

# 電力・水素複合エネルギー貯蔵システム について

津田 理(東北大学)

## 講演内容

- ◆再生可能エネルギーの有効活用と「電力・水素複合エネルギー貯蔵システム」
- ◆東北地方太平洋沖地震の教訓と非常用電源の課題
- ◆NEDO「水素社会構築技術開発事業」におけるHESSの有効性の検証 ～HESSの非常用電源への適用～
- ◆再生可能エネルギーの主力電源化に向けた検討と今後の課題

# 再生可能エネルギーの有効活用と 「電力・水素複合エネルギー貯蔵システム」

# G20サミットでの日本の国際公約と具体策

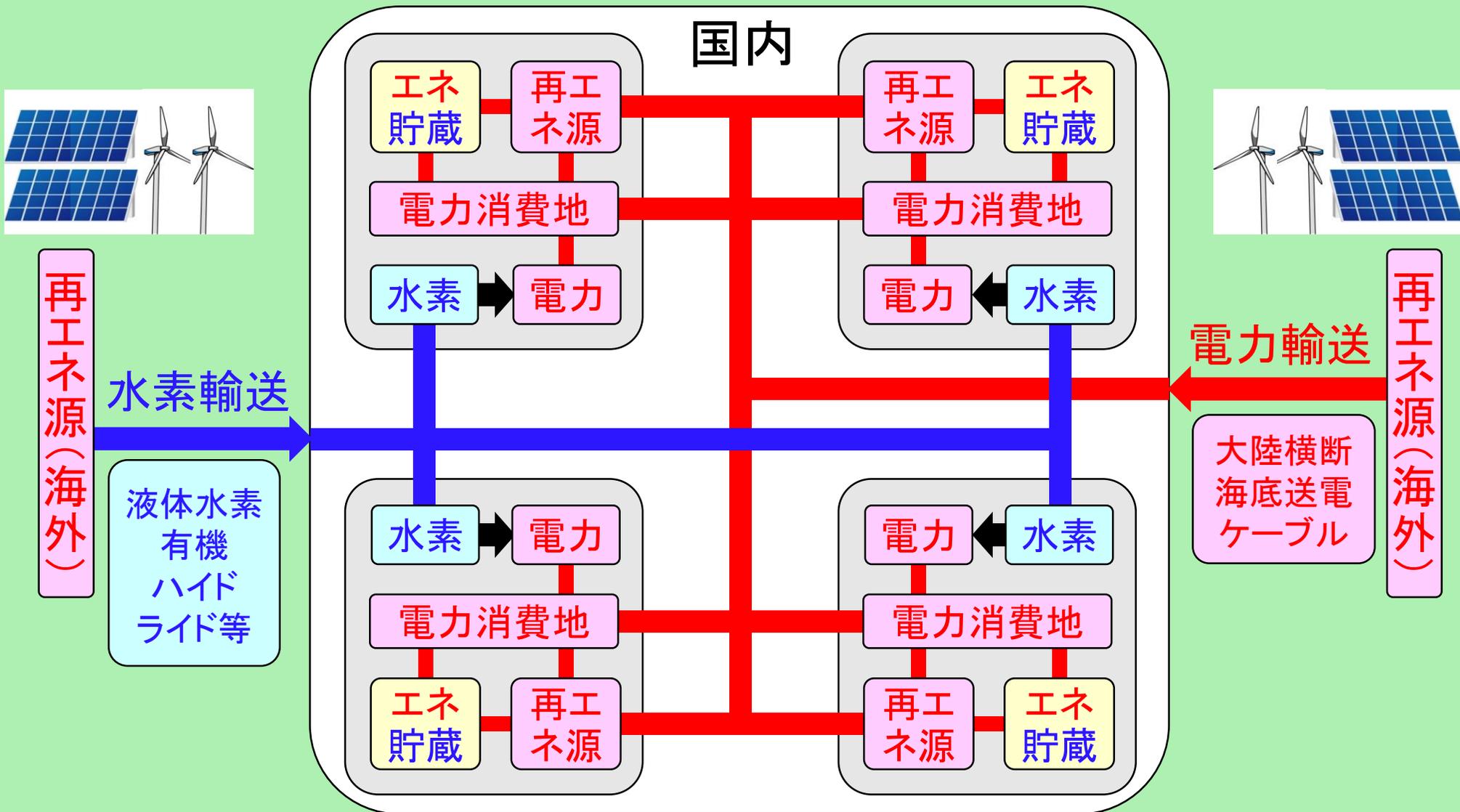
「2050年までに温室効果ガスの排出量を  
実質ゼロにする」



目標達成には…

- ◆無尽蔵にある水素を新しい電源と位置づける
- ◆大規模・低コストの水素製造装置を実現
- ◆水素飛行機や水素運搬船を開発
- ◆電気自動車や再生可能エネルギーの普及に必要な低コストの蓄電池を開発

