

**中国地域における再生可能エネルギー普及の
現状と課題に関する調査**

平成25年3月

中国経済連合会

目 次

はじめに

第 1 章 エネルギー需給における再生可能エネルギーの位置づけ1

第 2 章 太陽光発電について

第 1 節 太陽光発電の現状 5

第 2 節 太陽光発電の技術開発の方向性 21

第 3 節 太陽光発電の経済性 25

第 4 節 太陽光発電の課題 26

第 3 章 風力発電について

第 1 節 風力発電の現状 31

第 2 節 風力発電の技術開発の方向性 60

第 3 節 風力発電の経済性 63

第 4 節 風力発電の課題 64

第 4 章 バイオマス発電について 68

第 5 章 潮流発電について 72

第 6 章 固定価格全量買取制度について

第 1 節 補助金について 74

第 2 節 余剰電力買取制度 74

第 3 節 固定価格全量買取制度 75

第 7 章 再生可能エネルギーの普及拡大に向けた

行政・金融機関の取り組み 80

第 8 章 再生可能エネルギーの課題と今後の展望 94

まとめ102

参考文献105

はじめに

2010年6月に策定された我が国の「エネルギー基本計画」では、地球温暖化問題への対応が大きな課題であり、2030年時点で原子力の比率を約5割、再生可能エネルギーを約2割にまで引き上げることにより、化石エネルギーへの依存度を低下させる方針が採択された。

その後、2011年3月11日に東日本大震災、福島第一原子力発電所の事故が発生し、政府は、このエネルギー基本計画の見直しに向けて検討を進めてきた。その検討の結果、2012年6月末に、政府は「エネルギー・環境に関する選択肢」を提示し、国民的な議論を経て、同年9月に「革新的エネルギー・環境戦略」を策定した。

この中では、大きな柱として、原発に依存しない社会の一日も早い実現、グリーンエネルギー革命の実現、エネルギーの安定供給、が掲げられ、「グリーンエネルギー革命の実現」については、再生可能エネルギーが2010年の1,100億kWhに対し、2030年では約3倍の3,000億kWhと大量導入が計画されていたが、現政権では「前政権のエネルギー・環境戦略は具体的な根拠を伴わないものであり、ゼロベースで見直す」と表明している。

2012年7月には、再生可能エネルギーの普及拡大を目的として、固定価格買取制度（FIT：Feed-in Tariff）がスタートした。再生可能エネルギーは、現状では価格競争力に課題がある。FITによって、高めの買取価格と長期の買取期間を設定し、普及拡大を図り、大量生産により、生産コストや流通コストを低減させ、技術開発を促すというものである。FITの導入により、様々な業種からの発電事業への参入が予想されるところである。

また、FITでは最終的にその費用負担は電気料金に転嫁されることから、将来的な再生可能エネルギーの大量導入が国民生活や産業界の負担増に繋がるのではないかと懸念されている。

再生可能エネルギーの中でも、高めの買取価格が設定され設置が容易な太陽光発電、発電コストが比較的安い風力発電の設置が急速に拡大することが予想されている。また、森林から出る間伐材や製材の過程で出る製材残材を利用したバイオマス発電事業や瀬戸内海の速い潮の流れを利用した潮流発電の研究も行われている。

そこで太陽光、風力、バイオマス発電などの現状、技術開発の方向性、経済性および課題について明らかにするとともに、再生可能エネルギーの普及拡大に向けた行政等の取り組み状況を整理し、再生可能エネルギーの課題と今後の展望について調査・検討を行った。

第1章．エネルギー需給における再生可能エネルギーの位置づけ

1．再生可能エネルギーの導入の経緯

二度の石油危機を体験したわが国では、石油代替エネルギーとして原子力、LNG、石炭の導入を進めるとともに、世界的にも最も早い時期から官民を挙げて新しい自然エネルギーの開発を進めてきた。その大きな目玉となったのが、太陽電池の開発である。わが国においては、一般家庭の屋根に設置する家庭用が早くから普及し、最近になって、定格出力1千kW以上のメガソーラーと言われる事業用の開発計画が次々に発表されるようになった。

また、1990年代の後半になって、風車を設置して発電する事業用の風力発電の開発が盛んになってきた。風力発電については、1基1千kW以上の大型の設備が登場するようになり、発電効率では太陽光より高く、発電コストも再生可能エネルギーの中では、相対的に安価であり、有望な電源として注目されている。

2．再生可能エネルギーとは

わが国では、石油、石炭といった既存エネルギーに対して太陽光、風力等は新しいエネルギーという意味あいから新エネルギーという言葉が使われてきた。近年、石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料は、資源の枯渇が予測されることから枯渇性エネルギーと呼ぶのに対する概念として、再生可能エネルギーという呼称が一般的になっている。再生可能エネルギーとは、永続的に利用可能なエネルギー源と認められるものである。

枯渇性エネルギー

石油、石炭、天然ガス、原子力

再生可能エネルギー

水力、地熱、海洋エネルギー、バイオマス、太陽光、太陽熱、風力

再生可能エネルギーについては、地球温暖化の原因ともいわれるCO₂などの温室効果ガスの排出量が極めて少なく、環境問題の解決にもなるエネルギーとしても、注目されている。ただ、太陽光発電や風力発電は設備容量から得られる発電量が相対的に少ないため、原子力や火力と同水準の発電量を得るためには広大な面積が必要になりコストも膨大となる。また、自然を利用した発電方式のため天候によって発電が不安定になることから、電力系統全体の電圧や周波数におよぼす影響についても当初から指摘されてきた。そのようなことから再生可能エネルギーの利用がなかなか進まず、1次エネルギー供給に占める再生可能エネルギーの構成比は、わずか1%程度で推移している。

そのため、政府は再生可能エネルギーの普及・拡大を促進するため、各種補助金制度の創設や、2003年には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基づき電力会社に一定量の再生可能エネルギーの使用を義務付けるRPS制度（Renewables Portfolio Standard）が導入されてきた。

その後、2011年には、再生可能エネルギー特別措置法が成立し、2012年7月からは再生可能エネルギーの全量固定価格買取制度もスタートし、再生可能エネルギー開発が加速し、一層の普及拡大が予想される場所である。

図表．わが国の1次エネルギー国内総供給量と構成比

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010年度
石炭	123,158 (21.8)	116,669 (20.6)	117,358 (20.9)	122,589 (21.7)	120,750 (21.9)	106,705 (20.7)	121,620 (22.3)
石油	275,154 (48.6)	281,136 (49.7)	268,312 (47.7)	268,127 (47.6)	258,663 (47.0)	235,702 (45.7)	242,392 (44.4)
ガス	78,427 (13.9)	78,806 (13.9)	86,119 (15.3)	92,968 (16.5)	92,721 (16.8)	90,242 (17.5)	95,511 (17.5)
水力	20,964 (3.7)	17,301 (3.0)	19,426 (3.5)	16,522 (2.9)	16,797 (3.0)	16,964 (3.3)	17,861 (3.3)
原子力	60,725 (10.7)	64,139 (11.3)	63,859 (11.3)	55,526 (9.8)	54,326 (9.9)	58,876 (11.4)	60,661 (11.1)
再生可能エネルギー他	7,603 (1.3)	7,674 (1.4)	7,775 (1.4)	8,017 (1.4)	7,653 (1.4)	7,429 (1.4)	7,704 (1.4)
合計	566,031 (100.0)	565,455 (100.0)	562,849 (100.0)	563,749 (100.0)	550,910 (100.0)	515,918 (100.0)	545,749 (100.0)

注．上段：単位（ 10^{10} kcal） 下段：構成比（％）

資料：経済産業省「総合エネルギー統計」

3．再生可能エネルギーの位置づけ

主要国の1次エネルギーの構成比率を見ると、フランスは原子力の比率が4割を越すが、他の国は、石炭、石油、天然ガスといった化石燃料の比率が高い。また、2010年度のわが国の化石燃料への依存度は、82.6%と減少傾向にあるものの依然高水準にある。

わが国は、エネルギー自給率が18%（2008年実績）と先進国の中では低く、輸入した

ウラン燃料で発電する原子力発電を除くとエネルギー自給率は、4%程度と極めて低い水準にある。再生可能エネルギーは、国産エネルギーでもあることから、エネルギーの安全保障、自給率の向上の面からも、その役割が期待されているところである。

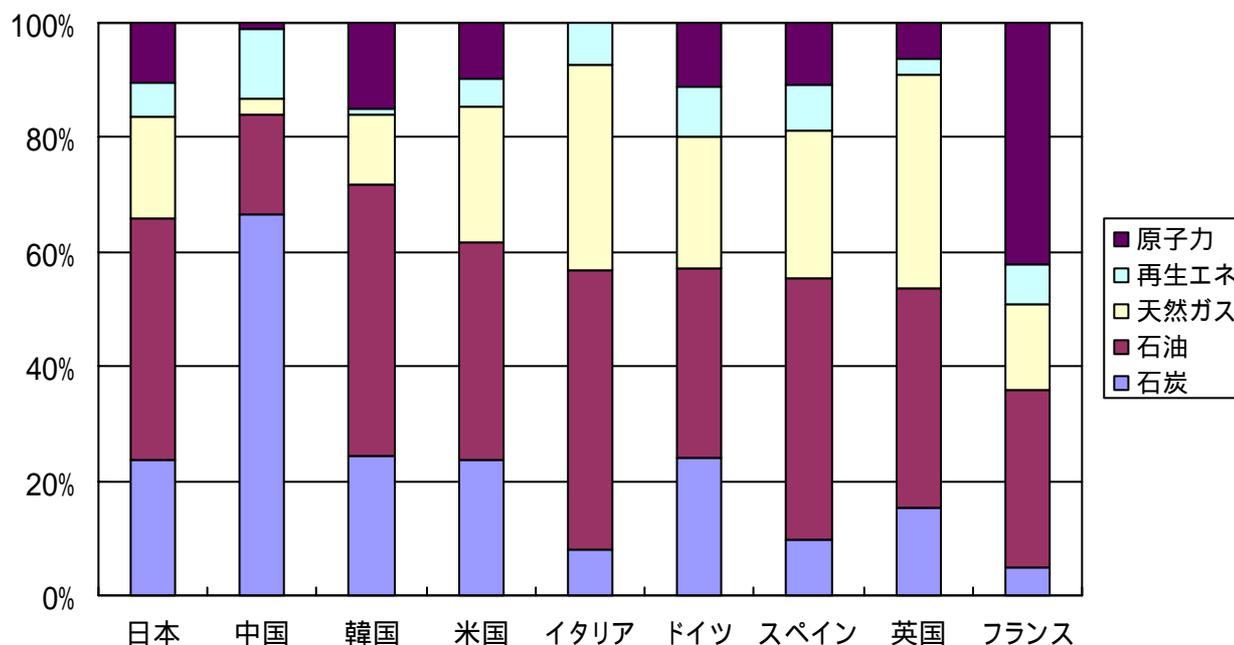
再生可能エネルギーについては、主要国では中国を除いて1次エネルギーに占める比率が10%以下と低い。再生可能エネルギーの中では、わが国は、水力の比率が比較的高い。イタリアは、地熱の比率が高く、その他の国は概ねバイオマスの比率が高いのが特徴となっている。

図表：わが国の石油依存度および化石エネルギー依存度の推移 (単位：%)

年度	1990	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
石油依存度	57.1	50.8	48.9	47.0	47.0	46.4	45.2	43.7
化石エネルギー依存度	83.9	81.9	83.1	82.6	84.6	84.6	82.9	82.6

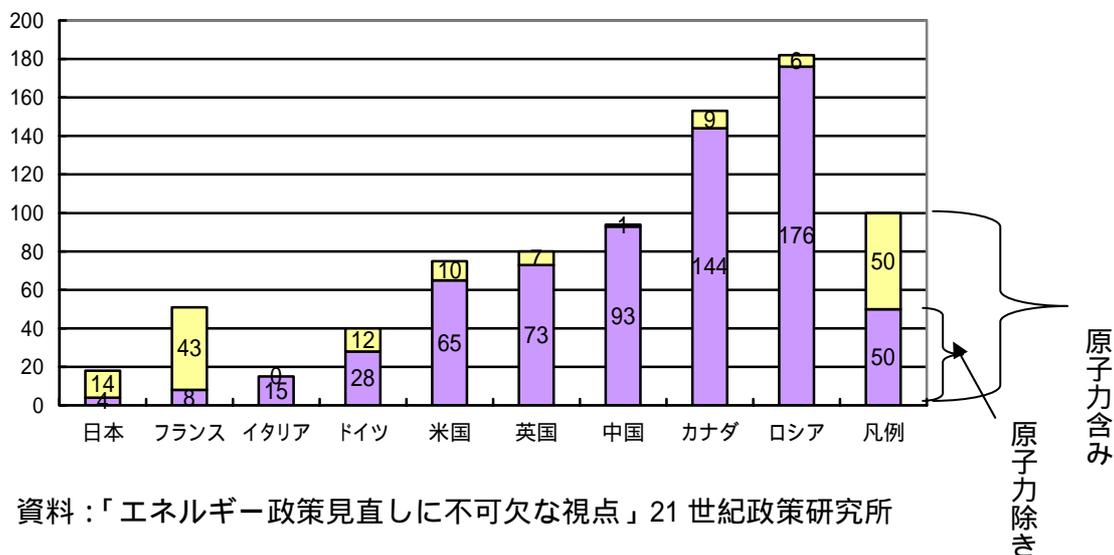
資料：経済産業省

図表：主要国の1次エネルギー構成比率(2008年)



資料：「エネルギー政策見直しに不可欠な視点」21世紀政策研究所

図表：主要国のエネルギー自給率（原子力除き，原子力含み）（2008年）



資料：「エネルギー政策見直しに不可欠な視点」21世紀政策研究所

図表：主要国の一次エネルギーに占める再生可能エネルギーの割合（2008年，%）

	日本	中国	米国	イタリア	ドイツ	スペイン	英国	フランス
太陽光	0.09	0.31	0.01	0.01	0.11	0.16	0.00	0.00
風力	0.14		0.21	0.24	1.04	2.07	0.29	0.18
小計	0.23	0.31	0.22	0.25	1.15	2.23	0.29	0.18
地熱	0.11		0.40	2.82	0.07	0.01	0.00	0.04
水力	3.09	2.38	0.97	2.03	0.54	1.51	0.21	2.02
バイオマス	1.49	9.61	3.29	2.23	5.49	3.84	1.81	4.30
廃棄物等	1.17		0.42	0.79	1.49	0.25	0.41	0.86
その他	0.10	0.00	0.07	0.04	0.11	0.10	0.03	0.03
合計	6.19	12.3	5.36	8.15	8.85	7.94	2.76	7.44

注：太字が最大のもの

資料：「エネルギー政策見直しに不可欠な視点」21世紀政策研究所

第2章．太陽光発電について

第1節．太陽光発電の現状

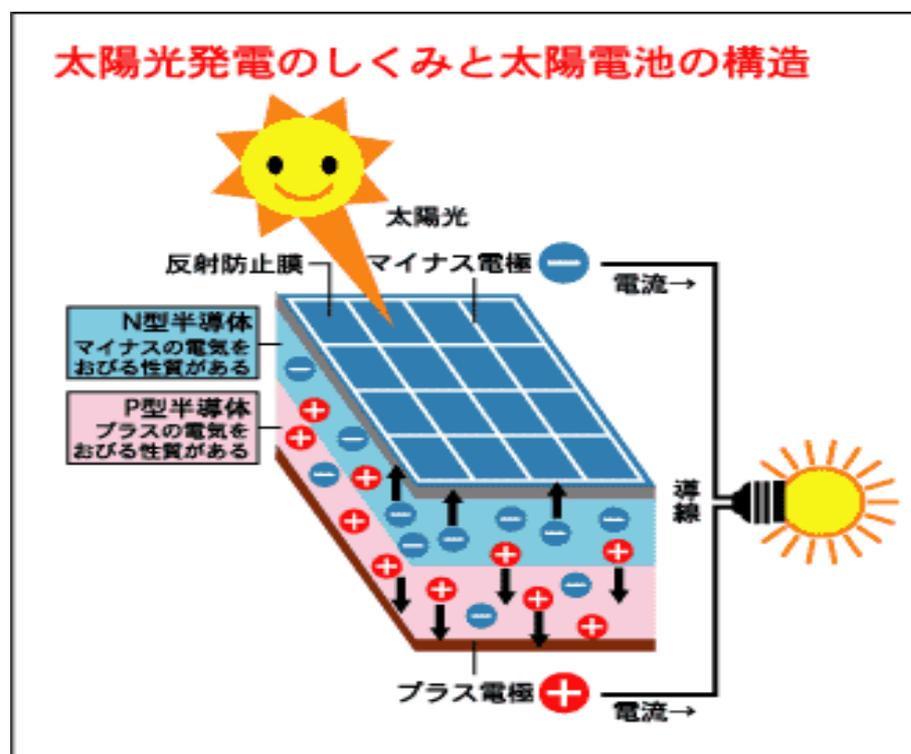
1．太陽光発電の仕組み

火力，原子力，水力，風力などは，運動エネルギーを利用して，タービンを回転させて電気を作る点では共通している。しかし，太陽光発電については，太陽の光が持っているエネルギーを直接電気に変換する仕組みとなっている。

太陽電池には，n型とp型という電気的な性質の異なる2種類の半導体が使われている。この2種類の半導体が幾重にも層を成して重ねられている。これは，pn接合と呼ばれている。n型は比較的電子の数が多くマイナスに帯同しており，p型は電子の数が少なくプラスに帯同している。光が太陽電池に当たるとプラスの電気はp型の方へ，マイナスの電気はn型の方へ移動する。そのためp型の側とn型の側を電気回路でつなげば，電流が発生することになるのである。

太陽電池は，その構成単位によって「セル」「モジュール」「アレイ」と呼称が変わる。太陽電池の基本単位が「セル」である。その「セル」を必要枚数配列して，屋外で利用できるように樹脂や強化ガラスで保護して，パッケージ化したものが「モジュール」であり，太陽電池パネルとも呼ばれている。また，モジュールを複数枚並べて接続したものが「アレイ」と呼ばれている。

図表．太陽光発電のしくみ



2. 世界の太陽光発電の状況

2010年末、太陽光発電は、世界で約3,500万kWの設備が導入され、2002年末に比べ、8年間で約30倍近い導入量に増加している。かつては、日本が世界最大の設置量を誇っていたが、ドイツやスペインにおいて、政策的に再生可能エネルギーの普及拡大のために固定価格買取制度が導入されたため、近年になって設置が急速に拡大している。

2010年末の累積導入量については、ドイツが圧倒的に多く、全世界の半分近い約1,700万kWで、次いでスペイン、日本の順番となっている。

一方、太陽電池の生産量は、従来、日本やドイツのメーカーが高い技術力を背景に生産を伸ばしてきたが、近年、中国や台湾の低価格の汎用製品が大量生産され、欧州市場を席卷しており、中国の生産量が世界一となっている。

図表. 世界の太陽光発電の導入量の推移 (単位: 万kW)

年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
導入量	133.7	181.8	287.6	424.8	588.2	834.7	1,449.3	2,075.8	3,495.3

資料: TRENDS IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS

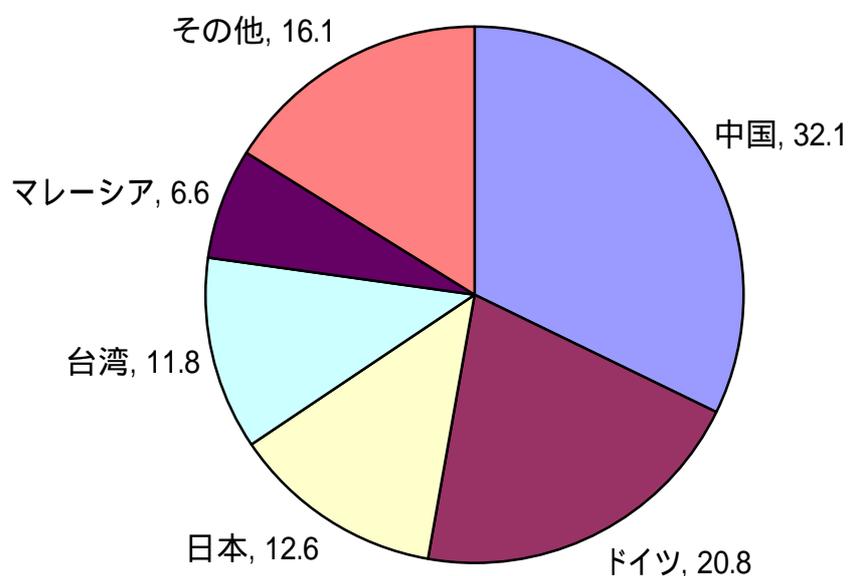
Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2010, IEA

図表. 各国の太陽光発電導入量(2010年末) (単位: 千kW)

順位	国名	累積導入量	順位	国名	累積導入量
1	ドイツ	17,370	8	韓国	656
2	スペイン	3,915	9	オーストラリア	571
3	日本	3,618	10	カナダ	291
4	イタリア	3,502	11	ポルトガル	131
5	米国	2,534	12	スイス	111
6	フランス	1,054	13	オーストリア	96
7	中国	800			

資料: 同上

図表．太陽電池の生産量の国別シェア（2009年，％）



資料：エネルギー白書 2011

3．わが国の太陽光発電の状況

(1) 太陽光発電の現状

わが国では、1973年の第一次石油危機に端を発し、「サンシャイン計画」「ニューサンシャイン計画」において、太陽電池の研究開発が進められてきた。太陽光発電もその一環として技術開発が進められ、日本は太陽電池パネルの生産と住宅用を中心とした普及で世界をリードすることとなった。

わが国の太陽光発電市場の特徴は、住宅用の占めるシェアが約8割と住宅用に特化して発達を遂げてきたことにある。一方、欧米における住宅用の占めるシェアは、約2割にとどまる。これには、日本の特徴である屋根付の住宅構造が太陽光発電設備の設置に適していたということが言われている。また、近年は1千kWの出力を超える大型の太陽光発電設備の導入や設置の動きが進んでいる。

わが国の太陽光発電の導入量は、2010年時点でドイツ、スペインについて世界第3位となっている。ここ10年では毎年二桁の伸び率を示しており、2010年末では、前年を37.7%上回る361.8万kWの導入量となっている。

住宅用太陽光については、1994年度から2005年度まで補助金制度の導入も手伝って着

実に増加していった。2006年度から2008年度の間は補助金の停止により、一時的に伸び悩んだものの、2009年1月からの補助金の再開と同年11月からの余剰電力買取制度の導入によって、一転して急速に拡大していった。その結果、2010年度末における累積導入件数は約77万件程度となっている。

図表．わが国の太陽光発電の設備量の推移 (単位：万kW，%)

年 末	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
設備量	63.7	86.0	113.2	142.2	170.9	191.9	214.4	262.7	361.8
伸び率	40.9	35.0	31.6	25.6	20.2	12.3	11.7	22.5	37.7

資料：電気事業連合会ホームページ

図表．住宅用太陽光発電の導入件数の推移 (単位：千件)

年度	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
累 計	116	163	217	290	352	402	457	579	772
単年度	38	47	54	73	63	49	55	122	193

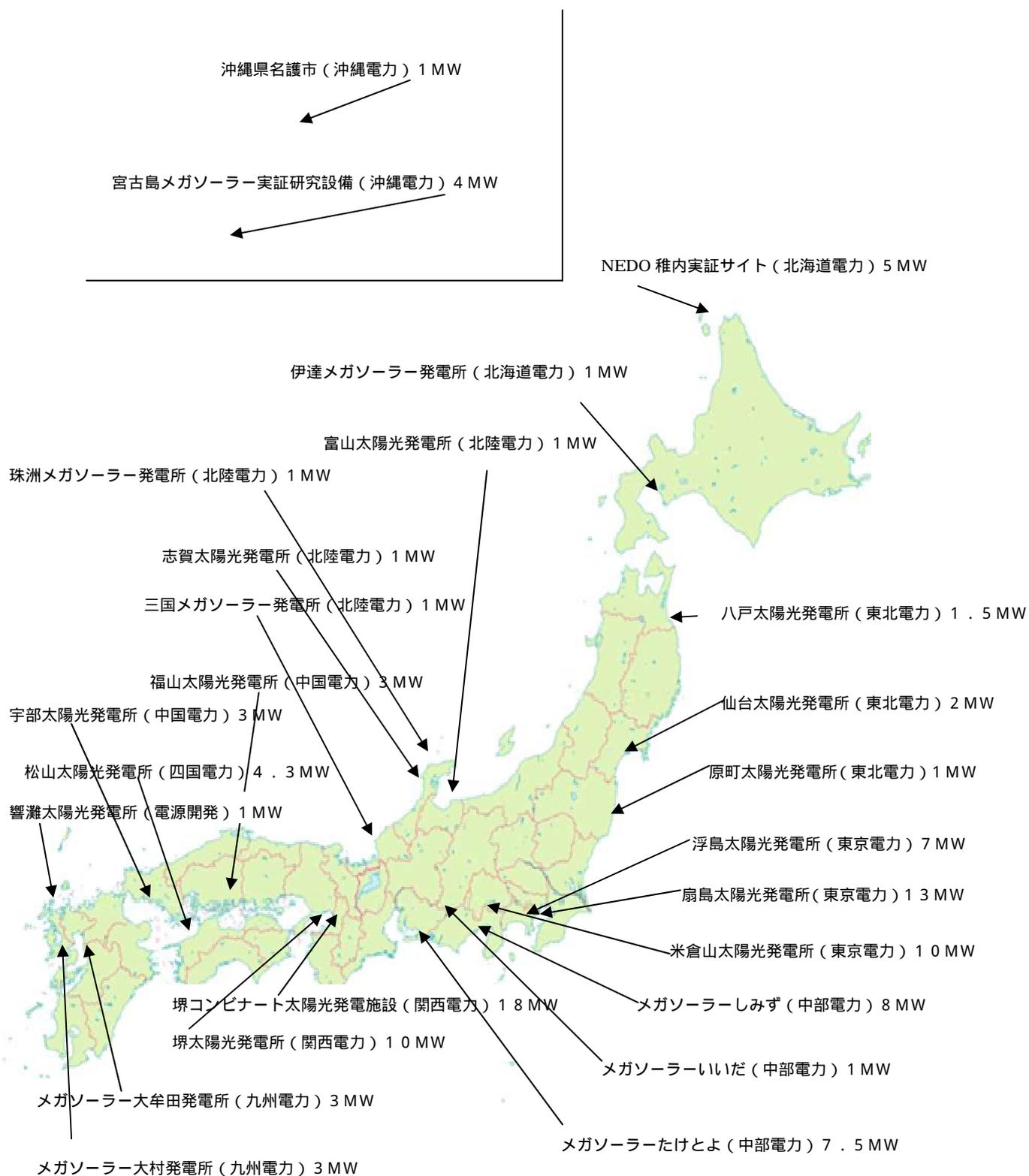
資料：経済産業省

(2) メガソーラーの現状と計画

出力1千kW以上のメガソーラーについては、2012年2月現在、電力会社の発電所で稼働中のものと建設・計画中のものを合わせて全国に約25か所程度存在する。わが国の太陽光発電は住宅用の普及が先行していたが、FITの施行に伴い発電事業用としての導入が本格化している状況にある。

中国等新興国メーカーの生産拡大によりモジュール価格は急落しているものの、システム単価が40～50万円/kWと、まだまだ高いことが大きな課題となっていた。ところが、FITの導入により42円/kWhという高めの買取価格と20年という長期の買取期間の設定により、採算性にある程度の目途が出てきたことから、様々な業種の参入による急速な普及拡大が予想されるところである。

図表．電力会社のメガソーラーの設置状況（計画を含む，2012年2月現在）



資料：経済産業省

(3) 太陽光発電関連産業の動向

わが国の太陽光発電セル・モジュールメーカーの太陽電池の総出荷量は、国内の住宅用向けを中心に年々伸び続けており、2011年度には約270万kWに達している。そのうち、Si単結晶とSi多結晶が全体の約8割を占めている。

種類別では、比較的安価なSi多結晶の出荷量がSi単結晶を上回ってきていたものの、2011年度には、それが逆転した。これには、国内の消費者に品質重視志向があって、発電効率の高い単結晶への需要の高まりと、単結晶と多結晶の価格差があまり無くなってきたことによるものと考えられる。

仕向先別に見ると、2004年度から海外向けが国内向けを上回っていたが、2011年度には、国内向けが多くなった。これは、普及が進む欧州などの海外市場において、中国・台湾メーカーの安価な製品の普及と円高による輸出不振の影響によるものである。このことから、国内メーカーの販路が利益の出る国内住宅用向けにシフトしてきていることがわかる。

図表．わが国の太陽電池出荷量の推移

(単位：千kW)

年度		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
総出荷量		408	658	884	872	912	1,121	1,669	2,539	2,686
種類別	Si単結晶	101	197	330	318	310	363	627	832	1,028
	Si多結晶	286	433	515	503	516	633	834	1,320	1,021
	Si薄膜	21	29	38	50	81	113	165	309	636
	その他	-	-	-	0	5	12	43	77	
仕向先別 / 用途別	国内	225	274	305	268	210	237	623	1,063	1,404
	電力住宅用	199	246	270	235	177	197	544	862	1,206
	電力産業用	18	21	32	31	32	39	74	197	198
	民生用	8	7	4	1	1	1	5	4	0
	海外	183	384	579	603	702	884	1,045	1,476	1,281

資料：太陽光発電協会

4. 中国地域の太陽光発電の状況

(1) 発電状況

2012年3月末の中国地域の太陽光発電設備の導入件数は、約9万2千件、設備容量にして37万6千kWとなっている。

中国地域の住宅用太陽光発電設備の普及率は、4.8%となっており、全国平均である3.6%を上回っている。中国地域の県別では、岡山県が5.4%と最も高く、全国4位、次に広島県が5.1%で全国7位となっている。普及率が高いのは、いずれも瀬戸内海側で晴天に恵まれているためと考えられる。

