

「インターネット・オブ・エネルギー」による電力・ガス分野のブレイクスルー ーテクノロジーの進化が起すビジネスモデル革命ー

電力・新エネルギーユニット

新エネルギーグループ

吉田 昌登

はじめに

ブレイクスルーとは、行き詰まりの状態を打開すること、科学技術などが飛躍的に進歩すること、或いは、難関や障害を突破すること、と定義される¹。昨今、欧州・アフリカにおいて、何らかの難関や障害により事業展開や収益化が難しく行き詰まりの状態にあった電力・ガスの特定分野において、高度なソフトウェア技術を活用したサービスでブレイクスルーを起こす革新的なビジネスモデルが多数出現している。本稿では、先ず「インターネット・オブ・エネルギー(Internet of Energy, IoE)」を定義したうえで、欧州・アフリカそれぞれにおける電力・ガス分野の課題を確認し、IoEプレーヤーによる革新的ビジネスモデルとブレイクスルーの最新動向を紹介したうえで、本邦企業へのインプリケーションについて考察する。

1. 「インターネット・オブ・エネルギー」とは

(1) インターネット・オブ・シングス(IoT)を取り巻く現状

インターネットや各種センサーなどの情報通信技術の進化を背景に、パソコンやスマートフォン、タブレットといった従来型のインターネット接続端末に加え、家電や自動車、ビルや工場など、世界中の様々な「モノ」がインターネットに繋がる時代が到来しており、それらの「モノのネットワーク」はインターネット・オブ・シングス(Internet of Things, IoT)と表現されるようになった。世界のIoTデバイス数は2014年から2018年までの4年間で年平均成長率15.6%と急激に増加しており、2021年には約450億台に達する見通しである(図1-1)。最も稼働数の多いカテゴリーは「通信」で既に飽和状態となっている一方、工場・インフラ・物流等の「産業用途」の成長率は34.1%と予測されており、今後大きな成長が期待される分野となっている(図1-2)²。

図1-1 世界のIoTデバイス数の推移及び予測

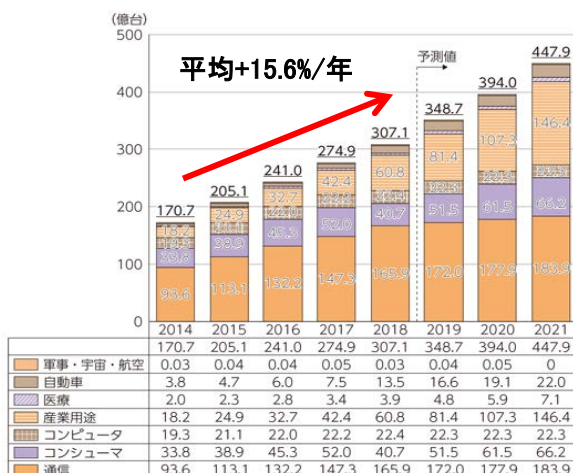
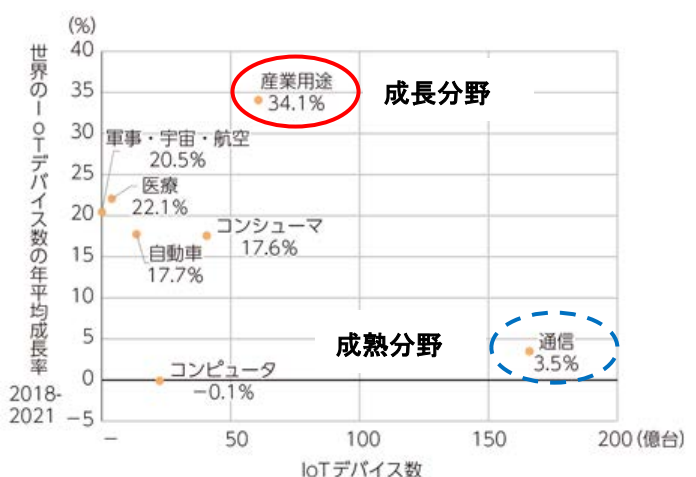


図1-2 世界のIoTデバイス数の成長率予測(～2021年)



(出典) 図1-1, 1-2 総務省「令和元年情報通信白書(IHS Technology)」

¹ 三省堂 大辞林 第三版

² 総務省 令和元年版 情報通信白書, “<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r01/html/nd112120.html>”

(2) 「インターネット・オブ・エネルギー(IoE)」とは

近年エネルギー産業において、エネルギー利用に関する情報がインターネットと繋がり「インターネット・オブ・エネルギー(Internet of Energy, IoE)」というキーワードで表現されるようになった。本稿ではIoEを「情報通信技術の飛躍的な進歩とIoTデバイスの爆発的な普及によりエネルギーの供給・消費・販売・資金決済等の情報がインターネットに繋がり、需要・供給の双方が可視化されリアルタイムに管理・最適化される仕組み」と定義する。

2. 欧州・アフリカにおける電力・ガス分野の課題

電力・ガス分野における課題は各国の置かれている諸条件により異なる。以下では欧州・アフリカそれぞれの電力・ガス分野の課題を整理・分析する。

(1) 欧州： 成熟社会における電力・ガス・ビジネスのトランスフォーメーション

欧州においては電力・ガス部門のインフラは十分に整備されている。一方、再生可能エネルギー(再エネ)等の変動電源の急増と配電系統への接続による系統運用の複雑化や電気自動車(Electric Vehicle, EV)の増加などに伴う電力需要の増加といった成熟社会に特有の問題に直面している。ここでは英国・ドイツの課題をみていく。

【欧州：課題1】 複雑化する系統運用 –環境対策により増え続ける分散型電源–

欧州各国の政府は厳しい環境対策目標の設定とその対策で世界をリードしているが、中心的な役割を担っているのは英国・ドイツである。英国は2019年に世界で初めて2050年の温室効果ガス(Greenhouse Gas, GHG)の実質排出量を対1990年比で80%以上の削減することを法制化³し、石炭・天然ガス火力発電の廃止と風力・太陽光などの再エネや蓄電池、デマンドレスポンス(Demand Response, DR)等の分散型電源(Decentralised Energy Resources, DER)の導入を積極的に進めてきている。その結果、2019年第3四半期には再エネ(バイオマスを含む)による電力供給が40%と、化石燃料の39%を初めて上回った⁴(図2-1)。気象条件により発電量が大きく変動する再エネの導入拡大に伴う周波数の変動要因は増大し、石炭・天然ガス火力発電の稼働率低下により調整力(フレキシビリティ)としての火力発電の発電原価は上昇しており、送配電事業者によるDR活用のニーズおよびその頻度が増加している。

同様に、ドイツにおいても再エネの導入が急速に進んでいる。ドイツでは既に定置型蓄電池を組み合わせた太陽光発電のコストが系統からの電気料金を下回る水準にまで既に低下している(図2-2)⁵。そのため、将来は家庭の屋根に設置する小規模太陽光発電や蓄電池に加えてEVを束ねる仮想発電所(Virtual Power Plant, VPP)、DR事業者の市場への新規参入とそれに伴う電力系統への接続依頼の急増が見込まれている。家庭における自家発電やEVからの売電による逆潮流など系統運用は従来に増して複雑化しており、ビッグデータ処理や人工知能(Artificial Intelligence, AI)といったソフトウェアによる高度なリアルタイム制御・最適化が求められている。

³ UK becomes first major economy to pass net zero emissions law,

“<https://www.gov.uk/government/news/uk-becomes-first-major-economy-to-pass-net-zero-emissions-law>”

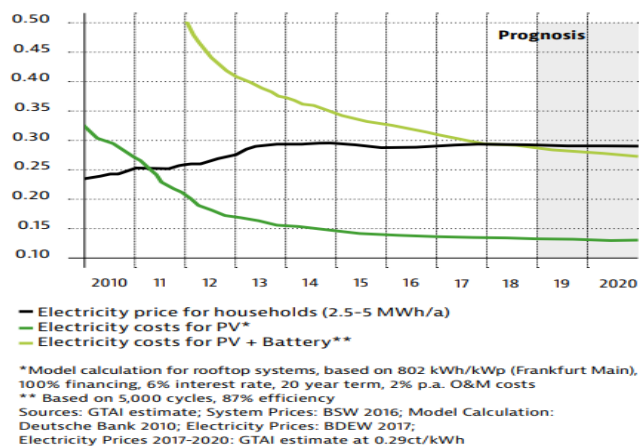
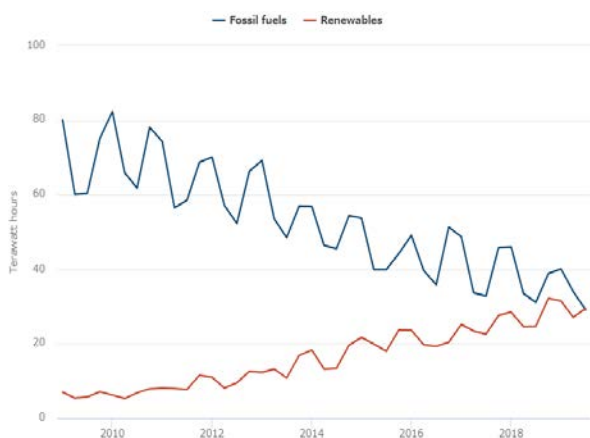
⁴ Carbon Brief Ltd, Analysis: UK renewables generate more electricity than fossil fuels for first time,

