分散型電源の最近の動向と将来展望について

解説

キーワード

分散型電源、マイクロタービン、燃料電池、NAS 電池、太陽光発電、風力発電

名 取 一 雄

東京電力(株)

改正電気事業法が今年3月21日から施行され、東京電力の販売電力量の約3割に相当する特別高压の大口需要(2万V以上、2千kW以上)を対象とした小売り自由化がスタートした。これに先だち、昨年12月には接続供給約款等の届け出を行い送電ネットワークの使用料(託送料金)を公表した。

事業規制の緩和に続いて、昨年8月の自主保安拡大に向けて電気事業法の保安規制が改正され、本年7月より施行される。

この様な背景の下で、自家発利用を中心に国内外の企業が小売り市場に参入の動きを見せており、電力の本格的な競争が展開されつつある。

また技術面においても、マイクロタービンの市場投入や電気自動車用電源として注目著しいPEFC(固体高分子型燃料電池)の住宅電源への適用可能性など、電気事業は今ダイナミックに動き始めようとしている。

本稿ではマイクロタービンや燃料電池の分散型電源技術及び地球環境問題の意識の高まりにより近年国内において導入量が急増している太陽光発電、風力発電の現状と将来展望について報告する。

1. マイクロタービンについて

マイクロタービン(以下MTと云う)は、自動車用ターボチャージャーの量産技術を応用した100kW以下の小容量のガスタービンで、小型のタービン・コンプレッサ、高速発電機(約10万rpm)、インバータなどを組み合わせた構成で、都市ガスや灯油を燃料とする低コストでコンパクトな発電機である。特に米キャプストン社のMT(28kW)の外観は家電製品並で、都市ガスをつなぎ込みスイッチボタンを押すと簡単に発電を開始する。

タービン部分はシンプルで、機械的制御をほとんど行わず、それをインバータ部で電氣的制御で代替しており、従来のガスタービンとは全く異なる斬新な設計コンセプトを採用している。

シンプル構造故の低価格(現在約7万円/kW、量産時で約5万円/kW)の実現と低NOx排出量(予混合燃焼により定格付近では数ppm)がMT最大の魅力である。

今後は同様の設計コンセプトを踏襲することにより、500kWを越える大容量のガスタービン発電機の低価格化が実現可能であろう。

ただし、現在のMTは再生熱交換器を設置するも発電効率は25~28%程度と決して高いものではなく、ガスタービン共通の特性である大気温度、背圧等に影響される。

現在大型火力発電のACC(Advanced Combined Cycle)が発電効率約50%であり、MTは送配電ロスも考慮しても、エネルギー利用効率において大型火力を凌ぐことは難しいものの、ある条件下では経済性を見出すことができる。

このため東京電力は今年3月6日オンサイト発電事業会社「マイエナジー」を設立し、このMT(灯油も使用)やディーゼルエンジン発電機をコンビニ等のお客さまに設置し、従来方式で電気を買うより安い料金で電力を供給する事業を開始した。

東京電力の市場を奪うことになってしまう自己矛盾を抱えるこの新規事業は、社内の事前検討では激論が交わされたと聞が、結果新規事業はスタートした。

また、ファミリーレストラン等の多くの給湯を必要とす

図1 米キャプストン社のMT(28kW)のケースを開けたところ

Overview and Perspective of Dispersed Generation Systems.
By Kazuo Natori (Energy and Environment R & D Center, TEPCO).

図2 キャプストン社MTの内部構造

図3 排ガス環境特性

るお客さまには、排熱回収して温水を作るコージェネシステム（排熱回収装置）を当社オリジナルの設計で開発した。この時エネルギー利用効率は最大 80%程度まで向上する。

2. 燃料電池

燃料電池は、電解質の両側に燃料極、空気極が設置されており、燃料極側に水素、空気極側に空気（酸素）を供給して電気化学反応により直接発電する発電システムである。電解質の種類によりアルカリ型、固体高分子型、磷酸型、熔融炭酸塩型、固体酸化物型等がある。

一般にガスタービンやディーゼルエンジン等の回転系発電機は、発電容量の大きさに伴い、発電効率は向上していくが、静止型の燃料電池の発電効率は容量に関係なくほぼ一定である。このことから燃料電池は小容量で使用することが比較優位となり、住宅用、電気自動車用電源や小規模分散型電源として期待されている。各種の燃料電池の中で電解質が固体のものは耐久性が高いと期待され、本稿では最近注目されている固体高分子型燃料電池（PEFC）と固体酸化物電解質型燃料電池（SOFC）について紹介する。

(1) 固体高分子型燃料電池（PEFC：Polymer Electrolyte Fuel Cell）

PEFCは比較的低温の80℃前後で動作し、高出力密度で起動停止が容易であるため、電気自動車用の電源として近年特に注目されている。

また、自動車に使用されるとその量産効果から低コスト化が進み都市ガスを燃料とする家庭用電源への適用が可能となるのが期待され、排熱を回収して50℃の給湯も可能となる。

