



風力発電システムの現状と エネルギーインテグレーションへの寄与について

2018/05/09

株式会社 日立パワーソリューションズ
電源インフラ事業統括本部 新エネルギー本部

田中 和英

Contents

1. 日立パワーソリューションズの紹介
2. 風力発電の現状について
3. 蓄電池併設型風力発電所の系統安定化機能について
4. 風力発電機の系統安定化機能について
5. 風力発電の系統安定化機能の電力系統への寄与について
6. 本講座に期待したいこと

1.日立パワーソリューションズの紹介

1 日立パワーソリューションズの紹介

- ◆日立パワーソリューションズは、電力・エネルギーをはじめとして幅広い分野の製品やサービスを事業展開。風力については、ドイツ製のENERCON社の風力発電設備の販売・建設・運転・保守サービスをワンストップサービスでご提供
- ◆日本国内に329基(総出力573,388kW)の納入実績
- ◆全国9箇所のサービスセンターを展開し、風車の高稼働率に貢献

納入台数329基
(573,388kW)

サービスセンタ:9カ所

電力系統のLFC※容量の確保



出力変動を抑制した
風力発電システム

風力発電システムと協調した
バッテリーシステム

地域密着型の
風力発電システム

防災対応型の
風力発電システム

エネルギーの地産地消

災害時のエネルギー確保

2.風力発電の現状について

2-1 風力発電の現状

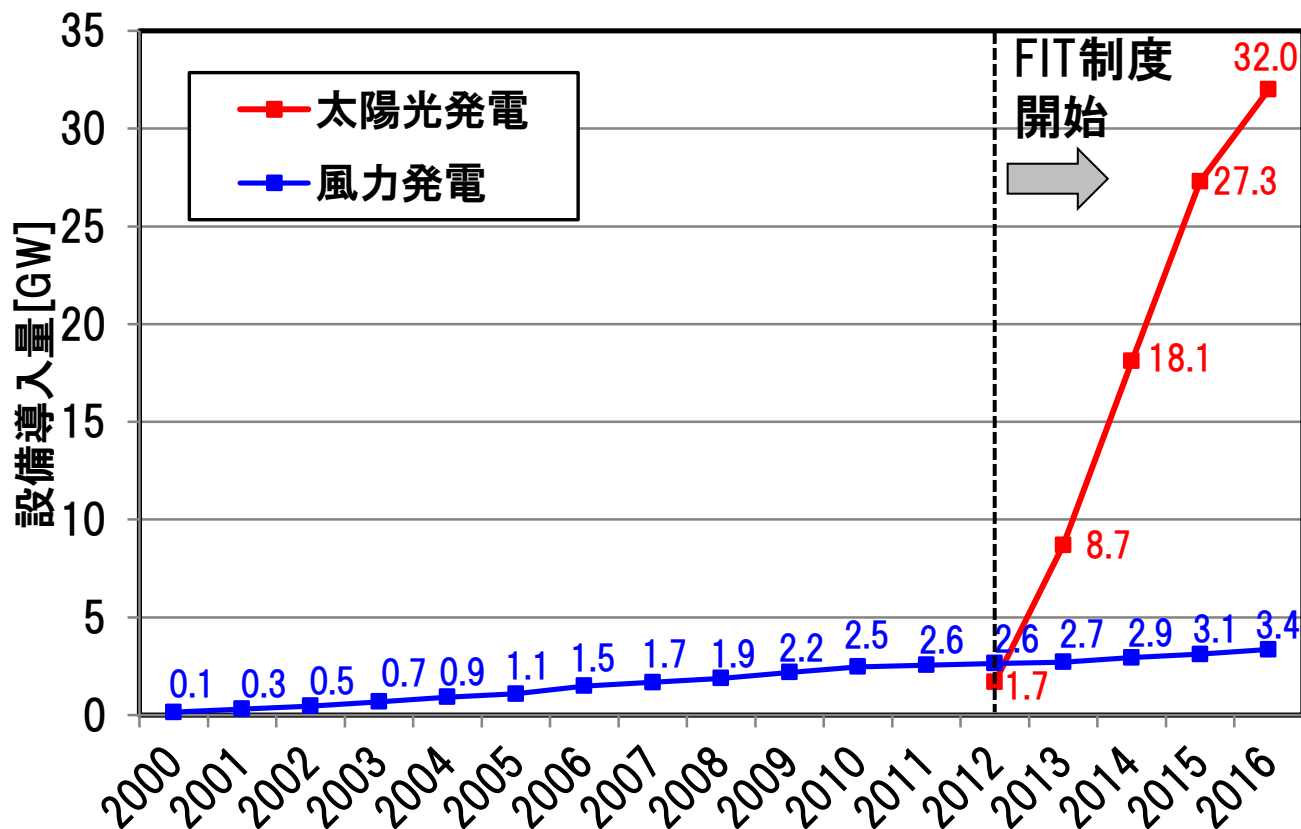


図 日本における風力発電・太陽光発電導入量の推移※1

FIT制度開始の2012年以降着実の導入量の増加

風力発電は設備導入量が2012年度に比べ**約1.3倍増加**(2016年度末時点)

太陽光発電は設備導入量が2012年度に比べ**約18.8倍増加**(2016年度末時点)

2012年度以降、急速に自然変動電源(風力、太陽光)が連系し問題が顕在化

※1【出典_風力発電】国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

【出典_太陽光発電】経済産業省HP「なっとく再生可能エネルギー」設備導入状況からJPEA作成

2-1 風力発電の現状

連系量拡大に伴う電力系統の課題 ⇒(調整力不足、送電線容量不足)

表 電力系統連系課題(指定電気事業者)

	北海道	東北	北陸	中国	四国	九州	沖縄
連系課題	送電線不足 短周期変動 下げ代不足	送電線不足 下げ代不足	下げ代不足	送電線不足 下げ代不足	送電線不足 下げ代不足	送電線不足 下げ代不足	下げ代不足

