

水素蓄電を活用した エネルギーマネジメントの研究

(公財)東京都環境公社

東京都環境科学研究所 次世代エネルギー研究科

高橋 一之

説明の順序

1 水素エネルギーの研究を行う理由

- 1－1 水素エネルギーの特徴
- 1－2 東京都の水素社会実現に向けた取組
- 1－3 当研究所における水素関連の調査研究
- 1－4 水素蓄電の意義
- 1－5 当研究所が水素蓄電研究に取り組む背景

2 これまでの研究内容の紹介

- 2－1 水素蓄電研究のこれまでの取組
- 2－2 本研究で想定する水素蓄電システムの構成
- 2－3 シミュレーションモデルの中で行っていること
- 2－4 モデル建物でのシミュレーション
- 2－5 都有施設でのシミュレーション

3 まとめと今後の予定

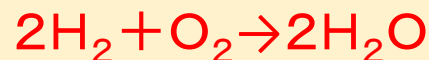
- 3－1 これまでのまとめ
- 3－2 今後の予定
- 3－3 おわりに

1-1 水素エネルギーの特長

※「水素社会の実現に向けた東京戦略会議とりまとめ」より

1 環境負荷の低減

水素は、利用段階で排出されるのは水であり、地球温暖化の原因となるCO₂を排出しない。



2 エネルギー供給源の多様化

水素は、水や化石燃料をはじめ、木質バイオマスなど様々な資源から製造することができる。

(エネルギー安全保障の向上)

3 経済波及効果が高い

水素関連産業は産業の裾野が広く、高い経済波及効果が期待できる。

4 災害発生時に独立したエネルギー源とできる

災害で電力供給に支障が出た場合でも、燃料電池車等が非常用電源となってエネルギーを供給することができる。

再エネ由来の水素利用が実用化すれば、低炭素社会への切り札にもなり得る。

産業活性化の視点で取組みを進めている自治体も多い。

今年の台風15号による千葉県の長期停電では、燃料電池自動車等が活用された。

1-2 東京都の水素社会実現に向けた取組

水素ステーションの整備促進

燃料電池自動車等の普及



岩谷産業株式会社HPより

水素情報館<東京スイソミル>



普及啓発

一般都民を広く対象とした

CO₂フリー水素の活用促進

四者協定



1-3 当研究所における水素関連の調査研究

【研究テーマ】 水素蓄電を活用したまちづくりに向けた調査

【研究期間】 2016～2020年度(5ヵ年)

【研究内容】

○都内でのCO₂フリー水素利活用に向けた検討調査

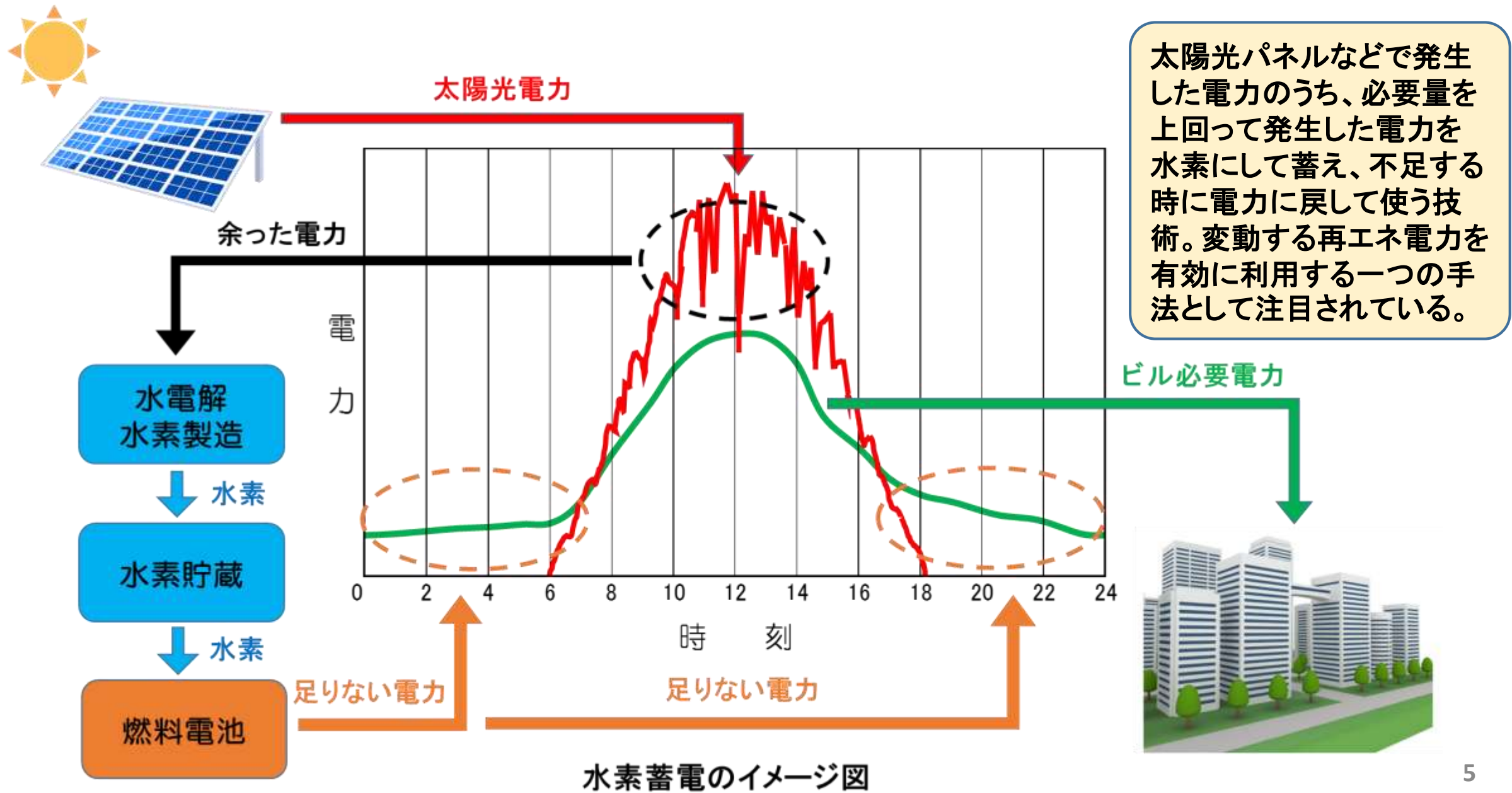
再生可能エネルギー（再エネ）由来電力で製造する水素（福島県産を含む）の都内への導入拡大に向けた調査等

