

スマートシティにおける都市VPPの可能性とエネルギー事業者の事業機会



沼田悠佑



石上圭太郎

CONTENTS

- I パンデミックが変えたエネルギー事業のあり方
- II 再エネ大量導入に対応した都市のエネルギーシステム構築の必要性
- III 都市丸ごと仮想発電所化（都市VPP）の可能性
- IV スマートシティにおけるVPPの位置付け・意義
- V 都市におけるスマートエネルギーとエネルギー事業者の展開シナリオ

要約

- 1 新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の拡大による突発的な電力需要の蒸発により、足元で進んでいる再生可能エネルギー（再エネ）導入促進と電力システムの分散化に向けた流れがさらに加速される。
- 2 以前から、都市内の再エネ導入ニーズは高かったが、再エネ導入量が増加することで新たな課題も顕在化しつつある。これらの課題の解決に向けて、再エネ電源と需要設備を連携して制御する仮想発電所（VPP）というシステムに期待が集まっている。
- 3 VPPを都市全体に適用することで、都市内のエネルギー消費を最適化できるだけでなく、感染拡大時でも電力システムの安定化に寄与する。一方、多様な需要設備を最適に制御するためには、人の移動やサービス利用状況などの多様なデータを収集し精緻な需要予測を行わなければならない。
- 4 スマートシティでは、デジタルツールや都市内のさまざまなセンサー機器を用いて多様なデータを収集し、サービスに活用する。それらのデータを活用することでVPPの制御を最適化することが可能になる。
- 5 都市VPPの運用に必要なデータを自社で収集するか、あるいは他社から提供されるかという観点、また自社でデータを収集・活用するにあたってどのような事業を展開するかという観点から、エネルギー事業者の今後の事業の方向性は3つのシナリオに分かれていく可能性がある。

I パンデミックが変えた エネルギー事業のあり方

1 COVID-19の感染拡大が与えた 世界的影響

世界各地での新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の拡大により、経済活動が多大な悪影響を受けている。エネルギー産業においても同様であり、特に顕著な動きとしては、需要の大幅な減少と、再生可能エネルギー（再エネ）電源の存在感の高まり、大型電源の収益性の不透明化が挙げられる。

国際エネルギー機関（IEA）によれば、ロックダウンを実施した国において、電力需要が1日当たり最大で15～20%も下落したケースが多い^{注1}。

電力供給の観点では、再エネ由来の電力シェアが急速に拡大し、大型電源の利用率が下落している。その理由としては、大型火力電源、特に石炭火力は図1の通り、需要の減少に対応して利用率を落としているものの、太

陽光などの再エネ電源は発電量を調整することが難しいことから、平時と変わらず発電を続けているためであると考えられる。

実際に中国では、2020年1月から3月にかけて石炭火力のシェアは69%から64%まで下落した一方で、再エネ電源の比率は23%から28%と増加している。インドではロックダウン直前のWeek 11からWeek 15^{注2}にかけて石炭火力のシェアが71.8%から66.5%まで下落したが、再エネ電源は同期間に19.5%から22.4%と増加を示している^{注3}（図1）。

2 日本の電力事業に与えた影響

COVID-19は日本の電力事業においても同様の影響を引き起こしている。

電気事業連合会（電事連）は、COVID-19の影響で2020年4月の電力需要が前年比約4%、同5月では8%も落ち込んだと発表した^{注5}。在宅勤務の影響で、家庭用の電力需要は増加しているが、娯楽施設が4割、ホテルが3割、飲食店・学校が2割ほど減少している。工場

