

モルディブ国

モルディブ国
高純度バイオディーゼル燃料
(ReESEL) 製造にかかる
ニーズ確認調査
調査完了報告書

2024 年 12 月

ケイナククリーン株式会社

目次

略語集.....	3
I. 事業計画書	4
1. 自社戦略における本調査の位置づけ	4
2. 市場環境	5
2.1 バイオディーゼル市場.....	5
2.2 競合動向	19
3. ターゲット顧客・ニーズ	20
3.1 ターゲット顧客	20
3.2 ターゲット顧客のニーズ（顧客の直面している問題）	21
4. 製品・サービス概要	22
5. フィージビリティ（技術／運営／規制等の実現可能性）	22
5.1 技術の現地適合性.....	22
5.2 価格の現地適合性.....	24
5.3 市場性.....	24
5.4 法規制・その他障壁	25
6. 事業規模のイメージ	30
6.1 各フェーズ毎のイメージ	30
6.2 進出形態・実施体制のイメージ	32
6.3 事業化に向けたスケジュール	33
6.4 事業化の条件・課題・リスク	34
II. ロジックモデル	35

略語集

略語	英語名称	日本語名称
WAMCO	Waste Management Corporation Ltd	廃棄物管理会社
UCO	Used Cooking Oil	使用済み食用油
RWMC	Regional Waste Management Center	地域廃棄物処理センター
MWSC	Male' Water and Sewerage Company Pvt. Ltd.	マーレ上下水道会社
MTCC	Maldives Transport and Contracting Company	モルディブ公共運輸公社
FSM	Fuel Supplies Maldives	-
STO	State Trading Organisation PLC	-
FEM	Fuel Express Maldives	-
MoCCE	Ministry Of Climate Change And Environment-Registration	環境・気候変動・エネルギー省 ¹
EPA	Environmental Protection Agency	環境保護庁
URA	Utility Regulatory Authority	公益事業規制庁
MoD	Ministry of Defence	国防省
CIMS	Chemical substances Integrated Management System	オンライン化学物質情報管理システム

¹ 現政権になる前の旧名称。2024 年 12 月現在は、環境・気候変動・技術省（Ministry of Environment Climate Change and Technology : MECCT）

I. 事業計画書

本報告書冒頭に記載の調査を実施した結果として当社が作成した事業計画を以下に示す。

1. 自社戦略における本調査の位置づけ

当社は、日本国内にて一般廃棄物及び産業廃棄物の収集運搬業務、浄化槽の維持・管理、リサイクル事業を営んでいる。ISO14001の取得など環境負担軽減に向けた活動を通じて地域環境保全に努め、行政からの信頼を得て、公共事業が受注の多くを占めている。

近時、バイオディーゼル燃料とグリセリン洗剤を研究・開発し、事業化にも着手している。廃棄油からバイオディーゼル燃料を生成し、自社の作業車は自社で生成した高純度バイオディーゼル（以下、ReESEL）を燃料としている。

岐阜県恵那市の廃棄場処理場のフォークリフト等には ReESEL が使用されている。2022 年～2024 年には、同県明智市の明智鉄道において、鉄道車両の燃料として ReESEL の実証実験を実施して 22t の CO2 削減とエンジンへの影響が無かったことを実証した。他にも物流業の運送車や建設業の発電機や重機の燃料として各企業から引き合いがある。

当社にとって、バイオディーゼル精製事業は、飛躍的な成長を見込んでおり、今後の経営戦略上、重要度の高い位置づけとなっている。

上記の日本国内の活動に注目した在日モルディブ副大使（当時）から 2021 年に連絡があり、副大使は当社工場を視察した。ReESEL の品質や、回収の実態、利用状況を把握した副大使は、モルディブにおける ReESEL の活用可能性を実感したことで当社にモルディブ進出の提案をした。同提案を受け、当社は本二重確認調査へ応募し、採択された結果、調査を開始するに至った。

当社にとって、モルディブは初の海外事業となる。海外展開に向けて人材を強化しており、モルディブの事業を契機に ReESEL の市場拡大を進めていく方針である。

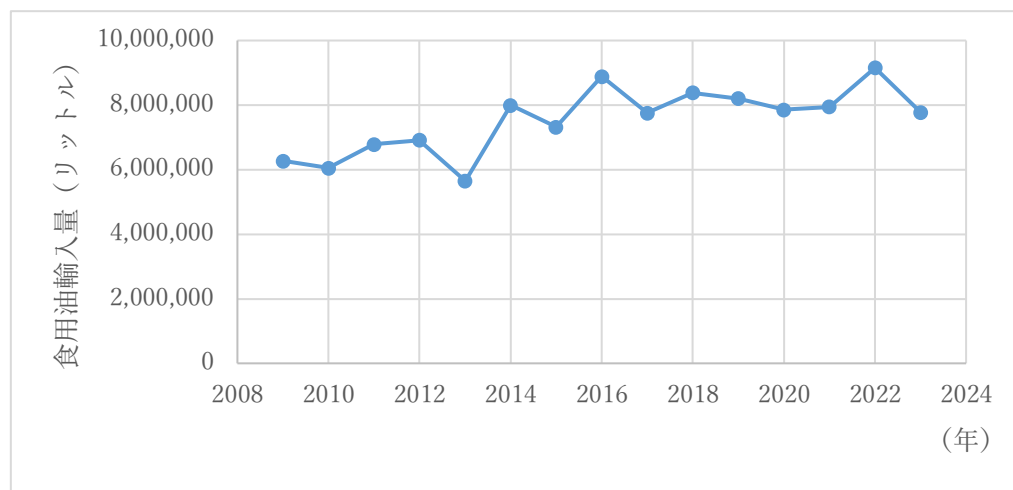
2. 市場環境

2.1 バイオディーゼル市場

本節では ReESEL の原料となる使用済み食品油、すなわち廃食油（Used Cooking Oil。以下、UCO）の排出状況、回収実態などを整理するとともに、ReESEL の競合となるディーゼルの利用状況について整理する。

2.1.1 食用油輸入

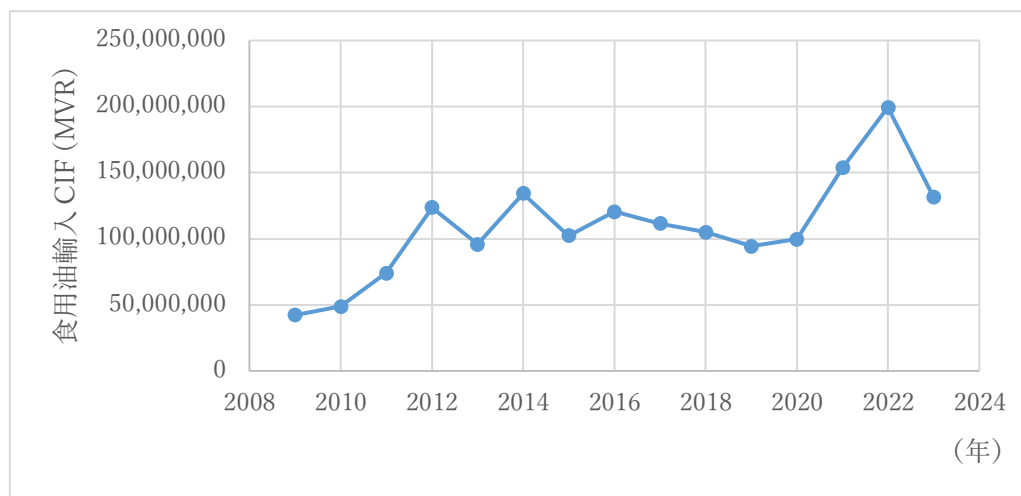
モルディブでは食用油を生産していないため、輸入量を食用油利用量と見做すことができる。食用油の輸入量は年間約 800 万リットルで、図 1 および 図 2 が示すようにモルディブへの食用油の輸入量は増加傾向にある。（ただし 2023 年の原因不明の減少を除く。）²。



出典：モルディブ関税局輸入統計、輸入総額 2009 年～2023 年より調査団作成

図 1 2009 年から 2023 年までの食用油輸入量

²Customs.Gov.Mv. (n.d.). Maldives Customs Service. <https://www.customs.gov.mv/Statistics>



出典モルディブ関税局輸入統計、輸入総額 2009 年～2023 年より調査団作成

図 2 2009 年から 2023 年までの食用油輸入金額 (MVR)

2.1.2 使用済み食用油 (UCO) の排出量

モルディブにおける使用済み食用油の正確な排出量は、全国的に記録されていない。Teixeira et al (2018) によると、植物油 1kg 消費するごとに 320g の UCO が排出される³。したがって、2023 年の輸入量が 778 万リットルであることから、249 万リットルの UCO が排出される推計である。

モルディブでは、家庭からの排出に加え観光やレストラン等の接客業が食用油を使用する主な業界である。具体的には、リゾート島、ホテル、レストラン、サファリボート、クルーズ船などの施設で、大量の食用油が消費される。

上記を踏まえると、モルディブの UCO 回収候補となる市場は、主に観光・外食部門であると考えられる。以下はリゾート島等の観光業における UCO 排出量を考察している。表 1 は、モルディブの観光施設の総数とベッド数をまとめたものである。

表 1 モルディブ全土の観光施設数-使用済み食用油回収サイトの市場規模

施設種別	市場規模	
	施設数	総収容規模 (ベッド数)
リゾート	174	42,955
ホテル	14	1,956
ゲストハウス	860	14,461
サファリボート	150	2,928
合計	1,198	62,300

出典：Ministry of Tourism (2023), Tourism Yearbook 2023 より調査団作成

³ Teixeira, M. R., Nogueira, R., & Nunes, L. M. (2018). Quantitative assessment of the valorisation of used cooking oils in 23 countries. Waste Management, 78, 611–620.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.06.039>

本調査では 2 つのリゾート島から UCO の排出量をヒアリングした。バンドス・アイランド・リゾートはベッド 1 台あたり 4.09 リットル/月、ロイヤル・アイランド・リゾートはベッド 1 台あたり 4.28 リットル/月の UCO を排出していた。ベッド 1 台あたり平均 4.17 リットル/月の UCO が排出されている。

個々のリゾート島で排出される UCO の正確な量を調べるには、より多くのサンプル数が必要となる。さらに、稼働率など他の要素を考慮すべきではあるが、上記の情報を元にリゾート島から排出される UCO を以下のように推計する。

リゾート島のベッド数 $42,955 \times 4.17$ リットル/月 $\times 12$ か月 = 214 万リットル

全国の排出量の約 85% をリゾート島が占めることになり、リゾート島の割合が非常に高い結果となった。全国の排出量も、リゾート島の排出量も推計方法が粗いことに起因するものであるが、大まかな UCO の規模を示すベンチマークと捉えたい。