○水素蓄電を活用したエネルギーマネジメントの研究・・・本日の内容

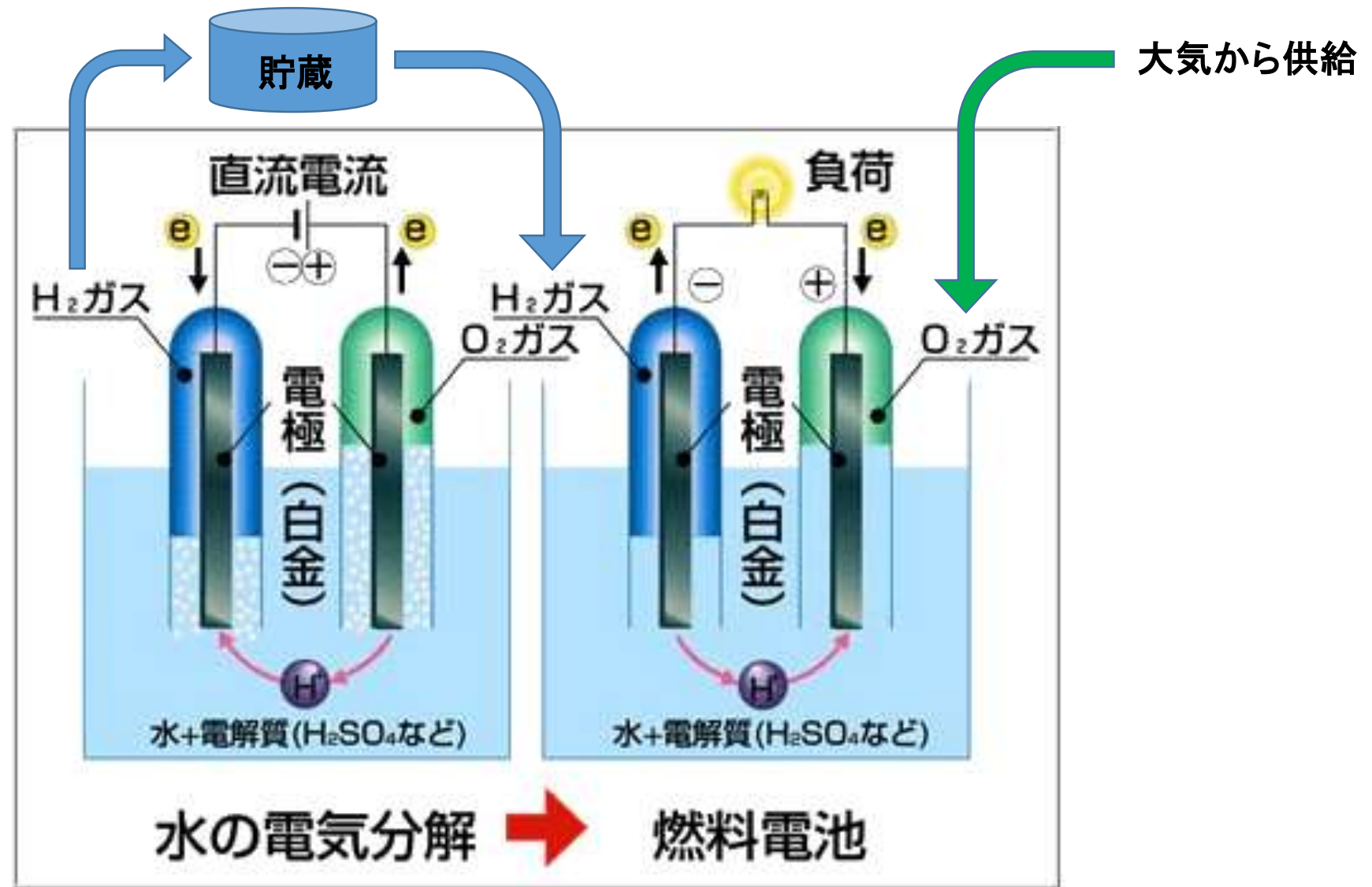
（以下、「エネマネ」と略す）

再エネ電力を無駄なく使い切る手法として、水素を製造・貯蔵し、建物等での効率的なエネルギー利用を目指す研究

1-4(1) 水素蓄電の意義



1-4(2) 水素蓄電(水電解式)の基本原理



(社)日本ガス協会(JGA)HPを加工

1-5(1) 当研究所が水素蓄電研究に取り組む背景

- 温室効果ガスの削減に向けて、CO₂の大幅削減が不可欠
(主要国は、2050年に▲80%など、大幅な削減目標が設定)



- CO₂の削減には、再生可能エネルギーの比率を高める必要がある



- 国は、2030年の再エネ比率を22~24%に拡大する目標



- 都は、2030年までに再エネ比率を30%程度に拡大する目標

1-5(2) 当研究所が水素蓄電研究に取り組む背景

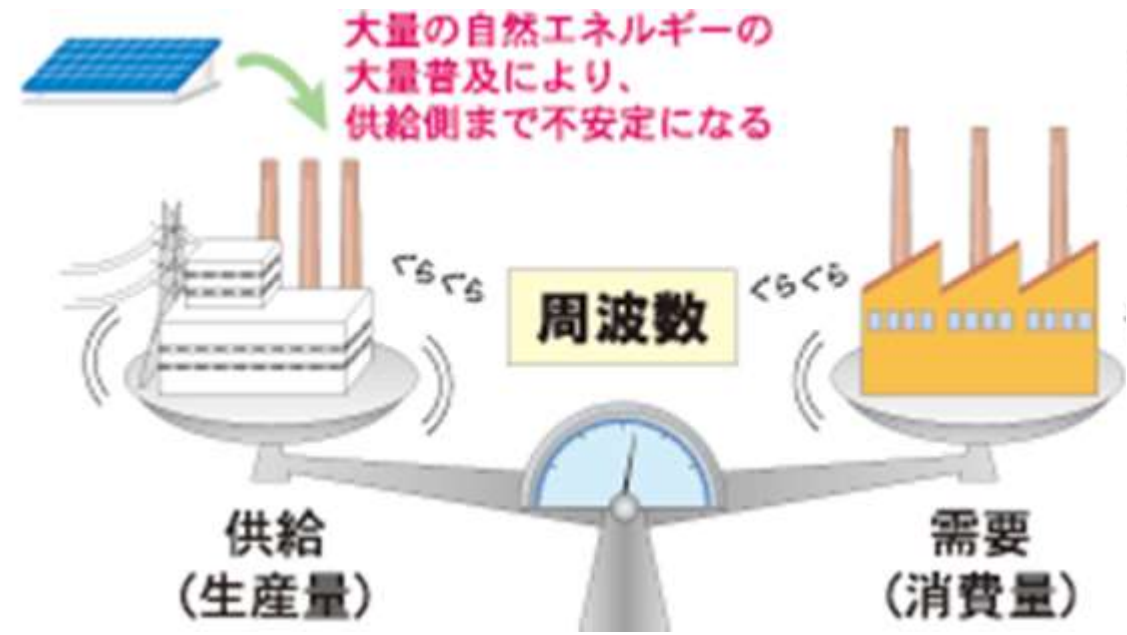
○ ところが再エネ比率が拡大すると、次のような問題が生じている

再エネ抑制 九電以外も準備

来春にも実施の可能性

東北、中国、四国、沖縄の可能性がある」（中国電力などとした。

各電力は12日、再生可能エネルギーの出力抑制に向けた準備に入ったことを明らかにした。太陽光発電が増え、供給力が需要を上回る可能性が増してきているため、早ければ来春にも、九州に続く抑制が行われる可能性がある。四国では5月5日午後、太陽光の最大出力が約177万キロワットを記録。需要に占める割合は80%に達した。ほかの3社も「再エネの導入量が増加しており、今後出力制御



大阪ガスHPより

2018年11月13日 朝日新聞(朝刊)

余る電力再生エネ岐路

太陽光発電 九電が抑制

再生可能エネルギーの主力の一つの太陽光発電が、九州では13日にあふれそうになった。大停電回避のために、発電事業者とつながる送電線を九州電力が一部切り離して発電量を抑えた。離島を除き国内初で、14日も行う予定。原発4基の再稼働も背景にある。他地域でも起こりそうで、知恵を絞る時期にきている。

り、需要の851万キロワットに対し、1200万キロワット超の供給力があつた。九電によると3分の1が原発という。九電は火力の出力を絞ったり、公的機関の調整で別の大手電力管内へ送電をしたりした。それで

2018年10月14日 朝日新聞(朝刊)

1-5(3) 当研究所が水素蓄電研究に取り組む背景

このような問題の解決には、国と電力会社だけでなく、一定規模以上の再エネ設置者（特に公共機関）では対応が必要



FIT（固定価格買取制度）終了後の再エネ比率拡大には、再エネ電力を無駄なく自家消費できる仕組みが必要



水素蓄電は開発途上だが、リチウムイオン電池（LiB）などと比べて、大容量のものが低コストで調達できると期待



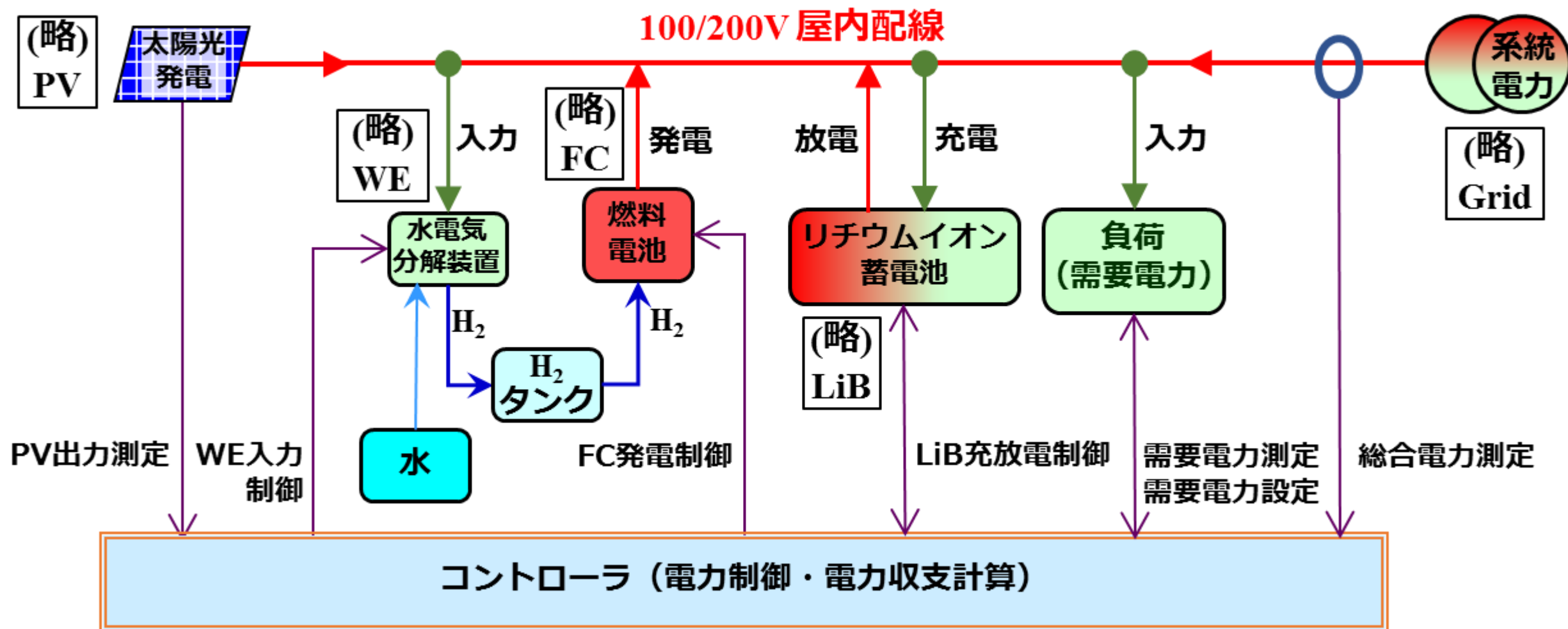
低炭素社会実現のための有力な技術と考えられるため、当研究所では水素蓄電の研究に取り組んでいる

