

令和4年度環境省委託事業

令和4年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務

(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5年3月

日本エヌ・ユー・エス株式会社

富山市



# 目次

<b>1. 業務の目的及び背景</b> .....	1
1.1. 目的 .....	1
1.2. 背景 .....	1
<b>2. モルディブ及びマレ市の概要</b> .....	2
2.1. 基礎情報 .....	2
2.2. モルディブ政府 .....	3
2.2.1. 主たる政策・方針 .....	4
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 .....	5
2.3. 富山市との連携背景 .....	9
<b>3. JCM 案件形成の検討</b> .....	11
3.1. 公共交通整備による交通由来 CO <sub>2</sub> 排出削減分野 .....	12
3.1.1. 最適な公共交通検討と長期的対策としての公共交通マスタープラン策定方針 .....	13
3.1.2. 短期的対策としての公共交通脱炭素化検討 .....	25
3.1.3. 現状の交通由来 CO <sub>2</sub> 排出量の試算および低炭素効果の試算 .....	31
3.1.4. 実施体制とスケジュール .....	37
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 .....	40
3.2.1. 再生可能エネルギー由来水素の導入可能性検討 .....	41
3.2.2. JCM 設備補助事業化可能性検討 .....	54
3.2.3. 実施体制案 .....	54
3.3. 再生可能エネルギー普及分野 .....	57
3.3.1. BISON 社マレ環礁リゾート開発 .....	57
3.3.2. Crossroad 島リゾート .....	59
3.3.3. 水産加工工場における太陽光発電利用 .....	60
3.3.4. マレ首都圏住民島への導入可能性 .....	63
3.3.5. 実施体制と CO <sub>2</sub> 排出削減効果試算 .....	64
3.4. 有機性廃棄物の循環利用分野 .....	66
3.4.1. マレ市における廃棄物管理に係る情報収集 .....	66
3.4.2. 有機性廃棄物由来堆肥の適用可能性検討および販売網調査 .....	82
3.4.3. 運用計画、事業性評価、事業体制の検討 .....	83
3.4.4. 堆肥化設備による CO <sub>2</sub> 排出削減効果試算 .....	87
3.4.5. 実施体制 .....	89
<b>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）</b> .....	91
4.1. 都市間連携活動の概要 .....	91
4.2. 現地調査 .....	91
<b>5. まとめ</b> .....	94
5.1. 都市間連携事業の成果 .....	94
5.2. JCM 設備事業候補と実施課題 .....	95
5.3. 今後の活動計画 .....	96

## 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	6
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）	6
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）	6
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	9
図 2-7	フルマーレ開発公社の構造と役割及び権限	10
図 2-8	HDC の開発マスタープラン策定	10
図 2-9	フルマーレ開発公社における環境課題への対策方針	11
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	12
図 3-2	“Maldives Transport Master Plan Study”において提案されている路線図	14
図 3-3	グレーターマレ地域の橋による接続計画	14
図 3-4	公共交通マスタープラン策定プロセス	16
図 3-5	「THAILAND4.0 を実現するスマート交通戦略」プロジェクト概要	19
図 3-6	SATREPS プログラム骨子と出口の案	20
図 3-7	Digital-led smart urban design のコンセプト	21
図 3-8	未来予測シミュレーションのイメージ	21
図 3-9	モルディブ国立大学との意見交換の様子	23
図 3-10	運輸・民間航空省及び MTCC との意見交換の様子	23
図 3-11	GEF による EV 導入事業で予定されているバスの運行ルート	27
図 3-12	システム概要と JCM 設備補助の対象範囲	28
図 3-13	2019 年に報道された MTCC による電気バス導入計画	29
図 3-14	MTCC との意見交換の様子（右は HDC の Facebook 掲載記事）	29
図 3-15	太陽光発電および充電ステーション配置案	33
図 3-16	HDC による EV 及び EV バイク充電ステーションのコンセプト	36
図 3-17	公共交通マスタープラン策定事業実施体制案	38
図 3-18	EV バス JCM 設備補助事業実施体制案	39
図 3-19	マレ及びフルマーレ島の発電容量、発電量及びディーゼル燃料使用量	40
図 3-20	再生可能エネルギーの変動イメージ	42
図 3-21	株式会社東芝の水素利用技術	42
図 3-22	株式会社東芝の自立型水素エネルギー供給システム H2One™展開戦略	43
図 3-23	富山市水素ステーション	43
図 3-24	モルディブ環境省との意見交換の様子	45
図 3-25	STELCO 社外観	45
図 3-26	エネファーム利用イメージ	46
図 3-27	エネファームの仕組みと展開	46
図 3-28	エネファームによる出力調整イメージ	47
図 3-29	SimpleFuel™を活用したモビリティへの水素供給イメージ	48
図 3-30	水素利用技術の例	49

図 3-31	アンモニアガスタービンの技術開発事例.....	50
図 3-32	LNG 配送と貯蔵・気化プロセスフロー図.....	50
図 3-33	LNG と CNG の輸送量比較 .....	51
図 3-34	グレーターマレ地域の送電網整備計画.....	52
図 3-35	JFE エンジニアリング社の DF 技術事例.....	53
図 3-36	ガス混焼の燃焼イメージ .....	54
図 3-37	水素普及事業案の実施体制イメージ .....	55
図 3-38	天然ガス利用事業の実施体制のイメージ .....	56
図 3-39	BISON 社リゾート向け太陽光設置レイアウト .....	58
図 3-40	リゾート立地地点における発電量推移の試算.....	58
図 3-41	BISON 社との意見交換の様子 .....	59
図 3-42	クロスロード島の設備状況.....	60
図 3-43	Ensis Fisheries 社の工場内および外観.....	60
図 3-44	Ensis Fisheries 社の位置 .....	61
図 3-45	発電量推移 .....	62
図 3-46	トゥルスドゥ島の位置 .....	63
図 3-47	トゥルスドゥ島の設備 .....	64
図 3-48	リゾート向け太陽光発電システム導入事業実施体制イメージ.....	65
図 3-49	モルディブ国と廃棄物管理ゾーン 3 地区 .....	67
図 3-50	マレ島の状況 .....	68
図 3-51	フルマーレ島の状況 .....	69
図 3-52	トゥルスドゥ島の状況 .....	70
図 3-53	クロスロード島の状況 .....	71
図 3-54	リティファル島の状況 .....	72
図 3-55	ティラフシ島の状況 .....	74
図 3-56	廃棄物処理法第 5 次修正案（表紙） .....	75
図 3-57	現在計画されている廃棄物フロー .....	76
図 3-58	サーキュラー・エコノミーを目指した廃棄物フロー .....	76
図 3-59	フルマーレ開発公社によるティラフシ島のサーキュラーエコノミープロジェ クトに向けた実現可能性調査に関する関心表明レター .....	77
図 3-60	フルマーレにおける有機性廃棄物発生量と割合 .....	78
図 3-61	マレ首都圏における島内の緑化の様子 .....	83
図 3-62	スクリュウ型コンポストプラント RA-X（ラックス） .....	84
図 3-63	メタン発酵設備と堆肥化装置を組み合わせたシステム案.....	84
図 3-64	堆肥化装置のみを導入したシステム案.....	85
図 3-65	従来の堆肥化製造フロー .....	85
図 3-66	生物処理による CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O 排出量の計算式.....	88
図 3-67	有機性廃棄物の堆肥化利用における実施体制案.....	90
図 4-1	現地調査行程と訪問先 .....	92
図 4-2	HDC および MTCCT との面談の様子 .....	93

図 4-3 在モルディブ日本大使館との面談の様子.....	93
図 5-1 環境省、フルマーレ開発公社、WAMCO、STELCO への提案コンセプト .....	95

## 表目次

表 3-1	公共交通手段の選択肢 .....	17
表 3-2	GEF による EV 導入事業において導入予定の設備 .....	26
表 3-3	GEF による EV 導入事業における費用見積 .....	27
表 3-4	MTCC 提供の公共バス情報 .....	30
表 3-5	MTCC 提供の公共バス走行距離情報 .....	31
表 3-6	MTCC 管理施設の屋根面積と太陽光発電量試算 .....	34
表 3-7	プロジェクトコストのイメージ .....	35
表 3-8	水素・アンモニアのコスト比較 .....	49
表 3-9	年間発電量試算 .....	62
表 3-10	家庭ごみの廃棄物組成 .....	78
表 3-11	Zone3 各島の人口と廃棄物量（推計） .....	79
表 3-12	廃棄物組成調査の結果 .....	81
表 3-13	モルディブで購入可能な堆肥 .....	82
表 3-14	エコ☆WEST（堆肥化設備）のイニシャルコスト .....	86
表 3-15	リファレンス排出量（有機性廃棄物の嫌気性発酵によるメタン排出量） .....	87
表 3-16	プロジェクト排出量（堆肥化に伴う CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O 排出量（CO <sub>2</sub> 換算）） .....	88
表 4-1	主な活動内容と参加機関 .....	91
表 5-1	成果のまとめ .....	94
表 5-2	JCM 事業候補と課題、対応策 .....	95

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
GEF	Global Environment Facility	地球環境ファシリティ
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
PPA	Power Purchase Agreement	電力販売契約
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

令和3年（2021年）11月に開催された気候変動枠組条約第26回締約国会議（COP26）の合意文書を以て、産業革命前からの気温上昇を1.5℃に抑えることが、世界の新たな目標として確認された。この目標達成には、各国において、州、市、区等、様々なレベルにおいて取組を加速させることが必要不可欠である。日本でも、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにし、脱炭素社会を目指すことが宣言され、CO2排出実質ゼロを宣言する自治体は600以上（2022年4月30日現在）にまで急増しており、令和3年（2021年）6月に策定された地域脱炭素ロードマップの下、先進的な対策を各地で創出し、全国に拡大するような取組が進められている。

このとおり具体的な地域の気候変動対策・プロジェクトを検討・実施するうえで、都市や自治体の役割は重要性を増している。世界全体での脱炭素社会の実現に向けては、特に経済成長が著しいアジアにおいて、持続可能な脱炭素社会構築への動きを加速させることが必要であり、社会経済の発展を支える活動の場である都市の脱炭素化に向けて、国際的にも都市の取組を支援する動きが強化されてきている。

また、現下の新型コロナウイルス感染拡大の状況下において、都市は感染拡大関連の課題に対処すると同時に、持続可能な開発を達成するための新たな方策についての再調整や検討を迫られており、都市間の連携による新たな手法、新たな都市の構築が極めて重要である。

本事業では、日本の研究機関・民間企業・大学等が、脱炭素社会形成に関する経験やノウハウ等を有する本邦都市とともに、海外自治体等における脱炭素社会形成への取組、及び脱炭素社会の形成に寄与する設備の導入を支援するための調査事業を実施する。

モルディブを対象とした本調査業務は、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、富山市との連携、協力の下、富山市内企業が有する優れた環境技術やノウハウを基盤に、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インド洋の小島嶼国で、気候変動による海面変動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深刻な影響が懸念されてきた。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とする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<sup>1</sup>。

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

---

<sup>1</sup> 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](https://www.climateinvestmentfunds.org/sites/cif_enc/files/meeting-documents/3_maldives_salle_south_africa_-_srep_meeting_final_2_0.pdf)

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4km<sup>2</sup>規模の人工島フルマーレの造成が始まっている。これまでに4.28km<sup>2</sup>の造成が完了し、将来的には240,000人の移住を想定している。開発段階によってフェーズⅠ、Ⅱに区分されており、現在、埋立・開発が概ね完了したフェーズⅠには6万～6万5000人居住している。開発中のフェーズⅡには高層住宅が完成し、近日中に3万人の転入が予定されている<sup>2</sup>。

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住宅開発公社（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。

2020年度は、都市間連携事業の初年度として、マレ市の交通状況、エネルギー消費状況、廃棄物発生状況、関連政策を収集し、計画検討を行うとともに、フルマーレ開発公社および関係省庁との連携体制を構築した。

## 2. モルディブ及びマレ市の概要

### 2.1. 基礎情報<sup>3</sup>

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区の約半分の面積となっており、1,192の島々より成る島嶼国である。

2020年時点の人口は55.7万人で、内訳はモルディブ人37.9万人、外国人17.8万人となっている。主要産業は水産業と観光で、2021年のGDPは48.9億米ドルであり、GDP成長率は、前年の新型コロナによる観光業への打撃からの回復もあり、31.0%となっている。

水産業はGDPの5.0%であるが、輸出製品の96%を占めている（2020年）。主な魚種はカツオ（水揚げ量の70%）及びマグロ（同29%）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26.3%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1,192島のうち145島がリゾート島となっている。2019年の観光客は170万人で、中国（28.4万人）、ドイツ（16.6万人）、イタリア（13.6万人）が上位である。なお、日本は4.4万人で第9位となっている。

---

<sup>2</sup> 毎日アジアビジネス研究所、「特集 動き始めたインド洋の真珠モルディブ」  
([https://mainichi.asia/2108maldives\\_hdc/](https://mainichi.asia/2108maldives_hdc/))

<sup>3</sup> 外務省 Web サイト モルディブ共和国基礎データ  
(<https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/maldives/data.html>)

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 2022 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。

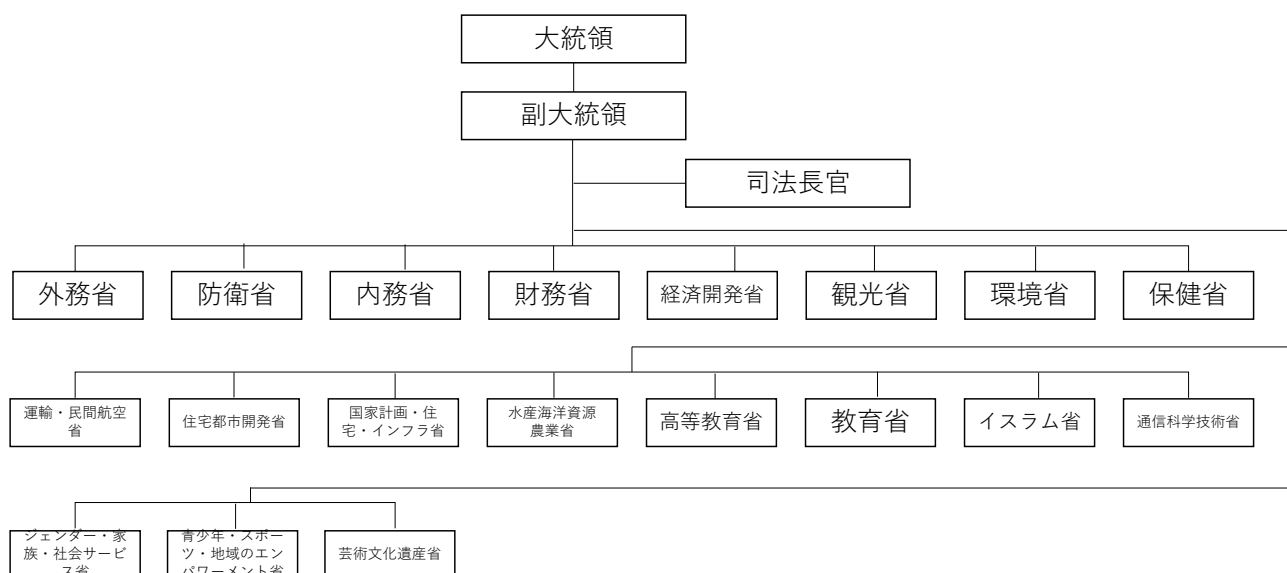


図 2-1 モルディブ国統治機構<sup>4</sup>

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。

<sup>4</sup> 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>

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か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。

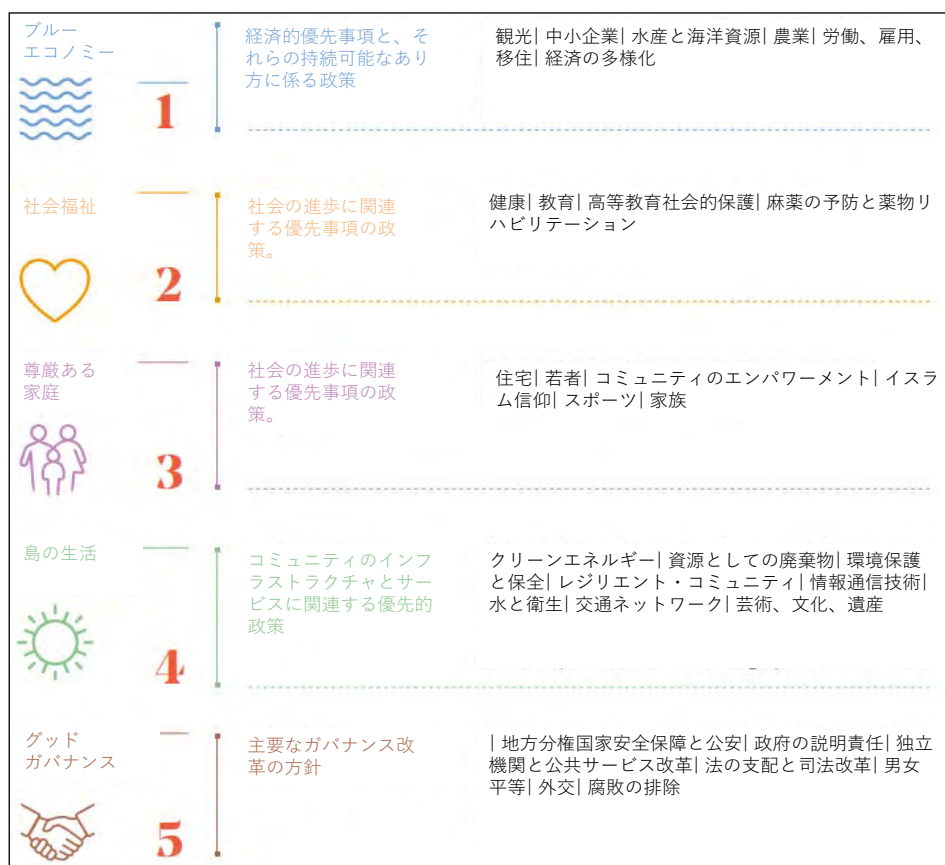


図 2-2 SAP における 5 つの主要政策セクターとサブセクター

出典) Strategic Action Plan<sup>5</sup>を元に日本エヌ・ユー・エス株式会社作成

また、気候変動の影響に対する国内行動計画を促進・指導し、気候変動に対応する戦略

<sup>5</sup> Government of Maldives, “Strategic Action Plan 2019-2023” (<https://presidency.gov.mv/SAP/>)

的優先順位を設定のうえ、すべての国内利害関係者間の調整を促進し、政策・具体的事業計画及び制度・体制を構築・強化することを目的とするモルディブ気候変動政策枠組（MCCPF 2014-2024）が定められており、気候変動対策を関連するすべてのセクター計画に組み込まれるとされている。この政策枠組みの実現の方策として、気候リーダーシップ、世代間の公平性、気候変動対策の主流化、関連する国際的コミットメント、パートナー組織・国からの資金支援、技術移転、気候変動に対する強靱性、という八つの原則があげられている<sup>6</sup>。

### 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国際社会に初めて提唱<sup>7</sup>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。

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<sup>8</sup>。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<sup>9</sup>。フルマーレ島造成の履歴を以下に示す。

---

<sup>6</sup> JICA、「モルディブ共和国マレ首都圏気象災害情報収集・確認調査報告書」、<https://libopac.jica.go.jp/images/report/12368775.pdf>

<sup>7</sup> Janet Larsen, Earth Policy Institute, Plan B Updates, 「Rising Seas and Powerful Storms Threaten Global Security」, OCTOBER 09, 2008. ([https://www.earthpolicy.org/plan\\_b\\_updates/2008/update76.html](https://www.earthpolicy.org/plan_b_updates/2008/update76.html))

<sup>8</sup> 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。(<https://www.asahi.com/articles/ASL3P41DTL3PULBJ002.html>)

<sup>9</sup> 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>)



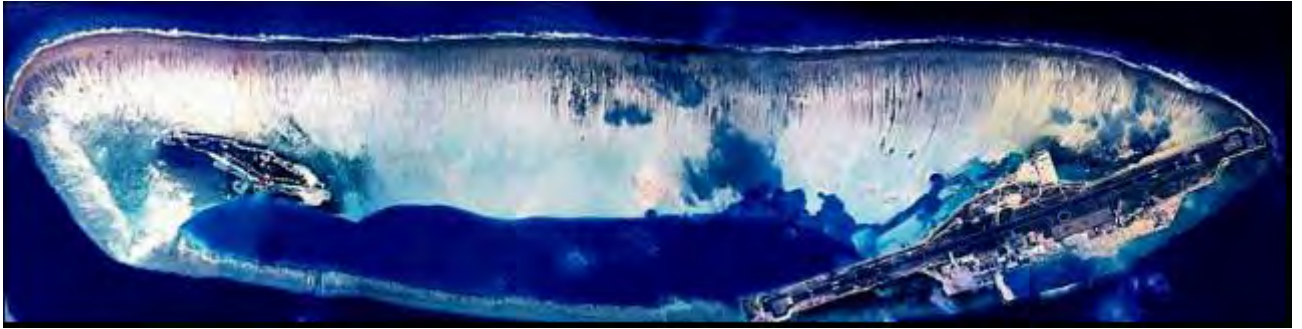


図 2-3 1997 年、埋め立て前のフルマーレ島



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）

出典) フルマーレ開発公社提供資料

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った環境対策についても取り組みが進められている<sup>9</sup>。

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 1/4 から 1/3 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<sup>10</sup>し、モルディブ国およびマレ市の環境課題について議論

<sup>10</sup> 2020 年 10 月 8 日 Microsoft Teams により実施。

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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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。国連等の国際機関から長期的な財源及び技術協力等を受けているほか、さまざまな国から二国間協力を得ている。例えば、米国は経済強靱化と民主主義による統治支援、持続可能な環境の維持創出、海洋管理の能力強化と自然災害の影響監視・適応策の実施に協力している。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、マレ首都圏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。

脱炭素に係る方針に関しては、NDC（Nationally Determined Contribution: 国が決定する貢献）に触れておく必要がある。パリ協定（2015 年 12 月採択、2016 年 11 月発効）では、全ての国が温室効果ガスの排出削減目標を「国が決定する貢献（NDC）」として 5 年毎に提出・更新する義務が定められ、モルディブにおいては 2020 年に更新版が提出されている。

更新版の NDC では、2030 年までに 2011 年度比の温室効果ガス排出量を 26%削減する計画を掲げ、十分な国際的支援とサポートが得られるのであれば、2030 年までにネットゼロを達成できるように努力するとしている。そのための政策措置として、以下の 5 点が示されている。

- 再生可能エネルギー（RE）による発電量を、蓄電と系統安定化によって増加させる。公共部門と民間部門を含めたエネルギーミックスのうち、再生可能エネルギーの導入比率を 15%まで高める努力をする。

- 供給側と需要側の効率性を高める。発電機の効率を上げ、送電網を改良して送電損失を最小限に抑えることが不可欠であり、定期的なメンテナンスによって既存の発電インフラを大幅に改善し、発電の同期化と最適化を行い、系統損失を少なくとも5%に抑える。さらに、需要サイドの管理には、標準ラベリングプログラムの実施やエネルギー効率のための建築基準の改善などを含む。
- 廃棄物をエネルギーに変える。ティラフシに8MW、アッドゥ市に1.5MWの廃棄物発電所を建設する。これらのシステムは、グリッド接続と発電に最適化される。
- 自動車・船舶の排出ガス基準の設定と効率的な輸送管理システムの確立、ハイブリッド車の普及を図る。
- マレ地区での発電に液化天然ガス（LNG）を使用する。ティラフシに建設予定のLNG火力発電プラントと相互接続橋によってマレ首都圏とグリッドと接続することで、現在の主力電源であるディーゼル電源をLNG火力に置き換える。

NDC に掲げられた目標達成に貢献することを目指し、本プロジェクトにおいては、関連する低炭素・脱炭素化を目指した取り組みにおいて、JCM 設備補助事業を中心とした事業化に富山市と共に協力して推進していく方針としている。



### 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は次の通りである。

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、採択に至り、本年度は3か年事業の2か年目にあたる。



2019年都市間連携セミナーの様子<sup>11</sup>

両大使の富山市長表敬訪問（2020年1月）

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

さて、自治体の脱炭素施策の検討においては、都市計画や開発に係る規制、管理権限を有する機関との連携が不可欠である。通常、こうした権限と役割は市などの自治体に付与されるが、マレ首都圏において開発計画や規制を担う機関は、国家資本100%の国営企業であるフルマーレ開発公社が担っている。フルマーレ開発公社は、2020年にマレ首都圏工

<sup>11</sup> IGES ウェブサイト (<https://www.iges.or.jp/jp/events/20191127>)

業公社とも合併し、工業用地として整備予定のグリファル島とティラフシ島の開発及び管理の権限も得た。これにより、マレ首都圏の開発計画やビジョン策定に加え、インフラ投資や規制、行政サービスの一部を提供する役割を担っている。

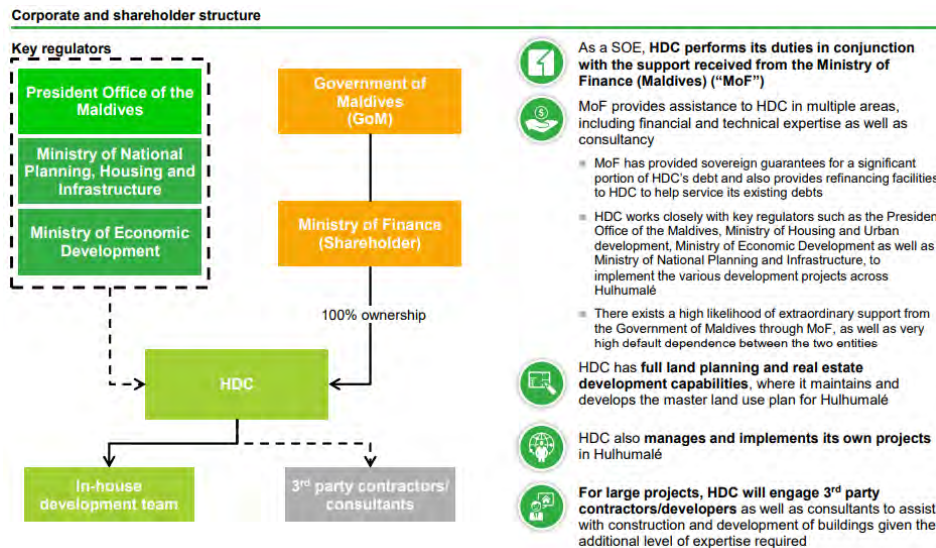
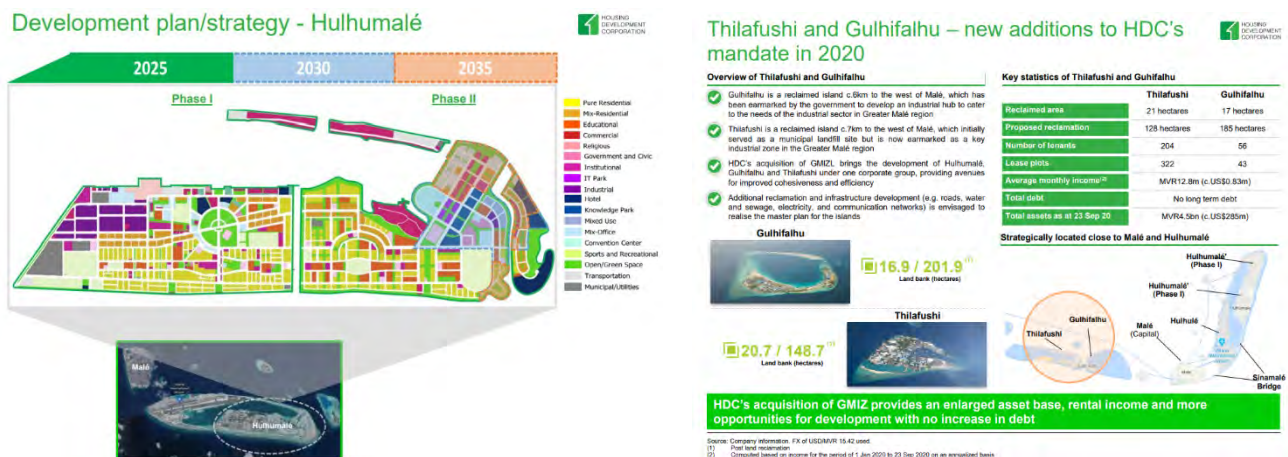


図 2-7 フルマーレ開発公社の構造と役割及び権限

出典) フルマーレ開発公社提供資料



フルマーレ島開発プラン

ティラフシ島開発プラン

図 2-8 HDC の開発マスタープラン策定

出典) フルマーレ開発公社提供資料

富山市都市間連携事業においては、マレ首都圏でこうした役割、権限を有するフルマーレ開発公社との連携を中心に、関係省庁、マレ市とも連携を図りつつ、脱炭素に向けた政策提言や実績、経験の共有と、脱炭素技術等の保有者の紹介を通じた支援を進める方針とした。なお、フルマーレ開発公社として脱炭素を含む環境課題への対策方針を打ち出しており、本都市間連携を通じて、富山市の脱炭素宣言等に相当するよりコミットの高い方針策定についても議論した。

HDC is at the start of its ESG journey and puts strong emphasis on establishing policies to meet international standards



#### Compliance with environmental policies

- While there are no specific environmental regulations that apply to HDC, the company adheres to the guidelines provided by the Environmental Protection Agency (EPA)
- In 2017, HDC collaborated with BREEAM in UK, the world's leading sustainability assessment method for master planning projects, infrastructure and buildings. HDC is currently in the process of integrating the BREEAM standards and green components in planning and developmental guidelines

#### Environmental risks and climate resilience

- HDC takes environmental and climate considerations seriously, and sees threats such as global warming, pollution and depletion of resources to be of paramount importance to the sustainability of the region
- To deal with these issues, the government is implementing projects which include solar energy as well as waste management projects in collaboration with World Bank. A rain-water harvesting project is in the pipeline, as it is being assessed by World Bank on how it can be implemented. A study on potential public transport models for Maldives is also underway, which would aid the government in pushing for public transportation to reduce vehicle pollution
- Hulhumalé was specially reclaimed to be at least 2 metres above sea level<sup>(1)</sup> so that it would be less vulnerable to the increase in sea level. Hulhumalé has the highest above mean sea level in all of Maldives, as most islands are only 1-1.2 metres above sea level



図 2-9 フルマーレ開発公社における環境課題への対策方針

出典) フルマーレ開発公社提供資料

### 3. JCM 案件形成の検討

本調査では、国レベルの脱炭素政策方針として NDC を参照し、フルマーレ開発公社とも協議を重ね、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 CO<sub>2</sub> 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普及分野、有機性廃棄物の循環利用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てきた。

- (1) 公共交通整備による交通由来 CO<sub>2</sub> 排出削減
- (2) ディーゼル発電設備の燃料転換による低炭素発電
- (3) 再生可能エネルギー普及による低炭素化
- (4) 有機性廃棄物の循環利用による低炭素化

