

平成 29 年度低炭素社会実現のための
都市間連携事業委託業務

インドネシア共和国スマラン市における
コンパクトシティ型交通体系整備、
レジリエント・シティ構築に向けた
低炭素化支援調査事業（スマラン市-富山市）

報告書

平成 30 年 3 月 9 日

パシフィックコンサルタンツ株式会社
富山市

公益財団法人地球環境戦略研究機関

目 次

1. 業務概要	1
1.1 業務件名	1
1.2 業務期間	1
1.3 業務目的	1
1.4 業務内容	2
1.5 業務体制	5
1.6 工程	7
2. 事業実施の背景	8
2.1 都市間連携の背景	8
2.2 都市間連携の現状	9
3. コンパクトシティ型交通体系整備の可能性調査	11
3.1 既存 BRT の運行効率の改善技術の導入可能性	11
3.2 既存 BRT（ディーゼル燃料）の CNG バス化	22
4. 再生可能エネルギーおよび省エネルギー設備の導入可能性調査	33
4.1 Diponegoro 大学および構内への再生可能エネルギー導入可能性	33
4.2 Jatibaran ダムへの水力発電の導入可能性	57
4.3 スマラン市内農業用水路への水力発電の導入可能性	60
4.4 スマラン市小中学校における太陽光発電導入の可能性	64
4.5 産業分野における省エネルギー事業の実施施設のスクリーニング	69
5. 環境省への進捗報告会	75
6. 国内自治体で開催する調査地でのワークショップ等の事前打合せ	76
7. 調査都市でのワークショップ	77
7.1 第 1 回ワークショップ（Kick off work shop）	77
7.2 第 2 回ワークショップ（Wrap up workshop）	84
8. 日本国内及び海外での都市間連携に関する取組発表	95
8.1 開催概要	95
8.2 発表内容	95
9. 国内自治体での都市間連携フォーラムの開催	96
9.1 開催概要	96
9.2 開催趣旨	96
9.3 プログラム	96
9.4 要旨	98

用語説明

略称	インドネシア語/英語表記	日本語表記
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
APFSD	Asia-Pacific Forum on Sustainable Development	持続可能なアジア太平洋に関する国際フォーラム
ASEAN	Association of South-East Asian Nations	東南アジア諸国連合
BAPPEDA	Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Badan	都市開発局
CNG	(Regional for Planning and Development Agency)	圧縮天然ガス
BAU	Business as Usual	通常通り
BBG	Bahan Bakar Gas	燃料ガス
BRT	Bus Rapid Transit	バス高速輸送システム
BSB	Taman Industri BSB City	BSB シティ工業団地
BtoB	Business to Business	企業間取引
CIS	Cu(Copper), In(Indium), Se(Selenium)	銅、インジウム、セレン
CNG	Compressed Natural Gas	圧縮天然ガス
COP	Conference of Parties	気候変動枠組条約締約国会議
CO ₂	Carbon Dioxide	二酸化炭素
CRO	City Resirisenace Officer	都市レジリエンスオフィサー
CRS	City Resistance Strategy	都市レジリエンス戦略
CTY	The City Taskforce	都市タスクフォース
ECU	Electric Control Unit	電子制御ユニット
EPC	Engineering Procurement Construction	設計 調達 建設
ESDM	Ministry of Energy and Mineral Resources	エネルギー鉱物資源省
FS	Feasibility Study	事業性評価
GEC	Global Environment Centre Foundation	公益財団法人地球環境センター
GHG	Green House Gas	温室効果ガス
G7	Group of Seven	先進 7 カ国
HLPF	High-Level Political Forum on Sustainable Development	持続可能な開発のための国連ハイレベル政治フォーラム
HLS/ESC	High Level Seminar on environmentally Sustainable Cities	環境的に持続可能な都市に関するハイレベルセミナー
IC	Integrated Circuit	集積回路
ICT	Information and Communication Technology	情報技術
IDR	Indonesia Rupiah	インドネシアルピア
IGES	Institute for Grobal Environmental Strategies	公益財団法人地球環境戦略研究機関
IPP	Independent Power Producer	独立系発電事業者
IRDA	Iskandar Regional Development Authority	イスカンドル地域開発庁

IRR	Internal Rate of Return	内部収益率
ISAP	International Forum for Sustainable Asia and the Pacific	持続可能なアジア太平洋に関する国際フォーラム
ITB	Institut Teknologi Bandung	バンドン工科大学
ITDP	The Institute for Transportation and Development Policy	交通開発政策研究所
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
JFJCM	Japan Fund for the Joint Crediting Mechanism	JCM 日本基金
JICA	Japan international Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
KIW	Kawasan Industri Wijayakusuma	ウィジャヤクスマ工業団地
LED	Light Emitting Diode	発光ダイオード
LoCARNet	Low Carbon Asia Research Network	低炭素アジア研究ネットワーク
LNG	Liquefied Natural Gas	液化天然ガス
LOI	Letter of Intent	意向表明書
LPG	Liquefied Petroleum Gas	液化石油ガス
LRT	Light Rail Transit	ライトレール
MOU	Memorandum of Understanding	基本合意書
MPW	Ministry of Public Works	公共事業省
MRT	Mass Rapid Transit	大量高速輸送機関
MRU	Mobile Refueling Unit	可動式ガス充填車
MRV	Measurement, Reporting, Verification	温室効果ガス排出量の測定、報告、検証
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development	経済協力開発機構
PCKK	Pacific Consultants CO., Ltd.	パシフィックコンサルタンツ株式会社
PGN	PT. Perusahaan Gas Negara	国営ガス大手会社
PU	Ministry of Public Works	公共事業省
UNDIP	Diponegoro University	ディポネゴロ大学
RSND	Rumah Sakit Nasional Diponegoro	ディポネゴロ大学病院
RUEN	Rencana Umum Energi Nasional (National Energy Plan)	国家電力総合エネルギー総合計画
RUPTL	Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (Electrical Power Supply Plan)	電力供給事業計画
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SGC	Sustainability Governance Centre	持続可能性ガバナンスセンター
SPBG	Stasiun Bahan Bakar Gas	ガス供給ステーション
SPC	Special Purpose Company	特定目的会社
SV	Supervisor	管理者
WUF	The World Urban Forum	世界都市フォーラム
100RC	100 Resilient Cities	100 レジリエンス都市

総括

本調査では、スマラン市－富山市の都市間連携事業に基づき、スマラン市の都市課題の解決を目指した交通分野および再生可能エネルギー分野に関する調査を実施した。

交通分野では、市内の公共交通である **BRT** の運行効率改善によるモーダルシフトやディーゼル燃料から **CNG** 燃料への転換を行う **CNG** バス車両の導入について、その **CO₂** 削減効果と事業の実現可能性を調査した。

再生可能エネルギー分野では、小水力発電、バイオマス発電、太陽光発電の導入を通じて、現地への技術移転や環境教育への活用など、**CO₂** 削減と再生可能エネルギー分野の人材育成を目指した事業の実現可能性を調査した。また、工業団地における産業分野の省エネルギー化についてスクリーニング調査を実施した。

まず、交通分野として **BRT** の運行効率改善は、スマラン市および **BRT** を運行する **Trans Semarang** において、未だ普及率の改善余地はあるものの **IC** カード化、バスロケーションシステムが導入済みであり、事業化の可能性は低いと判断された。一方 **BRT** の **CNG** 化については、市内 3 箇所の **CNG** ステーションがサービスを開始していないなどの課題が確認されたものの、**MRU** 車両による **CNG** 供給と **CNG** バス車両の導入について、スマラン市および **Trans Semarang** から強い関心が示された。

次に再生可能エネルギー分野については、サステイナブルキャンパスを目指す **Diponegoro** 大学において、小水力発電、バイオマス発電、太陽光発電の導入方法および事業採算性等について調査した。また、大学以外では、治水用ダムや農業用水路等における水力発電の導入可能性、市内小中学校における太陽光発電、工業団地における省エネルギー事業の実現可能性を調査した。再生可能エネルギー分野としては **Diponegoro** 大学およびスマラン市の小中学校において太陽光発電導入の早期実現に向けた強い関心が示された。

これらの調査と平行して、スマラン市と富山市は、**LRT** を軸にしたコンパクトシティの施策及び市内の民間企業の技術力を活用した低炭素技術などに関する富山市のノウハウがスマラン市の都市課題解決ならびに低炭素都市の実現に向けて有効であることを再確認し、2017 年 12 月に協力協定を締結した。今後は、両都市の協力協定に基づき、都市課題の解決ならびに低炭素都市の実現に貢献しうることを示すことによって、**ASEAN** をはじめとする他の都市への応用・展開についても期待されるところである。

1. 業務概要

1.1 業務件名

平成 29 年度低炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務（インドネシア共和国スマラン市におけるコンパクトシティ型交通体系整備、レジリエント・シティ構築に向けた低炭素化支援調査事業（スマラン市-富山市））

1.2 業務期間

平成 29 年 8 月 18 日～平成 30 年 3 月 9 日

1.3 業務目的

平成 27 年 12 月にフランス・パリ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℃よりも十分低く抑え、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。

平成 28 年 11 月にモロッコ・マラケシュで開催された COP22 において、採択された「気候及び持続可能な開発のためのマラケシュ行動宣言」でも、気候はかつてない割合で温暖化しており、対応する緊急の義務があることが改めて強調されるとともに、政府だけではなく自治体を含むグローバルな行動、また経済の転換が更なる繁栄と持続可能な開発の積極的な機会であると認識された。

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%にも満たない都市に、世界人口の約 50%が居住し、その割合は 2050 年までの 70%にまで増加すると予想されている。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、都市が気候変動の緩和に果たす役割は大きく、周辺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の達成のために重要となっている。

本事業では、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・ノウハウ等を有する日本の自治体とともに、都市間連携に基づいて途上国の都市による低炭素社会の形成を支援する。また、低炭素化社会の形成促進のために、日本の自治体が関与することによる、途上国の都市に対する能力開発についても推進する。

1.4 業務内容

本業務は、富山市-スマラン市の都市間連携に基づき、スマラン市におけるコンパクトシティ型交通体系整備および課題解決型の再生可能エネルギーの導入事業の事業実施スキーム、国際コンソーシアムの構成、資金組成スキーム、事業採算性、課題およびその解決策の検討を実施した。以下に本業務内容を示す。

1.4.1 コンパクトシティ型交通体系整備の可能性調査

(1) 既存 BRT の運行効率の改善技術の導入可能性

自動車・バイクからのモーダルシフトを促すため、スマラン市の公共交通である既存 BRT の運行効率改善技術の導入可能性を調査した。

- ・IC カードシステムの導入可能性
- ・乗降ドアの分離改造の検討
- ・バスロケーションシステムの検討
- ・情報配信サービスの検討

(2) 既存 BRT(ディーゼル燃料)の CNG バス化

既存 BRT(ディーゼル燃料)を CNG バスに改造し、ディーゼルから CNG への燃料転換による CO₂ 削減の可能性を調査した。

- ・CNG バス化を検討する対象路線の調査
- ・CNG バス化のための改造車両の調査
- ・CNG ステーションの調査

調査事業概要（交通分野）		
A. 既存BRTの運行効率改善 BRTの運行効率の改善により、朝（7-9時）、夕（16-18時）の計4時間において、既存の10分間隔から5分間隔に増便を行い、自動車・バイクからのモーダルシフトを促す。 <対象路線・基礎情報> ・Koridor 1 (Mangkang - Penggaron) ・バス編成数: 20編成 ・利用者数: 2,264,832人/年(2013年) <運行改善メニュー案> ①ICカードの導入検討 ②乗降ドアの分離改造検討 ③バスロケーションシステム ④情報配信サービスの検討 (携帯端末向け情報配信、停留所へのディスプレイ設置) 	事業の効果 導入コスト: 0.75億円 削減効果: 568円/t 法定耐用年数: 5年 	波及効果 ①他路線への展開 ・2年後に、Koridor II ~ IVにおいて運行効率改善を図り、モーダルシフトを促す ・導入規模はKoridor 1と同様とする ②他路線への展開 ・5年後に、Koridor V ~ VIIIにおいても運行効率改善を図り、モーダルシフトを促す ・導入規模はKoridor 1と同様とする
B. 既存BRTのCNG燃料バス化 ・既存BRT（ディーゼル燃料）をCNGバスに改造し、ディーゼル燃料からCNG燃料への転換に伴う排ガス削減を目指す。 <対象路線・車両> ・Koridor I ~ IV バス編成数: 75編成 (75台をCNGバスに改造) <付随する施策> CNGステーションの建設 	事業の効果 導入コスト: 10.06億円 削減効果: 5,731円/t 法定耐用年数: 5年	波及効果 他路線への展開 ・6年後に、Koridor V ~ VIIIにおいてもCNGバスへの転換を図る ・CNG化されるBRTの年間走行台キロ: 8,558,155台・km/年
【将来事業】BRTからLRTへの転換 富山市の「公共交通を軸としたコンパクトなまちづくり」や公共交通へのモーダルシフトの知見を活用し、スマラン市が目指す統合された持続可能な交通システムであるLRT整備に向けた支援を継続し、スマラン市の交通マスタープランへのインプットを後押しする。 ・BRT路線(Koridor I (Mangkang - Penggaron))のLRT転換 導入コスト: 54.9億(2両編成×24編成) 削減効果: 3,571円/t 		

図 1-1 調査事業概要（交通分野）

1.4.2 再生可能エネルギーおよび省エネルギー設備の導入可能性調査

(1) Diponegoro 大学構内への再生可能エネルギー導入可能性

スマラン市にある Diponegoro 大学構内における小水力発電およびバイオマス発電、太陽光発電の導入可能性を調査した。

- ・大学構内にある教育用ダムへの小水力発電の導入可能性
- ・大学構内のごみ処分場へのバイオマス発電の導入可能性
- ・ICT センターおよび大学病院の屋根への太陽光発電の導入可能性

(2) Jatibaran ダムへの水力発電の導入可能性

公共事業省 (MPW) が管理する治水用ダムへの水力発電の導入可能性を調査した。

(3)産業分野における省エネルギー事業の実施施設のスクリーニング

スマラン市の工業団地(KIW、BSB)に入居する日系企業において省エネルギー事業のスクリーニング調査を実施した。

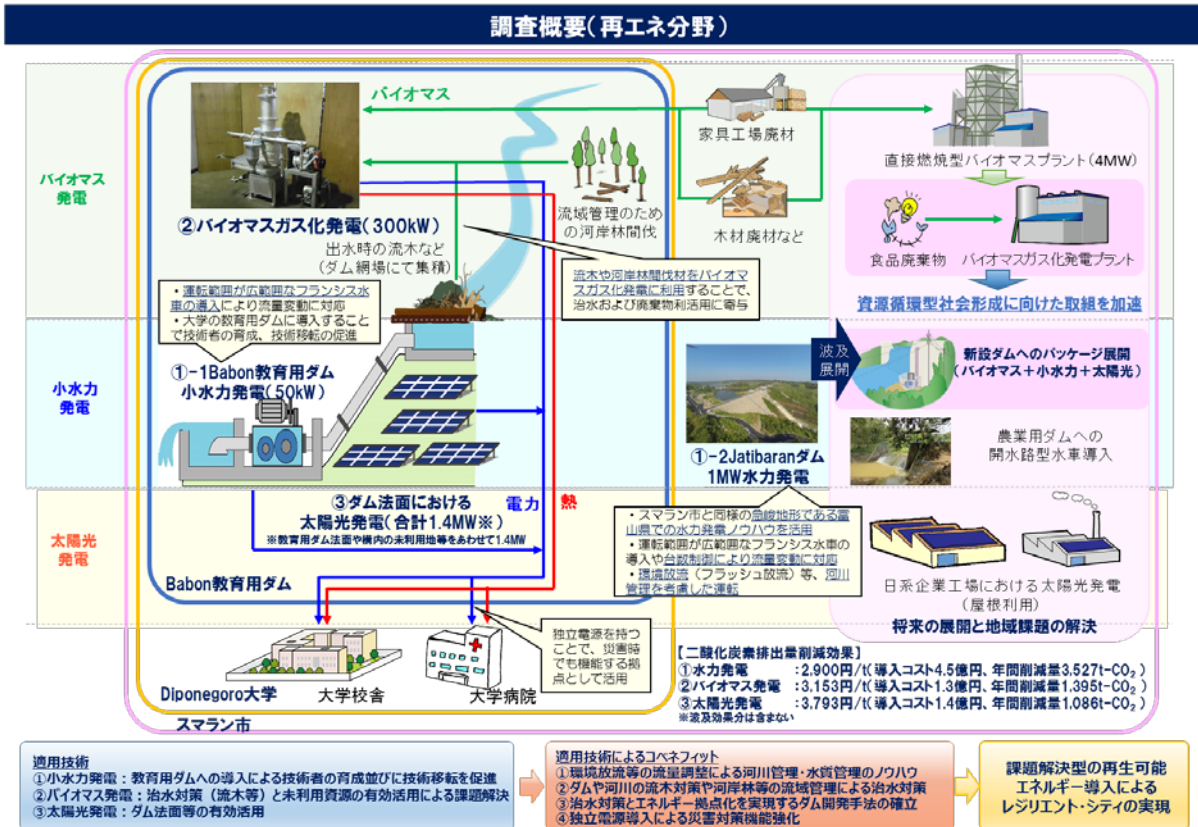


図 1-2 調査事業概要(再エネ分野)

1.5 業務体制

1.5.1 交通分野

以下に交通分野に関する業務の実施体制を示す。

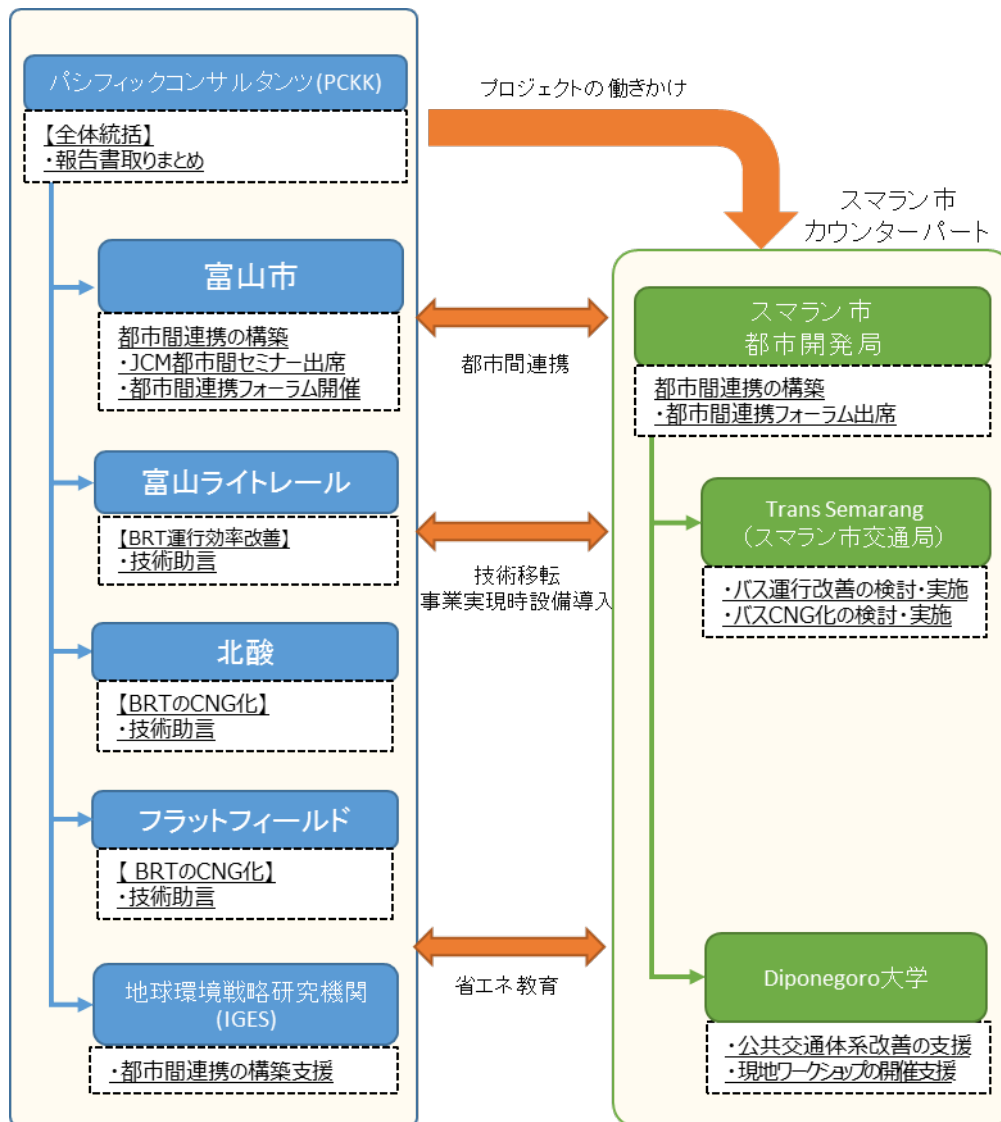


図 1-3 調査実施体制（交通分野）

1.5.2 再生可能エネルギー・省エネルギー分野

以下に再生可能エネルギー・省エネルギー分野に関する業務の実施体制を示す。

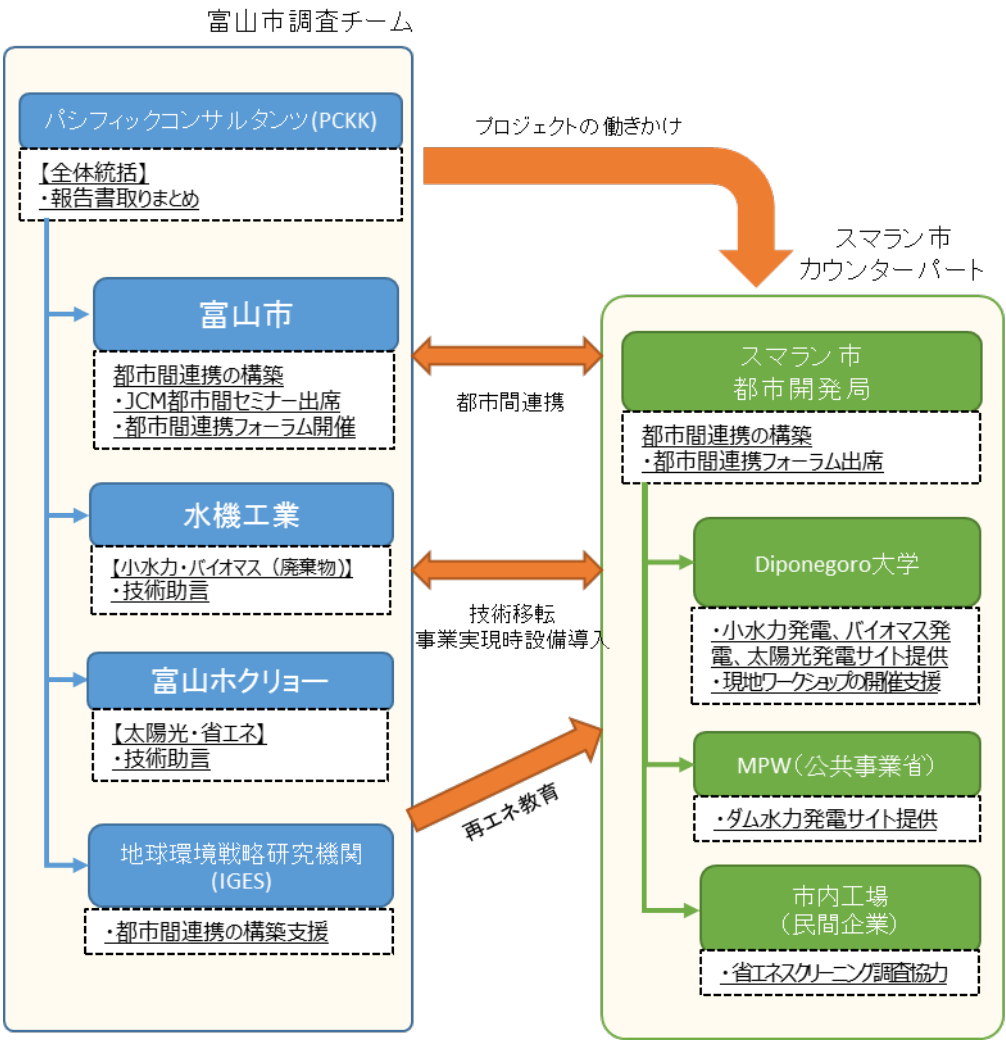


図 1-4 調査実施体制(再エネ・省エネ分野)

