



我が家のソーラ発電

SCE・Net 飯塚 弘

R-57

発行日

2018.8.9

我が家の太陽電池は 2010 年 12 月に設置して現在 7 年半余りになり、2018 年末には初期投資額を売電と自家消費により回収できる見込みです。太陽電池を設置したのは、退職後の日々の生活費の負担を減らしたいとの思いからでした。また、それまで太陽熱温水器を 30 年以上利用し、太陽エネルギーの良し悪しを実感していたこともあります。設置した太陽電池の外観を図 1 に示します。太陽電池と太陽集熱器を同時期に取り付け、電力と熱を太陽エネルギーで補おうとしました。



表 1 に設置した太陽電池の概要を示します。日射量は実測値ではなく NEDO 日射量データベース¹⁾から、真南の方位、傾斜面 20 度の三島市の数値を採用しました。

表 1. 設置した太陽電池の概要

初期投資額	3,150,000 円 (内、国・地方自治体の補助金 516,500 円 実際の投資額 2,633,500 円) 内訳：①太陽電池モジュール 1,920,000 円 ②架台・インバーター等 620,000 円 ③工事費 460,000 円 ④消費税 150,000 円
定格能力 (温度 25℃、日射量 1kW/m ² での計測値)	多結晶シリコン、公証最大出力：5.95kW；186W(23.6V × 7.89A、開放電圧 29.5V、短絡電流 8.63A) × 32 枚 (総面積 43.2m ²)
モジュールの配置	4 系列：1 系列 8 枚 1.488kW
パワーコンディショナー	電圧型電流制御方式、PWM 方式、定格 DC250V (入力範囲 70V~380V)、定格出力 5.5kW、電力変換効率 94.5%
売電価格	48 円/kWh (10 年間)
住居人数	4 人 (~2016 年) → 7 人 (2017 年~)
設置	2010 年 12 月
太陽電池設置面	傾斜角：25 度、方位：真南

再生可能エネルギー発電促進賦課金は、購入電力量当たり 2012 年で 0.22 円/kWh、以降 0.35 円/kWh、0.75 円/kWh、1.58 円/kWh、2.25 円/kWh、2.64 円/kWh、2018 年で 2.90 円/kWh と毎年増加し、単価の 1 割になってきています。賦課金は今後も上昇し買電単価を押し上げます。

図 2 に 2011 年から 2017 年の 7 年間の発電量、売電量、買電量、消費（負荷）量を示します。発電量が最も大きく、次いで消費量、売電量、買電量の順になっています。ほぼ毎年 8MWh 前後（日平均 22kWh）の発電量があり、発電量と売電量、消費量と買電量はそれぞれ関連しています。

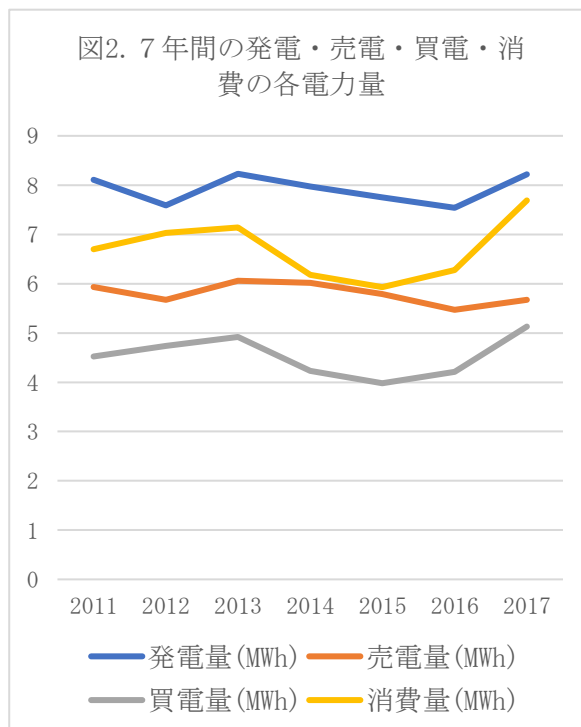
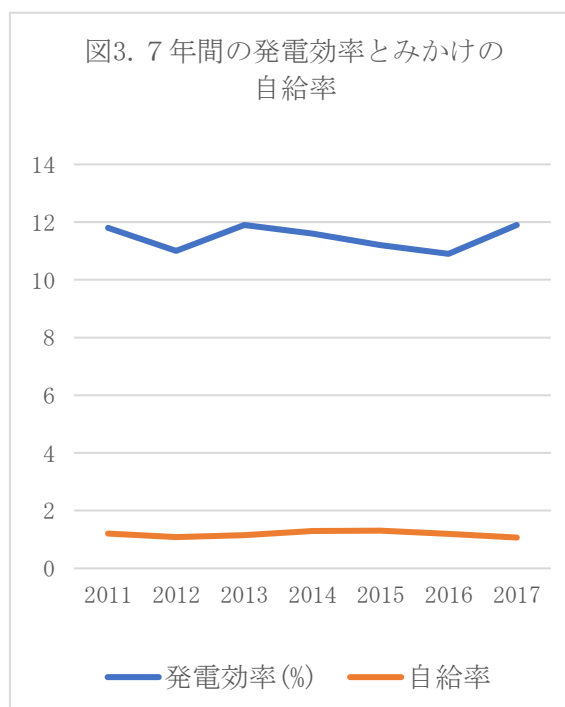