2-1 水素蓄電研究のこれまでの取り組み

年度	主な取り組み
2016年度 (平成28年度)	当研究所に次世代エネルギー研究科が発足 四者協定締結(東京都、福島県、産総研、都環境公社) 産総研・福島再生可能エネルギー研究所(FREAと略)との共同研究
2017年度 (平成29年度)	水素蓄電エネマネ・シミュレーターの開発 モデル建物でのシミュレーション
2018年度 (平成30年度)	水素蓄電エネマネ・シミュレーターの改良(メモリ縮減、計算時間短縮) 都有施設でのシミュレーションで導入効果を検討 水素蓄電試験システムの設計
2019年度 (令和1年度)	水素蓄電エネマネ・シミュレーターの改良(試験システムの制御の模擬、 PV出力・電力需要の予測) 水素蓄電試験システムの導入(現在、設置工事中)

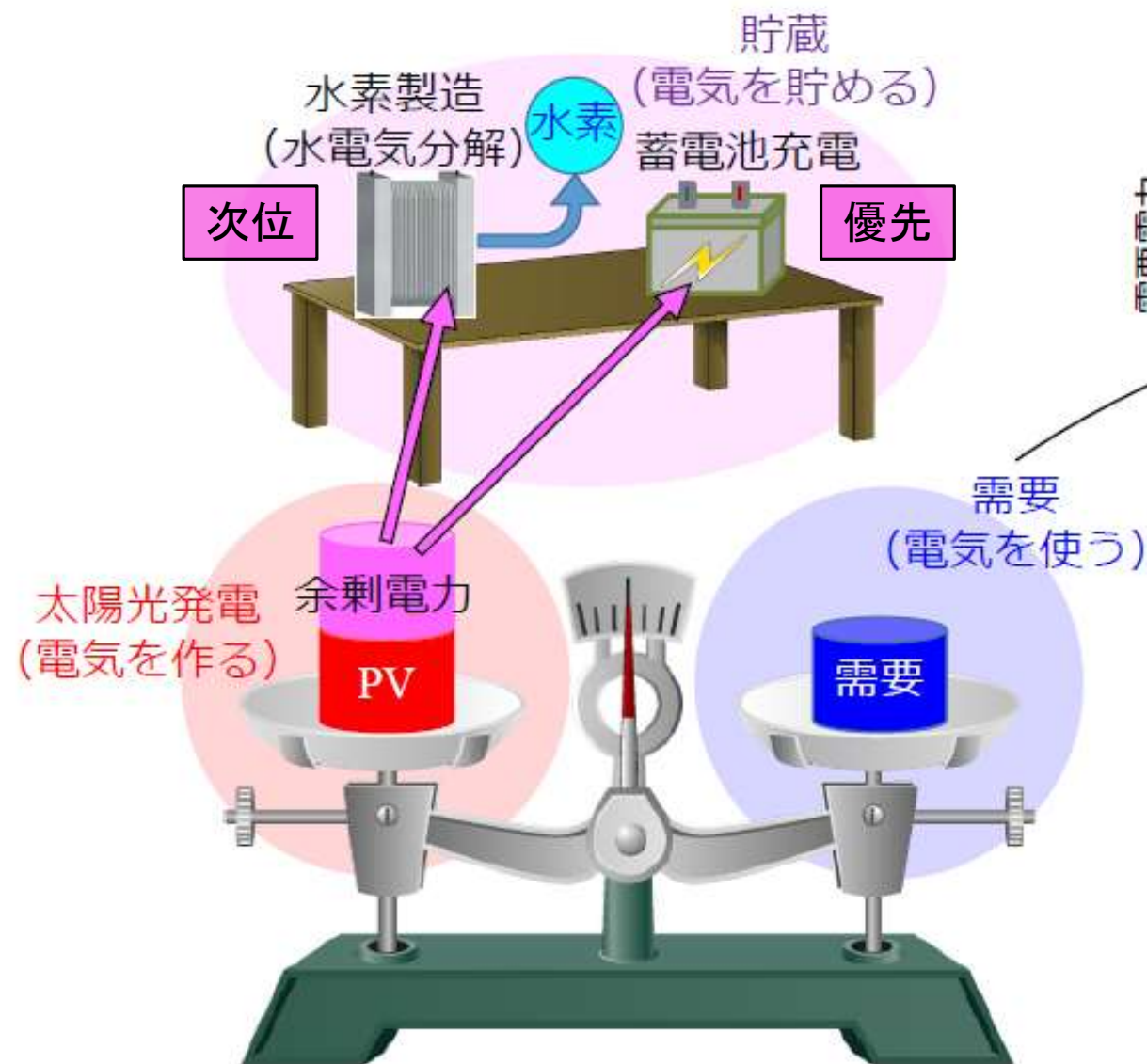
(これからの説明内容)

2-2(1) 本研究で想定する水素蓄電システムの構成

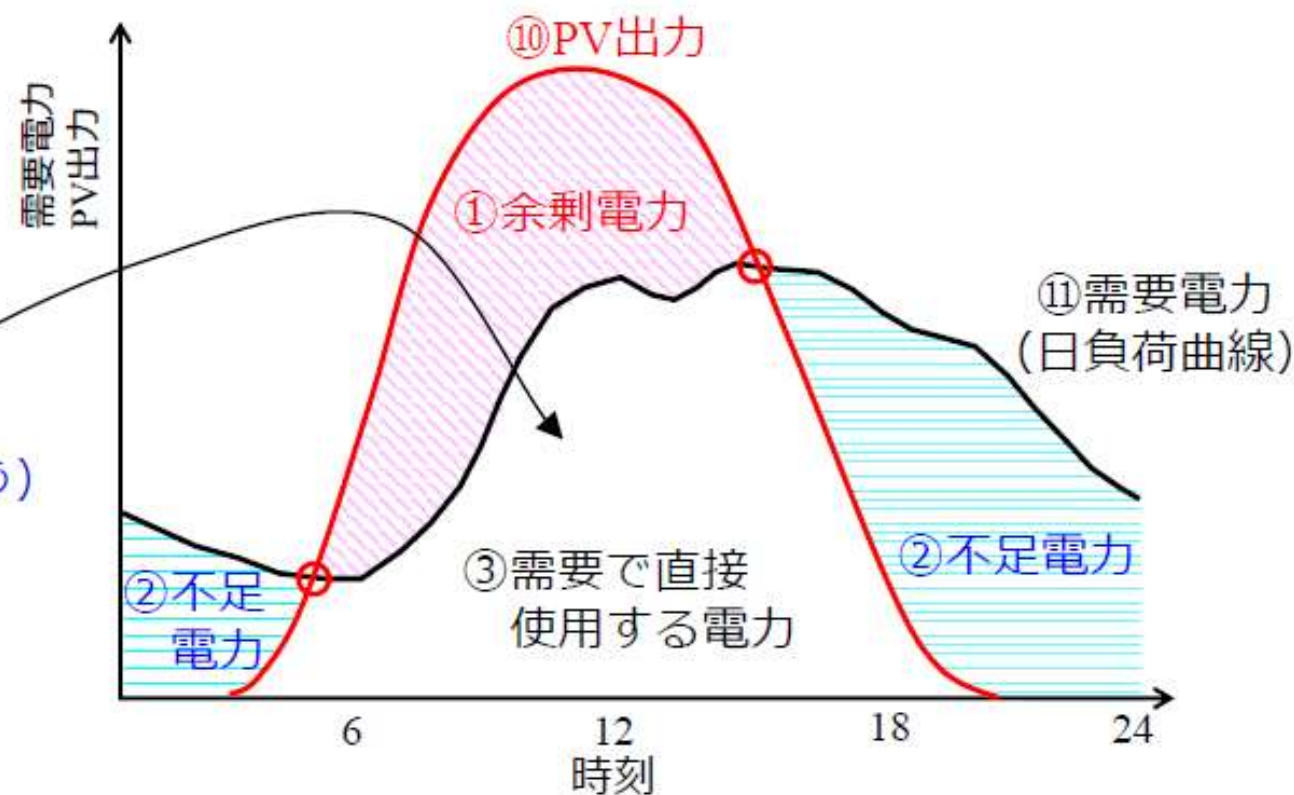


2-3(1) シミュレーションモデルの中で行っていること

太陽光発電 > 需要電力 (余剰電力あり)



