

JWPA Wind Vision Report

～ 導入拡大と発電コストの低減 ～

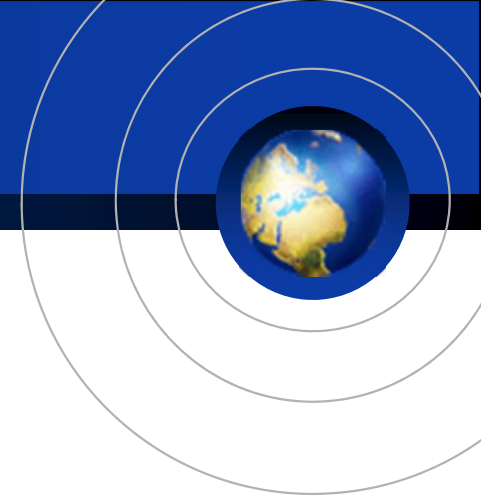


2016年2月29日

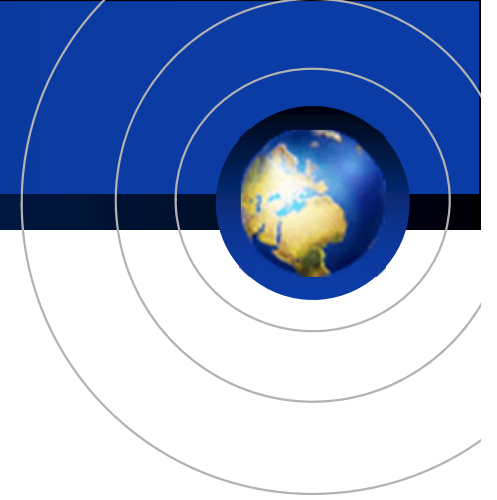
一般社団法人 日本風力発電協会

<http://jwpa.jp>

目次



1. 風力発電導入拡大のシナリオ
 - (1) 導入拡大を牽引する原動力
 - (2) 導入拡大の地域別シナリオ
2. 導入拡大と発電コストの低減
 - (1) 発電コスト見通しの試算アプローチ
 - (2) 経験曲線からの試算（累積生産量拡大効果）
 - (3) 技術面からの試算（個別技術改善効果）
 - (4) 2030年に向けた発電コストの見通し



1. 風力発電導入拡大のシナリオ

- (1) 導入拡大を牽引する原動力
- (2) 導入拡大の地域別シナリオ

2. 導入拡大と発電コストの低減

- (1) 発電コスト見通しの試算アプローチ
- (2) 経験曲線からの試算（累積生産量拡大効果）
- (3) 技術面からの試算（個別技術改善効果）
- (4) 2030年に向けた発電コストの見通し

1. (1) 導入拡大を牽引する原動力



- 日本の風力発電導入拡大を牽引するドライビングフォースは下記の5点
- これらの着実な実現により、我が国における風力発電の継続した導入拡大を実現

発電コスト (原価)の低減

- グリッドパリティ実現による自立化
- 導入・市場拡大による量産効果
- 発電効率・稼働率・設備利用率の向上

系統の 整備・強化

- 好風況地への立地促進、広域運用による発電コスト低減と平滑化効果
- 効率的な出力抑制や精緻な出力予測による広域運用の最適化

リパワリングの推進

- 大型・高効率風車採用による発電電力量の最大化と発電コストの低減

洋上風力推進の 環境整備

- 豊富・良好な風資源の最大限活用による導入量と発電電力量の最大化

サプライチェーンの 確立

- 部品生産・組立・メンテナンスまで、産業として一貫した体制を整え、コストダウンと新しい産業・雇用の創出を実現

風力発電の
導入拡大



1. (2) 導入拡大の地域別シナリオ①

共通前提

- FIT制度導入以降の各エリアにおける新規設備認定ペースが維持されるものとする
- 系統の風力由来電力の受け入れ容量について、現実的な広域運用を想定して、50Hzと60Hzに分けて検討
- いずれも電力大消費地である東京・中部エリア間の広域運用ニーズは少ないと考え、中長期的に、東日本（50Hz）においては風力発電適地である北海道・東北エリアから東京エリアへの送電、また、西日本（60Hz）においては、九州エリア等の風力発電適地から関西・中部エリアへの送電を念頭に広域運用が実現されると想定

