REvision2018：
自然エネルギー大量導入が世界を変える

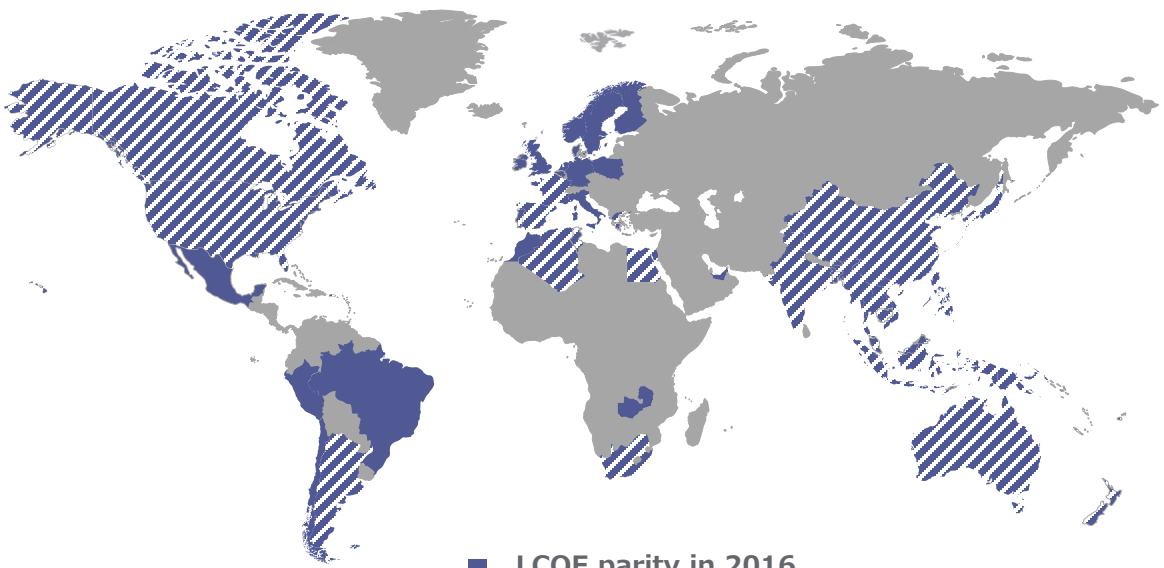
セッション３　太陽と風力を日本のグリッドに

GE Renewable Energy
大西英之
March 7, 2018

© 2017 General Electric Company. Proprietary and Confidential. All Rights Reserved.

