

マラウイ国

マラウイ国
未電化農山村における蓄電式
マイクロ水カ-太陽光ハイブリッド
発電システム導入案件化調査
業務完了報告書

平成 29 年 12 月
(2017 年)


独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 日建

国内
JR (先)
17 - 183

巻頭写真

	
<p>現地製のピコ水力発電システム (発電容量 200W、Chijere 村)</p>	<p>ノズルとしてペットボトルを再利用</p>
	
<p>被覆されていない送電線 (通行人の頭上の高さ)に設置)</p>	<p>雨曝しのコンセント (立ち木を利用)</p>
<div data-bbox="199 1346 427 1451" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>屋内での感電リスクがある</p> </div> 	
<p>被覆されていない配線</p>	<p>照明、テレビ、DVD プレーヤー、 PC 等を給電</p>
	
<p>100W の太陽光パネルを屋根に設置し、バッテリーに充電</p>	

	
<p>充電ステーション建屋の上に 2.6kW の 太陽光パネルを設置</p>	<p>一度に 200 個の LED ランタンの 充電が可能</p>
 <p>携帯電話の 充電 USB ポート付</p>	
<p>3 段階の明るさに調節可能 (シュナイダーエレクトリック社製)</p>	<p>水力発電機設置候補の滝 (落差約 4m、Kavuzi 川)</p>
	
<p>流量測定中 (毎秒約 1 トン)</p>	<p>村落代表・村民、カタベイ評議会関係者 との協議風景</p>
	
<p>鉛バッテリーのセルを交換中</p>	<p>再生不可能なセルは、タンザニアの回収業者へ MWK250 (約 40 円) /kg で売却されている</p>

目次

巻頭写真	
図表／写真リスト	
要約	i
はじめに	1
第1章 マラウイ国の現状	5
1-1 政治・社会経済状況	5
1-1-1 政治	5
1-1-2 社会経済	5
1-2 地方電化および再生可能エネルギー推進に係る開発課題	7
1-3 マラウイ国の対象分野における開発計画、関連計画、政策及び法制度	9
1-3-1 国家開発計画における地方電化推進の位置づけ	9
1-3-2 地方電化と再生可能エネルギー開発の関連政策・法令および組織制度の概況	10
1-3-3 我が国の開発協力方針との合致	14
1-4 地方電化（農山村電化）および再生可能エネルギー電源開発分野における ODA 事業の 先行事例及び他ドナー事業の分析	15
1-4-1 我が国の支援	15
1-4-2 他ドナーによる電力セクターへの支援	16
1-4-3 村落電化に向けた援助プロジェクト分析と提案システム導入メリット	22
1-5 ビジネス環境の分析	23
1-5-1 一般	23
1-5-2 オフグリッド発電事業環境と事業許認可制度	23
1-5-3 再生可能エネルギー関連機材製造・販売・設置業者	25
第2章 提案企業の製品・技術の活用可能性及び海外事業展開の方針	30
2-1 提案企業の製品・技術の特長	30
2-1-1 提案製品・技術を取り巻く国内外の現況	30
2-1-2 蓄電式マイクロ水力-太陽光ハイブリッド発電システムを提案する事由	31
2-1-3 提案システムの概要	32
2-1-4 製品・技術のスペック	35
2-1-5 価格とコスト低減の方策	36
2-1-6 製品・技術における特許の有無：国内、海外	37
2-1-7 国内外のマイクロ水力関連販売実績（2016年8月現在）	37
2-1-8 国内外の競合他社製品と比べた比較優位性	37
2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ	38
2-3 提案企業の海外進出によって期待される我が国の地域経済への貢献	38
第3章 ODA 事業での活用が見込まれる製品・技術に関する調査及び活用可能性の検討結果	40
3-1 提案システムの現地適合性検証方法の概要	40
3-2 提案システムの現地適合性検証結果	42

3-3	提案システムのニーズ確認.....	56
3-4	マラウイの開発課題に対するオフグリッド給電システムの有効性及び活用可能性	58
第4章	ODA 案件にかかる具体的提案.....	62
4-1	ODA 案件概要.....	62
4-2	具体的な協力計画及び期待される開発効果	64
4-2-1	普及実証事業の実施計画.....	64
4-2-2	実施パートナーとなる候補機関・組織との協議状況	67
4-2-3	投入計画	71
4-2-4	実施体制およびスケジュール.....	73
4-2-5	事業額概算.....	76
4-3	他 ODA 案件との連携可能性.....	76
4-4	ODA 案件形成における課題と対応策	76
4-5	環境社会配慮にかかる対応.....	78
4-5-1	環境チェックリスト	78
4-5-2	使用済みバッテリーの回収・リサイクル事情.....	86
第5章	ビジネス展開の具体的計画	88
5-1	市場分析結果.....	88
5-2	想定する事業計画及び開発効果	91
5-2-1	事業戦略	91
5-2-2	想定するビジネスの実施体制.....	93
5-2-3	想定するビジネス展開.....	94
5-2-4	資金計画等について	94
5-2-5	海外ビジネスの事業化に向けたスケジュール	98
5-3	事業展開におけるリスクと対応策.....	101
Summary	103

図表／写真リスト

■ 図

図 1-1	産業構造の推移及び産業別成長率.....	6
図 1-2	貿易額推移（2011～2014 年）.....	7
図 1-3	貿易収支推移（2011～2014 年）.....	7
図 1-4	エネルギー局の組織図.....	12
図 1-5	エネルギー規制庁の組織図.....	12
図 1-6	マラウイにおける電力セクターの枠組み.....	14
図 1-7	FISD 受注の MINI-GRID 発電・送電システム概略図.....	22
図 1-8	エネルギーライセンス取得手続きフロー.....	24
図 2-1	蓄電式マイクロ水力太陽光ハイブリッド発電システム概要.....	34
図 2-2	未電化農山村における提案システムの設置イメージ.....	34
図 3-1	10 サイト位置図（ムズズ市郊外カタベイ農山村地帯）.....	40
図 3-2	全天日射量と雨量の日毎累積と季節変動.....	49
図 4-1	提案する普及・実証事業の実施体制.....	63
図 4-2	サイト 7 の位置図.....	64
図 4-3	カタベイ地方議会および県庁の組織図.....	68
図 5-1	ハイブリッド発電システムとラインナップ.....	90
図 5-2	提案システムの事業戦略図.....	92
図 5-3	事業展開体制（案）.....	94
図 5-4	開発課題及び効果.....	100

■ 表

表 1-1	主な輸出商品.....	6
表 1-2	優先 9 分野と予算配分（2011～2016 年）.....	10
表 1-3	「エネルギー・産業開発・鉱業・観光業」分野への予算内訳（2011～2016 年合計）.....	10
表 1-4	マラウイにおけるエネルギー混合にむけた予測（2000～2050 年）.....	11
表 1-5	「マ」国における地方電化事業関連スキーム.....	15
表 1-6	発電量別 発電ライセンス料金（独立電源用）.....	25
表 1-7	マラウイにおける主な再生可能エネルギー機材製造・販売・設置業者.....	26
表 2-1	北部州ムズズ市郊外の農山村の特徴.....	31
表 2-2	提案システムの主要コンポーネント概要.....	35
表 2-3	提案システムの概算価格.....	36

表 2-4	マイクロ水力発電機の他社製品との性能・価格比較.....	38
表 3-1	現地適合性検証項目と手順.....	41
表 3-2	候補 10 サイト踏査結果概要.....	44
表 3-3	水質試験の結果とミャンマーにおける対象河川水との比較.....	48
表 3-4	提案システムによる村落電化の用途と裨益効果.....	60
表 3-5	マラウイにおける地方電化の手法の概要と効果.....	61
表 4-1	提案する普及・実証事業の概要.....	62
表 4-2	普及・実証事業の目的・成果・活動(案).....	66
表 4-3	カタベイ県予算 (2015/16 年)	69
表 4-4	普及・実証事業における実施体制と役割分担(案).....	74
表 4-5	普及・実証事業スケジュール.....	75
表 5-1	マラウイにおける市況分析結果.....	89
表 5-2	現地生産化した場合の推定価格.....	90
表 5-3	ビジネス展開計画	94
表 5-4	充電課金システムによる収益予測および維持管理費.....	95
表 5-5	将来ビジネス展開 (案)	97
表 5-6	日本国 ODA スキームによるビジネス計画	98
表 5-7	提案システム導入による CO2 代替効果.....	100
表 5-8	1 世帯当たりの交通費の転嫁予測.....	101
表 5-9	リスク分析と対応策	102

■ 写真

写真 1-1	小水力発電事業の概況 (ムランジェ県 BOND 村)	20
写真 1-2	オランダ HIVOS による SOLAR KIOSK プロジェクト (南部州チクワワ県 CHIPULA 村)	21
写真 1-3	リロンゲ市内の再生可能エネルギー関連資機材販売店.....	27
写真 1-4	TUDE 工場敷地内と製作中のタービン.....	29
写真 3-1	有望 4 サイト河川状態及び周辺環境.....	46
写真 3-2	太陽光発電バッテリーを使用した電化事例 (CHIPIMBININGA 村 MCHEZI 集落)	52
写真 3-3	バッテリー充電所 (ムズズ市内自動車整備工場)	53
写真 3-4	ピコ水力発電機を使用した電化事例 (CHIJERE 村 KANDULI 集落)	54
写真 3-5	現地製発電システム、送配電線設置の現状 (SITE-5 CHIJERE 村)	55
写真 4-1	パイロットサイト予定地での調査・協議風景.....	70
写真 4-2	バッテリーの再生化作業 (ムズズ市内業者)	87

略語表

略語	英語名	和訳名
国際機関・国家機関・地方自治体・援助機関・開発計画・法令		
AfDB	African Development Bank	アフリカ開発銀行
BARREM	Barrier Removal to Malawi Renewable Energy	マラウイにおける再生可能エネルギーに対する障害除去プロジェクト
DANIDA	Danish International Development Agency	デンマーク国際開発庁
DoE	Department of Energy Affairs	エネルギー局
EGENCO	Electricity Generation Company	マラウイ発電公社
—	Energy Regulation Act No.20 of 2004	エネルギー規制法
—	Electricity By-law 2009	電力法細則
—	Electricity (Amendment) Act 2016	改正電力法
ESCOM	Electricity Supply Corporation of Malawi	マラウイ電力公社
—	Liquid Fuels and Gas (Production and Supply) Act 2004)	液体燃料・ガス法
Hivos	Humanist Institute for Cooperation	—
IPPs	Independent Power Producers	独立系発電事業者
MAREP	Malawi Rural Electrification Programme	地方電化プログラム
MBS	Malawi Bureau of Standards	マラウイ標準局
MCCCI	Malawi Confederation of Chambers of Commerce and Industry	マラウイ商工会議所
MCPU	Mzuzu Planters Cooperative Union Limited	ムズズ栽培者協同組合
MDGs	Millennium Development Goals	ミレニアム開発目標
MEGA	Mulanje Electricity Generation Authority	—
MERA	Malawi Energy Regulatory Authority	マラウイ・エネルギー規制庁
MGDS	Malawi Growth and Development Strategy	マラウイ成長開発戦略
MITC	Malawi Investment and Trade Centre	マラウイ投資・貿易センター
MMDGs	Malawi Millennium Development Goals	マラウイ貧困削減戦略ペーパー
MNEP	Malawi National Energy Policy 2003	国家エネルギー政策
MoNREM	Ministry of Natural Resources, Energy and Mining	天然資源・エネルギー・鉱業省
MPRSP	Malawi Poverty Reduction Strategy Paper	マラウイ貧困削減戦略ペーパー
MRES	Malawi Renewable Energy Strategy (draft)	マラウイ再生可能エネルギー戦略
—	Rural Electrification Act 2004	地方電化法
Mzuzu ADD	Mzuzu Agricultural Development Division	—
—	Nkhata Bay District Council	カタベイ県評議会
REF	Rural Electrification Fund	地方電化基金
REMAC	Rural Electrification Management Committee	地方電化管理委員会
REP	Rural Electrification Programme	独立系統の電源設備
—	Scottish Government International Development Fund	—
TCRET	Test & Training Centre for Renewable Energy Technologies	再生可能エネルギー技術実験・トレーニングセンター
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
WB	World Bank	世界銀行

略語	英語名	和訳名
その他		
AC	Alternative Current	交流
BCS	Battery Charging Station	バッテリー充電ステーション
BHN	Basic Human Need	基本的人間ニーズ
Bible College	Solo Scripture Bible College	—
B/P	Business Partner	ビジネスパートナー
C/P	Counterpart	カウンターパート機関
DC	Direct Current	直流
GNI	Gross National Income	国民総所得
LDC	Least Developed Country	後発開発途上国
—	Micro Hydro-Solar Hybrid Power Generating System with Battery (Micro-Off-grid Power System)	蓄電式マイクロ水力-太陽光ハイブリッド発電システム
SHS	Solar Home System	ソーラーホームシステム
TC	Trading Centre	トレーディングセンター
TUDE	Turbine Development Enterprise	—
VB	Village Banking	ビレッジバンキング
VEC	Village Electrification Committee	村落電化委員会 (コミッティ)
単位		
kW	Kilowat	キロワット
MWK	Malawian Kwachas	—

要約

本報告書は2016年12月より開始されたマラウイ国における「未電化農山村における蓄電式マイクロ水力-太陽光ハイブリッド発電システム導入案件化調査」に関して2017年11月までの調査・分析結果を取りまとめたものである。この期間、2017年1月、7月、9月の計3回、現地調査を実施した。現地調査にて現地政府機関、電力事業組織、カウンターパート候補、ビジネスパートナー候補、国際援助機関との協議を行い、マラウイにおける電力事情（特に地方電化の現状と課題）、電力関連法令、再生可能エネルギー政策と現状に係る情報を収集するとともに、提案システムの需要や潜在的な設置先を確認する為に、北部州カタベイ県の未電化農山村地帯にてサイト踏査を行った。

第1章 マラウイ国の現状

マラウイは、一人あたりの国民総所得（GNI：Gross National Income）270米ドル（世銀、2013年）とサブサハラ・アフリカ52ヶ国の中でも4番目の低所得国である。同国の人口1,721万人の内、その約8割が地方部に居住しており、全国の平均電化率は9.8%（2012年）、地方のそれに至っては未だ1%に満たない状況にある。国民の多くは小規模な天水農業を営み、未電化世帯の多くは灯油や薪などをエネルギー源としている。「マ」国における貧困は、人口の8割が生活する地方部、特に農山村で顕著である。この貧困から抜け出す上では、同国の経済成長及び社会開発の促進が不可欠であるものの、著しい慢性的な電力不足と長時間に渡る停電の頻発が、これらの開発阻害要因となっている。

マラウイ国政府は、地方電化を貧困削減に向けた地域経済活性化策として位置づけ、「国家エネルギー政策」を2003年に策定し、地方電化において再生可能エネルギーの活用も含めた電源開発を推進している。しかしながら、地方電化に向けた政府のこれまでの取り組みは、地方電化プログラムを通じて地方部への配電線網の延伸を図るものであるが、同プログラムの電化対象は、地方部の商業拠点となるトレーディングセンター（Trading Centre）と呼ばれる小規模な商店街となっており、地方末端部の未電化村落に暮らす住民の基本的人間ニーズ（BHN：Basic Human Needs）や生計の向上へのインパクトは極めて限定的であった。この為、電化された都市部や一部の地方部と、未電化農村との経済格差が拡大していることが指摘されている。農村部とりわけ貧困層が居住する遠隔地域へは、政府の予算上の制約などから配電線を延長したグリッド電化を推進していく見込みは立っていない。一方、再生可能エネルギーの推進の動きについては、国際機関や先進国ドナーなどからの援助を利用したパイロット事業の域を出ておらず、同国政府が主体となった民間企業を巻き込んだ再生可能エネルギー電源開発の推進にまでは至っていない。また、マラウイは、地形の起伏に富んだ水源豊かな丘陵地帯・山地を擁し（北部州カタベイ県の山岳地帯など）、マイクロ水力を利用した電源開発の利用可能性を秘めているが、技術やシステム設計水準の低さ等から、これらを活用した農山村地域の電化を推進するまでに至っていない。結果として同地域で生活する人びとは貧困から抜け出すことが困難となっている。

第2章 提案企業の製品・技術の活用可能性及び海外事業展開の方針

提案システムである「蓄電式マイクロ水力-太陽光ハイブリッド発電システム」は、開発途上国の未電化地域向けに考案した自立分散型の電源システムである。システムの特長としては、送電

線網を延伸させなくても、広範囲に点在している未電化集落をカバーできるメリットがあることが挙げられる。

提案システムの概要と特長は以下のとおりである（図1）。

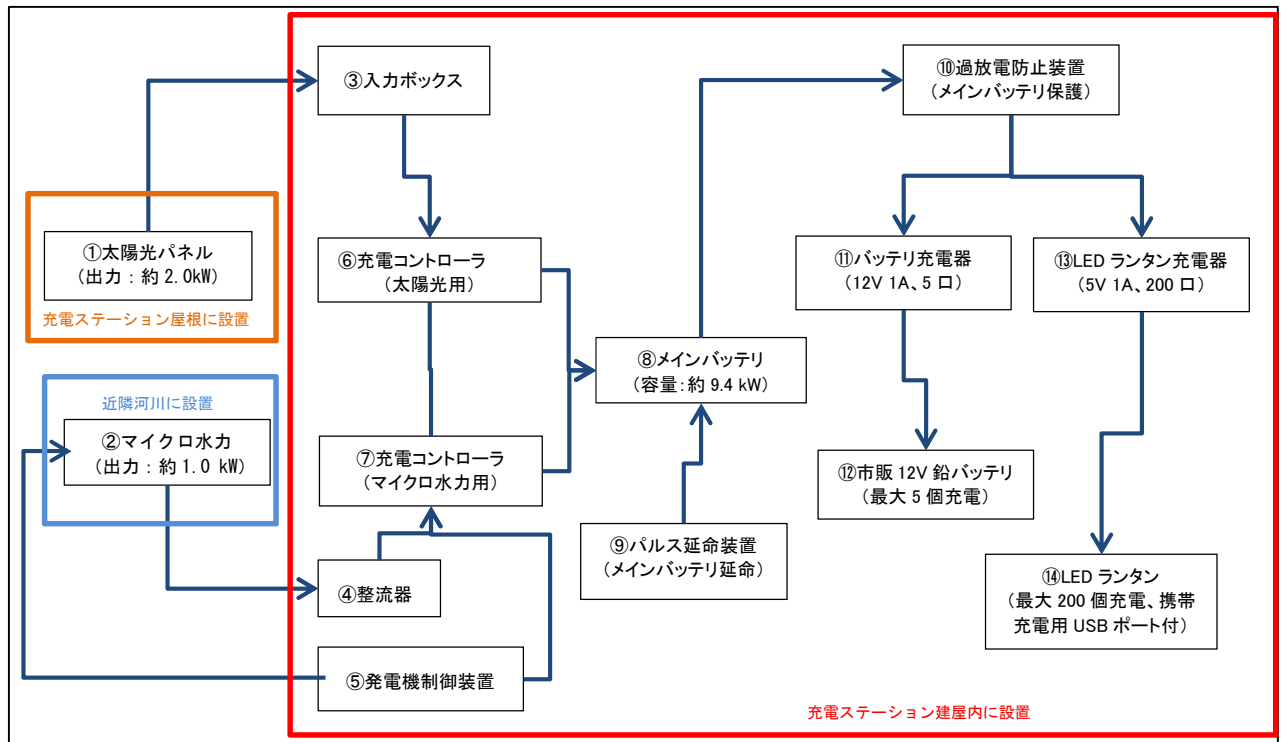


図1 蓄電式マイクロ水カー太陽光ハイブリッド発電システム概要

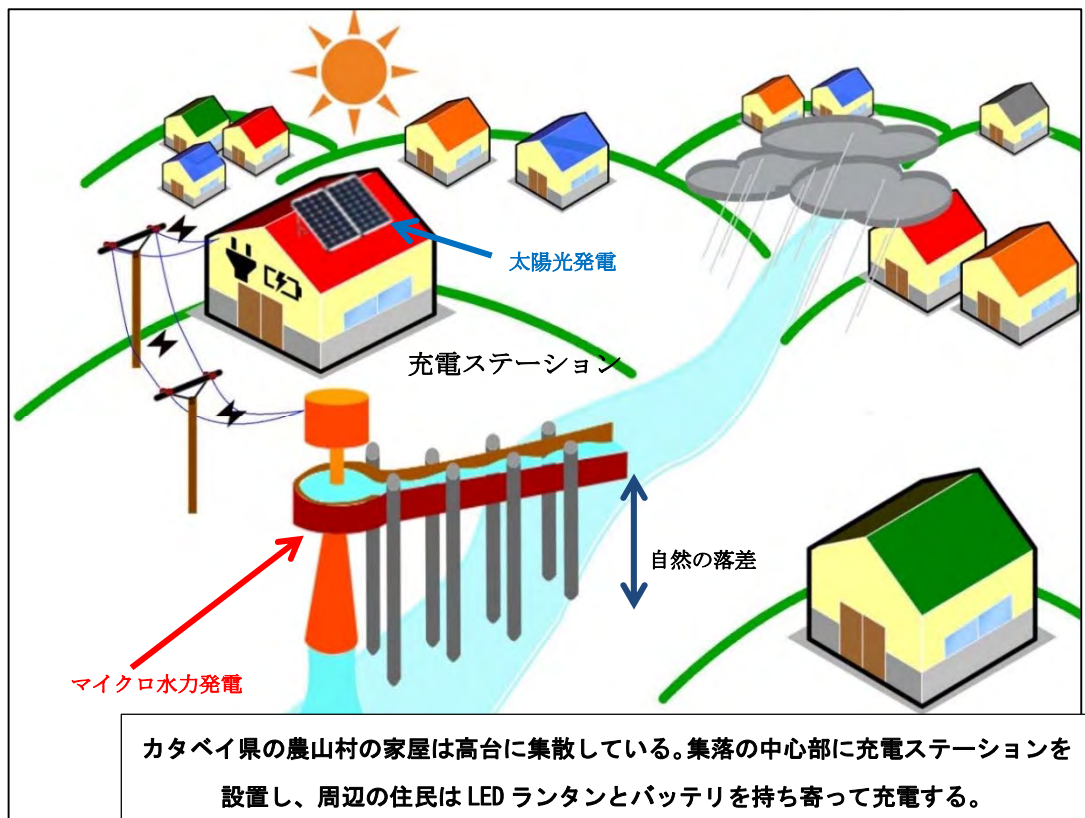


図2 未電化農山村における提案システムの設置イメージ

(1) 提案システムの軽微な変更点

提案システムは開発途上国の未電化農山村向けに考案した自立分散型電源システムである(図1)。

当初の提案システムでは、バッテリー 200 個を充電できる仕様としていたが、調査の結果を受けて、図1のとおり市販 12V 鉛バッテリー⑩を 5 個、LED ランタン 200 個を充電する仕様へ変更することとした。主たる充電対象は LED ランタンへ変更するものの、発電ならびに蓄電システムの構成機器と作動システムに変更はない。以下に仕様を変更するに至った主な理由を示す。

- ◇ バッテリーにより電化している比較的裕福な世帯は、全体の 5~10%とむしろ少数派で、提案システム導入による被益者数が少なくなってしまう。
- ◇ バッテリー充電のみを想定した場合は、維持管理のための資金を貯蓄するために 1 回あたりの充電に 500MWK 以上を課金することになり、低所得者層にとっては高いものになってしまう。
- ◇ 調査対象地域では、夜間の照明と携帯充電が村落のニーズの大部分を占めており、パワーバンク機能を有する LED ランタンを導入することは、これらのニーズに合致する。LED ランタンは連続で約 20 時間の点灯が可能で、パワーバンクとして使用する場合は満充電時には、携帯電話を 2 回充電できるだけの容量を有する。
- ◇ LED ランタンの充電にかかる課金を 100MWK 程度とバッテリー充電料金より安価に設定し、配布個数を調整することで、バッテリーを充電できない低所得者層もユーザーとして取り込むことができる。
- ◇ LED ランタンは配線やスイッチ等を設置する必要がないので、専門知識がないユーザーでも安全簡単に使用できる。バッテリーよりも計量で持ち運びが容易、山岳地帯での持ち運びにも適している。例えば、夜間の移動の際の証明としても使える。

(2) 提案システムの機能等の概要

提案システムの機能と仕様は、現地調査の結果を踏まえ、また将来の実証事業とビジネス展開をも想定して下記のとおりとする。

- 太陽光パネル①とマイクロ水力②で発電した電気は、それぞれ充電コントローラ⑥⑦を介してメインバッテリーに⑧に蓄電され、その後にバッテリー充電器⑩と LED ランタン充電器⑭から充電に使用される。
- 充電されるバッテリーは、市販の 12 ボルト鉛バッテリーを想定しており、ユーザーが既に使用しているバイクや自動車に使用されているものを最大で 5 個同時に充電できる仕様とする。
- 充電される LED ランタンは、日本国内に流通し、いわゆる予備電源としてのパワーバンク機能を有するものを想定しており、最大で 200 個同時に充電できる仕様とする。
- 簡素化された作動システムと機器構成は、メンテナンス性と現地技術者の育成にも配慮された設計となっている。
- メインバッテリーへの蓄電と、市販の 12 ボルト鉛バッテリーならびに LED ランタンによる給電

で、オフグリッド地域においても長距離の送電・配電線を設置せずに、各世帯への簡易的で安定した給電が可能となっている。

- ユーザーは配電線、メーター、スイッチ等の電装品を購入するための初期投資に掛かるコストを支払う必要がない為、導入されやすい。

第3章 ODA 事業での活用が見込まれる製品・技術に関する調査及び活用可能性の検討結果

本調査では、対象地域の北部州カタベイ県の未電化農山村 10 サイトを踏査し、提案システムの現地適合性に関する検討を行った。各候補サイトにおける雨季ピーク時の水力発電可能量、日射量、システム設置の必要条件、経済的妥当性、対象住民への裨益効果などに関するデータ収集・解析を行った。その結果、自然・地理条件、社会経済条件の各検証項目を個別・総合的にレビューし、提案システムを設置・運用する可能性のある 4 サイトを抽出した。選定事由は下記のとおりである。

- 提案マイクロ水力発電機を稼働させる上での必要流量が得られる。
- 少数ながらも小規模太陽光発電システムや自作のピコ水力発電システムが設置・稼働している他、自動車／バイク用バッテリーの充電により家電製品を利用している世帯が存在している。この為、小規模な発電機器やバッテリーの取り扱い（電気機器への接続方法、蒸留水補給による維持管理作業）などには慣れており、マイクロ給電システムを推進していく下地がある。
- バッテリー充電や LED ランタンに対する潜在的なニーズが高く、バッテリーや LED ランタンの充電サービス料金を支払う能力を有する住民が暮らす村落である。
- 車両および徒歩でのアクセスが比較的良好であり、パイロット電化事業の実施適地である。
- 太陽光パネルや充電ステーションの設置適地が複数存在している。
- 電力を必要としている公共施設が存在している。

また、本調査では送電線網の延伸が望めない遠隔に位置する未電化農山村の電化手段として、提案システムが技術面にも運用面でも妥当性があることを確認した。

第4章 ODA 案件にかかる具体的提案

案件化調査後に実施する ODA 案件として「普及・実証事業」を提案したい（「蓄電式マイクロ水力-太陽光ハイブリッド発電システム導入による未電化農山村の電力自給促進に向けた普及・実証事業」）。案件概要は表 1 のとおり。

表 1 提案する普及・実証事業の概要

案件名：	蓄電式マイクロ水力-太陽光ハイブリッド発電システム導入による未電化農山村の電力自給促進に向けた普及・実証事業（仮称）
対象地域：	北部州カタベイ県未電化農山村
カウンターパート：	天然資源・エネルギー・鉱業省エネルギー局（DoE）
実証機関/設置場所：	カタベイ県庁／カタベイ県 Chapongolera 村
実施期間：	約 2 年半
投入機材：	蓄電式マイクロ水力-太陽光ハイブリッド発電システム 1 式および LED ランタン 1,000 個（導入時に 750 個配布を想定、250 個スペア）
バッテリー充電料金：	徴収する
維持管理体制：	村落電化委員会および TUDE（委託業者）

本普及・実証事業では、北部州カタベイ県 Kavuzi 川流域に点在している未電化農山村の一つである Chapongolera 村内の適地に提案システム 1 式を設置し、実証活動を行う。実証活動では、対象集落付近を流れる Kavuzi 川支流に水力発電機を、水力発電サイトから最寄りの集落敷地内に太陽光パネルと充電ステーションを設置し、ポータブルバッテリーおよび LED ランタンの充電サービスの提供を通じた電化を行う。その結果、物理的にも財政的にもグリッド延伸できない未電化小規模集落が集散している山岳部において、提案システムの活用が本調査における開発課題の解決（村落電化率の向上、未電化農山村に暮らす住民の生活環境や生計の向上）に向けて、有効かつ適切な手段となることを実証する。また、提案システムの稼働状況、雨季・乾季中の流量や日射量の変動に伴う発電効率・安定性、配電・充電状態などの現地適合性の検証に加え、システムの適切な維持管理方法と体制、充電サービス提供方法と体制（充電料金徴収を含む資金管理方法も含む）構築に向けた活動・検証作業を行う。さらにマラウイにおける事業展開を念頭に価格面での競争力の向上を確保する為に、現地調達可能なコンポーネントや現地生産を目指す水力発電機の資機材/部品の適合性、活用可能性につき検討する。

実施体制は図 3 に示したとおり、カウンターパート（以下、「C/P」という。）は、再生可能エネルギー政策を所管する天然資源・エネルギー・鉱業省エネルギー局（DoE）とし、実証機関は、提案システムの設置先となる北部州カタベイ県 Chapongolera 村を管轄しているカタベイ県庁（Nkhata Bay District Secretariat）とする。カタベイ県庁は、DoE、TUDE そして提案企業と連携しつつ、パイロットサイトとなる Chapongolera 村内に「村落電化委員会」を設立し、実証事業の運営に向けた体制作りを行う。

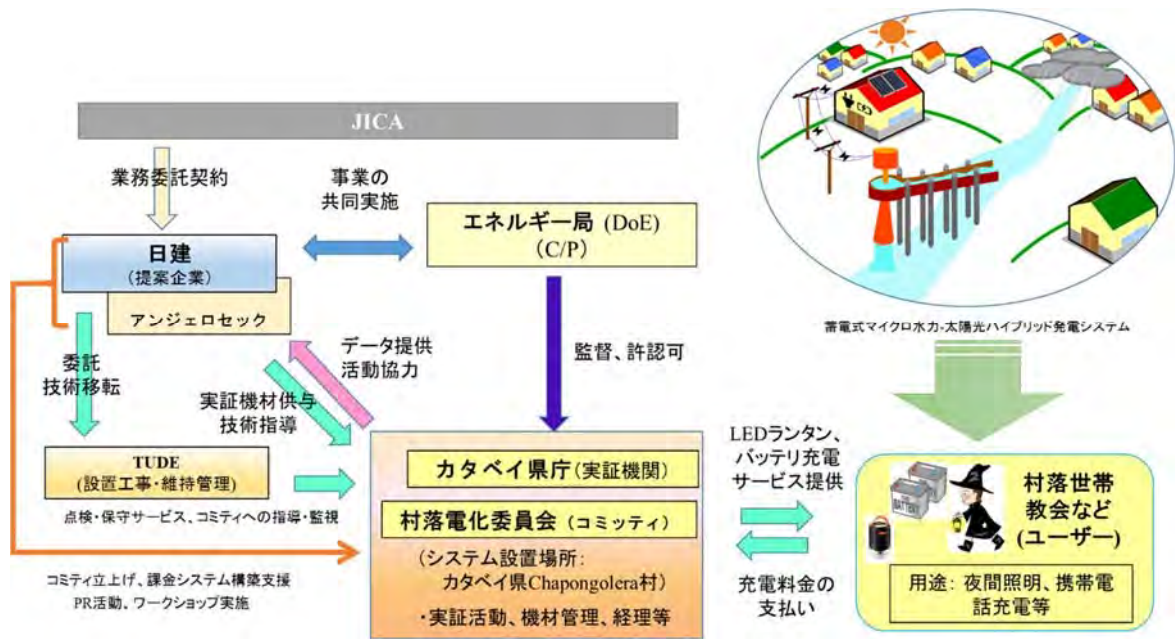


図 3 提案する普及・実証事業の実施体制

上述した実証活動から得られる検証結果を基に、提案システムの普及活動を実施する。主な活動として、パイロットプロジェクトサイトの視察を企画し、また、リロングエ市およびムズズ市においてセミナーを開催する。提案システムを公的・援助資金を用いて導入・普及していく可能性を広げる為、再生可能エネルギーの推進プロジェクトを行っている AfDB、UNDP などからの理解を得ながら、潜在的なシステム導入先の特定と案件組成を行う。

第5章 ビジネス展開の具体的計画

地方電化率 1%未満のマラウイでは、再生可能エネルギー、特に太陽光およびマイクロ水力を活用した電源開発が推進されている。中でも送電線網の延伸が当面期待できない農山村地帯では、起伏に富んだ地形と豊かな水源を有し、この自然環境を活かしたマイクロ水力発電に注目が集まっており、簡易な現地製の水力発電機の導入が行われるようになってきている。また、欧州ドナーを中心に、未電化農村においてソーラーキオスクプロジェクトを実施するケースも見られている。提案システムの特長の一つでもあるマイクロ水力発電を太陽光で補完する仕様を用いて未電化農山村の電化を行う裾野が存在しており、また、地方都市および村落ではバッテリーを有料で充電するビジネスが盛んであり、本調査を通じて DoE、MERA 等の電力当局者、再生可能エネルギー業者および潜在的なユーザーから得られた提案システムの有効性に対する理解をベースに普及・実証事業を実施した後に、国際援助機関と連携しながら未電化農山村の電化を図っていく計画である。

想定される需要としては、送電線網の延伸が見込めない農山村地帯であり、河川の流域（落差 1m 以上が確保できるサイト）及び日射量が確保でき、かつ、ターゲットとする利用者への充電サービスへの課金が可能であることが前提となる。

電力供給サービスは公共性が極めて高い事業であることに鑑み、提案システムの導入は、日本国政府の ODA、再生可能エネルギー導入に積極的な UNDP、AfDB をはじめとする海外ドナー資

金を活用することで事業化を図ることを想定している。

案件概要（ポンチ絵）

マラウイ国 未電化農山村における 蓄電式マイクロ水カー太陽光ハイブリッド発電システム導入案件化調査

企業・サイト概要

- 提案企業：株式会社 日建
- 提案企業所在地：山梨県南アルプス市
- サイト・C/P機関：北部州ムズズ市郊外カタベイ県・資源エネルギー鉱業省エネルギー局



提案システムのイメージ

マラウイ国の開発課題

- 人口約1,720万人のうち8割が居住する地方の電化率は1%未満と周辺諸国の中でも際立って低い。
- 資金不足から電力公社主導の地方電化計画は停滞しており、民間主導による再エネを利用した自立分散型電源システムの導入が急がれている。

