

電力デジタルインフラの中国「新型電力システム」 における活用とその先



丹羽健二



牟 思齐

CONTENTS

- I 中国における新型電力システムの見通し
- II 新エネルギー車の普及が中国の電力システムにもたらす影響
- III 中国のデジタル技術を活かした電力デジタルツインとその方向性
- IV 日本への示唆

要約

- 1 中国は2020年9月、30年にカーボンピークアウト、60年にカーボンニュートラルを目指すことを宣言した。この実現に向けて、風力・太陽光など変動性の再生可能エネルギーの大量供給が必須となるが、そのためには大規模集中型から小規模分散型の電力システム、すなわち中国政府の言及する「新型電力システム」への転換が求められる。
- 2 従来に比べて複雑な制御が求められる小規模分散型の電力システムの実現には、中国では分散型電源となり得る新エネルギー車（EVおよびFCV）の普及が一つのカギとなる。具体的には、商用EVのフリートマネジメントと電力インフラ管理の一体化、FCVをてこにした水素インフラと電力インフラの統合運用などが見込まれる。
- 3 さらに、中国ではデジタル技術を活用した電力インフラの構築が進む。特に、現実世界で取得したデータからデジタルの写しをつくり、高度なシミュレーションを行うデジタルツインは有望な技術となる。中国の産業的な特徴を踏まえると、モビリティインフラと電力インフラとがデジタルツインなどのデジタル技術を介して統合していくことが中国の「新型電力システム」の特徴である。
- 4 将来的にはスマートシティにおける都市OSを介して分野を超えたデジタルインフラの統合が進む可能性がある。その際には、既存のITプラットフォームと電力ネットワークオペレーターの協業のあり方が今後の論点になる。そうした中で、日本企業が強みを有する配電・変電設備は、電力網に関するデータ取得のための重要なデバイスである。日本企業にとってはハードウェアの強みを起点とした電力デジタル化ソリューションを提供することが事業機会になると考えられる。

I 中国における 新型電力システムの見通し

1 カーボンニュートラルと 新型電力システムの構築

2020年9月に、中国政府は第75回国連総会において「30年までに炭素排出量をピークアウトし、60年までに実質排出量をゼロにするカーボンニュートラル実現に向けて努力する」という目標（3060目標）を公表した。

22年3月、習近平総書記は、3060目標を達成するための基本的な考え方と対策を検討する中央財經委員会第9回会議において、「クリーンで低炭素、安全で高効率なエネルギーシステムを構築すべく、化石エネルギーの総量抑制とエネルギー利用効率の向上に注力す

る。再生可能エネルギーへの切り替えと電力システム改革の深化を実施し、再生可能エネルギーを主力とする新型電力システムを構築する」と発言し、中国政府として初めて「新型電力システム」というコンセプトについて言及した。

新型電力システムについて中国政府は公式な定義を付与していないが、産業界の大手企業と学界専門家がそれぞれ新型電力システムについての解釈を公表している（表1）。

2 新型電力システムの特徴

前述の産業界と学界専門家の見解によれば、中国の新型電力システムには、電力システムの構成、運営に関して合計五つの特徴がある（図1）。

表1 「新型電力システム」の特徴にかかわる解釈

産業界	国家電網	<ol style="list-style-type: none"> 供給サイドでは、再生可能エネルギーが徐々に新規発電施設と電力の主力になっていく ユーザーサイドでは、電力の「プロシューマー（消費者であり生産者でもある）」が多数出現する 電力網では、マイクログリッドを含むさまざまな形態の送配電網が融合・共存するようになる システム全体では、動作メカニズムや系統バランスのパターンは従来の電源が負荷に追従するリアルタイム・バランスから、電源・送配電網・負荷・蓄電が協調・相互作用する非完全リアルタイムバランスに変わる。また、電力システムにおいても気候要因の影響が著しく増大するため、これを緩和するために電力システムと天然ガスなどのほかのエネルギーシステムとの協調・相互作用が強化される
	舒印彪 中国工程院／院士*1 中国華能集団*2／董事長	<ol style="list-style-type: none"> 電力系統からパワーエレクトロニクス系統へ、構成部品は同期機やモーターなどの電磁気部品が中心となっていた状況からパワーエレクトロニクス部品が多数を占める状況へ変化する 電力網の形態がグレーター・グリッドからグレーター・グリッドと分散型グリッド、マイクログリッドなどの共存形態に変化する 安全・安定メカニズムが複雑化し、稼働特性が連続的な制御可能な電源から制御が弱くて不確実性の強い電源に変化し、周波数や電圧の同期安定性を維持するための技術基盤が大きく変化する
学界	劉吉臻 中国工程院／院士*1 新能源電力系統国家重点實驗室／主任	<p>「新型電力システム」の特徴：</p> <ol style="list-style-type: none"> 新型エネルギー電力を主力とした電力システム 集中型、分散型、マイクログリッドが含まれる多様でオープンで包括的な電力システム 「電源を負荷に従って調整する」から「電源と負荷が相互作用する」運用への転換 異常事態を予防・防御・対応および電力供給能力を迅速に回復することが可能なレジリエントなシステム 電力システムをハブとし、水素、ガス、冷暖房など複数のエネルギーシステムがティーフカップリングした総合エネルギーシステム ビッグデータ、クラウド、IoT、モバイル・インターネット、AI、ブロックチェーンなどのデジタル技術の急速な発展に伴い、電力システムのネットワーク化・情報化は、情報システムと物理システムの統合をさらに進め、社会情報物理システム(CPS)の特徴を表す
	歐陽明高 中国科学院／院士*3 清華大学自動車運輸学院教授	<ol style="list-style-type: none"> 中国の電力システムは地理的な特徴を基に、太陽光、風力発電の一大発電拠点となる北部・西部、水力資源が豊富な南西部、電力需要の中心地となる東部に分かれる 北部・西部では系統用蓄電池の活用や、特別高圧送電電網の整備による再生可能エネルギーへの変動性への対応が行われる 南西部では、豊富な水力を活用した水力発電所、揚水発電所の開発が進む。特に揚水発電所は新型電力システムにおける電力貯蔵装置として重要である 東部では、EVの急速な増加が特徴的であり、EVを活用した電力需給の調整が不可欠になる

