



研究レポート

No.301 October 2007

「エネルギー分野の規制改革（第2段階）のあり方
—電力分野に関する検討」

客員研究員 武石 礼司

富士通総研（FRI）経済研究所

エネルギー分野の規制改革（第2段階）のあり方—電力分野に関する検討

富士通総研 経済研究所 武石 礼司

takeishi.reiji@jp.fujitsu.com

1. はじめに

2000年以降に進められてきた電力分野での規制改革により、電力料金のおよそ2割程度の引き下げという成果が達成された¹。現在、規制改革の第2段階として、制度の見直しが行われており、「2007年には全面自由化の是非を含めた検討を行う」との見直しスケジュールに基づき、総合資源エネルギー調査の電気事業分科会での審議が始まったところである。ただし、「全面自由化」に関しては、現段階においては見送りとされることが、電気事業分科会の審議の途中である2007年7月末において早々に決定された。

改革の見直しを進めるこの第2段階と呼べる審議において、規制改革をいかに進めるかに関しては、日本の電力価格が諸外国と比べて高いという状況を是正するという目的はあったものの、その目的が達成された後は、大方の合意を得られる「核となる考え方」が見つからない状況となっている。政府サイドにおいては、原子力発電の導入拡大を着実に進めたいとの考え方が強くあり、そのために、原子力発電を担う業界の意向（特に一般電気事業者である9電力会社の考え方）が最も尊重される状況がある。こうした状況があるために、新規参入を拡大し、既存電気事業者のシェアを分け与えるような制度改革に積極的に取り組もうとの意欲は生ぜず、日本における電力分野の規制改革は停滞する様相を見せている。

一方、日本の電力制度改革のゆっくりとした進捗とは異なり、欧米諸国では、電力の全面自由化を目指した動きがみられる。特に、欧州においては、EUが2007年7月までのEU各国の全面自由化実施の指令を出している。電力産業のビジネスモデルにおいて、世界標準の確立をめぐり、いかなる制度をグローバルスタンダードとすべきか、そのありかたをめぐって世界規模での競争がすでに始まっていると見ることができる。こうした対外状況があることから、今後の日本の制度改革を、どのような観点に立脚して進めるべきかに関して、現在の時点で検討しておく必要があることがわかる。

エネルギー分野における技術進歩は様々な分野で着実に達成されており、電力分野のうちの分散型システムの導入可能性について見ても、これら分散型発電の効率向上があるため、導入の促進が以前にも増して望まれる状況が生じている。また、生産から廃棄までを含めた複合型システムを導入することで、温室効果ガス（GHG）排出量を削減し、環境負

¹ 電力価格の引き下げは、2000年の自由化実施を先取りする形で1998年に10社平均で4.67%の引き下げが実施された。続いて、2000年以降においては3回にわたって実施され、2000年10月に10社平均で5.42%、2002年4月から10月の間に、5%から7%の幅で10社すべての引き下げとなった。2004年10月から2005年7月までの間には、3%から5%の間で引き下げが行われた。合計するとほぼ2割の引き下げが電力会社において達成されたことになる。

荷を低減できる可能性はたいへん大きくなってきている。こうした状況下では、新エネ導入支援がどのような分野で可能性が拡大しているかを確認するとともに、電力分野に関しても、もう一段の規制改革を実施することで得られる効果につき検討する必要がある。

特に、本稿で取り上げるマイクログリッド²等、さまざまな新しい考え方が、電力分野における効率性の向上、環境負荷の軽減、新エネルギーの導入促進のために有効となってきた点に注目する必要がある。特に、地球環境問題への取り組みが、今後ますます重視されることが確実なだけに、これらの新たなシステムをいかにして導入するかに関する考察が重要となる。

2. 電力産業における改革進捗状況

既存の大手電力会社（一般電気事業者）は、電力制度改革により、経営手法の上で今までになかった大きな影響を受けることになった。電力の供給先を自由に選べる電力顧客が部分自由化により出現したため、電力顧客向けの営業という観点が重要となり、また、利益率が保障された総括原価主義³から、電力価格の改定が自由化された部分に関しては簡易化されたために、経営効率を考えるとともに、株主に対する説明責任が、従来と比べ高まることになった。一般電気事業者の経営陣は、大規模な設備投資を行う際には、株主に対する説明が求められ、その一方、同業他社とも比較されつつ、半期ごとの利益を着実に確保し、株価を維持する責任も大きくなることになった。

新エネルギー導入に関しても、電力事業者は、2003年4月に施行されたRPS法（「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」）により、毎年、販売電力量に応じた一定割合以上の新エネルギー等⁴から発電される電気を確保する義務を負担することになった。ただし、新エネルギーにより発電される電気の供給量は、2010年でも総電力供給量の1.35%に止まる見込みである。

図表1を見ると、2003年から2010年にかけて、当初の義務量が目標量に比べて大幅に引き下げられており、2007年まで新エネルギー導入に関して猶予期間が設定されたことがわかる。2008年から2010年にかけて、従来の伸び率と比べると、義務量が急速に増大するスケジュールとなっている。ただし、2007年までの間、目標量に比べ、義務量が低く抑

² マイクログリッドは、分散型電源と負荷を持つ小規模系統で、複数の電源および熱源がIT関連技術を使って一括制御管理されて、既存の電力会社の商用系統から独立して運転可能なオンサイト型の電力供給システムのこと（日本電気協会エネルギー新書「マイクログリッド」より）。

³ 総括原価主義は、電力供給に要するすべてのコストが料金で回収される制度であるが、コストインセンティブが働くように、インセンティブ規制として、フォワード・ルッキング・コスト（将来の効率化等を考慮した適正な費用）、公正報酬率（適正な報酬率）等を併せ課すことで、能率的な事業経営を促す工夫がなされることも多い。

⁴ RPS法が定める新エネルギーには以下の5つのものが含まれる。1. 風力、2. 太陽光、3. 地熱（熱水を著しく減少させないもの）、4. 水力（1000kW以下のものであって、水路式の発電及びダム式の従属発電）、および、5. バイオマス（廃棄物発電及び燃料電池による発電のうちのバイオマス成分を含む）である。

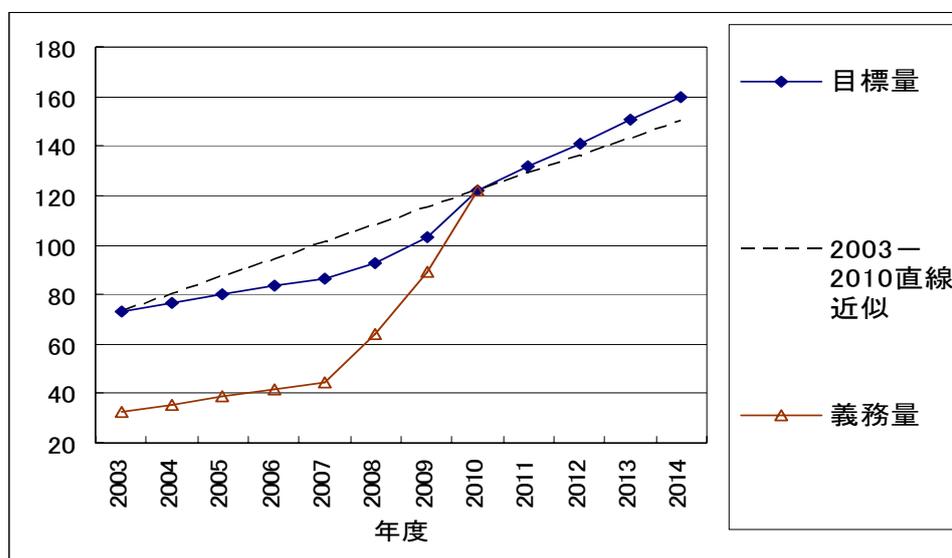
えられたために、電気事業者の多くはこの期間に目標量を上回った部分を蓄えるバンキングを行い、2008年以降の義務量の急増に備えることができた。このような電気事業者の義務量達成に向けて余裕ある対応があったことから、2010年から2014年にかけては、2003年から2010年にかけて設定された目標量の増大を、若干上回る義務量（2010年以降は目標量と同じ）が新たに設定されることになった⁵。

ただし、新エネルギーを大規模に導入して、日本のエネルギー供給構造を改編し、発電分野においても化石燃料への依存度を目に見えて減らしたいとの願望はあっても、RPS法での2010年における導入目標量（すなわち義務量）が、日本の総電力供給量の1%をわずかに超えたのみである点から見て、いまだ不十分な取り組みしかなされていないと見なさざるを得ない。

RPS法が成立したことで、2010年においても、わずか1%を若干超えたのみの新エネルギーによる発電導入しか目指されないという上限が設定されてしまう結果となった、と見なされてしまう。

しかも、RPS法の導入は、新エネルギーによる発電買い取り価格を低めに維持する結果を招いており、新エネルギーへの取り組みを目指す国民の意欲を削ぐ効果を、残念ながら生じさせてしまっている。

図表1. RPS法に基づく電気事業者の新エネルギー等の導入義務量の推移（単位：億 kWh）



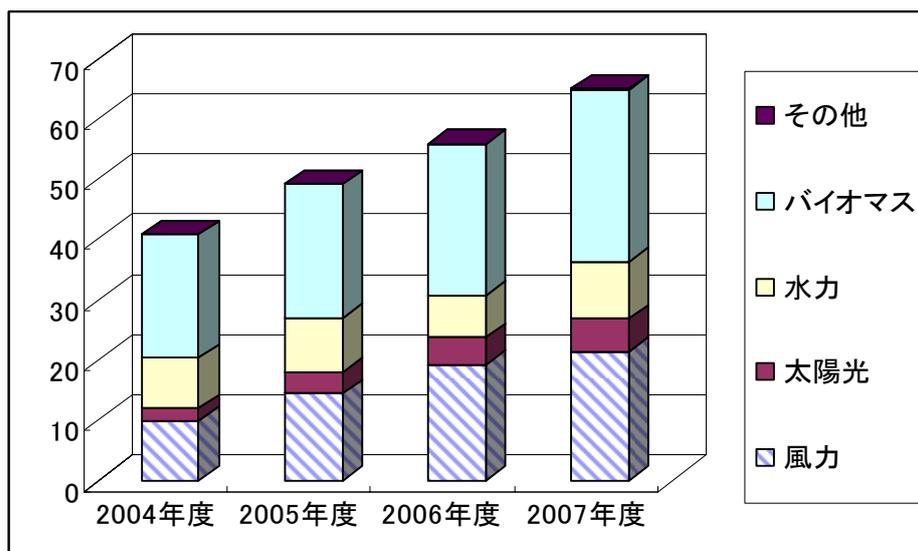
（出所）経済産業省<http://www.rps.go.jp/RPS/new-contents/top/toplink-1.html>データに基づき作成

⁵ RPS法が、2010年までの購入義務量しか掲げていないため、十分な効果を達成できていないとの分析が行われており、少なくとも2020年まで、できれば2030年、2050年という長期にわたる国の施策として、長期導入目標を設定して新エネの導入を進める必要があるとの分析が行われている。ただし、今回の見直しでも、4年先の2014年までしか義務量が設定されなかった。武石（2003）「新エネ導入促進の課題・RPS制度への対処」参照

<http://jp.fujitsu.com/group/fri/report/economic-review/200310/page12.html>

図表 2 は、RPS 法による新エネルギー発電設備からの供給量の推移を示しているが、2004 年から 2007 年で見ても、バイオマス発電（その殆どは廃棄物発電、即ちごみ発電）に大きく依存する状況が続いており、風力発電は、極めてゆっくりとした増加しか示しておらず、太陽光発電も微増という状況に止まっている。

図表 2. RPS 法による新エネルギー発電設備からの供給量推移（単位：億 kWh）



(出所) 資源エネルギー庁データ

図表 3 は、電気事業者の新エネルギー等の導入義務量（単位：億 kWh）を示しているが、2008 年から 2010 年にかけて、各電力会社（一般電気事業者）において、その前の時期と比べると、大幅な義務量の増大が生じることがわかる。ただし、この増加は、既述したように、当初設定した目標量をあと送りしたために生じただけである。

