

風力発電の系統連系について

1. 風力発電の現状

2. 風力発電の系統連系問題

3. これまでの経緯

4. 風力発電系統連系対策小委員会報告書のポイント

5. 風力発電系統連系対策小委員会報告書に盛り込まれた周波数変動対策



平成16年11月1日
資源エネルギー庁
新エネルギー対策課
新エネルギー等電気利用推進室



1. 風力発電の現状

(1) 新エネルギー導入目標

2010年の新エネルギー等の導入目標

(総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会報告書より抜粋)

	1999年度	2002年度	2010年度 レファレンスケース	2010年度 現行対策推進ケース	2010年度 追加対策ケース	2010年度 現行目標ケース
太陽光発電	5.3万kℓ 20.9万kW	15.6万kℓ 63.7万kW	62万kℓ 254万kW	118万kℓ 482万kW	同右	118万kℓ 482万kW
風力発電	3.5万kℓ 8.3万kW	18.9万kℓ 46.3万kW	32万kℓ 78万kW	134万kℓ 300万kW		134万kℓ 300万kW
廃棄物発電	115万kℓ 90万kW	152万kℓ 140万kW	208万kℓ 175万kW	552万kℓ 417万kW		552万kℓ 417万kW
バイオマス発電	5.4万kℓ 8.0万kW	22.6万kℓ 21.8万kW	22.6万kℓ 21.8万kW	34万kℓ 33万kW		34万kℓ 33万kW
太陽熱利用	98万kℓ	74万kℓ	74万kℓ	74万kℓ	1,072万kℓ	439万kℓ
廃棄物熱利用	4.4万kℓ	3.6万kℓ	4.4万kℓ	14万kℓ		14万kℓ
バイオマス熱利用	-	-	-	67万kℓ		67万kℓ
未利用エネルギー	4.1万kℓ	6.0万kℓ	9.3万kℓ	58万kℓ		58万kℓ
黒液・廃材等	457万kℓ	471万kℓ	487万kℓ	487万kℓ	494万kℓ	
総合計 (対一次エネルギー総供給比)	693万kℓ (1.2%)	764万kℓ (1.3%)	899万kℓ (1.4%)	1,538万kℓ (2.6%)	1,910万kℓ (3%程度)	1,910万kℓ (3%程度)

未利用エネルギーには雪氷冷熱を含む。

黒液・廃材はバイオマスの1つであり、発電として利用される分を一部含む。

黒液・廃材の導入量は、エネルギーモデルにおける紙パの生産水準に依存するため、モデルで内生的に試算する。

風力発電については300万kWの達成が必要

1. 風力発電の現状

(2) 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(RPS法)の概要

電気事業者に、新エネルギー等から発電される電気を一定量以上利用することを義務づけることにより、電力分野における新エネルギー等の更なる導入拡大を図り、エネルギー安定供給確保に資するとともに、環境の保全に寄与することを目的とする法律。 通称：RPS (Renewables Portfolio Standard) 法 (平成14年制定)

対象となる新エネルギー等の種類

風力、太陽光、地熱(熱水を著しく減少させないもの)、
中小水力(水路式で1000kW以下)、バイオマス

「新エネルギー等電気」:新エネルギー等を電気に変換する
設備で大臣が認定したものから得られる電気

利用しなければならない新エネルギー等電気の量

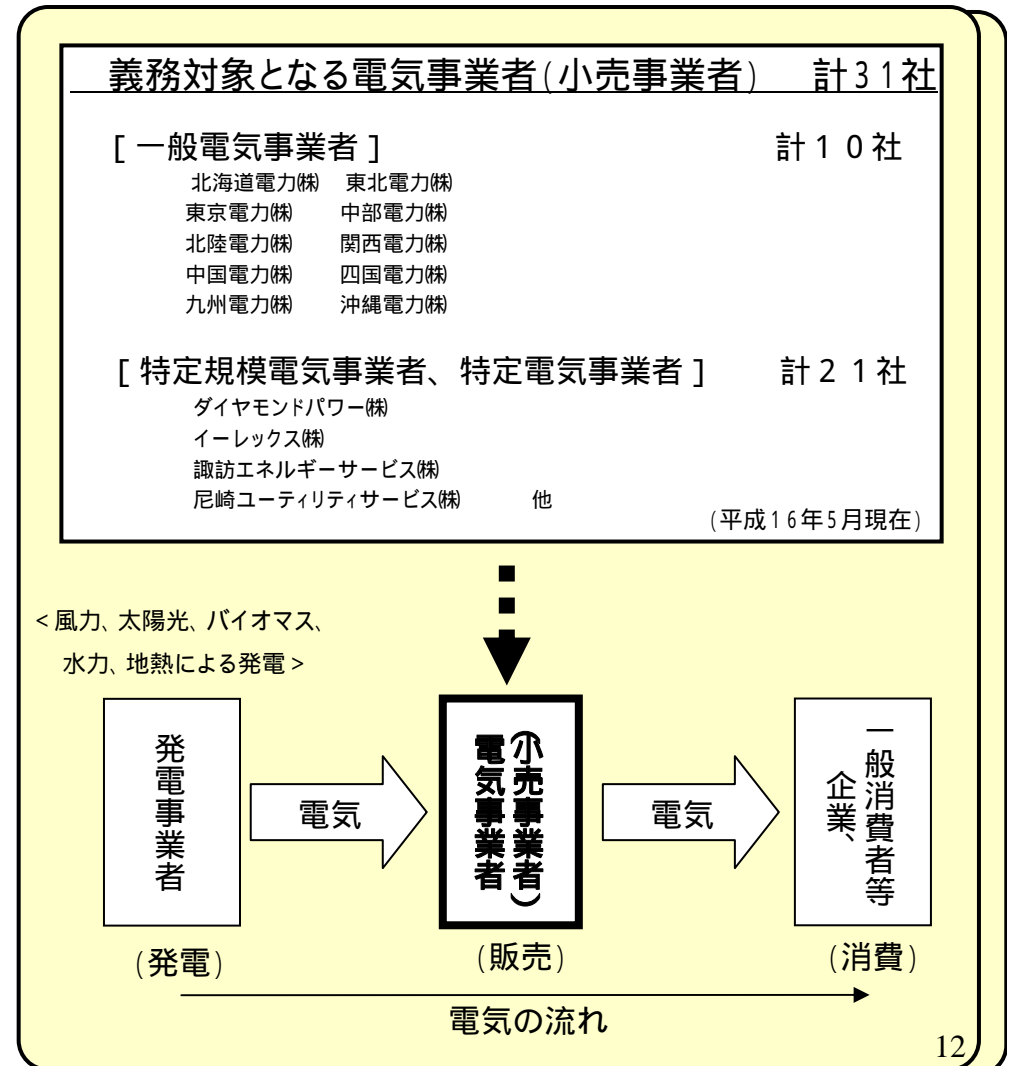
- 平成22年度(2010年度)には、全ての電気事業者とも、電気供給量の約1.35%以上(全国で122億kWhとなるよう按分)。
- 平成21年度までは、これまでの新エネ等電気利用状況を勘案し、経過措置。
- 平成16年度は、一般電気事業者10社平均で電気供給量の約0.43%(全国で約36億kWh)。

