2019年度NEDO次世代電池・水素成果報告会

発表No. H2-2

水素社会構築技術開発事業／水素エネルギーシステム技術開発／非常用電源機能を有する再生可能エネルギー出力変動補償用電力・水素複合エネルギー貯蔵システムの研究開発

津田　理

国立大学法人東北大学・株式会社前川製作所
日本ケミコン株式会社・株式会社神鋼環境ソリューション

令和元年7月19日

連絡先
東北大学　津田　理
E-mail : tsuda@ecei.tohoku.ac.jp
TEL : 022-795-5020

事業概要

1. 期間

開始：平成27年2月
終了：令和元年6月

2. 最終目標

実施項目	最終目標（2019年度）
①浄水場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	・浄水場に適したシステム構成・運用方法の明確化 ・通常時から非常時への短時間運転切替と72時間運転後の短時間での再貯蔵 ・負荷シフトによる太陽光発電出力の利用率向上
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	・浄水場用システムに適した電力貯蔵装置の明確化 ・太陽光発電・負荷電力変動に対し直流母線電圧を380V±10%以内に維持
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	・20kW実証システムの構築・変動電力の安定化・負荷への連続的な電力供給 ・実規模システムのコスト低減に効果的なシステム運転制御方法の明確化

3. 成果・進捗概要

実施項目	成果	達成状況
①	浄水場のニーズを考慮した浄水場に適したシステム構成を明確にし、実証システムを用いて、通常時から非常時への短時間の運転切替、負荷シフトによる太陽光発電出力の利用率向上72時間運転後の短時間での水素再貯蔵が可能になることを検証	○
②	浄水場システムに適した電力貯蔵装置（EDLC）を明確にし、実証システムによる72時間非常時運転において、太陽光発電量や負荷消費電力量の変動に対して直流母線電圧を380V±1.5%以内に維持できることを検証	○
③	浄水場に適した20kW実証システムを構築し、72時間の非常時運転において太陽光発電出力や負荷消費電力の変動を高精度に補償し、安定して電力供給できることを確認。システムの高効率化・低コスト化に効果的なシステム構成や運転制御方法を明確にした。	○

背景 ～東北地方太平洋沖地震から学んだこと・今後の課題～

◆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

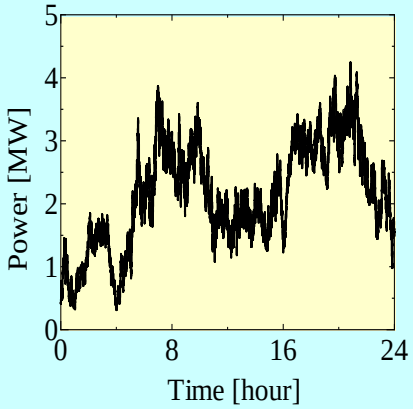
＜東北地方太平洋沖地震から学んだこと＞

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

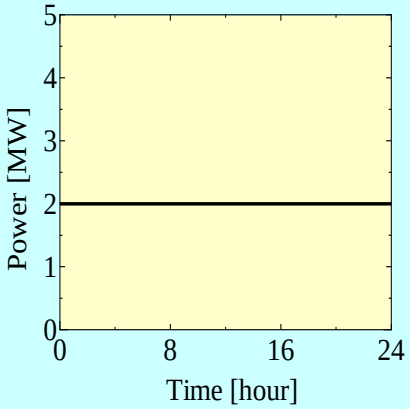
② 大容量非常用電源の重要性（最低3日分は必要）
（課題）燃料調達が不要な大容量非常用電源の確立