図1 各国の石炭火力・再エネ比率^{注4}

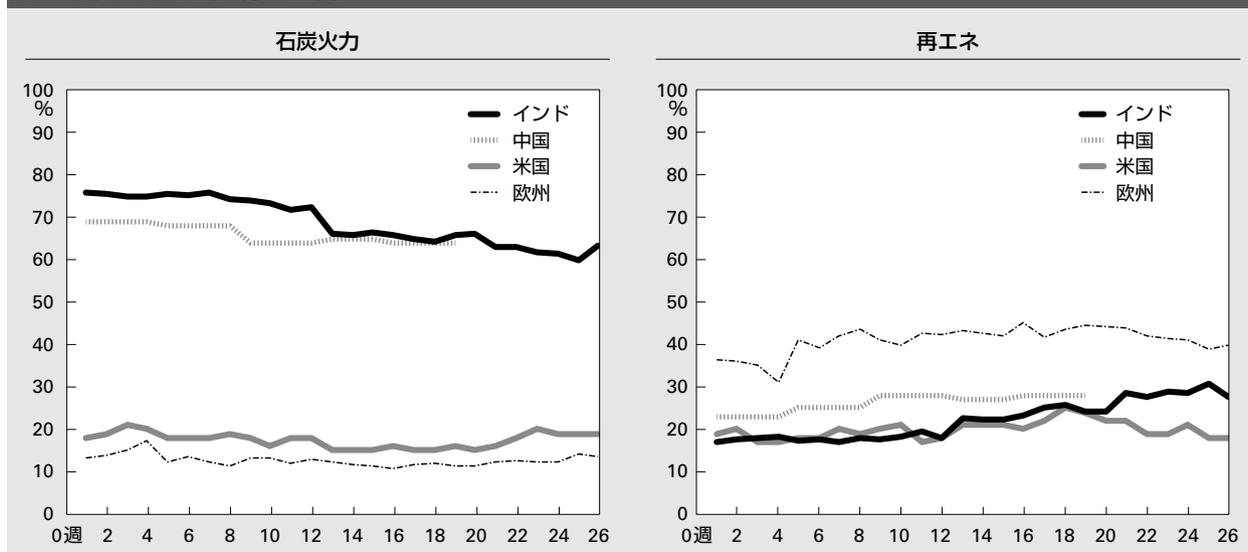


図2 日本の電力需要の変化（左図：消費電力量、右図：最大電力）^{注6}

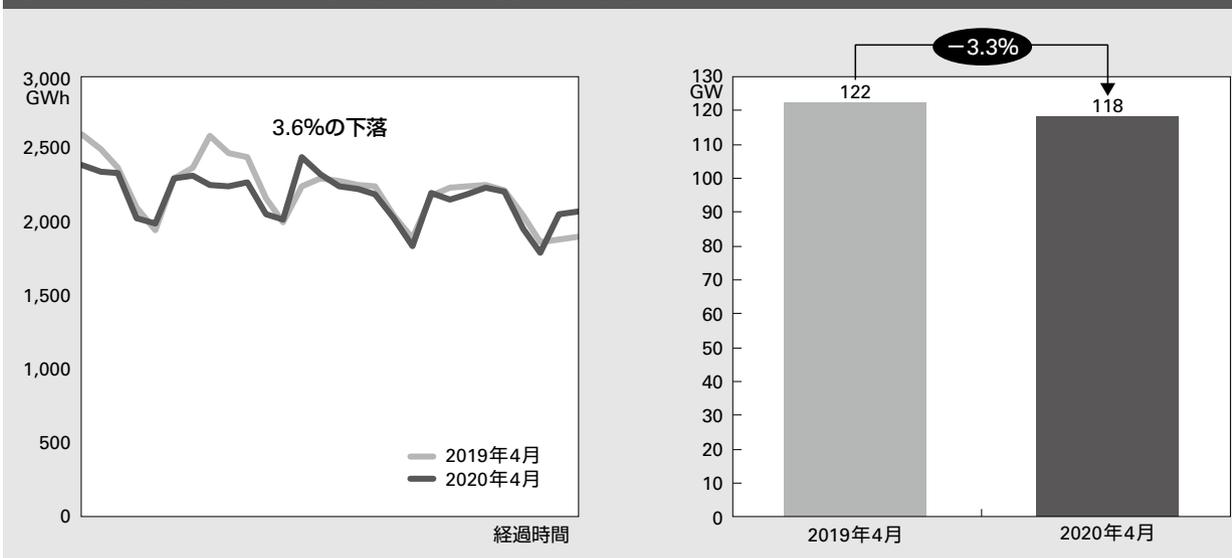
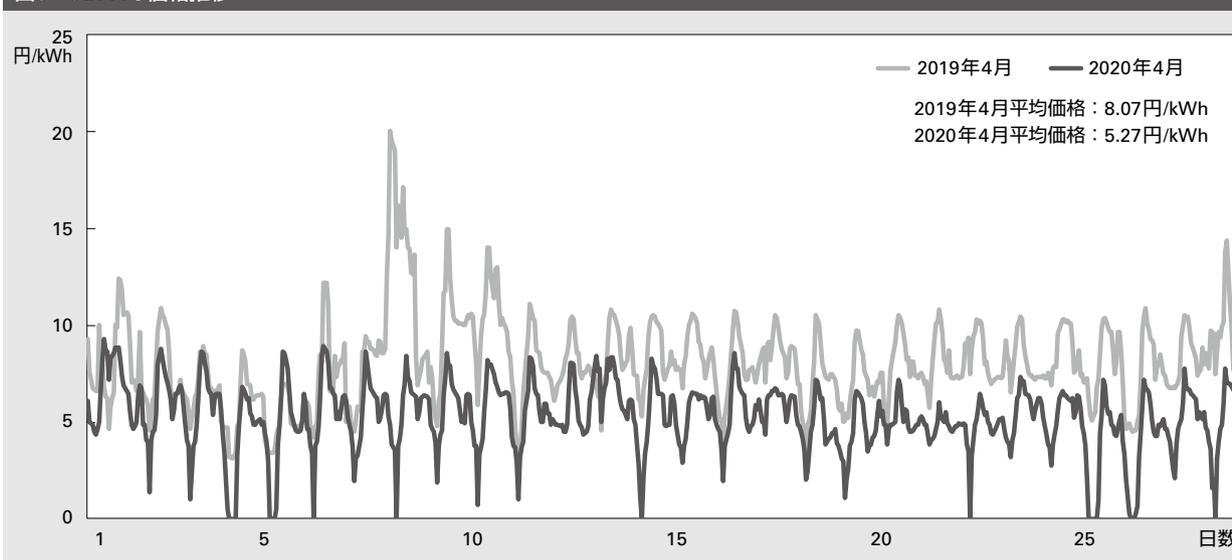


図3 JEPXの価格推移^{注7}



地帯の需要減少の影響を受けやすい中部電力エリアの20年5月の電力需要は、19年の5月と比べて10%超の減少と全国平均よりも大きな下落幅となった。また、経済活動が停滞したことにより、昼間の電力需要が大幅に減少し、20年4月の最大電力は前年比で3.3%減少している（図2）。

前年比で電力需要が低下している一方で、再エネ導入量は拡大しており、その発電量も増大している。その結果、電力供給量が余剰となり、日本卸電力取引所（JEPX）での卸売価格が大幅に下落している。19年4月の平均価格が8.07円/kWhであったのに対して、20年4月の平均価格は5.27円/kWhで推移し

た（図3）。

3 今後の電力事業への影響

前節までで述べた事象は、既に顕在化している「電力システムの分散化」を後押しするものと考えられる。変動電源である太陽光・風力を中心に再エネ電源がさらに増加し、大型火力電源の退出が進むという流れが、想定されてきた以上に急ピッチで進むだろう。

これまでの、各国政府の再エネ促進政策、投資家の再エネ重視の姿勢、さらに再エネコストの劇的な低下が再エネ導入増を支えてきたが、さらにコロナ禍からの経済復興のための刺激策として再エネ支援策、また、感染症対策を含むESG投資の熱がさらに高まることが想定される^{注8}ため、再エネ導入促進の動きが一層強まるものと予想される。一方で、大型投資が必要になる従来型の火力電源は電力需要激減リスクやカーボンプライシングなどの環境規制の強化^{注9}、O&Mのために大人