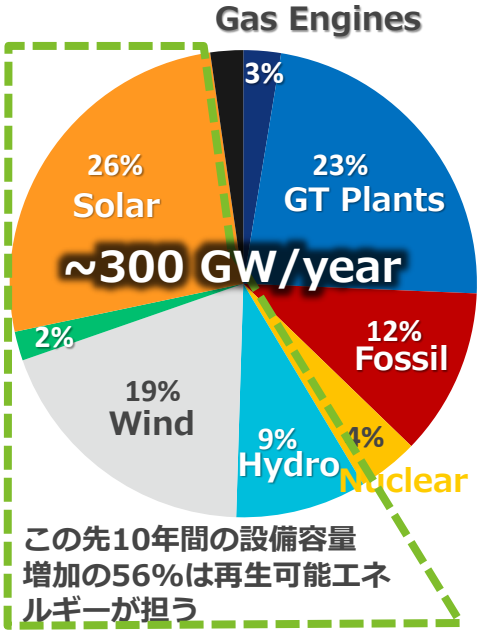
基幹電源としての再生可能エネルギー

再生可能エネルギーはグリッドパリティを達成しつつある



Source: GE, BNEF, IEA

世界の発電機投資
再生可能とGTが中心



年間平均設備容量増加（'17-'26）
Source: GE, BNEF, IEA

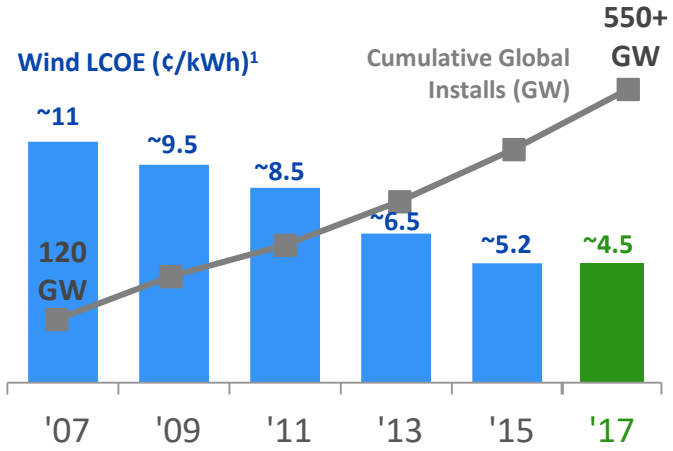
- この先10年間の年平均設備容量増加の>50%は再生可能エネルギーと予想されている
- 幾つかの国では既に再生可能エネルギーはグリッドパリティを達成しており、多くの国では2025年までには達成する見込み
- 再生可能エネルギーの導入に際して補助金を削減・撤廃し、オークション・入札制を取り入れる国が増加している
- 再生可能エネルギーの導入が進むことで、従来の発電機器が果たしていた系統安定化や調整力を求められる様になった。また、化石燃料発電所の稼働率低下など、新たな問題が出ている

- 再生可能エネルギーは既に基幹電源の一部、"GRID FRIENDLINESS" が更なる成長の条件
- 課題はいかに競争力のある電源を導入し、社会全体でみたエネルギーコストの持続的低減を図るか

© 2017 General Electric Company. Proprietary and Confidential. All Rights Reserved.

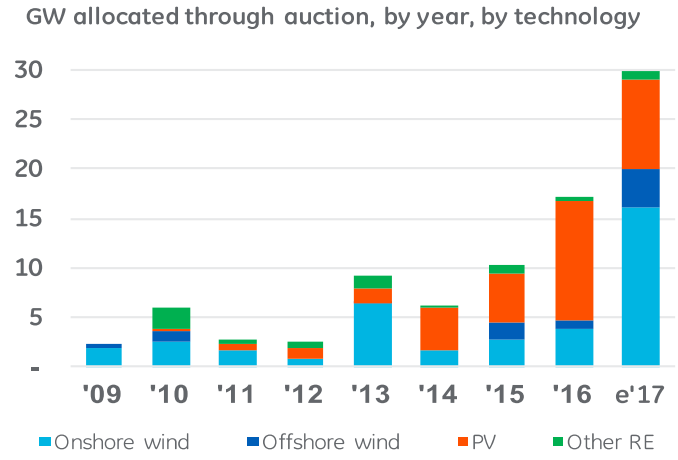
世界での風力発電 - 技術革新とコスト競争力

10年で4倍成長、60%コスト低減



1- Germany, 7.5 m/s @164m hh, k=2, AD=1.21, σ=0.2, 5% WACC

世界中で進むオークション



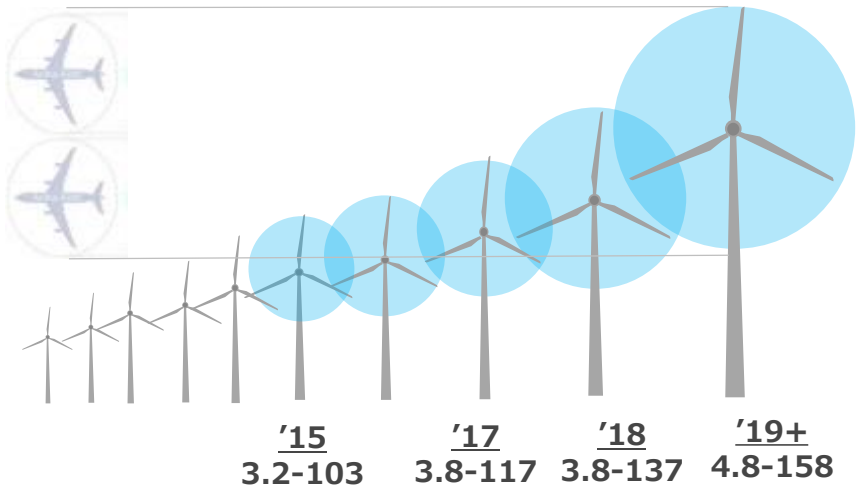
Sources: Bloomberg data 12/6/2016; GE Onshore Wind

