

中国における太陽光発電の現状と将来展望

Present status and future prospect of solar power generation in China

車 孝軒^{*1}・谷 辰夫^{*2}

Abstract

This paper expounds China's rapid economic development, energy demand and environmental protection, explains in detail the goal of China's transformation from fossil energy to green energy, emphasizes the necessity of using and promoting solar power generation, and finally introduces the current situation and prospect of solar power generation in China.

Keywords: Goal of green energy, Solar power generation, Cost down, Panda power plant.

キーワード: グリーンエネルギー転換目標, 太陽光発電, コストダウン, パンダ太陽光発電所

1. はじめに

中国は人口が多く、経済発展が高速で、エネルギーに対する需要が著しく増加している。しかし、石油、石炭など化石エネルギーの大量消費により、採掘可能な化石エネルギーが減少し、二酸化炭素温室効果ガスが大量に排出されている。エネルギー問題と環境問題が特に際立っており、持続可能な発展に大きな影響を及ぼしている。

経済発展、エネルギー不足、環境汚染などの問題を解決するため、中国は2030年までに「炭素ピーク」

を実現し、2060年までに「カーボンニュートラル」を実現する目標¹⁾を設定した。この目標を実現するために、太陽エネルギーを含む再生可能エネルギーを大いに利用し、普及させている。その中で太陽光発電はすでに中国で大いに利用され、急速に拡大している。本文は主に中国の太陽光発電の現状と将来展望について紹介する。

2. 中国のエネルギー不足と環境問題

2.1 エネルギー不足

図1は世界人口、エネルギー消費量及び電力消費量²⁻³⁾を示す。1980年から2020年までの40年間、世界人口は44.5億から76億に約1.7倍増加した。世界の一次エネルギー消費量（億トン石油換算）は66億トンから151億トンに約2.3倍増えた。電力消費量は6.81 TWhから23.1 TWhに約3.4倍増加し、今後も増え続けることが予想される。

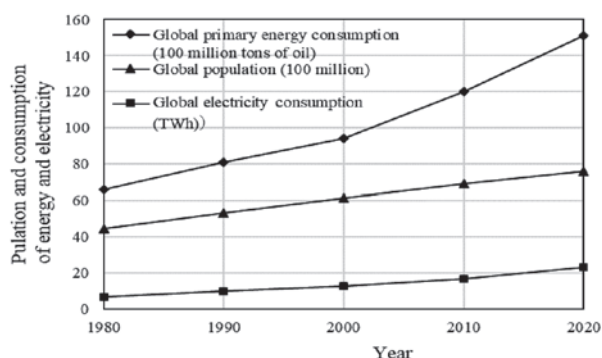


Fig.1 Global population, primary energy and electricity consumption

*1 元武漢大学 教授 元東京都立大学 特任教授
東京理科大学 非常勤講師
(〒162-8601 東京都新宿区神楽坂 1-3)
e-mail: sha@rs.tus.ac.jp

*2 東京理科大学 名誉教授
自然エネルギーをすすめる我孫子の会 会長
日本太陽エネルギー学会 フェロー

図2は石油、石炭及び天然ガスの可採年数⁴⁾において、世界と中国との比較図を示している。世界では石油が50.7年、石炭が114年、天然ガスが52.8年である。中国では石油が11.7年、石炭が31年、天然ガスが27.8年である。中国の可採年数は世界と比べて、その比率は石油が23.08%、石炭が27.19%、天然ガスが52.65%である。この図に示したように、あと約30年で中国のエネルギー資源は枯渇の境地に直面し、エネルギー不足であることがよく分かる。

2.2 環境問題

地球温暖化の主な原因は、人間活動による温室効果ガスの増加である。いま世界中の国が太陽光発電を含む再生可能エネルギー発電を推進している一番の理由は、地球温暖化対策である。今のまま化石燃料（石炭、石油、天然ガス）を使い続け、二酸化炭素の排出を抑制しなければ、地球環境は破壊され、異常気象の頻発、洪水、干ばつ、食糧不足、地球環境など甚大な影響を及ぼすと考えられている。

2.2.1 世界平均気温の上昇

パリ協定の目標は、「世界の平均気温上昇を産業革命前に比べ2℃より十分に低く保つと共に、1.5℃におさえる努力をする。」であるが、図3は1850-1900年を基準とした世界平均気温の変化(℃)(IPCC WG1 AR6 Figure SPM.1b 気象庁暫定訳より)⁵⁾を示している。産業革命前に比べ(2011～2020年の平均)

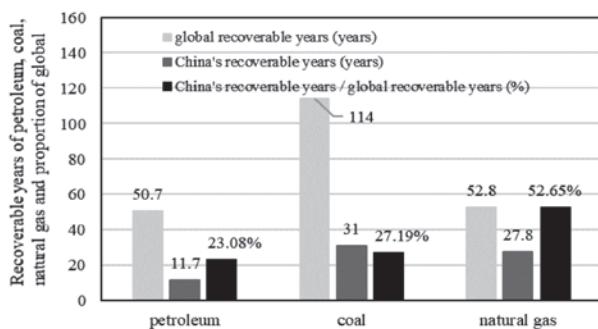


Fig.2 China's recoverable years of petroleum, coal, natural gas and proportion of global

