

マダガスカル国

マダガスカル国
垂直軸型マグナス式風力発電機による
発電インフラ構築基礎調査
業務完了報告書

2022 年 10 月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）
株式会社チャレナジー

民連
JR
22-053

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

- ・ 本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・ 利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

- ・ This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.
- ・ Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

目次

写真.....	i
地図.....	iii
図表リスト.....	iii
略語表.....	v
案件概要図（和文）	vi
案件概要図（英文）	vii
要約.....	viii
I.調査要約.....	viii
II.提案法人の要約	ix
はじめに	x
1. 調査名	x
2. 調査の背景	x
3. 調査の目的	x
4. 調査対象国・地域	x
5. 契約期間、調査工程	x
6. 調査団員構成	xi
第1章 対象国・地域の開発課題	1
1. 対象国・地域の開発課題	1
(1) マダガスカルの電力事情.....	1
(2) 調査対象地における住民の電力事情	2
(3) 調査対象地の公共施設等の電力事情	6
(4) 調査対象地における自然災害の現状と課題	8
(5) 電力以外の社会インフラ状況	8
2. 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等	9
(1) 国家開発計画.....	9
(2) エネルギー政策	9
(3) 防災・災害に関するエネルギー政策	9
3. 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針等	10
4. 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析	10
(1) 我が国の ODA 事業	10
(2) 他ドナーの取り組みの現状.....	10
第2章 提案法人、製品・技術	12
1. 提案法人の概要	12
(1) 企業情報	12
(2) 海外ビジネス展開の位置づけ	12
(1) 提案製品・技術の概要	13
(2) ターゲット市場	13
3. 提案製品・技術の現地適合性.....	14
(1) 現地適合性確認結果（技術面）	14

(2) 現地適合性確認結果（財政面）	18
(3) 現地適合性確認結果（制度面）	22
4. 開発課題解決貢献可能性	25
(1) 地方の電化率向上への本技術の貢献可能性	25
(2) 防災・災害対策への本技術の貢献可能性	25
(3) 持続的な開発目標（SDGs）への貢献	26
1. ビジネス展開計画概要	27
(1) ビジネスアイデア（モデル）概要	27
(2) ビジネスの実施体制	28
2. 市場分析	29
(1) 市場の定義・規模	29
(2) 競合分析・比較優位性	31
3. バリューチェーン	33
(1) 製品・サービス	33
(2) バリューチェーン	33
4. 進出形態とパートナー候補	33
(1) 進出形態	33
(2) パートナー候補	34
5. 収支計画	34
6. 想定される課題・リスクと対応策	34
(1) 法制度面にかかる課題/リスクと対応策	34
(2) ビジネス面にかかる課題/リスクと対応策	34
(3) 政治・経済面にかかる課題・リスクと対応策	34
(4) その他課題/リスクと対応策	34
(5) 本事業における環境影響評価の必要性、制度、規制、手続き等	35
7. 期待される開発効果	36
8. 日本国内地元経済・地域活性化への貢献	36
(1) 関連企業・産業への貢献	36
(2) その他関連機関への貢献	36
第4章 ODA 事業との連携可能性	38
1. 連携が想定される ODA 事業	38
(1) 連携可能な ODA 事業と具体的な連携方法	38
(2) 他ドナーの取り組みと連携可能性法	38
2. 連携により期待される効果	38
別添資料	38

写真



写真 1. 現地ミニグリッド（MG）事業者
（以下、「MG 事業者」）における
既設の風車と太陽光パネル
（ディアナ県 Joffre-Ville）



写真 2. MG 事業者における
既設の配電設備
（ディアナ県 Joffre-Ville）



写真 3. MG 事業者における
既設のディーゼル発電機
（ディアナ県 Joffre-Ville）



写真 4. MG 事業者における既設の蓄電池
（ディアナ県 Joffre-Ville）



写真 5. MG 事業者に導入されている可倒式風車
（ディアナ県 Ambolobozokely）



写真 6. MG 事業者に導入されている
可倒式風車のプロペラ破損状況
（ディアナ県 Ambolobozokely）



写真 7. 現地 MG サイトへの道
(ディアナ県 Iovovona)

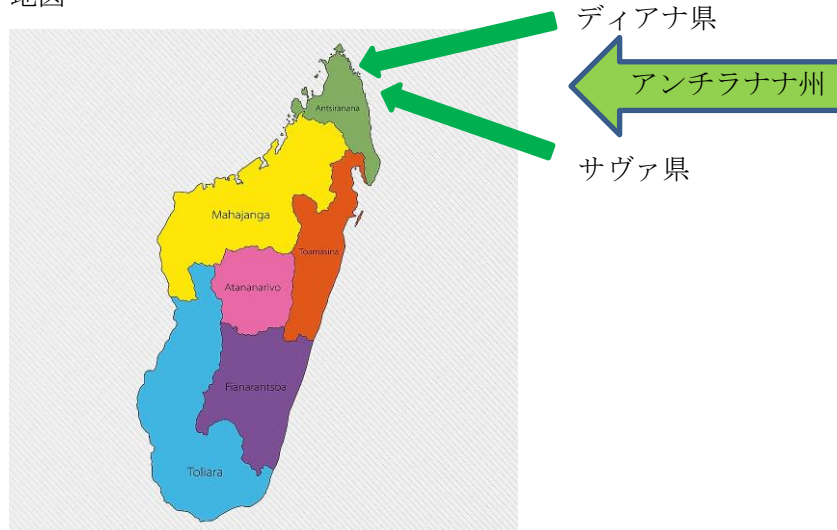


写真 8. 太陽光発電 MG
発電設備と料金回収の小屋
(ディアナ県 Anpasindava)



写真 9. 電柱に設置された電気メーター
(ディアナ県 Anpansindava)

地図



出所：WorldAtlas： <https://www.worldatlas.com/maps/madagascar>

図表リスト

図表 1	マダガスカルと周辺国の電力への電化率の推移	1
図表 2	マダガスカル北部の電化率（2019 年）	1
図表 3	総発電設備容量の変化.....	1
図表 4	第 1 回現地調査（遠隔）視察サイト一覧.....	2
図表 5	第 1 回現地調査（遠隔）視察サイト位置図	3
図表 6	現在の利用電源.....	4
図表 7	電気の利用目的（複数回答）	4
図表 8	電力供給に対する満足度.....	4
図表 9	電力供給に対する不満の理由（ディアナ県）	5
図表 10	電力供給に対する不満の理由（サヴァ県）	5
図表 11	現在の電気代と支払い可能額	6
図表 12	各種施設の概要・電力情報.....	7
図表 13	マダガスカルのサイクロンハザードマップ	8
図表 14	近年のサイクロンの発生状況	8
図表 15	熱帯低気圧発生地域（2006 年までの 150 年間）	12
図表 16	マグナス風車（写真）、マグナスカ（図）、垂直軸型（図）	13
図表 17	第 2 回現地調査視察サイト位置図.....	14
図表 18	風速の実測値と衛星データの比較.....	15
図表 19	各サイトの年間平均風速、風力発電及び太陽光発電による年間発電量の試算.....	16
図表 20	技術面における提案製品の現地適合性評価	18
図表 21	事業性検討のための売電価格の試算	20
図表 22	10kW マグナス風車 1 基の導入及び保守運用コスト（20 年間）	22
図表 23	マグナス風車を導入し 10 年で初期費用を回収する場合の売電価格（Ivovona）	22

図表 24	MG 事業が実施されるまでの承認プロセス エラー! ブックマークが定義されていません。	
図表 25	提案製品導入による開発課題への貢献可能性例	26
図表 26	ビジネスモデル案① 現地法人と SPC を設立.....	28
図表 27	ビジネスモデル案② 現地販売代理店を通じた風力発電機の販売.....	28
図表 28	ディアナ県における各地区のコミューン数と人口（2013 年）	30
図表 29	アンチラナナ州において MG 導入の実績がある MG 事業者	31
図表 30	アンチラナナ州における MG の売電価格.....	32
図表 31	提案法人ビジネスによる社会的・経済的效果.....	36

略語表

略語	正式名称	日本語名称
ADER	Agence de Développement de l'Électrification Rurale	マダガスカル地方電化庁
AFD	Agence Française de Développement	フランス開発庁
AfDB	African Development Bank	アフリカ開発銀行
ASEAN	Association of Southeast Asian Nations	東南アジア諸国連合
BNGRC	Bureau National de Gestion des Risques et des Catastrophes	マダガスカル国家災害危機管理局
DG	Distributed Generator	発電機
EDBM	Economic Development Board Madagascar	マダガスカル経済開発委員会
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EPC	Engineering, Procurement, Construction	設計、調達、建設・試運転の3つのフェーズを示すエンジニアリング事業
FDI	Foreign Direct Investment	外国直接投資
FNE	Fonds National de l'Electricité	地方電化基金
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	ドイツ国際協力公社
GWA	Global Wind Atlas	世界風況アトラス
IEM	Initiative Emergence Madagascar	マダガスカル緊急イニシアチブ
JIRAMA	Jiro sy rano malagasy	マダガスカル水・電力公社
LEAD	Least-Cost Electricity Access Development Project	低コスト電力アクセス開発プロジェクト
MEH	Ministère de l'Energie et des Hydrocarbures	マダガスカルエネルギー・炭化水素省
MG	Mini - Grid	ミニグリッド
NASA	National Aeronautics and Space Administration	米国国家航空宇宙局
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	新エネルギー・産業技術総合開発機構
O&M	Operation and Maintenance	維持管理
OEM	Original Equipment Manufacturing	納入先（委託者）商標による受託製造
OMDF	Off-Grid Market Development Fund	オフグリッド市場開発ファンド
ONE	Office National pour l'Environnement	マダガスカル環境省
ORE	Office de Regulation de l'Electricité	マダガスカル電気規制局
PREE	Programmed' Engagement Environmental	環境予備調査
SDGs	Sustainable Development Goals	地蔵可能な開発目標
SEFA	Sustainable Energy Fund for Africa	アフリカ持続可能エネルギーファンド





**Power generation infrastructure survey for Magnus
vertical axis wind generator in Madagascar**
Challenergy Inc. (Sumida-ku, Tokyo)

1
NO
POVERTY

7
AFFORDABLE AND
CLEAN ENERGY

13
CLIMATE
ACTION

Development Issues Concerned in Electric Power Sector

- Low accessibility to electricity (Electrification rate of rural area is 12%. Electrification rate of Madagascar places 47th out of 53 African countries)
- Difficulty in supplying stable electricity due to geographical conditions, etc.
- Vulnerable energy supply system during disasters such as cyclones
- Immature industry and vulnerable social infrastructure (hospitals, schools, water supplies) due low electrification (Difficulty in attracting foreign capitals and develop tourism business)

Products/Technologies of the Company
Magnus Vertical Axis Wind Turbine (Magnus VAWT)

- Utilizing "Magnus Effect", the Magnus VAWT can continue its power generation up to 40m/s of wind speed. Propeller wind generator stop operation at 25 m/s of wind speed.
- "Vertical Axis" structure enables the Magnus VAWT to adjust to any wind direction so that operation rate is higher comparing to conventional propeller wind generators.

Survey Outline

- Survey Duration: October 2021~November 2022
- Country/Area: Antsiranana province, Madagascar
- Name of Counterpart (Candidate): ADER (Rural Electrification Development Agency)
- Survey Overview: A basic survey on the construction of a power generation infrastructure using a Magnus vertical axis wind generator in northern Madagascar, which is a cyclone-prone area. Through this project, we aim to develop a business of selling the wind power generator which can generate electricity even under strong winds such as cyclones and contribute to sustainable power supply in normal times and during disasters and improvement of the electrification rate in the rural areas of Madagascar.



10kW Magnus VAWT

How to Approach to the Development Issues

- Target region has good wind condition (avg. 5-6m/s) for wind generation, but on the other hand, the region is often damaged by annual cyclones and because of that infrastructural development is delayed. Magnus VAWT can be a solution to provide continuous electricity to this region.
- Business scheme is selling our Magnus VAWT to local micro grid operators who supply electricity with small-scale electric power system in non-electrification areas.

Expected Impact in the Country

- Contribute to achieve the target of Madagascar government as 70% of national electrification with 80% of it comes from renewable energy incl. 5% of wind energy by 2030.
- Accelerate economic and social development of Madagascar by improving electrification rate of rural area such as northern Antsiranana state with our Magnas VAWT whose feature suits to the local environment.
- Introduce our Magnus VAWT as renewable energy instead of diesel generator, it can also contribute to reduce power generating cost and CO₂.

As of April 2022

要約

I.調査要約

1. 案件名	(和文) マダガスカル国垂直軸型マグナス式風力発電機による発電インフラ構築基礎調査 (英文) Small and Medium-Size Enterprise (SME) Partnership Promotion Survey for Magnus Vertical Axis Wind Turbine in Madagascar
2. 対象国・地域	マダガスカル国アンチラナナ州
3. 本調査の要約	サイクロン好発地域であるマダガスカル北部を対象とした垂直軸型マグナス式風力発電機（以下、「マグナス風車」）による発電インフラ構築に関する基礎調査。本事業を通じサイクロン等の強風下でも発電可能な同風力発電機のビジネス展開を図り、平常時及び災害時における持続的な電力供給とマダガスカル地方部の電化率向上への貢献を目指す。
4. 提案製品・技術の概要	革新的な風力発電機として、プロペラのかわりに回転する円筒翼を用いて強風や乱流に適応し、台風下でも安定的に発電可能なマグナス風車を世界で初めて実用化。既存のプロペラ風車に対して2つの圧倒的な優位性を持つ。 ・「マグナス力」の利用により発電できる風速域が広く、強風や台風時においても発電可能（※マグナス力：物体を回転させると風向きに対して垂直方向に力が働く物理現象） ・垂直軸型により風向に依存せず発電可能
5. 対象国で目指すビジネスモデル概要	マダガスカルにおいて、基幹送電網に接続されていない未電化地域の小規模系統の電力供給を行う事業者（以下、「ミニグリッド（MG）事業者」）に対して、当製品を販売するビジネスを想定している。現地の MG 事業者をパートナーとしてビジネスを展開するために、地方電化庁（ <i>Agence de Développement de l'Électrification Rurale</i> 、以下「ADER」）と連携し、電力インフラ事業を確立していく。MG 事業者以外の販売先として、電力を必要とする学校や病院などの公共施設、また工場やホテル、電波基地局に発電設備を備える携帯キャリア企業との連携可能性もある。将来的には、製品販売だけでなく、MG 事業自体への事業投資も検討していく。
6. ビジネスモデル展開に向けた課題と対応方針	一般的に途上国における代金回収のリスクは高い。しかしマダガスカルにおいてはオフグリッドで事業を行う MG 事業者は初期投資の 70%までを同国政府の地方電化基金（以下、「FNE」）が補填する仕組みとなっている。株式会社チャレナジー（以下、「チャレナジー」）は既に事業展開している MG 事業者とビジネスをすることに加え、前払いや信用状の取引を用いることで代金回収リスクを可能な限り低減する。 環境社会配慮の観点では、製品の設置候補地を検討する際は、固有生物種が数多く生息するマダガスカルで自然環境に負の影響を及ぼさないよう十分配慮のうえ選定する。
7. ビジネス展開による対象国・地域への貢献	貢献を目指す SDGs のターゲット ⑦エネルギー：環境負荷の低い再生可能エネルギーを活用し地方部でのエネルギー供給に貢献する。 ⑬気候変動：災害に強い風力発電で自然災害に対するレジリエンス、適応性の強化に貢献する。 また、将来的には、地方の電化拡大により産業促進による雇用創出から貧困層の生計向上（①貧困削減）にも貢献することが期待される。
8. 本事業の概要	
① 目的	本調査の目的は、未電化地域の多いマダガスカルにおいてマグナス風車のニーズを把握するとともに、ODA 案件化、ビジネス展開に向けた情報収集である。コロナ禍での調査であることを鑑み、当初契約時点では、本調査は遠隔実施型としていたものの、2022 年 7 月時点において、第 2 回調査は現地渡航による調査実施に変更した。調査方針は以下のとおりである。