初年度の 2020 年度は、これらの検討の基盤となる情報を収集の上、関係機関とも協議しつつ実現可能性の検討を行った。2021 年度は、この結果を踏まえ、現地調査を通じてより詳細な情報を収集・整理した。最終年度となる本年度では、これまでの結果も踏まえ、事業化に向けての具体的案件の特定とその準備を実施した。

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 CO<sub>2</sub> 排出削減分野

マレ首都圏は、面積は小さいながらも、公共交通の整備が不十分であることから、バイクや自動車を保有する住民も少なくない。そのため、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。首都機能のあるマレ島と空港があるフルレ島、フルマーレ島が橋で接続されて以降、フルマーレに居住しマレに通勤する（あるいはその逆）といった動態も活発化し、それ以前と同様にフェリー等での移動もみられるところであるが、より自由に行動できるバイクや自動車の需要が増大している。また、自動車保有数の増加に合わせ CO<sub>2</sub> 排出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求められている。

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寄せた。

その理由について、フルマーレ開発公社は、「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 CO<sub>2</sub> 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。

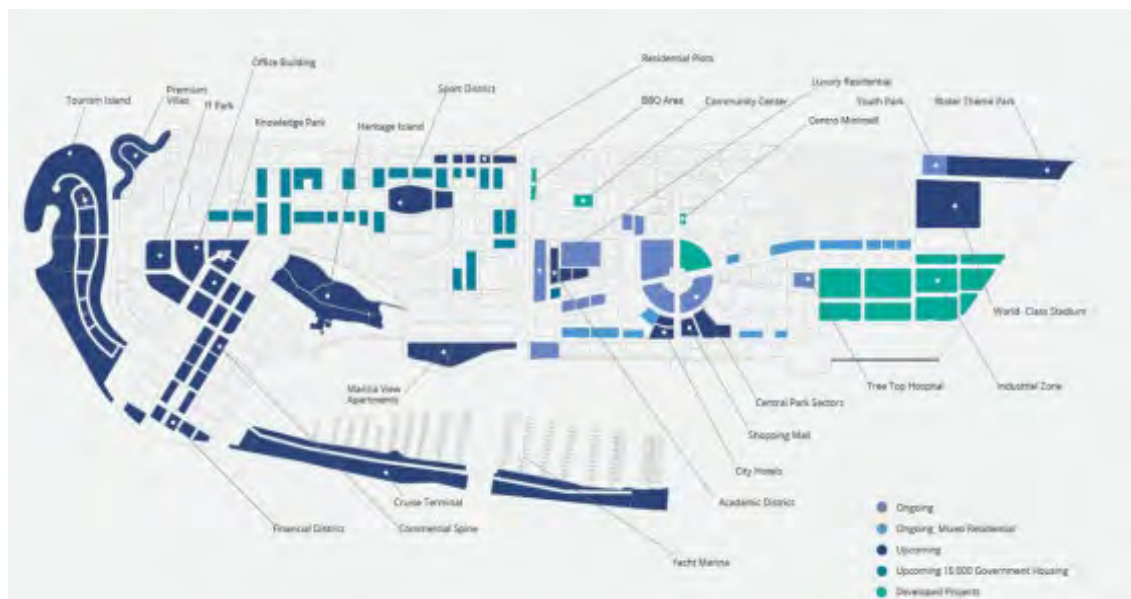


図 3-1 フルマーレ島における観光・ビジネス向け施設の開発計画

出典) フルマーレ開発公社提供資料

初年度の調査においては、ライトレールを中心に導入可能性を検討したが、次章に詳報する通り、フルマーレ島の規模や輸送人数、工期等を踏まえると、必ずしも適切な選択肢ではない可能性が見出された。

そこで、昨年度調査では、長期、短期のアプローチとして、最適な公共交通検討と長期

的対策としての交通マスタープラン策定、短期的対策としての公共交通脱炭素化について検討した。

今年度業務では、それぞれの検討により見出された検討内容の具体化を行った。以下に検討結果を示す。

(1) 最適な公共交通検討と長期的対策としての交通マスタープラン策定方針 (3.1.1)

- 昨年度業務から見出された現状の公共交通状況について (3.1.1 (1))
- 交通マスタープラン策定方針検討 (3.1.1 (2))

(2) 短期的対策としての公共交通脱炭素化検討 (3.1.2)

- 新規の公共交通分野脱炭素化事業との連携 (3.1.2 (1))
- 既存の公共交通脱炭素化事業 (3.1.2 (2))

### 3.1.1. 最適な公共交通検討と長期的対策としての公共交通マスタープラン策定方針

#### (1) 昨年度業務から見出された現状の公共交通状況について

令和2年度の調査においては、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、政府の開発目標と優先事項を示したSAPでは、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。

当該政策方針の検討の基盤となったレポートでは、まず自動車およびバイクの増加率について言及されている。2000年以降の増加率としては年10%とされており、2012年時点での内燃機関の車両総数556,497と報告されている。

当該レポートの発行以降に整備されたマレ島と空港島、フルマーレ島を接続する橋が完成されて以降、陸上の移動手段としてさらに個人所有の自動車が増加傾向にあると思われる。

こうした自動車やバイクの増加は、土地が狭小なマレ首都圏において、容易に渋滞を引き起こし、マレ首都圏の主要な都市課題とされている。

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、バイク、自動車の増加による交通課題への対策だけでなく、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の余地がある。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

出典) フルマーレ開発公社提供資料

さらに、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として、“9+6” Greater Malé program”がある。本計画では、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 3-3 グレートマレ地域の橋による接続計画

出典) フルマーレ開発公社提供資料

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

### **Vilingilli**

- 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

新たな橋梁は、インドの ODA により建設されることが決まっており、2023 年の完成が見込まれている<sup>12</sup>。上述の通り、住宅、産業、ビジネス等の拠点がつながることから、公共交通の想定においては、フルマーレ島だけを対象とするのではなく、各島への移動を想定、網羅したものとすることが有効である。こうした予測を念頭に、本調査では既に公共交通として導入され、機能しているバスについて脱炭素化の可能性を検討した。

## **(2) 昨年度調査の結果と交通マスタープラン骨子の検討**

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、同市のライトレールを軸とした利便性の高い公共交通に関心を持ち、フルマーレ開発への協力要請に至った背景がある。

一方、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

---

<sup>12</sup> NEXT IAS, "Greater Malé Connectivity Project (GMCP)".

<https://www.nextias.com/current-affairs/27-08-2021/greater-mal-connectivity-project-gmcp>

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た。これは、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からである。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行うことで、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、地域の課題と将来像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に提案した。

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 3-4 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、一般的な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 3-1 公共交通手段の選択肢

形式	地下鉄	モノレール	LRT(高架)	LRT(地上)	バス(専用レーン)
特徴	トンネルまたは高架橋上で専用軌道を走行する大容量鉄道	木の軌道により道路を跨越して走る軌道系交通機関	高架橋上の専用軌道を走行する軽量軌道交通	地上(道路または空路)に敷設した軌道を走行する軽量軌道交通	専用レーン確保と専用軌道に対し、これ以外の軌道でバスが走行する条件が不要な半自動運転を実現し、一般道路に比べて普通のバスよりも高い可能な輸送能力
例					
長所	大容量輸送が可能	高架橋が容易で、占有する敷地面積が狭い。騒音・振動が小さく目立ちにくい	専用高架軌道を走るため、交通渋滞・事故の心配が少なく、車両の小型軽量化で、軌道構造の簡便性が期待できる。	専用軌道比率が高く、運行の道路交通に影響されず、設備構成することで路面電車より輸送力が高い	ほかの道路交通と分離し、渋滞に巻き込まれない。所要を少なくすることで、バリアフリーを実現する。
短所	建設費が高く、掘削工事と長期的期間が必要	普通鉄道に比べると車両の価格が高値で、駅間が短い	建設費の割に輸送能力が少なく、運賃も高い	路面電車に比べ、車両が高価	電気バス・水素バスに接続しやすく、低炭素化が容易
最大輸送力 (人/時・1方向)	64,000	21,000	18,000	11,000	4,000
経済性	建設費 20~300億円/km 車両運賃も重なり	25~145億円/km 含む	25~165億円/km 含む	約50億円/km 約10億円/両 約2.1~3.4億円/両	約20億円/km 約10億円/両 約0.5~1.5億円/両

形式	バス(地上専用レーン)	経済快速バスシステム(BRT)	シェアバイク	SCVWAY
特徴	専用走行車線を確保し、バスによる高速輸送を行う交通システム	道路に走るバスに専用レーン、専用信号機等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なシステム	乗場に設置し、交通安全で、アテンティブな移動可能な移動手段。公共交通機関を補充するものとして海外で積極的に利用されている	パナソニックの新製企業・SkyWay社のシステム。ケーブルカー化した仕組みで、高速運転(時速150km)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。所要を少なくすることで、バリアフリーを実現する。	専用レーン、ICカードシステム、道路改良等により、路面電車と同等の色々の輸送力と輸送能力を確保し、柔軟性を兼ね備える	乗場にやさしく、導入コストが安い。	建設費が抑えられる。建設コストはモノレールの約1/5程度
短所	一般道路上で専用車線を設けるので、広い道路用地が必要となる	一般道路上を走行するので、交通安全が最大のポイントである。駐輪場の整備、歩行者との分離が課題となる。		定員は7~168名(連結した場合)。輸送力が高い
最大輸送力 (人/時・1方向)		0,120		
経済性		0.2~7億円/両		

出典) 各種資料より佐藤工業株式会社作成

ここで、マレ市における計画を整理する。上記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分という基準は、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。

なお、現在フルマーレ・マレを接続する橋、および計画中的マレと他島を接続する橋においては、強度や道路幅を含め、鉄軌道の導入は想定されておらず、ライトレール等を通すことは困難である。

フルマーレ島内のみのライトレール設置の場合であっても、道路幅に加え、建設時の仮設用地の確保が課題となる。フルマーレ島については、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、既存の交通への障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。

フルマーレに必要とされる輸送特性は、他国の大都市にみられるほどの大量輸送ではないこと、駅間の距離が短いこと、高い頻度で利用できること等がある。

現在この需要が自動車やバイクによって満たされているが、これに代わる低炭素交通手段としては、バス路線の整備に高い適性がある。また、フルマーレは開発途中でありつつ、住民の移住や店舗の開店なども並行して進んでおり、すでに街として機能している状況であることから、大規模工事を伴う交通インフラ整備には制約がある。

さらに、フルマーレ内だけではなく、橋で接続されているマレ島、フルレ島や、今後ティラフシ島までが橋で接続される計画であることから、陸上交通でアクセスできる全島への移動特性も視野に計画を進める必要がある。

こうした状況を踏まえると、現在すでに運行されているバス路線の脱炭素化や、利便性強化が最も効果的であることが想定される。

一方で、人々を脱炭素公共交通に誘導するためには、上述の通り綿密な調査に基づく移動特性を踏まえ、街づくりや土地計画、脱炭素政策等も視野に入れたマスタープランとして方針を立て、これに基づき各種施策を進めていく必要があることを先に述べた。

当然ながら、このようなアプローチは成果を得るまでに、調査や政策意思決定を含む多くのステップを要することが課題となる。

こうした検討の円滑な実施に際しては、インフラ整備段階で必要となる資金調達との兼ね合いも含め、ADB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の活用が望ましい。

日本の技術協力プログラムとして、JICA SATREPS プログラム<sup>13</sup>の活用が考えられる。

SATREPS プログラムでは、事業の出口として交通マスタープラン策定等を視野に入れた先行事例として、「THAILAND4.0 を実現するスマート交通戦略」事業等がある。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 CO<sub>2</sub> 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 3-5 「THAILAND4.0 を実現するスマート交通戦略」プロジェクト概要

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ルタント株式会社その他、富山大学も提案法人として名を連ねている。

そこで、本都市間連携事業と並行、連携しつつ、モル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とした。

### (3) 交通マスタープラン策定方針検討

#### a) 交通動態把握と都市デザイン

マスタープラン策定にあたっては、その主要な目的となる公共交通の利便性向上や脱炭素化計画を有効なものとするため、まず根拠となるデータの収集が不可欠となる。

しかしながら、モルディブは、統計情報が乏しく、交通に関しても十分なデータが無いことに加え、マレ首都圏については、フルマーレ開発に伴う住民移転が始まっていることから、日々動態が変化しているため、ある時間的断面でのデータ参照では不十分である。

そこで、SATREPS プログラムを活用し、交通データベースの構築を起点に、適切なモビリティ選定を含む都市デザイン研究を提案した。

<sup>13</sup> 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。

## b) SATREPS プログラムの骨子

国際科学技術協力プログラムである SATREPS においては、交通のみならず、気候変動課題に直面するモディブにおいて、あるべき都市デザインを導出する仕立てがプログラムの趣旨に沿う提案となり得る。

そこで、SATREPS プログラムの位置づけとして、気候変動緩和・適応両面から、交通を中心とした課題導出や解決策の検討に資する社会実験等を含む都市デザイン研究とし、その結果を踏まえ技術協力やインフラ輸出に接続するねらいとした。

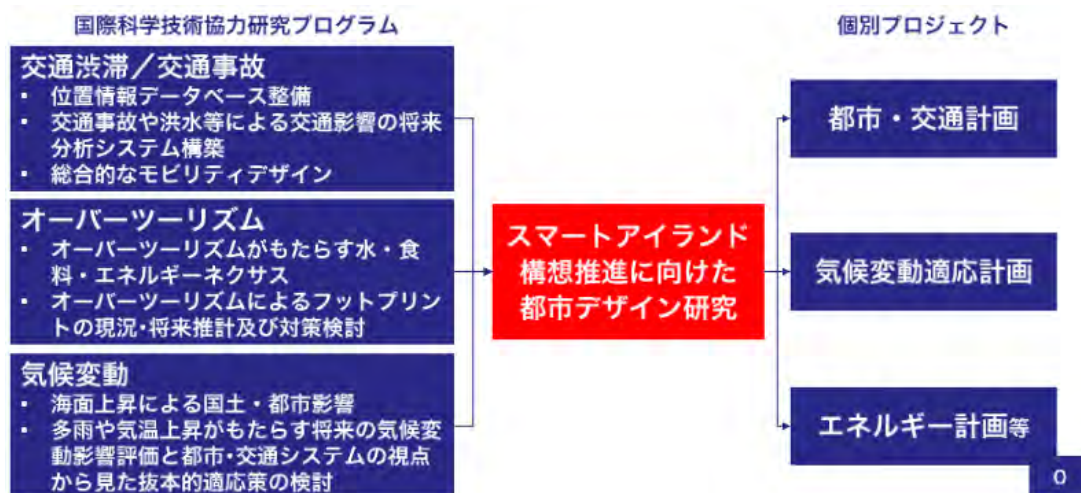


図 3-6 SATREPS プログラム骨子と出口の案

出典) 大日本コンサルタント株式会社提供資料

交通及び都市デザインにおいては、デジタル主導型 (Digital-led) の都市デザイン研究を検討した。デジタル主導型とは、現在の都市データを収集し、それを使って将来のリスクや変化を予測し、現実に先駆けて未来や都市デザインを構築する手法を指す。すなわち現在の都市情報をデジタル情報として複製し、デジタル上で様々な変化のシミュレーションを再現し、最適な都市の在り方を導出したうえで現実の計画に反映する手法である。

現実を反映したデジタル都市を構築することで、多様なリスクに対応した新たなスマートサービスや統合デザインを提供することが可能となる。



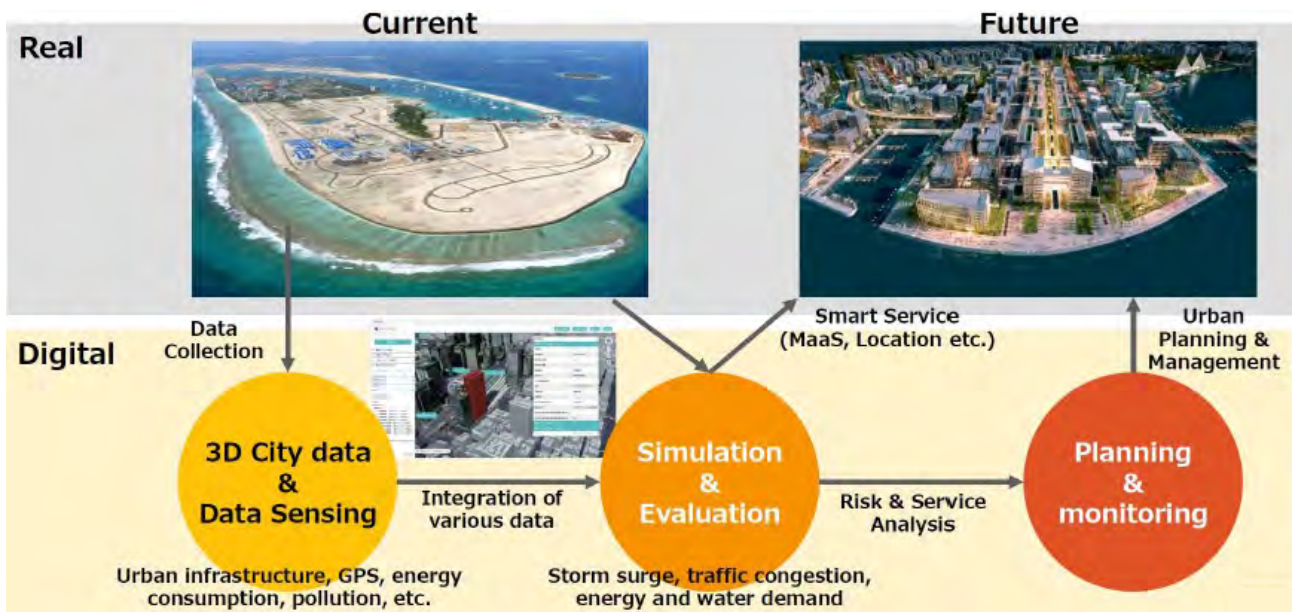


図 3-7 Digital-led smart urban design のコンセプト

出典) 大日本コンサルタント株式会社提供資料

デジタル上の都市において、高潮・防災・交通等、様々な未来予測シミュレーションを統合的に実行することで、都市開発による影響や気候変動によるリスクを早期発見し、これに対応した都市設計を計画することが可能となる。

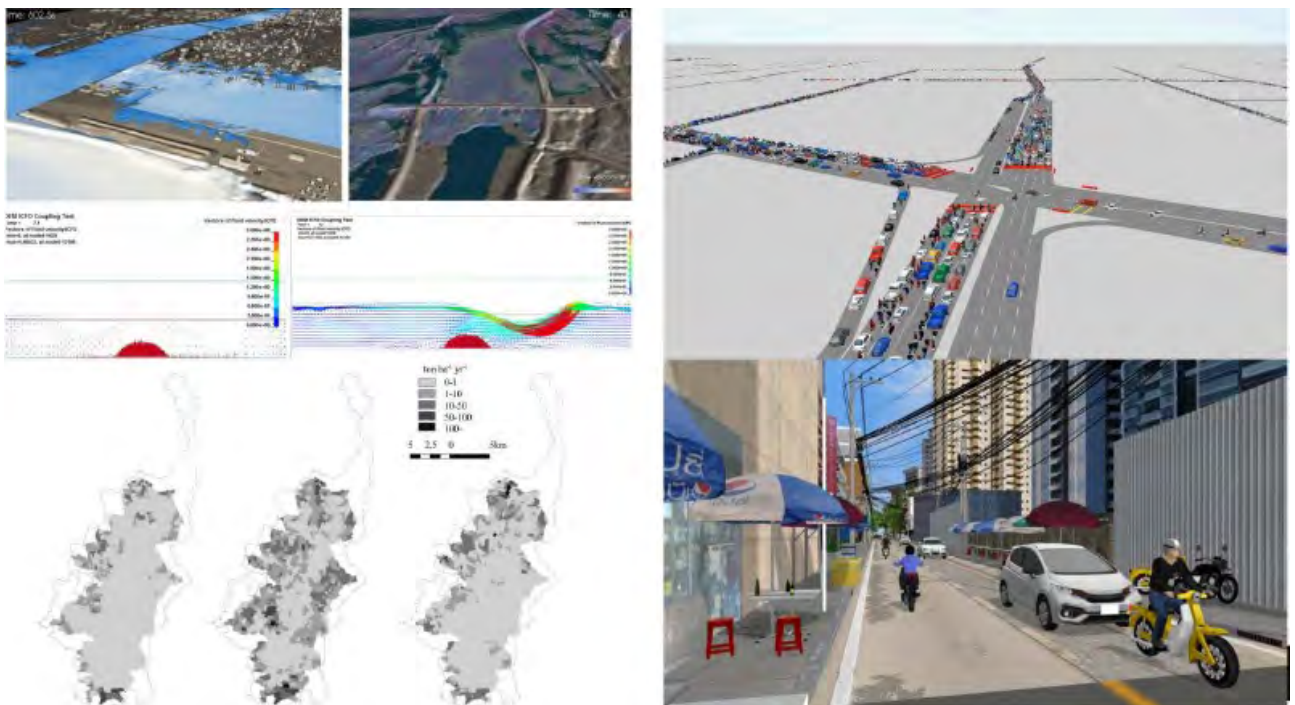


図 3-8 未来予測シミュレーションのイメージ

出典) 大日本コンサルタント株式会社提供資料

SATREPS においては、上記のデジタルリード型都市デザインの実装に際して、マレとフ

ルマーレの 3D 都市 GIS に基づくデジタル主導システムの構築と、携帯電話の GPS データ、環境センサーのデータを統合した交通・防災・エネルギーの未来シミュレーションに向けたインフラ導入を検討する。

加えて、都市計画においては、外部環境だけではなく、人口増加や資源利用増加等による都市の内的変化について加味することが必要である。例えば、廃棄物量の増大や水需要拡大による影響も考慮が必要となる。そこで、現在およびしよる愛の廃棄物・水・資源・エネルギーにフットプリント（容量に対する需要）を測定評価するモデルを字開発する。そのうえで、将来の都市人口と人口増加の将来的なリスクを評価し、どう備えるかといった検討に活用する。

また、これらの環境的課題と経済的課題を統合的に解決するためには、それぞれの課題の個別解決ではなく、相互影響する要員について特定し、総合的な解決を図ることが求められる。相互に密接な関係性を有する分野として、交通・エネルギー・資源がある。これらを一つのシステムと捉え、センシングと解析、計画を行うことを目指す。

また、空間的には、大小約 1,200 の環礁島からなるモルディブにおいては、環礁間とそれぞれの島内で階層が異なるが、これらの異なるスケールをシームレスにつなぎ、全体最適と部分最適の適切なバランスを検討する。すなわち、国レベル・環礁レベル・島レベルの 3 つのスケールを考慮した最適なシステム構築を検討する。

その一例として、SATREPS 事業の中では、公共交通・島間交通・島内交通などの連系システムを対象に、その一部の実証を含めた提案を行う。そのうえで、現在のマスタープランと整合させる形で、将来計画の策定支援を行うこととする。

### c) 公共交通マスタープラン策定と SATREPS プログラムに係る現地体制

上記の SATREPS プログラム案に関してフルマーレ開発公社と議論した結果、SATREPS プログラムに必要とされる現地側研究機関として、モルディブ国立大学を交え意見交換する提案を得た。また、関連省庁として、環境省、運輸・民間航空省、公共交通の運営会社として国有企業 MTCC との意見交換の必要性についても打診を得た。

そこで、各組織と協議の機会を設定し、以下の通り本取組方針に関する意見を得た。

#### ・モルディブ国立大学（MNU）

昨年度、モルディブ国立大学副学長を含めたオンライン会議（2021 年 9 月 21 日開催）を実施し、モルディブ国立大学で主に気候変動や環境社会学、環境科学を専門とする 6 名の専門家と現地において会議の機会（2021 年 10 月 31 日開催）を得た。

今年度は、2022 年 10 月 4 日に渡航機会を得て、HDC の同席のもと SATREPS プログラムの主提案者となる富山大学猪井教授、王教授、名古屋大学中村教授および大日本コンサルタント株式会社をオンラインで接続しハイブリッドでの会議を開催した。



図 3-9 モルディブ国立大学との意見交換の様子

会議では、大日本コンサルタントより SATREPS 事業の概要及び研究体制、研究計画について説明を行ったうえで、名古屋大学中村教授、富山大学猪井教授、王教授よりそれぞれの研究内容、SATREPS プログラムでの研究計画について詳細説明を行った。

MNU からは、研究方針・内容に高い関心を示し、各研究分野に適する研究者の選定を検討していくことで合意した。また、SATREPS プログラムにおいて提出が求められる ODA 要請書に関して、MNU が過去に提出したフォーマットを準備し、モルディブの外務省より日本大使館に提出する流れについて確認することができた。

・関係省庁

運輸・民間航空省ならびに MTCC との現地会議においては、省庁間での調整が取れていない課題があることや、国際機関などの複数のプログラムが並行している中、これらが統合されていない課題がある点の共有があった。交通マスタープラン策定においては、SATREPS プログラムなどによる調査・研究をきっかけに現行のプログラムの連携・統合を期待する旨のコメントを得た。



図 3-10 運輸・民間航空省及び MTCC との意見交換の様子

以上の通り、マレ首都圏における公共交通の整備による長期的な脱炭素化の検討については、交通等のデータ収集を起点とし、都市デザインのシミュレーション技術などを活用し、気候変動や人口増加などのファクターも考慮に入れた最適化を研究・実証ベースで実施しつつ、関係省庁とも歩調を合わせマスタープラン策定につなげていく方針とした。

SATREPS プログラムは、例年 9 月～12 月の公募期間で行われるが、JICA による ODA 要望調査は毎年 6 月～8 月上旬までとなっている。ODA 要請書は前もって準備する必要があるが、SATREPS プログラムも ODA の位置づけであることから、次年度の提案を目指し準備を進めていく方針で JICA とも協議を行ったところである。

よって、本都市間連携事業による交通分野の出口は、本事業で実施した実態把握、課題整理、政策提言を基盤とし、次年度以降に SATREPS プログラムへの接続を図る方針とすることで結論した。



### 3.1.2. 短期的対策としての公共交通脱炭素化検討

#### (1) 交通分野脱炭素化事業との連携

##### a) GEF 及びモルディブ政府による新規 EV バス路線設置事業

モルディブ運輸・民間航空省（以下、「モルディブ運輸省」という。）及びモルディブ環境・気候変動・技術省（以下、「モルディブ環境省」という。）は、マレ首都圏の渋滞問題及び交通由来の CO<sub>2</sub> 排出削減のため、フルマーレ島だけではなく、マレ首都圏各島の脱炭素公共交通の導入について検討を行ってきた。当該検討は、地球環境ファシリティ（Global Environment Facility : GEF、以下「GEF」という。）の支援を受けて調査が行われ、2023 年までに「モルディブにおける統合された持続可能な低炭素運輸事業」としてプロジェクト化が決定されている。

本プロジェクトは、マレ首都圏における運輸統合計画を策定するとともに、政府関係機関での連携強化により、低炭素輸送及び化石燃料削減によるエネルギー安全保障、大気汚染軽減を目指すものとなっている。プロジェクトは以下の 3 つの要素から成立している。

要素 1 : 統合された持続可能な低炭素運輸の制度化

要素 2 : 低炭素型電気モビリティ実証による短期的解決

要素 3 : 統合された持続可能な低炭素運輸のスケールアップと普及準備

プロジェクトの要素 1 では、持続可能な低炭素オプションに焦点を当てた運輸制度に必要な政策と制度的枠組みを策定するための政府の能力開発と調整、および政策ギャップの問題解決を図るものとなっている。また、通勤者の移動を向上させる輸送部門の開発のため、マレ地域の低炭素輸送および電動化計画を開発するために政府を支援するとしている。

要素 2 では、再生可能ベースの電動ボートの導入実現可能性調査、電気バスを基盤とした公共交通システムの実証、および電動バイクのシェアリングスキームを通じて、要素 1 を補完する内容となっている。さらに、資金調達メカニズムを含む電動モビリティ戦略も開発するとしている。

要素 3 では、情報と意識の課題に取り組み、行動に影響を与える大規模な利害関係者間の持続可能な低排出輸送についての理解を深めることに焦点を当てている。

##### b) 既存事業との連携

上記の通り、既存事業は GEF による資金援助プログラムである。GEF は、気候変動枠組条約、生物多様性条約、砂漠化対処条約、残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約（POPs 条約）、水銀に関する水俣条約の 5 つの環境関連条約の資金メカニズムとして世界銀行に設置されている信託基金である。

通常、世界銀行、UNDP、UNEP 等の国際機関が GEF の資金を活用してプロジェクトを実施する。なお本事業は UNEP が主導している。

GEF は、地球規模の環境問題に対応した形でプロジェクトを実施する際に追加的に負担する費用（incremental cost）につき、原則として無償資金を提供するが、個々のプロジェクト全額を支給することはない（co-financing）。これにより、開発プロジェクトが環境に配

慮した形で立案されるような梃子とする意義をもつとされる<sup>14</sup>が、モルディブにおける本事業では、普及にあたっての資金が課題となっていた。

こうした背景から、2021年11月に実施した現地調査において、都市間連携事業に係る活動をモルディブ環境省ならびにモルディブ運輸省に示した際、本事業との連携について検討の依頼を受けたところである。

具体的には、上記した要素2の実証事業に際して、GEFプロジェクトにおいては公共交通としての電気バス及びインフラ（充電設備、太陽光発電を含む）を実証レベルで支援することとされており、その支援対象外の普及について、都市間連携事業及びJCM設備補助事業の活用可能性について検討の依頼を受けた。対象となるバス及びインフラの仕様、路線計画等の詳細を以下に示す。

表 3-2 GEF による EV 導入事業において導入予定の設備

電気バス	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 合計15台の電気バス（毎日のルート運用で12台、予備3台）</li> <li>● バスサイズ：6.53×2.23×2.8 m</li> <li>● 16+1席</li> <li>● 低層階とエアコン</li> </ul>
バッテリー	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 68 kWh、リチウムイオン（LFP）</li> </ul>
充電インフラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 合計4台の充電ステーション</li> <li>● 150 kWDC急速充電器</li> <li>● 場所：主要なバス発着場</li> <li>● フル充電で1.5時間未満の充電時間</li> <li>● 充電の種類：バス発着場での夜間充電</li> </ul>
発着場、バス停	<ul style="list-style-type: none"> <li>● フルマーレにある15,000平方フィートの発着場</li> <li>● 2ルート、23のバス停</li> </ul>
ルートの詳細	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2つのルート（R1とR2）（下図参照）</li> <li>● ルートの長さ：R1：4.78 km、R2：3.34 km</li> <li>● 1日あたりの運行数：R1,R2共に6台のバスで80回の運行。</li> </ul> <p>ルートの距離、バッテリー容量、場所を考慮すると、R1で1回以上の充電を要すると想定される。この点は調達前に更なる検討が必要である。</p>
バスの運行時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 午前5時30分から深夜0時まで</li> </ul>

出典) Project Brief: Integrated, Sustainable and Low Emissions Transport in the Maldives

