

平成 30 年度環境省委託事業

平成 30 年度低炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務
(スマラン市産業セクターへの省エネ機器導入による
低炭素化事業)

報 告 書

平成 31 年 2 月

日本工営株式会社
富 山 市

平成 30 年度低炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務

(スマラン市産業セクターへの省エネ機器導入による 低炭素化事業)

報 告 書

目 次

	頁
第 1 章 調査の背景と目的	1
1.1 調査の背景	1
1.2 調査の目的	2
1.3 本事業の実施体制	3
1.4 本事業の工程	4
第 2 章 低炭素社会実現のための都市間連携	5
2.1 都市連携活動の目的	5
2.2 都市連携活動概要	6
2.3 富山市企業とスマラン市企業のビジネスマッチング及び富山市内視察	8
2.4 日本インドネシア国交樹立 60 周年記念式典	9
2.5 スマラン市ビジネスフォーラム(SEMBIZ)	10
2.6 環境省主催 JCM 都市間連携セミナー招聘及び富山市環境部長へ表敬訪問 ...	11
2.7 富山市企業の JCM 設備補助事業の支援	11
2.8 スマラン市とのラップアップ会議	13
第 3 章 JCM 事業化の検討	14
3.1 対象工場の選定	14
3.2 縫製工場におけるボイラ導入事業	17
3.2.1 ガス貫流ボイラ導入対象工場	17
3.2.2 導入技術 (高効率貫流ボイラ)	17
3.2.3 CO2 削減量の算定	19
3.2.4 設備補助事業申請に向けた国際コンソーシアムと実施体制	21
3.2.5 環境認可事項・SDIP にかかる確認	21
3.2.6 設備補助事業申請に向けた課題	23
3.3 繊維工場におけるチラー・コンプレッサ導入事業	23
3.3.1 高効率チラー導入対象工場の選定	23
3.3.2 導入技術(ターボ冷凍機)	25

3.3.3	CO2削減量の算定	26
3.3.4	設備補助事業申請に向けた国際コンソーシアムと実施体制	31
3.3.5	環境認可事項・SDIPにかかる確認	32
3.3.6	JCM設備補助事業実施に向けての課題	34
3.4	その他候補案件	34
3.4.1	木材工場におけるバイオマス発電	34
3.4.2	穀物工場における乾燥機用ボイラ導入事業	35
第4章	低炭素化社会実現にかかる調査	37
4.1	スマラン市低炭素化アクションプラン	37
4.1.1	低炭素シナリオとAIMモデル	37
4.1.2	スマラン市社会経済活動と将来開発ベースラインシナリオ	38
4.1.3	スマラン市低炭素化シナリオ	40
4.1.4	スマラン市低炭素化アクションプラン	41
4.2	燃料転換インセンティブ検討	44
4.2.1	燃料価格や効率比較に基づいた省エネ機器による財務効果の検討	44
4.2.2	工場の燃料転換インセンティブ	46
4.3	天然ガスパイプライン工業団地敷設状況調査	46
第5章	今後の課題と計画	50
5.1	今後の課題	50
5.1.1	効率改善における削減量	50
5.1.2	組み合わせのための様式簡略化	50
5.1.3	対象事業者の財務課題とリース	51
5.1.4	入札への対応	51
5.1.5	JCM設備補助事業以外のJCM案件化	51
5.2	今後の提案	52
5.2.1	JCM設備補助事業の申請	52
5.2.2	縫製工場におけるボイラ導入事業の申請に向けた課題	52
5.2.3	繊維工場におけるターボチャラー導入事業の申請に向けた課題	52
5.2.4	2019年度へむけた提案	53

添 付

- 添付 1 富山市の国際連携
- 添付 2 JCM 説明資料
- 添付 3 現地説明資料
- 添付 4 ビジネスマッチング・JCM セミナー資料
- 添付 5 スマラン市低炭素化アクション
- 添付 6 メディア報道資料
- 添付 7 環境省最終報告会

表 目 次

表 2.1	富山市・スマラン市の都市連携活動における低炭素化活動	5
表 2.2	都市間連携に係る取組み	6
表 2.3	ビジネスマッチングの次第	8
表 3.1	訪問した工業団地・工場と概要	14
表 3.2	訪問した工業団地・工場と JCM の可能性	16
表 3.3	高効率貫流ボイラの先進性	18
表 3.4	高効率貫流ボイラ仕様	18
表 3.5	高効率ガス貫流ボイラによる CO ₂ 削減量計算結果	20
表 3.6	縫製工場における SDIP 項目確認	22
表 3.7	高効率ターボ冷凍機仕様	26
表 3.8	高効率ターボチラーによる CO ₂ 削減量	27
表 3.9	高効率ターボチラーによる CO ₂ 削減事業まとめ	28
表 3.10	コンプレッサの CO ₂ 削減ポテンシャル	29
表 3.11	5.8 MW 太陽光発電量と CO ₂ 削減量	31
表 3.12	繊維工場における SDIP 項目確認	32
表 3.13	バイオマスボイラ導入によるバイオマス発電事業	35
表 4.1	スマラン市 2015 年・2030 年の社会経済指標	39
表 4.2	スマラン市セクター別 国内地域総生産 (IN BILLION RUPIAH)	39
表 4.3	スマラン市セクター別最終エネルギー消費量 (KTOE)	40
表 4.4	スマラン市セクター別 CO ₂ 排出量 (KTCO ₂)	40
表 4.5	低炭素プロジェクトと CO ₂ 排出削減効果	42
表 4.6	石炭・軽油・ガスの CO ₂ 排出係数	44
表 4.7	スマラン市における燃料価格	44
表 4.8	燃料別ボイラ効率	45
表 4.9	ボイラの運転に必要な燃料価格	45
表 5.1	来年度想定する JCM 事業化調査項目案	54

目 次

図 1.1	本事業の実施体制図	3
図 1.2	スマラン市の組織図	4
図 1.3	調査事業スケジュール	4
図 2.1	スマラン市産業セクター低炭素化達成までの戦略ステップ	5
図 3.1	稼働中の石炭ボイラと熱需要の乾燥機	17
図 3.2	高効率貫流ボイラ導入事業対象工場位置図	17
図 3.3	高効率貫流ボイラ概観	19
図 3.4	石炭ボイラからガス貫流ボイラへの更新(予想)	19
図 3.5	縫製工場における貫流ボイラ導入事業国際コンソーシアム体制案	21
図 3.6	高効率チラー導入事業対象工場位置図	24
図 3.7	対象繊維工場と稼働中のチラー	24
図 3.8	対象繊維工場レイアウト図	25
図 3.9	5.8 MW 工場屋根置き PV システム	30
図 3.10	工場屋根置き PV モジュール設置レイアウト例	30
図 3.11	繊維工場高効率機器導入における国際コンソーシアム	32
図 3.12	バイオマスボイラ導入によるバイオマス発電事業概念図	35
図 3.13	既設乾燥機用炉とコーン用サイロ	36
図 4.1	低炭素シナリオの概念図	37
図 4.2	AIM EXSS モデルの構造	38
図 4.3	燃料別熱量当り価格と CO2 排出量	45
図 4.4	インドネシアエネルギー割合目標	47
図 4.5	インドネシアのガス輸出・国内供給量	47
図 4.6	インドネシアのガス生産量・消費量	48
図 4.7	スマランへのガスパイプライン計画	49
図 5.1	来年度都市連携における JCM のテーマ	54

略語表

略語	英語	和訳
AIM	Asia-Pacific Integrated Model	AIM モデル
BAPPEDA	Regional Development Planning Agency	地方開発企画庁
BAU	Business-as-usual	特段の対策のない自然体ケース
BTU	British Thermal Unit	英国熱量単位
CNG	Compressed Natural Gas	圧縮天然ガス
COP	Coefficient of Performance	成績係数
DDF	Dual Diesel Fuel	ガス・ディーゼル油混合燃料
DPMPTSP	Industry and Trade Department	工業貿易局
ESDM	Ministry of Energy and Mineral Resources	エネルギー鉱物資源省
FSRU	Floating Storage Regasification Unit	浮遊貯蔵ガス化設備
GHG	Greenhouse Gases	温室効果ガス
GNDP	Gross Regional Domestic Product	国内地域総生産
IDR	Indonesian Rupia	インドネシアルピア
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関
IGES	Institute for Global Environmental Strategies	地球環境戦略研究機関
INDC	Intended Nationally Determined Contributions	約束草案
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
KADIN	Chamber of Commerce and Industry	商工会議所
kTOE	Kilo tonne of oil equivalent	石油換算トン
MGD	Million Gallon per day	100 万ガロン
mmBTU	Million British Thermal Unit	英国熱量単位
MOU	Memorandum of Understanding	覚書
MRV	Monitoring, Reporting and Verification	モニタリング、報告、検証
MW	Mega Watt	メガワット
ORF	Onshore Receiving Facility	海上ガス供給設備
PCS	Power Conditioners	パワーコンディショナー
PGN	Perusahaan Gas Negara	ピージーエヌ
PV	Photovoltaics	太陽光発電
RAN-GRK	National Action Plan for Reducing Greenhouse Gas Emissions	国家温室効果ガス排出削減行動計画
RAD-GRK	Regional Action Plan for Reducing Greenhouse Gas Emissions	州別温室効果ガス排出削減行動計画
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
USD	United States Dollars	米ドル
USRt	United States Refrigeration ton	アメリカ冷凍トン

第1章 調査の背景と目的

1.1 調査の背景

2015年12月にフランスのパリ郊外で開催された国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）には全ての国が参加し、2020年以降の公平で実効的な気候変動対策の法的な枠組であるパリ協定が採択された。パリ協定では、地球の気温上昇を産業革命前に比べて2℃よりも低く抑え、さらには1.5℃未満に抑えるための努力を追求することが掲げられ、脱炭素に向けた取組の促進が求められている。またCOP21では、都市を含む非国家主体の行動を認知すること、そして全ての非政府主体（都市その他地方公共団体等）の努力を歓迎し、そのスケールアップを招請することが決定された。都市は社会経済の発展を支える活動の場であり、多くの人々が居住している。世界の全土地面積の2%を占める都市部に、世界人口の約半数が居住し、その割合は2050年には70%にまで増加すると予想されている。また2006年時点で世界のCO2排出量の70%以上が都市から排出されていると推定されており、都市部が気候変動の緩和に果たす役割は大きく、都市部における気候変動対策の着実な実施、温室効果ガス排出量の削減が、パリ協定の目標達成のために重要となっている。

一方、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（Grand National Energy Plan 2015-2050：RUEN）が制定された。

インドネシア国スマラン市はインドネシアの中部ジャワ州の州都でジャカルタの東450km、ジャワ島の沿岸中心部に位置する、人口170万人（2015年センサス）のインドネシアで五番目の大都市である。スマラン市には9つの工業団地がある。製造業の成長に伴い、電力需要及び燃料消費量が増加中であり、省エネルギーの取り組みを進めている。

一方、富山市は日本海沿岸に位置し、さまざまな産業と高度都市機能を有し、下表に示す持続可能な都市構築に取り組んできた。

表 1.1 富山市の持続可能な都市関連のアワード

年	選定	概要
2008	環境モデル都市	世界の先例となる「低炭素社会」への転換の取り組み、コンパクトなまちづくりを核としたCO2削減計画が評価された
2011	環境未来都市	コンパクトシティを目指す戦略的提案が、地方都市の抱える課題の解決モデルになるとされた。
2014	国連SE4ALL「エネルギー効率改善都市」	国際連合のSE4ALLが提唱する目標達成を目指し、将来的なエネルギーの効率の改善が期待できる計画を策定した。
2016	G7 富山環境大臣会合	生活の質と経済成長と環境について調和のとれたベストバランスを達成するレジリエントな都市づくりについて都市連携を促進。森市長はパラレルセッション「都市の役割」での議論を議長サマリーとしてまとめた。
2018	SDGs未来都市	2018年6月15日に経済・社会・環境の分野をめぐる広範な課題に統合的に取り組む「SDGs未来都市」に選定された。併せて先導的な取り組みで、多様なステークホルダーとの連携を通じて地域における自律的好循環が見込めるものとして、「自治体SDGsモデル事業」にも選定された。

出典：富山市提供情報より日本工管作成

上表のレジリエントな都市づくりと共に、富山市は「環境未来都市とやまのパッケージ化による都市連携」を推進している。富山市とスマラン市は、共にロックフェラー財団から「100のレジリエントシティ」に選定された。富山市の「エネルギー効率改善都市」の行政経験をスマラン市の低炭素都市実現に活用する為、「H29年度低炭素社会実現のための都市間連携事業」が採択された。同事業では「レジリエントシティ構築に向けた防災・環境・エネルギー課題解決型低炭素化支援事業」及び「コンパクトシティ型交通体系整備に向けた調査事業」が昨年度に実施された。



森富山市長・スマラン市のヘンドラー市長による都市連携協定

更に、富山市とスマラン市は2017年12月14日、インドネシア・スマラン市と低炭素社会の実現に関する連携協定を締結した。富山市の森雅志市長とスマラン市のヘンドラー・プリハディ市長が富山国際会議場で協定書を交わした。また、富山市は同日、スマラン市への支援事業を合同で行うIGESとも連携協定を結んでいる、

また、富山国際会議場で低炭素社会の実現に向けた国際会合が開かれ、スマラン市と都市連携のあり方を協議するパネル討論を行った。理念だけでなく事業を具現化する方策が今後の課題として挙げられている。

これまでに行われた、富山市・スマラン市の都市連携について、下表にまとめる。

表 1.2 富山市・スマラン市の都市連携

#	年月	概要
1	2017年8月8日	環境省平成29年度低炭素社会実現のための都市間連携事業受託。「レジリエントシティ構築に向けた防災・環境・エネルギー課題解決型低炭素化支援事業」及び「コンパクトシティ型交通体系整備に向けた調査事業」を実施。
2	2017年12月14日	低炭素社会実現に向けたスマラン市・富山市都市間協定締結
3	2018年3月3日	スマラン市より平成30年度低炭素社会実現のための都市間連携事業にかかる関心表明書の受領
4	2018年6月25日	H30年度JCM設備補助事業「スマラン市公共交通バスへのCNGとディーゼル混焼設備導入プロジェクト」の採択

出典：富山市情報より日本工営作成

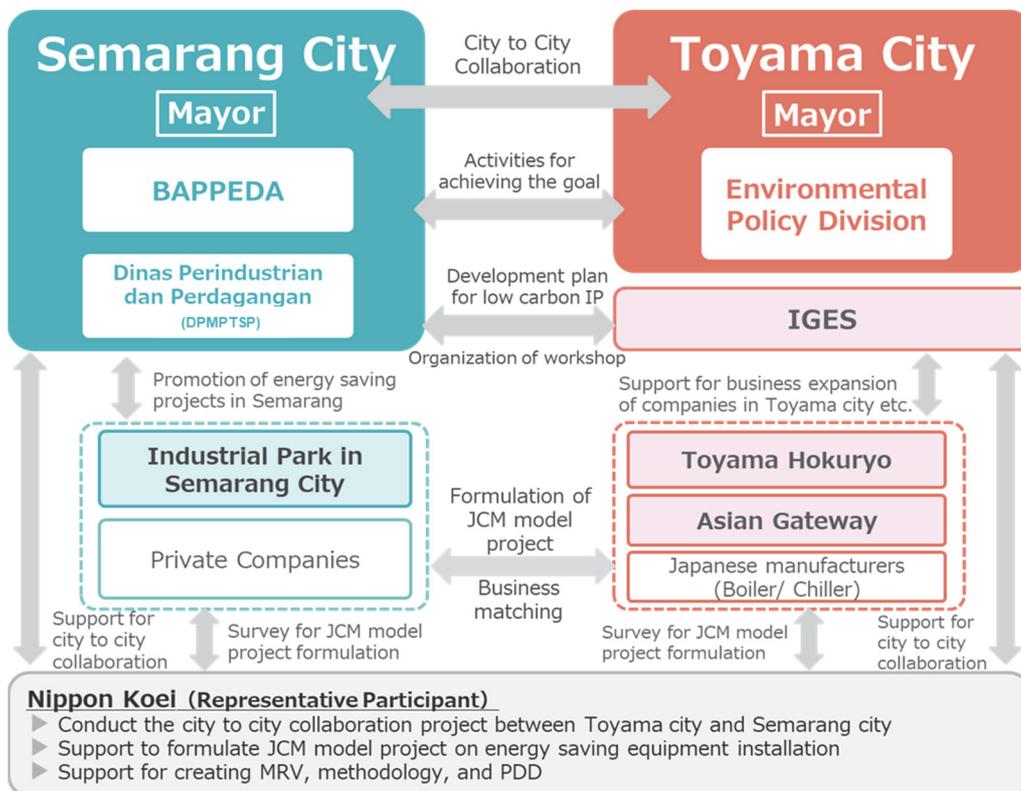
1.2 調査の目的

「低炭素社会実現のための都市間連携事業」は、日本の研究機関・民間企業・大学等が、低炭素社会形成に関する経験やノウハウ等を有する日本の都市とともに、海外都市における低炭素社会形成への取組を効果的・効率的に支援するために必要な調査事

