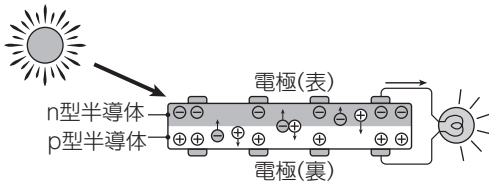


脱炭素化と太陽光発電

一般社団法人日本PVプランナー協会 常務理事・事務局長
大槻 浩之

1 太陽光発電システムの概要について

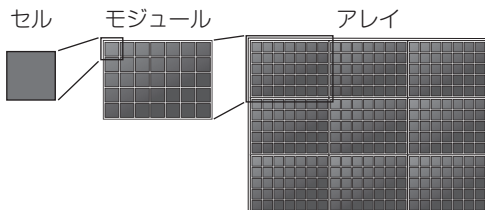
太陽光発電システムの中心は太陽電池である。太陽電池は太陽の光エネルギーを直接電気に変えるシリコンを主体とした半導体でできたエネルギー変換素子であり「電池」と呼ぶが、電気をためる機能はない。電気的な性質の異なる2種類（p型、n型）の半導体を重ね合わせた構造となっており、太陽の可視光線が当たると、電子（-）と正孔（+）が発生し、正孔（+）はp型半導体側（裏面）へ、電子（-）はn型半導体（表面）へ引き寄せられる。このため表面と裏面につけられた電極に負荷を繋ぐと電流が流れだす。



第1図⁽¹⁾

2 太陽光パネル（電池）の構成

- セル：約 18 cm 四方の、太陽電池の基本単位。
- モジュール：セルを第2図のように集合さ

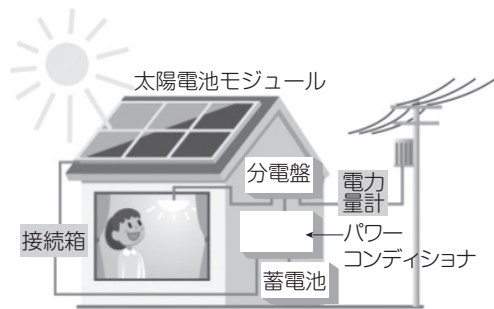


第2図

せガラス面や枠で囲い1枚にしたものをモジュール、またはパネルと呼ぶ。

- ・アレイ：パネルを直列に繋いだものをストリングスといい、複数のストリングスの集合体をアレイと呼ぶ。

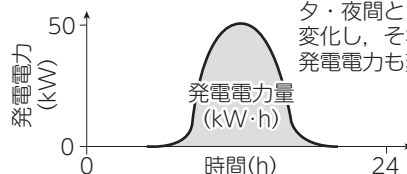
3 太陽光発電住宅用システム構成



第3図⁽²⁾

太陽光パネルは太陽の光が当たることで「直流」電気がつくられ、パワーコンディショナ（パワコン）によって「交流」電気に変換され、家庭内などの電気として使用される。太陽の光は、朝は東から夕方は西へと時間によって移動するため、パネルに当たる角度が正対に近い方がより発電するので朝の10時～夕方4時くらいが発電時間帯となる。