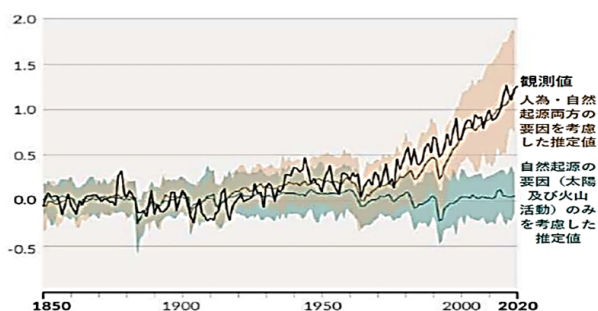


Fig.3 Global mean temperature rise

すでに1.09℃上昇、2040年まで1.5℃上昇可能性、2300年には海面水位が15m上昇する可能性があるとして予測している。

2.2.2 世界のCO₂濃度が増加しつつある

図4は世界CO₂濃度⁶⁾を示す。2000年は369.4ppmだったが、2020年には412ppmまで上昇し、42.6ppm増え、11.5%増加した。同図から世界CO₂濃度は直線的に上昇していることが分かる。

中国は世界最大の発電設備容量を有するが、一次エネルギー消費量と電力消費量も最も多く、世界第1位の石炭輸入国である。中国2020年の二酸化炭素排出量は約100億トン、発電と暖房は50億トン、製造と建築は30億トン、交通は10億トン、その他は10億トンで、1人当たりの排出量は約7トンである。2030年の「炭素ピーク」時には年間110億トンが排出され、世界の排出量の約3分の1を占めている。また、石油の対外依存度は70%を超え、天然ガスのこの値は約45%となっている。その結果、2007年から温室効果ガス排出量も世界最多となり、深刻なエネルギー不足と環境汚染に直面している。中国は今後20～30年以内にエネルギーの転換と環境問題を解決する必要がある。そのためには太陽光発電など再生可能エネルギーを発展させることは極めて重要である。

3. 中国の太陽光発電の現状

3.1 中国の太陽光発電の経緯

1959年、中国科学院半導体研究所は初めて太陽電池を開発製造した。1971年中国製太陽電池を宇宙で実用した(実践一号)。1973年中国製太陽電池を地上で実用した(天津港標識灯)。1979年中国太陽エネルギー学会が西安で設立された。1999年河北省保定市で中国初の3MW太陽電池製造ラインが建設された。2001年無錫尚徳会社は中国初の10MW太陽電池製造ラインを建設した。2007年太

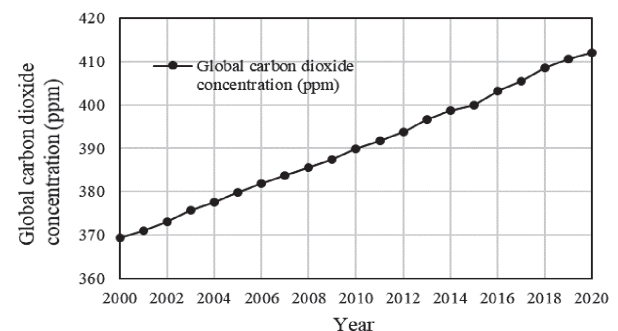


Fig.4 Global carbon dioxide concentration

陽電池年生産量が1GWを超え、生産量は世界一になった。2011年太陽電池年間設置容量（導入量）が欧州を超え、世界一になった。2013年太陽電池総設置容量がドイツと日本を超え、世界一になった。2021年最低売電価格は0.3人民元/kWh（5.3円/kWh）だった。（レートは1人民元=17.75円とする）。2021年太陽光発電コストは火力発電より低く、低価格時代を迎えている。

3.2 中国の大手太陽電池メーカー

2019年中国上位の太陽電池メーカーは5社ある。1位はJinko Solar（晶科）（ジンコソーラー）、主に単結晶太陽電池、多結晶太陽電池を製造し、2019年の出荷量は14.2GWである。2位はJA Solar（晶澳）（JAソーラー）、主に単結晶太陽電池、多結晶太陽電池を製造し、出荷量は10.3GWである。3位はTrina Solar（天合）（トリナソーラー）、主に多結晶太陽電池を製造し、出荷量は9.7GWである。4位はLONGi Solar（隆基）（ロンギソーラー）、単結晶太陽電池を製造し、変換効率が世界一、出荷量は9.0GWである。5位はCanadian Solar（阿斯特）（カナディアンソーラー）、主に多結晶太陽電池を製造し、出荷量は8.5GWである。5社の出荷量合計はグローバル市場の過半を占める。