図表 3. 電気事業者の新エネルギー等の導入義務量（単位：億 kWh）

年度	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄	10社計
2003	2.6	3.8	9.8	3.5	0.9	6.1	1.5	0.6	3.9	0.1	32.8
2004	2.7	4.0	10.8	4.0	0.9	6.6	1.7	0.7	4.2	0.1	35.7
2005	2.8	4.3	11.8	4.4	1.0	7.1	1.9	0.8	4.5	0.1	38.6
2006	2.9	4.6	12.8	4.8	1.1	7.6	2.1	0.8	4.7	0.1	41.5
2007	3.1	4.8	13.8	5.2	1.2	8.0	2.3	0.9	5.0	0.2	44.4
2008	3.3	6.2	20.9	8.5	1.9	11.1	3.8	1.7	6.4	0.4	64.2
2009	3.7	8.1	29.7	12.5	2.7	15.0	5.6	2.6	8.3	0.7	88.9
2010	4.3	10.6	41.5	17.8	3.7	20.3	8.0	3.7	11.0	1.1	122.0

(出所) 資源エネルギー庁データ

図表 4 は、RPS 法に基づく新エネルギー電気の購入価格の推移（単位：円/kWh）を示

している。図表4の2003年度から2006年度の数値は、平均価格を示しており、「RPS相当量+電気」の購入価格、および、電力会社のRPS相当量のみで購入価格を示している。

いずれの数値とも、横ばいか、あるいは、電力会社のRPS相当量のみで購入価格のように低下しつつあるとの傾向が出ている数値もあり、新エネの導入を促進するような、電力購入価格の上昇は生じていないことがわかる。

図表4の右側の2つの欄では、どちらも2006年度における数値を示している。新エネルギーの購入価格は1年を超えて契約されている場合があり、したがって、図表4では、2006年度のすべてのRPS法に基づく新エネルギー電気の購入価格のうちの最高価格と最低価格を示すとともに、2006年度に購入が開始された新エネルギー電気の購入価格の最高価格と最低価格も示している。この数値を見ると、風力の「RPS相当量+電気」は、最低価格の7~8円を2~3円超えるのみであり、10~11円程度の価格で多くの購入がなされていることがわかる。また、従来存在した21円/kWhといった最高購入価格は、引き下げられる傾向が顕著で、2006年に契約された最高価格は16円/kWhとなったことがわかる。最高購入価格が次第に低下する傾向があることがわかる。

また、電力会社のRPS相当量のみで購入価格を見ると、各年度の購入価格の平均は5円/kWhを前後する価格であることから、2006年度の最高購入価格である、7円/kWh、あるいは、6円/kWhを、1円あるいは2円下回る程度で、多くの購入が行われていることがわかる。ただし、最低価格は2円/kWhあるいは2.5円/kWhであることから、たいへん安い価格で購入されてしまっている新エネルギー発電が存在することもわかる。

図表4. RPS法に基づく新エネルギー電気の購入価格の推移（単位：円/kWh）

		2003年度	2004年度	2005年度	2006年度	2006年度		2006年度購入開始分	
						最高価格	最低価格	最高価格	最低価格
RPS相当量 +電気	風力	11.8	11.6	11.0	10.7	21.0	7.0	16.0	8.0
	水力	8.1	8.5	8.4	8.4	13.0	4.5	12.5	7.0
	バイオマス	7.2	7.5	7.6	7.7	15.0	4.0	15.0	5.3
	太陽光(従量電灯)					24.1	18.8		
	太陽光(業務用電力)					12.9	8.7		
RPS相当量のみ	電力会社	5.2	4.8	5.1	4.9	7.0	2.0	6.0	2.5
電気のみ	電力会社					4.4	3.0		
	電力会社以外					14.5	2.5	14.5	2.5

(出所) 資源エネルギー庁ホームページデータより筆者作成

図表4の最下欄の「電気のみ」の購入価格においては、たいへん大きな差異が、電力会社と電力会社以外との間で生じている。電力会社の「電気のみ」の購入価格は、最高が4.4円/kWh、最低が3円/kWhであり、比較的狭い範囲内に集まっている。

一方、電力会社以外の「電気のみ」の購入価格は、最高が14.5円/kWh、最低が2.5円/kWhであり、大きなばらつきが生じている。新規事業者である特定規模電気事業者（PPS：Power Producer and Supplier）は、一般電気事業者（9電力）が保有する原子力発電所を保有しないため、RPS法の要件を満たすために、高い価格で電気のみを購入して

いる場合があり得ることが、この数値から推測できる。

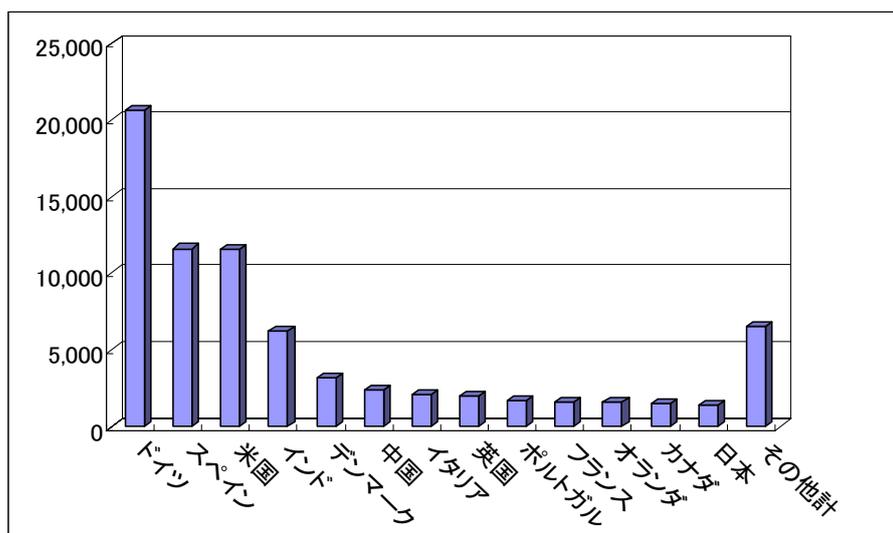
RPS 法の成立は、電力分野における新エネ導入量に上限を設定する働きをしたことは間違いなく、目標値および義務量の達成に向けた努力は続けられるものの、日本における新エネ導入量は、電力供給量の 1% 台といった低いレベルを今後も続けることになり、20% といった高い導入目標量を掲げる欧州諸国と比べると、見劣りする状況が今後も続いてしまうことが予測される状況となっている。

3. 世界と日本の新エネルギー導入状況

日本の新エネルギーの導入は、諸外国と比べるとゆっくりとした動きとなっている。図表 5 は、2006 年における世界の風力発電能力を示しているが、日本は 1,394MW で世界 13 位であり、かつて第 8 位を記録したのが最高であり、年々順位が後退している。日本の 2010 年の風力発電の導入目標量は 3,000MW であり、図表 5 中の 2006 年現在のデンマークの導入量を目指しているに過ぎない。

年間導入量を 2006 年の値で比べると、日本は、米国の 7 分の 1、ドイツの 6 分の 1、インドの 5 分の 1、中国の 3 分の 1 に止まっている。2006 年におけるドイツの風力発電能力は、すでに日本の 15 倍、スペインは 8 倍、米国は 8 倍、インドは 4.5 倍、デンマークは 2 倍、中国は 1.7 倍となっている。

図表 5. 世界の風力発電能力（2006 年）（単位：MW）



(出所) World Wind Energy Association データより作成

太陽光に関しても、従来日本が世界一の座を維持してきたが、2005 年に約 140 万 kW に

達したところで、導入量が急増するドイツに日本は抜かれており、現在はドイツに次ぐ世界第2位となってしまっている。

図表6は、2005年に総合資源エネルギー調査会需給部会から発表された「2030年のエネルギー需給展望」の中で記載された2030年までのエネルギー見通しと新エネルギー導入量、および、その比率である。

一次エネルギー全体として見ると、省エネ進展ケース以外では、2030年に向けてエネルギー供給量が増大すると予測している。再生可能エネルギーについて見ると、新エネ進展ケースでは2000年の35百万KLが、2030年には67百万KLまで増大すると予測されている。ただし、その場合での再生可能エネルギーが一次エネルギー全体に占める比率は11%に止まる。

新エネルギーのみについてみると、2030年度でもレファレンスケースで4.4%、省エネ進展ケースで5.0%、新エネ進展ケースで7.6%となっている。

次に、電力部門を見ると、発電量のうち、再生可能エネルギーの占める比率は、1990年度から2000年度にかけて低下し、しかも、2030年においてもレファレンス・ケースでは10.4%と低いままとなっている。省エネ進展ケースおよび新エネ進展ケースにおいては、2030年において、漸く13%台が達成されている。発電量のうち、新エネルギーのみについて見ると、2000年度の0.2%が2030年において、レファレンス・ケースで0.9%、省エネ進展ケースで1.1%と上昇はしているものの、新エネ進展ケースにおいても3.7%に止まるとの予測となっている。

図表6. 政府見通しに基づく新エネルギーの導入量と比率

	単位	1990年度	2000年度	2030年度		
				レファレンス	省エネ進展	新エネ進展
一次エネルギー国内供給量計	百万KL	512	588	607	536	608
うち再生可能エネルギー	百万KL	35	35	47	47	67
同上比率	%	6.8	6.0	7.7	8.8	11.0
うち新エネルギーのみ	百万KL	12	14	27	27	46
同上比率	%	2.3	2.4	4.4	5.0	7.6
発電電力量(電気事業者)計	億kWh	7,376	9,396	11,287	9,101	10,758
うち再生可能エネルギー	億kWh	896	960	1,169	1,224	1,472
同上比率	%	12.1	10.2	10.4	13.4	13.7
うち新エネルギーのみ	億kWh	0	23	100	100	403
同上比率	%	0.0	0.2	0.9	1.1	3.7

(出所) 総合資源エネルギー調査会需給部会資料(2005)「2030年のエネルギー需給展望」より作成

- (注) 1.再生可能エネルギーには、水力、地熱、新エネルギーを含む。
2.新エネルギーには、水力、地熱は含まず。

日本との比較のために欧州各国の再生可能エネルギーへの取り組み状況を見ると、各国とも積極的に大きな目標の達成に取り組んでいることがわかる。

EUは、2001年の「グリーン電力推進に関する欧州指令」で、2010年までに電力供給量の22.1%を再生可能エネルギーとすると規定している。また、2001年の「再生可能エネルギーに関する欧州指令」により2010年までに、最終エネルギー供給量に占める再生可能エネルギーの比率を12%以上とするよう定める。

英国は、発電部門で再生可能エネルギー量が占める比率を2010年で10%とし、2020年までに20%とする計画である。

ドイツは、2004年の再生可能エネルギー法により、2010年までに再生可能エネルギーが占める比率を12.5%以上とし、2020年には20%とする計画である。

デンマークでは、2030年に一次エネルギー供給量のうち再生可能エネルギーが占める比率を35%とする計画である。

以上の欧州諸国の取り組みと比べると、日本の新エネルギーの導入量は明らかに停滞している。2006年5月に経済産業省資源エネルギー庁が発表した「新・国家エネルギー戦略」においては、省エネ、運輸エネルギーの石油依存度、原子力依存度、および、石油依存度に関しては数値目標を設定したものの、新エネルギーに関しては、「数値目標なし」としている。RPS法に則り、義務量のみを導入していればそれで新エネルギー導入の義務が満たされるとの状況が電力産業分野に存在していることが、高い目標の設定を妨げていると言わざるを得ない。RPS制度に安住していることは、諸外国、特に欧州諸国との新エネルギー導入量の差を、ますます拡大する。

例えば、日本の風力発電産業は、米国およびアジア等の諸国向けの風力発電設備の製造工場の拡張を進めており、国内市場が育たないという欠陥を抱えたままという状況が今後も続かざるを得ない見込みとなってしまう。

4. 電力需要の増大と新エネルギー導入との関係

2000年から電力小売りの部分自由化が特別高圧受電家向けに始まったことから、電力会社（一般電気事業者）が自社の顧客を新規参入者（PPS）に奪われるという未曾有の経験を経ることになった。同時に電力料金の引き下げを達成するために、投資・経費の大幅な削減が各社とも実施され、例えば、設備投資額を9電力会社の合計で見ると、1999年度（平成11年度）の3兆2千億円が、2003年度（平成15年度）には1兆7千億円まで半減されている。こうした過程において、電気事業者は、RPSの義務量を満たすまでは努力するものの、それ以上の新エネルギーを導入しようとの意欲と余力を欠いてしまうことになった。電力会社は、制度としてみても、いっそうの自由化の推進のインセンティブを持たず、現状維持を希望するのみという状況に置かれてしまう。

