

太陽光発電の開発と展望

大 関 崇*

1. はじめに

3.11の大震災では、多くの尊い人命が失われた大規模災害となった。電力エネルギーネットワークという観点からみると、地震、津波により電源供給が停止し、大規模な広域停電が発生した。短時間の場所から数週間、さらには計画停電といった緊急事態の対応が行われた。このような経験から国内各所で「エネルギー」に関する議論が活発になされるようになった。国としては、「エネルギー基本計画」の見直しに関する議論が開始され、2012年の夏にはある方向性が出される。エネルギーインフラは急にガラッと変更できるものではないため、太陽光発電がその一部である再生可能エネルギーの短期的な導入目標が劇的に変わることはないが、期待される声は各所で聞こえている。長期的な視点を、そして太陽光発電としては、どのような哲学を持って推進するかを再度見直す良い機会である。本稿では、太陽光発電の大量導入に向け、最近の技術動向を中心に、そして今後の技術課題について概説する。著者は材料分野の専門ではないため、メインはシステム技術を中心に言及することをご容赦願いたい。

2. 太陽光発電の導入目標と技術課題

太陽光発電の導入量は、図1に示す通り欧州を中心に進んでおり、国内では2010年段階で3.622GW導入されている⁽¹⁾。これは、年間の国内電力需要の約0.3~0.4%程度であり、電力エネルギーの一翼を担うという点では、まだこれからである。世界に注目すると、ドイツ、イタリアを代表に欧州を中心として市場が伸びている。普及の要因としては、フィードイン-タリフ(FIT)と呼ばれる発電電力kWhに対する助成制度があげられる。太陽光発電で発電した電力を市場価格よりも高値で電力会社等が買い取る仕組みである。国内でも同様な仕組みができており、現状は余剰電力(自家消費を超えた分の発電量を電力会社に売る)買い取り制度があり、住宅用であれば、24円/kWhのところを48円/kWh(価格は

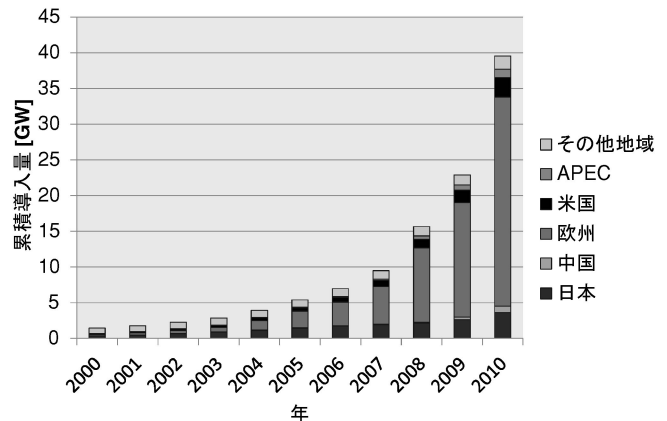


図1 世界の累積導入量(EPIA Global market outlook for photovoltaics until 2015をもとに作成⁽¹⁾)。

定期的に見直し、また燃料電池との併設などシステム形態により価格が異なる)である。また、2011年8月26日、第177回通常国会において、「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」が成立した。いわゆる「全量買取制度」について具体的な価格設定の議論が始まり、2012年夏ごろより実施される予定になっている。これにより国内の公共・産業用大規模システム(1MW以上が多いためメガソーラと通称される)の普及もこれまでより進むと予想される。

一方、生産量に関しては、図2のように中国・台湾が市場の半分以上を占めている⁽²⁾。このまま国内の太陽光発電業界は置いてきぼりを食らうのか危機感を持っている。この差は何といってもコストである。太陽光発電システムは国内では1kWあたり平均56.6万円程度であるが(2010年4月~12月の統計)⁽³⁾、世界のトップ市場のドイツでは2199ユーロ/kWまで直近でシステムコストが低下している(2011年Q3程度になる⁽⁴⁾)。特に中国メーカーの太陽電池の価格低下は著しい。ただ過当競争になり業界再編が進むという見方も強い。この中で日本企業がどのように世界と戦わなければならないかで

* 独立行政法人産業技術総合研究所 太陽光発電工学研究センター研究員(〒305-8568 つくば市梅園1-1-1)

A Review on Photovoltaic System Technology; Takashi Oozeki (Research Center for Photovoltaic Technologies, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba)

Keywords: solar cell, photovoltaic, system technology, state-of-art, reliability, power system, grid connected