短期

(～5年程度)

- 既存の地域間連系線による最大限の広域運用、揚水活用・火力等調整電源の最大の抑制、系統の最適制御の実践・検証等を通じて、風力の連系可能量が継続して拡大されることを想定

中長期

(5～15年程度)

- 2030年ベストミックスの実現（再生可能エネルギー電源比率：22～24%）に応じて最適な送電網が形成されることを想定
- 地域間連系線の増強については、「地域間連系線等の強化に関するマスタープラン研究会 中間報告書」（2012年4月、経済産業省）を参考に、北海道・東北間については270万kW、東北・東京間については320万kWまで最大で増強されると想定

1. (2) 導入拡大の地域別シナリオ② (2020年時点)

- 地域間連系線を通じた広域運用による増分として、送電網整備実証事業のうち先行する北海道北部風力送電（株）の操業開始（約60万kW）を反映
- 北海道、東北、東京の各電力会社間で進捗中の風力発電導入拡大実証試験については、各社が試算する接続可能量に含まれるものとし、エリア内導入量（受入量）の内数とした

《我が国における風力発電導入シナリオ(2020年時点、陸上風力1,020万kW)(単位:万kW)》

エリア	風力導入推計 (合計)	エリア内 受入量	連系線利用・ 導入加速化 効果	連系可能量	設備認定比率 (エリア別)
北海道	153	93	60	150	15%
東北	452	452		600	44%
東京	25	25		-	2%
北陸	38	38		59	4%
中部	86	86		-	8%
関西	33	33		-	3%
中国	60	60		109	6%
四国	46	46		64	5%
九州	125	125		900	12%
沖縄	2	2		18	0%
合計	1,020	960		-	100%
50Hz	629	569	60	-	62%
60Hz	391	391	0	-	38%

1. (2) 導入拡大の地域別シナリオ③ (2030年時点)



- 地域間連系線を活用した広域運用による連系可能量の増大（北海道エリア270万kW、東北エリア320万kW）を踏まえたものとした（北陸、中国及び四国エリアにおける風力導入量は接続可能量を超過するが、新規の設備形成は想定していない）
- 九州エリアにおける導入ポテンシャルを最大限に活かすべく、政策誘導等による集中導入効果として今後約15年間で400万kWの追加導入効果を見込んだ

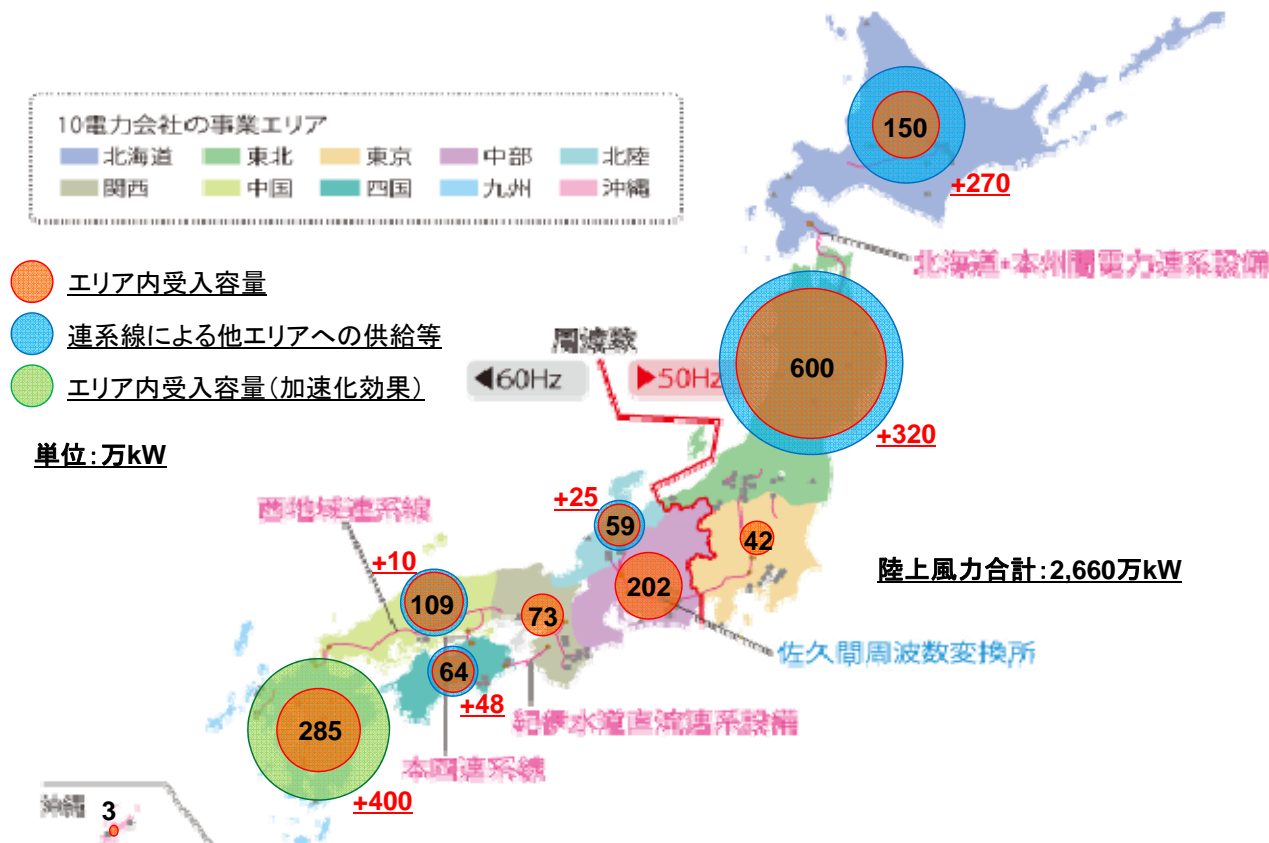
《我が国における風力発電導入シナリオ(2030年時点、陸上風力2,660万kW)(単位:万kW)》

