

令和2年度環境省委託事業

令和2年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務
（富山市・マレ市都市間連携による持続可能な
環境配慮型都市（スマートシティ）構築支援事業）

報告書

令和3年3月

日本エヌ・ユー・エス株式会社

富山市

目次

1. 業務の目的及び背景	1
1.1. 目的	1
1.2. 背景	1
2. モルディブ及びマレ市の概要	2
2.1. 基礎情報	2
2.2. モルディブ政府	2
2.2.1. 主たる政策・方針	3
2.2.2. モルディブ国およびマレ市における環境問題と対策	4
2.3. 富山市との連携背景	6
3. JCM 案件形成の検討	7
3.1. 公共交通整備による交通由来 CO ₂ 排出削減分野	9
3.1.1. モルディブ国家開発計画、マレ市計画における交通関連政策の分析	9
3.1.2. ライトレール導入に係る技術的課題、制度的課題の抽出と資金スキーム検討	16
3.1.3. 現状の交通由来 CO ₂ 排出量の試算およびライトレール導入による低炭素効果の試算	23
3.1.4. 実施体制とスケジュール	26
3.2. ディーゼル発電設備のガス転換による低炭素発電分野	28
3.2.1. モルディブ国エネルギー計画、マレ市エネルギー計画の分析（ガス利用等分野）	28
3.2.2. 天然ガス供給可能性の技術的、経済的検討	29
3.2.3. 現状のディーゼル発電に係る CO ₂ 排出量とガス転換技術導入の低炭素効果	41
3.2.4. 実施体制とスケジュール	50
3.3. 再生可能エネルギー/省エネルギー普及による低炭素化分野	52
3.3.1. エネルギー計画、マレ市エネルギー計画の分析	52
3.3.2. 太陽光発電導入ポテンシャルサイトの洗い出しと導入効果の試算	56
3.3.3. 太陽光発電導入に係る許認可等の洗い出し	58
3.3.4. その他再生可能エネルギーの技術オプションおよび導入ポテンシャルの検討	60
3.3.5. 主に空調を対象とした省エネルギーに係る技術オプションおよび効果の検討	64
3.4. 有機性廃棄物を用いたバイオガス発電による低炭素化分野	68
3.4.1. モルディブ国およびマレ市における廃棄物処理計画の分析	68
3.4.2. バイオガス発電設備の候補技術、メーカー等の整理と導入効果試算	70
3.4.3. バイオガス発電設備の低炭素効果と JCM 化の検討	77
3.4.4. 実施体制とスケジュール	80
4. 低炭素社会実現のための都市間連携（現地関係者招聘、ワークショップ）	81
4.1. 都市間連携活動の概要	82
4.2. キックオフミーティング（2020年10月8日）	83
4.3. ワークショップ（2021年3月1日）	85
5. まとめ	87

5.1.	今年度の成果	87
5.2.	JCM 設備事業候補と実施課題	87
5.3.	次年度における都市間連携事業と今後の提案	89
6.	参考資料	91

目次

図 2-1	モルディブ国統治機構	3
図 2-2	SAP における 5 つの主要政策セクターとサブセクター	4
図 2-3	1997 年、埋め立て前のフルマーレ島	5
図 2-4	2015 年のフルマーレ島（中央の埋め立て地域はフルマーレフェーズⅠ）	5
図 2-5	2018 年のフルマーレ島（左の埋め立て地域はフルマーレフェーズⅡ）	5
図 2-6	富山市とマレ市における都市間連携に至るまでの活動の様子	7
図 3-1	フルマーレ島における観光・ビジネス向け施設の開発計画	9
図 3-2	“Maldives Transport Master Plan Study” において提案されている路線図	11
図 3-3	マレ首都圏における車両の割合及び増加率	13
図 3-4	グレーターマレ地域の橋による接続計画	13
図 3-5	モルディブの人口予測	14
図 3-6	公共交通マスタープラン策定プロセス	17
図 3-7	アジア開発銀行「ストラテジー2030」優先課題とコミットした業務比率	20
図 3-8	タイにおいて実施中の SATREPS プログラム	22
図 3-9	LRT による公共交通システムの JCM 事業実施体制案	27
図 3-10	LNG 配送と貯蔵・気化プロセスフロー図	30
図 3-11	コンバインド・サイクル発電の構造イメージ	31
図 3-12	グレーターマレ地域の送電網整備計画	31
図 3-13	JFE エンジニアリング社の DF 技術事例	33
図 3-14	ガス混焼の燃焼イメージ	34
図 3-15	生産国からモルディブまでの天然ガスサプライチェーン	34
図 3-16	FSRU の概念図	35
図 3-17	LNG/CNG 小分け配送の例	37
図 3-18	モルディブにおける天然ガスサプライチェーンのイメージ	38
図 3-19	ISO コンテナによる離島への配送と利用イメージ	38
図 3-20	各取引所における LNG 価格の差及び変動	39
図 3-21	LNG における BOG の特徴	40
図 3-22	マレ島及びフルマーレ島の発電設備情報	44
図 3-23	実施体制のイメージ	51
図 3-24	PV 系統連系申込みマニュアルにおける申請フロー	59
図 3-25	実施体制案	60
図 3-26	実証の概要と 1/2 模型	62
図 3-27	株式会社日本空調北陸社が施工した水上太陽光発電	63
図 3-28	北酸株式会社が富山市内で運用する水素ステーション	63
図 3-29	マレ国際空港の電力使用状況モニタリング結果①	65
図 3-30	マレ国際空港の電力使用状況モニタリング結果②	65
図 3-31	マレ国際空港の電力使用状況モニタリング結果③	66
図 3-32	フルマーレにおける有機性廃棄物発生量と割合	70
図 3-33	メタン発酵バイオガス化設備を構成する主要機器	71

図 3-34	富山グリーンフードリサイクル株式会社における設備概要.....	74
図 3-35	実施スケジュール.....	81
図 3-36	実施体制案.....	81

表目次

表 3-1	橋の利用に関する規則の検討.....	12
表 3-2	マレ及びフルマーレの人口予測.....	15
表 3-3	マレ、フルレ、フルマーレにおける発生交通量と集中交通量の増加率予測.....	15
表 3-4	マレ、フルレ、フルマーレにおける発生交通量と集中交通量の予測（回数／日）.....	15
表 3-5	公共交通手段の選択肢.....	17
表 3-6	新型コロナウイルス感染拡大を受けたアンケート調査結果.....	21
表 3-7	「大量高速輸送機関（MRT）の整備によるモーダルシフト」における方法論案.....	23
表 3-8	「大量高速輸送機関（MRT）整備によるモーダルシフト」方法論案事業固有値.....	25
表 3-9	フルマーレにおける交通由来 CO ₂ の試算（現在人口）.....	25
表 3-10	フルマーレにおける交通由来 CO ₂ の試算（将来人口）.....	26
表 3-11	モルディブにおける燃料輸入量（2015）.....	28
表 3-12	世界の主な FSRU と規模.....	36
表 3-13	LNG 混焼利用における燃料調達コスト.....	41
表 3-14	LNG 燃料転換による経済性.....	41
表 3-15	天然ガス利用による低炭素発電のリファレンス排出量.....	43
表 3-16	天然ガス利用による低炭素発電のプロジェクト排出量.....	43
表 3-17	天然ガス利用による低炭素発電のプロジェクト排出量.....	45
表 3-18	排出源及び対象ガス.....	46
表 3-19	主要なデフォルト値（方法論 AM026 を参照）.....	49
表 3-20	主要なモニタリング項目.....	50
表 3-21	SAP（4.4 政策 2）における再生可能エネルギー普及政策.....	52
表 3-22	SAP（4.4 政策 3）における再生可能エネルギー普及政策.....	54
表 3-23	SAP（4.4 政策 4）における再生可能エネルギー普及政策.....	54
表 3-24	マレ首都圏における太陽光ポテンシャルサイトと面積、発電量予測.....	56
表 3-26	事業費内訳項目.....	57
表 3-27	概算事業費、温室効果ガス削減量、CO ₂ 削減コスト.....	58
表 3-28	モルディブ国で検討されてきた日本企業による再生可能エネルギー事業の一覧.....	61
表 3-29	マレ国際空港の空港ロビーに設置されている空調設備の概要.....	64
表 3-30	省エネ効果の検証及び温室効果ガス削減量、投資可能な事業費の算出結果.....	66
表 3-31	メタン発酵設備の特徴.....	71
表 3-32	日立造船株式会社のメタン発酵設備及び導入事例.....	72
表 3-33	主要なバイオガス発電設備メーカーとラインナップ.....	73
表 3-34	バイオガス発電設備の経済性検討.....	76
表 3-35	方法論の概要（VN_AM004）.....	77
表 4-1	主な活動内容と参加機関.....	82
表 5-1	成果のまとめ.....	87
表 5-2	JCM 事業候補と課題、対応策.....	88
表 5-3	今後の検討テーマごとの実施内容、計画.....	89

略語表

略語	英語	和訳
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
Avgas	Aviation Gasoline	小型機向け航空ガソリン
BOG	Boil off gas	気化ガス
BRT	Bus Rapid Transit	バス高速輸送システム
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
CHEC	China Harbour Engineering Company Ltd	中国港湾工程
CNG	Compressed natural gas	圧縮天然ガス
EPC	Engineering, Procurement and Construction	設計、調達、建設
EV	Electric Vehicle	電気自動車
FCF	Free cash flow	フリーキャッシュフロー
FIT	Feed in Tariff	再生可能エネルギーの全量電力 固定価格買取制度
FSRU	Floating Storage and Regasification Unit	浮体式貯蔵再ガス化設備
GHG	Green house gas	温室効果ガス
IRR	Internal Rate of Return	内部収益率
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
JFJCM	The Japan Fund for the Joint Crediting Mechanism	JCM 日本基金
LNG	Liquefied Natural Gas	液化天然ガス
LPG	Liquefied petroleum gas	液化石油ガス
LRT	Light Rail Transit	次世代型路面電車システム、軽 量軌道交通
MATI	Maldives Association of Tourism Industry	モルディブ観光産業協会
MMA	Maldives Monetary Authority	モルディブ金融管理局
MMBtu	Million British thermal unit	百万英国熱量単位
MoED	Ministry of Economic Development	モルディブ経済開発省
MoEn	Ministry of Environment of the Maldives	モルディブ環境省
MoF	Ministry of Finance	モルディブ財務省
MRT	Mass Rapid Transit	大量高速輸送
MRV	Measurement, Reporting and Verification	温室効果ガス排出量の測定、報 告及び検証
NDC	Nationally Determined Contributions	パリ協定における自国が決定す る貢献
ODA	Official development assistance	政府開発援助
PMS	People mover system	旅客輸送システム
PV	Photovoltaics	太陽光発電
SAP	Strategic Action Plan	国家戦略行動計画
STELCO	State Electric Company Limited	モルディブ国営電力
TA	Technical Assistans	ADB 技術協力プログラム
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	国連気候変動枠組条約

1. 業務の目的及び背景

1.1. 目的

2015年、フランスのパリで開催された第21回国連気候変動枠組条約締約国会議(COP21)において、温室効果ガス排出削減等のための新たな国際枠組みであるパリ協定が採択され、2020年を迎えた本年度、本格運用段階に入った。パリ協定を着実に実施するためには、民間企業、地方自治体、NGOや市民社会をはじめとする様々な担い手(非国家主体、non-state stakeholder)の役割が重要であることが言及されており、具体的な地域の気候変動対策やプロジェクトを検討・実施するうえで、都市や自治体はキープレーヤーであるといえる。

世界全体での脱炭素社会の実現に向けては、特に経済成長が著しいアジアにおいて、持続可能な脱炭素社会、通過点としての低炭素社会の構築への動きを加速させることが必要であり、社会経済の発展を支える活動の場である都市の脱炭素化・低炭素化に向けて、国際的にも都市の取組を支援する動きが強化されてきている。

パリ協定においては、先進国による資金の提供に加え、途上国も自主的に資金を提供することや、二国間クレジット制度(JCM)も含めた市場メカニズムの活用についても期待されているところである。そこで、脱炭素・低炭素社会形成に関する経験やノウハウ等を有する本邦都市とともに、海外自治体等における脱炭素・低炭素社会形成への取組支援、および脱炭素・低炭素社会の形成に寄与する設備の導入をJCM制度の下で支援する取り組みはパリ協定の推進において重要な活動であるといえる。

本調査業務は、上記を踏まえ、気候変動による影響が著しいモルディブの首都マレにおいて、富山市との協力のもと、持続可能な環境配慮都市構築に向けた検討を行うことを目的とした。

1.2. 背景

モルディブは大小約1,200の環礁島から構成される小島嶼国で、気候変動による海面上昇や自然災害に脆弱であることから、地球温暖化による生活環境への直接的影響、主要産業である観光や漁業への影響が甚大である。このため、緩和策として、モルディブ政府は化石燃料の使用削減、温室効果ガス排出抑制を通じ、ネット排出量ゼロを達成する「Carbon Neutral Country」宣言を行っている。将来的には、モルディブ全島で60%の電力を再生可能エネルギーでまかなうという野心的な目標であったが、現状達成にはまだ遠い状況である¹。

モルディブはGreater Maléと言われるマレ首都圏に全人口の1/3にあたる145,000人が居住しており、なかでも官庁や各国在外公館等首都機能を担うマレ島は世界有数の人口過密地帯として知られている。こうした人口過密を分散させるため、また、将来的には海面上昇により水没する島の難民を受け入れることを想定し、1997年から4km²規模の人工島フルマーレの造成が始まっている。現在、1.95km²の造成が完了し、約50,000人が居住しているが、将来的には240,000人の移住を想定している。

マレ市政府は、フルマーレ地区の開発にあたって、スマートでコンパクトな環境配慮都

¹ Ministry of Housing & Environment Male', Republic of Maldives TOWARDS CARBON NEUTRALITY
URL:https://www.climateinvestmentfunds.org/sites/cif_enc/files/meeting-documents/3_maldives_salle_south_africa_-_srep_meeting_final_2_0.pdf

市として計画を進めており、環境配慮に不可欠な再生可能エネルギー、廃棄物処理、交通インフラ、省エネルギー、制度構築の点で、環境未来都市である富山市への支援を要請している。

富山市との接点は、2019年11月に富山市で開催された環境省主催の「低炭素社会実現のための都市間連携事業に関する研修」がきっかけである。同研修に参加したマレ市フルマーレ開発公社（HDC：Hulhumalé Housing Development Cooperation、以下「フルマーレ開発公社」という。）は、富山市のLRT（Light Rail Transit：次世代型路面電車システム。以下、「ライトレール」という。）を中心としたコンパクトシティ政策や、市内企業が有する環境技術に高い関心を有し、在モルディブ日本国大使館への支援要請を行った。これを受け、2020年1月、在モルディブ日本国大使館ならびに在東京モルディブ大使館から両大使が富山市長を表敬し、連携していくことを確認するに至った。

2. モルディブ及びマレ市の概要

2.1. 基礎情報²

モルディブは、インド南西に位置するインド洋の島国である。面積は298平方キロメートルで、東京23区の約半分の面積で、1,192の島々より成る島嶼国である。

人口は53.4万人で、内訳はモルディブ人37.3万人、外国人16.1万人となっている。主要産業は水産業と観光で、GDPは57.605億米ドル、GDP成長率は5.9%となっている。

水産業はGDPの5.1%であるが、雇用の6.9%、輸出製品の96%を占めている（2018年）。主な魚種はカツオ（水揚げ量の53%）及びマグロ（同38%）であり、特産品としてかつお節も生産されている。

観光業はGDPの約20%を占める主な外貨獲得源であり、「1島1リゾート計画」に基づき、全国1192島のうち145島がリゾート島となっている。2018年の観光客は148万人で、中国（28.3万人）、ドイツ（11.7万人）、英国（11.4万人）が上位である。なお、日本は4.2万人で第9位となっている。

我が国との関係については、伝統的な親日国であることから、国際場裡における協力などを通じて友好・協力関係を維持している。また、同国は我が国シーレーン上の要衝に位置し地政学的な重要性を有することから、ODAの効果的・効率的な活用を通じて、小島嶼国である同国の有する開発上の課題を克服しながら、持続的に経済を発展させ、更なる社会経済発展を実現できるよう支援する方針としており、対モルディブ国別援助方針において、「脆弱性への対応と持続可能な経済成長への支援」を援助の基本方針に掲げ、「地場産業の育成」と「環境・気候変動対策・防災」を重点分野としている。

2.2. モルディブ政府

モルディブの政治体制は、共和制を敷いており、元首は2021年現在イブラヒム・モハメド・ソーリフ（H.E. Mr. Ibrahim Mohamed Solih）大統領である。大統領の下に副大統領、司法長官が任命され、行政を担う省としては19省を置いている。

² 外務省 Web サイト モルディブ共和国基礎データ
URL: <https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/maldives/data.html>

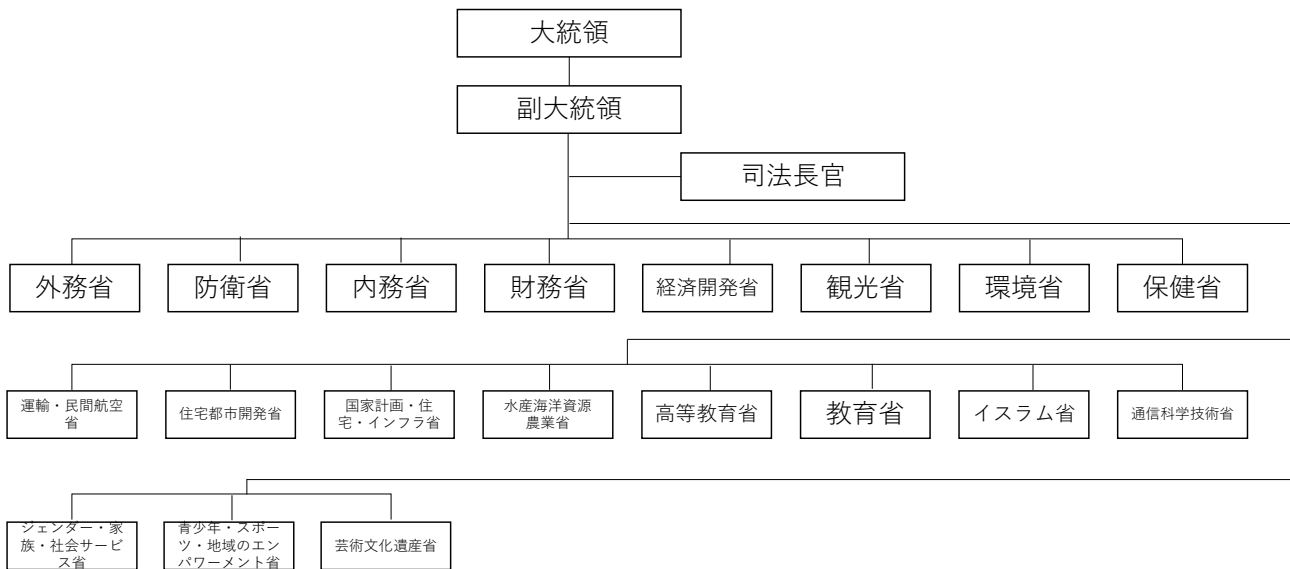


図 2-1 モルディブ国統治機構³

また、地方については、長く中央集権体制の下統治が行われてきた。具体的には、マウムーン・アブドゥル・ガユーム政権（1978-2008）の間、行政部門は 20 の行政環礁で構成され、マレの中央政府が行政権を担う体制であった。

2008 年に誕生したモハメド・ナシード政権においては地方分権を試み、7 州 17 環礁 4 都市 189 島の選挙区が設定されるに至る。

市は人口 10,000 人以上の地域とされ、市議会を形成し地域の行政権を行使し、中央政府とのコミュニケーションを行うとともに、指定された地域内の無人島やリゾートの管理も担う。現在制定されている市は、マレ、アドゥ、フヴァムラ、クルフドゥシとなっている。

行政区分としての「環礁」は、地理的区分の環礁内にある島々でそれぞれ行政を担う島評議会が集まり環礁評議会を構成し、地区内の無人島、リゾート島を管理するほか、中央政府とのコミュニケーションの役割を担う。島評議会は、189 の有人島にそれぞれ設置され、島内の行政を担っている。

2.2.1. 主たる政策・方針

モルディブにおける政策・方針の主軸は、5 年計画である戦略的行動計画（Strategic Action Plan:SAP）である。現在、2019 年- 2023 年までの計画実行期間にあり、この 5 年間のモルディブにおける開発の方向性を導く中心的な政策フレームワークおよび計画文書の位置づけとなっている。

また SAP は、政府のマニフェストを既存のセクターの優先事項と統合するものであり、政府の政策と開発の優先順位の進捗状況を追跡するための監視機能を有している。2019 年

³ モルディブ大統領府 Web サイト “The cabinet” より日本エヌ・ユー・エス株式会社作成 <https://web.archive.org/web/20150920062619/http://www.presidencymaldives.gov.mv/Index.aspx?lid=16>

10月1日から、関係省庁の業務に正式に展開されたところである。

SAPの構成は、主に5つのセクターに分類され政策方針（Policy）、目標（Target）、戦略（Strategy）、行動（Action）が整理されており、サブセクターは33項目となっている。



図 2-2 SAPにおける5つの主要政策セクターとサブセクター

2.2.2. モルディブ国およびマレ市における環境問題と対策

1987年、インド洋で「異常な高波」が発生し、モルディブでは首都マレの都市部の4分の1が浸水、農場にも水があふれ、埋立地も水で押し流される被害が発生した。同年の国連総会において、モルディブのマウムーン・アブドゥル・ガユーム大統領は、気候変動に取り組む必要性を初めて提唱⁴した。訴えの中でガユーム大統領は、「人間の活動が地球温暖化を引き起こす温室効果ガスを放出し、それにより氷河の溶解や海水の膨張を引き起こし、最終的には世界の海面が上昇する」という科学的根拠を引き合いに出した。その後の調査や研究により、国土の8割が海拔1メートル未満であるモルディブは、温暖化が最も進んだ場合、国土が水没する危機に直面するリスクが明らかとなった。以降、モルディブでは、温暖化を国家の安全保障につながる課題と位置づけ、対策に乗り出すこととなった。

⁴ Janet Larsen, Earth Policy Institute, Plan B Updates, 「Rising Seas and Powerful Storms Threaten Global Security」, OCTOBER 09, 2008.

URL:https://www.earthpolicy.org/plan_b_updates/2008/update76.html

まず、国家の存亡にも繋がり得る海面上昇対策として、人工島フルマーレの造成が 1997 年から進められた。もともとは過密化したマレからの移住地としての造成が主な目的であったが、将来の海面上昇による移住が迫られた場合の移転先としての位置づけも念頭に置かれている⁵。また、2020 年までにカーボンニュートラルを目指す方針を打ち出したことや、それを後押しする再生可能エネルギー拡大プログラムの推進等の取り組みを進めてきたことは前述のとおりである⁶。フルマーレ島造成の履歴を以下に示す。



図 2-3 1997 年、埋め立て前のフルマーレ島



図 2-4 2015 年のフルマーレ島 (中央の埋め立て地域はフルマーレフェーズ I)



図 2-5 2018 年のフルマーレ島 (左の埋め立て地域はフルマーレフェーズ II)

また、温暖化対策だけではなく、モルディブの GDP の 90% を占める観光業・漁業の資源である海洋生態系保全の観点から、サンゴ礁の保全や海洋プラスチック廃棄物対策とい

⁵ 朝日新聞「モルディブ、移住受け入れる人工島面積 2 倍へ拡張進む」2018 年 3 月 21 日。

URL: <https://www.asahi.com/articles/ASL3P41DTL3PULBJ002.html>

⁶ マリヤム・シャキーラ・モルディブ共和国環境エネルギー大臣「気候変動とサンゴ礁の保全」, 地球温暖化防止とサンゴ礁保全に関する国際会議・パネルディスカッション-自然と共生する島、島国のあり方〜温暖化対策とサンゴ礁保全から考える-講演資料, 2013.

<https://www.env.go.jp/nature/biodic/coralreefs/icccrc2013/pdf/year2013629/panel/mariyam.pdf>

った環境対策についても取り組みが進められている⁶。

本調査対象のマレ市は、人口が約 145,000 人であり、モルディブ全人口の 1/3 から 1/4 ほどが集中しているだけでなく、多くの外国人労働者も居住している。モルディブの政治・経済の中心地であるほか、各島への輸入品を受け入れる貿易港でもある。エネルギー消費の観点や、廃棄物課題からも、マレはモルディブ国全域への寄与が大きいといえるため、対策の緊急度が高いといえる。

本調査にあたって、富山市、モルディブ環境省、マレ市及びフルマーレ開発公社間でキックオフ・ミーティングを実施⁷し、モルディブ国およびマレ市の環境課題について議論のうえ、以下の主要課題があることを把握した。

1. 気候変動緩和：モルディブにおいて、気候変動の緩和政策が必要である。世界的にみると CO₂ 排出量は多くないものの、エネルギーの 99% をディーゼル燃料が占めており、より CO₂ 排出量が少ないエネルギーへの代替が必要である。今後 LNG を活用する計画も検討している他、既に太陽光発電を導入、普及促進している。また、エネルギーに関する計画（ロードマップ）が近日完成予定であり、廃棄物発電や海洋エネルギーの活用も視野に脱炭素化を進める計画となっている。
2. 気候変動適応：海岸浸食や津波など、気候変動の影響を受けやすい。
3. 公共交通問題：公共交通の整備が不十分である。特にマレ市は交通量が多く、駐車スペース等の不足や排気ガスによる大気汚染が問題となっている。
4. 廃棄物問題：モルディブ国においては現在 5 地区それぞれで廃棄物を収集しているが、収集・処理に問題を抱えている。今後はティラフシ島に建設予定の廃棄物発電所で焼却する予定である。

これら主要環境課題対策の対策遂行に際して、モルディブは国際機関や海外諸国の支援を積極的に受け入れている。我が国においては、ADB（Asian Development Bank. アジア開発銀行。以下、「ADB」という。）の融資案件に JCM 制度を適用する JFJCM（JCM 日本基金）により、グレーターマレ地域のティラフシ島における廃棄物発電事業への資金拠出を行う予定であるほか、JCM 設備補助事業の対象国として、2013 年に日・モルディブ低炭素成長パートナーシップを締結し、JCM 合同委員会を設置のうえ、優れた低炭素技術の普及を図ってきた。2019 年 7 月には、「校舎屋根を利用した太陽光発電システム導入プロジェクト」において、2017 年から 2018 年の 15 カ月のモニタリング期間を対象として、モルディブで初めてとなる JCM クレジットの発行が決定したところである。

本プロジェクトにおいては、さらなる低炭素・脱炭素化を目指した取り組みに際して、富山市の協力が期待され、JCM 設備補助事業を中心とした事業化に共に協力して推進していくことを確認している。

2.3. 富山市との連携背景

本都市間連携における調査プロジェクトについて、モルディブでの実施に至った経緯を以下に示す。

⁷ 2020 年 10 月 8 日 Microsoft Teams により実施。

2019年11月、マレ市フルマーレ開発公社が、富山市で開催された都市間連携事業に関する研修（環境省およびIGES主催研修『低炭素社会実現のための都市間連携事業に関する研修』）に参加し、ライトレール等の優れた交通システムに加え、脱炭素社会を目指す富山市の取り組み、再エネ・省エネ技術を知り、高い関心を寄せた。その後、マレ市側より都市間連携事業の期待が高まり、2020年1月に在モルディブ日本大使及び在東京モルディブ大使が富山市に表敬訪問し、森市長との意見交換が行われた。議論においては、特にフルマーレ地区の開発に際して、公共交通の整備、ガスを活用した低炭素化、省エネ技術普及によるエネルギー消費の最適化、廃棄物処理に伴うエネルギー利用等の技術導入といったニーズが特定された。これを受けて、富山市においてライトレール設計、建設に携わった企業をはじめ、低炭素技術を有する市内企業への情報発信を図り、関心表明を得て富山市及び市内企業による支援の体制構築を行った。

2020年3月、協力協定の締結や各案件のさらなる具体化のためマレ市との協議を予定していたものの、新型コロナウイルスの感染拡大により実現には至らなかった。しかし、在モルディブ日本国大使館の協力も得て、遠隔で関心表明取得や各案件の具体化等の協議を進め、提案、採択に至ったところである。



図2-6 富山市とマレ市における都市間連携に至るまでの活動の様子

3. JCM 案件形成の検討

本調査では、フルマーレ地区を中心としたマレ市の気候変動対策として、公共交通整備による交通由来 CO₂ 排出削減分野、ディーゼル発電設備のガス転換による低炭素発電分野、再生可能エネルギー／省エネルギー普及による低炭素化分野、有機性廃棄物を用いたバイオガス発電による低炭素化分野に係る温室効果ガス排出量の削減ならびにそれに寄与する JCM 案件形成を目的として、以下の活動を実施した。

⁸ IGES Web サイトより引用
URL: <https://www.iges.or.jp/jp/events/20191127>

- (1) 公共交通整備による交通由来 CO₂ 排出削減
- (2) ディーゼル発電設備のガス転換による低炭素発電
- (3) 再生可能エネルギー/省エネルギー普及による低炭素化
- (4) 有機性廃棄物を用いたバイオガス発電による低炭素化

以下 3.1～3.4 章において、それぞれの検討内容及び結果を示す。

3.1. 公共交通整備による交通由来 CO₂ 排出削減分野

マレ首都圏を含めたモルディブ国では、公共交通の整備が不十分であり、自動車を保有する住民も少なくない。一方、自動車の駐車による道路幅の圧迫と、これに伴う渋滞が大きな課題となっている。また、自動車保有数の増加に合わせ CO₂ 排出源の割合も増加傾向であり、より効率的かつ低炭素な公共交通手段の整備が必要な状況となっている。

こうした中、フルマーレ島の開発政策を担うフルマーレ開発公社は、富山市のコンパクトシティ政策の柱であるライトレールの導入について高い関心を有している。

その理由について、フルマーレ開発公社は、現在フルマーレ島の人口が現在 45,000 人であるものの、マレ島からの移住を将来的に 16 万人見込んでおり、その大半がマレ島などへ通勤することが予想されることから、渋滞や輸送部門の CO₂ 排出量増大に影響を及ぼすおそれがあり、早急な低炭素公共開発が必要であるため、と説明している。

また、これまで観光客の動線が空港からリゾートへの直行であった流れから、新たな観光スポットをフルマーレ島に開発することで、フルマーレ地区を中心とした観光需要を得ようとする戦略がある。また、ビジネスセンターや研究センターなど、ビジネス需要にも応える施設の計画もある。これに伴う旅行・ビジネス客の移動や宿泊等へのアクセス向上にあたって、公共交通の整備が不可欠になる。

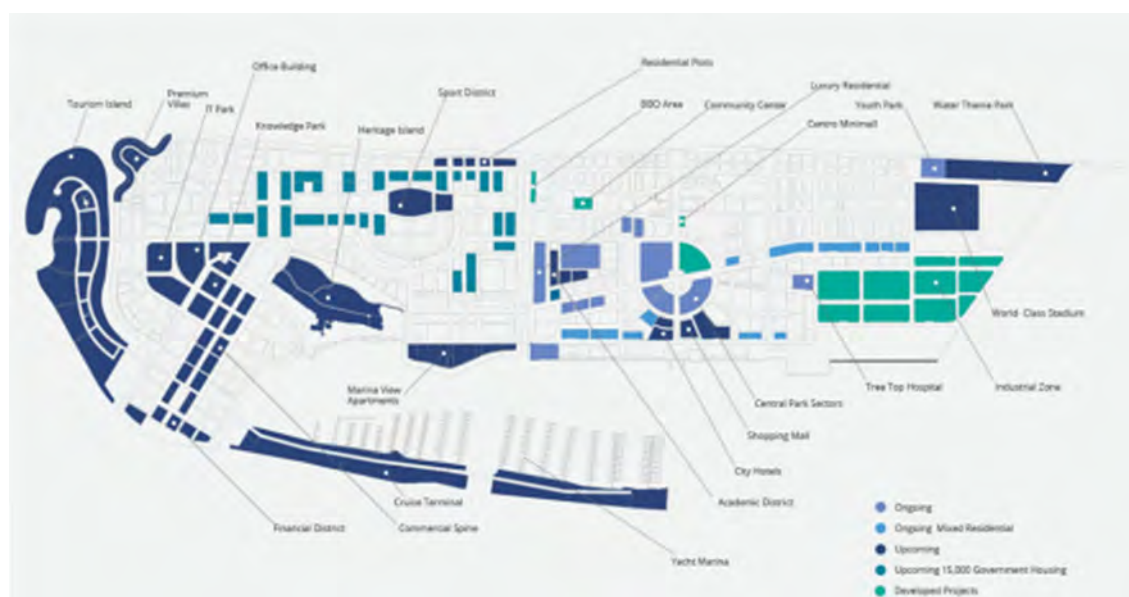


図 3-1 フルマーレ島における観光・ビジネス向け施設の開発計画

そこで、本業務では、以下の項目に関して調査を行い、ライトレールの導入可能性と低炭素効果について調査した。

3.1.1. モルディブ国家開発計画、マーレ市計画における交通関連政策の分析

Web 情報およびマレ市ならびに現地協力機関等からモルディブ国における交通に係る開発計画等の政策文書等を収集、整理したうえで、交通に係る制度、方針のほか、公共交通の計画、政策目標等を把握し、ライトレール導入に係る政策的・制度的推進策について検討を行った。

モルディブ国においては、政府の開発目標と優先事項を示した文書として上述の通り

Strategic Action Plan 2019-2023（国家戦略行動計画。以下、“SAP”という。）が位置付けられている。SAP においては、交通政策について以下の点が政策（Policy 3）及び目標（Target3.1,3.2）として記載されている。

- ・2018年比で首都マレ市において車両の渋滞を30%軽減する。
- ・首都マレにおいて少なくとも60%の人口が日常的に公共交通機関を利用する。

これらの実現に際して、戦略（Strategy3.2）として、マレ広域区において、効率的な公共交通機関を普及させる、としている。

SAP における当該記述の基盤に、検討の基盤となった2つのレポートがある。本調査では、フルマーレ開発公社より当該文献を受領し、詳細な状況の分析とライトレール導入可能性検討に供した。

当該レポートは”Maldives Transport Master Plan Study “と、” Traffic Characteristics Analysis of the China-Maldives Friendship Bridge “であり、後者はマレ島とフルレ島、フルマーレ島をつなぐ橋の建設に伴う交通効果を分析したものである。なお、この橋は、The Sinamalé Bridge が正式名称であるが、当初 China-Maldives Friendship Bridge と呼ばれてきたことからわかる通り、中国の資金提供によって建設され、2018年に開通した。橋の費用は2億1000万USDとされており、うち1億2600万USDが中国の助成であった⁹。

以下では、両レポートの概要と記載内容を詳述する。

(1) “Maldives Transport Master Plan Study” の分析

本マスタープランでは、まずモルディブの交通の現状分析結果が述べられている。

この中では、陸上の主要な移動手段がバイクであることが強調されており、2012年時点での内燃機関の車両総数556,497台のうち、80%以上がバイクであることに加え、2000年以降の増加率が年10%以上であることが記載されている。4輪車については、2012年時点で3,700台で、増加傾向ではあるものの比較的緩やかな増加となっている。

公共交通機関としては、フルマーレ島内では2台のバスが循環し、Fithuroanu Magu フェリーターミナルを起点に、島内のさまざまなエリアを結ぶ路線が運行されている。また、空港が立地するフルレ島とフルマーレの間においても、2台のバスが運行している状況である。本マスタープランが策定された段階では、フルマーレ島及びフルレ島とマレ島に橋が無かったことから、フルマーレ島とマレ島の移動はすべてフェリーで、1日当たり約2万人、車両として約1,500台のバイクを輸送していた。フルマーレは住宅地であることから、ほとんどの住民がマレに通勤する動態が見て取れる。なお、橋の建設以降、バイクや自動車を保有する住民は主要な移動手段が陸路になったものと思われる一方、マレ島の渋滞を避けるため、また徒歩での通勤者も一定数いることから、現在もフェリーでの移動手段は残されている。

さて、マレの交通に関する課題としては、交差点の旋回半径が短く、道は狭く混雑して

⁹ Ministry of foreign affairs "President of China concludes State Visit to the Maldives". 16 September 2014.
URL:<https://www.foreign.gov.mv/index.php/en/mediacentre/news/2707-president-of-china-concludes-state-visit-to-the-maldives>

いる点がある。特にバイクの数が非常に多く、ビル、学校、モスクなどの施設において慢性的に駐車場が不足しているため、歩道への路上駐車が常態化しており、歩行者にとって不便かつ危険な状態となっている。路上駐車の他、荷積み、荷降ろしにより、道路幅が狭くなる中、大型車も通行することから渋滞が頻発する。しかしながら、交通量を調整するための信号機がある交差点がほとんどない。さらに、道路が湛水・浸水しやすいといった課題もある。その一方で、スピードが出しづらい道路事情であるため、比較的運転は穏やかで、歩行者に道をゆずるなどの習慣も根付いており、駐車に際しても可能な限り他の車や歩行者に迷惑をかけない配慮がされるなど、良好な交通文化についても言及がある。

こうした実態を踏まえて、モルディブ政府及びマレ市は、People Mover System（旅客移動システム。以下、「PMS」という。）として、公共交通の導入による交通課題解決を検討してきた。この背景には、増加するバイク、自動車による交通状況の悪化だけではなく、輸送部門における低炭素・脱炭素に向けた目標も関連している。具体的な公共交通システムとしては、モノレールとライトレールが検討されている。関連する計画として、“Hulhumalé Phase 1 and Phase 2 Master Plan & Urban Design Review 2015”があり、ここでは一方向の「循環」ルートでのPMSの運用が提案されている。しかし、ルートの提案に至った根拠と「循環」ルートとした理由は記載がなく、人々の需要に沿った路線計画であるかどうかは検討が必要である。また、経済性評価・財務評価には至っていない。



図 3-2 “Maldives Transport Master Plan Study” において提案されている路線図

上述の通り、本マスタープラン実施時点では、マレ島とフルマーレ島を結ぶ橋は建設されていなかったものの、計画・設計は進んでいる段階であったことから、橋の利用に関するルールについても検討が行われている。マレ島とフルマーレ島は、住宅地とオフィス街という特性が明確であることから、動態としては通勤時間においてマレ島への一方向の移動が生じ、帰宅時間帯にはフルマーレ島への移動が生じる特性となる。渋滞等を避けるため、本マスタープランにおいては通行料の徴収等も含めた検討が行われた。現在、結果として通行料は徴収しない運用となっているが、フルマーレ島において自動車所有のインセンティブが増加する一因となっているとみられ、一層公共交通等による大量輸送手段の検討が緊急性を増すこととなった。

表 3-1 橋の利用に関する規則の検討

No.	オプション	説明、予想されるメリット	予想されるデメリット
1	通行料を無料化する (自転車の使用は不可)	<ul style="list-style-type: none"> 橋がアクセシビリティの向上に貢献できる マレの住民がフルマーレへ移住する可能性がある バスは島間を自由に移動でき、多くの人が車の代わりにバスを利用する 	<ul style="list-style-type: none"> フルマーレでもマレと同様の問題(渋滞、駐車場の不足、安全性の問題)が発生
2	ナンバープレートを3種類(①マレ用、②フルマーレ及びフルレ用、③両方を行き来できる車両)に色分けする	<ul style="list-style-type: none"> バス、貨物車、タクシーは免除 フルマーレの交通状況を管理できるレベルに保つことが可能 マレの交通状況はさらに悪化することはない 島間の移動にバスまたはタクシーを利用せざるを得ない人が増える 	<ul style="list-style-type: none"> 規制することは支持を得にくい 両方を行き来できるナンバープレートを取得できなかった場合、緊急時でも橋を利用できない
3	自家用車(車・バイク)について、ナンバープレートの末尾の数字が偶数/奇数かにより、3島間の移動を制限する	<ul style="list-style-type: none"> 自家用車はナンバープレートの番号により、特定の日に島間を移動可能 マレの交通状況はわずかに悪化するのみ バスの利用が増加 	<ul style="list-style-type: none"> 規制することは支持を得にくい 橋が十分に活用されない 日によって緊急時でも橋を使用できない場合がある 2種類のナンバープレートを持つために一人で2台の自動車所有し、車両総数が増加する可能性がある
4	<ul style="list-style-type: none"> 橋の使用率が高い自家用車のみ通行を許可 相乗り(車は4名、バイクは2名)の場合のみ橋の使用を許可 	<ul style="list-style-type: none"> フルマーレの交通状況を管理できるレベルに保つことが可能 マレの交通状況はわずかに悪化するのみ 島間の移動時のバスやタクシーの利用者が増加 	<ul style="list-style-type: none"> 規制することは支持を得にくい 橋が十分に活用される 相乗りでない場合、緊急時でも橋を利用できない
5	<ul style="list-style-type: none"> 通行料を徴収する 往復分の通行料を徴収する(1か所で往復分徴収するか、往復分を別々に徴収するか、のどちらか) 	<ul style="list-style-type: none"> 通行料を支払えば誰でも使用可能 通行料による収入は、橋の運営、維持管理費に活用可能 	<ul style="list-style-type: none"> 制限を設けることは支持を得にくい 通行料が維持管理や他の交通プロジェクトに活用されることは説明しやすい

(2) “Traffic Characteristics Analysis of the China-Maldives Friendship Bridge” の分析

本資料は、フルマーレ島とフルレ島、マレ島を結ぶ橋の建設に係る交通分析レポートである。2014年、中国の習近平国家主席とモルディブのアブドラヤメーン大統領が会談し、マレ-フルレ間の橋(China-Maldives Friendship Bridge)のプロジェクトについて、調査・研究することを合意し、実施されたものである。なお、本プロジェクトは、モルディブで最初の橋梁事業であり、最も重要な島間の接続工事であるとされ、橋の長さは760mで、橋の建設、埋め立て、道路工事等を含む事業であった。耐用年数は100年とされ、中国港湾工程(CHEC: China Harbour Engineering Company)が請負業者であった。

本レポートにおいても、橋建設以前の交通分析がされており、橋が建設されることによる交通動態変化や期待についてアンケート調査から分析が行われている。レポートによれば、アンケートの回答者の約60%が橋の完成後に「車を購入したい」と回答しており、モルディブにおける所得の増加傾向からも、自動車の保有率も増加する可能性について言及

されている。また、マレ住民のアンケートでは、回答者の約45%が橋の完成後は「フルマーレに移住したい」と回答しており、フルマーレ島への移住が促進される可能性について述べられている。

バイクと車の割合については、より詳細に分析が行われており、本レポートにおいてもバイクの割合が圧倒的に大きいとの結果となっている。しかし、車についても、2014年時点で4,493人が保有しているとされ、2006年からの増加率は89.4%の増加となっていることが示されている。

- 2006年 車10% (2,372台)、バイク90% (22,113台)
- 2014年 車7% (4,493台)、バイク93% (56,503台)

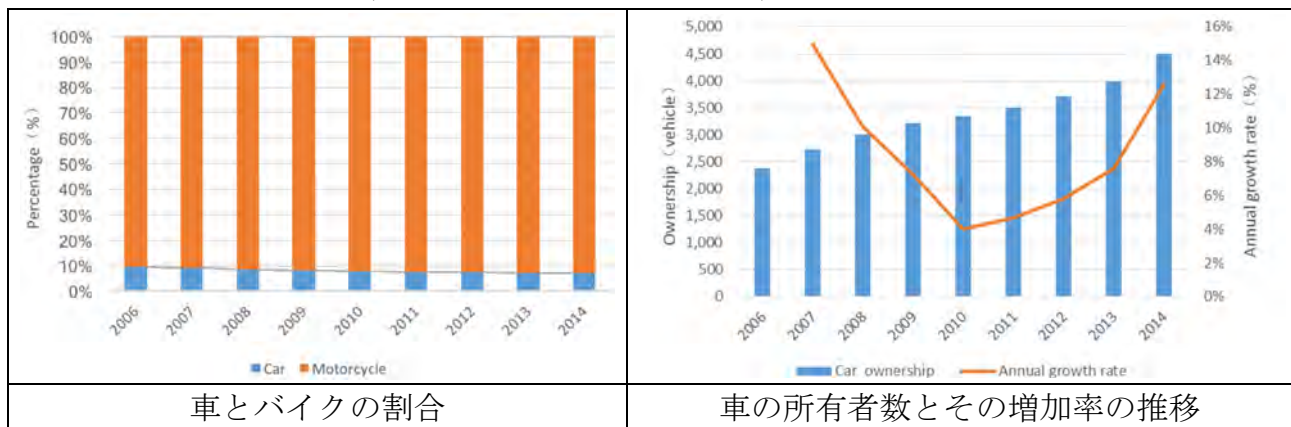


図 3-3 マレ首都圏における車両の割合及び増加率

本レポートにおいては、2050年までの計画として、マレ島を中心としたグレートマレ地域の包括的な開発計画について述べられている。具体的には、“9+6” Greater Malé program”と呼ばれ、首都マレを中心に、4島をつなぐ橋の建設を計画（西：Villingilli and Gulhifalhu、東：Hulhulé, Hulhumalé）しているほか、西方のThilafushi-Gulhifalhu間の橋の建設も計画されている。将来的に、Gulhifalhu島は他の島への貨物輸送のハブとして機能するとされ、フルマーレは住宅島として位置付けられるなど、各島の役割が明確に位置づけられている特徴がある。



図 3-4 グレートマレ地域の橋による接続計画

こうした位置づけは、“7+1” island center program” と呼ばれ、おおよそ各島において以下の土地利用とする方針が 2050 年までの開発計画として示されている

Malé

- 人口は 12 万人以内に抑える
- 貨物港は西へ移設し、住民の一部は東部へ移動

Vilingili

- 貨物倉庫エリアとなる計画
- 人口は 15,000 人と予想

Hulhulé

- ビジネスや空港のエリアとなる計画（交通ハブ）
- 雇用創出にも期待

Hulhumalé I

- 住宅エリアとなる計画
- 人口は 6 万人を見込む

Hulhumalé II

- 2014 年に建設開始。住宅エリアとなる計画
- 人口は 10 万人と予想

Gulhifalhu

- 港湾、倉庫、軽工業のエリアとなる予定

Funadhoo

- 観光産業・娯楽施設エリアとなる予定

本レポートにおいてはさらに、交通予測の前提としての人口予測が参照されている。モルディブ全土、マレ及びフルマーレの人口予測データからは、マレの人口も増大していく傾向であるものの、その増加は緩やかで、フルマーレの人口増加率が拡大する予測となっている。

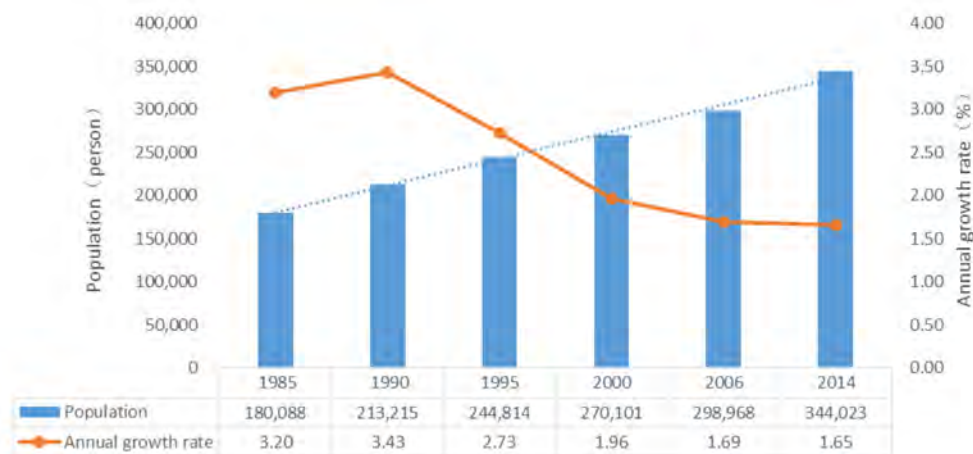


図 3-5 モルディブの人口予測

表 3-2 マレ及びフルマーレの人口予測

Year	Malé	Malé annual growth rate	Hulhumalé	Hulhumalé annual growth rate
2018	112,000	-0.52%	40,000	15.48%
2023	115,000	-0.36%	65,000	8.56%
2028	116,000	0.28%	85,000	5.29%
2033	117,500	0.22%	100,000	4.31%
2038	119,000	0.19%	110,000	3.75%