設備容量別では、10kW未満の設備のものがほとんどであり、住宅用が中心となっているものと考えられる。10kWを超える設備は、官公庁や学校など公共施設に設置されているものが多く、設置件数はあまり多くない。

図表. 県別の件数, 設備容量 (2012年3月末)

県 別	件 数	設置容量 (kW)	普及率 (%)
鳥 取 県	4,747	20,049	3.1
島 根 県	7,495	32,736	3.9
岡 山 県	27,695	117,329	5.4
広 島 県	33,673	134,546	5.1
山 口 県	18,072	71,787	4.4
中国地域計	91,682	376,447	4.8

(注) 普及率は、導入件数を一戸建件数で除したものの。

資料：中国経済産業局

図表. 設備容量別の設置件数 (2012年3月末)

	鳥取県	島根県	岡山県	広島県	山口県	中国地域計
10kW未満	4,675	7,350	27,288	33,436	17,900	90,649
10kW以上	72	145	407	237	172	1,033
合 計	4,747	7,495	27,695	33,673	18,072	91,682

資料：中国経済産業局

(2) 中国地域の主なメガソーラー計画

運転中

発電所名	総出力(kW)	所在地	所有者	運転開始
福山太陽光発電所	3,000	広島県福山市	中国電力(株)	2011年12月
きんでん白滝山太陽光発電所	1,200	山口県下関市	きんでん	2012年11月
笠岡湾干拓地市有地	1,750	岡山県笠岡市	ウエストHD	2012年12月
瀬戸田太陽光発電所	1,500	広島県尾道市	瀬戸内興産	2012年12月

計画中

発電所名	総出力(kW)	所在地	所有者	運転開始(予定)
米子市崎津地区	39,500	鳥取県米子市	ソラパワ, 三井物産	2013年度
下石見第2残土処分場	1,000	鳥取県日南町	日南町	2012年11月 中止
大山町押平町有地	1,300	鳥取県大山町	ソーラーウェイ	2012年11月
瀬戸内市	250,000	岡山県瀬戸内市	日本IBMほか	2016年4月
世羅町	1,000	広島県世羅町	ウエストHD	2012年
竹原工業・流通団地	1,500	広島県竹原市	ビットアイル	2013年2月
百島	1,500	広島県尾道市	未定	2013年4月
安浦産業団地	6,000	広島県呉市	寺田倉庫	2014年1月
宇部太陽光発電所	3,000	山口県宇部市	中国電力(株)	2014年12月
宇部テクノパーク	1,000	山口県宇部市	宇部市	計画中
萩市麻生団地	1,875	山口県萩市	ソーラーウェイ	2012年, 中止
ルネサス・エコファーム農場	1,000	山口県防府市	ルネサス・エコファーム	2013年
山陽小野田市	13,000	山口県山陽小野田市	三井不動産	2013年度

資料：中国新聞ほか

8月27日、日南町に建設予定であったメガソーラーの計画は、配電線の容量に余裕がないため中止となった。近隣に配電線がなく、6.8kmの高圧線の新設と133本の電柱の敷設が必要で、多額の工事費と工期が長期に及ぶためである。(8月29日の山陰中央新報)

2011年12月から中国電力株式会社は、福山太陽光発電所を運転している。福山太陽光発電所の現状と課題、再生可能エネルギーの電力系統への連系に伴う問題点などについてヒアリング調査を行った。

中国電力株式会社（広島県広島市）へのヒアリング

（2012年7月3日実施）

1. 福山太陽光発電所の概要

福山太陽光発電所の設置目的は、研究用ではなく完全な事業用である。再生可能エネルギーは、国産エネルギーであり、エネルギー自給率の改善や地球環境負荷低減の観点から貴重なエネルギーと認識している。中国地域には、太陽光の関連産業が多く、産業育成や地域活性化に貢献できればと考えている。

発電所の場所は、福山市箕沖町で火力発電所の予定地として中国電力が保有していた土地である。建設工事は、基本設計を含むエンジニアリング全般、主要機器の納入、現地工事を含めてプロジェクト全体を株式会社東芝に一括して発注した。工事費は、土地代を除き約12億円（造成工事を含む）である。太陽光パネルは、地元企業である山口県の長州産業株式会社製である。

「新エネルギー導入促進協議会」が取り扱っている補助金を受給しており、額は公表していないが、補助率は補助対象事業費の1/2である。

福山地点を選定した主な理由は、自社保有地で大規模太陽光の設置に必要な広さがあったこと、瀬戸内式気候で日射条件が良いこと、すぐ近くに鉄塔があり、発電した電気を送電する系統連系面で有利であったこと、などである。

箕沖地区は、「びんごエコタウンモデル地区」に指定された工業団地でリサイクル型の工場施設が多く集積している。

発電所用地は、約20万平方メートルと広く、太陽光パネルを設置してもまだ半分ぐらい空きがあり、将来の増設の候補地になっているが、具体的な計画は決まっていない。当社は、2020年までに1万kW程度を目安にメガソーラー発電の開発に取り組んでおり、福山太陽光発電所に続き、当社2箇所目となる宇部太陽光発電所（3千kW）の開発を進めている。

2. 発電実績・発電効率

発電量の計画値は、NEDOが出しているデータをもとに想定した。年間の日射量は、特に事前に計測はしていない。

年間発電量の計画値は、368万kWh、設備利用率は14.0%である。運転開始は、2011年

12月1日で、2012年6月30日までの7か月間の発電実績は、約249万kWh（7か月間の計画値は約212万kWh）。実績が計画を18%上回っている。計画を上回った主な理由としては、パネルやパワーコンディショナなどの設備が大きなトラブルもなく期待どおりの性能を発揮していること、平年に比べて降水量が少なく天候の良い日が多かったことなどである。

また、計画値は長期的な想定で経年による劣化を考慮しているが、新品であり、まだ、劣化の影響が少ないなどが考えられるが、7か月間では十分な評価はできないため、継続的に評価していきたい。

モジュールの仕様は、多結晶のものを使用し、変換効率は14.1%である。

3．年間の発電見通し

今までの発電量は当初の予想を上回っており、このまま順調に発電を継続すれば、年間を通して計画値を上回る見通しである。

発電量は、季節によって変動する。福山太陽光発電所ではパネルの傾斜角度を20度の固定としていることから、発電量は1年を通して、5月が最も多く、次が8月、逆に冬は少なく、12月が最も少ないと想定している。運転開始の12月から6月までの7か月をみても、5月は最も多く、12月が最も少ない。運転開始が12月だが、この7か月間をみても12月は最も少ない。季節的な発電量の変動についても、継続的に評価していきたい。

4．問題点・故障等の発生状況

運転開始から現在まで発電に支障をきたすトラブルは、発生していない。現時点で特段、問題となるような事象はない。太陽光パネルの耐用年数は、法定で17年、一般的には20年と言われている。経年で発電性能は、いくらか劣化するものと考えられる。

5．保守・管理について

保守・管理のうち、巡視を水力発電所や変電所と同様に月2回実施している。

巡視では、パネルの異常の有無を目視で確認したり、変電機器については、温度が上がっていないか、異常な音がしないかなど、通常の変電所と同様な内容を巡視で実施している。また、福山太陽光発電所は、無人で常駐していない。巡視は、当社の尾道電力所から来て行っている。

点検については、変電設備と同等で6年に一回点検することとしている。この点検は、外観だけでなく、測定を含めて異常がないかを見る。たとえば太陽光パネルでは絶縁抵抗測定などを行う。

太陽光のメリットは、メンテナンスフリーであり維持コストが少なく済むことにある。新規参入する発電事業者からみると、太陽光のほうが風力より維持コストが安い。反面、

地域経済への貢献という側面で見ると、保守・管理にほとんど人手がかからないため、地元雇用への貢献は少ないものと思われる。当社でも他の変電所等と一緒に管理しており、太陽光発電所のための人員を置いているわけではないので、雇用増につながっていない。

なお、発電所建設に当たっての設備工事を地元の企業にお願いすれば、一時的に雇用増につながる。

6. 宇部太陽光ほかの今後の設置見通しについて

宇部太陽光発電所は、出力3千kWで、2013年10月に着工して2014年12月に運転開始の予定である。建設予定地は、「新宇部発電所」跡地の自社所有地で、十分な広さがあり、日射条件や系統連系面などの条件も比較的良いことから2地点目として選定した。パネル等のメーカーは、まだ決まっていないが、地元製品の採用には配慮したいと考えている。

福山太陽光と宇部太陽光の後、2020年までに1万kWの目標の残りの計画については未定である。自社所有地への設置を基本に日射条件や系統連系面等考慮し、今後検討を進める。

7. 太陽光・風力の系統連系の課題について

電気は貯めることができないため、常に電気の消費量と発電量をバランスさせる必要があり、電力会社は、出力の変動の激しい再生可能エネルギーについて、変動が電気の品質に影響を与えないように調整していくことが必要である。

太陽光や風力が一度に入ってくると、その変動をどの電源で調整するのかということになる。たとえば太陽光は、急に曇りになれば出力が落ちるし、風力でも急に風が止まる時がある。その際、どの電源で調整するかと言えば、当社が持っている他の電源、たとえば火力電源で調整するということになる。電気の消費量は、非常に軽い時あれば、重い時もある。状況によって調整しきれない可能性があるため、上限枠を設ける必要がある。

風力については、中国地域で62万kWに連系可能量を設定している。（注：その後、中国電力は2013年1月に「100万kW程度まで連系が可能との見通しを得た」旨を公表）山陰、山口などの風況の良いところに局地的に風力の電気が入ってくると、場所によって送電線の手薄なところがあるため、局所的な系統連系については申し込みの都度協議させていただき、場合によっては系統を強化確保した上で接続する必要も出てくる。

太陽光の系統連系について、これから普及が進み大量に連系されると、電圧、周波数などの問題が顕在化してくると考えられるが、特に電圧の調整が難しくなってくる。変電所の出口から枝分かれしている配電線によって、多くのお客様に電気をお届けしている。徐々に電気を消費して元の電圧より下がってくるので、調整しながら配電する。法律では需要者の使用する電気は100ボルトか200ボルトであるが、100Vなら101V±6V、200

Vなら 202V ± 20V に決まっています、そのレンジに収まるよう電圧を調整する。ところが、末端に太陽光発電を行う事業者がたくさん出てくると、負荷のバランス、流れが変わってくるので電圧の調整が難しくなる面がある。レンジを越えた場合には、太陽光の発電量を一時的に抑制させていただくこともある。

国の審議会「低炭素電力供給システムに関する研究会」の資料によると、太陽光は全国で1千万kW程度までは、特段の対策を施さなくても問題はないとの報告がされている。電力会社としては、現在の連系量では問題はないが、今後大量の太陽光発電が導入されると、周波数の変動調整のためのバックアップ電源（火力発電等）での調整、電圧変動の問題など、いろいろ課題が顕在化してくると考えられる。

8．行政への要望について

再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT法）は、再生可能エネルギーの導入を加速させる有効な制度であると思うが、一方で買取費用は電気を使うユーザーが広く負担する制度となっていて、その負担は国民生活、産業活動に多大な影響を与えるものである。

したがって、消費者、産業界から負担についての十分な理解を得ることが重要であると考えている。この理解を得ることについて、電力会社としてもチラシを配るなど周知を徹底する予定ではあるが、国においても十分な説明、周知活動を展開していただきたいと考える。

9．その他

蓄電池については、コスト的な課題があるので、現時点での導入は考えていない。技術革新の動向を踏まえながら検討の対象としていく。

写真：福山太陽光発電所（中国電力株式会社）



写真：同上の太陽光パネル



写真：同上の表示盤



(3) 中国地域の太陽光発電関連産業の動向

中国地域には、山陽3県を中心に、太陽電池関連企業が多数存在している。しかし、その多くは、原料・部材、製造装置の生産を行っており、太陽電池の一貫生産を行っている企業は、関西や九州に比べ数が少ない。そうした中、太陽電池の自社生産を行っている長州産業株式会社に、太陽電池事業への参入の概要について、ヒアリング調査を行った。

長州産業株式会社(山口県山陽小野田市)へのヒアリング

(2012年6月4日実施)

1. 当社の沿革

当社は、太陽熱温水器事業で創業した。その後、半導体や液晶向けの真空装置の製造を始めた。また並行して十数年前から太陽光発電ビジネスにも参画した。現在では、この太陽光発電事業が収益の大きな柱となっている。また真空メカトロ事業では、有機EL成膜装置に高い技術力を有しており、大手メーカーに採用されている。

太陽光発電事業に関しては、Siインゴット引き上げからセル内製を経てモジュール作製する一貫生産を基本に、外注セルを使用し社内でモジュールを作製したり、モジュールを購入し、OEM販売することもある。十数年前の参入当初は、ボイラーの販売チャンネルを生かしてモジュール販売を始めた。4年前からモジュールの製造を始め、現在はSiインゴットの引き上げからの一貫生産工場を完成した。

2. 独自のスクエアタイプ単結晶セル

世の中で流通している結晶系太陽光発電モジュールは、そのセルの種類で大きく2つに分かれる。単結晶と多結晶である。多結晶は発電効率が少し低いとそのセルの形状は真四角なのに対して、単結晶はインゴットの引き上げのサイズに依存して、そのセルの形状は、コーナーがカットされたものである。

当社では社内でインゴットの引き上げをするので、そのサイズを世間一般のサイズより大きくし、ウエハを真四角とした。そのため数%効率が良くなり、またモジュールの外観もスマートなものとなっている。

3. 一貫生産による技術革新と品質管理

当社では、世界でも珍しい「インゴットの引き上げからモジュールの販売・アフターサービスまでの一貫生産」を同一工場内で実施している。これにより全ての工程において技術革新が可能で、効果的な開発と生産へのフィードバックが行える。

更に品質管理面においても、エンドユーザーでの問題に対しても、効果的な対応が、必要な工程へ速やかに展開できる。昨今の急激な市場拡大に対して、高い技術力を維持し、

しっかりとした品質管理の下で、安定して製品を提供できる体制が構築できている。

4．販売・施工への誠実な取り組み

当社では、以前よりシステムの10年保証および雨漏り保証をしている。更に施工店に対しては施工講習により適正な施工を指導しており、施工に関連するトラブルを防いでいる。また、その施工者の管理をID発行により行っている。

5．産学官連携などによる研究・開発力

有機EL製造に関しても、国の産学官連携での取り組みに大手企業とともに参画しており、高い技術力を堅持している。また、太陽光発電事業に関しても、国の助成金によるコンソーシアムに参画し、長期信頼性の検討のほか、リサイクル・リユースなどの取り組みも行っている。更に中国地域での産学官連携委員会や、山口県での産学官連携クラスターに参画しており、山口大学を始め、山口東京理科大学のほか、広島地区や九州地区の大学との共同研究も行っている。

6．太陽光発電事業の現状と今後

国の再生可能エネルギーの固定価格買取制度により、当社の太陽光発電事業は非常に盛況である。豊富な商品群により、家庭用太陽光市場から産業用太陽光市場まで、多様な要求に応えることができる。

最近では、海外製の廉価なモジュールが市場に流通しているが、品質面などで懸念があり、それとの差別化にも取り組んでいる。現状の第三者機関認証制度では十分な差別化ができないため、経済産業省をはじめ国内の複数の公益法人と協力し、新たな長期信頼性認証制度の設立に取り組んでいる。この7月に交付されたJISQ8901という新たなJIS規格はその成果のひとつである。引き続き長期信頼性試験方法を検討し、国際認証規格として成立させるよう取り組みを進めている。

継続的なコストダウンへの取り組みと、技術革新による性能向上や信頼性向上が重要な課題である。これらの取り組みにより、過酷な競争市場での生き残りビジネス拡大を押し進めて行く。また一貫生産体制などの整備により、グローバルな競争市場に対しても展開できる体制が整っている。

太陽熱温水器事業から発展させた豊富なネットワークにより、販売拡大・アフターサービス体制の充実を図る。また、真空装置技術による独自の開発・改善・保全などを行うことにより、他に例の無いユニークな企業として発展して行きたい。

写真：長州産業株式会社本社工場の概観



写真：本社工場の敷地内にある太陽光発電設備



第2節．太陽光発電の技術開発の方向性

1．太陽電池の種類と特徴

太陽光発電の太陽電池の種類は、大きくシリコン系、金属化合物系、有機物系の3つに分類される。これまでの太陽電池の主流は「シリコン系」であり、これが世界の太陽電池の全生産量の約9割を占めるといわれている。

太陽電池の中では単結晶型太陽電池が最初に開発され、シリコン系では最も変換効率が高く、信頼性の点でも優れている。しかし、原料のシリコンを製造するのに大量の電力を必要とし、単結晶製造装置の設置にも多額の投資が必要となるため高コストとなる。単結晶の特性を最大限に活かすには正確に薄切にし、研磨してウエハに仕上げるというプロセスが必要となることもコストの増加要因となっている。

太陽電池の発電量を増やすには、面積を広げる必要があると同時に、いかに安い基盤を使うかということにある。従って、実験段階では変換効率の高い単結晶を使うが、実用段階では、多結晶、そして薄膜系に移行していくことになる。

多結晶型太陽電池は、単結晶化プロセスを簡略化し、製造コストを低減させたものである。多結晶型も現在の日本の太陽電池の生産の一角を占めつつある。単結晶型太陽電池は円柱状インゴットを輪切りにした円形セルのため、隣接するセル間に隙間が生じることになる。一方、多結晶型太陽電池は、角柱状インゴットから切り出すため、隙間なくモジュール化することが可能である。そのため、多結晶型は、変換効率では単結晶型に劣るものの、ソーラーモジュールの単位面積あたりでは単結晶とは大差がないということになる。

薄膜系太陽電池は、低コストで大量生産向けに開発されたものであり、現状では最大でも10%程度の変換効率にとどまる。これは、シリコン系原料ガスを高温で分解・反応させて、基板表面に半導体を堆積されるプロセスで製造されるため、シリコンの消費量が少なく済むのが特長である。

金属化合物系太陽電池は、宇宙開発用として研究が進められ、エネルギー変換効率と信頼性が高い。銅、インジウム、セレンなどを原料とするCIS系が製造しやすく、今後の増産が期待されている。CIS系は、薄膜系に比べると10%程度安価であるといわれている。

有機物系太陽電池は、酸化チタンのついた色素が光を吸収して電子を放出することで発電するものであり、製造が簡単で、塗装、印刷といった応用が可能である。現状では変換効率が10%程度と低いことが課題となっている。有機薄膜系は、量産すればシリコン系の3分の1程度にコストの低下が可能といわれ、軟らかく軽く、室内照明程度でも発電可能といった特長があり、これまでにない利用の仕方などの開発も見込まれる。現状では、主力のシリコン系で中国・台湾メーカーに圧倒されていることから、有機物系のような分野での研究開発の推進による事業展開も考えられる。

図表．太陽電池の種類と特徴

素材	形態	種類	変換効率	特徴
シリコン系	結晶系	単結晶シリコン	15～19%	研究開発の歴史が一番古く、変換効率は最も高く、安定した性能を示すが、一般の半導体と同じ単結晶シリコンウエハを基板とするので高価である。
		多結晶シリコン	13～16%	小さな結晶が集まった多結晶のウエハを基板とするので単結晶よりも安価で現在の主流となっている。
	薄膜系	アモルファスシリコン	6～10%	アモルファスとは非結晶の意味。シリコンや結晶シリコンでガラスなどの基板の上に1ミクロン内外の薄い膜を形成し、太陽電池とするので結晶系シリコン太陽電池に比べて安価。大面積で大量生産も可能。変換効率がもっと高くなれば主流になるものと見込まれる。
金属化合物系		C I S系	10～20%	化合物半導体の一種で、銅、インジウム、セレンなどを原料とする薄膜太陽電池。製造がしやすく今後に期待される。
		G a A s系	20～30%	単結晶のガリウムヒ素を基板に使った化合物半導体系の太陽電池で非常に高性能だが高コスト。人工衛星など宇宙開発機器の電源として用いられる。
		I n G a A s系	35.8%	G a A s系にインジウムの層を加えたものでシャープが開発した。現在、世界最高の変換効率を誇る。高価格なため宇宙機器用として使用されている。
有機物系		色素増感型	10%	酸化チタンに付いた色素が光を吸収して電子を放出することで発電する。製造が簡単な上、プリントできるなど応用範囲が広く、今後が期待される。
		薄膜型	11%	発電効率は低いが、軟らかく軽い。室内照明でも発電が可能。

資料：「自然エネルギーの可能性と限界」

2. メガソーラーへの対応技術

太陽光発電は、設置形態によって、以下の4種類に分類できる。

独立型（住宅用）

電力系統（送配電網）と連系せずに、家庭、地域へ電力を供給する。

独立型（非住宅用）

遠距離通信、揚水ポンプ、公園照明など小出力電源として使用する。

系統連系型（分散配置）

電力系統に連系している限定された電力顧客のために供給する。

系統連系型（集中配置）

特定の電力顧客との関係を持たない集中型発電所で、電力系統に直接連系する。

メガソーラーは、系統連系型（集中配置）に分類され、今後は大幅に増加するものと見込まれる。メガソーラーの導入拡大において、今後、問題となってくるのが電力系統への過度の負担をかけないシステムが導入できるかにあると考えられる。そのためには独自に蓄電機能を持ち、自立性を高めていくことが必要となってくる。

2006年、北海道稚内市に、敷地面積14ha、定格出力5MWの実証研究施設が建設され、メガソーラーの系統安定化実証研究が進められている。ここには、パワーコンディショナ（PCS）、変圧器、NaS電池（1.5MW）、特別高圧受変電設備が併設されている。

発電された電力は、PCSのインバータで420ボルトに変換され、変圧器で6.6kVに昇圧した上で一部をNaS電池に蓄電し、電力を特別高圧受変電設備で昇圧して北海道電力の系統に送電している。

この実証研究において、系統安定化技術の開発、日射量予測システムやNaS電池を用いた最適運転技術の開発などが行われている。

3. 集光型太陽光発電

太陽電池に高エネルギー密度の太陽光を入射させて出力の増加を図るものが、集光型太陽光発電である。これは、レンズや反射鏡を使って、集光することで高価な太陽電池の使用量を大幅に削減するものである。

主にレンズを用いるものが「屈折式」と呼ばれており、「反射式」は放物面鏡の集光部に太陽電池を設置したものとなっている。これによって、一般的な太陽光発電の10%程度の変換効率が30%を上回ることになり、大幅な高効率化が可能となる。

4．直流給電

太陽光発電の電力は、直流であるが、系統電源の電力は交流が使われていることから、従来、交流に変換して使用されている。

しかし、テレビやパソコンなどのデジタル家電は、機器の中で交流を直流に再度変換して使用している。この再変換によって、約 5～10%程度のエネルギー損失が生じる。そのため、太陽光発電から生じる電力を交流に変換せずに使用できる直流給電システムの検討が進められている。

その一例として、パナソニック電工の A C / D C ハイブリット配線システムがある。これは、従来の交流用に加えて、直流用の分電盤と配線が併設されたものである。交流用からは、高い電圧が必要なエアコン、冷蔵庫に供給し、直流用の分電盤からは低い電圧で利用可能な L E D 照明や換気扇等に給電するものである。これによって、家電製品の消費電力の削減につながっている。

5．スマートグリッド

スマートグリッド（次世代送電網）とは、電力の流れを供給側・需要側の双方から制御し、最適化が図れる送電網と言われている。従来の送電線は、大規模発電所から電力を一方的に送り出す方式であるが、需要のピーク時を基準とした容量設定となっており、無駄が多いとも言われている。また、米国では、送電網自体が脆弱で自然災害等による停電が多く、復旧に時間がかかることが問題視されてきた。そのため、送電の拠点を分散化し、需要側と供給側の双方から電力のやり取りが可能となるものとなっている。

わが国の場合、送電線網が通信システムで管理され、停電や事故の情報が迅速に検知できるようになっており、早期の復旧が可能で停電対策のためのスマートグリッド化は不要とされてきた。

しかし、太陽光や風力など再生可能エネルギーの導入にとって、スマートグリッドの果たす役割は大きいと言われている。太陽光などは天候によって左右され、非常に不安定な電源であり、電力需要が少ないときに供給量が増加すると配電線に負荷をかけることになる。系統を安定化させるためには、大型の蓄電池で電力をプールする方法、電気自動車の蓄電池としての代替利用など他の設備に余剰分を移すことが考えられている。

大型の風力については、N a S 電池が使われているが、装置が大がかりで、細かな充放電に向かないため、住宅用としての新たな蓄電池の開発が進められている。

第3節．太陽光発電の経済性

1．太陽光発電の発電単価

2011年12月の政府のエネルギー・環境会議のコスト等検証委員会の資料では、住宅用の太陽光発電の発電単価について、以下の試算を行っている。

図表．太陽光発電（住宅用）の発電単価

	設備利用率（％）	稼働年数（年）	下限単価（円/kWh）	上限単価（円/kWh）
2010年モデル	12	20	33.4	38.3
2030年モデル	12	35	9.9	20.0

資料：エネルギー・環境会議コスト等検証委員会

2．太陽光発電の事業化試算

住宅用太陽光発電については、現在工事費込みで40～50万円/kWh程度の価格といわれ、2015～16年頃には30万円/kWh程度まで低廉化するものと予測されている。ここでは、企業や自治体が太陽光発電による電力を全て買取制度によって電気事業者に売電する場合を想定して試算を行った。

この試算では、11年目で黒字となり投資回収が可能となり、12年目以降も毎年利益を積み上げることができる。ただし、この試算では土地代が含まれていない。企業の遊休地や工場の屋根などの既存施設の活用を念頭に置いたものであり、土地や施設を購入したり借用する場合は追加の費用負担が必要となる。

図表．太陽光発電の調達価格・調達期間

買取区分		10kW以上	10kW未満
費用	建設費	32.5万円/kWh	46.6万円/kWh
	運転維持費 (1年当たり)	10千円/kWh	4.7千円/kWh
IRR		税前6%	税前3.2%
買取価格 (1kWh当たり)	税込	42円	42円
	税抜	40円	42円
買取期間		20年	10年

資料：経済産業省資源エネルギー庁

【試算】定格出力100kWの太陽光発電設備を設置した場合
費用

建設費： 32.5万円 / kW × 100kW = 3,250万円
年間の運転維持費： 1万円 / kW × 100kW = 100万円
10年間の必要費用： 3,250万円 + 1,000万円 = 4,250万円
11年間の必要費用： 3,250万円 + 1,100万円 = 4,350万円

収入

発電能力： 1kWの発電設備の年間発電量は約1,000kWh
年間発電電力量： 1,000kWh × 100kW = 10万kWh
年間売電収入： 40円 × 10万kWh = 400万円
10年間の売電収入： 4,000万円
11年間の売電収入： 4,400万円

第4節．太陽光発電の課題

1．エネルギーの安定供給

(1) 天候に左右される不安定な電源

太陽光発電は、出力が天候に左右され、日中でも曇天や雨天では出力が落ち、夜間に発電しない。また、気温が25℃を基準として、それ以下の場合に発電効率が良く、それより高温では出力が落ちると言われている。そのため、晴天であっても、夏場の電力需要のピーク時には気温が高く、出力が落ちることになる。

夏場は、日没後も気温が高いことが多く、夜間の空調の高稼働が考えられることから、太陽光では電力供給が困難となる。また、気温が低い秋から冬にかけては、日照時間が短く、発電量が少なくなる。

(2) 電力需要への対応能力

太陽光発電は、年間では電力需要の少ない5月に発電電力量が最も伸びるという特徴がある。従って、特に電力需要が少ないゴールデンウィークに、太陽光発電の高稼働があると、供給が需要を上回る危険性がある。

太陽光発電の出力が急激に変動すると、電気の需要量と供給量を一致させることが困難となり、短期的に系統全体の需給バランスが崩れることにより、周波数が適正値を逸脱してしまう。

また、局地的に太陽光発電の出力が需要を上回る場合、逆潮流（太陽光発電出力が系統側に逆流すること）の量が増えることで、配電レベルで電圧が適正値（101±6ボルト）を逸脱してしまう。

(3) 低い発電効率

わが国の石炭火力発電所の発電効率は40%を超すと言われている。また、再生可能エネルギーの中では、風力発電の発電効率は、約20%程度である。それに比べ、太陽光発電の発電効率は、約10%程度と再生可能エネルギーの中で最も低い。

(4) 大量普及時の問題

太陽光発電は、天気予報などから予め出力の想定がある程度可能である。また、現状では、1千万kW程度の太陽光の普及については、系統の対応が可能であると言われている。

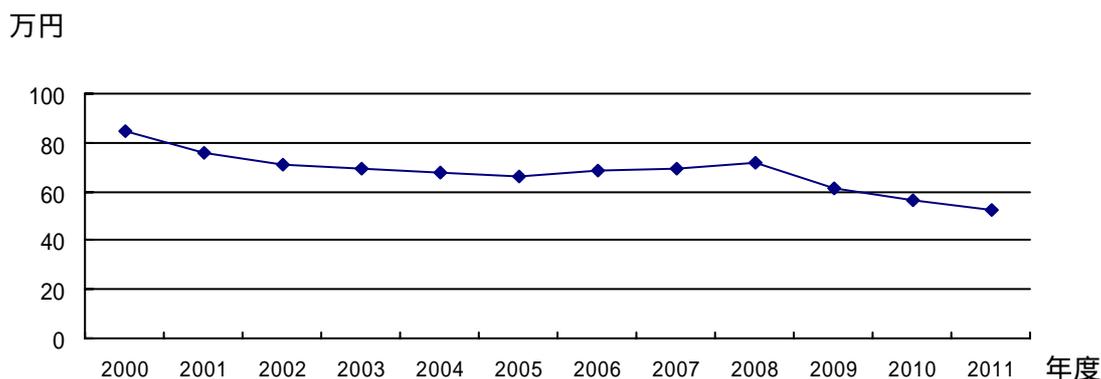
しかし、それ以上に大量に普及すれば、系統への影響が懸念される。そのため、蓄電池の併設といった措置が好ましいが、蓄電池は現状では高価格であり、設置が進んでいない。

