

脱炭素化コミュニティにおいて学校施設が果たす役割の検討 —仮想発電所（VPP）・マイクログリッドの先駆的事例を参照して—

京都光華女子大学 西川 潤

はじめに

2021年、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）は第6次評価報告書（AR6）第1作業部会報告において、全世界の約1万4,000の論文をもとに、「人間の影響が大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない」として、地球温暖化の原因が人為的要因であることを明確に断言した¹。

気候変動への危機感が高まる中で、多くの国がカーボン・ニュートラル（温室効果ガスの排出量実質ゼロ）の達成目標を掲げ、電力構成の脱炭素化を進めようとしている。日本でも令和2年に2050年までのカーボン・ニュートラル実現が政府目標として掲げられ、令和3年に策定された「第6次エネルギー基本計画」では、2030年時点の国内での電源構成における再生可能エネルギーを36～38%まで高めるという目標が明記された。また、同年に策定された「地球温暖化対策計画」では、2030年度に温室効果ガスを2013年度比で46%削減するという野心的な目標も定められた。これらの目標達成にあたっては、導入までのリードタイムの短い太陽光発電に寄せられる期待が大きい。

太陽光発電は発電量が天候に左右されて不安定である点が課題としてしばしば指摘され、一層の普及課題のためには需要と供給を一致させるための安定的な仕組みの構築が必須となる。その一例として需要家側で電力消費量の調整を行うデマンドレスポンス（DR）が挙げられるが、将来的にはより広い範囲の分散型電源をIoT（モノのインターネット）を活用したエネルギーマネジメントシステムによって束ね、あたかも一つの発電所のように一体的に統合・制御する仮想発電所（VPP：Virtual Power Plant）の普及が期待されている²。

このような仕組みが成熟していけば、局所的なシステムにとどまらず、一つのコミュニティ全体をもカバーし、いわゆるスマートコミュニティの形成につながる。VPPでは発電量や需要を精密に予測する必要があるが、それらはまさにスマートコミュニティの要件であるビッグデータ分析やAIの活用といった要素と密接に関わるものである³。本稿では、このようにして再生可能エネルギーが新技術と結びつき、コミュニティ全体に影響が及ぶという側面に注目する。そして、その中で学校施設が果たす役割について、米国カリフォルニア州サンタバーバラ統一学区におけるマイクログリッド構築の取り組みと、オーストラリアにおける公立学校施設が関わるVPPのパイロットプログラムをもとに考察する。

学校は地域コミュニティの拠点であり、「地域とともにある学校」「学校を核とした地域づくり」が標榜されている。しかし、これらの概念に関係する議論においては、地域リソースの活用による教育的効果、あるいは地方創生・地域活性化といった観点からの考察が中心であり、再生可能

エネルギーの導入が進んだ次世代型コミュニティを念頭に置いた議論は蓄積がほとんど見られない。学校施設への太陽光発電設備の導入について定量的な現状整理を行い、地域との関係性が重要なテーマになり得ることを示した拙稿が、本稿の視点に立つ唯一の先行研究である⁴。来るべき超スマート社会に向けて、再生可能エネルギーの導入が進んだコミュニティにおいて学校施設が果たす役割を示すことで、従来とは異なる切り口から、「学校ー地域間関係」の議論を深化させることができると考える。

1. VPP とマイクログリッド

太陽光発電の劇的なコスト低下、脱炭素の至上命題化、創エネ・蓄エネ技術の発展、電力自由化による多様な事業者の参入、災害時のレジリエンス向上の要請等を背景に、従来の大規模・集中型エネルギーシステム一辺倒の供給体制を脱却し、分散型エネルギーシステムを普及拡大させていくことが喫緊の課題となりつつある⁵。分散型エネルギーとは、比較的小規模かつ様々な地域に分散しているエネルギーの総称であり、従来の大規模・集中型エネルギーに対する相対的な概念である⁶。再生可能エネルギー、コージェネレーション⁷、エネファーム⁸等の「創エネ」設備と蓄電池等の「蓄エネ」設備から構成され、これらのエネルギーを最適に利用するためのエネルギーマネジメントシステム（EMS）が組み込まれたものが分散型エネルギーシステムと呼ばれる⁹。

設置の容易さから、太陽光発電は分散型エネルギーシステムにおいても核となる存在と目されている。学校施設への太陽光発電設備の導入が進み、社会全体でも再生可能エネルギーの導入が飛躍的に増大することによって分散型エネルギーシステムが普及すると、学校を取り巻くエネルギーのあり方も変化することになる。

ただし、分散型エネルギーシステムにおいては、主力となる太陽光（または風力）の弱点である出力の不安定さをいかにして克服し、電力の需給バランスを保つかが鍵となる。そこで必要となるのが、デジタル技術を駆使した需給予測の高度化および最適制御である。冒頭でも触れた仮想発電所（VPP）は、まさにそうした仕組みの一種である。

