

蓄電池分野で今何が起きているのか？

電力中央研究所

エネルギートランスフォーメーション研究本部

上席研究員 三田 裕一

九州エネルギー問題懇話会 2023年度エネルギー講演会

2023年10月17日(火) 電気ビル共創館3階 カンファレンスA

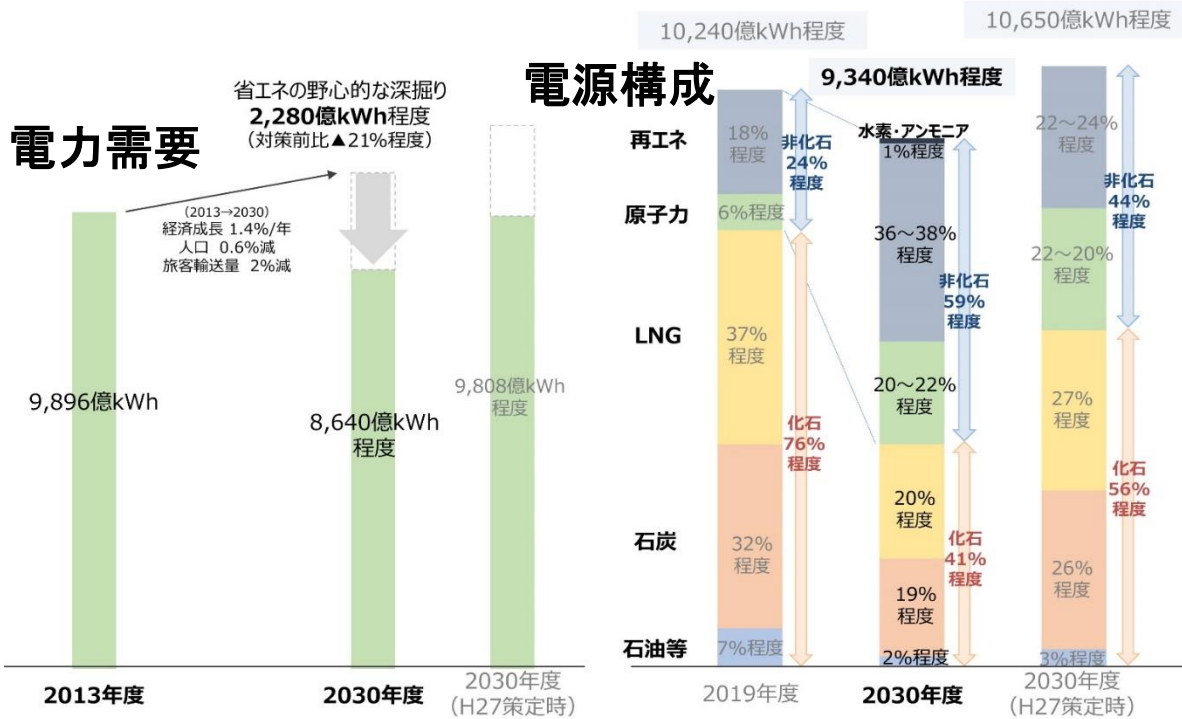
ご紹介内容

1. 蓄電池の動向
2. リチウムイオン電池の現状と課題
3. 蓄電池のコスト
4. まとめ

1. 蓄電池の動向

第6次エネルギー基本計画

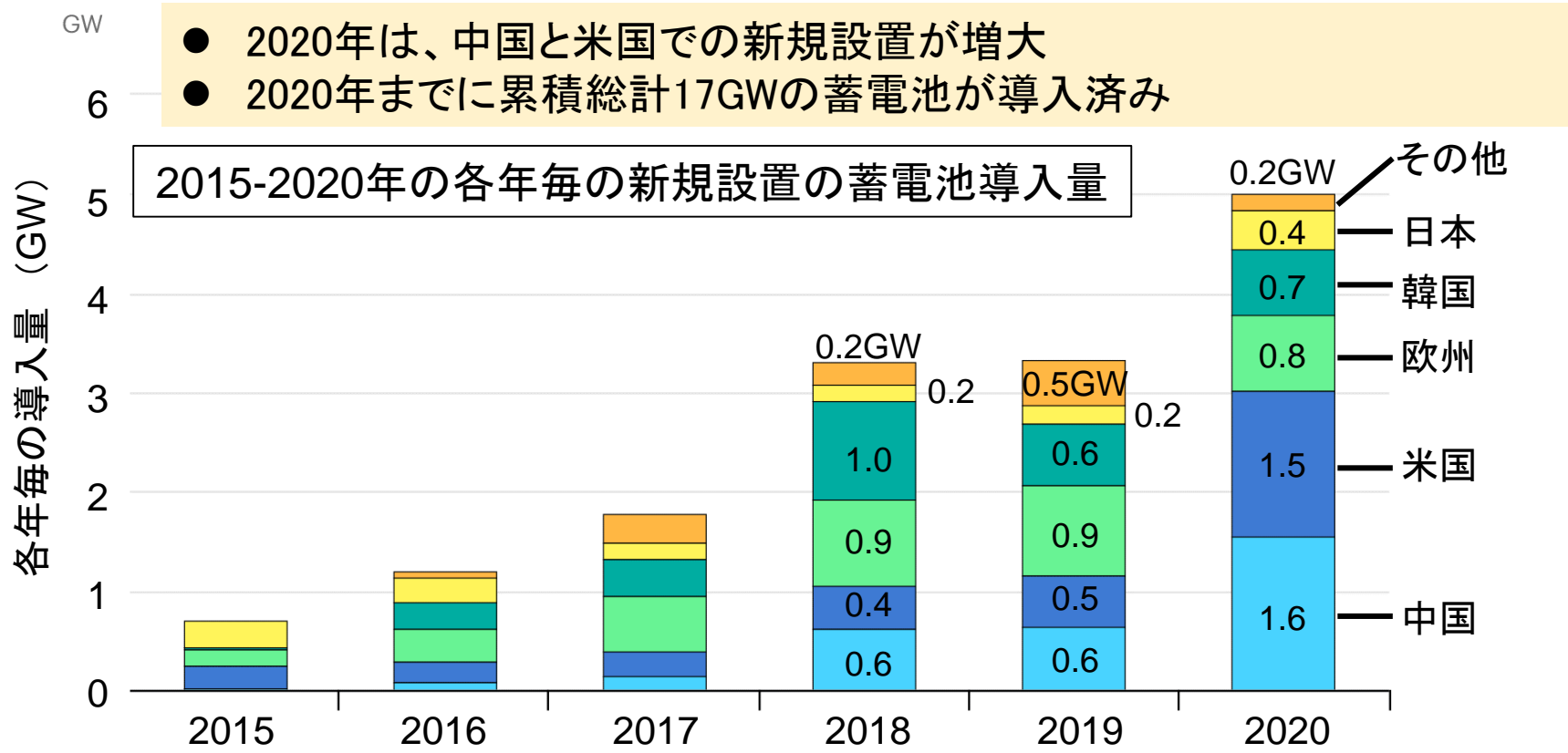
- 2021年にエネルギー基本計画(第6次)の見直しが行われた。
- 第6次エネルギー基本計画では総発電量を抑制、再エネ比率は36~38%程度とされた。
- 一方で、石炭、LNGはそれぞれ19%程度と20%程度と、26ポイント構成比が低下した。