2012年1月18日受理

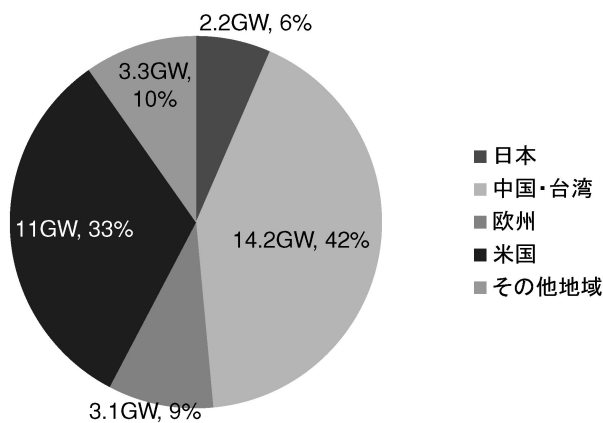


図2 世界の単年度太陽電池生産量(2010年)(資源総合システム資料をもとに作成⁽²⁾).

あるが、まずはベースのコストダウンは必須である。そのため技術開発目標としては、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)がまとめた技術ロードマップPV2030+がある⁽⁵⁾。この中では太陽電池の変換効率向上に向けた技術開発、生産性向上技術の開発などがあげられる。変換効率はよく40%以上など目標が立てられているが、すべての技術がそれを達成する必要があるわけではない。ある科学技術的なマイルストーンとしての象徴の意味はあるが、本来は同じテクノロジーの中で相対的に変換効率を向上させることがコスト低下につながるわけである。事実、すでに40%を超える太陽電池は開発されているが、これが直接コストダウンにつながっているわけではない。もちろんいろいろな技術開発の中でブレークスルーを狙う研究は必要であるが、変換効率向上というのは、同様な生産技術内で相対的に効率向上を行うことが基本となる。ブレークスルーの実現するのは本学会のような材料分野・基礎物理分野の技術開発が間違いなく重要になる。

ここまで説明してきた“コスト”はあくまでkWあたりのコストである。本当に重要な“コスト”というのはkWhあたりのコスト、いわゆる発電コストである。発電コストとは、太陽光発電システムに対して製造・設置から撤去・廃棄/リサイクルまでにかかる生涯コストを投じて、その太陽光発電システムが生涯にどれだけ発電電力量を生み出せるかを示した指標である。すなわち、生涯コスト[円]/生涯発電電力量[kWh]である。前述のPV2030+も掲げられている値としては、2015年にかけて住宅用の電気料金相当の23円/kWh、2020年にかけて公共・産業の電気料金相当の14円/kWh、2030年にかけて発電事業相当の7円/kWh、2050年はそれ以下という目標値がある。太陽光発電システム単体でいえばこの発電コストが最終数値目標であり、変換効率向上等の目標値はそれを達成するファクターとなる。発電コスト低減に向けては、機器・装置のコストダウンに加えて、設計・施工、運用・保守、そして最後の処理まで踏まえたトータルコストダウンが必要である。これまでの太陽光発電システムは初期コストダウンにのみ目が向けられてきたが、徐々

にkWhの意識が高まってきているのは非常に喜ばしいことであるが、生涯トータルを考えた設計、運用・保守、後処理というのはこれまでの初期コストダウンを妨げる方向にもなるため、現状の激しいコスト競争の中でユーザも含めて、かかわるすべての人が正しく良い太陽光発電システムを評価していくことが重要である。特にこれまで見えていなかったコスト、適切に内部コストとして評価されなかったシステム設計過程と長期信頼性の関係を正しく見ていくことは国内の太陽光発電産業にとって重要な課題と考えられる。

では、発電コストが十分に下がれば十分であろうか？実際はそういうわけにはいかない。太陽光発電システムは当然設置して終了ではなく、発電して電力・エネルギーとして利用して本分を果たす必要がある。この時に重要なのは電力・エネルギーネットワークである。以後は電力に限っての方がわかりやすいため、電力ネットワークとして述べる。電力ネットワークとは、国内では電力会社が運営している電力系統のことを示す。国内の太陽光発電システムの9割近くは電力系統につながって、お互いに電力を融通している。このシステムを系統連系型システムと呼ぶ。太陽光発電は歴史的には米国を中心に、離島や送電が難しい場所において、蓄電池と併設する独立型電源としての役割が期待され技術開発が始まった⁽⁶⁾。しかしながら、国内ではいち早くサンシャイン計画段階で電力系統との連系技術の開発に着手した⁽⁷⁾。これは電力系統を大規模な蓄電池とみなして、昼間の太陽光発電の発電を電力系統に流すことで融通し、夜間はこれまで通り電力系統から電力を受けるシステムをイメージしたものである。太陽光発電の日本での普及が加速した要因として補助金政策が良く例として挙げられるが、この系統連系技術が可能となったことが大きな要因のひとつである。これにより、ドイツのFIT、余剰電力買取制度、前述の全量買い取り制度が成り立つようになったのである。しかしながら、大規模な蓄電設備としてみなしていた電力系統は、太陽光発電システムの発電電力が無視できるほど小さい時の話であり、将来の大量導入時には、同程度、瞬間的には電力需要を上回るほどの発電電力が発生する場合には成り立たない。このような場合においては、太陽光発電を大量導入するには現状の電力系統の運用など変更が必要になる。いわゆるスマートグリッドという言葉でくられる技術であるが、国内でいえば、特に既存の電力・エネルギーネットワークと太陽光発電の協調が非常に重要な課題となっている⁽⁸⁾(図3)。