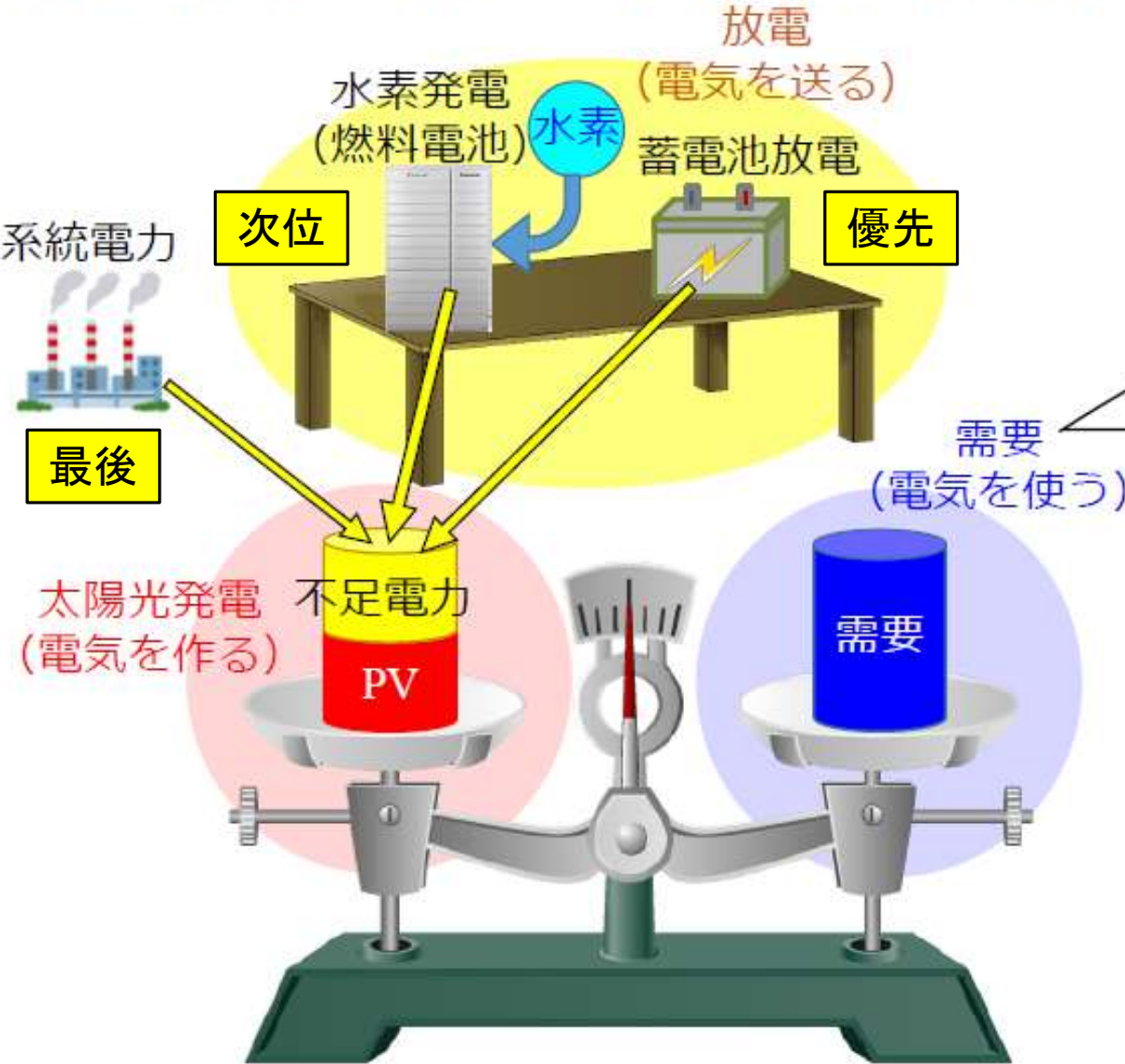
需要電力と太陽光発電 (PV) 出力



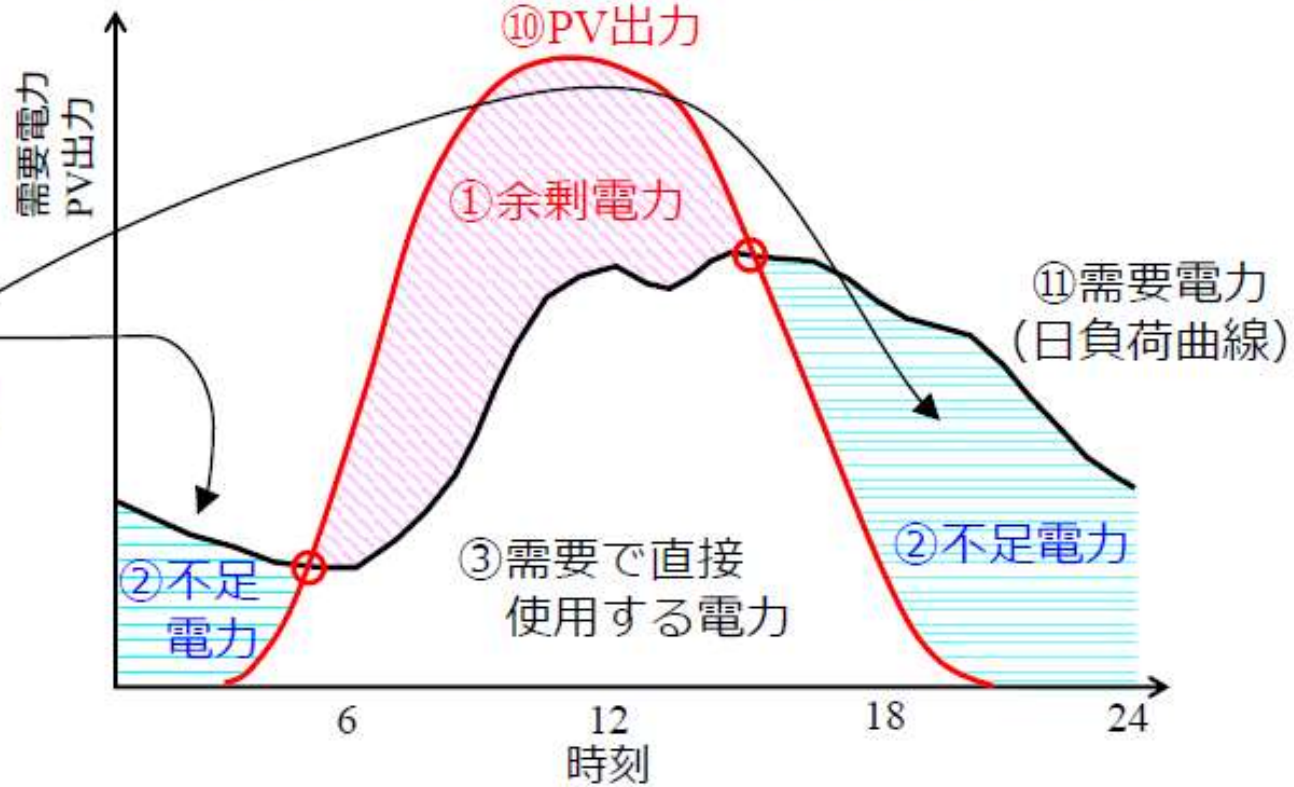
供給、需用、貯蔵の電力が常にバランスするように配分すると共に

2-3(2) シミュレーションモデルの中で行っていること

太陽光発電 < 需要電力（不足電力あり）



需要電力と太陽光発電 (PV) 出力



系統からの電力量が年間で最小になるように充放電量を計算する

2-4(1) モデル建物でのシミュレーション

- 目的：シミュレーションモデルの動作確認
水素蓄電システムの特性把握・有効性確認
- モデル建物：地上14階建て、延床面積20,000m²、事務所
「都市ガスコージェネレーションの計画・設計と運用」（空気調和・衛生工学会編）より
- 電力需要：同上の需要想定例
- PV出力：FREAのPV（定格出力250kW）の実測データ
（2016年1年分）を拡大して使用
- LiB定格出力：最大需用電力×0.25※
※電気料金が最低になる比率 ⇒ 理由は後述

2-4(2) 出力データを用いたPVと建物の大きさ

FREAの施設(HPより)