中小企業の技術・製品

- マイクロ水力と太陽光発電システムをハイブリッドした蓄電式のオフグリッド地域向け自立分散型電源システム。
- 各世帯への配電線の設置をせずに、市販のLEDランタンとバッテリーを介して簡易的に給電が可能となる。

調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

蓄電式マイクロ水カー太陽光ハイブリッド発電システム導入による未電化農山村の電力自給促進に向けた普及・実証事業

- 電気照明の普及による夜間生活、プライマリーヘルスケア環境の質的向上。家庭、集会所、学校、診療所等における照明確保はコミュニティ全体の活性化に繋がる。学習環境の改善は教育レベル向上に繋がる。
- 各家庭において携帯電話の充電が可能となり、農産物の適正市場価格等の情報収集機会が増えることにより、小規模農家の所得向上に繋がる。照明確保により夜間内職が可能となり収入増加に繋がる。

日本の中小企業のビジネス展開

- マイクロ・オフグリッド給電システムの価値が広く認知させ、国際援助機関と連携しながらマラウイ国未電化農山村での普及を図る。
- 未電化農山村地域における再エネを利用した電源開発促進に向けた機運を高め、現地における機器調達・組立を視野に入れた製造・販売体制を構築する。

はじめに

調査名

- マラウイ国 未電化農山村における蓄電式マイクロ水力-太陽光ハイブリッド発電システム導入案件化調査
- “Feasibility Survey for Electrification of Upland Villages by Micro Hydro-Solar Hybrid Power Generating System with Battery”

調査の背景

マラウイ国（以下、「マ」国という。）は、総人口約 1,721 万人の内、その約 8 割が地方で暮らしており（2015 年 世銀）、同国の人口密度は、約 173 人/km² でアフリカでも非常に高く、村の形態も集住中心である。世帯の平均電化率は全国 9.8%（2012 年）、地方においては、未だ 1%に満たない状況である。国民の多くは小規模な天水農業を営み、未電化世帯の多くは灯油や薪などをエネルギー源としている。「マ」国における貧困は、人口の 8 割が生活する地方部、特に農山村で顕著である。この貧困から抜け出す上では、同国の経済成長及び社会開発の促進が不可欠であるものの、著しい電力不足並びに停電の頻発が、これらの開発阻害要因となっている。

「マ」国政府は、地方電化を貧困削減に向けた地域経済活性化策として位置づけ、「国家エネルギー政策」を 2003 年に策定し、地方電化において再生可能エネルギーを利用した電源開発を推進している。しかしながら、これまでの取り組みは、国際機関や先進国ドナーなどからの援助を利用したパイロット事業の域を出ておらず、「マ」国政府が主体となった民間企業を巻き込んだ再生可能エネルギー電源開発の推進にまでは至っていない。また、同国は、地形の起伏に富んだ水源豊かな丘陵地帯・山地を擁し（北部州カタベイ県（ムズズ市郊外）の山岳地帯など）、マイクロ水力を利用した電源開発の利用可能性を秘めているが、技術やシステム設計水準の低さ等から、これらを活用した農山村地域の電化を推進するまでに至っていない。結果として同地域で生活する人びとは貧困から抜け出すことが困難となっている。

かかる現状を受け、㈱日建（以下、「提案企業」という。）の提案製品・技術である蓄電式マイクロ水力 - 太陽光ハイブリッド発電システム（水力並びに太陽光の 2 方式とすることで、安定した電源を提供する。定期的な掃除が不要で、摩耗に強い等の特徴を有する）の導入を通じて、「マ」国北部州カタベイ県（ムズズ市郊外）の農山村における電化を推進し、ひいては上述の課題解決に対する貢献が期待されている。

調査の目的

調査を通じて確認される提案製品・技術の途上国の開発への活用可能性を基に、ODA 案件及びビジネス展開計画が策定される。具体的には下記の調査を実施した。

- ① 提案企業の蓄電式マイクロ水力-太陽光ハイブリッド発電システム（以下、「提案システム」という。）が、送配電線の延伸が当面望めない「マ」国の未電化農山村地帯において電化を促す製品・技術となり得るかどうかを検証する。
- ② 同国のエネルギー当局およびマイクロ水力発電装置メーカーと連携しつつ、同国農山村地帯を中心に需要家の掘り起しを行うとともに、現地での普及率を上げることを念頭に置き、

主機・付帯設備の現地生産・調達による導入コスト削減にむけた情報収集を行う。

- ③ 提案企業の事業計画案を策定するとともに、提案システムの妥当性・有効性を実証するために、「普及・実証事業」を念頭に置いた ODA 案件を提案する。

調査対象国・地域

マラウイ国 北部州カタベイ県（ムズズ市郊外）の未電化農山村、リロングェ市、ブランタイヤ市等

団員リスト

氏名	所属	部署・職位	担当分野
工藤 俊哉	㈱日建	企画室 エンジニア	業務主任者：業務統括／社会環境調査
雨宮 誠		代表取締役	事業計画策定／資金計画
今井 扶佐章		製造部 電気エンジニア	サイト候補地自然条件確認／水量データ解析／製品・技術適合性評価
真弓 武文	㈱アンジェロセック (ISEC)	事業本部 部長	チーフアドバイザー： ODA 案件化／事業計画作成支援
佐野 淳		事業本部 総括主任	市場・競合調査／業務調整

現地調査工程

全体調査期間：2016年12月25日～2017年12月28日

(1) 第1次現地調査

期間／団員 2017年1月7日～1月20日／㈱日建：雨宮、今井、ISEC：真弓
2017年1月7日～1月27日／㈱日建：工藤、ISEC：佐野

訪問先：

中央政府機関	エネルギー局 (DoE)、マラウイ・エネルギー規制庁 (MERA)、マラウイ投資・貿易センター(MITC)、
地方自治体	ムズズ農業開発局
国営企業・公営企業	マラウイ電力公社 (ESCOM)
国際機関	アフリカ開発銀行 (AfDB) マラウイ事務所 国連開発計画 (UNDP) マラウイ事務所
教育研究機関	ムズズ大学エネルギー研究学部
再生可能エネルギー関連の民間企業	Mulanje Electricity Generation Authority (MEGA) Turbine Development Enterprise (TUDE) Shinestar Electronics and Cellphones Angoni Garage & Battery Charge Battry Charging and Recycling Shop

	Gestetner、The Sunpower House、Sonlite Solar
在マラウイ日本機関	日本国大使館、JICA マラウイ事務所

(※カタベイ農山村でのインタビュー先は上記リストから割愛)

調査内容：

- ・ エネルギー政策、再生可能エネルギーシステム導入の現状確認
- ・ C/P 候補との協議
- ・ 現地調達想定部品の流通状況確認
- ・ 競合製品調査
- ・ バッテリーリサイクル事情調査
- ・ 候補予定地踏査（北部州ムズズ市郊外農山村：10 サイト）、雨季ピーク時の河川流量・物理環境データ、社会経済情報等の収集および提案機材導入検討
- ・ ビジネスパートナー（以下、「B/P」という。）発掘・協議
- ・ 他ドナー動向調査

(2) 第2次現地調査

期間／団員 2017年7月22日～8月2日／(株)日建：工藤

訪問先：

中央政府機関	エネルギー局 (DoE)
地方自治体	カタベイ県庁 (Nkhata Bay District Council)
国際機関	アフリカ開発銀行 (AfDB) マラウイ事務所
再生可能エネルギー関連の民間企業	TUDE、Shinestar Electronics and Cellphones The Sunpower House、Sonlite Solar、FISD
その他	Solo Scripture Bible College、Air Cargo Malawi Ltd.、 DATACOM、Lax Enterprise、PION、Pro-telligent Global Ltd.、 Viscosity、Equipment and Parts Suppliers Ltd、Sawa Group、 Solo Scripture Bible College
在マラウイ日本機関	JICA マラウイ事務所

調査内容：

- ・ エネルギー政策、再生可能エネルギーシステム導入の確認（継続）
- ・ C/P 候補との協議（継続）
- ・ 現地調達想定部品の流通状況確認（継続）
- ・ 競合製品調査（継続）
- ・ マラウイ国際展示会への出展
- ・ カタベイ県庁との協議、パイロットサイトの再踏査、Bible College 再協議

(3) 第3次現地調査

期間／団員 2017年9月2日～9月15日／(株)日建：雨宮、ISEC：真弓
2017年9月2日～9月22日／(株)日建：工藤、ISEC：佐野

訪問先：

中央政府機関	DoE、MERA
地方自治体	カタベイ県庁
国際機関・NGO	アフリカ開発銀行（AfDB）マラウイ事務所 国連開発計画（UNDP）マラウイ事務所 Practical Action
教育研究機関	ムズズ大学エネルギー研究学部
再生可能エネルギー関連の民間企業	MEGA、Practical Action、Team Planet、TUDE、 Sonlite Solar、FISD、Gestetner
その他	Kawalazi Estate Company Ltd.、 Mzuzu Planters Cooperative Union、Solo Scripture Bible College
在マラウイ日本機関	日本国大使館、JICA マラウイ事務所

調査内容：

- ・ エネルギー政策、再生可能エネルギーシステム導入の現状確認（継続）
- ・ 「普及実証事業」実施に向けた C/P 候補、実証機関候補（カタベイ県庁）、対象村落関係者との協議（継続）
- ・ 4 候補地再踏査と絞り込み：乾季ピーク時の河川流量・物理環境データ、社会経済情報等の収集、提案機材設置検討
- ・ ビジネス展開計画策定に向けた B/P との協議
- ・ 他ドナー動向調査（継続）
- ・ 潜在的な提案システム購入先へのマーケティング

第1章 マラウイ国の現状

1-1 政治・社会経済状況

1-1-1 政治

マラウイは、1964年に英国より独立してから1994年に至るまでの30年間、マラウイ会議党による一党独裁の国家体制が敷かれた。

1990年代前半の経済低迷期には、人権侵害行為が顕在化していることに対し、国内外から大統領に対する非難が高まりをみせ、1993年6月に実施された国民投票の結果、独裁政権が倒され、複数政党制へ移行した。翌年1994年に、国政選挙・大統領選挙が同時に実施され、多党民主制へ移行した。同選挙の結果、野党であった統一民主戦線（UDF：United Democratic Front）が第一党となり、同党首のバキリ・ムルジが大統領に選出された。ムルジ大統領は「貧困削減」と「民主化」を国家目標として掲げ、地方分権化を推進した。2014年5月に実施された大統領選挙では野党であった民主進歩党（DPP：Democratic Progressive Party）が第一党となり同党の党首であるピーター・アーサー・ムタリカ氏（故ムタリカ元大統領実弟）が大統領に就任した。

「マ」国では現在に至るまで大きな政治の混乱はみられないものの、持続的な経済成長を促しながら国家目標である貧困削減に向けて政治的なコミットメントを行い、有権者が実感できる形で貧困削減を実現できるかが現政権の政治的な安定を維持・深化させる上で重要な課題となっている。

1-1-2 社会経済

(1) 産業

「マ」国の人口の約90%が自給自足の農業に従事しており、大多数を占める小規模の自作農家はメイズ、豆、米、キャッサバ、タバコ、ピーナッツなどの作物を栽培している。同国の農家はエステート（農園）と小農から構成され、耕作可能面積全体の13%（耕作面積の16%、120万ヘクタール）がエステートに属し、69%が小農によって耕作されている（耕作面積の84%、650万ヘクタール）。2015年のGDPでは農業分野が全体の約30%を占めている。

工業は2012年～2015年の平均で「マ」国GDPの16%を占める。成長率に関しては、2012年に-0.5%、2013年に3.5%、2014年に4.7%、2015年に5.6%と推移しており、他産業と比較し成長の度合は大きいとは言えない。また、国内で製造された製品の約85%は国内消費に回り、外貨獲得には貢献していない状況である。

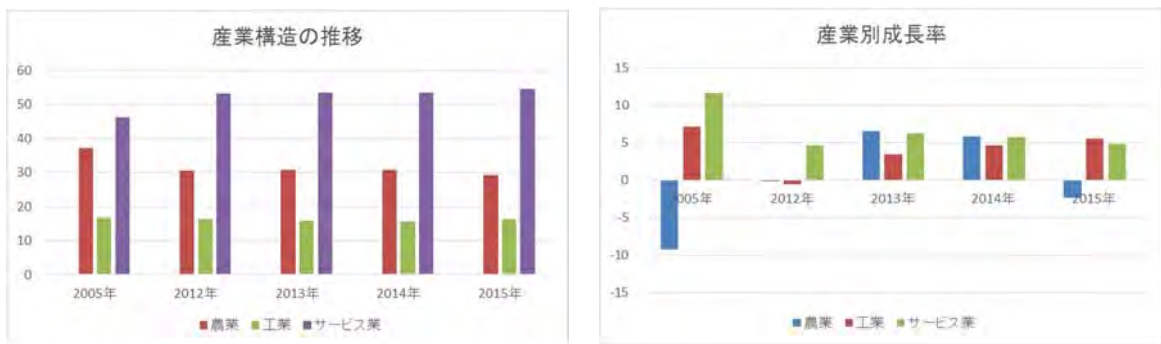


図 1-1 産業構造の推移及び産業別成長率
出典：JICA 国別主要指標一覧（2016年11月版）

(2) 貿易

「マ」国の財政構造は歳入の約 40%を外国政府や国際機関等からの援助に依存している。周辺諸国と異なり、鉱物資源の開発が遅れていたこともあり、農業部門が商品輸出の 80%近くを占めており、葉タバコ、砂糖、茶、綿が外貨獲得源となっている。農業産品輸出全体の 60%を占めている葉タバコについては、近年みられるグローバルな禁煙運動の影響を受け、今後市場の拡大が見込めないことから、代替輸出品の開発に向けた試みがされている。

表 1-1 主な輸出商品

(単位：MWK 億)

	2011	2012	2013	2014
タバコ	88.7 (13 億円)	157.2 (24.6 億円)	202.9 (31.8 億円)	258.4 (40.5 億円)
茶	13.6 (2.1 億円)	17.3 (2.7 億円)	31.0 (4.9 億円)	32.0 (5.0 億円)
砂糖	33.5 (5.2 億円)	10.3 (1.6 億円)	41.2 (6.4 億円)	53.2 (8.3 億円)
綿	7.4 (1.1 億円)	13.4 (2.1 億円)	8.5 (1.3 億円)	9.2 (1.4 億円)

出典：Statistical Yearbook 2015

輸入比率が高く輸出比率が低い（輸入超過）という構造が顕著である。近年、輸出入ともに拡大傾向にあるが、輸入超過の構造が維持されており、また、その差が縮小する傾向も認められない。

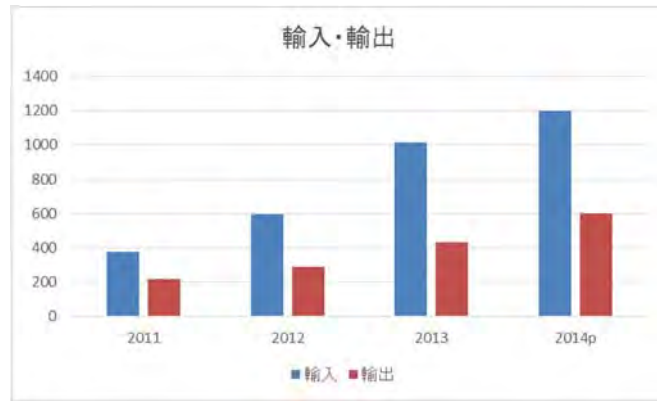


図 1-2 貿易額推移 (2011～2014 年)

出典：Statistical Yearbook 2015

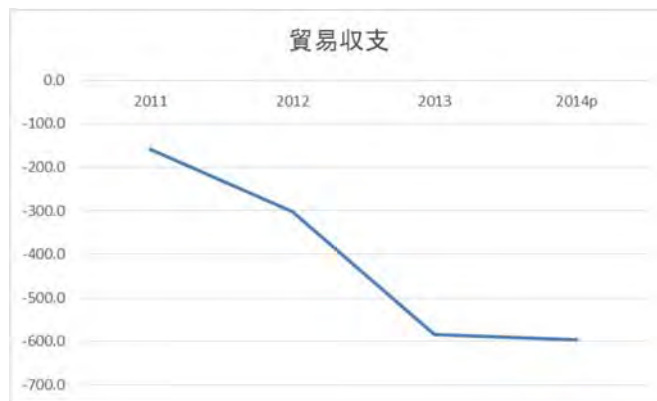


図 1-3 貿易収支推移 (2011～2014 年)

出典：Statistical Yearbook 2015

(3) 貧困

国連開発計画委員会の国所得階層別分類によると、「マ」国は依然として「一人あたり GNI 992 米ドル以下 (約 11 万円)」にあたる「後発開発途上国 (Least Developed Country : LDC)」に区分されている。同国はサブサハラ・アフリカ 52 ヶ国の中でも 4 番目の低所得国に位置しており、国民の 30%以上が 1 日 1 米ドル以下で生活する貧困層である。また、貧困層の約 8 割が農村部に居住しており、自給自足の農業を営んでいる。

1-2 地方電化および再生可能エネルギー推進に係る開発課題

「マ」国は、一人当たりの GNI 270 米ドル (約 3 万円) (世銀、2013 年) とアフリカ諸国では最も低い水準に留め置かれた後発開発途上国であり、国民の深刻な貧困状態からの脱却に向けた取り組みの拡充が急務となっている。前述した「調査の背景」でも概観したとおり、同国における貧困は、人口の 8 割が生活する地方—特に農山村地帯—で顕著となっている。貧困状態から抜け出す上では、同国の経済成長や社会開発の促進が不可欠である。

途上国では経済が成長する過程において、社会インフラが整備されるが「マ」国では前述のとおり歳入不足により整備が著しく遅れている。特に電力供給においては、産業やホテル産業

を含むサービス業を振興させる上でも需要が見込まれているものの、既存の発電施設の老朽化に伴う発電量の低下、発電施設の新増設に向けた資本不足、送配電網の未整備などにより、計画停電の実施など慢性的な電力不足状態が続いている¹。商工業の中心である都市部においても計画停電の実施ないし8時間超の停電が発生しており、市民生活と産業活動の双方に負の影響を及ぼしており、経済発展を阻害する要因となっている。

「マ」国では豊富な水量を有するマラウイ湖などの水利を利用した電源開発が行われ、設備容量合計 350MW の水力発電施設を有するものの、近年顕在化している気候変動の影響によるマラウイ湖の水位低下に伴い、その発電出力も低下傾向にある。このような背景もあり、大型の水力発電への依存リスクを分散させるためにも、再生可能エネルギーに対する期待が高まっている。中でも地方電化が進まない遠隔農村部においてマイクロ水力や太陽光発電設備を導入するケースが近年増加している。しかしながら、現在進行中の導入ケースの限界性や課題として本調査では以下を特定している。

- ・ マイクロ水力発電機の導入事例が増加しているが、これらの導入は比較的裕福な世帯のみに限定されており、農村部全体が電化の恩恵を享受できていない。即ち、電力へのアクセス向上には結びついておらず、波及効果が限定的である。
- ・ また、導入されているマイクロ水力発電機は、手製であり耐久性が低いことに加え、安全性でも課題が残る。
- ・ 太陽光発電設備については、導入された設備の維持管理を適切に行う為の技術移転やメンテナンス体制の構築が十分にされていないことに加え、持続的な運用を実現させる上で不可欠となる電力ユーザーへの課金システムと維持管理費の管理体制が構築されていない。

また、同国では、1980年から現在に至るまで、地方電化プログラムを通じて地方部への配電線網の延伸が実施されているが、同プログラムの電化対象は、地方部の商業拠点となるトレーディングセンター（Trading Centre）と呼ばれる小規模な商店街となっており、地方末端部の未電化村落に暮らす住民の基本的な人間ニーズ（BHN : Basic Human Needs）や生計の向上へのインパクトは極めて限定的であった。この為、電化された都市部や一部の地方部と未電化農村との経済格差が拡大していることが指摘されている。農村部とりわけ貧困層が居住する遠隔地域へは、政府の予算上の制約などから配電線を延長したグリッド電化を推進していく見込みは立っていない。

調査候補地である北部州カタベイ県（ムズズ市郊外）の未電化農山村の住民の多くは、光源や熱源として灯油や薪等を利用している。特に、同地帯では近年、人口の急増に伴い、夜間照明、薪・炭材やレンガ焼きそして開墾・焼畑などの目的で森林伐採が加速しており、山林保水力の低下に伴う表土流出、洪水、土砂崩れならびに水源の破壊や水質低下などを引き起こすリスクが高まっている²。ムズズ市郊外のカタベイ県農山村地帯での電化率については、公的な統

¹ 電力需要は毎年平均7%伸びており、その需要は2020年には874MW、2023年には1,597MWへ増加すると試算されている。2016年時点の発電可能容量は16億9,000万kWh、消費量は15億7,200万kWh。

² 「マ」国の森林面積は国土全体の約34%（3,237,000ha）である（FAO、2011年時点）。マラウイ統計庁データによれば、1990-2010年間に失われた森林面積は659,000ha（1990年の森林面積全体の約17%）であり、年間あた

計は存在しないものの、現地調査におけるヒアリング情報によれば、調査対象村落のグリッドおよびオフグリッド電化率は1%以下である。

1-3 マラウイ国の対象分野における開発計画、関連計画、政策及び法制度

1-3-1 国家開発計画における地方電化推進の位置づけ

「マ」国政府は2000年に国家開発目標の達成に必要な政策・戦略を示した「長期国家開発計画（以下、「Vision 2020」という。）」を定め、2020年までに同国が中所得国入りすることを宣言している³。「Vision 2020」では「持続的経済成長と貧困削減」の為に、9つの目標を掲げ、「持続的経済成長と開発」や「持続的な資源・環境管理」等が示されている⁴。

Vision 2020は「マ」国における国家開発計画の中で、最上位計画として位置付けられている。その下に2002年策定の「マラウイ貧困削減戦略ペーパー（Malawi Poverty Reduction Strategy Paper：以下「MPRSP」という）」とミレニアム開発目標（MDGs：Millennium Development Goals）における8つの目標に対して「マ」国政府としての独自目標値を定めた「マラウイ・ミレニアム開発目標（Malawi Millennium Development Goals：以下、「MMDGs」という。）」が存在する。

政府は地方電化の推進を貧困削減に寄与する基礎的社会・経済インフラ基盤整備の一環として示し、これらの計画において、地方電化を「国家戦略」と位置付けている。

MPRSPとMMDGsにおける計画目標の下位計画として五か年中期計画である「マラウイ成長開発戦略（Malawi Growth and Development Strategy：以下、「MGDS」という。）」が策定され2006年から実施されている。2011年からは第2フェーズである「第二期マラウイ成長開発戦略（MGDS II 2011-2016）」が実施されている。このMGDS IIの中では、Vision 2020における「持続的経済成長と貧困削減」の実現に向けた優先9分野（Key Priority Areas）（表1-2）の一つとしてエネルギーセクターの開発戦略と目標が、「エネルギー・産業開発・鉱業・観光業」の中に示されている。また、表6-2の「統合村落開発」においても、村落開発を促進させる為に農村の電化を推進していくことは重要戦略として位置付けられている（P.98-100参照）。

り平均で32,950 ha（森林面積の0.85%）の森林面積が破壊されている（FAO 2010 およびマラウイ統計局データ）。森林破壊の現状については、<https://www.rippleafrica.org/environment-projects-in-malawi-africa/deforestation-in-africa> を参照。

³ Vision 2020では、「2020年までにマラウイは、安全・民主的・持続可能な環境そして自信を持った国で、すべての民が平等な機会を得て活発に参加し、社会サービスを楽しみ、活気ある文化的・宗教的価値を有し、技術的に検印された中所得国になる」ことが示されている。

⁴ 9つの目標は下記のとおり：①グッドガバナンス、②持続的経済成長と開発、③活発な文化、④経済インフラ、⑤社会開発、⑥科学技術、⑦所得・富の公平で公正な分配、⑧食糧安全保障と栄養改善、⑨持続的な資源・環境管理。

表 1-2 優先 9 分野と予算配分 (2011～2016 年)

優先9分野	2011～16年 (5年間合計) MWK (Million)	円貨 (単位: 億円)	シェア
1 農業と食糧安全保障	373,098	584	10.5%
2 運輸インフラとNsanje港	231,902	363	6.5%
3 エネルギー・産業開発・鉱業・観光業	488,910	765	13.8%
4 教育・科学技術	710,513	1,112	20.1%
5 公衆衛生・マラリア・HIV/AIDS管理	1,100,146	1,722	31.1%
6 統合村落開発	23,051	36	0.7%
7 グリーンベルト灌漑と水源開発	564,901	884	15.9%
8 子ども・ユース開発とエンパワーメント	30,283	47	0.9%
9 気候変動・天然資源・環境管理	19,028	30	0.5%
合計	3,541,832	5,543	100%

出典： Malawi Growth and Development Strategy II 2011－2016 page 74 に基づき JICA 調査団作成

エネルギー分野の開発に向けた戦略として、「再生可能エネルギーの活用・促進」、「都市・農村電化プログラムの促進」、「発電・配電分野における官民連携の奨励」など計 9 つの戦略が示されている。MGDs II 推進に向けた 2011～2016 年間の予算配分として、政府は「エネルギー・産業開発・鉱業・観光業」に 9 分野全体の約 14% (MWK4,900 億≒765 億円⁵) の配分を計画しており、優先度が高い (表 1-3)。同分野内では、エネルギーセクターに対し全体の約 80% (MWK3,800 億≒606 億円) の予算配分がされている (エネルギー開発に主要優先 9 分野全体の約 11%の予算が向けられていることとなる)。エネルギー開発予算の内、都市・農村電化促進に約 11%が、再生可能エネルギーの活用促進に約 5%が向けられている。

表 1-3 「エネルギー・産業開発・鉱業・観光業」分野への予算内訳 (2011～2016 年合計)

エネルギー・産業開発・鉱業・ 観光業分野の内訳	2011～16年 (5年間合計) MWK (Million)	円貨 (単位: 億円)	シェア
エネルギー	386,941	606	79.1%
産業開発	66,134	104	13.5%
鉱業	12,191	19	2.5%
観光業	23,644	37	4.8%
合計	488,910	766	100%

出典： Malawi Growth and Development Strategy II 2011－2016 Annex 3 に基づき JICA 調査団作成

1-3-2 地方電化と再生可能エネルギー開発の関連政策・法令および組織制度の概況

(1) 関連法令・政策等

「マ」国は 2003 年に「国家エネルギー政策 (Malawi National Energy Policy 2003)」を策定し、エネルギーセクターの目標と戦略を示した。同政策において、今後の電化率の目標値を 2010 年 10%、2020 年 20%、2050 年 40%と設定するとともに、2004 年には下記のエネルギー・

⁵ 本報告書で適用する為替レートは、以下のとおりとする。0.15655 円=MWK1、112.716 円=1 米ドル(2017 年 10 月 JICA 為替レートを使用)。

電力関連法が成立し、電化制度の拡充が図られてきている。

- エネルギー規制法 (The Energy Regulation Act No.20 of 2004)
- 電力法 (The Electricity Act 2004)
 - 電力法細則 (The Electricity By-Laws 2012)
 - 改正電力法 (The Electricity (Amendment) Act 2016)
- 地方電化法 (The Rural Electrification Act 2004)
- 液体燃料・ガス法 (Liquid Fuels and Gas (Production and Supply) Act 2004)

表 1-4 に示されているとおり、2000 年時点の「マ」国における主たるエネルギー資源は、薪・炭など木質バイオマス燃料が 93%と大きなウェイトを占めている。2010 年から 2050 年に向けてエネルギー源の多様化に向けた目標値を設定している。

また、この木質バイオマスエネルギーのシェア抑制に向けて、再生可能エネルギーと電気エネルギーのシェアを増加させることで温室効果ガス排出量を削減し、また、森林や水資源を保全していくことを長期目標に据えている。また、同政策では、地方電化において再生可能エネルギー、特にマイクロ水力発電及び太陽光発電を活用した電源開発を推進している。

表 1-4 マラウイにおけるエネルギー混合にむけた予測 (2000~2050 年)

(単位 : %)

	2000	2010	2020	2050
薪・炭等(木質バイオマス)	93.0	75.0	50.0	30.0
液体燃料	3.5	5.5	7.0	10.0
電気	2.3	10.0	30.0	40.0
石炭	1.0	4.0	6.0	6.0
再生可能エネルギー	0.2	5.5	7.0	10.0
原子力	0.0	0.0	0.0	4.0
合計 (%)	100	100	100	100

出典 : Malawi National Energy Policy 2003

(2) 関連組織

「マ」国においては、天然資源・エネルギー・鉱業省 (Ministry of Natural Resources, Energy and Mining : 以下、「MoNREM」という。) の所管機関であるエネルギー局 (Department of Energy Affairs : 以下、「DoE」という。) が同国の電力エネルギー政策の立案、開発および実施計画の策定を行っている。特に、DoE は Vision 2020 で明示された国策である電化率向上の為に、地方電化計画の推進と再生可能エネルギー (太陽光、風力、小水力など) を活用した電源開発政策に力を入れている (図 1-4 エネルギー局の組織図を参照)。

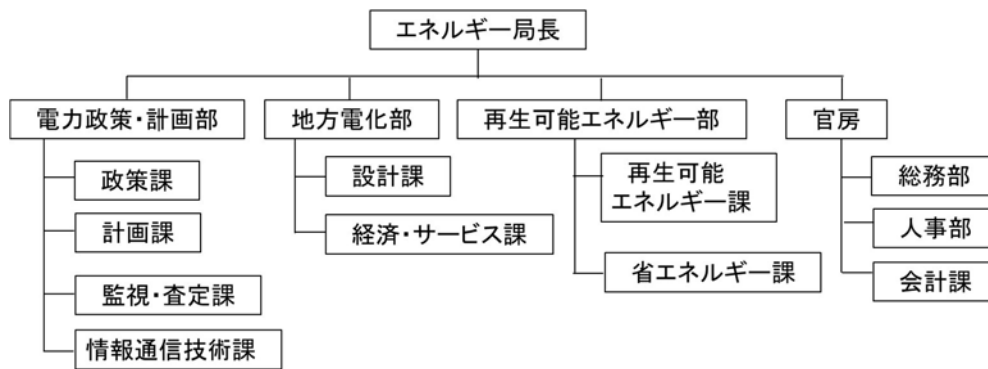


図 1-4 エネルギー局の組織図

出典：DoE

一方、2004 年成立のエネルギー規制法により 2008 年 1 月に発足したマラウイ・エネルギー規制庁 (Malawi Energy Regulatory Authority : 以下、「MERA」という。)⁶は、「マ」国のエネルギーセクターの規制・監督機関であり、発電を含むエネルギー事業認可、モニタリング、エネルギー開発・生産・配送に係る安全基準の適用、エネルギー価格認可等の権限を有している (図 1-5 エネルギー規制庁の組織図を参照)。

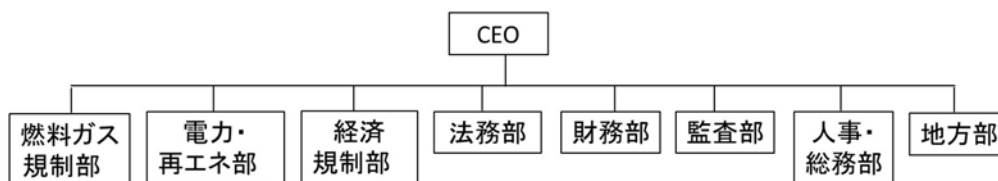


図 1-5 エネルギー規制庁の組織図

出典：MERA

(3) 電力事業者

「マ」国の電力事業は、国営電力会社・マラウイ電力公社 (Electricity Supply Corporation of Malawi : 以下、「ESCOM」という。) により発電 (5MW 以上)、送電、変電、33KV 以下の都市部への配電が一元的に運営されていた。しかし、電力事業の効率化を促し、独立系発電事業者 (IPPs : Independent Power Producers) の新規参入による発電セクターの育成を意図し、2016 年 8 月、議会において ESCOM を分社化する法案を可決した。これにより、発電部門は 2017 年 1 月 1 日に発足したマラウイ発電公社 (Electricity Generation Company : 以下、「EGENCO」という。) に移管され、ESCOM は送電・変電・配電を含む売電事業を継続することとなった。

「マ」国では 1980 年以降、配電線の地方への延伸による地方電化プログラム (Malawi Rural Electrification Programme : 以下、「MAREP」という。) を ESCOM の前身である旧マラウイ国営電力公社 (Electricity Supply Commission of Malawi) 主導で実施してきた。しかし、電力セクターの構造改革に伴い 1995 年より地方電化事業は中央政府へ移管され MAREP フェーズ 4 (2002 年～2007) 以降は、旧鉱業天然資源環境省の DoE がその任を継続することとなった。

⁶ MERA 発足以前は、石油規制委員会 (PCC) や国家電力員会 (NECO) など複数の規制委員会が別々に存続していた。

MAREP フェーズ 4～フェーズ 8（2017 年 10 月現在実施中）においては地方部の未電化トレーディングセンターをグリッド電化することに力点が置かれている。また、MAREP においては、マイクロ／小水力による電源開発を行いながら、オフグリッドとオングリッド双方を用いて地方電化を推進していく方針が示されている。

地方電化基金（REF: Rural Electrification Fund）は、地方電化法により設置され、その基金はエネルギーファンドと呼ばれる石油製品から徴収した基金により賄われていたが、同法律施行後は「地方電化基金」として、徴収対象を電気料金など全てのエネルギー売上の 4.5% まで拡大した（徴収は 2008 年末より開始）。

地方電化管理委員会（Rural Electrification Management Committee：以下、「REMAC」という。）は、地方電化法により設置され、MAREP の活動計画と REF を中心とした地方電化関連予算・決算の承認する権限を有する。地方電化事業の実施は、対象トレーディングセンターに経済性がある場合は民間（ESCOM）が、経済性がない場合は DOE が行うこととなっている。MAREP では、5MW 以下の発電、33KV 以下の地方部への配電は DoE 所管となっている。

過去の MAREP によりグリッド電化されたトレーディングセンターでは、業務用冷蔵庫の利用や個人商店の派生がみられるなど、集客・商売の活発化が促されたことが報告されている。また、地方の診療所（Health Centre）では、夜間照明、薬剤保冷、医療従事者用住居での生活向上などが見られていることも報告されている。しかしながら、MAREP の対象はトレーディングセンターである為、遠隔に位置している農山村末端部の未電化農山村への経済社会開発へのインパクトは、極めて限定的であることが指摘されている。