このように研究課題としては、大きく2つに大別され、「発電コストの低減に関する技術開発」、「電力・エネルギーネットワークとの協調に関する技術開発」が重要な課題となる。本稿では、発電コスト低減技術として主に信頼性に関して、そしてエネルギーネットワークとの協調技術に関して概説する。

3. 太陽光発電システムの信頼性に関して

太陽光発電システムのうちメイン部である太陽電池の信頼性に関してはモジュールの暴露試験と信頼性・加速試験との

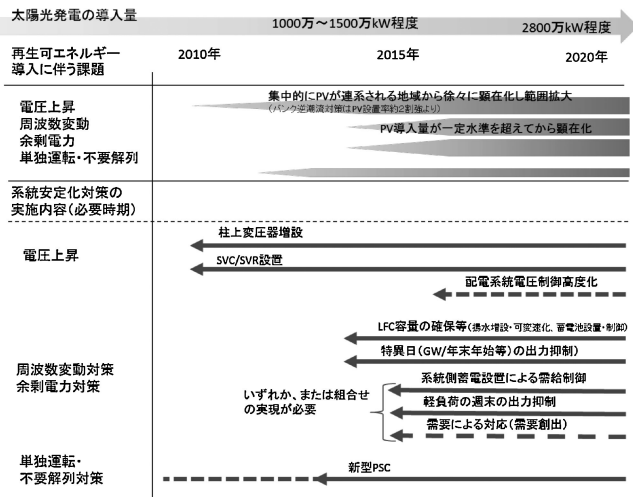


図3 次世代送配電ネットワーク構築に向けたロードマップ(報告書⁽⁸⁾を参考に作成)。

関係について古くより研究が進められてきた。モジュール暴露の実績として、米国や欧州の結果があり、0.5～0.8%/年が代表的な結果として示されている⁽⁹⁾。国内では、日本品質保証機構から電気安全環境研究所に引き継がれて15年程度経過したモジュール暴露結果がある⁽¹⁰⁾。しかしながら、特定の年代のモジュール技術であることや暴露枚数の関係もあり、一般的な結果とは言えないのが現状である。モジュール単体でいえば、10～20年を想定した設計であるため、実暴露試験を継続的に実施することに困難があり、世界的に課題として残っている。屋外暴露を補う方法として、他の業界と同様に温度サイクルや高温高湿度試験に代表されるような加速試験の開発も同時に進められてきた。しかしながら、故障モードの複合性との関係もあり加速試験と寿命との相関性は明確でなく、現状においても課題として残っている。これまでの研究結果の中で、太陽電池そのもの(単導体部分)の劣化は、それほど大きくない(少なくともシリコン結晶系は)と考えられている。実際は、太陽電池モジュール(パネル)を構成する太陽電池セルに直列配線材、EVAなどで封止材、湿度侵入防止のバックシートなど部材の選択の影響も大きい。配線まわりの温度サイクル、湿度侵入による配線の腐食や絶縁低下などが劣化要因となるため、モジュール構造に加えて部材開発が重要な研究課題である。国内では産総研が中心になって「高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム」を立ち上げ、部材メーカー等20機関以上との共同研究を実施しており、メカニズムの明確化から部材に必要な要求仕様の確認および部材開発を検討している⁽¹¹⁾。また、産総研、米国のNRELを中心にQAフォーラムを立ち上げ、従来の加速試験の強化など長期信頼性に向けた新しい標準化の動きも進んでいる⁽¹²⁾。

太陽電池本体以外では、直流の電源を交流に変換する機能および系統連系機能を有したパワーコンディショナが主要機器となるが、これまでのパワーエレクトロニクスと類似した技術であるため、太陽光発電用パワーコンディショナ単体の