数が必要なシステムを維持することのリスクなどが懸念され、その撤退を加速させる可能性がある。

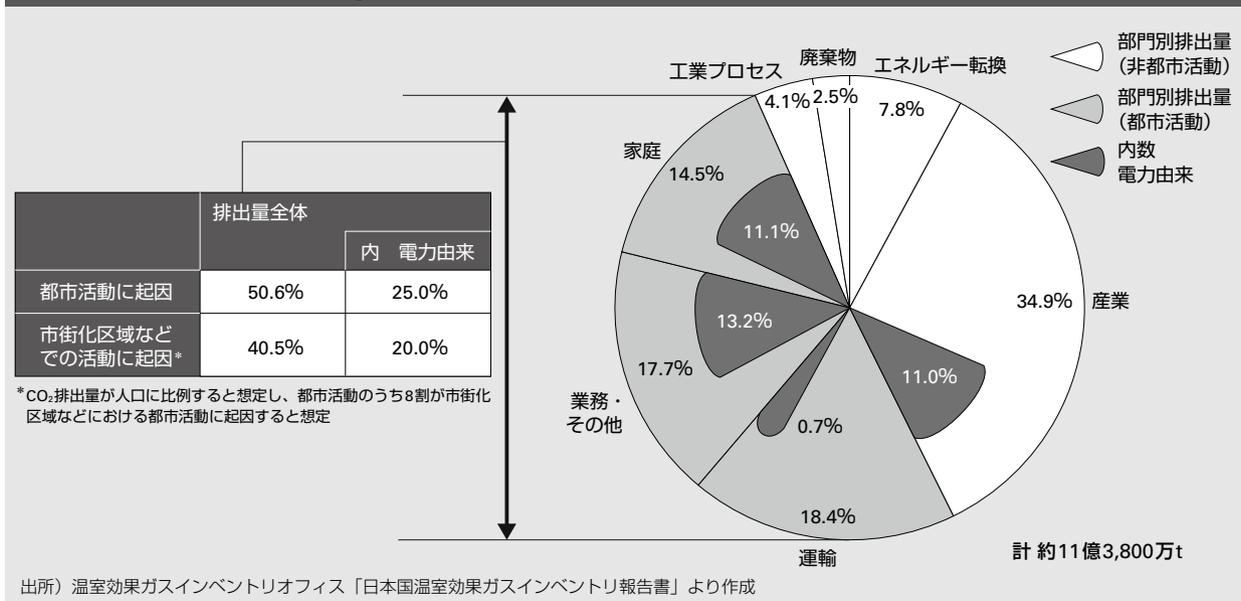
今後の電力事業を考えるにあたっては、再エネ大量導入とともに感染症対策の観点も含めたレジリエンス強化を前提として検討されなければならない。

II 再エネ大量導入に対応した都市のエネルギーシステム構築の必要性

1 都市における再エネ活用ニーズの拡大

再エネ大量導入を前提にした電力事業を検討するにあたって、都市において再エネを最大限活用することは主要な論点の一つである。都市はCO₂の主要な排出源であり、CO₂削減の観点から再エネ導入ニーズが極めて高いからである。

図4 日本の都市活動に起因するCO₂排出量（2018年度）



実際に日本の2018年度部門別CO₂排出量のうち、都市由来の活動が全体の排出量の50.6%、さらにその内の市街化区域での活動が40.5%までを占めている。都市活動起因、特に電力由来のCO₂削減の強化が求められている（図4）。

また、別の潮流として、将来的には都市のスマート化に伴い、都市内に大量のセンシング機器が設置され、ビッグデータ解析、AIの活用も進むものと考えられている。ただ、これらのデータ処理のための電力消費量が増大することから、都市活動に起因するCO₂排出量が逆に増加する可能性もある。省エネやエネルギーの効率化を進めるためにエネルギー消費が拡大しかねないといった事態を回避する意味でも、都市への再エネ導入がさらに推進されるだろう。

2 再エネ導入拡大に向けた電力システムの課題と解決策としてのVPP

再エネの大量導入が進む中で、電力システムに新たな課題が顕在化しており（表1）、これらが解決しなければ、再エネの導入コス

トが低減しない、あるいは電力システムの信頼性が損なわれることが懸念されている。

課題解決にあたっては、電力システム全体に柔軟性、調整力が十分に確保されなければならない。現在の電力システムでは、大型火力電源の発電量を柔軟に変動させることにより調整力を提供しているが、将来的に大型火力電源退出が進むとするならば、その代替手段を検討しなければならず、そこで期待されているのが仮想発電所（VPP）である。再エネを含む電源設備と需要設備などの分散型のエネルギーリソースの一つ一つを束ねて遠隔・統合制御して電力の需給バランス調整に活用することで、あたかも一つの仮想の発電所のように機能することから、VPP（Virtual Power Plant）と呼ばれている。

たとえば、需要設備を制御して電力消費量を減少させることができれば、実際の発電所で発電電力量を増加させるのと同等の機能を発揮することができる。VPPにより、負荷平準化、再エネの余剰発電量吸収、発電量不足時の需給調整などを実現し、再エネを導入する際のコスト削減と導入後の電力システムの安定性維持に貢献することが可能となる。

表1 再エネ導入拡大に向けた課題

事業者	再エネ大量導入に向けた課題
送配電事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・接続可能な再エネ発電量に上限があり、さらなる導入に向けては追加投資が必要 ・再エネ増加による託送料金収入の減少 ・変動電源の大量導入により安定供給が損なわれる
発電事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・系統増強費用負担 ・出力抑制による機会損失 ・発電側課金導入による負担増加 ・発電側インバランスに向けた費用負担
需要家	<ul style="list-style-type: none"> ・再エネの価格が高く、電気代コストが増加 ・再エネ投資意欲が減退

Ⅲ 都市丸ごと仮想発電所化 (都市VPP)の可能性

1 都市全体をVPP化することの意義

VPPの効用を最大化するためには、一部の施設・街区にとどまらず、都市全体をVPP化すること（以下、都市VPP）で都市内にある多数の多様な設備を制御の対象とすることが重要であると考えられる。

都市には多くの需要設備があるが、電力システムの安定化のために確保が必要な調整力に比べて、個々の設備が提供可能な調整力は非常に小さい。そのため、できる限り多くの設備を一つのシステムに接続・制御することが望ましい。都市内に多様な性格の需要設備が設置されていることは有利な点である。需要パターンが類似している設備ばかりを集約して制御しても、需給調整に柔軟性が欠けてしまう。都市内の住宅、商業施設、業務用施設、公共施設などはそれぞれ異なる需要パターンを持つことから、これらを一つのシステムに統合することで、調整力提供余地を拡大することができる。