1.6 工程

以下に本業務の工程を示す。

表 1-1 工程表

項目		8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	備考
コンパクトシティ型交通 体系整備の可能性調査	既存BRTの運行効率の改善技術の 導入可能性									
	既存BRTをCNGバス化									
再生可能エネルギーお よび省エネルギー設備 の導入可能性調査	Diponegoro大学構内への再生可能エ ネルギー導入可能性									
	Jatibaranダムへの小水力発電の導 入可能性									
	産業分野における省エネルギー事 業の実施施設のスクリーニング									
環境省への進捗報告				①			②	③		①第1回進捗報告 ②第2回進捗報告 ③第3回進捗報告
国内自治体で開催する調査地でのワークショップ等の事前打 合せ		①					②			
調査都市でのワークショップ				①			②			①第1回ワークショップ(現地) ②第2回ワークショップ(現地)
日本国内及び海外での都市間連携に関する取組発表 (東京開催都市間連携セミナー)							●			
国内自治体での都市間連携フォーラムの開催 (富山都市間連携フォーラム)						●				
報告書のとりまとめ										
現地調査			①	②			③		④	

2. 事業実施の背景

2.1 都市間連携の背景

インドネシア共和国(以下「インドネシア」)は気候変動の影響に対する脆弱性が高い国のひとつである一方、世界有数の温室効果ガス(GHG)排出国であり、2020年までに温室効果ガス排出量(以下、GHG)をBAU(Business as Usual;何も対策を行わない場合)比で26%削減し、2025年までに一次エネルギー消費に占める新・再生可能エネルギーの比率を25%まで高める目標を設定している。その実行性を高めるため、Grand National Energy Plan 2015-2050(RUEN)が策定され、小水力、バイオマス、太陽光発電等の再生可能エネルギーの利用促進を掲げている。

また2017年3月には、インドネシア電力公社が国家エネルギーの総合計画の目標に沿って「国家電力計画2017-2026」(RUPTL)を策定し、今後10年間にインドネシア国内における発電能力を80.5GW増強するとの目標を掲げている。

RUPTLでは、再生可能エネルギーに関しても積極的な推進計画が策定され、2025年までに再生可能エネルギー割合を23%まで拡大する達成目標が示されている。その実行に向けた具体的計画として、独立系発電事業者(IPP)による5.5GWの水力発電開発目標が新たに設定された。太陽光発電に関しては、2025年までに5,000MWの発電能力拡大を目標としている。

本事業対象地である中部ジャワ州の州都であるスマラン市は、ジャカルタとスラバヤの間にある海岸沿いのジャワ島の中心部(ジャカルタの東450km)に位置する、人口155万人(2010年)を有するインドネシアで五番目の大都市である。



図 2-1 スマラン市の位置(出典:Resilient Semarang)

スマラン市は、南部には山岳地帯、北部には低地/沿岸地域が広がる地理的条件により、災害に見舞われやすい地域であるが、近年の地球温暖化により海面上昇と豪雨や干ばつ

被害が深刻化し、経済発展の弊害に直面している。地球温暖化の原因となる GHG 排出量は増加の一途をたどっており、その多くを占める CO₂ を削減することが急務となっている。

スマラン市はこうした都市の課題に対し、国際レベルの都市間ネットワークを活用した先進事例や取組みの共有や都市間連携により課題解決を目指し、2013 年 12 月にロックフェラー財団による都市のレジリエンス強化プログラム「100 のレジリエント・シティ(以下「100RC」とする)」に参加することとなった。

100RC の支援のもと 2016 年 5 月に策定した 100RC を実行するための戦略方針(CRS)では「持続可能な水資源およびエネルギー」が戦略方針のひとつとして掲げられ、エネルギーセクターの戦略では、(a)需要のコントロールとマネジメントを通じた省エネルギーと(b)スマラン市における再生可能エネルギーの促進を通じた更なるエネルギー供給源の多様化を目指すことが示された。また「廃棄物活用エネルギーの利用拡大」という観点が盛り込まれており、廃棄物やバイオマス等を活用する再生可能エネルギーに対する関心が示され、廃棄物の課題解決と再生可能エネルギーの活用を促すイニシアティブになっている。しかしながらスマラン市の位置する中部ジャワ地区では、電力需要の増加に伴うグリッド電力向けの化石燃料利用が増加傾向にあるなど、再生エネルギーの推進に向けた取り組み、およびその効果は十分とは言えない状況にある。

2.2 都市間連携の現状

本調査では、富山市とスマラン市が共に参画している取組みである 100RC による都市間連携を有効に活用しながら、民間企業や他関係者との連携の下、環境課題の解決に資する再生エネルギーの導入と利用促進を図り、スマラン市の低炭素社会の実現を目指す。

100RC では、CRS を確実に実行して、気候変動を含む複数の課題に統合的に取り組むため、民間企業や研究機関等から成るプラットフォームパートナーによる先進的な事例の紹介、アドバイスや調査支援が提供されることになり、IGES は、2016 年 5 月から 3 年間、気候変動緩和と適応及び低炭素社会形成に関して 100RC 加盟都市の CRS 実行を支援する 100RC プラットフォームパートナーとなった。また、2016 年 5 月には、IGES とスマラン市の間では、交通分野におけるコベネフィットに関わるプロジェクトへの関心表明書への署名が交わられている。

一方、2014 年 12 月に日本の自治体として最初の 100RC 加盟都市である富山市は、日

本国政府から環境モデル都市（2008 年）、環境未来都市（2011 年）に選定されるほか、OECD のコンパクトシティレポートのケーススタディー都市（2012 年）や国連のエネルギー効率改善都市（2014 年）に選定されるなど国内外から評価を受けている。2016 年 5 月には、富山市で G7 富山環境大臣会合が開催され、ここでも IGES は、環境省・富山市・G7 富山環境大臣会合等推進協力委員会と「都市の役割」パラレルセッションを共催した。「都市の役割」パラレルセッションでは、各市長及び国際機関等から発表が行われ、都市が先導的な取り組みを行う立場にあることを共有し、様々なステークホルダーが協働していくことの必要性を具体的な事例にもとづきながら議論した。特に IGES が取り組んできたアジアの都市の環境問題の解決に対して、今回参加した都市や国際機関等と連携してより具体的に取組むことが合意された。こうした背景から、IGES は富山市の仲介を得て 100RC プログラムのプラットフォームパートナーとなり、IGES を媒介として、スマラン市、富山市という 100RC ネットワーク内の都市間で、まず交通分野等のコベネフィットに関する意向表明書(LOI)が締結されるなど、都市間連携に向けた議論が 3 者間で展開することになった。また 2016 年 11 月に富山市において開催されたレジリエント・シティ・サミット（富山市主催、世界銀行・100RC 共催）にスマラン市が参加し、富山市との意見交換や現地視察を行った。スマラン市が日本の自治体との連携による CRS 実施を強く希望していたため、これを機に、スマラン市から都市の課題解決とレジリエンス向上に向けた協力依頼がなされた。富山市はその依頼を踏まえ、2017 年 2 月に富山市の民間企業である水機工業株式会社と共にスマラン市を訪問し、意見交換や現地視察を行い、2017 年 3 月にはスマラン市長から富山市長へ協力依頼が届くなど、低炭素社会形成に関する協力協定(MOU)締結を視野に入れた協議が進められている。

3. コンパクトシティ型交通体系整備の可能性調査

3.1 既存 BRT の運行効率の改善技術の導入可能性

富山市は、コンパクトシティ型交通を目指した市内 LRT やバス路線の充実など、公共交通体系が整備されているのに対し、スマラン市には、さまざまな交通手段があるが、公共交通の体系化は緒についたばかりである。現状、スマラン市の公共交通としては、BRT (Trans Semarang) が主軸となっているが、都市の発展や所得水準の向上、人口増加に伴い、交通渋滞が生じつつあり、市民の時間損失が増大しつつある状況にある。

中長期的には、富山市の交通体系をモデルにした LRT のような鉄軌道交通も選択肢の一つとなりえるため、スマラン市としても将来的な LRT 導入構想もあるが、現時点では予算のめどが立っておらず、既存 BRT を改善していくほうが現実的である。

本調査においては、既存 BRT の運行効率改善技術を導入することにより、BRT の利用を促し、公共交通の分担率を向上させ、スマラン市における交通体系をコンパクトシティ型に近づけていくための技術的側面を中心に検討を行った。

3.1.1 バス運行の状況

スマラン市の主要バス路線は、2015年時点で下記の4コリドーを運行している。

表 3-1 スマラン市の主要バス路線

No.	Kode trayek	Rute trayek
1	BRT I	Terminal Mangkang - Jalan Jarakah - Jalan Siliwangi - Jalan Jend. Sudirman - Tugu Muda - Jalan Pemuda - Jalan Pandanaran - Simpanglima - Jalan Ahmad Yani - Jalan Brigjend. Sudiarto - Terminal Pengaron - PP
2	BRT II	Terminal Sisemut Ungaran - Jalan Setiabudi - Jalan Sultan Agung - Jalan Letjen. S. Parman - Jalan Dr. Sutomo - Tugu Muda - Jalan Pemuda - Pasar Johar - Terminal Terboyo - PP
3	BRT III	Pelabuhan Tanjung Emas - Jalan Ronggowarsito - Jalan Pengapon - Jalan Raden Patah - Bubakan - Jalan Pattimura - Jalan Dr. Cipto - Jalan Peterongan - Jalan Tanah Putih - Kaliwiru - Akademi Kepolisian - Bundaran Taman Diponegoro - (RS Elizabeth) - Jalan Diponegoro - Jalan Siranda - Jalan Pahlawan - SMA 1 - Simpanglima - Jalan Gajah Mada - Jalan Pemuda - Tugu Muda - Jalan Imam Bonjol - Stasiun Tawang - Jalan Ronggowarsito - Pelabuhan Tanjung Emas
4	BRT IV	Terminal Cangkiran - Jalan Ngaliyan - Jalan Jarakah - Jalan Krapyak - Kalibanteng - Bandara A. Yani - Jalan Jend. Sudirman - PP

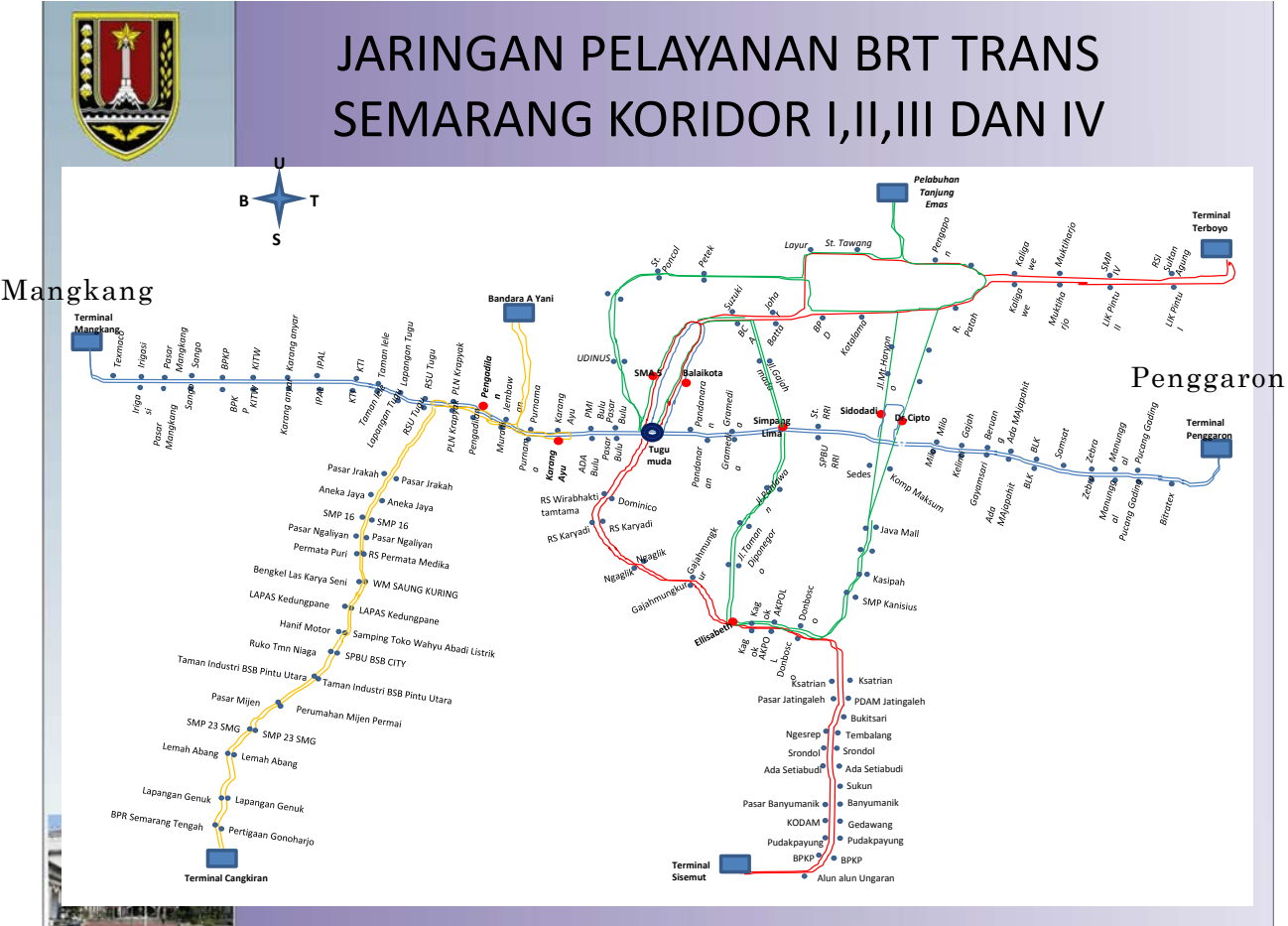


図 3-1 スマラン市の主要バス路線図

BRT 整備の進展に伴い、2018 年 1 月現在、コリドーは 7 まで増えており、2019 年中には合計 8 コリドーに拡大する計画である。

IDENTIFIKASI KORIDOR

Koridor V: Meteseh (Perumahan Dinar Mas) - Pemuda

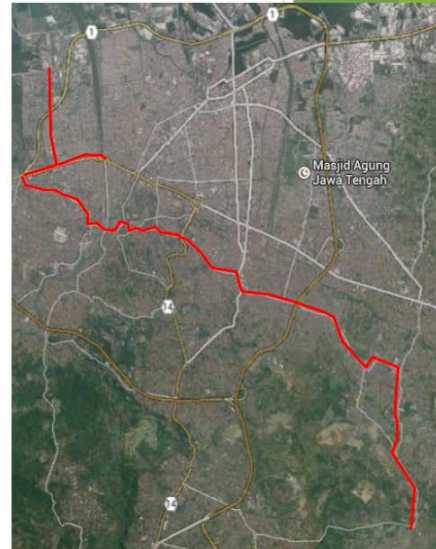
Panjang rute total kurang lebih 56,7 km

Rute berangkat:

- Jl. Puri Dinar Mas Raya - Prof. Suharso - Jl. Ketileng Raya - Jl. Kedungmundu Raya - Jl. Tentara Pelajar (Mrican) - Jl. MT Haryono - Jl. Sriwijaya - Jl. Dr Sutomo - Jl. Pemuda - Sutomo - Jl. Kaligarang - Jl. Pamularsih - Bundaran Kalibanteng - Jl. Jenderal Sudirman - Jl. Puri Anjasmoro - PRPP.

Rute pulang:

- PRPP - Jl. Puri Anjasmara - Jl. Jenderal Sudirman - Bundaran Adipura - Jl. Jenderal Sudirman - Bundaran Kalibanteng - Jl. Pamularsih - Jl. Kaligarang - Jl. Veteran - Jl. Sriwijaya - Jl. MT. Haryono - Jl. Tentara Pelajar (Mrican) - Jl. Kedungmundu Raya - Jl. Ketileng Raya - Jl. Prof Suharso - Jl. Puri Dinar Mas Raya.



IDENTIFIKASI KORIDOR

Koridor VI: Terboyo (Kaligawe) - Pemuda

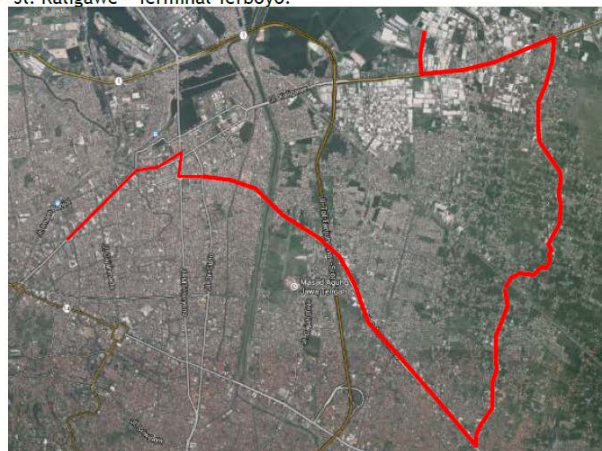
Panjang rute total kurang lebih 19,2 km untuk rute berangkat (Kaligawe - Pemuda) dan total kurang lebih 19,2 km untuk rute pulang (Pemuda - Kaligawe).

a. Rute berangkat:

- Terminal Terboyo - Jl. Kaligawe - Jl. Wolter Monginsidi - Jl. Arteri Soekarno-Hatta - Jl. Citarum - Jl. Patimura - Jl. Cendrawasih - Jl. Letjen Suprpto - Jl. Pemuda.

b. Rute pulang:

- Jl. Pemuda - Jl. Letjen Suprpto - Jl. MT Haryono (Sayangan) - Jl. Patimura - Jl. Citarum - Jl. Arteri Soekarno-Hatta - Jl. Wolter Monginsidi - Jl. Kaligawe - Terminal Terboyo.



IDENTIFIKASI KORIDOR

Koridor VII: Goa Kreo - Pemuda

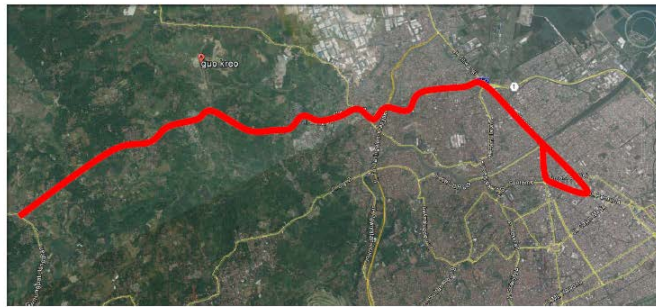
Panjang total koridor ini kurang lebih 36,4 kilometer.

a. Rute berangkat:

- Pertigaan Gunungpati, Cangkiran, Ungaran (Jl. Raya Magersari) - Goa Kreo - Jl. Warsito Sugiarto - Jl. Untung Suropati - Jl. Abdulrahman Saleh - Bundaran Kalibanteng - Jl. Jend Sudirman - Bundaran Tugu Adipura - Jl. Indraprasta - Jl. Kapt. Pierre Tendean - Jl. Pemuda.

b. Rute pulang:

- Jl. Pemuda - Jl. Mgr. Soegijapranata - Bundaran Tugu Adipura - Jl. Jend. Sudirman - Bundaran Kalibanteng - Jl. Abdulrahman Saleh - Jl. Untung Suropati - Jl. Warsito Sugiarto - Goa Kreo - Pertigaan Gunungpati, Cangkiran, Ungaran (Jl. Raya Magersari).



