

アフリカ地域における  
再生可能エネルギーの民間投資促進に係る  
情報収集・確認調査  
ファイナルレポート

(別冊)

令和4年1月

(2022年)

独立行政法人国際協力機構 (JICA)

デロイト トーマツ ファイナンシャルアドバイザー合同会社

デロイト トーマツ コンサルティング合同会社

東電設計株式会社

社基
JR
22-005

## 目 次

APPENDIX 1. サブサハラアフリカ諸国のマッピング -----	1-1
APPENDIX 2. 重点 12 カ国の概要調査結 -----	2-1
APPENDIX 3. アフリカの電力系統の分類と再エネ導入のための優先プロジェクトの抽出 ---	3-1
APPENDIX 4. 重点 12 カ国のマスタープランにおける電力需要 -----	4-1
APPENDIX 5. 他セクターにおけるオフグリッド利活用事例 -----	5-1
APPENDIX 6. COVID-19 によるエネルギー業界への影響 -----	6-1
APPENDIX 7. 脱炭素技術（水素・アンモニア・CCS/CCUS・EV）の世界およびアフリカに おける最新動向 -----	7-1

## APPENDIX 1. サブサハラアフリカ諸国のマッピング

次ページ以降に、本調査で用いた調査対象国の詳細データ（マッピング）を示す。

#### 対象国

エチオピア、ケニア、ルワンダ、ウガンダ、タンザニア、ナイジェリア、コートジボワール  
セネガル、モザンビーク、アンゴラ、ザンビア、南アフリカ、エリトリア、コモロ、ジブチ  
ジンバブエ、スーダン、セーシェル、ソマリア、マダガスカル、マラウイ、南スーダン、モー  
リシャス、ガーナ、カーボベルデ、ガンビア、ギニア、ギニアビサウ、シエラレオネ、トーゴ  
ニジェール、ブルキナファソ、ベナン、マリ、モーリタニア、リベリア、エスワティニ、ナミ  
ビア、ボツワナ、レソト、ガボン、カメルーン、コンゴ共和国、コンゴ民主共和国、サントメ・  
プリンシペ、赤道ギニア、チャド、中央アフリカ、ブルンジ









## APPENDIX 2 : 重点 12 カ国の概要調査結果

(詳細調査対象の 5 カ国を除く)

## 目次

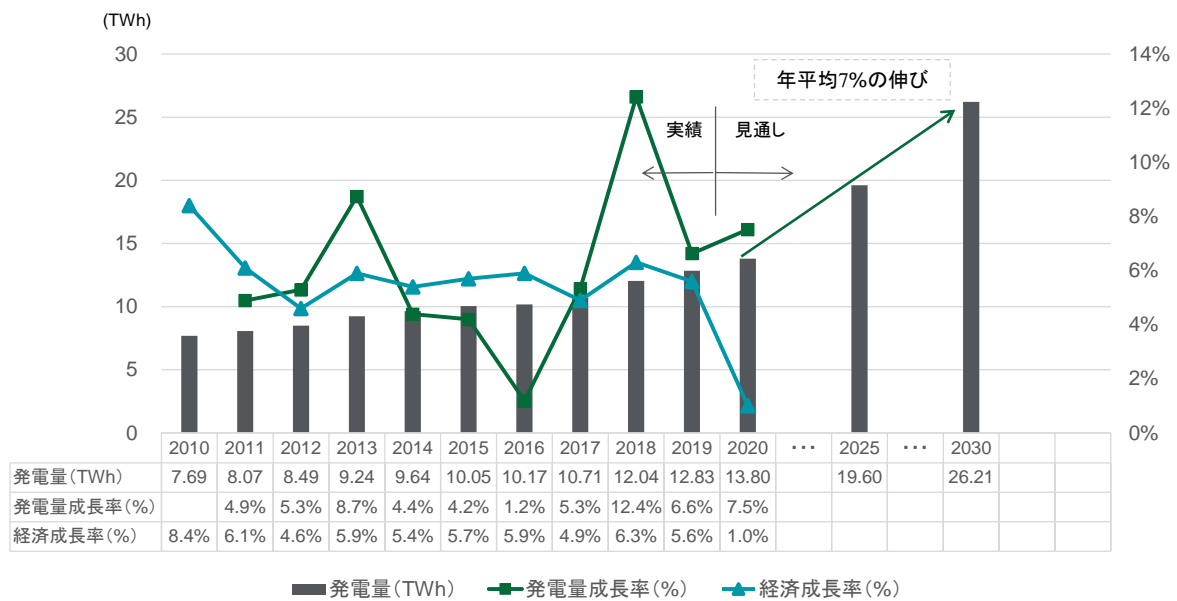
第1章	ケニア	3
第2章	エチオピア	11
第3章	ルワンダ	19
第4章	タンザニア	27
第5章	コートジボワール	35
第6章	セネガル	44
第7章	モザンビーク	52
第8章	ザンビア	61
第9章	南アフリカ共和国	69

# 第1章 ケニア

## 1.1. マクロ経済・電力セクター概況

### 1.1.1. 電力需要

ケニアでは、2010年から2019年までの間年率6%程度の経済成長率を維持している<sup>1</sup>。それに伴い発電量も伸び、2010年に7.7TWhであった発電量は2019年に12.8TWhに達している。IEAによれば、発電量は今後、2030年まで年平均7%の伸びが見通されている。



出所 IEA (2020) Kenya Energy Outlook および IMF ウェブサイトを基に JICA 調査団作成

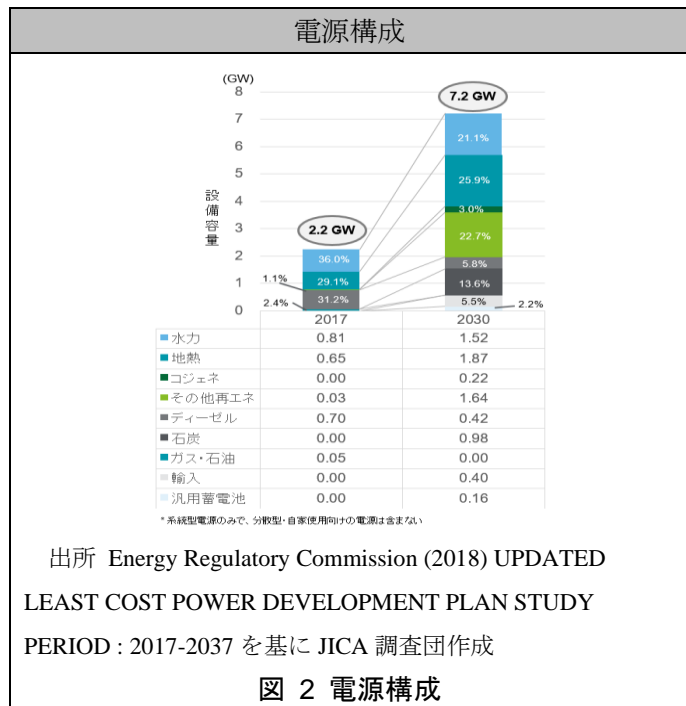
図 1 発電量・経済成長率の実績と見通し

<sup>1</sup> 2020年の経済成長率は、2020年4月時点のIMFの予測に基づく。

## 1.1.2. 電源構成

表1 系統状況に関する主な指標と計画

項目	数値
電化率	75% (2018年)
電化率目標	100% (2022年)
現在の主幹電源	水力 (2017年) 36.0%
将来の主幹電源	地熱 (2030年) 25.9%
エネルギー需要 (Mtoe)	生産/輸入: 27.81 最終消費: 16.92 (2017年)
LCOE (cents/kWh)	22 (2016年)
月間停電回数	3.8 (2018年)
平均停電時間 (h)	5.8 (2018年)



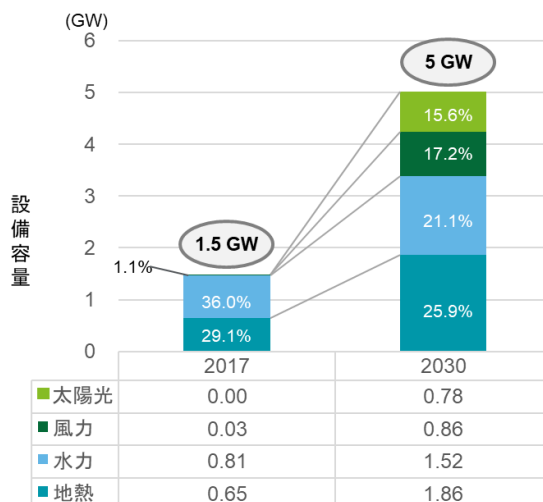
出所 GoK (2018) Kenya National Electrification Strategy: Key Highlights、IEA (2017) Sankey Diagram, World Bank (2016) Financial Viability of Electricity Sectors in Sub-Saharan Africa、The World Bank (2020) Enterprise Surveys を基に JICA 調査団作成

## 1.2. 再エネ概況

### 1.2.1. 系統再エネ

#### (1) 導入状況と開発目標

2030年の目標では、再エネを3.5GW導入し、系統全体の設備容量の内、48.6%まで増加させる計画である。電源種別では、地熱を0.65GWから2030年に1.86GW、風力を0.03GWから0.86GW、太陽光を0GWから0.78GWに増加させる目標であり、特に地熱の導入目標が高くなっている。





## (2) 振興策と課題

再エネ導入目標達成に向け、FIT や税優遇等の振興策が各種法・政策に規定されており、PPA のひな型も設定されている。また、現地メディアによるエネルギー・石油規制局 (EPRA) へのインタビュー<sup>2)</sup>によると、FIT 制度に代わる入札制度の開始が検討されている。

表2 ケニアの系統型電源における再エネ振興策

振興策	有無	概要
FIT	○	・ 2008 年より導入し、2010 年、2012 年に改訂 ・ 地熱、水力、風力、太陽光、バイオマス、バイオガスが対象
RPS	×	・ なし
入札	検討中	・ FIT 制度に代わる入札制度開始を検討中
税優遇	○	・ 発電および国内系統への送電にかかる機器、地熱・風力・太陽光発電の開発および発電関連機器の VAT・関税の免除
PPA ひな型	○	・ ひな型有り
その他	○	・ ネットメータリング制度の導入を The Energy Act, 2019 で規定

出所 National Energy Policy, 2018、The Tax Laws (Amendment) Bill, 2020、USAID (2019) Off-Grid Solar Market Assessment Kenya、The Energy Act, 2019、Rödl & Partner (2020) Looming introduction of an energy auction system to Kenya を基に JICA 調査団作成

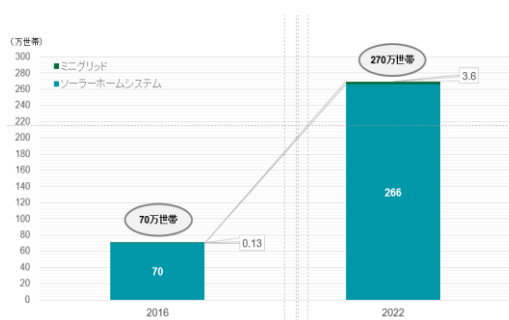
上記のように複数の振興策が策定されているものの、以下の課題が指摘されている<sup>3)</sup>。

- プロジェクトファイナンスへのアクセス (特に初期ステージでのリスク軽減)
- 用地取得リスクや地域コミュニティの関与
- PPA 承認にかかる手続きに要する時間の長期化、統一性の欠如

### 1.2.2. オフグリッド

#### (1) 導入状況と開発目標

ケニア政府<sup>4)</sup>によると、2018 年 2 月時点の電化率は 75% であり、2022 年までに電力のユニバーサルアクセス実現を目標としている。2016 年時点では、ミニグリッドを約 1,300 世帯、ソーラーホームシステムを約 70 万世帯が利用していたが、2022 年にはそれぞれ 3 万 6,000 世帯、266 万世帯まで拡大させる計画である。



出所 GoK (2018) Kenya National Electrification Strategy: Key Highlights を基に JICA 調査団作成

図 4 オフグリッドの利用世帯と目標

<sup>2)</sup> Rödl & Partner (2020) Looming introduction of an energy auction system to Kenya エネルギー・石油規制局 (EPRA) への現地プレスによるインタビュー記事に基づく。2020 年 2 月時点で EPRA、エネルギー省 (MOE) から正式情報の発表はまだされていない。

<sup>3)</sup> USAID (2020) Power Africa in Kenya

<sup>4)</sup> Government of Kenya (2018) Kenya National Electrification Strategy: Key Highlights



## (2) 振興策と課題

オフグリッドの導入拡大に向け、FIT 制度、税優遇、PPA 雛形、ガイドライン策定などの振興策が取られている。USAID<sup>5</sup>によると、ケニア政府は、現在ミニグリッド規制を作成中である。

表3 ケニアのオフグリッドにおける再エネ振興策

振興策	概要
FIT	オフグリッド太陽光発電（0.5-10MW）に対し、0.20USD/kWh と系統接続の太陽光発電 0.12USD/kWh より高い FIT 価格が設定されている
税優遇	太陽光発電、風力発電の開発および発電関連機器の VAT および関税の免除（ソーラーウォーターポンプを含む）
PPA ひな型	既存のディーゼルベースのミニグリッドを太陽光発電とハイブリッド化するプロジェクトに対する投資・運営時に活用可能
ガイドライン	10MW 以下の小規模再エネ発電所の接続ガイドライン、グリッドコードなどを規定

出所 MOE (2012) FEED-IN-TARIFFS POLICY ON WIND, BIOMASS, SMALL HYDRO, GEOTHERMAL, BIOGAS AND SOLAR RESOURCE GENERATED ELECTRICITY、ESMAP (2017) MINI GRIDS IN KENYA、USAID (2019) Off-Grid Solar Market Assessment Kenya、Connection Guidelines for Small-Scale Renewable Generating Plant1 (2012)を基に JICA 調査団作成

他方、ケニア政府<sup>6</sup>や USAID<sup>7</sup>からは、以下の課題が指摘されている。

- 地方部への高い電力供給コスト
- 民間投資を促すインセンティブの欠如
- 適切な技術水準の確保
- 用地取得、許認可取得に要する時間の長期化、高い補償
- 低いプロジェクト実施能力
- オフグリッドに関する法・規制の欠如

## 1.3. 民間投資環境

### 1.3.1. 外資規制

ケニアでは再エネを含むエネルギーに関する外資規制はない。ケニア人またはケニア企業以外は土地を無期限に所有できず、外国企業はリース取引のみ可能である点に留意が必要である。

表4 ケニアにおける外資規制

規制	内容
規制業種・禁止業種	金融業、保険業、通信業、航空業、海運業、建設業、鉱業、警備業、エンジニアリング業への投資には政府の許可が必要
出資比率	一部の業種（保険業、通信業、航空業、海運業、建設業、鉱業、警備業およびエンジニアリング業）を除き、合弁企業設立時

<sup>5</sup> USAID (2019) Off-Grid Solar Market Assessment Kenya

<sup>6</sup> Government of Kenya (2018) Kenya National Electrification Strategy: Key Highlights

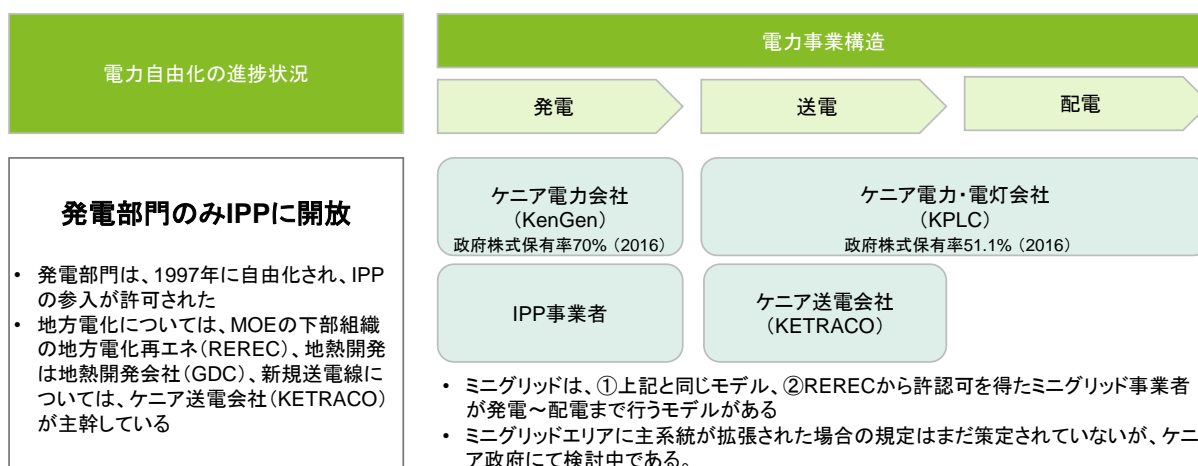
<sup>7</sup> USAID (2020) Power Africa in Kenya

	の出資比率に関する規制はない
外国企業の土地所有の可否	原則、土地を無期限に所有できるのはケニア人またはケニア企業に限定 土地管理法（Land Control Act）では、外国企業は大統領の承認を得た場合に限り、農地取得取引ができるとされているが、この手続きが明確でないため、外国企業の農地取得は事実上困難。農地以外の土地に関しては、リース取引が可能で、リース期間は最長 99 年
資本金に関する規制	特になし
その他規制	特になし

出所 JETRO（2020）ケニア外資に関する規制を基に JICA 調査団作成

### 1.3.2. 電力業界への民間参入可否

ケニアでは 1990 年代中頃から IPP 事業者への市場開放が行われており、エネルギー規制委員会（ERC）<sup>8</sup>によると、2017 年 6 月までに IPP 事業者による化石燃料由来の発電を含め 13 プラント、全体の約 30%に当たる合計 696MW が導入されている。参入時の留意点としては、（1）外資規制で記載した土地所有に関する事項が挙げられる。電力業界の構造は以下のとおり。



出所 GoK (2018) Kenya National Electrification Strategy:Key Highlights、KETRACO ウェブサイト等を基に JICA 調査団作成

図 5 ケニアの電力業界の構造

### 1.3.3. 投資環境と課題

投資環境はアフリカ地域の中でも良好であり、国内外から成長の可能性に期待が集まっており、東アフリカのハブ機能、市場規模と今後の発展の可能性などが注目されている。課題としては、Doing Business や JETRO<sup>9</sup>によると、用地取得や就業許可取得に時間を要することや関税評価基準・港湾利用時の検査手順が統一していないことが挙げられている。

<sup>8</sup> Energy Regulatory Commission (2018) UPDATED LEAST COST POWER DEVELOPMENT PLAN STUDY PERIOD : 2017-2037 (ERC は Energy Act 2019 成立以降エネルギー石油規制局 (EPRA) へとその機能が継承されている。)

<sup>9</sup> JETRO (2020) 「日・ケニアビジネス対話」第 2 回会合を開催、双方のビジネス環境改善を目指す

表5 投資環境指標

ソブリン格付	B+ (2018年)
本邦企業関心 (JETRO アンケート)	アフリカ諸国のうち今後の注目国1位 (2019年)
進出本邦企業数	70社 (2018年)
FDI	16億ドル (2017年)
Doing Business	56位 (2019年)
Global Competitiveness Index	95位 (スコア: 54.1) (2019年)

出所 S&P、JETRO (2020) アフリカ進出日系企業実態調査、外務省 (2017) 海外在留邦人数調査統計、世界銀行 Foreign direct investment, net inflows、世界銀行 Doing Business、WEF (2019) Global Competitiveness Report を基に JICA 調査団作成

## 1.4. その他

### 1.4.1. JICA のエネルギー分野の実績の有無、援助方針

JICA では、電力アクセス改善を開発課題として挙げ、過去5カ年では地熱発電の有償資金協力、技術協力プロジェクトを中心に支援を行っている。その他の援助実績は以下のとおり。

表6 過去5カ年のJICAの対ケニア共和国援助実績

プロジェクト名	スキーム	分野	期間/締結年	支援額
IOT を活用したオルカリア地熱発電所 O&M 能力強化プロジェクト	技術協力プロジェクト	発電	2020年～2023年	3.5億円
東アフリカ大地溝帯に発達する地熱系の最適開発のための包括的ソリューション	科学技術	発電	2020年～2025年	3.5億円
オルカリア I 4 および 5 号機地熱発電計画	有償資金協力	発電	2019年度以前～2024年度	295.1億円
オルカリア V 地熱発電開発計画	有償資金協力	発電	2016年～2023年	456.9億円
オルカリア I 1、2 および 3 号機地熱発電所改修事業	有償資金協力	発電	2018年～2024年度	100.7億円
送電系統運用能力強化プロジェクト	技術協力プロジェクト	送電	2021年度～2024年度	3.0億円
オルカリアーレススーキスム送電線建設計画	有償資金協力	送電	2010年～2022年度	124.1億円
ナクル市およびその周辺並びにモンバサ市周辺配電設備整備計画	無償資金協力	送電	2021年度～2022年度	18.8億円
東アフリカ・分散型エネルギービジネス情報収集・確認調査	基礎情報調査	調査	2019年度以前～2021年度	N/A
資源分野の人材育成プログラム (資源の絆)	国別研修	能力開発	2019年度以前～2021年度	N/A
GDC の地熱開発戦略更新支援プロジェクト	技術協力プロジェクト	発電	2014年～	N/A
地熱開発のための能力向上プロジェクト	技術協力プロジェクト	発電	2013年～2019年	N/A

再生可能エネルギーによる地方電化推進のための人材育成プロジェクト	技術協力プロジェクト	地方電化	2011年～2017年	N/A
PPP アドバイザー	専門家	PPP	2016年～2018年	N/A

出所 外務省（2020）事業展開計画、JICA（2015～2020）案件概要票を基に JICA 調査団作成

表7 日本の対ケニア共和国エネルギー関連分野の開発課題および援助方針

開発課題（小目標）	電力アクセス改善
現状と課題	堅調に増加しているピーク電力需要は現在 1,900MW 超、2025 年には 4,431MW になる見込み。総発電量の電源別シェアは地熱 45%、水力 28%、火力 11%、風力 13%、その他 3%（2019 年）。水力発電は乾季や干ばつ時に出力が落ち、火力発電は輸入燃料が高額であるため、安定した再生可能エネルギーである地熱発電の重要性が増している。送電網は約 2,328km あり、約 2,500km を建設中であるが、急速に進む電源開発、電力需要により、送電網整備が追い付いていない状況にある。風力発電や太陽光発電など変動性再生可能エネルギーが増加傾向にあり、系統安定化も課題。地方電化政策によって電化率は約 75%（2018 年）と改善傾向にあるが依然として 1,250 万人が電力アクセスのない状態。
開発課題への対応方針	国内の発電所、送配電網整備線建設及び国際送電線網建設支援を行い、経済成長に資する電力供給を促進する。上記方針を通じ、持続可能な開発目標 7（エネルギー）、9（インフラ、産業化、イノベーション）等の達成に貢献する。
協力プログラム	発電・送電能力向上プログラム
プログラム概要	国内の発電所、送配電網及び国際送電線網建設・整備支援を行い、経済成長に資する電力供給を促進する。

出所 外務省（2020）対ケニア共和国事業展開計画を基に JICA 調査団作成

#### 1.4.2. ドナー動向と援助実績

各ドナーは共通して再エネ導入促進、電力の安定供給、電力アクセス改善を援助方針に掲げている。系統電源では、地熱や風力発電関連の支援が多く、資金規模の大きいプロジェクトでは、他ドナーや民間セクターとの協調融資が図られている。オフグリッドでは、資金供与とともに、制度整備や能力強化などの技術協力が実施されている。

表8 主要ドナーのケニアでの動向

	エネルギー分野の援助方針	再エネ分野の主要プロジェクト
世界銀行	<ul style="list-style-type: none"> <li>国別パートナーシップ 2014-2018 において、「競争力と持続可能性強化」の目標下でエネルギー分野を支援</li> <li>合計 2,300MW 設備容量の追加</li> <li>電力システムロスを 2.8%削減</li> <li>エネルギー市場の規制、PPP 事業の強化に向けた政策助言</li> </ul>	系統電源
		<u>KenGen Guarantee Program</u> （2018 年～2021 年） ・ケニア電力公社（KenGen）の民間資金動員能力強化支援。180 億 USD の保証
		オフグリッド
		<u>Off-grid Solar Access Project for Underserved Counties</u> （2017 年～2023 年）

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・周辺国との共通の技術基準策定や電力プール取引促進支援</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・オフグリッドの導入支援。IDA は 150 億 USD を融資</li> </ul>
AfDB	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国別戦略ペーパー2019-2023 において、「工業化支援」の目標下で、エネルギー分野を支援</li> <li>・地熱、水力、風力、太陽光由来の発電、国内・周辺国間の送電線および配電線の建設、地方電化にかかる支援に注力</li> <li>・2023 年までに、合計 145MW の再エネ設備容量の追加、851.1km の送電線・32,814km の配電線・2 カ所の変所の建設などを目標とする</li> </ul>	<p>系統電源</p> <p><u>Lake Turkana Wind Project</u> (2013 年～2019 年)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・合計 300MW の風力発電および 428km の送電線の建設</li> <li>・合計 6.8 億 USD を欧州投資銀行 (EIB) などと協調融資。AfDB は 1.5 億 USD を供与</li> </ul>
		<p>オフグリッド</p> <p><u>The Facility for Energy Inclusion's Off-Grid Energy Access Fund (FEI OGEF)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・民間企業の参加促進用ファンド。ケニアでは民間企業に 250 億 USD を融資</li> </ul>
		<p>系統電源</p> <p><u>Olkaria II Geothermal Power Station</u> (～2003 年)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・64MW の地熱発電所の建設。</li> <li>・当初 1,450 万 USD、実績 1,230 万 USD</li> </ul>
KfW	<ul style="list-style-type: none"> <li>・再エネ (地熱、水力、風力、太陽光) 活用促進および民間セクターの参加促進をすることにより、安価、環境負荷が少なく、信頼性の高い電力供給を支援</li> </ul>	<p>オフグリッド</p> <p><u>Program for the Promotion of Solar-Hybrid Mini-grids (PROSOLAR)</u> (2013 年～2018 年)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地方部への太陽光ハイブリッドミニグリッド導入のパイロットプロジェクト。GIZ が開発・導入ガイドラインを作成し、KfW が 1,500EUR の資金供与</li> </ul>
		<p>系統電源</p> <p>・ <u>Kipeto Wind Power Project</u> (2018 年ファイナンシャルクローズ、2020 年商業運転)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・100MW の風力発電建設への資金供与、生物多様性計画策定調査など</li> <li>・Actis、Craftskills Wind Energy International、OPIC による 3.2 億 USD の協調融資</li> </ul>
USAID	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2013 年に設立された Power Africa がエネルギー分野を支援</li> <li>・協力フレームワーク 2018-2023 では、2023 年までに 545 万人の新規電力アクセスおよび合計 2,100MW の設備容量の追加が目標</li> <li>・トランザクション推進、法規制・調達制度の環境整備、オフグリッド地方電化促進、クロスボーダー取引促進を実施</li> </ul>	<p>オフグリッド</p> <p><u>Power Africa Off-grid Project (PAOP)</u> (2018 年～2021 年)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・アフリカ 9 カ国にアドバイザーを配置し、政府や企業に対し、政策・計画策定支援など実施</li> <li>・ケニアではオフグリッド製品に活用可能な消費者金融の導入検討を支援</li> </ul>

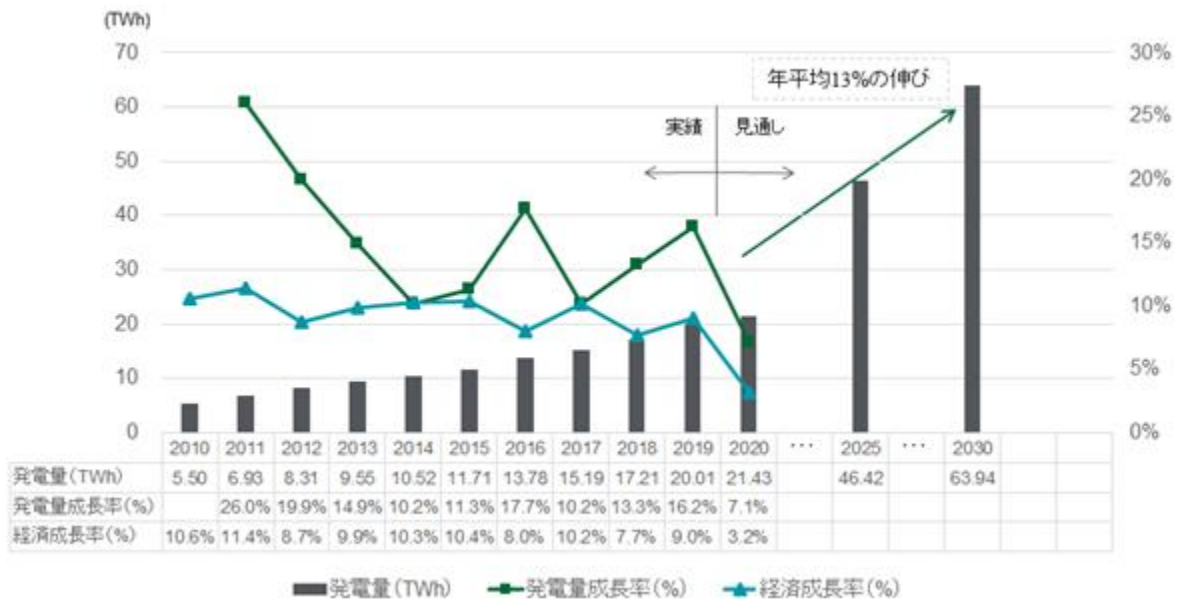
出所 World Bank (2014) KENYA Country partnership strategy FY2014-2018、AfDB (2019) Kenya-Bank Group Country Strategy Paper 2019-2023 and Country Portfolio Performance Reviews、AfDB ウェブサイト、KfW ウェブサイト、GIZ (2016) Mini-Grid Regulation and Practical Experiences from Kenya、USAID (2018) COOPERATION FRAMEWORK、USAID (2018) POWER AFRICA OFF-GRID PROJECT CONNECTING A CONTINENT, BEYOND THE GRID、Power Africa ウェブサイトなどを基に JICA 調査団作成

## 第2章 エチオピア

### 2.1. マクロ経済・電力セクター概況

#### 2.1.1. 電力需要

エチオピアでは、2010年から2019年までの間年率10%前後の経済成長を維持している<sup>10</sup>。それに伴い発電量も堅調に推移し2010年の5.5TWhから2019年には20.0TWhに達した。IEAの予測では、今後も発電量は2030年までに年平均13%で伸びると見通されている。



出所 IEA (2020) Ethiopia Energy Outlook, IMF ウェブサイトを基に JICA 調査団作成

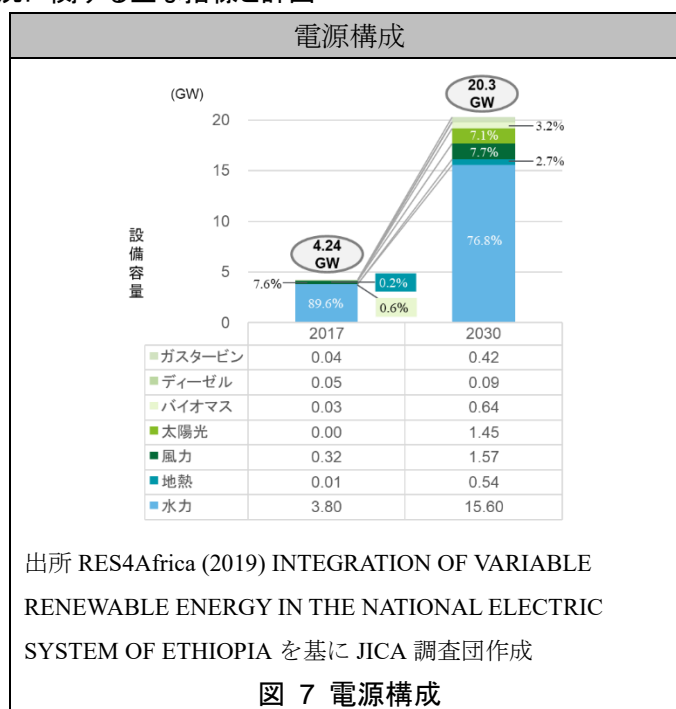
図 6 発電量・経済成長率の実績と見通し

<sup>10</sup> 2020年の経済成長率は、2020年4月時点のIMFの予測に基づく。

## 2.1.2. 電源構成

表9 系統状況に関する主な指標と計画

項目	数値
電化率	44% (2017年)
電化率目標	100% (2025年)
現在の主幹電源	水力 (2017年) 89.6%
将来の主幹電源	水力 (2030年) 76.8%
エネルギー需要 (Mtoe)	生産/輸入:43.09 最終消費: 39.86 (2017年)
LCOE (cents/kWh)	17 (2016年)
月間停電回数	8.2 (2015年)
平均停電時間 (h)	5.8 (2015年)



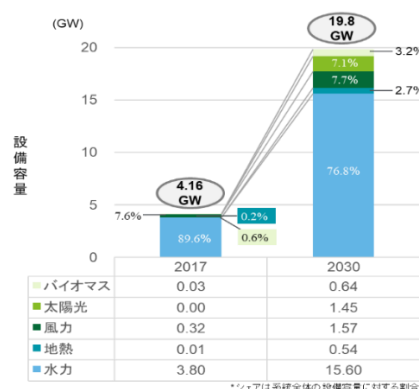
出所 GoE (2019) National Electrification Program 2.0、World Bank (n.d.) Ethiopia Electrification Program, IEA (2017) Sankey Diagram, World Bank (2016) Financial Viability of Electricity Sectors in Sub-Saharan Africa, The World Bank (2020) Enterprise Surveys を基に JICA 調査団作成

## 2.2. 再エネ概況

### 2.2.1. 系統再エネ

#### (1) 導入状況と将来見通し

アフリカのための再エネ解決策 (RES4Africa)<sup>11</sup>、エチオピア電力公社 (EEP) などの共同分析によると、2030年までに再エネ導入量は 19.8GW に到達する見通しである。電源種別では、水力は 3.8GW から 15.6GW、風力は 0.32GW から 1.57GW、太陽光は 0GW から 1.45GW、地熱は 0.01GW から 0.54GW、バイオマスは 0.03GW から 0.64GW へと増加する。特に変動型再エネの導入量が増え、電源構成が多様化する見込みである。



出所 RES4Africa (2019) INTEGRATION OF VARIABLE RENEWABLE ENERGY IN THE NATIONAL ELECTRIC SYSTEM OF ETHIOPIA を基に JICA 調査団作成

図 8 再エネ導入状況と将来見通し

<sup>11</sup> アフリカの再エネ発展を支援する組織であり、Enel Green Power、Siemens Gamesa、PwC などの出資により設立された。ユーティリティ、エネルギー関連メーカーや教育機関などで構成され、情報の収集・分析・共有、トレーニングの提供などを実施している。

## (2) 振興策と課題

入札や PPP 制度などがドナーの支援を受けながら整備され、運用が始まっている。また、発送配電事業に対する税優遇導入が振興策として導入されている。

表10 エチオピアの系統型電源における再エネ振興策

振興策	有無	概要
FIT	×	・なし
RPS	×	・なし
入札	○	・ IFC や Power Africa などドナーの支援を受け、エチオピア電力公社 (EEP) が IPP の入札を実施 ・ 2018 年「PPP に関する布告」が成立、入札プロセスなどを規定
税優遇	○	・ 発送配電事業の資本財の輸入にかかる関税免除 ・ 発送配電事業の新規開発あるいは拡大を行う場合、一定割合の所得税免除 (地域・条件により異なる)
PPA ひな型	×	・なし (ドラフト作成中)
その他	×	・なし

出所 Baker Mackenzie (2019) OPPORTUNITIES FOR CORPORATE PROCUREMENT OF POWER IN SUB-SAHARAN AFRICA、JETRO (2020) 外資に関する奨励を基に JICA 調査団作成

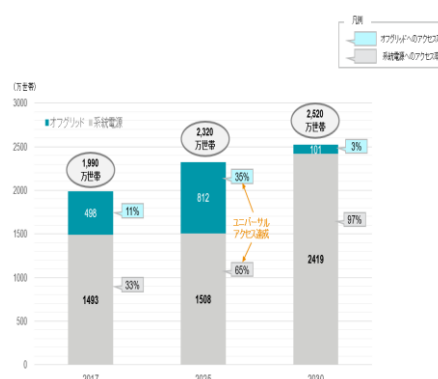
上記のような振興策が策定されているものの、以下の課題が指摘されている<sup>12</sup>。

- EEP のオフテイカーとしての信用力
- 電力料金が安いと、発電事業者が電力供給までにかかるコストの回収が困難
- 旧式の送配電システムによる電力ロスや停電
- 発電量増加に向けた、効率的な系統の計画・運用保守

## 2.2.2. オフグリッド

### (1) 導入状況と開発目標

エチオピア政府の国家電化プログラム 2.0 (NEP2.0)<sup>13</sup>によると、2017 年の電化率は 44% であり、系統電源に 33%、オフグリッドに 11% の世帯が接続している。2025 年までの電力のユニバーサルアクセス達成を目標としており、その内 35% の 812 万世帯がオフグリッドを、65% の 1,508 万世帯が系統電源を利用する計画である。併せて、2030 年には 97% の 2,419 万世帯が系統電源に接続することを目標にしており、オフグリッドは系統接続までの一時的な手段という位置づけである。



出所 GoE (2019) National Electrification Program 2.0 を基に JICA 調査団作成

図 9 オフグリッド・系統電源の利用世帯と目標

<sup>12</sup> USAID (2020) Power Africa in Ethiopia

<sup>13</sup> GoE (2019) National Electrification Program 2.0



## (2) 振興策と課題

スタンドアローン型太陽光設備に対する税優遇の振興策があるが、その他のガイドラインは現在検討策定中である。

表11 エチオピアのオフグリッドにおける再エネ振興策

振興策	概要
税優遇	15W 以下の太陽光発電製品に対する関税および物品税の免除 大規模ソーラーホームシステムに対する関税の免除（15%の VAT と 3%の源泉所得税は適用）
ガイドライン	政府にて、ミニグリッドの電力料金の計算方法や、ライセンス取得手続きなどのガイドラインを策定中

出所 GoE (2019) National Electrification Program 2.0 を基に JICA 調査団作成

政府<sup>14</sup>により以下の課題が指摘されている。

- ファイナンスへのアクセスの欠如
- 民間投資を促すインセンティブの欠如
- ライセンス取得や輸入などの手続きが不明瞭
- モバイルマネーが未発達
- 低品質の製品の市場への流入<sup>15</sup>

## 2.3. 民間投資環境

### 2.3.1. 外資規制

エチオピアでは、国内統合高圧電線網を利用した電力の送配電事業は政府が独占する投資分野となっている。発電部門には投資が可能であり、出資比率の規制もない。土地所有はエチオピア人またはエチオピア企業に無期限の所有が限られ、外国企業はリース取引のみ可能である点に留意が必要である。

表12 エチオピアにおける外資規制

規制	内容
規制業種・禁止業種	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>政府が独占する投資分野</u> 国内統合高圧電線網を利用した電力の送給電事業、郵便、定員 50 人を超える航空機を使用した航空旅客輸送事業、インターネット回線および電話事業</li> <li>・ <u>政府との共同事業に限定する分野</u> 電気通信事業および武器弾薬の製造</li> <li>・ <u>国内投資家にもみ開放されている投資分野</u> 輸入業務（LPG 液化石油ガスなどを除く）、卸売業（石油とその副産物などを除く）など</li> </ul>

<sup>14</sup> GoE (2018) Africa Energy Market Place Ethiopian Government Presentation

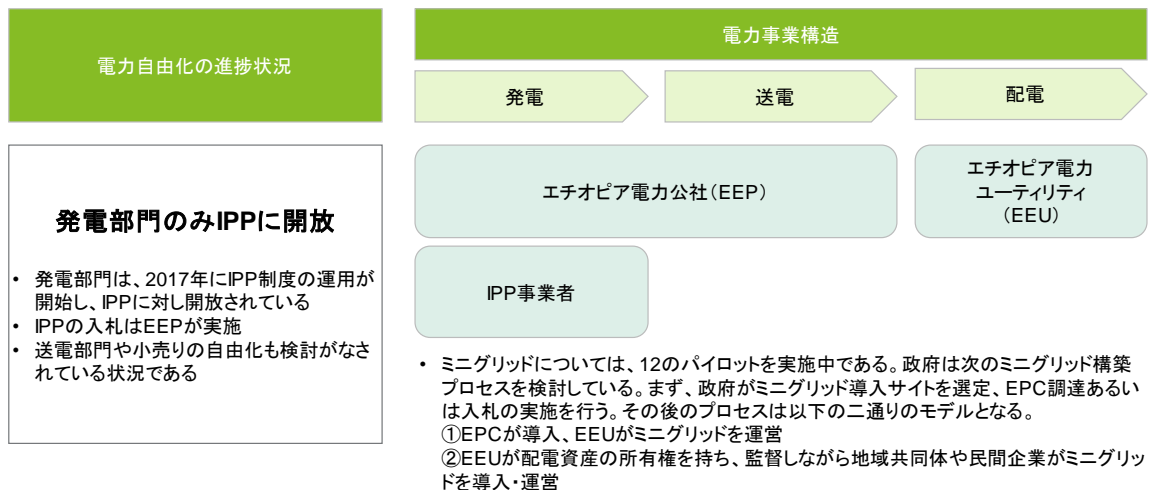
<sup>15</sup> 政府により、世界銀行のプロジェクト lighting Global で定められた基準が設けられているにもかかわらず、運用が伴っていない。

	・エチオピア国民にのみ認められる投資分野 銀行、保険、小口融資および貯蓄業務など
出資比率	出資比率についての規制はなく、原則として外国資本 100%の会社設立が許されている
外国企業の土地所有の可否	憲法により土地は、国家ならびに州、エチオピア国民に属するものとされるため、外国企業による土地所有は不可。市街地リース法 (Urban Land Lease Proclamation, 2011 年) により最長 99 年の借地が可能。借地にあたっては、当該行政機関との間で土地リース契約を締結し、借地証を取得する
資本金に関する規制	国外投資家 <sup>16</sup> の場合、最低資本金は 20 万ドル。国内投資家とパートナーシップを締結している場合は同 15 万ドルとなる
その他規制	特になし

出所 JETRO (2020) エチオピア外資に関する規制を基に JICA 調査団作成

### 2.3.2. 電力業界への民間参入可否

電力業界の構造は以下のとおりである。エチオピアでは 2017 年から IPP 制度の運用が開始しており、発電部門のみ民間企業に開放されている。但し、2019 年時点で商業運転開始まで進んだプロジェクトはない。太陽光発電 IPP 案件の第一号である Metehara プロジェクトは、用地取得に時間を要したため当初スケジュールからの遅延を余儀なくされており、参入時の課題として参考になる。



出所 GoE (2019) National Electrification Program 2.0などを基に JICA 調査団作成

図 10 エチオピアの電力業界の構造

<sup>16</sup> 国内投資家とは、エチオピア国籍のみならず、在外エチオピア人ならびに在外エチオピア人が 100%出資する法人を含むもので、エチオピア国籍の企業と同等にみなされるものと解される。なお、この場合、法人として外貨口座は持てないが、在外エチオピア人の個人としてはディアスポラ口座を持ち、外貨を持つことができる。

### 2.3.3. 投資環境と課題

投資環境は発展途上であり、複数の課題を抱えている状況である。世界銀行<sup>17)</sup>による **Doing Business** のランキングや世界経済フォーラム（WEF）<sup>18)</sup>による **Global Competitiveness Index** では、交通・電力・ICT インフラの未整備、企業統治、マクロ経済の安定性、信用システム、小規模投資家保護などで低いスコアをつけている。他方、人口増加や市場の大きさ、関税や電力料金の安さを機会ととらえる投資家や企業も多く、日系企業からの注目も高い。

表13 投資環境指標

ソブリン格付	B (2018年)
本邦企業関心 (JETRO アンケート)	アフリカ諸国のうち今後の注目国4位 (2019年)
進出本邦企業数	12社 (2018年)
FDI	33億ドル (2018年)
Doing Business	159位 (2019年)
Global Competitiveness Index	126位 (スコア: 44.4) (2019年)

出所 S&P、JETRO (2020) アフリカ進出日系企業実態調査、外務省 (2017) 海外在留邦人数調査統計、世界銀行 Foreign direct investment, net inflows、世界銀行 Doing Business、WEF (2019) Global Competitiveness Report を基に JICA 調査団作成

## 2.4. その他

### 2.4.1. JICA のエネルギー分野の実績の有無、援助方針

JICA では、電源の多様化・効率化を開発課題として挙げ、地熱開発、送配電網の整備などへの支援を行っている。過去5カ年の援助実績は以下のとおり。

表14 過去5カ年のJICAの対エチオピア連邦民主共和国援助実績

プロジェクト名	スキーム	分野	期間/締結年	支援額
アルトランガノ地熱発電事業準備調査	協力準備調査	発電	～2022年	3.9億円
坑口地熱発電システム整備計画	無償資金協力	発電	～2020年	18.4億円
地熱開発試掘能力強化プロジェクト	技術協力プロジェクト	発電	2020年～2023年 (予定)	
地熱開発アドバイザー	専門家	発電	2018年～2020年	
送電開発アドバイザー	専門家	送電	2019年～2021年 (予定)	
安定的な電力供給に関する課題別研修	課題別研修	発送配電	～2020年	

出所 外務省 (2020) 事業展開計画、JICA (2015～2020) 案件概要票

表15 日本の対エチオピア連邦民主共和国エネルギー関連分野の開発課題および援助方針

開発課題 (小目標)	電源の多様化・効率化
現状と課題	エチオピア政府は経済インフラの拡充・更新を重要視しており、工業化促進を念頭に置きつつ、GTP2 期間において、①電力供給能力向上、②

<sup>17)</sup> World Bank (2020) Doing Business 2020

<sup>18)</sup> World Economic Forum (2019) The Global Competitiveness Report 2019

	物流コスト低減（道路拡張を含む）、③安全な水へのアクセス向上を目標としている。電力分野では、国内の水力発電能力を活かし、近隣国への電力輸出を拡大させる方針にあるが、増大する電力需要に適應するための、国内の基幹送電網および、国際連系線の開発が課題となっているほか、天候に依存する水力発電以外の電力供給能力の構築が求められている。
開発課題への対応方針	電力輸出にむけた①国内基幹送電線および国際連系線の開発、②地熱発電開発を通じた電源多様化および③電力需要が急激に増大するアディスアベバの送配電網の更新・拡張を重点的に支援していく。
協力プログラム	安定的な電力供給プログラム
プログラム概要	地熱開発促進、送配電網の整備などへの支援により電源の多様化、送配電における電力のロスの低減、電力供給能力の強化を図り、産業開発の基盤となる電力が安定して供給され、多くの産業や人々からアクセスできるような社会の実現に貢献する。

出所 外務省（2020）対エチオピア共和国事業展開計画を基に JICA 調査団作成

## 2.4.2. ドナー動向と援助実績

各ドナーは共通して再エネ導入促進、電力アクセス改善を援助方針として掲げている。系統電源では、太陽光や風力など再エネプロジェクトの民間投資促進や IPP 制度整備のための支援が多い。オフグリッドでは、資金供与に併せ制度整備や能力強化などの技術協力が実施されている。

表16 主要ドナーのエチオピアでの動向

	エネルギー分野の援助方針	再エネ分野の主要プロジェクト
世界銀行	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国別パートナーシップ FY2018-FY2022 における「生産性の向上をとおした構造・経済変革」の注力分野として「信頼性の高いエネルギーへのアクセス増加」を支援</li> <li>・合計 700MW の水力以外の再エネ由来の設備容量の追加</li> <li>・電力アクセス（全国）に関する政府目標である 2016 年の 25%から 2021 年時点で 50%への改善に向けた支援</li> </ul>	系統電源 <u>Ethiopia Scaling Solar</u> (2016 年～) IFC による合計 1,000MW の太陽光発電導入に向けた民間投資促進支援（詳細は本編 3.5.4 参照）
		オフグリッド <u>Ethiopia Electrification Project</u> (2018 年～2023 年) 新規系統接続支援に加え、250,000 人にソーラーホームシステムおよびミニグリッドをとおした電力供給を支援。IDA による 3.75 億 USD の融資
AfDB	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国別戦略ペーパー2019-2023 の「工業化支援」の目標下で、エネルギー分野を支援</li> <li>・再エネ由来の発電量の増加、送配電網の増加、周辺国との電力取引や民間セクターの動員への支援に注力</li> </ul>	系統電源 <u>Wind Energy Program (Assela-Wind Plant Development)</u> (2017 年) <ul style="list-style-type: none"> <li>・合計 100MW の風力発電および変電所建設プロジェクトに向けた FS 支援</li> <li>・170 万 USD のグラント、気候投資基金（CIF）との協調</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>2020年までに合計100MWの風力発電設備容量の追加、945kmの国内および435kmの周辺国との送電線・2,058kmの配電線の建設、400MWの電力取引を支援</li> </ul>	<p>オフグリッド</p> <p><u>Ethiopian Off Grid Electrification Program</u></p> <p>エチオピア政府が実施する25の地方部における太陽光ミニグリッドの設計・導入・3カ月間の運用保守に関する入札への融資</p>
KfW/GIZ	<ul style="list-style-type: none"> <li>対エチオピア援助方針の主要分野は、教育、生物多様性、食料安全保障・農業であり、エネルギー分野は含まれていない（GIZも同様）</li> </ul>	<p>系統電源</p> <p>-</p> <p>オフグリッド</p> <p><u>Energising Development (EnDev) Ethiopia</u> (2010年～2022年)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>GIZ（ドイツ経済協力開発省（BMZ）による委託）、オランダ、ノルウェー、英国、スイス、スウェーデン、アイルランド、韓国、EUによる協調プログラム</li> <li>地方部へのスタンドアローン型太陽光発電設備、ミニグリッド、省エネ機器の導入および小水力発電パイロットプログラムへの支援</li> </ul>
USAID	<ul style="list-style-type: none"> <li>国別開発協力戦略2019年-2024年の「民間主導の経済変革」において、近代的かつ安価なエネルギーサービスへのアクセス拡大を援助方針とする</li> <li>2013年に設立されたPower Africaがエネルギー分野を支援しており、2020年までに870MWの導入を目標とする。2030年までに3,878MWのパイプライン案件あり。新規接続数目標は1,379,457世帯</li> <li>IPPの入札書類開発支援、民間セクターの投資リスク軽減策にかかるトランザクションアドバイザー、ユーティリティや規制局の能力強化、グリッドコード開発、システム統合モデリングや需要予測に対する支援</li> </ul>	<p>系統電源</p> <p><u>Corbetti Geothermal Projects, Tule Moyo Geothermal Projects</u> (アンソリ提案)、<u>Metahara Solar Project</u> (競争入札)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Power Africaは上記プロジェクトに対しIPPとの交渉、IPPフレームワークの策定を支援</li> </ul> <p>オフグリッド</p> <p><u>Power Africa Off-grid Project (PAOP)</u> (2018年～2021年)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>アフリカ9カ国にアドバイザーを配置し、政府や企業に対し、政策・計画策定支援など実施</li> <li>エチオピアでは政府機関に対するアドバイザー、民間企業に対するビジネスパフォーマンス・金融アクセス改善支援、市場分析などを実施</li> </ul>

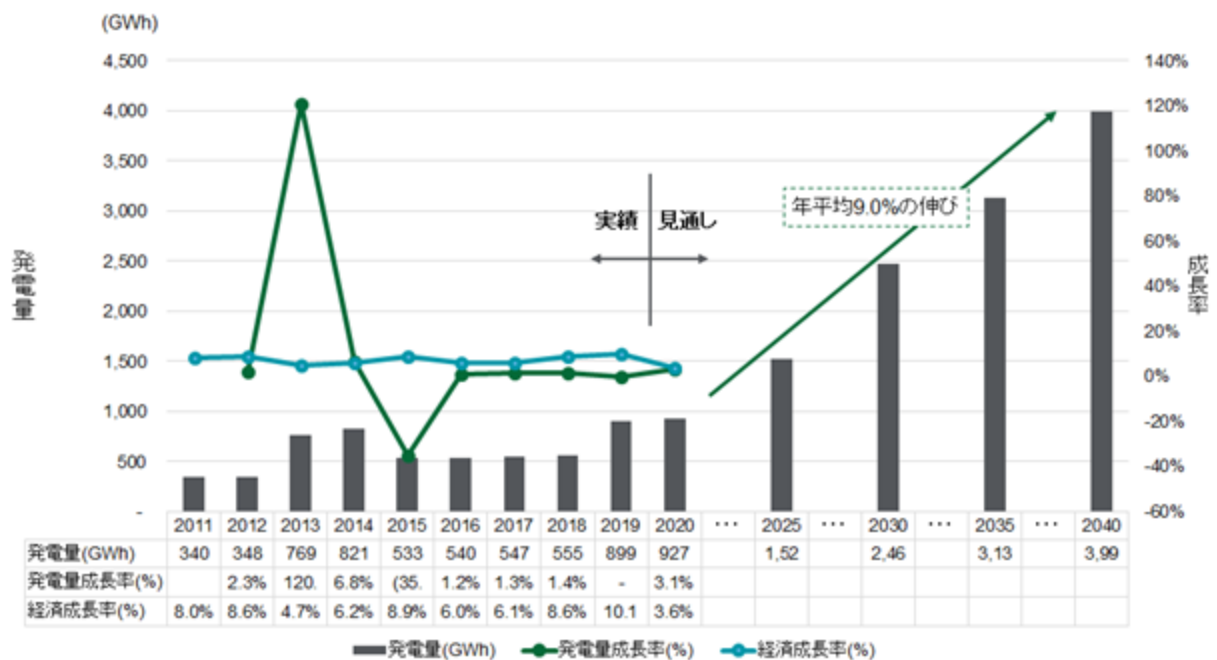
出所 World Bank (2017) COUNTRY PARTNERSHIP FRAMEWORK FOR THE FEDERAL DEMOCRATIC REPUBLIC OF ETHIOPIA FOR THE PERIOD FY18-FY22、World Bank ウェブサイト、AfDB (2016) FEDERAL DEMOCRATIC REPUBLIC OF ETHIOPIA COUNTRY STRATEGY PAPER 2016-2020、AfDB ウェブサイト、KfW ウェブサイト、GIZ ウェブサイト、USAID (2019) COUNTRY DEVELOPMENT COOPERATION STRATEGY 2019-2024、Power Africa ウェブサイトなどを基に JICA 調査団作成

### 第3章 ルワンダ

#### 3.1. マクロ経済・電力セクター概況

##### 3.1.1. 電力需要

ルワンダは2011年から2020年までの間、年率平均7%程度の経済成長率を維持している。REG（Rwanda Energy Group）が策定した2040年に向けた電力開発計画である Rwanda Least Cost Power Development Plan (2019) では、2025年まで電力の輸出入を継続し、2025年以降は国内の発電のみでエネルギー供給を賄うシナリオを描いている。今後、2019年から2040年の発電量は平均8%ほどの成長率を見込み、2040年には3,990GWhに達する見通しである。



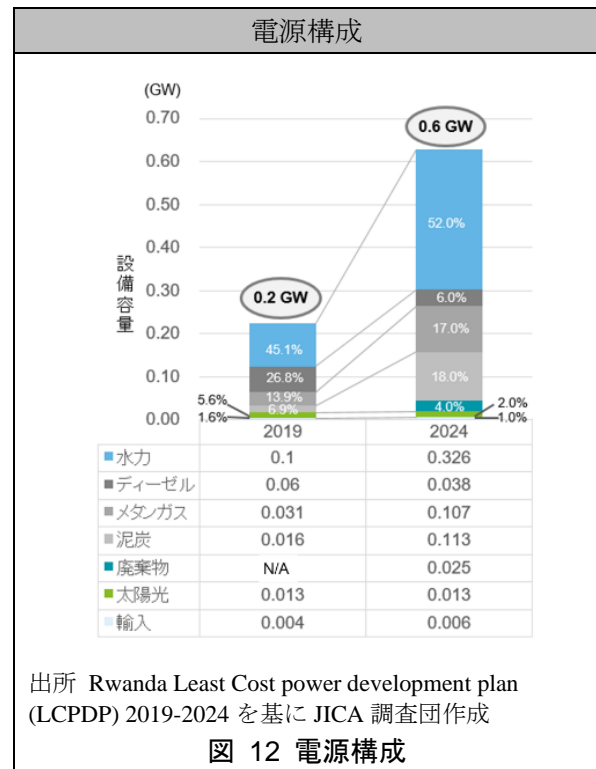
出所 2011年～2018年の発電量：Africa Energy Portal Rwanda（2020/6/16アクセス）、GDP成長率：IMFウェブサイト、2019年以降の発電量：REG(2019) Rwanda Least Cost Power Development Plan 2019-2040を基に JICA 調査団作成

図 11 発電量・経済成長率の実績と見通し

### 3.1.2. 電源構成

表17 系統状況に関する主な指標と計画

項目	数値
電化率	34% (2017年)
電化率目標	100% (2024年)
現在の主幹電源	水力 (2019年) 59.0%
将来の主幹電源	水力 (2030年) 67.7%
エネルギー需要 (Mtoe)	生産/輸入: N/A 最終消費: N/A
LCOE (cents/kWh)	43 (2016年)
月間停電回数	2.4 (2019年)
平均停電時間 (h)	1 (2019年)



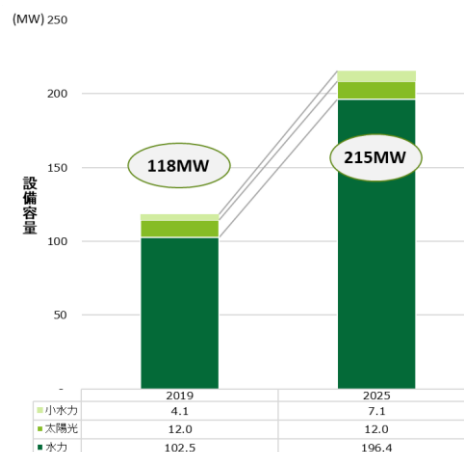
出所 Ministry of Infrastructure および IEA (2017) Sankey Diagram を基に JICA 調査団作成

## 3.2. 再エネ概況

### 3.2.1. 系統再エネ

#### (1) 導入状況と開発目標

REG の採用しているシナリオ 1 では、2019 年の再エネは太陽光と水力と小水力の合算で 118MW となっている。2025 年には、太陽光については一定であるものの、小水力においては 3MW、水力においておよそ 100MW 増加し、再エネ全体の設備容量は 215MW となる計画を立てている。また、2025 年以降は太陽光発電を縮小させていく方針<sup>19</sup>である。



出所 REG (2019) Rwanda Least Cost Power Development Plan 2019-2040(2019,2020 年小水力開発計画と 2019~2025 年のシナリオ 1)を基に JICA 調査団作成

図 13 再エネ導入状況と目標

<sup>19</sup> REG ウェブサイトより

## (2) 振興策と課題

系統電源における再エネ振興策として、ルワンダでは FIT と税優遇が導入されている。一方で PPA ひな形が定められておらず、FIT の適用期間が稼働 3 年目以降、個別交渉となることなどから長期投資に課題となる。

表18 ルワンダの系統型電源における再エネ振興策

振興策	有無	概要
FIT	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>2012 年より、50kW 以上 10MW 以下、系統から 10km 以内の水力発電のみに導入。10km 以上離れた系統の場合、個別に配電事業者と交渉を要する。FIT 適用期間は 3 年間に限られ、以降は個別に交渉、契約することとなった。</li> </ul>
RPS	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>なし</li> </ul>
入札	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>2014 年に EWSA が REG に再編する以前には入札による民間参入案は提起されていた<sup>20</sup>が、再編後現在記載なし</li> </ul>
税優遇	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>低炭素関連技術を輸入する場合には関税が減額される。 (The Organic Law on Environment Law No.04/2005)</li> <li>太陽光、地熱、水力、バイオマス、風力発電に投資する場合、法人税の減額がある。 (The Organic Law on Environment Law No.06/2015)</li> </ul>
PPA ひな型	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>なし</li> </ul>

出所 GET.invest Rwanda Governmental Framework、IRENA(2018) Policies and Regulations for Renewable Energy Mini-Grids、REN21(2019) Renewables 2019 Global Status Report を基に JICA 調査団作成

上記のように系統電源の再エネ促進に向けた振興策はあるが、USAID<sup>21</sup>によると、電力需要と供給のバランスにずれがあるとの課題が指摘されている。課題の解決を支援するため、後述のドナーによる取組が進められている。

<sup>20</sup> JICA(2016) ルワンダ国持続的な地熱エネルギー開発推進のための電力開発計画策定支援プロジェクトより

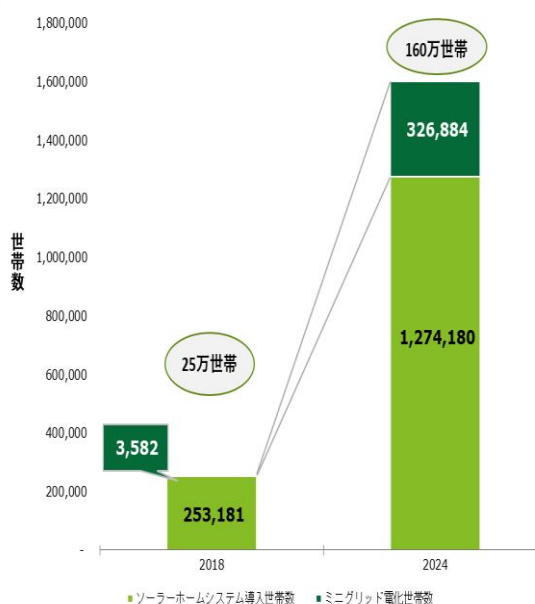
<sup>21</sup> USAID, Rwanda Power Africa Fact Sheet.