<sup>14</sup> 外務省 Web サイト 外交政策 > ODA と地球規模の課題 > 地球環境 > 地球環境ファシリティ（Global Environment Facility : GEF）  
[https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/kikan/gbl\\_env.html](https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/kikan/gbl_env.html)

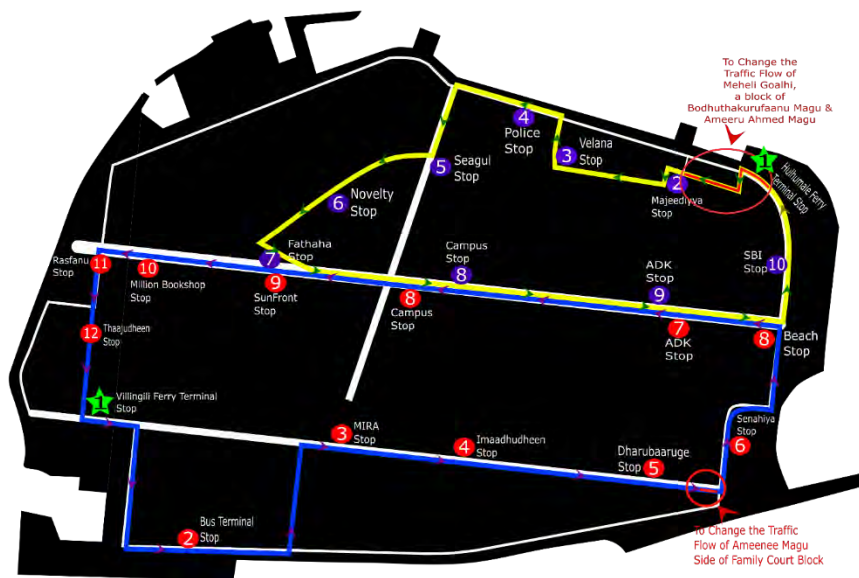


図 3-11 GEF による EV 導入事業で予定されているバスの運行ルート

出典) モルディブ環境省提供資料

本検討にあたっては、国営会社のモルディブ公共運輸公社（以下、「MTCC」という。）が実現可能性調査の実施を担っている。MTCC による設備の概算金額は、総設備投資額として 26,36,384 米ドル、毎月の運用コストは 1,05,069 米ドルと見積もられている。

表 3-3 GEF による EV 導入事業における費用見積

	数量	単価 (USD)	合計 (USD)	割合
電気バス (C6 Bj6650 Foton)	15	1,06,800	16,02,000	61%
充電器 (150kW)	4	72,500	2,90,000	11%
舗装と屋根	1	2,20,000	2,20,000	8%
発着場	1500	58	87,549	3%
系統接続	1	3,89,105	3,89,105	15%
バス停	23	2,075	47,730	2%
プロジェクト設備投資合計			26,36,384	100%
GEFによる支援額 (INV)			2,86,100	11%
モルディブ政府の負担額			23,50,284	89%

出典) モルディブ環境省提供資料

上表の通り、GEF からの予算は合計 15 台の電気バスのうち 2 台、および 4 か所の充電ステーションのうち 1 台の調達に使用され、プロジェクト設備投資額の 11%に相当する金額に留まる。残りの予算については、モルディブ政府が適切な資金調達メカニズムを活用するとされており、当該資金調達に関連し、JCM 設備補助事業への関心を得た。

### c) JCM 設備補助事業の活用可能性

GEF 事業において計画されているプロジェクトのうち、特に CO<sub>2</sub> 排出削減効果が高く、モルディブ運輸・民間航空省、モルディブ環境省からの強い要請を得ている要素 2 における電気バス導入を JCM 設備補助事業対象可能性のある案件として検討する。

上述の通り、GEF 事業の支援対象は限定的であり、15 台のバスのうち 2 台分、4 か所の充電ステーションの設置費用のうち 11% となっている。電源として、再生可能エネルギー電力が想定されているが、太陽光発電システムへの支援は GEF 事業では対象とされていない。

その他、舗装や発着場の建屋等についても GEF 事業においては支援対象となっているが、JCM 設備補助事業の観点からは、二酸化炭素排出削減に直接寄与する設備ではないことから、補助対象外となる。システム全体における予算対象のイメージについて下図に示す。

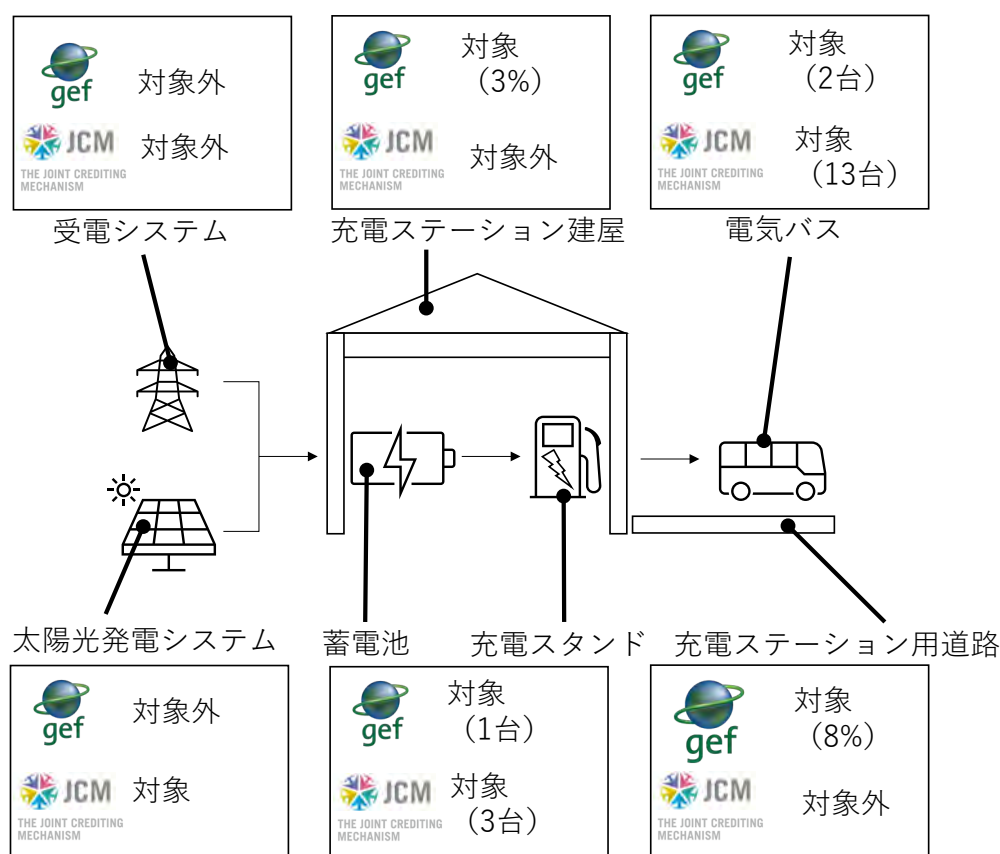


図 3-12 システム概要と JCM 設備補助の対象範囲

本想定での CO<sub>2</sub> 排出削減量、コスト及び実現可能性については、3.1.3 章に詳述する。

### (2) 既存路線バスの脱炭素化事業検討

GEF プロジェクトは、新設のバスルートへの EV バス導入が検討されている事業であるが、一方でマレ首都圏においては、マレ島、フルレ島、フルマーレ島を結ぶ 6 路線が 32 台のバスで運行されている。これを管理している組織は国営運輸公社の MTCC である。

MTCC では、バスの更新に際して、脱炭素の観点から 2019 年より EV バスを導入する計



画を策定し、3年間にわたり調査が続けられてきた。

しかしながら、資金面、運営管理やチャージステーションの技術的知見の少なさなどから、結果として導入を見送る決定をしたとのことであった。しかし、GEF事業等と併せて、EVバスに順次更新していく計画は有しており、5年後にはEV化を実現することを目指している。現地でのMTCCとの協議において、この計画への協力について要請を得たところである。



MTCC

### MTCC: Research complete on bringing battery powered mini-bus, tenders to open soon

Jul 19, 2019



News

### MTCC to introduce electric buses in Male' City

Mar 15, 2019



Maldives Transport and Contracting Company (MTCC) has revealed electric buses will be introduced in Male' City.

図 3-13 2019年に報道されたMTCCによる電気バス導入計画<sup>15 16</sup>



図 3-14 MTCC との意見交換の様子 (右は HDC の Facebook 掲載記事)

本依頼について、資金面と技術面の課題解決案として、JCM 設備補助事業の活用を検討するため、必要データの提供を依頼し、バスの詳細仕様と燃料使用量、バスルートの距離、往復回数に関してデータ提供を依頼した。得られたデータを以下に示す。

<sup>15</sup> <https://oneonline.mv/en/12553>

<sup>16</sup>

<https://psmnews.mv/en/47500#:~:text=Maldives%20Transport%20and%20Contracting%20Company,in%20Male'%20City%20to%20MTCC.>

表 3-4 MTCC 提供の公共バス情報

Bus / Van	Brand	Fuel Type	Bus Type	Bus Length (M)	Engine Model	Average Fuel Consumption (based on last 3 months data)	Current Fuel Rate (MVR)	Status (as at 22/11/2021)
B0A T1107	Volvo	Diesel	City Bus	12	84004X2B7RLE EURO IV	-	11.63	Grounded
B0A T1108	Volvo	Diesel	City Bus	12	84004X2B7RLE EURO IV	-	11.63	Grounded
B0A T1109	Volvo	Diesel	City Bus	12	84004X2B7RLE EURO IV	1,957.33	11.63	Grounded
B0A T1110	Volvo	Diesel	City Bus	12	84004X2B7RLE EURO IV	421.67	11.63	Grounded
B0A C1128	Volvo	Diesel	Shuttle Bus	12	VOLVO 9100	1,637.00	11.63	Grounded
B0A C1129	Volvo	Diesel	Shuttle Bus	12	VOLVO 9100	-	11.63	Grounded
B0A C1135	Man	Diesel	Shuttle Bus	12	CLA16.220	236.67	11.63	Grounded
B0A C1174	Yutong	Diesel	Shuttle Bus	12	LZYTATE63J1020526	366.33	11.63	In Operation
B0A C1183	Yutong	Diesel	Shuttle Bus	12	LZYTATE61J1020525	986.00	11.63	In Operation
B0A C1136	Man	Diesel	Shuttle Bus	12	CLA16.220	-	11.63	Grounded
B0A C1154	Man	Diesel	Shuttle Bus	12	CLA16.220	526.67	11.63	Grounded
B0A C1156	Man	Diesel	Shuttle Bus	12	CLA16.220	-	11.63	Grounded
B0A C1175	Yutong	Diesel	City Bus	12	LZYTAGD67J1022868	2,984.33	11.63	In Operation
B0A C1176	Yutong	Diesel	City Bus	12	LZYTAGD60J022873	2,877.00	11.63	In Operation
B0A C1178	Yutong	Diesel	City Bus	12	LZYTAGD69J1022872	2,986.67	11.63	In Operation
B0A C1179	Yutong	Diesel	City Bus	12	LZYTAGD69J1022869	2,921.00	11.63	Grounded
B0A C1180	Yutong	Diesel	City Bus	12	LZYTAGD67J1022871	2,732.33	11.63	In Operation
B0A C1181	Yutong	Diesel	City Bus	12	LZYTAGD65J1022867	544.67	11.63	In Operation
B0A C1182	Yutong	Diesel	City Bus	12	LZYTAGD65J1022870	1,141.33	11.63	Grounded
B0A C1184	Yutong	Diesel	Shuttle Bus	12	LZYTAGD60J1024380	3,187.33	11.63	Grounded
B0A C1185	Yutong	Diesel	Shuttle Bus	12	LZYTATE67J1037054	2,682.67	11.63	In Operation
B0A C1186	Yutong	Diesel	Shuttle Bus	12	LZYTATE69J1037055	2,453.33	11.63	In Operation
B0A C1187	Yutong	Diesel	Shuttle Bus	12	LZYTATE60J1037056	2,263.67	11.63	In Operation
B0A C1189	Yutong	Diesel	Shuttle Bus	12	LZYTATE69J1037053	3,572.33	11.63	In Operation
B0A C1190	Yutong	Diesel	Shuttle Bus	12	LZYTATE63J1034790	3,000.00	11.63	In Operation
B0A C1191	Yutong	Diesel	Double Decker Bus	12	LZYTAGE61J1034786	3,961.67	11.63	In Operation
B0A C1192	Yutong	Diesel	Double Decker Bus	12	LZYTAGE67J1034797	-	11.63	In Operation
B0A C1193	Yutong	Diesel	Double Decker Bus	12	LZYTAGE63J1034787	3,205.00	11.63	In Operation
B0A C1194	Yutong	Diesel	Double Decker Bus	12	LZYTAGTAGE67J1034732	3,102.00	11.63	In Operation
B0A C1195	Yutong	Diesel	Double Decker Bus	12	LZYTAGTAGE65J1034788	2,981.33	11.63	Grounded
B0A C1196	Yutong	Diesel	Double Decker Bus	12	LZYTAGTAGE63J1034790	729.33	11.63	In Operation
B0A C1197	Yutong	Diesel	Double Decker Bus	12	LZYTAGTAGE65J1034791	1,791.33	11.63	Grounded

出典) MTCC 提供資料

表 3-5 MTCC 提供の公共バス走行距離情報

#	Route	Length (KM)	Scheduled Trips per day	Oneway	Round trip	Frequency (mins)	Service Time	Number of Stops	Commute Details (August)	Commute Details (September)	Commute Details (October)
Route 1	West Park Bus Stop – Hulhumale'	20.61	61	1257.21	2514.42	15 - Sunday to Thursday 20 - Fri/Sat/Holidays	05:30 – 23:30	21	94,027	102,036	105,224
Route 2	Carnival – Hulhumale'	15.63	56	875.28	1750.56	15 - Sunday to Thursday 30 - Friday excluding Friday prayer break time 20 - Saturday / Holidays	05:40 – 23:00	9	36,036	44,888	45,555
Route 3	West Park Bus Stop - VIA	13.45	19	255.55	511.1	60.00	06:00 – 00:40	7	3,069	3,427	4,144
Route 4	Hulhumale' - Velana International Airport	14.8	76	1124.8	2249.6	30.00	05:35 – 00:35	11	30,980	34,149	33,604
Route 6	Hulhumale Phase 1 – Phase 2 Connection Route	4.06	37	150.22	300.44	30.00	05:45 – 23:45	12	-	112	42,252
Total		68.55	249	3663.06	7326.12	-	-	-	-	-	-

出典) MTCC 提供資料

上表から、燃料使用量は、3 カ月あたり 55,249L、90 日換算として、1 日当たり平均 614 L となっている。1 ルートあたりの運行距離は 4 km～20 km で、往復回数は 19～61 回、合計運行距離は 3,663 km /日であり、総運行距離と総燃料消費量を除すことで求められる燃費値は 5.96 km/L となる。

バスの電動化は、5 年以内に順次進められると想定されており、上記 32 台の 6 路線を電気バスに置き換えた場合の JCM 設備補助事業活用可能性と、CO<sub>2</sub> 排出削減効果を算出し、MTCC と JCM 設備補助事業の活用について議論を進めることとした。削減効果の結果を次章に示す。

### 3.1.3. 現状の交通由来 CO<sub>2</sub> 排出量の試算および低炭素効果の試算

上述のとおり、本年度事業の成果として、EV バスの導入に関し、GEF による新規路線事業計画と、MTCC の既存路線バスの 2 案件について、連携協力要請を現地より得たところである。

以下では、それぞれの案件ごとに、CO<sub>2</sub> 排出削減効果を算定し、JCM 設備補助事業の活用可能性について考察する。

#### (1) GEF 事業の CO<sub>2</sub> 排出削減効果算定と JCM 設備補助事業の活用可能性

3.1.2 章に示した通り、GEF 事業では、2 路線の新規バスルート EV バス導入により運行する計画となっている。路線 1 は 4.78 km 80 往復、路線 2 は 3.34 km 80 往復で、両路線の営業キロ数合計は 649.6 km/日、237,104 km/年となる。

リファレンスケースとして、当該運行距離の移動をディーゼルバスとしたケースを想定する。移動距離から燃料使用量を想定する場合、燃費値 (km/L) を設定する必要がある。JCM 設備補助事業において、現地のデータが得られない場合においては、保守的な検討のため、効率の高い最新機器の値を用いることとなっている。ディーゼルバスにおける効率の高い最新機器の値として、国土交通省が毎年「自動車の燃費性能の評価及び公表に関する

る実施要領（平成 16 年国土交通省告示第 61 号）」に基づき評価している自動車の燃費性能値（令和 2 年 3 月）の「路線バス・一般バス燃費」を参照した。

当該性能値では、いすゞ自動車、トヨタ自動車、日野自動車、三菱ふそうトラック・バスの各車両の燃費データが整理されており、3.95 km/L～10 km/L の燃費値が示されていたことから、効率の最も高い最新機器の値として 10 km/L の値を参照した。燃料使用量は、走行距離を左記の燃費値で除算することで得られるため、下式に基づき 23,710 L と推計できる。

$$237,104 \text{ km/年} \div 10 \text{ km/L} = 23,710 \text{ L/年 (燃料使用量)}$$

ディーゼル燃料の CO<sub>2</sub> 排出係数は、2.619 kg-CO<sub>2</sub>/L であるため、上記燃料使用に伴う CO<sub>2</sub> 排出量は、約 62 t-CO<sub>2</sub>/年となる。

JCM 設備補助事業において適用される耐用年数は、減価償却資産の耐用年数等に関する省令別表第一および第二を準用することとなっており、「車両および運搬具」における「乗合自動車」に該当することから、5 年が適用される。

よって、本プロジェクトの総排出削減量は、約 310 t-CO<sub>2</sub> となる。

さて、JCM 設備補助事業においては、当該国にて 1 件目の案件については、CO<sub>2</sub> 排出削減に寄与する設備の 50%か、排出削減コスト目安の 4,000 円/t-CO<sub>2</sub> のいずれか低い値が適用される。

GEF プロジェクトの場合、CO<sub>2</sub> 排出削減に直接寄与する設備として、15 台のバス、充電ステーションが該当する。15 台のバスは、総額で 1,602,000 USD（約 1.8 億円）と試算されており、充電ステーション（スタンド）は 290,000 USD（約 3,300 万円）と見積もられている。合計約 2.13 億円がプロジェクトコストであるが、このうち約 11%が GEF の資金提供を受けるため、約 1.9 億円が JCM 対象範囲となる。

モディブにおいて、EV バスの JCM 設備補助事業は 1 件目となるため、50%の設備補助を想定すると、約 9,500 万円の補助を期待できる一方、CO<sub>2</sub> 排出削減に掛かる費用対効果 4,000 円基準でみると、310 t-CO<sub>2</sub> に 4,000 円/t-CO<sub>2</sub> を乗じた 124 万円が上限となり、プロジェクトコストに占める補助率が 1%未満と、補助効果が非常に小さい補助額となる。

設備補助事業の資金的メリットが著しく低いことに加え、クレジットの観点からも JCM 設備補助事業の適性は低いと言わざるを得ない。

交通分野における JCM/CDM の適用事例は少なく、交通分野が排出する CO<sub>2</sub> は総排出量の 4 分の 1 といわれる中、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<sup>17</sup>、市場メカニズムにおける交通分野の適用の難しさが示唆されているが、本事業も設備価格に対する低炭素効果が小さく、JCM 設備補助事業の適用は困難である。

---

<sup>17</sup> 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>



## (2) MTCC 事業の CO<sub>2</sub> 排出削減効果算定と JCM 設備補助事業の活用可能性

一方、MTCC 事業においては、32 台のバスで 6 路線が運用されており、燃料使用量の多さから、より多くの削減が期待できる対象となっている。

上述の通り、燃料使用量は 55,249 L/90 日、614 L/日であることから、CO<sub>2</sub> 排出係数の 2.619 kg-CO<sub>2</sub>/L を乗じると、CO<sub>2</sub> 排出量は約 1.6 t-CO<sub>2</sub>/日、年間 365 日運行と仮定すると、約 587 t-CO<sub>2</sub>/年が排出量となる。

MTCC 事業における EV バスの電源として、再生可能エネルギーの最大限の活用が期待されていることから、ここでは MTCC が管理する施設（バスターミナル等）の屋根に太陽光パネルを設置し、充電ステーションへの電力供給を行うことを併せて考える。不足分については、グリッド電力で補うこととし、グリッド電力分については電力排出係数を用いてプロジェクト排出量を算出する。

32 台の EV バスが必要とする電力量であるが、1 日の全台の走行距離合計が 7,326 km となっており、EV バスの電費（距離当たり電力使用量）は国道交通省の電動バス導入ガイドライン<sup>18</sup>に記載の値を採用し、1.2 kWh/km を仮置きする。3,663 km に 1 km 走行に必要な電力量 1.2 kWh を乗じた値、約 4,400 kWh が 1 日に必要な電力量となる。年間 365 日の運行と仮定すると、年間必要電力量はおよそ 1,606,000 kWh である。なお、充電ステーションは MTCC が管理する 2 か所のバスターミナル及び整備場の 3 か所を想定する。立地位置と各地点の様子を下図に示す。

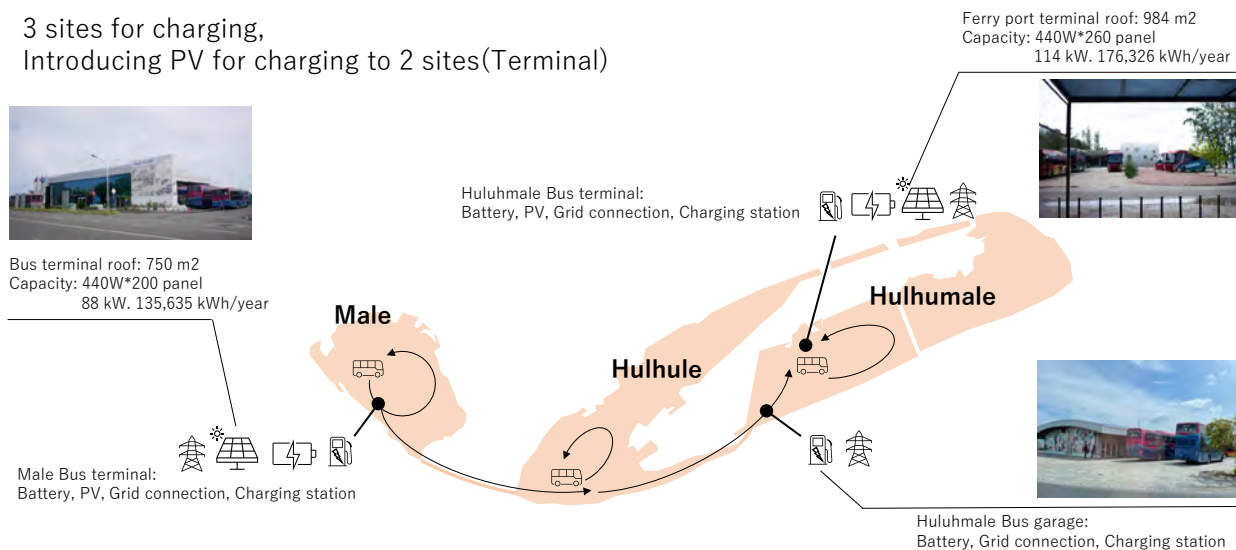




図 3-15 太陽光発電および充電ステーション配置案

さて、このうち再生可能エネルギーによる寄与量を考える。

MTCC 管理下にあり、屋根の利用が期待できる施設は、マレバスターミナル（750 m<sup>2</sup>）とフルマーレフェリーポート（984 m<sup>2</sup>）がある。両施設へのパネル設置枚数と、年間発電量及び設置コストは以下の通りである。

<sup>18</sup> 国土交通省自動車局「電動バス導入ガイドライン」平成 30 年 12 月。  
<https://www.mlit.go.jp/common/001265916.pdf>

表 3-6 MTCC 管理施設の屋根面積と太陽光発電量試算

Site	Area [m <sup>2</sup> ]	Site image	Capacity [kW]	Power generation [kWh]	Initial cost [USD]
Greater Male Bus Terminal	750		88.0kw 440W*200 panel	135,635	102,908
Huluhmale Ferry port terminal	984		114.4kw 440W * 260 panel	176,326	130,871

Total 311,961 kWh

出典) 日本空調北陸作成資料

両地点での太陽光発電量推計では、約 312,000 kWh 程度の発電が見込まれ、当該電力分のバス運行はゼロエミッションと考えることができる。

EV バス運行に必要な 1,606,000 kWh から 312,000 kWh を差し引いた値となる 1,294,000 kWh については、グリッド電力からの供給となる。

燃費、すなわち 1 L のディーゼルで走行できる距離は、上述の通り 5.97 km であるが、同距離を電力で走行する場合、以下の式より 7.16 kWh の電力が必要となる。

$$\begin{aligned}
 & \text{ディーゼル 1 L あたり走行距離(km)} \times \text{単位あたり電力量(kWh/km)} \\
 & \quad 5.97 \text{ km} \quad \quad \quad \times \quad \quad \quad 1.2 \text{ kWh/km} \\
 & \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad = \text{ディーゼル 1L 相当必要電力量} \\
 & \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad = \quad \quad \quad 7.16 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

モルディブにおけるグリッド排出係数は 0.533 t-CO<sub>2</sub>/MWh であるため、1 km あたりの走行に必要な 7.16 kWh をグリッド電力を得て走行する場合による CO<sub>2</sub> 排出量は、以下の式より 0.0038 t-CO<sub>2</sub> となる。

$$\begin{aligned}
 & \text{ディーゼル 1L 相当必要電力量} \quad \times \quad \text{モルディブ電力グリッド排出係数} = \text{排出量} \\
 & \quad 7.16 \text{ kWh} \quad \quad \quad \times \quad 0.533 \text{ t-CO}_2/\text{MWh} / 1000(\text{単位調整}) = 0.0038 \text{ t-CO}_2
 \end{aligned}$$

ディーゼル 1 L あたりの CO<sub>2</sub> 排出係数は 0.0026 t-CO<sub>2</sub>/km であることから、グリッド由来の電力を電源とするケースではディーゼルより CO<sub>2</sub> 排出量が多くなる計算となる。すなわち、プロジェクト排出量がリファレンス排出量を上回り、JCM 設備補助事業が成立しない。

そこで、32 台を対象とするのではなく、再生可能エネルギー量をベースに検討する。太陽光発電により発電できる電力量は約 312,000 kWh/年であり、この電力で走行できる

距離は以下の式により約 260,000 km/年である。

$$\begin{aligned} \text{年間太陽光発電量} \div \text{距離当たり電力消費量} &= \text{太陽光由来電力走行距離 (年)} \\ (312,000 \text{ kWh/年}) \div (1.2 \text{ kWh/km}) &= (260,000 \text{ km/年}) \end{aligned}$$

上記距離のプロジェクト排出量はゼロとなるため、リファレンスケースとして同距離をディーゼル燃料で走行した場合に発生する CO<sub>2</sub> 排出量が削減量に相当することになる。

260,000 km の走行に際して必要となるディーゼル燃料は、以下の式により約 43,000 L である。

$$\begin{aligned} \text{太陽光電力走行距離 (年)} \div \text{ディーゼルバス燃費 (km/L)} &= \text{ディーゼル使用量 (年)} \\ (260,000 \text{ km}) \div 6 \text{ km/L} &= 43,000 \text{ L/年} \end{aligned}$$

ディーゼル燃料の CO<sub>2</sub> 排出係数から、上記使用量に伴う CO<sub>2</sub> 排出量は以下の通りである。

$$\begin{aligned} \text{ディーゼル使用量 (年)} \times \text{ディーゼル燃料排出係数} &= \text{CO}_2 \text{ 排出量} \\ 43,000 \text{ L/年} \times 2.619 \text{ kg-CO}_2/\text{L} \div 1,000 (\text{単位調整}) &= 112 \text{ t-CO}_2/\text{年} \end{aligned}$$

EV バス及び設備に適用される法定耐用年数を 5 年とすると、プロジェクト期間全体での総排出削減量は 560 t-CO<sub>2</sub> となる。

CO<sub>2</sub> 排出削減の費用対効果目安である 4,000 円/t-CO<sub>2</sub> に照らすと、当該総排出削減量からは約 224 万円が（プロジェクトコストの 50% 以下である場合）補助上限と考えることができる。

上記検討において、対象設備は、太陽光及び充電ステーション、EV バス 32 台であり、簡易な試算から以下のコストを推計している。

表 3-7 プロジェクトコストのイメージ

	単位	価格 (USD)	価格 (JPY)	参照元
太陽光パネル	1 式	233,779	約 2.7 千万円	(株)日本空調北陸試算 (パネル価格であり、建設コスト、輸送費は含まない)
充電ステーション	3 台	870,000	約 9.9 千万円	GEF 事業の値を参照 (単価：290,000USD)
EV バス	32 台	3,417,600	約 3.92 億円	GEF 事業の値を参照 (単価：106,800USD)

合計値は約 5.18 億円であるが、上記の JCM 設備補助事業の基準から補助の寄与はわずかであり、補助効果はわずかしかない。設備のうち、CO<sub>2</sub> 排出削減に直接寄与する太陽光パネルのみであっても補助効果は 10%に満たず、JCM 設備補助事業の成立は考えにくい水準である。

ここで、純粹に太陽光発電事業を想定する。太陽光発電の場合、耐用年数として 17 年が適用され、プロジェクト年数が増えることで、より多くの排出削減量を期待することができる。太陽光発電とした場合の削減効果は、以下の式により 1,904 t-CO<sub>2</sub> となる。

$$\begin{array}{rcl} \text{年間排出削減量} & \times & \text{設備耐用年数} = \text{プロジェクト期間排出削減量} \\ 112 \text{ t-CO}_2/\text{年} & \times & 17 \text{ 年} & = 1,904 \text{ t-CO}_2 \end{array}$$

CO<sub>2</sub> 排出削減の費用対効果目安である 4,000 円/t-CO<sub>2</sub> に照らすと、当該総排出削減量からは約 760 万円が補助上限となり、上記太陽光発電設備コストの 2.7 千万円の約 3 割に相当する。

ただし、このケースの場合、電力グリッド代替として太陽光発電設備を評価するケースとの比較を行い、より削減効果を高く評価できる方法論を検討する必要がある。

以上の試算からは、JCM 設備補助による補助金の効果、CO<sub>2</sub> 排出削減量共に、交通分野での JCM 設備補助事業適用の難しさが示唆された。一方、現地政府も公共交通由来の CO<sub>2</sub> 排出削減に高い関心を有しており、交通分野での CO<sub>2</sub> 排出削減の好事例を JCM 設備補助事業において組成する期待も高い。

これらの試算結果を HDC、MTCC や関係者と共有を行ったところ、HDC においてフルマール地区での EV 及びレンタル電動バイク用の充電ステーション実証事業が検討中であることの紹介を得た。