エリア	風力導入推計 (合計)	エリア内 受入量	連系線利用・ 導入加速化 効果	連系可能量	設備認定比率 (エリア別)
北海道	420	150	270	150	16%
東北	920	600	320	600	35%
東京	42	42	-	-	2%
北陸	84	59	25	59	3%
中部	202	202	-	-	8%
関西	73	73	-	-	3%
中国	119	109	10	109	4%
四国	112	64	48	64	4%
九州	685	285	400	900	26%
沖縄	3	3	-	18	0%
合計	2,660	1,587	1,073	-	100%
50Hz	1,382	792	590	-	52%
60Hz	1,278	795	483	-	48%

参考：我が国における地域別陸上風力導入シナリオ (2030年時点)



- 陸上風力2,660万導入実現の地域別シナリオは下記のとおり
- 各エリアにおける新規設備認定ペースの維持、及び比較的伸びしろの大きい九州エリアについて導入加速化の追加措置（政策的支援など）を想定
- 地域の連系可能量を大幅に超過するエリア（北海道、東北）については、関東エリアへの送電（広域運用）を想定



(短期: ~5年程度)

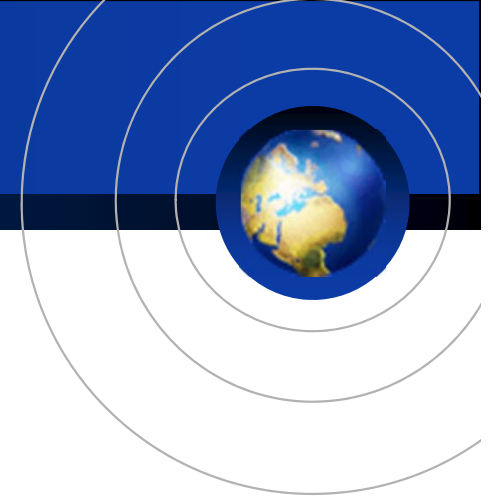
- 既存系統での最大限の広域運用、揚水活用・火力等の最大抑制、系統の最適制御・実証等により、風力発電の連系可能量を継続して拡大 (JWPA試算値: 53頁参照)

(中長期: 5~15年程度)

- 2030年ベストミックスの実現(再生可能エネルギー電源比率22~24%)に依じて最適な送電網が形成される
- 地域間連系線は最大で、北海道・東北間: 270万kW、東北・東京間: 320万kWの増強を想定