人口動態を踏まえた交通予測としては、発生交通量と集中交通量の増加率、交通量に関する予測が示されている。発生交通量とは、あるゾーンを起点とするトリップの合計量であり、集中交通量とはあるゾーンへ終点するトリップの合計量を指す。すなわち、発生交通量はどこで、どのくらいの移動が発生しているかを予測したもので、集中交通量はどこに、どのくらいの移動が集中しているのかを予測する手法である。一般的に、この予測結果から、交通需要や公共交通のニーズを推測し、交通サービス計画策定に用いられる。

マレ島、フルマーレ島、空港の立地するフルレ島の予測結果を以下に示す。

表 3-3 マレ、フルレ、フルマーレにおける発生交通量と集中交通量の増加率予測

Year		Malé	Hulhulé	Hulhumalé
2018	Generation	10.3%	6.2%	13.2%
	Attraction	10.0%	6.4%	13.6%
2023	Generation	5.9%	3.8%	7.3%
	Attraction	5.8%	3.8%	7.3%
2028	Generation	3.8%	2.3%	4.8%
	Attraction	3.8%	2.3%	4.8%
2033	Generation	2.5%	1.2%	3.4%
	Attraction	2.6%	1.2%	3.4%
2038	Generation	1.7%	0.3%	2.5%
	Attraction	1.7%	0.3%	2.4%

表 3-4 マレ、フルレ、フルマーレにおける発生交通量と集中交通量の予測（回数/日）

Year		Malé	Hulhulé	Hulhumalé	Total
2016	generation	17,250	6,932	13,505	37,687
	attraction	17,797	6,818	13,072	37,687
2018	generation	21,700	8,041	17,161	46,902
	attraction	21,876	7,984	17,042	46,902
2023	generation	30,539	10,129	26,526	67,194
	attraction	30,810	10,062	26,323	67,194
2028	generation	38,056	11,420	35,341	84,816
	attraction	38,422	11,337	35,057	84,816
2033	generation	44,371	12,356	43,091	99,817
	attraction	44,831	12,257	42,729	99,817
2038	generation	48,847	12,931	48,902	110,680
	attraction	49,403	12,816	48,461	110,680

3.1.2. ライトレール導入に係る技術的課題、制度的課題の抽出と資金スキーム検討

上記の2つの文献および関係機関の聞き取り等により、フルマーレ地区へのライトレールの導入における技術課題を整理し、対応策を検討した。また、制度面での課題についても整理のうえ、改善策等のとりまとめを行った。

(1) 公共交通手段の検討

上述の通り、フルマーレ開発を担うフルマーレ開発公社は、2019年のJCM都市間連携セミナーにおいて富山市を訪問し、ライトレールが整備された利便性の高い公共交通に関心を持ち、フルマーレへの導入検討要請に至った背景がある。

公共交通の整備は、地域の開発計画、政策と連動し、目的に合わせた導入が必要であり、そのために綿密な予測と計画が不可欠である。

ここで、富山市におけるライトレール整備の歴史を振り返っておく。富山市においては、ライトレール整備にあたって、人口減少と高齢化、自動車依存、中心市街地の過疎化といった課題の解決策と位置付けた経緯があった。「コンパクトシティなまちづくり」の実現を掲げ、その中心事業としてライトレールによる市内公共交通の利便性向上に取り組み、渋滞等の解消を図るとともに、市中心部の価値向上をもたらし、地価の向上等の実績を上げている。これらの事業は、2002年より富山市長を務めている森雅志市長が自ら牽引し、公設民営の「富山ライトレール株式会社」を設立したほか、「グランドプラザ整備事業」、「市内電車環状線化事業(セントラム)」、「まちなか居住推進事業」など、関連する約30の活性化事業を推進してきた。

自動車依存型のまちづくりから「公共交通を軸としたコンパクトなまちづくり」へ転換するための一歩として、富山港線のライトレール化が決定され、公共交通によって各地域に点在する都市部を繋ぎ、一極集中では無いクラスター型の都市構造「お団子と串」の構造を目指すという富山市のまちづくり計画において、路面電車を始めとする公共交通機関の活用が不可欠であった。廃線を再活用するほか、富山市が車両を購入し、運用会社に貸し付ける形態などをとることで、費用負担を避けるなどの支援を市が担って実現を果たしている。

このように、公共交通には強力な政策的後押しに加えて、地域の課題を踏まえた最適な交通手段を選択していくことが重要である。

フルマーレ地域においても、ライトレールの導入を効果的なものとするためには、現状のマスタープランをさらに具体化し、政策目標と照らして最も最適なあり方を検討するプロセスが重要であるといえる。こうした理解から、調査においては、検討手順として以下のステップをフルマーレ開発公社と検討した。

1. フルマーレに最適な移動手段の選定
2. 現状調査と導入効果の分析
3. 導入のためのマスタープラン策定
4. 詳細調査、設計
5. 設備導入（JCM制度活用）

一般的な公共交通マスタープラン策定プロセスは以下の通りである。



図 3-6 公共交通マスタープラン策定プロセス

出典) 大日本コンサルタント株式会社作成

なお、公共交通手段としては、おおよそ以下表 3-5 に示す選択肢があげられる。

表 3-5 公共交通手段の選択肢

形式	地下鉄	モノレール	LRT(路面)	LRT(地上)	バス(ハイウェイ)
特徴	トンネルまたは高架橋による専用軌道を走行する大容量路線	市の軌道による道路を占有する軌道系交通機関	専用軌道上の専用軌道を走行する軽量軌道交通	路上(道路または空地)に敷設した軌道を走行する軽量軌道交通	ハイウェイ専用車で専用軌道に対し、これを共同で種でレースしてスタンション設備が不要な半自動運転を実現し、1台1車線という少量のバスとして走行可能な統合システム
例					
長所	大容量・高速輸送が可能	高架が容易で、占有する敷地面積が狭い。騒音・振動が小さく都市カースムを出さない	専用軌道敷道を走るため、交通渋滞・事故の心配が少なく、車両の小型・軽量化で、軌道敷設の負担が軽減される。	専用軌道比率が高く、運行が道路交通に影響されず、渋滞緩和に寄与することで道路容量より輸送力が高い	ほかの道路交通と分離し、渋滞に巻き込まれない。渋滞をなくすことで、ハイウェイを確保する。
総括	建設費が高く、掘削工事や長年の工期が必要	建設費が比較的安く、車両の更新が容易で、更新が可能	建設費の割りに輸送量が少なく、運賃も高くなる	路面電車に比べ、車両が高価	電気バス・水素バスに転換しにくい、従来型バスに劣る
最大輸送力 (人/時/区間)	64,000	21,000	18,000	11,000	4,500
経路性	建設費300~300億円/km	20~145億円/km	50~160億円/km	約10億円/km	約10億円/km
車両製造も運転設備も				約10億円/km	約10~50億円/km

形式	バス(地上専用レーン)	幹線快速バスシステム(BRT)	シェアバイク	SkyWay
特徴	専用走行車線を確保し、バスによる高速輸送を行うシステム	路側バス専用レーンに専用バス、専用乗降所、専用収容型の設備を組み合わせた、一般車線の走行も可能で、道路状況への柔軟な対応が可能でシステム	乗客に広がり、交通安全で、アパレルの予約・待客可能な移動手段、公共交通機関を補完するものとして海外で4割程度に利用されている	パラレル・ニュー企業・SkyWay社のシステム、ケーブルカーに似た仕組みで、高速輸送(1分あたり150人)が可能
例				
長所	ほかの道路交通と分離し、渋滞に巻き込まれない。渋滞をなくすことで、ハイウェイを実現する。	専用レーン、ICカードシステム、道路改良等により、路面電車と比較して速色の輸送力と輸送量を確保し、柔軟性を兼ね備える	乗客に広がり、交通安全で、アパレルの予約・待客可能な移動手段、公共交通機関を補完するものとして海外で4割程度に利用されている	建設費が抑えられ、建設コストはモノレールより0.5分の1
総括	一般道路上に専用車線を確保するため、広い道路用地が必要となる	専用レーンに専用バスを走行させるため、交通渋滞・事故の心配が少なく、車両の小型・軽量化で、軌道敷設の負担が軽減される。	専用軌道敷道を走るため、交通渋滞・事故の心配が少なく、車両の小型・軽量化で、軌道敷設の負担が軽減される。	建設費が抑えられ、建設コストはモノレールより0.5分の1
最大輸送力 (人/時/区間)		2,120		
経路性		0.2~7億円/km		
車両製造も運転設備も				

出典) 各種資料より佐藤工業株式会社作成

フルマーレに必要とされる輸送量を踏まえつつ、バイクや自動車やに代わる低炭素交通手段としては、ライトレールの他、モノレール、EVバス、SKYWAYなどの手段に高い適性があると思われる。

本年度の成果として、図 3-6 に示した一般的なマスタープラン策定におけるの予備調査にあたる内容を網羅したところであるが、今後の交通に関する詳細調査に関しては、モルディブ政府や他ドナーによるプロジェクトを並行して実施していく必要がある。その計画については、本章後段の「(5) 検討結果と今後の調査、案件化方針」において詳述する。

(2) マレ市における交通政策の方針

上記(1)に示した検討方針について、フルマーレ開発公社と協議のうえ、意見交換を実施したところ、マレ市としては次に示す政策方針を有していることがわかった。

まず、公共交通機関の優先すべき点は、バイク・自動車の代替となる移動手段の実装であるため、住民にとっての利便性を最優先とする方針であるとのことであった。建設や運営に係るコストに関しても留意をするものの、最優先事項を利便性と位置づけ、フルマーレ島のどこに住んでいても、停留所まで徒歩4分程度の距離となるような路線を設計したい意向であった。4分という数字は、交通機関における停留所間の距離が200~300m（徒歩5分程度の距離）であるためとのことであったが、この停留所間の距離を踏まえると、ライトレールやトラムの運用において必要となる加減速区間に満たないため、運用が困難である可能性がある。そのため、停留所の距離を踏まえると、バスによる運用がより適した手段となってくる。

バスによる運用のメリットは、島間移動にも転用できる点にある。マレ市としては、上述の“9+6” Greater Malé program”構想の通り、グレーターマレ地域の全島を橋で接続する計画があり、これらを横断する交通網を検討している。橋の建設により、島間移動の主体を車両にする考えであり、船での移動量は削減する方針もあるという。

ただし、ライトレールやトラムの実装も引き続き検討したい意向があるため、加減速区間を踏まえた最適な駅間距離等を加味した計画を検討していく必要がある。

また、ライトレールの検討にあたっては、道路幅に加え、建設時の仮設用地の確保が課題である。フルマーレについては、東側のフェーズⅡ用地が使える一方、西側のフェーズⅠ地域はすでに開発され、住民が居住していることもあるため、仮設用地の確保は難しいという課題がある。さらに、既存の交通への阻害を最小化するため、建設期間中も一定の車線を確保することが求められる。また、運用時においては、操車場（車庫）の確保も必要となる。現行の公共バスについては、ターミナル用地が確保されているものの、新たな交通手段を検討する場合には、用地確保が必要となる。

こうした検討は、“TRANSPORT MASTERPLAN REPORT 2019”において予備的調査結果として整理がされている。当該レポートにおいては、長期計画、長期道路網整備計画、バスおよびその他のトランジットネットワーク、既存のネットワークのパフォーマンス評価、経済的および財務的評価、ステージングの決定とその実装、輸送システムの保安に係る予備的な工学的検討が盛り込まれており、BRT、MRT、LRT、AGTの4種のPMSに関して検討され、それぞれ選択肢として検討の余地があるとされている。

(3) 資金スキーム検討

ライトレール導入に係る軌道整備や駅舎等の建設に際して、ODA や国際機関等の援助または融資スキーム等の活用可能性を文献調査ならびに関係機関へのヒアリング調査等により実施した。

2020 年 11 月に公表されたアジア開発銀行による “A BRIGHTER FUTURE FOR MALDIVES POWERED BY RENEWABLES, ROAD MAP FOR THE ENERGY SECTOR 2020–2030”¹⁰によれば、モルディブは気候変動緩和プロジェクトを含む多くの開発プロジェクトにおいて、資金調達に課題を抱えているとされる。

その主な制約要因は、公共部門の資金調達能力の低さであるとされ、現状開発援助による無償資金援助やソフトローンへの依存が指摘されている。

NDC の達成や、SAP に示されている CO₂ 排出削減目標の達成において、モルディブは今後以下の方法による技術移転、資金調達を検討していく必要があることにも言及されている。

- ・計画と目標に対する多国間開発銀行による持続的な支援。
- ・ドナー国との二国間協力、知識と技術の移転メカニズムが含まれている必要がある。
- ・革新的な再生可能エネルギー技術の導入に関心のある外国人投資家との提携。
- ・他の島嶼国との知識共有を強化する。

加えて、公共部門の投資プログラムに限らず、国内融資へのアクセスについても推進されるべきとされている。その中には、観光客から徴収する税を基金としたモルディブグリーンファンドや、モルディブ銀行が運用するグリーンローンスキームが例示されている。

一方、公共交通インフラ整備にあたっては、資金規模が大規模であり、投資回収が長期的になることから、開発銀行による融資が適格的である。そこで、モルディブにおいても多数の融資実績のあるアジア開発銀行へのヒアリングを実施し、公共交通整備に関する融資可能性とそのために必要な体制構築、手順に関する情報を得た。主な論点を以下に示す。

まず、アジア開発銀行は、2019 年の実績として、融資、グラント、出資、保証を含め約 200 億ドルのコミットメント額を達成している。また、ADB は 2018 年に、開発途上加盟国に対する支援の指針となる「ストラテジー2030」を発表し、極度の貧困を根絶する取り組みを継続しつつ、豊かでインクルーシブ、気候変動や災害等のショックに強靱で持続可能なアジア・太平洋地域を実現することを全体のビジョンに掲げ、以下の優先課題にそれぞれコミットしている。

¹⁰ ADB” A BRIGHTER FUTURE FOR MALDIVES POWERED BY RENEWABLES, ROAD MAP FOR THE ENERGY SECTOR 2020–2030”, November 2020.
<https://www.adb.org/sites/default/files/publication/654021/renewables-roadmap-energy-sector-maldives.pdf>

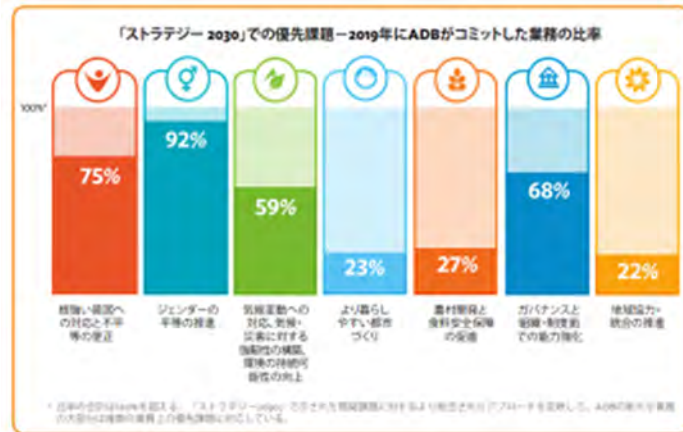


図 3-7 アジア開発銀行「ストラテジー2030」優先課題とコミットした業務比率
出典) アジア開発銀行年次報告 (2019) ¹¹

ストラテジー2030 優先課題のうち、「気候変動への対応、気候・災害に対する強靭性の構築、環境の持続可能性の向上」においては、気候変動、災害リスク、環境劣化に対処するための支援拡大、温室効果ガスの低排出型の開発の加速、気候・災害への強靭性構築に向けた包括的アプローチの確保、環境の持続可能性の向上、および水・食料・エネルギー安全保障の相互連鎖重視に重点を置き、ADB がコミットする業務のうち気候変動の緩和と適応の支援が占める割合を 2030 年までに 75%以上とすることを目指している。また、2019 年から 2030 年までの期間に、ADB 自らの財源から 800 億ドルを気候関連支援に充てるとしている。

同優先課題の「より暮らしやすい都市づくり」については、都市部におけるサービスの利便性や品質・信頼性の向上、都市計画と財政の持続可能性の強化、都市の環境、気候に対する強靭性、および災害管理の改善に取り組むとされ、その一例として、中国の貴州省で急速に成長している新都市である貴安の ADB 支援プロジェクトを挙げている。

同プロジェクトでは、公害を減らし、交通渋滞を緩和し、市内の交通安全を改善するインテリジェント交通システムに対して 1 億 9,280 万ドルを交通と道路関連気象のリアルタイムの監視、マルチモーダル輸送オペレーションセンター、交通安全および緊急管理システム、ならびにクリーンエネルギーバスや電気自動車充電スポットなどの持続可能な輸送インフラに資金提供するとされている。

さらに、小島嶼開発途上国を今後の重点国として定める方針も有している。

アジア開発銀行のこうした計画、先例から、フルマーレ島における公共交通においても大いに融資可能性を期待することができる。

その一方で、アジア開発銀行の同種の事業はソブリン (Sovereign) 融資であり、政府保証が求められることから、本事業においても政府、例えば運輸省が国家計画を立案したうえで、融資交渉の窓口として対応することが必要との指摘を得た。

よって、今後本検討にあたっては運輸省の関与を促すとともに、ADB ストラテジー2030

¹¹ アジア開発銀行年次報告,2019. <https://www.adb.org/sites/default/files/institutional-document/650011/adb-annual-report-2019-jp.pdf>

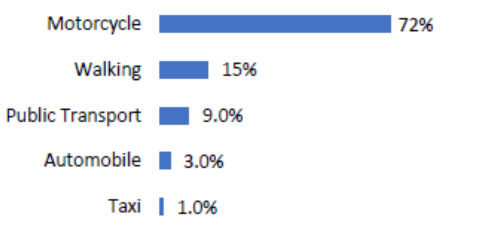
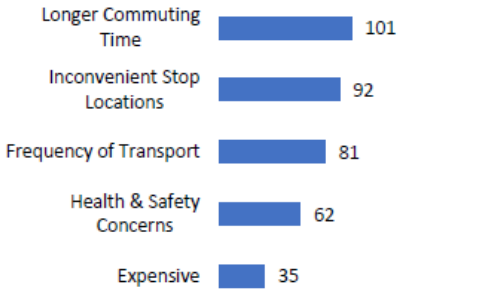
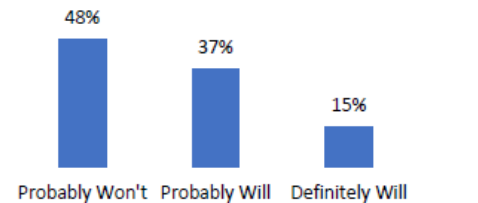
優先課題と調和した要素を含む、融資につながり得る具体的な計画（公共交通マスタープラン）を策定していく必要がある。

(4) 新型コロナウイルス感染拡大下における考慮事項

フルマーレ開発公社においては、新型コロナウイルスの感染拡大における影響を踏まえ、都市計画へ反映するための調査が実施されている。本調査は、アンケート調査を基盤として、2020年5月20日から27日まで実施され、360人から回答を得たものである。

公共交通に関しては以下の報告があげられている。

表 3-6 新型コロナウイルス感染拡大を受けたアンケート調査結果

<p style="text-align: center;">Transportation</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Mode</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Motorcycle</td> <td>72%</td> </tr> <tr> <td>Walking</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>Public Transport</td> <td>9.0%</td> </tr> <tr> <td>Automobile</td> <td>3.0%</td> </tr> <tr> <td>Taxi</td> <td>1.0%</td> </tr> </tbody> </table>	Mode	Percentage	Motorcycle	72%	Walking	15%	Public Transport	9.0%	Automobile	3.0%	Taxi	1.0%	<p>Considering transportation, respondents mainly use motorcycles (72%), whereas only 9% use public transport.</p>
Mode	Percentage												
Motorcycle	72%												
Walking	15%												
Public Transport	9.0%												
Automobile	3.0%												
Taxi	1.0%												
<p style="text-align: center;">Public Transport Issues</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Issue</th> <th>Count</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Longer Commuting Time</td> <td>101</td> </tr> <tr> <td>Inconvenient Stop Locations</td> <td>92</td> </tr> <tr> <td>Frequency of Transport</td> <td>81</td> </tr> <tr> <td>Health & Safety Concerns</td> <td>62</td> </tr> <tr> <td>Expensive</td> <td>35</td> </tr> </tbody> </table>	Issue	Count	Longer Commuting Time	101	Inconvenient Stop Locations	92	Frequency of Transport	81	Health & Safety Concerns	62	Expensive	35	<p>The lack of preference for public transport is mostly due to longer commuting time and inconvenient stop locations.</p>
Issue	Count												
Longer Commuting Time	101												
Inconvenient Stop Locations	92												
Frequency of Transport	81												
Health & Safety Concerns	62												
Expensive	35												
<p style="text-align: center;">Willingness to Leave Private Vehicle</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Response</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Probably Won't</td> <td>48%</td> </tr> <tr> <td>Probably Will</td> <td>37%</td> </tr> <tr> <td>Definitely Will</td> <td>15%</td> </tr> </tbody> </table>	Response	Percentage	Probably Won't	48%	Probably Will	37%	Definitely Will	15%	<p>52% of respondents who own private vehicles are willing to leave them in favour of an efficient public transport system.</p>				
Response	Percentage												
Probably Won't	48%												
Probably Will	37%												
Definitely Will	15%												

出典) フルマーレ開発公社提供資料

回答者の72%は移動手段がオートバイであり(72%)、公共交通機関(バス)を用いている回答者は9%であった。公共交通機関の割合が低い理由は、通勤時間が長く、また停車場所が不便であることに起因するという回答が主であった。新型コロナウイルスの感染拡大に伴う健康面を含む安全性の懸念を上げた回答者は約16%であり、一定数公共交通利用への懸念を示している状況と推測された。

一方で、公共交通の利便性向上の折には、自家用車から公共交通への移行をいとわないとする（自家用車を保有する）回答者の割合は52%であった。この結果から、新型コロナウイルスの影響が長期化した場合においても、公共交通の整備のニーズや利用者数は一定程度担保されると考えられる状況である。

(5) 検討結果と今後の調査、案件化方針

本調査では、上述の通り、既存の計画や交通量データを分析し、公共交通システム導入に必要な今後のプロセス、方針を検討してきた。その結果、まず最適な公共交通の在り方を適切に分析するため、現状不足している交通データ等を取得したうえで、最適な公共交通システムを導出、評価し、導入計画を示すマスタープラン策定からスタートする必要性を述べた。

マスタープラン策定においては、導入段階で必要となる資金調達との兼ね合いも含め、アジア開発銀行の技術支援（TA, Technical Assistans）プログラムなどの活用も検討の余地があるが、本都市間連携プロジェクトとの繋がりや関与企業の参入余地を十分に確保するためには、日本の技術協力プログラム等の活用も検討していく必要がある。

例えば、スマート交通システムの技術開発・導入検討事例として、JICA SATREPS プログラム¹²において実施中の「THAILAND4.0 を実現するスマート交通戦略」事業がある。この事業ではタイの首都バンコクにおいて急増する自動車由来のCO₂排出量を抑えるため、ICT技術を活用し、デジタルアース上にビッグデータや3Dデータを統合・可視化し、市民のQuality of Lifeを基準とした政策の評価システムの構築を行うことを通じ、交通問題の解消、低炭素社会の実現、市民の総幸福度の向上を両立した政策立案の実現に寄与することを目指すものとなっている。



図 3-8 タイにおいて実施中の SATREPS プログラム

出典) 大日本コンサルタント株式会社提供資料

この SATREPS プログラムにおいては、本都市間連携事業に参画している大日本コンサ

¹² 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム。国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）と独立行政法人国際協力機構（JICA）の共同で実施するもので、開発途上国の研究者と共同研究を行う 3～5 年間の研究プログラム。

ルタント株式会社の他、富山大学も提案法人として名を連ねており、本都市間連携事業と並行、連携してモディブの状況を踏まえた同様の研究開発事業を実施し、公共交通マスタープラン策定を進めるなどのコラボレーションを検討することができる。

3.1.3. 現状の交通由来 CO₂ 排出量の試算およびライトレール導入による低炭素効果の試算

交通分野における JCM の適用事例は少なく、CDM も同様である。交通分野が排出する CO₂ は総排出量の 4 分の 1 といわれるが、UNFCCC（国連気候変動枠組条約事務局）に登録された CDM プロジェクトのうち、交通分野の削減量割合は 1119 分の 1 といわれ¹³、市場メカニズムにおける交通分野の適用の難しさが示されている。

一方、方法論開発の事例を見ると、平成 24 年：日本気象協会・アルメック MRV モデル実証調査共同企業体を実施した「大量高速輸送機関（MRT）の整備によるモーダルシフト」の内容が参考となる。本方法論は、タイ国バンコク首都圏において、モーダルシフトによる交通量対策及び交通流改善により GHG 排出削減を実現する都市内鉄道の開発を対象とするものとなっている。

同方法論の概要は以下の通りとなっている。

表 3-7 「大量高速輸送機関（MRT）の整備によるモーダルシフト」における方法論案

	MRV 方法論
適格性要件	以下のすべての要件に適合する事業のみが方法論の対象となる。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 都市内 MRT の新設・延伸を含むこと。 ・ 旅客輸送のみを対象とすること。 ・ MRT は軌道系の輸送機関であること。 ・ MRT 路線沿線には、リファレンスシナリオ下で従来型交通システムが存在していること。 ・ MRT の建設または運行において日本等先進国からの技術移転や資金支援等があること。
算定オプション	事業者は、モーダルシフト効果と道路混雑緩和効果を算定するオプションを選択できる。モーダルシフト効果では、乗客アンケートの有無を選択できる。
バウンダリ	【モーダルシフト効果】 MRT 区間のみとする。 【道路混雑緩和効果】 MRT 路線の整備によって影響を受ける道路とする。MRT 路線両側にある並行している道路のうち、より路線に近くかつ幹線的な道路を対象とする。
リファレンスシナリオ	【モーダルシフト効果】 <ul style="list-style-type: none"> ・ (MRT による輸送量 (人キロ)) × (リファレンス機関分担率) × (機

¹³ 三菱UFJモルガン・スタンレー証券「寄稿 交通 CDM の課題解決に向けて」月刊 エネルギーフォーラム 2009 年 12 月号。

<https://www.sc.mufg.jp/company/sustainability/cef/article-04.html>

<p>オ排出量</p>	<p>関別 CO₂ 排出係数)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ MRT 輸送量 (人キロ) : 鉄道会社から直接得られる場合はそれを用いる。得られない場合は、(MRT 乗車人数×MRT 平均乗車距離) から算定する。リファレンス旅行距離を、個々人の実際の旅行距離 (出発地から目的地) ではなく、MRT 平均乗車距離とすることで簡素化が可能である。 ・ リファレンス機関分担率: 算定 Op.1-1: アンケートを実施せず、比較的保守的な排出係数を有する交通機関 (例えばバス) を選択する。 算定 Op.1-2: アンケート調査から全サンプルの平均的な割合を得る。 ・ 機関別 CO₂ 排出係数: 基本的には事業固有値を用いる。得られない場合は、デフォルト値を用いる。
	<p>【道路混雑緩和効果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ (対象道路の路線区間の延長) × (プロジェクト交通量) × (リファレンスシナリオ 車速における車種別 CO₂ 排出係数) ・ 対象道路の路線区間の延長: 地図上で計測する。 ・ プロジェクト交通量: モニタリングによる交通量調査結果を用いる。 ・ リファレンスシナリオ車速における車種別 CO₂ 排出係数: デフォルト値を用いる。ここで、リファレンスシナリオ車速は、道路 QV 関係式により設定する。道路 QV 関係式は、モニタリングによる交通量調査及び旅行速度調査より作成する。
<p>プロジェクト排出量</p>	<p>【モーダルシフト効果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ (MRT の運行に伴う電力消費量) × (系統電力 CO₂ 排出係数) <p>※リファレンス旅行距離を MRT 平均乗車距離とすることで、端末交通に伴う排出を排除する。</p> <p>【道路混雑緩和効果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ (対象道路の路線区間の延長) × (プロジェクト交通量) × (プロジェクト車速における車種別 CO₂ 排出係数) ・ 各変数の設定はリファレンスシナリオ排出量と同様とする。 ・ プロジェクト車速は、モニタリングによる旅行速度調査より設定する。
<p>リーケージ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対象としない。 <p>※道路混雑緩和効果はリファレンスシナリオ排出量及びプロジェクト排出量に含める。</p>

この方法論の適用可能性や、モディブにおけるデフォルト値などの設定については、今後採用する公共交通システムに応じて検討を行う必要がある。

ここでは、上記方法論の考え方をもとにしつつ、現状得られないデータもあることから、ごく簡易的に LRT の導入を想定した試算を試みる。

現在、フルマーレ地区の人口は約 45,000 人である。フルマーレ地区では、現在公共交通

は不十分であり、自家用車もしくはタクシーの利用が主である。地区内での移動は、自宅から職場や、マレその他地域への外出のためフェリーポートに移動するなどの動態が想定される。

上記方法論の事例では、事業固有値として以下の値が設定されており、この値を試算に供する。

表 3-8 「大量高速輸送機関（MRT）整備によるモーダルシフト」方法論案事業固有値

	交通機関 CO ₂ 排出係数 [gCO ₂ /km]	乗車率 [人]	交通機関 輸送量当たり CO ₂ 排出係数 [gCO ₂ /人 km]
バス	1150.1	24.2	47.5
自動二輪車	38.2	1.3	29.4
自家用車	170.2	1.5	113.5
鉄道			25.2

フルマーレは1周約10kmであり、45,000人のうち半数の22,500人が何らかの手段で10kmを移動することを想定する。

上述のマレ首都圏における車両保有は、車7%、バイク93%となっており、この比率をもとに計算すると以下の通りとなる。

表 3-9 フルマーレにおける交通由来 CO₂ の試算（現在人口）

	輸送量当たり CO ₂ 排出係数 [gCO ₂ /人 km]	利用者数 [人]	1日当たり CO ₂ 排出量 [tCO ₂ /日]	年間当たり CO ₂ 排出量 [tCO ₂ /年]
自動二輪車	29.4	20,925	6.15	2,244.7
自家用車	113.5	1,575	1.78	649.7
合計	-	22,500	7.93	2,894.4

上記の合計値である2,894.4t-CO₂がリファレンス排出量となる。

鉄道の輸送量当たりのCO₂排出量は、25.2g-CO₂/人kmであるため、22,500人が10km移動する際のCO₂排出量（プロジェクト排出量）は5.67tCO₂/日（2,069.5tCO₂/年）である。

リファレンス排出量からプロジェクト排出量を減算した排出削減量の値は、824.9tCO₂/年となる。

ところで、前述の通り、フルマーレは将来的に160,000人の人口を想定している。公共交通システムは、この将来人口を踏まえて計画、設計されることから、ここではこの人口規模を想定した試算も行いたい。

現在人口をベースとした計算と同様に、160,000人の人口の半数が10km移動する場合を考える。車両保有率は、自動車の割合が上昇する傾向が指摘されているが、ここでは保守的に現在の比率で想定する。この場合の計算結果は以下の通りとなる。

表 3-10 フルマーレにおける交通由来 CO₂ の試算 (将来人口)

	輸送量当たり CO ₂ 排出係数 [gCO ₂ /人 km]	利用者数 [人]	1 日当たり CO ₂ 排出量 [tCO ₂ /日]	年間当たり CO ₂ 排出量 [tCO ₂ /年]
自動二輪車	29.4	74,400	21.87	7,983.8
自家用車	113.5	5,600	6.35	2,319.9
合計	-	80,000	28.23	10,303.8

鉄道の輸送量当たりの CO₂ 排出量は、20.16 t-CO₂/日 (7,358.4tCO₂/年) であるため、排出削減量は 2,945.4tCO₂/年となる。

さて、JCM 事業における設備補助対象としては、鉄道車両を考える。軌道や駅舎等すべての設備を含めると、ライトレールの建設コストは km あたり 20~40 億円と言われ、1km 程度の整備に 200~400 億円のコストが見込まれ、こうしたインフラ部分の建設コストは上述の通り ADB の融資の下で導入することを検討する。

さて、富山市ライトレールの事例では、3 編成のライトレール車両取得額が約 8 億円とされている。車両の減価償却期間は、財務省の減価償却資産の耐用年数等に関する省令別表によれば、「鉄道用又は軌道用車両」の「電車」に該当し、13 年となっている。13 年の累積 CO₂ 排出削減量は 38,290 tCO₂/13 年である。車両コストの 8 億円のうち、50%を補助金割合とした場合の 4 億円での費用対効果は 10,446 円/t-CO₂ となる。

JCM 設備補助の規模からは費用対効果が低い結果となっているが、本試算においては事業固有値の取得や道路混雑緩和効果、利用者数の想定が仮定の数値であり、今後実施予定の交通需要調査やモーダルシフト効果の評価を通じて、より精度の高い値を算出し検証していきたい。

3.1.4. 実施体制とスケジュール

本事業は、今後公共交通インフラシステムを導入する計画立案からスタートするものであり、JCM 事業化にあたって多くの準備、意思決定が必要とされる。一方、政策決定においては、富山市の公共交通政策の策定事例がグッドプラクティスとして参考とされ得るなど、都市間連携事業の効果が最も活きるテーマでもあり、引き続き他のプログラムの活用も視野に、検討を続ける考えである。出口としては ADB の融資を原資とした公共交通インフラの整備と、JCM 設備補助事業としての車両導入を想定しているが、ADB の融資プログラムの一つである JCM 日本基金 JF-JCM 等の活用可能性も視野に入れる。

JCM 設備補助の場合、富山市において LRT の整備を担い、海外における都市交通整備にも多くの実績を有する佐藤工業を代表事業者として、都市交通運営事業者と国際コンソーシアムを構築する体制を検討する。

ADB の融資プロジェクトは、国際競争入札によりコントラクターが選定されるが、本都市間連携事業に参画事業体で、富山市ライトレールの施工にも携わった佐藤工業や川田工業が応札し、JCM 設備補助と一体に事業化を進めることが理想的である。このため、本事業の方針を決める公共交通マスタープラン策定や導入技術の検討段階からモルディブ運輸

省をはじめとした機関と連携、協力して検討を進めていく必要がある。

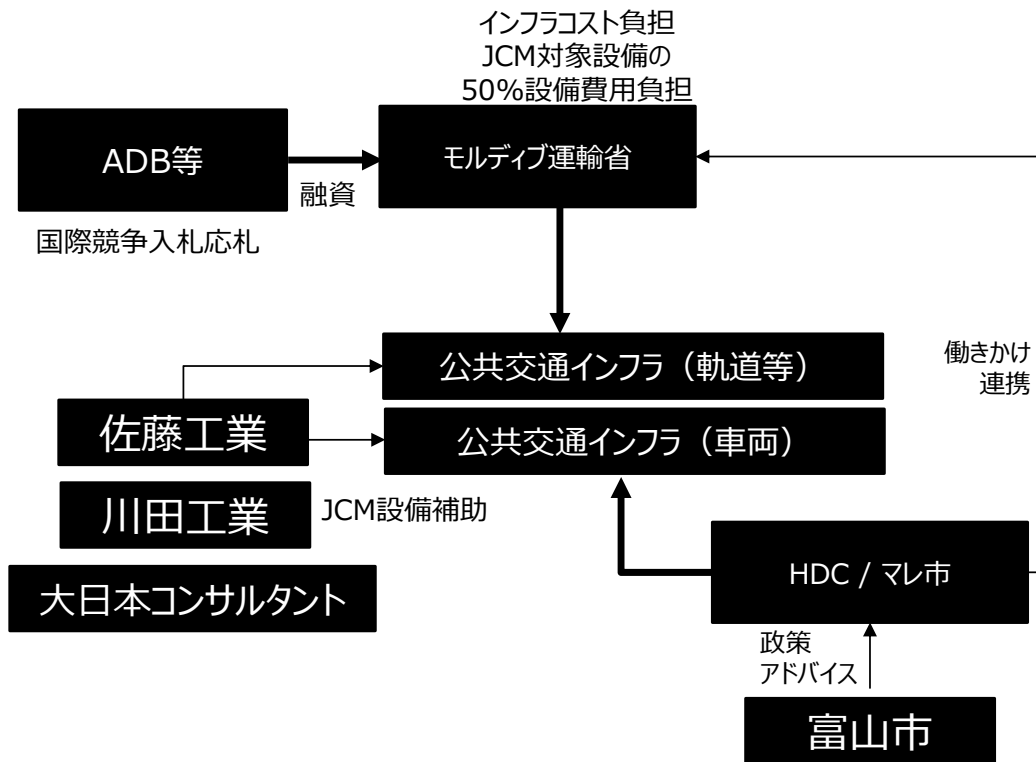


図 3-9 LRT による公共交通システムの JCM 事業実施体制案

3.2. ディーゼル発電設備のガス転換による低炭素発電分野

モルディブは、島嶼国固有の土地や資源の制約から、ディーゼル燃料をエネルギー源とした発電が主である。ディーゼル発電は、出力に対して小型軽量で立地を選ばず、始動性が高く熱効率も高い長所があり、日本を含め、世界の離島地域では今なお主要な電源である。太陽光等再生可能エネルギーの普及拡大を進めている中、負荷変動に対応するベースロード電源としてディーゼル発電に依存せざるを得ない状況にあるが、より低炭素な技術オプションとして、既設のディーゼル発電設備への天然ガス混焼が考えられる。

天然ガスは、単位熱量当たりのCO₂排出量がディーゼルと比較して低く、比較的クリーンなエネルギーであるとされる。世界的な脱炭素化の流れの中では、あくまで繋ぎの技術としての位置づけとなるものの、すべての電力を再生可能エネルギー由来とするまでには相応の時間が必要であることを踏まえれば、目下のCO₂排出量を少ない投資で可能な限り低減させる有効な方策である。また、天然ガスの主成分はメタンであり、バイオ技術や水素からの合成といった技術もあることから、カーボンフリー化を目指すこともできるため、既設インフラを有効活用できるメリットがある。本調査では以下の項目に関して調査を行い、既設ディーゼル発電設備の改造により天然ガス混焼化を検討した。

3.2.1. モルディブ国エネルギー計画、マレ市エネルギー計画の分析（ガス利用等分野）

モルディブにおけるエネルギー政策・戦略として、“Maldives Energy Policy and Strategy”が取りまとめられている¹⁴。これは5か年計画で、最新の計画は2016-2020年を対象期間である。2021年より新たなエネルギー政策・戦略に移行する予定で、現在取りまとめが進められている。

さて、2016-2020年を対象期間とした“Maldives Energy Policy and Strategy”においては、2015年時点での燃料輸入量が示されている。モルディブでは、再生可能エネルギーを除いて自国でのエネルギー資源生産がないことから、一次エネルギーは全量を輸入に依存している。燃料輸入量の内訳は以下の通り報告されている。

表 3-11 モルディブにおける燃料輸入量（2015）

エネルギー種	値	単位
調理用ガス（LPG）	12,835	Mt/年
ディーゼル	389,968	Mt/年
ガソリン	38,683	Mt/年
航空用ガソリン（Avigas）	65,299	Mt/年
全体量	506,334	Mt/年

およそ8割がディーゼル燃料であり、各島の発電利用の他、大型車両・船舶への利用もあるとみられる。こうしたエネルギー事情に関して、“Maldives Energy Policy and Strategy”

¹⁴ MINISTRY OF ENVIRONMENT AND ENERGY REPUBLIC OF MALDIVES “MALDIVES ENERGY POLICY & STRATEGY”,2016.

URL:<https://www.environment.gov.mv/v2/wp-content/files/publications/20161220-pub-mv-energy-policy-strategy-2016-20dec2016.pdf>

では、今後の政策方針として以下9つのキーポリシーを掲げている。

1. すべての市民に手頃で信頼できる電力供給へのアクセスを提供する
2. 2020年までにエネルギー部門のカーボンニュートラルを達成する
3. 省エネとエネルギー効率の促進
4. 国家のエネルギー安全保障を強化する
5. 再生可能エネルギー技術を促進する
6. エネルギー部門の管理能力を強化する
7. エネルギー部門に適切な価格設定方針を採用する
8. 顧客保護を確保する
9. エネルギーサービスの質を高める

また、モルディブにおけるエネルギー政策の指導原則として、以下の7項目があげられている。

1. 信頼性が高く持続可能なエネルギー部門の成長を可能にする環境を作り、島に見合った合理的な基準ですべての居住島に電力を供給するという政府の憲法上の義務を果たす。
2. エネルギー供給の多様化を通じて、化石燃料へのエネルギー部門と国民経済の過度の依存を減らす。
3. 省エネとエネルギー効率改善を促進する。
4. 健全なライフスタイルの促進を通じて、生産、流通、エネルギー消費における低炭素技術の採用を奨励する。
5. 地域のエネルギー資源と再生可能技術を活用する
6. エネルギー部門、エネルギーサービス、品質保証メカニズムの開発に民間部門の参加を呼びかける。
7. 社会的保護とメカニズム、および/または人口の脆弱なグループのためのセーフティネットを通じてエネルギーの公平性を確保する。

これらの記述から、ディーゼルに偏重したエネルギー利用の見直しと、脱炭素への転換がエネルギー政策の主軸であることは疑いがない。一方で、2021年現在、太陽光等の再生可能エネルギー導入が増加しているものの、ディーゼル発電を主としたエネルギー利用の状況は依然続いており、抜本的な改善が必要な状況である。

3.2.2. 天然ガス供給可能性の技術的、経済的検討

(1) 天然ガス供給可能性の技術的検討

①天然ガス供給の概要と発電技術

天然ガスは、日本ではいわゆる都市ガスとして利用される可燃性ガスであり、メタン、エタンといった炭素化合物を含む天然に貯留されたガスを指す。

日本においても、北海道や千葉県などの地中に貯留されており、現在も千葉県の南関東ガス田においては水溶性ガス田からの天然ガス採掘・生産がおこなわれている。世界では、

広範囲にガス田が分布しており、アジア、中東、アフリカ、米国、豪州等が主要な生産地帯となっている。アジアでは、中国、ベトナム、インドネシアの他、カザフスタンやトルクメニスタン等の中央アジアの生産量が大きい。世界最大の可採埋蔵量を有するのはカタールのノースフィールドガス田である。

さて、天然ガスの利用にあたっては、採掘・生産地点と需要地が離れていることから、パイプラインや液化による効率的な輸送が行われる。パイプラインは、遠距離大容量の輸送に適しており、例えばロシアのサマーラから東ヨーロッパ各国に総延長 4,000 km でガスを配送するドルジバ・パイプラインが世界最長である。一方で初期費用が莫大となるうえ、海を隔てる地域への輸送には採算性の課題がある。

そこで、日本など島国の LNG 輸入国では、液化した天然ガスをタンカーで輸入する手段が主に用いられる。天然ガスは、大気圧で -162°C に冷却することで液化する。このとき、体積がおよそ 1/600 にまで圧縮され、小さな容積でより多くのガスを運搬でき、輸送コストや可搬性が向上するためである。

LNG は、ガスとして利用するために再ガス化が必要である。再ガス化は LNG の温度を上げ、蒸発させることで再度天然ガスを気体に戻すプロセスである。よって、天然ガス利用に際しては、こうした設備や LNG 貯蔵のための設備、土地が必要となる。

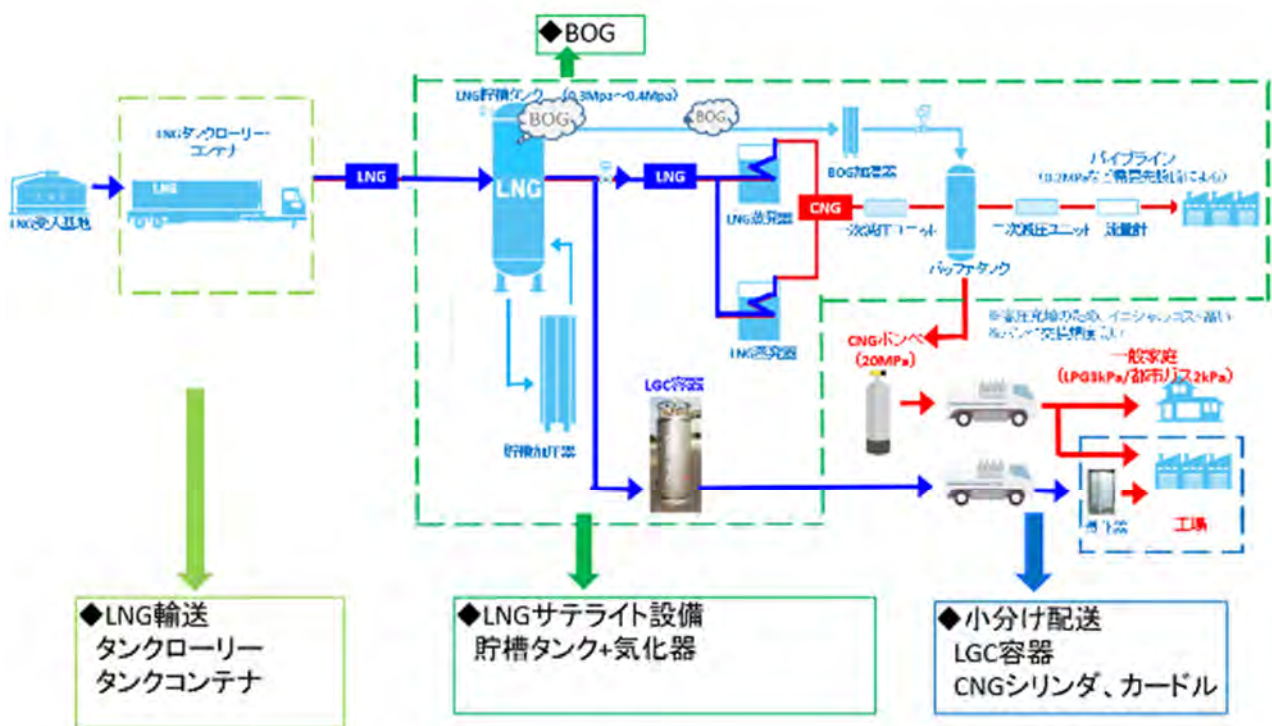


図 3-10 LNG 配送と貯蔵・気化プロセスフロー図

出典) 各種資料を基に北酸(株)作成

LNG を燃料とした発電技術は、蒸気タービンによる汽力発電と、ガスタービン及び蒸気タービンを組み合わせたコンバインド・サイクル発電に大別される。コンバインド・サイクル発電は、圧縮空気中で燃料を燃やし、燃焼ガスを発生させ膨張力で発電機を回転させるガスタービン発電と、排ガスの余熱を回収し、蒸気タービンに用いる汽力発電を組み合

わせており、高効率であるとともに比較的小型の設備に収めることが可能である。また、運転・停止の応答性も高いメリットがある。

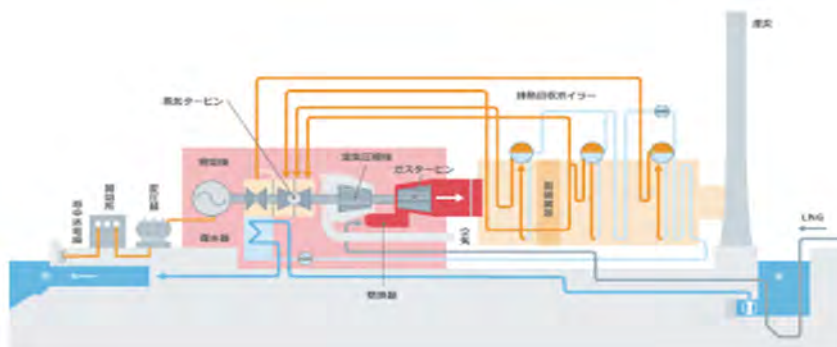


図 3-11 コンバインド・サイクル発電の構造イメージ

出典) JERA <https://www.jera.co.jp/business/thermal-power/type>

②モルディブ及びマレ地域における LNG 導入計画

グレートマレ地域の発送電を担う電力会社 STELCO では、2019 年の年次報告書において、将来の発電構成への投資計画について公表しており、その中で、LNG、太陽光、バッテリー技術、ハイブリッドシステムへの投資に言及している¹⁵。

LNG 発電設備の容量は、200MW を想定し、ティラフシ島への建設を計画しているとある。これは、グレートマレ地域の電力需要が 260MW を超えることが推定されていることや、同地域の発電量がモルディブ全体の 4 分の 1 にあたることから、ディーゼルよりクリーンかつ低価格の LNG が望ましいためとしている。なお、既設のディーゼル発電所は負荷調整のために継続して利用する計画となっている。

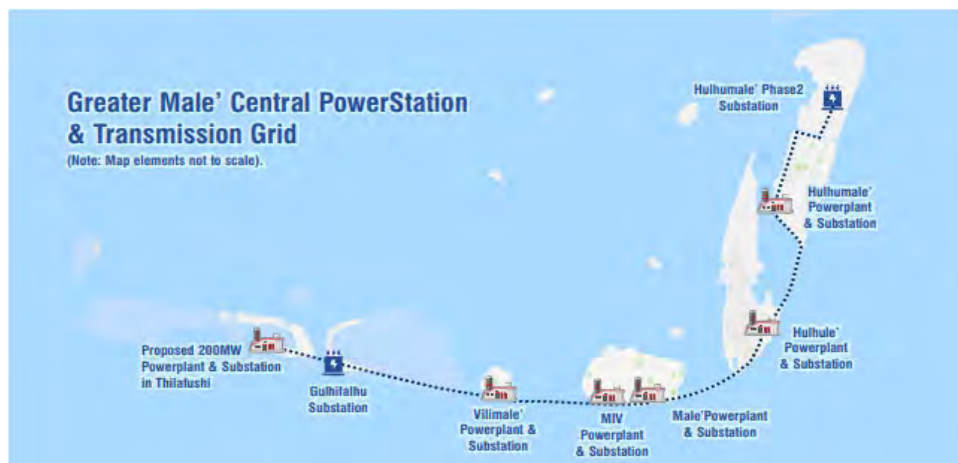


図 3-12 グレートマレ地域の送電網整備計画

この計画は、モルディブ政府から UNFCCC に提出される隔年報告書 (BUR : BIENNIAL UPDATE REPORT TO THE UNFCCC) にも反映され、緩和策の一つとして LNG 利用を促

¹⁵ STATE ELECTRIC COMPANY LIMITED(STELCO)“ANNUAL REPORT”,2017.
URL:<https://www.stelco.com.mv/download/stelco-annual-report-2017?wpdmdl=5602&refresh=600bb5ef7547f1611380207>

進する計画が読み取れる¹⁶。

モルディブにおける LNG 利用に関しては供給課題がある。現在、調理用ガスとして LPG（液化石油ガス）の輸入は行われている一方、LNG の輸入実績はない。そのため、新たな調達ルートを開発する必要がある。

この課題に関連して、スリランカをハブとして LNG をモルディブに輸送するルートの検討が進められている。スリランカでは、石炭火力を中心とした電源開発を有していた一方、住民反対やよりクリーンなエネルギーの選択を優先させる政策から、天然ガス火力の導入を検討しており¹⁷、LNG 輸入港及びハブとして、浮体式 LNG 貯蔵再ガス化設備（FSRU：Floating Storage and Regasification Unit。以下、「FSRU」という。）の導入検討を進めている。2020年8月には、スリランカの投資委員会は、Pearl Energy (Pvt) Ltd と、ハンバントタ港に浮体式貯蔵 LNG 取引施設である「ハンバントタ LNG ハブ」を立ち上げたところである¹⁸。なお、これらの実現可能性調査は ADB の予算により実施され、その検討の中ではモルディブへの LNG 輸出が想定されている^{19,20}。

このように、モルディブにおける LNG 利用のサプライチェーンは構築されつつあるところであるが、その一方、ティラフシ島に LNG 火力発電所を建設する計画においては送電線の課題もある。この点については、現在、ティラフシ島とマレ島を結ぶ橋の建設計画が進められており、インドが資金提供に動いている²¹。具体的には、2020年8月にインドのスブラマニヤム・ジャイシャンカール外相が、橋の建設に1億ドルの助成金と、4億ドルの新しい融資枠による支援を約束している状況である。

ただし、今後橋の設計、資金計画、着工・建設を考えると、完成までに5～10年程度の期間を要することが予測される。

排出削減を速やかに進める必要がある観点からは、発電所・送電線の完成を待たず、既設のディーゼル発電依存に対して何らかの緩和対策を講じる必要がある。

本都市間連携事業での LNG 活用提案の位置づけは、再生可能エネルギーの導入を優先としつつ、負荷調整のために稼働せざるを得ないベースロードのディーゼル発電設備の低

¹⁶ MINISTRY OF ENVIRONMENT “MALDIVES FIRST BIENNIAL UPDATE REPORT TO THE UNFCCC”,2019.