このような状況を背景に、MAREP の一環としてトレーディングセンターの電化に加え、未電化農山村の電化に向けた試みとして、既設配電系統から遠く離れ、配電線網の延伸の見込みがない北部、中部、南部の農山村を対象にした「パイロット村落電化計画」が 2008 年～2009 年間に実施された。同プロジェクトは、風力発電と太陽光発電を組み合わせた 25kW 容量のハイブリッドシステム型の電源設備を未電化農山村（6 村落対象）に設置し電力を供給する試みであった（「蓄電池付太陽光－風力ハイブリッド発電システム導入計画」）。⁷

⁷ 同プロジェクトは DoE が直轄のプロジェクトであり、同プロジェクトでは、ブランタイヤ、リロングエ、ムズ（計 6 ヶ所）に発電システムを導入し、太陽光パネルや充電設備を学校敷地内に設置した。しかし、対象村落を管轄する自治体の参画を行わず実施されたこともあり、プロジェクトの持続性という観点から課題が残った。具体的には、導入システムのメンテナンス体制が十分に構築されていなかったこともあり、プロジェクト終了後に発生した機器不具合・故障への対応がされずに機材が使われなくなったケースがみられた。また、その他の課題は、盗難対策が不十分であったことが挙げられる。

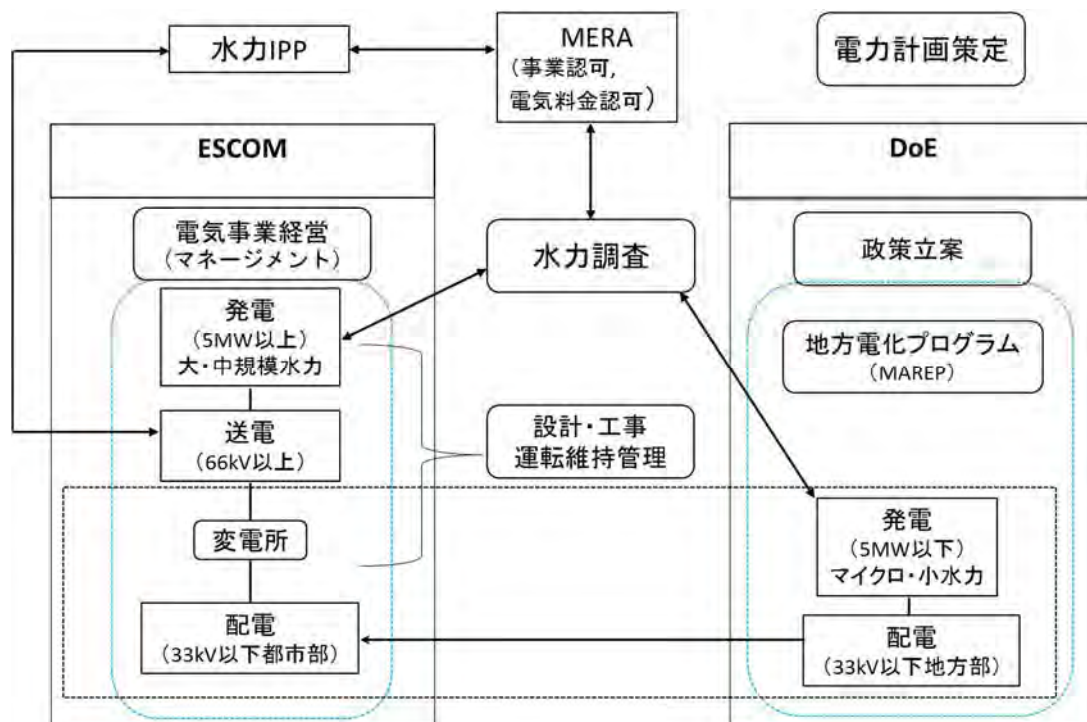


図 1-6 マラウイにおける電力セクターの枠組み

出典：マラウイ国 地方電化推進プロジェクトプロジェクト事業完了報告書(要約) 2009.12 添付資料 6 とヒアリングを基に、JICA 調査団作成

1-3-3 我が国の開発協力方針との合致

我が国の「マ」国への「国別開発協力方針」では、基本方針（大目標）として「深刻な貧困からの脱却のための支援」が取り上げられており、マラウイ成長・開発戦略（MGDS）で示されている9つの優先課題の一つである「エネルギー開発」に向けた支援を継続実施している。

また、開発課題 1-2（小目標）に含まれる経済基盤インフラ整備プログラムとして、「環境に配慮した再生可能エネルギーを活用した電力開発、及び自然環境との調和に配慮した開発計画」への支援が行われている。具体的には、無償資金協力（「太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画」（2010～11年））の実施、地方電化アドバイザー専門家の派遣、開発調査による計画策定支援、地方電化プログラムの計画実施能力の改善に向けた支援等を通じて、同国の地方電化プログラムを推進している（支援リストについては、「1-4-1 我が国の支援」を参照）。

この為、提案システムを遠隔農村部へ普及していく本構想は、「マ」国の開発計画や我が国の開発協力方針で示されている地方電化促進事業の延長線上に位置しており、同国の開発課題の解決に貢献できると考えている。加えて、同国には、課題解決型のビジネス機会の潜在性が高いことが期待できる。

1-4 地方電化（農山村電化）および再生可能エネルギー電源開発分野における ODA 事業の先行事例及び他ドナー事業の分析

1-4-1 我が国の支援

我が国は、「マ」国において 1999 年～2016 年 3 月現在、地方電化事業の促進に向けて、開発調査、専門家派遣、無償資金協力などのスキームを活用して多数のプロジェクトを実施してきた。

表 1-5 「マ」国における地方電化事業関連スキーム

協力形態	実施年度	案件名
技術協力 プロジェクト	1999～ 2004 年	地方電化計画アドバイザー長期専門家派遣
	2006～ 2009 年	MAREP フェーズ 5 への支援、地方電化マスタープランの策定
	2010～ 2013 年	電力開発計画専門家派遣
草の根・人間の安全保障 無償資金協力	2002 年	村落保健所へのソーラー・ホーム・システム（SHS）導入計画
債務救済無償資金協力	2003 年	地方電化事業 Phase-4（地方電化工事）
無償資金協力	2015 年	テザニ水力発電所増設計画（2015 年 3 月 E/N 署名）
環境プログラム無償	2010～ 2011 年	太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画 （カムズ国際空港に発電容量 450kWp の太陽光発電設備を供与（2010 年 2 月 E/N 署名））
ボランティア派遣	2003～ 2004 年	太陽光発電設備の維持管理指導（シニア海外ボランティアの派遣）
課題別研修 （集団研修・ 第三国研修）	2003	経済計画・電力送電事業研修
	2004	水力発電エンジニアリング研修 小水力・クリーンエネルギー発電エンジニアリング 研修
	不明	太陽光発電設備導入計画支援（2010 年）のフォロー アッププロジェクト
	不明	地方電化事業への協力

1-4-2 他ドナーによる電力セクターへの支援

(1) 国連開発計画マラウイ事務所 (UNDP Malawi Office)

国連開発計画マラウイ事務所（以下、「UNDP」という。）は、「マ」国にてデンマーク国際開発庁 (DANIDA: Danish International Development Agency) 拠出金を活用し、2000年に「Barrier Removal to Malawi Renewable Energy (BARREM)」を開始し、再生可能エネルギーの開発と普及を推進していく上で中心的な役割を担った。BARREMでは、太陽光発電の開発・普及に向けた制度づくりと技術基準の策定に主眼が置かれた。また、カリキュラム作成と人材育成を行い、トレーニング受講者が中心となり National Bank of Malawi より融資を受けて Solar Home System の導入パイロットプロジェクトが実施された。また、公立学校や病院などへの太陽光発電システムの設置なども行われた。さらに、2003年にはムズズ大学にエネルギー研究学部や Test & Training Centre for Renewable Energy Technologies (TCRET) の新設支援が実施された。

近年、UNDPは、Solar Villages Project を実施しており、公立学校や地方部のトレーディングセンター、警察署などの電化を推進している。

(2) アフリカ開発銀行 (AfDB : African Development Bank Malawi Office)

アフリカ開発銀行（以下「AfDB」という。）は「マ」国において Climate Investment Funds (CIF) (2008年に新設された AfDB と世銀の共同ファンド) を活用した Scaling up Renewable Energy in Low Income Countries Program (SREP、予算規模：約8.4億米ドル)を通じて、2013年より再生可能エネルギーを活用した電源開発支援を行っている。本プログラムは、5,000万米ドルの無償供与を DoE に対して予定しているが、2017年11月現在実行には至っていない。

また AfDB は、「Light up and Power Africa」スキームを通じて、2013年よりアフリカ諸国の電化率向上支援を行っている。(アフリカ諸国全体では約6.4億人が電気へのアクセスができておらず、その電化率は約40%である)。また、南アフリカを除くサブサハラ・アフリカにおける一人当たりの電力消費量は180kWh (欧州：6,500kWh、米国：13,000kWh) である。中でも AfDB は、再生可能エネルギーを推進しており、太陽光、水力、風力、バイオマス、地熱発電の開発にプライオリティを置いている。

(3) Mulanje Electricity Generation Authority (MEGA)

スコットランド政府の対外援助資金 (Scottish Government International Development Fund) を活用し、英国の国際 NGO の Practical Action が2009～2010年に「マ」国南部のムランジェ県 (Mulanje) の Bondo 村にマイクロ水力発電所 (発電容量：60kW、最大出力：80kW) および送配電線を建設し、同村およびその近隣村を含め約300世帯に対し電力供給を行っている。

発電・売電事業は、「マ」国では初の民間電力事業者となる Mulanje Electricity Generation Authority (以下、「MEGA」という。) であり、同援助プロジェクト完了後も、自主運営により存続している。

同プロジェクトの概要は下記のとおりであり、中でも発電・売電ライセンス取得については、参考となる。

Bondo 村の選定理由

- ・ ムランジェ県は森林保護区となっており、加速している森林伐採活動を抑制する為
- ・ 年間を通じて Lichenya 川より発電に必要な水量が得られる為
- ・ ESCOM のナショナル・グリッドラインが延伸している地域から 10km ほど離れており、当面送電線網の延伸が望めない為

戸別電化に向けた初期費用と売電方式

- ・ ユーザーは MEGA に対し、配電線の家屋への引き込み、接続費用として MWK5,000 (783 円) を支払う
- ・ MEGA は安全配慮の為、配電線の家屋に接続する前に、屋内配線、ソケットそしてブレーカーが適切に設置されているか確認し、基準を満たしていれば、認証書を発行し配電線の家屋へ接続する
- ・ 電力料金は電力メーター（南ア製）を用いたプリペイド方式を採用し、電力価格は MWK500/7.5 units (78 円) で販売している（1 unit により 14W の LED ライト 1 個を 24 時間照らすことが可能）⁸

小水力発電所設置許認可取得

- ・ 発電ライセンス取得に際しては、必要書類を MERA へ提出後、MERA 検査官による審査を受けた。審査のポイントは、①電柱の品質、電線を張る高さ、②電線の品質、③変圧器の仕様、④送電線の敷設状況の妥当性などである。
- ・ 発電事業者は、水力発電のための河川水を利用する為に、事前にリロンゲに本部機能を置く水資源管理委員会 (Water Resources Board) へ所定の書類を提出の上、取水許可 (Water Abstraction Permit) を取得する必要がある。書類審査の後、同委員会は、取水予定サイトへ検査官を派遣し現行の河川利用権の所在や利用のされ方につき確認した上で、同許可を付与するか最終判断する

村落電力委員会の運営

- ・ 村落電力委員会 (Village Electric Committee) を設立し、毎週水曜日にメンバーが協議を行っている。主たる協議事項は下記のとおりである。
 - 電力料金を無料にすべきか、料金設定など
 - 水路利用を巡るトラブル（水路からの漏水被害：水路から 1m 以内で耕作することで、水路壁が損傷し易くなる。これを予防するために住民からの理解を得たり、バティバという地盤を強化させる樹木を植えたりするなどの活動を実施）
 - 水路用地を巡る補償金支払い問題

⁸ 1kW あたりの電力価格は、家庭向けで MWK64.52 (10 円)、商用で MWK105.26 (17 円) である。ESCOM の 1kW 当たりの発電価格が 0.6 米ドル/kW(67.6 円)であるのに対し、MEGA のそれは 0.9 米ドル(101.4 円)とやや割高となっている。

農村電化の裨益効果・インパクトの事例

- ・ 電力は、村内の小・中学校、保健センターなどの公共施設の照明などとして使われている他、一般家庭内における照明、家電製品（テレビ、ラジオ、冷蔵庫等）の電源として活用されている。また、電化により、小規模な商業活動が促されており、村内には活気がみられる（例：床屋、ミニショップ、かき氷屋、CD/DVD コピー屋、簡易シネマ、バーなど）
- ・ 電化が促した肯定的な変化としては、同村の小・中学校全体の成績が向上し、落第生数が減少したことである。これは、児童たちの学習意欲が刺激され夕方、自宅や学校にて勉強をする機会が増えたことと関連付けられている

プロジェクト実施上の課題と対処方法（用地取得問題）

- ・ 用水路と発電所として使用されている用地は、本プロジェクト開始当初に、村内の受益者が保有していた一部の私有地を MEGA へ「譲渡」されることで確保されていた。しかしこれらの用地は、地主・MEGA 関係者間の「口約束」により譲渡されたものであった為、法的には用地所有権は MEGA に移転されていない。その為現在、MEGA は使用している用地の地主たちとの間で補償金の支払いに向けて協議を行っている（※私有地ないし共有地をプロジェクトサイトとする場合、書面で合意内容を取り交わしておくことが必要となる）

MEGA の将来の発電・買電計画

- ・ 2017 年 1 月時点でユーザー数は約 300 世帯であるが、発電・買電ビジネスとして利益を出していくためには顧客数を 3,000 世帯まで増加させる必要がある。2017 年末には、顧客数 1,000 世帯へ引き上げる目標である
- ・ 現在、Upper Bond の上流に、700 万米ドルを投じて、総落差約 250m、発電容量 3~5MW の水力発電所を新設する計画である。余剰電力は、ESCOM へ売電する構想となっている



マイクロ水力発電プロジェクト
(スコットランド政府による援助)



Lichenya 川の取水エリア

	
<p>水路壁面に亀裂が入り、漏水している</p>	<p>発電用に建設された水路 (全長：628m、流量は毎秒約 200ℓ)</p>
	
<p>総落差：約 52m</p>	<p>ペルトン式水車と発電機 (60kVA)</p>
	
<p>送配電線</p>	<p>村内の小・中学校および保健センター の照明としても活用</p>
	
<p>配電線が接続されている家屋 (屋根にはパラボリアンテナが設置されている)</p>	<p>冷蔵庫、テレビ、照明などを給電</p>

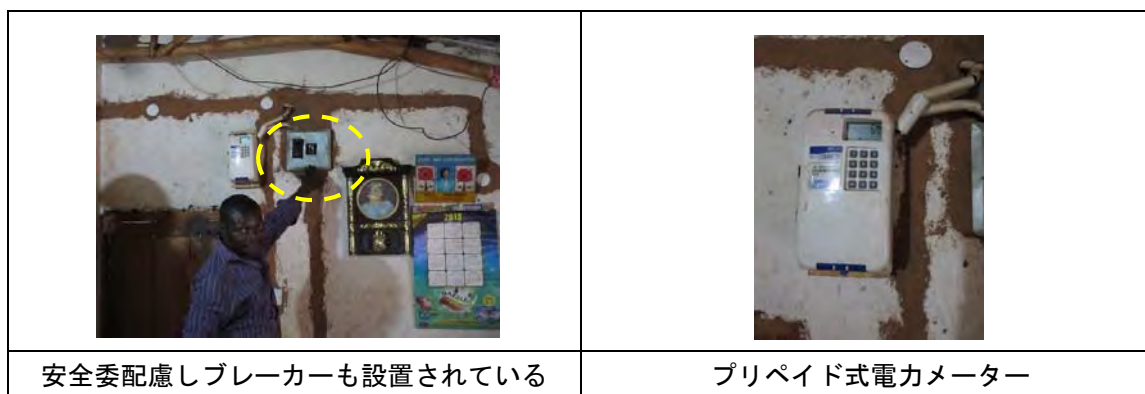


写真 1-1 小水力発電事業の概況（ムランジェ県 Bond 村）

（４） Hivos (Humanist Institute for Cooperation)

オランダの国際 NGO Hivos は EU 援助資金を受託し、2016 年から 2 年間の予定で未電化農村における「ソーラーキオスクプロジェクト」を 6 村落（チクワワ県、ニサンジャ県他）において実施している。同プロジェクトでは、蓄電池付太陽光発電設備（発電容量：2.6kW）、インバータ、バッテリーチャージャー、バッテリー、LED ランタン、パソコン（インターネット設備付）、冷蔵庫を対象村落へ供与することを通じて、以下の目標達成を目指している（写真 1-2）。

- ・ 各世帯の電化によりベーシックヒューマンニーズを満たす
- ・ パラフィンや灯油ランプ使用コストを削減し、また同ランプ使用による呼吸器系の健康被害を軽減する
- ・ パソコンの導入によりマイクロビジネスの振興（CD、DVD への音楽データの焼き付け等）、情報へのアクセス向上を図る（使用料金は MWK500/h≒78 円）

1 対象村落あたりの初期投資額は 59,000 米ドル（約 665 万円）であり、同金額には、再生可能エネルギー資機材調達費、充電ステーション建設費、技術コンサルティング費用、トレーニング費用等が含まれている（海外から調達した資機材は、全て免税措置を受けている）。プロジェクトの実施は、Hivos の業務委託先となる現地再生可能エネルギー業者 2 社（Sonlite Solar、The Sunpower House）に委託されている。「Build-operate-transfer (BOT)」方式を採用しており、業務委託先は、プロジェクト全体のデザイン～機材設計～調達～設置～運営に向けた対象村落の組織化～運営・マネジメント人材の育成も行う。機材設置後、3 年間に渡り各村内に設置された村落電力委員会（Village Power Committee）と共にソーラーキオスクの運営に携わる責務を負っている。

携帯電話の充電 USB ポート付の LED ランタン 500 個（調達単価：約 50 米ドル、フランスのシュナイダーエレクトリック社製）を配布し、想定裨益者規模は、500 世帯/村である。最大 200 個を同時に充電できる仕様となっており、一回当たりの充電料金は MWK50（8 円）に設定されている（現地での市中における携帯電話充電料金は MWK100（16 円））。

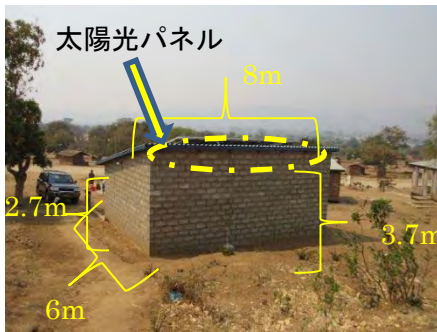



	
<p>充電ステーション建屋の上に 2.6kW の太陽光パネルを設置</p>	
	
<p>一度に 200 個の LED ランタンの充電が可能</p>	<p>1 基当たりチャージャーで 10 個の LED ランタンの充電が可能</p>
	
<p>3 段階の明るさに調節可能 (シュナイダーエレクトリック社製)</p>	<p>携帯電話の充電 USB ポート</p>

写真 1-2 オランダ Hivos による Solar Kiosk プロジェクト (南部州チクワワ県 Chipula 村)

(5) FISD

FISD⁹は、英国の NGO・Practical Action が EU から受託した資金により「マ」国内 4ヶ所の未電化地域における電化プロジェクトの実施を受託している。設置予定のミニグリッドシステムは、発電出力 15~30kW で、その用途としては灌漑用ポンプの駆動に主眼が置かれており、それ以外に病院、学校、ビジネスセンターの電源となっている。図 1-7 は、「マ」国南部ニサンジェ県のシレ川下流 (Lower Shire) で設置された発送配電システム概念図である。

⁹ マラウイ地場系の再生可能エネルギー設備工事会社である。灌漑用の太陽光発電水中ポンプシステムを製造・販売している。灌漑用水路の設計から施工まで可能な業者である。

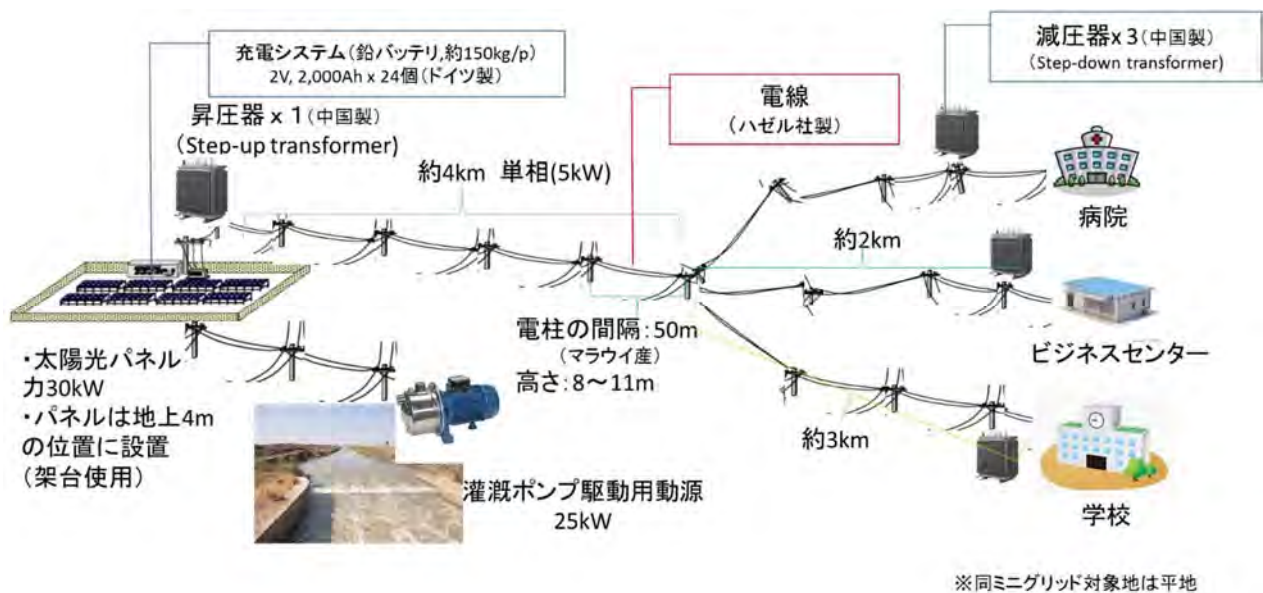


図 1-7 FISD 受注の Mini-grid 発電・送電システム概略図

ミニグリッドシステム設置に当たっては、システム全体のデザインと各機器や付帯設備（発電規模、送電線敷設距離、変圧器、電柱の高さ、電線の品質等々）につき記載した書類を MERA へ提出し、審査を受ける。MERA は、規定基準を満たしたのかにつき書類審査し、設置許認可を与える。安全基準などを満たしていないと判断された場合は、修正の上再提出する。設置後に、MERA 検査官による検査が行われる。

1-4-3 村落電化に向けた援助プロジェクト分析と提案システム導入メリット

これまでに実施されている我が国および他の援助機関による小規模な再生可能エネルギーを活用した地方電化、特に村落電化プロジェクトは（MEGA による未電化村落における小水力発電システム導入の試みを除き）、太陽光発電システムの導入・普及が目的であった。太陽光発電システムは、導入後の維持管理が比較的容易である一方、十分な日射量が得られない雨季中には発電量が著しく低下する。

この短所を補う為に、提案システムでは、マイクロ水力発電機と組み合わせ、更にバッテリー等を追加することにより雨天時でも安定して発電、充電が可能となり、安定してバッテリーあるいは充電式ランタン等への充電サービスを行うことができる仕様となっている。また、乾季中の河川流量低下に伴い安定した水力発電量が得られない場合でも、この短所を太陽光発電システムが補完することができる。このように「マ」国の気象条件に左右されずに安定した発電を行うことが可能な蓄電池付ハイブリッド給電システムを、同国の未電化村落電化のツールとして提案していくことは、これまで援助プロジェクトの成果を進展させていくことにも繋がると考えられる。

1-5 ビジネス環境の分析

1-5-1 一般

「マ」国での投資許認可は、リロングェ市内のマラウイ投資・貿易センター（Malawi Investment and Trade Centre：以下、「MITC」という。）へ申請を行ってから認可に5営業日を所要する。MITCは、ビジネスを行う上で取得が求められている種々のライセンスを一元的に許可することができる。マラウイ再生可能エネルギー戦略（案）に示されているとおり、「マ」国では再生可能エネルギー設備の導入を推進しており、再生可能エネルギー関連資機材の免税措置を行っている。

1-5-2 オフグリッド発電事業環境と事業許認可制度

「1-3-2 地方電化と再生可能エネルギー開発に関連した政策・法律と組織制度の概況」にて述べたとおり、「マ」国では、再生可能エネルギーを含む発電事業の実施に際しては MERA より、事業認可を受けることがエネルギー規制法（The Energy Regulation Act）において規定されている。

再生可能エネルギー発電ライセンス（Renewable Energy Technologies License）取得に際しては MERA へ提出された「ライセンス申請書」（Application Form for License）は、図 1-8 の審査過程を経て認可される（申請料：MWK10,000（1,566 円））。

Malawi Energy Regulatory Authority (MERA) Licensing Process

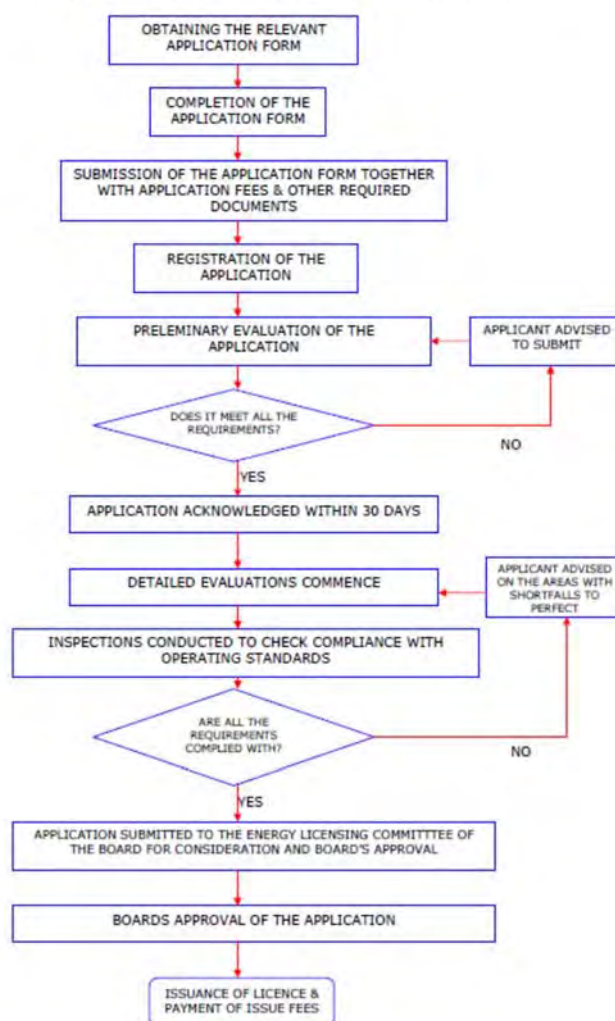


図 1-8 エネルギーライセンス取得手続きフロー

出典：MERA ホームページ(www.meramalawi.mw/index.php/licensing/how-to-apply/send/4-how-to-apply/1-how-to-apply)より転載

グリッドへ連結しない独立電源用 (Isolated Grid Systems Combined Generation and Distribution (Part C 27th April 2012)) の発電ライセンスは、表 1-5 のとおり 3 区分された発電容量に応じた料金が課せられ、2MVA 以下の場合、10,000 米ドル (約 113 万円) となっている。

また、自家用発電設備であっても出力 20kVA 以上の発電設備は MERA の設置登録認証を受けることが求められている。

表 1-6 発電量別 発電ライセンス料金（独立電源用）

カテゴリー	発電容量	料金
Category 1	中型発電機：10MVA～50MVA 以内	25,000 米ドル
Category 2	小型発電機：2MVA～19 MVA	15,000 米ドル
Category 3	超小型発電機：2MVA 以下	10,000 米ドル

出典：MERA ホームページ資料

（www.meramalawi.mw/index.php/licensing/schedule-of-fees/download/6-schedule-of-fees/42-licence-application-fees-for-electricity-licences）を基に JICA 調査団作成

表 1-5 の規定が存在する一方、DoE および MERA に対し、独立型ミニグリッド発電設備に関し、規制を行っているか以下の確認を行った。

- ミニグリッド発電設備設置に関しては、MERA としては最低限の品質基準を満たしているか等を確認する
- 設置予定機材が Electricity Acts に則っているかにつき確認する必要がある為、発電計画書や設置予定発電機材の仕様書などの書類の提出が求められる
- 安全基準を遵守し、発電機器・システムを設置できるか（例えば、適切な電柱やケーブルの高さ、被覆された送配電線の使用、家屋内での安全に配慮した配線を行うなど）プロジェクトの持続性があるか、が確認される
- 環境に配慮された機材・システムであるか、が確認される

1-5-3 再生可能エネルギー関連機材製造・販売・設置業者

(1) 現地業者

再生可能エネルギー関連資機材（太陽光パネル、バッテリー類、インバータ、充電器、直流式家電製品など）の販売業者は以下のとおりである（表 1-7）。

表 1-7 マラウイにおける主な再生可能エネルギー機材製造・販売・設置業者

No.	業者名	事業分野	所在地
1	Turbine Development Enterprise (TUDE)	ピコ/マイクロ水カタービン製造・据付・運用・維持管理指導	Mzuzu
2	Solair Corporation	太陽光発電設備、バッテリー、インバータ、充電器、DC家電、ケーブル類などの販売	Lilongwe
3	Shinestar Electronics and Cellphones	太陽光発電設備、バッテリー、インバータ、充電器、DC家電、ケーブル類などの販売	Mzuzu
4	Global Solar	太陽光発電設備販売・据付・運用指導	Blantyre
5	Gestetner	蓄電池付太陽光発電設備設計・設置など	Blantyre、Lilongwe、Mzuzu
6	Sonlite Solar	蓄電池付太陽光発電設備設計・設置など	Lilongwe
7	The Sunpower House	蓄電池付太陽光発電設備設計・設置など	Lilongwe
8	FISD	太陽光・小水力発電設備設計・設置、灌漑ポンプ設置	Lilongwe
9	Team Planet	太陽光発電資機材販売	Lilongwe
10	Mulanje Electricity Generation Authority (MEGA)	小水力発電設備による発・送・配電サービス	Mulanje

出典：JICA 調査団作成

(2) マラウイ国際見本市への出展を通じた提案システムの PR

第2次現地調査中の2017年7月27日から30日までの4日間に渡り、マラウイ商工会により開催された国際見本市（Malawi International Trade Fair：MITF）に出展し、潜在的ビジネスパートナーを追加発掘すべく提案システムのPRを実施した。提案システムの主たるアピールポイントは下記のとおりである。

- オフグリッド用の自立分散型電源システムであること
- マイクロ水力と太陽光発電を組み合わせたハイブリッドシステムであること
- 蓄電装置とその制御機構を備えていること
- ユーザーは自身のバッテリーを充電する仕様となっていること
- 送電・配電線を設置しない給電方式であること
- 設計・機器構成ともに日建（日本企業）によるものであること

その結果、通信や銀行ATMを運営する複数の企業から「停電時のバックアップ電源として使いたい」とのフィードバックを受けた。マラウイの電力事情の悪さがビジネスに与えている負の影響は、調査団が想像していたよりもはるかに深刻であることが浮き彫りとなり、地方電化のみならずビジネス分野においても提案システムへの関心度とニーズの高さを改めて確認するに至った。また、既に市場に流通しているコンポーネントを組み合わせると同様のシステムを自身で構築できないのかとの質問をしたところ、「良品と粗悪品の区別が難しく手が

出せない」との共通見解が示された。反対に《日本製》への信頼度は高く、提案システムの良さが実証できればビジネス分野においても機会が増えるものと結論付けることもできると考えられた。

(3) 再生可能エネルギー関連資機材の流通状況（写真 1-3）

リロングエおよびムズズ市内には、再生可能エネルギー発電資機材販売店が少なくとも 6 店舗存在していることを確認した。

太陽光パネル（南ア製、中国製が主）、バッテリー（大容量：400 米ドル（約 4.5 万円）、自動車用バッテリー：55-70 米ドル（6,200-7,900 円）、インバータ、充電器および直流式家電製品（LED 電球、扇風機、冷蔵庫など）が店頭で陳列されている。また、ケーブル類、バッテリークリップ類なども販売されており、提案システムの一部については現地調達が可能であることを確認した。

	
再生可能エネルギー関連の資機材販売店	各種太陽光パネルが店頭販売されている
	
蓄電用大型バッテリーからバイク用バッテリーまで各種取り揃えている	
	
LED ランプ	

写真 1-3 リロングエ市内の再生可能エネルギー関連資機材販売店

(4) ピコ／マイクロ水力発電システム製造業者の組織概要と納品実績：TUDE（写真 1-4）

Turbine Development Enterprise（以下、「TUDE」という。）は、ムズズ市内に拠点を置くピコ／マイクロ水力発電システムの設計・製造・据付業務を行っている事業者である（資本金：35,000米ドル（約400万円））。TUDEは2014年7月に登記されているが、2000年よりカタベイ県やルンピ県の未電化村落を中心に、ピコ／マイクロ水力発電システム（0.6～5kW）の普及活動をしており、延べ58ヶ所へ同システムを納入・設置した実績を有する（2017年10月時点）。

現在の主たる事業内容は下記のとおりである。

- ピコ水力発電システムの F/S
- タービン、発電機および付帯設備の設計・設置業務
- バッテリー充電サービス、バッテリーリサイクル
- 溶接及び機械加工業務
- 車両修繕・改造

・従業員数：4名

（旋盤工：2名、電気技師：1名、溶接工／バッテリーリサイクルサービス：1名）

・年間売上高：約9,000米ドル（約100万円）

・保有機材：旋盤機械（2台、2m及び1.5m）、研磨機（1台）、ボール盤（1台）、溶接機（1台）他工具類

	
<p style="text-align: center;">TUDE 工場外観</p>	<p style="text-align: center;">電気溶接機</p>
	
<p style="text-align: center;">変圧器のコイル</p>	<p style="text-align: center;">フランジ付きチェックバルブ</p>





