2019年度NEDO次世代電池・水素成果報告会

発表No.H2-4

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/稚内エリアにおける協調制御を用いた再エネ電力の最大有効活用技術

発表者：森　正
株式会社日立製作所
北海道電力株式会社
一般財団法人エネルギー総合工学研究所
発表日　2019年7月19日

連絡先
株式会社日立製作所
産業流通ビジネスユニット
ソリューション＆サービス事業部
E-mail:tadashi.mori.qm@hitachi.com
TEL:　03-5928-8254

© Hitachi, Ltd. 2019. © HEPCO Hokkaido Electric Power Co., Inc. © The Institute of Applied Energy All rights reserved.

事業概要

1. 期間
開始　：2016年　9月
終了　：2019年　3月

2. 最終目標
再エネ電力の活用を最大化するため、水電解装置、蓄電池及び水素混焼エンジンの協調制御システムにより、短周期・長周期変動緩和及び下げ代不足対策等のサービスを提供する変動緩和ビジネスを技術・スキームを含めて構築するものである。

3.成果・進捗概要
・出力変動抑制技術の成立性評価
短周期・長周期変動制約を遵守しつつ、下げ代対策を行うことの技術的な実現可能性を明らかにした。
500kW級水素混焼エンジンは、実証システム技術に適用できることを確認した。
・系統接続方法の検討と評価
本提案が有力な変動緩和対策の１つとなりうる可能性を示した。
本実証設備が現行制度下で逆潮流を伴いFIT設備として系統連系できる可能性を示した。
・トータルシステム経済性・総合評価
変動緩和事業としての事業性があると共に、安価な水素供給製造を実現できる可能性を明らかにした。
・実証システム技術開発の検討及び試験計画概要
コストミニマムな実証計画を作成した。

© Hitachi, Ltd. 2019. © HEPCO Hokkaido Electric Power Co., Inc. © The Institute of Applied Energy All rights reserved.

報告内容

1. 提案の全体像
   1.1 事業の狙いと将来像
   1.2 本提案の特長
   1.3 将来システム構成

2. 技術・経済成立性評価
   2.1 協調制御シミュレーション
   2.2 水素混焼エンジン(500kW級)開発
   2.3 北海道における水素利活用ポテンシャル
   2.4 貯蔵・輸送を含めた将来モデル想定(2030年)
   2.5 将来システムのビジネススキーム
   2.6 逸失利益補償スキームの実現可能性
   2.7 提案システムのマネーバランス

3. 実証システム試験計画
   3.1 実証システムシステム構成

4. まとめ

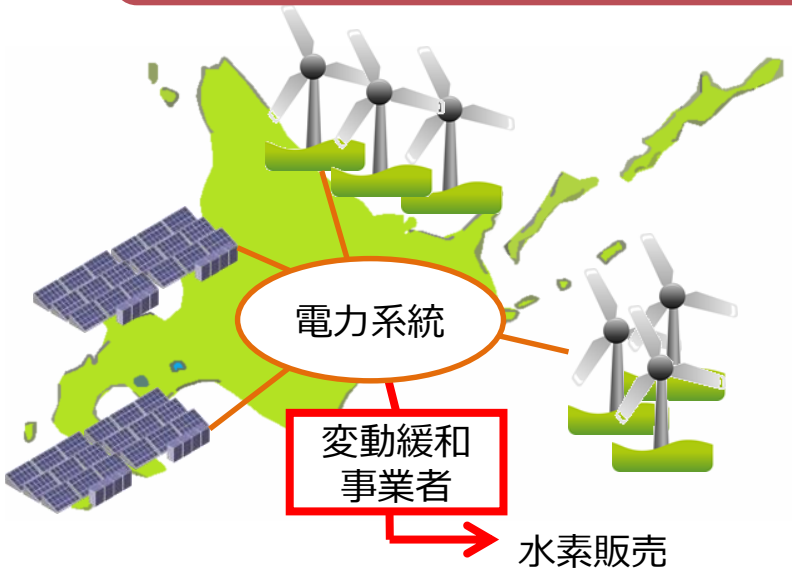
© Hitachi, Ltd. 2019. © HEPCO Hokkaido Electric Power Co., Inc. © The Institute of Applied Energy All rights reserved.