“<https://www.carbonbrief.org/analysis-uk-renewables-generate-more-electricity-than-fossil-fuels-for-first-time>”

⁵ Germany Trade & Invest, The Energy Storage Market in Germany,

“<https://www.gtai.de/resource/blob/64514/5e629c11f7d8ea20e814d95d84a866d6/fact-sheet-energy-storage-market-germany-en-data.pdf>”

図2-1 英国／四半期別発電量推移 (2009-18年) 図2-2 ドイツ／太陽光発電・蓄電池価格の推移 (2010-20年)



(出典) 図2-1 Carbon Brief Ltd, 図2-2 Germany Trade & Invest

【欧州：課題2】設備の老朽化への対応 —自由化による競争激化と急速な電化の進展—

老朽化した設備への対応も重要である。英国・ドイツの電力・ガス市場は自由化されており、多数の事業者が市場に参入している。電力部門では系統設備の老朽化が進んでいるが、既存の電力・ガス会社は厳しい競争に晒されており、改修・更新等の設備投資を積極的に行える環境にはない。近年、DERの電力系統への接続依頼の急増により系統運用は不安定化するなか、英国は2040年までに全ての新車販売をEVのみとする政策の導入を決定済みであり、急増するEVと電力需要(EV充電時のピーク電力量と配電容量不足)への対応が必要である。

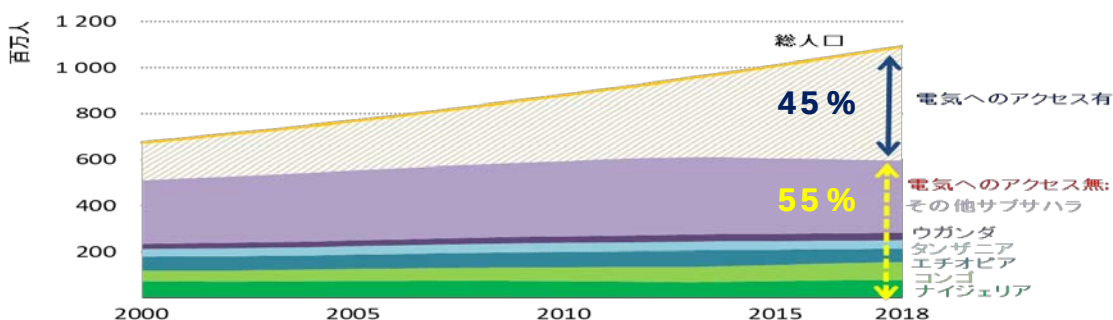
(2) アフリカ：「エネルギー貧困問題」との格闘

アフリカの電力・ガス分野は課題山積だが、以下のとおり、特にインフラ不足による「エネルギー貧困問題」への対応は極めて緊急度が高い課題として認識されている。

【アフリカ：課題1】電気への未アクセス人口の解消 —圧倒的なインフラ不足、爆発的な人口増加—

国連の持続可能な開発目標(Sustainable Development Goals, SDGs)では「2030年までに安価かつ信頼できる現代的エネルギーサービスへの普遍的アクセスを確保すること」を17の重要な達成目標の1つに掲げている。2018年において世界では11億人が電力系統が行き届かない未電化地域に居住していると推計されるが、サブサハラ・アフリカ地域の総人口9億人のうち55%に相当する6億人が未だ電気にアクセスできていない(図2-3)。

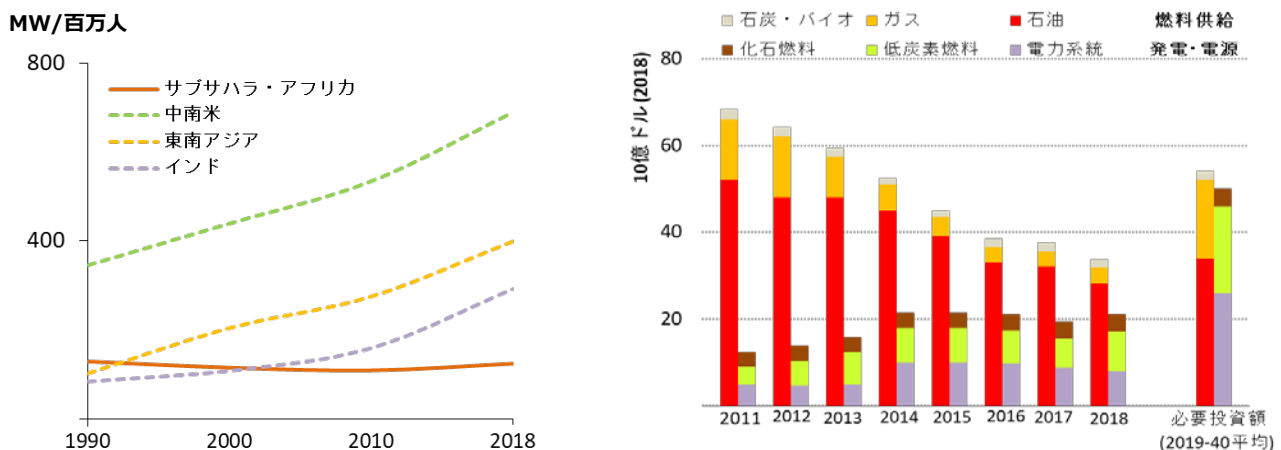
図2-3 アフリカ・サブサハラ地域の電気へのアクセス人口の推移 (2000-18年)



(出典) IEA World Energy Outlook 2019を基に筆者作成

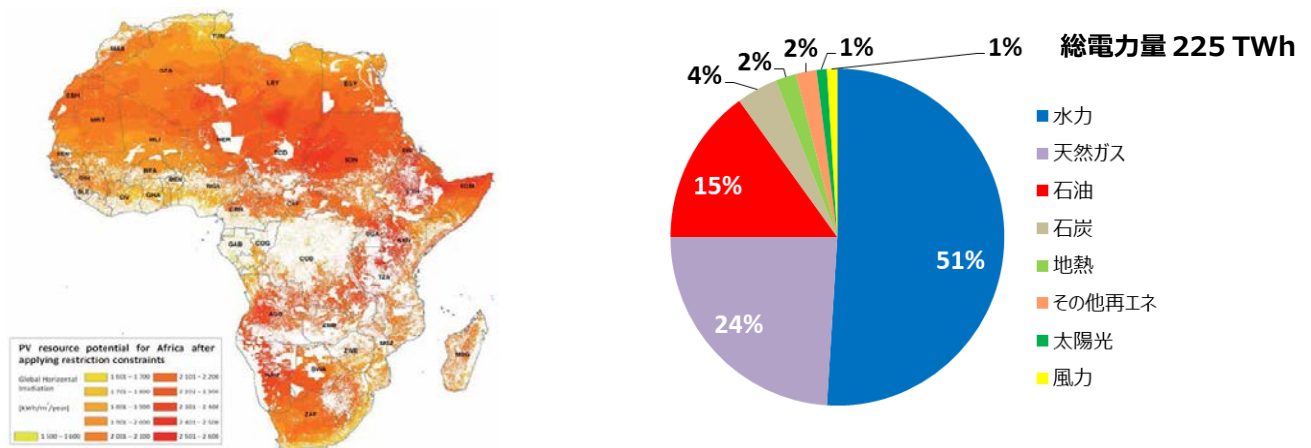
背景には、サブサハラ・アフリカ地域における極めて深刻な電力インフラ不足がある。IEA World Energy Outlook 2019 (IEA WEO 2019)によれば、サブサハラ地域の発電容量は過去30年間で殆ど増加していない(図2-4)。将来の急激な人口増加・経済発展に伴う電力需要増加に対応するため電力部門では巨額の設備投資が必要である(図2-5)⁶。これまで世銀等の国際開発資金により発電・系統設備の拡張が進められてきたが、未電化地域は地方の村々に分散しているため、土地取得等の許認可取得から操業開始までに長い年月を要する従来からの大規模・集中型開発は最早最適解ではなくなっており、未電化地域の電気へのアクセスの改善には官民協力や民間主導によるミニ・マイクログリッド⁷の導入促進に大きな期待が寄せられている。再エネに着目した場合、アフリカは日照条件が良く特に太陽光の導入ポテンシャルは非常に高いものの、これまでは大規模・集中型開発が優先されてきたことから、水力を除いては未だ普及率が低い(図2-6, 2-7)。将来の普及・拡大には固定価格買取制度・補助金等の優遇政策が有効だが、各国の財政は逼迫しているため、その導入は容易ではないと思われる。

図2-4 サブサハラ地域の発電容量推移 (1990-18年) 図2-5 サブサハラ地域エネルギー・インフラ投資額推移



(出典) 図2-4, 2-5 IEA WEO 2019を基に筆者作成

図2-6 アフリカの太陽光のポテンシャル (2014年) 図2-7 アフリカにおける燃料源別発電量比率 (2018年)