	
<p>組立中のクロスフロー水車</p>	<p>組立中のペルトン水車</p>
	
<p>機械加工用の旋盤</p>	<p>完成したペルトン水車 吐出 70 ㍓ / 分</p>

写真 1-4 TUDE 工場敷地内と製作中のタービン

第2章 提案企業の製品・技術の活用可能性及び海外事業展開の方針

2-1 提案企業の製品・技術の特長

2-1-1 提案製品・技術を取り巻く国内外の現況

(1) 日本国内の現況

日本の環境省・小水力発電サイトにおいて、明確な定義はないものの一般的にはマイクロ発電とは 100kW 以下の発電能力とし、1kW 以下の発電能力のものを「ピコ発電」と呼称している。マイクロ発電を含む水力発電の歴史は古く、水力で発電機を回転させ、電力を生み出すというシンプルな構造により、水利があれば、用水路、小河川、道路脇の側溝の水流、水道等、様々な水流を利用して発電を行うことが出来る。さらに、河川等の水力エネルギーを利用することから自然環境への負荷が少ない利点がある。他方、日本においては発電所設置等における許認可及び環境配慮等、許認可の対象が設置の弊害となっていたが、20kW 未満のマイクロ発電は許認可の対象が外れ、日本各地でも見られるようになった。マイクロ水力発電は、河川や水路を利用し、目標とする出力を発電する為にはそれに似合うだけの流量と落差を必要とする。

落差の差の最下限は 1.5 から 2m 程度であり、落差及び流量により発電機の種類（開放周流形水車・螺旋水車等）が決まることが一般的である。

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災に続く福島第一原発事故以降、我国はエネルギー政策の大きな見直しを迫られ、太陽光発電や水力発電等、安全でクリーンな再生可能エネルギーを使用したスマートグリッドによる電気の地産地消を目標の一つに掲げている。こうした現況の中、国内企業と大学による



マイクロ水力発電の開発が加速し、農業用水路や河川に設置されつつある。また、太陽光発電と蓄電システムを組み合わせた非常用バックアップ製品の開発も急速に進んでおり、一般家庭のみならず農業用地、都市のオフィスやビルにも設置されている。提案システムは、マイクロ水力と太陽光の欠点（水量不足あるいは日照不足）を相互に補完するための設計とした。さらに電力を蓄電し、送電線が無い場所でも電気を利用できるように工夫したものが「自立分散型電源給電システム」である。さらに、提案システムを運用するための手段（具体的には課金システムの導入指導）を含めた提案を行える画期的な製品として位置付けられる。

ちなみに欧州では、脱原発路線への方針転換を打ち出す中、自然環境等の条件が揃えば、類似システムの再生可能エネルギー利用が盛んである。

(2) 「マ」国の現状

また、先進国だけでなくアフリカを中心とした開発途上国においても再生可能エネルギーの有用性が見直され、積極的な導入・活用へ向けた動きが活発化し、国連気候変動枠組条約締約国会議（COP）にて Africa Lighting Initiative が打ち出されたことを受け、ますます再生可能エネルギーの利用が注目されている。

「マ」国の市場では、「1-4-2 他ドナーによる電力セクターへの支援」のとおり、国連開発計画マラウイ事務所（UNDP Malawi Office）等が太陽光発電等の再生可能エネルギーを村落電化に参画している。

また、「1-5-3 再生可能エネルギー関連機材製造・販売・設置業者」のとおり、「マ」国市場では中国、インド製等の太陽光パネル、バッテリー、マイクロ水力発電機、LED ランタン等がばら売りされている。価格は日本製と比較すると安価に設定されており、品質等が不均一であるものの、現地店によれば販売は好調であり、今後もこれらのニーズは見込めるとのことである。しかしながら、各製品の品質が不均一という問題よりも、提案システムのように地方に住む農村地域の住民向けに、製造、品質管理、設置、発電能力、蓄電及び技術指導等をトータルで実施できるものは存在しない。

2-1-2 蓄電式マイクロ水力-太陽光ハイブリッド発電システムを提案する事由

本システムを提案する事由は、調査対象である「マ」国北部州のカタベイ県の未電化農山村の課題解決に適したシステムと考えるからである。これらの農山村は、表 2-1 に挙げるような地理的・社会的な特徴があり、持続性を確保する上では提案システムのように、ユーザー主体のメンテナンスが容易で環境に配慮された、維持管理費の為に資金を確保できる仕組みを備えた自立分散型の電源システムを導入する事が求められている。

表 2-1 北部州ムズズ市郊外の農山村の特徴

特徴	制約	求められる対応策
① 村民（＝エンドユーザー）は、小規模農家の出身者	<ul style="list-style-type: none"> ・ 専門知識を持つエンジニアが育成されていないため、基本的なメンテナンスの実施が難しい ・ 所得が低く維持管理の為に費用を確保するのが難しい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 作動システム、機器構成を簡素化し、持続性確保の為にメンテナンスを容易にする ・ 専門知識を有するエンジニア育成し、維持管理組織を立ち上げる ・ 少額の課金充電による維持管理費を確保する仕組みを立ち上げる ・ 維持管理の予算確保のために村落電化委員会を設立する

② 多様な河川形態	<ul style="list-style-type: none"> ・サイト毎に流量、落差を初めとする物理的な条件が異なり、マイクロ水力発電システムの汎用性が求められる ・サイト毎にマイクロ水力発電システムを設計しなければならず設計費用が嵩む 	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽光発電と組み合わせることによって、必要な出力を確保する ・汎用性を備えたマイクロ水力発電システムを導入する
③ 急峻で勾配に富んだ地形、高台に離散した家々	<ul style="list-style-type: none"> ・長距離を送配電し、各世帯へするには不向きな地形 ・送電・配電線や昇圧・減圧トランスなどの付帯設備と設置工事にかかるコストが嵩んでしまうため、各々の世帯への給電は困難 	<ul style="list-style-type: none"> ・学校や診療所、公民館など、村民が集まる場所に発電・充電ポイントを集約し、送配電の距離を可能な限り短くする ・蓄電方式を採用した充電ステーションを設置することで工事費を抑制する
④ 明瞭な乾季と雨季	<ul style="list-style-type: none"> ・水量の季節変動が大きい。乾季には、マイクロ水力発電のみでの安定した給電は困難 ・反対に曇り日の多い雨季には、太陽光発電のみでの安定した給電は困難 	<ul style="list-style-type: none"> ・システムをマイクロ水力と太陽光とのハイブリッドとすることで、乾季と雨季を通して安定した給電を実現する ・蓄電方式を採用することでさらに給電を安定化する

提案システムは、次に示すとおり上記の制約をクリアすることを念頭に提案企業が開発したシステムである。

2-1-3 提案システムの概要

図 2-1 ならびに図 2-2 に示す提案システムは、開発途上国の未電化農山村向けに提案企業が考案した自立分散型電源システムである。太陽光パネルとマイクロ水力による発電をハイブリッドし、さらに蓄電装置を組み込むことによってより安定した給電を可能とする仕組みとなっている。ユーザーは蓄電装置の設置されている充電ステーション内で LED ランタンとバッテリーを充電することができる仕様となっている。

(1) 提案システムの軽微な変更点

当初の提案システムでは、バッテリー 200 個を充電できる仕様としていたが、調査の結果を受けて、図 2-1 のとおり市販 12V 鉛バッテリー⑫を 5 個、LED ランタン 200 個を充電する仕様へ変更することとした。主たる充電対象は LED ランタンへ変更するものの、発電ならびに蓄電システムの構成機器と作動システムに変更はない。以下に仕様を変更するに至った主な理由を示す。

- ◇ バッテリーにより電化している比較的裕福な世帯は、全体の 5 から 10%とむしろ少数派で、提案システム導入による被益者数が少なくなってしまう。
- ◇ バッテリー充電のみを想定した場合は、維持管理のための資金を貯蓄するために 1 回あたりの充電に MWK500 (78 円) 以上を課金することになり、低所得者層にとっては高いものになってしまう。
- ◇ 調査対象地域では、夜間の照明と携帯充電が村落のニーズの大部分を占めているおり、パワーバンク機能を有する LED ランタンを導入することは、これらのニーズに合致する。LED ランタンは連続で約 20 時間の点灯が可能で、パワーバンクとして使用する場合は満充電時には、携帯電話を 2 回充電できるだけの容量を有する。
- ◇ LED ランタンの充電にかかる課金を MWK100 (16 円) 程度とバッテリー充電料金より安価に設定し、配布個数を調整することで、バッテリーを充電できない低所得者層もユーザーとして取り込むことができる。
- ◇ LED ランタンは配線やスイッチ等を設置する必要がないので、専門知識がないユーザーでも安全簡単に使用できる。バッテリーよりも計量で持ち運びが容易、山岳地帯での持ち運びにも適している。例えば、夜間の移動の際の証明としても使える。

(2) 提案システムの機能等の概要

提案システムの機能と仕様は、現地調査の結果を踏まえ、また将来の実証事業とビジネス展開をも想定して下記のとおりとする。

- 太陽光パネル①とマイクロ水力②で発電した電気は、それぞれ充電コントローラ⑥⑦を介してメインバッテリーに⑧に蓄電され、その後にバッテリー充電器⑩と LED ランタン充電器⑭から充電に使用される。
- 充電されるバッテリーは、市販の 12 ボルト鉛バッテリーを想定しており、ユーザーが既に使用しているバイクや自動車に使用されているものを最大で 5 個同時に充電できる仕様とする。
- 充電される LED ランタンは、日本国内に流通し、いわゆる予備電源としてのパワーバンク機能を有するものを想定しており、最大で 200 個同時に充電できる仕様とする。
- 簡素化された作動システムと機器構成は、メンテナンス性と現地技術者の育成にも配慮された設計となっている。
- メインバッテリーへの蓄電と、市販の 12 ボルト鉛バッテリーならびに LED ランタンによる給電で、オフグリッド地域においても長距離の送電・配電線を設置せずに、各世帯への簡易的で安定した給電が可能となっている。
- ユーザーは配電線、メーター、スイッチ等の電装品を購入するための初期投資に掛かるコストを支払う必要がない為、導入されやすい。

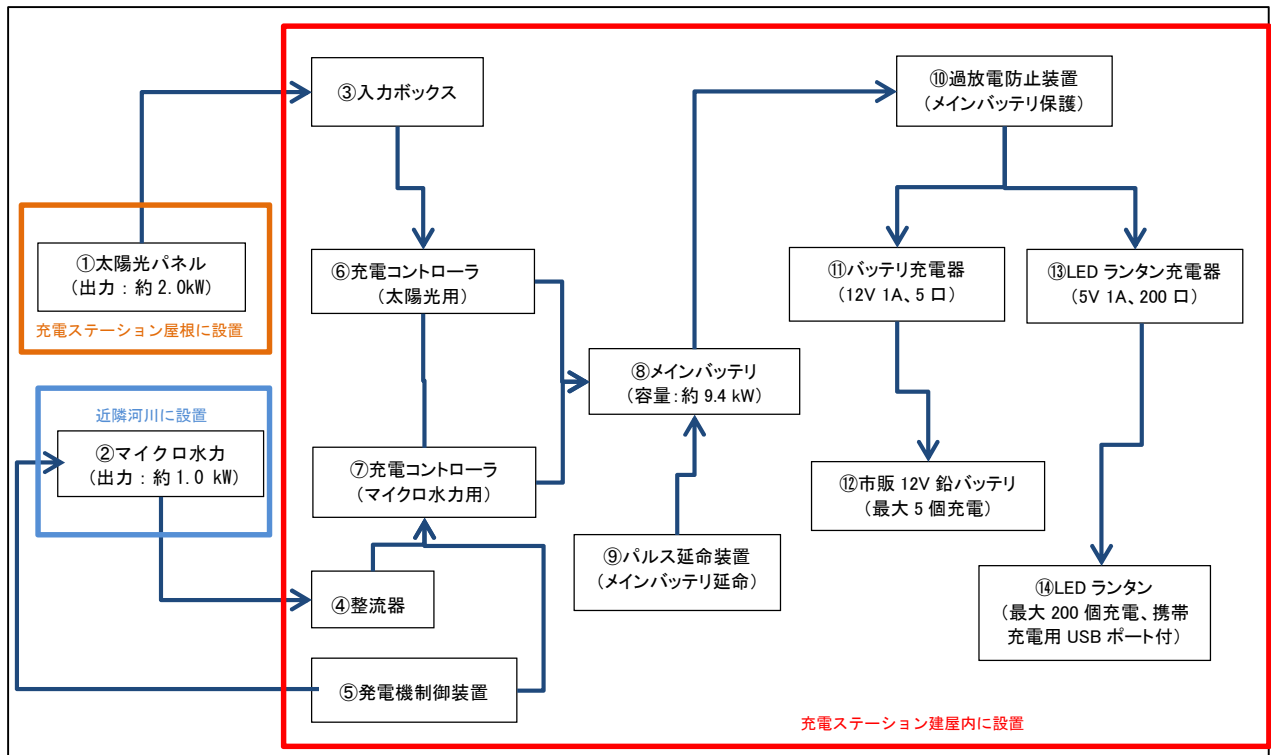


図 2-1 蓄電式マイクロ水カー太陽光ハイブリッド発電システム概要

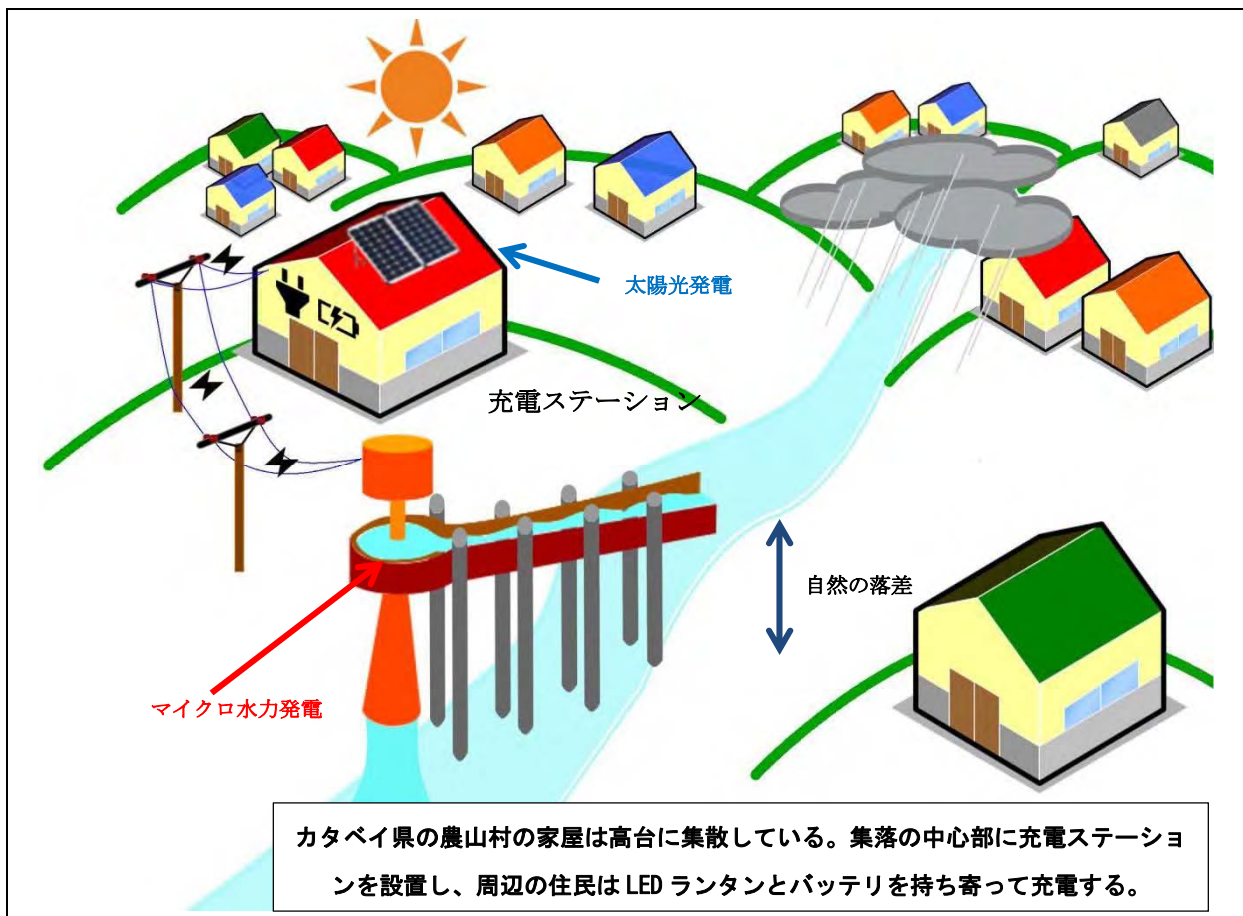


図 2-2 未電化農山村における提案システムの設置イメージ

2-1-4 製品・技術のスペック

表 2-2 に示すとおり、提案システムは、作動システムと機器構成が簡素化されていて、現地技術者による運営・維持管理を前提としたメンテナンス性に優れた構成となっている。提案システムを構成する各コンポーネントについての詳細は表 2-2 のとおりである。

表 2-2 提案システムの主要コンポーネント概要

コンポーネント	機能及び概要等
① 太陽光パネル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 太陽光発電 ・ 出力約 2.0kW ・ 充電ステーション建屋の屋根に設置 ・ 発電された電気はメインバッテリーへ蓄電される
② マイクロ水力発電機	<ul style="list-style-type: none"> ・ 平均出力は 1kW 前後、1.5m 以上の落差で発電 ・ 上流からパイプや木製の水路を引いて十分な落差を取って設置 ・ プロペラが露出する開放型であるため、ゴミが絡みにくく、水中の土砂による摩耗にも強い構造 ・ 除塵スクリーン、沈砂池等の付帯設備の設置が不要となり、定期的な掃除と水中ベアリングの確認、発電機の掃除の他は、ほぼメンテナンスフリーな仕様 ・ 発電された電気は、メインバッテリーへ蓄電
③ 入力ボックス	<ul style="list-style-type: none"> ・ 太陽光パネルで発電された直流電流を安定化、充電コントローラ⑥へ送る ・ 電流の逆流防止
④ 整流器	<ul style="list-style-type: none"> ・ マイクロ水力で発電された交流電流を安定化、充電コントローラ⑦へ送る
⑤ 発電機制御装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ マイクロ水力の発電機の制御
⑥ チャージコントローラ 1	<ul style="list-style-type: none"> ・ 太陽光パネルからメインバッテリーへの充電制御 ・ 過充電防止
⑦ チャージコントローラ 2	<ul style="list-style-type: none"> ・ マイクロ水力からメインバッテリーへの充電制御 ・ 過充電防止
⑧ メインバッテリー	<ul style="list-style-type: none"> ・ 容量約 9.4kW 程度で深い充放電に強いディープサイクルで使用する鉛バッテリーで構成 ・ 通常 3 年ごとに交換が必要となるが、安価な現地調達品で代用可能
⑨ パルス延命装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ メインバッテリーの延命 ・ サルフェーションによるバッテリーの蓄電能力の低下を遅らせる。
⑩ 過放電防止装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ メインバッテリーの過放電を防止する

⑪ 充電器	<ul style="list-style-type: none"> 市販の鉛バッテリー用の 12 ボルト充電器 ワニ口クリップ x 5 口
⑫ バッテリー	<ul style="list-style-type: none"> 自動車、バイクで使用されているバッテリーとする
⑬ LED ランタン充電器 (5V 1A、200 口)	<ul style="list-style-type: none"> LED ランタン用の 5 ボルト充電器 マイクロ USB x 200 口
⑭ LED ランタン (最大 200 個充電、携帯 充電用 USB ポート付)	<ul style="list-style-type: none"> 日本国内で流通する LED ランタン 連続点灯時間は 20 時間 パワーバンク機能付で携帯電話の充電にも使え、満充電では携帯電話を 2 回充電できる

2-1-5 価格とコスト低減の方策

提案システムの価格は、「2 章 2-1-4 製品・技術のスペック」に機材据付費や輸送費等を加えると、表 2-3 のとおり総額 2,000 万円程度となる。

提案システムのコスト低減を実現するためには、段階的に同システム構成部位等の現地調達を試行的に繰り返し提案システムの融合を進める方法を採用することが現実的である。さらに現地調達率及ぶ現地製造を加速させると、あくまでも試算であるが「5 章 ビジネス展開の具体的計画 5-1 市場分析結果 表 5-2」のとおり 150 万円までコストを下げられる見込みである。具体的なコスト低減方法については、普及実証事業を実施しながら検証していく計画である。

表 2-3 提案システムの概算価格

		数量	単価 (単位: 円)	価格 (単位: 円)	備考
太陽光	太陽光パネル	4	101,250	405,000	太陽光パネル: 320W x 4 枚 = 1280W (小水力: 600W)、単結晶、高効率、高耐久 システム出力: 600 + 1280 = 1880W = 1.8kW
小計(A)				405,000	
マイクロ水力	タービン	1	825,000	825,000	
	発電機	1	375,000	375,000	最大出力3kVA
	ドラフトチューブ	1	150,000	150,000	
	水路	1	150,000	150,000	タービン直前の水路のみ
小計(B)				1,500,000	
蓄電装置	入力ボックス	1	75,000	75,000	太陽光側
	整流・発電機制御装置	1	840,000	840,000	マイクロ水力側
	MMPTコントローラ	2	930,000	1,860,000	太陽光 + マイクロ水力
	メインバッテリー	6	60,000	360,000	12V、250Ah x 6個
	過放電保護装置	1	35,000	35,000	蓄電機
	パルス発生バッテリー延命装置	1	34,000	34,000	シナプテック(加地貿易)、レディーパルス(バッテリー寿命が約2倍になる)
	充電器(形状マイクロUSB)	200	1,500	300,000	Output 5V 1.5A
小計(C)				3,504,000	
付帯品等	マイクロ水力設置	1	600,000	600,000	
	充電ステーション建屋までの配線	1	6,050,000	6,050,000	サイト7の滝から2kmを想定
	LEDソーラーランタン	1000	4,500	4,500,000	導入時に1,000個配布を想定、スベア250個
	充電ラック等の内装設置	1	300,000	300,000	
小計(D)				11,450,000	
輸送	梱包費用	1	480,000	480,000	ミャンマー国マンダレの実績より算出
	輸送費等	1	1,440,000	1,440,000	海上輸送: 日建→横浜港→ダルエス港 内陸輸送: ダルエス港→ムズズ市(TUDE敷地) 輸出・輸入諸掛、20フィートコンテナ x 1
小計(E)				1,920,000	
合計(F)				¥18,779,000	

2-1-6 製品・技術における特許の有無：国内、海外

提案システムは、国内外において特許は取得されていない。

(2017年11月現在、グーグルパテント検索結果。)

2-1-7 国内外のマイクロ水力関連販売実績 (2016年8月現在)

システム名	納品先・数量
蓄電式マイクロ水カー 太陽光ハイブリッド発 電システム	ミャンマー国マンダレー管区の村落へ1台納品 (2014年実績) ¹⁰
マイクロ水力発電シ ステム	山梨県内へ計6台納品 (2013-14年実績) (※国内販売元の(株)セントラル。ニューテクノロジーにより納 品)
	ミャンマー国シャン州の村落へ計4台納品 (2014-15年実績) (※外務省 紛争予防・平和構築無償) ¹¹

2-1-8 国内外の競合他社製品と比べた比較優位性

提案システムの最大の強みは、マイクロ水力発電と太陽光発電の2つの異なる発電方式を組み合わせ、さらにメインバッテリーへ蓄電させる方式を採用したことにある。日射量と河川水量の季節変動に対応しながら、安定した発電量を確保する為にハイブリッドシステムと蓄電システムを統合したことにより、ユーザーに汎用性の高い自立分散型の電源システムと安定した電源を提供することが可能となる。

提案企業では、同システムを開発・製造する上で、日本国内および「マ」国にて生産されている発電機・システムの比較・検証を行ったところ、提案システムには表2-3に示す比較優位があることが明らかになった。

¹⁰ マンダレー管区の蓄電式マイクロ水カー太陽光ハイブリッド発電システムは、三菱商事(株)と共同で実証試験を目的として納入された。対象村落の代表に機材の維持管理を委託し、現在も運用されている。三菱商事の現地スタッフを介してフィードバックを貰うことで、持続的に運用される体制を構築している。また、提案企業エンジニアによる現地渡航の際には同機材の点検を実施し、適切な管理アドバイスや修理、点検の方法を指導している。

¹¹ 発注元である(一財)日本国際協力システム(JICS)並びに三菱商事(株)の現地職員を介して、ユーザーであるシャン州の4つの村落からフィードバックを貰い、メンテナンスサービスを行っている。

表 2-4 マイクロ水力発電機他社製品との性能・価格比較

	提案システム	比較評価点	日本メーカー数社	比較評価点	マラウイ	比較評価点
維持管理性	①バッテリーの耐用年数に合せ、バッテリー等の交換が必要 ②藻などの除去はストレーナで除去できる ③プロペラ式は、藻などが絡みにくい	7	①藻などの除去を定期的に行う必要がある ②プロペラ式ではないため、水車あるいは羽根車が藻が絡みつく	6	①故障するまで使用 ②発電機出力コイルのまき直し、漏電対策が必要	8
水位	1m～	8	2m～	6	1m程度	10
設備・施設	水路(バイパスの確保)あるいは、パイプで水路を確保	7	水路(バイパスの確保)のみ	6	水路に投入	10
出力 1kW以上	1kW～3kW	6	10W～0.5kW	10	1kW	3
出力低下を補うシステム	太陽光発電装置	8	グリットとの連結あるいは単独	9	無	3
基本構造	小型のプロペラを少ない水量で回転させるため、軌道時が円滑で、回転部分のベアリングに負担がすくない	10	特殊な形状(スクリューなど)になるため、羽根が破損すると全て交換となる	6	①自転車の発電機やモーターを水流により逆回転することで電力を発生させているため簡素な構造 ②モーターが発電用ではないためベアリングの負荷や耐水性が低い ③自家製の発電機であるため発電能力が均一ではない	7
安全性	増水時に水没しても復帰が容易で安全装置も有する	8	防水性が高く漏電しない	10	①軽量であるため、移設が容易 ②被覆されていない配線のため感電の危険がある	6
価格(システム含む)	2,000万円(現地製の設定も計画している)	6	2,000万円	6	100万～400万円未満	10
課金システムの導入(将来の維持管理等費用の貯蓄)	LEDランタンの配布により現地においてコミティを結成し、費用を蓄えることに有利。コミティ結成も提案システムに含む	10	課金システム等はない	0	課金システム等はない(個別世帯での使用)	5
電圧変動	ソーラと補完系統となり、一定量の発電能力がある	10	回転により電圧が変動する	6	不安定であるため、電燈などの消耗が早い	2
総合評価点	80		65		64	

出典：(株)日建収集資料を基に JICA 調査団作成

2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

(株)日建は 2014 年以降の新海外事業として、ミャンマー国マンダレー管区（1ヶ所）、シャン州（4ヶ所）の未電化地域にマイクロ水力発電システムを納入した実績を有する。これはミャンマー政府が推進している少数民族との和平政策の取り組みの一環であり、提案企業としては地雷処理機以外の製品での平和構築ならびに人道支援を展開する新たな試みである。未電化地域にマイクロ水力を設置して電力を供給することは、地域住人の教育・通信・環境問題等を改善するとの観点から正に人道支援そのものである。本案件化調査（以下、「本調査」という。）においては、同様の思想のもとに「マ」国の未電化農山村地帯へ電力を供給しようとするものである。

2-3 提案企業の海外進出によって期待される我が国の地域経済への貢献

本調査後の普及・実証事業ならびにビジネス展開を通じて、提案企業は山梨県内の中小企業と共同で事業に必要な製品を研究開発する。具体的には、マイクロ水力発電機的设计・開発・蓄電

機・バッテリー充電装置、電気制御装置を提案企業と業務提携している㈱セントラル・ニューテクノロジーと㈱秀建コンサルタントをはじめ、県内有力企業のシナプテック㈱、㈱スミノ、㈱岩下機械、ナンシン機工㈱、JM エナジー㈱との共同開発を打診・模索する。また、公益財団法人やまなし産業支援機構、山梨大学、山梨県の産・学・官が協調して積極的に海外展開に向けた会合を開催し、「チーム山梨」としてマーケット開拓へ参画する方針であることについてもお互いに確認済みであり、この会合を通じて産・学・官の連携についてもより強固なものにできると考えている。このような状況から、会合メンバー企業の海外展開への先駆者としての務めを提案企業が負うこととしている。

このような提案企業の海外事業展開はもちろんのこと、これら活動によって蓄積された知識とノウハウを会社が所在する山梨県内へ積極的に還元することにより、新たな事業の創設や雇用の創出に寄与し、最終的には所在地域経済を刺激し地域活性化への貢献につながると考えている。

第3章 ODA 事業での活用が見込まれる製品・技術に関する調査及び活

用可能性の検討結果

3-1 提案システムの現地適合性検証方法の概要

調査団は、第1次現地調査(2017年1月7日~27日)にて、北部州カタベイ県(ムズズ市郊外)の南方に位置する山岳地帯の候補10サイトを踏査し、表3-1の調査項目・手順に基づき、各候補サイトにおける雨季と乾季ピーク時¹²のマイクロ水力発電による発電可能量、日射量、システム設置の必要条件、経済的妥当性、対象住民への裨益効果などに関するデータ収集・解析を行った(各サイトの位置を地図3-1に示す)。各サイトでは、マイクロ水力発電により得られる出力算出に必要な流量を測定する為、本邦から持ち込んだ流速計を用い、流量をモニタリングするためのデータとして、可能な限り川幅、水深、流速の測定を行った。また、調査対象河川やその周辺環境につき写真撮影を行った他、近隣の村民から得られた情報を記録した。

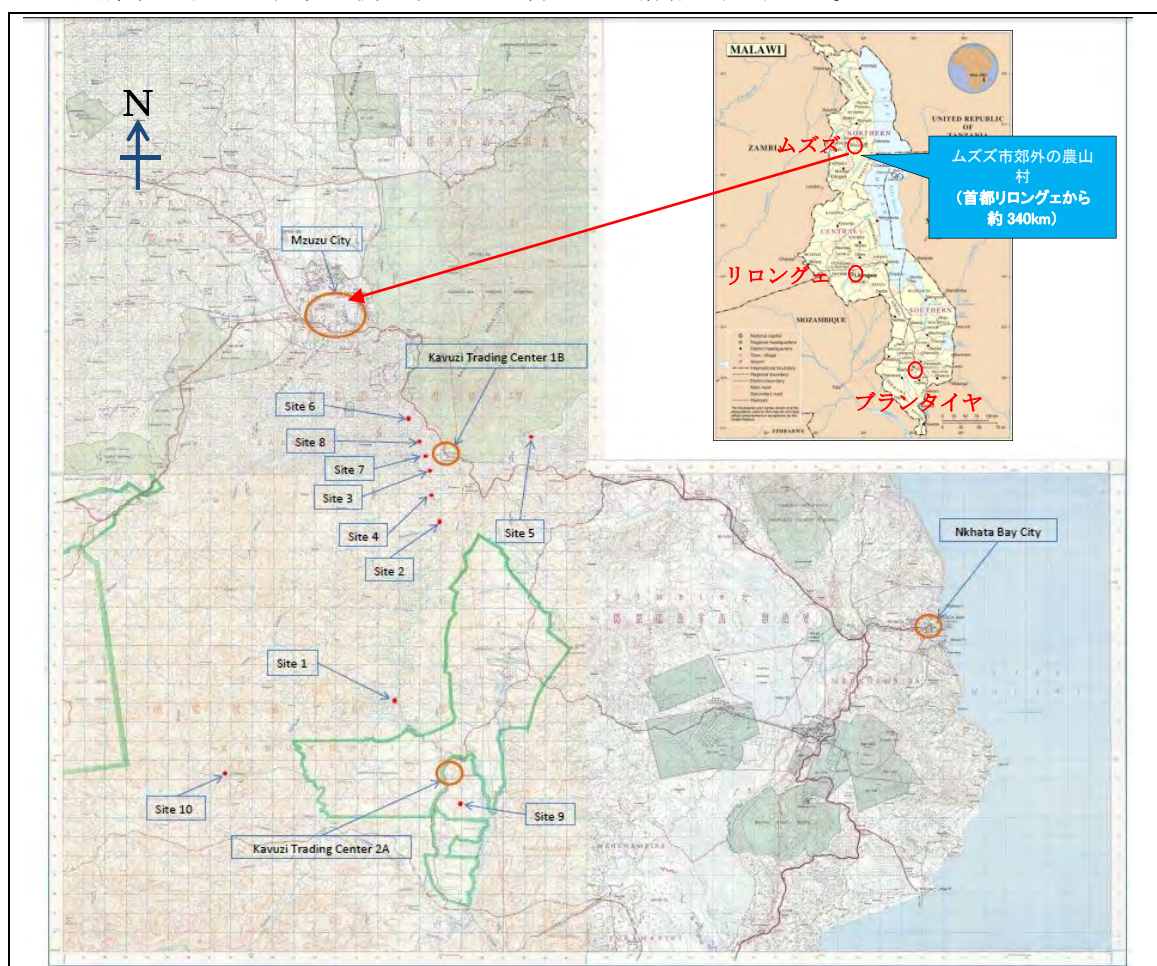


図3-1 10サイト位置図(ムズズ市郊外カタベイ農山村地帯)

出典: JICA 調査団作成 (UN Map、マラウイ政府発行の地図を改変して作成)

¹² マラウイでは、季節的な気象条件の変化に伴いマイクロ水力および太陽光による発電可能量に大きな変動が見られることが想定される。その為、現地調査中には、雨季ピーク時(1~2月間)および乾季ピーク時(8~9月間)に実施した。また、雨季・乾季の双方における河川流量測定を実施した。これにより、マラウイ、特にムズズ市郊外山岳地帯の自然条件に合致した提案システムのカスタマイズを行うことが可能となる。