	<p>1. マダガスカル政府の今後のエネルギー事業の方針や展開計画を把握し事業対象地候補である北部アンチラナナ州の電力に関するニーズや実証事業の実現可能性について情報収集を行う。</p> <p>2. 同国の地方電化事業への参入に向け、パートナー候補（政府機関、現地販売代理店等）との関係構築の可能性を確認する。</p> <p>3. 遠隔実施による調査時には、オンライン会議システムや現地調査補助員を活用し、JICA マダガスカル事務所からの助言、情報提供を受けつつ調査内容も逐次共有する。現地調査補助員とは事前に調査内容を協議・検討し、効率的な調査方法を選択し調査進捗モニタリングも随時行う。</p> <p>4. 現地渡航による調査時には、既存 MG 施設や建設候補地の踏査、既存配電設備への接続にかかる調査、関係者への面談を通じ、提案製品の適合性を詳細に検討する。</p>
② 調査内容	<ul style="list-style-type: none"> ・対象国・地域の開発課題 ・提案製品・技術・ノウハウの現地適合性（技術面及び制度面） ・ビジネスアイデアの具体化
③ 本事業実施体制	<p>提案企業：株式会社チャレナジー</p> <p>外部人材：一般財団法人国際開発機構</p>
④ 履行期間	2021 年 10 月～2022 年 11 月（13 ヶ月）
⑤ 契約金額	8,499 千円（当初）、10,007 千円（変更後）（いずれも税込）

II.提案法人の要約

1. 提案法人名	株式会社チャレナジー
2. 代表法人の業種	[①製造業①製造業]
3. 代表法人の代表者名	清水 敦史
4. 代表法人の本店所在地	東京都墨田区八広四丁目 36 番 21 号
5. 代表法人の設立年月日 （西暦）	2014 年 10 月 1 日
6. 代表法人の資本金	10,000 万円
7. 代表法人の従業員数	24 名
8. 代表法人の直近の年商 （売上高）	15,274 千円（2021 年 1 月～12 月期）

はじめに

1. 調査名

- ・ (和文) マダガスカル国垂直軸型マグナス式風力発電機による発電インフラ構築基礎調査
- ・ (英文) Small and Medium-Size Enterprise (SME) Partnership Promotion Survey for Magnus Vertical Axis Wind Turbine in Madagascar

2. 調査の背景

マダガスカル国における電化率は 25% (2019 年時点) であり、アフリカ諸国の中でも低い水準にある。地方部の電化率はさらに低く、国全体として電力を含む基幹インフラ全般の整備が不十分であり、そのことが外資誘致を含む企業の事業実施を阻んでおり、ひいては同国の社会経済開発の大きな阻害要因の一つとなっている。マダガスカル政府は「新エネルギー政策 (2015-2030)」では、2030 年までに全世帯の 70%が近代的なエネルギーの使用を達成し、80%の電力を再生可能エネルギーで賄うことを目指している。

調査対象地の北部アンチラナナ州は風力発電に適した風況のよい地域である一方、サイクロンが襲来する地域でもある。提案製品である「10kW 垂直軸型マグナス式風力発電機」は、サイクロン下においても発電可能であり、継続した電力供給をすることができる。地方部の電化率向上に加えて、サイクロン時にも電気の供給を可能とし、現地の人々の生活の質向上に貢献しながら、ビジネス展開ができると考え、地域に適した再生可能エネルギー (以下、「再エネ」) の発電設備として普及させる計画を検討するために本基礎調査が実施された。

3. 調査の目的

本調査は、提案製品である「10kW 垂直軸型マグナス式風力発電機」の導入による開発課題解決の可能性、及び SDGs 達成に貢献するビジネス展開の検討のために必要な基礎情報の収集を行い、収集情報を分析しビジネス展開計画を作成することを目的に実施された。

4. 調査対象国・地域

マダガスカル国アンチラナナ州

5. 契約期間、調査工程

契約期間：2021 年 10 月 18 日～2022 年 11 月 15 日

調査日程：

調査日程	主な調査対象期間及び調査内容	調査地域
第1回国内調査 2021年10月28日~2022年1月14日	・ JICAマダガスカル事務所とのオンライン会議による意見交換 ・ エネルギー・炭化水素省 (<i>Ministère de l'Energie et des Hydrocarbures</i> 、以下「MEH」)、ADER、電気規制局 (<i>Office de Regulation de l'Electricité</i> 、以下「ORE」)、	アンタナナリボ ディアナ県 サヴァ県

	<p>国家災害危機管理局（<i>Bureau National de Gestion des Risques et des Catastrophes</i>、以下「BNGRC」）、環境省（<i>Office National pour l'Environnement</i>、以下「ONE」）とのオンライン会議による現地電力事情・体制・法規制等に関する情報収集</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現地ミニグリッド（以下、MG）事業者とのオンライン会議による現地電力事情・体制等に関する情報収集 ・ドナー機関（GIZ、AfDB、AFD）とのオンライン会議による現地電力ニーズ・実施中の事業等に関する情報収集等 	
<p>第1回現地調査（遠隔） （現地傭人（以下、「LC」）による北部視察） 2021年12月5日～12月20日</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ディアナ県政府、サヴァ県政府 ・現地MG事業者の視察 ・建設候補地の視察 ・ディアナ県、サヴァ県の住民調査、 ・各種施設調査等 	ディアナ県 サヴァ県
<p>第2回現地調査 2022年7月6日～22日</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・普及・実証事業提案に向けた関係者との協議 ・現地MGサイト及び建設候補地の視察、風車導入に係る検討等 ・サイト調査に基づくビジネスモデルの検討 	アンタナナリボ ディアナ県

6. 調査団員構成

氏名	所属先	担当業務内容
水本 穰戸	株式会社チャレナジー	業務主任者/事業統括
清水 敦史	株式会社チャレナジー	業務主任者/事業統括 - 2
関 聡子	株式会社チャレナジー	市場調査
小山 晋吾	株式会社チャレナジー	技術・製品仕様検討
大塚 利明	株式会社チャレナジー	配電・系統連携仕様検討
福士 健太郎	株式会社チャレナジー	風車建設仕様検討
菊池（浜岡）真紀	（一財）国際開発機構	外部人材総括/開発課題・開発効果分析
日野 類子	（一財）国際開発機構	政策・制度・法規制分析
阪田 恵	（一財）国際開発機構	ODA 案件化/業務調整

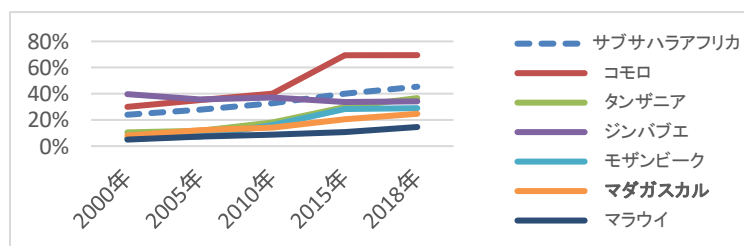
第1章 対象国・地域の開発課題

1. 対象国・地域の開発課題

(1) マダガスカルの電力事情

調査の背景で述べたとおり、マダガスカルにおける電化率は25%（2019年）であり、図表1で示すように、アフリカ諸国の中でも低い水準にある。アンチラナナ州内のディアナ県とサヴァ県の電化率はさらに低い（図表2）。首都圏においても安定した電力確保が難しく、そのことが外資誘致を含む企業の事業実施を阻む要因ともなっている。電力を含む基幹インフラ全般の整備が不十分であり、基幹送電線網の整備は都市部に限られ、ディアナ県やサヴァ県を含む地方部ではMG事業者による電力供給が一般的である。また、未電化地域においては、使用するエネルギーの約8割をバイオマス燃料に依存しており、そのほとんどを薪と木炭が占めている。地方では、薪・木炭確保のための森林伐採や焼畑伐採が日常的に行われており、アンチラナナ州は過去20年間の森林減少が最も顕著な地域の一つである。同国において、電化率の低さは自然環境への負荷の増大にもつながっているといえる。

2016年と2021年の総発電設備容量を図表3に示す。「2. 調査の背景」で述べたとおり、マダガスカル政府は2030年までに全世帯の70%が近代的なエネルギーの使用を達成し、80%の電力を再エネで賄うことを目指しているが、現状と目標に大きな開きがあり、再エネを開発する余地は大いにある。



図表1 マダガスカルと周辺国の電力への電化率の推移

出所：IEA, World Energy Outlook 2019 を基に作成

図表2 マダガスカル北部の電化率（2019年）

国／州／県	電化率
マダガスカル全体*	25%
アンチラナナ州**	20%
ディアナ県**	24%
サヴァ県**	9% ¹

出所：* IEA, World Energy Outlook 2019

** MEH, Le Système d'Information Énergétique de Madagascar

図表3 総発電設備容量の変化

種類	2016年9月		2021年9月	
	kW	割合(%)	kW	割合(%)
ディーゼル発電	506,000	63.12	477,000	70.14
再エネ（水力）	164,000	36.83	171,000	25.13
再エネ（太陽光）	0	0.04	28,000	4.04
再エネ（バイオマス）	0	0.04	0	0
ハイブリッド	0	0	5,000	0.67
合計	670,000	100	681,000	100

出所：<http://www.energie.mg/electricite/puissance.html> を基に作成。

注：上記 Web のデータは千 kW 未満の数字は記載されていない。

¹ サヴァ県の知事との面談においては2021年12月時点の現地の電化率は26%という報告を受けている。

（２）調査対象地における住民の電力事情

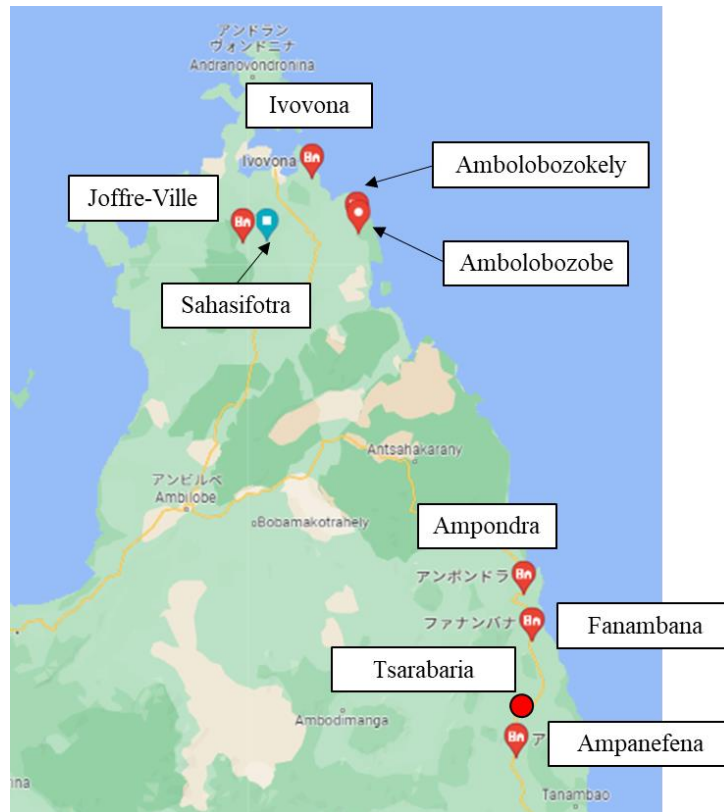
第１回調査（遠隔）において調査を行ったサイトの概要を図表４に示す。ディアナ県に関しては、調査を進める中で、風車による再生エネルギーの MG 事業者である Mad'Eole との協働も視野に入れ、限られた調査期間で訪問するサイトを絞り込んだ結果、Mad'Eole から電力供給を受けている５つのコミューンを住民調査の対象とした。そのため、対象サイトは未電化ではなく、風力発電、太陽光発電、ディーゼル発電機により一部の住民に電力が供給されている。また、サヴァ県においては、風況が比較的よい北側の地域において、アクセス可能なコミューンを抽出し、調査期間も踏まえ、４つの調査対象コミューンを調査対象とした。サヴァ県の４つの調査サイトは、１コミューン（Tsarabaria）はマダガスカルで MG 事業を展開する WELIGHT が太陽光発電で電力を供給、残りの３つのコミューンは商用電力もしくは小型のソーラーパネルの電源キットで電気を得ている。

図表４ 第１回現地調査（遠隔）視察サイト一覧

県	地区	コミューン	人口 (人)	MG の有無	住民 調査	主な電力源	選定理由
ディアナ	Antsiranana II	Iovona	809	○	20 世帯	風車：１基（5kW） 太陽光：6kWc	風車 MG
		Sahasifotra	970	○	14 世帯	風車２基（5kW）※１基 のみ稼働 太陽光：4.6kWc	風車 MG
		Ambolobozobe	—	○	—	風車：２基（20kW）※停 止中 太陽光：パネルが盗難に 遭い稼働していない。デ ィーゼル発電機で電力供 給	風車 MG
		Ambolobozokely	—	○	—	風車：２基（20kW）※停 止中 太陽光：11kWc ディーゼル発電機にて電 力供給	風車 MG
		Joffre-Ville	5,124	○	20 世帯	風車：１基（10kW）※ 停止中 太陽光：31 kWc ※停止中 ディーゼル発電機にて電 力供給	風車 MG
サヴァ	Vohémar	Tsarabaria	23,118	○	20 世帯	太陽光発電による電力供 給	太陽光 MG
		Ampanefena	26,081	×	10 世帯	調査した世帯は商用電力 もしくは小型のソーラー パネルの電源キットを利用。	コミューン 規模【大】 住民の経済 力【○】
		Ampondra	15,462	×	21 世帯	調査した世帯のほとんど （19/21 世帯）は小型の ソーラーパネルの電源キ ットを利用（主に照明と TV 用）。	コミューン 規模【大】 住民の経済 力【○】
		Fanambana	17,517	×	16 世帯	調査した全 16 世帯は小型 のソーラーパネルの電源 キットを利用（主に照明 と TV 用）。	コミューン 規模【大】 住民の経済 力【○】

