

発電! 充電! 売電!
kW超をインテリジェントに制御する

時代は
メガワット

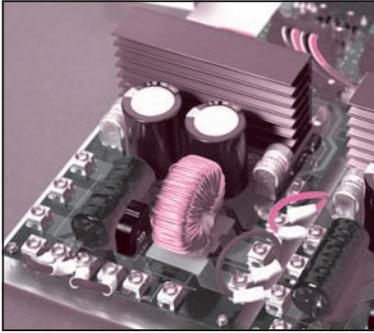
太陽光インバータと Liイオン電池の電源技術

- 太陽電池セル評価のための電気的特性試験
- 双方向コンバータの回路設計と制御設計
- MPPT機能付きDC-ACインバータの設計と試作
- 自立分散型エネルギー・システム



見本

第1章



セルの効率を改善するために
重要なパラメータと測定法

太陽電池セル評価のための 電気的特性試験

大里 一徳
Ohsato Kazunori

クリーン・エネルギーへの需要の増大に伴い、太陽エネルギーの変換を向上される技術開発がますます重要となっています。

太陽電池や光電池は、太陽光からフォトンを受取り、それを電子を放出する半導体材料から作られ、それを負荷に接続することによって電流が得られます。太陽光パワーからのエネルギーをより効率よく変換して出力させることが、太陽電池の研究開発の重要な課題の一つです。

本稿では、太陽電池セルの評価に必要なパラメータについて示し、さらに太陽電池セルの効率を改善するために重要なパラメータと、その測定法について解説します。

太陽電池の基礎

● 太陽電池の動作原理

太陽電池は太陽光を電気に直接変換する電子デバイスです。太陽電池セルに光を照射すると電流と電圧が発生します。このプロセスには光エネルギーを吸収し、電子を高エネルギー状態に引き上げ、外部回路に移動させる材料が必要となり、p-n接合を形成させたシリ

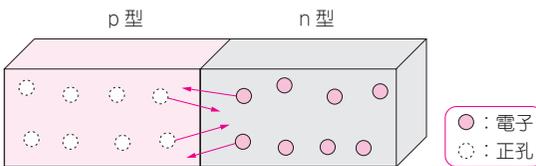


図1 太陽電池はn型とp型の2種類の半導体を積み重ねた構造

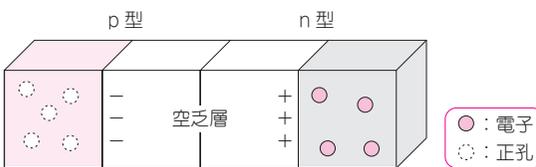


図2 p型側がマイナスn型側がプラスに帯電し内部に電界が生じる

コン半導体が広く採用されています。

太陽電池は、n型およびp型と呼ばれる2種類の半導体を積み重ねた構造になっています。n型半導体は電子が多く、p型半導体は電子が足りない状態(正孔)です。これらを接合すると、接合部分ではp型半導体の正孔はn型半導体側に移動し、n型側の電子はp型半導体側に移動します(図1)。

接合させた界面付近では電子と正孔が再結合し、空乏層という電子と正孔の少ない領域が形成されます。それにより空乏層では電荷のバランスがくずれ、p型側がマイナス、n型側がプラスに帯電し内部に電界が生じます(図2)。

ここで、接合部分に光が当たると光のエネルギーによって新たに電子と正孔が生成され、それらが内部電界により電子はn型側、正孔はp型側へと押し出され、その結果n型側、p型側それぞれに電極を取り付けると直流電流を外部に取り出すことができます(図3)。

● 太陽電池の種類

太陽電池の種類は大きくシリコン系、化合物系、および有機系と、使用されている材料によって3種類に分類できます。それぞれ性能、特長、用途が異なり、またすでに広く使用されているものから開発中のものまでさまざまです。

