

トレンド

# エネルギー事業におけるCPS開発基盤の構築とデジタル化の推進

## Construction of CPS Service Development Platform for Energy Systems and Promotion of Their Digital Transformation

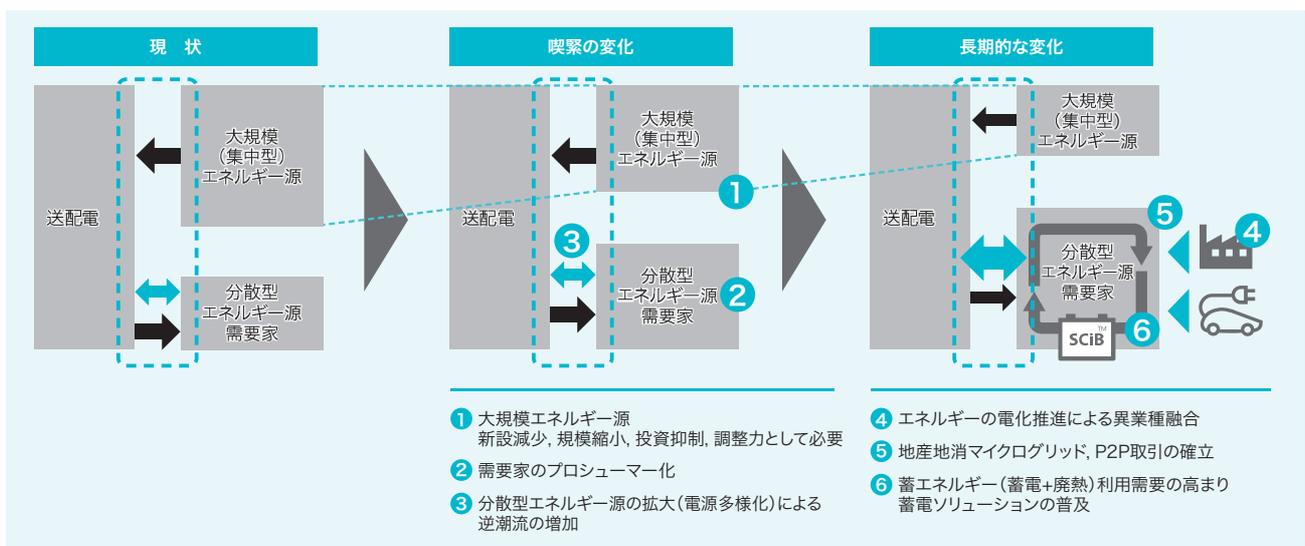
荒井 康隆 ARAI Yasutaka

我が国では、「エネルギー基本計画」により将来のエネルギーミックスが示され、再生可能エネルギー（以下、再エネと略記）の主力電源化に向かっている。これに伴って電力事業者には、自由化による制度改革や、脱炭素化・再エネへのシフト、電力を消費するだけでなく自ら生産も行うプロシューマーの増加など、これらの社会変化に対して、事業モデルの変革や社会変化に即したビジネス展開が求められている。一方、あらゆる産業では、デジタル技術の発展に伴うビジネス構造の変化が起きており、電力業界もその例外ではない。

東芝グループは、CPS（サイバーフィジカルシステム）テクノロジー企業への転換を目指している。そして、エネルギー事業においても、IoT（Internet of Things）サービスの開発・運用のための共通の枠組みである東芝IoTリファレンスアーキテクチャーに準拠するエネルギーシステム向けIoTプラットフォームをベースに、エネルギー事業のデジタル化を推進し、顧客やパートナーとの共創によるリカーリング型事業の拡大を図っている。

The movement toward the utilization of renewable energy as a major power source has been progressing in Japan in accordance with the government's Strategic Energy Plan, which sets forth the country's targeted energy mix by 2030. In line with this trend, there is a need for the reform of business models and the development of energy businesses in response to the social changes taking place accompanying the liberalization of electricity markets, the transition to decarbonized electricity generation and renewable energy generation systems, and the increase in companies that are not only electric power consumers but also suppliers. Furthermore, all industrial fields including the electric power industry are faced with the necessity of changing their business models in response to the advancement of digital transformation.