参考: 「地域間連系線等の強化に関するマスタープラン研究会 中間報告書」(2012年4月、経済産業省)

地図引用元: 電源開発株式会社HP (<http://www.jpowers.co.jp/bs/souhenden/about.html>)



1. 風力発電導入拡大のシナリオ
 - (1) 導入拡大を牽引する原動力
 - (2) 導入拡大の地域別シナリオ
2. 導入拡大と発電コストの低減
 - (1) 発電コスト見通しの試算アプローチ
 - (2) 経験曲線からの試算（累積生産量拡大効果）
 - (3) 技術面からの試算（個別技術改善効果）
 - (4) 2030年に向けた発電コストの見通し

2. (1) 発電コスト見通しの試算アプローチ



- 経験曲線からの試算
 - 累積生産量の拡大による時系列的な単位生産コストの低減効果について、発電設備容量の将来の導入見通し等のデータを用いて、経験曲線効果による試算を実施
 - 風力の導入が進む諸外国と比べ、日本の累積生産量は未だ低い水準にあるため、今後導入が進むことによる経験曲線効果を期待
- 技術面からの試算
 - 発電コストを価格構成要素に分解した上で、個別の要素について技術的ポテンシャルを評価し、コスト削減効果を試算
 - 累積生産量の拡大に伴う設備の生産コスト低減効果は対象外とし、発電量の増大につながる技術改善効果などによる発電単価の低減効果を主として検証

《2030年に向けた発電コスト見通しの試算アプローチ》

経験曲線からの試算
(累積生産量拡大効果)

技術面からの試算
(個別技術改善効果)