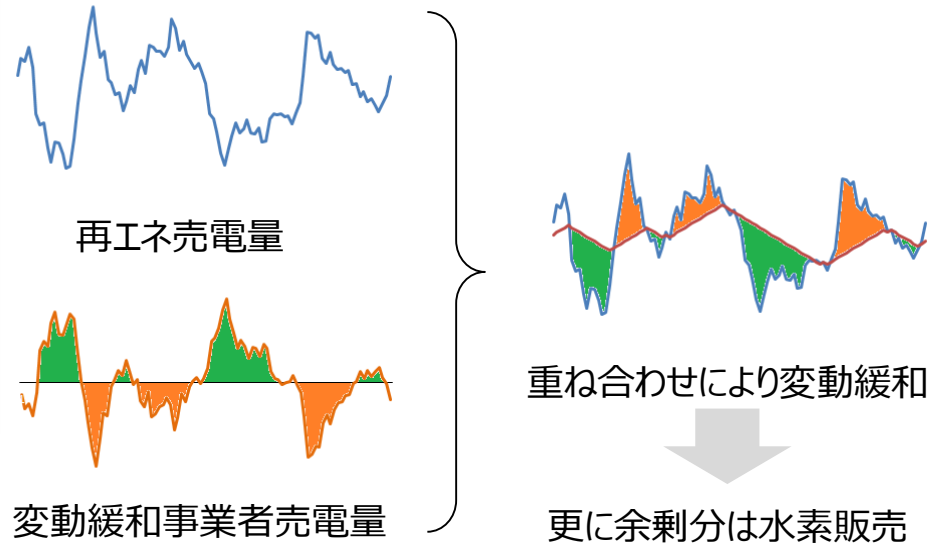
1.1 提案の全体像 – 事業の狙いと将来像

事業の狙い

1. 短周期・長周期変動緩和を代行することで、新規再エネ発電事業者の負担を低減
2. 下げ代不足対策を代行することで、安価に水素を製造・販売

これらを目的とする変動緩和事業が成り立つことを明らかにし、再エネ導入量の拡大と水素社会の実現に貢献する





事業の将来像

独立に変動する再エネの大量導入に伴い、需給調整面での対策として再エネの出力制御が既に実施されている九州エリアや今後、対策が必要となる北海道エリアほかでの汎用性が高く、かつ、離島にも適用可能

© Hitachi, Ltd. 2019. © HEPCO Hokkaido Electric Power Co., Inc. © The Institute of Applied Energy All rights reserved.

1.2 提案の全体像 – 本提案の特長

短周期・長周期変動対策	下げ代不足対策
短周期・長周期変動対策として、 蓄電池・水電解装置・水素混焼エンジンを組合せ、 さらに独自の制御を行うことで、 効率低下を抑えつつ**蓄電池容量を大幅に低減** （サイト蓄電池との比較） **再エネ事業者に安価なサービスを提供することで、 再エネ発電量の拡大に貢献**	下げ代不足対策として、 発電抑制の替わりに需要創出として 余剰電力を利用した大規模水素製造を行うことで、 **安価に水素製造が可能 （大規模集中デマンドレスポンス）** **下げ代不足対策を集中的に行うことで、 水電解装置の稼働率向上、水素社会の実現に貢献**

大変動に追従するために、**大容量設備が必要**
一方、変動分のみのため**設備利用率は低い**
（水電解装置は年間200時間程度の運転）

（１）短周期・長周期変動緩和設備との共用による
初期費低減
（２）余剰電力を安価に調達し、
運転費低減

特長

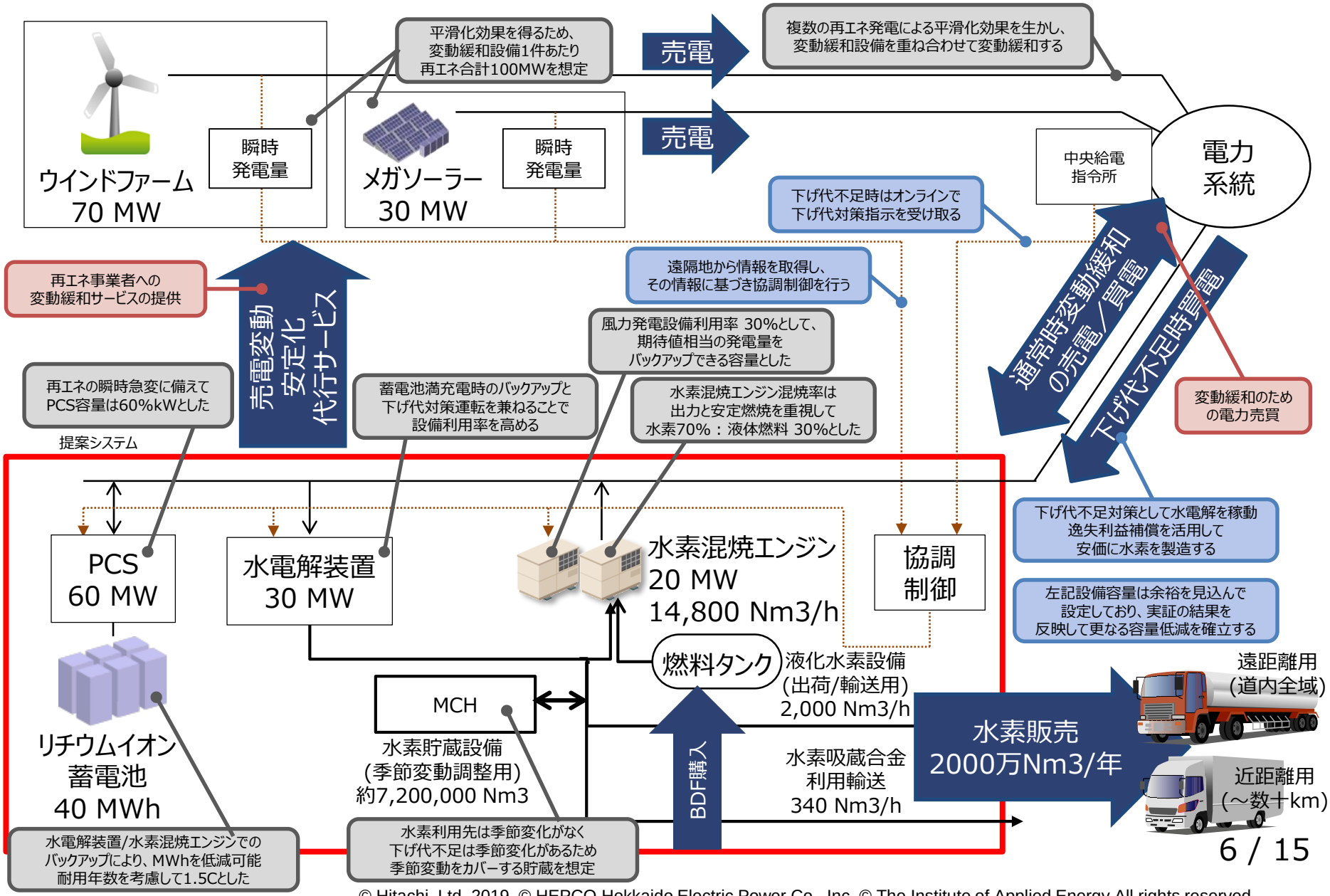
これら２つの対策を同時に行う変動緩和事業のコンセプトで、蓄電池、水電解装置及び水素混焼エンジン発電を独自のアルゴリズムで協調制御する点及びカーボンフリーな調整力（上げDR、蓄電池と組合せた水素混焼エンジン発電による逆潮流）を提供