出所: 経済産業省, 第6次エネルギー基本計画

- ✓ 調整力を確保し, 系統安定化技術の高度化が不可欠
- ✓ 太陽光発電, 風力発電での供給力確保は可能か
- ✓ 既存のインフラなどのエネルギーシステムの最大限の活用が必要

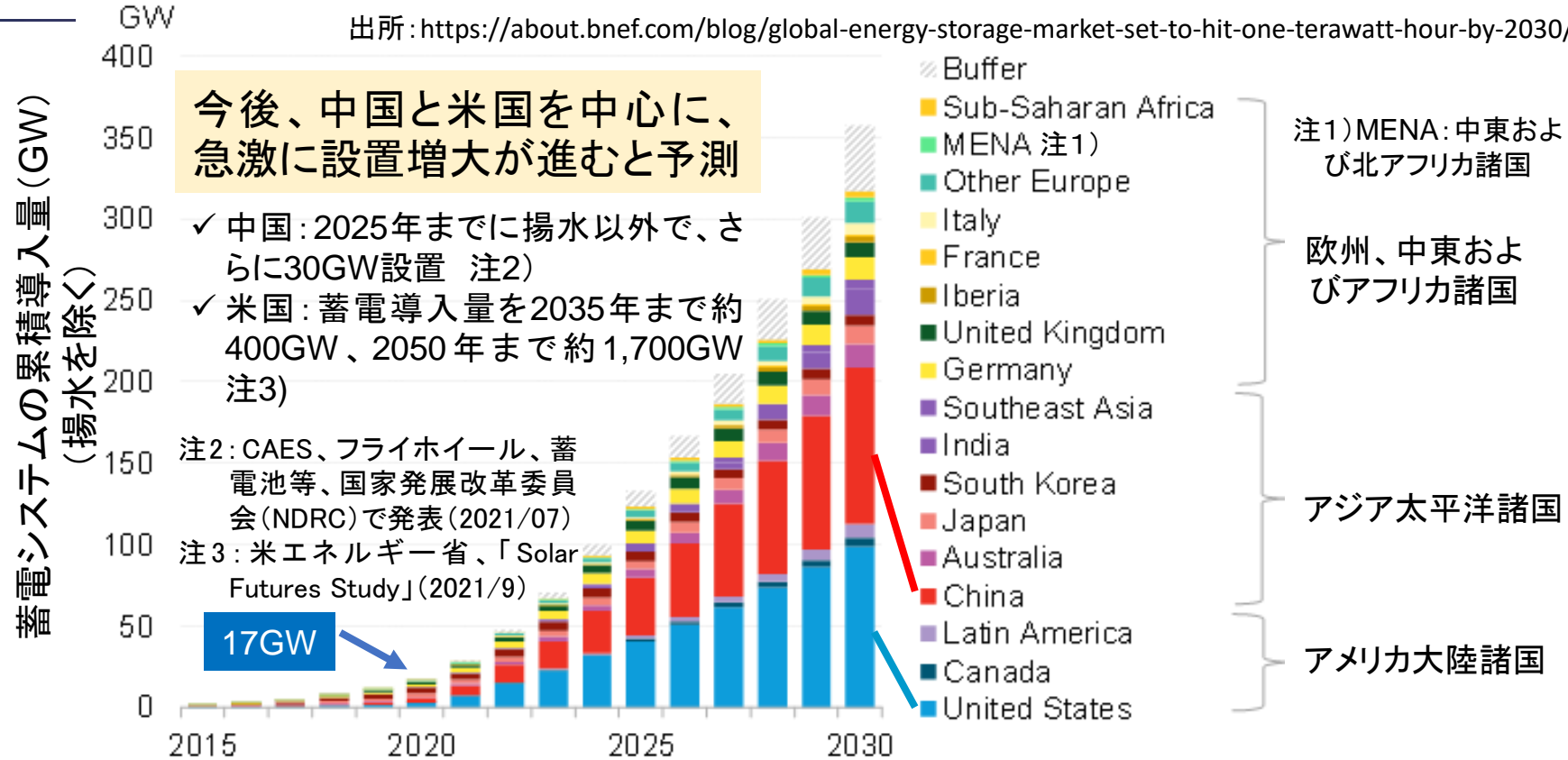
世界における定置用蓄電システムの導入実績



出所: IEA (2021), Energy Storage, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/energy-storage>に、当所が一部加筆

