

NEDO水素・燃料電池成果報告会2022

発表No.B-9

水素社会構築技術開発事業／総合調査研究／
地産地消型水素製造・利活用ポテンシャル調査
(工場を核としたCO2フリーエネルギーバランシングスキーム)

発表者名

*丸紅株式会社

トヨタ自動車北海道株式会社

国立研究開発法人産業技術総合研究所

2022年7月27日

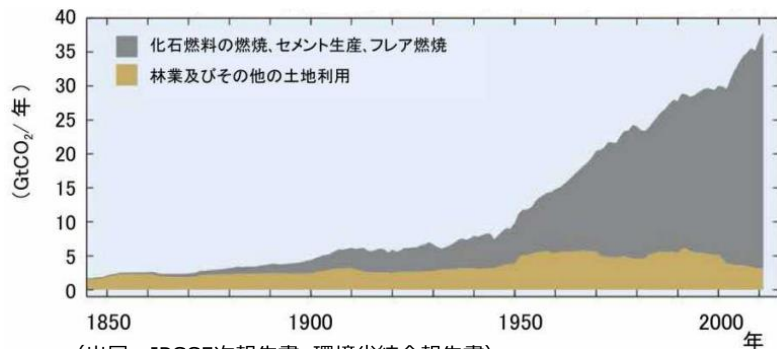
連絡先
丸紅株式会社
TEL:03-3282-2111

1. 調査の背景・目的 (1/2)

- 脱炭素に向けた世界的な潮流の中で、排出量の大部分をしめる製造業でも工場のCO2排出削減に向けた取り組みが加速している。

世界的な排出量の増加

- 世界のCO2排出量は年々増加傾向にあり、地球温暖化に影響を及ぼしていることから、脱炭素が持続可能な事業活動に必要な要素となっている。



世界的な脱炭素化の潮流

- 世界的なCO2排出量増加に伴い、環境イニシアティブが活発化している。

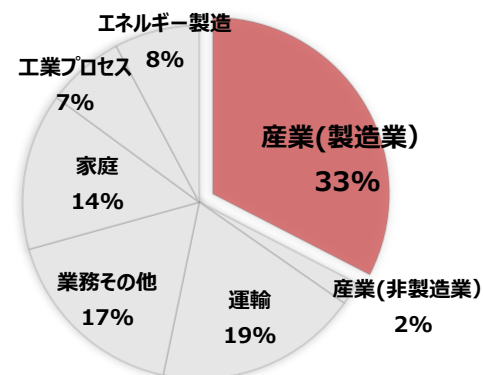


RE 100



製造業の占める排出量

- 日本のCO2排出量（約1,108百万t）の内、製造業は全体の約33%と大部分を占めている。



(出展：国立環境研究所 温室効果ガスインベントリ 日本の温室効果ガス排出量データ)

企業の脱炭素化の責任

- 環境イニシアティブの発展などを受けて、製造業大手を中心に、排出量の公開・削減、再エネ導入が活発になっている。(アップル、ポッシュ、トヨタ自動車など)

1. 調査の背景・目的 (2/2)

- 工場の脱炭素化を進めるためには、変動緩和と余剰対応力を備えた所内再エネの設置、さらには地域の再エネから安定的に電力を調達できる需給調整の仕組みが必要となる

目的

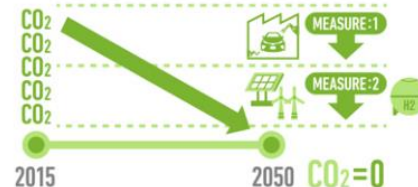
- CO2排出ゼロ目標を達成するため、工場で利用する電気・熱のCO2フリー化に向けた最適なアプローチ検討・調査する

- Environmental Challenge

2050年グローバル工場CO2排出ゼロを目指す



トヨタ自動車HP



目的達成への
アプローチ

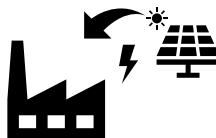
手段

課題

自家発電

■ 新規再エネ電源導入

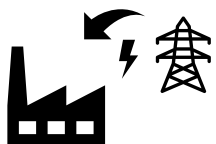
工場の敷地内もしくは近隣に新規再エネ電源（太陽光発電や風力発電等）を導入し、工場内の消費電力（・熱）を抑える