(出典) 図2-6 IRENA Estimating the Renewable Energy Potential in Africa Figure 18

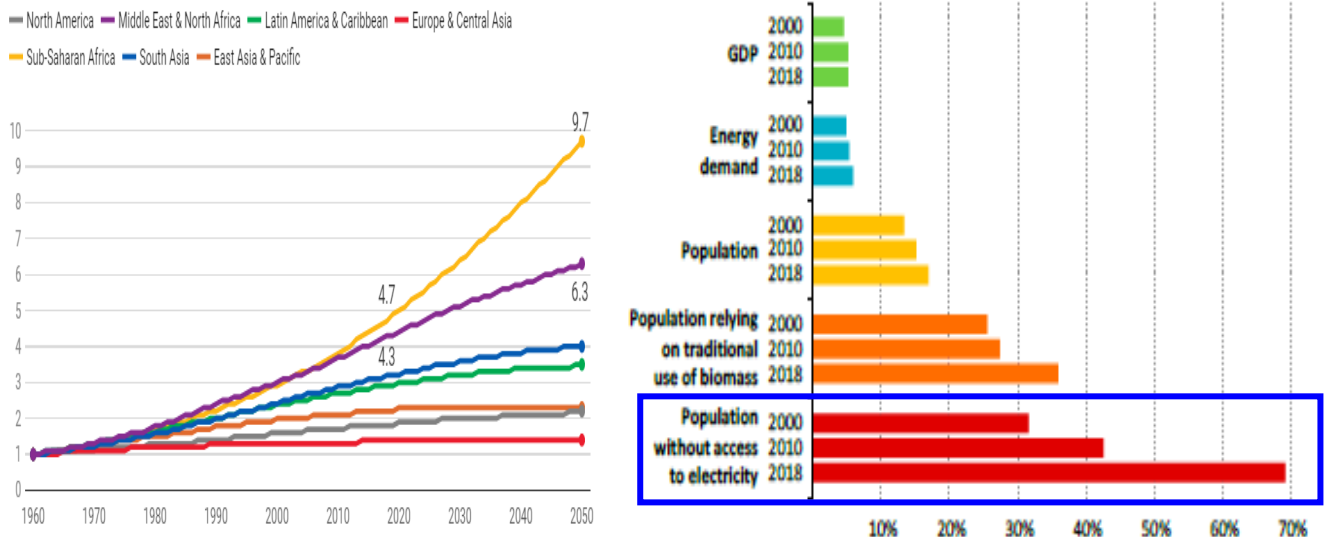
図2-7 IEA Africa Energy Outlook 2019を基に筆者作成

⁶ IEA World Energy Outlook 2019, Chapter 8.1.3, p.354.

⁷ 再エネ・ミニグリッドの均等化発電原価は2018年には250~300ドル/MWhまで低下。2030年までに2億7千万人が電気にアクセス可能になると見込まれている, Renewable Mini-Grids Innovation Landscape Brief, IRENA 2019 (IEA 2018)

また、将来見込まれる爆発的な人口増加への対応も中長期的な重要課題である(図2-8)。世界に占めるアフリカの電気への未アクセス人口比率は2000年代に増加の一途を辿っているが(図2-9)、サブサハラ・アフリカ地域の人口は2045年には20億人に倍増するものと予想されており、未電化地域の人口も急激な増加が見込まれている。電気へのアクセスを改善させるために、急激な人口増加スピードを上回るペースで電気へのアクセス人口を増加させていくことがアフリカ各国政府にとり極めて重要な政治課題として認識されている。

図2-8 世界の人口伸長率予測 (基準年1960年) 図2-9 アフリカの電気への未アクセス人口のシェア推移



(出典) 図2-8 World Bank Blogs⁸, 図2-9 IEA Africa Energy Outlook 2019

【アフリカ: 課題2】 安全で健康被害のない調理ガスへの未アクセスの解消 — 貧困が阻害要因 —

2018年時点において、アフリカ全体では凡そ9億人(32カ国では人口の75%超)が貧困を理由にLPガス等の安全でクリーンな調理ガスを利用できておらず、特にサブサハラ・アフリカ地域では人口の急激な増加によりその数が増加している(図2-10)⁹。国連によれば、サブサハラ・アフリカ地域では人口の40%は一日当たり収入1.9ドル未満での生活を余儀なくされており¹⁰、家庭の調理用燃料として主にバイオマスに依存している(図2-11)¹¹。森林伐採によるバイオマスの入手は次第に困難となっているが、今後も伐採が続いた場合には森林が破壊されるだけではなく、日常生活における過大な労働負荷による女性の社会進出の阻害要因となることや、屋内で燃やすことで発生する有害物質による健康被害も指摘され、早急な対応が求められている。代替としてLPガス・天然ガスへの燃料転換があるが、地方の未電化地域の住民は主には貧困層であり支払能力に乏しいことから、その利用は西アフリカの一部の国の都市部での普及に留まっている。よって、たとえ供給インフラの整備が進んだとしても、支払能力に見合う商品とならない限り普及が進まない能性が高い。

⁸ “<https://blogs.worldbank.org/opendata/worlds-population-will-continue-grow-and-will-reach-nearly-10-billion-2050>”

⁹ IEA World Energy Outlook 2019, Chapter 8.2.1, p.357.

¹⁰ *Ibid.*, Chapter 8.1.1, p.350.

¹¹ *Ibid.*, Chapter 8.2.1, p.357-9.

図2-10 アフリカの調理ガス未アクセス人口 (2018年)

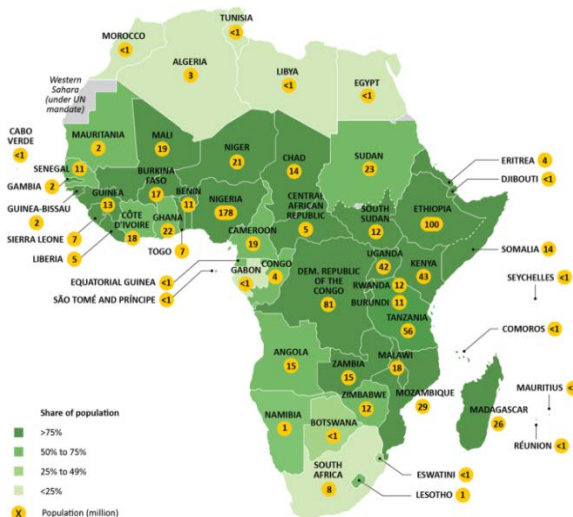
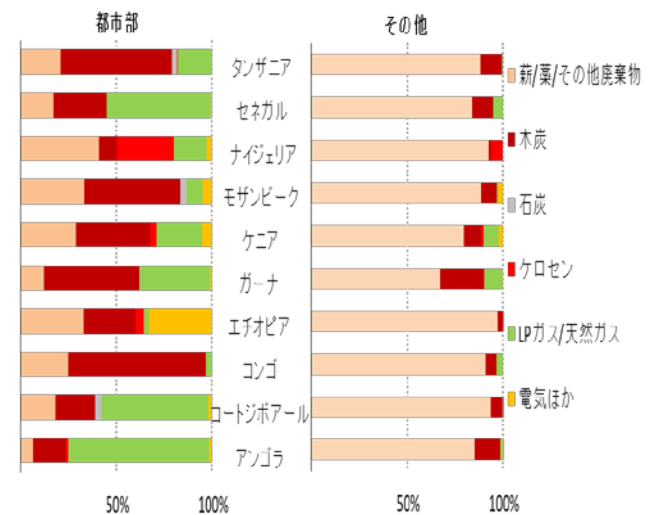


図2-11 家庭における主な調理用燃料 (2018年)



(出典) 図2-10 IEA WEO 2019 / 図2-11 IEA analysis; WHO Household Energy Databaseを基に筆者作成

ここまで欧州・アフリカにおける電力・ガス分野の課題をみてきた。以下では、それら課題の解決を可能にしたIoE事業者による革新的なビジネスモデルとブレイクスルーの内容をみていく。

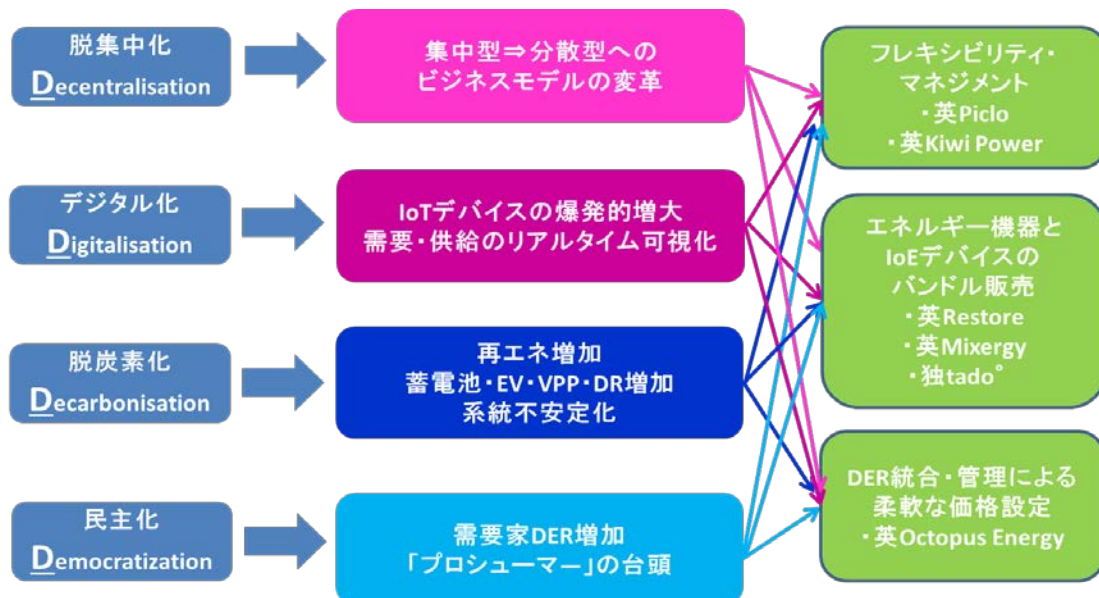
3. IoE事業者による革新的なビジネスモデルとブレイクスルー – 「4D」化が世界を変える –