HDC が計画中のコンセプト図を以下に示す。

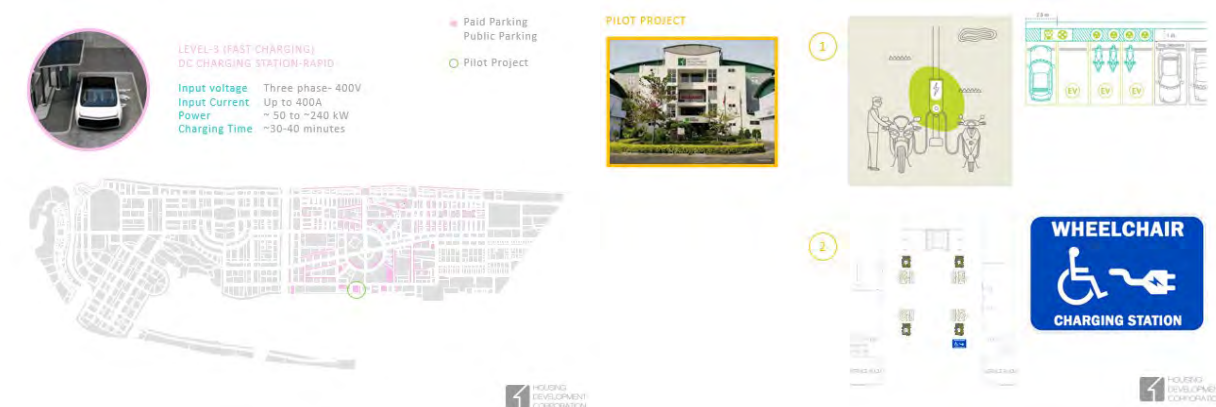


図 3-16 HDC による EV 及び EV バイク充電ステーションのコンセプト

現在計画中とのことであるが、これらの充電ステーションに対して太陽光発電設備の導入について検討を依頼した。

一方、課題として太陽光パネルの充電ステーションへの利用について指摘を受けた。具体的には国営電力 STELCO 社の運用上のハードルである。

充電ステーションでは、太陽光発電からの電力不足時に対応するため、電力系統からの電力を併用する設備が想定される。この時、電力系統管理のために当該太陽光パネルの設置規模や運用についても STELCO 社が管理する必要性が生じる。これにより、充電ステーションを運用する HDC あるいは MTCC 等だけではなく、STELCO 社との導入に関する合意が必要になる他、太陽光発電で得た電力についても、充電ステーション運用者は STELCO 社への電力料金支払いとなるため、充電ステーション運用者にとっては既存の電力系統から買電することと電力価格が変わらず、経済面でのメリットが得られない。そのため、充電ステーションへの太陽光発電導入は STELCO 側の意思決定となるが、STELCO 側は充電ステーション単体の再エネ導入より、系統全体の再エネ比率を上げることが技術面等から容易であることから、一般の太陽光発電導入の優先順位がより高いものとなっている。

バッテリーの導入やモルディブで運用されているネットメタリング制度などの活用も選択肢ではあるものの、コスト面や実現までの時間を加味すると、充電ステーションの屋根などを活用し、STELCO 社の電力系統へ逆潮流を図る一般的な太陽光発電事業モデルが現実的といえる。

#### 3.1.4. 実施体制とスケジュール

##### (1) 公共交通マスタープラン検討

3.1.1 章で述べた通り、公共交通マスタープランにおいては、国際科学技術協力プログラム SATREPS プログラムの活用を想定し、同プログラムで求められている研究機関を主体とした提案を進めていく方針である。

モルディブ側の研究機関としては、同国最大の大学であるモルディブ国立大学とし、日本側の代表研究機関は富山大学を想定している。

上述の通り、両大学の研究者と提案方針の大筋について合意を得ており、今後両研究者の意見交換をさらに重ねつつ、必要書類等の準備を進め、2023 年度の提案を目指す方針である。

都市間連携事業を契機とした事業である点から、提案法人の日本エヌ・ユー・エス株式会社及び共同提案者の大日本コンサルタントが提案作業や各種調整のサポートを担い、富山市、フルマーレ開発公社、モルディブ環境省、モルディブ運輸省、MTCC が連携する体制とする。

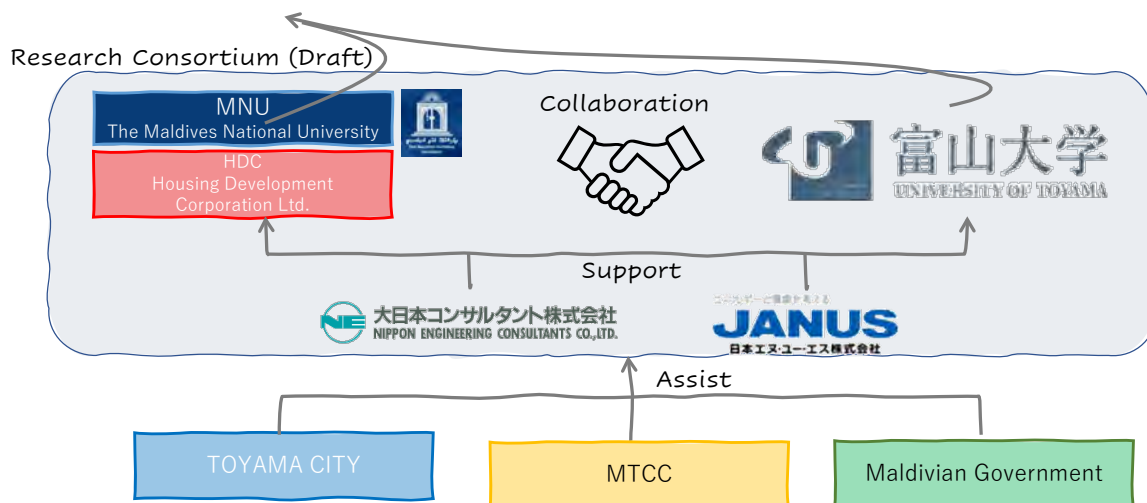


図 3-17 公共交通マスタープラン策定事業実施体制案

## (2) EV バス JCM 設備補助事業

3.1.2 章および 3.1.3 章に整理の通り、本業務では、交通由来の CO<sub>2</sub> 排出削減の短期的対策として、EV バスおよびその電源となる太陽光パネル等インフラを含む JCM 設備補助事業を検討した。JCM 設備補助事業においては、代表事業者として日本企業の参画が求められるところであり、富山市内企業で、本業務共同提案者の株式会社日本空調北陸との連携による体制を検討した。

日本空調北陸は、富山市および北陸を中心に多数の工事实績を有しており、海外展開を目指す同社の方針から、モルディブへのパネル供給に関心を有している。同社は太陽光と蓄電池の組み合わせに関しても豊富なシステム構築実績を有しており、EV バスへの充電ステーションに必要な設計、技術検討にも対応できる。

一方、現地での施工管理や輸入に関して、現地企業との連携が不可欠である。3.1.3 章に記載の通り、現在のコストは概算であり、今後各設備の詳細コスト積算や工事費用の算出を進めるとともに、EV バス事業の事業オーナーとなる MTCC とともに詳細に計画を詰めていく必要がある。

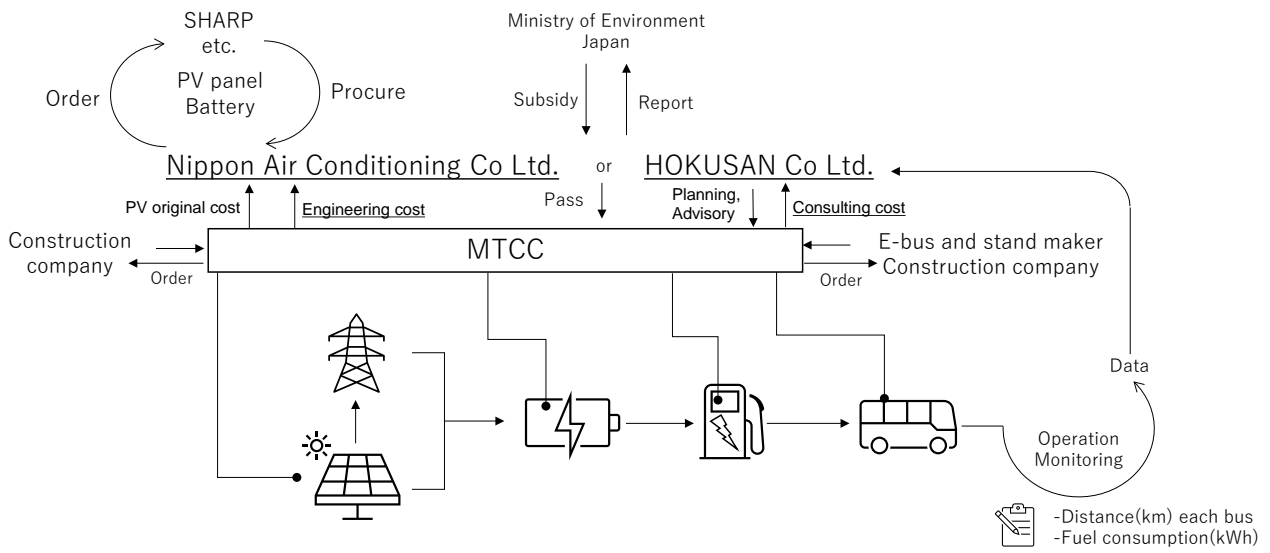


図 3-18 EV バス JCM 設備補助事業実施体制案



### 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力電源である。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。

フルマーレおよびマレのディーゼル発電による電力量は、約4億kWh/年で、ディーゼル燃料使用量は約1億リットル/年、CO<sub>2</sub>排出量は26.5万t-CO<sub>2</sub>/年となっており、モルディブ全体のGHG排出量の約2割を占める。



			
Population	15769	Population	127079
Area of Island (km <sup>2</sup> )	2.000	Area of Island (km <sup>2</sup> )	1.900
Distance from Male' (km)	4.1	Distance from Male' (km)	0
Nearest Airport	Velana International Airport	Nearest Airport	Velana International Airport
Electricity Provider	STELCO	Electricity Provider	STELCO
Peak Load Time	21:00	Peak Load Time	15:00
Total daily peak load (kw)	-	Maximum Peak Load (kW)	56048
Total Installed Capacity (kW)	17400	Total Installed Capacity (kW)	80320
Installed Gen sets	800, 1000x7, 1600x6	Total Generator Sets (kW)	1000x6, 1600x9, 2000x2, 2160x3, 4320, 5760, 6500x2, 8730x2, 8900
Monthly Average Usage (kWh)	4,272,559.50	Monthly Average Usage (kWh)	28,080,134.33
Yearly electricity production (kWh/yr)	51,270,714.00	Yearly electricity production (kWh/yr)	336,961,612.00
Yearly Billed Amount (kW)	46,034,939.00	Yearly Billed Amount (kW)	27,772,229.00
Oil Consumption Yearly	13,536,795.00	Yearly Oil Consumption (Liters)	86,055,128.00
Total Lube oil consumption (liter/yr)	68,916.00	Total Lube oil consumption (liter/yr)	273,114.00
Solar PV Installed (kw)/Year	-	Solar PV Installed (kw)/Year	675kw / 2013
Yearly Production from Solar PV (kwh)	-	Yearly Production from Solar PV (kWh)	911325
Synchronizing Panel	Yes	Synchronizing Panel	Yes
Type of Synchronizing Panel	Auto	Type of Synchronizing Panel	Auto
Electricity cable Installed Year	2003	Electricity cable Installed Year	1949
Distribution Cable size/mm <sup>2</sup>	70185	Distribution Cable size/mm <sup>2</sup>	70180
CO <sub>2</sub> emission (tCO <sub>2</sub> )	36,040.36	CO <sub>2</sub> emission (tCO <sub>2</sub> )	229,113.17
フルマーレ島発電量情報		マレ島発電量及情報	

図 3-19 マレ及びフルマーレ島の発電容量、発電量及びディーゼル燃料使用量

出典) ISLAND ELECTRICITY DATA BOOK 2018<sup>19</sup>

ディーゼル発電に代わる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CO<sub>2</sub>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。

<sup>19</sup> MINISTRY OF ENVIRONMENT AND ENERGY REPUBLIC OF MALDIVES, "ISLAND ELECTRICITY DATA BOOK", 2018 (<http://www.environment.gov.mv/v2/wp-content/files/publications/20181105-pub-island-electricity-data-book-2018.pdf>)



2020年度は、液化天然ガス（LNG）の活用による低炭素化を検討し、ディーゼル発電由来のCO<sub>2</sub>を大幅に削減できる可能性が示唆されたところである。

天然ガス利用については、本業務だけではなく、モルディブ環境省や国営電力公社STELCOにおいても検討が進められており、インドの企業が同事業への投資を計画している。一方、モルディブ国内においても、脱炭素を目指す中で、化石燃料である天然ガス利用に関しては疑問を呈する報道も見られた。

天然ガス（LNG）供給設備および利用設備の整備には、多額の初期投資と工期を要することからも、モルディブのカーボンニュートラル達成を遅らせる要因になりかねない点が指摘されており、初期投資や工期を要するのであれば、脱炭素を想定した取り組みを優先すべきとの論調もあった。

しかしながら、現在の電力需要を満たすだけの安定した再生可能エネルギーオプションは無く、技術的ブレイクスルーを待つ間のディーゼル発電由来CO<sub>2</sub>排出を手つかずにすべきではないことから、選択し得る最適なオプションとして天然ガス利用推進を却下すべきではないといった意見もあり、せめぎ合いの様相となっていた。

こうした動きのなか、2022年のロシアによるウクライナ侵攻に伴い、ガス価格の高騰が深刻化した。さらに、ガスの供給元として候補となっていたスリランカの経済破綻等を受け、LNG導入の検討は事実上停止している状況となっている。

このように、モルディブ政府方針の不確実性に加え、世界的なエネルギー市場の混乱の中、本調査では再生可能エネルギーキャリアとしての水素利用も視野を行い、比較を試みるとともに提言をまとめた。

### 3.2.1. 再生可能エネルギー由来水素の導入可能性検討

#### (1) モルディブにおける国産再生可能エネルギー由来水素の製造・利用可能性

##### a) 水素利用技術の必要性

再生可能エネルギーのうち、モルディブにおいて現状最も普及が見込まれる電源種は太陽光である。

太陽光発電は、日照によって発電量が変動することから、電力の安定供給の観点からベースロード電源とはなり得ない。

また、電力の需給バランスは同時同量が不可欠で、この不一致が電力周波数を乱し、停電等のトラブルに直結することから、需給変動の調整のためにバックアップとして、太陽光の発電量変動の負荷に追従できる安定電源をアイドリングさせる必要がある。

すなわち、モルディブにおいて太陽光発電比率を高めた場合においても、ディーゼル発電は一定量維持しなければならず、この点が電力および系統管理におけるコストや運転管理の課題につながっていく。具体的には、負荷（需要）変動だけではなく、気象に伴う太陽光発電の変動を加味し、ディーゼル発電機の運転調整を行う高度なオペレーションが求められることとなる。これは供給事業者のSTELCOにとっては運転管理の負担となるほか、発電コストやリスクにつながることから、太陽光発電普及にあたっての技術的制約となっている。

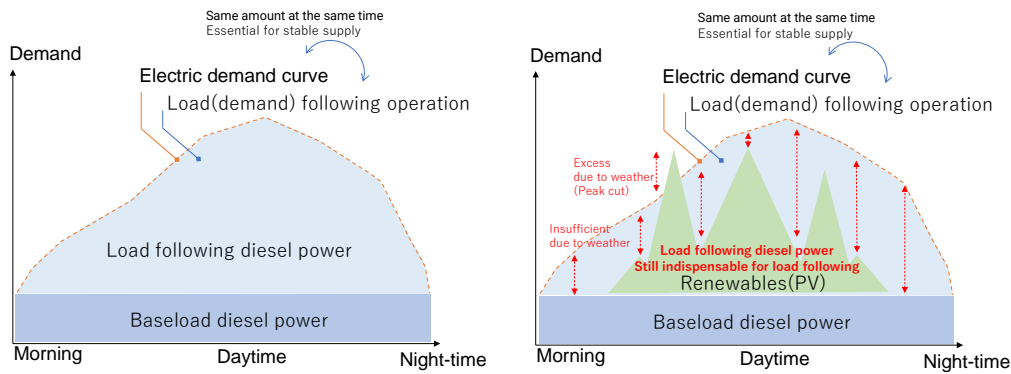


図 3-20 再生可能エネルギーの変動イメージ

発電側の安定出力のためには、蓄電池の利用が一つの解決策である。リチウムイオン電池の充放電効率は 90~95%と言われており、再エネ発電所や基幹系統に接続することで、余剰電力を蓄電し、供給不足時には放電することで、系統電力の安定化を図ることができる。一方、蓄電池を負荷追従に対応する規模で導入を図ろうとすると、電力変換と貯蔵が構造上一体となっている蓄電池の場合、多数の設置が必要となり、コスト・設置面積の課題が生じる他、自然放電を考慮すると、季節や年をまたぐ電力貯蔵には対応が難しい。

このような蓄電池の制約を踏まえ、不安定な太陽光発電由来電力から水電解水素を製造、水素の形で貯留し、燃料電池により電力供給する Power to Gas (P2G) システムが注目されている。水素は、電解効率 80%×燃料電池による発電効率 55%=44%程度で、コージェネ（熱電併給）方式で熱利用まで加えても 70%程度であるとされるが、水素貯蔵タンクを増設するだけで、簡単にかつ低コストで大容量化できる他、貯蔵タンクからの自然放出がないため、季節や年を跨ぐ大規模なエネルギー貯蔵が可能である<sup>20</sup>。

さらに、電力以外の用途として、モビリティ（車両、船舶）の燃料としても活用できる用途選択枝の広さがあるため、再エネ導入拡大の制約を解消するポテンシャルがある技術と言える。なかでも、株式会社東芝では、蓄電池と水素の相互の特長を活かし、不安定な再エネを最大限に活用し電気を安定的に供給するシステムの開発に取り組んできた。

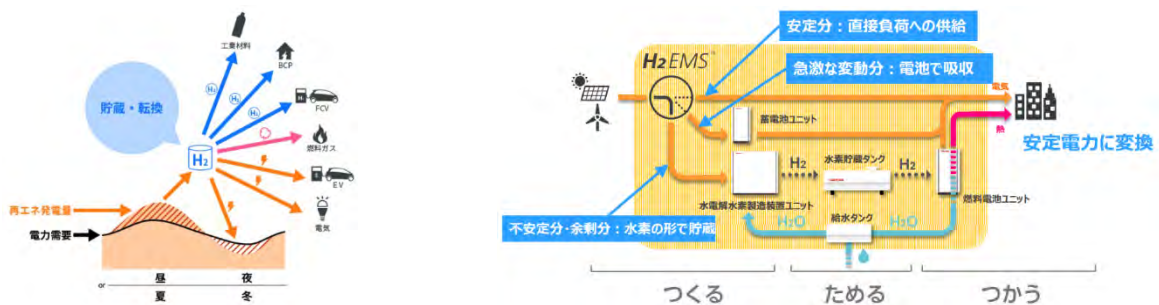


図 3-21 株式会社東芝の水素利用技術

出典) 東芝エネルギーシステムズ株式会社資料<sup>21</sup>

<sup>20</sup> 西脇 文男「再エネ発電の不安定さは「水素」でカバーせよ」東洋経済オンライン、2018年.(<https://toyokeizai.net/articles/-/231887?page=3>)

<sup>21</sup> 東芝エネルギーシステムズ株式会社 Web サイト(<https://www.toshiba-energy.com/hydrogen/product/>)

開発成果として、水素の地産地消を想定した自立型水素エネルギー供給システム H2One™が製品化され、富山市においても導入に至っている。水素地産地消のモデルとして、株式会社東芝では以下の立地特性に対応した活用法を検討している。

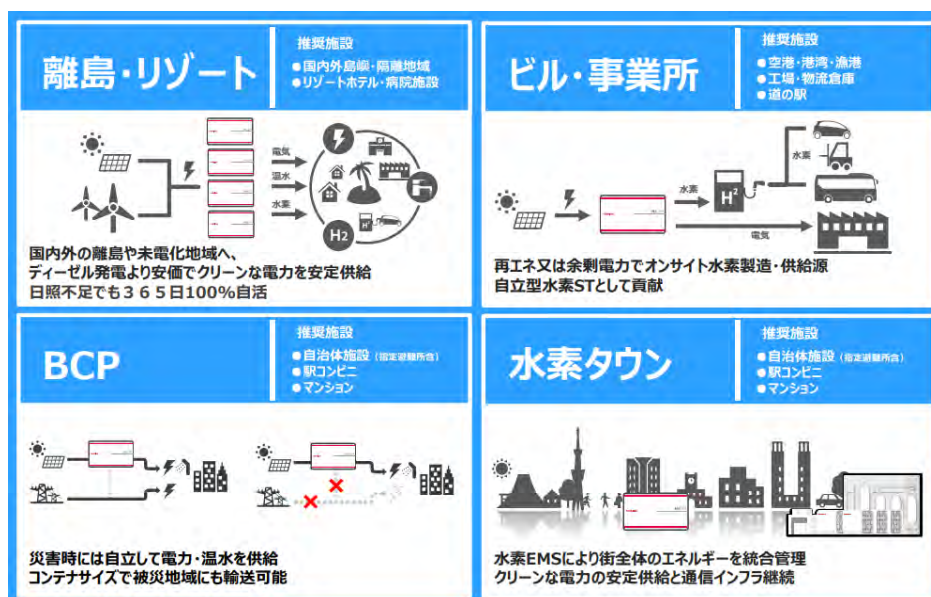


図 3-22 株式会社東芝の自立型水素エネルギー供給システム H2One™展開戦略

出典) 株式会社東芝資料<sup>22</sup>

富山市においては、富山水素エネルギー促進協議会が低炭素社会実現を目指した水素インフラ導入推進に向けて、再生可能エネルギー由来の水素ステーションおよび燃料電池産業車両の導入を計画していた。H2One™システムの拡張により、建物等への電力や温水の供給、EV車への充電等に再生可能エネルギー水素を活用することができるため、H2One マルチステーション™として導入されており、稼働に至っている。



図 3-23 富山市水素ステーション

出典) 東芝エネルギーシステムズ株式会社資料<sup>23</sup>

<sup>22</sup> 平成 28 年度 水素社会の実現に向けた東京推進会議 (第 1 回) 東芝の水素社会実現に向けた取組み「自立型水素エネルギー供給システム H2One (エイチツーワン) と 再エネ水素の利活用」2016 年 6 月 27 日

([https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/climate/hydrogen/suishin27.files/28-1\\_presen1\\_toshiba.pdf](https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/climate/hydrogen/suishin27.files/28-1_presen1_toshiba.pdf))

<sup>23</sup> 東芝エネルギーシステムズ株式会社プレスリリース「富山水素エネルギー促進協議会

## b) モルディブにおける水素利用ニーズ

上記の通り、再生可能エネルギーの普及制約である安定供給課題の技術的解決手段として、水素の利用を期待することができる。ただし、導入にあたっては現地側の認識や理解が不可欠であり、本調査においては技術紹介と併せ、現地側のニーズに関して調査を行った。

### ① モルディブ環境省

現地調査において、モルディブ環境省との面談の機会を得て、都市間連携事業の概要と再生可能エネルギー由来水素の利活用方針を含めた方針に係るヒアリングを行った。環境省側は、環境省次官の他、気候変動、廃棄物、エネルギー部署の担当官が出席し、調査団側は日本エヌ・ユー・エス株式会社とフルマーレ開発公社であった。

水素の利活用に関しては、特に関心があるとのコメントを得た。これまでも再生可能エネルギー普及の打開技術として関心を有してきたことから、検討を試みてきたとのことであるが、現状はコスト面から実現可能性は低いという認識を持っているとのことであった。

そのため、現状のディーゼル発電から、移行技術としての LNG を経由し、将来的にグリーン水素に移行する計画を検討しているという。また、水素は自動車の燃料と発電の両方に利用できることが魅力であるとのコメントを得た。

こうした中、再生可能エネルギーについては、上述の調整力の課題をモルディブ側も認識しており、負荷変動への対応が課題となっている点に言及があった。また、陸上太陽光については、設置できる屋根面積が限られている中、国営電力公社 STELCO や世界銀行、ADB などのプロジェクトで導入計画が進められていることから、それら既存計画との調整が必要であるとの助言を得た。

移行技術としての LNG については、2030 年ネットゼロを目指すうえでカギとなる燃料と認識しているとのことであり、世界銀行の支援で作成した 2030 年ネットゼロプランや、ADB の支援で作成したネットゼロに向けたロードマップにおいても、LNG を活用することが推奨されていると補足があった。ティラフシ島に 200MW の LNG 火力発電所を建設する計画があるものの、脱炭素の観点やコスト面の議論が続いており、結論は出ていない状況であるとのことであるが、グリーン水素については、コスト面等で課題解決が見込まれる提案を歓迎する旨コメントを得た。





図 3-24 モルディブ環境省との意見交換の様子

## ② 国営電力公社 STELCO

現地調査において、マレ首都圏の発電・電力系統を管理する国営電力公社 STELCO と面談し、都市間連携事業の概要と併せ、同社の電力供給計画と再生可能エネルギー由来水素の検討可能性をヒアリングした。

まず、モルディブで現状ポテンシャルがある再生可能エネルギーは太陽光発電に限られる点を STELCO 社としても認識していると言及があった。そうした中、15MW の太陽光発電を導入する計画があること、負荷変動の調整力として蓄電池の導入予定があることについて紹介を得た。ただし、太陽光・蓄電池共に、マレ首都圏においては土地の制約があり、浮体式太陽光やその他再生可能エネルギー技術が開発途上であることを考えると、直近において最も低炭素化できる手段は LNG を燃料とする発電であるとの認識であった。一方、水素に関しては、将来的には徐々に移行したいとの見解を得たものの、安全性の問題から住居から距離をとる必要があるといった課題についても言及があった。



図 3-25 STELCO 社外観

モルディブ環境省及び STELCO 社へのヒアリングから、両機関共に再生可能エネルギーの普及拡大に際して太陽光を主力と考える一方で、土地の制約と電力系統への変動に関する課題認識があり、低炭素化にあたって LNG が当面の解決手段と捉えつつも、将来の脱炭素実現に向けて水素への高い関心を有していることがわかった。

環境省については、これまでも検討を進めてきた中で、コスト面の課題を認識しており、STELCO 社については安全性等の観点からの詳細検討が必要になるとの認識を把握した。



こうした現地関係機関における認識を踏まえて、今後具体的な導入検討を働きかけるために、上記の課題についての解決提案を検討していくこととした。

### c) 水素利用可能性

水素利用において、エネルギー源となる再生可能エネルギー（太陽光）の設置が課題であることを踏まえると、太陽光・水電解水素製造装置共に、大規模・集中型の設備ではなく、自律分散型の設備を需要施設または地区ごとに設置するシステムがより適格的である。

また、大規模化は規模のメリットが得られる一方で、土地確保やコストなどの開発課題と共に、需要の創出も一体的に図る必要があることから、土地、予算確保、政策判断にも時間を要する。よって、水素利用が適格的なモデル地点において、小規模実証を起点に普及を目指すアプローチが有効であると考えられる。

電力については、家庭用燃料電池として日本で既に普及が進んでいるエネファーム（家庭用燃料電池）の活用が考えられる。エネファームは、都市ガスや LP ガスから取り出した水素と空気中の酸素を化学反応させ、発電する装置で、このとき発生する熱で温水を供給できるため、省エネにも大きく貢献することから普及が進んできた。

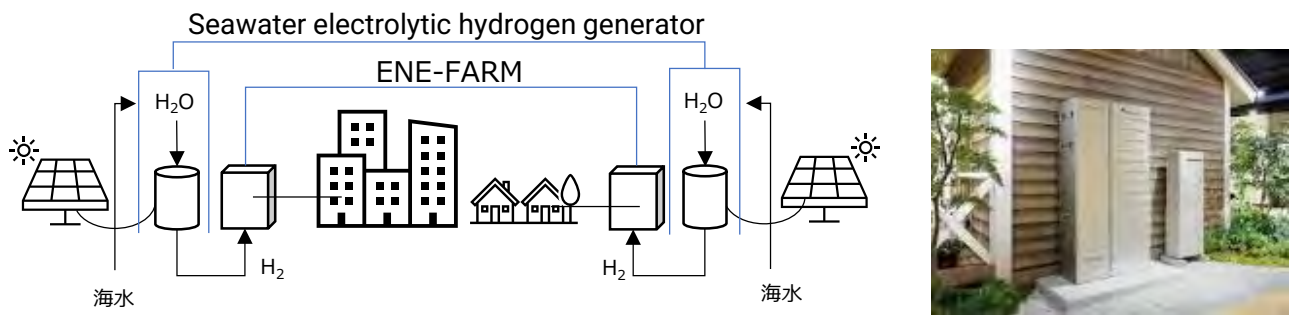


図 3-26 エネファーム利用イメージ

再生可能エネルギー由来の水素を活用する場合、都市ガスや LP ガスから水素を分離する改質器が不要であり、よりシンプルな構造となる。水素インフラの普及を目指し、従来のエネファームから改質器を取り除いた水素直接利用型のエネファームが開発されている。

**What is ENE-FARM?**  
Produces hydrogen from gas to generate electricity and heat

**Hydrogen fuel cell**  
Produce hydrogen with electricity from PV

改質器が不要

**ENE-FARM**  
200,000unit operated in Japan

燃料処理器

**Combination of small units:  
Effective use of difficult-to-use land**

**Can be installed on the roof or underground**

**Three-dimensional installation with PV**

**Quiet and can be installed in residential areas**

図 3-27 エネファームの仕組みと展開

出典) 各種資料を基に北酸株式会社作成

エネファームは家庭向けに設計されているため、静音性が高く、地下設置や太陽光パネルとの立体設置も可能であり、土地制約にも適合性のある設備である。本調査において、モデルとなり得る需要地点を検討したところ、HDCより再生可能エネルギー電力を100%活用する“グリーンビル”構想について打診を得た。グリーンビル構想は、建築物や地域のサステナビリティを測定する国際的な指標である英国 BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method/建築物環境性能認証)制度に基づき設計され、フルマーレ開発エリアにおいて、次世代型ビルのモデルとして開発が計画されており、エネファームの導入可能性について今後意見交換を進めることで合意を得た。

エネファームの導入が進んでいくことで、マレ首都圏電力システムの安定化にも寄与する可能性がある。例えば、日本においては電力市場においてもエネファームが活用されており、再エネ等の発電サイクルに合わせて燃料電池の出力を調整し、系統安定化等に貢献すべく、VPP アグリゲーター実証事業に、現在約1,500台のエネファームが参加している。