表 3-1 現地適合性検証項目と手順

検証項目(関連装置)	検証目的	手段	活動内容
1. 自然・地理条件			
(1) マイクロ水力発電機設置条件			
a) 河川の流量	水力発電機の発電必要水量との合致性	川幅、水深、流速測定の実施	流速計、メジャーを用い有力4サイトの週一回の流量測定を実施
b) 最大増水時の水位	雨季ピーク時の急激な増水による水力発電機の破損リスクの検証と対応策の考案	・増水時の目視確認 ・住民へのヒアリング	・流量測定時に目視にて確認し、写真を撮影 ・現地調査にて、住民へのヒアリングを実施
c) 導水路など土木工事必要性の有無	雨季ピーク時の急激な増水による水力発電機の破損リスクの検証および乾季の水量低下時へ等への対応策の考案	・雨季・乾季を通じた流量測定の実施 ・目視確認	・流量測定時に目視にて確認し、写真を撮影する ・現地調査にて、周辺水利環境を確認
d) 河川水の水質	河川水に、タービン等を故障させる恐れのある成分が含有していないか確認	サンプル水の水質検査	・有望4サイトのサンプル水を取水し、水質検査を実施
e) 送電線設置の必要性	水力発電機設置周辺に太陽光パネル及び充電ステーションの設置適地がない場合、送電線敷設を検討する為	・目視確認 ・近隣村民へのヒアリング	・現地調査にて、適地の有無を目視確認 ・候補設置地点の土地利用・所有状況の確認
f) 最寄集落からの距離	・水力発電の盗難対策の検討	・目視確認 ・距離の測定	・第1次、第3次現地調査にて目視確認の上、測定 ・公共施設の有無の確認
(2) 太陽光パネル設置条件			
a) パネル設置可能な公有・私有地の有無	・パネル設置適地の有無、土地所有状況を確認 ・パネルの盗難対策の検討	・目視確認 ・村落代表へのヒアリング	・現地調査にて目視確認 ・ヒアリング実施
b) 発電を妨げる障害物の有無	発電出力に必要な日射量・日照時間の確保の検証	・目視確認	・現地調査にて障害物の有無などを目視確認
(3) バッテリー充電ステーション(BCS)設置条件			
a) BCS設置可能な公有・私有地の有無	・BCS設置適地の有無、土地所有状況を確認 ・BCSの盗難対策の検討	・目視確認 ・村落代表へのヒアリング	・現地調査にて目視確認 ・ヒアリング実施
2. 社会経済条件			
(1) グリッド電化計画の有無	有望サイトが、中長期的に配電線延伸による村落電化対象となっていないことを確認	・村落代表へのヒアリング ・エネルギー当局へのヒアリング、地方電化計画書の分析	・現地調査にて村落代表へのヒアリングを実施 ・DoE、MERAへのヒアリング、地方電化計画書の入手・分析
(2) 配電線により電化されている最寄地点までの距離	有望サイトが、電化地帯に近接していないことを確認	・村落代表へのヒアリング ・目視確認	・第1次、第2次現地調査にて村民へヒアリングを実施。また、サイト周辺を目視確認
(3) オフグリッド電化システム/バッテリー利用の広がり	現有オフグリッド電化・バッテリー利用状況を把握し、提案システム導入に向けた裾野の広がりを確認・分析	住民へのヒアリング	現地調査にて発電システム、バッテリー、家電製品等の保有・運用状況の確認
(4) 村落人口/世帯数とバッテリー充電利用者の確保	・バッテリー利用の裾野の広がり ・提案システム導入による裨益効果の分析	・村落代表へのヒアリング ・統計データの入手	・村落代表から該当データ入手 ・統計局ないし地方自治体より統計データ入手
(5) 世帯年収	村民が自己資金でバッテリーを購入し、定期的に充電料金を支弁できるかを確認	・村民へのヒアリング	現地調査にて村民へヒアリングを実施
(6) 公共施設の有無とBCSによる電力ニーズ	村落の学校、医療施設、教会など有無ならびに電力ニーズを確認	・村落代表へのヒアリング ・村落施設の確認	現地調査にてヒアリング、目視にて確認
(7) 村落住民組織の有無と運営状況	電力委員会の新設や提案システム導入後の維持・管理能力の有無を確認	・村落代表へのヒアリング	現地調査にて村落代表へのヒアリングを通じて、既存の各種住民組織の運営体制や運営上の課題等を確認

出典：JICA 調査団作成

同 10 サイトへの踏査を通じて提案システムの設置・運用に最も適していると判断される有望サイトの絞り込みを行い、後述の表 3-2 の踏査結果概要のとおり 4 サイトを選定した。

同 4 サイトについては、TUDE により 2017 年 2～12 月間の予定で河川の指定地点の流速測定を週一回の間隔で実施中である。加えて、これら 4 サイトの周辺村落の社会経済状況把握に向けた追加調査を実施し、提案システムの設置・運用条件への適合性や「普及・実証事業」を実施する上での課題につき確認した上で、これらの対応策の検討を行った。また、有望 4 サイトの河川よりサンプル水を取水し、日本国内に持ち帰り水質試験¹³を実施し、マイクロ水力発電機の設置に概ね問題がないことを確認した。更に、太陽光による発電可能量の算定に向けては、ムズズ大学が南アフリカの民間会社と共同で 2016 年 3 月から実施している日射観測データを、提案システム仕様をカスタマイズする為に用いた。

3-2 提案システムの現地適合性検証結果

(1) 技術の適合性概観

本調査で踏査した 10 サイト¹⁴はムズズ市内から約 16km～50km 圏内の山岳地帯 (highland) に点在しており、その内 9 サイトは Kavuzi 川の上流ないし中流域に、残りの 1 サイトは Licheremu 川の中流域に位置している。「表 3-2 候補 10 サイト踏査結果概要」に示したとおり、これら 10 サイトは、7 村落 (Mkuli 村、Chipimbiniga 村、Chamaoya 村、Chijere 村、Tambikeni 村、Chapongolera 村、Muchingalombo 村、Lucheremu 村) の村域内に点在している。同 7 村落の内、Chipimbiniga 村、Chapongolera 村、Muchingalombo 村内の一部を通過している幹線農道周辺には、メイズ製粉所、商店街 (トレーディングセンター) などが存在し、経済活動が盛んである。これらの地点は地方電化計画フェーズ 4～8 により配電網が整備された、いわゆるグリッド電化された村落である。グリッド電化された背景には、経済活動の活発化に伴う電力需要が見込み、持続的に電気料金を負担する能力が高いと判断されたことが挙げられる。

しかしながら、これらの村落において電化による恩恵を享受できている住民は、商店街近隣世帯に限定されており、全体の 1%にも満たない。また、送電線網が延伸している村落電化地域であっても、その地域住民の大部分が、電線の引き込み料金など初期費用を支払い、電力使用料金を継続的に負担する能力がないことから、電化の恩恵を受けられている訳ではないことも確認した。この為、これらの商店街や幹線農道からさらに遠隔に位置する末端農村部がグリッド電化される見込みは極めて少なく、今後も「エネルギーの貧困構造」が解消される見込みは極めて低い。

このような中、住民への聞き取り調査では、「安定した夜間照明が確保できれば販売用の籠を編むなどの副業が可能になる」、「子供達の自宅学習時間が増えて学力向上に繋がる」等の提案システムの導入に対する強い期待感が示されていることを確認した。

自然・地理条件、社会経済条件の各検証項目を個別・総合的にレビューし、「普及・実証事業」を通じて提案システムを設置・運用する観点から有望サイトとして抽出されたのが Site-2、Site-3、Site-7、Site-9 である。選定事由は下記のとおりである。

¹³ 水質試験は、東京に拠点を置く水研クリエイト(株)に委託した。

¹⁴ 調査対象村落は、合計 7 村であり、各村は複数の集落から構成されている。

- 提案マイクロ水力発電機を稼働させる上での必要流量が得られる（※Site-9 については、最低必要流量を下回る為、迂回水路の設置検討が必要と判明した）。
- 少数ながらも小規模太陽光発電システムや自作のピコ水力発電システムが設置・稼働している他、自動車／バイク用バッテリーの充電により家電製品を利用している世帯が存在している。この為、小規模な発電機器やバッテリーの取り扱い（電気機器への接続方法、蒸留水補給による維持管理作業）などには慣れており、提案システムを推進していく下地がある。
- バッテリー充電や LED ランタンに対する潜在的なニーズが高く、バッテリーや LED ランタンの充電サービス料金を支払う能力を有する住民が暮らす村落である。
- 車両および徒歩でのアクセスが比べ良好であり、パイロット電化事業の実施適地である。
- 太陽光パネルや充電ステーションの設置適地が複数存在している。
電力を必要としている公共施設が存在している。

表 3-2 候補 10 サイト踏査結果概要

Site No.	村落名	最寄集落名	村落世帯数	人口(人)	Mzuzu市からの距離(下車後徒歩/片道)	グリッド電化計画の有無	河川名	1. 自然・地理条件						2. 社会経済条件					総合評価	備考					
								(1)マイクロ水力発電機設置条件						(2)太陽光パネル設置条件		(3)CS設置条件***	(1)グリッド電化済み最寄地点までの距離				(2)オフグリッド電化システム普及状況		(3)世帯年収(MWK)	(4)公共施設の有無と電力ニーズ	(5)村落住民組織の有無
								a)河川流量[m³/s]**	b)雨季最大水位[m]	c)土木工事の必要性	d)水質	e)送電線設置必要性と設置距離	f)最寄集落からの距離	a)適地の有無	b)障害物の有無	a)用地の有無	a)発電システムの種類	b)保有家電製品							
1	Mkuli	-	137	1,096	50.4km (+徒歩約1分)	無	Kavuzi (上流)	-	2.5m	有	-	有 (約300m)	約300m	有	有	有	約10km	①太陽光発電×1台 ・携帯電話(各世帯につき1台保有) ・テレビ ・CDプレイヤー 付ラジオ ・電灯	5,000~ 200,000	小学校・教会 (ニーズ有)	有	×			
2(*)	Chipimbininga	Mchezi	350	2,800	20km (+徒歩約60分)	無	Kavuzi (上流)	雨季: 3.04m³/s 乾季: 0.45m³/s	4.0m	有	問題無	有 (約200m)	約600m	有 (民家敷地)	無	有 (民家敷地)	約5km	①太陽光発電×5台 ②ピコ・ハイドロ発電×3台 ・電灯 ・携帯電話(各世帯につき1台保有) ・テレビ×5台 ・CDプレイヤー 付ラジオ	30,000~ 200,000	小学校・教会 (ニーズ有)	有	○			
3(*)	Chipimbininga	Moseni	56	448	15km (+徒歩約20分)	無	Kavuzi	雨季: 2.77m³/s 乾季: 0.36m³/s	1.5m	有	問題無	有 (約500m)	約500m	有 (教会、民家敷地)	無	有 (教会、民家敷地)	約2-3km	①ピコ・ハイドロ発電×11台 ・電灯 ・携帯電話(各世帯につき1台保有) ・テレビ×3台 ・CDプレイヤー 付ラジオ	40,000~ 230,000	教会 (ニーズ有)	有	○			
4	Chamaoya	Limbewe	78	624	17km (+徒歩約20分)	無	Kavuzi	-	1.5m	有	-	有 (約500m)	約500m	無	無	無	約5km	無 ・電灯 ・携帯電話(各世帯につき1台保有) ・テレビ×3台 ・CDプレイヤー 付ラジオ	-	教会 (ニーズ有)	有	×			
5	Chijere	Kanduli	120	960	20km (+徒歩約20分)	無	Kavuzi	-	-	有	-	有 (約1,000m)	約1,000m	無	無	無	約5km	①太陽光発電×1台 ・電灯 ・携帯電話(各世帯につき1台保有) ・テレビ1台 ・CDプレイヤー 付ラジオ	-	無	有	×			

【次ページに続く】

Site No.	村落名	最寄集落名	村落世帯数	人口(人)	Mzuzu市からの距離(下車後徒歩/片道)	グリッド電化計画の有無	河川名	1. 自然・地理条件						2. 社会経済条件					総合評価	備考				
								(1)マイクロ水力発電機設置条件				(2)太陽光パネル設置条件		(3)CS設置条件***	(1)グリッド電化済み最寄地点までの距離	(2)オフグリッド電化システム普及状況		(3)世帯年収(MWK)			(4)公共施設の有無と電力ニーズ	(5)村落住民組織の有無		
								a)河川流量[m ³ /s]**	b)雨季最大水位[m]	c)土木工事の必要性	d)水質	e)送電線設置必要性和設置距離	f)最寄集落からの距離	a)適地の有無		b)障害物の有無	a)用地の有無						a)発電システムの種類	b)保有家電製品
6	Capongolera	Tambikeni	69	207	15km (+徒歩約20分)	無	Kavuzi (上流)	雨季: 0.44m ³ /s	1.5m	有	-	有 (約500m)	約500m	無	無	無	約3km	①太陽光発電×5台	・電灯 ・テレビ、CDプレイヤー付ラジオ ・携帯電話	60,000~200,000	無	有	×	
7(*)	Chapongolera	Chingayipe	395	3,160	1km (徒歩1分)	無	Kavuzi	雨季: 2.13m ³ /s 乾季: 0.31m ³ /s	1.0m	有	問題無	有 (約100m)	約100m	有 (パイプ・カレッジ敷地)	無	有 (パイプ・カレッジ敷地)	約0.5km	①ピコ hidro 発電×10台 ②太陽光発電×6-10台	・電灯 ・テレビ、CDプレイヤー付ラジオ ・携帯電話	60,000~200,000	バイブルカレッジ、教会、小学校	有	◎	近隣村落までグリッドライン延伸
8	Chapongolera	Chingayipe	395	3,160	1.2km (徒歩3分)	無	Kavuzi	-	1.0m	有	-	有 (約150m)	約150m	有 (パイプ・カレッジ敷地)	無	有 (パイプ・カレッジ敷地)	約2km	-	・電灯 ・テレビ、CDプレイヤー付ラジオ ・携帯電話	-	バイブルカレッジ、教会、小学校	有	×	
9(*)	Muchingalombo	uchingalombi	387	3,100	30km (下車後10分/400m)	無	Kavuzi	雨季: 0.22m ³ /s 乾季: 0.03m ³ /s	2.0m	有	問題無	有 (約400m)	約300m	有 (小学校敷地)	無	有 (小学校敷地)	約2km	-	・電灯 ・テレビ、CDプレイヤー付ラジオ ・携帯電話	30,000~200,000	小学校・教会(ニーズ有)	有	○	未電化集落から2km以内に電化されたTC有。充電ポイントも稼働
10	Lucheremu	Chithowi	80	640	44km (下車後15分)	無	Licheremu	雨季: 0.324m ³ /s	2-4m	有	-	有 (約400m)	約600m	無	無	無	約10km	①太陽光発電×3台	・電灯 ・携帯電話 ・テレビ ・CDプレイヤー付ラジオ	50,000~200,000		有	△	

出典：JICA 調査団作成

*Sites-2, 3, 7, 9 を有望サイトとして選定し、2017年1~12月間を通じて週一回、想定される取水箇所の流速を電磁流速計で測定し「河川流量」を算出した。

**表中の「河川流量」は、想定される取水箇所の流量を示す。

***CS:Charging Station/充電ステーション













サイト	雨季	乾季	周辺環境
Site-2			
	流量 : 3.04 m ³ /s	流量 : 0.45 m ³ /s	
Site-3			
	流量 : 2.77 m ³ /s	流量 : 0.36 m ³ /s	
Site-7a			
	流量 : 2.13 m ³ /s	流量 : 0.31 m ³ /s	
Site-9			
	流量 : 0.22 m ³ /s	流量 : 0.03 m ³ /s	

写真 3-1 有望 4 サイト河川状態及び周辺環境

(2) 自然条件・社会経済条件等の検討結果

対象 4 サイトの河川は、雨季（1～2 月間）の集中豪雨により、一時的に水位が基準点より最大で 4m 上昇する。その為、マイクロ水力発電機の設置に際しては増水時に冠水しない、かつ流木などによる破損を回避するための工夫が必要となる。

2017 年 4 月の最終週は激しい降雨に伴う増水のため流量を測定できていないが、ムズズ大学の気象ステーションのデータによると、4 月 21 日に 24.4 ミリ、22 日に 34.7 ミリの降雨を観測しており、これが引き金となって計測不能ほどの増水に繋がったとみられる。従って調査対象地域のカタベイ県の河川では、増水直前の 2 日間の降雨量の合計が 40 ミリ以上だった場合に、大幅な増水となる可能性が高いことが分かった。気象局より入手した 2013 年から 2016 年の降雨量データを解析したところ、このような事象は 2013 年では 8 回、2014 年では 7 回、2015 年

では10回、2016年では8回、2017年では5月までに3回発生していることが確認された。調査対象地域の河川では、年10回程度の頻度で洪水が発生しており、これらの対策として、①移設可能なマイクロ水力発電機あるいは②簡易な導水路・迂回水路の設置について検討が必要となる。

さらに太陽光パネルやバッテリー充電ステーションは、防犯面及び電圧変動を極力抑えるため発電サイトから最大で1~2km程度の配線を敷設した上で、集落内に設置する必要がある。

また、以下の項目、具体例につき情報収集、解析することにより提案システムのマイクロ水力発電機を現地で設置・運用する上での必要条件を満たしているかにつき確認した。

ア 社会経済条件の確認

調査対象農山村では、①太陽光発電（15~30W程度）によるバッテリー充電を行い、照明、CDラジカセ、テレビそして携帯電話の充電を行っている世帯が存在することを確認した。②また、バイク用、自動車用バッテリーを用いて家電の給電を行っているケースがみられた。③更に、水力発電システムを用いて発電した電力を簡易な送電線を引き、特定の住宅の家電製品を給電するケースも確認された。

【バッテリー充電にかかる費用負担能力】

調査対象村落では、水力や太陽光発電設備により発電し、バイク用／自動車用バッテリーへ充電を行い、家電を給電している世帯の存在を確認した。また、発電設備を所有しないが自己資金で購入したバイク用／自動車用バッテリーを、ムズズ市内のバッテリー充電業者にて充電し、村落に持ち帰り家電製品を給電する世帯についても確認した。この場合、各世帯当たり往復交通費と充電料金を合わせて月当たり MWK7,000-24,000（1,096-3,757円）の費用負担能力があることを確認した。

イ 自然条件の確認

【水質試験結果】

提案システムで採用するマイクロ水力発電の設置方式は、河川水をそのまま引込んで利用する小規模な「流れ込み式水力発電」である。この方式では、大量の水を滞留させる為のダム等を設置せず、河川水は発電の後すぐに河川に戻されるので環境への負荷を最小限に抑えられる上、設置コストも最少に抑えられる利点がある。特に提案システムに使用するような1kW前後のマイクロ水力発電においては、この方式が多く採用されている。これに対し、一旦、河川水をダムや貯水池に滞留させる「調整池式発電」、「貯水池式発電」と呼ばれるものがあるが、この方式では滞留させている間に土砂を沈殿させ除去することができるが、環境への負荷は大きい。

一方で提案企業のミャンマー国シャン州の未電化農山村における提案システムを用いた電化の事例から、流れ込み式水力発電は、設置されたマイクロ水力発電機が河川水の物理的・化学的な特徴による直接的影響を受けやすいことが判明している。例えば、河川水に大量の土砂が含まれている場合は、水車プロペラ部と水中ベアリングの劣化につながる可能性

が高くなる（物理的な負の影響）。また、河川水中のカルシウムやマグネシウム等の含有量が高い場合には、水車プロペラ部やドラフトチューブの内部に炭酸カルシウム並びに炭酸マグネシウムの結晶が付着するので、定期的な除去のためのメンテナンスコストが嵩むと共に、同付着物が水の流れを妨げて発電量の低下につながる（化学的な負の影響）。

従って2017年1月に実施した第1次現地調査で踏査した10サイトのうち、当初有望サイトとして選定した Site-3、7、9、10 より採取したサンプル水の水質試験を本邦の環境調査会社（水研クリエイト㈱）にて実施した。水中の土砂量の指標として「蒸発残留物」、カルシウムとマグネシウムの濃度として「全硬度」の測定を依頼し、提案企業が手がけた未電化農山村の電化案件であるミャンマー国シャン州の農山村部の河川3地点のデータと比較検討を行った。その結果を表3-3に示す。

表 3-3 水質試験の結果とミャンマーにおける対象河川水との比較

	サイト3	サイト7	サイト9	サイト10	ミャンマー (シャン州3地点)
蒸発残留物 (mg/L)	82	84	74	92	294 - 1140
全硬度 (mg/L)	11.3	14.4	13.4	16.5	158 - 237

出典：水研クリエイト㈱による試験結果を基に、JICA 調査団作成

「マ」国における調査対象河川では蒸発残留物と全硬度はともにミャンマー国におけるサイトの河川より低く、河川水はよりマイクロ水力発電機の設置に適した水質であることが判明した。

【全天日射量データ】

2016年3月にムズズ大学構内に設置された気象ステーションには、データロガーが搭載されており、一分間隔で日射量、降水量、気温、風向、風速等のデータが自動記録されている。本調査では、提案システムにおける太陽光発電容量の妥当性を検証するために、射量データを入手した上で、次の解析結果を得た。図3-2は2016年3月18日から2017年5月31日までの全天日射量を、日毎の累積として時系列解析したグラフである。

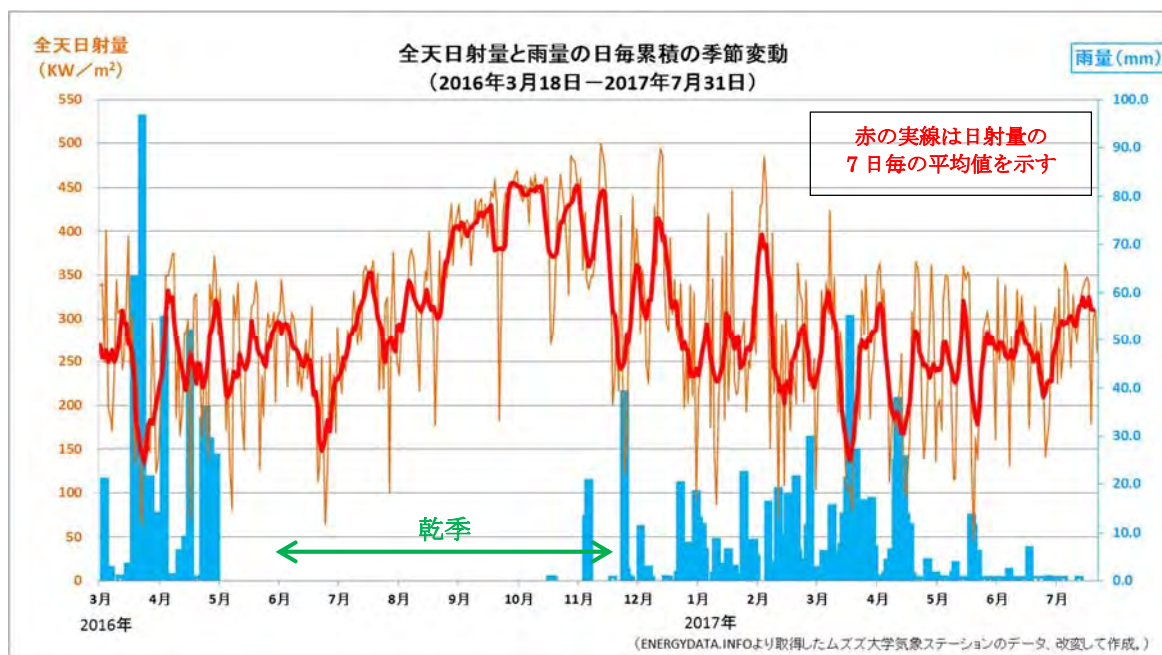


図 3-2 全天日射量と雨量の日毎累積と季節変動

出典：ムズズ大学気象ステーションから入手したデータを基に JICA 調査団作成

乾季（5－11 月）の特徴として、前半は日射量の変動が大きく、後半は小さくなる傾向がみられる。一方で雨季（11－4 月）の間は総じて変動が大きいと言える。安定して太陽光発電の出力を確保できるのは、乾季のピークとされる 9 月と 10 月の 2 ヶ月のみで、その他の月では最小値を考慮して太陽光発電の容量を決定する必要があることが分かり、出力 2.0kW 以上の太陽光パネルを設置することが妥当であると判断した。この結果は本調査で視察したオランダ NGO・Hivos による南部州チクワワ県 Chipula 村のソーラーキヨスクプロジェクトより得た情報とほぼ一致する。同ソーラーキヨスクは、2.6kW の発電容量のうち、2.2kW を LED ランタンの充電に使用する設計となっている。

【流量データ】

次のグラフは有望 4 サイトの河川流量の季節変動を示したものである。Site-2、3、7 では雨季乾季を通して十分な流量を確保できであろうことが分かった一方、雨季のピークには大幅な増水に見舞われることから、マイクロ水力発電機が損傷しないような対策が必要ながことが判明した。図 3-3 中の赤矢印は、雨季のピークに当たり、大幅な増水により流量測定ができなかったことによるデータの欠損を示す。

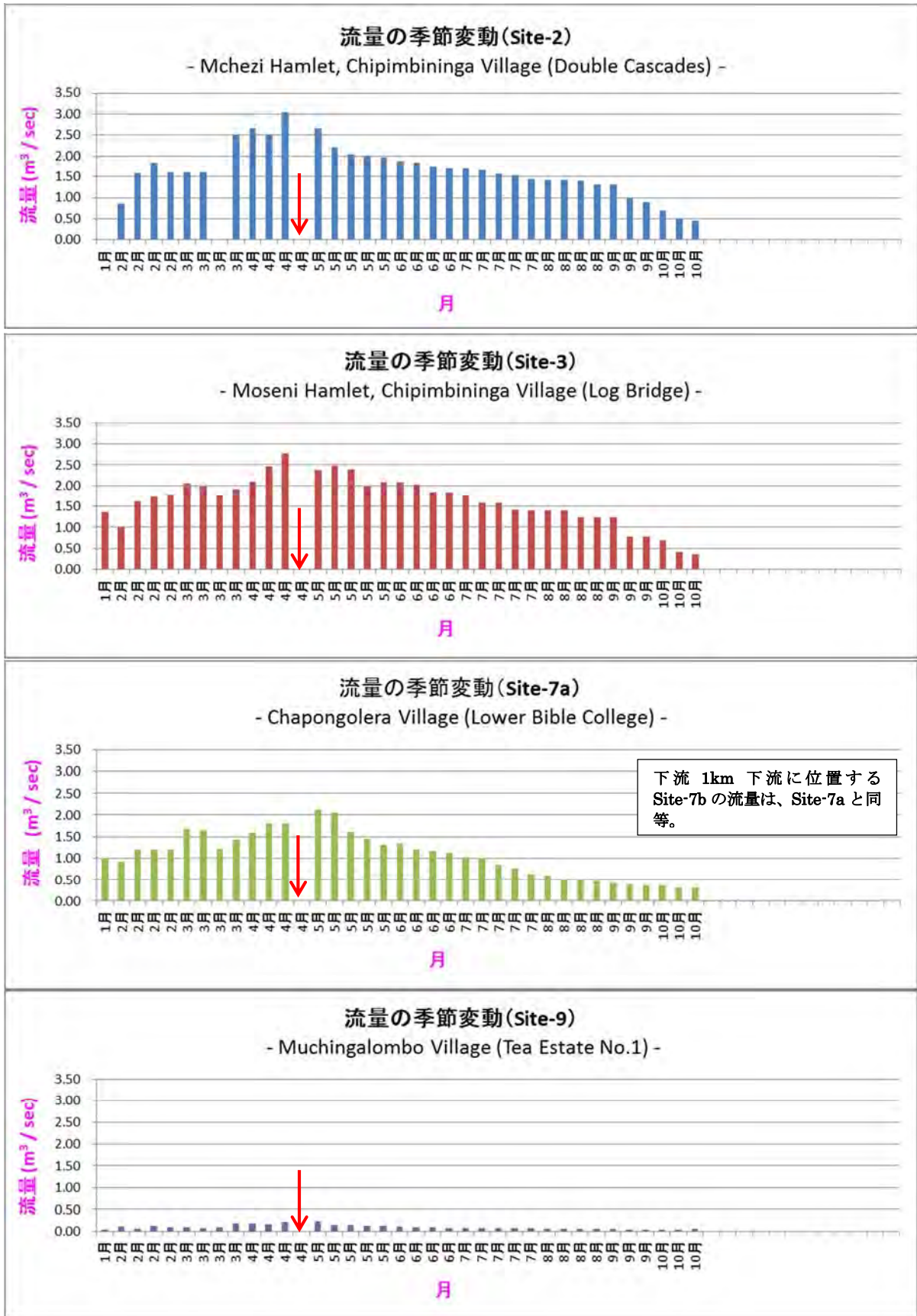


図 3-3 有望 4 サイトの流量の季節変動 (2017 年 12 月まで継続更新中)

出典： TUDE 計測による流量データを基に JICA 調査団作成

(3) 提案システムの適合性に係る考察（オフグリッド電化事例）

上述した提案システムの技術面および運用の妥当性を確認する上で、以下の既存電化事例等を検証した。

ア 太陽光発電／自動車用バッテリーによるオフグリッド電化事例（写真 3-2）

- ・ 村落では家屋の屋根や庭先などに出力 10～100W 程度（MWK7,000～50,000（1,096～7,828 円））の太陽光パネルを設置し、発電した電力を鉛バッテリーやシール型バッテリー（バッテリー液管理不要）に充電し、インバータを経由して家電製品や LED ライトを給電ないし携帯電話を充電しているケースが見られる（発電資機材はムズズ市内の再生可能エネルギー関連機材販売店にて購入）。
- ・ 主な保有家電製品は、携帯電話、テレビ、CD ラジカセ、ステレオセット、DVD プレーヤー等である。
- ・ 村落で使われている家電給電用のバッテリーの多くは 12V50Ah の自動車用であるが、バイク用バッテリー（6～12V、5～12Ah）も使用されている。これらのバッテリーの多くは、都市部のリサイクル業者により再生化された中古品であり、MWK18,000～20,000（2,818～3,131 円）で村民へ再販売されている。
- ・ 安定した日射量を得られない雨季中（12 月～3 月）には、太陽光発電を十分に行うことができない為、ムズズ市内か近郊に設けられているバッテリー充電業者を往訪し、一回当たり MWK500～1,500（78～245 円）の料金を支払い充電している。なお、村落と都市部間の往復交通費として約 MWK1,500（235 円）を支払っていることから、充電料金と合計すると、一回当たり MWK3,000（470 円）を出費していることになる。
- ・ また、太陽光パネルを持たないが、バッテリーのみ保有している村民は、最大で一週間 2 回の頻度で、バッテリー充電所を往訪し充電を行っている。同頻度で充電を行った場合の 1 ヶ月あたりの充電費用は MWK24,000（3,757 円）MWK3,000 × 2 回 × 4 週）と試算される。

<p>100W の太陽光パネルを屋根に設置し、バッテリーに充電</p>	
<p>テレビ、DVD プレーヤー、ステレオセット などの家電を給電</p>	<p>LED 照明</p>

写真 3-2 太陽光発電バッテリーを使用した電化事例（Chipimbininga 村 Mchezi 集落）

イ 都市部のバッテリー充電業者（写真 3-3）

- ・ グリッド電化されているムズズ市内およびその郊外では、自動車用バッテリーを充電する業者が複数存在している。その多くは、自動車整備工場内や商店内に併設されており、電化されていない都市部・農村部の世帯が利用しているバッテリーの充電を行っている。
- ・ ムズズ市中心部の充電屋における一回当たりの充電料金が、MWK500-800（78-125 円）であるのに対し、郊外の充電業者での料金は MWK1,500（235 円）に設定されている。また、自動車用バッテリー等の充電に加え、携帯電話充電も行っているケースもみられる（充電料金 MWK50≒8 円/回）。



写真 3-3 バッテリー充電所（ムズズ市内自動車整備工場）

ウ ピコ水力発電システムによる電化事例（写真 3-4）

- ・ 村落の中には、出力 100～200W 程度の手製のピコ水力発電システムを用いて発電した電力を、簡易な送電線を敷設し、特定の家屋の家電製品を給電するケースも確認された。
- ・ 同システムの場合、発電に可能な河川流量さえ得られれば昼夜を問わず発電を行うことができる為、太陽光発電システムとは異なりバッテリー充電は行わず、家電製品を直接給電している。但し、乾季ピーク中（8～9月）には、河川の流量が著しく低下する為に使用することができなくなる他、電気の品質が低く、一部では家電製品の故障原因となっている。
- ・ これらのピコ水力発電システムを用いた電化については、安全面に配慮した形で製造・設置・運用されていないことが確認された（例えば、電柱として立木や竹を使用している、ケーブルを適切な高さに敷設していない、被覆されていない電線を用いて送配電している、屋内配線の方法など）（写真 3-4）。

	
<p>ピコ水力発電システム (発電容量 200W、Chijere 村)</p>	<p>ノズルとしてペットボトル等を再利用</p>
	
<p>現地製発電機を修理中</p>	
	
<p>現地製のタービンランナー</p>	
	

写真 3-4 ピコ水力発電機を使用した電化事例 (Chijere 村 Kanduli 集落)

	
<p>現地製発電機（雨露に晒された発電用コイル）</p>	
	
<p>通行人の頭上に電線が張られているため、感電の危険性がある</p>	<p>電線は立木に設置された簡易なもの</p>
	
<p>傾斜畑・小道沿いに電線が張られている</p>	<p>立木に設置された電源</p>
 <div data-bbox="252 1693 440 1809" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>屋内での感電 リスクがある</p> </div>	
<p>被覆されていない配線</p>	<p>配線からコンセントを直接結んでいる</p>

写真 3-5 現地製発電システム、送配電線設置の現状（Site-5 Chijere 村）

3-3 提案システムのニーズ確認

北部州カタベイ県（ムズズ市郊外）の農山村への踏査やエネルギー当局(DoE、MERA)へのヒアリング及び地方電化関連政策のレビュー等の結果、提案システムのニーズについては下記のとおり確認した。

(1) 国家開発計画・国家エネルギー政策

- ・長期国家開発計画（Vision 2020）および「国家エネルギー政策」にて、地方部の電化促進は持続的経済成長と貧困削減へ寄与する国家戦略として位置付けられている。また、国家エネルギー政策では、村落におけるエネルギー源である薪・炭等のバイオマス燃料より脱却し、電気や再生可能エネルギーへの転換を図ることにより、水源や森林保全を推進していく施策が示されている。
- ・加えて 2017 年 9 月現在策定中の「マラウイ再生可能エネルギー戦略（MRES: Malawi Renewable Energy Strategy draft）」においても 2017 年～2020 年間に未電化村落を対象に再生可能エネルギーによる持続可能なマイクロ電源開発パイロットプロジェクトを国際ドナー機関と連携しつつ実施していく計画が示されている。
- ・提案システムを「マ」国地方部、特にカタベイ県の農山村にて ODA 事業の一環として活用していく計画は、上記計画やエネルギー政策・戦略内で示された開発課題と戦略に対応したものである。

(2) セクター別計画

【エネルギー分野の開発計画】

- ・第二期マラウイ成長開発戦略（MGDS II 2011-2016）における優先 9 分野の中に、エネルギーセクターの開発戦略と目標が示されおり、同分野の開発に向けた戦略として、「再生可能エネルギーの活用・促進」、「都市・農村電化プログラムの促進」、「発電・配電分野における官民連携の奨励」などの戦略が示されている。
- ・提案システムを農山村で普及していくことは、同戦略・計画に合致したものであると結論付けることができる。

(3) 村落開発計画における農村の電化

- ・MGDS II の「統合村落開発計画（Integrated Rural Development）」にて、同国人口の多くが居住している村落の生活レベルを向上させる為に、道路・橋梁、保健医療設備、学校、電力、水道、通信インフラ網の整備を推進していくことが不可欠であると示されている。村落の開発に向けて 9 つの戦略が策定されており、その中に「地方電化プログラム」が含まれている。行動計画には、再生可能エネルギーを活用した村落における電源開発の促進や官民連携による電源の開発促進などが挙げられている。
- ・提案システム普及の狙いは、電化を通じて対象住民の生活レベルの向上に置かれていることから上記「統合村落開発計画」の目標とも合致している。また、再生可能エネルギーを活用して、システムの普及に向けて DoE と連携していくことも、同計画の狙いと一致している。