1日の発電量は？



1日の間で朝・昼・夕・夜間と日射量が変化し、それに伴い発電電力も変化する。

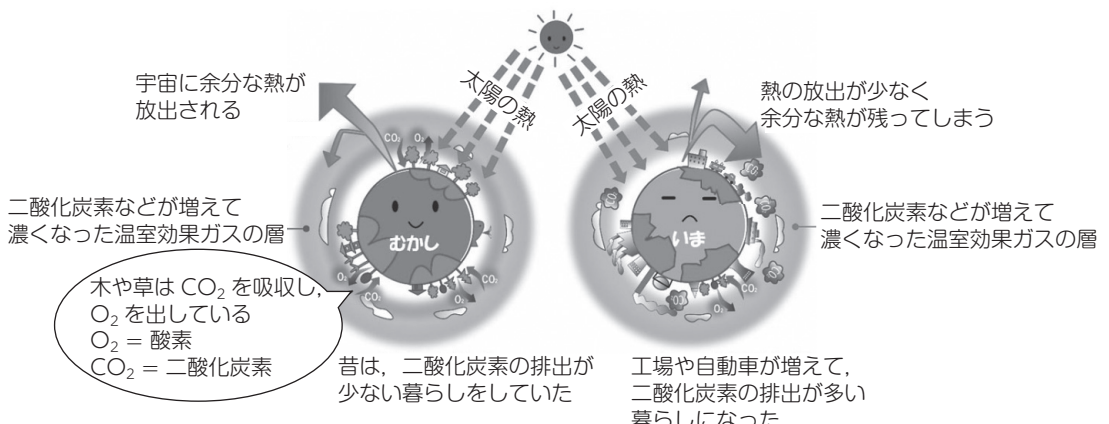
第4図⁽³⁾

第1表²⁾

太陽電池モジュール(パネル)	太陽の光エネルギーを電気に変換する装置。
接続箱	太陽電池モジュールからの直流配線を一本にまとめ、パワーコンディショナに送るための装置。
パワーコンディショナ	太陽電池モジュールで発電した直流電力を、家庭で使える交流電力に変換するための装置。 また、太陽光発電システムを設置している家庭が停電になると、システムは自動的に停止するが、太陽の出ている時間帯は発電することができるため、自立運転機能のスイッチを入れると、その電力を利用することができる。
分電盤	家の配線に電気を分ける装置。
電力量計	電力会社に売った電力や買った電力を計量するメータ。
蓄電池	電気をためる装置。 昼に太陽光発電システムで発電した電気をためて、夜に使うことで自家消費を増やしたり、夜にためた電気を昼に使うことでピーク電力を減らしたりできる。停電の際に、電気をためていれば夜でも電気を使うことができる。
発電量モニタ	発電量や消費電力量などを表示する装置。 電気の使用量が見えることで省エネ意識が芽生える。

4 地球温暖化と国の対策

地球の表面は太陽熱で温められ、余分な熱は宇宙に出ていくが、産業革命以降に大気中の二



第5図⁴⁾

酸化炭素などの排出が増えて温室効果を生み、大気の熱が宇宙に出ていないことで、気温が上がる「地球温暖化」をもたらしている。

そのため、わが国は二酸化炭素などの排出を止めるべく脱炭素社会を構築するために「2050年カーボンニュートラル」を宣言し実行している。

二酸化炭素 (CO₂) は人間のさまざまな活動

我が国の2050年カーボンニュートラル宣言・新たな2030年度目標

- 2020年10月26日、第203回臨時国会において、「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことが宣言された。
- 2021年4月22日、地球温暖化対策推進本部および米国主催気候サミットにおいて、2030年度に温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指すこと、さらに50%の高みに向け挑戦を続けること等を発言。

【第203回国会における所信表明演説】(2020年10月26日) (抜粋)

菅政権では、成長戦略の柱に経済と環境の好循環を掲げて、グリーン社会の実現に最大限注力して参ります。わが国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを、ここに宣言いたします。

【米国主催気候サミットにおけるスピーチ】(2021年4月22日) (抜粋)

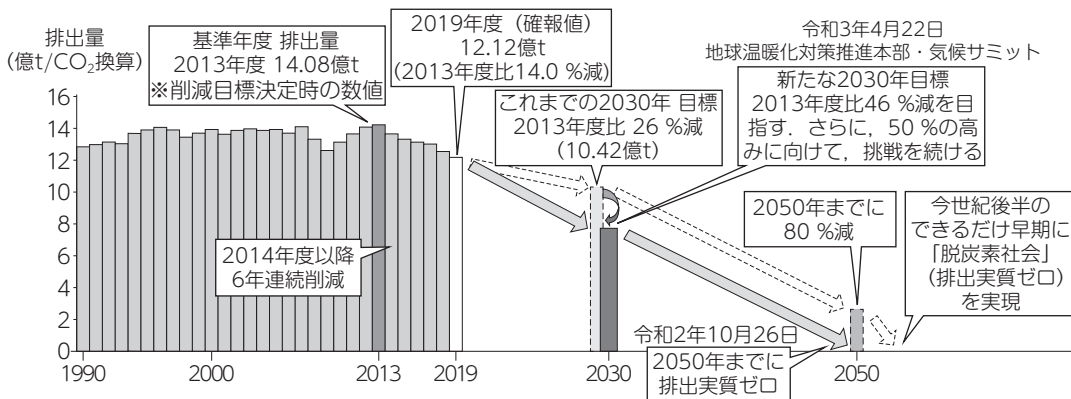
地球規模の課題の解決に、わが国としても大きく踏み出します。2050年カーボンニュートラルと総合的で、野心的な目標として、わが国は、2030年度において、温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指します。さらに、50%の高みに向け、挑戦を続けてまいります。