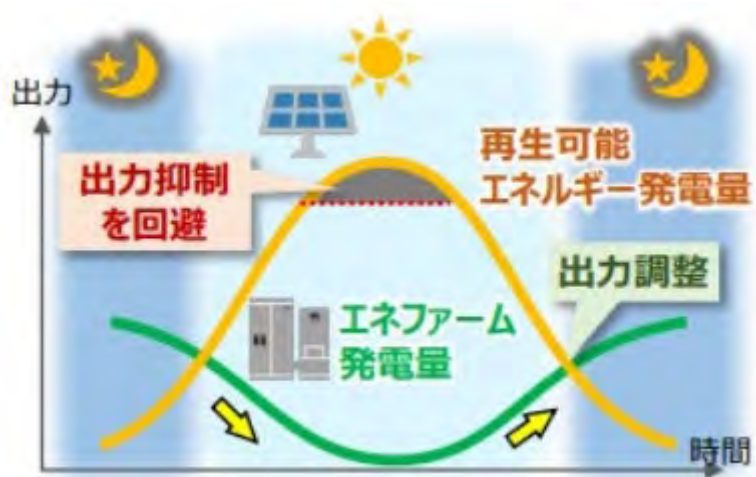


図 3-28 エネファームによる出力調整イメージ

出典) 経済産業省資源エネルギー庁資料<sup>24</sup>

また、水素のモビリティへの適用については、技術開発が世界中で進展しているところであるが、燃料供給のための水素ガス圧縮設備等、水素ステーションのコストが課題として指摘されている。こうした中、米国 IVYS Energy Solutions と PDC Machines の 2 社が共同で開発した「SimpleFuel™ (シンプルフューエル)」の活用が考えられる。

この「SimpleFuel™」はトヨタ自動車株式会社の工場にも導入されており、工場敷地内にある太陽光で発電した電力を利用して、水の電気分解により水素を製造し、さらに圧縮・蓄圧した上で、燃料電池フォークリフト（以下、FC フォークリフト）に充填するまでの工程を一貫して対応できる水素ステーションである。

水素の製造量は、最大 99 Nm<sup>3</sup>/日（約 8.8kg/日）で、FC フォークリフト 7 台～8 台分

<sup>24</sup> 経済産業省 資源エネルギー庁「今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理 (案)」2021年3月  
([https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/suiso\\_nenryo/pdf/025\\_01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/025_01_00.pdf))

の充填ができるとともに、サイズもコンパクトであるため、小さいスペースでも容易に設置でき、工場内でFCフォークリフトに充填する用途に適しているとされる。



図 3-29 SimpleFuel™を活用したモビリティへの水素供給イメージ

出典) 各種資料を基に北酸株式会社作成

稼働範囲・エネルギー使用量が想定しやすい空港関係車両や公共バス、ボート等にも適用することが考えられる。MTCC が運用する公共バスについては、上述の通り EV 化が検討されているところであるが、航続距離が長いほど燃料電池自動車有利であることを踏まえ、水素利用との比較についても今後検討を行う。

#### d) アンモニア利用可能性

先に述べた通り、モルディブにおいては現状、再生可能エネルギー種が太陽光に限定される制約や、それに伴う土地の観点から、カーボンニュートラルの達成においては、再生可能エネルギー由来の水素を海外から調達することも検討されていく可能性が高い。

水素の輸送、貯蔵は、冷却により液化し圧縮する液化水素の他、アンモニア(NH<sub>3</sub>)の利用が注目されている。液化アンモニアは、水素密度が液化水素の約 1.5 倍であり、25°C、10 気圧で液化する。また、液化水素と比較した場合、アンモニアへの変換プロセスにエネルギー損失が生じるが、輸送に要するエネルギーが小さくなるため、移動距離が大きいほどメリットがあるとされている<sup>25</sup>。

エネルギー輸入国にとっては、コストと直結するため、輸送効率の高い燃料種の選定が好まれることから、脱炭素燃料としてアンモニアの活用も視野に入ると考えられる。同様にエネルギー輸入国である我が国の事例から、水素とアンモニアのサプライチェーンを含む発電コスト比較を行った場合、下図の通りアンモニアの発電コストがより低い結果となっている。

<sup>25</sup> 小島由継、市川貴之、水素エネルギー協会誌「水素エネルギーシステム」 Vol.36, No.4, 34-41, 2011 (<https://www.hess.jp/Search/data/36-04-034.pdf>)

表 3-8 水素・アンモニアのコスト比較

	Hydrogen power generation cost (2020)	Ammonia power generation cost (2018)	
Production 製造	Overseas hydrogen production Natural gas + CO2 sales (for EOR) 11.5JPY /Nm3	Overseas hydrogen production Natural gas + CO2 sales (for EOR) 11.5JPY /Nm3 (= 201USD/t)	
		Overseas ammonia production 4.3JPY 円/Nm3 (= 76USD/t)	
Shipping 運送	Hydrogen import Raleigh transportation + liquefaction + cargo + sea transportation 162JPY /Nm3*	Ammonia import cargo + sea transportation 2.3JPY 円/ Nm3 (= 40USD/t)	
Power generation 発電	Hydrogen generator 70,000 yen-90,000 JPY /kW**	Exclusive firing 460,000 yen /kW	Mixed firing 290,000 yen/kW
Total Cost	Exclusive firing 97.3JPY/kWh***	Mixed firing 1 (e.g., calorific base 10%) 20.9JPY/kWh***	Exclusive firing 23.5JPY/kWh
			Mixed firing (e.g., calorific base 20%) 12.9JPY/kWh

出典) 各種資料を基に北酸株式会社作成

利用の面からは、三菱パワー株式会社がアンモニアガス専焼タービンを開発しており、2021年に4万kW級タービンの改造に着手しているほか、IHIは天然ガスとアンモニアの混焼に成功しており、2025年に専焼化を目指している。ディーゼルとの混焼については、船舶用ではあるものの、JFEエンジニアリング等が混合燃焼に成功させており、今後アンモニア比率を80%まで高める開発を進めるとしている<sup>26</sup>。

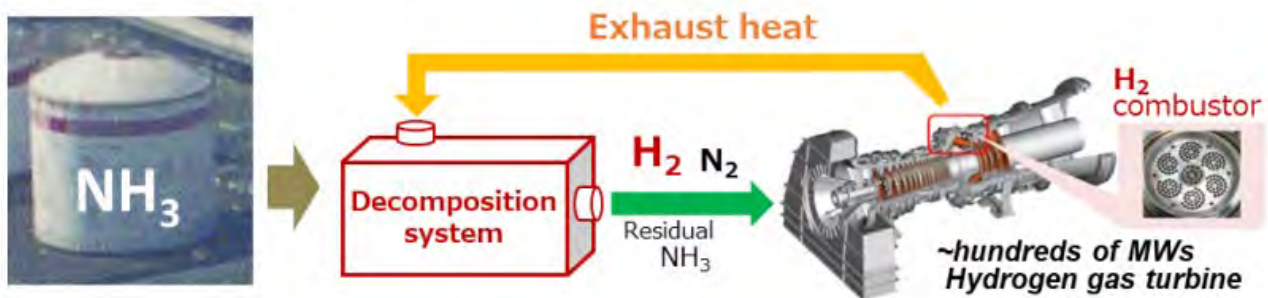


図 3-30 水素利用技術の例

<sup>26</sup> 一般社団法人 日本経済団体連合会「チャレンジ・ゼロ」Web サイトイノベーション事例「アンモニア直接燃焼技術「船用ディーゼルエンジンへの適用」」  
(<https://www.challenge-zero.jp/jp/casestudy/74>)





### Ammonia gas turbine(Dedicated burning)

Mitsubishi

In 2021, we started to remodel the existing 40,000 kW class gas turbine.



### Ammonia gas turbine

IHI

Succeeded in co-firing natural gas and ammonia (70%). Aim for exclusive burning in 2025.

図 3-31 アンモニアガスタービンの技術開発事例

出典) 各種資料を基に北酸株式会社作成

## (2) 天然ガス供給可能性の技術的検討

### a) 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。

日本など島国の天然ガス輸入国では、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℃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。

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。

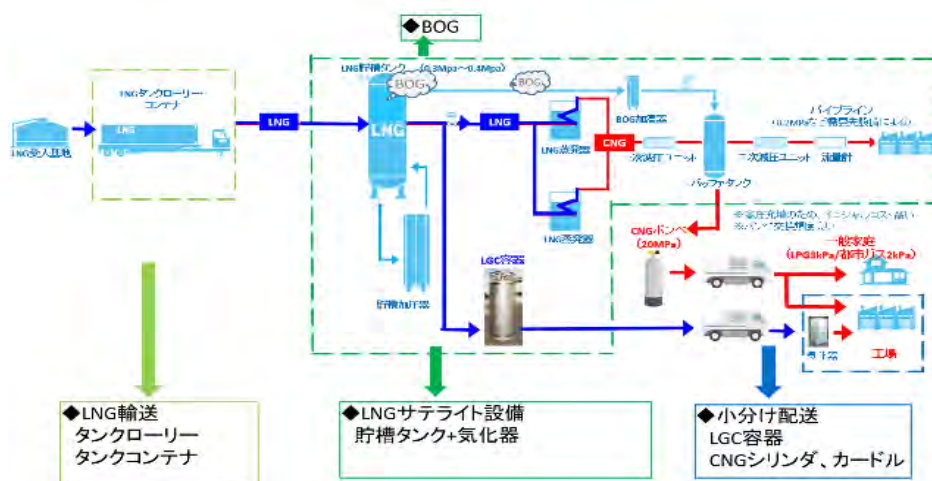


図 3-32 LNG 配送と貯蔵・気化プロセスフロー図

出典) 各種資料を基に北酸(株)作成

圧縮天然ガス (CNG) は、液化天然ガス (LNG) と成分が同様であるが、液化とは異なる



り冷却が不要であることから輸送及び貯留設備はより簡易である一方、大気圧の 1/600 ま  
 で圧縮される液化天然ガスと比べ、1/200 程度の圧縮に留まるため、体積が大きくなること  
 から輸送コストが課題となる。



図 3-33 LNG と CNG の輸送量比較

出典) 各種資料を基に北酸(株)作成

b) モルディブ及びマレ地域における LNG 導入計画

マレ首都圏の発送電を担う国営電力会社 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<sup>27</sup>。

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、グレーター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。

<sup>27</sup> STATE ELECTRIC COMPANY LIMITED(STELCO)“ANNUAL REPORT”,2017.  
 (https://www.stelco.com.mv/download/stelco-annual-report-  
 2017?wpdmdl=5602&refresh=600bb5ef7547f1611380207)



図 3-34 グレーター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 利用を促進する計画が読み取れる<sup>28</sup>。

課題となる燃料輸送については、インドのガス関連企業である Chi Energie 社が検討を進めている。同社の計画においては、グリファル島に 130,000-140,000 m<sup>3</sup> 程度の容量の浮体式ガス貯蔵・再ガス化設備（FSRU）をハブとして設置し、離島向けにも小型 LNG 運搬船により配送する計画を検討している。同容量は、モルディブ全体の 40 日程度のエネルギー消費をカバーする規模とのことである。

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がある。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 ODA による資金提供に動いている<sup>29</sup>。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天然ガス活用提案の位置づけは、再生可能エネルギーの導入を優

<sup>28</sup> MINISTRY OF ENVIRONMENT “MALDIVES FIRST BIENNIAL UPDATE REPORT TO THE UNFCCC”, 2019. (<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/First%20BUR%20of%20Maldives.pdf>)

<sup>29</sup> DW.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>

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炭素化においても、天然ガスの活用を検討し、可能な限り CO<sub>2</sub> 排出を最小化することである。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ことができる。

### c) 天然ガス利用技術

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 3-35 JFE エンジニアリング社の DF 技術事例



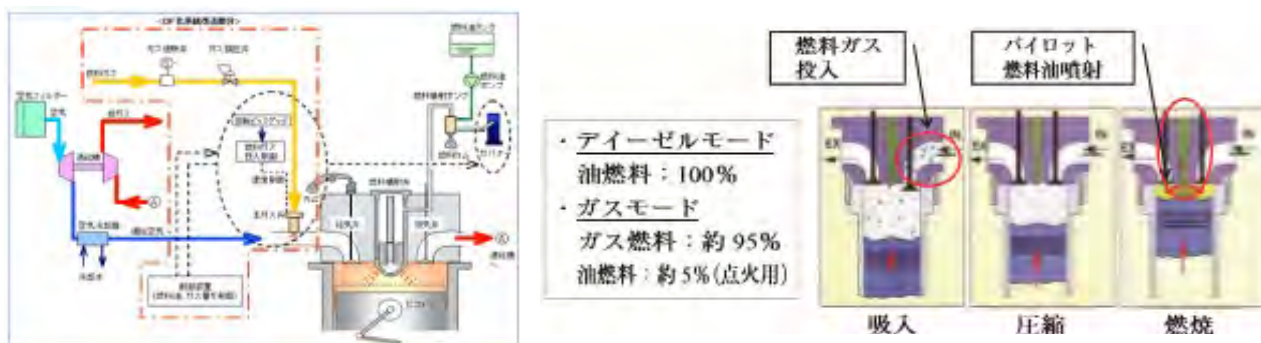


図 3-36 ガス混焼の燃焼イメージ

出典) JFE エンジニアリング社<sup>30</sup>

また、モルディブにおいて廃棄物発電や海水淡水化設備の導入を目指す日立造船株式会社においても、同様のデュアルフューエル技術を有しており、モルディブのディーゼル発電所の多くが採用しているエンジンメーカーとも提携している強みがある。

### 3.2.2. JCM 設備補助事業化可能性検討

本項で検討した代替燃料の可能性については、どれも政府のエネルギー方針やインフラ整備に左右される特徴がある。特にガス利用については、土地の確保や LNG 利用方針を策定しているものの、最終決定は未だに保留されている状況である。ガスインフラが導入された場合、発電単価の下落が期待されるが、これにより水素等を利用する場合のコスト競争力がさらに低下するなどのリスクがある。

こうした状況から、現在の段階において水素や LNG を利用した JCM 設備補助事業の具体的案件は導出できなかった。今後、LNG 導入の決定を待ちつつ、他の案件の実施と合わせ適切なタイミングで JCM 設備補助事業の活用検討を関係機関に打診する方針とする。

なお、候補技術としては上記に挙げた各種日本技術が強みを持つ分野であり、富山市内企業とも連携する形で事業化の準備を引き続き進めることとする。

### 3.2.3. 実施体制案

#### a) 水素利用

水素利用においては、上述の通り自律分散型電源として、太陽光発電パネルと水電解水素製造システムの地区・施設ごとへの設置と、電気/温水または車両向け水素供給設備等の設置を考える。このシステムの構成要素として、太陽光パネル、海水淡水化装置、水電解水素製造装置、エネファーム、水電解水素製造・圧縮供給装置（車両向け）等が考えられる。ポテンシャルの高いサイトや利用施設を今後検討していくが、こうしたシステムの利用者としてフルマーレに複数のビル等を有する HDC をはじめ、グリーンビル等のオーナーを想定するほか、車両向け水素供給については交通公社 MTCC を想定する。

水素利用側としては、システム設計や保安・モニタリング機器提供として、北酸株式会社が JCM 設備補助事業等の代表事業者となり、水素製造のための再生可能エネルギー提

<sup>30</sup> 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>)

供に際しては株式会社日本空調北陸がシステム設計を担う想定とする。

各要素技術については、日系の各メーカーと連携し導入を図る。再生可能エネルギー由来水素利用については、技術は普及段階にあるものの、国内でも導入コストの高さが普及の制約であることが指摘されており、比較的電力価格の高いモルディブにおいても経済的に成立することは現状考えにくい。そうした中、JCM 設備補助事業を活用した場合であっても、需要量や EPC コスト次第ではあるが、経済性についてはなお課題があることが想定される。このため、JICA による SDGs ビジネス支援事業など、実証事業として導入課題等の把握と共に、モデル施設として現地へのプロモーション拠点とするアプローチを検討することができる。

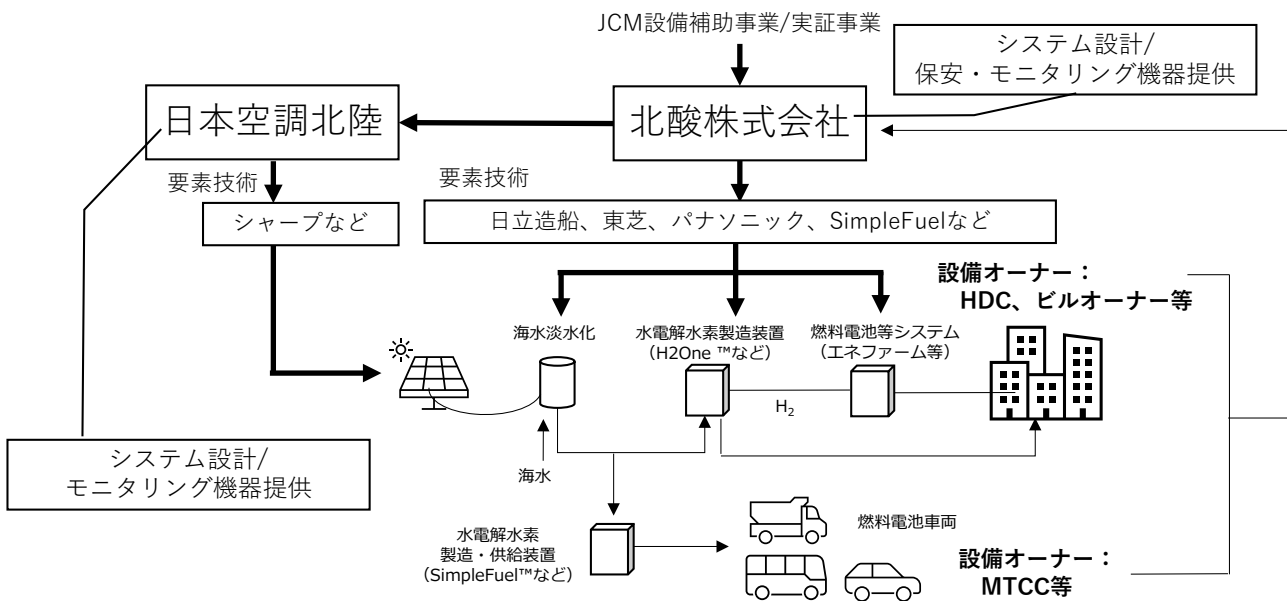


図 3-37 水素普及事業案の実施体制イメージ

## b) 天然ガス利用

天然ガスの利用については、上述の通りモルディブ政府により供給インフラが構築された場合に連携を検討する。LNG インフラ構築の際には、LNG 火力発電所を新設する計画があるが、既設のディーゼル発電所も負荷変動のために継続して使用される計画との情報もある。そこで、既設のディーゼル発電所に対して、貯蔵施設からパイプラインまたは CNG の形でディーゼル発電所に天然ガス供給し、DF 技術とガス運用技術等の提供により混焼化する検討を行うことができる。

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に、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。

ガス供給インフラはインド企業による投資が想定されている。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。



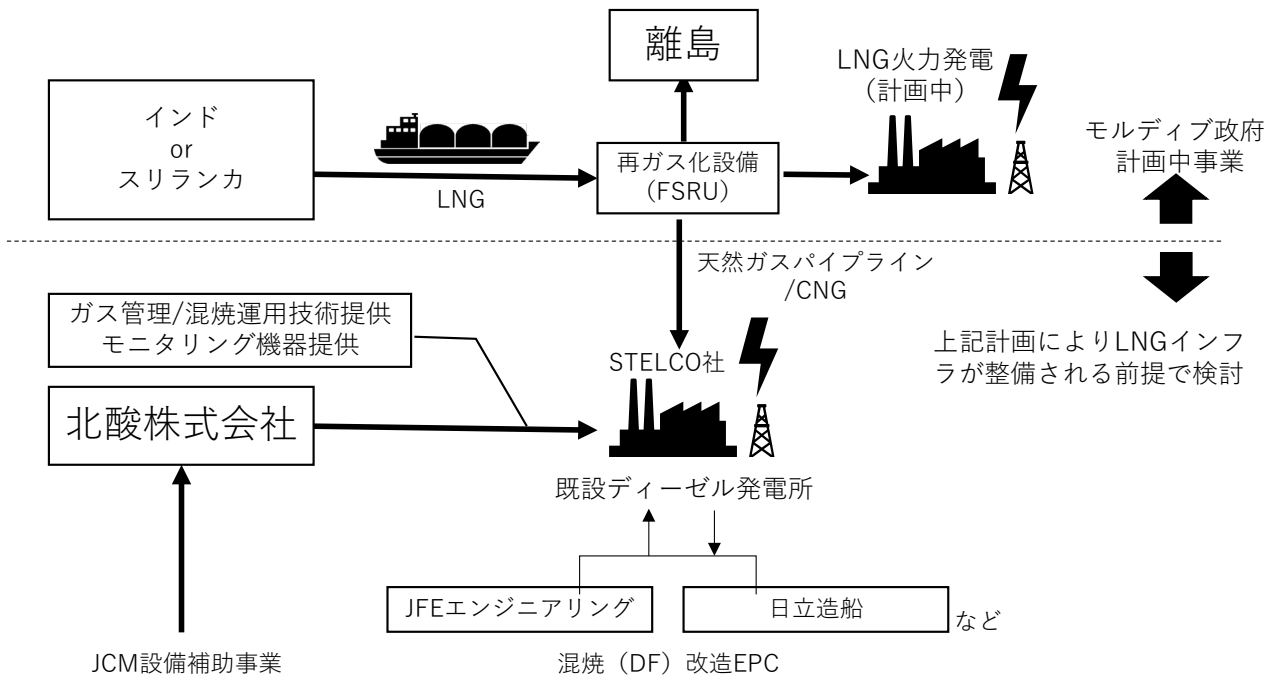


図 3-38 天然ガス利用事業の実施体制のイメージ

### 3.3. 再生可能エネルギー普及分野

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。なかでもリゾート島では、環境意識の高い欧米の客層をターゲットとしており、観光資源である海洋生物の保全だけでなく、廃棄物やエネルギー面の環境配慮の度合いも高めており、再生可能エネルギーの利用を積極的に行っている。本調査では、マレ首都圏における複数のリゾート島を対象に、太陽光発電の導入に関して具体的な引合いを得ることを目的として、リゾートオーナー等へのヒアリングをもとに案件創出を試みた。

#### 3.3.1. BISON 社マレ環礁リゾート開発

モルディブにおける再生可能エネルギー事業参入に際して、既に普及が進んでいることから、モルディブ国内に当該事業を担う事業者が一定数いることが推測されたため、連携・協力により案件発掘が容易となることを想定し、再生可能エネルギー事業者の探索を行った。その結果、国際的な支援プロジェクトの実行経験も有する企業として、**Renewable Energy Maldives** 社とつながりを得た。同社は再生可能エネルギーディベロッパーとして、モルディブ各地での太陽光発電事業を組成している。

オンラインによる複数回の打ち合わせを経て、都市間連携事業の理解と協力合意を得て、ポテンシャル事業の紹介を得るに至った。そのうちの 하나가モルディブの建設会社である BISON 社によるリゾート開発事業である。

BISON 社は、マレ首都圏北西部にリゾート用地を造成し、自社の事業としてリゾート経営を進める計画を有している。その中で、特にエネルギー負荷の高い設備である海水淡水化装置を中心に、電力の多くを再生可能エネルギーで供給するビジョンを有していた。

モルディブにおいて、廃棄物発電事業などの受注に取り組む日立造船株式会社が、同社の保有技術である海水淡水化装置の普及を検討していたことから、再生可能エネルギー水供給設備として、一体的なシステムの導入を連携して検討した。

BISON のリゾート開発計画における部屋数、面積等の情報を元に、海水淡水化造水量 1,000 m<sup>3</sup>/日、そのための必要電力量として 1,209 kWp のシステムを設計した。

造水設備のうち RO システムは、電力が喪失して圧が減るとひずみが生じ、システムに悪影響が生じることから、常に圧がかかるように、バックアップ電源としてのディーゼル発電か、もしくは電力需要に見合うバッテリーを組み込む必要がある。

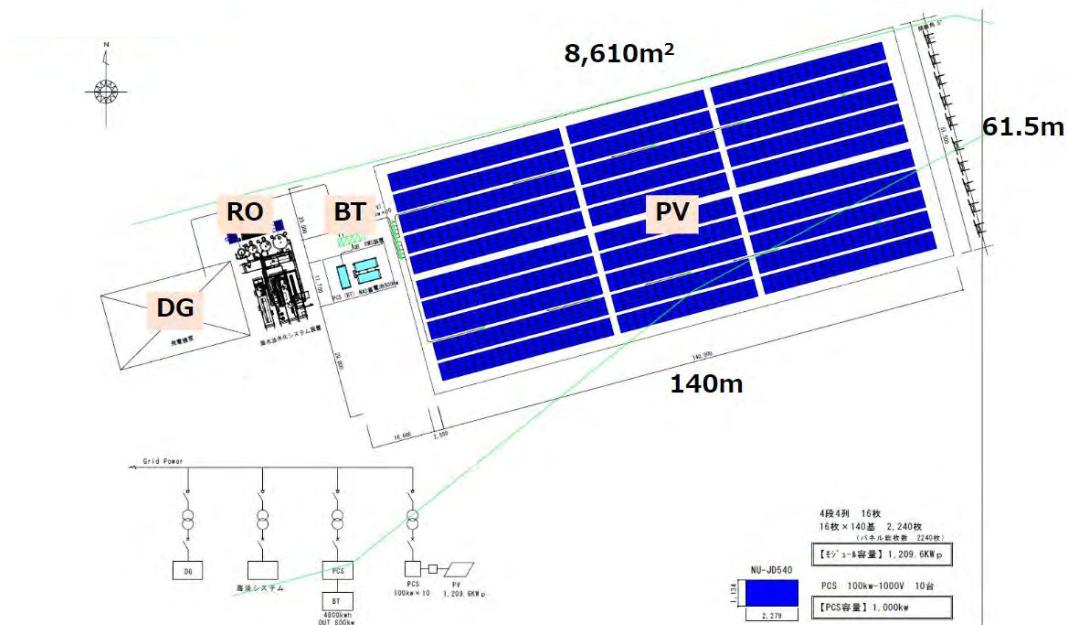


図 3-39 BISON 社リゾート向け太陽光設置レイアウト

出典) 日本空調北陸作成

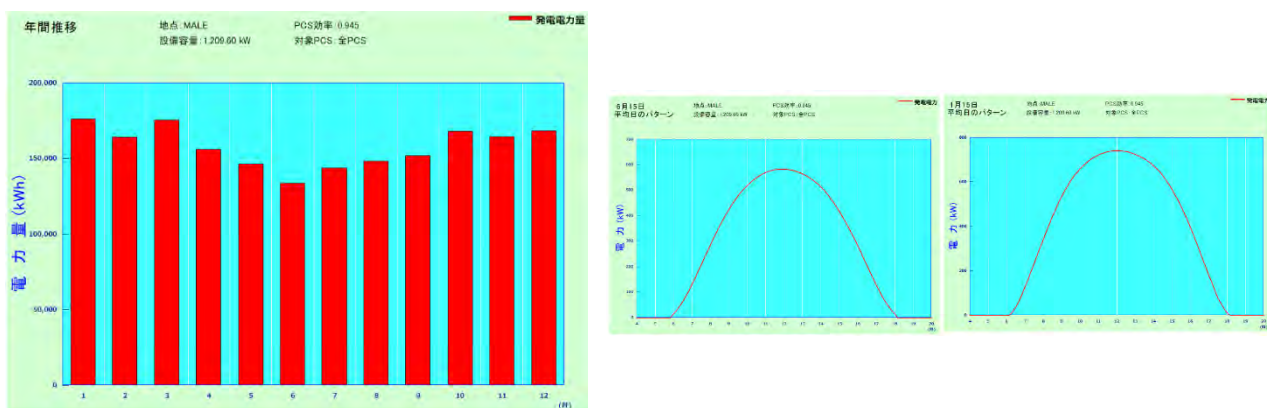


図 3-40 リゾート立地地点における発電量推移の試算

出典) 日本空調北陸作成

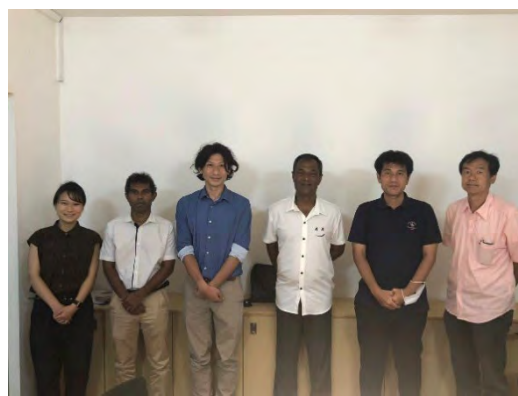
こうした基礎検討の成果を踏まえ、事業方針の詳細を議論するため、継続して情報交換を行ってきたところである。

その結果、BISON 社は、新型コロナウイルス感染拡大に伴い、融資元のスリランカ中央銀行における融資条件悪化により、資金調達に苦慮していた。シンガポール銀行等、他の融資先を検討しているところであり、融資の用途が立ち次第検討を再開する旨の報告があった。

2023 年 2 月現在、融資の用途についてはいまだ進捗がないとのことであったため、融資状況を踏まえて検討を開始することとする。



BISON 社オフィス



集合写真

図 3-41 BISON 社との意見交換の様子

BISON 社の事例から簡易な CO<sub>2</sub> 排出削減量とコスト効果を以下に算定する。

設備容量 1,209 kWp による太陽光発電量は、マレにおいて昨年度検討した発電量試算より、発電効率約 16%を参照すると、約 1,695,000 kWh と推計される。

ディーゼル発電をリファレンスと想定し、マレのグリッド係数である 0.533 t-CO<sub>2</sub>/MWh を参照すると、以下の式によりリファレンス排出量は約 900 t-CO<sub>2</sub>/年となる。

$$\begin{array}{rcl}
 \text{発電電力量 (年)} & \times & \text{グリッド排出係数} & = \text{CO}_2 \text{ 排出量} \\
 1,695,000 \text{ kWh/年} & \times & 0.533 \text{ t-CO}_2/\text{MWh}/1000(\text{単位調整}) & = 900 \text{ t-CO}_2/\text{年}
 \end{array}$$

CO<sub>2</sub> 排出削減量は、900 t-CO<sub>2</sub>/年を排出するディーゼル発電設備を代替すると考える。設備耐用年数については、昭和四十年大蔵省令第十五号減価償却資産の耐用年数等に関する省令に基づく、本太陽光発電設備が専ら海水淡水化装置に用いられる想定から、建物附属設備における給排水又は衛生設備及びガス設備に該当すると考えられ、15 年が適用されると想定される。

よって、プロジェクト期間の CO<sub>2</sub> 排出削減量は、13,500 t-CO<sub>2</sub> となる。

太陽光発電設備は、モルディブにおいて 2 件目となることから、プロジェクト総コストの 40% または費用対効果 4,000 円 t-CO<sub>2</sub> のいずれか低い値が適用される。

プロジェクトコストは今後の検討課題であるため、ここでは費用対効果を元に補助効果を検討する。上記の削減効果 13,500 t-CO<sub>2</sub> から、4,000 円を乗ずると 5,400 万円となり、この金額がプロジェクトコストの 40% 以下である場合補助上限値となる。

太陽光パネルのみのコストで考えると、昨年度調査においてマレの屋根置き太陽光で検討した 1,145 kW の導入コストが近似の規模であり参考となる。左記検討ではおよそ 130 万米ドル (約 1.5 億円) であったことから、BISON 事業においても同等の設備コストである場合、十分に補助効果がある事業になることが想定される。