The Toshiba Group has set the goal of becoming a cyber-physical systems (CPS) technology company. Based on an Internet of Things (IoT) platform for energy systems compliant with the Toshiba IoT Reference Architecture, a common framework that accelerates the development and operation of IoT services, we are promoting the expansion of recurring type businesses utilizing various digital services in order to co-create new business value with our customers and partners.



### 特集の概要図。エネルギー業界におけるバリューチェーンのマクロトレンド

Macro trends in value chain in power industry

## 1. まえがき

外部環境の変化により、従来型の大規模エネルギー源の課題が顕在化してきている。外部環境には、大きく分けると①政策、②経済・環境、③社会の三つの側面がある。①の政策面では、パリ協定により脱炭素化に向けたルールが形成されるとともに、「エネルギー基本計画」<sup>(1)</sup>により将来のエネルギーミックスが示され<sup>(2)</sup>、分散型エネルギー源の拡大に向けた政策支援や、規制緩和による電力自由化が進展している(図1)。②の経済・環境面では、世界的にはエネルギー消費が拡大を続ける一方、地球温暖化の進行から、ESG (Environment (環境), Social (社会), Governance (企業統治)) に配慮している企業が高く評価されるため、選別して投資を行うESG投資が加速している。また、気候変動や自然災害の甚大化も大きな課題となっている。③の社会面に目を向けると、世界人口は増加する一方、先進国では少子高齢化や人口減少が進んでおり、都市集中化も進展している。更に、今後は電化範囲の拡大による電力需要の増加も想定されている。

このような変化により、エネルギー業界は従来のバリューチェーンのパワーバランスが変化し、電力自由化や、取引市場の立ち上がりにより、新たな事業機会、ビジネスモデルが立ち上がっている(特集の概要図)。ここでは、これらの変化によって、エネルギー業界が直面している重要課題に

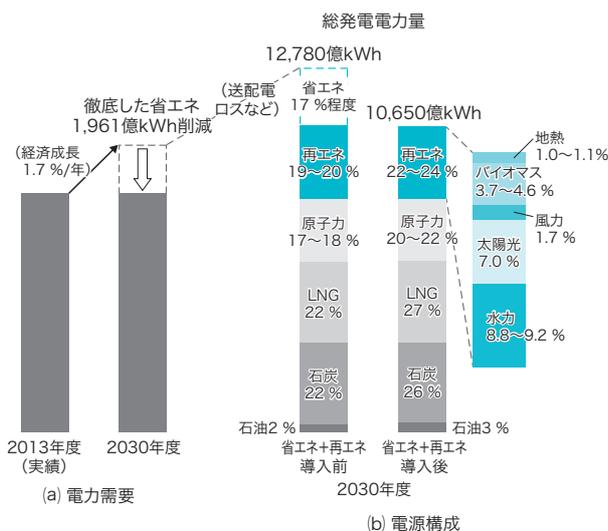
ついて、順を追って説明するとともに、これによって生じる事業機会に対応した東芝グループが目指すビジネスモデルや具体的な取り組み内容について、述べる。

## 2. エネルギー業界が直面する重要課題

### 2.1 分散型エネルギー源の普及加速

我が国では、2011年の東日本大震災により原子力発電所が停止したことや、FIT (固定価格買取制度) が導入されたことにより、再エネが普及してきているが、グローバル規模においても、環境への配慮や技術進歩に伴う低コスト化によって、太陽光や風力を中心とした分散型エネルギー源の拡大が期待されている。分散型エネルギー源の拡大要因は、二酸化炭素を排出しないエネルギー源を活用した発電なので、温室効果ガスの排出抑制に貢献できること、技術進歩により分散型エネルギー源の発電コストを指数関数的に低減できること、大地震や大規模災害時の集中型エネルギーシステムの供給リスクを分散できることが挙げられる。このため、世界の全地域で再エネの割合が上昇し、2040年には約40%の電力が再エネ由来になると予測されている(図2)<sup>(3)</sup>。

一方、我が国における再エネの主力電源化には、FITから自立した、エコシステムの新たな構築が必要である。現状の再エネは、2009年開始のFITの買い取り期間により売電の収益性が担保されているが、今後、再エネが主力電源として大量に導入されるためには、FITからの自立(卒FIT, 脱FIT)が必要となる。

