

10

2024 OCTOBER

# 九州経済

## 調査月報

### 特集

## 太陽光発電システムの 長期安定電源化に向けた九州の動向

### Network

#### サンシャイン計画開始から50年

～NEDOの取り組みと九州への期待～

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)  
再生可能エネルギー部長 山田 宏之

### Report

太陽光発電システムの長期安定電源化に向けた九州の動向

地域との共生・共創のための太陽光発電所チェックリストの公開、  
並びに今後の太陽光発電産業の動向

既設事業用低圧太陽光発電所の管理実態と長期安定電源化実現に必要な対策  
～熊本県を事例として～

「卒FIT」を迎えた住宅用太陽電池モジュールの回収・廃棄の実態  
～求められる広域処理～

自立・分散型社会の実現に向けた太陽光発電への期待

### Series

価値創造の源流

第79回 株式会社システック(鹿児島市)



# 自立・分散型社会の実現に向けた 太陽光発電への期待

中西 祐一

## はじめに

日本の電力インフラは、大規模発電所から電力消費地へ電気の流れを一方通行とすることを基本コンセプトとして整備されてきました。その日本で、2012年に再エネ導入拡大の加速化を目的としたFIT<sup>1)</sup>が導入されたことにより、太陽光発電システム（以下、太陽光発電）をはじめとする小～中規模発電所（電源）の設置が急激に進みました。FIT導入以降、電気全体に対する再生可能エネルギー<sup>2)</sup>（以下、再エネ）の比率は確実に高まっています。電源構成比で見ると、FIT導入前の2011年度は10.4%だったのが、2022年度には21.7%と倍以上になりました。

一方で、多くの課題が顕在化しています。その一つが、再エネ導入とそれを受け入れるために必要な電力インフラの整備、双方のスピードが異なる点です。結果として、報道等で目にする機会が増えた「出力抑制」が生じています。出力抑制とは、発電量と電気を使う量（需給）を調整するために、再エネも含めた発電所の発電量をコントロールすることです。2030年度の電源構成を示した「エネルギーミックス」の目標値では、再エネ比率は36～38%となっています。今後、カーボンニュートラル達成に向け、洋上風力など大規模な再エネ電源の導入が進められる中、再エネを受け入れるための電力インフラの整備や仕組み作りが急務となっています。

そのため、本稿ではまずマクロ目線にたち、日本の社会や産業構造の変化を受け近年注目が高まる「自立・分散型社会」に焦点を当てたいと思います。自立・分散型社会の実現に向け、エネルギー面で期待される太陽光発電にフォーカスし、その重要性や実現

に向けた課題について整理します。その後、解決策の一つとして注目されている仮想発電所（VPP）や、私が代表を務めるNR-Power Lab（株）（名古屋市千種区）の取り組みについて紹介します。

## 1 自立・分散型社会とは

自立・分散型社会とは、地域や個々の人々が一定のコミュニティ規模ごとに、多様性を維持しながら持続可能な社会を実現することを目指す概念です。具体的には、経済・社会活動に伴う人やモノ、情報などの各種リソースの集中をさげ、小さな単位に分散され自立した社会を指します。

自立・分散型社会の逆の概念の1つが、一極集中の大規模集中型社会と言われます。特に大量生産・大量消費の効率化には大きなメリットがあり、戦後日本の復興・発展を支えた社会システムとも言えます。日本は政治・行政・経済の重要機能が東京に集中しており、ビジネスの観点からは非常に効率が良いと思います。

一方で、国際情勢や社会課題の変化、価値観の多様化、2050年のカーボンニュートラル達成に向けた取り組みなどを受け、これまでの大規模集中型社会を前提としたアプローチでは解決が難しい問題が出てきています。例えば、止まらない少子高齢化を受け、民間の有識者グループである人口戦略会議は、全国の4割を超える744の自治体が「消滅可能性自治体」の対象になったと、2024年4月に発表しました。残された時間はなく、多くの自治体で人口減少を前提とした地域づくりが求められるなか、地方の衰退を減速させ活性化