課題としては、より一層の低コスト化は燃料電池共通の主要課題であるが、他に

- ・住宅用電源としては、都市ガスが燃料となりその中に付臭剤として含まれる硫黄が改質器のNi触媒の被毒物となるため、除去法の開発が重要である。今後の燃料電池の普及を考えると硫黄を含まない新たな付臭剤の選定をガス会社に要請したい。

改質ガス中に微量に含まれる一酸化炭素は電極触媒の白金を被毒するため、一酸化炭素の除去法が研究され、最近では解決の糸口が見い出されつつある。

- ・電気自動車用電源の場合は、インフラ整備が重要でありメタノール、ガソリン水素等からまずは燃料の統一化が重要。

(2) 固体酸化物電解質型燃料電池（SOFC：Solid Oxide Fuel Cell）

SOFCは、イオン伝導性セラミックスである安定化ジルコニアを電解質として固体物質だけで構成される燃料電池である。動作温度は約1000℃で、その排熱を用いてガスタービン（GT）と組み合わせると60%以上の高効率が期待できる。このため、電力需要の伸びが不透明な現在においては大型火力発電所を建設するより、むしろ需要に応じた数MW級のSOFC+GTの分散型電源を需要地に建設していくことが重要なオプションであり、是非この技術の確立が望まれる。

3. 自然エネルギー

地球温暖化問題の意識の高まりや発電の際にNOx、SOxを全く排出しない環境に優しい自然エネルギーの要請が強まってきた。自然エネルギーは必要な時に必要なだけ発電できない頼りないエネルギー源ではあるが、広い意味では分散電源として位置付けることが出来る。

(1) 太陽光発電

発電に際し排出物が出ず、可動部が無くメンテナンスが容易な太陽光発電は、広く一般家庭の屋根に設置され身近なものになってきた。

現在日本では、18万kW以上の太陽光発電システムが設置されており、生産量とともに世界最大の普及規模を誇る。

これは、国からの設置助成策と電力会社の売電と同額（約24円/kWh）の余剰電力買取制度によるものである。ただし設置コストは年々低減傾向にあるものの依然kW当たり100万円程度と高く、国から3割程度補助を受けても、単純回収年は30年以上かかる。

最近、結晶系とアモルファスのハイブリッド構造で変換効率17%程度（理論効率約30%）の高効率の太陽光発電モジュールも開発・市販されてきている。

発電特性においては、住宅設置では年間設備利用率 10% 程度（首都圏の昨年実績）であり、風況の良い場所に設置する風力発電の利用率に比べ半分以下であるが最大電力需要と太陽光発電出力は相関があり、kW 価値（電源代替効果）が期待されている。

東京電力は、環境 NGO との共働事業で、太陽光発電システムの設置助成やそれに併せ計測装置も取り付けデータ取得・分析を行ってきた。またアンケート調査により一般の方々の自然エネルギー選好意識（WTP: Willingness To Pay）調査を行うなど、太陽光発電の普及を支援してきた。また欧米の電力会社で既に実施しているグリーン電力制度の検討を進めている。

(2) 風力発電

風力発電は、自然エネルギーの中で太陽光発電と双璧をなすも、その特質は大きく異なる。

まず、既に風力発電事業として事業化の域に達している。それは、風況の良い場所さえ選定できれば、年間設備利用率は 30~40% 程度にも達し（太陽光発電はせいぜい 12% 程度）、近年の単機容量の増加に伴い発電コストは低減するスケールメリットが期待できる。（太陽光発電はスケールメリットはない）ただし、風力発電は電力需要との相関はなく、太陽光発電と異なり kW 価値は期待できない。

また国からの助成措置の他に平成 10 年 4 月に電力各社は長期電力購入制度[東電では 15 年間に渡り 11.7 円/kWh で購入]を制定し、これにより発電事業計画が策定しやすくなりウインドファームの建設が加速した。

北海道の苫前町にはトーメンが 2 万 kW を建設し、電源開発も今年中に 3 万 kW 完成予定である。北海道電力は電力系統上の制約から道内設置容量は合計 15 万 kW の上限を設けている。

その流れで、風況の良い東北電力管内に建設計画が集中している。その結果、我が国では現在 6 万 kW 程度の発電設備量で、2000 年の導入目標 2 万 kW は既に達成し、2010 年の目標 30 万 kW も数年でクリアする勢いである。

一方、全世界では約 1,250 万 kW が稼動しており、うちドイツ一国で 390 万 kW 程度の設備量を有す。

最近の技術傾向として

・定回転の誘導発電機タイプ[ブレード~増速機~誘導発電機~系統連系]が主流であるが、近年は増速機を排し可変速のブレードを同期発電機に直結させた同期発電機タイプ[ブレード~同期発電機~コンバータ/インバータ~系統連系]が普及してきた。発電機からの電気出力はインバータを介してきれいな商用周波の電力として電力系統に送られる。

これは誘導発電機タイプに比べ電力系統へ与える影響を抑制し、可変速であるため風のエネルギーを効率よく回収出来る。（ブレードのエネルギー変換効率は、風速とブレードチップの速度の比で決定され、風速に応じ回転数を変え最高変換効率にシフト）