*1 中国工程院は中国における技術分野の最高研究機関であり、国務院直属の研究機関である。中国工程院院士は国が定めた工学系科学技術における最高学位の称号、終身名誉である

*2 中国華能集団中国五大国有発電会社の一つである

*3 中国科学院は中国工程院と並ぶ中国におけるハイテク総合研究と自然科学の最高研究機関であり、国務院直属の研究機関である
出所) 国家電網「国家電網報」、南方電網「数字电网推动构建以新能源为主体的新型电力系统白皮书」、公開情報を基に作成

まず、電力システムの構成として、新型電力システムの電源は天候などに影響されやすい太陽光・風力などの再生可能エネルギーが主力になる。中国は、現時点で太陽光発電、風力発電の設備容量は世界一だが、電力需要の大きさを考えると再生可能エネルギーが主力電源になっているとはいえ、まだ巨大な導入余地がある。また、既存の送配電網をベースに、配電網は電流が双方に流れるようになり（アクティブ・ディストリビューション・ネ

ットワーク）、マイクログリッド、蓄電設備など、さまざまな形態で電力網に接続することになる。

さらに、ユーザーも、単純に電力を使用するだけの消費者から、電気自動車（EV）をはじめとしたデマンドレスポンス（DR）^{※1}能力を持つ電力の生産者にもなる。このように、電源、送配電網、ユーザーの三つの要素の関係性が変化することにより、系統バランスも従来の発電側を負荷側の変動に従って調

図1 中国の新型電力システムの特徴

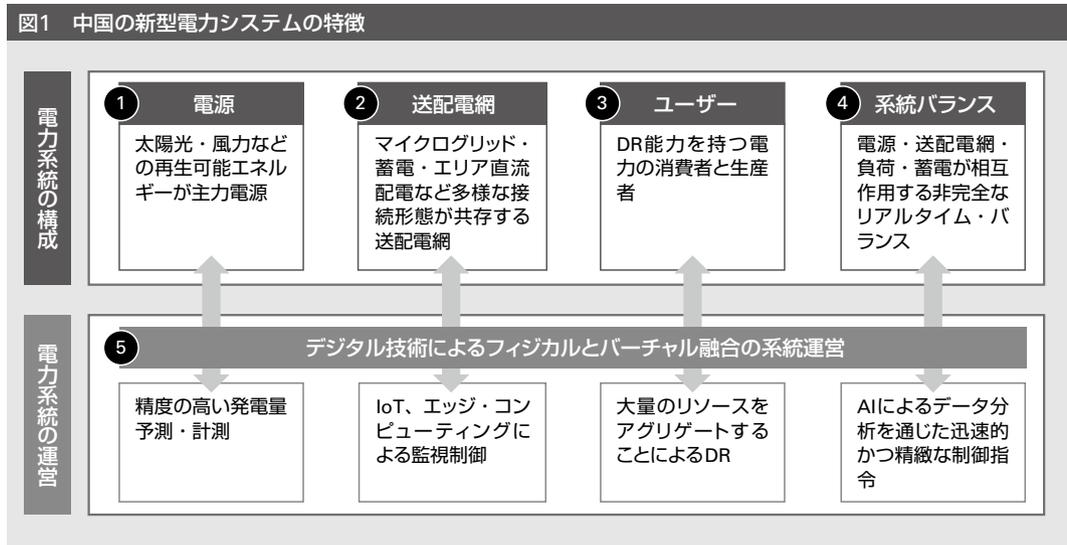
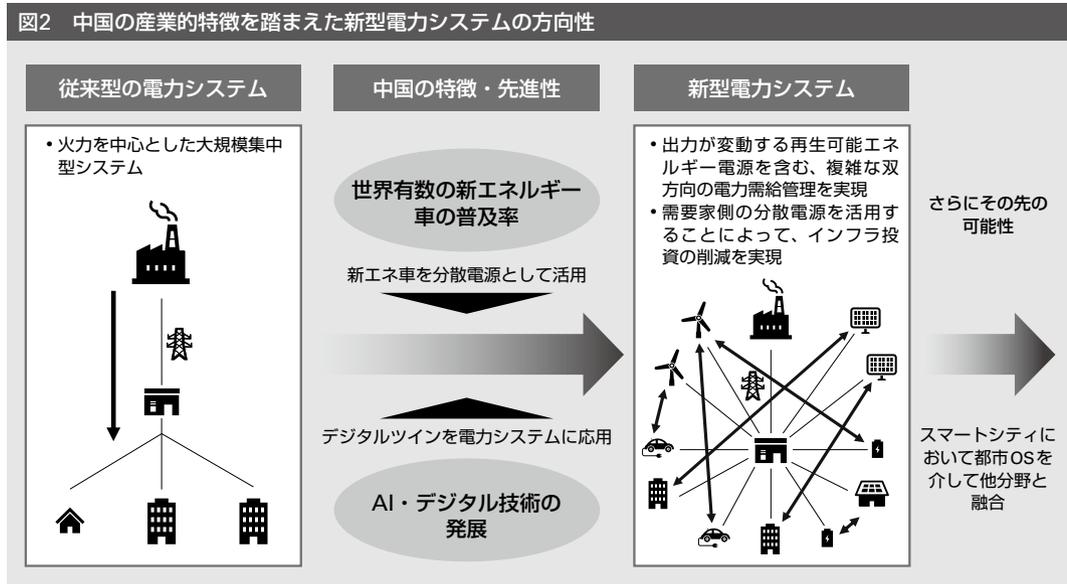