背景 ～エネルギー貯蔵装置の必要性～

◆再生可能エネルギーの有効利用には、、、



再エネ出力の変動補償（平準化）が不可欠



- 即応性
- 高出力性
- 耐久性
- 高効率性

を有するエネルギー貯蔵装置が必要

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！

◆燃料調達が不要な大容量非常用電源の確立には、、、

脱化石燃料が不可欠

- 大容量性
- コンパクト性

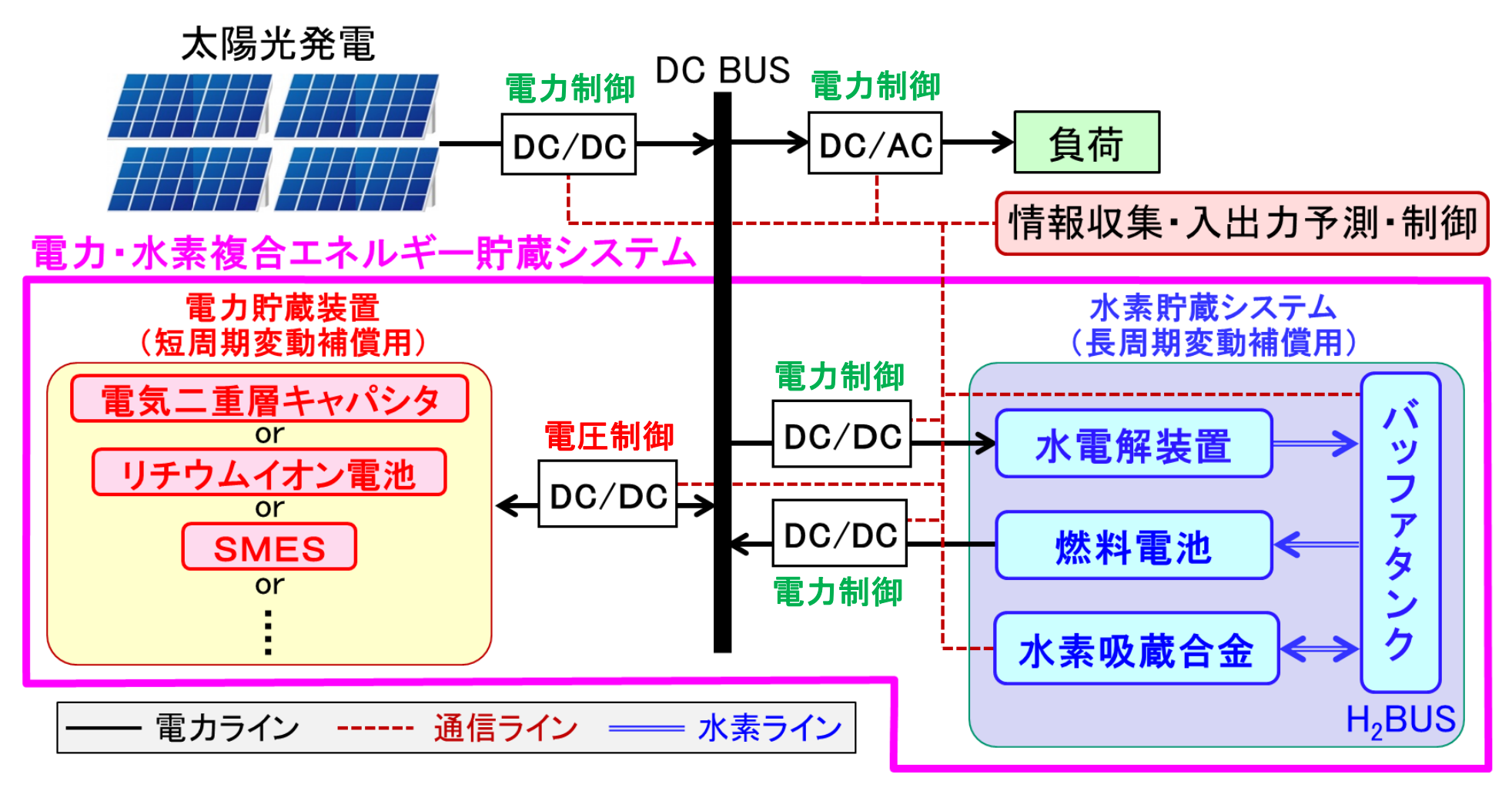
を有するエネルギー貯蔵装置が必要

背景 ～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
⇒それぞれの長所を生かして短所を補完！

背景 ～「電力・水素複合エネルギー貯蔵システム」の構成～



「非常用電源機能を有する電力・水素複合エネルギー貯蔵システム」の有効性の検証および要素技術の確立が不可欠

研究開発の目的

災害時に長期停電が発生しても安定して運転を継続できる
次世代浄水場の実現を目指して
「電力・水素複合エネルギー貯蔵システム」の要素技術を確立し
「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する