システム効率

「蓄電池システム」と「水電解-水素貯蔵-水素混焼エンジン発電機」の2システムで構成
①水電解装置－水素貯蔵－水素混焼エンジン発電機の総合エネルギー効率：約30%
②蓄電池システムの周回効率：85%程度

© Hitachi, Ltd. 2019. © HEPCO Hokkaido Electric Power Co., Inc. © The Institute of Applied Energy All rights reserved.

1.3 提案の全体像 - 全体システム構成



© Hitachi, Ltd. 2019. © HEPCO Hokkaido Electric Power Co., Inc. © The Institute of Applied Energy All rights reserved.

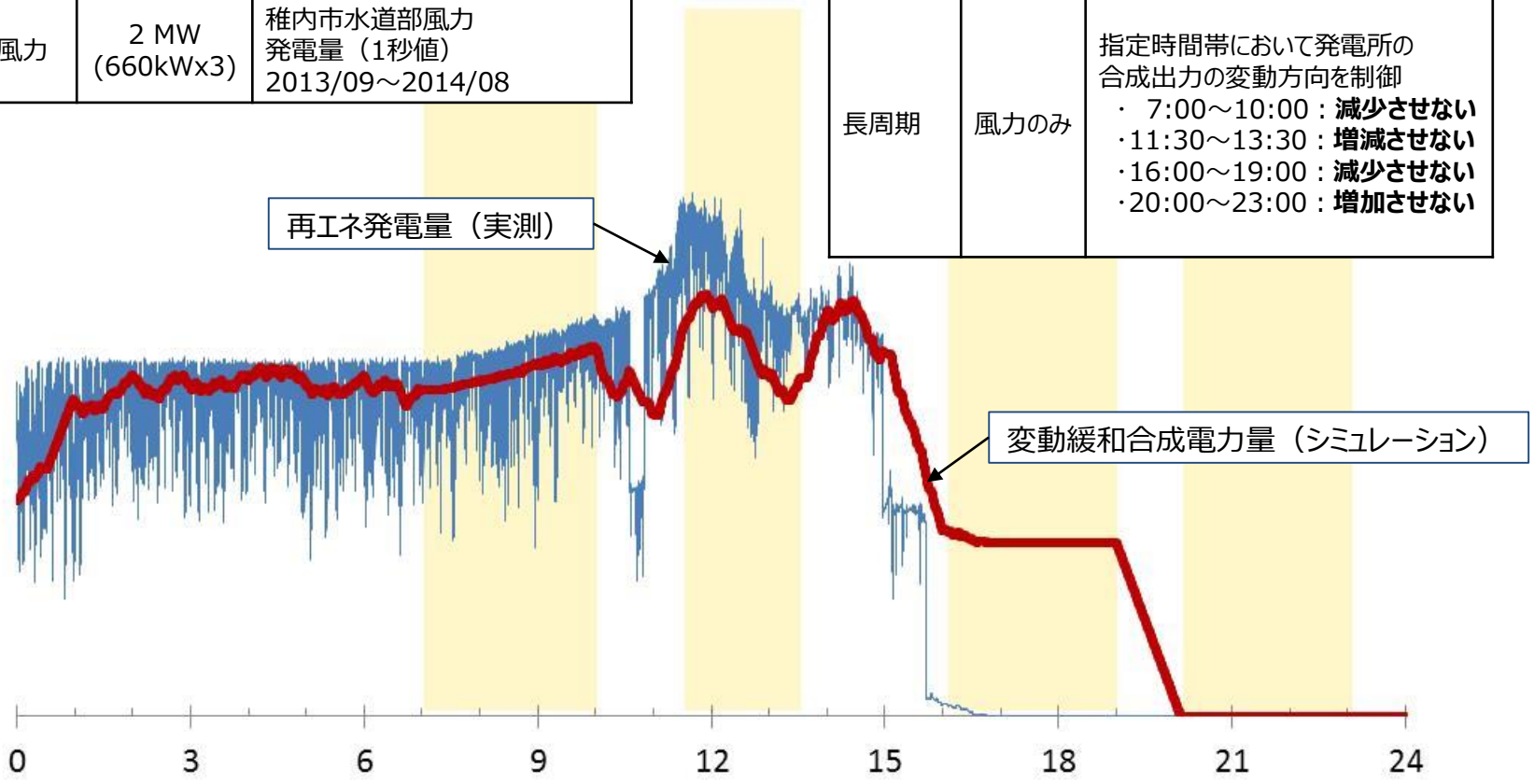
2.1 技術成立性評価 – 協調制御シミュレーション

シミュレーション対象の再エネ

対象	容量	データ
太陽光	1 MW	稚内メガソーラー(うち、1系列分) 発電量（1秒値） 2013/09～2014/08
風力	2 MW (660kWx3)	稚内市水道部風力 発電量（1秒値） 2013/09～2014/08

系統接続条件(目標)

変動緩和	対象	出力制約
短周期	風力 太陽光	発電所合成出力の変化速度を **「定格出力の1%以下/分」**
長周期	風力のみ	指定時間帯において発電所の 合成出力の変動方向を制御 ・ 7:00～10:00：**減少させない** ・11:30～13:30：**増減させない** ・16:00～19:00：**減少させない** ・20:00～23:00：**増加させない**



風力２台（66%）が急停止した場合も、
蓄電池及び混焼エンジンの運転により制約を遵守

© Hitachi, Ltd. 2019. © HEPCO Hokkaido Electric Power Co., Inc. © The Institute of Applied Energy All rights reserved.