業を実施するものである。本事業では、富山市とスマラン市の都市連携において、低炭素社会実現のための調査を行う。

1.3 本事業の実施体制

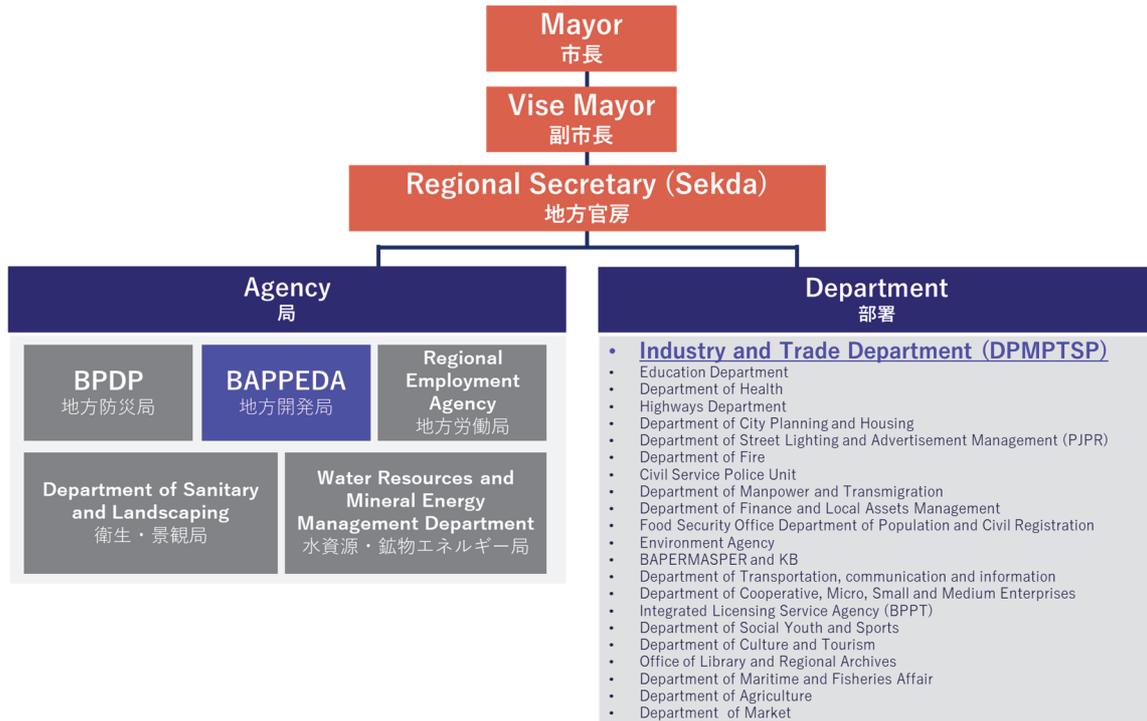
スマラン市市長以下、BAPPEDAと工業貿易局が、富山市と都市連携のもと、事業を実施する。スマラン市は工業団地や商工会が市と連携し本事業へ協力する。富山市企業は市の政策課題解決やJCM案件化に向けて環境技術を提供する。日本工営が、都市連携にかかる各調査支援、省エネ技術導入にかかるJCM設備補助事業案件化の支援、MRV計画の検討を行う。さらにIGESがスマラン市低炭素化アクションプランの策定を支援する。



出典: 日本工営作成

図 1.1 本事業の実施体制図

なお、スマラン市の組織図は下記の通り。



出典: 日本工営作成

図 1.2 スマラン市の組織図

1.4 本事業の工程

本調査事業の工程は、下図に示す通りである。

Study Item	2018										2019	
	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	
Item (1) : JCM model project formulation												
1) Selection of JCM Model Project in Industrial Park												
2) Preparation of International Consortium												
3) Confirmation of environmental approval and SDIP												
4) Energy saving equipment installation and fuel switch potential study												
5) Business matching between Toyama companies and Indonesian companies				☆			★					
6) Formulation of energy saving promotion program												
7) Invitation of Semarang city officers to Japan				☆				☆				
Item(2) : Others												
1) Monthly report			☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
2) Progress meeting (MOEJ)		☆			☆			☆				☆
3) Workshop in Semarang										★		
4) JCM seminar organized by MOEJ								☆				
(3) Field survey, meetings, final report												
1) Field survey			★		★	★	★				★	
2) Meeting in Toyama city or Tokyo		☆	☆	☆	☆			☆				☆
3) Final report												☆

★ : Activities in Indonesia/Semarang ☆ : Activities in Japan

出典: 日本工営作成

図 1.3 調査事業スケジュール

第 2 章 低炭素社会実現のための都市間連携

2.1 都市連携活動の目的

今年度の富山市・スマラン市都市連携の目的は、以下の通りである。

- ・ JCM 設備補助事業の案件化とスマラン工業団地における省エネ技術の活用の促進
- ・ 富山市・スマラン市都市連携による富山市省エネ企業の進出の支援
- ・ 富山市の環境都市の知見を活かした、スマラン市の低炭素化の計画策定

本事業において、富山市・スマラン市都市連携を活用することにより、スマラン市低炭素型工業団地の省エネ機器促進のためのモデル事業計画を策定する。JCM設備補助事業により工場に高効率貫流ボイラ・高効率冷凍機などを導入できれば、その工場は低炭素化モデル工場として機能する。

また、低炭素化社会に向けてセクター別スマラン市CO2の削減計画を定める。

スマラン市産業セクター低炭素化達成までの戦略ステップを、下図に示す。



出典: 日本工管作成

図 2.1 スマラン市産業セクター低炭素化達成までの戦略ステップ

特に上の戦略において鍵となる事業の活動は下表の通りである。

表 2.1 富山市・スマラン市の都市連携活動における低炭素化活動

活動項目	説明
JCM 設備補助事業実施工場を、スマラン市産業セクター省エネモデルとする	JCM 設備補助事業を横展開させる為に、成果の情報共有を行い、省エネモデルとする。工業貿易局を通じてスマラン市工業団地に入居企業について情報収集し結果を整理し、大規模工場より省エネ機器導入プロモートを行う。
高効率機器導入・ガスへの燃料転換推進の為に、民間企業にとってのインセンティブ作り	高効率機器導入による燃料削減が、運転経費節減になり投資回収が行えることを示す財務指針を示す。 燃料の排出係数は石炭 0.0909 t-CO2/GJ、軽油 0.0726 t-CO2/GJ に対し、ガス 0.0543t-CO2/GJ であり、石炭・油からのガスへの燃料転換は実質的な排出削減に大きく効果がある。工業団地へのパイプライン整備計画に基づいた現実的なガスへの燃料転換を推進する。
低炭素型工業団地に向けた CO2 排出削減目標設定	産業セクターの CO2 排出量は他セクターより多く、工業団地の排出削減はスマラン市の低炭素化に最も効果的に働く。具体的な排出削減ポテンシャルの定量的評価に基づいた産業セクターの CO2 排出削減目標を設定する。
今年度実施トランススマランバス CNG 化 JCM 設備補助事業の支援と横展開	昨年度調査において特定され今年度 JCM 設備補助事業で採択されたトランススマランのバス CNG 化事業について、実施の調整支援および効果確認を行い、横展開の可能性について検討する。

出典: 富山市情報に基づき日本工管作成

2.2 都市連携活動概要

今年度実施した富山市・スマラン市の都市連携活動について、概要を下表にまとめる。

表 2.2 都市間連携に係る取組み

調査内容	実施時期	概要
関係者キックオフ会議(富山)	2018年5月17日～18日	富山市職員とキックオフ会議を実施し、今年度の事業内容やスケジュールについて方針を確認した。また、富山市関係企業(富山ホクリョー株式会社、北酸株式会社)と協議し、JCM 事業化に向けた検討事項および活動内容について確認した。
環境省キックオフ会議(東京)	2018年5月31日	今年度の具体的な活動目標と活動内容、JCM 設備補助事業候補案件、想定される課題、及びスケジュールについて環境省へ説明した。
第1回現地調査(スマラン)	2018年6月4日～9日	スマラン市とのキックオフミーティング、スマラン市近郊企業・工業団地への JCM 紹介、ビジネスマッチングセミナーの調整、JCM モデル事業候補案件組成調査の為に工業団地訪問を目的に、現地調査を実施した。スマラン市工業貿易局、在ジャカルタ日本大使館、Kayu Rapis 社、Rimba Partikel 社、KIW 工業団地運営会社などと面談した。
日本インドネシア国交樹立60周年記念式典(東京)	2018年7月29日	日本インドネシア国交樹立60周年の記念式典が、東京の日比谷公園で開催された。本事業からは、メガワティ前大統領や Arifin Tasrif 大使など要人、富山市、スマラン市関係者7名、その他関係者が出席した。
ビジネスマッチング(富山)	2018年7月30日	富山市企業の技術を活用したスマラン市における JCM 事業化や富山市企業のビジネス進出を目指し、富山市においてビジネスマッチングを開催した。富山市企業6社がスマラン市関係者に向けて自社の技術や製品について紹介を行った。
富山市内視察(富山)	2018年7月31日	スマラン市関係者7名が富山市エコタウンを訪問し、廃棄物処置に係る技術をもつ富山市内企業3社(株式会社 エコ・マインド、富山グリーンフードリサイクル株式会社、株式会社アイザック)を視察した。
環境省第1回進捗報告会(東京)	2018年8月28日	環境省キックオフ会議以降の進捗、ビジネスマッチングの内容、今後の予定などにつき、環境省に説明した。
第2回現地調査(スマラン)	2018年9月3日～8日	スマラン市と10月開催予定のビジネスマッチング・JCM セミナー招へいの調整についてミーティング、スマラン市企業・工業団地への JCM 制度の紹介、JCM 設備補助事業候補案件組成調査の為に工業団地訪問を目的に渡航した。スマラン市工業貿易・経済投資局、BAPPEDA、BSB 工業団地管理会社、Tanjung Emas Industrial Estate 工業団地管理会社 Lamicitra Nusantara、工業団地入居企業5社、KADIN(スマラン市商工会)への JCM 説明会の実施および会員企業面談を行い、JCM 設備補助事業候補案件を検討した。
富山市長感謝状贈呈	2018年9月18日	ジャカルタにある内務省庁舎で、スマラン市を含むインドネシアの6地域(バンダアチェ市、トビンティンギ市、タバナン県、クルンクン県、レボン県)で技術支援を実施・計画している富山市へ、インドネシアから感謝状が贈呈された。贈呈式には、富山市森市長が出席した。インドネシアから感

調査内容	実施時期	概要
		謝状を贈られた日本の自治体は、富山市が初めてである。
第 3 回現地調査 (スマラン)	2018 年 10 月 14 日～20 日	(i)10 月 17 日(水)に開催されたスマランビジネスフォーラムへの参加とビジネスマッチングの実施、(ii)都市連携にかかる BAPPEDA 協議、(iii)JCM 設備補助事業候補案件組成調査の為の工場視察、の三点を目的に渡航した。なお、富山市企業である株式会社アイザック、北酸株式会社、株式会社日本空調北陸も本調査に同行し、富山市の医療廃棄物処理技術の紹介や JCM 事業化の検討に係る現地調査を実施した。
スマラン市ビジネス フォーラム (SemBiz) (スマラ ン)	2018 年 10 月 17 日	SemBiz は毎年スマラン市主催で開催されている。富山市・スマラン市都市連携セミナーをその一部として含めた。スマラン市長・副市長、商工会議所 Arnaz 会長、スマラン市工業貿易・経済投資局 Ulfi 部長以下、企業関係者、工業団地関係者、不動産開発関係など約 300 名程度が参加した。本邦からは大阪ガス、川崎重工ガスタービン、三浦工業などの日系企業も参加した。富山市による低炭素化支援の取り組みとスマラン市との協定、JCM、富山市企業紹介につき発表した。また、ブース展示コーナーにおいて富山市の取り組み・市内企業紹介を行った。
環境省主催 JCM セミナー招聘及び 富山市内視察 (横浜・富山)	2018 年 10 月 24 日～30 日	横浜で開催された JCM 都市間連携セミナーに、スマラン市から 5 名が参加し、スマラン市都市間連携の取り組みや今年度採択された JCM 設備補助事業について富山市およびスマラン市から発表を行った。また、招聘者 5 名は翌週に富山市環境政策局を表敬訪問し、JCM や都市間連携について意見交換を行った。
環境省第 2 回進捗 報告会(東京)	2018 年 11 月 6 日	環境省第 1 回進捗報告会以降の進捗につき、JCM 設備補助事業案件化の課題、今後のスケジュールなどを環境省に説明した。
第 4 回現地調査 (スマラン)	2018 年 12 月 2 日～8 日	1 月にスマラン市と開催予定のラップアップ会議に向けた協議、トランススマラン CNG 化完成式の調整、来年度都市連携テーマの協議、JCM 設備補助事業候補案件組成調査の為の工業団地訪問、JCM 設備補助事業候補工場との面談を目的に渡航した。スマラン市工業貿易・経済投資局、BAPPEDA、KADIN(スマラン市商工会)、Asia Pacific Fiber、Candi Industrial Park、Kendal Industrial Park、三浦工業等と面談を行った。
第 5 回現地調査 (スマラン)	2019 年 1 月 7 日 ～15 日	トランススマランバス CNG 化設備補助事業完成式・CNG 化ワークショップ、KADIN 主催第 2 回 JCM セミナーの実施、ラップアップ会議の実施、来年度都市連携テーマの協議、JCM 案件形成に向けた工業団地および候補工場訪問・コスト検討などを目的に渡航した。
トランススマランバ ス CNG 化完成式 (スマラン)	2019 年 1 月 8 日 ～9 日	平成 30 年度 JCM 設備補助事業において採択された、トランススマランが所有・運航するディーゼルバスの CNG 化に係る完成式・ワークショップが、スマラン市内のホテルで開催された。完成式には、富山市森市長、スマラン市 Hendrar 市長及び副市長、中央ジャワ州知事、運輸省、経済調整省経済協力局代理補佐、エネルギー・鉱物資源省計画局長、内務省開発局長代理他、JCM 事務局、Pertamina、PGN、Nusantra 開発会社など約 350 名が参加した。

調査内容	実施時期	概要
ラップアップ会議 (スマラン)	2019年1月14日	今年度都市間連携事業の活動内容を報告した。スマラン市低炭素アクションプランについて説明し、JCM 設備補助事業申請候補プロジェクトについて紹介した。また、H31年度の富山市との都市連携を継続することで合意し、JCM 事業化調査のテーマについて議論した。

出典: 日本工営作成

2.3 富山市企業とスマラン市企業のビジネスマッチング及び富山市内視察

2018年7月30日(月)に、富山市企業とスマラン市企業のビジネスマッチングを実施した。本ビジネスマッチングは、日本インドネシア国交樹立60周年記念式典に際し、スマラン市政府関係者4名、スマラン市商工会関係者3名が富山市に訪問した機会を活用して開催した。富山市内企業は6社が参加し、スマラン市関係者に対して富山市内企業の技術・製品等の紹介を行った。

概要は下記の通り。

- 日時： 平成30年7月30日(月) 13:30～17:00
 場所： オークスカナルパークホテル富山4階「翠鳳の間」
 参加者： スマラン市7名、富山市10名、IGES2名、富山市内企業6社(11名)、日本工営3名(合計33名)
 次第： 下記の通り。

表 2.3 ビジネスマッチングの次第

No.	項目	発表者
1	挨拶	富山市環境部部長 スマラン市工業貿易・経済投資局部長
2	スマラン市概要紹介	スマラン市商工会議所会長
3	富山市の工業政策に係る紹介	富山市商工労働部 工業政策課 係長
4	JCM制度に係る説明	日本工営株式会社 環境技術部課長
5	富山市内企業紹介	富山ホクリョー株式会社(空調・太陽光) 水機工業株式会社(小水力・水門) 北酸株式会社(ガス供給) 株式会社日本空調北陸(ボイラー・空調) 株式会社石橋(廃棄物処理) 株式会社タイワ精機(精米機製造)
6	質疑応答・意見交換等	---

出典: 日本工営作成

また、7月31日(火)に、スマラン市関係者は富山市エコタウンを訪問し、廃棄物処置に係る技術をもつ富山市内企業3社(株式会社 エコ・マインド、富山グリーンフードリサイクル株式会社、株式会社アイザック)を視察した。

富山市におけるビジネスマッチング及び市内視察の様子は、下記の通り。



富山市環境部長 挨拶



スマラン市工業貿易・経済投資局部長 挨拶



ビジネスマッチングでの意見交換会



ビジネスマッチングの様子



富山市エコタウン施設の見学



株式会社エコ・マインドの廃棄物処理施設

2.4 日本インドネシア国交樹立60周年記念式典

2018年7月29日(日)に、日本インドネシア国交樹立60周年の記念式典が開催された。記念式典には、メガワティ前大統領、在日インドネシア共和国大使館のアリフィン・タスリフ大使や、プアン・マハラニ人材開発・文化担当調整大臣等の要人が出席した。本事業からは、富山市、スマラン市関係者7名、その他関係者が出席した。

2.5 スマラン市ビジネスフォーラム(SEMBIZ)

スマラン市ビジネスフォーラム（通称SemBiz）は毎年スマラン市で開催されている大規模なビジネスフォーラムであり、今年（2018年）は10月17日（水）に開催された。このフォーラムの中で、富山市・スマラン市の都市連携について発表し、JCM設備補助事業の紹介を行った。当日は、スマラン市長・副市長、商工会議所Arnaz会長、スマラン市工業貿易・経済投資局Uifi部長以下、企業関係者、工業団地関係者、不動産開発関係など約300名程度が参加した。