### 3.2.2. オフグリッド

#### (1) 導入状況と開発目標

ルワンダ政府によると、2024 年までに電化率 100%を目標としており、その内訳としてオフグリッド電化率 48%を目指している。2018 年ではミニグリッドを約 3,600 世帯、ソーラーホームシステムを約 25 万世帯が利用していたが、2024 年にはそれぞれ 33 万世帯、127 万世帯まで拡大させる計画が立てられている。



出所 REG(2019) Off Grid Electricity Access Expansion Programs in Rwanda を基に JICA 調査団作成

図 14 オフグリッドの利用世帯と目標(右)

#### (2) 振興策と課題

オフグリッドの振興策として、ルワンダでは税優遇施策が設けられている。太陽光発電、風力発電における施設の備品やその発電の開発に関わる機材の輸入、購入にかかる税金が減額される。

またミニグリッドにおいては、売電のライセンスを認可する制度や、ミニグリッド事業のディベロッパーが売電価格を設定できるタリフ制度がある。

表19 ルワンダのオフグリッドにおける再エネ振興策

振興策	概要
税優遇	・太陽光、風力における発電や開発に関わる機材の輸入にかかる税や VAT の減税がある。
ライセンス	・50kW 以上 1MW 未満のミニグリッドにおいてライセンス制度を導入している。ライセンスの期限は5~25年となっており、その期間内では該当地域での配電、売電についての権利を認可される。
タリフ	・ミニグリッド事業のディベロッパーがマージンを含めた合理的な範囲内でのタリフの値段を制定することができる。
系統導入に対するミニグリッド事業者への対処	・ミニグリッド事業者が当該地域にミニグリッドを導入した後に系統電源が接続された場合に下記3つの選択をすることができる。 ▶ ミニグリッド発電施設を系統未導入地域へ移設 ▶ ミニグリッド発電施設を REG に売却 ▶ ミニグリッド発電による電力を REG に売電

出所 Power Africa (2019) Off-Grid Solar Market Assessment Rwanda を基に JICA 調査団作成

他方、オフグリッドの導入を進めるに当たり、USAID<sup>22</sup>から以下の課題が指摘されている。

- ▶ オフグリッド事業者への融資が限定的である
- ▶ 農村部の家庭や企業に向けた電力供給は価格的に未だ困難である

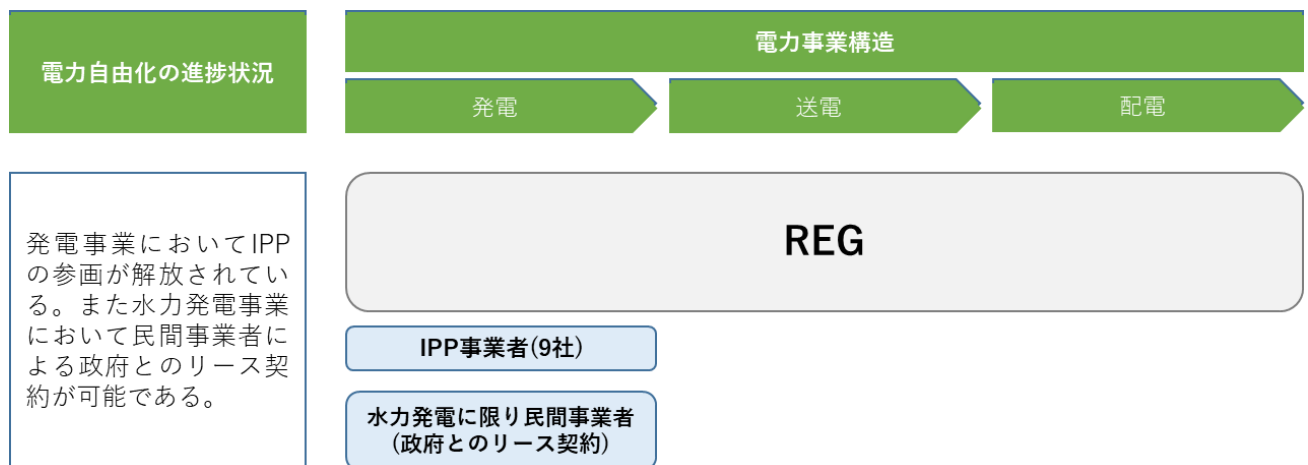
### 3.3. 民間投資環境

#### 3.3.1. 外資規制

ルワンダでの外資規制について、外国投資に関する明確な制約（例：ネガティブリスト）はないとされている<sup>23</sup>。

#### 3.3.2. 電力業界への民間参入可否

ルワンダでは公的電力機関である REG が発送配電事業を行っている。発電部門には IPP 事業者が 9 社参入しており、そのうち 5 社は海外資本である。また、水力発電事業では民間会社が政府とのリース契約を行っている。



出所 REG ウェブサイト、Rwanda Development Board ウェブサイトを基に JICA 調査団作成

図 15 ルワンダの電力業界の構造

#### 3.3.3. 投資環境と課題

投資環境における指標は下記のとおりである。

課題としては、ルワンダ政府による建設業の許可を得る際の手順が複雑かつ高価である点や輸入にかかる検査の書類の発行に時間とコストがかかる点などがあげられる。<sup>24</sup>

表20 投資環境指標

ソブリン格付	B+ (2019 年)
本邦企業関心 (JETRO アンケート)	アフリカ諸国のうち今後の注目国 15 位 (2019 年)

<sup>22</sup> USAID, Rwanda Power Africa Fact Sheet

<sup>23</sup> アフリカにおける投資機会と留意点(2017)

<sup>24</sup> World Bank (2020) Doing Business 2020

進出本邦企業数	15 (2017年)
FDI	3億ドル (2018年)
Doing Business	38位 (2020年)
Global Competitiveness Index	100位 (スコア: 52.8) (2019年)

出所 S&P(2019)、JETRO (2019) アフリカ進出日系企業実態調査、外務省領事局政策課(2017年)、世界銀行、Doing Business (2020)、WEF (2019) Global Competitiveness Repoert を基に JICA 調査団作成

### 3.4. その他

#### 3.4.1. JICA のエネルギー分野の実績の有無、援助方針

JICA では電力供給地域の拡大を開発課題として挙げ、過去 5 カ年では送電事業を中心に支援を行っている。

表21 過去5か年のJICAの対ルワンダ共和国援助実績

プロジェクト名	スキーム	分野	期間/締結年	支援額
第三次変電および配電網整備計画	無償資金協力	配電	2018年	26.35億円
第二次変電および配電網整備計画	無償資金協力	配電	2016年	22.19億円

出所 外務省 (2020) 事業展開計画、JICA (2015~2020) 案件概要票、ODA 見える化サイト(2020/6/18 アクセス)

表22 日本の対ルワンダ共和国エネルギー関連分野の開発課題および援助方針

開発課題 (小目標)	経済基盤整備
現状と課題	ルワンダは、「ビジョン 2020」及び「国家変革戦略 (NST1) (2017-2024)」に基づく開発を行っており、過去 10 年間にわたり、年平均 7%以上の経済成長を維持してきた。しかしながら、現状では、運輸・交通や電力供給などに係る経済インフラ整備が不十分であるため、輸送費用や電力料金が高く、民間セクターを含めた産業振興の阻害要因になっている。経済成長を維持・加速させるため、NST1 で重要な柱の一つ「経済の変革」に資する経済基盤整備が、依然として課題となっている。
開発課題への対応方針	運輸・交通及び電力の分野を 2 本柱とする経済基盤整備の推進を図るべく、道路等のインフラ整備、東アフリカ地域の北部回廊及び中央回廊上の物流の円滑化など域内統合に資する取組、電力施設の拡張・改修支援を積極的に行うことで、持続的な経済成長の基盤構築の支援を行う。
協力プログラム	電力プログラム
プログラム概要	首都キガリ市内の電力供給の安定化を図るため、変電・送配電網の整備支援を行う。

出所 外務省 (2020) 対ルワンダ共和国事業展開計画

### 3.4.2. ドナー動向と援助実績

各ドナーは長期的な計画に則り再エネの導入、電力供給地域の拡大、技術支援や制度整備などの支援を提供していく方針をたてている。また、複数のドナーが共同出資することで、より規模が大きいプロジェクトを形成・実施している。

表23 主要ドナーのルワンダでの動向

	エネルギー分野の援助方針	再エネ分野の主要 PJ
世界銀行	<ul style="list-style-type: none"> <li>ルワンダ経済発展の一環としてエネルギー分野への援助を行っている。</li> <li>エネルギー分野では、事業コストの削減、民間投資の誘致、電力アクセスの向上を目的として多様な資源を用いた発電方法により発電設備容量を450MWに増加させる計画を立てている。</li> </ul>	系統電源 <ul style="list-style-type: none"> <li><u>Rwanda Electricity Sector Strengthening Project (2015年) - 0.95億USD</u> 電力セクターの能力強化、電力ネットワークの強化、技術支援とプロジェクト実施支援を通して、電力会社の業務効率を向上させ、電力アクセスの増加を目指す。</li> </ul>
		オフグリッド <ul style="list-style-type: none"> <li><u>Rwanda Renewable Energy Fund (2017年) - 0.48億USD</u> オフグリッド技術と再生可能なオフグリッド電化への民間参入の促進を通して電力アクセスの向上を援助している。具体的には地域金融機関への融資枠、オフグリッド電化を図る企業への直接融資を提供している。</li> </ul>
AfDB	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017年から2021年の援助方針をまとめたCountry Strategy Paperではルワンダにおいて環境に配慮した持続可能な方法による経済成長を援助する方針をとっている。</li> </ul>	系統電源 <ul style="list-style-type: none"> <li><u>The New Deal on Energy for Africa (2016年~)</u> アフリカ各国で発送配電やスタッフの育成など電力事業における様々な援助を行うことで、2025年までにアフリカ全体で下記4つの目標達成を目指す。               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 2016年の設備容量に加え160GWの容量追加を達成する</li> <li>➢ 送電網を拡大することで2016年より160%増の1億3,000万人への電力アクセスを達成する</li> <li>➢ オフグリッド発電を増加させ、2016年の20倍の7,500万件の接続を達成する</li> <li>➢ 約1億3,000万世帯分のクリーンな調理用エネルギーへのアクセスを増やす</li> </ul> </li> </ul>
		オフグリッド <ul style="list-style-type: none"> <li><u>Scaling Up Electricity Access Program Phase II (SEAP II) (2018年)</u> 電力供給の信頼性の向上、キガリと南部・西部におけるオングリッドとオフグリッドへのアクセス</li> </ul>

		を増加、効果的な実施のための制度的能力の強化を目指している。
KfW	・低コストによる発電の促進を援助していく方針である。	系統電源
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>Ruzizi Hydropower Plant Project (2016 年)</u> AfDB、世界銀行、EIB、AFD、EU-AITF などともに出資（PPP プロジェクト、25 年コンセッションを予定）。Ruzizi 川の水力発電所（147MW）を開発することでルワンダのみならずコンゴ、ブルンジへの電力供給を図る。</li> </ul>
USAID	・ルワンダにおけるエネルギー分野の援助は Power Africa によって行われている。また、他のドナー機関と協力しルワンダ政府に対して助言活動を行っている。	系統電源
		Power Africa の方針として、発送電の技術援助、エネルギー機関への技術や設備容量の拡大、資金動員による援助を行っている。
		オフグリッド <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>Beyond The Grid</u> サブサハラアフリカ 18 カ国においてオフグリッド電源導入に関するアドバイザーを派遣し、民間企業や政府に対してマーケティングや戦略、政策などの支援を行っている</li> </ul>

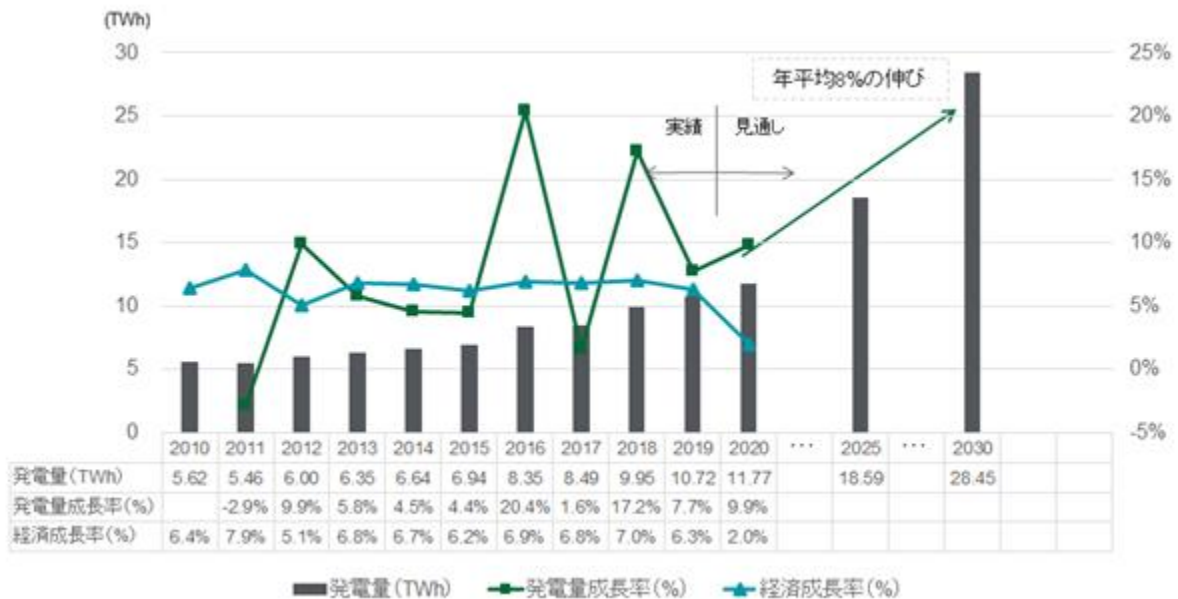
出所 World Bank ウェブサイト、AfDB (2016) COUNTRY STRATEGY PAPER 2017~2021、AfDB ウェブサイト、KfW ウェブサイト、Power Africa ウェブサイト、Beyond The Grid Overview(2019)などを基に JICA 調査団作成

## 第4章 タンザニア

### 4.1. マクロ経済・電力セクター概況

#### 4.1.1. 電力需要

タンザニアは2010年から2019年までの間、年率6.6%程度の経済成長率を維持している<sup>25</sup>。それに伴い発電量も堅調に伸び、2010年の5.62TWhから2019年には10.72TWhに達した。IEA予測によれば、今後2030年までに年平均8%の発電量の伸びが見通されている。



出所 IEA (2020) Tanzania Energy Outlook, IMF ウェブサイトを基に JICA 調査団作成

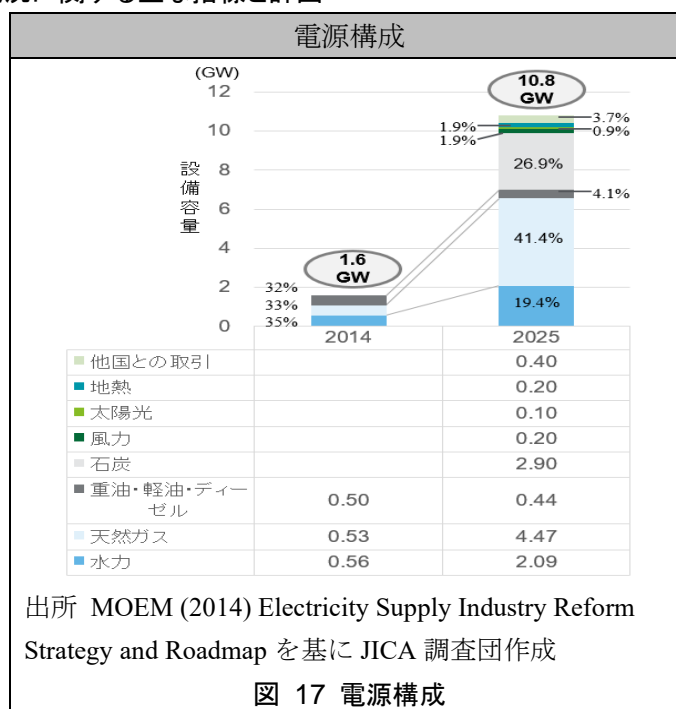
図 16 発電量・経済成長率の実績と見通し

<sup>25</sup> 2020年の経済成長率は、2020年4月時点のIMFの予測に基づく。

## 4.1.2. 電源構成

表24 系統状況に関する主な指標と計画

項目	数値
電化率	32% (2016年)
電化率目標	75% (2030年)
現在の主幹電源	水力 (2014年) 35%
将来の主幹電源	天然ガス (2025年) 41.4%
エネルギー需給 (Mtoe)	生産/輸入:20.59 最終消費:17.69 (2017年)
LCOE (cents/kWh)	17 (2016年)
月間停電回数	8.9 (2013年)
平均停電時間(h)	6.3 (2013年)



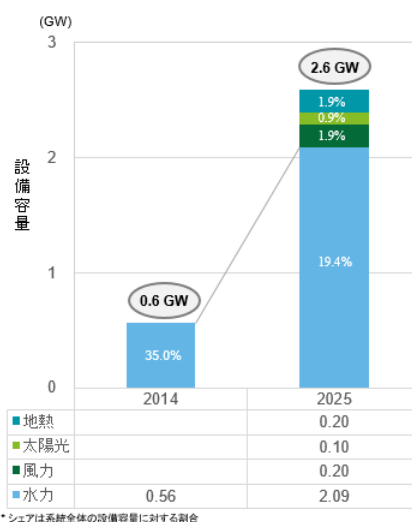
出所 MOEM (2014) Electricity Supply Industry Reform Strategy and Roadmap、SEforALL Africa Hub (2020) Tanzania, IEA (2017) Sankey Diagram, World Bank (2016) Financial Viability of Electricity Sectors in Sub-Saharan Africa、The World Bank (2020) Enterprise Surveys を基に JICA 調査団作成

## 4.2. 再エネ概況

### 4.2.1. 系統再エネ

#### (1) 導入状況と開発目標

2025年の目標では、再エネを2.6GW導入し、系統全体の設備容量のうち、24.1%まで増加させる計画である。電源種別では、水力<sup>26</sup>を0.56GWから2.09GWに、風力を0.2GW、太陽光を0.1GW、地熱を0.2GWそれぞれ新規に導入する目標であり、電源構成のうち、水力が占める比率が高い。



出所:MOEM (2014) Electricity Supply Industry Reform Strategy and Roadmap を基に JICA 調査団作成

図18 再エネ導入状況と開発目標

<sup>26</sup> 発電規模別の詳細目標(小水力発電など)は設定されていない。

## (2) 振興策と課題

10kW から 10MW の小規模発電事業者 (SPP) を対象としたフレームワークの策定、FIT 制度や PPA ひな型など複数の再エネ振興策の導入により、民間事業者の参入促進を図っている。

表25 タンザニアの系統型電源における再エネ振興策

振興策	有無	概要
FIT	○	・ 2008 年に SPP を対象に導入され、2015 年、2017 年に改訂。 小水力、バイオマスおよび 1MW 以下の太陽光、風力が対象
RPS	×	・ なし
入札	○	・ SPP フレームワークにおいて、1MW-10MW の太陽光および風力は入札により価格を決定するよう規定 ・ 10MW 以上の風力、太陽光の入札プロセスはドラフト中
税優遇	○	・ 東アフリカ共同体 <sup>27</sup> からの太陽光および風力発電用機器 (周辺機器やディープサイクルバッテリー含む) の輸入にかかる関税および物品税の免除 ・ 太陽光発電関連機器 (パネル、モジュール、チャージコントローラ、インバータなど) 供給時の VAT 免除 ・ 輸出促進区域 (EPZ) で製造された素材や製品にかかる関税および VAT の減税、10 年間の所得税の免税
PPA ひな型	○	・ エネルギー・水管理規制庁 (EWURA) の Web ページ上に、SPP プロジェクト用の PPA ひな型および 10MW を超える水力、風力、太陽光、バイオマス、天然ガス、石炭、石油由来の発電プロジェクトのモデル PPA を整備
その他	×	・ なし

出所 IEA (2016) Small Power Producers (SPP) framework, GoT (2016) THE ELECTRICITY (STANDARDIZED SMALL POWER PROJECTS TARIFF) ORDER, 2016、LEXOLOGY (2019) Renewable energy in Tanzania; EWURA ウェブサイトを基に JICA 調査団作成

上記のような振興策が策定されているものの、以下の課題が指摘されている<sup>28</sup>。

- オフテイカーの信用力の欠如
- セクター全体のガバナンス力の欠如
- コストの回収が困難な電力料金

<sup>27</sup> ルワンダ、ブルンジ、ケニア、タンザニア、ウガンダ、南スーダンが共同体のメンバー国である。

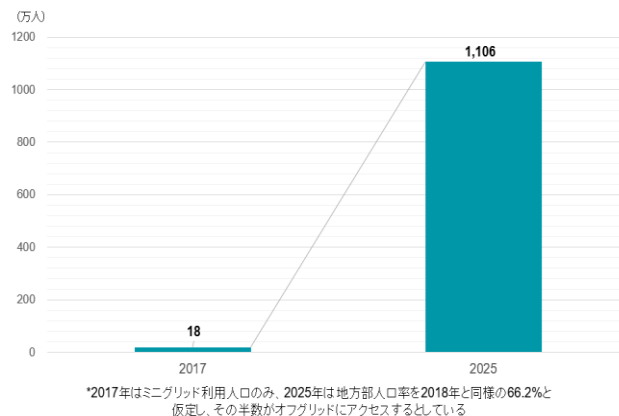
<sup>28</sup> USAID (2019) Tanzania Power Africa Fact Sheet



## 4.2.2. オフグリッド

### (1) 導入状況と開発目標

タンザニア政府<sup>29</sup>および SE4all<sup>30</sup>によると、2016 年時点の全国の電化率は 33%であり、2025 年に 50%、2033 年に 75%の電力アクセスを目標としている。各種レポート<sup>31</sup>によると、2017 年のミニグリッド利用人口は 18 万人である<sup>32</sup>。政府<sup>33</sup>は 2025 年の電力アクセス目標を達成するためには、地方部の人口の半分以上がオフグリッドを利用することになると見込んでいる。



出所 WRI (2017) ACCELERATING MINIGRID DEPLOYMENT IN SUB-SAHARAN AFRIC Lessons from Tanzania、GoT (2013) SCALING-UP RENEWABLE ENERGY PROGRAMME (SREP) INVESTMENT PLAN FOR TANZANIA を基に JICA 調査団作成

図 19 オフグリッドの利用人口と目標

### (2) 振興策と課題

ミニグリッドを対象とした FIT、PPA ひな型、ガイドラインなどの振興策が導入されている。

表26 タンザニアのオフグリッドにおける再エネ振興策

振興策	概要
FIT	・ SPP フレームワークにおいて、主システムと同様、ミニグリッドに対する FIT を規定 (バイオマス、水力および 0.1-1MW 規模の風力、太陽光対象)
PPA ひな形	・ EWURA の Web ページ上にミニグリッド用の PPA ひな型を整備
税優遇	・ 太陽光発電関連機器に関する税優遇は、系統型電源と同様 (タンザニアの系統型電源における再エネ振興策参照)
ガイドライン	・ SPP フレームワークにおいて、ミニグリッドエリアに主システムが拡張された場合の補償、ミニグリッドの登録手続きなどを規定
地方エネルギー基金 (REF)	・ 2005 年に成立した地方電化法を根拠に設立された基金。地方電化に資するプロジェクトに対し、資本コストに対するグラント供与、プロジェクト計画・準備に対する専門家による能力強化、ドナーとの協調によるパイロットプロジェクトへのファイナンスなどを支援

出所 WRI (2017) ACCELERATING MINIGRID DEPLOYMENT IN SUB-SAHARAN AFRICA、IEA (2016) Small Power Producers (SPP) framework、GoT (2016) THE ELECTRICITY (STANDARDIZED SMALL POWER PROJECTS TARIFF) ORDER, 2016、EWURA ウェブサイト、REA ウェブサイトを基に JICA 調査団作成

USAID<sup>34</sup>によると、課題は以下のとおりである。

<sup>29</sup> MOEM (2014) Electricity Supply Industry Reform Strategy and Roadmap

<sup>30</sup> SE4all Tanzania

<sup>31</sup> WRI (2017) ACCELERATING MINIGRID DEPLOYMENT IN SUB-SAHARAN AFRIC Lessons from Tanzania

<sup>32</sup> スタンドアローン型太陽光については情報を入手することができなかった。

<sup>33</sup> GoT (2013) SCALING-UP RENEWABLE ENERGY PROGRAMME (SREP) INVESTMENT PLAN FOR TANZANIA

<sup>34</sup> USAID (2019) Off-Grid Solar Market Assessment Tanzania

- ファイナンスへのアクセスの不足
- オフグリッドセクター関係者の低い事業形成能力
- スタンドアローン型太陽光設備に対する適切な政策やインセンティブの欠如
- 低品質なスタンドアローン型太陽光設備の市場への流入
- コストの回収が困難なミニグリッドの電力料金

### 4.3. 民間投資環境

#### 4.3.1. 外資規制

タンザニアのエネルギー分野への外資参入に関する規制はない。土地所有に関しては、すべての土地はタンザニア政府に帰属し、タンザニア企業や個人が政府から所有権を得ているため、外国企業は所有者とリース契約を締結する必要がある。

表27 タンザニアにおける外資規制

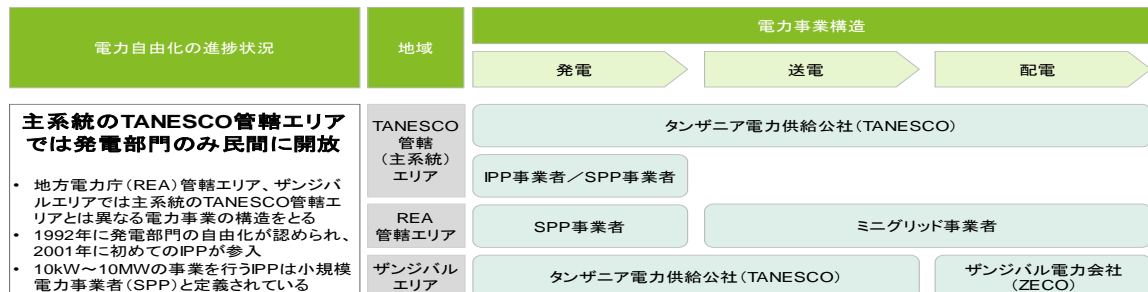
規制	内容
規制業種・禁止業種	<p><u>禁止業種</u> 現地新聞社の株式取得、観光業関連の経営</p> <p><u>規制業種</u> 金融、保険、電気通信、メディア、運送、建設、鉱業にそれぞれに出資比率、最低資本金、タンザニア現地法人とのJV組成などの規制がある</p> <p><u>規制区域</u> ザンジバルの天然資源を活用した現地ビジネス優先のため、外資によるザンジバル地域への投資が規制されることがある</p>
出資比率	一律の規制はないが、電気通信業、運送業、メディアなどは出資比率の上限が設定されている
外国企業の土地所有の可否	土地法ですべての土地はタンザニア政府に属することが定められている。外国企業が土地所有するためには、タンザニア投資センター（TIC）あるいは輸出促進区域局（EPZA）から投資許可を得た上で、土地所有者とのリース契約が必要
資本金に関する規制	<p>一律の規制はないが、金融業など一部の業種は最低資本金が規定されている</p> <p>また、特別なインセンティブを受けられることができる「戦略投資家」は5,000万USD以上、「特別戦略投資家」は3億USD以上を投資し、雇用数などその他の条件も満たした場合、国家投資運営委員会（NISC）により承認を受けられることができる</p>
その他規制	特になし

出所 THOMSON REUTERS (2020) Establishing a business in Tanzania, Nordea (2020) Investing in Tanzania, Tanzania Investment Center ウェブサイトを基に JICA 調査団作成

#### 4.3.2. 電力業界への民間参入可否

電力業界の構造は以下のとおりである。地方電力庁（REA）管轄エリア、ザンジバルエリアは

主系統の TANESCO 管轄エリアとは異なる電力事業の構造をとる。TANESCO 管轄の主系統エリアでは、1992 年に発電部門への民間資本の参入自由化が認められ、2001 年に初めての IPP が参入した。JICA<sup>35</sup>によると、2016 年時点で IPP および SPP により所有・運営され、系統連系している発電所は、合計 8 カ所・約 330MW の火力発電所と水力発電所である。REA 管轄エリアにおいては、TRANESCO を介さず SPP 事業者およびミニグリッド事業者により事業が実施されている。



出所 TANESCO ウェブサイト、IRENA (2017) RENEWABLES READINESS ASSESSMENT、JICA (2017) 全国電力システムマスタープランなどを基に JICA 調査団作成

図 20 タンザニアの電力業界の構造

#### 4.3.3. 投資環境と課題

投資環境は発展途上であり、複数の課題を抱えている。Doing Business<sup>36</sup>のランキングや世界経済フォーラム (WEF)<sup>37</sup>による Global Competitiveness Index では、交通・電力・ICT インフラの未整備、輸出入にかかるコスト・時間、起業や建設許可にかかる申請プロセスや時間などで低い評価となっている。他方、インフラ整備の進展、市場の大きさ、天然資源を活用した経済発展を機会ととらえる投資家や企業も多く、日系企業からの注目も高い。

表28 投資環境指標

ソブリン格付	N/A
本邦企業関心 (JETRO アンケート)	アフリカ諸国のうち今後の注目国 8 位 (2019 年)
進出本邦企業数	22 社 (2018 年)
FDI	10 億ドル (2018 年)
Doing Business	141 位 (2019 年)
Global Competitiveness Index	117 位 (スコア : 48.2) (2019 年)

出所 S&P、JETRO (2020) アフリカ進出日系企業実態調査、外務省 (2017) 海外在留邦人数調査統計、世界銀行 Foreign direct investment, net inflows、世界銀行 Doing Business、WEF (2019) Global Competitiveness Report を基に JICA 調査団作成

#### 4.4. その他

##### 4.4.1. JICA のエネルギー分野の実績の有無、援助方針

JICA では、組織や規範、計画策定能力・維持管理面といったタンザニアのエネルギー分野の課

<sup>35</sup> JICA (2017) 全国電力システムマスタープラン

<sup>36</sup> World Bank (2020) Doing Business 2020

<sup>37</sup> World Economic Forum (2019) The Global Competitiveness Report 2019

題に対し、電源開発計画の策定支援、電力公社のマネジメント強化や技術者の人材育成、送配電網の強化を支援している。過去5カ年の援助実績は以下のとおり。

表29 過去5カ年のJICAの対タンザニア連合共和国援助実績

プロジェクト名	スキーム	分野	期間/締結年	支援額
イリンガ-シニャンガ基幹送電線強化事業	有償資金協力	送電	2010年～2020年	60.48億円
ケニア-タンザニア連系送電線事業	有償資金協力	送電	2016年～	118.47億円
ドドマ首都圏送配電網にかかる情報収集・確認調査	情報収集調査	送配電	～2019年	N/A
地方電化及び副産物の付加価値化を目指した作物残渣からの革新的油脂技術の開発と普及	科学技術	地方電化	2019年～2024年	3.0億円
資源分野の人材育成プログラム（資源の絆）	国別研修	-	～2022年	N/A
サブサハラアフリカ地域オフグリッド太陽光事業	有償資金協力（海外投融資）	地方電化	2016年～	N/A
ムトワラ火力発電所および送電線建設事業準備調査	協力準備調査	発送電	2017年～2018年	N/A
キネレジ-ウブンゴ電力供給強化計画準備調査	協力準備調査	送配電	2019年～	N/A
効率的な送配電システムのための能力開発プロジェクトフェーズ2	技術協力プロジェクト	送配電	2017年～2022年	N/A
天然ガス普及促進プロジェクト	開発計画調査型技術協力	発送配電	2017年～2019年	2.00億円
ダルエスサラーム電力システムマスタープラン策定および全国電力システムマスタープラン（2012）更新	開発計画調査型技術協力	発送配電	2014年～2017年	N/A
電力・エネルギー分野の課題別研修	課題別研修	—	毎年度	N/A

出所 外務省（2020）事業展開計画、JICA（2015～2020）案件概要票を基に JICA 調査団作成

表30 日本の対タンザニア連合共和国エネルギー関連分野の開発課題および援助方針

開発課題（小目標）	電力・エネルギーセクター開発
現状と課題	タンザニア政府は「タンザニア開発ビジョン 2025」で、2025年までに発電容量 10,000MW、電化率 85%の目標を掲げている。現状発電容量は約 1,500MW（2018年）、電化率は約 67.5%（2016年）に留まっており、インフラ整備の必要性が高い。また、タンザニア政府は、エネルギーミックスを推進しており、大規模水力発電所に加え、国産天然ガスや、再生可能エネルギーを活用した発電の開発を目指している。
開発課題への対応方針	電力分野では、我が国が策定を支援した「全国電力システムマスタープラン」及び「ダルエスサラーム 電力システムマスタープラン」に則り、天然ガス火力発電所等の電源開発支援や、国際送電線及び市街地の主要送電線建設と併せて、運営維持管理能力強化に向けた支援を実施する。
協力プログラム	電力セクタープログラム
プログラム概要	電力分野において、タンザニア政府は「タンザニア開発ビジョン 2025」で、2025年までに発電容量 10,000MW、電化率 85%の目標を掲げてい

	<p>る。現状発電容量は約 1,500MW（2018 年）、電化率は約 67.5%（2016 年）に留まっており、インフラ整備の必要性が高い。また、タンザニア政府は、エネルギーミックスを推進しており、大規模水力発電所に加え、国産天然ガスや、再生可能エネルギーを活用した発電の開発を目指している。</p>
--	---

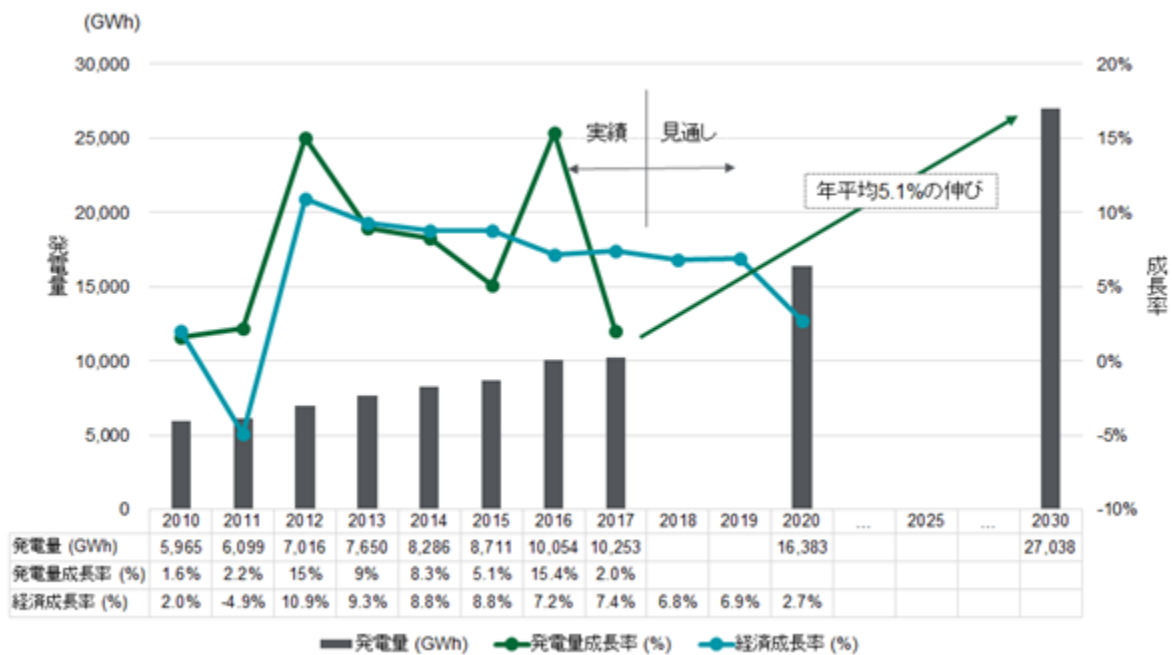
出所 外務省（2020）対タンザニア連合共和国事業展開計画を基に JICA 調査団作成

## 第5章 コートジボワール

### 5.1. マクロ経済・電力セクター概況

#### 5.1.1. 電力需要

コートジボワールでは内戦の影響を受けた2011年とCOVID-19の影響を受けた2020年を除き、2012年から2019年までの間年率8%程度の経済成長率を維持し、世界で最も経済成長率の高い国の1つである。発電量も堅調に伸び、2010年には5,965GWhであった発電量は2017年には10,253GWhに達した。ANARE-CI<sup>38</sup>によると、2020年から2030年までに年平均5.1%の発電量の伸びが見通されている。



出所 IEA ウェブサイト（発電量実績）、IMF ウェブサイト（経済成長率）、ANARE-CI, Rapport Annuel 2017（発電量見通し）を基に JICA 調査団作成

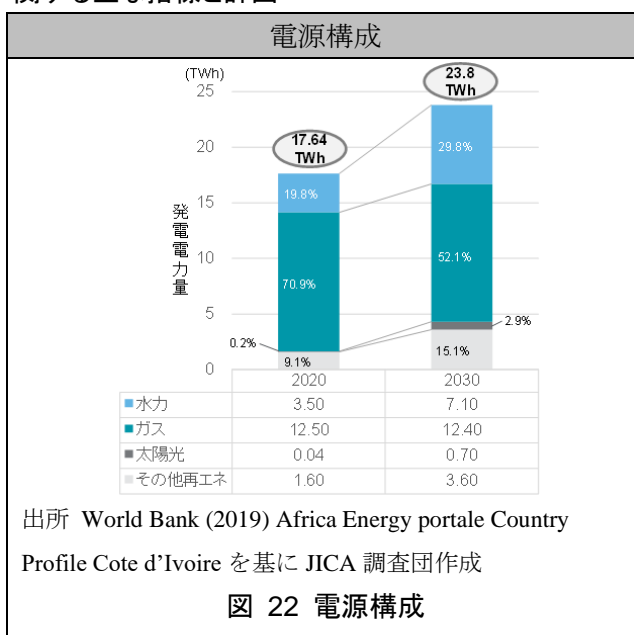
図 21 発電量・経済成長率の実績と見通し

<sup>38</sup> ANARE-CI (2018) Rapport Annuel 2017

## 5.1.2. 電源構成

表31 系統状況に関する主な指標と計画

項目	数値
電化率	66% (2017年)
電化率目標	100% (2030年)
現在の主幹電源	ガス (2020年)
	70.9%
将来の主幹電源	ガス (2030年)
	52.1%
エネルギー需要 (Mtoe)	生産/輸入:14.15
	最終消費: 7.23 (2017年)
LCOE (cents/kWh)	21 (2016年)
月間停電回数	3.5 (2016年)
平均停電時間 (h)	5.5 (2016年)



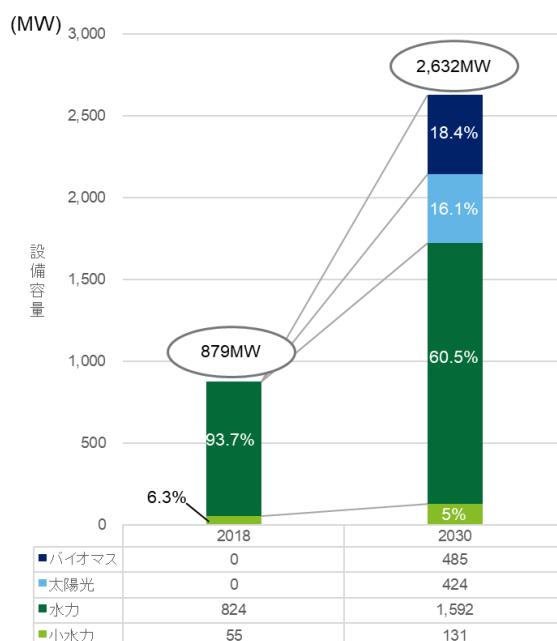
出所 SE4ALL Cote d'Ivoire, IEA (2017) Sankey Diagram を基に JICA 調査団作成

## 5.2. 再エネ概況

### 5.2.1. 系統再エネ

#### (1) 導入状況と開発目標

2030年の目標では、再エネを2,632MW、系統全体の設備容量に占める比率を42%まで増加させる計画である。再エネ電源別では、バイオマスを80MWから2030年に485MWに増加、太陽光を88MWから424MWに増加させる目標であり、特にバイオマスの導入目標が高くなっている。



コートジボワールはサブサハラアフリカ諸国で、1980年代にいち早く電力業界の民営化や IPP 事業者の導入を行った国の1つである。水力発電以外の発電所を IPP 事業者が運営しているため、内戦時を含め、電力需要の増加に対応するために必要な電力を確保することができている<sup>39</sup>。

## (2) 振興策と課題

再エネ導入計画達成に向け、税優遇、PPA などの復興策が定められているが、FIT は定められていない。なお、現在ドナーの支援の下で入札制度と PPA ひな型の導入が検討されている。

表32 コートジボワールの系統型電源における再エネ振興策

振興策	有無	概要
FIT/FIP	×	・なし
RPS	×	・なし
入札	△	・EU による Energos 2 program の一環として入札制度の導入方法を検討中
税優遇	○	・太陽光発電関連機器の VAT の減額
PPA ひな型	△	・ひな型なし ・EU による Energos 2 program の一環として PPA ひな型の導入方法を検討中
その他	△	・ネットメータリング制度はあるが、施行令がない

出所 Africa Energy Portal、IFC(2018) A Roadmap to Achieve Cote d'Ivoire's 42 percent renewable energy target by 2030、現地ヒアリングを基に JICA 調査団作成

上記のように系統電源の再エネ促進に向けた振興策はまだ少ないのに加え、USAID によると、以下の課題が指摘されている<sup>40</sup>。

- PPA 承認手続きに要する時間の長期化、統一性の欠如
- 系統接続コストが高額

これら課題の解決を支援するため、後述のドナーによる取組が進められている。

<sup>39</sup> International Finance Corporation (2018) A Roadmap to Achieve Cote d'Ivoire's 42 percent renewable energy target by 2030.

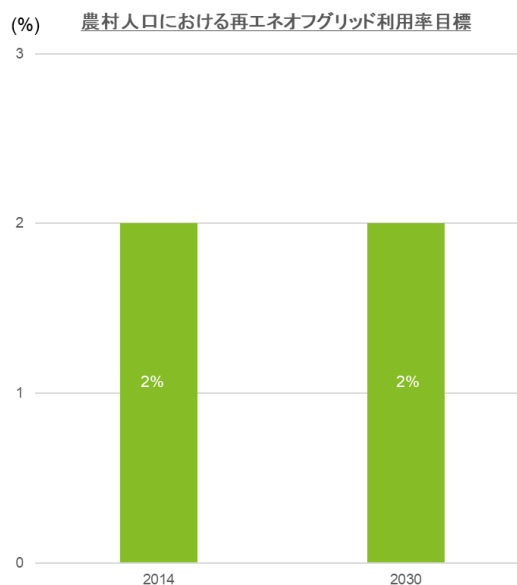
<sup>40</sup> USAID (2020) Power Africa in Cote d'Ivoire



## 5.2.2. オフグリッド

### (1) 導入状況と開発目標

ANARE-CI<sup>41</sup>によると、2017 年末時点の電化率は 54%であり、2025 年までに電力のユニバーサルアクセス実現を目標としている。目標達成に向けてオフグリッドの導入が1つの重要施策となっているが、政府は系統接続を最優先手段であると述べている<sup>42</sup>。そのため、農村人口における再エネオフグリッド利用率目標を 2020 年までに 3%に設定しているが、2030 年には 2%に引き下げられている。しかし、オフグリッドの導入が促進されるケースもあり、94 の農村地区がディーゼル・ソーラーPV ハイブリッドシステムの導入の対象となっている<sup>43</sup>。



出所 Ministère du Pétrole et de l'Énergie (2016) Plan d'Actions National des Énergies Renouvelables (PANER) を基に JICA 調査団作成

図 24 オフグリッドの利用率目標

### (2) 振興策と課題

オフグリッドの導入拡大に向け、現在税優遇のみの振興策が取られている。しかし、政府が 2019 年 11 月に策定したオフグリッド導入計画<sup>44</sup>に今後計画されている振興策が含まれている。

表33 コートジボワールのオフグリッドにおける再エネ振興策

状況	振興策	概要
導入済み	税優遇	太陽光発電関連機器の VAT の減額
計画中	制度	エネルギー省内に再エネとオフグリッドの導入に特化したユニットを設置 官民協議における枠組みを設置
計画中	政策・規制	オフグリッド電化におけるマスタープランの作成および策定 オフグリッド電化における規制体制の策定
計画中	市場	入札制度の策定：マイクロ、ピコネットワーク市場を開拓するために入札制度を策定することによってコストパフォーマンスの高い企業への契約が可能になる。入札を通じてエネルギー局

<sup>41</sup> ANARE-CI (2018) Rapport Annuel 2017

<sup>42</sup> International Finance Corporation (2018) A Roadmap to Achieve Cote d'Ivoire's 42 percent renewable energy target by 2030.

<sup>43</sup> Ministère du Pétrole et de l'Énergie (2016) Plan d'Actions National des Énergies Renouvelables (PANER).

<sup>44</sup> Ministère du Pétrole, de l'Énergie et des Énergies Renouvelables (2019) Plan d'Actions de l'Électrification Hors-Réseau de la Cote d'Ivoire.

		<p>が民間事業者への権利と認可を付与する予定。</p> <p>オフグリッドに特化した資金調達メカニズムの策定</p> <p>SHS 市場の自由化：民間セクターの貢献を最大化し、資本を動員し、ソーラーキットを加速的かつ革新的に全国に展開するための環境を整えることが目的。SHS システムの普及のための承認手続きをエネルギー局が定める予定（100W 以下の SHS システム市場の自由化、100W 以上の SHS システム（キットの販売のみの場合）においては PPP 事業として運営可能）。</p> <p>投資家、ディベロッパーを含んだオフグリッドにおける投資機会を明確にするデジタルプラットフォームを設立</p>
計画中	運用体制	<p>消費者保護のための品質基準を提議・策定</p> <p>民間事業者と太陽光発電設備の認証プロセスの枠組みを策定</p>

出所 USAID (2019) Off-Grid Solar Market Assessment Cote d'Ivoire、Ministere du Petrole, de l'Energie et des Energies Renouvelables (2019) Plan d'Actions de l'Electrification Hors-Reseau de la Cote d'Ivoire を基に JICA 調査団作成

他方、オフグリッドの導入を進めるに当たり、コートジボワール政府<sup>45</sup>や USAID<sup>46</sup>から以下の課題が指摘されている。

- グリッドとオフグリッドシステムによる農村電化計画の補完性の欠如
- オフグリッドに関する法・規制の欠如
- 民間投資を促すインセンティブの欠如
- 地方部への高い電力供給コスト（ロジ）
- 低いプロジェクト実施能力
- 消費者購買力の低さ
- 適切な市場データの欠如

系統電源と同様に、これら課題の解決を支援するため、後述のドナーによる取組が進められている。

## 5.3. 民間投資環境

### 5.3.1. 外資規制

コートジボワールでは再エネを含むエネルギー分野への投資に関する外資規制はない。外国企業は一連の手続きを行えば、30年（2回更新可能）の長期賃貸借契約による土地の使用、開発が可能である。

表34 コートジボワールにおける外資規制

規制	内容
規制業種・禁止業種	武器・弾薬の製造は禁止
出資比率	<p>鉱物資源開発を除き、出資比率に関する規制はない</p> <p>2018年8月1日付法律第2018-646号では、現地資本の出資比率が15%以上である特定分野の外資系企業に対し、税額控除</p>

<sup>45</sup> Ibid.

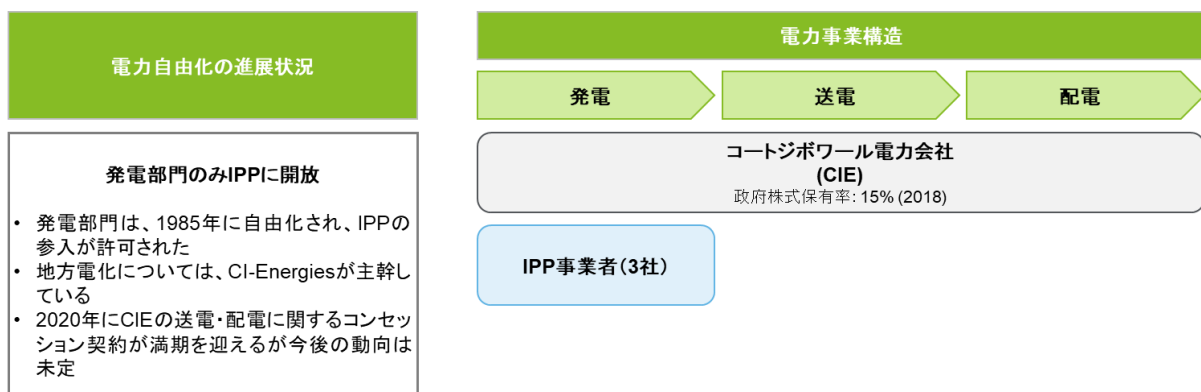
<sup>46</sup> USAID (2020) Power Africa in Cote d'Ivoire

	額の2%上乗せ措置がある
外国企業の土地所有の可否	一連の手続きを行えば、30年（2回更新可能）の長期賃貸借契約による土地の使用、開発は可能である。ただし、用地の変更や転貸借は禁止。また、外国人による農地の所有は認められていない。
資本金に関する規制	株式会社の場合、1,000万CFAフラン以上が設立の条件。会社設立時に、資本金のうち少なくとも4分の1を払い込むことが必要であり、3年以内に全額を払い込む必要がある。株式市場に上場する会社の場合は、資本金1億CFAフラン以上が条件となる。 有限会社の場合、最低資本金の準備は必要ない
その他規制	特になし

出所 JETRO（2019）コートジボワール外資に関する規制を基に JICA 調査団作成

### 5.3.2. 電力業界への民間参入可否

コートジボワールでは発電部門が IPP に開放されており、3社の IPP 事業者が参入している。電力業界の構造は以下のとおり。



出所 ANARE-CI (2018) Rapport Annuel 2018、EU (2019) Facilité d'Assistance Technique pour Energie Durable – Afrique Centrale et de l'ouest – CW213 – EU Electrifi Market Study Cote d'Ivoire を基に JICA 調査団作成

図 25 コートジボワールの電力業界の構造

### 5.3.3. 投資環境と課題

投資環境は西アフリカ地域の中でも良好であり、国内外から成長の可能性に期待が集まっている。Doing Business<sup>47</sup>のランキングでは191カ国中110位であり、世界経済フォーラム（WEF）<sup>48</sup>によるGlobal Competitiveness Indexは141カ国中118位となっており、大規模なインフラ投資や公共事業の積み増しによる景気刺激策の効果による個人消費や設備投資を中心とした内需による高経済成長が高く評価されている。また、JETRO<sup>49</sup>によると2019年度のアフリカ進出企業実態調査では注目国9位となっており、仏語圏アフリカ重点国および内陸国への参入拠点機能、経済成長への期待と今後の発展の可能性などが注目されている。

<sup>47</sup> World Bank (2020) Doing Business 2020

<sup>48</sup> World Economic Forum (2019) The Global Competitiveness Report 2019

<sup>49</sup> JETRO (2020) アフリカ進出日系企業実態調査

課題としては、Doing Business によると、建設許可取得に時間を要することや関税・港湾利用時の検査手続きに時間を要することが挙げられている。

表35 投資環境指標

ソブリン格付	N/A
本邦企業関心 (JETRO アンケート)	アフリカ諸国のうち今後の注目国 9 位 (2019 年)
進出本邦企業数	15 社 (2019 年)
FDI	6.2 億ドル (2018 年)
Doing Business	110 位 (2019 年)
Global Competitiveness Index	118 位 (スコア : 48.1) (2019 年)

出所 S&P、JETRO (2020) アフリカ進出日系企業実態調査、外務省 (2017) 海外在留邦人数調査統計、世界銀行 Foreign direct investment, net inflows、世界銀行 Doing Business、WEF (2019) Global Competitiveness Report を基に JICA 調査団作成

## 5.4. その他

### 5.4.1. JICA のエネルギー分野の実績の有無、援助方針

JICA は、西アフリカ地域の牽引役としてのコートジボワールの安定と経済社会開発の促進を中心に支援を行っており、いるため、過去 5 年ではエネルギー関連分野への援助実績はない。

表36 日本の対コートジボワール共和国エネルギー関連分野の開発課題および援助方針

開発課題 (小目標)	インフラ整備
現状と課題	1960~70 年代の「象牙の奇跡」時代に整備された道路、鉄道、港湾等のインフラがコートジボワールを域内の大国に押し上げた。現在、「PND2016-2020」においてもインフラの持続的開発を主要な柱として位置づけている。一方、1990 年代以降の政治・経済不安により、インフラへの適切な投資・管理がなされなかったことから、老朽化、サービスの低下が著しい上、倍増した人口に対応するための容量が絶対的に不足している。そのため近隣国と比較した際の優位性が低下し、国内および域内の経済成長のボトルネックとなっている。
開発課題への対応方針	「西アフリカ成長リング回廊整備戦略的マスタープラン」に基づき、西アフリカ地域のハブとしてアビジャンの経済都市機能を高め、持続的な経済成長の基盤となる基幹インフラ整備を行う。また、アビジャン-バマコ回廊、アビジャン-ワガドゥグ回廊およびアビジャン-ラゴス回廊の要衝として、域内の経済成長に貢献するため、広域に裨益するインフラの整備を支援する。
協力プログラム	インフラ整備プログラム
プログラム概要	運輸交通 (道路・港湾)、上下水道、エネルギー、情報通信等のインフラ整備を支援する。

出所 外務省 (2020) 対コートジボワール共和国事業展開計画

## 5.4.2. ドナー動向と援助実績

各ドナーは共通して、再エネ導入促進、電力の安定供給、電力アクセス改善を援助方針として掲げている。系統電源では、風力発電関連の支援が多く、資金規模の大きいプロジェクトでは、他ドナーや民間セクターとの協調融資が取られている。オフグリッドでは、資金供与に併せ、制度整備や能力強化などの技術協力が実施されている。

表37 主要ドナーのコートジボワールでの動向

	エネルギー分野の援助方針	再エネ分野の主要 PJ
AFD	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 安価、環境負荷が少なく、信頼性の高い電力供給を支援</li> <li>・ パリ協定で定められた低炭素社会における目標の達成に向けて、コートジボワール政府を支援</li> <li>・ 農村部での電力供給を重視している</li> </ul>	能力強化
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>African network of centres of excellence in electricity – RACEE</u> (2014 年～現在)</li> </ul> <p>アフリカ 8 カ国に研究教育拠点を設置し、アフリカの電力会社の業績向上と人材育成を実施。</p>
		系統電力
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>Sustainable Use of Natural and Energy Finance – SUNREF</u> (2014 年～現在)</li> </ul> <p>西アフリカ 8 カ国に対し、エネルギー効率と再エネプロジェクトの開発支援を目的としており、資金援助と技術援助の両方を提供。資金援助としては連携地場銀行への長期貸付 (green credit lines) を提供。</p>
世界銀行	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国別パートナーシップ 2016-2020 において、「民間主導の持続的成長の加速」の目標下でエネルギー分野を支援</li> <li>・ エネルギー (LNG 輸入と発電) を中心とした大規模なインフラプロ</li> </ul>	オフグリッド
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>Africa Renewable Energy Scale-Up Facility – ARE Scale Up</u></li> </ul> <p>太陽光エネルギーを中心に、電化分野の革新的なプロジェクトの上流支援を目的としたファシリティ。PROPARGO がアフリカのオフグリッドの再エネ発電に積極的な企業に投資した資金の一部を保証するための保証基金 (100 万ユーロ) も含む。</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>ENERGOS</u></li> </ul> <p>都市部における電力アクセスの改善および農村部の電力アクセスの拡大を目的としたプロジェクト。ENERGOS II Programme の一環として、再エネ分野での IPP 選定のための入札制度策定支援 (F/S、入札プロセスの調整・支援、PPA 策定のための法的・財政的支援を含む)</p>
		系統電源
世界銀行	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国別パートナーシップ 2016-2020 において、「民間主導の持続的成長の加速」の目標下でエネルギー分野を支援</li> <li>・ エネルギー (LNG 輸入と発電) を中心とした大規模なインフラプロ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>CI-Azito Partial Risk Guarantee</u> (1998 年)</li> </ul> <p>Azito (IPP 事業者) の資金動員能力強化支援。プロジェクトコスト 3.5 億 USD。</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>Regional Off-Grid Electrification Project – ROGEP</u> (2017 年～2022 年)</li> </ul>

	<p>グラムのための資金調達の設計と実施を支援</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>低所得世帯の電力アクセスの拡大を支援（特に農村部）</li> </ul>	<p>ECOWAS15 カ国、チャド、中央アフリカ共和国、モーリタニア、カメルーンの計 19 カ国を対象とした総額 2 億ドルのプロジェクト。家庭用、公共事業用、産業用のオフグリッド・スタンドアローン型太陽光発電システムの展開に向けた投資条件の改善と国内外の企業投資の促進を目的としている。</p>
AfDB	<ul style="list-style-type: none"> <li>国別戦略ペーパー2018-2022 において、「経済競争力と投資効率を確保するための変革的なインフラとガバナンスの強化」の柱下で、エネルギー分野を支援</li> <li>エネルギーインフラ整備（特に電力網相互接続）</li> <li>エネルギー分野に関する政府との協力を強化</li> </ul>	<p>系統電源</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Azito Power Expansion Project</b> 既存のタービンの排熱を利用した 139MW の抽気タービン設置により、426MW のコンバインドサイクル火力発電所を建設するための融資を Azito (IPP) に出している。</li> </ul> <p>オフグリッド</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Partial credit guarantee to Zola EDF CI</b> Societe General と Credit Agricole が手配した 157.5 億 FCFA 建ての融資を Zola EDF CI が動員できるよう、AfDB がカタリストとして、保証付き融資枠の一部を信用保証。</li> </ul>
KfW	<ul style="list-style-type: none"> <li>コートジボワール政府が 2030 年までに電源構成に占める再エネの割合を 42%に引き上げるという目標を達成するために、2017 年に KfW は同国と野心的な改革パートナーシップを締結</li> <li>目的としては、再エネ導入の拡大、エネルギー効率の改善、金融・銀行セクターの発展</li> </ul>	<p>系統電源・オフグリッド</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Reform Partnership: Renewable Energies &amp; Energy Efficiency</b> (2017 年～現在) 主要セクターの改革と投資を実施し、民間投資によるクリーンエネルギー供給の確保を支援。投資対策として融資 8.5 億ユーロ、補完対策のための助成金として 1 億ユーロ、計 9.5 億ユーロを提供（プロジェクトパートナー：Ministry of Finance、Ministry of Energy、CI-ENERGIES、ANARE-CI</li> </ul>
USAID	<ul style="list-style-type: none"> <li>2013 年に設立された Power Africa がエネルギー分野を支援</li> <li>系統電源とオフグリッドソリューションを通じた電力アクセスを改善するため、特に農村部での政府取組を支援</li> <li>トランザクション推進、法規制・調達制度の環境整備、オフグリッド地方電化促進を実施</li> </ul>	<p>オフグリッド</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Power Africa Off-grid Project (PAOP)</b> アフリカ 9 カ国にアドバイザーを配置し、政府や企業に対し、政策・計画策定支援など実施。コートジボワールではトランザクションアドバイザー支援と政府の Electricity for All プログラムを支援。PEG Africa のコートジボワールへの参入も支援した。</li> </ul>

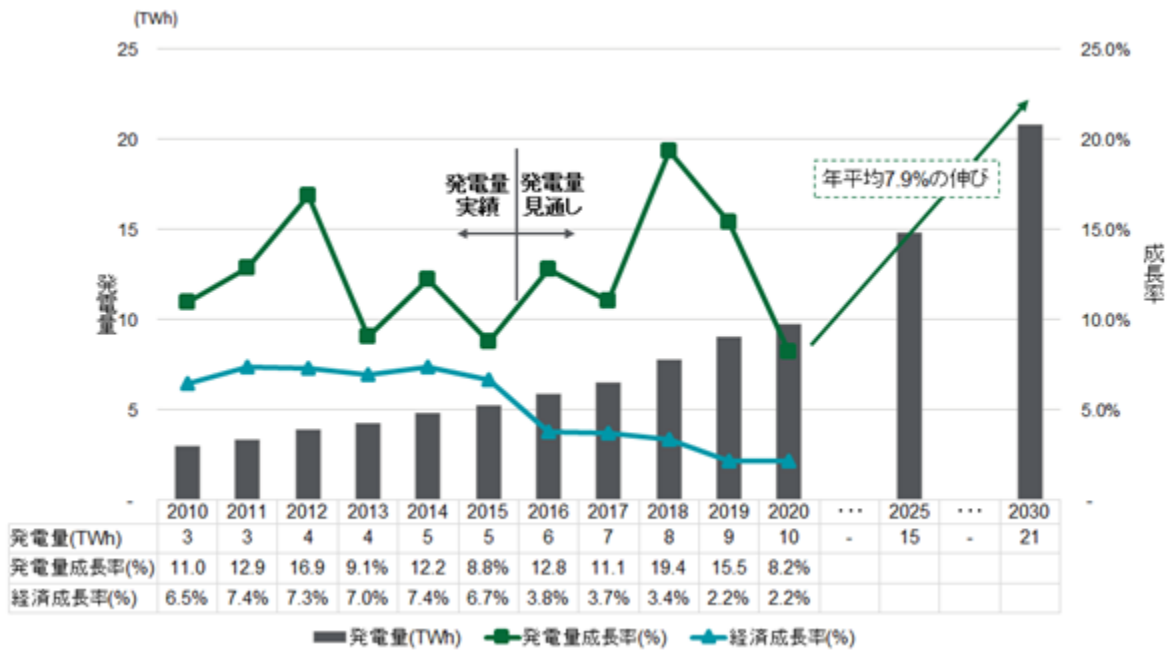
出所 AFD – l’AFD et la Cote d’Ivoire、AFD ウェブサイト、EU (2019) Facilite d’Assistance Technique pour Energie Durable – Afrique Centrale et de l’ouest – CW213 – EU Electrifi Market Study Cote d’Ivoire、World Bank (2015) Cote d’Ivoire Country partnership strategy FY16-19、World Bank ウェブサイト、AfDB (2018) Cote d’Ivoire-Bank Group Coutry Strategy Paper (CSP 2018-2022) and Country Portfolio Performance Reviews、AfDB ウェブサイト、AfDB (2014) African Development Bank and Cote d’Ivoire partnering for growth、KfW ウェブサイト、KfW Development Bank (2019) Project Information Energy – Cote d’Ivoire、Power Africa ウェブサイトを基に JICA 調査団作成

## 第6章 セネガル

### 6.1. マクロ経済・電力セクター概況

#### 6.1.1. 電力需要

セネガルは 2014 年から 2019 年までの間で年率 6%程度の経済成長率を維持し、西アフリカ地域では経済的・政治的に安定している国である。発電量も堅調に伸び、2010 年には 3,076GWh であったものが 2017 年には 4,776GWh に達している<sup>50</sup>。



出所 IEA ウェブサイト（発電量実績）、IMF ウェブサイト（経済成長率）を基に JICA 調査団作成

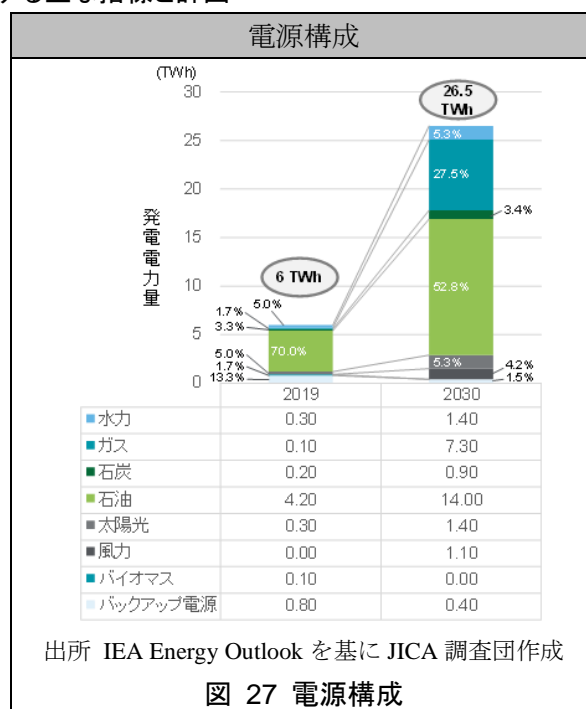
図 26 発電量・経済成長率の実績と見通し

<sup>50</sup> 将来の発電量計画は公表されていない。

## 6.1.2. 電源構成

表38 系統状況に関する主な指標と計画

項目	数値
電化率	62% (2017年)
電化率目標	100% (2025年)
現在の主幹電源	石油 (2019年)
	70.0%
将来の主幹電源	石油 (2030年)
	52.8%
エネルギー需要 (Mtoe)	生産/輸入: 5.43
	最終消費: 3.09 (2017年)
LCOE (cents/kWh)	35 (2016年)
月間停電回数	6 (2014年)
平均停電時間 (h)	1.8 (2014年)



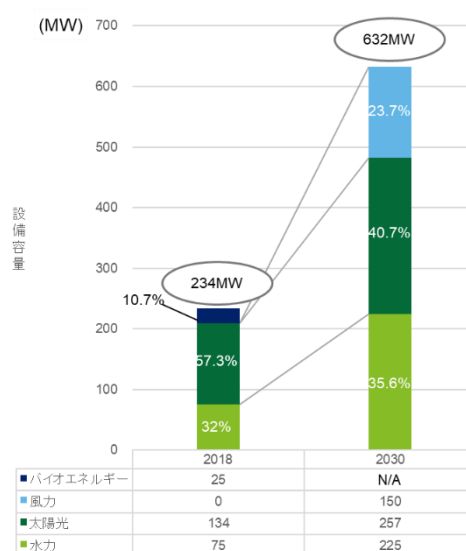
出所 Universite Paris Dauphine (2018) The Energy Policy of the Republic of Senegal、IEA (2017) Sankey Diagram を基に JICA 調査団作成

## 6.2. 再エネ概況

### 6.2.1. 系統再エネ

#### (1) 導入状況と開発目標

2030年の目標では、再エネを632MW、系統全体の設備容量のうち、23%まで増加させる計画である。再エネ電源別では、風力を0MWから2030年に150MWに増加、太陽光を134MWから257MW、水力を75MWから225MWに増加させる目標であり、特に水力の導入目標が高くなっている。





## (2) 振興策と課題

再エネ導入計画に向け、FIT 制度に代わる入札制度と税優遇などの振興策が各種法・政策に規定されている。

表39 セネガルの系統型電源における再エネ振興策

振興策	有無	概要
FIT/FIP	×	・なし
RPS	×	・なし
入札	○	・入札でタリフを設定
税優遇	△	・ケースバイケースで検討
PPA ひな型	△	・ SENELEC と PPA 締結 ・ ひな型の有無は不明
その他	N/A	・ N/A

出所 European Union Energy Initiative (2016) RECP Scoping Mission - Senegal を基に JICA 調査団作成

上記のように系統電源の再エネ促進に向けた振興策はまだ少なく、USAID<sup>51</sup>と European Union Energy Initiative<sup>52</sup>は、以下の課題を指摘している。

- セネガル電力会社の信用力不足
- 再エネの規制枠組みに関する意思決定プロセスに民間セクターが関与していない
- 税優遇は法律で認められているが、関連規則などの実施措置の整備が不足している
- 現地企業の再エネプロジェクトへの参画が限られている
- ファイナンスへのアクセスが限られている
- 現地金融機関の再エネに対する理解と知見が限られている
- F/S におけるファイナンスが限られている

これら課題の解決を支援するため、後述のドナーによる取組が進められている。

<sup>51</sup> USAID (2020) Power Africa in Senegal

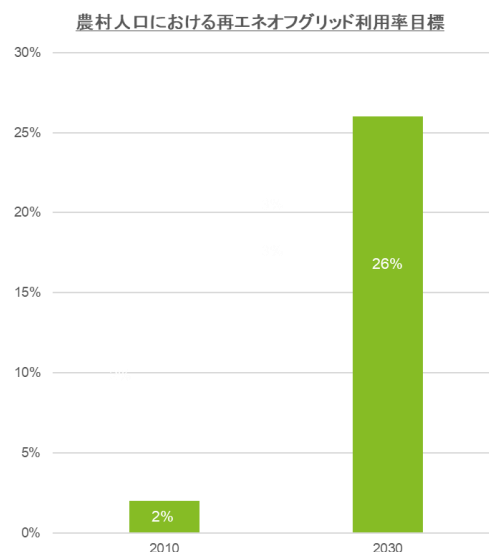
<sup>52</sup> European Union Energy Initiative (2016) RECP Scoping Mission - Senegal

## 6.2.2. オフグリッド

### (1) 導入状況と開発目標

農村人口における再エネオフグリッド（ミニグリッドシステムを含む）利用率目標を2030年までに26%に引き上げる方針である。なお、セネガル政府は2025年までに電化率100%を目指している。

また、ミニグリッドにおいては2025年までに783個（再エネおよびハイブリッドを含む）を目標としている。



出所 Ministère de l’Energie et du Développement des Energies Renouvelables (2015) Plan d’Actions National des Energies Renouvelables (PANER)を基に JICA 調査団作成

図 29 オフグリッドの利用率目標(右)

### (2) 振興策と課題

セネガルは西アフリカ地域内でオフグリッドの普及をリードしている国である。例えば、セネガルの発電関連事業会社は、東アフリカで実績のあるビジネスモデルや技術をいち早く採用し、マイクロファイナンス機関とのパートナーシップを通じて技術革新に努めている<sup>53</sup>。オフグリッドの導入拡大に向け、現在 ERIL 枠組みとライセンス等の復興策が取られている。

表40 セネガルのオフグリッドにおける再エネ振興策

振興策	概要
ERIL 枠組み	Local Initiative Rural Electrification は中小企業、NGO、コミュニティ主導で電化を図っており、コスト反映型タリフや、発電および送電事業にかかるコンセッションの導入を予定している
ライセンス	民間セクターによるミニグリッドシステムのライセンス制度は存在しているが、手続きが困難であるため運営のみに参画できている状況である

出所 USAID (2019) Off-Grid Solar Market Assessment Senegal を基に JICA 調査団作成

他方、オフグリッドの導入を進めるに当たり、USAID<sup>54</sup>から以下の課題が指摘されている。

- ミニグリッドシステムにおけるライセンスの取得が困難である
- タリフの不確実性（現在政府がタリフの調和を検討中）

<sup>53</sup> USAID (2019) Off-Grid Solar Market Assessment – Senegal – Power Africa Off-grid Project

<sup>54</sup> USAID (2020) Power Africa in Cote d’Ivoire

- 地方部への高い電力供給コスト（ロジ）
- 税優遇の欠如
- コストが反映されないタリフ構造、ミニグリッドのサイズ、メータリングとモニタリングの欠如
- 調達プロセスが困難

系統電源と同様に、これら課題の解決を支援するため、後述のドナーによる取組が進められている。

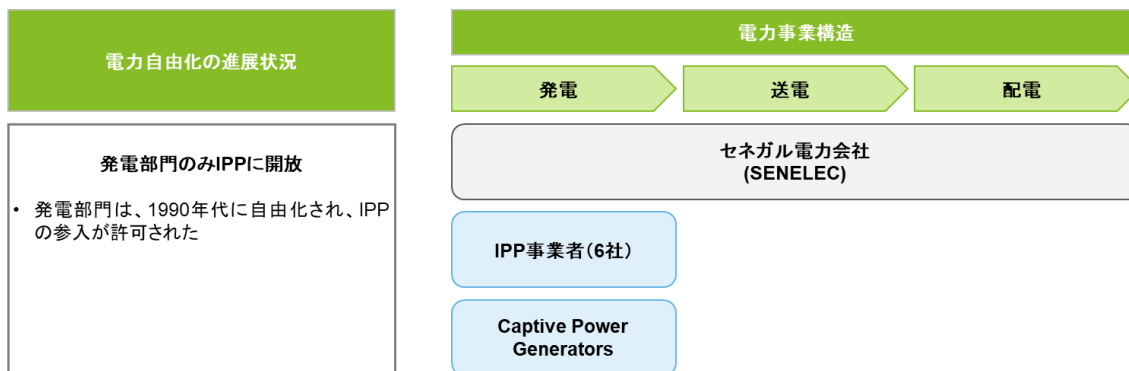
## 6.3. 民間投資環境

### 6.3.1. 外資規制

セネガルでは、政府と国有企業が参画しているセクター以外（水資源・配電・港湾関連インフラ）での外資規制はない<sup>55</sup>。

### 6.3.2. 電力業界への民間参入可否

セネガルでは発電部門が IPP に開放されており、IPP 事業者が 6 社参入している。電力業界の構造は以下のとおり。



出所 European Union Energy Initiative (2016) RECP Scoping Mission - Senegal を基に JICA 調査団作成

図 30 セネガルの電力業界の構造

セネガルはサブサハラアフリカ諸国で、1990年代に比較的早くから電力分野の民営化および IPP 事業者への市場開放を行った国の 1 つである。セネガル政府は今後もエネルギー供給不足を補うために民間投資に頼る意思を表明している<sup>56</sup>。

### 6.3.3. 投資環境と課題

「セネガル新興計画」(PSE) では、2035年での新興国入りを目指して各種インフラなどの整備を計画しており、国内外から成長可能性に期待が集まっている。世界銀行<sup>57</sup>による Doing Business のランキングでは 191カ国中 123位であり、世界経済フォーラム (WEF)<sup>58</sup>による Global

<sup>55</sup> Deloitte (2017) Invest in Senegal – A competitive investment destination in West Africa

<sup>56</sup> USAID (2019) Off-Grid Solar Market Assessment – Senegal – Power Africa Off-grid Project.

