平地研究室技術メモ No.20090708

太陽光発電システムの基本

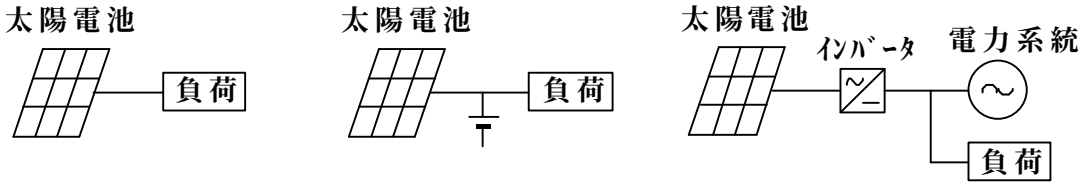
（読んでほしい人：電気系の高専生と大学生）

2009/7/8 舞鶴高専 平地克也

■太陽光発電のシステム構成

図１に示すように太陽光発電には 3 種類のシステム構成があります。図１(a)の単独システムは太陽電池が単独で負荷に電力を供給します。光のない時は動作しません。このシステムでよく見かけるのは太陽電池を使った電卓です（図２）。電卓は光のない所では使われないのでこのシステム構成で OK です。光のない時でも使いたい場合は図１(b)の自立システムを構成する必要があります。光のある時（昼間など）に太陽電池で蓄電池を充電し、光のない時（夜間など）は蓄電池から負荷に電力を供給します。詳しい動作は次節で説明します。

単独システムや自立システムは古くから実用化されており、すでに広く用いられている成熟した太陽光発電システムです。近年 CO_2 抑制の決め手のように言われ、急速に市場規模が拡大しているのは図１(c)の連系システムです。太陽電池をインバータを介して電力系統と接続しています。負荷には太陽電池と電力系統の双方から電力が供給されます。今回はこのシステムについて詳しく説明します。



(a) 単独システム　(b) 自立システム　(c) 連系システム

図１　太陽光発電のシステム構成

■自立システム

図３に自立システムの動作を示します。光の強い時（晴天時）は太陽電池は蓄電池を充電しながら負荷に電力を供給します。光の弱い時（曇天時）は太陽電池と蓄電池の双方が電力を供給します。光のない時（夜間）は電池から電力を供給します。このシステムは古くから実用化されており、電力系統（商用電源）の使用できない場合の電力供給システムとして広く用いられています。例えば離島の電化システム、僻地の通信設備や人工衛星の電力システムなどに使われています。図４は防災無線用電源システムです。商用電源の利用が困難な山中の通信設備の電力確保に利用されています。このシステムは電力系統のない所でも「自立」して電力供給を行うことができるので自立システムと呼ばれています。「独立システム」とも呼ばれます。

図２　太陽電池を使った電卓

人工衛星では衛星の軌道から日射時間や日射強度を正確に計算できるので必要最低限の容量の太陽電池と蓄電池を選択することができます。しかし、日射が天候に左右される地上のシステムでは大きな余裕が必要です。毎日が晴天なら蓄電池には一晩の電力供給をまかなえる容量があれば OK ですが、曇天が 10 日間継続する可能性があるならば 10 倍以上の容量が必要となります。太陽電池は負荷への電力供給以外に蓄電池の充電電流を供給するために大きな容量が必要となります。

図５に自立システムの最も基本的な回路構成を示します。太陽電池は例えば 10 日間の電力供給をまかなえるような大容量の蓄電池を１日で充電できるような大きな容量を持っています。したがって、