表1に、おもな太陽電池の分類とその特徴を示します。

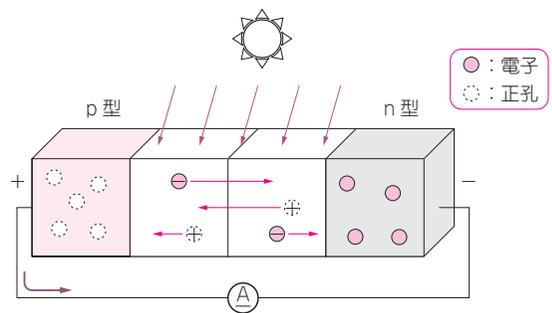
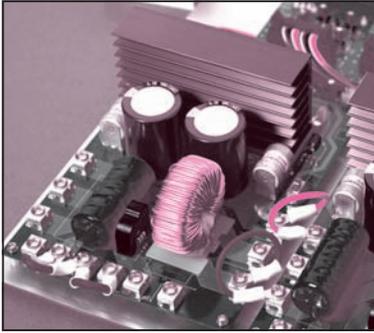


図3 接合部分に光が当たると光のエネルギーによって新たに電子と正孔が生成される

見本

第2章



スマート・グリッド環境の
効率的な構築に向けて

双方向電源による 太陽光発電のエネルギー活用

山崎 克彦
Yamazaki Katsuhiko

次世代のエネルギー・システム…「スマート・グリッド」は、太陽光発電や風力発電をはじめとした複数の発電システムによって発電された電力をIT技術によって融合するというものであり、今後さらに普及することが予想されます。

本稿では、スマート・グリッド環境での双方向電源による太陽光発電のエネルギー活用について、さまざまな応用例をもとに解説します。

双方向電源

● パワー・コンディショナ

太陽光発電装置などから電力(直流)を取り込み、その電力を交流に変換してさまざまな電気製品を稼働するための電力として利用するための装置はパワー・コンディショナ(Power Conditioner, 略称: PCS)と呼ばれ、一般的に広く普及しています(図1)。

このパワー・コンディショナは、直流を交流に変換する装置(インバータ)を発展させたものであり、基本的なインバータの機能に加えて、おもに次のような機能もっています。

- (1) MPPT(Maximum Power Point Tracking: 最大電力点追従)機能
- (2) 系統連系機能

太陽光パネルの出力は、天候などにより変動することは言うまでもありません。そのような場合にMPPT(最大電力点追従)機能によって太陽光パネルから取り込む電力を常に最大のポイントを探して取り込むことができます(コラム「MPPT機能とは」参照)。

また、パワー・コンディショナにより屋内のさまざまな負荷(電気製品)を系統(電力会社)からの電力を使って稼働したり、あるいは太陽光発電装置の出力(直流)から変換された交流出力を使って稼働することが可能となります。さらに、太陽光発電により発電され

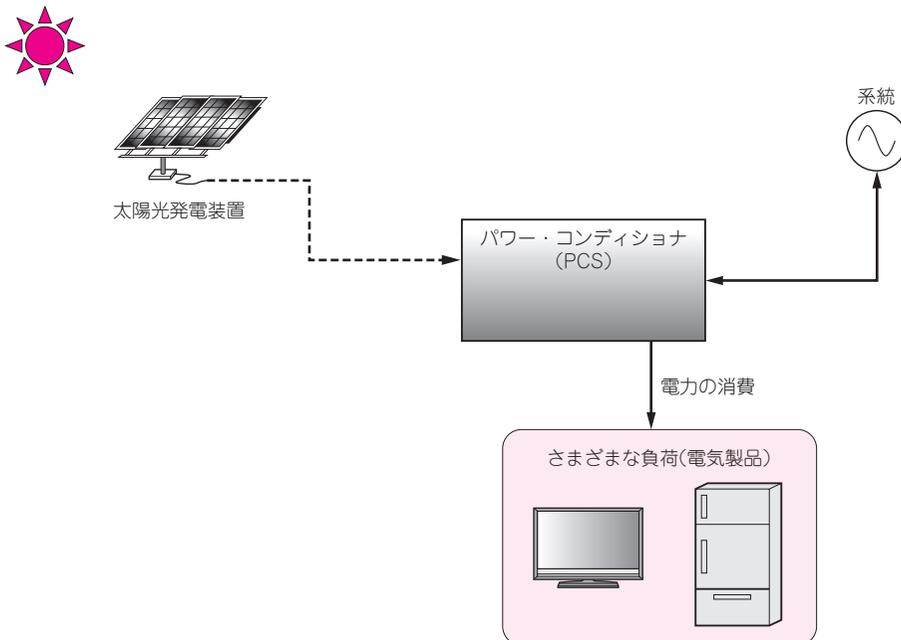
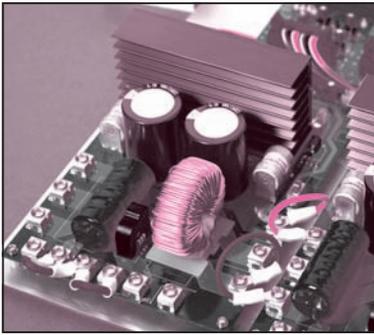