<sup>57</sup> World Bank (2020) Doing Business 2020

<sup>58</sup> World Economic Forum (2019) The Global Competitiveness Report 2019

Competitiveness Index では 141 カ国中 114 位となっている。また、JETRO<sup>59</sup>によると、新空港建設や空港周辺からダカール市街への高速道路整備が進み、その周辺に経済特区が建設されるなど、交通インフラ整備に伴い、一部外国企業の経済特区進出が始まっている。Doing Business によれば事業環境の課題としては、高額な法人所得税や建設許可取得コスト等が挙げられている。

表41 投資環境指標

ソブリン格付	B+
本邦企業関心 (JETRO アンケート)	N/A
進出本邦企業数	17 (2019 年)
FDI	8.4 億ドル (2018 年)
Doing Business	123 位 (2019 年)
Global Competitiveness Index	114 位 (スコア : 49.7) (2019 年)

出所 S&P、JETRO (2020) アフリカ進出日系企業実態調査、外務省 (2017) 海外在留邦人数調査統計、世界銀行 Foreign direct investment, net inflows、世界銀行 Doing Business、WEF (2019) Global Competitiveness Report を基に JICA 調査団作成

## 6.4. その他

### 6.4.1. JICA のエネルギー分野の実績の有無、援助方針

JICA では、西アフリカ地域の安定と発展を支える経済開発と社会開発を中心にセネガルを支援しており、エネルギー分野の過去 5 年間の援助実績は 2 件のみである。なお、日本の対セネガル共和国の開発課題および援助方針にエネルギー関連分野は含まれていない。援助実績は以下のとおり。

表42 過去5か年のJICAの対セネガル共和国援助実績

プロジェクト名	スキーム	分野	期間/締結年	支援額
ダカール地区変電所緊急回収・強化計画 準備調査	協力準備	発送電	~2021 年	N/A
ダカール州配電網緊急改修・強化計画	無償資金協力 (G/A)	発電	2018 年 2 月	29.34 億円

出所 外務省 (2020) 事業展開計画、JICA (2015~2020) 案件概要票を基に JICA 調査団作成

### 6.4.2. ドナー動向と援助実績

各ドナーは共通して、再エネ導入促進、電力の安定供給、電力アクセス改善を援助方針として掲げている。系統電源では接続改善の支援が多く、資金規模の大きいプロジェクトでは、他ドナーや民間セクターとの協調融資が図られている。オフグリッドでは、資金供与に併せ、制度整備や能力強化などの技術協力が実施されている。

<sup>59</sup> JETRO (2018) 西アフリカ最大規模の経済特区整備計画が進むセネガル

表43 主要ドナーのケニアでの動向

	エネルギー分野の援助方針	再エネ分野の主要 PJ
世界銀行	<ul style="list-style-type: none"> <li>国別パートナーシップ FY13-FY17 において、世界銀行と IFC が SENELEC のパフォーマンスを向上させるために政府を支援しており、特に令機関は IFC の融資および IDA Partial Risk Guarantee を活用し Taiba Ndiaye 発電所 (70MW) の開発と資金調達を支援する可能性が掲載されている。</li> </ul>	系統電源
		<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Senegal Rural Electrification Program</u> (2016 年～) セネガルの農村部でのグリッドの拡張、ソーラー・ディーゼルミニグリッド、SHS、ソーラーランタンなどのクリーン技術を導入することで電化率の向上を目的としている。民間のコンセッションやその他のプロジェクト事業者による農村部の電化拡大と加速を目指すセネガル政府の計画の実施を支援するに当たり、carbon-linked result based payment scheme を利用している。Carbon Fund に 847 万 USD と 400 万 USD の資金調達。</li> </ul>
		オフグリッド <ul style="list-style-type: none"> <li><u>Regional Off-Grid Electrification Project – ROGEP</u> (2017 年～2022 年) ECOWAS15 カ国、チャド、中央アフリカ共和国、モーリタニア、カメルーンの計 19 カ国を対象とした総額 2 億ドルのプロジェクト。家庭用、公共事業用、産業用のオフグリッド・スタンドアローン型太陽光発電システムの展開に向けた投資条件の改善と国内外の企業投資の促進を目的としている。</li> </ul>
AfDB	<ul style="list-style-type: none"> <li>国別戦略ペーパー2016-2020 における全体的な目標としては、セネガルの社会のすべてのセグメントに利益をもたらせ、包括的で環境に優しい持続可能な成長の達成に貢献することである</li> <li>「生産・競争力強化支援インフラ」の柱下で、エネルギー分野を支援</li> </ul>	系統電源 <ul style="list-style-type: none"> <li><u>Project to Improve Access to Electricity in Peri-Urban and Rural Areas</u> (2018 年～) セネガルのすべての地域で、低・中電圧配電網を復旧・拡張し、スタッフを訓練し、何千もの後払いメーターを前払いメーターに交換し、監視・評価ユニットを設置することで、SENELEC の事業管理とガバナンスを改善することを目指している。プロジェクト規模としては 4,200 万ドル。</li> </ul>
AFD	<ul style="list-style-type: none"> <li>長年にわたり財政再建を援助し、既存の発電設備を修復することでエネルギー部門を支援してきた</li> <li>現在は再エネの普及と農村部への電力網の拡張に貢献している</li> <li>すべての人にクリーンなエネルギーを提供することを目的としている</li> </ul>	系統電力 <ul style="list-style-type: none"> <li><u>Sustainable Use of Natural Resources – SUNREF</u> (2014 年～2017 年) 西アフリカ 8 カ国に対し、エネルギー効率と再エネプロジェクトの開発支援を目的としており、資金援助と技術援助の両方を提供。資金援助としては連携地場銀行への長期貸付 (green credit lines) を提供。</li> <li><u>Strengthening and modernization of SENELEC electric network</u> (2018 年～) AFD より SENELEC に 4,500 万ユーロのローンおよ</li> </ul>

		び EU から 665 万ユーロを調達。投資前の F/S や再エネ開発のための枠組みの推進、投資支援研修の開催、発電・ネットワーク強化への投資、プロジェクトマネジメント支援を含む。
KfW	<ul style="list-style-type: none"> <li>「再エネ、エネルギー効率、エネルギーへのアクセス」を中心としたプロジェクトには、再エネ発電や、セネガルの都市部における配電網の近代化を通じたエネルギー効率化の分野でのプロジェクトが含まれている</li> </ul>	系統電源・オフグリッド
		プロジェクト詳細不明
USAID	<ul style="list-style-type: none"> <li>2013 年に設立された Power Africa がエネルギー分野を支援</li> <li>系統電源とオフグリッドソリューションを通じた電力への接続性を高めるために、特に農村部で政府を支援</li> <li>政府と電力会社のキャパビル、トランザクション推進、法規制・調達制度の環境整備、オフグリッド地方電化促進を実施</li> </ul>	オフグリッド
		<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Power Africa Off-grid Project (PAOP)</u></li> </ul> <p>アフリカ 9 カ国にアドバイザーを配置し、政府や企業に対し、政策・計画策定支援など実施。セネガルでは Oolu Solarn などのオフグリッド会社を支援している。</p>

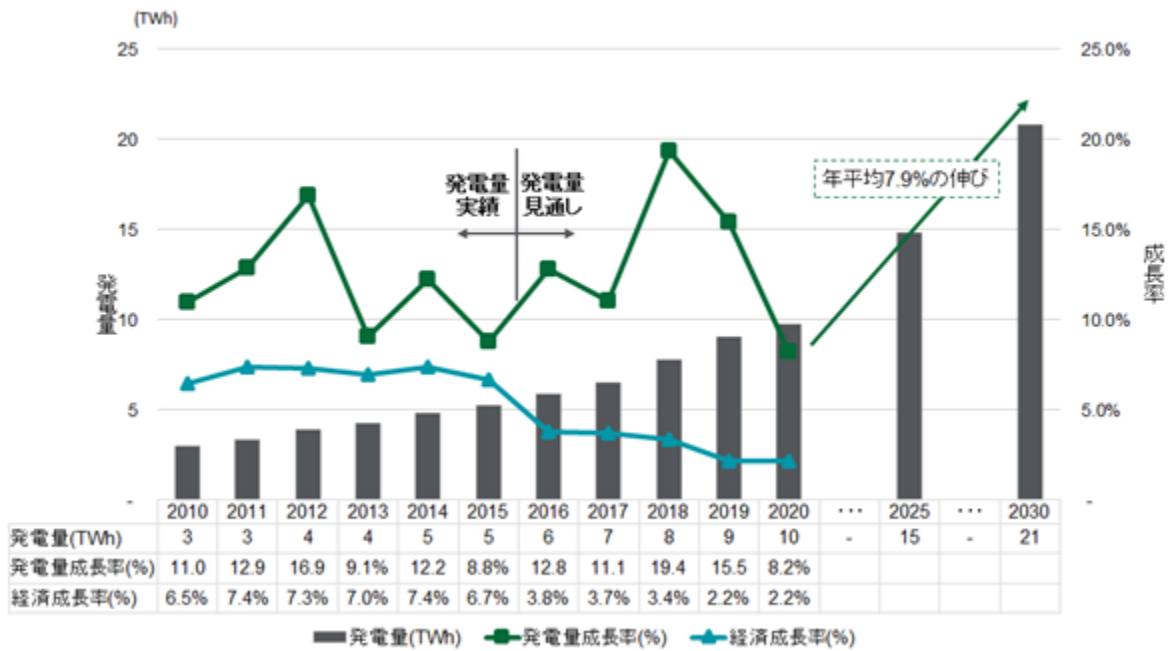
出所 AFD ウェブサイト、世界銀行ウェブサイト、AfDB ウェブサイト、KfW ウェブサイト、USAID ウェブサイトを基に JICA 調査団作成

## 第7章 モザンビーク

### 7.1. マクロ経済・電力セクター概況

#### 7.1.1. 電力需要：系統電源の将来増大量は需要予測

モザンビークの経済成長率は年率 7%前後の水準で推移しており、EDM が策定した電力マスタープランによれば電力発電量は 2010 年の 3TWh から 10%前後の成長率での増加、2020 年以降も年平均約 8%の水準で増加し、2030 年には 21TWh に達する見通しである。



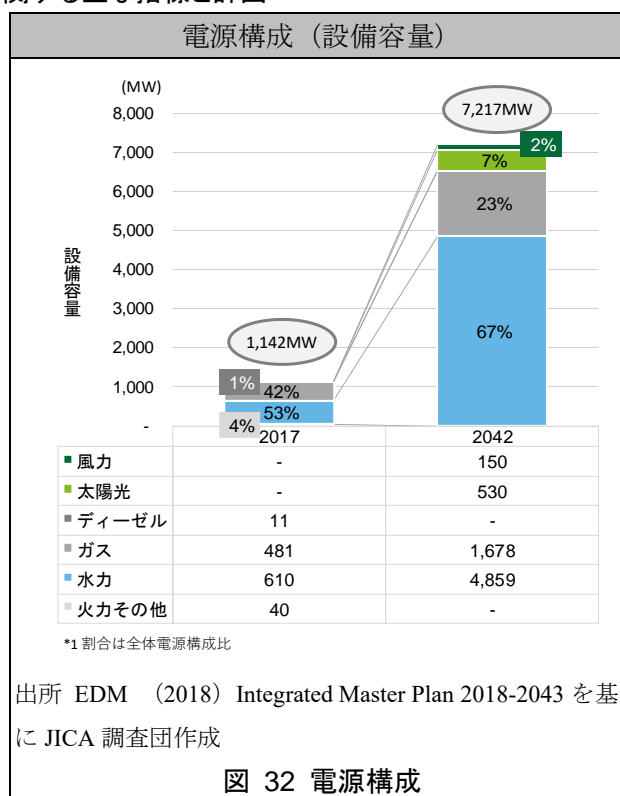
出所 EDM (2018) Integrated Master Plan、IMF (2020) World Economic Outlook (2020/6/24アクセス) を基にJICA調査団作成

図 31 発電量見通し

## 7.1.2. 電源構成

表44 系統状況に関する主な指標と計画

項目	数値
電化率	27% (2017年)
電化率目標	95% (2030年)
現在の主幹電源	水力 (2017年) 53%
将来の主幹電源	水力 (2042年) 67%
エネルギー需給 (Mtoe)	生産/輸入:22.7 最終消費:5.72 (2017年)
LCOE (cents/kWh)	12 (2016年)
月間停電回数	1.6 (2018年)
平均停電時間	5.4 (2018年)



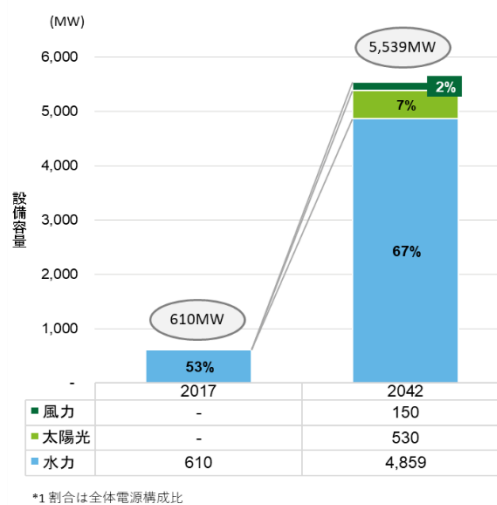
出所 SEforALL Africa Hub Mozambique (2020年6月29日アクセス)、EDM (2018) Integrated Master Plan 2018-2043、World Development Indicators (2020年6月29日アクセス) を基に JICA 調査団

## 7.2. 再エネ概況

### 7.2.1. 系統再エネ

#### (1) 導入状況と開発目標

系統再エネの状況としては、2017年時点の全設備容量 1,142MW のうち水力が 53%を占め、太陽光と風力は未導入である。EDM が作成したマスタープランでは、2042年には設備容量は7,217MW に増加し、そのうち水力の比率が 67%で、太陽光、風力もそれぞれ 7%、2%と少率ながら導入される目標となっている。





## (2) 振興策と課題

系統型電源における再エネ振興策の整備状況は下記のとおりである。2014年に再エネを対象とした FiT (REFiT) 導入が閣議承認されたものの、施行細則は未制定であり、再エネ発電にかかるコスト等が変化している現時点で民間事業者は個別にオフテイカーと交渉する必要がある<sup>60</sup>。

表45 モザンビークの系統型電源における再エネ振興策

振興策	有無	概要
FiT	○	・2014年に10kWから10MWのバイオマス、風力、小規模水力、太陽光発電を対象としたFiTの設立を閣議承認。一方、承認の有効期間は3年であったが期間中に施行細則の策定が完了しなかった。現在、民間事業者はEDMと個別で価格交渉の上決定 <sup>61</sup> 。太陽光(+蓄電池)を対象に、GET FiTの実施が2019年に決定、2020年より開始予定。
RPS	×	・なし
入札	×	・なし
税優遇	○	・法人税の減額あり。5年目まで80%、6~10年目まで60%、11~15年目まで25%の減額。 ・加速減価償却制度あり。 ・5年を超えて運用する設備の最大15%税控除 ・付加価値税(VAT)の免除
PPA ひな型	○	・GET FITでは定型PPAを使用予定。

出所 EDM (2018) Integrated Master Plan 2018-2043、REN21 (2019) Renewables 2019 Global Status Report、GET.invest Mozambique Governmental Framework、GET FiT MOZ、International Insutitute for Sustainable Development (2013) Invest ment Incentives for Renewable Energy in Southern Africa:The case of Mozambique を基に JICA 調査団作成

世界銀行<sup>62</sup>によると、再エネを含む系統型電源における課題は以下の通り指摘されている。

- 系統のメンテナンスとオペレーション業務を行うことができる技術者の不足
- 配電システムの脆弱性から生じる電力ロス
- EDMの財政状況では系統のメンテナンス、オーバーホールが困難
- EDMの電力料金収入よりもメンテナンスなど運転資金が上回る
- EDMは国際援助機関による支援に依存している状況
- 電力へのアクセスは人口の30%ほどのみしかいない都市部に集中

<sup>60</sup> GET.invest Mozambique Governmental Framework より (2020年6月8日にアクセス)

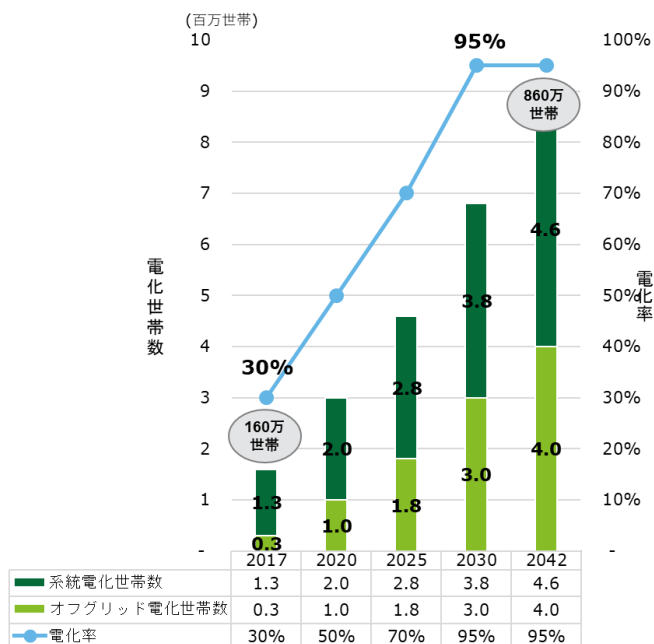
<sup>61</sup> GET.invest Mozambique Governmental Framework より (2020年6月8日にアクセス) ,

<sup>62</sup> Mozambique Energy Sector Policy Note(2015)より

## 7.2.2. オフグリッド

### (1) 導入状況と開発目標

オフグリッドの導入状況と目標は下記グラフのとおりである。2017年時点における全国の電化率は30%で、そのうち約8割が系統電源、2割がオフグリッドによる電化となっている。EDMの2042年目標によると、2030年時点までに電化率95%を達成し、オフグリッド電化世帯はそのうち約4割となっている。



出所 EDM (2018) Integrated Master Plan 2018-2043を基にJICA調査団作成

図 34 オフグリッド電源の利用人口、目標

### (2) 振興策と課題

オフグリッド電源導入に向けては、同国エネルギー省が設立・管轄する電化基金 FUNAE (Fundo De Energia) による支援が行われている。FUNAEは、学校・病院など公共施設への太陽光パネルの導入に対して、融資や、融資に対する保証を提供している。

表46 モザンビークのオフグリッド電源における再エネ振興策

振興策	概要
FUNAE による再エネを活用した地方部電化にかかる支援	<ul style="list-style-type: none"> <li>多様な電源種による発電、発電技術の普及、給電、省エネルギーを目的とする事業を行おうとする企業に対する融資または返済保証</li> <li>発電施設の設置または配電事業に対する融資</li> <li>新技術および再生可能エネルギー資源をベースにした発電および給電機器の購入、融資または返済保証</li> <li>地方電化に関わる相談、技術支援</li> </ul>

出所 FUNAE ウェブサイト (2020年7月7日アクセス)、Economic Consulting Associate (2018) Off-Grid solar Market Assesment in Mozambique を基に JICA 調査団作成

Economic Consulting Associates<sup>63</sup>によると、モザンビークでオフグリッド電源を導入するにあたっては以下の課題があると指摘されている。

<sup>63</sup> Economic Consulting Associate(2018) Off-Grid solar Market Assesment in Mozambique より

- ▶ オフグリッド電源を導入するターゲットがオフグリッドへの知識がなく懐疑的であり、また低所得層のため需要が広がりにくい。
- ▶ 民間業者が太陽光発電を行う場合のパネルの品質に疑義がある。
- ▶ 導入地域への太陽光パネルの輸送コストが高い。
- ▶ 導入拡大によるアフターサービスコストが上昇する可能性がある。
- ▶ 政府の政策では系統電源の拡大が主とされており、オフグリッド電源普及が劣後している。

## 7.3. 民間投資環境

### 7.3.1. 外資規制

JETRO によると、モザンビークにおける外資規制には下記のようなものがある。また、Global Legal Insights によると、外資がエネルギー分野で投資を行い各種優遇の適応を受けるには、投資証書 (Investment Certificate) を政府より取得し、一定以上の投資額を満たし、現地に登記された事務所もしくは支所を保有している企業と共同で行う必要がある<sup>64</sup>。

表47 モザンビークにおける外資規制

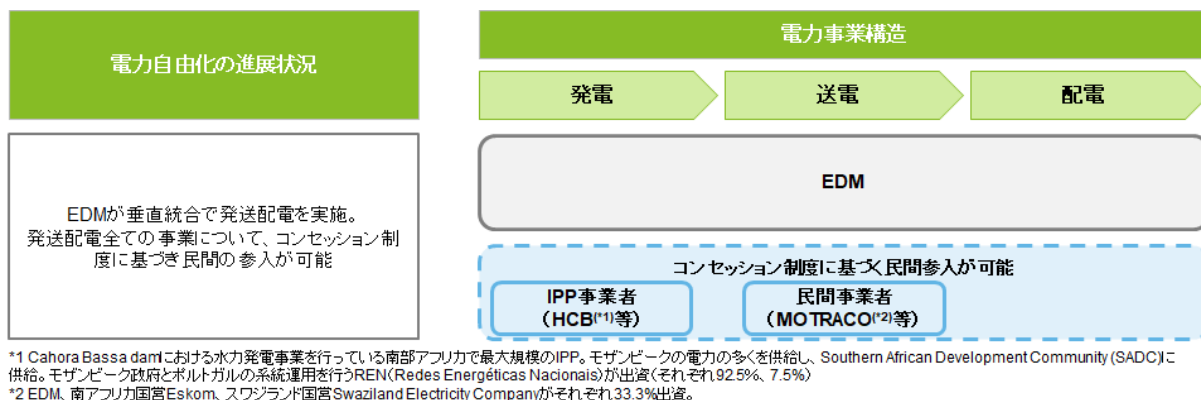
規制	内容
規制業種・禁止業種	建設業、旅行代理店、警備会社
出資比率	建設業：資本の過半数がモザンビーク資本 旅行代理店；筆頭株主がモザンビーク国籍の個人または企業 警備会社；外国資本が株式資本の過半数を保有禁止
外国企業の土地所有の可否	モザンビークでは土地所有権は国に帰属し、企業には土地所有権が発行される
資本金に関する規制	金融業における最低資本金規制あり
その他規制	国有不動産物件の移転に関する規制 石油・採掘産業におけるローカルコンテンツの保護

出所 JETRO (2019) モザンビーク外資に関する規制を基に JICA 調査団作成

### 7.3.2. 電力業界への民間参入可否

PPP 法に基づくコンセッション制度によって、発送配電事業に民間企業の参入が認められている。IPP は、2018 年時点で 7 社が参入しており、ポルトガルや南アフリカの資本が含まれる IPP 事業者も参入している。

<sup>64</sup> Global Legal Insights Energy 2020 Mozambique より (2020 年 6 月 10 日アクセス)



出所 EDMウェブサイトおよび海外電力調査会（2020）等を基にJICA調査団作成

図 35 モザンビークの電力事業構造

### 7.3.3. 投資環境と課題

投資環境における指標は下記のとおりである。

表48 投資環境指標

ソブリン格付	CCC+（2019年）
本邦企業関心(JETRO アンケート)	アフリカ諸国のうち今後の注目国5位（2019年）
本邦進出企業数	32社（2018年）
FDI	26.78億ドル（2018年）
Doing Business	138位（2019年）
Global Competitiveness Index	137位（2019年）

出所 S&P ウェブサイト（2020年7月7日アクセス）、JETRO（2019）アフリカ進出日系企業実態調査、外務省（2019）海外在留邦人数調査統計、世界銀行（2020年7月7日アクセス）、世界銀行（2019）Doing Business 2019、WEF（2019）Global Competitiveness Report を基に JICA 調査団作成

## 7.4. その他

### 7.4.1. JICA のエネルギー分野の実績の有無、援助方針

モザンビークにおける JICA のエネルギー分野の援助実績は下記のとおりである。これまで無償資金協力による送電網の整備、専門家派遣による系統運営の技術支援、電力全事業におけるマスタープラン策定の支援を行っている。

表49 過去5カ年のJICAの対モザンビーク援助実績

プロジェクト名	スキーム	分野	期間/締結年	支援額
マプト・ガス複合式火力発電所整備計画	有償資金協力	発電	2014年～ 2024年	220.5億円
ナカラ緊急発電所整備計画	無償資金協力	発電	2019年～ 2022年	20.1億円
配電損失改善プロジェクト	技術協力プロジェクト	配電	2020年～ 2023年	4.5億円

インフラ整備分野の課題別研修	課題別研修	-	～2020年	N/A
電力開発アドバイザー	技術協力	送電	2019年	N/A
送変電網緊急改修計画	無償資金協力	送電	2017年	13.90億円
電力マスタープラン策定プロジェクト	技術協力	発電・送電・ 配電	2016年	N/A
ナカラ回廊送変電網強化計画	無償資金協力	送電	2015年	20.12億円

出所 外務省（2020）事業展開計画、JICA（2015～2020）案件概要票を基に JICA 調査団作成

モザンビークにおける JICA のエネルギー分野の今後の方針は下記のとおりである。エネルギー分野は、産業開発にかかる課題において必要なインフラとして認識されている。

表50 日本の対モザンビークエネルギー関連分野の開発課題および援助方針

開発課題（小目標）	産業開発
現状と課題	豊富な天然資源を活かした成長の一方、それらを持続可能な形にするための経済インフラ整備、産業振興が喫緊の課題である。具体的には、ナカラ回廊及びマプト大都市圏におけるインフラ整備、主要産業である農業の振興及び地域経済の多角化が急務である。海外からの投資が進む一方で、国内人材の不足が深刻であると指摘されており、職業訓練を通じた人材の確保も重要である。また、開発に当たっては、民間資金を含めた資金確保に努める必要があり、そのための政府等関連機関の能力向上や人材育成等に加え、中小企業を中心とした民間セクター開発や投資環境整備も重要課題である。また、ナカラ回廊のインフラ整備において、ナカラ港は、内陸国であるマラウイ、ザンビア等の外洋へのゲートウェイとして重要であり、内陸へと続く物流インフラとともに地域の連結性向上に不可欠である。
開発課題への対応方針	開発課題に対して以下の取組を行う。 (1) 中小企業を中心とした民間セクター開発及び日本企業の進出も視野に入れた投資環境改善のための、職業訓練を通じた人材育成 (2) 公共財政管理能力強化のための組織・制度強化及び人材育成 (3) ナカラ回廊及びマプト大都市圏を中心とした、電力、港湾、交通、物流等の経済・社会基盤整備及び関連人材育成
協力プログラム	電力・経済インフラプログラム
プログラム概要	地域経済活性化に資する重要な港湾、道路・橋梁、電力インフラの整備を進める。回廊開発の視点を通じ、モザンビーク国内にとどまらず、南部アフリカ域内の連結性向上に資する経済開発・産業振興の観点を踏まえた支援を実施する。

出所 外務省（2020）対モザンビーク事業展開計画を基に JICA 調査団作成

## 7.4.2. ドナー動向と援助実績

表51 主要ドナーのモザンビークでの動向

	エネルギー分野の援助方針	再エネ分野の主要プロジェクト
世界銀行	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2つの重点領域（1.多様化した成長と生産性の向上、2.人的資本への投資）の1における4つの目標のうち、「電力へのアクセスと信頼性の向上」はその1つ。</li> <li>・ 開発指標は以下の通り。 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 年間の平均停電頻度（2014年52回→2020年30回）</li> <li>➢ 世帯における電化率（2014年25.2%→2020年33%）</li> </ul> </li> <li>・ また上記の補足指標は以下の通り。 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ モザンビーク国内で利用可能な設備容量（2014年679MW→2020年1,254MW）</li> <li>➢ 電力ロス率（2014年23.2%→2020年18%）</li> <li>➢ EDMのキャッシュリカバリー率（2015年69%→2020年79%）</li> </ul> </li> </ul>	系統電源 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>Mocuba Solar（2018～2019年）</u> ザンベジア州において、Scatec Solar（52.5%）、Norfund（22.5%）、EDM（25%）整備を行う40MWの太陽光発電設備。IFCを通じて、総プロジェクトコスト\$84mのうち\$42.2mの融資を提供。EDMと25年間のPPAを締結。2019年COD。</li> </ul>
		オフグリッド <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>Sustainable Energy for All/ProEnergia（2019～2023年）</u> 電化率向上プロジェクト。1.郊外（Peri-urban）・地方部の電化率向上、2.オフグリッド電化（ミニグリッドと成果ベースのオフグリッド事業へのファイナンス）、3. EDM・FUNAEへのプロジェクト実施に向けた技術支援のコンポーネントで構成。総プロジェクトコスト\$148mのうち\$82mのコミットメント。</li> </ul>
AfDB	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2つの支援の柱（1.包括的な成長に向けたインフラ開発、2.農業転換の支援）の1における重要テーマの1つが「エネルギーと統合開発回廊」。</li> <li>・ 2022年までの主な成果（Outcome）は以下の通り。 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Cahora Bassa ダムの需要先の多様化（容量の増加によるマラウイへの電力輸出、\$0.5bil/月の売電収入を見込む）</li> <li>➢ EDMの収益性の向上とそれによる資産拡大。</li> <li>➢ （2020まで）石炭発電を代替する60MW規模のプロジェクトの実施によるCO2削減</li> <li>➢ GHG削減</li> <li>➢ 政府の収入機会の創出</li> </ul> </li> </ul>	系統電源 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>Sustainable Energy Fund for Africa（SEFA）</u> AfDBが管理する\$95mのマルチドナー基金（デンマーク、米国USTDA、ノルウェーが拠出）。小規模（5～50MW）の太陽光、風力、地熱、水力、バイオマスの案件開発段階におけるFS調査の一部負担・TA提供、早期段階におけるエクイティ投資、民間資金促進に向けた投資環境改善にかかる公共への無償資金提供を行う。モザンビークでは同プログラムの一環で中小規模再エネ向けのREFitに基づく事業実施支援（2015年～）や、Namaachaにおける同国初の風力発電IPP事業（合計160MW、ディベロッパ：eleQtra）</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2022 年までの主な結果（Output）は以下の通り。 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 200MW の国家系統の容量増強、 Cahora Bassa ダムの需要先の多様化</li> <li>➢ EDM の運転利益率が黒字。</li> <li>➢ クリーンな発電源への多角化</li> </ul> </li> </ul>	<p>に対して FS 調査費の無償提供を実施（2017 年～）。</p> <p>オフグリッド</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>Facility for Energy Inclusion (FEI : 2019 年～)</u> European Commission、KfW、Clean Technology Fund、Norfund 等と共同で設立した\$160m 規模のデットファンド。\$30m、設備容量 25MW 以下の小規模太陽光発電設備や、ミニグリッドを活用した電化率向上事業に対して支援。AfDB はアンカー行。初期のパイプラインはモザンビークを含む 4 カ国。</li> </ul>
KfW	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ KfW を含み、BMZ の対モザンビーク重点援助領域は、1.基礎・職業教育、2.地方分権化・公共ファイナンス、3.持続的な経済開発の 3 つ。</li> <li>・ エネルギー分野は経済開発において重要なインフラであるとされ、また、その他の重点領域の 1 つ（その他の重点領域は自然資源保全、持続的なエネルギー供給、気候変動への適応）。</li> </ul>	<p>系統電源</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>GET FiT Program (2014 年より協議、2015 年より FS 開始)</u> 小規模再エネを対象に、viability gap funding、技術支援、オフテーカーリスクの低減、再エネ系統連携支援等を実施するプログラム。2014 年に KfW とモザンビーク政府間での協議を開始し、2015 年に英国政府と共同出資にてモザンビークでの GET FiT 立ち上げに関する FS 調査を実施。</li> </ul> <p>オフグリッド</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>Facility for Energy Inclusion (FEI : 2019 年～)</u> 上記参照。</li> </ul>
USAID	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2013 年に設立された Power Africa がエネルギー分野を支援</li> <li>・ 4 つの開発目標（1.民主主義の強化、2.強靱で広域的な経済開発の加速、3.教育の質向上、4.健康増進）の内、2 においてエネルギーは重要分野との位置づけ。</li> <li>・ エネルギー分野では、プロジェクト開発、規制局への支援、電力法レビュー、個別トランザクションの支援（Power Africa）。</li> </ul>	<p>系統電源</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>Mocuba Solar 40.5MW (2017 年ファイナンシャルクローズ)</u> 詳細は世界銀行の欄を参照。USAID がプロジェクト開発、トランザクション支援。</li> </ul> <p>オフグリッド</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ NA</li> </ul>

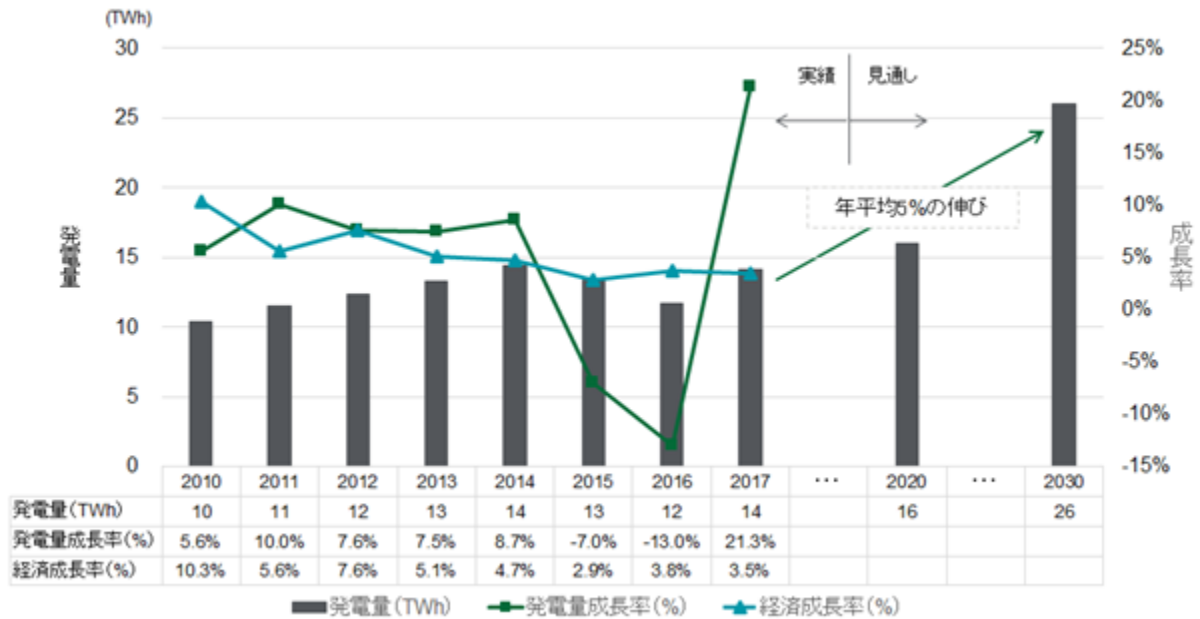
出所 世界銀行（2017）Country Partnership Framework for The Republic of Mozambique for The Period FY17-FY21、AfDB（2018）Mozambique Country Strategy Paper、BMZ ウェブサイト（2020 年 7 月 7 日アクセス）、USAID（2014）Country Development Cooperation Strategy Mozambique Fiscal Year 2014-2020、Power Africa ウェブサイト（2020 年 7 月 7 日アクセス）を基に JICA 調査団作成

## 第8章 ザンビア

### 8.1. マクロ経済・電力セクター概況

#### 8.1.1. 電力需要

ザンビアでは、2010年から2017年までの期間で約5%の経済成長率を維持している。これに伴い発電量も堅調に伸びており、2010年から2017年にかけて約1.4倍になっている。2030年には25TWhを超える電力需要を見込まれており、今後も発電量を増加させていく方針である。



出所 IEA Data and statistics、IMF World Economic Outlook, April 2020、PMRC (2018) ENERGY ROADMAP DELIVERING ZAMBIA ENERGY NEED を基に JICA 調査団作成

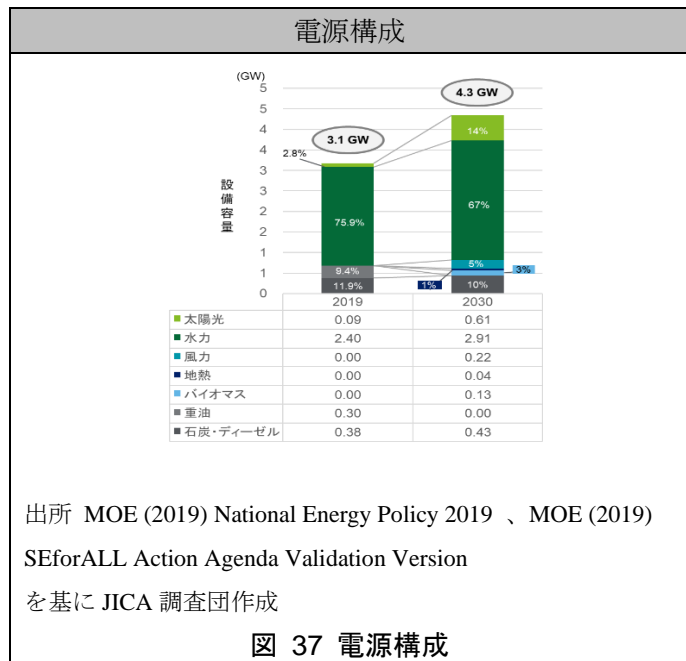
図 36 発電量見通し



## 8.1.2. 系統状況

表52 系統状況に関する主な指標と計画

項目	数値
電化率	39.8% (2018年)
電化率目標	100% (2030年)
現在の主幹電源	水力 (2019年) 75.9%
将来の主幹電源	水力 (2030年) 67%
エネルギー需要 (Mtoe)	生産/輸入:12.20 最終消費: 9.54 (2017年)
LCOE (cents/kWh)	8 (2016年)
月間停電回数	13.3 (2019年)
平均停電時間 (h)	10.9 (2019年)



出所 World Bank (2020) World Development Indicator, Access to electricity, USAID (2018) Zambia Electrification Geospatial Model, IEA (2017) Sankey Diagram, World Bank (2016) Financial Viability of Electricity Sectors in Sub-Saharan Africa を基に JICA 調査団作成

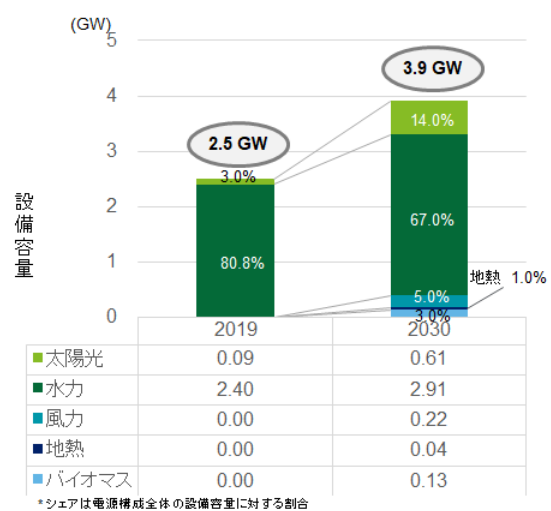
## 8.2. 再エネ概況

### 8.2.1. 系統再エネ

#### (1) 導入状況と開発目標

2030年の目標では、再エネ導入量を3.9GWまで引き上げ、電源構成のうち、90%を再エネにする計画である。電源種別では、バイオマスを0GWから0.13GW、地熱を0GWから0.04GW、風力を0GWから0.22GW、水力を2.4GWから2.91GW、太陽光を0.09GWから0.61GWに増加させる目標である。

なお、エネルギー規制委員会(ERB)<sup>65</sup>によると、2018年末時点で、7社の再エネIPP事業者が参入し、178MWが導入されている。



出所 MoE (2019) National Energy Policy 2019、MoE (2019) SEforALL Action Agenda Validation Version を基に JICA 調査団作成

図 38 再エネ導入計画

<sup>65</sup> ERB (2018) ENERGY SECTOR REPORT 2018

## (2) 振興策と課題

IPP 事業者の再エネ投資振興策として、FIT 制度を中心に整備されている。また、エネルギー部門は優先セクターとなっており、資本財の輸入税などに税優遇が適用されている。その他、PPA などのひな形やガイドラインも整備されている。

表53 ザンビアの系統型電源における再エネ振興策

振興策	有無	概要
FIT	○	・2017年より REFIT 制度を導入し、現在フェーズ1を実施中
RPS	×	・なし
入札	○	・Scaling Solar プログラム（本編 3.5.4 参照）で2019年3月より入札価格 0.602 USD/kWh で2つのプラントが稼働している
税優遇	○	・50万USD以上の投資の場合、以下の税優遇の対象となる ▶ 配当初年度から5年間の配当税の免除 ▶ 設備稼働初年度から5年間の利益にかかる税金の免除 ▶ 5年間の資本財の輸入税の免税
PPA ひな型	○	・ERB のウェブサイトから取得可能
その他	○	・発電等ライセンス取得、PPA ガイドラインなどの整備

出所 ERB ウェブサイト、Zambia Development Agency (ZDA) Energy Sector Profile を基に JICA 調査団作成

ザンビア政府<sup>66</sup>は以下を課題として挙げている。

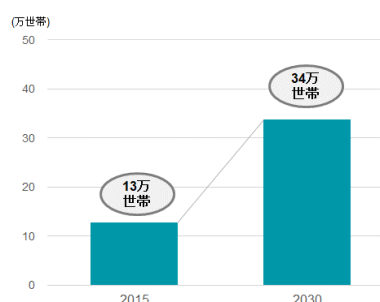
- ▶ 政策、計画および規制が一貫しておらず、民間セクターの電力事業参入への関心度を低下させている
- ▶ 政策や計画が整備されても、実施にかかる制度や細則が不足している

## 8.2.2. オフグリッド

### (1) 導入状況と開発目標

ザンビア政府、World Bank<sup>67</sup>によると、2015年時点の電化率は都市部で67.3%、農村部で11.8%であり、2018年の電化率は都市部で77.2%、農村部で11.0%（全体39.8%）である。2030年までにそれぞれ100%、50.6%にすることを目標としている。

また、2015年時点では、農村部の約13万世帯がオフグリッド電力へアクセスできており、2030年には約34万世帯への拡大が見込まれている。



出所 MoE (2019) Zambia SE4ALL Action Agenda Validation Version, Central Statistical Office(2015) 2015 Living Conditions Monitoring Survey Report を基に JICA 調査団作成

図 39 オフグリッドの利用世帯、目標

<sup>66</sup> MoE (2019) Zambia SE4ALL Action Agenda Validation Version

<sup>67</sup> World Bank (2020) World Development Indicator, Access to electricity

### 8.2.3. 振興策と課題

オフグリッドも FIT 関連の振興策が中心である。その他、地方電化基金や資本財にかかる輸入税の免除などの振興策がある。

表54 ザンビアのオフグリッドにおける再エネ振興策

振興策	概要
地方電化基金	地方電化庁（REA）による地方電化プロジェクトへの補助
税優遇	5年間の資本財の輸入税の免税
その他	国際金融公社（IFC）による Scaling Solar による支援（本編 3.5.4 参照）

出所 GET.invest ウェブサイト、Zambia Development Agency (ZDA) Energy Sector Profile を基に JICA 調査団作成

ザンビア政府は以下を課題として挙げている。

- スタンドアローン型太陽光設備、ミニグリッドに関する包括的な戦略の欠如
- 上記に伴う設備費や運用費にかかる助成金などインセンティブの不足
- オフグリッドエリアのエネルギー需要マッピング遅延

## 8.3. 民間投資環境

### 8.3.1. 外資規制

ザンビアには再エネ投資に関する外国資本の業種規制、出資比率および資本金に関する規制はない。

表55 ザンビアにおける外資規制

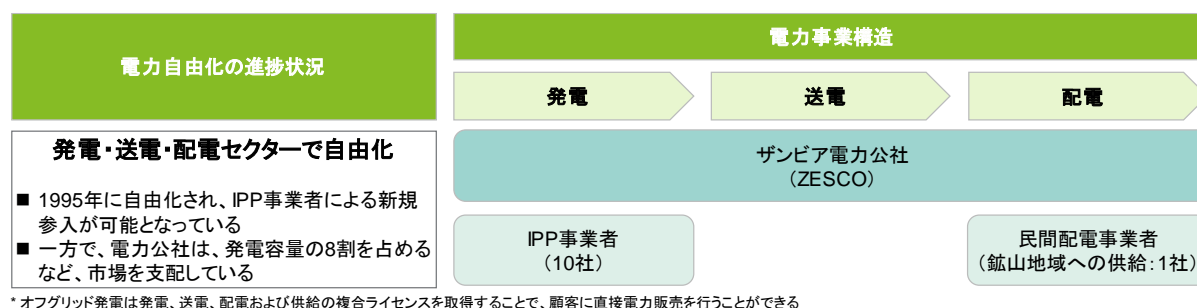
規制	内容
規制業種・禁止業種	外国資本の規制なし
出資比率	合弁企業設立時の出資比率に関する規制はなく、100%外国資本が可能
外国企業の土地所有の可否	外国企業の土地購入は許可されていないが、99年まで土地をリースすることが可能
資本金に関する規制	外国企業独自の規制はないが、企業設立に必用な最低資本は 5,000 ZMK（ザンビア・クワチャ）（約 273 USD <sup>68</sup> ）
その他規制	特になし

出所 ZDA ウェブサイト、米国国務省(2019) Investment Climate Statements: Zambia を基に JICA 調査団作成

<sup>68</sup> ザンビア中央銀行 2020年6月11日の為替レート（1 USD=18.2821ZMK）で換算

### 8.3.2. 電力業界への民間参入可

ザンビアでは1995年以降電力自由化がなされ、IPP事業者が参入している。一方で、ザンビア電力公社（ZESCO）は発電、送電および配電の全セクターで強い影響を残しており、国内発電容量の約8割を占めるなど、寡占状況にある<sup>69</sup>。



出所 ERB Zambia Off-Grid Electricity Portal、ERB (2018) ENERGY SECTOR REPORT 2018、経済産業省(2019)平成30年度質の高いエネルギーインフラの海外展開に向けた事業実施可能性調査事業（ザンビア共和国：太陽光発電および蓄電池による電源開発に関する調査）ファイナルレポートを基に JICA 調査団作成

図 40 ザンビアの電力業界の構造

### 8.3.3. 投資環境と課題

本邦企業からの評価ではアフリカ諸国の中でも関心度はやや低く、進出企業数も多くない。課題およびリスクとして、WEF<sup>70</sup>によると、不安定な国家統治、財政危機、エネルギー価格の変動、データ盗難および詐欺などが挙げられている。

表56 投資環境指標

ソブリン格付	B- (2018年)
本邦企業関心 (JETRO アンケート)	アフリカ諸国のうち今後の注目国 13位 (2019年)
進出本邦企業数	17社 (2018年)
FDI	5億ドル (2019年)
Doing Business	85位 (2019年)
Global Competitiveness Index	120位 (スコア: 46.5) (2019年)

出所 S&P、JETRO (2020) アフリカ進出日系企業実態調査、外務省 (2017) 海外在留邦人数調査統計、世界銀行 Foreign direct investment、世界銀行 Doing Business、WEF (2019) Global Competitiveness Report を基に JICA 調査団作成

<sup>69</sup> 経済産業省(2019) 平成30年度質の高いエネルギーインフラの海外展開に向けた事業実施可能性調査事業（ザンビア共和国：太陽光発電および蓄電池による電源開発に関する調査）ファイナルレポート

<sup>70</sup> WEF (2019) Regional Risks for Doing Business

## 8.4. その他

### 8.4.1. JICA のエネルギー分野の実績の有無、援助方針

JICA はザンビアに対し、国際競争力強化に必要なインフラ整備として、エネルギー分野で安定的な電力供給を支援する方針である。実績としては電力アクセス向上事業およびエネルギー分野における課題別研修のプロジェクトがある。

表57 過去5か年のJICAの対ザンビア援助実績

プロジェクト名	スキーム	分野	期間/締結年	支援額 (億円)
電力アクセス向上事業	有償資金協力	送電	2009～2014年	55.11
エネルギー分野の課題別研修	課題別研修他	その他	2016年度～	N/A
南部地域送電網整備事業協力準備調査	協力準備調査	送電	2017年度以前	N/A

出所 外務省（2020）事業展開計画

表58 日本の対ザンビアエネルギー関連分野の開発課題および援助方針

開発課題（小目標）	インフラの整備
現状と課題	ザンビアでは、物流や安定的な電力の供給のためのインフラが未だ十分に整備されておらず、このことが流通コストや生産コストの上昇を招き、産業の活性化を妨げる要因の1つとなっている。また、特に内陸国であるザンビアにおいては国際回廊の整備の遅れが国際競争力強化の大きな阻害要因となっており、これらインフラの整備が必要である。
開発課題への対応方針	電力の安定的な供給に対する支援や、産業が集積し複数の回廊の結節点となっているルサカの都市交通の整備等、インフラ整備を行い、国内産業の流通・生産コストの低減および生産性の向上に貢献する。また、国際市場へのアクセス改善という観点から、国際回廊のインフラ整備を支援する。
協力プログラム	インフラ整備プログラム
プログラム概要	経済活動の基礎となるインフラ整備を支援する。第一に、都市交通および地域間交通の効率化、並びに低廉で安定的な電力供給により、産業の生産コストを低減し、生産性の向上を図る。第二に、国際・地域間交通の効率化により、国内産業の市場アクセスの拡大を支援する。

出所 外務省（2020）対ザンビア共和国事業展開計画

### 8.4.2. ドナー動向と援助実績

世界銀行は送配電容量強化、農村地域の電力アクセス強化を支援している。AfDB は大規模水力発電所の建設、小規模再エネへの民間投資促進プロジェクトを支援している。KfW は GET FiT プログラムによる再エネ導入を支援しており、USAID は Scaling Solar への資金提供や、REFIT 制度構築支援プロジェクトを実施している。

表59 主要ドナーのザンビアでの動向

	エネルギー分野の援助方針	再エネ分野の主要プロジェクト
世界銀行	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国別パートナーシップフレームワーク（FY16-21）において、電力アクセス改善、送配電強化、再エネ電源導入等を方針として掲げている。</li> <li>・全国の電力アクセスを2021年までに10%</li> <li>・ルサカ地域の送配電容量を2021年までに900MVAまで強化</li> <li>・2021年までに450MWの再エネ電源の設備容量を追加</li> </ul>	系統電源
		<u>Lusaka Transmission and Distribution Rehabilitation Project</u> (2013年～) ・ルサカ地域の送配電容量の強化プロジェクト。IDAは1.05億USDを融資
		オフグリッド
		<u>Electricity Service Access Project</u> (2017年～) ・農村地域での電力アクセス強化プロジェクト。IDAは0.27億USDを融資
IFC	<ul style="list-style-type: none"> <li>・再生可能エネルギーを含む電力のインフラの維持改善を行い、近代的な社会経済の構築を援助方針として掲げている。</li> </ul>	系統電源
		<u>Scaling Solar Zambia Round 1</u> (2015年～) 入札制度による太陽光発電開発プログラム（本編3.5.4参照）。入札価格は0.602 USD/ kWhで2つのプラント、合計75.7MWを導入
		オフグリッド -
AfDB	国別戦略ペーパー2017-2021において、電力セクターの改革と、発電、送電および配電の能力向上に向けた投資促進により、地方電化の拡大を図ることを目標としている	系統電源
		<u>Itezhi-Tezhi Power Project</u> (2014年ファイナンスチャルクローズ、2016年から商業運転) ・イテジテジ水力発電所の建設プロジェクト。AfDBから約2,500万UA（約3,800万USD） <sup>71</sup> の融資
		オフグリッド <u>The Zambia Renewable Energy Financing Framework</u> (2019年～) ・小規模再生可能エネルギーへの民間投資を促進するプロジェクト。AfDBから最大1.05USDの融資
KfW	<ul style="list-style-type: none"> <li>・対ザンビア援助方針の主要分野は、地方分権、飲料水・衛生施設であり、エネルギー分野は含まれていない（GIZも同様）</li> </ul>	系統電源
		<u>GET FiT</u> (2018年～) ・再エネ205MWを導入目標とするプログラム（詳細は本編3.5.6参照）
		オフグリッド ・-
USAID		系統電源

<sup>71</sup> UAはAfDBが表示通貨として使用する計算単位。ファイナンスチャルクローズ月(2014年4月)のAfDB為替レート(1UA=1.52624USD)で換算

<ul style="list-style-type: none"> <li>Power Africa（本編 3.5.7 参照）を通じて、電力セクターの支援を実施し、ザンビアの電力アクセスを促進。</li> </ul>	<u>Scaling Solar Zambia Round 1（2015 年～）</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>国際金融公社（IFC）の Scaling Solar で系統接続する太陽光発電プロジェクト 2 件に対し、計 400 万 USD の資金提供および電力公社と IPP 事業者の PPA 締結支援</li> </ul>
	オフグリッド
	<u>The Development of Zambia's Renewable Energy Feed-In Tariff (REFIT) Mechanism</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>REFIT 制度の PPA 雛形を含む制度構築の技術支援</li> </ul>

出所 各ドナーウェブサイト、世界銀行(2018) Country Partnership Framework for the Republic of Zambia for the Period FY19-23、AfDB(2017) Zambia Country Strategy paper 2017-2021 を基に JICA 調査団作成

## 第9章 南アフリカ共和国

### 9.1. マクロ経済・電力セクター概況

#### 9.1.1. 電力需要

南アフリカの電力発電量は、2010年の259TWhから、1%前後の増減率で変動するものの、2019年まで概ね横ばいで推移してきている。2020年以降も年平均成長率1%で成長し、2030年に発電量は284TWhに達する見通しである。



出所 IEA (2019) South Africa Energy Outlook (2020/6/24 アクセス)、IMF (2020) World Economic Outlook (2020年6月24日アクセス) を基に JICA 調査団作成

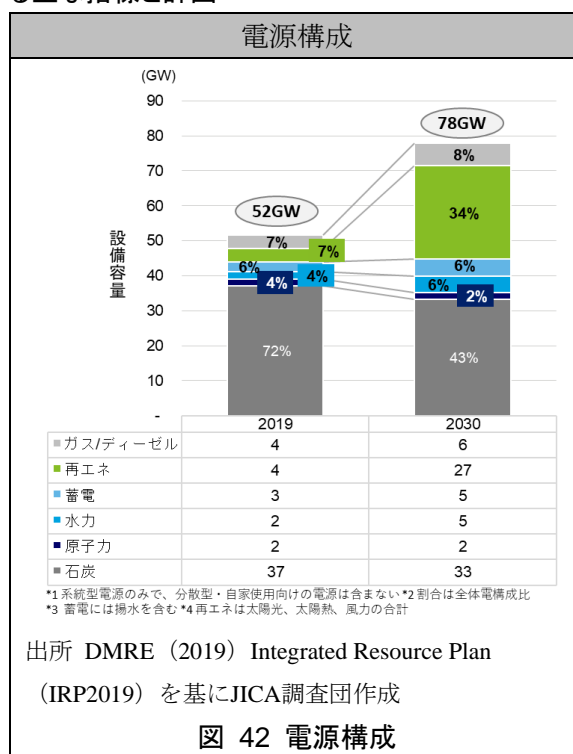
図 41 発電量見通し



## 9.1.2. 電源構成

表60 系統状況に関する主な指標と計画

項目	数値
電化率	86.2% (2018年)
電化率目標	97% (2025年)
現在の主幹電源	石炭 (2019年) 72%
将来の主幹電源	石炭 (2030年) 43%
エネルギー需要 (Mtoe)	生産/輸入:189.09 最終消費:67.80 (2017年)
LCOE (cents/kWh)	11 (2016年)
月間停電回数	1.5 (2007年)
平均停電時間 (h)	4.7 (2007年)



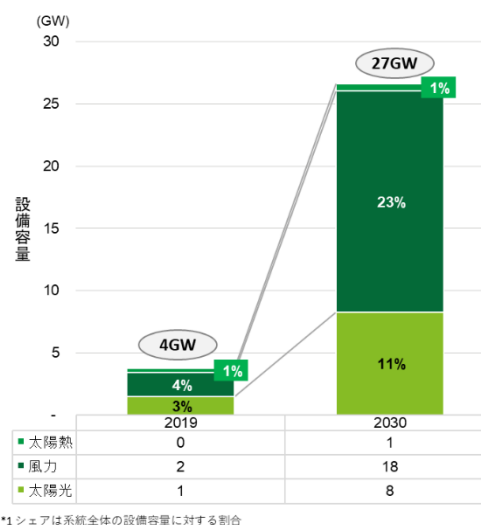
出所 DOE ウェブサイト (2020年6月29日アクセス)、DMRE (2019) Integrated Resource Plan (IRP2019)、IEA (2017) Sankey Diagram (2020/7/7 アクセス)、World Development Indicators (2020年6月29日アクセス) を基に JICA 調査団作成

## 9.2. 再エネ概況

### 9.2.1. 系統再エネ

#### (1) 導入状況と開発目標

南アフリカの電源開発計画は、DMRE が 2010 年に策定した IRP2010-2030 により規定されている。IRP は毎年計画の見直しが行われており、IRP2019 年版によると、2019 年時点の総設備容量は 52GW で、そのうち水力を除く再エネは 7%、4GW と限定的な状況にある。2030 年の目標では、再エネ比率を 34% の 27GW まで増加させる計画となっており、再エネ電源別では、太陽光は 2019 年の 1GW (全体に対し 3%) から 2030 年に 8GW (同 11%) に、同じく風力は 2GW (同 4%) から 18GW (同 23%) に増加させる目標であり、特に風力の導入目標が高くなっている。



出所:DMRE(2019) Integrated Resource Plan (IRP2019) を基に JICA 調査団作成

図43 再エネ導入状況と目標

2010年当初のIRPでは、20年間合計で39,730MWの設備容量を増設する計画であった。そのうち、入札制度に基づく民間IPP事業者より調達する再エネ設備容量は18,000MW（45%）であり、2019年時点で6,422MW（再エネ調達計画に対し36%）が調達を完了、3,876MWは系統接続完了し、CODの状態にあるとされている<sup>72</sup>。

## （2） 振興策と課題

南アフリカでは2009年よりFiT制度が開始されたが、2010年のIRPで再エネ大量導入が掲げられたことを機に、同年より入札制度を開始している。入札制度は、5MW以下の小規模プロジェクトとそれ以上の大規模プロジェクトに分けて行われ、陸上風力、太陽熱、太陽光、バイオマス、バイオガス、埋立ガスによるエネルギーが対象となっている。これまで小規模、大規模合計で6,400MW程度の調達が完了している。また、再エネ設備に関する税優遇も設けられるほか、加速減価償却制度等が整えられている。また、PPAひな型も整備されている。

表61 南アフリカの系統型電源における再エネ振興策

振興策	有無	概要
FiT/FIP	×	・2009年にFiT制度開始、2011年以降入札制度に移行。
RPS	○	・有り <sup>73</sup> （詳細不明）。
入札	○	・2011年以降、大規模再エネ向けの入札が5ラウンド（ラウンド1、2、3、3.5、4ラウンド）容量約6,300MW分を実施。小規模再エネ向け入札も2ラウンド容量100MW分を実施済み。
税優遇	○	・再エネ関連機器の加速減価償却制度等
PPAひな型	○	・ひな型有り <sup>74</sup> 。

出所 IRP2019、REIPPPP、DMREウェブサイト（2020年7月7日アクセス）、DTIIウェブサイト（2020年7月7日アクセス）、REN21（2019）等を基にJICA調査団作成

上記のように系統電源の再エネ促進に向け、複数の振興策が策定されているもののWWF<sup>75</sup>によると、再エネ導入に向けて以下の課題が指摘されている。

- ▶ オフテイカーがEskomに限定され、Eskomに関連するリスクへのエクスポージャーが高い
- ▶ DOE、DTI、DEA、Eskom、エネルギー規制庁、自治体など関連する機関が多く手続きが煩雑で、再エネ施策の将来に関する不透明さが民間投資家の投資意欲を損なう可能性がある<sup>76</sup>
- ▶ 再エネの導入と合わせて送配電網への投資を行う必要がある
- ▶ 変動型電源である太陽光・風力の導入と合わせて、負荷制御可能な発電源の整備が必要である
- ▶ 地場主要銀行の貸付残高が増えていることから、更なる融資提供者の参入が必要である

<sup>72</sup> DMRE(2019)IRP2019より

<sup>73</sup> REN21（2019）Renewables 2019 Global Status Reportより

<sup>74</sup> DMREウェブサイトより

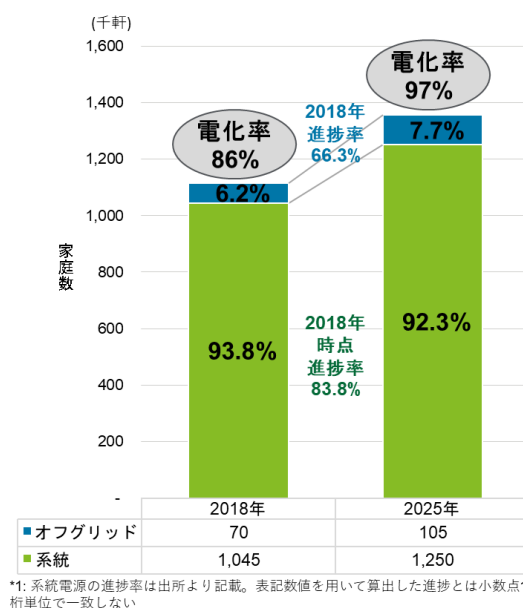
<sup>75</sup> WWF（2014）Renewable Energy Vision 2030 – South Africa

<sup>76</sup> 大規模再エネ向けの第5入札ラウンドは当初2018年に開始される予定であったが遅延しており、Africa's Power Journal（2019）Op-Ed: Challenges surrounding South Africa's renewable energy programme等でも将来の不透明さは投資家にとっての課題となると指摘している。

## 9.2.2. オフグリッド

### (1) 導入状況と開発目標

電化政策はエネルギー省所管のもと、Integrated National Electrification Programme (INEP) により定められており、Eskom と地方自治体の配電会社、それぞれの管轄地域内で電化率を高める施策を行っている。2018年時点の州別の電化率は82.0%（東ケープ州）から98.6%（リンポポ州）で、全土レベルでは86.2%と高い水準にある。一方、ユニバーサルアクセスの実現は政府の優先目標であり、2013年に策定されたNew Household Electrification Strategyでは、2025年までの目標として、97%の家庭を電化実現<sup>77</sup>、そのうち90%を系統による電化、残り7%をオフグリッドのソーラーホームシステムもしくはその他コスト競争力のある技術によって電化する目標を定めた。合わせて、計画と実行フェーズにおける効率性を高めるためにマスタープランを策定することも規定された。



出所 DMRE ウェブサイト（2020年7月7日アクセス）、DMRE IEP Planning Report Workshop Overview of Universal Energy Access Strategy を基に JICA 調査団作成

図 44 オフグリッド導入目標

### (2) 振興策と課題

南アフリカの電化政策は主に系統電化で推進されてきたが、政府は地方部での電化率向上を目的として1999年にRural Non-Grid Electrification Programを制定した。同プログラムは、無電化地域において、指定された民間事業者<sup>78</sup>が政府より補助金を受け当該地域の家庭に太陽光システム（SHS）を導入し、SHSの所有・維持管理を行い、家庭に売電することで収入を収受できるとするプログラムである<sup>79</sup>。なお、同プログラムは、New Household Electrification Strategyの制定に伴い継承された。

表62 南アフリカのオフグリッドにおける再エネ振興策

振興策	概要
New Household Electrification Strategy	政府より認証された民間事業者は、指定された地域の家庭にSHSを導入、所有、維持管理を行い各家庭より電気料を収受。SHSへの投資にあたっては、投資額の80%を政府より補助金提供。また、貧困層家庭への導入にあたっては、地方自治体が民間事業者に支払われる電力を補填。

出所 World Bank（2015）Evaluation of Rural Electrification Concessions in sub-Saharan Africa Detailed Case Study: The South African Solar Home System (SHS) Concessions を基に JICA 調査団作成

<sup>77</sup> 100%の実現は情報の増加、情報収集の遅延等により不可（DMRE ウェブサイトより）

<sup>78</sup> 同国では concessionaire と呼称。

<sup>79</sup> World Bank（2015）Evaluation of Rural Electrification Concessions in sub-Saharan Africa Detailed Case Study: The South African Solar Home System (SHS) Concessions により。

他方、上記プログラムの課題点としては、SHS 設備を民間事業者が所有する一方、家庭レベルの誤った使用や破壊行為のため適切に使われない可能性があることが指摘されており、また、政府がプログラム開始当初に予定していた補助金全額を支給しなかった等の影響により計画が遅延していると報告されている<sup>80</sup>。

### 9.3. 民間投資環境

#### 9.3.1. 外資規制

南アフリカでは、外国投資を歓迎しておりほぼすべてのセクターが外資に開放されているが、エネルギー分野を含む、特定の事業に外国企業が投資を行う際には、政府の承認を得ることが必要となる。また、M&A を行う場合は、規模に応じて競争委員会等の承認が必要となる<sup>81</sup>。

表63 南アフリカにおける外資規制

規制	内容
規制業種・禁止業種	エネルギー、鉱業、銀行・保険などの金融業、通信事業への投資には政府の許可が必要
出資比率	一部の業種（鉱業）を除き、合弁企業設立時の出資比率に関する規制はない
外国企業の土地所有の可否	外国企業による土地所有は可能、制限なし。土地の売買はすべて土地譲渡法（Alienation of Land Act）で規制されている。
資本金に関する規制	特になし。
その他規制	特になし。

出所 JETRO（2019）南アフリカ共和国外資に関する規制等を基に JICA 調査団作成

#### 9.3.2. 電力業界への民間参入可否

国営 EKSOM が発送配電事業を垂直統合している。配電事業は、ESKOM に加えて全国自治体の配電事業者が担う。1995 年以降、EKSOM の配電事業部門と、全国 187 の自治体運営配電事業者と統合し、地域配電事業者を設立する計画があった。しかし、地方自治体との調整が進まず、結局、2010 年に再編の打ち切りと地域配電事業者設立の中止が閣議決定され、現在の体制に収束した。ラマポーザ大統領は ESKOM の効率的な運営のため、発電・送電・配電部門の 3 事業体への分離を公約しており、2022 年末までの法的分離完了をさせる予定であるが、計画に対する労働組合の激しい反対もあり、完全な実行が成されるかは不透明である<sup>82</sup>。

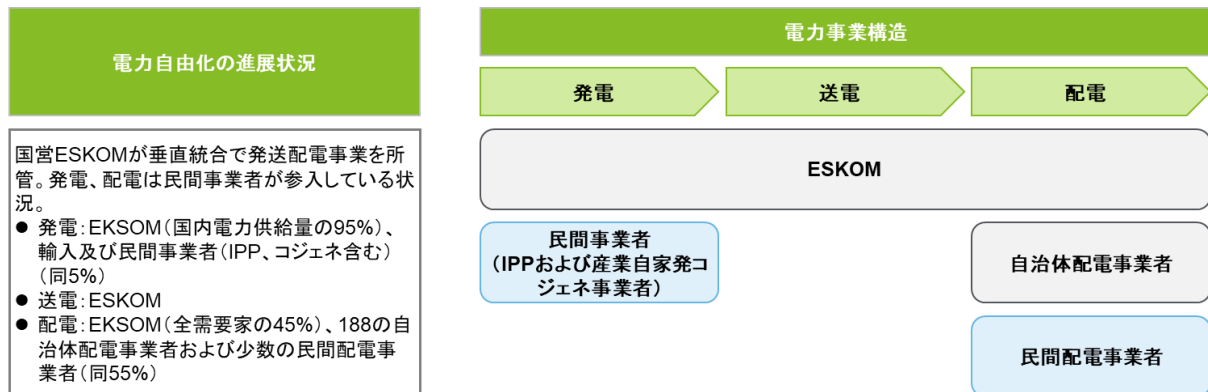
民間企業は、発電事業および配電事業に参入している。2021 年 8 月には、電力規制法（ERA）が改正され、送電網に新規に接続する発電所（Embedded Generation）設置にかかるライセンス免除の上限が 1MW から 100MW に引き上げられた。改正前までは 1MW 以上の発電について、事業者が国家エネルギー規制局（NERSA）に発電ライセンスを申請する必要があり、手続きに時間を要