外部調達

■ 卒FIT電源からの電力調達

固定価格買取制度での買取期間が終了した既設再エネ電源から買電契約を締結し、電力を調達する



■ 変動緩和への対応

グリッドコードに従い、再エネ電源の出力変動を抑える必要がある

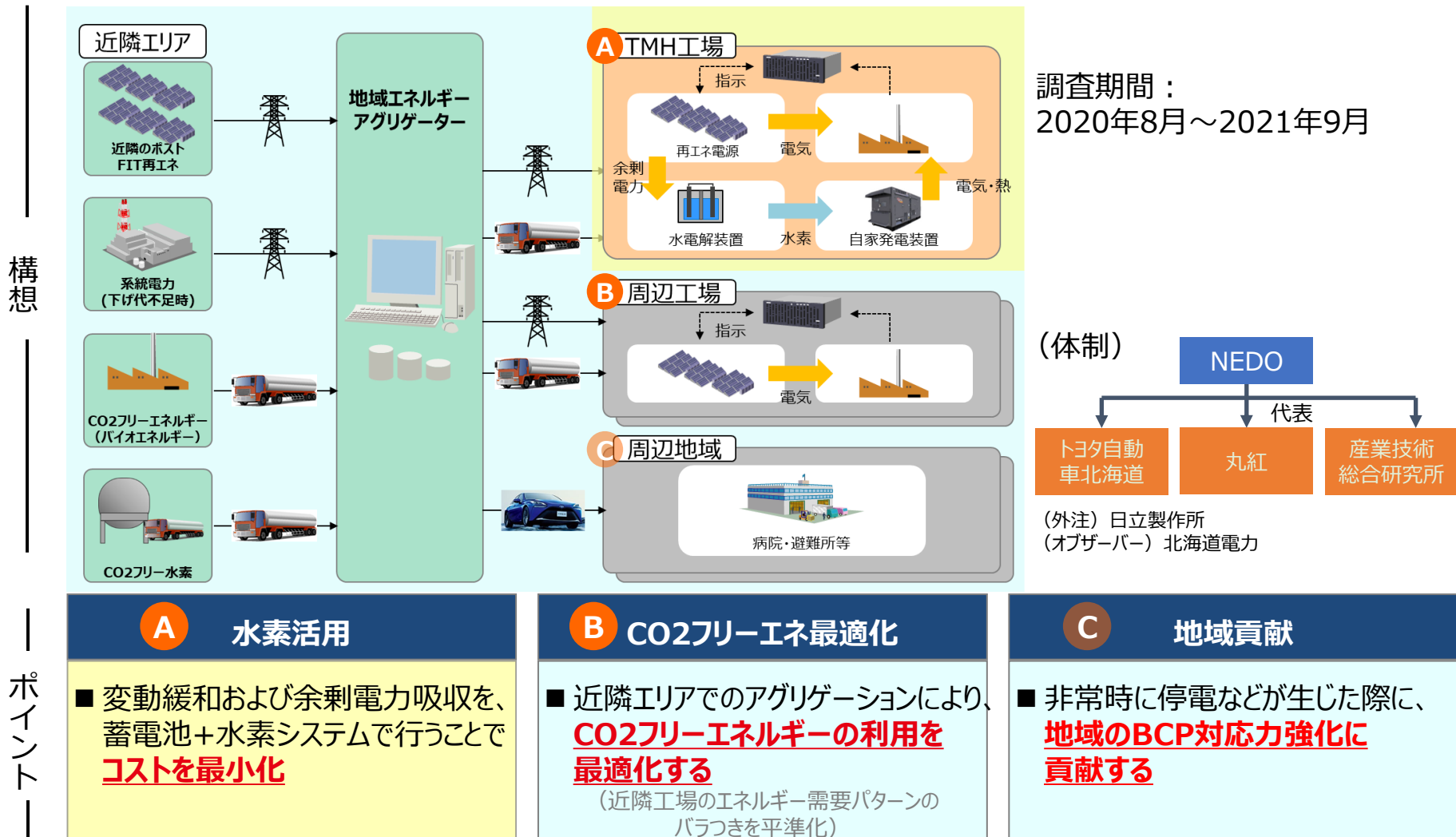
■ 余剰電力の発生

工場の稼働が下がる休日などの余剰電力を有効活用する必要がある

■ 再エネ発電量と需要量の不一致

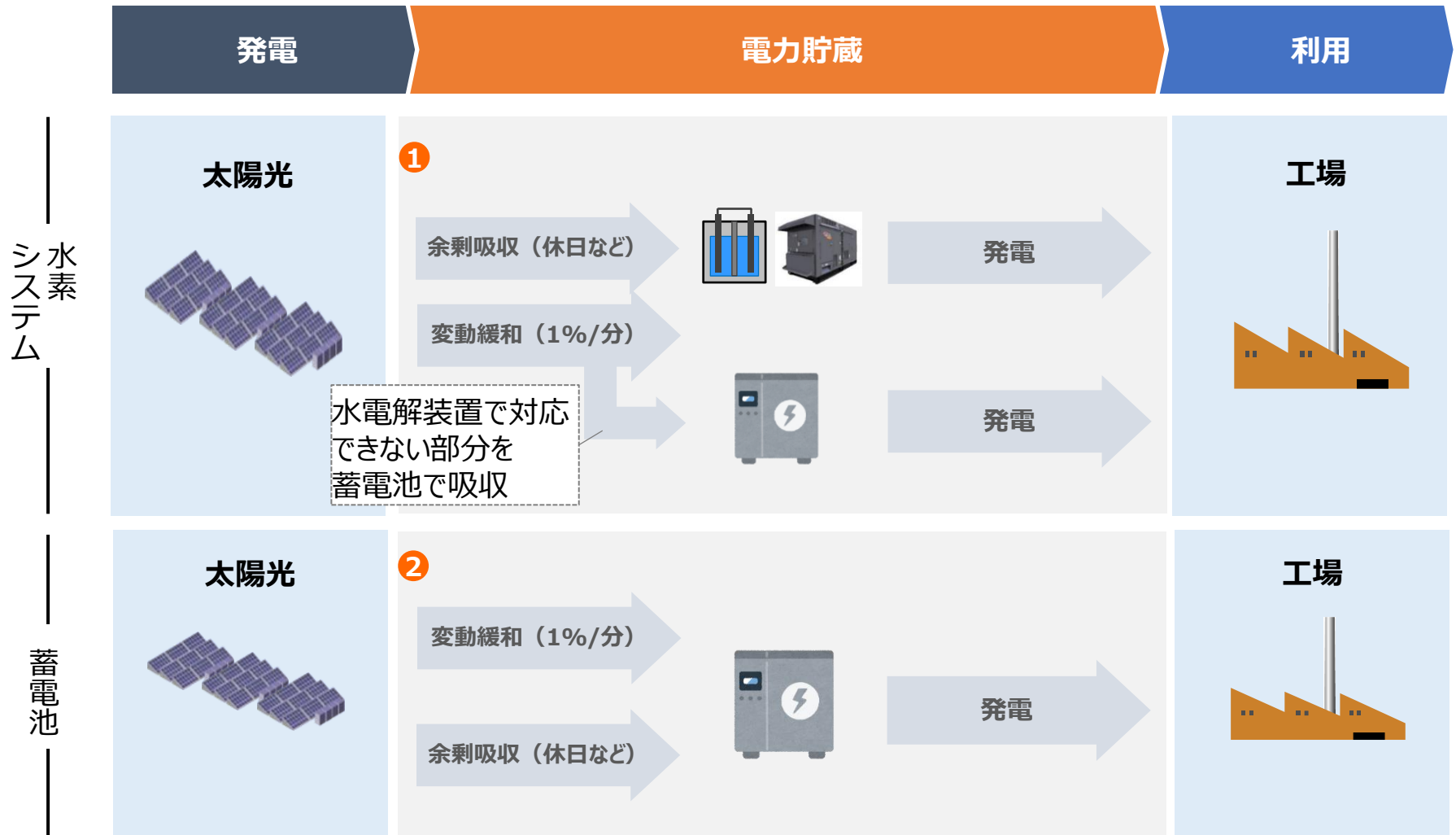
2. 調査の内容・成果（地産地消モデルの概要）

- 工場脱炭素化に向けて、工場内再エネを水素で調整するモデルと、地域の再エネをアグリゲーションにより需給調整するモデルの2種類を検討した



2. 調査の内容・成果（地産地消モデルの概要-工場内）

- 工場内システムでは、変動緩和および余剰吸収において、蓄電池システムのみを利用する場合と蓄電池+水素システムを利用する場合で比較を行った



2. 調査の内容・成果（地産地消モデルの概要-工場内）

- 工場内システムでは、TMH工場の電力需要量とPV発電量データおよびグリッドコードを前提としてCO2排出削減を行うとともにコストを最小化するシステム構成を算出した

前提

目的

制約条件

- 太陽光の出力変動を、定格出力の1%/分以下に抑える（北海道電力ネットワークグリッドコード）
- 設定した蓄電池および水素タンクの容量を超過したり、それぞれの残量が不足したりしないよう、SOCが一定レンジにとどまる運用をする