URL:<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/First%20BUR%20of%20Maldives.pdf>

¹⁷ 独立行政法人国際協力機構（JICA）、東京電力ホールディングス株式会社、東京電力パワーグリッド株式会社、東電設計株式会社「スリランカ国電力マスタープラン策定プロジェクト ファイナル・レポート」2018.

URL:https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12303665_01.pdf

¹⁸ LNG INDUSTRY “Agreement signed to launch a floating storage LNG facility in Sri Lanka” ,25 August 2020.

URL:<https://www.lngindustry.com/liquid-natural-gas/25082020/agreement-signed-to-launch-a-floating-storage-lng-facility-in-sri-lanka/>

¹⁹ Asian Development Bank “Sri Lanka: Supporting Feasibility Study and Survey to Adopt Liquefied Natural Gas (LNG) Power Generation to Diversify Energy Mix”,2020.

URL:<https://www.adb.org/projects/53193-001/main#project-pds>

²⁰ AVAS” Gas hub to be developed in Sri Lanka; will supply fuel to Maldives”,24 Jun 2019.

URL:<https://avas.mv/en/65905>

²¹DW.com” India seeks to counter China influence in Maldives with bridge project”, 13 Aug 2020.

URL:<https://www.dw.com/en/india-seeks-to-counter-china-influence-in-maldives-with-bridge-project/a-54555981>

炭素化においても、LNGの活用を検討し、可能な限りCO₂排出を最小化する提案である。具体的には、既存のディーゼル設備をガス混焼発電に改造する方法を用いる。次項において、導入計画やLNG供給計画の検討結果を示す。

③導入計画

1) 導入設備

上述の通り、本提案においては、LNGの発電を恒久的に想定するのではなく、通過点として低炭素化を図るため、既設のディーゼル発電設備を混焼化する技術の導入を想定する。これはデュアルフューエル技術（DF: Dual Fuel、以下、「DF技術」という。）と呼ばれ、ディーゼル機関を有する船舶、大型車両等に導入されてきた実績があるほか、発電設備への導入事例もある。当技術は、平成30年度JCM設備補助事業「インドネシア国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」において活用した技術でもある。なお、本事業の共同実施者である北酸株式会社が当該JCMプロジェクトの代表事業者を担っている。

DF技術は、車両、船舶、発電機を問わず、あらゆるディーゼル機関に応用が可能である。エンジン内に噴霧するディーゼル燃料をガスと混合させることで、ディーゼル使用量を削減し、低炭素効果を得ることができる。同時に、単位熱量の差から費用対効果の面でも効果が期待できる。さらに、既設のディーゼル発電機にガスタンクや配管、過給機、コントロール等の装置を付加するのみであることから、工事費・工事期間等の面でもメリットがある。

ディーゼル発電設備のガス転換技術は、欧州、中国、インドなどにもみられるが、我が国においても重電メーカーやエンジニアリング会社が技術を有している。例えば、JFEエンジニアリング株式会社が開発したデュアルフューエルエンジンガス化転換技術は20,000時間の運転実績を有し、ガス燃料比率95%と世界的にも高効率な水準の設備となっている。途上国では、性能より価格面での優位性を重視する傾向にあるが、本技術等の採用を条件としてJCM設備補助資金を投入し、価格競争力を確保することで、活用される可能性が十分にある。

すでに、JFEエンジニアリング株式会社では、国内外で9設備の納入実績があり、インド、インドネシア等での導入も実現していることから、途上国市場においても市場優位性が高い。



インドでの導入実績（NEDO 実証）



インドネシアでの導入実績

図 3-13 JFE エンジニアリング社の DF 技術事例

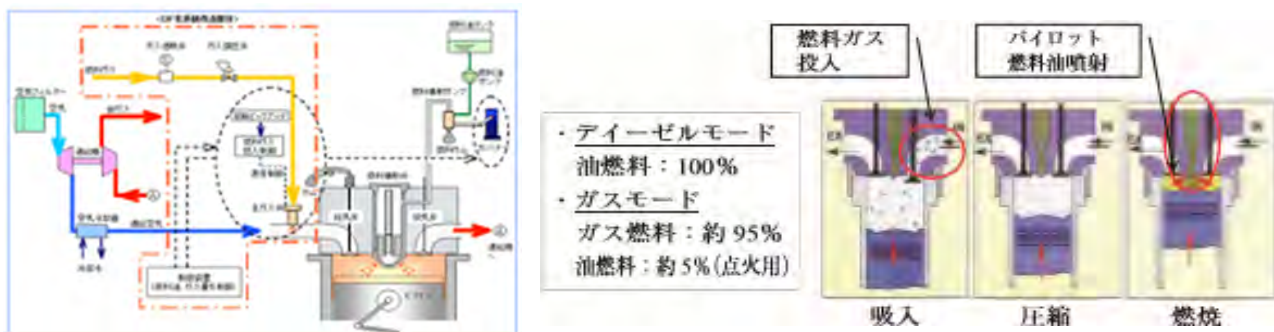


図 3-14 ガス混焼の燃焼イメージ

出典) JFE エンジニアリング社²²

2) LNG 供給

さて、LNG の調達に関して、島嶼国モルディブにおいては、当然ながら生産国からのパイプライン輸送は現実的ではなく、液化した天然ガスすなわち LNG での輸入が選択肢となる。マレ島やフルマーレ島においては、土地の制約があるため、こうした設備、すなわち天然ガス受け入れ基地の整備に課題を抱える。

そこで、モルディブにおける天然ガス供給においては、FSRU の導入が候補となる。FSRU は、着棧した海上の LNG 受け入れ基地であり、生産地から LNG の形で天然ガスを運搬するタンカーから洋上で LNG を積み替え、貯蔵・再ガス化のうえ陸上に供給する機能を有する。港湾にアンカー固定した船舶に LNG タンク、再ガス化装置などが艀装されたイメージであり、低コストかつ短期間での導入が可能であることから、世界中で導入が進んでおり、前述のスリランカにおける LNG 基地計画も FSRU の導入が想定されている。

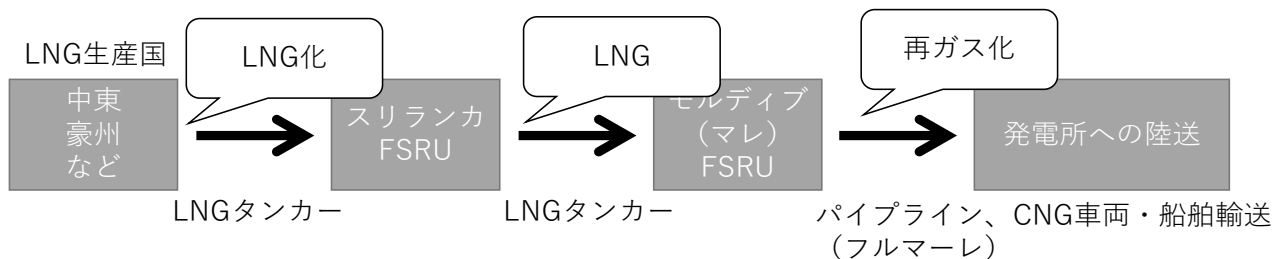


図 3-15 生産国からモルディブまでの天然ガスサプライチェーン

²² JFE エンジニアリング株式会社「デュアルフューエルエンジンによるガス化転換技術」2013 年 1 月, JFE 技報 No.31,p. 89-90 <https://www.jfe-steel.co.jp/research/giho/031/pdf/031-22.pdf> より引用。

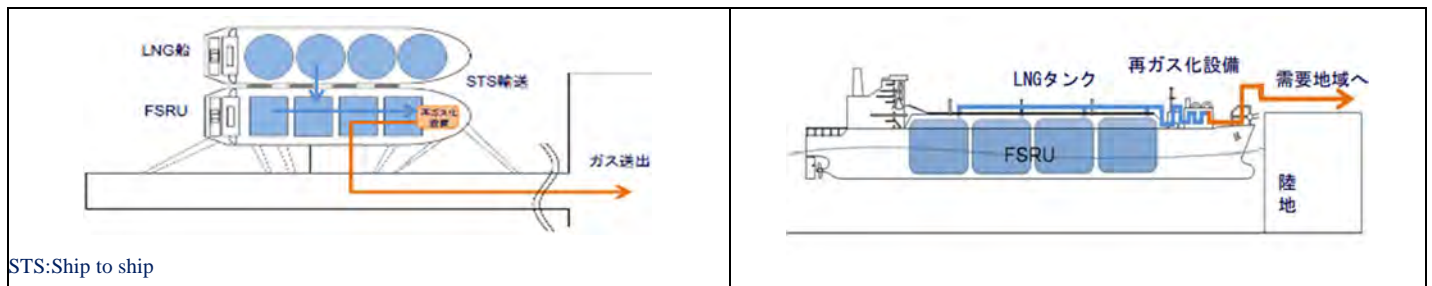


図 3-16 FSRU の概念図

出典) 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構²³

サプライチェーンについては、前述の通り、中東や豪州等から、大量の LNG をタンカーでスリランカに供給し、スリランカ国内の LNG 火力等への供給と共に、小型 LNG 輸送船に積み替えモディブへの供給ハブとする計画が ADB の支援の下進められている。

本サプライチェーンについて、年間必要量から FSRU の規模を検討する。まず、グレートマレ地域のディーゼル発電のために消費されているディーゼル量は、マレ島で 23.9 万 L/日 (87 百万 L/年)、フルマレ島で 5.2 万 L/日 (19 百万 L/年) であり、合計 29 万 L/日 (106 百万 L/年) となる。

この値を熱量換算すると、軽油 1L あたりの発熱量が 38.2MJ であるため、両島の合計で 4,057,413GJ/年となる。このうち、95%の熱量すなわち 3,854,542 GJ/年を天然ガスに置き換えることを想定する²⁴。LNG 1kg あたりの単位発熱量は 54.5 MJ(0.0545 GJ)であるため、同量の熱量を天然ガスに置き換える場合、LNG としての必要量は 70,726 t/年となる。

さて、世界の主な FSRU の規模を見ると、年間の受け入れ能力は 0.4~5 百万 t/年²⁵となっている。マレ・フルマレ島の既設発電向けのみへの供給を考える場合、既設の FSRU の規模からは著しく需要が小さく、コスト効果を考えると LNG のさらなる利用拡大を検討する必要がある。例えば、DF 技術はディーゼル機関の船舶にも適応可能であることから、海上輸送機関への活用が考えられる。また、グレートマレ地域以外の離島部もディーゼル発電に依存していることから、マレにおいて再ガス化した天然ガスを圧縮し CNG (Compressed Natural Gas) として離島の発電にも用いる等の検討も視野に入れることができる。

²³ 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「グローバルに拡大する FSU・FSRU (浮体式 LNG 受入基地)」2013 年。

URL:[https://oilgas-](https://oilgas-info.jogmec.go.jp/_res/projects/default_project/_project_/pdf/5/5033/1312_b02_nagai_FSRU.pdf)

[info.jogmec.go.jp/_res/projects/default_project/_project_/pdf/5/5033/1312_b02_nagai_FSRU.pdf](https://oilgas-info.jogmec.go.jp/_res/projects/default_project/_project_/pdf/5/5033/1312_b02_nagai_FSRU.pdf)

²⁴ 95%という値は、JFE エンジニアリング社の仕様に基づく。

²⁵ 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「天然ガス・LNG 市場の動向と FSRU による需要拡大」,石油・天然ガスレビューVol.52 No.1,2018 年。

URL:https://oilgas-info.jogmec.go.jp/_res/projects/default_project/_project_/pdf/8/8081/201801_045a.pdf

表 3-12 世界の主な FSRU と規模

地域	国名	地域・プロジェクト	操業開始	FSRU事業者	船名	受け入れ能力 百万t/年
アジア	パキスタン	Port Qasim, Karachi/ (EETPL)	2015	Excelerate Energy	Exquisite	5.7
	パキスタン	Port Qasim, Karachi/PGPL	2017	BW Offshore	BW Integrity	6.2
	インドネシア	Nusantara Regas Satu/West Java	2012	Golar LNG	Nusantara Regas Satu	3.7
	インドネシア	PGN Lampung	2014	Høegh LNG	PGN Lampung	3
	インドネシア	Benoa, Bali	2016	Pertamina	FRU+FSU	0.4
	中国	Tianjin LNG	2013	当初FSRUでのLNG受入を開始。2016年に陸上タンク・再ガス化設備稼働開始し、その後も陸上タンク・設備を増設中で、需要に応じ適宜 FSUとしてのLNG船を備船。		-
	マレーシア	Melaka	2013	Petronas	Tenaga Satu	2.6
マレーシア	Melaka	2013	Petronas	Tenaga Empat	2.6	
欧州	リトアニア	Klaipeda	2014	Høegh LNG	Independence	2.9
	トルコ	Etki LNG FSRU	2016	Høegh LNG	GdF Suez Neptune	5.6
	イタリア	OLT Offshore LNG Toscana	2013	OLT	FSRU Toscana	4.4
	マルタ	Malta LNG	2016	Bumi Armada	Armada LNG Mediterrana (FSU)	0.4
	イギリス	Teesside Gasport	2007	操業停止		
中東	UAE	Jebel Ali/Dubai	2010	Excelerate Energy	Explorer	4.1
	UAE	Ruwais/Abu Dhabi FSRU	2016	Excelerate Energy	Excelerate	4.1
	イスラエル	Hadera Gateway	2013	Excelerate Energy	Excellence	-
	エジプト	Ain Sokhna	2015	Høegh LNG	Høegh Gallant	4.1
	エジプト	Ain Sokhna	2015	BW Offshore	BW Singapore	5.6
	クウェート	Mina Al-Ahmadi	2009	Golar LNG	Golar Igloo	5.5
	ヨルダン	Aquava/AI-Sheikh Sabah LNG	2015	Golar LNG	Golar Eskimo	5.5
北米	アメリカ	Neptune	2010	操業停止		
	アメリカ	Northeast Gateway	2008	操業停止		
	アメリカ	Gulf Gateway	2005	操業停止		
中南米	アルゼンチン	Bahia Blanca	2008	Excelerate Energy	Exemplar	4.1
	アルゼンチン	GNL Escobar	2011	Excelerate Energy	Expedient	4.1
	コロンビア	Cartagena	2016	Høegh LNG	Høegh Grace	4.1
	ジャマイカ	Montego Bay/Bogue LNG	2016	Golar LNG	Golar Arctic (FSU)	0.5
	ブラジル	Pecem	2009	Excelerate Energy	Experience	6.6
	ブラジル	Bahia/TRBA Salvador	2014	Golar LNG	Golar Winter	3.8
	ブラジル	Baia de Guanabara	2009	Golar LNG	当初、Golar Sprit号で受け入れ	1.9

出典) 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「天然ガス・LNG 市場の動向と FSRU による需要拡大」²⁵

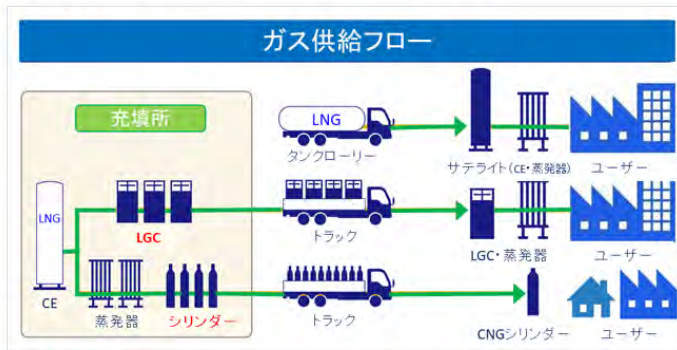
この検討は、エネルギー輸入のコスト戦略においても重要である。国営貿易会社の STO (State Trading Organization) へのヒアリングにおいては、LNG の輸入によりディーゼル燃料の消費が下がることにより、単位当たりのディーゼル輸入価格が上がることから、離島等への供給価格が上昇することが LNG 導入検討における課題であるとの指摘を得た。

グレーターマレ地域のみで、モルディブ全土の発電量のおよそ 40% を占めていることから、グレーターマレ地域のみを LNG 混焼化することは、モルディブ全土のディーゼル輸入量に大きな影響を及ぼし、離島部へのディーゼル供給価格、ひいてはエネルギー価格の上昇を招くおそれがある。

よって、グレーターマレ地域と同時に、離島部のディーゼル発電所も DF 化を行い、LNG の供給体制を構築し、エネルギー価格の最適化とモルディブ全体の低炭素化を図る検討が必要となる。

共同事業者の北酸株式会社は、圧力容器に充填したガスの最適配送、管理を北陸において担っており、LNG/CNG の離島への輸送等に係る技術支援が可能である。LNG/CNG の小分け配送の例を以下に示す。

小分け配送 需要が少ない地域へボンベで供給



小分け配送のメリット：
 ①即使用可能。
 ②使用場所を選ばない。配管不要。
 ③大規模な設備不要、コストを大幅に削減。

CNGシリンダー・カードル



メリット：配管設備不要。トラック輸送可能。
 シリンダー：10L、47L、50L
 カードル：50Lシリンダー×25本=1.25t
 充填圧力最大：19.6MPa

LGC (Liquid Gas Container) 超低温液化ガス容器

LNGを液で小分け配送し、需要先で必要圧力にCNG化



メリット：大規模設備不要。トラック輸送可。

サイズ：495L、175L

液体で貯蔵し、常用の圧力に保ち、所定の圧力、流量で連続的又は間欠的に液体又はガス体にて自動供給が可能。



【超低温液化ガス用蒸発器】
 (空気加温式)
 気化能力：10L/h、20L/h



【簡易型ガス発生装置】
 Daigas

使用用途に合わせて供給形態を選択可能

図 3-17 LNG/CNG 小分け配送の例

出典) 各種資料を基に北酸(株)作成

グレーターマレ地域の 2 か所の発電所供給に加え、離島のディーゼル発電設備の CNG 混焼化や船舶の LNG/CNG 混焼化、さらに家庭や観光業における調理用ガスを LPG から天然ガスに切り替える等より、経済性のある規模での FSRU 導入検討を進めることができる。

なお、本検討は、あくまで脱炭素までのつなぎの技術として導入することは先に述べたとおりであるが、ガス供給インフラは、脱炭素社会において主要な燃料となりえる再エネ由来水素²⁶や、バイオマス由来のメタン活用においても活用できるインフラである。よって、こうしたインフラを整備し、ディーゼル利用をいち早く低炭素化していく試みは脱炭素社会構築への着実な一歩であるといえる。

²⁶ メタネーション技術により、水素と二酸化炭素を用いてメタンを生成し、ガスとして利用する等の展開が想定できる。

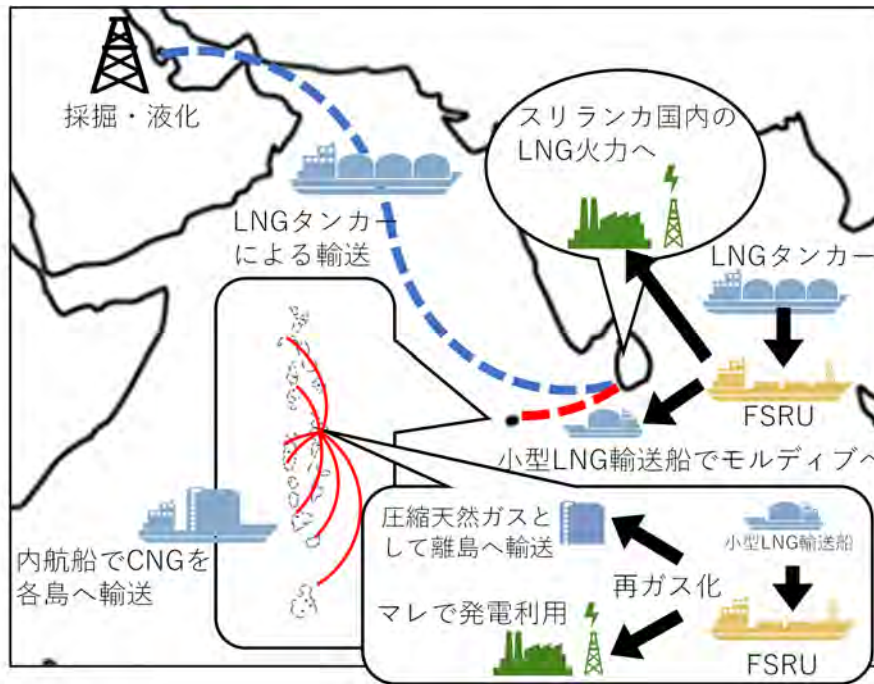


図 3-18 モルディブにおける天然ガスサプライチェーンのイメージ

なお、離島への LNG 供給は、需要が大きくないことが想定されるため、LNG 船の使用や、LNG 受入基地を建設するのでは投資コストが見合わないことが想定される。そのため、小規模な量からでも LNG の輸送が可能で、かつ、そのままストレージとしても活用可能である ISO コンテナ輸送が望ましい。離島の比較的小さな港であっても、クレーンやコンテナヤードを整備することで受け入れが可能となり、利用にあたっては LNG モバイルサテライト等の活用も検討し得る。



図 3-19 ISO コンテナによる離島への配送と利用イメージ

出典) 各種資料を基に北酸(株)作成

3) 天然ガス供給可能性の経済的検討

上記 1)の結果を踏まえ、ガス供給ならびにガス転換に係るインフラ整備、運用コストを概算する。同時に、当該インフラ等整備にあたり活用可能な資金スキーム等についても検討を行った。

天然ガス供給において、まずインフラ整備コストを検討する。独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構が FSRU の特徴について示した資料では、その特徴として陸上の LNG 基地よりも建設コストが安い点を挙げており、既存 LNG 船の改造・転用も可能であるとしたうえで、そのコストはおよそ 80 億円、着積用の栈橋の建設コストとして 100 億円程度を参考値として示している²³。よって、FSRU と陸上の受け入れインフラ整備としておよそ 200 億円程度の初期コストが想定される。

次に、LNG 燃料調達コスト（燃料費）について検討する。LNG の価格システムはやや複雑であり、契約期間（長期/スポット）や契約形態によって大きく異なることから、想定が難しい。まず、LNG 取引は HH（Henry Hub、米国ガス取引ハブ）、TTF（Title Transfer Facility、オランダガス取引ハブ）、JKM（Japan Korea Marker、Platts 北東アジアスポット LNG 査定価格）、JLC（Japan LNG Cocktail、全日本 LNG 平均輸入価格）などがあり、それぞれの価格は油価等に連動し類似のトレンドは示すものの、最大で 8 倍ほどの開きがあるなど、差が大きい。独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構では、油価リンク長期契約 LNG 価格とスポット LNG 価格の乖離について分析を行った資料²⁷において、2020 年の主要取引所の価格動向をまとめており、取引価格の乖離を示すグラフを整理している。参考までに、当該グラフを以下に引用する。



図 3-20 各取引所における LNG 価格の差及び変動

2020 年で最高値となっているのは、JLC（Japan LNG Cocktail、全日本 LNG 平均輸入価

²⁷ 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「天然ガス・LNG 最新動向-LNG 価格システムの課題、油価上昇がもたらした一物二価 -」2020 年。

URL:https://oilgas-info.jogmec.go.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/008/857/2010_c_price_lng.pdf

格) の約 9.5 ドル/MMBtu 付近である。モルディブへの LNG 供給を考える場合、スリランカに建設予定のハブからの供給となりえるが、少量であることなどから単位当たり価格は高いものと想定され、本検討では保守的に、上記 JLC の最高値の 9.5 ドル/MMBtu と想定する。

上述の通り、マレ及びフルマレにおける発電混焼用途に必要な LNG は、3,854,542GJ(70,726t)である。1MMBtu は 1,054MJ であるため、除算すると、3,657,061MMBtu となる。9.5 ドル/MMBtu を乗ずると、年間の LNG 調達価格は、約 3,561 万 USD となる。

この値に加え、小口需要であるモルディブへの輸送費用を考慮しなければならない。LNG は、BOG (Boil off Gas) と呼ばれる揮発ガスの扱いに留意し、最適な配送頻度や貯蔵量を設定する必要がある。とくに LNG 基地においては BOG が発生しやすく、LNG 自身の冷熱により気液平衡状態となる ISO コンテナにおいては発生しにくい。

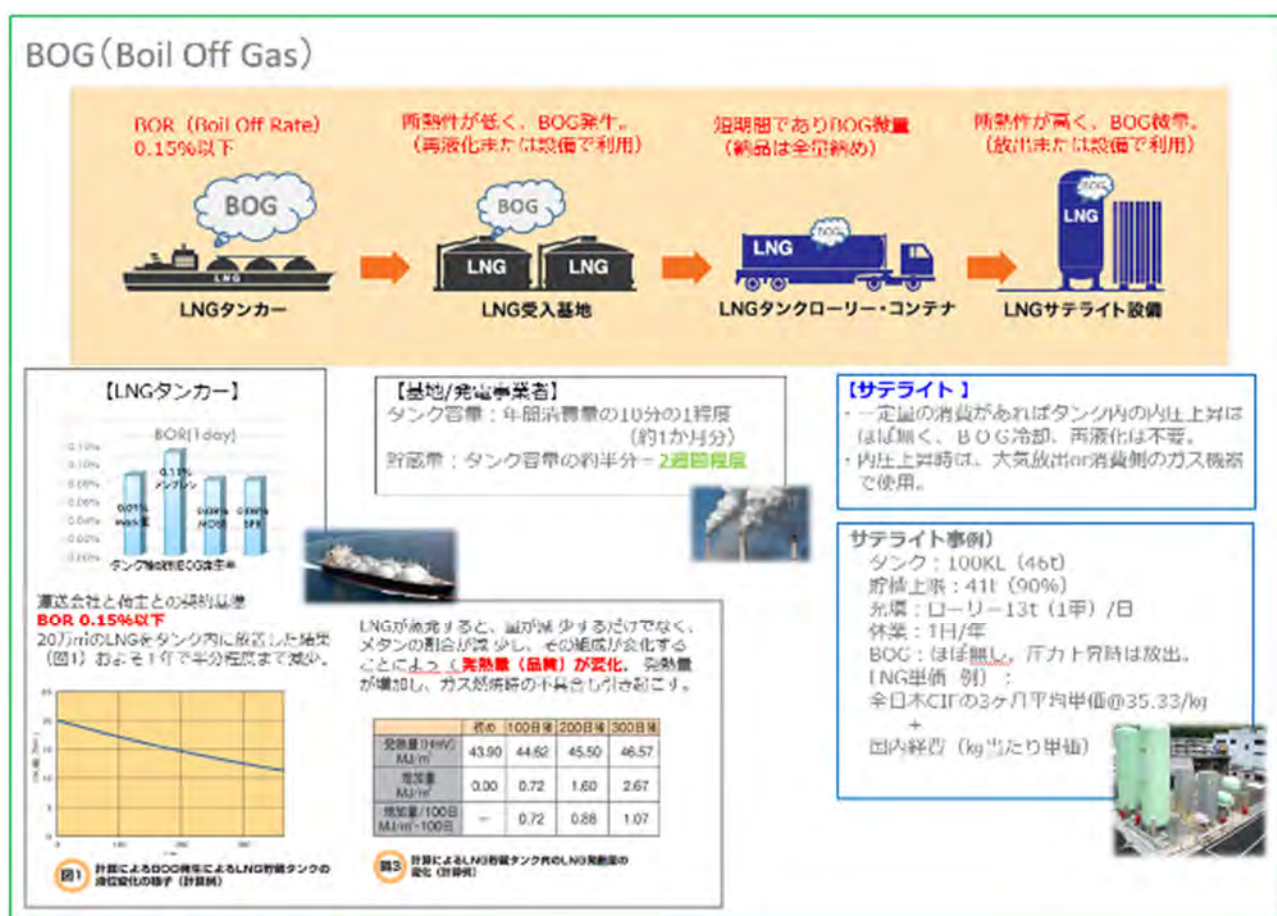


図 3-21 LNG における BOG の特徴

出典) 各種資料を基に北酸(株)作成

本調査においては、こうした LNG の特性にも留意し、3,500m³LNG 運搬船での積算運賃を検討した。検討にあたり、輸送船の燃料消費量、運行費、傭船料、LNG 液密度、荷役能力等の諸元を仮設定し、海運会社にヒアリングを行ったところ、概算でおよそ 10 ドル/MMBtu との結果を得た。よって、LNG の調達価格と合わせて、およそ 20 ドル/MMBTU、74,969,081 ドルが調達コストとなる。

一方で、この LNG によりディーゼル燃料を削減することができる。削減できるディー

ゼル燃料は、年間マレ及びフルマーレにおいて発電用途で消費している 106 百万 L/年のうち、混焼分の 5%を除く約 100 百万 L である。ディーゼル燃料は、モルディブにおいておよそ 0.98USD/L であるため、100 百万 L の価格は 9,888 万 USD である。この差分の約 2,391 万 USD が燃料費削減分となる。

表 3-13 LNG 混焼利用における燃料調達コスト

	年間使用量	単位換算	単価	価格
ディーゼル	100,904,250 L	-	0.98 USD/L	98,886,165 USD
LNG	70,726 t	3,748,454 MMBtu	20 USD/MMBtu	74,969,081 USD
			差額	23,917,084 USD

オペレーションコストや設備メンテナンスコスト等の考慮や、初期投資の資金調達に係る金利、さらにインフレ率等からの詳細分析が必要であるが、約 200 億円（約 19,200 万 USD）の初期投資額は、燃料費削減分の効果で 8 年ほどで回収が可能となる規模となる。

表 3-14 LNG 燃料転換による経済性

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Outflow																
初期投資 (USD=0.096JPY)	192,000,000															
燃料調達コスト		74,969,081	74,969,081	74,969,081	74,969,081	74,969,081	74,969,081	74,969,081	74,969,081	74,969,081	74,969,081	74,969,081	74,969,081	74,969,081	74,969,081	74,969,081
Inflow																
燃料費削減額		98,886,165	98,886,165	98,886,165	98,886,165	98,886,165	98,886,165	98,886,165	98,886,165	98,886,165	98,886,165	98,886,165	98,886,165	98,886,165	98,886,165	98,886,165
Free cash flow	-192,000,000	23,917,084	23,917,084	23,917,084	23,917,084	23,917,084	23,917,084	23,917,084	23,917,084	23,917,084	23,917,084	23,917,084	23,917,084	23,917,084	23,917,084	23,917,084
	-192,000,000	-168,082,916	-144,165,831	-120,248,747	-96,331,662	-72,414,578	-48,497,493	-24,580,409	-663,325	23,253,760	47,170,844	71,087,929	95,005,013	118,922,098	142,839,182	166,756,266
IRR		9%														
投資回収																8年

*オペレーションコスト、メンテナンスコスト、資金調達コスト、インフレ率を考慮していない。

3.2.3. 現状のディーゼル発電に係る CO₂ 排出量とガス転換技術導入の低炭素効果

マレ市ならびに現地協力機関より、ディーゼル発電に係る燃料使用量データを収集・取得し、リファレンス CO₂ 排出量を推計した。また、上記（2）1）において行うガス転換技術保有メーカー等へのヒアリングにおいて、ガス転換に係る効率等を把握したうえで、燃料転換によるディーゼル代替可能量を試算し、リファレンス排出量の算定結果を踏まえ、CO₂ 排出削減量を試算する。

本検討は発電由来 CO₂ 削減を対象とするため、モルディブ全体における発電由来 CO₂ 及びマレ地域の寄与について分析したうえで、本検討の効果を明らかにする。

モルディブ環境省では、セクター別アプローチに基づき、2015 年に GHG 排出インベントリを完成させている¹⁶。ここでは、2015 年時点の CO₂ 総排出量は 1,536.04Gg（Gigagram = 1,000,000kg = 1,000t, 1,536,040t-CO₂）と試算されており、内訳は、エネルギー部門由来 95.8%、廃棄物由来が 4.2% である。エネルギー部門では、主要な排出源は発電で、輸送部門がこれに続く。経済活動別の排出寄与は、観光業由来が 40%、家庭由来が 38%、輸送が 18% となっている。

さて、マレ地域のディーゼル発電設備の設備容量は、マレ島のディーゼル発電設備容量 81.35MW、フルマーレ島は 66.24MW となっている。マレ市からの情報では、年間発電量はマレ島において 712,626MWh、フルマーレ島は 580,262MWh となっており、ディーゼル

燃料消費はそれぞれ 23 万 L/日（84 百万 L/年）、5.2 万 L/日（19 百万 L/年）と報告されている。

熱量換算すると、マレ島では 320 万 GJ、フルマーレ島では 100 万 GJ となる。よって、ディーゼル燃料の CO₂ 排出係数（0.0187t-CO₂/GJ）を乗じると、マレ島で 60,055 万 t-CO₂/年、フルマーレ島では 19,476t-CO₂/年となり、合計 79,531t-CO₂/年の排出量となる。

よって、マレ地域の発電由来 CO₂ 排出量は、モルディブ全体の GHG 排出量の約 5%を占めることがわかる。

表 3-15 天然ガス利用による低炭素発電のリファレンス排出量

	発電設備 容量 (MW)	ディーゼル 消費量 (L/日)	ディーゼル消 費量 (L/年)	年間消費熱量 (GJ/年)	排出量 (t-CO ₂ /年)
マレ	81.35	230,332	84,071,180	3,211,519	60,055
フルマーレ	66.24	52,355	19,109,575	1,041,472	19,476
合計	147.59	282,687	103,180,755	4,252,991	79,531

上述の JFE エンジニアリング株式会社の設備の場合、天然ガス利用割合を 95%とすることができる。この設備の導入を前提とすれば、現在の必要熱量の 95%の熱量相当天然ガス消費による CO₂ 排出量と、5%の熱量相当ディーゼル消費による CO₂ 排出量の和がプロジェクト排出量となる。

マレ島の場合、3,050,943GJ/年、フルマーレ島の場合 989,398GJ/年、合計 4,040,341 GJ/年の熱量相当天然ガス（70,726t の LNG に相当）を消費することとなる。天然ガスの排出係数は約 0.0135t-CO₂/GJ であるため、マレ島では約 41,188t-CO₂/年、フルマーレ島では 13,357t-CO₂/年、計 54,545t-CO₂/年の排出量が見込まれる。

ディーゼルについては、リファレンスシナリオの熱量の 5%の消費であるため、マレ島で 160,576GJ/年、フルマーレ島で 989,398GJ/年、合計 212,650GJ/年（5,566,754L のディーゼルに相当）の消費量となる。ディーゼル燃料の CO₂ 排出係数は 0.0187t-CO₂/GJ であるため、CO₂ 排出量は 3,977t-CO₂/年となる。この和は 58,521t-CO₂/年となり、リファレンス排出量である 79,531t-CO₂/年との差である 21,010t-CO₂/年が天然ガス転換による排出削減量となる。

表 3-16 天然ガス利用による低炭素発電のプロジェクト排出量

・ 単位換算

燃料種	単位あたり熱量 (物性値)		年間燃料 使用量 [L, t]	熱量
	[MJ/L]	[GJ/L]		[GJ/年]
ディーゼル [L]	38.2	0.0382	5,566,754	212,650
LNG [t]	54.5	0.0545	70,726	4,040,341

・ 排出量

	ガス転換分熱量 (GJ/年) *総熱量の 95%	ディーゼル消費熱量 (GJ/年) *総熱量の 5%
マレ	3,050,943	160,576
フルマーレ	989,398	52,074
合計	4,040,341	212,650
CO ₂ 排出量	54,545 t-CO ₂ /年	3,977 t-CO ₂ /年
合計		58,521 t-CO ₂ /年

全体の削減規模は上述の通りであるが、JCM 設備補助事業における削減量、費用対効果の検証にあたっては、発電機ごとのスペックを踏まえて検討を行う必要がある。また、JFE エンジニアリング社では、フランス SEMT 社（現ドイツ MAN 社）と技術連携をしていることから、MAN 社製の発電機への適用をまず導入候補とすることができる。

マレ島・フルマーレ島における発電機およびメーカー、設備容量のリストを以下に示す。



K. MALE						K. HULHUMALE																																																																												
<table border="1"> <tr><td>Population</td><td>127079</td></tr> <tr><td>Area of Island (km²)</td><td>1.90</td></tr> <tr><td>Distance from Male' (km)</td><td>0</td></tr> <tr><td>Nearest Airport</td><td>Velana International Airport</td></tr> <tr><td>Electricity Provider</td><td>STELCO</td></tr> <tr><td>Daily Peak Load (kW)</td><td>55,230</td></tr> <tr><td>Peak load time</td><td>15:00</td></tr> <tr><td>Installed Capacity (kW)</td><td>72084</td></tr> <tr><td>Installed Generator sets (kW)</td><td>144X1, 432X1, 216X1, 200X2, 576X1, 450X2, 1000X5, 1400X9, 8730X2</td></tr> <tr><td>Monthly Average Usage (kWh)</td><td>27123256.08</td></tr> <tr><td>Yearly electricity production (kWh)</td><td>325,479,073.00</td></tr> <tr><td>Yearly Oil Consumption (L)</td><td>83,063,916.00</td></tr> <tr><td>Yearly Lube Oil Consumption (L)</td><td>302,556.00</td></tr> <tr><td>Synchronizing Panel</td><td>Yes</td></tr> <tr><td>Type of Synchronizing Panel</td><td>Auto</td></tr> <tr><td>Electricity cable installed year</td><td>1949</td></tr> <tr><td>Distribution Cable size (mm²)</td><td>6.16,25.35,50,70,95,120,150,185</td></tr> <tr><td>CO₂ emission (tCO₂)</td><td>221149.37</td></tr> </table>						Population	127079	Area of Island (km ²)	1.90	Distance from Male' (km)	0	Nearest Airport	Velana International Airport	Electricity Provider	STELCO	Daily Peak Load (kW)	55,230	Peak load time	15:00	Installed Capacity (kW)	72084	Installed Generator sets (kW)	144X1, 432X1, 216X1, 200X2, 576X1, 450X2, 1000X5, 1400X9, 8730X2	Monthly Average Usage (kWh)	27123256.08	Yearly electricity production (kWh)	325,479,073.00	Yearly Oil Consumption (L)	83,063,916.00	Yearly Lube Oil Consumption (L)	302,556.00	Synchronizing Panel	Yes	Type of Synchronizing Panel	Auto	Electricity cable installed year	1949	Distribution Cable size (mm ²)	6.16,25.35,50,70,95,120,150,185	CO ₂ emission (tCO ₂)	221149.37	<table border="1"> <tr><td>Population</td><td>15749</td></tr> <tr><td>Area of Island (km²)</td><td>2.00</td></tr> <tr><td>Distance from Male' (km)</td><td>4.1</td></tr> <tr><td>Nearest Airport</td><td>Velana International Airport</td></tr> <tr><td>Electricity Provider</td><td>STELCO</td></tr> <tr><td>Daily Peak Load (kW)</td><td>6,120</td></tr> <tr><td>Peak load time</td><td>21:00</td></tr> <tr><td>Installed Capacity (kW)</td><td>12200</td></tr> <tr><td>Installed Generator sets (kW)</td><td>800X1, 1000X7, 1200X1, 1600X2</td></tr> <tr><td>Monthly Average Usage (kWh)</td><td>3223895.43</td></tr> <tr><td>Yearly electricity production (kWh)</td><td>38,686,745.12</td></tr> <tr><td>Yearly Oil Consumption (L)</td><td>10,453,827.64</td></tr> <tr><td>Yearly Lube Oil Consumption (L)</td><td>37,136.73</td></tr> <tr><td>Synchronizing Panel</td><td>Yes</td></tr> <tr><td>Type of Synchronizing Panel</td><td>Auto</td></tr> <tr><td>Electricity cable installed year</td><td>2003</td></tr> <tr><td>Distribution Cable size (mm²)</td><td>70,95,120,150,185</td></tr> <tr><td>CO₂ emission (tCO₂)</td><td>27832.27</td></tr> </table>					Population	15749	Area of Island (km ²)	2.00	Distance from Male' (km)	4.1	Nearest Airport	Velana International Airport	Electricity Provider	STELCO	Daily Peak Load (kW)	6,120	Peak load time	21:00	Installed Capacity (kW)	12200	Installed Generator sets (kW)	800X1, 1000X7, 1200X1, 1600X2	Monthly Average Usage (kWh)	3223895.43	Yearly electricity production (kWh)	38,686,745.12	Yearly Oil Consumption (L)	10,453,827.64	Yearly Lube Oil Consumption (L)	37,136.73	Synchronizing Panel	Yes	Type of Synchronizing Panel	Auto	Electricity cable installed year	2003	Distribution Cable size (mm ²)	70,95,120,150,185	CO ₂ emission (tCO ₂)	27832.27
Population	127079																																																																																	
Area of Island (km ²)	1.90																																																																																	
Distance from Male' (km)	0																																																																																	
Nearest Airport	Velana International Airport																																																																																	
Electricity Provider	STELCO																																																																																	
Daily Peak Load (kW)	55,230																																																																																	
Peak load time	15:00																																																																																	
Installed Capacity (kW)	72084																																																																																	
Installed Generator sets (kW)	144X1, 432X1, 216X1, 200X2, 576X1, 450X2, 1000X5, 1400X9, 8730X2																																																																																	
Monthly Average Usage (kWh)	27123256.08																																																																																	
Yearly electricity production (kWh)	325,479,073.00																																																																																	
Yearly Oil Consumption (L)	83,063,916.00																																																																																	
Yearly Lube Oil Consumption (L)	302,556.00																																																																																	
Synchronizing Panel	Yes																																																																																	
Type of Synchronizing Panel	Auto																																																																																	
Electricity cable installed year	1949																																																																																	
Distribution Cable size (mm ²)	6.16,25.35,50,70,95,120,150,185																																																																																	
CO ₂ emission (tCO ₂)	221149.37																																																																																	
Population	15749																																																																																	
Area of Island (km ²)	2.00																																																																																	
Distance from Male' (km)	4.1																																																																																	
Nearest Airport	Velana International Airport																																																																																	
Electricity Provider	STELCO																																																																																	
Daily Peak Load (kW)	6,120																																																																																	
Peak load time	21:00																																																																																	
Installed Capacity (kW)	12200																																																																																	
Installed Generator sets (kW)	800X1, 1000X7, 1200X1, 1600X2																																																																																	
Monthly Average Usage (kWh)	3223895.43																																																																																	
Yearly electricity production (kWh)	38,686,745.12																																																																																	
Yearly Oil Consumption (L)	10,453,827.64																																																																																	
Yearly Lube Oil Consumption (L)	37,136.73																																																																																	
Synchronizing Panel	Yes																																																																																	
Type of Synchronizing Panel	Auto																																																																																	
Electricity cable installed year	2003																																																																																	
Distribution Cable size (mm ²)	70,95,120,150,185																																																																																	
CO ₂ emission (tCO ₂)	27832.27																																																																																	
																																																																																		