置かれている諸条件は大きく異なるにも関わらず、欧州・アフリカそれぞれの革新的なビジネスモデルのトレンドは脱集中化(Decentralization)、デジタル化(Digitalisation)、脱炭素化(Decarbonisation)と”需要家主導”を意味する民主化(Democratization)の「4D」化で紐解くことができる。

(1) 欧州：新たな取引市場やサービスの出現 / 高度なソフトウェア技術による最適化で収益化を実現

欧州における革新的なビジネスモデルは複数要素が組み合わされている点に特徴がある (図3-1)。

図3-1 欧州における革新的なビジネスモデルの分類



(出典) 日経BP社Distributed Energy Resources特別編集版等を基に筆者作成

＜欧州：事例1＞

Open Utility (英): 「SaaS (Software as a Service)」でフレキシビリティのリアルタイム売買取引を実現
【ブレイクスルー】 高度なソフトウェアによるリアルタイム・フレキシビリティ管理によるマッチング取引を実現
【課題1&2の解決】 急増するDERの管理を効率化し、配電系統増強のための設備投資を回避

Open Utilityはロンドンに本社を置くソフトウェア開発スタートアップであり、DER能力(フレキシビリティ)の事業者間 (Peer to Peer, P2P)取引プラットフォーム「Piclo Flex」を運営している(図3-2, 表3-1)。前述のとおり、英国では再エネ、蓄電池、EVなどのDERが急増し配電系統への接続が急増している。DERの連携に配電事業者が応じることで配電系統の設備投資が増加すれば長期的には系統利用料の上昇が生じかねないが、系統運用者からの指示や価格の提示により発電・需要量を調整可能なフレキシビリティを確保し、再給電指令を実施するなどして系統混雑を効果的に解消すれば設備増強を回避可能となる。「Piclo Flex」は2019年に商業サービスを開始し既に100社超のサプライヤー、4.5GW超の取引量を有し、100件超の入札を実施しているが¹²、近い将来にはVPPアグリゲーター、産業・商業ユーザーに加えてプロシューマーから数百規模の市場参加を想定しており、取引量が増加すれば、前日入札など、より柔軟な取引形態の実現し、事業の収益化も可能になると考えている¹³。

図3-2 フレキシビリティ取引市場「Piclo Flex」のスキーム

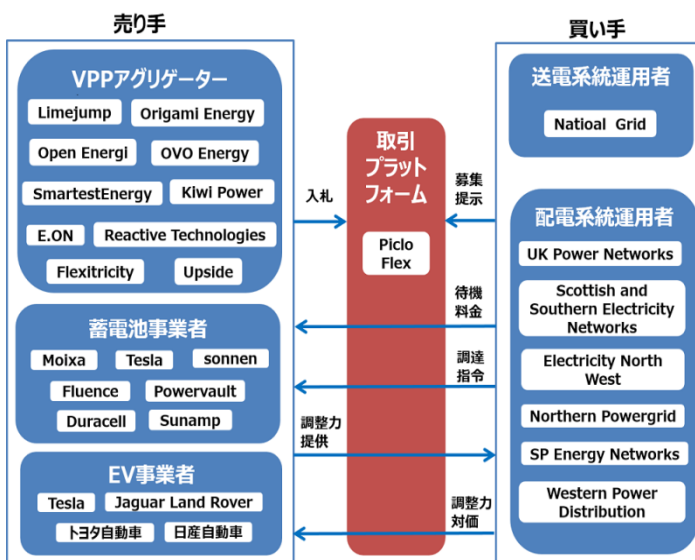


表3-1 Piclo Flexのフレキシビリティ取引メニュー

取引される商品の種類	計画的な混雑解消	供給支障回避策としての混雑解消	故障発生後の混雑解消	故障発生後の供給支障からの回復
利用目的	ネットワーク設備増強の先送りに利用	メンテナンスやネットワーク設備故障時に、混雑発生による供給支障に陥らないために事前に利用	ネットワーク設備故障時に混雑発生による供給支障を回避するために利用	ネットワーク設備故障後に生じた供給支障量を減らすために利用
サプライヤーが受け取る料金	確保料 (€ / MW) 利用量 (€ / MWh)	確保料 (€ / MW) 利用量 (€ / MWh)	確保料 (€ / MW) 利用量 (€ / MWh)	確保料 (€ / MW) 利用量 (€ / MWh)
Piclo Flexで取引する商品を設定する配電事業者	SSEN, WPD, SPEN	SSEN, UKPN	SSEN, UKPN, WPD, SPEN	SSEN, WPD, SPEN

SSEN: Scottish and Southern Energy Networks

UKPN: UK Power Networks WPN: Western Power Distribution

SPEN: SP Energy Networks

(出典) 図3-2 日経エネルギーNEXT, 表3-1 電気新聞(2019年9月18日), SP Energy Networksプレスリリースを基に筆者作成

＜欧州：事例2＞

tado° (独): スマートサーモスタットとモバイルアプリによる遠隔管理で需要家のエネルギー消費量の削減を実現
【ブレイクスルー】 IoTデバイスとエネルギー機器のバンドル販売でコスト低減を実現
生データと学習システムを統合したアプリによる需要・供給のリアルタイム可視化・遠隔管理
【課題2の解決】 デジタル化により設備更新を回避しながら需要家の温熱システムの利用効率を最大化

¹² Piclo プレスリリース, “<https://picloflex.com/>”

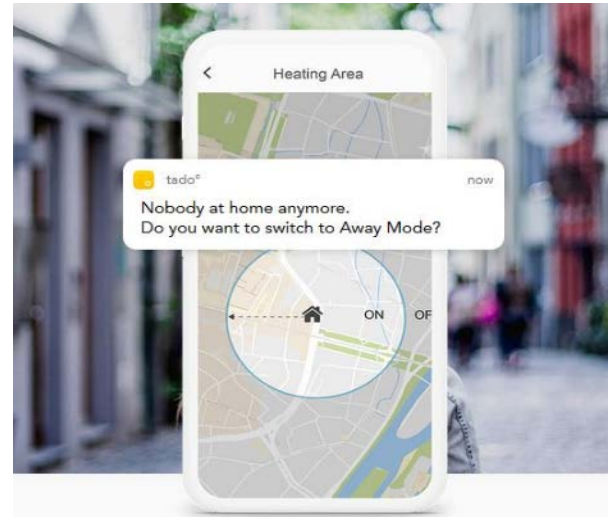
¹³ Piclo, Flexibility & Visibility “<https://piclo.energy/publications/Piclo+Flex+-+Flexibility+and+Visibility.pdf>”

tado° は2013年に独ミュンヘンで創業のスタートアップ企業である。世界の全エネルギーのうち温熱・空調の比率は約30%であり、気候変動対策目標の達成には熱効率を高めることが重要となる。また、長期的にエネルギーシステムを脱炭素化する上では、再エネ電力と熱・輸送分野を結び付ける「セクターカップリング」が重要になる。同社は暖房や空調システムとインターネットを繋ぐスマートサーモスタットの製造・販売とモバイルアプリによる遠隔制御によるエネルギー消費削減支援サービスを提供している。モバイルアプリに気象予測・窓の開閉データ・部屋の使用状況等のデータと学習システムを組み合わせることで需要家は温熱システム利用を効率化させることができエネルギー消費を最大31%まで削減可能となる(図3-3, 3-4)。同社のスマートサーモスタットは欧州では数十万件に既に導入されており、米Amazon、独電力E.ON、仏石油Totalも出資している¹⁴。

図3-3 スマートサーモスタットとモバイルアプリ



図3-4 インテリジェント遠隔制御システム



(出典) Energy Democracy (<https://www.energy-democracy.jp/2731>)

＜欧州：事例3＞ **Octopus Energy (英): 100%再エネ電力で顧客に柔軟且つ透明な料金プランを提示**
【ブレックスルー】 高度なソフトウェアによるリアルタイムDER統合・管理
【課題1を解決】 DER急増を好機と捉え、デジタル化による利便性の高いサービスで顧客ニーズを開拓

Octopus EnergyはリアルタイムDER統合・管理により、太陽光による100%再エネ電力をベースに柔軟で透明な料金プランを顧客に提示している。料金プランは12ヵ月間の固定価格、卸価格に連動した変動価格、日次で更新される30分毎の卸連動価格やEV充電に適した0:30～4:30のスーパーオフピーク価格など多彩かつフレキシブルであるにも関わらず¹⁵、ユーザーはいつでもペナルティ無しで解約可能と極めて使い勝手の良いサービスとなっている(図3-5, 3-6)。2020年1月には仏ENGIEの英国における7万軒の顧客網を買収、140万軒のカスタマーベースを有し市場シェアは5%に達している¹⁶。2018年2月に同社は英国政府による2,700台のEVを利用する分散型電力貯蔵(Vehicle to Grid, V2G)として利用するビジネスモデルの実証に日産自動車他と参画している¹⁷。