IDENTIFIKASI KORIDOR

Koridor VIII: Sisemut - Pemuda (via Sekaran, Universitas Negeri Semarang)

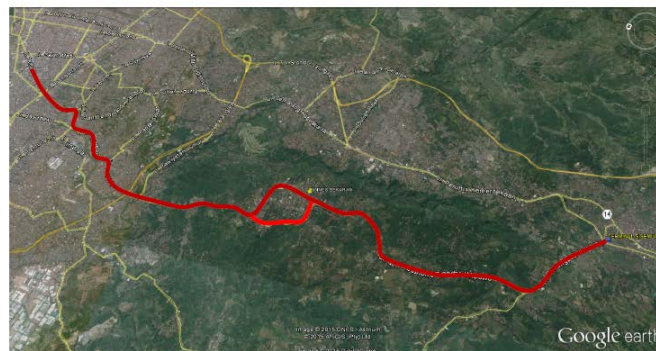
Panjang rute total kurang lebih 42,9 km.

a. Rute berangkat:

- Jl. Pattimura (Sisemut) - Jl. Mr. Wuryanto - Jl. Raya Muntal Gunungpati - Jl. Patemon - Jl. Taman Siswa (kawasan UNNES) - Jl. Kol. Hadiyanto - Jl. Dewi Sartika - Jl. Menoreh Raya - Jl. Kelud Raya - Jl. Kaligarang - Jl. Dr. Sutomo - Jl. Pemuda.

b. Rute pulang:

- Jl. Pemuda - Jl. Dr. Sutomo - Jl. Kaligarang - Jl. Kelud Raya - Jl. Menoreh Raya - Jl. Dewi Sartika - Jl. Kol. Hadiyanto - Jl. Taman Siswa (kawasan UNNES) - Jl. Patemon - Jl. Raya Muntal Gunungpati - Jl. Mr. Wuryanto - Jl. Pattimura (Sisemut).



＊2018年1月末時点では、コリドー7まで運行を開始した。

また、現状のバスの運行状況は一日平均10分間隔程度で、目標利用者数は以下のよう
に設定されている。

表 3-2 SEMARANG BRT 各コリドーの概要

	車両数	定員数	路線距離	1 台当たり日走行キロ	日総走行台キロ※
Koridor I	20	80	26.00km	—	4,056 台・km/日
Koridor II	25	42	26.60km	—	4,150 台・km/日
Koridor III	10	42	26.30km	—	4,103 台・km/日
Koridor IV	20	42	28.80km	—	4,493 台・km/日
Koridor V	32	(42)	28.35km	238 km/日・台	7,616 台・km/日
Koridor VI	21	(42)	19.20km	242 km/日・台	5,082 台・km/日
Koridor VII	21	(42)	18.20km	229 km/日・台	4,809 台・km/日
Koridor VIII	22	(42)	21.45km	270 km/日・台	5,940 台・km/日

※Koridor I ～IVは時刻表を元にした試算値、Koridor V ～VIIIは計画値

出典：Koridor I ～IV：http://pamboedifiles.blogspot.jp/2013/07/informasi-brt-trans-semarang.html

Koridor V ～VIII：Cost Component for Future BRT Corridor 5 to 8

表 3-3 目標利用者数

NO	KOR	目標利用者数 2018 年			構成比	
		一般	学生	合計	一般	学生
1	I	1,605,286	1,285,500	2,890,786	56%	44%
2	II	1,681,190	1,051,950	2,733,140	62%	38%
3	III	934,400	560,640	1,495,040	63%	38%
4	IV	1,401,300	841,260	2,242,560	62%	38%
5	V	572,320	572,320	1,144,640	50%	50%
6	VI	572,320	1,029,850	1,602,170	36%	64%
7	VII	264,000	475,200	739,200	36%	64%
8	VIII	—	—	—	—	—
合計		7,030,816	5,816,720	12,847,536	55%	45%

Trans Semarang 資料

3.1.2 バス運行効率改善手法の考え方

(1) バス運行改善手法

【運行効率改善内容】

朝(7-9時)・夕(16-18時)の計4時間において、既存の10分間隔から5分間隔に増便を行い、自動車・バイクからのモーダルシフトを促す。

- ・対象: Koridor I (Mangkang - Penggaron) 青色
- ・停留所数: Mangkang 発 31ヶ所 Penggaron 発 32ヶ所
- ・バス編成数: 20 編成
- ・ルート I BRT の利用者数(2018年目標): 2,890,768 人/年 (Trans Semarang 資料)

【運行改善効果算定の前提条件】

① モーダルシフトの考え方

- ・現状の乗車率が100%を超えていることから、増便に対する潜在需要があると想定し、現状のBRT乗車率100%（大型80人/台、中型42人/台）から増便後は乗車率75%程度（大型60人/台、中型32人/台程度）になると想定する。これは、運行頻度の増大と客扱いの円滑化などによる定時性向上等により、朝夕のピーク4時間での需要が現状の1.5倍になる設定である。
- ・ピーク4時間帯の需要は、通勤及び通学目的が主であるため、朝ピーク2時間で1日全体の25%と設定する。夕ピークはその裏返しの25%と設定する。(Demand Survey in 2016, IGES 資料)
- ・運行改善による利用者増のうち自動車・バイクからの転換利用者は、現在のBRT利用者の以前の交通手段内訳より36%（自分で運転2.3%、送迎7.0%、オートバイ26.3%）と設定する。その際、自動車とバイクの比率は以下のように設定する。(Demand Survey in 2016, IGES 資料)
自動車：バイク = 1 : 3
- ・平均乗車人員はスマラン市の既存自動車、二輪車の平均乗車人員が不明のため、ジャカルタBRT導入時の転換者の数値で代用し、以下のように設定する。
自動車の平均乗車人員 = 1.2 人/台 バイクの平均乗車人員 = 1.2 人/台

(参考：平成 24 年度 MRV モデル実証調査 大量高速輸送機関 (MRT) の整備によるモーダルシフト)

- ・転換需要の転換前の移動距離は以下の資料を参考に両手段ともに 30km/日と設定する。
自動車の平均移動距離：32km/日、バイクの平均移動距離：34.1km/日

(参考：Emission inventory by IVE)

② バス増便による年間走行台キロ及び転換対象自動車・バイクの年間走行台キロ

- ・バス増便による年間走行台キロ： $1,248 \text{ km/日} \times 365 \text{ 日} = 455,520 \text{ km/年}$
- ・転換対象自動車年間走行台キロ： $35,840 \text{ km/日} \times 365 \text{ 日} = 13,081,300 \text{ km/年}$
- ・転換対象自動車バイク年間走行台キロ： $16,368 \text{ km/日} \times 365 \text{ 日} = 5,974,320 \text{ km/年}$

【導入コストの考え方】

運行頻度増大による混雑緩和による円滑な乗降環境と合わせて、乗降時間の効率化のための IC カード対応設備を車内に設置する。また、バスの使いやすさ向上のためにバスロケーションシステムとして主要停留場にディスプレイ設置する。

なお、当初は2ドアへのバス改造により乗降を分離する対策も想定したが、ほとんどのバス停施設が乗降1箇所対応となっているため短期的なバス停改善は現実的でないため対象外とした。また、携帯での運行情報配信も既に取り組んでいるため対象外とした。さらに、Trans Semarang のバス車両は中央政府から譲渡されるためバス車両購入費は対象外とした。

① バス停乗降時間ロスの削減 (運賃支払いシステム設備)

- ・IC カード化： $\text{約 } 100 \text{ 万円/台} \times (\text{既存 } 20 \text{ 台} + \text{増車 } 20 \text{ 台}) = 4,000 \text{ 万円}$

② バスロケーションシステム

- ・停留所へのディスプレイ設置： $\text{約 } 150 \text{ 万円/基} \times 20 \text{ 基 (市中心部のみ)} = 3,000 \text{ 万円}$

上記より、合計導入コストは 7,000 万円と設定する。

表 3-4 BRT 利用者の以前の交通手段

NO	Transport Modes		BRT Users
			Before
1	Jalan kaki	徒歩	6.3%
2	Sepeda	自転車	1.0%
3	Sepeda motor	オートバイ	26.3%
4	Ojek (termasuk ojek online)	バイクタクシー	3.3%
5	Becak	人力車	0.7%
6	Angkot	ミニバス	28.7%
7	Bus	バス	22.0%
8	Diantar/dijemput	家族・知人による送迎	7.0%
9	Mobil Pribadi	自家用車（自分で運転）	2.3%
10	Taksi (termasuk taksi online)	タクシー	0.7%
11	Lainnya	その他	1.7%

Demand Survey in 2016,IGES 資料

表 3-5 トリップ目的

No	Trip Purposes		%
1	Works	通勤	16.7%
2	GO/Return to Home	帰宅	42.3%
3	Business trip	業務	6.0%
4	School	通学	10.3%
5	Recreation/Social	私事	13.7%
6	Shopping	買物	5.0%
7	Others	その他	4.7%

Demand Survey in 2016,IGES 資料



スマラン市の一般的なバス停（主要バス停以外）

(2) 運行改善により期待される効果

【コリドー I を対象とした改善効果】

既存 BRT(コリドー I)の運行効率を改善し、朝夕のピーク時に運行本数を増便した場合の効果を試算する。

(転換交通量)

朝夕ピーク時利用者数: $2,890,786 \text{ 人} / 365 \text{ 日} \times 25\% \times 2 = 3,960 \text{ 人} / \text{日}$

自動車・バイクからの転換需要: $3,960 / 2 \times 0.36 = 713 \text{ 人} / \text{日}$

自動車からの転換需要 178 人/日、バイクからの転換需要 535 人/日

MSPc-bus: 自動車から BRT への平均転換人・キロ (5,340 人・km/日)

=178 人 x 30 km/日

MSmc-bus: 二輪車から BRT への平均転換人・キロ (16,050 人・km/日)

=535 人 x 30 km/日

(CO₂削減量計算方法)

$ER_y = RE_y - PE_y$

ER_y: 年間の CO₂ 削減量 (t-CO₂/年)

RE_y: 年間のリファレンス排出量 (t-CO₂/年)

PE_y: 年間のプロジェクト排出量 (t-CO₂/年)

$RE_y = MSPc\text{-bus} \times 365 \times 0.9 / PSpc \times EFpc / 1000$

+ $MSmc\text{-bus} \times 365 \times 0.9 / PSmc \times EFmc / 1000$

=435+962=1,397

(出典) Co-Benefit Study 2017-Kick Off 21 April 2017(P15)

PSpc: 自動車の平均乗車人員 (1.2 人/台)

EFpc: 純削減を加味した自動車 1 台の平均 CO₂ 排出量 (0.298kg-CO₂/台・km)

(出典) IPCC 1996 Revised reference manual (Early Three-way Catalyst: 8.0km/litre)

PSmc:二輪車の平均乗車人員 (1.2 人/台)

EFmc:純削減を加味した二輪車 1 台の平均 CO₂ 排出量 (0.219kg-CO₂/台・km)

(出典)IPCC 1996 Revised reference manual (Non-catalytic control: 10.8km/litre)

(運行増便による CO₂ 増加量)

PEy = EFbus x Dbus=1,262 kg-CO₂/日

EFbus:純削減を加味した BRT バス 1 台の平均 CO₂ 排出量 (1.011kg-CO₂/台・km)

(出典)IPCC 1996 Revised reference manual (Moderate Control Heavy Duty Diesel:
2.4km/litre)

Dbus:増便される BRT バスの運行距離(1,248 台・km/日)

=24 便 x 52 km/往復

【コリドーⅡ～Ⅷを対象とした改善効果】

BRT(コリドーⅡ～Ⅷ)の運行効率を改善し、朝夕のピーク時に運行本数を増便した場合の効果を試算する。その際、コリドーⅧの目標利用者数は、沿線土地利用が似通っているコリドーⅦの目標値を路線延長日で補正して設定した。(コリドーⅧ=872,000 人/年)

(転換交通量)

朝夕ピーク時利用者数: 10,829,014 人/365 日×25%×2=14,834 人/日

自動車・バイクからの転換需要:14,834/2×0.36=2670 人/日

自動車からの転換需要 668=670 人/日、バイクからの転換需要 2,002=2,000 人/日

MSpc-bus:自動車から BRT への平均転換人・キロ 20,100 人・km/日)

=670 人 x 30 km/日

MSmc-bus:二輪車から BRT への平均転換人・キロ (60,000 人・km/日)

=2,000 人 x 30 km/日

(CO₂削減量計算方法)

ERy = REy - PEy

ERy:年間の CO₂削減量 (t-CO₂/年)

REy: 年間のリファレンス排出量 (t-CO₂/年)

PEy: 年間のプロジェクト排出量 (t-CO₂/年)

$$\begin{aligned} \text{REy} &= \text{MSpc-bus} \times 365 \times 0.9 / \text{PSpc} \times \text{EFpc} / 1000 \\ &+ \text{MSmc-bus} \times 365 \times 0.9 / \text{PSmc} \times \text{EFmc} / 1000 \\ &= 1,639 + 3,579 = 5,236 \end{aligned}$$

(出典) Co-Benefit Study 2017-Kick Off 21 April 2017 (P15)

PSpc: 自動車の平均乗車人員 (1.2 人/台)

EFpc: 純削減を加味した自動車 1 台の平均 CO₂ 排出量 (0.298kg-CO₂/台・km)

(出典) IPCC 1996 Revised reference manual (Early Three-way Catalyst: 8.0km/litre)

PSmc: 二輪車の平均乗車人員 (1.2 人/台)

EFmc: 純削減を加味した二輪車 1 台の平均 CO₂ 排出量 (0.219kg-CO₂/台・km)

(出典) IPCC 1996 Revised reference manual (Non-catalytic control: 10.8km/litre)

(運行増便による CO₂ 増加量)

$$\text{PEy} = \text{EFbus} \times \text{Dbus} = 8,196 \text{ kg-CO}_2 / \text{日}$$

EFbus: 純削減を加味した BRT バス 1 台の平均 CO₂ 排出量 (1.011kg-CO₂/台・km)

(出典) IPCC 1996 Revised reference manual (Moderate Control Heavy Duty Diesel: 2.4km/litre)

Dbus: 増便される BRT バスの運行距離 (8,107 台・km/日)

$$= 24 \text{ 便} \times (53.2 + 52.6 + 57.6 + 56.7 + 38.4 + 36.4 + 42.9) \text{ km/往復}$$

【全体コリドー I ~Ⅶを対象とした改善効果】

$$\begin{aligned} \text{REy} &= \text{MSpc-bus} \times 365 \times 0.9 / \text{PSpc} \times \text{EFpc} / 1000 \\ &+ \text{MSmc-bus} \times 365 \times 0.9 / \text{PSmc} \times \text{EFmc} / 1000 \\ &= 6,633 \text{ kg-CO}_2 / \text{日} \end{aligned}$$

$$\text{PEy} = \text{EFbus} \times \text{Dbus} = 9,458 \text{ kg-CO}_2 / \text{日}$$

3.1.3 事業化の可能性

モーダルシフトによる CO₂ 削減効果は、中長期的にはモーダルシフトの効果を定着させ、公共交通の主流化の流れを形成していくことができる効果が期待されているものの、スマラン市、Trans Semarang では、独自の施策として IC カード化、インターネット上でのバスロケーションシステムが既に実施されており、日本側提案によるスペックインの可能性は低いと判断される。

3.2 既存 BRT(ディーゼル燃料)の CNG バス化

3.2.1 Trans Semarang バス車両 CNG 化の背景

インドネシア政府は、公害の削減と燃料の多様化を目的とした「石油からガスへのプログラム」目標を達成するため、公共交通部門における天然ガスの使用を積極的に推進している。

このような中、Trans Jakarta では、バスの燃料は CNG (Compressed Natural Gas: 圧縮天然ガス)・インドネシア語では BBG (Bahan Bakar Gas: 燃料ガス) にすでに切り替えられている。

現状、ジャカルタにおいては、政策誘導の側面もあり、ディーゼルと比較して、CNG (Compressed Natural Gas: 圧縮天然ガス)の方は燃費が良くなるように CNG 価格が設定されている。

ディーゼルと比較して排出係数の低い天然ガスに燃料転換することによって、コストと温室効果ガスの双方を同時に削減することも考えられることから、JCM 補助金スキームを使った形でのバス車両 CNG 化の検討を実施した。(下図参照)。

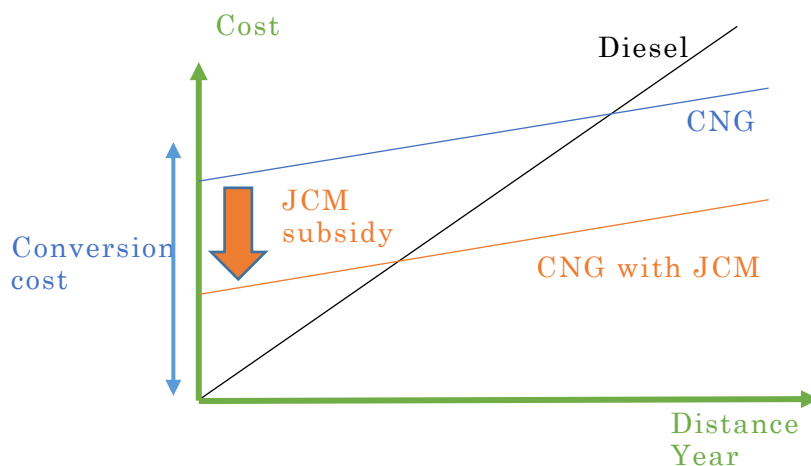


図 3-2 ディーゼル燃料、CNG 化、JCM 活用による CNG 化のコスト比較イメージ



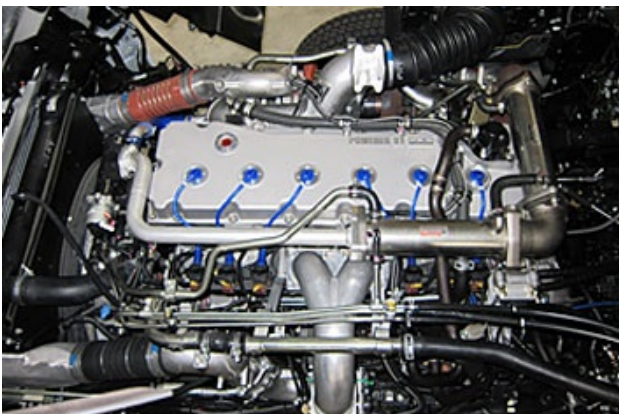
出所:AAPG UGM



Mobile Refueling Unit (MRU)
出所:AAPG UGM



Stasiun Bahan Bakar Gas (SPBG)
出所:Indo petro news



改造機器
出所:HKS



改造機器
出所:日本政府

3.2.2 ジャカルタ市及びスマラン市のガス供給施設

(1) ジャカルタ市のガス供給施設

ジャカルタ市では、天然ガスの供給価格は1リットル3,100 インドネシアルピアに固定されている。

※ ディーゼル価格（BIO SOLAR:IDR5150、SOLAR Premium IDR6550、Pertamina Dex IDR8900）

以下は、ジャカルタ市内における天然ガス供給施設であり、通常のガソリンスタンドで天然ガスも供給するSPBGと、天然ガスタンク車から天然ガスを供給するMRUが存在している。



Pertamina のガス・ステーション

表 3-6 ジャカルタ市内の天然ガス供給施設

種別	ステーション 番号	供給会社	住所	用途
SPBG	A. 34.02.02	プルタミナ	Jl. Raya Pesing (Pool PPD), Jakarta Barat	Trans Jakarta・自家用車・タク シー・三輪タクシー (Bajaj)・ 小型公共バス (Angkut)
SPBG	A. 31.03.01	プルタミナ	Jl. Pemuda, Jakarta Timur	Trans Jakarta・自家用車・タク シー・三輪タクシー (Bajaj)・ 小型公共バス (Angkut)
SPBG	A.31.114.01	プルタミナ	Jl. Raya Daan Mogot, Jakarta Barat	Trans Jakarta・自家用車・タク シー・三輪タクシー (Bajaj)・ 小型公共バス (Angkut)
SPBG	A.34.04.01	プルタミナ	J2l. Kapten Tendean, Jakarta Selatan	Trans Jakarta・自家用車・タク シー・三輪タクシー (Bajaj)・ 小型公共バス (Angkut)
MRU	-	PGN	Jl. Medan Merdeka Sel. No.14, T.5/RW.2	自家用車・タクシー・三輪タク シー (Bajaj)
MRU	-	PGN	Jl. Dr. Susilo Raya No.22C/D, RT.5/RW.5	自家用車・タクシー・三輪タク シー (Bajaj)
MRU	-	PGN	Jl. I Gusti Ngurah Rai No.15 AB, RT.1/RW.15	自家用車・タクシー・三輪タク シー (Bajaj)



CNG 供給スタンドの様子



圧力は 200bar に設定



Mobile Refueling Unit (MRU) の内部



MRU 搭載車両



天然ガスパイプラインの引き込み・圧縮機

(2)スマラン市のガス供給施設

スマラン市における Bahan Bakar Gas (BBG:圧縮天然ガス・CNG)供給施設については、2014 年に政府の公共事業(プルタミナ名)にてステーションが 3 ヶ所設置されている。いずれもバスターミナルの近くに立地している。