# 想定している将来の再エネ主力電源時の姿



地産地消型分散電源システム(再エネ+エネルギー貯蔵)が中心

# 地産地消型分散電源システムの実現には？

再エネ電源主体の分散電源システム成立に向けた課題

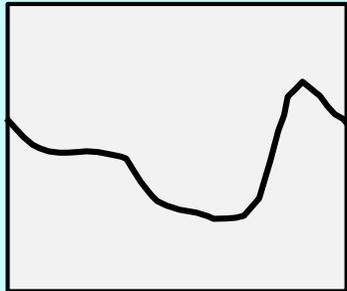
⇒再エネ電源の不規則発電への対応

⇒需給バランスの調整・高品質電力安定供給

エネルギー貯蔵が不可欠

需給バランス調整  
に必要な特性は？

大容量性



両条件を満足する

“単一の”

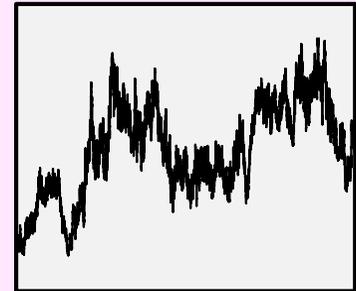
エネルギー

貯蔵装置

は存在しない！

高品質電力安定供給  
に必要な特性は？

即応性・高出力



# 最適なエネルギー貯蔵装置の組合せは？

	電力貯蔵装置	水素貯蔵システム	電力・水素複合貯蔵システム
高効率性	◎	×	◎
応答性	◎	△	◎
耐久性	○	△	○
大容量性	△	◎	◎
コンパクト性	×	◎	◎
経済性	×	○	○

電力貯蔵装置と水素貯蔵システムを融合  
 ⇒各々の長所を生かして各々の短所を補完！

# 電力・水素複合エネルギー貯蔵システム

再生可能エネルギー



電力制御

DC BUS

電力制御

DC/DC

DC/AC

負荷

情報収集・入出力予測・制御

電力・水素複合エネルギー貯蔵システム

電力貯蔵装置  
(短周期変動補償用)

電気二重層キャパシタ

or

リチウムイオン電池

or

超電導磁気エネルギー  
貯蔵装置 (SMES)

⋮

水素貯蔵システム  
(長周期変動補償用)

電力制御

DC/DC

水電解装置

電圧制御

DC/DC

燃料電池

電力制御

DC/DC

液化水素タンク  
or  
水素吸蔵合金

バッファタンク

H<sub>2</sub>BUS

— 電力ライン    - - - - 通信ライン    = 水素ライン

Hybrid Energy Storage System composed of electric and hydrogen energy storage systems (HESS)

# HESSの構成・運転方法の特徴

- (1) 太陽光発電電力の有効活用のため、太陽光発電電力をHESSに貯蔵しないで**可能な限り直接負荷に供給**
- (2) 高精度な変動補償のために、太陽光発電装置と負荷の間に**DC-BUS (直流母線)**を設けて電力貯蔵装置と水素貯蔵システムを接続
- (3) 短時間での水素の大量消費や生成に対応するために水素貯蔵タンク（液化水素タンクor水素吸蔵合金）と水電解装置・燃料電池の間に**H<sub>2</sub>-BUSの役割を持つバッファタンクを設置**
- (4) 高精度の変動補償のために太陽光発電装置・負荷・水素貯蔵システムの入出力量を電力制御、**電力貯蔵装置の入出力量を電圧制御してDC-BUS電圧を高精度に維持**
- (5) 燃料電池の耐久性向上のために、**燃料電池と水電解装置の同時運転を行いながら長周期変動分を補償**
- (6) 水素吸蔵合金からの**水素放出に燃料電池の排熱を活用**