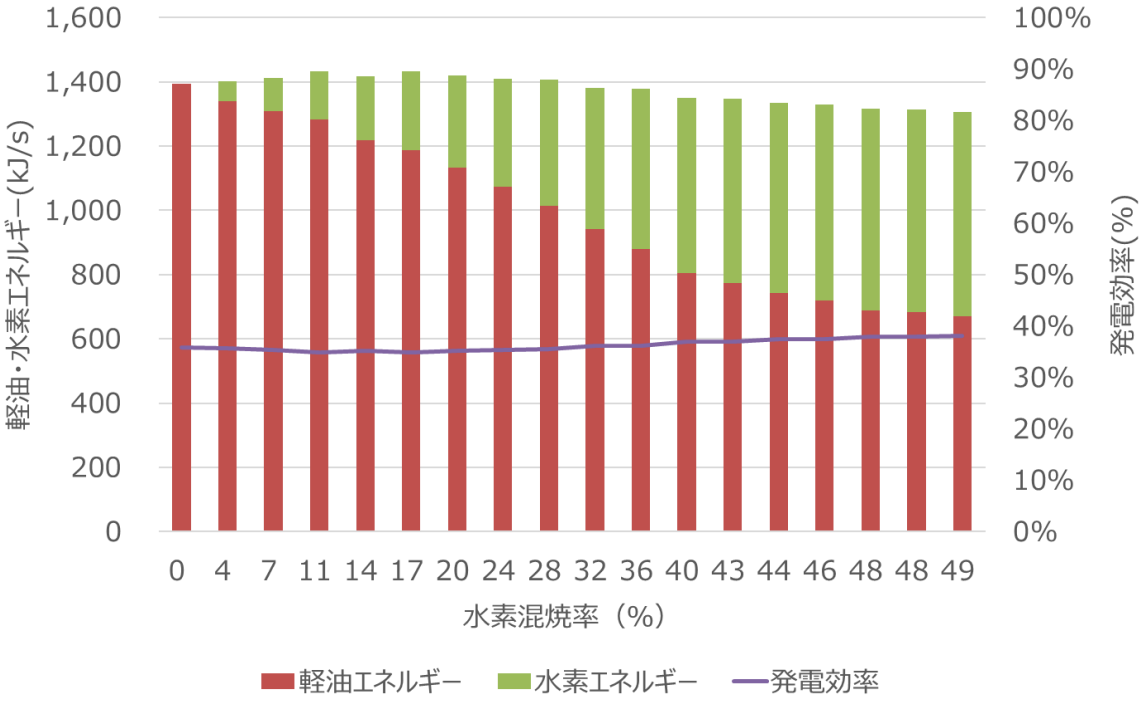
2.2 技術成立性評価 – 水素混焼エンジン(500kW級)開発

500kWエンジン仕様

		仕様
ボア×ストローク	mm	140×165
圧縮比	–	14
気筒数	–	12
噴射システム	–	ボッシュ式
回転数	rpm	1500
総排気量	L	30.48

500kWエンジン外観

500kW級試験結果（燃料割合・発電効率）



発電効率＝500(定格出力)／投入発熱量(水素＋軽油)×100

定格出力500kW（水素混焼率約50%）試験の結果、目標の発電効率35%を達成
並行して、BDF混焼試験、起動試験、部分負荷試験を実施。

© Hitachi, Ltd. 2019. © HEPCO Hokkaido Electric Power Co., Inc. © The Institute of Applied Energy All rights reserved.

2.3 技術成立性評価 –北海道における水素利活用ポテンシャル

燃料	用途	2015年エネルギー (TJ-LHV)	水素利用セグメントと 2030年潜在年間需要量	代表的な供給方法	輸送距離	水素売価想定 (円/Nm^3)
軽質油	産業用	31,099	想定売価が安価なため除外	軽油ローリー/トラック等		30~40
	業務用	14,968				
	家庭用	86,931				
	運輸	47,998	FCV(トラック/バス含む)導入見込 約9,000台 水素需要:**2,804万Nm^3** (フォークリフト含む)	ガソリンローリー → **液化水素トレーラー**	数百 km	**100**
LPG	産業用	29,386	想定売価が安価なため除外	LPガスサテライト等		個別契約次第
	業務用	5,148	水素換算需要:4.2億Nm^{3}相当 仮に5%とすると**2,100万Nm^3**	LPG容器 or LPGローリー → **水素吸蔵合金容器** or **圧縮水素ローダー**	数十 Km	下記より安め
	家庭用	10,452	水素換算需要:8.6億Nm^{3}相当 仮に5%とすると**4,300万Nm^3**	LPG容器 → **水素吸蔵合金容器**	数十 km	**81~126**