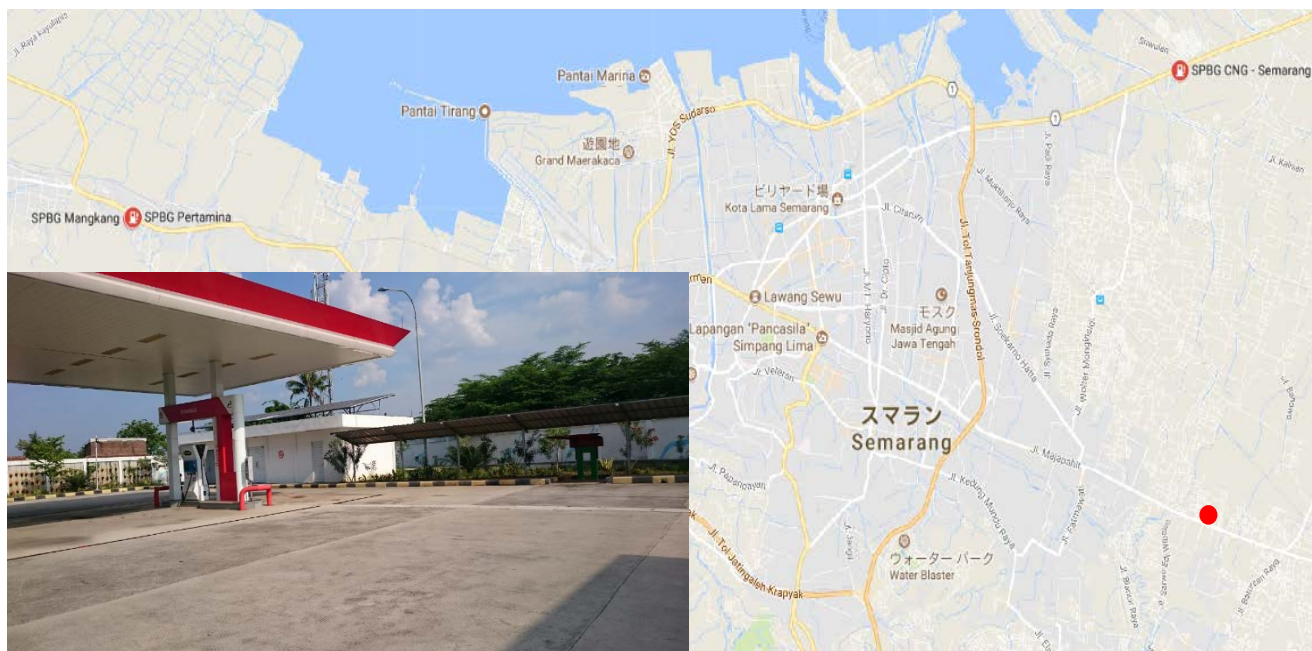


図 3-3 スマラン市における Bahan Bakar Gas (BBG:圧縮天然ガス・CNG)供給施設



利用されていないスマラン市の CNG 供給スタンドの様子



太陽光が利用されているが、バッテリーが弱っているため、夜間照明としては機能していない。



天然ガスディスペンサー（韓国製）



3.2.3 CNG 化改造のためのガス容器等

CNG 化改造においては、コア部品のほとんどを日本メーカー製で調達する予定である。これらの改造ではデュアルフュエル型として、CNG のみならず、CNG ユニット故障時はディーゼルに復帰させることも可能な構造とする予定である。CNG の経済性が優れていることから、基本的には CNG を使おうとするインセンティブは保たれる。



PRESSEURE REGULATOR (KEIHIN 製)



ECU (Electric Control Unit)



CNG タンク (Type I)



軽量 CNG タンク



CNG タンク (Type II)

3.2.4 Trans Semarang バス車両 CNG 導入可能性

(1) 前提条件

表 3-7 導入可能性調査の前提条件

基本要素	前提条件
1 日当たりのバスの走行距離	240km/日
バスの年間稼働日数	320 日/年
プロジェクト期間	5 年

- PGN 及び Pertamina が 直ぐに CNG をサービスするか不確定であること。
- 北酸と Gazindo Raya の JV がスマラン市で CNG を供給すること。
同 JV が CNG を供給するための条件は、以下のとおり。
- CNG の需要は、少なくとも 2,000kNm³ 確保されること。
- CNG の最低販売価格は、リットルに相当する 1,000Nm³ 当たり 5,000 ドルにすること。

(2) 検討プラン

Trans Semarang は、Trans Semarang 保有の大型バス 25 台の場合と中型バス 47 台を合わせた 72 台の場合について CNG 化を検討しているとともに、将来的には、運行委託している民間コンソーシアムの中型バス 59 台を合わせた 131 台の CNG 化を計画している。

そこで、検討プランとして以下の3つのプランを設定した。

表 3-8 検討プラン

プラン	条 件
プラン A	25 台（大型バス：燃費 2.6km/ℓ_ディーゼル）
プラン B	72 台（大型バス 25 台：燃費 2.6km/ℓ_ディーゼル） （中型バス 47 台：燃費 3.5km/ℓ_ディーゼル）
プラン C	131 台（大型バス 25 台：燃費 2.6km/ℓ_ディーゼル） （中型バス 106 台：燃費 3.5km/ℓ_ディーゼル）

(3)事業費と補助額

a)JCM 事業化に向けた設備規模

表 3-9 JCM 事業化に向けた設備規模

プラン	総事業費 (千円)	投資収益率 (%)
A	43,500	18.0%
B	91,440	22.9%
C	151,620	33.9%

b)スマラン市負担額比較

表 3-10 検討プラン別スマラン市負担額比較

プラン	総事業費 (千円)	補助額 (千円)	CO ₂ 削減 (t-CO ₂ /年)	市負担額 (千円)
A	43,500	5,450	272	38,050
B	91,440	12,750	638	78,690
C	151,620	25,600	1,280	121,020

3.2.5 JCM 設備補助事業の実施体制(案)～Trans Semarang バス CNG 化

以下に JCM 設備補助事業の実施体制(案)を示す。

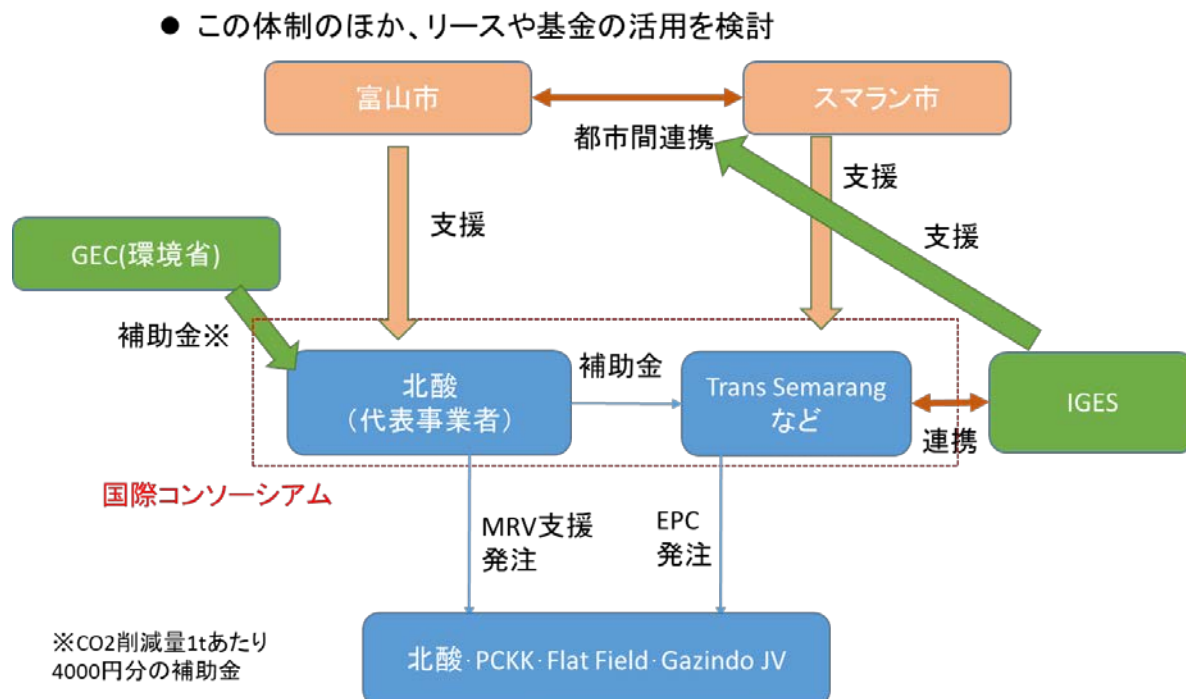


図 3-4 実施体制(案)

3.2.6 初期費用を抑える手法(案)

(1)リース方式の活用

- 5 年リース
- 投資の支払いは、5 年間のコストに分割可能。
- プラン B(バス台数:72 台)の場合、Trans Semarang 負担額の 54,666 千円をリース方式とする場合、年間支払額は 18,279 千円。

(2)インフラ基金の活用

- 基金はレンタル料だけでなく、転換収入からの年間リターンも必要。
- 最低限の内部収益率は、30%を超えることが必要。

3.2.7 事業化の可能性

本プロジェクト実現のためには、スマラン市、Trans Semarang による事業予算の確保が必須であるが、現時点で予算化には至っておらず、8 月に補正予算検討が実施される予定である。今後都市間連携における継続的な働きかけにより、スマラン市、Torans Semarang において予算化ができるかについて引き続き注視する。

4. 再生可能エネルギーおよび省エネルギー設備の導入可能性調査

4.1 Diponegoro 大学および構内への再生可能エネルギー導入可能性

4.1.1 大学構内にある教育用ダムへの小水力発電の導入可能性

(1) 調査対象施設

以下に調査対象施設である Diponegoro 大学構内にある教育用ダムの位置を示す。



図 4-1 Diponegoro 大学教育用ダム位置図

(2) 施設の概要

本調査において、Diponegoro 大学が所有する教育用ダムには、2014 年に小水力発電が導入されていることが分かった。導入された経緯としては、電力削減等の目的ではなく、学生へのデモンストレーション用(教育目的)として導入されたものである。

水力発電は学校施設に電力を供給するものではなく、教育ダム付近の街路灯2ヶ所程度に電力供給可能なものであるが、完成後、実際には全く利用されていない状況である。

また、水力発電の所有権及び維持管理責任は、公共事業省(PU)にあるが、2019 年までに Diponegoro 大学への譲渡が予定されている。



ダム湖内の取水塔の状況



発電所建屋内の状況



発電所周辺の状況



発電所建屋内の状況

図 4-2 Diponegoro 大学教育用ダムの状況

(3) 発電計画

教育用ダムには 15kW の水車が導入されているが、学生向けのデモンストレーション用に導入されたものであり、実際には全く活用されていない。しかし、実運用するためには、損失の大きいスルースバルブを採用している点や、流量変動に自動で対応できず手動での調整が必要等、様々な課題がある。

さらに、教育用ダムの流量、貯水量から期待できるポテンシャルを活かしきれておらず、数倍の規模の水力発電が可能と想定される。

以上より、教育用ダムのポテンシャルを最大限に活用し、学生への技術啓発の目的だけでなく、大学内の施設へ電力供給し電気代の大幅な削減が可能な水力発電を導入する計画とする。

本調査の結果、教育用ダムで期待できる発電出力、使用水量、有効落差、配管径、年間発電量、年間 CO₂ 削減量は下表のとおりである。

表 4-1 Diponegoro 大学教育用ダム発電計画

項目	値
発電出力	80kW
使用水量	500L/s(0.6m ³ /s)
有効落差	18m
配管径	φ250
年間発電量※1	433MWh/年
年間 CO ₂ 削減量※2	255t-CO ₂ /年

※ 1 年間発電量の計算式

発電出力 × 24 (時間) × 365 (日) × 設備利用率 × 稼働率
= 80 (kW) × 24 (時間) × 365 (日) × 65 (%) × 95 (%)
≒ 433MWh/年

※ 2 年間 CO₂ 削減量の計算式

432MWh/年 × 0.590 t-CO₂/MWh
≒ 255t-CO₂/年

(4) 設備計画

既設の取水設備、配管設備、建屋、放水路を利用し、水車・発電機のみを更新、または増強することで、低コストでの水力発電を導入可能である。

水車は、活かしきれていないポテンシャルのために「追加導入による増強案」と「更新案」が考えられるが、既設の発電所建屋には空きスペースがほとんど無いため、水車を追加設置することは困難である。よって、既設水車を撤去し、教育用ダムのポテンシャルに見合った水車を新たに導入する「更新案」を採用することとする。

導入する水車の形式は、構造が簡単で安価なポンプ逆転水車（両軸）が適していると考えられる。

入口弁は、既設のスルースバルブから、一般的なバタフライ弁に更新する必要がある。

以上より、本プロジェクトでの導入設備は、水車、入口弁、電気設備（発電機、盤、送電線）となる。

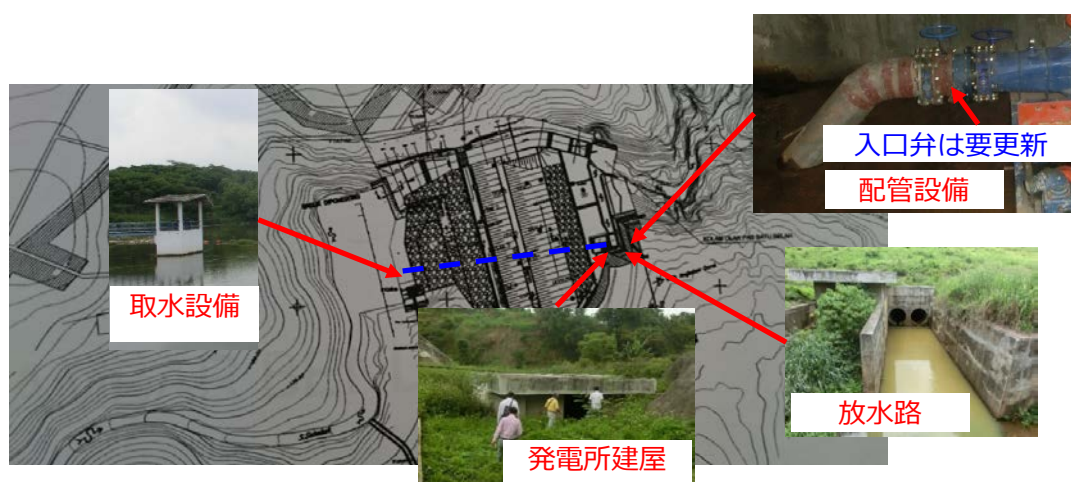


図 4-3 Diponegoro 大学教育用ダム設備計画図



出典：水機工業資料より

図 4-4 ポンプ逆転水車の例

(5) 事業費

教育用ダム小水力発電における概算の事業費を下表に示す。

表 4-2 事業費

	直接工事費 (千円)	直接経費 (千円)	SV 費用 (千円)	総事業費 (千円)
教育用ダム小水力発電	37,416	3,984	25,028	66,427

(6) エネルギーコスト削減効果

教育用ダム小水力発電における、電力料金単価の設定条件とエネルギーコスト削減結果を下表に示す。

表 4-3 ケース設定条件(教育用ダム小水力発電)

	電力料金単価 (IDR/kWh)	電力料金単価※ (JPY/kWh)
教育用ダム小水力発電	925	7.77

※ IDR 1 = JPY 0.0084

表 4-4 エネルギーコスト削減効果(教育用ダム小水力発電)

	年間発電電力量 (kWh/year)	エネルギーコスト削減効果 (IDR/year)
教育用ダム小水力発電	432,774	400,315,950 (JPY3,362,654)

(7) 事業採算性検討

a) 投資回収年数

教育用ダム小水力発電における投資回収年数の計算結果を下表に示す。なお、SV 費用については、日本側事業者と現地事業者の役割分担等、施工時におけるスキームにより変動する可能性があるため、ここでは、表 4-2 に記載した SV 費用に対し、100%の場合と 50%の場合の 2 パターン設定した。

投資回収年数は、設計施工管理費を 100%見込んだ場合 18 年、設計施工管理費を 50%見込んだ場合 14 年となった。

表 4-5 投資回収年数(教育用ダム小水力発電)

		投資回収年数
教育用ダム小水力発電	SV 費用 100%の場合	18
	SV 費用 50%の場合	14

※ JCM 補助率 40%(事業者負担率 60%)

b)IRR(内部収益率)

教育用ダム小水力発電における IRR(内部収益率)の計算結果を下表に示す。

IRR は、設計施工管理費を 100%見込んだ場合 1.2%、設計施工管理費を 50%見込んだ場合 4.3%となった。

表 4-6 IRR 計算結果(教育用ダム小水力発電)

		内部収益率 (IRR)
教育用ダム小水力発電	SV 費用 100%の場合	1.2
	SV 費用 50%の場合	4.3

(8)CO₂削減コスト

教育用ダム小水力発電における CO₂削減コストの計算結果を下表に示す。

年間 CO₂削減量は 255t-CO₂/年であり、CO₂削減コストは日本円で約 2,592 円/t-CO₂となり、JCM 事業の要件である 4,000 円/t- CO₂を下回る結果となった。

表 4-7 CO₂削減(教育用ダム小水力発電)

	年間 CO ₂ 削減量 (t-CO ₂ /year) ※1, 2	CO ₂ 削減コスト※3 (×1,000IDR/t-CO ₂)
教育用ダム小水力発電	255	350,993 (JPY2,952)

※1 0.59t-CO₂/MWh

※2 法定耐用年数：22 年

※3 ここでのコストは JCM 補助金のことを示す (補助率 40%)

(9) 小水力発電導入のメリット

Diponegoro 大学の教育用ダムに小水力発電を導入するメリットを以下に整理した。

- ①CO2削減によりGreen Metric targetsの達成に貢献
- ②発電電力を大学内で利用することで**電気代の削減**
- ③現在導入されている**水車の大幅な増強が可能**（15kW⇒**80kW**）
- ④発電・停止も**自動の運転制御**が可能（オペレーションコストの削減）
- ⑤日本の先進技術を導入可能（取水ゲート技術等）
- ⑥ダムだけでなく、**水力発電についても、水車の研究開発や発電所の運用等も学習でき、将来の技術者の育成が期待**できる。

図 4-5 教育用ダムへの小水力発電導入のメリット

(10) 大学構内にある教育用ダムへの小水力発電の導入可能性調査結果まとめ

Diponegoro 大学の教育用ダムでは、既設の水力発電所が現状使用されておらず、稼動できたとしても電力の供給先が限定されているなど、実運用が困難な状態となっている。

一方で、本調査で検討したように、既設の取水配管等の設備は活用しつつ、水車や発電機等はより出力の大きいものに更新することができることから、事業実施のための費用を圧縮することが可能となっている。試算では、投資回収年数は 14 年程度であり、かつ CO₂ 削減コストも JCM 事業の要件である 4,000 円/t- CO₂ を下回っていることから、JCM の設備補助事業として一定の事業性があると判断される。ただし、現時点では、既設の水力発電所の所有権及び維持管理責任が PU にあり、近い将来において Diponegoro 大学に移管される予定であることから、事業実施のタイミングとしては、移管のタイミングに合わせる事が妥当と考えられる。なお、PU 担当者の話では、設備移管の時期は未定とのこと。