¹⁴ Clean Energy Wire, 2019年7月10日, “<https://www.energy-democracy.jp/2731>”

¹⁵ Octopus Energy プレスリリース, “<https://octopus.energy/>”

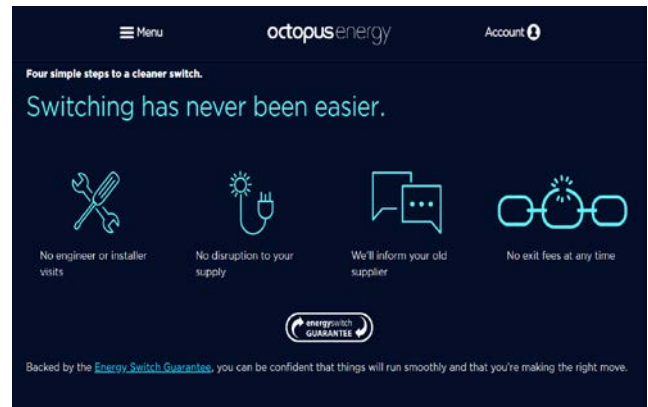
¹⁶ Octopus Energy to acquire Engie's British residential energy supply customers, “<https://jp.reuters.com/article/us-britain-energy-engie/octopus-energy-to-acquire-engies-british-residential-energy-supply-customers-idUSKBN1ZJ111>”

¹⁷ £30 million investment in revolutionary V2G technologies,

図3-5 Octopus Energyの料金プラン

Supplier	Plan name	Tariff type	Price
	Flexible Octopus	Variable	£978 Compare now
	Octopus 12M Fixed	Fixed for 12 months	£900 Compare now
	Super Green Octopus	Fixed for 12 months	£948 Compare now
	Uswitch Octopus 12M Fixed	Fixed for 12 months	£825 Compare now

図3-6 シンプルな他社からの乗り換え手続き



(出典) 図3-5 Which, 図3-6 Octopus Energyプレスリリース

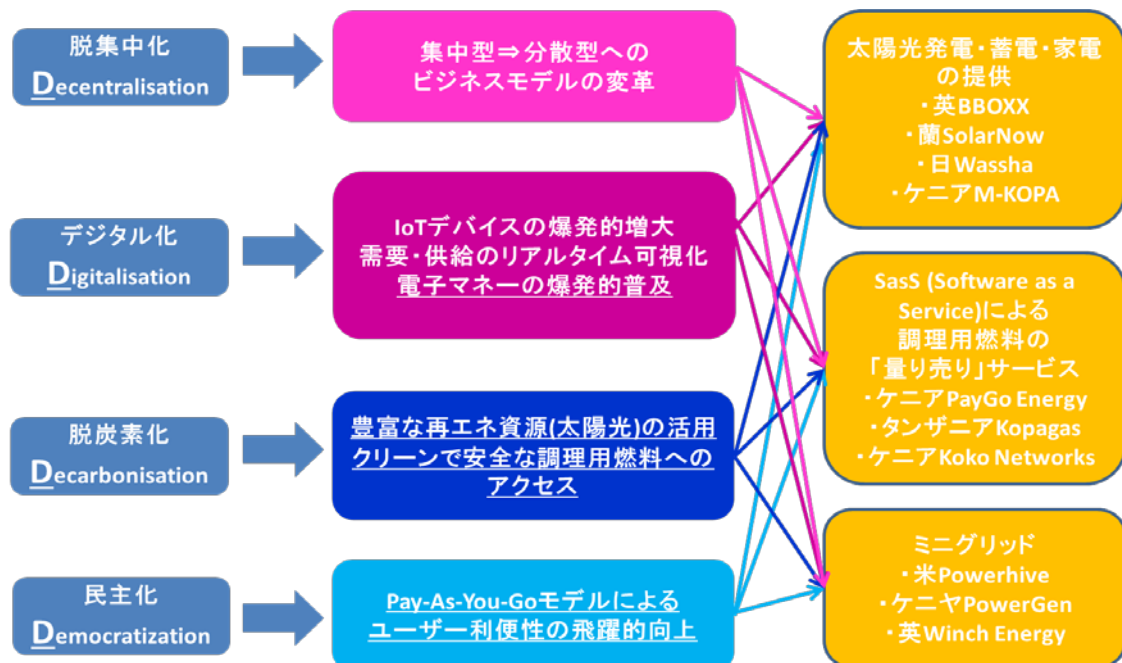
(2) アフリカ: 「デジタル化」と「民主化」がイノベーション創出の起爆剤

アフリカでは革新的なビジネスモデルが生まれ易い土壤がある。主なポイントは次の3点である。

- ・通信・物流・エネルギー等のインフラが未整備であり、インフラに頼らないイノベーションが求められる。
- ・先進国と比較して規制が確立されておらず、新しい技術やサービスの実証が進め易い環境にある。
- ・携帯電話の普及率が高く、電子マネー等のモバイルサービスの利用に対するハードルが低い。

事実、革新的ビジネスモデルによるブレイクスルーを後押しするものは社会インフラとして機能するモバイルマネーの普及によるユーザー利便性の飛躍的向上やデジタルグリッド技術等の既存インフラに頼らないイノベーションである。以下では、先ず最初にアフリカで爆発的に普及するモバイルマネーである「M-PESA」と支払額に応じてサービスを利用できる「Pay-As-You-Go」モデルを概説し、革新的ビジネスモデルの具体的事例をみていく。

図3-6 アフリカにおける革新的なビジネスモデルの分類



(出典) 日経BP社 Distributed Energy Resources 特別編集版等を基に筆者作成

爆発的に普及するモバイルマネー「M-PESA」と利用分だけ前払いサービス「Pay-As-You-Go」モデル

【ブレイクスルー】 モバイルマネーの爆発的普及と利便性の高い「量り売り」サービスの提供

【課題 1&2の解決】 圧倒的インフラ不足の未電化地域の貧困層も電気・ガスが利用可能に

M-PESAは英通信ボーダフォン傘下のサファリコムが主にアフリカで展開するモバイルマネーサービスであり、「Mobile(携帯電話)」を意味する「エム(M)」とスワヒリ語で「Money(金)」を意味する「ペサ(Pesa)」の造語である。街中至る所にあるキオスク(代理店)での事前入金により利用可能な携帯端末を使った送受金サービスであり、送金のほか光熱費や授業料の支払い、鉄道チケット購入まで日常的に広く利用されている(SMSが利用できればスマートフォンである必要はない、図3-7)。アフリカの人口の大部分は未だ貧困層であり収入が少ないため銀行口座を開設することができないが、農村に家族を残して都市部に出稼ぎに行く労働者が多く送金の需要は高い。既存の金融サービスはこうした送金需要に応えられず、これまでは現金を郵送するか相手に手渡しするより他に方法が無かったが、この問題を解決したM-PESAは銀行口座を持たない貧困層の間で瞬く間に広まった。アフリカでは2015年時点で5億5700万人がモバイル決済を利用し普及率は46%と高く、1,530億ドル(アフリカのGDPの6.7%相当)が既に取り引されているが、2020年には7億2500万人の利用、普及率54%、2,140億ドル(同7.6%相当)の取引額へさらに拡大するものと予測されている¹⁸。特にケニアでは国民の70%がモバイルマネーを利用しており、2018年の総取引額は約4兆円とケニアのGDPの5割近くに達している¹⁹。

図3-7 送金完了を知らせるショートメッセージ画面

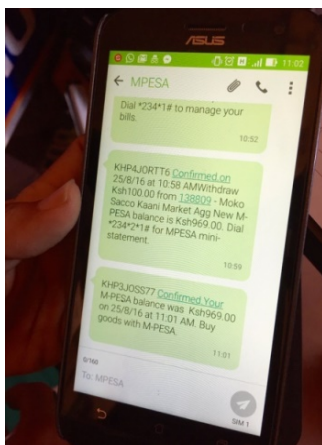


図3-8 街中至るところにあるM-PESA代理店



(出典) 図3-7, 3-8 lifehacker²⁰

「Pay-As-You-Go」は使いたい分だけ支払うサービスであり、M-PESAに代表されるモバイルマネーの普及により発展した。サービス利用者は事前に代理店で前払いする必要があることから(図3-8)、サービス提供者にとり代金未回収リスクのない決済システムが構築されている。最低0.1ドルといった極めて少額の「量り売り」も利用可

¹⁸ 小池, 小宮, イノベーション創出拠点としてのアフリカ, NRI 知的資産創造 2017 年 8 月号,

“<https://www.nri.com/-/media/Corporate/jp/Files/PDF/knowledge/publication/chitekishisan/2017/08/cs20170809.pdf?1a=ja-JP&hash=E05B44CC7F34B714385D188CE8710C00D9BC6400>”

¹⁹ JETRO 地域・分析レポート, “<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2019/0702/6075cf1a266f82c9.html>”

²⁰ アフリカ・フィンテック最前線 ケニアの経済を変えた「M-PESA」の衝撃,

“<https://www.lifehacker.jp/2016/09/160915m-pesa.html>”