### 3.3.2. Crossroad 島リゾート

クロスロード島は、マレ島から南 8km に位置するリゾートで、タイのシンハーグループが開発、管理している。リゾートには HARD ROCK ホテル (198 部屋)、HILTON ホテル

(174 部屋) が展開しており、周辺 3 島への拡張が計画されている。

同リゾートでは、電力としてディーゼル発電設備が導入されているが、マーケットニーズを踏まえ、今後エコリゾートとしてリニューアルしていくことが検討されている。再生可能エネルギーの導入も計画しており、海水淡水化設備による水供給とセットでの導入について関心を得た。

現在、水供給需要は 500 m<sup>3</sup>/日であり、太陽光と蓄電池の設置に際しては立地検討に課題があるものの、情報交換をしながら協議を進める方針を確認した。



海水淡水化装置 (RO)



取水口

図 3-42 クロスロード島の設備状況

### 3.3.3. 水産加工工場における太陽光発電利用

フルマーレにおいて水産加工を行う Ensis Fisheries 社と面談の機会を得て、太陽光発電導入に関する関心を得た。

同社は、マグロ等の水産加工に伴い、ポンプや照明、空調等にエネルギーを消費しており、その規模は 2022 年の実績で 11,667MWh となっている。



図 3-43 Ensis Fisheries 社の工場内および外観





図 3-44 Ensis Fisheries 社の位置

同社はより安価で低炭素の電源利用を検討しており、JCM 設備補助事業を活用した太陽光発電導入検討について関心を得た。

同社からエネルギー利用に係る各種データを得ることができた。それらの情報をもとに、発電量および経済性について検討を行った。

パネル設置可能面積は約  $6,630\text{m}^2$  であり、過年度の調査、検討を踏まえると、太陽光発電パネル（440W）は 1,700 枚程度設置できる設計となる。これによる設備容量は 684 kW となる。

マレの日射量・気温等を基にシミュレーションした結果を以下に示す。

表 3-9 年間発電量試算

月	日積算日射量	気温	Kpt	発電量		
				日発電量	月当たり日数	月発電量
	[KWh/m <sup>2</sup> /日]			[kwh/日]	[日/月]	[kwh/月]
1月	6.3	27.7	0.907	3322.2	31	102,988
2月	6.7	28	0.907	3533.1	28	98,927
3月	6.5	28.5	0.907	3427.6	31	106,257
4月	6	29	0.908	3167.5	30	95,024
5月	5.3	28.7	0.908	2797.9	31	86,736
6月	5	28.2	0.912	2651.2	30	79,536
7月	5.2	28.1	0.913	2760.3	31	85,568
8月	5.4	27.9	0.913	2866.4	31	88,859
9月	5.7	27.7	0.913	3025.7	30	90,770
10月	6.1	27.8	0.907	3216.7	31	99,718
11月	6.1	27.7	0.907	3216.7	30	96,501
12月	5.9	27.6	0.907	3111.2	31	96,449
平均	5.85	28.1	合計		365	1,127,332
年間発電量		1,127,332			kWh/年	

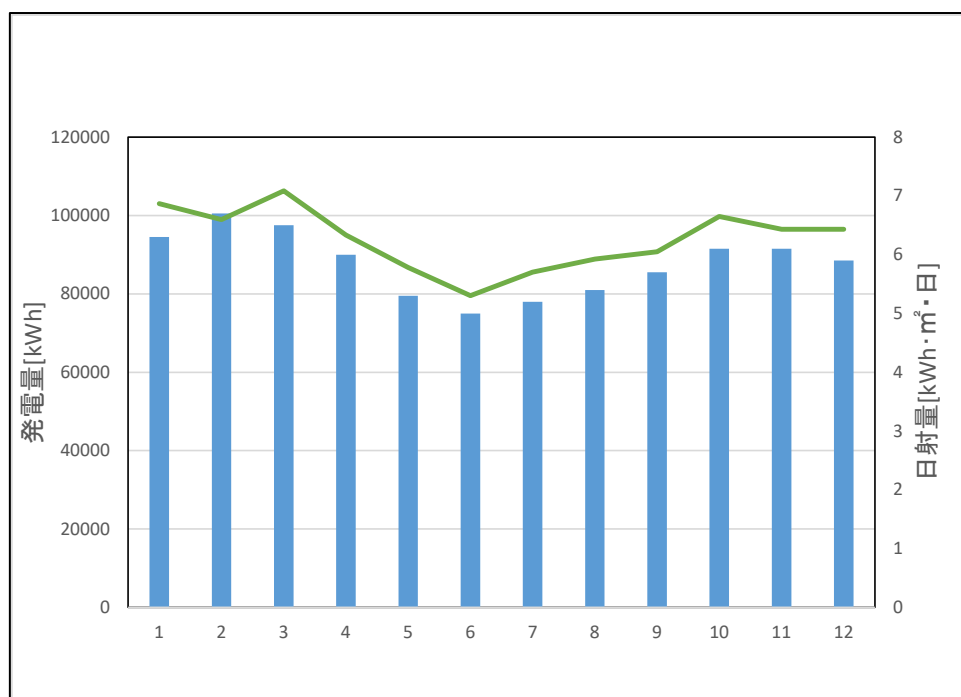


図 3-45 発電量推移

モデルイブにおけるグリッド排出係数は 0.533 t-CO<sub>2</sub>/MWh であり、以下の式によりライフアレンス排出量は約 600 t-CO<sub>2</sub>/年となる。

発電電力量 (年)	×	グリッド排出係数	=CO <sub>2</sub> 排出量
1,127,332 kWh/年	×	0.533 t-CO <sub>2</sub> /MWh/1000(単位調整)	=600.868 t-CO <sub>2</sub> /年

設備耐用年数については、昭和四十年大蔵省令第十五号減価償却資産の耐用年数等に関する省令に基づく、本太陽光発電設備に該当し17年が適用されると想定される。

よって、プロジェクト期間のCO<sub>2</sub>排出削減量は、10,214.76 t-CO<sub>2</sub>となる。

太陽光発電設備は、モルディブにおいて2件目以降となることから、プロジェクト総コストの40%または費用対効果4,000円 t-CO<sub>2</sub>のいずれか低い値が適用される。

プロジェクトコストは今後の検討課題であるため、ここでは費用対効果を元に補助効果を検討する。上記の削減効果10,214.76 t-CO<sub>2</sub>から、4,000円を乗ずると約4,000万円となり、この金額がプロジェクトコストの40%以下である場合補助上限値となる。

今後、Ensis Fisheries社については、工場内設備の省エネ化なども含め、JCM活用により関心を引くことのできる提案を検討していく方針である。

### 3.3.4. マレ首都圏住民島への導入可能性

リゾート島において、電力負荷の大きい設備は海水淡水化設備であり、上述の通りRO造水設備技術を有する日立造船株式会社と連携し、リゾートにおける太陽光発電導入を検討してきた。一方で、住民島も基本的に海水淡水化設備を水源としているケースがあり、同様のニーズがあることが想定された。

加えて、これまでモルディブにおいては、1島1リゾート政策として、住民島への観光客の訪問や宿泊は原則できなかったが、近年規制緩和により住民島においても観光客を受け入れることが可能となり、ゲストハウス等の整備が進んでいる。

マレ首都圏の近郊において、特にゲストハウスの建設とリゾート化を進めている島としてトゥルスドゥ島がある。同島はサーフスポットとしても有名である他、コカ・コーラ社の工場が立地している。マレからスピードボートで30分の距離にあり、250世帯、人口1,750人が居住している。ゲストハウスは、200部屋、最大400人程度の観光客を受け入れることができるが、今後さらに拡大する見込みである。

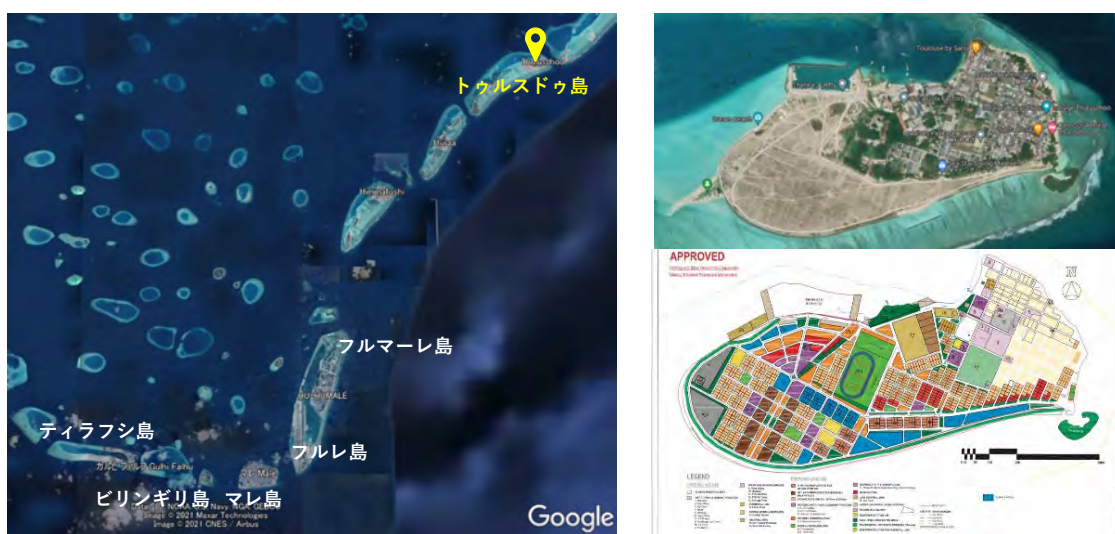


図 3-46 トゥルスドゥ島の位置

海岸浸食が深刻であり、土地造成が進んでいることに加え、造成地を含む土地利用計画が島評議会（島政府）により検討されている。

さて、トゥルスドゥ島の水需要を推算すると、ゲストハウス 200 部屋（2 ベッド）、観光客一人あたりの水の消費量 250 L/日との島評議会の情報から、最大 100 m<sup>3</sup>/日程度の需要が考えられる。また、住民は 250 世帯で、一世帯約 7 名、一人あたりの水の消費量は 150 L/日であるため、約 260 m<sup>3</sup>/日程度の需要であるため、造水量は 500 m<sup>3</sup>/日程度が適当である。

現在造水設備は無く、水はマレからボトル水を購入するか、コカ・コーラ社から購入するルートがあるが、コストが高く、島評議会が設備を保有し、住民及びゲストハウス向けに供給する計画が検討されている。これらの設備を太陽光発電と併せて提案する機会を得たため、現地の状況や土地利用計画を踏まえて検討を進めていくこととした。

一方、同島は 2004 年のスマトラ島沖大地震による津波の被害を受け、ADB 等による復興支援が行われ、海水淡水化設備や下水処理施設が建設されている。しかしながら、これらはメンテナンスや部品交換が適切に行われなかったことから現在稼働しておらず、運営管理体制を含む導入検討もしくは PPA 方式等による運営が必要であると考えられた。



復興支援により提供された  
下水処理施設



復興支援により提供された海水淡水化施設



図 3-47 トゥルスドゥ島の設備

### 3.3.5. 実施体制と CO<sub>2</sub> 排出削減効果試算

各候補事業について、BISON 社からの引合事業をベースに実施体制を検討した結果、日本空調北陸がパネルなどを調達し、現地協力企業で太陽光システム施工事業者である Renewable Energy Maldives 社と連携し太陽光システムを導入するイメージとしている。また、当該システムにより発電した電力を利用する海水淡水化装置について、日立造船株式会社が設置を担う。これらのオフテイカーとして、リゾートオーナーである BISON 社を想定する。

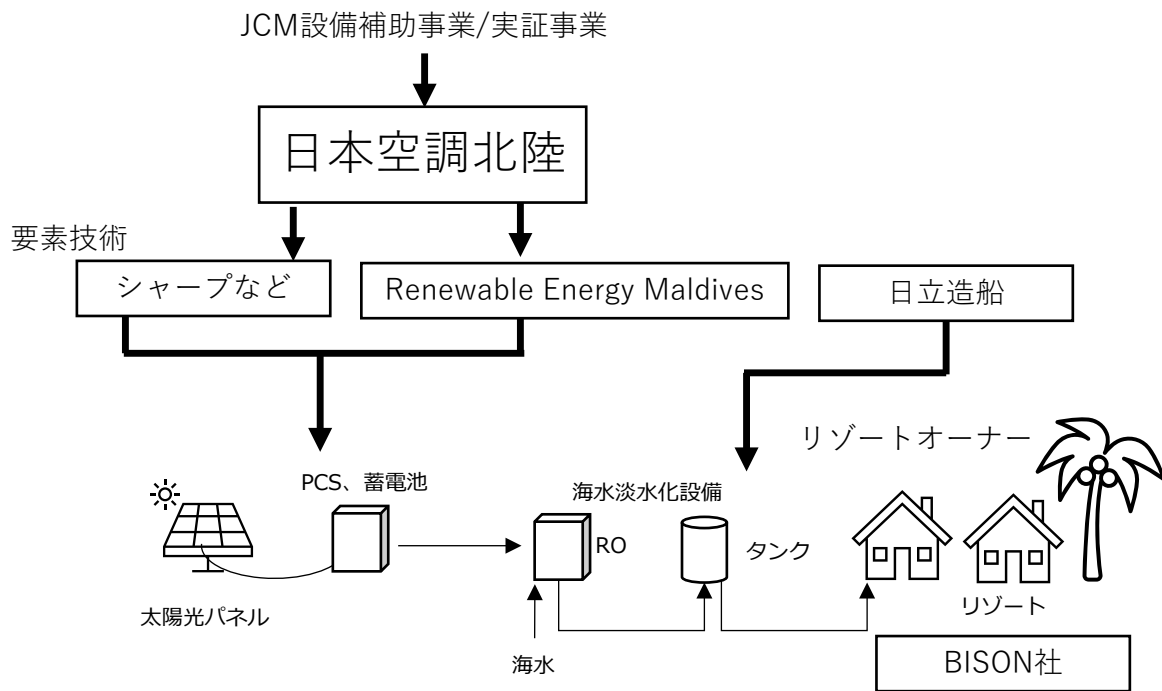


図 3-48 リゾート向け太陽光発電システム導入事業実施体制イメージ

事業形態について、上述のような PPA 方式等の検討も視野に入れる必要があるかもしれない。JCM 設備補助事業の検討に際して必要となるモニタリングの観点からも、設備の運営管理を含む事業が適格的ではあるが、海外事業のリスクなどを総合的に検討、判断しつつ運営ならびに体制構築を検討していく方針とする。



### 3.4. 有機性廃棄物の循環利用分野

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いることに加え、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、近郊の廃棄物処理サイトであるティラフシ島において、未分別のまま他の廃棄物と一緒に最終処分されている。同処理サイトでは、廃棄物発電所の導入計画があるものの、有機性廃棄物は含水率も高く廃棄物発電の効率に悪影響を及ぼすおそれがあることなどから、同施設で受け入れ対象の廃棄物からは除外されており、処理方法は未定である。

これらの有機性廃棄物は、メタン発酵処理をすることで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。昨年度事業ではメタン発酵処理の実現可能性を検討し、現在の堆肥の輸入額を考慮すると、メタン発酵設備の導入コストがかかったとしても経済性が成り立つ可能性を示した。一方で、メタン発酵設備は安定した運転に専門的知識を要するため、技術者の少ないモルディブでの運用には少なからず障壁があるとの課題があった。加えて、在モルディブ日本大使館 柳井前大使より、モルディブ環境省 Aminath Shauna 大臣と意見交換を実施した際、有機性廃棄物の堆肥化について高い関心を示し、「労働集約的ではない自動堆肥製造機を導入したい。」とのコメントがあったとの情報共有があった。そこで今年度は有機性廃棄物の堆肥化利用に主眼をおき、導入可能性を検討した。

#### 3.4.1. マレ市における廃棄物管理に係る情報収集

##### (1) 廃棄物管理状況

マレ首都圏廃棄物マスタープランにおいては、廃棄物管理上のゾーンが設定されており、マレ首都圏は Zone 3 とされている。Zone3 の対象は、グレーターマレ地域を含むカーフ環礁、その南に位置するヴァーブ環礁、西部のアリフ・アリフ環礁およびアリフ・ダール環礁の 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る。各島の廃棄物は、未分別の状態で、島内の廃棄物集積所に一時保管され、船でティラフシ島に搬出される形が一般的であるが、搬出や保管の制度やルールが未確立であることなどから、住民島では海洋や島内への投棄や、減容のために野焼きすることが常態化している島も多い。リゾートは、基本的には島内での適正処理義務が課されているが、処理設備のトラブルや処理コストの課題などから、ティラフシ島への搬出等に依存しているケースもある。

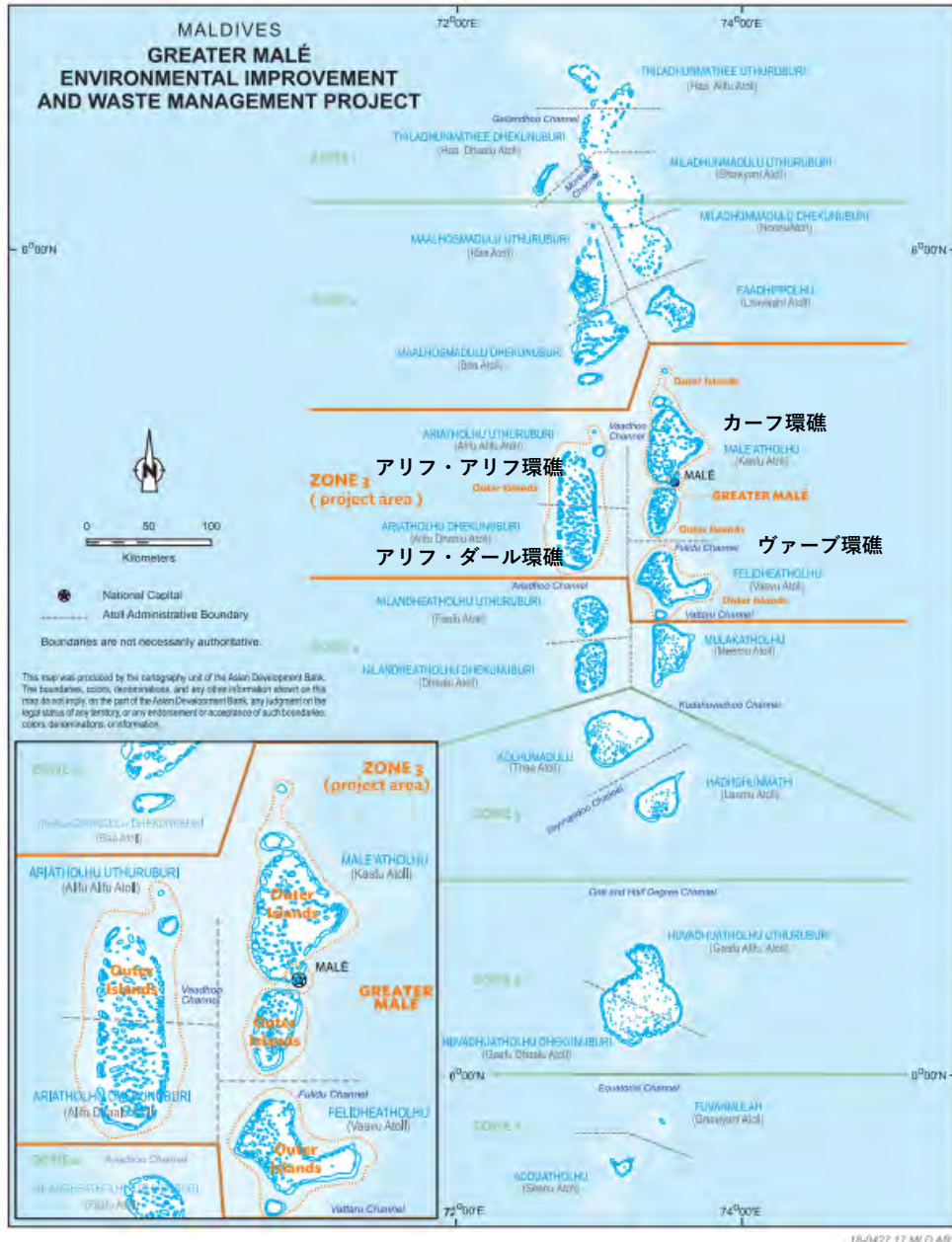


図 3-49 モルディブ国と廃棄物管理ゾーン 3 地区<sup>31</sup>

(2) 廃棄物管理の事例

2021年10月26日～11月9日に現地調査を実施した際、各島の廃棄物管理状況を調査した。調査結果について以下に記載する。

a) マレ島（都市部）

<sup>31</sup> Asian development Bank “Proposed Grant and Technical Assistance Grant and Administration of Grant Republic of Maldives: Greater Malé Environmental Improvement and Waste Management Project”, Project Number: 51077-002 June 2018.

<https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents/51077/51077-002-rrp-en.pdf>

マレ島は、最も人口が多く、家庭からの廃棄物量はモルディブ全島のなかで最大である。さらに、人口増加に伴い建物の増築や改築等が進み、建設廃棄物等も散在していることから、モルディブの廃棄物管理において対策を急ぐべき島であるといえる。

世界銀行の推計値（廃棄物発生量：都市部 1.8 kg/人/日）を用いて、マレの人口（2014年時点）から推計すると、およそ 229t/日の廃棄物が発生する計算となる。この数字はモルディブ全体の 40% 近くを占める割合である。

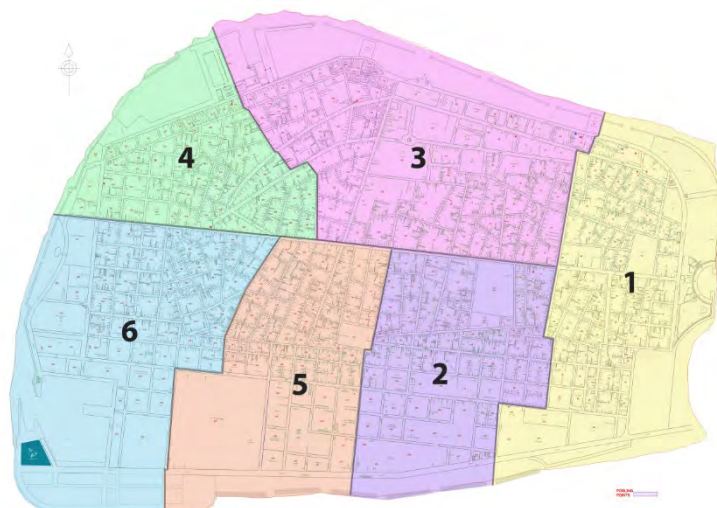
廃棄物の適正管理のため、モルディブでは 2009 年に廃棄物管理公社（Waste Management Corporation, WAMCO）が設立されているが、2016 年よりマレ島、フルマーレ島、ビリンギリ島については各家庭からの廃棄物収集を担っている。当初は、ベル回収（各戸からの回収）が実施されていたものの、新型コロナウイルス感染拡大に伴う感染防止対策の観点から、建物の外における集積所からの収集に変更されている。今後、地区ごとにごみステーションが設置される計画であり、分別については 2022 年 6 月以降乾き（Dry）と湿り（Wet）の 2 分別が検討されている。



集積された廃棄物



収集の様子



マレ島におけるごみ収集ポイント地図

図 3-50 マレ島の状況

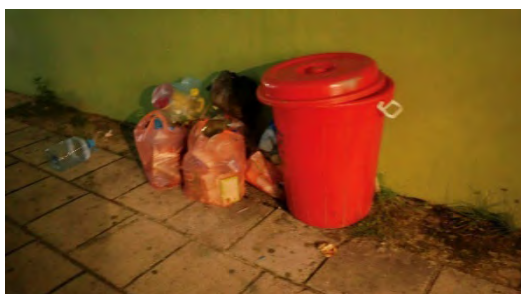
b) フルマーレ島（都市部）



フルマーレ島は、マレ島の人口増加や過密の受け皿として、また気候変動に伴う海岸浸食による国土消失に備え、人工的に造成された島であるであることを上述した。現在、マレ島に次ぐ人口規模を有しているが、将来的にマレからの移住をさらに促進し、24万人の移住が想定されている。

フルマーレ島の開発は、フェーズ1とフェーズ2により構成されるが、2021年現在フェーズ1は完工し、約6万～6万5千人が居住している。フェーズ2についても、マンションが順次完成しており、移住が進んでいる状況である。

世界銀行の推計値（廃棄物発生量：都市部 1.8 kg/人/日）を用いて、2014年時点の人口から推計すると28t/日の廃棄物量と推計されるが、計画通り24万人が移住した場合は432t/日が発生することになる。このように、人口に正比例して廃棄物量も増加することが想定されることから、将来人口を見据えて廃棄物収集運搬、保管のシステムやインフラの検討が必要であると言える。



集積された廃棄物



収集の様子



フェーズ1の様子



フェーズ2の様子



図 3-51 フルマーレ島の状況

### c) トウルスドウ島（住民島）

3.3.4 章に記載のとおり、マレ島からスピードボートで 30 分ほどの位置にあるトウルスドウ島は、人口 1,750 人、250 世帯が生活する住民島である。島内にはゲストハウスを有し、観光島でもある。200 部屋のゲストハウスで最大 400 人程度の観光客の受け入れが可能であり、生活用水の確保や廃棄物処理に課題を抱える。

世界銀行の推計値（廃棄物発生量：住民島 0.8kg/人/日）を用いると、住民からは 1.4t/日の廃棄物が発生すると推計される。さらに、仮にゲストハウスから発生する廃棄物量が世界銀行によるリゾート島（3.5kg/人/日）の廃棄物量と同等とすると、400 名の観光客を受け入れた場合は、1.4 t/日の廃棄物が発生すると推計される。

島評議員へのヒアリングによると、廃棄物は、湿りごみ（Wet waste）と乾きごみ（Dry waste）の 2 種類に分別しているとのことだった。以前は有機性廃棄物の処理のため堆肥化設備を導入していたが、当該プロジェクトが中止となり、現在は回収後、海洋投棄処分としている。状況改善のため近日中に再度堆肥化設備を導入予定であるとのことだった。乾きごみについては廃棄物の回収システムはなく、島民が各自で廃棄物を集積所に持参・投棄するシステムとなっており、廃棄物が山積している状況である。搬入後、ある程度の高さにおいて野焼きし、嵩を減らす運用をしている。



衛星画像  
(出典 Google Map)



土地利用計画図



ダンプサイト



中心部の様子

図 3-52 トウルスドウ島の状況

### d) リゾート島（クロスロード島、リティファル島）

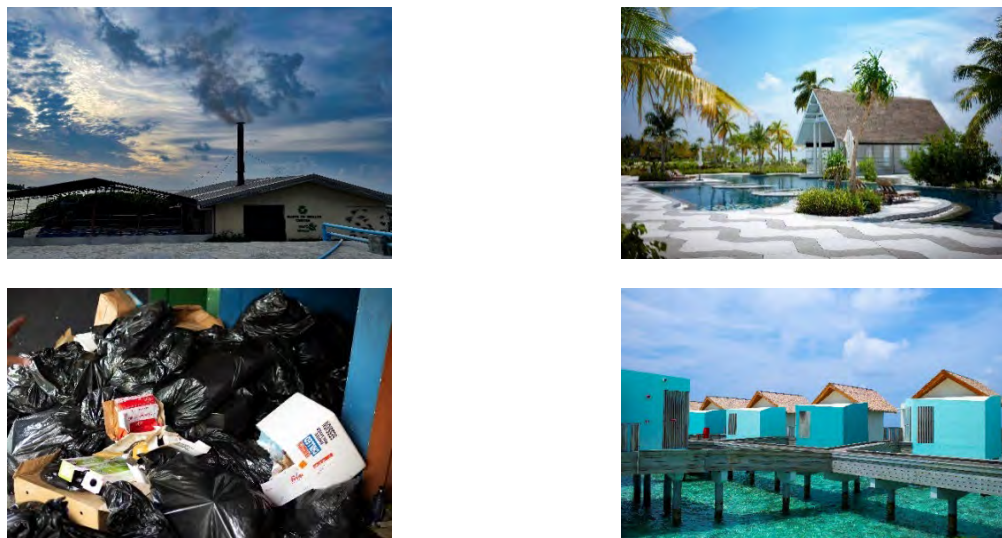
モルディブは 1 島 1 リゾートのコンセプトで成功し、観光業は漁業と並び一大産業であ



る。GDPのうち観光業の占める割合は直接的には26%、間接的な寄与は70%を占める<sup>32</sup>。

現在、モルディブには145の観光リゾートがあり、その廃棄物管理は観光省の所管である。「観光産業における環境の保護と保全に関する規制」ではすべてのリゾート島が環境への影響が最も少ない方法で廃棄物を処理することを要求しているが、実際にはインフラが不十分であることや監視が行き届かないことから、適切に管理されていないケースが多い。

実態把握のため、3.3.2.章において、太陽光発電のポテンシャルサイトの一つとして言及したクロスロード島において廃棄物処理状況を調査した。リゾートオーナーへのヒアリングによると、当リゾートは、「廃棄物ゼロ」を目指し、小型焼却炉や堆肥化設備を導入しているものの、故障により2021年10月現在は正常に稼働していない状況である。新型コロナウイルス感染症対策および小型焼却炉の故障のため、大半のごみは左下図のように分別されず山積みになっていた。これらは島内処理はされず、ティラフシ島へ輸送しているとのことだった。



廃棄物処理状況

リゾートの様子

図 3-53 クロスロード島の状況

加えて、3.3.3.章において環境配慮リゾートとして紹介した北部ラー環礁に位置する”Reethi Faru Resort”においても廃棄物処理実態を調査した。3.3.3 章に記載の通り、本リゾートはバイオラグジュアリーをテーマとした環境配慮型リゾートであり、在モルディブ日本大使館柳井前大使からの紹介を得て実現したものである。

同リゾートにおいて、客室等では、飲料水のガラスボトルでの提供や、使い捨てプラスチックを可能な限り排除する工夫が見られた。有機性廃棄物については、メタン発酵設備で処理し、発生したメタンガスは直接調理用、発酵残渣は液肥として活用していた。一方島内で処理できない廃棄物（プラスチック等）は直線距離で約155 km離れたティラフシ島へ運搬処理している状況であり、特に食品の運搬に不可欠な発泡スチロール等梱包材の処

<sup>32</sup> [Government of Maldives and UNDP Sign ‘Re-imagining Tourism’ Project | UNDP in Maldives](#)

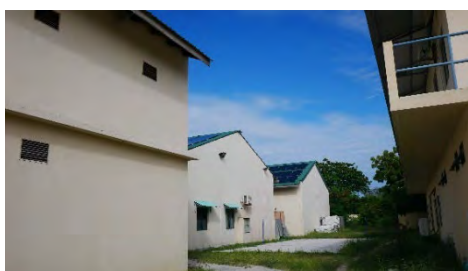
理に課題を抱えていた。



厨房での分別（生ごみ、紙・プラスチック、金属、ガラスの4種類に分別。）



メタン発酵設備



太陽光パネル



使い捨てプラスチックを使わない  
アメニティ

図 3-54 リティファル島の状況

上記のように、有機性廃棄物のメタン発酵設備や堆肥化設備など、リゾート島内での廃棄物処理・資源循環に取り組むリゾートもあるものの、依然廃棄物処理には課題を抱えている。また、そのようなリゾートはほんの一部であり、多くはティラフシ島等の廃棄物島への輸送・投棄または海洋投棄等により廃棄物処理をしているのが実情のようである。