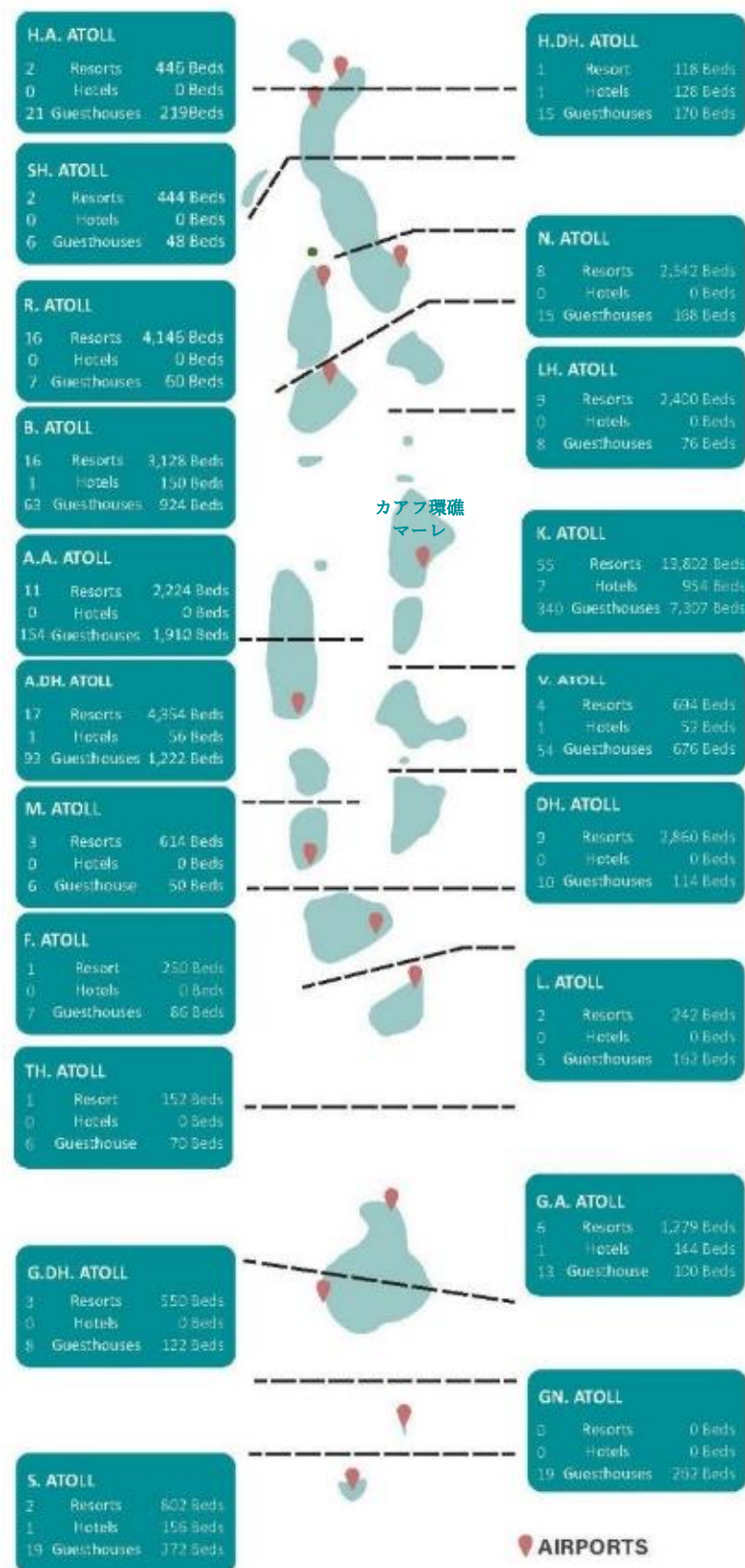
表 2 モルディブのリゾート島で排出される UCO (リットル/月)

	ベッド数	UCO 月間排出量 (LTR)	
		合計排出量	ベッドあたり排出量
バンドス・アイランド・リゾート	440	1800	4.09
ロイヤル・アイランド・リゾート	304	1300	4.28

出典：現地ヒアリング結果より調査団作成

なお、リゾート島以外のホテル、ゲストハウスについては、宿泊客の食事形態として街のレストランやカフェを利用する可能性が高いことから、ベッド 1 台あたりの UCO 排出量が少ないことが想定される。そのため、上記の推計ではリゾート島に焦点を当てて推計をした。

リゾート島等の観光施設は地理的に全国に分布しており、カアフ環礁（首都マーレが存在）が最も多く、その他、バア環礁、ラー環礁、アリフダール環礁など多い（図 3）。バア環礁はカアフ環礁の北西に位置し、首都マーレから水上飛行機で移動できる。ユネスコの世界生物圏保護区に指定されており、高級エコリゾートが多いことが特徴である。ラー環礁はバア環礁の北に隣接する。かつては観光客が立ち入れなかったため、手つかずの自然が数多く残っており、隠れ家的な高級リゾートが多い。アリフダール環礁はカアフ環礁の西に位置し、首都マーレから水上飛行機で容易に移動できて交通アクセスがよい。



出典：モルディブ政府観光局 Tourism Yearbook 2023 より調査団作成

図 3 モルディブ国内の観光施設の分布

2.1.3 UCO の回収

モルディブの人々の大半は食用油を再利用している。油の利用後、残った油は濾され、油に残留物が残らないようにされる。匂いや色によって、再利用可能であると判断された場合、密閉されたガラス容器に保存される。しかし、油の色が濃すぎたり、腐敗臭が強い場合は、キッチンシンクやトイレ、側溝に捨てるか、他の家庭ゴミと混ぜて廃棄される。

一般家庭からの廃棄物は、現在モルディブの主要都市で廃棄物管理サービスを提供する国営企業の Waste Management Corporation Limited (WAMCO) が回収している。WAMCO は、マーレ首都圏、ゾーン3、アドウ市、フヴァムラ市など、国内の様々な地域で廃棄物業務全般を管理している。残りの島嶼部では、一部の島嶼評議会が民間の廃棄物収集業者に許可を与えているが、その他の島嶼部では、評議会が廃棄物の収集、分別、管理に責任を負っている。

マーレ首都圏では、WAMCO は一般家庭からの UCO 回収は行っていない。しかし、ホテル、ゲストハウス、レストラン、カフェなど観光・外食産業からは UCO の回収を行っている。

回収量について、データを収集しておらず明確な統計は存在しないが、担当者の推測で約 8000 リットル/月とのこと。年間 10 万リットルに該当し、約 200 万リットルの排出量のごく一部しか回収できていない状況である。



出典：調査団撮影

図 4 UCO の回収光景（左写真の黄色いタンクが UCO）

WAMCO は廃棄物をマーレから首都近郊の工業島ティラフシに運んでいる。ティラフシは、1990 年代初頭にゴミと砂を混ぜ合わせて人工的に造成された島であり⁴、マーレ首都圏のための地域廃棄物処理センター（Regional Waste

⁴Sector Assessment (Summary): Water and Other Urban Infrastructure and Services, <https://www.adb.org/sites/default/files/linked-documents/51077-003-ssa.pdf>

Management Center 以下、RWMC) の位置づけである。マーレ首都圏からの廃棄物に加え、いくつかのリゾート島や建設現場からの廃棄物も、定期的に船舶や民間業者を通してティラフシに運ばれている。ただし、ティラフシの廃棄場には浸出水処理システムが導入されておらず、環境汚染が懸念される⁵。さらに、2021 年まで、移送された廃棄物は混合され、公然と焼却され、大気汚染と重金属の放出につながっていた⁶。現在、国内の廃棄物管理をより持続可能なものにする取り組みの一環として、島内に廃棄物焼却施設と有害廃棄物施設を設立する取り組みが進められている⁷。

観光・外食施設による UCO の廃棄については、WAMCO とのヒアリングにより、法律上禁止されているにもかかわらず、いまだに側溝に廃棄しているリゾートがあることがわかった。また、UCO をその他のゴミと共にティラフシに移送するリゾートもある⁸。WAMCO は現在、センターに持ち込まれた UCO の記録を保管していないが、近い将来、ティラフシに持ち込まれたすべての廃棄物の記録を保管する予定である。WAMCO はまた、UCO に金銭的価値があれば、エンジンオイルと同様に分別して保管できると述べている⁹。



出典：調査団撮影

図 5 ティラフシにおける廃油の保管状況（ドラム缶はエンジンオイル）

⁵Ministry of Environment and Energy (2018), Initial Environmental Examination – MLD: Greater Male' Environmental Improvement and Waste Management Project, 51077-002, <https://www.environment.gov.mv/v2/wp-content/files/publications/20180300-pub-mld-greater-mle-env-imp-waste-mgmt-proj-mar2018.pdf>

⁶Ministry of Environment. (2021, August 19). Stopping the open burning of K. Thilafushi: (IUL)438-WMPC/438/2021/224. [www.environment.gov.mv. https://www.environment.gov.mv/v2/en/download/12458](https://www.environment.gov.mv/v2/en/download/12458)

⁷Ministry of Environment, Climate Change and Technology. (2023, August 22). DRAFT: Maldives Waste Management Policy and Formulation of a National Waste Management Strategy – For Public Commenting.

⁸ 運搬費はリゾート負担であり、燃料費だけでもティラフシへの往復に 2000 ドルかかるケースもあるという。リゾート島にとって廃棄物処理は大きな課題となっている。

⁹ エンジンオイルは海外に輸出しており、分別管理されている



出典：調査団撮影

図 6 ティラフシで廃棄された廃油容器

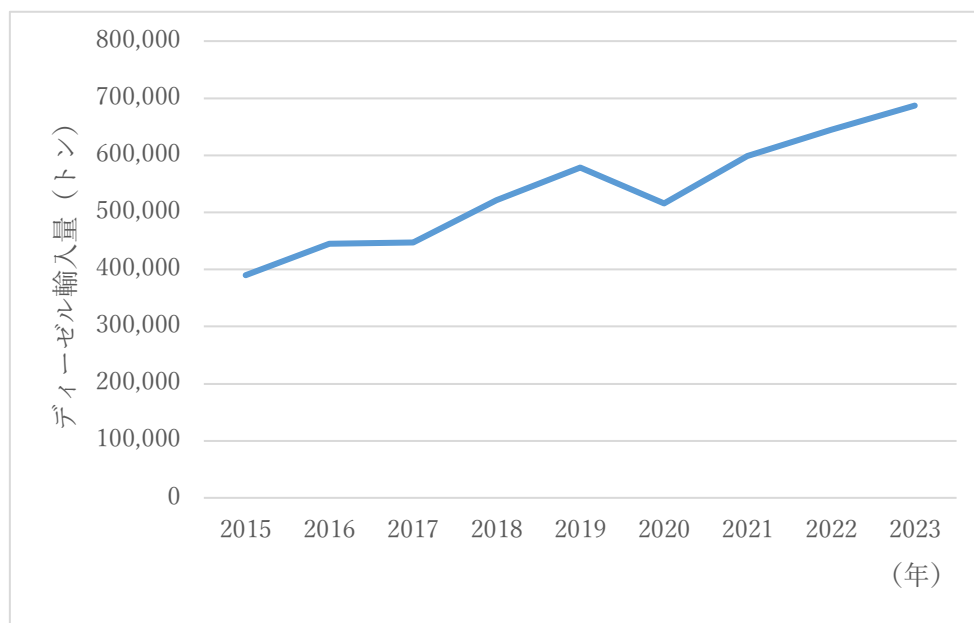
2.1.4 ディーゼル輸入

輸入化石燃料はモルディブの主要なエネルギー源であり、GDP の約 10%、年間輸入総額の 15%を占めている¹⁰。モルディブに輸入されている主な燃料は、ガソリン、ディーゼル、液化石油ガス（LPG、調理用ガス）、航空燃料の 4 種類である。ディーゼルは主に発電、工業プロセス、海上輸送に、ガソリンは主に道路輸送に、LPG は調理に、航空燃料は航空機に使用される。

国内のすべての有人島が電力用のディーゼル発電機と輸送用のディーゼル船に依存しており、ディーゼル輸入量は膨大である。具体的には 2019 年に 6 億 8,370 万リットルが輸入され¹¹、図 7 が示すように過去 10 年間のディーゼル（船舶油）輸入量は増加傾向にある。