2 ロックダウン下での

電力システム安定に貢献する 都市VPP

コロナ禍が電力需要減少と大型火力電源稼働率低下をもたらし、調整力を不足させることが懸念されている。都市VPPは需要を全体的に増減させることで、そうした事態への対応力を上げることに寄与するだろう。

たとえば、太陽光発電は昼間に発電電力量が多いが、平時であれば電力需要規模も大きいいため十分にバランスがとれる。しかし、ロ

ックダウン状態では、経済活動の水準が低下し、昼間需要が下落するため、供給量が需要を上回ってしまい、出力抑制指令が発令されるリスクが高まる。都市VPPが、冷凍倉庫の温度をさらに下げる・空調の温度を少し下げるなどして、昼間に需要を高めるように指令を出すことで、そのリスクを抑えることができる可能性がある。

また、感染者が出た店舗、ビルなどが業務を停止するという事態が生じると、需要の疎密が平時よりも生じやすくなる。そういった状況下であっても都市VPPのように都市全体で需要を制御することで、インバランスを回避することができるのではないだろうか。

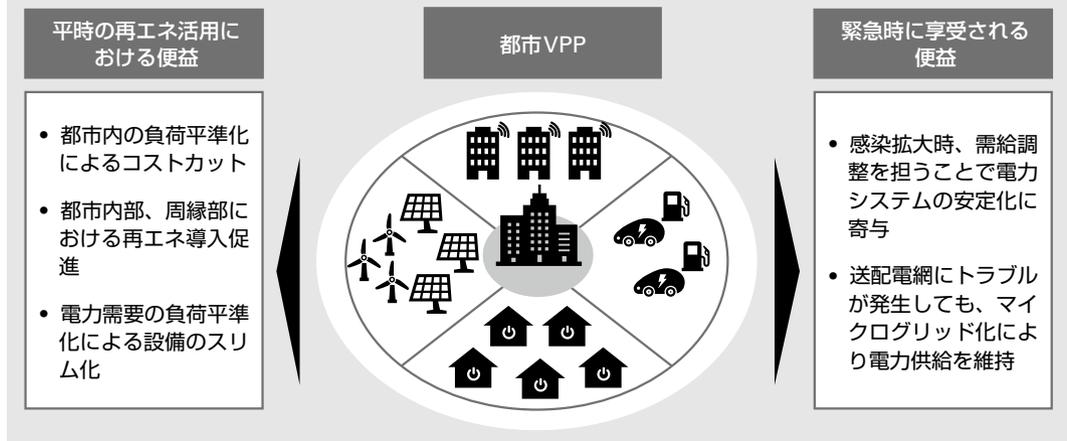
3 都市全体をVPP化することの 追加的効用

都市VPPの便益は、都市内で調整力を確保することで都市内の再エネ導入促進と電力安定供給に寄与することだけではなく、災害発生時の都市機能維持や都市周縁部における再エネ導入を促進するといった効用をもたらすことが考えられる。

都市VPPが実現した場合、都市内のあらゆる場所に発電設備や需給を調整するための設備があり、その運用が可能であるということになる。災害が発生し、送配電設備に損害が生じた場合であっても、都市内のたとえば街区ごとにマイクログリッドを形成することで、域内の電源と需要設備を調整することにより、街区内の電力供給を維持できる可能性がある。

従来のスマートシティの議論では、都市内に再エネ発電設備を展開することが議論されてきたが、都市内に大量の太陽光発電パネル

図5 VPPがもたらす多様な便益



を置くことは現実的には考えにくく、むしろスマートシティの郊外や周縁部に大規模再エネ発電所を設けて、スマートシティそのものがVPPとして調整力を提供することで、通常必要となる送配電設備の容量の削減や、インバランス回避を行える可能性がある。また、スマートシティ自体が再エネ発電所の安定的な売電先として収益安定性確保に寄与することで、再エネの導入促進に寄与することができる（図5）。

IV スマートシティにおけるVPPの位置付け・意義

1 スマートシティにおけるVPPの意義

スマートシティが備えることになるデジタルデータ基盤は、都市VPP実現に寄与するだろう。VPPでは発電量、設備の需要予測を精緻に行うことが求められるが、都市がスマート化することで、予測を精緻化するために必要なデータを多く集めることができるからだ。

需要予測のためには、各々の設備がどのように使われているのかという点を理解しつつ、多様なデータから今後の需要想定を導き出さなければならない。たとえば街路灯においては、周辺の交通、人の移動データ、治安情報があれば必要な照度を試算することができるだろう。また、ビル内の空調設備は気温やビル内の人数に加えて、人流データなどからビルに向かっていく人数を予測することで、空調や照明などのエネルギーを消費する設備機器の運用を最適化できるだろう。

一方、スマートシティは、ビッグデータ分析やAI、デジタルツールを活用することで、住民や企業、労働者、観光客などその都市の利用者が抱える課題を解決することを志向している。そのために、都市内に設置された多様なセンサーや、個人が保有・携帯するデジタルデバイスを通じて、都市データや行動ログデータといった多種多様なデータを大量に収集することとなる。