2030年に向けた
発電コスト見通しの提示

2. (2) 経験曲線からの試算（累積生産量拡大効果）

10

1

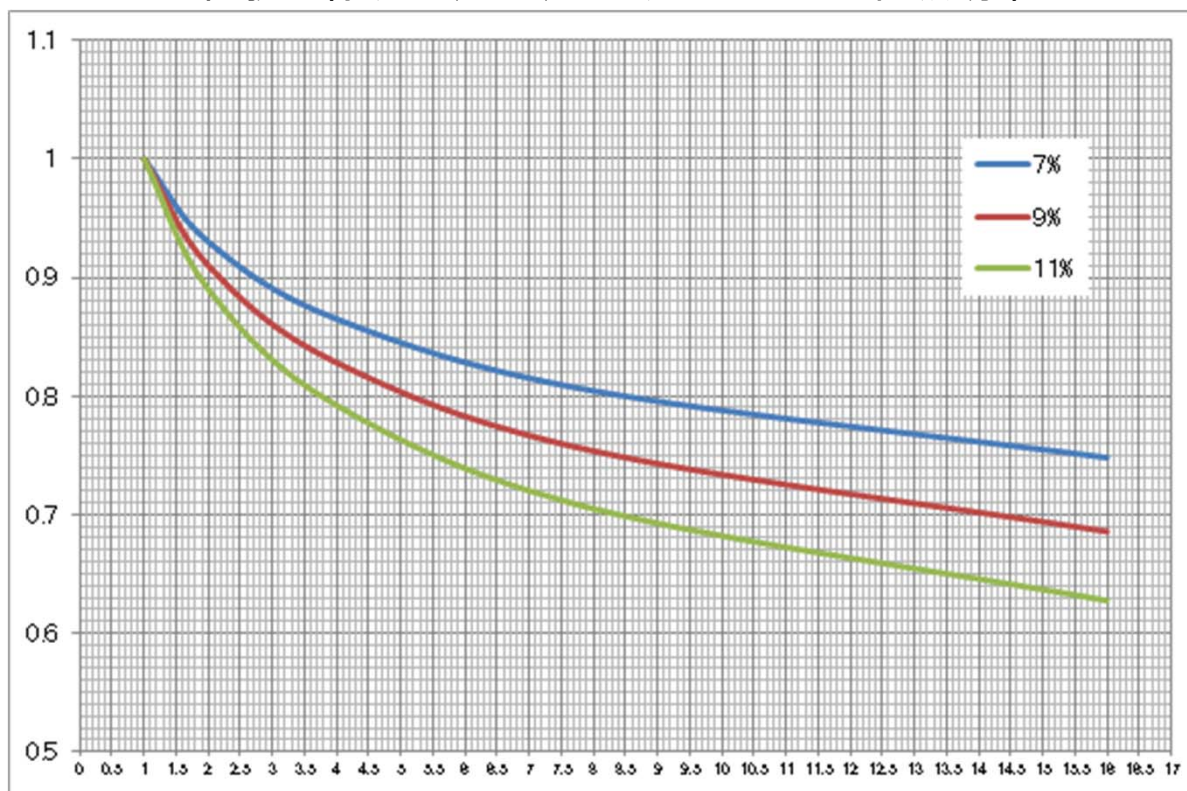


- 風力発電機の生産コストについては、複数の調査機関により7%の経験曲線が適用されると試算されており※、世界的な風力発電の導入拡大により、今後一層、風力発電機の生産コストは低減していくと予想される

※注） Bloomberg New Energy Finance プレスリリース（2011,11,10）及びIEA, Technology Roadmap wind energy, 2013 edition

- 風力発電の導入量拡大に伴う経験曲線による生産コスト低減効果をグラフ化したものは下図の通り（経験曲線7%とは、累積導入量が2倍になった場合に生産コストが7%低減することを意味しており、累積導入量が8倍となった場合、生産コストは約20%低減）

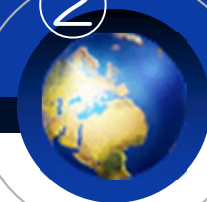
《経験曲線(7%、9%、11%)によるコスト低減効果》



2. (2) 経験曲線からの試算（累積生産量拡大効果）

②

11



《風力発電の導入コスト》

時期	陸上風力発電 導入量	風力発電導入コスト	増減率※1
2013年3月	271万kW	30万円/kW	0%
2015年3月	294万kW	31.6万円/kW※2	+5.7%
2020年	1,020万kW	26.3～27.1万円/kW	▲9.7～12.3%
2030年	2,660万kW	23.9～25.3万円/kW	▲15.7～20.3%

※1 2013年3月からの増減率 ※2 調達価格等算定委員会報告書(2015年2月24日)より

《風力発電のO&Mコスト》

時期	2013年3月	2015年3月	2020年	2030年
陸上風力発電 導入量	271万kW	294万kW	1,020万kW	2,660万kW
O&M費用※1	6,000円/kW/年	11,000円/kW/年※2	4,800～5,220円 /kW/年	4,098～4,590円 /kW/年
増減率※3	0%	+83%	▲13.0～20.0%	▲21.0～31.7%
コスト増大/ 低減要因		(+) 設備の老朽化 (+) 工事単価高騰 (+) 環境アセス導入に よる新規案件の停滞	(-) 新規案件の操業開始 (-) 単機容量の増大 (-) 機器性能の向上 (-) メンテナンス技術の向上	