マレ島における発電設備						フルマーレ島における発電設備																																																																												
Set No.	Make (ENGINE)	Make (GENERATOR)	kW (出力)	kVA (容量)	Year (設置年)	RPM (回転数)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>Engine Model</th> <th>Manufacturer</th> <th>Rated Output (kW)</th> <th>Start of Commercial Operation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>KTA 50 G2</td> <td rowspan="4">Cummins</td> <td>800</td> <td>December 2004</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>KTA 50 G2</td> <td>1,000</td> <td>June 2009</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>KTA 50 G2</td> <td>1,000</td> <td>July 2007</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>KTA 50 GS8</td> <td>1,200</td> <td>November 2008</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Total</td> <td>4,000</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					No.	Engine Model	Manufacturer	Rated Output (kW)	Start of Commercial Operation	1	KTA 50 G2	Cummins	800	December 2004	2	KTA 50 G2	1,000	June 2009	3	KTA 50 G2	1,000	July 2007	4	KTA 50 GS8	1,200	November 2008	Total			4,000																																													
No.	Engine Model	Manufacturer	Rated Output (kW)	Start of Commercial Operation																																																																														
1	KTA 50 G2	Cummins	800	December 2004																																																																														
2	KTA 50 G2		1,000	June 2009																																																																														
3	KTA 50 G2		1,000	July 2007																																																																														
4	KTA 50 GS8		1,200	November 2008																																																																														
Total			4,000																																																																															
DG-1	Wartsila Diesel Vasa Dv	ABB Industry	4,320	5,425	1998	750																																																																												
DG-2	Wartsila Diesel Vasa Dv	Leroy-Somer	2,160	2,700	1990	750																																																																												
DG-3	Wartsila Diesel Vasa Dv	Leroy-Somer	2,160	2,700	1990	750																																																																												
DG-4	Wartsila Diesel Vasa Dv	Leroy-Somer	2,160	2,700	1993	750																																																																												
DG-5	Wartsila Diesel Vasa Dv	ABB Industry	5,760	7,235	1995	750																																																																												
DG-6	Wartsila Diesel Vasa Dv	ABB Industry	6,500	8,143	2001	750																																																																												
DG-7	Wartsila Diesel Vasa Dv	ABB Industry	6,500	8,143	2001	750																																																																												
CG-1	CUMMINS	STAMFORD	1,000	1,250	2005	1,500																																																																												
CG-2	CUMMINS	STAMFORD	1,000	1,250	2005	1,500																																																																												
CG-3	CUMMINS	STAMFORD	1,000	1,250	2005	1,500																																																																												
CG-4	CUMMINS	STAMFORD	1,000	1,250	2005	1,500																																																																												
CG-5	CUMMINS	STAMFORD	1,000	1,250	2005	1,500																																																																												
CG-6	CUMMINS	STAMFORD	1,000	1,250	2005	1,500																																																																												
CG-7	CUMMINS	STAMFORD	1,600	2,000	2007	1,500																																																																												
CG-8	CUMMINS	STAMFORD	1,600	2,000	2007	1,500																																																																												
GE-4	CUMMINS	STAMFORD	1,600	2,000	2009	1,500																																																																												
GE-5	CUMMINS	STAMFORD	1,600	2,000	2009	1,500																																																																												
GE-6	CUMMINS	STAMFORD	1,600	2,000	2009	1,500																																																																												
CE-7	CUMMINS	STAMFORD	1,600	2,000	2009	1,500																																																																												
N/A	MAN	N/A	8,700	N/A	N/A	N/A																																																																												
N/A	MAN	N/A	8,700	N/A	N/A	N/A																																																																												
N/A	CUMMINS	N/A	1,000	N/A	N/A	N/A																																																																												
N/A	CUMMINS	N/A	1,000	N/A	N/A	N/A																																																																												
マレ島発電設備一覧						フルマーレ島発電設備一覧																																																																												

図 3-22 マレ島及びフルマーレ島の発電設備情報

このうち、マレ島において最も大きな設備容量である 8,700kW 機 2 台が MAN 社製となっており、事業化にあたってはこの 2 台を優先的に検討してみたい。

当該発電機の燃料消費量を、マレ島におけるディーゼル消費量 (84,071,180L/年) からの按分により求めると、およそ 17,982,035L/年で、熱量換算で 686,914GJ/年である。

ディーゼル燃料の CO₂ 排出係数 (0.0187t-CO₂/GJ) を乗じると、リファレンス排出量は 12,845t-CO₂/年となる。プロジェクトでは、686,914GJ/年の 95%に相当する 652,568GJ の熱量を天然ガス由来、5%に相当する 34,346GJ の熱量をディーゼル由来に切り替えるとする。天然ガスの排出係数 0.0135t-CO₂/GJ より、天然ガス由来の CO₂ が 8,809t-CO₂/年、ディーゼルの排出係数 0.0187 t-CO₂/GJ より、ディーゼル由来の CO₂ が 642 t-CO₂/年排出され、合計のプロジェクト排出量は 9,451t-CO₂/年となる。

排出削減量は、リファレンス排出量からプロジェクト排出量を減算した値の 3,394t-CO₂/

年となる。

表 3-17 天然ガス利用による低炭素発電のプロジェクト排出量

・単位換算

燃料種	単位あたり熱量 (物性値)		年間燃料 使用量	熱量
	[MJ/L]	[GJ/L]		[GJ/年]
ディーゼル [L]	38.2	0.0382	1,312	34,346
LNG [t]	54.5	0.0545	35,564	652,568

・排出量

	ガス転換分熱量 (GJ/年) *総熱量の 95%	ディーゼル消費熱量 (GJ/年) *総熱量の 5%
合計	652,568	34,346
CO ₂ 排出量	8,809 t-CO ₂ /年	642 t-CO ₂ /年
合計	9,451 t-CO ₂ /年	

コストは、現地の発電設備の設置状況にも依存するため、現時点での想定は難しい。

JFE エンジニアリング社へのヒアリングによれば、実際のコストは設備の稼働状況やオーバーホールの必要性の有無、周辺設備の状況などさまざまな要因に左右されるため一概には言えないとのことであり、実際には現地確認を含めた綿密なコスト積算が不可欠である。

さて、JCM 設備対象としてはディーゼルエンジンに付与するガス転換の諸機器であるが、その法定耐用年数は、当該設備が「内燃力又はガスタービン発電設備」に該当するため 15 年と考えることができる。15 年間の CO₂ 排出削減量は 141,765t-CO₂ となる。JCM 設備補助事業においては、トン当たり費用対効果の目安が 4,000 円とされていることから、上記排出削減量を積算した値の 5.67 億円が補助額の上限と推計できる。

一方、方法論については、発電設備を対象としたガス転換に係る先行事例はなく、今後検討を進めていく必要がある。類似事例としては、平成 30 年度 JCM 設備補助事業「インドネシア国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」がある。これはディーゼル燃料機関である公共バスを対象としたガス混焼の事例であり、方法論の検討にあたって参考となる。

当該方法論は、インドネシア国との JCM 合同委員会において「Joint Crediting Mechanism Approved Methodology ID_AM026 “Introduction of CNG-Diesel Hybrid Equipment to Public Buses”」として 2020 年 12 月 23 日に承認されたものである。

同方法論を参照した場合の内容を以下に示す。

1) 対象プロジェクト

方法論は、ディーゼルを燃料とした発電設備に対して、ディーゼル及び CNG の 2 つの燃料を併用可能とする装置を導入するプロジェクトを対象とする。

2) 適格性要件

方法論 AM026 の適格性要件では、既に運用されている、もしくは今後新たに導入予定の公共交通バスに対して CNG とディーゼルを併用できる装置を導入すること、とされている。同様の考え方で、本プロジェクトにおいても、「すでに運用されるまたは今後新た

に導入されるディーゼル発電設備に対して、CNG とディーゼルの併用できる装置を導入する」といった要件定義になることが想定される。

3) 排出源及び対象ガス

方法論 AM026 で算定の対象とする温室効果ガスは公共交通バスに用いられるディーゼル燃料及び CNG に由来し排出される二酸化炭素とされている。なお、CNG の調達サイトから利用サイトまでの輸送をタンクローリーを用いて行うことが想定されるが、その際に排出される温室効果ガスは、プロジェクト排出量と比較し、十分に小さいことから、対象の排出源からは除外されている。同様の考えに基づき、本プロジェクトにおいては、発電機に用いられるディーゼル燃料および CNG 由来の二酸化炭素と設定することができる。

表 3-18 排出源及び対象ガス

区分	排出源	対象 GHG
リファレンス排出量	ディーゼル燃料の燃焼	CO ₂
プロジェクト排出量	ディーゼル燃料の燃焼	CO ₂
	CNG 燃料の燃焼	CO ₂

4) リファレンス排出量の算定方法

a. 算定の根拠と前提

方法論 AM026 では、CO₂ 排出係数の高いディーゼル燃料を、設備導入後に CO₂ 排出係数の低い CNG 燃料へと代替することで削減するディーゼル燃料燃焼由来の CO₂ 排出量を算定するものとなっている。加えて、過去の類似事例から、設備導入により、燃料の燃焼効率が上昇し、車両の燃費が向上し、CO₂ 排出係数の差分以上の CO₂ 排出削減が可能であることがわかっているため、それらの効果について評価するものとなっている。

本方法論におけるリファレンス排出量の定義としては、プロジェクト期間中において、プロジェクトを実施しなかった場合、つまり、設備を導入しなかった場合に排出したと想定される温室効果ガス量としている。また、プロジェクト排出量は、プロジェクト設備の CNG 消費量及びディーゼル消費量としており、CNG とディーゼルの正味発熱量、ディーゼルの CO₂ 排出係数、プロジェクト設備及びリファレンス設備の燃費から算出することとなっている。

b. 算定式等

方法論 AM026 における算定式は以下の通りとなっている。

$$RE_p = \sum_i \left\{ \left[(FC_{PJ,CNG,i,p} \times NCV_{CNG}) + (FC_{PJ,diesel,i,p} \times NCV_{diesel}) \right] \times \frac{\eta_{PJ,i,p}}{\eta_{RE,i}} \right\} \times EF_{diesel}$$

RE_p	期間 p のリファレンス排出量 [t-CO ₂ /p]
$FC_{PJ,CNG,i,p}$	期間 p のプロジェクト設備 i の CNG 消費量 [t/p]
NCV_{CNG}	CNG の純発熱量 [GJ/t]
$FC_{PJ,diesel,i,p}$	期間 p のプロジェクト設備 i のディーゼル燃料消費量 [kl/p]
NCV_{diesel}	ディーゼル燃料の純発熱量 [GJ/kl]
$\eta_{PJ,i,p}$	期間 p のプロジェクト設備 i の燃費 [km/l]
$\eta_{RE,i}$	リファレンス設備 i の燃費 [km/l]

EF_{diesel}	ディーゼル燃料の CO ₂ 排出係数 [t-CO ₂ /GJ]
i	プロジェクト設備の ID 番号

方法論 AM026 において、プロジェクト設備は公共バスを指すが、本プロジェクトへの適用にあたってプロジェクト設備がディーゼル発電機に置き換わる。その場合において、本プロジェクトに参照する際留意すべき点は燃費（エネルギー効率）である。燃費については、「期間 p のプロジェクト設備 i の燃費」ならびに「リファレンス設備 i の燃費」における単位を kW/l とする必要がある。

方法論 AM026 においては、期間 p のプロジェクト設備 i の燃費 ($\eta_{PJ,i,p}$) は、プロジェクト実施後のモニタリングデータに基づいて決定し、実際の燃費を反映するため、以下の式で算出することとなっている。

$$\eta_{PJ,i,p} = \frac{TD_{PJ,i,p}}{HFC_{PJ,diesel,i,p} \times 10^3}$$

$$HFC_{PJ,diesel,i,p} = \sum_i FC_{PJ,CNG,i,p} \times \frac{NCV_{CNG}}{NCV_{diesel}} + \sum_i FC_{PJ,diesel,i,p}$$

$\eta_{PJ,i,p}$	期間 p のプロジェクト設備 i の燃費 [km/l]
$TD_{PJ,i,p}$	期間 p のプロジェクト設備 i の総走行距離 [km/p]
$HFC_{PJ,diesel,i,p}$	期間 p のプロジェクト設備 i のディーゼル燃料の想定総消費量 [kl/p]
$FC_{PJ,CNG,i,p}$	期間 p のプロジェクト設備 i の CNG 消費量 [t/p]
NCV_{CNG}	CNG の純発熱量 [GJ/t]
NCV_{diesel}	ディーゼル燃料の純発熱量 [GJ/kl]
$FC_{PJ,diesel,i,p}$	期間 p のプロジェクト設備 i のディーゼル燃料消費量 [kl/p]
i	プロジェクト設備の ID 番号

この点についても同様に、燃費を kW/l、走行距離を kWh に読み替えて適用することを考える。

方法論 AM026 において、リファレンスシナリオにおける燃費は、実質的な排出削減を保証するために、保守的な方法で次の以下の 3 つのオプションのいずれかから事前に決定することとなっている。

(オプション 1)

バス i の日々の走行距離とディーゼル燃料消費量を CNG とディーゼルを併用できる装置の設置前に収集する。少なくとも 60 日間の測定データセットから最高値（最も効率的な値）を選択し、リファレンスバス i の燃費として決定する。

(オプション 2)

プロジェクトでディーゼル燃料燃焼から CNG ディーゼルハイブリッド燃焼に変換されるバス i の燃費のカタログ値をリファレンスバス i の燃費として決定する。通常、カタログ値は、運行中のバスに対

して計算された値よりも優れた燃費を示す。したがって、カタログ値に基づいてリファレンスバスの燃費のデフォルト値を設定することは保守的である。

(オプション 3)

本手法で設定したデフォルト値をリファレンスバス i の燃費として適用する。デフォルト値は、日本のメーカーが製造した公共バスの最新のカタログ値から決定する。通常、運行中のバスに対して計算された値よりも燃費が良いため、保守的となる。

本プロジェクトにおいても同様に、既設発電所の燃費 (kW/l) の値を収集するか、あるいはメーカーカタログ値や日本メーカー等の同規模の最新ディーゼル発電機の値を引用する方法が考えられる。

5) プロジェクト排出量の算定方法

方法論 AM026 においては、プロジェクト期間中に消費したディーゼル及び CNG の燃焼に伴い発生する温室効果ガスを、以下の算定式により算出することとなっている。

$$PE_p = PE_{CNG,p} + PE_{diesel,p}$$

$$PE_{CNG,p} = \sum_i (FC_{PJ,CNG,i,p} \times NCV_{CNG} \times EF_{CNG})$$

$$PE_{diesel,p} = \sum_i (FC_{PJ,diesel,i,p} \times NCV_{diesel} \times EF_{diesel})$$

PE_p	期間 p のプロジェクト排出量 [t-CO ₂ /p]
$PE_{CNG,p}$	期間 p のプロジェクト設備の CNG 消費からのプロジェクト排出量 [t-CO ₂ /p]
$PE_{diesel,p}$	期間 p のプロジェクト設備のディーゼル燃料消費からのプロジェクト排出量 [t-CO ₂ /p]
$FC_{PJ,CNG,i,p}$	期間 p のプロジェクト設備 i の CNG 消費量 [t/p]
NCV_{CNG}	CNG の純発熱量 [GJ/t]
EF_{CNG}	CNG の CO ₂ 排出係数 [t-CO ₂ /GJ]
$FC_{PJ,diesel,i,p}$	期間 p のプロジェクト設備 i のディーゼル燃料消費量 [kl/p]
NCV_{diesel}	ディーゼル燃料の純発熱量 [GJ/kl]
EF_{diesel}	ディーゼル燃料の CO ₂ 排出係数 [t-CO ₂ /GJ]
i	プロジェクト設備の ID 番号

排出削減量は、リファレンス排出量からプロジェクト排出量を差し引いた数値とし、以下の算定式により算出される。

$$ER_p = RE_p - PE_p$$

ER_p	期間 p の排出削減量 [t-CO ₂ /p]
RE_p	期間 p のリファレンス排出量 [t-CO ₂ /p]

PE_p	期間 p のプロジェクト排出量 [t-CO ₂ /p]
--------	--

7) 主要なデフォルト値

方法論 AM026 において設定されている値を踏まえ、主要なデフォルト値は以下の通り設定することができる。

表 3-19 主要なデフォルト値（方法論 AM026 を参照）

パラメータ	データ概要	情報源
NCV_{CNG}	CNG 正味発熱量 [GJ/t]	優先順位： a) 燃料サプライヤが提供した値 b) プロジェクト参加者が測定した値 c) 地域または国のデフォルト値 または d) 温室効果ガスインベントリに関する 2006 年 IPCC ガイドラインの第 2 巻の 1 章の表 1.2 に示されている IPCC デフォルト値。低い値を採用する。
NCV_{diesel}	ディーゼル燃料正味発熱量 [GJ/kl]	優先順位： a) 燃料サプライヤが提供した値 b) プロジェクト参加者が測定した値 c) 地域または国のデフォルト値 または d) 温室効果ガスインベントリに関する 2006 年 IPCC ガイドラインの第 2 巻の 1 章の表 1.2 に示されている IPCC デフォルト値。低い値を採用する。
EF_{CNG}	CNG の CO ₂ 排出係数 [t-CO ₂ /GJ]	優先順位： a) 燃料サプライヤが提供した値 b) プロジェクト参加者が測定した値 c) 地域または国のデフォルト値 または d) 温室効果ガスインベントリに関する 2006 年 IPCC ガイドラインの第 2 巻の 1 章の表 1.2 に示されている IPCC デフォルト値。低い値を採用する。
EF_{diesel}	ディーゼル燃料の CO ₂ 排出係数[t-CO ₂ /GJ]	優先順位： a) 燃料サプライヤが提供した値 b) プロジェクト参加者が測定した値 c) 地域または国のデフォルト値 または d) 温室効果ガスインベントリに関する 2006 年 IPCC ガイドラインの第 2 巻の 1 章の表 1.2 に示されている IPCC デフォルト値。低い値を採用する。
$\eta_{RE,i}$	リファレンス設備 i の燃費 [km/l] リファレンス設備の燃費は以下の方法で事前に決定する。 [オプション 1] リファレンス設備 i の燃費は、CNG とディーゼルの併用できる装置設置前の設備 i の測定データに基づいて決定する。 設備 i の日々の走行距離とディーゼル燃料消費量のデータセットは、CNG とディーゼ	[オプション 1] 測定データ [オプション 2] 設備製造者が提供している燃費に関するカタログ値 [オプション 3] 日本が製造した同規模設備のカタログ値

	<p>ルを併用できる装置設置前少なくとも 60 日間収集する。測定データセットから最高値（最も効率的な値）を選択し、リファレンス設備 i の燃費とする。</p> <p>[オプション 2] ディーゼル燃料燃焼から CNG ディーゼルハイブリッド燃焼に変換される設備 i の燃費のカタログ値をリファレンス設備 i の燃費とする。</p> <p>[オプション 3] プロジェクト対象設備と同規模の日本の最新設備のカタログ値を参照する。</p>	
--	---	--

8) 主要なモニタリング項目

方法論 AM026 における主要なモニタリング項目として、燃費等の算出にあたり必要な値として総走行距離があり、その測定にオドメーターまたは GPS を用いることとなっている。一方ディーゼル発電機を対象とする本プロジェクトにおいては、燃費は発電量と燃料使用量により算出されることから、発電量の計測が対象となる。発電量の計測は、発電所の制御において不可欠であり、系統接続盤等を通じて常時監視・記録されているため、問題なくデータを得ることができる。燃料使用量としては、ディーゼル燃料補給機器の他、新たに設置される CNG 燃料補給機器においても燃料使用量を計測できる計装類の設置が必要となる。

表 3-20 主要なモニタリング項目

パラメータ	測定機器
$TD_{PJ,i,p}$	プロジェクト設備 i に設置されている系統接続盤等
$FC_{PJ,diesel,i,p}$	ディーゼル燃料補給機器
$FC_{PJ,CNG,i,p}$	CNG 燃料補給機器

以上、ディーゼル燃料設備を CNG と混焼する類似性から、方法論 AM026 を参照し適用することを検討した。

適用にあたって留意すべき点としては、燃費の考え方があげられる。公共バスなど車両におけるエンジンの場合、負荷や燃料品質によって未燃焼を起こしやすいディーゼルと比べ、ガス燃料は着火性が高いため燃費が向上しやすいことから、方法論 AM026 では燃費向上効果も加味した計算方法が開発されている。

一方、本プロジェクトにおいて検討する発電設備の場合、ノッキング対策や機器の耐久性の兼ね合いで発電効率を既存設備の値からあえて落として運用する必要があるなど、設備運用の前提に相違がある。今後、こうした点も加味しつつ、方法論の開発を進めていく必要がある。

3.2.4. 実施体制とスケジュール

本プロジェクトの実施体制としては、富山市のエネルギー事業者である北酸株式会社を

代表事業者は、マレ首都圏でディーゼル発電所を所有・運転する国営電力 STELCO 社を現地事業者として、国際コンソーシアムを形成する計画である。

上述の通り、STELCO 社の経営方針として今後広くガスを活用することから、ガス供給はモルディブにおけるガス輸入会社との供給契約に基づき行われることが想定される。プロジェクトの成立はガスの安定供給が鍵となるため、必要に応じてガスサプライチェーンを担う企業も国際コンソーシアムに呼び込むなどにより、事業の基盤を強固にすることも視野に入れる必要がある。

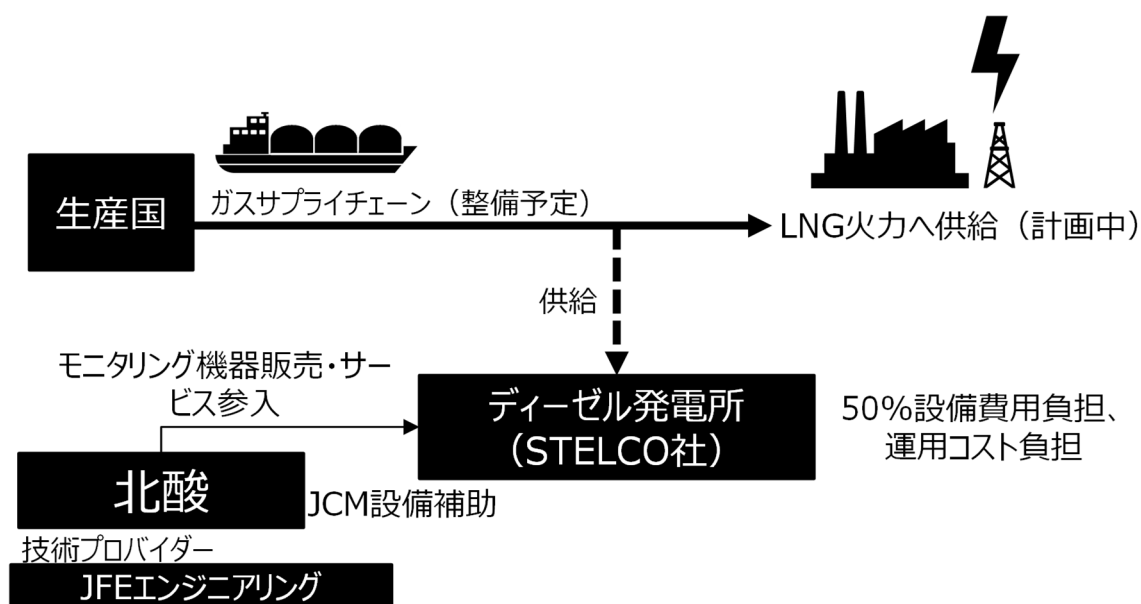


図 3-23 実施体制のイメージ

本事業のスケジュールとしては、ガスサプライチェーンの確立を待つ必要がある。ADB による“A BRIGHTER FUTURE FOR MALDIVES POWERED BY RENEWABLES(ROAD MAP FOR THE ENERGY SECTOR 2020–2030)”²⁸によれば、2020 年から 2023 年の間で、LNG の受け入れターミナルの整備に投資が行われる可能性に言及されている。

新型コロナウイルスの感染拡大の影響もあるものの、2023 年は SAP の目標年でもあることから、LNG 受け入れに係る意思決定は 2023 年までに行われるとみられ、受け入れ基地の整備や LNG 調達の契約交渉期間を経て調達の実現に至ることとなる。よって、当面はこれらの動向を引き続き注視するとともに、LNG 調達に係るコストの精査、対象設備の運転状況、マレ島内でのエネルギー供給方法の検討等を進めるとともに、方法論案の開発と実施体制の構築に係る活動を進めていく計画とする。

²⁸ ADB” A BRIGHTER FUTURE FOR MALDIVES POWERED BY RENEWABLES, ROAD MAP FOR THE ENERGY SECTOR 2020–2030”, November 2020.
<https://www.adb.org/sites/default/files/publication/654021/renewables-roadmap-energy-sector-maldives.pdf>

3.3. 再生可能エネルギー/省エネルギー普及による低炭素化分野

モルディブにおける再生可能エネルギー導入可能性として、豊富な日射量から太陽光発電のポテンシャルが高く、すでに導入・普及が進められてきたところであるが、建物屋根を活用しさらなる導入が期待されている。また、海洋国家であるモルディブにおいては、風力、波力、潮汐力といった自然エネルギーの活用も検討されているところである。省エネルギーに関しては、家庭、オフィス、ホテルなどを含めた商業施設などに共通して、電力使用の大部分が空調に係るエネルギーとなっており、電力価格が比較的高額であることも踏まえると、日本の省エネ設備等の導入において費用対効果を得られる状況にあるとみられる。そこで、本業務では以下の項目に関して調査を行い、再生可能エネルギー/省エネルギーの普及可能性について検討を行った。

3.3.1. エネルギー計画、マレ市エネルギー計画の分析

Strategy Action Plan では、「JAZEERA DHIRIULHUN＝島の生活」に関する政策が4章に取りまとめられており、地方分散、交通ネットワーク、環境保全、廃棄物、水、衛生、コミュニティ、文化等に係る方針が示されている。再生可能エネルギーに関する記述もこの章において「4.4 Clean Energy」として集約されており、2023年までに、再生可能エネルギーの割合を2018年比で20%増加、および発電のためのディーゼル燃料使用量を4,000万L削減等の目標が示されている。

加えて、IWMCs（Integrated Water Monitoring and Control System：統合水管理制御システム）ならびに上下水設備の電力を最低でも30%以上再生可能エネルギーでまかなうことなどが目標とされている。

具体的には、まず4.4政策2として、「再生可能エネルギー部門の拡大と発展」があげられており、ターゲット2.1として、「2023年までに、国のエネルギーミックスにおける再生可能エネルギーのシェアを2018年比で20%増加させる」こと、ターゲット2.2として「2023年までに、少なくとも10MWの太陽光発電がネットメータリング制度²⁹の下で設置される」ことを目指している。

このターゲット達成に向けたそれぞれの戦略、アクション、管轄官庁、目標年が以下の通り示されている。

表 3-21 SAP（4.4 政策2）における再生可能エネルギー普及政策

戦略	アクション	20	20	20	20	20	主管轄官庁	関係機関
		19	20	21	22	23		
2.1 再生可能エネルギーへの投資を拡大するための環境整備	2.1a: 電力購入契約（PPA）に基づき、モルディブで再生可能エネルギーに投資する外国人投資家に米ドルで支払いを行うように電力会社に働きかける		●				MoEn	MoED, MoF, MMA
	2.1b: 観光セクターが再生可能エネルギーポートフォリオを導入するため、インセンティブを導入する		●	●	●	●	MoEn	MATI, Resorts, Moen
	2.1c: 再生可能エネルギー投資のための低金利のローン提供を金融機関に働きかける		●				MoEn	SDFC, BML, SBI, MIB, MCB, MMA

²⁹ 電力会社が家庭とグリッド間で電気の流れる方向を測定する仕組み。

	2.1d：電力購入契約（PPA）に基づく再生可能エネルギーの最大購入価格を設定するための基準策定		●				MoEn	MEA, STELCO, FCL, STO, PO
2.2 電力需要家が再生可能エネルギーを採用できる環境の整備	2.2a：島レベルでの電力生産のための再生可能エネルギー源を拡大し、世帯レベルで再生可能エネルギー電源に投資する機会を増やす		●	●	●		MoEn	MEA, STELCO, FCL, Private Companies, Financial institutions
	2.2b：ネットメータリングプログラムの実施	●	●	●	●	●	MoEn	MEA, STELCO, FCL, Private Companies
	2.2c：再生可能エネルギー技術と活用の利点の理解促進のための意識向上プログラムを実施	●	●	●	●	●	MoEn	Media, Public, NGOs
	2.2d：ネットメーターを介して電力網に余剰の再生可能エネルギーを供給するための「民間事業者および/または家庭のための既存のメカニズム」に関する情報を一般に普及させる	●	●	●	●	●	MoEn	Media, Public, NGOs
	2.2e：Business Center Corporation Limited（BCC）およびMoEDと連携して、中小事業者のクリーンテクノロジー移行をサポートする	●	●	●	●	●	MoEn	MoED, BCC, RE solution providers, MEA, STELCO, FCL
2.3 電力網への再生可能エネルギーの供給を容易にするメカニズムを開発する	2.3a：島の電力ネットワークに供給できる最大の再生可能エネルギー容量を評価する	●	●	●	●	●	MoEn	MEA, STELCO, FCL
	2.3b：ネットメーターを介して電力ネットワークに余剰再生可能エネルギーを供給するための民間事業者/世帯の既存のメカニズムを変更する	●	●	●	●	●	MoEn	MEA, STELCO, FCL
	2.3c：公益事業者が民間企業および/または家庭から過剰な再生可能エネルギーを購入するためのメカニズムを確立する		●	●	●	●	MoEn	MoEn, STELCO, FCL
2.4 運輸業界が再生可能エネルギーを使用する車両を採用できるようにする	2.4a：運輸部門の燃料使用量を特定するための調査を実施する		●				MoEn	MoTCA, MTA, MCAA, Local Councils, EPA
	2.4b：船舶、車両、航空機の燃料排出基準の設定に関する推奨事項を関連当局に提供する		●	●			MoEn	MoTCA, MTA, Local Councils, EPA, MCAA
	2.4c：MoTCAをサポートして、公共交通機関ネットワーク用の太陽光発電およびバッテリー駆動のタクシーとバスおよび充電ステーションを導入する		●	●			MoEn	MoTCA, MTA, EPA, MEA, MCAA

また、政策3として、「エネルギー生産源の多様化とエネルギー貯蔵の拡大を通じて、国家のエネルギー安全保障を強化する」ことが掲げられており、目標3.1として、「2023年までに、発電用の燃料使用量を4,000万リットル削減する」こと、「目標3.2」として、2023年までに、再生可能エネルギーの容量を30MWhに増加させることが示されている。それぞれの戦略、アクション、達成目標時期、管轄官庁等を以下に示す。

表 3-22 SAP (4.4 政策 3) における再生可能エネルギー普及政策

戦略	アクション	20	20	20	20	20	主管轄 官庁	関係 機関
		19	20	21	22	23		
3.1 輸入化石燃料への依存を減らしながら、電力生産のためのエネルギー源を多様化する	3.1a: さまざまな再生可能エネルギー源に関する調査を実施する		●	●	●	●	MoEn	STELCO, FCL, Financial Institutions
	3.1b: 新しい再生可能エネルギー技術に関する実行可能なパイロットプロジェクトをスケールアップする		●	●	●	●	MoEn	STELCO, FCL, Financial Institutions
	3.1c: 公益事業会社に必須の年間再生可能エネルギー生産目標を設定する		●	●	●	●	MoEn	STELCO, FCL, MWSC
	3.1d: 再生可能エネルギーの生産と供給の設定された目標を達成するために、公益事業者に義務付けるためのポリシーと規制を改訂および実装する	●	●				MEA	STELCO, FCL, MoEn
3.2 安全で適切なエネルギーと燃料の貯蔵システムを確立する	3.2a: 選択した島の電力システムにバッテリーエネルギーシステムを導入することにより、エネルギー貯蔵を増加させる		●				MoEn	MEA, STELCO, FCL, MWSC
	3.2b: すべての島で最低 88 日間対応できる燃料貯蔵容量を確保する		●				MoEn	STO, Local Councils, STELCO, FCL, MWSC

さらに、政策 4 においては、「エネルギー部門の制度的および規制的枠組みを強化する」とされ、ターゲット 4.1 として「2021 年までに、統合ユーティリティサービスのユーティリティ規制当局 (URA) が機能する」こと、ターゲット 4.2 として、「2023 年までに、新しい公共インフラプロジェクトにおいて再生可能エネルギーを導入するための準備を進める」こと、ターゲット 4.3 として、「2023 年までに、エネルギーデータは最新で信頼性が高く、政策立案に利用できるものとする」ことが設定されている。

それぞれの戦略、アクション、達成目標時期、管轄官庁等を以下に示す。

表 3-23 SAP (4.4 政策 4) における再生可能エネルギー普及政策

戦略	アクション	20	20	20	20	20	主管轄 官庁	関係 機関
		19	20	21	22	23		
4.1 統合されたユーティリティサービスの統合に関する技術的アドバイスを政府に提供する	4.1a: ユーティリティサービスの統合に関する技術的アドバイスを政府に提供する	●	●				MoEn	PO, PCB, MEA, STELCO, FCL, MWSC
	4.1b: 統合ユーティリティサービスプロバイダーの組織構造と人材育成計画を作成する		●				PO	MoEn, STELCO, FCL, MWSC
	4.1c: 統合ユーティリティサービスのためのユーティリティ規制当局 (URA) を設立する		●				PO	MoEn, STELCO, FCL, MWSC, MoF, PO
	4.1d: 公益事業運営の年次規制、財務、技術監査を実施し、規制当局に報告する	●	●	●	●	●	MoEn	MEA, STELCO, FCL, PCB, AGO,

								PO
	4.1e：地方分権化政策に沿って地方レベルで公益事業の提供を分散化し、費用効果を確保する		●	●	●	●	MoEn	LGA, Local Councils, MoNPI
4.2 「再生可能エネルギーの生産」と使用を促進するための法的および規制の枠組みを開発する	4.2a：新しいリゾート開発プロジェクトおよび既存のリゾートが所定の期間内に再生可能エネルギー源に切り替えるための低排出炭素レジリエントな政策規制を策定および実施する		●				MoT	MoEn, MATI, Resort
	4.2b：公共部門投資プロジェクト (PSIP) の下でのインフラ開発において、エネルギー効率が高く、再生可能エネルギー生産に利用できることを保証するための規制を策定する		●				MoNPI	MoEn, MoF
	4.2c：太陽光発電 (およびその他の RE プロジェクト) のための屋根スペース、公共スペース (土地)、ラグーンなどの効率的な利用のための規制を策定する		●				MoEn	MoNPI, MLSA, Local Councils
	4.2d：エネルギー法を制定する	●	●				MoEn	MEA, Local Councils, STELCO, FCL, AGO, PO, People's Majlis
	4.2e：すべてのエネルギー部門の製品およびサービスの規制、コード、および基準を作成および更新する	●					MoEn	MEA, STELCO, FCL, Local Councils, AGO, PO
4.3 エネルギー部門の制度的および人的資源の能力を開発する	4.3a：公益事業規制当局 (URA) および公益事業会社の従業員を対象に実施されるトレーニングを通じて、制度的および人的資源の能力を強化し、規制の執行能力を高め、クリーンエネルギーの提供と技術の採用を促進する	●	●	●	●	●	MoEn	STELCO, FCL, MoF, MoCST, MoHE, MoED, PSTI
	4.3b：再生可能エネルギープログラムの実施を通じてエネルギー効率を設計、更新、確保するために、エネルギーセクターの利害関係者向けのトレーニングプログラムを実施する	●	●	●	●	●	MoEn	MEA, URA, STELCO, MWSC, FCL, NGOs
	4.3c：TVETA および MoHE と調整して、クリーンエネルギー関連の雇用に参加するために必要なスキルを若者に身に付けるための短期プログラムを調整する		●	●	●	●	MoEn	MoHE, TVETA, MoYSCE
4.4 信頼できるエネルギーデータの収集とアクセスのためのメカニズムを開発する	4.4a：モルディブでのエネルギーの生産と使用に関する統計を監視し、関連する利害関係者に情報を広める	●					MEA	MoEn, STELCO, FCL, MoT, Resorts, MATI, MoTCA, MCS, NBS, Local Councils
	4.4b：正確な燃料消費量データを収集するために、燃料流量計を設置および保守する		●				MoEn	Local Councils, STELCO,

								URA, FCL, MWSC
	4.4c : 中央データ収集システムを確立する(電力システムの運用データ、発電電力、燃料消費量、発電機パラメーター、潤滑油消費量、バッテリー充電放電状態、再生可能エネルギー生成、使用法)		●	●	●	●	MoEn	MEA, STELCO, FCL, NDC, NBS, URA, MWSC

この他にも、水及び衛生に係る政策、目標、戦略において、各種水道施設への再生可能エネルギー活用を増加させること(4.6 Strategy 2.1)などにおいて言及がある。

これらの活動の主務官庁は環境エネルギー省であり、電力会社 STELCO 等が関係機関となる。

再生可能エネルギー事業組成においては、特に FIT (Feed-in-tariff, 電力固定価格買取) 制度等、事業性の確保が大きなポイントとなるため、本調査において環境エネルギー省にヒアリングを行ったところである。その結果、FIT 制度は 2011 年より運用しているところであるが、制度としてはより民間の投資を促進する価格となるよう、改定も検討段階であるとのことであった。制度の詳細を待ちつつ、本調査においては導入可能なポテンシャルサイトを洗い出し、技術的な検討を先行して実施した。

3.3.2. 太陽光発電導入ポテンシャルサイトの洗い出しと導入効果の試算

上述の通り、SAP における再生可能エネルギー、太陽光発電に係る政策を参照した結果、公共施設や政府施設への導入を強く推進していく方針を確認した。都市間連携事業という性質からも、本調査ではマレ市など行政が所管する施設への導入を検討することとした。

具体的なポテンシャルサイトの選定は、市が所有もしくは運営していると考えられる未利用地、施設の屋上、駐車場等を中心に Google Map の航空写真から抽出し、実現可能性についてフルマーレ開発公社との協議した上で決定した。抽出した地点については、Google Earth などの地図アプリケーションを用いて面積を算出し、パネル設置レイアウトや設置可能容量を検討したうえで、以下の算定式により発電ポテンシャルの試算した。

$\text{発電量算出式 } E_{pd} = \frac{U \cdot P}{P_0} \cdot K' \cdot K_{pt} \cdot K''$	Epd : 発電量(kwh/日) U : 日積算日射量(kwh/m ² ・日) P : 太陽電池容量(kw) P0 : 放射照度(1kw/m ²) K' : 補正係数(JIS) Kpt : 温度補正係数 K'' : 補正係数(JIS以外)
---	--

抽出した地点と設置可能容量、発電ポテンシャルの一覧を表 3-24 に示す。設置可能な設備としては、9 地点の合計で 1,145kW、推定年間発電量としては、1,666,946kWh であることが分かった。また、設備利用率としては、約 17.6%で、日本の平均値(13~14%)と比較すると、やや高いことが分かった。

表 3-24 マレ首都圏における太陽光ポテンシャルサイトと面積、発電量予測

No.	地点名	面積[m ²]	設置可能容量 [kW]	推定年間発電量 [kWh]
1	Dhoonidhoo 島刑務所	462	47.5	57,332
2	フルマーレ島フェリーポート	984	114.4	130,871
3	HDC ビル	752	96.8	112,896
4	Ghaazee School	2,990	269.3	415,044
5	Maldives Correctional Service	1,322	167.2	257,707
6	Dharubaaruge	2,599	234.1	360,790
7	Greater Male Bus Terminal	750	88.0	135,635
8	マレ消防署	367	39.6	61,036
9	マレ市フェリーポート	586	88.0	135,635
	計	10,812	1,144.9	1,666,946

次に、JCM 設備補助事業への申請を見据え、設備を設置する場合の概算事業費及び温室効果ガス削減量、温室効果ガス削減コストについて試算した。

まず、概算事業費については、日本で設備を導入する場合の事業費を参考に、表 3-25 に示す項目について算出した。ただし、現時点では、設備製造地からモルディブ国までの輸送費及び関税を除いた費用となっている。次に、温室効果ガス削減量については、前述の推定年間発電量に、令和 2 年度 JCM 設備補助事業の電力 CO₂ 排出係数として公表されている³⁰0.533t-CO₂/MWh を採用し、太陽光発電設備の法定耐用年数である 17 年を乗ずることで算出した。温室効果ガス削減コストについては、事業費を温室効果ガス削減量で除することにより算出した。これらの結果について、表 3-26 に示す。過去の JCM 設備補助事業で採択されている太陽光発電事業と比較すると、1 地点ごとの発電量や温室効果ガス削減量としては小規模であるが、9 地点の合計としては、プロジェクト期間で 15,989t-CO₂ の削減が可能で、温室効果ガス削減コストとしても、8,948 円/t-CO₂ となり、これまでの JCM プロジェクトの前例と同等の効果が得られることが示唆された。また、今回、事業費については、1 地点ごとに算出したが、同一オーナーの複数地点をまとめて実施する等により、ある程度価格を抑えることが期待できるため、温室効果ガス削減コストについてもより安価に抑えられる余地があるといえる。

表 3-25 事業費内訳項目

設備費	<ul style="list-style-type: none"> ・ 太陽光モジュール ・ インバーター ・ 遠隔監視システム ・ PV 用 DC ケーブル ・ 交流集合盤 ・ モジュール設置用金具 ・ モジュール用架台
-----	---

³⁰ http://gec.jp/jcm/jp/wp-content/uploads/2020/03/CO2EmissionFactor_20200325_tentative.pdf

工事費	<ul style="list-style-type: none"> ・ パネル・架台設置工事 ・ 電気工事 ・ 架台設置用基礎工事 ・ 機材揚重費 ・ 仮設足場費用 ・ 消耗品、雑材料 ・ 運搬交通費（現地） ・ 試運転調整費 ・ 現場雑費 ・ 諸経費
-----	---

表 3-26 概算事業費、温室効果ガス削減量、CO₂削減コスト

No.	地点名	概算事業費[円]	温室効果ガス削減量[t-CO ₂]	温室効果ガス削減コスト[円/t-CO ₂]
1	Dhoonidhoo 島刑務所	5,733,200	664	8,639
2	フルマーレ島フェリーポート	13,087,100	1,598	8,191
3	HDC ビル	11,289,600	1,352	8,351
4	Ghaazee School	30,389,400	3,761	8,081
5	Maldives Correctional Service	19,018,300	2,335	8,145
6	Dharubaaruge	38,146,400	3,269	11,669
7	Greater Male Bus Terminal	10,290,800	1,229	8,373
8	マレ消防署	4,825,000	553	8,724
9	マレ市フェリーポート	10,298,000	1,229	8,379
	計	143,077,800	15,989	8,948

3.3.3. 太陽光発電導入に係る許認可等の洗い出し

上述のとおり、モルディブでは、再生可能エネルギーの導入のための民間投資を促進するため、FIT(Feed-in Tariff)を2011年3月から運用している。モルディブにおいては、GDPの約10%を化石燃料に輸入に費やして発電しており、最も効率の良い設備においても、単位あたり23米セントの発電コストとなっている。こうした背景から、フセイン・ラシード・ハッサン環境相は、再生可能エネルギーの導入を促進する政策を強力に推し進めるとしており³¹、FIT制度においても7つの地域で異なる買取価格が設定されている。

さて、FIT制度による売電を行う場合、電気事業ライセンスの取得が必要である。モルディブにおける電力関係の基準及び規制は、モルディブ環境省エネルギー庁(MEA:Maldives Energy Authority)が管轄しており、以下の4種類の基準・規制が示されている。

³¹ モルディブ環境省 Web サイト公式ニュース、2020年9月。
<https://www.environment.gov.mv/v2/en/news/10480>

- METERING SCHEME : 計測スキーム
- SERVICE PROVIDER'S CODE : 事業者規約
- INSTALLATION STANDARDS : 設置基準
- ENGINEERS LICENSING : 技術者認定)

また、PV を系統連系する際には、PV 系統連系技術要件ガイドライン(Guidelines on Technical Requirements for Photovoltaic Grid-connection)を遵守することになる。また、PV 系統連系申込みマニュアル(Manual for Photovoltaic Grid-connection Application)に従って申請を行い、売電契約を系統所有者(電気事業者)と交わすことになる³²。

同マニュアルにおける手続きのフローチャートを下図に示す。

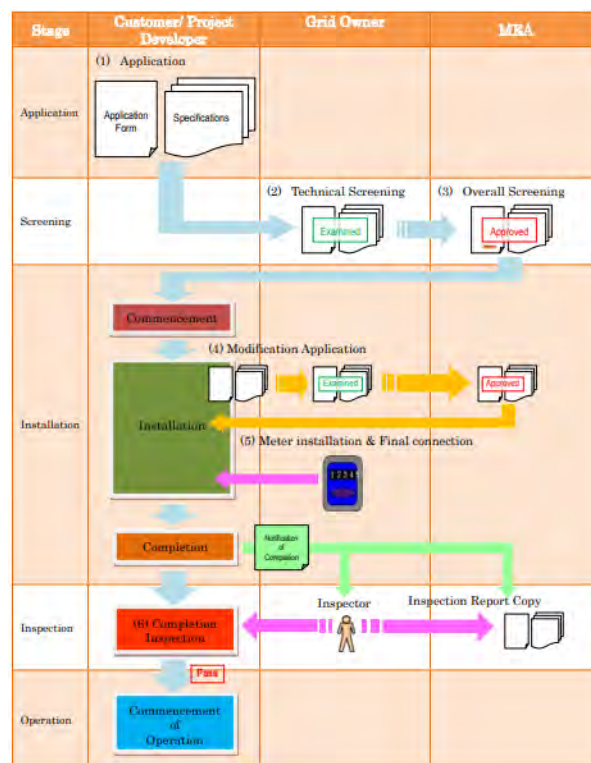


図 3-24 PV 系統連系申込みマニュアルにおける申請フロー³³

これらの手続き等について、パシフィックコンサルタンツ株式会社が 2014 年に実施した「エネルギー管理システム (EMS) を用いた太陽光発電・蓄電池利用システム JCM 案

³² 株式会社 電協エンジニアリング・株式会社 沖縄エネテック共同企業体「平成 25 年度外務省政府開発援助海外経済協力事業 (本邦技術活用等途上国支援推進事業) モルディブ共和国島嶼地域における太陽光発電・ディーゼル発電のハイブリッドシステム構築技術の案件化調査」、2014.

https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/seisaku/kanmin/chusho_h25/pdfs/3a26-1.pdf
³³ Maldives Energy Authority, “Manual for Photovoltaic Grid-connection Application”
https://policy.asiapacificenergy.org/sites/default/files/Manual_for_PV_Grid-connectin_Application_-_Feb_2013.pdf

件組成調査」報告書において³⁴、モルディブに多数あるリゾート島においても、各リゾート・オーナーが発電・配電する場合に同ライセンス取得が義務づけられていることから、施工業者や事業者が電力事業申請、接続申請を行う事例は多く、粛々と手続きに従うことで問題なく許認可を得ることができるとの言及がある。

本調査においては、上述の通り政府施設への導入を検討していることや、マレ市との都市間連携のもとで、モルディブ環境省も交えた事業化を進めていることから、こうした手続きに関してもより円滑な取得を期待できる。

一方、太陽光パネルの調達（輸入）、施工、電気工事等に関しては、現地の施工会社との協力が欠かせない。現地の太陽光発電設置事業者を選定の上、工事に必要な建機や工具、作業員等の手配について現地事業者が分担し、日本空調北陸が設計、調達、施工のスーパーバイザーとして連携する体制を構築する必要がある。こうした業者選定において、在モルディブ日本国大使館や、JICA モルディブ支所、マレ市、HDC 等から候補事業者の情報を得ているところであり、現地調査の際に最適な事業者を選定する方針である。

さらに、設備調達や輸出入手続き等に際しては、調査実施主体の日本エヌ・ユー・エス株式会社のグループ会社である日揮グローバル株式会社が世界各地のインフラプロジェクトにおいて同様の経験、実績を多数有していることから、必要な支援を行うことができる。事業オーナーを含む実施体制の案を以下に示す。