¹⁰Asian Development Bank. (2020). A BRIGHTER FUTURE FOR MALDIVES POWERED BY RENEWABLES: ROAD MAP FOR THE ENERGY SECTOR 2020–2030. In <https://www.adb.org/>. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/654021/renewables-roadmap-energy-sector-maldives.pdf>

¹¹Maldives set to spend more on fuel in 2022 | Maldives Financial Review. (n.d.). <https://mfr.mv/industry/maldives-set-to-spend-more-on-fuel-in-2022>



出典：モルディブ国税関 Statistics, Total Imports より調査団作成

図 7 モルディブのディーゼル輸入量（トン） 2015-2023

2.1.5 ディーゼル消費量

モルディブ国内でディーゼルが生産されていないため、前節のディーゼル輸入量が国内ディーゼル消費量となる。

以下のセクションでは、エネルギー、海上輸送、陸上輸送の各分野におけるディーゼル燃料の消費量について、入手可能なデータやその他の関連情報を提供する。モルディブの各部門におけるディーゼル燃料の消費量と使用量を正確に把握するためには、一次データ収集によるさらなる調査が必要である。

2.1.5.1 発電

モルディブの各環礁には、186 の発電所に合計 290MW のディーゼル発電機が設置されており¹²、各発電所の運営内訳としては、上下水道電力供給公社（Fenaka Corporation Ltd. 以下、FENEKA）が 148 の発電所を運営、モルディブ電力公社（State Electric Company Ltd. 以下、STELCO）がマーレ首都圏の発電所を含む 35 の発電所を運営、マーレ上下水道会社（Male' Water and Sewerage Company Pvt. Ltd. 以下、MWSC）がラー環礁の東端に位置するドゥヴァーファル島にて発電所 1 か所を運営している。リゾート島にはさらに 144MW の発電能力があり（これらは政府から独立して管理されている）、工業島には約 20MW の発電能力がある。

¹²Goyal, K. (2022, June 6). Road to Renewables: Maldives transitions to a greener power sector. REGlobal. <https://reglobal.org/road-to-renewables-maldives-transitions-to-a-greener-power-sector/>

①住宅地

2018 年、住民島で 750 GWh の電力を生産するために、合計 213,612 トンのディーゼルが消費された¹³。このことから、1GWh の電力を生産するためには、284 トンのディーゼルが消費されることになる。そのため、2022 年に 962GWh の電力を生産するためには、以下に詳述するように、273,859 トンのディーゼルが消費されたことになる¹⁴。

2030 年には、マーレ首都圏（962GWh）とその他の有人島（428GWh）で、合計 1,390GWh の電力がディーゼルを使って生産されると予測されている。すなわち合計 395,578 トンのディーゼル需要が予測される。

②リゾート、工業、農業

モルディブにおける 38 のリゾート（総ベット床数 7,632 床）における電力生産総数 185 GWh に対して、51,961 トンのディーゼル燃料が消費されていると報告されている（2018 年時点）¹⁵。また、2030 年の予測では、リゾート、産業、農業の島々で 166,023 トンのディーゼルから 591GWh の電力が生産されると推計されており¹⁶、これに基づく 2030 年のモルディブの電力用ディーゼル消費量は、1,981GWh の電力生産に対して 561,601 トンと予測される¹⁷。

表 3 発電量とディーゼル燃料消費量の過去実績および将来予測

	住宅		リゾート、工業、農業	
	発電量 (GWh)	ディーゼル燃料 消費量 (トン)	発電量 (GWh)	ディーゼル燃料 消費量 (トン)
2018	750	213,612	185	51,961
2022	962	273,859	N/A	N/A
2030年（予想）	1,390	395,578	591	166,023

出典：アジア開発銀行(2020).A BRIGHTER FUTURE FOR MALDIVES POWERED BY RENEWABLES: ROAD MAP FOR THE ENERGY SECTOR 2020-2030, Maldives Bureau of Statistics, Maldives in Figures - Aug 2023. Maldives Energy Authority.(2019).島の電力データブック 2019 より調査団作成

2.1.5.2 海上輸送

モルディブでは海上輸送船にディーゼル燃料が使用されることが一般的である。2017 年から 2019 年にかけて、船舶に使用されるディーゼルの年間消費量は 149,000 トンから 195,000 トンに増加したと報告されている¹⁸。表 4 には、具体的な船舶登録隻数を示しており、467 隻の漁船が登録されている（2020 年

¹³Maldives Energy Authority. (2019). Island Electricity Databook 2019. In <https://www.environment.gov.mv/.https://www.environment.gov.mv/v2/en/download/10752>

¹⁴ Maldives in Figures – Aug 2023. (2023, September 25). <https://statisticsmaldives.gov.mv/maldives-in-figures-aug-2023/>

¹⁵Maldives Energy Authority. (2019). Island Electricity Databook 2019. In <https://www.environment.gov.mv/.https://www.environment.gov.mv/v2/en/download/10752>

¹⁶Asian Development Bank. (2020). A BRIGHTER FUTURE FOR MALDIVES POWERED BY RENEWABLES: ROAD MAP FOR THE ENERGY SECTOR 2020–2030. In <https://www.adb.org/.https://www.adb.org/sites/default/files/publication/654021/renewables-roadmap-energy-sector-maldives.pdf>

¹⁷ibid

¹⁸ibid

時点)¹⁹。海上輸送部門におけるディーゼル消費量の正確な最新情報は2020年時点になるが、船舶登録隻数は、同部門の燃料消費量を測定するための参考値とすることが可能である。より具体的な燃料消費量を算出には、エンジンの大きさ、航行頻度、航行時間に関するデータを考慮する必要があるものの、一定数の消費が見込まれる。



出典：調査団撮影

図 8 フェリー（左）とスピードボート（右）

表 4 船用燃料の種類、用途、サイズ

船舶の種類	船舶登録 隻数 2020年 時点合計	燃料タイプ		船舶の目的	船舶の大きさ
		ディーゼル	ガソリン		
舢舨（はしけ）	145	90%	10%	貨物	15～25 トン
ドーニ	573	100%	0%	乗客	全長 70 フィート
スピードボート	2,567	5%	95%	乗客	18 人の乗客
漁船	1,691	90%	10%	釣り	全長 80 フィート
国内貨物船	70	100%	0	貨物	全長 80～100 フィート
サファリボート	98	90%	10%	旅客輸送	全長 100～150 フィート
小型ボート	N/A	0%	100%	旅客輸送	全長 8～10 フィート

出典：Ministry of Transport and Civil Aviation より調査団作成

2.1.5.3 陸上輸送

陸上輸送では、主にバスやトラック、建設重機にディーゼルが使用されている。表 5 は、燃料の種類、用途、車両の大きさを示している。その他の車両が多くを占めており、これらにはオートバイや四輪バイク、原動機、三輪車等の小規模輸送車両が含まれている。

モルディブ公共運輸公社（Maldives Transport and Contracting Company 以下、MTCC 社）はフェリーなどの海上輸送をはじめ、マーレやフルマーレにおけるバス輸送、ティラフシやフルマーレなどの都市開発といった建設部門を有

¹⁹ Vessel List | Maldives Fisheries Information System. (n.d.). <https://keyolhu.mv/home/VesselList>

する。ヒアリングによれば、海上輸送とバスなどの陸上輸送の合計で日々15～20k リットルのディーゼルを消費しており、ディーゼルユーザーとして大きなシェアを占めるものとする。

表 5 車両燃料の種類、目的、大きさの説明

車種	車両登録 台数 2020 年 時点合計	燃料タイプ		車両の目的	車両サイズ
		ガソリン	ディーゼル		
中型乗用車	163	10%	90%	乗客	8～15名様
大型乗用車	238	0%	100%	旅客	15人以上の乗客
中型貨物車	707	10%	100%	商品輸送	積載量 1.5トン
大型貨物車	477	0%	100%	商品輸送	積載量 1.5～10トン
トレーラー	81	0%	100%		積載量 40トン
その他の車両	9,662	0%	100%		

出典：Ministry of Transport and Civil Aviation より調査団作成

2.1.6 ディーゼル販売店

モルディブの主な燃料供給会社は、Fuel Supplies Maldives、The Hawks Pvt Ltd、Fuel Express Maldives の 3 社である。これら 3 つの主要燃料供給業者に加え、現在燃料供給会社はモルディブの全島に存在しており、個人による燃料供給も行われている。図 9 モルディブの主な燃料配給場所は、国内のすべての燃料販売業者から提供された、国内の主な燃料供給拠点の全体像を示している。この図には、一般顧客向けの燃料小屋や商業および産業顧客向けの燃料供給ターミナルが含まれている。

2.1.6.1 Fuel Supplies Maldives (FSM)

Fuel Supplies Maldives (FSM) は、2000 年に設立された国営企業 State Trading Organisation PLC (STO) の子会社であり、国内の燃料流通の合理化を目的としている。FSM 設立以前は、STO が燃料流通を管理していた。同社の主要燃料ターミナルは、カアフ環礁のフナドゥにあり、このターミナルを通じて、ディーゼルおよびガソリンが公共インフラ、リゾート、個人顧客に供給されている。このターミナルは、ディーゼル 4,627 万リットル、ガソリン 938 万リットルの貯蔵能力がある²⁰。

カーフ環礁のフナドゥに位置する燃料配送ターミナルを筆頭に、FSM は国内のさまざまな場所に燃料貯蔵庫を所有し、運営している。同社は、国内の燃料需要を満たす強固な流通インフラを整備し、産業および商業レベルでの流通のた

²⁰STO Energy | State Trading Organization Plc. (n.d.). <https://sto.mv/outlets/energy>

めの包括的なネットワークを確立することに成功している。このネットワークにより市民が簡単に燃料にアクセスできるようになった。

2.1.6.2 The Hawks Pvt Ltd

The Hawks Pvt Ltd は、モルディブの一流燃料サプライヤーになることを目的に 2007 年に設立された民間の企業である。同社はモルディブの様々な場所にディーゼルとガソリンを直接輸入・販売している。最新の安全設備と分離タンクに支えられた船隊は現在、15～300 立方メートルのデリバリーバージ 14 隻と、1000 立方メートルから 1 万 500 立方メートルのタンカー 7 隻で構成されている²¹。さらに、顧客のニーズに合わせて燃料を配送するため、21 隻の船舶が継続的に操業している。

同社のメイン燃料ターミナルはティラフシにある。国際基準に基づいて設計されたこのターミナルには、合計 30,000 cbm の燃料容量を持つ 6 つのタンクがある。バア環礁の 2 つの島、カマドゥーとダラバンドゥー、さらにフバムラー環礁にもある。また、浮体式貯蔵所はバア環礁、ダアル環礁、ガーファリフ環礁にある。ディーゼル用の給油所を 8 カ所、ガソリン用の給油所を 6 カ所運営している²²。