電気事業者は以下の中から最も有利な方法を選択

- 自ら新エネルギー等電気を発電する。
- 他の発電事業者から新エネルギー等電気を購入する。
- 他の発電事業者等から「新エネルギー等電気相当量」を購入する。

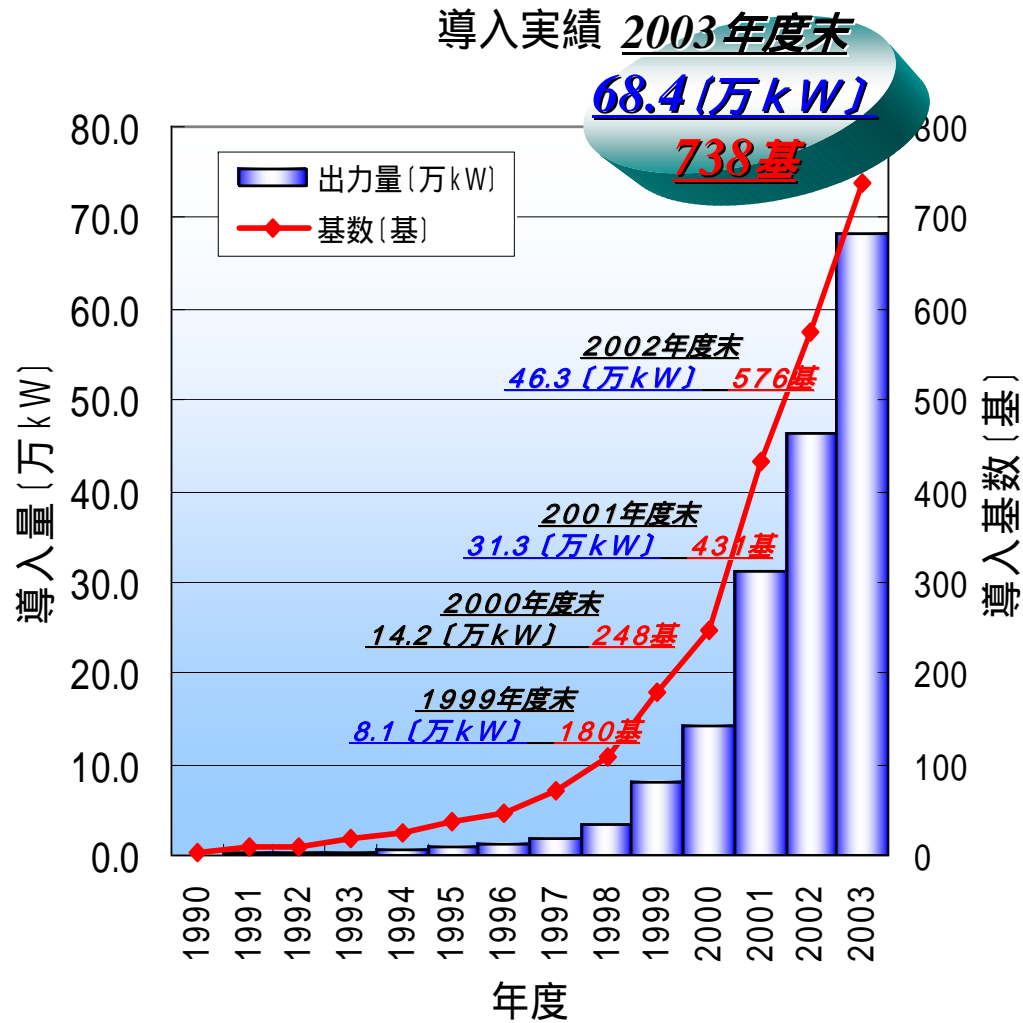
新エネルギー等電気相当量:義務量の達成のため、他の電気事業者が利用した新エネ等電気の量に応じて、事業者間で取引することのできる量で、いわば新エネ分の価値に相当。この取引により、市場機能を活かしつつ、新エネルギーの導入が困難な地域の電気も地域を越えて義務の履行が可能。

平成15年4月から義務が発効



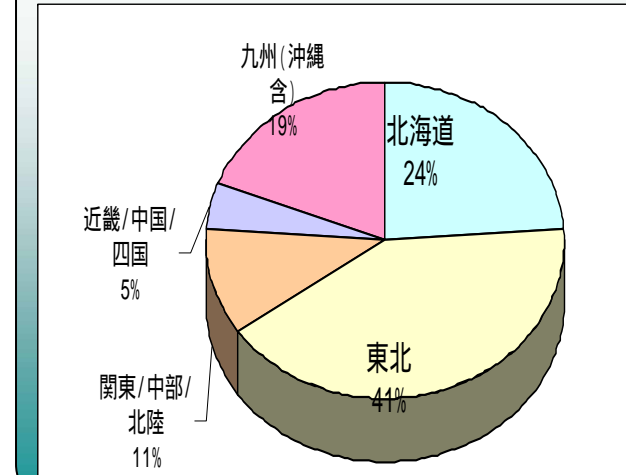
1. 風力発電の現状

(3) 国内における風力発電導入量の推移



出典: NEDO 調査データ (2003年度は暫定値)

地域別導入状況 (2003年度末暫定値)