本研究開発では以下についても検証

・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

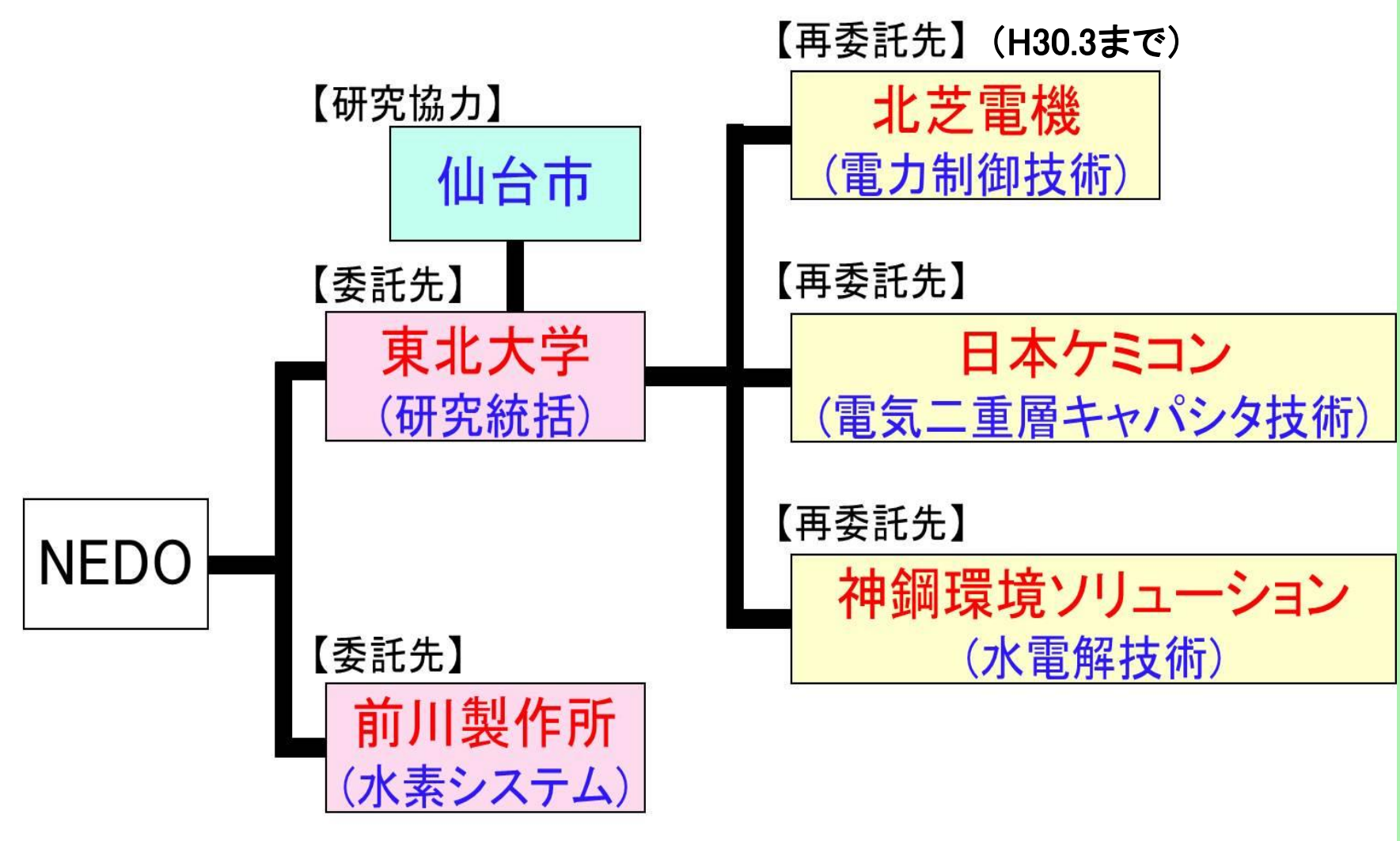
実施期間中のスケジュール

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

研究開発の実施体制

H28～H30年度（実証試験）



提案システムの特長

（1）通常時

・再生可能エネルギーのリアルタイム利用率の向上が可能

・常時の高品質電力供給が可能（瞬低・停電の両者に対応可能）

⇒再エネ出力や負荷消費電力の変動に対して高精度な補償が可能

・昼間の水ろ過用砂洗浄（夜間からの負荷シフト）が可能

・非常用電源システムの非常時以外での有効活用が可能

・燃料電池自動車用水素ステーションとの併設が可能

（2）非常時

・無瞬断で安定した高品質電力を長時間供給可能

⇒安定した燃料確保が可能（**外部からの燃料調達不要**）

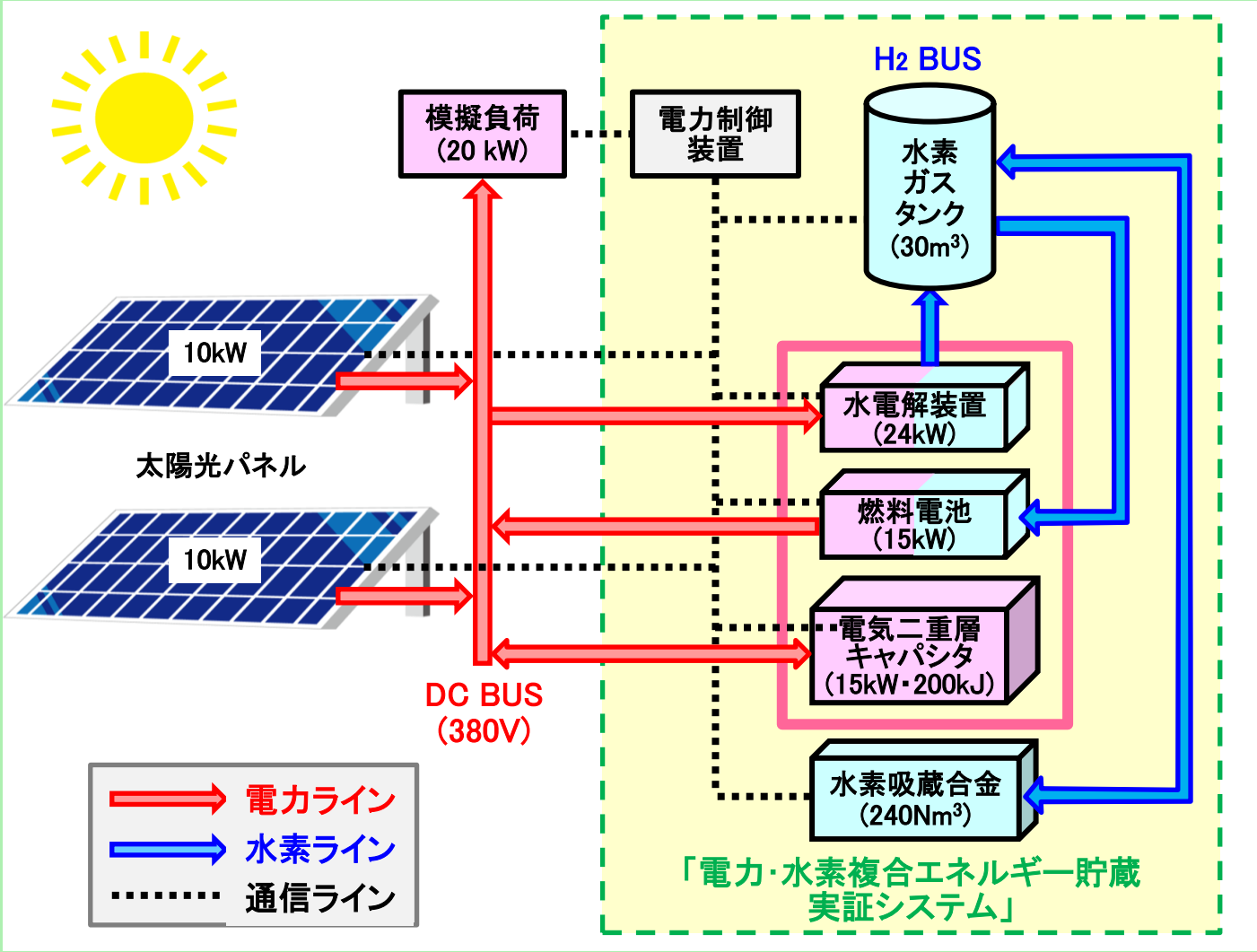
高信頼の電力供給が可能（**非常時の動作不良を回避**）

・非常用電源の燃料の長期保存が可能

非常用電源の従来技術との比較

比較項目	従来技術 （非常用自家発電機）	提案システム
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	輸送による燃料調達は不要
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	LH2タンクや水素吸蔵合金で水素を保管するため燃料劣化がなく燃料の入れ替えも不要
非常時の動作安定性	非常時のみ使用 動作不良が起こりやすい	非常時だけでなく通常時も使用 動作不良が起こりにくい
非常時の電力品質	大きな負荷消費電力の変動に対しては電圧・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が可能
太陽光発電の有効活用	非常用電源との連係は困難	非常時に貴重となる太陽光発電出力を最大限有効活用可能
非常用電源の運用方法	非常時だけの使用の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