(1) 調整力不足

・北海道電力、東北電力、北陸電力、中国電力、四国電力、九州電力、沖縄電力が「指定電気事業者」へ認定

30日等出力制限枠を超えた場合でも無補償無制限出力制御の対象

表 30日等出力制限枠接続可能量(指定電気事業者)※2

算定値	北海道	東北	北陸	中国	四国	九州	沖縄
30日等出力制御枠	36万 kW	251万 kW	59万 kW	109万 kW	71万 kW	180万 kW	18.3万 kW

・北海道電力では調整力不足から「系統側蓄電池の募集プロセス」を開始

表 系統側蓄電池募集プロセス

	風力募集容量	蓄電池仕様
第Ⅰ期	約60万kW	9万kW-4時間容量
第Ⅱ期	約40万kW	6万kW-4時間容量

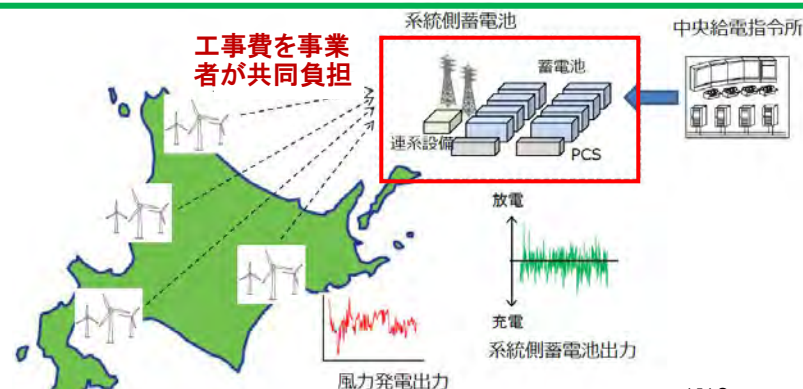


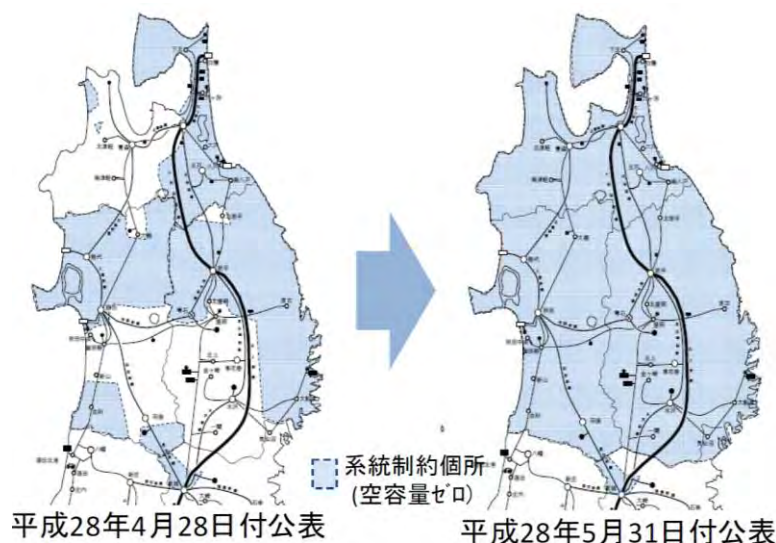
図 系統側蓄電池募集プロセス概要※3

※2【出典】系統WG第12回 各社接続可能量(2017年度算定値)の算定結果[事務局]

※3【出典】系統WG第15回 系統側蓄電池による風力発電募集の進捗状況について

(2) 送電線不足

- ・風況が良く、電力需要の小さいエリア(例:北東北)で送電不足が発生
(北東北:基幹送電線+ローカル送電線)
- ・新たな送電線の敷設のための「募集プロセス」が開始
⇒送電線敷設費の一部を発電事業者側で負担



送電線敷設完工まで
約11～13年※5

課題解決のためには

日本版コネクトアンドマネージである
「N-1電制」や「ノンファーム接続」が重要

図 北東北における募集プロセス対象範囲※4

風力発電の導入拡大のためにエネルギーシステムインテグレーションに期待

※4 【出典】系統WG第8回 東北北部エリアの系統連系について

※5 【出典】系統WG第13回 東北北部エリア電源接続案件募集プロセスの系統対策の検討状況について

3.当社におけるこれまでの風力発電所の系統安定化への取り組みについて

3-1 離島向けハイブリッドシステム

離島では火力発電(ディーゼルエンジン)で電力供給するため、燃料費が上がり発電コストが増加

- ・ 離島内の火力発電を風力発電で代替することにより、燃料費を削減
- ・ 風力発電の出力変動を蓄電池により緩和し、周波数変動を抑制

離島内消費電力の70%を風力発電で供給

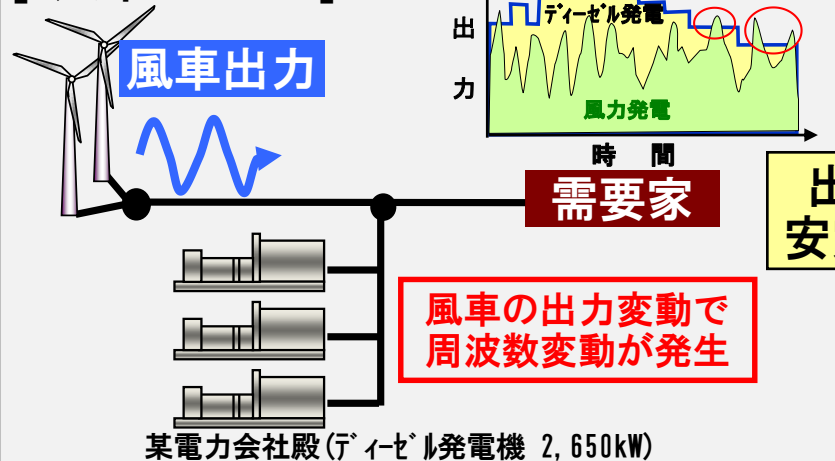
【発電所概要】

発電所名		Y風力発電所
風車	定格出力	1200kW(600kW × 2基)
蓄電池	変換器容量	600kVA(300kVA × 2台)
運転開始		2002年4月
表彰		2001年新エネ大賞受賞

