣住民や来訪者への理解促進を図っている。このような国内外の前例を活かし、スマート街路灯の整備に伴う個人情報保護に関するガイドラインの整備や、普及促進活動等も併せて行うことが望ましい。

4.3.3 事業化に向けた方策

本事業1年次の調査により、非LEDの街路照明をすべてLEDに更新した場合の、使用電力削減量及びCO2排出削減量を試算し、その効果を把握した。ただし、街路灯整備の基礎となる次期RPJMD 2024-2028が未策定であり、バンドン市交通局の整備方針はあるものの、具体的な整備計画や予算規模が不明で、現時点では具体的なLED街路灯整備計画の提案・検討を進められない状況にある。一方で、インドネシアではJCM設備補助事業を活用したスマートLED街路灯システムの導入事例があり、先行事業の実施効果や留意点は、バンドン市での今後の検討にあたり参考となる。

(1) 工業団地へのスマートLED街路灯システムの導入

インドネシア西ジャワ州のカラワン工業団地（伊藤忠商事とインドネシアのシナールマスグループによる合弁事業）は、日系企業も多く入居する工業団地で、JCM設備補助事業を活用し、工業団地内にスマートLED街路灯システムを導入している。既存の街路灯照明（高圧ナトリウムランプ）をLED化するとともに、LED照明を遠隔制御・監視するシステムを導入することで、明るさなどの周辺環境に応じた調光等を実現し、既存街路灯に比べて大幅な省エネ・CO2排出量の削減を実現している。導入にあたっての留意点としては、天候や現地慣習を考慮した工程管理や、スマートボックス設置に係わる電力会社との調整が指摘されている。

表 4-11 事業の概要

事業名	工業団地へのスマートLED街路灯システムの導入 (JCM設備補助事業)
実施主体	株式会社NTTファシリティーズ
採択年度	2015年
想定GHG排出削減量	543 t-CO2/年（約40%減）
導入設備	<ul style="list-style-type: none"> ・調光型LEDランプ：計1,260個 95W×660個（HPS 250W相当） 190W×600個（HPS 400W相当） ・照明コントローラ：1,260個 ・スマートサーバーボックス：14台

出典：事例紹介 (https://gec.jp/jcm/jp/projects/15pro_ina_02/) より調査団作成

上記は、JCM 設備補助事業を活用し、工業団地でスマート LED 街路灯を整備した事例である。工業団地という面的に区切られた中で実施された本事業をパイロット事業としてみると、バンドン市にとって導入技術の有意性や水平展開の検討に有益である。なお、後述 6.3 章で実施した企業ヒアリングによると、インドネシアにある工業団地のうち複数の工業団地では、街路灯の電球は LED と従来型が混在しており、今後 LED への転換が見込まれる。またインドネシアには、太陽光発電を利用した LED 街路灯を販売する企業が既にあり、エネルギー・鉱物資源省の発表（2023 年 2 月）として、インフラ整備の一環として、太陽光発電を利用した街路灯 31,075 本を設置すると報道されていることから、今後はより一層省エネ型の街路灯整備が進むと考えられる。

第5章 モビリティ改善と大気質管理

5.1 モビリティ改善策

5.1.1 モビリティ改善に関するバンドン市の取組

(1) 道路混雑の発生要因

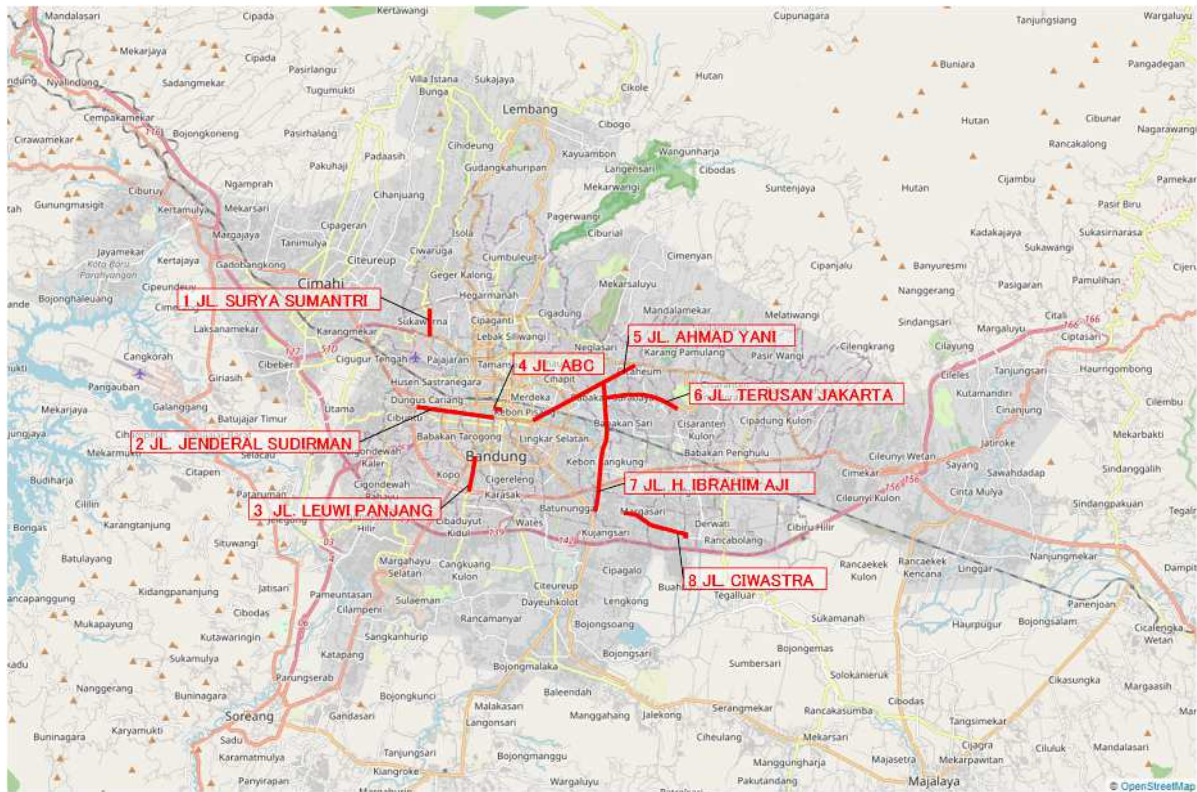
バンドン市の交通渋滞発生要因のひとつとして、市内の道路延長に対し車両台数が多いことが挙げられる。下図に示す通り、車両登録台数は2017年以降は減少傾向がみられるが、2020年の人口1,000人あたりの車両登録車両台数は600台を超えている。バンドン市の人口1,000人あたりの車両台数は、インドネシア全国平均の約1.4倍となっており、今後も都市部の人口増加に伴い車両も増加することが想定される。さらに、渋滞発生の要因には、公共交通機関の運転手の規律不足、違法駐車、交差点等の違反といった運転手のマナーなどもあると考えられる。



出典：バンドン市提供資料

図 5-1 バンドン市の人口及び車両登録台数

バンドン市が管理する路線のうち、混雑路線の多くが市中心部の路線である（図 5-2）。これらの路線の多くの区間が片側2車線の路線であるが、沿道にはショッピングモールや商店などが立ち並んでおり、これらの店舗等に立ち寄っていると想定される駐車車両や二輪車で、1車線が塞がっている区間も多い。路上駐車車両が交通容量に与える影響は、車線数が少なくなるほど著しく増大し、交通容量の低下により交通渋滞が増加することになる（表 5-1）。また、空いているスペースへの無理な割り込みや、空いているスペースを探す「うろつき交通」なども渋滞を誘発する行動となる。



出典：バンドン市交通局

図 5-2 混雑路線の位置

表 5-1 路上駐車による交差点部の交通容量の低下

単路部車線数	交通容量（台/時）		駐車による交通容量の低下率（%）
	駐車場なし	駐車あり	
1	1,000	600	-40
2	1,700	1,200	-29
3	2,350	1,900	-19

出典：「新しい路上駐車の手配を求めて」財団法人国際交通安全学会、1986年

(2) バンドン市の取組

バンドン市では、渋滞緩和の取組として、バンドン警察交通課とバンドン市交通局が連携し、交通整理や違法駐車を取り締まり、地域組織と連携したキャンペーン活動の実施等の市民の意識啓発、信号の現示を最適にコントロールするためのエリアトラフィックコントロールシステム（ATCS：Area Traffic Control System）の導入、道路の線形改良、駐停車禁止を周知する看板等の設置など、ハード面での整備にも取り組んでいる。また、公共交通への転換を図るため、大量輸送サービスの提供が可能な BRT や LRT の整備を進めている。

表 5-2 モビリティ改善に関するバンドン市の取組

取組例	内容	イメージ
交通整理・違法駐車取り締まり	<ul style="list-style-type: none"> 交通整理の実施（交差点 143 カ所のうち 41 カ所、毎日 6:00～10:00、11:00～13:00、15:00～20:00） 違法駐車抑止作戦（毎日 10:00～16:00、1 日平均 10～15 本の路線） 	
交通秩序に関するキャンペーン	<ul style="list-style-type: none"> 地域組織と連携し、毎週日曜日に交差点で啓発活動を実施 	
エリアトラフィックコントロールシステム（ATCS）の最適化	<ul style="list-style-type: none"> 信号機制御のための地域交通管制システムの導入（信号機（137 機）、CCTV（293 機）、交差点にスピーカ（52 機）を設置 	
道路の改良・設備設置	<ul style="list-style-type: none"> チャネルリゼーションの導入（交通を円滑化するために交差点などで区画線や島で車両の動きを誘導すること。島とは交通を導流するための島状のマウンドを指す。） 標識等の設置（渋滞の原因となる可能性がある箇所に「駐停車禁止」等の看板を設置） 交通量の多い交差点に信号機や警告灯を設置 	
公共交通機関サービスの提供	<ul style="list-style-type: none"> 自家用車利用者に対し公共交通利用への転換を促進 <ul style="list-style-type: none"> -BRT の開業（2024 年開業予定） -LRT 導入計画（8 路線） -市民への教育の実施 従業員用のバスの提供（ビークルフリーデーとして、従業員用のバスを市が提供し、車両不要日を設定） 	<p style="text-align: center;">BRT 路線</p> 