※1 固定資産税及び事業税を含まず

※2 調達価格等算定委員会報告書(2015年2月24日)より、固定資産税及び事業税を含む

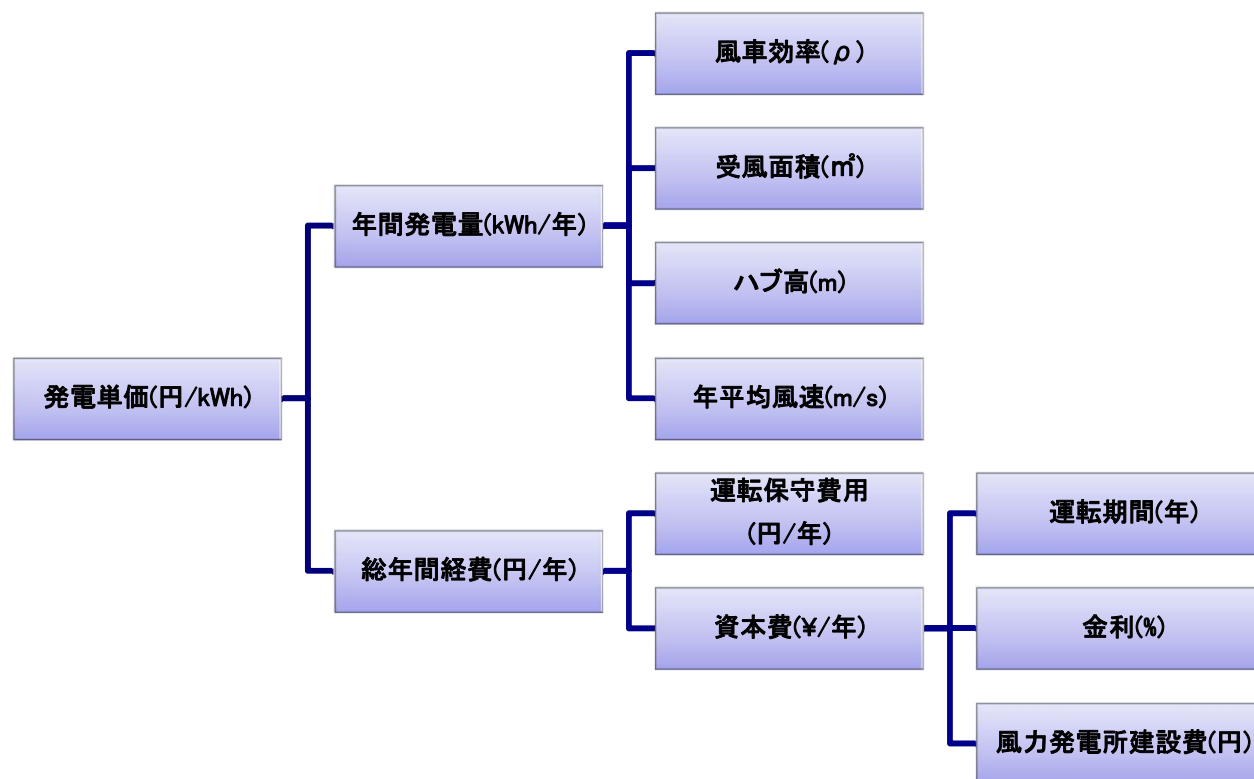
※3 2013年3月からの増減率

2. (3) 技術面からの試算（個別技術改善効果）①



- 風力発電の価格構成要素は下図の通りであり、発電コスト（単価）は年間発電量と総年間経費より求められる
- 年間発電量は、風車効率や受風面積等が決定因子となり、好風況地域への立地促進と風資源を有効活用できる設備の設計が重要となる
- 総年間経費は、運転保守費用、資本費等が要素となる

《風力発電の価格構成要素》



2. (3) 技術面からの試算（個別技術改善効果）②



- 技術革新による発電コストの低減見通しを検証
- 受風面積の拡大等による技術革新により設備利用率を向上（＝発電量を増大）することで、発電コスト（単価）の低減を実現することが可能
- また、風力発電機の長寿命化、CMSの採用によるO&Mコストの低減等も発電コストの低減に寄与する

《個別技術と発電コスト低減への効用》

個別技術	効用	発電効率改善	設備利用率向上	建設費低減	発電コスト低減
受風面積の拡大		○	○	—	○
ハブ高増加		○	○	—	○
ナセルの軽量化		—	—	○	○
風車効率等エネルギー変換効率の向上		○	○	—	○
CMS採用		—	○	—	○
長寿命化		—	—	—	○
ブレードの軽量化・形状合理化等の最適化		○	○	—	○
モジュール工法、パッケージ化による量産効果		—	—	○	○

《主要な個別技術の改善効果》

項目	発電コスト改善効果
受風面積50%拡大	-1.99円/kWh
長寿命化(20年→25年)	-1.88円/kWh
CMS採用による稼働率・設備利用率向上	-1.69円/kWh
ナセル20%軽量化	-1.28円/kWh
メンテナンスの効率化	-0.51円/kWh
風車効率向上5%	-0.39円/kWh
タワー高25%増加	-0.25円/kWh