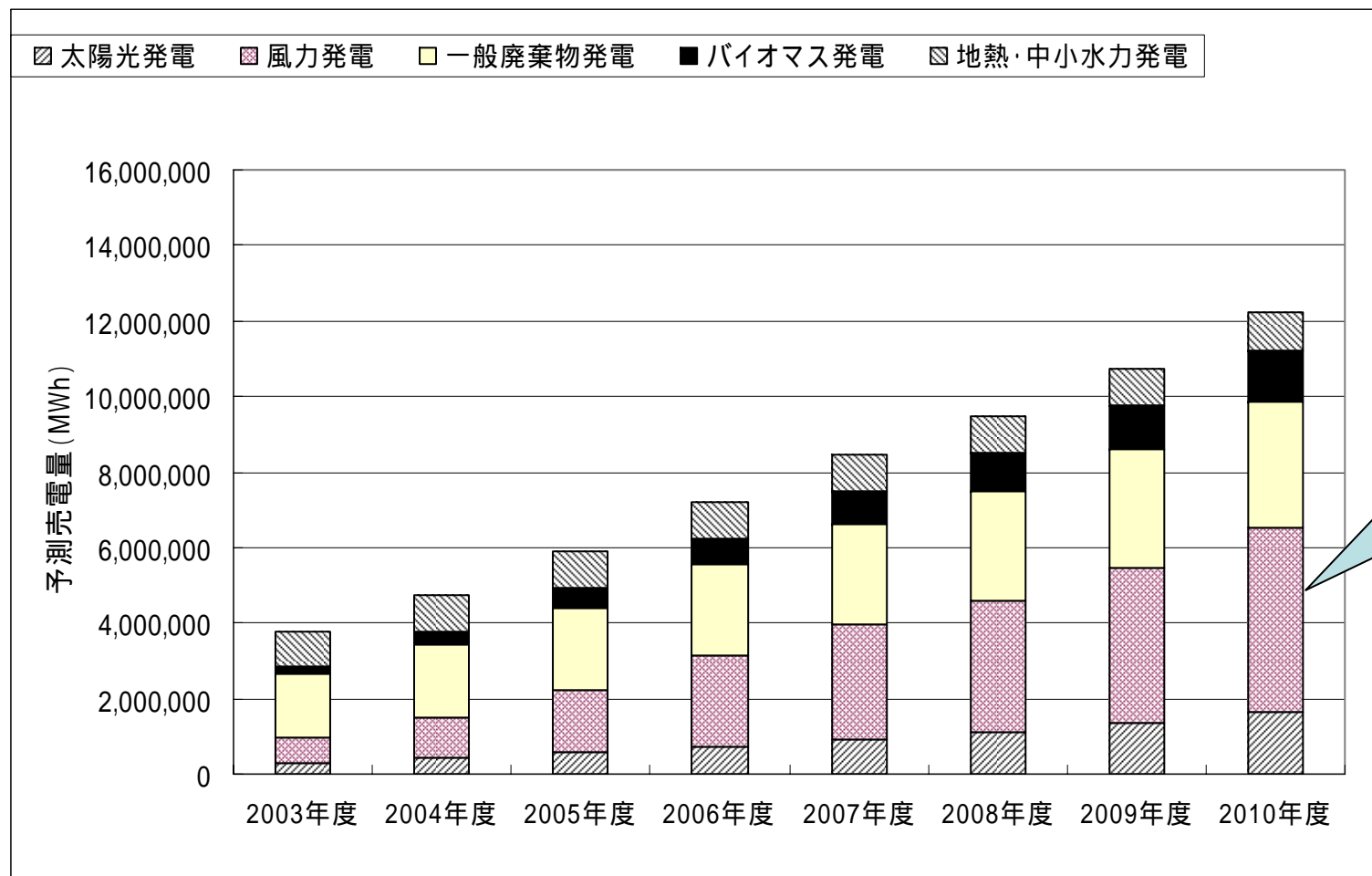


都道府県別の導入量上位 (2003年度末暫定値)

青森県	16.2 [万kW]
北海道	15.9 [万kW]
鹿児島県	7.1 [万kW]
秋田県	6.3 [万kW]
長崎県	3.0 [万kW]
山形県	2.3 [万kW]
岩手県	2.1 [万kW]
沖縄県	1.9 [万kW]
三重県	1.8 [万kW]
福岡県	1.5 [万kW]