1) 正式名称は「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」

2) 自然界に常に存在するエネルギー資源で、枯渇することなく永続的に利用できるエネルギーのことを指す。具体的には、太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスなど

へと反転するシステムとして、自立・分散型社会への注目が高まっています。自立・分散型社会のメリットとしては、災害リスクの分散化、食料・エネルギー自給率の向上、地域の伝統文化保全などが挙げられます。

ただ、ここで一つ重要なのは、大規模集中型社会と自立・分散型社会のどちらかが、日本が直面する様々な社会課題の万能解ではない点です。どちらかを選択するというゼロイチ発想ではなく、両社会のメリット・デメリットやトレードオフのポイントを理解したうえで、これまでは技術的に実現が難しかった自立・分散型社会をDXを活用しながら増やしていき、早期に双方が補完する関係を確立するのが現実解だと考えます。

私の欧州駐在の経験ですが、ドイツは大手企業の本社が各都市に分散しているため、例えば首都ベルリンで会える会社は限定されます。東京というシステムに慣れている私は仕事面では不便に感じましたが、都市部に住んでいても生活はゆっくりしていました。ただ、東京と同じく、ロンドンやパリが欧州経済をけん引しているのもまた事実で、これらの都市は、人口の集中度と比例してGDPの集中度が高く、大規模集中型社会の特徴である集積の経済のメリットが強く働いている可能性があると言われてます<sup>3)</sup>。

## 2 自立分散型社会における太陽光発電システム

### (1) 有力な電源として期待される太陽光発電システム

現在の大規模集中型社会をエネルギー面で支えるのは、火力発電所や原子力発電所のような大きな発電所で集中的に発電し、電気が川のように上流から下流に流れる、集中型電源と呼ばれるシステムです。局所的に大規模な発電を行うので、発電効率がよく電気の品質も安定しコストも魅力的です。このシステムは、首都圏など電気の大消費地である大都市を経済活動の起点とする大規模集中型社会の日本にとって、これまでは最適解でした。一方で、気候変動問題へ対応する

ため電力システムのカーボンニュートラル化が求められており、さらにロシアのウクライナ侵攻によるエネルギー価格の高騰、東日本大震災後の電力需給ひっ迫などは記憶に新しいところです。

これに対し、自立・分散型社会では、地域や個々の消費者に近い場所でエネルギーを生み出し、供給する中小の分散型電源が重要な役割を果たします。分散型電源は従来よりも需要地に近い場所で発電するため、送電距離が短くなることでエネルギー効率が向上し、送電に伴う電力の損失を抑制することが可能です。地元の電力会社を中心とした電気の地産地消により、電気を起点とした域内の経済循環効果も期待できます。また発電所が需要地に近いので、災害などで電力の基幹インフラに障害が生じた場合でも、早期の復旧や一定程度の電力供給の継続が期待できます。発電に太陽光や風力、水力などの自然エネルギーを活用する場合、地球環境への負荷を軽減できカーボンニュートラル達成にも寄与します。

分散型電源の中でも太陽光発電は、自立・分散型社会における有力な電源として大いに期待されています。風力、水力、地熱などの他の再エネ発電システムと比較した場合、太陽光発電は導入コストが安価であることに加え、設置場所やサイズの自由度、メンテナンスの容易さ、運転開始までの時間の短さなど、多くの利点があります。例えば、地域のニーズにあわせ屋根や遊休地を太陽光発電に活用することで、脱炭素とレジリエンス<sup>4)</sup>強化を同時に進めることができます。近年は気象災害の激甚化・頻発化が目に見える形で進んでいます。気候変動に伴い、今後はこの傾向が続くといわれており、自然エネルギーの有効活用と同時に、停電時は太陽光発電の自立運転機能や蓄電池を活用し、電源を維持するシステムも徐々に普及してきました。