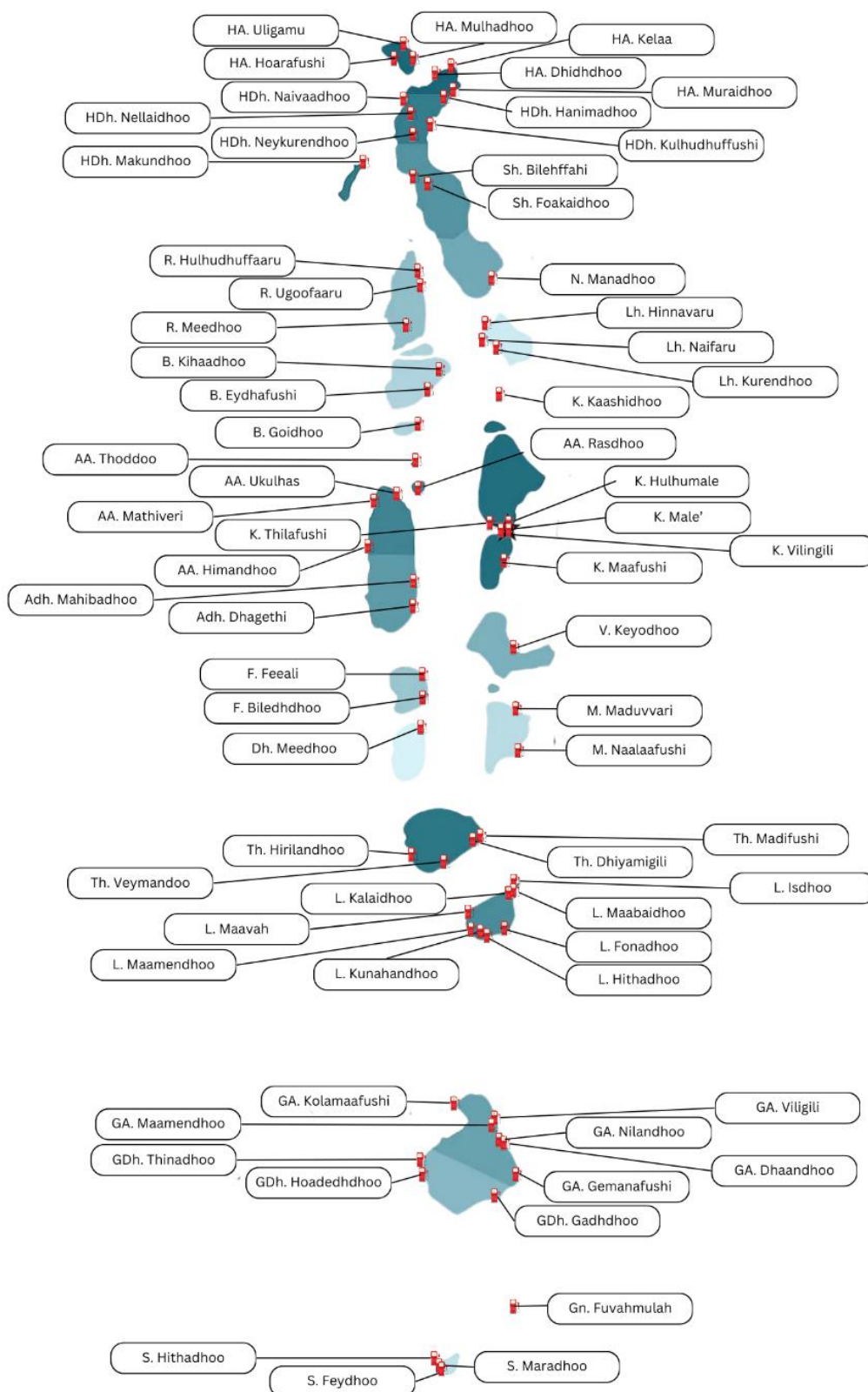
2.1.6.3 Fuel Express Maldives (FEM)

Fuel Express Maldives (FEM) は 2011 年に設立された民間企業で、石油や軽油、幅広い種類の船舶用潤滑油など、最高品質の燃料を顧客に供給することを目的としている。FEM は、地元の島々への燃料特急配達に加え、観光、建設、運輸、海洋部門を含む様々な産業への燃料配給サービスも提供している。4 隻の燃料バージを運用しており、一度に 30 万リットル以上の燃料を供給することができる²³。

²¹The Hawks - Fuel supply. (n.d.). <https://thehawks.biz/fuel-supply>

²²The Hawks - fuel terminal. (n.d.). <https://thehawks.biz/fuel-terminal>

²³FLEET & BOWSERS – Fuel Express Maldives. (n.d.). <https://fuelexpress.mv/index.php/fleet-bowsers/>

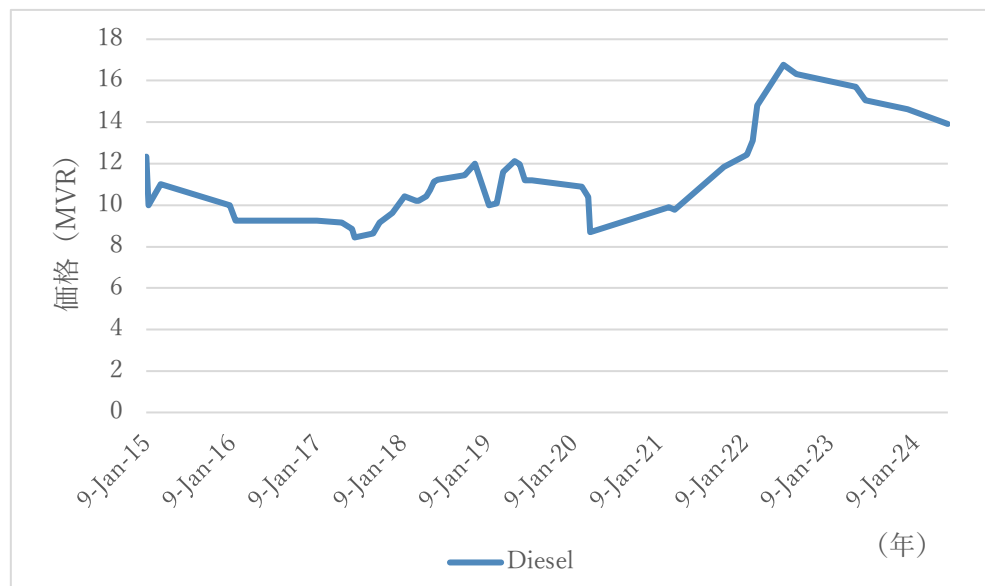


出典：Fuel Supplies Maldives HP、The Hawks Pvt Ltd HP、Fuel Express Maldives HP より調査団作成

図 9 モルディブの主な燃料配給場所

2.1.7 燃料価格の動向と補助金

モルディブのディーゼル燃料の価格は、世界の市場価格の変動によって変動する。図 10 モルディブの燃料価格推移は、2015 年から 2024 年までのモルディブの燃料価格の推移を示している。



出典：The GlobalEconomy より調査団作成

図 10 モルディブの燃料価格推移

政府は電力価格の低減を目的に、STO を通じて FENAKA に対して燃料調達のための補助金を提供している²⁴。下表は、2022 年から 2026 年までの燃料補助金予算総額である²⁵。燃料補助金を削減する方針があり、特に 2025 年以降は激減する見通しである。

表 6 2022 年から 2026 年までに政府が FENAKA に提供する燃料補助金（千 MVR）

補助金	予算		承認	実績	
	2026	2025	2024	2023	2022
燃料補助金	3,000	2,236	775,483	1,917,375	2,309,670

出典：Ministry of Finance Budget Book より調査団作成

²⁴SOE Gateway - State-Owned Enterprises of the Maldives. (n.d.).

<https://soegateway.finance.gov.mv/sectors>

²⁵Ministry of Finance. (2024). Budget Book: 4.6 Special Budget [Dataset]. Government of Maldives.

<https://budget.gov.mv/en>

2.1.7 燃料品質チェック

モルディブでは、燃料の品質チェックについて標準化された手段は確立されていない。しかし、燃料販売業者は独自の基準に従っている。STO によると、彼らは供給する燃料の品質を保証するために ISO 規格に従っている。そのプロセスには 2 つの段階がある。

- (1)モルディブに輸入される前の供給者側からの品質チェック
- (2)輸入時のコンテナからの荷降ろし時の品質チェックである

後者のように STO 自身が品質チェック機能を有するため、ReESEL においても品質基準が提示されれば、STO は荷受け時に ReESEL の品質チェックをすることが可能である。

2.2 競合動向

モルディブにはバイオディーゼルの市場が確立されておらず、競合企業はいないが、同国で食用油からバイオ燃料を生産する国際的なパートナーシップがある点は留意が必要である。2023 年 11 月 2 日、ドバイ商工会議所主催のドバイ・ビジネス・フォーラムにおいて、UAE の Lootah Biofuels 社の創業者兼 CEO とモルディブの Atmosphere Core 社の会長との間で覚書が締結された²⁶。

この協力関係は、廃棄物を削減し、資源をリサイクルし、モルディブで循環型経済を推進することで、未来の世代のためにより健全な地球を確保するという相互のコミットメントによって推進されている。両者は、①モルディブの循環型経済を促進、②Atmosphere Core 社が管理するリゾートに環境に優しいバイオ燃料を導入、③運営上の二酸化炭素排出量を大幅に削減、④モルディブの持続可能な観光産業を構築するという 4 点に協力することに合意した。この協定の重要な要素は、モルディブの観光リゾート、ホテル、レストラン、家庭から使用済み食用油を回収し、Lootah Biofuels 社のバイオ燃料パイロットプラントでリサイクルしてバイオディーゼルを生産する実現可能性を調査・支援することである。

Lootah Biofuels はまた、2023 年 5 月に FENAKA と、UAE 国外で初のバイオ燃料工場を設立する契約を締結した。このプロジェクトでは、Lootah Biofuels は当初 700 万米ドルを投資することになっていた²⁷。

ただし、STO や FENAKA などの関係者によると、いずれの MoU も今のところ進展はない。これらの MoU が前政権時代に調印されたことが一因と考える。

その他の取り組みとして、モルディブのローカル企業の V.A.M & Company Pvt

²⁶Lootah Biofuels and Atmosphere Core to pioneer circular economy in tourism sector in Maldives. (2023, November 7). Visitmaldives. <https://visitmaldives.com/en/news/lootah-biofuels-and-atmosphere-core-to-pioneer-circular-economy-in-tourism-sector-in-maldives>

²⁷Teixeira, M. R., Nogueira, R., & Nunes, L. M. (2018). Quantitative assessment of the valorisation of used cooking oils in 23 countries. Waste Management, 78, 611–620. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.06.039>

Ltd.（以下、VAMCO）は、20 以上のリゾートと契約を結び、WAMCO とは別で、独自に UCO を回収し輸出している。輸出先ではバイオディーゼルや SAF が製造されていると考えられる。VAMCO は 2024 年 5 月頃、持続可能な取り組みの一環として UCO の回収を開始し、リゾートから大きな関心を集めた。VAMCO は UCO の調達において競合となる可能性がある。他方で VAMCO 自身がバイオディーゼル製造能力を持たないことから、当社と連携して、本事業の回収を担うパートナーとなる可能性もある。

3. ターゲット顧客・ニーズ

3.1 ターゲット顧客

廃油回収先：

政府：WAMCO

民間：リゾート施設

ReESEL 燃料の利用先：

政府：WAMCO、FENAKA、その他政府系企業

民間：交通、建設、船舶、リゾート島などの発電

ReESEL 燃料の利用先であるターゲット顧客としての第一候補は WAMCO のゴミ収集車両や重機である。WAMCO との協力のもと、WAMCO から UCO を回収して ReESEL を生産することから、地産地消として WAMCO 自身が ReESEL を利用することが最も合理的であると考えられる。

第二のターゲット顧客は FENAKA のディーゼル焚き発電を想定する。ReESEL 価格がディーゼル価格よりも高額になることから、当該インセンティブをもつプレイヤーとして、国営企業に焦点を当てている。