加速試験などはないのが現状である。

個別機器を組み合わせて、太陽光発電システムとようやくなるが、この信頼性の現状認識はさらに不足している。システム暴露を継続的に国プロジェクトで実施した例は少なく、実際には市場で導入されたシステムの事後評価がほとんどである。そのため、系統的な調査は不十分であるのが現実であるが、その中でも交換履歴等の結果としては、例えばNEDO フィールドテスト事業(10 kW以上の公共・産業用システムを対象とした実証事業)のデータでは、10年以上経過のシステムに関しては、38%のシステムで交換履歴があり、47%がパワーコンディショナであった⁽¹³⁾。また、太陽光発電の設置者を中心としたNPO「太陽光発電所ネットワーク」の調査では34%の交換が発生しており、太陽電池は15%、パワーコンディショナは25%などの結果がある⁽¹⁴⁾。しかしながら、注意しなければならないのは、その交換理由までは十分に調査されていないところである。一般的にパワーコンディショナでは入力電解コンデンサの寿命に律速されることが言われるが、これまでの交換事例は摩耗期までに届かないところであるとも考察できる。そのため、単純な摩耗期の延命に向けた技術開発だけではなく、まずは設計の確定、機器故障発見や故障理由の明確化などが重要な課題であり、その調査を待って長期信頼性に必要な技術開発課題が見えてくる段階である。また、太陽光発電システムは発電に直接関連する機器の信頼性だけでは不十分である。実際には、屋根等に設置するための架台や金具の設計・施工、ケーブル・コネクタの配線部材、屋内外配線のPF管、中継の集電箱、遮断機、断路器など多数の機器類で構成されている。太陽電池のみに注目することなく、発電しない機器にも着目することは重要である。

太陽光発電システムは当然発電機器のため発電電力量が注目されるが、安全性については再度見直す必要がある。海外を中心に公の情報として火災事故が発生している。太陽光発電の特徴として直流であること、光が当たる限り発電し続けることなどもあるため、漏電遮断器等で明確に検知できず、周辺資産に加えて人的被害が拡大する可能性が高い。欧米はすでに消防関係者とのディスカッションやルール決めも進んでいるが国内では不十分であるため、早めにルール決めが必要である。また安全性という意味でいえば、建物として公衆安全の考え方の整理、住宅用の架台等の設計に関しては法整備も含めて検討が必要と考える⁽¹⁵⁾。

システム技術として重要な技術開発にモニタリングおよび故障診断技術がある。太陽光発電はメンテナンスフリーと呼ばれて久しいが、ここまで言及した通り完全にメンテナンスフリーではない(確かに他の発電機と比較すると格段にメンテナンスは楽である)。さらに、太陽光発電の不具合、故障の発見がユーザの感覚では困難であるという問題がある。これは太陽光発電の発電電力が日射量に強く依存するため、もし不具合で発電電力が低下した場合でも、雲っているだけと勘違いするためである。技術としては日射量などのセンサを併設し、データ分析する技術は存在するが、住宅用はセンサのメンテナンスやコストの問題からより簡易的な診断手法の

技術開発が望まれている⁽¹⁶⁾。例えば、気象庁地上気象官署の日射量データを利用する方法⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾や衛星画像から日射量を推定する手法などが検討されている⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾。一方で大規模なシステムに関しては、ある程度のオンサイトにおけるセンサ設置が許容できるため、データ分析手法の精緻化が技術課題として挙げられる⁽²¹⁾。

もう一つ重要な技術課題は、オンサイトの点検技術の開発である。モニタリング技術はあくまでアラームに近い技術である。イメージとしては、数千万システムに対して、全件検査するのではなく、ある程度スクリーニングする仕組みである。その後、実際の不具合箇所の明確化や定量化はオンサイトでの検査、試験が必要となる。