モデル建物(延床面積20,000m²)は、研究本館の高さを3倍弱(11階建)にした程度のボリューム

2-4(3) モデル建物でのシミュレーション例

① 再エネ比率（年間）

$$= \frac{\text{再エネ電力量}^{\ast}}{\text{需要電力量}}$$

= 60%に設定

※PV-充放電損失

② PV定格出力

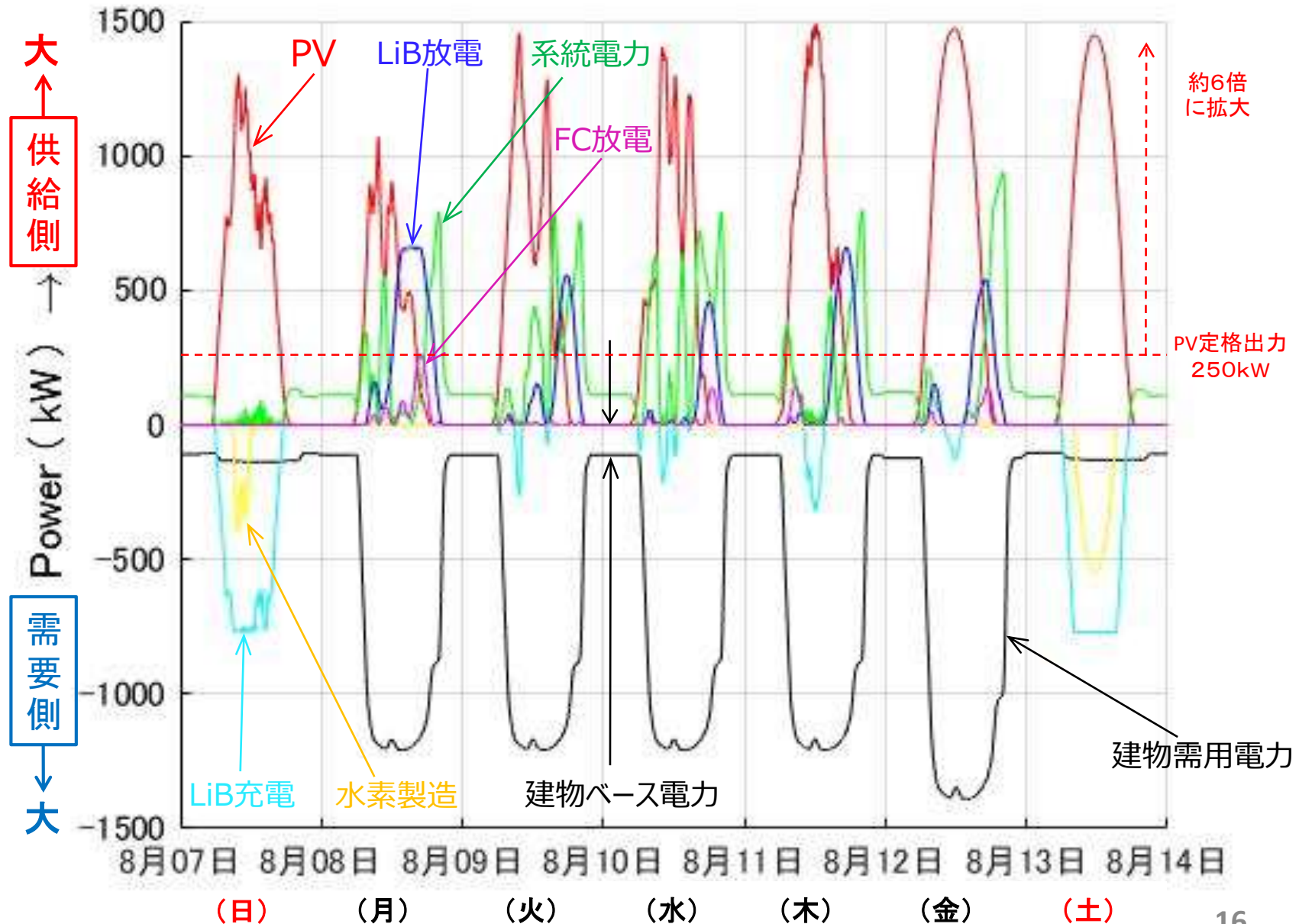
①から1428kWと算定
(FREAのPV出力データを
を約6倍に拡大)

③ LiB定格出力

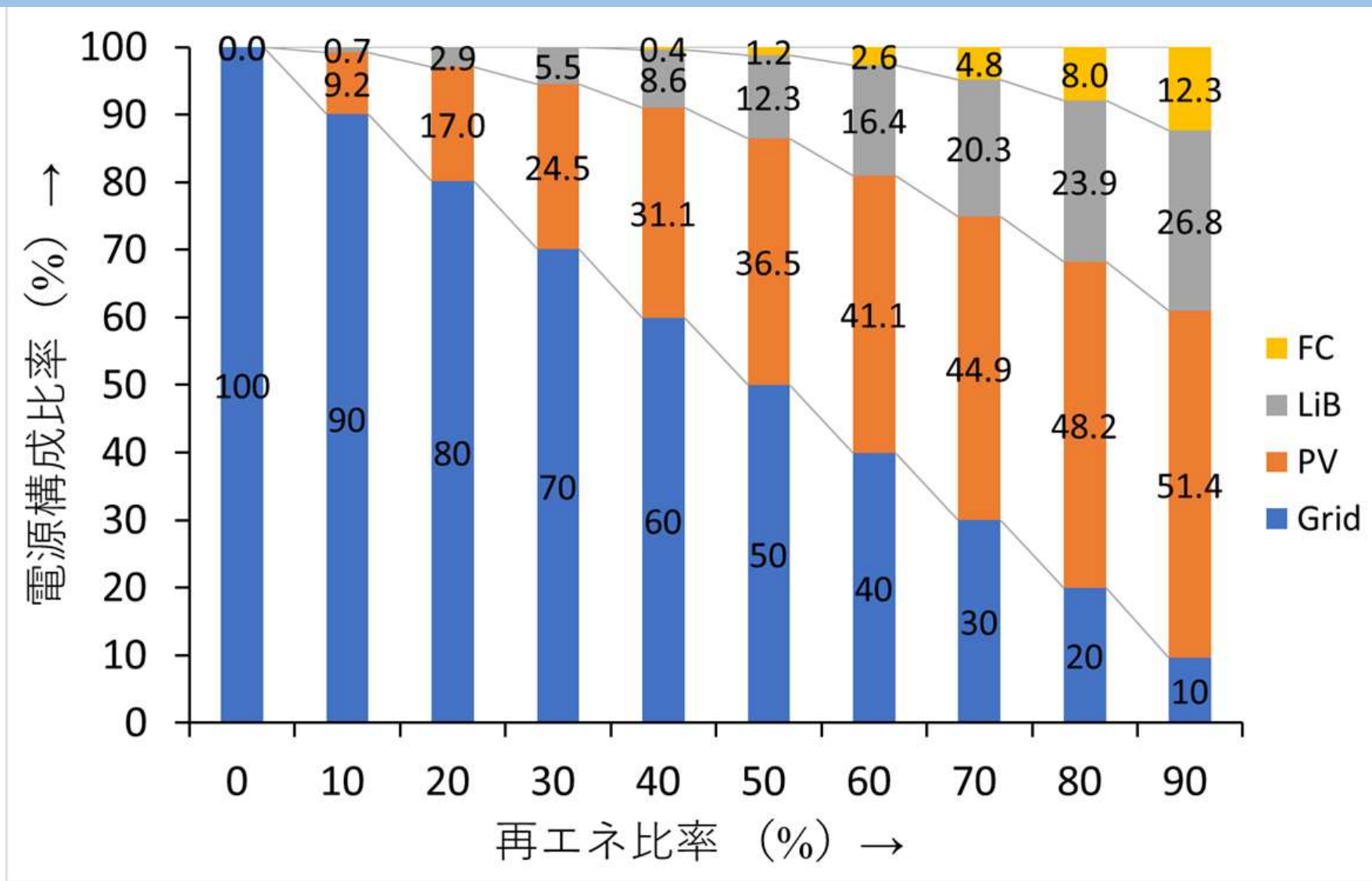
= 最大需用電力×0.25

= 347kWに設定

※ 2016年の1年間を通した
シミュレーションの1週間分を
表示



2-4(4) モデル建物でのシミュレーションまとめ



再エネ比率が50%を超えると水素蓄電（FC）の効果が表れてくるが、90%でもFCによる電力量はLiBの半分以下。 **LiBだけで良いのでは？** と言われそう。