<sup>80</sup> World Bank（2015）Evaluation of Rural Electrification Concessions in sub-Saharan Africa Detailed Case Study: The South African Solar Home System (SHS) Concessions により。

<sup>81</sup> Commercial Act より

<sup>82</sup> 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「海外石炭情報 南アフリカ：電力危機と国営電力会社 Eskom 改革(2019 年 12 月 5 日)」

していた<sup>83</sup>。また、オフグリッド電源は電力規制法の対象にならず、ライセンス等を取得せずに事業を実施することが可能である<sup>85</sup>。



出所 海外電力調査会(2020)海外諸国の電力事業を基に JICA 調査団作成

図 45 南アフリカの電力事業構造

### 9.3.3. 投資環境と課題

南アフリカの投資環境にかかる主な指標は下表のとおりである。他国と比較して各指標の水準は高く、また、本邦企業進出数が特に多い状況であることから、アフリカの中では投資環境は良好であることが伺える。

表64 投資環境指標

ソブリン格付	BB- (2020年)
本邦企業関心(JETRO アンケート)	アフリカ諸国のうち今後の注目国3位 (2019年)
本邦企業進出数	273社 (2018年)
FDI	46.25億ドル(ネットインフロー) (2019年)
Doing Business	84位 (2019年)
Global Competitiveness Index	60位 (2019年)

出所 S&Pウェブサイト(2020年7月7日アクセス)、JETRO(2019)アフリカ進出日系企業実態調査、外務省(2019)海外在留邦人数調査統計、世界銀行ウェブサイト(2020年7月7日アクセス)、世界銀行(2019) Doing Business 2019、WEF(2019)Global Competitiveness Reportを基に JICA 調査団作成

## 9.4. その他

### 9.4.1. JICA のエネルギー分野の実績の有無、援助方針

JICA の過去5年程度における対南アフリカの援助実績では、火力発電所における環境装置の導入に向けた協力準備調査を行っている。

また援助方針では、再エネを含む地方電化に向けたインフラ開発を支援するため、国営公社の計画策定・事業実施、維持管理能力支援、公共支出予算の適正化等の支援を行う方針である。

<sup>83</sup> 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「ニュースフラッシュ 南ア：鉱物資源エネルギー省、電力規制法の改正案を発表」

<sup>84</sup> PV Maganize “South Africa raises threshold for distributed generation to 100MW” (August 16, 2021)

<sup>85</sup> Electricity Regulation Act (2006) より

表65 過去5か年のJICAの対南アフリカ援助実績

プロジェクト名	スキーム	分野	期間/締結年	支援額
メデュピ火力発電所排煙脱硫装置 建設事業準備調査	協力準備調査 (有償)	発電	～2018年度	NA

出所 外務省(2020)事業展開計画、JICA(2015～2020)案件概要票を基にJICA調査団作成

表66 日本の対南アフリカエネルギー関連分野の開発課題および援助方針

開発課題(小目標)	インフラ開発促進支援
現状と課題	南アフリカにおいては、近年の経済成長と黒人中間層の台頭の結果生じた公共インフラ不足が、今後の経済成長の制約要因となることが問題視されている。政府はインフラ投資の大幅な拡充を検討すると同時に、水セクターでのインフラ開発、電力マスタープラン策定等を進めている。
開発課題への対応方針	政府・公共機関による予算配賦・事業実施に対する支援および民間投資インフラの案件形成を積極的に実施し、安全な水供給や再生可能エネルギーを含む地方電化等に向けたインフラ開発を促進する。また、将来的な借款案件形成に向けて、引き続き政府・公共機関との調整を行う。
協力プログラム	公共・経済基盤インフラ整備・支援プログラム(強化プログラム)
プログラム概要	経済基盤インフラ(電力、運輸、水)の担当省庁および国営公社による計画策定・事業実施、維持管理にかかる能力構築支援、および公共支出予算の適正化にかかる支援等を通じ、南アフリカ政府による効果的・効率的なインフラ開発の促進に寄与する。

出所 外務省(2020)対南アフリカ共和国事業展開計画を基にJICA調査団作成

#### 9.4.2. ドナー動向と援助実績

主要ドナーの対南アフリカ、エネルギー分野の援助方針および再エネ分野での主要援助実績は以下のとおりである。各ドナーが系統電源向けの支援を行っている状況にある。

表67 主要ドナーの南アフリカでの動向

	エネルギー分野の援助方針	再エネ分野の主要プロジェクト
世界銀行 <sup>86</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3つの協力領域(1.格差の是正、2.投資促進、3.組織強化)の2における3つのプログラムのうちの1つがエネルギー。</li> <li>エネルギープログラムにおける目標は以下の通り。</li> </ul>	<p>系統電源</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><u>Eskom Investment Support Project(2010～2021年)</u> 電力供給とエネルギー安全保障における効率化、持続化を支援。100MWのSere風力発電所整備(2015年OCD)や蓄電池などの再エネサブコンポーネントを含む。 \$3,750 millionのコミットメント</li> </ul>

<sup>86</sup> 支援計画は2017年までを対象としているが、調査時点で期間を延期し実施中(World Bank(2017)World Bank Group Country Partnership Strategy for South Africa on Track(2020年6月15日アクセス)等より)

	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 2016年までに従来発電設備 2200MW、再エネ 230MW の増加</li> <li>➢ SCT の導入および石炭輸送コストの減少による発電事業における炭素排出量の削減</li> <li>➢ 長期炭素緩和戦略の形成、CCS 技術の確立、規制フレームの確立支援</li> <li>➢ GHG 排出削減に向けた電力バリューチェーン全体への IFC 資金導入</li> <li>➢ 参加銀行を通じた CIPA サブローンの支出、気候基金のサブローン支出促進に向けた IFC のアドバイザー</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>The Eskom Renewables Support Project (2011～2021年)</u> 大規模再エネ導入の支援。EISP の 1 コンポーネントで、クリーンテクノロジー基金を通じて 2.5 億ドルを提供。Sere の COD を完了、2021 年 12 月に蓄電池の COD 予定。</li> </ul>
AfDB	<ul style="list-style-type: none"> <li>• エネルギー分野は、第二の重点領域「地域統合の深化」（第一は「工業化の促進）」のうち、重点分野の 1 つ。</li> <li>• 2022 年までの成果（Outcome）は以下の通り。 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 家庭の電力アクセス 94.7%（2016 年 84.2%）</li> <li>➢ 南アフリカ電力プールへの電力輸出力 86,375GWh（2017 年 15,093GWh）</li> </ul> </li> <li>• 2022 年までの結果（Output）は以下の通り。 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 設備容量の増加（Medupi3,382MW、その他 680MW）</li> <li>➢ 552km の送電線の整備</li> <li>➢ 60 の変電所の建設・改修、</li> <li>➢ 排気ガス脱硫ユニット数 0</li> </ul> </li> </ul>	<p>オフグリッド</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>AREAS South Africa (2012～2015年)</u> IFC による技術協力で National Electrification Roadmap の策定を支援。2025 年に向けたオフグリッドを含む電化計画を立案。</li> </ul>
KfW	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KfW を含み、BMZ の対南アフリカの援助方針のうち Energy and climate 分野は 4 つの重点領域のうちの 1 つ。</li> </ul>	<p>系統電源</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Xina Solar One Project (2014年～)</u> 北ケープ州における 100MW の太陽熱発電設備の整備事業。AfDB は\$62m を拠出</li> <li>• <u>Eskom Battery Storage project (2018年～)</u> 世銀等との協調融資。ESKOM 変電所および再エネ発電設備における蓄電池の設置</li> </ul> <p>オフグリッド</p> <p>NA</p> <p>系統電源</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Renewable energies for South African communities (実施中)</u> 地方自治体（Nelson Mandela Bay）は Eskom への依存を低減、再エネを活用した持続可能な都市づくりを目指し 250MW の再エネ導入を計画。KfW は合計€18m の融資・無償資金により、再エネ導入に向けボトルネックとなっている系統網の整備に対する支援を実施。</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Renewable Energy Program - Small IPP Support Program, Phase III (FIRST Fund : 実施中)</u> フェーズ1 (2010年～) フェーズ2 (2015年～) に継続し、中小規模の再エネプロジェクトへの長期ファイナンス提供 (FIRST Fund を通じ) やプロジェクト開発にかかる技術支援を実施。</li> <li>• <u>Network expansion and integration of renewable energies (実施中)</u> 再エネ導入に向け系統の近代化・増強を支援。€85.47m の融資を提供。</li> </ul>
		オフグリッド
USAID	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2013年に設立された Power Africa がエネルギー分野を支援</li> <li>• 3つ開発目標 (1.健康の増進、2.特定分野における資源有効活用、3.アフリカ全体の開発における南アフリカの影響) のうち、2の中のゴール「低炭素経済への移行」においてエネルギー分野は重要な位置づけ。</li> </ul>	<p>系統電源</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Southern African Energy Program (2017年～2022年)</u> 南部アフリカ11カ国を対象としたプログラムで、地域の投資環境改善、トランザクション支援により電力供給、アクセス向上を目的とする。合計3,000MWの追加設備容量、1,000MWの送電容量の増強、300万の新規連系点が目標。南アフリカでは入札プログラムの支援を実施 (2019年までに3,180MWの再エネ事業を支援)。</li> </ul> <p>オフグリッド</p> <p>NA</p>

出所 世界銀行 (2014) Country Partnership Strategy 2014-2017、世界銀行ウェブサイト (2020年7月7日アクセス)、AfDB (2018) South Africa - Country Strategy Paper 2018-2022、AfDB ウェブサイト (2020年7月7日アクセス)、AfDB (2020) African Development Bank sponsored Off-Grid Energy Access Fund reaches final equity close with partner contributions、power Africa ウェブサイト (2020年7月7日アクセス)、BMZ ウェブサイト (2020年7月7日アクセス)、USAID (2013) Country Development Cooperation Strategy South Africa Fiscal Year 2013-2019、Power Africa ウェブサイト (2020年7月7日アクセス)、USAID (2019) Southern Africa Energy Program (SAEP)を基に JICA 調査団作成



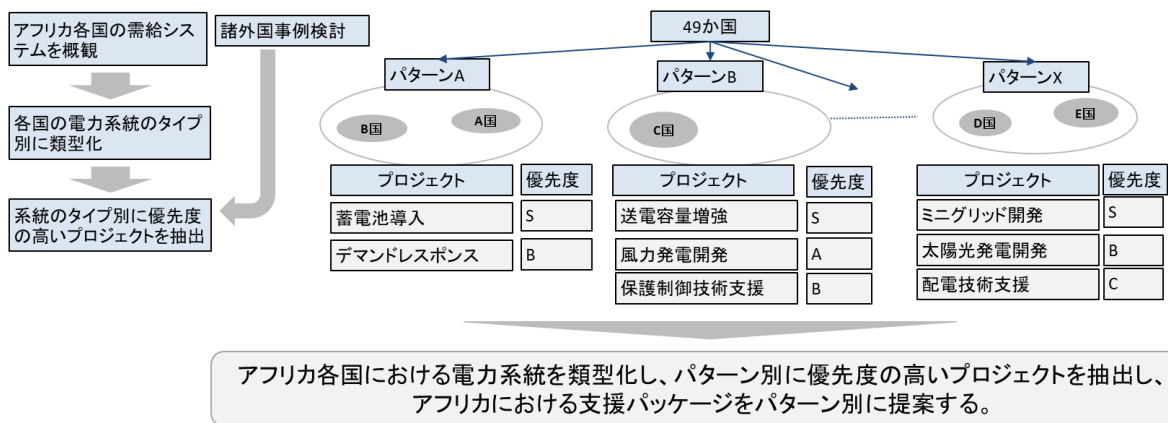
APPENDIX 3 : アフリカにおける電力系統の分類と再エネ導入のための  
優先プロジェクトの抽出

## 目 次

第1章	本調査の概要.....	3
第2章	サブサハラアフリカ諸国の電力システムの概要.....	4
第3章	電力系統の分類.....	24
第4章	変動型再エネ導入のために優先度の高いプロジェクトとスキーム.....	33
第5章	調査に使用した各種データ.....	42

# 第1章 本調査の概要

本調査では、スクリーニングで対象外となった国々をフォローする位置づけとして、サブサハラアフリカ諸国<sup>1</sup>49カ国を電力系統により類型化し、パターン毎に優先順位の高いプロジェクトおよび支援策を提案する。電力系統は電力の発生から消費に至るまでの水力、火力および原子力発電所、送電線、変電所、配電線、負荷などのさまざまな設備が一体化したシステムである。発電所をはじめとする個々の設備自体がかなり複雑なシステムであるので、これらが接続された電力系統は空間的、時間的にきわめて複雑なふるまいをする大規模システムとなっている。具体的には、マッピングで収集した情報に加え、各国の資源ポテンシャル・系統整備状況・系統連系情報・電力輸出入量・地理的状况を調査する。得られた電力系統データを基に各国をいくつかのパターン（化石燃料依存型や電力輸入依存型など）に分類し、ミニグリッド開発や太陽光発電開発など、各パターンに適した支援プロジェクトを抽出するとともに、想定される支援策を検討・提案する。



出所 JICA 調査団作成

図 1 電力系統の分類と変動型再エネ導入のためのプロジェクトの抽出

<sup>1</sup> サブサハラは46カ国であるが、本調査では <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/region/africa/index.html> に挙げられているサブサハラアフリカ地域の49カ国を対象とする。

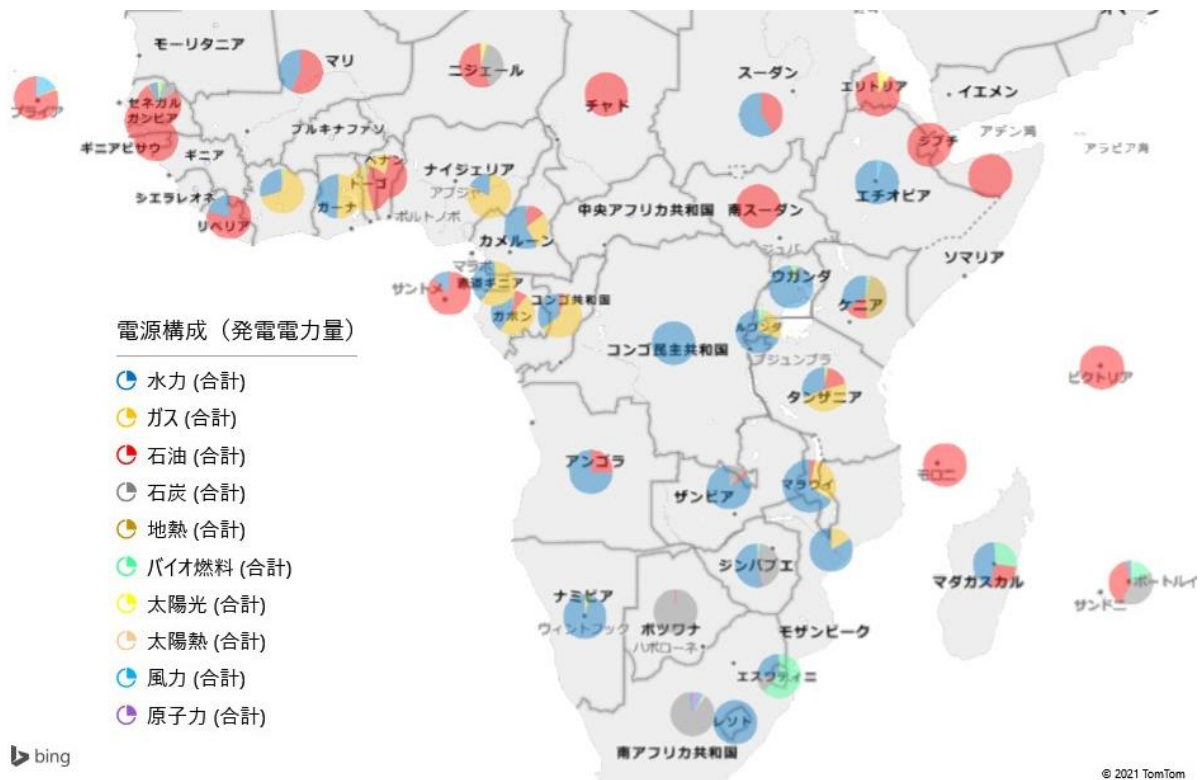
## 第2章 サブサハラアフリカ諸国の電力システムの概要

### 2.1. 電源構成

図 2 にサブサハラアフリカ諸国の電源構成（発電電力量）を示す。全体的に水力と火力発電に依存しており、変動型再エネや原子力発電の導入は進んでいない。水力発電は発電原価が低いため、東部・中央アフリカの水力資源が豊富な国においては水力発電の比率が高い。一方、比較的経済が発展している南部アフリカの南アフリカ、ボツワナ、ジンバブエにおいては電源構成における石炭火力の比率が高い。

水力資源が少なく系統が小規模であるカーボベルデ、コモロ、セーシエルの島嶼国については発電原価の高い石油火力の比率が高い。（カーボベルデ以外の国は石油火力の比率がほぼ 100%となっている。）カーボベルデは風力の導入が進み、風力発電が年間発電量の約 20%を占めている。将来的には島嶼国においても発電原価の低減や脱炭素を目的として変動型再エネの比率が高まると考えられる。

島嶼以外の国であっても経済発展の遅れている国々は小規模なディーゼル発電の比率が高く、石油火力の比率が高い。

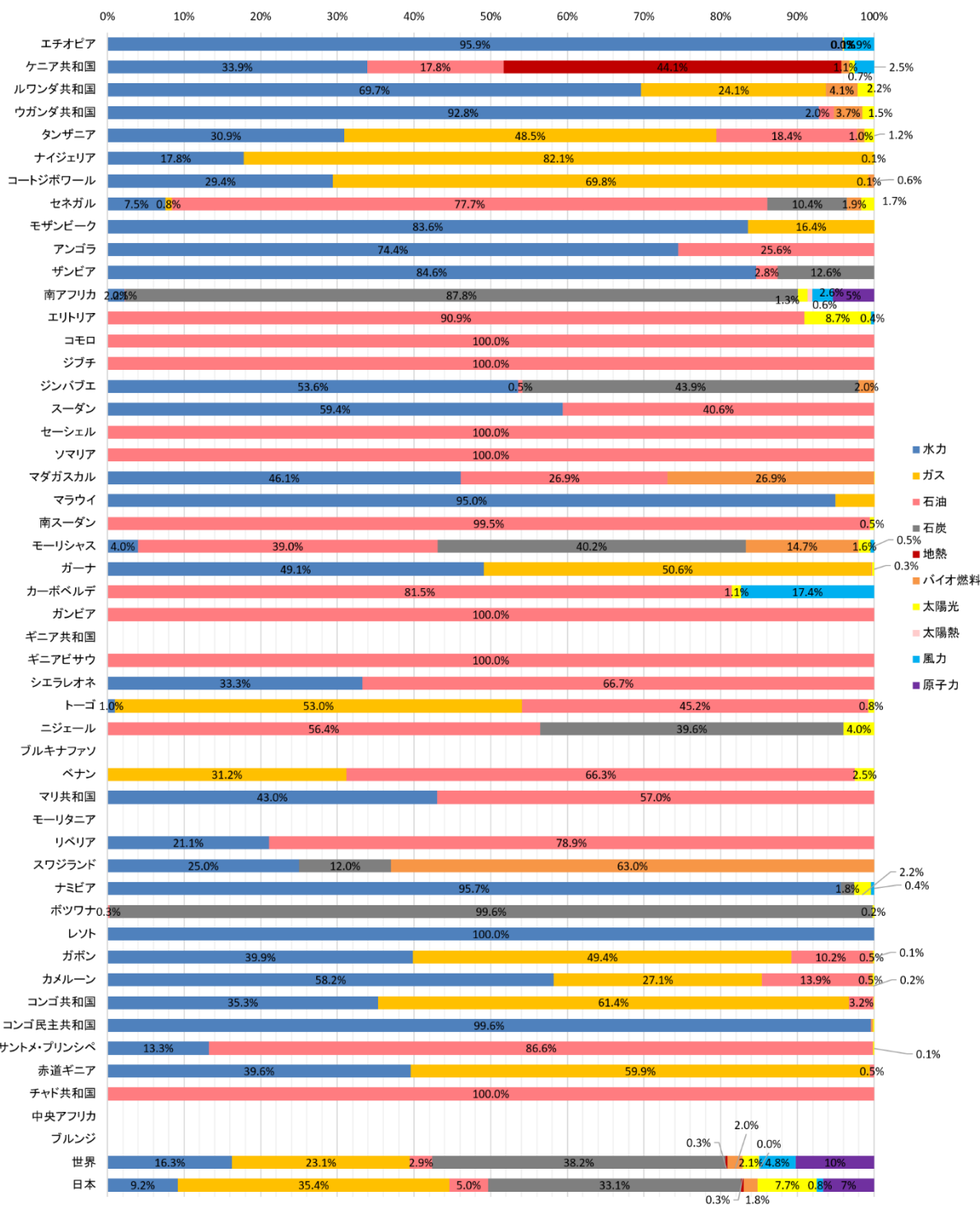


※電源別発電電力量のデータがないが設備容量で特定の電源しかない国についてはその電源を 100%とした。

※データが表示されていない国は N/A

出所 「※図 2・図 3 の出所とデータの補完方法について」 参照

図 2 サブサハラアフリカ諸国の電源構成  
(発電電力量における各電源の割合を地図上に円グラフで表示)



※データが表示されていない国はN/Aである。

出所 「※図 2・図 3の出所とデータの補完方法について」参照

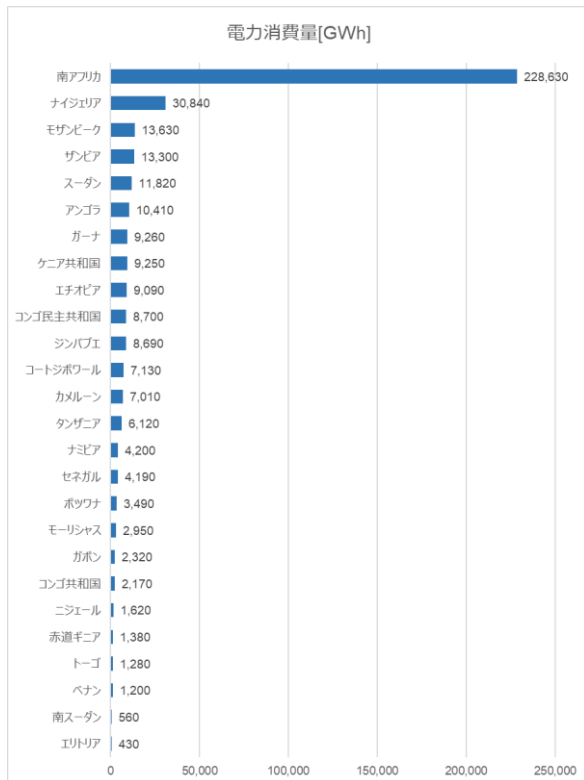
図 3 サブサハラアフリカ諸国の電源構成  
(発電電力量における各電源の割合を棒グラフで表示)

※図 2・図 3の出所とデータの補完方法について

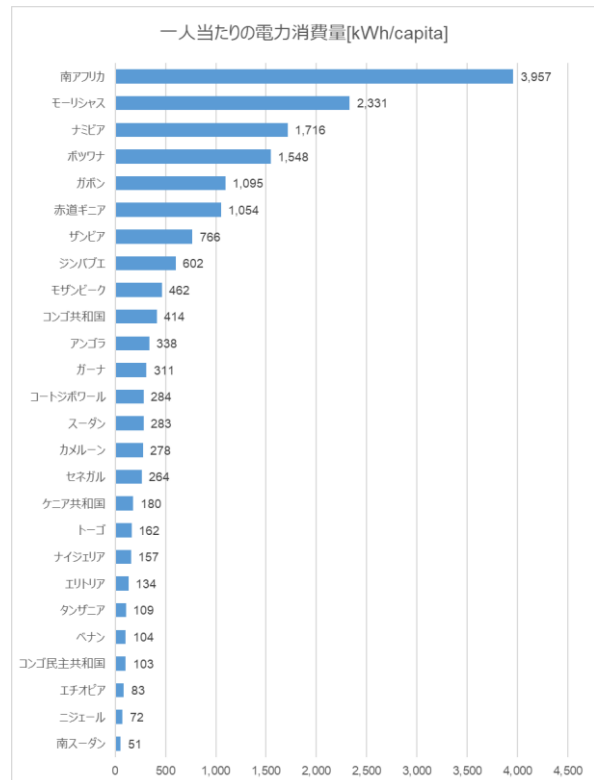
国名	URL	備考
エチオピア、ケニア共和国、タンザニア、ナイジェリア、コートジボワール、セネガル、モザンビーク、アンゴラ、ザンビア、南アフリカ、エリトリア、ジンバブエ、スーダン、南スーダン、モーリシャス、ガーナ、トーゴ、ニジェール、ベナン、ナミビア、ボツワナ、ガボン、カメルーン、コンゴ共和国、コンゴ民主共和国、赤道ギニア	IEA Electricity Information 2020, <a href="https://www.iea.org/subscribe-to-data-services/electricity-statistics">https://www.iea.org/subscribe-to-data-services/electricity-statistics</a> , Documentation: <a href="https://iea.blob.core.windows.net/assets/e5ee2901-204b-4977-8d6c-91b97e69dd94/Ele_documentation.pdf">https://iea.blob.core.windows.net/assets/e5ee2901-204b-4977-8d6c-91b97e69dd94/Ele_documentation.pdf</a>	IEAの2018年における電源別発電電力量のデータ
ルワンダ	<a href="https://www.reg.rw/fileadmin/user_upload/LCPDP_REPORT_June_2019.pdf">https://www.reg.rw/fileadmin/user_upload/LCPDP_REPORT_June_2019.pdf</a>	2019年における電源別発電電力量のデータ
ウガンダ	<a href="https://www.era.go.ug/index.php/stats/generation-statistics/energy-generated">https://www.era.go.ug/index.php/stats/generation-statistics/energy-generated</a>	2019年における電源別発電電力量のデータ
マダガスカル	<a href="http://www.ore.mg/DonneesTechniques/StatExpl/PDF/Stat2017.pdf">http://www.ore.mg/DonneesTechniques/StatExpl/PDF/Stat2017.pdf</a>	2017年における電源別発電電力量のデータ
カーボベルデ	<a href="https://www.africafc.org/wp-content/uploads/2019/03/Full-Report-Cabeolica-Investment-Impact-Study.pdf">https://www.africafc.org/wp-content/uploads/2019/03/Full-Report-Cabeolica-Investment-Impact-Study.pdf</a>	2016年における電源別発電電力量のデータ
リベリア	<a href="http://www.se4all.ecreee.org/sites/default/files/national_renewable_energy_action_plans_nreap_-_liberia.pdf">http://www.se4all.ecreee.org/sites/default/files/national_renewable_energy_action_plans_nreap_-_liberia.pdf</a>	2010年における電源別発電電力量のデータ
サントメプリンシペ	<a href="https://africa-energy-portal.org/country/sao-tome-and-principe">https://africa-energy-portal.org/country/sao-tome-and-principe</a>	2019年における電源別発電電力量のデータ
コモロ	<a href="https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Project-and-Operations/COMOROS_-_2016-2020_Country_Strategy_Paper.pdf">https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Project-and-Operations/COMOROS_-_2016-2020_Country_Strategy_Paper.pdf</a>	2016年時点。設備容量が種別が単一であったため、当該電源の発電電力量を100%とした。
ジブチ	<a href="http://documents1.worldbank.org/curated/en/102531590698893548/pdf/Concept-Project-Information-Documents-PID-Second-Djibouti-Ethiopia-Power-System-Interconnection-Project-P173763.pdf">http://documents1.worldbank.org/curated/en/102531590698893548/pdf/Concept-Project-Information-Documents-PID-Second-Djibouti-Ethiopia-Power-System-Interconnection-Project-P173763.pdf</a>	2020年時点。設備容量が種別が単一であったため、当該電源の発電電力量を100%とした
セーシェル	<a href="https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Project-and-Operations/Seychelles_-_Infrastructure_Action_Plan_Report.pdf">https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Project-and-Operations/Seychelles_-_Infrastructure_Action_Plan_Report.pdf</a>	2015年時点。設備容量が種別が単一であったため、当該電源の発電電力量を100%とした
ソマリア	<a href="https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Generic-Documents/Final_Somalia_Energy_Sector_Needs_Assessment_FGS__AFDB_November_2015.pdf">https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Generic-Documents/Final_Somalia_Energy_Sector_Needs_Assessment_FGS__AFDB_November_2015.pdf</a>	2015年時点。設備容量が種別が単一であったため、当該電源の発電電力量を100%とした。
マラウイ	<a href="https://web.archive.org/web/20110710201223/http://www.escommw.com/power_generation.php">https://web.archive.org/web/20110710201223/http://www.escommw.com/power_generation.php</a>	2011年実績。水力の発電電力量は95%であった。その他の電源は発電電力量データがN/Aであったため、設備容量の割合とした
ギニアビサウ	<a href="https://www.ecowapp.org/sites/default/files/volume_2.pdf">https://www.ecowapp.org/sites/default/files/volume_2.pdf</a>	2018年。設備容量の種別が単一であったため、当該電源の発電電力量を100%とした。
マリ共和国	<a href="https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Generic-Documents/Profil_ER_Mal_Web_light.pdf">https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Generic-Documents/Profil_ER_Mal_Web_light.pdf</a>	2013年における電源別発電電力量データ
エスワティニ	<a href="http://sera.org.sz/administrator/files/1550235366.pdf">http://sera.org.sz/administrator/files/1550235366.pdf</a>	2014年における電源別発電電力量データ
レソト:	<a href="http://documents1.worldbank.org/curated/en/141761542640144240/pdf/132198-WP-srep-investment-plan-lesotho.pdf">http://documents1.worldbank.org/curated/en/141761542640144240/pdf/132198-WP-srep-investment-plan-lesotho.pdf</a>	2017年実績。設備容量の種別が単一であったため、当該電源の発電電力量を100%とした。
チャド	<a href="https://www.usaid.gov/powerafrica/chad">https://www.usaid.gov/powerafrica/chad</a>	2020年実績。設備容量の種別が単一であったため、当該電源の発電電力量を100%とした
世界	IEA Electricity Information 2020, <a href="https://www.iea.org/subscribe-to-data-services/electricity-statistics">https://www.iea.org/subscribe-to-data-services/electricity-statistics</a> , Documentation: <a href="https://iea.blob.core.windows.net/assets/e5ee2901-204b-4977-8d6c-91b97e69dd94/Ele_documentation.pdf">https://iea.blob.core.windows.net/assets/e5ee2901-204b-4977-8d6c-91b97e69dd94/Ele_documentation.pdf</a>	2018年の実績
日本	IEA Electricity Information 2020, <a href="https://www.iea.org/subscribe-to-data-services/electricity-statistics">https://www.iea.org/subscribe-to-data-services/electricity-statistics</a> , Documentation: <a href="https://iea.blob.core.windows.net/assets/e5ee2901-204b-4977-8d6c-91b97e69dd94/Ele_documentation.pdf">https://iea.blob.core.windows.net/assets/e5ee2901-204b-4977-8d6c-91b97e69dd94/Ele_documentation.pdf</a>	2019年の実績

## 2.2. 需要規模

2018年時点におけるサブサハラアフリカ諸国の電力消費量を図4年間電力消費量に示す。サブサハラアフリカ諸国において南アフリカの電力消費量が際立って大きいことが分かる。2位にナイジェリア、3位がモザンビークとなっている。また、一人当たりの電力消費量をエラー! 参照元が見つかりません。に示す。日本における一人当たりの電力消費量は2019年時点で7,135kWhである。今後、これらのサブサハラアフリカ諸国の消費量も生活水準の向上とともに伸びる傾向が続くと考えられる。



出所 電力消費量[GWh], Energy Consumption (as of 2018), IEA Countries and regions, <https://www.iea.org/country>



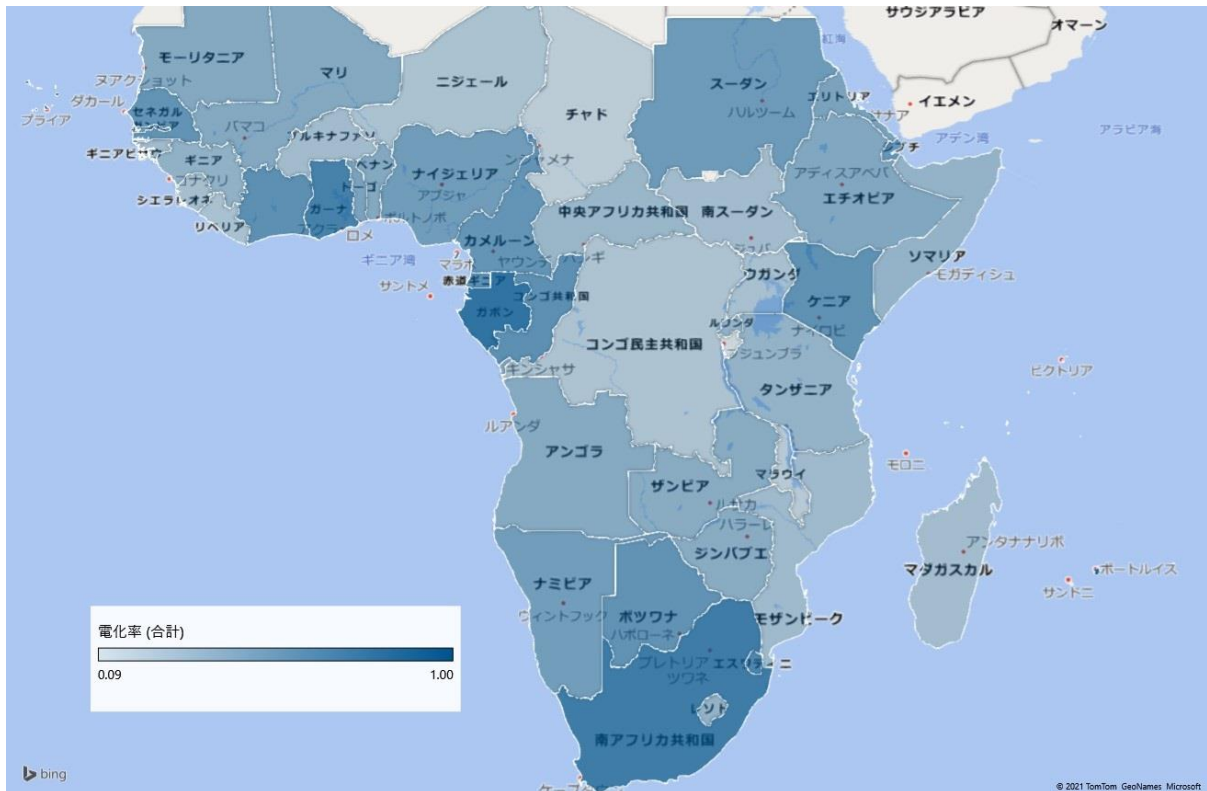
出所 電力消費量[GWh], IEA, Energy Consumption (as of 2018), IEA Countries and regions, <https://www.iea.org/country>, 人口[千人], World bank, Population (total)(as of 2018), World Development Indicator, <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>, より一人当たりの年間消費電力を算出

図4 年間電力消費量

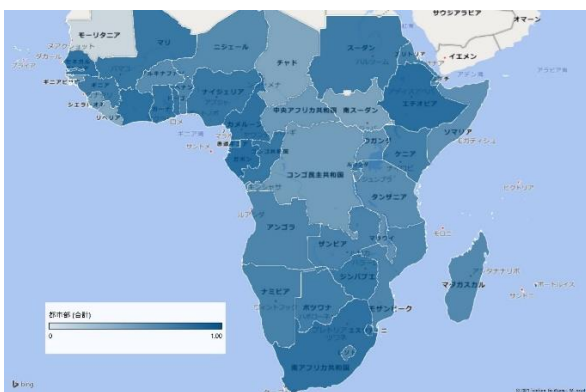
図5 一人当たりの年間電力消費量

### 2.3. 電化率

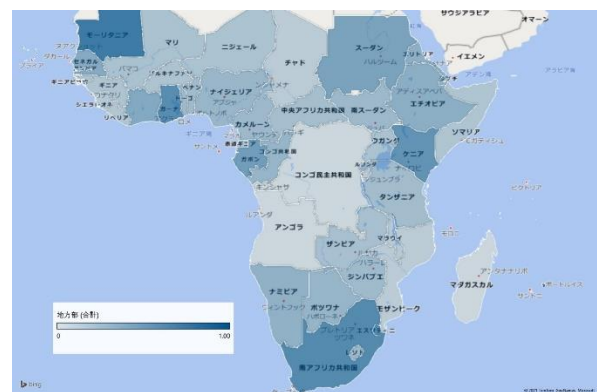
図 6 に地方部における電化率（地方部）を示す。サブサハラアフリカ諸国の電化率は全体で 47.7%となっており、世界全体における電化率 89.6%と比較して電化が遅れていることが顕著である。（南アジア 91.6%、東アジア 98.0%）中でも、コンゴ民主共和国（電化率 19%）、アンゴラ（電化率 42%）の電化率が非常に低い。比較的経済の発展している南アフリカでも電化率は 84%であり、セーシェルのみ電化率が 100%であった。



(a) 電化率(全国)



(b) 都市部電化率



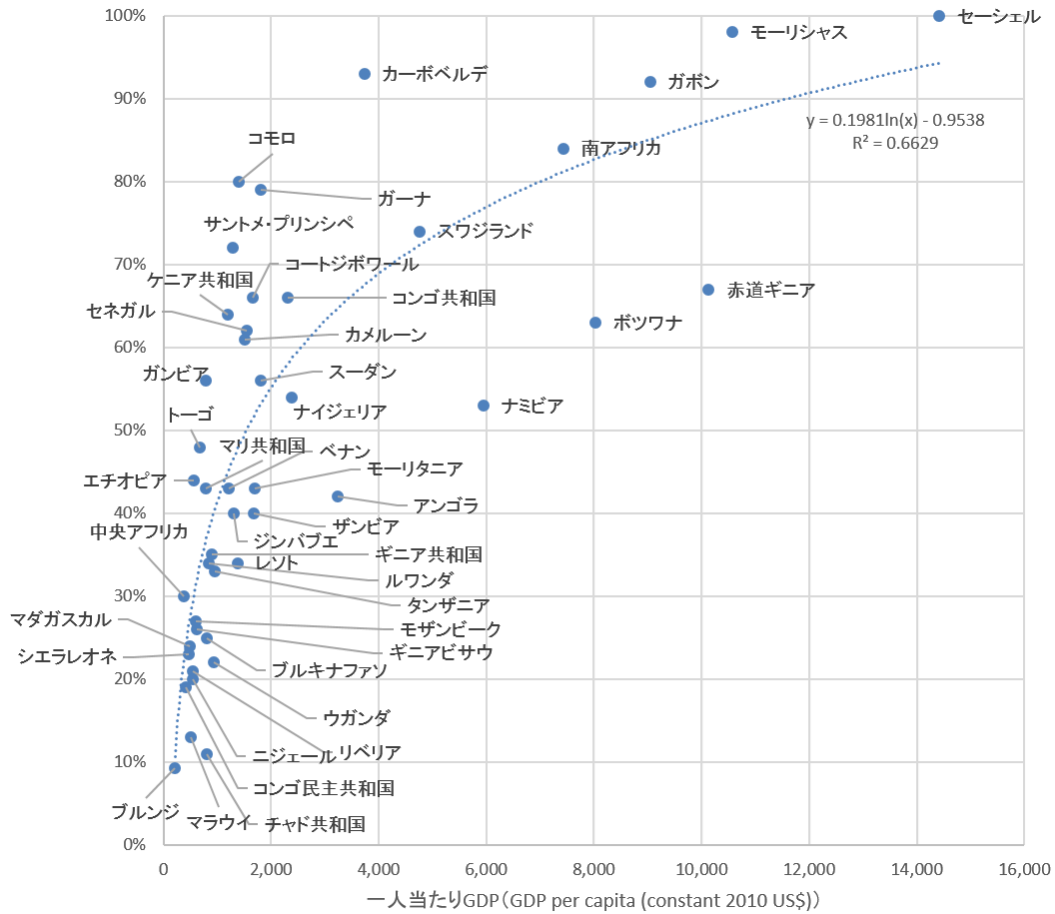
(c) 地方部電化率

出所 Word Bank、Access to electricity as of 2017、World Development Indicator、  
URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>

図 6 電化率

図 7 にサブサハラアフリカ諸国の一人当たりの GDP と電化率の関係を示す。近似曲線は対数近似である。一人当たりの GDP が高くなると電化率も向上する傾向が見られる。



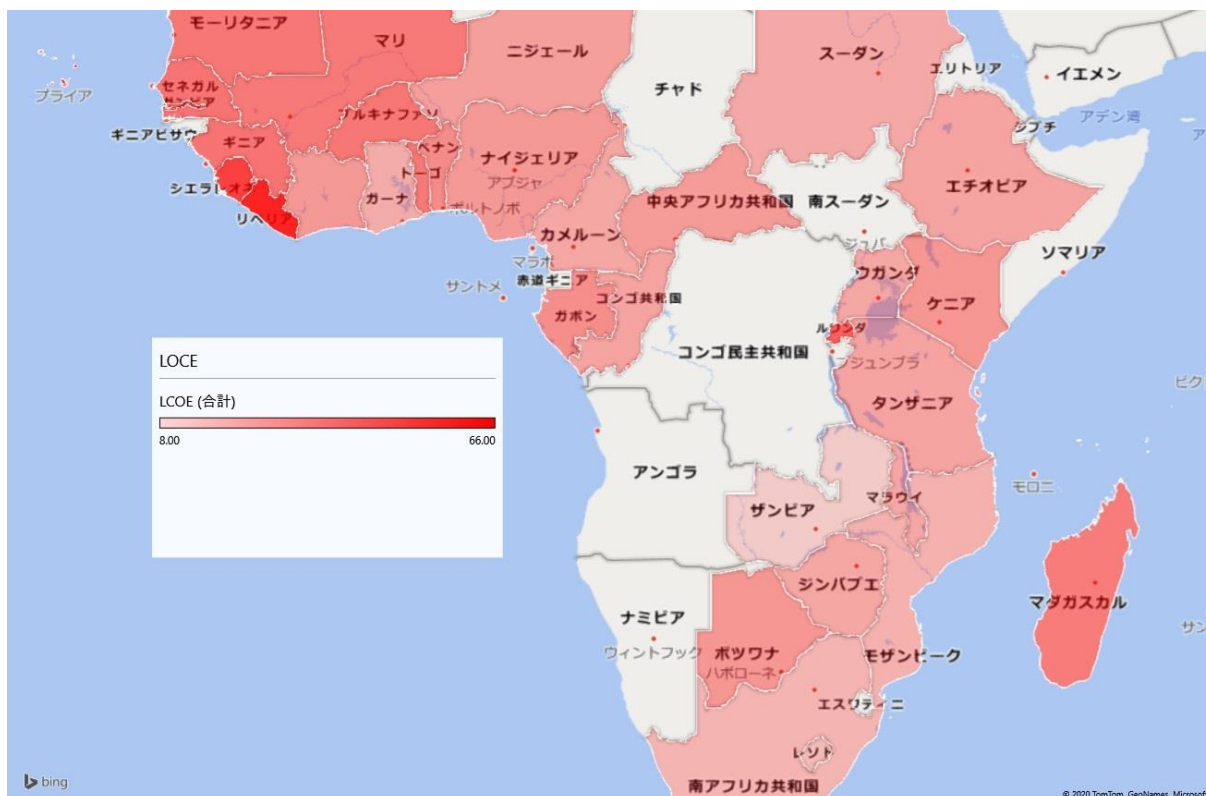


出所 Word Bank, Access to electricity as of 2017, GDP per Capita (constant 2010 US\$) as of 2018, World Development Indicator, URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>

図 7 一人当たりのGDPと電化率の関係

## 2.4. LCOE

図 8 に均等化発電原価 (Levelized Cost of Electricity、LCOE) を示す。LCOE についてはアンゴラ、エリトリア、ジブチ、ソマリア、南スーダン、ギニアビサウ、エスワティニ、ナミビア、コンゴ民主共和国、赤道ギニア、チャド共和国、ブルンジで統計データが見つからなかった。島嶼国のコモロ (61 Cent/kWh)、サントメプリンシペ (54 Cent/kWh)、カーボベルデ (51 Cent/kWh) で高くなる傾向がみられた。これらの国々では系統規模が小さくディーゼル発電による発電比率が高いことから LCOE が高くなると考えられる。また、島嶼以外の国ではリベリア (66 Cent/kWh)、シエラレオネ (55 Cent/kWh)、サントメプリンシペ (54 Cent/kWh)、ガンビア (44 Cent/kWh) 等の大規模電源が開発されておらず、小規模な発電所で限られた区域に電力を供給している国の LCOE も高い。これらの国々においても島嶼国と同様の理由により LCOE が高くなっているものと考えられる。



出所 Trimble etc、Financial Viability of Electricity Sectors in Sub-Saharan Africa、World Bank 2016、  
<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/24869/WPS7788.pdf> (褐色部はN/A)

図 8 LCOE (Levelized Cost of Electricity)

## 2.5. 系統連系情報収集

### 2.5.1. 南部アフリカパワープール

南部アフリカパワープール (Southern Africa Power Pool、SAPP) の加盟国を図 9 に、メンバーとなっている電力会社を表 1 に示す。SAPP は、1995 年 8 月にモーリシャスを除く南部アフリカ開発共同体(Southern African Development Community、SADC)加盟国で設立された。2000 年ジンバブエ・ハラレに SAPP 事務局 (SAPP Coordination Centre : SAPP C.C.) が設置された。SAPP はサブサハラアフリカのパワープールの中で最も進んだパワープールであり、SAPP における全体の系統計画の調整、Grid code の策定、電力取引市場の運営を担っている。電力市場は月間先物市場 (Forward Physical Monthly Market)、週間先物市場 (Forward Physical Weekly Market)、一日前市場 (Day Ahead Market)、当日市場 (Intra-day market) の市場がある<sup>2</sup>。

現時点で北部の水力発電と石炭による火力発電を組み合わせ、電力の効率的な運用<sup>3</sup>を図ろうとしている。SAPP Pool Plan 2017<sup>4</sup>によると、アンゴラは 2040 年初頭に電力輸出国になり、その後輸入国となる見込み、ジンバブエ、モザンビーク、コンゴ民主共和国、ボツワナ、タンザニアは電力輸出国となると想定されている。SAPP 既設の連系線を図 10、連系線容量の詳細を表 3、各国の需要と供給力を表 2、SAPP の送電系統図を図 11 に示す。現在、アンゴラとナミビア、アンゴ

<sup>2</sup> <http://www.sapp.co.zw/market-reports>

<sup>3</sup> 系統連系による運用の効率化には以下のようなものがある。①設備事故や需要の想定外の変化に対する供給予備力の節減と供給信頼度の向上、②スケールメリットによる高能率、大容量発電ユニットの採用、③電源の共同開発による、立地点の有効活用とコストの低減、④連系系統を総合した、電源の経済運用

<sup>4</sup> [http://www.sapp.co.zw/sites/default/files/SAPP%20Pool%20Plan%202017%20-%20Executive%20Summary\\_0.pdf](http://www.sapp.co.zw/sites/default/files/SAPP%20Pool%20Plan%202017%20-%20Executive%20Summary_0.pdf)

ラとコンゴ民主共和国、ザンビアとタンザニア（タンザニアは SAPP 非メンバー）間には国際連系線がないが、図 10 によると、将来的にこれらの国際連系線を建設する計画である。

SAPP の電源は他のアフリカのパワープールと比較すると石炭火力の比率が多い。



No	加盟国
1	ボツワナ
2	モザンビーク
3	マラウイ
4	アンゴラ
5	南アフリカ
6	レソト
7	ナミビア
8	コンゴ民主共和国
9	エスワティニ
10	タンザニア
11	ザンビア
12	ジンバブエ

出所 SAPP Website に基づき JICA 調査団作成

図 9 SAPP加盟国

表 1 SAPPのメンバー

No	Full Name of National Power Utility	Status	Abbreviation	Country
1	Botswana Power Corporation	OP	BPC	Botswana
2	Electricidade de Mocambique	OP	EDM	Mozambique
3	Electricity Supply Corporation of Malawi	NP	ESCOM	Malawi
4	Eskom	OP	Eskom	South Africa
5	Eswatini Electricity Company	OP	EEC	Eswatini
6	Lesotho Electricity Corporation	OP	LEC	Lesotho
7	NamPower	OP	NamPower	Namibia
8	Rede Nacional de Transporte de Electricidade	NP	RNT	Angola
9	Societe Nationale d'Electricite	OP	SNEL	DRC
10	Tanzania Electricity Supply Company Limited	NP	TANESCO	Tanzania
11	ZESCO Limited	OP	ZESCO	Zambia
12	Zimbabwe Electricity Supply Authority	OP	ZESA	Zimbabwe
No	Full Name of Private Utility	Status	Abbreviation	Country
13	Copperbelt Energy Cooperation	ITC	CEC	Zambia
14	Hidroelectrica de Cahora Bassa	OB	HCB	Mozambique
15	Lunsemfwa Hydro Power Company	IPP	LHPC	Zambia
16	Mozambique Transmission Company	OB	MOTRACO	Mozambique
17	Ndola Energy Company	IPP	Ndola	Zambia

OP = Operating Member

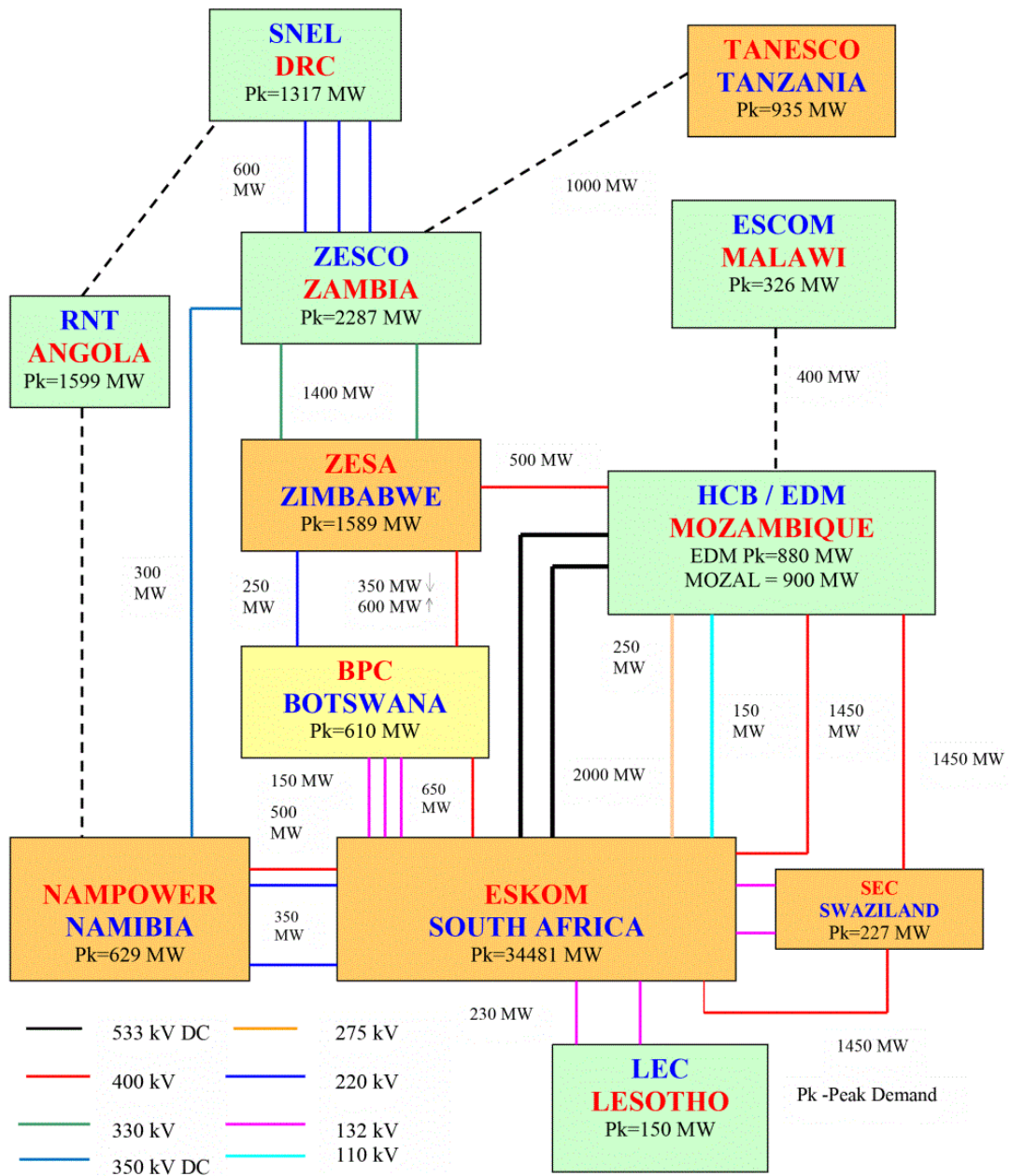
ITC= Independent Transmission Company

NP= Non-Operating Member

IPP = Independent Power Producer

OB= Observer

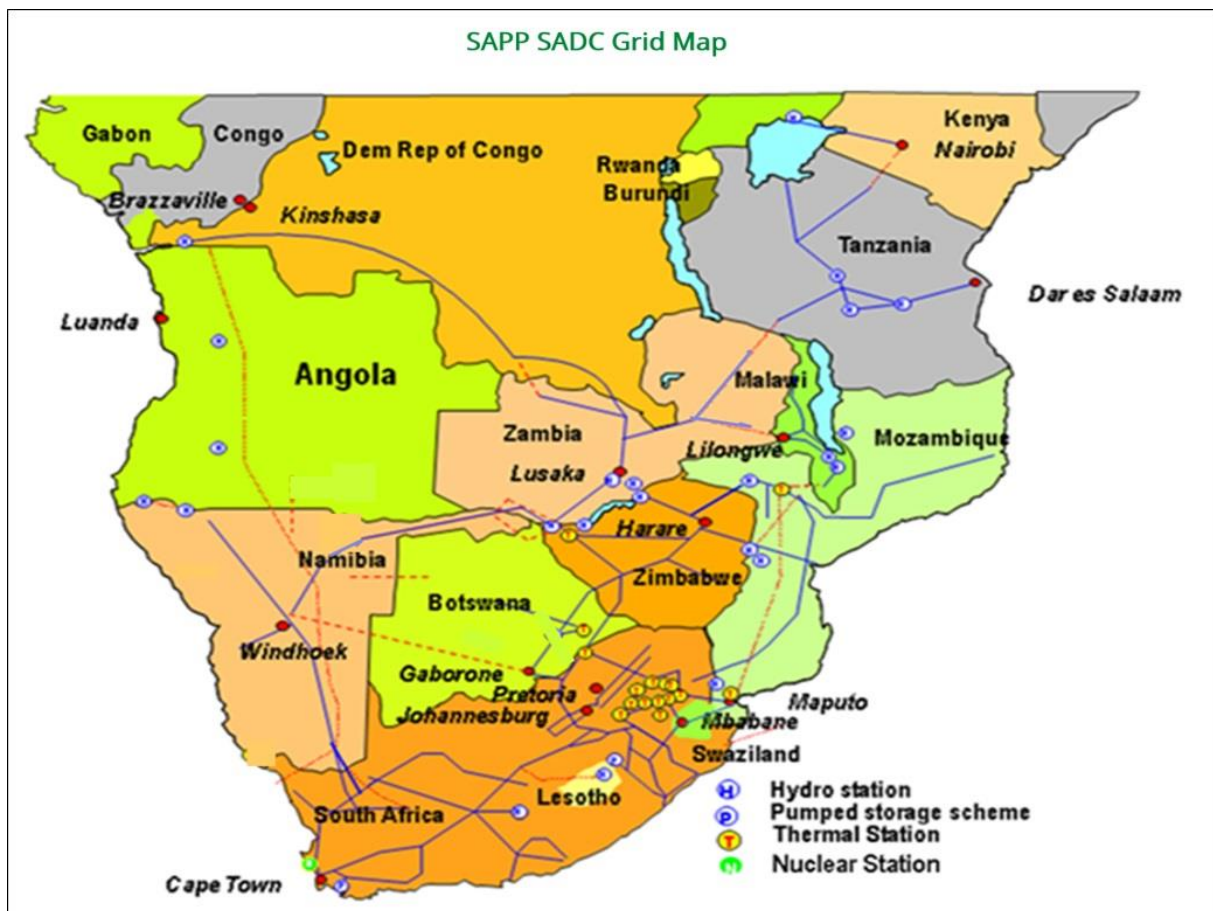
出所 SAPP Annual Report 2019



注) 破線は計画

出所 SAPP website、Technical - Interconnectors、(2021年1月確認時点)

図 10 SAPP既設の連系線



注) 青の実線は既設、赤の破線は計画の送電線  
 出所 SAPP website (2021年1月確認時点)

図 11 SAPPの送電系統図と計画されている送電線

表 2 SAPPの各国の需要と供給力

Country	Utility	Installed Capacity (MW)	Operating Capacity (MW)	Current Peak Demand (MW)	Peak Demand Plus Reserves	Capacity excess / shortfall including Reserves
Angola	RNT	3,129	2,500	1,869	2,138	362
Botswana	BPC	927	459	610	698	-239
BRC	SNEL	2,457	1,076	1,376	1,574	-498
Lesotho	LEC	74	70	150	172	-102
Malawi	ESCOM	352	351	326	373	-22
Mozambique	EDM/HCB/MOTRACO	2,724	2,279	1,850	2,116	163
Namibia	Nampower	614	389	695	695	305
South Africa	Eskom	50,774	48,463	38,897	41,374	7,089
Swaziland	SEC	70	55	232	265	-210
Tanzania	TANESCO	1,366	823	1,051	1,202	-379
Zambia	ZESCO/CEC/LHPC	2,734	2,734	2,194	2,510	224
Zimbabwe	ZESA	2,045	1,555	1,615	1,847	-292
		<b>67,266</b>	<b>60,754</b>	<b>50,865</b>	<b>54,964</b>	<b>6,4</b>

出所 SAPP website、Demand and Supply (2021年1月確認時点)

表 3 SAPPの連系線の容量

Utility (From - To)	Interconnection (From - To)	Voltage (kV)	Number of lines	Thermal Limit (MW)	Voltage Limit (MW)	Stability Transfer (MW)	Applicable Transfer Limit (MW)
Aggeneis- Kokerboom	North of Hydra	765		2600	1900	1805	1805
BPC - ESKOM	Spitskop-Gaborone South	132	3	300	270	245	245
BPC - ESKOM	Derderport - Dwaalboom	132	1	115	75	70	70
BPC - ESKOM	Gaborone-Spitskop	132	3	115	120	110	110
BPC - ESKOM	Phokoje - Matimba	400	1	650	200	190	190
CEC - ZESCO	Luano - Kariba North			500	325	325	325
ESKOM	South of Hydra	765		2600	1800	1710	1710
ESKOM -EDM_S	Komatipoort- Corumana	110	1	75	70	67	67
ESKOM -EDM_S (MOTRACO)	Arnot-Maputo	400	1	1300	1200	1100	1100
ESKOM -NAM	Aggeneis-Kokerboom	220	2	500	225	195	195
ESKOM -NAM	Aries - Kokerboom	400	1	630	410	380	380
ESKOM -SEC (MOTRACO)	Camden - Edwaleni	400	1	1300	1200	1100	1100
ESKOM-LEC	Tweespruit-Maseru	132	2	140	100	90	90
ESKOM-SEC	Normandie- Nhlngano	132	1	100	80	76	76
HCB -ZESA	Songo-Bindura	330	1	700	230	220	220
HCB-ESKOM	Songo-Apollo	533	1	750	750	700	700
SEC -EDM_S	Komatipoort -Influene	275	1	165	140	133	133
SEC-EDM_S (MOTRACO)	Edwaleni II-Maputo	400	1	1300	1100	1000	1000
SNEL - CEC	Karavia - Luano	220	1	310	260	247	247
SNEL - ZESCO	Karavia - Luano	220	1	310	260	247	247
SNEL - ZESCO	Kolwezi -Solwezi	330	1	500	350	333	333
ZESA	Kariba South- Insukamini	330		700	230	220	220
ZESA - ESKOM	Beitbridge-Messina	132	1	70	20	15	15
ZESA -BPC	Bulawayo- Francistown	220	1	200	220	205	200
ZESA -BPC	Insukamini - Phokoje	400	1	700	230	220	220
ZESA -EDM_N	Mutare - Chicamba	110	1	70	40	38	38
ZESCO	Luano - Kariba North			500	350	325	325
ZESCO - NAM	Livingstone -Sesheke- Zambezi	220	1	200	200	180	180
ZESCO - NAM	Livingstone -Sesheke- Zambezi - Gerus	220	1	200	200	180	180
ZESCO -ZESA	Kariba North - Kariba South	330	2	700	450	428	428

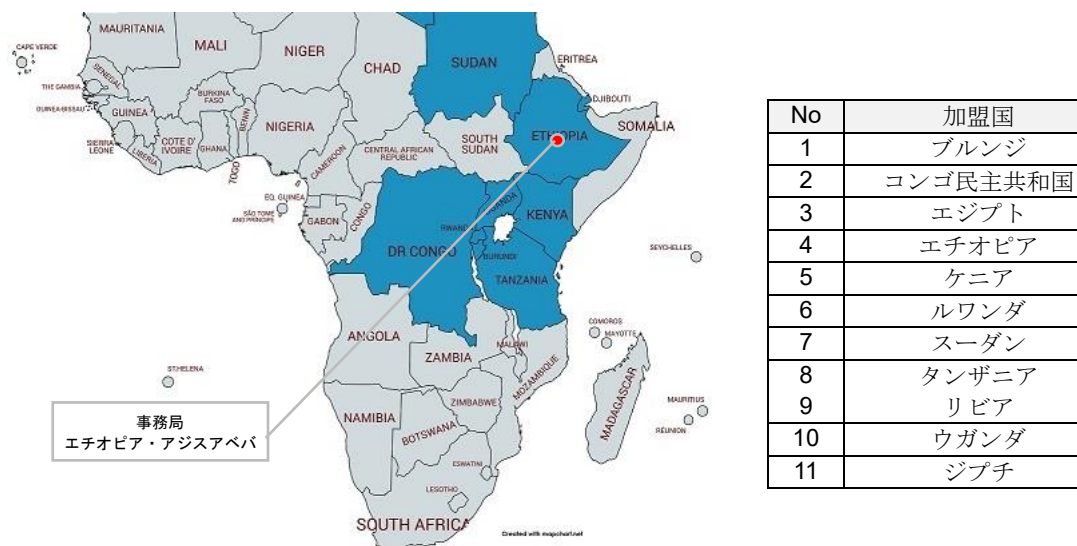
出所 SAPP website、Transfer Limits (2021年1月確認時点)



## 2.5.2.東部アフリカパワープール

東部アフリカパワープール（Eastern Africa Power Pool、EAPP）は、2005年に東アフリカの7カ国（ブルンジ、コンゴ民主共和国（DRC）、エジプト、エチオピア、ケニア、ルワンダ、スーダン）によって設立された。2006年11月に東アフリカおよび東南部アフリカ市場共同体（COMESA）地域の首脳合意によって電力系統の相互接続を促進する専門機関となった。その後、2010年3月にタンザニア、2011年2月にリビア、2012年にウガンダ、ジプチが参加し、現在カ国が加盟している。事務局はエチオピアの首都アディスアベバに設置されている。

EAPP Regional Power System Master Plan、December 2014<sup>5</sup>によると、北部のリビア、エジプト、スーダンの火力発電の発電コストが高く、コンゴ民主共和国、エチオピア、ルワンダ、ブルンジ、ウガンダの水力発電コスト・地熱発電コストが比較的低いとされている。これらの系統を統合することにより、化石燃料の消費を抑え、発電コストを低減できるとしている。また、EAPPにより、調整力を共有することにより便益を得られるとみられている。



出所 EAPP Website に基づき JICA 調査団作成

図 12 EAPP加盟国

表 4 EAPPの加盟国の需要予測

	2015		2020		2025	
	TWh	GW	TWh	GW	TWh	GW
Burundi	0.2	0.04	0.6	0.1	1.0	0.2
Djibouti	0.8	0.1	0.9	0.2	1.0	0.2
DRC	18	3	31	5	41	7
Egypt	201	32	280	44	378	60
Ethiopia	15	3	35	6	53	9
Kenya	13	2	42	7	61	10
Libya	34	5	47	7	64	10

<sup>5</sup> [https://www.ea-energianalyse.dk/wp-content/uploads/2020/02/1332\\_eapp\\_master\\_plan\\_2014\\_executive\\_summary.pdf](https://www.ea-energianalyse.dk/wp-content/uploads/2020/02/1332_eapp_master_plan_2014_executive_summary.pdf)

Rwanda	0.9	0.1	2.0	0.3	2.5	0.4
South Sudan	0.7	0.1	2.0	0.4	3.2	0.6
Sudan	15	3	24	4	32	6
Tanzania	11	2	20	3	27	4
Uganda	5	1	8	1	12	2
<b>Total</b>	<b>315</b>	<b>51</b>	<b>492</b>	<b>80</b>	<b>675</b>	<b>110</b>

The load factor (Yearly demand/Peak demand\*8760) is individual per country and is assumed to be constant in the studied period. Average load factor across all countries is 70%.