主要前提値

PV発電量

- PV出力（PCS）：6,770kW

電力消費

- TMHにおける2019年度実績値を採用
- その他、前提値の詳細は appendix参照

- 水素システムおよび蓄電池システムのそれぞれについて、最適な構成およびLCCを明らかにする

- 1 水素システム
- 2 蓄電池システム

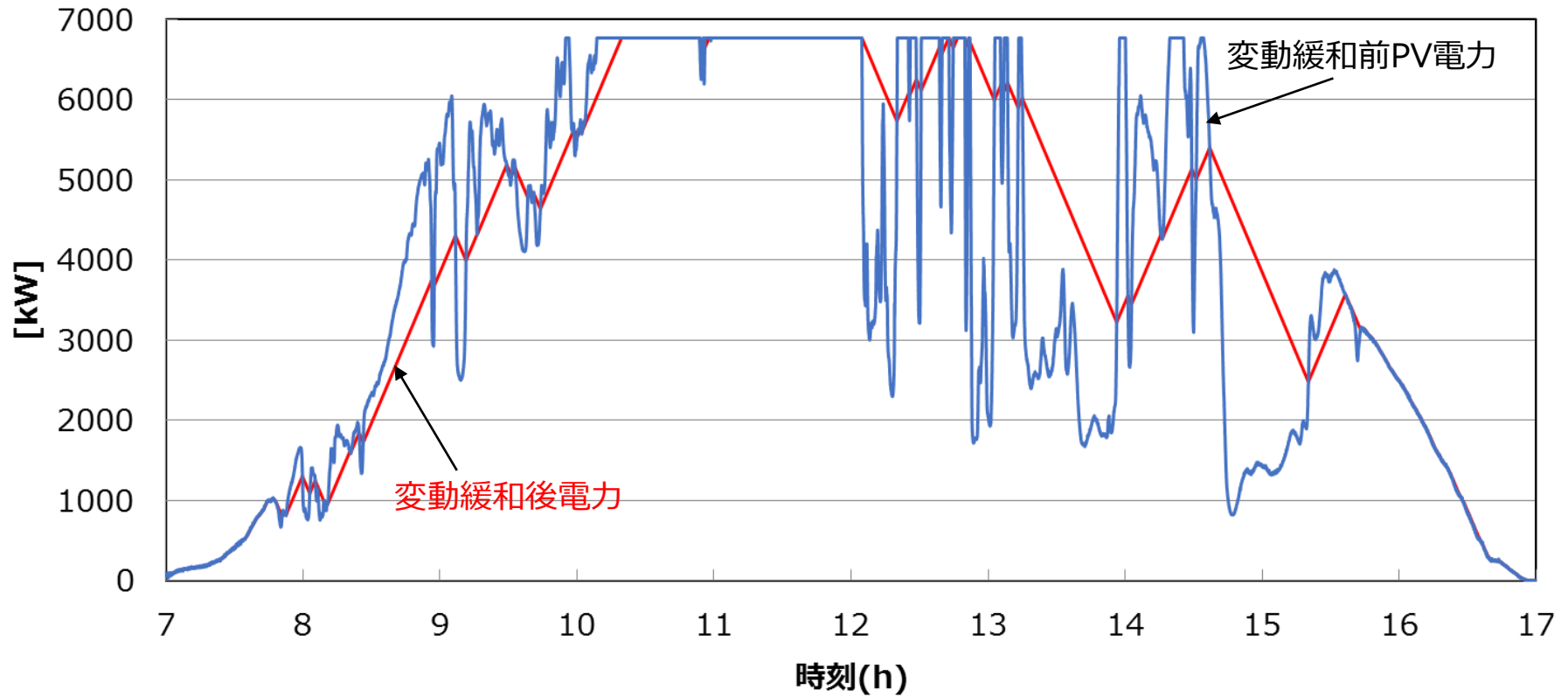


考え方

- 系統への出力変動が発電所定格出力の1%/分以下になるよう水電解装置と水素混焼発電機を稼働させて制御を行う。それでも吸収しきれない太陽光発電の変動を蓄電池で対応する。
- 余剰電力の吸収は水電解装置で、電力不足時の電力供給は水素混焼発電機で行う。蓄電池は、主に水電解装置と水素混焼発電機で対応が難しい短周期変動対応に用い、小容量に抑える。
- 出力電力にピーク値を設け、太陽光発電に急激な変動が発生した場合の変動量を抑制する。また、ピーク値の設定によって生じた余剰電力は水素製造に利用する。

2. 調査の内容・成果（地産地消モデルの概要-工場内）

- 水素システムでは蓄電池、水電解装置、水素混焼発電機を用いて、太陽光発電の出力変動（下図、青線）を、発電所定格出力の1%/分以下（下図、赤線）に抑える。



2. 調査の内容・成果（地産地消モデルの概要-工場内）

- 最適化した水素システムで初期費用・操業費を算出し、蓄電池システムと比較した結果、蓄電池＋水素システムに優位性があるものの、LCCでプラスになる期間は長いと想定される。

単位：百万円			① 水素システム	② 蓄電池システム	備考