図 3 に 7 年間の年間の発電効率とみかけの電力自給率を示します。みかけの自給率は総電力消費量に対する発電量の割合です。年間自給率が 1

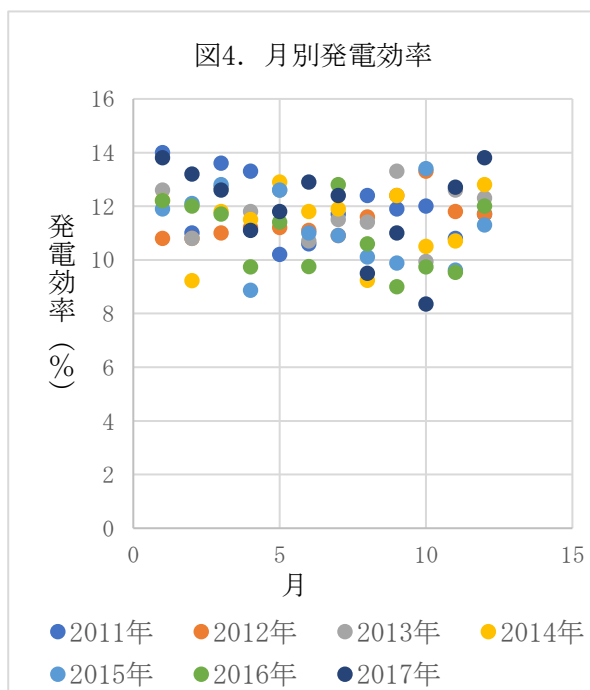
以下の年はなく、7 年間のトータルでも電力自給率は 1.18 となり、電力はいわゆる自給できていることとなります。図

4 に 2011 年から 2017 年の月別発電効率を示します。月別発電効率は下に凸の傾向がみられ、冬季の方が発電効率は高いと言えます。購入時のメーカー仕様では、この太陽電池 1 モジュール（面積 1.35m²）の公証最大出力 186W ですので、公証最大発電効率は 13.7% になります。冬季の発電効率はこの値に近くなりました。夏場の暑い時は予想外に発電量が伸びないことは実感できることです。温度上昇に伴い、使われている Si 半導体のバンドギャップが減少し、出力電圧が低下するためです。温度が 1℃ 上昇あるいは低下した場合の出力の変化率は、メーカーによって違いがあるようですが、結晶シリ