図1 パワー・コンディショナ

見本

第3章



系統連系インバータに使用できる

双方向コンバータの回路設計と制御設計

田本 貞治
Tamoto Sadaharu

電気自動車の内蔵電池に蓄えられた電力を、家庭においてバックアップ電源として活用しようとする動きが出ています。電気自動車の内蔵電池は大きな容量のものを搭載しているため、商用電源が停電したときには長時間家電製品の電力を賄うことができます。このような使いかたをする場合は、商用電源から電池を充電する充電器の役割と、電池の直流電圧を商用電源と

同じ交流電力に変換する両方の機能が必要です。すなわち、交流から直流へ、直流から交流へと双方向に変換することが必要になります。

そこで、交流電源と直流電源間で双方向に電流を流すことができるコンバータの実験を行いました。本章では、双方向コンバータの回路設計と制御設計に分けて解説します。

1

双方向コンバータの回路設計

● 双方向コンバータの基本はブリッジ・インバータ回路

双方向コンバータは、一つの回路で交流から直流へ、直流から交流へと電力変換ができることが必要です。電源で一般的に使われる交流から直流への変換回路はPFC(Power Factor Correction；力率改善)です。

図1-1は1石式のPFC回路です。この回路では、入力にブリッジ・ダイオードが挿入されているため、電流は一方方向にしか流すことができません、双方向コンバータにはなりません。

次に、図1-2は入力側のブリッジ・ダイオードを削除してトランジスタ2個とダイオード2個を使用したブリッジレスPFC回路です。この回路もダイオードがあるため双方向に電流を流すことができません。

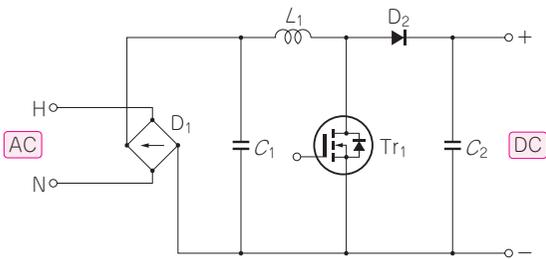
そこで、図1-3に示すように、ダイオードをトランジスタに置き換えると電流は双方向に流れ、交流電源

と直流電源間で自由に電流が流せるようになります。図1-3は、一般的に使われるDC-ACインバータ回路であることがわかります。

このように、トランジスタ4個を使用したブリッジ回路にすることによって、電流は自由に流せるようになります。そこで、この回路を使用して双方向コンバータを設計し、回路を組み立てて、動作実験を行うことにします。