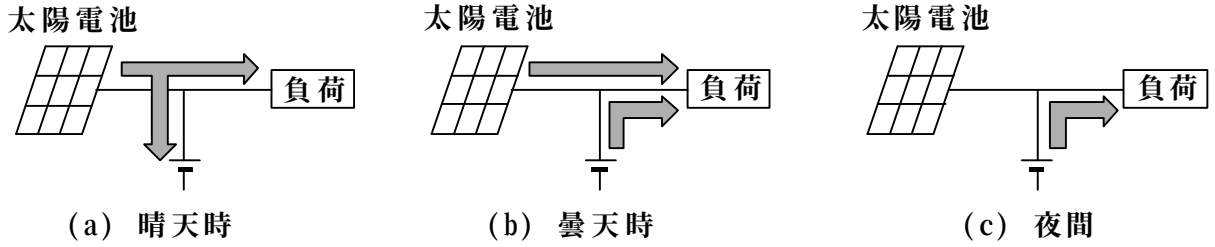


図３　自立システムの動作

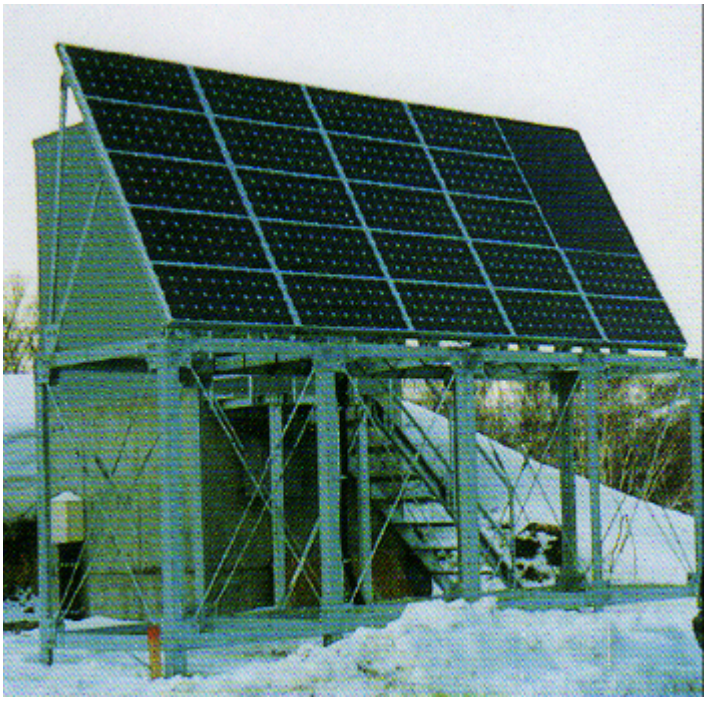


図４　自立システムの例（北海道の防災無線用）
（(株) GS ユアサのカタログより）

逆に晴天が何日も続けば蓄電池は過充電になって破損してしまいます。そこで過充電を防止するために制御回路で電池電圧を検出し、過大電圧となればトランジスタを ON させて太陽電池を短絡し、電池の充電を停止します。電池電圧が低下すればトランジスタを OFF させて電池の充電を再開します。なお、太陽電池はその最大電力点電圧がなるべく蓄電池や負荷の定格電圧に近くなるように選定します。

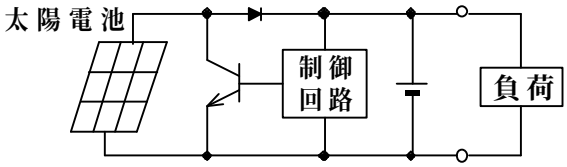


図５　自立システムの回路例

■連系システム

前記のように自立システムは電力系統のない所でも電力を供給することができる優れたシステムですが、次のような欠点があることが分かります。

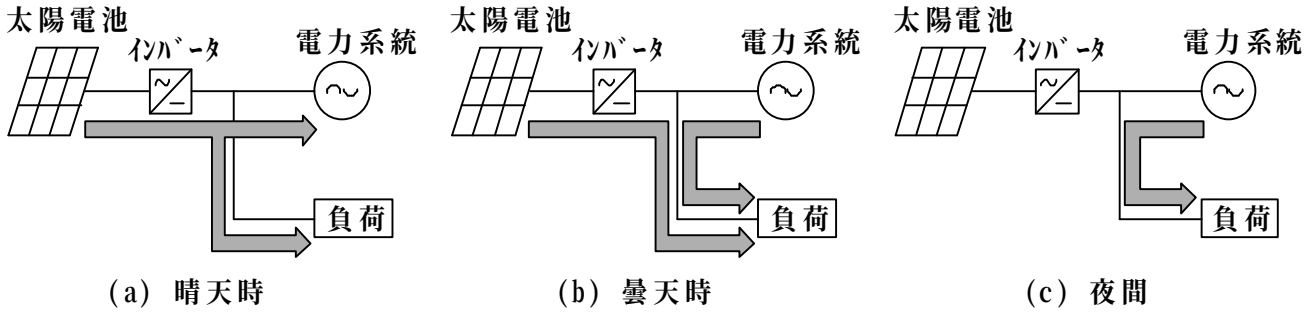
・大容量で高価な蓄電池が必要。
・負荷の容量より十分大きな容量の太陽電池が必要。
・晴天が続けば太陽電池の発電能力を発揮できない。