将来事業 水素外販量目安	2,000万 Nm^3

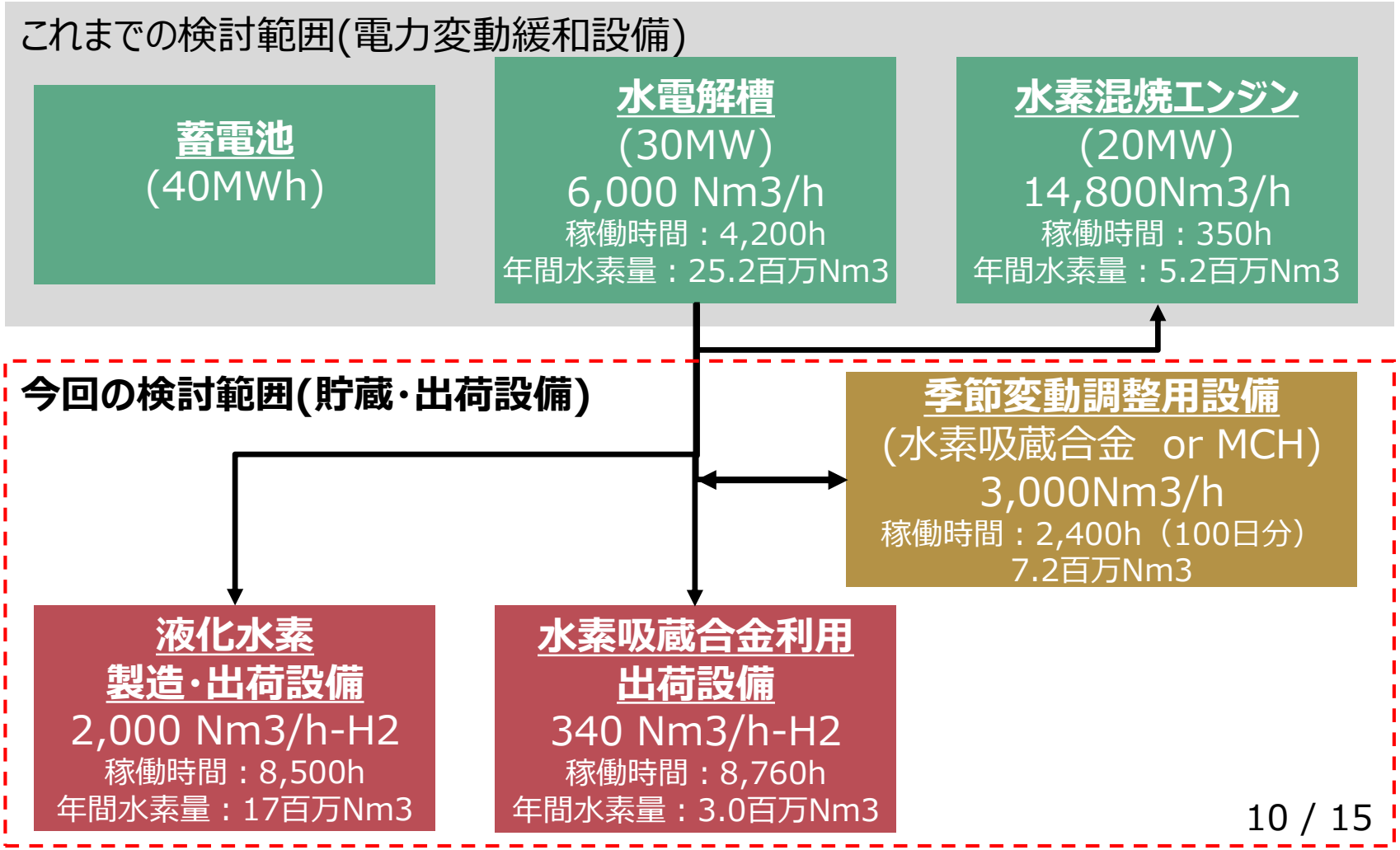
＜LPGの実勢価格＞
5,743円/5m3(北海道平均、戸建） → 126円/m3-H2
9,438円/10m3（同上　　） → 81円/m3-H2
出典：石油ガス流通実態調査報告書H29.2
（エルピーガス振興センター）

北海道全域で考えればガソリン代替(FCV向け)需要の可能性が大きい
近隣地に限られるがLPG代替需要の可能性もある

© Hitachi, Ltd. 2019. © HEPCO Hokkaido Electric Power Co., Inc. © The Institute of Applied Energy All rights reserved.