4. エネルギーネットワークとの協調技術

エネルギーネットワークとの協調技術としては、古くから配電系統における問題について技術開発が行われてきた。代表的な問題として、系統保護協調(単独運転問題)、電圧上昇問題がある⁽⁸⁾。系統保護協調は、電力系統停電時に太陽光発電のみが発電を継続した場合、作業者の感電や電力系統の再開路においての不具合が生じる問題である。そのため、太陽光発電のパワーコンディショナは系統停電を自端での電圧位相跳躍や周波数変化などを検出して自己で判断できる機能(単独運転検出技術;受動方式)を有している。しかしながら、発電と消費電力が釣り合った状態ではその変化が起こらないため、検出が困難という課題があった。それを補うために常に電力系統側に擾乱(無効電力や周波数シフト)を与えることで系統異常に変化を大きくさせる技術が併用されている(単独運転検出技術;能動方式)。この二つの技術は、太陽光発電が少数の場合は問題がなかったが、大量に導入された場合には能動方式の信号がお互いにより打消し合うなど干渉することが懸念されている。その解決方法として、周波数変化を増幅させる方向に無効電力を注入する方式が開発された。また、干渉を避けるための方式の統一化が進められている⁽²²⁾。ただし、住宅用がメインであり、高圧・特高に関しては今後議論が必要である。また、大量導入時には、電力系統が不安、例えば瞬時電圧低下がある場合には、太陽光発電が一斉に電力系統から解列すると、電力系統の不安定性が冗長されるため、停止せず系統を支える働きをする必要がある。この機能をFRT(Fault ride through) LVRT(Low voltage ride through)と呼ぶ。住宅用にはこの機能を盛り込むことが決まり、現在は移行期間とされている。今後高圧・特高に関しても同様な要件が盛り込まれる予定で審議中である。

また、電力を供給する事業者は、低圧において 101 ± 6 Vに供給電圧を納めるように電気事業法にて規定されており、これまでは太陽光発電のような逆潮流を発生する発電設備が無かったため、電力の流れは一方向であり、送電・配電線のインピーダンスの想定により系統側(電力会社)による電圧制御が比較的容易であった。しかし、太陽光発電が連系されることにより電力の流れが双方向となり、逆潮流により需要家

側から電圧上昇が発生するようになり、配電系統内の電圧プロファイルを予測することが困難になり、系統側だけの制御では全ての地点の電圧を目標範囲内に制御することが難しくなることが懸念されている。電圧が定められた範囲を超える場合、太陽光発電システムは、有効電力を抑制すること、すなわち発電損失が発生し、これが電圧上昇と出力抑制問題である。対策として、需要家側・系統側での対策技術の開発が検討されてきた⁽⁸⁾。これまでに、需要家側(太陽光発電)と系統側(電力会社)の対策が各々検討されているが、実際にはお互いが協調することが最も重要であり、どのような対策を誰が導入し、誰がコストを負担すべきであるかの検討が重要である⁽²³⁾。また、系統連系のルールを明確にするなど、社会システムとしての整備が必要となっている。なお、前述の系統保護問題と電圧問題に関しては基本的に局所的に発生しやすい事象であるため発生導入規模を想定することは難しく、現在でも部分的に発生している問題である。

系統保護と電圧問題については基本的に局所的な事象であるが、更に大量導入が進んだ状態では需給バランスが問題となる。この問題は太陽光発電の発電変動特性により生じ、周波数変動と余剰電力の問題に分類される。周波数変動は、数分～数十分程度の変動(短周期変動)が起因となり、余剰電力に関しては日変動や週変動(長周期変動)が起因となる。ここで、需給バランスに関しては電力会社の管内程度のエリア全体を対象として検討することが必要で、変動分も単一の変動ではなく、全体を足しあわせたもので議論することが重要である。特に短周期変動に関しては、太陽光発電は基本的に広域分散して設置されることから、変動分が自然に抑制される効果、いわゆる「ならし効果」があることが指摘されている。これまでいくつかの研究が実施されているが⁽²³⁾–⁽²⁶⁾、電力管内程度の広範囲における実測や評価は十分ではないため、太陽光発電の短周期変動の実態把握を十分におこない、周波数変動との関係を分析・評価を行ったあと、対策技術を検討する必要がある。電力会社中心のプロジェクトにおいて一定の結果が出てきている予定である⁽²⁷⁾。

長周期変動については、短周期変動と同様に需要電力が少ない時に、太陽光発電が良く発電するケースにおいて総発電量が需要電力量を上回る場合に問題となる(図4)。これら需給バランスへの対策としては、基本的に短・長周期変動において対策方法は同様であり、変動分を抑制するために「発電を貯める」、「発電を捨てる」、「負荷を発電とあわせる」となる。短・長周期変動に対して、その規模や容量、対象エリア・場所・制御速度、方法などはさまざま考えられる。

具体的な対策としては、短周期変動についてはまず「ならし効果」の把握につとめ、その後必要な変動対策を考えることが妥当である。住宅ごとに蓄電池を導入することや、系統側の揚水発電等を利用するなどが検討されているが、各々の組み合わせにより対応することが重要である。また個別蓄電池も変動抑制専用でなく、EV/PHEVなどを間接的に利用する方法もある。発電電力を捨てる方法も特異日に出力制御すること実現に向けて検討が開始されている。また、負荷を調整すること(デマンドレスポンス)については、従来の