図2 中国の産業的特徴を踏まえた新型電力システムの方向性



整する単方向の需給調整から、発電、送配電網、負荷、蓄電などの全要素が協調する双方の需給調整へと変わっていく。

次に、電力システムの運営については、上述のような変動性の高い再生可能エネルギー発電の予測、送配電網に接続しているEVなどの大量の分散型電源の監視制御、そして膨大なデータを分析し制御することが必要になる。これらを可能にするには、ビッグデータ、AI、エッジコンピューティング、IoTといった、デジタル技術によるフィジカルとバーチャルを融合した運営手段が必要であり、これが新型電力システムの特徴の一つといえる。

こうした新型電力システムにおける分散型制御の仕組みは、おおむね、欧米や日本の電力システムが目指す方向性と一致する。その中で、中国における新型電力システムの特徴は大きく次の二点が挙げられる。

まずは、EVを主とする新エネルギー車（新エネ車）の急速な普及である。第Ⅱ章で述べるとおり、中国は、現時点でEVにおける世界のストックの約半数を占めるほど巨大な市場であり、それ故に電力需要のみならず分散型電源として電力の需給や送電、配電にかかわる設備形式にも及ぼす影響が大きいと思われる。

さらに、デジタル技術を活用した電力ネットワークの運用効率化という点においても、中国は強みを持ち得る。詳しくは第Ⅲ章で触れるが、中国社会のデジタル化は新たな段階に入っており、目下、各種インフラにおけるデジタルツインの活用が進んでいる。具体的には、センサー機器や監視カメラといったデータ取得のための設備を広く配置することで、デジタル空間に現実世界を再現すること

で、現実世界で起こり得る事象の高度なシミュレーションが可能になっている。こうした技術・考え方を応用することで、電力システムがこれまでなし得なかった高度な制御や、インフラ構築のコスト削減可能になる。以下、EVやデジタルツインが新型電力システムに与える影響について見ていきたい（図2）。

Ⅱ 新エネルギー車の普及が中国の電力システムにもたらす影響

1 EVによる従来型の電力システムへの影響とその対応の方向性

(1) 中国におけるEVの普及状況

中国は世界の中でもEVの普及が最も進んでいる国の一つといえる。たとえば、国際エネルギー機関（IEA）によると、2021年における中国国内のバッテリー式電気自動車（BEV）、プラグインハイブリッド車（PHEV）^{註2}のストックは約800万台^{註3}であり、これは世界のEVストックの約半数にあたる。

特に直近数年の導入速度はすさまじく、21年の販売台数は650万台^{註4}を超え、同年の日本におけるガソリン車を含む自動車全体の新車販売台数、450万台^{註5}を既に上回っている。こうした状況は、自動車産業そのものに加えて、電力インフラの観点から見ても大きな意味を持つ。つまり、EVと充電インフラの整備によって、自動車にかかわる消費者動態は電力産業における重要な要素の一つになるからである。

(2) EVの急速な普及が

電力システムにもたらし得る問題

業界団体であるChinaEV100は、中国にお

けるEV保有台数が2030年には8000万台^{注6}程度になると予測しており、そのために膨大な充電インフラの整備が必要になると見られる。

こうした状況下においては、kWhの単位で表される電力網全体の電力量だけでなく、kWで表される各地域における配電設備の容量が問題になる可能性がある。たとえば、EVの所有者の利便性を考慮すると、充電時間が短く済むよう、今後、充電器の高出力化が進むと思われる。具体的には、急速充電器の出力は現状では100~200kW程度のものが多いが、各自動車メーカーや充電器メーカーの間で300~400kW以上の出力を持つ技術の開発が進んでいる。このように極めて高い出力の充電器が設置されると、それ一台で数十世帯分に相当する電力を消費する電力需要が突如現れることになり、配電インフラが当初想定していた負荷を上回ってしまう懸念がある。清華大学の欧陽教授によると、北京市では25年までにEVの普及台数は200万台、充電器の数量は70万台に達し、同市内におけるEV充電の瞬間最大電力出力は670MWに達する見込みだという。

こうした状況下において、配電インフラの増強も考えられる一つのオプションとはなるが、充電インフラ側からの取り組みには大きく次の三つの方向性が考えられる。

①充電インフラへの蓄電池の内包

一つ目は蓄電池とセットの充電システムを活用することである。これは既に上市している製品も多く、たとえばフォルクスワーゲンと中国のスタートアップである上海杜溥新能源科技の合弁会社、Du-Power社が発表したフレキシブル充電器は、150kWの急速充電

システムに194kWh^{注7}の蓄電池を内蔵している。これにより、自動車への充電を行っていないときは系統から内蔵する蓄電池に徐々に充電し、自動車が充電をしているときには内蔵の電池から急速充電することで系統への負荷を減らすことができる。

ただし、現時点ではこうしたシステムは通常の充電器に比べると高価になるため、急速充電によって契約電力を増やしたくない一部の需要家を除いては、大きく普及しているとはいえない。

②電池交換式の充電方式の活用

次に、EVの充電方式を通常のプラグイン充電から電池交換式に変える方法である。発想としては①の方向性と似ているが、充電器ではなく、EVの充電形式そのものを変える点に特徴がある。この様式を用いるEVは、残りの電力量が低下した際に電池交換ステーションに行くことになる。そこには満充電となった電池が複数個ストックしており、電池を交換すれば自動車は数分で満充電の状態になる。