第6図⁵⁾

から排出されているが、最も大きな排出源は化石燃料を用いたエネルギー利用である。化石燃料を燃焼させるとCO₂が大量に排出されるため、脱炭素化社会の担い手としてCO₂の排出が少ない再生可能エネルギー（再エネ）の導入を進められているが、わが国の地形・気候の特性上とコストや設置までの年数などから太陽光発電が最も普及しやすいため特に推進されてい

る。太陽光発電は太陽光のエネルギーが電力に変換される過程において、CO₂をほとんど発生しないとされている。化石燃料における発電では1 kW・h当たり、約690 gのCO₂が排出されるのに比べ、太陽光発電では約18 g程度になっている。

わが国は2021年に温室効果ガス削減の中期目標と長期目標を見直し、2030年目標として



第7図⁶⁾

2030年に向けた太陽光発電促進のための環境省の取組



- 2030年に向けた再エネの追加導入としては、比較的短期間に設置できる太陽光発電が重要。
- その一方で、太陽光発電を巡っては、適地がみつかりにくくなってきている、地域においてトラブルが生じる事例も見られるなど、促進していく上での課題も生じているところ。
- 環境省として、こうした課題に対応しつつ、太陽光発電を促進するため、
 - ①国・自治体の公共建築物の率先実行
 - ②改正温対法による促進地域等を活用した、自治体関与による地域共生型太陽光発電の促進
 - ③民間企業・④住宅等における自家消費型太陽光発電の促進
 等に取り組むとともに、⑤脱炭素先行地域づくり等に取り組む。

①公共部門の率先実行
(自家消費型、地域共生型)



北海道胆振東部地震 (H30.9)
停電発生
→停電発生と同時に自立運転に切替え、最低限のコンセントや電灯が使用可能に

②自治体関与による
地域共生型太陽光発電



ため池に太陽光発電設備設置検討に当たり、自治体が支障の有無を確認するチェックリストを用意し、円滑な利用を促している事例がある。

③④民間企業・住宅等での自家消費



花王は、2019年2月から、グループの栃木工場の既設生産棟2棟の屋根に約1500 kW分の自家消費型PVを導入。

第8図⁷⁾

2013年度比46%削減を中期目標と定めたが、昨年のG7広島サミットの合意結果から、新たに2035年目標の策定に動きだしている。

【環境省の取組み】

環境省では太陽光発電促進のための取組みを行っている。①公共部門の率先実行ということで国土交通省からも2030年までに設置可能な公共施設の50%に設置を行うよう要望が出ており、各自治体においては設置可能な施設の調査も開始されている。②自治体による地域共生型太陽光発電では、地球温暖化対策の推進に関する法律による促進地域等を活用した、自治体関与による地域共生型太陽光発電を促進している。③・④民間企業・住宅等での自家消費型太陽光発電の推進では、各種補助金の交付により民間設置が進み、また東京都などのように設置義務化+補助金交付という両面でも進んでいる。

5 FIT 全量買取りから 自家消費へ

2012年度から始まったFIT（再生可能エネルギーの固定価格買取制度）は、電力会社が一定の価格で一定の期間、再生可能エネルギー電気を買い取るもので、太陽光発電の場合は20年間の買取期間（10kW未満家庭用は10年）となっている。

2012年度は10kW以上において買取価格が40円（税別）/kW・hから始まった。これによっていわゆる事業用太陽光の野立てといわれる地面に杭を打ち架台を設置し太陽光パネルを並べて発電所とする形が主流となり、全国に普及した。2012年は40円（以後すべて税別）→2013年は36円→2014年は32円と買取価格を減額しながらも制度が継続するなかにおいて、特に低圧（10～50kW未満）の発電所が投資物件として売買されてきた。10年間の一定の売電収益で投資（土地取得、土地改良、設置費用、管理費用他）を回収し、残り10年間で利益を上げる、いわゆる利回り10%を実

