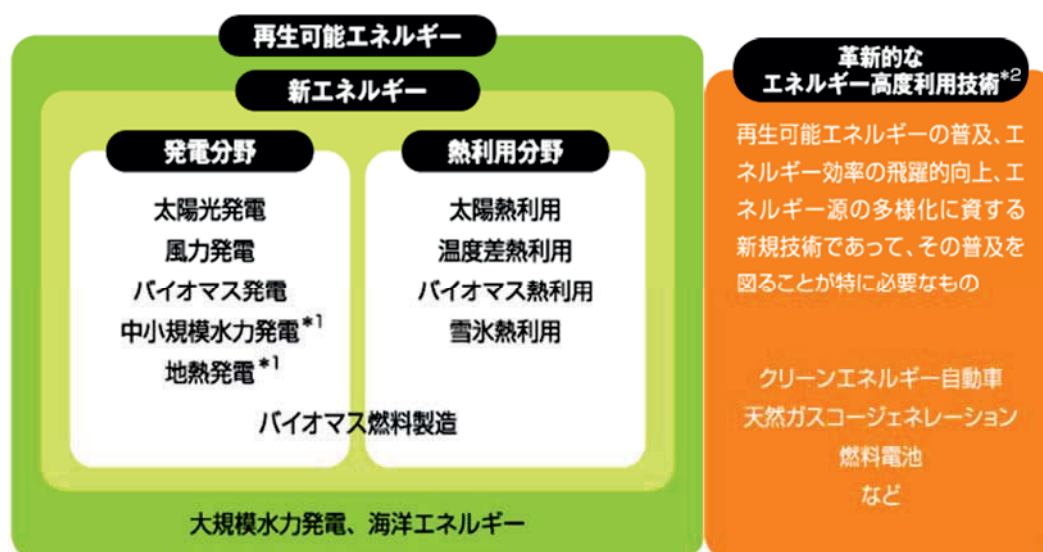


# 1. 再生可能エネルギーにおける風力発電の位置づけ

## 1.1 再生可能エネルギーの導入意義

再生可能エネルギーは、自然環境の中で繰り返し起こる現象から取り出すエネルギーの総称である。再生可能エネルギーとは、図 1.1-1 に示すように分類され、風力発電は新エネルギーの発電分野に属する。なお、新エネルギーに分類されていないが、革新的なエネルギー高度利用技術として、その普及を図ることが特に必要であるとされているクリーンエネルギー自動車、天然ガスコージェネレーション、燃料電池等があげられる。



\*1：中小規模水力発電は未利用水力を利用する 1,000kW 以下、地熱発電はバイナリー式<sup>+</sup>に限定

\*2：新エネルギーとされていないが、再生可能エネルギーの普及、エネルギー効率の飛躍的向上、エネルギー源の多様化に資する新規技術であって、その普及を図ることが特に必要なもの

(資源エネルギー庁,2006)

図 1.1-1 再生可能エネルギー及び革新的なエネルギー高度利用技術の構成

REN21(2013)は、再生可能エネルギーの普及見込みに関して様々な機関や団体が発表した 50 余りのシナリオを取りまとめ、世界のエネルギー供給に占める再生可能エネルギーの割合を以下の 3 つに分類している。

- 高位のシナリオ：50～95% (国際環境 NGO グリーンピースや地球環境行動会議が 2012 年に発表したシナリオで 2050 年までの目標)
- 中位のシナリオ：30～45% (国際エネルギー機関による ETP2012 の予測で、これは IPCC (気候変動に関する政府間パネル)がまとめた気候変動を緩和するためのシナリオで 2050 年までの目標)
- 低位のシナリオ：15～20% (国際エネルギー機関やエクソンモービル社のシナリオで 2035 年～2040 年までの目標)

+ バイナリー式：地下から取り出した蒸気・熱水で、水より沸点の低い液体（ペンタン等）を加熱・蒸発させ、その蒸気でタービンを回す方式である。加熱源系統と媒体系統の 2 つ (binary) の熱サイクルを利用して発電する。