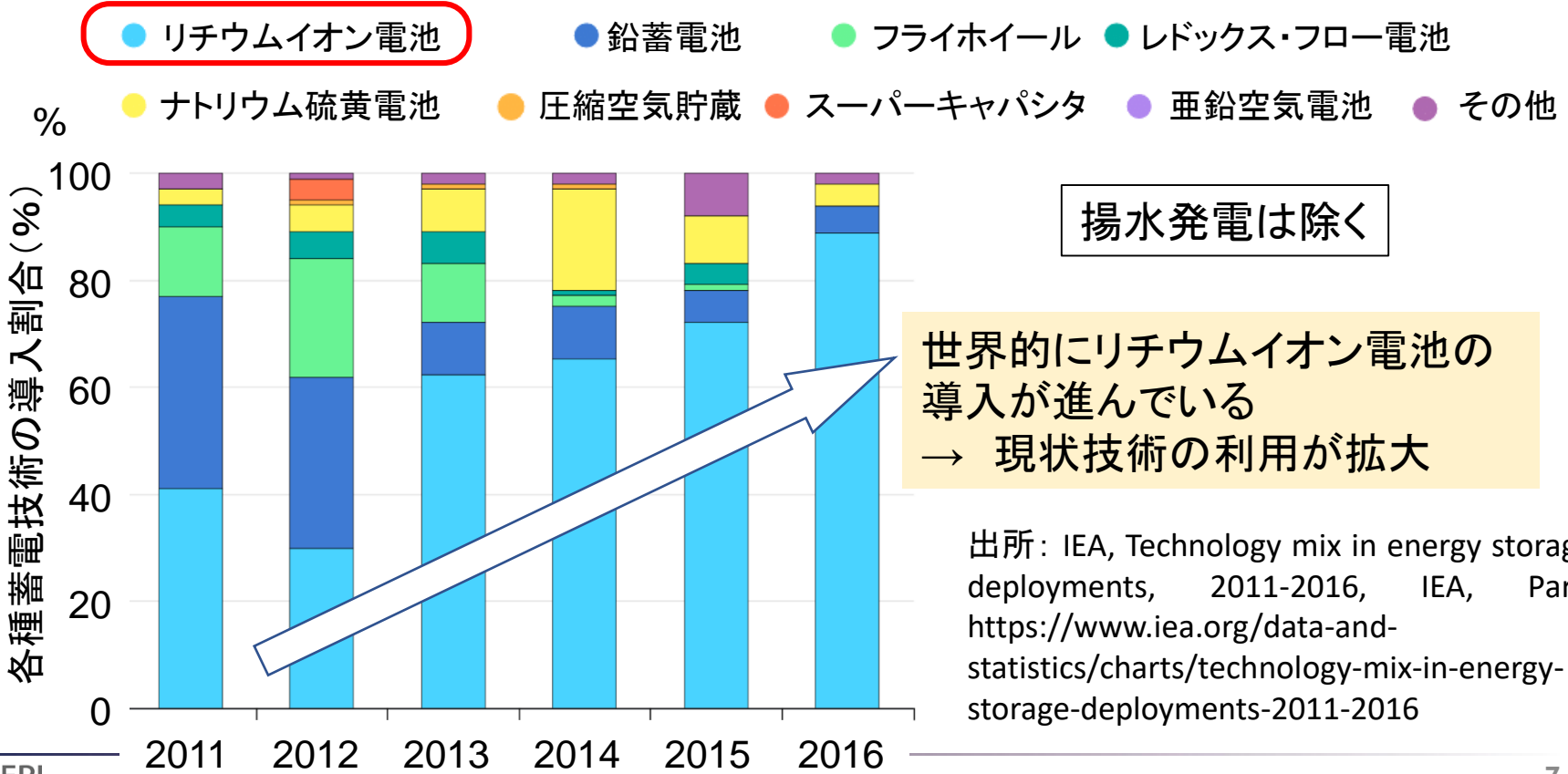
2030年までの世界の蓄電システムの累積導入量予測

出所: <https://about.bnef.com/blog/global-energy-storage-market-set-to-hit-one-terawatt-hour-by-2030/>



出所: 注2) Reuters, <https://www.reuters.com/business/energy/china-aims-install-over-30-gw-new-energy-storage-by-2025-2021-07-23/>
 注3) 米DOE, <https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-09/Solar%20Futures%20Study.pdf>