本事業においてJCM案件形成を行うため、このビジネスフォーラムにおいて富山市企業とスマラン市企業のビジネスマッチングのセッションを設けた。ビジネスフォーラムでは、本都市間連携事業やJCM制度の紹介、富山市内企業（株式会社日本空調北陸、北酸株式会社、株式会社アイザック、水機工業株式会社）の紹介を行うとともに、ブース展示コーナーでは富山市の取り組みや企業紹介を行った。スマラン市の主要なビジネス・産業セクターの代表者が一同に会する中で、富山市の協力内容および富山市企業の技術が共有された。

スマラン市ビジネスフォーラムの様子は、下記の通り。



スマラン市長・副市長と富山市登壇



富山市企業によるプレゼンテーション



ビジネスフォーラム 会場の様子



ビジネスフォーラム ブースの様子

2.6 環境省主催 JCM 都市間連携セミナー招聘及び富山市環境部長へ表敬訪問

2018年10月24日（水）～10月30日（火）に、スマラン市関係者5名の本邦招聘を実施した。10月25日（木）は、パシフィコ横浜で開催された環境省主催JCM都市間連携セミナーに出席し、富山市及びスマラン市より本都市間連携事業の活動についてプレゼンテーションを行った。

富山市とスマラン市の都市間連携のもとでH30年度JCM設備補助事業に採択されている「スマラン市公共交通バスへのCNGとディーゼル混焼設備導入プロジェクト」は、JCM設備補助事業としては初めて入札を実施した案件であったため、会場からは入札実施における課題などについて質問が挙がり、関心が集まった。

スマラン市関係者は翌週に富山市へ移動し、富山市環境部長を表敬訪問した。表敬訪問の際、富山市とスマラン市の都市間連携事業やJCMに係る意見交換を行った。

JCM都市間連携セミナー及び富山市環境部長表敬訪問の様子は、下記の通り。



セミナーにおけるスマラン市の発表



富山市環境部長表敬訪問

2.7 富山市企業の JCM 設備補助事業の支援

富山市企業の北酸株式会社は、平成29年度低炭素社会実現のための都市間連携事業に参画した際、スマラン市の公共交通バスにおいて燃料転換によるGHG排出削減ポテンシャルがあることを確認した。平成30年度二国間クレジット制度資金支援事業のうち設備補助事業において、「スマラン市公共交通バスへのCNGとディーゼル混焼設備導入プロジェクト」の提案書を申請し、採択された。

本事業は、スマラン市の交通公社であるBLU UPTD Trans Semarangが所有する141台のディーゼルバスのうち、燃料転換による費用対効果が高いと見込まれる大型バス25台（燃費 約2.08 km/L）と中型バス47台（燃費 約3.53 km/L）の合計72台を対象にCNG混焼のためのキットを導入した。これをデュアルディーゼルフューエル（Dual Diesel Fuel, DDF）として運用し、軽油からCNGへの燃料転換によるGHG排出削減を行う。

2017年12月に富山市とスマラン市の間で締結した「低炭素社会実現のための都市間連携」に係る協力協定のもと、本JCM設備補助事業の円滑な実施とGHG排出削減を目指

して、平成30年度低炭素社会実現のための都市間連携事業においてもスマラン市と富山市が継続して支援を行った。

また、2019年1月9日（水）に、本件におけるバスCNG導入の為のDDF化の完成式がスマラン市で開催された。完成式には、富山市森市長、中央ジャワ州知事、スマラン市Hendrar市長及び副市長、運輸省、経済調整省経済協力局代理補佐、エネルギー鉱物資源省計画局長、内務省国際協力局長他、JCM事務局、Pertamina、PGN、Nusantra開発会社、北酸株式会社山口社長など、約350名が参加した。式典では、改造バスのお披露目会も行われ、交通セクターにおける燃料転換の好事例としてインドネシア国内のメディア各社に取り上げられた。

同会場では、中央ジャワ州知事、タバナン県、内務省、運輸省、エネルギー鉱物資源省によるパネルディスカッションも行われ、交通セクターや燃料転換の課題や、同技術のインドネシアの他の都市への普及について意見が交わされた。式典に参加したインドネシア政府関係者の間では、交通セクターにおけるCNGへの燃料転換は、低炭素社会の実現のために効果的であるとの認識が広まった。今後は、富山市とスマラン市、インドネシア国内の他都市、及び運輸省等との協力の下、同国における交通セクターの燃料転換事業の横展開が期待される。



Trans Semarang 完成式(会場の様子)



Trans Semarang 完成式(集合写真)



Trans Semarang 完成式(森市長挨拶)



Trans Semarang 完成式(改造バスお披露目)

2.8 スマラン市とのラップアップ会議

2019年1月14日（月）に、スマラン市とラップアップ会議を実施した。本会議において、今年度都市間連携事業の活動についての報告、スマラン市低炭素都市アクションプランの説明、JCM設備補助事業候補案件の紹介などを行った。加えて、来年度のテーマについて協議した。

今年度二国間クレジット制度資金支援事業のうち設備補助事業において採択された「スマラン市公共交通バスへのCNGとディーゼル混焼設備導入プロジェクト」は、燃料転換による省エネ事業の事例としてインドネシア国内でも大きな注目を集め、富山市とスマラン市の都市間連携協定の大きな成果として認識され、横展開への期待が示された。また、今年度JCM事業化調査において検討した燃料転換による省エネ効果の試算結果からも、燃料転換は低炭素社会の実現に向けて効果的と理解された。

そのため、来年度都市間連携事業は、グリーン燃料推進事業をテーマとし、交通・商業・工業などセクターをまたいで、スマラン市における燃料転換の促進による低炭素社会の実現を目指すことで合意した。具体的には、トランススマランのまだCNG化を行っていないバスへの横展開、公共設備のディーゼル設備のCNG化、商業セクターのガスへの燃料転換につき、JCM事業化の検討を行う見込みである。



スマラン市とのラップアップ会議

第3章 JCM 事業化の検討

3.1 対象工場の選定

スマラン市近郊の工業団地は、繊維、食品などが中心である。(i)高効率貫流ボイラ及び燃料転換、(ii)高効率冷凍機などの、省エネ・CO2削減に資する機器導入を行う工場を調査し、JCM設備補助事業の事業計画を作成した。

スマラン市工業団地の高効率省エネ機器導入および燃料転換を促進するためのモデルとなる工場を選定する。

産業セクターへの省エネ機器導入は、民間工場が主な対象になる。スマラン市におけるJCM設備補助事業対象工場の選定を、以下の通り行った。

- 1) 工業団地管理会社へのJCMの説明、及び管理会社からの工場紹介
- 2) スマラン市商工会議所(KADIN)主催のJCM説明会の実施
- 3) 2)で関心を示したボイラ・チラーなど新規・更新機器需要のある工場への訪問

JCM説明会は、工業団地やスマラン市周辺工場を対象に2018年9月5日及び2019年1月8日の2回のJCMセミナーを実施し、貫流ボイラ、ターボチラーなど高効率省エネ機器の導入に関心のある工場を募り、候補工場を選定した。

スマラン市には9箇所の工業団地があり、そのうち下表の6箇所の工業団地につき省エネのポテンシャルがあると判断し、調査を行った。

表 3.1 訪問した工業団地・工場と概要

Industrial Park	Foundation	Area	Tenant	Gas supplied	Remarks
Kawasan Industri Park Bukit Semarang Baru (BSB)	N/A	215 ha	N/A	by Lorry	- Potential of GHG emission reduction in this park is low.
Kawasan Industri Tugu Wijaya Kusuma (KITW)	1988	250 ha	77	Gas pipeline	- 4 out of 77 are Japanese companies
Kawasan Industri Terboyo Park	1990	300 ha	100	by Lorry	- Almost all of the tenant are used for warehouse
Kawasan Industri Candi	1999	500 ha	600	by Lorry	- F/S for installing gas pipeline conducted. - 75% are warehouse
Kawasan Industri Berikat Lamicitra	1993	30 ha	9	by Lorry	- The oldest industrial park in Semarang - Special export zone
Kendal Industri Park	2016	2,200 ha (under construction)	6 (46 companies already decided to move in.)	by Lorry	- Integrated industrial park inclusive of shopping mall, residential area, and industrial area

出典: 日本工管作成

各工業団地の入居企業につきリスト収集を試みたが、非開示であった。よってKADINの協力により、ボイラ・チラーを導入しており省エネ機器導入可能性のある一部のスマラン市企業のリストを作成した。

工業団地の内、Kawasan Industri Wijaya Kusuma (KIW) は工業団地内に独立の天然ガスパイプラインが敷設されている。ボイラの褐炭・重油から天然ガスへの燃料転換に

ついてインフラ面の整備が行われ、燃料転換ポテンシャルが高い。よって最初にKIWの運営会社へJCMの説明を行った。また、近郊の工業団地であるBukit Semarang Baru(BSB)、30年前より運営しているTerboyo Park, 輸出特区のあるTanjung Emas Industrial Parkの運営会社PT. Lamicitra Nusantra、シンガポールのSembcorpが出資しているKundal Industrial ParkなどへJCM制度について説明し、関心ある企業について情報収集を行った。

なお、インドネシアのJCM設備補助事業で高効率貫流ボイラは2件、高効率冷凍機は3件がすでに採択され実施されている。一方、ボイラ、冷凍機共にインドネシア工業セクターでは需要が大きく、汎用性がある。工業成長に伴い着実に導入台数が増加中であり、その普及性と削減ポテンシャルは他セクター・他技術に比べて大きい。特に燃料転換はCO2削減の効果が大きい。

下表の通り工業団地・工場を訪問し、JCM設備補助事業で要求されるCO2削減量として1000トンCO2/年に到達しうる事業者を選定した。

表 3.2 訪問した工業団地・工場とJCMの可能性

工業団地	訪問先	訪問日	調査結果概要
Kawasan Industri Wijaya Kusuma (KIW)	管理会社	2018/6/8	・入居企業77社、うち4社が日系企業 ・繊維、家具、食品の業種が入居
	食品工場	2018/9/6	・インドネシア国シェア1位のパンメーカー ・ガスボイラ使用。その他、チラーやコンプレッサー等の機器を有するが、既に省エネ対策を実施済
	縫製工場	2018/9/6 2018/10/18	・ジーンズ等の服飾製品メーカー ・石炭ボイラ2台(1台あたり4t/h)を所有。ガスボイラ更新への関心あり。
Bukit Semarang Baru (BSB)	管理会社	2018/9/4	・工業団地の熱需要は小さく、ボイラ等に燃料を大量に使用する企業はない
	服飾メーカー	2018/9/4	・スーツ等の生産する日系服飾メーカー ・ディーゼルボイラ3台(1台あたり1t/h)はいずれも本邦ボイラメーカー製。2013年・2016年に導入
Tanjung Emas Industrial Estate	管理会社	2018/9/7	・スマランで最も古い工業団地(1993年設立)72戸、9企業が入居 ・港湾地区。輸出特区
	スポーツ用品縫製工場	2018/9/7	・アパレルの衣類を製造 ・LPG焚きボイラ1台(1t/h)所有 ・新規導入予定のボイラは既にオーダー済
	縫製工場	2018/9/7	・スポーツ衣類メーカーの製品を製造 ・軽油ボイラ2台(1台あたり800kg/h)を5年前に導入。更新や燃料転換の予定なし
Candi Industrial Park	管理会社	2018/12/6	・総面積500haでスマランで最も規模が大きい。600社入居。75%は保管倉庫、25%が生産工場。 ・ガスパイプライン導入F/S中。
Kendal Park	管理会社	2018/12/7	・スマラン市で最も新しい。ジャバベカ社とシンガポールセムコープの出資。フェーズ1で1000ha開発。国際港建設中。現在6社操業中。家具組み立て、バイク組み立て、食品、倉庫など。
Terboyo Park	管理会社	2019/1/15	・1990年建設。入居企業は約100社。ほとんどが組み立て工場または倉庫。携帯電話組立工場あり。ガラス工場建設計画あり。ガスの要望は高い。
繊維会社		2018/10/18 2018/12/5	・インドネシアの2割のポリエステル繊維・糸を製造 ・ターボチラー・コンプレッサの更新を検討中
穀物工場		2019/1/16	・米、コーン、豆を収集、乾燥 ・乾燥機熱源としてガスボイラを検討。

出典: 日本工管作成

3.2 縫製工場におけるボイラ導入事業

3.2.1 ガス貫流ボイラ導入対象工場

ガス貫流ボイラの導入事業として、KIW工業団地内の縫製工場S社を選定した。S社は縫製工場で、被服製品を国内および欧米に輸出している。S社は染色、乾燥、アイロン用の熱源として、現在4トン/hの石炭ボイラを二基使用している。一方、石炭ボイラからは灰が発生し処理費用がかかること、ボイラの熱を冷まさないように工場停止時間を含め24時間の運転継続が必要であることなどの難点があるため、S社はガスボイラへの変更を希望していた。よって、ガス貫流ボイラ導入について、JCM設備補助事業の計画を作成した。



出典：日本工営撮影

図 3.1 稼働中の石炭ボイラと熱需要の乾燥機

対象工場の場所を下図に示す。



出典：<https://www.abysse.co.jp/world/map/country/asia/indonesia.html> 及び Google Map を基に日本工営作成

図 3.2 高効率貫流ボイラ導入事業対象工場位置図

3.2.2 導入技術（高効率貫流ボイラ）

高効率貫流ボイラは、ボイラ用水を水管の一方から押し込み、循環させることなく蒸気に変える。保有水量が少ないため起動性に優れる。小型、省スペースで場所を取らない。貫流ボイラは主に本邦において開発、導入されてきた技術であり、低騒音、低NOx排出特性等の特徴を持つ。他ボイラに比較しての優位性を、以下に示す。

表 3.3 高効率貫流ボイラの先進性

先進性	概要
高い機動性、負荷追従性、高度制御による貫流ボイラ	水を水管の一方から押し込み循環させる水管式と異なり、管内で蒸気に変えることで、起動性や負荷追従性に優れ、急速起動可能。蒸気量や蒸気温度を安定させる為に高度制御を行っている。
省スペース	小型ボイラであり必要スペースが小さい（他形式の約 6 割）
低負荷運転での高効率化	負荷変化に追従して制御を行い、広範囲の熱負荷で高効率運転が可能であることより、高効率化・低炭素が可能
エコマイザによる排出燃焼ガスの回収	排出燃料ガスの残熱量を給水予熱器(エコマイザ)で回収し、給水ポンプで加圧された水を予熱することで、高効率化を行う。
低 NOx, 低 CO 排出	優れた低排ガス特性を有する。全負荷燃焼領域で NOx 値、CO 値を軽減する。

出典: 日本工管作成

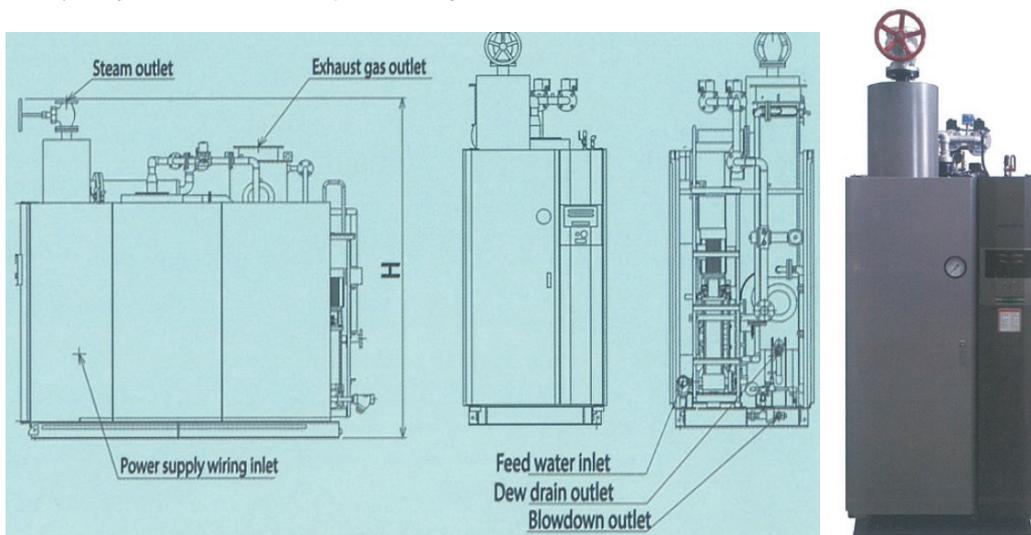
以下に、導入を計画する高効率貫流ボイラの仕様をまとめる。

表 3.4 高効率貫流ボイラ仕様

Item	unit	Value	Remark
Pressure	MPa	0.49-0.88	
Equivalent output	kg/h	2000	
Actual output	kg/h	1680	
Heat output	MW	1.25	
Boiler efficiency	%	98	
Water content	L	138	
Fuel consumption	Nm ³ /h	113.5	LHV 40.6 MJ/Nm ³
Rated power consumption	kW	10.4	AC380V, 3φ, 50Hz
Weight	kg	2360	
Size	mm	W990, D2835, H2635	