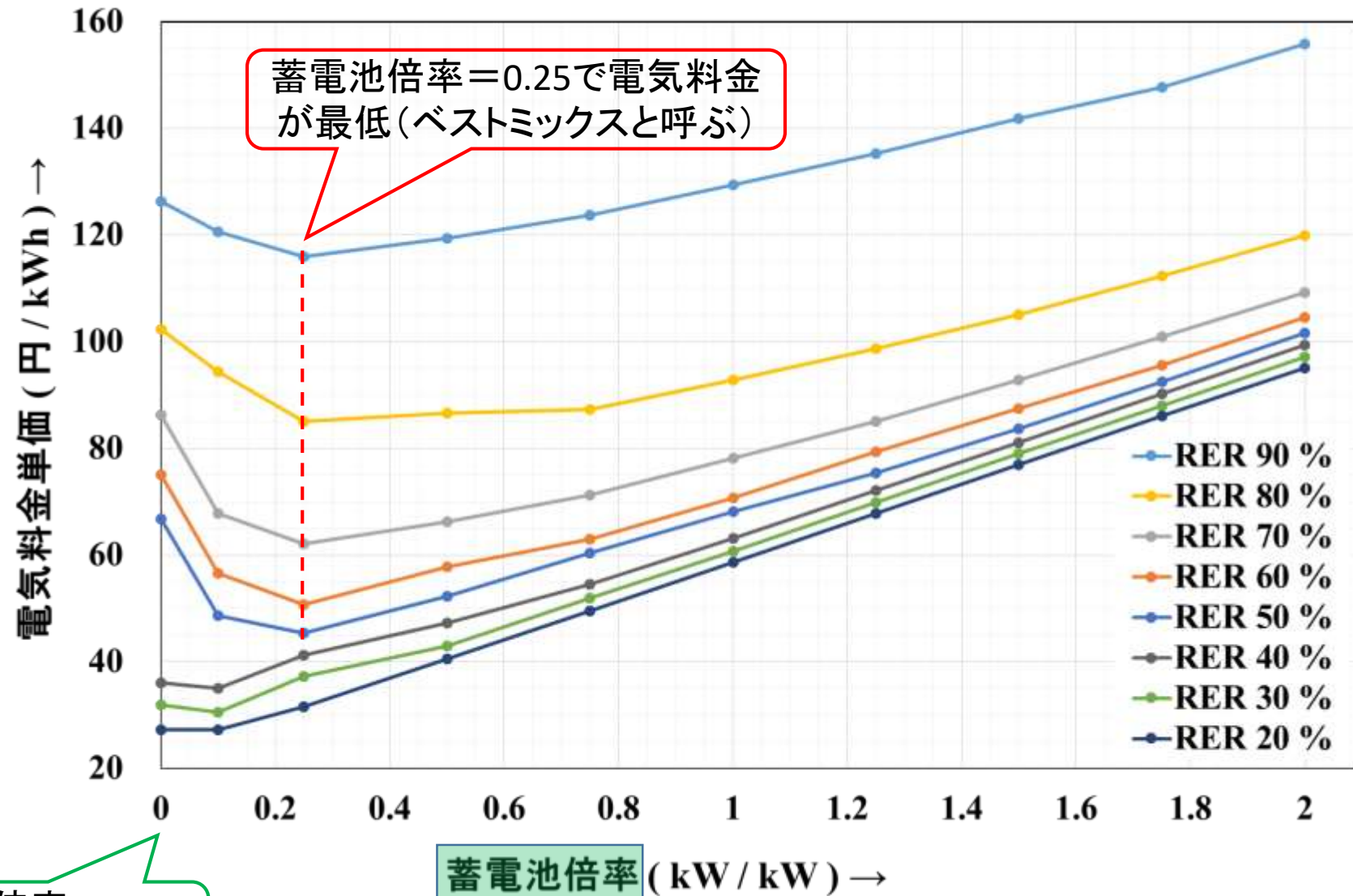
2-4(5) モデル建物でのコスト・シミュレーション

そこで、各再エネ比率について、LiBの比率を変化させたときの電源構成比率から、下表の単価と寿命を用いて電気料金単価を計算し、コスト面を含めた評価を行う。

装置	2018年	2030年	2030/2018	
系統電力	20円／kWh	20円／kWh	1.00	
太陽光発電	23.1円／kWh	7.0円／kWh	0.30	コストダウン
リチウムイオン蓄電池	200,000円×定格容量 (寿命10年)	10,000円×定格容量 (寿命10年)	0.05	
水電気分解装置	418,000円×定格入力 (寿命20年)	165,000円×定格入力 (寿命20年)	0.39	
燃料電池	2,000,000円×定格発電電力 (寿命10年)	300,000円×定格発電電力 (寿命10年)	0.15	
(参考) 水素価格	26.1円／m ³	10.3円／m ³	0.39	

※現在および将来価格は、経産省またはNEDOの公表値、ロードマップ等に掲げる目標値を採用

2-4(6) モデル建物でのコスト・シミュレーション(2018年)

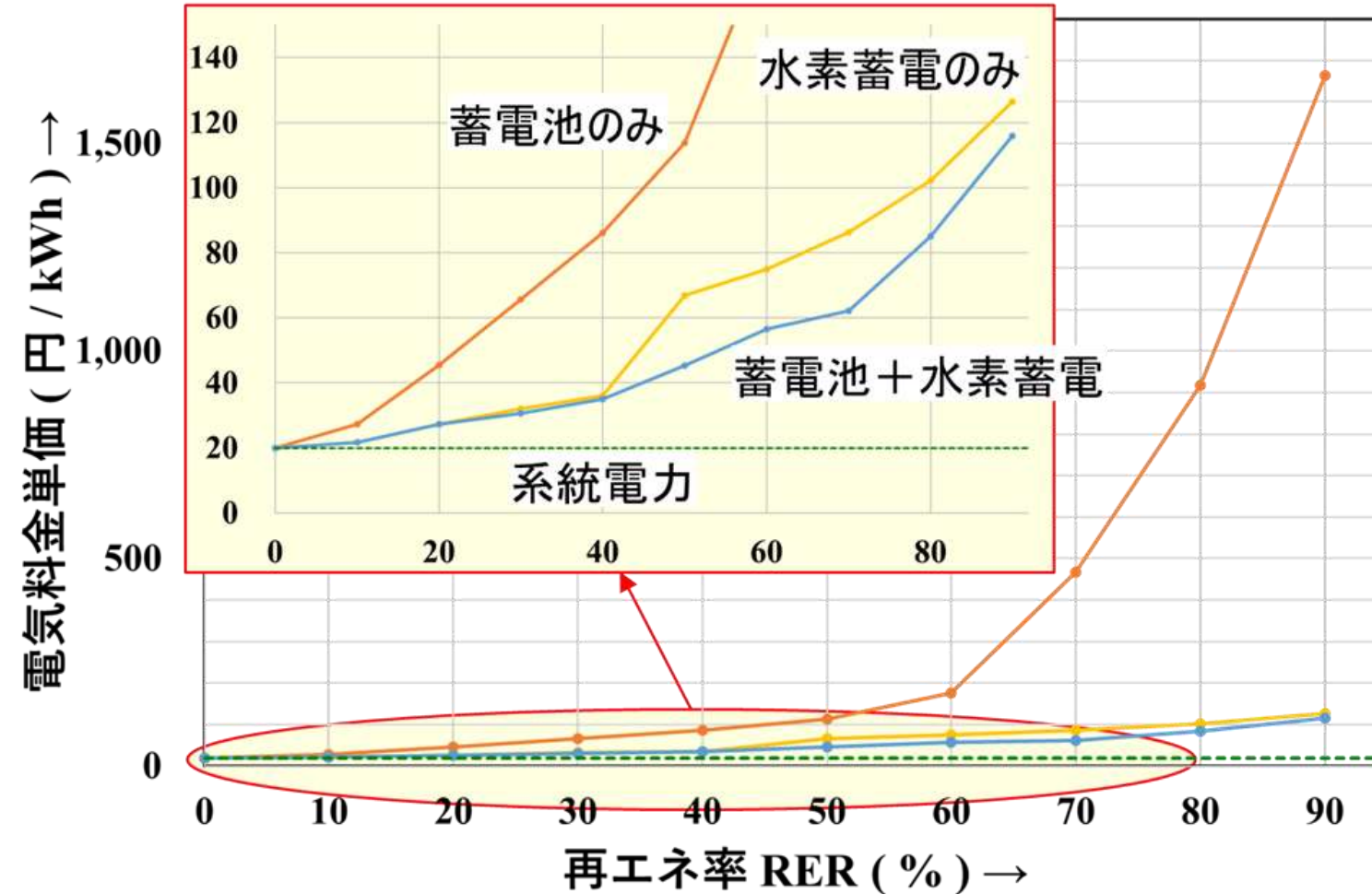


※ 蓄電池倍率とは、
$$\frac{\text{LiB定格出力}}{\text{建物最大需用電力}}$$

で表される比率で、
LiBの容量を表す指標

モデル建物での電気料金単価(2018年)

