

特集②

分散型電源を用いた電力供給システムの構築

—我が国の地域特性に応じたシステムの構築を目指して—



環境・エネルギーユニット 橋本 幸彦

1. はじめに

大規模集中型の電力供給システムは、これまでの需要増大に支えられ、大型化での発電効率の向上による経済性向上、さらに環境性、信頼性の改善を重ねてきた。一方、地球温暖化対策に資する技術として、分散型のエネルギーシステムである燃料電池やバイオマスなどを活用しようとする動きが、活発化¹⁾している。

総合資源エネルギー調査会 新エネルギー部会が2001年6月に報告した「今後の新エネルギー対策のあり方について」では、「供給サイドの新エネルギー^(注1)」に、水力（揚水式を除く）および地熱を加えて「再生可能エネルギー」として整理し、原油換算で1次エネルギー総供給に占める構成比を1999年の4.9%（29百万kl/593百万kl）から、2010年には約1.4倍の7%程度（40百万kl/602百万kl程度）にすることを目標としている。また、「需要サイドの新エネルギー^(注2)」である天然ガスコージェネレーションや燃料電池についても、それぞれ1999年比で3.1

倍（464万kW）と183倍（220万kW）の目標を設定している。2003年4月1日からは、電気事業者に対して、販売電力量に応じ一定割合以上の新エネルギーの利用を義務づける「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（以下、RPS制度という）^(注3)」が全面施行され、2010年度における目標値を、販売電力量の1.35%（122億kWh）に定めている。

さらに、ガスエンジン、ガスタービン等の原動機を用いたコージェネレーションシステムを中心とする分散型電源の市場が、今後拡大していくことも予想される。

我が国では、電気事業の規制緩和^①やRPS制度の導入にとともに、電力供給システムを取り巻く環境が変化している。従来の電力供給システムは、供給から変換、利用部門へと一方向に流れる比較的単純な構造であったが、分散型電源が系統に組み込まれるようになると、分散型電源から電力系統側へ電力を送出する状況（逆潮流）も生じ、エネルギー輸送の向きが双

方向化する。このような状況の下では、系統内に分散する分散型電源の出力変動による系統への影響が指摘されており²⁾、分散型電源と系統電力の調和を目指した電力供給システムの構築が求められている。

そこで本稿では、まず、現状の電力供給システムにおける分散型電源の特性を概観し、分散型電源の増加が見込まれる今後の電力供給システムにおいて求められることについて述べる。さらに、我が国における分散型電源を用いた電力供給システム構築に向けた研究動向、欧米の動向を概観し、我が国の地域特性に応じた電力供給システム構築の可能性を探る。

（注1）供給サイドの新エネルギー：発電分野 [太陽光、風力、廃棄物、バイオマス]、熱利用分野 [太陽熱、未利用エネルギー（雪水冷熱含む）、廃棄物熱、バイオマス熱、黒液・廃材等]

（注2）需要サイドの新エネルギー：クリーンエネルギー自動車、天然ガスコージェネレーション、燃料電池

（注3）RPS制度対象エネルギー：風力発電、太陽光発電、地熱発電、水力発電（出力1000kW以下の水路式水力発電に限る）、バイオマス発電

用語説明

①電気事業の規制緩和

2000年3月から特別高圧（受電電圧2万V以上、使用規模2000kW以上）の需要家を対象に、電力の小売部分自由化が開始され、需要家選択肢拡大に向けて、2005年4月をめどに、50kW以上の高圧需要全域に自由化範囲の拡大（500kW以上は2004年4月めど）等がなされる見通し。分散型電源の利用に関する部分においては、供給源の多様性確保の観点から、分散型電源を活用して行う電力供給の容易化を実現することが適切であるとされている。