出所：現地調査結果を基に提案法人作成

図表 5 第 1 回現地調査（遠隔）視察サイト位置図



① 利用電源

ディアナ県の 3 つのコミューン において 54 世帯、サヴァ県の 4 つのコミューンにおいて 67 世帯の電気の使用事情を調査した。「(2) 調査対象地における住民の電力事情」において既述のとおり、風況の良さや将来的な MG 事業者との協働を視野に入れて調査サイトを選定したことから、図表 6 に示すとおり、ディアナ県では調査した世帯の 89%、サヴァ県の 94% の世帯は家庭で電気を利用している結果となった。今回調査したサイトが、マダガスカル の電化率の平均に比べて電気の利用率が高い理由は、前述のとおり、既に MG が導入されているサイト（ディアナ県は全サイト、サヴァ県は一部）であること、特にサヴァ県の調査対象コミューンは経済力があり、個人で小型のソーラーパネルを購入している世帯が多いためと考えられる。しかしながら、電化率の計算は、「電化された世帯数／全世帯数」であるため、個人でソーラーパネルを保有している世帯は電化された世帯としては数えられていないと考えられる。一方で、電気を利用している状況にあっても、後述の「③電力供給に対する満足度」に示すように、特にディアナ県では弱電化（24 時間 365 日電気が供給されていない）の課題が確認されている。

図表 6 現在の利用電源

県		MG 事業者 (風力、太陽 光、発電機)	小型のソーラ ーパネル電源 キット	近所の電源を 利用	電気を使用し ていない	その他	総計
ディアナ県	回答数	42	6	2	3	1	54
	割合(%)	78%	11%	4%	6%	2%	100%
サヴァ県	回答数	26	39	1	1	0	67
	割合(%)	39%	58%	1%	1%	0%	100%

出所：現地調査結果を基に提案法人作成

② 電気の利用目的

照明、スマートフォンや携帯の充電が利用目的の多くを占め、テレビやラジオがそれに続く。使用できる電力量が限られていることから、生活上、必要度が高いものに電力を利用している状況がうかがえる。

図表 7 電気の利用目的（複数回答）

電気の利 用目的	照明	スマートフ ォンや携帯 電話の充電	ラジオの 充電	テレビ	パソコン	冷蔵庫・冷 凍庫
回答数	112	104	70	81	11	49
割合	93%	86%	58%	67%	9%	40%

出所：現地調査結果を基に提案法人作成

③ 電力供給に対する満足度

ディアナ県は全回答者がやや不満、不満と回答している。サヴァ県に関しては回答者の 58%が満足、おおむね満足と回答している。

図表 8 電力供給に対する満足度

県		大変満足	満足	やや不満	不満	総計
ディアナ県	回答数	0	0	1	53	54
	割合 (%)	0%	0%	2%	98%	100%
サヴァ県	回答数	30	9	0	28	67
	割合 (%)	45%	13%	0%	42%	100%

出所：現地調査結果を基に提案法人作成

不満の主な理由は、MG 事業者、小型のソーラーパネル利用のいずれの場合でも、多目的に電気を使用するには電力量や使用できる時間が少ないことが挙げられた（図表 9）。このように、今回の調査対象サイトのように電力が供給されている場合でも、1 日のうち電気を利用できる時間が限定的（2～6 時間/日）であることから、照明などには事足りているが、TVやスマートフォンの充電、冷蔵庫など多目的に使用する上では、電力量が不足している。このように、調査対象サイトにおいては、弱電化（24 時間 365 日電気が供給されていない）が課題として確認された。

実際、第 2 回現地調査に聞き取りを行ったディアナ県の Iovona（Mad'Eole が運営する MG）では、電気の契約を解除した住民から以下のような意見が寄せられた。

- ・ 電気の供給量が不十分であるのに、一律で 1 カ月あたり 10,000Ar²を払いたくない。
- ・ 一律の電気料金ではなく、使用量に対して電気料金を払いたい。
- ・ 十分な量の電気の供給があれば、また契約したい。現行料金よりも上がって（2 倍でも）もよい。

これらの調査結果から、契約解除の理由は、住民の支払い能力ではなく、電気を安定して供給できていないことや供給量の不足に住民が不満を抱いたことにあると思われる。その結果、Mad'Eole サイトにおいては、資金不足により、電気を十分かつ安定的に供給できないという悪循環に陥っていることが確認された。

図表 9 電力供給に対する不満の理由（ディアナ県）

理由		不満	やや不満
電気を使用できる時間が短い（2 時間/日）	回答数	33	1
	割合（%）	61%	2%
多目的に使用するには電力が足りない	回答数	16	0
	割合（%）	30%	0%
電気が得られない/近所の電源を使用しなければならない	回答数	3	0
	割合（%）	6%	0%
不明	回答数	1	0
	割合（%）	2%	0%

出所：現地調査結果を基に提案法人作成

一方、サヴァ県においては、停電があまりなく、一定の利用目的には電力は足りていることが満足度につながっていると思われた。ただし、回答者の 3 割は料金が低い点に満足していない。

図表 10 電力供給に対して満足している理由（サヴァ県）

理由		大変満足	満足
停電がない	回答数	14	0
	割合（%）	44%	0%
電力の不足はない（ただし、料金が低いと思う）	回答数	10	1
	割合（%）	31%	3%
電力の不足はない	回答数	7	0
	割合（%）	22%	0%

出所：現地調査結果を基に提案法人作成

④ 現在の支払い額と支払い可能額

住民調査では対象世帯の 1 カ月あたりの現在の支払い額及び支払い可能額をヒアリングした。図表 11 にその平均を示す。1 カ月あたりの支払い可能額の平均値が現在の支払い額の平均値を上回っているサイトにおいては電気の供給及び電気供給量の増加を求める住民の電力ニーズがあることが確認された。

² マダガスカルの通貨、マダガスカル・アリアリ。2022 年 8 月レート：1Ar=約 0.03 円

図表 11 現在の電気代と支払い可能額

県	ディアナ県					サヴァ県		
地区	Antsiranana II					Vohémar		
コミューン	Ivovona	Sahasifotra	Ambolobozobe	Ambolobozokely	Joffre-Ville	Ampanefena	Ampondra	Fanambana
現在の支払い額 (月平均) (円)	425	300	N/A	N/A	669	0	0	1,080
支払い可能額 (月平均) (円)	767	1,073	N/A	N/A	1,292	6,167	1,284	888

出所：現地調査結果を基に提案法人作成

(3) 調査対象地の公共施設等の電力事情

第1回現地調査（遠隔）時にディアナ県にて1病院、1高等専門学校、サヴァ県にて1病院を視察した。図表12のとおり、ディアナ県の1病院、1高等専門学校では電力が不足している。一方で、サヴァ県の1病院は不具合があるが電力量は充足している。ディアナ県、サヴァ県の調査した施設は商用電力に接続し、太陽光を併用しているが、不具合や停電などの問題を抱えている。

ディアナ県の高等専門学校では、電力が不足しているものの、現在の電力利用料以上に支払い能力はない。電気を最も多く使用する工学部の建物にはドイツの支援によって導入された太陽光発電設備（0.6kwソーラーパネル11枚＋24Vバッテリー）が設置され、マダガスカル水・電力公社（Jiro sy rano malagasy、以下「JIRAMA」）への電力利用料の支払いを極力抑えている。可能であれば、追加で再エネ設備を独自に設置し、電力利用料の支払いを抑えつつ、安定した電気の利用をしたいとの意向がある。一方、ディアナ県とサヴァ県の病院は、現在の電気料金よりも高くなっても支払う能力がある。

図表 12 各種施設の概要・電力情報

県/ ディスト リクト	施設 区分	部屋数/ 収容人 数	電力 の 利用 目的	現在の消 費電力量 (kW)	現在の電 力利用料 (MGA/ 月)	支払い可 能な最大 電力利用 料 (MGA/ 月)	電力 の 充足 度	現在の 利用電 源	満足 度	課題
ディアナ 県 Antsiranana I	病院 *1	484 部屋 (うち 135 病 床) / 1 日当 たり患 者数：約 400 名	照明、 PC、検 査・手 術機器 等	10,000kW/ 月 (今後、 新しい部 門や設備 が導入さ れた場 合、 30,000kW/ 月が必要)	MGA 15,000,000/ 月	MGA 20,000,000/ 月	不 足	商業電力	やや 満足	メンテ ナンス のため 月 4 回 最大 8 時間利 用不可
								太陽光 (ミニグ リッド)	やや 不満	6kW の みで少 ない
								発電機	やや 不満	老朽化
ディアナ 県 Antsiranana I	高 等 専 門 学 校 *2	19 部屋/ 生徒 数： 1,002 名	照明、 PC、電 気ドリ ル等工 業訓練 利用器 具等	2,919kW/ 月	MGA 3,167,880/ 月	MGA 3,167,880/ 月	不 足	商業電力	不満	月に約 10 回停 電
								小型ソー ラーパネ ル	やや 満足	
サヴァ県 Vohemar / Iharana	病 院 *3	87 部屋/ 1 日当 たり患 者数：約 40 名	照明、 PC、検 査・手 術機器 等	2,828kW/ 月	MGA 3,000,000/ 月	MGA 3,400,000/ 月	充 分	商業電力	やや 満足	不具合 がある ため緊 急用発 電機が 必要
								小型ソー ラーパネ ル		
								発電機		

2022 年 2 月平均 JICA レート: MGA1=JPY 0.02915

*1: Centre Hospitalier Universitaire de Place Kabary Antsiranana

*2: Teacher Training College for Technical Education

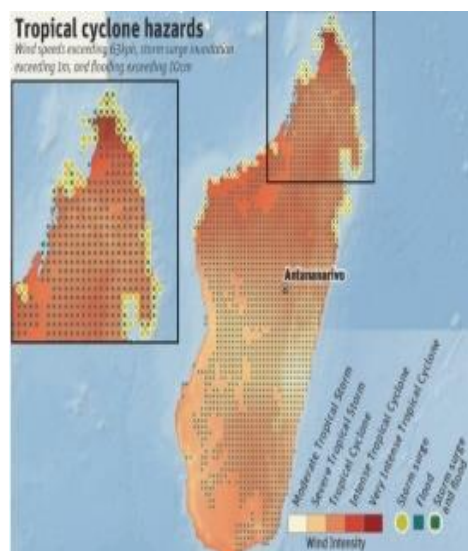
*3: CHRD-SALFA Vohemar (Center Hospitalier de Reference de District – Sampan'Asa Loteriana momba ny Fahasalamana)

出所：現地調査結果を基に提案法人作成

（４）調査対象地における自然災害の現状と課題

マダガスカルはサイクロンが多発するインド洋地域に位置しており、毎年平均 1.5 回以上（アフリカ地域で最多）のサイクロンが襲来し、75 万人/回が被災している³。

アンチラナナ州においても毎年サイクロンが襲来し、特に北部は勢力の強いサイクロンが襲来している。サイクロン襲来時には、強風により電柱の損傷や倒壊、発電機の浸水などにより送電線が断絶し、停電が発生している。サイクロン襲来時の平均停電時間は 15 日に及ぶ⁴。このような状況から、防災・災害対策の観点からも、北部には平常時のみならず災害時にも使用できる電力の確保が必要である。



図表 13 マダガスカルのサイクロンハザードマップ

（赤色が濃いほど勢力が強い）

出所：GFDRR (2016) Disaster Risk Profile

図表 14 近年のサイクロンの発生状況

	2016	2017	2018	2019	2020	2021
(1) サイクロン頻度（回/年）						
1) マダガスカル全体	1	1	3	3	3	4
2) アンチナララ州	1	1	1	2	1	1
(2) サイクロン襲来時の最大風速（km/時）	278	230	185	222	186	165

出所：BNGRC 提供資料

（５）電力以外の社会インフラ状況

マダガスカルは国土をつなぐ道路インフラや国内外のエントリーポイントとなる港湾インフラ等の整備が遅れており、経済インフラの整備や急速な都市化に対応するための都市開発が急務である。特に、国内外の港湾貨物の 7 割を扱うトアマシナ港は貨物量に比して十分な設備を備えておらず、地政学上の利点を生かしインド洋および東・南部アフリカ貿易圏に貢献するためにも拡張が必要とされている。

また、安全な水へのアクセスは特に農村部で低く、地域間格差が生じている。不衛生な飲料水が原因とみられる下痢等の健康被害も確認されている。

³国連人道問題調整事務所（2019）Madagascar: Infographie sur la saison cyclonique 2019- 2020.

⁴ 出所：BNGRC による質問票への回答。

2. 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

(1) 国家開発計画

現在のマダガスカルにおける国家開発政策文書は、「マダガスカル緊急イニシアチブ (*Initiative Emergence Madagascar* (IEM、2018 年策定)」である。同政策によると、マダガスカルにおいて、電力サービスにアクセスできる人口はわずか 15%であり、とりわけ農村部は 6%以下である。今後の目標として世帯の電気へのアクセス率を 17%増加させることが掲げられている。また、「新エネルギー政策 (2015-2030)」では、2030 年までに全世帯の 70%が近代的なエネルギーの使用を達成し、80%の電力を再エネで賄うことを目指している。さらに、「マダガスカル新興計画 (2019-2023)」では、電力供給量の倍増、最大 800MW の再エネの優先的開発を掲げている。

以上より、マダガスカル在国家開発政策において、電力開発、特に農村部への電力サービスの拡充の必要性が十分認識され、再エネの割合拡大の方向性も示されているといえる。

(2) エネルギー政策

最新のマダガスカルのエネルギー政策は、「マダガスカル新エネルギー政策・戦略(*Nouvelle Politique de l'Energie et Stratégie pour la République de Madagascar*) (2015 年策定)」である。本政策では、マダガスカルには再エネ資源が存在するものの、十分活用されていないことが指摘され、2030 年までに再エネの割合を全体の 80%までに増加させるとしている。その内訳は、水力発電 75%、火力発電 15%、風力発電 5%、太陽光発電 5%である。

再エネについては、以下の見解が示されている。

- ・ 太陽光：安価な新しい発電技術や照明技術によって利用可能
- ・ 経済的に実現可能な風力発電用のサイトが存在する
- ・ 海洋や地熱などのエネルギー資源も将来の可能性を秘めている
- ・ 電気と照明へのアクセスの向上は、主として水力発電による送電網の拡充、小規模水力発電、バイオガス発電、または太陽電池／風力／ディーゼル発電による送電網の拡充、そして太陽光発電やソーラーホームシステム (SSD) を組み合わせることで、経済的に実現可能である

以上より、マダガスカルのエネルギー政策においては、再エネの割合拡大の方向性が示され、風力発電のポテンシャル及びその活用の方針が確認される。

(3) 防災・災害に関するエネルギー政策

マダガスカルにおける最新の 防災・災害に関連するエネルギー政策は、「基礎的エネルギーサービスの災害時継続計画」(*Plan de Continuite des Services Essentiels Energie en cas de Catastrophe*) である。同政策によると、マダガスカルでは、洪水を伴うサイクロンが年に 3~4 回発生し、うち 1~2 回は非常に強力なものであり、これらの災害がもたらす被害は、社会的・経済的に甚大であると示されている。2009 年から 2019 年までの 10 年間、マダガスカルはサイクロンや熱帯性暴風雨の通過に伴い、27 件以上の大災害を経験している。強風と洪水は、個人の家・生活、公共・民間のインフラを破壊し、経済活動を停止させた。特に、社会的・個人的な活動を継続するための基本的なニーズの一つであるエネルギーの供給が中断し、不安定化した。人々の生活に必要な不可欠なサービスの一部またはすべての停止や麻痺は、

社会および経済の適切な機能に混乱をもたらし、さらには障害となると述べられている。

サイクロンの季節は 11 月から 4 月、サイクロン通過のピークは 1 月から 3 月であり、2019 年～2020 年のシーズンについてのサイクロンによる被害予測を見ると、最も危険にさらされる地域は 8 つあり、その中にディアナ県とサヴァ県が含まれている。