利用されている電力貯蔵技術



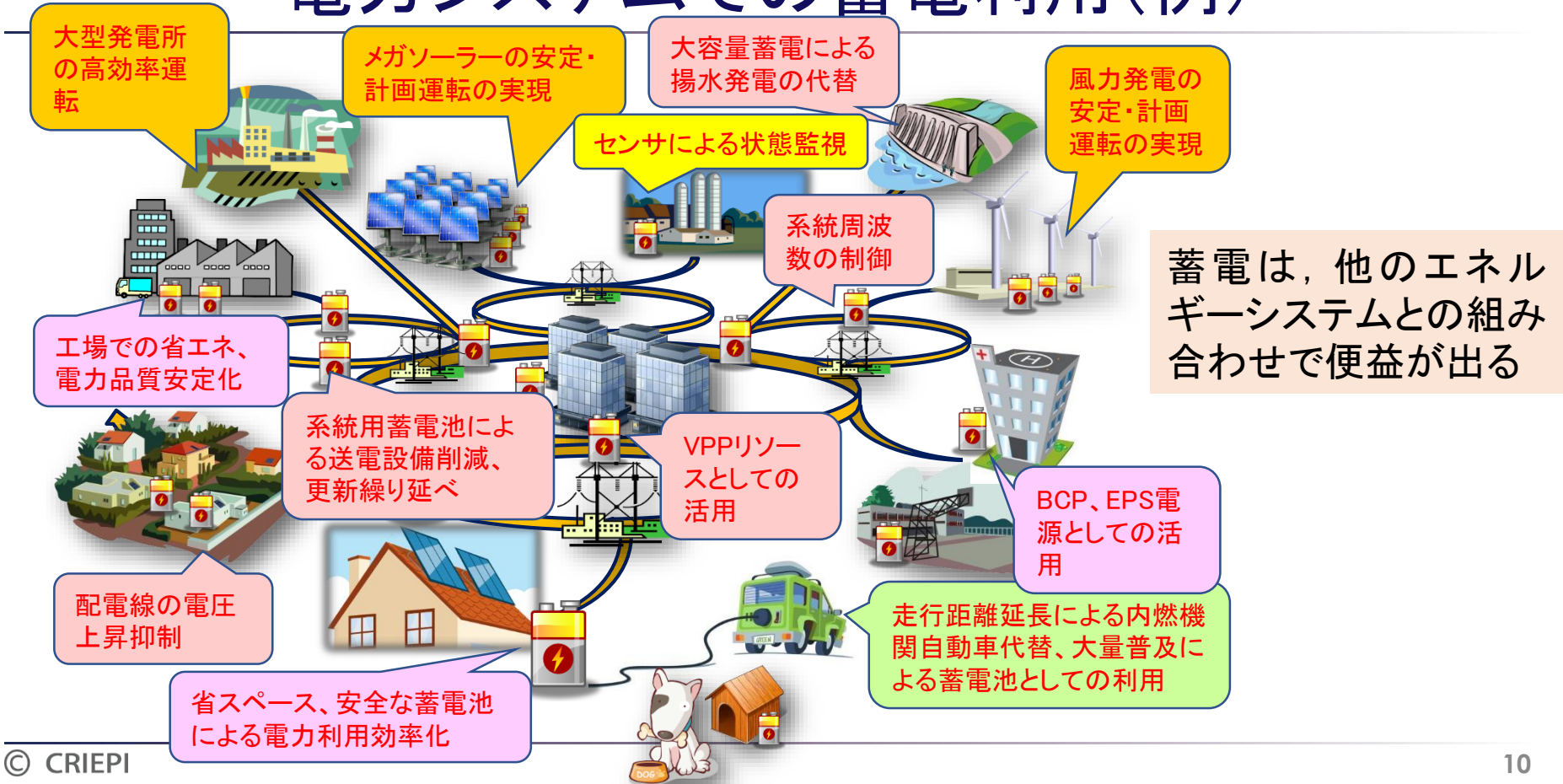
各種エネルギー貯蔵技術

利用種類	貯蔵技術	規模	効率	備考(課題)
位置エネルギー	揚水発電	大 数十万kW	70%	立地
	重量	中 数百kW	90%?	騒音、立地
	インバースダム	中 数千kW	70%以下	立地、漁業協調
化学エネルギー	二次電池 (蓄電池)	中 数千kW	~90%程度	可燃性、コスト
	水素	中 数万kW	40%以下	貯蔵でロス大
物理エネルギー	キャパシタ	小 数十kW	~90%程度	低エネルギー密度
電磁気エネルギー	SMES (超電導電力貯蔵)	中 数千kW	ロス小	瞬低、停電対策
圧縮エネルギー	CAES (圧縮空気電力貯蔵)	中 数十万kW	50%	熱ロス、立地
運動エネルギー	フライホイール	小 数十kW	ロス小	大規模化
熱エネルギー	高温蓄熱	大 数十万kW	70%?	蓄熱技術

電力貯蔵技術の役割

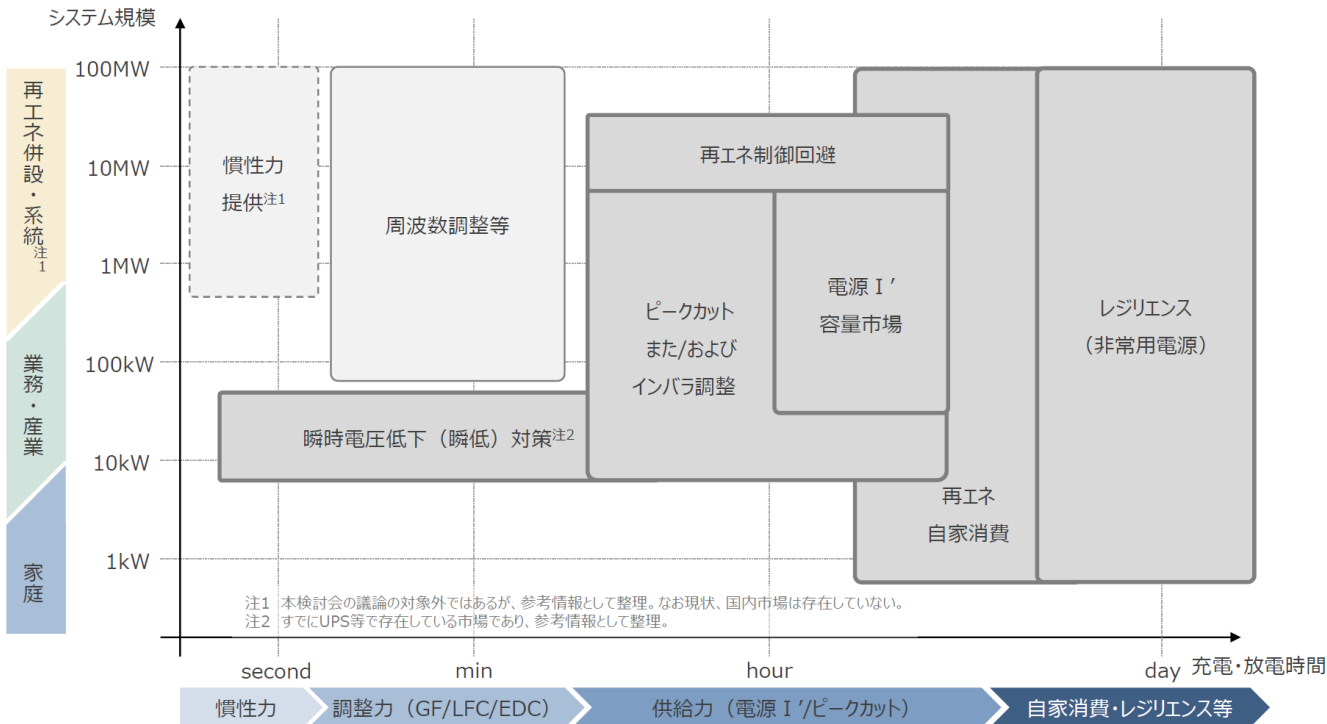
蓄電技術の役割	活用内容	事例
① 系統安定化 (周波数、電圧)	太陽光・風力発電での変動を吸収し、短周期と長周期で平滑化する。短周期では大出力(kW)、長周期では大容量(kWh)が要求される	北海道電力NW・南早北、東北電力NW・西仙台、南相馬、離島など
② 需要と供給の 時間的シフト	太陽光・風力発電での発電と、需要との時間的なズレを調整するために、数時間の電力貯蔵によりシフトする	九州電力送配電・豊前、沖縄電力・宮古島などの離島、鉄道の電力回収(京浜急行)
③ 調整火力の補助	火力発電の出力制御による系統安定化時に、火力発電の起動時間を補うために電力貯蔵を活用する。火力の出力上昇までの時間を補う。	東北電力NW・西仙台、米国・加州など
④ 送電容量不足対策	太陽光・風力発電は、計画的な導入設置が無いため、需要地までの送電容量が不足することがある。過疎地に設置される場合には、送電線が無い場合もある。	ドイツの南北連系線、国内の農業用地の転用など。
⑤ 負荷平準化	発電機の利用効率を向上させるために、負荷の少ない時間帯に電力貯蔵する	効率や安全性の観点から定出力運転の電源の活用。需要のピークカット。工場設置のNaS電池など
⑥ バックアップ電源	瞬時電圧低下や停電時の電力供給	精密工場等、落雷対策