その一方、日本全体としては、電力消費量の増大に歯止めがかからない状況が生じている。電力は、石油、ガス等の他のエネルギー源と比べ、クリーンであり、たいへん使いやすく、そのため、総エネルギー消費量に占める電力の比率（電力化率）が年々上昇する傾向にあり、現状の40%の電力化率が、今後50%程度まで上昇する見込みとなっている。電力消費量も増大しており、需要電力量（kWh）が増大するとともに、最大電力需要（kW）も着実に増大している。電力会社は、この両者の指標を満たすために、発電設備の増強を求められている⁶。発電能力の増強に、最も貢献すると期待された原子力発電は、電力会社における不祥事および地震の発生等があった大幅に遅延せざるを得なくなってしまうている。

電力の安定供給を第一の目的としているために、新エネルギー導入の若干の遅れがあっても、CO₂排出量の削減には、原子力発電所の新增設でカバーできるとの見通しが、当初は、政策当局および電力会社にあったと考えられる。しかし、原子力の導入が極めてゆっくりとしか進まないことが明らかとなり、しかも、既存の原子力発電所のうち、2007年8月の中越地震発生後、東京電力柏崎刈羽原子力発電所の停止が長引く見通しとなったことから、従来の発電計画に大幅な変更が必要となった。新エネルギーの導入を犠牲にして、安定供給等の見返りが得られるのであれば別であるが、新エネルギーに関連する新技術開発の遅れが生じるとともに、そもそも将来を担う電力部門の人材育成の停滞も懸念される事態にも至っている。さらに、エネルギーを今後、効率的に利用するためには、今や、個々の設備における効率を上げるだけでは不十分で、エネルギーの「面としての効率利用」、つまり、熱利用との融合を目指す必要がある。こうした先進的な取り組みへの対応において、新エネルギーの導入が遅れることは、成果を縮小させる結果を導くことになる。

しかも、地球環境問題への対応においても遅れが生じている。2007年8月に生じた中越沖地震で東京電力の柏崎刈羽原子力発電所が、全基稼動を停止したために、バックアップとして、LNGおよび石油火力を最大限稼動させて夏季の日中のピーク（最大電力、即ちkW）を乗り切ることとなった。さらに、2007年冬季には、暖房用の需要も含めた需要電力量（kWh）の不足に備える必要があり、稼動可能なLNG、石油等の発電設備の総動員が必要となる。このような状況では、環境負荷の削減、特に、CO₂排出量の削減は二の次であり、停電させないことが至上命令となる。

5. 電気学会の分散型電源関連の取り組み

分散型エネルギーの普及拡大が、今後も間違いなく着実に進み、導入量が拡大すること

⁶ 日本電力調査委員会が想定した需要想定（第108回）によると、日本の需要電力量（kWh）は2004年から2015年の間の平均で、年率1.0%で増大し、最大電力需要（kW）は同期間に同じく1.0%で増大すると見込んでいる。

が予測されている。社会的なニーズとしての、省エネルギーおよび自然エネルギーの利用拡大に応える必要があるためと、もう 1 点、消費者からのニーズであるエネルギー利用コストの低減、それにエネルギーの安定利用を達成するためである。大都市圏においては、大規模ビルが建設され、あるいは大規模再開発地域が整備される際には、殆どすべての場合、地下に発電設備を設置し、この発電設備から排出される熱を、空調と冷暖房用に利用するようになってきている。電気だけではなく、熱の利用が可能となることで、エネルギーの総合利用効率は、発電だけの場合の 30%から最大でも 50%程度という範囲を超えて、70%程度が達成されており、資源の有効利用が図られている。最近では、家庭用の小型コージェネ設備（1kW 程度）の普及も進んでいる。今後も分散型電源は、新エネルギーも含めて、さらに普及が進むと予測されている。こうした将来予測に関しては、電力関係者のみならず、建設業界、電機メーカーをはじめとして、政府関係者、さらには国民全般に広く認識されているとすることが出来る。

ただし、現状の発電部門で 1%を下回っている新エネルギーの導入量から見ても、また、RPS 法に従った導入義務量の 2010 年で 1.35%に止まるとの計画値から見ても、EU 各国の動向と比べると、日本の新エネルギーの発電部門での導入量は目標値（＝義務量）が低すぎ、インパクトがあまりにも小さいと言わざるを得ない状況がある。

一方、電力分野の研究者・技術者の間では、新たな電力供給システムの研究が着々と進められている。高効率で環境負荷も小さい電力供給システムが構築できる新たな考え方が提示されている。こうした新たな方式には、既存電力会社の送配電網に対しては大きな変革を迫る内容が含まれている。そうした考え方を代表するのが以下で述べる「需要地系統」と呼ばれる研究分野で、需要地近接型の分散型エネルギー設備を多く導入し、既存の大規模発送配電設備に過度に依存しないシステムを形成することを目指している。

また、分散型電源が今後普及拡大し、既存の配電系統を中心に大量に導入され、それぞれの分散型電源が個別に出力変動すると、現状のままでは、配電線の電力潮流が乱れたり、また電圧変動も生じ、さらに系統事故時に安全性が低下することが危惧される。また、既存の送配電コストの低減に、今後ますます役割が大きくなると考えられるコージェネレーション等のオンサイト電源供給事業者を参加させ、電力供給の役割を一部担わせ、活用していく必要性も増してくると考えられる。

以上のような課題に応えるために、次世代の分散型電源による電力供給手法に関する研究が始まっている。そうした試みの代表例としては、（1）電力中央研究所が進めている需要地系統、（2）奈良（茨城大学）、長谷川（北海道大学）らによって提案され、現在、北海道大学を中心として研究が進められている FRIENDS がある。

（1）需要地系統は、電力自由化に伴い生じた分散型発電の増大に対応し、電気を大規模発電施設から需要側へ一方的に送る形態から、需要側において自前で発電し、直接配電線へ電気を供給する設備の導入が進むことに対して、いかに対応するかを実証研究している。

分散型電源から供給される電気をいかにして高品質に維持するか、しかも、多種多様で数も多い分散型電源を効率的に運用するシステムの確立を目指している。研究内容は、次の3点からなる。

① 安定した電気のやり取り方法の確立

現在の配電線に供給される分散型電源からの電気が有効に活用できるようコントロールする装置（＝ループコントローラー）の開発

② 電気の効率利用

需要家側で発電した電気と電力会社から供給される電気を経済的に、しかも、省エネ的に利用する装置（＝需給インターフェイス）の開発

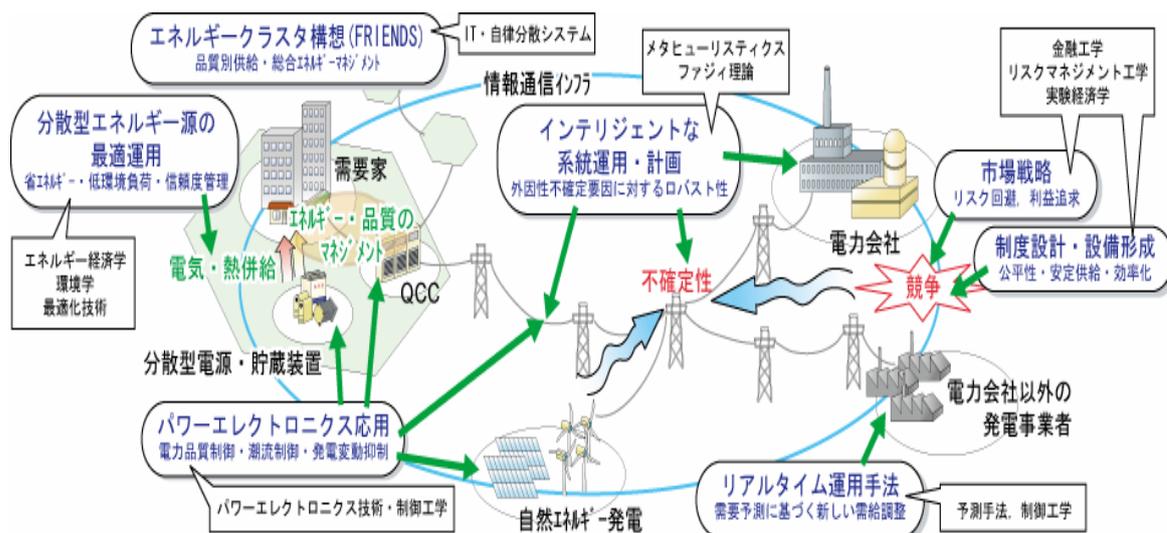
③ 情報通信技術を利用した設備の信頼性確立

電力中央研究所の赤城試験センターに張り巡らされた最新の実験用配電線路網と、広範囲のエリアにも適用できる情報通信技術を活用して開発したループコントローラー、および、需給インターフェイス等の装置の信頼性の検証

（上記内容は、電力中央研究所ホームページ<http://criepi.denken.or.jp/jp/>より）

（2）FRIENDS は、Flexible, Reliable and Intelligent ENergy Delivery System の略称で、高柔軟・高信頼エネルギー流通システムとの英文名をとっている。図表7で FRIENDS のコンセプトを示す。統合型のシステムとなっている点が大きな特徴である。

図表7. 需要地系統(高柔軟・高信頼エネルギー流通システム:FRIENDS: Flexible, Reliable and Intelligent ENergy Delivery System)の例



（出所）北海道大学<http://si.ssi.ist.hokudai.ac.jp/> より

分散型電源の多数連系への技術的対応、エネルギーの有効利用、自然エネルギーによる電力品質の低下を防ぎ、電力品質の向上を図る等、配電システム（高圧配電と低圧配電）の間に、分散型電源およびパワーエレクトロニクス機器⁷で構成される電力改質センター（QCC：Quality Control Center）を設置している点が、たいへん興味深い提案となっている。

FRIENDSは、分散型発電に積極的に需給安定の役割（アンシラリーサービス⁸の提供）を担わせる制度としており、既存の発送配電システム（大型発電所を、遠方に建設し、長距離送電をおこない、需要家に近いところでステップダウンするシステム）との連系をいかに確保するかを、大きな研究課題としている。

そのほか、FRIENDSのコンセプトとしては、図表7で示すように、電力システムにインテリジェント制御技術、エネルギー貯蔵技術、パワーエレクトロニクス技術および情報通信技術（IT）を融合させており、近未来のエネルギークラスターの開発に重点が置かれている。また、必要に応じて多品質の電気エネルギーを供給することも研究されている。こうした手法は、分散型エネルギー源も含めたエネルギー管理の最適化に貢献する。現状では、柔軟な電力の流れの制御と電力品質の制御を実現するためのパワーエレクトロニクス装置を、計算機シミュレーションならびに実験を通して開発・検証する作業が進行中である（<http://si.ssi.ist.hokudai.ac.jp/>より）。

図表8により、現行の配電システムの構成例（左側）とFRIENDSのネットワーク構成例（右側）を比較して検討する。

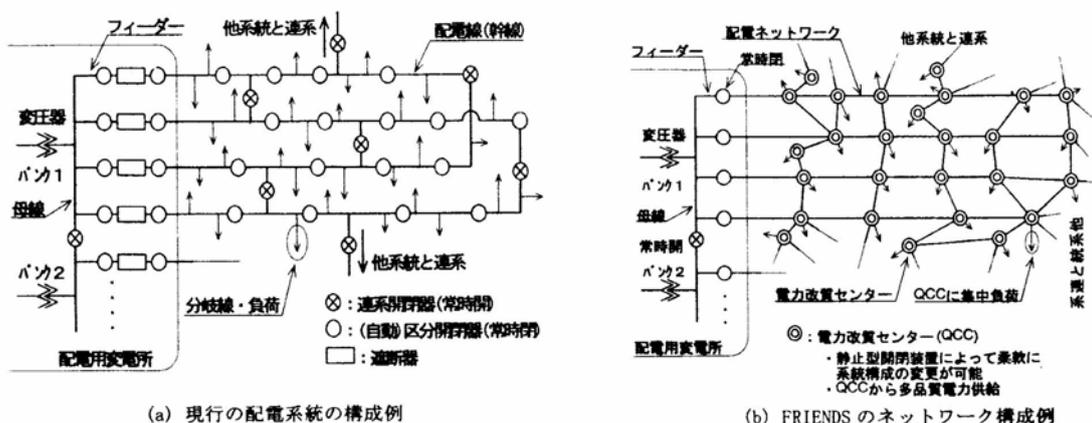
現行システムと比べると、FRIENDSのシステムでは、高圧配電線からトランス（柱上変圧器）を用いて需要家向けに200Vあるいは100Vで提供するのではなく、図表中の電力改質センター（QCC）に電力負荷が集中しているように電力供給が行われており、需要家はQCCから品質別の電力供給を受けるといったシステムとなっている。