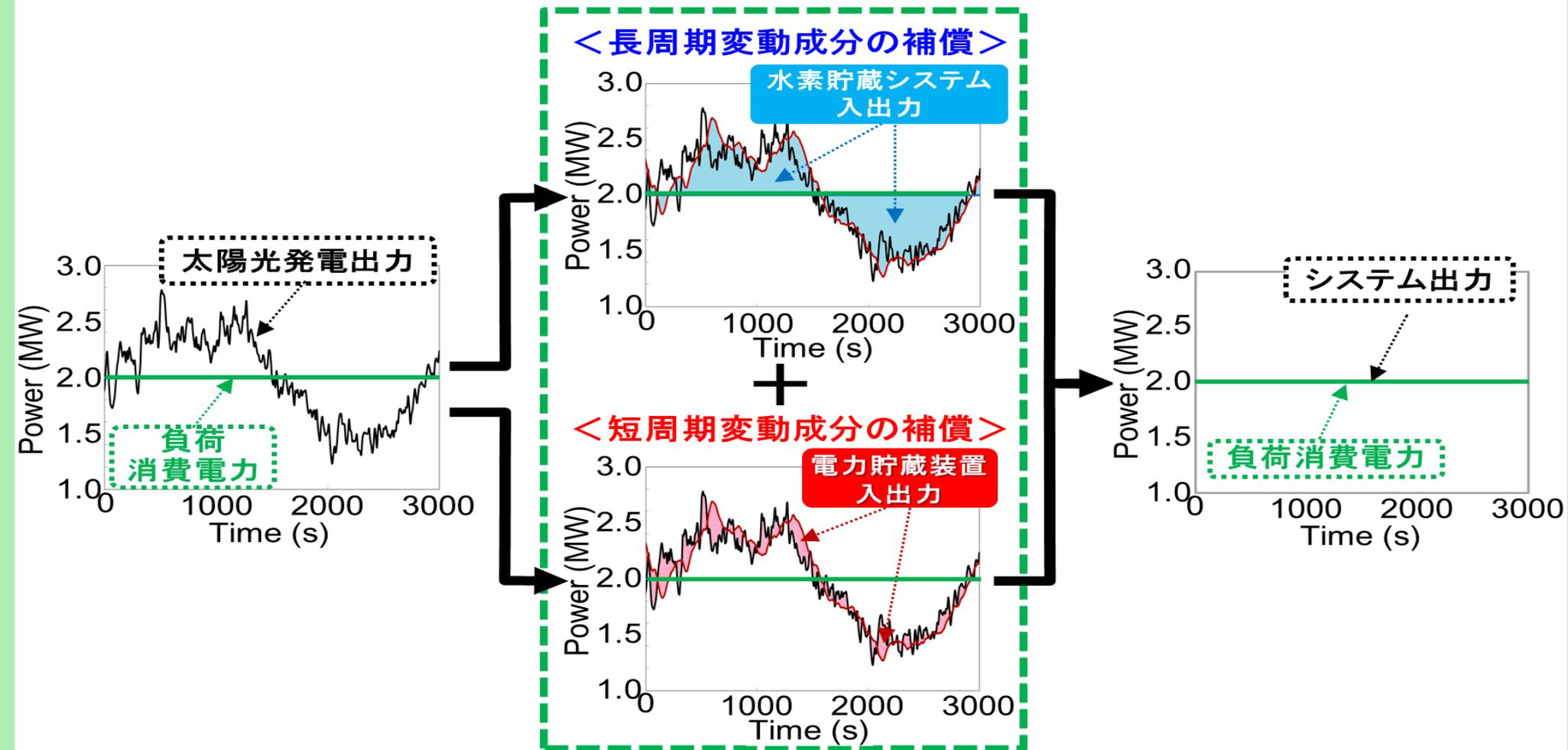
# HESSの特徴

- (1)再生可能エネルギーのリアルタイムでの利用率向上を目指して運転  
⇒再生エネルギー電源出力の水素変換を最小限にして需給調整
- (2)再生可能エネルギー源の種類・発電特性・容量や負荷の特性・容量・要求される電力品質に応じて各構成機器の容量調整が可能
- (3)再生可能エネルギー源や負荷によらず長期間の高品質な電力安定供給が可能
- (4)系統連系時の瞬低や停電, 日負荷～年負荷の平準化に対応可能
- (5)瞬低補償装置とUPSの兼用が可能

# HESSにおける変動補償方法(1)

「再生可能エネルギー出力」と「**負荷消費電力**」の**差分の変動補償**を  
水素貯蔵システム(長時間変動分)と**電力貯蔵装置**(短時間変動分)で役割分担

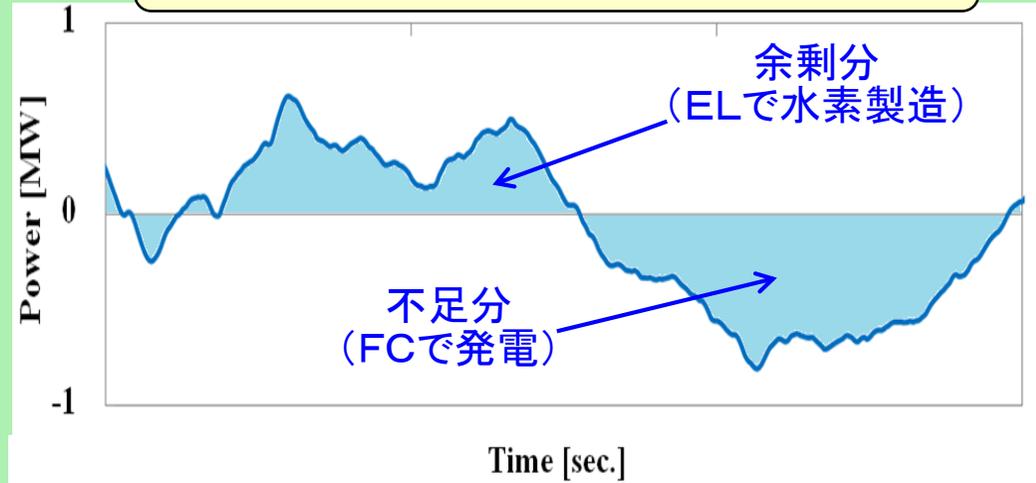
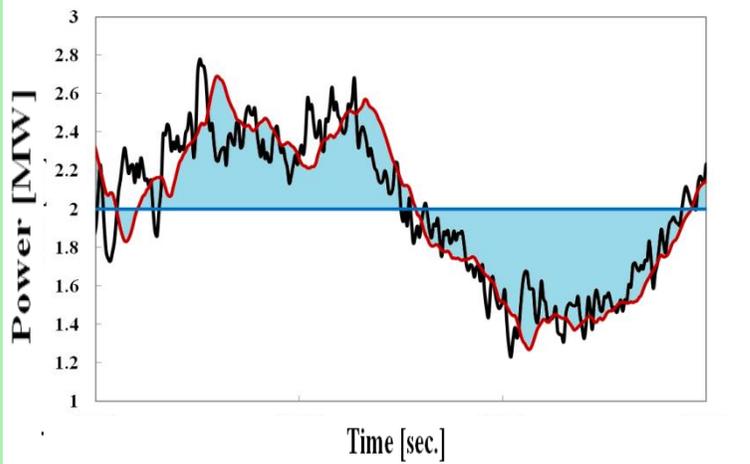
カルマンフィルターを用いて太陽光発電出力と負荷消費電力の差分の長周期変動分を予測