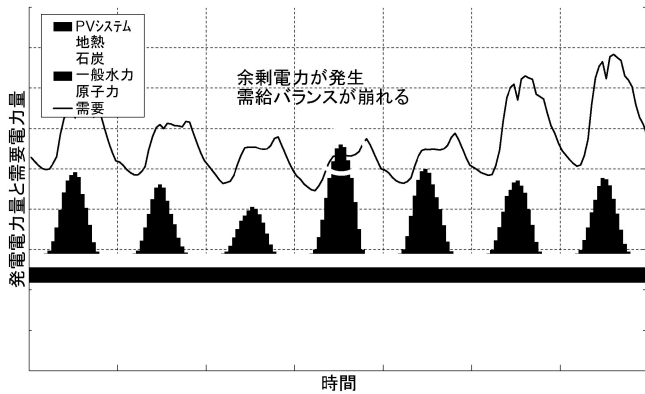


図4 需給バランスの概略図.

HEMS, BEMS での空調や家電等の ON/OFF 制御やヒートポンプ等を昼間に利用する方法などを系統安定化に利用することも検討されている。更にはこれを実現するために、EU のスーパーグリッド⁽²⁸⁾のように日本をひとつのグリッドとみなす考えも重要となり、連系線容量の拡大も検討が必要となる⁽²⁹⁾。この中で太陽光発電にとって重要なことは発電電力を事前に予測することである。予測技術はすべての制御の基本となるため、重要な技術である。予測技術の最近動向の詳細はレビュー文献⁽³⁰⁾を参考にさせていただきたいが、気象庁の天気予報の技術などと組み合わせた技術開発が今後重要になる。

5. 震災直後、震災後の太陽光発電の役割

震災直後の状況は、多くの方がご存知のとおり、福島を中心とする原子力発電・火力発電をあわせて 2760 万 kW が津波等により緊急停止した⁽³¹⁾。それにより、東北、関東を中心に大規模停電が発生した。この直後の太陽光発電がどのような役割を担っただろうか。震災直後、避難場所において、数日間停電が続いた。この時に重要な電気機器として照明・通信機器、また少し大きめの負荷としては浄水システムなどがあった。太陽電池は各社メーカーから独立型電源として寄付等の対応があり、災害用電源として大いに役にたった。小型の可搬式から数 kW クラスまで様々なアイデアが出され避難所の人々の一助になったと考えられる⁽³²⁾。既存の住宅用システムについては、二つのケースが存在した。それは震災エリアにて長期の停電が続いたケースと、電力不足に伴う計画停電のケースである。住宅用など太陽光発電は電力系統の電圧、周波数を見ながら運転する系統連系モードから、自立運転モードに切り替える必要がある。この自立運転モードを利用したかどうかについてはアンケート結果から、震災エリアでは回答数の 70% 近くが利用していたが、計画停電では 33% にとどまっていた⁽³³⁾。他のアンケートでも計画停電エリアでは 26% の人のみ利用しているという結果であった⁽³⁴⁾。自立運転のその操作手順は安全性も考慮してマニュアルでの起動が望ましいが、操作手順が標準化されていないことなど問題が顕在化し⁽³⁵⁾⁽³⁶⁾、計画停電時に十分に活用さ

れなかったことが一つの要因として挙げられる。また、計画停電時においては、長期停電と異なり短時間であることから冷蔵庫やテレビ等の負荷に利用したケースが多かった。これらを考えると、災害直後の避難場所、一定の長期停電、短期停電、というケースごとに太陽光発電の役割がある。避難場所、例えば学校や公民館などの公共施設には必要最低限の負荷(照明、携帯等通信)を賄うことが重要になる。個々の負荷は小さいが多数の人数の電力を曇天でも賄うためには 10 kW 以上の容量は欲しいところであり、蓄電設備が併設されることが望ましい。さらには、太陽電池は分割してモジュール単位でも利用は可能なため、避難場所から近隣に電力を有効に活用するためには、通常時は架台で固定であるが、緊急時に一定の可搬性を持ったシステムが有効と考えられる。避難所以外で数日から数週間にわたる一定の長期停電に関しては、照明・通信に加えて炊飯器、テレビなどのある程度の大きな負荷を定常的に賄う必要がある。場所は固定された箇所(例えば住宅など)であるため、3~4 kW である程度であるが、定常的に賄うためには蓄電池の併設が期待される。その後計画停電に見られるような数時間と短時間の停電では、長期停電と賄う負荷の規模は変わらないが、通常的生活ではライフラインに影響がでる時間ではないため、天候や時間(夜間など)によっては利用できないケースも想定されるが、蓄電池の併設は特に必要ないとする。このように場所・停電期間の想定により太陽光発電システム、特に蓄電池との関係は異なる。