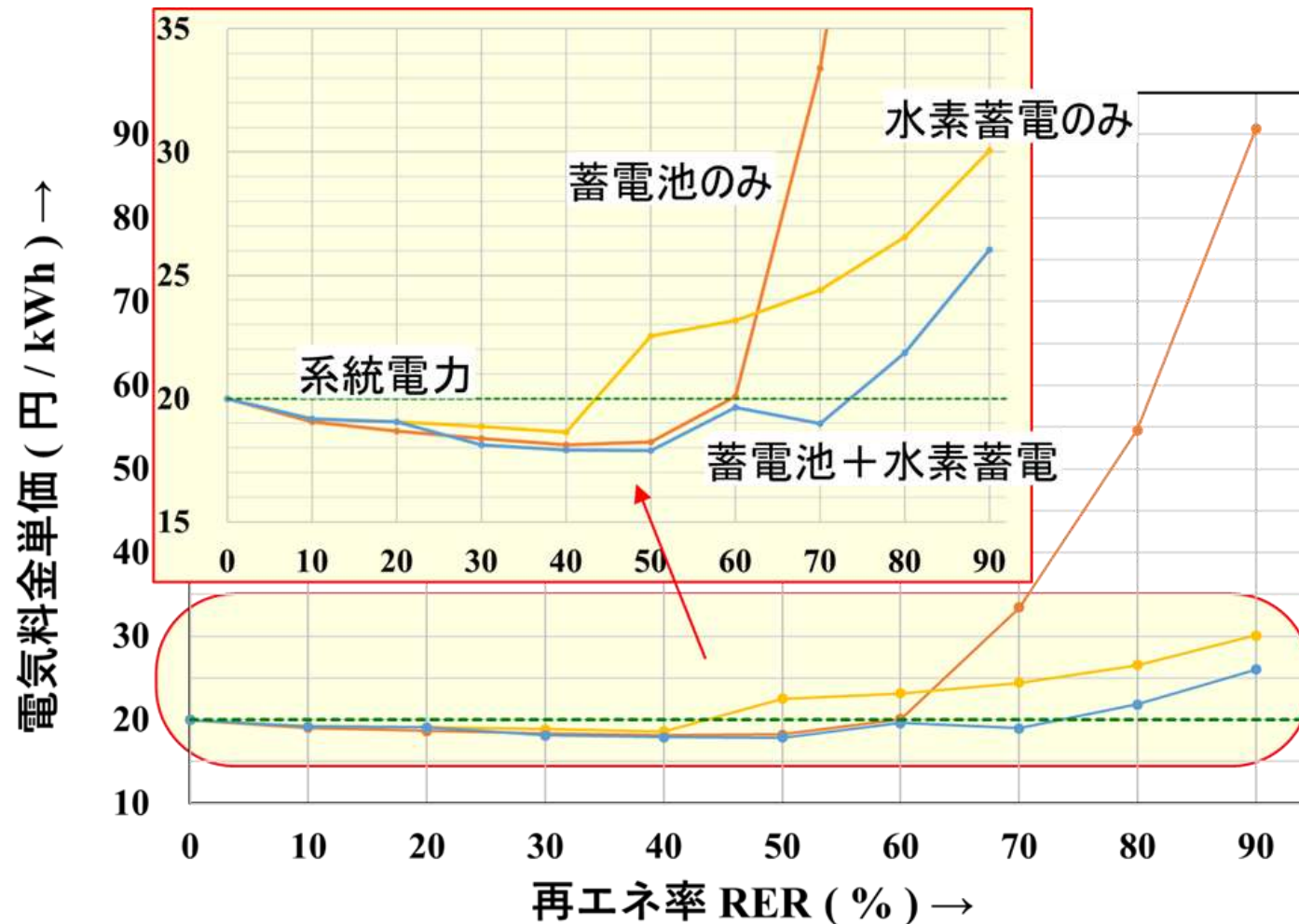
2-4(7) モデル建物でのコスト・シミュレーション(2018年)



モデル建物での電源別の電気料金比較(2018年)

系統電力のみのケースが単価は最低であるが、再エネ電源+蓄電を使用するという条件では、**蓄電池(LiB)と水素蓄電のベストミックスが単価は最低である。**

2-4(8) モデル建物でのコスト・シミュレーション(2030年)



モデル建物での電源別の電気料金比較(2030年)

再エネ率40 % までは全てのケースで系統電力より単価は安く、**ベストミックスは70 %でも単価が安い。**

(小結論)再エネ率が上がるとLiB単独では単価が高くなり、LiBと水素蓄電の組み合わせが有利である。

2-5(1) 都有施設でのシミュレーション

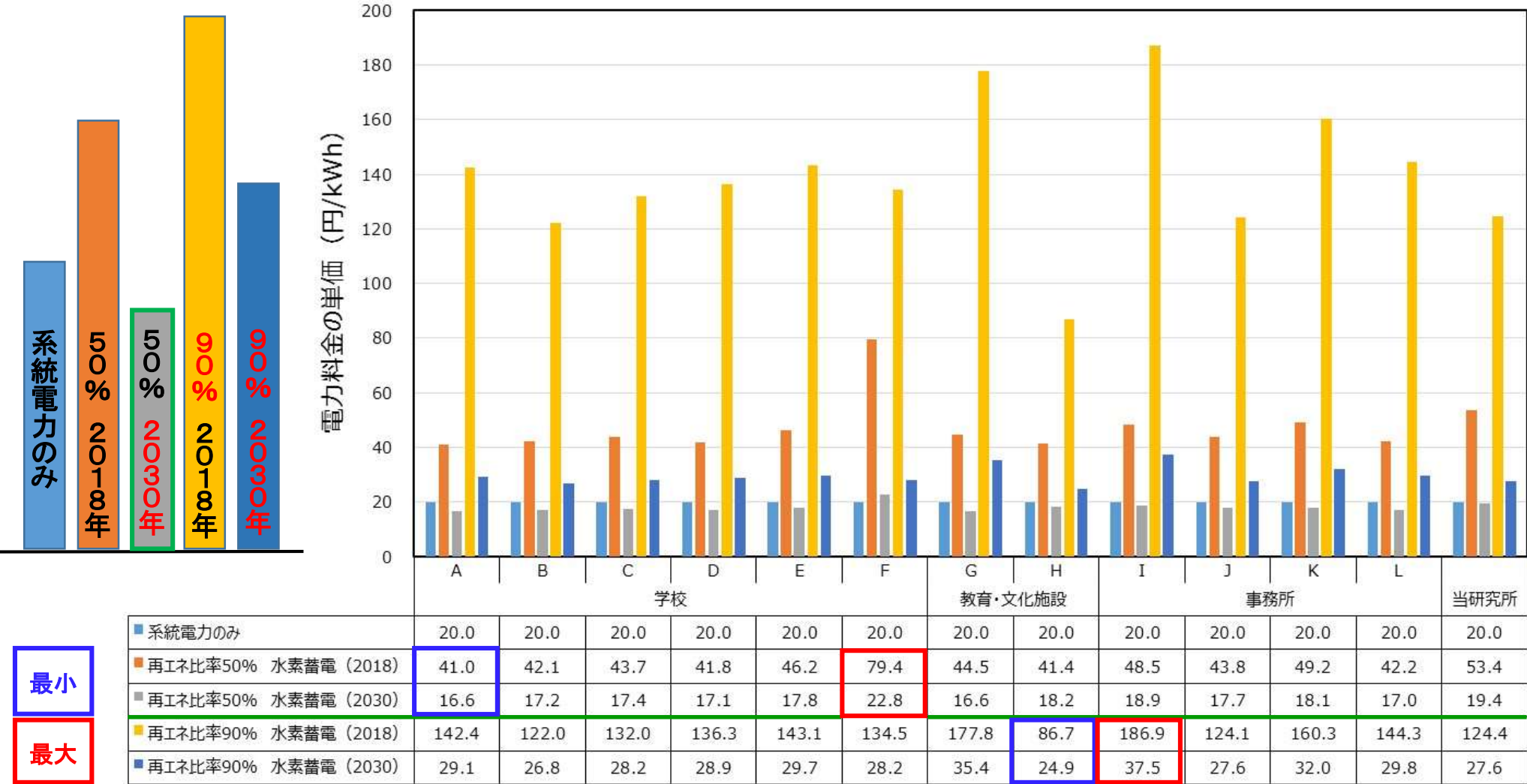
- 目的：水素蓄電システムの都有施設への導入可能性を検討
- 対象施設：約4,000の都有施設を用途、延床面積などから分類後、
13施設を選定（次頁に概要）
- 電力需要：実データが得られた**2施設** ⇒ **実データ**を使用
その他の施設 ⇒ **経産省のオープンデータ**※の同業施設の電力需要データを月間の電力使用量に合わせて**拡大・縮小**
※「エネルギー管理システム導入促進事業」の補助金受給者データ
(H30.11現在、関東地方の建物では44業種、2,369件分のデータが公開)
- PV出力：FREAのPV（定格出力250kW）の実測データ（2016年1年分）を
拡大・縮小して使用
- LiB定格出力：最大需用電力×ベストミックスの比率※
※施設ごと、再エネ比率によっても異なる

2-5(2) 都府施設でのシミュレーション

	施設名	用 途	年間電力需要 (MWh)	備 考
1	A	学校	200～ 2,000 程度	施設の特徴や校舎の大きさ等が 異なる6所を選定
2	B			
3	C			
4	D			
5	E			
6	F			
7	G	教育・文化施設	約1,500	敷地又は電力需要の大きい施設 を選定
8	H		約9,000	
9	I	事務所	200～ 2,400 程度	業務内容の異なる4所を選定 (延床面積300～3,200m ² 程度)
10	J			
11	K			
12	L			
13	当研究所	研究施設	約1,600	—