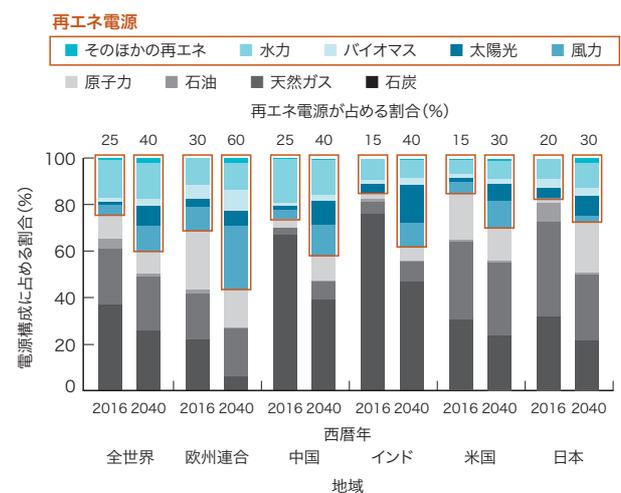


LNG:液化天然ガス  
\*経済産業省資源エネルギー庁、「長期エネルギー需給見通し」<sup>(2)</sup>を基に作成

図1. 2030年のエネルギーミックス

2030年度には、再エネによるエネルギー供給率を22~24%にする方針が打ち出されている。

Projected power generation mix in Japan in FY2030



\* International Energy Agency (IEA), 「World Energy Outlook 2017」<sup>(3)</sup>を基に作成

図2. 世界各国における再エネ電源割合の予測

2040年には全地域において再エネの割合が上昇し、グローバルでは約40%の電力が再エネ由来になると予測される。

Projected renewable energy ratios in various countries

## 2.2 従来型大規模エネルギー源の電気料金上昇リスク

電源構成に占める分散型エネルギー割合の増加や、DER (Distributed Energy Resources: 分散型電源) で電力を自給する需要家の増加により、従来型大規模エネルギー源の採算悪化や電気料金の上昇といったリスクが存在する。これは、デスパイラルという状態で、FITにより再エネへのコストメリットが拡大すると、自家消費型モデルが普及拡大し、これがBER (Bulk Energy Resources: 大規模系統電源) の電力消費減少に伴う収入源の減少に影響するため、固定費回収の必要から託送料金値上げに結び付き、更に自家消費型のメリットが相対的に向上するというものである (図3)。

## 2.3 必要電力設備の確保と最適化

アカデシー (需給調整のために余力として持つ必要がある電力設備) が、環境の変化によって十分な容量を維持できないリスクが発生する。設備維持に対する脅威としては、①大規模発電に対する投資が撤退することや、②自由競争の下では投資が最適化され、余力維持のための追加投資を行うインセンティブが生じないこと、③人口減少に伴い電気料金による収入が減り、大規模電源の固定費を賄えないこと、④DERの増加の結果、従来型BERの市場のパイが縮小し固定費を回収できないこと、などが考えられる。分散型エネルギー源の拡大に伴いBERが淘汰 (とうた) されるリスクがある一方で、系統の調整力を維持するには、必要十分な電力設備水準の確保が求められている。

## 2.4 電力系統の調整力の向上

分散型エネルギーの普及で、これまでの単方向から双方

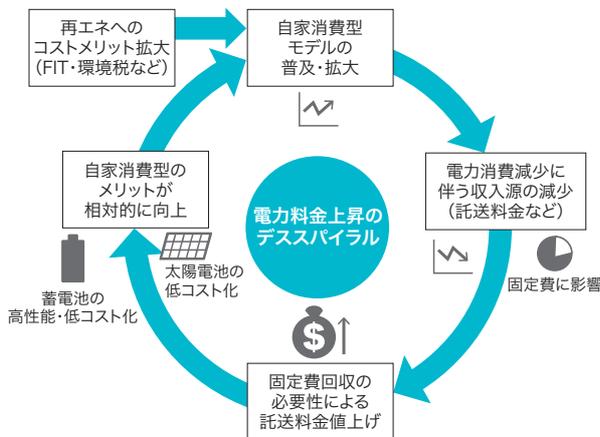


図3. デスパイラルによるBERの競争力低下シナリオ

DERの増加によりBERの収入が減少し、自家消費型のメリットが相対的に向上する。

Deterioration of competitiveness of bulk energy resources (BERs) in death spiral situation