BtoB のビジネスモデルの中で、民間需要としてはバスやフェリーといった交通分野（例えば MTCC）、建設業者や水産業者、リゾート島の発電機等が考えられる。交通分野はディーゼル使用した車両、船舶を多く運用していることから、ターゲット顧客と考えられる。建設業は、同国内のフルマーレ市において、住宅開発公社と協力し、観光、金融、IT パーク、マリーナ、クルーズターミナルなどを建設予定であり、その他にもショッピングモール、オフィス、学校、医療機関の建設も見込まれていることから、今後同国内にて需要が増加すると思われる。水産業は、国民労働力の約 20%を雇用し、輸出の 90%以上を占める主要産業であるとともに、漁船のディーゼル使用量が多いことから、ターゲット顧客となり得る。

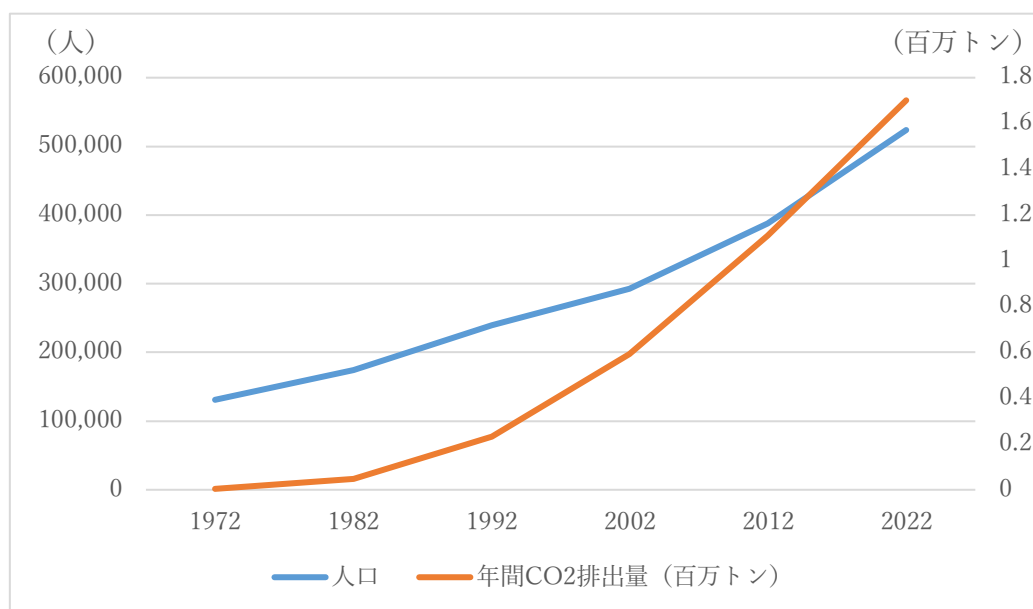
BtoC のビジネスモデルについても可能性はある。STO へのヒアリングでは、テストマーケティングにより消費者の選好を確認する必要があるものの、環境への貢献とのバランスを考えると、ReESEL が選好され得る価格差であるとの考えであった。

3.2 ターゲット顧客のニーズ（顧客の直面している問題）

モルディブのニーズとしては、①CO₂ 削減、②海洋汚染の低減、③ディーゼル輸入削減による外貨準備高の増加、④自国産エネルギーによるエネルギーセキュリティ改善などが挙げられる。

ただし、国営企業や民間企業といったターゲット顧客にとってのニーズは CO₂ 削減に限定される。

モルディブにおける CO₂ 削減目標は、2028 年までに 26%削減を目指している。他方でモルディブの CO₂ 排出量は人口増加も相まって増加の一途である。2022 年のモルディブの年間 CO₂ 排出量は 170 万トンで、そのすべてが石油によるものである²⁸。CO₂ 排出の大きな要因となっているディーゼル機器は、一部を電化することも可能だが多額の投資、電力供給の問題など課題は大きいものとなっている。



出典：CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. Our World in Data. より調査団作成

図 11 モルディブにおける人口および CO₂ 排出量の推移

液体燃料における CO₂ 発生量を抑制するためには、ディーゼル機器の電化が解決策の一つとなるが、設備投資が必要となる。対して ReESEL は既存のディーゼル機器を改造することなく使用でき、ディーゼルの代わりに使用するだけで 1 リットル当たり 2.62 kg の CO₂ を削減できる²⁹。

上記のような CO₂ 削減目標が立てられているものの、モルディブ政府から CO₂ 排出量の削減を求められている政府機関や組織は存在しない。

²⁸Ritchie, H., Roser, M., & Rosado, P. (2020, May 11). CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/co2/country/maldives>

²⁹ ReESEL 100%の場合 2.62 kg B5 の場合 0.131 kg B30 の場合 0.786 kg

環境・気候変動・エネルギー省（MoCCE）、環境保護庁（EPA）、公益事業規制庁（URA）は、基準を設定し、CO₂ 排出の削減と自然環境全体の保護に取り組む主要な政府機関である。さらに、国内の電力供給業者や運輸・民間航空省（MoTCA）も、国内の CO₂ 削減に潜在的な役割を担っている。

4. 製品・サービス概要

バイオディーゼル燃料は、植物由来の食用油（主に廃食用油）を原料に精製する CO₂ ゼロカウントの燃料である。軽油の代替燃料として、ディーゼルエンジンを搭載した自動車・船舶・発電機等において、改造などの新たな投資を行わずに使用可能な、脱炭素を実現する燃料である。世界各国で脱炭素化目標達成の手段として導入されており、日本国内では物流、建設、空港、鉄道等の幅広い分野で使用されている。

しかしながら、従来のバイオディーゼル燃料は最高で 96%の精製度、4%以上の不純物を含有しており、それを起因とするエンジントラブル等が多く発生している。特に 2006 年の排ガス規制強化以降、エンジンノズルが細かくなったため、不純物が含まれやすいバイオディーゼルはノズル詰まりを起こしやすくなっている。

今回提案する高純度バイオディーゼル燃料（ReESEL）は、一般的なバイオディーゼル燃料同様に廃食用油を原料として生成する CO₂ ゼロカウントの燃料であることに加え、特殊技術で蒸留処理することで世界最高水準の 99.9%の精製度を達成している。よって、従来のバイオディーゼル使用時に発生していたエンジントラブルを回避できる高品質なバイオディーゼル燃料である。

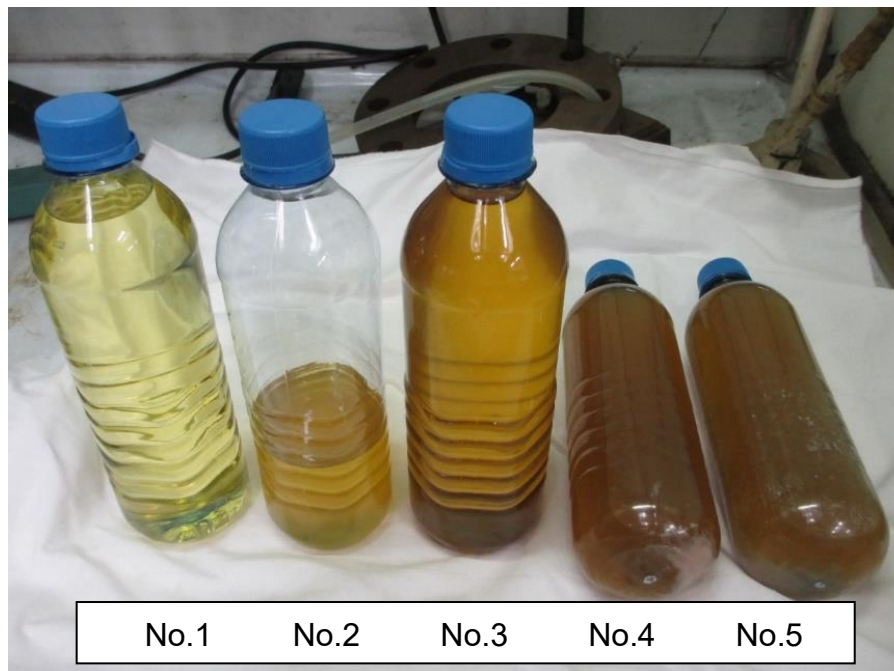
5. フィージビリティ（技術／運営／規制等の実現可能性）

5.1 技術の現地適合性

モルディブにおいて廃食用油のサンプルを入手し、廃食用油の劣化状態の調査およびバイオディーゼル燃料（BDF）への変換（メチルエステル変換³⁰）を行い、ReESEL に精製可能かについて判定するとともに、メチルエステル変換した廃食用油バイオディーゼルの脂肪酸組成の分析から廃食用油の種類を推定した。

下記 12 に示すとおり、廃食用油のサンプルは 5 本のペットボトルに分けた状態で入手した。No.4 と No.5 はとツナ缶の油をサンプルしたものであり、水分やツナ缶の植物油以外のツナ等の物質が混入しており、バイオディーゼルへの変換を行う前に、水分の分離および遊離脂肪酸の除去を含む複数の前処理の工程が必要となる。ReESEL の製造プロセスには通常では使われない廃食用油であるため、No.4 と No.5 については本調査の対象から外し、No.1～No.3 の廃食用油のみを対象とした。

³⁰ アルコールと酸が反応してメチルエステルを生成する化学反応。メチルエステルは軽油とよく似た性質をもち、生物由来のバイオディーゼル燃料として利用される。



出典：調査団撮影

図 12 モルディブで回収した廃食油サンプル

No.1～No.3 までのサンプルの成分を分析した結果、No.1 と No.2 の廃食油は比較的劣化が少ない油脂であり、No.3 の廃食油は非常に劣化している油脂であることが確認された。しかし、いずれのサンプルにおいても、全国バイオディーゼル燃料利用推進協議会が定めるガイドラインに則った場合に、BDF 製造における廃食油の受入基準を満たすことが判明した。

次に、受入基準を満たす No.1～No.3 までのサンプルを対象にバイオディーゼルへの変換を試みた。試験の結果、いずれの廃食油もメチルエステル変換が可能であり、減圧蒸留を行うことによって、JIS 規格（日本産業規格）に適合するバイオディーゼルに精製することが十分可能であると判定された。減圧蒸留の必要性については、一部評価項目（例、エステル濃度）の値が基準値を超える結果であったことから、JIS 規格を満たすために必要な追加的プロセスとなる。

以上の結果から、今回の調査で入手したサンプルのうち、ReESEL の製造プロセスで通常使用されると想定される廃食油（No.1～No.3）については、バイオディーゼルへの変換が可能であり、ReESEL として精製可能であると判定された。

また、理論的には小型、中型、大型の様々なサイズのディーゼルエンジンを改造することなく、それらの燃料として精製したバイオディーゼルを完全に単独で使うことができる。ただし、バイオディーゼルはディーゼルと比べて分子が小さいために、腐食性が強く、ゴムを劣化させる性質がある。オイルタンクが

らエンジンへ燃料をつなぐ燃料ホースの劣化に留意しなければならない。

具体的には、燃料ホースの素材がニトリルゴム（NBR）の場合、バイオディーゼルを高濃度で利用すると、燃料ホースが劣化し、燃料漏れが発生するリスクがある。そこで、耐食性の高いフッ素ゴム（FKM）に交換することが望ましい。

フェリーやスピードボートの製造・メンテナンス企業へのヒアリングによると、基本的には燃料ホースは NBR を用いられているが、FKM に交換することが可能とのこと。燃料ホースの価格差は 10～15%に過ぎず、燃料ホースがバイオディーゼルの利用の障害とはならないと考えられる。