### (2) 分散型電源に必要な電力の調整能力

電気は、快適な現代の暮らしを支える重要な構成要素の1つです。大規模集中型社会でも自立・分散型社会においても、両社会の補完関係の実現とその持

3) 国土交通省国土政策局「各国の主要都市への集中の現状」(令和元年12月6日)より

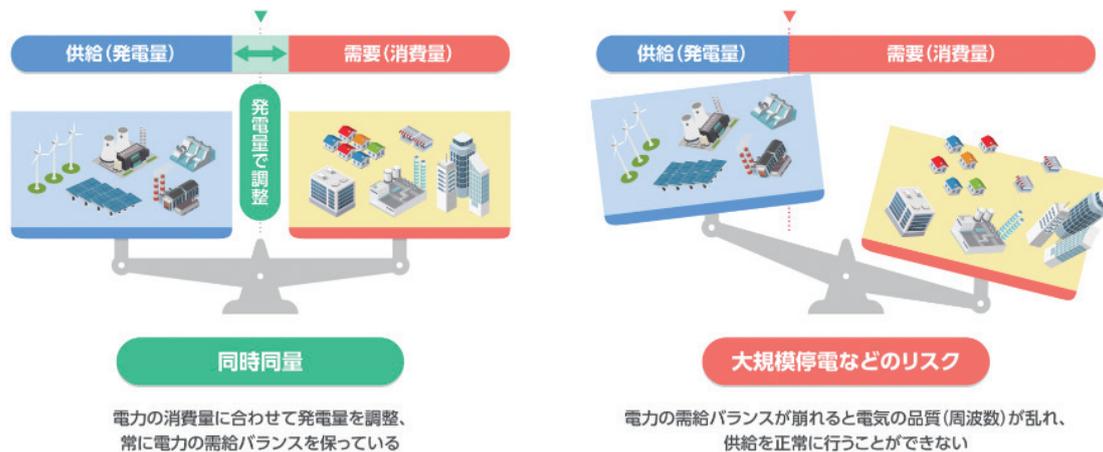
4) 回復力、復元力、耐久力などを指す

図表1 電気料金に占める費用の内訳



資料) 経済産業省 資源エネルギー庁Webサイト [https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity\\_and\\_gas/electric/fee/structure/pricing/](https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/fee/structure/pricing/)

図表2 電力の需給バランスの必要性



資料) NR-Power Lab (株) 制作

持続可能性は、安定的な電気の供給とセットの関係といえます。その中で、太陽光発電を自立・分散型社会の主力電源とする場合、少なくとも以下の挑戦が必要で

まず社会全体の理解・受容性の向上です。欧州市場の動向を長く見てきた私が特に気になるのは、コストの問題です。FITによる再エネ導入拡大に伴い、太陽光発電の発電コストは大幅に下がりました。一方で、消費者が負担する電気代には、新たな送配電網（インフラ）の整備コストが託送料として含まれています（図表1）。エネルギーシステムが異なるため単純比較はできませんが、2035年までに電力消費量の100%を再

エネとすることを目指すドイツでは、1.2兆ユーロ（206兆円）の投資が必要という推計があり、約半分が太陽光発電をはじめとする発電設備、4割がインフラへの投資となっています。

また、電気料金の中の再エネ賦課金は、一般家庭の年間負担額で1.7万円（2024年度）まで増加<sup>5)</sup>しており、今後の企業負担分について、考慮が必要です。

分散型電源を受け入れる地域社会の理解・受容性の向上も非常に重要です。現在、太陽光発電の開発を巡り、各地で景観悪化や土砂災害を巡るトラブルが発生している現状を無視することはできません。分散

5) (株) 第一生命経済研究所Webサイト 新家義貴「再エネ賦課金単価引き上げと家計負担、CPI」より <https://www.dlri.co.jp/files/macro/327173.pdf>

型電源を前提としたまちづくりを進めるためには、事業者だけでなく地域社会や地域住民にも、エネルギーや電力が自分たちの問題でもあるという認識を持ってもらう必要があります。これにはコミュニティへの分散型電源の提供価値を可視化すると同時に、地域住民や関係者の意見や利益を重視した法律・規制、インフラの運用ルールや電力市場設計が必須です。