出所 EAPP (2014) Regional Power System Master Plan 2014

EAPP Regional Power System Master Plan 2014<sup>6</sup>に示された 2020 年時点の東アフリカパワープール (EAPP) の相互接続容量を図 13 に示す。



出所 Figure 2. Current and committed (before 2020) interconnectors in Eastern Africa (MW). Note that an additional 1,000 MW line will connect the Western and Southern DRC by 2025 and a 500 MW line will connect DRC South and East in 2025, EAPP Regional Power System Master Plan, 2014

図 13 EAPPパワープールの相互接続容量  
(EAPP Regional Power System Master Plan 2014 における 2020 年時点の計画)

EAPP Regional Power System Master Plan 2014<sup>7</sup>に示された 2025 年までに建設が推奨される国際連系線を図 14 に示す。

<sup>6</sup> <http://eappool.org/the-master-plan-update-2014/>

<sup>7</sup> <http://eappool.org/the-master-plan-update-2014/>





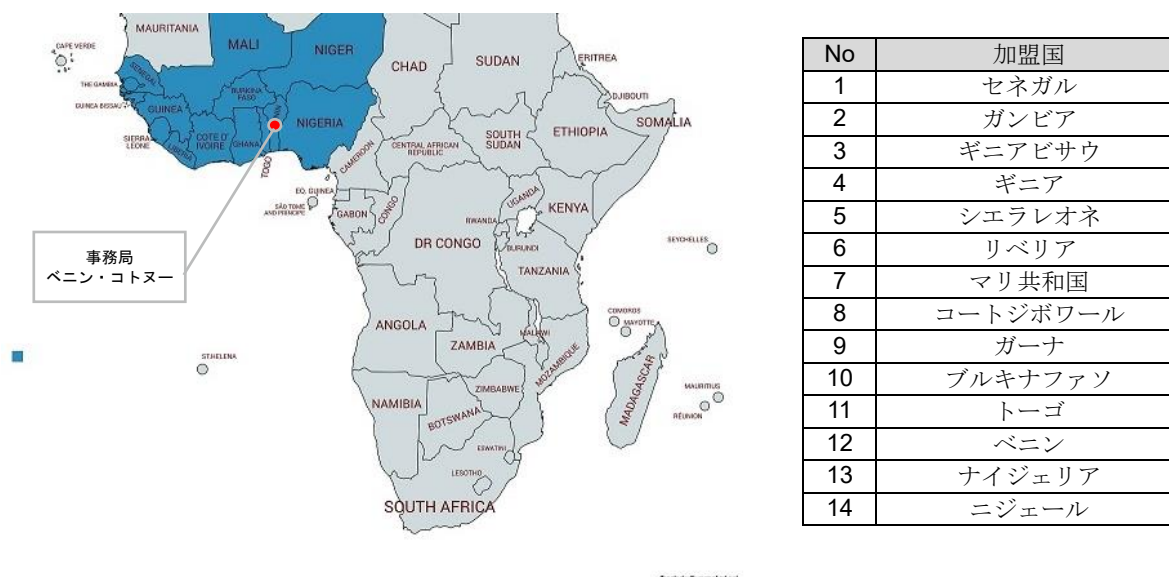
出所 Figure 22. Recommended new lines by 2025. Numbers indicate capacity in MW、EAPP Regional Power System Master Plan、2014

図 14 EAPPパワープールの相互接続容量  
(EAPP Regional Power System Master Plan 2014 における 2025 年までの新規計画)

### 2.5.3.西部アフリカパワープール

西部アフリカパワープール（Western Africa Power Pool、WAPP）<sup>8</sup>は西アフリカ諸国経済共同体（Economic Community of West African States、ECOWAS）の特別機関として1999年に設立され、ベナンの首都であるコトヌー（Cotonou）に事務局を設置している。図10に示す西アフリカの14カ国が加盟している。

ECOWAS Master Plan for the Development of Regional Power Generation and Transmission Infrastructure 2019-2033<sup>9</sup>（Tractabelが実施）によると、2033年までにWAPPの電力需要は8%以上の成長率で伸びるとされ、これらの需要に対応するために、マリ、ブルキナファソ、ニジェールの太陽光発電、ギニア、コートジボワール、ナイジェリア、シエラレオネ、リベリアの水力発電（累計11GW）、ナイジェリア、コートジボワール、ガーナー、セネガルの天然ガスを利用した火力発電を、域内で効率的に運用することを検討している。WAPPの国々は国内の電力系統が統一されていない国々も多く、現時点では国際連系は極めて初期的な段階といえる。



出所 SAPP Websiteに基づき調査団作成

図 15 WAPP加盟国

<sup>8</sup> <https://www.ecowapp.org/>

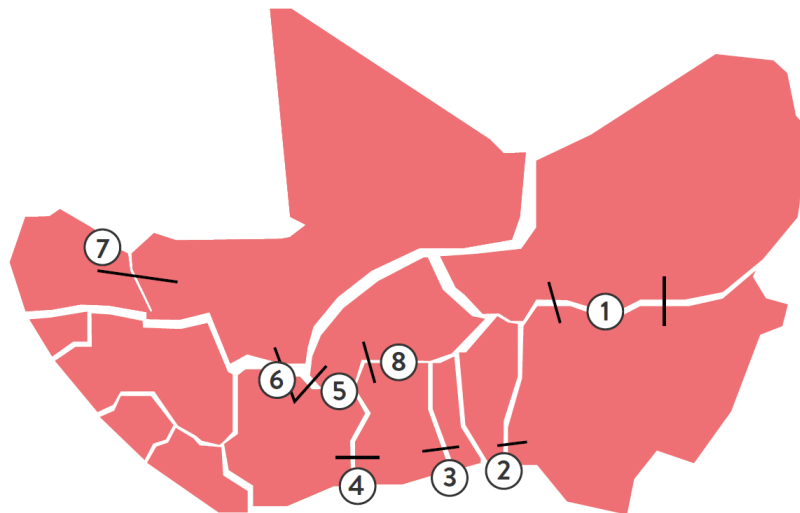
<sup>9</sup> [https://www.ecowapp.org/sites/default/files/volume\\_0.pdf](https://www.ecowapp.org/sites/default/files/volume_0.pdf) [https://www.ecowapp.org/sites/default/files/volume\\_1.pdf](https://www.ecowapp.org/sites/default/files/volume_1.pdf)  
[https://www.ecowapp.org/sites/default/files/volume\\_2.pdf](https://www.ecowapp.org/sites/default/files/volume_2.pdf)  
[https://www.ecowapp.org/sites/default/files/volume\\_3.pdf](https://www.ecowapp.org/sites/default/files/volume_3.pdf)  
[https://www.ecowapp.org/sites/default/files/volume\\_4.pdf](https://www.ecowapp.org/sites/default/files/volume_4.pdf)  
[https://www.ecowapp.org/sites/default/files/volume\\_5.pdf](https://www.ecowapp.org/sites/default/files/volume_5.pdf)

表 5 WAPPのメンバー

No	Full Name of National Power Utility	Country
1	Aksa Energy Company Ghana Ltd	Ghana)
2	APR Energy	Senegal)
3	CENIT Energy Limited	Ghana)
4	CenPOWER Generation Company Limited	Ghana)
5	Communauté Électrique du Bénin	Togo、 Benin)
6	Compagnie Energie Electrique de Togo	Togo)
7	Compagnie Ivoirienne d'Electricité	Côte d'Ivoire)
8	Contour Global	Togo
9	Côte d'Ivoire Energies	Côte d'Ivoire
10	Cummins Power Generation Ltd	Nigeria
11	Empresa Publica de Electricidade e Agua de Guine- Bissau	Guinea Bissau
12	Electricité de Guinée	Guinea
13	Electricity Company of Ghana	Ghana
14	Electricity Distribution and Supply Company	Sierra Leone
15	Energie du Mali-SA	Mali
16	Ghana Grid Company	Ghana
17	Karpowership Ghana Company Ltd	Ghana
18	Liberia Electricity Corporation	Liberia
19	Mainstream Energy Solutions Limited	Nigeria
20	National Water and Electricity Company Limited	The Gambia
21	North South Power Company Ltd	Nigeria
22	Northern Electricity Distribution Company Ltd	Ghana
23	*Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable du Maroc	Morocco
24	Pacific Energy Company Limited	Nigeria
25	Paras Energy and Natural Resources Development Ltd	Nigeria
26	Sahara Power Group Ltd	Nigeria
27	SAPELE Power PLC	Nigeria
28	Société Béninoise d'Energie Electrique	Benin
29	Société de Gestion de l'Energie de Manantali	Mali、 Senegal、 Mauritania、 Guinea
30	Société Nationale d'Electricité du Burkina	Burkina
31	Société Nationale d'Electricité du Sénégal	Senegal
32	Société Nigérienne d'Electricité	Niger
33	Sunon Asogli Power (Ghana) Ltd.	Ghana
34	Transcorp Power	Nigeria
35	Transmission Company of Nigeria	Nigeria
36	Volta River Authority	Ghana

出所 WAPP Annual Report、2019 を基に JICA 調査団作成

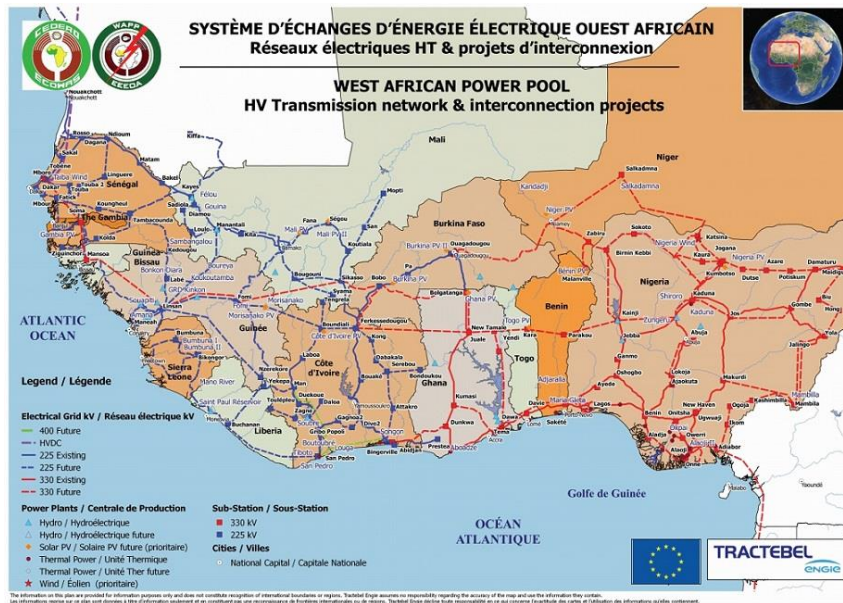
WAPP の国際連系線の現状を図 16 に示す。



①	Nigeria - Niger	Katsina - Gazoua (132 kV) Birnin Kebbi - Dosso (132 kV)
②	Nigeria - Benin	Ikeja West - Sakate (330 kV)
③	Ghana - Togo	Akosombo - Aflao (161 kV X2)
④	Côte D'Ivoire - Ghana	Riviera - Prestea (225 kV)
⑤	Côte d'Ivoire - Burkina	Ferké - Kodení (225 kV)
⑥	Côte d'Ivoire - Mali	Ferké - Sikasso (225 kV)
⑦	Mali - Senegal	(225 kV)
⑧	Ghana - Burkina Faso	Bolgatanga-Ouagadougou (225 kV)

出所 USAID West Africa Power Trade Outlook、2018、<sup>10</sup>

図 16 WAPPの既存の国際連系線(2018年10月時点)



出所 WAPP website<sup>11</sup>

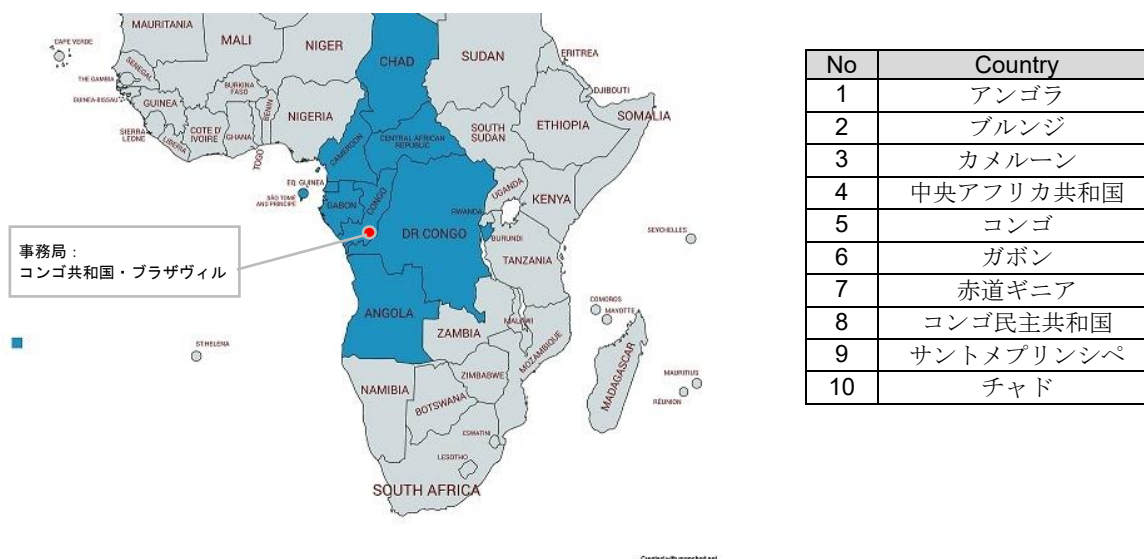
図 17 WAPPの計画されている送電線(2021年1月時点)

<sup>10</sup> <https://www.usaid.gov/powerafrica/newsroom/west-africa-power-trade-outlook>

<sup>11</sup> <https://www.ecowapp.org/en>

## 2.5.4.中央アフリカパワープール

中央アフリカパワープール（仏: Pool Energétique de l'Afrique Centrale、PEAC）、英: Central Africa Power Pool、CAPP<sup>12</sup>）は、中央アフリカ諸国経済共同体（仏: Communauté Économique des États de l'Afrique Centrale、英: Economic Community of Central African States、ECCAS）の機関として 2003 年 4 月 12 日に設立された。現在の加盟国を表 6 に示す。事務局はコンゴ共和国の首都であるブラザヴィル(Brazzaville)に設置されている。中央アフリカは水力資源に恵まれており、水力資源により得られる電力を輸出入できるようにすることも一つの目的としている。中央アフリカパワープール加盟国の送電系統図を図 19 に示す。現在、加盟国の多くの国が国内の送電系統の整備ができておらず、CAPP の国際連系は限定的・小規模である。



出所 CAPP Websiteに基づきJICA調査団作成

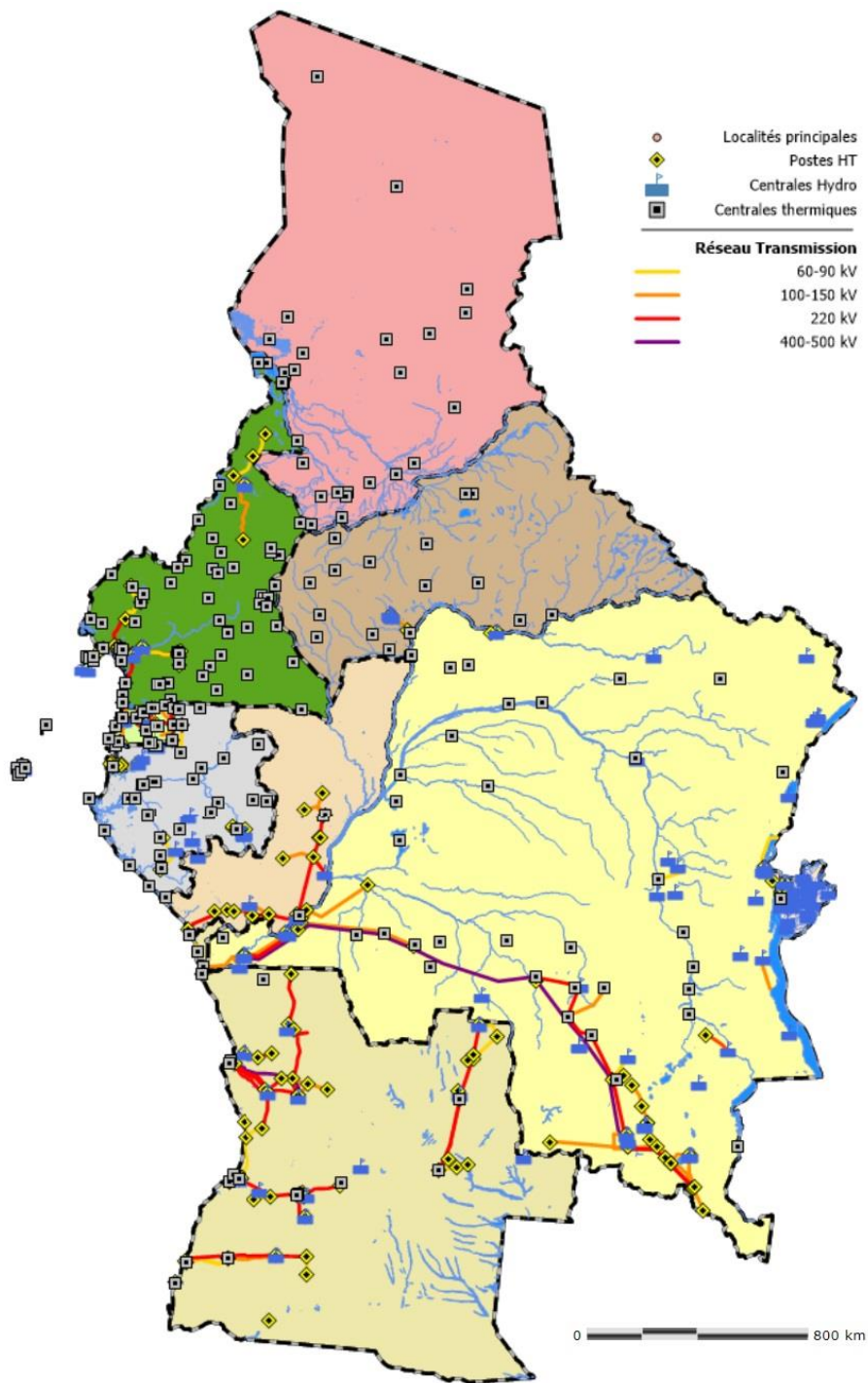
図 18 CAPP加盟国

表 6 CAPPの加盟国

No	Country	National Power Utility
1	Angola	Empresa Nacional de Electricidade – ENE-EP Empresa de Distribucao de Electricidade - EDEL
2	Burundi	Régie de Production et de Distribution d'Eau et d'Electricité – REGIDESO
3	Cameroon	Energy of Cameroon - ENENOENEO
4	Centrafrique	Energie Centrafricaine - ENERCA
5	Congo	Société Nationale d'Electricité – SNE
6	Gabon	Société d'Eau et d'Energie du Gabon – SEEG
7	Equatorial Guinea	Sociedad de Electricidad de Guinea Ecuatorial – SEGESA
8	R.D. Congo	Société Nationale d'Electricité –SNEL
9	Sao Tomé & Principe	EMpresa de Agua e Electricidade - EMAE
10	Tchad	Société Nationale d'Electricité Tchad- SNE

出所 Pool Energétique de l'Afrique Centrale (PEAC)

<sup>12</sup> <http://www.peac-ac.org/>



2021年1月時点の D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE DU PEAC<sup>13</sup>のデータより作成  
 出所 Pool Energétique de l'Afrique Centrale (PEAC)

図 19 CAPPの既存の送電網および国際連系線(2021年1月時点)

<sup>13</sup> <https://www.peac-sig.org/en/systeme-d-information-3.html>

表 7 CAPPにおいて優先順位が高いとされるプロジェクト

Name of project	Current Status
Memve'le 220MW in Cameroon	Under construction
Poubara (320MW) in Gabon	Under construction
Djibloho (120MW) in Equatorial Guinea	Under construction
Lom Pangar HEP (30MW) in Cameroon	Under construction
Zongo 11 (120MW) in DRC	Under construction
Kakobola (80MW) in DRC	Under construction
Kakobola (10.5MW) in DRC	Under construction
Nachtigal (420MW)	Under construction
Inga 3 (3,500MW) in DRC	Feasibility status
Chollet (620MW) on Cameroon - Congo border	Feasibility status
Uganda-Rwanda interconnection (172km at 220 kV) and associated substations	Feasibility status
Kenya-Uganda interconnection (260km at 400 kV and 220 kV) and associated substations;	Feasibility status
Burundi, DRC and Rwanda interconnection (371km at 220 kV) and associated substations	Feasibility status
Burundi-Rwanda Interconnection (143 km at 220kV) and associated substations	Feasibility status
Bendera in CAR	Feasibility status
Ruzizi (145MW) on Rwanda/Burundi/DRC border	Feasibility status

出所 Infrastructure Consortium for Africa (ICA), 2016



### 第3章 電力系統の分類

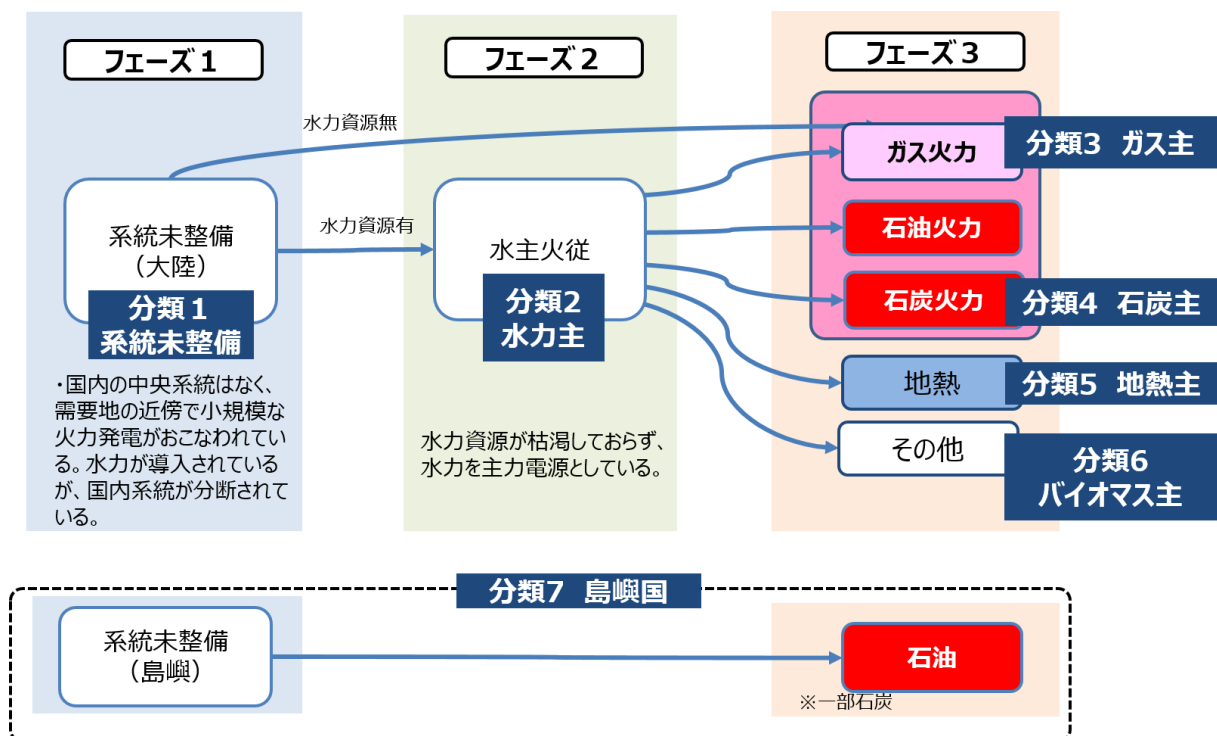
#### 3.1. 電力系統の分類方法

##### (1) 分類の考え方

電力系統の発展は先進国の電力系統の発展の歴史を振り返ると以下のような変遷をたどる。<sup>14</sup> (水力資源の乏しい国 (例えば、島嶼国や湾岸諸国等) は水力開発のフェーズがないことに留意)

- ① 小規模火力発電による限定された需要地への供給
- ② 需要の増大に伴う水力発電の開発、水力発電サイトから需要地までの送電系統の建設
- ③ 国内送電系統の統一
- ④ 水力発電所の開発
- ⑤ 水力資源の枯渇による電源の多様化 (石油火力、石炭火力・ガス火力・原子力等の開発)
- ⑥ 国際系統連系

島嶼国は現在に至るまで、石油等による小規模な火力発電で電力供給を行ってきた。サブサハラアフリカ諸国の大部分の国はこれらの電力系統の発展段階にある。これらの電力系統の変遷の歴史を基に各国がどのフェーズに位置づけられるかという観点で分類基準を作成した。図 20 に分類の考え方を示す。



出所 JICA 調査団作成

図 20 分類の考え方

##### (2) 分類基準・分類フロー

前述の考え方に基づき、分類基準・分類のフロー図を策定した。分類フローを図 21 に示す。

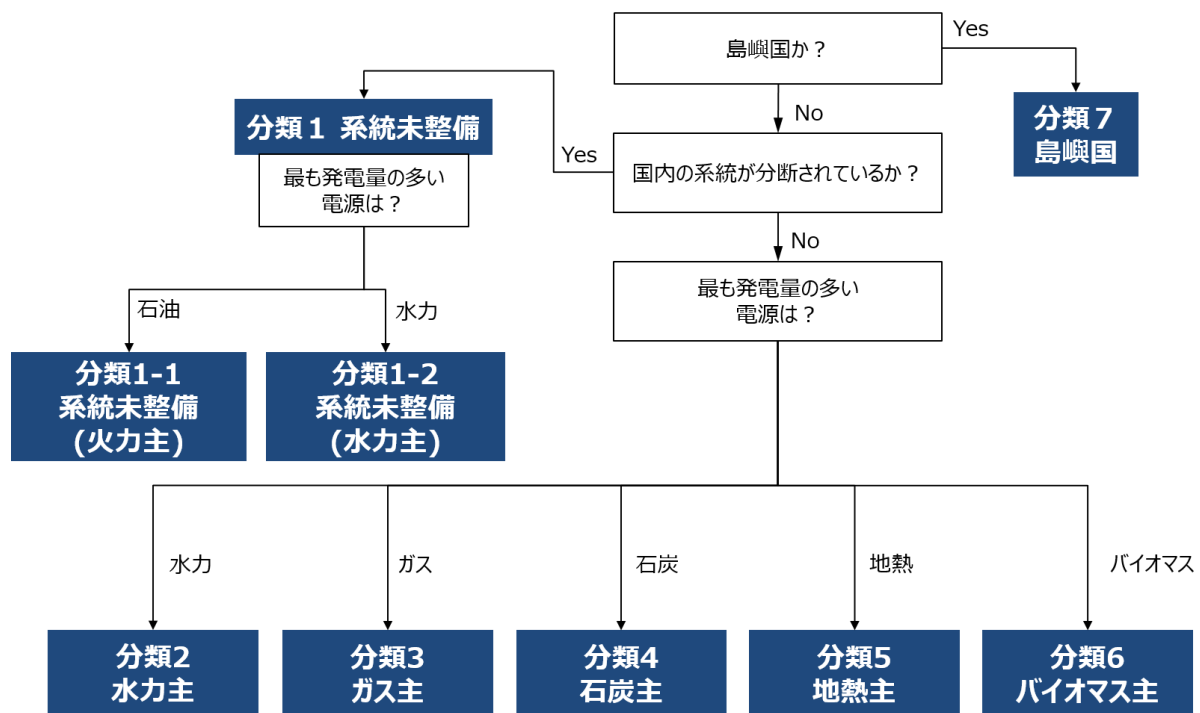
<sup>14</sup> 例えば、日本の事例では [https://www.jstage.jst.go.jp/article/icejournal1994/118/1/118\\_1\\_38/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/icejournal1994/118/1/118_1_38/_pdf)



最初に地理的特性から島嶼国を分類7に分類した。次に島嶼国以外の国について、66kV以上の送電線が主要な都市を単一の系統で90%以上カバーできている系統を系統整備済みとし、国内の66kV以上の送電系統が分断されている、もしくは、主要都市を90%以上カバーできていない系統を分類1（系統未整備）とした<sup>15</sup>。

分類1のうち、発電電力量で火力発電比率が最も高い国を分類1-1（系統未整備（火力主））とし、水力発電比率が最も高い国を分類1-2（系統未整備（水力主））とした。分類1-1の国は、一部の都市や重要施設において需要地近傍に設置されたディーゼル発電等の小規模な発電所により電力を供給している状態にある。一方、分類1-2とされた国は水力の導入がある程度進んでいる。

国内の主要な系統が統一されている国のうち、現時点において、発電電力量で水力発電比率が最も高い国を分類2（水力主）とした。ガス火力発電比率が最も高い国を分類3（ガス主）、石炭火力発電比率が最も高い国を分類4（石炭主）、地熱発電比率が最も高い国を分類5（地熱主）、バイオマス発電比率が最も高い国を分類6（バイオマス主）に分類した。



出所 JICA 調査団作成

図 21 分類のフローチャート

<sup>15</sup> 送電系統図については African Energy Live Data, July 2018. Search for a power plant or project at [www.africa-energy.com/database](http://www.africa-energy.com/database) を確認した。

## 3.2. 分類結果

前節の基準・フローに従って、サブサハラアフリカ 49 カ国を表 8 および図 22 の通り分類した。サブサハラ諸国は全般的に国内の系統が統一されていない国が多い。なお、国内の系統が統一されている国においても図 24 分類毎の電化率の平均値（単純平均）に示すように、電化率は世界の他の地域と比較して、電化率が低い状況である。LCOE については図 23 分類毎の LCOE の平均値（単純平均）に示すように、分類 1-1、分類 7 に分類された国において高くなった。これらの国々はディーゼル発電等の小規模火力に頼っているため、LCOE が高くなっているものと考えられる。一方、分類 2、分類 1-2 の水力発電の比率が高い国、分類 4 の石炭火力の低い国は LCOE が低い傾向が見られた。

分類 1 系統未整備については特に電化率が低い国が分類された。なかでも電源を石油に頼っている国（分類 1-1 系統未整備火力主：セネガル、エリトリア、南スーダン、ニジェール、ベナン、マリ、ソマリア、ガンビア、ギニアビサウ、ルワンダ、ブルキナファソ、チャド、リベリア、モーリタニア、シエラレオネ、ジブチ）は特に系統整備が遅れていた。一方、水力の発電量が最も多い国（分類 1-2 系統未整備水力主：アンゴラ、ザンビア、スーダン、マラウィ、カメルーン、ブルンジ、コンゴ民主共和国、中央アフリカ、マダガスカル、ウガンダ、モザンビーク、ギニア）は国内の系統が分断されているもののある程度大規模な系統が構築されていた。

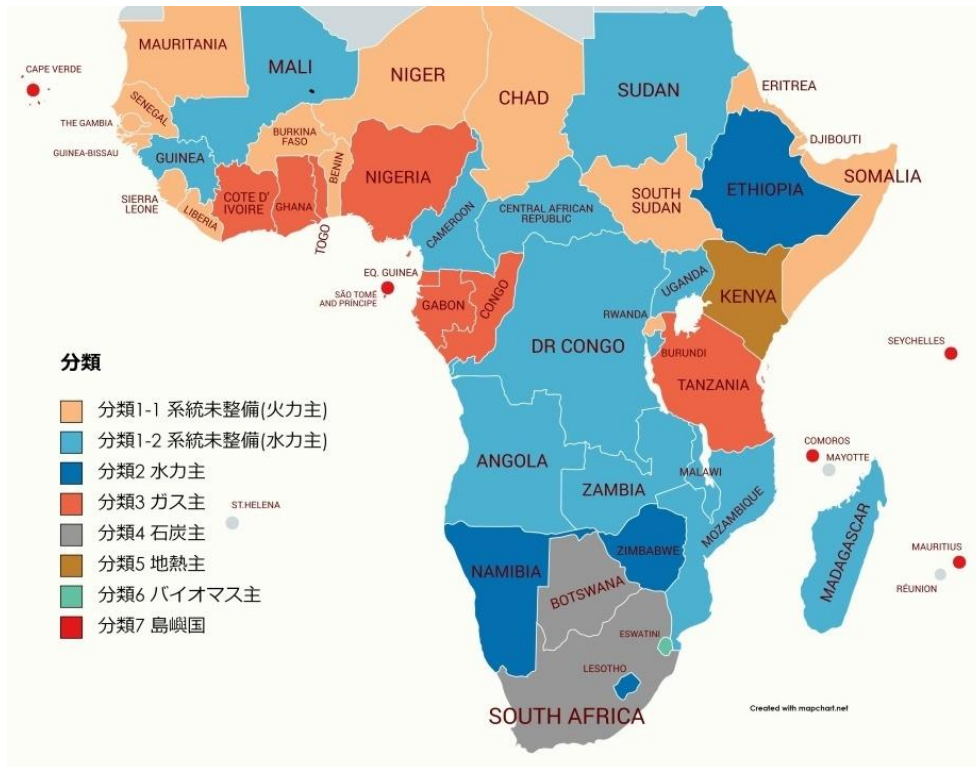
分類 2 水力主についてはエチオピア、ナミビア、レソト、ジンバブエが分類された。これらの国々は豊富な水力資源を有し、現在、水力発電を開発している国が多かった。分類 3 ガス主については、タンザニア、ナイジェリア、コートジボワール、コンゴ共和国、ガーナ、ガボン、赤道ギニア、トーゴが分類された。分類 4 石炭主については、南アフリカ、ボツワナが分類された。これらの国々は国内で石炭を生産している。分類 5 地熱主としてはサブサハラアフリカ諸国の中で突出して地熱資源が豊富であるケニアが分類された。分類 6 バイオマス主として、主力電源がバイオマスであるエスワティニのみが分類された。エスワティニはサトウキビの生産が高いため、バイオマス発電が主力電源となったと考えられる。一方、電力輸入量が多いことにも留意が必要である。

分類 7 島嶼国として、島嶼国のコモロ、セーシェル、カーボベルデ、サントメ・プリンシペ、モーリシャスが分類された。これらの国の主電源はディーゼル発電が多い。そのため発電原価が高い傾向があり、変動型再エネへの転換を進めている国が多い。

表 8 サブサハラアフリカ諸国の分類結果

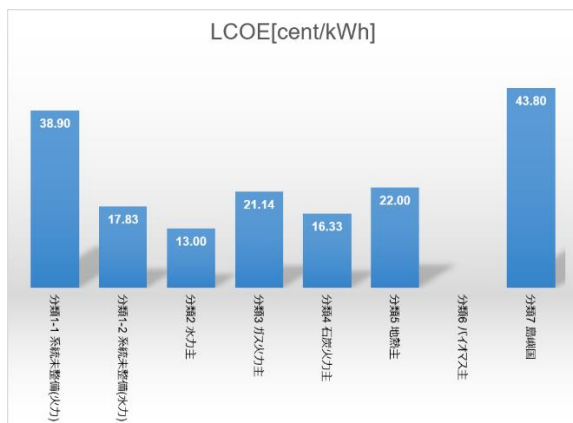
分類	分類名	分類された国名
1-1	系統未整備（火力主）	セネガル、エリトリア、南スーダン、ニジェール、ベナン、マリ、ソマリア、ガンビア、ギニアビサウ、ルワンダ、ブルキナファソ、チャド、リベリア、モーリタニア、シエラレオネ、ジブチ
1-2	系統未整備（水力主）	アンゴラ、ザンビア、スーダン、マラウィ、カメルーン、ブルンジ、コンゴ民主共和国、中央アフリカ、マダガスカル、ギニア、モザンビーク、ウガンダ
2	水力主	エチオピア、ナミビア、レソト、ジンバブエ
3	ガス主	タンザニア、ナイジェリア、コートジボワール、コンゴ共和国、ガーナ、ガボン、赤道ギニア、トーゴ
4	石炭主	南アフリカ、ボツワナ
5	地熱主	ケニア
6	バイオマス主	エスワティニ
7	島嶼国	コモロ、セーシェル、カーボベルデ、サントメ・プリンシペ、モーリシャス

出所 JICA 調査団作成



出所 JICA 調査団作成

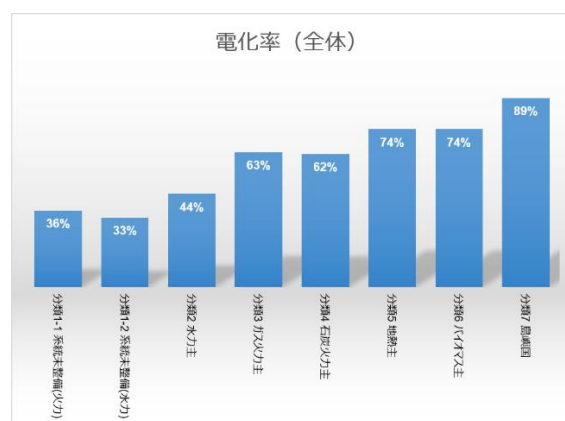
図 22 サブサハラアフリカ諸国の分類結果



注) 分類6はN/A

出所 Trimble etc, Financial Viability of Electricity Sectors in Sub-Saharan Africa, World Bank 2016, <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/24869/WPS7788.pdf>のデータを基にJICA調査団作成

図 23 分類毎のLCOEの平均値(単純平均)



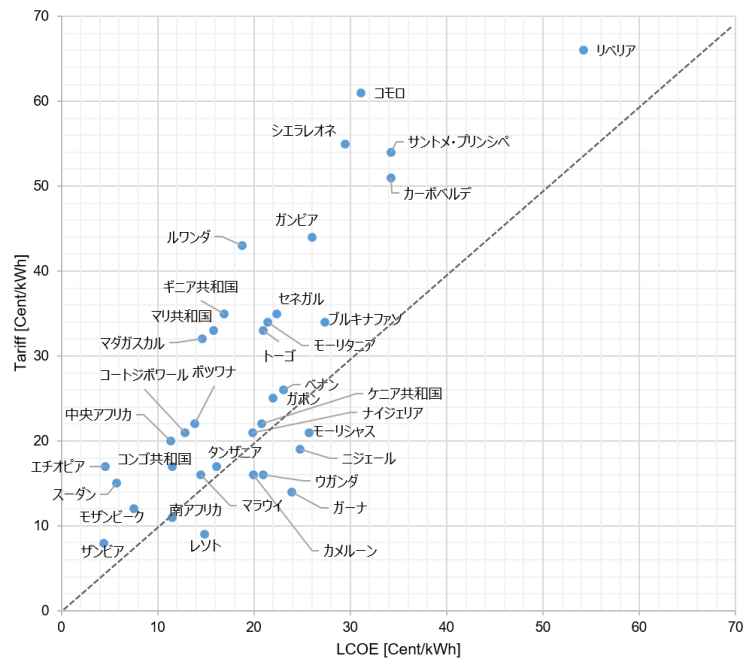
出所 World Bank, Access to electricity as of 2017, World Development Indicator, <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#> のデータを基にJICA調査団作成

図 24 分類毎の電化率の平均値(単純平均)

### 3.3. その他の評価軸による考察

#### 3.3.1. 電気料金

マッピングデータを使用して、LCOE と電気料金の分布図を図 25 に示した。島嶼国（分類 7 の国）や系統が整備されておらず、小規模火力による限定的な地域に電力が供給されている国（分類 1 の国）においては、LCOE および電気料金が高くなる傾向がみられた。また、国内の豊富な水力資源が利用できる国、安価な石炭火力が利用できる国は LCOE、電気料金ともに低い傾向がみられた。一部の国では電気料金が LCOE より低くなっていた。



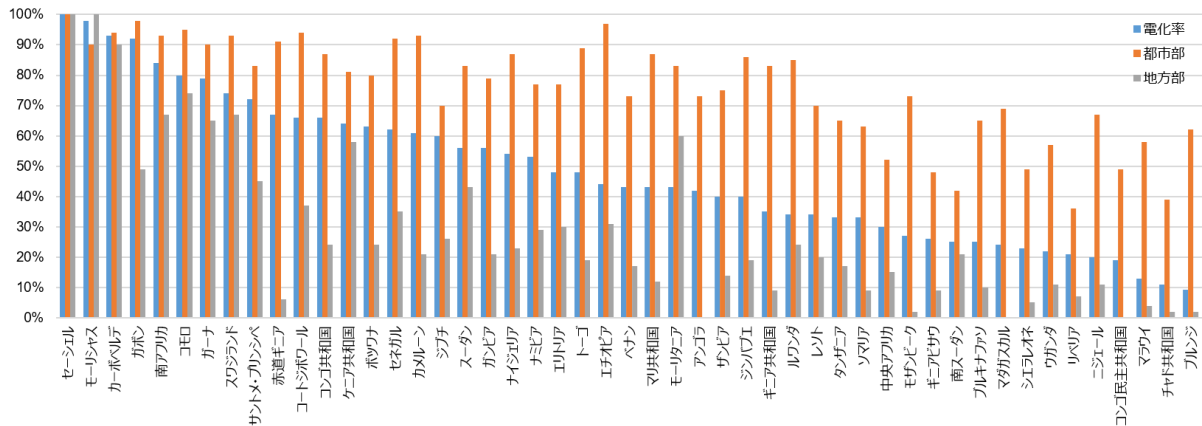
出所 Tariff: BloombergNEF、LCOE: Trimble etc、Financial Viability of Electricity Sectors in Sub-Saharan Africa、World Bank 2016のデータを基によりJICA調査団作成

図 25 LCOEと電気料金

### 3.3.2. 電化率

サブサハラアフリカ諸国の電化率を図 26 に示す。都市部での電化率は高いが地方部の電化率は非常に低い傾向が見られる。特に、西アフリカ、中央アフリカの国々で電化率が低い傾向が見られる。人口密度の高い島嶼国において電化率が高い傾向が見られる。

島嶼国を除いたサブサハラアフリカ諸国の電化率（地方部）と LCOE の関係を図 27 に示す。電化率が低い国において、LCOE の高い国が出現する傾向が見られる。電化率の低い国は系統整備が遅れており、ディーゼル発電等の効率の悪い小規模火力での発電に頼らざるを得なくなるため、LCOE が高くなると考えられる。

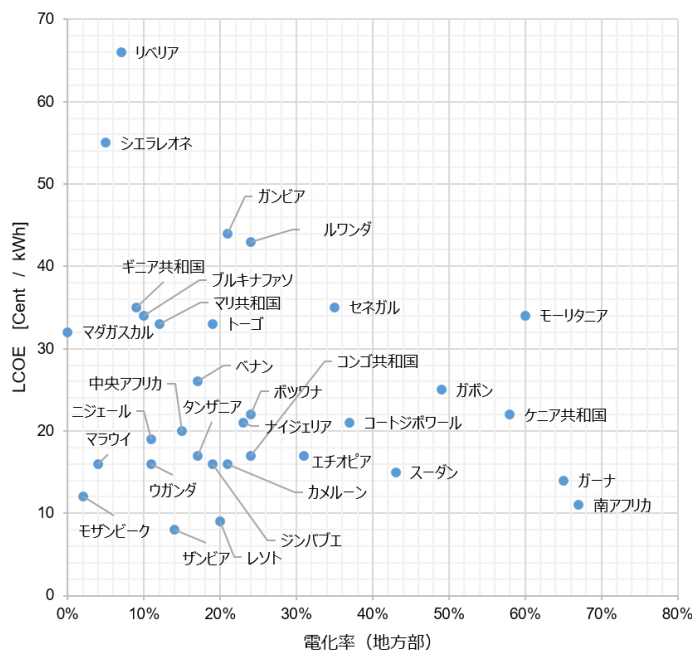


注) 国全体の電化率で降順にソート

出所 Word Bank、Access to electricity as of 2017、World Development Indicator、

URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#> のデータを元にJICA調査団作成

図 26 サブサハラアフリカ諸国の電化率



出所 LCOE: Trimble etc、Financial Viability of Electricity Sectors in Sub-Saharan Africa、World Bank、電化率:

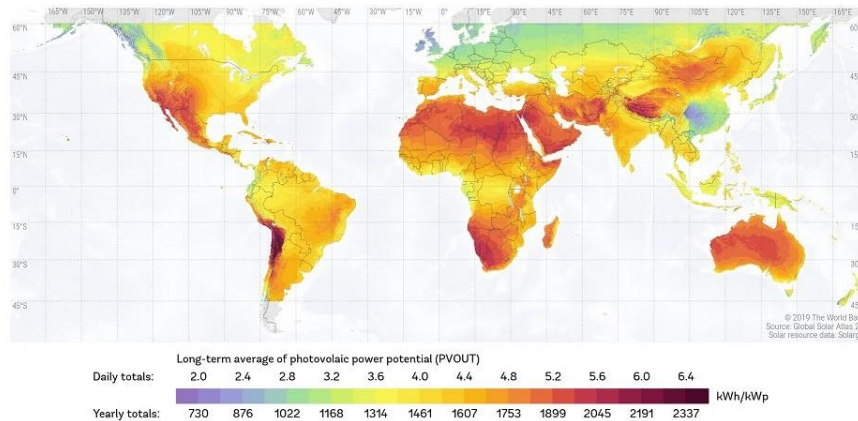
Word Bank、Access to electricity as of 2017、World Development Indicator、

URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#> のデータを元にJICA調査団作成

図 27 サブサハラアフリカ諸国(島嶼国以外)の電化率(地方部)とLCOE

### 3.3.3.変動型再エネポテンシャル

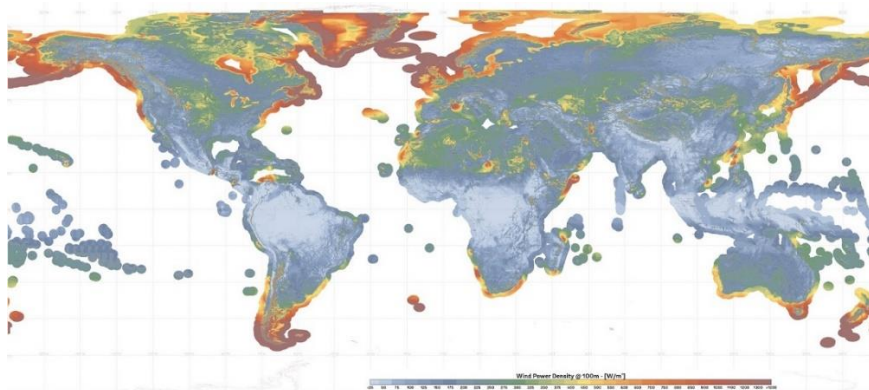
図 28 に世界銀行と国際金融公社が提供している Grobal Solar Atlas<sup>16</sup>に示された全世界の太陽光発電のポテンシャルを示す。太陽光発電についてはサブサハラアフリカ全域において十分なポテンシャルがあると言える。



出所 World Bank group, <https://globalsolaratlas.info/>

図 28 太陽光発電ポテンシャル

図 29 に世界銀行と国際金融公社が提供している Global Wind Atlas<sup>17</sup>に示された全世界の風力発電のポテンシャルを示す。アフリカ開発銀行がアフリカの風力発電のポテンシャルマップを作成するために実施した調査<sup>18</sup>によると、サブサハラアフリカ諸国の内モーリタニア、ジブチ、エリトリア、セーシェル、ソマリア、カーボベルデ、南アフリカ、レソトが風力のポテンシャルがあるとされた。アフリカにおける風力のポテンシャルは大陸の沿岸地域に存在しており、沿岸地域は洋上風力と陸上風力の両方のポテンシャルを持っている。一方、内陸国においてはチャドやチオピアのような高地で風速の高い地域を持つ国を除いて、風速が低く発電に適さないとされている。



#### DESCRIPTION

This wind resource map provides an estimate of mean wind power density at 100 m above surface level. Power density indicates wind power potential, part of which can be extracted by wind turbines. The map is derived from high-resolution wind speed distributions based on a chain of models, which downscale winds from global models (~30 km), to mesoscale (3 km) to microscale (250 m). The Weather Research & Forecasting (WRF) mesoscale model uses ECMWF ERA-5 reanalysis data for atmospheric forcing, sampling from the period 1998-2017. The WRF output at 3 km resolution is generalized and downscaled further using the WAsP software, plus terrain elevation data at 150 m resolution, and roughness data at 300 m resolution. The microscale wind climate is sampled on calculation nodes every 250 m. For the microscale modeling, the terrain data is derived from the digital elevation models from Viewfinder Panoramas. The WAsP microscale modeling uses a linear flow model. For steep terrain, this modeling becomes more uncertain, most likely leading to an overestimation of mean wind speeds on ridges and hilltops. Users are recommended to inspect the terrain complexity of their region of interest.

出所 World Bank group, <https://globalwindatlas.info/>

図 29 風力発電ポテンシャル

<sup>16</sup> <https://globalsolaratlas.info/>

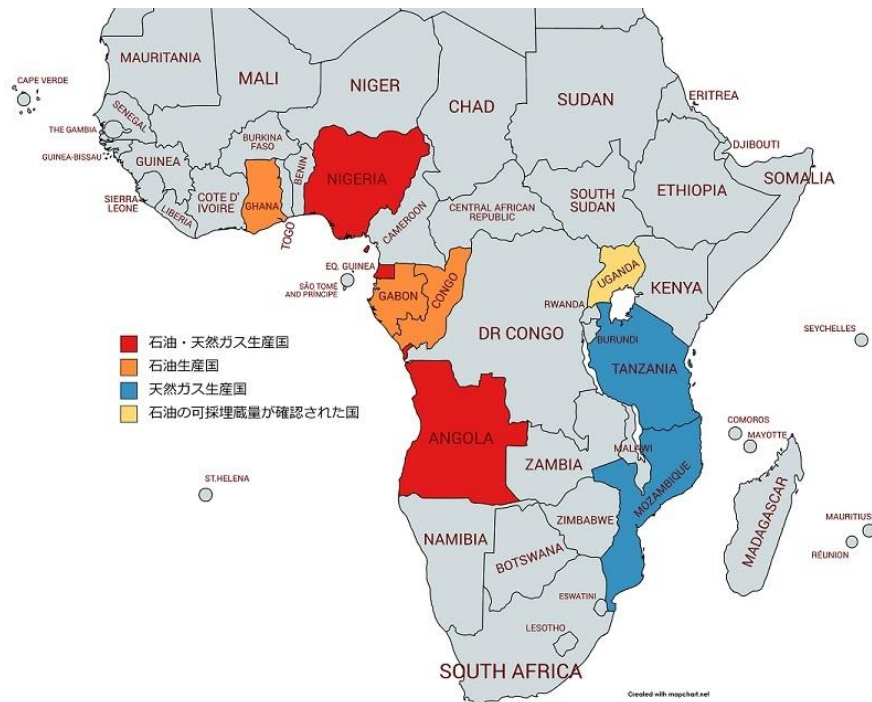
<sup>17</sup> <https://globalwindatlas.info/>

<sup>18</sup> African Development Bank (2004). Strategic Plan for Wind Energy Development in Africa.



### 3.3.4.化石燃料資源ポテンシャル

図 30 にサブサハラアフリカの主な石油生産国と天然ガス生産国を、表 9 にサブサハラアフリカの主な石油生産国と天然ガス生産国の生産量と可採埋蔵量を示す。石油についてはナイジェリアとアンゴラの生産量が大きい。サブサハラアフリカ地域においてはギニア湾岸付近に石油資源が存在している。一方、天然ガスについてはナイジェリア、アンゴラ、赤道ギニアの石油生産国に加えて、タンザニア、モザンビークにおいても一定の生産量・可採埋蔵量がある。ウガンダは石油資源が確認されているが生産は始まっていない。(2021年1月時点)



出所 Deloitte Touche Tohmatsu Ltd., Africa Oil & Gas State of Play, 2018 より JICA 調査団作成

図 30 サブサハラアフリカの主な石油生産国と天然ガス生産国

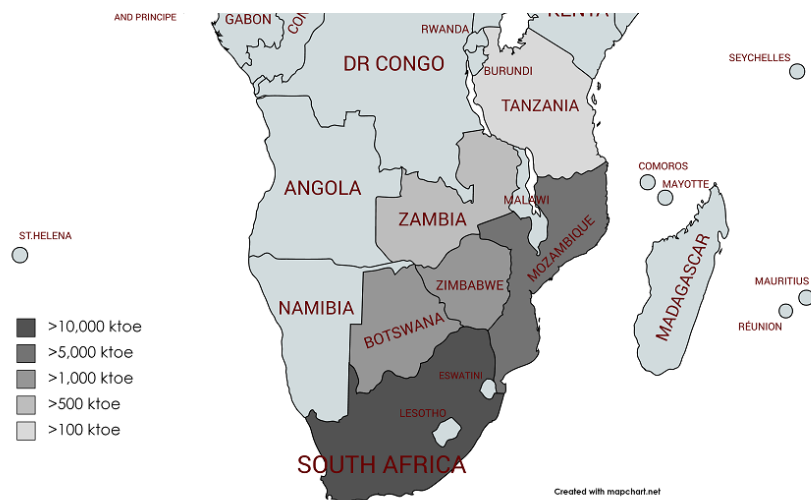
表 9 サブサハラアフリカの主な石油生産国と天然ガス生産国の生産量と可採埋蔵量

国名	石油確認可採掘埋蔵量 [million barrels]	石油確認可採掘埋蔵量 [million barrels]	天然ガス確認可 採掘埋蔵量[bcf]	天然ガス生産量 [bcf]
ガーナ	2,537.45	57.46	-	-
ナイジェリア	30,079.99	671.59	91,972.9	1,652.5
赤道ギニア	1,110.01	53.85	14,301.5	336.5
コンゴ共和国	5,328.31	124.03	-	-
ガボン	4,922.14	73.12	-	-
ウガンダ	2,671.83	-	-	-
タンザニア	-	-	114,915.4	52.5
モザンビーク	-	-	204,747.3	152.3
アンゴラ	17,645.23	596.60	32,792.4	196.8

出所 Deloitte Touche Tohmatsu Ltd., Africa Oil & Gas State of Play, 2018 より JICA 調査団作成

図 31 にサブサハラアフリカにおける主な石炭産出国を示す。本図は IEA の石炭生産量（単位 ktoe）を基に、10,000ktoe～、5000～10,000 ktoe、1,000～5,000 ktoe、500～1,000 ktoe、100～500 ktoe、（100 ktoe 未満は省略）別に色分けをした。表 10 に BP statistics に記載されているアフリカ

の石炭生産量と埋蔵量（単位：Million tons）を示す。石炭の生産はアフリカ南部に集中していることが分かる。また、南アフリカの生産量が突出していることが分かる。



注：IEA 統計データにおいて 2018 年における石炭生産量  
出所：IEA 統計データより JICA 調査団作成

図 31 サブサハラアフリカの主な石炭生産国

表 10 アフリカの石炭生産量と可採埋蔵量

国名	石炭生産量 [Million tons]	石炭埋蔵量 [Million tons]
南アフリカ	254.3	9,893
ジンバブエ	2.3	502
その他アフリカ	22.0	4,442

出所 BP statistics<sup>19</sup>より JICA 調査団作成

<sup>19</sup> <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>



## 第4章 変動型再エネ導入のために優先度の高いプロジェクトとスキーム

### 4.1. それぞれの分類に対する課題と優先度の高いプロジェクト

前節で分類したグループ毎に課題と優先度の高いプロジェクトを表 11 に示す。なお、優先度の高いプロジェクトのうち、変動型再エネに関連するプロジェクトを赤字で表記した。総じて電化率が低いことが課題となっている。特に分類 1 に分類された国内に統一された系統が存在しない国において顕著に電化率が低い。(分類 1 の電化率は平均 35%) しかしながら、それ以外の国についても十分な状況とは言えないため、送配電線の延伸もしくは変動型再エネと蓄電システムをつかったミニグリッドによる地方電化プロジェクトは重要と考えられる。

#### ■分類 1-1

系統未整備火力主の国においては著しい電化率の低さと効率の悪い小規模火力を主電源としていることから、発電単価が高いことと GHG の排出係数が高くなっていることが課題である。変動型再エネと蓄電システムを使ったミニグリッドの建設、および、現在の小規模火力を主電源とした小規模な系統のミニグリッドへの更新が最優先プロジェクトとして考えられる。水力資源のある国については、上記の取組とともに、水力発電開発も優先度の高いプロジェクトとなる。

#### ■分類 1-2

系統未整備水力主の国については未開発の水力資源が豊富にあるが開発が進んでいないことが課題である。水力発電開発と送配電系統増強・延伸が最も重要なプロジェクトと考えられる。先行的に電化が必要なサイト・エリアについては個別にミニグリッドの適用も考えられる。分類 2 水力主の国の電化率は分類 1 に分類された国よりも若干高いものの平均 38%となっている。今後も電化が大きな課題となる。電化には送配電系統の拡張とともに、人口が少ない地域でのミニグリッド導入も必要であると考えられる。また、未開発の水力資源が残されているため、水力発電開発も優先度の高いプロジェクトとした。

#### ■分類 3

ガス主の国の電化率は平均 65%と分類 1 および分類 2 より高くなっている。ガス火力は負荷追従性がよいため、変動型再エネとの相性が良い。燃料費削減と GHG 排出削減を進めるため、系統型再エネの導入が有効と考えられる。しかしながら、電化率も十分とは言えない。遠隔地域へのミニグリッドの導入も必要であると考えられる。また、未利用かつ経済性のある水力資源も残されている国が多いため、水力開発も優先度の高いプロジェクトとして選定した。

#### ■分類 4

石炭主の国の電化率は平均 62%と分類 3 と同程度である。石炭火力を主電源としているため、二酸化炭素排出量の削減が大きな課題となり、化石燃料から再生可能エネルギーへの転換が必要になってくると考えられる。また、石炭火力の比率が高いことから、変動型再エネの大量導入のためには電力系統の柔軟性(調整力等)も必要になってくる。国際系統連系の増強や蓄電システム(蓄電池、揚水発電等)の導入が将来的に必要になると考えられる。

#### ■分類5

地熱主はケニアのみ分類された。電化率は64%で分類3・分類4と同程度である。ケニアは地熱資源が豊富であるため、地熱資源を活用した電源の開発が進むものと想定される。ただし、ケニア以外の東アフリカ諸国も地熱資源が豊富であり、また、水力資源が豊富な国においても気候変動による渇水による出力低下の課題があり、今後、ケニアの周辺諸国にも地熱発電の導入が進む可能性がある。

#### ■分類6

バイオマス主はエスワティニのみ分類された。電化率は74%で前出の国々よりやや高めである。国内ではバイオマスと水力を主力電源としているが、電力輸入の比率が非常に高いことに注意する必要がある。当該国においてはエネルギーセキュリティの観点から電力輸入依存度を下げするために系統連系型変動型再エネの導入を優先度の高いプロジェクトとして選定した。

#### ■分類7

島嶼国は小規模火力を主電源としているため、発電単価が高く、GHGの排出係数が高い。また、発電のための燃料を輸入に頼っているため、石油市場の価格変動の影響を受けやすい。また、上記の理由から変動型再エネ導入へのインセンティブが非常に高いため、世界的に急速に変動型再エネの導入と蓄電システムの導入が進みつつある。

対応策については、分類別に一般論として検討した。具体的な個別の国の支援策の検討においてはより詳細に調査を行い、それぞれの国情に合ったプロジェクトを検討することが肝要である。

表 11 分類結果と課題・対応策

分類	課題	優先度の高いプロジェクト	優先度
分類された国			
<b>分類 1-1 系統未整備(火力主)</b> セネガル、 <b>エリトリア</b> 、南スーダン、ニジェール、ベナン、マリ、 <b>ソマリア</b> 、ガンビア、ギニアビサウ、ルワンダ、ブルキナファソ、チャド、リベリア、 <b>モーリタニア</b>	電化率が著しく低い 発電単価が高い GHG 排出係数が高い	送配電系統増強・延伸	A
		<b>ミニグリッド・SHS 等</b>	A
		水力発電の開発	B
		系統連系型変動型再エネの導入	B
<b>分類 1-2 系統未整備(水力主)</b> アンゴラ、ザンビア、スーダン、マラウィ、シエラレオネ、カメルーン、ブルンジ、コンゴ民主共和国、中央アフリカ、マダガスカル、ウガンダ、モザンビーク、ギニア	電化率が著しく低い	送配電系統増強・延伸	A
		<b>ミニグリッド・SHS 等</b>	A
		水力発電の開発	A
		系統連系型変動型再エネの導入	B
<b>分類 2 水力主</b> エチオピア、トーゴ、ナミビア、 <b>レソト</b> 、ジンバブエ	電化率が低い	送配電系統増強・延伸	B
		<b>ミニグリッド・SHS 等</b>	B
		水力発電の開発	A
		系統連系型変動型再エネの導入	C
<b>分類 3 ガス主</b> タンザニア、ナイジェリア、コートジボワール、コンゴ共和国、ガーナ、ガボン、赤道ギニア	電化率が低い	送配電系統増強・延伸	B
		<b>ミニグリッド・SHS 等</b>	B
		水力発電の開発	C
		<b>系統連系型変動型再エネの導入</b>	A
<b>分類 4 石炭主</b> <b>南アフリカ</b> 、ボツワナ、 <b>ジブチ</b>	電化率が低い GHG 排出係数が高い 調整力 <sup>20</sup> 不足	送配電系統増強・延伸	B
		<b>ミニグリッド・SHS 等</b>	B
		水力発電の開発	C
		<b>系統連系型変動型再エネの導入</b>	A
		既設石炭火力発電所の効率化	B
		<b>蓄電システム(電池、揚水発電等)の建設</b>	A
<b>分類 5 地熱主</b> ケニア	電化率が低い	国際系統連系の増強	B
		送配電系統増強・延伸	B
		<b>ミニグリッド・SHS 等</b>	B
		水力発電の開発	A
		<b>系統連系型変動型再エネの導入</b>	A
		地熱発電の開発	A
		<b>蓄電システム(電池、揚水発電等)建設</b>	A
国際系統連系の増強	B		
<b>分類 6 バイオマス主</b> エスワティニ	電化率が低い	<b>ミニグリッド・SHS 等</b>	B
		<b>系統連系型変動型再エネの導入</b>	A
<b>分類 7 島嶼国</b> コモロ、 <b>セーシェル</b> 、 <b>カーボベルデ</b> 、サントメプリンシペ、 <b>モーリシャス</b>	発電単価が高い GHG 排出係数が高い	<b>ミニグリッド・島嶼マイクログリッド</b>	A
		<b>蓄電システム(電池、揚水発電等)建設</b>	A

注) 優先度:A・B・Cは優先度のランク付けである。A>B>CでAが最も優先度が高い。

注) ミニグリッドは主な電源に変動型再エネを利用したものとす。

注) SHS=Solar Home System

注) 赤字は変動型再エネ導入促進するプロジェクト

注) 2004年のアフリカ開発銀行の調査で風力ポテンシャルがあるとされた国を青字で記載。太陽光については3.3.3節で述べた通り、サブサハラアフリカ全域においてポテンシャルがあると言える。

出所: JICA 調査団作成

<sup>20</sup> 調整力とは、電力系統におけるアンシラリーサービスを行うために必要な電源等の能力であり、すなわち「一般送配電事業者が、供給区域における周波数制御、需給バランス調整その他の系統安定化業務に必要となる発電機、蓄電池、ダイヤモンドリスパンスその他の電力需給を制御するシステムその他これに準ずるものの能力」をいう。

## 4.2. 協カスキーム

それぞれのプロジェクトに適用が想定されるスキームを表 12 に示す。系統連系型変動型再エネのうち太陽光発電については、既に民間資金による建設が始まっている。しかし、サブサハラアフリカ諸国においては関連法制度の整備・運用面の困難さが存在している。よって、海外投融資等での資金面での支援とともに、関連法制度整備・運用、系統連系規程の整備、契約アドバイザリー等のソフト面の支援も重要である。

ミニグリッドは人口密度の低い既存の送電網から離れた地域の電化に有効である。この分野においても民間による事業が開始されているが、系統連系する変動型再エネと同様に、関連法制度の整備・運用面が障害となっている。海外投融資による資金的な支援でハード面の支援をするとともに、関連法制度整備・運用、契約アドバイザリー等のソフト面での支援も必要である。また、普及が進んでいない国へのショーケースという意味で無償資金協力による実証的なプロジェクトも考えられる。さらに、ミニグリッドが適用される地域では遠隔地であるため、運用・保守が満足にできないケースも考えられる。必要な技術者の育成とともに Information and Communication Technology (ICT) 技術を使った遠隔モニタリング、Artificial Intelligence (AI) などにより設備診断等の運用・保守も必要になってくると考えられる。

変動型再エネの導入という観点では発電所の建設とともに、電力を需要地まで輸送する送電線の建設が必要である。送配電系統増強・延伸は変動型再エネの導入を側面から支援するものと考えられる。また、変動型再エネが増大すると電力系統の調整力も課題となる。蓄電システムの導入・国際連系線の拡充等が今後必要となると考えられる。

送配電系統増強・延伸、水力発電の開発、既設石炭火力の効率化（大規模改修工事のあるもの）、蓄電システムの建設、国際連系線の増強、地熱発電の開発はプロジェクトの規模から円借款事業となるものと想定される。

これらの個別のプロジェクト組成の前段階としてマスタープラン策定と実現可能性調査を技術協力事業で実施する必要がある。また、サブサハラアフリカ諸国は系統運用の技術が先進国と比べ未熟である。技術協力事業で保守・運用を支援することも必要と想定される。

表 12 適用スキーム

No.		対応策
1	送配電系統増強・延伸	円借款
2	ミニグリッド	海外投融資・無償資金協力
3	水力発電の開発	円借款
4	系統連系型変動型再エネの導入	海外投融資・技術協力
5	既設石炭火力発電所の効率化	円借款・技術協力
6	蓄電システムの建設	円借款・海外投融資
7	デマンドレスポンス	海外投融資・技術協力
8	国際系統連系の増強	円借款
9	地熱発電の開発	円借款

出所 JICA 調査団作成

### 4.3. 変動型再エネプロジェクト例

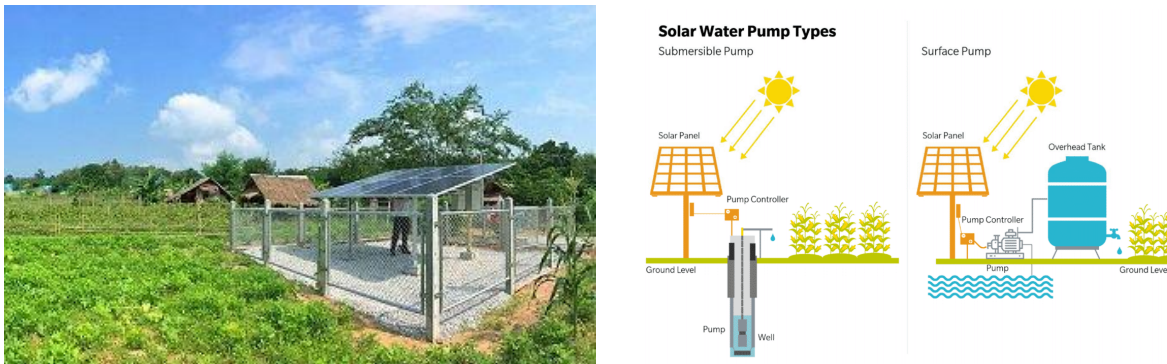
#### 4.3.1.SHS (Solar Home System)

SHS はオフグリッドシステムとも呼ばれ、スタンドアロンで電力を供給するシステムで基本的に PV パネル、小容量の蓄電池、バッテリーコントローラで構成される。SHS により灯油ランプによる室内空気の汚染を減少させ、夜間に労働や勉強を行うことができるようになり、情報へのアクセスを向上させる。SHS のサービスプロバイダの中には、電力サービスだけではなく、テレビ、ラジオ、照明器具をパッケージとして提供する事例もある。サブサハラアフリカ諸国において、民間企業を中心に様々なサービスが展開されている。図 32 に Azuri Technologies Ltd.社が提供しているソーラーホームシステム (Solar Home System、SHS) を事例として示す。なお、SHS と同様のオフグリッドシステムとして、図 33 に示す農業用途の太陽光灌漑用ポンプ等もサブサハラアフリカ諸国において近年普及が進んでいる。



出所 写真左:丸紅株式会社プレスリリース<sup>21</sup>、写真右:Azuri Technologies Ltd. ウェブサイト<sup>22</sup>

図 32 SHS(Solar Home System)の事例



出所 Solar Magazine<sup>23</sup>

図 33 農業用途の太陽光灌漑用ポンプの事例

<sup>21</sup> 2019年6月3日、丸紅株式会社プレスリリース、英国 Azuri Technologies Ltd 社への出資参画を通じたアフリカ未電化地域におけるソーラーホームシステム販売事業への参入についてより、  
<https://www.marubeni.com/jp/news/2019/release/20190603J.pdf>

<sup>22</sup> <https://www.azuri-group.com/>

<sup>23</sup> <https://solarmagazine.com/solar-water-pumps/>

### 4.3.2. ミニグリッド

ミニグリッドは地方部における電化において、長距離送電線を建設することなく素早く電化を行うことができるソリューションである。ミニグリッドの定義はまだ定まっていないが、USAIDによると小規模の限定的な需要家に中央系統から分断された配電線を通して電力を供給する10kW～10MWの系統とされている。IRENAの2015年の報告書によると、ディーゼル発電機のみでのミニグリッドは30～44 cent/kWh<sup>24</sup>の発電コストとなるとされているが、変動型再エネと蓄電池を組み合わせたミニグリッドは発電コストを削減し、温室効果ガス排出量を削減できるとされている。図34にナイジェリアにおけるミニグリッドの事例を示す。



出所 Nayo Technologies Ltd.<sup>25</sup>

図 34 ミニグリッド事例(ナイジェリア、PV 100kW)

### 4.3.3. 島嶼マイクログリッド

島嶼においては、従来ディーゼル発電により電力が供給されることが多かったが、近年はディーゼル発電単独よりもPVと蓄電システムを組み合わせた発電システムに経済優位性があるサイトが多くなってきている。今後、サブサハラアフリカ諸国の島嶼部においても発電コストの低減とGHG削減を目的として、島嶼マイクログリッドの導入が進むと考えられる。

図35に2016年に運転を開始した米国領サモア・Ta'u島における島嶼マイクログリッド(設備容量PV 1.4MW、蓄電池: 6 MWh)の事例を示す。従来、この島はディーゼル発電により電力が供給されていたが、このプロジェクトにより電力を変動型再エネでほぼ100%供給できるようになったと報告されている。