資源エネルギー庁による VPP の正確な定義は、「需要家側エネルギーリソース、電力系統に直接接続されている発電設備、蓄電設備の所有者もしくは第三者が、そのエネルギーリソースを制御（需要家側エネルギーリソースからの逆流も含む）することで、発電所と同等の機能を提供すること」である。すなわち、太陽光発電等の再生可能エネルギーに加え、コージェネレーション、蓄電池、電気自動車（EV）、ネガワット（節電した電力）など、需要家側に導入される分散型エネルギーを IoT を活用して束ね、アグリゲーターがエネルギーマネジメント技術を駆使して統合制御することで、一つの発電所のように電力の需給バランスを調整するシステムである¹⁰。また、一般的な用語となるまでには至っていないものの、その規模を一つの都市レベルまで拡大したものを「都市型 VPP」と呼ぶこともある¹¹。

こうしたシステムを高いレベルで実装化した未来のコミュニティの姿は「スマートコミュニティ」と称される。ここでは、コミュニティ全体の規模でエネルギーの需要・供給を管理する CEMS（Community Energy Management System）を核として、ビル内のエネルギー管理システム（BEMS：Building Energy Management System）、家庭内のエネルギー管理システム（HEMS：

Home Energy Management System) 等が連携しながら、電力の需給バランスを最適の状態に保たれる構造になっている。こうしたコミュニティにおいて、学校は校舎や体育館の屋上に太陽光発電パネルを備え、分散型エネルギーを生み出す場の1つとして描かれている(図1)。

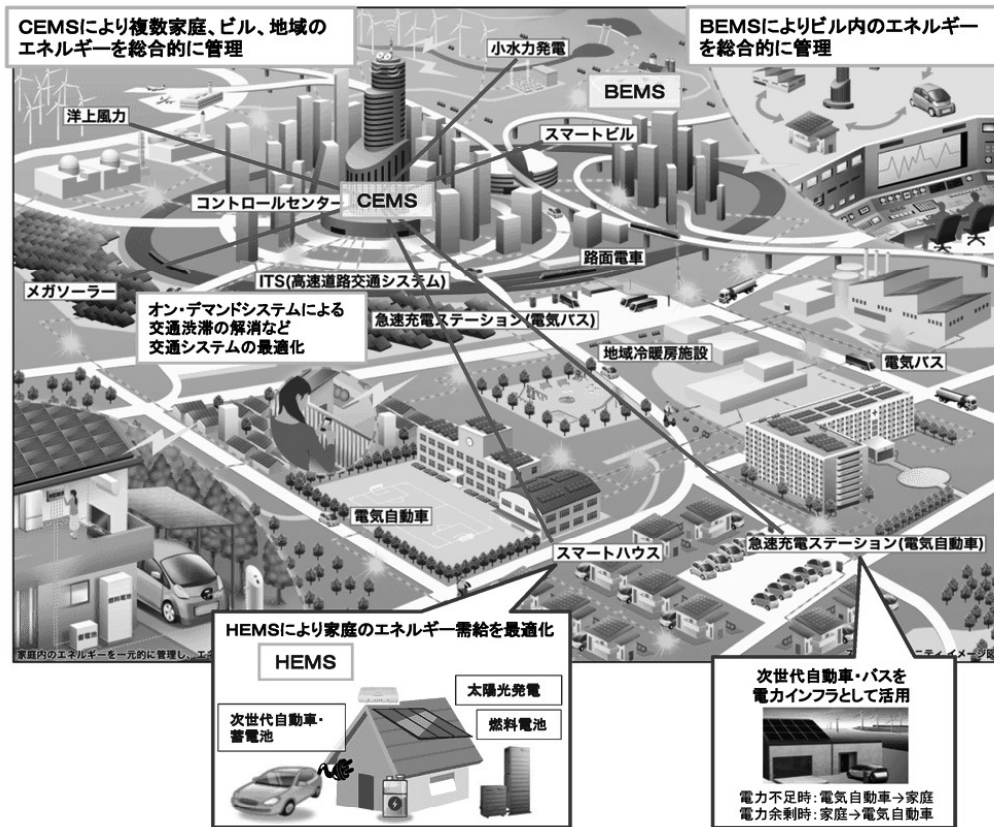


図1 スマートコミュニティのイメージ

出典：資源エネルギー庁「スマートコミュニティとは？」

https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/smart_community/
(2023年11月23日閲覧)

なお、分散型エネルギーシステムにおいては、図中にも描かれているように、電気自動車(EV)がモビリティの主役となる。令和3年7月、千葉県八街市で下校中の児童5人が死傷した交通事故を受けて、当時の菅義偉首相が全国の公立学校へのスクールバス導入への意欲を示した¹²。その後の首相交代もあって具体的な進展は聞かれないが、仮に導入するとなった場合、脱炭素化の潮流を考えれば電動バスが採用される可能性が高い。実際に、スクールバス通学が一般的な米国では、既に電動スクールバスが普及しつつある。2023年6月の時点で、全米で914の学区または車両運行会社の管轄下に5,982台の電動スクールバスが存在し¹³、全米で約6万9,000人の児童生徒が通学に利用している¹⁴。一般に、EVは動く蓄電池としてVPPの一構成要素となるが、スクールバスも同様であり、電動バスが増加していけば、学校のみならず地域のエネルギーシステムに影響を及ぼす存在になると思われる。