電力システムでの蓄電利用(例)



定置用蓄電システムの設置場所とユースケース

- 定置用蓄電池の普及には、単独用途ではなく、多用途対応(マルチユース)の実現が重要

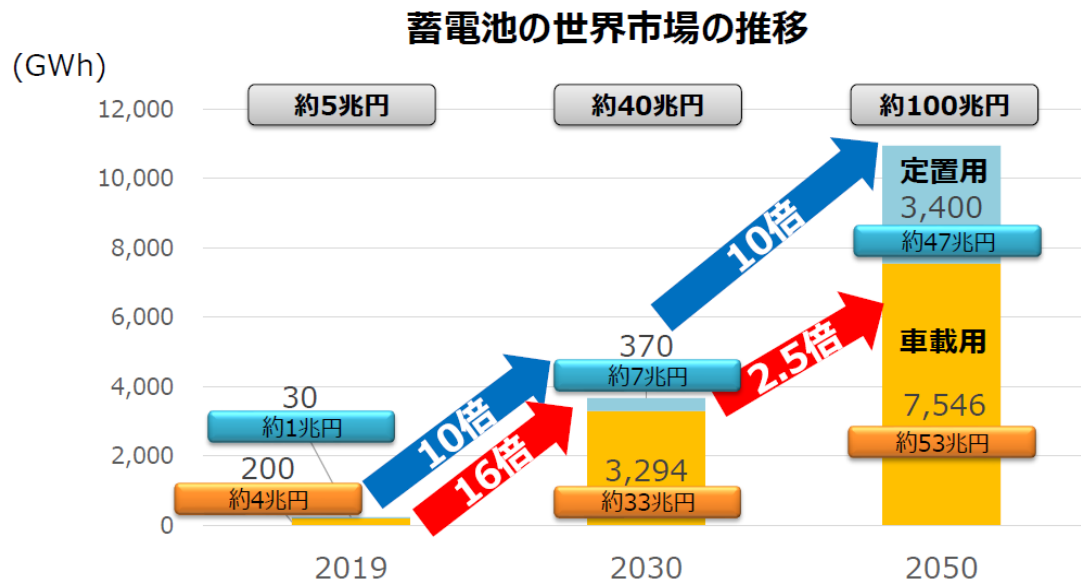


電力貯蔵用蓄電池システムの設置

- 系統安定化のために、変電所に設置
- 出力安定のための安定化の太陽光・風力発電所に併設
- 負荷平準化・ピーク負荷対応での需要家に設置
- (新規) 系統安定化やVPP・DRを系統に直接連系の蓄電所の設置 (関連省令の改訂中)

蓄電池市場の拡大予測

- 蓄電池市場は車載用、定置用ともに拡大する見通し。当面は、EV市場の拡大に伴い、**車載用蓄電池市場が急拡大**。足下では定置用は車載用の1/10程度の規模だが、**2050年に向けて定置用蓄電池の市場も成長する見込み**。



出典: 経済産業省 蓄電池産業戦略検討官民協議会, 蓄電池産業戦略(2022年8月), https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/battery_strategy/battery_sai_syu_torimatome.pdf

(出典) IRENA Global Renewables Outlook 2020 (Planned Energy Scenario)
 経済規模は、車載用パック(グローバル)の単価を、2019年2万円/kWh→2030年1万円/kWh→2050年0.7万円/kWhとして試算
 定置用は車載用の2倍の単価として試算。

国の蓄電池産業戦略での目標

蓄電池産業戦略における目標

1st Target

液系LiBの製造基盤の確立

国内製造能力目標

「国内の自動車製造の安定的な基盤を確保するため、2030年までのできるだけ早期に、国内の車載用蓄電池の製造能力を100GWhまで高める」(グリーン成長戦略、令和3年6月決定) ことに加え、蓄電池の輸出や定置用蓄電池向けに必要な製造能力の確保も念頭に、**遅くとも2030年までに、蓄電池・材料の国内製造基盤150GWh/年の確立**を目標とする。

2nd Target

グローバルプレゼンスの確保

グローバル製造能力目標

蓄電池製造に不可欠な上流資源のグローバル市場での購買力確保、標準化・国際的なルール形成での影響力確保等の観点から、**2030年に我が国企業全体でグローバル市場において600GWh/年(※)の製造能力確保**を目標とする。