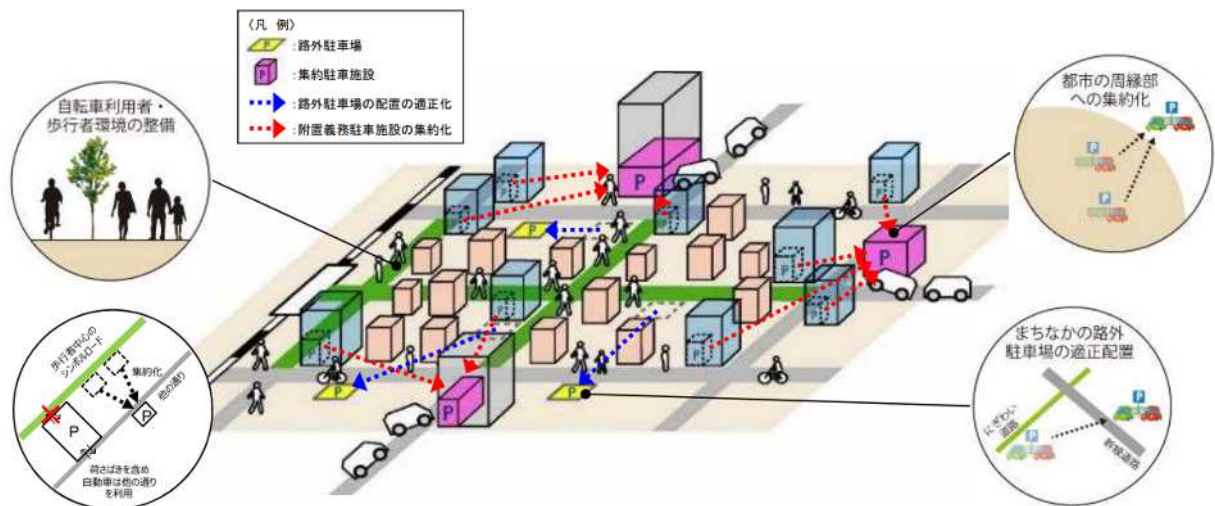
出典：バンドン市提供資料より調査団作成

5.1.2 モビリティ改善策の提案

渋滞の発生要因やバンドン市の取組を踏まえ、導入により渋滞の改善が期待される対策を検討した。対策は、交通容量の増大させるための路上駐車対策、交通量を低減させるための公共交通利用促進策について検討した。

(1) 路上駐車対策

バンドン市の取組のひとつに違法駐車対策がある。市内中心部の混雑路線では違法駐車を含めた路上駐車が渋滞発生の要因のひとつとして考えられ、その対策を行うことはモビリティ改善策として効果が高いと考えられる。バンドン市中心部のように自動車交通が著しく輻輳する地区である商業地域及び近隣商業地域等の中心市街地では、需要と供給のバランスを適切に図り、量的・質的な観点から、まちづくりの一環として駐車場施策に取り組む必要がある。



出典：「これまでの駐車場施策と今後のあり方について」国土交通省都市局、2022年
図 5-3 まちづくりと連携した駐車場施策（イメージ）

日本では、駐車場法の定めにより、建築物の建設等により新たに発生する駐車需要について、当該建築物又はその敷地内で充足させるため、地方公共団体の条例に基づき、建築物の新築等の際に駐車場の附置を義務付けている（駐車場法第 20 条）。また国が示す標準駐車場条例及び各地方公共団体における条例では、建築物が存する地区、用途等に応じて、一定の建築床面積ごとに一定の駐車施設の整備を求める原単位の数値を定め、市街地等における駐車場の整備を推進している。

路上駐車を削減し、安全で快適な交通環境を確保するためには、違法駐車取締りや、まちづくりの一環として駐車場施策を実施するとともに、駐車場の整備や案内誘導などを通じて駐車場を有効に活用できる仕組みの導入も期待される。駐車場利用の利便性を向上させる取組の事例を以下に示す。

1) 車種別の満車・空車情報掲示

乗用車や二輪車、荷捌き車両などの様々な車種に対応した駐車場の整備を行うとともに、駐車場入口前には、乗用車だけでなく二輪車、荷捌車など車種別の満空情報を掲示する。満空情報の提供を行うことで、駐車場所を探すうろつき交通の削減も期待できる。

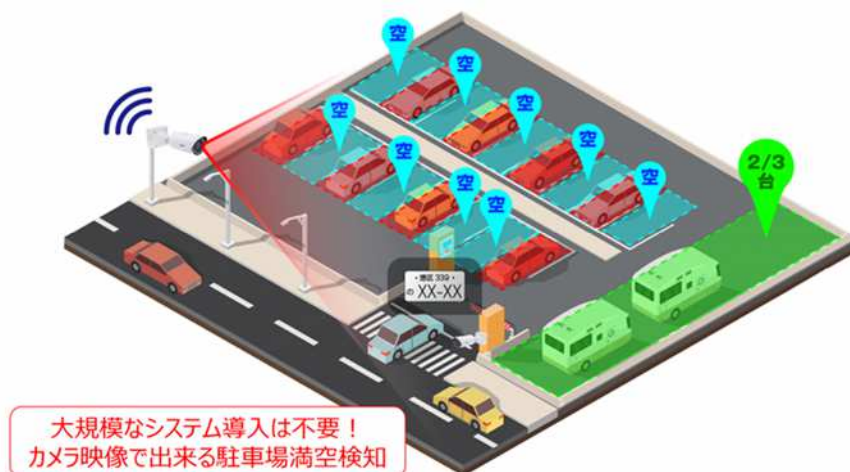


出典：「総合的な駐車対策の在り方」東京都都市整備局、2021年

図 5-4 駐車場出入口に設置された車種別の満空情報掲示

2) カメラ映像による満空検知

駐車場の満空情報の判別として、カメラが捉えた映像から駐車場の車室ごとの満空状況から満空をリアルタイムで検知する仕組みがある。大規模なシステムの導入は不要で、低コストで満空状況の把握や情報提供が可能となる。



出典：都築テクノサービス株式会社 (<https://solution.tsuzuki-techno.com/smart-parking/>) より抜粋

図 5-5 カメラを活用した満空状況の把握イメージ

3) カメラ式駐車場管理システム

カメラ式駐車場管理システムは、入出庫時にカメラで車両のナンバープレートを実タイムで読み取り、いつ、どこで、どの車が入出庫したかをデジタル管理するものである。有料駐車場に導入する場合、設置する機材はナンバープレートを認識するカメラと精算機だけで低コストで導入できるほか、ゲートなどが不要となり安全性が向上する。また、ス

スマートフォンでの精算も可能である。これにより、スムーズに入出庫ができるようになり、入出庫時の渋滞解消にもつながると考えられる。



出典：ピットデザイン株式会社 (https://www.pitdesign.jp/smartpark/file_20220922.pdf) より抜粋
図 5-6 カメラ式駐車場管理システム

4) Web による満空状況・駐車場情報の提供

Web で事前に満空状況や駐車場の位置を把握することで、来訪者は効率的に駐車場を探すことができる。公益財団法人東京都道路整備保全公社が運営管理する「s-park」は、登録されている駐車場のうち、満空情報が得られる駐車場については満空状態を Web マップサービスで公開しているほか、駐車場の利用料金や割引の有無等の情報も得ることができる。



出典：公益財団法人東京都道路整備保全公社「s-park」より抜粋
図 5-7 駐車場情報の提供例

(2) 公共交通の利用促進策

1) 信号制御による BRT の定時制・速達性確保

バンドン市ではバスを基盤とした大量輸送システムである BRT (Bus Rapid Transit) の導入計画が進んでいる。BRT の運行は、専用レーンの設置などの走行空間整備による速達性の確保が期待される。速達性をさらに有効にするシステムとして、公共車両優先システム (PTPS : Public Transportation Priority System) の導入がある。PTPS は、バスが優先的に通行できるよう信号を制御するシステムである。道路上に設置された感知器とバスに搭載された車載器で、交通管制センターとバスが双方向通信を行ない、バスが通過するまで青信号や右折信号の時間を延長したり、バスが赤信号で停止する時間を短縮するなど、バスの運行を優先した信号制御を行う。また、バス専用レーンを走る違反車への警告などでバスの運行をサポートする。渋滞などによる走行環境を考え、到着時間の予想がしにくいことによりバス利用を敬遠する市民も多いと考えられることから、PTPS の導入により速達性、定時性が確保された、高いサービス水準を有する移動手段であることをアピールすることができる。ただし、導入にあたっては、既にバンドン市内に導入されているエリアトラフィックコントロールシステム (ATCS) との調整が必要である。