出典: Miura SI2000GVS

下図に高効率貫流ボイラの外観を示す。



出典: Miura SI2000GVS カタログ

図 3.3 高効率貫流ボイラ概観



出典：日本工営撮影、三浦工業カタログ

図 3.4 石炭ボイラからガス貫流ボイラへの更新(予想)

石炭ボイラに比較し、ガス貫流ボイラには以下の利点がある。

- ・ 石炭ボイラは温度を落とせない為に夜間も稼働が必要だが、ガスボイラは工場停止時間にスイッチオフできる。かかる人件費をセーブできる。
- ・ 灰の発生、処理費用を削減できる。
- ・ 排ガスのNO_x、CO、未燃炭化水素、煤を大幅に低減できる。

一方、貫流ボイラについてJCM方法論を適用する場合は以下の点に留意が必要である。

- ・ 貫流ボイラは水処理が不適切であるとボイラに支障が生じる可能性があるため、ROなどの純水製造装置の導入を適格性要件に含めている。純水製造装置の分初期費用が高くなる。

3.2.3 CO₂削減量の算定

貫流ボイラの方法論は、2018年7月にインドネシアJCM方法論ID_AM015”Energy Saving by Introduction of High Efficiency Once-through Boiler”が承認されている。この方法論を用いて、CO₂排出削減量を算出する。

リファレンス排出量の計算は、以下の数式による。

$$RE_p = \sum_i \sum_j \left(FC_{p,i,j,PJ} \times NCV_{i,j,PJ} \times EF_{RE} \times \frac{\eta_{i,PJ}}{\eta_{RE}} \times \frac{100 - BF_{PJ}}{100 - BF_{RE}} \right)$$

RE_p : プロジェクト期間 *p* におけるリファレンス排出量 [tCO₂/p]

FC_{p,i,PJ} : プロジェクト期間 *p* におけるプロジェクトボイラ *i* の用いる燃料 *j* の消費量
= 645,043 [Nm³/年]

NCV_{i,j,PJ} : プロジェクトボイラ *i* の用いる燃料 *j* の低位発熱量 = 0.0406 [GJ/Nm³]

EF_{RE} : リファレンスボイラの用いる燃料の CO₂ 排出係数 = 0.0895 [tCO₂/GJ]
(亜瀝青炭)

- $\eta_{i,PJ}$: プロジェクトボイラ i の効率 = 98%
 η_{RE} : リファレンスボイラの効率 = 89%
 BF_{PJ} : プロジェクトボイラの設定ブロー率 (RO 膜純水器の場合)[%] = 5%
 BF_{RE} : リファレンスボイラの設定ブロー率 (軟水器の場合)[%] = 5%

以上より、 $RE_p = 2,581$ tCO₂/年 となる。

なお、ブロー率は、純水製器と軟水器それぞれでボイラメーカーが設定する。これはボイラ設置の際に決定される為、ここでは保守的な仮定としてブロー率の差でCO₂削減量は発生しないものと仮定した。

プロジェクト排出量の計算は、以下の数式による。

$$PE_p = \sum_i \sum_j (FC_{p,i,j,PJ} \times NCV_{i,j,PJ} \times EF_{i,j,PJ})$$

- PE_p : プロジェクト期間 p におけるプロジェクト排出量
 $FC_{p,i,PJ}$: プロジェクト期間 p におけるプロジェクトボイラ i 用いた燃料 j の消費量
 6645,043 [Nm³/年]
 $NCV_{i,j,PJ}$: プロジェクトボイラ i の用いた燃料 j の低位発熱量 = 0.0406 [GJ/Nm³]
 $EF_{i,j,PJ}$: プロジェクトボイラの用いた燃料 j の CO₂ 排出係数 = 0.0543 [tCO₂/GJ]
 (ガス)

上より、 $PE_p = 1,422$ tCO₂/年となる。

排出削減量の計算は、以下の数式による。

$$\begin{aligned}
 ER_p &= RE_p - PE_p \\
 &= 2,581 - 1,422 = 1,159 \text{ [tCO}_2\text{/年]}
 \end{aligned}$$

結果を下表の通りまとめる。

表 3.5 高効率ガス貫流ボイラによる CO₂ 削減量計算結果

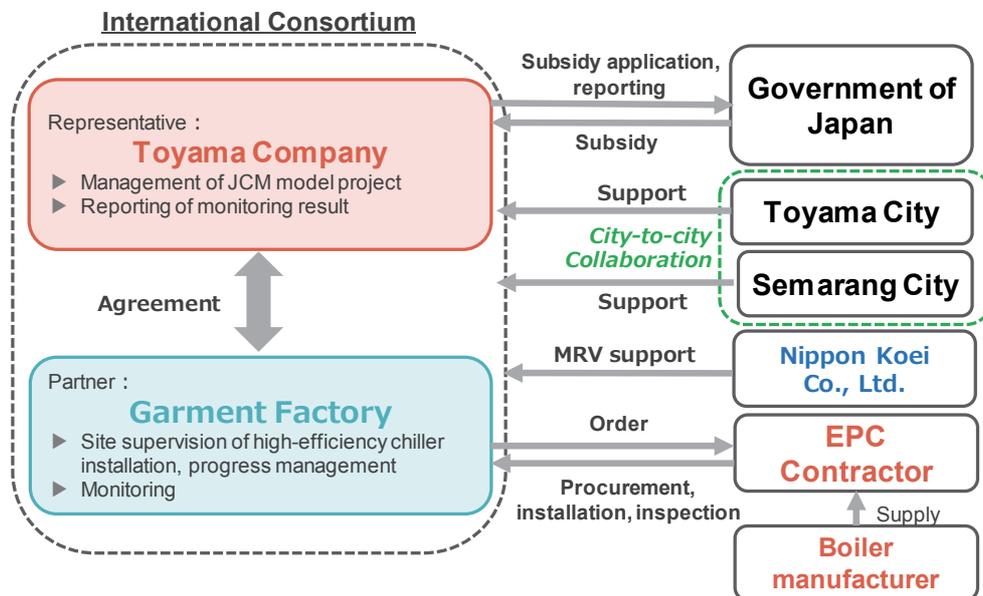
項目	数値	単位	備考
ガスボイラ容量	6.00	t/h	2t/h x 3 nos
年間稼動時間	2,368	hrs	8 hr/d
年間ガス消費量	645,043	Nm ³	LHV 40.6 MJ/m ³
Refボイラ効率	89%		
PJボイラ効率	98%		
石炭排出係数	0.0895	tCO ₂ /GJ	Sub-bitumenous
ガス排出係数	0.0543	tCO ₂ /GJ	
CO ₂ 削減量	1,159	tCO ₂ /yr	
法定耐用年数	7	yr	
想定補助率	30%		
費用対効果	1,750	JPY/tCO ₂	

出典：日本工営作成

上記より、年間1,159 tCO₂の削減となる。石炭からの燃料転換を想定しているため、費用対効果は1,750円/tCO₂と効果が高い。

3.2.4 設備補助事業申請に向けた国際コンソーシアムと実施体制

JCM設備補助事業申請における国際コンソーシアムと体制を、以下の通り想定する。空調やボイラ技術を有する富山市内企業が代表事業者となり、JCM設備補助事業の管理、モニタリング結果の確認と報告を行う。日系ボイラメーカーが現地EPCへ納入し、縫製工場におけるボイラの設置を行う。富山市とスマラン市は事業実施に必要な、環境省やインドネシア政府などと調整・支援を行う。日本工営は委託があれば、PDDの作成、有効化審査、登録、モニタリングレポートの作成、検証、クレジットの発行など、JCM手続きを支援する。



出典: 日本工営作成

図 3.5 縫製工場における貫流ボイラ導入事業国際コンソーシアム体制案

3.2.5 環境認可事項・SDIP にかかる確認

インドネシア国では JCM プロジェクト登録において、プロジェクト設計書 (Project Design Document, PDD) と共に、持続可能な開発実施計画書 (Sustainable Development Implementation Plan, SDIP)を作成し、JCM 事務局から認可される必要がある。よって対象の縫製工場において、SDIP の項目について確認を行った。

SDIPの項目の確認結果を下表の通りまとめる。

表 3.6 縫製工場における SDIP 項目確認

No.	Items	Questions	Yes /No	If answer is Yes, please describe the action plans.
1	EIA	Does the proposed project require official/legal process of EIA?	No	
2	Pollution Control (No need to answer if EIA is required)	Does the proposed project emit air pollutants?	Yes	Emittance from chimney of the boiler is checked in accordance with “PERATURAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP NOMOR 07 TAHUN 2007 TENTANG BAKU MUTU EMISI SUMBER TIDAK BERGERAK BAGI KETEL UAP”
3		Does the proposed project discharge water pollutants or substances which influence BOD, COD or ph, etc.?	Yes	Waste water from boiler blow will be collected and processed in the treatment pond.
4		Does the proposed project generate waste?	Yes	Small quantity of packaging waste is generated for delivery of the equipment and spare parts and consumable. The waste will be internally treated.
5		Does the proposed project increase noise and/or vibration from the current level?	No	
6		Does the proposed project cause ground subsidence?	No	
7		Does the proposed project cause odor?	No	
8		Safety and health	Does the proposed project create dangerous condition for local communities as well as individuals involved in the project, during either its construction or its operation?	Yes
9	Natural Environment and biodiversity	Is the proposed project site located in protected areas designated by national laws or international treaties and conventions?	No	
10		Does the proposed project change land use of the community and protected habitats for endangered species designated by national laws or international treaties and conventions?	No	
11		Does the proposed project bring foreign species?	No	
12		Does the proposed project include construction activities considered to affect natural environment and biodiversity (e.g., noise, vibrations, turbid water, dust, exhaust gases, and wastes)?	No	
13		Does the proposed project use surface water, ground water and/or deep ground water?	Yes	The project already uses the water for coal boiler operation. Since efficiency is improved, the water usage will be reduced. The same water source will be used and no additional effect on ground/surface water.
14	Economy	Does the proposed project have negative impact on local workforce capacity?	No	
15		Does the proposed project have negative	No	

No.	Items	Questions	Yes /No	If answer is Yes, please describe the action plans.
		impact on local community's welfare?		
16	Social Environment and Community Participation	Does the proposed project cause any resettlement or other types of conflict?	No	
17		Does the proposed project fail to involve activities to respond to, and follow up, comments and complaints that have been received from local communities, particularly from the public consultation?	No	
18		Do the project participants violate any laws and/or ordinances associated with the working conditions of local communities which the project participants should observe in the project?	No	
19	Technology	Does the proposed project fail to involve activities to build capacity of human resources through technology transfer and technical assistance?	No	
20		Does the proposed project fail to describe information of technology specification that consists of manual book and ways to overcome the problems that may occur when being operated on the site, at least in English and in Bahasa Indonesia as applicable?	No	

出典: JCM Sustainable Development Implementation Plan Form に基づき日本工営作成

既存の石炭ボイラをガスボイラへ入れ替える為、ガス貫流ボイラ設置にかかる追加の環境影響評価の実施は不要であると考えられる。

なお、対象縫製工場では染色用の廃水が発生している。廃水は浄化槽で処理し、リサイクルして使用している。工業用水はKIW工業団地より供給を受けている。

3.2.6 設備補助事業申請に向けた課題

石炭からガスへのボイラ燃料変更に伴い、ボイラの効率差を勘案しても、燃料コストが約2.2倍、石炭ボイラの維持管理費用とガスボイラの維持管理費用の差を勘案しても年間コストが約1.7倍に上昇する。このコスト増を事業者が受け入れるかどうかは課題である。現在事業者はオーナーと検討中である。検討結果、事業実施という結論ができれば、H31年度JCM設備補助事業に向け申請準備を行う。

3.3 繊維工場におけるチラー・コンプレッサ導入事業

3.3.1 高効率チラー導入対象工場の選定

スマラン市郊外の繊維工場A社は1984年設立で、インドネシアの約2割、アジアの約3-4%のポリエステル繊維を生産している工場である。中部ジャワ州で最も電力消費量

が多い。工場のエネルギー診断を実施しており、1) コンプレッサー・チラーなどの機器の更新、2)配管等のリエンジニアリング、3)モーター・トランス・クーリングタワーなどの更新、の3種に分けて設備更新を検討している。更に屋根置き太陽光の事業化調査も独自に実施している。

工場全体でチラーの需要は5,000USRtある。この内合計2,400USRtのチラーの交換需要がある。一方、ガスコンプレッサ10台が老朽化しており、同様に更新が求められている。なお、CNGによるガス焼きボイラ 5 トン/h が1 台あるが、2015年前に導入したためにボイラ更新の需要はない。

以上より、この繊維工場において、チラーとコンプレッサ更新、およびPVシステム設置によるCO2削減を行うJCM設備補助事業の検討を行った。



出典: <https://www.abysse.co.jp/world/map/country/asia/indonesia.html> 及び Google Map を基に日本工宮作成

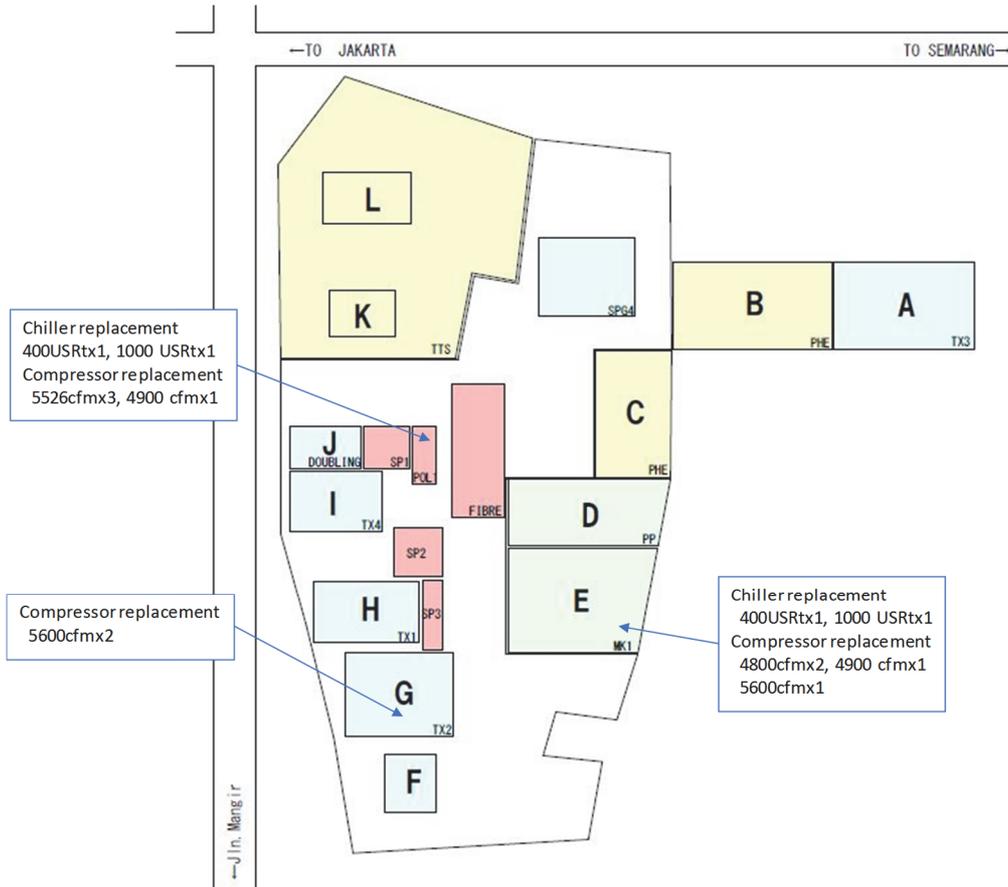
図 3.6 高効率チラー導入事業対象工場位置図



出典: 繊維工場提供、日本工宮作成

図 3.7 対象繊維工場と稼動中のチラー

繊維工場の工場レイアウトを以下の通り示す。交換対象機器の既存チラー、コンプレッサは、下に示すMKI、POL、TX2の建物に設置されている。



出典: 日本空調北陸作成図に基づき日本工営更新

図 3.8 対象繊維工場レイアウト図

3.3.2 導入技術(ターボ冷凍機)

高効率ターボ冷凍機は、エコノマイザや小型圧縮機による優れた省エネ性能を有する。特に高性能圧縮機により大幅なコンパクト化を実現している。消費電力量が小さく、高い経済性を有する。また、自動抽気機能により温暖化係数の高い冷媒の漏れを防止する。また、インバータ付などの追加機能で更に高いCOP（成績係数）とCO2排出削減の達成が可能である。