1. 風力発電の現状

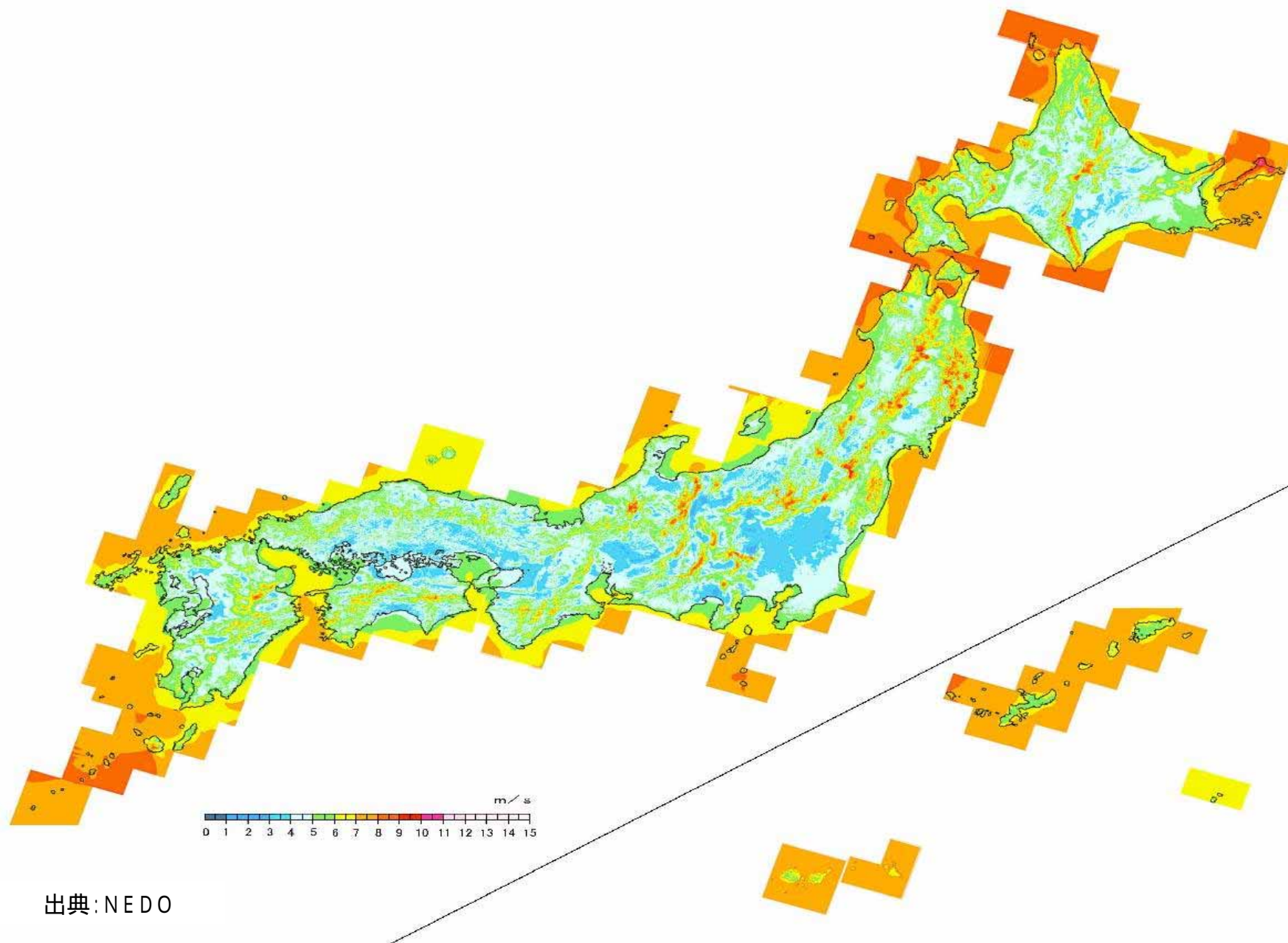
(4) 今後の風力発電の導入ポテンシャル



RPS義務量
達成に係る
風力発電の
寄与度は大
きい

(出典) 資源エネルギー庁平成15年度新エネルギー等電気の利用促進のためのポテンシャル等調査

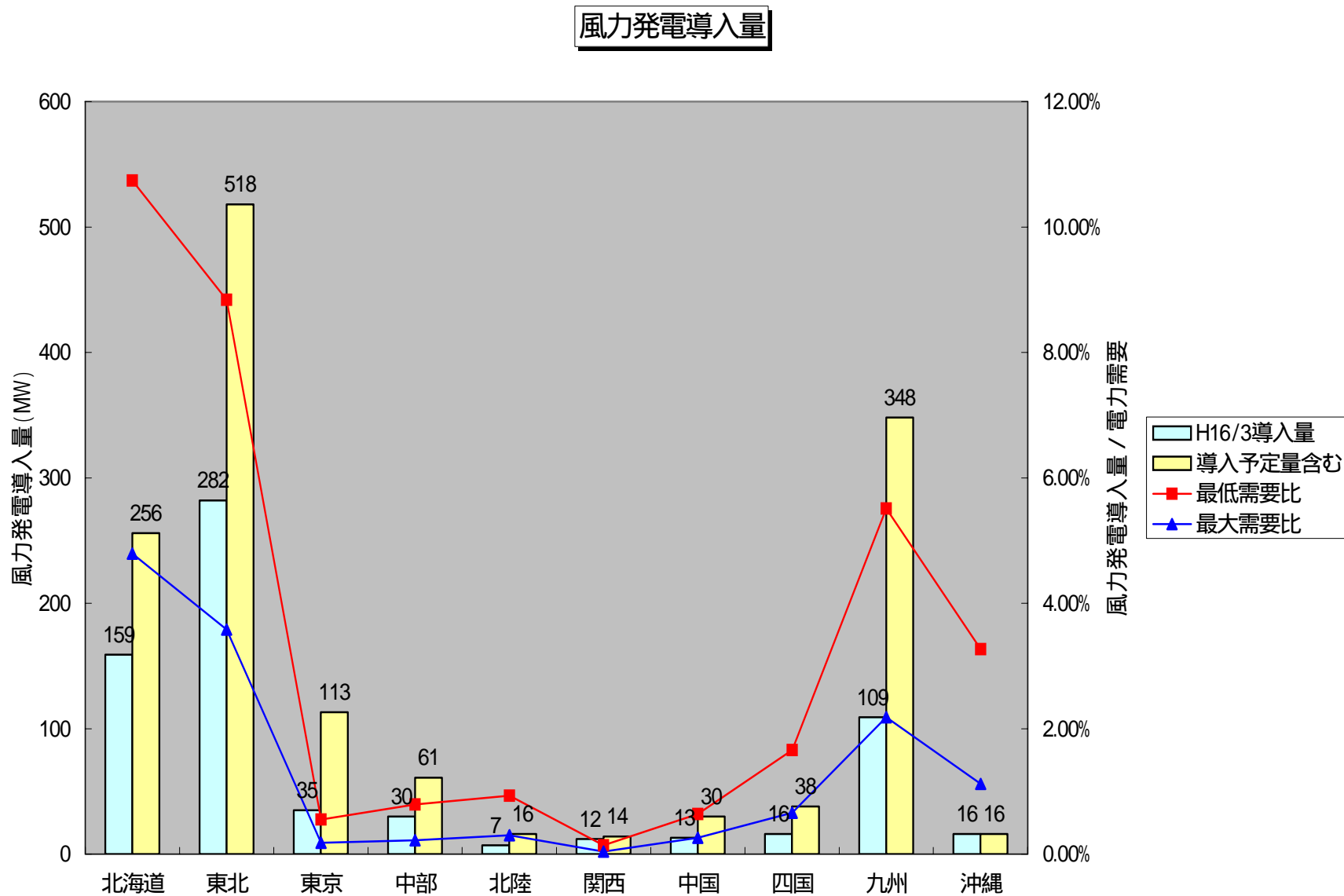
(5) 全国風況マップ



出典: NEDO

1. 風力発電の現状

(6) 電力会社の風力発電導入量



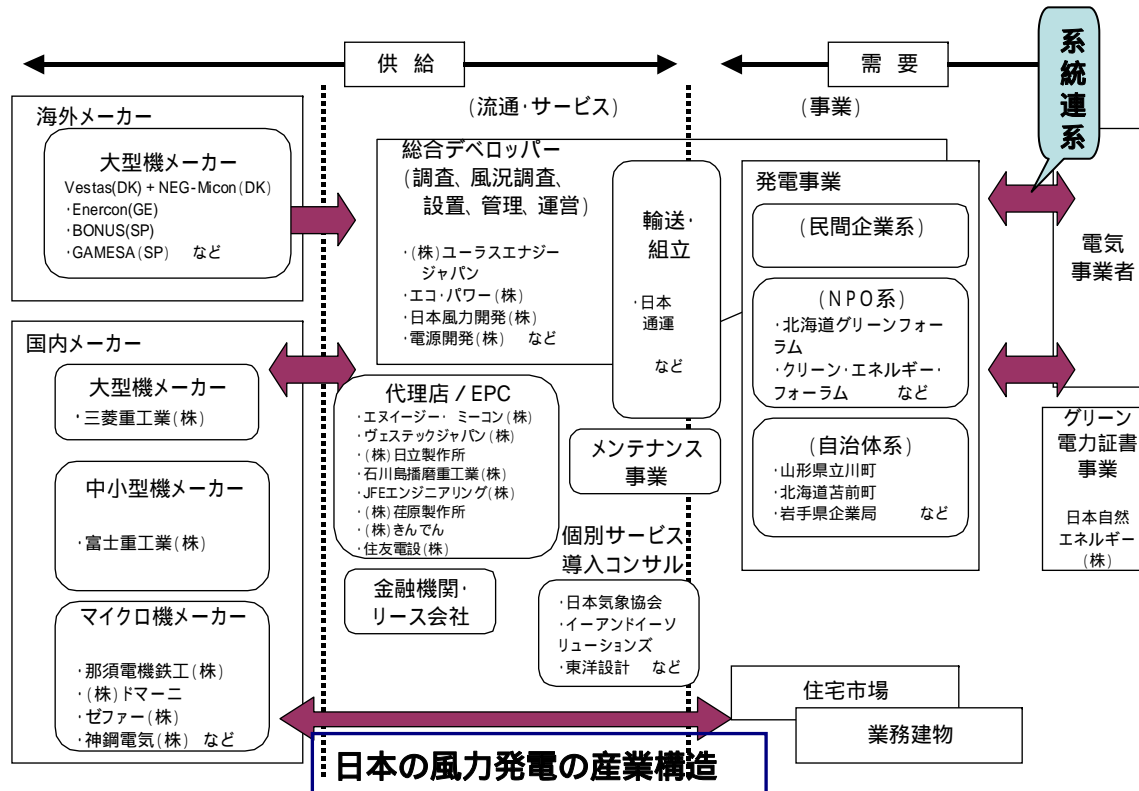
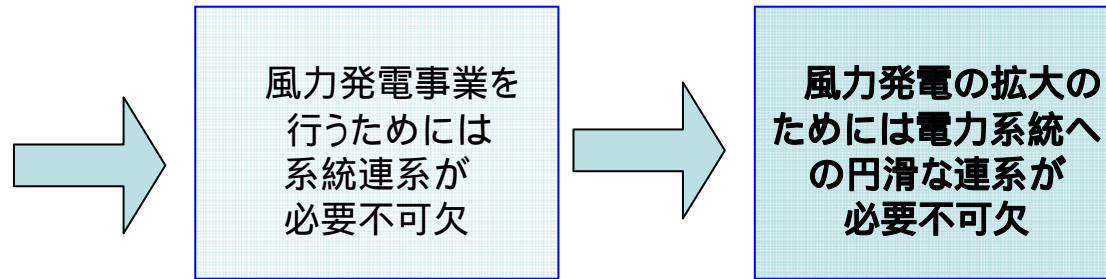
2. 風力発電の系統連系問題