向への系統運用モデルの転換と、局地的・動的な需給変動に対応した系統制御が必要となる。

分散型エネルギーは、発電量が天候や風力などの自然現象に依存するため、供給の調整力が低く、系統を安定させるための調整力 (周波数・電圧の維持) の増強が必要になると予想される。調整力拡大の手段としては、調整力のある電源 (火力発電や水力発電など) を活用した需要変動への対応や、余剰エネルギーを貯蔵して必要時に放電する蓄電 (揚水発電や、蓄電池、EV (電気自動車) など)、電力系統間への連系線の敷設、デマンドレスポンスにより需要家側の使用電力を調整する需給調整、などが考えられる。

## 3. 再エネの主電力化に対応したシナリオとビジネスモデル

再エネの主力電源化に対しては、分散型エネルギーシステムの普及、及び地産地消型エネルギーシステムへの発展という2段階のシナリオが考えられる (特集の概要図)。また、この予測シナリオの事業機会としては、以下の四つが挙げられる (図4)。

- (1) BERの効率化 パリ協定に基づいた、温室効果ガス低排出型の経済・社会発展を実現するため、火力発電を中心としたBERは、ベストミックスによる電源の高効率化と環境負荷の低減を技術革新により両立させて推進していく必要がある (図4(a))。
- (2) FIT後の再エネ売電先確保 いわゆる“2019年問題”として、2009年11月に始まった太陽光発電のFIT適用を受けて導入された住宅用太陽光発電設備 (10 kW未満) が、2019年以降、10年間の買い取り価格保証期間を終え始める。これらの電源は、法律での買い取り義務がなくなるため、自家消費するか小売電気事業者へ売電することになり、売電先確保という事業機会が発生する (図4(b))。
- (3) 需要家の脱炭素化志向 欧米金融機関を中心としたダイベストメントや炭素税・環境税の導入により、企業は、ステークホルダーに対して持続可能性を示すため、脱炭素に対する取り組みを強化しており、RE100 (Renewable Energy 100%) などのイニシアチブに参画する動きが広がっている (図4(c))。
- (4) 送配電管理の高度化 再エネの普及に伴い、電力の供給・需要サイドでニーズが多様化し、電力会社の大規模送電網による電力システムに加え、DERも活用した新たな電力システムという変化が生まれつつある。災害時にも地域の再エネなどの自立的な電源が活用できるように、蓄電池などの調整力を付加した電力供給

網を支援する制度<sup>(4)</sup>も出てきている(図4(d))。

一方、あらゆる産業でデジタル技術の発展に伴うビジネス構造の変化が起こっており、電力業界もその例外ではない。電力業界では、自由化による制度改革や、脱炭素化・再エネへのシフト、プロシューマーの増加、などの社会変化が想定され、事業モデルの変革や社会変化に即したビジネス展開が必要になってきている。2018年に経済産業省が発表した「DXレポート」<sup>(5)</sup>では、クラウドコンピューティングや、モビリティ、ビッグデータアナリティクスなどの技術を利用し、新しい製品や、サービス、ビジネスモデルを通して顧客体験の変革を図ることで価値を創出して競争上の優位性を確立する、デジタルトランスフォーメーション(DX)の重要性が示されている。また、DXが実現できない場合、2025年以降には最大12兆円/年の経済損失が生じる可能性を示唆し、“2025年の崖”として問題提起している。

そこで、東芝グループでは、前述の四つの事業機会に対し、これまで顧客現場で培ってきた技術や深い知見をDXによって価値に転換して顧客の経営成果につなげるとともに、その価値をライフサイクルO&M(Operation and Maintenance)や製品の高付加価値化に転換してリカーリング型ビジネスモデルによる事業の拡大を図っている。DXを通じて東芝グループが目指すCPS事業は、実世界(フィジカル)におけるデータを収集し、サイバー世界でデジタル技術を用いて分析・活用しやすい情報や知識とし、それをフィジカル側にフィードバックすることで付加価値を創造する仕組みである。東芝エネルギーシステムズ(株)が推進するエネルギー事業領域でも、図5に示すようなサイバー領域