高い普及率のシナリオを実現する鍵は、家庭・産業・交通の全ての部門で、エネルギーの無駄をなくし、エネルギー需要の増加をどのくらいに抑えるかにある（水谷編,2014）。

我が国のエネルギー需給構造は、エネルギー消費が伸びている中であって、エネルギー資源の大部分を海外からの化石燃料に依存しており、安定したエネルギー供給にはほど遠い状況にある。また地球温暖化問題に対する世界的な対応が求められる中、温室効果ガスの大半をエネルギー起源の二酸化炭素が占める我が国にあっては、低炭素社会の実現に向けて一層の抑制・低減が求められている。

そのような状況下において、再生可能エネルギーの導入は以下に掲げる主に4つの意義があり、その普及はエネルギー安全保障、地球環境への貢献のみならず、裾野の広い産業への発展の可能性を孕んでいる。なお、2014（平成26）年4月11日に閣議決定されたエネルギー基本計画では再生可能エネルギーについて具体的な数値目標は盛り込まれなかったが（豆知識 1.1-1、参照）、再生可能エネルギーの積極的な導入促進が謳われている。

#### i エネルギーの安定供給

国産のエネルギーである再生可能エネルギーの導入によって、エネルギーの安定供給が図られる。また、海外から輸入するエネルギーの依存度が低くなるため、エネルギーセキュリティも向上する。

#### ii 二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の排出量削減

二酸化炭素に代表される温室効果ガス（GHG）の実効性の高い削減策として「再生可能エネルギー」、「原子力エネルギー」及び「CCS\*を伴う火力発電」の3つの柱が掲げられ（\*：火力発電所から排出される燃焼ガス中の二酸化炭素（C）を捕獲（C）し、地中深く貯留（S）する技術）、これらの低炭素エネルギーの比率を2050年までに今の3-4倍に高めることにより今世紀末の気温上昇を産業革命前に比べて2℃未満に抑えられる可能性が高いとされている。なお、2℃未満の上昇であれば悪影響の度合いが受容可能な範囲に収まるため、国際的な合意を得た目標となっている。

#### iii 産業振興・雇用促進

再生可能エネルギーに関わる技術は、電気製品、素材、住宅等の幅広い産業が関係する技術であり、新技術や商品の開発過程において新規市場や雇用の創出に繋がる（資源エネルギー庁,2007）。大型風車は、約1-2万点の部品による量産組立製品で労働力と多様な部品産業が必要であることから（図 1.1-2）、風力発電は再生可能エネルギーの中でも、その導入拡大によって相当の経済効果が見込まれる（豆知識 1.1-2、参照）。

参考までに、IRENA(2013)は、2013年に世界の風力発電産業で83.4万人の雇用が創出されたことを発表している（再生可能エネルギー全体では650万人）。

#### iv その他

再生可能エネルギーは、送電時のエネルギー損失の低減、災害等の緊急時に自立型電源として活用できる等、分散型エネルギーシステムとして利点がある他、電力の負荷平準化（ピークカット効果）も期待できる（資源エネルギー庁,2007）。2011（平成23）年3月11日に発生した東日本大震災を踏まえて、地域自立型のエネルギーである再生可能エネルギーへの期待は高まっている。