<sup>24</sup> <https://irena.org/publications/2015/Jul/Renewable-Energy-in-Hybrid-Mini-Grids-and-Isolated-Grids-Economic-Benefits-and-Business-Cases>

<sup>25</sup> <https://www.nayotechnology.com/mini-grid-utilities>





出所 American Samoa Power Authority<sup>26</sup>

図 35 島嶼マイクログリッド事例(Ta'u Island)

#### 4.3.4.太陽光発電（系統連系型）

系統連系型太陽光発電の導入は当該国において投資環境が整備されていることが条件となる。南アフリカでは政府の再生可能エネルギー独立発電事業者調達プログラム（Renewable Energy Independent Power Producers Procurement Programme、REIPPPP）により、北ケープ州で 175MW のメガソーラーが Solar Capital によって建設され、2016 年に運用を開始した。このメガソーラーは南アフリカ最大のメガソーラーである。



出所 Solar Capital<sup>27</sup>

図 36 系統連系型太陽光発電例(DeAar Solar Project、南アフリカ)

#### 4.3.5.風力発電

サブサハラアフリカ諸国ではすでに風力発電の開発が進行中であり、特に南アフリカはサブサハラアフリカ諸国の中で最も開発が進んでいる、南アフリカに続き、エチオピア、ケニアでの導入が進んでいる。サブサハラアフリカ諸国の沿岸部や一部の高地を持つ内陸国は風況に恵まれ高い風力ポテンシャルを有している。風力発電の発電単価は年々下がってきており、費用対効果の

<sup>26</sup> <https://www.aspower.com/>

<sup>27</sup> <https://www.solarcapital.co.za/about-us/>

高い電源として今後導入が進む有望な電源と考えられる。図 37 に 2019 年 3 月に商業運転したケニアにおける Lake Turkana 風力発電所（総設備容量 310MW(850kW x 365 基)）を示す。



出所 Lake Turkana Wind Power Ltd<sup>28</sup>

図 37 風力発電の事例(ケニア・Lake Turkana 風力発電所)

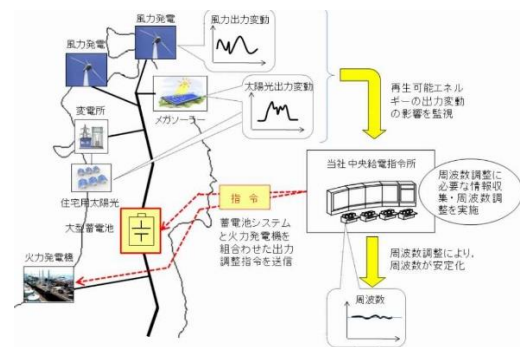
#### 4.3.6.蓄電システム

気象条件で出力が変動する風力発電や太陽光発電の導入拡大に伴い発生する周波数変動への対策として二次電池を用いた蓄電システムが先進国で進められている。現時点で、変動型再エネの導入が進んでいないサブサハラアフリカ諸国においても、将来、系統に大量の変動型再エネが導入されると調整力が不足する可能性が高い。変動型再エネの導入率が高い地域から電池システム等の導入が進むと考えられる。なお、同様に蓄電できる揚水発電所と比較して、二次電池による蓄電システムは建設期間が短い、設置場所の自由度が高いという特徴がある。図 38 に東北電力が変動型再エネの増大に伴う周波数変動対策のために設置した蓄電システム（設備容量 20MWh）の事例を示す。



東北電力西仙台変電所に設置された蓄電システム

出所 東北電力株式会社<sup>29</sup>



運用のイメージ

図 38 蓄電システムの事例(東北電力西仙台変電所、リチウムイオン電池(容量20MWh))

<sup>28</sup> <https://ltwp.co.ke/>

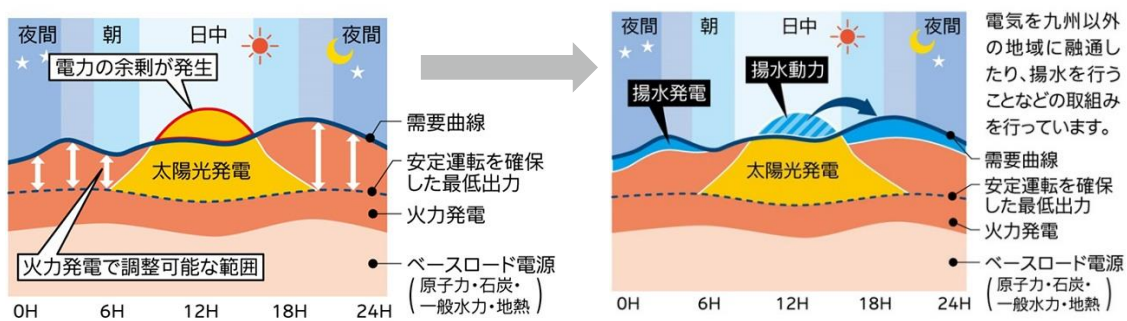
<sup>29</sup> [https://www.tohoku-epco.co.jp/pastnews/normal/1189166\\_1049.html](https://www.tohoku-epco.co.jp/pastnews/normal/1189166_1049.html)



#### 4.3.7.揚水発電所

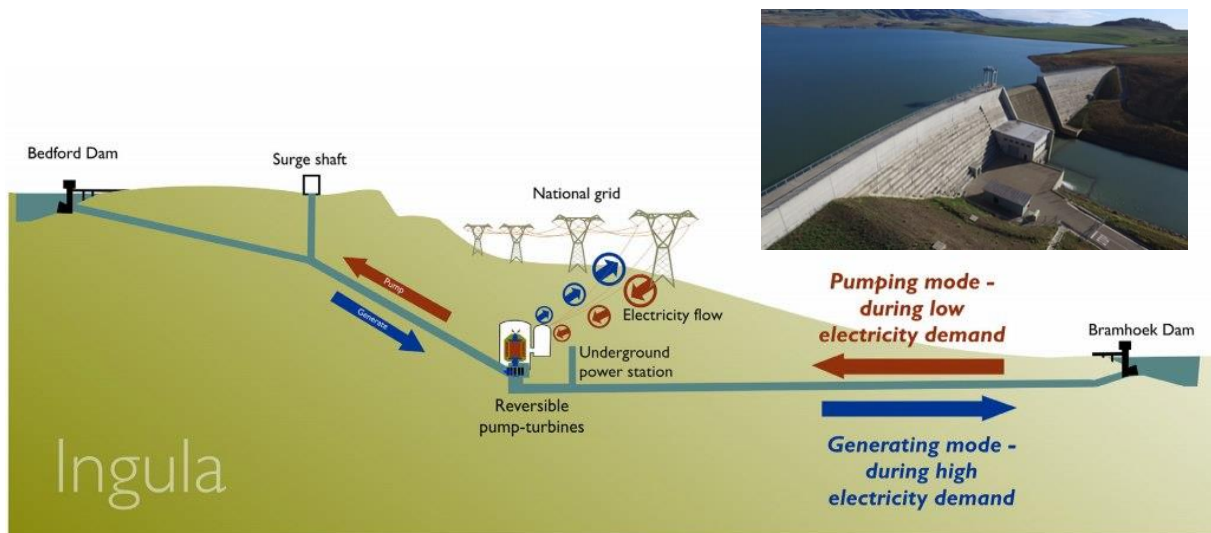
揚水発電所は、系統の供給余力電気エネルギーを水の位置エネルギーに変換して蓄え、これを必要に応じて再び電気エネルギーに変換して供給する一種の電力貯蔵設備である。発電所の上部および下部に池を設け、深夜そのほかの軽負荷時の供給余力を揚水原資として利用して下池の水を上池に揚水貯留し、ピーク負荷時そのほかの系統運用の必要に応じてこの貯留水を利用して発電する。貯水池・調整池式発電所と同様に、負荷調整能力に優れ頻繁な起動停止が可能であるほか、ピーク負荷用、電力系統周波数調整用に活用できる。変動型再エネの大量導入に伴い必要となる調整力を供給するシステムである。

サブサハラアフリカ地域においても変動型再エネの大量導入に伴い、揚水発電所が必要になる可能性がある。図 39 に揚水発電所の運転イメージ（九州電力の例）、図 40 に 2017 年に運転開始した南アフリカの Ingula 揚水発電所（設備容量：1,332MW（333MW x 4 台））を事例として示す。



出所 九州電力株式会社

図 39 揚水発電所の運転イメージ(九州電力の例)



出所 Eskom

図 40 EskomのIngula揚水発電所

## 第5章 調査に使用した各種データ

表13 マクロ経済指標

No.	国名	国名(英語表記)	人口[千人]	人口密度 [/km <sup>2</sup> ]	一人当たり GDP	携帯電話普及率[%]
1	エチオピア	Ethiopia	109,225	109	571	37.22
2	ケニア共和国	Kenya	51,393	90	1,201	96.32
3	ルワンダ	Rwanda	12,302	499	845	78.85
4	ウガンダ	Uganda	42,723	213	934	57.27
5	タンザニア	Tanzania	56,318	64	959	77.24
6	ナイジェリア	Nigeria	195,875	215	2,383	88.18
7	コートジボワール	Cote d'Ivoire	25,069	79	1,668	134.86
8	セネガル	Senegal	15,854	82	1,547	104.45
9	モザンビーク	Mozambique	29,496	38	593	47.72
10	アンゴラ	Angola	30,810	25	3,234	43.13
11	ザンビア	Zambia	17,352	23	1,678	89.16
12	南アフリカ	South Africa	57,780	48	7,432	159.93
13	エリトリア	Eritrea	3,214	32		20.36
14	コモロ	Comoros	832	447	1,403	59.94
15	ジブチ	Djibouti	959	41		41.2
16	ジンバブエ	Zimbabwe	14,439	37	1,306	89.4
17	スーダン	Sudan	41,802	N/A	1,812	72.01
18	セーシェル	Seychelles	97	210	14,417	184.3
19	ソマリア	Somalia	15,008	24		50.99
20	マダガスカル	Madagascar	26,262	45	490	40.57
21	マラウイ	Malawi	18,143	192	515	39.01
22	南スーダン	South Sudan	10,976	N/A		33.46
23	モーリシャス	Mauritius	1,265	623	10,577	151.36
24	ガーナ	Ghana	29,767	131	1,808	137.52
25	カーボベルデ	Cabo Verde	544	135	3,740	112.24
26	ガンビア	Gambia, The	2,280	225	791	139.53
27	ギニア共和国	Guinea	12,414	51	897	96.77
28	ギニアビサウ	Guinea-Bissau	1,874	67	623	78.99
29	シエラレオネ	Sierra Leone	7,650	106	473	88.47(2017)
30	トーゴ	Togo	7,889	145	677	77.89
31	ニジェール	Niger	22,443	18	552	40.64(2017)
32	ブルキナファソ	Burkina Faso	19,752	72	800	97.91
33	ベナン	Benin	11,485	102	1,211	82.38
34	マリ共和国	Mali	19,078	16	779	115.08
35	モーリタニア	Mauritania	4,403	4	1,704	103.71
36	リベリア	Liberia	4,819	50	541	56.57
37	エスワティニ	Eswatini	1,136	66	4,762	93.53
38	ナミビア	Namibia	2,448	3	5,942	112.7
39	ボツワナ	Botswana	2,254	4	8,033	150.01
40	レソト	Lesotho	2,108	69	1,375	113.83
41	ガボン	Gabon	2,119	8	9,051	138.28
42	カメルーン	Cameroon	25,216	53	1,502	73.19
43	コンゴ共和国	Congo, Rep.	5,244	15	2,304	95.34
44	コンゴ民主共和国	Congo, Dem. Rep.	84,068	37	419	43.38
45	サントメ・プリンシペ	Sao Tome and Principe	211	220	1,297	77.06
46	赤道ギニア	Equatorial Guinea	1,309	47	10,135	45.17
47	チャド共和国	Chad	15,478	12	812	45.12
48	中央アフリカ	Central African Republic	4,666	7	379	27.41
49	ブルンジ	Burundi	11,175	435	211	56.53

出所 人口(Population (total)), 人口密度(Population density (people per sq. km of land area)), 一人当たり GDP (GDP per capita (constant 2010 US\$)), 携帯電話普及率(Mobile cellular subscriptions (per 100 people)), 2018 年データ, World Development Indicator(<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>)

表14 年間電力発電量[GWh]

No.	国名	水力	ガス	石油	石炭	地熱	バイオ 燃料	太陽光	太陽熱	風力	原子力	合計
1	エチオピア	13,018	0	5	0	0	0	20	0	533	0	13,576
2	ケニア共和国	3,986	0	2,094	0	5,186	127	85	0	291	0	11,769
3	ルワンダ	558	193	0	0	0	33	17	0	0	0	801
4	ウガンダ	4,911	0	104	0	0	197	81	0	0	0	5,293
5	タンザニア	2,234	3,506	1,330	0	0	72	88	0	0	0	7,230
6	ナイジェリア	6,458	29,791	0	0	0	0	28	0	0	0	36,277
7	コートジボワール	2,962	7,026	10	0	0	61	0	0	0	0	10,059
8	セネガル	360	40	3,709	494	0	89	80	0	0	0	4,772
9	モザンビーク	13,921	2,736	0	0	0	0	2	0	0	0	16,659
10	アンゴラ	8,734	0	3,001	0	0	0	0	0	0	0	11,735
11	ザンビア	13,693	0	456	2,040	0	0	0	0	0	0	16,189
12	南アフリカ	5,610	0	183	221,303	0	0	3,255	1,554	6,624	13,596	252,125
13	エリトリア	0	0	451	0	0	0	43	0	2	0	496
14	コモロ											
15	ジブチ											
16	ジンバブエ	5,049	0	49	4,134	0	187	0	0	0	0	9,419
17	スーダン	9,657	0	6,599	0	0	0	0	0	0	0	16,256
18	セーシェル											
19	ソマリア											
20	マダガスカル											
21	マラウイ											
22	南スーダン	0	0	580	0	0	0	3	0	0	0	583
23	モーリシャス	125	0	1,223	1,260	0	460	49	0	15	0	3,132
24	ガーナ	6,017	6,206	6	0	0	0	33	0	0	0	12,262
25	カーボベルデ	0	0	361	0	0	0	5	0	77	0	443
26	ガンビア											
27	ギニア共和国											
28	ギニアビサウ											
29	シエラレオネ											
30	トーゴ	4	210	179	0	0	0	3	0	0	0	396
31	ニジェール	0	0	342	240	0	0	24	0	0	0	606
32	ブルキナファソ											
33	ベナン	5	63	134	0	0	0	5	0	0	0	207
34	マリ共和国											
35	モーリタニア											
36	リベリア	40	0	150	0	0	0	0	0	0	0	190
37	エスワティニ											
38	ナミビア	1,144	0	0	21	0	0	26	0	5	0	1,196
39	ボツワナ	0	0	8	3,146	0	0	5	0	0	0	3,159
40	レソト											
41	ガボン	901	1,115	230	0	0	11	2	0	0	0	2,259
42	カメルーン	5,023	2,341	1,203	0	0	40	19	0	0	0	8,626
43	コンゴ共和国	1,239	2,155	114	0	0	0	1	0	0	0	3,509
44	コンゴ民主共和国	10,538	2	5	0	0	27	10	0	0	0	10,582
45	サントメ・プリンシペ	13	0	84	0	0	0	0	0	0	0	97
46	赤道ギニア	586	887	8	0	0	0	0	0	0	0	1,481
47	チャド共和国											
48	中央アフリカ											
49	ブルンジ											

出所 ※1.1 節図 2・図 3 の出所とデータの補完方法について参照

表15 その他電力セクター指標

No.	国名	最大電力 [MW]	一人当 りの電力 消費量	送配電ロ ス率	LCOE[ce nt/kWh]	CO2 源単 位[t- CO2/MW h]	電化率(全 体)	電化率 (都市部)	電化率 (地方部)	電気料金
1	エチオピア	2,491	0.1	18.7	17	0.00003	44%	97%	31%	4.6
2	ケニア共和国	1,912	0.2	17.6	22	0.6672	64%	81%	58%	20.77
3	ルワンダ	158	0.032	25	43	0.654	34%	85%	24%	18.73
4	ウガンダ	724	0.06	21	16	0.55	22%	57%	11%	20.97
5	タンザニア	1,026	0.1	17.7	17	0.529	33%	65%	17%	16.13
6	ナイジェリア	5,191	0.1	16.1	21	0.55	54%	87%	23%	20.33
7	コートジボワール	1,148	0.3	14.3	21	0.561	66%	94%	37%	12.87
8	セネガル	637	0.2	12.9	35	0.6798	62%	92%	35%	22.33
9	モザンビーク	1,375	0.5	14.7	12	0.9644	27%	73%	2%	7.53
10	アンゴラ	2,800	0.3	11.3	N/A	0.8408	42%	73%	0%	5.63
11	ザンビア	23,000	0.7	15	8	0.9644	40%	75%	14%	4.37
12	南アフリカ	34,481	0.4	8.4	11	0.892	84%	93%	67%	11.53
13	エリトリア	55	0.1	12.9	N/A	N/A	48%	77%	30%	22.5
14	コモロ	19	0.07	40.1	61	N/A	80%	95%	74%	31.13
15	ジブチ	100	N/A	N/A	N/A	N/A	60%	70%	26%	23
16	ジンバブエ	1,800	0.6	16.4	16	N/A	40%	86%	19%	N/A
17	スーダン	3,146	0.2	14.2	15	0.305	56%	83%	43%	5.77
18	セーシェル	60	3.42	12	32	N/A	100%	100%	100%	N/A
19	ソマリア	N/A	0.03	N/A	N/A	N/A	33%	63%	9%	65
20	マダガスカル	342	0.042	33	32	0.6703	24%	69%	0%	14.63
21	マラウイ	600	0.087	24	16	N/A	13%	58%	4%	14.47
22	南スーダン	100	0.4	5.7	N/A	0.305	25%	42%	21%	37.07
23	モーリシャス	468	2.2	6.2	21	0.9915	98%	90%	100%	25.73
24	ガーナ	2,804	0.4	22.6	14	0.40853	79%	90%	65%	23.93
25	カーボベルデ	68	0.415	32	51	N/A	93%	94%	90%	34.23
26	ガンビア	1,960	0.1	27	44	N/A	56%	79%	21%	26.03
27	ギニア共和国	335	0.042	24	35	N/A	35%	83%	9%	16.87
28	ギニアビサウ	55	0.007	N/A	N/A	N/A	26%	48%	9%	30.63
29	シエラレオネ	280	0.02	39	55	N/A	23%	49%	5%	29.5
30	トーゴ	217	0.2	71	33	N/A	48%	89%	19%	20.97
31	ニジェール	150	0.1	41.8	19	N/A	20%	67%	11%	24.77
32	ブルキナファソ	292	0.065	16	34	0.36825	25%	65%	10%	27.33
33	ベナン	257	0.1	61	26	N/A	43%	73%	17%	23.03
34	マリ共和国	520	0.077	23	33	0.645	43%	87%	12%	15.8
35	モーリタニア	111	0.13	23	34	N/A	43%	0%	83%	21.43
36	リベリア	80	0.01	25	66	N/A	21%	36%	7%	54.2
37	エスワティニ	212	N/A	N/A	N/A	N/A	74%	93%	67%	NA
38	ナミビア	600	1.7	36.2	N/A	0.93	53%	77%	29%	17.97
39	ボツワナ	880	1.8	11	22	N/A	63%	80%	24%	13.83
40	レソト	153	N/A	9	9	N/A	34%	70%	20%	14.83
41	ガボン	N/A	260	27.8	25	N/A	92%	98%	49%	22
42	カメルーン	1,154	936	11.1	16	N/A	61%	93%	21%	19.93
43	コンゴ共和国	N/A	459	44.5	17	N/A	66%	87%	24%	11.53
44	コンゴ民主共和国	1,000	2677	21.4	N/A	N/A	19%	49%	0%	11.57
45	サントメ・プリンシペ	14	33	43	54	N/A	72%	83%	45%	34.2
46	赤道ギニア	N/A	302	N/A	N/A	N/A	67%	91%	6%	22.67
47	チャド共和国	N/A	125	N/A	N/A	N/A	11%	39%	2%	25.27
48	中央アフリカ	N/A	26	N/A	20	N/A	30%	52%	15%	11.37
49	ブルンジ	N/A	45	N/A	N/A	N/A	9%	62%	2%	11.43

出所 次頁参照

表15の出所

最大電力[MW]の出所

国名	出所
エチオピア(2018)	<a href="#">Africa Energy Market Place Ethiopian Government Presentation</a>
ケニア共和国(2018)	<a href="#">Kenya Power &amp; Lighting Annual Report 2018</a>
ルワンダ(2014)	<a href="https://europa.eu/capacity4dev/file/30518/download?token=DTLtpLId">https://europa.eu/capacity4dev/file/30518/download?token=DTLtpLId</a>
ウガンダ(2019)	<a href="#">ERA website Maximum Demand</a>
タンザニア(2016)	<a href="#">TANESCO Annual Report</a>
ナイジェリア(2018)	<a href="#">2018 Annual Report &amp; Accounts 31 December 2018</a>
コートジボワール(2014)	<a href="#">World Bank Report COMBINED PROJECT INFORMATION DOCUMENTS / INTEGRATED SAFEGUARDS DATA SHEET (PID/ISDS)</a>
セネガル(2017)	<a href="#">ECOWAS MASTER PLAN FOR THE DEVELOPMENT OF REGIONAL POWER GENERATION AND TRANSMISSION INFRASTRUCTURE 2019-2033</a>
モザンビーク(2013)	<a href="#">The Electricity Sector in Mozambique An Analysis of the Power Crisis and Its Impact on the Business Environment</a>
アンゴラ(2016)	<a href="#">Ministry of Energy and Water Affairs Report The Project for Power Development Master Plan in the Republic of Angola</a>
ザンビア(2017)	<a href="#">Zambia's electricity demand will triple by 2030 - PMRC</a>
南アフリカ(2016)	<a href="#">South Africa Energy Sector Report</a>
エリトリア(2013)	<a href="#">Eritrea-Europa.edu</a>
コモロ(2014)	<a href="#">African Development Bank Report Country Strategy Paper 2016-2020</a>
ジブチ(2018)	<a href="#">World Bank - Project Information Document</a>
ジンバブエ(2019)	<a href="#">Zimbabwe Independent Revisiting the power situation</a>
スーダン(2018)	<a href="#">World Bank Report From Subsidy to Sustainability: Diagnostic Review of Sudan's Electricity Sector</a>
セーシェル(2019)	<a href="#">Africa Legal Support Facilities Seychelles: The First PV Project</a>
マダガスカル(2016)	<a href="#">The World Bank Madagascar Power Sector Operations Improvement Project - AF to ESOGIP (P164318)</a>
マラウイ(2011)	<a href="#">Energy Supply in malawi: Options &amp; Issues</a>
南スーダン(2015)	<a href="#">Republic of South Sudan Electricity Sector Strategy Note for South Sudan</a>
モーリシャス(2018)	<a href="#">ENERGY AND WATER STATISTICS - 2018</a>
ガーナ(2019)	<a href="#">2020 Electricity Supply Plan</a>
カーボベルデ(2016)	<a href="#">Africa Finance Corporation The Link between Power Investments, Incomes and Jobs in Cape Verde</a>
ガンビア(2017)	<a href="#">The World Bank Report INTERNATIONAL DEVELOPMENT ASSOCIATION PROJECT APPRAISAL DOCUMENT</a>
ギニア共和国(2018)	<a href="#">Combined Project Information Documents / Integrated Safeguards Datasheet (PID/ISDS)</a>
ギニアビサウ(2011)	<a href="#">ECOWAS MASTER PLAN FOR THE DEVELOPMENT OF REGIONAL POWER GENERATION AND TRANSMISSION INFRASTRUCTURE 2019-2033</a>
シエラレオネ(2014)	<a href="#">ECOWAS MASTER PLAN FOR THE DEVELOPMENT OF REGIONAL POWER GENERATION AND TRANSMISSION INFRASTRUCTURE 2019-2033</a>
トーゴ(2016)	<a href="#">ECOWAS MASTER PLAN FOR THE DEVELOPMENT OF REGIONAL POWER GENERATION AND TRANSMISSION INFRASTRUCTURE 2019-2034</a>
ニジェール(2015)	<a href="#">World Bank help to Increase Access to Electricity in Niger</a>
ブルキナファソ(2017)	<a href="#">ECOWAS MASTER PLAN FOR THE DEVELOPMENT OF REGIONAL POWER GENERATION AND TRANSMISSION INFRASTRUCTURE 2019-2035</a>
ベナン(2016)	<a href="#">ECOWAS MASTER PLAN FOR THE DEVELOPMENT OF REGIONAL POWER GENERATION AND TRANSMISSION INFRASTRUCTURE 2019-2035</a>
マリ共和国(2016)	<a href="#">ECOWAS MASTER PLAN FOR THE DEVELOPMENT OF REGIONAL POWER GENERATION AND TRANSMISSION INFRASTRUCTURE 2019-2035</a>
モーリタニア(2017)	<a href="#">Mini-Grid Market Opportunity Assessment: Mauritania Green Mini-Grid Market Development Programme: Sustainable Energy Fund for Africa &amp; African Development Bank</a>
リベリア(2010)	<a href="#">Evaluation of EU energy funding in Liberia and recommendations</a>
エスワティニ(2014)	<a href="#">Eswatini Energy Regulatory Authority</a>
ナミビア(2016)	<a href="#">Electricity Control Board</a>
ボツワナ(2019)	<a href="#">Renewable Energy Association of Botswana</a>
レソト(2016)	<a href="#">Investment Plan for Lesotho</a>
カメルーン(2016)	<a href="#">World Bank Document Combined Project Information Documents / Integrated Safeguards Datasheet (PID/ISDS)</a>
サントメ・プリンシペ(2014)	<a href="#">World Bank Document International Development Association Project Appraisal Document</a>
ブルンジ(2016)	<a href="#">Technical Assistance Program for Burundi Summary Report</a>

項目	出所
一人当たりの電力消費量(2017)	Electricity consumption per capita, Energy Consumption, IEA Countries and regions, <a href="https://www.iea.org/country">https://www.iea.org/country</a> ,
電ロス率(2014),	World bank, Electric power transmission and distribution losses, World Development Indicator, <a href="https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#">https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#</a>
送配 LCOE(2016),	Trimble etc. Financial Viability of Electricity Sectors in Sub-Saharan Africa, World Bank 2016, <a href="https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/24869/WPS7788.pdf">https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/24869/WPS7788.pdf</a>
CO2 源単位[t-CO2/MWh]	(2020), IGES, List of Grid Emission Factors
電化率(全体)(2017)	, Access to electricity (% of population), World Development Indicator <a href="https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#">https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#</a>
電化率(都市部)(2017),	Access to electricity (% of urban population), World Development Indicator <a href="https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#">https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#</a>
電化率(地方部)(2017),	Access to electricity (% of rural population), World Development Indicator <a href="https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#">https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#</a>
電気料金(2014-2016),	Electricity Tariffs (average 2014-2016), table 15 Power Outages and Firm Performance: A Comparative Analysis Jean Arlet Global Indicators Group, Development Economics. The World Bank March, 2017 <a href="http://pubdocs.worldbank.org/en/444681490076354657/Electricity-Tariffs-Power-Outages-and-Firm-Performance.pdf">http://pubdocs.worldbank.org/en/444681490076354657/Electricity-Tariffs-Power-Outages-and-Firm-Performance.pdf</a>
月間停電回数(2013-2015),	table 15 Power Outages and Firm Performance: A Comparative Analysis Jean Arlet Global Indicators Group, Development Economics. The World Bank March, 2017 <a href="http://pubdocs.worldbank.org/en/444681490076354657/Electricity-Tariffs-Power-Outages-and-Firm-Performance.pdf">http://pubdocs.worldbank.org/en/444681490076354657/Electricity-Tariffs-Power-Outages-and-Firm-Performance.pdf</a>
平均停電時間 2013-2015	table 15 Power Outages and Firm Performance: A Comparative Analysis Jean Arlet Global Indicators Group, Development Economics. The World Bank March, 2017 <a href="http://pubdocs.worldbank.org/en/444681490076354657/Electricity-Tariffs-Power-Outages-and-Firm-Performance.pdf">http://pubdocs.worldbank.org/en/444681490076354657/Electricity-Tariffs-Power-Outages-and-Firm-Performance.pdf</a>

## APPENDIX 4 : 重点 12 カ国のマスタープランにおける電力需要

## 目 次

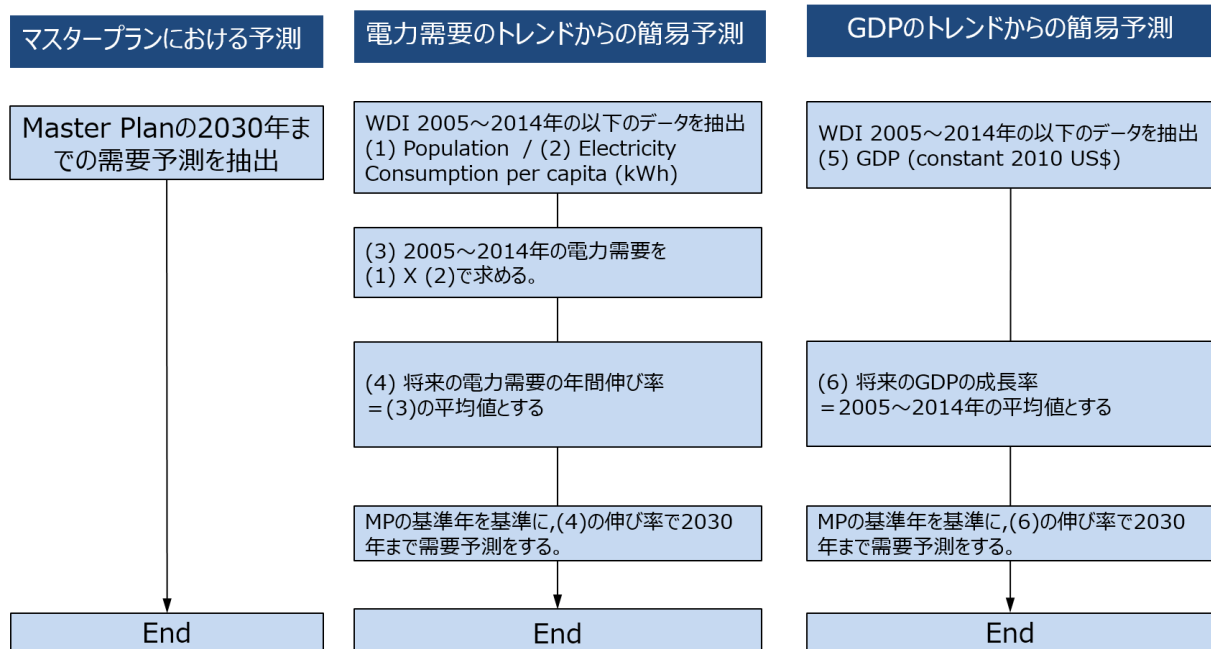
第 1 章	マスタープランの電力需要のレビュー方法.....	3
第 2 章	一般的な需要予測手法.....	4
第 3 章	各国マスタープラン.....	12
第 4 章	計算条件の算出.....	15
第 5 章	結果.....	16
第 6 章	考察.....	19

# 第1章 マスタープランの電力需要のレビュー方法

電力量の想定手法は、マクロ手法と用途別積上げ手法に大別される。また想定期間の差によって、短期想定（1～2年）と長期想定（10年）に区分される。需要想定の手法は、短期・長期ともに基本的には同じであるが、短期の場合には、景気の局面、個別需要家の新增設計画や生産計画など至近時点の動向を重視する。一方、長期想定では、経済・社会の成長テンポや構造変化、あるいは電力需要構造の長期的すう勢などに留意しつつ、経済・社会諸指標との相関などのマクロ的な手法を採用するのが一般的である。

本レビューは長期想定であるマスタープラン（Master Plan、MP）のレビューであるのでマクロ手法を用い、GDP と電力需要の時系列の傾向により 2030 年時点の需要を想定し、既存のマスタープランと比較を行った。

図 1 に電力需要のトレンドによる簡易予測と GDP のトレンドからの簡易予測手法の手順を示す。



出所 JICA調査団作成

図1 各需要予測のフロー



## 第2章 一般的な需要予測手法

### 2.1. 電力需要予測

電力需要を把握する方法としては、電力量、最大電力、負荷率、負荷曲線などがあるが、なかでも電力量と最大電力が基本となる。以下、各項目について簡単に定義を説明する。

#### a) 電力量

一定の電力をある時間使用した電気の量（エネルギー）を電力量といい、例えば、1ワットの電力を1時間使用した場合の電力量を1ワット時（Wh）という。需要想定の対象は日・月・年などが単位となる。

#### b) 最大電力

ある期間（日、月、年）中で最も多く使用された電力を最大電力という。一般には、1時間ごとの電力量のうち最大のものをいう。需要想定、供給計画、電源開発計画などで用いられる最大電力は一般的に最大3日平均電力と呼ばれるものである。これは、1か月を通じた毎日の最大電力を上位から3日とり、それを平均した値である。諸外国では1時間平均値の1日最大で示すことが多い。

#### c) 負荷率

一定期間の電力量をその機関の総時間で除したものを平均電力といい、期間の取り方によって日・月・年平均電力などがある。この平均電力を最大電力で除したものを負荷率といい、その期間内の負荷の変動状況、特性をみるのに用いる。

#### d) 負荷曲線（ロードカーブ）

電力需要は時々刻々と変動するが、それを時間の流れに沿って示したものを負荷曲線という。電力需要の季節格差や昼夜間格差のため、負荷曲線の分析と想定も重要である。

### 2.2. 電力需要の想定手法

#### 2.2.1. 日本における想定手法

##### （1）電力量の想定

前述の通り、電力量の想定手法は、マクロ手法と用途別積み上げ手法に大別される。想定にあたっては、単一の手法のみに依存するのではなく多面的に種々の手法による想定を行い、そのなかから、その時々的情勢を踏まえて最も蓋然性が高いと思われるものを採用するのが通例である。

##### ① マクロ想定

#### a) GDPと電力需要の相関による想定

電力需要は経済社会全体の動きに関係していることから、GDPと類似したパターンで推移する傾向がある。従って、過去の実績から相関を求め、将来について予測されているGDPを投入することによって、マクロ的に電力量の予測をすることができる。

#### b) IIPと産業用電力需要の相関による想定

産業用電力需要は精算水準の変化に対応して変動することから、鉱工業生産指数（IIP）との過去の相関を求め、将来の予想IIPを投入することによって想定する。なお、電力多消費産業が産業用電力需要全体に占める比率は、同産業がIIPに占める付加価値比率よりも大幅に大きい。そのため、産業用電力需要を電力多消費産業と寡消費産業の二つに分け、それぞれのIIPとの相関を求めて想定する方法もある。

c) 時系列傾向線による想定

過去の電力需要が時系列的にある傾向線をたどっていることに注目して、その傾向線を先に伸ばすことによって想定する。高度経済成長期のようにエネルギー需要が持続的に高率で伸び続けた時代には、有力な想定手法の一つである。

② 電力量のマイクロ想定

a) 電灯

電灯需要の想定手法としては、時系列傾向線、需要家 1 軒当たり使用料の傾向線などのようなトレンド想定手法がある。また、ややマクロ的な手法としては、GDP の民間最終消費支出との相関で求めるものもある

家庭における電気の使用状況を具体的に把握して将来を想定するものとして、機器別積み上げ手法がある。これは、主要家電機器の将来の普及率、平均容量、使用時間、使用電力量などを個別に想定し、別途に見通した需要家軒数をベースとして最終的に積み上げる手法である。

b) 特定規模需要

「業務用」は、事務所ビル、デパート、ホテルなどの第三次産業と密接な関係があることから第三次産業粗資本ストックとの相関や GDP との相関、時系列携行、需要家動向などにより想定し、「産業用その他」は鉱工業の生産状況、経済社会活動などと密接に関係していることから IIP や GDP との相関で想定する方法や時系列傾向、需要家動向（工場新增設など）などによる方法で想定する。

(2) 最大電力の想定

① 最大電力の諸元に分けて想定する手法

主として短期の最大電力想定に用いられる手法で、1)8 月販売電力量、2)8 月送電端電力量、3)最大 3 日平均日量（電力量）、4)最大 3 日平均電力、という手順で想定する。この手法では、至近の夏季需要（冷房需要）や景気の動向を織り込むことができるが、反面、細かい積み上げ的な作業が中心となるため、長期想定のための手法としてはやや限界がある。

② GDP との相関で想定する手法

最大電力と GDP との相関関係によって将来の最大電力を想定する方法である。しかしながら、GDP と必ずしも連動しない夏季需要の比率が高まっているため、この手法では的確な数値が得にくくなっている。

そのため、最大電力を経済社会の動きに反映する「ベース需要」と「夏季需要」とに分け、ベース需要は GDP との相関などから、また下記需要は時系列傾向や冷房比率の高い伝統、業務用の動向などからそれぞれ想定し、両者を合算する想定手法を取ることが多くなっている。

③ 年負荷率の動向による方法

電力量と最大電力との関係は年負荷率（年平均電力／最大電力）で示される。したがって電力量が所与の場合には、将来の年負荷率を想定すればそれを用いて最大電力を求めることができる。年負荷率は、用途別需要の年負荷率の動向、用途別需要の構成変化、時系列傾向などによって想定する。

④ 時系列傾向線による手法

電力量の場合と同様に、過去の傾向線を延長して想定する手法である。

⑤ 月別最大電力の想定手法

まず年間最大電力（通常 8 月、北海道のみは 12 月）を想定し、ほかの月の最大電力は、年間最大電力との比率の傾向、月別負荷率の傾向などから想定する。

(3) 供給区域毎の需要想定方法

電力広域的運営推進機関（OCCTO）にて、一般送配電事業者より提出された供給区域需要の想定に基づき全国の需要想定を毎年策定し、公表している。2021 年度の「全国及び供給区域ごとの需要想定」より供給区域毎の需要想定方法を以下に示す。

表 1 全国及び供給区域ごとの需要想定

	2021年度及び2022年度（短期）					2030年度（長期）				
	需要電力量				送電端 最大 需要電力	需要電力量				送電端 最大 需要電力
	家庭用その他		業務用	産業用 その他		家庭用その他		業務用	産業用 その他	
	口数	原単位			口数	原単位				
北海道	人口/一口 当たり人口	時系列	GDP原単位	IIP	日負荷率	人口/一口 当たり人口	時系列	GDP原単位	IIP	日負荷率
東北			GDP 人口	IIP				GDP 人口	IIP	年負荷率
東京			KP3原単位	IIP原単位				KP3原単位	IIP原単位	日負荷率
中部			GDP原単位	IIP				GDP原単位	IIP	日負荷率
北陸			時系列	<u>個社動向・直 近実績等</u>				時系列	IIP	日負荷率
関西			GDP 時系列	IIP 時系列				GDP 時系列	IIP 時系列	日負荷率
中国			時系列	<u>IIP</u>				時系列	<u>IIP</u>	日負荷率
四国			GDP 時系列	IIP 時系列				GDP 時系列	IIP 時系列	日負荷率
九州			GDP原単位	IIP				GDP原単位	IIP	日負荷率
沖縄			<u>時系列</u>	<u>時系列</u>				<u>時系列</u>	<u>時系列</u>	日負荷率

※経済指標（GDP 等）と時系列の両方の記載がある箇所は、重回帰による想定

※下線箇所は、経済指標や時系列(タイムトレンド)の回帰式以外に個社動向を織り込み想定

2.2.2. 諸外国における需要想定

日本電力調査委員会にて、欧米主要国の需要想定手法について調査を実施している<sup>1</sup>。調査にあたっては、中通設備形成糖の公益的な課題を目的とした長期需要想定を実施しているものと考えられた欧米主要国の政府機関、民間協議会、系統運用事業者、研究機関等をリストアップし、長期需要想定の手法を中心に、想定実施主体、想定にあたっての入力基礎データ、想定結果の活用方法等について、アンケート調査および訪問調査を行っている。対象国は、スウェーデン、ノル

<sup>1</sup> 平成 18 年度需要研究会報告書「海外における長期電力需要想定手法」（2007 年 6 月）

ウェー、フランス、ドイツ、イタリア、イギリス、スペイン、アメリカである。以下、同報告書より各国の需要想定手法について抜粋する。

表 2 需要想定手法(その1)

国別	スウェーデン	ノルウェー	フランス
長期需要 想定機関	スウェーデン電力庁 政府規制機関	ノルウェー水資源エネルギー局 政府規制機関	RTE(Gestionnaire du Réseau de Transport d' Electricite) 送電系統運用者
想定 目的・用途	政策策定 CO2 排出量推計	流通設備形成 需給バランスチェック 政策策定	需給バランスチェック 政策策定
想定エリア	国全体のみ	ノルウェー全土	国全体
想定頻度	3~4 年に 1 度	・全国レベルでの想定は 2 年に 1 度 ・地域レベルでは、電力供給問題が あるエリアについて、適宜想定を 実施	2 年に 1 度
想定期間	20 年	2015 年まで	2006 年~2020 年の 15 年
想定項目	産業・運輸・家庭・業務について の需要想定を行うことで、全体の 総需要を算出	年間需要電力量	年間需要電力量と最大需要電力
前提諸元	エネルギー消費実績の統計、GDP の実績および想定値、エネルギー 価格、住宅指標（取り壊し率、居 住エリアなど）、人口成長率、投 資、エネルギーの高効率化の可能 性など	人口成長率、住宅指標、オフィスビ ルの床面積、GDP	用途別エネルギー消費量、需要規 模（メータリングデータ）、用途別 負荷形状
需要実績 データの 入手方法	・スウェーデンの正式なエネル ギー統計 ・ Statistics Sweden から特別に提 供される統計	需要電力量の実績値はウェブサイ トの Statistics Norway に掲載	
想定手法	想定されるシナリオにしたがっ て、石油価格や排出権価格、GDP などを推定し、それによって、産 業・運輸・家庭・業務部門の需要 を想定する。全体のエネルギー供 給量は MARKAL というモデルに よって算出され、最終的にエネル ギーバランスを考慮して想定値 が決定される	・公共統計やノルドプール、大口産 業用需要家の提供情報を活用し、 様々な需要家部門について電力需 要自席の調査を実施 ・過去の実績と将来のエネルギー 効率を考慮して、将来の電力需要 の想定を実施 ・エネルギー多消費産業（KKI）と 他に二分して想定。KKI 部門の需要 想定は補助金や税金などの国家政 策によって左右される産業活動・ 生産を考慮	・電力消費を詳細にブレイクダウ ン ・業種別（産業用需要・業務用需要・ 家庭用需要）、最終消費形態別（鉄 鋼・科学・暖房・照明・動力等）の 需要電力量の想定から始まり、続 いて需要規模を想定 ・需要電力量の想定：業種別、最終 消費形態別に「キードライバー（産 業部門各業種の生産高、家庭用建 物の延床面積など）の想定値 ×電力消費原単位の想定値」 ・需要規模の想定：用途別の需要電 力量の想定値に、用途別の標準負 荷曲線を当て嵌める

表 3 需要想定手法(その2)

国別	ドイツ		イタリア
	コンサルティング企業	送電系統運用者団体	
長期需要 想定機関	Prognos AG コンサルティング企業	ドイツ系統運用者協会 送電系統運用者団体	Terna (Terna Rete Elettrica Nazionale) 送電系統所有・運用者
想定 目的・用途	流通設備形成 公平アクセス 発電設備形成 需給バランスチェック 燃料調達計画 政策策定	需給バランスチェック UCTE 電力バランス想定への貢献 ※需要想定は行っていない	流通設備形成
想定エリア	ドイツ全土と各地域	ドイツ全土 (TSO エリアごとにデータ収集)	全国、州別 (本当 18 州、シチリア島、サルデーニャ島)
想定頻度	4 年 (政府の要請に応じて不定期に実施)	年 1 回	年 1 回
想定期間	エネルギー消費量 : 2030 年まで 最大需要電力 : 2040 年まで	2007 年～2020 年	10 年
想定項目	最大需要電力、年間需要電力量を含む用途別のエネルギー消費量	UCTE 指定時点の需要規模、年間需要電力量	夏季・冬季最大電力と需要電力量
前提諸元	過去の消費実績、GDP などの経済指標、業種別従業者数、世帯数、人口、機器のエネルギー消費など		・経済指標 (GDP、付加価値) ・電力関連情報
需要実績 データの 入手方法	過去のピーク需要データや電力消費量は統計局や計測値より得られる		・経済指標 (GDP、付加価値) は Italian National Institute of Statistics から入手 ・電力関連情報は国の統計システムのメンバーである社内統計部門から入手
想定手法	・家庭用、業務用、産業用さらに運輸についての需要モデルを活用し、過去のピーク需要データや電力消費量の他に、経済指標、業種別従業者数、世帯数、人口、機器のエネルギー消費などを用いたマクロアプローチで想定 ・家庭用、業務用に関しては、機器の最終消費データを活用 ・各需要家クラスに対して、機器の効率向上など特定の仮定を設定	TSO による想定結果の単純合計	電力消費原単位 (需要/GDP) を用いた簡略化されたモデルにて想定

表 4 需要想定手法(その3)

国別	イギリス	スペイン
長期需要 想定機関	NGET (National Grid Electricity Transmission plc) 送電系統所有・運用者	REE (Red Electrica de Espana) 送電系統所有・運用者
想定 目的・用途	流通設備形成 公平アクセス 需給バランスチェック	流通設備形成 公平アクセス 需給バランスチェック
想定エリア	全国(英国全体)と地域(送配電ゾーン) 毎	スペイン全土(イベリア半島、その他(諸島など) 別)、イベリア半島全土(スペイン、ポルトガル)
想定頻度	年1回 (想定後の外部要因の変化を考慮した想定結果の見直しは、半年に一度実施)	年1回 (短期想定は月1回)
想定期間	通常10年。電源計画作成用など特定の分析においては15年	10年(短期想定は2年)
想定項目	年間需要電力量、ピーク時30分単位毎需要、夏季最小需要	年間需要電力量、月次・夏季・冬季最大・最小電力・ 負荷曲線
前提諸元	<ul style="list-style-type: none"> <li>・経済指標：GDP、工業生産高(外部コンサルティング会社から購入)</li> <li>・電力価格(独自の想定値を基に、または外部コンサルタントの想定値を参考に評価)</li> <li>・エネルギー原単位指標</li> <li>・政府統計からの年間電力需要</li> <li>・蓄積データからのピーク需要</li> </ul>	GDP成長率、電力需要弾力性、人口増加、気温、暦(祝日)、エネルギー消費データ
需要実績 データの 入手方法	政府統計からの年間需要 独自で計測したデータからのピーク需要	自社内に蓄積されたデータの活用
想定手法	<p>1.GSP 毎の系統接続ユーザー(配電会社等)から提出された需要データを合計し、これに更に最大電力発生時の送電ロスの想定値を加算(①)</p> <p>2.①の初年度データを過去の気象、需要データから平均的寒波の条件下での値に補正</p> <p>3.2年後以降については、その補正された初年度データを、GSP 接続ユーザーから提出されたものと同じトレンドが保持されるように延長</p> <p>なお、最大電力発生が予測される日付、時刻は、NGET が事前に通知する</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年間場用電力量の想定：経済活動、人口、気温、暦(祝日、全国的・地域別休日)で分類された電力需要成長の想定がベース。平年気温時の年間電力量需要に経済成長率・人口増加率に関する3つのシナリオ(低・中・高シナリオ)で検討。また、これ(ベース想定値)に気温シナリオを組み込み最大・最小電力需要成長を算出。</li> <li>・月間需要電力：年間需要電力量想定値がベース。年間電力量の季節分布は会期手法を採用。パラメータの基幹は2001～2005年。</li> <li>・夏季・冬季最大・最小需要(1時間当たりの最大・最小電力量)：過去の1時間当たりの月間最大・最小需要、気温、暦で補正した月間電力量需要についての回帰モデルをベースに算出。データの基幹は1990～2005年。</li> <li>・消費ブロック別冬季・夏季負荷曲線：過去10年の負荷曲線の統計分析をベース。各ブロックの平均負荷は、系統における1時間当たりの最大・最小需要を説明変数とした回帰モデルで算出。</li> </ul>

表 5 需要想定手法(その4)

国別	アメリカ		
	信頼度協調機関		送電系統運用者
長期需要 想定機関	北米電力信頼度会社 信頼度協調機関	テキサス電力信頼度協議会	PJM Interconnection 送電系統運用
想定 目的・用途	※需要想定は行っていない	流通設備形成、発電設備形成 需給バランスチェック ※平常の気象下での最大需要電力 を想定することによって長期見通 しを行う。最大需要電力の想定は 送電設備の大凡の建設時期の計画 作成に利用し、上記協議会エリア 内のバランスを調整するのに寄与 している。また、予備力の計算にも 利用される	流通設備形成 公平アクセス 需給バランスチェック ※需要想定は 2003 年から開始
想定エリア	8 エリア (地域信頼度行議会エリ ア)	気候パターンで分類した管轄内の 小規模エリア (計 7 エリア)	18 社の電力会社の配電地域毎、PJM を 3 つに分けた地域毎と PJM 全体
想定頻度	年 1 回	年 1 回	年 1 回
想定期間	10 年	10~15 年	15 年
想定項目	(不等時) 最大需要電力	エネルギー消費量とピーク需要 (プライベートネットワークを除く)	電源アデカシー分析に用いられて いる月間最大需要電力のみ (2005 年迄の数年間だけ年間の需要電力 量の想定も実施していた)
前提諸元		実質一人当たりの所得、人口、雇用 関連指標、気象プロファイル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 暦の情報 (曜日、祝日、月など)</li> <li>・ 太陽の状況 (日の出・日の入時刻、 サマータイムなど)</li> <li>・ 経済指標 (GMP など)</li> <li>・ 気象条件 (温度・湿度指数、風速 など)</li> </ul>
需要実績 データの 入手方法		送配電事業者より入手	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 負荷実績 (各エリアの発電量) は PJM 加盟電力会社より入手</li> <li>・ 経済の将来予測値は Moody's Economy.com より入手</li> <li>・ 気象予測データは観測地点で得 られたデータを基に、シミュレー ションにより算出</li> </ul>
想定手法	電力会社、地域信頼度評議会、 ISO/RTO 等から受領した想定結 果の積み上げ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 負荷形状の予測: 1 時間毎の電力 負荷実績値を負荷形状予測モデル に入力し、標準気象プロファイル を用いて負荷形状を実施</li> <li>・ 需要電力量の想定: 各気象ゾー ンの月間の需要電力量の実績値を需 要電力量予測モデルに入力し、気 象ゾーンごとの需要電力量を想定</li> <li>・ 最大需要電力の想定: 需要電力量 の想定値を先に想定された気象ゾ ーン毎の負荷形状に当てはめるこ とで、各気象ゾーンの 1 時間単位負 荷を想定 →これらの積み上げにより管轄エ リア全体の最大需要電力を想定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 過去の気象・需要情報からシミュ レーションによってピーク需要予 測モデルを作成し、これに暦、太陽 状況、経済状況の情報を組み合わ せることで最大需要電力の想定を 実施</li> </ul>

表 6 需要想定手法(その6)

国別	アメリカ		
	送電系統運用者	連邦営電気事業者	地域評議会
長期需要 想定機関	New York ISO	ボンネビル電力庁 (BPA) 連邦営電気事業者	北西部電力・保全評議会 地域評議会
想定目的・用途	流通設備形成 発電設備形成 需給バランスチェック	流通設備形成 需給バランスチェック 政策策定	需給バランスチェック 政策策定法律の順守 (アイダホ州、 ワシントン州、オレゴン州の3州の 全域及びモンタナ州西部の長期電 力需要想定の実施が法律にて要求 されている)
想定エリア	ニューヨーク州全体、エリア内ゾ ーン単位 (計 11 ゾーン)	オレゴン州、アイダホ州、モンタナ 州西部、ワシントン州、ユタ州北 部、ワイオミング州西部、ネバタ州 北部	アイダホ州、ワシントン州、オレゴ ン州の3州の全域、およびモンタナ 州西部
想定頻度	年1回	年1回	原則5年おき (短期想定は年1回実施し、必要に 応じて四半期毎に更新)
想定期間	10年	10年 (の毎月のピーク需要、需要 電力量)	20年 (短期想定は3~5年)
想定項目	・自家発を除いた正味の需要 ・4半期毎の需要電力量、夏季・ 冬季の最大需要電力	変電所事、電気事業者毎、エリア全 体の10年間の毎月の最大需要電 力、需要電力量	毎月のピーク需要、需要電力量 (短期想定では1時間毎の需要)
前提諸元	・各ゾーンのGDP、雇用指数(金 融、小売、保険・教育、製造、政 府に分類)、人口・世帯数・収入 指数・標準的な気象条件での負 荷率 (最大需要電力の想定に活 用) ・6秒間隔で遠隔計測した1時間 単位需要データ	気温、暖房度日、冷房度日	産業用・業務用: 経済産出高 家庭用: 収入の四半期想定 (マク ロ経済指標は、Global Insight の 想定を仕様) (短期想定では、四半期ごとの雇 用想定を活用)
需要実績 データの 入手方法	1時間単位需要データ、気象実績 データ: 共に17か所の気象観測 基地のデータベースから入手	変電所の1時間毎の計量データ	エネルギー省が公開しているデー タ等
想定手法	・自家発を除いた正味の需要 ・四半期ごとの需要電力量、夏 季・冬季の最大需要電力	・送電用・配電用変電所単位の想定 需要を (BPA 以外の) 連邦営電気事 業者、DSI 需要 (BPA が直接供給し ている産業用需要)、公営電気事業 者、私営電気事業者、その他の分類 毎に集約し、これを積み上げるこ とでエリア全体の10年以上の毎月 の最大需要・需要電力量を予測 ・回帰手法は用いておらず、過去の 負荷曲線に成長率を加味した負荷 曲線を用いて、各変電所の想定需 要を算出	・各州についてセクター毎の想定 を実施。各セクターの想定には、エ ンドユーズ技術 (電力消費機器) 毎 の想定も実施し、使用エネルギー (燃料) の違いも考慮 (短期想定は、自家製の計量経済 モデルを使用)



### 第3章 各国マスタープラン

表 7 にレビューを行ったマスタープランのリストを示す。利用したデータは世界銀行の World Development Indicators のデータを利用した。

表 7 レビューしたマスタープラン

国名	2030 年時点の 需要予測[GWh]	比較したマスタープラン
Angola	41,529	JICA, The Project for Power Development Master Plan in the Republic of Angola Final Report
Cote d'Ivoire	20,849	JICA, Diagnostic du Secteur de l'Energie en Côte d'Ivoire Rapport final de l'étude de collecte des données relatives au secteur de l'énergie électrique
Ethiopia	64,214	Ethiopian Power System Expansion Master Plan Study Final Report
Kenya	27,366	Power Generation and Transmission Master Plan, Kenya Long Term Plan 2015 - 2035 Vol I – Main Report
Mozambique	20,842	JICA, モザンビーク国 電力マスタープラン策定プロジェクト
Nigeria	222,905	JICA, THE PROJECT FOR MASTER PLAN STUDY ON NATIONAL POWER SYSTEM DEVELOPMENT IN THE FEDERAL REPUBLIC OF NIGERIA
Rwanda	2,715	RWANDA LEAST COST POWER DEVELOPMENT PLAN (LCPDP) 2019 – 2040, June 2019
Senegal	10,474	JICA, セネガル国 ダカール首都圏電力セクターに係る情報収集・確認調査
South Africa	313,000	Integrated Resource Plan (IRP2019)
Tanzania	36,000	MoE, POWER SYSTEM MASTER PLAN 2016 UPDATE
Uganda	6,979	Not Available, Calculated in growth rate 8.06% based on PROJECT FOR MASTER PLAN STUDY ON HYDROPOWER DEVELOPMENT IN THE REPUBLIC OF UGANDA
Zambia	21,481	JICA, ザンビア国 電力開発マスタープラン調査

出所 JICA調査団作成

また下表に各国の需要予測手法について簡単にまとめる。

表 8 重点12ヶ国需要想定手法(その1)

	Angola	Cote d'Ivoire	Ethiopia
MP作成年	2018年	2019年	2014年
想定期間	2040年まで	2017年～2030年	2013年～2037年
使用データ	人口、電化率、負荷曲線	GDP、人口、大口需要家動向、 地方供給計画、負荷率	GDP、人口、電化計画、電気料 金、送配電ロス、電力需要実 績、大口需要家計画、鉄道拡充 計画、灌漑農地計画、
想定手法	<ul style="list-style-type: none"> <li>INEの人口増加予測、電化計 画(政府目標)、商業・産業部門 の最大電力需要予測(ENDEに よる想定)より年間最大電力需 要を予測。その後、負荷制限需 要を含む負荷曲線を想定し2040 年までの年負荷率を推定。</li> <li>各系統(北、中央、南)における 各部門の需要を想定し合計する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>主にGDPと人口の線形回帰分 析</li> <li>各指標はCI-ENERGIES推測 値を参考としている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計量経済モデルを適用(主に GDPの過去トレンド)</li> <li>顧客カテゴリ毎に需要を想定し 合計する</li> </ul>
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>GDPと最大電力の相関なし</li> <li>一部アンゴラ側でのデータ未 整理部分あり</li> </ul>		

表 9 重点12ヶ国需要想定手法(その2)

	Kenya	Mozambique	Nigeria
MP作成年	2016年	2018年	2019年
想定期間	2016年～2040年	2015年～2042年	2015年～2040年
使用データ	GDP、人口、電化率、電力需要 実績、負荷抑制需要、負荷率、 送配電ロス	GDP、人口、電力需要実績、送 配電ロス、負荷率	GDP、人口、電力需要実績、電 化計画、電気料金、送配電ロ ス、負荷率、負荷抑制需要
想定手法	<ul style="list-style-type: none"> <li>過去トレンド分析と計画の積み 上げ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>需要を3つのカテゴリに分類 (一般、中-大口、超大口需要 家、)</li> <li>一般および中-大口需要家は GDP/Capitaを指標に単回帰分 析</li> <li>超大口需要家は、供給希望数 より将来を推測</li> <li>受電端レベルの需要を算出 し、送配電ロス等を考慮しながら 発電所レベルの需要を算出して いく</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>セクター別GDPに対する電力 需要弾性値、電力料金に対する 弾性値を算出し、計量経済学モ デルを構築</li> <li>実際の電力需要に対して供給 不足を加えたものを潜在的電力 需要として予測している。供給不 足分はShedding直前の送電量 ×停止時間。</li> </ul>
備考			

表 10 重点12ヶ国需要想定手法(その3)

	Rwanda	Senegal	South Africa
MP作成年	2019年	2018年	2019年
想定期間	2016年～2040年	2017年～2035年	2017年～2050年
使用データ	GDP、人口、電力需要実績、電気料金	GDP、人口、電力需要実績、送配電ロス、負荷率	GDP、電力需要実績、送配電ロス、輸出入
想定手法	・過去のトレンド分析、計量経済モデル、エンドユースシミュレーションの組み合わせ	・需要家カテゴリ別に計量経済モデルを構築 ・GDPは経済調査予測局とSenelecの予測値を使用	・セクター毎に回帰モデルを作成し推計。各予測値を合計し、送配電ロスおよび輸出入量を調整
備考			

表 11 重点12ヶ国需要想定手法(その4)

	Tanzania	Uganda	Zambia
MP作成年	2016年	2011年	2010年
想定期間	2015年～2040年	2009年～2023年(以降は同様の伸び率にて調査団推定)	～2030年まで
使用データ	GDP、人口、電化率、送配電ロス、負荷率、負荷抑制需要	GDP、電力需要実績、負荷率	GDP、人口、電力需要実績、電化率
想定手法	・計量経済モデル+計画されている大口需要家の積み上げ ・GDP予測は各機関の予測値を採用。人口は過去トレンド、電化率は政府目標、送配電ロスはTENESCO目標	GDPに対する電力需要の弾力値から推定(過去トレンド分析)	・民生部門:家計所得と電化率を変数として電力量需要に対する各説明変数の弾力値を求める ・産業部門:部門別GDPを説明変数として、部門別GDPに対する弾力値を算出 ・GDPの伸び率は世界銀行予測値を参照
備考			過去の需要データに不整合が多い

## 第4章 計算条件の算出

表 12 に 2005 年～2014 年までの GDP と電力需要の平均増加率を示す。2014 年の電力需要を起点として、それぞれの伸び率で電力需要が伸びると仮定し需要想定を行った。

一般に、経済成長率に対する電力量伸び率の比は GDP 弾性値として表されるが、各国の GDP 弾性値に相関は見られない。これは各国の経済事情によるところが大きいためである。

表12 仮定条件算出(GDP、電力需要の増加率)

国名	Average GDP Growth Rate [%](2005-2014)	Average kWh Growth Rate [%] (2005-2014)	GDP elasticity
Angola	7.93	18.51	2.33
Cote d'Ivoire	3.68	7.47	2.03
Ethiopia	10.69	11.56	1.08
Kenya	5.31	5.55	1.05
Mozambique	7.32	3.51	0.48
Nigeria	6.44	4.90	0.76
Rwanda	7.85	N/A	N/A
Senegal	3.87	8.31	2.15
South Africa	3.08	0.57	0.19
Tanzania	6.38	6.87	1.08
Uganda	6.86	N/A	N/A
Zambia	7.37	3.66	0.50

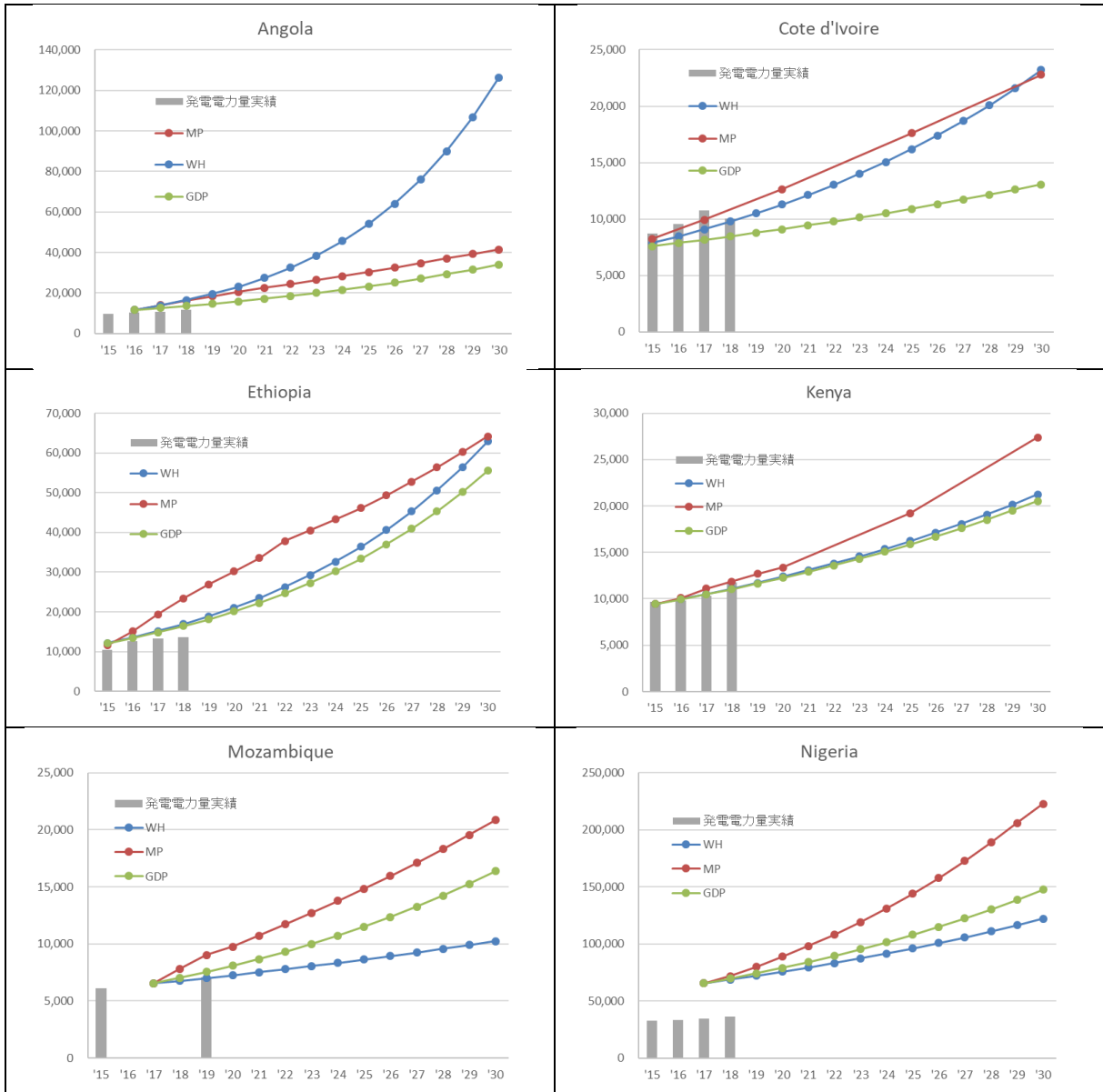
出所: 表1に記載のマスタープランに基づきJICA調査団作成

## 第5章 結果

図 2～図 3 マスタープランと各簡易需要予測手法の比較（その 2）にマスタープランと簡易予測手法および IEA より抽出した発電電力量実績を示す。ただし、モザンビークは EDM の Annual Report および Business plan よりデータを抽出した。セネガルとウガンダについては電力需要のデータが N/A であったため、マスタープランの需要予測と GDP のトレンドによる簡易予測手法のみの結果を示す。

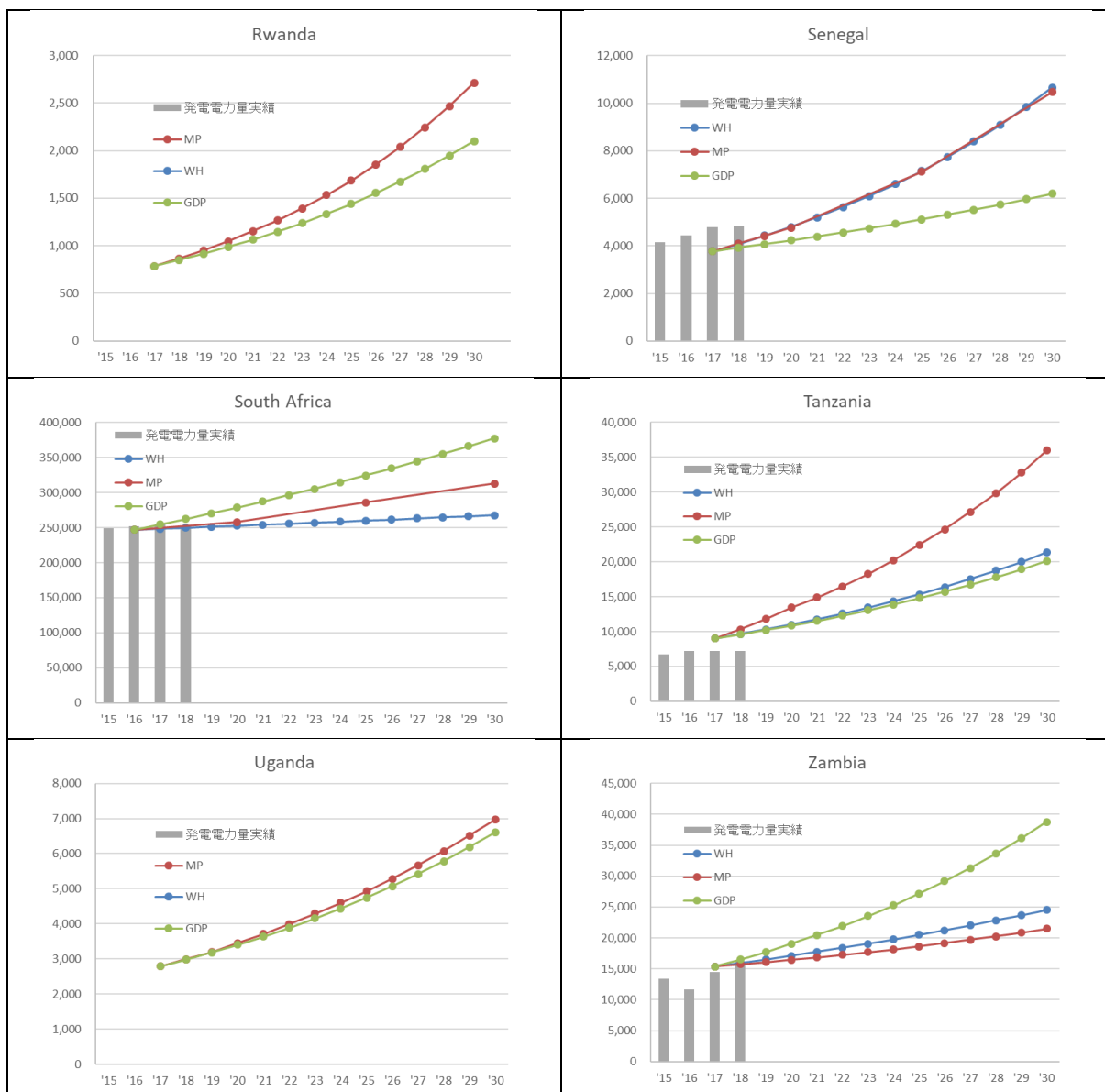
マスタープランと GDP のトレンドによる簡易予測手法と電力需要のトレンドによる簡易予測の結果が非常に近い値になったもの（エチオピア）もあれば、MP と GDP のトレンドによる簡易予測手法の結果が近い値になったもの（アンゴラ、ウガンダ、ルワンダ）、マスタープランと電力需要のトレンドによる簡易予測結果が近い値になったもの（コートジボアール、ケニア、セネガル、ザンビア）もあった。