(1) 風力発電の事業形態

風力発電の事業形態

風力発電の多くは、電力系統に連系し、電気事業者に売電する形で行われている。

系統連系を行わない自家消費用の風力発電の数は少なく、小規模。



2. 風力発電の系統連系問題

(2) 風力発電の特徴

KW価値を有さない

- ・いつ、何KW発電するか運転制御できない。
- ・電力需給バランスの調整力が減少する低負荷時の夜間にも出力が変動。

出力変動が大きい

- ・系統に対して「電力需要変動」に加えて「風力発電による出力変動」が発生。

大容量化に伴い連系点制約がある

(3) 風力発電と系統連系

風力発電の電力系統への影響

系統全体に波及する問題

- 周波数変動問題

連系点の近傍で発生する問題

- 電圧変動
- 保護協調上の問題
- 高調波の発生

- 送電容量の問題



現状の対応状況

- ・火力発電の出力調整による電力需給調整能力にも限界があることから、風力発電の連系量を制限

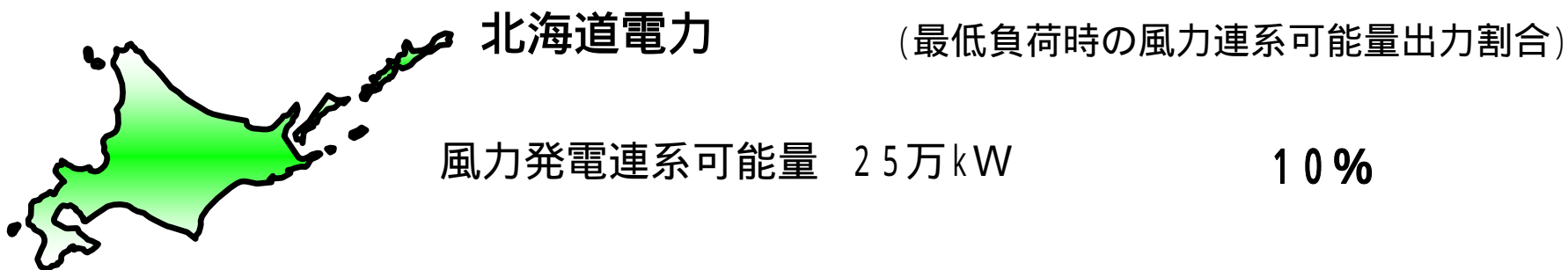
- ・電圧変動問題や保護協調の問題
 - 「電力品質確保に係る系統連系要件ガイドライン」(電圧変動部分)
 - 「電気設備の技術基準解釈」(保護協調部分)
- ・高調波の発生問題
 - 「高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン」