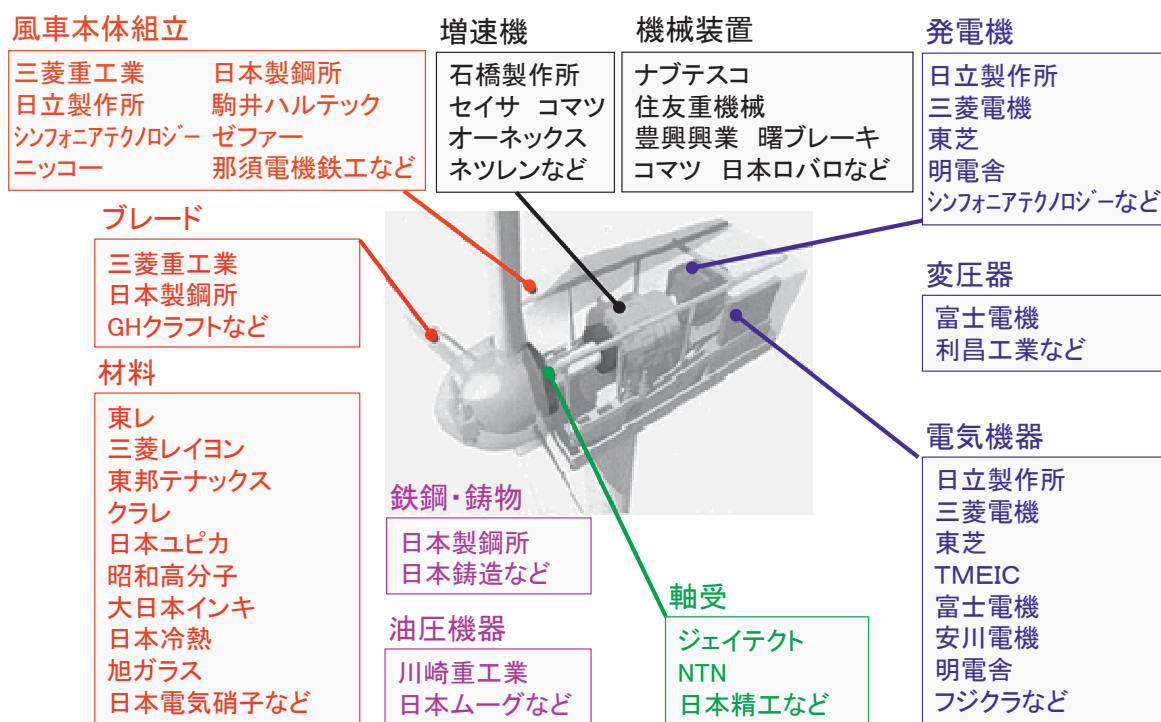


図 1.1-2 風車の主要なコンポーネントメーカー (前田, 2013)

**【豆知識 1.1-1】**

●エネルギー基本計画における再生可能エネルギーに関する記述

- 再生可能エネルギーは重要な低炭素の国産エネルギーである。
- 再生可能エネルギーは 2013 年度から 3 年程度、導入を最大限加速し、その後も積極的に推進する。これまでの基本計画を踏まえて示された水準(発電電力量のうち再生可能エネルギー等の割合：2020 年に 13.5%、2030 年に約 20%)をさらに上回る導入を目指す。
- 再生可能エネルギーの関係閣僚会議を創設し、政府の司令塔機能を強化する。
- 再生可能エネルギー・省エネルギー技術、原子力などのインフラの国際展開を推進する。

## 【豆知識 1.1-2】

### 「日本における風力発電関連機器産業の現状」

#### ●売上高等

過去4年間、減少傾向にある。その理由は「2008年のリーマン・ショックによる世界的な不況」、「固定価格買取制度の施行(2012年7月)に伴う建設補助金制度の廃止」、「環境影響評価法(一部改正2012年10月;完全施行2013年4月)による環境審査の厳格化」等により風車の導入が進まなかったことに起因する。

#### ●2012年度における産業統計の特徴

- ・国内の風車産業の売上高・国内生産量は1040億円と、2010年度のそれよりも約6割減。
- ・国内の生産・売上高の約70%が風車本体、残りの約30%が風車部品。
- ・海外の生産高は風車部品のみで、その生産量も年々減少。
- ・大形風車では国内の生産・売上高の88%が海外に輸出(部品では軸受が主体)。
- ・大形風車では国内生産量に対する国内からの部品調達額の割合は約半分(49%)。  
→この割合が大きい程、二次波及効果が大きくなる。
- ・売上が安定：ブレードの素材、軸受等
- ・不安定：ロータハブ、増速機、歯車等(国内の売上依存度が大きい機器)