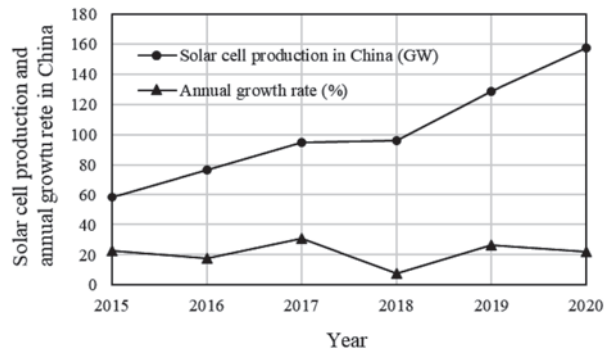


Fig.5 Solar cell production and growth rate in China

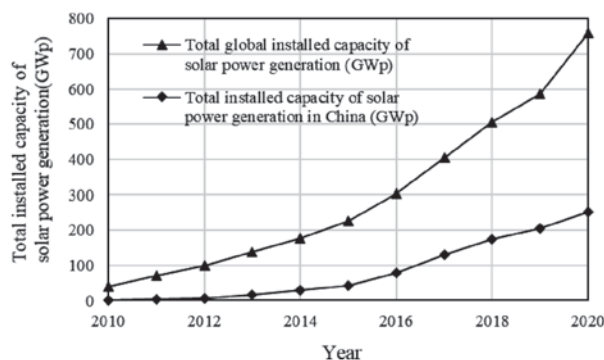


Fig.6 Total installed capacity of solar power generation in the world and China

また、2020年中国のグローバル市場占有率（市場シェア）については、太陽電池モジュールは75.1%、太陽光発電所は82.5%、単結晶太陽電池は90%、多結晶太陽電池は80%、平均市場占有率は83.8%であった。

3.3 中国の太陽電池生産量

図5は2015年から2020年までの中国の太陽電池生産量と成長率⁴⁾を示す。2015年の太陽電池生産量は58.63GW、2020年には157.29GWになり、5年で2.68倍増加した。2020年太陽電池生産量の成長率は前年比22.3%で、近年の年平均成長率は21.3%である。また、近年海外工場の建設が加速し、海外生産能力を増加させ、2020年末海外での生産能力は20GWを超える規模となった。

3.4 中国の太陽光発電総設備容量

太陽光発電は世界で急速に普及している。図6は世界と中国の太陽光発電総設備容量⁴⁾を示す。2020年末現在、世界の太陽光発電総設備容量は760GWに達し、そのうち、中国は254.35GWで、世界の総設備容量の33.5%を占め、世界の第1位である。

2020年末中国の太陽光発電総設備容量は254GW、全国の電力総設備容量の12%を占める。総発電量は285TWhで、全国の総発電量の3.5%であった。2013年から中国は世界最大の太陽光発電市場になった。

3.5 コストダウン

太陽光発電用太陽電池の重要な課題のひとつはコストと言われている。図7は2008年～2020年間の中国製太陽光発電システム価格、太陽電池モジュール価格および売電価格⁴⁾を示す。2008年と比べて2020年のシステム価格は93%、モジュール価格は94.8%、売電価格は90%減少していることが分かる。2020年の入札売電価格は4.1円/kWhで、売電価格は6.2円/kWhであった。

また、太陽光発電の年間生産高は約9兆円、その

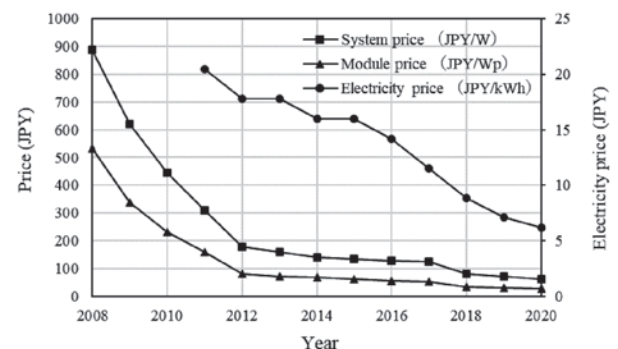


Fig.7 Price of system, module and electricity

うち、輸出は2.3兆円となっている。さらに、国内の就業人口は250万人であった。このように太陽光発電の世界的な市場占有率を大きく伸ばし、中国では太陽光発電は極めて重要な産業になっている。

3.6 中国の太陽電池の変換効率

太陽電池のもう一つの重要な課題は変換効率である。2020年の中国製結晶系太陽電池は太陽電池全体の90%以上を占める。単結晶シリコン太陽電池変換効率では、セルが27.6%、モジュールが22%である。多結晶シリコン太陽電池の変換効率では、セルが22.3%、モジュールが20%以上である。薄膜太陽電池の変換効率において、GaAs（ヒカガリウム）太陽電池セルの変換効率が29.1%、モジュールが25.1%である。CdTe（テルル化カドミウム）太陽電池セルの変換効率が22.1%、モジュールが14.5%である。アモルファスシリコン薄膜太陽電池セルの変換効率が14.0%、モジュールが10%である。CIGS薄膜太陽電池セルの変換効率が22.9%、モジュールが18.7%であった。

4. 中国の太陽光発電の将来展望

前に述べたように、中国は今後20～30年以内にエネルギーの転換と環境問題を解決する必要がある。そのためには太陽光発電など再生可能エネルギーを発展させることは極めて重要である。エネルギーの転換とは、石油や石炭など化石エネルギーの使用量を削減し、太陽光発電など再生可能エネルギーの利用を増し、CO₂排出量を減少することである。