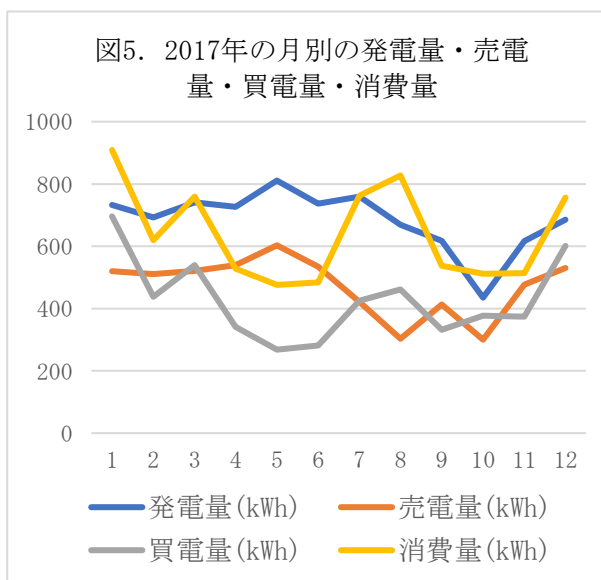


コンでは-0.45%/°Cとされています。従って、パネルの温度が70°Cになれば、25°Cの時に比べ20%も出力がダウンすることになります。

そもそも太陽電池の効率がなぜ十数%と低いのでしょうか。工業製品としては考えられない低さです。それは、太陽から放射される光は、紫外光が約5~6%、可視光が52%、赤外光が42%です。シリコンのバンドギャップは1.1eVなので、これに相当する吸収端波長(約1150nm)より長い波長の光は吸収されず、短い波長の光のみを吸収します。可視光(380-780nm)はすべて吸収されますが、赤外光は吸収されないことから、それだけで、結晶シリコン太陽電池の変換効率は半分程度になってしまいます。バンドギャップよりも大きなエネルギーを持つ光子が入射したときのみ、1光子から1電子正孔対を生じます。入射光子の過剰エネルギーは最終的には熱となって失われるのです。すなわち、入射波長と吸収端波長の差が過剰エネルギーになります。このロスにより単接合セルの太陽電池の理論限界変換効率は28%程度となってしまいます。この単接合型太陽電池の理論限界を超えるため、吸収波長域の異なる半導体を積層した多接合型太陽電池、バンドギャップよりも低エネルギーの2つの光子を高エネルギーの1光子に変換するフォトンアップコンバージョン法²⁾などが研究開発されています。



次に例として、2017年の月別の発電量、売電量、買電量、消費量を図5に示します。図2と同様に、月別にみても発電量と売電量、消費量と売電量はリンクした動きをしていることが明らかです。ここで、1日24時間の消費電力量の数値をモニターでみると、夜中でも常時消費されている電力が0.4kW程度あり、積算すると9.6kWh/日、292 kWh/月、3.5MWh/年にもなります。家庭の消費エネルギーの14.2%が電気冷蔵庫、5%

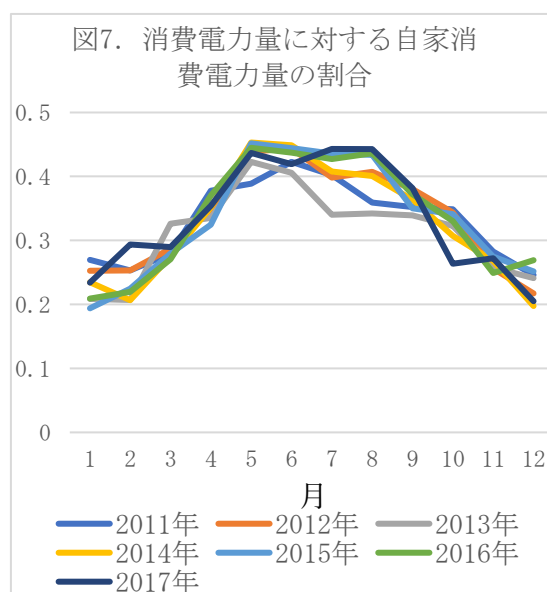
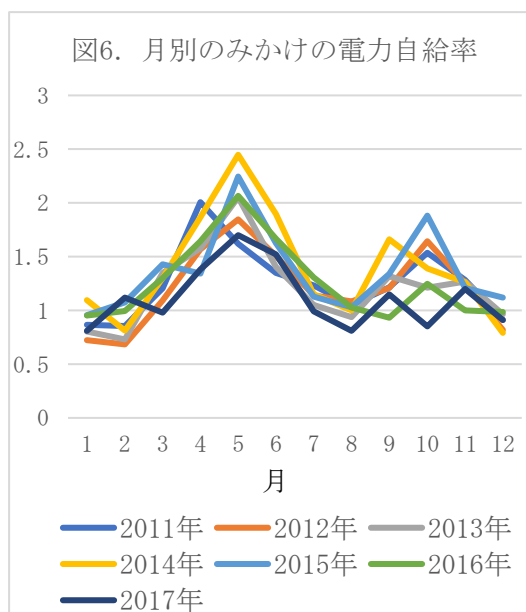


が待機電力とされています³⁾。我が家では、古い冷蔵庫2台、冷凍庫2台（内1台古い）が常時稼働していることが主な要因と考えております。ここで、消費電力が最も少ない5月の消費電力量476kWhの約6割が、冷蔵庫など常時消費されている電力で、年間消費電力の46%にもなっています。