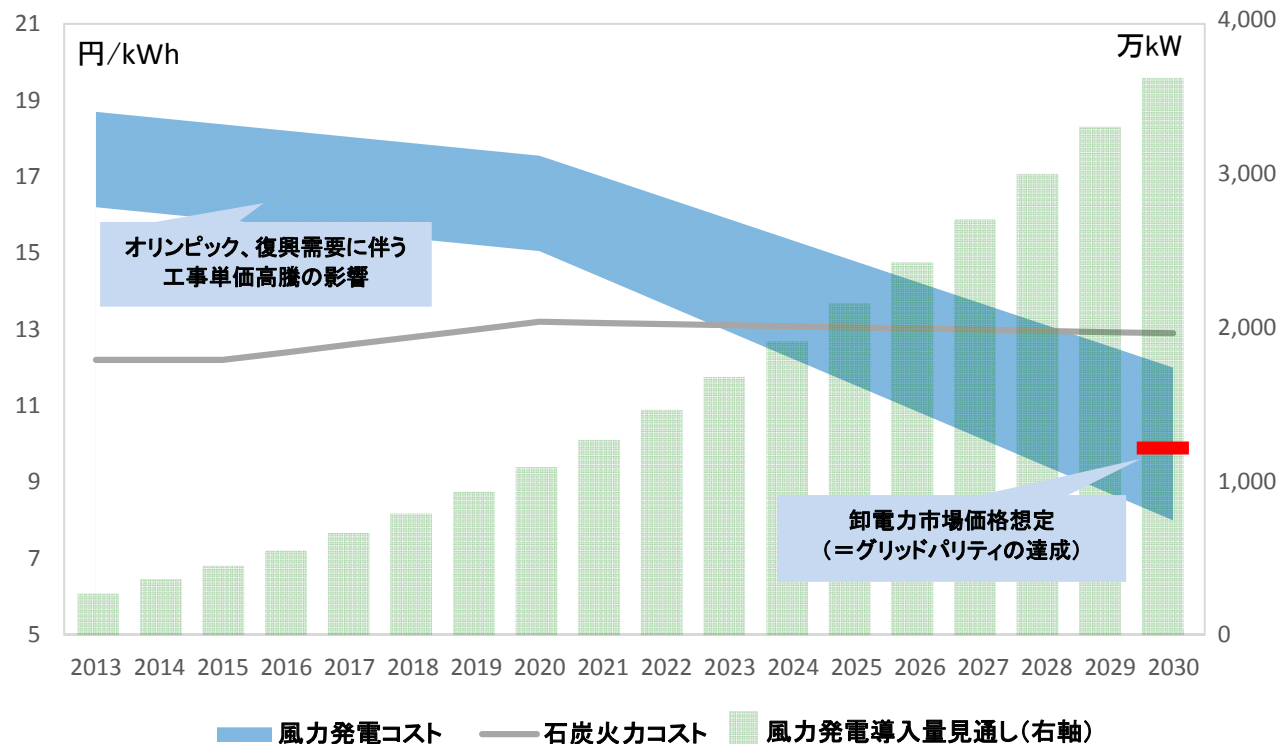
※発電コスト試算の基準

- ・2,000kW風車10基(20,000kW)の風力発電所
- ・建設費300千円/kW、運転維持費6千円/kW/年
- ・設備利用率20%、運転期間20年

2. (4) 2030年に向けた発電コストの見通し

- 2020年頃までは、復興や東京オリンピックの特需による建設コストや資材費の高騰の影響により、風力発電の導入コストの大幅な低下は難しいと見込まれ、ほぼ横ばいの傾向が想定される
- 2020年以降は、風力発電の導入拡大による累積生産量効果による発電機や建設コストの低減と設備利用率の向上などの技術改善効果、運転年数の延長（20年→25年）などにより、風力の発電コスト※は **2030年までに約8～9円/kWhを達成** できる
※利益等を含まない純粋な発電原価
- 発電コストが卸電力市場価格を下回るレベルとなる（グリッドパリティ）ことで、風力発電は2030年にはFIT制度等の国の支援制度を必要としない、経済性にも優れた電源となる