タンザニア、ナイジェリアでは発電電力量実績が MP 予測より低い値となっているが、これは MP のなかで負荷制限分を想定して積み上げているためである。例えばナイジェリアでは、2014 年の供給不足電力量は 28,390GWh とされており、実際の発電電力量と同程度の供給力不足が発生している。



出所 表1に記載のマスタープランに基づきJICA調査団作成

図2 マスタープランと各簡易需要予測手法の比較(その1)



出所 表1に記載のマスタープランに基づきJICA調査団作成

図3 マスタープランと各簡易需要予測手法の比較(その2)

表13 2030年時点におけるマスタープランと簡易需要予測手法の結果

	マスタープランの予測 [GWh]	電力需要のトレンドによる簡 易予測[GWh]	GDPのトレンドによる簡易 予測手法[GWh]
Angola	41,529	126,434	34,119
Cote d'Ivoire	20,849	23,207	13,075
Ethiopia	64,214	69,863	62,602
Kenya	27,366	21,247	20,535
Mozambique	20,842	10,254	16,392
Nigeria	222,905	122,154	147,587
Rwanda	2,715	NA	2,101
Senegal	10,474	10,664	6,191
South Africa	313,000	267,642	377,507
Tanzania	36,000	21,376	20,122
Uganda	6,979	NA	6,608
Zambia	21,481	24,529	38,765

出所 表1に記載のマスタープランに基づきJICA調査団作成

## 第6章 考察

本レビューは、(長期想定であるマスタープランのレビューであるのため) マクロ手法を用い、GDP と電力需要の時系列の傾向により 2030 年時点の需要を想定し、既存のマスタープランと比較を行った。

### 6.1. 各予測手法との比較

簡易予測手法は過去のトレンドに依るため、将来計画されている供給見込み分やその他の要素は考慮されていない。そのため、コートジボワール、エチオピア、ケニアなど将来計画分を積み上げている国々の MP 想定値より少ない予想となっている。一方、ウガンダのように MP において過去の GDP トレンドからのみ想定している場合は、簡易予測とかなり近づく。各簡易予測手法に差が表れる国(コートジボワール、モザンビーク、南アフリカ、ザンビア)は GDP 弾性値が 1.0 から離れている国々である。GDP 弾性値が 1.0 より高い国は電力需要傾向の予測値が GDP 予測値より上回り、GDP 弾性値が 1.0 より小さい国は逆となる。どちらの簡易予測手法を用いる場合でも、GDP 弾性値によって差が出てくることを認識したうえで、過去の傾向がどちらに依存してか確認しておく必要がある。

簡易予測手法が MP と大きく乖離する国もあったが、10 年以上の長期想定としては比較的妥当性のある想定がなされていると考えられる。多くの国々では MP より簡易予測値が低い値となっているため、簡易予測値に加えて将来計画を積み上げて予測することが肝要であると考えられる。

### 6.2. 発電電力量実績と各予測手法の比較

発電電力量実績と各予測手法結果の比較を行うと、いずれの手法も短期的には妥当性のある想定となっていることが分かる。ナイジェリアとタンザニアについては、負荷抑制分を考慮しているため発電実績より大きな需要予測となっている。今後、発電電力量実績データとさらに照合していくと MP 作成時点での予測精度が明らかになってくる。

しかしながら、マスタープランのような長期想定については、経済状況の変化や電源の経済性の変化に応じて適宜見直しが必要である。日本の電力会社ではマスタープランに相当する長期設備計画を毎年見直している。サブサハラ諸国においてもより短いサイクルでの見直しが必要と考えられる。簡易予測手法では MP と大きく乖離する国もあったが、短いサイクルで需要予測の見直しを行っていくのであれば、MP まで複雑な計算をしなくても妥当な想定が得られると考えられる。



## APPENDIX 5: 他セクターにおけるオフグリッド利活用事例

## 目次

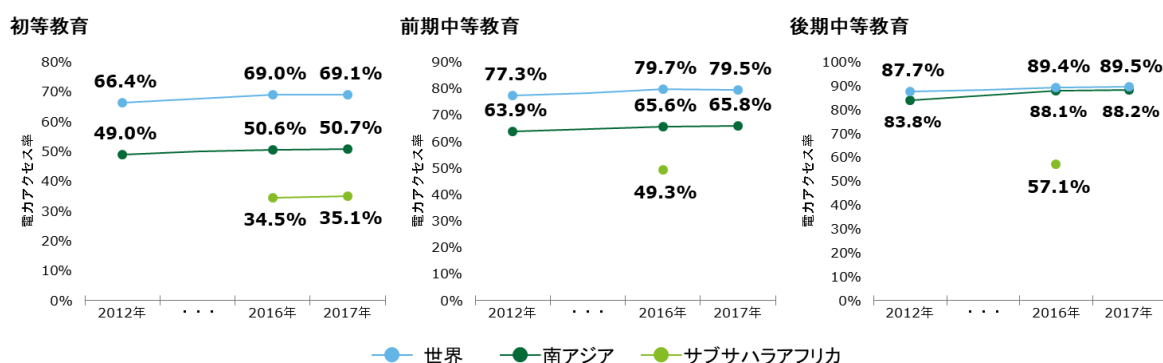
第1章	他セクターにおけるオフグリッド利活用概況 .....	3
第2章	他セクターにおけるオフグリッド利活用事例 .....	8
第3章	関係者からのオフグリッド利活用促進に関する意見 .....	35
第4章	アフリカでの展開可能性と想定支援策 .....	38

## 第1章 他セクターにおけるオフグリッド利活用概況

オフグリッド電源は、個人家庭・商業施設等の電化や、キオスク等を介した電力サービス提供のほかに、教育、医療、農業等の他セクターにおいても利活用が可能であり、公共施設でオフグリッド電源を活用することによって、教育環境の向上や、安定的な医療サービスの提供に貢献し、また灌漑施設等の電源として活用することで農業の生産性向上に寄与し、所得向上にもつながる。一方で、教育、医療、農業セクターにおけるオフグリッド利活用については下記のような現状と課題がある。

### 1.1. 教育セクター

教育セクターの現状においては、電力アクセスがないために夜間学習を行うことができず、十分に教育機会を確保できない課題がある。UNDESA (2014) <sup>1</sup>によると、教育セクターにおける電力アクセス向上の便益には、学習時間の増加、ICT活用による教育の質の向上、教員の保持・教員訓練の向上、学習環境の向上、教育水準の向上によるコミュニティへの効果があるとされている。一方で、世界では電力アクセスがない教育施設も多く、特にアフリカの初等教育施設の電化率は35.1% (2017年時点)、前期中等教育施設は49.3% (2016年時点)、後期中等教育施設で57.1% (2016年時点) となっており、これは他地域よりも低い水準となっている。



出所 United Nations Foundation (2019) LASTING IMPACT SUSTAINABLE OFF-GRID SOLAR DELIVERY MODELS TO POWER HEALTH AND EDUCATION より JICA 調査団作成

図1 教育施設の電化率

表1 教育セクターにおける電力サービスとその効果

電力サービス	効果
教育・学習 (学習時間、指導方法、評価・フィードバック・インセンティブ、クラスサイズ)	
照明	夜間の学習時間の延長、授業の準備や事務作業のための勤務時間の延長、読書や書き物などの作業に適した室内光の改善
ICT (パソコン、携帯、)	学生のコンピュータスキル学習、興味深く、魅力的なレッスンを実現、遠隔

<sup>1</sup> UNDESA (2014) Electricity and education: The benefits, barriers, and recommendations for achieving the electrification of primary and secondary schools

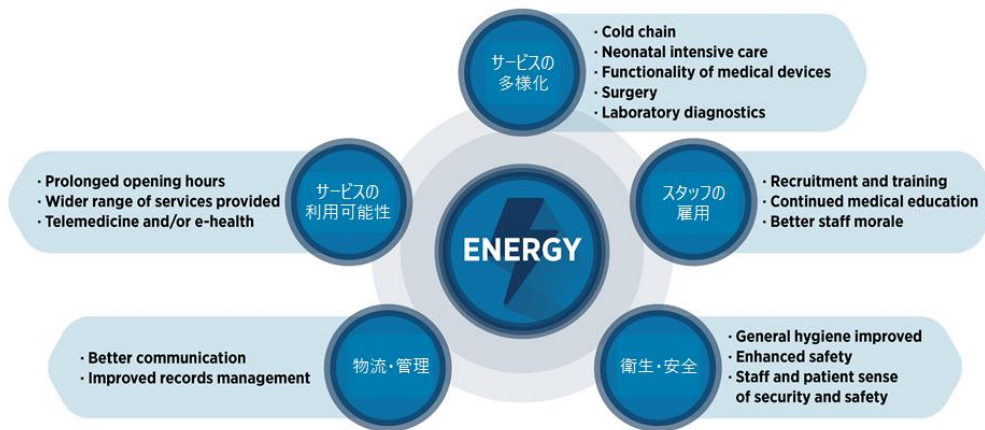
音楽機器等)	教育によるスタッフのトレーニング
教育・学習用教材	
職業用ツールと機器	職業訓練（大工、機械、電気など）や専門的・技術的スキル（コンピューター・リテラシーなど）のトレーニング
ICT	教員による最新の情報へのアクセス、学習教材の作成や準備（印刷、コピー）、効果的な視聴覚教材の活用、学生の学習意欲・教員の指導意欲の向上
インフラと設備	
調理設備	昼食の提供
空調	学生と教員・スタッフのための快適な学習環境
屋外照明	夕方の屋外での利便性、安心・安全性の向上
ウォーターポンプ	清潔な水へのアクセスと衛生環境の改善
浄水器	飲料水や調理用の清潔な水へのアクセス
ICT	施設管理のサポートサービスとのコミュニケーション
人的資源：教師、校長、検査官、監督者、管理者	
ICT、照明、空調等	教員の生活環境の向上・家族や友人とのコミュニケーション能力の向上、スタッフへのトレーニング促進、優秀な教員の確保と維持
学校のガバナンス	
ICT	教育機関とのコミュニケーションの迅速化、生徒やスタッフの記録・学校のアカウントなどの管理の促進・簡素化、学校長やスタッフの意思決定の改善

出所 Practical Action (2013) Poor people's energy outlook 2013 を基に JICA 調査団作成

## 1.2. 医療セクター

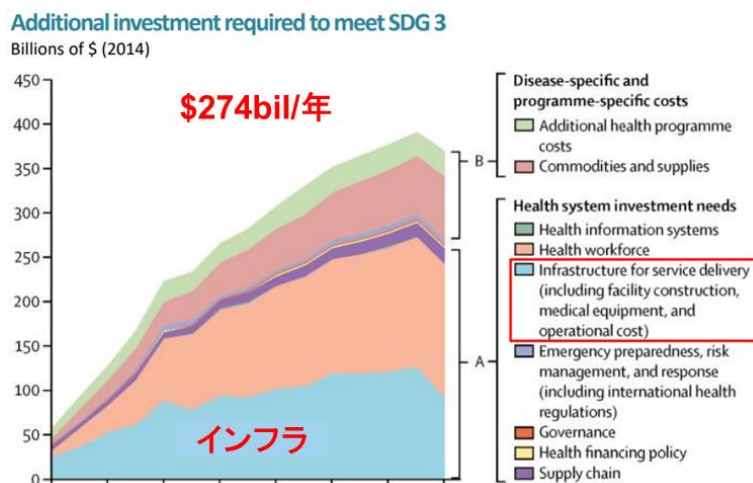
医療セクターにおいても、安定的な電力確保は照明、換気、ICT、医療機器の使用等において医療サービスの提供に必要不可欠なインフラであり、ワクチン、血液、薬品の保存等のコールドチェーン確保、妊娠期間や出産直後等のデリケートなケア・モニタリングのために必須である。世界では医療サービスの提供に向けたインフラが不足しており、Lancet Global Health (2017)<sup>2</sup>によると、SDGs ゴール3「すべての人に健康と福祉を」の達成に向けた必要な投資額は、年間で約2,740億ドルと試算されており、そのうち最大3分の1程度がインフラ整備資金である。

<sup>2</sup> Lancet Global Health (2017) Financing transformative health systems towards achievement of the health Sustainable Development Goals: a model for projected resource needs in 67 low-income and middle-income countries



出所 IRENA (2018) OFF-GRID RENEWABLES SUPPLY LIFE-SAVING POWER TO RURAL HEALTH CENTRES  
より転載

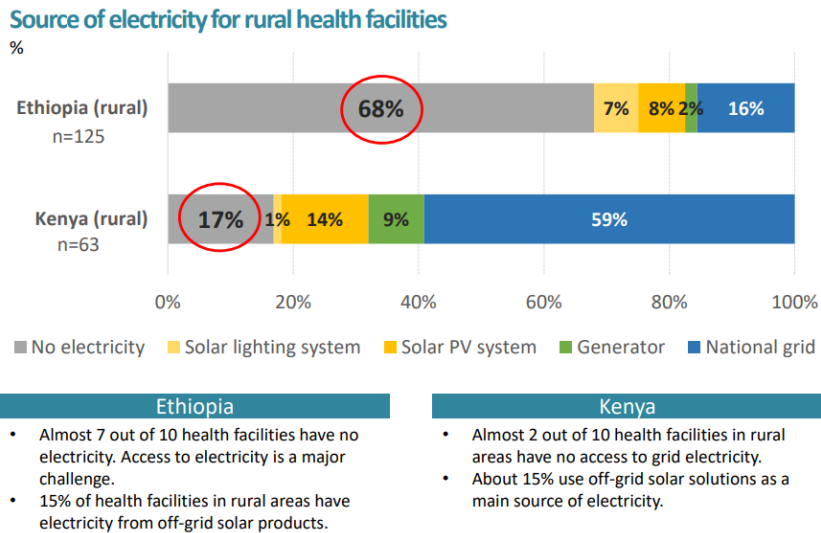
図2 医療セクターにおける電力の用途



出所 Lancet Global Health (2017) Financing transformative health systems towards achievement of the health Sustainable Development Goals: a model for projected resource needs in 67 low-income and middle-income countries  
より転載

図3 SDGs 3のゴール達成に向けた必要な追加投資額

特に、アフリカ地方部の医療施設においては電力アクセスが限定的な現状があり、例えば、エチオピアでは68%の医療施設が無電化であるとされている。一方で、エチオピアの約15%の医療施設は、オフグリッド太陽光システムによって電力を確保している現状もあり、オフグリッド電源の医療セクターでの利活用の可能性は高いといえる。



出所 United Nations Foundation (2019) LASTING IMPACT SUSTAINABLE OFF-GRID SOLAR DELIVERY MODELS TO POWER HEALTH AND EDUCATION より転載

図4 エチオピア、ケニア地方部の医療施設における電源

医療セクターにおける電力の重要性に関しては、様々な国際機関においてその重要性が指摘されている。国連主導の基に官民共同の国際機関として設立された SE for ALL は、医療に特化したプログラムとして Powering Healthcare を立ち上げており、WHO や国連財団、USAID 等との共同によって地方部の医療施設における電化状況、課題、電化によるインパクト<sup>3</sup>や、医療施設における電化プロジェクトのビジネスモデル<sup>4</sup>、医療施設の電化に向けたステップ<sup>5</sup>、アフリカ、南アジアの地方部医療施設におけるエネルギーニーズアセスメントに関するレポート<sup>6</sup>を数多く公表している。2019年には国連財団、UNDP、IRENA、UK Aid、ESMAP の共同によってケニアナイロビで「医療のためのクリーンエネルギー (Clean Energy for Health care)」に関する会議が開催され、同様に 2018年には IRENA の主催により「医療施設向け再生可能エネルギーソリューション (Renewable Energy Solutions for Healthcare Facilities)」に関する会議がシンガポールで開催されるなど、様々な国際会議体においてもその重要性が発信されているところである。

### 1.3. 農業セクター

農業セクターにおいては、FAO (2018年)<sup>7</sup>が 2050年までに増加する人口分の食料を確保するためには、農業の生産性を 2005年から 2007年水準比で 70%以上向上させなければならないと試算しており、農業のバリューチェーンにおいて電力は欠かせないインフラであり、クリーンな電力の開発は重要なテーマである。一方で、農家にとって再エネを活用したクリーンな電力は、投

<sup>3</sup> WHO (2014) Access to Modern Energy Services for Health Facilities in Resource-Constrained Settings

<sup>4</sup> United Nations Foundation (2019) LASTING IMPACT SUSTAINABLE OFF-GRID SOLAR DELIVERY MODELS TO POWER HEALTH AND EDUCATION

<sup>5</sup> USAID POWERING HEALTH ELECTRIFICATION OPTIONS FOR RURAL HEALTH CENTERS

<sup>6</sup> United Nations Foundation (2015) HEALTH FACILITY ENERGY NEEDS ASSESSMENT UGANDA COUNTRY SUMMARY REPORT ガーナ、マラウイ、インドでも同様のレポートを公表

<sup>7</sup> FAO (2018年) How to Feed the World in 2050

資費用が大きいことから、アクセスが困難であり、同様に民間事業者にとってもクリーンな電力技術や便益に対する農家の認知度が低く、また資金調達が困難であることから障壁がある。



出所 USAID (2019) CLEAN ENERGY SOLUTIONS FOR AGRICULTURAL PRODUCTIVITY より転載

図5 農業バリューチェーンにおける電力の必要性

保健セクターと同様に、近年では農業セクターにおけるオフグリッドの有用性について様々な国際開発ドナー、国際会議等で注目が集まっている。USAIDは2012年にSida、BMZ、Duke Energy Corporation、Overseas Private Investment Corporation (OPIC)と共同で、全世界の農業セクターとエネルギーの接点に焦点を当てたPowering Agricultureプログラムを立ち上げており、技術、ファイナンス、政策、ジェンダー等の観点から事例・研究レポートを公表している<sup>8</sup>。2019年にはこれに後続するWater and Energy for Foodプログラムを設立している。同じく2019年には、世界銀行グループもサブサハラアフリカにおける太陽エネルギーを活用した生産的利用の可能性に焦点を当てたレポート<sup>9</sup>を発表している。

以上のように、教育、医療、農業セクターを中心として、他セクターにおける再エネを活用したクリーンなオフグリッド電源の需要は全世界で大きいといえるが、経済性・収益性、ファイナンスへのアクセス等の観点から、利活用を増進させていくには依然として課題が残されている。昨今では、オフグリッド電源を通じた電化プロジェクトに対する補助金を提供している国際開発ドナーや民間財団も多く、民間事業者の中にはこれらの支援をうまく活用しながら事業を成立させているケースも見られる。本章では、教育、医療、農業セクターでオフグリッドを利用するために参考となる事例を取り上げ、各事例から教訓を抽出し、最後に利活用を推進していくためのポイントをまとめたうえで、我が国開発ドナーとして想定される支援策を取りまとめる。

<sup>8</sup> USAID Powering Agriculture Resources and Publications <https://www.usaid.gov/energy/powering-agriculture/resources> (2021年5月26日アクセス)

<sup>9</sup> IFC (2019) The Market Opportunity for Productive Use Leveraging Solar Energy (PULSE) in Sub-Saharan Africa

## 第2章 他セクターにおけるオフグリッド利活用事例

### 2.1. 事例選定

教育、医療、農業、その他セクターにおけるオフグリッドの利活用事例について、以下の2つの観点を考慮のうえで12事例を選定した。

#### 2.1.1. 組織、技術、ビジネスモデル、ファイナンス、ドナー関与の特徴

本調査は、他セクターにおけるオフグリッド利活用事例の分析を通じて、オフグリッドの利活用をより拡大的に推進していくための要因を抽出することを目的としている。このため、組織、技術、ビジネスモデル、ファイナンス等のプロジェクトの重要な観点から特徴的な取り組みを行っている事例を選定した。また、これらの事例の教訓を踏まえて、利活用を促進していくためのJICAの支援策の検討も行うことから、ドナーの関与が見られることも事例選定条件の一つとした。

#### 2.1.2. 情報収集可能性

オフグリッドのプロジェクトは地方部の未電化地域を対象としていることが多く、また一件当たりの投資額規模は大きくないことから、個別プロジェクトの情報が公表されていないことも多い。また、オフグリッドは比較的新しく、ビジネスモデルが確立されていない、もしくはプロジェクトごとに違いが多くみられるセクターでもある。このため、調査の観点として重要なビジネスモデルやファイナンス等の観点においては、デスクトップ調査での統一的な情報収集が困難である。一方で、United Nations Foundation<sup>10</sup>では教育・医療を含むセクターに焦点を当てたプロジェクトの事例分析をビジネスモデル等の多角的な観点から行っていることから、本調査においてはこれらの二次情報を活用することとし、同様のソースを通じて情報を取得できる事例を優先的に対象とした。また、ドナーが関与しているプロジェクトについては、詳細情報が公表されていることから、これも優先的に選定した。

以上を踏まえて、選定した12事例は以下の通りである。

表2 分析対象事例

プロジェクト	実施機関	セクター	対象国	活用技術	ヒアリング*1
Kenya Off-Grid Solar Access Project	WB	マルチ	ケニア	ミニグリッド、スタンドアローン	
Regional Off-Grid Electrification Project	WB	マルチ	西アフリカ	スタンドアローン	○
Community Energy Development Programme	スコットランド政府、	教育・医療	マラウイ	スタンドアローン	

<sup>10</sup> United Nations Foundation (2019) LASTING IMPACT SUSTAINABLE OFF-GRID SOLAR DELIVERY MODELS TO POWER HEALTH AND EDUCATION



under the Malawi Renewable Energy Acceleration Programme	Strathclyde 大学					
TUMIQUI Project	シュークルキユーブジャボン	教育	セネガル、西アフリカ	スタンドアローン		
Indian state of Chhattisgarh	インド Chhattisgarh 州政府	医療	インド	スタンドアローン		
Selco Foundation-Karuna Trust	SELCO 財団、Karuna Trust	医療	インド	スタンドアローン		○
Innovation Africa	Innovation Africa	医療	ウガンダ、マラウイ、タンザニア他	スタンドアローン		
Kalungi Hospital Water and Electrification Project	Kalungi 病院 (USAID 他支援)	医療	ウガンダ	スタンドアローン		
Powering Agriculture	USAID 他	農業	全世界	ミニグリッド、スタンドアローン		○
SunCulture	SunCulture	農業	ケニア他	スタンドアローン		○
Powerhive	Powerhive	農業・マルチ	ケニア他	ミニグリッド		○
Remotely Controlled Off-grid Water Desalination Plant Based on Reverse Osmosis	Infinite Fingers、Membran-Filtrations-Technik	海水淡水化	コロンビア	スタンドアローン		

\*1 ヒアリング先にはプロジェクトの実施機関または関係者を含む

## 2.2. マルチセクター

### 2.2.1. Kenya Off-Grid Solar Access Project (KOSAP)

本プロジェクトは、ケニアの 14 市を対象として WB 資金を活用したスタンドアローンおよびミニグリッド太陽光発電システムの整備を行うプロジェクトである。WB がケニア政府を通じて Kenya Power に対して融資を行い、Kenya Power は WB 資金より民間サービスプロバイダー (Private Service Provides: PSPs) に対して CAPEX 分の補助金を提供している。PSPs はスタンドアローンもしくはミニグリッド発電システムを特定地域の教育、医療施設に整備し、10 年から 15 年程度の

O&M を行う。公共施設を管轄する地方政府は、対価として Kenya Power にサービスタリフを支払い、Kenya Power は PSPs のパフォーマンスに応じて対価を支払う仕組みとなっている。

CAPEX 資金には WB 支援を活用し、O&M 費用は Kenya Power と州政府が共同で負担しており、ドナー、政府、民間事業者 3 社間の役割・資金分担が特徴的であるといえる。

表3 Kenya Off-Grid Solar Access Projectの概要

プロジェクト名	Kenya Off-Grid Solar Access Project (KOSAP)
対象国	ケニア
対象地域	ケニアの以下の 14 市 (ケニア全土の 72%、人口の 20%を占める) Garissa、Isiolo、Kilifi、Kwale、Lamu、Mandera、Marsabit、Narok、Samburu、Taita Taveta、Tana River、Turkana、Wajir、West Pokot
プロジェクト期間	2017 年～2023 年 (予定)
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>• オフグリッド電源を活用したエネルギーアクセス向上のためのプロジェクト。WB は合計 1.5 億ドルの拠出額</li> <li>• 以下 4 つのコンポーネントから構成され、約 800 の教育・医療施設にスタンドアローン太陽光発電システムを整備し、約 200 の施設を新規ミニグリッドにより電化する計画。 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. コミュニティ施設、企業、家庭向けの新規ミニグリッド整備事業：4,000 万ドル、Kenya Power と Rural Electrification and Renewable Energy Corporation (REREC) が共同実施機関</li> <li>2. 家庭向けのスタンドアローン太陽光発電、クリーンクッキングソリューション事業：4,800 万ドル、エネルギー省が実施機関、SNV<sup>11</sup>と SunFunder<sup>12</sup>が実施促進機関</li> <li>3. 保健省、教育省、内務省管轄のコミュニティ施設向けのスタンドアローン太陽光、太陽光ウォーターポンプ事業：4,000 万ドル、Kenya Power と REREC が共同実施機関</li> <li>4. 実施支援、キャパシティビルディング：2,200 万ドル、エネルギー省が実施機関</li> </ol> </li> <li>• コンポーネント 1、3 では、WB が CAPEX 資金をケニア政府に対して拠出し、Kenya Power は入札により PSPs を選定。</li> <li>• PSPs は特定のサービスエリアにおける太陽光発電システムの整備 (ミニグリッド・SHS)、運営権に関する入札を行い、選定された場合は Kenya Power と 10 年から 15 年間の O&amp;M 契約を締結。</li> <li>• PSPs より電力供給を受けた教育、保健施設を管轄する地方政府は、対価として電力料金を Kenya Power に支払い、Kenya Power は PSPs のパフォーマンス</li> </ul>

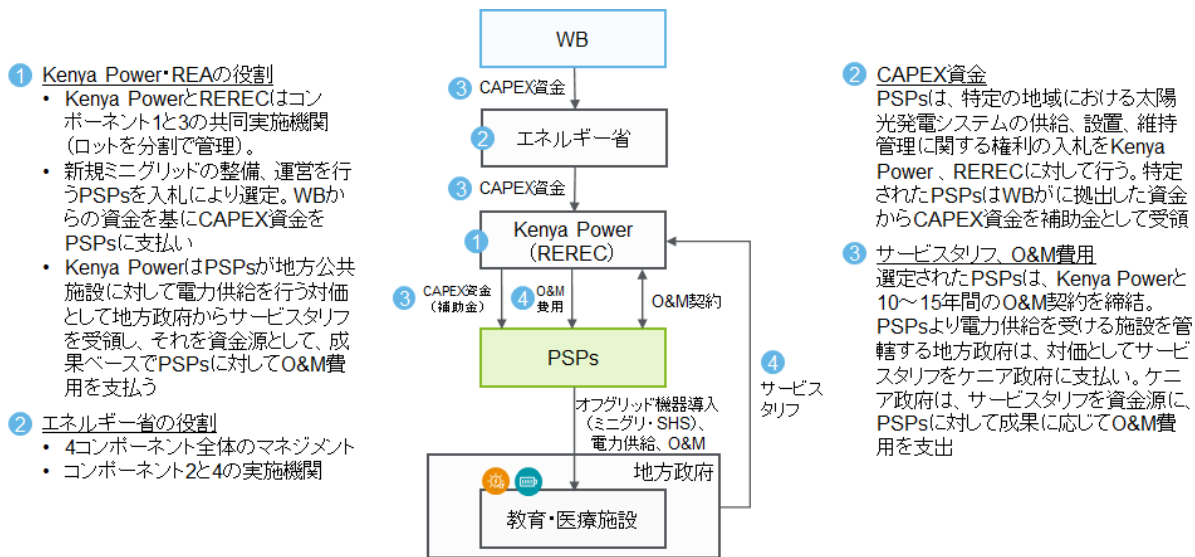
<sup>11</sup> オランダの NGO

<sup>12</sup> 太陽光エネルギー事業への融資を行う米国発のデットファンド

	<p>ンスに応じて O&amp;M 契約の対価を PSPs に対して支払う<sup>13</sup>。なお、Kenya Power から PSPs への支払いが滞った場合に備え、6 か月間から 12 か月の支払いを充足するリザーブファンドを設立。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• コンポーネント 2 では、スタンドアローン型太陽光発電システム設置事業者に対して、成果ベース支払い（合計 1,200 万ドル、現地通貨払い）とローン（合計 3,000 万ドル、現地通貨払い）を提供</li> </ul>
プロジェクト目的	ケニアの無電化地域において、近代的エネルギーサービスへのアクセス率を高める。2023 年までに合計で 9.6MW の再エネ設備容量を整備し、120 万人以上の住民、1,000 以上のコミュニティに対して新規エネルギーサービスの提供、エネルギーサービスの質の向上を行う計画
活用技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>• スタンドアローン型太陽光発電システム</li> <li>• 太陽光発電によるミニグリッド</li> </ul>
全体投資額	1.5 億ドル（IDA 融資）
ファイナンス	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CAPEX：WB</li> <li>• OPEX：地方政府</li> </ul>
ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ケニア政府を通じて WB が CAPEX 資金を拠出</li> <li>• O&amp;M 費用は PSPs からの電力供給を受けた地方政府が Kenya Power に対して電力料金を支払い、Kenya Power がパフォーマンスに応じて PSPs に支払い</li> </ul>
契約先・形態	CAPEX・OPEX：Kenya Power - PSPs 間
EPC/O&M 事業者	個別プロジェクトによる

出所 UN Foundation (2019) Lasting Impact - Sustainable Off-Grid Solar Delivery Models to Power Health and Education、World Bank HP、World Bank (2017) Kenya Off-Grid Solar Access Project for Underserved Counties より JICA 調査団作成

<sup>13</sup> ケニア政府から PSPs に対する支払いはパフォーマンスベースで行われるが、遠隔モニタリングシステムの導入は必須とされておらず、政府がどのようにパフォーマンスを評価するのか不明確との課題が出所の UN Foundation (2019) Lasting Impact - Sustainable Off-Grid Solar Delivery Models to Power Health and Education において指摘されている。



出所 UN Foundation (2019) Lasting Impact - Sustainable Off-Grid Solar Delivery Models to Power Health and Education、World Bank(2017) Kenya Off-Grid Solar Access Project for Underserved Counties より JICA 調査団作成

図6 KOSAPコンポーネント1、3のプロジェクトスキーム

## 2.2.2. Regional Off-Grid Electrification Project (ROGEP)

本プロジェクトは、WBグループによる Economic Community of West African States (ECOWAS) 加盟国を対象とした、オフグリッド太陽光発電システムの導入を通じた公共施設の電化促進プロジェクトである。WBが政府・民間事業者に対してオフグリッドの市場調査や技術支援を提供し、また地域開発銀行である West African Development Bank (BOAD) を通じた融資を提供することで、民間サービスプロバイダー (Energy Service Companies : ESCOs) による資金アクセスを高めている。加えて、太陽光発電システムのリスクに関する ESCOs からの民間商業銀行への返済については、BOAD を介して Clean Technology Fund (CTF) が保証を提供している。

WBによる技術支援・資金アクセス向上支援、CTFによる保証提供によって、民間事業者を再現源活用し、オフグリッド設備の資金調達から整備、運営を行っている点が特徴的である。

表4 Regional Off-Grid Electrification Projectの概要

プロジェクト名	Regional Off-Grid Electrification Project (ROGEP)
対象国	ECOWAS 加盟の 15 개국、その他 4 개국の計 19 개국 (ベナン、ブルキナファソ、カーボベルデ、カメルーン、中央アフリカ、チャド、コートジボワール、ガンビア、ガーナ、ギニア、ギニアビサウ、リベリア、マリ、モーリタニア、ニジェール、ナイジェリア、セネガル、シエラレオネ、トーゴ)
対象地域	N/A
プロジェクト期間	2017 年～2022 年 (予定) <sup>14</sup>

<sup>14</sup> 2017 年のプロジェクトの承認以降実施体制を構築していたが、ECREEE のプロジェクト実行能力への懸念、COVID-19 の影響により調査実施時点 (2021 年 1 月) で中断中。

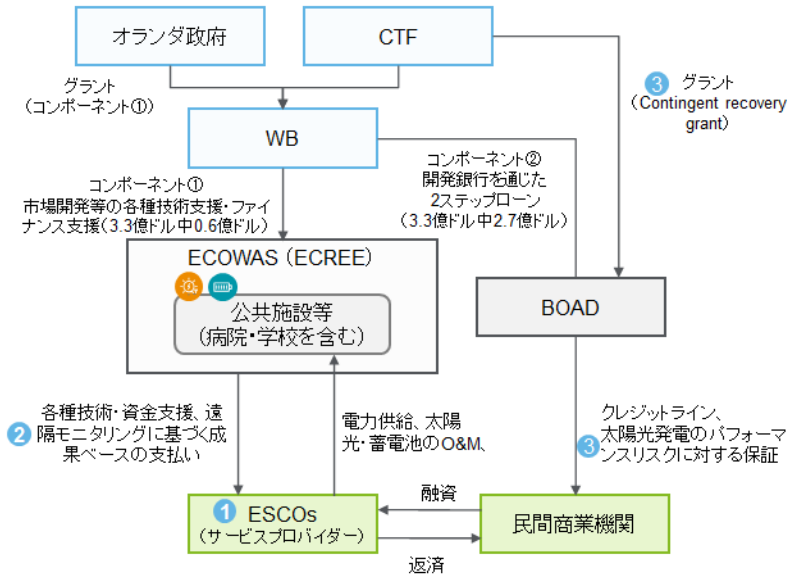
概要	<p>対象国の学校・保健センターなどの公共施設の電化を目的として、以下2つのコンポーネントを実施。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>西アフリカ地域における SHS 市場の開発</li> </ul> <p>ECOWAS Center for Renewable Energy and Energy Efficiency (ECREEE) が実施主体となり、官民双方に対する 6,000 万ドルのグラントで以下のコンポーネントを実施。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>投資環境整備</li> <li>成長ステージに応じた起業家技術支援</li> <li>起業家ファイナンス支援</li> <li>困難性が高い市場の障壁除去 (market entry grant、performance-based grant 等)</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>民間起業家のための金融アクセス障壁の低減</li> </ul> <p>BOAD が実施機関となり、商業銀行、デットファンド、マイクロファイナンス機関、リース会社、証券会社などが利用可能なクレジットラインの設定。</p>
プロジェクト目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>オフグリッド電力のアクセスを拡大することで、民間セクターの投資を促進させ、持続可能な市場規模の経済を創出する</li> <li>ピコソーラー、SHS、および地方の公共サービスと生産用途のためのスタンダードアローン太陽光システムの展開を加速するための西アフリカとサヘル諸国の取り組みをサポート</li> </ul>
活用技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>スタンダードアローン太陽光発電システム</li> </ul> <p>(技術仕様は ESCOs の裁量に委ねられており、ESCOs による運営の終了後のシステムの所有権は政府に移管されるため、政府側でシステムに関するリスクを負担する。このため、政府として ESCOs 対して最低術要件等を設けることが教訓として指摘されている<sup>15)</sup>)</p>
全体投資額	合計約 3.3 億ドル (IDA 融資 1.5 億ドル/グラント 0.1 億ドル、その他ドナー/民間資金 1.7 億ドル)
ファイナンス	<ul style="list-style-type: none"> <li>WB による技術支援、地域開発銀行を通じた投融資</li> <li>BOAD を通じた CTF による民間企業からの返済保証 (Contingency Recovery Grant)。なお、BOAD は ROGEP 全対象国を業務対象としておらず、BOAD の対象に含まれない国々は、別プロジェクトとして IFC が同様の保証プロジェクトを実施。</li> </ul>
ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>WB 支援を受けた ECOWAS 加盟国政府が、遠隔モニタリングに応じたパフォーマンスベースの支払いを ESCOs に実施</li> <li>ESCOs は、政府からの支払いを基に市中銀行より資金調達</li> </ul>
契約先・形態	事業実施国政府と ESCOs とのサービスプロバイダー契約
EPC/O&M 事業者	<ul style="list-style-type: none"> <li>EPC、O&amp;M は個別プロジェクトの実施主体による。COD 後 5~7 年間の O&amp;M</li> </ul>

<sup>15</sup> 出所である UN Foundation (2019) Lasting Impact - Sustainable Off-Grid Solar Delivery Models to Power Health and Education より

	<p>は ESCOs が実施、8 年目以後は政府省庁に所有権を移行</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>8 年目以降の長期 O&amp;M に関する手当がなされていないことが課題として指摘<sup>16</sup></li> </ul>
--	---

出所 UN Foundation (2019) Lasting Impact - Sustainable Off-Grid Solar Delivery Models to Power Health and Education、World Bank HP、World Bank(2017) Western Africa - Regional Off Grid Electrification Project、関係者ヒアリングより JICA 調査団作成

- ① ESCOsの役割
  - 機器調達・設置、COD後5～7年のO&M責任を負う。
  - 8年目以降の資産の所有主体は政府に移転、O&M実施主体は未定。
  - 資金調達。
- ② 成果ベースの支払い
  - O&Mの支払いはESCOsによるシステムの稼働時間などのパフォーマンスによって評価
- ③ Contingent recovery grant
  - BOADを通じて、CTFが民間商業銀行に対して、ESCOsが運用する太陽光発電システムのパフォーマンスリスクに対する保証を提供



出所 UN Foundation (2019) Lasting Impact - Sustainable Off-Grid Solar Delivery Models to Power Health and Education、World Bank HP、World Bank(2017) Western Africa - Regional Off Grid Electrification Project、関係者ヒアリング結果より JICA 調査団作成

図7 ROGEPのプロジェクトスキーム

### 2.2.3. Community Energy Development Programme (CEDP)

本プロジェクトは、スコットランド国立の Strathclyde 大学による、マラウイの地域保健センターへのオフグリッド型太陽光発電システムの導入による電化プロジェクトである。システム導入と並行し、地元のコミュニティ組織 Community Based-Organization (CBO) を設立し、システムの運用と収益事業の実施も移管している。また、CBO による持続的な運営を支援することを目的として Community Energy Malawi (CEM) の設立も行っており、CEM を通じて、プロジェクト終了後の CBO に対する継続的な支援を提供している。

太陽光発電システムの運用に関する技術移転を行い、長期運営をローカル化している点や、余剰電力を活用し携帯充電事業等の付帯収益事業を実施し、経済的自立性を高めている点が特徴的である。

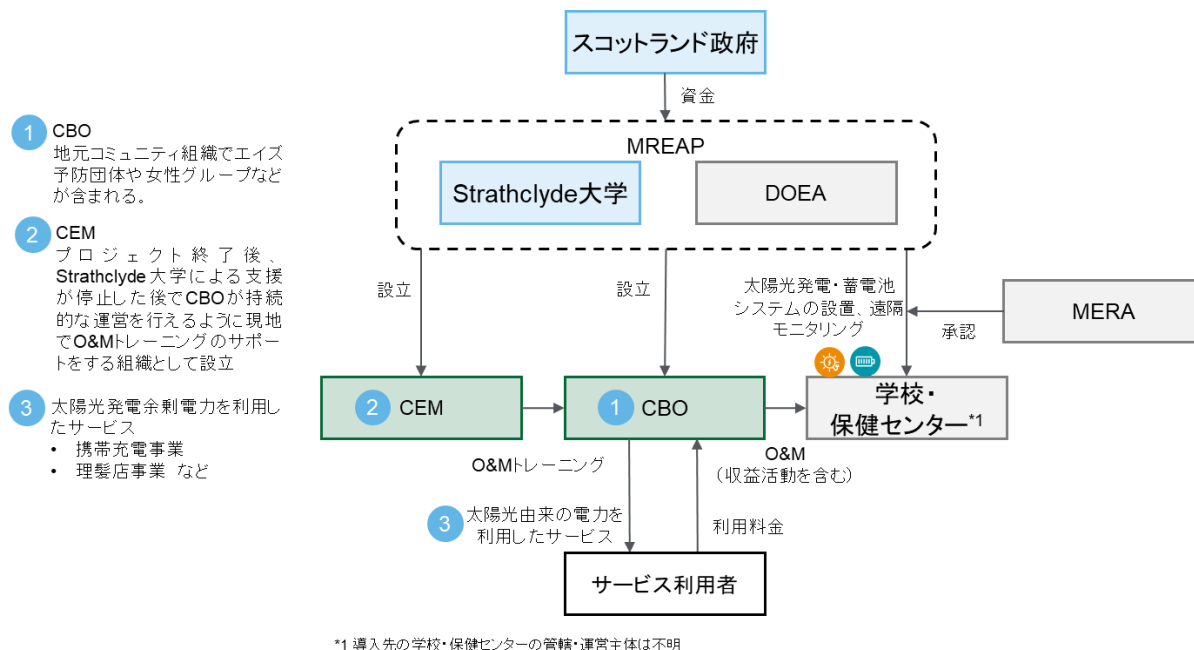
<sup>16</sup> 出所である UN Foundation (2019) Lasting Impact - Sustainable Off-Grid Solar Delivery Models to Power Health and Education より

表5 CEDPの概要

プロジェクト名	Community Energy Development Programme (CEDP) under the Malawi Renewable Energy Acceleration Programme
対象国	マラウイ
対象地域	地方農村部
プロジェクト期間	2012年～2015年（太陽光発電システムの設置は2014年）
概要	スコットランド Strathclyde 大学が主導し、マラウイの25の学校と1つの保健センターに200台以上のオフグリッド太陽光発電システムを導入するプロジェクト。システム導入と同時に現地コミュニティ組織（CBO）を設立、O&Mを移管し、またCBOはO&M費用を賄うための収益活動を実施している。更に、非営利のコミュニティ組織（CEM）を設立し、CBOへの継続的な能力開発と支援を行うモデルを構築
プロジェクト背景	<ul style="list-style-type: none"> <li>2011年よりスコットランド政府はマラウイ国における電力アクセス向上のための支援のため調査を開始</li> <li>調査の結果 Malawi Renewable Energy Acceleration Programme（MREAP）が形成され、Strathclyde 大学が主導機関として認定。MREAPはマラウイエネルギー省（DOEA）と共同で設立した Programme Steering Group で管理。230万ユーロの資金規模</li> <li>CEDPはMREAPのプログラムの一つ</li> </ul>
プロジェクト目的	複数の活動を組み合わせ、継続的な成長の基盤となるプラットフォームの構築による、マラウイのコミュニティ成長および再生可能エネルギー利活用の増進
活用技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>平均1.7kWpの太陽光発電システム</li> <li>2,100Ahの12V SLA 蓄電池</li> <li>Zigby プロトコルを使用した特注の遠隔監視システム</li> </ul>
全体投資額	230万ユーロ（MREAPの資金）
ファイナンス	スコットランド政府（マラウイ政府の資金面での関与は不明）
ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>オフグリッド太陽光発電システムを通じた学校・保健センター内の電化</li> <li>余剰電力を活用した、保健センター利用客等に対する収益活動の実施</li> <li>収益活動により71～84ドル/月の収益を獲得しており、これは概ねO&amp;M費用分に相当する（設備の更新分は含まない）。</li> </ul>
契約先・形態	N/A
EPC/O&M事業者	マラウイのエネルギー規制庁（MERA）の認定を受けた請負業者

出所 UN Foundation（2019）Lasting Impact - Sustainable Off-Grid Solar Delivery Models to Power Health and Education

より JICA 調査団作成



出所 UN Foundation (2019) Lasting Impact - Sustainable Off-Grid Solar Delivery Models to Power Health and Education より JICA 調査団作成

図2 CEDPの事業モデル

### 2.3. 教育セクター

シュークルキューブジャポンは、教育セクターでのオフグリッド事業を展開している企業の一つであるが、同社が2018年より実施しているTUMIQUIプロジェクトは、携帯型太陽光発電設備（TUMIQUI Smart Kit）と通信機器を組み合わせた「TUMIQUI ソリューション」を学校や診療所などの公共施設に導入し、西アフリカの未電化村落へ通信と電気を届けるオフグリッド事業である。2021年からは、関西電力と連携しTUMIQUI Smart Kitと太陽光パネル、通信アンテナを公共施設に導入し、小規模な電化・通信設備を構築することで、デジタル教育・EC等を提供する実証実験を開始している。

プロジェクト立上げの過程では、ドナーによる実証資金を活用することで、西アフリカ地方村落の小規模施設における電化・製品ニーズを把握し、太陽光パネル、蓄電池、ランタンを小型パッケージ化し最小限の電力ニーズに応えられよう設計した点や、販売価格を低く抑えアクセス性を高めた点が特徴的である。

表 6 TUMIQUI Projectの概要

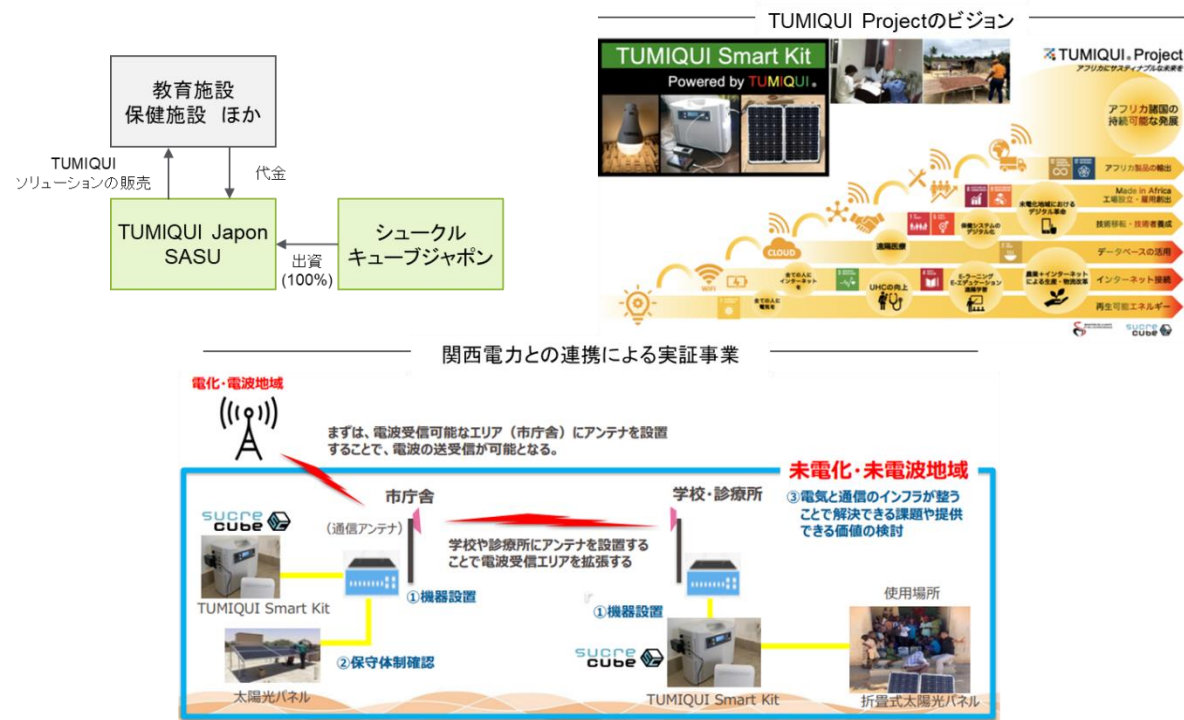
プロジェクト名	TUMIQUI Project
対象国	セネガル・西アフリカ
対象地域	サンジャラ市（首都ダカール南東に約80kmに位置する経済特区） ※実証事業ではサンジャラ市内の教育施設および保健施設に導入
プロジェクト期間	2018年～
概要	西アフリカの未電化村落に通信と電気を届けるオフグリッド事業。携帯型太



	<p>陽光発電「TUMIQUI ソリューション」と通信機器を組み合わせたキットの販売</p>
プロジェクト背景	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2018年4月にシュークルキューブジャポン社を設立し、国内外の政府機関や省庁、UNIDO や JICA など機関との連携を開始</li> <li>• 2019年より JICA 「途上国の課題解決型ビジネス（SDGs ビジネス）調査」を通じて実証事業を開始。同年にはセネガル保健省と国内10か所の未電化村落診療所への試験導入を約束する MOU を締結</li> <li>• 今後はコートジボワールのビジネスパートナーとも現地事業のパートナーとして MOU を交わす予定</li> <li>• 2020年1月には、UNIDO との縁からセネガルのサンジャラ市が進めるスマートシティ計画に日本企業として初めて参画する MOU を締結。</li> <li>• 2021年3月からは、関西電力と共同で実証実験を開始し、セネガルのサンジャラ市の未電化・未電波地域に TUMIQUI Smart Kit と太陽光パネルや通信アンテナを導入し、小規模な電化・通信網を構築するとともに、必要な保守体制の確認を行い、電気と通信のインフラが整うことで解決できる課題や、提供できる価値について調査を行う予定</li> </ul>
プロジェクト目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 電化を通じて携帯電話の使用や、インターネットへのアクセスによる医療・教育現場での PC やその他機器、農業を効率化するフィンテックなど多くの課題を解決する糸口を提供</li> <li>• 単なる機材輸出事業にとどまらず、現地に Made in Africa 製品を作るアトリエを設立し、現地の技術学校卒業生を雇用し、将来的には技術移転から権限移譲までを行うことで、自立的な成長につなげていく</li> </ul>
活用技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TUMIQUI ソリューション 携帯型太陽光発電パネルと通信機器を組み合わせた小型キット</li> <li>• TUMIQUI Smart UHC KIT TUMIQUI ソリューションの中核となるオフグリッド電源製品。携帯型太陽光パネル（出力150W）、携帯型蓄電池（容量300Whの鉛蓄電池または容量600Whのリチウムイオン電池）、LEDライトなどを組み合わせ 上記のほか、出力600kWの太陽光パネルと容量2400Whのリチウムイオン電池による固定設置モデルも用意</li> </ul>
全体投資額	N/A
投資家	<p>シュークルキューブジャポン（100%） ※現地法人 TUMIQUI Japon SASU への出資</p>
融資	N/A
その他支援・優遇	経済特区での設立により法人税の減税、関税優遇、保税陸港の活用
ビジネスモデル	機材販売。販売先には、保健省・教育省など政府・行政機関のほか、未電化村落のコミュニティ、都市部の富裕層を想定。TUMIQUI スマートキットは、太陽光パネルや充電式電球込みで1台1200ドル。10年で、140万台程度販売す

	る計画
契約先・形態	保健・教育等公共施設など
EPC/O&M 事業者	シュークルキューブジャパン

出所 シュークルキューブジャパンホームページ等より JICA 調査団作成



出所 シュークルキューブジャパンホームページ等より JICA 調査団作成

図8 TUMIQUIプロジェクトのビジネスモデルとビジョン

## 2.4. 医療セクター

### 2.4.1. Indian state of Chhattisgarh

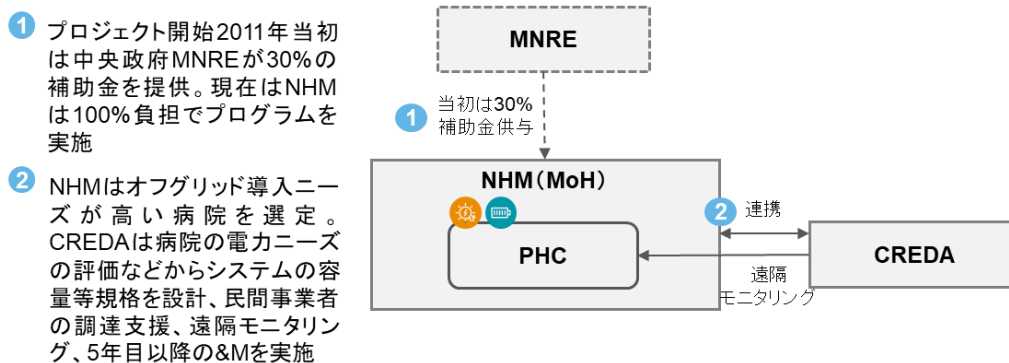
インド Chhattisgarh 州では、州保健省（MoH）および傘下の Chhattisgarh National Health Mission (NHM) と、同州再生エネルギー開発機関 Chhattisgarh State Renewable Energy Development Agency (CREDA) が連携し、州の医療施設にオフグリッド電源により電化するプロジェクトを推進している。地方部における医療施設の課題・ニーズを把握している NHM が対象施設の選定、情報提供を行い、再エネに関する専門性を有している CREDA が電力ニーズの評価、容量等発電システム規格の特定、稼働中のモニタリングを行う形で連携し、州全体で面的にオフグリッド電源を普及させている点が特徴としてあげられる。

表7 Chhattisgarh州プロジェクトの概要

プロジェクト名	Project in Indian state of Chhattisgarh
対象国	インド

対象地域	Chhattisgarh 州（州都ラーイプルはコルカタから西に約 700km）
プロジェクト期間	2011 年～
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CREDA と MoH、NHM が連携し MoH 傘下の地方未電化病院におけるオフグリッド太陽光発電設備を導入（984 のプライマリ・ヘルス・ケア（PHC）施設）するプロジェクト</li> <li>• 発電設備は各医療施設向けにカスタマイズされ、将来の省エネ機器等の導入に向け汎用性があるように設計</li> <li>• オフグリッドシステムは NHM 管轄の PHC に導入されるが、CREDA が民間事業者を選定。民間事業者はシステムの設置後 5 年間の O&amp;M を実施し、以降は CREDA が継承</li> <li>• 予算は MoH が負担。Ministry of New and Renewable Energy（MNRE）がプログラム開始当初は 30%の補助金を NHM に支給</li> </ul>
プロジェクト背景	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 州内 PHC の 3 分の 1 が未電化の状況があり、NHM は医療施設における電力アクセスが限定的な状況に課題認識を持っていた。NHM は CREDA が太陽光発電システムを通じてホテル、教育施設など州の遠隔地での電化事業を実施していることを知り、協力を打診</li> <li>• 2008 年に NHM と CREDA が協業し農村地域に安定的な電力を供給すべくパイロットプロジェクトを実施。2011 年より本格開始</li> <li>• Chhattisgarh 州は、地方部への系統の延長は価格的にも困難であると判断し、オフグリッドでの電化を推奨。ディーゼルと太陽光・蓄電池の経済性を比較したところ、前者が INR24-26kWh（USD 0.34-0.36kWh）、後者が INR12-14kWh（USD 0.17-0.20kWh）で太陽光が優れていると判断</li> </ul>
プロジェクト目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 安定性・信頼性の高い電力供給による高品質の医療の提供</li> <li>• オフグリッド電力を通じた、公衆衛生基準として定められている 24 時間 365 日の保健サービスを提供するための体制の確保</li> </ul>
活用技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>• スタンドアローン太陽光発電システム 設置する場所によってカスタマイズされており 2~10kWp の容量でそれぞれ 5 年間の保証、200Ah/48V のバッテリー 24 個、地元で調達した部品が付属されている。また、系統アクセスのある保健施設にはグリッドと太陽光発電の両方が使える切り替えシステムが導入されている。</li> <li>• 蓄電池（24 200Ah/48V）</li> <li>• 省エネ設備</li> </ul>
全体投資額	N/A
ビジネスモデル	公共事業
契約先・形態	N/A
EPC/O&M 事業者	N/A

出所 UN Foundation(2019) Lasting Impact - Sustainable Off-Grid Solar Delivery Models to Power Health and Education より JICA 調査団作成



出所 UN Foundation (2019) Lasting Impact - Sustainable Off-Grid Solar Delivery Models to Power Health and Education を基に JICA 調査団作成

図9 Chattisgarh事業モデル

## 2.4.2. Selco Foundation-Karuna Trust

インドの SELCO 財団と Karuna Trust (KT) は、同国 Karnataka 州無電化地域等の病院において、州政府と連携し、オフグリッド太陽光発電システムの導入による電化プロジェクトを行っている。SELCO 財団は、持続可能なエネルギー開発の総合ソリューションや医療施設における分散型電源の有用性を推進する NGO であり、KT は病院運営サービスを提供している慈善団体である<sup>17</sup>。本プロジェクトは、オフグリッド発電システムの導入に係る資金を国外の民間財団より無償で調達し、OPEX を自国州政府機関が負担する分担となっており、初期投資のハードルを民間ドナーの支援によって低減し、長期運営に対しては政府、民間サービスプロバイダー、PHC の 3 社が連携している点に特徴がある。さらに、SELCO 財団がオフグリッドを導入した保健センターのスタッフに対して民間 EPC 事業者を通じてトレーニングを行い、現地に O&M に必要な技術移転を行っている点も特徴的である。

表8 Selco Foundation-Karuna Trustプロジェクトの概要

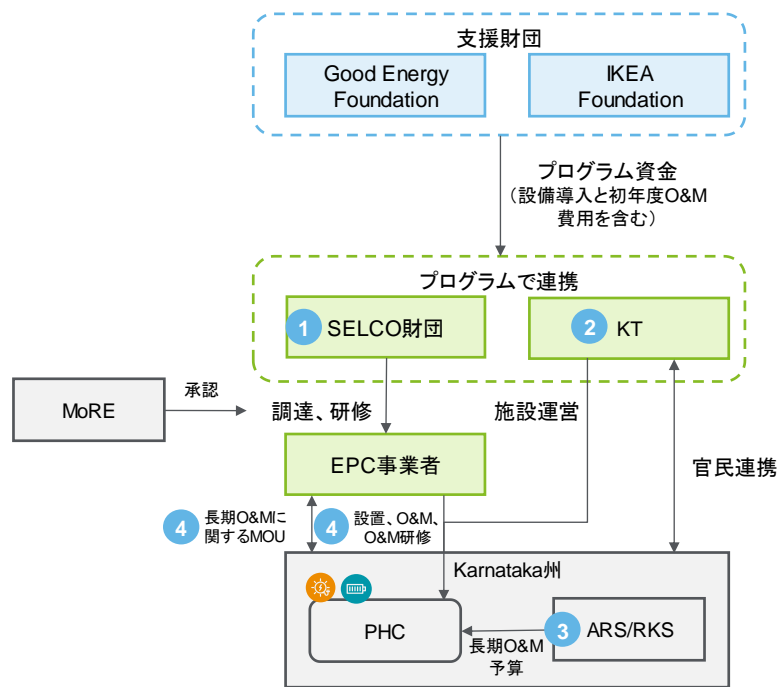
プロジェクト名	Selco Foundation-Karuna Trust
対象国	インド
対象地域	Karnataka 州 (州都ベンガルールはムンバイから南東に約 850km)
プロジェクト期間	2016 年～
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>SELCO 財団と KT が連携し、KT が運営している州の 15 の医療施設にオフグリッド太陽光発電システムを導入するプロジェクト</li> <li>SELCO 財団が EPC 事業者を選定 (再エネ省 (MoRE) が承認) するとともに、EPC 事業者に対してオフグリッド、蓄電池システムの設置、O&amp;M に関する研修を実施し、O&amp;M の質を確保</li> <li>EPC 事業者は、5 年間の O&amp;M を提供するとともに、州と別途 MOU を締結</li> </ul>

<sup>17</sup> Karuna Trust は Vivekananda Girijana Kalyana Kendra という NGO の関連団体で、官民連携方式により医療施設の運営サービスを提供しており、インドの 5 州 90 以上の PHC で直接病院運営を実施。

	<p>し、PHC スタッフに対して O&amp;M の研修を提供。長期 O&amp;M は EPC 事業者と PHC スタッフで実施</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 年目の O&amp;M 費用はプログラム予算に含まれるが、以降の O&amp;M 費用については、州予算で運営されている Arogya Raksha Samiti (ARS) /Rogi Kalyan Samithi (RKS) より拠出。ARS、RKS は、公共医療に関連する官民機関が参画する委員会で、SELCO 財団、KT のプロジェクトを発端として州内に設立</li> </ul>
プロジェクト背景	<ul style="list-style-type: none"> <li>KT は病院運営サービスを提供しているインドの慈善団体であり、SELCO 財団と KT は PHC 電化プログラムで長年連携していた。2 機関が実施していたプロジェクトが土台となり、ARS、RKS が州予算で設立</li> <li>プロジェクト開始の発端は、SELCO 財団が KT に対して保健センターの電源として分散型代替エネルギーの実用可能性とインパクトを証明する協力依頼したことである</li> <li>プログラム開始以前は、多くの PHC では系統電源、ディーゼル発電機と無停電電源装置 (UPS) を並行使用していたが、日常的な停電が課題となっていた</li> </ul>
プロジェクト目的	PHC の電化により、照明・基本的なオフィスサービス・コールドチェーン・妊産婦の健康管理・歯科治療・眼科治療・検査サービスを実施可能にする
活用技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>スタンドアローン太陽光発電</li> <li>鉛酸チューブラー電池</li> <li>リモートモニタリングソフトウェア搭載型による遠隔監視システム</li> </ul>
全体投資額	N/A
投資家	<ul style="list-style-type: none"> <li>Good Energy Foundation : 米国に本社がある再エネ、省エネ事業への投資を専門とする Good Energies Inc.が設立した、スイス本社の財団</li> <li>IKEA Foundation : スウェーデン本社の家具メーカーIKEA が設立した財団</li> </ul>
ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>CAPEX、1 年間の O&amp;M 費用、研修実施費用 : Good Energy Foundation、IKEA Foundation より拠出</li> <li>長期 O&amp;M 費用 : ARS を通して州予算で拠出</li> <li>PHC 運営は官民連携に基づき KT が実施</li> <li>長期 O&amp;M は、民間 EPC 事業者と、EPC 事業者から研修を受けて PHC スタッフで実施</li> </ul>
契約先・形態	<ul style="list-style-type: none"> <li>グラント : 支援団体と SELCO 財団間の契約</li> <li>EPC 契約 : SELCO 財団と EPC 事業者間の契約</li> <li>長期 O&amp;M 契約に関する MOU : EPC 事業者と州間の契約</li> <li>PHC 運営契約 : KT と州間の契約</li> </ul>
EPC/O&M 事業者	<ul style="list-style-type: none"> <li>EPC 事業者 : SELCO 財団が現地企業を選定 (MoRE 承認)</li> <li>O&amp;M 事業者 : EPC 事業者、PHC スタッフ</li> </ul>

出所 UN Foundation レポート、Selco Foundation HP、Karuna Trust HP を基に JICA 調査団作成

- 1 SELCO財団の役割  
自己資金、支援財団から拠出された資金を基に、入札を経てEPC事業者を選定するとともに(MoRE承認要)、EPC事業者に対してシステム設置、O&Mに関する研修を実施し、プログラムの質を担保
- 2 KTの役割  
官民連携に基づき、州に設立された公共保健センターを運営。本プログラムでもKT運営の病院にオフグリッドシステムを導入
- 3 ARS/RKS  
SELCO財団、KTのプログラムを発端に設立された委員会で、公共医療に関連する官民双方の機関が参加。全額政府予算で運営されており、ARS/RKSを通じてPHC運営に係る州の長期O&M予算が賄われている。
- 4 O&Mについて  
EPC事業者は導入後5年間のO&M責任をEPC契約に基づき負うとともに、州とMOUを締結し、長期O&Mの提供と、PHCスタッフに対するO&M研修を実施。長期運営はEPC事業者とPHCスタッフとの共同で実施



出所 UN Foundationレポート、Selco Foundation HP、Karuna Trust HPを基にJICA調査団作成

図10 Selco Foundation-Karuna Trustの事業モデル

### 2.4.3. Innovation Africa

Innovation Africa (IA) は、太陽光発電技術をアフリカ農村部に導入し、地域公共サービスの改善・向上を行うイスラエルのNGOである。個人や企業財団などから資金を募り、対象国の学校や病院に太陽光発電システムの導入などを行うプロジェクトを実施している。同プロジェクトでは、地域住民により組織された委員会がオフグリッドシステムのO&Mを実施し、発電した電力を理容や携帯充電サービスなどに活用し、獲得した収益によってO&M費用を負担している。地域に運営を定着させ、さらに付加収入により持続性を高めている点に特徴がある。また、IAは同様のモデルを10か国126プロジェクトで展開しており、世界各国の慈善事業を含む投資家と、オフグリッド事業を仲介する機能を果たしている点も特徴的であるといえる。

表9 IAプロジェクトの概要

プロジェクト名	Innovation Africa (IA)
対象国	主にウガンダ、マラウイ、タンザニア、その他エチオピア、南ア、コンゴ、セネガル、カメルーン、ザンビア、エスワティニ
対象地域	10か国で126プロジェクト（医療・教育施設）
プロジェクト期間	2008年～
概要	・IAによる遠隔モニタリング機能付き太陽光発電システムをアフリカ農村部

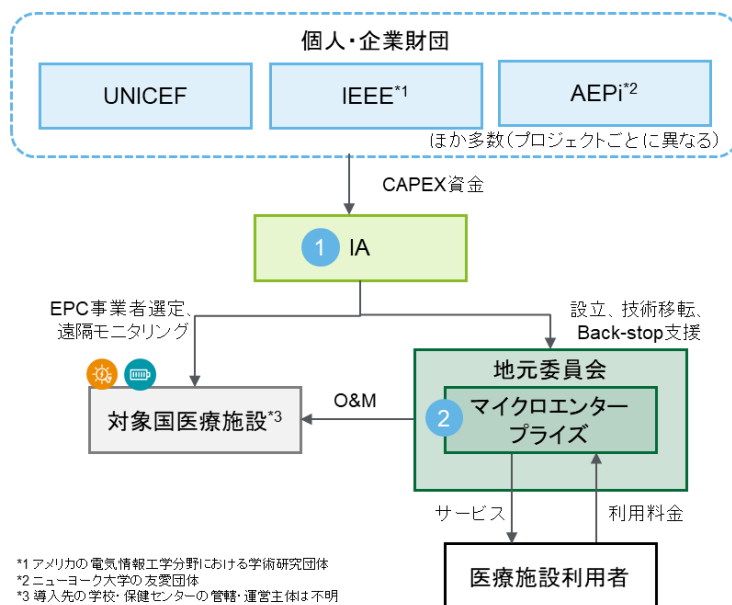
	<p>に導入するプロジェクト。地域の保健センター・学校にシステムを設置し、保健センターには照明やワクチンの冷蔵用に、学校には照明とコンピュータ用に電力を供給</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 地域の年配者、女性グループ、教育・医療施設代表者などから組織される委員会をプロジェクトごとに設立し、委員会にシステムの所有を移譲するとともに、付帯事業（携帯充電サービス、理容サービス、コピーサービス等）を実施するマイクロエンタープライズを立ち上げ、O&amp;Mの責任を移管</li> <li>• IAは、システム導入期間中にO&amp;Mに関する技術移転を委員会に対して行い、委員会が自律的に活動できるよう支援。加えて、システムの調達と、Back-stop支援として資金不足時の支援を行う</li> </ul>
プロジェクト目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 太陽光発電を活用しアフリカ農村部での地域サービスを改善・向上させる。</li> <li>• 地域の保健センターへ蓄電池・太陽光発電システムを導入することにより夜間における医療行為等を可能にする</li> </ul>
活用技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 「Energy Box」 リチウムイオン電池やその他の高品質なコンポーネントを中心としたコアシステムを搭載したオールインワンソリューション</li> <li>• システムは400WのPVと400Ah・12VのSLA/AGMバッテリー（密閉型鉛蓄電池）を風組む</li> <li>• スタッフハウスには100WのPVと100Ahの蓄電池を設置</li> <li>• 導入されたシステムの多くにGSM対応の遠隔監視ハードウェア導入</li> <li>• 持続性の高いリチウムイオン電池の導入予定</li> </ul>
投資家	個人、企業財団等、個別プロジェクトごとに異なる
ビジネスモデル	<p>CAPEX：個人・企業財団からの無償支援</p> <p>OPEX：委員会・マイクロエンタープライズによる付帯事業収益より賄う</p>
契約先・形態	IAと保健・教育施設運営者間の契約（詳細は不明）
EPC/O&M事業者	<p>EPC：IAが選定した地元事業者</p> <p>O&amp;M：地元委員会とマイクロエンタープライズ</p>