図6に7年間の月別のみかけの電力自給率を示します。春季と秋季に山が見られ、特に春季の山は秋季に比べ大きく、電力の自給率が大きいことが分かります。図7に太陽電池による発電量の内、自家消費される電力量の消費電力量に対する割合を示します。自家消費電力は発電量から売電量を減じた

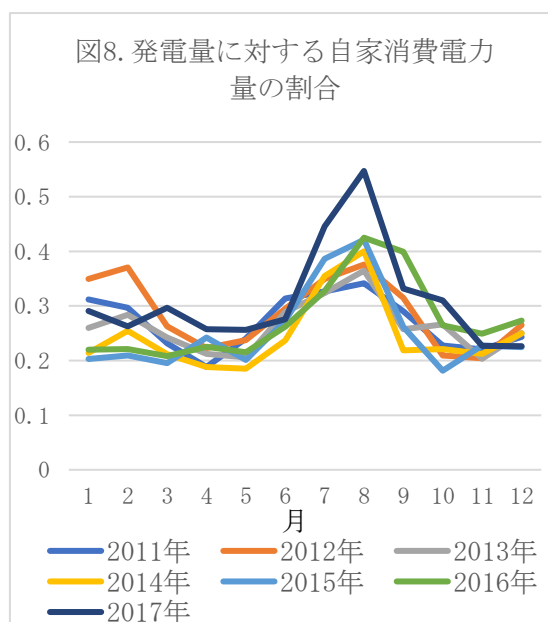
ものです。夏季は発電した電力が冷房負荷に供され、冬季は発電中の暖房負荷が少ないようです。年によって多少異なりますが、概ね5月～8月は電力負荷の4割程度が、11月～3月は2～3割が発電時間帯に生じています。図8は発電量に対する自家消費電力量の月別割合を示します。8月に自家消費電力の割合が高いのは、発電中の電力がそのまま冷房負荷に供されており、特に2017年は顕著であり、例年以上に暑かったことが主因と考えられます。2018年も酷暑ですので同様な傾向がみられると思います。年平均では発電量の3割が自家消費、残りは売電されています。消費されなかった余剰電力量（売電量）は、蓄電池の容量を決める参考になります。図9は売電電力量と買電電力量の比を示します。発電量と売電量、消費量と売電量がリンクしていることから、図9は図6と同じ動きになります。夏場と冬場は冷暖房に要する電力のため買電量が売電量を上回るときがありますが、中間期は2～3倍と売電量が買電量を大幅に上回ります。

図10は毎年の節約金額（売電量と自家消費量の相当金額の和）の累積を青色、初期の設備投資金額を赤で示します。年間節約金額の平均は34万円（内売電額は28万円）になり、8年で設備投資額が償却できることが分かります。短期間で償却できたのは、売電単価が高いなどの制度上の支援の



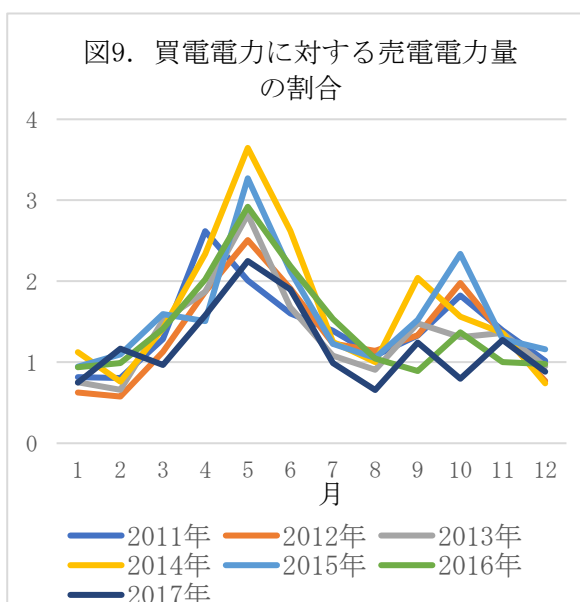
ほか、発電容量が大きいことから、売電金額をある程度確保できたことからと考えています。

住宅用の固定買取制度（FIT）は10年で終了し、法律に基づく買取義務がなくなります。資源エネルギー庁は2017年12月18日に住宅用太陽光発電のFIT終了後の基本的な考え方を公表⁴⁾しています。一つ目は自家消費すること、二つ目は小売電気事業者やアグリゲータに対し、相対・自由契約で余剰電力を売電することです。発電電力の7割を売電している我が家ではFIT終了後の対応は重要です。電力会社によっては余剰電力を買い取らないことも考えられ、電力料金は今後徐々に上昇していく