4.1 国家エネルギーの転換目標

中国の高速経済発展に伴い、エネルギー需要や環境破壊など問題に直面しているため、化石エネルギーからグリーンエネルギーへ転換しなければならない。主な国家エネルギー転換目標⁷⁾は次の通りである。

- (1) 2020年全国非化石エネルギー発電総設備容量は約900GWで、全国発電総設備容量に占める割合は42%に上昇した。2025年全国非化石エネルギー発電総設備容量は1300GWに達し、全国発電総設備容量に占める割合は52%にする。
- (2) 2020年のエネルギー消費総量に占める太陽光発電含む非化石エネルギーの割合を15%から2030年の20%を実現する。
- (3) 2020年石炭消費量、2025年エネルギー消費量、2030年CO₂排出量はそれぞれピークに達し、2060年「カーボンニュートラル」を実現する。中国では、「炭素ピーク」と「カーボンニュート

ラル」の目標を「双炭素目標」と呼ぶ。

- (4) 2050年には再生可能エネルギー消費総量を1次エネルギー消費総量の60%にする。また、再生可能エネルギー電力を全国の総電力需要の88%にする。さらに、エネルギー総量に占める電力消費量の比率を、現在の約30%から60%以上にする。
- (5) また、2021年中国は一連の太陽光発電の政策を打ち出し、双炭素目標計画、十四五電力計画（2021～2025年）、県全体の太陽光発電の推進、金融支援、風力発電と太陽光発電の大基地建設、エネルギー貯蔵などを行う。これらの政策を実施することにより、中国の未来太陽光発電産業はより大きな発展を遂げる。

4.2 中国未来の太陽光発電計画

「中国再生可能エネルギー展望2018」⁸⁾により作成した表1に総設備容量、発電量および比率などを示している。2020年末太陽光発電総設備容量は254GWで全国の電力総設備容量2122GWの12%を占める。2050年中国の太陽光発電総設置容量は2157GWで、全国の電力総設備容量5626GWの38.3%になると予想する。また、2050年の太陽光発電量比率は2020年の3.5%から19.3%に上がる。化石燃料の総発電量が全国の総発電量に占める割合は2020年の67.2%から2050年の14%に下がる。

中国「十四五電力計画」⁹⁾により、2021年の太陽光発電総設備容量は306GWに達した。2022年の新規設備容量が75～90GW、2021～2025年には新規設備容量年平均は83.99GWに導入し、2025年の太陽光発電総設備容量は561GWになると予想している。そのうち、集中式は381GWで、分散式は180GWで、分散式太陽光発電総設備容量は総設備容量の32%を占める。

4.3 太陽電池と周辺機器の将来展望

4.3.1 高性能太陽電池の開発

結晶系太陽電池はP型とN型に分けられる。P

Table1 Installed capacity and power generation in China

Year	2018	2020	2035	2050
(A) National installed capacity of electric power (GW)	1899.7	2122	4256	5626
(B) National power generation (TWh)	6990	8065	11824	13848
(C) Total installed capacity of solar power generation (GW)	175	254	1486	2157
(C)/(A) (%)	9.2	12	34.9	38.3
(D) Total solar power generation (TWh)	177.5	285	1836	2672
(D)/(B) (%)	2.5	3.5	15.5	19.3
(E) Total installed capacity of fossil fuel power generation (GW)	1143.7	1215	970	622
(E)/(A) (%)	60.2	57.3	22.8	11.1
(F) Total fossil fuel power generation (TWh)	4923.1	5417	4058	1944
(F)/(B) (%)	70.4	67.2	34.3	14

型単結晶シリコン PERC 太陽電池の理論変換効率限界は 24.5% であるため、変換効率の大幅な向上は難しい。また、P 型シリコンを基板とした太陽電池による光減衰現象を徹底的に解決することができず、これらの要因により、P 型シリコン太陽電池のさらなる発展は困難である。従来の P 型結晶太陽電池と比較して、N 型太陽電池は変換効率が高く、温度係数が低く、光減衰がなく、弱い光効果がよく、キャリア寿命が長いなどの利点があり、N 型太陽電池は明らかな優位性を持っている。

2022 年、N 型太陽電池の生産能力と出荷量が加速上昇、トップ企業の 10 GW 級生産量の出現に伴い、N 型太陽電池の時代が幕を開け、太陽電池業界の新たな技術革新や実験室効率競争が激しく展開されると予想される。智通財経 APP¹⁰⁾ によると、トリナ・ソーラー・ジャパン株式会社（本社江蘇省常州市、1997 年創立）は 210 mm × 210 mm の N 型単結晶シリコン i-TOPCom 太陽電池セルを開発し、最高変換効率は 25.5% で、大面積量産化 N 型単結晶シリコン i-TOPCom 太陽電池の世界最高変換効率記録を樹立した。

TOPCon（Tunnel Oxide Passivated Contact）は、量産型トンネル酸化膜パッシベーションコンタクトのことである。現在、N 型 TOPCon 太陽電池は HJT（Heterojunction Technology、超高効率ヘテロ結合技術）の量産速度より速く、規模が大きい。また、理論変換効率の上限が高く、性能に優れている。実験室の変換効率は 25% 以上を達成し、将来の見通しは明るい。