したがって、自立システムは電力系統を利用できない場合に仕方なく使用されるシステムであり、太陽光発電を広く普及させることはできませんでした。そこで、このような自立システムの欠点を全て解消し、太陽光発電を例えば一般家庭などに広く普及させるシステムとして期待されているものが連系システムです。

図６に連系システムの動作を示します。晴天時は太陽電池の電力を負荷に供給すると同時に電力系統にも供給します。電力系統は交流なので太陽電池の直流を交流に変換するためにインバータが必要です。曇天時は太陽電池と電力系統の双方から電力を供給します。夜間は電力系統から電力を供給します。図３の自立システムの動作と比較すれば、電力系統が蓄電池の役割を果たしていることが分かります。太陽電池の容量は負荷や蓄電池の容量に制約されることなく、自由に選択できます。よって、設置スペースや資金に見合った適切な容量の太陽電池を選択することができます。また、電力系統には「過充電」はありませんので太陽電池の発電能力はいつも 100%発揮させることができます。このようにこのシステムは前記の自立システムの欠点を全て克服していると言えるので太陽光発電普及の決め手として強く期待されています。

図７にこのシステムを設置した住宅のイラストを示します。配電盤には電力系統と太陽電池の双方から電力が供給され、冷蔵庫やテレビなど様々な電気製品に電力を供給します。電力メータには売電と買電の２つがあります。電力の流れが「太陽電池→配電盤→電力系統」の場合は電力を電力会社に販売していることになるので売電メータが動作します。電力の流れが「電力系統→配電盤」の時は電力会社から電力を買っているので買電メータが動作します。図８は舞鶴の私の家の近くに最近できた住宅街の写真です。４軒の家の屋根に太陽電池が見えます。「福田ビジョン」では 2020 年には新築持ち家住宅の 70%が太陽光発電を行うことになっています。

このシステムではインバータが重要な役割を果たします。単に太陽電池の直流を交流に変換するだけではなく、太陽電池を最大電力点で動作させるように制御します。また、電力系統に供給する電流を歪のない完全な正弦波に整形します。その他、システムを適切に動作させるためのいろんな機能を受け持っています。太陽電池の電力を電力系統に連絡させるので「連系インバータ」と呼ばれています。(「連携」ではなく「連系」です)。連系インバータについては別途詳しく説明します。



(a) 晴天時　　(b) 曇天時　　(c) 夜間

図６　連系システムの動作

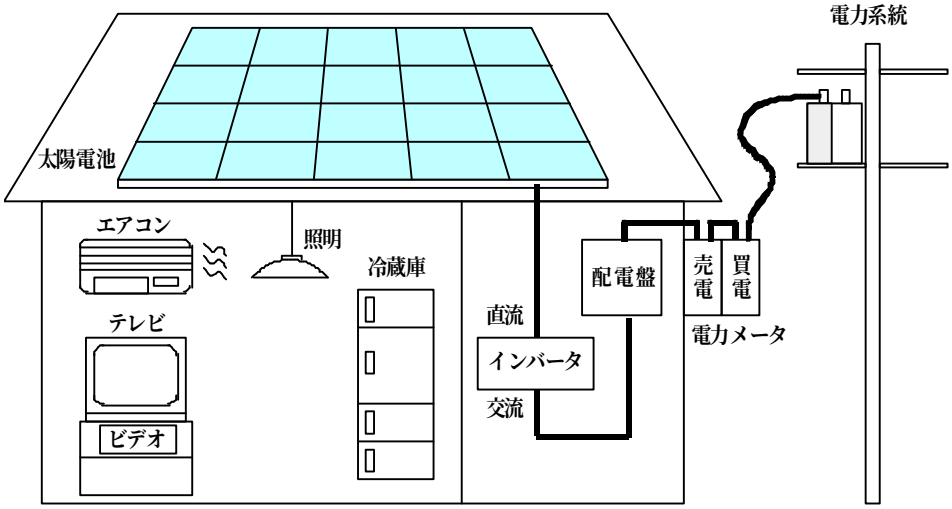


図７　太陽光発電システム（連系システム）を設置した住宅

図８　舞鶴の新しい住宅街（４軒の屋根に太陽電池が見える）

以上