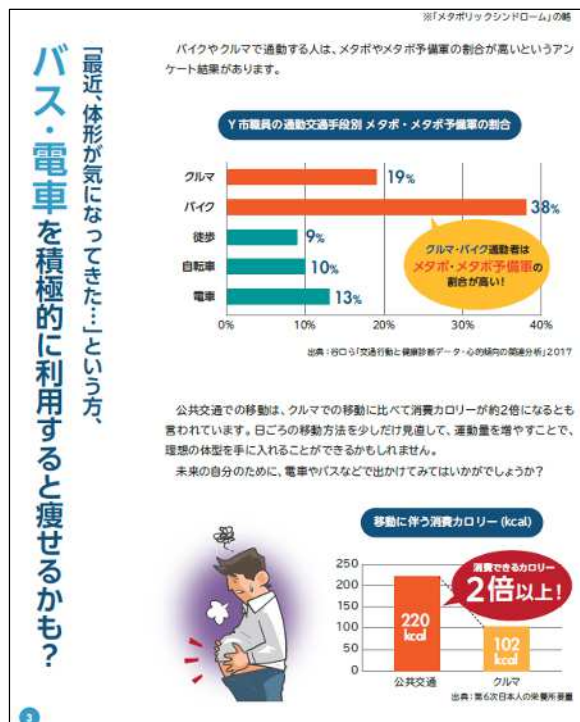


出典：愛知県 ITS 推進協議会 (<https://aichi-its.jp/knowledge/glossary/ptps/>) より抜粋

図 5-8 公共車両優先システム (PTPS) の仕組み

2) モビリティマネジメントの実施

公共交通の利用が目的地への手段ではなく、例えばバスを利用してある商業施設で買い物をすると割引が適用されるなど、バスに乗車することによるインセンティブを付加し、バスに乗ることが目的になるような施策など、モビリティマネジメントも並行して実施することも必要である。広報やキャンペーン活動により、自家用車利用者に対する公共交通利用への転換促進を図ることが多いと考えられるが、その際には、公共交通を利用するメリットを身近なことに置き換え、公共交通の利用が利用者自身のメリットとなるような情報発信を行うことも重要である。





出典：藤沢市パンフレットより抜粋

図 5-9 公共交通利用によるメリットの発信例（健康増進効果）

(3) その他の取組

モビリティ改善に資する直接的な対策に加えて、下表に示す電気自動車（EV）関連の開発・導入や実証事業は、脱炭素の観点からも有効である。バンドン市では既に、EVバスやEV二輪車が走行しており、走行環境の改善や充電設備の拡充が課題となっている。インドネシアはNDCの中で、エネルギーセクターの長期的アプローチとしてEVの開発に言及しており、今後もEVの普及が進むと同時に、日本企業の参入も見込まれる。インドネシア・バンドン市における、EV等の取組状況を以下の通り整理する。

表 5-3 EV 等の取組

項目	取組内容
<p>国営インドネシア・バッテリー公社 (IBC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 2021 年 3 月、EV 向けバッテリーのサプライチェーン構築などを旨し、国営インドネシア・バッテリー公社 (IBC) を設立。 ニッケルの鉱石採掘・製錬、LIB 製造、充電設備の整備や電池のリサイクルなどを担う。
<p>公共バスの電動化</p>	<ul style="list-style-type: none"> スウェーデン政府系の開発金融機関スウェドファンド・インターナショナルは、ジャカルタの州営公共バス運営会社トランスジャカルタのバス運電動化を支援する。 バス電動化の能力向上支援では特に、充電インフラの開発技術に焦点を当てた調査を予定、技術的ノウハウ移転を通じて電動化を支援する。
<p>バンドン市内 EV バスの運行</p>	<ul style="list-style-type: none"> 2022 年 12 月、バンドン市内で国営鉄道車両製造インダストリ・クレタ・アピ (INKA) 社製の電気バス「E-Inobus (イノバス)」8 台の運行を開始した。 導入された E-Inobus は、G20 サミット (2022 年 11 月) で使用されたもので、全長 8 メートル、定員 19~25 人。バッテリーの容量は 138kwh で 1~3 時間で充電、フル充電で 160km の走行が可能。 <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
<p>バンドン市内有料道路建設計画</p>	<ul style="list-style-type: none"> 円借款事業として計画されており、新たに有料道路を建設することにより道路輸送容量の拡大を図り、市内の深刻化する交通渋滞の緩和に寄与。 建設予定区域の用地取得遅延により、事業は開始されていないが、一部区間は既にインドネシア政府予算で整備済み。
<p>NEDO 助成事業を通じたインドネシア BaaS 事業の構築</p>	<p>「分散型エネルギー資源としての可搬型蓄電池シェアリング実証研究 (インドネシア)」</p> <ul style="list-style-type: none"> 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業」として 2018~2021 年度に実施されたもの。 バンドンとバリで、個人、政府系、事業者 (配送業者、観光業者) をユーザーとして想定した EV 二輪車のバッテリーシェアリングサービスの実証と、バッテリーの二次利用の実証として、無電化村内で小水力発電を利用している世帯を対象とした電力供給を実施。

出典：調査団

5.2 大気質モニタリングの改善

5.2.1 バンドン市の大気質モニタリングの現況

(1) 大気質モニタリングに係わる規則、基準

1) 規則

バンドン市の大気質モニタリングは、国が定める規則、基準に沿って実施されている。以下に関連する規則、基準のうち、大気質モニタリングに係わる条項や内容を示す。

表 5-4 大気質モニタリングに関する規則

法律
<p>雇用創出に関する法律 No.11/2020 第 20 条</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 環境汚染の発生は、環境品質基準（周辺環境基準、排出ガス品質基準など）を通じて測定される。 ・ 誰もが環境品質基準を遵守し、中央政府または地方政府の承認を得て、環境媒体に廃棄物を処分することができる。
政府規則
<p>環境保護・管理の実施に関する政府規則 No.22/2021</p> <p>第 164 条、第 165 条</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 大気インベントリ ・ 環境基準の作成と決定 <p>第 213 条</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 大気汚染の原因となる事業活動の責任者は以下の活動を含む大気汚染防止義務がある。 <ul style="list-style-type: none"> a. 大気汚染情報を公衆に提供、b. 大気汚染発生源を断つ、c. 科学技術の発展に沿った方法
環境林業省規則
<p>環境林業省規則 No.P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020</p> <p>（汚染物質基準指数（PSI）について）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ PSI の定義 ・ PSI の対象となるパラメータ：PM10、PM2.5、一酸化炭素（CO）、二酸化窒素（NO₂）、二酸化硫黄（SO₂）、オゾン（O₃）、炭化水素（HC） ・ PSI の計算手順 ・ PSI カテゴリーの決定
環境林業省規則 No.27/2021
<p>（環境品質指数（IKLH : Kualitas Lingkungan Hidup）について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 大気質指標/AQI（インドネシア語では IKU : Indeks Kualitas Udara）の定義 ・ 環境大気質を含む環境の質について ・ 環境大気質を監視する場所について ・ 環境大気質のモニタリングのデータ収集時間と頻度について ・ 二酸化硫黄（SO₂）と二酸化窒素（NO₂）の環境大気質指標について ・ 第 11 条：環境品質の計算結果は AQI を含む指標の形で掲載 ・ 第 12 条：モニタリング地点の選定、データ収集方法、環境品質算出方法などを規定
政府規則：大気汚染防止に関連する雇用創出法の環境分野での施行規則
<p>リスクベース事業許可証の実施に関する政府規則 No.5/2021</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ この規則は、特に事業者の活動に対する大気汚染の抑制を目的としたもの。リスクベースの事業許可に関するすべての章に、以下の内容が含まれている。 ・ リスクベースの事業許可に関する規制 ・ リスクベースの事業認可のための規範、基準、手順、および基準 ・ 電子的に統合された事業許可システムサービス（OSS : Online Single Submission）を通じたリスクベースの事業許可 ・ リスクに基づく事業認可の監督手順 ・ リスクベースのビジネスライセンス政策の評価と改革 ・ リスクベースのビジネス認可のための資金調達 ・ リスクベースのビジネス認可に関する問題及び障害の解決 ・ 罰則

環境林業省規則：大気汚染防止に関連する雇用創出法の環境分野での施行規則
<p>環境林業省規則 No.4/2021</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ この規則は、特に事業者の活動に対する大気汚染の抑制を目的としたもの ・ インドネシアには、以下 3 種類の環境許認可がある ・ 環境影響評価（Amdal： Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup） ・ 環境管理・監視努力（UKL-UPL： Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup and Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup） ・ 管理・監視能力に関する声明（SPPL： Surat Pernyataan Kesanggupan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Hidup）
<p>環境林業省規則 No.5/2021</p> <p>環境汚染防止のための技術承認及び運転資格証明書（SLO： Surat Kelayakan Operasional）の発行手続きと、排出ガスと排水の品質基準を満たすための手続きについて記載</p>

出典：バンドン市提供資料より調査団作成

2) 大気汚染指数及び評価

① PSI/ISPU (/Pollution Standard Index/Indeks Standar Pencemar Udara)

インドネシアでは大気質情報を一般公開する際に、測定値のままでは市民にわかりにくいとの理由で、大気汚染の度合いを大気汚染指数（PSI/ISPU： Pollution Standard Index/Indeks Standar Pencemar Udara）で公表している。バンドン市では、バンドン市保健所に設置されている大気質モニタリングシステム（AQMS： Air Quality Monitoring System）で測定された 24 時間平均のデータを元に、大気汚染指数を算定している。大気汚染指標は、二酸化硫黄（SO₂）、一酸化炭素（CO）、二酸化窒素（NO₂）、オゾン（O₃）、PM₁₀ 及び PM_{2.5} の 6 項目が対象である。下図に示す通り、大気汚染指数は 5 段階に設定されている。

表 5-5 大気汚染指数の区分

評価区分	範囲	概要
良好 (健康)	0-50	優れた大気品質レベル 人・動物・植物への悪影響なし
普通	51-100	人、動物、植物の健康のために許容される大気質レベル
不健康	101-200	人、動物、植物に有害な大気質レベル
非常に 不健康	201-300	一部の人の健康リスクを増加させる可能性のある大気質レベル。
有害	≥300	人々の健康に深刻な悪影響を及ぼす可能性があり、早急に対処する必要がある大気環境レベル

出典：バンドン市提供資料より調査団作成

② AQI/IKU (Air Quality Index)

AQI/IKU は、大気質に関する情報を市民にわかりやすく提供し、大気質管理政策を策定するための基礎と位置付けられている。パッシブサンプラーと呼ばれる機材を用いた NO₂、SO₂ のモニタリング結果に基づき算定される。