VPPとともに、分散型エネルギーシステムの運用形態を指す用語にマイクログリッドがある。米国エネルギー省はマイクログリッドを「明確に定義された電氣的境界線内にある、相互に接続

された負荷と分散型エネルギー資源のグループで、送電網に対して単一の制御可能な自主独立体として機能するもの」と定義している¹⁵。一方、日本の経済産業省は「地域マイクログリッド」という名称を用いて、「平常時は下位系統の潮流を把握し、災害等による大規模停電時には自立して電力を供給できるエネルギーシステム」と定義し、災害時のレジリエンスにより重点を置いている¹⁶。

VPP との差異は、マイクログリッドの方がローカルかつ独立性が高い点にある。すなわち、一般にマイクログリッドの方が島を含む狭い範囲の地域に限定される。加えて、VPP は既存の電力系統と統合されているのに対し、マイクログリッドは系統に繋がっていない場合が多く、連携型の場合も系統がダウンした際に独立して稼働することが可能である¹⁷。この独立性の高さは、エネルギーの地産地消の促進とともに、災害時のレジリエンスに強みを発揮することになる。

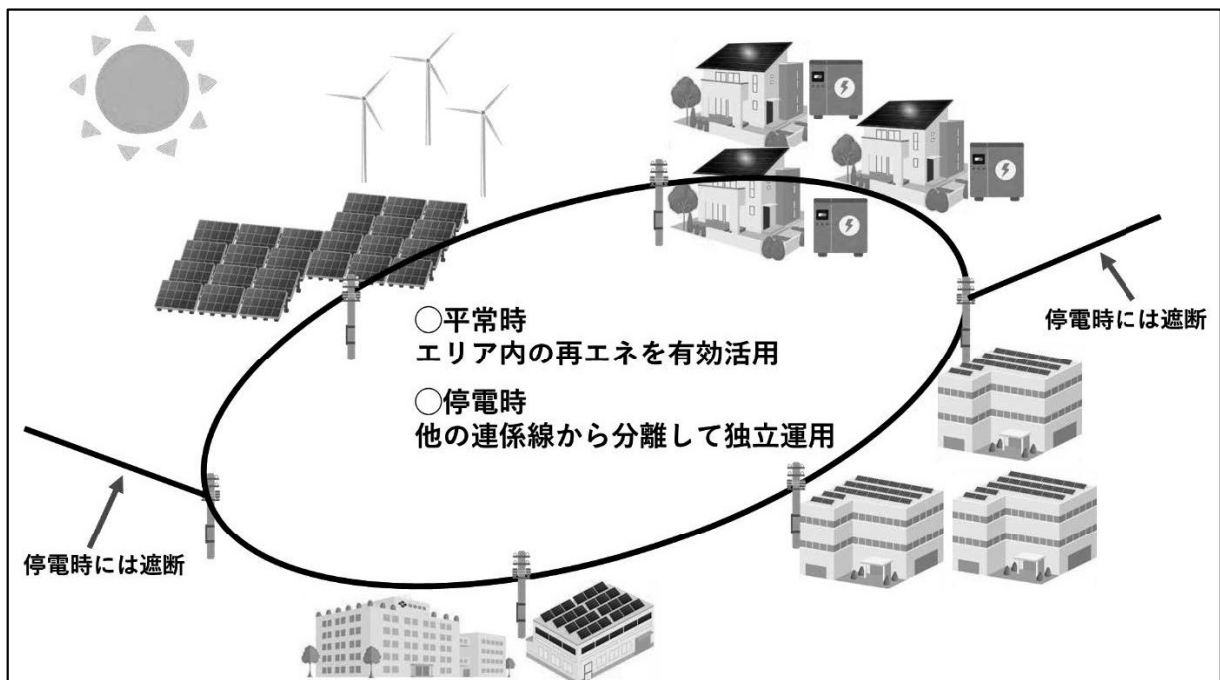


図 2 マイクログリッドのイメージ

出典：北海道経済産業局（2019）「しえかん広報（資源エネルギー環境広報）令和元年 10 月号」（<https://www.hkd.meti.go.jp/hokpp/kankoho/201910.pdf>，2023 年 2 月 5 日閲覧）に記載のイラストを参考に筆者作成

マイクログリッドにおいても、学校は太陽光発電によって電力を生み出す場としての役割を担う。系統から独立したタイプのマイクログリッドの典型は離島である。沖縄県宮古島市の来間島（人口約 200 人）では、1 地域で作られた電気で地域内の電力消費をすべて賄うためのシステムを構築している。これは我が国で初の試みである。

黎明期の段階にある VPP やマイクログリッドの先進事例は国内外を見渡しても多くないが、次章では学校施設に関わる取り組みとして、米国とオーストラリアの事例を参照する。