対象年度		2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	備 考
参加企業数(社)		75	72	57	68	・風車：マイクロ風車、小形風車、中形風車、大形風車を全て含む集計値 ・風車部品等：ブレード、ロータハブ、制御盤、軸受、発電機、タワー等の集計値
国内工場数(箇所)		92	89	67	76	
風力関係従業員数(人)		3,097	2,460	2,279	3,313	
売上高・国内生産量(億円)	風力発電機本体	1,563	810	762	719	
	風車部品等	951	730	356	321	
	合計	2,514	1,540	1,118	1,040	
海外生産量分(億円)	風力発電機本体	—	1	0	0	
	風車部品等	—	542	172	126	
	合計	—	543	172	126	
総合計(億円)		—	2,083	1,290	1,166	

### 「大形風車の資金の流れ」

対象年度	2009年度		2010年度		2011年度		2012年度	
風車工場数(箇所)	7		7		4		4	
風車従業員数(人)	903		650		500		460	
風車売上高(億円)	1,563		799		757		716	
海外出荷額(億円)	1,266	81%	597	76%	660	87%	634	88%
購入部品額(億円)	987	63%	543	68%	513	68%	485	68%
国内調達額(億円)	542	55%	247	45%	251	49%	236	49%

注) 海外出荷額と購入部品額の百分率は風車売上高に対する割合を示す。

国内調達額の百分率は購入部品額に対する割合を示す。

### 「データの出典」

- ・財団法人機械振興協会経済研究所(2011)：風力発電関連機器産業に関する調査研究報告書
- ・一般社団法人日本産業機械工業会(2012)：風力発電関連機器産業に関する調査研究報告書
- ・一般社団法人日本産業機械工業会(2013)：風力発電関連機器産業に関する調査研究報告書
- ・一般社団法人日本産業機械工業会(2014)：風力発電関連機器産業に関する調査研究報告書