# HESSにおける変動補償方法(2)

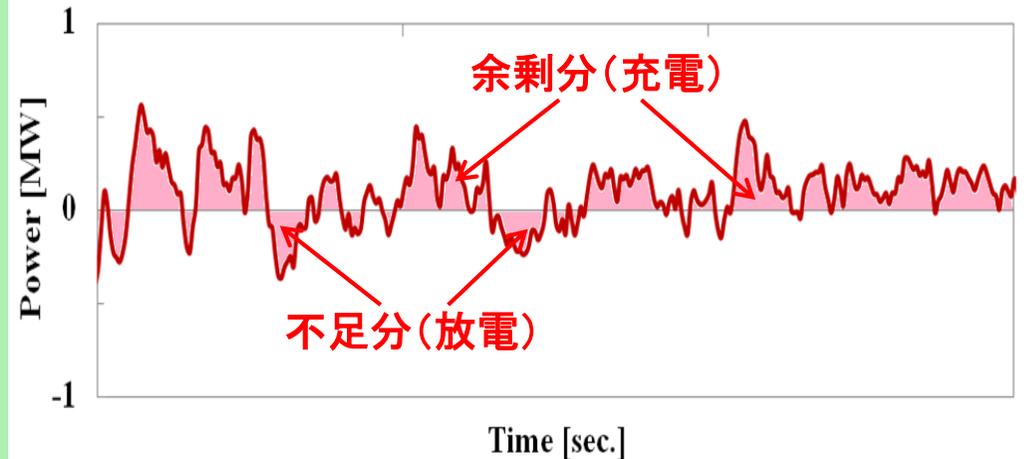
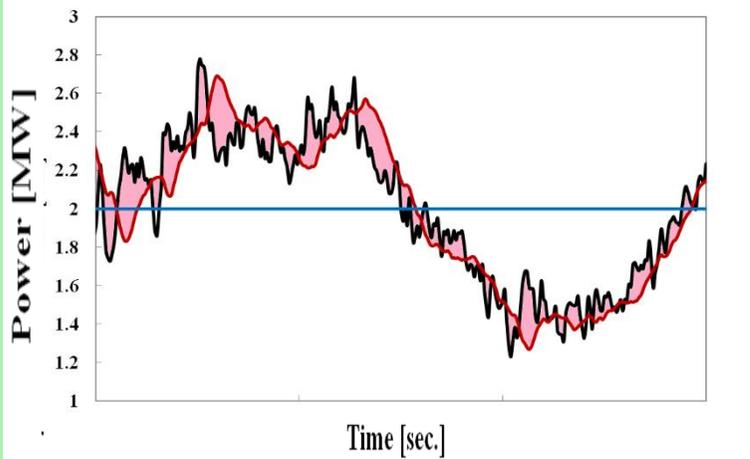
## 水素貯蔵システム