適用を検討しているチラーの仕様を、以下に示す。



高効率ターボ冷凍機

表 3.7 高効率ターボ冷凍機仕様

Item		Description	Description
Capacity		1000 USRt	400 USRt
Location		INDOOR / NON HAZARDOUS	INDOOR / NON HAZARDOUS
Applied Standard		GB, EBARA'S STANDARD	GB, EBARA'S STANDARD
Capacity	kW	3517 (1000 USRT)	1406 (400 USRT)
Control Range	%	100 ~ 20	100 ~ 20
Chilled Water	Type	Fresh water	Fresh water
	Entering/Leaving	°C	12.0 → 7.0
	Flow rate	m3/h	603.6
	Pass		2
	Pressure Drop	kPa	60
	Scaling Factor	m2K/kW	0.086
	Max. Pressure	MPa	1.0
	Water Box Nozzle Flange Rating	Inch	GB/T9119-2010,HGT2059 (1.0 MPa) (WITH COMPANION FLANGE)
Cooling Water	Type	Fresh water	Fresh water
	Entering/Leaving	°C	32.0 → 37.0
	Flow rate	m3/h	698.9
	Pass		2
	Pressure Drop	kPa	79
	Scaling Factor	m2K/kW	0.086
	Max. Pressure	MPa	1.0
	Water Box Nozzle Flange Rating	Inch	GB/T9119-2010,HGT2059 (1.0 MPa) (WITH COMPANION FLANGE)
Main Motor	Input Power	kW	517 x 1
	Voltage x Freq.	V x Hz	10kV x 50
	Start Pattern		Direct Line start
Refrigerant/Lubricant		R245fa	R245fa
Chiller Dimension (L)	mm	5550 approx.	3970 approx.
Chiller Dimension (W)	mm	3420 approx.	2485 approx.
Chiller Dimension (H)	mm	3440 approx.	2430 approx.
Approx Dry Rigging Weight	t	19.9	8.3
Approx Running Weight	t	23.4	10.6

出典:荏原冷熱

3.3.3 CO2 削減量の算定

(1) 高効率ターボチラー

承認済のインドネシア方法論 " ID AM002 Energy Saving by Introduction of High Efficiency Centrifugal Chiller"を用いて以下の通りCO2排出削減量を算出した。

対象となるチラーは、400 USRtが2台、1000 USRtが2台の、計4台となる。

リファレンス排出量は、以下の式により算出する。

$$RE_p = \sum_i \{ EC_{PJ,i,p} \times (COP_{PJ,tc,i} \div COP_{RE,i}) \times EF_{elec} \}$$

- RE_p : プロジェクト期間 p におけるリファレンス排出量 [tCO₂/p]
 $EC_{PJ,i,p}$: プロジェクト期間 p における冷凍機 i の電力消費量
 = 9,758 [MWh]
 $COP_{PJ,tc,i}$: プロジェクト冷凍機 i の標準温度条件における COP
 400 USRt: 6.11 [-], 1000 USRt: 6.80 [-] (荏原冷熱カタログ値)
 $COP_{RE,i}$: リファレンス冷凍機 i の標準温度条件における COP
 400 USRt: 4.66 [-], 1000 USRt: 5.89 [-] (方法論 ID AM002 よ)
 EF_{elec} : グリッドの CO₂ 排出係数=0.877 [tCO₂/MWh]

グリッドのCO₂ 排出係数 EF_{elec} は、インドネシアJCM合同委員会が発行しているJamali (Jawa-Madura-Bali) 系統の値より、0.877 [tCO₂/MWh] を適用する。

プロジェクト排出量は、以下の式により算出する。

$$PE_p = \sum_i (EC_{PJ,i,p} \times EF_{elec})$$

- PE_p : プロジェクト期間 p におけるプロジェクト排出量 [tCO₂/年]
 $EC_{PJ,i,p}$: プロジェクト期間 p における冷凍機 i の消費電力量 = 8,517 [MWh/年]
 EF_{elec} : グリッドの CO₂ 排出係数 = 0.877 [tCO₂/MWh]

排出削減量の計算は、以下の式による。

$$ER_p = RE_p - PE_p$$

$$= 9,758 \times 0.877 - 8,517 \times 0.877 = 1,088 \text{ [tCO}_2\text{/年]}$$

高効率ターボチラーによるCO₂削減量算定結果を、下表の通り示す。

表 3.8 高効率ターボチラーによる CO₂ 削減量

Unit	USRt	Motor input kW	Current COP	Reference COP _{RE,i}	Project COP _{PJ,tc,i}	Average operation hr/yr	Project Energy consumption MWh	Reference energy consumption MWh	Emission reduction tCO ₂
Chiller-1	400	302	4.66	5.33	6.11	4260	1,287	1,476	165.76
Chiller-2	400	302	4.66	5.33	6.11	4260	1,287	1,476	165.76
Chiller-4	1000	598	5.89	5.94	6.80	4970	2,972	3,404	378.56
Chiller-6	1000	598	5.89	5.94	6.80	4970	2,972	3,404	378.56
TOTAL							8,517	9,758	1,088.64

出典: 日本工営

検討結果を下表の通りまとめる。

表 3.9 高効率ターボチラーによる CO2 削減事業まとめ

項目	数値	単位
プロジェクトCOP (1000 USRt)	6.80	
リファレンスCOP (1000 USRt)	5.94	
プロジェクトCOP (400 USRt)	6.11	
レファレンスCOP (400 USRt)	5.33	
対リファレンス削減電力量	1,241	MWh/yr
グリッド排出係数(Jawa-Bali)	0.877	
年間CO2削減量	1,088.6	tCO2/yr
法定耐用年数	7	years
プロジェクトCO2削減量	7,620.45	tCO2
補助金割合	30%	
費用対効果	3,949	JPY/tCO2

出典: 日本工管作成

(2) 高効率ターボコンプレッサ

ターボコンプレッサは、ガスなどの気体に、羽根車（インペラ）の遠心力により運動エネルギーを与え、減速流路で運動エネルギーを圧力に変換するコンプレッサである。

繊維工場では1998年頃に導入した10台の、4800～5600 cfm のターボコンプレッサについて老朽化のために交換の需要がある。



交換希望のコンプレッサ

ガスコンプレッサにかかる承認済み方法論は現在の所はまだない。よって、暫定的に以下の方法を用いて、CO2排出削減量の算定を行った。

リファレンス排出量は、以下の式により算出する。

$$RE_p = \sum_i \left\{ EC_{PJ,i,p} \times \left(\frac{CE_{PJ,i}}{CE_{RE,i}} \right) \times EF_{elec} \right\}$$

RE_p : プロジェクト期間 p におけるリファレンス排出量 70,051 tCO2/年

$EC_{PJ,i,p}$: プロジェクト期間 p におけるコンプレッサ i の電力消費量 74,017 [MWh/年]

$CE_{PJ,i}$: プロジェクトコンプレッサ i の体積効率 = 6.67 [cfm/kW]

$CE_{RE,i}$: リファレンスコンプレッサ i の体積効率 = 5.93～6.44 [cfm/kW]

$$CE_p = \frac{VC_{PJ,i}}{MP_{PJ,i}}, \quad CE_{RE,i} = \frac{VC_{PJ,i}}{MP_{RE,i}}$$

$VC_{PJ,i}$: プロジェクトコンプレッサ i の容量 [cfm]

$MP_{PJ,i}$: プロジェクトコンプレッサ i のモータ出力 [kW]

$MP_{RE,i}$: リファレンスコンプレッサ i のモータ出力 [kW]

EF_{elec} : グリッドの CO₂ 排出係数=0.877 [tCO₂/MWh]

グリッドの CO₂ 排出係数 EF_{elec} は、インドネシア JCM 合同委員会が発行している Jamali (Jawa-Madura-Bali) 系統の値より、0.877 [tCO₂/MWh] を適用する。

プロジェクト排出量は、以下の式により算出する。

$$PE_p = \sum_i (EC_{PJ,i,p} \times EF_{elec})$$

PE_p : プロジェクト期間 p におけるプロジェクト排出量 = 64,913 [tCO₂/年]

$EC_{PJ,i,p}$: プロジェクト期間 p におけるコンプレッサ i の消費電力量 = 74,017 [MWh/年]

EF_{elec} : グリッドの CO₂ 排出係数 = 0.877 [tCO₂/MWh]

排出削減量の計算は、以下の式による。

$$\begin{aligned} ER_p &= RE_p - PE_p \\ &= 70,051 - 64,913 = 5,139 \quad [tCO_2/\text{年}] \end{aligned}$$

上の概算に用いたデータを下表に示す。

表 3.10 コンプレッサの CO₂ 削減ポテンシャル

No.	Capacity CFM	Capacity m3/min	Motor input kW (Assumption)	Ref. CFM/kW	New compress or CFM/kW	Average operation hr/yr	Current energy consumption MWh/yr	Saving potential MWh	Reference emission tCO ₂ /yr	Project emission tCO ₂ /yr	Emission Reduction tCO ₂ /yr
LP-1	5526	156.5	932.0	5.93	6.67	8,520	7,941	882	7,834	6,964	870
LP-5	4800	135.9	745.7	6.44	6.67	8,520	6,353	222	5,774	5,572	202
HP-5	4900	138.8	761.2	6.44	6.67	8,520	6,486	227	5,894	5,688	206
LP-16	5600	158.6	887.4	6.31	6.67	8,520	7,561	407	7,008	6,631	378
LP-2	5526	156.5	932.0	5.93	6.67	8,520	7,941	882	7,834	6,964	870
LP-6	5600	158.6	932.0	6.01	6.67	8,520	7,941	787	7,731	6,964	767
LP-4	4800	135.9	745.7	6.44	6.67	8,520	6,353	222	5,774	5,572	202
LP-3	5526	156.5	932.0	5.93	6.67	8,520	7,941	882	7,834	6,964	870
LP-17	5600	158.6	887.4	6.31	6.67	8,520	7,561	407	7,008	6,631	378
Elliot-1	5526	156.5	932.0	6.31	6.67	8,520	7,941	429	7,361	6,964	397
TOTAL							74,017	5,347	70,051	64,913	5,139

出典: 繊維工場データに基づき日本工営作成

上の条件において、5,139 tCO₂/年と大きなCO₂削減ポテンシャルを有する。複数社のカタログから低めのプロジェクトコンプレッサの $CE_{PJ,i}$ を想定することで保守性を取っているが、実際にどのように保守性を取るか方法論における検討が必要である。また、実際の運転条件により異なってくる為、精査が必要である。それらを勘案しても、コンプレッサの使用電力が大きいため、高効率機器への更新により大きなCO₂削減量が期待できる。

一方、コンプレッサは高効率機器への更新のほか、断熱材適用、配管サイズ・レイアウト見直し、バルブの圧力損失確認、ダクトの形状・レイアウト見直し、エアリークの改善など、プラント全体を含めたエンジニアリング対応と共に行うことが必要である。機器リースでの対応が難しく、資金調達に難がある。よってコンプレッサは、省

繊維工場5.8MW屋根置き太陽光発電システムにおける発電量及びCO2削減量概算値を、下表に示す。太陽光設備の繊維工場の位置における日射量および太陽光発電量は、ESMAP Global Solar Atlasの値を用いて概算値として算出した。なお、所内電力需要はPVシステムよりはるかに大きいため、発電電力量は全量所内消費となる。

表 3.11 5.8 MW 太陽光発電量と CO2 削減量

Item	Value	Unit	Remark
Average solar irradiation	5,249	kWh/m ² /day	ESMAP
PV output	5,839.78	kW	
Azimuth	0	degree	
Inclination	15	degree	
Daily PV generation	22,420	kWh/day	
Annual PV generation	7,959	MWh/yr	
Emission Factor	0.533	tCO ₂ /MWh	
CO ₂ emission reduction	4,242	tCO ₂ /yr	
Project year	7	yr	Legal life for textile factory
Project CO ₂ emission reduction	29,695	tCO ₂	
Subsidy	30%		
CO ₂ ER cost performance	9,086	JPY/tCO ₂	

出典: 日本工営作成

上表の通り、年間のCO₂削減量は4,242 tCO₂/年と大きい。一方、工場内電力消費の場合、法定耐用年数が繊維工場の設備扱いとなるため7年となる。このため、プロジェクト期間のCO₂削減量が少なく、補助金を30%とすると費用対効果が9,000円/tCO₂を超える。4000円/tCO₂を満たすためには補助金割合は13%まで下げる必要がある。この割合では民間事業者のインセンティブにはならない。発電の全量を系統に売電すれば法定耐用年数17年となり補助金は30%程度まで可能となるが、PLNとの売電契約が必要であり、課題が多い。

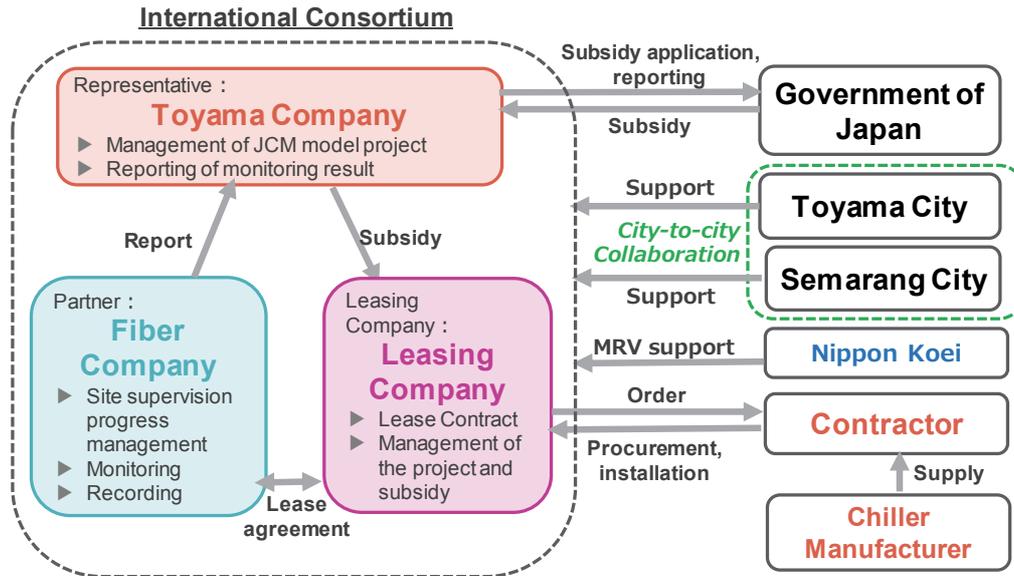
このため、繊維工場における太陽光発電計画については、現在の所JCM設備補助事業への申請には含まない方向性である。

3.3.4 設備補助事業申請に向けた国際コンソーシアムと実施体制

繊維工場は、現在、経営状態やキャッシュフローに財務上の問題はない。ただし銀行借りに課題があるため、リースを入れたJCM設備補助事業を検討している。

本事業計画では、以下の通り体制を想定する。富山市企業が代表事業者となり、共同事業者にA繊維工場とリース会社が入る体制とする。リース会社が設備を購入し、繊維工場に設備をリースする。リース費用はJCM設備補助の補助率を勘案した上で設定される。富山市とスマラン市は事業実施に必要な、環境省やインドネシア政府などと調整・支援を行う。日本工営は委託があれば、PDDの作成、有効化審査、登録、モニタリングレポートの作成、検証、クレジットの発行など、JCM手続きを支援する。

国際コンソーシアムの構成を下図に示す。



出典: 日本工管作成

図 3.11 繊維工場高効率機器導入における国際コンソーシアム

3.3.5 環境認可事項・SDIP にかかる確認

繊維工場Aにおけるターボチラーおよびコンプレッサは、老朽化した同種の機器の更新であるため、新規の環境認可は不要である。

繊維工場A社は持続可能な地域社会への取り組みが評価され、右の通り、インドネシア国環境省より環境アワードが授与されている。

対象工場において、Sustainable Development Implementation Plan (SDIP)の項目の確認を行った。以下の通りである。



中央ジャワ州の環境アワード

表 3.12 繊維工場におけるSDIP項目確認

No.	Items	Questions	Yes /No	If answer is Yes, please describe the action plans.
1	EIA	Does the proposed project require official/legal process of EIA?	No	
2	Pollution Control (No need to answer if EIA is required)	Does the proposed project emit air pollutants?	No	
3		Does the proposed project discharge water pollutants or substances which influence BOD, COD or ph, etc.?	No	
4		Does the proposed project generate waste?	Yes	Small quantity of packaging waste is generated for delivery of the equipment and spare parts and consumable. The waste will be internally treated.
5		Does the proposed project increase noise and/or vibration from the current level?	No	

No.	Items	Questions	Yes /No	If answer is Yes, please describe the action plans.
6		Does the proposed project cause ground subsidence?	No	
7		Does the proposed project cause odor?	No	
8	Safety and health	Does the proposed project create dangerous condition for local communities as well as individuals involved in the project, during either its construction or its operation?	Yes	The contractor will provide safety training in operation. The company implements the inspection every timing of maintenance in accordance with their standard.
9		Is the proposed project site located in protected areas designated by national laws or international treaties and conventions?	No	
10		Does the proposed project change land use of the community and protected habitats for endangered species designated by national laws or international treaties and conventions?	No	
11	Natural Environment and biodiversity	Does the proposed project bring foreign species?	No	
12		Does the proposed project include construction activities considered to affect natural environment and biodiversity (e.g., noise, vibrations, turbid water, dust, exhaust gases, and wastes)?	No	
13		Does the proposed project use surface water, ground water and/or deep ground water?	Yes	The project already uses the water for chiller operation. The same water source will be used and no additional effect on ground/surface water.
14	Economy	Does the proposed project have negative impact on local workforce capacity?	No	
15		Does the proposed project have negative impact on local community's welfare?	No	
16		Does the proposed project cause any resettlement or other types of conflict?	No	
17	Social Environment and Community Participation	Does the proposed project fail to involve activities to respond to, and follow up, comments and complaints that have been received from local communities, particularly from the public consultation?	No	
18		Do the project participants violate any laws and/or ordinances associated with the working conditions of local communities which the project participants should observe in the project?	No	
19	Technology	Does the proposed project fail to involve activities to build capacity of human resources through technology transfer and technical assistance?	No	
20		Does the proposed project fail to describe information of technology specification that consists of manual book and ways to overcome the	No	

No.	Items	Questions	Yes /No	If answer is Yes, please describe the action plans.
		problems that may occur when being operated on the site, at least in English and in Bahasa Indonesia as applicable?		