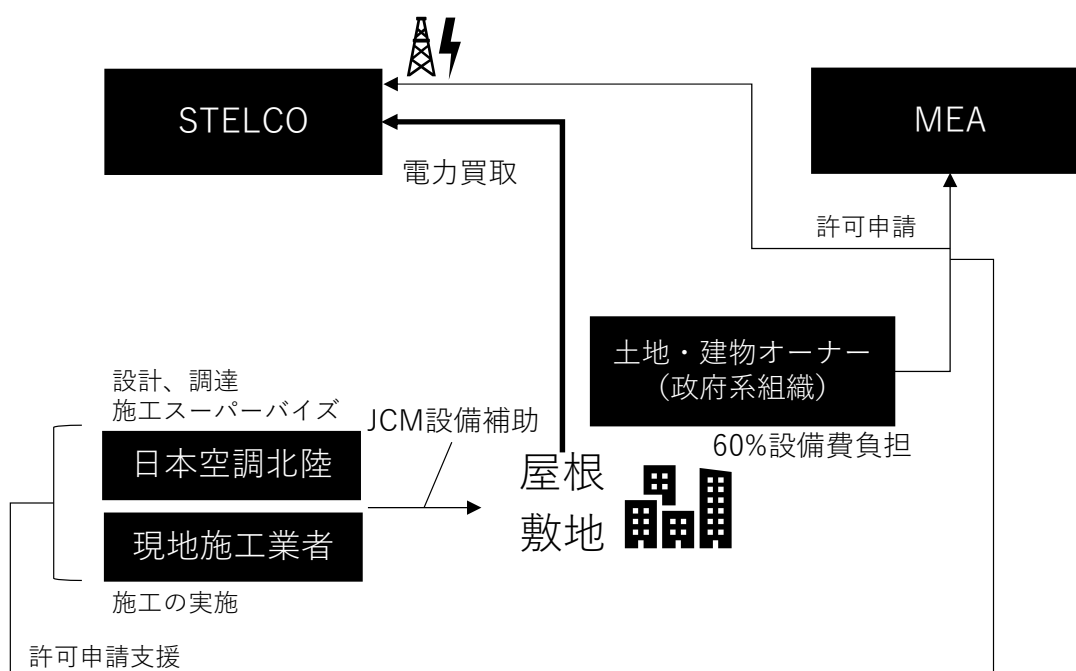


図 3-25 実施体制案

3.3.4. その他再生可能エネルギーの技術オプションおよび導入ポテンシャルの検討

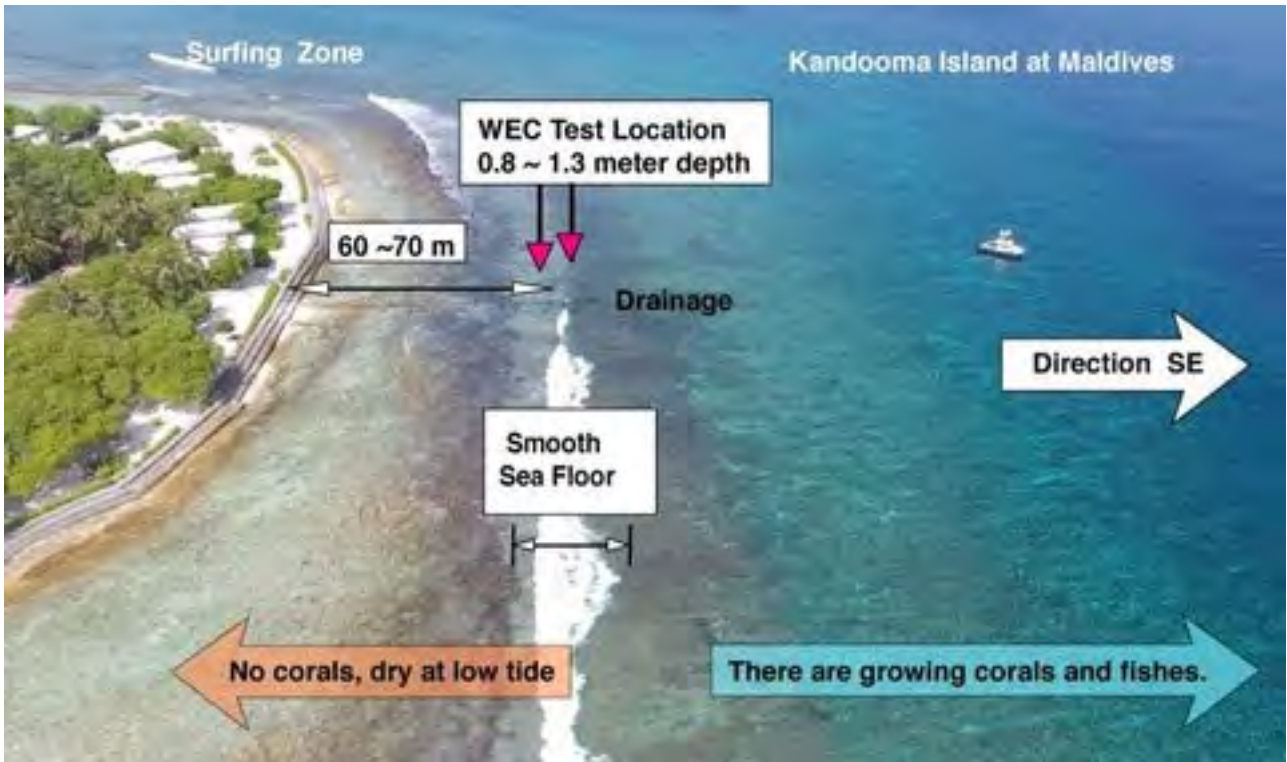
これまで、モルディブ国では、様々なプログラムにより、再生可能エネルギー技術の導入が検討されている。これまで検討されている技術や事業の一覧を表 3-27 に示す。

³⁴ パシフィックコンサルタンツ株式会社、JCM 案件組成調査「エネルギー管理システム（EMS）を用いた太陽光発電・蓄電池利用システム」、平成 26 年。
http://gec.jp/jcm/jp_old/projects/14ps_mdv_01/2014PS102_21j_rep.pdf

表 3-27 モルディブ国で検討されてきた日本企業による再生可能エネルギー事業の一覧

No.	エネルギー種	実施年	関連事業者	検討内容・事業内容等
1	太陽光	2009	八千代エンジニアリング 四国電力	太陽光発電導入に係る実現可能性調査
2	太陽光、風力、蓄電池	2019	タマデン工業	複数の再生可能エネルギーと蓄電池を組み合わせた自立型ハイブリッド発電制御システムの導入
3	太陽光	2016	日新電機	太陽光発電と製氷機を組み合わせた需給制御装置の導入
4	波力	2018	沖縄科学技術大学院大学	波力発電機の導入実証
5	マイクログリッド	2019	西澤 東芝エネルギーシステムズ	マイクログリッドシステムと蓄電池システムの導入
6	太陽光、風力、蓄電池	2014	パシフィックコンサルタンツ	複数の再生可能エネルギーを組み合わせたエネルギーマネジメントシステム導入に係る実現可能性調査及び JCM 設備補助事業を活用した設備導入
7	風力	2016	駒井ハルテック 東光高岳 東京電力 PG	風力発電及び再エネマネジメントシステム実証前調査
8	洋上太陽光	2018	大和エナジーインフラ	モルディブで浮体式太陽光発電システムを展開している Swimsol GmbbH 社（豪）への出資

このうち、モルディブ国が島嶼国であるという特徴を活かした事業としては、沖縄科学技術大学院大学が 2013 年より実施した波力や潮汐力といった海洋エネルギーの実証事業が挙げられる。同事業では、直径 35cm のタービンを備えた 2 台の波力発電機の試作機をモルディブ国のカンドゥーマ島に設置し、実際の発電量をモニタリングしている。



出典 : <https://www.oist.jp/ja/news-center/press-releases/32544>

図 3-26 実証の概要と 1/2 模型

これまで検討されてきた上記の実証事例や、今後の脱炭素社会に向けた期待の高まりを踏まえ、マレ市及び HDC は、富山市との都市間連携事業の中においても、再生可能エネルギー

ギーオプションのさらなる検討について高い期待を有している。富山市内企業が持つ再生可能エネルギー等の技術の中で、今後、モルディブ国でも展開可能性のある技術としては、株式会社日本空調北陸の水上太陽光技術（図 3-27）や、水素の活用が挙げられる。富山市の北酸株式会社は、富山市内で水素利用推進協議会の幹事を担っており、再生可能エネルギー由来水素の供給を行う水素ステーションの運営を行っている。今後、モルディブにおいては、太陽光発電等の増加が見込まれており、余剰電力等の活用先として水素を製造し、燃料電池車や燃料電池船などの技術と合わせた普及も検討の余地がある。



出典：<http://www.nikku-hokuriku.co.jp/business/eco.html>

図 3-27 株式会社日本空調北陸社が施工した水上太陽光発電



出典：<http://www.hokusan.co.jp/service/project.html>

図 3-28 北酸株式会社が富山市内で運用する水素ステーション

3.3.5. 主に空調を対象とした省エネルギーに係る技術オプションおよび効果の検討

モルディブ国では、家庭、オフィス、ホテルなどを含めた商業施設などに共通して、電力使用の大部分が空調に係るエネルギーとなっている。そこで、本調査では、カウンターパートであるフルマーレ開発公社に対して、電力使用量が大きい施設の空調設備の設置状況や利用状況についてヒアリングを行った。その結果、マレ市、フルマーレ市内のほとんどすべての施設において、部屋ごとに空調設備を設置する個別空調管理となっており、設備についても、日本製を含めた比較的効率の良い設備が導入されているため、そうした施設では、設備の更新による省エネルギー効果が小さく、費用対効果が得られにくいことが分かった。

一方、セントラル空調となっている施設としては、マレ国際空港が候補として提示された。モルディブ国は観光立国であり、その玄関であるマレ国際空港には、例年約 80 万人近くの観光客が訪れ、年間を通じ高い空調需要が生じている。

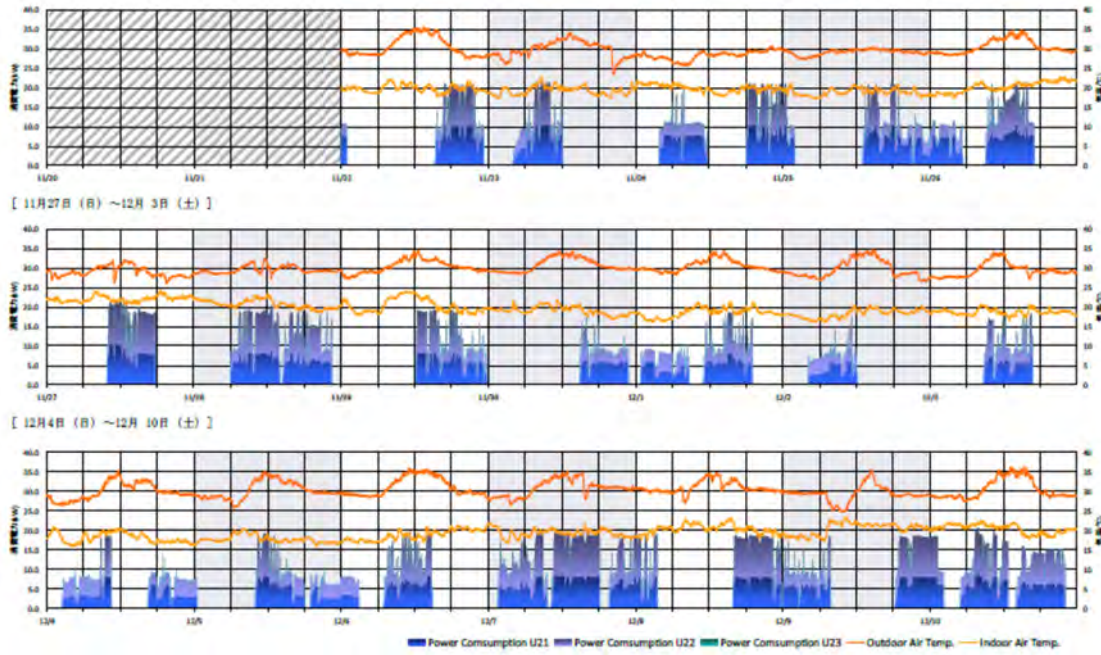
ただし、2020 年度は新型コロナウイルスによる国境封鎖等の影響により観光客が減少したこともあり、電力需要量等の数値の入手が困難であったことに加え、直近のデータの整理・入手についても、コロナ対応のため空港施設管理事業者の余力がなく、時間を要するとのことであった。そこで、平成 24 年に独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託事業で実施された「地球温暖化対策技術普及等推進事業 モルディブ共和国における海洋深層水多段利用インフラ事業の案件組成調査」の中で調査された電力需要量等を整理し、その効果について検証した。

同事業の報告書によると、マレ国際空港の空港ロビーに設置されている空調設備の概要は表 3-28 に示す通りである。また、同事業で測定されたそれぞれの設備の電力使用状況についてモニタリングした結果は図 3-29、図 3-30、図 3-31 に示す通りとなっており、24 時間平均負荷率は 46.4%であったとされている。モルディブ国は年間での年間を通して 26～33℃と気温変化が少ないことから負荷率が年間を通して一定であると仮定し、前述のモニタリング結果から年間の電力使用量を算出すると、空港ロビーに設置されている 3 台の空調設備の合計で、408,496kWh/年となることがわかった。また、空港ロビー以外に設置されている空調設備も考慮すると、年間の電力消費量はさらに大きくなることが予想される。

表 3-28 マレ国際空港の空港ロビーに設置されている空調設備の概要

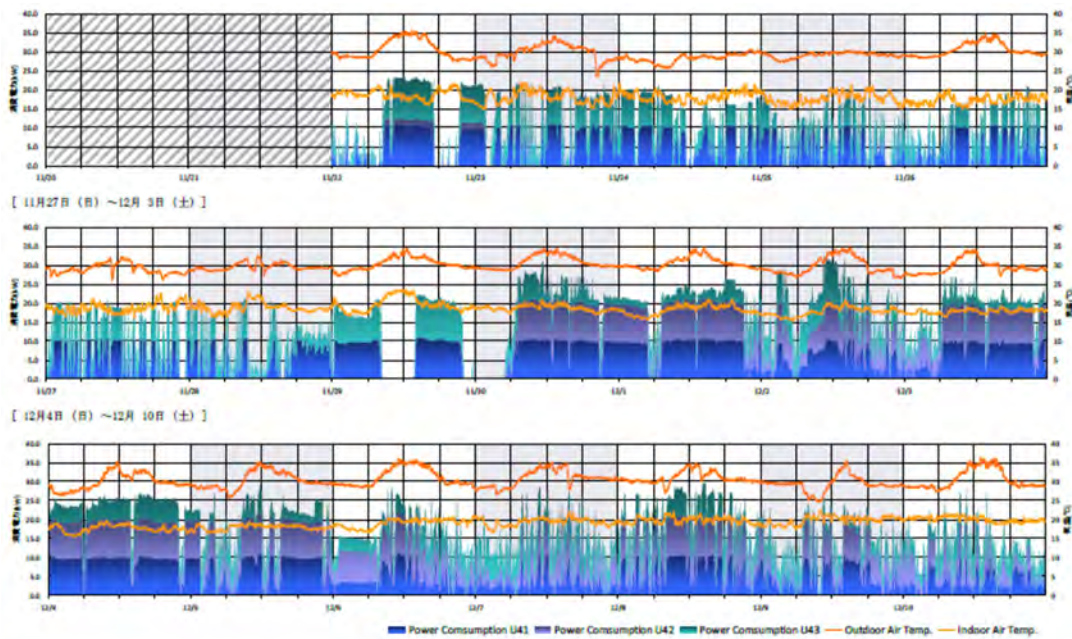
設備概要	ダイキン製：定格 33.5kW *3 台
運用	24 時間稼働で設定温度は 24℃
COP	4.02
APF [※]	4.03

※実際の使用状況から算出



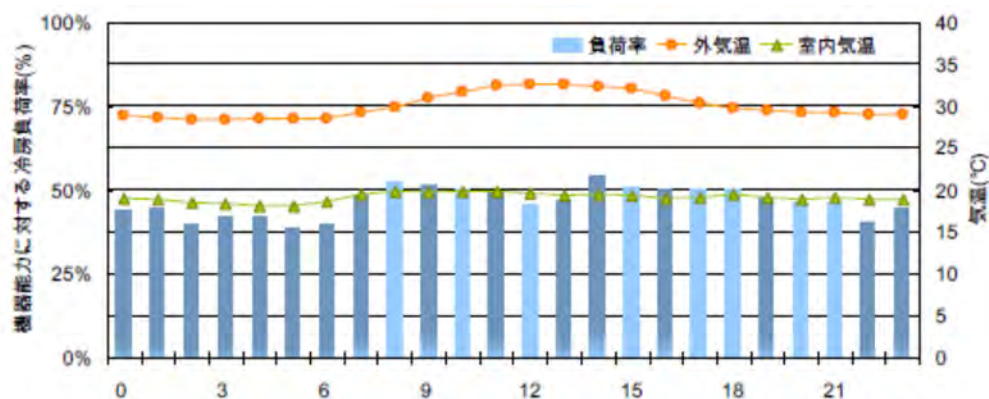
出典：地球温暖化対策技術普及等推進事業 モルディブ共和国における海洋深層水多段利用インフラ事業の案件組成調査報告書

図 3-29 マレ国際空港の電力使用状況モニタリング結果①



出典：地球温暖化対策技術普及等推進事業 モルディブ共和国における海洋深層水多段利用インフラ事業の案件組成調査報告書

図 3-30 マレ国際空港の電力使用状況モニタリング結果②



出典：地球温暖化対策技術普及等推進事業 モルディブ共和国における海洋深層水多段利用
インフラ事業の案件組成調査報告書

図 3-31 マレ国際空港の電力使用状況モニタリング結果③

省エネによる効果は、どの設備を選定するかによって大きく異なるため、本調査では、年間の電力消費量削減割合を仮定し、年間の電力消費量の削減可能量、温室効果ガス削減量を算出し、空調設備の法定耐用年数である 15 年の温室効果ガス削減量、JCM 設備補助事業を活用した場合に求められる温室効果ガス削減コストから算出される投資可能な事業費について表 3-29 のとおり算出した。例えば、省エネ率が 10% の場合、プロジェクト実施により削減可能な温室効果ガス量としては、326.6t-CO₂ となり、投資可能な事業費としては、約 261 万円となることが分かった。

一方、省エネ効果の検証としては、実際の使用状況やどの設備を選定するかによって大きく異なるため、今後現地調査による詳細なエネルギー消費データを収集、検討していく必要がある。

表 3-29 省エネ効果の検証及び温室効果ガス削減量、投資可能な事業費の算出結果

省エネ率[%]	年間電力消費量削減可能量 [kWh/年]	年間温室効果ガス削減可能量 [t-CO ₂ /年]	プロジェクト温室効果ガス削減可能量 [t-CO ₂]	投資可能な事業費* [円]
1	4,085	2.2	32.7	261,274
2	8,170	4.4	65.3	522,548
3	12,255	6.5	98.0	783,822
4	16,340	8.7	130.6	1,045,096
5	20,425	10.9	163.3	1,306,370
6	24,510	13.1	196.0	1,567,644
7	28,595	15.2	228.6	1,828,918
8	32,680	17.4	261.3	2,090,192
9	36,765	19.6	293.9	2,351,466
10	40,850	21.8	326.6	2,612,740
11	44,935	24.0	359.3	2,874,014
12	49,020	26.1	391.9	3,135,288

13	53,104	28.3	424.6	3,396,563
14	57,189	30.5	457.2	3,657,837
15	61,274	32.7	489.9	3,919,111
16	65,359	34.8	522.5	4,180,385
17	69,444	37.0	555.2	4,441,659
18	73,529	39.2	587.9	4,702,933
19	77,614	41.4	620.5	4,964,207
20	81,699	43.5	653.2	5,225,481

※事業費に対する温室効果ガス削減コストを 8,000 円/t-CO₂ と仮定し算出

今後、空港についてはさらに詳細なデータを収集の上、高効率設備の導入可能性について検討を深める。また、民生業務部門の省エネだけではなく、高温の熱需要がある水産加工工場等における省エネ需要や、効果の算定などの検討も視野に入れ、調査を進める方針である。

3.4. 有機性廃棄物を用いたバイオガス発電による低炭素化分野

モルディブ国およびマレ首都圏における主要な環境課題として、廃棄物問題があげられる。島嶼国であることから、処分場が限定されており、適正処分も進められていない状況であり、処分地容量の問題だけでなく、有害物質やプラスチックによる海洋への汚染影響が懸念される。

マレ首都圏における有機性廃棄物は 10.6 t/日の排出量となっており、近郊の廃棄物処理サイトであるティラフシ島において最終処分されている。同処理サイトでは、処分場の近代化及び廃棄物発電の導入計画があるものの、有機性廃棄物は含水率も高いことから、同サイトで計画されている廃棄物発電の効率に悪影響を及ぼすおそれがあり、新設する埋め立て地での処理となる可能性がある。

一方、これらの廃棄物は、メタン発酵による処理により、エネルギー利用と堆肥化活用が可能な資源であり、そうした再生利用が廃棄物課題の解決及び低炭素社会に寄与しうることから、本業務ではメタン発酵処理の実現可能性を検討するための調査を行い、バイオガス発電等の技術導入可能性について検討を行った。

3.4.1. モルディブ国およびマレ市における廃棄物処理計画の分析

Strategy Action Plan には、2023 年までの目標として、廃棄物に関して、「費用対効果が高くモルディブの状況に適した廃棄物から利益を生む技術の選定」や「廃棄物由来の燃料を生成するメカニズムの評価」との記載がある。具体的には、以下の方針、戦略、アクションが示されている。

政策 1: 収入創出のための貴重な資源として廃棄物の利用を促進

- ・ 戦略 1.3: 島レベルでの廃棄物の収集、保管、管理のメカニズムを確立する
 - ◇ アクション 1.3f: 政府の統合ユーティリティサービス提供の一部として廃棄物収集を統合するために島議会にガイダンスを提供する
- ・ 戦略 1.4: グレーターマレ地域における廃棄物の収集と管理を強化する
 - ◇ アクション 1.4a: 家庭ごみの分別スキームを展開する
- ・ 戦略 1.5: 根拠に基づく政策を通じて廃棄物管理を強化する
 - ◇ アクション 1.5a: すべての島で包括的な廃棄物監査を実施して、さまざまな廃棄物の流れの量を特定し、削減目標を策定する
- ・ 戦略 1.7: 廃棄物からエネルギーへの拡大と実施、および地域社会における廃棄物から資源への取り組みの拡大
 - ◇ アクション 1.7a: 費用効果が高く、モルディブの状況に適した廃棄物から利益を生む技術を特定するための調査を実施する。

また、再生可能エネルギーの導入に関しては、「3.3 再生可能エネルギー/省エネルギー普及による低炭素化分野」に記載の通り、「再生可能エネルギーの割合を 20%増加（2018 年比）」と「発電のための燃料使用量を 4,000 万 L 削減」を掲げており、上述の「廃棄物エネルギー」に係る取り組みとの連動も期待されていることが読み取れる。

廃棄物のエネルギー利用検討に際しては、まず廃棄物の量・性質・発生特性（時期・発

生場所等)を把握することが重要である。マレ首都圏における廃棄物の発生状況、処理状況を以下に述べる。

マレ首都圏の廃棄物収集は、グレーターマレ地域と、周辺のアリフアリフ環礁、アリフダール環礁、カーフ環礁、ヴァーブ環礁内の32の有人離島と86の観光リゾート島(人口295,000人:モルディブの総人口の53%)を範囲として行われ、ティラフシ島の廃棄物処分場において埋め立て処理されている。

この処分場は1992年に建設されているが、当初より汚染対策が実施されていないオープン・ダンピングの状況であり、公衆衛生、環境影響が深刻化している状況である。自然発火による噴煙は大気汚染をもたらし、未対策の廃棄物浸出液は海洋環境汚染に繋がるおそれがある。

こうした状況から、上記範囲において発生する836トン/日の廃棄物処分を適正化するため、また廃棄物処理とともにエネルギー利用を行うため、2020年8月、ADBはモルディブ政府と廃棄物処理適正化とインフラ整備に関して、廃棄物発電インフラ整備を以下4つの取り組みとあわせ、段階的に進めていくことに合意している³⁵。

- (i) 収集および廃棄物コンテナ輸送を含む、固形廃棄物静脈チェーンの改善。
- (ii) 近代的な固形廃棄物の処理および処分施設が稼働するまでの間、ティラフシ島の不法投棄および焼却を停止するための暫定的解決策として、都市固形廃棄物の保管などの一時的な措置の実施。
- (iii) 建設廃棄物および解体廃棄物の回収及び処理。
- (iv) 持続可能なSWMサービス提供のための制度的能力と国民の意識強化。

なお、このプロジェクトは、アジア開発銀行の二国間クレジット制度日本基金を活用した「マレ広域区廃棄物発電プロジェクト」としての承認に至っている。対象は、500t/日の廃棄物発電所で、想定される排出削減量は約40,417tCO₂/年である。

さて、本調査では、上記の廃棄物発電事業を踏まえて、対象をフルマーレ地区の有機性廃棄物及び下水汚泥とした。これらの有機性廃棄物は、含水率が高いことから、ティラフシ島において計画されている「マレ広域区廃棄物発電プロジェクト」において処理を行う場合、熱量の低下を招くため燃料使用量の増加につながるおそれがある。脱水や乾燥処理により廃棄物発電に供することも可能であるが、前処理にもエネルギー投入と時間を要することとなるため、新設予定の埋立地などへの処分となる可能性がある。

そこで、水分含有量が高いまま処理が可能なメタン発酵によるガス化技術の適用を考える。対象廃棄物のうち、下水汚泥については、フルマーレ地区において、マレ上下水道公社が管理する汚水処理設備があり、年間の汚泥発生量は1,643t/年となっている。

また、フルマーレ地区における一般廃棄物の収集量のうち、草木を中心とした有機性廃棄物(グリーン廃棄物)は1,825t/年、食品廃棄物は405t/年となっており、合計で3,873t/年の発生量である。

³⁵ ADB Project data sheet” Maldives: Greater Male Waste-to-Energy Project”,2020.
URL: <https://www.adb.org/projects/51077-003/main#project-pds>

フルマーレ地区は、観光客等は少ない地域であり、汚泥・廃棄物ともに住民由来がほとんどであると想定される。よって、シーズンによる変動は少ないとみられ、年間を通じて一定の発生量であるとする、1日あたりの排出量は、3,873/年を1日に割り戻した値の約10.6t程度であると考えることができる。

現在、これらはティラフシ島の最終処分場に埋め立て処分されているが、これらを活用してバイオガスを発電等に利用するとともに、堆肥化利用することを考える。

一般的に、メタン発酵バイオガス発電では、バイオガスを有効活用できる一方で、廃棄物の減容にはつながりにくく、発酵後残渣の処分が課題となるため、堆肥利用などの受け皿の想定が必要である。

フルマーレ地区では、街路樹や公園、緑地の植生維持のため、堆肥を必要としており、現在海外から年間約40万ドル分の堆肥を輸入している。メタン発酵バイオガス発電は、発酵残渣を堆肥利用できることから、この輸入堆肥を自国内の廃棄物から賄うことができる可能性がある。実現可能性の検討にあたっては、これらのマテリアルバランスと経済性の検討が鍵となる。次項において、これらの検討結果を示す。

3.4.2. バイオガス発電設備の候補技術、メーカー等の整理と導入効果試算

(1) 廃棄物量・組成と候補設備

本調査において対象とする有機性廃棄物及び下水汚泥は、上述の通り下水汚泥1,643t/年、草木を中心とした有機性廃棄物（グリーン廃棄物）は1,825t/年、食品廃棄物は405t/年となっており、合計で3,873t/年の発生量である。

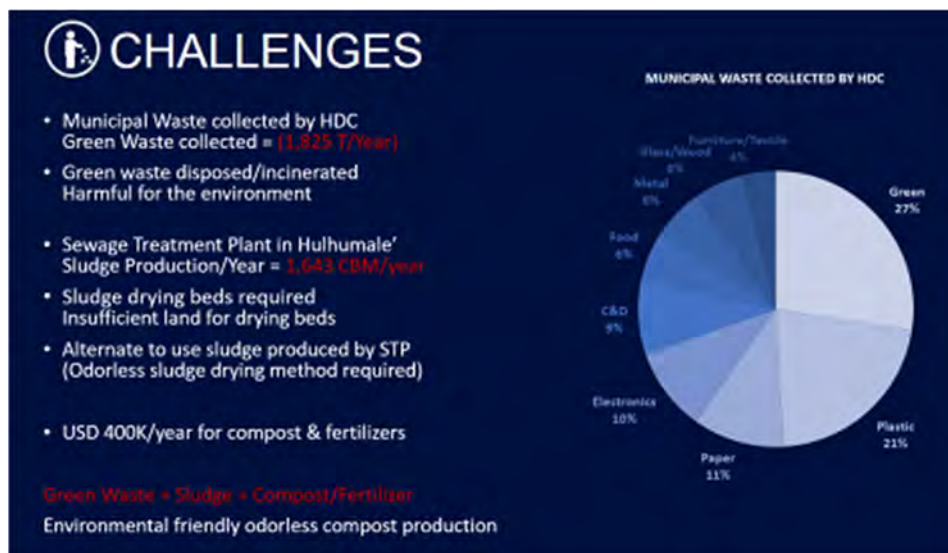


図 3-32 フルマーレにおける有機性廃棄物発生量と割合

下水汚泥は、そのほとんど（約97%）が水分であるが、メタン発酵バイオガス発電技術においては、以下に示す通り固形分濃度として10~15%程度で発酵に供することができるため、固形の有機性廃棄物と混合処理することで十分に発酵に供することができる。

メタン発酵の技術は、大きく湿式と乾式があるが、明確な区分は無い。湿式は安定稼働に実績がある一方、乾式は希釈水が不要で、設備が比較的小型で済むというメリットがあ

る。モルディブにおいては、土地や水の制約があることから、乾式に適性が高いと思われる。

表 3-30 メタン発酵設備の特徴

	湿式メタン発酵槽	乾式メタン発酵槽
特徴	投入物の固形分濃度を 10%前後に調整後にメタン発酵槽に投入	投入物の固形分濃度が 15~40%程度のものを対象
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 稼働実績が多い 規模・処理量のバリエーションが豊富(敷地面接の省スペースが可能、縦型も可能) 発酵がより均一化、安定化する 設備費用が安い(湿式と比較) 	<ul style="list-style-type: none"> 希釈水が不要 排水処理量が少ない(湿式と比較)

(出典：環境省ホームページ)

一般的にメタン発酵バイオマス発電設備は、受け入れ物のうち発酵に適さない異物を除去する必要があり、人手による選別や機械による破碎、選別、もしくは両方の組み合わせによる選別プロセスが必要となる。

その後、発酵を促進させるための前処理として可溶化プロセスを行う場合がある。前処理後のプロセスでは、有機物を発酵させるメタン発酵槽、生成されるバイオガスを発電利用するために必要な脱硫装置、ガスホルダー、発電設備、余剰ガス燃焼装置等が必要となる。発酵残渣については、用途に応じて導入設備が異なる。

例えば、発酵残渣を全量液肥として散布する事例もある。その場合に必要となる設備としては、液肥貯留槽や、事業者自らが液肥を散布する場合液肥運搬車、散布車が想定される。また、他の事例では、固液分離処理をし、固体部分は堆肥化、固形燃料化、または乾燥させた後産業廃棄物として焼却処理し、液体部分は排水処理後、下水放流といった処理を行っている施設もある。このように、発酵残渣の処理方法に応じて導入設備が異なる。以下に、メタン発酵バイオガス化設備の主要設備を、処理フローとともに示す。

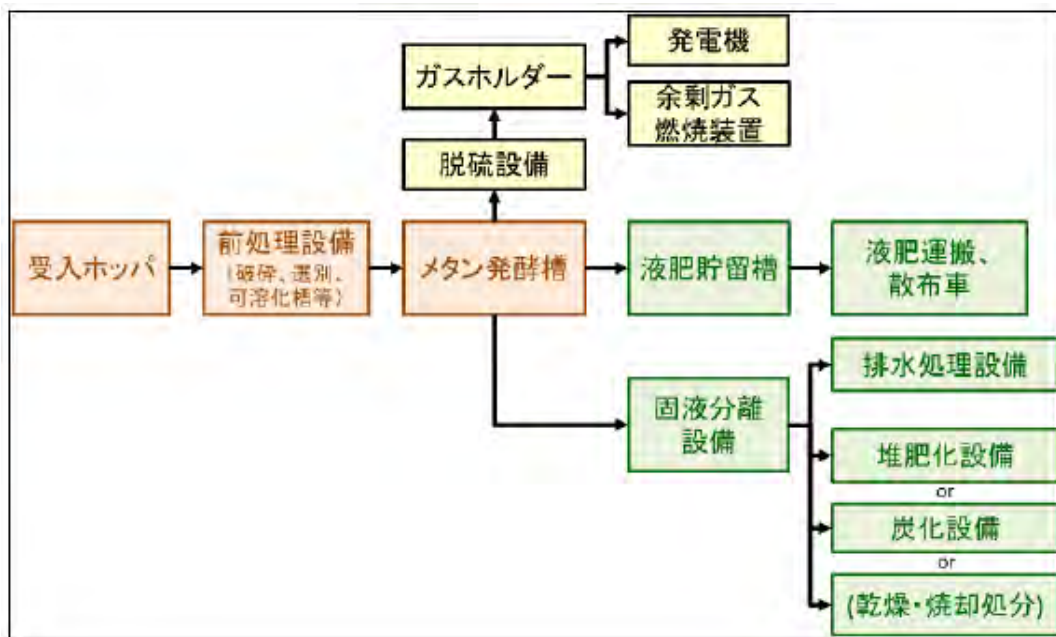
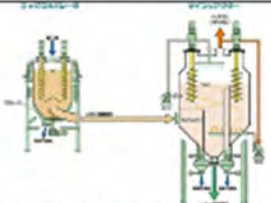
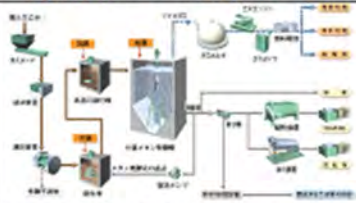






図 3-33 メタン発酵バイオガス化設備を構成する主要機器

上図からもわかる通り、メタン発酵バイオガス発電設備は、メタン発酵設備とガス発電設備に大別される構成となっている。このうち、メタン発酵設備については、日立造船株式会社が小規模～大規模のシステム開発に実績を有する。以下に、同社の導入事例を示す。

表 3-31 日立造船株式会社のメタン発酵設備及び導入事例

	メタン発酵システム 「メビウスシステム」	食品廃棄物メタン発酵システム 「WTM システム」	メタン発酵システム 「Hitz コンボガスシステム」
対象	汚泥、生ごみ	生ごみ	生ごみ、原木、紙
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・高温高速メタン発酵により省スペース ・し尿処理施設との組み合わせ可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・メタン発酵液の返送により、希釈水を加えず、副資材なしで高速発酵可能 ・中温発酵でアンモニア阻害に強い 	<ul style="list-style-type: none"> ・スイス、ドイツなどを中心に欧州各国で 82 プラントの実績
処理フロー			
導入事例	<p>事業主体：舞平清掃センター（新潟県新潟市） 投入物：し尿、浄化槽汚泥 約 149KL/日、生ごみ 約 1.8t/日 バイオガス：ボイラー燃料として利用 発酵残渣：堆肥化</p> <p>総事業費：(公開情報なし)</p>	<p>事業主体：株式会社ナチュラルエナジージャパン（秋田県秋田市） 投入物：ホテル、飲食店、コンビニ、学校、病院、食品製造加工会社等からの食品残渣 約 50t/日 発電能力：740kW 発酵残渣：固液分離後固体分は堆肥化、液体分は排水処理後下水道放流</p> <p>総事業費：約 30 億円</p>	<p>事業主体：Komogas SLO LLC（アメリカカリフォルニア州） 投入物：植物ごみ、食品残渣 約 82t/日 発電能力：730kW 発酵残渣：堆肥化、液肥化</p> <p>総事業費：約 2,200 万米ドル（約 22 億円）</p>
			

バイオマス由来のメタンガスは、微生物由来の発酵によって生成される。メタン発酵は、嫌気条件下で複数種の嫌気性細菌の代謝作用により有機性廃棄物などに含まれる有機物をメタンと二酸化炭素にまで分解する反応であるが、温度や投入物により微生物の代謝が変化するなどにより、生成ガスの成分は必ずしも一定ではない。そこで、発電設備については、不活性ガスを含むガス組成に対しても幅広く対応できる発電機でなくてはならない。


こうした設備は、中国南部やインド、カンボジア等においてもみられる設備であり、受け入れ装置や発酵槽は安価な地元企業が施工しているケースがほとんどである。一方、発電機についてはヤンマーや大原鉄工所等の本邦技術が採用される事例も多く、モルディブにおいても同様に活用可能性が期待できる。

日本をはじめとする先進国の製品が優位である理由は、上記の通りガスの性状が不安定な場合、低性能な発電機はそもそも利用に耐えないためである。日本の発電機メーカーの

³⁶ 環境省「平成 29 年度地域循環圏・エコタウン低炭素化促進事業報告書」, 沖縄県、日本エヌ・ユー・エス株式会社, P101.

設備は、こうした低品質なガスやメタンガス濃度の変動にも耐えうる高性能な発電機を製造しており、当該設備の導入により高い低炭素効果を期待できる。そうしたバイオマス発電の特性を踏まえた主要な発電設備として、以下のメーカーおよびラインナップがある。

表 3-32 主要なバイオガス発電設備メーカーとラインナップ

	株式会社大原鉄工所	ヤンマー株式会社	イエンパッハ（ドイツ）
ラインナップ及び特徴	<p><u>小型：30kW、60kW、90kW</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・高効率・発電効率 34～35% ・複数台運転制御による高効率出力運転が可能 ・系統連系盤及び排熱回収装置をオプションとし、多様なシステム構成が可能 <p><u>中～大型：150kW～500kW 間で複数のラインナップ有</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・豊富なラインナップ ・高発電効率（38%以上） ・遠隔での運転操作 	<p><u>小型：25kW</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・高発電効率 32% ・一つのコントローラで 8 台（200kW）まで複数台運転が可能 <p><u>中～大型：325kW</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・高発電効率（37%） ・最大 8 台まで複数台運転可能 ・遠隔監視装置付き ・全自動制御運転 	<p><u>中～大型：</u></p> <p>TYPE3（500kW-1MW） TYPE4（800kW-1.5MW） TYPE6（1.5MW-4.4MW） TYPE9（9.5MW）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発電効率 40%以上 ・天然ガス等、他のガスとの混焼可能
製品の写真	 <p>(写真は BG60A (60Hz 時 60kW))</p>	 <p>(写真は 25kW)</p>	 <p>(写真は TYPE3)</p>

(出典：株式会社大原鉄工所ホームページ、ヤンマー株式会社ホームページ、イエンパッハ社ホームページ)

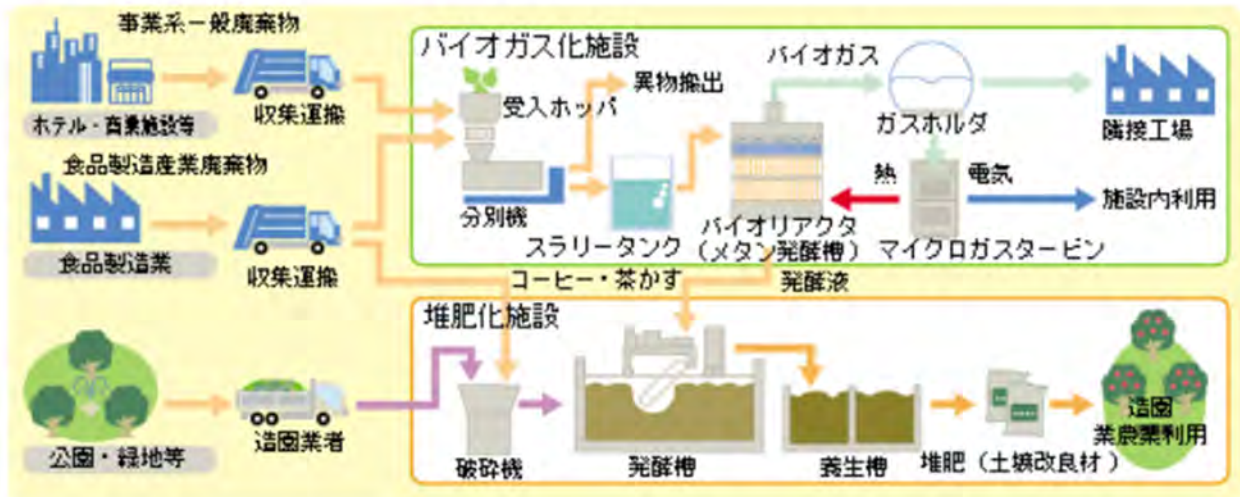
出典) 環境省「平成 29 年度地域循環圏・エコタウン低炭素化促進事業報告書」³⁶

さて、富山市においても、産業から出るすべての廃棄物を新たに他の分野の原料として活用し、あらゆる廃棄物をゼロにすることを目指す「ゼロエミッション構想」を基軸に、地域の振興を図りながら環境と調和したまちづくりを推進する事業として、平成 14 年より「エコタウン事業」に取り組んでおり、富山市内に 18ha 程度の「エコタウン産業団地」を設け、資源循環施設の拠点としている。

第一期事業として、生ごみ及び剪定枝のリサイクル施設、ハイブリッド型廃プラスチックリサイクル施設、木質系廃棄物リサイクル施設、自動車リサイクル施設の 4 施設を整備しマテリアルリサイクル(素材リサイクル)を優先した地域内での資源循環の取り組みを進め、第二期事業としては、難処理繊維及び混合廃プラスチックリサイクル施設、廃食用油リサイクル施設、廃棄物エネルギーリサイクル施設の整備、富山市エコタウン交流推進センターの開設を行っている。

このうち、生ごみ及び剪定枝のリサイクル施設は「富山グリーンフードリサイクル株式会社」が担っており、食品廃棄物のメタン発酵処理施設と剪定枝刈草等の堆肥化処理施設

の組み合わせによって構成されている。富山グリーンフードリサイクルでは、有機性廃棄物再資源化システム「メタクレス」を導入し、生ごみなどの有機性廃棄物を微生物を利用した固定床式高温メタン発酵技術で分解、生成するバイオガスを回収し、電気や熱を取り出す環境プラントシステムを運用している。設備の概要を以下に示す。



<ul style="list-style-type: none"> ● 敷地面積 約 17,100 m² ● 建築面積 約 6,000 m² ● 処理能力 【メタン発酵施設】 事業系ごみ・食品残渣・有機汚泥等 40t/日 【堆肥化施設】 剪定枝・刈草等 18t/日 コーヒー・茶かす 2t/日 【廃プラスチック破砕施設】 廃プラスチック類 4.8t/日 【破砕選別分離設備】 飲料系廃棄物 (3基合計) 52t/日 	<ul style="list-style-type: none"> ● 施設・設備 【メタン発酵施設】 前処理設備: 1) 受入ホッパ/移送コンベア 2) 破砕分別機(48t/日) 3) スラリー受槽・タンク バイオリアクタ: 有効容量: 400m³(直径8.2m×高さ11m) 2基 (発酵槽) 固定床式高温メタン発酵槽(55℃) 発酵時間 10日間 【ガス利用設備】 ガスホルダ: 330m³(直径12m×高さ10m) バイオガス販売: 960~3,600m³/日 バイオガス発電: 700~2,880kW/日 場内利用発電機: 350~1,440kW/日 	<ul style="list-style-type: none"> 【堆肥化処理施設】 前処理設備: 1) 貯留場 2) 破砕機 発酵処理設備: スクープ式攪拌機(1台) 発酵槽(1レーン) 養生槽: ショベルローダー切返 袋詰製品化設備: 粉塵選別装置・袋詰装置(全自動) 【廃プラスチック破砕処理設備】 破砕処理設備: 一輪破砕機(1基) 圧縮設備: 最大加圧 36t 【商品リサイクル施設】 破砕選別分離設備: 移送コンベア/2輪破砕機/振動機/1輪破砕機/移送ポンプ(1基) 【環境保全施設】 脱臭装置、排水処理
---	---	---

図 3-34 富山グリーンフードリサイクル株式会社における設備概要

出典) 鹿島建設株式会社ウェブページ、富山グリーンフードリサイクル株式会社ウェブページ^{37,38}

富山グリーンフードリサイクル株式会社は、メタン発酵施設で 40t/日、堆肥化施設で 20t/日の処理能力を有し、現在のところフルマーレと比較し著しく大規模であるが、設備選定やオペレーション、事業運営等の面において参考となることが期待できることから、同社へのヒアリングを実施した。以下にその結果を示す。

- ・ グリーン廃棄物は繊維質が多いため、発酵が進みにくく、後処理にも労力がかかる

³⁷ 鹿島建設株式会社ウェブページ

(https://www.kajima.co.jp/news/digest/aug_2003/zoom/index-j.htm)

³⁸ 富山グリーンフードリサイクル株式会社ウェブページ (https://tgfr.net/_wp/wp-content/uploads/2020/04/flow.pdf)

ことから、メタン発酵には向かない。食品廃棄物と下水汚泥をメタン発酵施設、グリーン廃棄物は堆肥化設備において、それぞれ別工程で処理することが現実的である。

- ・ 液肥は堆肥に比べると、流出速度が速く、成分が薄い。そのため堆肥 1t に相当する液肥は 10t ほどになる。フルマーレの需要からすると、固形肥料の方がニーズがあるのではないか。
- ・ 富山グリーンフードリサイクルのメタン発酵設備は湿式である。生成される堆肥は投入量の半分程度である
- ・ 堆肥化は屋外で実施し、重機等がかき混ぜるた堆肥化施設であれば、設備費は数千円に抑えられる可能性がある。

上記のヒアリング結果を踏まえると、フルマーレにおいても、メタン発酵施設においては食品廃棄物と下水汚泥を対象に処理し、グリーン廃棄物については破碎のうえ堆肥化施設においてメタン発酵残渣と混合し堆肥化に供する運用が現実的である。以下では、これらの示唆を踏まえた検討を行った。

(2) 設備規模と経済性の検討

上述のとおり、フルマーレにおいて利用可能な食品廃棄物及び下水汚泥は日量約 5.6t である。比較的小規模なメタン発酵バイオマス発電施設の事例として、北海道酪農学園大学附属農場の乳牛ふん尿循環研究センターの事例がある。

同設備では、乳牛ふん、稲わら等を発酵原料に、日平均 10t、年間 3,650t のバイオマスから 97,628Nm³/年のバイオガスを得ている。

同設備では、得たバイオガスを電力利用しており、400kWh/日の発電を行っている。ただし、同設備においては 400kWh/日の電力のうち、約 130kWh/日が所内電力となっているため、売電量としては 270kWh/日と想定される。

同様の設備導入を想定し、稼働日数を年間 300 日（82%）とした場合、発電電力量は約 67,200kWh/年となる。モルディブにおける家庭向けの電力単価である 11.96 円で売電した場合を想定すると、この発電量から約 80 万円の売り上げとなる。

また、発酵残渣については、フルマーレにおける街路樹や庭園等の堆肥として用いることができ、その収益を現在輸入により支出している 40 万 USD（約 4,000 万円）とする。

さて、北海道酪農学園大学附属農場の乳牛ふん尿循環研究センターの事例においては、初期投資が 1.3 億円との報告がある。この値を採用し、経済性を検討すると、以下の通りとなる。

表 3-33 バイオガス発電設備の経済性検討

初期投資	130,000,000	円	電力単価	11.96	円
有機物投入量当たりの日発電量	40	kWh/t	堆肥販売	40,000,000	円
有機物投入量	5.6	t			
稼働日数	300	日			
年発電量	67,332	kWh			

年数	0	1	2	3	4	5
Outflow						
設備投資額	130,000,000					
inflow						
売電	805,285	805,285	805,285	805,285	805,285	805,285
堆肥販売	40,000,000	40,000,000	40,000,000	40,000,000	40,000,000	40,000,000
FCF	-89,194,715	40,805,285	40,805,285	40,805,285	40,805,285	40,805,285
投資回収	-89,194,715	-48,389,430	-7,584,146	33,221,139	74,026,424	114,831,709

約4年で回収できるモデルとなり、事業性が高いことがうかがえるが、本分析においては、設備導入に係る融資等における金利、用地取得費、インフレ率、オペレーションコストなどが含まれていない。また、発酵原料として乳牛ふんと稲わらを用いる北海道酪農学園大学附属農場と比べ、食品廃棄物及び下水汚泥を発酵原料とした場合は発酵効率が低いことが予想される。一方、フルマーレは今後マレからの移住促進等により人口増加が予想されており、廃棄物も増加すると考えられる。今後、廃棄物量の予測結果やより詳細な廃棄物の組成・量に関する情報を収集し、現地の事情を踏まえて詳細設計を進めるとともに、より詳細な発電量の試算や経済性検討が必要である。

また、下水処理及び廃棄物処理に係る事業であることから、多分に公共事業の性格が強く、事業性より公共性を優先する判断もあり得る。例えば、電力を売電ではなく下水処理場に供するなどの政策決定もあり得るかもしれない。SAPにおいては、下水処理施設で用いる電力を、2023年までに最低でも30%の再生可能エネルギーで賄う方針があり、こうした政策の実現に寄与できる可能性がある。