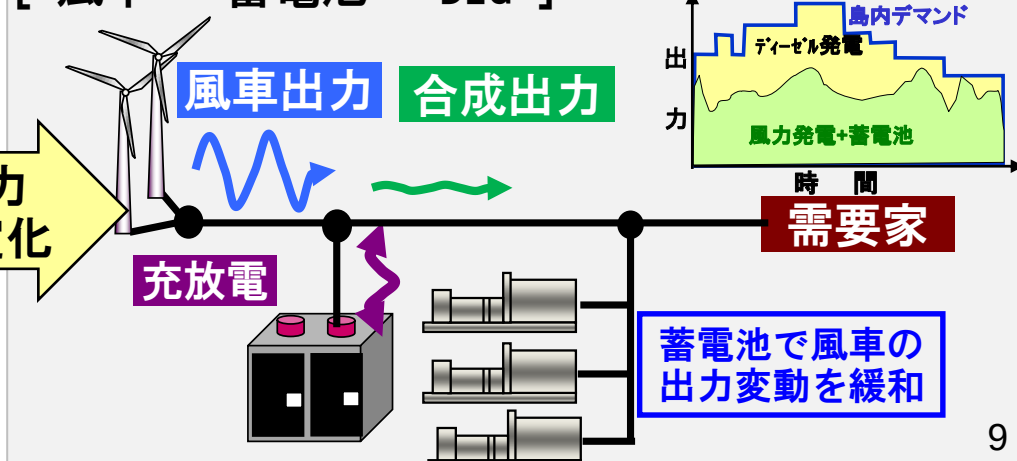
【建設場所】

離 島

【風車 + DEG】



【風車 + 蓄電池 + DEG】



3-2出力変動緩和型風力発電システム

- 東北電力(株)の出力変動緩和技術要件に対応(出力変動率10%/20分以下)
- 風力発電の出力変動を出力制限機能と蓄電池の充放電により抑制し、**発電所定格の20%の蓄電池で技術要件を達成**

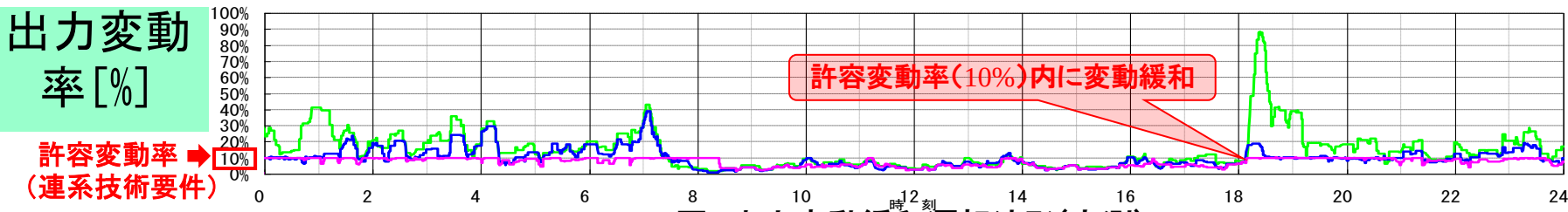
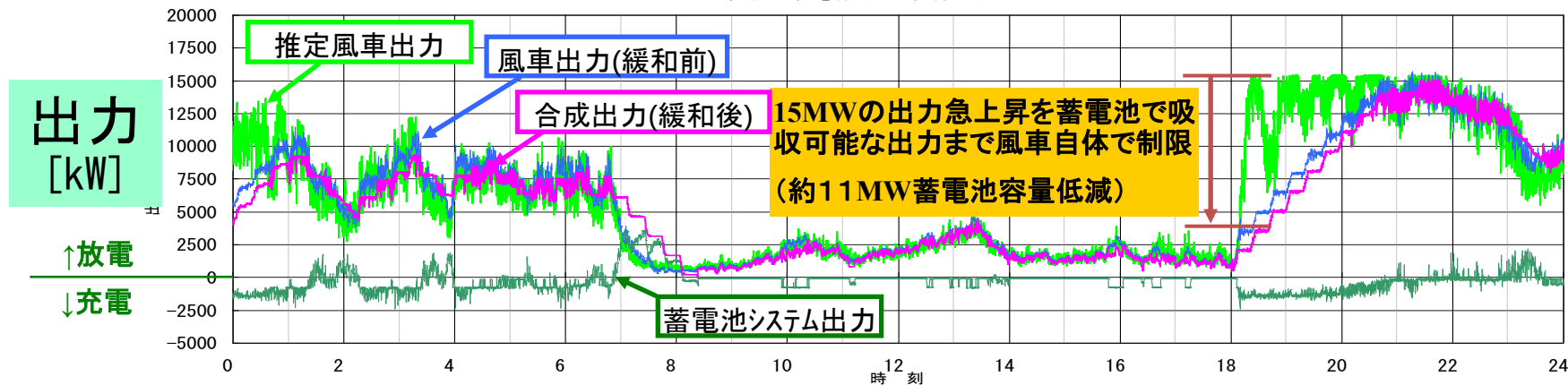
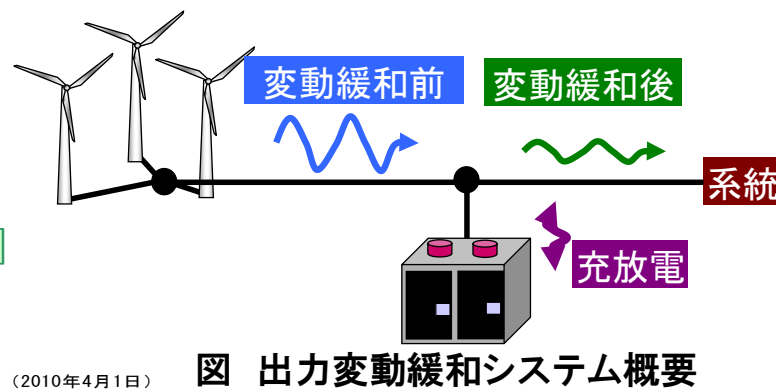
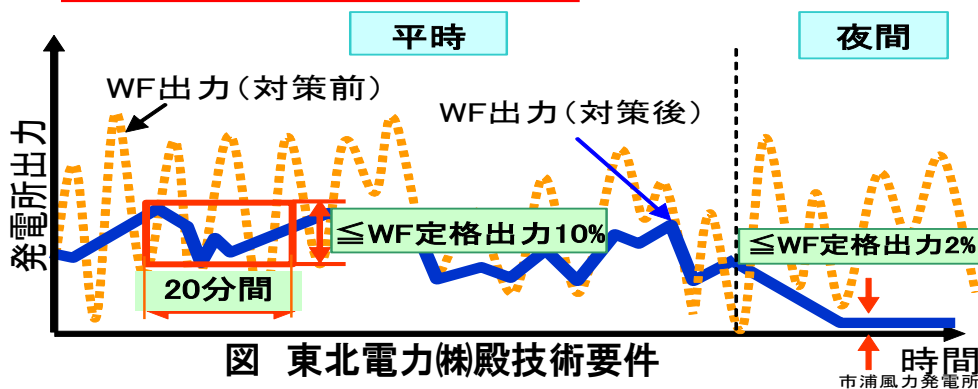