資本費 (百万円)	機器費 (容量)	PVパネル	906 (6770kW)	906 (6770kW)	17.4万円/kW ^{※1} から工事費(機器費の30%)を除く
		蓄電池	178 (1.1MWh)	1,357 (8.4MWh)	21万円/kWh ^{※2} から工事費(機器費の30%)を除く
		水電解装置	218 (1.8MW)	0	12.1万円/kW ^{※3}
		水素タンク	171 (5,695Nm3)	0	3万円/Nm3（見積価格）
		水素混焼 発電機	600 (3.0MW)	0	20万円/kW（メーカーヒアリング価格）
		協調制御 システム	150	150	見積価格
		機器費計	2,223	2,413	-
	工事費	667	724	機器費の30%	
資本費計	2,890	3,137	エンジ・間接費等は除く		
操業費 (百万円/年)	機器修繕費	16	20	蓄電池は機器費用の1.5% 水素システムは積算	
	ユーティリティ費用	2	0	燃料単価:100円/L、水道単価:204 円/m3	
	操業費計	19	20	-	

※1 資源エネルギー庁、「太陽光発電について」2020.11 ※2 NEDO、「定置用蓄電システム普及拡大検討会第4回 資料」2021.2.2

※3 METI、「第2回水素・燃料電池戦略ロードマップ評価WG 資料」2020.6.8

2. 調査の内容・成果（地産地消モデルの概要-工場内）

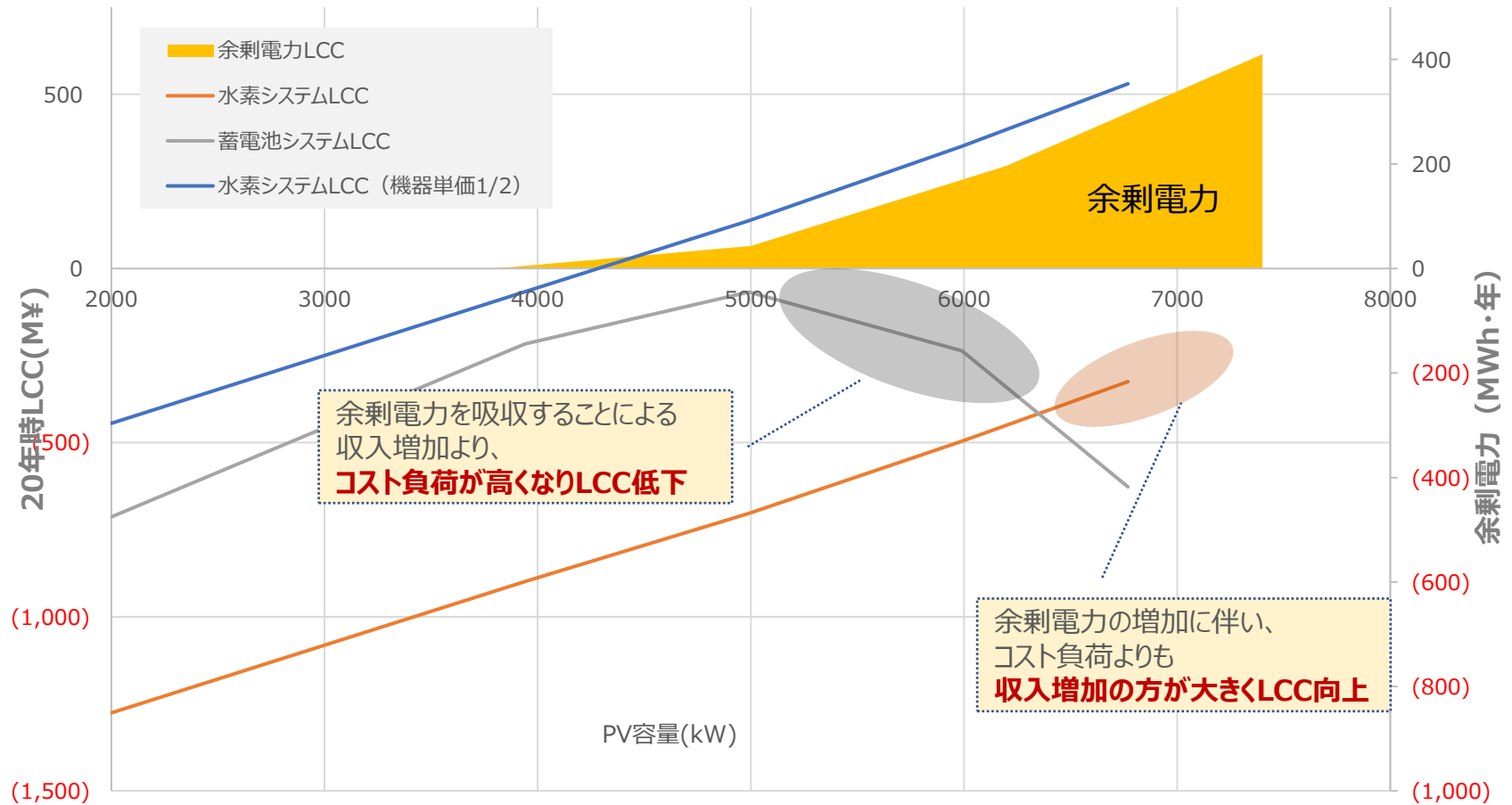
- 最適化した水素システムで初期費用・操業費を算出し、蓄電池システムと比較した結果、蓄電池＋水素システムに優位性があるものの、LCCでプラスになる期間は長いと想定される。