4.1.2 処分場へのバイオマス発電の導入可能性

(1) 調査対象施設

以下に調査対象施設である Diponegoro 大学構内にあるごみ処分場の位置を示す。

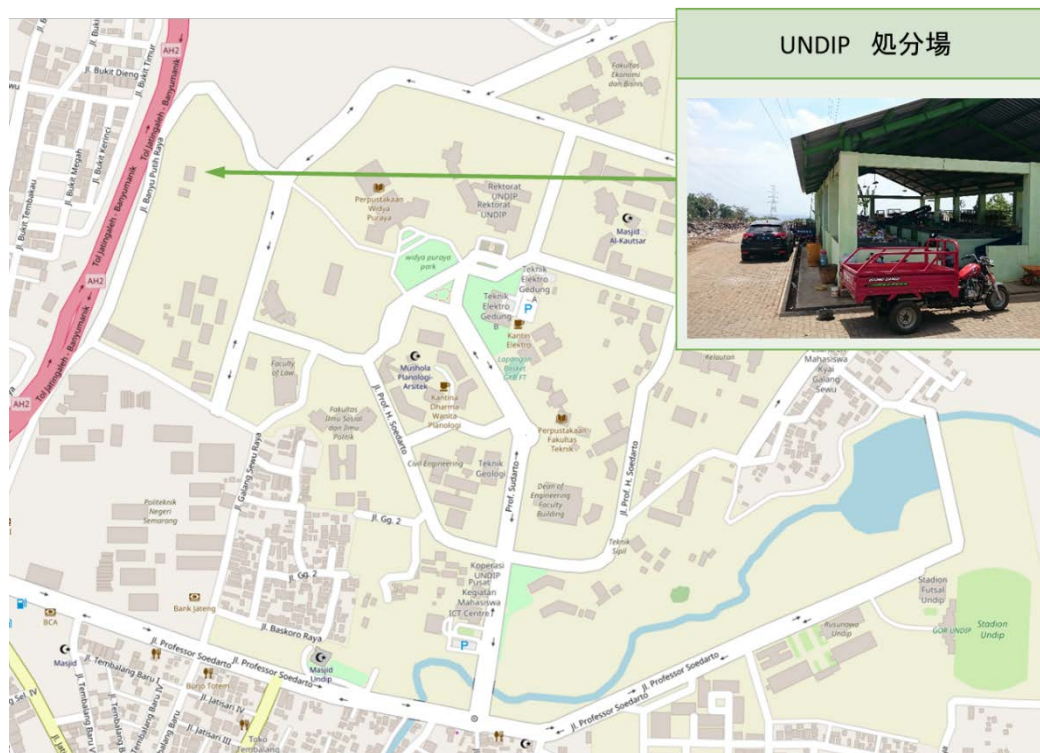


図 4-6 Diponegoro 大学構内施設位置図

(2) 施設の概要

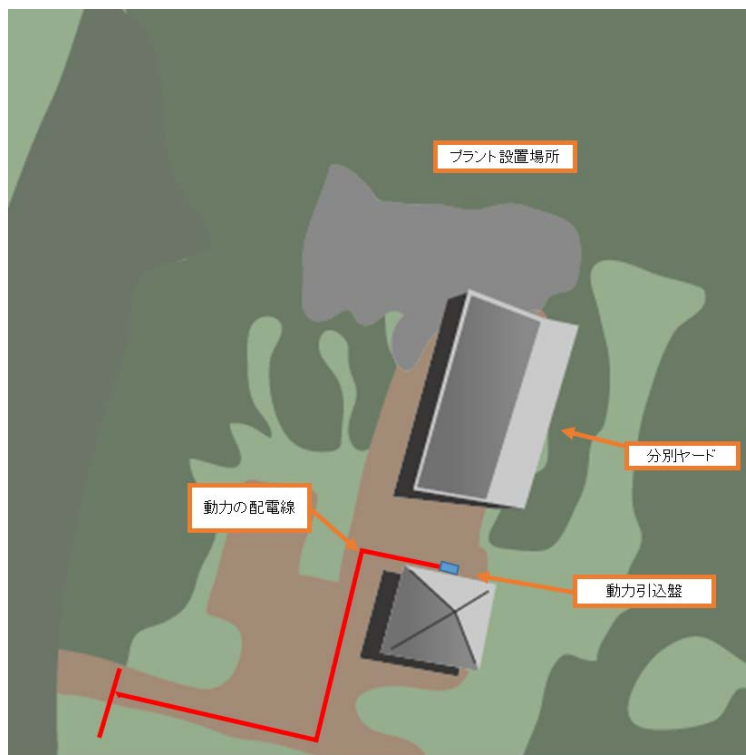
以下にゴミ処分場の施設概要を示す。



(3)施設の配置計画

バイオマスプラントは、ゴミ堆積場所に設置し、そこから管理棟の動力盤と連系することで構内負荷に電力供給する。

以下にバイオマスプラントの配置計画案と想定スペックを示す。



スペック例

発電出力	200kW
発電効率	15%～30%
熱出力	300～400kWth
年間稼働時間	8,000時間
必要な木材チップ量	1,000～1500t/年 (含水率15%以下)
設置スペース	100～150㎡

■ 配置条件

- ✓ バイオマスプラントは処分場堆積スペースに設置。
- ✓ 発電電力は管理棟の動力引込盤と連系し、構内負荷に供給。
- ✓ 運転時の廃熱はコンポスト化等で有効活用。

図 4-7 バイオマスプラントの配置とスペック例

(4) バイオマス発生状況

以下に UNZIP で試算した廃棄物発生量を示す。

表 4-8 施設毎の廃棄物発生量(2015 年)

教員/施設	平均出現量		平均出現単価	
	kg / 日	L / 日	kg / 人 / 日	L / 人 / 日
FH	26,234	75,000	0,008	0,156
FEB	34,366	706,406	0,009	0,276
FTS1	52,058	592,236	0,009	0,140
FTD3	15,970	391,236	0,010	0,295
FK	106,255	191,093	0,040	0,550
FPP	134,709	1,518,948	0,026	0,674
FIB	32,824	784,783	0,007	0,168
FISIP	33,997	75,000	0,008	0,133
FSM	281,273	277,931	0,022	0,479
FKM	49,309	491,959	0,037	0,344
FPIK	56,261	686,603	0,010	0,116
FPSi	38,760	456,885	0,008	0,102
Rektprat	23,346	461,853	0,100	1,820
Undip Press	1,063	12,333	0,080	1,370
UPT Perpus	29,303	89,546	0,120	2,890
LPPM	8,788	99,827	0,160	4,680
LP2MP	4,944	90,450	0,100	1,520
ICT	10,551	289,500	0,167	5,000
Lab Terpadu	0,580	91,059	0,050	1,400
PKM	5,940	94,963	0,014	0,200
Rusunawa	32,824	568,826	0,010	0,881
合計	978,775	8,046,436	-	-

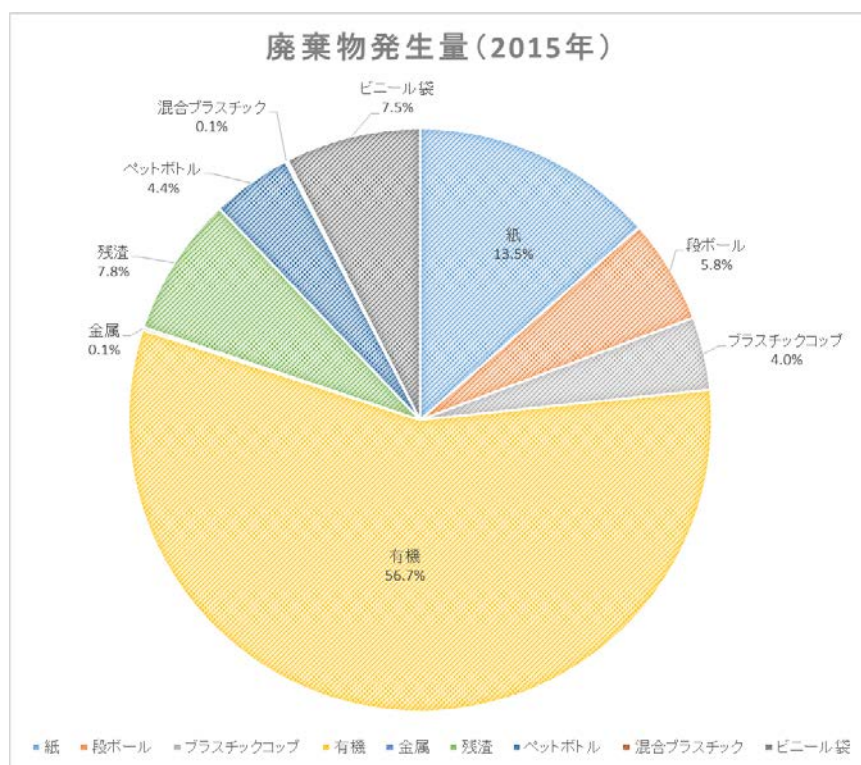


図 4-8 大学構内全体の廃棄物発生割合(2015 年)

ヒアリング内容	・ごみ処分場は、2016 年 4 月から運営を開始し、約 1 ha の広さがある。 ・バイオマス量について正確な量は未掌握だが、最低でも 300t/年はある。発生ごみの中で、木質は 60～70%程度。木質バイオマス量を 300t/年とすると、一般ごみは 200t/年。合計 500t/年。 ・大学は今後も拡張する見込みで 7～10 年後には現在の 2 倍になると想定される。製材工場など外部からの廃材利用も可能だが、持ち込みには制約があるため初期段階では学内資源に限定しパイロット事業として実施し、将来展開として外部資源を利用するという計画にしたい。 ・バイオマスプラントを学内に設置した場合、実験や研究など教育目的として使える可能性はあるが、その場合は大学のプログラムを変更しなければならない。 ・大学としては、ごみを早く減らしたい。必ずしも発電でなくても良い。コンポストはかつて試したがうまくいかなかった。   視察の様子
----------------	--

(5)実現可能性

大学構内で発生する木質バイオマス資源量について詳細な発生量は把握できていないものの、ヒアリングの結果によると年間 300t はあるとのことであった。しかしながら、ある程度の採算性を考慮すると年間で 1,000t～1,500t 程度は必要となるほか、チップした場合の品質を確保することから、事業化の可能性は低いと判断される。

4.1.3 ICT センターおよび大学病院の屋根への太陽光発電の導入可能性

(1) 調査対象施設

以下に調査対象施設である ICT センターおよび Diponegoro 国立病院の位置を示す。



図 4-9 Diponegoro 大学施設位置図

(2) 施設の概要

a) ICT センター

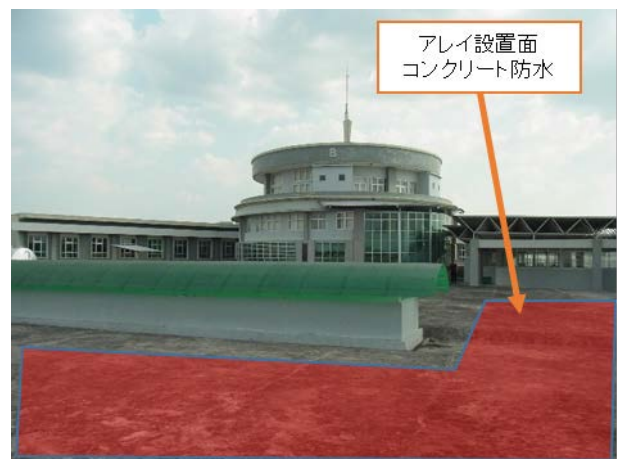
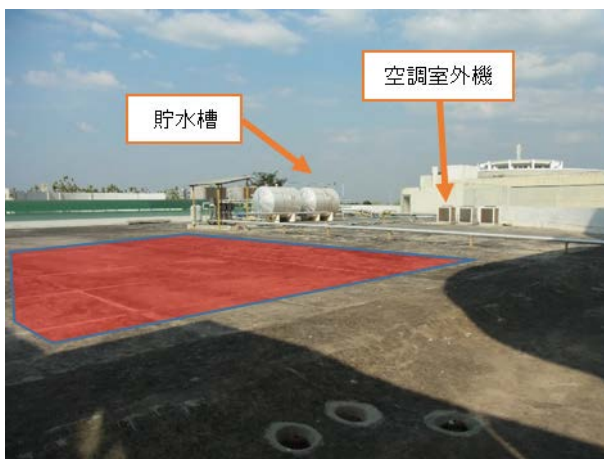
以下に ICT センターの施設概要を示す。フェンスや塔屋など影の影響を考慮し、概ね赤枠の範囲がアレイの設置スペースとなる。





b) Diponegoro 国立病院

以下に Diponegoro 国立病院の施設概要を示す。フェンスや庇、室外機等の影の影響を考慮し、概ね赤枠の範囲がアレイの設置スペースとなる。





(3) 気候条件

以下にスマラン市と東京都の気候比較と冬至におけるスマラン市の太陽高度を示す。

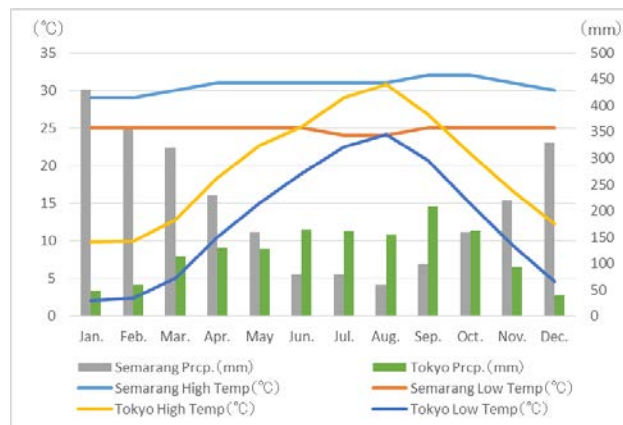


図 4-10 スマラン市と東京都の気候比較

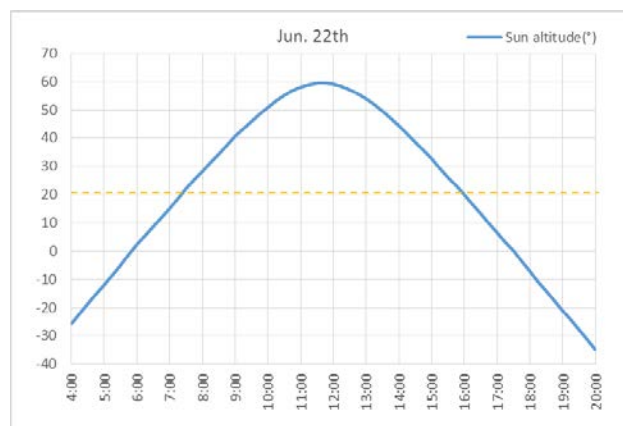


図 4-11 スマラン市の太陽高度(冬至)

(4) 配置検討

a) ICT センター

ICT センター2 棟で約 58kW の発電が可能との試算結果となった。以下に ICT センターにおける太陽電池アレイの配置案と配置検討のための条件を整理した。

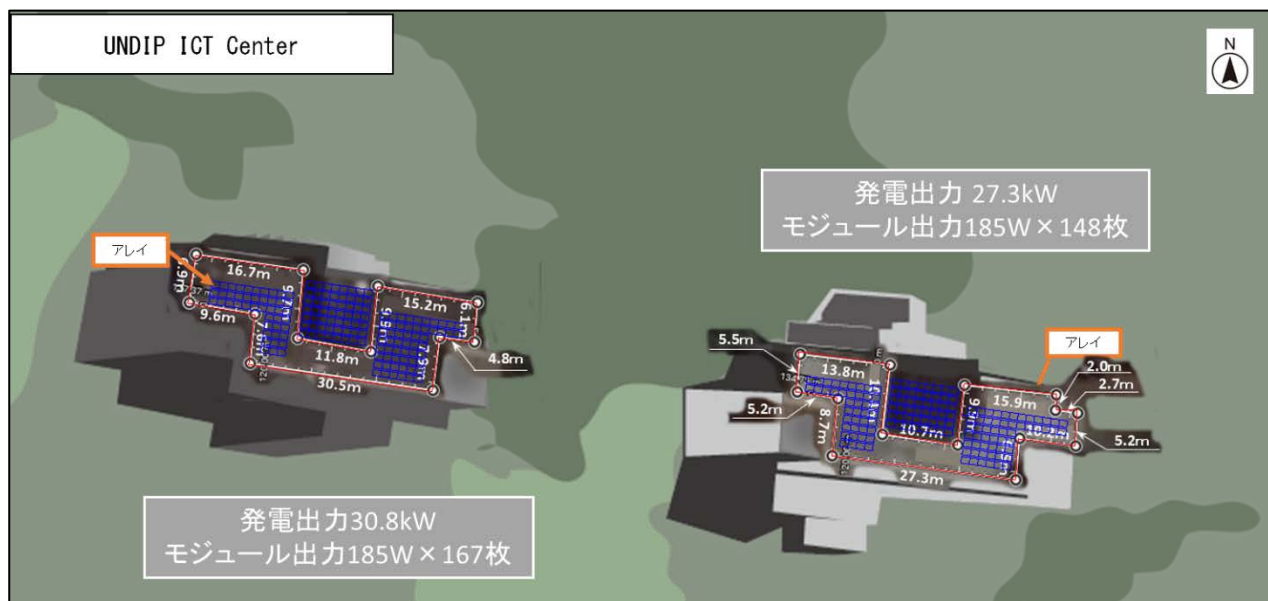


図 4-12 ICT センター配置案

表 4-9 アレイ配置条件

施設名称	アレイ [段]	方位角 [°]	傾斜角 [°]	アレイ離 隔[mm]	モジュー ル数[枚]	発電出力 [kW]	合計出力 [kW]
左棟	1 段	約 9	5	265	167	30.8	58.1
右棟	1 段	約 9	5	265	148	27.3	

b) Diponegoro 国立病院

Diponegoro 国立病院で約 153kW の発電が可能との試算結果となった。以下に Diponegoro 国立病院における太陽電池アレイの配置案と配置検討のための条件を整理した。

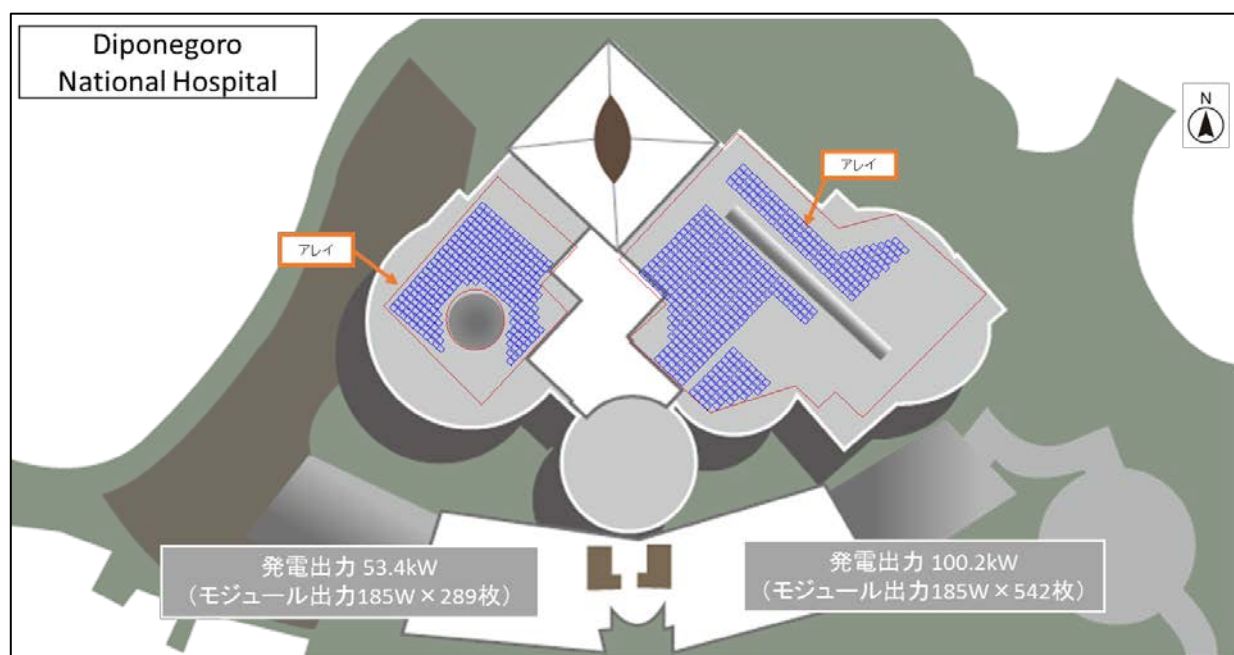


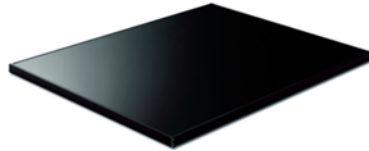
図 4-13 Diponegoro 国立病院配置案

表 4-10 アレイ配置条件

施設名称	アレイ [段]	方位角 [°]	傾斜角 [°]	アレイ離 隔[mm]	モジュー ル数[枚]	発電出力 [kW]	合計出力 [kW]
左棟	1 段	約 9	5	265	542	100.2	153.6
右棟	1 段	約 9	5	265	289	53.4	

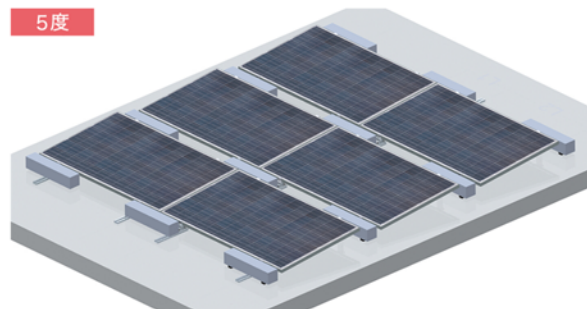
■ 配置条件（共通）

- ✓ 太陽電池モジュールは対象施設の屋上に設置。
- ✓ 太陽電池モジュールの寸法は、スマラン市の気候を考慮し、高温時においても発電のロスが少ない CIS 太陽電池を採用したと仮定。

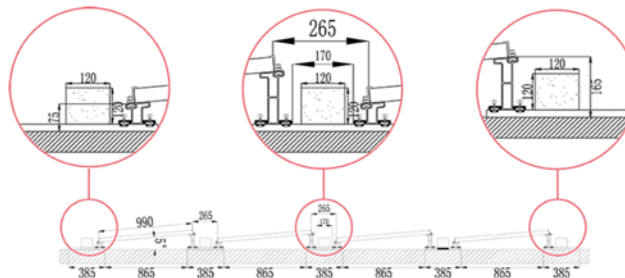


ソーラーフロンティア製 CIS 太陽電池モジュール（参考）

- ✓ 架台は陸屋根用とし、設置枚数を最大化するため傾斜角度は 5° とした。



リープトンエネルギー株式会社製陸屋根用架台（参考）



リープトンエネルギー株式会社製陸屋根用架台（参考）

- ✓ 太陽電池モジュールの設置範囲は屋上搭屋など日影ができる範囲を考慮して配置した。
- ✓ 日影範囲は、冬至（6/22）の太陽高度 20° を基準とした。

(5) 発電計画

ICT センターと Diponegoro 国立病院における年間発電量と CO₂ 削減効果を試算したところ、年間発電量は合計で 327,812kWh、CO₂ 削減効果は 193t・CO₂/年となった。