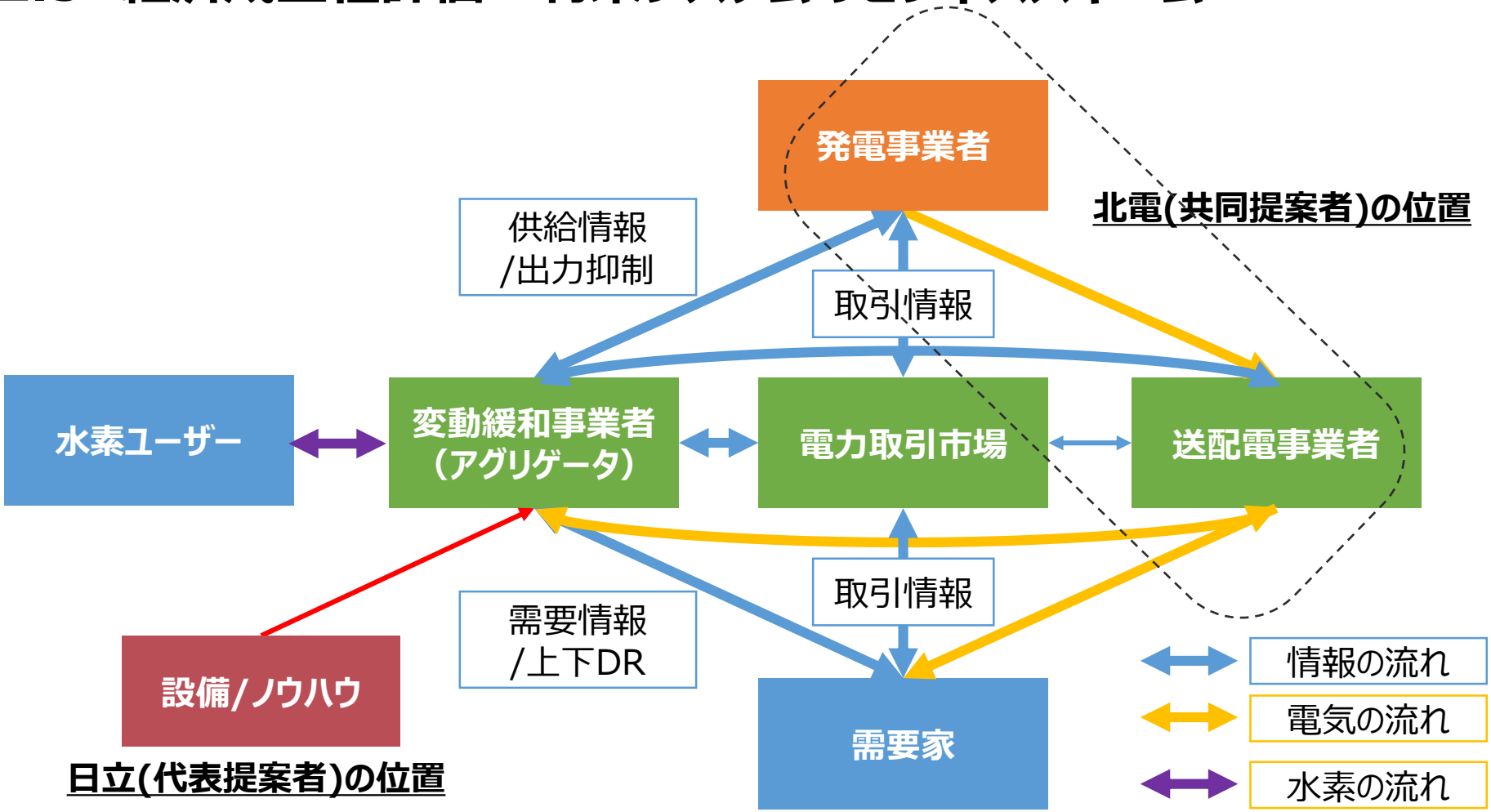
2.4 技術成立性評価 –貯蔵・輸送を含めた将来モデル想定（2030年）

想定した2030年の下げ代不足の一部解消のための水素生成時間変化を基に、適切な水素供給設備とその運用計画を立案し、変動緩和での値に付加して、構成設備の稼働時間・年間水素量を求めた。



© Hitachi, Ltd. 2019. © HEPCO Hokkaido Electric Power Co., Inc. © The Institute of Applied Energy All rights reserved.

2.5 経済成立性評価 –将来システムのビジネススキーム



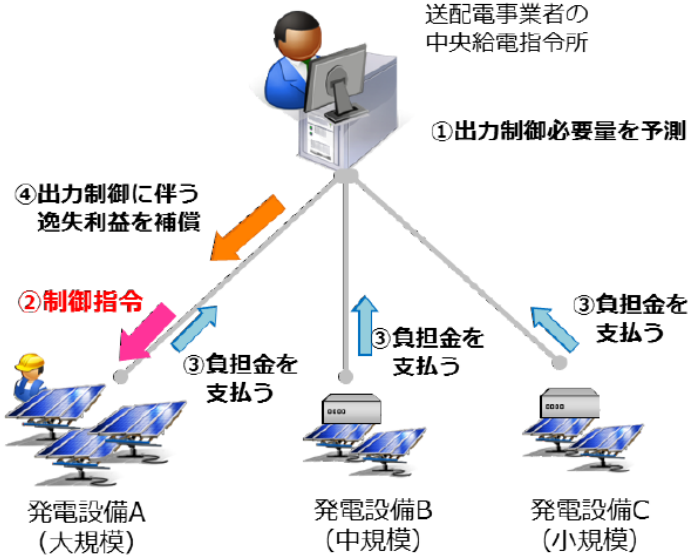
提案システムは、「変動緩和」と「水素販売」の2要素があり、
再エネ発電事業者や産業ガス会社及びガスインフラ会社が候補事業者

© Hitachi, Ltd. 2019. © HEPCO Hokkaido Electric Power Co., Inc. © The Institute of Applied Energy All rights reserved.