① エネルギー当局によるニーズに係る見解

- ・「マ」国の村落では、住居屋根に設置した太陽光パネル発電による自動車用バッテリー充電システムが使われ始めている他、同システムを活用しキオスクにおいて携帯電話充電サービスが行われている。その為、提案システムを実証・普及していく裾野は広がりを見せており、電化対象者のニーズを満たし得る装置である。
- ・「マ」国ではマイクロ水力と太陽光を組み合わせた発電方式の先行事例は存在していないが、季節的な河川流量の著しい変動や日射量の変化に伴う出力低下を補完し合える仕様となっている為、同国の気象条件に合致している。
- ・村落には既に村民自作のピコ水力発電システムが複数設置・運用されているが、発電機の設置・管理方法、使用されている電柱・電線の資材選定や設置方法については安全面での配慮がされていないのが現状である。その為、MERA が求めている安全基準を満たし、かつ「マ」国の農山村の電力需要に合致した技術・仕様の独立型発電システムを今後構築・提案し、モデルシステムとして普及させていく余地は十分にある。これにより、安全性を損なう粗悪なピコ水力発電システムの普及を防ぐことにも繋がる。
- ・提案システムは、配電線網の延伸が見込めない地域に点在している未電化集落を短期間に、かつ配電線網の延伸と比較して低コストで電化していく上での可能性を秘めている。同システムの普及を通じて、集落が電化の恩恵を享受できる環境づくりを推進していくことは、貧困に留め置かれているこれら村落の開発を促す上でも効果が期待できる。
- ・同システムの導入は、未電化村落の教育環境向上という観点からも正の作用を及ぼすことが期待できる。例えば、公立の小中学校教師は、電化されていない農村の学校へは赴任したがらない。同システムを導入し、電化を促すことで、教師の農村の学校へ赴任する為のモチベーション向上が期待でき、また夜間に翌日の授業の準備することも可能になる。また、農村の電化により、児童の間での学習意欲が高まり、落第や中途退学の比率を低下させる効果があるとの事例も報告されている。

② 村落におけるニーズ

本調査対象村落住民へのヒアリングを通じ、電力ニーズ、提案システムへのニーズとして下記を確認した。

- ・調査対象村落は、村落代表を通じて、「マ」国政府や ESCOM に対し、これら村落への配電線網の延伸による電化実現に向けた陳情を重ねてきたが、政府の地方電化優先順位の低さや採算性等の課題から電化実現性の見通しは立っていない。
- ・対象村落では、有力者など一部の村民は、ミニ太陽光発電による自動車用バッテリー充電や粗悪な自作ピコ水力発電システムの設置により、照明、携帯電話、テレビ、CD ラジカセを給電している。しかしながら、これらの発電システムの恩恵を享受できる村民は村落人口の 5% 以下であり、また、季節的な日射量や河川流量の変動に大きく影響され、安定した安価な電源とはなっていない。その為、これら村落の住民が幅広く電化の恩恵を享受できるようにし、雨季乾季の気象条件に左右されずに安定して発電を行うことが可能な提案システムの導入に向けた強い要望がある。

- ・村落には太陽光発電やピコ水力発電システムを持たないが、自動車用バッテリーを保有し、ムズズ市内の充電ステーションにて充電する村民が存在する。一回当たりの充電コストは、往復交通費も含めて約 MWK1,600－4,000（250－626 円）となっている。村外での充電の為の出費を抑制させ、他の経済活動に資金を充てられるようにする為にも、これら農村部においてバッテリー充電が可能となる拠点づくりを推進していくことに対し高い期待が村落代表者や住民より示された。バッテリー充電に加え、「マ」国内にて国際援助資金を通じて導入されつつある携帯電話の充電機能を付帯させた LED ランタンを提案システムに追加させてほしいとの要望が示された。
- ・村落の主たる生計手段は、農業である。耕作作物の多くは自家用に消費されており、現金収入は総じて少ない。住民の中には、現金収入を増やす為の手段として、農作業の合間などにマット、バスケット、家具等の手工芸品づくりを行っている者も存在しており、電化により夜間の照明を確保することができれば、これら手工芸活動時間を増やし、所得の向上を図ることができる為、提案システム導入がもたらす経済的な効果につき期待が示された。
- ・バッテリーや LED ランタンの充電サービスに対する課金に関し、提案システムを持続可能に運用・維持管理していく考えに前向きな見解が示された。

3-4 マラウイの開発課題に対するオフグリッド給電システムの有効性及び活用可能性

「1-2 地方電化および再生可能エネルギー推進に係る開発課題」にて概観したとおり、「マ」国では貧困層の約 8 割が農村部に居住しており、都市部との格差是正や貧困状態から脱却するために同国の経済成長や社会開発を促すことが急務となっている。

本調査では、村落における貧困は未電化地域に限定された現象ではなく、既に送電線網が延伸している「電化地域」に居住していたとしてもその住民の大部分がグリッド電化の恩恵を受けられる状態ではなく、同様に貧困が偏在していることを確認した（電化率の低さと貧困率の高さの負の相関関係については、「バングラデシュの農村電化と持続可能な発展」（東アジアへの視点：2010年6月号）を参照）。

提案システムは、送電線網の延伸による電化を図れない広範囲に点在している未電化集落を一度にかつ効率的に電化し、「エネルギー貧困」解消への潜在性を有している。

提案システム導入を通じてこれらの村落社会が電化されることにより期待される正のインパクトについては、表 3-4 に示したとおりである。

提案システムによる電化による効果は大きく①生活環境の改善、②収入機会と所得の向上、そして③コミュニティ・地域社会の経済開発効果に分類できる。

格段に明るく安全な照明が夜間に提供されることは、世帯レベルでの生活の質と生活水準の向上に直接裨益するだけでなく、夜間の生産活動を可能にし、内職（マットやバスケット、ポットづくり等）への従事時間増大による所得向上に貢献する可能性がある。また、電気照明器具により家庭での児童学習意欲を向上させたり、教師の授業準備へのモチベーションを向上させたりすることに繋げることが期待される。

ラジオなどの AV 機器の利用機会向上は、ニュース、社会経済生活において重要な情報（保健

衛生に係る知識、家族計画の重要性、防災対策など）へのアクセスを可能することに加え、娯楽を提供することになる。携帯電話の充電用電源を村落内で得られることにより、生活の利便性が格段に高まり、村外との送金手段としたり、農作物市況・価格推移情報入手を通じて適正な販売時期や価格の判断向上に結び付けたりすることが可能となる。

村落電化委員会を設立・組織し、充電サービスへ課金を行う利用制度を導入する計画は、提案システムの持続的な運用を可能とする上で有効性が高い。

「第4章 ODA 案件に係る具体的提案」で示した普及・実証事業の実施を通じてパイロットプロジェクトを実施することで社会経済開発・貧困削減効果を高める上での妥当性を確認・検証することにより、提案システムの現地適合性をより高め、カスタマイズしていくことで活用の可能性を高めることができる。

表 3-4 提案システムによる村落電化の用途と裨益効果

	生計・経済・産業	健康・安全・環境	教育・情報通信・文化
個人・世帯 レベル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 灯油・ディーゼル燃料費、乾電池購入費の節約 ・ 都市部へのバッテリー充電費用（交通費含）の削減 ・ 所得創出効果： <ul style="list-style-type: none"> ① 照明確保による夜間の経済活動時間の延長による所得向上（手工芸、農作物収穫後の処理など） ② 携帯電話利用によるキャッシュトランスファ手段の入手、農作物市況・価格推移情報へのアクセスを通じた適正販売時期判断力の向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 明るく安全な照明による居住環境の向上 ・ （主に女性の）家事労働・育児環境の改善 	
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 灯油ランプ利用から電気照明への転換による火災予防 ・ 灯油ランプ使用に伴う煙による呼吸器系疾患の軽減 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 児童の夜間の学習環境の向上 ・ AV（ラジオ等）による情報へのアクセス向上、娯楽の多様化 ・ 携帯電話利用
コミュニティ・ 地域社会レベル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地場産業や小規模ビジネスの振興 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 村落ヘルスポストにおける夜間のサービス向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 学校電化による教育環境の向上 ・ 教員の夜間の授業準備時間の延長など教育への熱意向上に寄与
広域・国レベル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 化石燃料の輸入削減に伴う外貨節約 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 乳幼児および妊産婦死亡率の減少へ寄与（持続可能な開発目標（SDGs）への寄与） ・ 森林伐採予防と環境保全 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 教育水準および識字率の向上（SDGs への寄与）
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 農村部の生活および社会環境向上による、都市-地方間格差の是正と都市部や海外への人口流出の抑制 		

出典：現地調査を基に JICA 調査団作成

表 3-5 マラウイにおける地方電化の手法の概要と効果

	電化手法	電気事業者/ 実施主体	裨益対象	メリット	デメリット
I. グリッド電化	送配電網の地方村落部への延伸	ESCOM、DoE	電力需要の多い地方都市、 地方部トレーディングセンター 等	産業・商業活動を推進・活 性化	未電化地域との格差拡大
II. オフグリッド電化					
1. ミニグリッド電化	小規模DG発電／小水力発電設備と小規模な配 電網による電化	MEGA等	地方農村部	商業活動を推進・活性化	10万米ドル規模の投資が 必要
2. 戸別電化					
① 太陽光発電	太陽光発電による個別電化	村落の世帯(Hivos、UNDP)	地方農村部	・小規模投資で実施可能 ・設備の維持管理も容易 ・グリッド電化では実現困 難な地方末端部の未電 化村落住民のBHNを満た し、生活改善へ貢献 ・低所得者層でも充電料 金の負担が可能(バッテ リの場合)	・電灯、TV、携帯電話充 電など使用可能電力量に 制限がある ・管理運営組織の育成が 必要
② ピコ水力発電	ピコ水力発電による戸別電化	TUDE他と村落の世帯の連携	地方農村部		
3. バッテリー充電による電化					
① 太陽光－風力ハイブリッド発電	太陽光－風力発電によるBCSを通じた 배터리 による戸別電化	パイロットプロジェクト(DoE)、 民間事業者	地方農村部		
② マイクロ水カー太陽光ハイブリッド発電 (提案システム)	マイクロ水カー太陽光発電によるBCSを通じた バッテリーによる戸別電化	—	地方農村部		

出典：JICA 調査団作成

第4章 ODA 案件にかかる具体的提案

4-1 ODA 案件概要

案件化調査後に実施する ODA 案件として「普及・実証事業」を提案したい（「蓄電式マイクロ水力-太陽光ハイブリッド発電システム導入による未電化農山村の電力自給促進に向けた普及・実証事業」以下、「本プロジェクト」という。）案件概要は表 4-1 のとおり。

表 4-1 提案する普及・実証事業の概要

案件名：	蓄電式マイクロ水力-太陽光ハイブリッド発電システム導入による未電化農山村の電力自給促進に向けた普及・実証事業（仮称）
対象地域：	北部州カタベイ県未電化農山村
カウンターパート：	天然資源・エネルギー・鉱業省エネルギー局（DoE）
実証機関/設置場所：	カタベイ県庁/カタベイ県 Chapongolera 村
実施期間：	約2年半
投入機材：	蓄電式マイクロ水力-太陽光ハイブリッド発電システム1式および LED ランタン 1,000 個（導入時に 750 個配布を想定、250 個スペア）
バッテリー充電料金：	徴収する
維持管理体制：	村落電化委員会（Rural Electrification Committee）及び TUDE（委託業者）

本プロジェクトでは、北部州カタベイ県 Kavuzi 川流域に点在している未電化農山村の一つである Chapongolera 村内の適地に提案システム1式を設置し、実証活動を行う。

サイト選定にあたっては、第3章の表3-1で示した提案システムの「現地適合性検証項目・手順」に基づき実証事業を行う上での条件に最も合致しているかを基準とした。なお、設置候補サイトは、国立公園や保護区外になることにつき確認済みである。

実証活動では、対象集落付近を流れる Kavuzi 川支流に水力発電機を、水力発電サイトから最寄りの集落敷地内に太陽光パネルと充電ステーションを設置し、バッテリーおよび LED ランタンの充電サービスの提供を通じた電化を行う。その結果、物理的にも財政的にも配電線網の延伸できない未電化小規模集落が集散している山岳部において、提案システムの活用が本調査における開発課題の解決（村落電化率の向上、未電化農山村に暮らす住民の生活環境や生計の向上）に向けて、有効かつ適切な手段となることを実証する。また、提案システムの稼働状況、雨季・乾季中の流量や日射量の変動に伴う発電効率・安定性、配電・充電状態などの現地適合性の検証に加え、システムの適切な維持管理方法と体制、充電サービス提供方法と体制（充電料金徴収を含む資金管理方法も含む）構築に向けた活動・検証作業を行う。さらに「マ」国における事業展開を念頭に価格面での競争力の向上を確保する為に、現地調査が可能なコンポーネントや現地生産を目指す水力発電機の資機材/部品の適合性、活用可能性につき検討する（検証項目は表4-2に記載）。

図4-1に示したとおり、カウンターパート（C/P）は、再生可能エネルギー政策を所管する天然資源・エネルギー・鉱業省エネルギー局（DoE）とし、実証機関は、提案システムの設置先となる

北部州カタベイ県 Chapongolera 村を管轄しているカタベイ県庁とする。カタベイ県庁は、DoE、TUDE そして提案企業と連携しつつ、パイロットサイトとなる Chapongolera 村内に「村落電化委員会 (Rural Electrification Committee)」を設立し、実証事業の運営に向けた体制作りを行う。同委員会は、DoE 再生可能エネルギー課職員、カタベイ県コミュニティ開発局職員、Group Village Head (Chapongolera 村を含めた複数の村落の代表)、Chapongolera 村代表、Bible College 事務長、TUDE 職員から構成させることを想定しており、同村落に存在している既存の組織、リソースを活用・強化しながら同委員会を運営する。

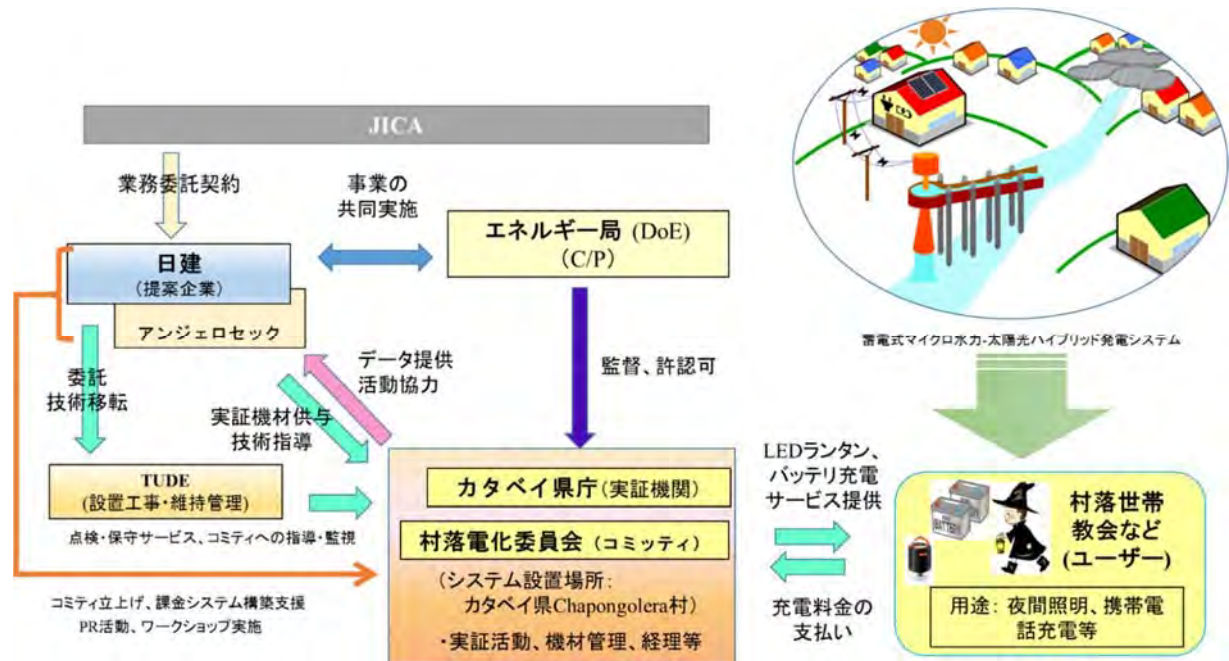


図 4-1 提案する普及・実証事業の実施体制

上述した実証活動から得られる検証結果を基に、提案システムの普及活動を実施する。主な活動として、パイロットプロジェクトサイトの視察を企画し、また、リロングエ市およびムズズ市においてセミナーを開催する。想定している参加者は、「マ」国政府機関、地方自治体、マラウイ電力/発電公社、再生可能エネルギー事業者、国際援助機関および大学研究機関など等の関係者である。特に、提案システムを公的・援助資金を用いて導入・普及していく可能性を広げる為、再生可能エネルギーの推進プロジェクトを行っている AfDB、UNDP などからの理解を得ながら、潜在的なシステム導入先の特定と案件組成を行う。

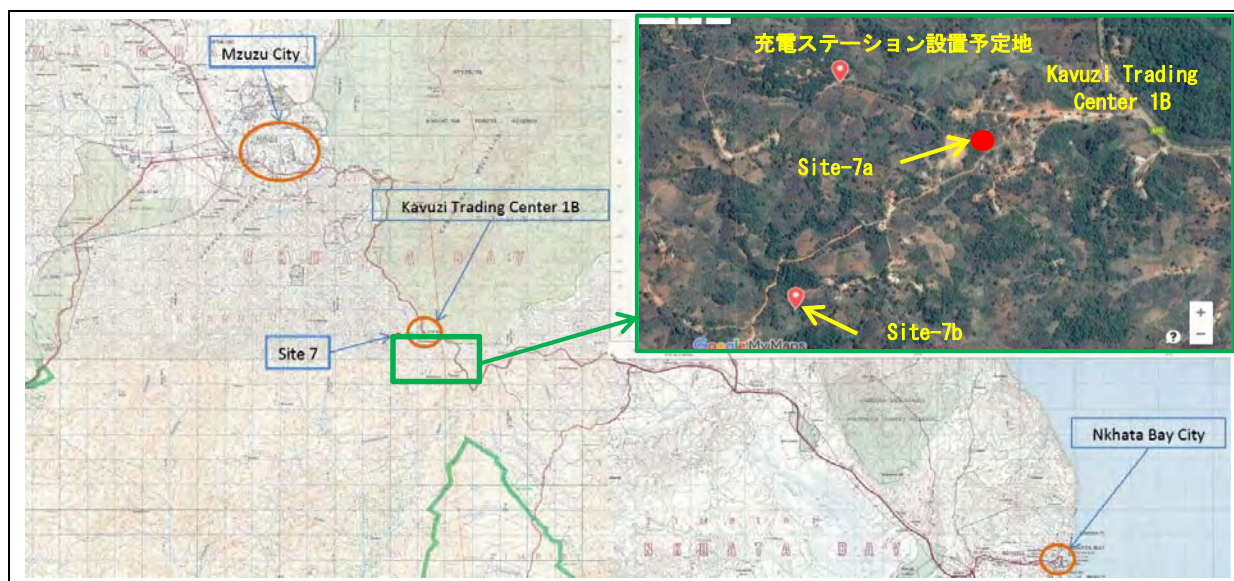


図 4-2 サイト 7 の位置図

図 4-1 に記載のビジネス実施体制を想定し、普及・実証事業において対象サイトへ提案システムの設置、適切な運用管理体制の構築、発電量の計測および活用状況の確認を行い、同システムの優位性を実証する。

4-2 具体的な協力計画及び期待される開発効果

4-2-1 普及実証事業の実施計画

(1) 確認・検証事項

本プロジェクトの目的は、地産地消型の独立型給電システムの導入および適切な管理・運用体制の構築を通じて、提案システムの現地適合性および有効性が実証され、ひいては住民の生活環境や生計向上に資することを目的とする。

本プロジェクトの実証内容は、次のとおりである。

① 技術適合性の検証

- ・ 約 1 年間の提案システムの運用により適切に対象村落の電化を行うことができるかを確認する
- ・ 雨季・乾季中の流量や日射量の変動の影響下にあっても、相互補完的にマイクロ水力発電設備と太陽光発電設備により安定して発電、メインバッテリーへの充電を行うことができるかの適合性を実証する
- ・ メインバッテリーからバッテリーや LED ランタンへの充電が適切に行われ、提案システム全体に過負荷等の不具合を生じさせずに運用できることを検証する

② 運用・維持管理方法と体制の妥当性の検証

- ・ 実証機関、村落電化委員会、現地委託業者に対する提案システムの運用・維持管理技術の移転を通じて、同システムを持続的に管理していく体制が構築されることを確認する
- ・ 充電サービスの提供方法と体制の構築を通じて、持続的に充電ビジネスが行われる

ことを確認する

③ 経済効果の検証

- ・ 提案システムを活用した発電・売電事業の採算性、持続可能性を確認する
- ・ 提案システムを通じた電力供給サービスの提供により最終受益者の電力へのアクセス率が向上し、電力関連コストの削減に結び付けることができることを確認する(既存の充電サービスを利用した場合との比較)

(2) 目的、期待される成果、活動

本プロジェクトの目的、期待される成果、各成果に対する活動内容は、表 4-2 のとおりである。

表 4-2 普及・実証事業の目的・成果・活動(案)

プロジェクトの目的	
<ul style="list-style-type: none"> ● 提案システムの導入が、小規模の集落が集散している未電化農山村の電化を適切かつ有効に行う手段となることを実証するとともに、対象住民の生活環境や生計向上に結び付けることができることを検証する ● 同システムの活用が、最終受益者である村民の電気へのアクセス率を向上させ、経済的効果があることを検証する ● 上記検証活動を通じて、持続的に機能し得る自立分散型電源システムの導入モデルを構築し、「マ」国の未電化地域に普及展開していく上での礎とする 	
期待される成果	主な活動
成果 1： 提案システムの現地自然・社会環境への技術適合性が実証される	1-1 提案システムの設計～製造～輸送～設置
	1-2 提案システムの発電・メインバッテリーへの充電性能の検証 <ul style="list-style-type: none"> ・ システム全体および水力および太陽光発電装置の稼働状況モニタリング ・ 雨季・乾季中（および昼夜）の流量や日射量の変動に伴う発電効率・安定性、各発電機の相互補完性の確認 ・ 雨季中の河川増水時の水力発電機への影響モニタリング
	1-3 バッテリーへの充電性能やシステム全体への影響への検証 <ul style="list-style-type: none"> ・ メインバッテリーから LED ランタンとバッテリーへの充電が適切に行われ、システム全体に不具合を及ぼさずに運用できるかの確認
成果 2： 提案システムの適切かつ持続的な活用に向けた運用・維持管理技術が移転される	2-1 <ul style="list-style-type: none"> ・ 村落電化委員会の設立 ・ 同委員会、実証機関、現地委託業者に対する運用・維持管理技術に係る研修の実施
	2-2 <ul style="list-style-type: none"> ・ 持続的な充電サービス提供方法と体制（充電料金徴収を含む資金管理方法も含む）の構築 ・ 運用・維持管理マニュアルの作成
成果 3： 提案システム活用による経済効果	3-1 提案システムを活用した発・売電事業の採算性、持続可能性の検証
	3-2 最終受益者の電力へのアクセス率が向上し、電力関連コストの削減に結び付けることができることを確認する（既存の充電サービスを利用した場合との比較）
	3-3 構築したモデルの運用を巡り明らかになった不安要素、リスクを明確にし、特定された課題/懸念事項への対策を検討する
成果 4： 提案システムの普及に向けたビジネス展開計画が策定される	4-1 パイロットプロジェクトサイトの視察や実証結果に係るセミナーの開催
	4-2 普及に向けたビジネス展開計画の策定

4-2-2 実施パートナーとなる候補機関・組織との協議状況

(1) カウンターパート：エネルギー局 (DoE)

DoE を C/P として選定した理由は、同局が「マ」国のエネルギー政策策定機関であり、再生可能エネルギーを活用した電源開発政策を推進していることに加え、地方電化計画の実施の主体でもあり、本プロジェクトを関連公的機関、再生可能エネルギー関連業者と連携しつつ円滑かつ効果的に実施していく上で中心的な役割を担うことが期待できる為である。また、DoE のムホンゴ局長をはじめ、再生可能エネルギー部職員は、提案システムの導入を通じて「マ」国の未電化農山村の電化を推進するためのモデルを構築していく計画に対し強い賛意を示しており、同仕組みづくりに向けて指導的な役割を担うことが期待できる為、C/P として妥当な選択といえる。

DoE とは、普及・実証事業への提案書が採択された場合を想定し、日建との MoU 協議を行い、DoE、カタベイ県庁と対象村落代表等から構成される「村落電化委員会」を設立し、普及・実証事業にて、提案発電システムを導入し、同農山村の電化を図る計画を実施する上で協力することにつき確認を行った。基本協力事項は下記のとおり。

MoU 案における基本協力事項
<ul style="list-style-type: none">・ (本プロジェクトが JICA により採択された場合) 2019 年 8 月～2021 年 12 月 (*暫定期間) の間に実施する・ 指定されたパイロット村において、提案システムを設置の上、技術適合性や有効性につき確認を行う・ 提案システムに係る技術や運用・維持管理方法につき、関連政府関係者や民間業者へ移転を行う・ 提案システムを「マ」国内の未電化村落への普及を試みる

(2) 実証機関：カタベイ県庁および村落電化委員会

実証機関としては、カタベイ県庁 (Nkhata Bay District Council) がその役割を担う計画である。同県庁には、コミュニティ開発課 (Community Development Division) が置かれており、未電化農山村を含む経済的に不利な環境下に居住する集落の BHN を満たすためのコミュニティ開発プロジェクトの実施を担当している。また、同課より、Kavuzi 川流域にはコミュニティ開発アシスタント (Community Development Assistant) が常駐しており、パイロット村となる Chpongolera 村や近隣農山村を活動範囲としていることから、日々のアクセスが容易であることに加え、本プロジェクトを住民と共に運営していく上で人的なネットワークや信頼関係が築かれている。この信頼関係をベースに、カタベイ県庁 (コミュニティ開発課) が中心となり、DoE および TUDE と連携しつつ、Chpongolera 村住民を巻き込みながら村落電化委員会を設立し、円滑に運営していくことを想定している。

導入したシステムを適切に運営・維持管理し、持続的に充電サービスを提供していけるようにする為には、バッテリー充電料金の徴収を含む資金管理を適切に行い、保守点検費用やメインバッテリーや部品交換など維持管理費をプールしまた仕様するソフト面での管理体制を

構築することが不可欠となる。その為、村落電化委員会には、本調査中に特定した Chpongolera 村内に拠点を置く Bible College¹⁵の事務局幹部（南アフリカ人）が加わり、同学校の敷地内に設置される計画となっている太陽光パネルと充電ステーションを共同管理し、またバッテリー充電料金の徴収・管理を担当することにつき、関係者との間で確認した。なお、太陽光パネル、充電ステーション建屋は同学校敷地内に設置され、同校の守衛により昼夜監視を行うことで基本的合意を得られている。但し、仮に装置の盗難や（第三者による）破壊行為が発生した際の再調達ないし修理費用の支弁に向けた責任の所在については、今後継続的に協議していく予定である。

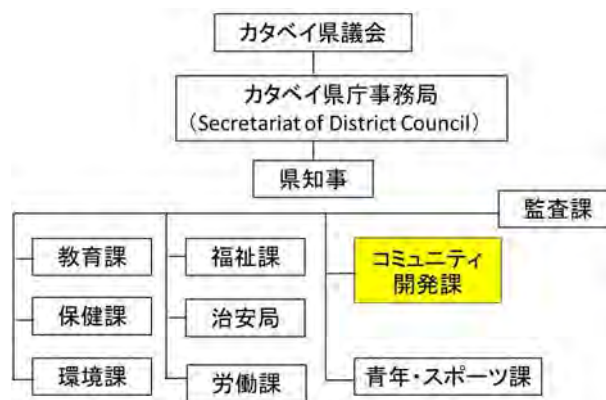


図 4-3 カタベイ地方議会および県庁の組織図

出典：カタベイ県庁職員へのヒアリングを基に JICA 調査団作成

表 4-3 に示したとおり、カタベイ県の年間予算は MWK53.6 億（約 1.1 億円）は「マ」国における地方政府予算全体(MWK1,627,290,648≒54 億円)の 2.13%である。同県の開発予算（「一般開発予算」として MWK16.5 億（同県予算 23%）が計上されている（同予算の約 60%が、県内の開発関連プロジェクト実施のための人件費に充てられている）。第 2 次、3 次現地調査時には、カタベイ県庁幹部との協議を行い、普及・実証事業を通じて提案システムを導入することによる未電化農山村の電化モデル構築計画につき説明した。また、実際に本プロジェクトが実施される場合には、再生可能エネルギー予算を確保するとの返答を得ている。





¹⁵ Solo Scripture Bible College は、Chpongolera 村内に 2001 年に開校された寄宿制の神学校である（理事会は南アフリカ人とマラウイ人 6 名から構成）。同校には教員、事務員、学生を含め約 70 名が生活している。照明、パソコン、冷蔵庫等の家電製品は電源としては太陽光発電（2016 年導入、出力 80W×7 枚）にてバッテリー充電を行っている。補助電源としてディーゼル発電機を使用しているが、月間の燃料コストとして MWK120,000（約 19,000 円）を出費していることから、代替的な発電設備の導入に強い関心を示している。

表 4-3 カタベイ県予算 (2015/16 年)

単位: MWK

農業	44,383,533	6.09%
教育	275,133,913	37.76%
医療保健	115,947,876	15.91%
一般開発予算	165,400,578	22.70%
選挙区別開発予算	72,000,000	9.88%
住宅	2,426,074	0.33%
貿易	1,347,381	0.18%
水資源	4,793,480	0.66%
ジェンダー	11,687,888	1.60%
環境	6,971,711	0.96%
森林	5,134,369	0.70%
漁業	6,339,503	0.87%
OPC-NRB	1,581,237	0.22%
労働	3,045,523	0.42%
移住	1,939,361	0.27%
灌漑	3,464,286	0.48%
青年・スポーツ	7,069,770	0.97%
合計	728,666,483	100%

出典：地方政府予算（2015/16 年版）を基に JICA 調査団作成

	
<p>水力発電機設置候補の滝 (落差約 4m、Kavuzi 川)</p>	<p>流量測定中 (毎秒約 1 トン)</p>
	
<p>滝上流部</p>	<p>充電ステーション設置候補地 (Bible College 敷地内)</p>



村落代表・村民、カタベイ評議会関係者との協議風景

写真 4-1 パイロットサイト予定地での調査・協議風景

(3) パイロットサイト選定の妥当性：Chapongolera 村

実証事業におけるパイロットサイトの選定にあたっては、下記の手順で絞り込みを行った。まず、第1次現地調査時に「表 3-1 現地適合性検証項目と手段」の検証項目に基づき 10 サイトを踏査しスクリーニングを行い、「表 3-2 候補 10 サイト踏査結果概要」内の Site-2、Site-3、Site-7、Site-9 を有望 4 サイトとして絞り込み、雨季・乾季双方の対象河川の流速測定を実施し提案水力発電機の設置条件を満たしているかを確認した。また、4 サイトの村落が太陽光パネルや充電ステーションを設置する上での条件を満たしているか等の自然・地理条件を確認することに加え、電化の潜在的な受益者となる上記の社会経済条件についても検討を行った。上記手順を経て選定されたのが Chapongolera 村であり、その主たる理由は下記のとおりである。また、同サイトを選定したことにより考えられるデメリットとその対策についても付記したい。

検証項目と選定理由
<p>1. 自然・地理条件</p> <p>(1) マイクロ水力発電機設置条件</p> <ul style="list-style-type: none"> Site-7-b の河川流量は、提案水力発電機の発電必要水量は乾季ピークとされる 9 月においても $1 \text{ m}^3/\text{s}$ を超えており、年間を通じて安定した水利が確保できる（なお、Site-7-a は、発電必要水量を満たしているが落差 1.5 m 以上を取れない為、不適と判断）。 雨季ピーク時の降雨により $1\sim 1.5\text{m}$ の急激な増水が想定されるが、対象河川の滝より迂回路（塩ビ管等を敷設を想定）により水力発電機の破損リスクを回避できると判断。一方、同発電サイト付近には太陽光パネル、BCS 設置適地がない為、Bible College まで最大 2km の送電線を敷設する必要がある。
<p>(2) 太陽光パネルおよび充電ステーション設置条件</p> <ul style="list-style-type: none"> Site-7 にはパネルおよび充電ステーション設置用適地と判断される Bible College が存在することを確認し、同校責任者より、敷地内にパネルを設置することで合意を形成済み。 同校には 24 時間の警備体制が敷かれており、機材の設置後の盗難防止に向けた協力を得られることも利点である。

<ul style="list-style-type: none"> ・ 予定サイトには、パネルの日差しを遮る発電を妨げる樹木などの障害物が存在しないことを確認済みである。 ・ 同校は、地元住民にも開かれた組織であり、村落電化委員会、TUDE、受益者となる地元住民によるアクセスが容易である。
2. 社会経済条件
<ul style="list-style-type: none"> ・ Site-7 はグリッド電化（送電線延伸）計画の対象外であることを確認済みである。 ・ また、Site-7 は送電線によるグリッド電化されている最寄地点から 500m に位置しているもののその地域住民の大部分が未だに電化の恩恵を受けられておらず、バッテリー充電ニーズが存在している。 ・ Chapongolera 村（395 世帯）ではバッテリー利用者が存在しており、提案システムを導入することで、バッテリー充電サービスの裾野を広げていく可能性を備えている。 ・ 対象村落とその周辺未電化集落の世帯収入はバッテリー充電料を定期的に支弁する能力を有していると判断された。 ・ Chapongolera 村には、自助団体である村落開発委員会が設立されており、カタベイ県コミュニティ開発課の Kavuzi コミュニティ開発アシスタントとも連携しつつ複数の村落開発プロジェクトを実施しており、提案プロジェクトのパイロット村としての受け入れ体制を具備している。また、同村内には、Bible College が設立されており、太陽光パネルやバッテリー充電ステーションを設置し、安全に管理する為の敷地が存在する。加えて、同校には経験豊富な財務担当者が常駐しており、本プロジェクトを通じて行われる充電サービス料金の徴収・管理を請け負うことで合意を得られている。資金管理の知識やノウハウも村落電化委員会メンバーへ移転することも見込めることがメリットである。
3. その他
<ul style="list-style-type: none"> ・ Site-7 は、他の有望 3 サイトと比較すると、雨季・乾季を通じた車両でのアクセスが良好であることから、実証事業の実施監理が容易となる。また、地理的にも外部からの視察を企画することが容易であることから普及のための宣伝効果も高いと考えられる。