能であることから捕捉が難しかったサブサハラ・アフリカ地域の未電化地域の貧困層にもビジネスアプローチが可能となったことで、これまで実質手付かずであった巨大市場が開拓され始めた。以下に紹介する各事例でも、「M-PESA」と「Pay-As-You-Go」がサービスの基盤として機能している。

＜アフリカ：事例1＞ BBOXX(英)： オフグリッド分散型電源による電気の「量り売り」サービス

【ブレイクスルー】 ソフトウェアを活用したプラットフォームによる需要・供給のリアルタイム可視化・遠隔管理
エネルギーの「量り売り」サービスによる貧困層の利便性向上

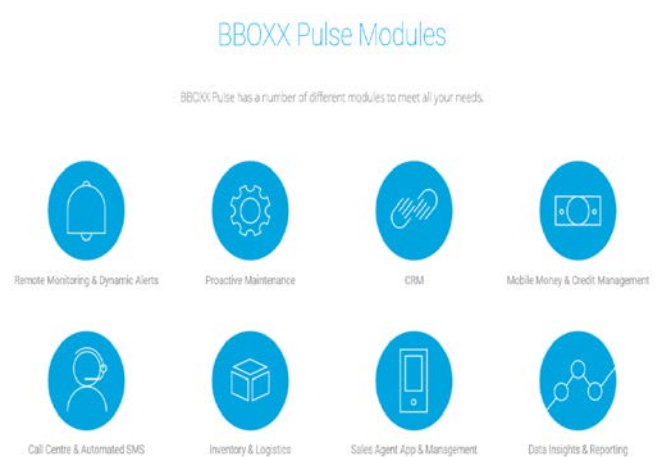
【課題1を解決】 未電化地域の貧困層の電気へのアクセスの実現

BBOXXはアフリカを中心とした電線の届かない非電化地域において分散型電源事業を展開する英国企業である。送電線を必要としない太陽光発電・蓄電池・家電を組み合わせたソーラー・ホーム・システム (Solar Home System, SHS)を用いて電力を供給し(図3-9)、IoTを活用したリアルタイム遠隔管理システムによりSHSの稼働状況や顧客の支払状況をリアルタイムに管理・制御する(図3-10)。現在、西アフリカを中心に12カ国で事業展開しており、2010年の創業以来、35カ国で15万個のSHSを販売し、1百万人にクリーンで信頼性が利便性が高い電気を届けている²¹。前述のとおり、サブサハラ・アフリカ地域では人口9億人中6億人が未電化地域に居住していると推計され、今後も人口の増加が続くものと見込まれるなか、同社は電力のみならず、ガスや水などの生活インフラに加えて、保険や金融などの消費者サービスまでをワンストップ・サービスで提供する「オフグリッド地域のプラットフォーム」を目指している。三菱商事は2019年に同社に出資しており²²、2018年に仏EDFと出資の未電化地域で分散型電源事業者へファイナンス供与を行う仏NEoT Offgridとのシナジー創出を目指している²³。

図3-9 屋根へのソーラーパネル据付の様子



図3-10 同社のプラットフォーム「BBOXX Pulse」



(出典) 図3-9 三菱商事プレスリリース²⁴ / 図3-10 BBOXXプレスリリース²⁵

²¹ BBOXX プレスリリース, “<https://www.bboxx.co.uk/>”

²² Ibid, “<https://www.bboxx.co.uk/bboxx-closes-50-million-series-d-funding-round-led-by-mitsubishi-corporation/>”

²³ 三菱商事プレスリリース, “<https://www.mitsubishicorp.com/jp/ja/ir/library/notes/pdf/no49/p03.pdf>”

²⁴ Ibid, オフグリッド分散電源事業者 英国 BBOXX への資本参画,
“<https://www.mitsubishicorp.com/jp/ja/pr/archive/2019/html/0000038207.html>”

²⁵ BBOXX Pulse A comprehensive management platform, “<https://www.bboxx.co.uk/pulse/>”

＜アフリカ：事例2＞

デジタルグリッド（日本）：「EaaS (Energy as a Service)」モデルによる再エネ電気の「量り売り」サービス
【ブレイクスルー】 ソフトウェア(デジタルグリッド技術)による需要と供給のリアルタイム可視化・遠隔管理
 エネルギーの「量り売り」サービスによる貧困層の利便性向上
【課題1を解決】 未電化地域の貧困層の電気へのアクセスの実現

デジタルグリッド(Digital Grid, DG)はIoTテクノロジーの活用による未電化地域の人々への再エネ電力の提供を行う日本企業であり、同社は東京大学で開発されたインターネットにより電力を遠隔で自由に制御するデジタルグリッド技術²⁶とモバイルマネーを組み合わせたWASSHA (ワッシャ、スワヒリ語で「火を付ける」の意味) というサービスをタンザニアで展開している。ビジネスモデルは、DGが貧困層の居住地域にある「キオスク」と呼ばれる雑貨屋に自社開発のハードウェア(太陽光パネル・バッテリーを含む発電設備や充電関連機器)とレンタル用電化製品(充電式LEDランタン・ラジオ等)を無償で貸与し(図3-11)、同じく自社開発のソフトウェアによりキオスクでの電力使用量をリアルタイムに遠隔制御・管理することでモバイルマネーを使用して電力利用料を徴収するというものである。本質的にはキオスクオーナーの信用リスクを取るB2B(Business to Business)ビジネスであり、DGがキオスクのオーナーに電力をプリペイド販売し、キオスクがこの電力を使って周辺住民に電化製品のレンタルや充電権利の販売を行うものであり、遠隔でのメンテナンス・課金システムによるフランチャイズ化で短期間で普及を可能にするモデルを確立している(図3-12)²⁷。2019年9月時点でタンザニアで1,400店舗のキオスクを通じて事業を展開中であり、関西電力とは業務提携し、丸紅・JICA・ダイキン工業等が出資している²⁸。

図3-11 ハードウェア・LEDライト貸与の様子



図3-12 WASSHAのサービスの仕組み



(出典) 図3-11 JICAアフリカビジネス入門2016 / 図3-12 関西電力プレスリリース²⁹

²⁶ 阿部力也, デジタルグリッド, エネルギーフォーラム

²⁷ JICA 鮫島弘子のアフリカビジネス入門2017, “https://www.jica.go.jp/africahiroba/2017_TICAD/vol1_3/index.html”

²⁸ デジタルグリッド プレスリリース, “<https://wassha.com/#company>”

²⁹ 関西電力プレスリリース, 2019年8月, “https://www.kepcoco.jp/corporate/pr/2019/pdf/0806_1j_01.pdf”

＜アフリカ：事例3＞

PayGo Energy (ケニア): Googleもバックアップする「SaaS」モデルによるLPガスの「量り売り」サービス

【ブレイクスルー】 高度なソフトウェアによる需要と供給のリアルタイム可視化・遠隔管理

エネルギーの「量り売り」サービスによる貧困層の利便性向上

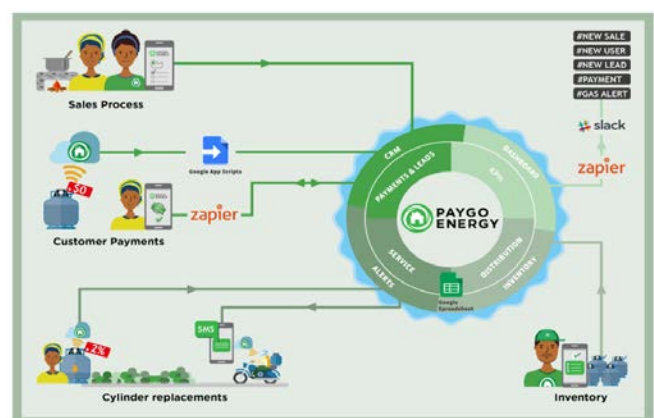
【課題2を解決】 貧困層も安全で健康被害のない調理ガスへのアクセスが可能に

PayGo EnergyはモバイルアプリでLPガスの消費量・在庫・販売・支払状況をリアルタイムで遠隔・一元管理可能なソフトウェアを提供するプラットフォームであり、ケニアで事業展開をしている。これまでLPガスは5kg等のシリンダー単位で販売されており、購入代金を一括で支払うことが困難な需要家は利用することができなかったが、M-PESAとPay-As-You-Goの活用により少量・少額からの「量り売り」が可能となり、アフリカの未電化地域の新たな市場を開拓した。具体的には、需要家は最初にM-PESAに口座を開設し最低0.1ドル単位でM-PESAをチャージすることでLPガスを利用することができる。シリンダーバルブには同社が開発したスマートメーターが設置されることからLPガスの卸売会社はLPガスの消費量を遠隔でリアルタイムに把握可能であり(図3-13)、M-PESA残高に不足が生じた場合には、同じく自社開発した遠隔操作でスマートバルブを閉めることで利用を停止させ、M-PESAの追加チャージにより利用を再開させることで与信管理も可能となっている(図3-14)。