ことを考えると、蓄電池を設置して電気自動車の充電など自家消費を増やすことを検討せざるを得ません。電力料金、自家消費の多様化に対応するためには、きめ細かい家庭内の電力マネジメントが求められます。今までの実績をベースに、売電単価を7.5円/kWh、15円/kWh、30円/kWh、売電できないケースに分け、経過年の累積節約金額を図11に示します。売電単価30円/kWhは蓄電池を使って

自家消費するときの電力単価を意味しています。この図から仮に売電できない（逆潮流は可能）場合でも、年平均63.4千円の節約になり、売電単価が7.5円/kWhでは年平均107.0千円の節約になります。この図はまた、新規に同じ規模の太陽電池を設置したときの投資回収期間を示しています。買取価格が48円/kWhでなく、30円/kWhになると、投資回収は8年から11年に延びます。図11から蓄電池などの新たな設備投資を何年で償却できるかの凡その目安が得られます。市場では

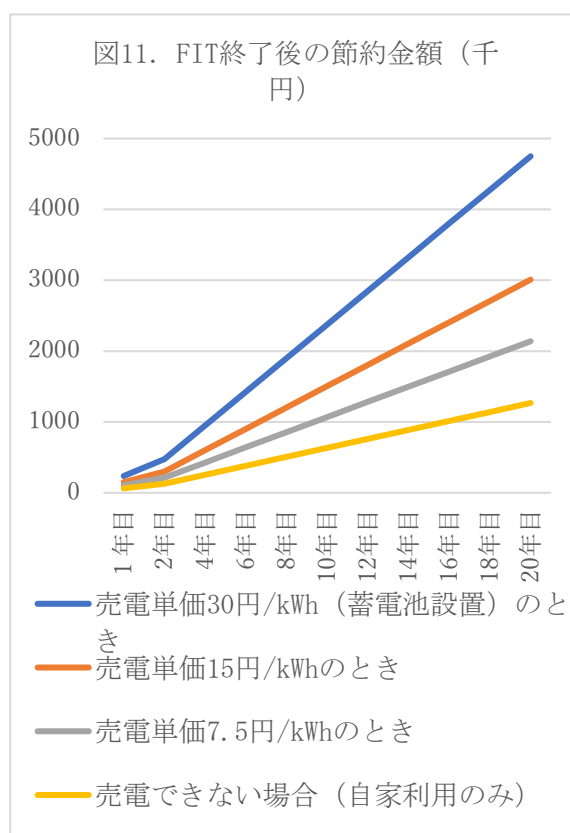
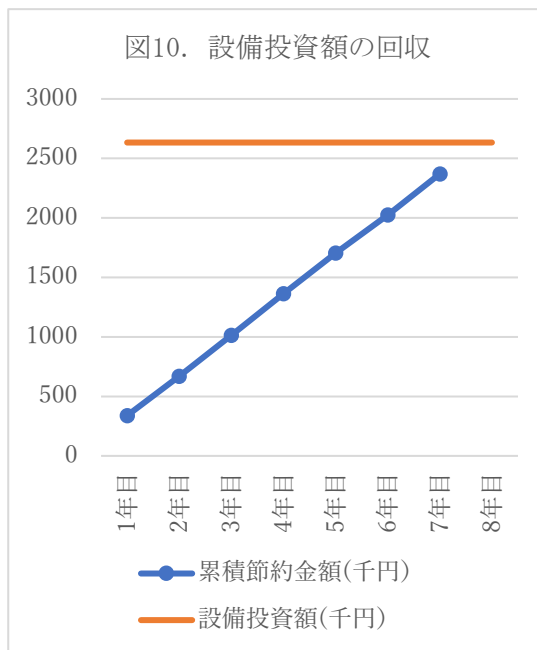


12kWhの家庭用の蓄電池が400万円（希望小売価格）で販売されており、償却には

20年近く掛かり、一方蓄電池の寿命は10年とされております。ただBNEF (bloomberg new energy finance) の調査によると、電気自動車の蓄電池コストは、2016年で273ドル/kWhとなり、2010年からの6年間で約1/4となる大幅なコストダウンが実現している⁵⁾とのことで、近い将来、太陽電池用蓄電池システムも経済性が期待できそうです。