自動車整備工場へのヒアリングでも、同様の回答が得られた。基本的に燃料ホースは NBR が用いられているが、FKM に交換する工賃が 600～800 MVR、KBM の燃料ホース価格が 1500～1600 MVR に過ぎず、2000 MVR 強で燃料ホースのアップグレードが可能である。

なお、ディーゼル燃料にバイオディーゼルを混合して、日本基準の 5%混合（B5）などとして使用することで、NBR であっても燃料ホースの劣化リスクは軽減される。

5.2 価格の現地適合性

モルディブ国産のバイオディーゼルは存在せず、価格のベンチマークを、モルディブ国内のディーゼル販売価格 14 MVR/リットル（約 140 円/リットル）とする。現時点では ReESEL の製造コストは 150 円/リットル程度と想定する³¹。ReESEL の販売価格を 25 MVR/リットルと設定すると、軽油より割高となるが、世界的にも軽油と混合して販売することが通常であり、日本基準の 5%混合（B5）にすると、販売価格は 17 MVR/リットルと一定程度に価格を抑えることができる³²。

ターゲット顧客の FENAKA とのミーティングによると検討の可能性のある価格設定であるとのこと。ディーゼルの卸売り企業の STO としても当該価格設定での需要が読み切れないものの、実証事業にてテストマーケティングする価値があるとのコメントがあった。

なお、30%混合（B30）の場合は 24 MVR/リットルの販売価格を想定している。

5.3 市場性

3.2 節のターゲット顧客のニーズで述べたように、モルディブ政府は CO2 削

³¹ 本コスト見通しにプラント建屋の建設費用や土地の購入・借入費用は含まれていない。また、化学品サプライヤーへのヒアリングにて、現地における化学品調達の見込みが立っておらず、化学品調達コストが想定外に増加するリスクがある。また、WAMCO から UCO を無償で譲渡される前提としており、WAMCO から有償で UCO を買い取る場合、ReESEL の製造コストはさらに増加する。

³² 混合装置の初期投資やランニングコストが必要になるため、ディーゼル価格と ReESEL 価格の単純な按分よりも価格は高くなる。

減の目標値を打ち出している。現時点でこれに沿って国営企業等に CO2 削減目標を課していないものの、将来的に目標が課される可能性がある。また、民間企業においても CSR の観点で CO2 削減を進める企業が存在すると想定している。ReESEL は CO2 削減の有効な選択肢であり、既存のディーゼルとの価格差も一定程度に抑えられるため、市場性は高いと考える。

他方で原料となる UCO の調達が市場規模を決定する因子となる。年間の廃食用油排出量は、2.1.2 節で考察したように粗い推計であるが UCO の排出量は年間 200 万リットル（2,000k リットル）であるのに対して、ディーゼル輸入量は年間約 70 万トンもある。UCO のうち回収できているのが、そのうちのごく一部であることを考慮すると、ディーゼル利用量に対して ReESEL が代替できるのは 1%もないため、UCO の調達が本事業の重要な要点となる。

本調査にて、WAMCO が首都近郊で一定量の UCO を回収していることが分かった。また、北部の最終処分場ヴァンドゥーにおいても複数のリゾートからごみ処分の契約を締結し、UCO を含めた廃棄物処理が始まる見込みである。将来的な実証事業においてはこのような WAMCO が回収する UCO を WAMCO から調達し、UCO の集積地近くで ReESEL 製造プラントを設置し、生産する計画である。

本調査において、WAMCO から協業を提案されており、UCO の回収、プラント用地選定、廃食用油リサイクルの制度化に係る政府への働きかけもスムーズに行えると想定している。

燃料流通については、ニーズ確認調査時に国営の燃料サプライヤーである STO と「ReESEL のエンドユーザーへの供給可否」について協議している。同社からは脱炭素化のインセンティブを持つ ReESEL は軽油より割高であっても競争できる商材になるとの見解を得ている。

上記により、回収→製造→流通の流れを確立することが可能となる。

B5 燃料を使用すると、軽油と比較して 5%の CO2 削減効果がある。電化の設備投資に比べ、投資費用は安価であり脱炭素化目標を掲げる政府が率先して購入することが普及への第一歩と認識している。B5 燃料は STO の流通網を活用し、再生可能エネルギーとして国営企業が所有する発電所、船舶、重機、車両、空港内の作業車に加え、事業者、一般家庭にまで普及できると考えている。

5.4 法規制・その他障壁

5.4.1 立法状況

モルディブでは、バイオディーゼルは持続可能なエネルギー源として導入されていないが、モルディブ政府は、再生可能なエネルギー資源を利用した経済への転換を図るため、法律や政策を実施している。これらは、代替エネルギー資源としてバイオディーゼルは明記されていないが、モルディブへの脱炭素化政策のためバイオディーゼル導入の可能性を検討する際に考慮すべき対策を推進している。また、モルディブではバイオディーゼルの生産と販売に法的障壁はない。

、以下にモルディブにおける主要な法規制と、これに関して実施されたイニシ

アチブを示す。

表 7 モルディブにおける主要な法規制およびイニシアチブ

政策	役割と責任
国家廃棄物・資源管理政策と戦略	国家廃棄物管理政策・戦略(NWMPs)2023-2027³³は、モルディブの持続可能な固形廃棄物管理を目的とした政策手段である。その範囲には、環境、公衆衛生、一般市民の福祉の保護が含まれる。生産パターンをエコロジカルな方向に転換し、消費パターンを変え、廃棄物を資源として効率的に利用することを目的としている。 戦略の展望と政策実施による発展機会では、収入を得るための方法として、廃棄物からのエネルギー生成が提案されている。廃棄物焼却から電力を生成し、送電網に輸出することを詳述している。この電力は部分的に再生可能であり、炭素市場における炭素クレジットの恩恵を受けることもできる。 さらに、有機性廃棄物の効果的な回収と地域処理を確保するための対策では、使用済み食用油を分別回収するパイロットプロジェクトの設立を提案している。同戦略によれば、このパイロット・プロジェクトの目的は、「焼却や他のタイプの回収に向かう困難な流れを転換し、下水道への油の流出を防ぐこと(油は廃水処理に適合しない)」である。この対策は2023年から2025年の間に実施されることになっている。しかし、文献によると、この対策を実施するための努力は今のところなされていない。
再生可能エネルギーによるモルディブの明るい未来 – エネルギー部門 2020-2030 年ロードマップ ³⁴	このロードマップは、モルディブのエネルギー部門ビジョンである「豊かなモルディブのために、十分に、信頼でき、持続可能で、安全で、安価なエネルギーを提供する」に沿って、化石燃料ベースのエネルギー部門から、費用対効果が高く、ビジネス競争力があり、安価で持続可能な再生可能エネルギー部門に移行するための代替資源と方法を提供することに焦点を当てている。このロードマップでは、再生可能エネルギー資源として、太陽エネルギー、風力エネルギー、海洋エネルギー、バイオマスエネルギー、グリーン水素燃料が取り上げられている。 海上輸送部門では、2030年までにディーゼル消費量を22%削減するという目標があるが、この削減は、ハイブリッド・ソーラーボートの導入、代替燃料としての天然ガス、水素燃料機の使用によって達成される。さらに、道路輸送部門については、2030年までにディーゼル消費量を22%削減するという目標がある。目標達成のための対策として、電気自動車の導入、自動車台数の削減、代替燃料としての天然ガスの利用が提案されている。しかし、代替燃料資源としてのバイオディーゼルはロードマップでは考慮されていない。
モルディブ・エネルギー法 (法律番号:18/2021) ³⁵	2021年9月21日に制定されたモルディブ・エネルギー法は、モルディブのエネルギー供給に関する基準と法律の法的枠組みを確立するもので、エネルギーの生産と消費の両方を扱う。この法律は、モルディブがネット・ゼロ・カーボン目標に移行するための枠組みの策定を含め、再生可能エネルギーの利用を増やすことに主眼を置いている。

³³Ministry of Environment, Climate Change and Technology. (2023, August 22). DRAFT: Maldives Waste Management Policy and Formulation of a National Waste Management Strategy – For Public Commenting. <https://www.environment.gov.mv/v2/en/download/18867>

³⁴Asian Development Bank. (2020). A BRIGHTER FUTURE FOR MALDIVES POWERED BY RENEWABLES: ROAD MAP FOR THE ENERGY SECTOR 2020–2030. In <https://www.adb.org/>. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/654021/renewables-roadmap-energy-sector-maldives.pdf>

³⁵President ratifies Maldives Energy Act | The President's Office. (n.d.). The President's Office. <https://presidency.gov.mv/Press/Article/25429>

	この法律では、再生可能エネルギーに関連する主な目標は、電力生産に関するものである。これには、再生可能エネルギー源による電力生産の目標設定を義務付けること、次いで、事業者が再生可能エネルギーを電力網に供給するための手配を義務付けることが含まれる。さらに、複数の資源が利用可能な場合、環境に優しい再生可能エネルギー源を重視することも示されている。
モルディブの国別決定貢献量の更新(2020年)³⁶	2020年、モルディブはパリ協定の下、2回目の国家決定貢献(NDC)を提出した。この中で、モルディブは2030年までに温室効果ガス(GHG)を26%削減することを約束した。さらに、国際的な締約国からの支援と援助を受け、モルディブは2030年までにネットゼロ排出を達成することも約束した。
有害化学物質規制 2019/R-1057³⁷	本規定は、危険化学物質の分類を詳述し、モルディブにおける危険化学物質の表示、取り扱い、輸入、保管、廃棄において従うべき規制を規定している。有害物質の輸入、廃棄、使用に適用されるパラメータと手続き規則、およびその使用に関連して講じなければならない安全予防措置の概要を示している。
大気汚染物質に関する国家行動計画(2019年)	大気汚染物質に関する国家行動計画は、温室効果ガスの排出、ひいては大気汚染を削減するための定量的な対策を提案する目的で策定された。計画によると、モルディブの運輸部門と廃棄物部門は大気汚染物質と短寿命気候汚染物質の最大の排出源であり、発電は特定の汚染物質の排出源である。 そのため、行動計画では、大気の質を改善し、地球温暖化に対する国の貢献を削減するために、これら3つのセクターにわたる28の緩和策を同時に提示している。この22nd戦略は、持続可能な開発のための国家戦略(NSSD)の目標に沿ったものである。「2015年までに、輸送用燃料の10%以上をバイオ燃料とすることを目安とし、2020年までにその割合を20%に引き上げることを検討する」。これらの規定の進捗状況に関して、文献上、追跡調査や最新情報は得られていない。
石油製品の取り扱い、使用および保管に関する規則 (規則番号:2015/R-160)³⁸	この規制の主な目的は、石油関連の火災を減らし、そのような事故によって影響を受ける人々を減らし、人命と財産の安全を確保することである。さらに、原油の運搬や貯蔵の際に講じる必要のある安全対策についても定めている。これには、適切な安全対策が講じられるよう、石油製品の貯蔵・販売施設の設置基準も含まれる。同規則の第4章は、軽油と灯油の貯蔵・販売施設の基準に重点が置かれている。
水資源保護管理規則(規則番号:2021/R-22)³⁹	この規則の目的は、水資源の持続可能な利用を保証する規制の枠組みを確立し、施行することである。その目的は、水資源を保全、保護、開発し、その恩恵を最大化することである。工業、経済、公共事業で使用される油や化学物質による水レンズの汚染防止」という規制項目では、故意または過失を問わず、油や化学物質、同様の薬剤を下水や排水へ排出させることを禁止している。同規則はさらに、規則番号2015/R-160(石油製品の取り扱い、使用および保管に関する規則)に従い、講じるべき措置について詳述している。
廃棄物処理施設の設計ガ	このガイドラインでは、油に関する主な設計ガイドラインは排水に関するもので