2. 海外の先駆的事例

2-1. 米国カリフォルニア州

米国では2021年末時点でK-12全体の約7%にあたる8,409の学校に太陽光発電設備が設置されており、前年から14%増加している。設備容量の総計は約1,644MW(164万4000kW)に達し、1校あたりの平均設備容量は193kWである¹⁸。設置校数だけを見ると日本(令和3年時点で公立小中学校のみで9,706校)よりも少ないが¹⁹、広大な駐車場の屋根への設置が進んでいることから、容量は大規模なものになっている。

全米50州の中でも、普及の度合いは2,819校が合計70万3,507kWの設備を設置しているカリフォルニア州が突出している²⁰。世界でも最も脱炭素に熱心な地域の1つであるカリフォルニア州は、2030年までにクリーンエネルギー²¹での発電比率を60%に高めるという目標を設定済みであり、2045年には100%とする計画である。北米では日本以上にコスト低下が顕著である太陽光発電は、その主力として期待を集めている。

その一方で、カリフォルニア州は山火事や地震といった自然災害の多発地帯でもある。2019年には山火事防止のための計画停電によって数百万人が影響を受けるという事態に見舞われた。今後も、同様の停電が繰り返されることが懸念されており、エネルギーのレジリエンス向上への期待が高まっている。州南部サンタバーバラ郡の海岸線東西70マイルの地域に所在する域内人口約10.9万人(2019年)²²のサンタバーバラ統一学区(Santa Barbara Unified School District)は、山火事や土砂崩れ等の災害が発生しやすい山岳地帯を経由する単一の送電線に依存していることから、極めて脆弱性が高いことが指摘されていた。そこで学区は、初期費用のかからない25年契約のPPA(Power Purchase Agreement)²³を用いて、2020年に14箇所(3つの高校、4つの中学校、5つの小学校、学区庁舎、倉庫)に計4.5MWの太陽光発電設備を設置し、そのうち6箇所(3つの高校、1つの中学校、学区庁舎、倉庫)に計6MWhの蓄電池を配備した。「たとえ子供がいなくても、近所の学校がどこにあるかは誰もが知っています。学校はコミュニティの中心であり、この試みは、その地位を確固たるものにします」と学区教育長のローラ・キャップス氏は語っている²⁴。

非常時のコミュニティシェルターとして機能するだけでなく、平時においても、集合住宅の住人などの自宅に充電器を設置できない人に対して夜間のEV充電を提供し、地域住民に蓄電池付き太陽光発電のメリットを共有してもらうサービスも行っている²⁵。2035年までにハイブリッド車を含む内燃機関車の新車販売を禁止する予定のカリフォルニア州では、EVの普及過程で充電スポットの不足という問題が発生すると考えられる。その中で学校がこのようなサービスを提供できれば、脱炭素化への重要な貢献になる。

なお、このプロジェクトはレジリエンスの向上が主目的ではあるが、経済的な利点も大きい。学区の施設担当ディレクターであるスティーブ・ヴィッツォリーニ氏によれば、契約期間中の780万ドルの電気代節約と予備発電機の購入に充てられるはずだった650万ドルの節約、さらには電力卸売市場への参加による収益の獲得が見込まれている²⁶。プロジェクトはこれで完結せず、今後は21ある学区内の全校に太陽光発電設備と蓄電池が配備される予定となっている。最終的には地域全体で200MWの太陽光発電設備を導入することで、平均的な1日の電力需要を100%賄い、既存の送電網から独立して機能するマイクログリッドの完成が目指されている²⁷。