計画停電の時期が終わった後も太陽光発電は災害対策電源として期待され、ニュースなどで多く取り上げられており、特に蓄電池との併設システムなどの提案が相次いでいる。確かに蓄電池は汎用的かつ利便性に優れた装置であり、太陽光発電にとっては非常に重要なパートナーである。しかしながら、実際には災害時はあくまで災害時のためであると切り離して考えることが重要である。通常時に蓄電池をフローティング制御するのみなど有効に利用しないシステムは、災害対策としては有効であるが、トータルで費用対効果が良いシステムとは言えない。極端にすべてを蓄電池併設の太陽光発電システムにした場合、社会的コストは増大することが容易に想像できる。そのため、避難所になる公共設備以外は、通常時に蓄電池に対して災害対策以外の役割を持たせることを忘れてはいけない。その一つがスマートグリッドやスマートコミュニティになるが、いろいろな想定はあるが、太陽光発電は当面専用の蓄電池が無いと大量導入できないものではないと著者は考えている。EV の空き時間や揚水などの活用で需給バランスの問題はしばらくは大丈夫だろう。もちろん、電力の 10%~30% を太陽光で賄うようなレベルを想定すれば、蓄電池、蓄電設備は必要となる。そのような長いスパンということを前置きして、太陽光発電と合わせて蓄電池のコストダウン、信頼性向上に向けた材料開発には期待したい。

6. ま と め

本稿では、太陽光発電のシステム技術を中心にまとめた。

震災を受けて電力の自由化, 次世代グリッドに向けての議論も活発になっている。しかしながら, 太陽光発電を含めた再生可能エネルギーにすべての電力を賄うのはまだまだ先である。加えてインフラ整備には時間がかかる。国際競争力も激化しているのは間違いないが, 拙速に進めることなく, システムとしての長期信頼性をはじめ, 足元の技術を着実に固めることが重要である。このような状況の中, 本学会に期待することは, 至ってシンプルである。安価で長期信頼性の保てる太陽電池, システム構成機器, 関連する部材・材料, さらに蓄電池材料の開発である。

震災1年を機に考えること, それは太陽光発電を本当に価値のあるエネルギー源として利用するために必要なことを改めて議論する必要があるということである。そして我々研究者・技術者はそれを実現することである。