単位：百万円		① 水素システム	② 蓄電池システム	備考
有効電力量	有効電力量 (MWh/年)	6,969	7,158	-
余剰吸収量	余剰吸収量 (MWh/年)	205	205	-
売電収入 (百万円/年)	(有効電力分収入)	139	143	¥20円/kWh ^{※4}
	(余剰吸収分収入)	4	4	
	合計	143	147	-
LCC (百万円) (20年間)		-336	-636	売電収入×20年－操業費×20年 －機器費－工事費
CO2削減量	有効電力量分 (ton-CO2/年)	4,572	4,696	CO2排出係数 0.656kg-CO2/kWh ^{※5}
	余剰吸収量分 (ton-CO2/年)	135	135	
	合計	4,706	4,830	
CO2削減単価 (20年間)	千円/ton-CO2	71	132	LCC/CO2削減量

2. 調査の内容・成果（地産地消モデルの概要-工場内）

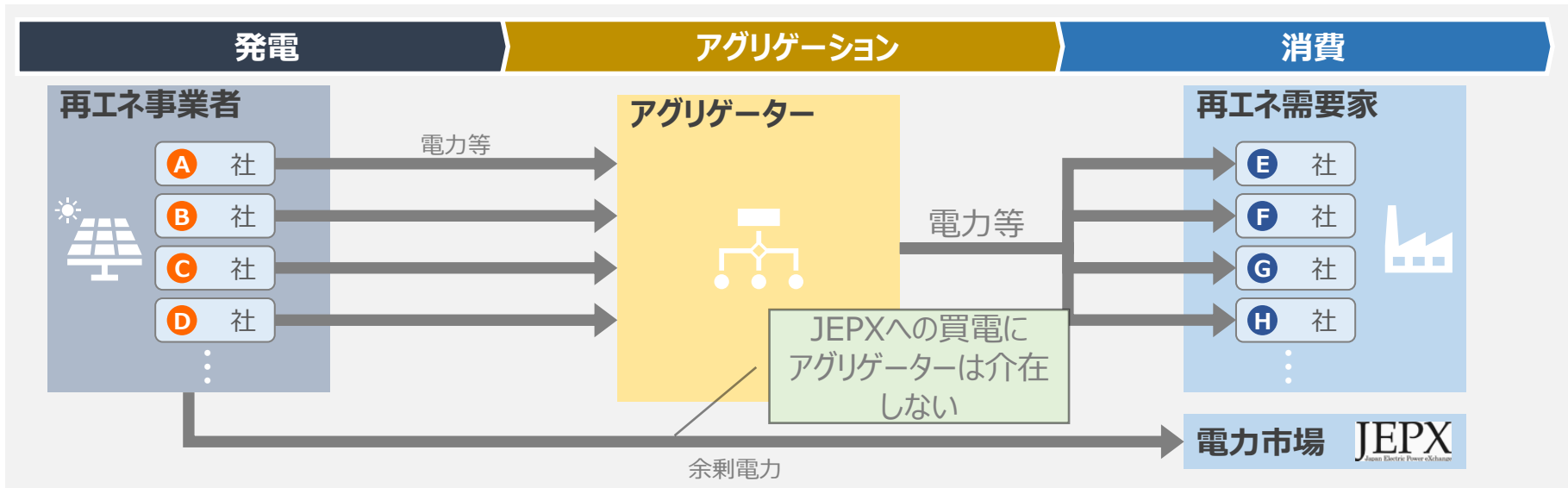
- 変動緩和のみでは蓄電池に優位性があるが、余剰電力の増加に伴い水素が優位となった
- LCCでプラスにしていくためには、今後水素関連機器のコスト削減が必要