2. 経済性

わが国の住宅用太陽光発電の1kW当たりのシステム価格は、2012年時点では50万円前後にまで下がっている。しかし、ドイツでは、中国製の安い太陽光パネルが大量に入ってきて、日本円にして20万円程度で売られており、かなりの内外価格差となっている。日本では、太陽電池自体が高価であることに加え、工事費やパワーコンディショナなどの付属設備の価格も海外に比べて総じて高いと言われている。

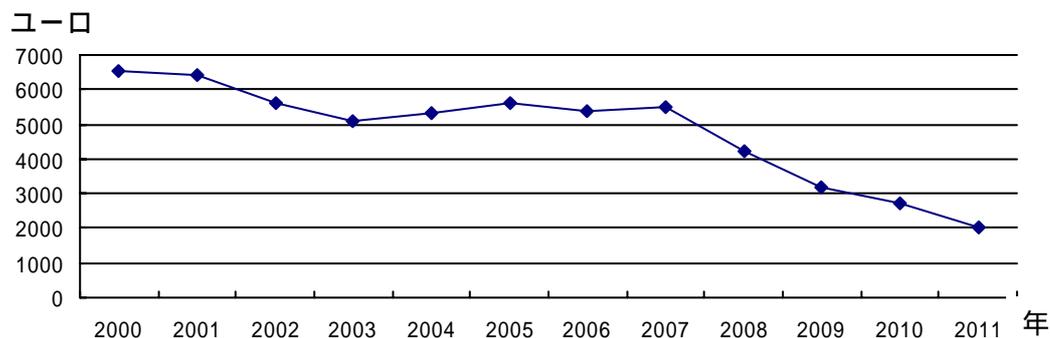
また、メガソーラーについては、歴史が浅いこともあって、オーダーメイドの受注生産であり、規模の経済性が働かず、本格的な普及段階に至るまで価格の低下は望めない。

図表：日本の住宅用太陽光発電（3～5kW）のkW当たりのシステム価格の推移



資料：National Survey report of PV Power Applications in Japan 2011 IEA

図表．ドイツの太陽光発電のkW当たりのシステム価格の推移



資料：National Survey Report of PV Power Applications in Germany 2011 IEA

3．産業としての太陽光発電

(1) 海外市場の不振

かつて、わが国は世界の太陽光発電技術のフロンティアであったが、欧米のメーカーと同様に、中国・韓国・台湾など新興国の台頭で収益悪化に苦しんでいる。欧州市場では、これらの新興国から大量の汎用製品の普及が進み、モジュール価格が急速に下落し、ドイツでは、かつてのトップメーカーであったQ-Cells社が経営破綻した。

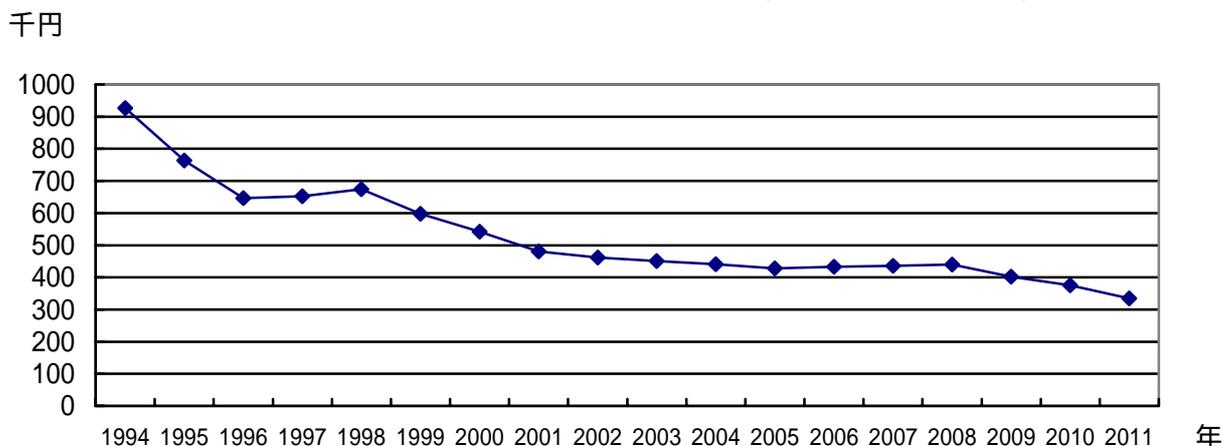
太陽電池セルの生産シェアは、ここ数年で激変しており、2006年に上位であった日本やドイツのメーカーの姿はなくなり、中国メーカーの台頭が目立つ。

2010年の太陽電池セル製造のトップ・ファイブのうち4社が中国メーカーとなっている。特に中国のメーカーは、国からの支援を受けて生産能力を拡大し、生産量の9割以上が輸出向けとなっている。また、ドイツで使われている太陽光モジュールの約6割は中国製となっていると言われている。

2012年になって、欧米市場は、需要が伸びず、中国メーカーの生産拡大により、膨大な在庫の発生とパネル価格の値崩れという現象を生み出した。また、大量生産による価格の低下が、欧米の太陽光メーカーの経営を圧迫したことから、中国製品へのダンピング問題も現実化してきている。そのため、中国メーカーですら大きな経営危機に直面する事態にまで進展している。

中国政府の支援もあって、輸出主導で生産の拡大を図ってきたが、欧米市場の縮小が経営破たん引き金になったものである。中国の国内市場についても、大気汚染など環境の悪化による日射量の不足や都市部は集合住宅が多くパネルの取り付けに不向きであり、なかなか将来に見通しが立たない状況である。

図表：わが国におけるモジュール単価の推移（単位：千円 / kW）



資料：National Survey report of PV Power Applications in Japan 2011 IEA

図表：太陽電池セル生産量シェアの比較

順位	2006年		2008年		2010年	
	メーカー名	シェア	メーカー名	シェア	メーカー名	シェア
1	シャープ(日本)	17%	Q-Cells(独)	8.3%	Suntech(中国)	6.6%
2	Q-Cells(独)	10%	First Solar(米)	7.3%	Ja Solar(中国)	6.1%
3	京セラ(日本)	7%	Suntech(中国)	7.2%	First Solar(米)	5.9%
4	Suntech(中国)	6%	シャープ(日本)	6.9%	Yingli(中国)	4.7%
5	三洋電機(日本)	6%	MOTEC H(台湾)	5.6%	Trina Solar(中国)	4.7%

資料：「エネルギー新産業創造」(日経BP社)

(2) 国内市場の問題点

わが国のメーカーは、円高もあって輸出が不振となっており、売れば売るほど赤字という状況にある。そのため、安定した収益が得られる国内向けに販売をシフトしてきている。

中でも、従来から住宅用については信頼性もあって、国内メーカーは販売力が強い。ただ、今後、需要の拡大が見込まれるメガソーラーについては、ヒアリング結果からも住宅用ほど利益が望めないという見方もあり、国内設置のメガソーラーについて、中国、韓国、台湾などの製品がどの程度普及するか注目される。

こうしたことから、今後の国内メーカーは、システムインテグレータ(SI)として、設計・施工・保守・運用・管理などの一貫したサービスの提供を行うといったところが生き残りの一つの道であると考えられる。ただし、太陽光は一度設置してしまうと故障することが少なく、メンテナンス・フリーと言われ、保守・管理については、あまり手間がかか

らない。なお、欧州では、地元の欧州メーカーがS Iに力を入れており、日本のメーカーが入っていく余地は少ないようである。

住宅用太陽光の普及については、少子・高齢化の影響で住宅着工の伸びが見込めないという問題がある。太陽光は、住宅の新設に併せて設置するのが望ましく、既設の建物に設置する場合には、新たに住宅の補強が必要となってくるため、余分に費用がかかってくる。また、都市部では、マンションが多く、集合住宅はスペースが少なく、設置しにくいといった課題があげられる。

4. FITの問題点

(1) 高い買取価格

太陽光発電は、kW単価が2012年時点でも40~50万円程度と設置コストが高いのが、普及拡大の最大の阻害要因となっている。そのため、固定価格買取制度(FIT)が導入された。2012年7月からスタートしたFITでは、太陽光発電の固定価格が42円/kWhに設定された。

この買取価格は、市場価格からすれば非常に高めに設定しており、ほぼ業界の言い値と言われており、ドイツの現状の2~3倍の価格設定となっている。この価格設定に対して、電力中央研究所社会経済研究所の朝野主任研究員によれば、「太陽光発電の単価は、電力価値(6円/kWh) + 環境価値(1~5円/kWh) = 7~11円/kWhが妥当な水準と考えられる」とのことであった。

(2) 太陽光発電は高所得者層のビジネスか

太陽光発電を設置するのは比較的生活に余裕がある高所得者層であり、そのような人たちは、本来、対価を受けず、環境保全のため、社会貢献として行うべきであるといった考えもある。高所得者層に補助金や市場価格以上の買取金を支給し、そのための資金は税金や電気料金の値上げで捻出するのは、政策的に間違っているという考え方もできる。

(3) 経済負担の拡大

FITの導入で太陽光発電の普及が進めば、長期的には電気料金の高騰を招き、国民の負担増につながる。ドイツでは、現在、家庭用で月額1,200円の費用負担が発生しており、家計を圧迫している。国全体としては、2013年のドイツの年間の追加の費用負担額が約180億ユーロ(約1兆8千億円)に上るものと予想されている。ドイツの太陽光は、全体の発電量のわずか3%に過ぎないが、費用負担の6割は太陽光によるものである。

ドイツでは、買取価格の引き下げの変更のたびに、駆け込み需要が発生しており、太陽光の設置が増えている。高い電気料金や電力品質の低下について、国民や産業界から不満の声が上がっている。

第3章 風力発電について

第1節．風力発電の現状

1．風力発電の概要

(1) 設備の種類

風力発電設備については，風車が回転を支える軸の向きにより，大きく水平型と垂直型の二つに分類できる。

水平型は，風向に対して常に風車が対面するように向きを変えられる。プロペラ風車，オランダ風車，多翼風車などがある。風力は，一般的に高さが増すほど風速が強くなることから，高いタワーの上に風車を付けて上空の風を捉えるプロペラ等の水平型が広く普及している。

垂直型は，回転体が地面に垂直に位置しており，風の向きに関係なく回転できるもので，ダリウス型，サポニウス型などがある。垂直型は，小型で低出力のものが多く，日本のような風向が変わりやすい地域の設置に向いているとも言われている。

写真．風力発電（水平型）



写真．風力発電（垂直型）



(2) 洋上風力

わが国では，陸上において，風況の良い地点の開発から着手され，新たな地点での設備の建設が困難となってきている。また，経済性の観点から設備の大型化が進み，陸上での設置には，新たな風車や建設機械を運ぶ林道の開発にコストがかかることが課題となり，洋上風力の開発が有力視されている。現在，世界で最も大型の発電設備は，6千kWクラスであり，洋上設置で設計されたものとなっている。障害物のない洋上は，風況が安定し，暴風や突風の危険性も少ないことから，好適と言われている。

洋上風力には，着床式と浮体式の2種類がある。着床式は，水深50メートルまでの浅場の海底の岩盤に直接設置するものである。浮体式は，50メートル以上の深い地点におい

て、機器全体を海に浮かべる方式のものである。

着床式は、2010年にNEDOと東京電力が銚子沖で実証試験に着手した。浮体式は、2012年8月末から、環境省が長崎県五島市の海域で実証試験を開始している。わが国の場合、沿岸から急に水深が深くなっているところが多く、着床式の好適な地点が少ない。また、漁業権の侵害につながるという指摘もある。浮体式は、着床式よりも生態系への負荷が小さく、騒音問題など人間生活への影響も少ないが、建設費用がかかることが課題となっている。

写真：洋上風力発電（デンマークのミドルグリン風力発電所）



（3）風力発電設備の構成

風力発電設備を構成する部品点数は、1千kWクラスで1万点、2千kWクラスで2万点に達すると言われるほど数が多い。従って、風力発電は、自動車などと同様に典型的な加工組立型産業と言われ、産業の裾野が広く、多様かつ大量の雇用につながっている。

風力発電の設備の構成は、大きくローター、タワー、ナセルという3要素から成り立っている。ローターは、ブレード（羽：翼）、天板、ハブにより構成されている。ブレードは、一般にガラス繊維強化プラスチック（GFRP）などの素材が使われている。今後は、更なる大型化に伴い、軽くて丈夫な炭素繊維の利用も進められるものと考えられている。ブレードには、雷対策として避雷針（レセプター）が取り付けられている。また、ハブは、3枚羽の根元を円心の位置で束ねるところである。

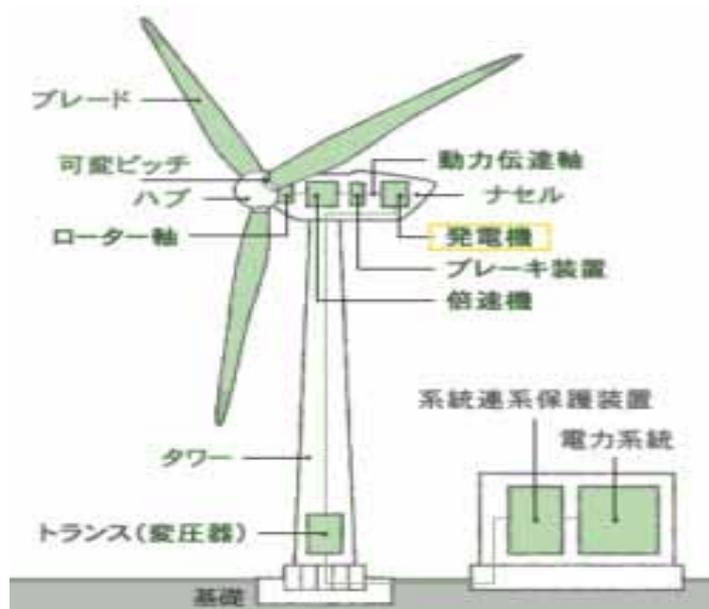
タワーは、日本で最大クラスの3千kWのもので、約80メートルの高さになるため、陸上輸送を考慮して3分割されて、現地において下の段から据え付けることになる。

ナセルは、様々な機器を収納した容器で風力発電の心臓部といえるところである。台板の上に、主軸、増速機、軸受け、発電機、ヨー軸受け、インバータ等の主要機器が入って

いる。ローターとナセルは、主軸受け（ベアリング）によってつながっている。

風力発電用風車 1 基の定格出力は、日本で最大のもので 3 千 kW 級のものであり、タワーの高さが約 80m、プロペラの直径が約 90m に達する巨大な設備である。1997 年頃までは、500 kW 以下の小型風車のみであったが、1998 年から 2001 年頃には、750 kW 級が増え、2002 年以降は 1,250 ~ 2 千 kW が主流となっていき、2006 年以降は 2 千 kW 級以上が登場している。現状では、1.5 千 kW 級の風車の数が最も多い。

図表．風力発電設備の概要図



図表．出力階層別風力発電設備の設置件数

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
2MW 超								1	22	8	30	37	12
~ 2MW					2	12	29	20	77	55	10	78	115
~ 1.75MW			14	24		49	11		12	1			
~ 1.5MW			5	31	67	48	62	19	82	35	79	28	
~ 1.25MW			1			12	1						
~ 1MW		21	1	11	20	13	77	83	49	2	18	1	
~ 750kW	10	22	40	108	41	23	9	6	11			3	
~ 500kW	18	19	1	6	9	1		6	2				
~ 250kW	11	10	5	2	7	12		7	10	4		5	10

資料：N E D O

(4) 風力発電設備の設置条件

風についての条件

まず、風については、地球上では、いつも風向が変わらず年間を通して恒常的に吹くものに、偏西風と貿易風がある。偏西風は、北緯および南緯の30～60度の中緯度エリアで西から東に向かって安定的に吹く風である。貿易風は、それより低緯度に吹く風である。

西に広大な大西洋を臨む欧州は、常時、偏西風の吹く地域が多い。ただし、内陸部などは高い山などに遮られて、あまり強く風が吹かないところもある。沿岸部や洋上は、安定的に風が吹くため風力発電設置の好適地となっている。

わが国は、鹿児島市（北緯31度）から稚内市（北緯45度）が偏西風帯にあたるが、西にユーラシア大陸があるために安定した風が吹きにくい。

風については、常に強く安定していることがよく、年間平均風速6メートル/秒以上が望ましいと言われている。定格出力が発生するときの風速を定格風速、発電できる最低風速がカットイン風速、強風でこれ以上の風速では対応できなくなり、ストップさせる風速をカットアウト風速と言う。

道路についての条件

二つ目の条件は、道路である。風力発電設備は、騒音問題などから居住地より500メートル以上離れた場所に設置することになっている。そのため、沿岸部や山頂に設置されることが多く、新たに道路を建設すると費用負担がかかる。その道路もナセルやブレードなど長大な設備を運べるだけの幅広な道路が必要である。

わが国の場合、風況等の条件の良いところには、すでにかかなりの風力発電設備が設置されており、新たに設置するところになるほど林道を新設することになり、コスト高につながっている。

系統連系について条件

三つ目の条件は、系統連系である。発電設備の近くに送電線が通っていることが必要である。風力発電設備を設置する前に、事前のFSを行う。NEDOの風速マップから現地調査で1年以上データ収集を行い、可能性を確認したら準備作業に入り、機種選定、地権者交渉、発電量予測、地盤調査などを行い許認可手続きに入る。その後、電力会社との系統接続の協議が行われる。なお、中国では、近年、国家政策もあって風力開発のバブルとなっていたが、設備ができて系統に連系できない風力が増大するなどの問題が生じている。

2. 世界の風力発電の現状

2010年の世界の風力発電設備の導入量は、約1億9千万kWに達している。国別では、中国、米国、ドイツの順番で、わが国は、第12位となっている。

中国は、近年、風力発電の開発が急速に進み、2010年には累積導入量が米国を抜いてトップとなった。ドイツは、風況のよい北部に多くの風力発電所が設置されているが、電力の需要地が内陸の南部にあることから、送電線の建設に多大な投資が必要となることが問題となっている。

また、4位のスペインについては、国土の大部分が山岳地帯でドイツに比べると風況に恵まれていない。それにもかかわらず導入が進んでいるのは、固定価格買取制度の影響が大きいとともに、高い国家目標を掲げたことによる。また、風力発電出力予報とその予報に基づく出力抑制や電力調整を実施していることなどが挙げられる。

図表. 世界の風力発電の導入状況

(単位: 百万kW)

年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
設備容量	31	39	48	59	74	94	120	159	194

資料: エネルギー白書 2011

図表. 風力発電設備導入の国際比較 (2010年末)

(単位: 千kW)

順位	国名	累積導入量	順位	国名	累積導入量
1	中国	42,287	11	ポルトガル	3,702
2	米国	40,180	12	日本	2,304
3	ドイツ	27,214	13	オランダ	2,237
4	スペイン	20,676	14	スウェーデン	2,163
5	インド	13,065	15	オーストラリア	1,880
6	イタリア	5,797	16	アイルランド	1,428
7	フランス	5,660	17	トルコ	1,329
8	英国	5,204	その他		11,504
9	カナダ	4,009			
10	デンマーク	3,752			

資料: 経済産業省資源エネルギー庁

風力発電の製造について見ると、MW級風車で年産 500MW以上の設備量を製造しているメーカーは、世界に 15 社ある。これらは、大きく、風車専業（Vestas など）、電力系（Gamesa など）、重電メーカー（GE、Siemens など）、新興系（中国風車メーカーなど）に分類できる。

メーカー別では、デンマークのVestas 社が世界のトップシェアの生産量をあげている。太陽光と同様に、中国メーカーが躍進しており、トップテンのうち 4 社を占めている。わが国の風力発電の総合メーカーは、世界のトップテンには入っていないが、三菱重工業、日本製鋼所といったメーカーがある。

図表・大型風車メーカーの生産シェア（2011 年）

メーカー名	国名	生産出力（MW）	シェア（％）
Vestas	デンマーク	5,213	12.9
Goldwing	中国	3,789	9.4
GE Wind	米国	3,542	8.8
Gamesa	スペイン	3,309	8.2
Enercon	ドイツ	3,188	7.9
Suzulon Group	インド	3,104	7.7
Sinovel	中国	2,945	7.3
United Power	中国	2,859	7.1
Siemens	デンマーク	2,540	6.3
Mingyang	中国	1,178	2.9
その他		8,693	21.5

資料：「風力発電関連機器産業に関する調査研究」報告書（一社）日本産業機械工業会

わが国最大の風力発電設備の総合メーカーである三菱重工業株式会社に風力発電の現状と課題、今後の見通しについて、ヒアリング調査を実施した。

三菱重工業株式会社横浜製作所（神奈川県横浜市）へのヒアリング

（2012年7月10日）

1. 風車実証機について

ここは、東京湾内ということもあって、平均風速が弱く、設備利用率は10%台である。売電収入を目的としたものではなく、実証機として運用している。カットイン風速は3m/秒である。

定格出力は2,400kWである。定格出力に達する風速が12.5mとなっている。それ以上の風速で風が吹いても出力は2,400kWに制御されている。10分間平均3mの風速で送電を開始する。風速が25mになるとカットアウトする。

主に3つの制御をやっている、ひとつは、風向きの方に首を振る(ヨー制御)。常に風向きに対応するようになっている。もう一つは、風の強さによって羽の角度を変える(ピッチ制御)。一番効率良く発電できるように調整している。風車の翼の横にセンサーが付いている、翼が受ける荷重を感知して翼の角度を最適に調整している。翼が一回転する間でも上下で強さが違う場合には翼ごとに角度を微妙に変えるという「独立ピッチ制御方式」を採用している。最後に、風車自体の回転数を変え、風速により効率的に最適な回転数に調整すること(可変速制御)も行っている。この3つの制御を風速計、センサーによってフィードバックしながら環境に応じて自動で制御している。

この風車は、2006年1月に建設され、当初の翼は直径92mのものが付いていた。その後、製品として市場投入された後に、95mの翼に付け替えて同様に実証し、現在のものは100mの翼がつけられていて3代目となる。

100mの時も定格出力は2,400kWと変わっていない。メーカー間の性能競争は、たいへん熾烈で、風車は受風面積が大きいほどキロワットアワーを稼ぐので性能が良いということになる。我々は、少しでも直径を大きくして受風面積を増やして性能の良い風車をたくさん売りたいと考えている。現在は102mまで伸ばして、米国で実証をしている。

国内では最大の風車である。定格出力でいうと3MWのものが出ている、中国地方では新出雲のヴェスタス製のV-90というのが該当する。発電機は3MWのものを搭載しているが、翼のローター直径は90mだから、この風車と比べると、年間の発電電力量では、当社のローター直径が100mだから受風面積が大きくて発電量が多い。ヴェスタスの風車は、3MWという定格出力を出す、それは風速12.5mの風が吹いた上での出力で、この風速が出現する頻度は少ない。風速6~7mくらいの出現頻度が一番高く、年間の発電量は、受風面積が大きいほうが多い。受風面積で風車の発電量がわかるという観点からすれば、

この実証機の定格出力は2,400 kWであるが、国内最大の風車ということになると思う。

タワーは、韓国のタワーメーカーから調達した。部品については、いろんな所から購入していて、電気系は、スペイン製である。ナセルの中の心臓部といわれるギアについては、北九州の石橋製作所製で、トランスも日本製である。1万点ぐらい部品があるが、それぞれ専門メーカーから購入して、ここで組み立てている。

発電した電力は、東京電力の系統へ連系している。送電線を地下に埋設して15万4千Vに繋いでいる。かなり連系費用がかかった。6万6千Vくらいのものがあれば良かったのだが、無いのでしかたがなかった。しかも、売電単価も10円を切っている。FITが既設にも認められて20円超で買ってもらえるようになるので良かった。

写真：三菱重工業風力発電設備（神奈川県横浜市）



写真：同上表示盤



2. 風力発電全般について

風車の形は、世界中で決まっています、中空の鋼鉄を曲げて作ったタワーの上で発電機の入ったナセルという箱が置いてあり、その風上側で3枚の羽根が回るとというのが世界中の風車の99%以上の形態である。風は上空に行くほど強くなるので、風を捕まえる羽根は出来るだけ高く持ち上げたいところがある。そこでその工夫として、単純なタワーにしてタワーの上に軸受けを置いて、発電機が載っている所だけが首を振れるようにするのが一番簡単な構造のため、この様な形になっている。

かなり大きく、先ほどの風車でタワーの高さが70m、回っているところが直径100mなので、一番高いところで120mぐらいになる。高さはジャンボジェット機の長さよりも高く、サッカーコートを立てた高さと同じぐらいとなる。重量も見えているところだけで260~270トンぐらいはある。

風車を立てる条件は、次の6つの条件が揃ったところを探すということになる。

強く安定した風が吹く

風車、ナセル、ブレード等、機材を運ぶ幅広の道路

発電した電気を運ぶ送電線

広い敷地と安定した地盤

環境（希少鳥類の有無）・法律（公園法など）上の制限がない計画地

台風・落雷のリスクが小さい

日本には、なかなか条件の揃う場所は無くて、普及が進まない。ところが、この条件が揃う場所があって、それは原子力発電所の隣である。原子力発電所は、近くに港があって道路があって送電線が来ていて、電気技術者がいて、風車を動かすためのインフラがほとんど揃う。特に、岬の先に原子力発電所が建っているようなケースだと「風車の銀座」になっている。伊方、御前崎、大間の発電所、北陸電力も能登半島の先端にある。ただ、関西電力は、湾の奥に建ててあるため風況がよくない。

また、ビジネスとして成功する条件は以下の5つほどある。

電力の買取保証と売電価格

強風地域での立地

適切なサイト開発（特に地元の協力）

適切な風車の機種選定

適切な保守管理

ビジネスモデルの試算例であるが、FITが通る前は、あまり高い値段で買ってくれな

かったので、投資回収に 17 年もかかり採算が取れないが、22 円に上がると投資回収に 10 年を切るようになるため事業化が可能となる。

米国では同じ場所に何百台と建てるので建設単価が下がってくる。そこで、あまり電気の単価を上げなくても採算がとれることになる。欧州では、F I T の導入により電気の単価を高くして採算を取っている。日本では初期投資補助をしていたが、F I T へ移行した。

洋上については、建設コストはかかるが、風が強いので設備利用率が高いため、コスト増が相殺されてビジネスが成り立っている。風車メーカーとしては大型化や高効率化して、コストダウンを図ることで経済性を保つことが重要である。米国、欧州、中国などで風力は、かなり安い電源という認識が持たれている。

風力発電は、驚異的なペースで増加していて、今までで世界中に 2 億 4 千万 kW ぐらいが発電設備としてある。この 2 億 4 千万 kW という数字は、日本中にある発電設備の出力合計量 (2 億 5 千万 kW) とほぼ同じで、台数で言うと 20 万台となる。ただ、風力は設備稼働率が 20 ~ 25% であるから、火力発電に比べると 3 分の 1 くらいしか発電量がない。しかし、成長率が高く、現在の 240 GW は、過去 5 年で 3 倍増、今後で見ても 2 ~ 3 倍増といわれていて、10 年もすれば今の 4 倍増にはなる。発電量ベースでも日本全体の電力を賄えるようになる。

国別にみると、ここ 2 ~ 3 年で様変わりし、一番多く建てているのは中国、次が米国である。この両国が年単位でいうと 50% 以上を占めている。累積で見ても両国で約 50% 近くになり、残りの大半はドイツ、スペイン、英国など欧州諸国が占めている。

日本は、累積で 13 位、新規で 21 位であり、シェアで言うと新規で 0.4%、累積で 1% となる。今後、F I T が順調に入ってくると、順位でイタリア、フランス並みに毎年 1 ~ 2 GW の風車が建つ状態になるものと期待される。

欧州は、ハイペースで建てていて、2000 年あたりから風車が、その後 2008 年あたりから太陽光が急増していて、昨年は欧州の新設の発電設備の半分は太陽光で、4 分の 1、5 分の 1 が風車と、両方合わせると約 7 割が風車と太陽光といった再生可能エネルギーであった。

なぜ、再生可能エネルギーを導入するかというと、環境のためと言っているが、本音は石油代替エネルギーとエネルギー安全保障の手段として持つためである。風力の国別の導入実績のデータがあるが、それによると風力を導入する国は、風が強い国ではなくて、電力需要が多く石油輸入量の多い国である。それに当てはまらない唯一の国が日本である。日本は、原子力を推進していたため、そうならなかった。

最近になってクローズアップされているのが、「産業振興と雇用確保」で、欧州、米国、中国は、かなり計画的に国策として動いているところがある。計画的にというのは、その導入目標を見ればわかるが、各国とも電力需要の 10 ~ 20% は、風力発電で賄う計画である。kW 当たりの建設費は 10 万、20 万円であるから、例えば kW 20 万円とすると、米国の 305

GWの導入目標で60兆円、中国は80兆円、欧州では150GWであるが、欧州の目標は洋上風力であり、洋上は単価が倍になるので、これも60兆円ぐらい、今後20年で二桁の兆円の市場が主要国で発生している状況なので、大手企業は進出を狙っている。こうした中で大きな目標を持っていない国が日本で、この8月に新しく策定されるエネルギー基本計画の中で日本がどんな導入目標を掲げるかが注目されている。