³⁶Ministry of Environment. (2020). Update of Nationally Determined Contribution of Maldives. In <https://unfccc.int/>. <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Maldives%20Nationally%20Determined%20Contribution%202020.pdf>

³⁷Government of Maldives. (2020, February 19). Hazardous Chemical Regulation 2019/R-1057 - GOV.MV. <https://www.gov.mv/en/guidance-and-regulations/hazardous-chemical-regulation-2019r-1057>

³⁸Maldives National Strategy for Sustainable Development - Climate Change Laws of the World. (n.d.). https://climate-laws.org/document/maldives-national-strategy-for-sustainable-development_70bd

³⁹Government of Maldives. (2021). Water Resources Protection and Management Regulation. In <https://www.environment.gov.mv/> (Regulation Number: 2021/R-22). [https://www.environment.gov.mv/v2/wp-content/files/20231012-pub-water-resources-protection-and-management-regulation-en.pdf#:~:text=\(c\)%20Oils%20or%20any%20chemical,The%20Gazette%20of%20Maldives%20Unofficial](https://www.environment.gov.mv/v2/wp-content/files/20231012-pub-water-resources-protection-and-management-regulation-en.pdf#:~:text=(c)%20Oils%20or%20any%20chemical,The%20Gazette%20of%20Maldives%20Unofficial)

イドライン (URA3003:2023) 40	ある。一般的なガイドラインでは、外食産業やレストランでは油の分離器が必要である。さらに、廃油を受け入れる廃棄物処理場では、廃油を地上タンクに貯蔵し、タンクが転倒しないように固定しなければならないと記載されている。タンクとその設置場所に関する更なるガイドラインは、ガイドラインに詳述されている。
------------------------------------	---

出典：Government of Maldives HP より調査団作成

5.4.2 関税免除

上記の法律や行動計画に加え、関税免除も法的インセンティブとして考えられる。輸出入法（法律第 31/79 号）により、ディーゼルの輸入には 10%の輸入関税を支払う必要がある。しかし、再生可能エネルギーの生産に使用される品目には関税がかからない。

注意すべき点は、関税の免除以外には、ソーラーパネルの設置を除き、再生可能エネルギーの導入に対して政府から特別な優遇措置が提供されていない点である。

5.4.3 化学品の輸入

モルディブには、化学物質の輸入、認可、輸送、廃棄に関わるいくつかの機関がある。以下の表 8 バイオディーゼル製造に関わる化学物質輸入の主要機関とその責任⁴¹は、特にバイオディーゼル製造のための化学物質輸入に関連する、化学物質管理における主要機関とその主な役割と責任について詳述している⁴¹。

表 8 バイオディーゼル製造に関わる化学物質輸入の主要機関とその責任

機関名	役割と責任
気候変動・環境・エネルギー省 (MoCCE)	公害や化学物質を含む環境保護に関する包括的な任務。 国際環境条約および国際機関の義務を遂行する。 オゾン層破壊物質の輸入に関する検証機関。
環境保護庁 (EPA)	化学物質に起因するものも含め、汚染に関する基準を設定する。 油流出事故や化学物質関連事故などの環境事故に対応する。
国防省 (MoD)	工業用化学物質や危険化学物質を含む危険化学物質の最前線のゲートキーパーとして、化学物質の輸入許可を発行する。 国内への危険化学物質の輸入などを規制する。
モルディブ国防軍 (MNDF) 消防救助隊 (MNDF) 沿岸警備隊 (MNDF)	国防省に対し、化学物質や貯蔵施設の検査に関する技術支援を行う。 化学物質が安全およびセキュリティの問題とみなされていることから、化学物質の廃棄。 危険化学物質に関する誤った取り扱い、違法取引、事故などの緊急事態の際、第一応答者として行動する。

⁴⁰Utility Regulatory Authority. (2023). DESIGN GUIDELINES FOR WASTE MANAGEMENT FACILITIES. In <https://www.ura.gov.mv/> (URA 3003:2023). <https://www.ura.gov.mv/wp-content/uploads/2023/03/Design-Guidelines-for-Waste-Management-Facilities-2023.pdf>

⁴¹Ministry of Climate Change, Environment and Energy. (2022). Baseline Assessment on National Use of Chemicals and Associated Risks 2022. In UNDP (ISBN 978-99915-78-14-9). <https://www.undp.org/maldives/publications/baseline-assessment-national-use-chemicals-and-associated-risks-2022>

	油流出や有害化学物質に関する海洋環境での緊急事態や事故における第一応答者。
保健省（MoH）、国家医薬品庁、モルディブ食品医薬品局、健康保護局	医薬品規制法 17/2011 に基づき規制されている化学物質の輸入に関する検証機関。 周辺地域で働く人々や居住する人々に対する健康リスク、または健康リスクの可能性に関わる政策を実施し、施行する。
観光省（MoT）	観光施設の廃棄物管理に関する基準を設定する。 リゾート地やその他の観光施設における廃棄物の管理と処分を強制する。
モルディブ税関（MSC）	化学物質を含む貨物を通関させる前に許可証を確認し、MoD からの許可証がない化学物質は保留する。

出典：Ministry of Climate Change, Environment and Energy HP より調査団作成

5.4.4 輸入の仕組み

国家安全保障を重視するモルディブでは、主に国防省（MoD）が化学物質管理を統括している⁴²。モルディブ国防省は、オンライン化学物質情報管理システム（CIMS）である「Makudi」ポータルを通じて、危険化学物質の輸入を規制し、承認を与えることを任務としている。法律第 4/75 号（モルディブへの輸入禁止品）の第 5 条（a）によると、危険化学品、毒性酸、毒物のモルディブへの輸入には許可証の取得が義務付けられている。同法はさらに、花火を除くすべての危険化学物質（これらの化学物質に由来する酸およびその他の毒物を含む）は、モルディブ国防省の書面による許可を得た場合のみ、同省が定める規則に従って輸入できると定めている⁴³。

⁴²ibid

⁴³ibid

6. 事業規模のイメージ

6.1 各フェーズ毎のイメージ

6.1.1 実証フェーズ（第一フェーズ）

ヴァンドゥーにおいて、実証プラントを設置し、日量 400 リットルの ReESEL「B100」を精製する。この ReESEL の主な原料には、WAMCO が回収している UCO を活用する。精製された 400 リットルの B100 は、軽油と混合され、最終的に B5 燃料として日量 8,000 リットルの生産量となる。

この B5 燃料は、主にヴァンドゥーやティラフシで WAMCO が管理する廃棄物処理のための重機や車両で使用される予定である。また、STO を通じて、FENAKA 等政府系企業などにも販売し、価格に対する受容性などを検証する。

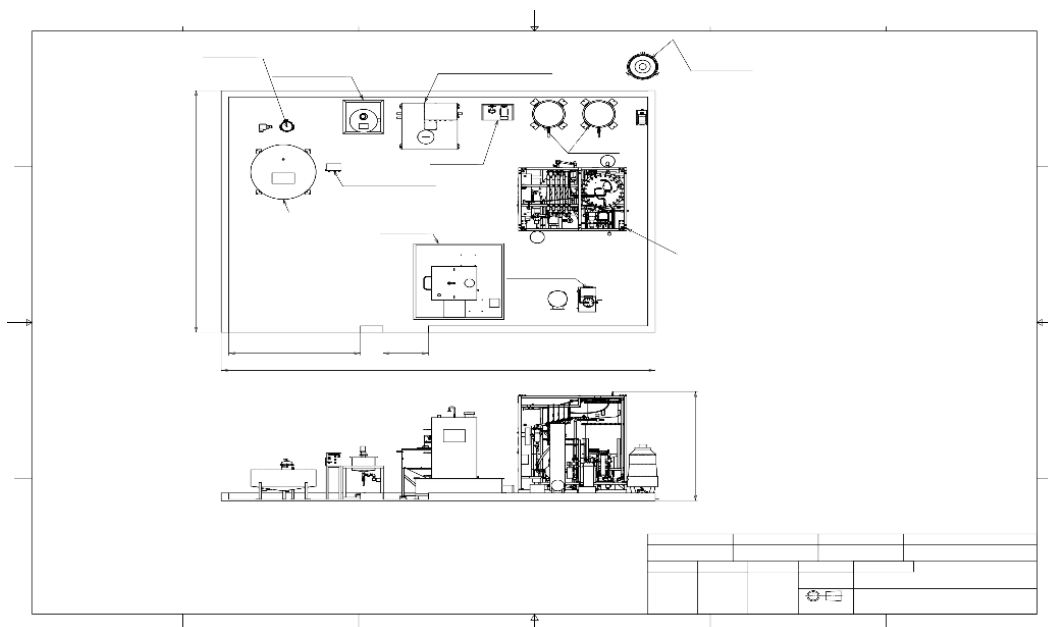


図 13 実証プラントイメージ図（1）

出所：JICA 調査チーム

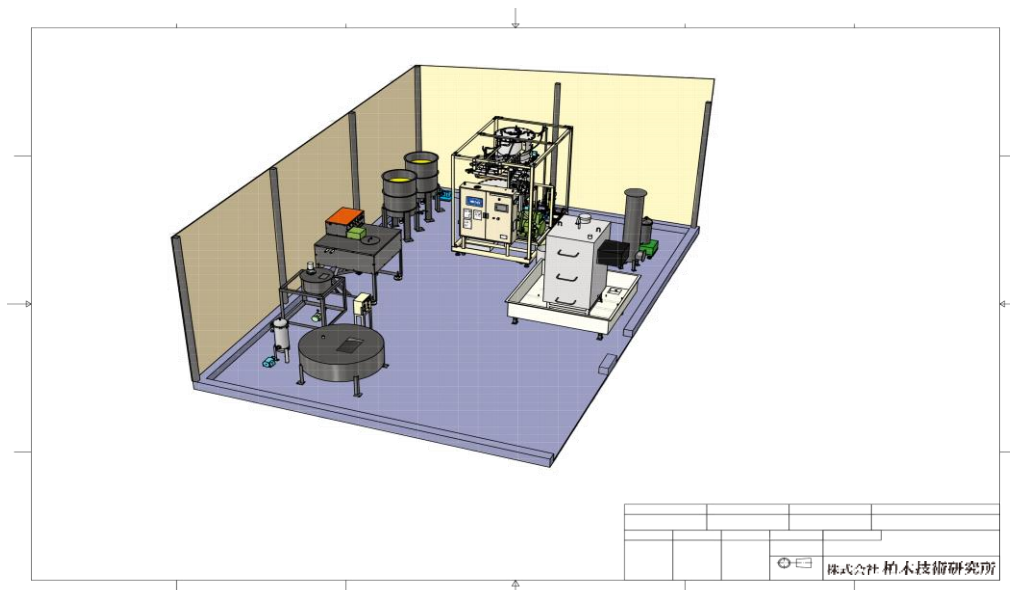


図 14 実証プラントイメージ図（2）

出所：JICA 調査チーム

6.1.2 第二フェーズ

ヴァンドゥーのプラント台数を 1 機から複数機（例えば 3～5 機）に増加し、本格的な生産体制を整える。増加のペースやプラント台数については、需要および UCO の回収状況を見極めて判断する。