③ 各大気汚染物質等の基準

バンドン市では、AQMS での測定に加え、市内 27 地点で年 1 回の測定を 5～6 月に実施している。バンドン市へのヒアリングによると、5～6 月は乾季のピークであり雨を回避できること、また最も交通渋滞が悪化し大気汚染が著しい状態にあることが、この時期を測定に選んだ理由である。沿道測定の実測項目と基準を下表に示す。

表 5-6 沿道測定の実測項目と基準

SO2 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	CO ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	NO2 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	O3 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	HC ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	TSP ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
75	10,000	65	150	160	230
PM10 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	NH3 (ppm)	H2S (ppm)	騒音 (dBA)
75	55	2	2	0.02	60

出典：バンドン市提供資料より調査団作成

(2) 大気質モニタリングの現況、実施体制

バンドン市の大気質モニタリングは、1) AQMS を用いた大気質常時監視、2) パッシブサンプリング法による面的大気質測定及び 3) 沿道での大気質測定により実施されている。常時監視と面的測定は中央政府と、沿道測定はバンドン市と認定試験所との連携により実施されている。

1) AQMS を用いた大気質常時監視

① AQMS

AQMS の測定機器は、インドネシア環境林業省 (KLHK) からの寄贈で、バンドン市保健所 (Jl.Supratman No.73) の庭に設置されている。測定機器は PT Trusur 社製で (下図)、インドネシアの事情を考慮し現地の専門家が設計、インドネシア国内で製造しており、センサーを用いた大気質測定機器である。



出典：PT Trusur ウェブサイトより抜粋

図 5-10 PT Trusur 社製 AQMS 測定機器

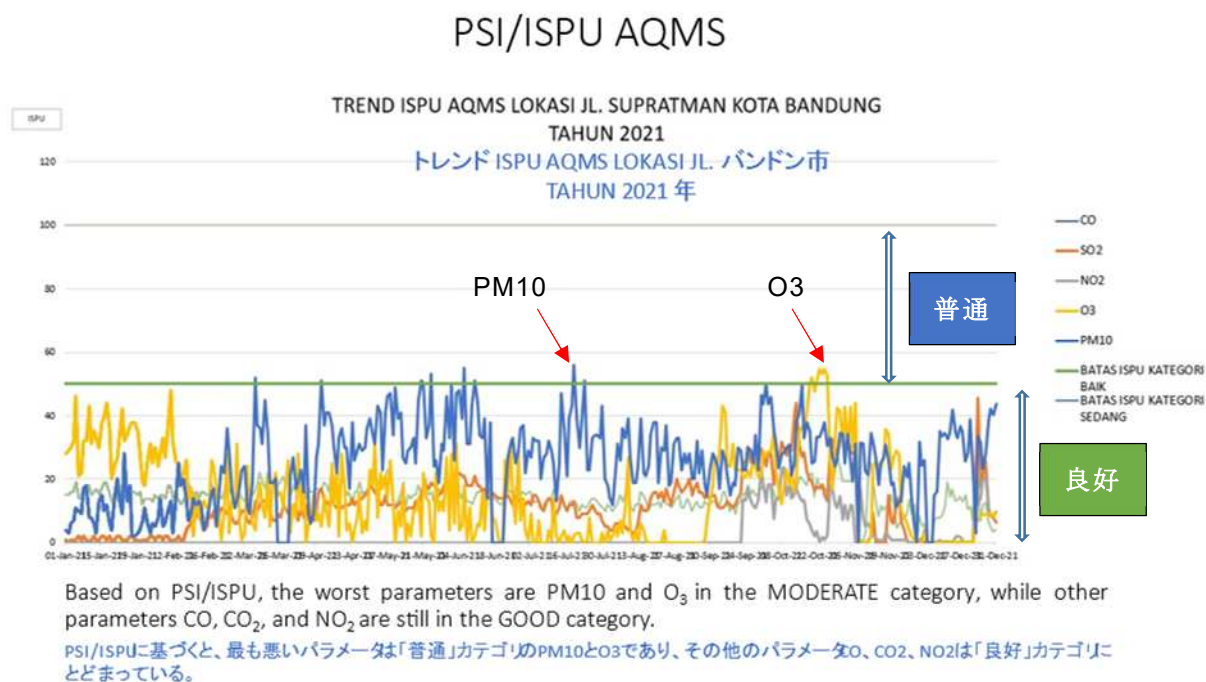
表 5-7 PT Trusur 製 AQMS 測定機器の仕様

項目	測定原理	測定範囲	分解能
PM2.5 PM10	光散乱式	PM2.5 : 0.0~1999.9 μ g/m ³ PM10 : 0~2999.9 μ g/m ³	—
一酸化炭素 (CO)	電気化学式	0~50ppm	0.001ppm / 1ppb
二酸化窒素 (NO ₂)	電気化学式	0~2ppm	0.001ppm / 1ppb
二酸化硫黄 (SO ₂)	電気化学式	0~1ppm	0.001ppm / 1ppb
オゾン (O ₃)	電気化学式	0~1ppm	0.001ppm / 1ppb

出典：PT Trusur ウェブサイトより調査団作成

② モニタリング結果 (PSI/ISPU)

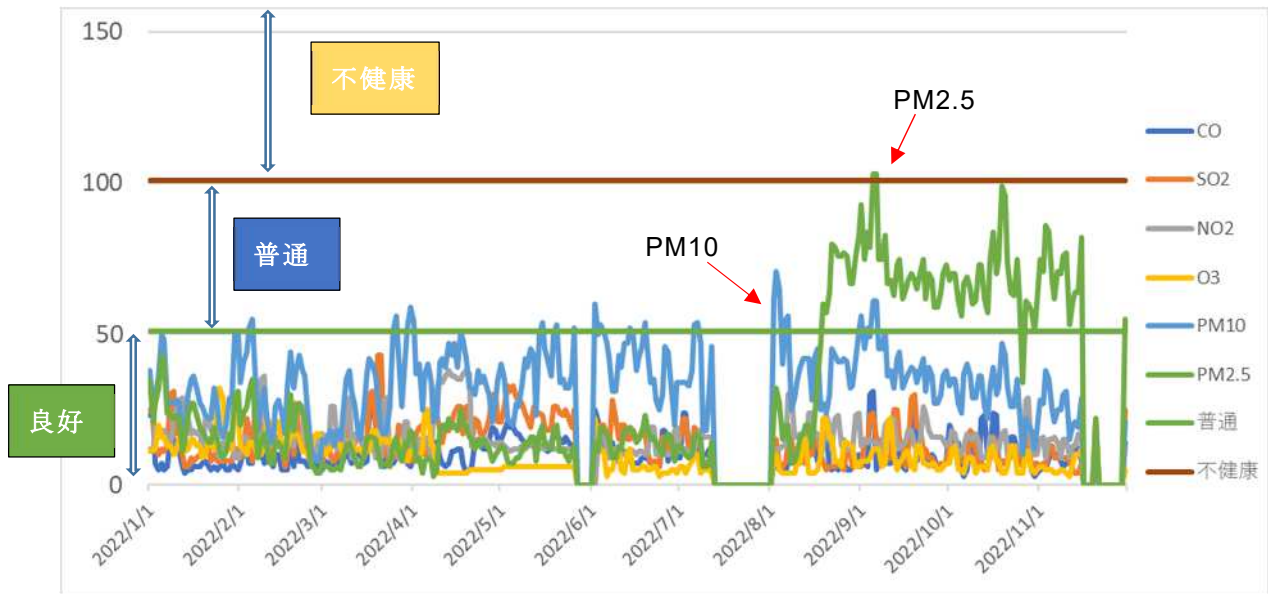
下図に 2021 年の ISPU の日変動を示す。大気汚染指数に基づく評価では、最も悪いパラメータ (PM10 と O₃) でも「普通」で、その他のパラメータ (CO、CO₂、NO₂) は「良好」の 카테고리であった。



出典：バンドン市提供資料

図 5-11 2021 年のモニタリング結果 (大気質常時監視)

また、2022 年 1~11 月の推移を下図に示す。PM_{2.5} は、8 月以降に PSI/ISPU が高くなる傾向がみられ、9 月に「不健康」が 2 回出現している。また PM₁₀ で「普通」カテゴリであるが、比較的数値が高い。

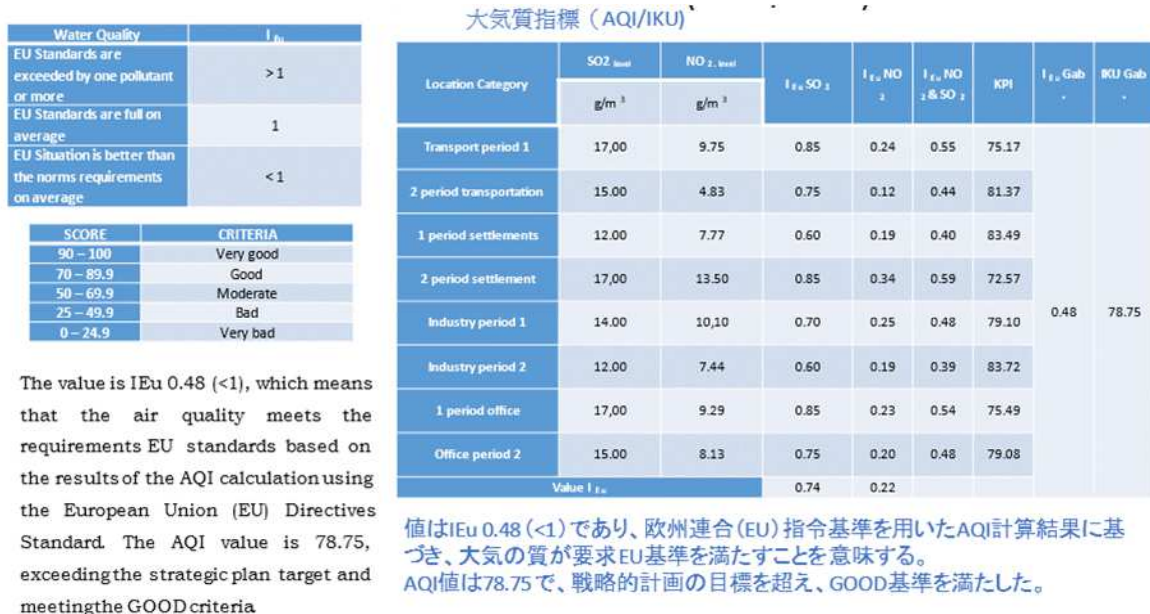


出典：バンドン市提供資料

図 5-12 2022 年 1～11 月のモニタリング結果（大気質常時監視）

2) パッシブサンプリング法による面的大気質測定及び AQI/IKU

パッシブサンプラーによる二酸化窒素（NO₂）、二酸化硫黄（SO₂）の測定は、土地利用別に 4 区域（沿道、工業地域、住宅地域、商業地域）にモニタリング地点を設けて実施している。バンドン市の AQI/IKU の目標スコアは 71 点で、下図に示す通り 2021 年は 78.75 点で「良好」の評価であった。