中国では、N 型、TOPCon 型、ペロブスカイト型など高性能、低コストの太陽電池開発に力を入れている。2022 年は N 型太陽電池のスタート加速元年となり、将来、効率、性能、品質、コストの面で業界をリードすると共に、「双炭素目標」の達成に貢献すると考えられる。

4.3.2 太陽電池モジュールの大型化

太陽電池の変換効率を高め、コストを低減し、太陽光発電を普及させるためには、太陽電池モジュールの大型化が極めて重要である。トリナ・ソーラー・ジャパン株式会社は世界最大出力の太陽電池モジュール Vertex（バーテックス）660W + を開発した。このモジュールの公称最大出力は 660W で、変換効率は 21.7% である。図 8 は Vertex（バーテックス）660W + 太陽電池モジュール¹¹⁾の外観である。

通常のコモジュールの公称最大出力は 200W 程度で、トリナ会社の製品は 3 倍以上である。

Vertex210mm 単結晶シリコンセル（66 セル）を採用する製品群には、400W、500W、550W、600W、660W の 5 つのシリーズがある。家庭用、商業用、産業用、発電所用、農業用を含む、あらゆる用途に適応するものである。

4.3.3 周辺機器の高性能化と小型化

太陽光発電システムは主に太陽電池やパワーコンディショナーなど周辺機器から構成される。システム全体の性能を向上させ、コストを低減するためには、太陽電池のほか、特に軽量、高性能、低コストのパワーコンディショナーの開発や使用が重要である。

パワーコンディショナーは太陽光発電の核心設備であり、その主な機能は太陽電池で発生した直流電力を交流電力に変換し、電力網へ連系することである。また、情報収集、発電所監視、人工対話などのインテリジェント化応用の需要も担っている。

ファーウェイ（HUAWEI）技術有限公司は住宅用、産業用に適用したスマートパワーコンディショナーシリーズ製品を開発した。図 9 はファーウェイが開発した産業用 SUN2000-125KTL-M0 スマートパワーコンディショナー¹²⁾の外観である。この設備の最高変換効率は 99.0%、定格出力は 125kW、定格入力電圧は 750V、入力回路数は 20、MPPT 回路数は 10、サイズは 1035 × 700 × 365mm で、重量は 81 kg（支持材を含む）である。この設備の大きな特徴は軽量、低コスト、高性能であり、電力会社と電力消費者の間で情報交換や電力需給調整などができる。

2016 ～ 2020 年中国メーカーは着実に世界のパワーコンディショナー市場を占めた。2020 年の世界の 10 大パワーコンディショナーメーカーの中で、中国メーカーは 6 社を占める。パワーコンディショナー生産量は、ファーウェイ、陽光電源、古瑞瓦特、



Fig.8 Appearance of Vertex660w + solar module

錦浪科技、上能電気と固徳威を含め、合計で60%を超えた。このうち、ファーウェイの市場占有率は約23%で、首位を占め、陽光電源は19%を占め、前年同期より小幅に上昇した。

4.4 太陽光発電システムの将来展望

4.4.1 太陽光発電システムの大型化

現在、中国で建設中の太陽光発電システムは主に大型太陽光発電所（集中式）と分散式太陽光発電所である。大型太陽光発電所の建設には広い土地面積が必要であるため、主に新疆や青海など西部地区の砂漠、草原などで建設されている。大型太陽光発電所の建設はコストを減らし、大量の電気エネルギーを発生させ、巨大な電気エネルギーを高圧直流送電を通じて中、東部の大都市に送電する。

現在、世界最大規模の太陽光発電所は青海省にある。図10は青海省に導入した世界最大規模の太陽光発電所¹³⁾を示す。設備容量は2.2GW、太陽電池モジュール数は700万枚を超え、価格は約25円/Wである。

2020年末現在、青海省の太陽光発電総設備容量は16GWで、全省の総発電設備の3割以上を占め、依然として急速に増加している。大規模な太陽光発電所の建設では、コストも下がっているため、2021年から青海省内のすべての新しい太陽光発電プロジェクトは基本的に補助金を廃止し、低価格時代に入った。業界の専門家は太陽エネルギー発電コストをさらに50%削減する可能性があるかと予測している。

4.4.2 分散式太陽光発電システムの普及

中国国家エネルギー局の報告によると、2021年末現在、太陽光発電総設備容量は306GWに達し、9年連続で世界トップを保持している。そのうち集中式設備容量は198.47GWで、分散式は107.5GWで、分散式は全太陽光発電設備容量の35%を占めてい

る。

2021年の太陽光発電設備容量が約54.88GW増加し、9年連続で世界トップである。そのうち分散式太陽光発電設備容量は29.27GWで、53.33%を占めている。集中式設備容量は25.6GW新設し、46.64%を占めた。太陽光発電の集中式と分散式が並行する発展傾向が明らかになった。

分散式太陽光発電の年新增容量の中で、住宅用太陽光発電容量は2020年初めて10GWを超えた後、2021年には20GWを超えた。住宅用太陽光発電はすでに「双炭素目標」と農村振興戦略目標を実現する重要な力となっている。

