

脱炭素を担う太陽光発電： 世界市場の現状と見通し

PV contributing Carbon Neutral : Status and outlook of global PV market

貝塚 泉* 栗原理砂* 宮崎京子* 岡崎順子* 村田安輝子*

1. はじめに

太陽光発電は、脱炭素に貢献する電源として世界各地での導入が進展している。本項では、太陽光発電の世界での導入動向及び太陽電池生産量の動向と見通しを概説するとともに、さらなる普及のために取り組む課題についても述べる。

2. 太陽光発電システムの世界での普及動向

2.1. 再生可能エネルギーの導入動向

エネルギーの脱炭素において、太陽光発電は重要な役割を担うことが期待されている。図1に示すように、太陽光発電技術は技術の進展及び発電コストの低下により、再生可能エネルギー市場を主導する電源となっている。2021年に新設された再生可能エネルギー・システムによる発電量においては、太陽光発電システムが約40%を占めた¹⁾。

2.2. 太陽光発電の導入動向

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の世界的流行が2021年も継続したが、同年の世界の太陽光発電市場は再び大きく成長した。2021年には、世界で174GW（DCベース、以後も特記しない限り同様）の太陽光発電システムが新設され、稼働を開始した²⁾。図2に世界の太陽光発電システムの年間導入量の推移を示す。

2021年末時点の世界の累積導入量は少なくとも945.7GWに到達した。図3に世界の太陽光発電システムの累積導入量の推移を示す²⁾。弊社の調べでは、世界の太陽光発電システム累積導入量は2022年上期末までに1TWを突破した模様である。

図4に世界で導入された太陽光発電の応用別の導入量の推移を示す。2021年の電力事業用の太陽光発電市場は2020年比で増加した。一般に、電力事業用太陽光発電を開発する方が容易であるため、多

くの国で導入が進んでいる。2021年には、中国、オーストラリア、ドイツ及び米国の成長により、屋根設置型太陽光発電市場が絶対値で拡大した。またスペインでは、分散型市場が大きく拡大した（2020年

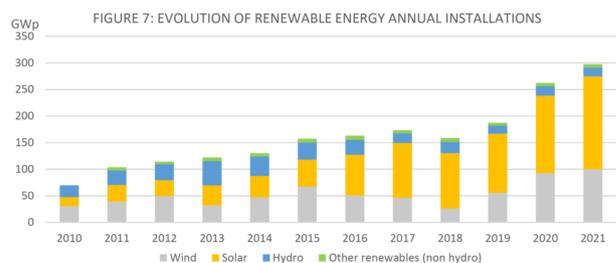


図1 再生可能エネルギーの技術別年間導入量の推移 単位 (GW)

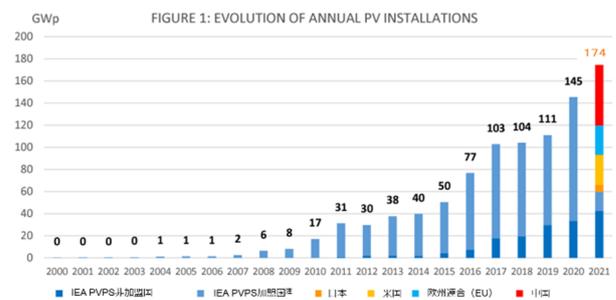


図2 太陽光発電の年間新設容量の推移 (単位: GW)

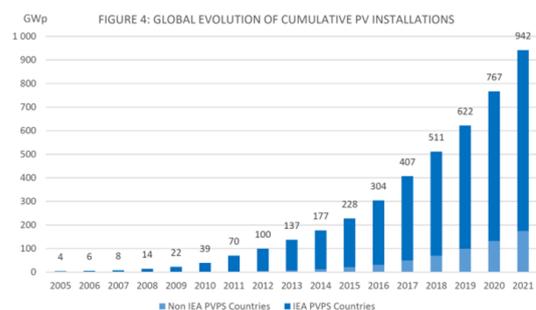


図3 太陽光発電の累積設置容量の推移 (GW)