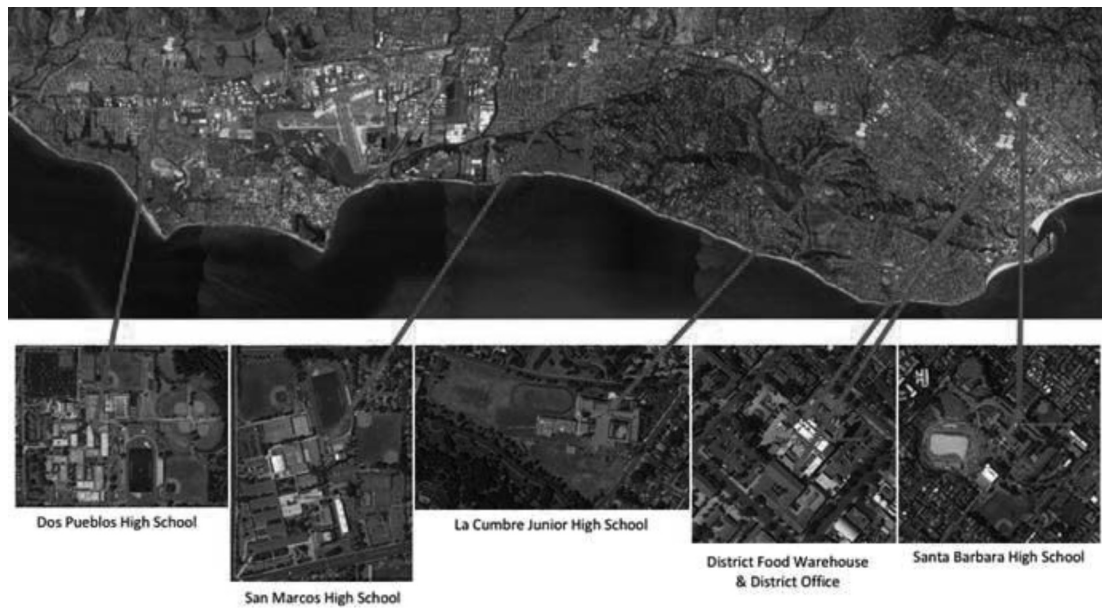


図 3 サンタバーバラ統一学区内の蓄電池付き太陽光発電導入箇所の航空地図

出典：Craig Lewis. Santa Barbara School District Launches Game-changing Solar Microgrids. T&D World. Oct. 28, 2020. <https://www.tdworld.com/distributed-energy-resources/article/21145664/santa-barbara-school-district-launches-gamechanging-solar-microgrids> (2023年11月23日閲覧)

2-2. オーストラリア

世界有数の石炭産出国であるオーストラリアは欧米の先進諸国に比べて脱炭素政策で遅れを取ってきたが、豊富な再エネ導入ポテンシャルを背景に、近年は急速にエネルギーの脱炭素化を進めている。2022年は中道左派の労働党が9年ぶりに政権を奪還し、再生可能エネルギーの導入目標を一気に世界トップクラス（2030年時点で電力源の82%）にまで引き上げた²⁸。

また、オーストラリアは比較的早い時期から大規模な蓄電池システムを導入した仮想発電所（VPP）の構築に乗り出していた。2018年には南オーストラリア州（州都：アデレード）が米テスラ社製の太陽光発電設備と定置型蓄電池を使用し、最大5万世帯、総出力250MW、蓄電池容量675MWhに上る世界最大規模のVPP構築を開始している²⁹。

南東部のニューサウスウェールズ州（州都：シドニー）では、2022年5月に Smart Energy Schools Pilot Project と題した公立学校への太陽光発電設備および蓄電池の導入プロジェクトが開始された。同プロジェクトは2段階に分かれており、NSW州のホームページに公開された情報によれば、第1段階で729.3kWの発電容量と789.3kWhの蓄電池、第2段階で3,006.8kWの発電容量と3,388.3kWhの蓄電池が導入されている³⁰。

第1段階では24校に太陽光発電設備と蓄電池が導入された。プロジェクトの開始にあたって、州教育相のサラ・ミッチェル氏が「ニューサウスウェールズ州の公立学校には800万平方メートルを超える屋根スペースがあり、これをどのように活用して電気代を削減し、環境を改善できるかを検討しています」と述べているように、第1段階の学校は電力消費量の削減とそれに伴う電気代の削減を主目的としていた。これらの学校には、ピーク時の電力消費量を削減するために、

スマート制御によるデマンドレスポンス (DR) を行う空調ユニットと組み合わせられた運用がなされている³¹。第1段階の稼働は2022年8月に始まり、年末までに464MWh以上の電力が発電され、8万4,000豪ドルの電気代と385トンのCO₂排出が削減された³²。

第2段階は29校への太陽光発電設備および蓄電池の導入からスタートし、2023年3月までに新たに18校(うち5校は蓄電池のみの設置)が加わって計47校となっている。これらの学校はVPPの試験的運用のために選定され、2023年6月にVPPの一部としての稼働が開始している。また、米国サンタバーバラ統一学区の事例で見られたような、非常時に備えたマイクログリッド構築の試みも、「Stand-alone off grid systems」と題して、計3校で実施されている³³。

同様のプロジェクトは、西部の西オーストラリア州(州都パース)でも進展している。2021年に10校で開始したパイロットプログラムは州政府による880万豪ドルの投資によって推進され、2023年現在17校で実施されている³⁴。プログラムの開始時に州エネルギー相のビル・ジョンソン氏が「地域住民は、屋根上太陽光発電の恩恵を享受し、地域コミュニティの電力品質を向上させることができる」³⁵とコメントしていることから、VPPの構築のメリットは学校内だけで完結するものではなく、地域全体に行き渡るものであるという認識が存在していることがわかる。

3. 考察

“VPPに参加すれば、あなたの創った電力が地域の誰かの役に立ちます。たとえば、地域内の工場や店舗の空調に使われたり、自治体施設の照明に使われたり……。VPPへの参加は電力需要の安定化に大きな成果をもたらすばかりか、これまでは接点のなかった人や会社同士をむすびつけ、エネルギーを介した地域のつながりを生み出していきます。”

これはVPPに必要なHEMS(必要な家庭内のエネルギー管理システム)やEV用充放電器、蓄電池、エコキュート等の設備を取り扱うデンソー社のホームページ内で、VPPの紹介をするコーナーで掲載されている文章である³⁶。

本稿の問いは、再生可能エネルギーの導入、特にVPPやマイクログリッドといった技術に学校が組み込まれる時に、学校はどのような役割を果たすことができるのかというものであった。VPPおよびマイクログリッドの特性、米国およびオーストラリアの事例からは、まさに上記文中の「エネルギーを介した地域のつながり」を強化するための役割が、学校に与えられるようになることが示唆される。