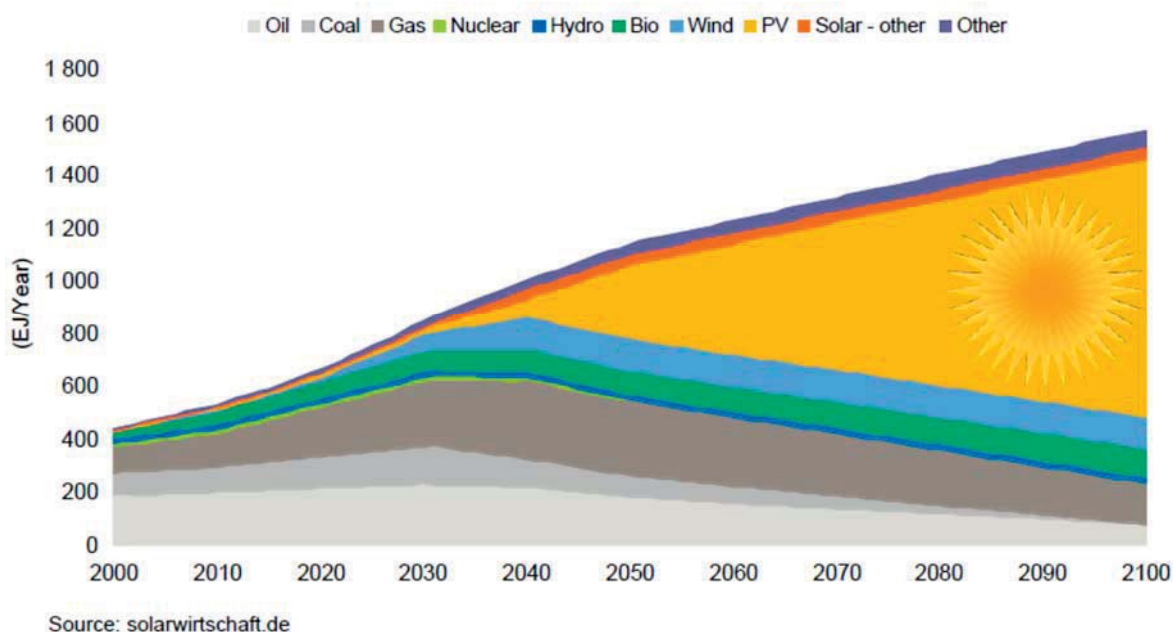
## 1.2 風力発電の優位性

我が国の 2013 年度の発電電力量の内、再生可能エネルギーの占める割合は 10.7%（水力を除く再生可能エネルギーは 2.2%）となっている。水力を除く再生可能エネルギーの割合が、15%以上を占めるスペイン、ドイツと比較して低い水準にある。

我が国は、前項で示したように、エネルギー供給、地球環境等、エネルギーを取り巻く情勢は逼迫しており、新エネルギーの導入促進に大きな期待が寄せられている。このようなエネルギーを取り巻く状況下にあつて、政府は 2012 年 7 月に固定価格買い取り制度を設けて、太陽光・風力・水力・地熱・バイオマスについて電気事業者が国が定めた調達価格・調達期間での再生可能エネルギー電気の調達を義務付けることとした。

それにより固定価格買い取り制度の導入前（2012（平成 23）年 6 月末まで）までの再生可能エネルギー累積設備導入量は約 2,060 万 kW であったが、導入後の 2012（平成 23）年 7 月から 2014（平成 26）年 6 月末までに新たに運転が開始された設備導入量は約 1,109.3 万 kW で、制度開始前と比較して約 5 割増加となっている。中でも、太陽光発電（非住宅）の導入量が顕著で、制度開始後の導入量は太陽光が 9 割以上を占めている。

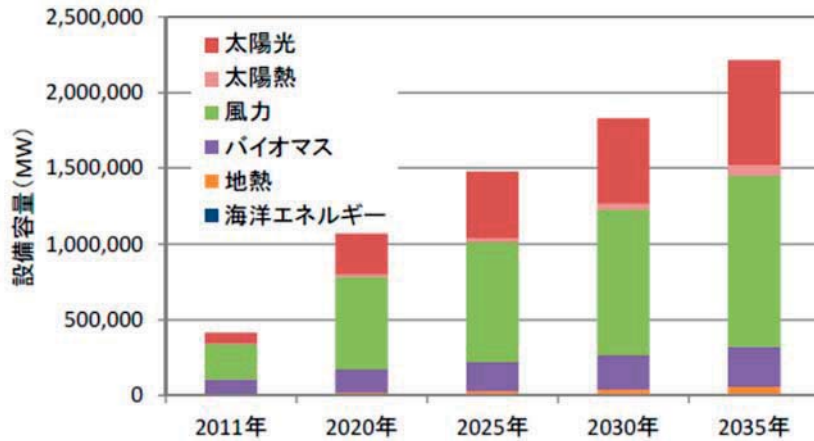
世界における一次エネルギー需要の長期予想によれば、2040 年位までは風力発電が大きなウエイトを占めると予想されている（図 1.2-1）。また、IEA は世界の再生可能エネルギーによる発電量に関する導入予測を公表している（図 1.2-2; 図 1.2-3）。それによれば、2035 年には、総設備容量が 20 億 kW（2,000GW）超、発電電力量が 60 億 kWh（6 百万 GWh）に近づき、総発電電力量に占める再生可能エネルギーの割合は 2035 年には 30%を超える予測となっている。ここで注目されるのは、再生可能エネルギーの中でも風力発電が大きな割合を占めていることである（豆知識 1.1-3、参照）。