長時間変動分の入出力を担当



## 電力貯蔵装置

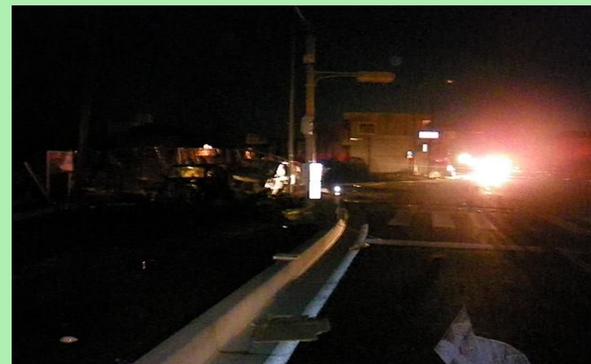
短時間変動分の入出力を担当





# 東北地方太平洋沖地震の教訓と 非常用電源の課題

# 東北地方太平洋沖地震時の状況



## ◆長時間停電の発生

⇒非常用電源として多くの自家用発電機が稼動

⇒しかし、動作不良や燃料不足などのトラブルが多発

## ◆県内石油備蓄基地の被災 & 物流の遮断

⇒燃料確保が困難



# 浄水場における非常用電源の課題

## ◆仙台市主要浄水場:

1978年の宮城県沖地震の経験より  
24時間の停電に対応可能な  
非常用自家用発電装置を設置

- ⇒ 東北地方太平洋沖地震時は  
停電時間が約4日間継続
- ⇒ 浄水場の機能維持に大変苦慮



## <東北地方太平洋沖地震から学んだこと>

- ① 再エネの重要性(非常時はわずかな電力でも貴重)  
⇒ 課題: 再エネのリアルタイムでの有効利用技術の確立
- ② 大容量非常用電源の重要性(最低3日分は必要)  
⇒ 課題: 燃料調達が不要な大容量非常用電源の確立

# 防災拠点における非常用電源の課題

## ◆「太陽光発電＋蓄電池」：電灯負荷に使用

(照明・防災無線・事務機器・携帯充電器・コンセントなど)

⇒蓄電池では短時間大出力(モータ始動時の突入電流等)が困難

⇒リチウムイオン電池：満充電での長期未使用では劣化進行

## ◆「非常用発電機」：動力負荷に使用

(給排水ポンプ・空調・エレベータ・消火ポンプなど)

⇒長期連続運転には発電機の高耐久化・燃料タンクの大容量化と燃料調達が必要

出典：「平成29年度新エネルギー等導入促進基礎調査委託事業調査報告書」

# 非常用自家発電機の現状と課題

評価項目	非常用自家発電機の現状と課題
エネルギー調達方法	運搬を伴う外部からの燃料調達が不可欠
エネルギー保管方法	タンクで化石燃料を保管するため燃料の経年劣化があり定期的な燃料入れ替え作業が必要
始動時の速さ・安定性	始動時間：～10秒・動作不良が生じる場合あり
非常時の電力品質	負荷電力の大きな変動に対して電圧・周波数が変動
太陽光発電の有効活用	非常用電源との併用は困難
非常用電源の運用方法	非常時しか使用しないため費用対効果が低い



大規模自然災害などによる長期停電時には対応が困難

*NEDO「水素社会構築技術開発事業」  
におけるHESSの有効性の検証  
～HESSの非常用電源への適用～*

# 従来技術(非常用自家発) vs. HESS

比較項目	従来技術 (非常用自家発電機)	HESS
エネルギーの調達方法	運搬を伴う外部からの燃料(化石燃料)調達が不可欠	再エネの有効活用が可能 輸送による燃料調達不要
大容量エネルギーの保管方法	タンクで化石燃料を保管する為燃料の経年劣化あり、定期的な大容量の燃料入れ替えが必要	水素貯蔵では燃料劣化がなく燃料の入れ替えも不要
始動時の速さ・安定性	始動時間: ~10秒 動作不良が生じる場合あり	運転継続で瞬時に対応可能 運転継続で動作不良生じない
非常時の電力品質	負荷電力の大きな変動に対して電圧・周波数が変動	再エネ出力や負荷電力の大きな変動に対しても安定供給可能
太陽光発電の有効活用	非常用電源との併用は困難	非常時に貴重な太陽光発電出力を有効活用可能
非常用電源の運用方法	非常時しか使用しないため費用対効果が低い	非常時と通常時に再エネを有効活用でき費用対効果が高い