* 株式会社 資源総合システム

比で100%増)。ただし、屋根設置型太陽光発電と電力事業用太陽光発電の相対的な比率は2020年と同等であった¹⁾。

電力事業用の成長は、主に太陽電池モジュールのコスト低減により、太陽光発電の均等化発電コストが低下していることが、背景にある。図5に示すように、日照に恵まれた地域では、2セント/kWhを下回る売電額で電力調達契約(PPA)が締結されており、太陽光発電が再安価な電源となっている地域が拡大している状況である³⁾。

こうした状況を背景に、再生可能エネルギーによる電力を求める需要家が拡大している欧米では、太陽光発電による電力のほうが系統電力よりも安価となり経済性が確保できることからコーポレートPPAと称されるビジネスモデルでの導入も拡大している。

この他の応用種別では、電力事業用市場に加えて水上設置型太陽光発電(FPV)システムが導入され、市場は多様化に向かい始めた。建築分野では、建材一体型太陽光発電(BIPV)システムが建物据付型太陽光発電(BAPV)システムを補完し始めている。また、営農型太陽光発電などの新興分野は、まだ顕著な市場にはなっていないものの、注目は高まっており、急速に進展している。技術面では、両面受光型太陽電池の普及が始まるなど、いくつかの注目すべき進展が見られた。車載型太陽光発電(VIPV/

VAPV)は、太陽光発電コンポーネントのさらなる多様化の可能性を秘めており、将来の市場成長が期待されている。

2.3. 地域別の2021年の導入状況

導入量第1位はGWを新設した中国であった。米国市場は26.9GWに成長し、2020年世界第2位の欧州連合(EU)を抜いて第2位となった。電力事業用が新規設置の約75%を占めた。26.5GWを導入した欧州連合(EU)は、世界第2位の地位を明け渡した。2021年の欧州における導入量上位国は、ドイツ(5.3GW)、スペイン(4.9GW)、フランス(3.4GW)、オランダ(3.3GW)、ポーランド(3.3GW)、ギリシャ(1.2GW)、イタリア(944MW)、ベルギー(850MW)であった。第3位はインド(推定13GW)、第4位は日本(6.5GW)であった。

2021年は、一部の主要市場の導入量が増加し、世界の年間導入量に大きく貢献した(ブラジル:5.5GW(第5位)、オーストラリア:4.6GW(第8位)、韓国:4.2GW(第9位)、メキシコ:1.8GW)。速報値によれば、台湾及びパキスタンがそれぞれ2GW近くを導入した。

表1 世界の太陽電池関連製品生産量・生産能力および太陽光発電導入量のまとめ(2021年)

太陽電池生産量 (GW)	セル	241(対前年比39%増)
	モジュール	242(同36%増)
太陽電池生産能力 (GW/年)	セル	438(同70%増)
	モジュール	483(同48%増)

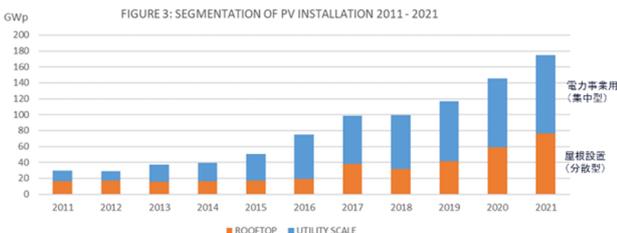


図4 太陽光発電システム市場分野別年間導入量の推移(GW)