特に、日本に注目が集まるのは、これまで風力に力を入れてきた欧州、米国、中国のうち米国と中国の市場の調子が悪いからである。米国は、シェールガス革命で安い天然ガスに投資が流れている。中国は、風車をたくさん建てたが、系統の整備が追いつかなくて、風車は建っていても送電線に繋がっていないものが3分の1ある状況で、系統が整備されるまでは風車建設を見合わせる企業が増えている。

そういった中で他に投資対象を求めて日本に注目が集まっている。たぶん夏に政府の言う「原子力比率15%シナリオ」が通ったら、陸上30GW、洋上5GWの目標が決定されると聞いている。そうなるとう6~7兆円の追加投資が生まれる。

日本の風力発電は、資源エネルギー庁調査をみると、陸上の導入可能量は約9,900万kWと莫大にあり、ポテンシャルだけ見ると計算上は風力だけで発電量をカバーすることもできる。計算上は可能ということである。ただ、普及に向けての課題には、導入目標が決まっていないのが一つある。これは、目標がないと企業は投資できないので、8月にきちんと決めてもらう。また、送電系統インフラの整備の課題がある。さらに、環境アセスなどの規制緩和の問題もある。一番が環境アセスである。FITが通っても環境アセスに3年かかり、FITの良い買取価格の時に風車が建たないのでは、普及の足かせになる。また、技術開発、産業育成も必要である。

3. 風力発電の技術開発動向について

(1) 大型化

風車は、大型化が進んでいる。陸上用で3MW、洋上風力用で6MWの規格になっている。大型化については、同じ場所によりたくさん電気がとれる風車を並べることができ、台数が減ると建設工事が減るので建設コストが減ることがあって、とにかく大きい風車が良いということになる。大型化すると風車本体の設計は厳しくなる。大型化すれば強度は厳しくなり、強化すればコストがかかり、工夫しないとなかなか大型化ができないと。

ジャンボジェット機の2倍の大きさのものを飛行機よりずっと安いコストで年間何百台も量産して、十分な性能で台風や雷でも壊れなくて20年運転するという、かなりの無理難題を達成するというのが風車を量産するということなので、1台、2台なら生産できる会社はたくさんあるが、ビジネスとして採算を取るのには難しい。

世界で生産される風車は、昨年1年間でみると平均1.7MWぐらいであり、今は2MW

クラスの風車が主流となっている。これは世界の平均値で国によっては大型化した洋上風力が多いところや、中国、アフリカのように広大な土地があって、大きさよりも単価が安い方が良いという場合には、比較的値段の安い1MWクラスの風車がまだまだたくさんある。

(2) 洋上風力

洋上風力は、陸上の適地に風車を建て尽くした欧州で次々と建設されているが、その規模は3GW以上まで普及している。日本に建っている風車と同じくらいのもので洋上に建っている計算である。デンマーク、英国などが盛んで、浅いところから深いところに向けて建てられている。今は、着床式が主流であるが、日本でも深いところに建てるために、浮体式のものも幾つか開発プロジェクトが進んでいる。既に建っているものでは、着床式で茨城県の沖合にある。浮体式では、長崎県で試験が予定されている。

三菱重工でもNEDOなどが進めている銚子沖の洋上風力発電実証プロジェクトに参画。今年10月に風車の設置が完了した。銚子沖に着床式のプロジェクトを開始し、2年後には福島沖に浮体式のプロジェクトが計画されている。

洋上風力の利点は、洋上は面積が広くて風も強く、いくらでも建てられるということと、東京・名古屋近郊に建てると大都市にすぐ電気を送れるのが強みである。課題としては、日本に多い台風・波の大きなうねりに対する技術開発、コスト低減、建設インフラ(専用工事船、海底送電線)、海域占有(漁業権)などの許認可への対応・対策などがある。

(3) 信頼性の向上

技術的な面では、大型化と洋上風力に加えて、信頼性の向上がある。故障が少ないということではなくて、何時故障するかわからないということもなくす。信頼性向上とは、予知ではなくて、いくつものセンサーを使い、故障の予兆を捕まえて予防・対策をする取り組みである。洋上風力だと余計にそういったものを駆使しなければいけない。

電力品質といった問題があるが、これは風力単体でやるのか送電系統全体でやるのか分からない状況にある。蓄電池併設という考え方もあるが、大変なコスト高になる。世界的には送電線を引いた方がコストが安く済むという見方が大勢である。蓄電池は高いし、付加価値を生まない。現実的に見ると、蓄電池は送電線強化までの繋ぎとして一時的な需要はあるかもしれないが、永遠に需要があるわけではない。

4. 風車メーカーの動向について

世界の風車メーカー上位10社の中に日本のメーカーはない。中国メーカーが4社、デンマークが2社、あとはアメリカが1社、その他スイス、ドイツ、インドなどである。中国、インドのように、国内のシェアと母国の世界シェアには正比例の強い相関があり、母国のシェアの成長に乗って世界シェアも伸ばしていく構図となっている。日本は、この軌

道に乗っていないので、政府の輸出政策に対して陳情しているところである。

風力市場は、欧州の時代から北米・アジアの時代にシフトしてきている。今は、中国にいくつも建っているのだから、中国が世界シェアを伸ばしているという解りやすい構図となっている。

今後の動向としては、自動車、テレビの産業が成熟すると最終的に世界で5社程度に落ち着いたのと同様に、風力市場はこれから淘汰が進む。今まさに、生き残りを賭けての競争が始まっている。昔は、多くが欧州に建っていたので欧州の企業の業績が良かったが、今はアジア・北米が良いのでそこに拠点を持つ企業が有利になるであろうと言われている。

もう一つ、以前の風車市場は専門メーカーが強かったが、どんどんプロジェクトが大きくなって顧客が変化した。ヴェスタス、エネルコンは農家に農業用設備を売っていた会社であった。最近では、風車を買うのは大手の電力会社である。日本の電力会社が農機具メーカーから風力発電設備を買うかというところ、たぶん買わない。同じことが世界的に起きていて、これからは、総合重電メーカーであるGE、シーメンス、三菱重工業といった企業が有利になってくる。だから今、東芝、日立が風車市場に参入してきているのも、こうした流れからである。

5. 日本の風車産業

日本の風車産業は、比較的順調に推移してきたが、リーマンショックの影響により2010年には落ち込んでいる。それでも部品工業を含む経済効果は年間約3千億円、雇用で5千人の規模にはなっている。経産省の産業統計(2009年)では風車産業で日本に落ちているお金は2,500億円で、3千人が働いていて二次部品も込みにするると3千億円、5千人以上になっている。風車工場の国内立地の状況は、大きなところで言うと関東、関西、長崎周辺にあって軸受工場が北陸、三重県などにある。

部品工場など二次的な裾野が広く、太陽光より経済効果が大きいと言われている。ほとんどB to Bのビジネスなので、日本では風車ビジネスが大きな産業であることがあまり知られていない。景気の良い頃は、浜出しを待って、何台も工場敷地に大きなナセルが並べられていたが、今は若干、閑古鳥が鳴いている状況にある。今、注文をとっても3年後でないと売れないので、その間をどうやって食いつなぐかというのが、重要な課題である。

日本全国に風車の部品工場があり、その部品点数は1万点と言われている。経済効果を見ると、風車が一台売れると関連部品産業にも1.1~1.2倍の額の経済波及効果がある。部品の中でも高機能製品は国内で調達するが、そうでないものは韓国、中国などから調達している。雇用効果もあって、1MW作ると数人の雇用が生まれる計算となる。

6. 三菱重工業の風車について

現在まで10カ国に4GW、4千台の風車を納入してきた。日本国内はそのうちの335M

W, 336 台の実績がある。三菱は, 1980 年から風車を作っていて, 40 kW を作った頃から, 30 年で今は 2.4 MW になっている。たぶん数年後には, 洋上風車で 7 MW クラスのものを作っていることになると思う。

大型の洋上風車にはこれまでの機構とは異なる油圧を利用したドライブトレインを採用しており, 当社において油圧機器の設計・製作を担当している下関造船所などで開発を進めている。

まとめとしては, 風車は結構いろいろ役に立つもので, 石油への依存を減らしながら暮らしていくには風車を使うのが一番で, また経済効果, 雇用効果も高いので日本でこういった技術を伸ばしていくのは非常に有効で, 実際に政府のグリーン成長戦略の中でも洋上を伸ばそうといった話が出てきている。三菱重工業は, 重電メーカーであり, そのラインナップの中に風車を入れて, 世界に向けて供給するという形で機能していこうと考えている。

7. その他

(1) 洋上風力について

欧州の洋上風力は, 大部分は水深 20m くらいの地点に設置されている。着床式で採算が取れるのは水深 50m までと言われており, それを超える深いところに欧州にはあまり需要がない。今のところ着床式の市場しかない。

浮体式は, 開発に乗り遅れた国が力を入れている。ノルウェー, フランス, ポルトガルといった北海, バルト海に面していない国々である。日本には, その両方のフェーズが出てくると思う。値段で見ると陸上が一番安く, 次は岸に近いところに建てるもの(着床式), 最後に浮体式が一番高くなって, 安いものから順に普及するので, たぶん日本でもそういう順番で開発が進む。

ただ, 浮体式がある程度のコストでできるようになると, ポテンシャルが莫大にあるので一気に市場が拡大する。浮体式の技術開発は, 当たった時に大ホームランになるので, ここは押さえておく必要がある。ただ一足飛びに陸上, 沿岸部の開発もやらなくて浮体式になっていくかということ, コスト面でなかなかそうはいかない。

洋上を選ぶ理由は, 障害物がなくて, 広くて, 風が強いということである。風が強いことで売電収入が増えるので建設費がかかるところを相殺できる。実際に北海, バルト海の洋上発電の設備利用率は 40% 近くという高い数字が出ていて, 陸上の 2 倍以上の設備利用率が出ている。だから欧州は, コストを 2 倍かけても引き合う。

ここが日本の場合, そこまで風が強くない。だから陸上よりも買取価格が何かで補助しないと, 建設コストは日本だから 1.5 倍で済むというわけではないので, ここは工夫がないといけない。もう一つ大きな違いは, 北海もバルト海も陸で囲まれている内海ということがある。太平洋は, オープンシーで, うねりなどがある。うねりとか台風に対してどう

なのかということ、北海などにはない経験なので、銚子などの条件で見極めて、大規模展開しようと考えている。

日本海側の方が欧州に近い。ただ雷がある。風の面でいうと、条件は悪くない。北海との違いというと、風の面では、海ではそんなに大きな差はない。平均風速で言うと日本のほうが欧州よりは低い。突風で比べると、日本の台風のほうが欧州の突風よりは強い。

(2) コストについて

日本では、kW30万円くらいで、1MW1基3億円となる。この価格は、海外に比べかなり高い。一番大きな理由は、建設費・輸送費である。日本では建設費の比率が半分くらいを占める。日本の場合、山の上に建てるので道路を作ったり、送電線を引いたりするコストがかかる。また、クレーン料金とか人件費などが高い。日本の場合、風車そのものの価格が倍高いというわけではなくて、台風対策、建築基準法対策をしないといけないので何割か高いのに加えて、建設費がものすごく高いのでトータルの費用は米国・欧州・中国と比べると2倍以上高くなる。

ランニングコストでは、メンテナンス・保守管理にコストがある程度かかる。三菱重工業の場合、依頼を受けて三菱から作業員が行くケースもあるし、お客さんが自前で作業をする方を雇われていて、その方に対して協力するというケースもある。また、地方の電力会社の子会社などがメンテの会社をされていて、その契約でサポートされているケースもある。

米国や欧州の例では、1箇所に100台、200台と建っていると、そこに常駐してメンテナンスをする人がいて、監視して回ってリセットボタンを押したり定期点検も1台ずつ順番に回るのが大規模な風力発電所のスタイルになっていて、三菱重工も3千台ほど米国にあるが300人くらい保守員を雇い5~6人ずつサイトに常駐してメンテナンスをしている。そうすると、風車が止まったままになっていることも少なく、設備利用率も非常に高くなる。風車が壊れてなくても安全のために止まった場合にリセットボタンを押すだけでかなり違う。押さなければ、その間は発電しない。そこまでのこまめなメンテをするかどうかで、自治体に熱心な担当者がいると自宅に遠隔管理のパソコンを持ち帰って、止まったなと思ったらマイカーで駆けつけてリセットすると、その町だけ設備稼働率が抜群に良かったりする。

また、最近の新設ユーザーに対しては、我々がフルでメンテナンスをして、常駐員を手配してサイトバイサイトで長期の稼働率保証を行うという形を基本としている。逆に、そのようなネットワーク保守の体制を整えたうえで、ネットワークを拡大することで、差別化を図っていくところである。

メンテは非常に重要で、FITでも3か月以内に修理に来る人がないと設備認定しないことになっている。これは、かつてそういうのに応じなかったメーカーがいたということ

の名残でもある。

風車の寿命は20年であるが、風車メーカーで20年持っている会社はそんなにない。風車のメーカーは、それなりに歴史はあるが、競争も激しく、倒産するメーカーも多く出してきた。結局、競争によってある程度淘汰され、企業数が絞られてきて、しかも市場は中国・米国・欧州が大きくて、そこでも地元の1社か2社しか残らない。5年前、3年前、2年前でベストテン企業は全然違っている。中国のメーカーは、多いが、10年後に残っている企業は半分以上となろう。

国内メーカーだから安心というところでもない。倒産の可能性はどこにもある。30年間続いたことがこれから20年大丈夫という保証にはならない。この30年間にIHIもヤマハも風力事業から撤退した。東芝、日立は参入したが、国内メーカーがともに切磋琢磨して世界市場に残っていければよいと考える。

(3) 国内市場と海外市場

現時点では日本の市場は世界の0.4%でしかない。これがFITによって、また環境アセスがある程度落ち着いて、毎年数ギガワット建つようになると、風車メーカーは国内市場を当てにして仕事ができるようになる。

米国でPTCという事業者への優遇制度が今年一杯で打ち切られるので、米国で風車が建たなくなる。三菱重工業の世界納入実績4千MWのうち3,600MWが米国の市場からの納入実績であるから、9割方のマーケットを米国に依存していた。日本だけに頼っていたら我々は生き長らえなかった。その米国に期待できなくなる中で、我々は国内に賭ける。米国市場が消えて、FITがスタートするという期待で1GW/年、3割は少なくともシェアをとりたい。

どこの国でも風車工場のある母国のところで3割以上は取るというのが当たり前で、初めて三菱重工業も国内で同じことができるようになった。従来、国内ではGEとかヴェスタスとか海外製品を輸入して建てたというのが多かった。それは輸入代理店を兼ねたところが開発したからである。地点開発をする人が風車の輸入代理店をしていたので、なかなか三菱風車は買ってもらえなかった。

費用に対して一定の比率で国から補助金がつく。輸入代理店にも、メリットがある。補助金については、自治体であれば2分の1、企業は3分の1に0.8をかけたものとなる。これからは、全量固定買取のため、発電電力量がかなり重要になってくる。

母国でシェアを伸ばした中国などの例によると、調達率、中国の現地調達比率が7割でないとダメと言う、あからさまな障壁を設けていた。国内で7割調達しないとイケないという、輸入できない。中国国産メーカーしか参入できない状態である。日本ではWTOの問題もあって、あからさまな政策は打ち出せない。中国政府の政策で中国メーカーのシェアが短期間に伸び、実質的な独占状態を作っている。

ポイントは、本来、公共料金は国民のお金であり、自国内にそのお金が戻るように工夫するというのが普通である。本当は、日本でもF I Tで高い値段にするのであれば、何か工夫をしないと、太陽電池と同様に、国富が海外に流出してしまう。

W T Oの関係で高い障壁をもうけることは難しい。あからさまに中国のようなやり方は良くないが、きちんとメンテするとか、落雷、津波、地震対策とか当たり前のことを要求するという考え方はあり得る。国内メーカーは、当然それにあつたものを作る。日本メーカーは世界標準からみれば、過剰なスペックとなるが、日本の厳しい気候条件に合わせた製品を作り、「3 か月以内着手」といった保守メンテの面で海外メーカーとの差別化を図っていく方向である。

P T C (: Production Tax Credit:風力発電税額控除制度)

2012年末までに供用開始する風力発電設備を対象に2.2セント/kWhの税額が控除される。制度適用期間は運転開始後10年間。

3. わが国の風力発電の現状

2011年末のわが国の風力発電設備の累積設備容量は、約250万kWとなっている。

この数年、毎年25万kW前後の導入で推移してきたが、2011年は、約17万kWに導入量が減少している。これは、固定価格買取制度への移行を前提に、新規案件に対する補助金の支出が中止され、継続案件のみの建設となったことから、新規導入量が減少したものである。

図表. 風力発電設備の累積設備容量と単年容量 (単位: 千kW)

年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
累積容量	339	582	812	1,050	1,312	1,563	1,828	2,083	2,334	2,501
単年容量	36	243	230	237	262	251	265	255	252	166

資料. 一般社団法人 日本風力発電協会

都道府県別では、風況の良い北海道、東北、九州の各県の導入量が多く、上位から青森県、北海道、鹿児島県の順となっている。中国地域では、島根県6位、山口県11位、鳥取県17位となっている。電力会社別の導入量では東北電力が最も多く55.1万kW、九州電力41万kW、東京電力35.7万kWの順となっている。中国電力は、5位で27.1万kWの導入量となっている。

図表 . 都道府県別の設備容量と台数 (2011年3月末)

(単位:千kW)

順位	都道府県	設備容量	設置基数	順位	都道府県	設備容量	設置基数
1	青森県	293	200	25	沖縄県	22	31
2	北海道	257	267	26	徳島県	20	15
3	鹿児島県	198	129	27	福岡県	17	13
4	福島県	144	80	28	大分県	11	13
5	静岡県	130	78	29	岐阜県	9	13
6	島根県	128	56	30	神奈川県	7	5
7	秋田県	125	105	31	新潟県	7	14
8	石川県	121	74	32	京都府	5	6
9	長崎県	97	74	33	東京都	4	4
10	茨城県	86	54	34	富山県	3	4
11	山口県	83	43	35	滋賀県	2	1
12	三重県	72	54	36	栃木県	1	7
13	千葉県	68	50	37	宮崎県	1	1
14	愛媛県	68	58	38	群馬県	0	2
15	岩手県	67	62	39	奈良県	0	3
16	和歌山県	65	53	40	岡山県	0	1
17	鳥取県	59	41	41	宮城県	0	0
18	愛知県	54	39	41	埼玉県	0	0
19	兵庫県	43	24	41	山梨県	0	0
20	佐賀県	43	30	41	長野県	0	0
21	山形県	42	32	41	大阪府	0	0
22	高知県	36	40	41	広島県	0	0
23	熊本県	31	26	41	香川県	0	0
24	福井県	22	12				

資料: NEDO

図表 . 電力会社別の導入量 (2012年3月末)

(単位:千kW)

電力会社	北海道	東北	東京	北陸	中部	関西	中国	四国	九州	沖縄
導入量	290	550	357	146	230	125	271	124	410	20

資料: 日本風力発電協会

4. 中国地域の風力発電の現状

中国地域の風力発電は、2000年代に入ってから本格的な導入が始まり、日本海側を中心に鳥取、島根、山口の3県において発電事業が進められてきた。中でも、2009年から稼働している島根県出雲市の(株)新出雲ウインドファームは、定格出力3千kWという大型の設備が26基設置されており、全国的にも最も大規模な風力発電設備を形成している。

設備の出力は、1,500kWクラスが主流であるが、最近では2千kWクラス以上の大型の風車が設置されている。設置設備のメーカーは、欧米のメーカーが圧倒的に多く、国内メーカーの設備は、三菱重工業や日本製鋼所といった一部にとどまっている。

経済産業省の調査によると、設備利用率は、18.9%（2008年度）で、全国平均と言われる20%をやや下回る。県別では、山口県が23.5%とやや高く、鳥取県が16.5%と低い。季節別では、冬場の稼働率が高く、夏場は低くなっている。

図表. 鳥取県の主な風力発電設備 (単位: kW)

稼働年	設置者	設置場所	定格出力	台数	総出力	メーカー
2002	泊村役場	湯梨浜町	600	1	600	三菱重工業
2005	名和町	大山町	1,500	1	1,500	Repower
2005	北栄町	北栄町	1,500	9	13,500	Repower
2005	大山ウインドファーム(株)	大山町	1,500	6	9,000	GE Wind Energy
2005	鳥取県企業局	鳥取市	1,000	3	3,000	三菱重工業
2007	大山ウインドファーム(株)	大山町	1,500	3	4,500	GE Wind Energy
2007	大山ウインドファーム(株)	大山町	1,500	5	7,500	GE Wind Energy
2007	琴浦ウインドファーム(株)	琴浦町	1,500	13	19,500	GE Wind Energy

図表. 島根県の主な風力発電設備 (単位: kW)

稼働年	設置者	設置場所	定格出力	台数	総出力	メーカー
2001	五洋建設(株)	安来市	600	1	600	Repower SystemAG
2003	多伎町	出雲市	850	2	1,700	Vestas
2003	多伎町	出雲市	35	2	70	東洋電機製造(株)
2004	島根県企業局	隠岐の島町	600	3	1,800	De Wind
2004	中国ウインドパワー(株)	浜田市	1,500	1	1,500	GE Wind Energy
2008	益田ウインドパワー(株)	益田市	1,950	1	1,950	日本製鋼所
2009	島根県企業局	江津市	2,300	9	20,700	Nordex
2009	(株)新出雲ウインドファーム	出雲市	3,000	26	78,000	Vestas
2009	江津ウインドパワー(株)	江津市	2,000	11	22,000	日本製鋼所

図表 . 岡山県の主な風力発電設備

(単位 : kW)

稼働年	設置者	設置場所	定格出力	台数	総出力	メーカー
1994	美甘村	真庭市	16.5	1	16.5	ヤマハ発動機

図表 . 山口県の主な風力発電設備

(単位 : kW)

稼働年	設置者	設置場所	定格出力	台数	総出力	メーカー
2003	油谷風力発電(株)	長門市	750	2	1,500	NKK-Lagerwey
2003	ゆやウインドパーク(株)	長門市	1,500	3	4,500	NEG-Micon
2004	(株)大星山風力	平生町	1,500	1	1,500	TACKE
2005	中電プラント(株)	長門市	1,950	1	1,950	Enercon
2007	豊北ウインドファーム(株)	下関市	2,500	7	17,500	GE Wind Energy
2007	豊北ウインドファーム(株)	下関市	1,500	5	7,500	GE Wind Energy
2007	豊浦風力発電(株)	下関市	2,000	10	20,000	Enercon
2008	白滝山ウインドファーム(株)	下関市	2,500	8	20,000	GE Wind Energy
2009	日本風力開発(株)	平生町	1,500	6	9,000	GE Wind Energy

図表 . 風力発電設備の月間設備利用率 (2008年度)

(単位 : %)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	平均
鳥取県	19.2	15.2	10.1	7.2	12.5	7.7	11.0	17.9	26.3	22.4	25.9	23.3	16.5
島根県	21.6	18.4	14.7	17.0	13.8	11.2	12.0	17.3	28.5	27.8	21.8	24.7	19.0
山口県	30.5	27.5	21.6	15.8	24.6	17.1	18.4	21.9	19.4	24.7	25.7	34.7	23.5
平均	22.8	19.2	14.1	11.0	16.2	10.9	13.3	19.0	24.4	23.7	23.3	26.7	18.9

資料 : 「中国地域における風力発電の現状と課題」経済産業省

中国地域で風力発電事業を行っている北栄町と中国ウィンドパワー株式会社に、発電事業参入の経緯、管理・運営上の問題点、行政等への要望についてヒアリング調査を行った。

北栄町地域整備課（鳥取県北栄町）へのヒアリング

（2012年5月9日）

1. 設置の経緯

当初、鳥取県企業局が調査を行い、その後、鳥取大学が風況の調査を行った。地上 70 m地点の年間平均風速が毎秒 5.68mあり、風力設置条件の毎秒 5m以上を上回ることから町で風力発電の建設ができないか検討を行った。建設に当たっては、2003年11月に住民説明会を開催した。

当時の町の予算が 30～32 億円の規模に対して、風力発電の事業費が 28 億円ということで、採算性の議論もあって非常にリスクの高い事業ではないかと言われていた。ただ、自治体の施設であることから固定資産税・法人税がかからないということがある。

風力発電の導入は、売電収入による町の財源の充実ということもあるが、鳥取県はエネルギー自給率が低く、エネルギーの地産地消と環境問題の普及啓発ということにも視点を置いている。

送電線・変電設備等の工事費に約 5 億円かかることから、9 基建てないと採算性が取れないため、1,500 kWの風車を 9 基建てた。建設に当たっては、8 社が応募し、うち上位 3 社は外国製であった。その中から総合的に勘案してドイツのリパワー社を採用した。事業費を単純に割ると 1 基当たり 3 億円である。

年間の発電量は、一般家庭のおよそ 6,600 戸の消費量に相当し、北栄町全体の約 5,200 戸を上回り、年間 13,300 トンの CO₂ 削減が見込まれ、温暖化防止に貢献している。

2. 風況

定格風速の 12.5mで 1,500 kWの発電が可能である。風車は風速が 3m以上になると発電を始め、風速が 20m以上の強風時には安全のため風車を停止する。ローターの回転数は最大 17.3 回/分であり、ブレード（羽根）の先端の回転速度が時速 250 kmに相当する。風向の変化に自動的に対応して、風車の向きを変えられるようになっている。

3. 運転実績

2005 年度からの運転実績では、2007 年度、2010 年度と 3 年に一度の割合で高い達成率を示している。年間を通して見ると、夏場の 6～9 月の発電量が落ちる。たまに故障はあるが、9 基が全部故障で止まることはなく、故障は発電量の減少の主要因ではない。設備利用率は、約 18%である。（この数字は、NEDOが公表している全国平均の 20%を若干

下回っている)

4. 管理・運用

年間予算は2億7千万円、売電収入が2億5千万円である。維持管理費が8千万円でうち修繕費が3千万円かかっている。借入金の償還残が11億4千万円で2018年に完済の予定である。なお、これまでの利益を基金として積み立てており、その残高が3億1千万円ある。中国電力への売電単価は、発電開始以来、更改していない。

年間の見学者数は、約600～700名程度である。マスコミの取材がたまにあり、対応している。中央の5号機には、現在の風速や発電出力の表示板と案内看板が設置してあり、見学者への現地説明が可能である。あとの8基については、表示板等がついてないが周囲からの見学は可能である。

5. 課題

7号機から300mのところには人家があり、騒音の苦情が寄せられた。風車を止めた状態と回転時の音量にあまり差がないことが分かり、近隣の海の波の音や自動車の騒音等の要因もあり、風車の騒音が直接影響しているとはいえないとの結論となった。また、日本野鳥の会からの要望があり、1年余分に調査を行い、渡り鳥の飛行ルートになっていないことを事前に確認している。

耐用年数は20年となっているが、原因不明の故障がたまに発生する。可変ピッチの故障が多い。冬季の雷によりブレードの破損なども起こる。鳥類の衝突(バードストライク)の事例は今までない。発電所のすべての故障情報は自動的に町の担当者の携帯電話にメールで連絡される。東京の明電舎が代理店となっており、遠隔監視・定期点検などを委託している。町の職員が電気設備管理の資格を持っている。修繕費は年々増加傾向にある。

6. 行政・電力会社への要望事項

2012年7月から全量固定価格買取制度が導入されるが、新設の場合には買取価格が23円10銭である。松本町長が風力発電推進市町村全国協議会の副会長となっており、既設の風力発電設備についても、現状に比べて高価格(15～20円/kWh)での買取の設定がされるよう国に要望している。

写真：北条砂丘風力発電所（鳥取県北栄町）



写真：風力発電の表示盤



中国ウィンドパワー株式会社（島根県浜田市）へのヒアリング

（2012年6月5日）

1. 設置・導入の経緯

代表者の矢口氏は、東京都出身の元会社員で、12年前、海外赴任から帰国したのを機に島根県にターンした。島根に来た当初、浜田商工会議所青年部の役員を務め、町おこしなどの活動に携わっていた。

地元の振興を目指して有志を募り風力発電事業を計画したが、日本海の海岸の景観にそぐわないなどの理由から島根県景観審議会でも反対にあう。景観条例には罰則規定がなく、条例に違反しても事業はできた。ただし、国からの補助金は出なくなるので、実質的に地元の反対にあうと事業は難しかった。

町おこしで商工会議所青年部の役員をしていたこともあり、市長など応援してくれた方も結構いたが、島根県景観審議会でも反対・賛成が二分して、計画はなかなか進まなかった。その結論は、島根県に委任され、最終的には条件付で認可が下り、2003年に着工し、2004年3月に竣工した。その後も地元の長浜小学校の生徒が毎年見学に来てくれるなど、地元との繋がりは大切にしている。

次に益田市に1基、江津市に11基の風力発電設備の建設を計画した。浜田市の経験を活かして、設置場所などを調査し、計画的に進めたのでスムーズに行った。益田は、商業地で周りに民家もなく、空港からも3km以上離れている。浜田の風力発電設備の土地は、私有地を借りている。借金で土地を購入してペイできる事業ではないからだ。

風力発電設備の建設には、ブレードなどの丈の長い部品を運搬するための道路を確保する必要があるが、もともと風力発電は採算の良い事業ではないので、設置場所を選ぶ際に風況だけでなく、部品の運搬のために既存道路が利用できる場所を考えた。それでも設置台数が増えれば、コストは下がってくるので道路を作ることもありえる。浜田の場合、35mの羽根を運ぶために、途中の曲がり道にある崖岩を削ったり、ガードレールをはずすなどの措置が必要だったが、道路を作るところまでではなかった。