たくさんの分散型電源が配電線に連系される場合には、既存システムでは、連系された部分のみがローカルに電圧が上昇する可能性が出てきてしまう。こうした不均衡を避けるために、QCCが有効な役割を果たすことが予定されている。QCCには、開閉装置が設置され、システムの構成を柔軟に変更できるようになっている。「QCCは情報通信ネットワークの分散型情報処理・情報交換センターとしての役割も果たすよう計画されている」（詳細は、電気学会・分散型電源有効活用のための電力系統技術調査専門委員会（2005）p.97以下参照）。

⁷ パワーエレクトロニクスおよびそれに関連する考え方については、松本（2002）、高橋（2001）、横山（2001）、正田（1999）、服部（1998）、堀（1996）を参照。

⁸ アンシラリーサービスは、電力系統の安定運転継続を目的に、電源設備・流通設備が一体となって周波数や電圧を維持するための機能のこと。託送時等の周波数制御、負荷追従、動的スケジューリング（他の制御地域からの発電あるいは負荷制御を可能とする方法）、送電損失補償、瞬動予備力、運転予備力、バックアップ供給、全停復旧、無効電力供給等が含まれる。

図表 8. 現行の配電システムの構成例と FRIENDS のネットワーク構成例



(出所) 電気学会技術報告第 1025 号 p.97 より

電気学会においては、電力会社、電機会社、大学、それにシンクタンク等が参加して委員会が数多く設立され、研究会および研究発表が行われ、研究成果が次々に発表されている。分散型の電源の導入に関係するものとしては、次の報告書が作成・公表されている。

- ・競争環境下における電力品質調査専門委員会（2003）「競争環境下における電力品質」『電気学会技術報告第 925 号』電気学会、
- ・分散型電源有効活用のための電力系統技術調査専門委員会（2005）「分散型電源有効活用のための電力系統技術」『電気学会技術報告第 1025 号』電気学会、
- ・配電業務への IT 適用調査専門委員会編（2006）「配電業務における IT の適用状況と今後の展望」『電気学会技術報告第 1076 号』電気学会、
- ・分散型電源の系統連系解析モデル調査専門委員会編（2007）「分散型電源の系統連系解析モデル」電気学会（近刊）等、

このように、いくつもの報告書が出されて、成果が得られてきている（このうち、2005 年および 2007 年発表の報告書には、筆者も委員として参加して分担執筆している）。

今後は、電力需要家に近いところで、様々な工夫を凝らし、最新の通信・データ処理システムを導入することで、省エネ、低環境負荷を達成できる可能性が高まる。こうした「次世代電力流通システム」の積極的な提案とその実用化に向けた実証試験が、現在、必要となっている。

このような取り組みとしては、次のようなプロジェクトが実施されてきている（電気学会（上記 2005）より）。

- ① 四国電力の四国総合研究所による中国で実施された、太陽光発電系統連系システム効率化・技術実証試験

② 八戸市「水の流れを電気で返すプロジェクト」(プロジェクト呼称)：下水処理場からのバイオガスを用いたガスエンジンと二次電池により、太陽光および風力発電の変動を吸収しつつ、需要家に電力と熱を供給する。自営線を敷設。

③ 京都エコエネルギープロジェクト「keep」：自然エネルギーの発電出力を予測プログラムで予測し、それを補う形でバイオ発電と二次電池を制御。需要に応じた安定的な電力供給可能なシステムを構築。

④ 2005 年日本国際博覧会(愛知万博)および中部臨空都市における新エネルギー等集中実証研究：太陽光発電と、会場内から発生した生ごみからメタンガス、それに木質バイオマスからのガスを利用した燃料電池を組み合わせ、調整用の NAS 電池を加えてマイクログリッドを構築。

以上のように、分散型電源導入に対処するための実証実験が、さまざまな観点から始まっていることがわかる。

6. 電力自由化の推進と電力供給システム

現状の送配電システムが分散型発電の導入をまったく想定していない状況は、図表 9 を見ることで明らかとなる。主要な電力需要地となる都市部から遠く離れた場所に大規模発電所を設置し、そこから超高压送電線(500kV から 275kV)で数 100km を送電し、超高压変電所を経由することで一次高压送電(154kV)して、一次変電所に送る。一次変電所からは二次高压送電(66kV)で送電し、必要に応じて、特別高压の需要化向けには、この送電線から供給を行う。

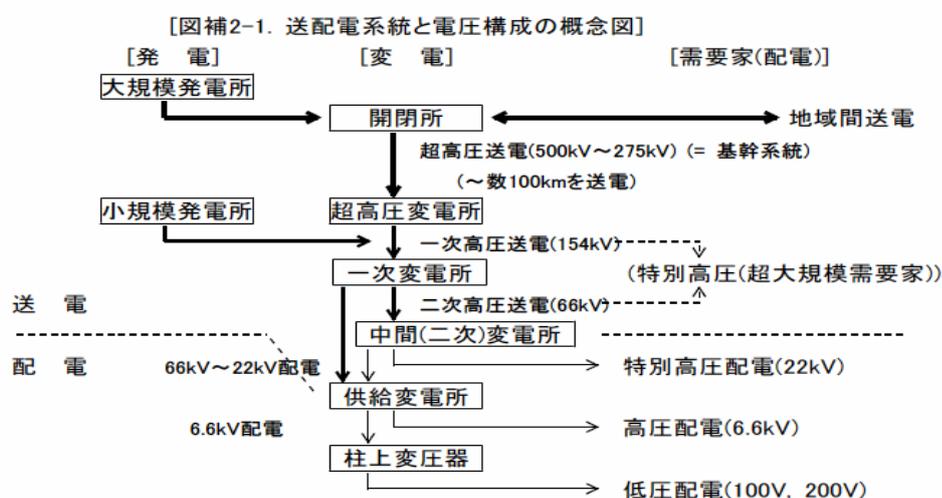
二次高压送電(66kV)を受け取るのは中間(二次)変電所であり、ここから 22kV で特別高压需要家への供給が行われる。また、さらに小規模な需要家に向けては、主として一次変電所から直接、供給変電所に向けて 66kV から 22kV の規模での配電が行われる。

供給変電所からは、高压需要家に向けて高压電力(6.6kV)の供給が行われる。さらに小規模な家庭用等の需要家に対しては、6.6kV 配電が行われ、柱上変圧器により低压配電として 100V あるいは 200V の供給が行われている。

このように、大規模発電所から次々と電圧がステップダウンされながら、次第に小規模な電力需要家に向けて、供給が上から下へと流れていくのが従来型の電力供給システムであった。分散型電源の導入は、従来型の電力供給システムにおいては、本来、全く予定されておらず、逆流により売電をする需要家が出現することは予定されていないと言わざるを得ない。このことは、例えば、末端の小規模需要家に対する供給を $202V \pm 20V$ 、あるいは $101V \pm 6V$ の範囲に留めるために、柱上変圧器でどのように対応しているかを見れば明らかである。需要家は、km 単位で遠く離れた場所に居住することもあり、また、多くの負荷を持つ需要家がまとまって居住することもあり、多様であると考えられる。その場合

に、柱上変圧器の端子（タップと呼ぶ）を複数、6,750V、6,600V、6,450V、6,300V というように用意しておき、電力負荷の状況に合わせて、どのタップに繋ぐかを決めている。このような状況から見ても、分散型電源が配電線に接続されて、逆潮流により電力会社に売電するケースが出現するとは、現状のシステムは想定しないシステムとなっていることがわかる。このようなシステムを長年にわたり維持・管理してきただけに、電力会社としては、多様な新エネルギーを多く導入する面倒な新規システムへの対応力を欠いており、新たな費用もかかる新エネルギー関連の分野には出来るだけ関与したくない、という経営方針を採用することにならざるを得ない。

図表 9. 電力の供給システム（送配電系統）



(出所) RIETI Discussion Paper Series 05-J-033 p.43 より

次に、図表 10 により、2007 年時点における電力自由化の進捗状況を確認しておくことにする。電力供給システムは、電力会社（一般電気事業者）の原子力を始めとする大規模発電所が遠隔地に設置されており、そこから長距離・超高圧送電により、主要都市の需要家に向けて供給が行われている。電力分野における自由化は、2007 年現在では、高圧需要家（50kV 以上）に及んでおり、販売電力量全体のうち 6 割の需要家（大工場、大規模オフィスビル、デパート等）が、電力をどこから購入するかに関して制度上の選択肢を獲得している。

一方、規制部門は依然として残っており、電力会社が提供するメニューに従い、電力を購入する以外に選択肢を持たない需要家（中小工場、事務所ビル、商店・コンビニ、家庭）も 4 割存在する。

1995 年以降は、卸供給事業者（IPP）制度が導入され、大規模な余剰発電能力を持つ企業（セメント、鉄鋼、石油等）は、電力会社への売電を開始している。

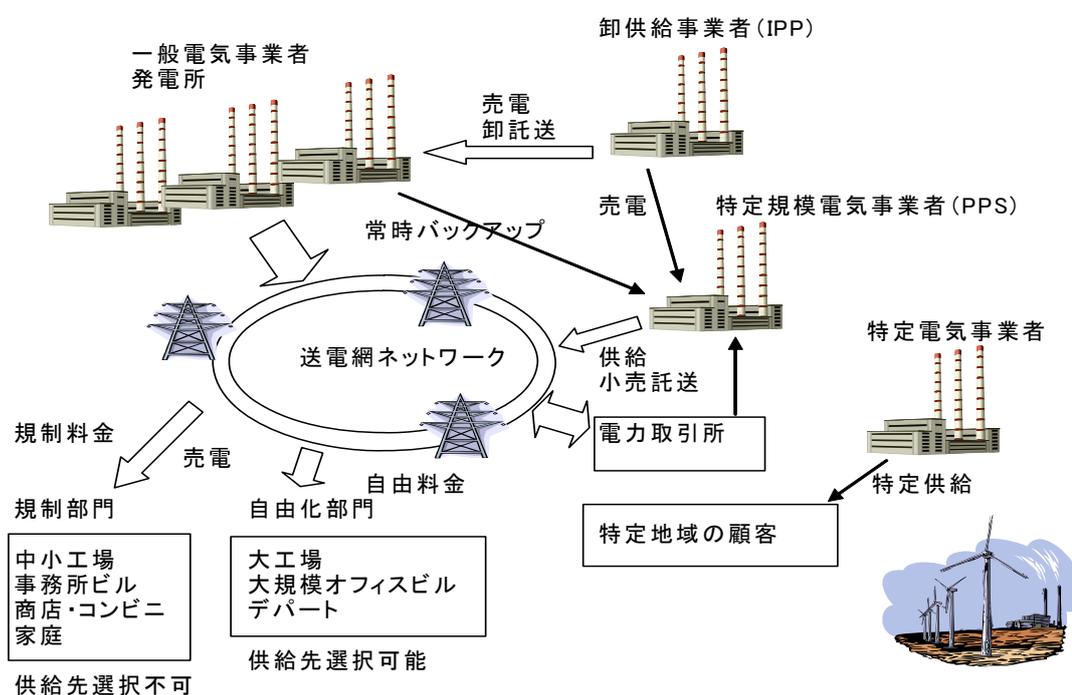
2000 年からは、特定規模電気事業者（PPS）制度が導入されており、受電電力 50kV 以