（出典：Solarwirtschaft.de、REC 資料）

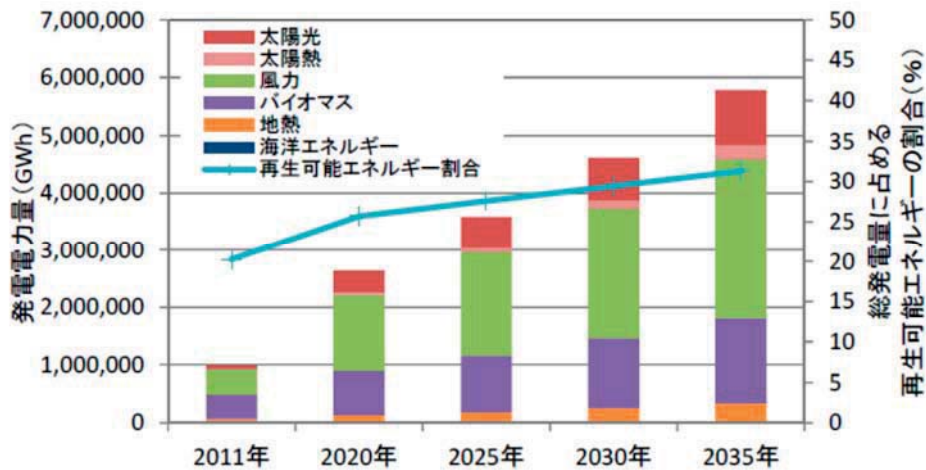
図 1.2-1 世界の一次エネルギー需要の長期予想





(出典：環境省,2014 データ IEA2013 資料)

図 1.2-2 世界の再生可能エネルギーによる設備容量の予測



(出典：環境省,2014 データ IEA2013 資料)

図 1.2-3 世界の再生可能エネルギーによる発電電力量の予測

風力発電は、新エネルギーの中でも次に示すように、経済性、効率性及び環境性に優れていることから注目されるエネルギー源である（表 1.2-1）。

- 比較的発電原価が安価である。
- 設備利用率が大きい。
- 単位面積当たりの出力が大きい。
- 設備・運用における CO2 排出量が少ない。
- エネルギーペイバックタイム（特定のエネルギー設備に対して直接あるいは間接的に投入したのと同量のエネルギーの消費を、その設備からのエネルギーの生産によって回収できるまでの運転期間を言う）が短い。

表 1.2-1 新エネルギー間の経済性・効率性・環境性に係る指標の比較

項目	風力発電	太陽光発電	バイオマス発電
発電コスト(円/kWh) *1	10(大規模)-14(中規模)	30.1-45.8	—
設備利用率(%) *2	16.8-20.3	3.2-5.3	18.8-20.0
単位面積当たりの出力(kW/m <sup>2</sup> )	0.45 *3a 0.28 *3b	0.10 *3b	—
設備・運用におけるCO <sub>2</sub> 排出量の原単位(g-CO <sub>2</sub> /kWh)	25 *4	38 *4	—
エネルギーペイバックタイム	3.6年 *5	12.1年 *5	0.1年 *5
	(3-11ヶ月 *6)	(11-48ヶ月 *6)	

\*1: コスト等検証委員会資料より引用

\*2: 設備利用率はRPS法の施行状況の設備認定と電気供給量の実績値から推定

\*3a: MHIホームページより2,000kW風車の受風面積を算出して推定

\*3b: NEDO太陽光発電ガイドブック、NEDO風力発電導入ガイドブックから設置面積/占有面積(地組面積より推定)

\*4: 今村・長野(2010)電力中央研究所報告「日本の発電技術のライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量評価」より引用

\*5: 牛山泉ら「風と太陽と海-さわやかな自然エネルギー--(コロナ社刊)」(2001.9)より引用

\*6: Milborrow, D. Wind plant earn back emissions in less than a year. (2007.spring)より引用

世界の風力発電の年間導入量は、2023年には75,000MW(7,500万kW)を超えると予想されており(図1.2-4)、累積導入量は900,000MW(9億kW)に達する。洋上風力発電の導入量も、図1.2-4に示されているように、毎年、着実に導入が進むものと思われ、次章以降では、着床式洋上風力発電について取りまとめる。