# NEDO実証事業の目的

「電力・水素複合エネルギー貯蔵システム」が

- ・再生可能エネルギーの有効利用（利用率向上）
- ・外部からの燃料調達に依存しない大容量非常用電源

に有効であることを実証し、災害時に長期停電が発生しても安定した継続運転が可能な次世代浄水場の実現を目指す



併せて以下を検証

- ・水素貯蔵システムが、電力用エネルギー貯蔵装置（システム）の一つとして有用であること
- ・水素貯蔵システムを用いても高性能な電力補償制御が可能であること

# NEDO実証事業のスケジュール

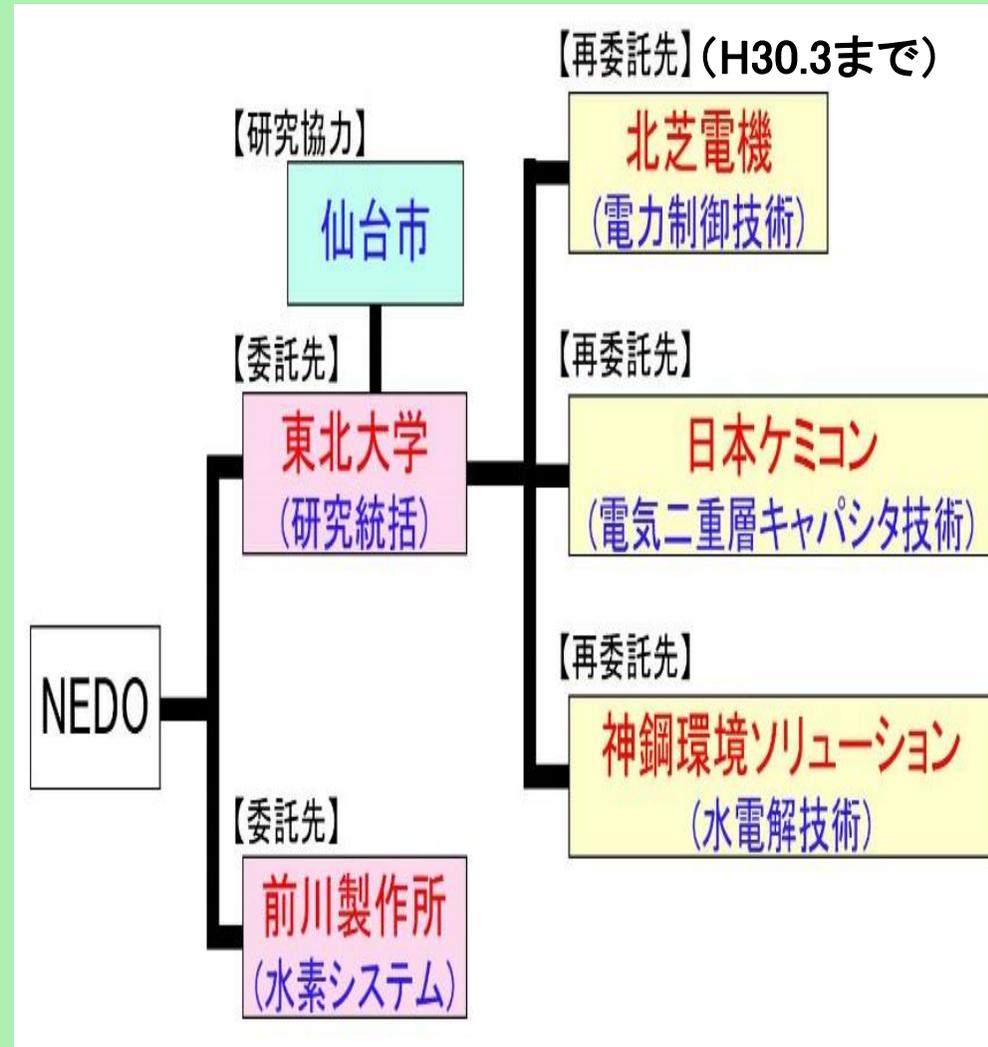
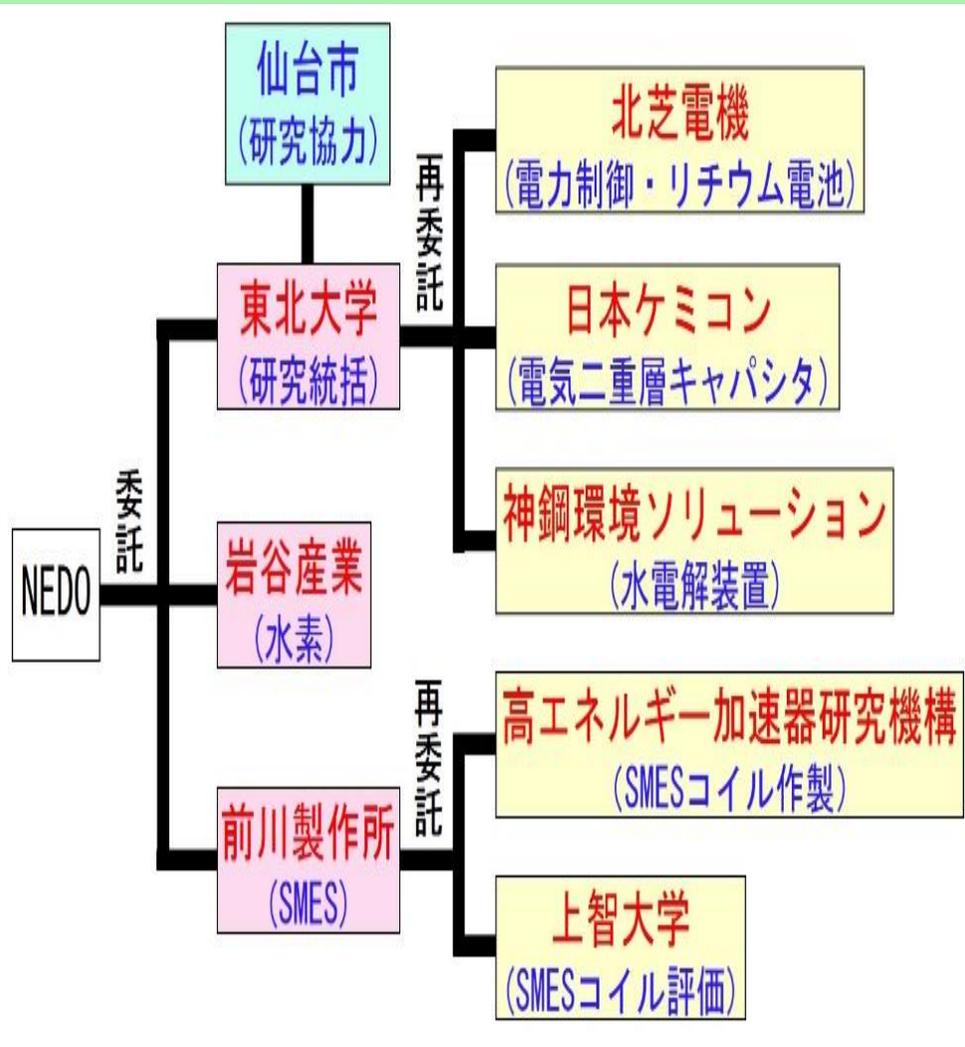
実施内容	スケジュール(年度)				
	H26	H27	H28	H29	H30
①浄水場側(利用者側)のニーズ および有効性・活用方法の検討 および各構成機器の構成方法・ 制御方法に関する研究開発	→			→	
②システムを浄水場で使用する 場合に適した短周期変動補償 装置の検討	→			→	
③茂庭浄水場での実証試験用 システムの構成・制御・運転方法 に関する研究開発		→			