以下に両施設の推定月別発電量と年間発電量を整理した。

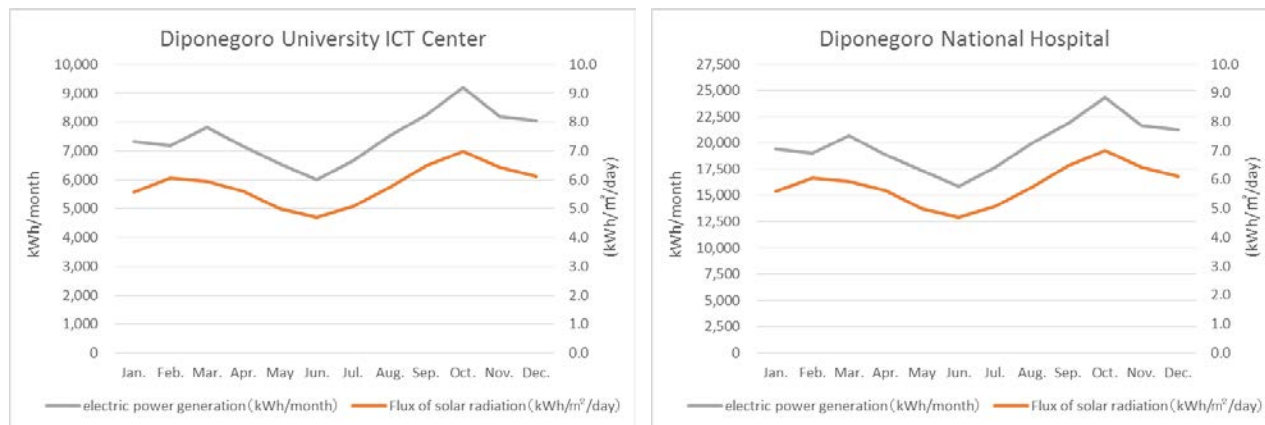


図 4-14 推定月別発電量

表 4-11 推定年間発電量と CO₂ 削減効果

施設名称	合計出力 [kW]	年間発電量 [kWh/年]	CO ₂ 削減効果 [t-CO ₂ /年]
UNDIP ICT Center	58.1	89,922	53
Diponegoro National Hospital	153.6	237,890	140
合計	211.7	327,812	193

(6)事業費

ICT センターと Diponegoro 国立病院を合計した総事業費は 42,270 千円との試算結果であった。以下に ICT センターとディポネゴロ大学病院の事業費を示す。

表 4-12 総事業費

	直接工事費 [千円]	直接経費 [千円]	SV 費用 [千円]	総事業費 [千円]
221kW	28,930	4,340	9,000	42,270

(7)エネルギーコスト削減効果

年間発電量からエネルギーコストの削減効果を試算したところ、ICT センターとディポネゴロ大学病院との合計で IDR303,226,100/年と推計された。以下にその試算結果を整理した。

表 4-13 エネルギーコスト削減効果 (IDR/kWh)

施設名称	年間発電量 [kWh/年]	削減エネルギーコスト [IDR/年] ※
UNDIP ICT Center	89,922	83,177,000
Diponegoro National Hospital	237,890	220,048,000
合計	327,812	303,226,100

※大学には 3 種類の契約電力単価があり (IDR735/kWh、IDR925/kWh、IDR1102.2/kWh)、本検討では中間値である IDR925/kWh で試算

(8)事業採算性

事業性試算の結果、JCM の設備補助率が 20%以上であれば法定耐用年数内での投資回収は可能との結果になったものの、日本側 SV 費を考慮すると補助率が 20%では UNDIP 側が JCM を活用するインセンティブが少ないため、補助率 30%程度での事業化が望まし

い。一方でリース方式の場合は、リースにかかる利息手数料が事業費に上乗せされるため、設備補助率が 30%であっても法定耐用年数内に投資回収は困難との試算結果であった。

表 4-14 投資回収年数と IRR

事業スキーム・補助率		投資回収期間 [年] ※1	内部収益率 [%] ※1
PV211kW	補助率 20%	17	1.3
	補助率 30%	16	2.3
	リース方式・補助率 30% ※2	22	-0.6

※1 いずれも電力単価の中間値である IDR925/kWh で試算

※2 リース費の支払い期間は 5 年間

(9)CO₂削減単価

補助率 20%と 30%の場合における CO₂削減単価を試算したところ、いずれの場合も 4,000 円/t-CO₂ 以下となった。以下に試算結果を整理した。

表 4-15 CO₂削減単価

事業スキーム		年間発電量 [kWh/年]	CO ₂ 削減量 [t-CO ₂ /年]	CO ₂ 削減単価 [円/t-CO ₂]
PV211kW	補助率 20%	327,812	193	2,023
	補助率 30%			3,035

(10) 事業スキーム(案)

a) 一括購入

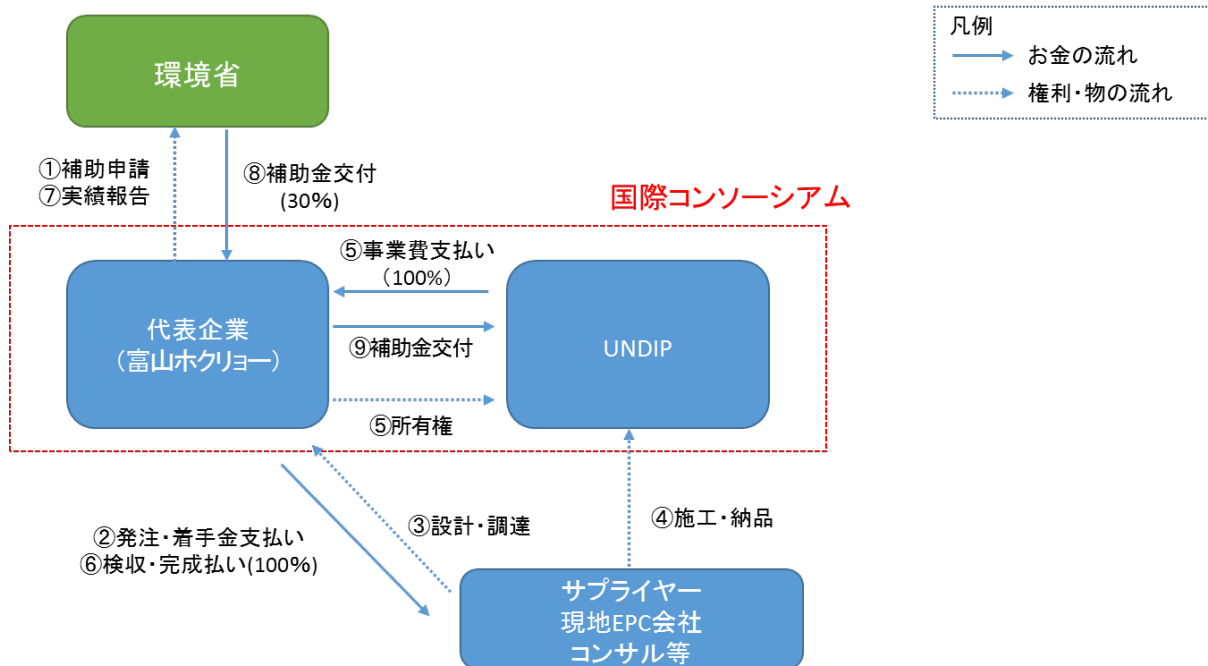


図 4-15 事業スキーム案(一括購入)

b) リース方式

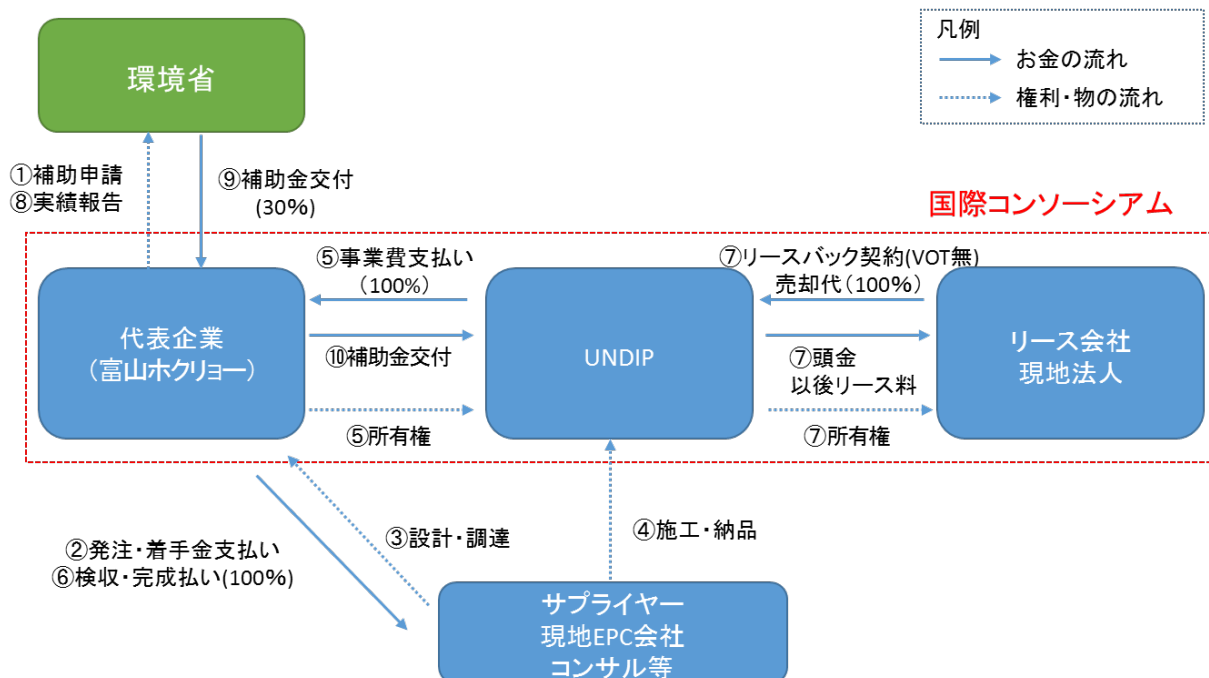


図 4-16 事業スキーム案(リース方式)

(11) 太陽光発電導入にかかるメリット

以下に太陽光発電事業実施にかかるメリットを整理した。

本事業は、大学が掲げるサステナブルスマートキャンパスの実現に向けた取り組みとして、大学の目標とも整合するものである。



図 4-17 事業実施のメリット

(12) 事業化の可能性

(8) 事業採算性で示したとおり、JCM の設備補助率が 20%以上であれば法定耐用年数内での投資回収は可能との結果になったものの、SV 費を考慮すると補助率が 20%では UNDIP 側が JCM を活用するインセンティブがないため、事業化の可能性は低い、補助率が 30%程度であれば事業化の可能性はあると判断される。

一方でリース方式の場合は、リースにかかる利息手数料により、現状の規模では法定耐用年数内での投資回収は困難との試算結果となったため、リース方式による事業化の場合は、より設備規模を大きくする必要がある。本検討と同条件と仮定した場合に、400kW程度の発電規模とした場合は、リース方式であっても法定耐用年数内に投資回収が可能となる試算結果であったため、400kW程度の規模であればリース方式における事業化可能性はあると

判断される。

また、UNDIP 側の予算化としては現時点で事業家のための予算化には至っておらず、今年度の大学予算状況を鑑みると、大きな予算の確保が困難な状況にあることから、現状規模あるいは他の事業スキーム等を視野に事業化を目指す可能性もある。

4.2 Jatibaran ダムへの水力発電の導入可能性

4.2.1 調査対象施設

以下に調査対象施設である Jatibaran ダムの位置を示す。



図 4-18 Jatibaran ダム位置図

4.2.2 ヒアリング調査

(1) ヒアリング調査の目的

本調査を進めている中で、Jatibaran ダムでは水力発電所建設事業者の公募が行われている状況であることがわかった。そこで、Jatibaran ダム事務所担当者等に対し、公募の状況や参入の余地、Jatibaran ダム周辺での水力発電の可能性についてヒアリングを実施した。

表 4-16 ヒアリング調査

日程	訪問先	目的
①2017.10.30	Jatibaran ダム事務所	Jatibaran ダム水力発電所建設事業への参入の可能性を検討するため
②2017.11.2	Century Park Hotel	

(2)ヒアリング調査

ヒアリング調査の結果、Jatibaran ダム水力発電所建設事業は、既に落札者が PT Daya Mulia Turangga に決定しており、水車メーカーも選定済であることがわかった。よって、Jatibaran ダム水力発電への参入は非常に困難であると判断した。

概要	日時：2017 年 10 月 30 日（月）15:00～16:00 場所：Jatibaran ダム事務所 出席：【現地】Jatibaran ダム担当者、公共事業省（PU） 【調査団】富山市、水機工業、PCKK
内容	・Jatibaran ダム水力発電の落札者等の情報については、管轄の PU-Jakarta に確認が必要である（その後、落札者が PT Daya Mulia Turangga であることを確認） ・Jatibaran ダムより下流側は河川勾配がなだらかである。Simongan canal 周辺は落差があまり無いが、水機工業の開水路タイプの水車であれば導入可能性はある。 ・Jatibaran ダム上流にダム建設計画があるが、先の話である。  

概要	日時：2017 年 11 月 2 日（木）17:30～18:45 場所：Century Park Hotel 出席：【現地】PT Daya Mulia Turangga 【調査団】富山市、水機工業、PCKK
内容	・入札ルールではないが、自社のポリシーとして水車メーカーの選定条件を、技術的に信頼できること、インドネシアに支社を有している会社であることと考えている。水力発電を運営する期間（25 年）に機械が故障した場合に現地事務所がないと早急な対応が望めないためである。 ・水車メーカーとして、Golal(オーストリア) VOITH（ドイツ）を選定した。入札書提出時には、VOITH の採用を決めていた。様々なフィージビリティスタディを実施してくれたことと、コスト的にも最も良かったことが採用の理由である。 ・今後日本企業が参入する可能性については、チャンスが皆無とは言わないが、低いと思われる。採用した水車メーカー及び本事業の投資家双方の理解を得なければならない。 ・PT Daya Mulia Turangga は、ジャティバラン以外にも水力発電プロジェクト（セラユ川）を落札している。当セラユ川の事業も、水車メーカーは VOITH に決まった。 ・セラユ川はスマラン市外にあり、幅 100m、250m³/s 。ここでは、0.6MW×8 台を計画している。 ・インドネシアでは 2 タイプのプロジェクト方式がある。「投資家マター」とは「政府マター」である。 ・「投資家マター」は、当該地方の民間セクターからの評価を得ないとならず、日本企業の参入は難しいのではないか。「政府マター」の場合、水利権の取得・調整等については、政府がサポートをしてくれるので比較的容易であるし、発電した電力も、基本的に PLN が買い取ってくれる。ESDM は前者である。 ・PT Daya Mulia Turangga は、投資だけでなく、運営管理等オペレーションも担う。1～2 年、水車メーカーの技術指導を受ける。 ・公共案件はスマラン市以外の地域でも実施しているので、インドネシア政府に紹介してもらえばどうか。スマラン市でも、今後たくさんプロジェクトがあるだろう。

4.3.1 調査対象施設

The map shows a rural landscape with a prominent blue river winding through it. A red circle is drawn around a specific point on the river, indicating the location of the study area. The map includes labels for 'Kangkung' in the upper right, 'Kebonbatur' in the lower right, and 'Sungai Besar Kencana Timur' along the river. A road with a white line and arrows is visible on the left side of the river. The background is a light beige color, and there are some green patches representing vegetation or fields.

60

4.3.2 Pucanggeding ダム

Pucanggeding ダム周辺では、農業用水路から Babon 川に接続している排砂路に落差がある。ここに 10kW 程度の開水路タイプの水車を導入することが考えられる。

排砂路は基本的に水が流れていないため、排砂路に常に流水するオペレーションに変更可能か課題となる。

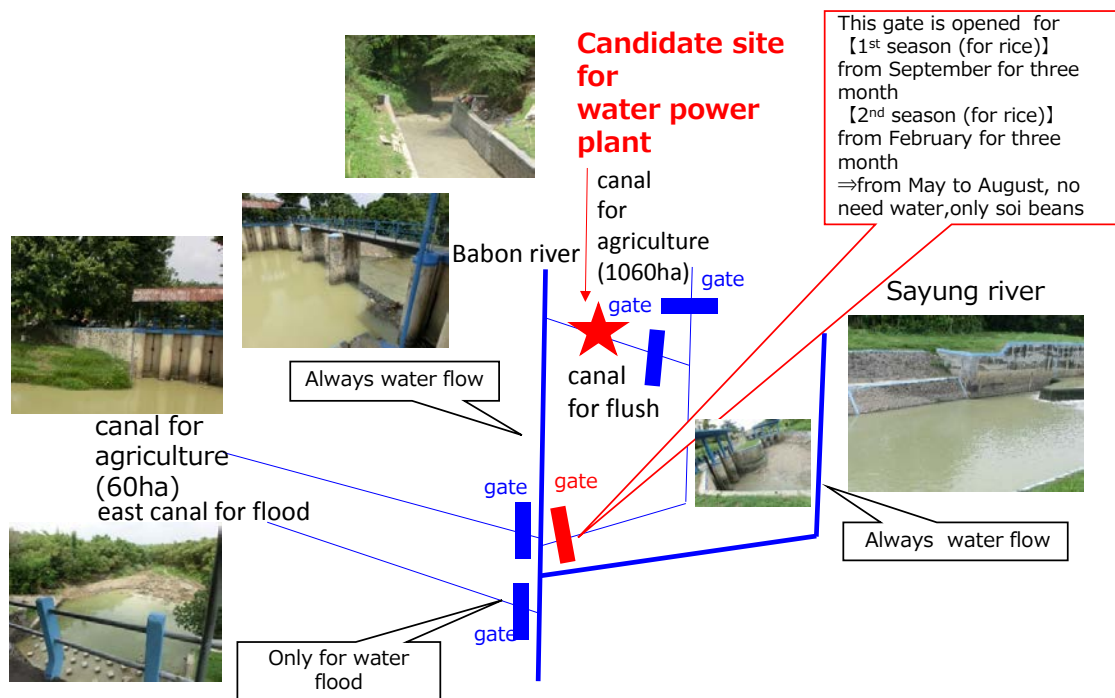


図 4-21 Pucanggeding ダムにおける小水力発電の検討

4.3.3 Simongan canal

Simongan canal には、農業用水路の取水堰があり、洪水後の排砂ゲートが両岸に併設されている。

排砂ゲートは基本的に閉鎖されており、洪水後、堆積した砂を流す(フラッシュ)ために開放される。目安として洪水後、水位が 60cm から 30cm 程度に低下した際に開く。

ここでは、下図の例に示すようなポンプゲート一体型のような方式の水力発電装置を導入することが考えられる。規模としては流量、落差の状況から 30kW 程度の出力の水車が設置可能と想定される。



図 4-22 Simongan canal における小水力発電の検討



図 4-23 ポンプゲートの例

4.3.4 スマラン市内農業用水路への水力発電の導入可能性検討結果まとめ

以下に、スマラン市内農業用水路への水力発電の導入可能性調査の結果についてまとめる。いずれについても、排砂路への設置を想定しており、継続的に発電を行うためには、排砂路を通常の運用とは異なる方法で運用することになるため、そのようなオペレーションの変更が実現すれば導入が可能であると想定される。一方、いずれについても導入する水車の形式が一般的な形式のものではなく出力もあまり大きくないことから、教育用ダムの場合と比較すると費用対効果は劣ることになる。

表 4-17 スマラン市内農業用水路への水力発電の導入可能性検討結果(1)

	発電出力	水車形式
Pucanggeding ダム	10kW	開水路型 
Simongan canal	30kW	ポンプゲートー体型 

表 4-18 スマラン市内農業用水路への水力発電の導入可能性検討結果(2)

	年間発電量	年間 CO ₂ 削減量	課題
Pucanggeding ダム	54,093 kWh/year	32t-CO ₂ /year	・ オペレーションの変更可能性 ・ 導入コスト(開水路型)
Simongan canal	162,279 kWh/year	96t-CO ₂ /year	・ オペレーションの変更可能性 ・ 導入コスト(ポンプゲートー体型)

4.4 スマラン市小中学校における太陽光発電導入の可能性

4.4.1 調査対象施設

スマラン市内の次の小中学校において太陽光発電の導入可能性を検討した。

表 4-19 調査対象施設

施設名称	
①	State Primary School Sendangmulyo 4 Semarang
②	Junior High School 39 Semarang

4.4.2 配置検討

(1) State Primary School

太陽電池アレイは、渡り廊下の屋根に配置することで、合計約 60kW の発電が可能と試算された。ただし、一部においては、屋根構造上補強が必要であることが確認された。