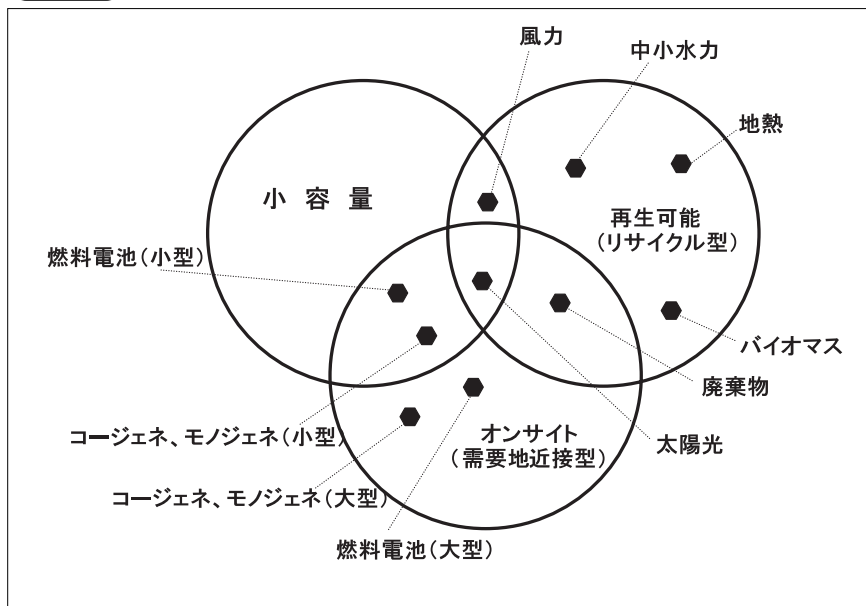
2. 電力供給システムにおける分散型電源の特性

原子力発電や火力発電のように電力を大規模に供給する電源に対して、分散型電源とは、図表1に示すように、オンサイト（需要地近接型）、再生可能（リサイクル型）、小容量の特徴を有する中小規模の電源に対して使用される言葉である（国内外ともに、特定の発電設備・出力規模等の区分による明確な定義はない）。

図表2に、大規模電源と分散型電源の、電力品質（周波数）維持特性、経済性、環境性に関する特性比較を示す。分散型電源のうち太陽光発電や風力発電等の新エネルギーは、環境性に優れており、国による導入補助や電力会社による余剰電力購入メニューにより導入促進が図られ、特に太陽光発電については、世界一の導入量および生産量となっている。また、コージェネレーションシステムの場合は、オフィスビル等の業務部門に対する事業（ESCO：Energy Service Company）が拡大している。この事業は、コージェネレーションシステム設置によるエネルギー利用システムの改修および改修後の省エネ効果の確認・運転管理などのサービスを提供し、省エネルギーメリットの一部を報酬として享受するものである。すなわち、コストは大規模電源と競合可能なレベルに達しつつあるといえる。

次に、分散型電源の導入量が増

図表1 分散型電源の分類



出典：文献³⁾をもとに科学技術動向研究センターにて作成

加した場合の電力品質への影響に
関することについて述べる。

電力品質とは、一般的には、電圧や周波数に対して使われる言葉である。電圧については、分散型電源から電力系統側へ電力を送出する状況（逆潮流）が増加した場合の系統電圧の上昇が課題となっており、配電線に設置された電圧調整装置や分散型電源側での電圧調整等により管理値内（低電圧：101±6V）に収めている。

周波数については、不安定な電源が接続された場合の周波数変動が、分散型電源の導入量増大にと
もなう課題となっている。電力需要は、季節や時間帯別に絶えず変

化しており⁴⁾、火力発電（石油、LNG等）や水力発電（揚水式、調整池式）によって、負荷の変動に合わせ出力を制御し、供給電力と需要電力のバランスをとり、周波数を一定の値（50ヘルツまたは60ヘルツ）に維持している。分散型電源の導入量が相対的に少ない場合は、周波数維持への貢献の必要性は生じないが、導入量が増加すれば、分散型電源側にも周波数維持に貢献する必要性が生じるものと考えられる。