サンタバーバラ統一学区におけるマイクログリッド構築の主目的である非常時の地域の拠点としての機能強化は、災害大国である日本にとって極めて重大な意味を持つ。特に、デジタル化が進化した世の中では、非常用電源の確保が避難所としての質に直結する。さらに、レジリエンスが高まることによって、コミュニティ全体の強靭さを引き上げることにも繋がる。間接的な効果としては、非常時に太陽光発電の恩恵を受けることで、住民の再生可能エネルギーに対する意識が高まる効果も期待できる。

平時においても、サンタバーバラ統一学区での夜間のEV充電スポットの提供のように、地域コミュニティに対して学校で発電した電力を供給することができる。学校の電力需要は平日の朝から夕方に集中し、夜間や休日(長期休暇期間を含む)の消費量は少ないという特徴がある。こ

れを活かして、休日に電力需要が増える施設に電力を供給したり、蓄電池に溜めた電力を夜間に供給したりすることも可能になるだろう。その際は、天候や電力需要について、AI等を用いて詳細に予測し、地域全体の需給バランスを保つように運用される。再生可能エネルギーが拡大すれば、このようなエネルギーを通しての繋がりが必然的に生まれるのである。

また、学校がVPP等の分散型エネルギーシステムに組み込まれることは、電力の不足時には他の分散型電源から電力の供給を受けるなど、地域内で持ちつ持たれつの関係性が生じることを意味する。大規模・集中型のエネルギーシステムの場合は、個々の需要家はそれぞれ電力網の末端に位置するだけで、相互の繋がりは存在しなかった。分散型エネルギーシステムであれば地域レベルで電力の需給バランスを保つ必要があることから、遠隔地からの供給だけでなく、学校の電力が不足する場合に地域の分散型電源から作られた電力の提供を受けることができる。

以上をまとめると、学校への太陽光発電設備の導入によって、学校と地域の関係は様々な面で強化されると考えられる。従来の見方では学校が地域を先導するという面に注目が集まっており、勿論それも極めて重要なことではあるが、分散型エネルギーシステムの構築は別の次元での結びつきも生み出す。これこそが「エネルギーを介した地域のつながり」である。

「エネルギーを介した地域のつながり」は一方的ではなく双方向的なものであり、冒頭で触れた「地域とともにある学校」や「学校を核とした地域づくり」の概念に通じるものがある。「学校—地域間関係」に関しては、これらの概念を基本としつつ、エネルギーという要素にも視野を広げて検討していくことで議論の幅も広がると考えられる。

おわりに

本稿では次世代の分散型エネルギーシステムに組み込まれた学校が、地域コミュニティとエネルギーを介した新たなつながりを生むという指摘を行ったが、厳密さという面では不十分さも残る。その理由として、世界的に見ても依然として試験的段階の域を出ておらず、構想されているような完全な姿でのVPP、マイクログリッドの運用例がまだ存在しないことが挙げられる。よって、これからさらに具体的ケースの事例を検討し、現地調査を実施するなどして詳細な情報を把握することが今後の課題であると言えよう。

菅義偉政権下で急速に機運が高まった日本の脱炭素化も、岸田文雄政権に移行してからは重要政策として前面に押し出される機会も少なくなり、どことなく停滞感が漂っていることは否めない。しかし、これは日本の政界に限った話であり、世界的には脱炭素化の流れは全く衰えていない。国際エネルギー機関(IEA)によれば、2023年の全世界における再生可能エネルギー増加量は約5億KWとなる見込みで、過去最高となっている。また、IEAの予測によると2030年の時点で新規増加エネルギーの8割が再生可能エネルギーとなる見込みである³⁷。さらに、“動く蓄電池”としてVPPの構築に極めて重要な役割を果たすEVについては、同じくIEAの予測(ベースラインシナリオ)によると、2030年に全世界の新車販売台数の約35%に達する3,690万台がEV(BEVとPHEVの合計)となる見込みである³⁸。世界の蓄電池市場も2019年の約5兆円から2030年には約40兆円、2050年の約100兆円へと急激に拡大する見通しであり³⁹、リチウムイオン電池よりも安価で大型定置用蓄電システムに適しているとされるナトリウムイオン電池の実用化も始まりつつある⁴⁰。

このような大きな流れの中で、学校も関与する VPP、マイクログリッド、ひいてはスマートコミュニティの仕組みが各国で具体化されていく未来はそう遠くないと思われる。実際に、従来の固定価格買取制度（FIT：Feed-in Tariff）から FIP（Feed-in Premium）への移行や需給調整市場の拡大を契機として、VPP の商用化が急速に進展する気配を見せている⁴¹。令和3年に国・地方脱炭素実現会議が取りまとめた「地域脱炭素ロードマップ」に基づいて環境省が取り組んでいる「脱炭素先行地域」の公募においても、自治体や地域の電力会社を中心となり、VPP によるエネルギーの地産地消を目指す計画が採択されている⁴²。採択された計画の中には、学校施設への太陽光発電設備の導入を前面に押し出しているものもある⁴³。