図 4-24 太陽電池アレイの配置場所

表 4-20 発電出力

施設名称	モジュール出力 [W]	モジュール数 [枚]	発電出力 [kW]
State Primary School	330	184	60.7

(2) Junior High School

太陽電池アレイは、屋根構造からアレイの重量に耐えうる建物を選定し、配置可能な枚数を試算したところ約 29kW の発電が可能との結果である。

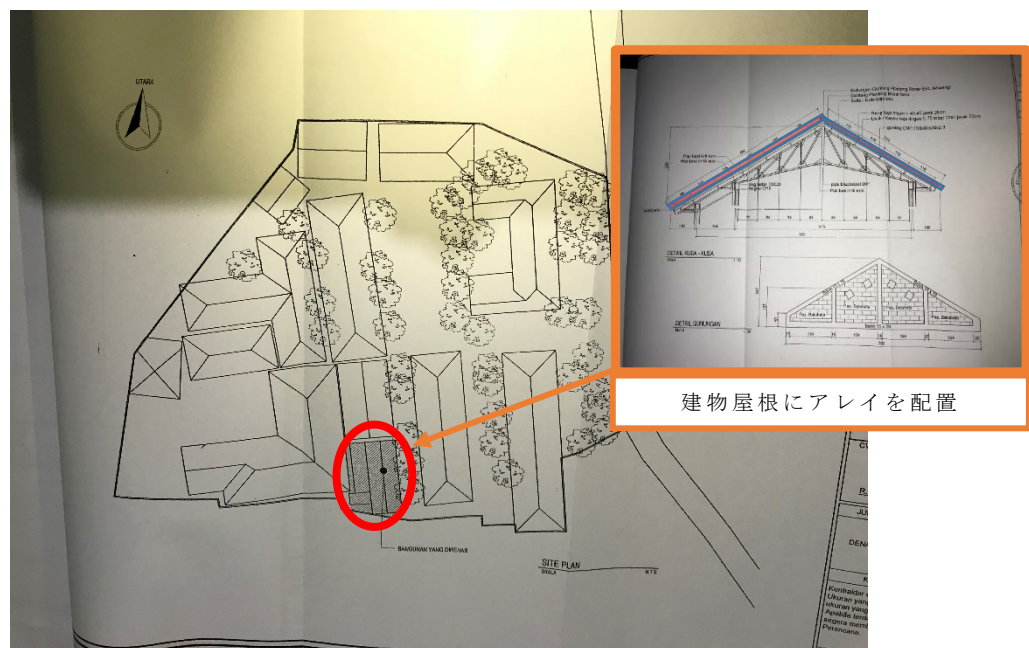


図 4-25 太陽電池アレイの配置場所

表 4-21 発電出力

施設名称	モジュール出力 [W]	モジュール数 [枚]	発電出力 [kW]
Junior High School 39 Semarang	330	90	29.7

4.4.3 発電計画

年間発電量とCO₂削減効果を試算したところ、年間発電量は合計で139,735kWh/年、CO₂削減効果は合計で約82t-CO₂と推計された。

以下に施設毎の年間発電量とCO₂削減効果の結果を示す。

表 4-22 年間発電量とCO₂削減効果

施設名称	合計出力 [kW]	年間発電量 [kWh/年]	CO ₂ 削減効果 [t-CO ₂ /年]※
State Primary School Sendangmulyo 4 Semarang	60.7	93,837	55
Junior High School 39 Semarang	29.7	45,898	27
合計	90.4	139,735	82

※ CO₂ 排出原単位：0.59 t-CO₂/MWh

4.4.4 事業費

小中学校での総事業費は、24,800 円との試算結果であった。

表 4-23 事業費

事業費	直接工事費 [千円]	直接経費 [千円]	SV 費用 屋根補強費 [千円]	総事業費 [千円]
90kW	13,147	1,973	9,680	24,800

4.4.5 エネルギーコスト削減効果

年間発電量からエネルギーコストの削減効果を試算したところ、小中学校合計で IDR132,189,310/年と推計された。以下に試算結果を整理した。

表 4-24 エネルギーコストの削減効果

施設名称	年間発電量 (kWh/年)	削減エネルギーコスト (IDR/年) ※1
State Primary School Sendangmulyo 4 Semarang	93,837	88,769,802
Junior High School 39 Semarang	45,898	43,419,508
合計	139,735	132,189,310

※1 電力単価 : IDR946/kWh

4.4.6 事業採算性

事業性試算の結果、JCM の設備補助率が 30%以上であったとしても法定耐用年数内での投資回収は出来ない結果になった。

表 4-25 投資回収年数と IRR

事業スキーム		投資回収期間 (年)	内部収益率 (%)
90kW	補助率 20%	26	-2.1
	補助率 30%	24	-1.5

4.4.7 事業化の可能性

検討の結果、現状の 90kW 規模では JCM 事業での投資回収は困難であるため、JCM 制度を活用するメリット(イニシャルコスト削減による事業性確保)を大きくするためには、より大きな設備規模にする必要がある。試算の結果では太陽光発電の規模が 290kW 程度で、補助率を 30%程度見込むことが出来れば、一定の事業性が確保されと考えられる。た

だしそのためには 1,200 m²程度の設置面積と追加で 30,000 千円程度の導入予算を確保する必要がある。

以上により、現時点での事業化の可能性は低いと判断される。

4.5 産業分野における省エネルギー事業の実施施設のスクリーニング

4.5.1 工業団地の管理会社へのヒアリングの実施

(1) ヒアリング調査の実施目的

スマラン市内の工業団地に入居する日系企業に対して省エネルギー事業等に関する JCM 設備補助事業への関心についてヒアリングを実施した。

表 4-26 ヒアリング調査

日程	訪問先	目的
①2017.9.18	BSB 工業団地	日系企業へのヒアリングを実施し、省エネルギー事業への取組および JCM 設備補助事業への関心について調査した。
②2017.9.29	KIW 工業団地	

(2)ヒアリング調査

概要	日時：2017年9月18日（月）13：00～15:00 場所：BSB工業団地内 出席：【現地】A社、B社 【調査団】富山市、IGES、PCKK
内容	【要旨】 ・調査団より調査事業の概要について説明し、JCMの設備補助事業について関心がある場合は、引き続き協議させて頂くことを確認した。 ・同年10月末に開催する日系企業向けワークショップへの参加を依頼した。 【調査団】 訪問の趣旨、富山市とスマラン市の都市間連携の意義、JCM案件化調査の概要について説明。 【現地】 以下の意見があった ・省エネや再エネへの設備投資予算があまりなく現時点では省エネ事業を実施するのは難しい。（A社） ・工場の電力コストが課題となっており、JCM事業について関心はあるため、どのような設備を保有しているか情報提供は可能。（B社）

概要	日時：2017 年 9 月 19 日（火）10：00～11:30 場所：KIW 工業団地内 出席：【現地】C 社 【調査団】富山市、IGES、PCKK
内容	【要旨】 ・ 調査団より調査事業の概要について説明し、10 月に省エネ診断を実施させて頂くことを確認した。 ・ 同じく 10 月末に開催する日系企業向けワークショップについて近隣の日系企業への声掛けに協力して頂くことを確認した。 【調査団】 訪問の趣旨、富山市とスマラン市の都市間連携の意義、JCM 案件化調査の概要について説明。 【現地】 以下の意見があった ・ 日本側本社からも環境負荷低減への取り組みを推奨されており、本工場で実施できる省エネの取り組み（太陽光発電や LED 照明への交換など）を模索していたため、JCM 設備補助事業について関心がある。 ・ 省エネ診断の受け入れ可能

4.5.2 日系企業への説明会の実施

(1) 日系企業向け説明会の開催目的

スマラン市近郊の工業団地に入居する日系企業に対して、JCM 都市間連携事業の意義および設備補助事業に対する理解を醸成する目的で下記のとおり説明会を実施した。

(2) 開催概要

概要	日時：2017 年 10 月 31 日（火）14：00～16:00 場所：Novotel Hotel Semarang 出席：【現地】KIW・BSB 工業団地内の日系企業 6 社、JCM インドネシア事務局 【調査団】富山市、富山ホクリョー、水機工業、富山ライトレール、フラットフィールド、IGES、PCKK
内容	【要旨】 ・ JCM 制度の概要、インドネシアにおける JCM 事業の紹介（JCM インドネシア事務局） ・ 富山市・スマラン市の都市間連携事業の紹介 ・ 本制度を活用した省エネ機器や再生可能エネルギー設備の導入、バス CNG 化、事業化の事例等に関する説明 ・ JCM スキームを活用した省エネ機器導入に関する質疑応答 【質疑】 ・ LED や太陽光など JCM スキームに当てはまる機器導入設備はどのようなものがあるか。 ・ 古い機器の更新ではなく新規導入の場合も補助対象となるか。 ・ 機器を導入する企業が日本法人でなくても補助対象となるか。 ・ 設備補助の申請にあたり本社側（日本）からの支援は必要か。現地法人のみで申請を完結することはできるか。 ・ 公募の前に事前に事業可能性の相談をすることは可能か。 ・ モニタリング期間において所定の CO₂ 削減効果等を得られなかった場合にペナルティは生じるか。 ・ 実施期間内に更に高効率の機械が出てきた場合、機械の更新は可能か。



4.5.3 対象施設の実地調査

スマラン市内工業団地 (KIW) にある日系企業を対象に、省エネルギー設備更新時に JCM 設備補助事業の利用可能性を確認するための実地調査を行った。

KIW にある日系企業集約部には、天然ガスが供給されているため、空調設備の効率化やボイラの燃料転換などの可能性があった。そこで実地調査では空調設備、ボイラ、照明設備などの設備機器や設備運用について調査を行った。

< 空調設備 >

空調設備は、中央熱源設備方式でなくインバータ対応のパッケージエアコンによる個別空調を行っており、設備更新の高効率化の可能がなかった。また、空調設備設定温度は作業場所によって 26℃～28℃と既に運用改善の可能性もなかった。



インバータ対応パッケージエアコン室外機

< 照明設備 >

照明設備は 5,000 灯以上あり、高天井箇所に水銀灯 (400W)、その他の箇所に FL 照明設備を利用していた。

高天井箇所では一部蛍光灯型への交換を実施していた。また、工場全ての照明設備を LED 照明へ更新する計画があるものの、設備更新は 2018 年 3 月までに全て実施するため、JCM 設備補助事業の利用は時期と合わなかった。



水銀灯（高天井箇所）

<その他設備>

その他の設備としては、非常用発電機、コンプレッサを保有していた。非常用発電機は年間 30h～40h 程度の停電対応として導入しているものの、省エネルギー効果を得られるものではない。コンプレッサは 8 台(37kW×5 台,75kW×3 台)あり、そのうち一台がインバータ式であった。個々のコンプレッサの運転状況が確認できなかったが、今後コンプレッサ更新時にインバータ式を採用することによる省エネルギー効果を得られる可能性があることの提案を行った。

5. 環境省への進捗報告会

調査の進捗と取りまとめ成果の報告を目的とした進捗説明会を以下のとおり開催した。

表 5-1 進捗報告会の開催

番号	日時	内容
①	2017.10.6 15 : 00～17 : 00	第 1 回現地調査の結果を踏まえた進捗報告 ・ 9/13～21 に実施した現地調査の概要 ・ 今後の進め方およびスケジュールについて
②	2018.1.5 13 : 30～15 : 00	第 2 回現地調査の結果を踏まえた進捗報告 ・ 10/29～11/4 で実施した現地調査の概要 ・ 今後の進め方およびスケジュールについて
③	2018.2.26 13 : 00～	調査の最終成果報告 ・ 調査報告書について

6. 国内自治体で開催する調査地でのワークショップ等の事前打合せ

調査対象地でのワークショップ等の事前打合せを以下のとおり実施した。

表 6-1 ワークショップ等の事前打合せ

番号	日時	内容	参加者
①	2017.8.28 10:00 ~ 15:00	調査対象地での第1回ワークショップ（Kick off work shop）開催に向けた協議 ・第1回現地調査のスケジュール及び訪問先 ・ワークショップ開催日程およびプログラム等	富山市 PCKK 富山ライトレール 水機工業 富山ホクリョー 日本海ガス
②	2018.1.5 13:00 ~ 15:00	調査対象地での第2回ワークショップ（Wrap up workshop）開催に向けた協議 ・第3回現地調査のスケジュール及び訪問先 ・ワークショップ開催およびプログラム等	富山市 PCKK

7. 調査都市でのワークショップ

本業務ではインドネシア・スマラン市において、スマラン市の関係者を招いて2度のワークショップを開催し、富山市-スマラン市間の都市間連携事業の取り組みやインドネシア他都市で行われているJCM都市間連携事業の取り組みについて紹介を行った。それぞれのワークショップの概要は以下の通りである。

7.1 第1回ワークショップ(Kick off work shop)

7.1.1 開催日時・場所

- ・日時 2017年10月31日(火)9:00-12:00
- ・場所 Novotel Hotel Semarang, Merbabu 会議室

7.1.2 開催趣旨

スマラン市と富山市は世界の100RCに選出されており、2016年に両都市のCROは富山市復興都市サミットで会合を行った。その会合に於いて両都市はスマラン市のレジリエンス開発プログラムに協力することで合意している。スマラン市におけるレジリエンスプログラムの重要な点のひとつはCO₂排出量の削減である。富山市とスマラン市はJCM都市間連携スキームを通じてスマラン市の低炭素排出都市の実現に向けて取り組みを行っている。今回のワークショップでは、スマラン市関係者を招き、富山市-スマラン市間で取り組んでいるJCM都市間連携事業スキームの紹介や具体的に調査・検討を実施している交通分野、再生可能エネルギー分野の検討状況について紹介することを目的とした。

7.1.3 プログラム

以下にワークショップのプログラムを示す。

表 7-1 第 1 回ワークショッププログラム

時間	アジェンダ	登壇者
08.30-09.00	受付	
09.00-09.10	オープニングスピーチ	スマラン市
09.10-09.20	富山市とスマラン市の都市間連携について	富山市
09.20-09.30	富山市の紹介ビデオ上映	富山市
09.30-09.50	インドネシアにおける JCM プロジェクトについて	JCM インドネシア事務局
09.50-10.05	JCM 都市間連携事業（本調査）概要	PCKK
10.05-10.20	水機工業の企業紹介	水機工業
10.20-10.40	富山ホクリョーの企業紹介	富山ホクリョー
10.40-10.55	公共交通を軸としたコンパクトなまちづくり（富山市の経験）	富山ライトレール
10.55-11.10	グリーンメトリックス制度とディポネゴロ大学の取組み	ディポネゴロ大学
11.10-11.25	スマラン市における IGES の活動紹介	IGES
11.25-11.55	質疑応答	
11.55-12.00	閉会	

7.1.4 議事内容

(1) オープニングスピーチ - スマラン市 経済行政長官補佐

スマラン市は 2013 年に 100RC のメンバーに加入した。100RC への参加によって、災害などのショックや、慢性的に発生している困窮や欠乏などのストレス等によって引き起こされる都市の問題を解決するための支援が得られている。スマラン市 CRS は特に 6 つの点に焦点を

当てているが、それらはすでに 36 のイニシアティブ都市開発計画に含まれている。

今日は、富山市や JCM インドネシア事務局が今後どのような展開を行うか理解を深めていく機会にしたい。インドネシア経済省調整局の調整の下、JCM プログラムを通じて今後より多くの民間セクターが CO₂ 排出に削減プログラム参加することを期待している

(2) ショートスピーチ - 経済調整局協力部長

JCM 事業は、低炭素排出を達成するために 2013 年 8 月から開始されたインドネシアと日本との二国間協力事業である。JCM 制度に基づく CO₂ 排出削減プログラムは、再生可能エネルギー、エネルギー効率、産業および製造の 3 つの分野に焦点を当てており、このスキームの主要プレーヤーは、各国の民間セクターである。

今回の富山市とスマラン市の都市間連携事業はお互いから学ぶ良い機会であり、この協力事業がスマラン市の発展計画に沿ったものになることを期待している。



(3) インドネシアにおける JCM プロジェクト について - JCM インドネシア事務局

JCM 事業の主な要素は、先進国である日本がインドネシアの CO₂ 削減をどのように支援していくかということだ。JCM 事業では CO₂ 削減量を計算し、その削減量に基づいて貸付ではなく助成金を支給するスキームとなっている(30%の助成が上限)。JCM 事業には主に 3 つの事業モデルがある。①モデルプロジェクト(参加企業は入札によって決定する)②デモンストレーションプロジェクト(開始後 3 年間は日本企業により管理され、その後 4 年目から現地企業に管理を引き渡す)③ADB 信託資金 - JFJCM(プロジェクト予算が 1 億ルピア以上の事業)。インドネシアでの JCM 都市間連携事業の事例としては、スラバヤ市-北九州市のビルにおけるエネルギーマネジメ



ントおよび廃棄物管理事業、バタム島-横浜市のエネルギー変換効率とバイオマスエネルギー事業、バンドン市-川崎市のビルにおけるエネルギーマネジメントおよび廃棄物管理および街頭事業などが挙げられる。

今後予定されているインドネシアでの JCM 都市間連携事業はジャカルタ市-川崎市およびスマラン市-富山市のプロジェクトである。

(4) 富山市とスマラン市の都市間連携について - 富山市

2017 年 12 月 14 日に富山市とスマラン市は LOI を締結した。両都市は 100RC のメンバー都市として、今回の都市間連携事業によって今後の将来的な事業の広がりが期待できる。本都市間連携事業が来年予定通り開始出来れば、日本-インドネシアの国交樹立 60 周年記念である 2018 年に記念すべき事業になると考えている。

一富山市の紹介ビデオを上映：富山市の紹介と環境負荷の低い持続的な技術を用いてどのように都市のレジリエンスと市民生活水準の向上を図ってきたかについて紹介された。



(5) JCM 都市間連携事業(本調査)概要 - PCKK

スマラン市と富山市の都市間連携事業では、交通プロジェクトとエネルギープロジェクトの 2 つのプロジェクトの実施を予定している。PCKK の役割は、技術提供プロジェクトの開始に向けて富山市と共にスマラン市の調査を実施することである。プロジェクト初期部分を PCKK が担った後、富山市とスマラン市にプロジェクトを引き渡す。JCM 事業を利用することによるスマラン市の利点は、GHG 排出削減、初期投資の削減、政府計画の実現、技術移転を通じたスマラン市のレジリエント化の実現が挙げられる。

JCM 都市間連携事業に関係する日本側事業実施者は以下の通りである。



分野	プロジェクト	事業実施者
交通	LRT	富山ライトレール、PCKK
	トランススマラン CNG プロジェクト	フラットフィールド、PCKK
	バスマネジメント	PCKK
エネルギー	水力発電 バイオマス発電	水機工業、PCKK
	太陽光発電	富山ホクリョー、PCKK
	工業団地の省エネルギー化	PCKK

それぞれの日本側事業実施者から各社の紹介とそれぞれのプロジェクトでの各社の役割の紹介を行った。

(6) グリーンメトリックス制度とディポネゴロ大学の取組み – UNDIP

グリーンメトリックス制度は、グリーンキャンパスと持続可能性に関するオンライン調査を行いその結果をフィードバックしている。評価ポイントは 6 つ①

Setting とインフラ②エネルギーと気候変動③廃棄物④水資源⑤交通⑥教育。UNDIP はインドネシアで 4 番目の環境配慮型の大学であるとグリーンメトリックス制度に評価された。UNDIP はすでにグリーンメトリックスを支援する様々な取組みを実施しており、将来的な計画も策定済みである。

UNDIP の JCM 都市間連携プロジェクトへの参加は環境配慮のキャンパスを実現するためだけでなく、大学や大学生にとっても環境について学ぶ良い機会となると考えている。



(7) スマラン市における IGES の活動紹介 – IGES

スマラン市と IGES の協力事業は、2016 年 5 月 24 日に LOI に正式に署名した後から取り組みが始まっている。IGES のアカデミックパートナーシップに関する覚書へのサインは 2016 年 11 月に締結している。コベネフィット研究については 2016 年から行われており、今年はス

マラン市の BRT と低炭素都市開発の調査実施する予定。

テーマ	活動内容	協力組織
コベネフィット(SGC)	BRT システム利用者増加にむけた BRT 開発事業(コベネフィット研究フォローアップ)	100RC、UNDIP:都市計画グループ、ITDP ニューヨーク(ジャカルタ事務所)・アドバイザーリーチーム、Save the Children
低炭素都市(CTY)	スマラン市における低炭素都市開発計画についての研究	UNDIP:環境学部、みずほグループ、ITB(アドバイザーリーチーム)

IGES とスマラン市間協力事業の将来展望は以下のとおり。

①調査と具体的計画

- ・JCM FS 調査→UNDIP 大学への PV 設置、その後 FS 調査
- ・交通分野の Co-benefit 調査→都市レジリエント戦略 2.0
- ・低炭素シナリオ→気候変動アクションプラン



②連携とネットワーキング

- ・ステークホルダーとスマランのショーケースの共有
- ・LoCARNet, COP23, WUF, HLS/ESC, APFSD, HLPE, ISAP, COP24 等への参加
- ・SDGs への参加

(8)フォローアップ

- ・2017 年 12 月 14 日に富山市とスマラン市は MOU を締結する予定。
- ・本キックオフセミナーの後、日本側は 2018 年初旬まで本件のフィージビリティ調査を行う予定。

- ・フィージビリティ調査の結果は、2018 年 1 月中旬にスマラン市と関係者を招いたワークショップにて発表予定。



7.2 第 2 回ワークショップ (Wrap up workshop)

7.2.1 開催日時・場所

- ・日時: 2018 年 1 月 19 日 (金) 8:00-11.00
- ・場所: Crowne Plaza Hotel Semarang 7 階 第 1、第 2 会議室

7.2.2 開催主旨

スマラン市と富山市間で進めている、CO₂ 排出量削減に向けた JCM 都市間連携事業の FS 調査結果と進行状況について報告する。

7.2.3 参加者

参加者はスマラン市、UNDIP、スマラン市外の地域の代表者、その他関係企業等が参加した。

7.2.4 プログラム

以下にワークショップのプログラムを示す。

表 7-2 第 2 回ワークショッププログラム

時間	アジェンダ	登壇者
07.45-08.00	受付	
08.00-08.20	開会挨拶 1. 富山市 2.スマラン市	富山市 スマラン市
08.20-08.30	記念撮影	
08.30-08.50	富山市企業紹介(北酸株式会社)	北酸
08.50-09.00	ディポネゴロ大学プロジェクト進捗報告	ディポネゴロ大学
09.00-09.10	IGES の取組紹介・IGES	IGES
09.10-10.10	JCM 調査結果 1. 概要説明 2. 調査報告-小水力 3. 調査報告-太陽光 4. 調査報告-交通	PCKK PCKK PCKK PCKK
10.10-10.50	ディスカッション 1. 討議者代表コメント 2. JCM ジャカルタ事務所コメント 3. オープンディスカッション	100RC Asia Pacific JCM ジャカルタ事務所
10.50-11.00	閉会挨拶 1.富山市 2.スマラン市	

7.2.5 議事内容

(1)開会挨拶-1 - 富山市

2017 年 10 月にスマラン市-富山市間都市間連携ワークショップキックオフセミナーが終了し、2017 年 12 月 14 日に MOU にサインが締結された。FS 調査は 2017 年 9 月から行っており、本日その調査結果について発表、議論を行う予定。スマラン市と富山市の両政府にとって本事業が良い機会になるよう予定どおり今年事業開始となることを祈っている。