エネルギー事業者が単独でそれらのデータを収集することは困難であるが、モビリティ、ビルなどにかかわる多様な事業者と提携

することで可能となる。そうすることで、都市内の需要設備を最適に運用することができるだろう。

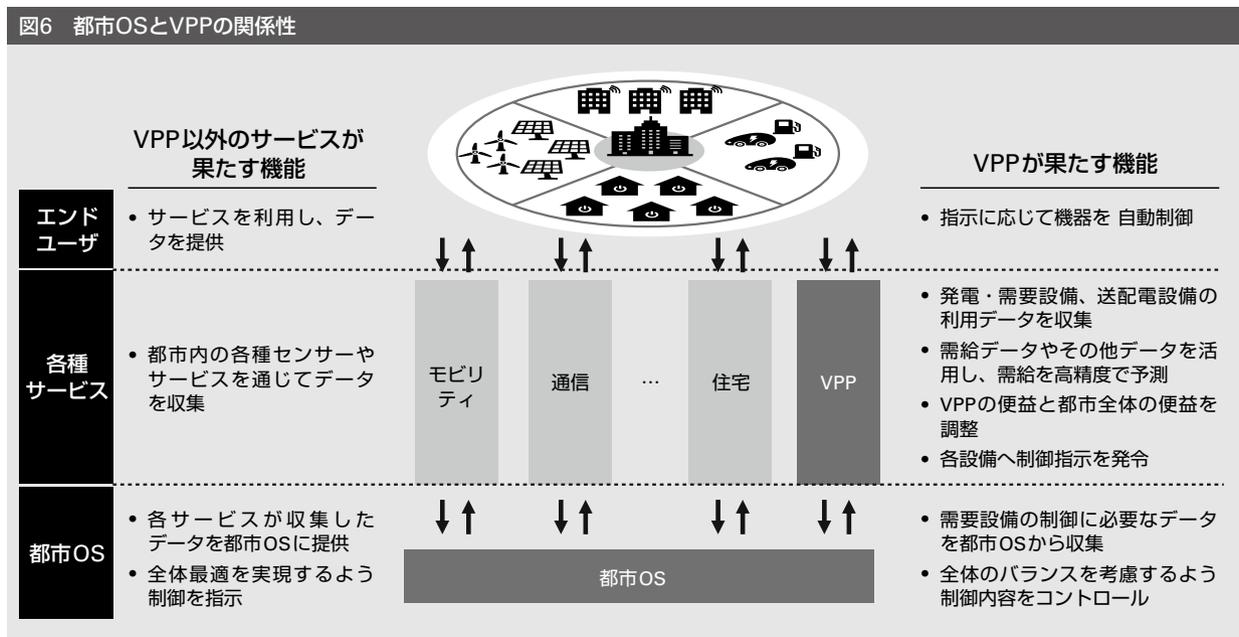
2 都市OSとVPPの親和性

将来的にスマートシティに都市OSが実装されると、都市VPPの便益をさらに増大することができるのではないかと期待されている。

都市OSとは、都市内で提供されるあらゆるサービスのデジタルデータ収集・活用プラットフォームとして考えられており、スマートシティの個々のソリューション最適化のために、複数サービス間、複数の事業分野間のデータ連携をスムーズに実施するよう設計される。そのため、都市VPPを提供するエネルギー事業者が都市データや行動ログデータを収集し、さらに多くの需要設備に対して調整指令を出すにあたって、都市OSは大きな助けとなるであろう。

一方、都市OSでデータを一元管理するという仕組みに対して、セキュリティ確保やプライバシー保護の観点から疑念の声が上がっている点には留意しなければならない。実際に、サイドウォーク・ラボは、2020年5月にカナダ・トロントにおけるスマートシティ開発計画からの撤退を発表した。この背景の一つとして、民間事業者であり広告事業を柱としているグーグルの親会社アルファベット傘下のサイドウォーク・ラボが都市内で収集したデータを一括管理してサービスを提供することに対して、一部の住民や人権団体から批判の声が上がったことが挙げられている^{注10}。

サイドウォーク・ラボは、プライバシーと公益を保護するためのデータ信託機関を設立することや、データの収集・活用は監査の対象とし、住民の同意なしにアルファベットを含む第三者へデータを共有しないこと、ほかの事業者がサービスを展開しやすいように、オープンスタンダードに技術を展開するこ



と、すべての利害関係者に対してプライバシーと公益を最優先するという4つの方針を提案したが、住民との合意には至らなかった(図6)。

3 都市丸ごとVPP化の先駆的事例

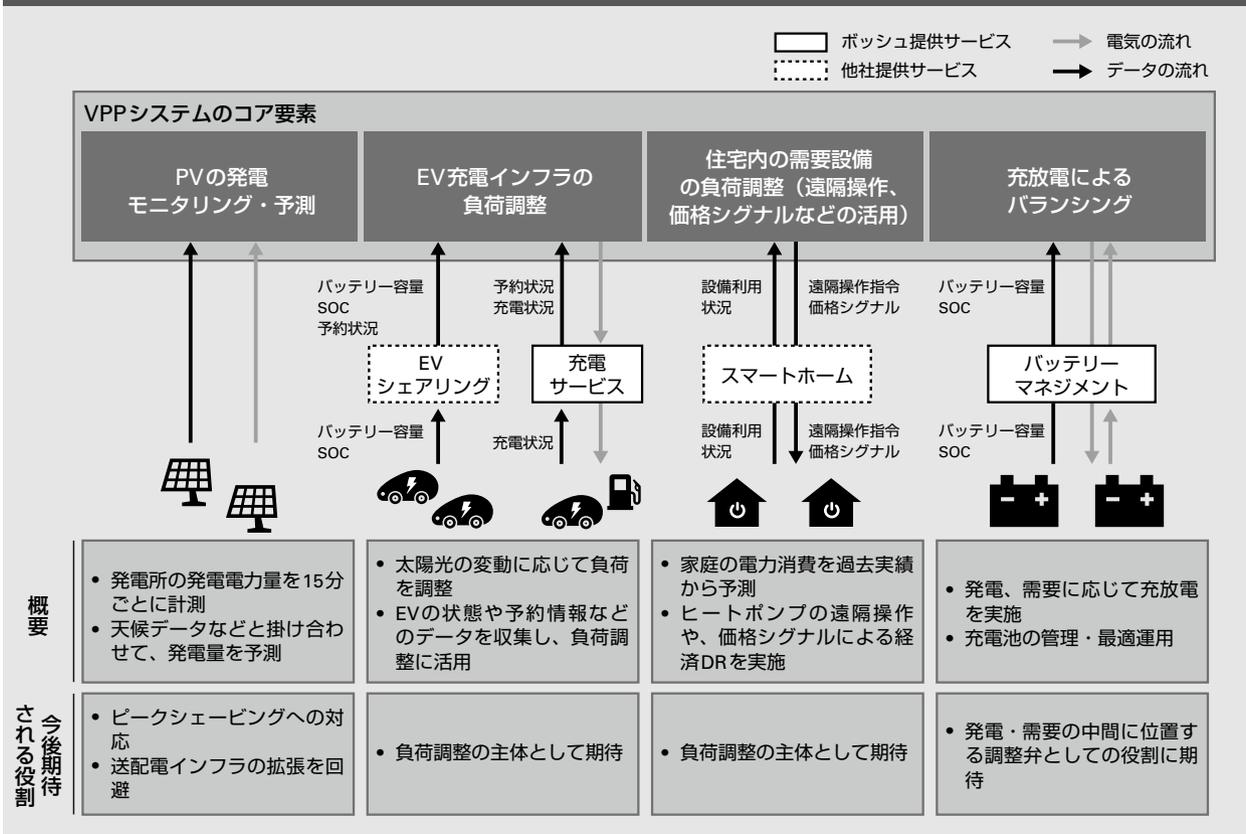
都市内の設備を束ねることで、都市全体をVPP化しようとする試みの萌芽事例は各地で散見される。ただ、現時点では特定の設備種、サービスにとどまっているケースが多い。