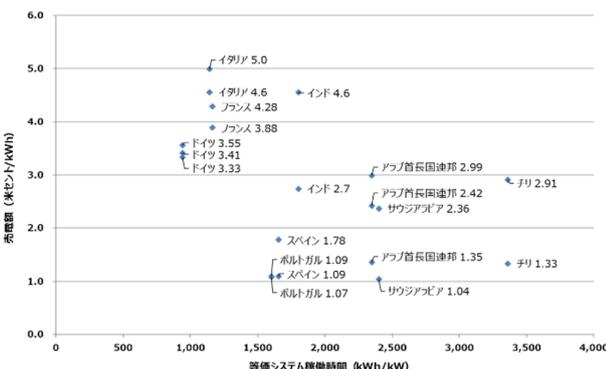


図5 世界各地における電力調達契約(PPA)価格の事例

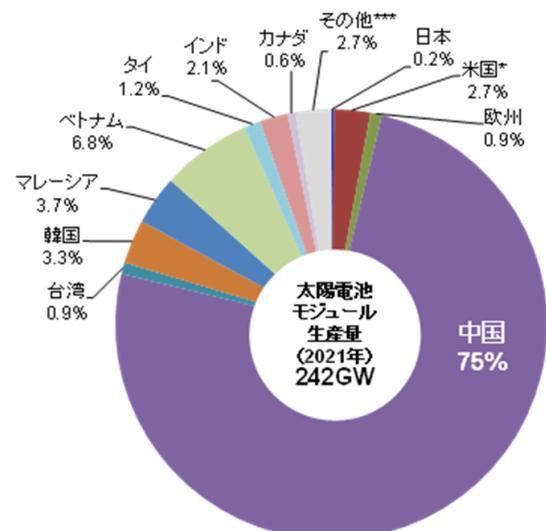


図6 太陽電池モジュール国別生産量(2021年)

3. 太陽電池の生産動向

2021年の世界の太陽電池生産量は240GW超と推定される。太陽電池生産能力は、大型シリコン・ウェハー対応品への切替と、高効率n型単結晶セル製品への設備投資により大幅に増加した³⁾。2021年の生産量、生産能力を表1に示す。

生産国・地域別では、中国がセルで前年比47%増の198GW、モジュールで同46%増の182GWを生産し、図6に示すように世界全体の約8割を占めた³⁾。中国の占有率は、前年から増加した。中国太陽光発電産業協会(CPIA)によると、中国の2022年上期における太陽電池モジュール生産量は前年同期比54.1%増の123.6GWとなっており更に増産が続いている。中国以外ではマレーシアやベトナムなど東南アジアのほか、国内生産支援政策を実施しているインドで生産量と生産能力が増加した。

太陽電池種類別では、図7に示すように単結晶シリコン製品の生産量が同47%増の215GWに増加、シェアは前年の82%から89%に増加した。多結晶シリコンも含む結晶シリコンのシェアは97%であった。薄膜太陽電池のシェアは、CdTe太陽電池が3.3%、CIGS太陽電池が0.1%であった³⁾。

2021年には、太陽光発電市場は成長を続けたが、ポリシリコン、ガラス、さらにアルミニウムの価格が高騰し、太陽電池モジュールの末端価格に影響を及ぼした。太陽光発電の開発事業者は契約取り消しや価格高騰といった影響を受け、その結果、地域によっては、市場成長が鈍化した可能性がある。また2021年には新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の地球規模での拡大の影響で発生した輸送コストの上昇

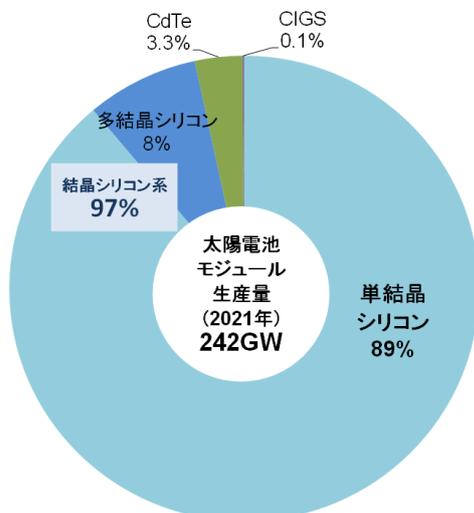


図7 太陽電池モジュール技術別生産量 (2021年)