(2)開会挨拶-2 -スマラン市 BAPPEDA

本日 BAPPEDA 局長は出張のため、ここで皆様にご挨拶が出来ずに申し訳なく思っている。今日は局長に変わって私からご挨拶申し上げたい。

2016 年からスマラン市は 100RC のメンバー都市に加わり、IGES とコベネフィット事業を共に進めてきた。100RC での活動に加え、IGES は都市間連携事業の活動でスマラン市政府や様々なパートナーと関係を築いている。2017 年 12 月 14 日にスマラン市と富山市は持続可能な都市開発とレジリエンス都市の開発に向けて協力する旨 LOI を締結した。この協力事業では JCM スキームを利用した事業が予定されている。1) UNDIP と Gunung Pati 地方における小水力事業、2) UNDIP と公立学校における太陽光発電事業 3) BRT の CNG Bus 転換事業。Wijaya Kusuma 工業地域における環境配慮型都市開発事業も連携して行う予定である。PT AST Indonesia は将来的な低炭素排出工場実現のために JCM スキームにすでに参加をしている。これらの予定しているプロジェクトの中には、採算性計算が終了していないプロジェクトもあるため、JCM Indonesia 事務局からの支援が必要だと考えている。本日は、スマランの周辺地域や商工会議所からの参加者にとって、JCM の BtoB スキームを利用して何か取り組みが行えるか検討するため、富山市や日本パートナーと直接コミュニケーションをとることの出来る良い機会だと考えている。私たち



は、今回の全ての事業がうまく進み、パートナー間だけではなく、スマラン市の一般市民へも大きなインパクトを与えられる良い機会になることを祈っている。

(3)富山市企業紹介 - 北酸株式会社

北酸は 80 年前に創立された企業向けの LNG,LPG ガスを販売するガス供給会社である。富山市の他、東京都や新潟県にも支店がある。北酸にはいくつかの部門があり、産業向けガス部門（高圧ガス、液化石油ガス、医療用ガスの販売）、LP ガス部門、工業向け材料-化学部門、医療部門がある。水素ガスについては日本の 30%のマーケットシェアを占めている。北酸では、環境配慮型の事業、例えば新エネルギーガスの促進や、スマートコミュニティ/地下水熱利用の産学官連携事業も行っている。

(4)UNDIP プロジェクト進捗報告 - UNDIP

JCM 事業の下 UNDIP で今後取り組む事業は、小水力発電と太陽光発電事業である。グリーンメトリックス指標によれば UNDIP はインドネシアで 4 番目の環境配慮型の取り組みを行っている大学であり、マネジメントやオペレーションを行う上で環境配慮取り組みをさらに促進するよう取り組んでいる。グリーンメトリックスプログラムを押し進めるという UNDIP のコミットメントに沿った計画であり、この取り組みは順調に進んでいる。今回の小水力発電事業と太陽光発電事業を通じて UNDIP はグリーンテクノロジーに取り組む先駆者の一員になり、学生が技術を学ぶ後押しになることを期待している。資金面に関しては、大学の委員会でも今後議論が必要であり、現在この二つの提案について検討中である。資金面で不安な点がある一方、技術面に関しては特に問題ないと考えている。私たちは、この連携事業を富山大学や教育機関とのジョイントプログラムに広げていくことができないかと考えている。今回の事業が出来るだけ早く、実施されることを期待している。

(5)IGES の取組紹介- IGES

IGES の JCM 事業サポートは UNDIP のみで行っているわけではなくスマラン市とも実施しており、現在スマラン市の CO₂削減を目指して FS 調査に取り組んでいる。私たちは、スマラン市での気候変動へのアクションプランの開発と加速も支援し、また低炭素社会構築のためのキャパシティビルディングや知識移転も行っている。FS 調査は現在のスマラン市を見て進

めているが、私たちは 2030 年までのスマラン市の発展可能性を見越して調査を行う必要があると考えている。2017 年 8 月には、スマラン市で低炭素型社会実現についてのキックオフミーティングを開催した。調査結果によると、経済発展の加速に伴ってスマラン市の燃料消費は急速に増加しており、エネルギー需要も拡大していることが分かった。その



ためエネルギー消費量と二酸化炭素排出量を比較し、その後実際にどれほどの二酸化炭素排出量を減らすことが出来たかを計算した。その中で交通セクターからどれだけの化石燃料の使用を減らすことができたかも調査を行った。

2017 年 11 月にドイツのボンで行われた COP23 でこれまでの調査結果を報告した。COP23 にはスマラン市と富山市も一緒にイベントに参加した。

2018 年 1 月 17 日には、UNDIP で SDGs の講義を行った。

また、2016 年から交通セクターのコベネフィット事業に関して活動を行っている。公共交通における排出目録と重点的行動目標を立て、BRT やトランススマランなどの公共交通における優先的政策による影響を調査した後、スマラン市の交通セクターの関係者と一緒にフォローアップアクションを行った。2017 年には BRT 乗客のインターモーダル性の改善に焦点を当てて活動が行われた。また、IGES は UNDIP と ITDP と協力し、BRT システムの改良を行っている。バイクから BRT へのモーダルシフトの促進キャンペーンを中学校の生徒を対象に行った。IGES はスマラン市との今後継続的に協力を行えることを期待している。

(6)JCM 調査結果-司会進行:UNDIP 発表者:PCKK

a)フィージビリティスタディーの概要-PCKK

スマラン市は 100RC のメンバーである富山市と地形的に似た特徴を持っている。2017 年 12 月 14 日に両都市は JCM 都市間連携事業の LOI に署名を行い共に事業を進めていく旨を合意した。今回の調査では、どのように低炭素、小水力、LRT の開発などの環境配慮型の技術をスマラン市に適用することが出来るか調査を行った。JCM 事業は日本とインドネシアの二国間の都市間連携事業である。JCM 事業には日本とインドネシアの企業も協力している。JCM 事業の参加者は国際コンソーシアムを形成し、日本政府からプロジェクト費用の最大 50%の補助金を受けることが出来る。そして CO₂削減量を日本とインドネシアで 2 分する。この協力事業がスマラン市にとって CO₂削減の一助となり、低炭素機器の導入に掛かる初期費用を削減するサポートになることを祈っている。また、私たちは富山市で既に利用されている技術をスマラン市に紹介することも可能。FS 調査は 2017 年 9 月から開始され、2018 年 2 月に最終報告書が完了する予定。交通分野のコラボレーションとしては、BRT の CNG バス化を検討している。また、UNDIP では太陽光発電と小水力発電について調査を行った。スマラン市長との協議では、太陽光パネルをスマラン市内の公立学校に導入する案も出ている。この件に関しては日本企業とさらに協議を行う予定にしている。



b)小水力発電についての調査結果-PCKK

調査は主に UNDIP 教育用ダム、Pucang Gading ダム、Simongan 用水路の 3 つについて行われた。すでに UNDIP には 15kWh の教育用の小水力ダムが設置されていた。設備は準備されていたものの、教育用の小水力ダムとして利用はされていなかった。既存の設備を再稼動することは可能だが、オペレーションはマニュアルで行われているためエネルギー漏れのリスクもある。富山市の水機工業が UNDIP の小水力発電プラントの開発を支援し

ていく予定である。

FS 調査結果：現在の状態を見てみると、小水力発電の導入は、教育用の目的だけではなく、キャンパス内やその他周辺地域への電力提供に十分であると考えられる。発電能力は 80kWh まで拡大することが可能である。また、パワーハウス、排水路、導水路は既存のものが使用可能。一方で道具一式、発電機、導水路の接続部は新たに更新する予定。また、タービンについては既存のものを使用するか、新しいもの(容量 80kWh)に更新するかオプションとしている。機械を置き換える計画はあるものの、スペースの空き状況によって、タービン変更のみとしエンジンはそのまま残す可能性がある。

Pucang ダムは灌漑機能があるため、水流がスムーズに流れるならば、発電プラントとして使用できる可能性がある。

Simongan 用水路は水路や水門を使う大きな川の周りにある。この場所にプロペラ型の 30kWh タービンを導入することは可能である。

c) 太陽光発電の調査結果-PCKK

FS 調査は基礎調査、システム検討、事業化の可能性、経済性評価に分けて行った。まず太陽光パネルは UNDIP の ICT センター、UNDIP 大学病院(RSND)への設置を予定している。太陽光パネルの導入可能範囲は屋根などの陰に入らないことが重要である。ICT センターに設置した太陽光パネルからはおよそ 58kW、大学病院に設置したパネルからは 153kW の発電が可能ということが分かった。これら二つの場所に設置した太陽光パネルからの合計発電能力は、327,812kWh/年と推計される。本事業は以下の 3 つの点で大学にとって利点がある①スマートサステナブルキャンパスの実現(大学が目指すグリーンメトリックス目標に合致)②初期コストの削減③エネルギーコスト削減、環境教育にも役立てること可能である。

d) 交通分野の調査結果-PCKK

インドネシア政府は公共交通セクターによる空気汚染の削減と燃料の多様化を目的とする「Oil-to-Gas Program」の達成のために天然ガスの利用促進を進めている。トランスジャカルタは一定走行距離に必要な燃料価格の安さからバスの CNG 化を進めている。バスの CNG 化にはモバイル燃料タンクユニット、CNG ステーション、変換機などの設備が必要と考

えられる。スマラン市では 2014 年に Pertamina(国有石油・ガス関連会社)がバスターミナルの近くに CNG 供給施設を設置した。北酸は JCM 都市間連携事業の参加企業として、MRV サポートを行うと同時に、CNG バス化についてもトランススマランと協力を行う予定。現在 Pertamina から CNG 供給が行われていないため、富山市の北酸とインドネシアの Gazindo が BRT のガス供給を行うことを計画している。私たちは 3 つの計画を考えている。プラン A は 25 台、プラン B は 72 台、プラン C は 131 台のバスの変換を計画している。それぞれの補助率はプラン A16.7%、プラン B23.5%、プラン C25.9%の計算となる。

(7) 質疑応答セッション

a) 100RC アジアパシフィック

JCM のような連携事業は 100RC のネットワークの一員として他のメンバー都市にもインスピレーションを与えるだろう。100RC ネットワークは、都市が直面する環境、経済、社会的課題に都市が立ち向かい解決していくためのキャパシティビルディングを支援している。都市は非常に複雑な体系をしている。私たちは、「レジリエンス」を都市が何かショック・ダメージが行った場合の回復力・耐える力と定義している。100RC が都市のサポートを行うには 4 つの方法がある。①組織のサポーターとして都市レジリエントオフィサー(CRO)を都市に派遣する。②都市レジリエント戦略を実行する(CRS)。スマラン市はアジアで初のレジリエント戦略を打ち出した都市であり、IGES と共に CRS のプロジェクトを行っている。③100RC 都市をサービスプラットフォームにつなぐ。IGES は私たちのサービスプラットフォームパートナーである。④100RC メンバー間でのネットワーク構築。スマラン市と富山市は両都市のレジリエンスを高めるためにノウハウを共有し、協力している。スマラン市と富山市はそれぞれレジリエンス戦略を立てつつあり、彼らの目標を達成する上で何が重要な戦略かを策定しつつある。両都市はレジリエントチームを立ち上げ、ビジネスパートナーとのつながりを持つだけでなく、レジリエント構築に向けた外部との戦略的なつながりも構築している。

JCM スキームは都市のレジリエンス戦略を進める具体的な方法であり、複数の機関、ビジネス、そして人々を結びつけている。このような協力事業は様々なメリットをもたらす。レジリエンスのあるスマラン市の実現に向けてここに集まったすべての人の力によって、この事業は必ずや実現すると考えている。

b) JCM インドネシア事務所

JCM 事業はインドネシアと日本の間の二国間の協力事業であり、インドネシアでの低炭素社会の実現のため 2013 年 8 月より開始された。今までに既に 115 都市が都市間連携事業を行っている。この事業では多くの技術を利用しており、インドネシアで既に実際に利用されている。JCM 事業では、CO₂削減量を計算し、その削減量に基づいて貸付ではなく助成金を支給する(30%の助成が上限)。JCM スキームには 3 つの事業モデルがある。①モデルプロジェクト(参加企業は入札によって決定)②デモンストレーションプロジェクト(開始後 3 年間は日本企業により管理され、その後 4 年目から現地企業に管理を引き渡す)③ADB 信託資金－JFJCM(プロジェクト予算が 1 億ルピア以上の事業)。都市間連携事業では、都市政府間の取り組みだけではなく、両都市のコミュニティ、各機関、各企業の間に関わりも重要である。JCM は技術支援や FS 調査のサポートを行っている。現在までに、インドネシアでの JCM 事業で行われた都市間連携事業の中には、スラバヤ市・北九州市、バタム市・横浜市、バンドン市・川崎市、スマラン市・富山市のプロジェクトがある。ジャカルタ市も現在 JCM スキームを利用した事業を検討している。

c) 自由討論

・(質問)スマラン市 BAPPEDA

スマラン市としてはこのプロジェクトが実施される際の管理面について懸念している。スマラン市にはこの JCM スキームを行うに当たって必要事項を満たすだけの管理を行える機関がないことが懸念事項である。特に公立学校での太陽光発電と UNDIP のダムの利用時にこの問題が発生すると考えている。市としてどのように関わって行けば良いか。CNG バスへの変換プロジェクトに関しては、既に BRT の運営を管理している BLU Trans Semarang があるため、このような問題は発生しないと考えている。

また、スマラン周辺の他の機関の同僚が JCM 事業に参加したいと言っているが、JCM 事業に参画するためにはどのような方法があるか。

・(回答)JCM ジャカルタ事務所

恐らくスラバヤでの事業例を参考にしてスマランでも事業管理オペレーションを行うことが出

来と考えている。JCM スキームに適したプロジェクトは、日本側からの助成金を得ることができるため、今回の場合は富山市政府に対して助成金の提案を行うことができる。スマラン周辺機関の JCM 事業への参加については、BtoB スキームを利用して JCM 事業に参画することができる。

・(コメント) 100RC アジアパシフィック

スマラン市の他の地域を巻き込むことでより大きな成果を生むことができ、レジリエンス都市実現のためのこの事業をより拡大することが出来ると考える。

・(コメント) -UNDIP

UNDIP はこの事業によって学生の環境教育の知識開発も出来ると考えており、非常に興味深いプロジェクトと考えている。私たちは UNDIP と富山市にある大学との今後の将来的な協力可能性も視野に入れながら活動をして行きたい。

・(コメント)-IGES

企業はレジリエンス都市の取り組みに興味を示している。私たちは 10 月に日本企業向けに JCM ワークショップを開催し、多くの産業セクターの日系企業が参加した。ワークショップではスマラン市だけに限らず周辺地域の企業も招待し、多くの企業が JCM の取り組みに対して関心を示していた。100RC アジアパシフィックからの発表があったように、この JCM 事業を拡大するためには、まずはスマラン市での本プロジェクトを成功させ、他の都市や地域に導入できるモデル事業する必要がある。そのためには様々な関係者からの協力が非常に重要になると考えている。

(8)閉会の挨拶-PCKK

今日は皆様からの暖かいご支援を頂き感謝します。UNDIP、JCM ジャカルタ事務所、100RC アジアパシフィックに感謝の意を表したい。これを以って本日の有意義なディスカッションを終了します。ありがとうございました。



8. 日本国内及び海外での都市間連携に関する取組発表

環境省が2018年1月30日に主催した「アジアにおける低炭素社会実現のための都市間連携セミナー」にて本調査の取り組み発表を行った。以下にその概要を示す。

8.1 開催概要

- ・日時 2018年1月30日(火) 9:30～12:30
- ・場所 海運クラブ
- ・出席者 富山市、パシフィックコンサルタンツ株式会社

8.2 発表内容

富山市とスマラン市の都市間連携事業について富山市より発表した。

- ・富山市の概要
- ・公共交通を軸としたコンパクトシティ政策
- ・再生可能エネルギーに関する取組の紹介
- ・都市間連携の取組及びその成果の紹介
- ・本調査概要等



富山市による発表



9. 国内自治体での都市間連携フォーラムの開催

富山市で開催した「低炭素社会形成に向けた都市間連携フォーラム」の概要を以下に示す。

9.1 開催概要

- ・日時 2017 年 12 月 14 日(木)9:00～11:30
- ・場所 富山国際会議場
- ・参加者 150 名

9.2 開催趣旨

世界では、2015 年の「パリ協定」の採択を受け、その長期目標の達成に向け低炭素社会に向けた取り組みを展開するとともに、同年に国連で採択された「持続可能な開発目標(SDGs)」を中核とする持続可能な開発のための 2030 アジェンダに位置付けたエネルギーや気候変動など 17 のゴールに向けて、既に取り組みを進めている。

これらの取り組みは、都市の役割や都市間連携による展開が非常に重要であり、G7 富山環境大臣会合では、各都市の先進事例を共有し都市間連携を促進することなどが議論され、その内容は会合のコミュニケにも盛り込まれた。

このような中、富山市では、環境省や外務省などの各省庁や、IGES や、JICA、一般社団法人イクレイ日本、世界銀行などあらゆるステークホルダーと連携し、東南アジアの各都市と都市間連携事業を推進しています。

このフォーラムでは、富山市と同じく「エネルギー効率改善都市」に選定されているマレーシア・イスカンダル地域開発庁や、「100RC」に選定されているインドネシア・スマラン市と富山市との都市間連携事業などを事例に、都市の果たすべき役割やその意義について市民の理解を深めるとともに、都市間の共通認識を深め、更なる関係構築を図ることを目的とした。

9.3 プログラム

◎基調講演「持続可能な発展に向けた都市の役割について」について

2015 年の「パリ協定」や持続可能な開発目標(SDGs)を含む「持続可能な開発のための

2030 アジェンダ」など、環境への関心が高まる世界情勢の中、日本や地方都市が果たすべき役割について講演を行う。

◎パネルディスカッション「国際連携とマルチステークホルダー」について

「パリ協定」や「持続可能な開発目標(SDGs)」など、国際社会が共通した目標に向かって取り組みを進めるなか、「エネルギー効率改善都市」「100RC」である富山市が環境先進都市として果たすべき役割、連携すべきステークホルダーについて意見交換を行う。また、「エネルギー効率改善都市」同士の初の事例であるマレーシア・イスカンダル地域開発庁と富山市との連携や、「100RC」同士のアジア初の事例であるスマラン市と富山市との連携による相乗効果や波及効果について可能性を検討する。

◎富山市とインドネシア共和国スマラン市との協力協定締結式

100RC 同士である両市が、互いの先進的な取り組みや課題について共有し、施策に生かすことをねらいとしてスマラン市と富山市との協力協定を締結する。

◎富山市と IGES との協力協定締結式

IGES の国際的なネットワークを生かし、富山市の先進的な取り組みをモデルケースとして国内外に発信するとともに、その具体的な導入・適用のための支援を行うことをねらいとして、IGES と富山市との協力協定を締結する。

9.4 要旨

時間	プログラム・要旨
09:00－9:10	富山市長挨拶
09:10－09:25	基調講演「持続可能な発展に向けた都市の役割について」 【講師】環境省地球環境審議官 高橋康夫 氏 本講演では、昨今の環境省の取り組みおよび富山市のこれまでの取り組みを踏まえ、都市間連携の重要性について述べられました。具体的には、パリ協定や SDGs、COP23 などの国際情勢や、環境省の JCM 事業や ASEAN における取り組みなどについて紹介され、それらを進めていくために都市間連携がいかに重要かについて述べられ、加えて今後の富山市への期待などについて講演された。 
09:30－09:55	都市の取り組み事例紹介 富山市、スマラン市、イスカンダル地域、コタキナバル市の順に、各都市の環境に関する取り組みについて紹介が行われた。 ・富山市：コンパクトシティ政策やエネルギー政策に関する都市間連携の紹介 ・スマラン市：エネルギー政策や交通政策について紹介 ・イスカンダル地域：低炭素社会形成に向けた計画と各種取り組みの紹介 ・コタキナバル市：観光・自然を踏まえた環境施策や官民連携などを紹介 
10:00－11:00	パネルディスカッション「国際連携とマルチステークホルダー」 【パネリスト】 ・インドネシア共和国スマラン市長 ヘンドラー・プリハディ 氏 ・イスカンダル地域開発庁 (IRDA) 長官 イスマイル・イブラヒム 氏 ・マレーシアコタキナバル市長 イオ・ブン・ハイ 氏 ・外務省・参与 堀江正彦 氏 ・環境省・地球環境審議官 高橋康夫 氏 ・富山市長 森雅志 氏 【コーディネーター】 ・IGES理事長 武内和彦 氏 

時間	プログラム・要旨
	パネルディスカッションでは、国際連携の必要性について、インドネシア・マレーシア側および富山市側の双方の意見について述べられ、都市連携事業における学びあいの必要性や温室効果ガスの削減協力などについて確認が行われた。また、国際情勢における都市間連携の必要性や具体的な事例などについて、堀江大使、高橋審議官から COP や G7 などの事例を通じて紹介があった。森富山市長は、富山市にとっての都市間連携のメリットについて、市内企業のビジネスチャンスの拡大や新たな知見の獲得、環境先進地としての役割を果たす必要性などを説明し、国際連携の意義を強調した。
11:05－11:15	富山市とインドネシア共和国スマラン市との協力協定締結式 環境分野における都市間連携や低炭素社会形成の加速化をねらいとして、富山市とスマラン市で協力協定の締結を行った。 
11:15－11:25	富山市と IGES との協力協定締結式 環境分野における都市間連携や低炭素社会形成の加速化をねらいとして、富山市と IGES で協力協定の締結を行った。 