分散型電源の中では、ガスタービンやガスエンジンコージェネのような原動機を用いたものは、制御性に優れており、技術的には周波数維持に貢献できるレベルに達しているが、現段階では、導入量が相対的に少ないこともあり、周波数維持には用いられていない。また、太陽光発電や風力発電の新エネルギーの場合は、発電量が気象条件に左右されることから、周波数維持に寄与するためには、まずシステムとしての安定性を向上することが課題となっている。

図表2 大規模電源と分散型電源の特性比較

	電源種別	①電力品質 (周波数) 維持特性	②経済性	③環境性 (CO ₂ 排出)
大規模電源	原子力	— (注1)	○	○
	火力	○		×
	水力	×	△	○
分散型電源	新エネルギー	△	○	△
	コージェネレーションシステム	△	○	△

注1：ベース供給力

出典：科学技術動向研究センターにて作成

3. 今後の電力供給システムに求められること

今後の電力供給システムは、分散と集中を統合する新たなシステムの構築を目指して、従来の比較的単純な構造から、様々な要素が関連した複雑化したシステムへと変化していくことが予想される。

本章では、分散型電源の導入量増大にともない複雑化の進展が予想される将来の電力供給システムを構築していく上で求められることについて述べる。

3-1

コストミニマムという視点

さまざまな特性を有する分散型電源の導入量が増加した場合でも、従来と比較して、コスト上昇を最小限に抑制する仕組みづくりが必要である。

2003年2月にまとめられた総合資源エネルギー調査会電気事業分科会報告「今後の望ましい電気事業制度の骨格について」でも、分散型電源を活用して行う電力供給の容易化を実現することが適切であり、その際には、流通設備の二重投資による著しい社会的弊害の防止措置を講じる必要があるとし

ている。ここでいう、二重投資とは、従来からの供給者である電力会社による設備投資と投資回収期間の短い分散型電源を設置する事業者による設備投資のことを指している。

また、4月より施行されたRPS制度では、新エネルギー等電気の利用目標量を、およそ3年間の特段の系統対策が生じない範囲にとどめることとしている。これは、必要な系統対策内容や費用負担のあり方等についての方向性が定まっていなかったことによるものである。このように、分散型電源の導入量が増加した場合に必要なシステム構築に際しての追加的費用に関する課題も残されている。

つまり今後は、ESCO事業のように、分散型電源を需要家構内に設置することにより、省エネを実現しコストを抑えるという局所的な経済的メリットとともに、電力供給システム全体としてコスト上昇を最小限に抑制する取り組みも必要である。

図表3に示すように、従来の系統は、大規模電源側を起点として、上流から下流に向けて、電力が供

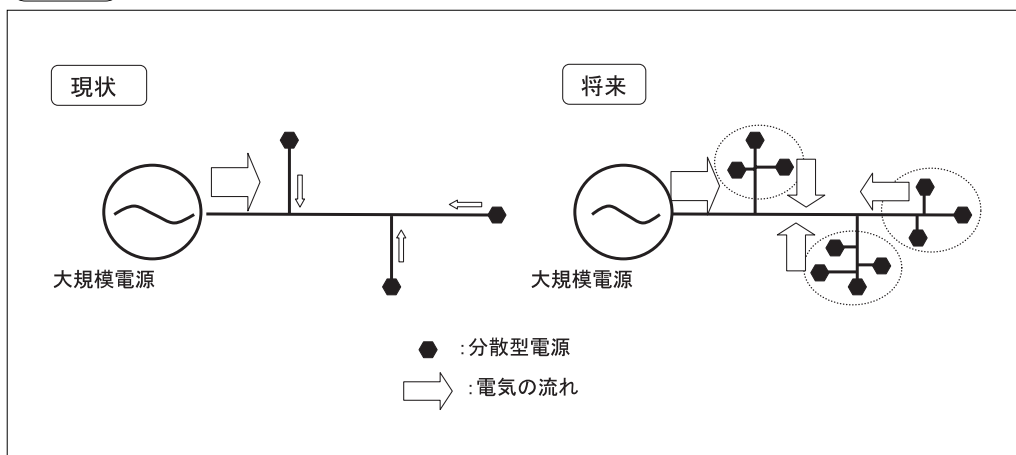
給されることを前提に、設備形成が行われているが、分散型電源の導入量が増加した場合には、様々な方向の電力潮流が混在することになる。このため、複数の分散型電源を集合体としてとらえ、シミュレーションによる評価・解析を行い、経済性や電力品質に関して、導入にともなう影響評価を実施することも必要であろう。