でのリカーリングモデルを実現し、フィジカル領域の事業にも貢献するフィードバックサイクルの確立を図っている。例えば、電気の供給サイドで考えると、発電所の機器の状態をモニタリングし、過去のデータを基に監視モデルを構築し、サイバー上で分析を行って致命的な障害に至る前に異常を捉えるサービスを実現する。そして、これらのサービスに対して利用料を得ると同時に、故障パーツを販売するといったビジネスモデルである。また、需要家サイドでも、エネルギーリソースをマッチングするなどのサービスに取り組んでいる。

更に、中期視点では、需要家・プロシューマー領域でのビジネスや需給調整力市場でのサービスなどを、オープンイノベーションの活動やパートナーとの共創も含めたビジネスモデルとして検討していく。

#### 4. 東芝グループのエネルギー事業領域におけるCPS基盤構築の取り組み

3章で述べたようなビジネスモデルを実現するために、東芝グループ全体で取り組んでいる東芝IoTリファレンスアーキテクチャー(Toshiba IoT Reference Architecture, TIRAと略記)に準拠したエネルギーシステム向けIoTプラットフォームと、これを基盤としたデジタルサービスを開発するDXを推進中である。

このプラットフォームは、マイクロサービスアーキテクチャーを採用し、サービス単位での機能提供や分散データベースによる既存システムの活用をしており、顧客のシステム環境やニーズに応じて柔軟なサービス利用環境を提供できることが特長である。更に、このプラットフォームでは、情報モデ

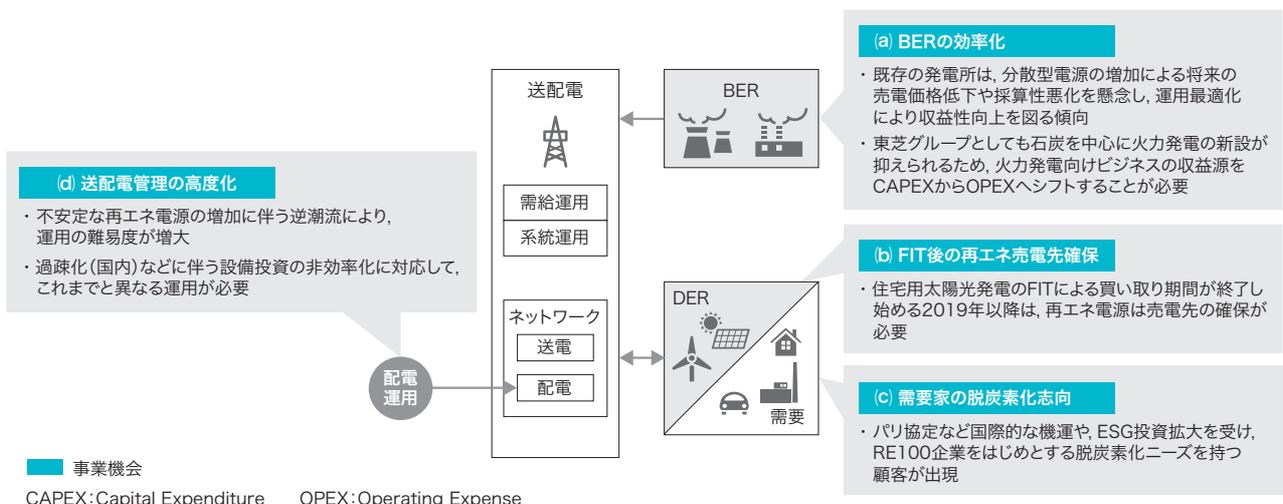


図4. 市場の変化と事業機会の概要

エネルギー業界における市場の変化に伴って、新たに四つの事業機会が発生する。

Changes in electricity markets and business opportunities

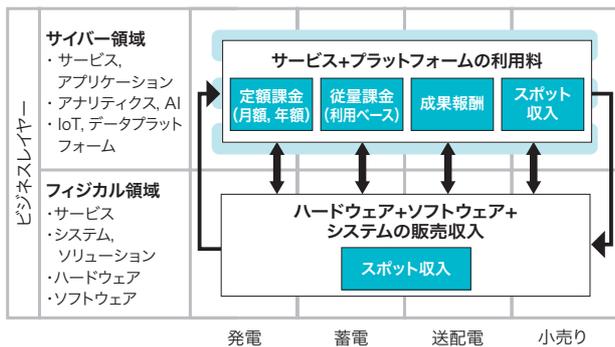


図5. リカーリング型ビジネスモデル

既存のフィジカル領域でのビジネスモデルに加え、サイバー領域でのリカーリング型ビジネスモデルも構築し、フィードバックサイクルを確立する。

Outline of recurring business model

ルの活用やオープンAPI (Application Programming Interface) による多様なサービス連携機能を利用できるため、他業種とデータや分析技術を連携活用することで、顧客との共創環境の構築も可能である(この特集のp.7-11参照)。