たとえば、米国ニューヨーク州では「Smart Street Lighting NY」として約50万個の街路灯にIoT機器を接続することになるという旨の報道がなされている^{注11}。都市内の状況に

応じて照明の利用を調整することで、都市内のエネルギー消費を最大限減少させることができる。小規模ではあるが、既にスペイン・バルセロナ市においてもバルセロナデジタルシティプロジェクトの中で、市内の約1100基の街路灯に通信機器を装着し、交通量のセンサー情報を省電力無線、Wi-Fiで送ることでエリアを適切な照度に調整して点灯させている^{注12}。

また、オーストリアのRheintalでは、ボッシュが中核企業となってスマートシティ実証実験を実施している。その中で、PV、ヒートポンプやボイラーなどのエネルギー関連設備だけでなく、住宅やEVを活用したカーシェアリングおよびEV充電インフラを含めた

図7 RheintalのVPP実証における主要要素^{注15}



VPPシステムを構築している。図7のように、制御対象の特性に応じた方法で需給の調整を実施する高度なエネルギーマネジメントシステムを複数の設備種に対して実施している。

モビリティサービスとの連携においては、GISデータの活用も検討することで、さらに制御の精度を高めることが検討されている。将来的には、接続する設備種をさらに増やしていき、地域全体を一つのエネルギーシステムに統合することを目指すとしているが^{注13}、「単にどの要素をVPPに組み込むかというだけでなく、重要なことは、さまざまな消費者、発電設備、蓄電システムをどのように組み合わせ、接続させるのか」ということであると述べられている^{注14}。

このように、街路灯やEVバッテリーなど、設備の個々の容量は小さくても、束ねて制御することにより、都市のエネルギー消費のピークカットや上げDRに活用することでエネルギーコストを最適化するだけでなく、都市に調整力を提供することで、電力システムの安定化に寄与するだろう。

V 都市におけるスマートエネルギーとエネルギー事業者の展開シナリオ

VPPが都市のエネルギーサービスにおいて重要な役割を担う未来で、エネルギー事業者の事業展開がどのようなものになるかについて3つのシナリオを検討した(図8)。

1つ目のシナリオは、再エネ電源の安定供給やエネルギーマネジメントシステムなどの顧客に提供する付加価値を最大化すること

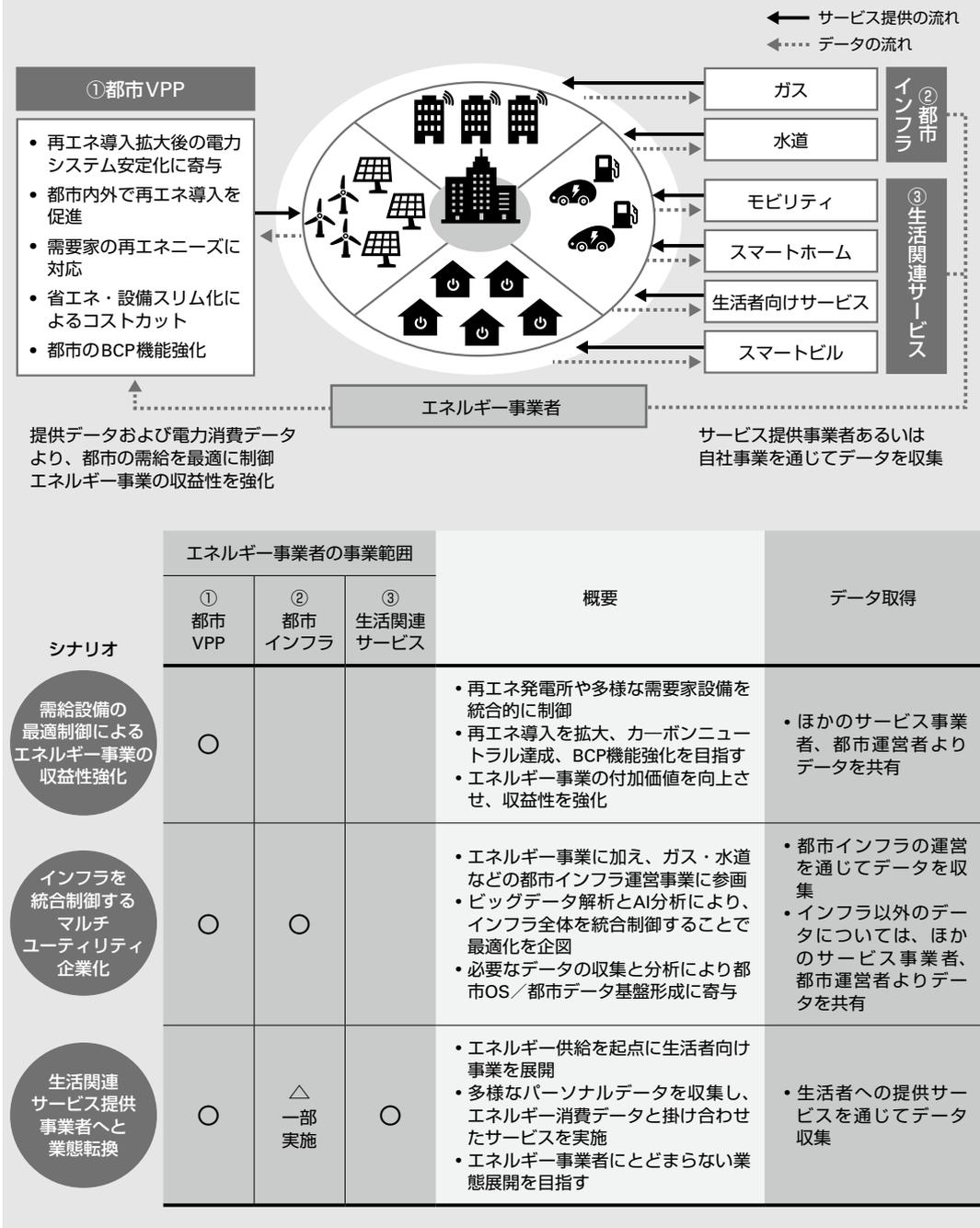
で、エネルギー事業の収益性自体を強化する方向性である。2つ目のシナリオは、都市全体、あるいは大規模施設に限定する形で、電力以外のガス、水道、通信などのインフラを統合し、管理・運用することで顧客に対する付加価値を増大させるマルチユーティリティ企業化する方向性である。3つ目のシナリオは、エネルギー事業を起点にして、顧客に多様なホームサービスを提供するといった生活者向けサービス事業を展開する方向性である。