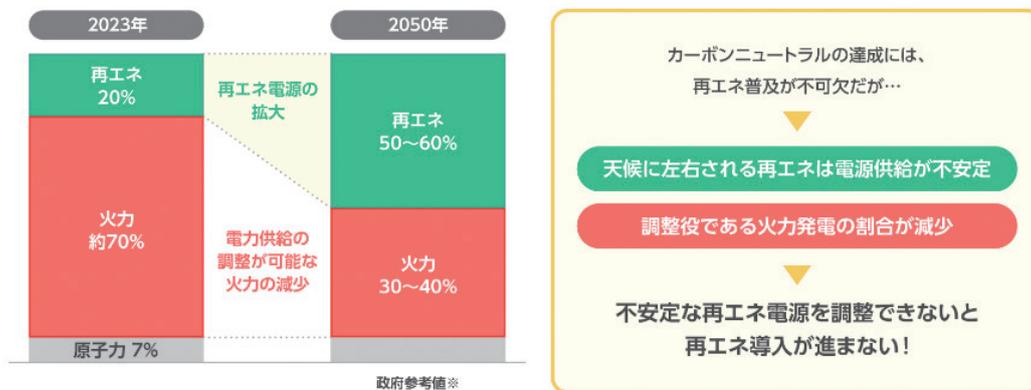
現在の電力インフラは大規模集中型社会というコンセプトを前提に、コストと時間をかけて整備されてきました。電気の流れを水道に例えると、上流の大きなダムから水が流れるパイプが徐々に細くなり最後は蛇口で出るように、現在の電気のインフラも発電所から消費地に向かって細くなっています。分散型電源の活用とは、例えば住宅街の近くで新しい井戸を掘り、水道水の代わりに地域住民が井戸水を利用するイメージです。ただ、もったいないからと余った井戸水を蛇口から逆流・注入すれば水道管が破裂するように、電力インフラの末端部分で電気を逆流させれば、電力インフラに不具合が生じます。そのため、インフラの運用面における挑戦として、電力需要と供給の調整が挙げられます。一般の電気ユーザーは意識しませんが、電気は常に使われる量と発電する量が同じようになるようコストをかけて調整されています(図表2)。需給のバランスが大きく崩れると、電気の周波数が乱れることで安

全機能が働き発電所は停止します。場合によっては、最初の発電所停止で乱れた周波数により、他の発電所が連鎖して次々と反応・停止することでより広域の大規模停電(ブラックアウト)につながる可能性があります。

太陽光発電は、季節、時刻、天気で日射が変わることで発電量が変動します。これを長期の安定的な電源として活用するには、需要と発電が同時同量になるように調整する力(=調整力)も重要になります。九州をはじめ太陽光発電所の出力抑制が行われるのは、既存の電力システムでは需給のバランスが調整しきれず、結果的に休日を中心に、社会全体の電力需要が減る時期に火力発電所や太陽光発電所などの電気の供給量を抑制し、需要にあわせている結果です。2050年のカーボンニュートラル達成に向け、電力供給量の調整が可能な火力発電所の数は減少していきます。自立・分散型社会を太陽光発電で支えるためには、夜間や悪天候時などの電気自体の供給力とあわせ、電気の品質を整える調整力も同時に確保する必要があります。

以上のように、現在の日本の電力インフラは大規模集中型社会を支えるために整備されており、自立分散型社会を短期間で実現することは難しそうです。一方、既存のインフラが更新時期を迎える中で、少子高齢化

図表3 2023と2050年の電力構成と電力調整の必要性



※出展元 経済産業省:2021年度エネルギー供給実績(速報) 参考資料 <https://www.meti.go.jp/press/2022/11/20221122001/20221115002-a.pdf>