配電網から自動車に直接充電されるわけではなく、電池交換ステーションにストックされている電池に徐々に充電が行われるため、電力インフラの観点から考えると配電網への負担は小さくなる。中国では、大手EVメーカーのNIO社が当該方式を採用しており、NIO社のEVは通常のプラグイン方式に加えて、全国900カ所の電池交換ステーション(2022年4月21日現在^{注8})において、数分で電池交換ができるようになっている。

③充電オペレーションの変更

最後に、上記の二つの方向性が充電器やEVの設備の変更によって対応するのに対して、運用の変更によって対応する方向性も考えられる。

具体的には、充電の制御である。前述の高速充電器はできるだけ速く充電をしたいという需要家の要請に応えるものだが、充電は必ずしも急速に行われなければならないわけではない。たとえば通勤で使うEVは、ドライバーが勤務を終了するまでに満充電になっていけば問題ない。このように、ある程度時間をかけて充電すればよい場合は出力を下げるということも考えられる。さらに、配電システム末端の閉じた系（建築物、工場、オフィス敷地内など）において、充電出力を相殺するという考え方もある。

多くのEV充電器は放電機能も含んでおり、一つの充電器から充電している際に別のEVから放電することで出力の一部を相殺したり、配電網からではなく、敷地内のPVや建築物に併設された蓄電池からの出力を行ったりする方法である。こうした充電制御は次項で詳述するV2G（Vehicle to Grid）と非常に親和性の高い考え方である。

(3) 課題への対応からプロアクティブな 新型電力システムでの活用へ

ここまで、EVが電力インフラに与える影響が大きいのが故の課題を説明したが、EVが電力インフラにもたらす変化はネガティブなものばかりではない。たとえば中国は、EVの普及台数が世界最大である一方で、家庭用の暖房などを含めてエネルギー需要の電化はほかの先進国ほど進んでいない。この状況を

鑑みると、今後はEVを最適利用する形で電化が進む可能性がある。具体的には、郊外や農村部では電化に伴う電力需要の増加に対して、配電網を強化するのではなく、EVを活用することで電力需要を賄うような発想があり得る。これはいわゆるリープフロッグであり、既に電化が進んだ先進国では起こらない変化である。こうした発展モデルの特殊性は、同じくエネルギー需要の電化が今後進むであろう東南アジアやアフリカへも展開可能である。また、前章で説明したとおり、新型電力システムにおいて再生可能エネルギーの大量導入は大きなカギになっている。再生可能エネルギーの変動性を電力システムの中でどう受け入れるかが大きな課題になっているが、上記の三つの取り組みによって、EVの充電、放電が電力システムと協調して制御できるようになれば、再生可能エネルギーの変動性の一部を緩和することが可能になると見られている。ここで、EVの充放電制御によって電力ネットワークの運用に資することをV2Gと呼ぶ。

2 V2GによるEVの 新型電力システムでの活用

(1) 中国におけるV2Gの取り組み

V2Gの発想は中国でも大いに注目されており、2020年11月に国務院が発表した「新エネルギー自動車産業発展計画（2021-2035）」にもV2Gを奨励する旨が記載されている。こうした政策上での重要性も踏まえて、分散電源を、IoT制御を用いて仮想的な発電所と見なすVPP（Virtual Power Plant）の国家実証プロジェクトには、EVの充放電が分散型リソースの一つとして組み込まれている。た

例えば、17年から19年にかけて行われた北京、天津を含む冀北地域でのVPP実証では、国内の充電サービス事業者大手である国家电网電動汽車服務公司、上海特來電によって充放電の制御が行われた。

(2) V2G導入に向けた課題

一方で、V2Gを商業化し、大きく広げていくためにはいくつかの課題も存在する。

まず挙げられるのが、市場の整備とマネタイズの難しさである。中国では、需給調整市場電力、卸売り市場など、VPPの収益の源泉となる市場は整備が始まっているものの、広く浸透しているとはいえない状態であり、現状でEVから電力ネットワークの要請に応じて充放電を行い、それによって報酬を得るための仕組みはまだ完全ではない。しかし、再生可能エネルギーの普及で先行する欧米の状況を見ると、需要家の分散型電源の活用による電力ネットワークの運用は、今後、中国でも必要になると思われる、EVの電力ネットワークの運用における活用は、市場の整備とともに増加することが想定される。

続いて、EVユーザーの参加意向である。EVの車載蓄電池は充放電を繰り返すと劣化する傾向がある。その度合いについては各種学術論文でもいまだ明確なコンセンサスはないものの、EVの運行にかかわらないV2G目的の放電を繰り返すことで、結果的にドライバーは必要以上の充電を行うことになり、多かれ少なかれEVの寿命に影響があると考えられる。そのため、EVユーザーは一般に放電によるV2G制御を嫌う傾向がある。こうしたV2Gによる電池劣化の問題の解決に向けては、車両をリースにすることで電池の所有者

を変えAs a Service化を行うことが一つのカギといえる。特に小型物流車両での活用にその可能性がある。

(3) V2Gの課題解決に向けて期待される電池交換式の高度化

上記で述べたように、EVの電力システムにおける利用を促進するには、電池の劣化を受け入れられるスキームがつかれるかどうかの一つのカギになる。この点において、これまでの自動車の保有モデルを革新し、自動車そのものと車載蓄電池の保有権を分離する取り組みは非常に可能性が大きい。

たとえば、中国のEVメーカー大手のNIO社と蓄電池製造大手のCATL社を含む四社は2020年に合弁会社を設立し、前述のNIO社の電池交換式サービスを定額サブスクリプションモデルで提供するBattery as a Service、BaaSの提供を開始している。このモデルでは、ユーザーは車載蓄電池の保有権を有さず、また、車載蓄電池自体も頻繁に交換を行うため、V2Gに利用されようといまいとユーザーは気にならない。