- ・個別に検討

対応策の検討が必要な問題は、
系統全体に波及する問題：周波数変動問題
連系点の近傍で発生する問題：送電容量の問題

2. 風力発電の系統連系問題

(4) 周波数の観点から見た連系量制制約



東北電力

風力発電連系可能量 52万kW

9%



九州電力

平成18年に公表予定

2. 風力発電の系統連系問題

(5) 送電容量制約により風力発電の新規連系が不可能な系統

例:東北電力では、風力発電の系統連系に関する説明会に際し、設備の空き容量の観点から、系統連系が不可能な送電線・発電所名を毎年度公開

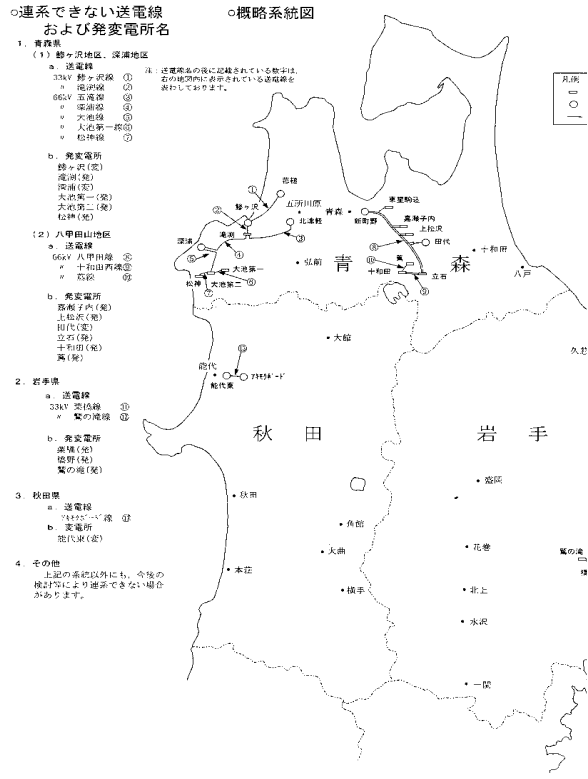
【平成13年度】

【平成14年度】

【平成15年度】

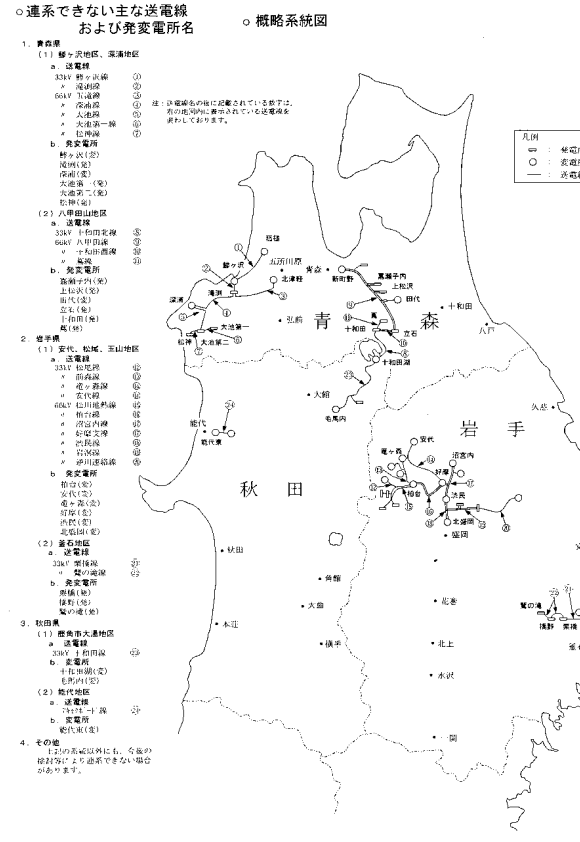
平成
東北
風力発電設備の当社系統連系における制限箇所について

これまでの風力発電に関する事前検討依頼または情報等で、設備の空き容量上から連系できない送電線・発電所名は、次のとおりです。



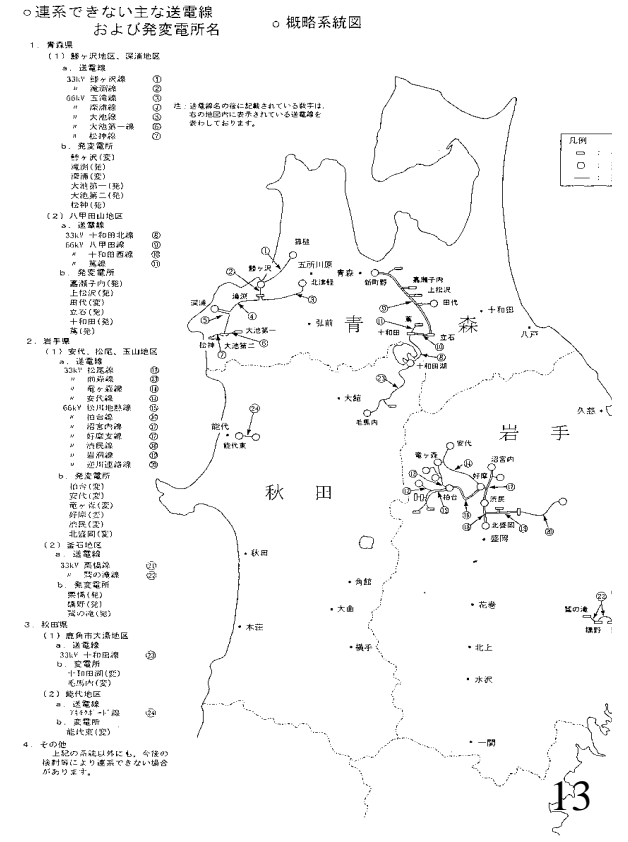
参考資料

これまでの風力発電に関する事前検討依頼または情報等で、設備の空き容量上から連系できない送電線・発電所名は、次のとおりです。



参考資料

これまでの風力発電に関する事前検討依頼または情報等で、設備の空き容量上から2MW以上の大規模風力発電が連系できない送電線・発電所名は、次のとおりです。



3.これまでの経緯

(1) 総合資源エネルギー調査会 新エネルギー部会 におけるこれまでの検討

H12.7	総合エネルギー調査会新エネルギー部会 電力系統影響評価小委員会中間報告書	北海道の状況を念頭において、風力発電の周波数変動問題の技術的対応策についてとりまとめ
H13.6	総合資源エネルギー調査会 新エネルギー部会報告 (2010年までの新エネ導入目標を設定)	風力発電の導入量 300 万 kW とした場合、一定の仮定をおいて追加的費用を試算
H13.12	総合資源エネルギー調査会 新エネルギー部会 新市場拡大措置検討小委員会報告 (RPS法導入の検討)	系統連系対策の内容及び費用規模、実施負担のあり方の検討の必要性を明記
H15.1	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く利用目標告示	系統対策の検討(3年間を目的)の必要性を明記

4. 風力発電系統連系対策小委員会報告書のポイント

(1) 風力発電の導入目標と系統連系対策の必要性

風力発電の導入目標 2010年度 300万 kW

R P S 法の新しい補償 - 等電気の利用目標量 122億 kWh

風力発電

風況に応じて出力が変動
風況条件の良い地域は送電線の送電容量が
小さいところが多い



今後一層の導入を図るためには、風力発電の系統連系に伴う課題を解決していくことが必要

風力発電の系統連系に伴う課題

電力系統全体の周波数変動に係る課題

周波数変動対策

風力発電連系点における送電容量等に係る課題

送電容量等対策

4. 風力発電系統連系対策小委員会報告書のポイント

(2) 周波数変動対策一覧

系統サイドの対策	風力発電サイドの対策
<ul style="list-style-type: none">・ 周波数変動の観点からみた風力発電連系可能量の正確な把握・ 調整力の拡大に向けた電源運用・ 会社間連系線の活用	<ul style="list-style-type: none">・ 調整力不足時期の風力発電機の解列・出力抑制・ 周波数変動制約のない地域への風力発電立地の誘導
<ul style="list-style-type: none">・ 蓄電池等の導入・ 気象予測に基づく風力発電予測システムの導入	

4. 風力発電系統連系対策小委員会報告書のポイント

(3) 送電容量対策一覧

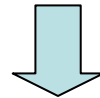
風況条件の良い風力発電機建設適地の送電能力を向上させるための対策	送電容量に係る情報の充実対策
<ul style="list-style-type: none">・ 連系可能量算定方式の工夫・ 連系容量を超える発電容量の連系（最大出力の制約を条件とした連系）・ 風力発電事業者保有のアクセス線・変電所の活用・ 電力会社保有送変電設備の増強・ 事業計画の変更の許容	<ul style="list-style-type: none">・ 送電線熱容量・変電所バンク容量等に係る情報の随時提供・ 周波数変動制約のない地域での風力発電系統接続受付随時化・ 連系可能性についての回答における理由の開示・ 連系不可能時の代替案の提示

5. 風力発電系統連系対策小委員会報告書に盛り込まれた周波数変動対策

(1) 周波数変動の観点からみた風力発電連系可能量の正確な把握

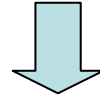
内容・趣旨

不必要な対策費用を極力発生させない観点



シミュレーション

風力発電連系可能量の正確な把握・結果を公表



現行の電力品質(周波数)の維持

課題・留意事項

シミュレーション条件の明確化

実態を踏まえたシミュレーション手法の検討

需要動向や電源構成・運用を踏まえた連系可能量の再評価

今後の対策

の進め方


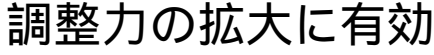
シミュレーション手法の調査研究(資源エネルギー庁)