PV容量と20年時LCCの関係



2. 調査の内容・成果（地産地消モデルの概要-アグリゲーション）

- ・ アグリゲーターは再エネ事業者・需要家に対して中立的な立場で再エネ電力等を取り次ぐ
- ・ 事業者・需要家を繋げることによって、再エネ流動性の向上を図る



■ 再エネ電力等を適正価格で需給を再エネ事業者・需要家に対してニュートラルな立場で差配

■ 収益：取り次いだ電力供給量 (kWh) に応じた手数料を収益とする
■ リスク：原則として、需要に対する供給責任や発電量に対する購買責任は負わないため、在庫リスクや価格変動リスクは発生しない

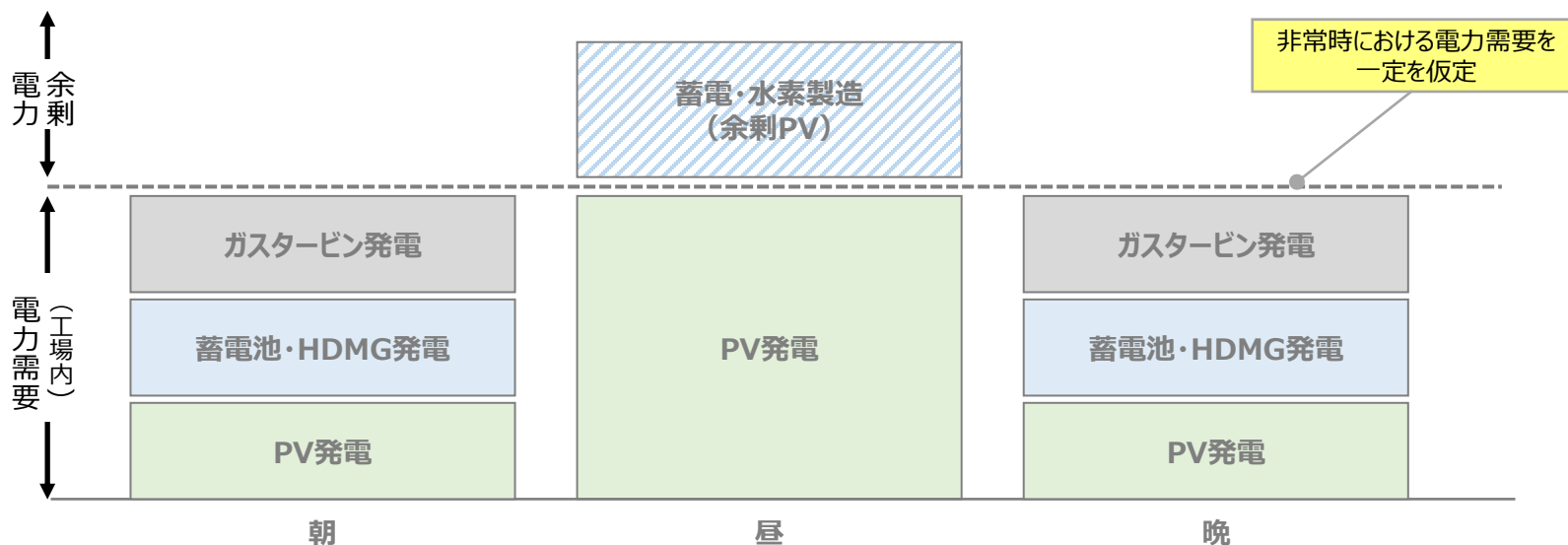
■ 「約定ルール」、「約定単価の決定方法」、「取扱手数料の徴収先」

2. 調査の内容・成果（地産地消モデルの概要-BCP対応（工場内））

- 水素システムの変動緩和で、PV発電を非常用電源としても利用できるようになる場合、非常事態の電力供給可能期間は3日間程度伸びるとの試算結果となった

目的

- 現在、工場には非常用発電機（約3MW）のガスタービンが設置されており約7日間分の電力需要を賄える想定
- 水素システムを導入して既存ガスタービンと併用することにより、電力供給期間がどの程度延長されるか試算