大気質指標 (AQI/IKU)

Location Category	SO ₂ limit	NO ₂ limit	I _{Eu} SO ₂	I _{Eu} NO ₂	I _{Eu} NO ₂ & SO ₂	KPI	I _{Eu} Gab	IKU Gab		
	g/m ³	g/m ³								
Transport period 1	17.00	9.75	0.85	0.24	0.55	75.17	0.48	78.75		
2 period transportation	15.00	4.83	0.75	0.12	0.44	81.37				
1 period settlements	12.00	7.77	0.60	0.19	0.40	83.49				
2 period settlement	17.00	13.50	0.85	0.34	0.59	72.57				
Industry period 1	14.00	10.10	0.70	0.25	0.48	79.10				
Industry period 2	12.00	7.44	0.60	0.19	0.39	83.72				
1 period office	17.00	9.29	0.85	0.23	0.54	75.49				
Office period 2	15.00	8.13	0.75	0.20	0.48	79.08				
Value I _{Eu}			0.74	0.22						

値は I_{Eu} 0.48 (<1) であり、欧州連合 (EU) 指令基準を用いた AQI 計算結果に基づき、大気質が要求 EU 基準を満たすことを意味する。AQI 値は 78.75 で、戦略的計画の目標を超え、GOOD 基準を満たした。

出典：バンドン市提供資料

図 5-13 2021 年のモニタリング結果（面的大気質測定）

3) 沿道での大気質測定

① 測定地点、測定項目

沿道 27 地点での大気質のモニタリングは、「環境大気質基準に関する 2021 年政府規則 第 22 号付録 VII」、「騒音レベル基準に関する環境大臣令 Kep-48/MENLH/11/1996」、「煙レベル基準に関する環境大臣令 Kep-50/MENLH/11/1996」に示されている品質基準に従って実施されている。道路沿いの大気質測定は 5～6 月に年 1 回実施している。測定地点と測定項目を以下に示す。



No.	測定地点 (道路)	No.	測定地点 (道路)
1	Jl. Soekarno Hatta (Depan Aria Graha)	15	Jl. Elang
2	Terminal Ledeng	16	Jl. Padjajaran (Depan Wiyataguna)
3	Jl. Pasteur	17	Terminal Leuwi Panjang
4	KPAD Sarijadi	18	Alun-Alun
5	Jl. Punclut	19	Jl. Tegalega
6	Jl. Siliwangi	20	Jl. BKR (Depan Alifa)
7	Jl. Buah Batu (Depan STISI)	21	Jl. Margahayu Raya
8	Jl. Soekarno Hatta (Depan Astra Bizz)	22	Jl. Ahmad Yani
9	Jl. Arcamanik	23	Jl. Cimuncang
10	Jl. Buah Batu	24	Perumahan Pasir Impun
11	Jl. Dago	25	Terminal Cicaheum
12	Jl. Ciganitri	26	Bunderan Cibiru
13	Balaikota Bandung	27	Jl. Rumah Sakit
14	Jl. Diponegoro		

出典：バンドン市提供資料

図 5-14 沿道の大気汚染測定地点

表 5-8 測定項目

No.	測定項目
1	NO ₂ (二酸化窒素)
2	SO ₂ (二酸化硫黄)
3	CO (一酸化炭素)
4	HC (ヒドロカーボン)
5	O ₃ (オゾン)
6	Pb (鉛)
7	TSP (粉じん)
8	騒音
9	H ₂ S (硫化水素)
10	NH ₃ (アンモニア)
11	PM ₁₀
12	PM _{2.5}

出典：バンドン市提供資料

② 測定結果

下表に 2022 年の測定結果を示す。基準を超過しているのは、測定地点 27 地点のうち、SO₂ で 3 地点、NO₂ で 1 地点、O₃ で 1 地点、騒音が 26 地点であった。特にオゾンの基準超過地点 (No.15 Jl.Elang) では、789.31 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ と他地点の 10 倍以上の濃度であった。

表 5-9 沿道測定の結果 (2022 年)

No	所在地	SO ₂	CO	NO ₂	O ₃	HC	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	Pb	NH ₃	H ₂ S	騒音
		$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	ppm	ppm
1	Jl. Soekarno Hatta (Depan Aria Graha)	52.27	3,435	39.52	69.53	7.64	138.07	60.6	29.4	0.18	0.0723	0.005	63.63
2	Terminal Ledeng	69.98	4,600	59.53	84.23	12.79	145.72	62.3	28.8	0.16	0.0630	0.005	67.31
3	Jl. Pasteur	70.54	6,068	54.70	82.50	13.54	101.37	66.8	38.5	0.21	0.0844	0.006	68.14
4	KPAD Sarijadi	32.89	2,290	21.82	38.10	5.64	88.47	51.3	31.3	0.07	0.0376	0.003	63.56
5	Jl. Puncut	34.67	2,862	22.13	40.70	6.89	72.11	48.3	21.5	0.08	0.0313	0.003	56.06
6	Jl. Silwangi	40.36	2,290	23.08	46.79	5.79	119.46	58.2	28.3	0.13	0.0313	0.004	65.57
7	Jl. Buah Batu (Depan STISI)	78.81	6,068	62.19	98.15	16.58	168.92	56.4	36.1	0.25	0.0806	0.005	64.62
8	Jl. Soekarno Hatta (Depan Astra Bizz)	52.27	4,008	44.92	57.40	9.60	103.82	68.6	41.3	0.20	0.0551	0.004	65.94
9	Jl. Arcamanik	37.61	2,920	31.12	46.73	6.57	97.22	53.2	38.5	0.07	0.0518	0.004	65.66
10	Jl. Buah Batu	56.68	4,580	42.30	75.39	9.22	132.14	53.2	36.1	0.15	0.0670	0.004	67.03
11	Jl. Dago	56.09	4,924	44.98	68.02	9.54	84.73	48.3	22.8	0.12	0.0622	0.006	66.53
12	Jl. Ciganitri	34.26	2,290	24.05	44.71	5.79	79.27	49.7	21.8	0.06	0.0429	0.003	74.15
13	Balaikota Bandung	48.26	4,580	34.00	56.25	9.21	91.37	55.8	35.1	0.11	0.0509	0.003	63.42
14	Jl. Diponegoro	55.57	4,008	34.92	63.16	7.75	88.50	58.1	36.2	0.14	0.0430	0.004	66.10
15	Jl. Elang	67.62	5,920	48.50	789.31	10.65	110.03	58.9	29.6	0.14	0.0619	0.005	72.93
16	Jl. Padjajaran (Depan Wiyataguna)	54.85	4,385	37.30	61.35	8.21	106.87	57.8	41.1	0.13	0.0538	0.004	68.07
17	Terminal Leuwi Panjang	75.32	5,725	60.90	93.10	14.50	172.24	69.8	52.6	0.22	0.0724	0.006	75.57
18	Alun-Alun	62.67	5,347	54.86	73.64	11.32	97.28	42.1	36.8	0.15	0.0549	0.004	72.61
19	Jl. Tegalega	39.81	3,435	23.79	50.39	6.75	122.37	59.8	46.0	0.10	0.0483	0.004	75.68
20	Jl. BKR (Depan Alifa)	50.16	4,008	37.42	59.09	7.94	98.62	57.4	39.8	0.08	0.0484	0.003	73.57
21	Jl. Margahayu Raya	43.64	2,862	35.12	56.18	8.54	146.60	61.6	42.6	0.17	0.0450	0.004	71.90
22	Jl. Ahmad Yani	63.12	3,435	56.75	73.73	10.78	97.89	52.8	36.7	0.15	0.0619	0.005	71.64
23	Jl. Cimuncang	58.24	4,008	42.83	67.87	9.76	131.82	62.2	48.6	0.15	0.0560	0.004	61.87
24	Perumahan Pasir Impun	32.2	1,718	19.79	39.97	4.62	83.03	42.0	21.2	0.11	0.0441	0.003	63.16
25	Terminal Cicaheum	74.92	4,580	55.38	79.74	10.55	145.17	72.6	52.8	0.13	0.0790	0.005	76.91
26	Bunderan Cibiru	82.98	5,725	71.45	90.30	10.40	198.29	72.8	53.7	0.23	0.0791	0.005	78.22
27	Jl. Rumah Sakit	55.5	3,435	49.53	63.24	8.20	98.12	61.8	38.5	0.16	0.0641	0.004	64.75
	基準	75	10,000	65	150	160	230	75	55	2	2	0.02	60