図 出力変動緩和運転波形(実測)

3-2 出力変動緩和型風力発電システム～納入実績～

No	サイト	風車容量	運開時期	備考
1	自社試験設備	V27 225kW(NaS電池12.5kW)	1999年3月	試験設備(撤去)
2	沖縄 波照間島 離島ハイブリッド	風車:E28 280kW PCS:300kW 鉛蓄電池:400kWh	2000年3月	新エネ大賞受賞 (資源エネルギー庁長官賞)(撤去)
3	沖縄 多良間島 離島ハイブリッド	風車:E28 280kW PCS:300kW 鉛蓄電池:400kWh	2000年3月	新エネ大賞受賞 (資源エネルギー庁長官賞)(撤去)
4	沖縄 与那国 離島ハイブリッド	風車:E40 600kW 2基 PCS:600kW 鉛蓄電池:800kWh	2002年3月	
5	竜飛	風車:275kW(鉛蓄電池)	2001年3月	NEDO試験(撤去)
6	八丈島	風車:E40 500kW(NaS電池)	2001年3月	NEDO試験(撤去)
7	青森県 五所川原市	風車:E82 2000kW 8基 15,44MW PCS:4500kW 鉛蓄電池:10,368kWh	2010年1月	出力変動緩和制御型
8	山形県遊佐町	風車:E82 2000kW 7基 14,56MW PCS:4500kW 鉛蓄電池:10,368kWh	2010年12月	出力変動緩和制御型
9	北海道寿都町	風車:E70 2300kW 2基 (増設) PCS:1500kW 鉛蓄電池:3,456kWh	2011年11月	既設増設型 出力変動緩和制御型
10	秋田県秋田市	風車:E82 2300kW 4基 7.48MW PCS:2500kW 鉛蓄電池:5,760kWh	2015年3月	出力変動緩和制御型 防災対応型(自立運転)
11	秋田県男鹿市	風車:E82 2300kW 4基 7.48MW PCS:3000kW 鉛蓄電池:6,912kWh	2016年10月	出力変動緩和制御型 防災対応型
12	秋田県能代市	風車:E82 2300kW 17基 39.1MW PCS:10,500kW 鉛蓄電池:24,192kWh	2016年11月	出力変動緩和制御型 防災対応型
13	岩手県一戸町	風車:E82 2300kW 11基 25.3MW PCS:7,500kW 鉛蓄電池:17,280kWh	2018年1月	出力変動緩和制御型
14	青森県横浜町	風車:E82 2300kW 14基 32.2MW PCS:9,000kW 鉛蓄電池:20,736kWh	2018年2月	出力変動緩和制御型
15	青森県五所川原市	風車:E82 2300kW 15基 34.5MW PCS:9,750kW 鉛蓄電池:22,264kWh	建設中	出力変動緩和制御型 防災対応型

3-3防災対応型風力発電システム(蓄電池の他用途への活用) HITACHI Inspire the Next

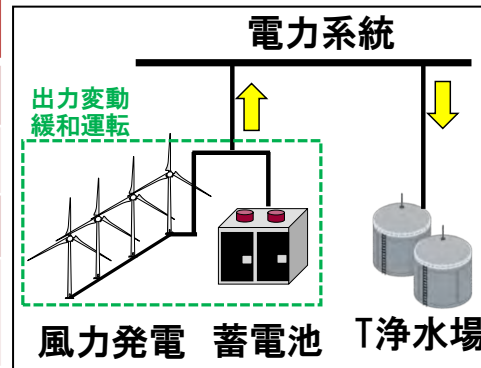
出力変動緩和システムの蓄電池を防災用電源へ活用

- ・ 停電時に風車と蓄電池から隣接する浄水場へ電力を供給
- ・ 約2.5時間連続でT浄水場へ電力供給

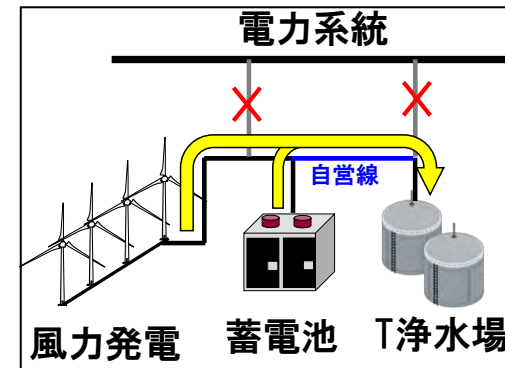
【発電所概要】

発電所名		A風力発電所
風車	定格出力	7480kW(1870kW × 4基)
蓄電池	変換器	2500kVA(500kVA × 5台)
運転開始		2015年3月
特徴		変動緩和技術検証終了 防災対応型風力発電システム