4-2-3 投入計画

本調査を通じて、普及・実証事業の実施を前提に日本側および C/P・実証機関および業務委託先（B/P）側との間で合意した役割・負担事項は以下のとおりである。

日本側の投入
<ul style="list-style-type: none"> ・ 提案システム、関連資機材：

<p>蓄電式マイクロ水カー太陽光ハイブリッド発電システム1式 LED ランタン1,000 個、配線設備1式</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 装置及び関連機材据付工事 ・ 人員投入： (株)日建技師、コンサルタント (ISEC) ・ 装置の運用、維持管理に係る研修、マニュアル整備 ・ 実証結果、サイト視察に関するセミナー開催
C/P の投入
<ul style="list-style-type: none"> ・ 提案システム・関連資機材の輸入 (含免税措置)、実証サイトへの輸送、設置許可に係る必要行政手続き ・ プロジェクト統括者の選定と配置 ・ プロジェクトのモニタリング ・ 実証結果、サイト視察に関するセミナー開催支援 ・ 提案システムを活用した未電化農山村電化モデル構築に向けた支援 (※充電ステーション建屋建設費負担については、継続協議中)
実証機関および村落電化委員会の投入
<ul style="list-style-type: none"> ・ 実証サイト提供と設置場所の整備 (設置場所土地権利取得に向けた交渉) ・ 装置据付工事支援 ・ 装置管理者と運営スタッフの選定と配置 ・ 充電サービス提供に係る啓蒙 ・ 提案装置稼働状況のモニタリング、維持管理 ・ 提案システムの経済効果試算に向けたデータ記録 ・ 実証結果、サイト視察に関するセミナー開催支援 ・ バスケットファンドの設立。課金についてのモニタリング
B/P (TUDE) の投入
<ul style="list-style-type: none"> ・ 実証サイト提供と設置場所の整備 (設置場所土地権利取得に向けた交渉) に向けた調整業務 ・ 装置管理者と運営スタッフの選定と配置 ・ 充電サービス提供に係る啓蒙 ・ 提案装置稼働状況のモニタリング、維持管理 ・ 提案システムの経済効果試算に向けたデータ記録 ・ 実証結果、サイト視察に関するセミナー開催支援

(※ISEC:アンジェロセック)

本プロジェクトにおける日本側 (JICA または提案企業) と「マ」側の事業経費負担は以下のとおりである。なお、充電ステーション建屋の建設費の負担については C/P と協議中である。

日本側の費用負担	「マ」国側の費用負担
-----------------	-------------------

<ul style="list-style-type: none"> ・ 提案システム、LED ランタン、配線設備の調達 ・ 本邦から「マ」国サイトまでの輸送費 ・ システム、関連資機材の据付工事費 ・ 「マ」国側の装置運用・維持管理者に対する研修費用 ・ 維持管理マニュアル整備費用 ・ セミナー開催費用 ・ 本プロジェクト監理、ビジネス展開策定等に係る本邦外部人材備上費用 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実証サイト整備費用(サイトの清掃、草刈、整地等を想定) ・ 本プロジェクトに要する人員手配や配置にかかる費用 ・ 廃バッテリーの回収・運搬に要する費用 ・ 本プロジェクトに要するロジステック費用
---	--

4-2-4 実施体制およびスケジュール

実施体制と役割分担は「図 4-1 提案する普及・実証事業の実施体制」および表 4-4 に示したとおりである。(株)日建は、提案システムの設計、製造、技術移転、普及・実証活動に際し、事業管理全般を担当する。本プロジェクトの円滑かつ効果的な実施のために本調査の団員構成を引き継ぎ、(株)アンジェロセックを外部人材として起用する。(株)アンジェロセックは、検証活動、セミナー開催などの普及活動、報告書作成を含めた本プロジェクト全般に係る実施監理を担当する。加えて、有力 B/P である TUDE を現地再委託先とし、「マ」国 C/P、実証機関、対象村落との折衝・調整業務、村落電化委員会の組織化・運営支援、実証システムの現地内陸輸送～据付までのロジステック業務を統括するとともに、実証期間中のシステムの保守サービスを担当する。

C/P となる DoE は、本プロジェクト統括者の選定と配置、提案システム・関連資機材の輸入免税措置、実証サイトへの輸送支援、設置許可に係る必要行政手続き、本プロジェクトのモニタリング、実証結果のセミナー開催支援、提案システムを活用した未電化農山村電化モデル構築に向けた支援を担当する。

実証機関となるカタベイ県庁は、新設予定の村落電化委員会と連携しつつ、装置管理者と運営スタッフの選定と配置、実証サイト提供と設置場所の整備、装置据付工事支援、充電サービス提供に係る啓蒙、提案システムの経済効果試算に向けたデータ記録管理などを担当する。

表 4-4 普及・実証事業における実施体制と役割分担(案)

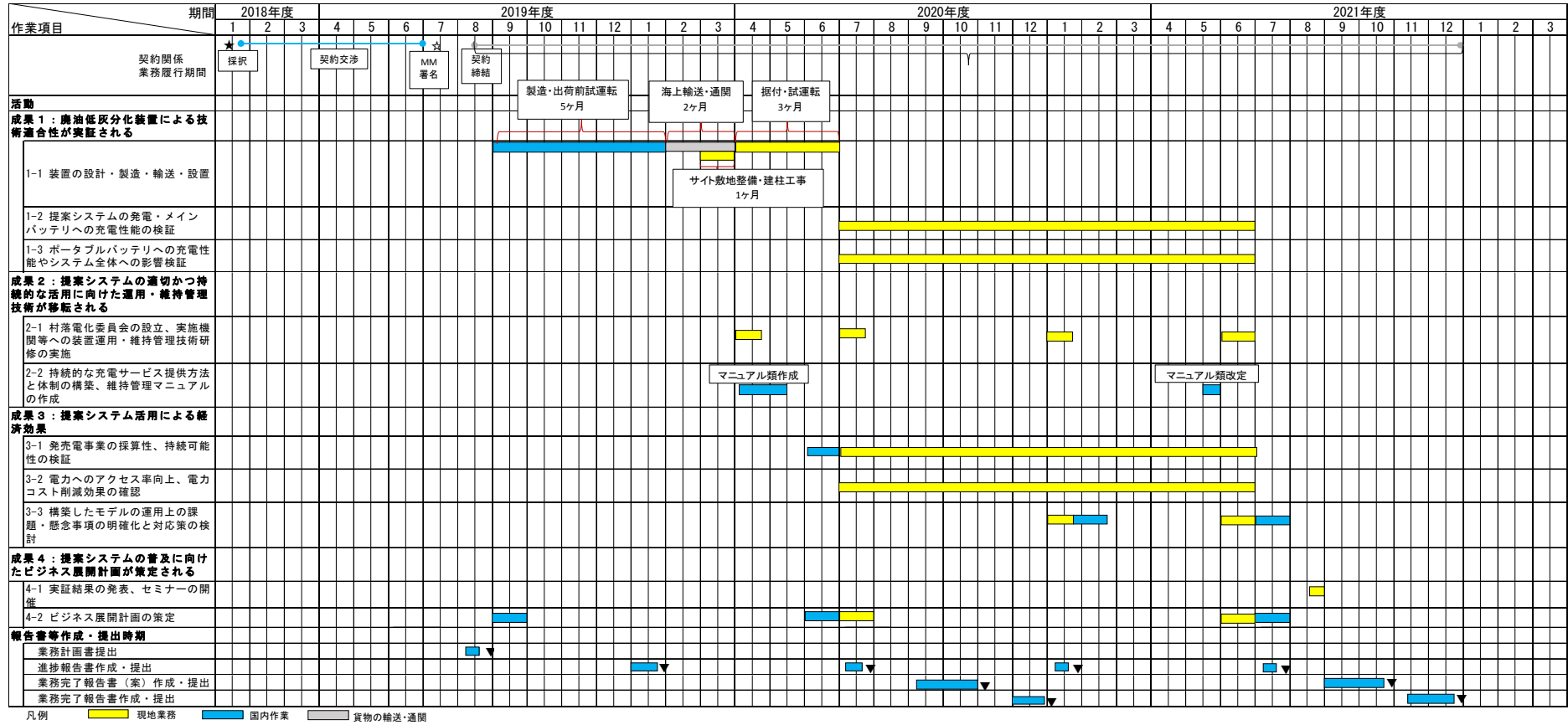
実施事項	実施者		実証機関		外部人材	B/P
	提案企業	C/P	カタベ イ県庁	村落電化 委員会	ISEC	TUDE (現地 再委託)
実証事業						
システム設計・製造・出荷前試運転	◎	-	-		-	-
装置の輸送	○	-	○		-	-
装置のサイトへの設置	○	○	◎	◎	-	◎
担当職員の選定と配置	-	◎	◎	◎	-	-
村落電化委員会設立・組織化	◎	◎	◎	◎	○	◎
システムの安全性、活用性、技術適合性の検証	◎	-	○	◎	○	◎
システム導入による経済効果	◎	-	○	○	○	○
管理技術者育成・マニュアル類の作成	◎	-	-	-	○	○
普及活動						
営業プロモーション計画策定	○	○	-	-	○	○
広告宣伝資料作成	○	-	-	-	◎	-
セミナー開催（リロングエ、ムズズ）	◎	◎	◎	○	◎	-
ビジネス展開計画策定	◎	-	-	-	○	-
プロジェクト監理						
進捗報告書、業務完了報告書等の作成	○	-	-	-	◎	-

(注1: 「◎」は主担当、「○」は副担当を意味) ISEC: ㈱アンジェロセック

(注2: 村落電化委員会には、DoEの再生可能エネルギー課の職員も加わることを想定)

実施期間は、2019年8月頃から2021年12月の約2年半を予定している（JICAとの契約月を2019年7月頃と想定）。

表 4-5 普及・実証事業スケジュール



4-2-5 事業額概算

普及・実証事業実施に要する費用は約1億円を想定している。その内、本邦機材製造・購入費、輸送費、現地工事費の概算額とその費目は「2章 表 2-3」で示したとおり、約2,000万円である。

4-3 他 ODA 案件との連携可能性

日本政府による再生可能エネルギーを含む電力分野への ODA 案件は、「1-4-1 我が国の支援」にて記述したとおり、地方電化計画に係るマスタープランの策定や大規模な水力発電所の増設、都市部における出力 400kW 規模の太陽光発電設備の供与プロジェクト、そして課題別研修が主である。その為、将来的な ODA 案件との連携の可能性については、JICA 本部や現地事務所と適宜情報交換をし、連携の可能性を模索していきたい。

4-4 ODA 案件形成における課題と対応策

本調査を通じて特定された ODA 案件組成における課題・リスクと現時点での対応策は次のとおりである。

課題・リスク	対応策
用地使用許可	<ul style="list-style-type: none"> ・ 用地確保に関する一切の手続き、土地所有者、住民との協議は C/P およびカタベイ県庁等の責任として行うことで合意されている
雨季増水時の水力発電機の損壊・故障リスク	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発電機の対象河川の上流への設置は避け、急速な増水時でも水没しない適所に設置する ・ 発電機が流されたり、損傷したりしないよう、チェーンブロック等を使って、簡易に発電機をワイヤで吊り上げられるような構造を備える ・ 導水路、スクリーンを設置することにより、流木・枝、ゴミ等による発電機破損リスクを低減させる。加えて、河川流量の変動による影響を受けずに安定した出力を確保する ・ 河川の本川から取水した水を、簡易水路でできるだけ本川から離し、そこへ発電機を設置する
システム、付帯設備の盗難リスク	<ul style="list-style-type: none"> ・ 太陽光パネル、充電ステーション建屋は、24 時間の警備体制が敷かれた Bible College の敷地内に設置する。また、パネル設置場所および建屋の周囲に進入防止用のフェンスを設置し、出入口を施錠する ・ 太陽光パネルには、盗難防止ロックをつける ・ 充電ステーション建屋の出入り口は鍵付のドアにすることに加え、鉄格子を設置し、南京錠（2 個以上）で施錠する。また、建屋の窓には室内側か鉄格子を設置する ・ 夜間の敷地内への侵入を防ぐために、建屋付近には複数の照明を設置する
システムの運用・維持管理上のリスク	<ul style="list-style-type: none"> ・ 村落電化委員会にて利用者の設備利用ルール作りを行い、運用者および利用者の中に周知する ・ システム運用者（村落電化委員会）に対し、日常点検、維持管理技術を適切に移転する ・ システムの整備記録をつけるように指導する ・ 重故障の発生を想定し、提案システムの整備を担える技術を保守委託業者（TUDE）に対し移転し、実証事業に際して維持管理体制を構築する
課金制度・資金管理リスク	<ul style="list-style-type: none"> ・ 充電料金の徴収・管理は、Bible College の経理担当者に委託し、出納は村落電化委員会メンバーの署名の有無に基づき行われるように徹底する ・ 同経理担当者の資金管理ノウハウを村落電化委員会メンバーに移転する
環境社会配慮	<ul style="list-style-type: none"> ・ 塩ビ管利用による導水路設置は土木工事を伴わない為、周囲の環境問題や地元住民の水利権侵害などは発生しない

4-5 環境社会配慮にかかる対応

4-5-1 環境チェックリスト

本案件は、水力発電システムの設置候補場所と機材設置に係る用地確保が必要となるが、極めて小規模であるため、住民移転は発生しないことを確認した。また、水力発電システムおよび太陽光発電設備の設置については、カタベイ県庁等が担当することを合意済みである。充電ステーション設置について、あたらな用地取得は必要なく、予定実証サイトのカタベイ県 Chalongolera 村の Bible College 敷地内で行うことで先方と合意済である。

現地調査および文献調査などを基に「環境チェックリスト：3. 水力発電・ダム・貯水池」をおける以下のとおり作成した。

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/No の理由、根拠、緩和策等)
1 許認可・説明	(1)EIA および環境許認可	(a) 環境アセスメント報告書（EIA レポート）等は作成済みか。 (b) EIA レポート等は当該国政府により承認されているか。 (c) EIA レポート等の承認は付帯条件を伴うか。付帯条件がある場合は、その条件は満たされるか。 (d) 上記以外に、必要な場合には現地の所管官庁からの環境に関する許認可は取得済みか。	(a)N (b)- (c)- (d)Y	(a) 「マ」国の Environment Management Act, 1996 (No. 23 of 1996)にて規定されている EIA 対象事業に該当しない。 (b) - (c) - (d)水資源管理委員会（Water Resources Board）へ所定の書類を提出の上、取水許可（Water Abstraction Permit）を取得する必要がある。
	(2)現地ステークホルダーへの説明	(a) プロジェクトの内容および影響について、情報公開を含めて現地ステークホルダーに適切な説明を行い、理解を得ているか。 (b) 住民等からのコメントを、プロジェクト内容に反映させたか。	(a)Y (b)Y	(a)DoE,MERA,ESCOM と協議済み。 (b)サイト住民を対象とした社会経済調査を実施し、対象住民ニーズを確認した上で、合意形成済み。
	(3)代替案の検討	(a) プロジェクト計画の複数の代替案は（検討の際、環境・社会に係る項目も含めて）検討されているか。	(a)Y	(a)普及実証事業組成に向けて現地調査にて 10 カ所の有望サイトを訪問し、環境・社会に係る項目の調査結果を鑑みて、このうちの 4 サイトを選定済み。

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/No の理由、根拠、緩和策等)
2 汚 染 対 策	(1)水質	(a) ダム湖/貯水池の水質は当該国の環境基準等と整合するか。動植物プランクトンの異常発生する恐れはあるか。 (b) 放流水の水質は当該国の環境基準等と整合するか。 (c) 試験湛水前の樹木の伐採などダム湖/貯水池の水質悪化防止のための対策が計画されるか。 (d) 下流の河川流量が低下することで、水質が悪化し、環境基準を下回る区間が生じるか。 (e) ダム湖/貯水池の底部からの放水（通常表面水より水温が低い）による下流域への影響を考慮した計画か。	(a)N (b)Y (c)N (d)N (e)N	(a)提案ハイブリッドシステムのマイクロ水力発電は、低出力 1-2kW かつ川から直接水を引込んで発電する「流込み式水力発電」とする為、ダム湖/貯水池は設置しない。 (b)発電に使用された水は滞留させずに直ちに河川へ戻される為、放流水の水質および水量の変化は限定的である。 (c)ダム湖/貯水池は設置しない。 (d)発電に使用された水は、直ちに河川へ戻される為、下流の河川流量への影響は最少である。 (e)ダム湖/貯水池を設置しない。
	(2)太陽光	(a) 太陽光パネル設置に伴い、周辺環境（河川、森林等）への影響が想定されるか。	(a)N	(a)パネル設置に伴う周辺への採光、日射等に係る影響がないことを確認済み。
	(3)廃棄物	(a) 掘削により発生した土砂は当該国の規定に従って適切に処理・処分されるか。	(a)Y	(a)マイクロ小水力発電の設置に伴い大規模な掘削は実施されないものの、一時的な洪水からの機材の保護を目的とした迂回水路の設置を余儀なくされることもある。その場合にはマ国の規定に従って適切に処理される。
3 環 自 然	(1)保護区	(a) サイトは当該国の法律・国際条約等に定められた保護区内に立地するか。プロジェクトが保護区に影響を与えるか。	(a)N	(a)普及実証想定サイトは、保護区の外にあることを確認済み。

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/No の理由、根拠、緩和策等)
4 社会 環境	(1)住民移転	(a) プロジェクトの実施に伴い非自発的住民移転は生じるか。生じる場合は、移転による影響を最小限とする努力がなされるか。(b) 移転する住民に対し、移転前に補償・生活再建対策に関する適切な説明が行われるか。(c) 住民移転のための調査がなされ、再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復を含む移転計画が立てられるか。(d) 補償金の支払いは移転前に行われるか。(e) 補償方針は文書で策定されているか。(f) 移転住民のうち特に女性、子供、老人、貧困層、少数民族・先住民族等の社会的弱者に適切な配慮がなされた計画か。(g) 移転住民について移転前の合意は得られるか。(h) 住民移転を適切に実施するための体制は整えられるか。十分な実施能力と予算措置が講じられるか。(i) 移転による影響のモニタリングが計画されるか。(j) 苦情処理の仕組みが構築されているか。	(a)N (b)N (c)N (d)N (e)N (f)N (g)N (h)N (i)N (j)N	(a)提案ハイブリッドシステムは、大規模な工事及び用地取得を伴わないので非自発的住民移転は生じない。(b)該当しない。(c)該当しない。(d)該当しない。(e)該当しない。(f)該当しない。(g)該当しない。(h)該当しない。(i)該当しない。(j)該当しない。
	(2)生活・生計	(a) プロジェクトによる住民の生活への悪影響が生じるか。必要な場合は影響を緩和する配慮が行われるか。 (b) プロジェクトにより周辺の地域利用が変化して住民の生計に悪影響を及ぼすか。 (c) 関連施設が住民の既存水域交通及び周辺の道路交通に悪影響を及ぼすか。 (d) 他の地域からの人口流入により病気の発生（HIV 等の感染症を含む）の危険はあるか。必要に応じて適切な公衆衛生への配慮は行われるか。 (e) 下流の水利用維持のための最低流量は供給されるか。 (f) 下流水の流量の変化、あるいは海水浸入により、下流の水利用や土地利用に影響は生じるか。 (g) 水を原因とする、もしくは水に関係する疾病（住血虫症、マラリア、糸状	(a)N (b)N (c)N (d)N (e)N (f)N (g)N (h)N	(a)対象住民生活の負の影響は想定されない。 (b)負の影響は想定されない。 (c)提案ハイブリッドシステムの設置予定地の河川は原流域に位置し、住民が交通手段として利用する規模ではない。また、マイクロ水力発電を設置したことによる洪水発生等の影響も考えにくい。 (d)提案ハイブリッドシステムは、サイト周辺の狭い範囲に居住する一定のコミュニティへ電力を供給する仕様となっており、

		<p>虫症等) は発生する恐れはあるか。</p> <p>(h) 河川等における漁業権、水利権、山林入会権等が阻害されることはあるか。</p>		<p>他の地域からの急激な人口流入は見込まれない。</p> <p>(e) 発電に使用された水は直ちに河川へ戻される為、下流の流量への影響は最少である。</p> <p>(f) 下流の流量はほとんど変化しない。</p> <p>(g) 提案ハイブリッドシステムのマイクロ水力発電は、小規模かつ水を滞留させないので、サイト本来の物理環境をほとんど変化させない。その為、設置したことが原因で新たな疾病が発生する可能性はほとんどない。</p> <p>(h) 確認の必要あり</p>
	(3)文化遺産	<p>(a) プロジェクトにより、考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡等を損なう恐れはあるか。また、当該国の国内法上定められた措置が考慮されるか。</p>	(a)N	<p>(a) プロジェクトは考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡において実施されない為、これらを損なう恐れはない。</p>

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/No の理由、根拠、緩和策等)
	(4)景 観	(a) 特に配慮すべき景観が存在する場合、それに対し悪影響を及ぼすか。影響がある場合には必要な対策はとられるか。	(a)N	(a) プロジェクトにより、景観を損なうリスクはない。
	(5)少数民族、先住民族	(a) 当該国の少数民族、先住民族の文化、生活様式への影響を軽減する配慮がなされているか。 (b) 少数民族、先住民族の土地及び資源に関する諸権利は尊重されるか。	(a)N (b)N	(a)プロジェクト対象地には特別に保護されるべき少数民族は存在しない為、影響はない。 (b)プロジェクト対象地には特別に保護されるべき少数民族は存在しない為、影響はない。
4 社 会 環 境	(6)労働環境	(a) プロジェクトにおいて遵守すべき当該国の労働環境に関する法律が守られるか。(b) 労働災害防止に係る安全設備の設置、有害物質の管理等、プロジェクト関係者へのハード面での安全配慮が措置されるか。(c) 安全衛生計画の策定や作業員等に対する安全教育(交通安全や公衆衛生を含む)の実施等、プロジェクト関係者へのソフト面での対応が計画・実施されるか。(d) プロジェクトに関係する警備要員が、プロジェクト関係者・地域住民の安全を侵害することのないよう、適切な措置が講じられるか。	(a)Y(b)Y(c)Y(d)Y	(a)事前に C/P, B/P と協議のうえ「マ」国の労働環境に関する法律を遵守する。(b)エンドユーザ並びにプロジェクト関係者に対する提案ハイブリッドシステムに関する納入指導を徹底することでハード面の安全性を確保する。(c)エンドユーザ並びにプロジェクト関係者に対する提案ハイブリッドシステムに関する納入指導を徹底することでソフト面の安全性を確保する。(d)C/P、B/P と協議し、信用のおける警備要員のみを雇い入れる。

5 そ の 他	(1)工事中の影響	<p>(a) 工事中の汚染（騒音、振動、濁水、粉じん、排ガス、廃棄物等）に対して緩和策が用意されるか。</p> <p>(b) 工事により自然環境（生態系）に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。</p> <p>(c) 工事により社会環境に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。</p>	<p>(a)Y</p> <p>(b)Y</p> <p>(c)N</p>	<p>(a)マイクロ小水力発電の設置は大規模な工事を伴わないので、大規模な汚染は起こりえない。資材使用後の梱包材等の廃棄物を処分する必要が出て来るが、関係機関との事前協議並びに出荷時の過剰包装を防ぐことで緩和する。</p> <p>(b)一時的に河川水を迂回させる等、短期間で限定的だが影響はある。その場合は迂回させる時間をなるべく短くする方策を取り影響を緩和する。</p> <p>(c)工事は小規模で短期間で実施されるため、影響は限定的かつ悪影響は想定されない。</p>
	(2)事故防止対策	(a) ダムからの放水時における下流部への警報体制は整備されるか。	(a)N	(a)該当しない。

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/No の理由、根拠、緩和策等)
	(2)事故防止 対策	(a) ダムからの放水時における下流部への警報体制は整備されるか。	(a)N	(a)該当しない。
	(3)モニタ リング	(a) 上記の環境項目のうち、影響が考えられる項目に対して、事業者のモニタリングが計画・実施されるか。 (b) 当該計画の項目、方法、頻度等はどのように定められているか。 (c) 事業者のモニタリング体制（組織、人員、機材、予算等とそれらの継続性）は確立されるか。 (d) 事業者から所管官庁等への報告の方法、頻度等は規定されているか。	(a)Y (b)Y (c)Y (d)Y	(a)B/P、エンドユーザーへ委託してモニタリングを計画・実施する。 (b)納入トレーニングに則して、機材のメンテナンス毎にモニタリングは実施される。 (c)エンドユーザーを主体とする管理委員会を設置し、モニタリング体制を確立する。 (d)C/Pと協議して、モニタリングの方法と頻度を規定する。
6 留 意 点	他の環境チェックリストの参照	(a) 必要な場合は、林業に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること（山間地のダムについて大規模な伐採を伴う場合等）。 (b) 灌漑、上水、工水等への利用を目的としたダム・貯水池については、必要に応じて農業、上水道に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること。 (c) 必要な場合には送変電・配電に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること（送変電・配電施設の建設を伴う場合等）。	(a) - (b) - (c) -	(a)該当しない (b)該当しない (c)該当しない
	環境チェックリスト使用上の注意	(a) 必要な場合には、越境または地球規模の環境問題への影響も確認する（廃棄物の越境処理、酸性雨、オゾン層破壊、地球温暖化の問題に係る要素が考えられる場合等）。	(a) -	(a) 該当しない

4-5-2 使用済みバッテリーの回収・リサイクル事情

ムズズ市内には使用済み自動車用バッテリーを回収し、再生化（リビルド）したものを再販売する業者が少なくとも4業者存在していることを確認した。その内の1業者を訪問し、バッテリーの回収・再生処理システムが確立している状況につき確認した（また、再生されたバッテリーが耐用年数を超えた場合、インド系マラウイ人やタンザニア、ザンビアの回収業者により有償で引き取られ、内部の金属部分をリサイクル処理されている。）

自動車用バッテリーの再利用は次の3部位で行われていることを確認した（写真4-2）。

①電解液の再利用：

電解液は希硫酸を使用しているが、経年劣化に伴い希硫酸が希釈され化学反応を起こしにくくなる。この劣化した電解液はポリ容器等に一度保管され、バッテリー再生後、補充用に使用されている（希硫酸や蒸留水を必要に応じ添加）。

②セル替え：

バッテリー内の「セル」と呼ばれる仕切りの中で、電気が蓄えられる。バッテリーの電極プラス側の網に鉛がペースト状に塗り込まれている。この鉛は経年劣化、振動、過充放電で剥離する。電気を蓄電あるいは放電する化学反応の過程で、プラス電極側の鉛がマイナス側の電極に付着することからマイナス側の電極の鉛を再利用する方法が取られている。

また、余った鉛は回収され、再生鉛としてバッテリーの電極に溶着させて再利用されている。

③バッテリーケースの再利用：

ケースはプラスチック製である。このケースもバッテリーの分解時に上記①と②の作業等同様に再利用が図られている。但し、亀裂等で破損したケースは再利用できないことから廃棄することになる。

バッテリー再生業者は、中古バッテリーをバス会社や自動車整備工場などから買取り（MWK5,000-8,000（783-1,252円））、再生（リビルト）して再販（MWK18,000-20,000（2,818-3,131円））している。再販先は、自動車ユーザーや無電化村落の住民である（※村落からの購入者は、再生バッテリーに充電し、照明や携帯電話の充電等に使用している。）バッテリーは6V～12V容量のバッテリー（電解液封入式（Shielded Battery）を含む）の再生を行っており、新品のバッテリーを購入できないユーザーからは再生品への需要は高い。但し、「マ」国のバッテリー再生システムと日本におけるバッテリーの再生及び廃棄をシステム（新品のバッテリーを販売している企業が廃棄業者に渡すなど）を比較するとその扱い方には大きな差が散見されるものの、現地での再生事業が商業ベースで行われていることを確認した。今後、提案システムを同国の未電化農山村へ普及していく上で、バッテリー再生技術レベルの向上に向けた技術指導などを行っていくことも念頭に置く必要があると思われる。

	
<p>12V のトラック用バッテリーを再生</p>	<p>バッテリー内のセルを交換中</p>
	
<p>再生不可能なセルは、タンザニアの回収業者へ MWK250 (40 円) /kg で売却されている</p>	<p>バッテリー再生後の通電状況を確認中 (電球を使用)</p>

写真 4-2 バッテリーの再生化作業 (ムズズ市内業者)

第5章 ビジネス展開の具体的計画

5-1 市場分析結果

非公開

表 5-1 マラウイにおける市況分析結果

非公開

非公開

図 5-1 ハイブリッド発電システムとラインナップ

非公開

表 5-2 現地生産化した場合の推定価格

非公開

5-2 想定する事業計画及び開発効果

5-2-1 事業戦略

非公開

非公開

図 5-2 提案システムの事業戦略図

5-2-2 想定するビジネスの実施体制

非公開

非公開

図 5-3 事業展開体制（案）

5-2-3 想定するビジネス展開

非公開

表 5-3 ビジネス展開計画

非公開

5-2-4 資金計画等について

非公開

非公開

表 5-4 充電課金システムによる収益予測および維持管理費

非公開

非公開

表 5-5 将来ビジネス展開（案）

非公開



5-2-5 海外ビジネスの事業化に向けたスケジュール

非公開

表 5-6 日本国 ODA スキームによるビジネス計画

非公開

非公開

表 5-7 日本国 ODA スキーム以外のビジネス計画

(3) 開発効果

主な活動は図 5-4 のとおりであり、開発効果は認められる。

第 1 章のとおり「マ」国における電力供給能力は低く、かつ農村電化に結び付くための道のはるかに遠い。提案システムは、農村電化の起爆剤であると位置づけられ、そのためには前提条件を克服することが重要である。

実証事業を通じ、①提案システムの技術適合性の実証、②電力供給後の BHN の実証、③課

金システム（仕組み作り含む）及び家計への影響を検証、④機材運用・維持管理技術の移転、⑤マラウイ国内等への普及の活動を通じ、短期的な効果を基に中長期的な開発効果を検証する。提案システムがいかにか村落における草の根レベルにおいて、認知されるかが開発効果を左右することとなることから、村落開発的視点を持ちつつ開発効果を計ることが重要である。

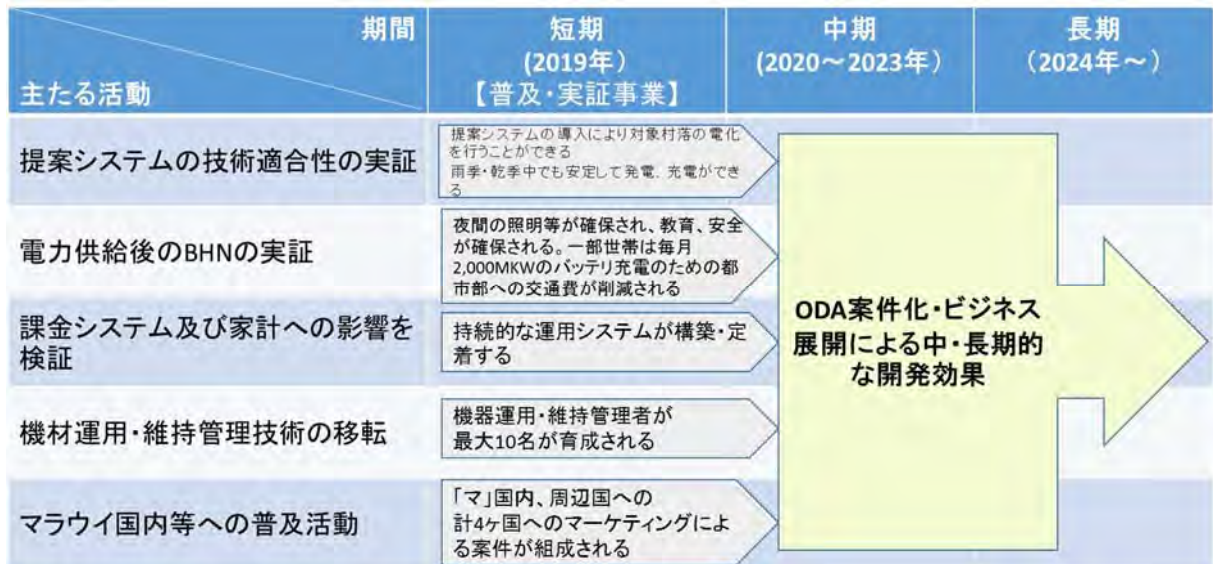


図 5-4 開発課題及び効果

(4) 開発副次効果

副次効果として提案システムの有効性が単なる村落の電化のみならず人材育成等へ波及効果が認められる。

副次的な開発効果としてCO₂代替効果の考え方があ。代替効果は機能等価で評価する。燃料であれば、燃焼で得られる熱量ベースで代替効果を考えることとするため、電力が村落で使用される灯りが、木材等から提案システムに置き換わると仮定し試算すると年間約1.9トンの二酸化炭素排出量が削減できると試算する。

表 5-7 提案システム導入によるCO₂代替効果

発電能力(kW)	kWhあたりの排出量(g)	稼働時間(h・日)	年間(日)	総排出量(g)
2	533	5	356	1,897,480

*太陽光発電協会資料からの抜粋（水力発電分は含まないが、発電能力を2kWと想定した）

また、前述のとおり、村落住民が都市部へバッテリー充電のために費やす交通費は約MWK2,000（313円）であることから、年間MWK 96,000（約15,000円）の交通費を貯蓄できると推定する。現地調査時にこの貯蓄の使い道に関しヒアリングを行ったところ、教育費あるいは農業生産量を高めるための肥料購入に充てたいとの意向が示された。肥料購入額におけるとうもろこしの生産増は年間約10トン（全農等の資料等による）となると試算され、農村における生活改善の糧となることが想定される。

提案システムの対象サイトでは、数集落が遠隔地から充電のために交通費を使っているため、費用の転嫁が行われれば、農業による収入が増えることも予想される。

表 5-8 1世帯当たりの交通費の転嫁予測

肥料(窒素)	とうもろこしの収量	とうもろこしの現地販売収益
約15,000円	約10トン	MKW20,000(約3万円)

※交通費を出費している場合に限る。

※※肥料として、窒素のみから算出。

5-3 事業展開におけるリスクと対応策

非公開

表 5-9 リスク分析と対応策

非公開

Summary

This report summarizes the achievements and outcomes of the “Feasibility Survey for Electrification of Upland Villages by Micro Hydro-Solar Hybrid Power Generating System with Battery in Malawi” conducted by NIKKEN Corporation from December 2016 to November 2017. The field survey in Malawi was conducted three times (January, July and September 2017) and primary activities include:

- 1) Gathering and analyzing data on the policies and regulations related to (renewable) energy, rural electrification and power generating business, as well as renewable energy projects funded by both the government of Malawi and international development agencies;
- 2) Having discussions with energy authorities and those concerned international donor agencies and private organizations in the energy sector of Malawi for formulating possible ODA projects and business plan after the Feasibility Studies;
- 3) Assessing the technical applicability and marketability of the proposed System as well as the needs and interests of accessing to electricity among the potential beneficiaries living in non-electrified upland communities of Nkhata Bay District.