1 需給設備の最適制御によるエネルギー事業の収益性強化

電力システムの分散化が進む中での都市VPPの実装により、エネルギー事業の収益性は強化される。都市VPPの実現には多様な需要設備の制御による需給調整の高度なノウハウが必要となるため、将来的にその付加価値は上昇していくことになるからだ。都市VPPの提供する調整力を用いて、送配電設備のスリム化によるエネルギー事業のコストの低減や、顧客のエネルギー消費削減に向けたソリューションの開発などにより、需要側からの収益源を多様化することで収益性を強化することができるだろう。

同時に、VPPの中に組み込まれた再エネの活用や需給設備の最適制御を行うことで、再エネ由来電力を活用したいという需要側ニーズへの対応や省エネ促進といった付加価値も提供できる。また、送配電設備にトラブルが生じたとしても、一部の地域をマイクログリッド化することで、その地域内の発電設備、需要設備、蓄電設備を連動させることで安定した電力供給を維持することもできる。そう

図8 エネルギー事業者の事業展開イメージおよびシナリオ概要



することでBCP機能の強化という付加価値の提供も可能となる。

一方で、消費者との接点はエネルギーという点に限定されているため、VPPの運用にあ

たって必要な都市データの収集のためには、ほかのサービス事業者との提携が必要になる。

2 インフラを統合制御する マルチユーティリティ企業化

都市全体、あるいは大規模施設に限定して、電力に加え、ガス・水道などの都市インフラを運営する事業に参画するという方向性が考えられる。複数の都市インフラを統合制御することは、データの収集、最適運用の幅の拡大という両面で便益がある。最適制御による消費量の削減だけでなく、最適制御の実施を前提とした設備のダウンサイジングによる設備コストのカットも考えられる。

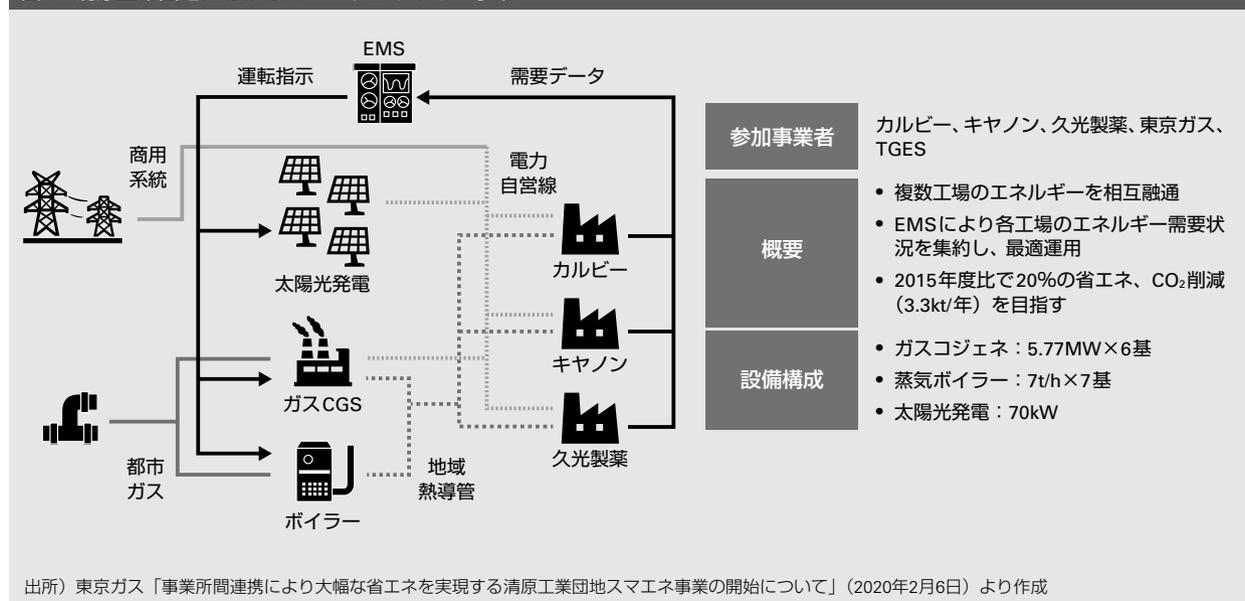
複数の施設、インフラを運用することで、収集可能なデータ量が増大するだけでなく、異なる需要パターンを持つ施設を制御することになるため、調整余地が増加し、コストの削減幅が大きくなる可能性が高まる。また、大規模施設のインフラ制御を一手に担う場合には、施設内のセンサー機器を活用した人流データの収集などを容易に行えと考えられ、需要の予測の精緻化に貢献するだろう。

コージェネレーションシステムを活用するケースでも、都市内、あるいは施設内に大きな調整力を確保することができるだけでなく、電力供給と熱供給を連携して最適制御することで更なるコストカットにつなげることができる。