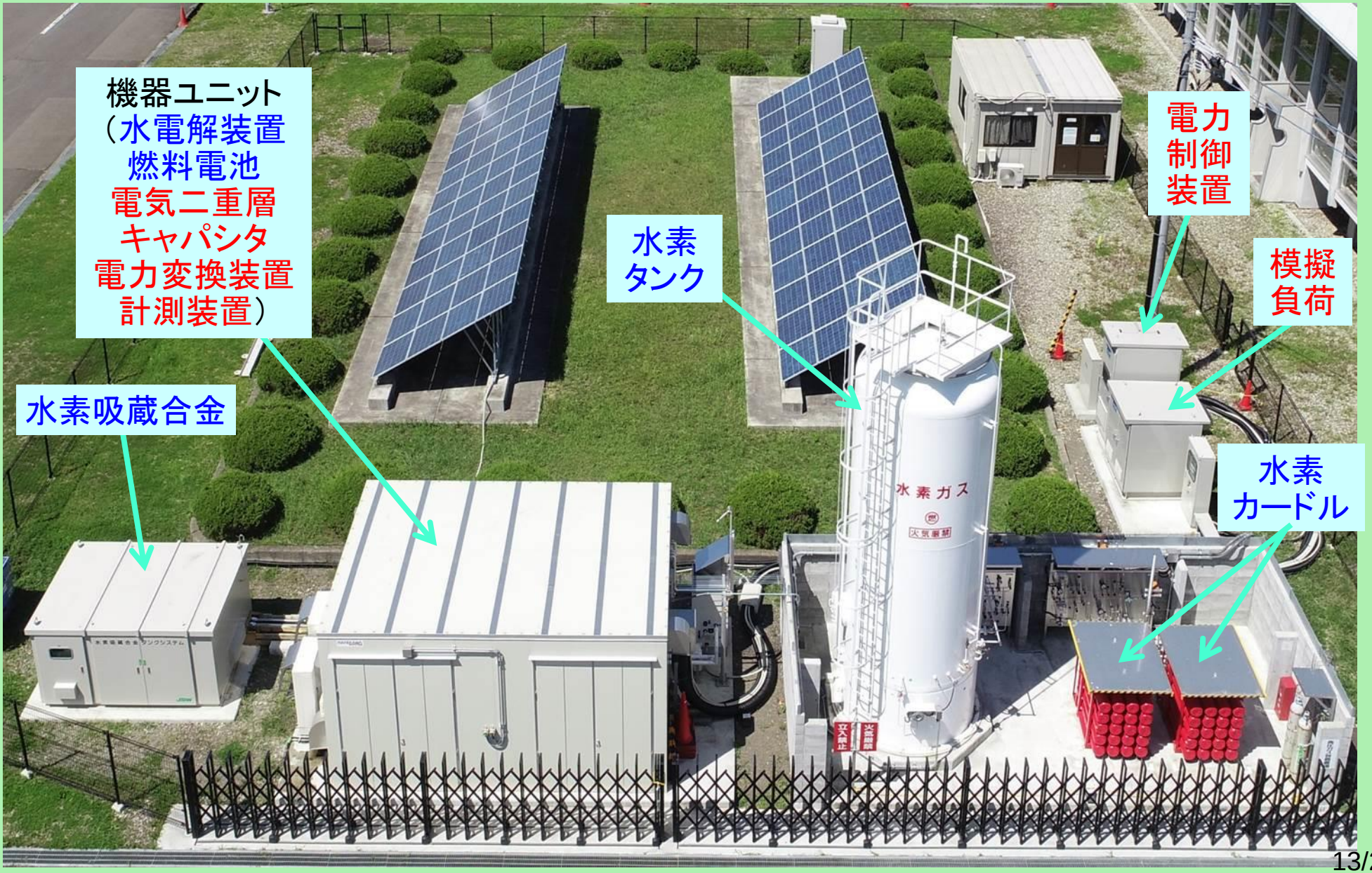
実証システムの構成



・法規制の関係でLH_2タンクの代わりにGH_2タンクと水素吸蔵合金を使用

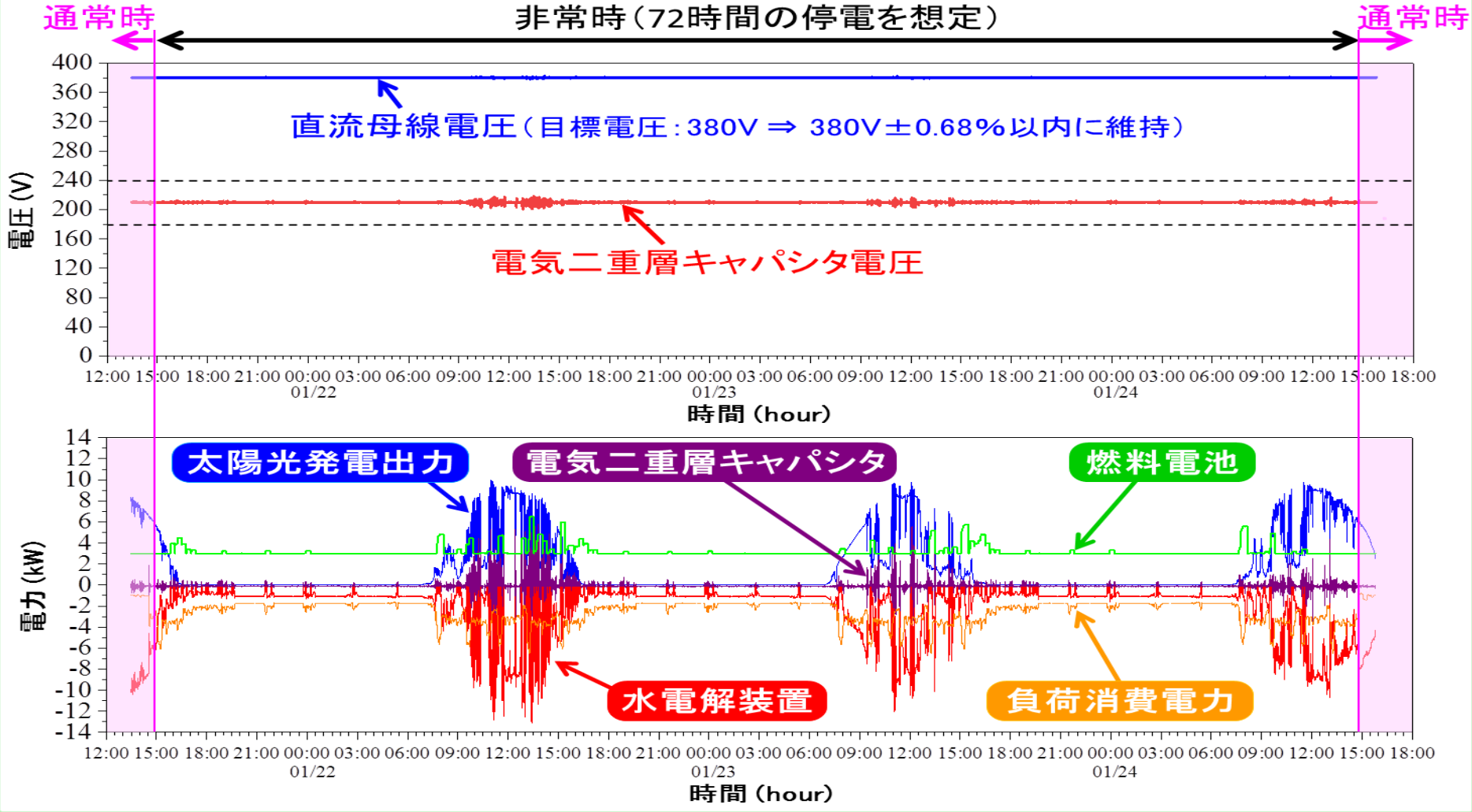
・日常業務への影響を考慮し、実負荷ではなく模擬負荷を使用