エネルギーの災害時の継続計画においては、予防措置、災害時に実施する措置、復旧措置、の 3 つが定められている。予防措置の中には、送電・配電網の損壊、変圧器ステーションの損傷、電源ステーションや発電所の故障などのリスクの低減が含まれている。

以上より、マダガスカルにおいては、サイクロン被害が時に甚大なものとなること、また、災害時・災害後において電力供給サービスを継続させる方針があるといえる。さらに、災害時の予防措置として、発電所の故障などのリスク軽減が必要と認識されている。

3. 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針等

対マダガスカル共和国国別開発協力方針（2021 年 5 月）では、経済成長に深刻な影響を与えている低電化率の解消のため、再エネ活用を含め、電力分野への支援の実施を掲げている。

JICA 国別分析ペーパー（2019 年 9 月）では、再エネ活用も視野に入れた発電電力量の拡大、防災やレジリエンス強化に資するインフラ整備を重視している。

JICA マダガスカル事務所は、再エネに関し、特定のエネルギー源を重視していく方針はないが、これまでの経緯より、主に水力発電、太陽光発電、風力発電に可能性があると考えている。今後の支援方針については、再エネ分野の発電部分（それにつながる変電、送配電などすべてのステップ）での支援の可能性があるという。電力セクターは、他のインフラセクター（都市開発、運輸交通）と同様に、TaToM 地域（アンタナナリボ、トアマシナ、両都市を結ぶ国道 2 号線）を念頭に案件形成をしていく方針がある。

4. 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析

（1）我が国の ODA 事業

直接的に、本事業と連携可能な実施中の ODA 事業は現時点ではないが、「アンタナナリボ・トアマシナ経済都市軸（TaToM）総合開発計画策定プロジェクト」（目標年次 2033 年のプロジェクトのマスタープラン）には、変電所新設、送電線増強などの案件が含まれている。（ただし、対象地域は本事業の候補地である北部ではない。）

（2）他ドナーの取り組みの現状

① 世界銀行（WB 国際金融公社（IFC））

民間セクター（農業、観光、漁業など労働集約型産業）のビジネス環境の改善を通じた地方や女性の雇用促進や、エネルギーや交通などの市場アクセスに係るインフラ整備を重点政策に掲げている。電力セクターのガバナンス、JIRAMA の運営能力の改善プロジェクト（*The Madagascar Electricity Sector Operations and Governance Improvement Project*（EGOSIP）を 2016 年から実施している。EGOSIP は、経営陣交代による組織改革、新たなインフラ整備、財政状況の立て直し、随意契約廃止などを推進している。また、太陽光発電（IPP 型 *Scaling Solar* 事業）も実施している。さらに、マダガスカル政府主導のイニシ

アチブにて、MEH と協働で、住民、企業、保健施設等への電力アクセス向上プロジェクト（*Least-Cost Electricity Access Development Project*、LEAD プロジェクト）を実施している。同プロジェクトにおいて、オフグリッドの太陽光発電を支援するファンド「*Off-Grid Market Development Fund*（OMDF）」を設立している。

② アフリカ開発銀行（AfDB）

電力・交通インフラ開発と農業・工業開発を重点政策に掲げ、2022 年からの 5 カ年計画では、SEFA（AfDB のアフリカ再エネ支援ファンド）による再エネ開発の支援を新たに掲げている。再エネ分野では、2019 年から 2024 年にかけて、アンタナナリボ南東部 100km に位置する Onive 河に 205MW の水力発電所（Sahofika 水力発電所）を建設する官民連携プロジェクトを支援している。

③ ドイツ国際協力公社（GIZ）

生物多様性・天然資源、農業・食糧安全保障、再エネ・エネルギー供給を重点政策に掲げている。再エネ分野では、太陽光、水力を支援している。また、技術協力及び資金協力により、電力市場の透明性や法規制の改善支援、ADER の運営支援として地方電化における入札手順の効率化、再エネファンド設立支援などを行っている。さらに、再エネ分野における教育、職業訓練の向上支援なども行っている。直接的な民間企業への支援は行っていない。

④ フランス開発庁（AFD）

フランス政府は COP21 にて掲げた 2020 年までに 10GW の再エネをアフリカに導入する目標（AFD が 30 億ユーロを拠出）を達成し、さらに 60 の再生可能エネルギー支援プロジェクトをアフリカ全土で実施する予定である。マダガスカルに対しては、ADER が西海岸や南部の州の太陽光発電の MG 事業者への補助金として活用できるようマダガスカル政府にソフトローンの提供を行う 4 年間の計画がある（開始時期は未定）。AFD は直接的には民間企業を支援しておらず、地方電化でも直接的な支援は行っていないが、支援先の NGO が地方電化に関連する事業を行っている。

第2章 提案法人、製品・技術

1. 提案法人の概要

(1) 企業情報

会社名：株式会社チャレナジー

所在地：東京都墨田区八広四丁目 36 番 21 号

設立年月日：2014 年 10 月 1 日

事業内容：垂直軸型マグナス式風力発電機の開発、製造、販売

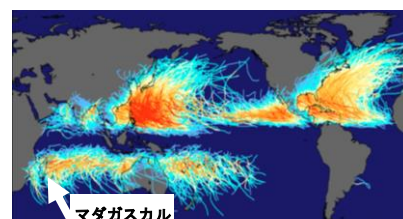
(2) 海外ビジネス展開の位置づけ

提案法人は、「全人類に安心・安全な電力を供給する」をビジョンに掲げ、風力発電機を中心とした再エネ技術の開発を進めている。地理的な条件等で送電が困難な僻地や島嶼部において、燃料を必要とせずに発電コストを抑え、持続的に電力を供給する当製品は途上国でこそ、その強みを発揮できる。特に熱帯低気圧好発発生地域で、強風下で発電可能なマグナス風車の最大の強みが発揮される。

チャレナジーは既にアジア進出を開始し、フィリピンで現地合弁企業を 2019 年に設立し、2021 年に 1 基、導入した。次の市場として、熱帯低気圧好発地域である東アフリカ・インド洋地域を重要市場と位置付け、マダガスカルを最初の拠点とし、周辺国へビジネスを展開していく計画である。

熱帯低気圧発生地域は日本だけでなく、世界中に広がっている。熱帯低気圧発生地域であっても、日本のような送電網が張り巡らされた先進国においてはチャレナジーが開発した 10kW モデルの発電容量では非常時用の電源として限定的な用途が主流となるが、途上国の島嶼部や僻地の未電化地域においては十分な電力供給設備となり、また小規模の電化地域においてはディーゼル発電機と置き換えることで平常時の発電コストの低減に加え、台風やサイクロン襲来時の非常時での電力供給が可能となる。地域の抱える課題解決やニーズに合わせた提案をする形で海外展開を図っている。

電化率が低く、サイクロンが頻繁に襲来する当該地域にとって、マグナス風車は平常時及び災害時にも継続的な電力供給を実現できる最適な製品である。さらに、同国政府が掲げる 2030 年までの再エネ目標の達成にも貢献できる。



図表 15 熱帯低気圧発生地域

(2006 年までの 150 年間)

(色が濃いほど勢力が強い。赤は最大カテゴリー 5 以上。) 出所：NASA

2. 提案製品・技術の概要

(1) 提案製品・技術の概要

チャレナジーは、革新的な風力発電機として、プロペラのかわりに回転する円筒翼を用いて強風や乱流に適応し、台風下でも安定的に発電可能なマグナス風車を世界で初めて実用化した。マグナス風車は既存のプロペラ風車に対して2つの圧倒的な優位性を持つ。

【優位性1】「マグナス力」の利用により発電できる風速域が広く、強風や台風時においても発電可能

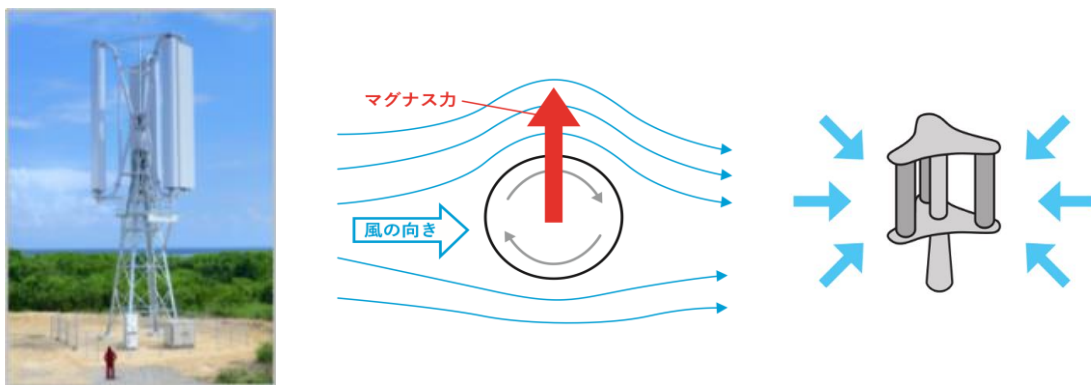
回転する円筒翼を用いて、気流中で円筒翼を自転させたときに生じる「マグナス力⁵」を利用し風車を回転させて発電する。マグナス力の大きさは、円筒翼の自転数によりリアルタイムに調整できるため、風速に応じて円筒翼の自転数を制御することで風車全体の回転数を制御し、強風による暴走が起きにくく、最大風速（10分平均）40m/秒まで発電が可能である。プロペラ風車では最大風速 25m/秒で発電を停止する。

【優位性2】垂直軸型により風向に依存せず発電可能

垂直軸型により風向に依存せず発電できるので、プロペラ風車のように風向きに合わせる必要がなく、激しく風向が変化しても一定の稼働率を維持できる。風速や風向が頻繁に変化する環境においても設備利用率を30%以上まで高められる（既存のプロペラ式小型風力発電⁶は10%以下）。また、プロペラ風車と比較して風車全体が低速回転であるため、騒音が小さく、バードストライクが起きにくい。

当技術は国内及び世界17カ国にて特許取得済みであり、他6カ国において出願申請している。

上記の優位性を踏まえたマグナス風車の最大の特長は、熱帯低気圧（サイクロン、台風等）襲来時の暴風や乱流下においても、継続的に安定して発電できる点である。発電可能な最大風速は40m/秒、風車が耐え得る最大風速は70m/秒（3秒平均）に設計されており、プロペラ風車では対応できない環境下で稼働できる。また、太陽光発電は悪天候下及び夜間に発電できないことに加え、ソーラーパネルは強風によって破損し易い。提案製品はプロペラ風車や太陽光発電が適さない熱帯低気圧好発地域において最も適し、普及可能な再エネ発電設備である。



図表 16 マグナス風車（写真）、マグナス力（図）、垂直軸型（図）

(2) ターゲット市場

チャレナジーは既にアジア進出を開始し、フィリピンで現地合弁企業を2019年に設立し、2021年

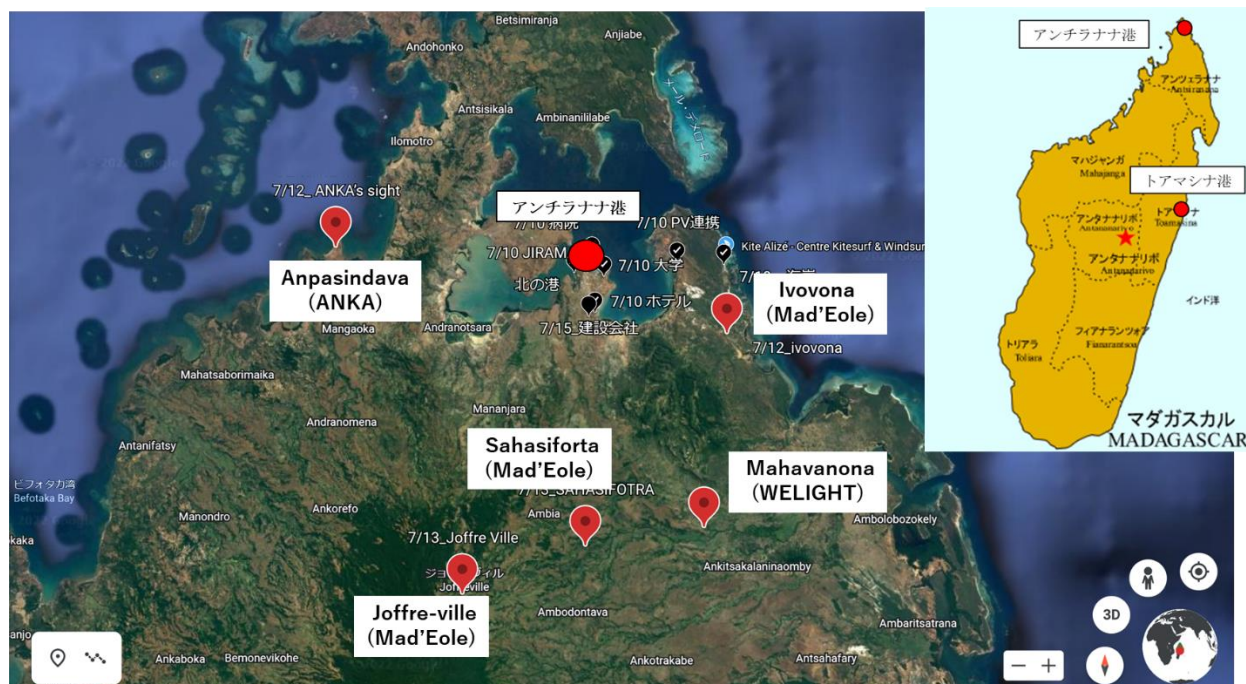
⁵ 物体を回転させると風向きに対して垂直方向に力が働く物理現象。

⁶ 小型風力発電機は20kW以下のサイズ。

に実証機を1基建設した。約7,600島から構成される島嶼国であるフィリピンの離島では、高いエネルギーコスト・環境負荷・自然災害に対しての電力インフラが脆弱であり、台風襲来時も継続して電気を供給できるマグナス風車が貢献できる可能性は大きい。フィリピンのMG市場は、2030年までに400億円まで成長、ASEAN全体の市場規模は3.5兆円（年率17%以上の成長率）にまで拡大する有望市場である。フィリピンに続く次の市場として、熱帯低気圧好発地域である東アフリカ・インド洋地域を重要市場と位置付けた。特に、マダガスカルは日本やフィリピンと同様に島国であり、風向の変化や乱流への対応、またサイクロンの襲来もあり、マグナス風車の特性を活かせる国である。同国を東アフリカ・インド洋地域における提案製品の普及展開を試みる最初の拠点とし、将来的に周辺国にもビジネスを展開していきたい。

3. 提案製品・技術の現地適合性

提案製品の風力発電機導入における現地適合性については、技術面、財政面、制度面の3つから評価した。第1回現地調査（遠隔）の結果から、第2回現地調査においては調査対象地をディアナ県に絞り、下記の5つのサイトを視察した。



図表 17 第2回現地調査視察サイト位置図

（1）現地適合性確認結果（技術面）

技術面においては、①マグナス風車導入のメリット（風力による発電量の評価とマグナス風車仕様のニーズ）、②建設の可能性（地質、輸送・搬入の可否、現地建設会社の技術）、③既設MGへの系統連携可否を調査し評価した。