資料) NR-Power Lab (株) 制作

が進む地域の電力インフラへの再投資は、コンセプト見直しと優先度付けが早急に必要です。同時に、大規模集中型社会への自立・分散型社会の統合という社会システムの移行期における日本では、新たな取り組みに挑戦することで分散型電源を少しでも増やし、今ある集中型電源の強みを生かしながら、早期に両電源が補完しあうシステムを構築することが求められています。その取り組みの一つが、仮想発電所です。

## 3 電力の需給調整力を提供する仮想発電所（VPPシステム）

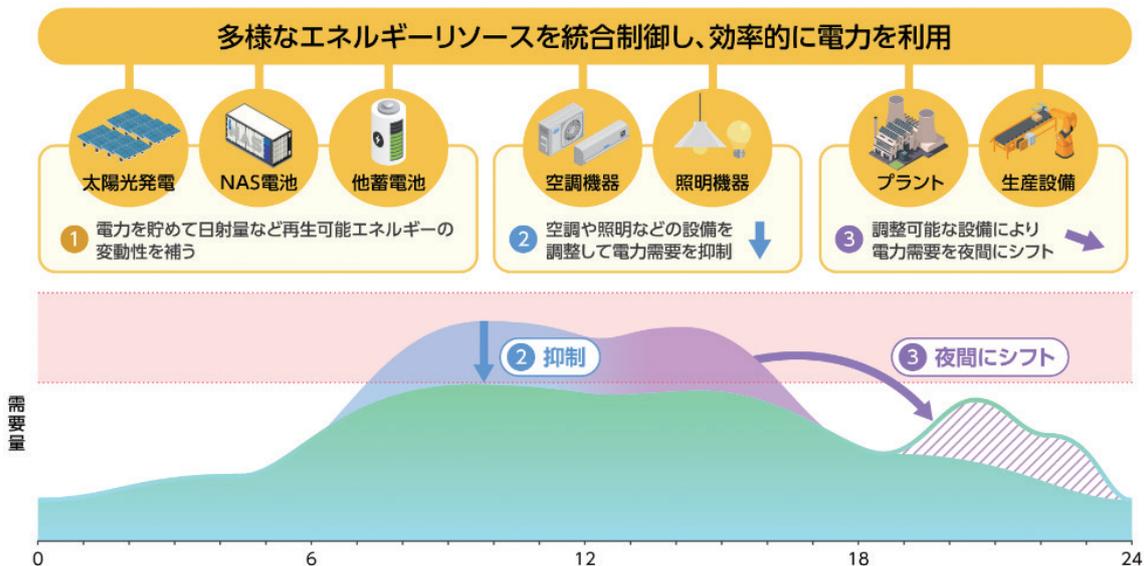
### (1) 仮想発電所の概念

これまで大手電力会社は、将来の電力需要を予測して大規模な火力発電所や、原子力発電所、電力を届けるためのインフラに投資してきました。しかし、電力自由化によって多くの新電力会社が設立され電力を販売するようになると、これまで固定されていた買い手が減り、投資に見合うだけのリターンが見込めない状況になりました。さらに国として再エネ由来の電気を増やし、それを優先して利用する仕組みがはじまりました。

これにより、電力の需給調整という重要な役割も担ってきた火力発電所などの稼働率は下がっています。前述の通り、十分な調整力を確保できなければ、再エネの普及拡大は見込めず、機器停止や大規模停電などのリスクを高めることになります。

その中で期待を集めるのが、仮想発電所という仕組みです。仮想発電所（VPP）とは、IoT技術などを活用して、工場や家庭などが有するエネルギーリソース（電気を利用するもの全般）を束ねて制御することで、あたかも一つの発電所のように機能させる仕組みのことです（図表4）。エネルギーリソースとは、再エネ発電所や、蓄電池、燃料電池の他にも空調や照明、EVやエコキュートなどです。イメージとしては、電気が余っているときには、火力発電所の出力を絞るかわりに、余っている電気を蓄電池の中に充電します。電気が足りない時には、火力発電所の出力を上げるかわりに、空調や照明の電気消費量を下げます。あくまでもバーチャルなので「仮想発電所」となります。一つ一つのエネルギーリソースは小さいのですが、数を集めることで一定程度の大きさの調整力を提供することが可能になります。