※ 2030年の世界市場が3000GWh/年まで拡大した場合も**シェア20%**を確保する試算。

3rd Target

次世代電池市場の獲得

研究開発能力目標

全固体電池など次世代電池を世界に先駆けて実用化し製造技術の優位性・不可欠性を確保するため、産学官の研究開発力を結集し、**2030年頃に全固体電池の本格実用化、2030年以降も我が国が技術リーダーの地位を維持・確保**することを目標とする。

出典: 経済産業省 蓄電池産業戦略検討官民協議会, 蓄電池産業戦略(2022年8月), https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/battery_strategy/battery_sai_syu_torimatome.pdf

蓄電池産業の国内基盤の拡充

今後の取組（技術・ビジネス①）

1. 国内基盤拡充のための政策パッケージ

国際競争力を持つ形で遅くとも**2030年に150GWh/年の国内製造基盤を確立**するため、以下の取組を実施。

○ 蓄電池・材料の国内製造基盤の確立

➢ 官民連携による蓄電池・材料の国内製造基盤への投資強化

1,000億円基金（R3補正）による支援に加えて、目標達成に向けた更なる国内製造基盤の拡充のための政策パッケージを具体化し、官民連携して、遅くとも2030年までに150GWh/年の基盤確立を目指す。

BASC（電池サプライチェーン協議会）において毎年、会員企業を対象に業界の最新投資状況のフォローアップを行う。

【参考】官民での必要投資額：3.4兆円（部材製造：1.3兆円、電池製造：2.1兆円）※BASCアンケート値

➢ 国際競争力を持つためのDX、GXによる先端的な製造技術の確立・強化

我が国の強みである蓄電池の性能・安全性等を維持しつつ、課題であるコスト競争力を向上させるため、コスト分析も行いながら、先端的な製造プロセスの開発投資に対する支援の強化を図る。

➢ 我が国蓄電池の競争力強化に向けたセル・システム一体での対応策の検討

BAJ（電池工業会）がJEMA（日本電機工業会）と連携し、コスト低減や高付加価値化など競争力強化に向けた、セル・システム一体での課題と対応策の検討を進める。

【参考：目標価格】

- ・車載用蓄電池パック : 2030年までのできるだけ早期に、1万円/kWh以下※1
- ・家庭用蓄電システム : 2030年度に、7万円/kWh（工事費込み）※2
- ・業務・産業用蓄電システム : 2030年度に、6万円/kWh（工事費込み）※2

※1「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（令和3年6月）
※2「エネルギー基本計画」（令和3年10月）

○ 蓄電池の制御システムの高度化に向けた対応

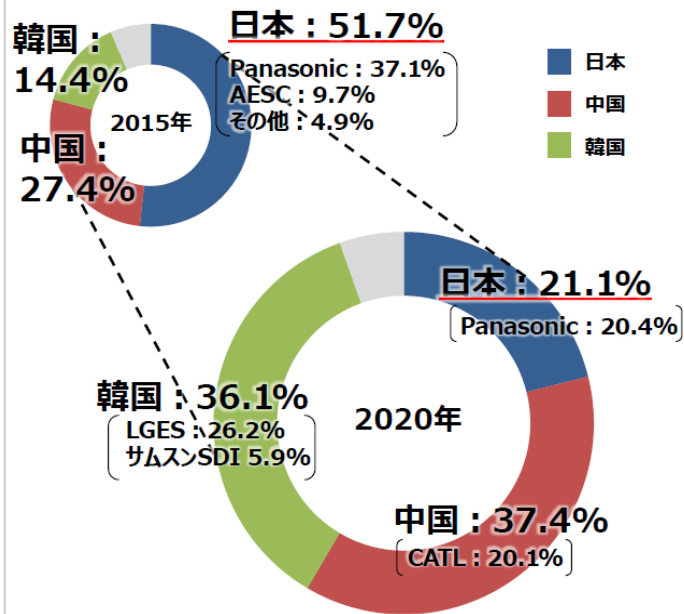
市場のニーズに即した蓄電池の高度化・高付加価値化を図るため、制御システムの高度化のための技術開発・実証等の施策の検討を進めるとともに、NITE（製品評価技術基盤機構）においてマルチユースの類型化や評価手法の構築等の検討を進める。

出典：経済産業省 蓄電池産業戦略
検討官民協議会、蓄電池産業戦略
(2022年8月)、
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/battery_strategy/battery_saisyu_torimatome.pdf

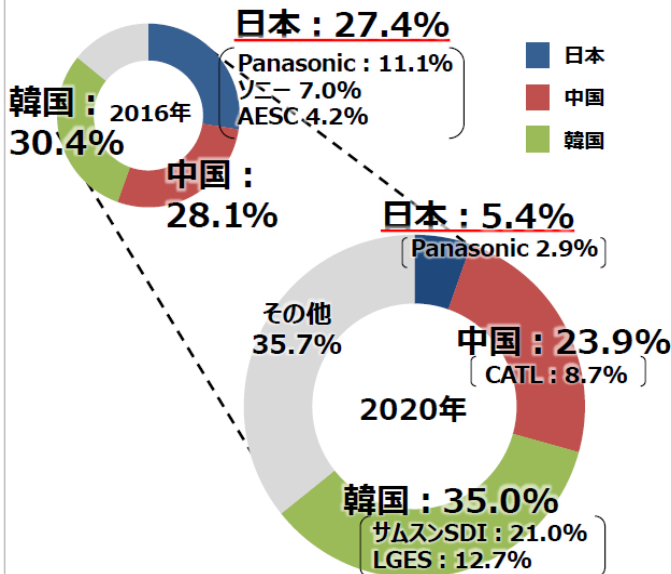
リチウムイオン電池の世界市場シェア

- 日系勢は技術優位で初期市場を確保したが、市場の拡大に伴い中韓メーカーがシェアを拡大、一方で日本メーカーはシェアを低下。

車載用リチウムイオン電池【世界】



定置用リチウムイオン電池【世界】



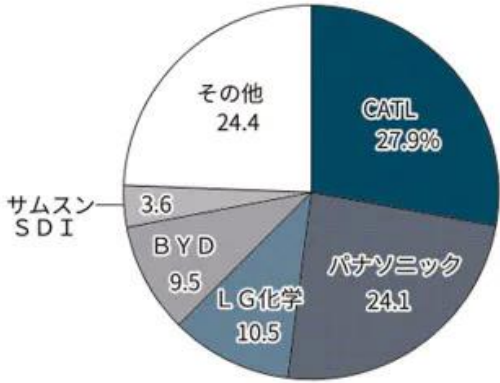
※主要メーカー以外は「その他」に計上しているため、中国、韓国メーカーが含まれている可能性有