文 献

- (1) EPIA, Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015, (2011).
- (2) 資源総合システム, 太陽光発電情報 2011年 5月。
- (3) 平成22年度太陽光発電システム等の普及動向に関する調査, 資源総合システム(2011年 2月)。
- (4) Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW-Solar), October (2011).
- (5) NEDO, 太陽光発電ロードマップ(PV2030+), 2009年 6月。
- (6) 桑野幸徳: 太陽電池はどのように発明され, 成長したのかー太陽電池開発の歴史, オーム社(2011/08)。
- (7) 黒川浩助: サンシャイン計画から30年技術開発と今後の見通し PV システムの研究開発の方向性, 第21回太陽光発電システムシンポジウム講演資料, 2004年。
- (8) 次世代送配電ネットワーク研究会, 低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて〜次世代送配電ネットワーク研究会報告書〜, 平成22年 4月。
- (9) D. C. Jordan and S. R. Kurtz: Photovoltaic Degradation Rates?an Analytical Review, PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS: RESEARCH AND APPLICATIONS, Article first published online: 13 OCT 2011, DOI: 10.1002/pip.1182.
- (10) 林健太郎他: 屋外暴露試験による結晶シリコン系太陽電池モジュールの出力低下要因の推定, Proceedings of JSES/JWEA JointConference (2011).
- (11) 産業技術総合研究所, 第1期高信頼性太陽電池モジュール成果報告書, 2011年 9月。
- (12) T. Sample, S. Kurtz, J. Wohlgemuth, M. Yamamichi, J. Amano, P. Hacke, M. Kempe, M. Kondo, T. Doi and K. Otani: RESULTS OF THE INTERNATIONAL PV MODULE QUALITY ASSURANCE FORUM AND THE ROAD AHEAD, proceedings of 26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, (2011).
- (13) 独立行政法人産業技術総合研究所, 平成19年度太陽光発電フィールドテスト事業に関する分析手法の開発及び分析評価, 平成19年度独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告書, 平成20年 3月。
- (14) 大藤和彦: 太陽光発電システムの不具合事例ファイルーPVResQ! からの現地調査報告, 日刊工業新聞社, (2010)。
- (15) 吉富政宣: 太陽光発電の安全工学, 沖縄県公衆衛生協会講演資料, (2011)。
- (16) 大関 崇, 高島 工, 松山賢五, 菅 伸介, 荻本和彦: オンサイト日射計を利用しない太陽光発電システムの故障診断に向けた運転データ解析手法に関する研究, 電気学会新エネルギー・環境メタボリズム社会・環境システム合同研究会, (2011)。
- (17) Y. Ueda, S. Kawamoto, M. Saijo and N. Abe: DEVELOPMENT OF THE SIMPLIFIED YIELD ESTIMATION MODEL FOR SELF DIAGNOSIS SUPPORT OF RESIDENTIAL PV SYSTEMS, The 21st International Photovoltaic Science and Engineering Conference November 28th–December 2nd, (2011).
- (18) <http://www.jyuri.co.jp/solarclinic/>
- (19) K. Otani *et al.*: Solar Energy Materials and Solar Cells, **34–35** (1994).
- (20) H. Takenaka, T. Y. Nakajima, A. Higurashi, A. Higuchi, T. Takamura, R. T. Pinker and T. Nakajima: J. Geophys. Res., doi:10.1029/2009JD013337
- (21) Y. Ueda, Y. Tsuno, M. Kudo, H. Konishi and K. Kurokawa: PERFORMANCE DEGRADATION ANALYSES OF DIFFERENT KINDS OF PV TECHNOLOGIES IN HOKUTO MEGA SOLAR PROJECT, proceedings of 26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, (2011).
- (22) 電気安全環境研究所, 多数台連系型パワーコンディショナーの認証体制の整備状況について, JET report, **49** (2011).
- (23) K. Otani, A. Murata, K. Sakuta, J. Minowa and K. Kurokawa: STATISTICAL SMOOTHING OF POWER DELIVERED TO UTILITIES BY DISTRIBUTED PV SYSTEMS, WCPEC 2nd, (1998).
- (24) 村田晃伸, 山口 浩, 大谷謙仁: 広域的に多数台導入された太陽光発電に関する出力変動幅の推定法, 電学論 B, **127** (2007), 645–652.
- (25) 柳川茂幸, 加藤丈佳, 田畑彰守, 鈴置保雄: 日射量の多地点同時観測結果に基づく PV システム出力変動の LFC への影響評価, 電学論 B, **123** (2003), 1504–1512.
- (26) 大関 崇, 大谷謙仁, 高島 工, 菱川善博, 興水源太郎, 内田恵久, 荻本和彦: 広域エリアにおける太陽光発電システムの変動特性評価手法の基礎検討, 平成21年電気学会全国大会, **7**, 107–108.
- (27) 電気事業連合会, 実証事業への取り組み〜次世代送配電ネットワーク構築に向けた実証事業の進捗について〜, 2010年12月27日。
- (28) Clean Power from Deserts The DESERTEC Concept for Energy, Water and Climate Security WhiteBook 4th Edition.
- (29) 経済産業省, 電力システム改革に関するタスクフォース論点整理, 平成23年12月27日。
- (30) 大関 崇: 太陽光発電システムの発電電力量予測技術の動向, リサーチ & アナリシス, オプトニュース, **6** (2011).
- (31) 荻本和彦: エネルギー需給の将来を考えるーエネルギーインテグレーションー, 第5回技術フォーラム先端エネルギー変換工学寄付研究部門, (2011)。
- (32) 黒川浩助: Quake, Tsunami and PV on New Wave in Japan, 1st Asia-Pacific Forum on Renewable Energy, 平成23年11月。
- (33) 積水化学工業株式会社, 太陽光発電停電時の自立運転モードの利用実態調査, 積水化学工業株式会社プレスリリース, 2011/8/18.
- (34) NPO 法人太陽光発電所ネットワーク, 大震災における太陽光発電の自立運転活用アンケート結果, 2011/7.
- (35) NPO 法人太陽光発電所ネットワーク, 東日本大震災 PV 調査中間報告, 2011/7.
- (36) 環境省, 太陽光発電の賢い使い方ー停電・災害時の自立運転コンセントの活用, 2006.



大関 崇

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★
2000年 名古屋工業大学 電気情報工学科卒業
2005年 東京農工大学 電気電子工学専攻博士後期課程修了
2005年 産業技術総合研究所太陽光発電研究センター入所, 現職
専門分野: 電気工学, 電力工学, システム工学
◎太陽光発電システムの発電特性分析技術, 発電予測技術の開発に従事。PV2030+のワーキンググループなど国の委員会に実務レベルで参加。
★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★