さらに、将来的にあり得る一つの方向性として、このように車載蓄電池の保有権を事業者に移す形をとると、車載蓄電池のカスケード利用が可能になる。EVで劣化した電池は、スクーターやゴルフ場のカートなど、EVほど走行距離を必要としない用途では再利用できる。車載蓄電池の保有権を維持したままas a Serviceの形で提供することで、電力事業での活用に加えて、こうした二次利用以降も含めた電池のライフサイクルを回すことにつながる。

(4) 有望セグメントとしての小型商用EV

こうしたEVを活用した電池・電力事業で今後大きな可能性があるのは、商用車、特に小型の物流車両における利用である。

自動車を保有すること自体に価値を見いだすユーザーが多い乗用車と異なり、商用車は経済的な合理性があれば、こうしたaaSモデルやリースでの活用は進みやすい。特に、初期コストが高い一方で、ICE車（内燃機関を動力とする自動車）に比べるとO&M費用が安いEVについては、一括購入する資金力がない事業者にとって初期費用を払わずにサブスクリプションモデルで利用できれば好ましい。さらに、一部の事業者には、車両をオフバランスしたいニーズもあるため、こうした事業者にとってもEVを所有ではなく利用するモデルとして提供することは有意義である。

商用車のEV化に際しては課題もあり、特に都市間を長距離移動する大型車両については、いまだに航続距離が足りない場合があるほか、電池の重量によって車両の積載量が制限されてしまう課題もある。

一方で、小型物流車両はポテンシャルの高い領域といえる。ラストワンマイル物流においては個々の自動車の航続距離は大きく問題にならない上、特に日本の軽トラックのような小型物流車のクラスは、もともと目的ごとに架台のバリエーションが多いため、規模の経済が効きにくく大型車両に比べるとコストが高止まりしやすい領域でもあるので、価格の面でも勝負しやすい。

EVは従来のICE車に比べるとパーツの数が少なく、パーツ同士の厳密なすり合わせ作業の必要性が低下するため、荷台以外のパーツを標準化することで、アSEMBリーのコス

トを引き下げることが考えられる。さらにECの著しい発展を受けて、中国でラストワンマイル物流の必要性が高まっており、物流車両のEVは有望なセグメントといえる。

(5) 商用車両の群制御によるV2Gのポテンシャル

こうした商用車を個別ではなく、車両運用者が群で制御することによる電力ネットワークへの寄与は非常に大きい。たとえば10台のEVトラックを、近々開発されるであろう400kWの超高速充電器で同時に放電すると、それだけで4MWの出力を行うことができる。これは商用の太陽光発電所に相当する出力であり、太陽光発電所の近くにこういった商用車両の基地を設ければ、急な曇天などで出力が低下した際に、一時的に太陽光発電所の出力を補うことが可能になる。前述した各所の配電系統の上限容量にもよるが、EVを系統と一体で運用することで、再生可能エネルギーをより多く受け入れられる、より柔軟な電力ネットワークが構築可能になる。

3 FCV・水素エコシステムの 新型電力システムへの統合

中国で最も普及が進んでいる新エネルギー車はEVだが、水素燃料電池を動力とする燃料電池車（FCV：Fuel Cell Vehicle）についても、新エネルギー車の有望技術の一つといえる。FCVはEVよりも長距離の運行が可能という自動車としての特性もあるほか、長期的なカーボンニュートラル達成のために水素の活用は不可欠であり、水素エコシステム構築のファーストステップともいえる。

太陽光、風力などの出力変動を吸収するに

は、出力のコントロールが可能な発電リソースが一定割合で存在することが不可欠であり、水素火力発電、および水素燃料電池による発電は一つの有望な技術である。ここでいう水素は、余剰となった再生可能エネルギーで水を電気分解することによって生成されるグリーン水素を主に用いることが想定される。こうした状況を踏まえて、業界団体であるChina Hydrogen Allianceは、2050年までに水素が必要端ベースで中国のエネルギー需要の10%を占める可能性があるとして予測している^{注9}。

また、国家発展改革委員会と国家エネルギー局によって22年3月に発表された「水素エネルギー産業発展中長期計画（2021-2035）」ではFCVによる輸送分野での脱炭素への貢献に取り組むことが明記されているとともに、FCV向けの水素ステーションを総合ステーションとして活用することについても触れられている。総合ステーションでは、水素貯蔵を行い、FCVへの水素供給を行うのみならず、必要に応じて燃料電池を活用して電力網やEVへの電力供給も行う。

たとえば、オイルメジャーのシェルは中国国内における総合ステーションの建設、運用に参入しており、既に天津で水素の供給と充電の両方を提供するステーションを開設した。また、22年のオリンピック期間には電池交換式のステーションと超高速充電器を併設することで、ストックした電池を活用しながら超高速充電のシステムへの負担を抑える実証も行っている。さらにシェルは電力小売りのライセンスも既に取得しており、こうした総合ステーションがEV、FCVおよび新型電力システムの結合のハブになる可能性がある。

以上のことから、新型電力システムによる

カーボンニュートラル実現には、電力そのものに加えて、水素のサプライチェーンとの掛け合わせで、電力から水素、および水素から電力の変換を最適化する制御が必要になると考えられる。

4 新型電力システムを支える デジタルインフラの必要性

ここまでの内容を踏まえると、新型電力システムはこれまでの電力システムと大きく異なり、発電から電力の使用に至る電力ネットワークの運営に加えて、前述のようなEVのフリートマネジメント、およびFCVを含む電力と水素の相互変換など、電力システムとそれ以外の系が相互に連携しながら最適運用される必要があることが分かる。たとえば、充電スタンドごとの電力需要の予測、それに伴う電力網の運用最適化などがそれに当たる。