図表4 仮想発電所（VPP）の概念



資料) NR-Power Lab (株) 制作

(2) 海外と日本の状況

1907年に創刊された電気・エネルギー分野の日刊専門紙である電気新聞の記事によれば、VPPの言葉が登場したのは2009年からドイツで行われたスマートグリッドプロジェクトにさかのぼるそうです。「E-Energy」と呼ばれるプロジェクトで、需要家の小規模なコージェネレーションシステムや風力発電、太陽光発電等を集約し、全体を一括で自動制御する実証事業でした。現在では、電気自動車大手のTeslaや、ドイツのNext Kraftwerke（ネクストクラフトベルゲ）など、多くのVPP事業者が誕生し、各社成長しています。

日本でのVPPの先駆けは、2009年度のスマートコミュニティ実証で、分散型電源および需要家側のエネルギーリソースの制御が2016年度まで行われたようです。その後、産官学の推進体制が整備されることで2016年度からVPP実証が始まりました。現在、関連する制度や電力取引市場が整うことで、商用サービスの提供に向け100社超がVPP事業に参入見込みとされています。

4 持続可能な社会の実現を目指す NR-Power Lab (株)

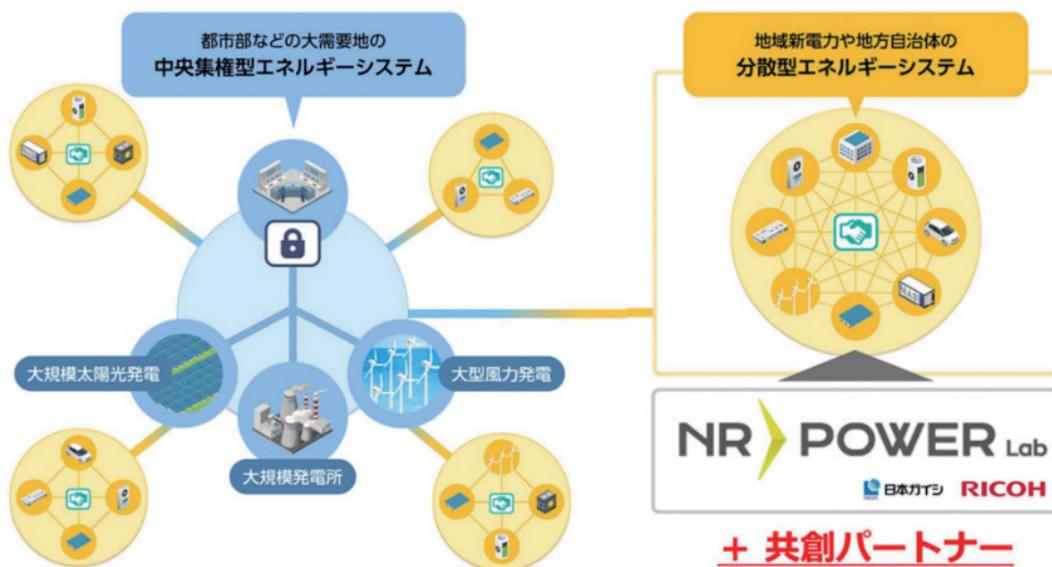
私が代表を務めるNR-Power Lab (株) は、日本ガイシ (株) (名古屋市瑞穂区) と (株) リコー (東京都大田区) の合弁会社です。2023年の2月に事業を開始し、現在20名超の仲間とともにVPPシステムやビジネスモデルの開発を行っています。当社は研究開発を目的とした会社で、2026年に現在開発を進めているシステムを用いた事業の開始を目指しています。本稿の最後を借りまして、簡単に弊社の紹介をさせていただきます。

(1) NR-Power Labが目指す

分散型エネルギーシステムの確立

当社は、開発を進める独自のVPPシステムとビジネスモデルを通して、太陽光発電をはじめとした分散型電源の導入拡大を支えることで、持続可能な社会の実現に寄与することを目指しています(図表5)。具体的には、図の中の黄色のバブルを青色の基幹インフラと協調する形で増やすことができないか、と考えています。事業を進めるうえで当社が創業以来大切にしてい