出典: 経済産業省 蓄電池産業戦略検討官民協議会, 蓄電池産業戦略 (2022年8月), https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/battery_strategy/battery_saisyu_tori_matome.pdf

(出典) 左図: 富士経済「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2016-エネルギーデバイス編-」、富士経済「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2021-電動自動車・車載電池分野編-」に基づき作成
右図: 富士経済「2017 電池関連市場実態総調査 上巻」、富士経済「2022 電池関連市場実態総調査 <上巻・電池セル市場編>」に基づき作成

<参考> EV車載電池の世界シェア

2019年のメーカー別シェア

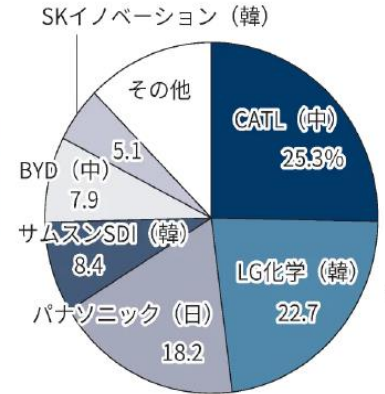


(出所) SNEリサーチ
出所：日本経済新聞電子版, 2020年11月3日



CATL、BYDなど、
中国メーカーが躍進

2020年のメーカー別シェア

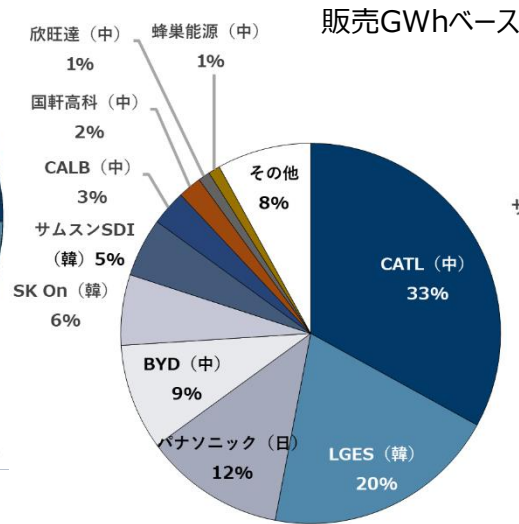


(出所) テクノ・システム・リサーチ
出所：日本経済新聞電子版, 2021年10月22日



中国 vs 韓国の様相

2021年のメーカー別シェア

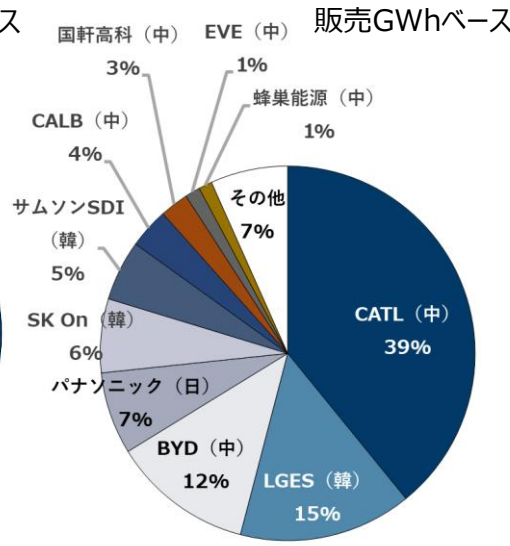


出所：SNK Research, Press Release, 2022/7/18,
https://www.sneresearch.com/kr/insight/release_view/35 を基に作成



中国メーカー増大、拡大

2022年のメーカー別シェア



出所：SNK Research, Press Release, 2023/3/27,
https://www.sneresearch.com/kr/insight/release_view/94 を基に作成

リチウムイオン電池材料の市場シェア

電池材料の競争力

- 日系材料は品質面で優位で、一定のシェアを持つが、中国勢がコスト面に加え、品質面でも追い上げ。 日系電池メーカーも中国材料活用の可能性。
- 韓国製電池の発火による大規模リコール事件もあり、安全な日系材料へのニーズも高まっているが 生産性向上等による価格競争力向上が不可欠。

正極

競争力：生産技術、材料技術、スケール、電気代

NCA (円筒形電池用)

①住友金属鉱山	42.4%
②ECOPRO (韓)	26.7%
③BTR (中)	15.7%
④BASF戸田 (独日)	11.0%

NCM (角/ラミネート型)

①LGケミカル (韓)	9.9%
②湖南長遠鋳科 (中)	9.2%
③B&M (中)	8.6%
④北京当昇 (中)	7.3%
⑤日亜化学	7.1%

※全固体電池でも活用

負極 (黒鉛)

競争力：資源価格 (天然黒鉛:安い資源が中国偏在)
電気代 (人造黒鉛)

①BTR (中)	18.5%
②江西紫宸 (中)	16.0%
③上海杉杉 (中)	14.2%
④広東凱金 (中)	11.5%
⑤昭和電工マテリアルズ	6.7%

➡ 次世代負極 (Si系など) にも期待

電解液

競争力：添加剤知財・配合ノウハウ

①広州天賜 (中)	21.1%
②新宙邦 (中)	13.0%
③MUアイオニックソリューションズ	11.3%

セパレータ

競争力：価格 (日系は安全性優位)

①上海エナジー (中)	21.8%
②星源材質 (中)	12.9%
③旭化成	12.2%
④中材鋳膜 (中)	12.2%
⑤SK ie technology (韓)	9.6%
⑥東レ	7.9%