実証システムの外観（東側から）



非常時を想定した72時間連続運転例 ～電力変化～

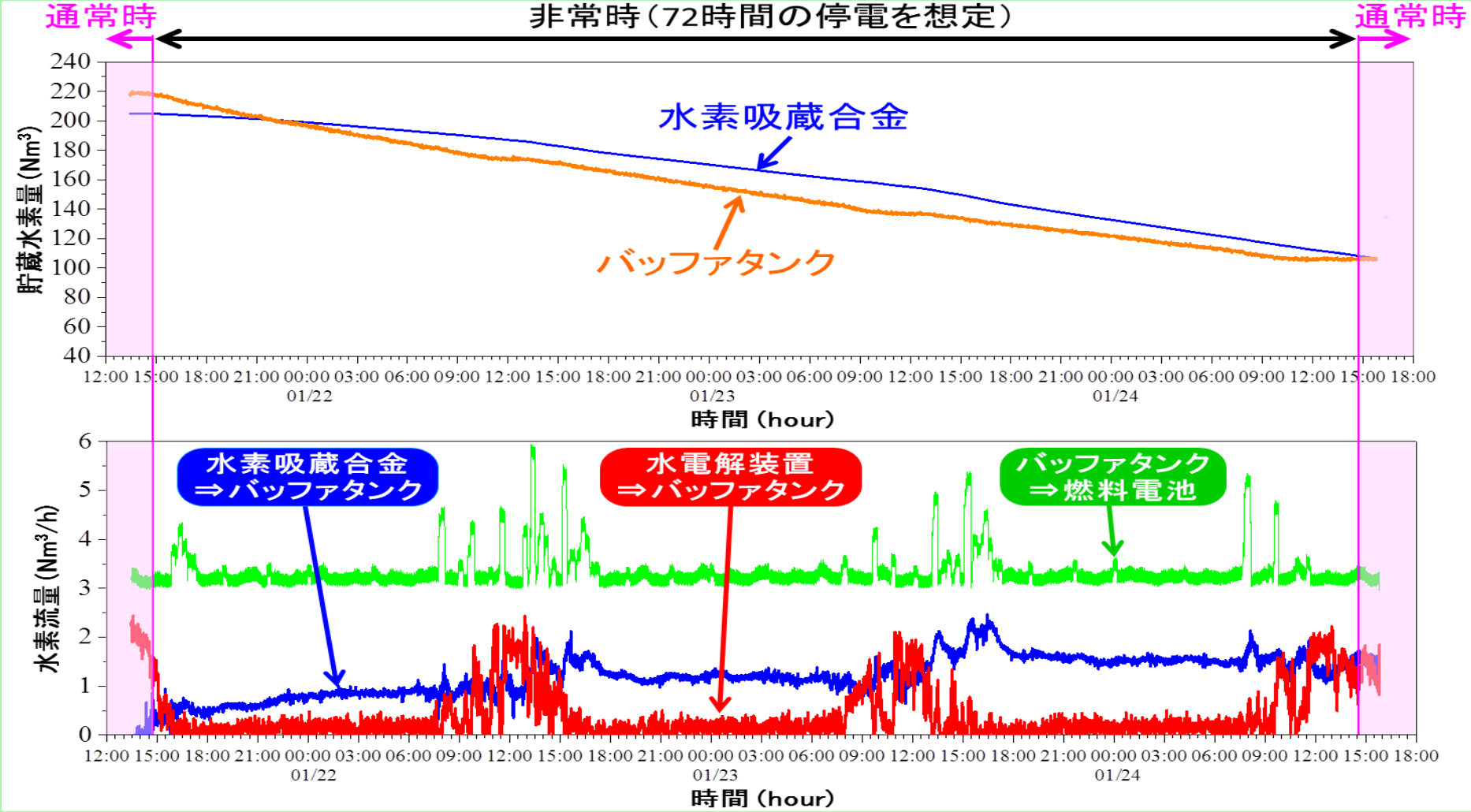
1/21～1/24，Q値：0.002，FC・EL同時運転，FC排熱利用（空冷式12kW+水冷式3kW）