こうした高度な需要予測を行うためには、リアルタイムで実データの取り込み、それを予測結果にフィードバックしながら精度を高めていくことが必要である。こうした予測運用の際には、現実を模したもう一つのシミュレーション環境で現実の出来事をフィードバックしながら、現実で起こることを予測していくモデルが有望視されており、これはデジタルツインと呼ばれる。

デジタルツインにおいては、現実世界の広い範囲でデータのインプットを行うためのデバイスと、それをリアルタイムで適切に処理し続ける、AIを含むデジタル技術の活用が不可欠になる。次章では新型電力システムにおけるデジタルインフラの重要性とそのユースケースについて述べる。

Ⅲ 中国のデジタル技術を活かした 電力デジタルツインとその方向性

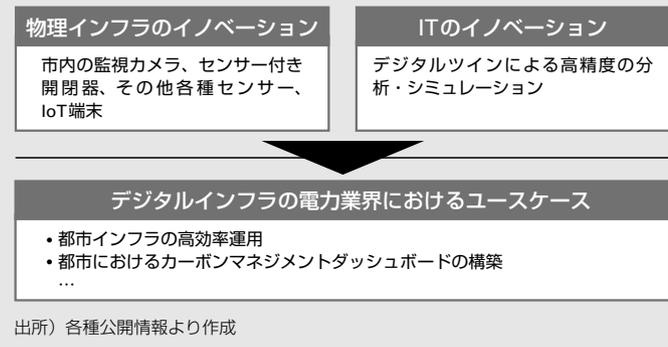
1 電力ネットワークにおける デジタル化の方向性

ここまで述べてきたように、新型電力システムにおいては、新エネルギー車を主とする分散型電源を活用する仕組みの構築が不可欠になる。こうした分散型電源の活用にあたっては、大規模発電所から需要家に向かって電力が流れる旧来の電力システム的前提が崩れ、EV充電スタンドがV2Gでの活用時には発電機器となるなど、双方向でのやり取りが必要になり、電力システムの運用は格段に複雑になる。

これを実現するためには、電力におけるハードウェアとソフトウェア双方の大幅なアップデートが必要になる。まずは、電力システムのより細かい状況把握を行うためのセンサー付き開閉器などのIoT機器の設置が不可欠になる。次に、ここから収集したデータを高速で処理し、その後の変化を予測するための分析システムが必要になる。たとえば、広東省の松山湖デジタル実証区では、3013柱の充電スタンド、6326カ所の太陽光発電所を活用しながらスマートグリッドの実証を行っているが、この際に処理する情報は一日当たり200TBを超える^{注10}。このような膨大なデータを処理し、最適な分析結果を導き出すための分析プラットフォームやAI技術の活用が不可欠になる。

こうした、ソフト、ハード面でのアップデートを踏まえて、デジタルツインを活用した電力システムの高度運用の萌芽事例が見られる(図3)。

図3 新型電力システムにおけるイノベーションの方向性



2 新型電力システムにおける

デジタルツインの活用ユースケース

(1) 電力系統運用の高度化・レジリエンスの向上

デジタルツインによるシミュレーションモデルの中では、電力ネットワークにおける電力量、電圧、電流の情報だけでなく、台風の進路予測などの外部環境も再現できる。

これを踏まえて、災害による被害を事前にある程度予測できるため、事故が起きそうな場所での警戒はもちろん万が一事故が起きた際も、事故が全体に波及しないための措置や復旧が素早くできる。たとえば、南方電網深圳市電力供給局は、3万台のIoT端末や、1万5000台のストリーミングカメラを活用しながらデジタルツインのモデルを構築し、送配電網の監視や予兆保全を行うことで、系統のO&Mで大幅な省人化を実現したのに加え、事故への対応時間を平均で1時間以上短縮した^{注11}。

(2) 設備設置コストの低減

デジタルツインによって系統上のセンサー設備の削減も可能になる。上記のとおり、デジタルツインのモデル構築のためにはリアル環境でのデータ収集が必須だが、ひとたび、

系統設備ごとのシミュレーションモデルができてしまうと、その後は電力網のIoT端末がない場所についても、系統設備の挙動の正確な予測が可能になる。そのため、作業が行いにくい遠隔地や、設備更新のタイミングの関係でIoT端末が設置できていない地域においても、多額の追加投資を行わずに解像度の高い系統運用ができることは重要なポイントとなる。

(3) カーボンニュートラルに向けた 取り組みでの活用

こうしたデジタルツインによる電力ネットワーク運用の高度化のメリットは電力システム内にとどまらない。冒頭で述べた3060目標の実現に向けて、まずは中国国内におけるエネルギーの動態把握が重要になる。

現時点では、太陽光、風力など、再生可能エネルギー発電所のリアルタイムの出力データと、系統におけるエネルギーロスの情報、および需要家の電力需要動態の可視化により、リアルタイムで都市の再生可能エネルギー比率や分散型電源による自給率などが把握できる。こうした仕組みはカーボンダッシュボード^{注12}といわれ、地方自治体がカーボンニュートラルを実現するためのツールの一つとして活用される見込みがある。

さらに、カーボンダッシュボードは将来的にはリアルタイムの運用データだけでなく、機器の製造にかかわるCO₂排出量なども含めた、包括的なカーボンフットプリントの可視化に重要な役割を果たす可能性がある。たとえば上海電力大学は、電力システムとその他のサプライチェーンにかかわる炭素排出量などをブロックチェーンで管理するような研究

を進めている^{注13}。

3 今後の活用の方向性

新型電力システムにおいてデジタルツインの活用が進む中で、今後の論点は、高度に発展したスマートシティの都市OSと電力デジタルインフラの統合である。前述した南方電網深圳市電力供給局の取り組みでは、電力網の状態監視のために1万5000台のストリーミングカメラを設置しているが、たとえば、中国のスマートシティである杭州などで導入されているアリババの「ET City Brain」という都市OSは、交通管制のための監視カメラのネットワークを活用して信号の制御を行うことで渋滞の解消に結びつけるなど、電力以外の多様な分野で、IoTを活用したインフラ管理・運用の効率化が既に進んでいる。