現し、主に個人投資家が5～10件も購入していくような状況となった。

一方、FITの買取価格は、32円→29円→24円→21円→18円→14円→13円と減額され続けた。2017年からは2000kW以上の規模の太陽光発電所は買取価格が入札で決定されることになり、2019年からは500kW以上に対象が広がった。その結果、投資物件としては投資額を利回りに合わせるべく価格を下げる結果となり、太陽光発電所の設置費用が大幅に下がることとなった。ここまで発電所の設置費用が下がると、電気を購入している企業の工場・商業施設・冷凍倉庫などでは太陽光発電を自社施設に取り付け、発電した電気を使う（自家消費太陽光発電）ようになった。費用対効果が良く、再エネ電気を自ら使うことで脱炭素化に貢献できること、災害などで購入している電気が止まっても自社発電の電気が使えることなど多様な面から多くの企業が自家消費型太陽光発電の設置を行っている。

電気は売るのではなく自ら使うという太陽光発電の本来の姿になってきたといえよう。

6 2023年度改正省エネ法施行

エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する法律法は、オイルショック後の1979年に制定され、エネルギー使用者への規制を行ってきた。省エネ法では事業者全体のエネルギー使用量が1500kL/年（原油換算）以上の事業者を特定事業者等（全国で約12000社）とし、年間平均1%以上のエネルギー消費原単位の低減などが目標とされている。

政府の2050年カーボンニュートラル宣言では、大幅なCO₂削減には再エネの大量普及だけでなく省エネも重要となっている。

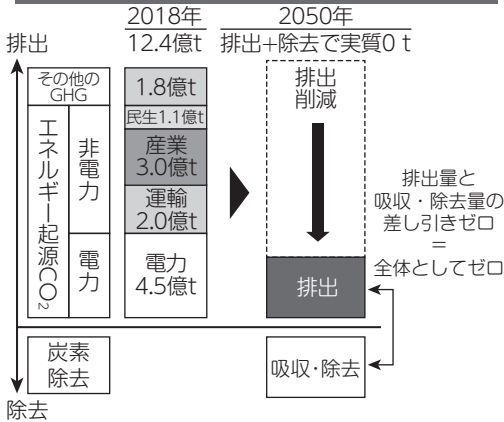
そこで今回の改正省エネ法では、先にでた特定事業者等に対し新たに「非化石エネルギー」という定義を設定し、従来の化石燃料による

・省エネの徹底、再エネの最大限導入などに言及



省エネルギーを徹底し、再生可能エネルギーを最大限導入するとともに、(中略)安定的なエネルギー供給を確立します。

大幅なCO₂削減には省エネも重要！



第9図 2050年カーボンニュートラル宣言⁽⁸⁾、⁽⁹⁾

セメント製造業
2030年度における、焼成工程(キルン等)における燃料の非化石比率を28%とする。
自動車製造業
2030年度における、使用電気全体に占める非化石電気の割合を59%とする(外部調達分と自家発電分を合わせた数字)。
化学工業(石油化学・ソーダ工業)※1
製紙業(洋紙製造業・板紙製造業)※1
主燃料を石炭とするボイラーを有する事業者については、2030年度における石炭使用量を、2013年度比で30%削減する。そうでない事業者については、外部調達電気の非化石比率を59%とする。
鉄鋼業(高炉)※1
水素や廃プラスチック、バイオマスの導入等の非化石エネルギーへの転換に向けた取組により、粗鋼トン当たり石炭使用量原単位を、2030年度において2013年度比2.0%削減する。
鉄鋼業(電炉普通鋼・電炉特殊鋼)※1
2030年度における、使用電気全体に占める非化石電気の割合を59%とする(外部調達分と自家発電分を合わせた数字)。

第10図 主要5業種の非化石エネ転換目標の目安⁽¹⁰⁾
エネルギーから非化石エネルギー転換目標の設定を義務化した。特定事業者等約12,000社

のうち、主要5業種約2,200社(自動車製造業・製紙業・鉄鋼業・セメント業・化学工業)には非化石エネルギーの転換目標の目安案を提示し、残り約10,000社は自己目標を作成し毎年報告することとなった。このことにより業種ごと、あるいは企業ごとに目標を定め、取組みを行って、報告することとなったため、前述の自家消費型太陽光発電の設置が進むこととなった。