益田の土地も借りているが、一部は海岸になる。羽根の一部が海に掛かるので国交省、島根県の両者に届出し許可を得た。港にも掛かるので港湾局にも届ける必要があった。景観に関する届出もあったが、商業地なのでスムーズにいった。

2. 設備の内容

浜田の設備は、米国のGE社製である。最初の設備を輸入にしたのは、当時の日本のメーカーが三菱重工業だけで輸出向けに1千kWのものしか作っていなかったからだ。外国製は品質的にも、アフターフォローも問題があり、日本の複雑な風況に合うものではなか

ったが、結局GE社のものを採用した。出力1,500kWのもので価格は、フルターンキー契約で系統につなぐ費用なども含めて土木・設備 据付費用込みで3億6千万円かかった。

益田、江津の設備は日本製鋼所製を採用した。性能より大事なのは、メンテナンスである。海外製はブラックボックスで、いくら据え付けたのが日本の会社でも中身までわからず、製造元に問い合わせてもなかなか教えてくれない。風車の中身は複雑でロボットに近い制御が必要である。太陽光は単純で、ただ置いておけば良いが、風力設備は予測し難い日本の風を制御するため、ロボットに近い構造で複雑である。

益田は、日本製鋼所の第1号機で初物ということで安くしてもらった。2千kWの出力でトータル4億円ぐらいかかった。今だったら5億円ぐらいにはなる。従来の海外の風車とは全く異なる最新のタイプのものである。従来の発電機は機械のギア(増速機)が中にあるので回転数を上げて発電している。ところが、今回導入した日本製鋼所製の風車は増速機が不要でプロペラに永久磁石を使う発電機が直結しており(同期発電機というが)、発電効率が良く、部品点数が少なくシンプルで静かであり、ギア損失もない。

3. 設置点の選定理由

江津には、11基のほとんどを海岸沿いの砂浜の上に建てた。風況がよさそうだったので、実際に測定して決めた。周りに民家が少なく、部品の運搬が容易であったことも江津を設置点に選んだ理由である。益田と江津には、同じ日本製鋼所の風車を採用して、同時期に建設している。

4. 風況について

浜田は初めての経験でもあり、1年間、風を測って、ある程度の風量を確認して実施したが結果的に風力発電には向いていない場所だった。南側に山があり風が遮断されるので360度の方向から風を拾うことができない。益田は益田川の河口の扇状の土地の真ん中にポツンと立地していて、360度の方向から風を拾うことが可能である。浜田は山に遮断されていて、平均風速はあるが夏の南からの風がない。ただ、立地条件にはある程度の電力需要地に近いことも必要である。総合的に考えると、浜田の中ではベターな場所だと思う。今現在なら、ここに建てようとは思わないが、1基目でもあり地元の浜田から始めて、両サイドに拡げていこうと考えた。

年間の設備利用率は、約20%程度である。北海道など35%出ているところもある。中国地方の中では山陰方面の方が風況は良いが、全国的にはあまり良い方ではない。全国的には、北海道、東北、九州方面の風況が良い。

同じところに立てて、同じ発電量があっても、風車の出力によって設備利用率は、変わってくる。出力が大きい方が設備利用率を求める算式の分母が大きくなって、設備利用率は下がる。出力が2千kWと浜田より出力の大きい益田の設備利用率は20%を切る。問題

は、設備をいくらで作って発電して、いくらで売れるかにある。益田のほうが設備利用率は、落ちるけれども発電量は多い。

益田の羽根は室蘭で作って、発電機はフィンランド製、タワーの鋼板は日本製、製缶は中国製である。各地から集めて作っている。室蘭は、もともと原子炉とか大砲など大きいものが得意であった。大きいので置いておくだけでも結構なスペースをとる。部品の輸送は船で運ぶが、益田は港がそばにあったのでその点便利だった。

5. 故障・トラブルについて

故障・トラブルといろいろな理由で止まる。2011年までは、設備利用率は16%程度だった。結局どういったものも正しく100%動くわけではない。自動車のように何千万台も作って、こなれてくれば別だが。

風車は、まだこなれていない。また、高価なものなので簡単に壊れてもらっては困る。壊れないように運転条件が厳しい時には事前に制御をかけて止める。(風が吹きすぎると羽根を調節して風を逃がす)カットアウトは25m。その調節に使うコンバーターが夏には熱くなって故障が起こる。また、羽の先端の速度は新幹線よりも早いので振動が起こり故障が起こる。日本製鋼所のものは第1号機なので、ネジがゆるむといった予期しなかったトラブルが起こった。そのため壊さないように、何か異常があれば、その都度運転を止めた。壊れる前に止める。そのため当初計画より長い間止めたことで稼働率は落ちた。風の少ない時は負荷も小さく故障しないが、発電量は少ない。風が強い時に発電効率は良いのだが、故障を回避するため、すぐ止めてしまう。風が強く発電量の多い稼ぎ時に止まってしまう。

当地域は、雷が多い。冬の方が雷の威力が大きく故障が多発する。バードストライクについては、トンビなどが当たって止まる。ただ、鳥の影響も考え立地点を選定している。クマタカ、オオワシなどの保護鳥や渡り鳥のコースなどに気をつけている。

メンテ・修理については、浜田の設備はフルターンキー契約でGE社製のものを日本製鋼所を買わせて据え付けていて、メンテは日本製鋼所が行っていて、担当者は、室蘭から来ている。部品の取替えは余りなく、定期点検などが主である。定期点検の頻度は半年に1回。ボルトの締め直しは1年に1回必ず行う。浜田の設備は、東京から日本製鋼所のメンテナンス会社が遠隔監視している。益田の設備は、静岡の明電舎が行っている。ネットワークで繋がっていて、ここでも見られる。明電舎で手に負えない故障は、日本製鋼所の室蘭で対応する。室蘭は、全国で110基の風車を監視している。結局、13基全部の風車が故障で止まっていることはなくて、年間通じて1基か2基が時々止まっているというイメージである。中国電力の定期点検での停電の時は、止めないといけないので、江津などはこれで年間5、6日止まる。浜田はもっとあって、月に1回か2回は中国電力の変電所、電柱、電線などの停電作業のため止まる。

100%が中国電力への売電である。浜田は15年間契約で、毎年同じ価格で売電している。益田と江津は17年契約である。投資回収の期間については、当初の計画では15年で返済終了の予定だったが延びている。

ぎりぎりの採算で回っていて、今回の固定価格買取制度で既設の設備についても補助金差し引き後の価格での設定を陳情してきた。当初の採算見通しが甘かったといえる。ユーラス・エナジーホールディングスやJパワーなど大手も赤字である。市町村も赤字で、既設の設備にも適用しないとつぶれる。新設だけに適用してもあまり増えない。むしろ既設にも適用することで財務体質を改善させる方が良い。

当社ではコストを下げるために私を含め従業員がメンテのために80mのタワーに登っている。1日4、5本に登る。社員は3名。結構ケアが大変で、たとえばパソコンの不具合が起こっても、原因がPC側にあるのかモデム側にあるのかわからないと同様で、いかに早く原因を見つけて的確に対応し、早く風車を動かすことが大切である。

当社の場合は、工場と密にホットラインで話をするので、原因が分からないことは少ない。むしろ室蘭からパーツを送ってもらうのに時間がかかる。出雲市多伎町の風車は、ヴェスタス製（デンマーク）でよく故障していると聞く。多伎町が直接管理しているので1か月は平気で放置される。風車で大事なものはメンテナンスを頻繁に行い、故障したら、いかに早く動かすかということである。

6. 今後の見通しと課題

今までの採算状況が厳しかったが、今回既設にも（買取価格から補助金分を減らしたかたちで）適用になれば、財務体質が安定するので、そうなったら次の事業も考えてみようかと思っている。

風車事業で一番大事なのは、地域貢献（地域にお金が落ちること）と考えている。江津では、住民と一緒に海岸のゴミを拾う活動を毎年行っている。最初は騒音（基準は超えていないが不快な音）などの苦情があり、メーカーと一緒に音を減らす工事などの対策を行い、住民に謝りに行った。一番近い家は150mのところであり、最後には家の窓に二重サッシを取り付けたりした。我々は民間企業なのでお金がある限りはすぐに対応できたが、行政の事業では騒音も基準を超えていない限り対応が難しいようで、住民の苦情が減らないようだ。

また、江津は竣工式も止めて、その費用（百万円ぐらい）を寄付した。そうしたことで、年々少しずつ住民の方にも理解が得られるようになり、今は苦情がゼロの状態である。こういった住民への対応が大事で、やはり顔をみないとダメだ。江津市には昨年、固定資産税を7千万円納付している。江津市にとっては、何もない海岸に風車が11基立っただけで毎年7千万円の税収が増えている。島根県企業局は、60億円で作っているのだから税金も1億円払っている。市町のメリットに税収が増えることもあるが、もう一つ固定資産税など

未納の問題で、風車ができて安定した税収が増えることで未納率が下がり（徴収率が上がり）、これによって徴収率に応じて決められる国からの地方交付税交付金が増え、収入アップに繋がる。

風車事業はNPOに向いていると考え、NPOの設立を予定している。1基だけだと採算が悪い。同じ道路を直すのでも1基だけのために直すのと10基あるところを直すのでは違う。ところが、1基ずつ津々浦々に作ったほうが景観の問題とか地元の負担も少ない。また、遠くから電気を送ると110ぐらい発電して送らないと100届かない。目の前にあれば効率良く電気がもらえる。

今は風況によるところもあるが、蓄電池など開発が進めば、エネルギーの地産地消をNPOの形でやろうと思っている。少し前に経済産業省の補助金が民間だと補助金3割だが、NPOは2分の1になった。中国電力から系統の枠をもらい、始めようとした直前にリーマンショックが起こり補助金もなくなって頓挫した。地元の金融機関を使って地産地消でやろうとしたが、サブプライム、リーマンショックの影響で融資も受けられなかった。資金調達は、江津は山口銀行一本で調達した。益田は山陰合同銀行と商工中金が半々である。浜田は信用金庫と山陰合同銀行と商工中金に融資を受けた。

地元の理解が一番重要である。電磁波の影響については、科学的根拠は今のところ確認されていない。精神的な影響が強いと思う。嫌っているから具合が悪くなる。今後、利益が出れば、街灯を付けたり、松枯れ病の対策とか地元貢献することに活用していきたい。再生可能エネルギーは地域分散型で、大手に任せるのではなく、地元資本で作って地元で売る。そうすれば利益も地元で落ちて、雇用も生まれる。

今後も、技術の進歩は起こるものと考え。垂直軸タイプの効率の良いもの、羽が水平に回るタイプのものが大型化されたり、技術が進む可能性は十分あると思う。EVもつい最近までは、走行距離が短いとか蓄電池の容量が少ないとかで、なかなか普及が進まなかった。固定価格買取制度があるから、企業もがんばって開発し普及が進むわけで、ここまで普及の兆しが見え始めている。

当面は、2千kWがスタンダードで普及し、羽根は100mのものが主流になってくるだろう。最大出力は、3千kWになるか5千kWになるであろう。最大出力だけが良ければというものではない。欧州では100mの羽根が主流となっている。羽根が大きいと受けられる風も多く、力が出るので出力が大きくなる。

欧州では、洋上風力の大規模な5千kWといったものも出てきているようだが、洋上風力は発電コストが高いので羽根を大きくしないと採算がとれない。日本では着床式（海底に基礎があるもの）で発電コストは一般の風力の5倍といわれている。浮体式（フローティングタイプ）では10倍となる。ただ、地上に立てる場所がなくなると、やがては洋上風力になってくる。普及が進むと数が増え、スケールメリットで単価は下がってくる。

ドイツでは買取制度で導入が進み、やり過ぎて高すぎたという話になっている。日本は

始める前からそんな話をしても始まらない。まずはやってみることが大事である。価格は毎年見直すことになっているので、まずはやってみればよいと思う。

7. 行政・電力会社への要望事項

買取制度に関連して、既設のものについては価格を上げてほしい。既設にそのまま適用するのではなくて、新設に対する補助金は返した計算で価格設定をする。あくまで公平にするということである。（その後、既設適用が決定された。）

電力会社に対しては、買取制度は全量買取といいながら全量でないところがある。買い取りを拒否できる条件である。そのあたり買取の条件をできる限り最大限に配慮して全量買取に近づけてもらいたい。電力会社にとって再生可能エネルギーは好ましい電源ではないと思う。あまりウェルカムでないところがある。発送電分離の話もあるように、安定供給という意味では一概にどちらが良いとは言えない。

今までは原子力に頼りすぎていたため、再生可能エネルギーの普及が遅れ、コストが下がらなかったという反省がある。もともと地球温暖化防止の面から開発されてきた再生可能エネルギーが今は優先順位が逆転してしまっている。蓄電池の開発が進めば、風力で発電した電気も貯蔵しながら安定供給できるようになる。

写真：生湯風力発電所（島根県浜田市）



第2節．風力発電の技術開発の方向性

1．大型化

風力発電システムで最も多く用いられているプロペラ式の風車は、年々、その大型化が進められてきた。1980年代は、50kWから300kWの中型の風車が主流であったが、1990年代の後半になると1千kWクラス以上の大型風力発電システムの風車が開発されている。その後、さらに大型化が進み、現在では2～3千kWクラスが主流でそのタワーの高さは60～80メートルに達し、風車の直径は80メートルを上回り、一番高い位置で120mに達し、30階建てのビルに相当する高さとなる。

風力発電システムの大型化を進めるのは、風車の位置を高くするほど風況が良いことと、規模の経済性から発電単価が下がるためである。一方で大型化すれば、地震や台風などに備えて使用する鋼材の強度の向上などが課題となってくる。

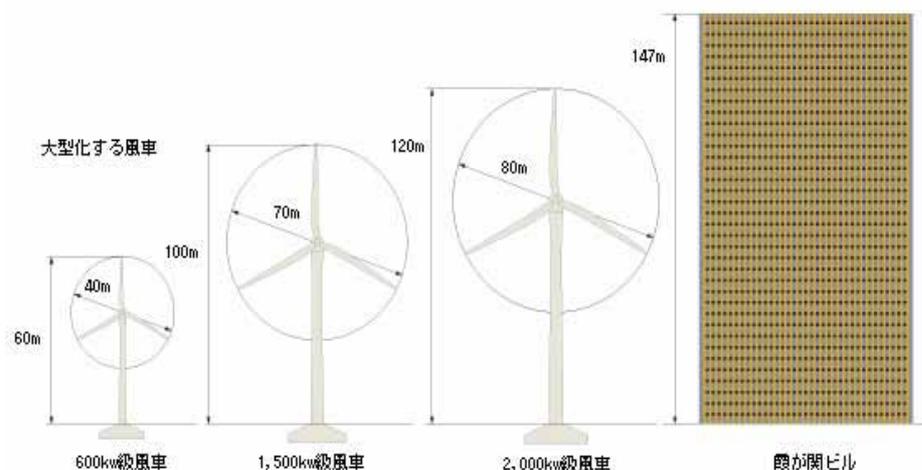
図表．主要国の風車の規模の推移

(単位：kW)

	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
中国	931	1,079	1,220	1,360	1,469	1,548
米国	1,667	1,669	1,677	1,731	1,875	1,982
ドイツ	1,848	1,879	1,916	1,976	2,047	2,217
スペイン	1,469	1,648	1,837	1,904	1,915	1,878
インド	926	986	999	1,117	1,293	1,126
世界平均	1,419	1,494	1,566	1,595	1,655	1,678

資料：「風力発電関連機器産業に関する調査研究」報告書（一社）日本産業機械工業会

図表：大型化する風車



2. 洋上風力

ドイツには、定格出力 6,000 kW の設備がある。これはローター126m、ハブの高さが135mにおよぶものである。陸上でこのような大型の設備を設置するのは困難であり、海上の設置を想定したものである。

障害物のない洋上は、風が安定的で比較的強く吹き、暴風や突風の危険性が少なく、騒音問題も回避できる。ただし、遠浅で杭を打てる固い岩盤が下にあることが必要となる。また、洋上から新たに送電設備を建設するのにコストがかかる。

ドイツの場合、洋上風力発電は、北海やバルト海などに恒常的に吹く風を利用したものである。陸から 40m離れた場所の海面から 120～140mの高所に巨大な発電設備を設置する計画である。ただし、電力需要の多い中部や南部までの送電線の建設に多額のコストがかかることが問題となっている。現在の送電設備では不十分で、2025 年までに約 3,700 kmの高圧送電線の建設が必要であるとの調査もある。

わが国の洋上風力発電は、実証研究段階で 2012 年 8 月に長崎県五島沖で試験機が本格的に運転を開始している。陸上に接岸する形で行っている洋上風力発電は、北海道、山形県、茨城県の 3 箇所ですでに事業化されており、一部は、今後、本格的な洋上への転換が進められる予定である。

中でも東日本大震災のあった福島県沖には、1,000MWの大型の浮体式洋上風力の開発構想があるが、経済性のみならず、漁業権などの課題が予想されている。

図表．世界の主な着床式洋上風力

発電所名	出力 (MW)	設置国	稼働年
Horns Rev	1 6 0	デンマーク	2 0 0 2
Nysted(R dsand)	1 6 6	デンマーク	2 0 0 3
Princess Amalia	1 2 0	オランダ	2 0 0 8
Lynn and Inner Dowsing	1 9 4	英国	2 0 0 8
Horns Rev	2 0 9	デンマーク	2 0 0 9
Bligh Bank (Belwind)	1 6 5	ベルギー	2 0 1 0
Gun fleet Sands	1 7 2	英国	2 0 1 0
Robin Rigg(Solway Firth)	1 8 0	英国	2 0 1 0
R dsand	2 0 7	デンマーク	2 0 1 0
Thanet	3 0 0	英国	2 0 1 0

資料：資源エネルギー庁

図表．世界の浮体式洋上風力

発電所名	出力 (MW)	設置国	稼働年
Hywind project	2 . 3	ノルウェー	2 0 1 0
Principle Power	2 . 0	ポルトガル	2 0 1 1

資料：資源エネルギー庁

図表．浮体式洋上ウインドファーム完成イメージ



資料：資源エネルギー庁

3．系統連系技術

風力発電は、再生可能エネルギーの中で最も出力変動の大きい電源であり、年々発電出力が増大すると、送配電網に接続することを前提とした電力の安定供給技術の開発は、最も重要な課題である。

天候等による短周期の出力変動対策は、風車自体の出力制御で風車単体レベルである程度可能となっている。また、ウインドファーム内の連系、ウインドファーム間の連系で最大出力制限運転、出力上昇率制限運転などの運転制御を行えば、長周期ならびに短周期の出力変動対策に有効と考えられている。

さらに、蓄電池システムを併設することで、短周期のウインドファーム出力変動平準化を目指した制御技術の研究開発が進められている。蓄電池が出力変動にとって有効であることは、すでに実証されてはいるものの、蓄電池自体の価格が高いことが大きな課題となっている。

第3節．風力発電の経済性

1．風力発電の発電単価

2011年12月の政府のエネルギー・環境会議コスト等検証委員会の資料では、風力発電の発電コストについて、以下の試算を行っている。

陸上風力

	設備利用率(%)	稼働年数(年)	下限単価(円/kWh)	上限単価(円/kWh)
2010年モデル	20	20	9.9	17.3
2030年モデル	20	20	8.8	17.3

洋上風力

	設備利用率(%)	稼働年数(年)	下限単価(円/kWh)	上限単価(円/kWh)
2010年モデル	30	20	9.4	23.1
2030年モデル	30	20	8.6	23.1

資料：エネルギー・環境会議コスト等検証委員会資料

この試算によると再生可能エネルギーの中では、地熱が最も発電単価が安く、2030年モデルで8.3～10.4円であり、それに次いで、陸上風力となっている。

2．風力発電の事業化試算

風力発電の事業化について出力1千kWの設備を対象に以下のとおり試算をした。この試算では、10年目に黒字となり投資回収が可能となる。ただし、この試算では、土地代が含まれていない。

図表．風力発電の調達価格・調達期間

買取区分		20kW以上	20kW未満
費用	建設費	30万円/kW	125万円/kW
	運転維持費 (1年当たり)	6.0千円/kW	
IRR		税前8%	税前1.8%
買取価格 (1kWh当たり)	税込	23.1円	57.75円
	税抜	22円	55円
買取期間		20年	20年

資料：経済産業省資源エネルギー庁

【試算】1千kWの風力発電設備を設置した場合

費用

建設費：1千kW：3億円

年間の運転維持費：6千円×1千kW＝600万円

10年間の必要費用：3億円＋6,000万円＝3億6千万円

収入

風力発電の一般的な設備利用率：20%程度

年間発電量：1,000kW×0.2×24h×365日＝175.2万kWh

年間売電金額：22円×175.2万kWh＝3,900万円

10年間の売電収入：3,900万円×10年＝3億9,000万円

第4節．風力発電の課題

1．安定供給性

(1) 激しい出力変動

風力発電は、再生可能エネルギーの中で最も出力変動が大きい。風力発電は、不定期に運転と停止が繰り返される言わば間欠性の電源であり、短時間に出力が大きく変動し、太陽光よりも供給力の想定が難しい。

システムに取り込む電源としては、ピーク時間帯に出力が途切れず、需要増加に伴い給電指令により稼働できる電源が望ましく、風力は適当とは言いがたい。そのため、大量に導入されれば、ピーク時の火力発電によるバックアップが必要となってくる。

(2) 季節変動

風力は、風が弱い夏場に発電量が少なく、冬場に発電量が多い。そのため、発電量が伸びる冬場の故障に備えて、夏場を整備期間に充てるということもある。従って、日本の夏場の電力需要のピーク時に対応できないことが予想される。

(3) 低い設備利用率

風況の良い北海やバルト海では年間を通して安定した風が吹き、設備利用率は30～40%に達すると言われている。一方、日本の風力発電の平均的な設備利用率は、20%程度にとどまる。中国地域では、山口県が23.5%で20%を上回るが、島根県19%、鳥取県16.5%とあまり設備利用率が高くない。この低い設備利用率については、風況の問題のみでなく、台風や落雷など厳しい気象条件による故障の発生もその要因と考えられる。

(4) 系統連系

電力会社との系統連系の条件として「100Vの電圧で出力する施設であれば95～107V，200Vであれば182～222Vの範囲内」という規定がある。現状では，風力発電のシェアが非常に低いため系統は安定しているが，今後，風力発電の増加によって，新たな電圧平準化システムや大容量蓄電システムの設置が必要となってくる。

2. 経済性

わが国の風力発電設備は，乱気流，落雷，台風などの厳しい気象条件への対応や耐震強度を上げるため厚みのある丈夫な鋼材の使用が求められることなどからコスト高になる。また，国内の風力発電設備の多くは，欧米などの外国製で，故障や劣化による部品の取替えのたびに海外からの調達となり，メンテナンス費用がかかる。

わが国においては，風況がよく建設しやすい土地が年々少なくなっている。新設する場合，急峻な崖の上や海岸沿いへの立地ということになり，設備を運搬するための道路や送電線の建設が必要となってくる。

3. 環境問題

(1) 騒音と景観破壊

風車の風切音が騒音問題となっている。また，同様に低周波の発生による健康問題を指摘する向きもあるが，その科学的な根拠は明らかになっていない。そのため，環境省では，風力発電施設の騒音・低周波音に関する検討を進めており，各種調査・研究を実施し，今後何らかのガイドラインの設定などが検討される予定である。

また，風力発電設備の多くは，自然景観の優れた地点にあり，景観の悪化を招き，周辺住民との調整が必要となっている。また，風力発電に繋ぐ送電設備の設置については，電磁波の発生を危惧する向きもある。

(2) バードストライク

野鳥などが発電設備に激突することをバードストライクと言う。風力発電設備は，風況の良い地点に設置されるが，渡り鳥の経路と一致する場合も多く，国内でも多くの衝突死の事例があり，自然保護の観点から問題となっている。また，イヌワシやハチクマなどの希少猛禽類は，ネズミなどの小動物を餌にし，生態系の頂点にあり，それらの減少は生物多様性の観点から生態系の崩壊につながりかねないという指摘もある。また，バードストライクによる設備の損傷や故障も大きな課題と言われている。

写真：イヌワシ



写真：ハチクマ



4．導入ポテンシャル

風況がよく，系統への連系が容易な地点はすでに開発が進み，新規地点は絞られてきている。

全国的には風況のよい北海道，東北地方が好適地だが，系統連系の余裕がない。中国地域は全体としては系統連系に余裕があるが，設置場所によっては送電設備の増強が必要になる地点がある。

5．建設・運転・管理

(1) 長期のリードタイム

風力発電は，発電開始までのリードタイムがメガソーラーなどに比べて長い。風況の良い立地点の選定，周辺環境対策，系統連系の手続き等に長期間を要するためである。日本で大型風車を開発する場所は，居住地から 500m 以上離れている海岸線，丘陵地帯，高原，農地といったことになる。この地点に，建築基準法上，都心部と全く同じ耐震設計が要求されることになる。

欧州の風力発電は，農業の副業という形で普及が進んできた。日本では，農地に風車を建ててはならないことになっている。農地については，土地の用途を農地から生産用地に変更する手続きが必要で，農地転用手続きだけで 1 年程度も必要となる。また，自然公園法に基づき公園内への立地もなかなか認められないようになっている。

新規地点への設置は，新しい道路の建設や送電線の新設などが必要な場合が多く，さらに工事期間の長期化をもたらす。

なお，2012 年 10 月から環境影響評価法が見直しとなり，発電容量 1 万 kW 以上の風力については，原子力や火力などの大規模電源と同様の規制を受けることになる。

(2) 天候の影響

運転開始後も、わが国の場合、乱気流、落雷、台風の発生といった天候の変動が多く、それが発電設備の故障の大きな原因となっている。中国地域の場合は、多くの設備が日本海側に設置されており、冬場の落雷による故障も多い。

(3) 故障による停止

風力発電設備は、ハイテクで高価なため、小さなトラブルでも緊急停止し、大きな事故による損害を未然に防止するシステムとなっている。従って、原因不明の故障も多く、修理に手間がかかる場合が多い。

中国地域の風力発電設備は、欧米等の外国製が多く、交換部品の調達や設備の修理に時間がかかる。そのため、発電事業者自身でのトラブルの解決が困難な場合も少なくない。

6. 風力発電産業の成長性

(1) ハイテクの加工組立型産業

風力発電産業は、ハイテクの加工組立型で産業の裾野が広く、再生可能エネルギーの中では雇用の創出面でも優れている。

世界風力会議（GWEC）の「Global Wind Energy Outlook 2010」では2010年末における世界の風力発電について、その市場規模は、風車6.5兆円、関連部品5兆円であり、風車産業の雇用は63万人と推定・公表している。

また、日本風力発電協会の推定によると、国内の風車の生産額は年間約1千億円であり、関連産業を含めると約3千億円以上となっている。なお、風車メーカーの直接雇用は1千人以上であり、関連産業などを含めると約1万人の雇用となっている。なお、中国地域には、風力発電の関連メーカーがほとんどなく、あまり直接的な効果は考えにくい。

わが国のメーカーの輸出については、太陽光と同様に中国など新興国のメーカーの台頭と為替相場の影響で苦戦している。世界市場における国内メーカーのシェアは、2008年の21%から2010年には2%と急激に縮小している。

(2) 洋上風力の可能性

陸上における風力発電の開発は、適地が年々少なくなってきており、洋上風力の開発が今後、有望視されている。洋上風力は、障害物がなく安定した風況で騒音や景観問題もないといった利点がある。

ただ、陸上の建設に比べ設備費、建設費、送電線建設費、維持費などが高く、コストの問題をクリアしていくことが大きな課題である。洋上風力は、遠浅で岩盤が固いところに建設することが望ましいが、わが国の場合、急に深くなっており、岩盤もあまり強固ではない。また、設置に当たっては、行政や漁業関係者との調整などの問題もある。

第4章 バイオマス発電について

1. バイオマスとは

バイオマスは、化石資源でない再生可能な生物由来の有機性資源であり、木屑、間伐材、生ゴミ等の多様なものが原料となる。また、バイオマスは、食料、原材料、エネルギーなど様々な用途で使用されている。そして、エネルギーについても、電力、エタノール、水素、メタンガスといったものが生産される。このようにバイオマスは、多種、多様、多用途という複雑な特徴を持っている。

バイオマスを燃焼して出たCO₂は、生物の成長過程で吸収・固定されたものであり、結果としてCO₂を増やさない。そのため、バイオマスの利用は、カーボンニュートラルといえる。

2. バイオマス発電の状況

(1) バイオマス発電の特徴

エネルギー資源を利用するに当たって、求められる条件として、大量、安定、安価といったことが挙げられる。すでに、前述したとおり、太陽光や風力については、現状では、これらの条件を満たしてはいない。

まず、供給力の面だが、火力発電では、1ヘクタール当たり2万kW以上の発電が可能であると言われている。再生可能エネルギーでは、太陽光が700kW/ha、風力が800kW/haの発電が可能である。一方、木質バイオマス発電では7千kW/haの発電が可能で、1桁高く、火力発電の約3分の1に相当する。設備利用率についても、廃材など季節に左右されないものを利用すれば、90%以上も可能と考えられる。