図3-13 スマートメーターと連動するモバイルアプリ



図3-14 PayGoの遠隔・一元管理プラットフォーム



(出典) 図3-13 DA-14³⁰ / 図3-14 Medium³¹

4. 本邦企業へのインプリケーション

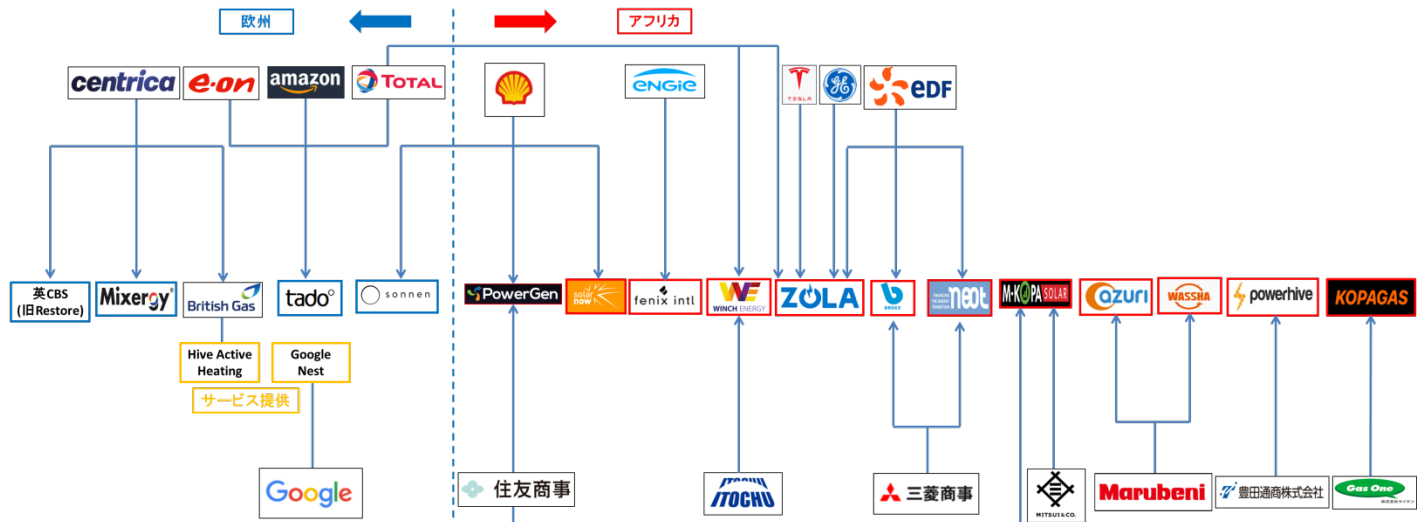
ここまで欧州・アフリカにおけるIoTの革新的ビジネスモデルとブレイクスルーの事例をみてきた。革新的なIoT事業を展開するのはインターネット・テクノロジーを活用したソフトウェア開発に強みを有するスタートアップ企業であるが、下図のとおり、既にShellやTotalといったオイルメジャーやCentricaやE.ONといった石油・電力・ガスの「巨人」のみならず、AmazonやGoogleなどの「ITの巨人」やTeslaといった「EV・蓄電池の巨人」までもが、より付加価値の高い収益源を目指して出資参画したり競合サービスを展開したりしている(図4-1)。また、アフリカの

³⁰ <https://da-14.com/portfolio/paygo-energy>

³¹ How Catalyst Fund and PayGo Energy Built the Base of a Micro-Payment Architecture,
<https://medium.com/f4life/how-catalyst-fund-and-paygo-energy-built-the-base-of-a-micro-payment-architecture-5fa58c15fd1f>

SHS・エネルギー「量り売り」・ミニグリッド事業には、本邦の総合商社各社やガス供給会社も出資参画している。以下では、その背景や狙いを分析するとともに、本邦企業としてアプローチすべき点について考察する。

図4-1 IoE事業への出資・サービス展開の相関図



(出典) 各社プレスリリースを基に筆者作成

化石燃料から環境事業への事業の軸足のシフト ―温室効果ガス排出量「ネット・ゼロ」実現に向けた取組み―

先ず最初に、欧州のオイルメジャー・準メジャー各社や電力・ガス会社が欧州・アフリカのIoE事業に積極的に進出するのには、大手機関投資家等からの強いプレッシャーによりGHG削減に向けた取組み強化を迫られていることが背景にあるものと思われる(表4-1)。勿論グリーン水素やブルー水素・CCUSも有力な環境対策の一つではあるが、それらの多くは未だ実証段階にあり、商業化には相応の時間を要するものと見られている。そこで、現時点の収益規模が例え小さいとしても、環境対策や事業構造改革として直ぐに着手可能で即効性があり、中長期的に人口ボーナスによる事業規模の拡大による収益化を見通すことができるIoE事業に触手を伸ばすことは合理的といえる。本邦企業にとっても、アフリカ未電化地域におけるSHS事業、「Pay-As-You-Go」モデルによるエネルギー「量り売り」販売やミニグリッド事業は、事業性評価も比較的行い易い魅力的な事業分野と思われる。

表4-1 欧州オイルメジャー・準オイルメジャーの2050年に向けた地球温暖化対策目標

企業名	2050年に向けた地球温暖化対策目標
Shell (英蘭)	自社が販売するエネルギー製品のGHG排出量を65%削減 (2035年までに30%削減)
BP (英)	・事業全体におけるGHG排出量「ネット・ゼロ」実現 ・自社が販売するエネルギー製品の炭素集約度を50%削減
Total (仏)	・自社世界操業 (スコープ1+2)で「ネット・ゼロ」実現 ・欧州で自社顧客が使用する自社生産・エネルギー製品 (スコープ1+2+3)で「ネット・ゼロ」実現 ・世界全体で自社顧客が使用するエネルギー製品の平均炭素集約度を60%以上削減 (27.5g CO ₂ /MJ未満)
Equinor (ノルウェー)	・ライフサイクル全体における炭素集約度を少なくとも50%削減 ・国内の生産活動からのGHG排出量「ほぼゼロ」を実現 (2030年までに40%、2040年までに70%削減)
ENI (伊)	・ライフサイクル全体におけるGHG排出量を80%削減 (スコープ1+2+3) ・同、炭素集約度を55%削減
Repsol (スペイン)	事業全体におけるGHG排出量「ネット・ゼロ」を実現 (2030年までに20%、2040年までに40%削減)

(出典) 各社プレスリリースを基に筆者作成

自由化後の国内電力・ガス市場の防御 – さながらゴールドラッシュの様相を呈する「新エネルギー市場」–

2つ目に、CentricaやE.ONといった大手ユーティリティ企業が欧州のIoT事業者に積極的にアプローチしている背景には、スタートアップ企業のビジネスノウハウを吸収することにより重要な自国の市場を守る狙いもあるものと思われる。電力システム改革の一環として、日本の電力部門については2016年4月の小売の全面自由化に続いて、本年4月には送配電部門の法的分離が開始された³²。また、電力取引市場に関しては、卸取引に加えて2019年にはベースロード取引が先行して開始されたが、今後、容量市場、需給調整市場、非化石取引市場の新設が予定されるなどさらなる自由化の進展が見込まれている³³。Shellは2021年のVPP事業での本邦市場参入を表明済みであり、フレキシビリティ管理ソリューションを提供する米AutoGridは2019年7月に日本法人を設立するなど、日本市場への参画は巨大なチャンスとして各社ともに着々と準備を進めている³⁴。2017年4月には都市ガスの小売も完全自由化されているが、来るべき厳しい競争に備え、本邦電力・ガス会社も出資によりノウハウを吸収し国内市場で横展開するなどの準備を進めておく必要があるものと思われる。尚、本事業分野は商材がデータやインターネットであることから、IT・モバイルアプリ開発・情報通信・家電メーカー・EV開発に強みを有する自動車メーカーなどの異業種にとっても絶好の参入機会となり得る。成功のカギがソフトウェア開発力やデータ分析力である仮定すれば、それらをコアコンピタンスとする異業種との厳しい競争も覚悟しなければならないだろう。

収益性の向上 – 欧州：ソフトウェア・AIによる最適化、アフリカ：電力単一から事業・サービスの多角化–

3つ目に、事業そのものの収益性を高まりつつあることも大きな要因と思われる。欧州においてはVPPアグリゲータービジネスが注目されて久しく、多くのスタートアップ企業が参入するも事業性に乏しく苦戦してきた。しかし、あらかじめVPPのためのIoTデバイスをエネルギー機器に組み込んで販売することによる設置コストの低減、2010年初頭に始まる欧州電気標準化委員会等による電気・通信ネットワーク関連規格の標準化に向けた議論³⁵、住宅の小規模なエネルギー機器や蓄電池などにDERの対象の拡大とともにビッグデータやAIなどの高度なソフトウェアによるフレキシビリティ管理の効率化の実現、および、運用する電力市場の種類を複数に増やすことなどによる最適化・高度化により、収益の最大化の勝ちパターンが次第に出現してきている³⁶。

アフリカのIoT事業には「規模の経済」を求める総合商社が出資参画している。そこには、電力供給による住民の所得向上支援を起点として、プラットフォーム経由で得意とする農業、生活インフラ、金融、小売サービスにまで事業を多角化することで収益性を向上させる狙いがあると思われる(表4-2)。これまでは手付かずの市場であったため、サービス1件あたりの収益が現時点では小さくとも、「ワンストップ・サービス」により顧客あたり単価の改善と人口ボーナスにより中長期に収益規模の拡大が可能との目論みがある。

³² 電気事業連合会, 電力システム改革, “<https://www.fepc.or.jp/enterprise/kaikaku/index.html>”