は、太陽電池製品のさらなる価格上昇を招いた。ただし、エネルギー・コスト、特に化石燃料による電力価格が上昇し、多くの国で太陽光発電の競争力が高まる結果となった。

4. 太陽光発電の長期導入予測と課題

国際エネルギー機関(IEA)は、年間報告書「World Energy Outlook (WEO) 2021」を発刊した⁴⁾。この報告書においてIEAは、太陽光発電の2030年までの累積導入量の見通しを分析している。太陽光発電システムの累積導入量は、2030年には、国が決定する貢献(NDCs)やネットゼロ目標を含め、世界各国の政府が約束した内容を期限までに完全に達成するシナリオであるAPSシナリオでは、3,063GWへ増加すると分析している。世界のエネルギー分野が2050年までにCO₂排出量ネットゼロを達成するロードマップを設定するシナリオである、NZEシナリオでは4,956GWが導入されると見通している。このシナリオにおいては、エネルギー転換が進み、電力の需要が増加するため、より多くの発電容量が必要とされる。IEAは、2030年には世界全体で14.9TWの発電容量が必要で、その30%弱を太陽光発電と風力発電が賄う必要があるとしている。太陽光発電は、過去に発刊されたIEAによるWEOの予測を上回る速度で導入されており、今後電化が進展すると太陽光発電はさらに世界のエネルギーミックスに貢献する可能性が見通される。ただし、①コスト低減、②土地制約、③一体型製品の開発、④持続可能性の確保、⑤システムインテグレーション、⑥サプライチェーンのリスク回避をはじめとした課題の克服が太陽光発電のさらなる普及には必要である⁵⁾。

コスト低減については、太陽電池デバイスからシステムまで各段階での継続的な取り組みが必要である。太陽電池モジュールについては、変換効率と出力の向上、長期信頼性の確保、銀材料をはじめとした材料使用量の低減や代替が必要である。システムレベルでは、インバータや架台、周辺機器といったハードウェアのみならず設計から施工、系統連系といった段階でのソフトコストの低減、工期短縮につながる取り組みが重要である。維持管理についてもICTやAIを利用したスマート化が求められる。

土地制約の克服は、世界的な課題であるが、太陽電池モジュールの変換効率と出力の向上による利用面積の縮小が期待される。水上型、営農型、インフラ設備への導入など空間のデュアルユースが進展さ

せることも必要である。

太陽光発電応用の多様化にも対応していくことが必要であり、建材一体型（BIPV）、車載（VIPV）、製品一体型（PIPV）等の開発及び普及に必要な標準化の取組みも加速するべきである。

太陽光発電の持続可能性を担保することも今後、一層重要となる。使用済みの太陽電池モジュールのリサイクル、資源制約のない材料の使用のみならず、製造時のカーボンフットプリントにも配慮すべきである。

太陽光発電と風力発電が今後の脱炭素の流れのなかで導入量が増加していくのは間違いないが、システムインテグレーションも大きな課題である。周波数低減及びピークカット、ピークシフトやデマンドレスポンスに対応するために蓄電池との併用が必要となり、蓄電池の普及拡大も待たれている。システムの安定化については蓄電池だけでなく、様々な資源を活用して対応する必要がある、システム安定化に寄与するグリッドフォーミングインバータ、発電量予測精度の向上、デジタル技術の活用がはじまりつつある。同時にサイバーセキュリティへの対応も必要となろう。長期的エネルギーストレージや水素によるエネルギー貯蔵によるシステム安定化も長期的な視野では必要となってくる。

さらに、最近では、太陽電池のサプライチェーンのリスク回避の必要性が注視されている。IEAは、太陽電池の生産が特定の地域・企業に集中することは世界のサプライチェーンにとってかなりの脆弱性を意味するとの懸念を2022年7月に太陽電池のサプライチェーンに関する報告書「Solar PV Global Supply Chains」⁶⁾において表明した。中国は2011年以来、太陽電池のサプライチェーン構築に欧州の10倍以上となる500億ドルを投じてきた。その結果、太陽電池サプライチェーンにおける中国のシェアはポリシリコンから太陽電池モジュールまで、全て80%を超える状況になっている。世界が温室効果ガス排出量ネットゼロを実現するためには、世界の太陽光発電システム年間導入量を2030年までに600GW以上へ引き上げる必要がある、太陽電池製品の生産能力を現状の2倍にしたうえで、太陽電池サプライチェーン全体の多様性や持続可能性を確保する必要があるとしている。IEAは、各国政府はクリーンエネルギーへの転換を進める上で、サプライチェーンの多様化を優先順位の上位に据え、金融政策や税制政策、研究開発への資金提供などにより、太陽電池産業への投資リスクを軽減すべきと提言し