① マグナス風車導入のメリット

ア) 風力発電による発電量の評価

発電量を試算するためには、サイトにおける風況データが必要となる。第1回調査において以下の3サイトの風況データを入手できた。

- A) Ivovona (アンチラナナ州ディアナ県, Mad'Eole サイト)
- B) Ambolobozokely (アンチラナナ州ディアナ県, Mad'Eole サイト)
- C) Antsiranana 空港 (気象局における観測のデータ)

風況データがない場合は、オンラインで入手可能な風況データを活用することになるため、第1回調査で入手した実測データ（上記 A) B) の2サイト）と同じ地点の風況データ（NASA と Global Wind Atlas（以下、「GWA」））を利用した風速のシミュレーション結果を比較した。図表18に示すとおり、GWAの方が、実際の風速に近い値を示すため、風況データのない地点は GWA⁷のデータを活用して風速のシミュレーションを行うこととした。

図表 18 風速の実測値と衛星データの比較

サイト	緯度経度	年平均風速 (m/s)		
		実測値	NASA	GWA
Ivovona	-12.31, 49.36	9.41*	6.77	8.39
Ambolobozokely	-12.51, 49.40	5.80	6.77	5.33

*1月～3月の風速データは衛星データにて補填

出所：現地調査結果を基に提案法人作成

各サイトにおいてマグナス風車を導入した場合の発電量と太陽光発電による発電量の試算値を比較した（図表 19）。その結果、すべてのサイトでマグナス風車を導入した場合の発電量は太陽光発電の発電量を大きく超えることが確認された。サイト別には、ディアナ県の Antsiranana II 地区は、特に Ivovona と Joffre-ville は風況がよく、風力による発電量は太陽光による発電量よりも大幅に大きい。他の3つのサイト（Sahasfotra, Ambolobozobe, Ambolobozokely）の風況もよく、風力による発電量は太陽光による発電量よりも2～2.5倍大きく、風力発電のポテンシャルは高い。サヴァ県は、風況の違いによりディアナ県に比べて発電量は減少するものの、マグナス風車を導入した場合の発電量は太陽光発電より大きい。

⁷ Global Atlas, <https://globalwindatlas.info/>

図表 19 各サイトの年間平均風速、風力発電及び太陽光発電による年間発電量の試算

県	ディアナ県					サヴァ県		
地区	Antsiranana II					Vohémar		
コミュニン	Ivovona	Sahasifotra	Ambolobozobe	Ambolobozokely	Joffre-Ville	Ampanefena	Ampondra	Fanambana
年平均風速(m/s)	9.4	7.1	5.8	5.8	9.5	6.4	5.0	5.0
マグナス風車(10kW)による年間発電量(kWh)	49,457	29,816	24,047	24,047	37,926	25,392	18,475	18,098
太陽光パネル(10kW)による年間発電量(kWh)	11,727	11,742	11,705	11,705	11,698	11,371	11,376	11,348

出所：現地調査結果を基に提案法人作成

マグナス風車の優位性

過去に導入されたプロペラ式風力発電機は、故障などの原因で稼働していないものが多い。Mad'Eoleとの面談においてヒアリングした風車の故障原因は以下のとおり。

- ・ バードストライクによるブレードの破損
- ・ 強風による風車の故障
- ・ 塩を含んだ砂が機械に侵入することによる腐食と錆
- ・ 強風によるガイワイヤーの切断

以下に示すとおり、マグナス風車は上記課題を解決することができ、強風仕様の風力発電機の優位性はある。

- ・ 低速回転によるバードストライク回避
- ・ 風速 40m/s まで発電可能であり、風速 70m/s まで構造物として耐性のある強風仕様
- ・ 亜鉛メッキによる腐食対策
- ・ 設置にガイワイヤーを必要としない構造

② 建設可能性

ア) 地質

風車の建設においては、建設地における基礎工事の内容を決めるためにボーリング調査が必要となる。BNGRC との面談で、アンタナナリボ大学の研究室に地質データの提供を依頼できる可能性を確認しており、風車導入の候補地が選定された段階で再度問い合わせをする。建設候補地が決まってから、ボーリング調査を実施すればよいとため、今回調査では実施していない。

第2回現地調査で確認した現地の地質の特徴は下記のとおり。

- ・ 地下水は浅く、地下水位は-1m 程度。(水溜まりが低い。くぼみから枯れない。)
- ・ 礫や堆積層においてスレーキング(土塊や軟岩が吸水による膨張と乾燥による収縮を繰り返すことで細粒化し、ばらばらになる現象)が起きている
- ・ 乾燥するとパリパリとはがれる。叩くと割れる。

イ) 輸送・搬入の可否

(a) 港の利用可否

提案製品の輸送において、アンチラナナ港の利用可否を調査した結果、アンチラナナ港を活用することはできることがわかった。以下に要点を示す。

- ・ 荷下ろしは 25t まで可能。40ft コンテナも常時扱っている。主な輸入品は工場等の機器や機械類、輸出品はカカオやコーヒー等。
- ・ 船から荷下ろししたコンテナの保管場所はある。場所は屋外のみ。(料金は 15 日ごとに延長料金が発生する)
- ・ トアマシナ港からの内航船だけでなく、外航船も着く。(MSC 社、CMA CGM 社等)
- ・ 気候や波の影響によって港が使えなくなる時期は基本的にはない。サイクロンで船が入港できない場合もあるが、頻度は少ない。

(b) 港からサイトまでの輸送可否

提案製品を 40ft コンテナで日本からアンチラナナ港を経由し、サイトまで輸送することを想定し、第 2 回現地調査においてアンチラナナ港から各 MG サイトまでの道路状況を確認した。その結果、サイトまで提案製品を輸送することは不可能であることがわかった。

40ft コンテナは舗装道路で運搬することは可能であるが、MG 導入候補地の村までは舗装された幹線道路から未舗装道路を通して運搬する必要がある。未舗装道路の幅や状態は 40ft コンテナを運搬する車両は通行できないことが確認された(写真 9)。また、未舗装道路上には所々「7t」の重量制限の橋が数か所あり、提案製品のような重量物の運搬は現地の道路状況から不可能であることがわかった。

20ft コンテナで運搬することを目的に、現在、全長 11m の円筒翼部分を分割する技術開発をプロジェクトとして進めており、数年の内に 20ft コンテナでの輸送が可能となることが期待される。その場合、重量も分割でき、40ft では総重量が 8 トン(コンテナ 5 トン+円筒翼部分 3 トン)となるが、20ft の場合は、1 つのコンテナあたりの重量は 4 トン(コンテナ 2.5 トン+分割した円筒翼部分 1.5 トン)と約半分の重量になり、未舗装道路でも運搬が可能となるが見込まれる。

ウ) 現地の建設会社の技術

ディアナ県における複数の建設会社から、規模の大きい 2 社(保有している重機から判断)から情報を聴取した。うち 1 社は、造船業、船の修理業を営む会社で、溶接技術は高いが、提案製品の建設は難しいと判断した。別の 1 社は、ディアナ県において工場や家屋の建設を幅広く手掛けており、コンクリート工事に実績があり、再生可能エネルギー関連の工事の実績がある。マグナス風車建設委託の可能性はあり、杭工法にて施工可能と考えられるが、以下の点に懸念が残る⁸。

- ・ 現地に生コンプラントはない。
- ・ コンクリートの強度試験ができず、品質管理に問題がある。

⁸ ディアナ県では、高所作業車は電気工事事業社からレンタル可能であるが、県内に産業廃棄物処理場はなく、県外に運搬して処理していると思われる。マグナス風車の建設は、ディアナ県の現地建設会社への委託も検討し得るが、本邦企業(例：過去にマダガスカルにおいて日本の ODA 事業に従事した本邦施工業者)への委託は建設の質・安全性等を担保するために有効であると考えられる。

③ 既設 MG への系統連携可否

風力発電機を系統に導入することで、現在導入している太陽光、及び蓄電池に対し、変動要素の異なる発電設備として、電源の安定化、及び平滑化に寄与する。風況が良い地域では、昼夜問わず一定以上の風速があれば発電が可能である。

一方、技術的課題として、MG を構成している PCS⁹は、汎用 PCS（主に SMA 社製）にて使用しており、複数台連系した際に不安定になる可能性がある。提案商品を導入する場合、サイトごとに現状の設備との整合性及び安全性を考慮し、AC リンク方式¹⁰、または DC リンク方式¹¹による接続など最適な風車を設計、及びカスタマイズする必要がある、コストアップになる。また導入後のメンテナンスにおいて、作業員の訓練やスペアパーツの入手可能性などに課題が残る。

以上より、対象地域における技術面における提案製品の現地適合性に関する評価は下記のとおりとなった。

図表 20 技術面における提案製品の現地適合性評価

項目	マグナス風車の導入メリット		マグナス風車の建設可能性		既存 MG 系統への連携可否
	発電量	製品仕様	輸送・搬入	建設	
評価	○	○	×	△	△

出所：現地調査結果を基に提案法人作成

（２）現地適合性確認結果（財政面）

オフグリッド地域において持続可能な MG 事業を実施するためには、持続的な運営を念頭に置いたビジネスモデルを構築する必要がある。事業性に検討するにあたり、発電設備を導入する初期費用を、一定期間内に回収出来ることが最低条件であり、その資金源は利用者からの電気料金である。

財政面の評価は、第 2 回現地調査で視察したサイトにおいて発電設備導入において 10 年で回収する場合の売電価格（円/kWh）を算出し、事業性を得るために目標とするべき売電価格を検討した。そのうえで、提案製品を導入した場合の売電コストと比較して評価した。

① 事業性のある MG 運営に向けた指標となる売電価格の算出

初期費用以外に、保守運営費用等が発生するが、保守運用費用までの詳細な情報を得ることは難しいため、今回は発電設備導入における初期費用のみで検討する。回収の期間としては、日本で発電事業を計画する場合と同様に、10 年で回収する条件とした。

現地調査において訪問した 5 つの MG サイト（図表 17）の調査内容から、事業性を出すために売電コスト（円/kWh）を下記のとおり計算した。その結果を図表 21 に示す。

⁹ Power Conditioning Subsystem の略。発電電力を系統電力に変換する機能を備えた装置。

¹⁰ DC/DC コンバーターを通じて太陽光発電を直流（DC）のまま蓄電するシステム

¹¹ インバーターで直流を交流に変換し（DC→AC）、双方向インバーター（DC→AC、または AC→DC）で交流から直流に変換したもの（AC→DC）を蓄電池にためる

- ア) 各サイトの発電設備量から各サイトの設備導入の初期費用を算出した。Joffre-Ville と Sahasifotra については ADER に提出したビジネスプランに記載のあった初期費用を使用。初期費用は発電設備のみ対象とし、配電線等の費用は含めない。情報制約により保守点検費用は今回の計算には含めていない。
- イ) 年間の発電量を、衛星データから各サイトの風速と日射量を試算し、チャレナジーのシミュレーションによって試算した。
- ウ) 年間の電気料金の収入を、各サイトにおいてヒアリングをした月ごとに支払われる電気料金の値を使用した。
- エ) 上記の値を用いて、各サイトの現状の運営状況と売電価格を把握するために、「**現状の売電価格（円/kWh）**」を MG 事業者の 1 年あたり収入を年間の発電量で割り、計算し、「**現状の初期費用の回収年数**」は初期費用を MG 事業者の 1 年あたり収入で割り、計算した。また、事業性検討の指標となる売電価格を算出するために、「**10 年で初期費用を回収する場合の売電価格（円/kWh）**」も計算した。
- オ) 補助金（地方電化基金（FNE）等）の活用は考慮しない。

図表 21 事業性検討のための売電価格の試算

項目	単位	Mad'Eole			WELIGHT	ANKA
		Ivovona	Joffre-Ville	Sahasifotra	Mahavanona	ANPASIN DAVA
発電設備量	kW	11.9	157	14.6	43.12	29.9
太陽光発電機	kW	6.9	23	4.6	21.12	29.9
風力発電機	kW	5	10	10	0	0
蓄電池	kW	0.24	1.2	0.28	0.11	0.28
	V	48	240	56	22	56
ディーゼル発電機	kVA	0	124	0	22	27
初期費用 (発電設備のみ)	円	2,382,000	30,863,760	6,967,800	9,200,000	5,214,000
太陽光発電機	円	690,000	-	-	7,200,000	2,990,000
風力発電機	円	1,500,000	-	-	-	0
蓄電池	円	192,000	-	-	-	224,000
ディーゼル発電機	円	0	-	-	2,000,000	2,000,000
年間発電量 (シミュレーション値)	kWh/年	32,820	135,780	35,217	24,199	34,388
太陽光による発電量	kWh/年 /10kW	11,727	-	11,742	11,458	11,501
風力発電による発電量	kWh/年 /10kW	49,457	-	29,816	-	-
ディーゼル発電による発電量	kWh/年	-	135,780	-	-	-
年間の電気料金の 支払いによる収入	円/年	126,000	820,800	90,000	1,296,000	388,800
契約世帯数	戸	35	114	25	120	108
1世帯が月あたりに支払う電気 料金	Ar	10,000	20,000	10,000	30,000	10,000
ディーゼル発電機の燃料コスト	円/年	0	6,115,897	0	0	0
MG事業者の1年あたりの収入	円/年	126,000	-5,295,097	90,000	1,296,000	388,800
現状の売電価格	円/kWh	4	-39	3	54	11
現状の初期費用の回収年数	年	19	-6	77	7	13
10年で初期費用を回収する場 合の売電価格	円/kWh	7	-	20	38	15

出所：現地調査結果を基に提案法人作成

MG事業者のオフィスにてインタビューや資料確認を行い、各サイトを踏査した結果、電力供給と電気料金の回収が適切に実施され、MGを問題なく運営していたのはWELIGHTとANKAの2社であった。WELIGHTのサイトでは契約者数は増加傾向にある一方、Mad'Eoleのサイトは電力を十分に供給できず、契約者数は導入時から減少し、特にIvovonaとSahasifotraは開始時の約半数まで減少していた。

図表21に示すとおり、本調査時における各サイトのkWh当たりの売電価格は、WELIGHTは54円、ANKAは11円である。一方で、電力供給が十分でなく利用料金の徴収率が低いMad'Eoleサイトは、3-4円程度となり、電力を安定供給するためのメンテナンス費用を捻出できていない。特にJoffre-villeについては、資金不足のため、建設した風力発電機と太陽光パネル、蓄電池を接続できず、再エネ設備による発電ができず、ディーゼル発電機のみで発電している。徴収した電気料金はディーゼル発電機の燃料の購入に充てられているが、発電量の不足により1日2-3時間の電力供給となっている。第2回調査時点

でこの状況の改善の見通しが立っていない。

電気料金の徴収方法においても、WELIGHT と ANKA では、電気使用量をメーターで計測し、料金が支払われた分だけ電気を供給する従量課金制で運営している。一方、Mad'Eole サイトは、定額課金であり、運転資金増加の見込みはない。さらに、供給電力が不足するなか、契約者は定額料金の徴収に不満を持ち、契約を継続しないという負の循環が生じている。

事業性を検討する上では、料金回収の方法等の MG の運営方法についても検討が必要である。持続可能な MG 事業運営は、発電設備の初期費用を、10 年程度で回収できる設計となっているかが重要な指標となる。そのためには、15～40 円/kwh の売電価格で、回収年数は 10 年程度となるように設計できるかが重要な指標となる。