*黄色のハイライト部分は、基準を超過している測定結果を示す。

出典：バンドン市提供資料

(3) 大気質モニタリングの課題

大気モニタリングについて、測定地点やその数、測定方法や頻度、データ管理の観点から以下を課題として整理する。

1) 全般

① AQMS を用いた大気質常時監視

- ・現在、常時モニタリングを実施しているのは1地点である。バンドン市の人口や産業の発展、交通渋滞の状況を鑑みると、大気汚染の発生源も多岐にわたることが想定されるため、複数地点での常時モニタリングが望ましい。日本では、「大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準」において、人口75,000人当たり1つの測定局を設置している。
- ・AQMSは自動測定機ではなくセンサー式である。自動測定機は各国で精度管理や維持管理などが明確に定められていることが多いが、センサーはそのレベルになく、実際の精度や維持管理などの確認が必要である。日本では「環境大気常時監視マニュアル」に、自動測定機の機構や維持管理方法等について記載されている。
- ・AQMSによる2022年のモニタリング結果では、半月程度の欠測が2回確認された。今後、欠測の理由や原因の確認、保守管理に関する情報収集が必要である。

② パッシブサンプリング法による面的大気質測定

- ・パッシブサンプリング法による実施内容、AQIの算定と評価について、今回の調査では十分に情報を得られていないため、今後の情報収集が必要である。

③ 沿道での大気質測定

- ・沿道測定は年1回1日の実施であり、その地点の代表性を把握するには測定頻度の少なさ、測定時間の短さが懸念される。例えば、オゾン濃度が他地点と比較して著しく高い地点があったが、測定日に特異な現象があったのか、あるいは年間を通じてオゾン濃度が高いかの評価はできず、測定値の妥当性の確認が必要である。
- ・測定地点の多くで対象項目は基準値以下であったが、一部の項目で基準の超過、もしくは基準に近似した濃度が測定されている。汚染状況の把握において、引き続き沿道測定の必要性は高く、現在の27地点の配置が適正か詳細な確認が必要である。
- ・測定値の評価にあたっては、道路の混雑状況、時間帯別の交通量、道路以外からの発生源が影響している可能性などの把握が重要である。バッチ調査以外に、定点での連続的な測定が望ましい。
- ・バンドン市へのヒアリングでは、「現在の測定場所で十分であり、新たに測定場所を増やす必要はないと考えている。ある時期にデータが不足した場合は、認定試験所と連携してその場所で測定する。今後は、これまで行ってきたモニタリング活動を最適化していく」との見解であった。バンドン市としては今後、モニタリングの最適化を課題として認識していることを確認した。

2) 大気質モニタリング結果の公開方法の開発

- ・バンドン市へのヒアリングにより、大気質モニタリング結果をWebサイトで公開し、モバイル機器からもアクセスできるアプリケーションを2023年に開発予定であり、アプリケーション開発を課題としていることを確認した。

3) 維持管理

- ・バンドン市へのヒアリングでは、機器破損やデータエラーなどの問題が発生した場合に、人的リソースが不足しているため対応しきれていない事、大気質モニタリングに割り当てられる予算も十分ではないとの事であった。また大気質モニタリングを主担当とする特定の部署はなく、市職員の測定機器の操作やメンテナンスに関する知識不足を課題と認識しており、機器オペレータが参加するようなトレーニングの必要性が指摘されている。

5.2.2 大気質モニタリングの改善に向けた提案

(1) 大気質モニタリングの最適化支援

大気質モニタリングの最適化を検討するにあたっては、持続可能な手法であることと、運営体制の構築が不可欠である。このため、現行のモニタリング資源を最大限に活かすことを前提とし、さらに必要な施策で補完する形をとる。バンドン市へのヒアリングでは、測定地点は現状で十分であるとの認識であったが、社会状況等の変化も考慮し、適宜、適正な配置について再検討することを提案する。また沿道測定は年に1回での実施で、測定日の天候や濃度レベルに左右され代表値とは言い難いことから、例えば自動車排ガスの指標になりうる項目については常時モニタリングの実施を推奨する。渋滞に伴う沿道での自動車排ガスの影響把握においては常時モニタリングが有効であり、さらに施策の効果を適切に評価しやすくなる。

下図に、日本で大気質モニタリングに用いられている主な手法を示す。バンドン市では、自動測定機のみ利用されていない。後述の通り、自動測定機の複数配置は、沿道の大気汚染状況の把握や、自動車排ガス対策の効果把握に有効であるが、高価で維持管理費用もかかるため、導入には検討を要すると思われる。よって、バンドン市が既に利用しているセンサーの更なる活用と移動式センサーの利用を提案する。

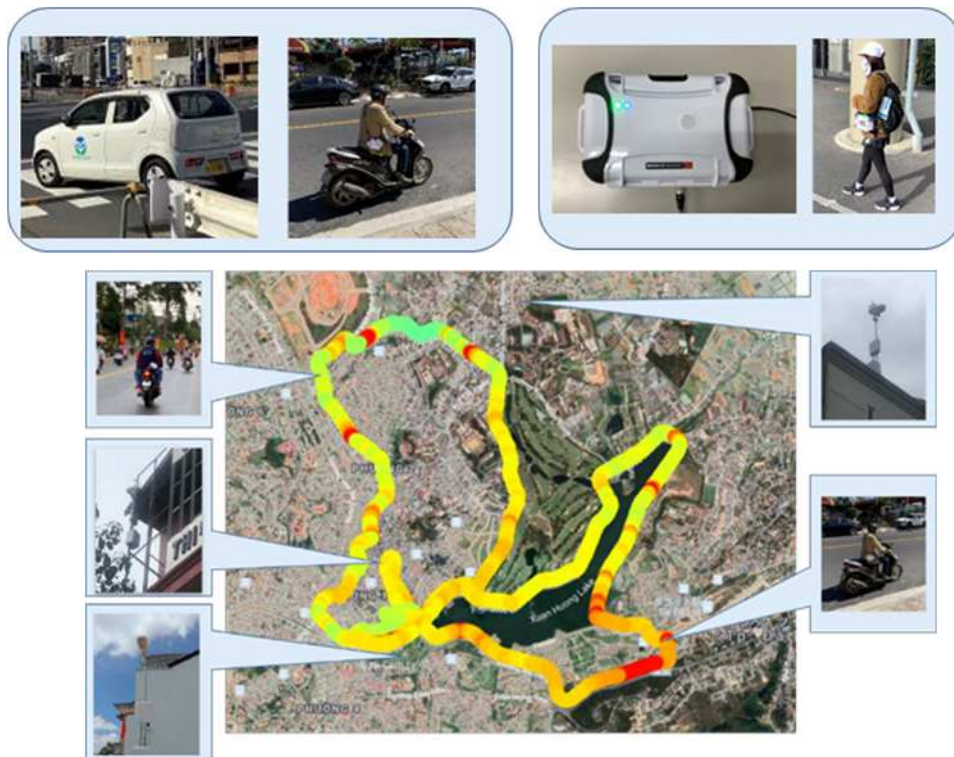
表 5-10 大気質モニタリングの主な手法

	自動測定機	センサー	アクティブサンプラー	パッシブサンプラー
連続/バッチ	連続	連続	バッチ 収集+分析	バッチ 収集+分析
必要スペース	大	小	大	小
費用	高	低	高	低
項目	環境基準項目	環境基準項目	環境基準項目	環境基準項目
写真				

出典：調査団

バンドン市では、センサー式の AQMS を使い、1 地点で常時モニタリングを行っているが、この 1 地点のみでは、面的な大気汚染状況の把握は困難である。特に、渋滞に伴う沿

道での自動車排ガスの影響把握には、沿道周辺の複数地点で、PM2.5 や NO2 など常時モニタリングすることが望ましく、さらに自動車排ガス対策の効果把握にも有効である。また測定には、自動測定機の配置が推奨されるが、購入や維持管理費用を考慮すると現実的とは言い難い。そこで費用面での課題解決としても、更なるセンサーの活用を提案する。具体的には、移動式センサーを用いることで、高濃度地点（ホットスポット）の把握やモニタリング地点の選定が容易となる。下図に示すように、自動車、バイクあるいは歩行者にセンサーを装着し、モバイルセンシングを行うことで、線的、面的に測定値の収集が可能である。モバイルセンシングにより、ホットスポットを把握し、周囲の交通量や機器設置の可否を確認して対象地点を絞り込み、常時モニタリング地点を選定するという流れで活用することができる。



出典：https://gbiot.jp/lab_ex.html より抜粋

図 5-15 モバイルセンシングによる測定の事例



出典：https://gbiot.jp/p7_fh0.html より抜粋

図 5-16 定点センサーによる大気質モニタリングの事例

(2) 大気質モニタリング結果公開用アプリケーションの開発支援

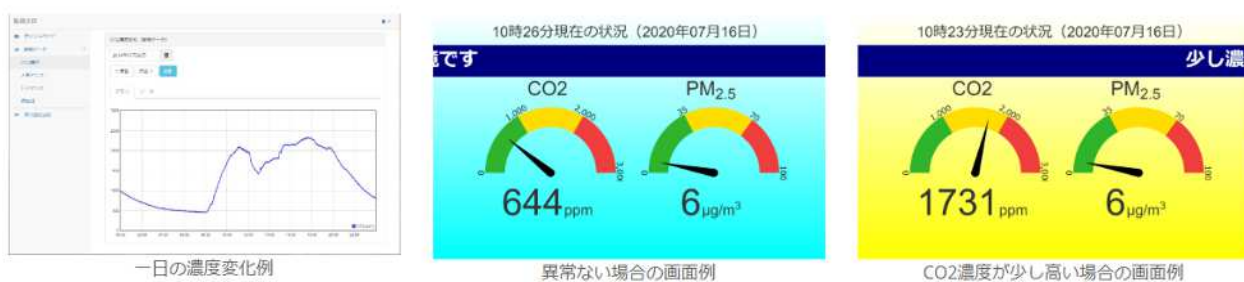
インドネシアでは、国内46市の各モニタリング地点のISPUを、ウェブサイト上でリアルタイムに公開している。川崎市も市のウェブサイトで大気環境情報を公開しており、測定地点や測定方法、測定データとその推移など、環境基準の達成状況も含めて情報を公開している。