³³ 経済産業省, 中間取りまとめについて(概要資料), 2018年5月18日,

“https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/seido_kento/pdf/023_04_03.pdf#search='%E9%9B%BB%E5%8A%9B%E3%82%B7%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%A0%E6%94%B9%E9%9D%A9+%E6%96%B0%E5%B8%82%E5%A0%B4%E5%89%B5%E8%A8%AD'”

³⁴ スマートジャパン, 新エネルギー市場は「ゴールドラッシュ」、求められるのは「顧客中心のビジネスモデル」,
“<https://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1908/08/news043.html>”

³⁵ 諸外国における標準化に係る取組み(概要), 三菱総合研究所, 2010年2月,
“https://www.soumu.go.jp/main_content/000056392.pdf”

³⁶ 藤堂 安人, 日経エネルギーNEXT, 海外ビジネス最前線

表4-2 本邦企業が出資するアフリカIoTビジネスにおける事業多角化のアイデア

現事業	出資・提携	プレーヤー	多角化分野
SHS事業	三菱商事	BBOX (英)	ガス・水などの生活インフラ、保険・金融などの消費者サービスの提供
	三井物産 住友商事	M-KOPA (ケニア)	顧客網を生かした子供向け教育プログラムなどの動画配信も提供
	丸紅・JICA・ ダイキン	WASSHA (日本)	エアコンのサブスクリプションサービスや小口宅配の新サービスの拠点としての活用
ミニグリッド	豊田通商	Powerhive (米)	小規模金融プログラムも提供
	住友商事	PowerGen (ケニア)	農業資材や日用品の販売網として生かすことも検討中
	伊藤忠商事	Winch Energy (英)	Wi-Fiや郵便、冷蔵・冷凍サービスの提供

(出典) 各種公開情報を基に筆者作成

おわりに

日本では、電力システム改革の一環として、先行する欧米に倣うかたちで新たな電力取引市場の創設が計画されており、外資・内資を問わずさまざまな事業者が巨大なマーケットへの参入に向けて準備を進めている。EV・蓄電池価格の一層の低下、プロシューマーの誕生やそれを高度なソフトウェアやAIで制御するVPPアグリゲーター・プラットフォーマーの参入は、既存事業者間の競争環境を激変させるおそれがある反面、自由競争による市場の活性化により、ブロックチェーンの活用によるEVを蓄電池として機能させるドライバー同士の電力P2P取引などこれまで誰も想像しなかった革新的なビジネスモデルが将来出現する可能性もありえる。既存の電力システムではシステムを不安定化させてしまうことから再エネの電力系統への接続は最大30%程度と現在は制限されているが、デジタルグリッド技術の導入が進めば、コミュニケーション・インターネットや動画配信では既の実現しているように、100%再エネをベースとした「限界費用ゼロ社会」の実現もそう遠い未来ではないかもしれない。その場合、欧州でIoTデバイスとエネルギー機器のバンドル販売が収益化の期待から既に多くの投資家の耳目を集めているように、自社開発のEVと蓄電池をバンドル販売し、高度なソフトウェアソリューションを顧客に提供しているTeslaのようなアプローチこそが電力・ガス分野のゲームチェンジャーになる可能性も秘めている。欧州で先行する高度なソフトウェア・AIでの効率化・最適化の実現による斬新なビジネスモデルの日本への横展開やアフリカ発ビジネスモデルの日本への導入(リバースイノベーション)など、本邦企業としては海外で先行する革新的ビジネスモデルの事業性と採算性を分析しつつ、国内外での事業化の可能性と戦略を検討することが必要と考えられる。

【Appendix】 欧州・アフリカのIoT事業者とサービス一覧

<欧州他>

カテゴリー	プレイヤー	設立年	対象国	サービス
DER統合・管理	Octopus Energy (英)	2015	英・独	100%再エネベースの電力・ガスの販売事業者。柔軟な価格設定を提供
フレキシビリティ・マネジメント	Open Utility (英)	2013	英	フレキシビリティ取引市場プラットフォーム「Piclo Flex」を運営
	KiWi Power (英)	2009	英	フレキシビリティ取引市場のプラットフォーム。需要家サイドにDRソリューションに統合するかたちで蓄電池システムを導入
	AutoGrid Systems (米)	2010	世界12カ国	あらゆるDRを対象に様々な需要家向けに全ての電力市場で運用し系統運用者や需要家に付加価値を上げるフレキシビリティ・マネジメント機能を提供。世界で50社超と取引。契約エネルギーリソース容量は5GW超。三菱商事とエネルギー貯蔵・VPPで共同プロジェクト推進。
エネルギー機器とIoTデバイスのバンドル販売	Sonnen (独)	2010	独・他欧州	太陽光と連動して自家消費比率を最大化する制御ソフトウェアを搭載した蓄電池を販売。P2Pで方式で太陽光発電の余剰電力をバーチャルで取引可能な会員サービス「SonnenCommunity」を提供。2019年に英蘭Shellが買収し100子会社化。2021年に日本でVPPに参入方針
	tado° (独)	2011	独・英・他欧州	スマートサーモスタットとモバイルアプリによるインテリジェント制御によるエネルギー消費削減サービスを提供。Amazon Alexaやその他バーチャルアシスタントで制御可能。Amazonに加えて独電力E.ON・仏石油Totalも出資
	REstore (英)	2010	英	エネルギー多消費需要家の複数設備とリアルタイムでデータ連動する独自のVPPビジネスプラットフォームを構築。送電事業者向けアンシラリーサービスとして10秒以内の早い応答調整力を提供しリアルタイム・容量市場へ供給力を提供。2017年に英Centricaが買収し子会社化
	Mixergy (英)	2014	英	スマート給湯器を開発。英Centricaも出資
	British Gas (英)	1997	英	スマートサーモスタット(Hive Active Heating)を数十万件に導入

<アフリカ>

カテゴリー	プレイヤー	設立年	対象国	サービス
SHS事業	BBOXX (英)	2010	トーゴ	トーゴにてSHS事業を展開。仏EDFや三菱商事が出資。ガス・水などの生活インフラ、保険・金融などの消費者サービスの提供も視野
	NEoT Offgrid Africa (仏)	2010	コートジボアールほか	コートジボアール等において電源(太陽光・蓄電池)と生活家電(照明・ラジオ・TV)のセットを一般家庭向けにレンタルとファイナンスを提供。仏EDF・三菱商事が出資
	Azuri Technologies (英)	2012	ケニア・タンザニアほか	ケニア・タンザニアで12万ユニットのSHSを販売。電力使用パターンを機械学習し天候や蓄電残量に応じて自動でライトやテレビの輝度を調整しバッテリー切れによる停電を回避する技術を開発。丸紅が出資
	SolarNow (蘭)	2011	ウガンダ・ケニア	ウガンダやケニアで家庭に小型の太陽光発電システムと照明を提供。2万5千件以上の顧客基盤を持つ。理髪店等の開業支援や水を配給するポンプシステムを含む農業ビジネスまで提供。英蘭Shellが2017年に出資
	M-KOPA (ケニア)	2011	ケニア	ケニアで太陽光パネルやテレビを割賦販売。累計販売台数が60万台、2万5千件超の顧客基盤。三井物産・住友商事が2018年に出資。住商は顧客網を生かした子供向け教育プログラムなどの動画配信も視野に入れる
	Fenix International (ウガンダ)	2009	ウガンダ・ザンビア	ウガンダ・ザンビア等6カ国で事業展開し50万戸にSHSを供給。テレビや携帯充電器等も取扱収益源を拡大。仏ENGIEが2018年に買収し子会社化
	Zola Electric (タンザニア)	2012	タンザニア	タンザニアで太陽光発電・蓄電池システムを販売。1百万人/日のユーザー数。仏電力EDF・仏石油Total・米GE・Teslaが出資
	WASSHA (日本)	2013	タンザニア	タンザニアで1400店舗のキオスクを通じて太陽光の事業を展開中。エアコンのサブスクリプションサービスや小口宅配の新サービスの拠点としての活用も検討中。ダイキン・丸紅・JICA等が出資
調理用燃料の「量り売り」	PayGo Energy (ケニア)	2014	ケニア	「SaaS」モデル。LPガスの量り売りサービス
	KopaGas (タンザニア)	2014	タンザニア	同上。サイサンが出資
	KOKO Networks (ケニア)	2014	ケニア	「SaaS」モデル。バイオエタノールの量り売りサービス。同国でシェルの石油製品を販売するVivo Energyとの提携により「ラスト1マイル」の物流を実現
ミニグリッド	Powerhive (米)	2011	ケニア	「EaaS」モデル。ミニグリッドによる電力供給とともに小規模金融プログラムを提供。豊田通商が出資
	PowerGen (ケニア)	2011	ケニア・タンザニア・シエラレオネほかサブサハラ8カ国	太陽光パネル・蓄電池・配電系統・スマートメーターを組み合わせ150件超のミニグリッドを建設し1万5千世帯超に電力を供給。英蘭Shell・住商が%出資。住商は将来は農業資材や日用品の販売網として生かすことも検討中
	Winch Energy (英)	2016	ベニン、ウガンダほか5カ国	電力供給に加えてWi-Fiや郵便、冷蔵・冷凍サービスの提供を図る。仏石油Total・伊藤忠商事が出資。

(出典) 日本経済新聞、各社プレスリリース等を基に筆者作成

お問い合わせ : report@tky.ieej.or.jp