連系可能量の公表(電力会社)

5. 風力発電系統連系対策小委員会報告書に盛り込まれた周波数変動対策

(2) 調整力の拡大に向けた電源運用

内容・趣旨

経済性の観点等から活用していない自社の調整力
系統に連系されている自社以外の調整力(IPP、PPS)  

留意事項

原子力発電等の長期固定電源への配慮
設備運用の変更に伴うハード面の制約

今後の対策 の進め方

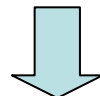
電源の効率的運用や将来の電源構成や需要状況の変化を考慮しつつ、調整力を拡大するような電源運用の検討(電力会社)

5. 風力発電系統連系対策小委員会報告書に盛り込まれた周波数変動対策

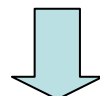
(3) 解列枠の募集

内容・趣旨

調整力が不足する時間帯に風力発電の解列又は出力の抑制



周波数変動の抑制



新たな風力発電機の連系が可能

「計画解列・出力抑制方式」

「予定解列・出力抑制方式」

豊水期や軽負荷期等の調整力が不足する時間帯に行う

調整力が不足する際に行う

留意事項

公正かつ透明な解列・出力抑制ルールの策定

今後の対策の進め方

通常の連系とは別枠の解列枠(仮称)として連系募集(電力会社)

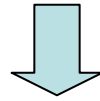
電力会社による募集方法策定に協力(風力発電事業者)

5. 風力発電系統連系対策小委員会報告書に盛り込まれた周波数変動対策

(4) 会社間連系線の活用に向けた検討

内容・趣旨

電力会社間連系線を通じて他社管内の調整力を活用する



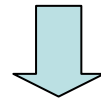
風力発電の連系可能量に余裕のない電力会社における連系可能量の拡大

留意事項

- ・ P P S 事業者による連系線利用等の他利用者との調整
- ・ 電気事業法上の位置づけ(電圧、周波数維持努力義務、広域的運営)

今後の対策 の進め方

会社間連系線の活用による風力発電連系可能量拡大の試算



技術面、経済面の観点からの費用対効果を明らかにする(電力会社)

5. 風力発電系統連系対策小委員会報告書に盛り込まれた周波数変動対策

(5) 蓄電池等の導入による風力発電連系量増加見込み試算

内容・趣旨

風力発電サイトあるいは系統側に蓄電池などの電力貯蔵設備を設置



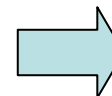
充放電による出力変動の平滑化

今後の対策 の進め方

蓄電池等の最適設置容量

集中制御による削減設置容量

蓄電池等の貯蔵設備の寿命



試算(資源エネルギー庁)

風力発電連系可能量の増加量試算(電力会社)

5. 風力発電系統連系対策小委員会報告書に盛り込まれた周波数変動対策

(6) 周波数変動制約のない地域への風力発電立地の誘導

内容・趣旨

風力発電連系可能限界量まで達していない電力会社管内



風力発電立地の促進

今後の対策 の進め方

風力発電立地促進のインセンティブとなる方策の検討
(周波数変動制約のない電力会社)

周波数変動制約のない地域における風力発電適地の開発
(風力発電事業者)

周波数変動制約のない地域への新規風力発電立地支援施策の重点化
(資源エネルギー庁)

5. 風力発電系統連系対策小委員会報告書に盛り込まれた周波数変動対策

(7) 気象予測に基づく風力発電量予測システムの調査研究

内容・趣旨

気象予測に基づく風力発電の発電量の予測



必要な調整力の節約

風力発電連系可能量の増加

今後の対策の 進め方

学識経験者、電力会社、風力発電事業者の参加による
気象予測に基づく風力発電量予測システムの調査研究
(資源エネルギー庁)

5. 風力発電系統連系対策小委員会報告書に盛り込まれた周波数変動対策

(8) 今後の進め方

平成16年度

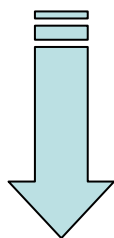
電力会社、風力発電事業者、資源エネルギー庁それぞれが中間報告書の「今後の対策の進め方」に盛り込まれた事項についての検討・実施を行う。

平成17年度

風力発電系統連系対策小委員会の開催

(各主体における対策の進捗状況のフォローアップ)