実際に米国では、サンディエゴ・パドレスがペトコパークのエネルギー、水の消費を最適化するために、省エネ機器への入れ替え、スマートセンサーの設置、データ管理システムを導入しており、25%以上のコスト削減が期待されている^{注16}。

また、工業団地の事例ではあるが、日本の清原工業団地では、カルビー、キヤノン、久光製薬、東京ガス、東京ガスエンジニアリングソリューションズ (TGES) が、複数事業者の工場全体でのエネルギー消費を最適化する事業を開始した (図9)。エネルギーマネジメントシステムにより工場の電気・熱の需要データを集約し、PV、ガスCGS、蒸気ボ

図9 清原工業団地におけるスマートエネルギー事業



イラーから生み出した電力と熱を最適に供給させることで工業団地全体での省エネ化を実現し、2015年度比約20%の省エネ、CO₂削減を目指している^{注17}。

3 生活関連サービス提供事業者へと業態転換

エネルギー供給を起点に生活者向けサービスを展開することで、エネルギー事業にとどまらない業態転換を目指すことも考えられる。

都市VPPにおいては、多様な設備を制御することで、それぞれの設備の電力消費データを収集する。たとえば、住宅の電力消費データを収集、分析することで、個々の家電の稼働状況、その家庭の人員構成、ライフスタイルなどを推測することも可能だ。そのようにして収集した個人の行動ログデータや、特性に応じた生活関連サービスを提供することにつながるができるだろう。さらに、そこで展開した新たな生活関連サービスからも個人の行動ログデータを収集することができるため、より個々に適したサービスの提供へと発展することも考えられる。また、このように生活関連サービスを展開して収集したデータを加えることで、都市VPPにおける設備の制御をより精緻化することもできるだろう。

英国の大手電力会社であるセントリカは発電、小売という電力事業を中心とした事業者であるが、2015年にはコネクテッドホーム分野に5億ポンドの投資を行う計画を発表した。その結果として、「Hive」というスマートホームのアプリケーションを通じて、家庭内の家電、スイッチ、温度調整など、さまざま

なソリューションを提供するに至っている。さらに、Iain Conn元CEOは、セントリカがエネルギー事業者からエネルギー供給とサービスを提供する企業へと変わっており、いつの日か、エネルギー供給をサービスの一つとして持つサービスカンパニーになるかもしれないと述べている^{注18}。

4 今後の方向性

いずれの方向性であっても、エネルギー事業とほかの事業、需要側との接点が拡大することは間違いない。スマートシティが収集するデータは、新しい接点を生み出すことや需要側とエネルギー事業者が今までよりも深くつながることを可能にするだろう。一方で、データの収集、利活用の方法だけでなく、どのようにプライバシー保護とデータ収集・利活用を両立させるのかという点についても検討を重ねていく必要がある。ただ、エネルギー事業の付加価値を向上させるにせよ、あるいは新たな事業を展開するにせよ、電力やデータを媒介にしたそれらの接点をどのように活用するかが、今後のエネルギー事業者のカギとなるであろう。

注

- 1 IEA, "Covid-19 impact on electricity" (July, 2020)
- 2 2020年の明けから経過した週の数のカウント
- 3 IEA, "Covid-19 impact on electricity" (July, 2020)
- 4 IEA, "Covid-19 impact on electricity" (July, 2020) より野村総合研究所作成。なお、中国については月次データしか存在しないため、月内では同じ数値であるとして記載した
- 5 電気事業連合会「電事連会長 定例会見要旨

- (2020年5月22日)」、日本経済新聞「電事連会長『電力需要、非常に厳しい』新型コロナで」(電子版、2020年5月22日)
- 6 各電力会社のエリア需給実績から野村総合研究所作成。作成にあたっては、休日を調整するため、2019年4月3日と2020年4月1日にそろえて比較を実施。また、COVID-19以外に気温の変化による暖房需要の増減の影響もある点に留意
 - 7 日本卸電力取引所「スポット市場取引結果(2019年度、2020年度)」より作成
 - 8 World Economy Forum, “COVID-19 is a game-changer for renewable energy. Here’s why” (16th June, 2020); The World Bank, “Investments in Renewable Energy can support Post COVID-19 (Coronavirus) Economic Recovery in the Maldives” (15th June, 2020)
 - 9 日本経済新聞「低効率な石炭火力発電所、100基を休廃止へ 経産省方針」(2020年7月2日夕刊1面)
 - 10 Wired「グーグルがトロントで夢見た『未来都市』の挫折が意味すること」(2020年5月9日); Canadian Broadcasting Corporation, “Alphabet faces new questions over data privacy for proposed Toronto smart city project” (28th February, 2020)
 - 11 Utility Dive, “New York Power Authority, Signify upgrade 500K streetlights statewide” (25th June, 2020)
 - 12 European Commission, “Digital Transformation Monitor Rejuvenating Barcelona with digital technologies” (January 2017)
 - 13 Bosch ConnectedWorld Blog, “Connecting the grid with the internet”
 - 14 Bosch ConnectedWorld Blog, “Field report: A virtual power plant for the Smart City Rheintal”
 - 15 Bosch ConnectedWorld Blog, “Field report: A virtual power plant for the Smart City Rheintal” より作成
 - 16 Think IT「世界に広がる『スマートスタジアム』、その効用と可能性を日本は2020年までに最大化できるか」(2016年9月20日)
 - 17 東京ガス「事業所間連携により大幅な省エネを実現する清原工業団地スマエネ事業の開始について」(2020年2月6日)
 - 18 The Guardian, “How ‘smart homes’ and price caps drained Centrica’s power” (3rd August, 2019)

著者

沼田悠佑 (ぬまたゆうすけ)

野村総合研究所 (NRI) グローバルインフラコンサルティング部海外インフラ開発グループコンサルタント

専門はエネルギー産業における事業戦略策定支援、実行支援、官公庁に対する政策立案支援など

石上圭太郎 (いしがみけいたろう)

野村総合研究所 (NRI) グローバルインフラコンサルティング部海外インフラ開発グループ上級コンサルタント

専門はスマートシティ、エネルギー・インフラ産業およびそれらのDX、PPP・民営化など