もしくは、発生したメタンを発電に用いるのではなく、LPガス代替として販売する判断もありうる。本事業の共同実施者である北酸株式会社はガス供給の知見を有することから、ガス運搬に関する技術支援が可能である。

(3) 今後の検討事項

上記検討結果を踏まえ、今後詳細な設備選定、設計、コスト積算等を進めていくことをフルマーレ開発公社と確認した。

- 廃棄物の組成・量に関する詳細なデータ収集
 廃棄物発生量の将来予測も含め、より詳細な廃棄物の組成・量の情報を収集する必要がある。フルマーレ開発公社を介して廃棄物管理会社へ情報収集を依頼しているところであり、得られた情報は設備選定や経済性検討に活用する。
- 設備選定
 廃棄物組成・量、経済性等を踏まえ、最適な設備を選定する。
- 候補地選定

下水汚泥の利用を計画していることから、下水処理場に隣接した土地に設備を導入することが望ましい。導入設備の規模を検討した上で、下水処理場付近で十分な面積を確保できる候補地を選定する。

● 詳細設計に向けた検討事項

詳細設計段階において必要な情報として以下の事項が考えられる。今後、メーカーへのヒアリング等により、より詳細に検討事項の精査と調査を進めていく必要がある。

- ・ 廃棄物の固形分濃度
- ・ 発酵残渣の利用（液肥または堆肥）
- ・ 液肥の場合液肥運搬車、散布車の検討。
- ・ 堆肥の場合固液分離処理設備
- ・ 堆肥製造の際に発生する液体の排水処理方法

● 電力利用方法の検討

上述のとおり、バイオガス発電により発電した電力は、売電する他、下水処理場に供するなど自家消費的に活用する可能性がある。売電する場合は、電力会社 STELCO との調整が必要となる。現地ニーズや経済性を踏まえ、電力の利用方法について詳細に検討する必要がある。

● 経済性検討

上記電力利用方法の検討と並行して、経済性を検討する。収入としては、堆肥の販売収入と売電収入があり、それぞれ経済性を踏まえ、関係者と販売価格を交渉する必要がある。

3.4.3. バイオガス発電設備の低炭素効果と JCM 化の検討

バイオガス発電による電力は、再生可能エネルギー電力となるため、グリッド代替による低炭素効果を期待することができる。

有機性廃棄物の嫌気性処理とバイオガスの利用に関する MRV 方法論として、ベトナムホーチミンにおける事例「卸売市場における有機廃棄物メタン発酵及びコジェネレーション」の MRV 方法論 (VN_AM004) が参考になる。本方法論は、有機性廃棄物の処分場における嫌気性発酵によるメタン排出の回避及びバイオガスの供給による化石燃料の代替による GHG 排出量削減を算出するものである（表 3-34）。

なお、フルマーレから発生する下水汚泥、食品残渣、グリーン廃棄物が、新設予定の廃棄物発電所への処理ではなく、埋め立てとなる場合に本方法論の適用が可能であり、今後新設予定の廃棄物発電所、処分施設の運用計画も把握しながら方法論の検討を進める。

表 3-34 方法論の概要 (VN_AM004)

GHG 排出量削減方法	廃棄物処分場への投棄された有機性廃棄物からのメタン排出を回避。バイオガスの供給により、化石燃料を代替。
リファレンス排出量の計算	1. FOD (First-order decay)モデルを用い、廃棄物処分場に投棄されずに済んだ有機性廃棄物の重量から、回避したメタン排出量を算出（2006 IPCC Guidelines for

	National Greenhouse Gas Inventories) 2. モニタリングしたバイオガス供給量、バイオガスの NCV (正味発熱量)、化石燃料の CO ₂ 排出係数に基づいて、リファレンス排出量を算出
プロジェクト排出量の計算	プロジェクト排出量はモニタリングした消費電力から算出
モニタリング事項	<ul style="list-style-type: none"> ● 廃棄物処分場に投棄されずに済んだ有機性廃棄物の重量 (下水汚泥を除く) ● 発熱装置に供給したバイオガスの量

MRV 方法論 (VN_AM004) の詳細を以下に示す。

リファレンス排出量	
排出源	GHG の種類
有機性廃棄物の分解に伴うメタン排出	CH ₄
発熱装置で消費する化石燃料	CO ₂
プロジェクト排出量	
発生源	GHG の種類
廃棄物管理設備の電力消費	CO ₂

【リファレンス排出量】

有機性廃棄物の分解に伴うメタン排出

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories の FOD モデルを用いて算出する。

$$RE_p = RE_{CH_4,p} + RE_{FF,p}$$

RE _p	期間 p におけるリファレンス排出量
RE _{CH₄,p}	期間 p における有機性廃棄物の分解によるリファレンス排出量
RE _{FF,p}	期間 p における発熱装置で消費する化石燃料によるリファレンス排出量

メタンは投棄後遅れて発生するため、RE_{CH₄,p} は投棄してから 13 か月後以降の発生量を算出する。

$$RE_{CH_4,p} = \sum_{m=p_{start}}^{p_{end}} \left\{ (1-f) \times GWP_{CH_4} \times (1-OX) \times \frac{16}{12} \times F \times DOC_f \times MCF \right. \\ \left. \times \sum_{x=1}^{m-13} W_x \times DOC \times e^{-\frac{k}{12}(m-13-x)} \times \left(1 - e^{-\frac{k}{12}}\right) \right\}$$

f	廃棄物処分場で回収され、大気へ放出しない形で使用されたメタンの割合
---	-----------------------------------

GWP _{CH4}	メタンの地球温暖化係数 (GWP)
OX	酸化割合 (廃棄物処分場において土壌中等での酸化により発生するメタンの量)
16/12	炭素に対するメタンの分子量比
F	廃棄物処理場ガスのメタンの割合
DOC _f	分解性有機炭素の分解される割合 (重量)
MCF	メタン補正係数 ³⁹
W _x	x 月に廃棄物処分場に投棄されずに済んだ有機性廃棄物の量 (t)
DOC	生分解可能有機炭素の割合 (重量)
k	分解速度 (1/年)
x	廃棄物が廃棄物処分場に投棄された期間 (月) (1~m)
m	廃棄物が廃棄物処分場に投棄されから何カ月目か (初月 : m=p_start、最終月 : m=p_end)
p_start	期間 p の最初の月が、廃棄物が廃棄物処分場に投棄されから何カ月目か (メタンは投棄後遅れて発生するため p_start が 14 より小さく、p_end が 13 より大きい場合は、p_start は 14 とする。)
p_end	期間 p の最後の月が、廃棄物が廃棄物処分場に投棄されてから何カ月目か

発熱装置で消費する化石燃料

$$RE_{FF,p} = RE_{BG,p} \times NCV_{BG} \times EF_{CO2,i}$$

RE _{FF,p}	期間 p において、発熱装置に使用した化石燃料 [tCO ₂ /p]
RE _{BG,p}	期間 p において、発熱装置に供給したバイオガス [t/p]
NCV _{BG}	バイオガスの NCV (正味発熱量) [GJ/t]
EF _{CO2,i}	化石燃料の二酸化炭素排出量 [tCO ₂ /GJ]
i	発熱装置に使用する化石燃料の種類

【プロジェクト排出量】

$$PE_p = PEC_p \times EF_{elec}$$

PE _p	期間 p におけるプロジェクト排出量 [tCO ₂ /p]
PEC _p	期間 p における廃棄物管理設備の電力消費量 p [MWh/p]
EF _{elec}	電力グリッド排出係数 [tCO ₂ /MWh]

【削減量】

$$ER_p = RE_p - PE_p$$

ER _p	期間 p における GHG 排出量 [tCO ₂ /p]
RE _p	期間 p におけるリファレンス排出量 [tCO ₂ /p]
PE _p	期間 p におけるプロジェクト排出量 [tCO ₂ /p]

本プロジェクトの設備が「内燃力又はガスタービン発電設備設備」に該当するとした場合法定耐用年数は 15 年である。上記の MRV 方法論と同様に、2006 IPCC Guidelines for

³⁹ 2006 IPCC guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Volume 5, Table 3.1)

National Greenhouse Gas inventories に記載のある FOD モデル⁴⁰を用い、モルディブにおける有機性廃棄物の分解に伴うメタン排出回避のリファレンス排出量を算出すると、耐用期間におけるグリーン廃棄物（草木のみと仮定）で 16,465 t-CO₂、食品廃棄物で 2,101 t-CO₂、下水汚泥 4,262 t-CO₂ の計 22,829 t-CO₂ となる。なお、算出の際は、ベトナムの事例と同様に、保守的な値とするため DOC は最低値を採用し、発生する廃棄物量は毎年、下水汚泥 1,643t/年、グリーン廃棄物 1,825 t/年、食品廃棄物 405 t/年と仮定した。

加えて、モルディブにおける電力グリッド排出係数は 0.533 tCO₂/MW となっているため、上述の想定発電量 67,200 kWh を系統接続により売電した場合、発電で消費する化石燃料のリファレンス排出量は約 36 t-CO₂/年、すなわち 537 t-CO₂/15 年となる。

以上より、リファレンス排出量は計 23,367 t-CO₂/15 年となる。

削減量は、リファレンス排出量からプロジェクト排出量を引いた値になるが、現時点ではプロジェクト排出量にあたるメタン発酵・堆肥化設備の消費電力が不明であるため、リファレンス排出量を削減量とした場合のトンあたり削減コストを算出した。

上述の北海道酪農学園大学の事例では、所内電力が 130 kW/日とのことであるが、北海道の気候に伴う発酵槽の保温等へのエネルギーが多分に含まれていると想定されるため、今後設備メーカーや EPC コントラクター候補へのヒアリング等により所内電力値などを精査する必要がある。

さて、設備コストを北海道酪農学園大学の事例から 1.3 億円と想定した場合、JCM 設備補助による補助率 50%で 6,500 万円が設備補助額となるため、トンあたり削減コストは 2,781 円となる。JCM 設備補助事業においては、削減コストの費用対効果を考慮する必要があり、その目安は 4,000 円/t-CO₂ である。そのため、当事業の全体を JCM 設備補助事業として検討する上で、十分な費用対効果があると言える。

一方、上記に引用した MRV 方法論の適格性条件の一つに、「要件 3 嫌気性消化装置に投入される原料は、プロジェクトが実施されない場合、埋立処理される有機廃棄物であること。」がある。上述のとおり現在モルディブでは ADB のプロジェクトにおいて廃棄物発電所の建設が予定されており、下水汚泥が廃棄物発電所で焼却される場合は、メタン排出回避量をリファレンス排出量とすることができない点に留意が必要であり、今後、現地の廃棄物処理の方針を注視しつつ、検討する必要がある。

3.4.4. 実施体制とスケジュール

実施体制としては、富山市におけるガス事業者である北酸株式会社を代表事業者として、フルマーレ島内の下水処理設備管理、緑地管理を担うフルマーレ開発公社と国際コンソーシアムを構成する案を検討する。フルマーレ開発公社は堆肥利用を担うことから、本プロジェクトのオフテイカーであり、廃棄物適正処理に責任を有することからも、プロジェクトの安定性、持続性に資する実施体制となりえる。

今後、廃棄物の組成及び量に関するより詳細なデータ収集、設備選定、候補地選定、詳

⁴⁰ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste , IPCC Waste Model (MS Excel) (<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>)

細設計に向けた検討等を進める。想定されるスケジュールを図 3-35 に示す。

現地との調整や廃棄物の発生量等現地の情報収集は、引き続きフルマーレ開発公社との連携のもと、必要に応じて関係機関（行政機関や関連企業等）の協力を得て実施する。設備選定に関しては、メタン発酵施設、堆肥化施設、バイオガス発電機のメーカーに問合せを行うなどにより、現地の状況にあった設備の選定と各メーカーの本事業への参画可能性を検討する。

また、EPC 及び現地工事の体制については、日揮グローバル株式会社や設備メーカーと検討する。オペレーション全体に関しては、富山市においてメタン発酵施設及び堆肥化施設を運営している富山グリーンフードリサイクル株式会社、バイオガスの活用可能性については北酸株式会社の助言を得つつ検討を進める。その他、富山グリーンフードリサイクル株式会社等、富山市エコタウン関連企業の事業実施者としての参画も視野に入れ、富山市の環境に関する取組みや知見をモルディブの低炭素化社会構築に活用していく方針である。

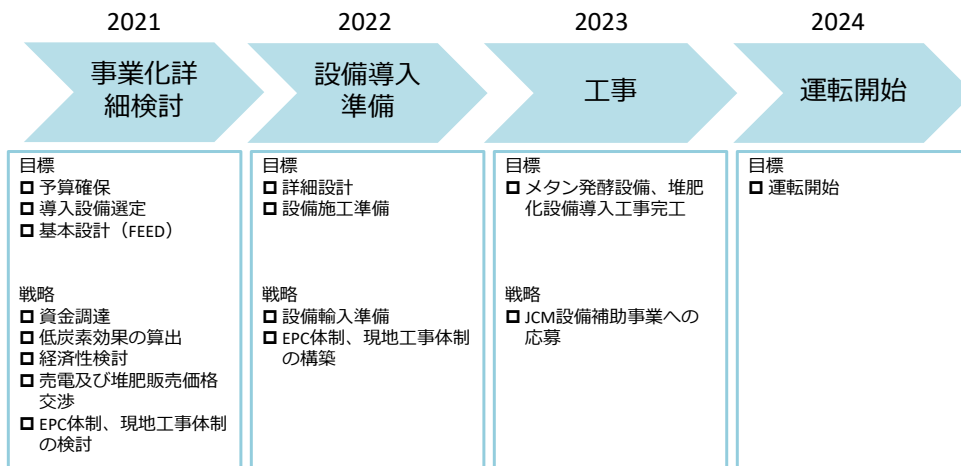


図 3-35 実施スケジュール

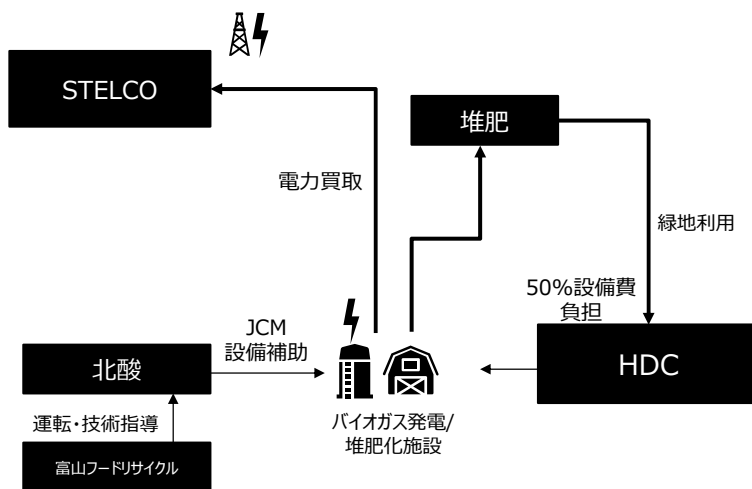


図 3-36 実施体制案

4. 低炭素社会実現のための都市間連携（現地関係者招聘、ワークショップ）

4.1. 都市間連携活動の概要

今年度の都市間連携事業は、新型コロナウイルスの感染拡大による影響から、現地調査や招聘ができない異例の事態の下実施した。リモート会議や E メール等の Web ツールにより、調査内容や活動の理解を現地関係者から得るとともに、現地カウンターパートや在モルディブ日本国大使館、JICA 事務所等の協力を得て情報収集に努め、検討を行ってきた。

主な活動を以下にまとめる。

表 4-1 主な活動内容と参加機関

日時	活動内容	参加機関
2020年9月9日	富山市及び富山市内企業と調査内容に関する方針を確認、必要情報と検討内容の協議の実施	富山市、北酸株式会社、日本エヌ・ユー・エス株式会社
2020年9月18日	キックオフミーティング	環境省、富山市、佐藤工業株式会社、北酸株式会社、株式会社日本空調北陸、日本エヌ・ユー・エス株式会社
2020年9月23日	フルマーレ開発公社と調査内容に関する方針を確認、必要情報と検討内容の協議の実施	フルマーレ開発公社、日本エヌ・ユー・エス株式会社
2020年10月1日	富山市内企業と調査に関する分担を協議	北酸株式会社、日本エヌ・ユー・エス株式会社
2020年10月8日	富山市とモルディブ関係機関との間で調査内容、方針、役割分担等に関する協議の実施	富山市、モルディブ環境エネルギー省、マレ市、フルマーレ開発公社、日本エヌ・ユー・エス株式会社
2020年10月21日	在モルディブ日本国大使館への事業概要説明と協力要請	在モルディブ日本国大使館、日本エヌ・ユー・エス株式会社
2020年11月4日	在京モルディブ大使館への事業概要説明と協力要請	在東京モルディブ国大使館、日本エヌ・ユー・エス株式会社
2020年11月5日	モルディブ JICA 支所への事業概要説明と協力要請	在モルディブ JICA 支所、日本エヌ・ユー・エス株式会社
2020年11月25日	モルディブ廃棄物発電事業関係者協議	日揮グローバル株式会社、日本エヌ・ユー・エス株式会社
2020年12月11日	富山市企業との交通分野に係る調査内容の結果とりまとめに関する協議	佐藤工業株式会社、川田工業株式会社、大日本コンサ

		ルタント株式会社、日本エヌ・ユー・エス株式会社
2021年1月13日	廃棄物発電に関するヒアリング調査	日立造船株式会社、日揮グローバル株式会社、日本エヌ・ユー・エス株式会社
2021年1月14日	フルマーレ開発公社との公共交通に関する調査結果共有と追加情報の要請、検討方針協議	フルマーレ開発公社、佐藤工業株式会社、川田工業株式会社、日本エヌ・ユー・エス株式会社
2021年1月19日	富山市内企業との再生可能エネルギー事業に関する調査内容進捗確認	株式会社日本空調北陸、日揮グローバル株式会社、日本エヌ・ユー・エス株式会社
2021年1月21日	波力発電メーカーへのモルディブ展開可能性ヒアリング	株式会社音力発電、日揮グローバル株式会社、日本エヌ・ユー・エス株式会社
2021年3月1日	ワークショップ	マレ市副市長、モルディブ環境省、モルディブ運輸・民間航空省、モルディブ国家計画・住宅・インフラ省、フルマーレ開発公社、富山市、佐藤工業株式会社、川田工業株式会社、株式会社日本空調北陸、北酸株式会社、日本エヌ・ユー・エス株式会社

これらの活動のうち、富山市とモルディブ環境エネルギー省・マレ市・フルマーレ開発公社との協議内容は、今年度調査の方針決定や、今後の検討方針に大きく関係する議論であったことから、以下に協議内容の詳細を示す。

4.2. キックオフミーティング（2020年10月8日）

本協議は、2020年10月8日に Microsoft Teams を用いて富山市とモルディブ各所を接続し実施した。日本側は、感染予防措置を対策した上で、富山市役所において行った。モルディブ側の参加者は、マレ市長及びマレ市副市長、モルディブ環境省、フルマーレ開発公社より11名が参加した。

議事は、モルディブ環境省、マレ市長、フルマーレ開発公社へのプロジェクト紹介、調査への協力要請に加え、今後の都市間連携の方針に係る意見交換とした。

はじめに、富山市よりこれまでの取組紹介を行い、日本エヌ・ユー・エス株式会社よりプロジェクト概要の紹介を実施した。

モルディブ側のコメントとして、フルマーレ開発公社からは、本プロジェクトの実施にはマレ市、モルディブ環境省の協力を得ながら情報収集していること、情報が集まり次第フルマーレ開発公社において整理し、富山市及び日本エヌ・ユー・エス株式会社に共有する旨の約束を得た。

マレ市長からも、必要な情報を可能な限り情報提供する旨協力の約束を得た。本件以外にも日本との様々なプロジェクトが進行中であり、それらとの連携も視野に、本プロジェクトの成功を願っている旨コメントを得た。

フルマーレ開発公社及びモルディブ環境省からは、日本側から要望のあった情報は提供可能であることを確認した旨のコメントがあった。また、各調査項目ごとに以下のコメントを得た。

公共交通について

モノレール導入に係る FS 調査は実施したところであるが、その時点でマレ・フルマーレ間をつなぐ橋がなく、フルマーレの人口のみを対象として検討した。今は橋で2島がつながり、利用人口が増えたため、モノレールでは規模が小さすぎる可能性がある。公共交通の対象人口は40～50万人を想定しており、選択肢としてはモノレール、LRT、バスがある。また、当初はフルマーレ内での運用を考えていたが、マレ島とフルマーレ島を公共交通機関でつなぐ選択肢もあると考えている。ただし、橋に線路を設置するのは難しい印象である。2010～2015年はフルマーレにトラムを導入する検討もした。まずはフルマーレ内で運用し、将来的に他の島への延長を検討する方法もあると考えている。

ディーゼル・LNGの混焼について

STELCO等により、いくつか同様の計画が進行中であり、それらとの連携、協力を視野に入れることで実現可能性がある。一方、ディーゼルとLNGの混焼には、インフラなど周辺設備が必要である点に留意する必要がある。また、NDC (Nationally Determined Contribution; 国が決定する貢献)の中で、LNGの導入を目標としている。ただし具体的な導入先は決まっておらず、省内で検討中である。

再生可能エネルギー導入について

すでに、JCMに採択された太陽光パネル導入案件がある。設置場所(屋根)のスペース不足が課題であるが、設置場所の調査には協力したい。ただし、設置に関しての規制はある。具体的には担当者に確認する。モルディブは陸地面積が小さいため、海面の活用は良いアイデアかもしれない。また、STELCOとの契約を活用して太陽光パネルを導入することも可能で、PPA制度が準備されている。自家消費を希望する企業、商業施設について確認しておく。

導入に際して国としての補助制度はないが、輸入税が免除される制度がある。また、FIT制度があり、世界銀行(WB)、ADBの支援で、FIT制度を活用した太陽光発電プロジェクトが進行中である。

省エネに関しては、水産加工工場において水蒸気ボイラーが使われており、比較的エネルギー消費が大きいことから導入ポテンシャルがあるかもしれない。

有機性廃棄物のバイオガス発電について

アジア開発銀行（ADB）の案件で、ティラフシ島に大規模な廃棄物発電所（8MW 規模）を建設する計画があり、双方で調整しながらプロジェクトを進めたい。

また、モルディブ環境省からは、主要な環境課題について以下の4点に関して特に言及があった。

1. マレ首都圏は大きく5地域に分割されており、それぞれの地区で廃棄物を収集し、ティラフシ島に建設予定の廃棄物発電所で焼却する予定である。廃棄物の収集に問題を抱えている。
2. 海岸浸食や津波など、気候変動の影響を受けやすいため、緩和と同時に適応策の検討も必要である。
3. 公共交通の整備が不十分である。特にマレ市は交通量が多く、駐車スペース等の不足や排気ガスによる大気汚染が問題となっている。
4. 気候変動の緩和政策が必要である。世界的にみるとCO₂排出量は多くないものの、エネルギーの99%をディーゼル燃料が占めており、よりCO₂排出量が少ないエネルギーへの代替が必要である。今後LNGを活用する計画である他、既に太陽光発電を導入している。エネルギーに関する計画（ロードマップ）が近日完成予定である。

以上の意見交換結果を踏まえ、本調査では、各調査項目への反映や優先順位の検討、絞り込みを実施した。

4.3. ワークショップ（2021年3月1日）

本ワークショップは、2021年3月1日にMicrosoft Teamsを用いて富山市、モルディブ各所、富山市内企業と接続し実施した。

ワークショップは、本調査事業の仕上げとして、調査・検討結果を報告、共有するとともに、今後の活動方針について確認することを目的として実施した。モルディブ側の参加者は、マレ市副市長、モルディブ環境省、モルディブ運輸・民間航空省、モルディブ国家計画・住宅・インフラ省、フルマーレ開発公社より14名が参加した。

議事は、富山市より挨拶を述べたのち、日本エヌ・ユー・エス株式会社よりプロジェクト結果の報告を行い、ディスカッションとした。

協議においては、検討事項を具体化するための今後のアクションについて意見交換を行った他、今後の調査・検討への追加的アイデア等幅広い意見を得た。以下に、検討テーマごとにモルディブ側より得た主要なコメントを示す。

公共交通

- （モルディブ環境省）公共交通は、導入実現までに時間がかかるプロジェクトであるが、非常に重要なプロジェクトと確信している。特に交通については、2番目にCO₂排出量が多いセクターであり、関心が高い。こうした点から、交通に関しての導入技術として、たとえばLNGの導入を見据え、ディーゼルからLNG燃料バスへの改造な

ども提案頂けるとありがたい。

- (フルマーレ開発公社) すでにバスのネットワークが発展しつつある中で、**BRT** の構築が一番実現可能性としては高いかもしれない。その場合、低炭素の観点から期待されるのは、バスの燃料転換であるが、他の交通手段の選択肢についても検討は進めていきたいと考えている。本ワークショップの資料を **Ministry of Transport** およびマレ市議会に共有し、マレ市に最適な公共交通の検討に活用していきたいと考えている。公共交通マスタープランという点からは、マレとフルマーレで地理的条件が異なることから、最適な交通手段も異なると考えている。フルマーレは未開発の土地があり、バスや **LRT** の導入も可能だが、マレは土地がないため、**SKYWAY** なども選択肢となる可能性がある。
- (モルディブ運輸・民間航空省) 未公開であるが、バスネットワークの構築に関する F/S は過去に実施している。マレは道が狭くバイクも多いことから、15 名乗りの小型 EV バスの導入を検討している。今年、運転手にローンを提供し、タクシーを電気自動車に変える計画もある。水素自動車についても、検討対象としては排除しておらず、富山の知見を伺いつつ導入可能性を見極めていきたい。

DF システム (ディーゼル発電所燃料転換)

- (フルマーレ開発公社) **LNG** の活用については、燃料転換の他に、ティラフシ島における **LNG** 発電所建設プロジェクトとの連携も是非検討してほしい。
- (モルディブ運輸・民間航空省) 自動車の **LNG** への燃料転換とも連携できる場合、交通分野へのガス利用として、倉庫や燃料の貯蔵施設、モバイルガスユニットなどについても検討する必要があるため、交通向けインフラの整備についても考慮してほしい。

再生可能エネルギー (太陽光発電)

- (モルディブ環境省) 屋根置き太陽光発電については、フルマーレにおいて **1.3MW** の太陽光発電プロジェクトがモルディブ政府により進められており、本事業の参考になるはずである。
- (フルマーレ開発公社) 太陽光発電については、環境省が上述したプロジェクトに加えて、今後導入を検討する候補地の情報を有していることから、環境省の許可を得て情報を得て共有していきたい。

その他

- (フルマーレ開発公社) 公共交通以外のプロジェクトに関しても期待しているところであるが、フルマーレ開発公社としてもはじめての **JCM** プロジェクト組成となることから、現時点でプロジェクトの意思決定、初期投資の負担について意見するには早い段階である。どのプロジェクトを最初に実施するかを決めた上で、ステークホルダーと相談し、資金調達について決定することになる。まずは、プロジェクトの **FS** 調査のレポートをもとに環境省に相談し、プロジェクトが承認されたのち、資金調達先や国の予算を使うかどうかの議論を進める流れとなる。

5. まとめ

5.1. 今年度の成果

新型コロナウイルスの感染拡大により、今年度は現地調査に赴くことができなかったものの、頻繁なリモート会議やEメールその他のWebコミュニケーションツールを活用し、検討に必要な情報、データの取得やヒアリング調査を首尾よく行うことができた。

本都市間連携事業は3か年の実施を想定しており、1年目にあたる今年度は今後の調査方針や事業化に向けた基礎検討の実施を達成することができた。また、都市間連携事業として、環境配慮都市実現に向けた富山市の取り組みの紹介と意見交換、政策提言等も実施することができた。以下に、成果のまとめを示す。

表 5-1 成果のまとめ

プロジェクト候補	成果
公共交通	<ul style="list-style-type: none">・交通政策の状況と公共交通の政策的位置づけを確認・公共交通整備ニーズがありつつ、公共交通の在り方を示すマスタープランは未整備であることを把握・最適な公共交通の選定、資金調達、計画づくりに向けて、マスタープラン策定が不可欠であることを確認・今後の計画立案手順、資金調達計画について方針を合意
ディーゼル発電ガス転換	<ul style="list-style-type: none">・ガスサプライチェーンの整備計画を把握・現状の発電機の状況、発電設備について情報を入手・DF化による効果の把握
再生可能エネルギー	<ul style="list-style-type: none">・ポテンシャルサイトを特定・効果を把握・その他再生可能エネルギー、省エネルギー技術の整理
バイオマス廃棄物メタン発酵	<ul style="list-style-type: none">・現状の廃棄物発生量、処理状況を把握・効果を把握
その他	<ul style="list-style-type: none">・ティラフシ島廃棄物発電事業との連携
都市間連携活動	<ul style="list-style-type: none">・政策提言（環境配慮都市実現に向けた富山市の取組の紹介）・JCM 活用に関する助言

5.2. JCM 設備事業候補と実施課題

本調査では、JCM 設備補助事業の想定として、(1)公共交通、(2)ディーゼル発電燃料転換、(3)再生可能エネルギー/省エネルギー、(4)有機性廃棄物のメタン発酵バイオマス発電を対象に調査を実施してきた。

上述の通り、本年度はそれぞれのテーマにおいて、必要な情報を入手の上、フルマーレ開発公社を通じて関係機関との議論も展開し、サイトの特定、効果の把握、導入技術の特定、実施計画の素案検討を行った。

それぞれのテーマから想定される JCM 設備補助事業と課題を以下に整理する。

表 5-2 JCM 事業候補と課題、対応策

テーマ	JCM 設備補助候補	実施課題	対応策
(1)公共交通	・LRT 車両（候補）	・実施に際して、マスタープラン策定、導入技術特定、インフラ資金調達といった段階が必要。	・都市間連携事業の特性を活かし、公共交通政策の好事例を有する富山市の協力の下、検討・実行の推進を図る。
(2)ディーゼル発電燃料転換	・マレ島 8700kW2 基	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスインフラチェーンの確立が必要 ・マレ島内でのガス輸送チェーンの検討が必要 ・発電機改造に必要な情報が不足 ・JCM 事業体制構築 	<ul style="list-style-type: none"> ・SAP や STELCO の計画実行状況を把握しつつ、マレ島内のガス輸送や設備の詳細情報の入手による排出削減効果・経済性等の評価精度向上を図る。 ・マレ市、フルマーレ開発公社やモルディブ環境省とも連携し、STELCO 社との国際コンソーシアム構築を図る
(3) 再生可能エネルギー/省エネルギー	・マレ島、フルマーレ島内政府系施設屋根（太陽光）	・施設所有者の意思決定、資金力に課題	・モルディブ環境省の太陽光普及計画と連携した事業を選定
(4)有機性廃棄物のメタン発酵バイオマス発電	・フルマーレ島下水汚泥、有機性廃棄物	・廃棄物組成の詳細、販売堆肥の品質と価格の精査が必要	・フルマーレ開発公社によるデータ収集を依頼中

5.3. 次年度における都市間連携事業と今後の提案

次年度は、上記 5.2 表において示した「対応策」に該当する調査内容を実施する。今後の検討テーマごとの実施内容と計画は以下の通り想定している。

表 5-3 今後の検討テーマごとの実施内容、計画

案件内容	2020	2021	2022	2023
(1)公共交通	計画策定	効果把握	案件化	設備補助事業
公共交通マスタープラン策定/導入技術検討 (JICA)		案件化		
インフラ整備・資金調達 (ADB)			融資交渉	融資
(2)ディーゼル発電燃料転換	計画策定 効果把握	意思決定 案件化	設備補助事業	モニタリング
(3)再生可能エネルギー	サイト特定 効果把握	意思決定 案件化	設備補助事業	モニタリング
省エネルギー その他再生可能エネルギー	サイト/ 技術特定	意思決定 案件化	設備補助事業	モニタリング
(4)有機性廃棄物のメタン発酵バイオマス発電	効果把握	意思決定 案件化	設備補助事業	モニタリング

新型コロナウイルス感染拡大の影響により、案件実施に不可欠な現場確認、ステークホルダーとの協議に限界もあったことは否めない。今後、現地渡航が可能となることが望まれるが、時間を要する可能性があることから、事業化に不可欠な意思決定と案件化を進めていくため、オンラインツールのさらなる活用、現地コーディネーターの起用なども含めた様々な方策を検討していく必要がある。

次年度以降、渡航の制約が続くことも前提とした調査オプションを考案のうえ体制を構築し、各テーマの案件化につなげていきたい。

また、脱炭素へ向けた取組が世界的に加速していく中、天然ガス利用などについては見直しを図る必要もあるかもしれない。上述の通り、天然ガスは排出係数が低く、確かに低炭素技術ではあるものの、脱炭素の観点からはよりクリーンな再生可能エネルギー由来の代替燃料（再生可能エネルギー水素および当該水素を原料としたアンモニア、MCH、メタン等のエネルギーキャリア、バイオバス等）についても導入可能性の検討を進めていく考えである。

加えて、都市間連携事業として、富山市のSDGs 未来都市としての取り組みや戦略について、マレ市への展開可能性等についても検討のうえ、提言を行っていく方針である。具体的には、新型コロナウイルス感染拡大により、観光を軸とするモルディブの経済は大きな打撃を受けており、水産業等の他産業への協力と脱炭素を組み合わせた開発プロジェクトのアイデアが挙げられる。また、長くモルディブの開発課題として挙げられている廃棄物処理、水処理について、脱炭素技術を組み合わせた提案などについても検討の余地があり、マレ市との円滑なコミュニケーションを基盤にさらなる意見交換を進め、JCM 事業

化を目標として調査、検討を進めたい。

以上

6. 参考資料

- (1) 事業紹介資料（英文）
- (2) 富山市活動紹介資料（英文）
- (3) 交通政策に関する検討協議資料（英文）
- (4) ワークショップ報告資料（英文）

參考資料 1.事業紹介資料

City-to-City Collaboration Project in Male, Maldives

Support Project for Developing a Sustainable
Eco-friendly Smart City:

An Intercity Collaboration between Toyama City and Male' City



1

Table of Contents



1. Background



2. Business overview and Survey implementation system



3. Introduction of stakeholders



4. Introduction of applied project

- ① Reducing CO2 emissions from transportation by improving public transportation
- ② Low carbonization by converting power generation equipment from diesel to gas
- ③ Low carbonization by promoting renewable energy/ energy saving
- ④ Low carbonization by biogas power generation using organic waste

2

1. BACKGROUND

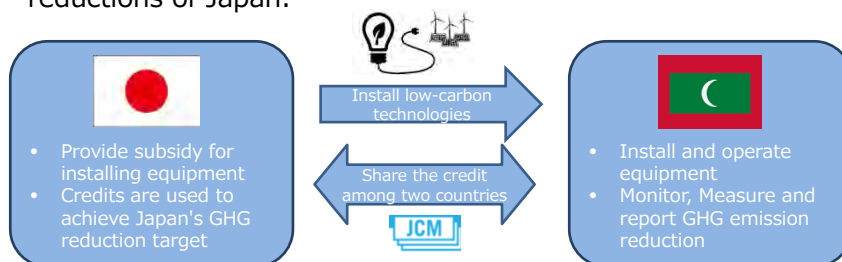
- Explanation of “Joint Crediting Mechanism (JCM)” and “City-to-City Collaboration”

3

1. background

Joint Crediting Mechanism (JCM)

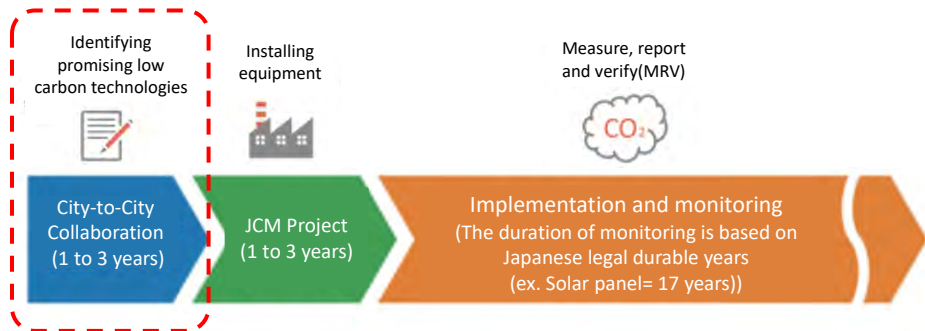
- It is a program implemented by the Japanese government in order to reduce greenhouse gas(GHG) emissions
- Subsidies will be provided for up to 50%, or 2 billion JPY (approx. 20 million USD), for introducing the Japanese low carbon technology.
- GHG reductions due to the installation of equipment will be issued as a credit and a part of it will be counted as the amount of reductions of Japan.



4

City-to-City Collaboration

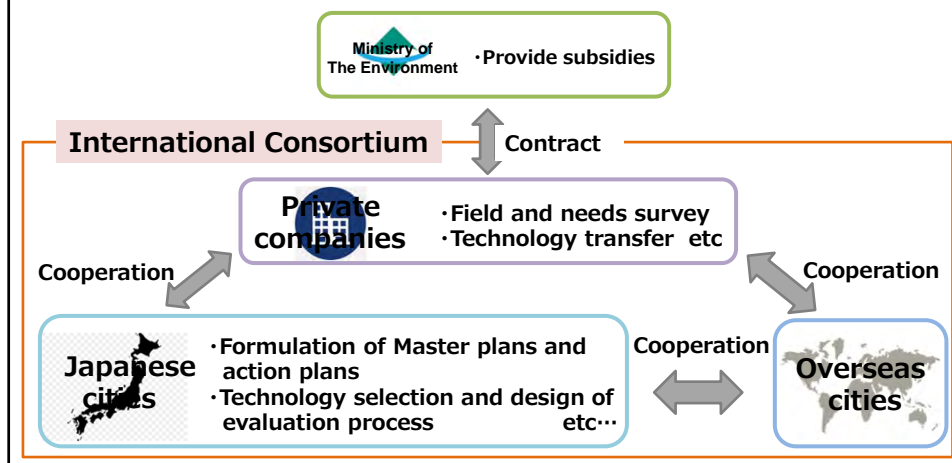
- The Ministry of the Environment, Japan has secured a budget to support feasibility studies for JCM projects based on inter-city cooperation.(※ This project is based on this system)
- The Ministry of Economy, Trade and Industry has also secured a budget to support a feasibility study to promote JCM projects.



5

City-to-City Collaboration

- It conducts feasibility studies for projects that will lead to JCM projects in the future.
- It supports the develop of basic systems such as the formulation of master plans that lead to low carbonization.

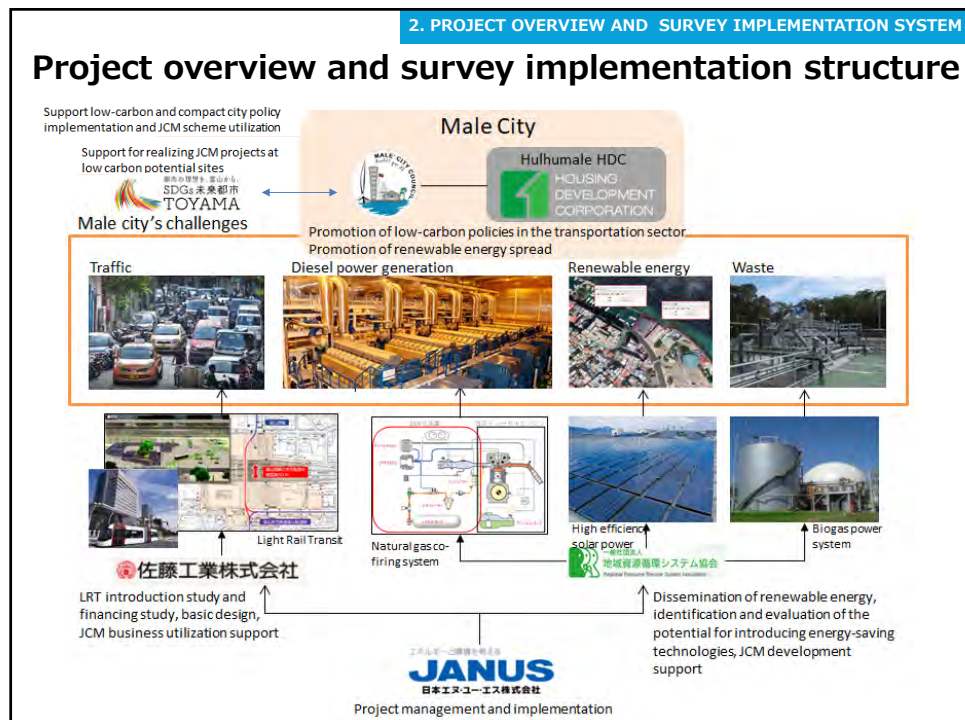


6

2. PROJECT OVERVIEW AND SURVEY IMPLEMENTATION SYSTEM

-About project purpose, survey content and system

7



8

4. INTRODUCTION OF APPLIED PROJECTS

- ① Reduction of traffic-derived CO2 emissions through public transportation development
- ② Low carbon power generation by converting power generation equipment from diesel to gas
- ③ Low carbonization by promoting renewable energy/ energy saving
- ④ Low carbonization by biogas power generation using organic waste

9

3. INTRODUCTION OF STAKEHOLDERS

- TOYAMA CITY 
- SATO KOGYO CO., LTD. 
- KAWADA INDUSTRIES, INC. 
- NIPPON ENGINEERING CONSULTANTS CO., LTD. 
- REGIONAL RESOURCE RECYCLE SYSTEM ASSOCIATION 
- HOKUSAN CO., LTD. 
- NIHON KUCHO HOKURIKU LTD. 
- JAPAN NUS CO., LTD. 

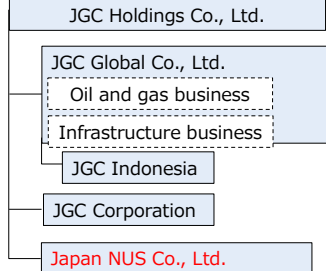
10

3. INTRODUCTION OF STAKEHOLDERS

Japan NUS Co., Ltd. **JANUS**

エネ庁等と連携を推進
日本エヌユーエス株式会社

- We provide consulting on the environment and energy field, and have a track record of adopting and implementing JCM projects and City-to-City collaboration in the past.
- Founded in 1971, 175 employees
- The track record in Indonesia are as follows
 - 2014 JCM Feasibility Study "3.7 MW Run-of-river Small Hydropower"
 - 2018 JCM project of CNG mixed combustion of public transportation in Semarang City, Indonesia
 - 2019 Infrastructure development research project for JCM project (Banda Aceh and Tobitingi City)
 - 2020 City-to-city collaboration to realize a zero carbon society



JGC JGC HOLDINGS CORPORATION

- EPC (design, procurement, construction) of various plants in Japan and overseas. Over 20,000 projects have been carried out in 80 countries around the world, and they have received world's highest level evaluation from customers all around the world, including Japanese oil companies, oil majors, and national oil companies.
- Founded in 1928, 7,607 employees
- Since JANUS and JGC Global are the same JGC group, we have the advantage of being able to provide consistent services from consulting to EPC. JGC Global also has a branch in Indonesia, where can provide additional support system including EPC.

Toyama City

都市の理想を、富山から。
SDGs 未来都市
TOYAMA

3. INTRODUCTION OF STAKEHOLDERS



■ Toyama City, which is known as an “Environmental Future City” and “SDGs Future City”, is highly acclaimed for its achievements in the development of compact city through public transportation and the use of renewable energy such as small hydropower. It is the only city that has been certified as an “improving energy efficiency city”.

3. INTRODUCTION OF STAKEHOLDERS

Sato Kogyo Co., Ltd.

佐藤工業株式会社

■ A general construction company founded in Toyama in 1862. It is a leading company with a sales scale of 140 billion yen (approx.1.4 billion USD). It has a number of track record of civil engineering construction projects such as tunnels, bridges, office buildings, hotels, houses, and production plants.

■ As a track record of public transportation maintenance, the company has a track record of installation of Toyama Light Rail trackbed, construction of portram, Shinjuku Sanchome Station, and a lot of railroad construction work including East West Line extension work in Singapore.



Toyama Station Portram



Subway East West Line Boonley Extension (Singapore)



Benjamin Sears Bridge (Singapore)

13

3. INTRODUCTION OF STAKEHOLDERS

Kawada Industries, inc.

KAWADA INDUSTRIES, INC.

KAWADA GROUP

■ The main businesses are the design, production and installation of steel bridges and building steel frames, and sales of steel products.

■ Among steel bridges, it participated in many big projects such as The Akashi Kaikyo Bridge (Guinness certified), which is known as the world's largest span length as a suspension bridge, The New Tacoma Narrows Bridge (Washington, USA), large-scale truss bridges such as The Taiwanese Bullet Train C250 Section and Tokyo Gate Bridge, Rainbow Bridge, Yokohama Bay Bridge, Japan's longest suspension bridge, Mishima Skywalk, etc.

■ As for the production bases, all three plants, Toyama Plant, Tochigi Plant, and Shikoku Plant, have been certified by The Minister of Japan as the highest S grade, and will perform stable production and supply of steel structures and composite structures.



吊橋：明石海峡大橋 (兵庫県)



トラス橋：東京ゲートブリッジ (東京都)

14

3. INTRODUCTION OF STAKEHOLDERS

Nippon Engineering Consultant Co., Ltd.



- Since its founding in 1963, it has consistently focused on the planning and design of structures such as bridges, and is also responsible for various social capital improvements domestically and internationally such as roads, cities, rivers and ports.
- Domestically, it has the top track record in Japan for bridge consulting, and provides wide range of services such as road planning/design and transportation planning.
- Internationally, it also has a track record in planning, designing, project management, and maintenance of bridges and roads mainly through ODA projects.
- It has a track record of research and planning for the introduction of renewable energy, and aims to develop more through business investment.



15

3. INTRODUCTION OF STAKEHOLDERS

Regional Resource Recycle System Association



- Established with the aim of promoting both "energy creation" and "energy saving" businesses, and disseminating and penetrating regional recycling-oriented society, local energy production and consumption, and social systems to realize a lasting and healthy environment and life.
- Founded in 2015
- Conduct research projects on regional recycling-based energy business, environment, energy saving and EMS.

16

3. INTRODUCTION OF STAKEHOLDERS

Hokusan Co., Ltd HOKUSAN

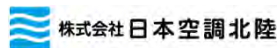
- Toyama City Gas Supply Company
- Aside from the core business of procuring and supplying industrial gas and LP gas, the company also sells related materials, and works on hydrogen energy diffusion as an alternative energy.
- Founded in 1937, 145 employees
- In the past, it has a track record of implementing a JCM project (public transport bus fuel conversion) together with Toyama City and JANUS.



Since its founding, Hokusan has been engaged in the gas supply business for all vehicles including automobiles, and its wide experience and knowledge have been highly evaluated.

3. INTRODUCTION OF STAKEHOLDERS

Nihon Kucho Hokuriku Ltd.



- A total support company for building equipment, including maintenance of building equipment, equipment/environmental diagnosis, and solution proposals, and it also works on renovation construction.
- Founded in 1977, 199 employees
- Duties:
 1. Design and construction of air conditioners and piping systems
 2. System and equipment maintenance
 3. Operation and management of hospital facilities
 4. Solar panel design and construction



4. INTRODUCTION OF APPLIED PROJECTS

- ① Reduction of traffic-derived CO2 emissions through public transportation development
- ② Low carbon power generation by converting power generation equipment from diesel to gas
- ③ Low carbonization by promoting renewable energy/ energy saving
- ④ Low carbonization by biogas power generation using organic waste

19



1. Reduction of traffic-derived CO2 emissions through public transportation development

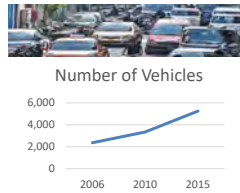
20

Project overview and implementation system

-Promotion of light rail project-

Challenges

- Population growth: 45,000 → 240,000
- Increase in CO2 emissions (sharp increase in number of vehicles)
- Spatial constraints, no room for parking



Goals/Solutions

Maldives' Strategic Action Plan 2019-2023

Policy 3: Target 3.1 & 3.2

- Reduce vehicle congestion by 30% compared to 2018 levels
- At least 60% of the population utilise public transport services on a regular basis

Strategy 3.2

Promote an efficient in-land public transport service in the Greater Male' Region

- ❖ Work with HDC and Male' City in understanding current policies, plans, and regulations
- ❖ Assess feasibility and potential CO2 reduction potential by introducing LRT



Hulhumale' Regional Development Plan

Image of project implementation system



Information needed

-Promotion of light rail-

- Data on fuel consumption (eg, total fuel pumped at gas stations)
- Number of vehicles and motorcycles
- Other technology options (other than LRT/monorail)
- Past FS reports (if any)
- Criteria for introducing public transportation
- Financing plan or strategy
- Technical issues



2. Low carbon power generation by converting power generation equipment from diesel to gas

Project overview and implementation system
Promotion of diesel power generation gas conversion project

Challenges

- Maldives plans to move toward renewable energy but still uses a diesel-powered plant to produce electricity for Malé.
- It generates 150 MW of electricity with diesel-powered plant
- Use of natural gas is effective for stable power supply and reduction of CO2 emissions.