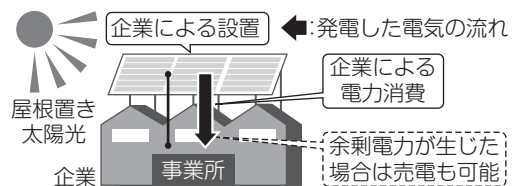
7 太陽光発電の設置形態の多様化

企業の自社所有設備(工場・店舗・倉庫・カーポートなど)の屋根などに自社設備として太陽光発電システムを設置し、発電した電気を自ら使うことを自家消費という。

また、太陽光発電設備を自社で保有せず、建物の屋根などに第三者が設置した発電設備から再エネ電気を購入する方式をオンサイトPPAといい、設置費用をかけずに脱炭素化に貢献する手法として民間・自治体問わず増えている。

以上の場合、屋根などの面積に応じた太陽光パネルしか置けないため、その設備の電気使用量が多いと必要な電気を賄いきれず、電気使用量の15~25%にとどまることになる。そこで敷地外に自社保有の野立て太陽光発電所を建て電力系統を使い自社施設に電気を引き込む自己託送という仕組みがある。

ほかにもオフサイトPPAという、第三者保有の野立てなどの太陽光発電所から電力系統を使って自社施設に電気を引き込む方法があり、こういった手法が大規模な再エネを活用した脱炭素化を進める方法として注目を集めている。主に大手企業が発電所を保有する会社をつく

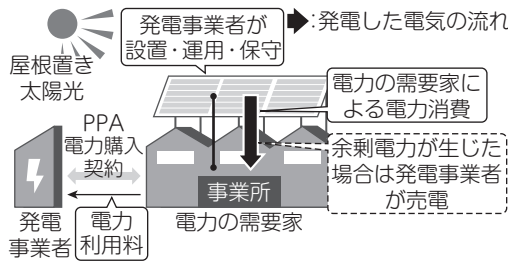


第11図⁽¹¹⁾ 建物屋根への導入(購入方式)

り、大手企業の施設に再生エネルギーを供給する取り組みなどが始まっている。

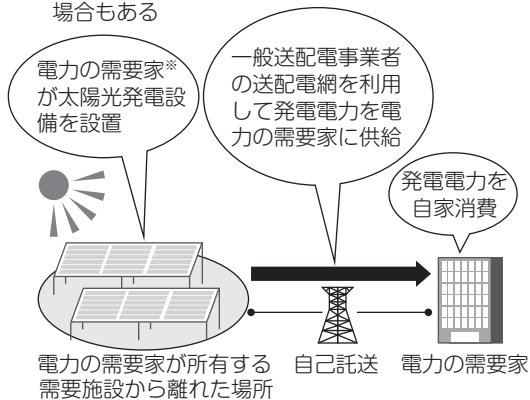
8 新たな設置場所

脱炭素化を進めるにあたり、企業・自治体で消費する電気を自家消費またはオンサイト/オ

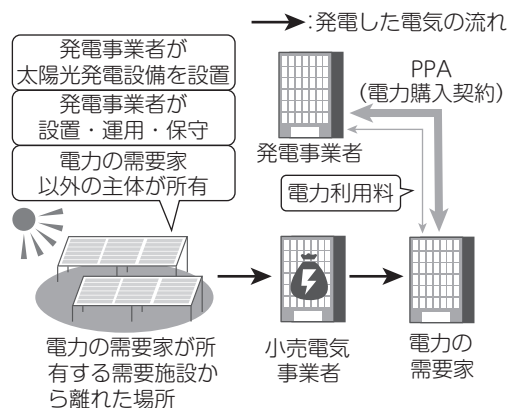


第12図⁽¹⁾ 建物屋根への導入(オンサイト PPA 方式)