自家消費するニーズとして給湯があります。エコキュートのように、ヒートポンプで外気を熱源として昇温、熱として貯めることが考えられます。家族7人の給湯量を560ℓ/日、冬場は外気温4℃から給湯温度43℃まで昇温し、成績係数を3.0としたとき、必要電力量は8.46kWh/日(260kWh/月)となります。また夏場の昇温幅を22℃とすると、必要電力量は4.8kWh/日(150kWh/月)となります。充分現状の売電量使って給湯に必要な電力量を賄えます。但し、安価な深夜電力との比較が必要になります。二つ目はEV、PHEVの車載蓄電池に電力を供給するニーズです。PHEVの場合はガソリンを燃焼させ得た動力を車載の蓄電池に貯め、家庭の蓄電池に電力を供給することも可能になります。1kWhの電力量で4~10km走行できると言われています。7年間の日平均の売電量は15.9kWhですので、十分車両用の電源に利用できますし、家庭用の蓄電池を補うように使うこともできます。

我が家では現在給湯は都市ガスを使っており、それを補助する形で太陽熱パネルを設置しています。給湯は、昼間太陽熱パネルで温めた温水をためた貯湯槽から供給しています。昔は屋根に太陽熱パネルと貯湯槽が一体化された温水器を使っていました。入社した会社での最初の仕事はこの



太陽熱温水器の開発でした。当時、第一次オイルショックを受け、国家プロジェクトで石油代替エネルギーの開発としてサンシャイン計画が進められました。入社した会社でも太陽熱冷暖房の開発を独自に進め、その派生技術として太陽熱温水器を開発しました。サンシャイン計画には太陽電池と太陽熱発電の開発がありました。後者は香川県仁尾町に集光型太陽熱発電装置が設置・運転されましたが、計画より出力が低く開発は中断、設備は廃棄されました。その要因の一つが、前述したように日本の直達日射量の低さにあったと思います。太陽電池も当時効率が低く高価でしたが、40年近く経て、基幹エネルギーとして議論されるまでに発展・普及しました。太陽熱温水器は効率で言えば50%以上にもなります。1980年代初頭には一時的なブームもありましたが、その不便性から依然低空飛行です。しかし、1970年代に開発・実用化された太陽熱パネルの選択吸収膜（面）はまだ生きています。太陽光スペクトルの全波長を吸収、加熱された温水の熱放射を防ぐ波長選択吸収膜は、集熱温度が高くなる程放射エネルギー量が大きくなりますので、高温程有効に働きます。

化学プラント建設工事の分野では、建設工事価格はプラント規模の0.6乗に比例するという経験則が良く知られています。規模が大きくなればなるほどコストは相対的に安価になります。太陽光発電・蓄電池はそもそも単セルの集合体ですので、在来型発電施設に比べて大規模にするメリットが少ないと言えます。そもそも単位面積に降り注ぐ日射量に限界があります。その点では、日本の倍以上の日射量が得られる北アフリカなどのサンベルト地帯での太陽熱発電の可能性は高いです。集光したエネルギーを熱媒で輸送し高温の熔融塩に貯め、常時蒸気タービンを稼働、24時間発電します。集光し高温集熱することで規模のメリットを得やすくしています。過去、仁尾町でみた夢が実現されます。電力の用途は多様です。化石エネルギーに頼らない社会を実現するためには、我々にとって身近な発電手段として太陽電池があり、隣近所と電力を融通することができれば、より需給のマッチングが図れます。更には太陽熱も含めた電力・熱の融通もあります。まず、家庭内のエネルギーのベストミックスを考えるのも一興です。

発電事業の難しさは電力の質（周波数・電圧・高調波）を維持することです。交流電源では需要と供給を合わせるために制御可能な電源を必ず入れ、需給を補うような運転をするには、周波数を合わせるために非常に高速な制御をしています。再生可能エネルギーが増え、需給が切迫してくると、どうしても制御が必要になります。商用電力網は電源が火力など元々大きく、回転機が入っていますので慣性力を持っており、それにより短時間での多少の変動が入っても瞬時に安定してしまいます。慣性力を持たない直流電源（太陽電池、燃料電池）だけでは、大きな変動があると変動が収束しません。そのために大きな商用電力網とのリンク、協調が今強く求められています。

引用：

1) www.nedo.go.jp/library/nissharyou.html

- 2) セラミックス 53 (2018) No. 7
- 3) http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/general/actual/
- 4) http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku_gas/saiseikanou_jisedai/pdf/001_04_00.pdf
- 5) <https://pps-net.org/column/48493>

以上