### (3) 廃棄物管理計画

#### a) 廃棄物に関連する法制度

モルディブにおける環境保護を規定する法律は、1993年の環境保護保全法（EPPA）（法律第4/93号）であり、廃棄物管理を含め、モルディブの環境の利益を維持および拡大するための原則を示している。同法では、環境保護と保全のための規制、方針を策定する権限を環境省に付与するとしている。同法セクション7では、廃棄物処理、石油および有毒物質管理を規定しているほか、セクション8では危険/毒性または核廃棄物の管理を規定し、廃棄物管理の方針を示している。

固形廃棄物処理の個別政策は、2008年に当時の環境・エネルギー・水省環境研究センター（現環境保護庁：EPA）が国連開発計画（UNDP）の支援を得て策定された国家固形廃棄物管理政策（National Solid Waste Management Policy）があり、その後、2015年に改訂が行われている。同政策では、まず廃棄物管理に係る現状分析が行われており、その中では、モルディブの廃棄物管理に対する国家的アプローチの欠如と、能力およびインフラの両方の観点からガバナンスと資源に不公平が生じていることが分析されている。さらに、国レ

ベルだけでなく、地域、環礁、島のレベルでも廃棄物管理の明確な役割と責任がないため、廃棄物管理に関するリーダーシップの欠如が課題であること、さらに、廃棄物問題の認識不足に加え、積極的な廃棄物管理を奨励するインセンティブ、または懲罰的措置に関する規定がないことも課題として示されている。

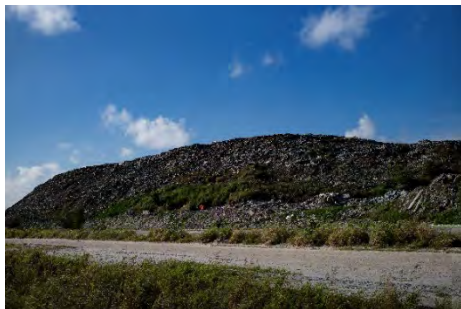
加えて、**Strategy Action Plan** には、2023年までの目標として、廃棄物に関して、「費用対効果が高くモルディブの状況に適した廃棄物から利益を生む技術の選定」や「廃棄物由来の燃料を生成するメカニズムの評価」との記載がある。具体的には、以下の方針、戦略、アクションが示されている。

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。

## b) 今後の廃棄物管理計画

ティラフシ島の最終処分場は 1992 年から建設が開始したが、当初より汚染対策が実施されていないオープン・ダンプの状況であり、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。



ティラフシ島最終処分場





### ティラフシ島の開発マスタープラン

出典) フルマーレ開発公社提供資料

図 3-55 ティラフシ島の状況

こうした状況から、Zone3 において発生する 836t/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<sup>33</sup>。

- (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 40,417 tCO<sub>2</sub>/年である。

本事業では、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としている。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発電効率の低下やそれによる燃料使用量の増加につながるおそれがある。

現在マレ首都圏においては発生原での分別は行われず、家庭系ごみ、事業系ごみ、商業ごみなどすべてにおいて、混合ごみが収集されているが、廃棄物発電所の運転開始に向け、発生源分別が計画されている。2021 年 8 月に廃棄物処理法第 5 次修正案が発表され、乾きごみ (Dry waste) と湿りごみ (Wet waste) の 2 種類の分別が開始される予定である。なお、

<sup>33</sup> ADB Project data sheet” Maldives: Greater Male Waste-to-Energy Project”,2020.  
URL: <https://www.adb.org/projects/51077-003/main#project-pds>

廃棄物公社（WAMCO）へのヒアリングによると、湿りごみ（Wet waste）は食品廃棄物などの有機性廃棄物を意味し、乾きごみ（Dry waste）はそれ以外のすべての廃棄物を意味する。分別は2022年6月に開始予定であり、その後2025年頃に廃棄物発電設備が稼働開始することで、本格的な廃棄物管理が開始する計画である。また、モ国環境省へのヒアリングでは、2021年12月以降に発生した廃棄物は、廃棄物発電設備で処理するため、設備完成までの間はベールして保管予定との情報を得た。

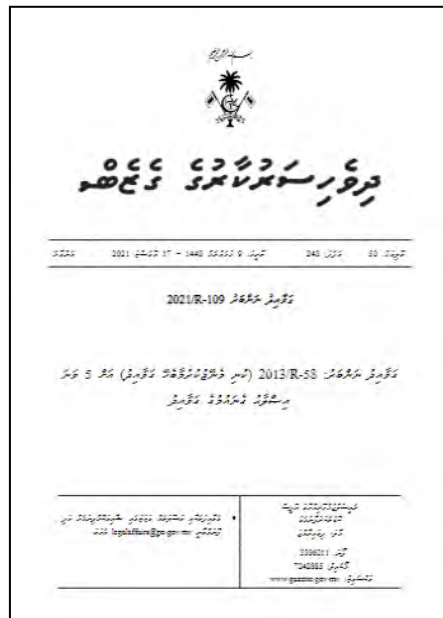


図 3-56 廃棄物処理法第 5 次修正案（表紙）<sup>34</sup>

なお、現在の計画では、分別した廃棄物は乾きごみ（Dry waste）のみがティラフシ島に輸送され、廃棄物発電の燃料となる。ティラフシ島に集積した乾きごみは、島内に設置される分別設備で、廃自動車（ELV）、建設廃棄物などに分別される。また、プラスチック廃棄物については、世界の海洋ごみ削減を目的とする国際 NGO の PARLEY が回収・リサイクルの検討を進めている。同社は Adidas 社等との協業により、プラスチックごみ削減に向けた活動を行っている。現在モルディブにおいては、マレ島とティラフシ島にペットボトル圧縮施設を設置しており、今後はティラフシ島の分別回収場所に資源回収バックを追加設置して、ペットボトル以外の資源回収も進めていきたいとの意向もあり、ティラフシ島に資源選別施設を新たに建設する計画も検討中である。

一方、湿りごみ（Wet waste）はティラフシ島には運搬せず、発生源の島に残す計画である。湿りごみ（Wet waste）つまり有機性廃棄物の処理計画は現状なく、このまま活用方法が見つからなければ、海洋投棄され、混在するプラスチック等による海洋汚染も懸念されるところである。

また、乾きごみに関しても分別計画はあるものの、分別後のリサイクルに向けた動きはモルディブ国内で統合されておらず、依然国内での資源循環モデルは描けていない。

<sup>34</sup> 5th Amendment to Waste Management Regulation  
<https://www.environment.gov.mv/v2/en/download/12347>





このようにティラフシ島の廃棄物発電所を起点としたサーキュラー・エコノミー実現のコンセプトをフルマーレ開発公社に提案したところ、非常に高い関心を得、実現可能性調査に関する関心表明レターを受領したところである。

本事業で検討している有機性廃棄物の循環利用も、このサーキュラー・エコノミー構想の一部と位置付けることができる。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 50 万ドル分の堆肥を輸入している。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。

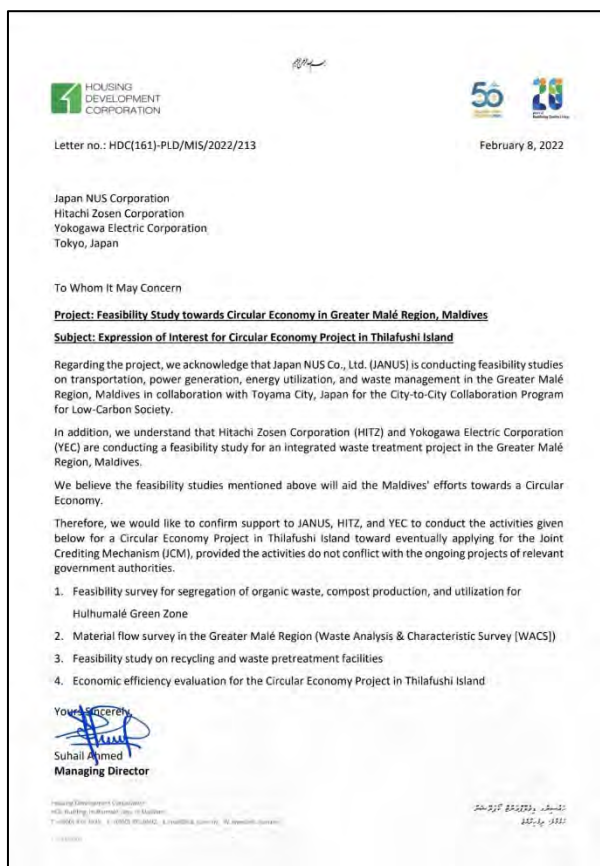


図 3-59 フルマーレ開発公社によるティラフシ島のサーキュラーエコノミープロジェクトに向けた実現可能性調査に関する関心表明レター

#### (4) 廃棄物発生量・組成

昨年度の調査では、フルマーレ島では、下水汚泥 1,643 t/年、草木を中心とした有機性廃棄物（グリーン廃棄物）は 1,825 t/年、食品廃棄物は 405 t/年、合計で 3,873 t/年の発生量との情報をフルマーレ開発公社から得ている。また、組成に関してはモルディブ環境省が

2017年に公開したレポート<sup>36</sup>から、2016年の調査結果を得た。



図 3-60 フルマーレにおける有機性廃棄物発生量と割合

出典) フルマーレ開発公社提供資料

表 3-10 家庭ごみの廃棄物組成

Waste composition	%	Trend
<b>Organics</b>	<b>60%</b>	constant
<i>Garden waste</i>	10%	
<i>Kitchen waste</i>	40%	
<i>other organics</i>	10%	
<b>Paper &amp; cardboard</b>	10%	constant
<b>Glass</b>	3%	decrease by 1%
<b>Plastics</b>	10%	increase in the next years probably by 1-2 %
<b>Metals</b>	4%	constant
<b>Hazardous wastes (including clinical)</b>	3%	constant
<b>Other (inert &amp; dust)/mixed waste</b>	10%	decrease
<b>Total</b>	<b>100%</b>	

出典) モルディブ環境省<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Ministry of Environment and Energy, “Consultancy Services for Feasibility Study for an Integrated Solid Waste Management System for Zone III (including Greater Male) and Preparation of Engineering Design of the Regional Waste Management Facility at Thilafushi FEASIBILITY REPORT”, 2017

本年度はこれらのデータについてより詳細な情報収集を試みたが、昨年度の調査結果より他に公式のモニタリングデータは存在しないことが明らかとなった。なお、国家計画・住宅・インフラ省、マレ上下水道公社（Male' Water and Sewerage Company; MWSC）へのヒアリングにより、現在マレ島、フルマーレ島には下水処理場は存在せず、下水汚泥も発生していないとの情報を得た。MWSC へのヒアリングによると、下水処理場については、世界銀行によるプロジェクト“Maldives Urban Development and Resilience Project”<sup>37</sup>によりフルマーレに建設予定であり、現在入札段階、2021年2月に建設開始予定とのことだった。所掌範囲としては MWSC が3年間のオペレーション、プロジェクト全体の管轄を国家計画・住宅・インフラ省が担う分担となっており、下水汚泥の量・品質に関しては、今後本プロジェクトが進捗した段階で、これらの組織への問合せすることで情報が得られると考えられる。

そこで、本調査では、廃棄物発生量に関しては世界銀行の推計値（廃棄物発生量：都市部 1.8 kg/人/日、住民島：0.8 kg/人/日）をもとに人口から推計した。廃棄物組成に関しては、本事業に参画する日立造船株式会社の協力により、当該企業が「令和3年度我が国循環産業の戦略的国際展開による海外での CO<sub>2</sub>削減支援事業 モルディブ共和国マレ首都圏における統合型廃棄物処理事業」において実施する廃棄物組成調査の結果を一部参照した。下水汚泥の発生量については、今後本プロジェクトが進捗した段階で情報収集を実施することとした。

まず、マレ首都圏を含む区域である Zone3 のうち、住民が居住する島について、以下に人口及び廃棄物量（推計）を下表に示す。これは上述のとおり、世界銀行の推計値（廃棄物発生量：都市部 1.8 kg/人/日、住民島：0.8 kg/人/日）をもとに人口（2014年統計）から推計した値であり、フルマーレ島では 28 t/日、マレ島では 228 t/日と推計された。

表 3-11 Zone3 各島の人口と廃棄物量（推計）

島名/分類			人口調査 (2014年統計)	廃棄物量 (推計値* kg/日)
カーフ環礁	Dhihffushi	住民島	1,053	842
	Gaafaru	住民島	1,066	853
	Himmafushi	住民島	1,725	1,380
	Hulhumale'	都市	15,769	28,384

<sup>37</sup> Project ID: P163957, “Maldives Urban Development and Resilience Project”

実施内容は、以下のとおり、

- (1)レジリエントなインフラおよび緊急時の対策の強化、(2)持続可能な都市計画、開発、管理、(3)プロジェクトの実施・管理・報告(<https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P163957>)

	Huraa	住民島	1,300	1,040
	Kaashidhoo	住民島	1,865	1,492
	Male'	都市	127,079	228,742
	Thulusdhoo	住民島	1,408	1,126
	Vilin'gili	住民島	7,790	6,232
	Gulhi	住民島	912	730
	Guraidhoo	住民島	1,738	1,390
	Maafushi	住民島	3,025	2,420
カーフ環礁計			164,730	274,632
ヴァーブ環礁	Felidhoo	住民島	506	405
	Fulidhoo	住民島	372	298
	Keyodhoo	住民島	675	540
	Rakeedhoo	住民島	106	85
	Thinadhoo	住民島	152	122
ヴァーブ環礁計			1,811	1,449
アリフ・ダール環礁	Dhan'gethi	住民島	824	659
	Dhigurah	住民島	610	488
	Dhihdhoo	住民島	153	122
	Fenfushi	住民島	837	670
	Hangnaameedhoo	住民島	517	414
	Kun'burudhoo	住民島	462	370
	Maamigili	住民島	2,359	1,887
	Mahibadhoo	住民島	2,074	1,659
	Mandhoo	住民島	367	294
	Omadhoo	住民島	883	706
アリフ・ダール環礁計			9,086	7,269
アリフ・アリフ環礁	Bodufolhudhoo	住民島	608	486
	Feridhoo	住民島	441	353
	Himandhoo	住民島	724	579
	Maalhos	住民島	434	347
	Mathiveri	住民島	662	530
	Rasdhoo	住民島	1,067	854



	Thoddoo	住民島	1,534	1,227
	Ukulhas	住民島	1,005	804
アリフ・アリフ環礁計			6,475	5,180
ゾーン III 計			182,102	288,530

\*世界銀行の推計値（廃棄物発生量：都市部 1.8 kg/人/日、住民島：0.8 kg 人/日）をもとに、マレ・フルマーレを都市部、その他を住民島として推計。

上表の通り、廃棄物量の大半はマレ島およびフルマーレ島が占めており、両島の合計は Zone3 の 90% 近い廃棄物量となる。なお、モルディブ統計局は 2014 年までの人口統計しか公表しておらず、上表の推計値となったが、2014 年以降人口は増加しており、それに比例して廃棄物発生量も増加していると予想される。フルマーレ島のフェーズ I にすでに 65,000 人、さらにフェーズ II に近日中に 30,000 人が移住予定との情報から、2022 年現在の人口を仮に 10 万人とすると、フルマーレ島から排出される廃棄物量は 180t/日が発生していることになる。

次に、廃棄物組成に関しては、上述のとおり日立造船株式会社による廃棄物組成調査の結果の一部を参照した。ティラフシ島へ運搬される廃棄物の種類・発生源は以下のとおりであり、廃棄物組成調査はマレ島で収集された廃棄物を対象に実施された。

【ティラフシ島に運搬される廃棄物の分類（発生源）】

- ・ マレ島（1 日 2 回運搬）
- ・ フルマーレ島（1 日 1 回運搬）
- ・ ビリンギリ島（週 1 回運搬）
- ・ リゾート島（小型船舶（Dhonis）での持ち込み）

【ティラフシ島に集積する廃棄物の分類（種類）】

- ・ 家庭ごみ（WAMCO または許可を得た他企業が収集）
- ・ 商業ごみ（店舗や飲食店、商業施設等）
- ・ 建設廃棄物（主に民間業者が収集し、WAMCO の運搬拠点に運び込んだもの）
- ・ マレ島内の病院で発生した医療廃棄物（WAMCO または許可を得た他企業が収集）

下表によると、食品廃棄物（Kitchen waste）は 21%、グリーン廃棄物（Garden waste）は 5% を占める結果となっている。

表 3-12 廃棄物組成調査の結果

Type of waste	Percent
Inseparable mixed waste	27.05
<b>Kitchen waste</b>	<b>21.13</b>
Packaging Plastics	11.86
Paper and cardboard	10.14

Garden waste	4.96
Rags & Textiles	4.30
PET bottles	4.23
Diapers and sanitary pads	4.07
Glass	3.23
Industrial Plastics	3.09
Metals	2.71
Rubbers, Leathers	0.99
Others	0.96
Other organics	0.71
Hazardous waste	0.57
Incombustibles (Inert, dust, etc.)	0.00

以上の情報を整理すると、フルマーレで発生する廃棄物は、人口 10 万人とした場合、180 t/日となる。このうち廃棄物組成調査の結果より、堆肥の原料となる食品廃棄物は 38 t/日（21%）、グリーン廃棄物は 9 t/日（5%）となり、堆肥化の原料は計 47 t/日と推計される。

### 3.4.2. 有機性廃棄物由来堆肥の適用可能性検討および販売網調査

モルディブでは物資のほとんどを輸入に頼っており、堆肥も例外ではない。フルマーレ開発公社ではフルマーレ島の緑化のため、シンガポールから堆肥を輸入しており、年間約 4,000 万円のコストがかかっている。本事業では、有機性廃棄物（食品、グリーン廃棄物）の堆肥化事業を見据え、現状モルディブで購入可能な堆肥の性状・価格をウェブ調査した。モルディブ向けのオンラインショップを調査したところ、輸入元はアメリカやアラブ首長国連邦、イギリス、インドなど多岐に渡った。堆肥の原材料として、食品、枝や葉などのグリーン廃棄物、家畜糞尿（鶏糞、牛糞）などがあるが、本事業の検討内容に近い、食品やグリーン廃棄物を原料とした堆肥の情報を下表に整理した。

表 3-13 モルディブで購入可能な堆肥<sup>38</sup>

商品名	輸入元	価格	内容量	単価	原料
Blue Ribbon Organics Certified Natural Premium Organic Compost for Plants	アメリカ	2649 MVR	820L	3.2 MVR/L	食品、グリーン廃棄物
Shalimar Vegetarian Bio Organic Compost	UAE	1,269 MVR	50L	25 MVR/L	茶葉
Green Rich Bio Organic Compost	UAE	1,179 MVR	50L	24 MVR/L	グリーン廃棄物
Plant Based Powder Form Fertilizer	UAE	1,999 MVR	25 kg	80 MVR/kg	グリーン廃棄物

<sup>38</sup> <https://maldives.desertcart.com/brand/compost>

Compost					
Coir Brick 650g x 4   Compressed Soil for Gardening	イギリス	1,199 MVR	9L	133 MVR/L	ココナッツ殻

上記のとおり、食品やグリーン廃棄物を原料とする堆肥はモルディブ国内で購入可能であり、ガーデニング等のために市民も購入している可能性がある。有機性廃棄物の堆肥化事業においては、一般的に堆肥の需要量が少なく、十分な販売収益が得られないことが課題となる。一方モルディブは、国土の大部分が砂地であることから、緑化のためには堆肥が必要である。軒先にプラスチック容器を置き、観葉植物を栽培する様子や、ゲストハウスオーナーが敷地内に土壌を敷きグリーンエリアを作っている様子も見られたことから、大規模な都市緑化だけでなく、市民からの需要もあると考えられる。今後具体的な導入候補技術の検討をする際、製造される堆肥の性状とモルディブへの適用可能性をより詳細に調査する予定である。

また、上表のとおり堆肥の販売価格は商品により幅があることから、今後これら輸入品の価格帯も参考に、競争力のある価格設定を検討する。

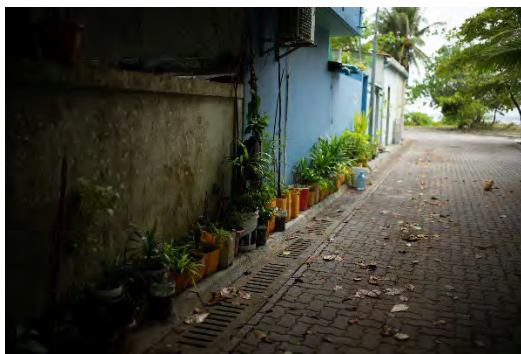


図 3-61 マレ首都圏における島内の緑化の様子  
(左：ピリンギリ島（住民島）における観葉植物の栽培、  
右：トゥルスドゥ島のゲストハウスのグリーンゾーン予定地)

### 3.4.3. 運用計画、事業性評価、事業体制の検討

#### (1) 有機性廃棄物の活用方法と候補設備

有機性廃棄物は、メタン発酵処理をすることで発生したメタンのエネルギー利用と発酵残渣の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する。

富山市内で堆肥化事業に知見を有する企業として、株式会社石橋がある。株式会社石橋は、スクリュウ型コンポストプラント RA-X（ラックス）を取り扱っている。RA-X は、従来技術では困難であった 100 トン/日以上的好気性高温発酵処理を実現した堆肥化装置であり、メンテナンスが容易かつ低コスト、スクリュウユニットにより攪拌作業に人手を要しないことから、モ国への適性が高い。なお、株式会社石橋は、スリランカへの設備導入実績を有しているほか、バリ州においても設備導入計画を有しており、途上国での事業化

の知見も豊富である。

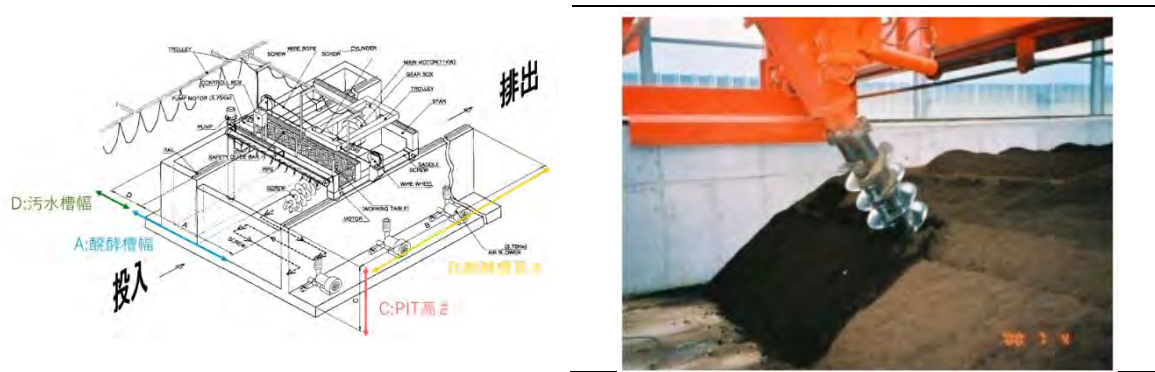


図 3-62 スクリュー型コンポストプラント RA-X (ラックス)

出典) 株式会社石橋ウェブページ (<http://www.ishibashi.ne.jp/rax.html>)

また、現在の堆肥の輸入額を考慮すると、メタン発酵設備の導入コストがかかったとしても経済性が成り立つ可能性を示した。メタン発酵設備と堆肥化装置の両方を導入した場合、フルマーレ島での運用案は下図のとおりとなる。

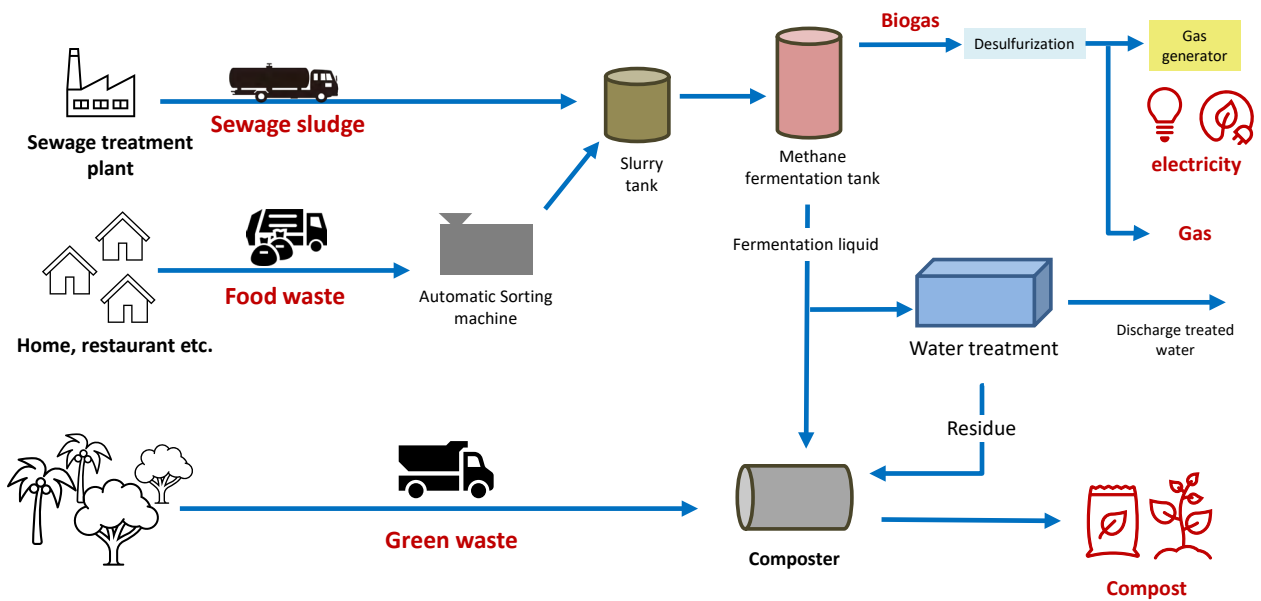


図 3-63 メタン発酵設備と堆肥化装置を組み合わせたシステム案

上述のメタン発酵と堆肥化を組み合わせたシステムは、エネルギーと堆肥を生み出すことで、有機性廃棄物を最大限に資源を活用できる理想的なシステムである一方で、メタン発酵設備は安定した運転に専門的知識を要するため、技術者の少ないモルディブでの運用には少なからず障壁があるとの課題が残る。加えて、在モルディブ日本大使館柳井前大使より、モルディブ環境省 Aminath Shauna 大臣と意見交換を実施した際、有機性廃棄物の堆肥化について高い関心を示し、「労働集約的ではない自動堆肥製造機を導入したい。」とのコメントがあったとの情報共有があった。



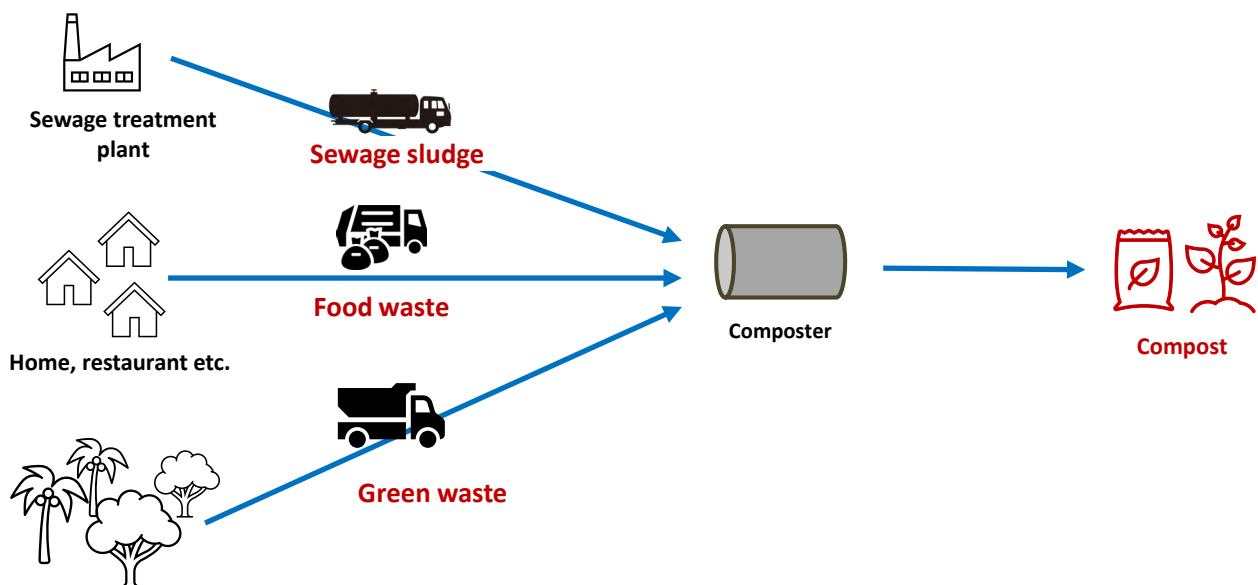


図 3-64 堆肥化装置のみを導入したシステム案

従来、堆肥化は下図のように、易分解性有機物が主として分解する一次発酵と、可分解性有機物の分解と腐植化が進行する二次発酵に分かれ、一次発酵槽と二次発酵層との間は、堆肥を移動させる作業が必要となる。また、良質な堆肥製造のためには、通気量、温度、攪拌・切り返し頻度、発酵期間、水分等、適正に記録し管理することが求められ、労働力に加え、堆肥製造に関する技術が必要となる。

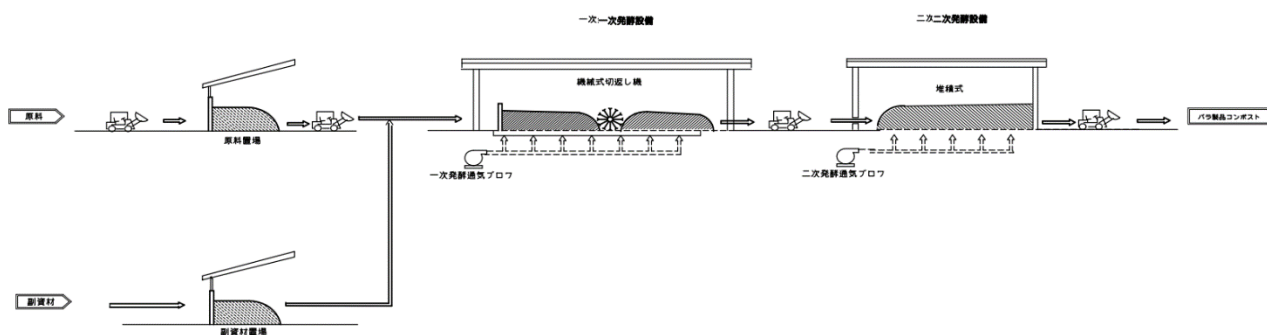


図 3-65 従来の堆肥化製造フロー

出典) 南房総市資料<sup>39</sup>

モルディブにおいて安定的な堆肥製造を実現するためには、比較的メンテナンスが容易であり、専門知識がなくとも運転可能な設備が望ましい。

株式会社石橋の RA-X システムは、隣国スリランカに JICA 支援で導入後、その効果の高さから追加で注文を得るなど、現地の実情にも適合的な技術であり、モルディブへの普及可能性も高いといえる。