出所 UN Foundation レポート、Innovation Africa HP を基に JICA 調査団作成



**1 IAの役割**  
 イスラエルの太陽光発電技術を活用し、アフリカ無電化地域へオフグリッド型電源の導入を促進。世界の財団等から資金を募り、対象国の医療施設に太陽光発電+蓄電池システムを導入するためのEPC事業者選定、設置後の遠隔モニタリングを実施。導入に合わせて地元委員会を立ち上げ、委員会を通じてO&M、付帯収益事業を実施

**2 マイクロエンタープライズ**  
 地元委員会が住民より選任し立ち上げ。太陽光発電システムより発電した電力を活用し、携帯充電、理容、コピーサービスを施設利用者等に対して提供し、獲得した収益をO&M費用に補填



出所 UN Foundationレポート、Innovation Africa HPを基にJICA調査団作成

図11 IAのビジネスモデル

#### 2.4.4. Kalungi Hospital Water and Electrification Project

本プロジェクトは、USAID と COCA-COLA などの民間財団が協力し、ウガンダの Kalungi 病院にオフグリッド型太陽光発電システムを導入し電化を行うものである。太陽光発電システムに加えて、病院近辺に井戸と太陽光発電システムを整備し、井戸で地下水を汲みあげ病院へ送水、病院では余剰分を利用客、地域コミュニティに販売し、獲得した収益を O&M 費用に補填している点が特徴的である。

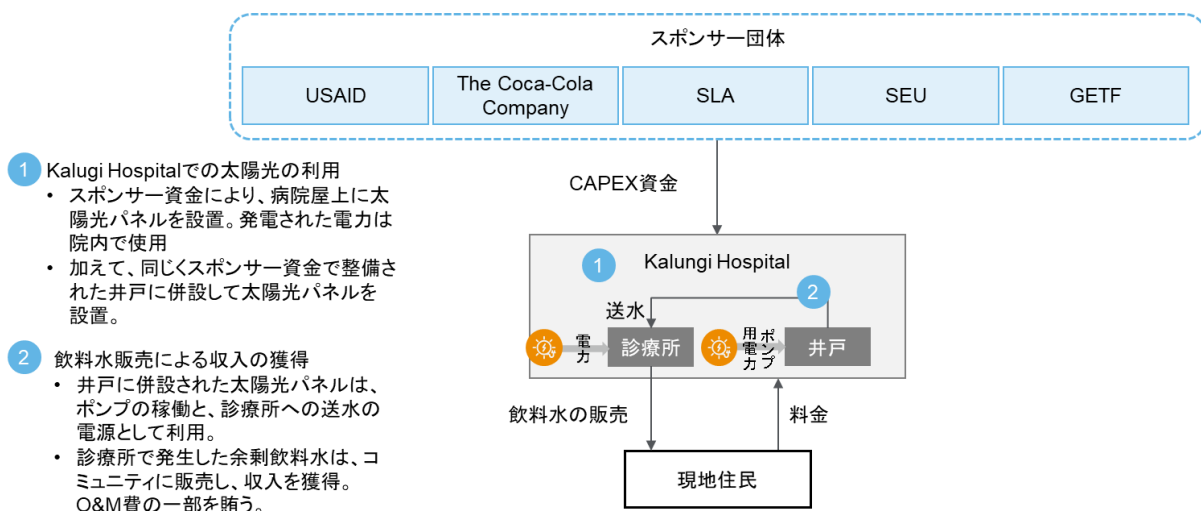
表10 Kalungi Hospital Water and Electrification Projectの概要

プロジェクト名	Kalungi Hospital
対象国	ウガンダ
対象地域	Kalungi 病院 (カンパラから南に 125 km)
プロジェクト期間	2006 年
概要	太陽光発電システム導入による Kalungi 病院の電化と、整備した井戸を活用した、病院と地域コミュニティへの浄水供給を行うプロジェクト
プロジェクト背景	初期アセスメントにおいて電力需要と発電源を評価。風況、燃料コスト等を加味し、太陽光が最適な発電源と特定
プロジェクト目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>診療時間の延長、夜間診療を可能にする</li> <li>看護学生のための研究を夜間でも可能にする。</li> <li>医療機器の滅菌</li> <li>年間約 25,000 ドルの燃料節約</li> <li>顕微鏡などの診断機器の電源の確保</li> <li>ワクチン、医薬品、診断用品の冷蔵</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンピュータの使用と機能の拡張</li> </ul>
活用技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.6 kW オフグリッド太陽光パネル（病院の電化） 0.2 kW DC システムおよび 1.4kW AC システム</li> <li>2.6kW オフグリッド太陽光パネル（井戸に併設） 地下水の汲みあげ、病院への送水に使用</li> </ul>
全体投資額	121,000 ドル（管理費等を除く整備費のみ） （病院向け 1.6kW 太陽光パネル：38,000 ドル、井戸向け 2.6kW 太陽光パネル＋井戸整備：83,000 ドル）
ファイナンス	<ul style="list-style-type: none"> <li>USAID</li> <li>The Coca-Cola Company</li> <li>Solar Light for Africa, Ltd. (SLA)</li> <li>Solar Energy Uganda, Ltd. (SEU)</li> <li>Geneva Global Foundation/Global Environment &amp; Technology Foundation (GETF)</li> </ul>
ビジネスモデル	ドナー支援によるオフグリッド太陽光発電システムの設置と飲料水の販売収益事業
契約先・形態	CAPEX：ドナー資金による支援 OPEX：太陽光発電による電力を利用し地下からくみ上げた地下水の余剰分を地域に販売した収益により賄う。EPC 事業者である SEU が太陽発電システムについて 25 年間のメーカー保証を提供
EPC/O&M 事業者	EPC：SEU O&M：Kalungi 病院職員

出所 USAID HP を基に JICA 調査団作成



出所 USAID HP を基に JICA 調査団作成

図12 Kalungi Hospitalsのビジネスモデル

## 2.5. 農業セクター

### 2.5.1. Powering Agriculture

Powering Agriculture は、USAID、スウェーデン政府 (Sida)、ドイツ政府 (BMZ)、 Duke Energy Corporation、the United States Overseas Private Investment Corporation (OPIC) により設立されたイニシアティブである。途上国の農業セクターの小規模事業者や起業家に対し、上記パートナー組織の資金・技術による支援により、農業生産性・収益性の向上およびエネルギー消費量の低下を図り、途上国の低炭素な経済成長を促進することを目的としている。小規模事業者の不足する資金や技術力を提供するとともに、民間セクターからの投資の動員やマッチングも行っていることが特徴である。

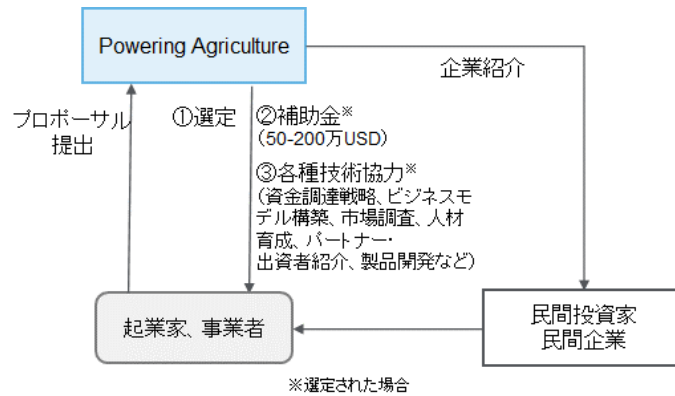
表11 Powering Agricultureの概要

プロジェクト名	Powering Agriculture
対象国	アフリカ、アジア大洋州、ラテンアメリカ、中東の 22 カ国
対象地域	N/A
プロジェクト開始	2012 年-2019 年
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 起業家やその他ステークホルダーに対し、技術協力、ビジネス促進・戦略策定、資金援助などの支援を提供。以下の 4 つのプログラムを実施             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 技術・ビジネスモデルイノベーション (グラント) : クリーンエネルギー技術の設計、パイロット、展開など様々なフェーズのプロジェクトに対し 50-200 万 USD のイノベーション補助金、技術協力およびビジネス促進のための支援を提供</li> <li>2. ファイナンスファシリティ : 農業・エネルギー分野を対象とし、実績のある投資会社 AlphaMundi と Factor[e]とパートナーシップを組み設立された Investment Alliance を通じたファイナンス支援。民間セクターによる投資を動員 Powering Agriculture は、上記二社に対し、出資先の起業家発掘や選定に係る支援を行う</li> <li>3. ナレッジマネジメント : クリーンエネルギー・農業分野における調査、研究・分析およびこれらの情報を共有</li> <li>4. メインストリーム化とスケールアップ : トレーニング、ワークショップ、会議およびメディアを通じ農業のクリーンエネルギー化の重要性を発信。太陽光発電式水ポンプの市場拡大のためポンプ調達インセンティブの供与</li> </ol> </li> <li>• さらに CLASP<sup>18</sup>が実施する 2019 Global LEAP Awards +Results Based Financing (Global LEAP+RBF) に資金を提供しており、同プログラムでは成果に応じ</li> </ul>

<sup>18</sup> 省エネルギーに関する政策、市場・製品のアクセラレーションに提言等を行う NGO (<https://clasp.ngo/>)

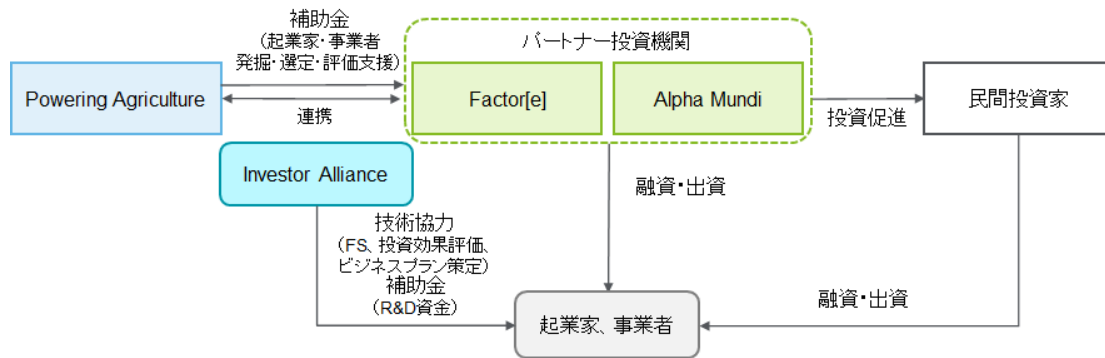
	<p>て補助金を提供</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2019年の終了後、地域ハブ（アジア、中東、南部アフリカ、東部アフリカ、西部アフリカ）を拠点とした、Water and Energy for Food (WE4F) を立ち上げ、ハブごとにイノベーションのアイデアを受け付ける等、現地のニーズ等に応じた支援を提供予定</li> </ul>
プロジェクト背景	<ul style="list-style-type: none"> <li>USAID、Sida、BMZ、Duke Energy Corporation、OPIC が資金を集め、the Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development (PAEGC) イニシアティブを設立</li> </ul>
プロジェクト目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>貧困国、開発途上国の農業セクターの農業生産性を向上させ、低炭素な経済成長のために、クリーンエネルギー技術の開発、普及を支援すること</li> <li>特に収穫後損失の減少、農家や農業ビジネスの収益向上、農業プロセスにおける省エネ・畜エネの向上に向けた支援を行う</li> </ul>
活用技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術：加工処理、灌漑、冷蔵、分散型電源、換気</li> <li>資源：バイオガス、バイオマス、太陽光、太陽熱、バイオマス・太陽光のハイブリッド</li> </ul>
全体投資額	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術協力および R&amp;D：61 万 6,300USD</li> <li>Investment Alliance による投資：120 万 USD</li> </ul>
ファイナンス	<ul style="list-style-type: none"> <li>本イニシアティブのパートナー政府・ドナー（USAID、SIDA、BMZ、Duke Energy Corporation、OPIC）</li> <li>本イニシアティブのパートナー投資家（Alpha Mundi、Factor[e]）</li> <li>その他民間投資家</li> </ul>
その他支援・優遇	民間セクターからの投資動員・マッチング支援など
ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術・ビジネスモデルイノベーション： Powering Agriculture が選定した起業家や小規模事業者に対し、補助金の供与およびそれぞれに必要な技術協力を提供することで、彼らのビジネスモデル構築・市場開拓、資金調達を実現させる</li> <li>ファイナンスファシリティ： Investment Alliance の枠組みにおいて、パートナーである Alpha Mundi、Factor[e]に対し、Powering Agriculture は企業選定などの支援を行い、Alpha Mundi、Factor[e]は起業家・事業者に対し R&amp;D 資金の供与や資金調達支援を行う</li> </ul>
契約先・形態	N/A
EPC/O&M 事業者	N/A

出所 Powering Agriculture HP を基に JICA 調査団作成



出所 Powering Agriculture HP を基に JICA 調査団作成

図13 Powering Agriculture技術・ビジネスモデルイノベーション



出所 Powering Agriculture HP を基に JICA 調査団作成

図14 Powering Agricultureファイナンスファシリティ

## 2.5.2. SunCulture

SunCulture は、オフグリッドの太陽光発電灌漑システムおよび付随する IoT や AI を駆使したサービスを小規模農家に対し販売するアメリカ発のベンチャー企業である。太陽光発電によるエネルギーによりインターネットに接続した機器が、天候予測、施肥のタイミングの通知などを行い、営農の支援を実施する。また、支払いにモバイルマネーを活用することは従来の Pay As You Go と同様であるが、機器の使用時ではなく収入の増える収穫期における支払いを認める Pay As You Grow という農業分野特有のサイクルを考慮したシステムを開発し、小規模農家の設備投資を支援している。独自のビジネスモデルが評価され、複数の再エネ／オフグリッドイニシアティブから補助金を得ており、これらの補助金や投資家からの出資が上記 Pay As You Grow のシードマネーとなっていることが考えられる。

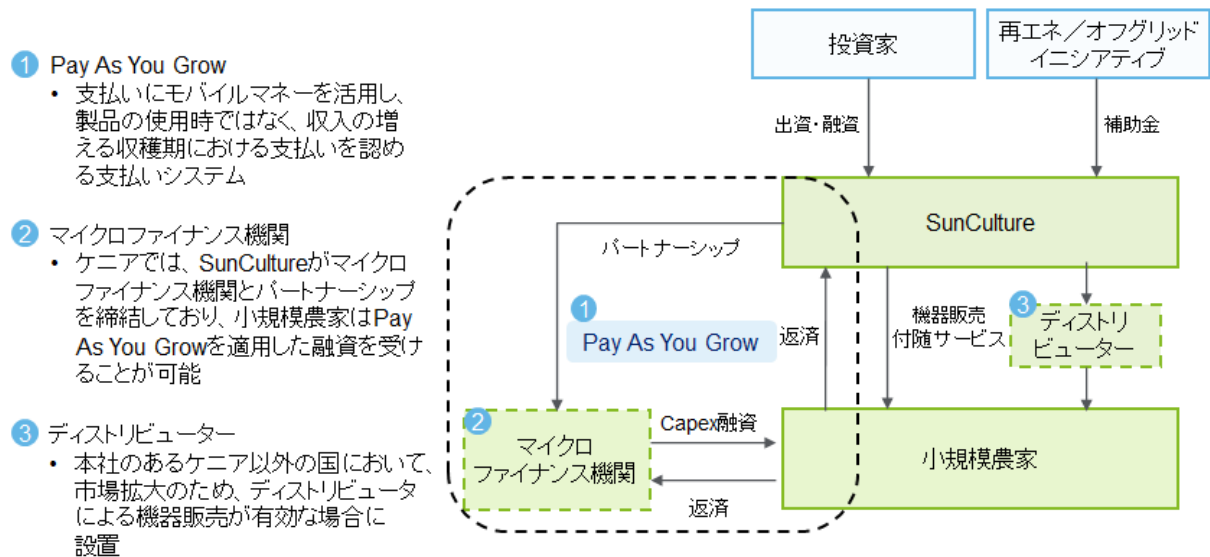
表12 SunCultureプロジェクトの概要

プロジェクト名	SunCulture
対象国	ケニア、ルワンダ、ソマリア、タンザニア、ウガンダ、ザンビア、エチオピア
対象地域	上記の対象国における小規模農家の点在している農村地

プロジェクト開始	2013年
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>小規模農家向けにポンプ式の太陽光発電灌漑システムを販売</li> <li>IoT と AI などの IT 技術を駆使し、リアルタイム監視、装置使用方法や栽培技術のトレーニング、金融サービスなどシステムに付随したサービスを提供することで、小規模農家の営農活動バリューチェーン全体を支援する</li> </ul>
プロジェクト背景	<ul style="list-style-type: none"> <li>ビジネスを立ち上げたケニアでは、灌漑面積は灌漑可能領域の4%にしか満たず、ディーゼル発電の灌漑用ポンプが環境汚染や二炭素排出量の増加をもたらしていた。また、多くの農家が天水農業に適した栽培種を栽培しない傾向にあることより、栽培種に偏りが生まれていた。さらに天水灌漑に依存するケースでは、土壌侵食や土壌からの栄養素の流出などの問題が発生していた</li> <li>灌漑問題により農家の生産性向上、食糧安全保障と農家の購買力向上が妨げられていると考えた創業者がケニアにて起業。その後、ケニアのビジネスモデルをアフリカの他国へ展開</li> <li>Powering Agriculture のグラント支援を受けるとともに、Investment Alliance を通じた Alpha Mundi からの投資も受け入れ。また、Global LEAP+RBF からの補助金も獲得</li> </ul>
プロジェクト目的	アフリカの小規模農家に対し、エネルギー効率のよい太陽光発電ポンプおよび様々な灌漑関連サービスを提供することで、高品質農作物を育てる持続可能な方法を提供する
活用技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>ポンプ式の太陽光発電灌漑システム (RainMaker2)</li> <li>オフグリッド太陽光発電マネジメントシステム (ClimateSmart)</li> <li>ClimateSmart には IoT、AI 技術 (マイクロソフト社クラウドプラットフォーム Azure) を活用</li> </ul>
全体投資額	N/A
投資家	Alpha Mundi (前述)、EDF、Aster、Energy Access Venture、Partners Group など
融資	N/A
その他支援・優遇	The Energy and Environment Partnership Trust Fund (EEP)、The Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership (REEEP)、Powering Agriculture (前述) などによる補助金
ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器販売および IoT、AI を活用した付随するサービスの提供 (遠隔地からの灌漑システムのモニタリングと最適運用、天候予測など)</li> <li>金融サービス Pay As You Grow : 支払いにモバイルマネーを活用することは従来の Pay As You Go と同様であるが、機器の使用時ではなく、収入の増える収穫期における支払いを認め、小規模農家の設備投資を支援</li> <li>独自のビジネスモデルが評価され、再エネ/オフグリッドイニシアティブから補助金を得ており、それらや投資家からの出資が上記 Pay As You Grow のシードマネーとなると考えられる</li> </ul>
契約先・形態	N/A

EPC/O&M 事業者	N/A
-------------	-----

出所 SunCulture HP、EEP HP、関係者ヒアリングなどを基に JICA 調査団作成



出所 SunCulture HP、EEP HP、関係者ヒアリングなどを基に JICA 調査団作成

図15 SunCultureのビジネスモデル

### 2.5.3. Powerhive

Powerhive 社は米国のスタートアップ企業である。ケニアで民間企業として最初に売電ライセンスを取得し、同国の無電化地域で太陽光発電システムと蓄電池を組み合わせたミニグリッドの構築・設置、電力供給および養鶏・灌漑などを支援する小規模金融プログラムの提供を行っている。ミニグリッドの開発候補地選定、配電網設計、建設、電力供給管理、顧客管理まで自社開発のプラットフォームを活用し、地域ごとの電気需要に合ったミニグリッドを効率的に構築可能な体制を整えている。開発したミニグリッドは Powerhive 社が保有し、顧客は使用分の電気代のみをモバイルマネーを活用し支払う。

また、付帯サービスとして、小規模金融プログラムや収入向上支援により、家庭や農家に対し家電・農用品の低価格リースや融資を行うことで世帯収入の向上、生活環境の改善を支援していることが特徴である。

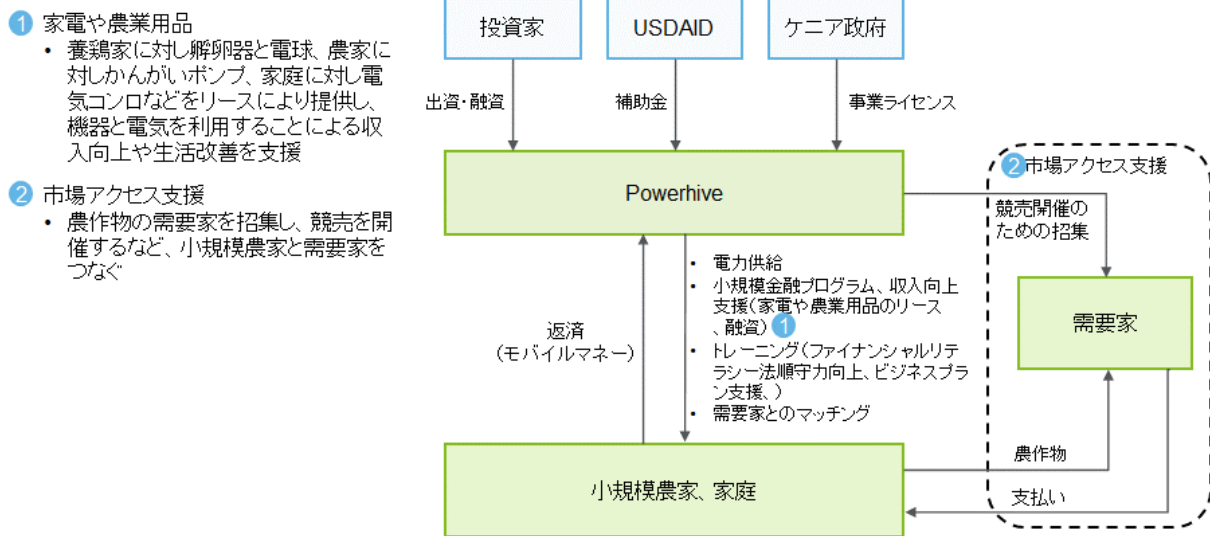
表13 Powerhiveプロジェクトの概要

プロジェクト名	Powerhive
対象国	ケニア
対象地域	地方部 40 サイトでミニグリッドを運営
プロジェクト開始	2011 年
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>ケニアで民間企業として最初に売電ライセンスを取得し、同国の無電化地域で太陽光発電システムと蓄電池を組み合わせたミニグリッドの構築・設置、電力供給及び養鶏・灌漑などを支援する小規模金融プログラムの提供を</li> </ul>

	<p>行っている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 小規模金融プログラムでは、コミュニティの住民に対して小規模ファイナンスを提供し、孵卵器などを導入し農家となることで生計向上を支援</li> <li>• 養鶏、灌漑のほか、EV プログラムなど新規事業に取り組み<sup>19</sup></li> </ul>
プロジェクト背景	<p>創業者である Chris Horner 氏が、東アフリカの太陽光発電システム、蓄電池製造企業の Better Energy System で働いていた際、現地におけるモバイルデバイスや小型 LED など基礎的な電力サービスの需要やモバイルマネーの浸透の様子を知り、アフリカの地方部におけるオフグリッド太陽光発電の市場にビジネス機会を見出したことで起業</p>
プロジェクト目的	<p>安価、信頼性の高いミニグリッドの電力を世界中の何百万人もの地方部の家庭や企業に共有すること</p>
活用技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 太陽光発電システムと蓄電池を組み合わせたミニグリッド</li> <li>• クラウドベースのソフトウェアプラットフォーム（自動顧客管理、ミニグリッドの運用状況モニタリング、データ分析などが可能）</li> <li>• The Site Wizard for Analysis, Reconnaissance, and Mapping（SWARM、遠隔にてミニグリッドサイト調査などが可能）</li> </ul>
全体投資額	4,380 万 USD 以上
投資家	豊田通商、Caterpillar Ventures James Sandler、Prelude Ventures、Tao Capital、Total Energy Ventures、Kouros、TO.org
融資	N/A
その他支援・優遇	USAID の Development Innovation Ventures（DIV）による 50 万 USD の補助金
ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 太陽光発電システムと蓄電池を組み合わせたミニグリッドの構築・設置および電力の供給</li> <li>• ミニグリッドの設備資産は同社が保有し、顧客は使用する分の電気代をモバイルマネーで支払うことで安定的に電気の利用が可能</li> <li>• 併せて小規模金融プログラムや収入向上支援を提供しており、家庭や農家に対し家電・農業用品の低価格リースや融資を行うことで世帯収入の向上、生活環境の改善を支援</li> </ul>
契約先・形態	N/A
EPC/O&M 事業者	Powerhive

出所 Powerhive HP、Crunchbase を基に JICA 調査団作成

<sup>19</sup> 灌漑プログラムは事業化の目途が立たず撤退（関係者ヒアリングより）



出所 Powerhive HP、Crunchbase を基に JICA 調査団作成

図16 Powerhiveのビジネスモデル

## 2.6. その他セクター

教育、医療、農業以外のセクターにおいても、オフグリッド電源化を活用した取り組みが行われており、その一つに海水淡水化の取り組みがある。Remotely Controlled Off-grid Water Desalination Plant Based on Reverse Osmosis (RO 100 Sea) プロジェクトは、ドイツのオフグリッド・ハイブリッド電源システムの監視管理ソリューションを提供する Infinite Fingers と、浄水システムの設計事業を行う Membran-Filtrations-Technik による太陽光・風力発電を活用した自家発電型海水淡水化システムの開発プロジェクトである。両社が共同で開発したシステムをコロンビア地方部の教育施設に設置し、生徒と家族に無償で飲料水の供給を行い、余剰飲料水はボトル販売を行う事業である。特徴的な点としては、導入先の条件に適した技術（風力発電）を導入している点や、オフグリッド再エネ電源を施設の電化のみならず海水淡水化設備の電源として活用している点、余剰電力を付加価値のある製品（飲料水）に転換し、収益事業を行っている点にある。

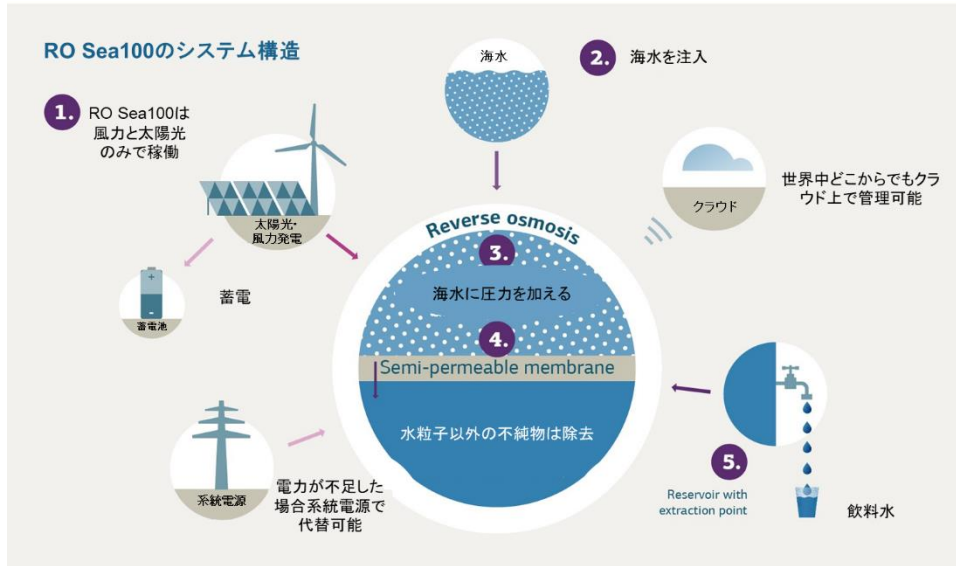
表14 RO 100 Seaプロジェクトの概要

プロジェクト名	Remotely Controlled Off-grid Water Desalination Plant Based on Reverse Osmosis (RO 100 Sea)
対象国	コロンビア
対象地域	La Guajira 県（県都リオアチャはボゴタから北に約 760km）
プロジェクト開始	2016 年～
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>オフグリッド・ハイブリッド電源システムの監視管理ソリューションを提供する Infinite Fingers 社と浄水システムの設計事業を行う Membran-Filtrations-Technik 社が協業し、自家発電式海水淡水化システムの開発を行うプロジェクト</li> <li>開発資金の多くは KfW が拠出し、コロンビア現地太陽光発電事業者の</li> </ul>



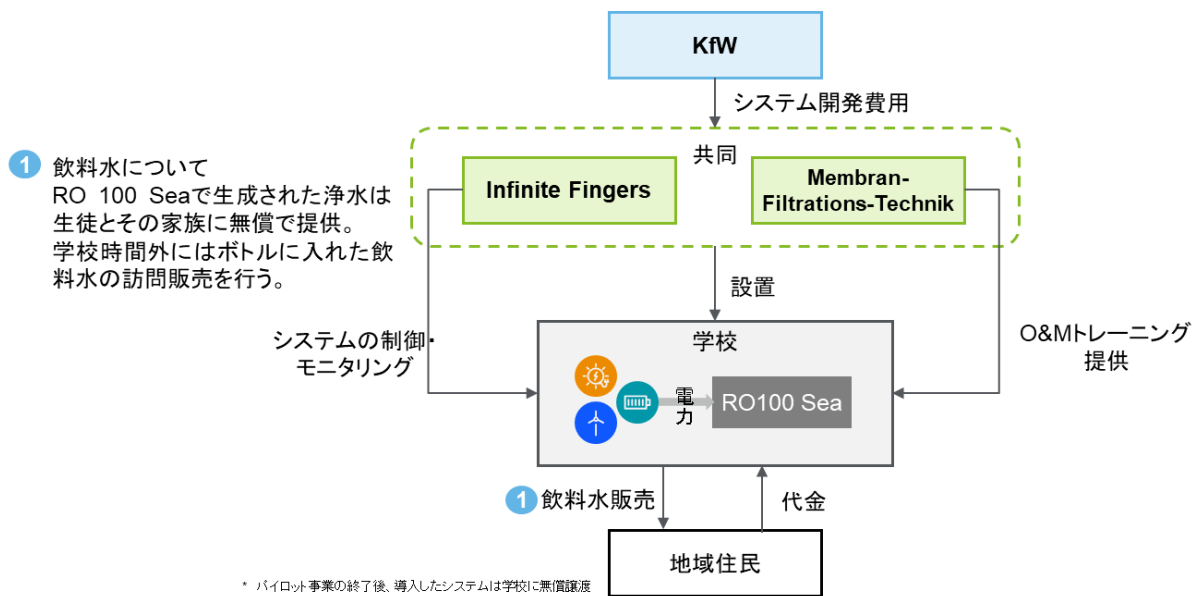
	Colenergy と共同でラ・グアヒーラの学校に寄贈
プロジェクト背景	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 首都から離れた海岸沿いに位置する La Guajira 県は、乾燥地帯であり、また住民の多くは先住民族で貧困層に該当し、水不足に課題を抱えていた</li> <li>• 開発したシステムは逆浸透膜を使用しているため電力が必要であり、燃料コストが課題であった</li> <li>• 乾燥地帯であるが日射量と風況に優れていることから、太陽光と風力を活用した自足エネルギーシステムを開発</li> </ul>
プロジェクト目的	乾燥した貧困地域へ適正な価格で浄水を供給
活用技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RO 100 Sea システム 逆浸透膜を用いて様々な海水源から 1 時間あたり最大 120 リットルの飲料水を生成する脱塩システム 風力・太陽光による発電を活用</li> <li>• 太陽光パネル 7.5 KWp</li> <li>• 風力タービン 350 W</li> <li>• リチウムイオン電池 11.2 Kwh</li> <li>• 遠隔モニタリングシステム 100%リモートで制御監視が可能。エネルギーシステム・水プラントにおける各種データがクラウドに自動アップロード。水質が一定限度を下回った場合にシステムが自動的に停止し供給に対する安全性の担保が可能</li> </ul>
全体投資額	400,000 ユーロ (KfW 傘下の DEG が 200,000 ユーロ以上を拠出)
投資家	総事業費の半額を、KfW を通じてドイツ政府が負担
ビジネスモデル	学校へのシステム寄贈と飲料水の販売収益事業
契約先・形態	N/A
EPC/O&M 事業者	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EPC : Infinite Fingers、Membran-Filtrations-Technik、その他 Siemens 等が製造に関与</li> <li>• O&amp;M : ケルンにてトレーニングを受けたコロンビア現地スタッフ</li> </ul>

出所 KfW HP、Infinite Fingers HP、ARE HP を基に JICA 調査団作成



出所 Infinite Fingers HPを基に転載(JICA調査団訳)

図17 RO Sea 100システムの概要



出所 KfW HP、Infinite Fingers HP、ARE HP を基に JICA 調査団作成

図18 RO 100 Seaのビジネスモデル

### 第3章 関係者からのオフグリッド利活用促進に関する意見

12 事例の詳細情報の把握と、他セクターにおけるオフグリッドの利活用推進に向けたポイント、ドナーに期待する支援策を把握することを目的として、ドナー機関やオフグリッド企業団体、民間企業等を対象としたヒアリングを実施した。ヒアリングから得られたオフグリッド利活用推進のための要因、およびドナーに期待する支援策に関する主なコメントは下表の通りである。

表15 官民関係者からのオフグリッド利活用推進、ドナー支援策に関するコメント

セクター	ヒアリング先	主なコメント
教育・医療	ドナー機関 (WB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 病院、学校等公共施設の電化プロジェクトは予算が政府に依存するため電力料金の支払いが行われないことも多く、民間企業は公共施設へのオフグリッドの導入に消極的。このため、利活用促進のためには支払い保証が重要な支援</li> <li>• 各国規模で見るとオフグリッド市場は小さいため、地域アプローチが重要となる。そのため地域内でのオフグリッド機器品質規格の統一や、関税障壁の解消等の支援が有効</li> <li>• 地域アプローチをとる際、民間企業との窓口が複数になると煩雑であるため、地域経済共同体等を活用するのが有効</li> <li>• 公的セクターの補助金のみでは資金が十分ではないため、民間金融機関等を介したファイナンスを提供することが重要</li> </ul>
教育・医療	オフグリッド企業団体 (AMDA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ミニグリッド利活用推進のポイントは公共が資産を所有する場合と民間が資産を所有する場合で大きく異なる。公共機関が所有する場合、20年から30年の長期O&amp;M費用の確保が重要</li> <li>• 公共よりも民間が運営を行うほうが効率的であり、利活用推進のポイントは民間が投資しやすい政策、制度を公共が整備すること</li> <li>• 各国政府を通じたアプローチではプロジェクト立案に時間がかかり、また政府を介することでリスクもある。成果ベースで民間企業への支援を行うアプローチが望ましい</li> <li>• アフリカの多くの国ではミニグリッドに関する政策・制度が整備されておらず、支援が必要。ただし、既に多くのドナーが支援しているため、ドナー間の調整が必須</li> <li>• ミニグリッドへの融資は限定的であり、ドナーによる支援を期待</li> <li>• 融資が限定的な要因は政府保証が提供されないことが一因であり、ドナー支援を期待</li> <li>• ミニグリッドプロジェクト1件当たりの投資額は小規模となるため、デューデリジェンス費用が相対的に高くなる。デューデリジェンス費用の支援、もしくはプロジェクトを統合する機能をドナーに期待</li> </ul>
医療	ドナー機関	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 医療セクターのオフグリッドプロジェクトにおいては利用可能なデ</li> </ul>

	(SE4ALL)	<p>ータが古いもしくは限定的であり、データの整備が必要（電化ニーズがある医療施設数・サイト、電化によるインパクト等）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 近年ではサービスベースのプロジェクトが台頭してきており、これを促進させていくためのビジネスモデルの確立（例：WBのROGEP等）が必要</li> <li>• 成果ベースのファイナンスニーズも増加</li> <li>• オフグリッドセクターにおけるドナー間でのハイレベルな協力・協調、国レベルでの協力・協調が必要</li> </ul>
医療	NGO (SELCO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 緊急事態下での対応や持続性、モニタリングの観点から現地のエコシステムの構築（ローカル化）が重要。このため、現地EPC事業者やNGO等とのパートナーとの連携が必須</li> <li>• 病院の大半が公営だが、政府の電化機器の調達政策が現場のニーズを踏まえていないことが多く、ドナーに支援を期待（必要以上の電力容量の電子機器を一括調達するなどの事例が散見）</li> <li>• 多くのドナーが途上でオフグリッド支援を実施しているが、電力ニーズの評価や運営に係る適切な指導を行わないまま機器を導入していることから、適切に稼働していないものが多い。導入にあたっては適切な評価と技術移転が必要</li> </ul>
農業	ドナー機関 (USAID)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 政策面での課題が多い。東アフリカのミニグリッドを除くアフリカの多くの国々ではオフグリッドに関する制度・規定が整備されておらず、例えば太陽光ポンプ式灌漑システムで太陽光パネルは免税対象となる一方、ポンプは対象とならないため同一のコンテナで輸送できない等の関税上の障壁がある</li> <li>• 民間事業者、起業家からはファイナンスへのアクセスも課題</li> <li>• エンドユーザー（農家向け）ファイナンスのニーズも高い</li> <li>• 現在ユーザーへの融資に対する保証が欠けており、ニーズが高い</li> <li>• 特に農業セクターでのオフグリッド技術は市場認知度が低く、農家としても導入にあたり不安要素が多く課題。起業家、民間事業者は技術開発と市場育成を行う必要があり、ドナー支援が求められる</li> <li>• ポンプ式灌漑設備、冷蔵設備、農産物加工設備等、製品ごとに異なる市場認知度・普及の段階にあり、それに応じた課題と提供すべき支援がある。サプライヤーが複数いる成熟市場については個社よりも市場全体に対する補助金の提供が有効</li> <li>• 政府のオフグリッドに関する関心が低く課題。多くの政府では、国としてはシステムの延長を行い、オフグリッドは民間セクター任せとなっている</li> </ul>

農業	民間企業 (Powerhive)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 小規模なミニグリッドプロジェクトでは投資回収期間が長期となるため、サイトの規模を大きくする必要があり、このため顧客の需要創出（電力使用機会の増加）が重要</li> <li>• 営農支援が重要であり、付加価値の高い農産物の生産、灌漑設備や収穫後加工機器の導入を促進し、電力需要を創出することも可能</li> <li>• 全国統一的な電力料金を設定している国もあり、灌漑設備を導入する代わりに世帯向けの電力料金を高く設定できるよう政府に働きかけを行うなどの支援をドナーには期待</li> <li>• アフリカではミニグリッドに関する政策・制度が全くない国も多く残されており、ドナーには制度作りの支援を期待</li> <li>• 民間企業へのヒアリングに基づいて効果的なオフグリッドプログラムを設立しているドナーが既にあるため、新規支援においてはドナー間協調を期待</li> </ul>
----	---------------------	---

出所 ヒアリング結果を基に JICA 調査団作成

## 第4章 アフリカでの展開可能性と想定支援策

### 4.1. 他セクターにおけるオフグリッド利活用の特徴

12 事例の分析および関係者へのヒアリングを通じて、他セクターでのオフグリッド利活用方法についていくつかの特徴が抽出された。

1 点目は、特にアフリカにおける教育、医療は公共セクターの管轄であり、他方で、農業は民間主導のセクターであるという点である。公共セクターの所管であるため、学校・病院等でのオフグリッドプロジェクトにおいても政府の関与が大きく見られ、またミニグリッド、スタンドアローンのいずれにおいても顧客は公共主体となる。このため、電力料金の支払い能力は政府からの予算に依存し、仮に予算が不足し電力料金を支払うことができなくなった場合、民間オペレーターは電力供給を停止することになるが、コミュニティへの貢献、公的サービスの提供に向けて電力の必須性から、実態としては無償で電力を供給している企業が多い状況にある。国によっては政府と月額固定料金で売電契約を固定し、有償で電力供給を行っているケースもあるが、このような契約は限定的な現状がある<sup>20</sup>。これを一因として、特に公共施設向けのオフグリッドプロジェクトは民間事業者として参画する場合の事業性・収益性が低い現状があり、12 事例の中でも民間企業が中心的にプロジェクトを実施している事例は限定的であり、多くは公共機関がドナー支援を受けながら実施しているもの、もしくは民間財団や NGO が慈善事業として実施している。このため、ドナー支援の観点からも教育、医療セクターの支援では CAPEX 向けの補助金等が多い。他方、農業セクターは民間主導であり政府の関与という面では限定的である。さらに、アフリカの農家の大半が小規模農家であり、農家向けのオフグリッド機器の納入に関しては商業性が低い現状課題がある。また、オフグリッドの導入にあたって農家には生産性向上、付加価値向上等の便益が想定されるが、アフリカの農業セクターの成熟度の低さからオフグリッドの導入前に営農に関する技術協力をを行い、農業、電力需要を増加させることが前提として必要であるとの指摘もある<sup>21</sup>。農業向けのドナー支援は、民間企業・起業家向けの技術開発支援、ファイナンス支援が中心である。

表16 セクターごとの特徴(Pay As You Goスタンドアローンやミニグリッドを想定)

	一般用途 (家庭・商業施設等)	教育・医療	農業
管轄	民間	公共	民間
需要家/ オフテイカー	個人家庭、集合住宅、 商業施設等	地方政府等	農家
収益性/収入リスク	良好。支払いが停止すれば 電力供給停止可能	支払い能力は政府予算 に依存。支払いが滞っ た場合でも公共性から 電力供給の停止は困難	収穫期・農業収入増加 期の支払いを可能にす ることで収益性確保が 見込める

<sup>20</sup> オフグリッド企業団体、ドナー機関へのヒアリング結果より

<sup>21</sup> オフグリッド企業団体へのヒアリング結果より

その他リスク	スケール化	長期 O&M 予算の確保	技術の認知度、ユーザーファイナンス
主なドナー支援形態	N/A	CAPEX 支援	技術開発、コーポレートファイナンス

出所 JICA 調査団作成

2点目の特徴は、特に教育・医療等の公共施設向けのオフグリッドプロジェクトにおいては民間財団が関与しているケースが多く見られることである。2.4.3 IA の事例、2.4.4 Kalungi 病院の事例においては IKEA 財団等の民間財団が資金の拠出を行っており、また Rockefeller 財団等も特に医療セクターにおけるオフグリッドプロジェクトに注力しており、主要な投資家となっている<sup>22</sup>。

3点目は、公共施設の特徴を生かした収益事業の実施が特徴的であるといえる。学校、病院等は人が集まる拠点であり、このような公共施設では施設の電化に加えて、余剰電力を活用して携帯充電サービス、理容サービス、コピーサービスなどを提供することで収益の創出が可能となり、プロジェクトの収益性、持続性の向上に貢献する。2.2.3 CDEP や 2.4.2 SELCO 財団、2.4.3 IA の事例ではこのような収益事業が実施されている。さらに、2.4.4 Kalungi 病院や 2.6 RO 100 Sea の事例においてはスタンドアロン型の電力をポンプや浄水設備の稼働用に活用しており、飲料水を販売することで収益の創出を行っている。特に、CEDP では、収益は概ね O&M 費用に相当する額となっており、オフグリッドプロジェクト 1 件当たりの O&M 費用は比較的低額であることから、収益事業の実施はプロジェクトの収益性・持続性の向上に貢献するものと考えられる。

その他、他セクターに限定されず地方部でのオフグリッドプロジェクトの特徴として事例分析等を通じて抽出された点としては、O&M のローカル化やリモートモニタリング技術の活用、個別プロジェクト小規模性などがあげられる。地方部でのオフグリッドの導入においてはサイトが遠隔地となることから、O&M の実施をする場合サイトへのアクセス等により O&M 費用が高額になってしまう。また遠隔サイトに技術者を配置し、当地でシステムの稼働状況のモニタリングを行うことも費用の面で非効率的であるといえる。このため、事例においてはサイト周辺の住民や施設の職員等を通じて O&M をローカル化することや、リモートモニタリング設備を導入し都市部で集約的にオフグリッド施設のモニタリングを行っているケースがみられる。また、オフグリッドプロジェクト 1 件当たりの投資額は比較的少額となることも特徴であるといえ、このため現地での資金ニーズと海外を含めた投資家のマッチングが必要となる。2.4.3 IA の事例では、IA がこのつなぎ役となることで地方部でのオフグリッドの導入を可能にしている。また、プロジェクトの小規模性に関しては、ヒアリング結果でも 1 件当たりの投資額が少額となる場合はデューデリジェンス等トランザクション費用が比較的に高額になるため非効率的であり、複数のプロジェクトを統合し投資規模を大きくする機能が求められるとの意見がある<sup>23</sup>。

<sup>22</sup> オフグリッド企業団体へのヒアリング結果より

<sup>23</sup> オフグリッド企業団体へのヒアリング結果より

## 4.2. 教訓およびアフリカでの展開可能性

本項では、上記で抽出された教訓のセクター間を通じた整理を行う。そのうえで、次項において、教訓を活用しアフリカでの他セクターオフグリッドを展開していくために必要とされる支援策を取りまとめる。

### 4.2.1. 組織の観点

#### (1) O&Mのローカル化による自立運営

スタンドアローン型を主として、個別オフグリッドシステム単体の O&M に関する技術的ハードルは比較的高くないといえる。また、オフグリッドの対象となる未電化地域は都市部から遠隔地であることが多く、物理的アクセスが困難である場合が多い。事例においては、地方政府等がモニタリングを通じてシステムの稼働状況を監視する一方で、現地 EPC 業者や公共施設職員、地元住民組織を通じた O&M のローカル化を行っており、地元住民のプロジェクトに対する認知を高めるとともに、プロジェクトの持続性に貢献していると考えられる。

#### (2) 省庁間連携による公共施設のニーズと技術リソースのマッチング

地方部未電化の公共施設の電力ニーズについては、施設を所管する教育省、保健省等が把握しているが、これらの省庁では電力に関する専門的知識を有していないことが多い。2.4.1 インド Chhattisgarh 州の事例で見られるように、教育・保健等のセクター所管省庁とエネルギー省が連携し、セクター省庁が傘下の公共施設の電化状況・電化ニーズ情報を提供するとともにオフグリッド導入対象候補を選定し、エネルギー省がオフグリッド導入の技術的妥当性の評価、システム規格の検討、EPC 事業者やシステム稼働状況のモニタリングを実施することによって、両機関の専門性が補完され、オフグリッドによる電力アクセス向上に貢献すると考えられる。

#### (3) 複数プロジェクトの統合、プログラム化による資金ソースとニーズのマッチング

海外の投資家、財団等の資金提供者が途上国地方部における個別公共施設の電化ニーズを特定することは困難である。オフグリッドシステム整備に係る 1 件当たりの必要投資額は比較的少額となるケースも多く、2.4.3 IA の事例のように、現場ニーズを把握している NGO 等がオーガナイザーとなり、プログラムとして個別施設ニーズと海外資金提供者を結び付けることによって、オフグリッドシステムを数多く展開させていくことが可能になると考えられる。また、2.5.1 Powering Agriculture は補助金の拠出主体としての機能に加えて、起業家から受け付けた提案をパートナーの民間投資家に紹介する役割も果たしており、公的プログラムとして民間のアイデアを募り、投資家に結びつけることで資金ソースとニーズをマッチングしている。

### 4.2.2. 技術の観点

遠隔地に設置する再エネ設備について再エネ省庁等がタイムリーにモニタリングすることは困難である。一方で、設備の摩耗等が原因で稼働効率が低下し、結果再エネ設備が使用されない状



況も発生しうる。遠隔モニタリング機能を導入し中央集約的にシステムの稼働状況を把握することで、この課題を防ぐことが可能であると考えられる。一方で、トラブル発生時においては遠隔対応が難しい場合も多く、トラブルマニュアル等を整備し、4.2.1（1）で記載の通りローカル化した運営組織を通じて、必要な初期対応等を実施していくことも有効であると考えられる。

#### 4.2.3. ビジネスモデルの観点

##### （1）付帯事業による収益獲得

病院や学校などの公共施設では浄水の確保が必要となるが、2.4.4 Kalungi 病院、2.6 RO 100 Sea の事例では、再生電力を活用して浄水の確保、製造を行っている。水は公共施設での利用に加えて、余剰水を利用客やコミュニティに販売することで、付帯収入の獲得にも貢献している。このように、発電した電力で施設を電化することに加えて、飲料水の生成・販売、理容・携帯充電サービスの提供等に活用することで、付帯収入の獲得が可能となり、事業の収益性向上に貢献することが可能である。

##### （2）パフォーマンスベースの支払いによる民間事業者へのインセンティブ付与

他セクターにおけるオフグリッド事業は、インドをはじめとして自国予算による公共事業として行われている場合や、海外民間財団等から資金を獲得し慈善事業として実施されている場合も多い。現時点においては、民間事業者が商業ベースでサービスを提供している事例は限定的あるといえる。他方で、2.2.1 KOSAP や2.2.2 ROGEP においては、民間事業者が資金調達からサービス提供まで実施するモデルが構築されており、ここでのポイントは、信用力のある政府がパフォーマンスベースで支払いを提供することで、民間事業者の収入が安定することにあると考えられる。安定した収入を担保として、民間事業者によるファイナンス、継続的な事業の実施が可能となる。

##### （3）事業特性を加味したビジネスモデルによるオフグリッド利活用促進

農業セクターにおいては電力が必要となる栽培期と農家への収入が入る収穫期の時期が異なる。2.5.2 SunCulsure の事例では支払いにモバイルマネーを活用することは従来の Pay As You Go と同様であるが、機器の使用時ではなく、収入の増える収穫期における機器販売代金の支払いを認める Pay As You Grow システムを開発し、小規模農家の設備投資を支援している。このように、農業分野特有のサイクルを考慮したビジネスモデルを構築することで、オフグリッドへのアクセス、利活用が促進されるものと考えられる。

#### 4.2.4. ファイナンスの観点

##### （1）中央、地方政府の連携による予算確保

2.2.1 ケニア KOSAP の事例では、ドナー資金を活用し、Kenya Power および REREC が施設整備に係る CAPEX を負担し、O&Mに係る長期維持費は地方政府が負担している。初期投資に係る

ハードルを中央政府、国営企業予算で賄い、維持費は最終受益者である地方政府が負担する分担、連携を図ることで、地方部公共施設の電化を増進させていくことが可能であると考えられる。このような中央・地方政府の連携を実現させていくためには、一地方自治体より協力を打診していくことは現実的ではなく、エネルギー省や地方電化省等が全国的なオフグリッド電化政策・マスタープランを策定することや、当該国に適したオフグリッドモデルを構築することなどを通じてイニシアティブを執り、中央から働きかけを行っていくことが重要であると考えられる。

## (2) 公共と民間投資家との連携による資金確保

公共性の高い教育・医療等のセクターにおいては、国内外の民間財団・NGOの関心も高いと考えられる。2.4.2 インド SELCO 財団の事例では、CAPEX 資金を海外の財団が拠出し、長期 O&M 費用は地方政府が負担する分担となっているように、CAPEX と OPEX で分担し資金連携することも有効であると考えられる。特にオフグリッド事業は1件当たりの投資額が低く、慈善団体等により支援を受けやすい事業である一方、海外投資家から個別事業の特定が難しい課題があり、資金分担の実現に向けては、4.2.1 (3) の通り複数プロジェクトを統合することや、NGO等の機関を通じてプロジェクトの情報発信を行うことが必要である。

### 4.2.5. ドナー支援の観点

#### (1) CAPEX支援（グラント）

ドナーが関与した事例では CAPEX 支援が行われていることが多いように、収益性確保が困難であるオフグリッド事業において、初期投資額のハードルは高いといえ、ドナーにより投資額分がカバーされることが有効な支援策であるといえる。

#### (2) 融資支援

現状、特に公共施設向けのオフグリッドプロジェクトは収益性が低い現状にあり、民間金融機関等からの融資の獲得は困難な状況にある。このため、現在多くの国際金融機関がオフグリッド（特にミニグリッド）企業向けの融資を整備している<sup>24</sup>。

#### (3) トランザクションアドバイザー（デューデリジェンス支援）

オフグリッドプロジェクト1件当たりの投資額は小規模となることが多く、投資家の観点からは小規模プロジェクトのデューデリジェンスを数多く実施することは非効率的である。このため、投資家からはドナーに対して、デューデリジェンス費用を負担することや、複数のプロジェクトを一括し、投資適格なストラクチャリングとするようなアドバイスを政府に提供する役割が期待されている<sup>25</sup>。

<sup>24</sup> 米国の Development Finance Corporation (DFC)、世界銀行グループ (IFC)、オランダの FMO、英国の CDC など（オフグリッド企業団体へのヒアリング結果より）

<sup>25</sup> オフグリッド企業団体へのヒアリング結果より

#### (4) FS支援

現時点でオフグリッドのビジネスモデルが確立されているとは言えず、上記事例のように様々なスキームがあり、収益性の観点からも付帯事業の実施等の試みがなされている状況にある。ドナー資金により、現地のニーズを把握するとともに、電力サービスと付帯事業を含めた事業の技術的、ビジネス的実証性を調査するためのFS資金は有効な支援策であると考えられる。

#### (5) 技術支援（政策・制度整備支援）

オフグリッド事業に関する政策・制度上の位置づけや、税制等の優遇策、技術要件など、オフグリッドの普及に向けた必要となる政策は多い。これらが十分に整備されていない国も多く、2.2.2 ROGEPの事例では、WBが技術支援によってこれらの点の支援を行っている。教育、保健、農業等の他セクターでの活用を含めた、オフグリッド事業に関する政府への技術支援を行うことは有効であると考えられる。

#### (6) 技術支援（需要増加支援）

オフグリッドの利活用を増進し、プロジェクトの収益性を向上させるためには需要家側に一定規模の電力ニーズがあり、また支払い能力があることが重要である。2.5.3 Powerhiveの事例では、ミニグリッドサイトに灌漑設備を導入することで電力需要を増加させることや、灌漑のほかに様々な営農支援プログラムを実施することによって、電力需要と世帯収入の両方を向上させる支援を行い、結果的にミニグリッドプロジェクトの規模増加、収益性の向上に貢献している。ドナーが農家の需要家に対して灌漑設備の導入や付加価値の高い農産物の生産支援、農業加工の支援を提供することで、需要家の収入向上、電力ニーズの向上に貢献することも可能であると考えられる。

#### (7) 支払い・返済保証

安定収入の確保は事業の収益性の観点から重要であり、教育や医療等のセクターでは政府がオフテイカーとなり支払いを行うケースも見られるが、政府の信用力だけでは民間事業者が商業ベースでサービスを提供していくには不十分なケースもある。MIGAのように国際ドナーが政府による支払い義務不履行時の支払い保証を提供することで、バンカビリティを高めることができ、民間事業者の参入を促進することが可能であると考えられる<sup>26</sup>。また、民間事業者が商業銀行等から借入れを行う場合にも返済保証も重要であり、2.2.2 ROGEPでは太陽光発電技術に起因する返済不履行をCTFが保証しており、これにより民間事業者から民間金融機関からの借入れが可能となるよう設計されている。

---

<sup>26</sup> ドナー機関へのヒアリング結果より

教訓	KOSAP	ROGEP	CDEP	TUMIQUI	Chhattisgarh	SELCO-KT	IA	Kalungi	Powering Agriculture	Climate Smart	Powerhive	RO 100 Sea	オフグリッド成功要因
組織の観点	組織のローカル化		<ul style="list-style-type: none"> <li>・O&amp;M主体となる地元組織設立</li> <li>・地元組織支援のNGO設立</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現地アトリエの設立、現地元雇による技術移転</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>・地元住民の組織化、O&amp;M実施</li> </ul>						組織化した地元住民によるO&M
	省庁間連携		<ul style="list-style-type: none"> <li>・再エネ省が導入するシステムを承認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・保健省が施設選定、予算負担、再エネ省が技術支援</li> </ul>									教育・保健省と再エネ省の連携
	オーガナイザー(プログラ化)						<ul style="list-style-type: none"> <li>・NGOのプログラム化による資金ニーズと投資家のマッチング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・起業家からの提案を受け、民間投資家等に紹介</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ドナー参加のオフグリッドイニシアティブでアイデア募集、資金提供</li> </ul>				NGOやドナーを介した資金ニーズと技術シーズのマッチング
技術の観点	遠隔モニタリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>・遠隔モニタリングが必須でなく課題</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・遠隔モニタリングの実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・遠隔モニタリングの実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・遠隔モニタリングの実施</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・遠隔モニタリングの実施</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・AI, IoTを活用したマネジメントシステム</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・クラウドを通じたりモット制御、データ管理</li> </ul>		遠隔モニタリングによるシステム稼働状況監視
	収益事業		<ul style="list-style-type: none"> <li>・充電、理容サービスの実施</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>・充電、理容サービスの実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下水の汲みあげ、飲料水としての販売</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>・浄水をボトル販売</li> </ul>	充電、理容サービスの提供や電力から生成した飲料水を販売し収益性向上
ビジネスモデルの観点	パフォーマンスベースの支払い	<ul style="list-style-type: none"> <li>・パフォーマンスベースでの民間事業者への支払い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・遠隔モニタリングに基づくパフォーマンスベースの支払い</li> </ul>										パフォーマンスベースの支払いによる民間事業者のインセンティブ付与
	事業特性を加味したビジネスモデル								<ul style="list-style-type: none"> <li>・Pay As You Growで収入増加期の支払いを認め使用促進</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・需要家の生計向上のため付帯サービスを提供</li> </ul>		需要家の支払いが可能な時期での支払いを認めアクセス向上
	中央・地方政府の予算連携	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中央政府がCAPEX、地方政府がOPEX負担</li> </ul>											中央政府による初期ハードル(CAPEX)支援
ファイナンスの観点	公共・民間投資家の連携					<ul style="list-style-type: none"> <li>・CAPEXは民間資金を活用、OPEXは政府負担</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・USAIDと民間財団によるCAPEX資金提供</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ドナーに加えて民間財団もパートナー投資家として参画</li> </ul>					民間投資家(含む慈善団体)による初期投資ハードルの支援、政府の長期コミット
	ドナー支援の観点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・WEBによる資金提供</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現地金融機関を通じた資金提供</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スコットランド政府による資金提供</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>・USAID等による資金提供</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ドナーで共同出資補助金提供</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ドナー参加のオフグリッドイニシアティブでアイデア募集、資金提供</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・USAIDによる補助金活用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・KfWによる資金提供</li> </ul>		ドナーによる初期投資ハードルの支援
融資	融資												ドナーによる長期融資支援
	トランザクションアドバイザー(デューデリジェンス支援)												ドナーによるプロジェクトのストラクチャリング支援、デューデリジェンス費用の支援
	FS支援			<ul style="list-style-type: none"> <li>・JICAによるFS資金提供</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>・USAID等によるFS資金提供</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>・KfWによる資金提供</li> </ul>		ドナーによる実証支援
	技術支援(政策・制度構築支援)		<ul style="list-style-type: none"> <li>・市場調査、起業家支援等</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>・資金調達戦略、ビジネスモデル構築、出資者紹介等を実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ドナー参加のオフグリッドイニシアティブでアイデア募集、資金提供</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・USAIDによる補助金活用</li> </ul>				ドナーによる投資環境調査、ビジネスモデル構築支援等
	技術支援(需要増加支援)												ドナーによる需要家への収入向上、電力ニーズ増加支援
	支払い・返済保証		<ul style="list-style-type: none"> <li>・民間企業から金融機関に対する返済保証</li> </ul>										

出所 JICA 調査団作成

表17 事例分析、ヒアリングによるオフグリッド利活用促進のためのポイント

### 4.3. 想定支援策

上記で整理しポイントを踏まえて、今後アフリカの他セクターにおけるオフグリッドの利活用を促進していくための JICA による支援策を取りまとめる。なお、既にアフリカのオフグリッドセクターでは様々なドナー機関が支援を行っていることから、支援策の検討にあたっては、JICA が単独で支援を提供する形態のほかに、他ドナーが計画中もしくは実行中のプログラムと連携する形態も有効であると考えられる。

#### 4.3.1. 単独支援

組織の観点からは、再エネ省や保健等のセクター所管省庁間の連携を構築するための制度、組織体を設立するための支援を提供することで、政府内の電化ニーズと再エネに関する技術シーズを組み合わせることができ、オフグリッドの更なる利活用に貢献すると考えられる。

ビジネスモデルの観点では、事例の中で電力を活用した付帯事業活動を行っているものも多くみられるが、地域住民の支払い能力がなければ収入の獲得は困難である。2.5.3 Powerhive の事例ではオフグリッド事業と並行して農家の生計向上活動に取り組んでいるように、民間事業者がオフグリッド事業を展開している地域において、ドナーが直接もしくは NGO 等と連携をしながら生計向上活動（地方政府に対する地域住民の生計向上活動支援）を並行的に実施していくことで、間接的にオフグリッド事業の収益性向上に貢献できると考えられる。

より直接的なドナー支援の観点からは、収益性の確保が困難なオフグリッド事業において、民間事業者に対する CAPEX 補助金の提供を、円借款や民間財団等と共同で設立したファンドを通じて提供していくことも有効であると考えられる。また、補助金制度がない国に関しては、再エネ省等に対して補助金制度構築の技術支援を提供することも有効であると考えられる。さらに、オフグリッドのニーズや技術的・ビジネスの実証性を調査するための FS 資金の提供も有効であり、既存の中小企業・SDGs ビジネス支援事業を活用し、オフグリッド・電化率向上により焦点を置いた FS 資金支援を行っていくことも一策と考えられる。最後に、オフグリッドの普及に向けた系統電化との整合等を踏まえたマスタープランの開発支援や、技術・品質要件の構築支援も有効な支援策の一つである。

表18 JICAによる想定支援策案

想定支援 スキーム	想定支援策案	支援対象者	概要
無償資金 協力	オフグリッド発電システム整備のための資金協力（ミニグリッド等）	エネルギー省 （国営電力公 社）、民間事業 者	資金は、政府が導入・所有するオフグリッド機器の購入代金、もしくは政府が民間事業者に成果ベースで補助金を提供する際の資金源として活用
有償資金 協力	オフグリッド発電システム整備のための資金協力（ミニグリッド等）	電力省、財務 省	上記を円借款で実施
	2 ステップローンを通じたオフグリッ	開発銀行、民	オフグリッドプロジェクトを

	ド関連企業への融資（CAPEX 支援等）	間事業者	実施する民間事業者向けの融資
技術協力	<p>オフグリッドセクターへの民間投資促進に向けた技術協力</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギー省と他省庁間の連携体制構築支援</li> <li>事業スキームの検討支援（ファイナンス、支払いメカニズム、モニタリング体制等）</li> <li>補助金制度構築支援</li> <li>市場創出・育成に向けた投資環境調査、起業家支援、各種制度構築支援</li> </ul>	エネルギー省 +教育省、保健省等	オフグリッド推進体制の構築に向けた組織体制、制度構築支援等
	オフグリッド需要家・コミュニティに対する生計向上支援	地方政府等	民間事業者が実施するオフグリッドプロジェクトのサイトにおける灌漑設備整備、営農支援等、電力需要創出・生計向上に向けた支援
	<p>オフグリッド関連技術、ビジネスモデル開発支援</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コンペ等を通じた技術・アイデアの募集、開発資金の提供および投資家への紹介</li> <li>ビジネスモデル構築に関する支援（現地 O&amp;M 体制、収入スキーム等）</li> </ul>	民間事業者	オフグリッドに特化した組織やファンドを通じた、オフグリッド技術の開発、ビジネス面でのアドバイザーサービスの提供
海外投融資	オフグリッド事業者への海外投融資	民間事業者	オフグリッドプロジェクトを実施する民間事業者向けの投融資
FS	オフグリッド製品、発電システムのビジネスモデル開発、実証支援（スタンドアローン、ミニグリッド）	民間事業者	技術の実証実験、ビジネスモデルの検討、ニーズの把握、関係機関との関係構築等、立ち上げ初期段階で必要な資金の提供

出所 JICA 調査団作成

#### 4.3.2. 他ドナー連携

関係者等のヒアリングを通じて把握できた、主要なドナーがオフグリッドセクターにおいて計画もしくは実行中の主なプロジェクトは以下の通りである。これらのプログラムに JICA がノウハウもしくは資金を提供し、プロジェクトの内容と規模を拡充・拡大してことや、他地域への展開を支援することも有効であると考えられる。

表19 連携の可能性が考えられる他ドナーのオフグリッドプロジェクト

ドナー	プロジェクト名	状況	概要
WB	ROGEP	コロナの影響等により中断中（2021年に再開予定）	事例を参照。地域を対象としたオフグリッド利活用促進のためのフラグシッププロジェクトであり、継続的プロジェクト <sup>27</sup> に位置付けられる。
AfDB	The Africa Mini-Grid Market Acceleration Programme (AMAP)	2020 年末承認	アフリカにおけるミニグリッドへの民間投資促進に向けた技術支援。1.新たな市場の創出（Bankable なミニグリッド促進プログラムの設計）、2.投資促進支援（リスク軽減の新たなファイナンスツールの開発）、3.エコシステムの強化（ナレッジ共有等）、4.プログラムマネジメントの4事業を実施。
BMZ、オランダ外務省、Sida、USAID	WE4F	2018 年立ち上げ、2019 年に調印	Powering Agriculture に後続し、地域ハブ（南・東南アジアハブ、MENA ハブ、東アフリカハブ、西アフリカハブ）によりグラント、技術支援、ファイナンス支援、能力向上支援、ナレッジ創出等の活動を実施。
BMZ、Power Africa、UK Aid、Carbon Trust、Rockefeller 財団他 <sup>28</sup>	Universal Energy Facility	実行中（2023年までの予定）	マルチドナーによる成果ベースのファイナンスファシリティ。ミニグリッド、スタンドアロンを活用し電力需要家に接続を行った企業や、クリーンな調理ソリューションを提供した企業に対してファイナンスを提供。2021年までに1億ドル、2023年までに5億ドルの拠出し、230万の電化接続、30万の調理ソリューションの提供を計画。

出所 AfDB ホームページ、Sustainable Energy For All ホームページ等を基に JICA 調査団作成

<sup>27</sup> Series of project (SOP) と呼ばれ前例がないタイプ (first of its kind) のプロジェクトと位置付けられる。第一フェーズで成果が出れば継続的に続けられるものである。プロジェクト設計をオープンにしておき、他ドナーからの資金の受け入れや、目的に合致するプロジェクトとの連携を積極的に行うもの。

<sup>28</sup> その他には Africa Minigrid Developers Association (AMDA)、Good Energies、Shell 財団を含む