最新技術のインパクト

- 過去10年間で4倍の導入量、発電コストは60%減

  風力は化石燃料も含めて最も安い電源の1つとなった
- 発電コストの低減は近年のマーケットの拡大とオークションの導入でさらに加速している
- 風車の歴史は大型化、耐久性・信頼性、低コスト化をいかにバランスさせるかの歴史
- GEの最新風車のローター径も2015年は100m程度だったのが、150mを超える最新機種を発表した

GEの最新風車の市場投入時期



© 2017 General Electric Company. Proprietary and Confidential. All Rights Reserved.

風車の大型化 - プロジェクト例

タイでの大型風車プロジェクト

平均風速 5.4m/s サイトでのプロジェクト

- 24 x 2.5-120, 60MW, 110m タワー
- 2016年7月 運転開始

平均風速 6.0m/s サイトでのプロジェクト

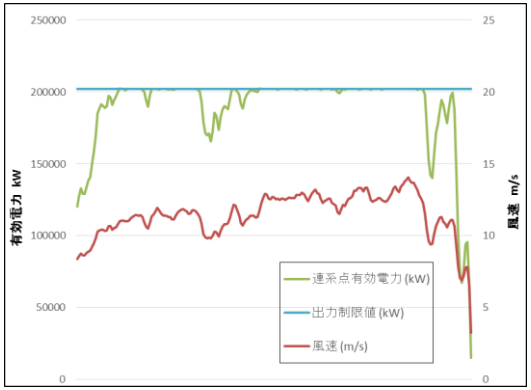
- 30 x 2.5-120, 75MW, 120m タワー
- 2017年２月 運転開始

その他、5.0m/sサイトでのプロジェクトもあり

LM Windの工場から出荷される世界最大の陸上風力ブレード

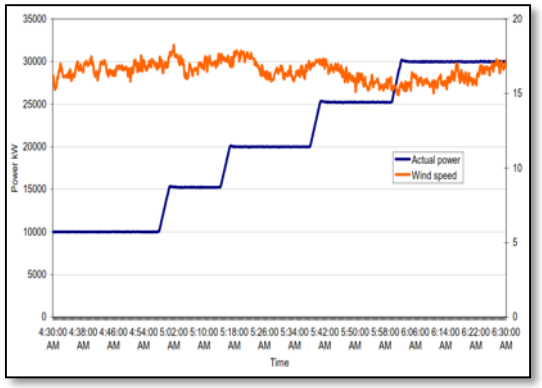
© 2017 General Electric Company. Proprietary and Confidential. All Rights Reserved.