そうは言っても、政府が旗振り役となって大々的に推進された計画が当初の想定通りに進まないケースは多々あり、上述の「脱炭素先行地域」についても期待通りの成果を得られるかどうかは、引き続き注視すべき点と言えるだろう。今後もコミュニティの脱炭素化と学校の関係についての世界的な動向を追いながら、議論の精緻化を図りたい。

註

-
- ¹ 江守正多「より精緻な科学的知見を提供－IPCC 第1作業部会第6次評価報告書概要－」国立環境研究所地球環境研究センターニュース、2021年。
<https://cger.nies.go.jp/cgernews/202111/372001.html>（2023年11月23日閲覧）
 - ² 資源エネルギー庁「VPP・DR とは」https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/vpp_dr/about.html（2023年11月23日閲覧）
 - ³ 沼田悠佑・石上圭太郎「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」野村総合研究所『知的資産創造／2020年10月号』2020年、34-47頁。
 - ⁴ 西川潤「学校施設への太陽光発電設備導入の現状と課題－『脱炭素社会』の実現に向けて－」『教育行財政研究』第49号、2022年、1-7頁。
 - ⁵ 資源エネルギー庁(2019)「分散型エネルギーリソースを活用したエネルギーシステムの普及拡大に向けた取組」https://www.chugoku.meti.go.jp/latestnews/pdf/enetai/191028_1.pdf（2023年11月23日閲覧）
 - ⁶ 資源エネルギー庁(2015)「分散型エネルギーについて」https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/006/pdf/006_05.pdf（2023年11月23日閲覧）
 - ⁷ 「天然ガス、石油、LP ガス等を燃料として、エンジン、タービン、燃料電池等の方式により発電し、その際に生じる廃熱も同時に回収するシステム」（資源エネルギー庁）
 - ⁸ 家庭用燃料電池コージェネレーションシステムの愛称。
 - ⁹ 経済産業省(2013)「電力改革を受けた分散型エネルギーの可能性について」https://www.jimin.jp/policy/policy_topics/pdf/pdf123_2.pdf（2023年11月23日閲覧）
 - ¹⁰ 資源エネルギー庁、前掲記事。
 - ¹¹ 沼田悠佑・石上圭太郎、前掲論文。

-
- ¹² 産経新聞(2021年7月9日付)「スクールバス全国展開へ 児童死傷事故 首相検討」
<https://www.sankei.com/article/20210709-QECPKURGIVPRHC7HBAZIUCEZ2Q/> (2023年11月23日閲覧)
- ¹³ 「受注」「発注」「納入」「運行中」の全ての段階を含む。
- ¹⁴ The State of Electric School Bus Adoption in the US. CleanTechnica. October 11, 2023.
<https://cleantechnica.com/2023/10/11/the-state-of-electric-school-bus-adoption-in-the-us/>
(2023年11月23日閲覧)
- ¹⁵ Dan T. Ton and Merrill A. Smith. U.S. Department of Energy. The U.S. Department of Energy's Microgrid Initiative. *The Electricity Journal*, Vol.25, Issue.8. 2012. pp.84-94.
- ¹⁶ ただし、必ずしもこのような厳密な定義に従って用いられる用語ではなく、再生可能エネルギーによる発電設備と蓄電池を備え、自立運転が可能なシステムを便宜的にマイクログリッドと称しているケースも散見される。
- ¹⁷ 東芝「仮想発電所(VPP)とはいったいどういうものか?」
<https://www.toshiba-clip.com/detail/p=1926> (2023年10月28日閲覧)
- ¹⁸ Solar Energy Industries Association. Brighter Future: A Study on Solar in U.S. K-12 Schools. 2022. pp.10-11.
- ¹⁹ 西川、前掲論文、3頁。
- ²⁰ Solar Energy Industries Association. op. cit.
- ²¹ わずかに原発を含むため、再生可能エネルギーには限定されず、クリーンエネルギーという表記が用いられる。
- ²² Census Reporter. Santa Barbara Unified School District (7-12), CA - Profile data.
<https://censusreporter.org/profiles/96000US0606019-santa-barbara-unified-school-district-7-12-ca/> (2023年11月23日閲覧)
- ²³ 業者が設置費用を全て負担し、需要家は消費した分を割安の電気料金で業者に支払う。業者が初期投資を確実に回収するために契約期間は長期間に設定される。
- ²⁴ Solar Energy Industries Association. Brighter Future: A Study on Solar in U.S. Schools Report. 2020. p.28.
- ²⁵ Elisa Wood. Santa Barbara School District Looks at 18 Sites for Microgrids. Intends to Issue RFP. Microgrid Knowledge. December 18, 2019. <https://microgridknowledge.com/santa-barbara-school-microgrids/> (2023年11月23日閲覧)
- ²⁶ Ethan Howland. Santa Barbara Selects Winner in School Microgrid RFP. Microgrid Knowledge. September 29, 2020. <https://microgridknowledge.com/santa-barbara-solar-microgrids/> (2023年11月23日閲覧)
- ²⁷ Lili Francklyn. Santa Barbara Schools Look to Microgrids for Community Resilience and EV Charging. Homer Energy. February 7, 2020. <https://microgridknowledge.com/santa-barbara-solar-microgrids/>
(2023年11月23日閲覧)
- ²⁸ 山家公雄「資源大国オーストラリアは再エネ導入目標で世界トップに」日経クロステック(2023年2月16日付) <https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00001/07700/> (2023年11月23日閲覧)