出典:JCM Sustainable Development Implementation Plan Form に基づき日本工管作成

3.3.6 JCM 設備補助事業実施に向けての課題

対象繊維工場JCM設備補助事業申請につき、まだ本邦リース会社の与信がクリアできていない。一方でローカルのリース会社がリースを請け負う可能性がある。リース会社の与信がクリア出来次第、JCMの設備補助申請の準備を行うものとする。

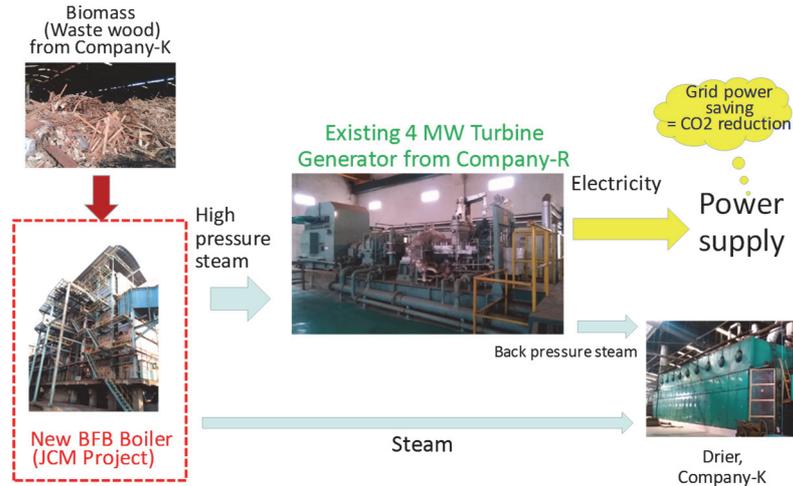
3.4 その他候補案件

3.4.1 木材工場におけるバイオマス発電

R社はスマラン市郊外に位置する家具・楽器用パーティクルボード製造会社である。かつて、電力安定供給のために、4 MWのバイオマスボイラ・タービン発電機を導入し、運転していた。しかしながら、バイオマスボイラのメンテナンスコストと材料価格高騰の問題が生じた。電力会社からの電力供給が安定していたこともあり、バイオマス発電設備は停止していた。

一方、R社から約4 kmの場所に、合板工場が位置している。K社には廃材として潤沢なバイオマス用木材が発生している。合板工場には乾燥用熱源として1980年代に導入した老朽化したバイオマスボイラがある。これに加えてボイラ・バイオマス発電機を導入したいという要望があった。

そこで、K社に新規の大型バイオマスボイラを導入し、ボイラからの蒸気をK社のプロセス需要とR社から移設するバイオマス発電機双方へ用いる計画を検討した。なお、R社のバイオマスタービン発電機をK社に移設し、バイオマスボイラ部分をJCM設備補助事業で新規導入する想定とした。



出典: 日本工管作成

図 3.12 バイオマスボイラ導入によるバイオマス発電事業概念図

バイオマス発電によるGHG削減量は、下表に示すとおり、年間8,116tCO₂/年と試算される。

表 3.13 バイオマスボイラ導入によるバイオマス発電事業

項目	数値	単位
排出係数(Jamali)	0.613	tCO ₂ /MWh
発電容量	4	MW
稼働率	0.52	
年間運転時間	6,400	hours/yr
年間発電量	13,240	MWh/yr
年間CO ₂ 削減量	8,116	tonCO ₂ /yr
法定耐用年数	8	yrs
プロジェクト削減量	64,929	ton

出典: 日本工管作成

一方、実現の為には個別の民間会社間の電力取引についてPLNの承認を得る必要があること、タービンの形式から背圧の利用ができないことから、来年度の設備補助事業への申請は見合わせる事となった。

3.4.2 穀物工場における乾燥機用ボイラ導入事業

スマラン西部約45 kmのGodong に、穀物工場S社がある。米、麦、豆、コーンなどを乾燥し、輸出している。

穀物工場S社において、コーンを乾燥する乾燥機用ボイラの需要がある。乾燥機容量30トンと4台設置する。乾燥は1バッチ5時間であり、1日3-4バッチの乾燥を行う計画である。

S社では以前軽油を燃料とする乾燥機を使用していた。一旦もみ殻を燃料としたが、もみ殻炭が製品に入る為、今後使用は断念する。JCM設備補助の適用が可能であれば、乾燥機の熱源としてガスボイラの導入を検討している。

軽油からの燃料転換を含むガス貫流ボイラ導入事業として有望であり、事業組成を今後検討する。



出典：日本工営撮影

図 3.13 既設乾燥機用炉とコーン用サイロ

第 4 章 低炭素化社会実現にかかる調査

4.1 スマラン市低炭素化アクションプラン

4.1.1 低炭素シナリオと AIM モデル

インドネシア首相令61/2011 及び 71/2011に基づき、インドネシアは温室効果ガス排出削減の目標を有する。スマラン市も同様に削減目標を有する。都市レベルの低炭素政策・行動計画の推進を目的とし、スマラン市低炭素社会シナリオにかかる調査が行われた。低炭素年シナリオは、将来の社会ビジョンを見据えた温室効果ガス排出を低減またはゼロにする為の手引きとなる。調査はスマラン市、ディポネゴロ大学、本邦のAsia-Pacific Integrated Model (AIM)チームにより実施した。AIMは本邦の国立環境研究所・IGESなど研究機関による分析モデル群である。

現在および将来のスマラン市の状態を算定するため、インドネシア国内および国際各機関より、社会経済パラメータとエネルギー消費にかかるデータと情報を収集した。”Masterplan for Acceleration and Expansion of Indonesia's Economic Development 2011-2025”なども含む。それらデータは、下図に示すAsia-Pacific Integrated Model Extended Snapshot (AIM ExSS) ツールを用いて処理した

2015年時点の現状データと将来データの、二種が必要である。人口、世帯数、経済状況、交通量、エネルギーバランス、温室効果ガス排出量などの現状データを収集した。都市レベルのデータが利用できない場合、州レベルおよび国レベルの入手可能なデータより類推した。

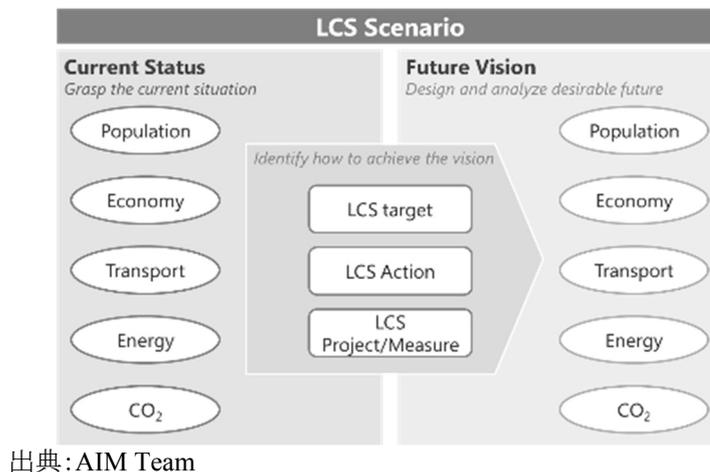
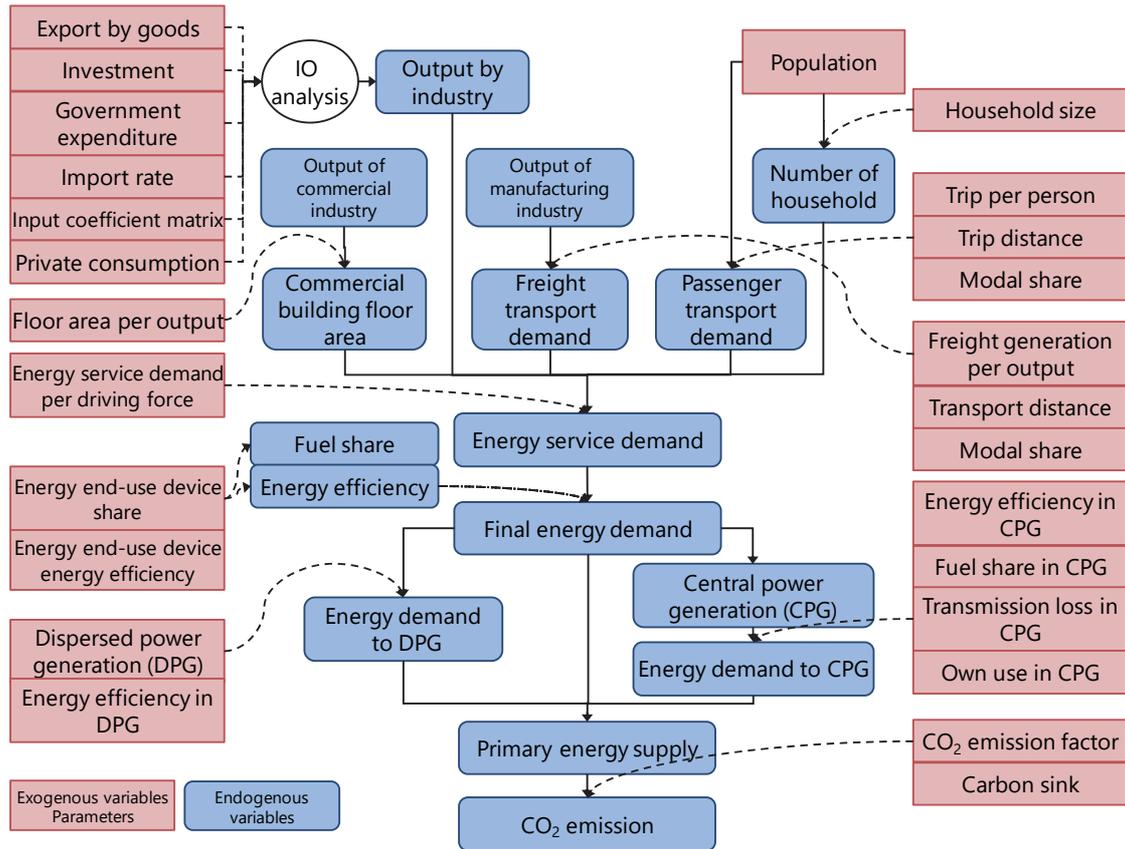


図 4.1 低炭素シナリオの概念図



出典: AIM Team

図 4.2 AIM ExSS モデルの構造

4.1.2 スマラン市社会経済活動と将来開発ベースラインシナリオ

2015 年時点のスマラン市人口は1,595,267人、471,327 世帯、人口当たり地域総生産 (Gross Regional Domestic Product, GRDP)は6,461.5 USD (1USD=13,000 IDR)である(BPS, 2016)。GRDPに最も寄与しているのは、下表に示すとおり、食品、飲料、煙草、化学、薬品、繊維、交通用機器の製造など第二次産業である。2015年のスマラン市のCO₂排出量の合計は2015年で5,282 ktCO₂、人口当たり 3.3 tCO₂/人と試算される。産業セクターが最も多量のCO₂を排出する。(IGES, 2017)

スマラン市2015年の利用可能なデータや国家経済ビジョン、“Masterplan for Acceleration and Expansion of Indonesia's Economic Development 2011-2025” などより、2030年の社会経済指標を推定した。2015年から2030年で人口は1.29倍になり、464,733 人が増加する。世帯数は2015 年の1.6倍になる。スマラン市のGRDPのマクロ経済指標は6倍になり、834兆ルピア増加する。食品、繊維、交通機器、情報通信産業がスマラン市の経済成長を牽引すると示されている。マスタープランでは2030年で最もGRDPに寄与するのは第二次産業で、特に建設産業が大きい。第三次産業がその次で、第一次産業は最も低い。

一方推定では、第三次産業の成長率が最も高く、2030年までに6.55倍の成長が予測されている。第二次産業はその次で6.01倍であり、第一次産業は2.61倍である。特に、工業生産を支える為に旅客・貨物輸送の交通セクターの増加をもたらす。

表 4.1 スマラン市 2015 年・2030 年の社会経済指標

Indicators	Unit	2015	2030	Ratio 2030/2015
Population	persons	1,595,267	2,060,000	1.29
No of Households	households	471,327	686,667	1.46
GRDP per capita	million rupiah	84	405	4.81
GRDP	Billion rupiah	134,207	834,197	6.22
(a) Primary Industry		1,373	3,590	2.61
(b) Secondary Industry		73,340	440,906	6.01
(c) Tertiary Industry		59,493	389,701	6.55
Final Consumption	Billion rupiah	79,822	486,134	6.09
Gross Capital Formation	Billion rupiah	99,697	607,179	6.09
Export	Billion rupiah	37,563	228,772	6.09
Import	Billion rupiah	114,672	690,811	6.02
Commercial Floor Area	Thousand m ²	50,252	330,043	6.57
Transport Demand				
Passenger Transport	Million pass-km	18,342	28,422	1.55
Freight Transport	Million ton-km	3,391	20,307	5.99

Source: IGES, 2017

表 4.2 スマラン市セクター別 国内地域総生産 (in billion Rupiah)

Sector	2015	2030	2030/2015
(1) Primary	1,373	3,590	2.61
(2) Secondary	73,340	440,906	6.01
(a) Mining and quarrying	261	1,414	5.41
(b) Foods, beverage & tobacco	17,885	110,507	6.18
(c) Paper, paper products & printing	408	2,165	5.30
(d) Chemicals & pharmaceuticals	6,785	35,783	5.27
(e) Non-metal mineral products	459	1,490	3.24
(f) Basic metals	2,840	17,264	6.08
(g) Metal products, machinery & equipment	2,804	17,162	6.12
(h) Other manufacturing	5,695	32,959	5.79
(i) Construction	36,201	222,162	6.14
(3) Tertiary	59,493	389,701	6.55
(j) (a) Electricity, gas, water & waste	250	1,658	6.62
(k) (b) Wholesale & retail trade	18,966	124,395	6.56
(l) (c) Transport & Communications	14,669	99,352	6.77
(m) Financial, real estate & company services	10,452	67,700	6.48
(n) Other services	15,157	96,597	6.37
Total	134,207	834,197	6.22

Source: IGES, 2017

4.1.3 スマラン市低炭素化シナリオ

人口増加と収入増は支出と特に交通、通信、ユーティリティ、卸売り・小売、不動産、サービスなど第三次産業の消費の増加をもたらす。それらは最終エネルギー消費量及びCO2排出量を増加させる。将来のCO2排出削減ポテンシャルを分析するために、特定の対策を実施しないBusiness-As-Usual (BAU)シナリオおよび対策実施シナリオの、ふたつのシナリオを設定した。BAUシナリオでは低炭素の為の政策や技術革新が行われない場合であり、対策実施シナリオはCO2排出削減のための対策を実施する場合である。

BAUシナリオでは最終エネルギー消費量は2015年から2030年で2.22倍に増加し、2015年の866.4 ktoeから1920.3 ktoeに増加する。これはセクター当りのエネルギー消費量の急上昇がない場合である。最も高いエネルギー消費量増加は商業セクターで2015年から2030年までに7.08倍となっている。一方、対策実施シナリオでは、低炭素化プロジェクト実施を想定し、エネルギー消費量は24%BAUシナリオより少ない。特に旅客輸送セクターにおいて35%、BAUより低くなる。

BAUシナリオでのCO2排出量は2015年の2.56倍であり、2030年に7,214 ktCO2に達する。対策実施シナリオではCO2排出量は5,152 ktCO2まで減少する。これはBAUシナリオより29%の減少に相当する。

BAUと対策実施シナリオの双方で、商業セクターのCO2排出増加率が他のセクターに比べて最も高く、2030年において2015年の7.08倍となっている。貨物運輸セクターが5.99倍、産業セクターが5.17倍と此れに続く。低炭素対策実施シナリオにおいては、商業セクターにおいてBAUより39%、旅客運輸セクターでは34%のCO2排出を削減する

表 4.3 スマラン市セクター別最終エネルギー消費量 (ktoe)

Sector	2015	2030 BAU	2030 CM	BAU/2015	CM/BAU
Industry	731.6	4,139.9	3,483.6	5.66	0.84
Commercial	71.7	507.6	442.5	7.08	0.87
Residential	392.2	615.8	605.1	1.57	0.98
Passenger Transport	457.7	709.2	421.0	1.55	0.59
Freight transport	29.6	177.2	138.8	5.99	0.78
Total	1,682.8	6,149.6	5,091.0	3.65	0.83

Source: IGES, 2017

表 4.4 スマラン市セクター別 CO2 排出量 (ktCO2)

Year	Sector	Coal	Oil	Gas	Electricity	Total
2015	Industry	497.0	492.5	586.8	948.2	2524.5
	Commercial	0.0	45.3	5.7	520.0	571.0
	Residential	0.0	173.5	0.3	574.2	748.0
	Passenger Transport	0.0	1,350.7	0.0	0.0	1,350.7
	Freight transport	0.0	87.3	0.0	0.0	87.3
	Total	497.0	2,149.3	592.7	2,042.5	5,281.5
	Industry	2,738.9	2,820.5	3,322.9	5,694.5	14,576.9