## (2) 事業性評価

<sup>39</sup> 南房総市 堆肥の製造方法 ([49fab7d9005.pdf \(city.minamiboso.chiba.jp\)](https://www.city.minamiboso.chiba.jp/))



上述のとおり、フルマーレで発生する廃棄物は、人口 10 万人とした場合、180 t/日となる。このうち廃棄物組成調査の結果より、堆肥の原料となる食品廃棄物は 38 t/日（21%）、グリーン廃棄物は 9 t/日（5%）となり、堆肥化の原料は計 47 t/日、17,155 t/年となる。

事業性評価の参考事例として、やや小規模ではあるものの、株式会社熊谷清掃社生ごみ減容化施設「エコ☆WEST」が挙げられる。当該施設の処理能力は 20 t/日で、処理実績は、生ごみ処理量 7,458 t（稼働開始の 2014 年 5 月～2016 年 2 月の実績）、堆肥製造量は 373 t である。イニシャルコストは、下表によると 296,877,500 円である。

表 3-14 エコ☆WEST（堆肥化設備）のイニシャルコスト

施設概要	敷地面積	2,907.76 平方メートル		
	建屋面積	1,703.36 平方メートル		
		許可・産業廃棄物・一般廃棄物 20t/日		
イニシャルコスト	建屋建設費		220,000,000 円	
	設備費	自走式攪拌機		20,000,000 円
		破砕分別機		5,000,000 円
		ホイールローダ		4,000,000 円
		ふるい機		3,000,000 円
		脱臭装置		20,000,000 円
		台貫秤 (30 t)		2,500,000 円
		エアレーション設備		5,000,000 円
		木材チップ		1,777,500 円
		菌体 (導入時 5,200ℓ)		15,600,000 円
	合計		296,877,500 円	

出典) 久喜宮代衛生組合 (2017 年) 「「生ごみ減容化 (HDM システム) 及び堆肥化事業」実証試験における検証報告」<sup>40</sup>

同様の設備導入を想定すると、生成した堆肥を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、現在輸入により支出している 40 万 USD (約 4,000 万円) の収入と捉えれば、単純計算で 7 年目での初期投資回収が可能な水準である。

また、堆肥化処理による分解率は生ごみで 70%、剪定枝で 20%とのデータ<sup>41</sup>から、堆肥製造量を計算すると、年間 10,220 t の堆肥が生産できる。これらはフルマーレでの堆肥使用量よりも多く、マレ首都圏の他島へ販売することで収益を上げられる可能性もある。

ただし、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。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、ステークホルダーを特定し、これら費用を含めた経済性検討が必要である。

<sup>40</sup> 久喜宮代衛生組合 「「生ごみ減容化 (HDM システム) 及び堆肥化事業」実証試験における検証報告」2017 年 (<http://www.crt-kuki.miyashiro.saitama.jp/pdf/hdmhoukokusyo.pdf>)

<sup>41</sup> 北海道大学廃棄物処分工学研究室 「さまざまな有機性廃棄物を対象とする堆肥化施設・メタン発酵施設に関する調査分析」2011 年

(<https://www.eng.hokudai.ac.jp/labo/waste/wp-content/uploads/2014/03/report3.pdf>)

### 3.4.4. 堆肥化設備による CO<sub>2</sub> 排出削減効果試算

堆肥化設備の導入による低炭素効果は、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を回避することにある。一方、堆肥化によっても温室効果ガスが放出される。

通常、有機性廃棄物の堆肥化は好気性条件下で行われるため、メタンはほとんど発生しないが、酸素の供給が不足した場合は嫌気性反応が進み、メタンが生成される。発生したメタンは好気性環境下で二酸化炭素に酸化されるが、一部はメタンのまま大気中に放出される。一酸化二窒素については堆肥化する有機性廃棄物量の窒素分の含有率に応じた量が生成される<sup>42</sup>。

まず、リファレンス排出量にあたる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量の算出にあたっては、2006年 IPCC ガイドラインの IPCC Waste Model<sup>43</sup>を用いた。堆肥化設備の法定耐用年数の候補としては、減価償却資産の耐用年数表のうち「農業用設備（7年）」か「飲料、たばこ又は飼料製造業用設備（10年）」が考えられたが、本件は「堆肥製造事業」と捉え、「飲料、たばこ又は飼料製造業用設備（10年）」を想定した。フルマーレの人口を10万人と想定した場合の廃棄物（食品廃棄物13,882t/年、グリーン廃棄物3,259t/年）の嫌気性発酵に伴うメタン排出回避量（リファレンス排出量）は、10年間で合計2,120 t-CH<sub>4</sub>となり、メタンの地球温暖化係数21でCO<sub>2</sub>換算すると、44,512 t-CO<sub>2</sub>となる。

表 3-15 リファレンス排出量（有機性廃棄物の嫌気性発酵によるメタン排出量）  
各年のメタン排出回避量

年数	食品廃棄物[Gg]	グリーン廃棄物[Gg]
1年目	0.000	0.000
2年目	0.073	0.018
3年目	0.122	0.034
4年目	0.155	0.047
5年目	0.177	0.058
6年目	0.192	0.067
7年目	0.202	0.075
8年目	0.209	0.082
9年目	0.213	0.087
10年目	0.216	0.092

<sup>42</sup> 環境省ウェブページ「5. 廃棄物分野 | 温室効果ガス排出・吸収量算定方法の詳細情報、5.B.1 コンポスト化」 ([https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg-mrv/methodology/material/methodology\\_5B1\\_2020.pdf](https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg-mrv/methodology/material/methodology_5B1_2020.pdf))

<sup>43</sup> 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>)

	食品廃棄物	グリーン廃棄物
メタン排出量(t-CH4)	1,560	560
メタン排出量 (t-CO2)	32,755	11,756

リファレンス排出量 (t-CO2)	44,512
-------------------	--------

次にプロジェクト排出量にあたる堆肥製造による温室効果ガス排出量を算出する。有機性廃棄物の堆肥化に伴う CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 排出量は、2006 年 IPCC ガイドラインのうち”Chapter4: Biological Treatment of Solid Waste”に記載された方法で算出した。

生物処理による CH<sub>4</sub> 排出量

$$CH_4 \text{ Emissions} = \sum (M_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-3} - R$$

CH<sub>4</sub> Emissions: CH<sub>4</sub> 排出量合計 (GgCH<sub>4</sub>)  
M<sub>i</sub>: 有機性廃棄物 (種類 i) の投入量 (Gg)  
EF: 排出係数 (gCH<sub>4</sub>/kg waste treated)

生物処理による N<sub>2</sub>O 排出量

$$N_2O \text{ Emissions} = \sum_i (M_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-3}$$

N<sub>2</sub>O Emissions: N<sub>2</sub>O 排出量合計 (GgN<sub>2</sub>O)  
M<sub>i</sub>: 有機性廃棄物 (種類 i) の投入量 (Gg)  
EF: 排出係数 (gN<sub>2</sub>O/kg waste treated)

なお、EF (排出係数) は、IPCC ガイドラインの湿重量ベースのデフォルト値 (CH<sub>4</sub> : 4 gCH<sub>4</sub>/kg waste treated、N<sub>2</sub>O : 0.24 gN<sub>2</sub>O/kg waste treated) を用いた。

図 3-66 生物処理による CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 排出量の計算式

出典) 2006 年 IPCC ガイドライン Volume 5 Waste, Chapter4 Biological Treatment of Solid Waste

その結果、有機性廃棄物の堆肥化に伴う温室効果ガス排出量は、27,152 t-CO<sub>2</sub> となった。実際にはプロジェクト排出量として、堆肥化設備の消費電力や燃料使用量も加える必要があるが、現時点では不明であるため、この 27,152 t-CO<sub>2</sub> をプロジェクト排出量とする。

表 3-16 プロジェクト排出量 (堆肥化に伴う CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 排出量 (CO<sub>2</sub> 換算) )

	CH <sub>4</sub> 排出量	N <sub>2</sub> O 排出量
食品廃棄物 (t-CO <sub>2</sub> /年)	1,166	1,033
グリーン廃棄物 (t-CO <sub>2</sub> /年)	274	242
年間排出量合計 (t-CO <sub>2</sub> /年)	2,715	

プロジェクト排出量 (t-CO <sub>2</sub> )	27,152
-----------------------------------	--------

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、17,360 t-CO<sub>2</sub>となる。

上述のとおり、JCM 設備補助事業においては、当該国にて 1 件目の案件については、CO<sub>2</sub> 排出削減に寄与する設備の 50%か、排出削減コスト目安の 4,000 円/t-CO<sub>2</sub> のいずれか低い値が適用される。仮に排出削減コスト目安の 4,000 円/t-CO<sub>2</sub> から補助上限額（補助割合が 50%以下の場合）を逆算すると、6,944 万円となる。これを補助率の 50%で割り戻すと、1 億 3888 万円の設備導入が可能となる。

現在 CDM、JCM とともに堆肥化に関する登録プロジェクトはなく、事業組成にあたっては MRV 方法論を一から開発することになる。例えば、堆肥化設備をフルマーレ島に導入する場合、従来ティラフシ島への運搬に要していた船舶燃料の削減分をリファレンス排出量に加算できる可能性がある。一方、有機性廃棄物の堆肥化設備までの運搬に伴う排出用等がプロジェクト排出量に加算される可能性もある。

加えて、現状有機性廃棄物の分別・回収がスタートしたばかりであり、その精度が不十分であることから、これだけの有機性廃棄物を効率的に収集できるインフラは十分とはいえない。こうした点から、まずは分別、収集、運搬に係る制度・体制の強化が不可欠である。

### 3.4.5. 実施体制

実施体制としては、堆肥化事業に関心のある富山市内企業を代表事業者として、フルマーレ開発公社、廃棄物管理公社（WAMCO）と国際コンソーシアムを構成する案を検討する。一般的に、堆肥化設備の導入においては、製造量に見合った堆肥の需要があるかが課題となるが、フルマーレ開発公社が設備所有者と堆肥のオフテイカーの両方の役割を担うことにより、安定的な運営が可能となる。また、マレ首都圏では土地的制約により堆肥化設備の建設用地確保が難航することが想定されるが、フルマーレ開発公社は、マレ首都圏の土地利用に権限をもっており、建設地の確保等導入に向けた調整が円滑に進むことが期待される。加えて、フルマーレ島以外の緑化活動により、堆肥を使用するといったメリットも考えられる。さらに、廃棄物事業全般を担う WAMCO が設備のオペレーションを担うことで、廃棄物の運搬計画等堆肥化以外の活動と統合した効率的な運営が可能となる。また、WAMCO にとっても、有機性廃棄物の適切な分別・収集活動が、高品質な堆肥を製造、ひいては高収益につながり得ることから、同社の廃棄物管理のインセンティブにもなりうる。

なお、将来的に下水汚泥の活用が可能となった場合は、マレ上下水道公社（MWSC）と下水汚泥の運搬について連携する想定である。また、家庭ごみだけでなく、飲食店、食品加工工場、市場等からの有機性廃棄物は、性状がある程度一定であると考えられ、今後効率的な回収方法や活用ポテンシャルを検討する。

今後は、湿りごみの回収計画や廃棄物関連の他プロジェクトの動向などの情報収集を進め、それと併せて現地側と堆肥化設備の設置場所、導入装置の選定など、より詳細な検討を進める。特に設置場所については、現在ティラフシ島かフルマーレ島の選択肢をフルマ

一レ開発公社とも検討しているところであり、現地の廃棄物の流れに大きな影響を与えることから、引き続き現地側とよく議論する必要がある。ティラフシ島において廃棄物発電所建設を起点とした、再資源化の構想・プロジェクトがあることから、ティラフシ島内に静脈産業を集積することで効率的な廃棄物管理につながる可能性もあり、今後の検討材料である。

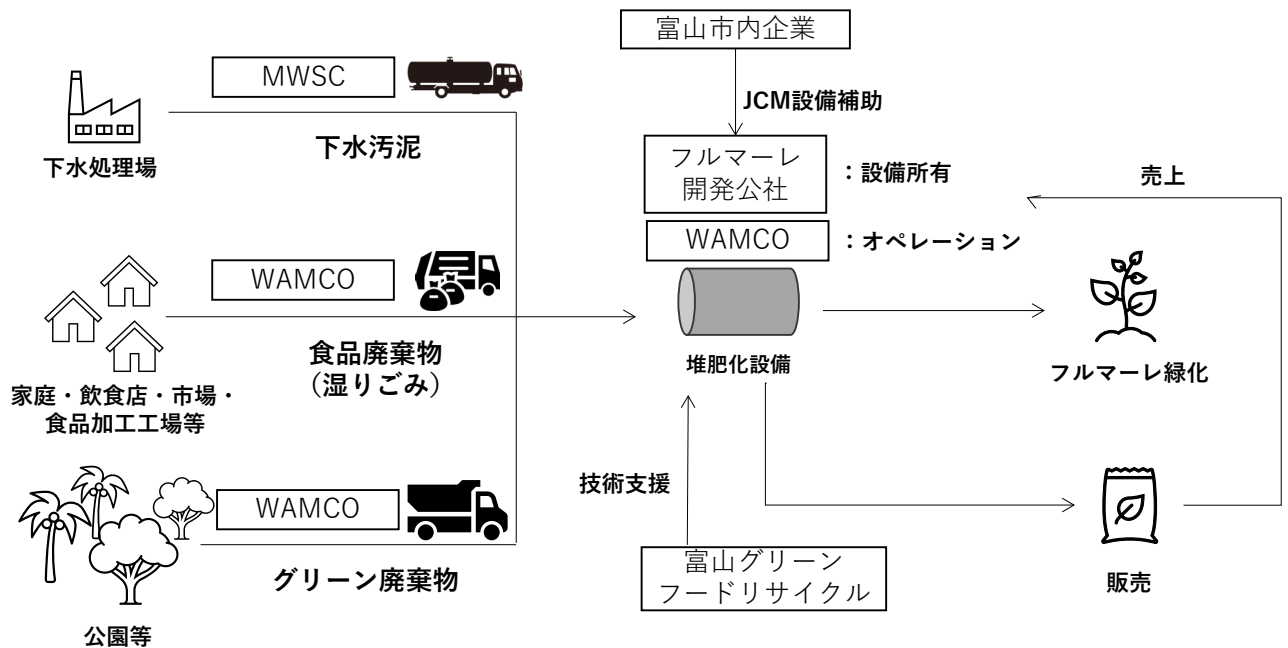


図 3-67 有機性廃棄物の堆肥化利用における実施体制案



## 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が軽減し、昨年度までのオンライン環境を活かした情報交換と併せ、現地調査も実施することができた。特筆すべきは、富山市の渡航が叶ったことであり、調査の成果や現地の理解を共に得ることができたことに加え、カウンターパートである HDC やモルディブ環境省、ポテンシャル事業者との意見交換や提言を行うことができた。今年度の主な活動事項を以下に示す。

表 4-1 主な活動内容と参加機関

日時	活動内容	参加機関
2022年6月7日	環境省プレ KoM	環境省、JANUS
2022年6月14日	日本空調北陸・ReM 意見交換	日本空調北陸、ReM、JANUS
2022年6月28日	株式会社石橋意見交換	石橋、JANUS
2022年6月29日	大日本コンサルタント SATREPS 協議	大日本コンサルタント、JANUS
2022年7月12日	日立造船意見交換	日立造船、JANUS
2022年7月15日	日本空調北陸・石橋意見交換	日本空調北陸、石橋、JANUS
2022年8月31日	SATREPS 提案意見交換	JICA モルディブ、大日本コンサルタント、JANUS
2022年9月2日	SATREPS 提案方針協議	大日本コンサルタント、JANUS
2022年9月7日	HDC 協議	HDC、富山市、JANUS
2022年9月13日	MTCC 協議	MTCC、HDC、JANUS
2022年9月22日	SATREPS 提案方針協議	MNU、HDC、大日本コンサルタント、富山大学、名古屋大学、JANUS
2022年10月1日 ～10月2日	現地調査	JANUS、富山市 HDC、STELCO、ReM、 MTCC、Ensis、MNU、 MECCT、大使館他
2023年1月17日	太陽光発電 JCM 案件協議	Ensis Fisheries、JANUS

### 4.2. 現地調査

本年度は、10月1日～10月12日の間で渡航を試みた。訪問先と行程を以下に示す。

Date	Meetings/Site visiting	Note
1st Oct. Sat	Arrive at Maldives	
2nd Oct. Sun	10:30-12:00 HDC	
3rd Oct. Mon	10:30-11:30 REM Tourism day in the Maldives	

4th Oct.	Tue	9:30 JANUS arrive at HDC 10:00-12:00 Ministry of Transport and Civil Aviation, MTCC 15:00-16:00 JICA Maldives 16:40-18:00 Geotech Maldives	
5th Oct.	Wed	10:00-12:00 WAMCO Lunch _ HDC and JANUS 13:00-15:00 STELCO	
6th Oct.	Thu	11:30-12:30 Prime Maldives 13:00-14:30 MNU	
7th Oct.	Fri	Dhigurah 10:00 Male to Dhigurah	
8th Oct.	Sat	Dhigurah 13:30 Dhigurah to Male	
9th Oct.	Sun	9:00-9:30 Meeting with HDC and Toyama City officials 10:00-12:00 MECCT 13:00-14:00 Ensis Fisheries 15:45-16:00 Hulhumale tour 16:00-18:00 Gulhifalhu, Tilafushi (site visiting)	富山市同行
10th Oct.	Mon	11:30-12:30 Embassy of Japan 17:30-19:30 Dinner at ambassador's residence	富山市同行
11th Oct.	Tue	13:00- Lunch meeting with HDC	
12th Oct.	Wed	Arrive at Japan	

図 4-1 現地調査行程と訪問先

個別の協議、調査内容については、本報告書の関連項目において記載の通りであるが、ここでは本業務全般に関連するフルマーレ開発公社との協議及び日本大使館との意見交換内容について紹介する。

#### (1) フルマーレ開発公社、MECCT（環境・気候変動技術省）との協議

本都市間連携事業のカウンターパート機関である HDC と富山市とともに訪問し、富山市のこれまでの国際連携事業及び脱炭素に向けた富山市の取り組みを紹介するとともに、自治体として脱炭素施策を検討することの重要性や効果についても提言した。

HDC からは、Senior Urban Designer/Planner である Ahmed Shahud Zuhair 氏、Assistant Urban Designer/Planner である Ibrahim Naushad Ali 氏が参加した。

MTCCT は、Director General である Ahmed Murthaza 氏、Project Manager である Ibrahim Zameel 氏、Assistant Director, Climate Change Department の Mauman Abdul Rasheed 氏などが参加した。

HDC からは、これまでの都市間連携事業による協力と情報提供への謝意が表明されたとともに、今後実行に移していく上でのスケジュールや検討方針について確認があった。

また、天然ガスの利用については検討段階であるが、インフラ整備の後には交通向けの

ガス利用についてもニーズが生まれる可能性があるとの見解を得た。この点については、MECCT からも同様のコメントがあり、今後ガスインフラの整備が決定した際には、発電以外の用途にもガス利用の可能性が広がることが示唆された。

MECCT からは、太陽光発電に係る計画として、EV バスのステーション用の太陽光導入や、マレ大橋への太陽光設置計画が検討されているとの情報があった。

また、廃棄物の堆肥化については、土壌としてのニーズもあり、有効利用については高い関心を得た。今後、別の支援スキームも視野に検討を進める方針で合意した。

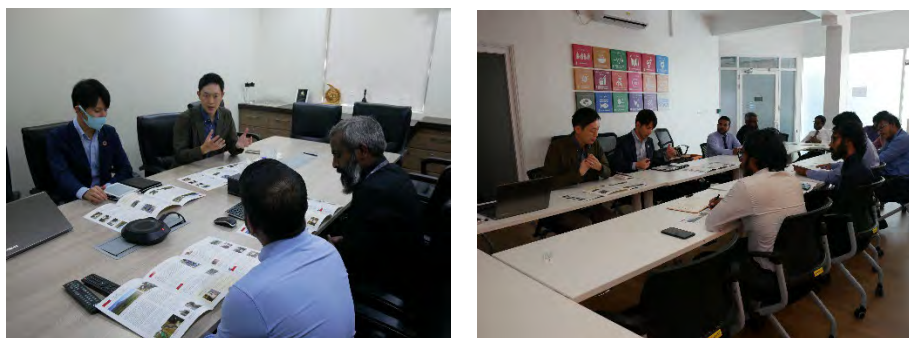


図 4-2 HDC および MTCCT との面談の様子

## (2) 日本大使館との意見交換

在モルディブ日本大使館竹内大使、浅野参事官、福岡書記官と面談し、都市間連携事業の報告と今後の方針に関する協議を行った。

交通分野に関しては、EV バス導入計画と連携した太陽光発電設備導入プロジェクトに関連し、交通分野の動きとして MTCC による住民島におけるミニバス導入計画、住民島を結ぶフェリー導入の情報を得た。地方分権、コミュニティツーリズム、地域活性化が求められている状況から、こうした事業の計画が活発化している状況とのことであった。

また、廃棄物事業に関連し、無償資金協力によるティラフシ島およびアドゥへの中間処理設備（ボトル圧縮機、ガラス粉砕機）導入計画が 12 月に正式承認予定との情報を得た。

大使館として、モルディブでのビジネスの難しさを実感している中、富山市の着実な調査実施に謝意を得たとともに、今後も地道な協力を続けるよう要請を得た。



図 4-3 在モルディブ日本大使館との面談の様子

## 5. まとめ

### 5.1. 都市間連携事業の成果

本年度は、新型コロナウイルス感染状況の改善から、富山市を含めた現地調査が実現でき、各案件の推進や現地関係者との関係深化を3年度目にして実現に至った。案件の具体化に伴い、インフラや制度、経済面において時間を要する案件については、SATREPSをはじめとする今後の検討に譲るとしつつ、より足の速い実行可能な案件については、都市間連携事業の成果として JCM 設備補助事業化に向けた検討を進めることとする。成果のまとめを以下に示す。

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"> <li>・長期的対策として、SATREPS 事業の活用について合意し、準備を開始。</li> <li>・短期的対策として、GEF 事業における EV バス導入計画および MTCC が運用する既存公共バスの EV 化に供する太陽光発電事業の提案。</li> <li>・JCM 設備補助事業適用における CO<sub>2</sub> 排出削減量と補助効果を試算。</li> <li>・今後の詳細検討、体制構築について方針を確認。</li> </ul>
ディーゼル発電設備の燃料転換による低炭素発電分野	<ul style="list-style-type: none"> <li>・政策・計画の検討状況を確認。</li> </ul>
再生可能エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リゾートを対象とした具体的案件への提案を継続。</li> <li>・日立造船株式会社の海水淡水化装置とのコラボレーションを検討。</li> <li>・水産加工工場への太陽光導入について提案。</li> </ul>
有機性廃棄物の循環利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・都市部、住民島、リゾートでの廃棄物管理状況・課題の把握。</li> <li>・廃棄物発電所を起点とするサーキュラーエコノミー実現に向けた検討への合意。</li> <li>・廃棄物関係機関へのトレーニング等に寄与するプロジェクトの検討。</li> </ul>
都市間連携活動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・政策提言（公共交通、水素利用、エコタウンなど富山市の実績、取組の紹介）</li> <li>・富山市脱炭素宣言の紹介と説明およびマレ首都圏でのドミノへの期待について伝達</li> </ul>

廃棄物に係る検討においては、日本企業が取り組む他の F/S 等との連動による推進を引き続き検討していく。具体的には、モルディブにおいては分別、再利用といった静脈産業が脆弱であり、廃棄物発電による焼却処理だけでは廃棄物課題全体の解決には至らないことから、日立造船株式会社等では廃棄物行政、事業者のエンパワーメント・トレーニングを含む支援を検討している。

都市間連携事業において検討している有機性廃棄物の堆肥利用は有効なリサイクルモデルとなり得る一方、収集と分別に課題があることは上述の通りであり、事業実現の可否は有機性廃棄物以外の廃棄物も有効利用する道筋の構築と制度、技術の提供であると想定される。

そこで、富山市が 2002 年より取り組んでいるエコタウン事業を参照し、リサイクル産業の集積等による分別及び有効利用促進策をフルマーレ開発公社、WAMCO、モルディブ環境省に提案した。

提案内容としては、現状 ADB やモルディブ政府が検討している廃棄物発電事業を中核とする事業においても、資源循環の観点からは一方通行であるとしたうえで、持続可能な資源循環の実現を目指すため、サーキュラー・エコノミーの概念を適用し、各種リサイクル技術の導入による循環産業の強化と、当該産業に必要となるエネルギー源を再生可能エ

エネルギーとしての脱炭素のコンセプトも付与した内容とした。

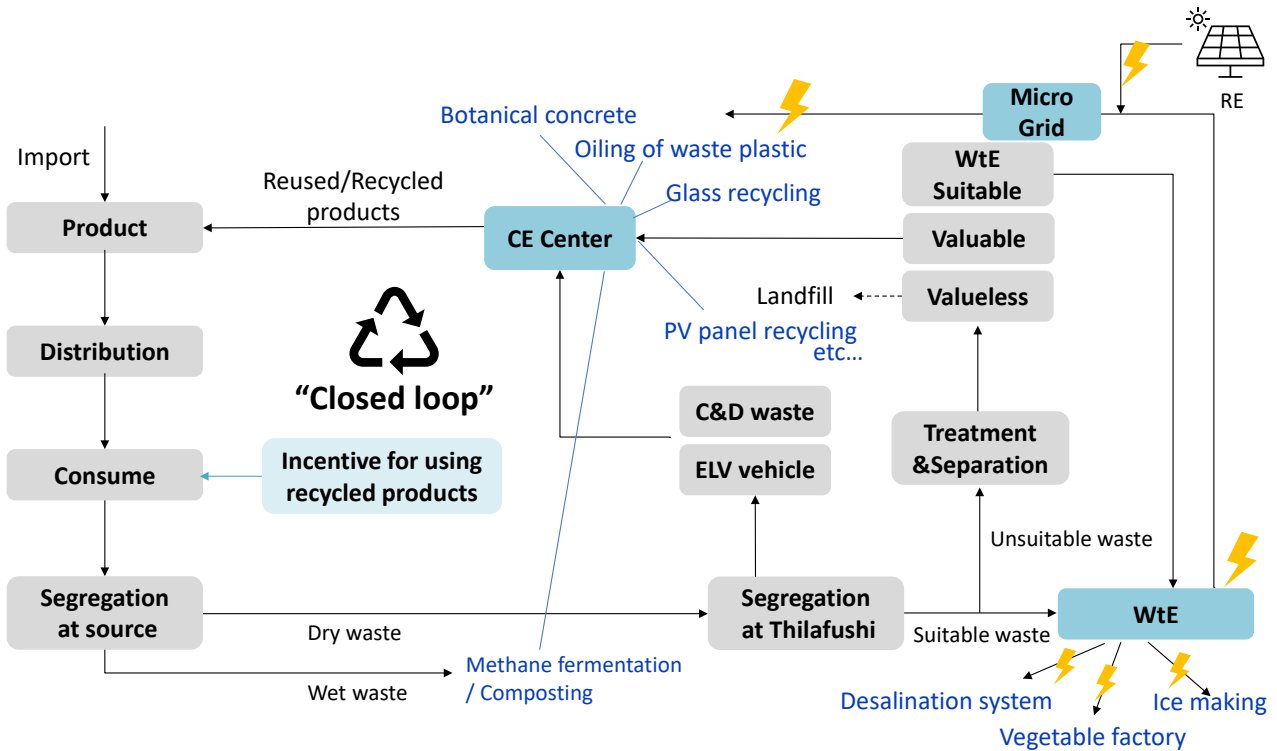


図 5-1 環境省、フルマーレ開発公社、WAMCO、STELCO への提案コンセプト

上記提案の返答として、関係機関より関心表明を得ており、日立造船株式会社とさらなる具体的な検討を進める方針とした。

## 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普及、(4)有機性廃棄物の循環利用を対象に調査を実施してきた。

上述の通り、最終年度として、本年度は各案件の検討が一通り完了し、案件化に近いプロジェクトの実現を今後進めていく段階となる。

それぞれのテーマの検討結果を以下に整理する。

表 5-2 JCM 事業候補と課題、対応策

テーマ	JCM 設備補助候補	検討結果	方針
(1)公共交通	・EV バス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・GEF 事業については規模が小さく、JCM 費用対効果が十分に得られない</li> <li>・MTCC 事業についても、事業全体が対象とはならず、EV バス向けの太陽光</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・太陽光発電設備の管理は、現状 STELCO 社が担う形となる。STELCO 社において太陽光発電設備を導入する際</li> </ul>



		発電設備に限定した事業が現実的である。	に、JCM 設備補助の活用を打診。
(2)ディーゼル発電燃料転換	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自律分散型水素利用</li> <li>・CNG 等によるガス転換</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・STELCO 社およびモルディブ政府におけるディーゼル代替施策の停滞により、ガス利用・水素活用ともに実現に向けた素地が不十分。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・他案件の遂行を図りつつ、政策決定状況等を踏まえて提案を検討。</li> </ul>
(3) 再生可能エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リゾートへの海水淡水化装置一体型設備</li> <li>・水産加工工場への太陽光導入</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・経済的背景により、リゾートオーナーの意思決定が進展していない。</li> <li>・JCM 設備補助の活用による導入に関心。具体的検討に向けて情報を受領。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・他案件の遂行を図りつつ意思決定状況を確認。</li> <li>・JCM 設備補助を活用した提案を行い、意思決定を促進。</li> </ul>
(4) 有機性廃棄物の循環利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・堆肥化設備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・有機性廃棄物の分別・収集が不十分</li> <li>・廃棄物行政全般への支援が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・廃棄物関係案件による行政、関係者へのトレーニング等を検討。</li> </ul>

### 5.3. 今後の活動計画

本都市間連携事業を通じて、マレ市はもとより、モルディブ国における脱炭素化への課題を十分に把握することができた。

政策面とその実行のギャップについては、富山市からの政策提言により、どのような施策を通じて解消できるか等の情報を提供したところであるが、その実装には、政治的・社会的な状況から、なおも時間を要することが想定される。

こうした中、脱炭素に向けた活動の機運を維持するために、実現可能性の高い案件の実行を先行しつつ、引き続き同国との関与を続けていく方針とする。

また、SATREPS や廃棄物関連予算の活用により、脱炭素に向けた情報・研究を通じたインフラ基盤の支援にも着手し、脱炭素技術の導入がより円滑に進んでいく素地を築いていくこととしたい。

以上