② 提案製品を導入した場合の売電価格

10kW マグナス風車 1 基の導入コスト、及び 20 年間の保守運用コストを図表 22 に示す。またその価格を基に、マグナス風車導入候補地の 1 つであるディアナ県 Iovovona を対象に、事業性検討のための売電価格の試算と同様、現地 MG 事業者の年間の収入と発電量から 10 年で初期費用を回収するための売電価格を計算した。(図表 23)

図表 22 10kW マグナス風車 1 基の導入及び保守運用コスト（20 年間）

導入費用		
風力発電システム	¥25,000,000	
基礎・建設工事費	¥12,000,000	
輸送費	¥15,000,000	
蓄電池システム	¥1,000,000	
導入費用計	¥53,000,000	
保守運用費用		
保守点検費総額	¥2,850,000	運用期間：20 年間 15 万円 x 19 年
合計	¥53,850,000	20 年間の合計

出所：現地調査結果を基に提案法人作成

図表 23 マグナス風車を導入し 10 年で初期費用を回収する場合の売電価格（Ivovona）

項目	単位	10kW マグナス風車
初期費用（発電設備のみ）	円	53,000,000
蓄電池		1,000,000
風力発電機		25,000,000
輸送費		15,000,000
建設費		12,000,000
発電量	kWh/年	49,457
定格	kW	10
回収年	年	10
年あたり金額	円/年	5,300,000
売電価格	円/kWh	107

出所：現地調査結果を基に提案法人作成

以上より、15～40 円/kWhを売電価格として MG を設計することが重要であるのに対し、提案製品の売電価格は 107 円/kWh となり、大幅に超過する結果となった。よって、本調査時点での、製品価格では、財政面における現地適合性は低いと評価する。

（３）現地適合性確認結果（制度面）

制度面については、現地の規制や MG 計画実施の承認プロセス等について情報収集を行った。マダガスカルにおいては、再生可能エネルギー分野への投資は促進されており、外国人投資に対し、厳しい規制は無く、資本・金融取引についても、政府に承認された仲介人を通じて行う必要があるものの、特筆すべき規制は確認されなかった。MG 計画実施の承認プロセスや、事業選定のプロセス、事業者の責任範囲、電気料金設定までのプロセスについては以下に示すとおりである。

マダガスカル経済開発委員会（Economic Development Board Madagascar、以下 EDBM）は、マダガスカルへの投資促進機関として、マダガスカルの民間セクターの競争力の強化、外国直接投資（FDI）の増加、マダガスカルへの民間投資に関連するインセンティブを検討・導入し、専門のアドバイザーによるワンストップサービスを提供している。マダガスカルでは、外国からの民間投資を促進するために、①農業分野、②観光ツーリズム、③鉱業、④ICTs（情報通信）、⑤軽工業、⑥再生可能エネルギーの分野へ

の投資を奨励している（2017年3月時点）。

マダガスカルにおける外国人投資への規制

マダガスカルの投資に関する法令（LOI N° 2007 036 du 14 janvier 2008 sur les Investissements à Madagascar (J.O. n° 3 178 du 3 avril 2008, p.2951 2960)）の第2条において、「マダガスカル人、外国人を問わず、個人、法人は、特定の規制の対象となる活動分野に適用される規定を除き、施行されている法律や規制に従って、自由に投資、定住することができる。投資可能な対象としてその範囲として、銀行、保険、鉱業、石油、電気通信、医療、準医療、製薬などの業務が含まれる。」とされ、第3条では「外国人投資家は、マダガスカル人投資家と同じ待遇を受ける」と示されている。

マダガスカル外国人投資における外貨規制等

マダガスカルの取引所法に関する法令（LOI N° 200 6-008 du 02 Août 2006 portant Code des Changes）では、マダガスカル国内居住者と非居住者間の資本・金融取引は承認された仲介人を通じてのみ可能であり、財務省へ申告する必要があること、また口座開設には財務大臣の事前承認が必要であると述べられている。

MG 事業が実施されるまでの承認プロセス¹²

MG 事業者が、MG 事業の計画が作成し、建設許可を建設予定地のコミューンより取得し、環境への影響に基づいた許可を ONE から取得する。建設と環境影響の許認可を得た上で、ADER に MG 事業の実施の承認を得る流れとなる。

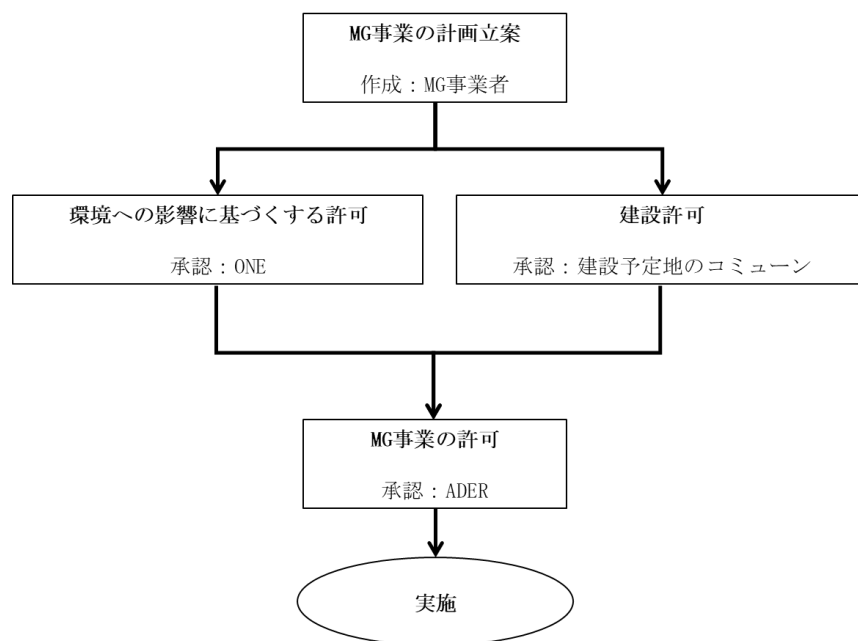
ADER による MG 事業選定のプロセス

MG 計画の選定・決定プロセスは以下の3通りの方法がある。

- ① ADER のマスタープランにある村や条件に基づき、MG 事業者が提案する。
- ② 政府の入札に応札する。
- ③ MG 事業者が独自に導入サイトを選定し提案する。

プロジェクト数としては、①の方法が最も多い。①と②は地方電化基金（FNE）の対象となるが、現在資金がなく、実際はほぼ機能していない。②の入札の仕組みの改善（応札にかかる時間の短縮、第三者による審査の仕組み等）に GIZ が ADER と協力して取り組んでいる。計画実行のスピードは、③→②→①の順番で早い。

¹² Diana 県の MEH 職員へのヒアリングによる。



図表 24 MG 事業が実施されるまでの承認プロセス

MG 事業における事業者の責任範囲

- ① MG の計画立案（導入サイトの選定、導入・保守運用費用の算出、売電価格（電気料金）の算出等）
- ② ADER の承認を得る（電気料金については ORE の承認が必要）
- ③ 建設
- ④ 電力供給、電気料金回収、及び保守運用

上記すべてが MG 事業者によって行われる。

電気料金設定までのプロセス

- ・ 各 MG 事業者が、事業計画に基づき料金を決定し、ADER に提案する。ADER は事業計画を確認し、料金がエネルギー・地方電化率向上の戦略に合致しているかを確認する。その後、ORE は ADER が法律に準拠した決定を行っているかを確認する。
- ・ 再生可能エネルギー業者は3つのカテゴリー（①Authorization（大規模事業者）、②Concession（中規模事業者）、③Declaration（小規模事業者））に分類され、当該事業は、③に該当すると想定される。
- ・ 電気規制局（Office De Regulation De L'electricite、以下 ORE¹³）は、電力セクターに関連する活動を規制、管理、監視しており¹⁴、主要な役割は、電気料金の決定、公表、監視、サービス品質基準の

¹³ <http://www.ore.mg/>

¹⁴ ORE は、国のエネルギー政策に従い、電力セクターの開発計画の作成、客観的で透明性のある非差別的な条件下での電気エネルギーの生産と流通への民間部門の参加の促進、法律で定められた方法と手順、およびその適用に関する方針に従い、料金の決定・導入、消費者の利益を監視し、電気エネルギーを供給し、サービス品質、価格に関する消費者の権利の保護、ユーザーの平等な扱いの原則の順守を促し、電力部門のオペレーターによる基準と技術基準の適用の監視、電力部門の事業者の、コンセッションおよび認可契約の履行条件を遵守の確認、法律によって規定された罰則とその適用の実装を行っている。

遵守確保のための健全な競争の監視及び実施である。ORE は、主要経済パラメータの変化の影響を勘案し価格を調整するための計算式を設定している。これらの計算式には、事業者の生産性向上を促すための条件が組み込まれている。ORE は、毎年又は費用構成に根本的な変化があった場合に計算式を改定する。また、ORE は、カテゴリ毎に、価格の上限を設定することができる。

過去に、ADER が ORE に提出した事業計画を却下した事例としては、電力需要と設備能力にギャップがあった事例、事業の持続性がない事例、金融法に従っていない事例などがある¹⁵。

4. 開発課題解決貢献可能性

（１）地方の電化率向上への本技術の貢献可能性

風況がよく、太陽光発電による発電量より風力発電による発電量が大きく上回る地域においては風力発電機を導入することで、その場にある自然エネルギーを最大限活用し、電化率向上に貢献できる。調査対象地であるアンチラナナ州は風況が風力発電に適しているにも関わらず、風力発電を導入した MG が普及していない。前述（（１）現地適合性確認結果（技術面）の③強風仕様の風力発電機のニーズ）のとおり、提案製品のような強風仕様の風力発電機を導入することができれば、電化率向上に貢献できると考える。

（２）防災・災害対策への本技術の貢献可能性

MG 事業者の Mad'Eole との面談において、サイトに設置したプロペラ風車は可倒式であり、サイクロンの襲来時は倒す必要があるが、その作業は手間であり、マグナス風車のように強風下において特別な作業が必要ない点は興味深いというコメントを得ている。可倒式風車は倒す作業に加え、その作業間や倒している間は発電できないが、マグナス風車であれば、風速 40m/s までは継続して発電することができ、サイクロン時にも電気を供給し続けられる点はメリットが高い。送電網が破損した場合も発電した電気を蓄電池に貯めておくことで、サイクロンが通過後に蓄電池より電気を使うことも可能となる。

BNGRC との面談によれば、MG のない未電化地域では住民はホームソーラーシステムを利用して電気を得ているが、サイクロン襲来時はホームソーラーシステムを屋内にしまう必要があるとのことであった。マグナス風車であれば、サイクロン襲来時に作業を必要とせず、さらにこれまで発電が止まってしまっていた期間に発電を継続することができ、電力供給の継続性において貢献可能となる。

¹⁵ ORE ヒアリングによる。

図表 25 提案製品導入による開発課題への貢献可能性例

開発課題	提案製品の導入による改善例
地方部の未電化	地理的状況等から基幹送電網から隔離された地方部で MG による電力供給が可能になる。
災害時の停電	サイクロン発生時も継続的に電気の使用が可能となる。それによって緊急時の避難情報や防災情報の発信、救急救命、災害時の連絡手段となるスマートフォンの充電等も可能になる。
バイオマス・化石燃料使用による環境負荷	各世帯への電力供給が安定することで、主な家庭用燃料となっている森林資源によって作られる木炭等の使用が減少し自然環境保全に貢献できる。また風力発電量の増加により既存のディーゼル発電による大気汚染や CO ₂ 排出量の減少にも貢献する。
社会インフラの機能不全、脆弱性	保健医療施設、給水施設、学校等で必要な電気機器・機材が常時使用可能となり社会インフラ機能の確保、強化に貢献する。また、産業振興、投資促進にも貢献できる。

（３）持続的な開発目標（SDGs）への貢献

⑦エネルギー：環境負荷の低い再エネを活用し地方部でのエネルギー供給に貢献する。

⑬気候変動：災害に強い風力発電で自然災害に対するレジリエンス、適応性の強化に貢献する。

また、将来的には、地方の電化拡大により産業促進による雇用創出から貧困層の生計向上（①貧困削減）にも貢献することが期待される。

第3章 ビジネス展開計画

1. ビジネス展開計画概要

今回の基礎調査を経て、提案製品を現在の仕様のまま、現地に普及展開することは輸送や建設、価格において難しいことがわかった。

チャレナジーでは、現在、提案製品よりも小さいマイクロ風車を開発している。回転速度が遅く、騒音がほとんど発生しない特徴を備え、過回転や暴走対策としてフェザリング機能をもつ強風対応の仕様になっている。マイクロ風車の風車部分の高さは約 1.5m であり、提案製品であるマグナス風車の 10 分の 1 のサイズであり、パーツごとに輸送して現地組み立てができる構造のほか、人間でも運べる重量のため、輸送や建設における課題はほぼなくなる。価格面については、高度な製造技術を要さない部品以外の支柱等は可能な限り現地で製造できる仕組みを作ることで、現地の市場に適した価格にすることが期待できる。マイクロ風車の仕様等は開発・実証を経て決定する段階ではあるが、10kW マグナス風車を 1 台設置する代わりに、マイクロ風車を複数台設置するような形で、MG の発電設備として提案できる可能性がある。風車が複数台あることは、同じ敷地内であっても、受ける風は異なるため、電源の平滑化にも寄与することが期待できる。また民家の近くに設置することで、長い送電線を必要とせず、MG 全体の導入コストを削減できる可能性もあり、加えて住民の電気使用量の増加に応じて、マイクロ風車を増設するなど柔軟な対応も可能となる。

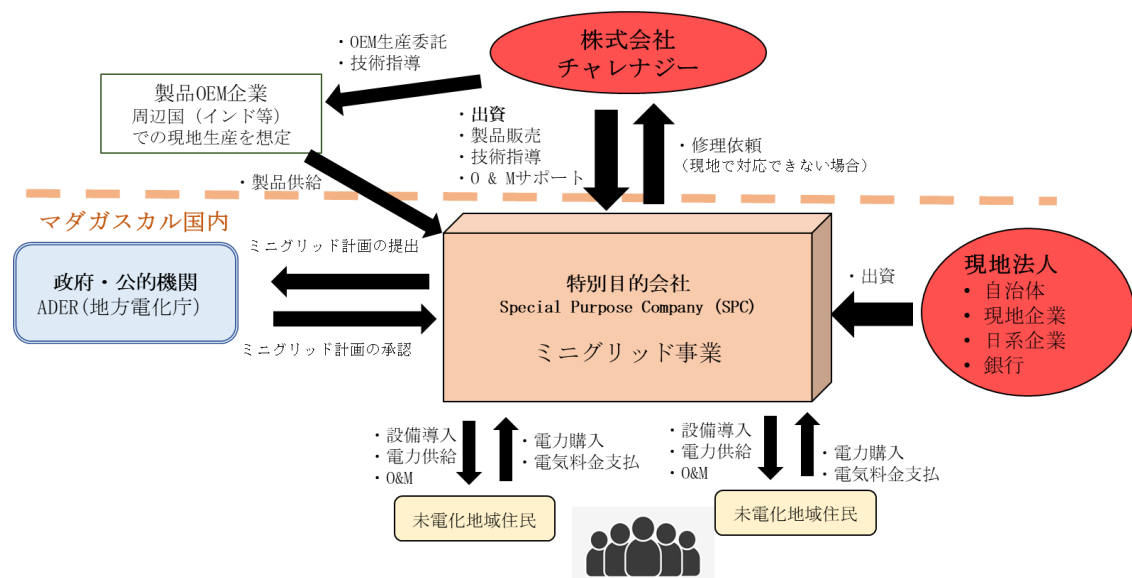
よって、マダガスカルに適した風力発電機を提案する場合、以下の二段階で現地の MG 事業に風力発電機の導入し、ビジネス展開できると考える。