・近年単機容量は大型化され我が国でも 1,600kW のもの

図4 当社 500kW 風力発電装置（独・エネコン社製）
で今年 3 月運転開始（八丈島）

が今年中に建設される予定である。

4. 電力貯蔵システム

負荷平準化のため電力の貯蔵としては従来より揚水発電が使われているが、需要地設置として NAS 電池等の新型バッテリーが開発されている。

まだコスト的には多少高く経済的導入インセンティブの働く用途は限られているものの数年のうちに、分散電源との組み合わせなどで一気に導入に加速が付く可能性もある。

(1) NAS（ナトリウム硫黄）電池

セラミック電解質のベータアルミナ管（ナトリウムイオンに対しイオン伝導性を有すセラミックス）の中に負極活物質のナトリウムを入れ、外側には陽極活物質の硫黄を配して円筒のアルミニウム容器に入れ単電池を構成する。動作温度は 300℃ と高温のため、何本かの単電池を直・並列に接続し真空断熱容器に収め NAS モジュールを構成する。

- ・自己放電がない
- ・高エネルギー密度（鉛電池の 3 倍）でコンパクト
- ・硫黄、ナトリウムともに潜在資源量が豊富で大容量の導入に適する

等のメリットより東京電力は日ガイと共同開発を行い、既に実用段階にきている。ただし、価格は揚水発電なみの 25 万円/kW（8 時間率）までには更なるコスト低減が残された大きな課題である。最大電力需要の伸びが鈍い昨今、当初の主目的であった負荷平準化だけでなく他の用途への適用も検討がされている。

ひとたび低価格が実現すると、規制緩和との兼ね合いもあるが、手頃な電力貯蔵手段として全く予想もしない利用法が提案されてくると思われる。

(2) レドックス・フロー電池

「レドックスフロー」は還元 (Reduction) と酸化 (Oxidation) 反応を起こす物質を循環させる造語から由来。この電池はNAS電池と異なりプラントの外観を呈し、電池セルスタックと2つの電解液タンクとその循環装置から構成されている。

kW (セル部) と kWh (タンク部) が分離できるため、設置場所に応じ貯蔵形態・形状形態が自由に設計出来るメリットがある。

ただし、エネルギー密度はNAS電池比べ極めて小さく、ボリュームが大きくなるためタンク部は床下等のデッドスペースに配置するなど工夫がなされている。

5. 今後の展望

電力自由化の大きなうねりの中で、技術面においてもマイクロタービンの市場投入や、PEFCやSOFCの燃料電池の開発加速など大きな動きがありこれらは背後で相互に関連しあっている。

また昨年の東海村での臨界事故など原子力発電にとっては厳しい時期であり、クリーンなイメージがある自然エネルギーにより大きな期待が集まっている。

しかし、自然エネルギー特に太陽光発電は近年のコスト低減傾向にはあるものの、依然経済的にはペイできず、普及促進には膨大な補助金等の支援対策が必要である。一方、電力会社に自然エネルギーからの余剰電力の買取りを義務付ける立法化の動きもあり、これは電力自由化の流れに逆行するものである。

大型集中電源と小型分散型電源の対比は、巷間大型コン

ピュータと小型コンピュータのアナロジーで論じられ、これからは分散型電源が主流となる旨のことを述べる方がおられるが、電源はコンピュータの場合と全く異なり、化石燃料を消費するものでコストとともに資源の節約を第一に考えなくてはならない、更に大規模系統がしっかりしていなければ分散電源の連系は困難である。

分散型電源が電力系統に大量に連系されれば、電力品質 (周波数変動、電圧変動、高調波) や電力系統の信頼性への影響 (単独運転防止、系統電圧上昇等) が問題となり、自ずと導入量は制約される。さもないと、そのため電力会社はコスト負担を強いられる。首都圏に分散型電源が増加するとヒートアイランド現象の問題や発電設備の重複投資の負担等が懸念される。

電力自由化・規制緩和の主眼は、新規事業者が参入することではなく、お客さまにとってより多くのサービスが低価格で受けれることである。このことを常に念頭に電力託送でのアンシラリーサービス等の問題において、発電事業者間の公平性や世代間の公平性を議論しなくてはならない。

電力会社にとって益々厳しい時代になりつつあるが、そこに身を置く私達にとって地球環境の問題、エネルギー資源の制約、制度面の変革、全く新しい技術の出現と複雑な方程式の最適解を見い出すことはほとんど不可能に近いが最もエキサイティングな時代でもある。

(平成 12 年 4 月 7 日受付)

名取 一雄

(正員) 昭和 28 年 6 月 28 日生。昭和 52 年 3 月東京工業大学工学部電気工学科卒業。昭和 54 年 3 月同大電子物理専攻修士課程卒業。昭和 54 年 4 月東京電力 (株) 入社。電気自動車の開発、現在は自然エネルギー、分散電源の経済性検討に従事。