【通常時】

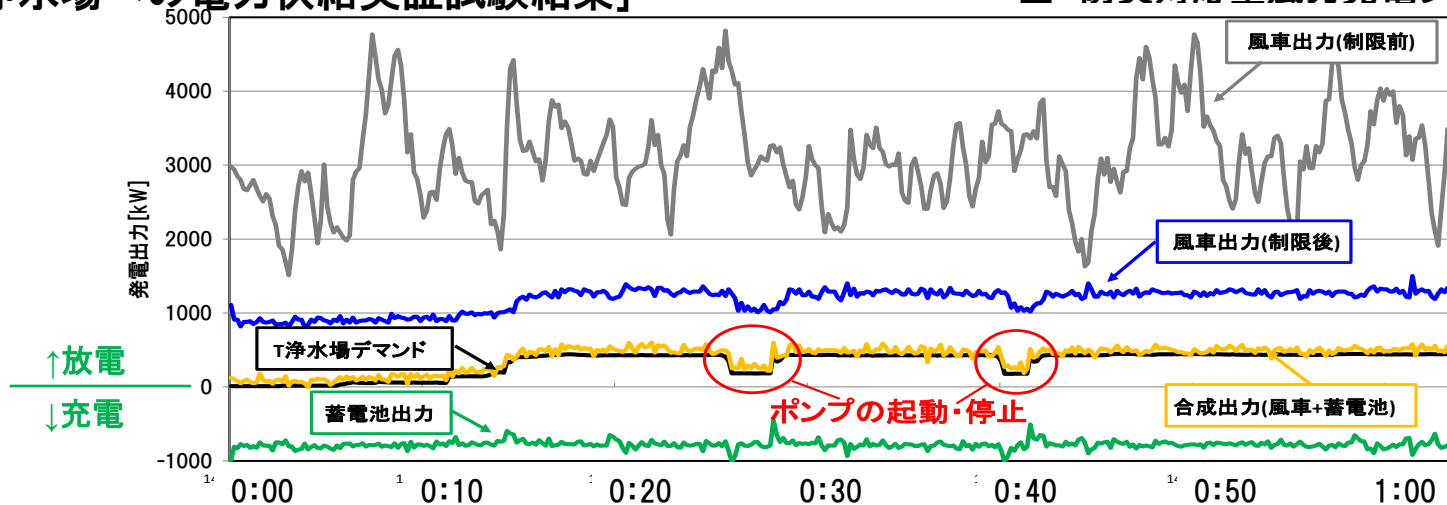


【災害時】



【T浄水場への電力供給実証試験結果】

図 防災対応型風力発電システム概要



急峻なデマンド
の変動に対しても対応

図 T浄水場への電力供給波形

但し、蓄電池を併設することで初期費用が増加、事業採算性を圧迫



4.風力発電機の系統安定化機能について

4-1 ENERCON風車の系統安定化機能について

IEC-61400-21-1 Ed.1(電力品質の測定および評価)によって定められている機能は以下の通り。
ヨーロッパにおいては本機能の一部をグリッドコードとして規定されている国(アイルランド、
デンマーク、ドイツ)もあり、ドイツ製ENERCON風車は対応可。

<系統安定化機能>

8.4.1 最大値抑制制御(Active power control)

8.4.2 出力変化率制御(Active power ramp rate limitation)

8.4.3 周波数調定率制御(Frequency control)

8.4.4 イナーシャ制御(Synthetic inertia)

8.4.1 最大値抑制制御

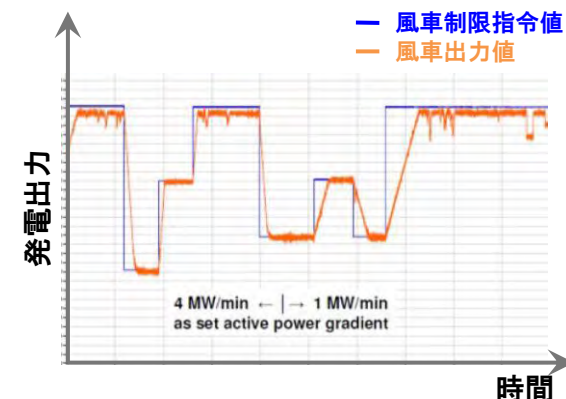


図 最大値抑制制御波形(Active power control機能)

8.4.2 出力変化率制御

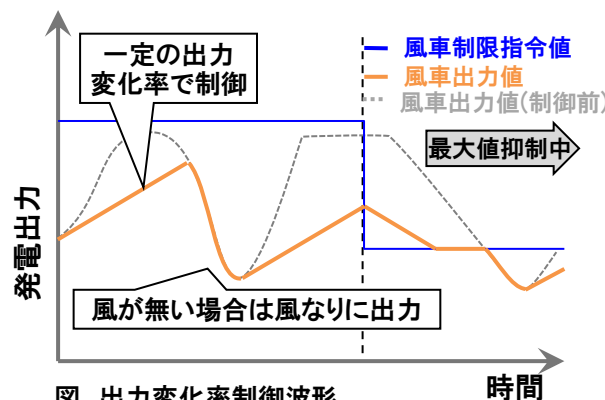


図 出力変化率制御波形
(Active power ramp rate control機能)

8.4.3 周波数調定率制御

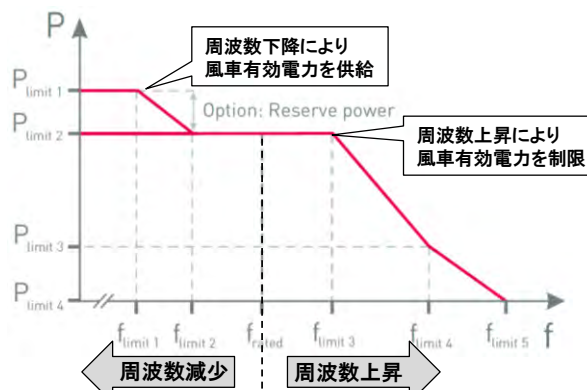


図 有効電力波形例(Power frequency control機能)