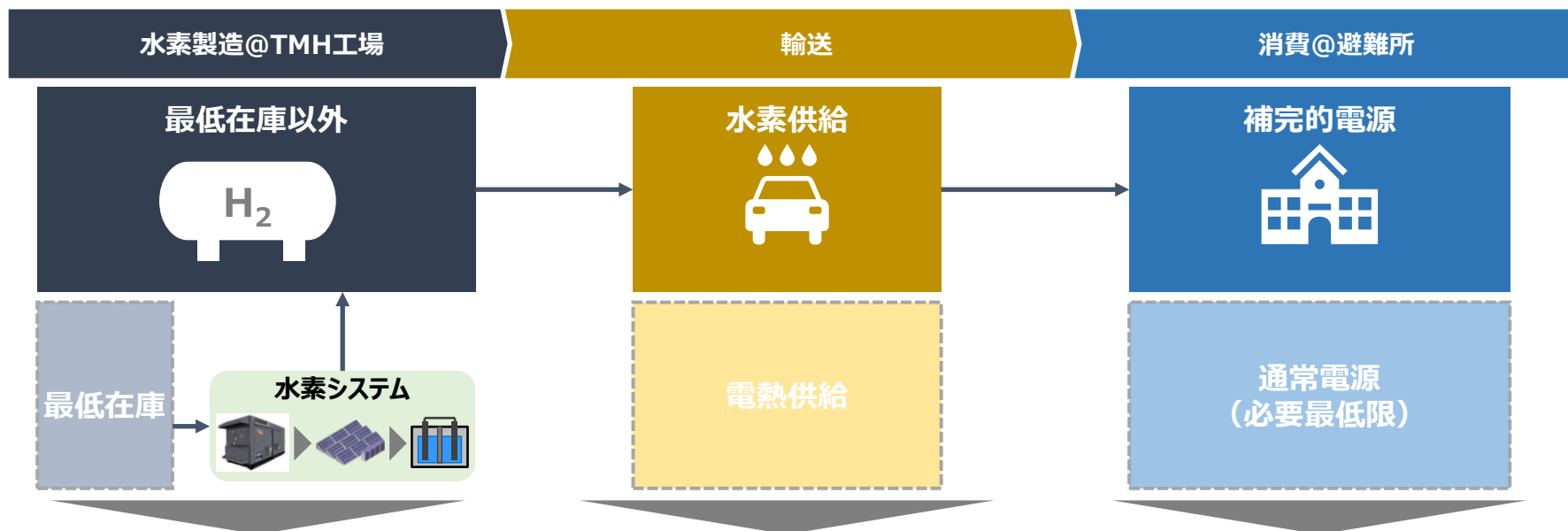
基本的な考え方

- 非常事態において有限であるガスタービン燃料の消費を最小限に抑えるべく、電力需要に対して「PV発電」⇒「蓄電池・HDMG発電」⇒「非常用ガスタービン」の優先順位で割り当てるものとする

水素システムを導入した結果、7日間⇒約10日間に電力供給期間が延長される試算結果

2. 調査の内容・成果（地産地消モデルの概要-BCP対応（地域））

- 災害時には、水素システムの自律的稼働に必要な水素を除き全量をFCV等を活用して輸送したうえで、避難所の補完的な電源として電力供給



- 水素システムの自律的な稼働を維持するための水素を除き、**水素在庫の全量をTMH以外の地域BCP需要向けに供給**

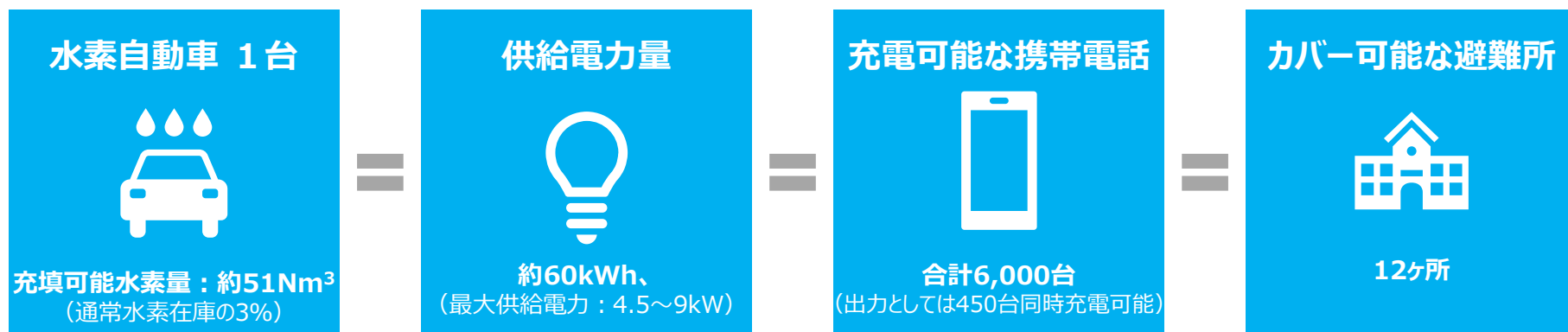
- 災害等により送電線の不具合等何かしらの系統トラブルを想定している為、**電力としての供給は対象外**
- 苫小牧市は、山・海に囲まれ、東西に長い市街地であり、**点在するBCP需要地をカバーする機動力が求めら、FCV・FCバスを活用して水素を輸送する想定**

- FCスタックから発電されるDC電源を**社外変換機（可搬式）でAC電源に変換して出力**
- 余剰電力によって水素製造している為、**補完的なBCP電源として活用する想定**
- 携帯充電サービスなどを想定AC100V、4.5-9kW



2. 調査の内容・成果（地産地消モデルの概要-BCP対応（地域））

- 自律的に水素システムを稼働できる水素を留保しながらも、水素自動車を約35回満充電が可能（水素自動車1台で約6,000台のスマホ充電に必要な電力を供給可能）



前提

諸条件

- BCP用水素在庫量：1,840Nm³ ※
- 供給機出力： 4.5kw
- スマホフル充電： 10w ×1h
- 避難所収容人数： 500人

給電方法

- 事前に電気配線工事が必要な定置型V2H（Vehicle to Home）給電器ではなく、可搬可能なV2L（Vehicle to Load）給電器を活用



※水素在庫：2,200Nm³、水電解装置：約4MW、混焼発電機H2消費120Nm³/h、留保水素量：混焼エンジン稼働3時間相当

3. 今後の見通しについて

- 工場内の再エネ出力変動および余剰電力吸収に対応する上で、水素システムにも一定の優位性が見込まれるものの、機器費の大幅な低減の必要が見込まれる結果となった

明らかにになった事項・課題

今後の対応

工場内

- 再エネ出力変動および余剰電力吸収への対応で、**水素システムにも一定の優位性が見込まれる**
- 事業として成立するためには、**機器費の大幅な低減および耐用年数の長期化が必要**