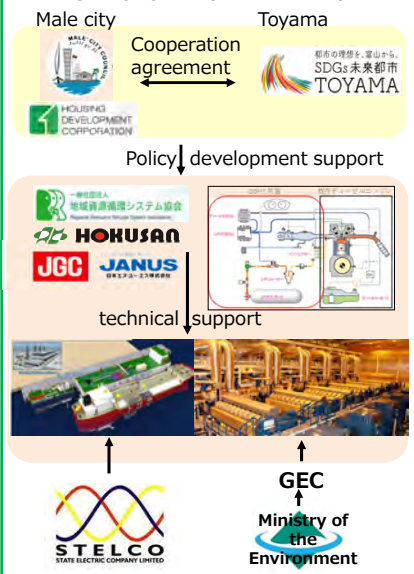


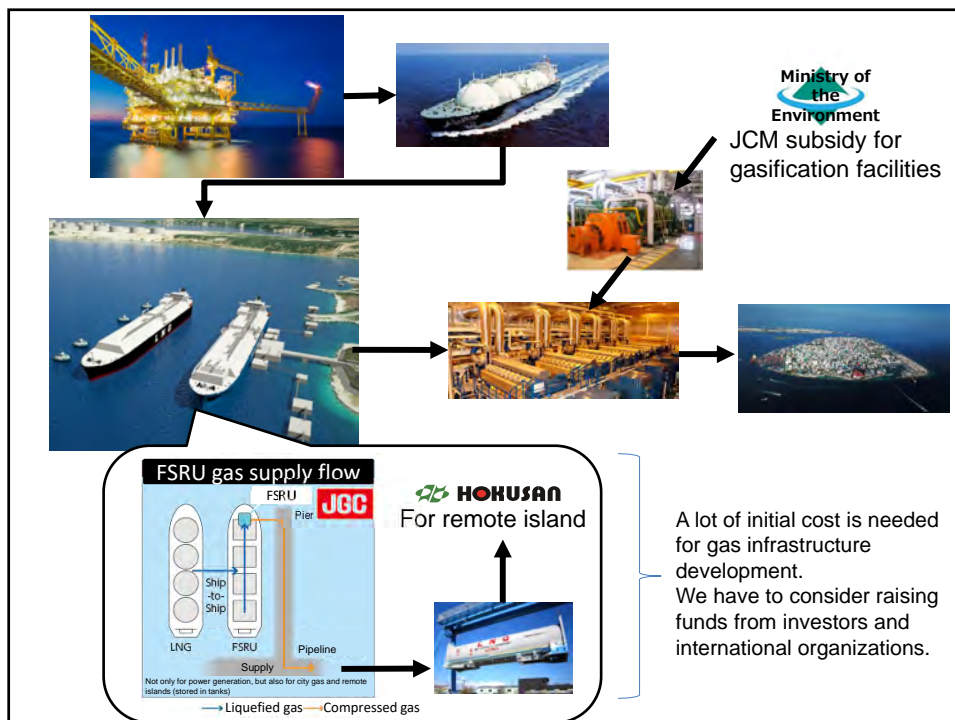
Goals/Solutions

- In Japan, we are developing a facility that can be gasified by simply adding it to an existing diesel generator called the DF system.
- If this technology is applied to Male and Hulhmale diesel generators, CO2 emission reductions of 20,000 tons per year can be achieved.
- On the other hand, it is necessary to build a supply chain for natural gas supply.
- The study assesses the potential for natural gas supply chains and gas conversions, including financing.



Image of project implementation system





25

② Low carbon power generation by converting power generation equipment from diesel to gas

Required information

Diesel power generation gas conversion project

- Basic information of diesel power station
 - Year of introduction
 - Installed capacity
 - Manufacturer, specifications
 - Fuel storage (capacity)
- Operation data
 - Fuel consumption
 - Electric-generating capacity
 - Demand fluctuation
- Diesel import amount, unit price
- Whether there is an LNG import plan, import issues
- Related laws and regulations (handling of fuel and gas) and relevant ministries and agencies
- Introduction of a fuel import trading company including gas

26



3. Low carbonization by promoting renewable energy/energy saving

Project Background

Low carbonization by promoting renewable energy/energy saving

Amount of introduced renewable energy



Strategic Action Plan 2019-2023

By 2023
share of renewable energy in the national energy mix is increased by 20% compared to 2018 level



Target (SAP 2019-2023)

- By 2023, Share of renewable energy in the national energy mix should be created by 20% compared to 2018 levels
- By 2023, at least 10MW of solar PV should be installed under net metering regulation
- By 2023, fuel usage for electricity generation should be reduced by 40 million liters
- By 2023, renewable energy storage capacity should be increased to 30MWh



Carport type PV



Rooftop PV



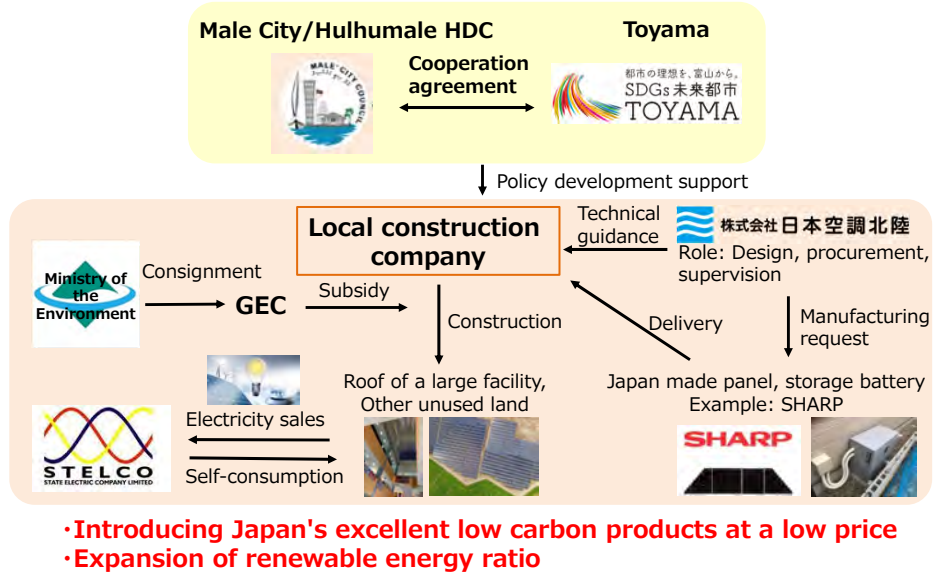
Floating PV



Storage battery

Project overview and implementation system

Low carbonization by promoting renewable energy/energy saving



29

Information needed

Low carbonization by promoting renewable energy/energy saving

- Candidate sites for introducing solar power generation system
 - Location information, photos
 - Owner
 - Year of construction
- Information of facilities where consume large amount of electricity, and the quantity of power consumption (Ex: Shopping center, school, etc.)
- Procedures related to solar power generation project and related ministries
- Solar power introduction plan

30



4. Low carbonization by biogas power generation using organic waste

4. Low carbonization by biogas power generation using organic waste

Project overview and implementation system

Low carbonization by biogas power generation using organic waste

Current status

- Segregated disposal of organic waste and sewage sludge are required to improve efficiency of waste power generation, which is scheduled to be constructed on Tirafusi Island
- Importing US\$400,000 compost annually from overseas

Target by 2023 (SAP)

- Renewable energy ratio should be 20% increased (compared to 2018)
- Fuel consumption for power generation should be reduced by 40 million liters

Action guidelines for that

- Selection of technologies that are **cost-effective and profitable from waste and suitable for Maldivian conditions**
- Evaluation of the mechanism for producing **fuel from waste**

Project image

The diagram illustrates the project's implementation system. At the top, it shows the cooperation between S.T.E.L.C.O. and W.A.M.I.C.O. with Male city (Housing Development Corporation) and Toyama (SDGs Future City TOYAMA). The Ministry of the Environment provides a subsidy to GEC, which in turn provides technical support to the project. The process starts with household collection/separation of organic waste and sewage sludge. These are processed in a methane fermentation system to produce methane gas and fermentation residue. The methane gas is used in a biogas generator to produce electricity, which is then sold to S.T.E.L.C.O. The fermentation residue is used to produce compost, which is sold to a local business (indicated by a question mark). The project aims to contribute to low carbon and increase profit, while also reducing import costs to promote regional economic circulation.

Information needed

Low carbonization by biogas power generation using organic waste

Policy/System

- Documents related to waste management plans, policies and systems in Maldives and Male City

Place

- Information of potential site for equipment installation
Condition: Empty space near waste collection site and sewage treatment plant

System after commercialization

- Candidates for selling compost
- Optimal compost quality, market price

Quality and quantity of waste

- Waste-related statistical data in Maldives and Male city
- Breakdown of organic waste (green waste and food)
- Seasonal fluctuation and stability of waste volume

Waste disposal method

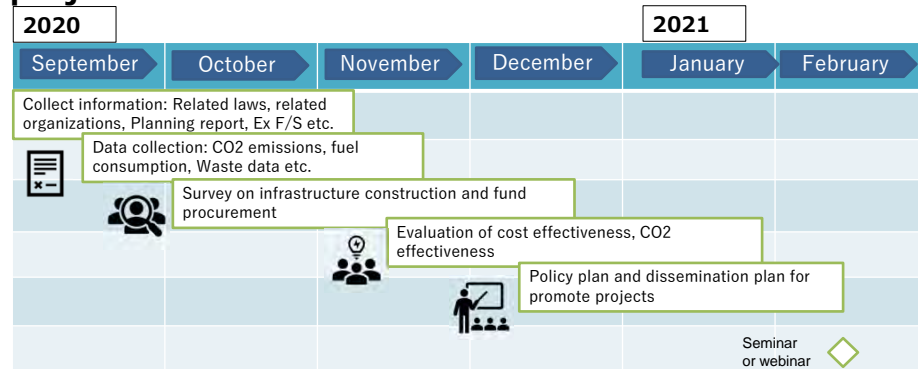
- Current disposal method
- Collection method and scope of waste

Sewage treatment method

- Sewage treatment method
- Quality and quantity of sewage sludge
- Status of sewage management in Male City (whether there are households with septic tanks)

33

Flow of the entire project/survey contents Promotion of diesel power generation gas conversion project



Document First:

We need: Information on transportation, energy (oil, gas, etc.) imports, electricity consumption, power consumption buildings, waste emissions, sewage sludge treatment facilities, fertilizer imports, etc., reports, laws, etc.

34

参考資料 2.富山市活動紹介資料

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

Toyama's City-to-City Collaboration Project

Toyama City

1

Outline of Toyama City

- Population: 418,686 people(2015 census)
- Area: 1,241 km²
- Diverse topography ranging from a sea level of -1000 m (Toyama Bay) to 2,986 m (Mt. Suishodake)
- General Account Budget: ¥165.5 billion (FY2020)
- Industries: pharmaceutical, high-tech, robotics, electronic parts, banking

■ Map of Japan ■ Toyama Prefecture

2

Issues confronting Toyama City

(1) Dwindling population and a super-aging society

(5) Increase in carbon dioxide emissions

(2) Excessive dependence on automobiles and decline in public transportation

(6) Similar public facilities due to municipal mergers

(3) Loss of attractiveness of the central city district

(7) Appropriate management of social infrastructure

(4) Higher administrative costs of city management

(8) Dissociation of life expectancy and healthy life expectancy

FY2020 CtoC Collab for Zero Carbon Society Project in Male, Maldives

-3-

3



4

Compact City Planning

To develop a compact community by utilizing sites along public transportation through vitalization of railway and other public transportation. The community to have its own urban functions, such as residential, retail, business, and cultural facilities.

<Conceptual diagram>

Toyama's "BBQ-Stick" urban structure

Sticks: Public transportation with a certain level of service

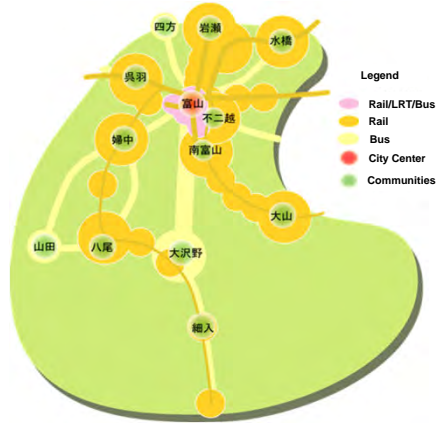
Circles(Food): Walking zones connected by the sticks

<Three pillars for realization>

1. Revitalization of public transportation

2. Promotion of residential living in areas along public transport infrastructure

3. Revitalization of central urban area



5

Formation of an LRT Network

People-friendly and Eco-friendly LRT Network Fosters Connectivity



City Train Loop Line
Opened Dec 2009



Services extended to go below Shinkansen's elevated tracks
Opened Mar 2015



Toyama Light Rail (2006)



City Train Line



6



7

International Promotion of Toyama's SDGs Model –Technology/Know-how Exports-

Bali, Indonesia **Tabanan, Bali, Indonesia**

Semarang, Central Java, Indonesia

Lebong, Indonesia

Klungkung, Bali, Indonesia

Tebing Tinggi, North Sumatera, Indonesia

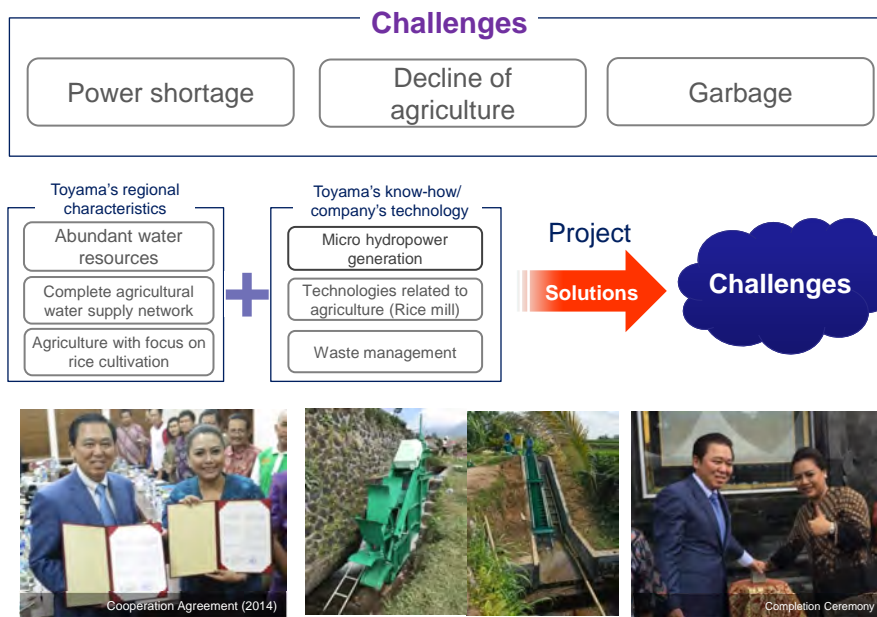
Iskandar, Malaysia **Kota Kinabalu, Malaysia**

Renca, Santiago, Chile

FY2020 CtoC Collab for Zero Carbon Society Project in Male, Maldives

8

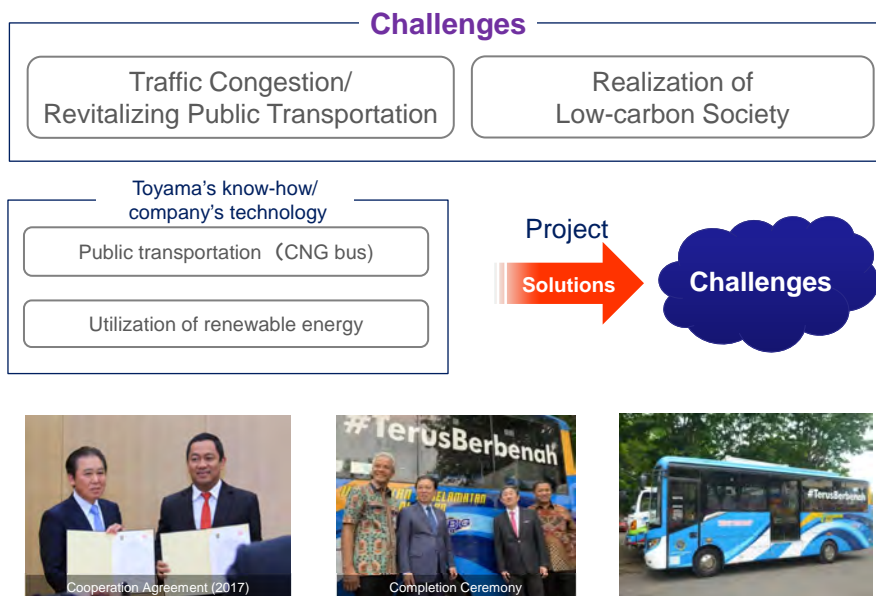
Tabanan, Bali (Indonesia)



FY2020 CtoC Collab for Zero Carbon Society Project in Male, Maldives

-9-

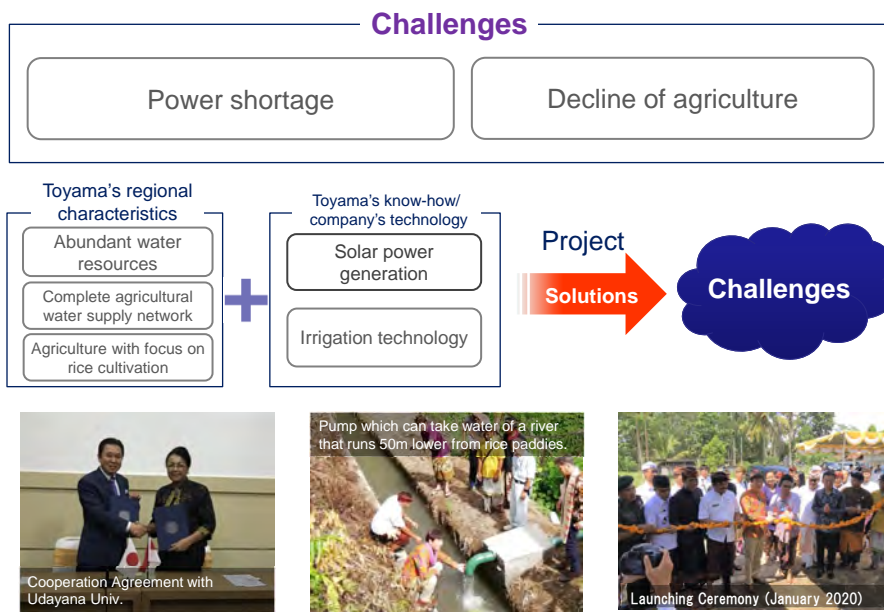
Semarang (Indonesia)



FY2020 CtoC Collab for Zero Carbon Society Project in Male, Maldives

-10-

Klungkung, Bali (Indonesia)



FY2020 CtoC Collab for Zero Carbon Society Project in Male, Maldives

-11-

11

Iskandar Malaysia



FY2020 CtoC Collab for Zero Carbon Society Project in Male, Maldives

-12-

12

Johor State (Malaysia)

Challenge

Increase interest in environmental issues and renewable energy

Toyama's know-how/
company's technology

Micro hydropower generation technologies

Solar power technologies

Project

Solutions

Challenge



Float-type Micro Hydropower Facility

Completion Ceremony



FY2020 CtoC Collab for Zero Carbon Society Project in Male, Maldives

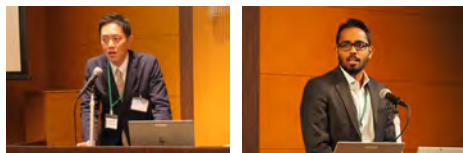
-13-

13

Background of Maldives and Toyama Collaboration



Group Photo at the Training on City-to-City Collaboration for Creating Low-Carbon Society Program (Nov. 2019)

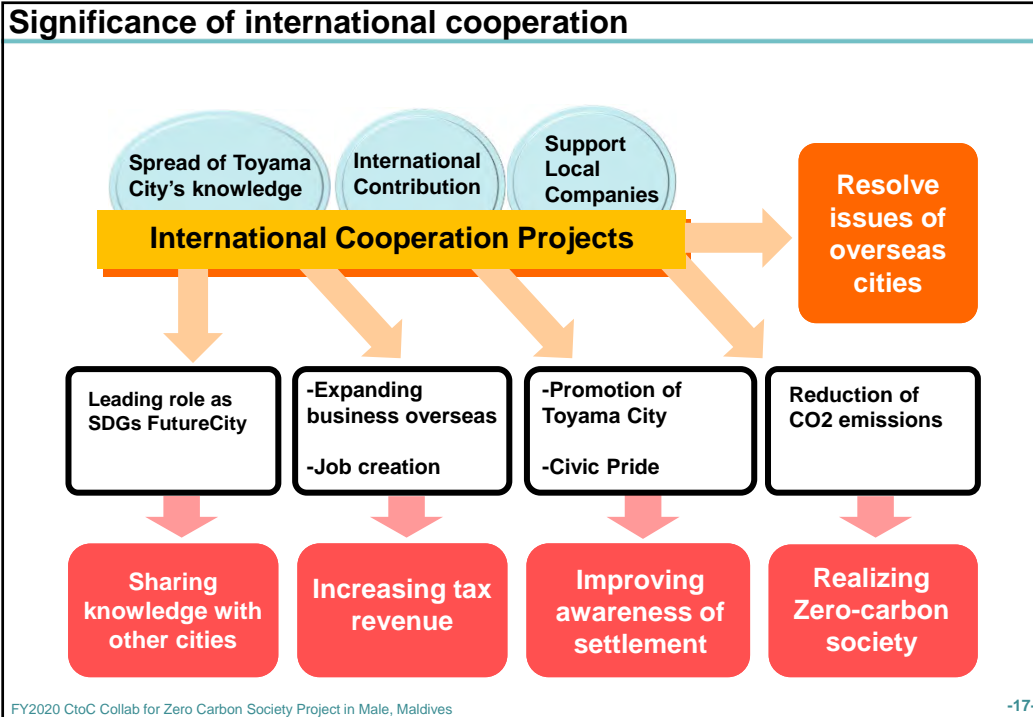


Courtesy visit to the mayor of Toyama (Jan 2020)

FY2020 CtoC Collab for zero Carbon Society Project in Male, Maldives

9-

14



15



16

参考資料 3.交通政策に関する検討
協議資料

Maldives Transport Master Plan Study Summary

1

Overview

- Received materials of “Maldives Transport Master Plan Study” and “Traffic Characteristics Analysis of the China-Maldives Friendship Bridge”.
- The bridge connecting Male and Hulhumale was incomplete when the document was published.
- How the traffic characteristics have changed due to the completion of the bridge is an important factor.
- Although the introduction of multiple public transport tools is being considered in the “Maldives Transport Master Plan Study”, the details remains ambiguous.

2

Transportation proposed in the "Maldives Transport Master Plan Study"; "People Mover System; PMS"

- Monorail and light rail have been considered as PMS so far.
- "Hulhumalé Phase 1 and Phase 2 Master Plan & Urban Design Review 2015"
 - Operation of PMS on a one-way "circular" route has been proposed
 - However, there was no reason described for proposing the route and the reason for choosing the "circular" route, and it is difficult to determine a route map that meets people's demands.
 - In addition, **there is no description about economic evaluation / financial evaluation regarding PMS.**
- It is not considered to pass LRT on the bridge that connects to Male because there is no enough space.



3

Plan until 2050 ①

The Maldivian government formulates a comprehensive development plan for the Greater Malé region, centered on the capital Malé

"9 + 6" Greater Malé program

- Maldives plans to build a bridge connecting the four islands, centered on the capital Male (West: Villingili and Gulhifalhu, East: Hulhulé, Hulhumalé) (supported by China)
- In addition to the bridge built by China, the construction of a bridge between Thilafushi and Gulhifalhu is also planned.
- In the future, Gulhifalhu will play a role as a hub for freight transportation to other islands
- The development of Hulhumale aims to build an attractive community that encourages migration from Male in the future.



It is necessary to consider the ideal public transportation with the prediction of the movement of people to other islands.

4

Plan until 2050 ②

“7 + 1” island center program

- **Malé**
 - Keep the population within 120,000
 - Relocate Cargo port to west, move some residents to east
- **Vilingilli**
 - Plan to become a cargo warehouse area
 - Population expected to be 15,000
- **Hulhulé**
 - Plan to become a business or airport area (transportation hub)
 - Expectations for job creation
- **Hulhumalé I**
 - Plan to become a residential area
 - **Population expected to be 60,000**
- **Hulhumalé II**
 - Construction started in 2014. Plan to become a residential area
 - **Population expected to be 100,000**
- **Gulhifalhu**
 - Plan to become a port, warehouse, light industry area
- **Funadhoo**
 - Plan to become a tourism industry / entertainment facility area

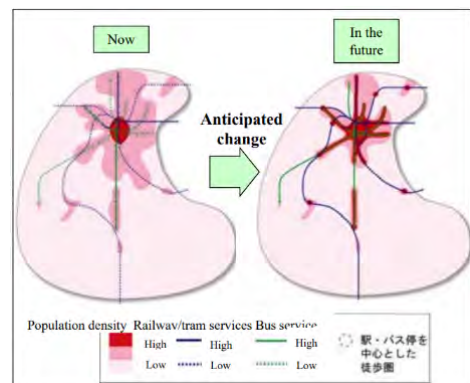
5

Examination of public transportation in City-to-City Collaboration Project

- Toyama City has improved the tram infrastructure and led to the development of a light rail.
- The improvement of public transportation by light rail was a key of compact city concept.
- The process of selecting the best means along with transportation policy is important






[Proposal of examination procedure]

1. Selection of the most suitable means of transportation for Hulhumale
 2. Current status survey and analysis of introduction effect
 3. Formulation of a master plan for introduction
 4. Detailed investigation and design
 5. Equipment introduction (utilization of JCM system)
- 1-2: Pre-survey conducted within city-to-city collaboration project scheme
 3-4: Obtain other survey budget
 5: Consider budget other than JCM (government budget, international organizations)







6

Public transportation options ①

format	subway	monorail	LRT (elevated)	LRT (ground)	Bus (guideway)
Feature	Dedicated track by tunnel or viaduct Massive high-speed railway that runs	Orbital transportation that guided by a single rail	Light rail transit which runs on a dedicated track on the viaduct	Light rail transit which runs in orbit on the ground (road or open space)	A new transportation system that realizes semi-automatic driving that does not require steering operation by tracing this on a dedicated track equipped with a guide rail with a guide wheel. It can also be used as an ordinary bus on general roads
Example		Haneda	Yurikamome	Toyama	Nagoya
					
Advantages	Mass and high-speed transportation is possible	It is easy to elevate and only little space required. Little noise and vibration, and no gas emission.	Because it runs on a dedicated elevated track, there is no traffic congestion and accidents. The construction cost of the track structure can be saved by reducing the size and weight of the vehicle.	The ratio of dedicated tracks is high, and the operation is not easily affected by traffic. Larger transportation capacity than trams by forming several cargos	It will not be caught in traffic by separating it from other road. Barrier-free can be achieved by eliminating steps.
Disadvantages	High construction cost and long time required for construction work	Vehicles are more expensive and have less capacity compare with ordinary railways	Transportation volume is small and speed is slow for the construction cost	More expensive than trams	It will not reduce carbon emission unless switch it to electric or hydrogen buses.
Maximum transport capacity (person / hour / one way)	64,000	21,000	16,000	11,000	4,000
Profitability					
Construction cost	25-30 billion yen / km	5.5-14.5 billion yen / km	5.5 to 16.5 billion yen / km	Approximately 3.5 billion yen / km	Approximately 5 billion yen / km
Vehicle cost	Included	Included	Included	Approximately 300 million yen / both	Approximately 80 million yen / both
Operation cost				Approximately 610-840 million yen / 10km	Approximately 300-530 million yen / 10km

7

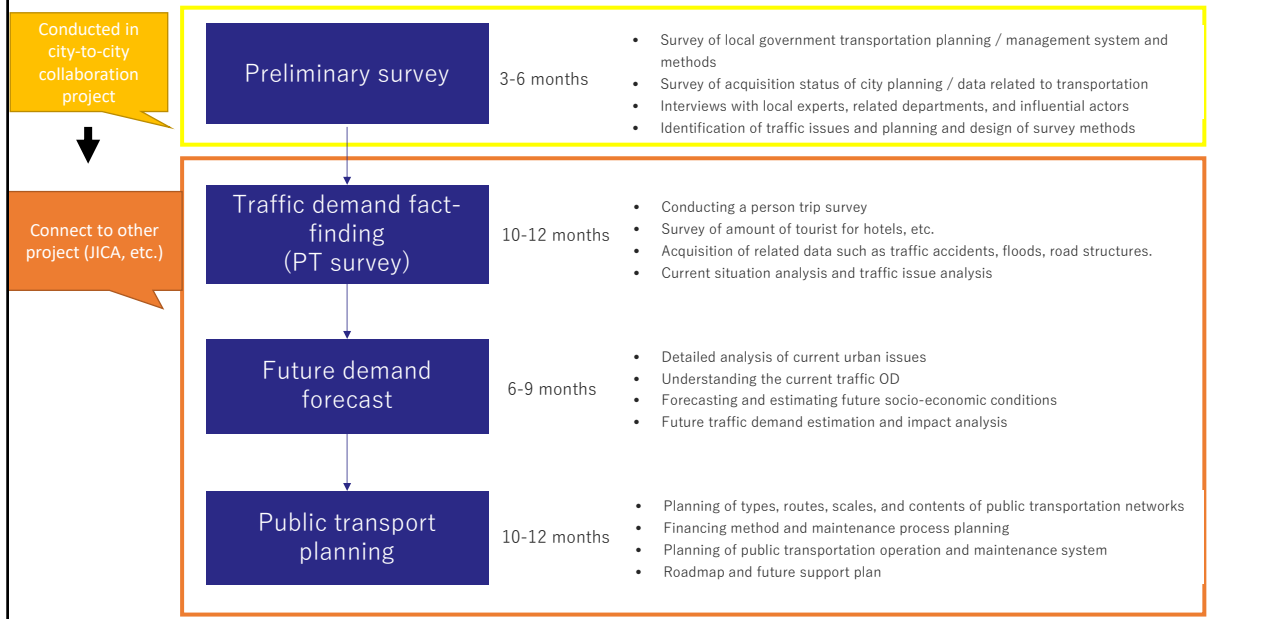
Public transportation options ②

format	Bus (ground-only lane)	Bus Rapid Transit(BRT)	Share bike	SKYWAY
Feature	A transportation system that secures dedicated driving lane and performs high-speed transportation	A system that can flexibly respond to road conditions by combining improvements such as driving routes, vehicles, stops, and fare collection based on fixed-route buses, and driving in general lanes.	Environmentally friendly, safe, active and efficient sustainable transportation. Actively used overseas as a complement to public transportation	The system of SkyWay, a Belarusian start-up company. High-speed driving (150km / h) is possible with a mechanism similar to a cable car.
Example	Jakarta	Tokyo BRT		Dubai
				
Advantages	It does not get caught in traffic by separating it from other road. Barrier-free can be achieved by eliminating steps.	By introducing IC card systems and road improvements, it achieves transportation capacity, functions and flexibility, same as trams.	It is environmentally friendly and the introduction cost is low.	Construction cost is low, about 1/10 of monorail
Disadvantages	Wide road space is required because it requires a dedicated lane on the general road.	Since it runs on general roads, it may cause traffic congestion.	It is just a complement. The maintenance of bicycle parking lots and the separation from pedestrians can be an issue.	Transportation capacity is small. The capacity is 7 to 168 people (when connected).
Maximum transport capacity (person / hour / one way)		3,120		
Profitability				
Construction cost		50-700 million yen / km		
Vehicle cost				
Operation cost				

Selected based on compatibility with Maldives and decarbonization

8

General public transport master plan development process



9

Proposals for the formulation process, including the characteristics of the Maldives

- ① Survey by acquiring and maintaining a location information database using ICT technology
 - Due to the limited area, it is possible to secure continuous and effective data by improving the infrastructure for acquiring beacons and mobile phone location information rather than by visiting homes and conducting traffic surveys by mail.
 - It is important to investigate the possibility of introducing various ICT technologies at the preliminary investigation stage, such as the investigation of the local mobile phone network and the possibility of installing advanced ICT equipment, and to create a mechanism to incorporate it at the main investigation stage.
- ② Conducting a social experiment at the current status survey / future demand forecasting stage
 - In the Maldives, where public transportation as a route network has not been developed so far, there is uncertainty in forecasting and setting important parameter data that will affect future demand, such as the conversion rate to public transportation.
 - Since the area is small, it is effective to plan and implement social experiments such as BRT social experiments assuming the future public transportation network, and incorporate a mechanism to improve the accuracy of public transportation into the planning.
- ③ Comprehensive planning support considering various urban issues such as climate variability and overtourism
 - In the Maldives, there are many complex urban issues such as pollution and resource consumption due to overtourism, economic inequality, and future climate change, as well as traffic congestion, and infrastructure such as road effluent may have a big impact on realization of transportation planning.
 - A comprehensive urban development plan perspective is important in view of future smart island plans

10

Utilization of international science and technology cooperation program

- Maldives has various environmental and social international issues, and these investigations and their solutions are extremely important for future international cooperation and infrastructure technology exports.
- Effective by combining technical cooperation programs related to transportation such as JICA and international science and technology cooperation programs to propose future smart island concepts (for example, SATREPS)

International Science and Technology Cooperation Research Program

Traffic congestion / traffic accident (our company + University of Tokyo)

- AI analysis of future traffic issues by establishing a location information database
- Construction of future analysis system for traffic impacts caused by traffic accidents and floods

Overtourism (Nagoya University)

- Integrated analysis of water, food and energy nexus brought about by overtourism
- Current status / future estimation of footprint by overtourism and examination of countermeasures

Climate change (our company + Nagoya University)

- Estimated analysis of national land impact due to sea level rise
- Assessment of future climate change impacts caused by heavy rain and temperature rise and examination of drastic adaptation measures from the perspective of urban and transportation systems

To promote the smart island concept
Accumulation of basic practical research

Individual project

Transportation planning

Climate change adaptation plan

Energy plan, etc.

11

(Reference) Examples of initiatives in Bangkok, Thailand

- In Bangkok, Thailand, JICA implements measures for intersection traffic congestion and traffic accidents, revision of public transport master plan, and formulation of climate change adaptation plan as technical projects.
- On the other hand, PJT (SATREPS), an international technical cooperation research, develops DB construction, small mobility, MaaS, and AI congestion prediction system, and proposes to future support strategies such as JICA as necessary.
- Promoted by the University of Tokyo, Osaka University, Toyama University, Meijo University, and Nippon engineering consultants on behalf of Chubu University



12

Proposals for future surveys

- Conducted a survey that contributes to the next detailed plan based on the "Maldives Transport Master Plan Study"
- In the city-to-city collaboration project , as a preliminary survey, "decarbonization" was selected as a keyword to grasp the current traffic dynamics and select public transportation that contributes to improving its convenience.
- Continue to investigate decarbonization effect and economic efficiency
- Since it is related to and linked with infrastructure other than transportation, it will be linked to detailed surveys by utilizing the International Science and Technology Cooperation Program (SATREPS, JICA project) under the concept of "smart island".



In carrying out the above, we would like to proceed with the investigation such as the hearing on the right.

- Survey of local government transportation planning / management system and methods
- Survey of acquisition status of city planning / data related to transportation
- Interviews with local experts, related departments, and influential actors
- Identification of traffic issues and planning and design of survey methods

Reference material

Current status of public transportation in Maldives

- Bikes are the main means of transportation on land
 - Total number of cars: 556,497 (2012)
 - More than 80% of them are motorcycles
 - ✓ The motorcycle population has increased at a pace of more than 10% per year since 2000
 - ✓ On the other hand, the number of automobiles is small at 3,700 (2012) and is increasing slowly.
- Two buses patrol in Hulhumale
 - Two buses circulate in various areas starting from the ferry terminal (Fithuroanu Magu)
 - In addition, two buses operate between Hulhumale and the airport on Hulhumale Island.
- All transfers between Male and Hulhumale (before the construction of the bridge) are by ferry
 - About 20,000 people and about 1,500 motorcycles use the ferry per day
- Hulhumale is a residential area and often commute to Male.
 - There is a lot of traffic from Hulhumale to Male in the morning, and there is a lot of traffic from Male to Male in the evening.
- The bridge connecting Hulhule Island and Hulhule Island will have four lanes (constructed by China)

15

Male traffic challenges and good points

Task

- The turning radius of the intersection is short, and the road is narrow and crowded.
- Very large number of bikes
- Public bus service is very limited
- Insufficient parking in facilities such as skyscrapers, schools and mosques
- Road width is narrow due to street parking, loading and unloading
- The sidewalk is narrow or not. Inconvenient and dangerous walking due to lack of consideration for people with disabilities
- There are few intersections with traffic lights to regulate traffic
- Roads are easily flooded and flooded
- Large vehicles are passing through narrow

good point

- The driver does not honk and gives way to pedestrians at controlled intersections
- The driver parks to minimize inconvenience to others
- Driving speed is slow
- We are marking the road as a parking lot for motorcycles
- There is an off-street parking space in some areas
- Indiscriminate parking is prohibited

16

Draft rules for using the bridge

No.	option	Description, expected benefits	Expected disadvantages
1	Free tolls (Bicycles cannot be used)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bridges can contribute to improved accessibility 2. Residents of Male may migrate to Hulhumale 3. Buses can move freely between islands, and many people use buses instead of cars 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hulhumale has the same problems as Male (traffic jam, lack of parking, safety problems)
2	Color-code the license plates into three types ((1) for male, (2) for Hulhumale and Hulhule, and (3) vehicles that can go back and forth between both).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Exemption for buses, freight cars and taxis 2. It is possible to keep the traffic situation of Hulhumale at a manageable level 3. Male traffic conditions will not get worse 4. More people are forced to use buses or taxis to move between islands 	<ol style="list-style-type: none"> 1. It's hard to get support to regulate 2. If you do not get a license plate that can go back and forth between both, you will not be able to use the bridge even in an emergency
3	For private cars (cars / motorcycles), movement between the three islands is restricted depending on whether the number at the end of the license plate is even / odd.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Private cars can move between islands on specific days by license plate number 2. Male traffic conditions only get slightly worse 3. Increased bus usage 	<ol style="list-style-type: none"> 1. It's hard to get support to regulate 2. The bridge is not fully utilized 3. Depending on the day, the bridge may not be available even in an emergency 4. Owning two cars alone to have two types of license plates, the total number of vehicles may increase
4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Only private cars with high bridge usage are allowed 2. Only allowed to use the bridge for carpooling (4 people for cars, 2 people for motorcycles) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. It is possible to keep the traffic situation of Hulhumale at a manageable level 2. Male traffic conditions only get slightly worse 3. Increasing number of bus and taxi users when traveling between islands 	<ol style="list-style-type: none"> 1. It's hard to get support to regulate 2. The bridge is fully utilized 3. If you are not carpooling, you cannot use the bridge even in an emergency
5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Collect tolls 2. Collect tolls for round trips (Either the round-trip portion is collected at one place or the round-trip portion is collected separately) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Anyone can use it if you pay the toll 2. Revenue from tolls can be used for bridge operation and maintenance costs 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Setting limits is hard to get support, but it's easy to explain that tolls are used for maintenance and other transportation projects.

17

Maldives status quo and development trends

Economy

- The Maldives economy is sensitive to world affairs, and the tourism and transportation sector has suffered from economic fluctuations.
- It has maintained positive economic growth in recent years and will continue in the future.
- Experienced rapid economic and social development in the last 30 years, especially in the last 15 years
- Maldives' GDP in 2015 was 26,663,800,000 MVR (about 180 billion yen), double that of 2003, and the growth rate is the highest in South Asia.

population

- Since 1985, the Maldives' total population has initially increased at a high rate and then gradually declined.
- **Hulhumale is expected to grow at a higher rate than the Maldives as a whole**
- Maldives population has been on the rise for the past 30 years. In 2014, the number reached 344,023, which is 1.9 times that of 1985.

Car ownership

- Motorcycles are the main means of transportation due to the very short travel distance due to the small size of the island without bridges and the low income.
- In recent years, both motorcycles and automobiles have surged
- This trend is expected to continue due to improvements in the transportation network between Hulhumale and Male, construction of bridges and economic development, but the growth rate is expected to decline due to limited roads and movements on the island. Ru

ferry

- Currently, the main means of transportation between islands is by ferry.
- **In the future, the number of ferry users is expected to decrease due to the use of buses and cars.**

18

Characteristics of traffic conditions

Age group moving between islands

- It is mainly young people under the age of 35 who move between islands
- Most of them are civil servants, private sector owners, service project, traveling for commuting, business, visiting friends / relatives, entertainment
- Generally, they have high income and actively participate in various events, so they are considered to be moving frequently.

Main means of transportation

- The main movements on the island are walking and motorcycles (there are a certain number of buses and taxis)
- The main means of transportation between islands is by ferry
- **The number of ferry passengers will definitely decrease after the bridge is completed**
- However, motorcycles are still expected to account for a large proportion (due to limited short-distance transportation and parking space roads).

Moving between islands

- Average frequency of movement between Hulhumale and Male: 2.74 times / week (questionnaire results)
- Average frequency of movement between Male and Hulhule: 1.88 times / week (questionnaire results)
- **The demand for movement between Hulhumale and Male is high, and the completion of the bridge will not only improve traffic conditions but also promote movement between islands.**

Residence status

- Currently, Male is the most populous city in the Maldives, and about 73% of the survey respondents live in Male, where they work.

19

Residents' thoughts and trends regarding transportation

Buying a car / motorcycle

- Approximately 60% of survey respondents said they would like to buy a car after the bridge was completed
 - The completion of the bridge encourages the purchase of cars and has a greater impact on motorcycles than cars.
 - As income increases, so does the ownership rate of automobiles.

Emigration to Hulhumale

- Approximately 45% of survey respondents said they would like to move to Hulhumale
 - With the completion of the bridge and the development of Hulhumale, people migrate to Hulhumale

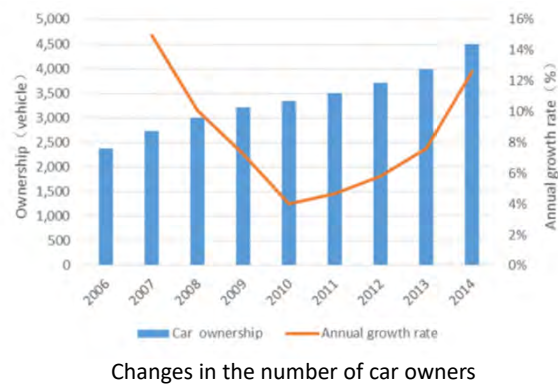
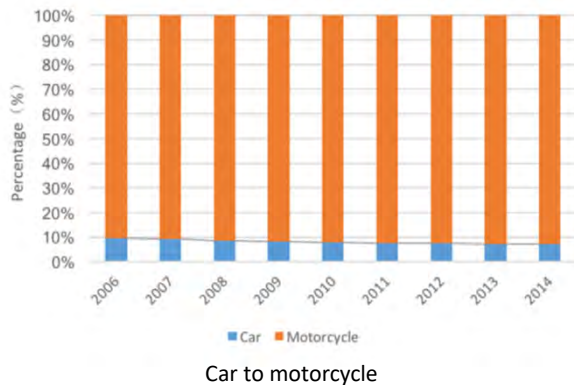
transportation

- In general, people prefer motorcycles and high-income people prefer to travel by car or bus.
- As income increases, the proportion of travel by bus gradually decreases, and the proportion of travel by motorcycle or car gradually increases.

20

Car ownership

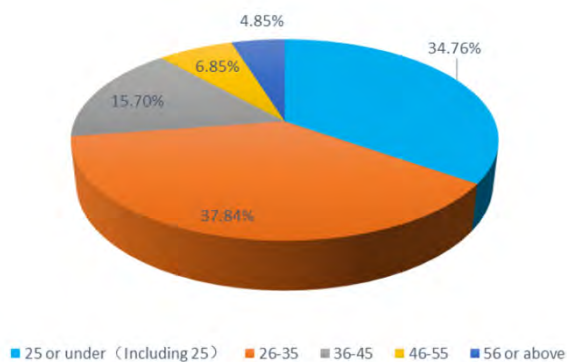
- **The proportion of motorcycles is overwhelmingly large**
 - 2006 10% of cars (2,372), 90% of motorcycles (22,113)
 - 2014 Cars 7% (4,493), Motorcycles 93% (56,503)
- 4,493 car owners as of 2014 (up 89.4% from 2006)
- The annual rate of increase in the number of car owners has been declining before 2010 and increasing since 2010.



21

Questionnaire survey_age group of respondents

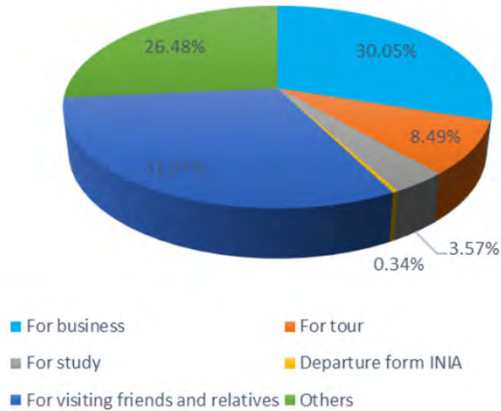
- Conducted a survey in December 2016 to understand traffic conditions



- Male has a high proportion of young people
 - Of the respondents to the questionnaire, 72.6% were under 35 years old, and about 10% were over 45 years old. This matches the age structure of Male.
- Young people are responsible for social activities and traffic demand is high

22

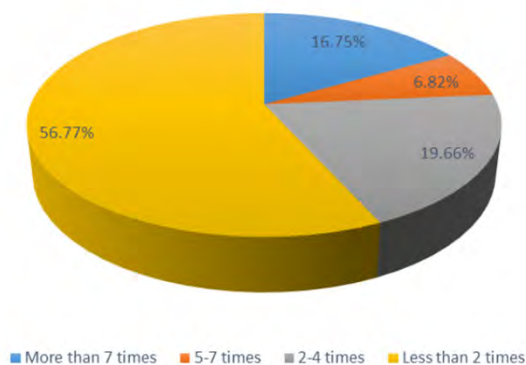
Questionnaire survey_Purpose of moving between islands



- Approximately 60% of commuting and visits by friends / relatives
- Construction of the bridge will make it easier to use the airport
- As a result, business trips between islands, visits to friends / relatives, and other activities become more active.

23

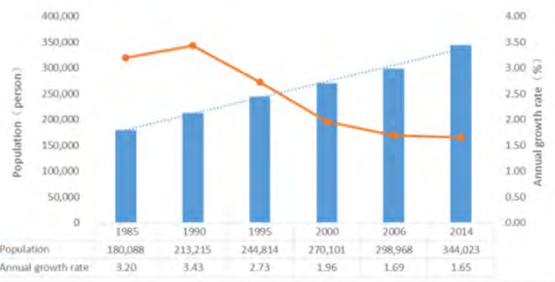
Questionnaire survey_Frequency of movement between islands



- Frequency of movement between islands: 2.74 times / week
- Moving between Male and Hulhumale
 - About 57% less than twice a week
 - 16.75% more than 7 times a week
- With the completion of the bridge and the development of Hulhulé Young City, more inhabitants may live and work on various islands, and traffic between islands is expected to increase.