8.4.4 イナーシャ制御

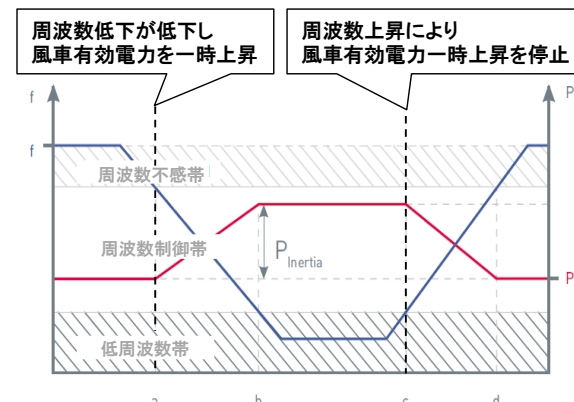


図 系統周波数と有効電力波形(Inertia Emulation機能)

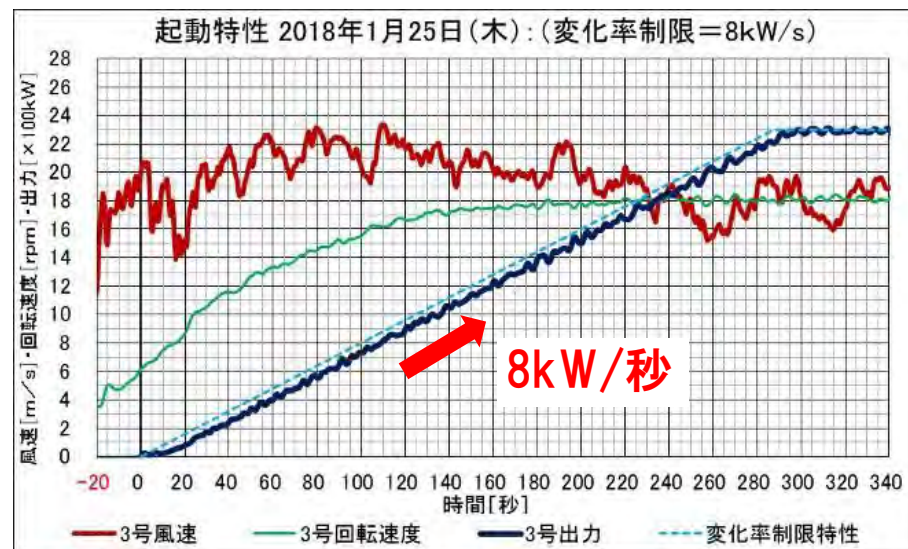
4-2 出力変化率制御(Active power ramp rate limitation) HITACHI Inspire the Next

東京大学(荻本研)との共同研究の一環で日本電力系統管内で出力変化率制御機能を実証

- 出力の変化率を制御(8kW/秒の出力変化率制御を実施)
- 出力変化率制御OFF時は約50kW/秒の出力変化率で上昇
(約40秒かけて0kW⇒2000kWまで上昇)
- 出力変化率制御ON時は設定値と同等の8kW/秒の出力変化率で上昇
(約287.5秒かけて0kW⇒2300kWまで上昇)



(a)出力変化率制御OFF起動特性



(b)出力変化率制御ON起動特性

図 出力変化率制御動作波形

4-3 周波数調定率制御 (Frequency control)

東京大学(荻本研)との共同研究の一環で日本電力系統管内で周波数調定制御機能を実証

- 周波数に応じて出力を制御
(周波数が50.05Hzを超えた場合に出力制限を実施)
- 風力発電では、周波数増加時の出力抑制制御が有効
(周波数が低下時にはあらかじめ出力制限しておき
出力制限指令値を上げることで対応可能)
- 火力発電や水力発電は周波数調定率は一定
風力発電では現在出力に応じて周波数調定率が変化

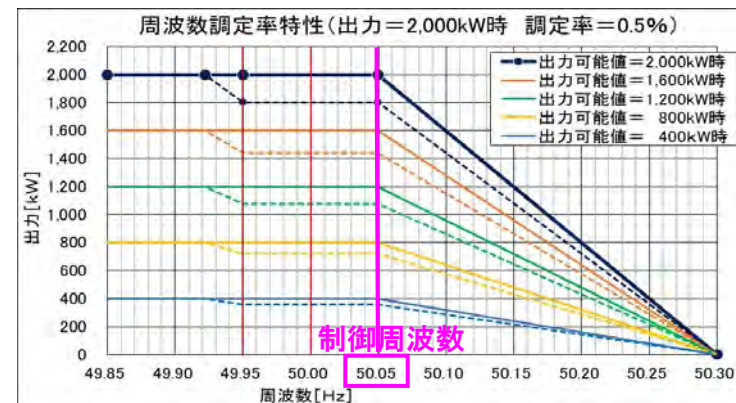
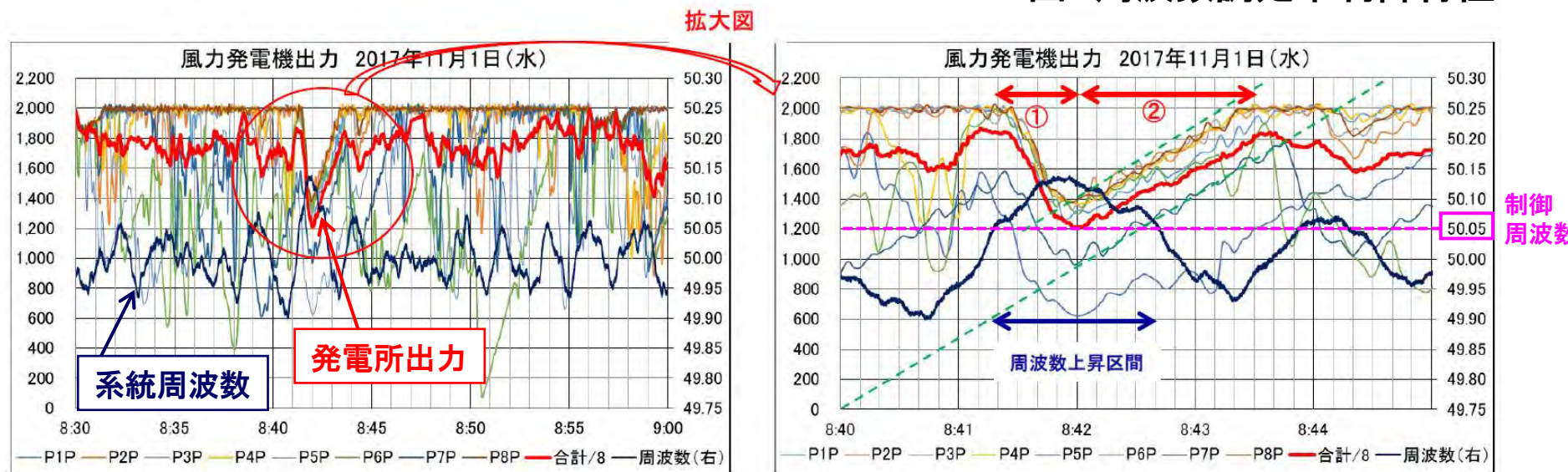