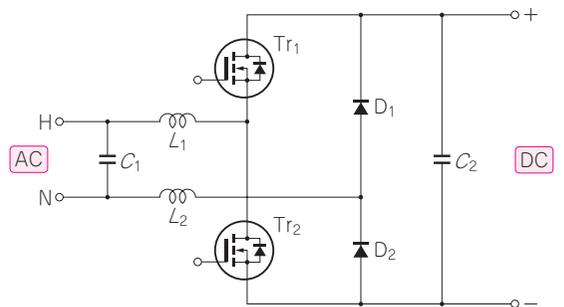
● 双方向コンバータの動作原理を理解する

はじめに、PFCとインバータの動作を確認しておきましょう。図1-4はブリッジPFC回路の電流の流れを示したものです。



電流はダイオードがあるためACからDC方向しか流せない

図1-1 1石式のPFC回路

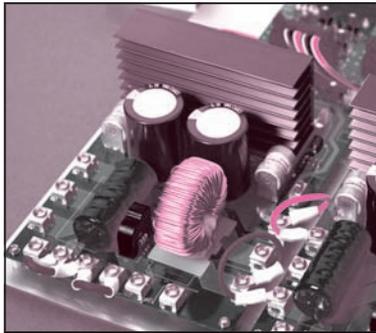


ブリッジレスPFC回路もダイオードが回路内にあるため、ACからDC方向しか電流を流せない

図1-2 ブリッジレス式のPFC回路

見本

第4章



RXマイコンを使ってソフトウェアで制御する

MPPT機能付き DC-ACインバータの設計と試作

鈴木 元章
Suzuki Motoaki

再生可能エネルギーとして太陽光発電が注目されて数年が経ち、さまざまな場所で太陽光発電パネル(Photovoltaic Panel; 以降, PVパネル)を見かけるようになりました。また、再生可能エネルギーの固定価格買取制度も開始され、一般住宅や工場などで発電した電力を、電力会社の系統電力と接続して運用する動きも盛んです。一方、系統電力と接続せずに、発電した電力を充電機や電気自動車に蓄えるなど、家庭内で独立して使うシステムも多く見られます。

本稿では、系統電力と接続しない独立型太陽光発電システムの基本的なハードウェア構成とソフトウェアの実装方法を、RXマイコンを使った試作ボードで紹介します。

独立型太陽光発電システム

● 系統連系型か独立型か

太陽光発電システムは、設置される場所や使う電力の用途などにより分類することができます。電力会社の送電線に接続されるか否かで分類すると、「独立型」と「系統連系型」で大別されます。

独立型は、太陽光パネルが発電した電力をすべて自家消費し、また、使う電力も電力会社の系統電力で補充することなく、太陽光パネルが発電した電力ですべて賄うシステムです(図1)。

一方、系統連系型は、電力会社の系統電力へ接続さ

れ、余剰電力を送電網に送って電力会社に売電することも可能です。

独立型太陽光発電システムのメリット、デメリットとしては、以下が挙げられます。

▶ メリット

- 送電線網を使用しない
- 未電化地域でも使用できる
- 災害発生などの停電時でも使用できる

▶ デメリット

- 夜間や雨天時には蓄電装置が必要になる
- 余剰電力を売電できない

用途としては、一般住宅で使用されるほかに、使用電力が十分に小さければ、新たに送電線網を設置するよりもコストが安く済むことから、信号機や街灯などにも使用されます。

● 機能

独立型太陽光発電システムの機能には、以下の三つの機能があります。

(1) MPPT機能(Maximum Power Point Tracking; 最大電力点追従機能)

PVパネルは、日射量や温度などの自然環境によって出力が大きく変動します。PVパネルから効率良く電力を取り出すためには、PVパネルの出力電流と出力電圧のバランスを制御する必要があり、それを可能にするのがMPPT機能です。