分散式太陽光発電システムは住宅用と工業用に分けることができ、銀行ローンを利用して、屋根賃貸方式を採用することが多く、都市部では一般的に住宅、工場、工業施設、学校などの屋根を利用して太陽光発電システムを設置するが、農村部では住宅の屋根や学校などの屋根のほか、宅地や遊休地などを利用して太陽光発電システムを設置することができる。

2021年6月国家エネルギー局は県全体の分散式太陽光発電推進活動を正式にスタートさせた。県全体（市、区）の屋根分散式太陽光発電の建設を展開するメリットは、資源の統合と集約開発の実現、電力ピーク負荷の削減、配電網投資の節約と最適化、住民のグリーンエネルギー消費の誘導などであり、「双炭素目標」と農村振興目標など大国家戦略を実現する重要な措置である。

県全体の分散式太陽光発電を推進することにより、太陽光発電システムを設置する時、屋根面積を十分に利用すべきで、その目標は政府が所有する建築屋根総面積の50%、学校、病院などの40%、工業などの30%、農村住民の屋根の20%である。



Fig.9 Appearance of SUN2000-125KTL-M0 smart power conditioner



Fig.10 The world's largest solar power station in Qinghai province

4.4.3 建材一体型太陽光発電システムの普及

太陽電池と建材の結合方式によって、一般的に建物据付型太陽光発電（BAPV）と建材一体型太陽光発電（BIPV）の2種類に分かれる。BAPVは構造が簡単で、既存の建材改造が便利で、迅速に普及することができる。実際の発電量が高く、運営コストも低く、使用寿命も長いBIPVは未来の主流になる。

現在、中国では建築のエネルギー消費総量は21.47億tce（標準炭換算トン）で、全国のエネルギー消費総量の46.5%を占める。自産自消モデルのBIPVを使用することで、伝統的な化石エネルギー電気の代わりにグリーンエネルギー電気を使うことができるだけでなく、「建材一体型」の「炭素を下げる」機能を発揮することができる。

中国の住宅と都市農村建設部（中国の「部」は日本の「省」に相当する）は、効率的なスマート建材一体型太陽光発電システムを導入することにより、2025年までに、全国の新設建材一体型太陽光発電設備容量を50GW以上導入し、都市と農村部の建築に再生可能エネルギーの代替率を8%に実現し、建築エネルギー消費における電力消費の割合を55%以上にすることを目標している。

4.4.4 水光ハイブリット発電システム

中国は多能相互補完一体化と総合エネルギーサービスの発展を推進している。風力発電、太陽光発電、水力発電、火力発電とエネルギー貯蔵（風光水火儲）を核心とするエネルギー多種類協同開発促進メカニズムを推進する。

太陽光発電、風力発電などの発電出力は間欠式エネルギーであるため、その発電出力は時刻、季節、気候などによって大きく変化する。さらに西部の青海省の余剰電力を中、東部の大都市に送電する場合、送電電圧や送電電力量に大きな変動が発生し、不安定をもたらす、電力品質に深刻な影響を及ぼす。こ

れらの問題を解決するために、水光ハイブリット発電方式を採用した。

青海省海南州共和県にある共和太陽光発電所と龍羊峽水力発電所からなる水光ハイブリット発電が設置された。太陽光発電所設備容量が1GWで、龍羊峽水力発電所との距離が40kmで、水力発電所制御室内のコンピュータの人工知能制御を通じて電気エネルギーの水光相互補完し、安定送電を実現した。

図11は水光ハイブリット発電を制御、調節するコンピュータの出力画面¹⁴⁾である。昼間は太陽光発電が多く発電させ、水力発電の発電量を減らし、夜間は太陽光発電ができないため、水力発電ができるだけ多く発電することで、水光ハイブリット発電は送電電力量を一定に保ち、太陽光発電の出力変動を抑制する効果もある。また、余剰電力も活用できる。

4.4.5 余剰電力のHVDC長距離送電システム

2020年5月、青海省全省は31日間連続でクリーンエネルギーで電力を供給し、化石燃料による電力供給がゼロだった。2020年青海省のクリーンエネルギー発電量は84.7TWhに達し、全省総発電量の88%を占めた。省内でクリーンエネルギーを消費するほか、東部の江蘇省、中部の河南省などへ太陽光発電や風力発電の余剰電力を高圧直流送電（HVDC）で送電することができた。長さ約1586kmの青海-河南±800kVの世界最高直流電圧送電線を通じて、毎年河南省に40TWhのクリーン電力を輸送することができた。この輸送プロジェクトで青海省の余剰電力を中、東部の大都市圏に送電することにより、青海省の余剰電力問題を解決すると共に、中、東部の大都市の電力供給や環境を改善することができる。図12は青海-河南±800kV高圧直流送電用直流変換所¹⁵⁾の全貌である。