(1) ビジネスアイデア（モデル）概要

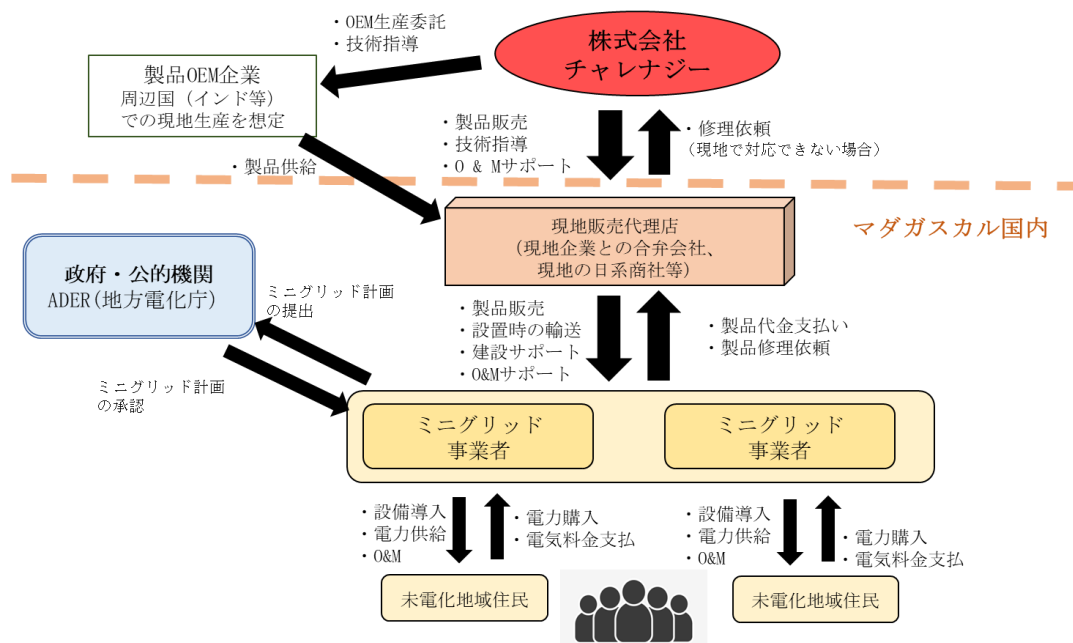
ビジネスを展開するためには、2つのビジネスモデルにて、各段階で普及展開を図る。

第一段階としては、チャレナジーと現地法人が出資し、特別目的会社（Special purpose company、SPC）を設立し、風力発電を主体として MG 事業を行い、未電化及び弱電化地域の住人に電力を供給し、MG を運営する。（図表 26）

第二段階としては、SPC による MG 事業において実績を得た上で、風力発電機のメーカーとして現地販売代理店を設置し、現地代理店を通じて、複数のMG事業者に対製品を販売し、保守運用サービスを提供し、市場を拡大する。（図表 27）



図表 26 ビジネスモデル案① 現地法人と SPC を設立



図表 27 ビジネスモデル案② 現地販売代理店を通じた風力発電機の販売

（２）ビジネスの実施体制

現在、オフグリッドで運営されている MG 事業のほとんどは太陽光発電とバッテリーによる MG である。風力発電に適した風況のある調査対象地のディアナ県においても風力発電機を導入し、順調に運営できている MG は、本調査時にはほとんど存在しなかった。

したがって、風力発電機の普及を行うためには、まずチャレナジーと現地企業が出資して SPC を設立し、風力発電機を用いた MG 事業を運営する（図表 26）。チャレナジーは SPC に対し、風力発電機を販

売する。SPC にて風力発電機を導入する MG 事業の実績を蓄積し、次の段階として、市場の拡大を念頭に置き、現地販売代理店を設立し複数の MG 事業者に対し風力発電機を販売する。

補助金の活用の可能性については、リスクがあるため考慮しない。ADER より、マダガスカル政府による地方電化に関する補助金の枠組み（FNE）は現在準備中であるものの、現在資金はない状態であるとの情報を得ている。したがって、補助金を前提としたビジネスプランでは結果的に資金不足に陥り建設が滞るリスクがある。

風力発電機の製造については、ビジネス交流があり地理的にもアクセスしやすいインド等の周辺国での OEM 製造¹⁶を検討し、製造コスト及び輸送コストを抑え、価格競争力の高い製品としていくことを想定する。

（３）ビジネス化スケジュール

- ① 基礎調査：2021 年 10 月～2022 年 11 月
- ② 提案製品によるビジネス化は現状では実現が困難であるため、現地に適した風力発電機を検討した上で今後のビジネス化及びスケジュールを検討する。

２．市場分析

（１）市場の定義・規模

①対象マーケットの概要

アンチラナナ州ディアナ県は、マダガスカル最北部にあり、人口が約 80 万人（2018 年統計）である。主要産業は、観光、農業、漁業、水産業であるが、造船業も発展している。エメラルドグリーンの海を有し、山岳地域には国立自然公園などを有する自然豊かな観光資源も豊富な地域である。ディアナ県の市街地であるアンチラナナは JIRAMA による送電網が張り巡らされている。過去 1960 年代に建設されたディーゼル発電所によって電気が供給されていたが、現在は施設の老朽化により、この発電所からの電気の供給はほぼなく、発電事業者から電気を購入し送電している。現地では、2.4MW の太陽光発電所がインド系の財閥会社によって建設され、JIRAMA に電気を供給していた。この太陽光発電所は今後さらに 7.4MW の太陽光発電所を同じ敷地に建設する計画があり、将来的には 10MW の太陽光発電所による再生可能エネルギーの供給も始まる。

一方で、アンチラナナ州の市街地から離れたところに、コミュニンが多数存在し、送電網にはアクセスのないオフグリッド地域となっている。そうしたコミュニンにおいては、MG 事業者が、独自に発電設備を建設し、配電し、MG 事業を展開している。チャレナジーの風力発電機は、10kW の小型風力発電機であり、当製品の市場は、上記の送電網にアクセスのないオフグリッド地域のコミュニンが主となる。

ディアナ県における電化率¹⁷は、全体で 24%。詳細は以下のとおり。

- ・ディアナ県の市街地（アンチラナナ）：55%
- ・ディアナ県の地方部（市街地以外）：9%

¹⁶ Original Equipment Manufacturing。他社ブランドの製品を製造すること

¹⁷ 電化率の計算式は、電化された世帯数／全世帯数

¹⁸ ADER でのヒアリングによる。2022 年データ。

上記よりディアナ県の地方部の 91%は未だ電化されていない世帯が広がっている。ディアナ県の地方部は下記の表における Antsiranana II、Ambania、Ambilobe の 3 つの地区とする（Nosy Be は観光地のため除く）と、約 50 万人の人口の内、45 万人程が電気を使用していないことになる。1 世帯を 5 人とする、約 9 万世帯。1 世帯が 20,000Ar（約 600 円）をひと月に支払うとした場合¹⁹、MG 事業の市場規模は、年間で約 6.5 億円となる。（1Ar=0.03 円で計算）

風力発電機を導入した MG 事業となると、上記の地区のうち、風力発電に適した風況が見込めるのは東部の Antsiranana II のみであるので、同地区の未電化世帯は約 2 万世帯となり、市場規模は同様に計算すると、年間約 1.4 億円となる。

マダガスカル全土で考えた場合、サヴァ県の Vohemar 地区や南部の風況のよい地区を考慮すると、市場規模は年間 5 億円程と考えられる。

図表 28 ディアナ県における各地区のコミューン数と人口（2013 年）

	地区名	コミューン数	人口	備考
1	Antsiranana I	1	115,015	Antsiranana 市街地
2	Antsiranana II	16	105,416	Antsiranana 市街地周辺
3	Ambanja	18	190,435	
4	Ambilobe	15	216,145	
5	Nosy Be	1	73,010	Nosy Be の島

出所：https://en.wikipedia.org/wiki/Diana_Region を基に提案法人作成

③ 提案ビジネスに対する現地ニーズ、対象とする顧客層

政府が掲げる再エネ目標や方針に従い、地方の未電化地域では太陽光・風力等の再エネを活用した MG のニーズは高まっている。風力発電に適した風況のよい地域においては、発電コストを抑え、地方部の消費者でも継続利用可能な電力料金設定を実現でき、MG 事業者及び一般家庭、事業者の電力需要を満たすことができると考える。調査を通じて、対象となる顧客は、住民だけでなく、学校や病院等の公共施設、ホテル等の民間施設等も検討可能であることがわかった。

ADER のウェブサイトによると、ディアナ県においては、2020 年から 2023 年までに 28 件の MG 事業の建設が計画・建設されており、MG のニーズはある。しかしながら、計画されている MG 事業の大半は、太陽光とバッテリーの再エネ MG であり、予備電源としてディーゼル発電機を導入したハイブリッドの形態をとっている。ディアナ県のアンチラナナに拠点を置く Mad'eole は、風力発電機を導入した 5 つの MG を運営しているが、うまく運営できておらず（第 2 章 3. (2)参照）、2015 年の Joffre-ville のサイトを最後に、風力発電機を導入した MG サイトは計画されていない。太陽光発電による MG を運営している WELIGHT や ANKA も、風力発電機は強風で壊れるといった認識を持っており、ディアナ県において、風力のポテンシャルがあるにも関わらず、風力発電機を導入して成功している MG がいないため、風力発電機を導入すること自体を検討していないことがわかった。WELIGHT との面談時に、風力発電による発電量を説明した際、大変興味を持っていたので、地域に適した風力発電機を提案することができれば、現地のニーズはあると考える。

¹⁹ 図表 21 やヒアリング内容から、中間値として 20,000Ar を採用し計算することとした。

また MG 事業とは別に、現地における電化の取り組みの一つとして、現地の通信会社である Telma 社がホームソーラーキットを各家庭に販売、リースする事業を進めている。現在開発中のマイクロ風車については、そのサイズ感から、MG 事業者への販売だけでなく、Telma 社のような通信会社と連携して普及する方法も検討できる。

④ 顧客候補となる MG 事業者

調査対象地のアンチラナナ州において MG 導入の実績がある MG 事業者²⁰のリストは以下のとおり。

図表 29 アンチラナナ州において MG 導入の実績がある MG 事業者

No.	事業者	導入地域	MG の設備	特徴
1	Mad'Eole	ディアナ県	風力+太陽光+ディーゼル発電 風力+太陽光	アンタナナリボにオフィスがある。 風車の導入実績がある。
2	WELIGHT	ディアナ県 サヴァ県	太陽光+ディーゼル発電	アンタナナリボにオフィスがある。MG 導入数が多い。
3	ANKA	ディアナ県	太陽光+ディーゼル発電	本社はアンタナナリボにあるが、アンチナララに地域のオフィスがある。4 つのサイトを管理し、新しく 4 つの案件を組成中。

出所：現地調査結果を基に提案法人作成

（２）競合分析・比較優位性

①競合する企業/製品/サービス等の状況

小型風力発電機という区分では、現在、マダガスカルの市場に競合となる製品はない。Mad'Eole の風力 MG サイトに導入された風力発電機は、既に販売されておらず、メーカーも事業を継続していない。また、2014 年以降、調査対象地において風力発電機は建設されていない。

従って、提案製品であるマグナス風車における競合は、地方電化の主流となっている太陽光発電+ディーゼル発電機のハイブリッド式 MG であり、既存の形に対し、マグナス風車を含めた MG が、コスト面、保守運用面でメリットを出せることが必要となる。

ORE のサイトに掲載されている電気料金情報より、調査対象地にある MG の電気料金は以下のようにまとめられる。

²⁰ 現地調査において訪問した MG 事業者によって運営されている MG サイトの情報は別添資料参照。

図表 30 アンチラナナ州における MG の売電価格

MG 事業者	サイト	発電設備	料金タイプ	消費形態	1 カ月あたりの金額 (円)	1kWh あたりの金額 (円)
Mad'Eole	Sahasifotra	Wind	固定金額	Mini	150	N/A
	Max			300	N/A	
	Ivovona Ambolobozibe Ambolobozikel y		固定金額	Mini	300	N/A
				Max	450	N/A
WELIGHT	Mahavanona Tsarabaria Belambo	Solar+Diesel	使用量による	N/A	N/A	108
ANKA	Ampasindava Mangaoka	Solar+Diesel	使用量による	6 a.m. - 6 p.m.	N/A	36
				6 p.m. - 9 p.m.	N/A	45
				9 p.m. - 6 a.m.	N/A	54
				基本料金	60	N/A

出所：現地調査結果を基に提案法人作成

④ 再エネ競合他社の戦略、実績等

上述のとおり、提案製品であるマグナス風車における競合は、地方電化の主流となっている太陽光発電+ディーゼル発電機のハイブリッド式 MG と考え、調査対象地において、太陽光発電+ディーゼル発電機のハイブリッド式 MG を運営している 2 社、WELIGHT と ANKA と面談を実施した。各社の戦略や実績は下記のとおり。

WELIGHT

本社は首都のアンタナナリボにある。現在、35 サイトの MG を運営しており、2025 年までに 50 サイト、2030 年までには 200 サイトを運営する計画がある。

MG を導入するサイトの選定は、住民の支払い能力と、電気使用量が増加する見込みがあるかの 2 つで評価をする。サイトでどのくらいの発電量が見込めるかという試算はしていない。

10kW マグナス風車と同規模の発電設備費（太陽光パネル+蓄電池）の導入費用は、60,000 USD (約 750 万円)。補助金等に頼らず、自己資金で MG を導入していることが同社の強み。

MG 事業において、WELIGHT は MG のサイト選定と計画、及び導入後の運営を行うが、設備の設計や建設は現地の EPC 業者に委託している。

サイトでの MG 運営は、現地に 2 名の人員を配置している。1 名は料金回収担当者、1 名は高度な技術を要さない設備管理者である。実際にサイトを訪問した際も 2 名の方がおり、料金回収担当者は支払われた料金を管理する端末を所持していた。各契約者の支払った電気料金のデータと現地のメーターが連動し、電気の供給を管理している。設備管理者は、発電設備のサイトにある小屋に住み、設備を管理していた。運用全般は首都のオフィスからリモート管理されており、蓄電池の電氣量が下がった際にディーゼル発電機を発動することも首都からリモート操作される。

ANKA

本社は首都のアンタナナリボにある。首都の本社以外にマダガスカル全土に4つの支店があり、その1つがディアナ県にあり、北部の地域を担当している。

ディアナ県には現在4つのMGサイトがある。現在計画まで済んでいるMGサイトは4つあるが、現在導入資金を投資してくれるNGOや企業を探している。補助金等は利用していないが、初期の導入費用には支援が必要となる。