風力発電は系統安定化(アンシラリーサービス)が可能な電源



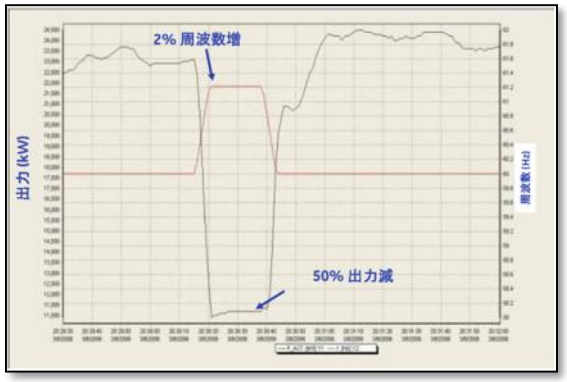
出力制限

あらかじめ定められた連系点出力以上に、発電所が出力を出さない様抑制する運用



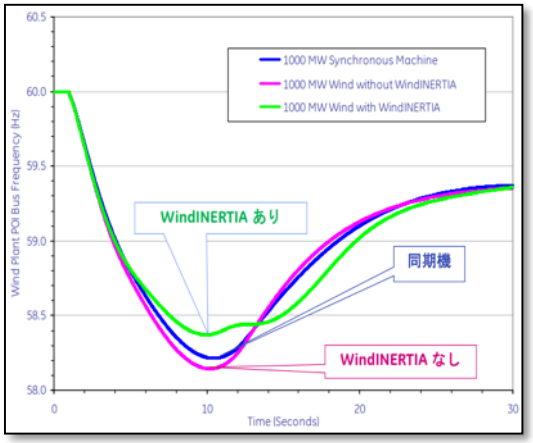
出力変化率制限

系統運用上の理由により、出力変化率に制限を伴った制御が求められるケースがあり、各風車の出力を変化させる制御を行う



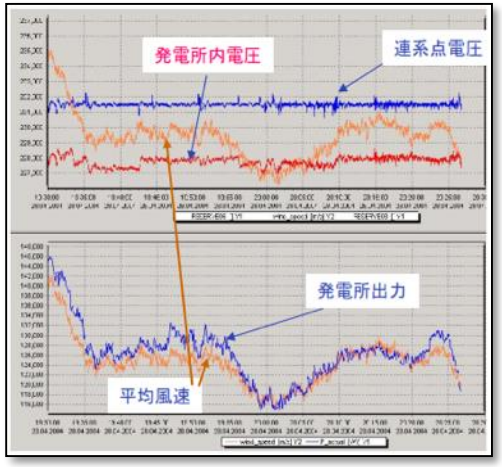
周波数ドループ

周波数が低下すると出力が上昇し、周波数が上昇すると出力が減少するよう自動制御される機能



慣性応答（イナーシャ）

大規模電源等の事故時、電力系統においては供給力の不足による周波数低下が発生するが、同期発電機が持つ回転エネルギーによりエネルギーが供給され(慣性力)、系統の崩壊を未然に防ぐ役割を果たしている



電圧制御

風車の無効電力を連続的に制御することで、連系点において電圧を一定にする機能を有する

出典：GE

風力発電は既に出力抑制、上方・下方予備力、無効電力の供給を行う事ができ、従来火力プラントが果たしている系統安定化や調整力の機能を果たす事ができる

風力発電は「風まかせ」ではない

© 2017 General Electric Company. Proprietary and Confidential. All Rights Reserved.

テキサス州、アイルランドでの再生可能エネルギー導入例

テキサス

- 最高電力需要：70GW peak (82GW ERCOT)
- 既設風車 (2017)： 21 GW
- 風車の発電量：12.6% in 2016
- 最大風力発電率：50%　(3/23/17)
- 蓄電：52MW 電池
  (317MW/96hr CAES **圧縮空気** 実証試験)
- 広域連系線：1,106MW to East & Mexico

テキサスの成功は…

- 新しいマーケットルールの構築
  - 15分から5分 nodal pricing への移行
  - 風車に厳しい系統安定化の役割分担を要求
  (Voltage ride-through, Primary Frequency response)
  - 発電量予想を導入
- Competitive Renewable Energy Zone (CREZ) 整備
  地域を指定して送電線を整備
- ダイナミックプライシング
- 現在も新しいアンシラリーサービスのあり方を検討中
  （超短期周波数安定化、イナーシャ）