2.6 経済成立性評価 – 逸失利益補償スキームの実現可能性

出力制御の公平性の確保に係る指針 /エネ庁省新部（2017年3月）

＜経済的な調整の実施（イメージ）＞



柔軟な出力制御が可能な大規模事業者等に実際の出力制御を集中させ、その事業者に対して、再エネ事業者全体の負担により補償を行う。

再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会中間整理（2018年5月）

【アクションプラン】

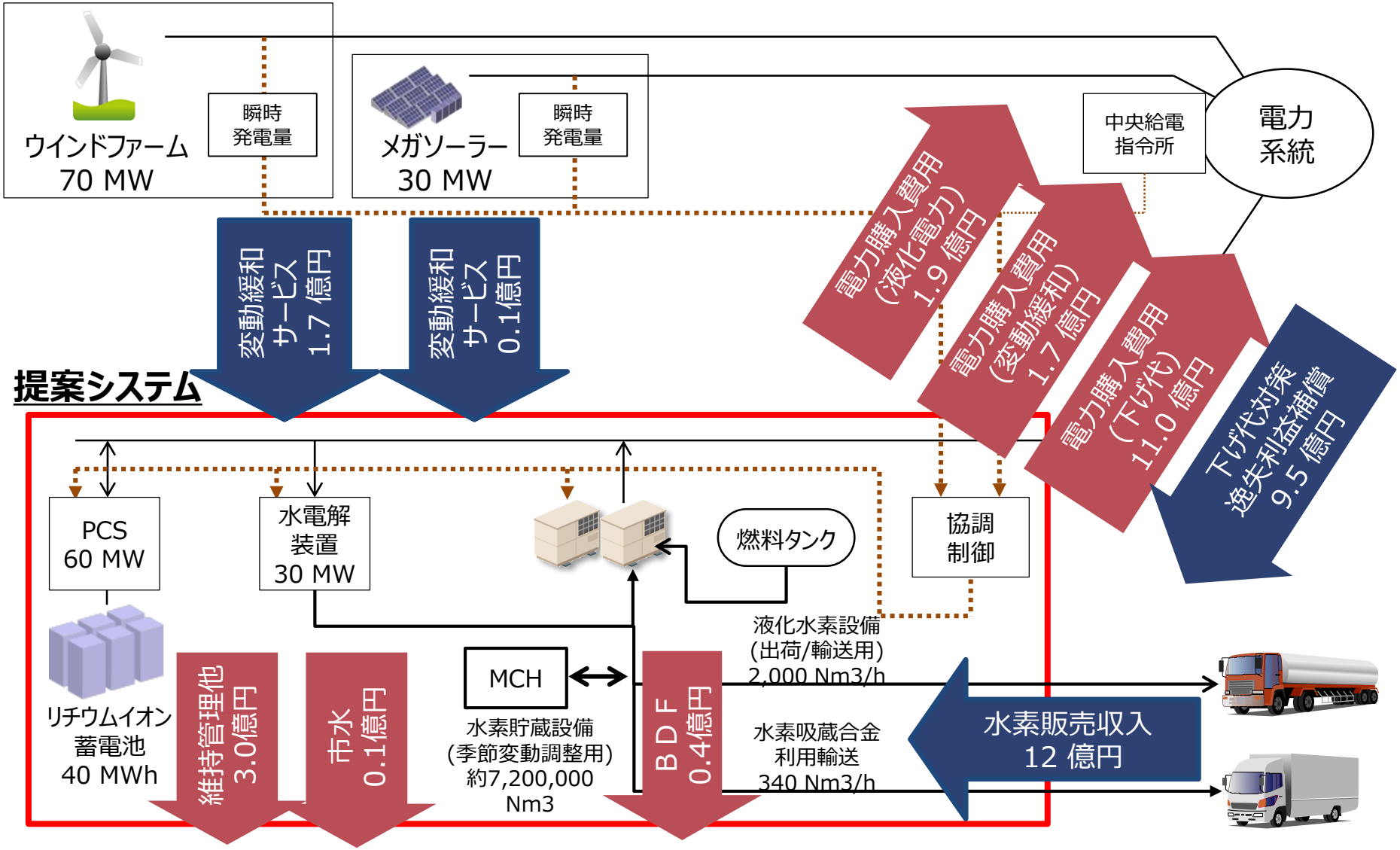
- 経済的調整制度を導入するため、①追加収益・逸失利益の算定方法、②費用調整の実務、③買取価格の異なる電源間の調整（収支不一致の調整）等について実務的な検討を行う。

【➡資源エネルギー庁】

調整力としての上げDRの活用やカーボンフリー化に関する制度導入に向けたアクションプランが示されつつある。継続ウォッチ

© Hitachi, Ltd. 2019. © HEPCO Hokkaido Electric Power Co., Inc. © The Institute of Applied Energy All rights reserved.