解列枠の実施、その他の対策の実施に向けた検討



平成22年度

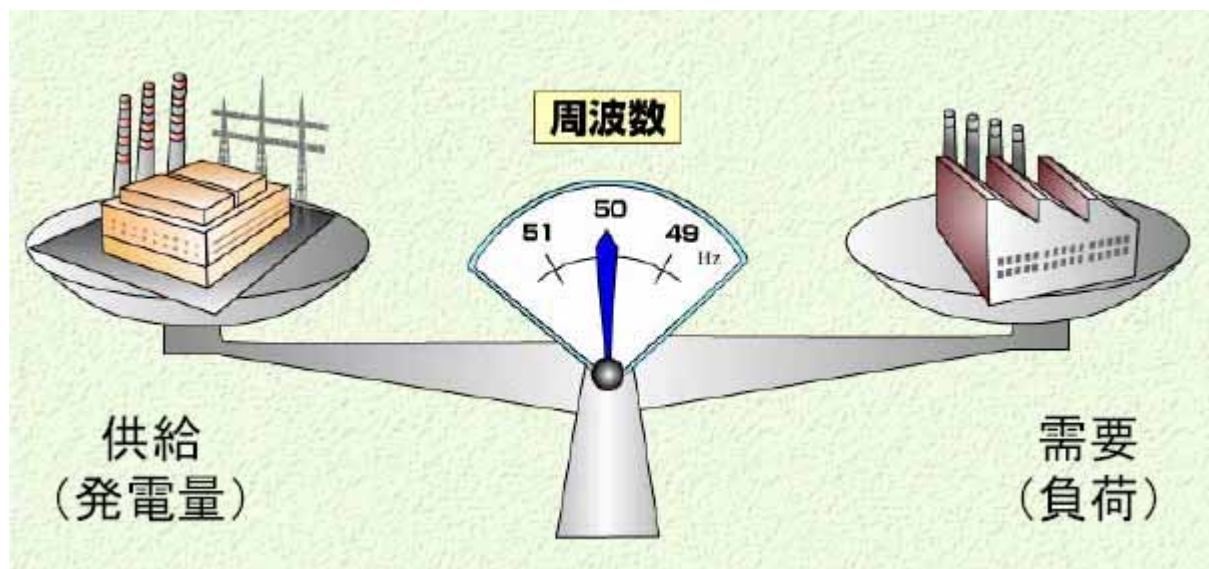
風力300万kW達成 RPS法義務量の達成

(1) 周波数の特徴

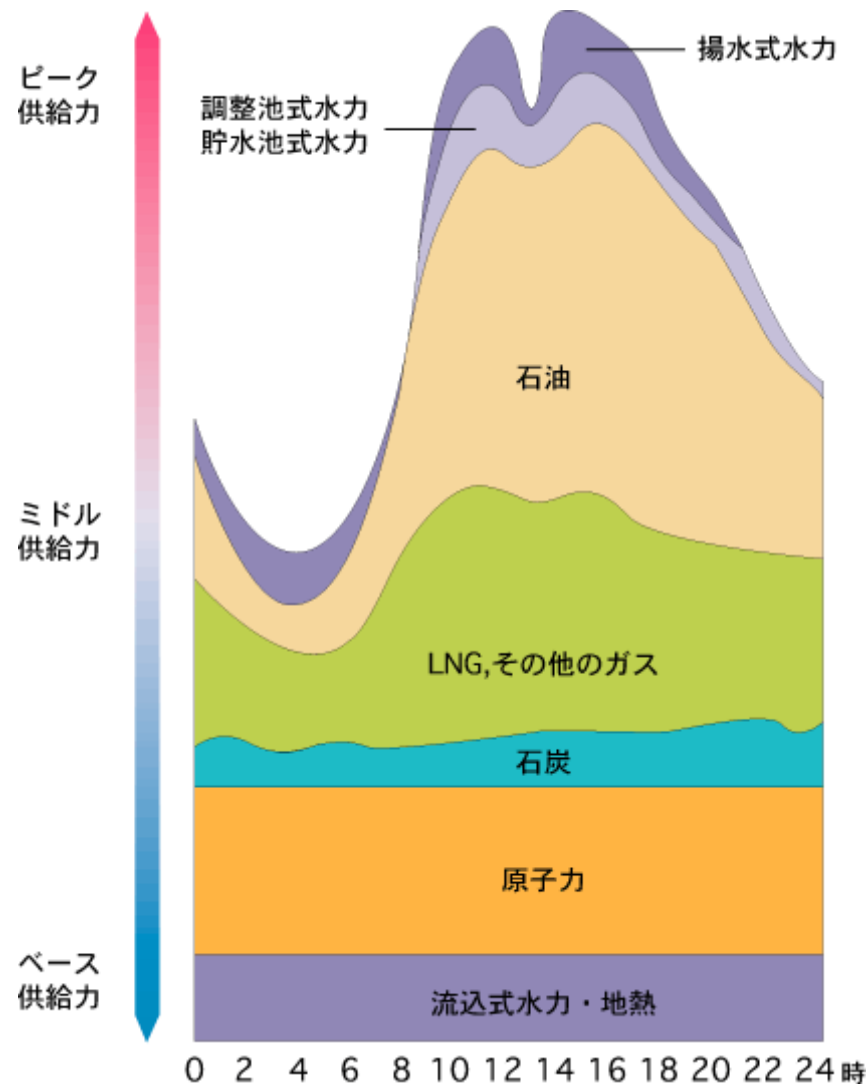
周波数の特徴

- ・系統で使用される電力と、発電される電力のバランスに応じて変動
- ・電力需給のインバランスに応じ、瞬時(数秒以内)に系統全体の周波数が変動

需要(負荷) > 供給(発電量) 周波数低下
需要(負荷) < 供給(発電量) 周波数上昇



(2) 電源の組み合わせ



揚水式水力 : 負荷追従性に優れており, 急峻な需要変動に対応

調整池式, 貯水池式水力
: 時間的出力の調整が可能であるため, ピーク供給力として活用

石油火力 : 経済性を考慮し, ピーク供給力として活用

LNG火力 : 運用性に優れていることから, ベース・ミドル供給力として活用

石炭火力 : ベース電源としてフル出力を基本

原子力 : フル出力運転

流込式水力 : 河川の自然流量をそのまま利用

(出典) 電事連ホームページ

(3) 電力会社の周波数許容偏差と管理実績

電力会社	周波数許容偏差 (Hz)		周波数許容偏差 逸脱回数	周波数許容偏差内 時間滞在率	備考
北海道	± 0.3	【管理目標値】	43回/年	-	至近3年平均
東北	± 0.2	【管理目標値】	-	99.99904%	至近10年平均
東京	± 0.2	【管理目標値】	-	99.99904%	〃
中部	± 0.1	【目標滞在率95%】	-	98.84%	〃
北陸	± 0.1	【目標滞在率95%】	-	98.84%	〃
関西	± 0.1	【目標滞在率95%】	-	98.84%	〃
中国	± 0.1	【目標滞在率95%】	-	98.84%	〃
四国	± 0.1	【目標滞在率95%】	-	98.84%	〃
九州	± 0.1	【目標滞在率95%】	-	98.84%	〃
沖縄	± 0.3	【管理目標値】	118回/年	-	至近3年平均

(4) 電力会社の風力発電導入量

風力発電導入量
H16.3現在

(単位: MW)

電力会社名	風力発電導入量	最大需要電力	最低需要電力	/	/
北海道	159	5,345	2,384	2.97%	6.67%
東北	282	14,489	5,863	1.95%	4.81%
東京	35	63,200	20,465	0.06%	0.17%
中部	30	27,283	7,762	0.11%	0.39%
北陸	7	5,394	1,716	0.13%	0.41%
関西	12	31,610	9,823	0.04%	0.12%
中国	13	11,488	4,679	0.11%	0.28%
四国	16	5,738	2,295	0.28%	0.70%
九州	109	15,966	6,320	0.68%	1.72%
沖縄	16	1,425	489	1.12%	3.27%
計	679	181,938	61,796	0.37%	1.10%

風力発電導入量
導入見込み量

(単位: MW)

電力会社名	風力発電導入量	最大需要電力	最低需要電力	/	/
北海道	256	5,345	2,384	4.79%	10.74%
東北	518	14,489	5,863	3.58%	8.84%
東京	113	63,200	20,465	0.18%	0.55%
中部	61	27,283	7,762	0.22%	0.79%
北陸	16	5,394	1,716	0.30%	0.93%
関西	14	31,610	9,823	0.04%	0.14%
中国	30	11,488	4,679	0.26%	0.64%
四国	38	5,738	2,295	0.66%	1.66%
九州	348	15,966	6,320	2.18%	5.51%
沖縄	16	1,425	489	1.12%	3.27%
計	1,410	181,938	61,796	0.77%	2.28%

風力発電導入量、最低需要電力は資源エネルギー庁調べ。
 最大需要電力は電気事業便覧平成15年度版による。
 最大/最低需要電力は発電端。