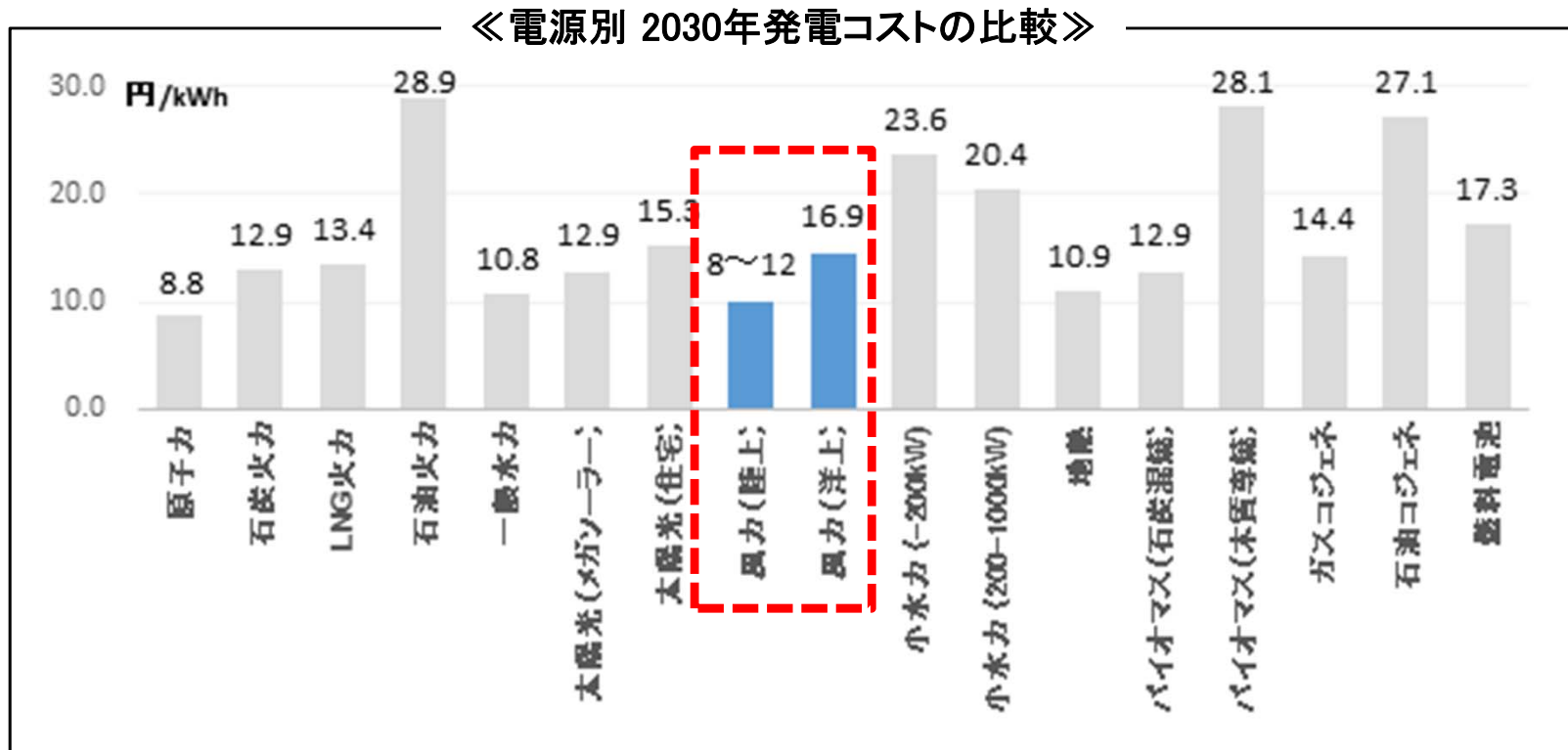
《陸上風力発電コストの低減見通しとグリッドパリティの達成》



注) 2030年の卸電力市場の価格は仮に現状と同程度と想定している

参考：電源別2030年発電コストの比較

- 風力発電は、化石燃料価格の影響を受けない点が大きなメリットであり、技術的なコスト低減を着実に進めることで、外部環境に左右されないエネルギーレジリエンスの強い基幹電源となり得る
- CO2対策費を踏まえた発電コストでは、火力等と遜色ないレベルになる見込み



出典：風力の発電コストはJWPA試算値。風力以外の発電コストは「長期エネルギー需給見通し小委員会に対する発電コスト等の検証に関する報告」（平成27年5月 発電コスト検証ワーキンググループ）に基づく

注）全ての電源において政策経費は含んでいない。原子力は事故対応費用（損害賠償、除染等）が増える可能性もあるため発電コストは下限を提示。