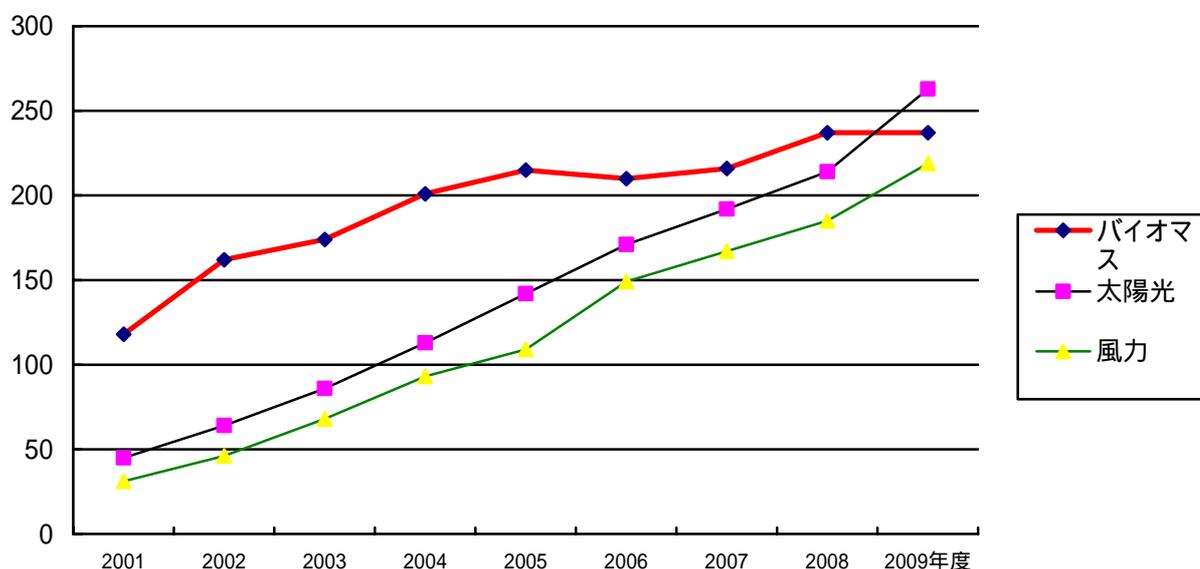
また、太陽光や風力は、電力需要に合わせた発電が難しいが、バイオマス発電はそれが可能であり、安定した電源といえる。林地残材などは低密度に散らばっており、安価に大量収集することが難しい。しかし、製材残さや黒液など工場で発生する資源は、収集コストがかからず大量に利用が可能となる。さらに、バイオマスの種類について単一種類の収集を進めれば、発熱量などの均質化が図られるという利点もある。

(2) 導入状況

わが国のバイオマス発電（廃棄物発電を含む）の導入状況を見ると、2009年度には237万kWで、2001年度に比べ約2倍程度の導入量となっている。2008年度に導入量のピークとなったが、2009年度は横ばいとなっている。これは、廃材や製材残さなど木質バイオマスの利用が、飽和状態に達しているためである。再生可能エネルギーの中では、太陽光や風力に比べて、なかなか導入が進まないと言ってよい。

図表．主な再生可能エネルギーの累積導入量の推移

(万kW)



資料：EDMCエネルギー・経済統計要覧

3. 中国地域のバイオマス発電の状況

(1) 中国電力株式会社における木質バイオマス混焼

中国電力株式会社は、新小野田発電所において、山口県森林組合連合会と日本樹木リサイクル協会から、三隅発電所においては、島根県素材流通協同組合から供給を受けた木質チップを使用し、石炭との混焼による発電実証試験を行っている。

図表．中国電力株式会社の木質バイオマスと石炭混焼の概要

発電所名	発電出力	バイオマスの種類	年間使用量	年間CO ₂ 削減量(見込み)	年間発電電力量(見込み)	運用開始
新小野田	50万kW×2基	林地残材など	約3.5万t	約2.9万t-CO ₂	約3,500万kWh	2007年8月 2011年増設
三隅	100万kW	林地残材	約3.0万t	約2.3万t-CO ₂	約3,200万kWh	2011年2月

資料：中国電力ホームページより作成

(2) 岡山県真庭市の取組み

真庭市は、岡山県北部に位置し、市の面積の約6割が森林で、林業・木材産業が盛んで

ある。真庭市における木質バイオマスの取り組みについては、「真庭バイオマス集積基地」を拠点とした流通システムと集成材製造の「銘建工業株式会社」による木質ペレット製造・販売および発電利用に大別できる。

地元の中小製材所や個人から持ち込まれた林地残材・製材所廃材等については、どのような状態であっても全量買い取られている。買取価格は樹種によって異なり、スギが3,000円/トン、ヒノキ4,000円/トン、広葉樹が5,000円/トンである。集積基地では、販売先の要望に細やかに対応できるように、樹種ごとに木質バイオマスを選別・貯蔵しており、それぞれ木質チップへの加工や樹皮の粉碎・乾燥等を行っている。製造した木質チップはその大半が製紙工場に原料として出荷されるほか、一部は市内の製材所や施設等でバイオマスボイラーの燃料として利用されている。

銘建工業株式会社は、大手製材メーカーであり、主に集成材の製造・販売事業を行っている。原料となる木材を集成材等の製品に加工する過程において、その約2割にあたる大量の木質系廃棄物（プレーナ屑、端材等）が発生する。銘建工業では、その資源を有効活用して事業領域を拡大するため、木質ペレット製造・販売と発電利用を行っている。

発電利用については、主にプレーナ屑を燃料としてバイオマスボイラーを稼働し、1時間当たり約20トン発生する蒸気のうち、約14トンを発電に、残りの約6トンを工場内の暖房に利用している。本社工場では、出力2千kWの発電機を24時間フル稼働して、工場内の使用電力を賄っているほか、夜間に発生する余剰電力の売電を行っている。

4. バイオマス発電の課題

(1) 経済性

バイオマス発電は、太陽光や風力と違って、燃料の収集、運搬、加工といった過程においてランニングコストがかかることが挙げられる。

2011年12月の政府のエネルギー・環境会議コスト等検証委員会の資料では、バイオマス発電の発電コストについて、以下の試算を行っている。バイオマスについては、石炭火力での混焼などでは、経済性があるものの、専焼の場合、発電単価がかなり高い。

バイオマス専焼

	設備利用率(%)	稼働年数(年)	下限単価(円/kWh)	上限単価(円/kWh)
2010年モデル	80	40	17.4	32.2

バイオマス混焼

	設備利用率(%)	稼働年数(年)	下限単価(円/kWh)	上限単価(円/kWh)
2010年モデル	80	40	9.5	9.6

電力中央研究所の朝野主任研究員の調査によると、R P Sでの取引価格が約 11 円 / kWh であり、それに相当する中国・四国地域の発電所着単価は 3~8 千円 / 絶乾トンとなっている。F I Tの買取価格は 15~20 円 / kWh であり、R P Sの約 2 倍であることから、6~16 千円までであれば、石炭火力での混焼が可能となる。

しかし、実際の林地残材チップの価格は、最も良い条件であっても 2 万円であり、平均的には 4 万円を超えるという。価格が高い理由は、輸送費がかかることで、発電所までの距離が製材残材チップで 50~100 k m、林地残材は 200 k mを超えるためである。輸送コストがトン当たり 1 万円以上となるため、混焼利用の拡大には輸送コストの圧縮が大きな課題となる。

朝野主任研究員は、結論として、林地残材を全量発電利用できる買取価格を設定するならば、35 円 / kWh の買取価格の設定が必要であるとしている。また、林地残材チップの販売によって森林所有者が得られる収入はわずかであり、製材残材チップの売り上げは、製材所の全売り上げの 5%に満たないため、あまり儲かる事業とは言えないとしている。

(2) 利用連携

バイオマスは、燃料の収集・輸送という川上工程とエネルギー利用の川下工程を地域内でうまく連携させる仕組みづくりが普及拡大のカギであると言われている。

未利用木材バイオマス発電の場合、森林所有者から素材生産業者、チップ加工業者そして発電事業者にいる一連の流れの中で相互依存関係を継続可能なものにしていくことが重要なポイントとなる。それには、各段階において適正な収益配分がなされる必要がある。最終的な売電収入から換算して、それぞれの段階に適正な配分がなされればよいが、川上の森林所有者の手元に現金が残るような収益配分はなかなか厳しいと言われている。

そのため、F I Tの長期安定的な制度運用により経済的インセンティブを維持することは、バイオマス発電事業にとって極めて重要であると考えられる。

第5章 潮流発電について

1. 潮流発電とは

潮流とは、月と地球と太陽の引力関係に寄り、海面が周期的に上昇と下降を繰り返す潮汐という現象によって生じる海水の流れを言う。海岸付近または海峡の潮流は、一般に約6時間周期で転流を生じる（上げ潮、下げ潮）。この海水の流れ（運動エネルギー）を利用し、タービンを駆動させて発電を行う方式を潮流発電という。海外では英国などで潮流発電の実証研究が進められている。

瀬戸内海には、鳴門海峡、明石海峡、来島海峡といった潮流の速い地点が多く、潮流発電設備の設置が有望であることに着目し、研究開発が進められている。潮流は、周期的で予測可能なため、安定供給が期待できるエネルギーと言われている。発電効率も40～70%と見込まれ再生可能エネルギーの中では高い。

2. 広島工業大学の上嶋教授の研究

広島工業大学教授の上嶋英機氏は、長く産業技術総合研究所中国工業技術研究所において、瀬戸内海の大規模水理模型（水平縮尺1/2000）を使った実験などで瀬戸内海の潮流について研究を進められてきた。

今回の研究は、潮流発電をどの場所に、どのような発電機を、どのように置けば良いのかを目的に行うもので、特に、瀬戸内海に架かっている橋の橋脚部の空間を活用した潮流発電技術の要素研究を進めるものである。この技術開発の目標は、2020年度に発電コスト20円/kWhを実現する要素技術の開発であり、潮流発電需要の確保・拡充に向けた新社会システムの構築を目指すものである。

潮流発電の設備を実際に設置し、発電するに当たっては、漁業関係者や地域住民の理解や実際に発電した電気が地域社会で有効活用されていくことが極めて重要であり、発電による漁業等への影響を最小限に抑え、漁業船舶への蓄電池利用、冷凍庫などへの蓄電池利用などの発電システムの活用が検討される予定である。

潮流発電を橋のないところに設置する海底設置型の場合、潜水夫の海底作業がかなり必要となりコストがかかる。橋脚には、緩衝工があり、そこに設置し、タービン部分や送電線は海上になるため設置が容易となり、コストが抑えられる。大きなプロペラで発電するのではなく、小さなプロペラを多数設置することで発電容量を確保するものである。大きなプロペラの場合、トラブルがあると発電がゼロになり修理に時間がかかるが、小さなプロペラの場合、壊れたらすぐに取り替えることで早期の復旧が可能となる。

上嶋教授は話題の中で、ポータブル電源の開発によって、瀬戸内海に多いカキ筏のワイヤーに潮流発電設備を設置し、電気利用を進めるなどのアイデアも示されていた。

また、橋脚のどの部分に設置すれば最も多くの発電量が可能になるかなどのポジション取りや、プロペラへの海草やゴミなどの付着による故障対応や効率的なメンテナンスなど

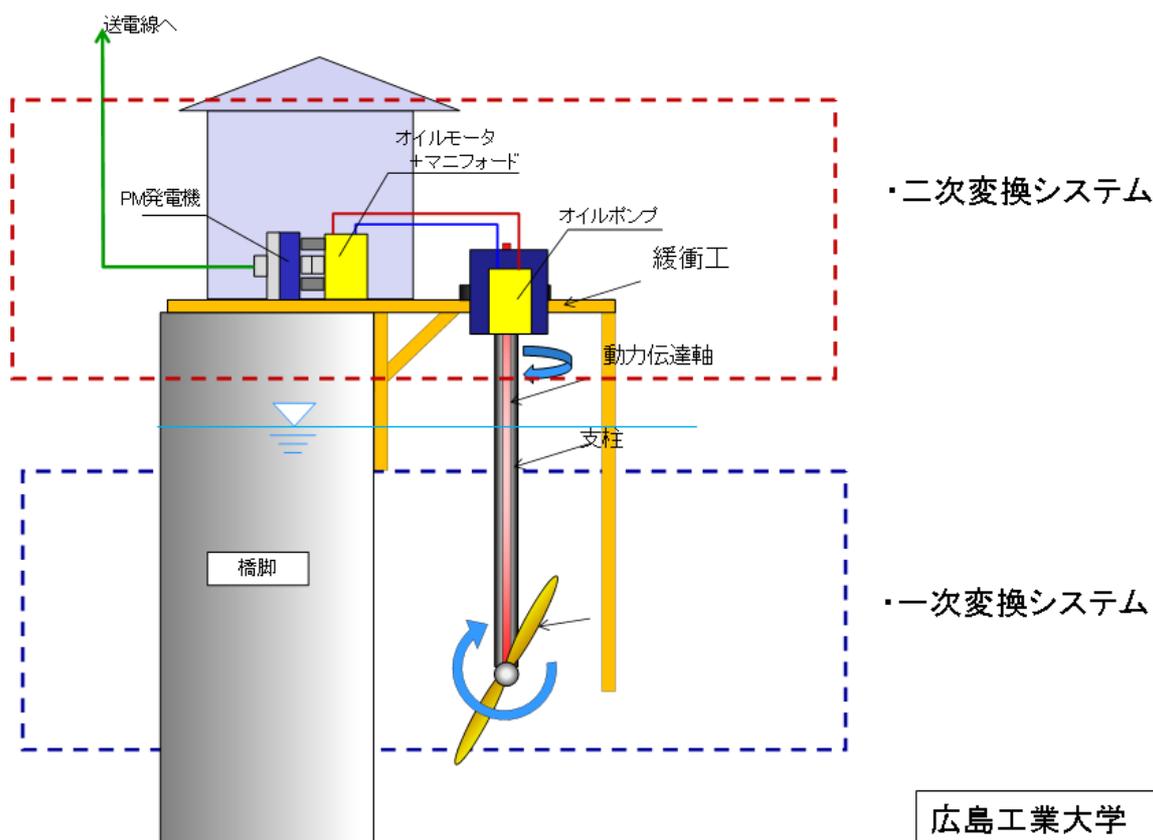
も今後克服すべき課題として挙げられていた。

今後のスケジュールとしては、2012～2013年度で要素技術の研究のフェーズ、2014～2015年度までのフェーズでは更に具体的な技術開発を行い、実証実験候補地の選定や要素技術が確立すれば、2016年度から実証研究に入る予定となっている。

要素技術

製品を構成する要素に関わる技術。それぞれの要素の性能を高めコストを軽減する技術であり、潮流発電の場合、プロペラ、タービン、送電設備、蓄電池などが要素となる。更に、広義的には潮流エネルギーのポテンシャル予測と、水中空間的なエネルギー効率と適正地の選定のための技術、橋脚下空間での設置施工技術に係わる工法等の要素技術など、未開発な要素の技術開発を行う。

橋脚下海洋空間を活用した潮流発電システム(イメージ)



資料：広島工業大学上嶋教授より受領

第6章 固定価格買取制度について

第1節 補助金について

固定価格買取制度の導入の前段として、国の支援事業として「住宅用太陽光発電導入支援復興対策事業」および「住宅用太陽光発電高度普及促進復興対策事業」が実施され、2009年1月より、5年間という期限で住宅用太陽光発電システムへの補助が開始された。

なお、補助金額と対象上限額は、徐々に引き下げられることになっている。補助金制度の対象は、出力が10kW未満であり、変換効率が一定以上で一定の品質・性能が一定期間確保され、kW当たりのシステム価格が一定金額以下のものとなっている。

図表．国の住宅用太陽光発電の補助金制度

	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度
補助金	7万円	7万円	7万円	4.8万円	補助対象経費が55万円/kW以下の場合 3万円
					補助対象経費が47.5万円/kW以下の場合 3.5万円
上限金額	70万円	70万円	65万円	60万円	-

2012年度の補助金は、太陽電池モジュールの公称最大出力の合計値で算出され、上限は9.99kWとなる。なお、補助対象経費には太陽電池モジュール、架台、PCS、その他付属機器および設置工事に係わる費用が対象となっている。

(補助金の算出例)

例1．太陽電池の公称最大出力が3.72kW(PCSの定格4kW)の場合

$$3万円 / kW \times 3.72kW = 111,600円 \quad \text{または}$$

$$3.5万円 / kW \times 3.72kW = 130,200円$$

例2．太陽電池の公称最大出力が10.12kW(PCSの定格8kW)の場合

$$3万円 / kW \times 9.99kW = 299,700円 \quad \text{または}$$

$$3.5万円 / kW \times 9.99kW = 349,650円$$

第2節 余剰電力買取制度

2009年11月、太陽光発電に限定して自家用に消費しきれない余剰電力を電力会社が固定価格で買い取る制度が導入された。これは、住宅用、非住宅用ともに対象となるが、発電事業を目的として設置された設備については対象外とされた。この制度において電力会社は、10年間の買取となり、初年度は住宅用で48円/kWh、非住宅用で24円/kWhの価

格が設定され、年度ごとに価格が低減されていくものである。導入後、電気料金の明細書に太陽光発電促進付加金という項目が設けられている。

なお、2012年7月には再生可能エネルギーの全量固定価格買取制度が導入され、住宅用太陽光発電については、同制度が引き続き適用されることになっている。

第3節．固定価格全量買取制度（F I T：Feed-in Tariff）

1．F I Tの概要

2011年8月、再生可能エネルギーの更なる普及・拡大を目的として「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（以下、再生可能エネルギー特措法）」が成立した。この法律に基づき、電気事業者は、太陽光、風力などの再生可能エネルギーを用いて発電された電気を一定期間、固定価格で全量買い取る義務を負うことになった。そして、2012年7月からF I Tはスタートした。F I Tの基本的な仕組みは、以下のとおりである。

（1）買取対象

太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス等の再生可能エネルギー源を用いて、その発電設備や方法について経済産業大臣の認定を受けた設備により発電された電気が対象となっている。

（2）買取義務

電気事業者は、法律または経済産業省令で規定する正当な理由がない限り、買取に必要な接続や契約の締結に応じる義務を負うことになっている。

（3）買取価格等の設定

買取価格（調達価格）・買取期間（調達期間）については、再生可能エネルギー源の種類や設置形態、規模等に応じて決定される。また、関係大臣（農林水産大臣、国土交通大臣、環境大臣、消費者問題担当大臣）に協議や意見聴取を行うとともに、調達価格等算定委員会の意見を聴き、その意見を尊重して経済産業大臣が定める。

（4）買取価格・買取期間の内容

買取価格については、供給が効率的に実施される場合に通常要すると認められる費用等を基礎とし、再生可能エネルギーの電気を供給しようとする者が受けるべき適正な利潤等を勘案する。また、集中的な再生可能エネルギーの利用拡大を図るために、法の施行後3年間は、買取価格を定めるに当たり、再生可能エネルギーの電気の供給者の利潤に配慮す

るものとなっている。買取期間については、再生可能エネルギー発電設備の重要な部分の更新の時までの標準的な期間とする。

なお、買取価格および買取期間を定めるに当たっては、サーチャージ（賦課金）の負担が電気の利用者に対して過重なものとならないよう配慮しなければならない。

（５）買取費用の回収

買取に要した費用に充てるため、各電気事業者がそれぞれの電気の需要家に対し、使用電力量に比例したサーチャージの支払いを請求することができる。再生可能エネルギーの導入には地域間でばらつきが出る可能性があるため、地域間でサーチャージの単価が同額となるように地域間で調整を行う。具体的には、電力会社が集めた賦課金を費用負担調整機関が一旦回収し、その上で、実際の買取費用に応じて、同機関から交付金という形で、各電力会社に渡す仕組みとなる。

（６）賦課金の特例

電力購入量（kWh）／売上高（千円）が製造業については製造業平均の８倍、非製造業については非製造業平均の政令で定める倍数を超える事業を行っている事業所が一定量以上の電力購入がある場合、その事業所についてはサーチャージの８割またはそれ以上減免されることになっている。また、東日本大震災により著しい被害を受けた施設等の電気の需要家について、一定の要件を満たす場合には、2012年7月1日から2013年3月31日までの間はサーチャージが請求されないことになっている。

図表．わが国の固定価格買取制度の価格と買取期間

電 源	区 分	価 格 (円, 税込 み) 1 kWh 当たり	買取期間 (年)
太 陽 光	10 kW以上	42.00	20
	10 kW未満	42.00	10
風 力	20 kW以上	23.10	20
	20 kW未満	57.75	20
地 熱	1.5万 kW以上	27.30	15
	1.5万 kW未満	42.00	15
中小水力	1千 kW以上3万 kW未満	25.20	20
	200 kW以上1千 kW未満	30.45	20
	200 kW未満	35.70	20
バイオマス	メタン発酵ガス化バイオマス	40.95	20
	未利用木材	33.60	20
	一般木材(パームやし殻を含む)	25.20	20
	木質以外の廃棄物系バイオマス	17.85	20
	リサイクル木材	13.65	20

2. ドイツの事例

ドイツは、欧州の中でフランス、イタリア、スペインなどに比べ日照時間に恵まれた国ではないが、急速に太陽光発電が導入された背景には固定価格買取制度によるところが大きい。

ドイツでは、1990年に「再生可能エネルギーによる電力の公共電力網へのフェードインに関する法律」が制定され、1991年から固定価格買取制度が始まった。

2004年には、「再生可能エネルギー法関連諸権利見直しに関する法律」が制定された。この法律では、再生可能エネルギーの電力供給に占める割合が2010年に12.5%、2020年に20%に設定され、優先買取や送電網拡充の費用負担に関する規定などが定められた。一方、この見直しで電力の大口需要家への減免措置も導入された。

その後、太陽光発電設備の価格低下が政府の想定を上回る速さで進み、それに対応した買取価格の改定がなされなかったこともあり、住宅に太陽光発電パネルを設置するケース

が増え、事業用の大規模な太陽光発電所の建設も進められた。その結果、2010年末現在で太陽光発電の設備容量は1,732万kWに達し、世界第1位の規模になっている。

こうした大量の太陽光発電設備の導入は、電気料金として消費者の負担を増加させることになり、2011年現在で、一般家庭が負担する再生可能エネルギー発電の導入費用の負担額は月額1,000円を上回るようになった。一般にドイツ国民は、環境意識が高く、当初はこの負担が受け入れられていたが、年々負担額が増加してきており、市民や産業界からは負担軽減や電力品質の低下を危惧する声も上がっている。

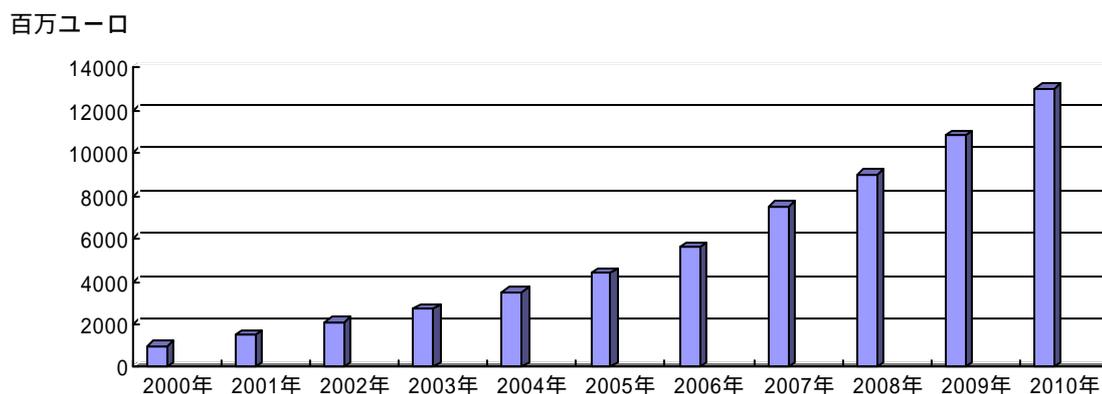
こうした状況を受け2012年6月には、「太陽光発電の買取価格を20～30%の引き下げ」、「累積導入量が5,200万kWに達した後は、新規設備に固定価格買取制度を適用しない」などとする改正法が成立した。

ドイツでは当初、FITの導入により、国内の再生可能エネルギー関連産業の育成と雇用の増大をはかることが大きな目的であった。導入の結果として、国内市場が拡大したのだが、それが国内メーカーの市場獲得につながらなかった。

太陽光発電については、中国・台湾メーカーの増産により、パネル価格が急落し、国内メーカーの経営を圧迫することになった。2011年末には、Solon社が経営破綻し、ドイツ最大手のSolarworld社も業績が厳しい状況となっている。また、2008年には、生産量世界一であったQ-cells社が2012年4月に経営破綻に至った。

太陽光発電のような先端技術と見られる製品においても、中国・台湾・韓国といった後発グループの技術力がドイツや日本などにキャッチアップし、品質的にも優れた製品の大量生産によって、安価な製品を投入し、市場を掌握してしまった事例である。

図表．ドイツにおける賦課金総額の推移



資料：資源エネルギー庁 基本問題委員会 2012年2月

3. スペインの事例

1990年にスペインでは国家エネルギー計画が制定された。この計画においては、2000年までに再生可能エネルギーの割合を全体の10%程度にまで増加することになっていた。1994年には、国家電力市場再編法（1997年より電気事業法）により、再生可能エネルギーの固定価格買取制度が導入された。この買取制度の特徴は、電気料金に転嫁するものではなく、配電を行う電力会社が経営努力で吸収する仕組みとなっていた。

当時のスペインは、化石燃料の8割以上を海外に依存し、エネルギー自給率の向上が大きな課題となっていた。その課題解決の中核と考えられたのが、国内にある風や太陽を使ったエネルギー開発による自給率の向上であった。スペインでは、FITの導入により2010年の電源構成は、天然ガス24%、原子力23%、風力15%、水力14%と、風力発電の比率が急上昇することとなった。

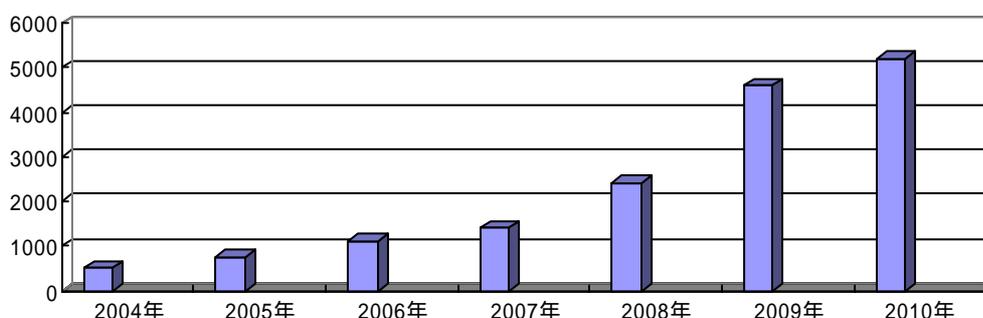
ただ、当初は、導入目標の達成がスムーズに進まなかったことから、2004年、2007年と相次いで買取価格の引き上げを行ってきた。太陽光発電の買取価格については、規模別・設置形態別に設定されていた。2004年の改定では、5kW以上100kW未満の買取価格を約2倍に引き上げた。また、2007年の改定では、100kW以上の買取価格を約2倍に引き上げた。この買取価格の大幅な引き上げ、買取期間の長さおよび地球温暖化対策ということもあって、太陽光バブルとも言われる一大ブームが到来したのである。

そのため、2007年には太陽光発電の設備が67万kWに達し、2010年の目標値である40万kWを大幅に超過してしまった。この目標の達成で固定買取価格の引き下げを予想する情報が出回る中、2008年にも更に設置が拡大し、260万kWという導入量に到達するに至った。

2011年、スペインでは保守系の政権に政権交代があり、2012年から再生可能エネルギーに対する経済的インセンティブの付与の一時凍結が決定された。ただし、すでに買い取っているものについては、凍結の対象とはしなかった。

図表．スペインの賦課金総額の推移

百万ユーロ



資料：資源エネルギー庁 基本問題委員会 2012年2月

第7章．再生可能エネルギーの普及拡大に向けた行政・金融機関の取り組み

1．広島県の太陽光発電事業への参入

(1)「おひさま基金(仮称)」について

2012年3月の広島県再生可能エネルギー推進構想(仮称)検討会報告書において、住宅用太陽光発電の普及拡大、電力買取制度の不公平性の緩和等の複合的な効果が見込まれる施策として、住宅用太陽光発電基金事業(おひさま基金(仮称))の実施が提言された。

おひさま基金(仮称)による投資は、出資者から出資金を募り、発電施設の整備にあて、売電による収益から投資の回収を行うもので、施設を設置できない県民等も、出資の形で普及の取り組みに参加できるというものであった。

広島県は、この提言内容を踏まえ、事業の実施可能性を検討した結果、パネル価格の急激な低下により、基金事業の採算性の確保が困難になること、一方で住宅用太陽光発電の設置が進んでいることから、基金事業の実施を見送ることにした。

これは当初、太陽光パネルの大量発注によるスケールメリットを活かして安価に調達し、市況価格で販売することで、ある程度の収益の確保を見込んでいたが、その後のパネル価格の大幅な下落により、大量発注しても収益の幅が縮小されることになり、採算性の確保が厳しい状況となることが明らかになったためである。

(2) 広島県と中国電力グループの共同事業

再生可能エネルギーの普及拡大を図るために、広島県、中国電力株式会社、(株)エネルギー・ソリューション・アンド・サービス(E S S)が共同して有限責任事業組合を設立し、メガソーラー発電事業に取り組んでいる。この事業は、広島県が住宅用太陽光発電基金事業の実施を見送る際、「固定価格買取制度による不公平性の緩和」の課題解決方策として検討されたものであり、発電事業によって得られた収益は、地域に還元される。収益の還元方法については、今後具体化されるが、県民の省エネ家電導入支援、省エネ活動の支援、学校や公民への再エネ・省エネ導入支援などが検討される。

また、太陽光発電所の設置に伴う啓発活動として、小中学校の環境学習や大学等の研究への活用も期待される。

地方自治体と電力会社グループが共同でメガソーラーの発電事業に取り組むケースは、全国的にも珍しい。また、「発電事業者を国民が支えるという不公平感」から、その収益を地域に還元するという発想もユニークである。