- 将来的な機器費の低減や、海外技術の採用による資本費の抑制などの影響を織り込んだうえで事業性評価を継続

アグリゲーション

- 地域全体での再エネ取引を拡大するためのビジネススキームを策定

- 苫小牧市を中心とした地域での需給データをもとに、アグリゲーションのポテンシャルを定量評価

BCP

- 【工場内】水素システムを活用して非常用発電機を補うことで、バックアップ電力供給期間の延長に効果が見込まれる
- 【地域】FCVを活用した移動用電源の有効性を明らかにした

- 【地域】近隣の工場へ水素を供給した場合の、BCP対応力への影響を検討

Appendix (補足)

工場内システム試算に利用した諸前提 (1/2)

項目		蓄電池システム	蓄電池+水素システム	出典
PV発電量		稚内メガソーラー実証試験データ(2010年3月～2011年2月(試験日等を除く314日)を基に試算)		-
設備容量	PVパネル容量 (MW)	9.251		-
	PV PCS容量(MW)	6.770		-
	蓄電池容量 (MWh)	8.4	1.1	-
	蓄電池 PCS容量(MW)	5.1	1.5	-
	水電解装置(MW)	-	1.8	-
	水素タンク(Nm3)	-	5,695	-
	水素混焼発電機(MW)	-	3	-
機器単価	蓄電池(PCS、工事費含む) (百万円/MWh)	210		NEDO、「定置用蓄電システム普及拡大検討会第4回 資料」2021.2.2
	水電解装置(百万円/MW)	121		METI、「第2回水素・燃料電池戦略ロードマップ評価WG 資料」2020.6.8
	水素タンク(千円/Nm3)	30		見積価格
	水素混焼発電機 (百万円/MW)	200		メーカーヒアリング

工場内システム試算に利用した諸前提 (2/2)

項目		蓄電池システム	蓄電池+水素システム	出典
ユーティリティ単価	水道 (水素製造量用) (¥/m ³)	-	204	
	軽油単価 (¥/L)	-	100	
CO ₂ 排出係数	電力 (kg-CO ₂ /kWh)	0.656		北海道電力、環境データ集 (2017年度～2019年度)
	廃食油 (kg-CO ₂ /L)	-	0 (バイオ燃料)	環境省「地球温暖化対策事業効果算 定ガイドブック<補助事業申請用>」
その他	工事費	機器費の30%		-
	機器修繕費	蓄電池は機器費の1.5% 水素システムは積算価格		-

工場内システム試算に利用した諸前提

■ NEDO、「定置用蓄電システム普及拡大検討会第4回」 2021.2.2

資料「定置用蓄電システム普及拡大検討会の結果とりまとめ」（三菱総合研究所）P96より抜粋



各年度毎の目標価格（案）

- 2019年度の家庭用、業務・産業用蓄電システム（工事費込み）の価格水準から、2030年度目標価格に対して線形に低減した**各年度の目標価格案は以下のとおり。**
- 各年度の目標価格については、2030年度までのできるだけ早期に2030年度の目標価格を達成することも念頭に、**マルチユースの実現度合いや足元の市場の状況等に応じて柔軟に再設定**することも考えられる。
- 各年度の目標価格は、**政府の支援事業における採択の要件等において考慮することが想定される。**

家庭用、業務・産業用蓄電システムの各年度毎の目標価格（案）

家庭用蓄電システム	2019 価格水準	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030 目標価格	年度
価格	18.7 ^{※1}	-	16.5	15.5	14.5	13.5	12.5	11.5	10	9	8	7	万円/kWh (工事費込み ・税抜き)

※1 国内事業者へのヒアリング結果及び「平成31年度災害時に活用可能な家庭用蓄電システム導入促進事業費補助金」の申請データに基づき三菱総研試算

業務・産業用蓄電システム	2019 価格水準	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030 目標価格	年度
価格	24.2 ^{※2}	-	21	19	17.5	16	14.5	12.5	11	9.5	7.5	6	万円/kWh (工事費込み ・税抜き)

※2 「需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業費補助金」の申請データに基づき三菱総研試算

工場内システム試算に利用した諸前提

- 環境省「地球温暖化対策事業効果算定ガイドブック〈補助事業申請用〉」
B.再生可能エネルギー発電用 P12,13より抜粋

バイオ燃料

バイオエタノール等のバイオ燃料は、理論的には大気から吸収した炭素から生産されるため、当該燃料を燃焼しても新たな CO₂ の排出はないとされる。しかしながら、現実的には輸送、精製過程において少なからずエネルギーを使用するため、その製造過程も含めた LCA (Life Cycle Assessment) での CO₂ 排出量(ライフサイクル CO₂ 排出量)を、CO₂ 削減効果の算定の際に考慮する必要がある。

経済産業省、農林水産省、環境省 3 省連携による「バイオ燃料導入に係る持続性基準等に関する検討会中間とりまとめ(2010 年 3 月)」において、ライフサイクル CO₂ 排出量については諸外国の検討結果を踏まえ、代替される化石燃料のライフサイクル CO₂ 排出量の 50%分を CO₂ 削減水準として設定する方向性が示されている。

そのため、本ガイドブックにおいても、バイオエタノール等のガソリン代替燃料の排出係数はガソリンの半分、バイオディーゼル等軽油代替燃料の排出係数は軽油の半分とみなすこととする。なお、輸送用燃料以外のバイオマス発電及びバイオマス熱利用については、カーボンフリー(CO₂ 排出係数はゼロ)とみなす。

本ガイドブックにおける CO₂ 排出効果の算定に関しては、原則としてこれらの排出係数を使用するものとする。ただし、特殊な事情や性質がある事業の場合には、独自設定の排出係数の使用を認めるが、その数値の根拠や引用元を明記することとする。