図 周波数調定率制御特性



(注: 各データは、データ伝送方式・速度などの影響により、若干の時刻ズレなどがある)

図 周波数調定率制御動作波形

4-4 イナーシャ制御(Synthetic inertia)

東京大学(荻本研)との共同研究の一環で日本電力系統管内でイナーシャ制御機能を実証

- 周波数低下時に、風車の回転エネルギーを利用し一時的に発電出力を増加
- 周波数49.95Hzを低下時に、定格出力の10%の出力増加を10秒間継続を実施

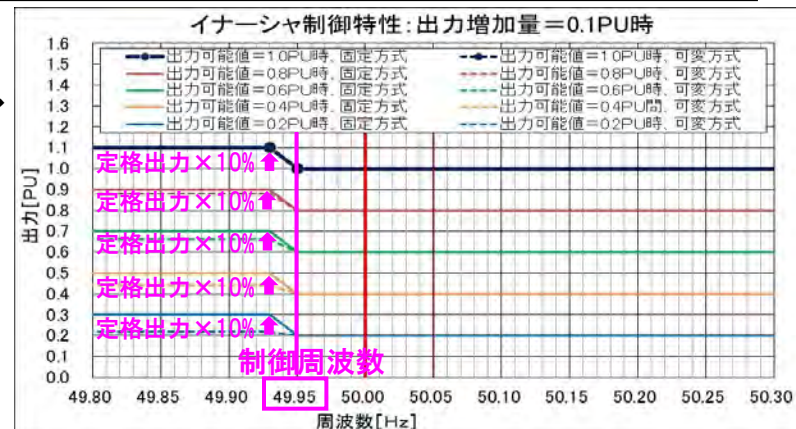


図 イナーシャ制御特性

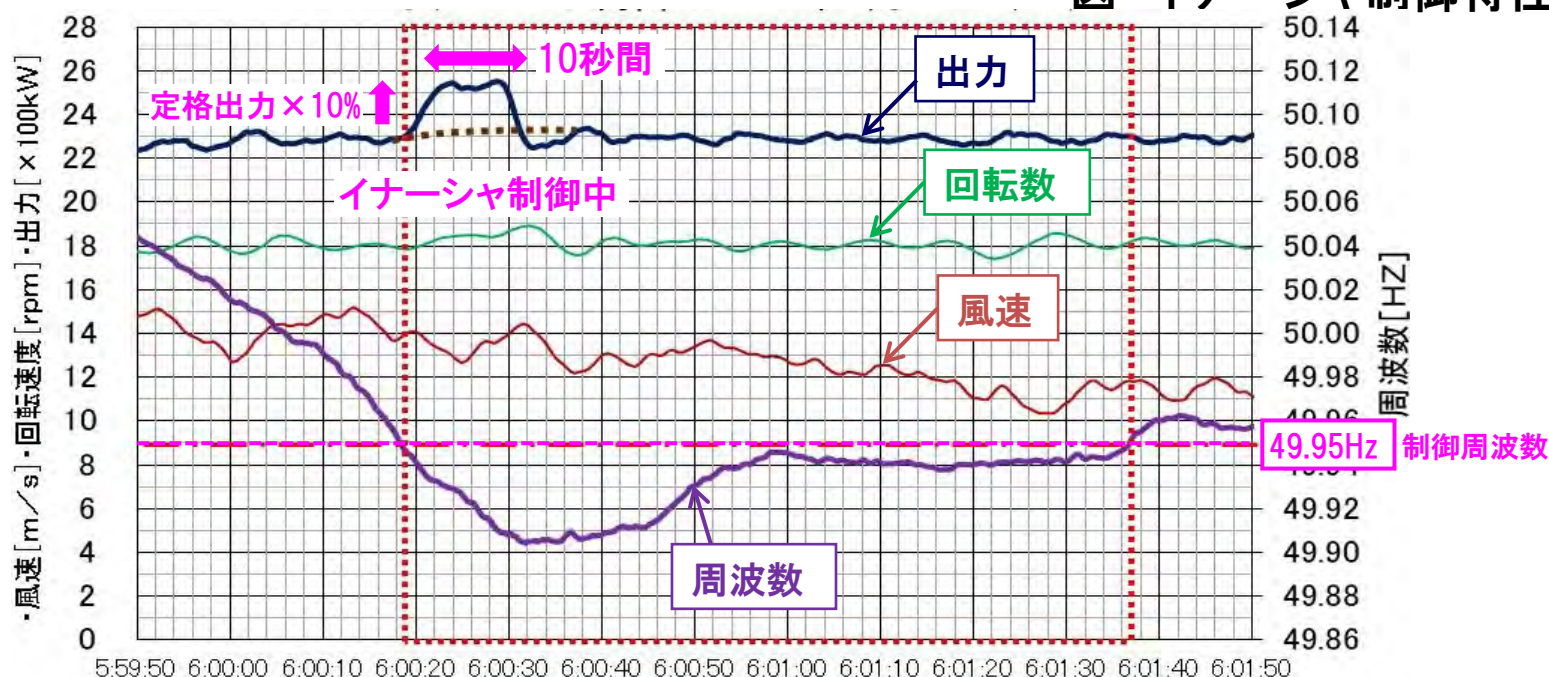


図 イナーシャ制御波形(実測)