出典：<https://ispu.menlhk.go.id/map.html> より抜粋

図 5-17 インドネシアの ISPU を公開しているウェブサイト

バンドン市は、2023年にモバイル機器からアクセスできるアプリケーションを開発予定であるが、その詳細については本調査期間中には情報を得られなかった。日本では既に類似のアプリケーションがあり、今後のバンドン市の開発の参考とすることが可能である。下図は、スマートフォンなどのモバイル機器で測定値を見ることができ、濃度の高低を色により表現する工夫がされている。



出典：https://gbiot.jp/p2_ic1.html より抜粋

図 5-18 アプリケーションの画面例

(3) 維持管理支援、マニュアルの提供

維持管理体制やマニュアルの整備は、現場での適切な作業やデータの品質確保に寄与する。特に、予算や人的リソースが限られており、教育や引継ぎに人員を割り当てられない場合は、下図に示すような動画マニュアルの活用が有効である。今後、バンドン市で運用している手法や標準作業手順書、データの活用等について情報を収集し、改善に向けた提案を具体化する必要がある。

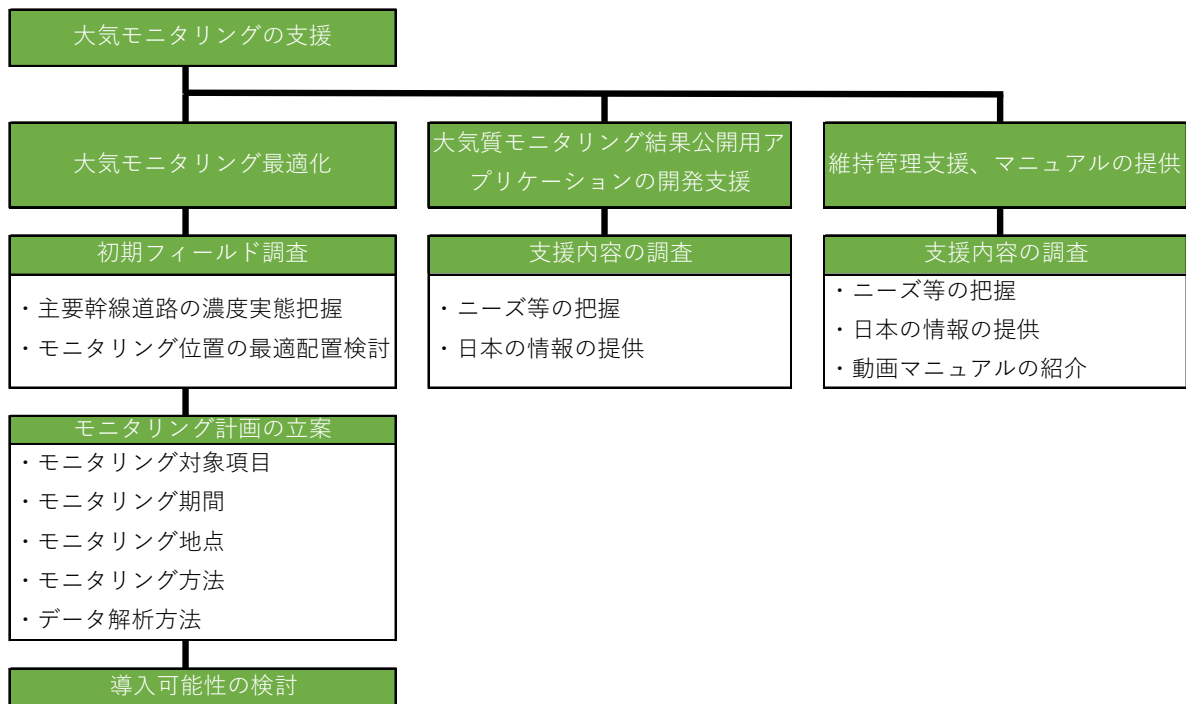


出典：https://gbiot.jp/p7_fh0.html より抜粋

図 5-19 動画マニュアルの例

5.2.3 次年度の取組案

次年度の取組案として、5.2.2 章で述べた大気質モニタリングの改善に向けた提案について具体化を目指す。特に初期フィールド調査として、バンドン市による測定の実態を確認するとともに、自動車、バイクあるいは徒歩によるモバイルセンシングで測定を行い、沿道での測定値の収集、モニタリング位置の最適配置の提案について検討を行う。



出典：調査団

図 5-20 次年度の取組案

第6章 ワークショップ等の開催、第三国連携の可能性検討

本事業では2回のワークショップを開催し、川崎市とバンドン市の関係機関からの出席を得て、各市の施策や取組を共有した。ワークショップの開催実績と各回の実施内容を以下に示す。質疑応答の内容（議事録）と発表に用いたプレゼンテーションは、付属資料に示す。

また本事業の取組を、広く国内の企業・団体に周知し、川崎市の脱炭素社会実現に向けた取組及び市内企業の製品・技術について情報収集を行うため、「第15回川崎国際環境技術展」にブース出展した。

表 6-1 ワークショップ等の開催実績

	開催日	開催形式
第1回ワークショップ	2022年9月7日	ハイブリッド形式 会場：バンドン市都市計画局会議室 オンライン：zoom ミーティング
第2回ワークショップ	2023年3月3日	オンライン形式（zoom ミーティング）
第15回川崎国際環境技術展	2022年11月17日、18日	会場（カルッツかわさき）でのブース出展

6.1 第1回ワークショップ

(1) 目的

- ・3年間の事業実施方針と計画、今年度の活動内容について確認し合意を図る。
- ・バンドン市のGHG排出状況や各種施策・活動について最新の状況を把握する。
- ・川崎市の脱炭素社会形成に向けた施策・活動について情報を提供する。

(2) 成果

- ・本事業の実施方針と3年間の計画、今年度の活動内容について説明し、①BEMSの導入提案等を含む建築分野の省エネ促進、②街路灯のスマートLED化の提案等を含む社会インフラシステムの省エネ促進、③大気質モニタリング計画の提案等を含むモビリティ改善と大気質管理について調査を進めることを確認した。
- ・バンドン市におけるGHG排出状況、グリーンビルディングに係る施策と公営住宅における取組、大気質モニタリングの現況、街路灯のLED化状況、および交通渋滞対策と公共交通利用促進について最新の情報を得た。
- ・川崎市の脱炭素社会実現に向けた施策・活動として、市が掲げる施策とその達成状況、2050年の二酸化炭素排出実質ゼロの目標に向けたビジョンと、2030年までのターゲット及び5つの重点的取組について知見共有がなされた。

(3) 議事次第

インドネシア時間 (日本時間)	内容	発表者
14:00～14:15 (16:00～16:15)	開会挨拶	バンドン市 川崎市
14:15～16:20 (16:15～18:20)	1.事業の実施方針・計画、今年度の取組	株式会社オリエンタル コンサルタンツ
	2.バンドン市各部門からの発表 ①大気質管理、GHG 排出に係わる環境 施策 ②グリーンビルディングに係わる施策 ③インフラの省エネ化、交通インフラの 整備 ④公営住宅におけるパッシブデザインの 採用	バンドン市
	3.脱炭素社会実現に向けた川崎市の施策	川崎市
16:20～16:40 (18:20～18:40)	質疑応答	
16:40～16:50 (18:40～18:50)	閉会挨拶	バンドン市 川崎市

(4) ワークショップの様子



(5) 議事録、発表資料（附属資料 A1-1～45）

6.2 第2回ワークショップ

(1) 目的

- ・今年度の活動を振り返り、来年度の取組方針について確認する。
- ・モデル事業候補施設のスクリーニング調査と、大気質モニタリングの改善に向けた取組について調査結果を共有する。
- ・スマート LED 街路灯の技術情報を提供する。

(2) 成果

- ・今年度の活動として、①建築分野の省エネ促進、②社会インフラシステムの省エネ促進、③モビリティ改善と大気質管理の取組内容を確認した。
- ・モデル事業候補施設のスクリーニング調査と、大気質モニタリングの改善に向けた取組について調査結果を説明し、来年度の取組提案を共有した。
- ・ミネベアミツミ社の発表により、スマート LED 街路灯の技術とその効果が紹介され、スマートシティの実現に有用であることが確認された。

(3) 議事次第

インドネシア時間 (日本時間)	内容	発表者
09:30～09:40 (11:30～11:40)	開会挨拶	バンドン市
09:40～10:50 (11:40～12:50)	1.今年度の振り返りと来年度の取組方針	株式会社オリエンタルコンサルタンツ
	2.モデル事業候補施設のスクリーニング調査結果	アズビル株式会社
	3.大気質モニタリングの改善に向けた調査結果	グリーンブルー株式会社
	4.スマート LED 街路灯	ミネベアミツミ株式会社
	質疑応答	
10:50～11:00 (12:50～13:00)	閉会挨拶	バンドン市 川崎市

(4) ワークショップの様子



(5) 議事録、発表資料（附属資料 A2-1～28）

6.3 第15回川崎国際環境技術展へのブース出展

(1) 概要

川崎市主催の「第15回川崎国際環境技術展」は、環境問題解決に資する技術を国内外に発信するとともに、川崎市内企業を中心とする出展企業・団体と国内外企業とのビジネスマッチングの場を提供することを目的に開催された展示会である。下表に、第15回川崎国際環境技術展の概要を示す。