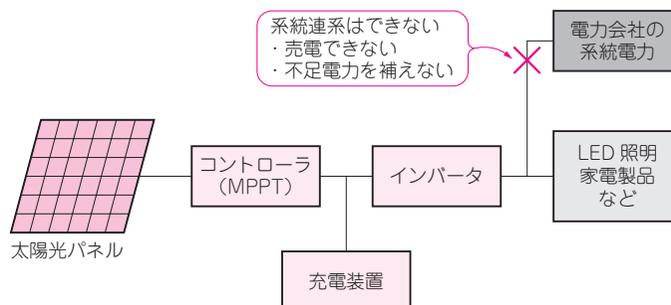
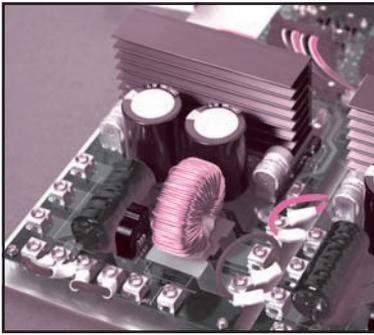


図1 独立型太陽光発電システム

見本

第5章



太陽光発電と リチウム・イオン蓄電池を利用した 自立分散型エネルギー・システム

宮田 朗
Miyata Akira

3.11の東日本大震災以降、毎年夏場になると全国の電力需給が逼迫する事態が現実のものとなり、国内のエネルギー政策は転機を迎えています。当面は化石燃料に頼らざるを得ない状況ですが、将来的には安全で持続可能なエネルギー源である再生可能エネルギーの導入が喫緊の課題となっています。

再生可能エネルギーと言っても風力、太陽光、バイオマス、地熱、水力など種類も多く、さまざまな特徴があります。そのなかで太陽光発電は他の発電方式と比較し、設置制限が比較的少なく本体に可動部がないため、機械的故障が起きにくいという点に、発電時に廃棄物/排水/排気/騒音/振動が発生しないことから、家庭用の小規模発電からメガ・ワット級の大規模発電まで幅広く採用されています。

一方、太陽光発電は気象条件に大きく左右されます。夜間は発電できず、昼間も天候によって発電量が大きく変動することがあります。これらの短所を補う有効な手段として、蓄電池と組み合わせたシステムが注目を集めています。ここでは、太陽光発電(PhotoVoltaics；PV)と蓄電池を組み合わせたシステムの種類と特徴について紹介します。

太陽光発電を取り巻く環境の変化

先に紹介しましたが、太陽光発電は、再生可能エネルギーのなかでも急速に普及が進んでいます。

日本国内では、2009年に経済産業省による「電力の余剰電力買い取り制度」が始まりました。これを契機に太陽光発電の効率改善や設置基準の整備、高効率パワー・コンディショナ(Power Conditioning System；PCS)の開発などが進み、家庭用太陽光発電の普及が加速しました。

2012年には再生可能エネルギーの導入をさらに加速するため「固定価格買取制度」に制度改定され、中/大規模の太陽光発電事業者の参入と建設が進んでいます。

● 電力品質

一方、太陽光発電電力は日射に左右されます。当然ですが夜間に電力が必要な場合は役に立ちません。また、天気の良い地域では一斉に発電量が増し、地域の消費電力を大きく上回って過剰電力となります。

現在の送配電系統は、「固定価格買取制度」が始まる以前の設備であるため、送配電系能力の限界から新しい太陽光発電設備の電力系統への接続を制限している地域も発生しています。

こうした状況から、これまでのように太陽光発電で発電したぶんをすべて電力会社が買ってくれる時代はそう長くは続かないと考えられ、電力品質の高さも求められてくるものと思います。

● 自立/分散型のエネルギー・システム

3.11の東日本大震災のときには、発電所などのインフラの被害による長期間の停電や、その後の数週間に及ぶ計画停電を実際に経験しました。地震大国である日本は東日本に限らず全国的に、災害に強い自立/分散型のエネルギー・システムの導入が必要と考えられています。