FS ←————→ 実証試験

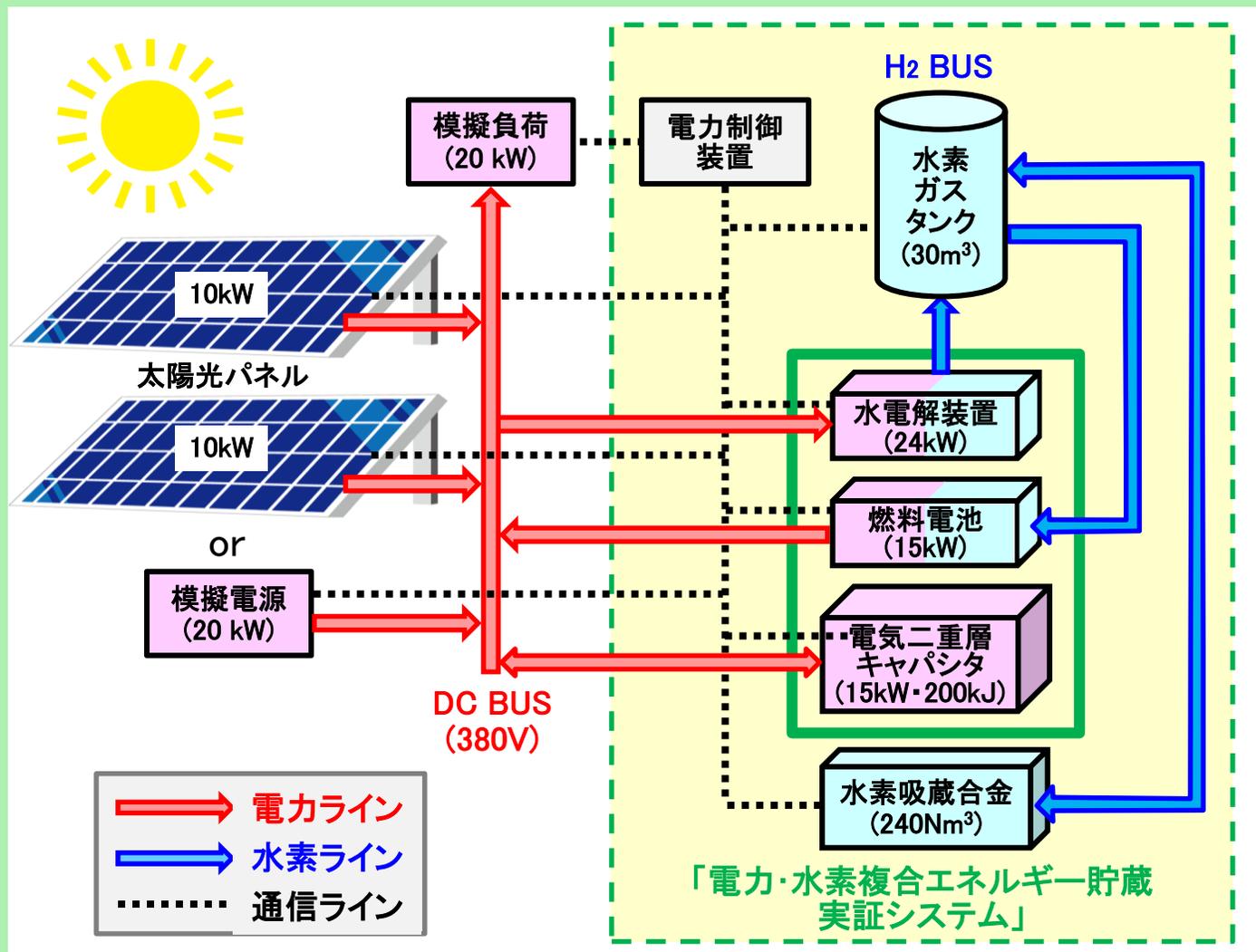
# NEDO実証事業の実施体制

H26～H27年度 (FS)