上の電力顧客については、電力会社の顧客を奪って電力を販売することが認められている。

2005年4月からは、日本卸電力取引所での取引が開始されている。電力取引所は、余剰電力の売り買いが可能であり、「先渡し市場」と「1日前のスポット市場」が設置されている。

そのほか、特定電気事業者による特定供給が実施されている。資本関係等の密接な関係がある相手に電力供給するか、あるいは、一つの建物内に供給する場合には、許可不要で供給ができるとする制度である。

図表10. 電力自由化の状況（2007年時点）



(出所) 筆者作成

以上が電力自由化の進捗状況であるが、特定規模電気事業者(PPS)のシェアが伸び悩み、PPS から撤退する事業者も出る状況から見て、電力自由化の今後の方針に関して再考が求められていると言わざるを得ない。

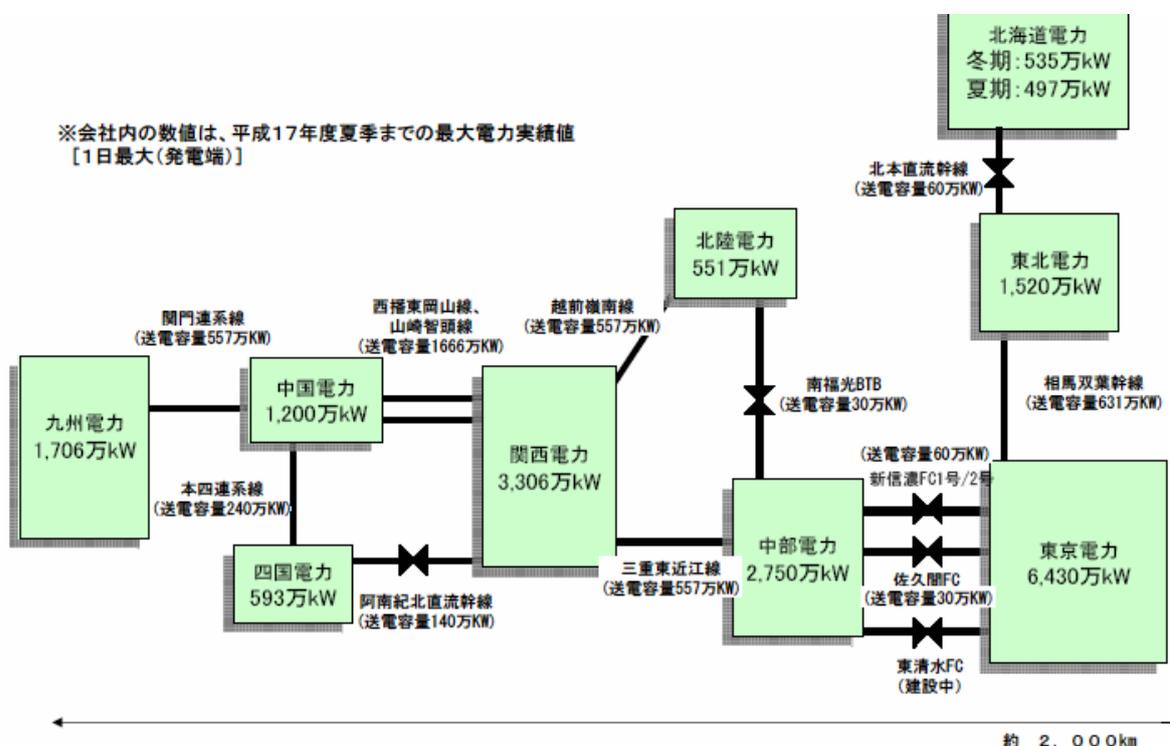
2007年現在において、PPSの電力顧客が、再度、一般電気事業者に奪い返される例が相次いでいる。こうした状況があるために、さらに、風力を始めとした新エネルギーの導入量を拡大させようとの取り組みへのインセンティブが、日本全体で縮小してしまう結果となっている。

電力取引は、電力取引所での「先渡し市場」と「1日前のスポット市場」取引が2005年4月から開始されても、低調なまま推移している。この低調な取引状況は、第一には、託送料金が高いために生じていると言える。託送料金が低いのは、日本の電力供給が、9電力(沖

縄を入れれば 10 電力) 体制により実施されてきており、本来、各電力会社は、自己が独占的に管轄する域内間での供給に注力し、各電力会社間を連系する連系線は、緊急時あるいは経済性が成り立つ場合のみ、予備的に利用するという原則に従い、ゆっくりとしたペースで増強されてきたために生じている。

図表 11 で示すように、日本の送電線容量は、東京電力と中部電力の 50HZ と 60HZ の周波数の違いが大きな障害となり、東西に分断されたと言えるほどの状況にあることがわかる。新信濃と佐久間の送電所の容量を合わせても 90 万 kW に過ぎず、東京電力と中部電力の最大電力実績と比べると、それぞれ 1.4%、3.3%に過ぎない。

図表 11. 日本の送電ネットワークの送電容量と最大電力 (万 kW)



(出所) 資源エネルギー庁電力・ガス事業部資料 (2005 年 11 月)

http://www.enecho.meti.go.jp/denkihp/bunkakai/seidokaikaku_hyoka/3rd/3rd_hyok_a_shoi_shiryo03.pdfより

このほか、北海道と東北の間の融通量は、北海道と東北の最大電力のそれぞれ 11.2%、3.9%に過ぎない。

ただし、北陸電力から関西電力に向けた送電容量は北陸電力の最大電力実績 551 万 kW を超える 557 万 kW となっている。これは、関西電力にとって最大の電力供給元が北陸地方の水力であった時期が戦後まで続いた状況を反映している。また、中国電力から関西電力へ向けた送電容量は、中国電力の最大電力実績値の 1,200 万 kW を超える 1,666 万 kW

となっている。関西電力への売電には、九州電力、四国電力、さらには、中国地方の瀬戸内海添いに多く立地する素材系の産業からの売電によっても送電容量の確保が求められており、このために一部の電力会社においては送電容量が大きくなっていると考えられる。

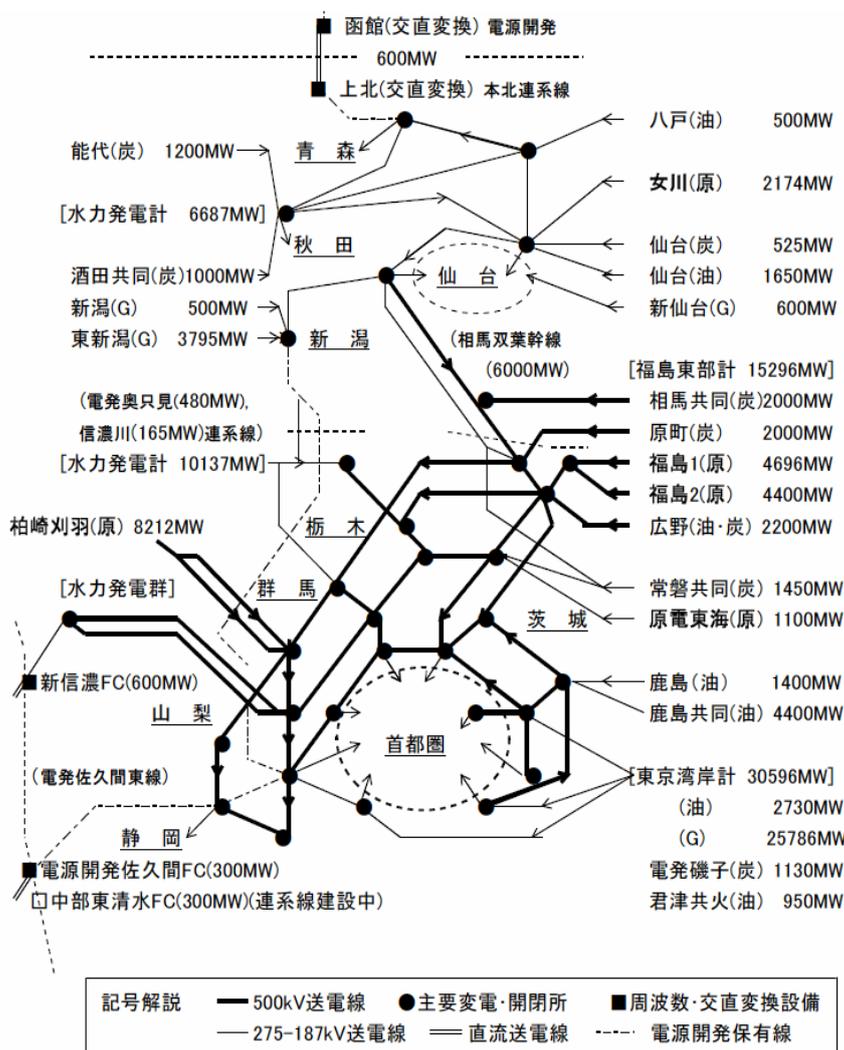
日本の電力会社のうち、東京、中部、関西の 3 大電力会社は、自社で発電した電気を自社内で消費し、他社からも一部電力購入を行なうというのが原則となっている。また、北海道電力、九州電力は比較的独立したポジションを確保しつつ、特に、九州電力は、必要に応じて、中国電力の送電線経由で、関西あるいは中部電力等に向けて電力販売を行っている。北陸電力が多量の電力販売を実施できる立場にあり、また、中国電力は、多量の売電が出来る可能性を持ち、東京、中部、関西の 3 大電力会社等、他の電力会社とは異なったポジションにあることがわかる。

7. 事例研究：東北電力への風力発電導入の可能性

図表 12 は、東北電力が発表している東北電力の電力系統図である。東北電力は、東京電力に向けて電力販売を行ってきており、経営上、東京電力への売電が大きな役割を果たしている。東北の最大の都市である仙台に向けて電力供給を行うことが最も重要であり、その他の地方都市（新潟、福島、山形、盛岡、秋田、青森等）に対する供給が、次に重視されていることが、送電線の配置、および、送電容量の状況から読み取れる。

500kV の送電線の敷設状況から見て、仙台以南に関しては、首都圏に対しての供給が重要な役割となっていることがわかる。こうした状況から見てくると、東北電力の供給エリアの中でも特に風力発電の導入余地が大きいとされる青森、秋田、岩手、山形といった地域においては、既存の送電線の容量の制約と電力需要地での消費量の制約と、風力のように発電量の変動が生じる設備の導入量には制限が生じてしまうとの東北電力の説明が、現状では仕方がない面があることは確かである。

図表 1 3. 東北電力の高圧送電網



(出所) RIETI Discussion Paper Series 05-J-033 p.19 より

図表 14 は、東北電力の風力導入状況を示しており、同社管内の風力発電規模が平成 15 年度の 28 万 kW から平成 18 年には 47 万 kW まで増大してきたことを示している。しかも、大規模な風力発電が多く導入されており、導入量の殆どは特高連系であることがわかる。

図表 1 4. 東北電力の風力導入状況

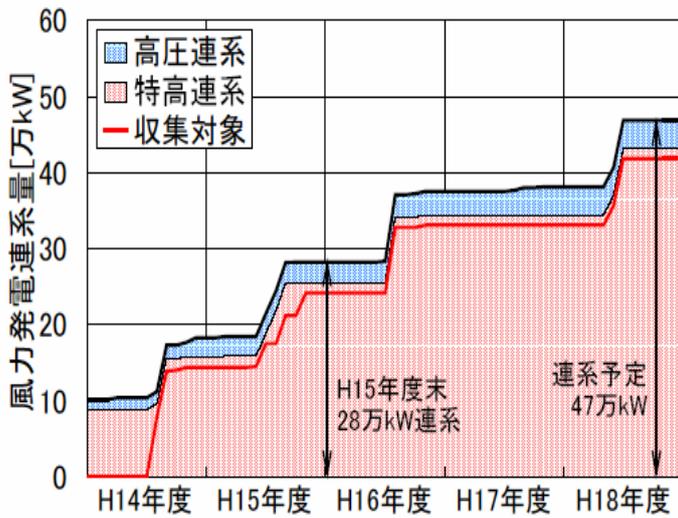


図6 東北電力管内の風力発電規模

(出所) 東北電力

ただし、風力発電の導入量の増大が東北電力において出力変動という障害を引き起こしているかと言うと、図表 15 で示すように、むしろ変動率は、近年、目に見えて改善してきており、これは、東北電力の電力余剰が発生する夜間に風力発電を解列するメニューでの風力発電の実施を求めたり、あるいは大容量の蓄電池の風力発電との並列を求めたりした結果である。