環境省は「再生可能エネルギー等導入推進基金」として自然エネルギーや地球温暖化対策に公共投資する日本版グリーン・ニューディール政策を進めています。

民間企業においても、ビル全体のエネルギー効率を改善し、再生可能エネルギーを利用したゼロ・エネルギー・ビルディング(ZEB)が注目されています。

*

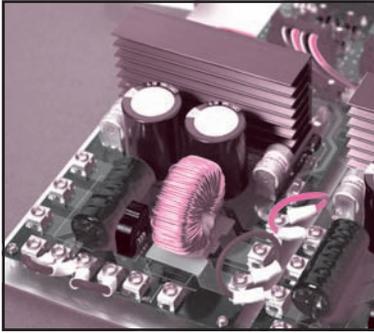
*

このように、太陽光発電を取り巻く環境は、単純な「売電」から送電系統に悪影響を与えない電力品質を求められるとともに、「自立/分散型のエネルギー・システム」の主要な構成要素として期待されつつあります。

今後は、太陽光発電の優れた特長を生かしたまま、欠点である不安定さを克服していくことが重要となってきます。

見本

第6章



さまざまな規格の意味と シミュレーションによる検討 ソーラ発電システムでの EMCについての考察

庄司 孝
Shoji Takashi

「ソーラ発電システムでのEMC」に関して、国内規格、国際規格の動向や測定に関するレポートなどから得た情報をもとに解説します。また、現在参加している工業会での実験などで習得した現象の確認結果を参考に紹介しながら、ソーラ発電システムでのEMCについて考察を進めていきます。

EMCに関係することは、身の回りにある電気/電子機器に限らず、電力を供給する設備や送電線、配電線などのインフラに関するものまで、幅広い分野に跨っています。本稿では、ソーラ発電システムでのEMCを理解しやすいように、電気/電子機器でのEMCを中心に進めています。

さらに近年は、従来のEMC規格の周波数範囲ではカバーしていない周波数帯に対する関心が高くなっており、その背景やシミュレーションでの再現性なども考察したいと思います。その途中では、本題から脱線する内容もありますが、最後まで読んでいただけると幸いです。

ソーラ発電とEMC

● ソーラ発電システムでのEMC規格

まず「EMC規格」について考えてみます。

EMCのフルスベル表現は“Electromagnetic Compatibility”であり、日本語に訳すと「電磁両立性」または「電磁環境適合」になります。

具体的に、家庭やビルに設置したソーラ発電システムで考えますと、システムを設置したときに以下のことが満足できるかを規定した規格になります。

(1) 家庭やビルにある他の電気/電子機器に影響を与えないこと

これはエミッション規格で規定されます。

(2) 家庭やビルにある他の電気/電子機器および自然現象から影響を受けないこと

こちらはイミュニティ規格で規定されます。

「影響を与えないこと」および「影響を受けないこと」を「両立性」または「環境適合」で表しています。

ソーラ発電システムに限らず、電気/電子機器は、

私たちの生活のなかではいろいろな製品が使われており、普段の生活や仕事場での「住宅/商用地域」や工業団地などの「工業地域」でも多くの製品が使用されています。規格では、使用する地域環境も考慮した内容になっています。

少し専門的になりますが、「低圧系統連系」で接続するソーラ発電システムは「住宅/商用地域」に分類されます。「低圧系統連系」は聞きなれない言葉と思いますが、家や仕事場で使用する交流100V(国内の場合、欧州などでは200~240V)のことを「低圧系統」と表現しています。柱上変圧器(電信柱の上に取り付けられたトランス)の入力の交流6600Vの電線は「高圧系統」に分類されます。図1に示すように、電力会社の発電所で発電した電力は、低圧系統で各家庭に電力を供給しています。

家屋の屋根に取り付けた5kVA以下のソーラ発電システムは、「低圧系統」に接続しており、ご存知のように50Hzや60Hzの交流周波数に同期して「連系」する必要があります。余談になりますが、UPS(無停電電源装置)は、入力として「低圧系統」に接続して使用しますが、系統への「連系」はしていません。資源エネルギー庁の「電力品質確保に係わる系統連系技術要件のガイドライン」で詳しく述べられていますので、興味ある方は確認してください。