2-5(3) 都府県施設でのコスト・シミュレーション

各施設の電力料金の単価



再エネ比率が同じでも、施設の需要電力パターンの違いにより、電力料金には差がある。
2030年、再エネ比率50 % の場合は概ね系統電力の単価よりも安くなり、コスト的にも導入の可能性がある。

3-1 これまでのまとめ

【モデル建物でのシミュレーション】

- ✓ LiBと水素蓄電の容量配分には、電気料金が最低になるベストミックスが存在し、モデル建物では蓄電池倍率=0.25の場合であった。
- ✓ コスト・シミュレーションの結果、再エネ比率が上がるとLiB単独では単価が高くなり、LiBと水素蓄電の組み合わせが有利である。

【都有施設でのシミュレーション】

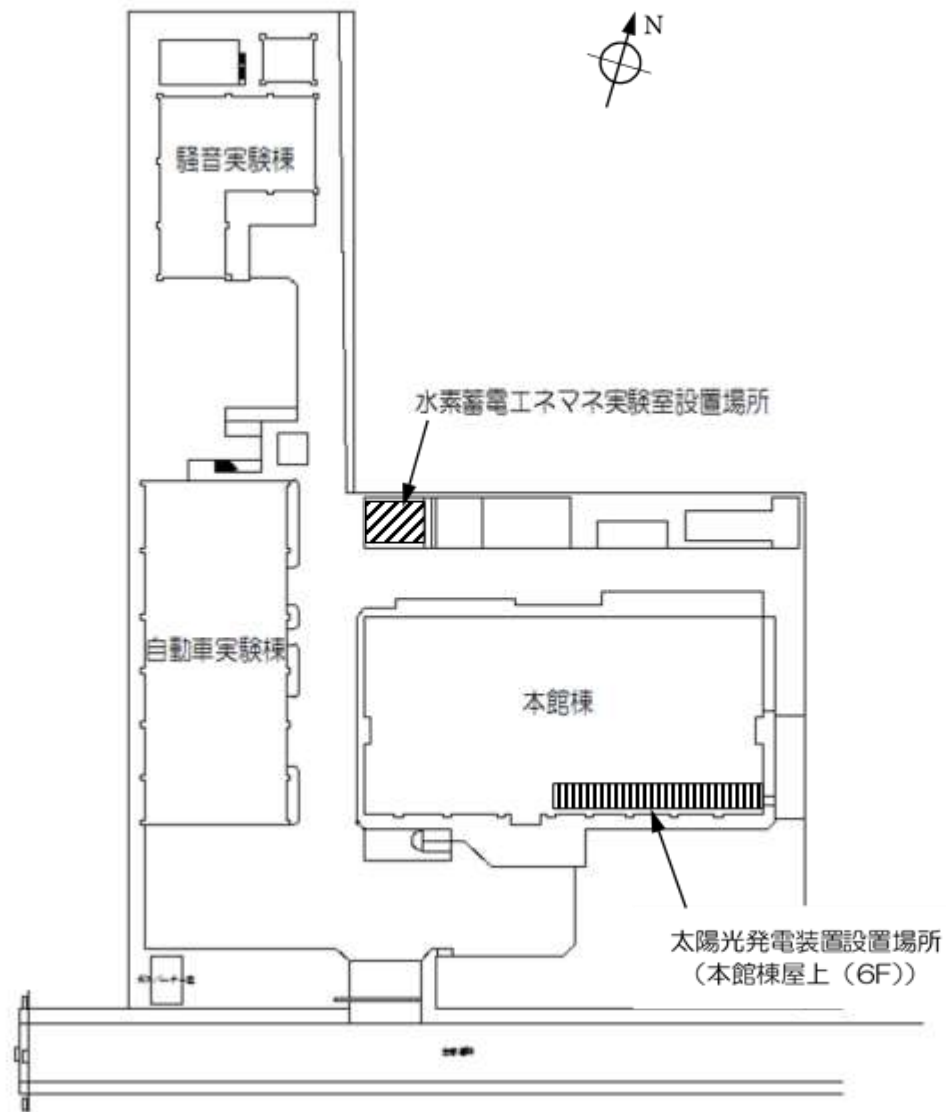
- ✓ 電気料金は、2018年は再エネを導入するほど高くなるが、2030年は再エネ比率50%では系統電力よりも安くなる。
- ✓ 再生可能エネルギーの有効利用や、非常時の電源確保の点からも、水素蓄電を都有施設等に導入する意義がある。

3-2(1) 今後の予定

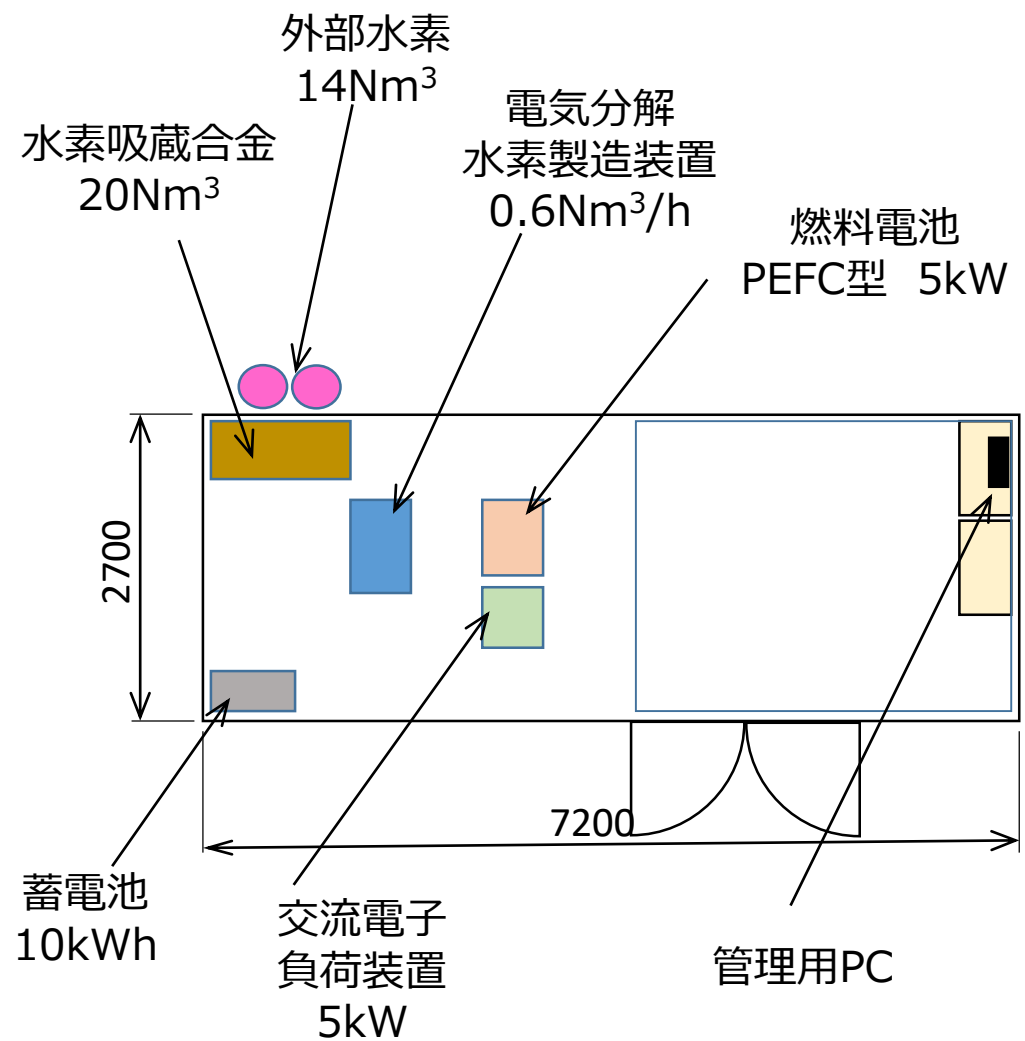
水素蓄電試験システムを用いた実証研究

- 目的：シミュレーションモデルでは、構成機器の時間遅れなどが考慮されていない。小規模な実機による試験システムを構築し、都有施設等への水素蓄電システムの導入可能性を実証的に研究する。
- 設置場所：当研究所内
- PV出力：8kW
- 水素製造装置：固体高分子形 0.6Nm³/h
- 燃料電池：固体高分子形 5kW, LiB定格容量：10kWh
- 電力負荷：模擬負荷装置を用いて、都有施設等の電力需要を試験システムの出口に縮小して使用
- スケジュール：本年度中に機器設置・調整の後、実証研究を開始

3-2(2) 水素蓄電試験システムの配置



所内配置図



水素蓄電エネマネ実験室のイメージ

3-2(3) 設置準備中の機器類



水素製造装置の心臓部



燃料電池セル



水素吸蔵合金(タンク)

3-3 おわりに

以上のような試験システムを用いて、今後は
再エネ電力の有効利用、CO₂削減のために、
水素蓄電の実証研究を進めてまいります。

ご清聴ありがとうございました！