発電プラント向けO&M改善サービスの具体例としては、プラント運転データを収集・分析したO&Mサービスを提供する取り組みを実施し、熱効率・稼働率向上を図っている(同p.12-15参照)。また、スマートデバイスによるAR(拡張現実)技術や、センサーネットワークの構築、自動運転ロボットの適用などで、従業員の負担を軽減した保守・運用を可能にするとともに、AIによる匠(たくみ)の経験を継承し、より一層高度化した“スマートO&M”を開発した(同p.25-28参照)。

先行している発電プラント向けサービスを、送配電や隣接する領域へ拡大する取り組みも行っている。電力流通設備向けには、変電所設備の保全業務を省力化するため、状態基準保全(CBM: Condition Based Maintenance)サービスを提供している。これらのデジタルサービスにより、電力系統運用の高度化を実現し、アセット全体の状況を鑑みた計画的な設備形成と電力の安定供給をサポートする(同p.16-20参照)。工場やコンビナートに設置されている自家発電設備向けの取り組みでは、蒸気タービンの特性や配管の圧力損失を分析することで、実際の運転データによってプラントの挙動を把握できるようになり、この結果に基づいた最適運転支援システムを構築することで、高効率、かつ需要変動時でも安定した運用を実現した(同p.21-24参照)。

更に、原子力発電所や水素エネルギーシステムでのデジタルサービスにも取り組んでいる。プラントメーカーとしての設計・製造知見を活用し、コンフィグレーション管理やAIを活用し、2020年4月から導入される、国内原子力施設に

関する新しい検査制度に対応した改善処置活動支援や、定期検査総合管理、保全PDCA (Plan-Do-Check-Act) などの各種サービスを、エネルギーシステム向けIoTプラットフォーム上に実装し、プラント価値向上へ寄与していく(同p.29-32参照)。また、水素エネルギーシステムをユーザーが安全かつ安定的に運用できるように、水素の貯蔵量や太陽光発電量のトレンドなどが確認できるダッシュボードや、不具合発生時のメール発報サービス、遠隔保守などのサービスを提供できるようにした(同p.33-37参照)。

## 5. あとがき

エネルギー業界をめぐる市場は大きく変化し、新たなプレーヤーが参入する一方、新たな事業機会も出てきている。この特集では、ここで述べたトレンドを意識した上で、CPSテクノロジー企業への転換に向けて現在進めている、エネルギー事業領域における実際の取り組みについて紹介している。

今後も、このような取り組みを進展させ、デジタル技術を活用した顧客やパートナーとの共創により、エネルギー業界自体の発展に貢献していく。

## 文献

- (1) 経済産業省資源エネルギー庁. エネルギー基本計画. 2018, 105p. <[https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic\\_plan/pdf/180703.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/180703.pdf)>. (参照 2020-01-10).
- (2) 経済産業省資源エネルギー庁. 長期エネルギー需給見通し. 2015, 12p. <[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/mitoshi/pdf/report\\_01.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/pdf/report_01.pdf)>. (参照 2020-01-10).
- (3) International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook 2017. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 2017, 763p.
- (4) 経済産業省資源エネルギー庁. 地域分散型電源活用モデルの確立に向けた支援制度について. 2019, 資料2, 8p. <[https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saiene/community/dl/03\\_02.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/community/dl/03_02.pdf)>. (参照 2020-01-10).
- (5) デジタルトランスフォーメーションに向けた研究会. DXレポート ~ITシステム「2025年の崖」克服とDXの本格的な展開~. 経済産業省. 2018, 56p. <[https://www.meti.go.jp/shingikai/mono\\_info\\_service/digital\\_transformation/pdf/20180907\\_03.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/digital_transformation/pdf/20180907_03.pdf)>. (参照 2020-01-10).



荒井 康隆 ARAI Yasutaka  
東芝エネルギーシステムズ(株)  
DX統括部  
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.