事業規模

メガソーラー10MW程度

区 分	設 置 場 所	設 置 規 模
第1期(2012年度設備認定)	福富地区(東広島市福富町)	3.5 MW
	庄原地区(庄原市是松町)	2.3 MW
	竹原地区(竹原市高崎町)	0.8 MW
	小 計	6.6 MW
第2期(2013年度設備認定)	未 定	3 MW程度
合 計		10 MW程度

設置規模等については変更の可能性があるが、3地点は、いずれも広島県の県有地で広島県が事業組合に賃貸するものである。福富地区は、福富ダムの建設残土の処分地、庄原地区は、中国横断自動車道尾道松江線の建設に伴う建設残土の処分地、竹原地区は、栽培漁業センターに隣接する未利用地であり、新たに山林等を造成する必要がなく20年間リースなく利用可能な平地となっている。

初期投資額

約32億円(第1期・第2期合計)

地域還元目標額

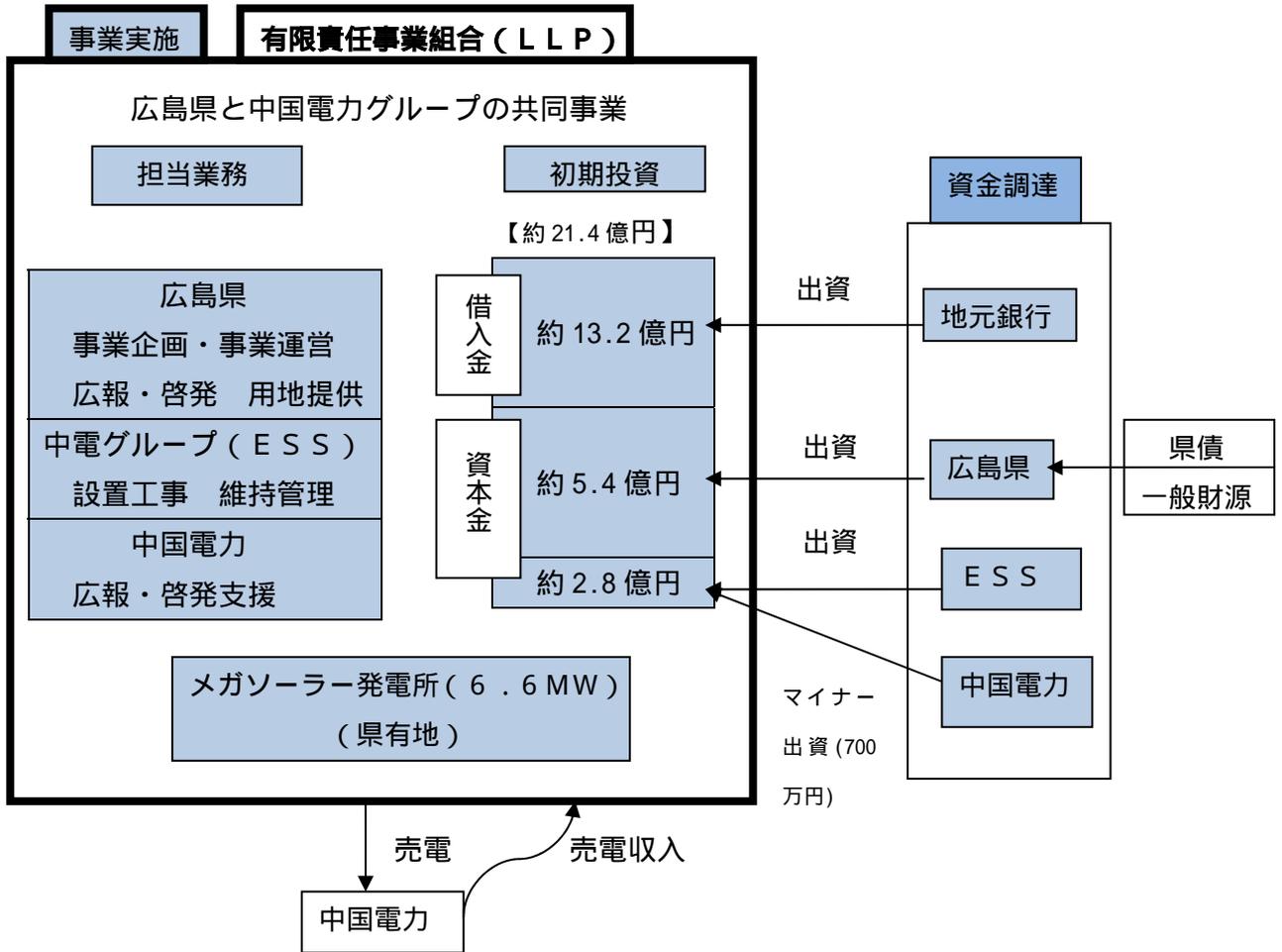
約13億円(20年間 第1期・第2期合計)

事業実施スキーム

広島県と中国電力グループが有限責任事業組合(LLP: Limited Liability Partnership)を設立し、未利用県有地等を活用して、メガソーラー発電所の設置・運営を行う。LLPは、2005年に国が複数事業者の共同事業を促進するために創設した組織形態であり、組合収益には非課税(組合員への配当後に課税)であり、設立も簡便であるのが特徴である。LLPの構成も広島県、中国電力、ESSの3者にとどめることにより、意思決定が迅速になるというメリットがある。

LLPのデメリットとしては、一般的には、金融機関からの融資が困難になることなどが挙げられるが、この事業では、地元金融機関の理解を得て、融資が受けられる見通しである。

図表．事業実施スキーム（第1期）



2. 中国地域の金融機関における再生可能エネルギー普及への取組み

中国地域の金融機関においても、太陽光発電などの事業に参入する企業への融資に積極的な動きを示している。地元企業の資金需要が伸び悩む中、医療・福祉・介護などと同様に成長分野として位置づけ、融資に結びつけるため、各種の支援が実施されている。

山陰合同銀行（島根県松江市）へのヒアリング

（2012年11月13日）

1. 再生エネ事業への融資取扱いの目的

山陰地方は、新産業を創出する使命を担う地域であり、出力1MWで約3億円かかると言われる太陽光発電事業の設備融資案件は、金額も大きく銀行として魅力的である。このため、銀行側からお客さまに買取制度の概要などの情報を提供して、発電事業への参入を提案し需要を喚起することから始めて、最終的には融資案件の発掘に向けてセールス展開をしている。

2012年7月の再生可能エネルギー全量固定買取制度(以下FIT)の開始により、太陽光発電については買取価格42円、買取期間20年に決まったのを受け、採算性が高いことに加え、山陰地方は土地の価格も安く遊休土地も多いことから、潜在的ニーズは高いと見て、より積極的に推進する方針となった。再エネ発電事業がビジネスとして成立するようになり、融資対象として、他の医療・福祉・介護分野などと同じように成長産業として位置づけている。

当行では、太陽光発電事業についてのパンフレットを作成し、全営業店が訪問して顧客ニーズを喚起、関心を持った顧客を本部の担当部署へ取り次ぎ、太陽光パネル設置業者の紹介、事業計画の相談などに対応することで、融資案件に結びつけたい考えである。

再エネ関連分野は、国が政策的に普及・拡大を目指して取り組むとしている事業分野なので、ある程度の採算性は期待できる。太陽光発電事業は、雇用には限定的な効果しか期待できないという意見もあるが、設備設置時には建設業などに雇用をもたらし、太陽光パネル製造を手掛ける大手総合家電メーカーなどの業績向上に結びつくことで、工場がある地元の雇用増にも間接的に貢献するものだと思う。さらに草取りなどメンテナンスに係る雇用も多少は創出される。

小規模な50kW未満の太陽光発電設備に対する融資は制度化しており、チェックシートの活用によりスムーズな審査が可能となっている。申請手続きが簡単で、時間もかからないため、地元中小の電気工事業者や建設業者も手軽に太陽光ビジネスに新規参入が可能である。また、自社で小型の太陽光パネルを導入して実績を作り、顧客に勧めるというビジネススタイルも考えられる。

2. 相談・問い合わせの状況

本部にも営業店にも多くの問い合わせがあり、実現性の高い案件をリストアップして 50 件程度を管理している状況である。本部には今までに 200 件程度の相談があった。鳥取、島根全域から、都市部・山間部に関係なく問い合わせがある。業種も多様であるが、当地では、特に建設業が多い。また、一般住宅に太陽光を設置している電気工事業者が、シナジー効果を期待して事業を検討しているケースもある。

3. 取り扱い実績・見通し

再エネ関連事業への融資については、現在 50～60 件超で 90～100 億円程度の見込み案件がある。

中国電力と系統連系の協議をして系統連系申込書が受理されてから着工という段取りなので、大きな案件には融資実行までに時間がかかる。そのため、年度末に向けて案件の積み上げを図っている。

大型の案件については、プロジェクト・ファイナンスで対応することになる。10 億円を超えてくると一行では厳しいケースもあるので、他行と協調して融資するケースも出てくる。

FIT の買取価格を検討した経済産業省の価格算定委員会によると、メガソーラーの初期コストは出力 1kW 当たり 32.5 万円である。最近では、初期コストが著しく下落してきている。その要因には、外国製の太陽光パネルが入ってきていることもあるが、国内での受注業者間の競争激化によるところも大きい。1kW 当たり 20 万円台の初期コストだと 10 年かからずに投資回収できる計算で、発電事業者には有利であるが、一方で 42 円の買取価格が来年度以降も続くかどうかというリスクもある。

4. 再エネ事業への融資のリスク

空室率が予測し難いアパート事業などへの融資とは違って、太陽光発電事業は売電収入の予測が立てやすく、そういう意味では出口がはっきりしているのでリスクは低い。天候リスクはあるが、気象データは長年の蓄積があり概ね予想できるため、このリスクも低いものと考えている。

風力発電は、太陽光発電よりリスクが高いと考える。実際に稼働しているものを見ると、風車の故障が多い。外国製の風車が多いため、故障した時の部品の輸送に時間がかかり発電が止まることで、その間売電できずに採算割れとなるケースもある。また、風の方向が一定でないことや、雷が多く故障の原因となっていること、騒音、低周波、野鳥の問題など環境面から見ても、そのリスクは高い。

プロジェクト・ファイナンスの場合には、特に事業性を検証するので、信用力の乏しいパネルメーカーを選んだために、メーカーが倒産し交換部品が途絶えて修理ができず、売

電収入が無くなるといったリスクを排除する必要がある。

5．太陽光発電事業に伴う用地の問題

メガソーラー事業には広大な土地が必要となるため、事業用地を借りたり購入したのでは採算割れとなる場合が多い。経済産業省の価格算定委員会では、買取価格を 42 円に定めた前提の年間賃料が平米当たり 150 円であり、それ以下で土地が借りられるのであればより収益性の向上が見込まれる。山陰の工業団地などは、価格の相場が 100～200 円である。山陽側だと日射条件にもよるが、300 円～500 円の相場である。やはり、自社の遊休地の有効活用を目的に行うか、あるいは製造業者であれば自社工場の屋根に敷設することで採算性を図っていく必要があると思う。

6．セミナー開催，推進体制

中国経済産業局，(株)中電工，ソーラーフロンティア(株)などパネルメーカーを講師として松江市，鳥取市，浜田市においてセミナーを開催した。実務セミナーの中でも関心が高く，熱気のあるセミナーとなった。

従来よりビジネスマッチングを実施してきている実績を活かして，営業店からの照会にも迅速に対応して，パネル施工業者，コンサルタントなど事業に関わる専門家の紹介をワンストップサービスで提供できるところは，当行の強みだと思う。

県との情報交換を定期的に行っている。鳥根県では太陽光発電事業向けの候補地を 7 か所出していて，当行のお客さまに候補地を紹介している。

中国銀行（岡山県岡山市）へのヒアリング (2012年11月13日)

1．再生エネ事業への融資への取り組みについて

取引先から相談を受けた場合，入口の部分で施工業者などを紹介して，その中から最終的に取引先への融資に結びつける取り組みを行っている。

これから3年間で融資総額 150 億円の契約を目指している。実際には，始まったばかりで，案件はまだ少なく取引先も来年 4 月を目処に検討しているところが多く，相談件数は増えているものの，融資に繋がる案件はこれからというところである。

業者の紹介については，パネル設置業者に直接頼めば，据付まで行われるが，大規模になると，システム全体の運営管理ノウハウに長けたファシリティ業者の紹介も行っている。業者は取引先の規模・ニーズに合わせて紹介している。

2．相談状況について

相談を受ける業種は、個人の方からアパート経営者、製造業の工場の屋根に設置される方など、多様である。東京や大阪方面からの相談は少なく、地元からのものがほとんどである。

当行に相談があるものは、大規模なものばかりではなく、2MW未満の案件が中心となっている。

相談件数は、この7月より、規模、案件の進捗度、様々なもの合わせて、月に100件位であった。岡山県の候補地22か所へのメガソーラー進出の問い合わせは、地元より県外事業者の方が多かった。県外業者から岡山県へ照会される際に、地元金融機関の紹介依頼が結構あると聞いている。

3．融資の仕組みについて

資金調達を融資で行う場合、規模が大きくなるとプロジェクト・ファイナンス（以下、PF）など一般の融資とは違った調達形態を取るケースもある。規模が小さいとどうしても事業者のコストが合わず、関係者の負担も大きくなる。中途半端に3~4MWの案件になると、特別高圧線接続工事が絡んできて建設コストが上がり、手続きも煩雑になる。

取引先からの融資相談にあたっては、標準モデルを作って案件をモデルに照らし合わせながら、売電収入、管理原価、保険費用などストレスをかけた収支を算定している。

FITは20年だが、太陽光設備の減価償却期間は17年なので、基本的には、融資は15年以内で返済可能な収支が望ましいと考えている。先般、取扱いを始めた太陽光の制度融資では、返済期間の条件は15年としている。

融資の限度額は、制度融資では2千万円だが、大きな案件であれば、制度融資を使わず案件個別に対応している。実際の取扱いでは金額ベースの半分は1MW以上のメガソーラー案件で数億円規模のものとなる。さらに金額が大きいものはPFに対応する。金融営業部がPF案件専用のチームで、大きな案件を中心に取り扱っている。

土地から求めて始める事業者は少なく、それでは採算が合わない場合が多い。自社の工場の屋根や遊休地を使った事業計画を立てられるケースがほとんどである。

バイオマス・小水力など太陽光以外の案件にも個別に対応する形で融資は可能である。

4．岡山県における太陽光発電の状況

岡山県は、平野部が少ない広島県と比べると県南の地域などに遊休地が多い。広島県は、山間部での太陽光発電よりは、島嶼部での取り組みが多いと聞いている。

5．再生エネ事業への融資のリスク

太陽光発電事業は、成長の見込める産業と考えているので、医療・福祉・介護、農業と

いった分野と同様に積極的に推進していく。特に再生エネの分野は、F I Tによりキャッシュフローが安定しているので、非常に前向きに推進していきたいと考えている。参入業者が限られている医療・福祉分野などよりも、遊休土地、広い屋根さえあれば事業が可能なので対象が広く、多くの融資案件が期待できる分野である。

6．国産・海外製パネルの選択（海外製品のリスク）

中国・台湾製の製品の価格が安く、国産製品との比較でどちらを採用するかといった点については、コンサルタントが比較して提案するケースはある。お客さまの要望が第一で、やはり価格の安いパネルでイニシャルコストを落としたいという方もいれば、長期の事業なので信頼の置けない海外の業者よりは国産のものをと考える方もいるが、銀行として、技術的な知識が必要な性能まではなかなか踏み込めないため、設置業者やコンサルタントに相談いただいている。

7．行政との関わりについて

行政との連携では、県の候補地への事業進出について県と情報を共有している。県の候補地は入札で事業者を選定するので、募集に申し込んだ事業者からの相談がほとんどである。

8．推進体制について

推進体制は、営業支援部が全体を見て、金融営業部はP Fに特化して大型案件を見ていく。ビジネスマッチングは営業支援部が担当して、取引先と太陽光関連業者の紹介、引き合わせを行っている。セミナーなどの開催は、金融営業部が担当している。専門の弁護士や野村総研などのコンサルタントを呼んで、太陽光発電事業に関わる実務のセミナーを9月に開催し、定員100名の予定のところ250名の参加があり大変好評であった。

広島銀行（広島県広島市）へのヒアリング

（2012年12月3日）

1．再生可能エネルギー発電事業への融資取り扱いの目的

当行では、以前から、環境面に配慮する企業への融資、環境ビジネスへの融資について積極的に取り組んできた。地域社会への貢献という当行の経営理念に沿ったもので、環境保全に資するという大義名分があり、かつ資金需要の少ない中で収益機会の獲得という目的もある。

再生可能エネルギー発電事業には初期コストがかかることから、融資による資金調達が

必要となる場合が多い。発電容量 1 メガ以下の案件を融資企画部が担当し、それ以上のメガソーラーについては法人営業部が担当する 2 本立ての体制とした。法人営業部は、債権・不動産の流動化など S P C を使った融資やシンジケート・ローンなどを取り扱っている部署で、規模の大きな案件に対応している。

融資企画部では、1999 年から取り扱いを始めている環境ビジネス・環境配慮型経営企業向け商品について、再生エネ関連事業にも融資対象を拡大し、太陽光にも対応できるよう商品内容を拡充した。次に 7 月から始まった F I T により相談が増え、10 月に太陽光発電向け専用融資制度を創設し、発電容量 1MW 以下の小規模な太陽光発電の案件にも対応しやすくした。

併せて、法人営業部内に専用窓口を設置し、営業店からの相談にも対応する形で太陽光発電事業への参入サポート体制を整備した。金額が大きくプロジェクト・ファイナンス(P F) で対応する場合には、原則、融資対象物件のみを担保に取る形となるが、10 億円未満の比較的小規模なファイナンスに対応する方法として、P F 仕立てでコーポレートの保証を取るといふ、臨機応変な調達方法も考えている。適用金利については、事業そのものを見て与信判断を行うため、信用リスクに応じて設定する。

2. 相談・問い合わせについて

再生エネ発電事業に関する問い合わせは、簡単な相談を含めてこれまでに、約 120 件、金額にして約 320 億円あった。業種で代表的なものは建設業である。太陽光発電事業に自ら参入することでノウハウを得て顧客にも提案したいというものが多い。また、不動産賃貸業で既存の土地または物件の屋根に設置するものもある。製造業は、工場の屋根に設置するというものが多く、自社遊休地に設置したいというものもある。広島県のメガソーラー候補地の公募に申し込み、設置が決まった方からの問い合わせもあった。様々な業種からの問い合わせがあり、現在、相談を受けて進んでいるメガソーラー案件は 10 件以上ある。

事業をする場所は、広島県内もあれば県外のものもある。また、事業者は県内の方が多いが岡山県、四国からの問い合わせも何件かある。最近では問い合わせのペースも増えて、毎日数件から 10 件の相談がある。今までに受け付けて手続きが進んでいる案件は、太陽光発電に携わっている事業者の方が多く、買取価格も決まり、社会的にも推進の機運がある中で、業種を問わず、新規参入の相談が駆け込みで増えてきている。

3. 推進体制とビジネスマッチングについて

現状では問い合わせ・相談件数が多くなっている。まず法人営業部のビジネスマッチングチームが専用窓口としてソリューションを提供する形で受け付けている。資金調達の話は、規模に応じて法人営業部か融資企画部が対応する。工場の屋根に付けるのであれば、パネルメーカーを紹介する。遊休地の活用方法として土地を紹介したいのだが、現在では、

系統連系の相談・問い合わせが増え、そもそも申請して連系可能かどうか不明なので、土地の紹介については難しい。パネルメーカー・損害保険・リース会社などの紹介は行っている。

4．国産・海外パネル製品の選択について

事業者からの国産・海外製品選択の相談には、国産を進めている。プロジェクト・ファイナンスの場合、事業に係るリスクは全て排除しなければならず、海外製品を使う場合、まず海外メーカーの保険適用の可否を確認する。保険が十分かけられる海外メーカーは限られるためである。また保険がかけられたとしても、例えば修理の代替部品が無くなり稼働しない時期が生じることで採算割れとなるリスクもあるので、コストは安くても海外製品特有のリスクがあることを十分に説明している。海外製品を選ぶとなるとストレスシナリオが変わり、当然エクイティ・ポジションを上げるとか、融資期間をもっと短くするという話になりやすく、結局は、国産のパネルを選ぶことが多い。

小口案件に関しては、統一したシミュレーション・シートを作り、営業店でも入力できるようにしている。お客さまは、施工業者からの一番都合のよい提案しか受けていないので、融資先独自のストレスをかけたもので、最終的な事業の実現可能性を判断してもらうことになる。

融資期間を 15 年としているのは、再生エネの普及を国策でやっているところにあり、経産省の出している数字でストレスをかけると、13 年は必要で、融資期間は 10 年くらいになってしまう。経産省の数字にはかなりストレスがかかっている、発電効率は 12% がベースで、これをベースでやると、売電収入の実入りが決まっている中では、どうしてもローンの回収期間は 12~13 年になってしまう。買取期間の 20 年という考え方もあるが、そこまで伸ばすのは難しいので、融資期間は 15 年となった。ただし、PF は別で、パフォーマンスが出るのであれば 10 年以内とする場合もある。

5．再生可能エネルギー発電事業への融資のリスク・問題点

まず、政治的リスクが相当あると感じている。天候に係るリスクもある。この 2 点は、普通の不動産ファイナンスとは違うリスクである。ただ、行政も現在の買取価格を変えるには相当の議論を必要とするものと考えている。新規参入者については、制度が廃止となると全てがペイしないので、そこは如何なものかと思う。だから買取価格の動向は、慎重に見ていく必要がある。契約された買取価格はある程度守られるという前提で融資は検討する。制度の変更が一番大きいリスクである。

ただ、この制度が永遠に続くとも考えられず、次年度は 35 円になるかもしれない、その時はまた対応を考えるということになる。42 円が約束されている中で、今契約される方の立場で見ると、不動産賃貸契約で「今後の経済情勢によって家賃は変わります」と言うの

とどこが違うのかというように整理せざるを得ない。ただし、太陽光の担保は不動産賃貸業の担保よりは弱いので、ある程度のストレスは必要である。

自社工場の屋根に設置したり、遊休地で行う事業と比べて、自治体の工業団地を借りたり、分譲で購入する場合があるが、賃料で言えば、相当低くないと採算は合わない。

6．融資の限度額について

太陽光発電向け専用融資制度には融資限度額があり、発電容量 1MWの太陽光発電設備の設置にかかる金額 3 億円が上限となっている。融資期間は原則 15 年以内で、担保・保証人、融資利率は個別に決定される。

融資企画部で取り扱う制度融資には 10 億円という限度額があるが、法人営業部で取り扱う案件についてはメガソーラー融資という定義で特別限度額の設定はしていない。事業の蓋然性や当行の体力等を勘案する中で、融資額は決定していくと考えている。メガバンクが扱う百億円規模の案件はまだない。十億円単位での案件までである。

大規模なメガソーラー案件は、メガバンク、大手ノンバンク等の資金が入り、中央の業者が施工して地元へ金が還流しない仕組みになることが懸念されるが、メガバンクも地銀には声をかけて融資を分散するものと考えている。実際、ソフトバンクが計画している案件は山陰合同銀行を始めとして地元銀行と協調融資を検討されていると聞いている。やはり地元のことなので、アレンジメント業務まで引き受けるか、資金の出し手だけに止まるかは別として、全く融資に関係しないということはないと考えている。

7．新規参入についての融資スタンス

当行は、新規参入を積極的に勧めているわけではない。政治的リスクが非常に高いので、本業がしっかりしていて、本業に付随する業務としてシナジー効果が期待できれば、検討しても間違いではないと思う。

そのため、事業規模は別として、基本はコーポレート・ファイナンスで進めていく。積極的に旗振りするのであれば、PFで進めていけばよいと思うが、そういうものでもない。年商が1千万円に満たない企業が、太陽光発電事業を本業にすることを前提とした融資相談のケースがたまにあるが、当然それは止めたほうがよいと考えるのが一般的だと思う。

制度融資について営業店に説明会を実施しているが、セールスは営業店の自主性に任せている。ただ、太陽光発電事業には税制優遇があるので、業績のよい企業には、当行としても事業提案を行っているところはある。住宅用ソーラーパネルに対する融資は、7月に個人部で「ファミリーローン〔エコ・ソーラープラン〕」という専用ローンを作って対応している。個人の方からの問い合わせも増えている。

当行は企業のニーズとして存在する限り、融資対応するという立場である。事業そのものの成長性、安定性などを見れば融資には消極的にならざるを得ない面もあるが、一方で

企業のCSRを含めて、買取制度の利用とは別に、自社で発電しようというところもあり、そういうニーズにも目を向けておかないといけない。

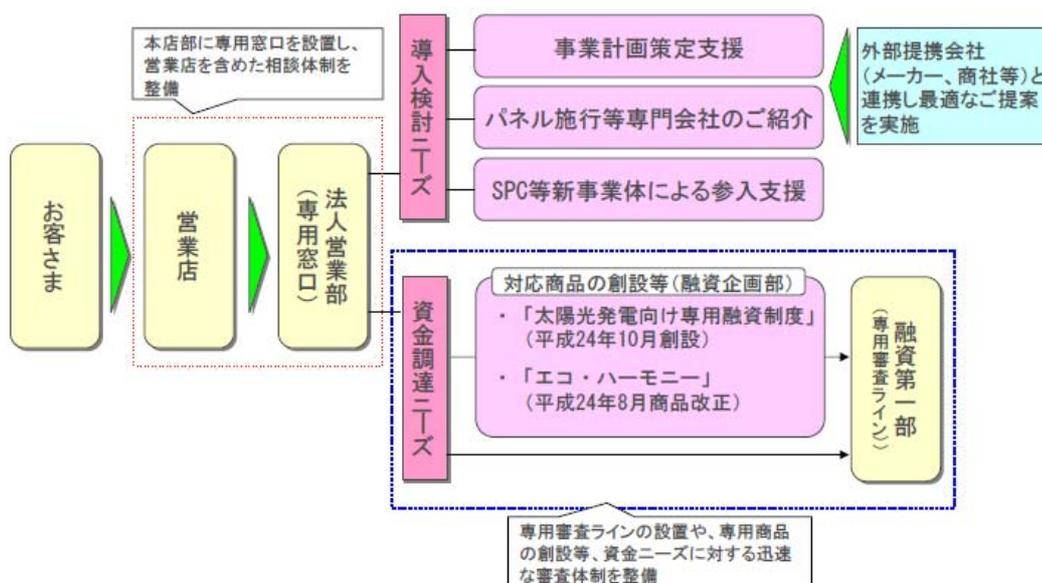
メガソーラー事業は、一度設置してしまえばメンテナンスの手間はかからないので、そこに雇用が生まれず、経済への波及効果が少ない。一方、企業にとって遊休地をどう活用するのか、というところはある。メガソーラーを遊休地の有効活用的手段として使うことは一番のメリットではないか。

バイオマスも先進的に取り組まれていたところはあったが、コストが高いことから大きな発電所などの案件はない。小水力は、検討したいという先がある。事業化までの時間が短いのが太陽光で、買取価格も採算が合うので、必然的に太陽光案件に集中しているものとする。

8. 行政との関わりについて

広島県は再生エネ事業を活発化して収益を県民に還元するというコンセプトで中国電力子会社と太陽光発電事業に参入を予定している。当行としては、この太陽光発電事業については積極的に支援したいと考えている。

図表．広島銀行の太陽光発電事業への参入サポート体制



山口銀行（山口県下関市）へのヒアリング

（2013年3月8日）

1．再生可能エネルギーに関する取組み方針について

当行では、再生可能エネルギー事業を医療・福祉・介護・農業と同様、成長分野と位置づけている。再生可能エネルギーの利用拡大により、温室効果ガスの発生抑制など環境への負荷軽減が図られるとともに、環境関連産業など新産業の育成が期待でき、特に太陽光発電事業については、遊休地の有効活用、地方自治体の税収および土地の賃料収入の増加、設備設置の建設投資による地域経済の活性化が期待できる。

2．山口県における太陽光発電事業の状況

山口経済研究所の調査によると、山口県内では、2013年2月22日現在で23か所のメガソーラー（出力1MW以上の太陽光発電）の設置および計画が進んでおり、そのうち3か所が稼働を開始し、中国電力に売電を行っている。事業主体としては、東京や大阪等の県外に本社を置く企業が目立ち、その大半が上場企業による開発案件となっており、県内企業による設置は7か所となっている。

また、経済産業省の調査によると、山口県内で設置認定されたメガソーラー設備の合計出力は、2012年11月末で約53MW（全国シェア3.7%）であり、47都道府県中6位、中国5県でトップとなっている。これは、山口県では、約半数の観測地点で日射量が全国平均を上回っており、日射条件が良好であることに加え、地価の安さ、風水害や地震等の自然災害の少なさもメガソーラー事業者の用地選定に当たり好条件となっているため、設置が進んでいるものと考えられる。

3．再生可能エネルギーに関する具体的取組み

再生可能エネルギー関連の制度融資として2012年7月より山口県中小企業制度融資「再生可能エネルギー導入資金」を取り扱っている。

また、本行員および営業店行員を対象とした外部講師による太陽光発電事業についての勉強会を実施し、太陽光発電にかかる知識の習得を図っている。

産学公連携の取組みの一環として、山口県や市町等と連携し、企業団地内のエネルギー・資源循環システムを構築する「スマートコミュニティ構想普及支援事業」にも積極的に関与し、再生可能エネルギー関連のノウハウ蓄積を図っている。