*発電事業者または密接な関係をもつ者が設置する場合もある



第13図⁽¹⁾ 自己託送方式



第14図⁽¹⁾ オフサイトコーポレート PPA 方式

フサイト PPA によって再生可能エネルギーから調達することが必要だが、太陽光発電はパネル1枚で約 300 ~ 400 W の発電となるため、大量のパネルを設置可能とするには広い建物や土地が必要である。建物は電気の需要に対して設置できる面積が少なく、野立て太陽光発電所は FIT 導入後から大量に設置され、もはや適地が少ない。そのため、林地開発や斜面開発(斜面の樹を伐採)やゴルフ場跡地(もともと山林)利用も行われているが、そうした開発行為は決して環境に優しいとはいいがたく、再生エネルギーを購入する大手企業にとって自社の評判を下げることに繋がりがかねない。このため、環境に優しく平らで広く太陽光が当たる新たな設置場所として農地で農業生産しながら太陽光発電を行う営農型太陽光発電がオフサイト PPA において注目されている。

JPEA(一般社団法人太陽光発電協会)では、「2050年想定導入量における導入場所」として農業関連に大きなポテンシャルがあると報告している。

① 営農型太陽光発電

国内では2012年ごろから、営農している農地の一部を一時転用して背丈の高い架台を設置し、その上に太陽光パネルを置くことで農業も同時に行う、太陽光のシェアリング(農作物と発電)が進められている。当初は作物が必要とする太陽光と発電に使う部分のシェア率が問題であったが、現在はさまざまな検証結果から作物:発電のシェア率が、稲作で80:20、根菜類では60:40というふうの実証が進んでいる。また、近年の地球温暖化による気温上昇により夏場などは作物も日焼けを起こしたり水不足で傷んで育成が悪くなるという問題も起きてきた。農業従事者も日影がない場所での作業が厳しくなっていたが、太陽光パネルが日よけとなり、作業効率が上がるようになってきた。

当初は売電収益が農業の収益の助けになることから進んできたが、前述のように新たな設置場所として大規模農場の上に太陽光発電を設置

導入ポテンシャル 設置区分詳細 | 農地

✓農地は、耕地（田・畑）、荒廃農地（再生利用可能・再生利用困難）の4種類に分けられる。^{注1)}
 ✓耕地の導入ポテンシャルは1 276 GW_{DC}（田:626.6 GW_{DC}、畑:649.4 GW_{DC}）、荒廃農地の導入ポテンシャルは286.4 GW_{DC}（再生利用可能（地上設置型）:44.0 GW_{DC}、再生利用可能（営農型）:17.5 GW_{DC}、再生利用困難:224.9 GW_{DC}）と推計された。

農地の想定条件・推計結果

区分	参照データ	面積	設置可能面積	パネル変換効率	設置密度 (kW/m ²)	ポテンシャル	
						今回推計	参考：R01 環境省調査 (レベル2)
田	作物統計	246.9 億 m ²	130.6 億 m ²	24.0 %	0.048	626.6 GW	1 182.7 G
畑	作物統計	208.0 億 m ²	135.2 億 m ²	24.0 %	0.048	649.4 GW	
荒廃農地（再生利用可能） （地上設置型）	令和3年度の 荒廃農地面積 について	3.3 億 m ²	3.3 億 m ²	24.0 %	0.133	44.0 GW	41.0 GW ^{注2)}
荒廃農地（再生利用可能） （営農型）	令和3年度の 荒廃農地面積 について	5.8 億 m ²	3.7 億 m ²	24.0 %	0.048	17.5 GW	
荒廃農地（再生利用困難）	令和3年度の 荒廃農地面積 について	16.9 億 m ²	16.9 億 m ²	24.0 %	0.133	224.9 GW	
合計		480.9 億 m ²	289.7 億 m ²	—	—	1 562.3 GW	1 223.7 GW

注1) 導入形態は、耕地（田・畑）では営農型、荒廃農地（再生利用可能）は地上設置型と営農型の両方、荒廃農地（再生利用困難）は地上設置での導入を想定している。（詳細後述）

注2) R01 環境省調査の対象は「耕作放棄地」であり、今回対象とする荒廃農地とは定義が異なることに留意。

第15図¹²⁾



畑作では多種多様な野菜の生産実績が増加

第16図¹³⁾

しオフサイトPPAとして企業が設置する事例も増えつつある。農地は元来自然を開拓し平らに整地し行ってきた。環境に負荷を与えず、平らで太陽光が十分に得られる営農型太陽光発電の設