表 6-2 第15回川崎国際環境技術展の概要

展示会名称（日）	第15回川崎国際環境技術展
展示会名称（英）	The 15th Kawasaki International Eco-Tech Fair
主催者	川崎国際環境技術展実行委員会 (川崎市、川崎商工会議所、経済産業省他)
開催日時	2022年11月17日(木)、18日(金) 10:00~17:00
開催場所	カルッツかわさき（神奈川県川崎市川崎区富士見1-1-4）
来場者数	約4,150人（11/22実行委員会発表） 11/17：約2,050人 11/18：約2,100人
ウェブサイト	https://www.kawasaki-eco-tech.jp/
開催テーマ	かわさきグリーンイノベーションがつなぐ持続可能な未来
開催目的	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。
出展募集技術（ブースカテゴリー）	① 資源リサイクル技術 ② エコソリューション ③ エネルギー関連 ④ 持続可能な社会への貢献 ⑤ ものづくり、AI、IoT技術 ⑥ 支援機関、産官学連携
その他	・川崎市内企業を中心に114団体157ブースが出展、同会場内ではセミナーやビジネスマッチング・商談会も開催された。 ・今回（第15回）は2年ぶりの会場開催で（一部セミナーのみオンライン参加可）、第14回（2021年11月）と第13回（2021年1月）は、それぞれ約10日間の完全オンライン開催であった。 ・事前登録制、入場無料

出典：調査団

(2) ポスター展示内容

展示ブース内では、本事業に加え、株式会社オリエンタルコンサルタンツが実施中の大阪市とケソン市、および札幌市とウランバートル市の都市間連携事業についてもポスターを作成して展示し、本事業を通じて、日本の自治体が有する技術・ノウハウの海外展開、市内企業との連携、海外都市の脱炭素社会実現を目指した支援を行っていることを示し、来場者に説明した。付属資料 A3-1～4 に展示ポスターを示す。

(3) 写真



展示ブース



JICA 海外研修員への説明



会場全景



来場者の様子

(4) 川崎市の取組及び企業からの情報収集

川崎国際環境技術展へのブース出展に合わせて、川崎市内の取組、及び企業と会場での面談やメールによる情報収集を実施した。下表に示す川崎エコタウンや川崎ゼロ・エミッション工業団地は、リサイクル施設、省エネ・創エネ施設が集積するエリアで、企業による主体的な取組と企業間の連携により、環境負荷の軽減と産業活動の両立を目指すものである。産業集積のメリットに加え、研究開発や情報発信も行っており、バンドン市にとっても参考となる取組である。

表 6-3 川崎市内の取組

事業概要	取組内容
<p>【川崎エコタウン】</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・大規模太陽光発電所 ・都市型バイオマス発電所 ・産業廃棄物中間処理・発電施設 ・アンモニア原料化施設 ・下水処理場 ・廃棄物処理施設 ・家電リサイクル施設 ・ペットボトルリサイクル施設 ・古紙リサイクル施設等 	<p>「川崎市環境調和型まちづくり基本構想（川崎エコタウン構想）」1998年 「川崎カーボンニュートラルコンビナート構想」2023年 対象エリア：川崎臨海部約2,800ha 川崎エコタウン構想の4つの柱：</p> <ul style="list-style-type: none"> ③ 企業による主体的な取組の促進：先導的リサイクル設備の整備、工業排水・廃棄物のゼロ・エミッション化 ④ 企業間の連携：川崎ゼロ・エミッション工業団地の整備、共同リサイクル ⑤ 研究開発：エネルギーの有効利用の研究、資源リサイクルとその事業化に向けた研究 ⑥ 情報発信、学習事業、途上国支援：かわさきエコ暮らし未来館、国内外からの視察の受け入れ
<p>【川崎ゼロ・エミッション工業団地】</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・先導的モデル施設として川崎エコタウン内に整備（2002年11月操業開始） ・製紙業、金属製品製造業、建設機材レンタル業等13社が入居し、事業活動で発生する廃棄物、副成物の抑制、企業間の連携による再利用・再資源化、エネルギーの循環利用を図る。
<p>【脱炭素アクション溝の口】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・公共施設、商業施設の再生可能エネルギー100%化 ・水素エネルギーの活用、水素ステーションの設置 ・ゴミによる発電 ・自転車、傘のシェア等 	<p>溝の駅周辺で、脱炭素の取組を集中的に展開。事業者にとっては製品やサービスの効果を測り、ニーズを把握する場として活用、市民にとってはその効果や利便性を実感し、環境配慮型のライフスタイルへの意識向上・行動変容が促されることが期待され、脱炭素ドミノの実現にもつながる可能性がある。</p>

出典：調査団

企業との面談や情報収集では、各社のインドネシアでの事業やその最新動向について情報を得た。各社の事業特性から必然的に、その内容は発電事業に関するものが大半である。今年度の事業では、再生可能エネルギーの導入については検討していないが、第2章で触れたとおり、インドネシアは国としてエネルギー・トランジションを推進しており、また地熱発電事業は ADB による JFJCM 案件として予定されているものもある。具体的には、バンドン市の南西約 30km に位置するパトハ地熱発電所 1 号機は、日本企業が蒸気タービンを導入しており、2 号機の建設は JFJCM 案件として計画されている。バンドン市には、本地熱発電所からの再生可能エネルギーが供給され、さらに日本企業による受注及びクレジット発行に結び付く案件と期待されている。本事業で検討した省エネの取組はいずれも、再生可能エネルギーの利用により更なる CO2 排出削減に寄与するものであり、今後、本事業での各社との連携を検討する。

表 6-4 企業からの情報収集

企業	事業内容
富士電機株式会社（川崎市内に工場を有する）、富士・フォイトハイドロ（Voith Hydro）株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・バンドン市に電力を供給しているカモジャン地熱発電所、ワヤン・ウインドウ地熱発電所に蒸気タービンの納入実績あり。 ・Voith Hydro 社は、スマトラ島で JCM 設備補助事業を活用した 4 件の事業を実施中（Karai 7、Bengkulu 10MW、West Sumatera 6MW、Bengkulu 5MW）。
西日本技術開発株式会社（九州電力の子会社）	<ul style="list-style-type: none"> ・サルラ地熱開発における技術コンサルティング、地熱開発における中長期的な促進制度設計支援（JICA）、トゥレフ地熱開発事業を実施。
丸紅/MM2100 工業団地	<p>（工業団地における脱炭素の取組の観点で情報を収集）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・工業団地に電力を供給しているのは、民間の発電事業者で、化石燃料ガスタービン発電施設や架空送電線を所有している。 ・工業団地内では、屋根置き太陽光発電の設置や植林活動を行っている。
住友電気工業株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・インドネシアに電力ケーブル工場を有する。 ・モンゴルで電力低ロス架空送電線の導入実証事業（NEDO）を行っている。（インドネシアでの横展開の可能性については要調査）
東芝エネルギーシステムズ株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・インドネシアの民間発電事業者向けを含め、石炭火力発電所にタービンを納入している。 ・また、インドネシアの地熱発電所向けに、IoT・AI 技術を適用したトラブル予兆診断技術や性能監視に関する IoT サービスを提供している。

出典：調査団

6.4 第三国連携の可能性検討

第三国連携の可能性検討にあたっては、川崎市が既の実施している環境分野や脱炭素の取組に関する国際協力の枠組みを広げる方法と、姉妹都市・友好都市の繋がりを活用して、環境・脱炭素分野の活動を組み入れる方法が考えられる。

川崎市は、前述の川崎国際環境技術展や川崎国際エコビジネスフォーラムを毎年開催しており、参加者や講演者として途上国・先進国を問わず参加がある。川崎市内企業の優れた環境技術や国内外の取組について、情報交換や発信を目的に開催されているこれらのイベントを活用し、本事業で調査した内容や廃棄物管理に関するバンドン市での先行事例を、他国に展開することが可能である。また川崎市は、海外からの環境技術に関する視察・研修受入にも積極的に取り組んでおり、川崎市の公害克服の歴史や、水質・大気質汚染対策、測定局の視察等は関心が高い。これらの取組をさらに都市間の連携に拡大することができれば、市職員の能力強化の面からも意義がある。

表 6-5 川崎市の海外視察・研修実績

国／対象者代表	視察・研修内容
ベトナム／バリアブンタウ省代表	・川崎市の公害克服の歴史について
中国、メキシコ、スーダン、エジプト、モンゴル (JICA課題別研修「大気環境管理に向けたキャパシティビルディング」)	・川崎市の大気汚染対策 ・環境総合研究所の紹介・視察 ・常時監視測定局の視察
モルディブ共和国／廃棄物管理公社	・川崎市の循環型社会への取組について ・資源化处理施設視察 ・ごみ処理場視察
ミャンマー／環境保全局、ヤンゴン市、マンダレー市	・川崎市の水環境対策について ・環境総合研究所の紹介・視察 ・水質分析業務について ・企業視察
中国／上海市環境保護局	・川崎市の環境対策について ・大気環境の現状と対策 ・水環境の現状と対策

出典：川崎市提供資料より調査団作成

姉妹都市・友好都市の繋がりでは、例えば中国・瀋陽市との第三国連携の可能性が考えられる。川崎市と瀋陽市の友好都市連携は2021年に40周年を迎えており、文化・経済交流に加え、近年は環境技術を軸にした具体的な取組が進んでいる。具体的には、1997年5月に「環境技術交流協力に関する議定書」に調印し、同年から瀋陽市環境技術研修生の受入を実施している。2019年の第22期で延べ53名の研修生を受け入れ、コロナ禍においてもオンラインでの研修を継続している。研修は川崎市の環境行政、水環境保全、大気汚染対策、自動車環境対策等についてであり、本事業で取り組んでいる内容、またバンドン市

が抱える課題と類似するものである。川崎市は他にも、クロアチア共和国・リエカ市、アメリカ合衆国・ボルチモア市、オーストラリア・ウーロンゴン市等と姉妹都市・友好都市を結んでおり、いずれも工業都市、都市の再開発といった観点も盛り込んだ連携の可能性がありうる。

2022年11月には、バンドン市長が川崎市を訪問し、川崎市長を表敬訪問するとともに、川崎市の大気汚染対策、廃棄物管理、環境配慮型公共交通に関する視察と意見交換を、バンドン市の環境局長、交通局長、都市計画局長らと共に行った。このようなハイレベルでの対話は、政策決定とその実施に直接的に働きかけるものであり、第三国連携の中でも実施されることが望ましい。