高精度な変動補償と安定した電力供給が可能になることを検証

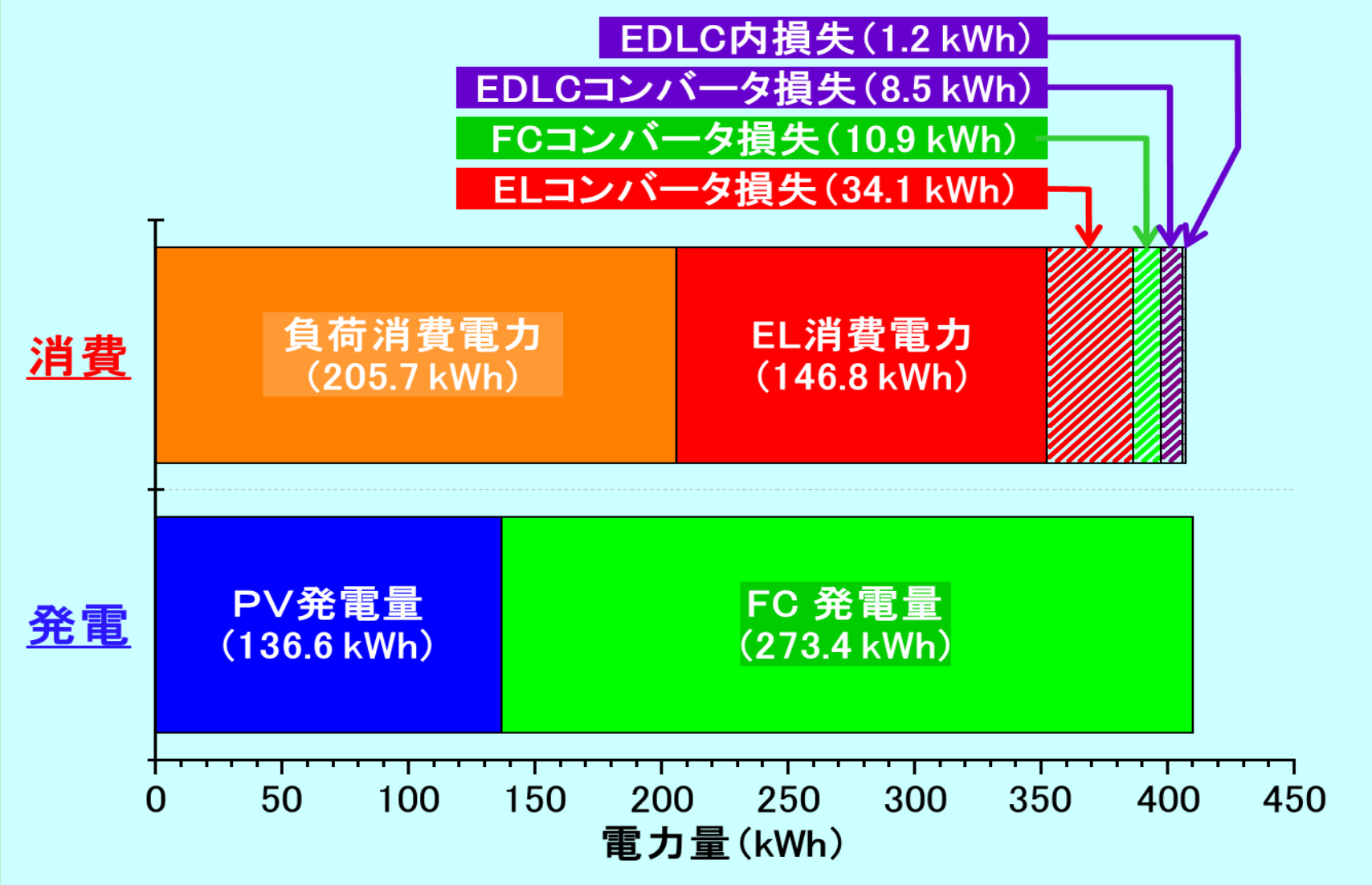
非常時を想定した72時間連続運転例 ～水素量変化～

1/21～1/24，Q値：0.002，FC・EL同時運転，FC排熱利用（空冷式12kW+水冷式3kW）



バッファタンクの採用により短時間の水素発生・消費に対しても高安定に対応可能

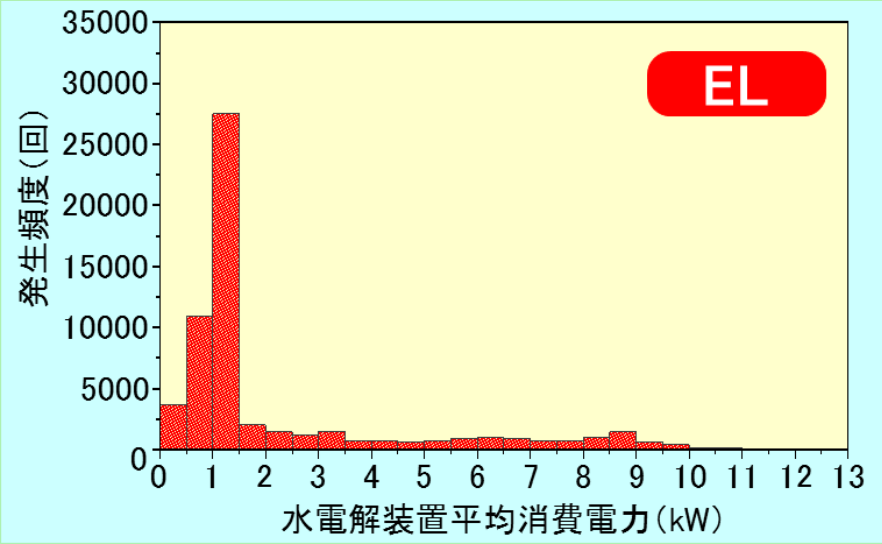
72時間連続運転時の発電量と消費量の内訳

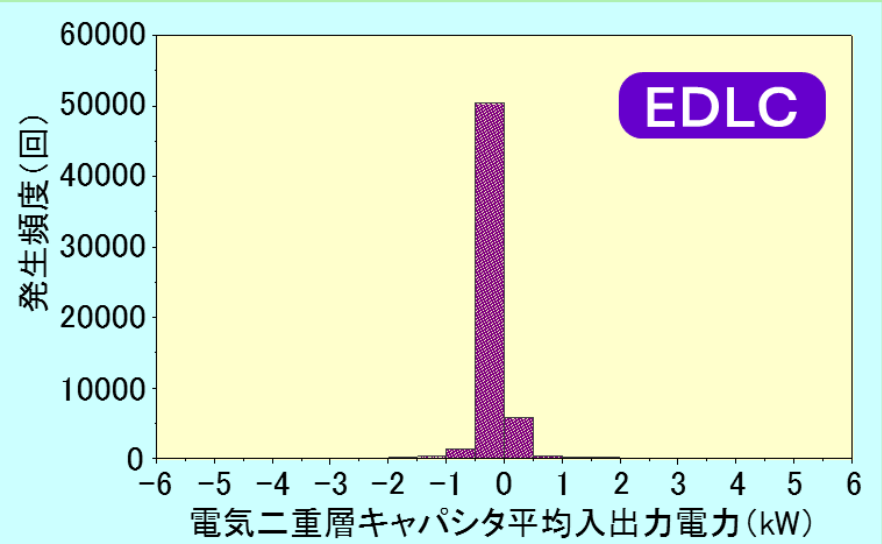


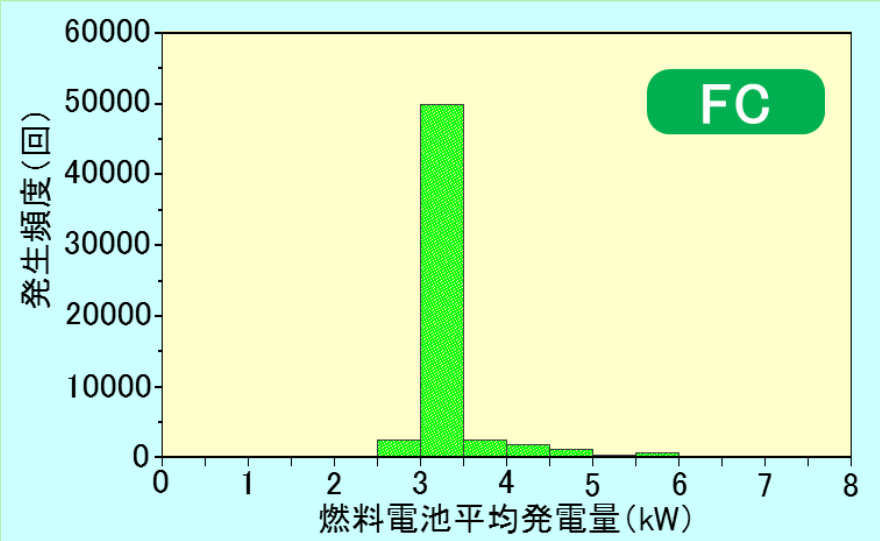
非常時発電：1/3が太陽光発電，コンバータ損失：総発電量の13%

各装置の変動補償中の平均入出力度数分布

各1分間の平均入出力の発生頻度(EL・FC同時運転:FC最低出力:3kW)







EL＆EDLC
⇒変換効率の低い低電力領域での動作頻度が高い

余剰電力が小さい場合
⇒ELの代わりにEDLCで貯蔵することで効率改善可能

提案システムの適用可能性

＜大容量高品質電源に対するニーズ＞

① 非常時（停電時）の電力の長時間安定供給

⇒UPS・自家発電装置：2秒～数日

・適用先：浄水場・災害時避難所（学校など）・病院
工場・データセンター・ビル・官庁・金融・放送など

② 通常時（瞬低・サージ・ノイズ発生時）の高性能補償

⇒瞬低補償装置：～2秒

・適用先：医療関連機器・半導体製造装置・OA機器
精密機器・各種制御装置など