3-2

需要家側からの視点

我が国の停電時間は、諸外国と比較して少ないことから、供給信頼度のさらなる向上を求める高品質の電力要求よりもむしろ、多少の停電は許容するが、現状よりも低コストの電力供給を望むというような低品質低価格のニーズが生じることも考えられる。つまり、画一的な信頼度、品質を追求するのではなく、各需要家のニーズに応じた価格や信頼度、品質を提供するための技術も必要となってくるであろう。

図表3 分散型電源の導入量増加イメージ図



出典：科学技術動向研究センターにて作成

4. 分散型電源を用いた電力供給システム構築に向けた研究動向

4-1

電力貯蔵技術

負荷平準化や太陽光、風力の新エネルギー発電の供給不安定性緩和を目的に、電力貯蔵装置を活用する方法が検討されている。電気はその発生と需要が時間的に一致していなければならないという性質を一言で“同時同量”とか“電気は貯められない”と表現することがあるが、電力貯蔵装置により、夜間の余剰電力を貯蔵し、昼のピーク需要時に放出して負荷の平準化を行うことで、電力設備の利用率を高めることが可能である。

さらに、地球環境保全の観点から、太陽光、風力等の新エネルギー発電の有効活用を促進する必要があるが、これらのエネルギーは必要な時に必要なだけ発電できるわけではなく、時に需要と供給にアンバランスを生じる可能性がある。電力貯蔵装置は、このような電源の不安定性緩和に資する手段の1つである。

このように本来貯められない電気を貯めるため、電気エネルギーを、運動エネルギー、位置エネルギー、化学エネルギーなど、他のエネルギーに変換する技術として、現在、図表4に示すような各

種の電力貯蔵方式が国内外で研究されている。

実用化されている揚水発電のような集中型のものに加えて、需要地近接型の分散型電源である太陽光発電等の不安定性緩和を目的とした分散型の電力貯蔵に対する期待も高い。いずれにしても、電力貯蔵装置を、電力供給システムの中で有効に活用するためには、その設備投資の動機付けが可能となるレベルまでコストを低減することが必要である。

4-2

システムとしての研究動向

我が国における分散型電源の系統への接続は、供給信頼度の維持や電気保安の確保を前提に、電力系統連系技術要件ガイドラインに基づき分散型電源側での設備対応が実施されているが、これらは分散型電源側での個別的な対応であり、今後、分散型電源の導入量が増加すれば、系統側からの制約で接続が困難になる事態も予想される。例えば、北海道電力では、風力発電について、電力品質維持が可能な量として、現状から約10万kW増の25万kWを接続可能限界量として公表している⁶⁾。このようなことから、系統側から

の制約が生じないようなシステムの必要性が認識されており、電力貯蔵技術などの進展を背景に、我が国においては、「需要地系統ネットワークシステム」や「高柔軟・高信頼電気エネルギー流通システム (FRIENDS)」などの新しいシステムに関する提案が行われている^{7), 8)}

(1) 需要地系統ネットワークシステム

分散型電源の大量導入時の電力品質等に関する問題を解決するため、分散型電源や電力貯蔵装置を活用する新しい電力供給システムとして「需要地系統ネットワークシステム (図表5)」が電力中央研究所より提案されている⁷⁾。