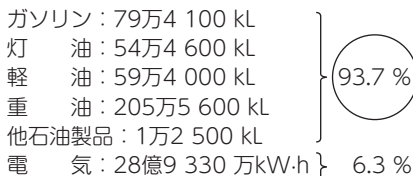
置は新たな設置場所として有望であるとする。

また、農業においても脱炭素化は進めていく必要があるなかで営農しながら再生エネ電気がその場で容易に得られることは大切なことである。

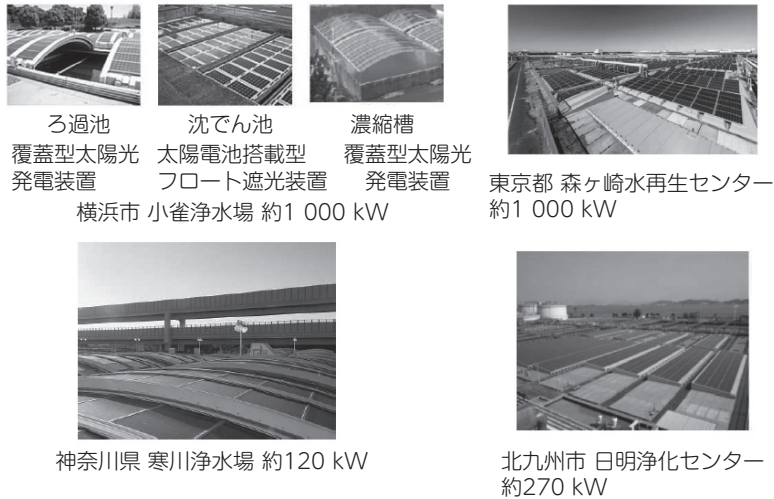
② 上下水道設備の太陽光発電

環境省では自治体の所有する上下水道施設へのオンサイトPPAでの太陽光発電の設置を促進している。大量の電気を消費する浄水場、水再生センター、浄化センターや隣接するろ過池、沈殿池、濃縮槽などへの設置事例があり、各自治体に設置を働きかけている。

農業に使われるエネルギー



第17図¹⁴⁾



第18図⁽¹⁵⁾

③ 大規模ソーラカーポート

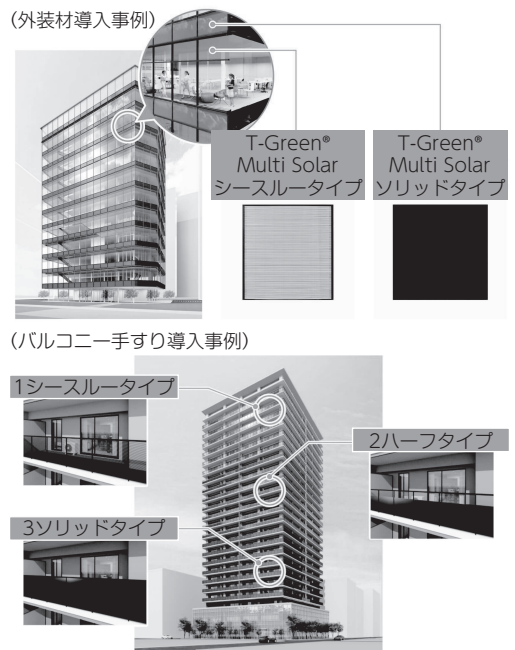
工場や商業施設には多くの駐車スペースが設けられている。駐車スペースの有効活用と車の保護（熱・雨）にもなるためソーラカーポートは非常に有望な設置場所となっている。



第19図⁽¹⁶⁾

④ 建材一体型太陽光発電

都市部における新たな太陽光発電として、建材一体型に注目が集まっている。主に高層ビルの外装材（窓等）とバルコニーの手すりへの採用が進められている。都市部の高層ビルでは電気の使用量も大きく、自家消費太陽光発電を設置したくとも屋上スペースが限られている。その代わりに太陽光を遮る隣接建物がない場合においてはビルの側面に設置可能であり有効な方法として開発が進んでいる。



第20図⁽¹⁷⁾

9 GX：グリーントランスフォーメーション

2023年2月10日に「GX実現に向けた基本方針」が閣議決定し、GX（グリーントランスフォーメーション）を通じて脱炭素、エネルギーの安定供給、経済成長の三つを同時に実現