ている。こうした状況のなかで、既にインド、欧州、米国では需要地での太陽電池製造産業の再構築の取り組みを強化している状況である。我が国においては、第6次エネルギー基本計画においては、太陽光発電が再生可能エネルギーの中で最も導入が期待されており、今後の太陽電池調達戦略の立案が必要となると考えられる。

参考文献

- 1) IEA PVPS Task1, “Snapshot of Global PV Markets 2022”
- 2) IEA PVPS Task 1, “Trends in Photovoltaic applications”
- 3) 株式会社資源総合システム 太陽光発電マーケット2022～市場レビュー・ビジネスモデル・将来見通し～
- 4) IEA, “World Energy Outlook 2021”
- 5) M. Victoria, et. al., “Solar Photovoltaics is ready to power a sustainable future”, Joule 5, 1041-1056, May 19, 2021
- 6) IEA, “Special Report on Solar PV Global Supply Chain”

著者略歴



貝塚 泉（かいづか いずみ）

企画部長 首席研究員

太陽光発電の市場、政策、産業、ビジネスモデルの分析を専門としており、特に海外の再生可能エネルギーの動向に精通している。国際エネルギー機関・太陽光発電システム研究協力プログラム（IEA PVPS）におけるStrategic PV Analysis & Outreach部会の副代表及び日本代表を務める。同部会が刊行するTrends in Photovoltaic Applicationsの著者の一人でもある。JEMA太陽光発電システム標準化総合委員会・委員長、日本太陽光発電学会の理事も務める。2017年11月には、太陽光発電国際会議「特別賞」を受賞。「太陽光発電により持続可能な未来を創る」ことを心に描いて日々努めている。



栗原 理砂（くりはら りさ）
調査事業部長 上席研究員

シリコン原料から太陽電池モジュールまでの太陽電池バリューチェーンを中心とした調査分析を主導しており、川上セクターの研究開発から製造技術、市場、企業動向に関わるコンサルティングに携わる。とくに太陽電池や材料の生産量見通しの分析が得意分野である。官公庁向け太陽光発電関連調査では、セル構造や材料の技術動向に関する調査を長年実施。「テクノロジーによる気候変動問題解決を」との思いで日々業務に取り組んでいる。



宮崎 京子（みやざき きょうこ）
調査事業部 海外グループ 主任研究員

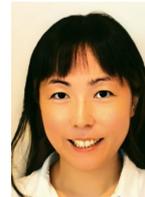
日本の太陽光発電動向を世界に向けて発信する役割を担っており、英文月刊レポート「PV Activities in Japan and Global PV Highlights」の編集責任者を務めている。海外企業の日本進出及び日本法人におけるコミュニケーションも支援しており、技術文書からプレスリリースまで各種翻訳・通訳を実施している。さらに、海外の動向を日本に向けて発信する業務も担う。「PV for Everyone」の心で、日本での事業展開にとっ

て重要なコミュニケーションの側面から、グローバル企業を支援している。



岡崎 順子（おかざき じゅんこ）
調査事業部 海外グループ 主任研究員

中国をはじめとした海外の太陽光発電普及政策や産業動向等の調査・分析を担当している。太陽電池生産量、導入量ともに世界第1位である中国の動向は国内外（または海外市場のみならず我が国の）太陽光発電市場にも大きな影響を与えることから、中国の最新動向を常に追いかけて、世界へ波及する流れをいち早く分析してお届けしたいとの思いで業務に取り組んでいる。



村田 安輝子（むらた あきこ）
調査事業部 海外グループ 副主任研究員

海外の太陽光発電普及政策や産業動向等の調査・分析を担当している。IEA PVPS 国際協力活動に携わるほか、英文月刊レポート「PV Activities in Japan and Global PV Highlights」を通して、日本の情報を海外に発信する役割も担っている。