図表5 NR-Power Lab (株) のVPPビジネスモデル



資料) NR-Power Lab (株) 制作

るのは、オープンイノベーションの活用です。これまでの大企業にありがちな自前主義から脱し、様々な強みを持っている企業や団体を「共創パートナー」と位置づけ、各社の強みを掛け合わせることで新しい価値を生み出したいと考えています。これまで自治体やメーカー、電力会社、金融機関など様々なセクターを超えてコラボレーションを進めてきました。

## (2) 全国16社の地域新電力と進めるVPP実証

自立・分散型社会の実現に向け、現在は、自治体や企業・団体などの様々な取り組みが行われています。中でも、域内の資源を活用しエネルギーの地産地消率を高めることを起点とし、地域内で経済循環を起こすことで自立・分散型社会の実現を目指しているのが地域新電力会社です。自治体が出資または協定で関与・連携している地域新電力は103社<sup>6)</sup>に上ります。このうち弊社の取り組みに賛同頂いた16社<sup>7)</sup>を弊社では「共創パートナー」と位置づけ2023年末より連携を進めています。

NR-Power Lab (株)の最大の強みは、日本ガイシ(株)が保有する蓄電池制御技術と、(株)リコーが保有するブロックチェーン技術をはじめとしたIoT・デジタル活用ノウハウをはじめとした技術力です。しかしその一方で、開発したシステムを社会実装に近づけるための実証フィールドを持っていません。分散型エネルギーシステムの実現という目標を共有する16の地域新電力各社と共同することで、技術開発と社会実装の両輪を極力近づけ、開発と仮実装を高速で回すことで早期の事業化を実現したいと考えています。

具体的には、(株)リコーのグループ会社のリコージャパン(株)(東京都港区)や地域新電力会社の需要家など、計11か所に様々なサイズや種類の蓄電池、計16機(計1.1MW、6.3MWh)を分散設置し、最適制御を行う実証を順次開始しています。特に大和エナジー・インフラ(株)(東京都千代田区)、(株)岩手銀行(岩手県盛岡市)、久慈地域エネルギー(株)(岩手県久慈市)と岩手県内にて協同で実施する

実証は当社のフラッグシップ的な取り組みとなります。具体的には非FITの太陽光発電所にNAS電池とリチウムイオン電池のハイブリッドシステムを併設し、エネルギーの地産地消を支える当社独自の蓄電所モデル構築を目指します。

## まとめ

本稿では、自立・分散型社会の実現に向けた太陽光発電の可能性、その課題、そして解決策の一つとしての仮想発電所(VPP)について述べました。大規模集中型社会を前提としてこれまで進んできた日本が直面する多様な社会課題に対し、自立・分散型社会は1つの解決策となり得ます。その中で太陽光発電は、自立・分散型社会における主要な電源として大いに期待されています。ただし、さらなる太陽光発電の導入拡大には、再エネ導入に対する社会全体の理解・受容性から電気の需給バランスの調整まで、レイヤーの異なる多くの課題が存在するのも事実です。社会全体を俯瞰しバランスをとりながら、自立・分散型社会を増やし、一日でも早く大規模集中型社会と相互補完する関係を確立することが重要です。

中西 祐一

(NR-Power Lab株式会社 代表取締役社長)

6) [https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku\\_gas/denryoku\\_gas/pdf/076\\_07\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/pdf/076_07_00.pdf)

7) NR-Power Lab (株) 2023年12月12日プレスリリース <https://www.nr-power-lab.jp/from-lab/product-reports-002/> なお、16社のうち九州の企業は、みやまスマートエネルギー(株)(みやま市)、(株)ながさきサステナエナジー(長崎市)、うすきエネルギー(株)(臼杵市)、おおすみ半島スマートエネルギー(株)(鹿児島県肝付町)の4社