24

Traffic Forecast_Mare and Hulhumale Population Forecast



Maldives population

Year	Malé	Malé annual growth rate	Hulhumalé	Hulhumalé annual growth rate
2018	112,000	0.52%	40,000	15.48%
2023	115,000	0.36%	65,000	8.56%
2028	116,000	0.28%	85,000	5.29%
2033	117,500	0.22%	100,000	4.31%
2038	119,000	0.19%	110,000	3.75%

Predicted Male Hulhumale population

Traffic Forecast_Future Inter-Island Movement Occurrence

Year		Malé	Hulhulé	Hulhumalé
2018	Generation	10.3%	6.2%	13.2%
	Attraction	10.0%	6.4%	13.6%
2023	Generation	5.9%	3.8%	7.3%
	Attraction	5.8%	3.8%	7.3%
2028	Generation	3.8%	2.3%	4.8%
	Attraction	3.8%	2.3%	4.8%
2033	Generation	2.5%	1.2%	3.4%
	Attraction	2.6%	1.2%	3.4%
2038	Generation	1.7%	0.3%	2.5%
	Attraction	1.7%	0.3%	2.4%

In Male, Hulhumale, Hulhule
Forecast of increase rate of generated traffic volume and concentrated traffic volume

Year		Malé	Hulhulé	Hulhumalé	Total
2016	generation	17,250	6,932	13,505	37,687
	attraction	17,797	6,818	13,072	37,687
2018	generation	21,700	8,041	17,161	46,902
	attraction	21,876	7,984	17,042	46,902
2023	generation	30,539	10,129	26,526	67,194
	attraction	30,810	10,062	26,323	67,194
2028	generation	38,056	11,420	35,341	84,816
	attraction	38,422	11,337	35,057	84,816
2033	generation	44,371	12,356	43,091	99,817
	attraction	44,831	12,257	42,729	99,817
2038	generation	48,847	12,931	48,902	110,680
	attraction	49,403	12,816	48,461	110,680

Forecast of traffic volume and concentrated traffic volume in Male, Hulhumale, and Hulhule (number of times / day)

Forecasting traffic demand_ Comparison of traffic volume by means of transportation

Total

Peak time

Forecast of the number of vehicles

Table 1.1 The total number of vehicles for each mode crossing the Bridge (unit: veh/day)

Transport Mode	2018	2023	2028	2033	2038
Motorcycle	8,983	15,826	22,680	30,050	35,230
Car	861	1,240	1,547	1,855	2,052
Light Truck	1,168	1,447	1,733	2,031	2,346
Bus	225	358	481	610	697
Taxi	2,413	3,920	5,326	6,812	7,824

Table 1.2 The total traffic volumes for each mode crossing the Bridge (unit: pcu/day)

Transport Mode	2018	2023	2028	2033	2038
Motorcycle	4,491	7,913	11,340	15,025	17,615
Vehicle (excluding Bus)	4,442	6,608	8,606	10,698	12,222
Bus	337	537	721	915	1,046
Total	9,270	15,058	20,667	26,638	30,883

Forecast of the number of cars crossing the bridge (passenger car equivalent: pcu / day)

Forecast of the number of vehicles

Table 1.3 The total number of vehicles for each mode crossing the Bridge during peak hours (unit: veh/hour)

Transport Mode	2018	2023	2028	2033	2038
Motorcycle	674	1,187	1,701	2,254	2,642
Car	65	93	116	139	154
Light Truck	88	109	130	152	176
Bus	17	27	36	46	52
Taxi	181	294	399	511	587

Table 1.4 The total traffic volume for each mode crossing the Bridge during peak hours (unit: pcu/hour)

Transport Mode	2018	2023	2028	2033	2038
Motorcycle	337	593	851	1,127	1,321
Vehicle (excluding Bus)	337	497	647	804	921
Bus	25	40	54	69	78
Total	695	1,129	1,550	1,998	2,316

Forecast of the number of cars crossing the bridge (passenger car equivalent: pcu / day)

参考資料 4. ワークショップ報告資料

FY2020 City-to-City Collaboration project for developing a Sustainable Eco-friendly Smart City between Toyama City and Male' City

Workshop presentation



1

Main activities

Due to the spread of the new coronavirus infection, all discussions were held online. We remotely requested the data necessary for the study and analyzed it.

Actions	Outcome
Confirmed the policy regarding the survey contents and held discussions on necessary information and details to be studied with HDC.	Discussed how to proceed and share the survey under the COVID-19 pandemic.
Discussion on survey contents, policy and role-sharing with Toyama side and Maldivian side.	Discussed survey contents with Toyama city, MOEM, Male city and HDC. Toyama city gave advice to Male city about policy proposal and JCM scheme
Introduction of the project and request for cooperation to Embassy of Japan in Maldives.	Requested cooperation and support to Embassy of Japan in Maldives for contacting related organizations.
Introduction of the project and request for cooperation to Embassy of Maldives in Japan	Requested cooperation to Embassy of Maldives in Japan. The embassy promised to give information and support to introduce related organization.
Introduction of the project and request for cooperation to JICA Maldives	Obtained advice about survey contents and policy from JICA Maldives.
Discussions with project members regarding Waste to Energy plant.	Discussion with some company about future collaboration to participate in Waste to Energy project in Thilafushi Island.
Shared results of public transportation and requested additional data, had discussion on survey policy with HDC	Shared results of public transportation and proposed survey policy with HDC
Confirmed the progress of survey with HDC	Reported survey results and proposed survey policy with HDC

Others	Conducted some interviews to companies and organizations for further information : Toyama Green Food Recycle, JEF engineering ADB, AMITA, Soundpower corporation, Nippon Usen, TGES
---------------	--

2



3

Project outline

In this project, the following items will be examined for the Maldives island of Hulhumale and the Male metropolitan area for the purpose of reducing greenhouse gases in the future and forming JCM equipment subsidy projects that will contribute to it.

1. Automobile-derived CO2 emission reduction project through public transportation development
2. Co-firing of CNG and diesel (DF; Dual Fuel, hereinafter referred to as "DF") Low-carbon business centered on fuel conversion of diesel power generation by utilizing technology
3. Renewable energy dissemination project centered on solar power generation, consideration of introduction of other renewable energy technologies, energy saving technology potential survey
4. Examination of the possibility of introducing methane fermentation power generation using biomass waste



	Activity	Action Item
JCM project development	Reduction of CO2 emissions by public transportation (Sato Kogyo, Kawada Kogyo and Nippon engineering consultants) Diesel power generation gasification (HOKUSAN) Introduction of solar power generation / promotion of energy saving (Nihonkucho Hokuriku) Biomass waste methane fermentation (HOKUSAN)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Procedures for formulating a public transport master plan, examination of infrastructure development financing plan ✓ Examination of gas supply infrastructure and calculation of effect ✓ Identification of photovoltaic power generation potential sites and calculation of effects, identification of sites for introducing energy-saving technology and examination of issues ✓ Examination of biogas waste potential
	Examination of technology and service development of companies in Toyama city	
Policy recommendation	Policy proposal by Toyama City Support for JCM business composition Workshop coordination	Introduction of Toyama City's knowledge and efforts in introducing low-carbon public transportation Advice for promoting efforts toward the realization of JCM business, etc.
	Coordination and activity support by Toyama City	

4

Public transportation study

Outline

- ✓ Solving the problem of traffic congestion
- ✓ Ensuring safe and convenient means of transportation
- ✓ Contributes to reducing CO2 emissions from transportation such as automobiles and motorcycles
- ✓ Considering the best means of transportation in Hulhumale, where population growth is expected due to migration



Target

- Rather than considering the formation of JCM equipment subsidies in a single step, we provide support from the transportation policy formulation stage such as master plan formulation.
- Consider proposals that include cutting-edge operational technologies such as traffic control using IoT
- Investigate and consider master plan formulation and financing for infrastructure development



Technologies

- Excellent transportation infrastructure design technology
- Design and construction technology for LRT, tracks, bridges, etc.
- (Technology providers: Sato Kogyo, Kawada Kogyo, Nippon engineering Consultants)



Related SDGs · policy

- Goal7 Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all
- Goal11 Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable
- Goal13 Take urgent action to combat climate change and its impacts
- SAP (Maldives Strategic Action Plan)
 - Suppression of car use
 - Maintenance of public transportation



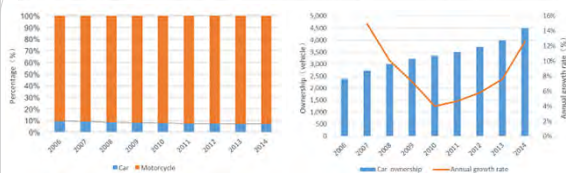
5

Public transportation study

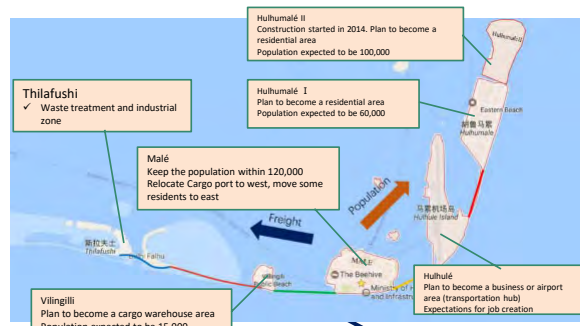
Survey implementation method: Examining potential based on materials received from the site

Traffic conditions in Male city

Year	Malé	Malé annual growth rate	Hulhumalé	Hulhumalé annual growth rate
2018	112,000	0.52%	40,000	15.48%
2023	115,000	0.36%	65,000	8.56%
2028	116,000	0.28%	85,000	5.29%
2033	117,500	0.22%	100,000	4.31%
2038	119,000	0.19%	110,000	3.75%



According to information from the Hulhumale Development Corporation, 7% (4,493) of vehicles and 93% (56,503) of motorcycles in the Male metropolitan area tend to increase year by year.

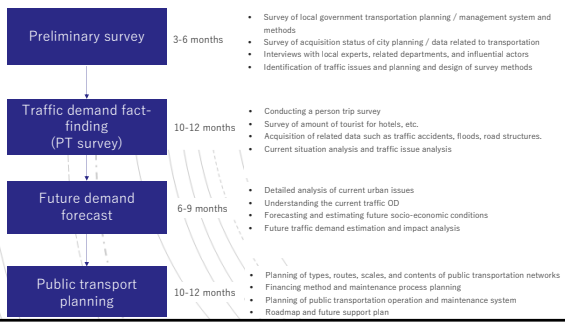


Currently, Hulhulé Island, Hulhulé Island (airport), and Male Island are connected by a bridge. In the future, there are plans to connect all the islands in the Male metropolitan area with bridges. Since the development plan for each island has been formulated and the workplace and residence will be separated, it is necessary to consider the ideal way of public transportation including inter-island movement.

6

Public transportation study

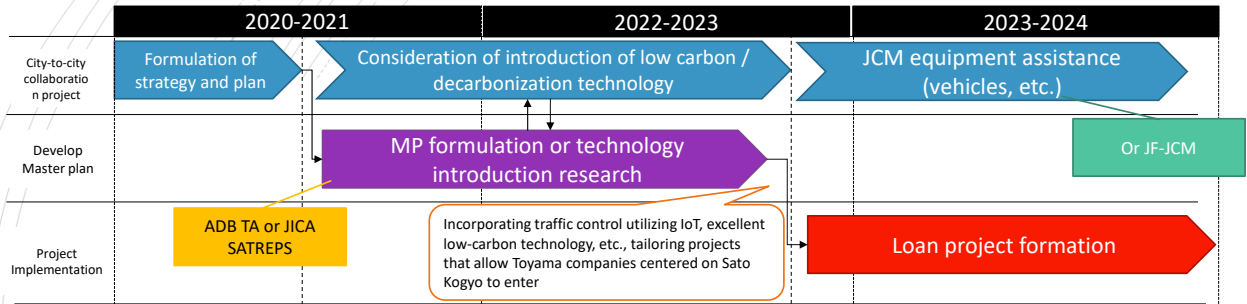
Recommendation:
Develop a public transport master plan to select the best mode of transportation



Feature	subway	monorail	LRT (Laneside)	LRT (Roadside)	Bus (Bypass)
Feature	Dedicated tracks based on station. Requires high speed and high capacity.	Digital transportation that guided by a single rail.	Light rail vehicle which runs on a dedicated track on the roadside.	Light rail vehicle which runs in with a shared track on main roads.	It is a conventional system that reduces investment costs by using existing roads. It is a system that can be implemented in a short period. It can also be used as an ordinary bus in normal traffic.
Example					
Advantages	High and high speed transportation is possible.	It is easy to operate and only 10% of the required land area and construction cost are required.	It is easy to operate and only 10% of the required land area and construction cost are required.	It is easy to operate and only 10% of the required land area and construction cost are required.	It is easy to operate and only 10% of the required land area and construction cost are required.
Disadvantages	High construction cost and long time needed for construction work.	Vehicle is more expensive and has low capacity compared with ordinary railway.	Transportation volume is small and need to drive for the construction cost.	More expensive than bus.	It will not be caught in traffic jams.
Maximum transport capacity (person / hour / km / way)	6,000	2,000	1,000	1,000	400
Operability	10-15 billion yen / km. Vehicle cost included.	5-10 billion yen / km. Vehicle cost included.	5-10 billion yen / km. Vehicle cost included.	Approximately 0.5 billion yen / km. Vehicle cost included.	Approximately 0.5 billion yen / km. Vehicle cost included.
Feature	Bus (Specialty only line)	Bus Rapid Transit (BRT)	Smart Buses	SOV/ITS	
Feature	A transportation system that secures a dedicated driving lane and performs high-speed transportation.	A system that can be used in road conditions for existing transportation such as driving routes, vehicle lanes, and collection based on road traffic signs and driving in general lanes.	Environmentally friendly, safe, and efficient sustainable transportation. The introduction cost is low compared to public transportation.	The system of driving a shared vehicle in a shared lane.	
Example					
Advantages	It does not get caught in traffic, by separating it from other road. Barrier-free can be achieved by optimizing phase.	By introducing IC card systems and road transportation, it can be used in road conditions for existing transportation such as driving routes, vehicle lanes, and collection based on road traffic signs and driving in general lanes.	It is environmentally friendly and the introduction cost is low.	The system of driving a shared vehicle in a shared lane.	
Disadvantages	With road space to separate lanes it requires a dedicated lane on the general road.	Shows it is not in general roads. It may cause traffic congestion.	It is not a complete. The maintenance of driving routes and the assurance of road conditions can be an issue.	Transportation capacity is low. The capacity is 1/10 of that of a car.	
Maximum transport capacity (person / hour / km / way)		~1,200			
Operability		10-150 million yen / km			
Vehicle cost					
Operability cost					

Public transportation study

Implementation strategy :



Reference example :
Smart Transportation Introduction Research in Bangkok



Estimated CO2 emission reduction effect:

Population about 45,000
Assuming 45% of 20,000 people move by car

The travel distance is set to 10 km around Hulhumale Island.
-CO2 emissions per transport volume of private cars is 173g-CO2 / person km = 34.58 tCO2 / day (12,622 tCO2 / year) . . . Reference emissions

-CO2 emissions per rail transport is 19g-CO2 / personkm = 3.72 tCO2 / day (1,361 tCO2 / year) . . . Project emissions

From the above, the amount of emission reduction is 11,261 tCO2 / year.

Recommendation for public transportation study

- Toyama City has improved the tram infrastructure and led to the development of a light rail.
- The improvement of public transportation by light rail was a key of compact city concept.
- The process of selecting the best means along with transportation policy is important

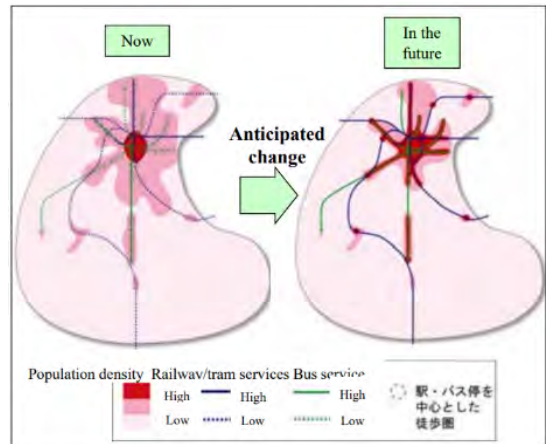
[Proposal of examination procedure]

1. Selection of the most suitable means of transportation for Hulhumale
2. Current status survey and analysis of introduction effect
3. Formulation of a master plan for introduction
4. Detailed investigation and design
5. Equipment introduction (utilization of JCM system)

1-2: Pre-survey conducted within city-to-city collaboration project scheme

3-4: Obtain other survey budget

5: Consider budget other than JCM (government budget, international organizations)



DF system for power plant

Outline

- Base load power source in Maldives is diesel power generation
- While there are plans to import and utilize LNG, it takes time and budget to replace existing power plants.
- Aim to reduce carbon as much as possible by converting gas from the current diesel power plant



Target

- Large-scale emission reduction is possible
- Gas co-firing technology is low cost for install, and the construction period is short
- Formulate a plan in harmony with the LNG import plan and extension plan
- Discussed and examined with state-owned electric power STELCO
- Looking at horizontal expansion to remote island areas

Technologies

- ❑ Gas co-firing technology for diesel engines
- ❑ Gas using monitoring system (Technology provider : HOKUSAN, JFE engineering)



Related SDGs · policy

- ❑ Goal7 Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all
- ❑ Goal11 Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable
- ❑ Goal13 Take urgent action to combat climate change and its impacts



- ❑ SAP (National Strategic Action Plan) Diesel fuel consumption for power generation 40 million L reduction by 2023

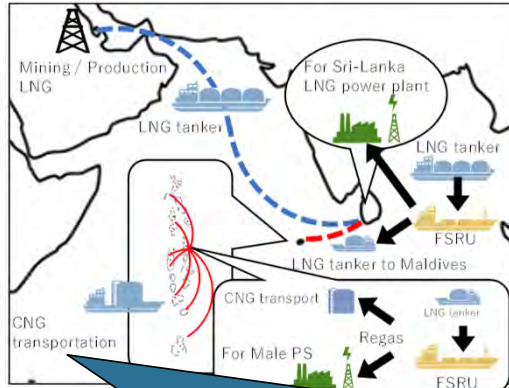
DF system for power plant

A plan for LNG utilization has been formulated, and there is a 200 MW scale LNG thermal power construction plan on Thilafushi. Examination policy: Considering expansion to existing diesel power generation in line with Maldives' LNG utilization plan

Gas hub to be developed in Sri Lanka; will supply fuel to Maldives



- The Asian Development Bank (ADB) is funding a study on the feasibility of setting up a liquefied natural gas (LNG) terminal in Sri Lanka to supply fuel to the Maldives.
- A Sri Lanka newspaper reported that ADB will spend US\$ 225,500 in the form of a grant aid on this project.
- Citing ADB, the newspaper reported that according to the proposed feasibility study, a main gas hub will be established in Sri Lanka, and studies will be conducted to determine if a land-based LNG terminal or floating storage and regasification unit would be optimal to provide gas to the Maldives.



There is an LNG hub construction plan in Sri Lanka, supported by ADB. In this F / S (ongoing), the policy is to consider the supply to the Maldives. On the other hand, if the demand for diesel for power generation decreases in the Maldives, there is a risk that the diesel import unit price will rise. It is necessary to consider including supply to remote islands. In addition, the use of LNG is questioned by the Maldivian parliament because it is a fossil fuel. Careful consideration is required for decarbonization.

Parliamentary Committee instructs amendment of LNG project to comply with carbon neutralisation tools

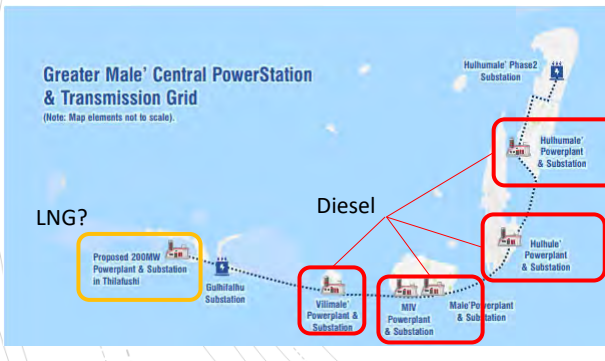
The Attorney General of Government and Minister of Fisheries, Marine and Aquaculture Affairs, Dr. Ibrahim Mohamed Solih, has instructed the Attorney General to amend the LNG project to comply with carbon neutralisation tools.

The Attorney General instructed the Attorney General to amend the LNG project to comply with carbon neutralisation tools. The Attorney General instructed the Attorney General to amend the LNG project to comply with carbon neutralisation tools.

DF system for power plant

Current situation:
Male Hulhumale responds to peaks and emergencies at small power plants in addition to medium-sized power plants
Fuel import cost is about 100 million USD from annual diesel usage

- Outlook:**
- ✓ Each island is connected by a bridge and a grid is maintained.
 - ✓ The new LNG thermal power plant on Thilafushi Island is expected to become the base load, while the existing diesel power plant is also expected to continue operation.



Male Island Generator List

Serial	Make	Model	kW	kVA	Year	OPW
00-1	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-2	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-3	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-4	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-5	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-6	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-7	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-8	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-9	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-10	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-11	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-12	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-13	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-14	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-15	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-16	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-17	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-18	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-19	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-20	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-21	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-22	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-23	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-24	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-25	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-26	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-27	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-28	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-29	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-30	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-31	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-32	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-33	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-34	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-35	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-36	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-37	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-38	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-39	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-40	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-41	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-42	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-43	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-44	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-45	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-46	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-47	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-48	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-49	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150
00-50	Marshall Island	Generator	4,200	5,200	1990	150



Hulhumale Island Generator List

No.	Engine Model	Manufacturer	Rated Output (kW)	Start of Commercial Operation
1	KTA 50-C2	MAN	500	December 2008
2	KTA 50-C2	MAN	1,000	June 2009
3	KTA 50-C2	MAN	1,000	July 2007
4	KTA 50-C2A	MAN	1,300	November 2008
Total				4,800

Male Island Power Generation Facility Information

Area of Island (km ²)	121.079
Distance from Male' (km)	0
Nearest Airport	Velana International Airport
Electricity Provider	STELCO
Daily Peak Load (MW)	53.220
Peak Load Time	15:00
Installed Capacity (MW)	73084
Installed Generator sets (MW)	104862, 43204, 118042, 200002, 179061, 200004, 100004, 100004, 100004
Monthly Average Usage (MWh)	27222256.08
Yearly electricity production (MWh)	325,479,073.00
Yearly Oil Consumption (t)	43,542,914.00
Yearly Lube Oil Consumption (t)	302,556.00
Synchronizing Panel	Yes
Type of Synchronizing Panel	Auto
Electricity cable installed year	1949
Distribution Cable size (mm ²)	4,144,25,35,50,70,95,120,150,185
CO ₂ emission (tCO ₂)	221149.37

Hulhumale Island Power Generation Facility Information

Population	11769
Area of Island (km ²)	2.80
Distance from Male' (km)	4.1
Nearest Airport	Velana International Airport
Electricity Provider	STELCO
Daily Peak Load (MW)	6.130
Peak Load Time	21:00
Installed Capacity (MW)	12200
Installed Generator sets (MW)	8000K1, 10000K1, 12000K1, 14000K2
Monthly Average Usage (MWh)	2223991.43
Yearly electricity production (MWh)	26,866,743.12
Yearly Oil Consumption (t)	10,452,827.64
Yearly Lube Oil Consumption (t)	27,134.73
Synchronizing Panel	Yes
Type of Synchronizing Panel	Auto
Electricity cable installed year	2003
Distribution Cable size (mm ²)	70,95,120,150,185
CO ₂ emission (tCO ₂)	27832.27



DF system for power plant

CO2 emission reduction and cost effectiveness:

Basic data

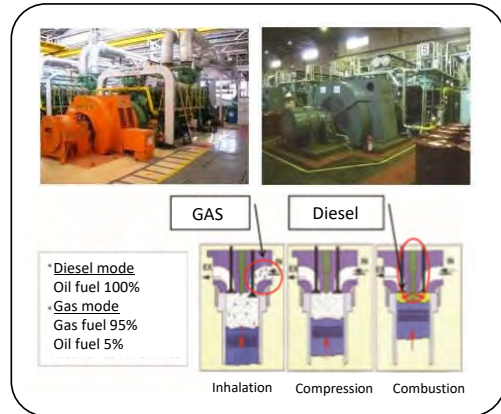
Fuel	Amount of heat per unit (Physical characteristic value)		Fuel usage	Calorie
	[MJ/year]	[GJ/year]		
Diesel [L]	38.2	0.0382	100,904,250	212,650
LNG [t]	54.5	0.0545	70,726	4,040,341

Reference emissions

	Capacity (MW)	Diesel usage (L/day)	Diesel usage (L/year)	Annual heat consumption (GJ/year)	Emission CO2 (t-CO ₂ /year)
Male	81.35	230,332	84,071,180	3,211,519	60,055
Hulhumale	66.24	52,355	19,109,575	1,041,472	19,476
Total	147.59	282,687	103,180,755	4,252,991	79,531

Project emissions

	Gas conversion heat component (GJ/year) *95% of total heat	Diesel heat consumption (GJ/year) *5% of total heat
Male	3,050,943	160,576
Hulhumale	989,398	52,074
Total	4,040,341	212,650
Emission CO ₂	54,545 t-CO ₂ /year	3,977 t-CO ₂ /year
Total	58,521 t-CO ₂ /year	



JFE Engineering DF technology

- ✓ Legal service life 15 years (internal-combustion power or gas turbine power generation equipment)
- ✓ Total emission reduction during the project period is 315,150t-CO₂
- ✓ If the plant cost is 1.4 billion yen (50% subsidy amount is 700 million yen), the cost effectiveness is 2,208 yen / t-CO₂.

Emission reduction CO₂ : 21,010t-CO₂/year

Renewable energy

Outline

- Examination of solar installation possibility utilizing unused building roof in Maldives
- I would like to cooperate at the place where the Maldives Ministry of the Environment is considering priority introduction
- Considering mainly expansion to public facilities



Target

- ✓ While there are many achievements in JCM business of solar power generation, there are few cases of expansion to government agencies and public facilities.
- ✓ In Maldives, for promoting the introduction of solar power to government agencies, and efforts in collaboration with JCM are effective.
- ✓ Aim to realize as a result of the city-to-city collaboration project

Technologies

- EPC technology that enables procurement of equipment and layout studies that maximize the effect at various sites (Technology provider : Nihon-kucho hokuriku)



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

Related SDGs · policy

- Goal7 Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all
 - Goal11 Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable
 - Goal13 Take urgent action to combat climate change and its impacts
-
- SAP (National Strategic Action Plan)
Reduction of diesel fuel consumption for power generation
Promotion of renewable energy

Renewable energy

Planning policy:

Policy to require the introduction of renewable energy to utility providers in SAP (National Strategic Action Plan)

Study plan:

Identify facilities with a public character and calculate the introduction potential

Targets:

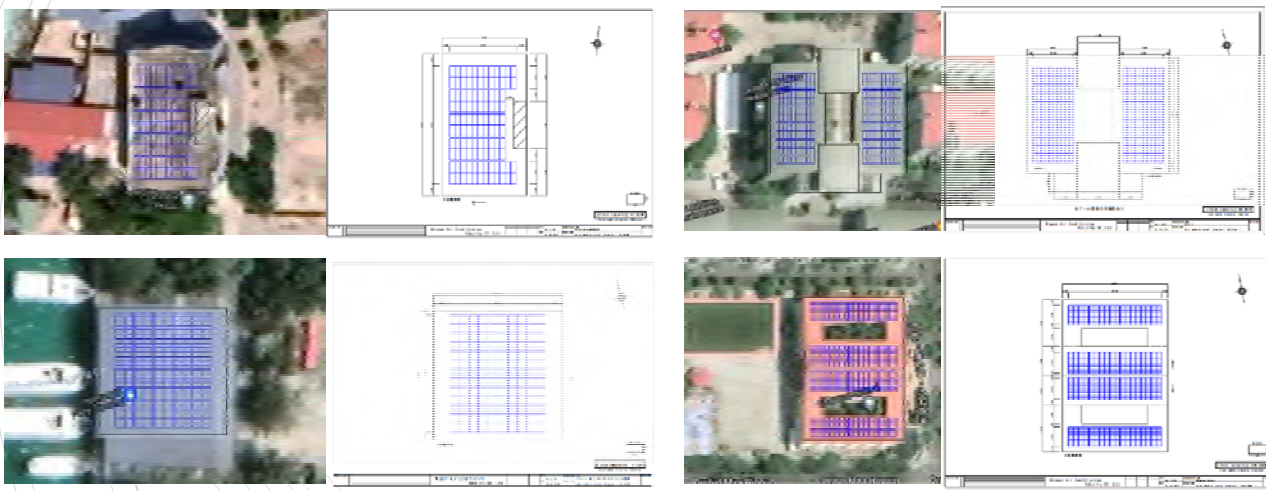
Target 3.1: By 2023, reduce fuel usage for electricity generation by 40 million liters

Target 3.2: By 2023, renewable energy storage capacity is increased to 30MWh






Strategies	Action	2019	2020	2021	2022	2023	Lead Implementing Agency	Other Implementing Agencies
Strategy 3.1: Diversify energy sources for electricity production while reducing the reliance on imported fossil fuels [M52]	Action 3.1a: Conduct research on different renewable energy sources		●	●	●	●	MoEn	STELCO, FCL, Financial Institutions
	Action 3.1b: Scale up feasible pilot projects on new renewable energy technologies <i>[To be coordinated and implemented with Action 2.1b and Action 2.1d of Water and Sanitation subsector matrix]</i>		●	●	●	●	MoEn	STELCO, FCL, Financial Institutions
	Action 3.1c: Set a mandatory annual renewable energy production target for utility companies		●	●	●	●	MoEn	STELCO, FCL, MWSC
	Action 3.1d: Revise and implement policies and regulations to mandate utility providers to meet a set target for renewable energy production and provision [A19]	●	●				MEA	STELCO, FCL, MoEn

Renewable energy

- ✓ Select possible introduction points in Male and Hulhumale and estimate the introduction effect.
- ✓ There is a possibility of cooperation with the introduction consideration point owned by the Maldives Ministry of the Environment.
- ✓ There is a FIT system. Keep in mind the dissemination through incentives such as achieving legal and institutional introduction targets.
- ✓ There is a limit to the scale of installation due to the vulnerability of the grid. We will consider various plans for the use of renewable energy such as hydrogen production.



Renewable energy

Site	Area [m ²]	Site image	Capacity [kW]	Power generation [kWh]	Initial cost [USD]	CO2 emission reduction [t-CO ₂ / Project term]	Initial cost JCM case
Ghaazee School	2,999		269.28kW 440W*612panel	415,044	303,894	2,876	182,336
Maldives Correctional Service	1,322		167.2kW 440W*380panel	257,707	190,183	1,786	114,110
Dharubaaruge	2,599		234.08kW 440W*532panel	360,790	381,464	2,500	228,878
Greater Male Bus Terminal	750		88.0kW 440W*200panel	135,635	102,908	940	61,745
Male Fire Department	367		39.6kW 440W*90panel	61,036	48,250	423	28,950

17

Renewable energy

Site	Area [m ²]	Site image	Capacity [kW]	Power generation [kWh]	Initial cost [USD]	CO2 emission reduction [t-CO ₂ / Project term]	Initial cost JCM case
Dhoonidhoo Prison	462		47.52kW 440W*108panel	73,243	57,332	508	34,399
Huluhmale Ferry port terminal	984		114.4kW 440W*260panel	176,326	130,871	1,222	78,523
HDC	752		96.8kW 440W*220panel	149,199	112,896	1,034	67,738

Total	Area [m ²]	Capacity [kW]	Power generation [kWh]	Investment cost [USD]	Emission reduction [t-CO ₂ /PJ time]	Investment cost with JCM [USD]
	10,812	1,145	1,666,946	1,327,798	15,989	796,679

- ✓ By using the JCM system, it can be introduced at a price 40% cheaper than usual.
- ✓ Due to the restrictions of the JCM system (a certain scale is required) and cost effectiveness, it is desirable to implement multiple points at once.
- ✓ Actual cost / effect requires on-site confirmation, detailed design, and quotation

18

Methane fermentation power generation using biomass waste

Outline

- Considering the introduction of technology to produce and compost methane gas from sewage sludge and organic waste on Hulhumale Island



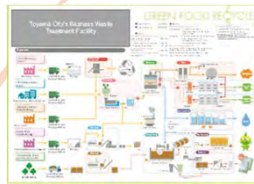
Target

- Methane fermentation technology tends to be an issue for the treatment of post-fermentation residues, but there is a high potential for utilization due to the demand for compost on Hulhumale Island.
- If it can be replaced with compost that is currently dependent on imports, high economic efficiency can be expected.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

Technologies

- Gas storage, utilization, power generation technology
 - Appropriate waste recycling technology
 - Highly efficient fermentation and composting technology
- (Technology provider: Hokusan Co., Ltd., Toyama Green Food Recycle, Hitachi Zosen)



Related SDGs · policy

- Goal7 Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all
 - Goal11 Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable
 - Goal13 Take urgent action to combat climate change and its impacts
- SAP (National Strategic Action Plan)
 Reduction of diesel fuel consumption for power generation
 Promotion of renewable energy, recycle promotion

Methane fermentation power generation using biomass waste

Targets Hulhumale biodegradable waste (green waste), food waste, and sewage sludge

- Green waste = 1,825 ton / year \approx 5 ton / day
- Food waste = 405 ton / year \approx 1.1 ton / day
- Sewage sludge = 1,643 m³ / year \approx 4.5 ton / day
- Total 3,873 ton / year \approx 10.6 ton / day

Currently, these wastes are open dumped on Thilafushi Island.

The waste power generation facility scheduled to be constructed in the ADB JF-ICM project is not suitable for incineration due to the amount of water.

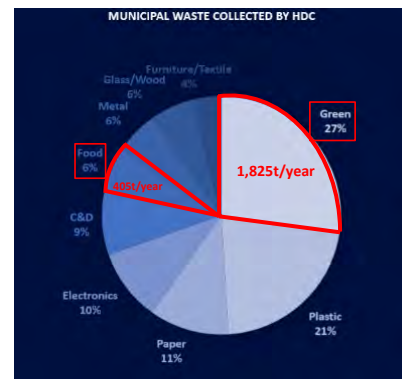
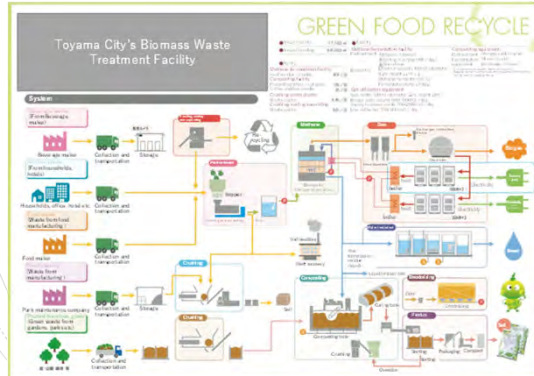


▲ Sludge treatment facility in Hulhumale

In Toyama City, there is "Toyama Green Food Recycle Co., Ltd.", which produces about 60 tons of food waste and pruned branches per day by methane fermentation and compost. Interviewed them about the use of biomass in this project.

【Challenges】

- Green waste (pruned branches, etc.) is not suitable for methane fermentation
- It is better to mix food waste and methane-fermented residue with sewage sludge with crushed green waste to compost.
- Due to the water content, solid compost weighs about 50% of the input amount.



Methane fermentation power generation using biomass waste

- Investigate cases equivalent to the amount of organic waste (about 10 tons / day) of Hulhumale.
- The equipment of Hokkaido Rakuno Gakuen University is applicable.

Data	
Materials	Cow dung, rice straw
Input amount	10 ton/day, 3,650 ton/year
Biogas generation	97,628Nm ³ /year
Power generation	400kWh/day (17kW)
Installation cost	1.25 million USD

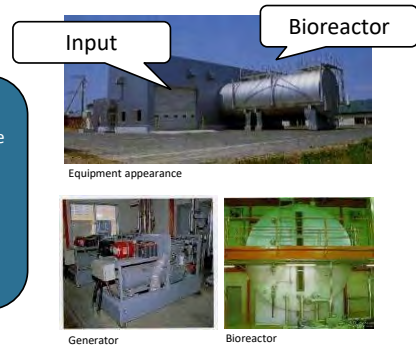


Expanded to Maldives scale
(Methane fermentation of sludge and food waste)

Initial cost	130000000	JPY
Power generation rate	40	kWh/t
Input of organic waste	5.6	t
Operation date	300	day
Power generation/year	67,332	kWh

Unit price	11.96	JPY/kwh
Compost	40000000	JPY/year

- Hulhumale imports 40 million yen of fertilizer and compost annually to improve green spaces and roadside trees.
- Plans to replace this cost with compost produced in this project and incorporate it into income



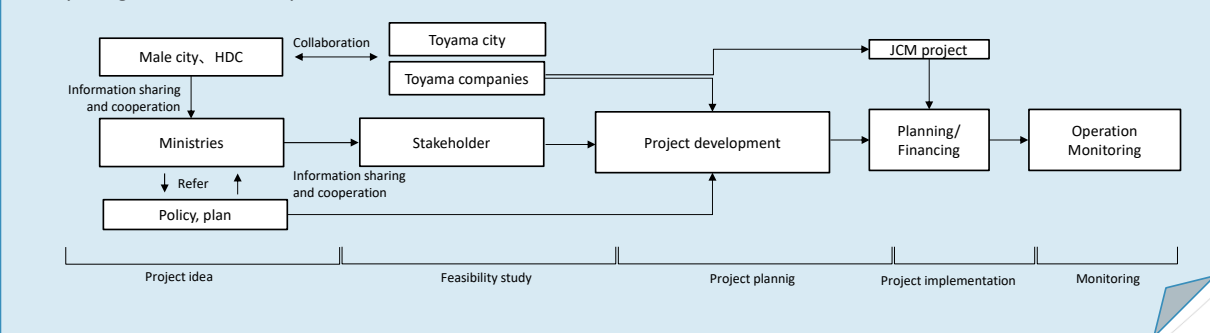
year	0	1	2	3	4	5
Outflow						
Initial cost	130000000					
Inflow						
Electricity sell	805285	805285	805285	805285	805285	805285
Compost sell	40000000	40000000	40000000	40000000	40000000	40000000
FCF	-89194715	40805285	40805285	40805285	40805285	40805285
Investment return	-89194715	-48389430	-7584146	33221139	74026424	114831709

- The pillar of economic efficiency is the sale of compost.
- Considering equipment mainly for compost production based on the composition of imported compost and fertilizer
- On the other hand, in order to reduce CO₂ emissions, we will consider projects that contribute to low carbon by incorporating methane fermentation power generation or gas utilization.

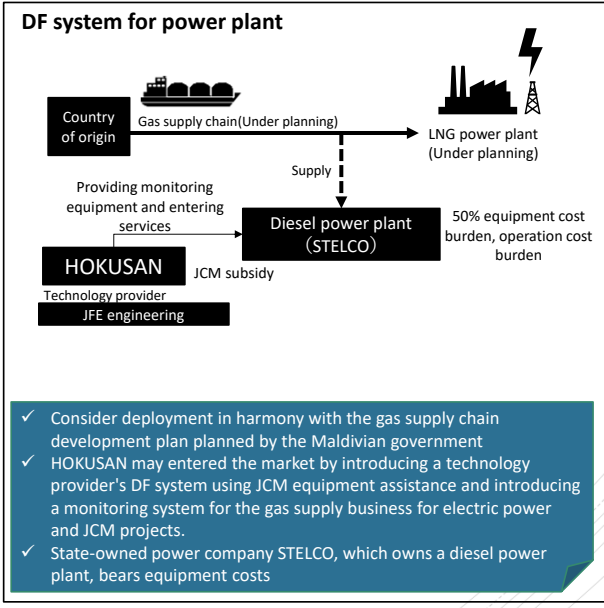
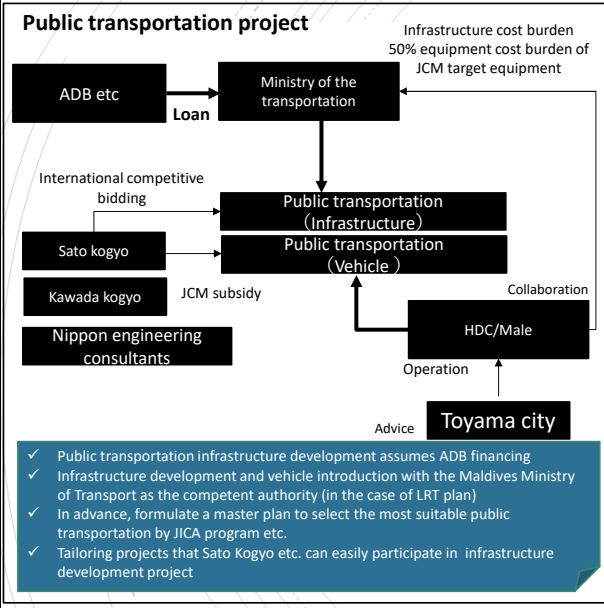
Recommendation

- Although initial investment is required for each project, it is necessary to proceed with comprehensive decision-making based on policy priorities because it is possible to obtain benefits such as future investment recovery and low carbonization.
- For businesses that can recover their investment (renewable energy, biomass), there is room for utilization such as green loans from Maldives private banks.
- Project implementation can be realized by matching of technology and needs under the coordination of government (Male City) acting as a coordinator.
- It is indispensable to involve central ministries and stakeholders (electric power companies, etc.) and cooperate with the promotion measures and plans of the Maldivian government shown in SAP etc.

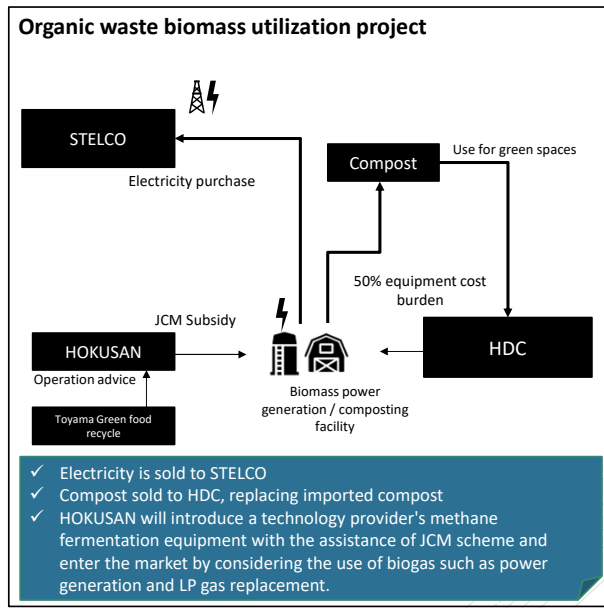
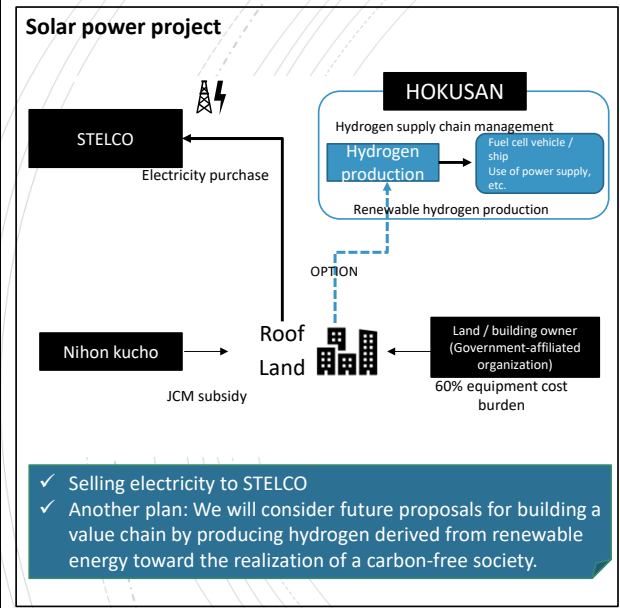
Survey image for future study :



JCM equipment subsidy project implementation system plan (1)



JCM equipment subsidy project implementation system plan (2)



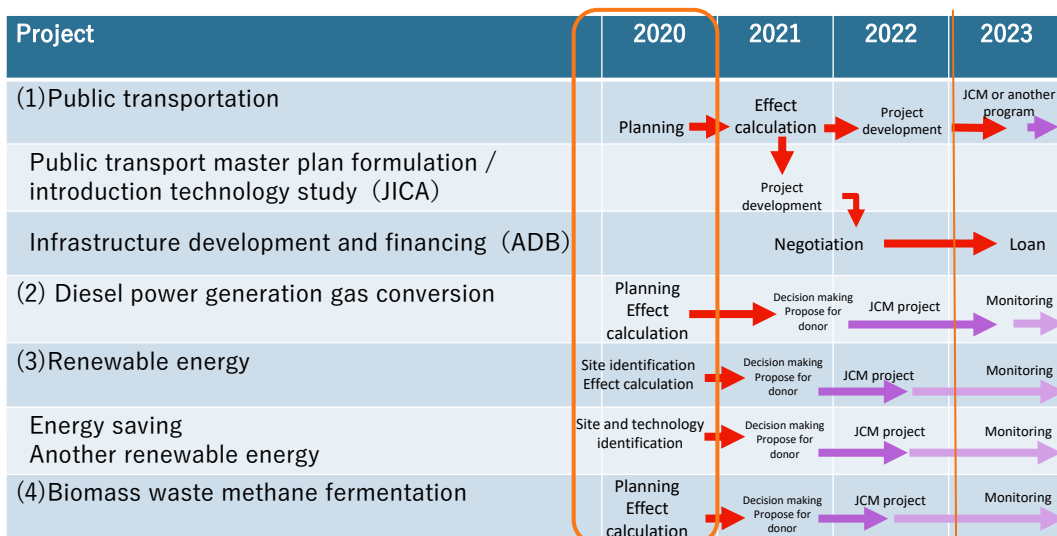
Summary of results and next steps

Project idea	Result	Next step
Public transportation	<ul style="list-style-type: none"> Confirm the status of transportation policy and the policy position of public transportation Understand that there is a need for public transportation, but the master plan that shows the ideal way of public transportation is not yet developed. Master plan formulation is essential for selecting optimal public transportation, raising funds, and making plans. Agreed policies on future planning procedures and financing plans 	<ul style="list-style-type: none"> Acquisition of budget for public transportation master plan formulation or transportation system research, etc. and examination of public transportation system ADB financing activities in collaboration with the Maldives Ministry of Transport Calculation of low carbon effect for each public transportation
Diesel power generation gas conversion	<ul style="list-style-type: none"> Understand the plan of the gas supply chain Get information about the current status of generators and power generation equipment Analyzed the effect of DF 	<ul style="list-style-type: none"> Study of LNG supply chain in Maldives Study of equipment specifications, design, and cost Commercialization talks with STELCO
Renewable energy	<ul style="list-style-type: none"> Identify potential sites Analyzed the effect Other renewable energy and energy saving technologies 	<ul style="list-style-type: none"> Consider connecting with the plan of the Ministry of the Environment of Maldives Consider solar power generation utilization plans other than grid connection such as hydrogen production Considering the possibility of introduction from wave power generation and energy-saving air conditioning technology candidates
Biomass waste methane fermentation	<ul style="list-style-type: none"> Understand the current amount of waste generated and treatment status Analyzed the effect 	<ul style="list-style-type: none"> Consider the required quality of compost, sales chain, etc. Study of equipment specifications, design, and cost Study of operating system and sales plan
Other achievement	<ul style="list-style-type: none"> Collaboration with Thilafushi Island Waste Power Generation Project 	<ul style="list-style-type: none"> Study of cooperation with biomass waste methane fermentation power generation in waste separation and recovery Study of hydrogen production utilizing waste power generation on Thilafushi Island and examination of matching and cooperation of hydrogen production proposals derived from renewable energy
City-to-city collaboration activities	<ul style="list-style-type: none"> Policy proposal (Introduction of Toyama City's efforts to realize an environmentally friendly city) Advice on JCM utilization 	<ul style="list-style-type: none"> Policy recommendations regarding the introduction of public transportation Policy proposals on low-carbon / decarbonization technology and business composition Policy proposals related to administrative efforts in waste treatment

25

Outlook of study and project

- ✓ Through the survey, we examined the procedure and plan of the business composition that would lead to JCM equipment subsidy project and coordinated with the Maldives side.
- ✓ Due to the spread of the new coronavirus infection, there were limits to on-site confirmation and discussions with stakeholders, which are essential for project implementation.
- ✓ In the future, we would like to continue the examination from the next fiscal year onward in order to achieve decision making and project conversion.



26