図表 1 5. 東北電力の風力発電出力変動の推定結果

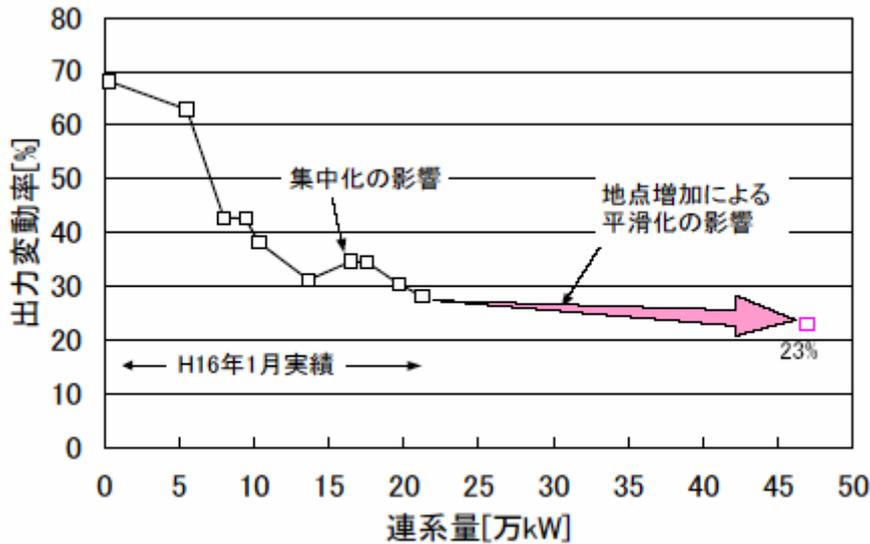


図9 将来の風力発電出力変動の推定結果

(出所) 東北電力

東北電力が、現在、どのような条件で風力発電の募集を行っているかを、2007年度の例で見ておくことにする。まず、風力導入枠を設定し、その枠ごとに、入札・籤引きにより風力実施者を決定している。

2007年度においては、①出力 2,000kW 以上の大規模風力に関しては、導入可能量は 7 万 kW との枠を設定している。また、②出力 20kW 以上で 2,000kW 未満の中規模風力に関しては、1 万 kW との導入可能枠を設定している。

しかも、蓄電池等の出力制御による風力発電の出力変動の緩和を条件とする、としている。また、大規模風力では、周波数変動対策がとられることが必要とされている。一方、中規模風力に関しては、電力需要の少ない夜間などに、需要と供給の一致を図ることが困難となることが想定される場合には、優先的に発電を停止する（系統から解列する）ことを条件としている。

こうした条件を設定するために、自然条件を見たときには、東北地方のみでもまだまだ多くの風力発電導入の適地が存在し、日本の自然エネルギー導入量を増やせるにも関わらず、導入量がわずかずつしか増えないという状況が生じてしまっている。

8. 山形県庄内町の事例

筆者が、2004年に山形県の新エネルギーアドバイザーに委嘱されて訪問する機会を持ち、その後もプラン作りで協力してきた山形県庄内町（旧・立川町）の状況を見ながら、今後の風力発電を始めとした、新エネルギーの導入に対する考え方はどのようにあるべきかについて検討してみる。

庄内町では、2007年度に国のエネルギーパーク事業の調査事業（NEDO 委託による）を受託して今後のプラン作りを実施してきている。庄内町（旧・立川町）は、NHK のプロジェクト X でも紹介された強い風が吹く土地として知られてきた（2002年放映、「突風平野、風車よ闘え」参照）。

すでに、1980年には風エネルギー実用化実験事業として 1kW の風車 1 基が設置されており、翌年の 1981 年はコミュニティ・エネルギー・プロジェクト紅花計画として、5kW の風車 2 基が設置された。

庄内町の立川地区は、最上川が庄内平野に向かって流れ込む場所に位置するために、風力発電に最適な年間を通じた強い風が得られる自然条件にある。

図表 16 の②から⑤の風車が集中して立地している地点が、強風域であり、町ではさらに大型風車の立地が可能であるとして、今後の増設計画を練っているところである。

①の地点は、丘の上に位置しており、ウインドーム立川という第 1 回風サミットを全国に先駆けて実施した建物もあり、1993年に設置された町営の風車 3 基（100kW×3）が運

転されてきた。

図表 1 6 . 山形県庄内町のエネルギーパーク計画



(出所) 庄内町ホームページより

図表 1 7 . 立川町 (現・庄内町) の風力発電の導入状況

設置年	容量	
1980年(昭和55年)	1kW × 1基	風エネルギー実用化実験事業(撤去済)
1981年(昭和56年)	5kW × 2基	コミュニティ・エネルギー・プロジェクト紅花計画(撤去済)
1993年(平成5年)	100kW × 3基	立川町シンボル風車
1996年(平成8年)	400kW × 2基	(株)山形風力発電研究所(民間) 現:(株)たちかわ風力発電研究所(第3セクター)
1999年(平成11年)	600kW × 2基	(株)たちかわ風力発電研究所(第3セクター)
2000年(平成12年)	600kW × 2基	
2002年(平成14年)	1,500kW × 1基	立川町営風力発電所
2003年(平成15年)	1,500kW × 1基	(株)立川CSセンター風力発電所(民間)

(出所) 庄内町ホームページより

図表 18 の写真は、図表 16 の②から⑤の地域にあたる最上川のほとり、田んぼの中に林立する風車の風景である。

図表 19 の写真は、陸地側から海側に向かって山形県庄内町を流れる最上川を真ん中にして、庄内町の風車が立ち並ぶところを中央に示している。立川町（現：庄内町）の気象は、日本海の影響と山岳地帯をかかえていることから海洋性気候と山岳性気候を示す。最上川の川下りが行われる溪谷を過ぎたところから、庄内町に至るところで、最上川が庄内平野に流れ込んでおり、こうした天然の地理的な条件が備わっているために、常に風力発電に適した風が吹く条件が得られている。

水田での稲作には困難が伴ったことから、「日本 3 大悪風」⁹の一つにあたると、この地域は言われてきた。4～10 月ごろにかけて吹く東南東の強風「清川だし」は、しばしば農作物に被害を与え、また、大火の原因となった。清川だしは、主に気圧配置が東高西低の時に発生し、新庄盆地にたまった冷気が「おろし」となり、最上峡谷で収束、庄内平野に吹き出す現象である。春から秋にかけて吹く東南東の強風「清川だし」に加え、冬は逆に北西の季節風が強く、「地吹雪」も発生する。

2005 年 12 月 25 日に、山形県庄内町の J R 羽越線の余目と酒田間で秋田発新潟行き特急「いなほ」（6 両編成）が脱線、転覆し、5 人が死亡、32 人が重軽傷を負ったが、これは冬季の強風（竜巻が発生したとみられる）のために生じた事故であった。

旧・立川町での観測によれば、過去 10 年間の平均風速はアメダスデータで 4.1m/s、10m 以上の風も年間平均 88.5 日と多く、全国的にもまれな強風地帯となっている。

図表 19 で遠方に見える山が、月山、羽黒山である。

図表 18．山形県庄内町の風力発電設備



（出所）筆者撮影

⁹「日本三大悪風」の一つと呼ばれる「清川だし」は、岡山県那岐山麓で吹く「広島風」、四国山地を吹きおろす愛媛県伊予三島付近の「やまじ風」とならび局地風として有名である（庄内町ホームページより）。

図表 19. 山形県庄内町と最上川、月山、羽黒山方面を望む



(出所) 筆者撮影

図表 20 は、山形県庄内町に現存する中で最も古い 1993 年に導入された米国製の風車 (100kW×3 基) である。これら 3 基の風車は、庄内町の丘の上 (楯山公園の上部) に設置されており、図表 16 の地図の上では①の場所に位置している。

図表 20. 山形県庄内町の初期導入の風車設備



(出所) 筆者撮影

1994 年には、全国十二の市町村による「第一回全国風サミット」を立川町で、ウインドーム立川を会場として開催した。風をテーマに地域活性化を進めている市町村に、立川町が開催を呼びかけたことで実現したものである。さらに 1996 年には、立川町が全国に呼び

掛け設立準備を進めていた「風力発電推進市町村全国協議会」が、風サミットに参加している市町村と、これから風力発電に取り組もうとする全国 18 市町村が参加して結成され、設立総会が行われた。

図表 2 1. 山形県庄内町のウインドーム立川



(出所) 筆者撮影

以上のように、先駆的な取り組みを行ってきた旧・立川町の実績を踏まえて、さらに最先端の取り組みが計画されている。それが、マイクログリッドの導入計画であり、出力が変動せざるを得ない風力発電に地域での負荷との調整をとることで、安定的な電源として、部分的には売電しつつ、自然エネルギーを最大限利用していくとの計画である。

9. マイクログリッドシステムと電力会社の対応

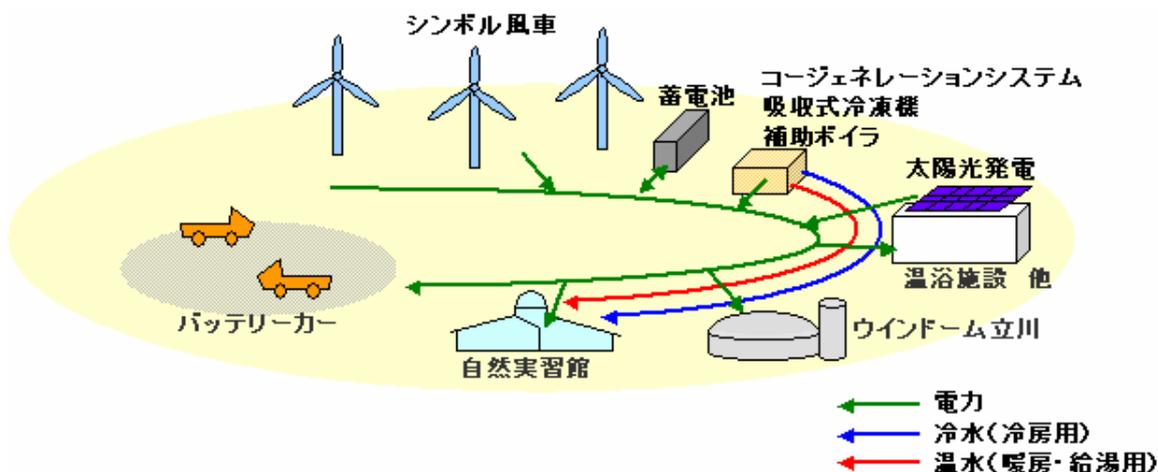
庄内町では現在、老朽化したシンボル風車（100kW×3 基）の立替の機会を活かして、マイクログリッドの導入が検討されている。東北電力への売電を行ってきたこれら既存風車の売電設備を活用し、ウインドーム立川、その他自然実習館等の周辺施設でも電力を消費しながら、風車の変動する電力を出来るだけ調整して、安定的な電源として東北電力に売電していくことを目指している。

新エネルギー電源は、発電したところに近い場所で、電気および熱として可能な限り利用し、また、必要に応じて電熱貯蔵を図ることで有効な利用が可能となる。大規模発電所からの大規模長距離送電を行う場合には、熱の利用を図ることは難しく、電気と熱を合わせた総合効率は、分散型電源で電気と熱を使い切る設備としたほうが高くなる。

さらに、分散型電源を組み合わせることでネットワーク化を図ることで、電気ばかりでなく、

熱の相互融通も可能となり、需要のパターンが異なる需要家を集めることで、大きな効果が期待できる。図表 22 では、配電線による電力供給に加えて、冷水および温水の配管が敷設されており、電気と熱の両方が最大限利用されるように設備構成が考えられている。

図表 22. マイクログリッド実施の要件



(出所) 富士通総研作成

すでに分析したように、既存の送配電システムは、配電網の末端に分散型電源が接続されることが従来は想定されないまま、システムが維持・運転されており、したがって、既存システム側からの分散型電源に対する制御および管理は実施できない状況にある。