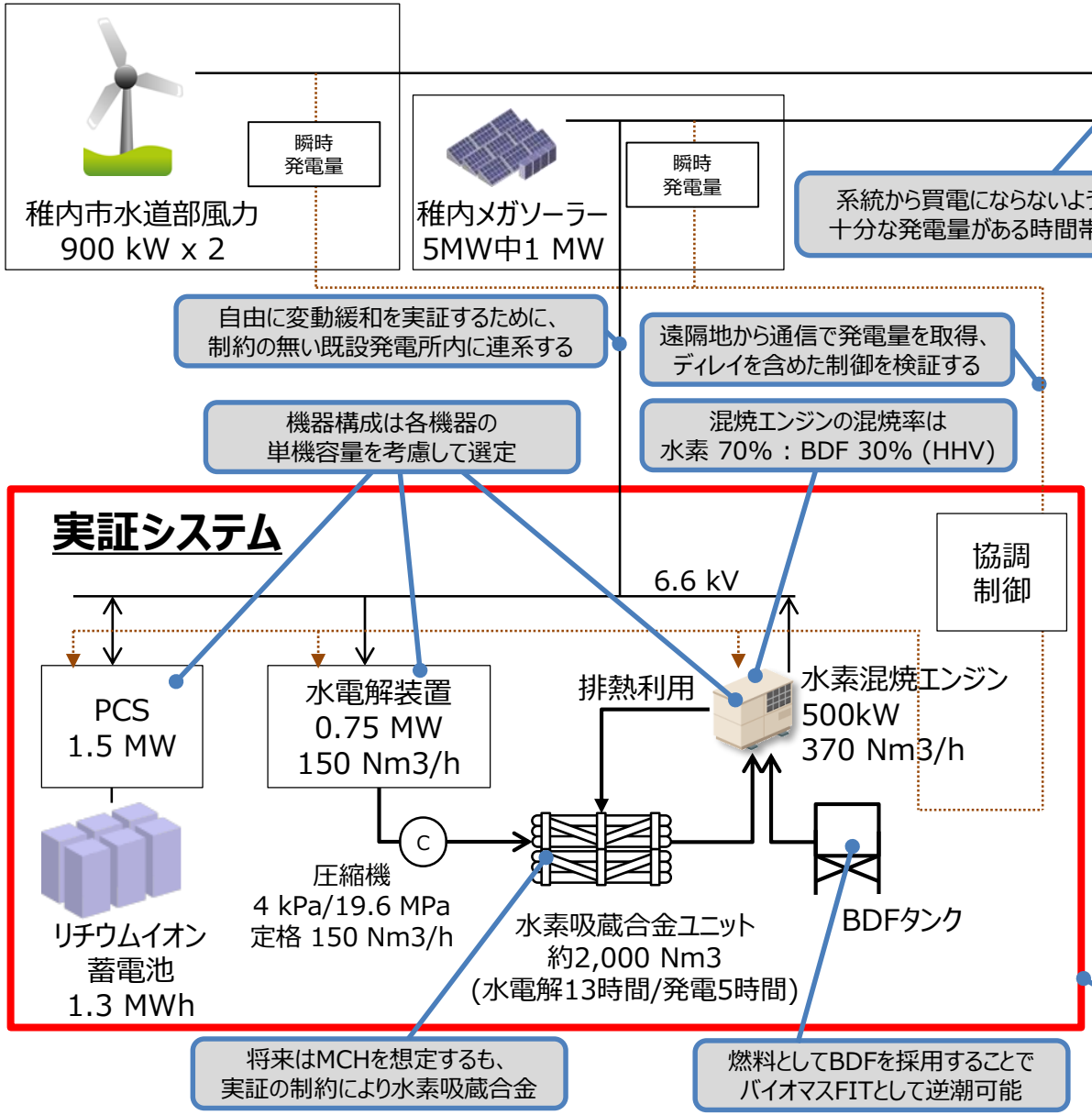
2.7 経済成立性評価 – 提案システムのマネーバランス



収入：23.3億円/年　支出：18.1億円/年　単年度収支：5.2億円/年

© Hitachi, Ltd. 2019. © HEPCO Hokkaido Electric Power Co., Inc. © The Institute of Applied Energy All rights reserved.

3.1 開発実証システムの基本設計 – システム構成



技術実証に必要な設備に絞った構成

(1) 系統連系技術要件の遵守
(2) システム構成・制御ロジックの改善
(3) 全体事業モデルの詳細化と改善

機器	タイプ	仕様
蓄電池	リチウムイオン 蓄電池	パワコン：1.5MW(250kWx6) 蓄電池：1.3MWh
水電解装置	アルカリ 水電解	水素製造量：150 Nm3/h 効率：3.8−4.4kW(DC)/Nm3
水素 圧縮機	ダイヤフラム 式	水素流量：150 Nm3/h 圧力：4kPa/19.6MPa
水素混焼 エンジン	ディーゼル (BDF)	容量：500kW 水素/BDF比率：70%/30%

水素外販設備は、既存技術で対応可
能であり、他で実証中のため対応省略

© Hitachi, Ltd. 2019. © HEPCO Hokkaido Electric Power Co., Inc. © The Institute of Applied Energy All rights reserved.

4. まとめ

- **協調制御シミュレーション**
  太陽光発電＋風力発電の再エネに対し、リチウムイオン蓄電池、水電解装置および水素混焼エンジンを協調制御することにより、系統接続要件を満たし、短周期・長周期変動対策、下げ代不足対策が可能であることを明らかにした
- **BDF焚き水素混焼エンジン（500kW級）の開発**
  定格出力500kW（水素混焼率50%）試験の結果、目標の発電効率35%を達成し、BDFとの混焼による性能維持及び8万円/kWのコスト見通しを得るなど、水素混焼エンジンの実現性、有効性を見出した
- **水素の利活用領域の設備計画等の深堀**
  北海道における需要量を分析し、下げ代不足一部解消のための水素生成時間変化を基に適切な水素供給設備とその運用計画の立案と積算を行い、事業収支を明確化した
- **下げ代対策の経済成立性検討の精緻化**
  出力制御の公平性の確保に係る指針においてイメージが示された逸失利益補償スキームに関し、再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会において、調整力としての上げDRのカーボーンフリー化に関する制度導入に向けたアクションプランが策定されつつある情報を入手するなど本提案システムが今後の下げ代対策として有効であることが明らかとなった
- **開発実証システムの計画**
  稚内メガソーラを活用した実証設備計画及び積算を実施し、さらに、水素混焼エンジン発電機による電力系統への逆潮流とFIT申請が現行制度下で可能であることを示した

© Hitachi, Ltd. 2019. © HEPCO Hokkaido Electric Power Co., Inc. © The Institute of Applied Energy All rights reserved.