Chapter 1: Current Situation of Malawi

Malawi, with USD270 of Gross National Income per capita, is the 4th poorest in the 52 countries of sub-Saharan Africa (World Bank: 2013). The country has a population of 17 million of which roughly 80 percent lives in rural areas. As of year 2012, the national electrification rate is just 9.8 percent and less than 1 percent of rural dwellers can access to electricity.

Much of the rural dwellers makes a living from small-scale farming fed by rainfalls and many of the households without access to electricity use kerosene and firewood as sources of energy. Poverty in Malawi is prevalent in rural areas and it is particularly evident in upland villages. So as to mitigate this high level of poverty, it is indispensable to attain economic growth and social development, but the persistent power shortage and frequent blackouts have become primary obstacles for a sustainable development.

The government of Malawi has seen rural electrification as a strategy for rural economic vitalization and therefore contributing to reduce the level of the poverty, it drew up the Malawi National Energy Policy in 2003 and has promoted the development of energy by using renewable energy for rural electrification. However, the policy priority of the state-led rural electrification programme—is under-resourced—and goes to provide grid electricity only for more populous regional cities and towns and rural-based commercial areas, called Trading Centre; so it has given a limited contribution to the Basic Human Needs and the improvement of livelihoods among non-electrified remote rural communities. It is, thereby, pointed out that the economic gap between urban and rural areas has been widening.

Meanwhile, the country has been known to benefit from very high levels of rainfall with rugged landscapes and thus has large potential sites suited to the development of micro- and small-hydropower plants across the countryside (the list of small-hydropower potential sites in Malawi identified by Tokyo Electric Power Company can be found in “Master Plan study on Rural Electrification in Malawi: Final Report: Technical Background Report” published in Tokyo in 2003). It should also be mentioned that there is a growing demand for the introduction of Stand-alone Renewable Energy Solutions, using micro-/small- hydropower, initiated by the private sectors. It has sometimes now been mentioned that promoting the access to electricity in these remote areas would be the vital for the development and elevating the standards of living in Malawi.

Chapter 2: Features and Applicability of the Proposed Product/Technologies

NIKKEN proposes its Micro Hydro-Solar Hybrid Power Generating System with Battery (after this referred to as the Proposed Product) for the off-grid upland villages located in Nkhata Bay (the outskirts of Mzuzu City), in Nkhata Bay District of the Northern Region.

The proposed system consists of the several components as shown in Figure 1, which as a whole system enables to store and supply reliable power at the charging station. The station constructed in the suitable location will allow potential end-users/beneficiaries to refill their LED Lanterns with Power Bank (200 units) and Car/Motorcycle lead-acid batteries (5 pieces) by paying the affordable charging fees. Table 1 explains the functions of each component.

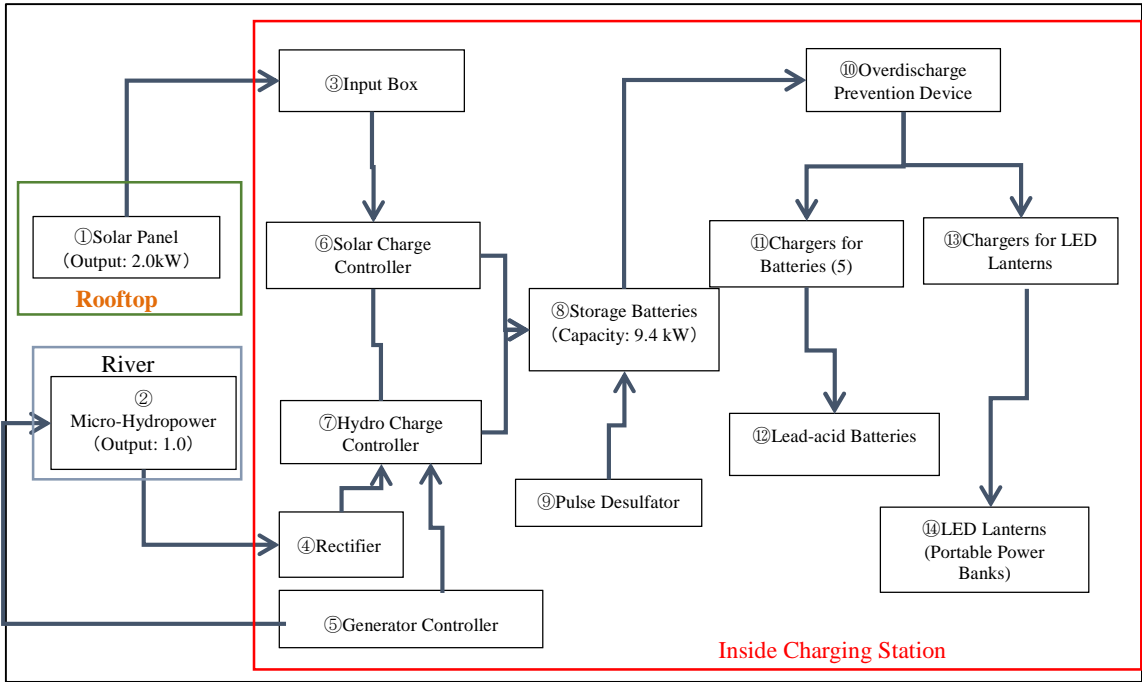


Figure 1 Schematic diagram of Micro Hydro-Solar Hybrid Power Generating System with Battery

Table 1 List of the components of the Proposed Product and their functions

Component	Function
①Solar Panels	The output of Solar Panels in total is about 2.0kW and charges Storage Batteries via Charge Controller. The panels are fixed on the rooftop of the charging station.
②Micro-Hydropower Generator	Micro-Hydropower Generator is installed at the river close to the charging station. Using the naturally occurring head of about 1.5m, it produces approximately 1kW of electricity that charges Storage Batteries via Charge Controllers.
③Input Box	Input Box stabilizes the electric current from Solar Panels as well as blocks counter electromotive force, preventing panels from damaging.
④Rectifier	Rectifier converts alternating current from the Micro-Hydropower Generator into direct current.
⑤Generator Controller	Generator Controller governs the rotation and the output of the generator of Micro-Hydropower Generator.
⑥Solar Charge Controller	Solar Charge Controller regulates the electric current from the Solar Panel that charges Storage Batteries.
⑦Hydro Charge Controller	Hydro Charge Controller regulates the electric current from the Micro-Hydropower Generator that charges Storage Batteries.
⑧Storage Batteries	Storage Batteries consist of deep-cycle lead-acid batteries and have the approximate capacity of 9.4kW.
⑨Pulse Desulfator	Pulse Desulfator delays decaying of electrodes of Storage Batteries, prolonging the lifespan.
⑩Overdischarge Prevention Device	Overdischarge Prevention Device avoids Storage Batteries from excessive discharge.
⑪Chargers for Batteries	Chargers for Batteries of the system can charge up to five lead-acid batteries for cars and motorcycles
⑫Lead-acid Batteries	Lead-acid Batteries for cars and motorcycles
⑬Chargers for LED Lanterns	Chargers for LED Lanterns of the system can charge up to 200 LED Lanterns at one time.
⑭LED Lanterns	When fully charged, LED Lanterns can light approximately 20 hours. They also work as the portable power banks and phones can be charged twice, when fully charged.

Figure 2 shows the installation image of the Proposed Product in the upland community of the Nkhata Bay District. It is particularly notable that the system does not require long transmission or distribution lines.

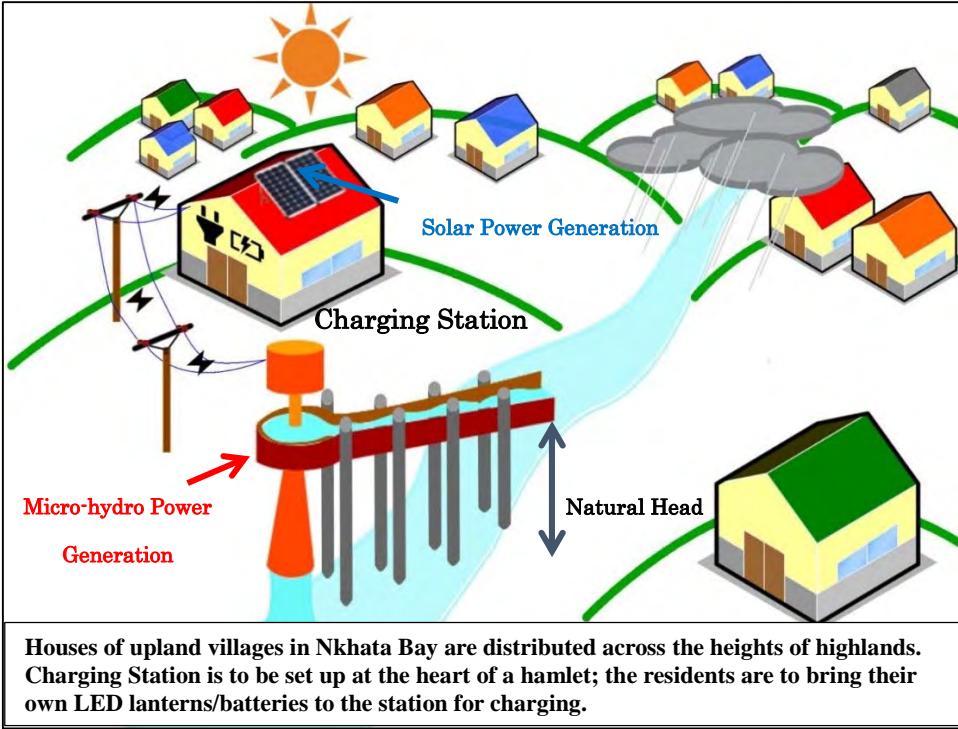


Figure 2 Installation image of the Propose Product

Chapter 3: Results of the Feasibility Survey and Possible Application of the Proposed Product/Technologies

During the field survey, the survey team made explorations into 10 sites in upland areas of Nkhata Bay District and conducted a technical applicability of the proposed system in local natural and socio-economic conditions. The rates of water flows during both dry and rainy seasons were gauged every two weeks from January to December 2017 by a local sub-contractor, data on the rates of solar radiations were gathered, geographical conditions for installing the system as well as socio-economic situations and the possible positive impacts to be brought by the system were also researched. After the reviewing the comprehensive data obtained from the field survey, the team selected one specific site as a pilot project site from out of the four potential sites; the main reasons for this selection are described below:

- The selected site has a river with sufficient volume of water flow throughout the year which makes it possible to generate supposed amount of electricity by the proposed micro-hydropower generator;
- A small number of micro-scale solar power generating system and home-made pico-hydropower generators have already been used in the targeted communities. Charging automotive/motorcycle batteries for powering electronics (such as lights, mobile phone, TV

sets) have already been practiced among the targeted households. The above evidences suggest that the local is somehow already familiar with handling of hydro/solar power generators and batteries; it would, therefore, conclude that the selected host village has a basis to promote and operate the proposed system;

- The interests and needs of battery charging and LED lanterns are evidently high in the host village. It is also confirmed that potential beneficiaries have sufficient incomes to pay for the charging service;
- The pilot site is located in relatively easily accessible area regardless of the weather conditions throughout the year; and
- The site has suitable pieces of land to install solar panels and battery charging stations.

Chapter 4: Specific Proposal for an ODA Project

As a project for Japan’s ODA to Malawi, “Verification and Dissemination Project” provisionally entitled “**Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Electrification of Upland Villages by Micro Hydro-Solar Hybrid Power Generating System with Battery**” (hereinafter referred to as “Verification Project”) is proposed, after a completion of the Feasibility Survey. The project overview is shown in Table 2.

Table 2 Summary for the Proposed Verification Project

Project Title :	“Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Electrification of Upland Villages by Micro Hydro-Solar Hybrid Power Generating System with Battery in the Republic of Malawi”
Project Site :	Non-electrified Upland Communities of Nkhata Bay District in the Northern Region (Chapongolera Village)
Counter Part (C/P) :	Department of Energy Affairs of the Ministry of Natural Resources, Energy and Mining (DoE)
Organization in charge of implementing the Verification Activities :	Nkhata Bay District Council
Project Period :	Approx. 2.5 years
Inputs :	Micro Hydro-Solar Hybrid Power Generating System with Battery (1 set), LED Lantern (1,000 sets)
Battery Charging Fees :	Charged to beneficiaries
Framework for Operation & Maintenance :	Rural Electrification Committee; TUDE(sub-contractor)

The roles and responsibilities of organizations implementing the Verification Project are described in Figure 3. Department of Energy Affairs of the Ministry of Natural Resources, Energy and Mining

(hereinafter referred to as “DoE”) is the Counterpart Agency (hereinafter referred to as “C/P”) of NIKKEN Corporation and takes a supervisory role for a smooth implementation of the verification project as well as helps obtain any necessary permits from authorities. Nkhata Bay District Council, whose administrative jurisdiction covers Chapongolera Village, is the Implementing Agency and is in charge of establishing and operationalizing a Rural Electrification Committee in collaboration with NIKKEN, DoE and an Mzuzu-based renewable energy company Turbine Development Enterprise (hereinafter referred to as “TUDE”).

Based upon the results of verification through the project, dissemination activities of the proposed system is to be implemented. Primary activities are to organize study tours to the project site and hold workshops both in Lilongwe and Mzuzu cities. In order to expand possibilities of diffusing the system by obtaining government and international aid funds, NIKKEN with the organizations involving in the Verification Project intends to identify any potential clients/beneficiaries of the system and develop renewable energy projects together with international donors such as African Development Bank (hereinafter referred to as “AfDB”) and United Nations Development Fund (hereinafter referred to as “UNDP”).

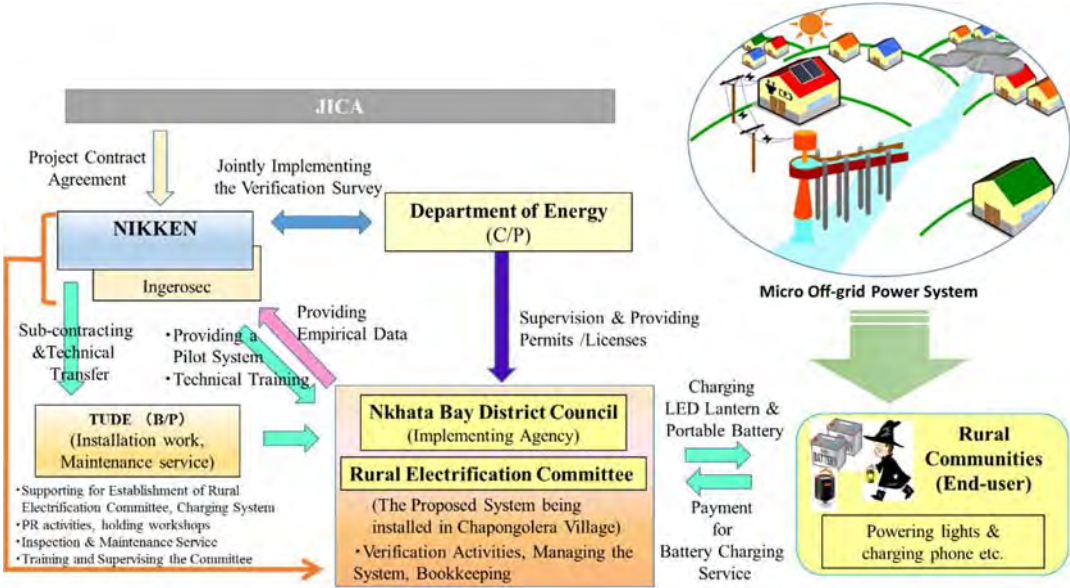


Figure 3 Implementing Structure for the Verification Project

Chapter 5: Specific Plan for Business Development

As Malawi’s rural electrification rate is less than one percent of the rural dwellers, development of renewable forms of energy—particularly using solar power and micro-hydro power—has increasingly been promoted. The policy priority of the state-led rural electrification program—is under-resourced—and goes to provide grid electricity only for more populous regional cities and towns, it thus provides little hope of gaining access to it for the dwellers in remote, mountainous areas. Meanwhile, the country has been known to benefit from high levels of rainfall with rugged landscapes and thus has large potential sites suited to the development of micro-and small-hydropower plants

across the countryside. In recent years, an introduction of home-made pico-hydropower generators has been mushrooming. In addition, solar kiosk projects, funded by European aid agencies, have been on the rise in non-electrified rural villages.

The potential end-users are found in upland communities with little hope to gain access to power by extending the grid power lines, where sufficient quantity of solar radiation is secured and battery charging business has already been practiced. Since the provision of electricity is regarded as a highly public service, for the introducing the proposed system it intends to secure funds from Japanese government and international agencies such as UNDP and AfDB.

Feasibility Survey for Electrification of Upland Villages by Micro Hydro-Solar Hybrid Power Generating System with Battery in Malawi

SMEs and Counterpart Organization

- **Name of SME:** Nikken Corporation
- **Location of SME:** Yamanashi Pref., Japan
- **Survey Site - Counterpart Organization:**
Nkhata Bay District in the Northern Region
/ Department of Energy Affairs of the Ministry of Natural Resources, Energy and Mining



Installation image of the Product

Concerned Development Issues

- Malawi is characterized by 80% of its 17 million population dwelling in rural areas and less than 1% of these dwellers can access to electricity—significantly lower than neighboring countries.
- Owing to limited funds available, bringing electrical power to rural and remote areas appears to be a long process; meanwhile there is growing demand for introducing Stand-alone Renewable Energy Solutions let by private sector..

Products and Technologies of SMEs

- Stand-alone Power System for off-grid areas is hybridized micro-hydro and solar power generation with battery. (Micro Off-grid Power System)
- Without transmission or power line, the system enables to supply electricity easily by using commercially available portable batteries.

Proposed ODA Projects and Expected Impact

“Verification Survey for Electrification of Upland Villages by Micro Hydro-Solar Hybrid Power Generating System with Battery in Upland Rural Communities of Nkhata Bay District”

- Target Quality of primary health care would be improved by providing stable power for lighting. Securing reliable lighting source at homes, community centers, schools and clinics would help vitalize local communities.
- Targeted smallholders would be able to charge their mobile phones at home; it enables them to obtain real-time market prices of crops leading to increase in their incomes. Smallholders would also able to make extra money at night by engaging in sideline work at home.

別添資料

- ・別添1：現地調査日程
- ・別添2：面談者リスト

別添1：現地調査日程

第1次現地調査 2017年1月7日～1月27日

日程			提案企業（㈱日建）			コンサルタント（ISEC）		現地備人（TUDE）	宿泊予定地		
日順	月日	曜日	1	2	3	4	5	6	7	8	
			業務主任者/社会環境調査 （工藤 俊哉）	事業計画策定 （雨宮 誠）	製品・技術適合性評価 （今井 扶佐章）	チーフアドバイザー （真弓 武文）	市場・競合調査 （佐野 淳）				Hastings Mkwandawire
1	1月7日	土	移動(空路) Narita 発(18:25) SA7139 → Hong Kong着 (22:40) Hong Kong発 (23:50) SA287→						団員受入準備	機中	
2	1月8日	日	Johannesburg (07:10)着 Johannesburg(10:00) SA170 → Lilongwe着 (12:15) 団内会議						ditto	Lilongwe	
3	1月9日	月	JICA事務所表敬（11:00-12:00）、エネルギー局表敬・協議（調査内容の説明、調査日程打合せ）、マラウイ商工会協議、投資・貿易センター協議						ditto	ditto	
4	1月10日	火	太陽光パネル・バッテリー等市場調査、アフリカ開発銀行マラウイ事務所協議						ditto	ditto	
5	1月11日	水	（※車両故障の為Mzuzuへ移動できず） 団内会議・資料取りまとめ						ditto	ditto	
6	1月12日	木	ホテル08:30発 移動（陸路） ⇒ Mzuzu、TUDEとの協議後、TUDE工場視察、農山村サイト①視察（Chadongo村）							Mzuzu	
7	1月13日	金	ムズズ大学エネルギー研究学部協議(10:00)、ESCOM Mzuzu支局表敬・協議、農山村サイト②視察（Chipimbininga村Mchezi集落）							ditto	
8	1月14日	土	農山村サイト③（Chipimbininga村Maseni集落）、サイト④（Chamaoya村Limbewe集落）視察、MERA Mzuzu支局協議							ditto	
9	1月15日	日	農山村サイト⑤視察（Chijere村Kandui集落）、農山村サイト⑥視察（Tambikeni村）							ditto	
10	1月16日	月	（祝日の振替日） 農山村サイト⑦視察（Chapongolera村）、農山村サイト⑧視察（Chapongolera村） Mzuzu市市場・バッテリーリサイクル調査							ditto	
11	1月17日	火	農山村サイト⑨視察（Machingalombno村）、農山村サイト⑩視察（Chihowi村）、団内会議							ditto	
12	1月18日	水	収集データ整理・分析 Mzuzu市市場・バッテリーリサイクル調査	移動（陸路） Mzuzu ⇒ Lilongwe			業務主任と同様		Lilongwe	ditto	
13	1月19日	木	農山村サイト視察（Chipimbininga村Mosen集落 & Chapongolera村）、ビジネスパートナー調査 Mzuzu統計局&農業開発局（統計書収集）	移動(空路) Lilongwe 発(13:00) SA171 → Johannesburg着 (15:25) Johannesburg発 (17:55) →			ditto		機中	ditto	
14	1月20日	金	Mzuzu (10:00) ⇒ Lilongwe (15:00)	Hong Kong 着 (12:45) Hong Kong発 (15:20) SA7138 → Narita 着 (20:15)			ditto			Lilongwe	
15	1月21日	土	Reception of the Embassy of Japan Lilongwe ⇒ Blantyre				ditto			Blantyre	
16	1月22日	日	Blantyre ⇒ Mukanje, Bondo Village （※既存オフグリッド電化プロジェクト視察） MEGA代表ヒアリング ⇒ Blantyre ビジネスパートナー調査				ditto			ditto	
17	1月23日	月	ビジネスパートナー調査、マラウイ商工会協議 Blantyre(13:00) ⇒ Lilongwe				ditto			Lilongwe	
18	1月24日	火	エネルギー局 帰国前報告(08:30-10:30)、 ビジネスパートナー調査(11:00) ビジネス環境調査(11:30-13:45) MERA協議 (14:00-15:00) 他ドナー援助向調査 (UNDP, 15:30-16:30) 帰国前報告資料作成				ditto			ditto	
19	1月25日	水	JICA帰国前報告 (09:00) 資料整理 日本大使館表敬 (17:30)				ditto			ditto	
20	1月26日	木	移動(空路) Lilongwe 発(13:00) SA171 → Johannesburg着 (15:25) Johannesburg発 (17:55) →				ditto			機中	
21	1月27日	金		Hong Kong 着 (12:45) Hong Kong発 (15:20) SA7138 → Narita 着 (20:15)			ditto				

DoE: 天然資源・エネルギー・環境省再生エネルギー課

ISEC: ㈱アンジェロセック

第2次現地調査 2017年7月22日～8月2日

日程			提案企業（株日建）	現地傭人（TUDE）	宿泊予定地	
日 順	月 日	曜 日	1	2	団員1	団員2
			業務主任者／社会環境調査 （工藤 俊哉）	Hastings Mkandawire		
1	7月22日	土	移動（空路） Narita 発（18:25） SA7139 → Hong Kong着 （22:15） Hong Kong発（23:55） SA287→	団員受入準備	On a plane	
2	7月23日	日	Johannesburg発（07:05） Johannesburg発（10:00） SA170 → Lilongwe 着（12:20）	ditto	Lilongwe	
3	7月24日	月	移動（陸路） リロングウェ⇒ムズズ ムズズ市内関係機関との面会		Mzuzu	
4	7月25日	火	カタベイ県庁事務局訪問、Site3 バイブルカレッジ再踏査		ditto	
5	7月26日	水	移動（陸路） ムズズ⇒リロングウェ		ditto	
6	7月27日	木	リロングウェ国際見本市出展準備、B/P発掘、提案製品宣伝 エネルギー局訪問		Lilongwe	
7	7月28日	金	マラウイ国際見本市出展：潜在的B/P発掘、提案製品宣伝		ditto	
8	7月29日	土	マラウイ国際見本市出展：潜在的B/P発掘、提案製品宣伝		ditto	
9	7月30日	日	マラウイ国際見本市出展：潜在的B/P発掘、提案製品宣伝		ditto	
10	7月31日	月	再エネショップ訪問、建設会社SAWAG協議		ditto	
11	8月1日	火	再エネショップ訪問・開拓、アフリカ開発銀行訪問		ditto	
12	8月2日	水	JICA帰国前報告、エネルギー局とのMoUドラフト協議	/	ditto	
13	8月3日	木	Lilongwe 発(13:05) SA171 → Johannesburg着 (15:30) Johannesburg 発 (17:55) SA286→		On a plane	
14	8月4日	金	Hong Kong着 (12:25) Hong Kong 発 (14:55) SA7138 → Narita着 (20:15)			

第3次現地調査 2017年9月2日～9月22日

日程			提案企業 (株日建)		コンサルタント (ISEC)		現地備人 (TUDE)	宿泊予定地			
日順	月日	曜日	1	2	3	4	6	7	8		
			業務主任者/社会環境調査 (工藤 俊哉)	事業計画策定 (雨宮 誠)	チーフアドバイザー (真弓 武文)	市場・競合調査 (佐野 淳)				Hastings Mkandawire	9
1	9月2日	土	移動(空路) Narita発(18:35) SA7139 → Hong Kong着(22:15) Hong Kong発(23:50) SA287→					機中			
2	9月3日	日	Johannesburg着(07:05) Johannesburg発(10:00) SA170 → Lilongwe着(12:20) 団内会議						Lilongwe		
3	9月4日	月	団内会議DoE協議(16:00) (調査内容の説明、調査日程打合せ、MoU) ⇒ FIRD協議(17:30) マラウイ商工会協議、商工省協議						ditto		
4	9月5日	火	JICA事務所表敬(08:30) ⇒ Sonlight(10:00) ⇒ Team Planet(12:40) ⇒ Ndunda Surveys & Mapping Company(13:30) ⇒ 地形調査予行演習(15:00)				団員受入準備	ditto			
5	9月6日	水	ホテル08:30発 移動(陸路) ⇒ Mzuzu、TUDEとの協議後 ⇒ カタベイ県庁協議					Mzuzu			
6	9月7日	木	ピコ水力発電所①視察 ⇒ 農山村サイト⑦再踏査・測量 (官団員同行 ⇒ Bible College協議 ⇒ ピコ水力発電所②視察					ditto			
7	9月8日	金	農山村サイト②再踏査・測量 ⇒ 団内会議					ditto			
8	9月9日	土	Kawalazi Estate Company 経営者協議 ⇒ サイト視察・住民へのヒアリング ⇒ 団内会議					ditto			
9	9月10日	日	団内会議・資料取りまとめ ⇒ Site-⑦測量 ⇒ 団内会議					ditto			
10	9月11日	月	ムズズ大学エネルギー研究学部協議 ⇒ Mzuzu Planters Cooperative Union協議 ⇒ データ解析・団内会議					ditto			
11	9月12日	火	ホテル発(07:30) 移動(陸路) Mzuzu ⇒ Lilongwe DoE幹部協議(14:30) ⇒ 大使館報告資料作成					Lilongwe			
12	9月13日	水	DoE協議 ⇒ 日本大使館帰国前報告(14:00) ⇒ Practical Action ⇒ 資料纏め					ditto			
13	9月14日	木	資料纏め ⇒ FIRD(13:00) ⇒ UNDP(15:00)	移動(空路) Lilongwe発(13:05) SA171 → Johannesburg着(15:30) Johannesburg発 (17:20) SA286 →		業務主任者と同様		機中	ditto		
14	9月15日	金	他ドナー援助動向調査、資料整理	Hong Kong着(12:25) Hong Kong発(14:30) SA7134 → Haneda着(19:40)		ditto			ditto		
15	9月16日	土	Lilongwe ⇒ Blantyreへ移動						Blantyre		
16	9月17日	日	帰国前報告資料作成 ⇒ Hivosサイト視察(12:00-16:30) ⇒ Gestetner(18:00)						ditto		
17	9月18日	月	標準局(09:00) ⇒ 気象局(13:00) ⇒ 報告資料作成						ditto		
18	9月19日	火	Global Solar (09:00) ⇒ Lilongweへ移動						Lilongwe		
19	9月20日	水	JICA帰国前報告(08:00) ⇒ Sonlight Solar(10:00) AfDB (Mr. Banda, 11:00) ⇒ JICA帰国前報告(14:00) ⇒ DoE 帰国前報告 ⇒ MERA帰国前報告				ditto		ditto		
20	9月21日	木	移動(空路) Lilongwe発(13:05) SA171 → Johannesburg着(15:30) Johannesburg発(13:05) SA286→				ditto		機中		
21	9月22日	金	Hong Kong着(12:25) Hong Kong発(14:30) SA7134 → Narita着(17:40)				ditto				

DoE: 天然資源・エネルギー・鉱業省

ISEC: ㈱アンジェロセック

別添 2 : 面談者リスト

所属・役職	氏名
在マラウイ日本国大使館	
特命全権大使	柳沢 香枝
経済・開発協力班長 一等書記官	武藤 聡博
二等書記官	榎本 絵里子
JICA マラウイ事務所	
所長(前任)	徳橋 和彦
所長(後任)	木藤 耕一
副所長	和田 泰一
Assistant Resident Representative	久保 優
企画調査員	松井 玲子
Chief Advisor	安田 憲司
—	松崎 俊治
国連開発計画マラウイ事務所 (UNDP Malawi Office)	
Programme Manager - GEF Energy Access	Emmanuel Mjimapemba
アフリカ開発銀行マラウイ事務所 (African Development Bank (AfDB) Malawi Country Office)	
Resident Representative	Andrew Mwaba
Senior Private Sector Officer	Johnathan Banda
エネルギー局 (Department of Energy Affairs: DoE)	
Director of Energy Affairs	Lewis B. Mhango
Deputy Director	Joseph Kalowekamo
Chief Energy Officer	Saidi Jabu Banda
Assistant Director of Energy	Patrick Silungwe
Energy Officer	Austin Thesou
Energy Officer	Gible Chinwaynla
Energy Officer	Gift Chiwayula
Energy Officer	Thokozani Malunga
Principal Economist	Lucy Chimonbu
Officer in charge of Scalling up Renewable Energy Programme	Malunga
気象局 (Department of Climante Change & Meteorogical Services)	
Deputy Director	Rodrick Waluse
Meteorogical Engineer	Francis Chithula
マラウイエネルギー規制庁 (Malawi Energy Regulatory Authority: MERA)	
Electricity Specialist (Head Office)	Anthony Kodo
Electricity and Renewable Energy Specialist (Mzuzu Office)	Francis N.C. Gondwe

所属・役職	氏名
マラウイ標準局 (Malawi Bureau of Standards)	
Deputy Director General	Willy H Muyila
Director of Quality Assurance Services	Steve Kamuloni
マラウイ電力公社 (Electricity Supply Corporation of Malawi: ESCOM)	
Regional Manager (North)	James Chunda
Malawi Investment and Trade Centre (MITC)	
Investment Promotion Officer	Tendai Banda
マラウイ商工会議所 (Malawi Confederation of Chambers of Commerce and Industry: MCCCCI)	
Head, Public Private Dialogue (Head Office in Blantyre)	Hope Chavula
Head, Membership Services & Communication (C&N) (Central Region Office)	Taona Chigwenembe
Research Associate (Central Region Office)	Maun'ce Bonda
Mzuzu University, Department of Energy Studies	
Head of Renewable Energy Studies (until April 2017)	Collen Zalengera
Head of Renewable Energy Studies (From May 2017)	Timeyo Mkamanga Marayi
Lecturer	Maun'ce Bonda
Lecturer	Aunsame Husandra
Lecturer	Issac Chitedze
Lecturer	Abraham M Tembo
Mzuzu Agricultural Development Division (Mzuzu ADD)	
Director	Sa Kamanga
Nhkata Bay District Council (カタベイ県庁)	
District Commissioner (カタベイ県知事)	Alex B.C. Mdooko
Representing District Environmental Officer	Oswell Mkandawire
Environmental Officer	Master Simon
District Monitoring and Evaluation Office	Kondwani Ghambi
Deputy District Education Manager	Benford Mwankayani
Lands Officer	Kondwani Nyasulu
Community Development Officer	Maxford Kakowa

所属・役職	氏名
再生可能エネルギー関連の民間企業	
Angoni Garage & Battery Charge	
Manager	Angoni
Battry Charging and Recycling Shop	
Manager	Solomon Harry Kunkeyani
FISD Limited	
Managing Director	Frank Mwenechanya
Director of Engineering & Mining	Arthur Buxtone Mpama
Solar Energy Programs Team Leader	Joan Grife
Programe Director	Kondwani Nanchukwa
Marketing and Communication Manager	Wezzie Benson Chiumia
Irrigation Engineer	Wayne Kanyenda
Senior Structural Engineer	Taonga Temwanai Chibaka
Gestetner	
General Manager	Anton Senadhipathy
Sales Executive	Abigail Chibanda
Global Solar	
Managing Director	Andrew Nkoloma
Mulanje Electricity Generation Authority (MEGA)	
General Manager	Daniel Kloser
Project Supervisor	Samuel Mambo
Practical Action	
Country Representative-Malawi	Victor Chambayika Mhango
Energy Consultant	Admore Chiumia
Shinestar Electronics and Cellphones	
General Manager	Imran Patel
Solair Corporation	
General Manager	Hament Tanna
Sonlite Solar	
Managing Director	Francis Kambala

所属・役職	氏名
The Sunpower House	
Principal Energy Consultant	Diliza Nyasulu
Turbine Development Enterprise (TUDE)	
CEO	Hastings Mkandawire
その他(建設会社、建設資材屋、輸送会社)	
Air Cargo Malawi Ltd.	
Marketing Executive	Edgar M. Gondwe
DATAKOM	
Marketing Manager	Yohane N. Kalinde
Kawalazi Estate Company Ltd.	
Deputy General Manager	Kenneth Kamau Kabage
Tea Factory Manager	Rodrick B. Nyali
Mzuzu Planters Cooperative Union	
Deputy Chief Executive Officer	Bernard B. Kaunda
PION	
Sales Engineer	Francis L. Chinyama
Sawa Group	
Group Managing Director	Yasser Chaudy
Equipment and Parts Suppliers Ltd	
Manager	Lunkani
Bible College	
Accountant	Illse Vester
Administrator	Andries Vester
村落代表者	
Group Village Headman	Griston S Mando
Head of Village Development Committee of Mchezi Hamlet, ' Chipimbinga village	Paston Manda

(注：村落におけるインタビュー相手は上記リストから割愛)