Year	Sector	Coal	Oil	Gas	Electricity	Total
2030 BAU	Commercial	0.0	320.8	40.3	3,680.7	4,041.7
	Residential	0.0	272.4	0.4	588.8	861.7
	Passenger Transport	0.0	1,093.0	0.0	0.0	2,093.0
	Freight transport	0.0	522.8	0.0	0.0	522.8
	Total	2,738.9	5,029.5	3,363.7	9,964.0	22,096.1
2030 CM	Industry	1,905.1	2,140.8	3,137.6	3,642.7	10,826.3
	Commercial	0.0	208.9	105.7	2,350.8	2,665.3
	Residential	0.0	272.4	0.4	588.8	861.7
	Passenger Transport	0.0	1,182.6	40.6	23.2	1,246.3
	Freight transport	0.0	409.7	0.0	0.0	409.7
Total	1,905.2	4,214.4	3,284.3	6,605.5	16,009.4	

Source: IGES, 2017

4.1.4 スマラン市低炭素化アクションプラン

CO2排出量を削減するために、低炭素社会の為の多種のプロジェクト実施がスマラン市で提案される。これらは分野と類似性より五つの低炭素化アクションとして分類される。即ち、グリーンインダストリー、スマートビルディング、スマート機器、持続可能な交通システム、及びグリーンエネルギーの五つである。これらは4,220 ktCO2のCO2排出を削減するのに資する。内、2,179.1 ktCO2は、再生可能エネルギー導入や石炭火力の代替など、排出係数の改善による。

アクション1：グリーンインダストリー

グリーンインダストリーは、他セクターに比べ最も大きな削減量を見込む。工業地域におけるエネルギー消費量を削減することで2,552 ktCO2のCO2排出量削減を算定している。ESCO導入による省エネが最も大きく、964.6 ktCO2を見込んでいる。

アクション2：スマートビルディング

家屋やビルにかかる低炭素シナリオプロジェクトである。天然ガス供給のインフラの整備や太陽光温水、建物への断熱材導入による省エネで、CO2削減量は248.4 ktCO2を見積もる。この内、家屋への太陽光温水の導入によるCO2削減量は52.3 ktCO2と算定した。

アクション3：スマート機器

家屋や事業所における省エネ機器の導入を推進する。434.1 ktCO2の削減を算定している。商業セクターでのプロジェクトはCO2排出削減で最も大きいポテンシャルがあり、354.4 ktCO2の削減を見込む。

アクション4：持続可能な交通システム

持続可能な交通システムの導入は950 ktCO2の削減を見込む。旅客運輸セクターのCO2排出量は大きい。個人所有の車から公共交通へのモーダルシフト、高効率社用の採用が排出削減の例である。

車両の燃費工場は最も効果的で、452.3 ktCO₂の削減効果がある。モーターバイクの燃費向上も効果大きい。トランススマラン社における12径路のバスのディーゼルからのCNGへの転換は6.1 ktCO₂の削減可能性がある。スマラン市はバスのCNGへの燃料代替プログラムをH30年度JCM設備補助事業において実施し、1,2,5,6番径路の合計72台のバスのDual Diesel Fuel (DDF) 化を実施した。これは5年間で9,348 tCO₂の削減、或いは年間1,870 tCO₂の削減であり、2030年の同分野の目標削減量の30%に相当する。この事業の横展開はスマラン市低炭素シナリオ2030の実現に寄与する。

アクション5：グリーンエネルギー

発電において再生可能エネルギーの推進に焦点を当てる。PVシステムや小水力の導入などで、スマラン市に35.7 ktCO₂の削減を見積もる。

上の五つの低炭素化アクションによるCO₂排出削減を、下表にまとめる。

表 4.5 低炭素プロジェクトと CO₂ 排出削減効果

Action	Project	Sector	Emission Reduction (ktCO ₂ e)
1. Green Industry	1-01 Energy saving support scheme such as ESCO (Energy Saving Company) project for industries	Industry	964.6
	1-02 Installation high energy efficiency facilities	Industry	346.6
	1-03 Regional energy supply system	Industry	487.7
	1-04 Improvement of kiln and furnace technology	Industry	692.3
	1-05 Promotion of fuel shift of furnaces and boilers from Coal to Natural Gas	Industry	58.8
	Total		2,550.0
2. Smart Building	2-01 Installation of insulated glasses to commercial buildings	Commercial	84.1
	2-02 Installation of insulated glasses to houses	Residential	12.2
	2-03 Introduction of incentive to low energy buildings	Commercial	15.9
	2-04 Introduction of insulating material to houses	Residential	7.0
	2-05 Energy efficiency technology applied to buildings	Commercial	35.8
	2-06 Shift to natural gas in buildings	Commercial	17.1
	2-07 Introduction of solar water heater to commercial buildings	Commercial	52.3
	2-09 Introduction of solar water heater to households	Residential	23.9
	Total		248.3

Action	Project	Sector	Emission Reduction (ktCO ₂ e)
3. Smart Device	3-01 Energy saving support scheme such as ESCO (Energy Saving Company) project for commercial buildings	Commercial	150.6
	3-02 High efficiency lighting in commercial buildings	Commercial	66.5
	3-03 High efficiency lighting in households	Residential	22.8
	3-04 High efficiency air conditioners (such as air conditioners with inverter controllers) in commercial buildings	Commercial	137.3
	3-05 High efficiency air conditioners (such as air conditioners with inverter controllers) in households	Residential	33.7
	3-06 Promotion of energy-efficient appliances	Residential	23.1
	Total		434.0
4. Sustainable Transport	4-01 Promotion of eco-driving with digital tachographs	Transport	7.2
	4-02 Wide-range traffic control	Transport	28.8
	4-03 Expansion of frequencies and routes of bus and BRT	Transport	96.2
	4-04 Development of public transportation like railway and MRT	Transport	98.6
	4-05 Shift to CNG bus	Transport	6.1
	4-06 Introduction of electric motorbikes	Transport	61.5
	4-07 Promotion of energy-efficient vehicles (cars for passenger)	Transport	452.3
	4-08 Promotion of energy-efficient vehicles (motorbikes)	Transport	86.7
	4-09 Promotion of energy-efficient vehicles (trucks)	Transport	112.8
	Total		950.2
5. Green Energy	5-01 Introduction of photovoltaic power generation to commercial buildings	Commercial	24.3
	5-02 Introduction of photovoltaic power generation to households	Residential	9.7
	5-03 Introduction of small-scale hydropower generation (at water distribution stations)	Commercial	1.7
	Total		35.7
Improvement of CO₂ emission factor of electricity			2,179.1
Total			6,397.3

出典:IGES 作成

参照:

- 1) Badan Pusat Statistik (BPS), Kota Semarang (2016): Kota Semarang dalam Angka Tahun 2016.
- 2) Badan Pusat Statistik (BPS), Kota Semarang (Website): [2010 Version] GRDP At Current Market Prices by Industrial Origin Per Sector-Sub Sector in Semarang Municipality, 2008 - 2016.
- 3) Badan Pusat Statistik (BPS), Kota Semarang (Website): [2010 Version] GRDP of Semarang Municipality at

Current Market Prices [2010] by Type of Expenditure (Million Rupiahs), 2010 - 2016.

4) Low Carbon Society Scenario Semarang 2030, Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2017.

4.2 燃料転換インセンティブ検討

4.2.1 燃料価格や効率比較に基づいた省エネ機器による財務効果の検討

高効率ボイラの導入に係るJCM設備補助事業を検討する際、ボイラの燃料を転換することでより大きなGHG削減量が見込まれる。例えば石炭、軽油、ガスの単位熱量当りのCO2排出係数では下表の通りの差があり、石炭からガス、あるいは軽油からガスなどへの燃料転換が、GHG削減に資する。

表 4.6 石炭・軽油・ガスの CO2 排出係数

燃料	単位熱量当り CO2 排出係数	出典
石炭	0.0873 - 0.0909 tCO2/GJ	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
軽油	0.0726 tCO2/GJ	
ガス	0.0543 tCO2/GJ	

出典: 日本工営作成

インドネシアに現地事務所をもつ本邦ボイラメーカーへのヒアリング調査によると、スマラン市内の工場で使用しているボイラ燃料は約90%が石炭、約5%が油、約5%がガスである。従って、スマラン市内の工場におけるボイラの燃料転換は、ポテンシャルが非常に大きいといえる。

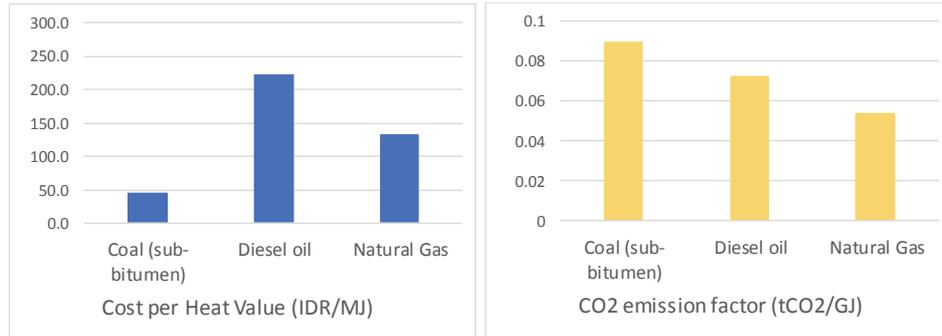
一方、燃料転換はCO2削減効果が高いものの燃料転換によってランニングコストが高くなりうることも、民間企業にとって課題となる。下記の通り、燃料転換による財務的な影響を検討する。

今年度のスマラン市における調査結果より、スマラン市における石炭、油、ガスの燃料価格は下記の通りである。

表 4.7 スマラン市における燃料価格

燃料	燃料価格 (USD/MJ)	出典
石炭	0.00317	インドネシア国エネルギー鉱物資源省 (ESDM) 公表の石炭参考価格 (HBA, 2017年) により、石炭価格は 75.66 USD/ton。23,850 MJ/ton より、約 0.00317 USD/MJ。
軽油	0.0153	Pertamina 公表資料より、軽油価格は 8,448 IDR/L。軽油は 38.04 MJ/L (経済産業省資源エネルギー庁、エネルギー源別標準発熱量一覧表)、および為替レート (2018年12月平均) 14,522 IDR/USD より、約 0.0153 USD/MJ。
ガス	0.0081	Pertagas 公表資料より、天然ガス価格は 8.54 USD/mmBTU。1054 MJ/mmBTU より、約 0.0081 USD/MJ。

出典: 日本工営作成



Item	Coal	Diesel Oil	Natural Gas
Price	75.66 USD/ton	8448 IDR/Litter	8.54 USD/mmbtu
Source	HBA2017	Pertamina	Pertagas
Cost per Heat Value	44.7 IDR/MJ	223 IDR/MJ	133.7 IDR/MJ

出典: 日本工管作成

図 4.3 燃料別熱量当り価格と CO2 排出量

また、石炭、油、ガスをボイラ燃料として用いた場合のボイラ効率は、下記の通りである。

表 4.8 燃料別ボイラ効率

燃料	ボイラ効率 (%)	出典
石炭ボイラ	80	CDM Tool09 Determining the baseline efficiency of thermal or electric energy generation systems
油ボイラ	89	JCM 方法論(ID_AM007 Additional Information)
ガスボイラ	98	三浦工業製ガス貫流ボイラ仕様書

出典: 日本工管作成

表4.2及び表4.3より、各燃料ボイラの運転に必要なとされる燃料価格は、以下のようになる。

表 4.9 ボイラの運転に必要な燃料価格

燃料	燃料価格 (USD/MJ)	ガスボイラを基準とした燃料価格比
石炭ボイラ	0.00396	0.48
油ボイラ	0.0172	2.08
ガスボイラ	0.00827	1

出典: 日本工管作成

表4.4の結果より、石炭からガスへボイラの燃料転換を行った場合、約 2 倍の燃料費がかかることから、財務的なインセンティブは無い。一方、油からガスへボイラの燃料転換を行った場合、燃料費が約半分に抑えられることから、燃料転換による財務的なインセンティブは大きい。

一方、将来的に、石炭の価格が現在の約 2 倍程度になれば、石炭からガスへの燃料転換の財務的なインセンティブも生じると考えられる。

4.2.2 工場の燃料転換インセンティブ

表4.1より、軽油・石炭とガスのCO₂排出係数を比較すると、熱量当り、軽油はガスの1.3倍、石炭はガスの約1.6倍のCO₂を排出する。燃料転換を推進することでCO₂排出を抑制し、インドネシアにおける低炭素社会の実現に資することができる。

軽油からガスへの燃料転換は、財務的にも便益があり今後も推進されると思われる。一方、4.2.1で示した通り、石炭からガスに燃料転換する場合は燃料費が約2倍となることより、スマラン市の民間セクターにとって財務的なインセンティブは無く、推進に課題がある。

一方、インドネシアにおける燃料や産業セクターの省エネにかかる政策策定は、中央省庁であるエネルギー鉱物資源省（ESDM）の管轄である。従って、燃料転換のインセンティブを促す政策策定のためには、スマラン市ではなく中央関連省庁へ働きかける必要がある。今後、インドネシアにおいて燃料転換推進政策がなされれば、スマラン市の工場における燃料転換のインセンティブが高まると考えられる。

以下の政策は有効であると考えられる。

- 1) 炭素税の導入
- 2) 排ガス基準の厳格化
- 3) モニタリング義務の設定

工場及び事業者から排出される大気汚染物質に対する規制につき、排出基準の数値を厳格化することも燃料転換を促す政策と考えられる。また、排ガスの測定方法についても、測定のガイドラインを定め、基準を超える排ガスを出した工場等に対しては罰金等の負担を課すなどの対策も考えられる。また、燃料に100%ガスを使用するボイラにはモニタリングの義務を免除ないし軽減するなどの措置も有効と考えられる。

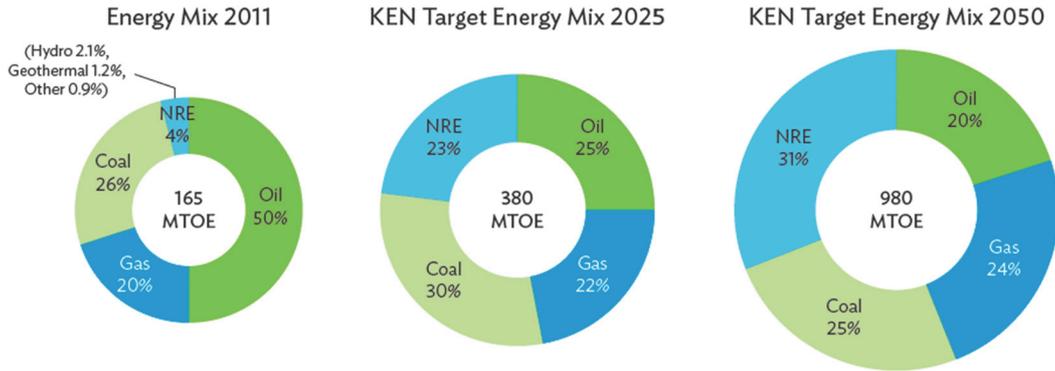
石炭を使用することにより負担しなければならぬ費用が増加すれば、より費用負担の小さいガスへの燃料転換を促進出来ると考えられる。

一方で、2017年の中国で石炭を禁止した禁煤令の結果、代替する天然ガスが不足し、暖房の整備が間に合わず、市民生活に混乱をもたらした。急激な燃料代替政策ではなく、実際の可能な供給量を見極めた漸進的なアプローチが必要である。

以上は都市連携の枠組みを越えた国家政策の観点が必要であり、国レベルの技術協力において行うことが望ましい。

4.3 天然ガスパイプライン工業団地敷設状況調査

インドネシアのエネルギー消費量は2011年には原油換算で164 MTOEで、内訳は石油50%、ガス20%、石炭26%であった。国家エネルギー政策(KEN: Kebijakan Energi Nasional)によると、今後石油依存を減少させる一方、天然ガスと石炭、再生可能エネルギーの割合を2025年には、それぞれ22%、30%、23%へ高めるとしている。

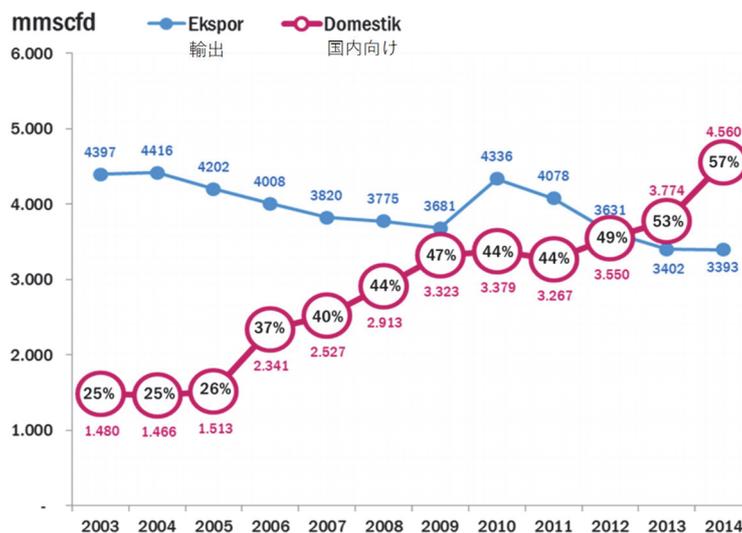


Source: ADB Energy Sector Assessment, Strategy, and Road Map
KEN: KebijakanEnergiNasional (national energy policy)