このシステムは、都市部を中心とした需要の増加や多数の分散型電源による潮流変化に対して、複雑な制御を要することなく柔軟に対応可能なシステムを構築することを目標としている。

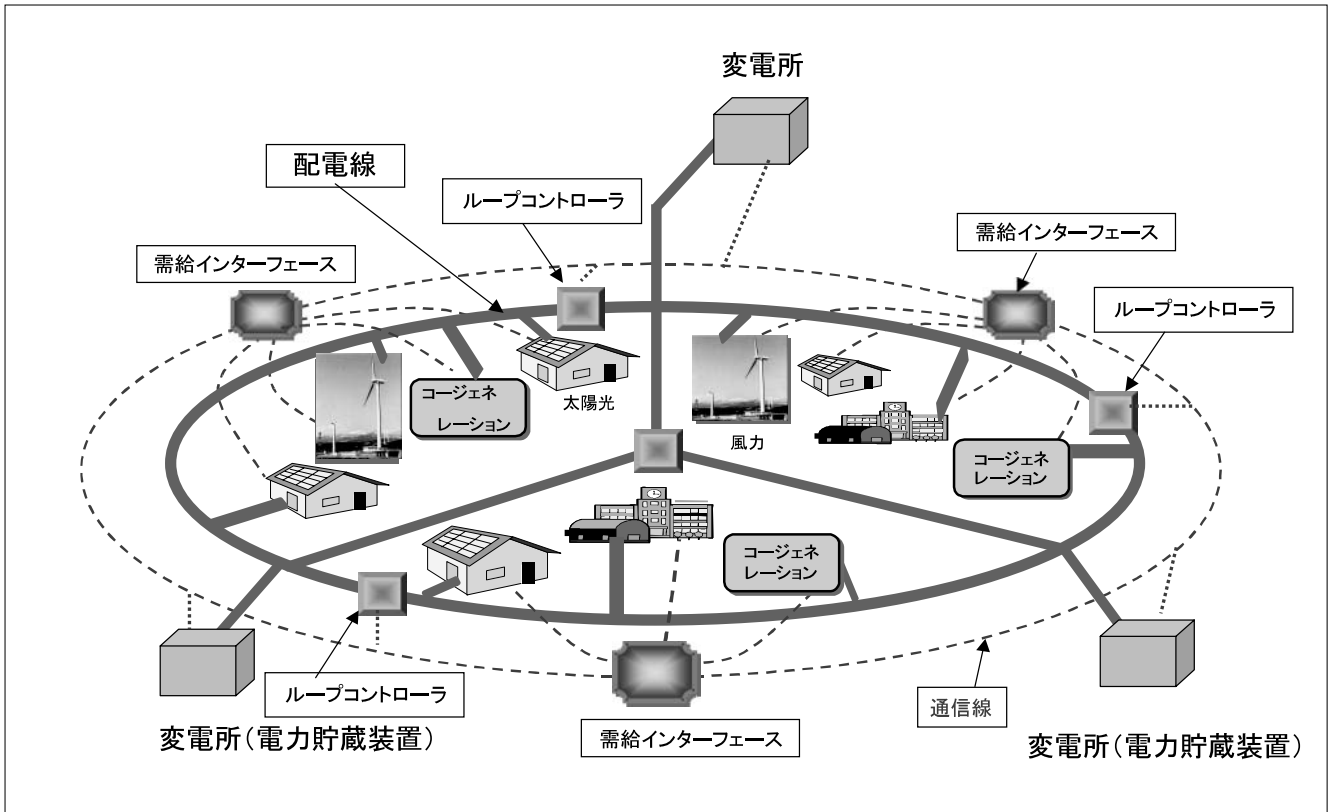
系統の形状は、電圧変動の抑制や潮流の均等化を図るため、ループ系統を基本構成としている。各ループ点には、潮流や電圧を制御する装置 (ループコントローラ) を設置し、また需要家 (分散型電源を含む) ごとに、供給側と需要家側それぞれの情報に基づき経済