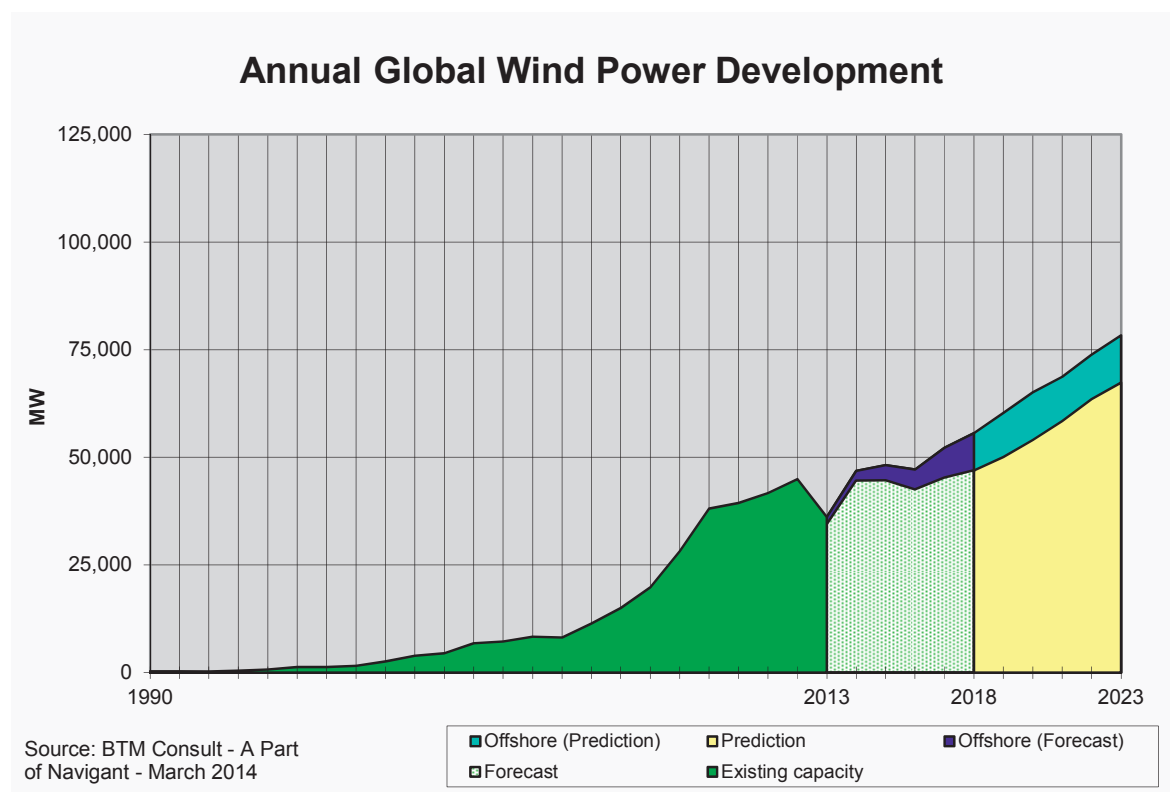


図 1.2-4 世界の風力発電市場の過去から未来 (BTM, 2014)

【豆知識 1. 1-3】

●IEA 加盟国における電力需要量に対する風力発電電力量の割合(2013 年末)

- ・日本は第 19 位

順位	1	2	3	4	5	6	7
国名	デンマーク	ポルトガル	スペイン	アイルランド	ドイツ	スウェーデン	イギリス
需要電力に対する風力発電電力量の割合(%)	32.7	23.5	20.9	16.3	8.9	7.0	6.0
順位	8	8	10	10	12	12	14
国名	ギリシャ	オーストリア	オランダ	イタリア	アメリカ	オーストラリア	カナダ
需要電力に対する風力発電電力量の割合(%)	5.8	5.8	4.7	4.7	4.1	4.1	3.1
順位	15	16	16	18	19	20	20
国名	中国	メキシコ	ノルウェー	フィンランド	日本	韓国	スイス
需要電力に対する風力発電電力量の割合(%)	2.6	1.5	1.5	0.9	0.5	0.2	0.2