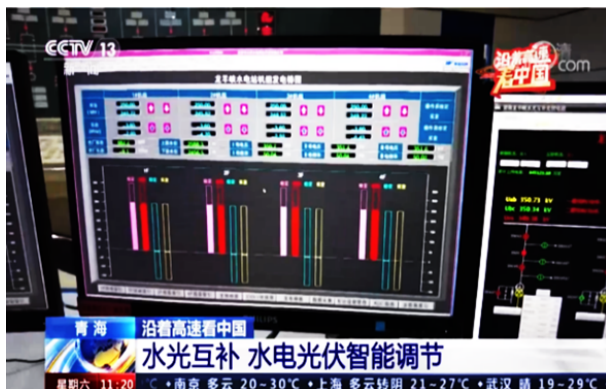


Fig.11 Hybrid generation of hydropower and solar power



Fig.12 Aspects of Qinghai-Henan ±800 kV HVDC converter

4.5 太陽光発電応用の将来展望

4.5.1 太陽光発電貧困扶助プロジェクトの推進

2014年中国は太陽光発電貧困扶助（光伏扶貧という）プロジェクトを実施した。「太陽光発電貧困扶助」とは、貧困村、貧困世帯、貧困人口向けに建設された分散式太陽光発電プロジェクトで、太陽光発電プロジェクトへの投資を借りて貧困地区を支援することである。

2021年3月末現在、累計26.36GWの太陽光発電貧困扶助発電所が建設され、6万近くの貧困村、415万世帯の貧困世帯に恩恵を与え、毎年発電収益3200億円を生み出し、125万人の就職を解決した。太陽光発電貧困扶助プロジェクトは地方経済の発展や貧困脱却に大いに貢献している。

浙江省杭州市臨安区太湖源鎮は太陽光発電の推進を加速させるため、「太陽光発電ローン」から「太陽光発電町」までの計画を実施した。図13は太湖源鎮の太陽光発電システム¹⁶⁾である。左下図の住宅は太陽光発電と太陽集熱器も併設して、電力と温水両方を利用している。

「太陽光発電ローン」を実施する目的は、太陽光発電を含む「グリーン電力供給」を推進し、臨安電力を「新エネルギー時代」に転換させることである。「太陽光発電ローン」とは、臨安電力会社と信用社が打ち出した融資業務である。お客様は分散式太陽光発電所を設置する費用が「太陽光発電ローン」で全額支払うことができる。設置後、太陽光発電による電力使用の便利さを享受できるほか、余剰電力は国家電力網会社に販売することができ、毎年国、省、市の補助金を得ることができる。発電収入は年ごとにローンを返済することができ、ローンを返済した後は自身にすべての収益が入る。

例えば、太湖源鎮の住民である王さんの家は3階建ての小さなビルで、屋根がすべて光伏瓦（建材一

体型モジュール）に改造された。改造費用は約71万円で、すべて「太陽光発電ローン」で前借りし、発電収益で太陽光発電ローンを返済し、投資リスクを回避した。王さんの住宅屋根に設置された太陽光発電システムは5kWで、年間発電量は6000kWh以上予定で、すべて売電すれば、発電収益は約10.65万円となり、約7～8年で太陽光発電ローンを返済することができる。その後、王さんは毎年発電収益を得ることができる。

太湖源鎮は浙江省が初めて建設した「太陽光発電町」の試験地の一つで、農家ごとに3kWの太陽光発電システムを設置し、平均日照時間によって1世帯当たりの年間発電量は約3600kWhで、年間7.1万円の収益を得る。現在太湖源鎮には500以上の農家が太陽光発電パネルを設置している。2020年末までに臨安区の太陽光発電設備容量は合計で0.13GWである。2025年までに累計導入量は0.55GWに達する予定で、そのうち、集中式太陽光発電は0.45GW、分散式太陽光発電は0.1GWである。

先に述べた王さんのビル屋根はすべて光伏瓦に改造された。光伏瓦というのは、建材一体型太陽電池モジュールのことである。中国では建材一体型モジュールや建材一体型太陽光発電システムも大量に導入している。これも中国の太陽光発電を大量に普及させることにつながっている。

4.5.2 光牧一体化

大型太陽光発電所は草原などの面積の大きい地表に建設されるが、太陽電池がその周辺の雑草など植物に良い成長の環境を提供するため、巨大な太陽光発電所には雑草が生え、人力で草取りに時間と労力がかかり、雑草の成長が多くの太陽光発電所の発電出力に影響を与える悩みに直面している。

現在、除草の主な手段として、除草剤を散布したり、人力で除草したりすることだが、除草効果は理



Fig.13 Solar power generation system of Taihuyuan Town



Fig.14 Integration of solar power generation and animal husbandry

想的ではない。あるエンジニアは、羊の群れを太陽光発電所に飼うことで、雑草を除去できるのではないかと考え、太陽光発電と牧業の一体化を発案した。図 14 は光牧一体化と呼び、太陽光発電と牧業の一体化¹⁷⁾を示す。この新しいアイデアにより、巨大な太陽光発電所において長年の悩みであった除草問題が羊の放牧によって解決された。

4.5.3 大型パンダ太陽光発電所と教育

図 15 は山西省大同市にある大型パンダ太陽光発電所¹⁸⁾を示す。系統設備容量は 0.1GW、25 年で発電量が 3.2TWh、CO₂削減量が 276 万トンになると予想されている。