図表4 電力貯蔵技術の概要

エネルギー貯蔵形態		電力貯蔵方式	課題等	規模
力学的エネルギー	動的	運動エネルギー (1)フライホイール： FWES (Fly-Wheel Energy Storage)	●振動、騒音	分散型
	静的	位置エネルギー (2)揚水発電	●立地点限定 ●周辺環境との調和	集中型
		圧力エネルギー (3)圧縮空気貯蔵： CAES (Compressed Air Energy Storage)	●地盤沈下 ●地下水変化対策	
		電磁界エネルギー (4)超電導エネルギー貯蔵： SMES (Superconducting Magnetic Energy Storage)	●漏洩磁界 ●高温超電導	
化学的エネルギー		(5)2次電池電力貯蔵： BES (Battery Energy Storage)	●活物質漏洩対策 ●消方法	分散型

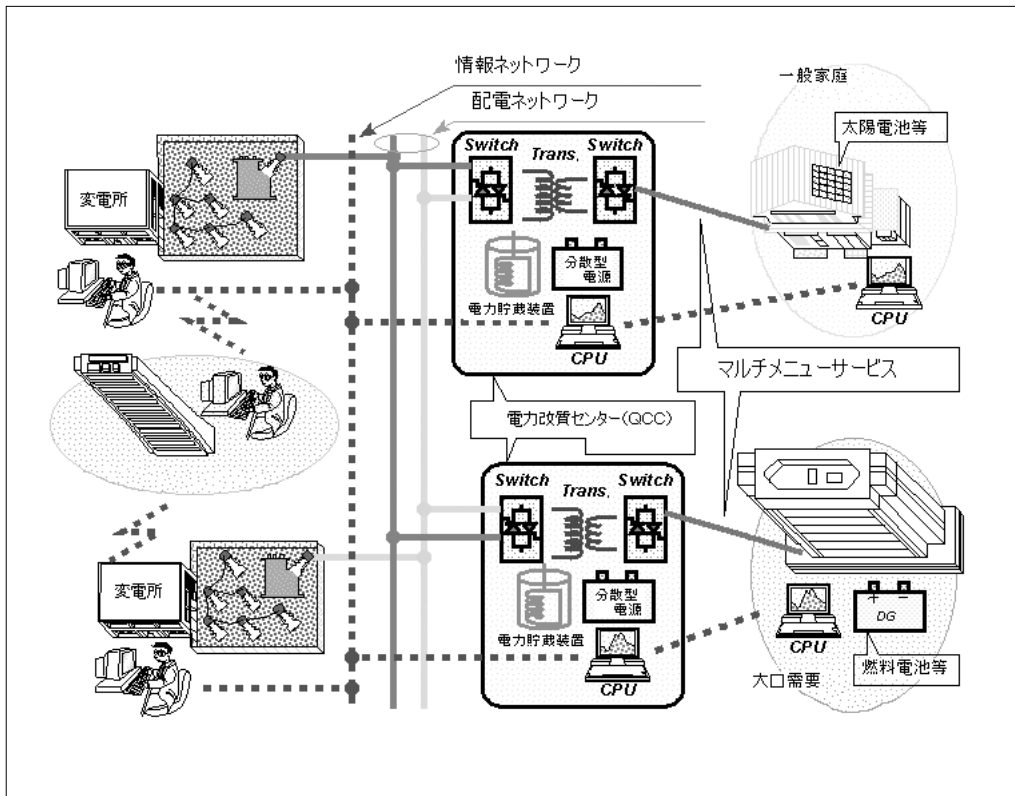
出典：文献⁵⁾をもとに科学技術動向研究センターにて作成

図表5 需要地系統ネットワークシステムの構成例



出典：資料⁹⁾をもとに科学技術動向研究センターにて作成

図表6 高柔軟・高信頼電気エネルギー流通システム (FRIENDS) の構成イメージ



出典：資料¹⁰⁾をもとに科学技術動向研究センターにて作成

性等に配慮しながら分散型電源を制御する装置（需給インターフェース）を設置することとしている。

需要地系統実現に向けて、電力中央研究所は実証試験設備を建設し、本提案手法の実証評価を含め、実用化を目指した技術開発を行うこととしている。

(2)高柔軟・高信頼電気エネルギー流通システム (FRIENDS)