5.風力発電の系統安定化機能の電力系統への寄与 について

5 風力発電の系統安定化機能の電力系統への寄与について

日本風力発電協会(JWPA)が北海道電力(株)の募集プロセスの系統側蓄電池の容量削減に風力発電の周波数制御機能を活用することを提案

周波数上昇時に、周波数制御機能を利用することで、
系統側蓄電池の最大充電分kWh容量分を削減できる可能性がある

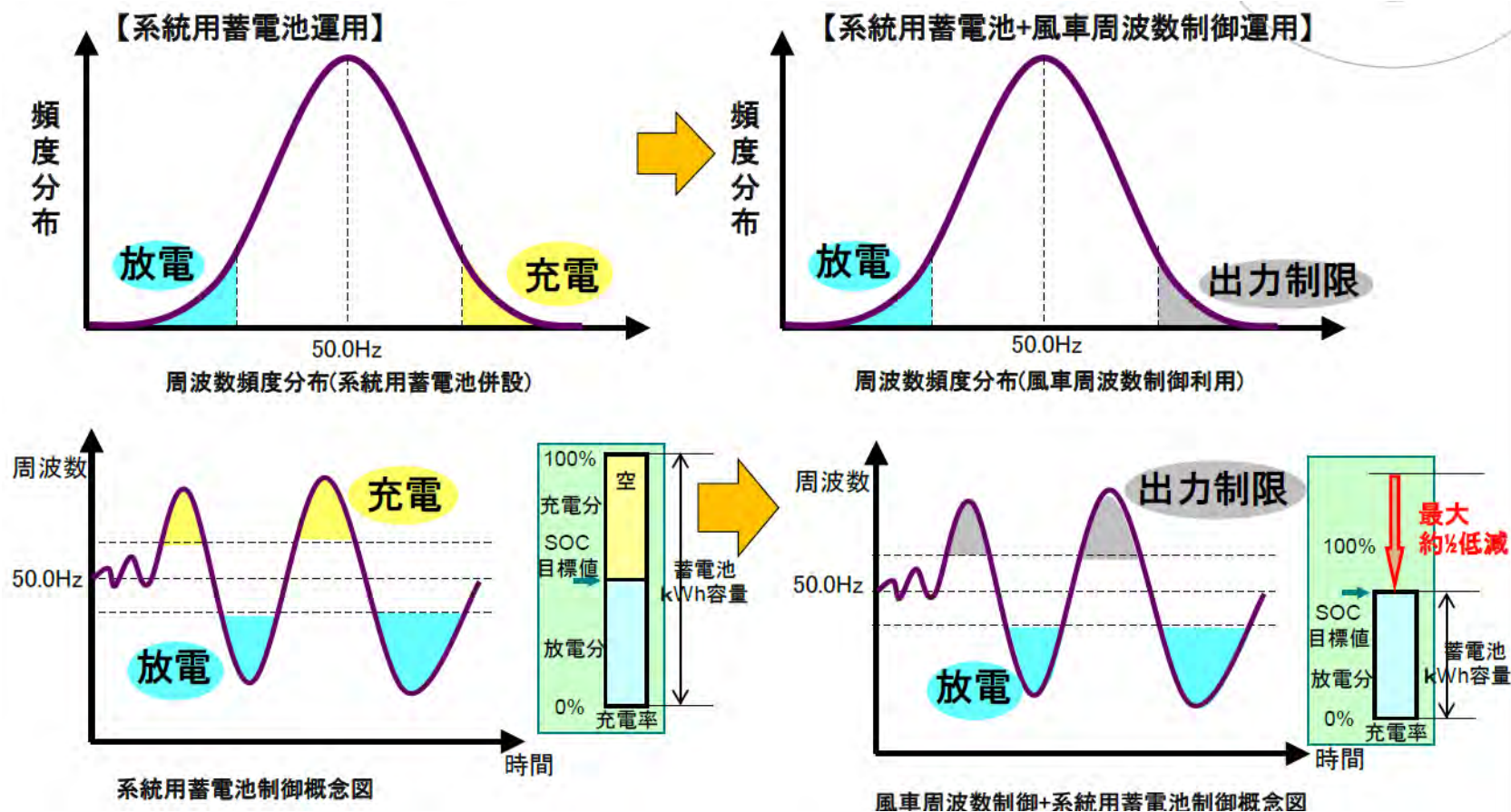
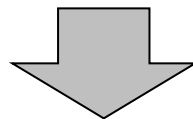


図 系統用蓄電池容量削減概念図※6

6.本講座に期待したいこと

- ① グリッドパリティ実現には、系統増強、蓄電池などのコスト増になる設備追加を無くす必要がある。
- ② 系統調整力確保、送電線熱容量対策のための出力抑制を極力小さくする必要がある。



系統全体でのエネルギーシステムインテグレーションが必要であり、本講座において皆様の協力をいただき、次世代に向けたエネルギーシステムを創生していきたい。

END



**風力発電システムの現状と
エネルギーシステムインテグレーションへの寄与について**

2018/05/09

株式会社 日立パワーソリューションズ
電源インフラ事業統括本部 新エネルギー本部

田中 和英

HITACHI
Inspire the Next 