図 4.4 インドネシアエネルギー割合目標

2018年BP統計によると、2017年末のインドネシアの天然ガス確認埋蔵量は102.9TCFとなっており、そのうちの多くが海底ガス田からの産出である。2017年には2.4 TCFのガスを生産し、国内消費は1.4 TCFであった。IEAによると2025年までにインドネシアは年間4.1 TCFのガスを生産し東南アジア最大の消費者となると予測している。主要な需要は電力、肥料・化学、産業、交通である。

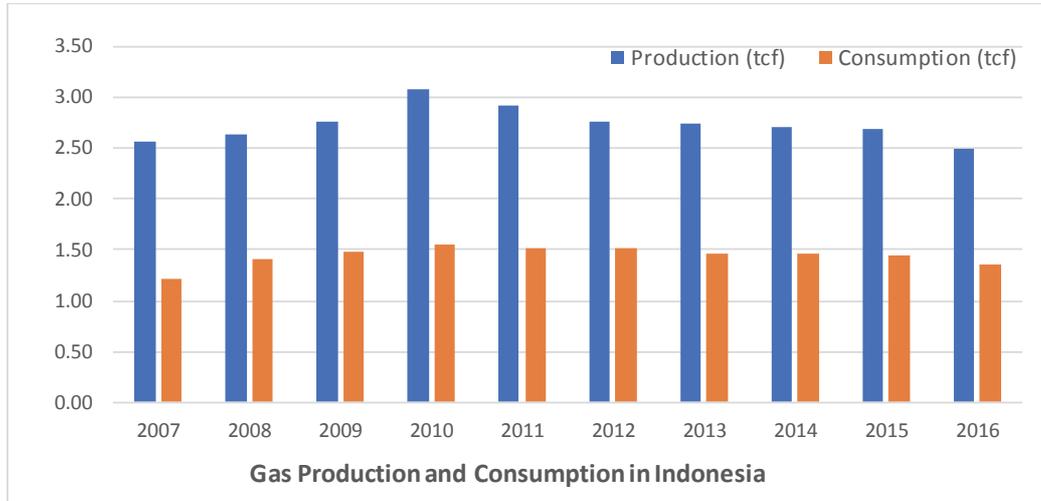
インドネシアはカタール、マレーシア、オーストラリアに次いで4番目のLNG輸出国である。また、生産物分与契約によると、コントラクター（生産者）は、持ち分のうち25%を国内価格で国内の市場に供給する義務がある。ガスの生産量に対する国内向けの比率は年々高まり、2014年は輸出3,393 mmscfdに対し国内向けは4,560 mmscfd (57%)であった。



Source: KESDM

図 4.5 インドネシアのガス輸出・国内供給量

インドネシアの2017年のガス生産量は2.4 TCF、同消費量は1.39 TCFであり、2010年をピークに、ほぼ横ばい或いは減少している。



出典: BP 統計より日本工管作成

図 4.6 インドネシアのガス生産量・消費量

2015年、2016年とガスの国内使用量は漸減している。これはインドネシアの経済成長の鈍化、および、ガスが輸出の契約量を満たすために優先的に輸出に割り振られたことによる。また、ガスの生産地とガス消費地の都市が離れており、ガスの輸送、配送パイプラインのインフラ開発遅れが国内ガス配分の制限要素となっている。スマランはその影響を受けている。

インドネシアの天然ガス供給は、MEMR, SKK MIGAS, PT Pertamina、およびTotal、Conoco Phillips, ExxonMobilなど国際石油会社がガス生産・精製を行い、国営のPertaminaおよびPT Perusahaan Gas Negaraなどがガスの輸送、配送を行っている。このほか、地域のガス配送業者が存在する。

インドネシア政府は経済成長のため、国内産業向けのガス価格を下げる政策としている。2015年10月には肥料工場向けの価格を7USD/mmBTUとした。同様に2016年5月の大統領令より、セラミック、油脂、鉄鋼、ガラス、石油化学など向けの価格も低下させる方針であった。しかしながら2018年現在、ガス価格は上昇中である。

スマラン市の天然ガスは、国営のプルタミナのガス部門プルタガスと、PGNの二社が、Cirebonおよびスラバヤからローリー輸送によりCNGとして供給している。また、KIWなどの一部の工業団地には、PGNがローリー輸送されたCNGを小規模のミニパイプラインネットワークを用いてガスを配送している。CNG供給量は、スマラン地域のガス需要に対して不足している。聞き取りではスマランでの2018年の工業向けの価格は約10 USD/mmBTUまで上昇している。

一方、スラバヤ方面から Gresik-Semarang Pipeline がスマラン市内のTambakrejo ORF (Onshore Receiving Facility)建設中であり、2019年中の完成を目指している。

ただしパイプラインが完成しても、新規ガス田の開発が追いつかない状況である。Sampang PSC, Kangean PSCがジャワ西部沖の天然ガス田の開発を行っているが、ガス

の配送開始時期は新規ガス田の生産開始を待つ必要があり、さらに数年先であると見られる。また、新聞報道によるとCirebonからスマランの間のパイプラインがやはり2018年中に建設予定となっているが、実際の完成予定次期は不明である。一方、プルタミナが小規模なFloating Gas Regasification Unit (FSRU)をスマランに設置する計画であったが、上のパイプラインの計画があるために据え置きとなっている。

上記より、今後2、3年は、スマランのガスはローリーのCNG供給に頼り続けることになると思われる。



出典: Prtagas

図 4.7 スマランへのガスパイプライン計画

第5章 今後の課題と計画

5.1 今後の課題

5.1.1 効率改善における削減量

ジャカルタやスラバヤ近辺などと異なり、スマラン市近郊の工場は、食品、繊維・衣料、組み立てなどが主体であり、個別事業者の電力・熱需要は大きくはない。

インドネシアの既存のチラー方法論ID_AM002によるとリファレンスCOPは4.92～5.94に設定されており、BAUよりリファレンスのCOPは相当高く設定されている。BAUとの比較であれば削減電力量は大きく財務的なメリットになる。一方、リファレンスとのCOP比較において、CO₂の削減量は小さくなる。工場の操業時間にもよるが、チラーで年間1000トンCO₂の削減量を達成する場合、例えば2,000 USRt以上など、大規模の設備が必要となる。しかし、スマランではほとんどの工場や商業設備の冷凍需要は300 USRt以下の規模である。このため、需要があっても直接はJCM設備補助事業に直接結びつきにくい。

ボイラも同様であり、方法論ID_AM015においてリファレンスの効率は89%である。一方でBAUの効率は80-85%かそれ以下となっている場合が多い。ボイラ更新はBAUとの比較では財務メリットがあるが、リファレンス効率が高い為、効率比較では削減量は大きくならない。単純な効率比較でJCM案件を組成する場合は相当な大型需要が必要となる。

ただしボイラの場合、効率比較よりも燃料転換による削減効果が高い。石炭からガスの場合には燃料費が高くなり、特にローカル事業者にとっては経営判断が難しい。一方、軽油からガスへ燃料転換を行う場合は財務便益が生じる。

ボイラは燃料転換と組み合わせることで削減量の積み増しが可能である。一方で、燃料転換を行える条件を満たせる事業は限られている。現在承認されているボイラ方法論ID_AM015では、既に導入されているボイラを交換する場合か、一旦石炭または油のボイラの導入が公式に認可された計画をガスボイラに変更する場合でなければ、燃料転換とは認められない。よって、既存方法論においては、最初からガスボイラを導入する事業には燃料転換が適用できないことに留意する必要がある。

以上より、JCM設備補助事業組成において、削減量の規模を確保する為には、いくつかの案件を組み合わせ代表事業者が管理し、ひとつの事業として申請することが必要になる。

5.1.2 組み合わせのための様式簡略化

上記の通り、都市の低炭素化において、特に地方都市の場合は、民間セクターに大きな電力・熱の需要を有する事業者が少なく、JCM設備補助事業組成においても複数事業の組み合わせが必要になる場合が多い。

一方で複数の共同事業者より、国際コンソーシアム協定にかかる合意、事業実績資料、経理状況説明資料、事業参画意思決定状況を示す資料、投資・資金調達計画など、設備補助で必要とされている必要文書を揃えるために、代表事業者にかかる負担が相当大きくなる。特に財務資料は提出のための調整が困難であることが多い。複数の共同事業者で一事業者当りの投資額が少ない場合など、必要文書を簡略化・省略することが望ましい。

都市連携におけるJCM案件組成およびその横展開のためには、組み合わせにおけるJCM設備補助事業の様式簡略化が求められる。

5.1.3 対象事業者の財務課題とリース

JCM設備補助事業申請の条件の一つとして、補助金の金額で50百万円を超えていることが望ましい。この場合、補助金が40%とすると、125百万円以上の事業規模が必要になる。この規模の投資を行える民間工場はごく限られている。

この意味でも、JCM設備補助事業においてはいくつかの共同事業者を組み合わせることが必要になってくる。

また、リース案件とする場合でローカル事業者の場合は、本邦のリース会社の場合は与信をクリアするのが厳しくなる。一方、現地や第三国のリース会社では可能となる場合もある。JCM設備補助事業の国際コンソーシアムにおいて、第三国リースを可能とするなどの柔軟な体制を検討する必要がある。

5.1.4 入札への対応

公共セクターであれば、地方都市であっても、交通や水道などJCM設備補助事業の求める規模になる可能性がある。しかし公共セクターでは入札はほぼ不可避である。入札が入る場合は、関係者調整やスケジュール管理において、JCM設備補助事業特有の留意点や事前調整を必要とする点が多い。環境インフラ輸出の観点からも、都市のインフラの低炭素化に資する技術は、入札となる可能性が高い。都市連携における案件組成を促進する為には、入札を前提としたJCM設備補助事業の運用・制度設計、通年の申請を受け入れるなど柔軟なスケジュールの対応が望ましい。

5.1.5 JCM 設備補助事業以外の JCM 案件化

JCM設備補助事業の要件である補助金4000円/tCO₂などの要件を満たさない事業でも、高効率機器の採用や燃料転換におけるCO₂削減を行いJCM事業としてクレジットとなる可能性のある事業は多い。一方でPDDの作成や有効化審査、登録、モニタリング、検証、クレジット発行、かかる第三者機関の認証費用など手続き費用が大きく、民間にとって補助金がなければJCM案件化を行うインセンティブは、現状では無い。JCM設備補助事業以外でも低炭素事業における削減量クレジット化を行うために、民間がJCMを行えるインセンティブがあり使い勝手の良い制度設計が求められる。

5.2 今後の提案

5.2.1 JCM 設備補助事業の申請

第3章の通り、JCM事業化の検討に係る調査として、今年度はスマラン市内の工業団地および工場を訪問し、JCM設備補助事業の対象となりうる事業者を選定した。調査の結果、KIW工業団地内のS社における「縫製工場におけるガス貫流ボイラ導入事業」、及びスマラン市郊外のA社における「繊維工場におけるターボチラー導入事業」につき、来年度JCM設備補助事業の申請を検討している。各提案事業に係る課題は以下の通り。

また、第3章で検討した「穀物工場における乾燥機用ボイラ導入事業」に関し、スマラン西部の穀物工場S社がガスボイラの導入を検討している。現在使用している軽油を燃料とした乾燥機からガスボイラへの燃料転換事業として、今後JCM設備補助事業申請を目指した事業化を検討する。

5.2.2 縫製工場におけるボイラ導入事業の申請に向けた課題

「縫製工場におけるボイラ導入事業」は、縫製工場が染色、乾燥、アイロン用の熱源として使用している4t/hの石炭ボイラ2基を更新の対象とする。既存ボイラからは灰が発生し処理費用がかかること、ボイラの熱を冷まさないように工場停止時間を含め24時間の運転継続が必要であることなどの難点があるため、縫製工場はガスボイラへの更新に意欲的である。本提案事業を実施した際に想定される年間GHG削減量は1,159 tCO₂であり、また、石炭からガスへの燃料転換を想定しているため、費用対効果は1,750円/tCO₂と効果が高い。

一方、石炭からガスへのボイラの燃料転換に伴い、燃料費が年間で約2倍に増加する。そのため、このランニングコスト増を事業者が受け入れられるかが課題である。現在、縫製工場のオーナーが検討中であり、事業を実施するという結論に至った場合は、平成31年度JCM設備補助事業に向けて申請準備を行う。

5.2.3 繊維工場におけるターボチラー導入事業の申請に向けた課題

「繊維工場におけるターボチラー導入事業」は、繊維工場のチラー4台（400 USRt x 2台、1,000 USRt x 2台）を更新対象とする。高効率ターボチラー導入によって想定される年間GHG削減量は1,089 tCO₂である。当初、老朽化したターボコンプレッサ10台（4,800～5,600 cfm）の更新も検討していたが、コンプレッサは高効率機器への更新のほか、断熱材適用、配管サイズ・レイアウト見直し、バルブの圧力損失確認、ダクトの形状・レイアウト見直し、エアリークの改善など、プラント全体を含めたエンジニアリング対応を同時に行うことが必要である。この場合リース等での対応が難しく、資金調達が難しい。そのため、コンプレッサは、今後資金調達の目途が立った時点でJCM設備補助事業への申請を検討することとする。

本提案事業は、国際コンソーシアムにリース会社が入り、リース会社が設備を購入して繊維会社にリースすることを想定している。本邦リース会社の与信をクリアしていないため、インドネシア国内のリース会社が国際コンソーシアムに入る体制も検討する。リース会社の与信をクリア出来次第、平成31年度JCM設備補助事業に向けて申請準備を行う。

5.2.4 2019年度へむけた提案

2019年度においても、富山市とスマラン市の低炭素都市実現に向けた都市連携を継続して行う方針で、両市は一致している。来年度に向けた関心表明をスマラン市BAPPEDAは出状予定である。

来年度のテーマは「スマラン市における燃料転換による低炭素都市計画」を想定している。

H30年度JCM設備補助事業において採択された「スマラン市公共交通バスへのCNGとディーゼル混焼設備導入プロジェクト」は、燃料転換による省エネ事業の事例としてインドネシア国内でも大きな注目を集め、富山市とスマラン市の都市間連携協定の大きな成果となった。2019年1月に開催されたバスCNG化完成式においても、インドネシア政府関係者の間で、交通セクターにおけるCNGへの燃料転換は効果的であるとの認識が広まった。今後、富山市および富山市企業の協力によって、同国における交通セクターにおける燃料転換事業の横展開が期待されている。一方、トランススマランでもまだCNG化を行っていない残りの車両について、CNG化の要望がある。

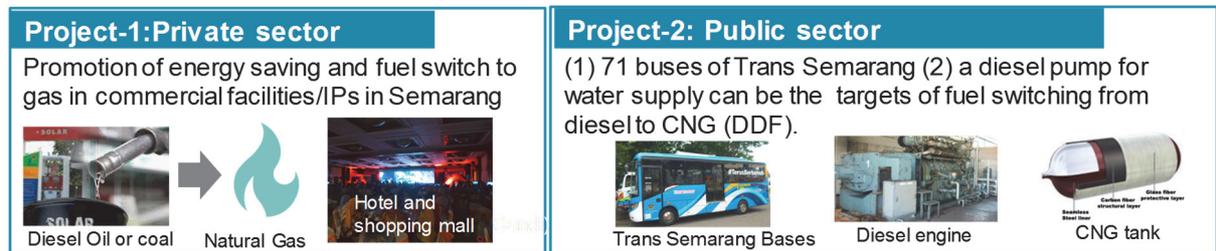
また、今年度JCM事業化に係る調査において検討した燃料転換による省エネ効果の試算結果からも、燃料転換は低炭素社会の実現に向けて効果的であることが分かった。交通セクターだけではなく、軽油を用いている公共セクターや商業セクターにおいてもCNG化による燃料転換の可能性は大きい。2020年頃の運用開始が予定されているパイプラインによるガス供給が開始されれば、スマラン市においてガス、CNGの利用は加速的になると考えられる。

以上より、来年度都市間連携事業では、スマラン市における燃料転換の促進により低炭素社会の実現を目指す。2020年のパイプライン稼動に備え、2019年度は商業セクター、公共セクターにおけるガスへの燃料転換を進めるための制度的モデルとなる事業を策定する。

表 5.1 来年度想定する JCM 事業化調査項目案

セクター	対象	事業内容案
民間	商業・工業施設	ホテル、ショッピングモールなどの商業施設や工業団地における省エネ機器の設置、及び石炭やディーゼルから天然ガスへの燃料転換の促省による省エネ。
公共	公共交通	三社の民間会社が所有しトランススマランへ運航を委託されているバス 71 台の燃料をディーゼルから CNG に燃料転換することによる、GHG 排出量削減。
	水道施設	スマラン市の Perusahaan Daerah Air Minum (DPAM) が管轄する水道用ポンプのディーゼルエンジンを CNG 化することによる、GHG 排出量削減。

出典: 日本工営作成



出典: 日本工営作成

図 5.1 来年度都市連携における JCM のテーマ