現時点で、こうしたスマートシティの統合管理の枠組みの中で電力システムが統合的に運用されているわけではない。しかし、本稿で触れてきたとおり、今後、電力インフラと特にモビリティインフラの結合は一層進んでいくことが考えられる。

萌芽事例として、2022年2月に、南方電網深圳市電力供給局はファーウェイと電力網のデジタル化に関する戦略提携^{注14}を結んでいるが、ファーウェイは都市OSも手掛けており、スマートシティのデジタルインフラにスペシャリティを有しているため、今後は、ファーウェイが抱えるほかのスマートシティでの取り組みとも統合が進む可能性がある。こうした取り組みを通して、スマートシティの枠組みの中で、既存のセンサーインフラを活用することで電力システムにとっても、そのほかの分野にとっても、二重投資を抑えなが

ら高度な分析・運用が可能になると見込まれる。

IV 日本への示唆

ここまで、中国の新型電力システムにおけるデジタルインフラの方向性について論じてきた。最後にここから得られる示唆を、電力デジタルインフラの今後の論点と、中国における日本企業の事業機会の可能性の二つの観点から述べる（図4）。

1 電力システムの都市 デジタルインフラへの統合

(1) 日本における

スマートシティの発展の経緯

日本では以前より、柏の葉キャンパスにおけるAEMS（Area Energy Management System）のような、スマートシティにおける効率的なエネルギー管理の実現を目指した取り

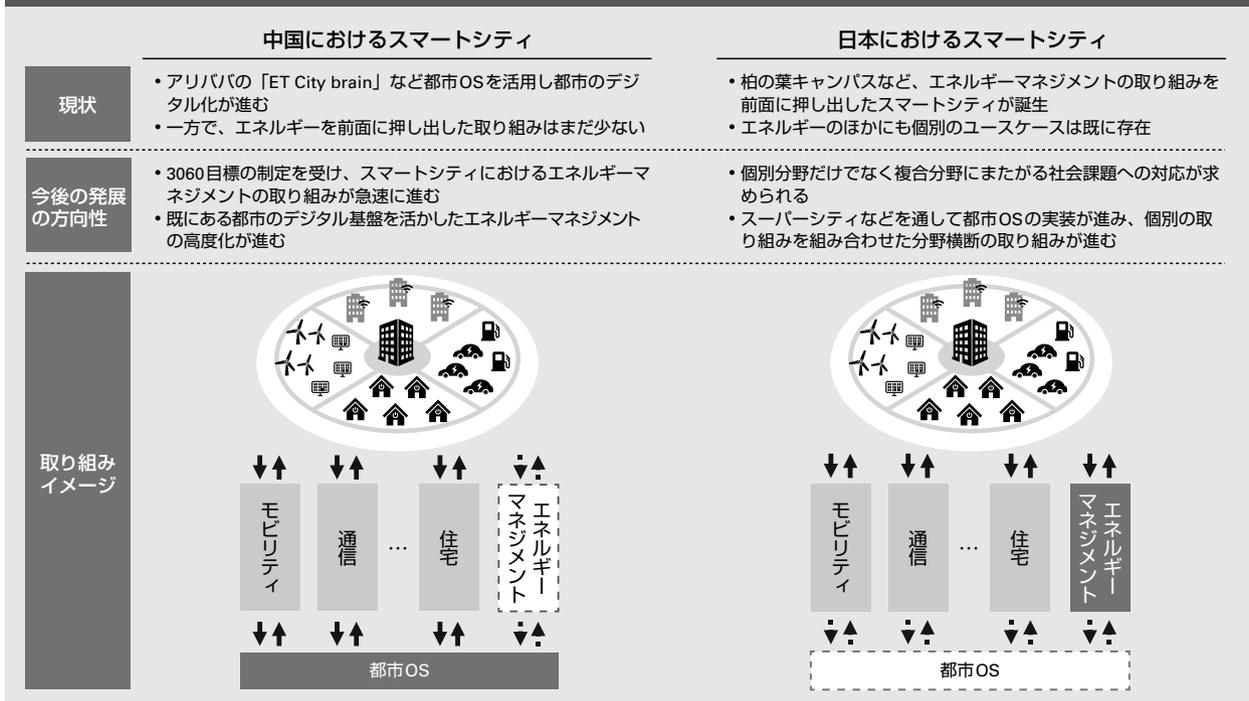
組みが進んできた。しかし、近年では高齢化対応やモビリティの効率化など、多様で複雑な社会課題が表出しており、エネルギー分野のみならず幅広い分野でのスマート化が必要になっている。そのため、内閣府が推進するスーパーシティ構想への取り組みなどを通して都市OSの実装が支援され、エネルギー分野とその他の分野で進む個々の取り組みとの統合が進むと見られる。

(2) 中国における

スマートシティの発展の経緯

中国では、前述のとおり既に都市OSの実装は進んでいるが、電力のデジタル化の取り組みが特に加速しているのは、新型電力システム構想の発表以降である。今後は、既存のスマートシティにおけるセンサーインフラや都市OSをうまく活用しながら、新型電力システムのセンサー系のインフラや分析・制御プラットフォームへの二重投資を避けること