サイトでのMG運営は、現地に2名の人員を配置している。1名は料金回収担当者、1名は設備管理者である。料金回収担当者は、発電設備と同じ敷地に建つ小屋にあり、住民はその小屋に料金を支払いにきて、担当者はPC端末に契約者の支払った料金情報を入力する。各契約者の支払った電気料金のデータと現地のメーターが連動し、電気の供給を管理している。各家庭のメーターは家屋の近くの電柱に設置されている。設備管理者は、設備のメンテナンス等を担当している。

3. バリューチェーン

(1) 製品・サービス

① 導入予定の製品

当初は、マグナス風車の導入を検討していたが、上述の調査結果より、特に技術面、財政面における課題を解決できる見通しがないため、現時点で導入できる製品はない。

導入費用の低減に向けて、発電機のサプライヤ再選定や構造の見直し、各部品の製造コスト低減、基礎工法の簡素化等、国内外のへ販売に向けて継続的に取り組んでいる。しかしながら、マダガスカルに提案できる価格まで到達できるかは現時点では不透明であり、コスト低減にかかる期間も2年程かかる見通しとなっている。

現在、国内においてマイクロ風車を開発し実証している。日本での実績を踏まえ、マダガスカル及び周辺国で安価に作れるような体制が作れば、今回の調査を踏まえて、マグナス風車に代わり、マイクロ風車の導入検討ができる可能性があると考ええる。

② 価格

上述のとおり。

参考までに、マグナス風車価格については、第2章3.(2)に記載のとおり。

(2) バリューチェーン

該当なし

4. 進出形態とパートナー候補

(1) 進出形態

本調査時点で、提案可能な製品はないが、今後提案できる製品があれば、製品を輸出し、現地販売代理店を通じて販売する形態をとりたい。しかしながら、本章1.にて記載したとおり、最初の段階ではSPCにて風力発電機を導入したMG事業をチャレナジーも関わりながら普及していくことが必要と考える。

（２）パートナー候補

該当なし

５．収支計画

該当なし

６．想定される課題・リスクと対応策

（１）法制度面にかかる課題/リスクと対応策

【課題】

MG 事業（風車建設を含む）においては土地利用及び建設には、対象となるサイトのあるコミューンに許可を得る必要がある。

【対策】

現地コミューンとの連携や現地政府のサポートを得られる関係性を構築し、適切なコミュニケーションをとる。

（２）ビジネス面にかかる課題/リスクと対応策

【課題】

- ① 現状のマグナス風車の価格では、持続的に運営できる MG 計画を立てることは困難である。
- ② 一般的に途上国における代金回収のリスクは高い。

【対策】

- ① 今回の調査を踏まえ、現地に適合した、価格を抑えた風力発電機の開発を検討する。
- ② 既存の MG 事業者が実施しているようなプリペイド式の料金回収の仕組みを活用することで料金回収ができないリスクは抑えられる。

（３）政治・経済面にかかる課題・リスクと対応策

特段のリスクは確認されなかった。

（４）その他課題/リスクと対応策

【課題】

- ① 提案製品の重量や形状では、導入対象となるサイトに輸送できない。
- ② 現地業者に委託した場合に建設の品質を担保することが難しい。

【対策】

- ① 荷姿を 20ft コンテナとし、製品自体も軽量化する。未舗装の悪路でも走行可能な車両に積んで搬送する方法を検討する。
- ② 品質管理が不要なコンクリートは一部の使用とし、基礎については杭工法の採用を検討する。

（５）本事業における環境影響評価の必要性、制度、規制、手続き等

【課題】

マダガスカルには固有生物種が数多く生息し、環境への配慮が必要となる。

【対策】

環境影響評価に関連する法規は、1990年に制定された環境憲章（2015年に改定）と、その下位法令である複数の政令や省令から形成されており²¹、環境に配慮が必要な構造物や建設場所は既に明らかになっており、マグナス風車の構造物としての大きさ、及び導入を検討する地域においては特別な配慮はいらないことが調査において確認できた。

【環境憲章及び関連する下位法令名称】

- ・ 環境憲章（Charte de l'environnement Malagasy: Loi n°2015-003 du 19 février 2015）
マダガスカルにおける環境影響評価制度については、同憲章の第 13 条において「環境に悪影響を与える可能性のある公共または民間の投資プロジェクトは影響調査の対象とされなければならない」と定められており、該当するプロジェクトは、環境影響評価（Environmental Impact Assessment、以下「EIA」）を実施し、環境許可を得て、事業を実施するとされている。
- ・ 開発投資と環境の両立に関する政令（MECIE）（Décret n° 99-954 du 15 décembre 1999 modifié par le décret n° 2004- 167 du 03 février 2004 relatif à la Mise en Compatibilité des Investissements avec l'Environnement）

同法令において、環境影響評価手続きの具体的な内容が定められている。環境影響評価を実施する義務のある事業のリストは同法令付属書に策定されており、事業者は事業の種類、規模、条件等に応じて環境カテゴリーが当てはめられ、EIA または環境予備調査（*Programmed' Engagement Environnemental*、以下「PREE」）の実施が必要となる。プロジェクトレベルでは、事業の計画段階において、ONE によりスクリーニングがなされ、必要とされる EIA の内容及び手続きが明確化される。スクリーニングは、所定のフォーマットにプロジェクトに関する情報を記入し、ONE に提出する。スクリーニングに必要とされる期間は、2～3 週間程度である²²。

EIA が必要とされるプロジェクトは以下に該当するものである（同法令付属書 I による）。

- ・ 影響を受けやすい地域（sensitive area）に負のインパクトを与える可能性のあるすべての開発、作業、プロジェクト
- ・ 自然環境や天然資源の利用、都市や農村における人々の環境に影響を与える可能性のある計画、プログラム、政策。
- ・ 地域環境にマイナスの影響を与える可能性のある技術の使用または移転
- ・ 50,000m³ を超える液体の貯蔵
- ・ 危険物（腐食性物質、毒性物質、伝染性物質、放射性物質など）の道路、鉄道、航空による定期的かつ頻繁な商業輸送
- ・ 500 人以上の人口移動
- ・ 技術的性質、規模、実施される環境の敏感さにより、環境に有害な影響を与える可能性がある

²¹ 出所：マダガスカル共和国アンタナナリボ・トアマシナ間経済都市軸橋梁整備計画準備調査報告書（先行公開版）
https://libopac.jica.go.jp/images/report/12340089_01.pdf

²² ONE ヒアリングによる。

開発、作業、プロジェクト。

- ・ 環境に有害な影響を与える可能性のある開発、作業、プロジェクト

本提案製品の建設を想定する、ディアナ県、Savva は森林を多く保有する地域であり、影響を受けやすい地域 (sensitive area) を含む。対象地域における sensitive area については、各州行政が把握している。発電施設建設や、送配電設備施設に関連して、住民の移転などが発生する場合、または、施設建設・設備施設対象地域に公共サービス提供施設 (学校、病院等) が含まれる場合は、それらについて、所定のフォーマットに示す必要がある。

・ 環境影響評価における住民参加に関する規則 (Arrêté n°6830/2001 du 28 juin 2001 fixant les modalités et les procédures de participation à l'évaluation environnementale)

同法令において、環境アセスメントへの市民参加について定義されている。市民参加の形態は、書類審査、公開質問状、公聴会であり、情報を精査する段階と市民から意見を聴取する協議段階がある。プロジェクトの投資額が 100 億 MGA 未満、またはプロジェクト所在地の人口が 1 万人未満の場合は、書類審査の対象となる。投資額が 100 億 MGA 以上、またはプロジェクトの対象地域が少なくとも 2 つの自治体に関係する場合は公聴会を開催することが必要となる。また、特定の合意を得る可能性があるプロジェクト、またはプロジェクトの実施に公的施設の移転や 500 人以上の住民移転が必要な場合、公聴会を開催する必要がある。

7. 期待される開発効果

提案製品による、マダガスカル農村部における開発課題解決の貢献可能性は 4. 開発課題解決貢献可能性に記載したとおり。

8. 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

(1) 関連企業・産業への貢献

当製品の主要部品は国内で製造し、組み立ては周辺国で行う計画である。この製造プロセスにおいて、主要部品を製造する全国各地の取引先企業・工場において、新たな雇用創出効果が期待できる。当製品の円筒を製造する栗本鉄工所滋賀工場では、これまで主に行っていた下水管製造の国内需要が縮小傾向にあるなか、当製品の市場拡大に大きな期待が寄せられている。日本総合研究所の試算 (2018 年) によれば、チャレナジーのビジネス進展による 2030 年時点での国内経済への波及効果は 4,456 億円となる。



図表 31 チャレナジーのビジネスによる社会的・経済的効果

(2) その他関連機関への貢献

現時点での地元経済への貢献

チャレナジーは、墨田区の中小金属加工企業である（株）浜野製作所と、創業当初から二人三脚で技術開発に取り組んでいる。同社はスタートアップへの技術的支援や他の中小企業との連携を促進する産業集積拠点にオフィスを構える（ガレージスミダ）。この取り組みは新しい地域活性化モデルとして国内外から注目を集め、これまで天皇陛下やミャンマー国工業大臣、JICA 関係者等が視察に訪れている。チャレナジーは 2018 年に経済産業省のスタートアップ支援プログラム「J-Startup 企業」に選出され（約 10,000 のスタートアップ社中の 92 社）、官民コミュニティからの支援を受けての海外展開も期待されている。

国内教育機関との産学連携も強化しており、製品開発のため、琉球大学（高効率発電システムの開発）、東京大学（高強度化と軽量化を両立する風車構造）、大阪大学（洋上風車の検討）、広島呉高等専門学校（風車の騒音低減）と共同研究を実施している。

政府・地方自治体との連携においては、2019 年に環境省「コ・イノベーションによる途上国向け低炭素技術創出・普及事業」、2020 年に NEDO「民間主導による低炭素技術普及促進事業」に採択され、マグナス風車の実証・普及に支援を受けている。

第4章 ODA 事業との連携可能性

1. 連携が想定される ODA 事業

(1) 連携可能な ODA 事業と具体的な連携方法

現在進行中、及び今後見込まれる ODA 事業には、特に再生可能エネルギー支援に係る事業はない。また、既述のとおり、本調査における提案製品のビジネス展開は本調査時点では見込めないため、本項については、検討しない。

(2) 他ドナーの取り組みと連携可能性

現在進行中、及び今後見込まれる他ドナー事業は、確認されなかった。また、既述のとおり、本調査における提案製品のビジネス展開は本調査時点では見込めないため、本項については、検討しない。

2. 連携により期待される効果

既述のとおり、本調査における提案製品のビジネス展開は本調査時点では見込めないため、本項については、検討しない。

別添資料

- ・第1回現地調査（遠隔）で訪問した MG サイトの状況

別添資料_第1回目現地調査で訪問したMGサイトの状況

地域		Diana							Sava
地区		Antsiranana II							Vohémar /Iharana
MG事業者		Mad'eole					ANKA		WELIGHT
コミュニケーション		Ivovona	Sahasifotra	Ambolobozobe	Ambolobozokely	Joffre-Ville	Ampasindava	Mangaoka	Tsarabaria
発電設備	風力	15kW 2基 ①10 kW x 1 ※故障して停止中。 ②5 kW x 1	10kW 2基 5kW x 2 ※1台のみ稼働中	20kW 2基 10kW x 2	20kW 2基 10kW x 2 ※1台のみ稼働中	30kW 3基 10kW x 3 ※3台とも停止中。	-	-	-
	太陽光	6 kWc	4.6 kWc	11 kWc ※パネルが盗難され、そのまま。稼働していない。	11KWc	31 kWc ※停止中	32 KWc	19KWc	28.8 KWc
	ディーゼル 蓄電池			20KVA	20KVA	170 KVA	54 kVA (27KVA x 2)	40KVA	50KVA
	送電タイプ	単相	三相		三相				
	その他			コンバータ故障、交換要	電圧制御システム、 コンバータ故障	コンバータの交換要	電力供給 24時間365日		出力：220/380 V
基礎 風力発電機のタワー 太陽光パネルの架台等	風車 タワーの高さ	12m	12m	18m	18m	18m	-	-	-
	太陽光パネル	Atersa 230P(polycristaline) 1.65m x 0.99m / 50mm	Atersa 230P(polycristaline) 1.65m x 0.99m / 50mm	Atersa 230P(polycristaline) 1.65m x 0.99m / (L6XH3X2)m	-	-	128 panels x 250 Wc (on roof)	72 solar panels on roof	-
サイトの外観 (敷地面積、フェンス等)		1,000-1,200 m ² フェンスなし	1,800 m ² フェンスなし	2,000-2,500 m ² フェンスなし	1,500 m ² フェンスなし	3,000 m ² フェンスなし	NA	写真参照	1,500 m ² フェンスあり
配電設備 (電線、電柱、長さ等)			配電距離：2 km 電気メーターなし	配電距離：2.8km ケーブル： almelec (3X35+16) m2 木の電柱：9、10、12m	配電距離：2.7km ケーブル： almelec (3X35+16) m2 木の電柱：9、10、12m	コンバータがない。ADERの協力が必要。	写真参照	写真参照	
マグナス風車設置面積の有無 (10mx10m)		○	○	○	○	○	NA	NA	NA
保守運用作業		【月1回】 バッテリーの清掃 蒸留水の補充	【週1回】 ソーラーパネルの清掃 清掃 電解液の補充 草刈り、剪定 ※重要なメンテナンスはMad'eoleが対応	ディーゼル発電機の運転 データ収集 バッテリーの蒸留水補充 ソーラーパネルの清掃 機器の安全管理 制御機器のメンテナンス	ディーゼル発電機の起動 (18:00-21:00) オイル交換 (4～5ヶ月に1回)	ディーゼル発電機の始動 ディーゼル発電機のメンテナンス オイル交換 (4～5ヶ月に1回) 配電網の整備	太陽光が長時間弱いとディーゼル発電機が自動起動する。 バッテリーの定期的なチェック (電圧出力) 顧客データの管理 (朝・夕) 料金回収 (毎月5日)	ディーゼル発電機の始動 バッテリーのメンテナンス 新規顧客の接続対応 トラブルシューティング	グリベイドシステム 設備点検 在庫確認
保守運用業務における課題		料金回収 社会的関係 設備不足	機器の搬入等サイトへのアクセスが難しい	強盗に対する設備・機器の安全管理 制御機器やコンバータの不具合により運用に支障あり。 メンテナンスのための設備不足	設置時の条件を超えた強風 料金回収	オイル不足	社会との関係 料金回収 送電網の遮断機がないため、送電網の運用が難しい	グリベイド式なので、正常に運用可能 問題はほぼない	グリベイド方式で正常に運用可能 問題はほぼない
住民の主要な職業		漁業、農業、畜産	農業	漁業、農業、畜産	漁業	農業、飲食業、観光業 (ツアーガイド)	漁業	農業	農業、食料品店
夜、電気を必要とする場合の用途		美容院 機械作業 照明 冷凍 レストラン・バー	照明 冷凍・冷蔵庫 テレビ ラジオ	照明 冷凍・冷蔵庫 金属溶接	照明 冷凍 バー 食料品店 テレビ	照明 冷凍 テレビ レストラン 金属の溶接	照明 テレビ 冷凍・冷蔵庫 レストラン	照明 冷凍・冷蔵庫 金属の溶接 装飾品 スタジオ	照明 冷凍・冷蔵庫