その他、パネル製造メーカーとのビジネスマッチング契約締結により、取引先へ太陽光発電関連メーカーの紹介を行っている。

なお、当行においてもクリーンエネルギーを推進する国の政策に協力するとの観点から、

長期間未使用となっている総合グラウンドについて、関連会社による太陽光発電事業者への賃貸を検討している。

4．メガソーラー事業に関する取組みについて

メガソーラー事業への参入案件の場合は、売電契約・保守管理体制・日照時間・発電量の測定等の対応が必要であるため、事業計画に合った融資方法に加え、立地の選定（地質・日射量・利用規制・災害リスク）、系統連系への対応（電力会社との接続ポイントまでの距離等）、立地後の維持管理・モニタリング（耐用年数・経年劣化への対応等）について総合的に検討を行い、事業者にアドバイスする体制をとっている。

5．メガソーラー事業の課題

メガソーラー事業については、買取価格が年度ごとの見直しとなっているため、買取価格の引き下げによる事業計画への影響が大きい。また、安価な海外製パネルを使用している場合、故障などによる運用コストの増加や、パネル製造メーカーの倒産による稼働停止リスクがある。

また、メガソーラーは20年という長期にわたって運用され、事業フェーズごとの様々な注意点や課題に対応しなければならず、地場の中小企業単独での参入にはハードルが高く、経営資源に余裕のある大手企業による参入が多くなっている。

参入時の対応において、系統連系については特に注意を要する。電力会社との系統連系に関する協議には数か月を要し、系統連系申込書が受理されてから着工となるため、融資実行までに相当な時間を要することが多い。また、送電線の容量不足により、追加工事等で想定外の費用が発生することがある。実際に山口県内で、発電事業者が送電線の容量不足で計画を断念するケースが発生している。

メガソーラーの立地により、「塩漬け」となっている遊休地が「エネルギー基地」として有効活用され、地域経済の活性化にプラスの影響がもたらされる一方、維持管理にほとんど手間がかからず、地域産業との関連も弱いことから、一般の企業誘致と比較して雇用創出効果は極めて限定的となる。

今後、メガソーラー事業の拡大を一過性で終わらせないため、地場企業等による関連事業への参画を促す仕組みが構築され、エネルギーの地産地消を通じた産業振興や地域活性化に結びつける仕組みが必要となる。

第8章．再生可能エネルギーの課題と今後の展望

以上の調査結果をもとに 供給安定性， 経済性， 導入ポテンシャル， 環境問題， 産業の成長性， 固定価格買取制度の6つの観点から，再生可能エネルギーの課題と今後の方向性について整理した。

1．供給安定性

(1) イメージ先行

再生可能エネルギーは，クリーンなエネルギーであり，太陽光や風力は，燃料調達のラッキングコストがかからないといったことで，ややイメージが先行しすぎる傾向があり，その能力に過剰な期待が見受けられる。

(2) 供給安定性のない太陽光・風力

再生可能エネルギーの中でも太陽光と風力の導入が大いに期待されているが，自然の条件によって出力が大きく変動する供給安定性のない電源である。発電効率の低い太陽光については，高効率化を進めることが大きな課題である。風力については，出力が不安定であるため，系統連系の技術開発や蓄電池の技術開発を進めていくことが，普及拡大のカギとなる。

(3) 供給安定性のある地熱・水力・バイオマス

地熱，水力，バイオマスは，発電能力という面では大きくはないが，比較的安定した供給力を持っている。国の特性によって，ドイツ，フランスはバイオマス，イタリアでは地熱が再生可能エネルギーの主流となっている。わが国のような世界第3位の地熱のポテンシャルを持つ火山国では，再生可能エネルギーの中では安定供給が期待できる地熱開発を推進すべきであると考えられる。そのためには，立地点の多くが国立公園の中にあることから，規制改革が不可欠である。

(4) 大量導入の実現可能性

再生可能エネルギーは，クリーンなエネルギーであることから，地球温暖化対策の切り札と考えられている。2010年の「エネルギー基本計画」では，原子力を5割に，再生可能エネルギーの比率を2割に引き上げ，温暖化防止を進めることになっていた。

2012年9月には，温室効果ガスの排出量を抑制しつつ原子力発電への依存度を低減するため，再生可能エネルギーを大量導入するという「革新的エネルギー・環境戦略」が取りまとめられたが，技術面での実現可能性や社会経済へのマイナス影響を懸念する声が多く出され，閣議決定には至らなかった。

(5) エネルギーの安全保障

現状では、再生可能エネルギーをエネルギー供給の中核とするには、質量の両面であまりに劣っている。太陽光、風力は出力が天候など自然条件に左右される不安定な電源であり、出力が変動しやすい電源は、ベース電源として使えない。また、発電単価が高く、経済性の面でも問題がある。風力や太陽光が増えれば、新たに送配電線の建設が必要となり、コストの上昇につながる。

(6) 日本における再生可能エネルギーの位置づけ

島国である我が国は、電力が輸入できない。一方、欧州は国を跨いで送電線でつながっており、ドイツなどは、フランスやデンマークなど近隣の複数の国と電力融通が可能となっている。また、原子力発電を持たないイタリアやスイスなどは、電力の輸入割合が高い。

脱原子力を推進するドイツでは、太陽光や風力など再生可能エネルギーの導入が拡大しているが、これは欧州全体の中で電力の広域運用がなされてこそ可能であって、日本も同様に再生可能エネルギーを導入すべきだという考え方は当てはまらない。

欧州は、各国で電源構成が異なるが、欧州全体としては、原子力、石炭、天然ガスの構成比がそれぞれ4分の1であり、わが国とよく似た電源構成となっている。

かつての欧州は電力の供給予備率が高く、再生可能エネルギーの出力変動を吸収することも可能であったが、近年では電力自由化の進展に伴い競争力のない電源が淘汰されるとともに、再生可能エネルギーの大量導入が進んだ結果、現在では必要な供給予備力が確保できなくなり、電力の安定供給に支障が生ずる可能性も指摘されている。

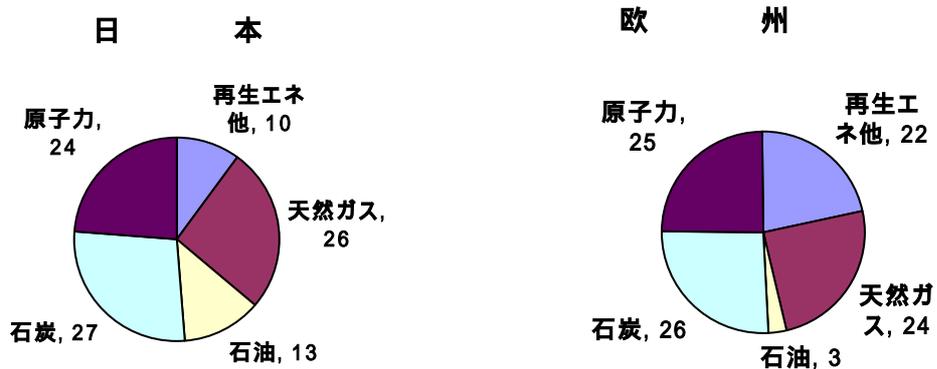
図表．欧州主要国の電力の輸出入割合（2008年）

	ドイツ	イタリア	フランス	スイス	英国
輸出割合	11%	1%	13%	56%	0.4%
輸入割合	8%	14%	2%	54%	4%
国内需要(TWh)	541	319	462	59	351

(注) 輸出割合：輸出量÷国内需要 輸入割合：輸入量÷国内需要

資料：エネルギー白書2011

図表：わが国と欧州の電源構成の比較（2008年）



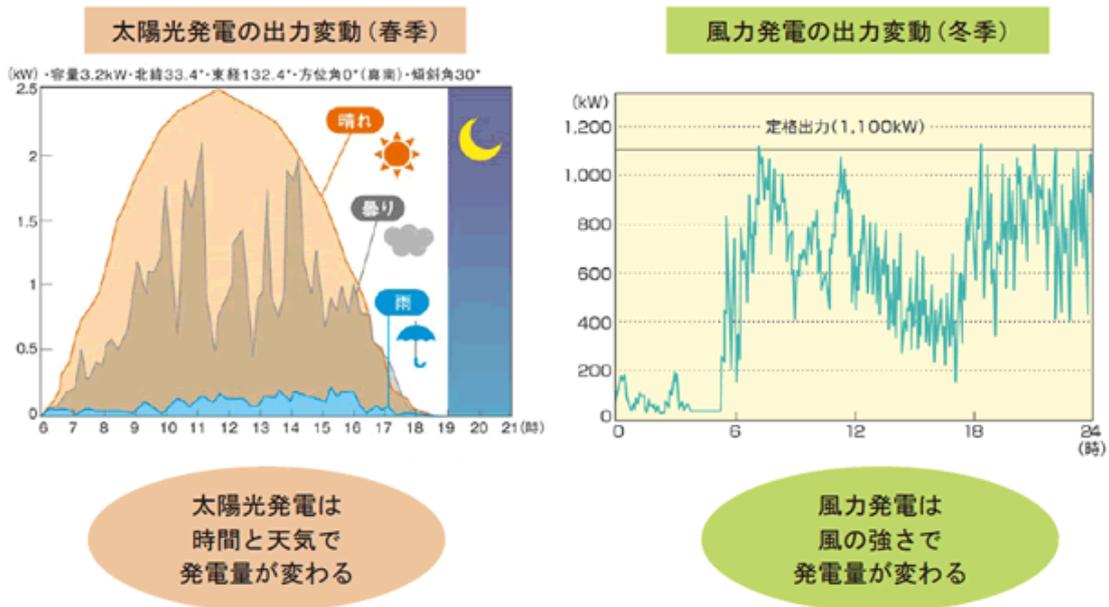
資料：エネルギー白書 2011

(7) 大量導入に伴う電力系統への影響

変動性の高い再生可能エネルギーを大量導入する場合、電力系統を安定化させ、その変動を緩和するために、発電した電力を貯める仕組み（蓄電池、揚水発電所とのセット化）を大量に導入するか、火力などの電源を変動に合わせて稼働させていくしか方法はない。

再生可能エネルギーの大量導入によって、平準化対策の設備投資が必要となってくる。また、化石燃料の消費増につながり、コストの増加となる。電力系統の安定化や低コストの蓄電池の開発は、再生可能エネルギー普及のカギであり、技術開発についての政府の積極的な支援が望まれるところである。

図表：太陽光発電と風力発電の出力変動



資料：電気事業連合会ホームページ

2. 経済性

再生可能エネルギーの最も大きな課題は、発電コストが化石燃料や原子力に比べ、高いということである。(財)地球環境産業技術研究機構(RITE)の発電コストの推計では、近年、原子力や風力において発電設備の設置費用に上昇傾向が見られるとしている。また、太陽光については、現状では他の電源に比して、極めて高い水準と試算している。なお、この推計については、いずれの電源も送電費用として2~4円/kWh程度を含めたコストとなっている。

図表. 発電コストの推計

電 源	発 電 単 価
石 炭	8 ~ 12 円 / kWh 程度
天然ガス (複合発電)	10 ~ 14 円 / kWh 程度
原 子 力	8 ~ 13 円 / kWh 程度 (バックエンド・廃炉時の解体費用を含む)
風 力	16 ~ 18 円 / kWh 程度
太 陽 光	55 ~ 63 円 / kWh 程度

資料:(財)地球環境産業技術研究機構(RITE)2011年5月

また、政府のエネルギー・環境会議のコスト等検証委員会の資料では、将来的な発電単価の見通しについて、2030年モデルで太陽光(住宅用)は9.9~20円/kWh、風力(陸上)は8.8~17.3円/kWhであり、太陽光(住宅用)については、将来的には、かなりのコストの低下が予測されている。しかし、石炭10.3~10.6円/kWh、天然ガス10.9~11.4円/kWh、原子力8.9円/kWhに比べて、相対的に高い水準であることに変わりはない。

技術革新などによる費用低減は期待できるものの、天候等により出力が変動する太陽光や風力は設備稼働率が低く、大規模・集中型の化石燃料や原子力に比べ、経済性に劣る電源と言わざるを得ない。また、(財)地球環境産業技術研究機構(RITE)は、将来的に風力や太陽光の大量導入になった場合、系統安定化費用が必要となるが、この費用については不確実性が大きいとしている。

3. 導入ポテンシャル

わが国のような国土の約7割を森林が占め、平地の少ない国では設置面積をとる太陽光や風力は不向きであると言えよう。例えば、100万kWの原子力発電所と同等の電力を発電するのに、太陽光であればJR山手線内側、風力の場合は、その約3.5倍の面積の広大な土地が必要となると言われている。

特に風力については、1,500kW級の風車で1基当たり13~15平方メートルの面積が必要と言われ、その上に発電効率を上げるため風車の直径の3~5倍の間を空けなければならない。

4. 環境問題

再生可能エネルギーの普及拡大が進めば、バックアップ用としての火力電源が必要となっていく、化石燃料の消費は地球温暖化につながる懸念がある。

太陽光発電設備などが設置される農地(含む耕作放棄地)や林地は、CO₂吸収や治山・治水といった役割も果たしており、そのような場所を乱開発して太陽光や風力を設置すれば、環境破壊や自然災害の増加につながることも考えられる。

風力発電については、すでに景観破壊、騒音、バードストライクなど問題が発生している。新たに送電線の建設する場合、地元の了解が必要であり、用地の確保が難しい。なお、ドイツでは、風力発電の開発に伴う送電線の建設に対して、自然破壊や電磁波問題から反対運動が激化し、建設の大幅な遅れが生じている。

太陽光発電のメーカーは、太陽光パネルを生産するのに、大量の電力が必要となる電力多消費型産業である。太陽光パネルも耐用年数が過ぎれば廃棄物となる。その中身もリサイクルできるものとできないものがある。また、廃棄物の不法投棄にいたる可能性も否定できない。そのため、将来的に、太陽光パネルが産業廃棄物となって大量に廃棄される場合、リユース・リサイクルの仕組みづくりの構築が必要となってくる。蓄電池は、多くが鉛蓄電池であり、環境に対して大きな負荷がかかる。

地熱発電については、導入可能性の高い地点の多くは、自然公園内にあり、開発が規制されている。また、温泉のある観光地であり、開発に伴う温泉の枯渇を心配する地元の温泉業者や観光業者との調整が必要となってくる。

5. 産業の成長性

(1) 規模の経済

太陽光発電市場では、中国、台湾、韓国のメーカーは、生産規模(量、金額)ですでに世界のトップクラスの位置にある。これらの国の企業は、汎用品の大量生産による低コスト化を実現し、シェアの拡大を図ってきた。

いずれメーカーの経営破たんや企業買収が進み、寡占状態となれば、ますます上位メーカーのシェアが拡大するものと考えられる。日本国内では、住宅用において国内メーカーが健闘しているが、いずれ中国などのメーカーの進出も予想される。

中国等のメーカーが日本市場に本格的に進出し、販売を伸ばせば、海外メーカーを潤すことになり、国富の流出に他ならない。これでは国内メーカーが衰退し、再生可能エネルギーは、普及するものの真の国産エネルギーとは言えなくなる。

(2) 先行者利益

先行者利益とは、他国より先んじて技術を確立し、先導市場を立ち上げ、新産業の創出・育成を進めることで、技術の標準化や特許獲得などで競争上優位に立つことができ、他国の需要が大きくなれば、製品の輸出が増大し、収益が増やせることである。

太陽光発電については、かつて日本が世界の技術をリードしてきた。しかし、太陽光発電の海外市場が成長せず、ついに日本が先行者利益を得ることはなかった。近年は、太陽光・風力ともに、ほぼ成熟した技術になりつつあり、後発の中国、台湾、韓国のメーカーがここ数年、大きく成長し、技術的にも欧米や日本にキャッチアップし、F I Tの導入により拡大した欧州市場を席卷している。

製造業は、全般に労働コストの安い新興国や途上国に生産移転が進んでおり、再エネ産業もその例外ではなくなっている。

また、J E T認証という国際基準の導入により、先進国と新興国の製品の品質にあまり差がなくなっている。

(3) 政策に依存した市場

太陽光などは、F I Tなどの政策的な効果から需要が拡大する。需要に即して生産量が増加するとともに量産効果から価格が下落する。また、研究開発や生産工程の工夫などによって生産性が向上し価格が低下する。価格の低下に伴って、買取価格が引き下げられ、更に価格競争が加速する。政策的な効果により需要が創出されるが、需要の伸びが鈍化すれば、値崩れを起こし、大量の在庫の発生によりモジュールメーカーの経営悪化につながる。買取価格が市場価格より高めに設定されているため、需要が創出できるのだが、買取価格の引き下げをすれば、需要が落ちるという極めて政策に依存した市場である。

(4) 雇用創出効果

風力は、加工組立型で産業の裾野が広く比較的雇用を創出できる。加えて、風力は、故障などに対応するメンテナンス・サービスが必要となってくる。ただ、中国地域には、風力関連メーカーがあまりなく、雇用への効果が少ない。

一方、太陽光は、設備型産業で雇用創出効果が少なく、設置工事に人手がかかる程度である。運転開始後は、故障が少なく、10年程度でP C Sの取替えが必要となる以外は、ほとんどメンテナンス・フリーであり、維持・管理などのサービス産業の雇用が生まれにくい。中国などの新興国の製品が世界市場をリードすれば、国内産業は衰退し、逆に雇用の縮小につながる懸念される。

6．固定価格買取制度（F I T）

（1）F I Tの適用の仕方

再生可能エネルギーの中には、太陽光のように比較的短いリードタイムで発電が開始できるものと、風力や地熱のように事前調査、系統連系、環境アセスメントなどに長期間を必要とするものがある。

また、年間を通して供給安定性のある地熱、バイオマスと天候など自然条件に左右され供給安定性のない太陽光、風力と言った供給安定性によっても分類できる。

太陽光については、モジュール価格が低下しており、太陽光の買取価格の見直しが必要となってくる。一方で、風力などのように、鋼材など原料価格の高騰から建設コストの上昇が予想されるものもある。

このように、再生可能エネルギーは一括りにできず、それぞれの特性に応じて、適切な買取価格への見直しが必要となってくる。特に太陽光などは、電池の価格が短期間に大幅に下落しており、見直しの頻度も年1回といったものでなく、2～3か月に1回に短縮すべきである。

（2）一部への利益還流

高めの買取価格と長期の買取期間の設定により、再生可能エネルギーの発電事業は、リスクが少なく、投資回収が計算できるビジネスとなった。これを一つのビジネスチャンスとして、様々な業種（大手家電チェーン、スーパーなど）からの発電事業への参入が予想されている。

太陽光パネルなどの市場価格が低下すれば、高めの買取価格が保証されているから、より多くの利益が出てくることになる。一般的に、太陽光パネルを取り付けられるのは、生活に余裕のある人である。F I Tは、一部の事業者や高所得者に、補助金や上乗せされた電気料金が流れていく仕組みであると言える。

（3）駆け込み需要の発生

2012年度の買取価格の適用を受けるためには、接続契約に係る申込の書面を電力会社が受領した時または国の設備認定時のいずれか遅い時点が2013年3月末までであることが必要となる。国の設備認定に約1か月、電力会社の接続契約手続きに約3か月かかることから、12月と2月に駆け込み需要が発生することになる。

このように、わが国では、運転を開始していなくても接続申請ができていれば、高い買取価格が適用されることになる。ドイツのように運転しなくては買取価格が適用されない制度に改めるべきである。

(4) 経済全体への影響

再生可能エネルギーが大量に普及すれば、そのコストは、電気料金に上乗せされ、電気料金の高騰につながる。現代社会では、電気は生活必需品であり、電気料金が上がれば消費税よりも所得逆進性が強い。従って、中小企業や低所得世帯にとって、電気料金の値上げは、より負担感が大きくなるものと考えられる。

電気料金によるコスト負担により、国内での企業の競争力が失われ、海外移転で産業の空洞化が加速し、雇用の喪失につながる懸念される。このように、電気料金の高騰は、最終的には、国全体の経済に深刻な影響を与える可能性がある。

(5) 技術革新の阻害

FITでは、買取価格が段階的に引き下げられるため、一度、設置すると高い価格が長期にわたって固定化されるため、発電事業者の買い替えによるメリットがなくなる。従って、新規参入のメーカーや後発の高性能、高効率な新技術の製品の方が不利になる。

本来、自由競争の市場においては、新規参入者が登場し、製品の高度化や低価格化が進む仕組みとなっている。しかし、再生可能エネルギーについては、市場の持つ機能がうまく働かず、低コスト化、高効率化が進展しない。結果として、FITによる高めの固定買取価格の設定は、再生可能エネルギーの技術革新を阻害するものとなる。

まとめ

再生可能エネルギーの現状と課題について整理したが、エネルギー問題は、再生可能エネルギーの開発だけで解決するものではない。現状では、石炭・石油・天然ガスといった化石燃料と原子力がエネルギー需給の大きな役割を果たしており、再生可能エネルギーはその極めて一端を担っているに過ぎない。

福島第一原子力発電所の事故を契機に、「脱原発」の勢いが増したが、「原子力」と「再生可能エネルギー」の二項対立あるいは二者択一の議論は無意味である。また、従来の長期エネルギー政策では、地球温暖化防止のため、化石燃料の消費を抑制するとともに、原子力開発を進め、再生可能エネルギーの普及を図るといったものであった。それが、震災後、あたかも原子力の代替として再生可能エネルギーの普及を拡大させるといった非現実的な議論も登場している。

いずれのエネルギーにも「光と影」があり、様々な選択肢をバランスよく効率的に組み合わせたベストミックスによってこそ、社会コストも含めたあらゆる諸問題に耐えうるエネルギーの供給構造が実現できる。

エネルギーの安定供給（Energy Security）、環境保全（Environment Protection）、経済成長（Economic Growth）の3つのEのベストミックスの確保が資源に恵まれないわが国のエネルギー政策の基本である。

エネルギーについては、まず安定供給の確保が重要である。二度の石油危機を経験して、2010年度には石油依存度は43.7%まで低下しているが、政情が不安定な中東地域の資源量が豊富であり、中東地域への依存度が高まっている。中国など新興国の経済発展に伴うエネルギー消費の急増によって、将来的な石油の供給不安の問題が懸念される。

経済成長の側面からは、エネルギーは産業の血液であるということ、安価なエネルギーの供給という両面がある。安定・安価なエネルギーの供給は、経済活動の根幹であり、十分なエネルギーの確保が困難となれば、企業の国際競争力が弱まり、生産の海外移転が進み、国内経済の空洞化が加速する。

環境保全については、地球温暖化問題がクローズアップされており、温室効果ガスの発生する化石燃料の削減は避けられない。化石燃料への依存度は、漸減傾向にあるものの2010年度において、82.6%と高い水準にある。従来は、原子力開発が温暖化対策の最も効果的な方策であると考えられてきたが、福島の事故によって、将来的な原子力開発の見通しが極めて不透明になっている。

この3つのEは、実は、互いの両立が極めて難しく、互いに矛盾しているところがある。長期的な経済成長を実現するためには、経済の血液と言われるエネルギーの安価で十分な供給が必要であるが、安価で十分な供給力のある原子力の将来に陰りが見え、仮に原子力のない状況での経済成長は可能であろうか。また、原子力の十分な供給が期待できない状

況では、化石燃料への依存を高めざるをえず、そうなれば地球温暖化問題の解決どころか、温室効果ガスの発生により、ますます温暖化が加速する。

ベストミックスの実現とは、この3つのEの全部が100%達成することではなく、それぞれの配分の加減によって、総合的に最も高い効果が出るようにすることである。

このベストミックスの実現に、再生可能エネルギーが果たす役割が期待されているところであるが、本調査によって、それは極めて限定的な役割を果たすに過ぎないことが指摘できた。また、補助金やFITなどによる普及拡大が図られているが、ドイツやスペインにおいては普及拡大に伴って、国内メーカーの経営悪化や多大の経済的負担が発生したことも考慮しなければならない。

本来、補助金制度は、技術革新や経済状況の変化により、競争力をなくした産業に対する救済措置であり、言わば市場の失敗を補足するための制度である。FITの目的は、国内産業の育成ということがある。それが結果として、国内産業の衰退や国民経済全体にとって大きな負担となるものであれば、政治の失敗ということになりかねない。

現状では、高めの買取価格と設置が容易なことから太陽光発電に偏った導入が進んでいること、景観破壊、騒音、廃棄物処理といった環境問題の発生が懸念される。一方、系統の安定化や蓄電池などの技術開発については、行政等の積極的な支援が必要となってくる。また、地熱発電については設置促進のために、規制改革が不可欠であると考ええる。

固定価格買取制度については、スタートしたばかりであり、初めから制度を全面的に否定するというのも如何かと考えられる。呼び水としての期待があるものの、今後の普及状況と結果を踏まえ、そのあり方について、十分検証し、現実に見合ったものに改めていくことが必要である。

なお、分散型電源が普及拡大した場合、スマートグリッドやスマートコミュニティといったエネルギー供給システムの構築や発電電分離などの動きが考えられるが、その動向については、今後の調査・検討課題としたい。

図表：エネルギー密度の比較（バイオマスを1とした場合の値）

	石油	LNG	石炭	原子力	太陽光	風力	水力	地熱	バイオマス
重量当りの発熱量	3.1	3.6	1.7	2.6万					1
体積当りの発熱量	3.9~ 4.6	2.2~ 2.8	2.9~ 4.3	4.06万~ 4.38万					1
発電所面積当りの出力	4.4	8.1	3.4	4.9	0.1	0.02	0.3	0.6	1

（注）太陽光はメガソーラー，風力は陸上，水力は大規模，バイオマスは木質専焼

資料：資源エネルギー庁 2012年4月基本問題委員会資料

図表：各種エネルギーのメリットとデメリット

エネルギー	メリット	デメリット
石 炭	<ul style="list-style-type: none"> ・資源が広範囲かつ豊富に賦存 ・他の化石燃料に比べ低価格で安定 	<ul style="list-style-type: none"> ・燃焼時にCO₂の発生がある ・石炭灰が生じる
石 油	<ul style="list-style-type: none"> ・発電用以外にも用途が広い ・エネルギー密度が高く，輸送・貯蔵が容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・価格が不安定（近年，高騰傾向） ・中東など政情の不安定な地域に賦存
天然ガス	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料の調達先が分散している ・CO₂の排出量が比較的少ない ・長期契約中心であり供給の安定性がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料輸送費が高く，インフラ整備が必要 ・燃料調達が硬直的 ・価格が高め
原 子 力	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー密度が非常に高い ・ウランがカナダ，豪州といった政情安定地域に賦存 ・プルサーマルとして再利用でき純国産のエネルギー 	<ul style="list-style-type: none"> ・過酷事故が発生した場合の対応 ・共通原因により運転停止の可能性あり ・放射性廃棄物の処理問題
太 陽 光	<ul style="list-style-type: none"> ・発電時にCO₂を出さない ・枯渇の恐れがない ・維持費がかからない 	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー密度が低く，火力や原子力と同じ電力量を得ようとすれば広大な面積が必要 ・自然条件に左右され不安定 ・設備にかかるコストが高い
風 力	<ul style="list-style-type: none"> ・発電時にCO₂を出さない ・枯渇の恐れがない ・再生エネの中では，発電コストが最も安い 	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー密度が低く，火力や原子力と同じ電力量を得ようとすれば広大な面積が必要 ・自然条件に左右され不安定 ・設備にかかるコストが高い ・風車の回転時に騒音が発生する（低周波音など） ・風況よい地点が絞られる ・自然景観を損なう
水 力	<ul style="list-style-type: none"> ・純国産の再生可能エネルギー ・発電時にCO₂を出さない 	<ul style="list-style-type: none"> ・大幅な新規開発を見込むには限界がある
地 熱	<ul style="list-style-type: none"> ・資源が豊富で火山国日本に適合している 	<ul style="list-style-type: none"> ・国立公園の中にあり，規制が厳しい ・温泉・観光業者の反対
バイオマス	<ul style="list-style-type: none"> ・発電に伴う追加的なCO₂の発生がない ・間伐材などの有効利用につながる 	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー資源の収集・運搬にコストがかかる

《参考文献》

- 「エネルギー新産業創造」経済産業省編 日経BP社
- 「今こそ、風力」山家 公雄著 エネルギーフォーラム
- 「資源・食糧・エネルギーが変える世界」後藤 康浩著 日経出版
- 「スマートグリッドがわかる」本橋 恵一著 日経文庫
- 「エネルギー革命」柏木 孝夫著 日経BP社
- 「エネルギーを選ぶ時代は来るのか」NHK スペシャル取材班 NHK 出版新書
- 「電気とエネルギーの未来は」石川 憲二著 オーム社
- 「自然エネルギーの可能性と限界」石川 憲二著 オーム社
- 「再生可能エネルギー政策論」朝野 賢司著 エネルギーフォーラム
- 「よくわかる最新発電・送電の基本と仕組み」木舟 辰平著 秀和システム
- 「エネルギー白書 2011」経済産業省編
- 「知っておきたい電気事業の基礎」電力時事問題研究会編 電気新聞
- 「分散型エネルギー入門」伊藤 義康著 講談社
- 「風力発電関連機器産業に関する調査研究」報告書 (一社)日本産業機械工業会
- 「中国地域における木質バイオマス利活用の現状と課題に関する調査」中国経済連合会
- 「基礎からわかるバイオマス資源」山本博巳著 エネルギーフォーラム
- 「EDMC / エネルギー・経済統計要覧」日本エネルギー経済研究所編 省エネルギーセンター
- 「中国地域経済白書 2011」中国電力株式会社, 中国地方総合研究センター

中国地域における再生可能エネルギー普及の
現状と課題に関する調査

平成 25 年 3 月

中国経済連合会

〒730-0041

広島市中区小町 4-33 中国電力 3 号館 3 階

TEL.(082)242-4511 FAX.(082)245-8305