アイルランド

- 最高電力需要：6,800 MW peak
- 既設風車 (2017)：3,800MW
- 風車の発電量：25% in 2016
- 最大風力発電率：68%　(12/24/16)
- 蓄電：292MW 揚水
  (300MW/6hr CAES 圧縮空気 実証試験)
- 広域連系線：500MW to Great Britain

アイルランドの成功は…

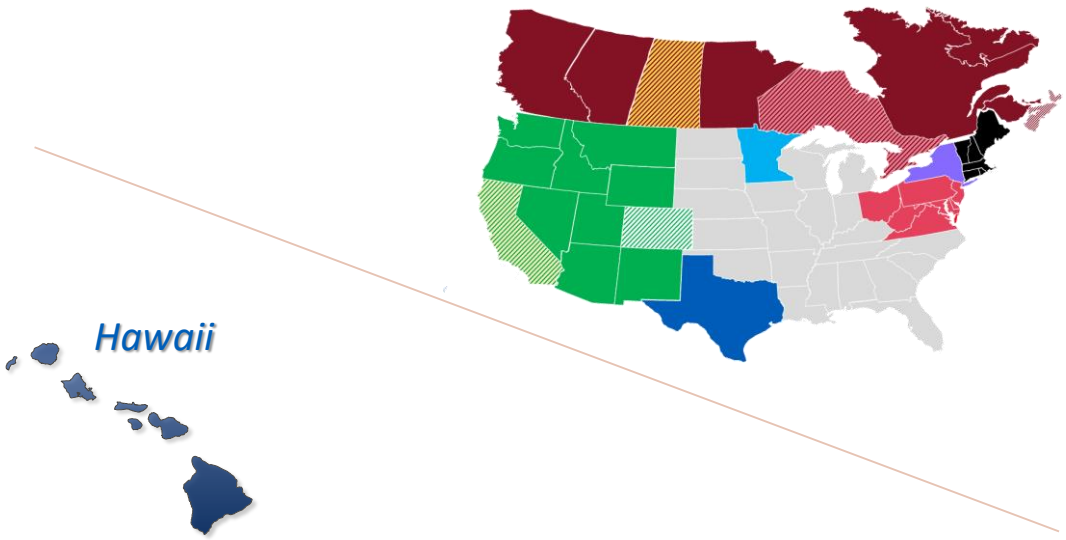
- 恵まれた風況を活かし、国としての明確な再生可能エネルギー導入ターゲットを設定（2020年 40%）
- 系統周波数安定化を図るために、SNSP (System Non-Synchronous Penetration)インデックスの導入、現在60%を達成、将来100%目指す
  （2020年再生可能40%を達成する一環として、現在のSNSPを60%を75%にあげることで、風力発電の抑制が14% から7%に減るという試算もある）
- 現在もFFR(Fast Frequency Response) にフォーカスした新しいアンシラリーサービスの構築、風車の機能を使った周波数安定化を試みている

© 2017 General Electric Company. Proprietary and Confidential. All Rights Reserved.

問題の可視化 - 系統分析/コンサルティングサービス

GE Energy Consulting Service

- 電力事業者、ISO、行政などからの依頼プロジェクト
- 世界中で計100GW以上の再生可能のインテグレーション分析
- 経済性、技術的課題、環境インパクト等を総合分析し再生可能エネルギー大量導入に関わる提言を行う
- 発展途上国からのコンサルティング依頼が増えている