また、東京電力のホームページでは、「系統連系」に関するアクセスや運用などのルールが公開されており、参考になると思います。

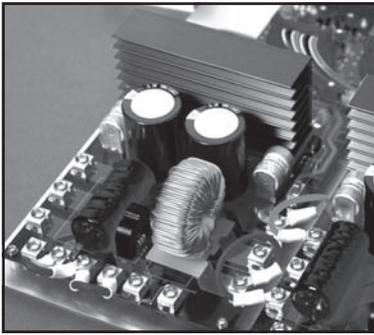
● スマート・グリッドとソーラ発電システム

近年では「スマート・グリッド(Smart Grid)」の言葉は、いろいろなところで聞かれるようになりましたが、ソーラ発電システムとスマート・グリッドの関係を検討したいと思います。図1で国内における発電所から各家庭や工場、ビル、鉄道などの需要先までをイメージしてみました。

スマート・グリッドに関する情報は、経済産業省のホームページなどで検索できますので、興味ある方はアクセスしてみてください。

見本

第7章



発電量を1分ごとに計測しながら データベース化する メガ・ソーラの最適な発電効率を 保つためのシステム

東 日出市
Hideichi Azuma

現在、新しいエネルギー政策が多くあります。2012年7月より「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」がスタートしてからその注目度は高く、多くの発電事業者が誕生しています。そのなかでも太陽光発電は、故障やメンテナンスが少ないため、手堅いエネルギー・ビジネスとして注目されています。20年間の売電事業ですので、20年間の発電効率をいかに保つかが重要となります。

太陽光発電の現状

● 発電量の低下

図1は、産業技術総合研究所の資料になります。さまざまなメーカーの太陽電池パネル(以降、パネル)の10年間に渡る発電量のグラフです。

メーカー名は伏せられていますが、早いものは4~5年で30%低下した例もあるようです。最初の1年はおおむね良いのですが、それ以降のパネルの発電低下を防ぐためには、発電効率が低下したパネルを見つけて不良品として交換することが最適です。

● パネル・メーカーの保証と条件

メーカーの保証には、製品保証と出力保証があります。製品保証は1~2年ですが、出力保証は10~25年とメーカーによりさまざまで、さらに保証には「経年劣化」という条件があります。

多くのパネル・メーカーは一般的に1年に0.8~1%の経年劣化を記しており、不良品と認定されるには、その経年劣化より多く発電量が低下した製品が対象となります。例えば、1年で1%の経年劣化とした場合、5年で95%未満の発電となれば、その製品は出力保証の対象となります。

● 出力保証の現状

実際には、出力低下したパネルを見つけ出すことは容易ではありません。まず、メーカーの出力数値はメーカー基準であり、事業者がおのおのの現地においてメーカー基準の何パーセント発電をしているかわかりません。地域で言えば、北海道と沖縄では太陽光の角度が違います。季節についても、メーカー基準が夏至なのか7~8月なのかはわかりません。

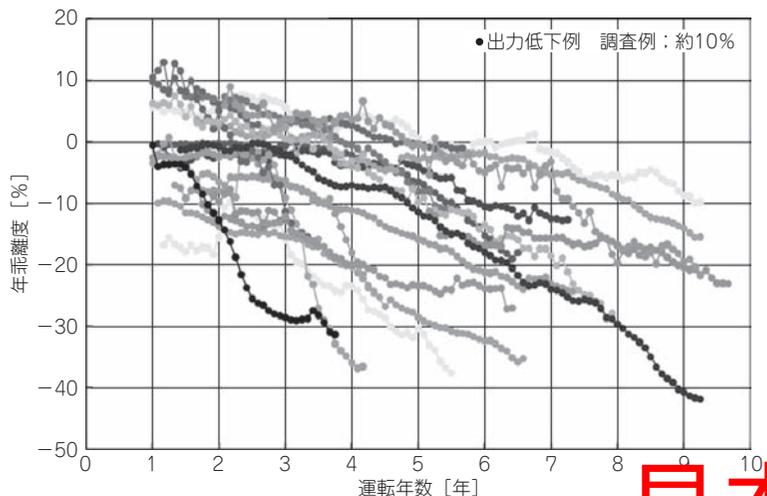
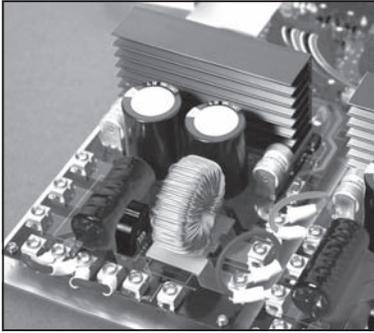