しかし、マイクログリッドを形成することで、自然エネルギーの高効率の利用が確保でき、即ち経済性の向上も図ることができる。しかも、既存の配電システムに逆潮流で売電する際に、末端での電力負荷を満たした後に、蓄電池およびコージェネレーション設備等を動員して調整を行った後の電源として電気事業者の配電線に流すことで、安定した電源を供給することが可能となる。マイクログリッドを管理することで、電力会社の配電システムの周波数および電圧の維持への影響を削減することが可能となる。このように、マイクログリッドの導入は、利点が多いことがわかる。

ただし、問題となるのは、既存の配電線および電信柱等の配電設備は、電気事業者の資産であり、マイクログリッド設置の利点は分かっているにもかかわらず、既存の送配電システムを崩すことになる配電線の提供には、電気事業者は難色を示すという点である。自営線を、マイクログリッドを計画する者が敷設することは、電力会社の配電線と重複する二重投資となり、国全体としてみると無駄な投資である。確かに、電力会社の立場に立てば、自己の電力顧客を安易に譲ることは出来ないのは、経営上の観点から見て、現状では已むを得ない面がある。

しかも、既存の電力供給に関連する制度は、マイクログリッドの導入を予定しておらず、自然エネルギーにより得られた電力を逆潮流により売電する際の連系容量の規定（ガイドライン）は、東京電力の例では、次のようになっている。

100V あるいは 200V においては、50kW 未満

6kV においては、2MW 未満

22kV においては、10MW 未満

上記の設定値を上回った電力を、電力会社等の外部に向けて販売したいときには、何らかの別の制度に則ることが必要となる。

一つの選択肢は、「特定供給」¹⁰制度に則るケースである。もう一つの選択肢は、特区認定を得て「特定規模電気事業者」（PPS）として登録して電力の供給・販売をするケースが制度的にはあり得る。

その他の可能性としては、RPS 制度に則って売電する方法があり得る。ただし、東北電力は、RPS 制度に則った風力の販売においても、同社が設定した導入枠に含まれると表明しており、このために、くじ引き・抽選で選ばれないと風力の導入が実施できなくなっている。さらに、仮に抽選で風力発電の枠を得た場合においても、既述したように、RPS 相当量の部分の販売価格が低迷している状況があるために、マイクログリッドの導入において経済性を維持することが現状ではたいへん難しくなっている。

なお、自家発電あるいはコンビナートにおける共同火力を念頭において設定された特定供給制度においては、自営線の敷設距離としては、凡そ 10km 以下とするとの考え方を電力会社は採用しており、数キロ四方といった地域内にマイクログリッドを設置しようとする際には制約となる条件を、現状では設定していることになる。

電力会社は、さらに、既存の電気供給約款の規定に則り、「電力需給契約の単位として、1 需要場所について 1 需給契約を締結する」と規定している。このような規定がある以上、特定供給においてもこの契約条件に従うことを求めている（東北電力資料より）。

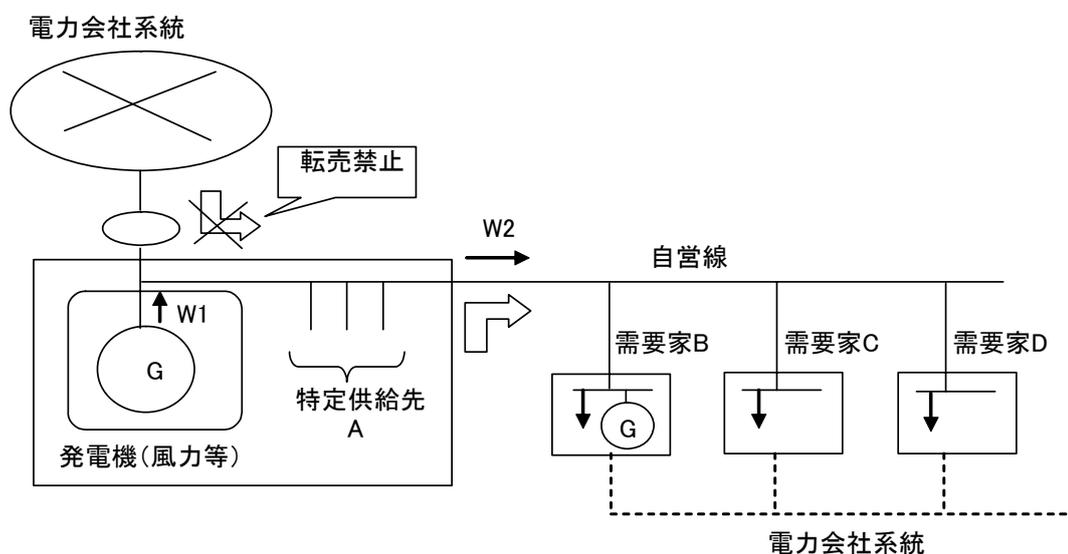
上記の要件が求めているのは、結局、転売は禁止されるべきで、1 需要場所へ供給する電力が他の需要場所の用に供されることは認められない、との考え方である。マイクログリッドの連系点で受電した系統の電力が自営線を介して他の需要場所に供給されることは認められないとされる。

図表 23 で、マイクログリッドが存在して、自営線が敷設されているときに、発電機 (G) のうち W1 の発電をする風力等があったとき、風力の発電量が変動したとしても、電力会社系統から 1 点受電した後に、自営線を介して、需要家 B、C、D に対して、風力および特定供給先 A から、系統電力を転売する形になることは認めないとされているのである。要

¹⁰ 特定供給とは、「電気の発電者と使用者に生産工程、資本関係、人的関係等における密接な関係が存在する場合に、一般電気事業者や特定電気事業の許可を受けることなく直接電気の供給を行うことを認める制度。」（電気事業便覧より）

件としては、 $W1 > W2$ を維持するとともに、この条件が維持できないときには、解列するようにと要請されていることになる。

図表 2 3. 自然エネルギー導入にあたっての要件



(出所) 東北電力資料に基づき筆者作成
 (注) Gは発電機 (Generator) を示す。

10. マイクログリッドシステムの導入意義

電力会社が、既存の送配電システムとは相容れないマイクログリッドの導入を最小限に止めたいと考えていることを示した。電力会社は、配電線への二重投資を避ける必要があると述べ、この観点から、マイクログリッド導入のために自営線を敷設しようとする際には、既存配電線をまたぐ形で配電線を敷設することすら問題であるとの指摘を行っている。

日本では、RPS 制度に従い、自然エネルギーの導入量が大きな制約を受け、さらに、マイクログリッドの導入による自然エネルギー導入の拡大も電力会社の既存システムとの整合性が低いために制約を受けている。こうした状況を放置すると、日本の電力分野における自然エネルギーの活用には、まったく展望が描けない状況に陥ってしまう。

現在、いよいよ議論されるようになってきたのは、地球全体、日本全体として見たときに、利用可能な自然エネルギーが供給される量に、そもそも制約が存在しているという点である。この場合、制度上の制約を取り除くことで経済性が成り立つプロジェクトがあるのであれば、制度の方を変更して、可能な限り自然エネルギーの利用を拡大すべきだという考え方が取り入れられる必要が生じる。つまり、自然エネルギーは、地球に存在してい

るものは、利用可能な限りすべて使い尽くす必要があり、そのために既存制度の方を、躊躇なく変更すべきだとの考え方である。それほど低環境負荷のエネルギーの導入に、人類はいよいよ本気で取り組む必要が生じていると考えられるようになってきているのである。

上述したように、電力会社は既存の大規模発電、大規模送電、一括供給のシステムを作り上げることに、第二次世界大戦後だけでも、50年、60年と投資を続けてきており、そのシステムから抜け出せない状況にある。また、RPS制度に頼っているのは、日本の電力部門における新エネルギー導入量の増大は全く望み薄で、諸外国との新エネルギー導入量において、日本がますます遅れをとる状況にある。このような情勢に置かれている以上、新エネルギーの導入を増大させる可能性を高めるマイクログリッドに関する認識を深め、その利点と課題を理解する必要があるが、国民全体にあるとすることが出来る。

電力会社のプロ任せにしてしまうのではなく、セミプロでも取り組める分散型電源の導入を促進し、さらに、一般国民の取り組みとして、マイクログリッド導入の支援をしていく必要がある。小さい電力システムのメリットとデメリットをよく理解して、導入を進めていく必要が出てきている。

図表 24 は、マイクログリッドの概念図であり、多様な分散型電源が、配電線を介して連系されている。熱利用も図るために、冷熱および温熱供給のための導管も敷設してある。電力会社の配電線が利用できない現状では、マイクログリッドを構築するためには、配電線としての自営線を敷設する必要が生じる。

マイクログリッドの系統規模は、電力会社の既存の系統システム（商用系統と呼ばれる）と比べると小さいため、電力品質に問題が出る場合がある。一方、商用系統は、「無限大母線」であると言われるように、個々の分散型発電により生じる変動をすべて吸収してしまうだけの規模を持つ。既存の商用系統を、自然エネルギーを利用した分散型電源の導入促進のためにできるだけ活用していくことが求められる。

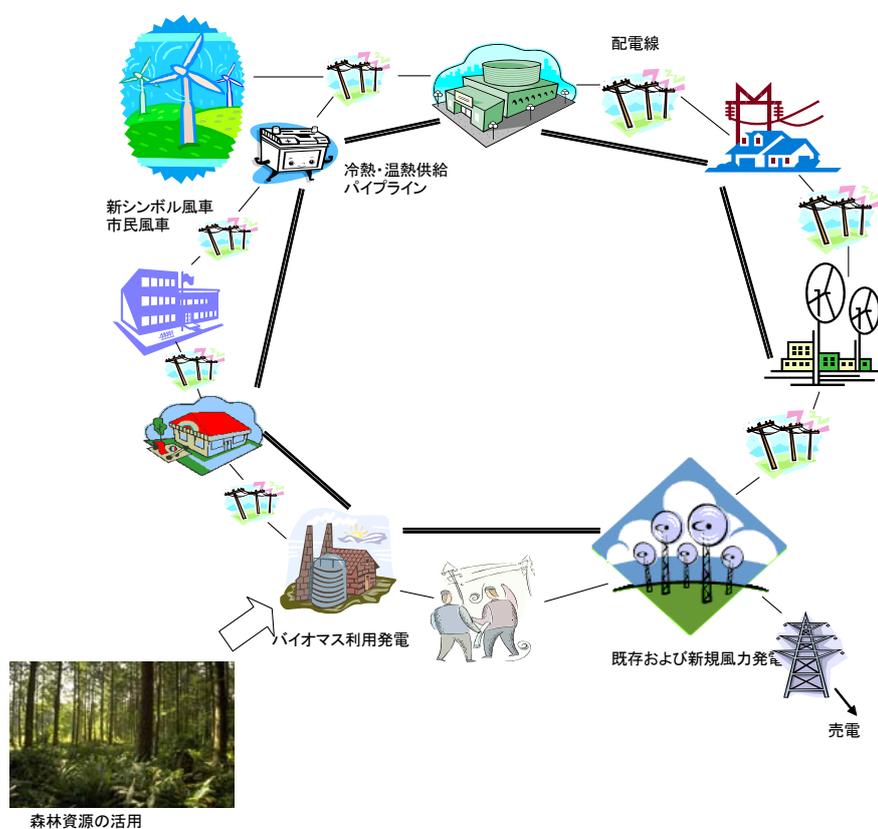
マイクログリッドにおいては、電圧変動、周波数変動、高調波¹¹による波形の歪みの発生に対しては、解析ツールとシミュレーターを用いた系統解析エンジニアリングにより対応を図ることになる。今後もますます分散型発電設備の普及が進むことは間違いない。こうした予測が成り立つ以上、環境性に優れた新エネルギー発電設備の導入をいっそう進めるとの方針を掲げ、国を挙げて、分散型発電の導入を可能にするように、制度そのもの、システムそのものを必要に応じて変更していくことが求められる。新エネルギーを用いる分散型発電が、環境性に優れている点はすでに確認できている以上、より多く導入するため