この発電所¹⁸⁾の主な目的は、青少年の太陽エネルギー利用に対する興味と情熱を引き出し、より多くの学生や社会人に太陽光発電事業を理解し、参加させることである。また、この発電所には青少年センターが設置され、小中学生に太陽エネルギーの優位性や環境改善について学ぶことができる。図 16 に示すように、パンダの黒色部分は単結晶太陽電池、白色部分は薄膜太陽電池が使われている。

5. おわりに

中国は高性能、低コストの太陽電池やパワーコンディショナーなど設備の開発に力を入れている。ま



Fig.15 Large solar power station in Datong City

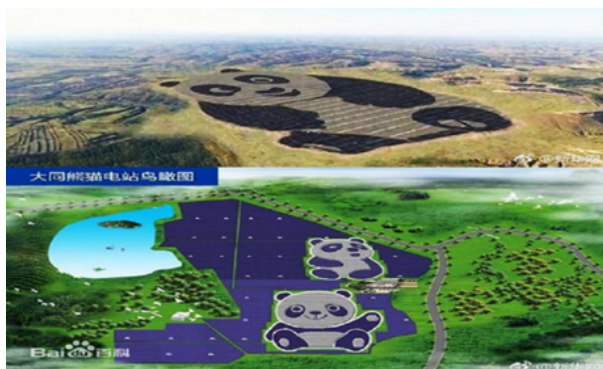


Fig.16 Large panda solar power station in Datong City

た、県全体の太陽光発電の推進、太陽光発電ローンなど多くの方法を通じて、太陽光発電システムを大量に設置している。太陽光発電の大量応用と普及に伴い、発電コストが著しく低下し、クリーンエネルギーが従来の化石エネルギーに代わり、二酸化炭素などの有害ガスの排出量を大幅に減少され、中国は、「双炭素目標」が実現可能と考えられる。

「十四五電力計画」によると、中国は、中国—ミャンマー—バングラデシュ、中国—ネパール、中国—韓国（日本）、中国—モンゴルなどの国際送電網を推進している。2025 年までに多国間直流送電工事 9 回 (back to bac を含む) を建設し、送電容量は約 27.75 GW を実現する。そのうち、中国—韓国（日本）多国間直流送電工事は直流送電電圧 ± 500 kV を採用し、送電容量は 2 GW である。

太陽光発電を含む再生可能エネルギー発電の大量応用と普及、国際送電網の建設に伴い、クリーンエネルギーは人類共に直面する経済発展、エネルギー不足および地球環境などの面で重要な役割を果たし、アジアと世界各国の人々に幸福をもたらすだろう。

参考文献

- 1) 「中華人民共和国国民経済と社会発展第 14 次 5 カ年計画と 2035 年遠景目標要綱」, 114-115 (2021). 人民出版社, 北京.
- 2) 濱川圭弘, 太陽電池, 4-5 (2004). コロナ社, 東京.
- 3) <https://wenku.baidu.com/view/bd76ee0068d97f192279168884868762caaebbca.html> (2022.3.22)
- 4) 王斯成, 「太陽光発電の発展現状と前景展望」, 中国アモイ大学化学工学部設立 100 周年講演資料, 18-19 (2021.4.5)
- 5) <https://www.eic.or.jp/library/pickup/282/> (2022.3.22)
- 6) <https://www.docin.com/p-2263713461.html> (2022.3.22)
- 7) <https://news.bjx.com.cn/html/20160608/740762-2.shtml> (2022.3.22)
- 8) 「中国再生可能エネルギー展望 2018」, 国家再生可能エネルギー, (2018.10)
<https://news.bjx.com.cn/html/20181023/935999-4.shtml> (2022.4.12)
- 9) 「十四五電力計画」, 25-26 (2020.7)
<http://www.360doc.com/content/21/1119/21/>

- 39233137_1005023006.shtml (2022.4.12)
- 10) [https://baijiahao.baidu.com/s?id = 1726909727543290473&wfr = spider&for = pc](https://baijiahao.baidu.com/s?id=1726909727543290473&wfr=spider&for=pc) (2022.4.13)
- 11) <https://www.trinasolar.com/cn/product> (2022.3.22)
- 12) <http://www.xhsolar88.com/gffdp/sun2000125.html> (2022.3.22)
- 13) <http://tv.cctv.com/2021/05/29/VIDEo6qGvoj9srT8zuD7SLn2210529.shtml> (2022.3.22)
- 14) <https://3g.163.com/dy/article/GBLDFR7Q0530U7LS.html> (2022.3.22)
- 15) [https://baijiahao.baidu.com/s?id = 1672277900347945338&wfr = spider&for = pc](https://baijiahao.baidu.com/s?id=1672277900347945338&wfr=spider&for=pc) (2022.3.22)
- 16) <https://www.china5e.com/news/news-939021-1.html> (2022.3.22)
- 17) [https://baijiahao.baidu.com/s?id = 1714425612991993841&wfr = spider&for = pc](https://baijiahao.baidu.com/s?id=1714425612991993841&wfr=spider&for=pc) (2022.3.22)
- 18) https://www.sohu.com/na/482031638_267106 (2022.3.22)