図1⁽²⁾ さまざまな太陽電池パネルの10年間での発電低下例のグラフ

見本

第8章



シリコン結晶/薄膜シリコン/
化合物薄膜…

太陽電池の三大材料と 発電メカニズム

豊島 安健
Yasutake Toyoshima



(a) 手前が多結晶シリコン、奥が単結晶シリコンの各太陽電池



(b) アモルファスシリコン太陽電池

写真1 太陽電池は種類によって色味が違う

ここでは白黒写真になってしまうので分かりづらいかもしれない。濃さから想像して欲しい。目次の写真も参照。(b)のアモルファスシリコン太陽電池モジュールのガラス面には空の雲が映り込んでいる。(a)では奥の単結晶シリコン・モジュールのほうが手前の多結晶シリコン・モジュールよりも濃く見える。この違いは、光閉じ込めのためのテクスチャ処理やセル表面の保護膜による影響もあり、材料そのものの色あいだけではないことにも注意が必要

発電する電池

● 静かな発電装置だから？

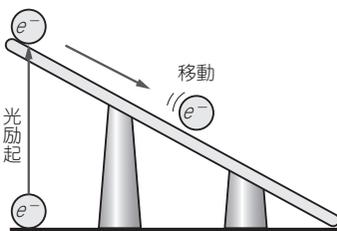
最近、注目を浴びている再生可能エネルギーの代表例として太陽光発電が挙げられますが、その心臓部である太陽電池は太陽の光から電気を生み出す発電装置です。太陽以外の光源からの光でも発電することができるので、光電池と呼ばれることもあります。ディーゼル発電機のような、機械的に動く部分はありません。この点乾電池などとよく似ています。ただし、電池といっても電気を長時間にわたって貯めておく機能は無

く、電気を取り出せるのは光が当たっている間だけに限られます。ですから、電池という呼び方はあまりふさわしくないかも知れません。太陽光発電という用語がありますので、太陽光発電装置などと呼ばれるのがいいのでしょうか。そういう呼び方はあまり聞いたことがありません。似たような発電装置に、燃料電池というものもあります。どうやら、機械的な可動部分がない発電装置に対し、電池という名称を付けてしまう傾向があるように感じられます。

● 光エネルギーを電気エネルギーに変える

太陽電池はどうやって光を電気に変えるのでしょうか。その説明をする際に、光がエネルギーの一種であることが重要です。光が物質に吸収されるという現象は、光のエネルギーが物質に受け渡されることを意味します。我々の身の回りの物質は原子から、そしてそれらの原子は電子と原子核から出来ていますが、光吸収で受け渡されたエネルギーは基本的に電子が受け取ります。このエネルギーを得た電子を物質の外に取り出し、その持ち出したエネルギーを電力として利用

図1 光により励起された電子の外部への取り出しのイメージ
このすべり台の正体についてはワンポイント・セミナを参照



見本

ISBN978-4-7898-4845-9

C3055 ¥2600E

CQ出版社

定価：本体2,600円（税別）



9784789848459



1923055026001



グリーン・エレクトロニクス

Green Electronics Series

このPDFは、CQ出版社発売の「グリーン・エレクトロニクス No.15」の一部見本です。

内容・購入方法などにつきましては以下のホームページをご覧ください。

内容 <http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/48/48451.htm>

購入方法 <http://www.cqpub.co.jp/order.htm>

見本