Source: GE Energy Consulting

北米におけるプロジェクト例

2004 New York
3 GW Wind
10% Peak Load
4% Energy

2005 Ontario
15 GW Wind
50% Peak Load
30% Energy

2006 California
13 GW Wind
3 GW Solar
26% Peak Load
15% Energy

2007 Texas
15 GW Wind
25% Peak Load
17% Energy

2009 Western U.S.
72 GW Wind
15 GW Solar
50% Peak Load
27% Energy

2010 New England
12 GW Wind
39% Peak Load
24% Energy

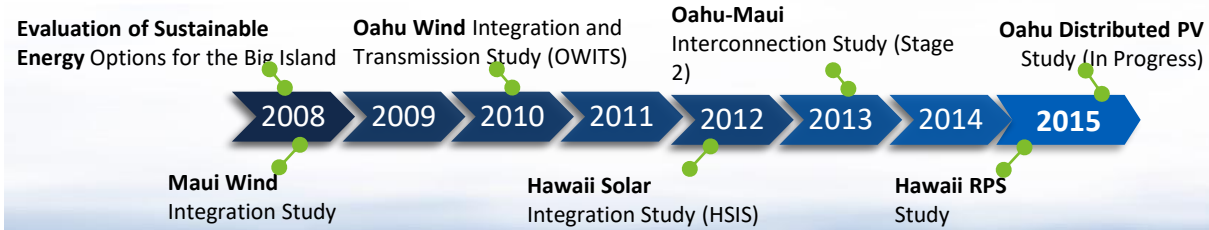
2012 Nova Scotia
~1500MW Wind
40% Energy

2013 PJM
96GW Wind
22GW Solar
30% Energy

2014 Minnesota
8 GW Wind
4.5 GW Solar
50% Energy

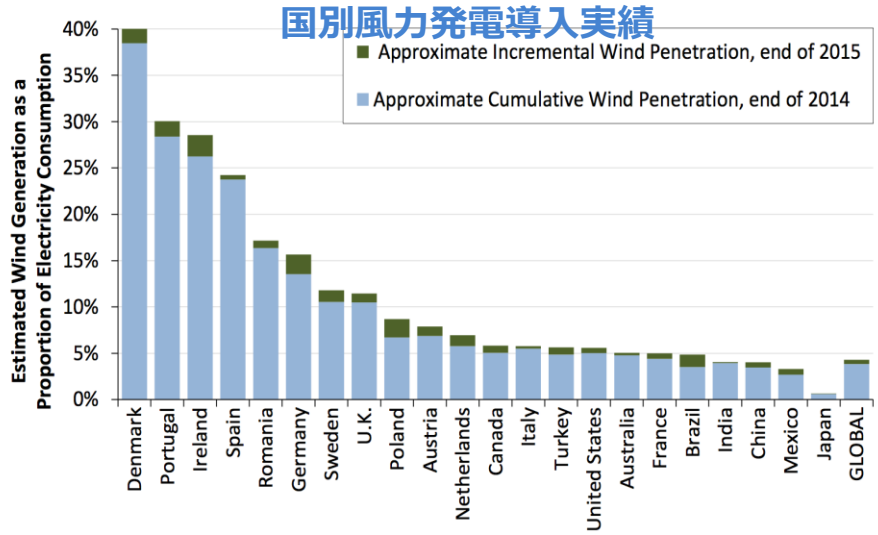
2016 Pan-Canadian
~72GW Wind
30% Energy

Underway
Saskatchewan
Colorado Springs



まとめ

1. 再生可能エネルギーは既に基幹エネルギーである
2. 風力発電は出力の制御はもとより**ディスパッチ、アンシラリーサービスが可能**な電源。この機能を無視した系統運用・調整力確保は不必要な投資を招く



Source: Berkeley Lab estimates based on data from Navigant, EIA, and elsewhere

3. **日本は他国の事象を学び**新しい発電・系統運用のデザインができる。まずは外部の視点を入れ、運用上の**問題点・チャレンジの可視化**を図るべき

（テキサスやアイルランドの事例から調整力向上は蓄電のみならず、系統の運用方法や幅広い技術を経済性を考慮して計画的に高めるべき）

4. 送配電設備は発電装置の最大負荷KWにより規定されるが、発電・供給事業はKWh

再エネの大量導入時代においてはまずは**コネクト＆マネージ**で既存の送配電設備の有効利用を図りながら弾力的な送電・発電利用のあり方を実証すべき

© 2017 General Electric Company. Proprietary and Confidential. All Rights Reserved.