利用実績が増え、販売体制が整備された段階で、本格的に BtoC のビジネスモデルとして一般顧客への販売も開始する。

6.1.3 第三フェーズ

WAMCO の最終処分場から遠いリゾート島と直接契約をし、UCO の回収を含めた事業展開を行う。リゾート島は WAMCO の最終処分場までのゴミの輸送コストを負担しており、1 回の輸送コストが 2,000～3,000 USD に及ぶ。このようなリゾート島を複数束ねて、周辺に当社の処分場を建設することで、リゾート島のゴミ輸送コストを抑えることができる。リゾート島（アッドゥ環礁）との意見交換によると、島内のレストランなどから排出される廃食油は一度島内に集積し、その後 WAMCO に引き渡す運用になっていることが改めて確認された。

また、住民島（フルミードゥ島およびフバムラー島）にもヒアリングを実施した結果、排出された廃食油は一部 WAMCO に提供しているものの、多くの廃食油は家庭のシンクやトイレから廃棄しているケースが多く、廃食油の処理が問題となっていることが判明した。住民島から排出される廃食油はその多くが WAMCO の管理下にはないものと考えられる。したがって住民島の自治会とも協力し、廃食油の回収プロセスを新たに構築することで、さらに多くの廃食油を回収することができると思われる。

6.2 進出形態・実施体制のイメージ

本調査結果を踏まえ、当社社長の近江則明氏を総括責任者として、新たに ReESEL 海外事業部を設立する。この事業部は、ヴァンドゥーに設置予定のプラントを中心に活動を展開し、地域における再生可能エネルギーの普及を目指すものである。本プラントの設置に伴い、事業部の技術者が管理運営を担い、現地での雇用創出に取り組む予定である。

さらに、このプラントを起点として、近隣の環礁地域にも小規模なプラントを順次設置し、地産地消型の再生可能エネルギー生産体制を拡大していく方針である。

この一連の取り組みを通じて、地域社会のエネルギー自給率向上を目指し、持続可能な開発に貢献する。将来的には、現在回収されていない一般家庭の UCO も回収する計画である。

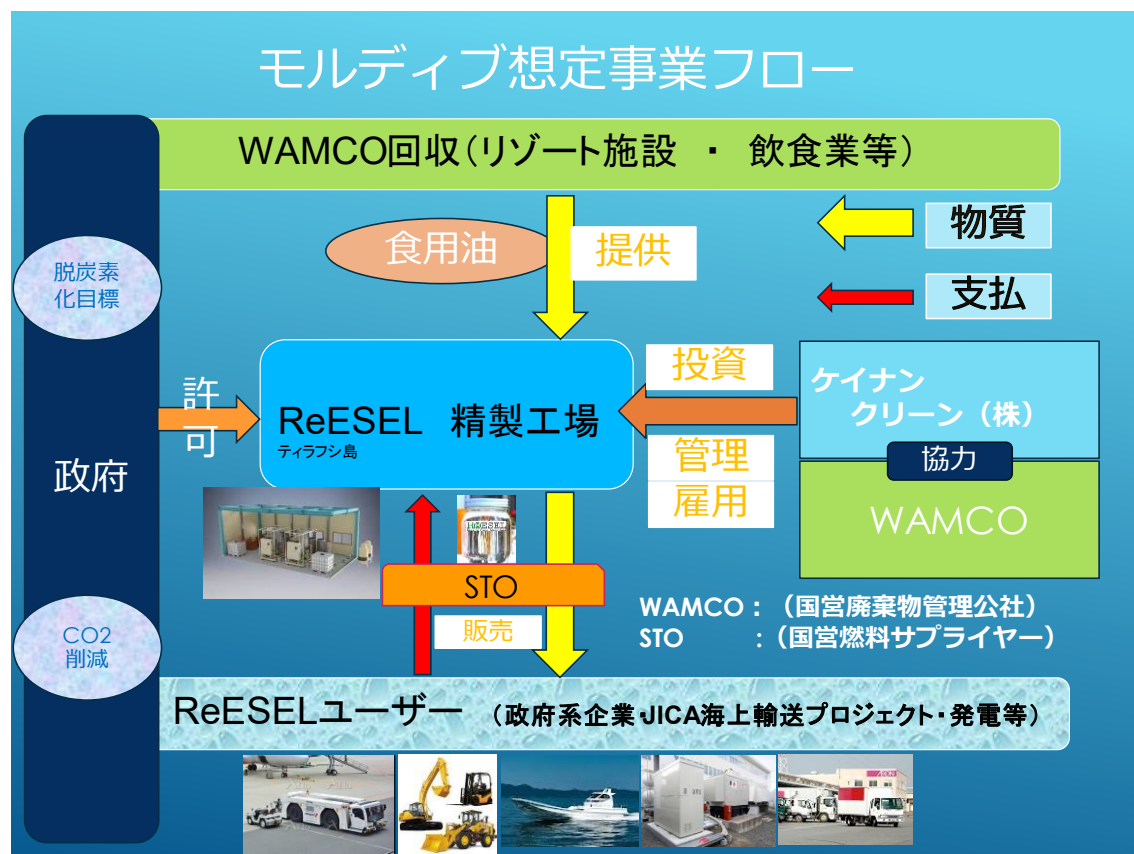


図 15 モルディブにおける想定される事業フロー図

出所：JICA 調査チーム

6.3 事業化に向けたスケジュール

本調査を踏まえ、将来的な事業化に向けたスケジュールを以下に示す。

表 9 事業化に向けたスケジュール表

#	項目	主な取り組み	2025 年	2026 年	2027 年	2028 年	2029 年
1	実証準備	・ 廃食用油の調達先調査 ・ サプライヤー参入調査 ・ プラント設備設置場所の特定					
2	実証活動 (第一フェーズ)	・ ReESEL の試作製造(日産 400 リットル) ・ ReESEL のテスト販売 ・ ReESEL の品質確認 ・ UCO の回収・調達体制の確立 ・ 政府系企業との販売交渉 ・ 民間ユーザーへの営業					
3	事業化 (第一フェーズ)	・ 実証活動と同等の製造能力で本格的に販売					
4	設備増強 (第二フェーズ)	・ ReESEL プラントの増強(日産 1000~2000 リットル) ・ ReESEL の本格販売 ・ 政府系企業との販売交渉 ・ 民間ユーザー・個人ユーザーへの営業					
5	事業エリア拡大 (第三フェーズ)	・ WAMCO 管轄外での UCO 回収(主にリポート島) ・ 当該地域での新プラントの建設					

出所：JICA 調査チーム

6.4 事業化の条件・課題・リスク

当初想定していた製造に係る法規制、薬剤の入手手段等のリスクについては、本ニーズ確認調査で政府機関、ケミカルサプライヤーへの聞き取りを行い解消された。

ビジネス展開にあたり、想定されるリスクは、UCO 回収にかかるコストである。当初 UCO を 1 か所に集約して、大規模プラントで処理する予定だったが、船舶での長距離輸送に 1 回あたり 2 千 USD 程度のコストがかかることが聞き取りにおいて判明したため、離島等は小規模プラントを分散することで、船舶での長距離輸送コストを縮減することが可能となる。

また、WAMCO が UCO の譲渡価格を引き上げることも想定される。当該リスクについては、WAMCO を ReESEL の利用先として巻き込むことで抑制できる。UCO の値上げが ReESEL 価格の上昇、つまり WAMCO にとっての ReESEL 調達費用の増加に帰結するようにすることで、UCO の値上げのインセンティブが抑えられる。

技術的な側面としては、5.1 節の技術の現地適合性で論じたように、不純物や水分が大量に混ざった UCO が散見された。当該リスクについては、ReESEL 製造の前処理として、不純物のろ過装置や油水分離装置を設置することで大きなコスト増加を招くことなく対処できる。

II. ロジックモデル

本調査を通じて整理した裨益者・裨益の種類や、事業の遂行に伴ってモルディブに寄与できると考えられる事項については下記のとおり。

表 10 ロジックモデルの裨益者・種類概要

裨益者	裨益の種類 (間接/直接受益者)	裨益者の種類 (個人/組織/社会)	効果発現までの期間(短期/中期/長期)	どういった貢献・影響が期待/予想されるか
廃油回収業者 (WAMCO)	直接	組織	短期	・ 適切な廃油処理ができるようになる
ReESEL 利用者 (船舶、重機、発電機)	直接	組織	短期	・ CO2 排出量削減
下水道事業者	間接	組織	中期	・ 汚濁負荷の低減によるコスト低減 ・ 追加施設投資の抑制
環境	間接	社会	長期	・ 脱炭素化目標達成への貢献 ・ 海洋汚染の低減
漁業・観光業従事者	間接	個人/組織	長期	・ 産業の持続可能性向上

出所：JICA 調査チーム

以上を踏まえ、資源、活動とその結果を整理し、下記のロジックモデルを作成した。



課題解決の筋書(ロジックモデル)

モルディブ国高純度バイオディーゼル燃料ReESEL製造にかかるニーズ確認調査
(ケイナンクリーン株式会社)

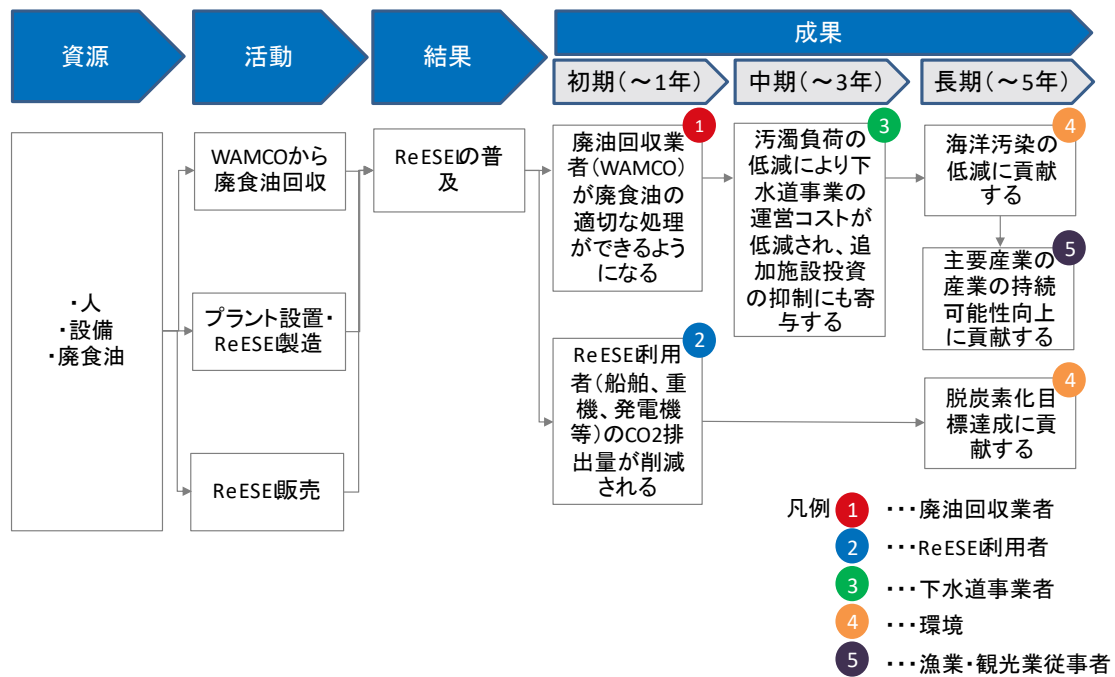


図 16 ロジックモデル

出所：JICA 調査チーム