分散型電源の大量導入が予想される将来の電力供給システムに適

した制御・保護・運用が可能な方式、また需要家側の求めに応じて多品質の電力を供給できる方式として、北海道大学をはじめとした研究グループによって、「高柔軟・高信頼電気エネルギー流通システム FRIENDS：Flexible Reliable and Intelligent Energy Delivery System」が提案されている⁸⁾。

現行の配電システムは、一般的に、放射状の配電線に沿って柱上変圧器から、単一品質の電力が送

られているが、FRIENDSでは、配電用変電所と需要家の間に、電力品質を管理する「電力改質センター (QCC)」という概念を導入し、電力品質別供給サービスとして多様な電力を需要家に供給することを目的に、分散型電源、電力貯蔵装置等を設置することとしている。QCCは、需要家近くに設置され、これらを高圧配電線で結ぶことにより全体の電気エネルギー流通ネットワークが構成されている。(図表6)

5. 欧米の動向

5 - 1

米国

米国エネルギー省 (DOE) は2000年9月に「分散エネルギー資源に関する戦略計画」¹¹⁾ を発表した。低価格の分散エネルギー資源を最大限に活用しつつ、クリーン・高効率・高信頼度のエネルギーシステムを構築することを基本戦略として、分散型電源と関連技術の開発について、連邦支援と国の目標を示している。

技術開発テーマは、①燃焼システム等の基礎研究、②分散型天然ガスや再生可能エネルギー利用技術開発、③エネルギー貯蔵・輸送技術開発、に分類される。また、制度上の問題点を改善するため関連制度の整備を実施することとしている。

米国では、近年、電力自由化や電力市場改革による発電市場や小売市場への競争システムの導入、競争を創出するための新たな料金決定システムなどの導入が進展する一方で、電力流通設備に対する投資が抑制されており、近年の大規模な停電に見られるように、電

力供給の不安定化、電力品質の低下が顕在化しつつある。このように、電力不足や価格高騰への対応を背景に、従来からの①離散需要への対応、②コージェネとともに、③信頼度確保、④電力品質の確保、⑤エネルギーマネージメント・売電、⑥分散型電源、電力流通設備一体となって電力品質を維持するサービス (アンシラリーサービス)、⑦電力市場への売電、を目的に、分散型電源の用途拡大を図っている。

5 - 2

欧州

欧州では、2001年9月に再生可能エネルギーの導入に関するEU指令¹²⁾ が出されたことから、分散型電源の普及促進を図るための方策が検討されている。欧州における分散型電源の普及促進に関わるプログラムとしては、分散型電源のエネルギーネットワークシステムへのアクセス促進を目的とした「Target Action Integration」プログラム (2001～2002) と、分散エネルギーのEU域内、地域レベルのネットワークとの統合によ

る安定供給及び信頼性の確保を目的とした「Cluster Integration」プログラム (2002～2006) がある。後者のプログラムにおいては、分散型電源を含めた新しい電力供給システムの構築を図るため、次世代の技術プログラムの策定や新しいシステムの構築を目指している。主要技術開発テーマとして「再生可能エネルギーおよびその貯蔵が増加した場合の独立型発電システムの革新的制御」「再生可能エネルギー資源の割合の高い分散型電源」「再生可能エネルギー資源および分散型電源統合のための欧州ネットワークのプロジェクト」の推進を計画している。

以上、概観したように、欧米間においても、分散型電源導入の背景に違いが見受けられる。米国においては、電力不足や価格高騰への対応を背景に、新規に発電所を建設する代わりに、分散型電源を供給信頼度向上に活用する動きが見られ、欧州では、環境的な観点から、持続可能なエネルギーシステム構築に向けて、分散型電源のうち特に再生可能エネルギーに重点をおいた導入促進が図られている。