¹¹ 太陽光発電、燃料電池、マイクロガスタービンのようにインバータ連系される分散型発電装置においては、高調波の発生がみられる。分散型の導入が進むにつれ、高調波電圧ひずみ率の目標値である5%を維持できない地域が出てくることが想定されたため、1987年に電気協同研究会に「高調波対策委員会」が設置され、「高調波電圧ひずみ率の抑制目標レベル」を設定することを提言している。なお、誘導発電機を採用した分散型発電機（風力、マイクロ水力、ディーゼル、ガスエンジン、バイオマス、コージェネレーション等）においては、系統連系に関わる大規模なパワーエレクトロニクス応用機器を使用していない場合が多く、高調波の発生は比較的少ない。（より詳しくは、「分散型電源の系統連系解析モデル調査専門委員会編 2007」 p.8 参照）

には、発電予測および負荷予測を行って、経済性を確保することが重要となる。

総発電電力の1割、そして、2割へと、分散型発電の導入量が占める割合が今後増えてくる状況に対応するためには、現在の時点から、分散型電源のほうで、例えば、30分同時同量制御を自動的に行えるメカニズムを組み込んでおくことが有益である。そのためにはITネットワークの活用により、制御と管理をマイクログリッドの側で実施できるシステム構成を築くことが望ましい。

図表24. マイクログリッドの概念図



(出所) 筆者作成

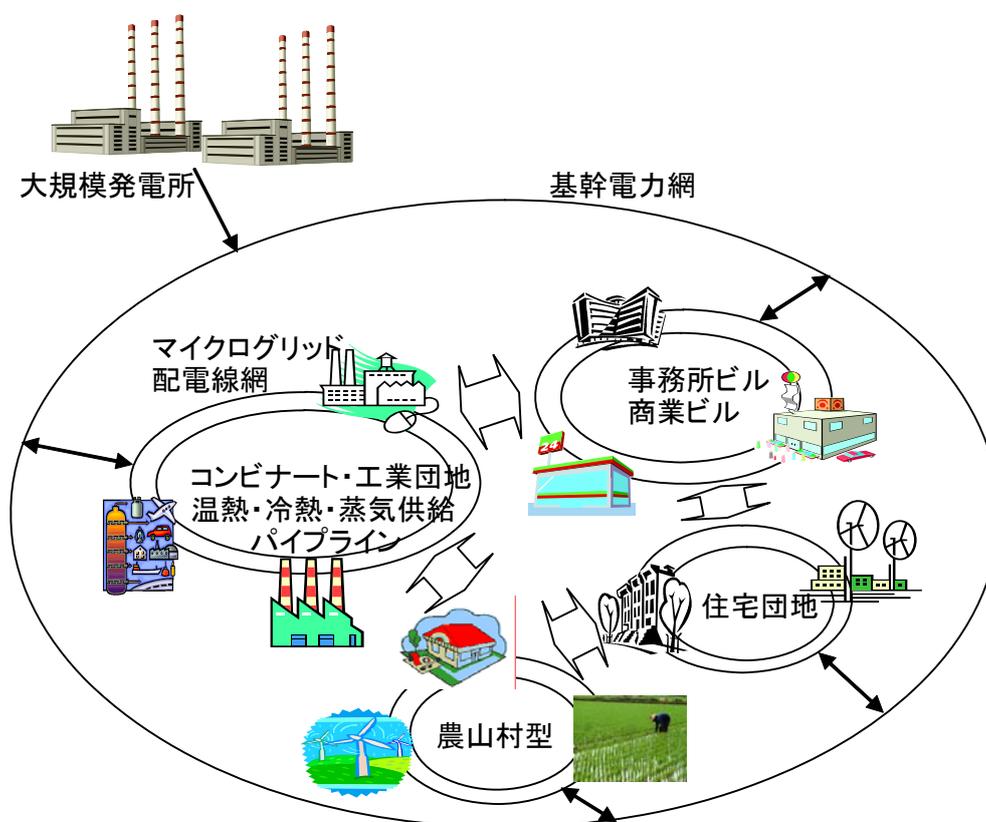
マイクログリッドが国内の各所に設置されていくに従い、基幹電力網の内部に複数のマイクログリッドが設置されていくと予測される。マイクログリッドとの呼称を持っていても、対象とする内容が異なり、コンビナート・工業団地型、事務所・商業ビル型、住宅団地型、農山村型というように、様々な形態のマイクログリッドが今後、形成されていくことが予測できる。マイクログリッド相互間の連系を図ることも必要となってくる。

こうした試みが拡大することで、送配電ロスの軽減を図ることができ、また、熱と電力の間の融通が可能となり、総合エネルギー効率が間違いなく向上することが期待できる。

自然エネルギーの最大限の利用を図るには、マイクログリッド内に負荷を持つというネットワーク内の相互融通が図れる効果大きい。自然エネルギーの発電量の変動に対しては、基幹電力網との連系点での潮流制御が可能である。しかも、マイクログリッドは、自立運転ができることから、自立性が高く、信頼性も高いシステムとなっており、地震等の震災が発生した場合にも、防災対策としての効果も期待できる。

また、将来的には、マイクログリッド相互間の連系も図られていくようになると予測されている。

図表 25. マイクログリッドの増大予測



(出所) 筆者作成

1.1. 結論・提言

今まで行ってきた分析により、分散型電源の導入の必要性と、そのためにマイクログリッドというシステムを導入して、配電網に対する工夫を施すことが有益であることを示した。自然エネルギーの導入拡大を促進するためには、新たなシステムの導入が必要であり、しかも、国内における新エネルギーの導入促進を達成できる技術的可能性が、需要地系統、

マイクログリッドといった新しいコンセプトを用いることで、増大してきていることが確認できた。エネルギー分野において、大規模集中型ではなく、小規模分散型のシステムを連系し、高効率性を確保できるケースが増大している。生産から廃棄、再利用までを含めることで、すぐれたシステムを構成できる可能性が高まる。

日本発のエネルギー分野における「自由化」を、長期的視点を持ちつつ進め、海外各国がそのシステムを導入していくよう、競争優位なシステムの確立・運用を目指すべきであり、そのための「日本型自由化モデル」の提示が、現在、必要とされている。こうした状況に応えるための、規制緩和・自由化の必要性があることも明らかであり、より積極的な対応が政策当局に求められている。

ところが、現状では、明らかに、電力会社の立場と、分散型エネルギー導入を希望し、推進したいと望む側との間で立場の明白な差が生じてしまっている。

電力会社の発想は、民間企業であり、株主の意思を尊重する継続企業として、利益にならないことはしない、という立場を貫く必要があるというものである。経営上、営業活動において自らと競争している相手企業（PPS 等）を、いたずらに利することはしないし、そうできる立場にもないと考えているのである。とすると、先の東北電力の例で見たように、現状維持の供給約款を最大限尊重することとなり、分散型電源の導入は、既存の配電線網から見るとやっかいものと考えられてしまうことになる。こうした状況が続くと、日本の新エネルギー導入量は明らかに頭打ちとなり、欧州その他新エネルギーの導入に積極的に取り組む諸国との差はますます拡大してしまう。

現在、分散型エネルギー利用促進の観点からの発想が重要となってきた。地球環境問題に明らかに人為的な要素が含まれていることが、誰しも否定できなくなってくるに従い、供給量に制約がある貴重な新エネルギーを可能な限り導入すべきという声が大きくなってきている。新エネルギーまずありきで、自然界に存在しているエネルギーを最大限に活用するようとの主張が高まってきているのである。

政府としても、地球温暖化対策の誠実な実行が求められており、しかも、個別に採用できる政策の限界が明らかとなってくるに従い、コンビナート・工業団地、事務所・商業ビル、住宅団地、農山村のいずれにおいても、分散型ネットワーク導入促進のメリットを活用する必要が高まってくる。

分散型電源の導入促進をせよとの世論が強くなるにしたがって、既存の電力供給システムが新エネルギー導入を予定しないものなのであれば、その既存のシステムのほうを変更すれば良いではないかとの主張が出されることとなる。さらに、電力会社、ガス会社、PPS 等が顧客獲得の競争をしており、既存の電力会社においては、新エネルギーを RPS 法で設置された義務量以上に導入するインセンティブがない、というのであれば、既存の電力会社の体制そのものに変更を迫ればよいではないかとの意見も出されるに違いない。既存の体制とシステムを変更し、より環境フレンドリーなものとするための電力自由化のいっそうの推進もあって良いではないかということになる。

マイクログリッドの導入が分散型電源の高効率運転に役立ち、しかも、そのためには、電力会社が保有する配電線を利用することができれば効率が向上するのであれば、その観点から、配電線利用の緩和、さらに、送電線と同じく、配電線においても託送が可能となる制度の導入を目指すべきとの意見が強まってくることになる。この配電線託送という制度を実現するために、そのために必要となる制度として、電力の全面自由化が達成される必要性が議論されることも、今後視野に入ってくるに違いない。

大規模発電所を需要地から遠い場所に建設し、大規模送電を経て、変電所でステップダウンするという、上から下へ電気を流すという方式においては、今後、生じることが確実と考えられている分散型電源の大量導入は予定されていない。既存システムは、電力会社の「プロ」が電力供給を独占するシステムであったということが出来るが、規制改革が行われた電力産業においては、プロばかりに依存するのではなく、国民全体の電力分野に関する理解を高め、多くの「セミプロ」を育て、分散型電源の導入の役割を担ってもらうことが必要となる。いわば、電力供給における「民主化」が、分散型電源の普及とともに始まり、セミプロ級の小型発電機の運転・管理ができる多様な人材を多く育てるとともに、国民全般が広く電力供給の知識を深めることが期待される。

こうした状況を生み出すためには、電力の供給者側と電力の需要家側の相互の情報交換のための強力な情報ネットワークの整備が必要となる。また、顧客情報サービス、ホームオートメーションの導入促進により、電力関連の情報サービスをより身近なものとする努力も欠かせない。そのほか、例えば、多品質電力供給、マルチメニューサービス等も、電力需要家の個々の満足度を向上させるために有効と考えられる。

今後、新エネルギー導入促進のためには、まず「特定供給要件」のいっそうの緩和が必要となると考えられる。さらに、配電線の共同利用を可能とし、マイクログリッドの導入を容易にする制度、つまり、配電線託送制度の導入も検討される必要がある。配電線託送制度の導入は、この制度単独では難しいと考えられ、家庭用も含めた全面自由化を進めるのと同時に実施されるべき内容であると考えられる。

今後は、電力分野における担い手としての人材育成へ注力する必要がある。セミプロの人材を多く育て、分散型電源の運転・管理・補修の担い手が多数必要となり、創意工夫を凝らしたエネルギーサービス、アメニティ向上をビジネスとする人々が輩出することが、分散型電源の急増、多数のマイクログリッド構築が行われる中で期待されるからである。地球温暖化への対応、省エネの促進、産業創出、さらに人材育成を目指して、電力自由化のいっそうの推進に向けた強力な取り組みが続けられていく必要が存在している。

(参考文献)

- 分散型電源の系統連系解析モデル調査専門委員会編 2007『分散型電源の系統連系解析モデル』電気学会 (近刊)
- 分散型電源有効活用のための電力系統技術調査専門委員会 2005「分散型電源有効活用のための電力系統技術」『電気学会技術報告第 1025 号』電気学会
- 電気事業連合会統計委員会編 2006『電気事業便覧 平成 18 年版』オーム社
- 財団法人エネルギー総合工学研究所 2003「新電力ネットワークシステム研究会報告書」
- 配電業務への IT 適用調査専門委員会編 2006「配電業務における IT の適用状況と今後の展望」『電気学会技術報告第 1076 号』電気学会
- 服部文夫ほか 1998『エージェント通信』オーム社
- 堀孝正 1996『パワーエレクトロニクス』オーム社
- 競争環境下における電力品質調査専門委員会 2003「競争環境下における電力品質」『電気学会技術報告第 925 号』電気学会
- 松本啓之亮ほか 2002『知能システム工学入門』コロナ社
- (社) 日本電気協会新聞部 2004『マイクログリッド』エネルギー新書
- 正田栄介監修 1999『パワーエレクトロニクス』オーム社
- 高橋寛 2001『パワーエレクトロニクス』オーム社
- 武石礼司 (2003)「新エネ導入促進の課題・RPS制度への対処」、富士通総研『Economic Review』Vol.7 No.4、2003 年 10 月
<http://jp.fujitsu.com/group/fri/report/economic-review/200310/page12.html>
- 横山隆一監修 2001『電力自由化と技術開発』東京電気大学出版局