する方針が示された。①エネルギー安定供給の確保に向け、徹底した省エネに加え、再エネや原子力などのエネルギー自給率の向上に資する脱炭素電源への転換など GX に向けた脱炭素の取組を進める。② GX の実現に向け、「GX 経済移行債」などを活用した大胆な先行投資支援、カーボンプライシングによる GX 投資先行インセンティブ、新たな金融手法の活用などを含む「成長志向型カーボンプライシング構想」の実現・実行を行うとしている。まとめると、クリーンな社会を実現していくために、今後 10 年間に日本全体で 150 兆円超の投資を進め、非化石電源として再エネや原子力発電を活用するとともに省エネを促進し経済成長も達成するという大きな流れが決まった。

10 まとめ

地球上では地質時代において 5 度の大量絶滅（ビッグファイブ）があったとされる。そのうちのいくつかは急激な気温の変化であったとされている（原因はさまざま）。産業革命以降、温室効果ガスである CO₂ の増大により地球温暖化は確実に進んでいる。まさに 6 度目の大量絶滅期に入ったという学者も現れている。われわれは自らの子どもや孫の世代の地球環境を守り、残すために、地球温暖化対策は必ず成し遂げねばならない。そのための一手が脱炭素化社会の構築であり再エネの普及である。日本においては太陽光発電が最も普及しやすく、国策として進めてきた。新たな太陽光発電としてペロブスカイト太陽電池の商業化も見えてきている。先に挙げた新たな設置場所がペロブスカイト太陽電池により、さらに広がる可能性を示している。国策である 2030 年目標～ 2050 年目標に向かい新たな可能性の実現を目指そう。

参考文献

(1) 京セラ株式会社：太陽光発電の仕組みを図解でかんたん解説！基礎知識もご紹介！、<https://www.kyocera.co.jp/solar/support/topics/>

system/

- (2) 一般社団法人太陽光発電協会：住宅用太陽光発電システムとは、<https://www.jpea.gr.jp/house/about/>
- (3) 環境省：はじめての再エネ活用ガイド（企業向け）2024 年 1 月、
<https://www.env.go.jp/content/000194869.pdf>
- (4) 環境省：こども環境白書、2019 年、<https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/kodomo.html>
- (5) 環境省：令和 3 年 11 月 26 日「2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて」講演資料、p6
- (6) 近畿経済産業局；省エネルギーのページ、「中小企業における脱炭素経営」、https://www.kansai.meti.go.jp/3-9enetai/energypolicy/details/save_ene/datsutansokeiei.pdf
- (7) 環境省：令和 3 年 11 月 26 日「2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて」講演資料、p29
- (8) 首相官邸：令和 3 年 4 月 22 日地球温暖化対策推進本部、https://www.kantei.go.jp/jp/99_suga/actions/202104/22ondanka.html
- (9) 資源エネルギー省；「カーボンニュートラル」って何ですか？（前編）、https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyoo/carbon_neutral_01.html
- (10) 経済産業省：2022 年度第 4 回総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会 工場等判断基準ワーキンググループ、開催資料 3、改正省エネ法に基づく措置について、https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/kojo_handan/pdf/2022_004_03_00.pdf
- (11) 環境省：はじめての再エネ活用ガイド企業向け）2022 年 3 月、<https://www.env.go.jp/earth/> はじめての再エネ活用ガイド（企業向け）.pdf
- (12) 一般社団法人 太陽光発電協会；太陽光発電産業の新ビジョン“PV OUTLOOK 2050”（2023 年度 暫定版）https://www.jpea.gr.jp/wp-content/uploads/sympo40_s1_doc5.pdf
- (13) 千葉エコエネルギー株式会社：<https://www.chiba-eco.co.jp/>
- (14) 環境省：総合エネルギー統計 2020
- (15) 環境省：セミナー資料
- (16) 環境省：ソーラーカーポートの導入事例集、<https://www.env.go.jp/content/000220123.pdf>
- (17) 東京都環境局気候変動対策部計画課：都有施設における再生可能エネルギー見える化モデル事業、建材一体型太陽光発電パネル、<https://bipv-re-mieruka.jp/bipv.html>