6. おわりに

我が国のエネルギー政策は「環境保全や効率化の要請に対応しつつ、エネルギーの安定供給を実現する」という基本目標を掲げているが、現状では、この達成は決して容易ではないと言われている¹³⁾。エネルギーの供給主体は、自由化の進展とともに、従来の大規模電力供給システムに加えて新規参入者の出現や分散型電源の導入等により、多様化が進みつつあり、この流れは今後とも引き続き継続すると考えられる。つまり、この流れを前提とした社会全体としての仕組みづくりが必要となっている。

まず、諸外国との比較において考えると、我が国は、電力インフラや地理的条件、エネルギー資源賦存状況などの背景が異なることから、欧米のエネルギー政策動向や技術開発動向に注視しながらも、我が国の実情に応じた電力供給システムの構築を計画的に進めていくことが必要である。

次に我が国における地域特性について考えると、地域ごとに、エネルギー需要や風況、バイオマス資源量等の違いを有している。さらに、4-2節で示したような分散型電源を用いた電力供給システムに関するコンセプトは、特定の地域（市区町村単位）やエリア（工業団地等の限定的なエリア）を対象としたシステムの構築を目標としているが、これに伴い生じる追加的費用を地域内でどのように負担していくかという課題も残されている。

このような背景から、今後、分

散型電源を用いた電力供給システムを構築するにあたっては、地域レベルでの取り組みが必要であり、システムを具現化するにあたっては、自治体の関与が必要となってくるであろう。

自治体等の自発的な立案により、地域の特性に応じた規制の特例を導入し、特定地域において地域が自発性を持って構造改革を進めるための構造改革特区制度の進展も見受けられる。2003年4月1日から受付を開始した構造改革特区計画の認定申請状況を見ると、エネルギー関連では、新エネルギー普及モデル特区が申請されている。

分散型電源の多くは、需要地近接型という特徴を有している。自治体を中心となって、地域内のエネルギー関係事業者（電力会社、分散型電源設置事業者等）や住民等による議論の場を提供し、地域が抱える課題やニーズを抽出し、また地域に賦存するエネルギー資源の特性を的確に踏まえることで、地域一体となって、分散型電源を用いた電力供給システムを構築することが可能となるであろう。

参考文献

- 1) 例えば、燃料電池実用化戦略研究会（経済産業省）、バイオマス・ニッポン総合戦略（文部科学省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省）
- 2) 例えば、谷口治人、分散型電源と電力システムの制御、電気学会論文誌B、121巻9号（2001）
- 3) 電気協同研究会、電気協同研究、

第56巻第4号（2001）

- 4) 例えば、東京電力ホームページ <http://www.tepco.co.jp/custom/LapLearn/ency/cmb01-j.html>
- 5) 嶋田隆一監修、図説電力システム工学、丸善（2002）
- 6) 北海道電力プレスリリース（2002.8.28）<http://www.hepco.co.jp/press/index.html>
- 7) 例えば、21世紀の電力システム-需要地システムの構築-、OHM（2002）
- 8) 例えば、奈良、長谷川、新しい柔軟な電気エネルギー流通システム、電気学会論文誌B、117巻1号（1997）
- 9) 財エネルギー総合工学研究所、新電力供給システム技術検討会報告書（2002）
- 10) FRIENDS研究会ホームページ <http://ee30-si.eng.hokudai.ac.jp/friends/frame/index-j.htm>
- 11) DOE/STRATEGIC PLAN FOR DISTRIBUTED ENERGY RESOURCES/Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Office of Fossil Energy/2000, 9
- 12) DIRECTIVE 2001/77/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market
- 13) 総合資源エネルギー調査会 総合部会/需給部会、今後のエネルギー政策について 2001年7月