H28～H30年度 (実証試験)

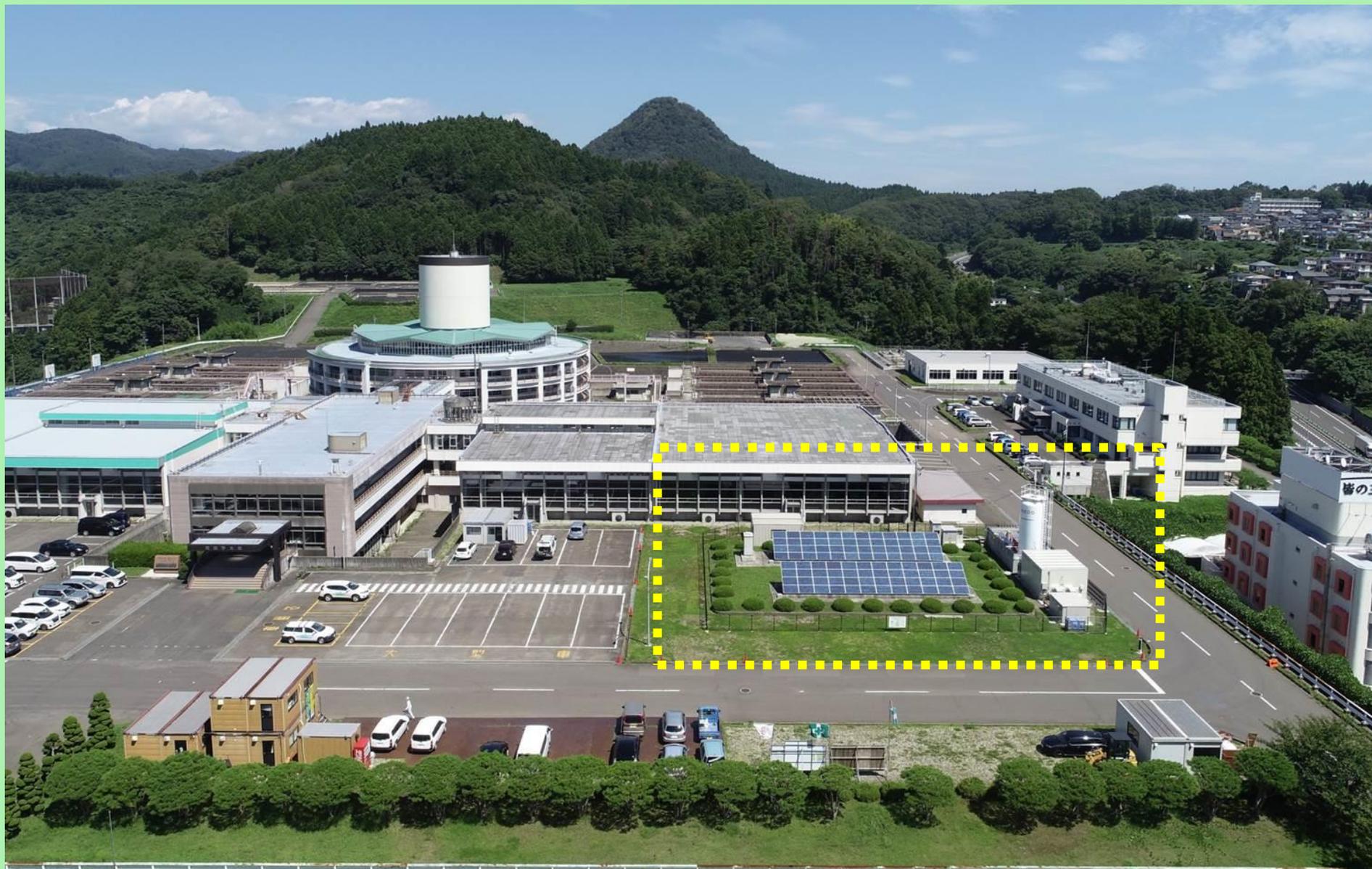


# 実証システムの構成



- ・法規制の関係でGH<sub>2</sub>タンクと水素吸蔵合金を使用
- ・日常業務への影響を考慮し、実負荷ではなく模擬負荷を使用

# 実証試験サイト ~仙台市茂庭浄水場~



# 実証システムの外観（南側から）