通常は目的に応じてUPS or 瞬低補償装置を選定（個別に対応）
⇒提案システム：瞬低と長時間停電の両方に対応可能

研究開発の成果

「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出力や負荷消費電力の
不規則変動に対して高精度な変動補償を可能にし
再生可能エネルギーの有効活用と
外部からの燃料調達が不要で高品質・高安定な
大容量非常用電源に有効であることを実証

本成果は、「電力・水素複合エネルギー貯蔵システム」が実現可能な技術レベルにあることを示すもので、エネルギーシステム応用に向けたFC・EL・MHの開発が一層進展し、今後の再生可能エネルギー分野における水素エネルギーの普及・利用促進に寄与すると考えられる

提案システムに関する技術課題

◆提案システムに関する今後の展開と技術課題

① システム内協調によるEL・MH補機動力の削減方法の確立
（∵EL・MHの大きな補機動力を単体だけで削減するのは困難）

② FC・MH・バッファタンクの協調による水素移送制御法の最適化
（∵実証ではタンクサイズ・FC排熱量・MH水素放出量が不均衡）

③ 瞬低時の運転制御方法の確立と瞬低補償性能の検証
（∵実証では瞬低補償時の運転制御方法や補償性能は未検討）

④ 商用系統との接続・運転切替制御方法の確立と応答性の検証
（∵実証では交流系統とは独立した模擬負荷に直流給電）

⑤ 実用化規模(≧100kW)で最適化されたシステムの有効性検証
（∵実証では20kWで各設備容量や制御方法は最適化されていない）

⑥ 実フィールドにおける長期間連続運転による信頼性の確立
（∵実証では最長でも3～4日の連続運転のみで実績が少ない）