データ：IEA Wind(2014)：2013 Annual Report

●風力電力を供給力に算入(毎日新聞：2013 年 10 月 9 日)

- ・経済産業省は、2013 年の冬から風力発電の電力需給を堅守する際の供給力に導入することを決めた。これまで風の状況次第で発電量が安定しないとの理由で、従来は供給力に含めない参考値として「補欠」扱いだったが、政府の再生可能エネルギーの推進方針を受けて電力供給を担う「正選手」に格上げした。

最大電力需給に対して電力会社の供給力にどの程度の余裕があるかを示す「供給予備率」への影響は 9 電力全体でわずかだが、冬の厳しい北海道の予備率は従来の 6.9%から 7.2%程度に改善する。

●世界における再生可能エネルギーの累積設備容量のベスト 5 (2013 年末)

- ・日本は「太陽光」及び「地中熱」で第 4 位。

再生可能エネルギー	太陽光	太陽熱	風力	地熱	地中熱	
順位	1	ドイツ	中国	中国	アメリカ	中国
	2	中国	アメリカ	アメリカ	フィリッピン	トルコ
	3	イタリア	ドイツ	ドイツ	インドネシア	アイスランド
	4	日本	トルコ	スペイン	メキシコ	日本
	5	アメリカ	ブラジル	インド	イタリア	イタリア

出典：Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) (2014)：Renewables 2014, Global Status Report.



### 1.3 参考文献

- BTM Consult(2014):World Market Update 2013, International Wind Energy Development Forecast 2014-2018. A BTM WIND REPORT. 227pp.
- IEA(2013):World Energy Outlook 2013. 675pp.
- IRENA(International Renewable Energy Agency)(2014):REthinking Energy (エネルギーの再考). www.irens.org, pp. 8,  
[http://www.irena.org/rethinking/REthinking\\_Summary\\_JP.pdf](http://www.irena.org/rethinking/REthinking_Summary_JP.pdf),アクセス 2015年3月7日.
- 環境省(2014):平成25年度2050年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討報告書. 331pp.
- 環境エネルギー政策研究所(2013):世界自然エネルギー未来白書 2013. REN21
- 前田太佳夫(2013):風力発電関連機器産業調査の概要. 第73回新エネルギー講演会/第1回風力発電関連産業セミナー合同開催,「風力発電関連産業の動向」. 一般社団法人日本電機工業会・一般社団法人日本産業機械工業会・一般社団法人日本風力発電協会, 11-2. 2.
- 毎日新聞 2013. 10. 9朝刊:風力電力を供給力に算入.
- 水谷 仁編(2014):2050年、世界で必要になる電気の65%が再生可能エネルギーによってまかなわれるかもしれない. クリーンで無尽蔵 今こそ新エネルギー 風力, 太陽光, 水力-. その真の実力に迫る! Newoton, 2014. 8, 44-45.
- REC(Renewable Energy Corpotation)(2006):Corpotate presentation. pp. 29.  
<http://hugin.info/136555/R/1058245/176848.pdf>, アクセス 2014年12月18日.
- REN21(Renewable Energy Policy Network for the 21st Century)(2013):Renewables Global Futures Report 2013 (世界自然エネルギー未来白書 2013). 日本語版 環境「エネルギー政策研究所 (ISEP), 77pp.  
<http://www.ren21.net/REN21Activities/GlobalFuturesReport.aspx> .  
(日本語版:<http://www.isep.or.jp/images/library/GFR2013jp.pdf>),アクセス 2015年3月7日.
- 資源エネルギー庁(2006):新エネルギーとは.  
<http://www.enecho.meti.go.jp/energy/newenergy/new/p1.html>,アクセス 2014年12月18日.
- 資源エネルギー庁(2007):新エネルギー導入ガイド 企業のための風力発電導入 A to Z. 19pp.  
[http://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/new\\_energy/pdf/huryoku\\_donyu.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/new_energy/pdf/huryoku_donyu.pdf), アクセス 2015年3月7日.