-
- ²⁹ Steve Hanley. Tesla Virtual Power Plant In Australia Passes Initial Testing With Flying Colors. CleanTechnica. July 17, 2018. <https://cleantechnica.com/2018/07/17/tesla-virtual-power-plant-in-australia-passes-initial-testing-with-flying-colors/> (2023年11月23日閲覧)
- ³⁰ NSW Department of Education. Smart Energy Schools Pilot project. <https://www.schoolinfrastructure.nsw.gov.au/what-we-do/we-look-after-our-schools/-smart-energy-schools-pilot-project1.html> (2023年11月23日閲覧)
- ³¹ Joshua S Hill. School-based solar and battery virtual power plant pilot kicks off in NSW. one step off the grid. May 19, 2022. <https://onestepoffthegrid.com.au/school-based-solar-and-battery-virtual-power-plant-pilot-kicks-off-in-nsw/> (2023年11月23日閲覧)
- ³² NSW Department of Education. Smart Energy Schools Pilot project Project update | March 2023. https://www.schoolinfrastructure.nsw.gov.au/content/dam/infrastructure/general/smart-energy-schools-pilot-project/assets/2023/march/20230302_Smart_Energy_Schools_Pilot_PU_all_schools.pdf (2023年11月23日閲覧)
- ³³ Ibid.
- ³⁴ Schools VPP Pilot Project: WA's first VPP. synergy. <https://www.synergy.net.au/Our-energy/Pilots-and-trials/Schools-VPP-Pilot-Project> (2023年11月23日閲覧)
- ³⁵ WA high school getting virtual power plant. Energy Source & Distribution. August 5, 2020. <https://esdnews.com.au/wa-high-school-getting-virtual-power-plant/> (2023年11月23日閲覧)
- ³⁶ 「DENSO VPP (バーチャル・パワー・プラント)」デンソー. <https://am.denso.com/vpp/> (2023年11月23日閲覧)
- ³⁷ 「世界の再生エネ増加量、23年過去最高 ウクライナ危機で」日経新聞 (2023年10月24日付)
- ³⁸ IEA. Global EV Outlook 2023. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/dacf14d2-eabc-498a-8263-9f97fd5dc327/GEVO2023.pdf> (2023年11月23日閲覧)
- ³⁹ 内閣官房 GX 実行推進室「分野別投資戦略について③ (蓄電池・自動車、SAF・航空機、船舶、資源循環)」2023年。 https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/senmonka_wg/dai3/siryuu.pdf (2023年11月23日閲覧)
- ⁴⁰ 野澤哲生「ナトリウムイオン電池時代幕開け、関連メーカーが50社超で価格はLIBの1/2へ」日経クロステック (2023年5月8日付) <https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00001/07985/> (2023年11月23日閲覧)
- ⁴¹ 野澤哲生「日本でもVPPの準備着々、100社超が参入見込み」日経クロステック (2023年3月31日閲覧) <https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/02391/032800003/> (2024年2月6日閲覧)
- ⁴² 環境省「2050年ゼロカーボンシティ実現に向けて！敦賀市が取り組む、再生可能エネルギーの地産地消」 <https://ondankataisaku.env.go.jp/re-start/interview/59/> (2024年2月6日閲覧)
- ⁴³ 環境省「脱炭素先行地域」 <https://policies.env.go.jp/policy/roadmap/preceding-region/> (2024年2月6日閲覧)

Examining the Role of School Facilities in Decarbonized Communities: with Reference to the Pioneering Case of Virtual Power Plants (VPPs) and Microgrids

Jun NISHIKAWA

The purpose of this paper is to examine the role that schools embedded in mechanisms such as virtual power plants and microgrids can play within their communities as renewable energy is being introduced toward decarbonization. When distributed energy, solar panels are installed in school facilities, their impact is not limited to the interior of the school, but inevitably affects the external community as well. As reference cases, this paper refers to the microgrid in the Santa Barbara Unified School District in California, USA, and the VPP pilot program in Australia. In the former case, 14 schools were equipped with relatively large photovoltaic installations and storage batteries to avoid power outages caused by natural disasters and to build up their function as community charters during emergencies. In the latter case, along with savings in electricity costs, the schools were integrated into the local VPP, contributing to the stabilization of the local power grid through smart control.

In this way, the school's function as a community hub in times of emergency is strengthened, and the school becomes responsible for coordinating electricity supply and demand in an integrated manner with various distributed power sources in the community, thereby creating an energy-mediated connection with the community. As a result, the relationship between the school and the community will be strengthened in many aspects.