図4 日本と中国における都市デジタルインフラのあり方



が論点となる。またスマートシティへの統合により、モビリティなどのほかの分野と統合しながら、より便利で効率的な都市の運用に活用されていくことなどが求められる。

(3) 電力システムの都市デジタルインフラへの統合のための論点

スマートシティにおける電力と他分野の融合を考える際に、日本と中国のどちらでも問題となるのは複数事業者の協業体制である。特に、送配電網の管理・運営は両国とも規制事業であり、都市OSを運用する事業者がどのように電力事業とかがわっていかは慎重な議論が必要になる。その点では、前述した南方電網深圳市電力供給局とファーウェイの提携のような、電力ネットワークのオペレーターと都市OSを提供するIT事業者が手を組んで、電力のデジタル化に取り組む事例は重要である。

今後、具体的な取り組みが進むと思われるが、国家電網、地域の電力供給局などの電力ネットワークのオペレーターと、都市OSを所有するファーウェイ、アリババなどのIT事業者がどのような協業体制を敷いていくのかについては、引き続き注視する必要がある。

2 日本企業の事業機会

(1) 日本企業の現在地

最後に、中国における日本企業の事業機会の一つとして、ハードウェアを起点とした新型電力システムの構築への貢献が挙げられる。前述した都市OSのような上位のプラットフォームについては、中国国内のIT事業者が強い存在感を持つ一方で、電力ネットワークにおける設備の提供とその運用のシステ

ムに関しては、日系の総合電機事業者を含めた外資系企業の技術力を見込んで、合弁事業が展開されるケースも多い。

たとえば、国家電網が2022年7月に公表された変電設備に関する競争入札結果を取りまとめた分析によると、競争入札を落札した233社のうち、外資との合弁事業者は25社であり、合弁事業者としての落札額の上位三社は河南平高東芝高圧開閉有限公司、常州東芝変圧器有限公司、山東電工電気日立高圧開閉有限公司で、いずれも日本企業が出資する合弁会社である。この三社は外資以外も含めた233社の中でも落札額はそれぞれ3位、10位、15位であるほか、三社以外にも日系資本を含む企業が多く上位にランクインしていることから、日本企業は中国の配電・変電領域のハードウェア面では十分な存在感を持っているといえる^{注15}。日本企業はこうした強みを起点としながら、電力システムのデジタル化に貢献できる。

(2) ハードウェアの強みを起点にした日本企業の事業機会

センサー付き開閉器や変電所向けの遮断機などの配電・変電設備は、リアルの世界で電力網の運用にかかわる重要設備であると同時に、電力網の細かい運用データの収集を可能にすることで、リアルとデジタルをつなぐ重要なデジタルインフラでもある。こうした機器から収集したデータは、現状では国家電網や地域の電力供給局との共有が行われるほか、将来的には都市OSとも連携が行われる可能性がある。つまり、機器を売り切りで提供するだけでなく、設備から収集できるデータを活用しながら配電・変電ソリューション

とセットで提供することで、日本企業の事業機会は広がるといえよう。

たとえば、中国で配電設備を手掛ける外資系企業であるABB社は、2022年7月に中国電信、ファーウェイと提携して5G通信を活用したスマートグリッドソリューションの構築を行うことを発表した^{注16}。中国には「サイバーセキュリティ法」「データセキュリティ法」および「個人情報保護法」のいわゆるデータ三法があり、外資系企業がインフラデータを活用したソリューションを提供するためには、コンプライアンスに慎重に対応する必要がある。ただし、当該事例では中国のテック企業と組みながら役割分担を行うことで、そのハードルをクリアしている。

日本企業もハードウェアの強みで築いたポジションを活用するとともに、中国企業と連携しながら、こうした新型電力システムの構築、電力のデジタル化に資するソリューションを提供できる可能性がある。

注

- 1 発電設備ではなく、需要設備（たとえば空調など）を制御することで電力需要を減らし、電力の需要と供給のバランスをとること
- 2 EVは電気を動力として動く車を広く指し、すべて電動で走るBEV（Battery Electric Vehicle）、外部からの電力供給とエンジンの両方を動力とするPHEV（Plug in Hybrid Electric Vehicle）、およびエンジンの動力、およびそれによって発電された電力を使い、外部からの電力供給がないHEV（Hybrid Electric Vehicle）の三種類に分かれる。ここでは、電動化の度合いが強い前者二種類をEVとして定義した

- 3 IEA「Global EV Outlook 2022」
- 4 郑谊「2021年中国占全球电动汽车销量一半、比亚迪全球第四」
- 5 日本経済新聞「国内新車販売、21年3%減 3年連続前年割れ」（2022年1月5日）
- 6 澎湃新闻「张永伟：预计2030年中国电动汽车保有量达8000万辆」
- 7 Du-Power Webサイト
- 8 车讯点评圈「蔚来第900座换电站上线，老车主分享真实的换电故事」
- 9 中国氢能联盟「中国氢能及燃料电池产业白皮书」
- 10 能源电力说「南方电网：数字孪生电网落地案例」
- 11 南方电网报「深圳供电局数字电网体验中心落成 助造“数字深圳”」
- 12 カーボンダッシュボードはまだ実証レベル
- 13 新视线「上海管理科学论坛2021圆满落幕！探讨新格局下的管理变革与创新」
- 14 中国电力新闻网「南网、华为携手 电力行业“超强大脑”问世」
- 15 电能革新观察家「国网2022-3 变电107亿25外企分13%，东芝日立西内子领先日资占67%」
- 16 北极星输配电网「构建弹性配电网 ABB助力新型电力系统建设！」

著者

丹羽健二（にわけんじ）

NRI上海未来創新センターシニアコンサルタント
専門は電力をはじめとするインフラ産業における事業戦略、新規事業の立案。具体的にはカーボンニュートラル、バーチャルパワープラント、スマートシティ、モビリティサービスなど

牟 思齐（Mu Siqi）

NRI上海未来創新センター副主任コンサルタント
専門は都市・インフラ領域にかかわる政策分析のほか、電力並びにエネルギー産業における事業戦略の策定支援など