その他

例：電池セルの外装の一種である「パウチ」など

出典：経済産業省 蓄電池産業戦略検討官民協議会、蓄電池産業戦略 (2022年8月)、
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/battery_strategy/battery_saisyu_torimatome.pdf

国の蓄電池の資源確保の方針

今後の取組（技術・ビジネス④）

3. 上流資源の確保

【必要な資源量の目安※】

- 2030年までに国内製造基盤150GWh/年の確立：
年間でおよそリチウム10万トン、ニッケル9万トン、コバルト2万トン、黒鉛15万トン、マンガン2万トンが必要。
- 2030年にグローバルで我が国企業が600GWh/年の製造能力確保：
年間でおよそリチウム38万トン、ニッケル31万トン、コバルト6万トン、黒鉛60万トン、マンガン5万トンが必要。
※BASC試算

【参考】官民での必要投資額：5年で2.2兆円（BASCアンケート値）

鉱山権益の確保を念頭に、2030年までの早期に確保の見通しをつけるため、下記の取組を行う。

○ 支援スキームの強化

- JOGMECは、バッテリーメタル等をハイリスク鉱種として出資比率上限を原則75%まで引き上げ（2022年4月）。更に、資源確保企業への支援拡充（出資等政策パッケージの拡充、債務保証機能の強化（完工保証要件の緩和））に取り組む。
- サプライチェーンを強靱化すべく、鉱山権益の確保に加え、可能な限り中流の製錬工程の日本又は有志国内への整備を目指す。
- 資源確保企業が蓄電池のユーザー企業やメーカー、政府系金融機関等と連携して権益確保に取り組むための体制構築の方策を検討する。

○ 関係国との連携強化

- 権益を確保していくために、資源保有国（豪州・南米・アフリカ等）との投資セミナーや官民合同会議等を通じて、上流権益の確保を図る。加えて、有志国と重要鉱物の確保に向けた国際協調を進める。
- BASCにおいて毎年、会員企業を対象にアンケートを実施し、業界の最新投資状況をフォローアップする。

出典：経済産業省 蓄電池産業戦略検討官民協議会、蓄電池産業戦略（2022年8月）、
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/battery_strategy/battery_saisyu_torimatome.pdf

2. リチウムイオン電池の現状と課題

リチウムイオン電池の特徴

- ナトリウム硫黄電池, レドックスフロー電池: ほぼメーカー1社
- リチウムイオン電池: 幅広い選択肢と特性 → 国内外の多数のメーカーで生産, 形状も材料も多様

ラミネート形
(パウチ)



円筒形



モジュール



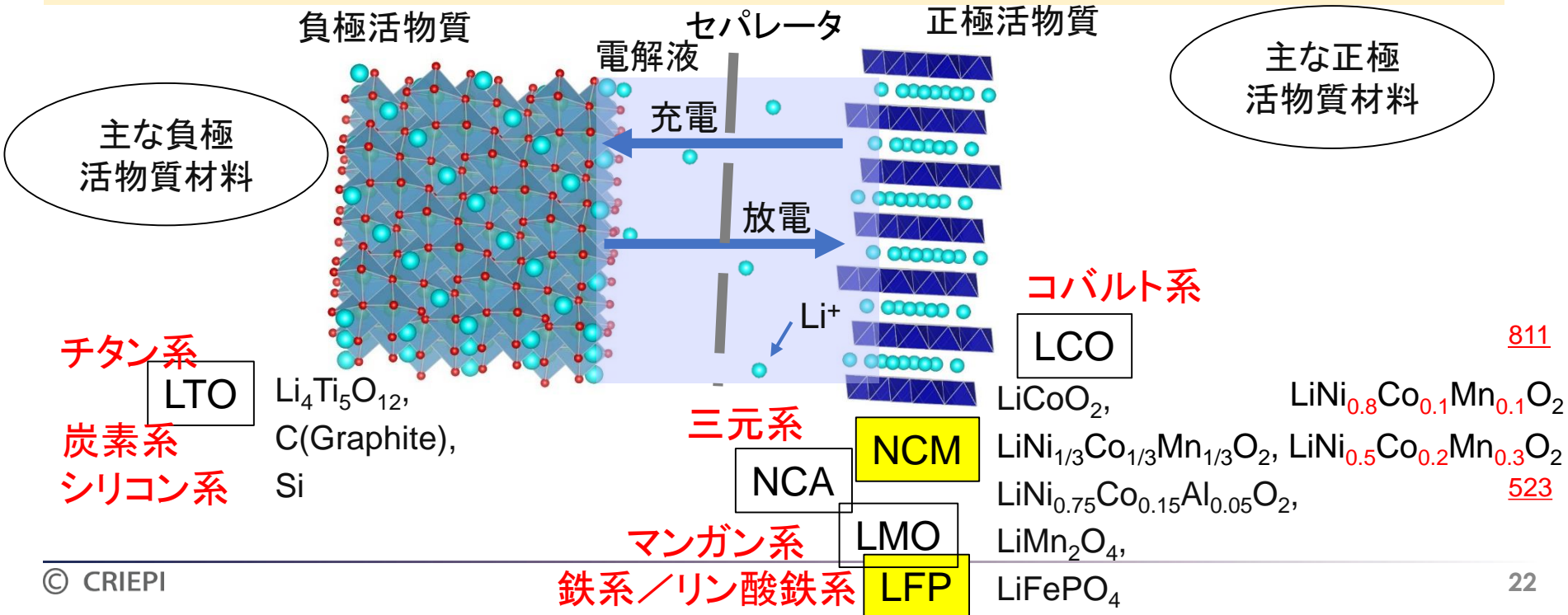
角形



リチウムイオン電池の主な構成材料

- 正極と負極の組み合わせで、電圧、容量など特性が異なる
- 電解液は可燃性液体（消防法危険物第4類）
- 材料によって異なる電池特性

材料資源の確保は？
新規材料の電池の実用化の時期は？
リユース・リサイクルは？



リチウムイオン電池の材料別シェア

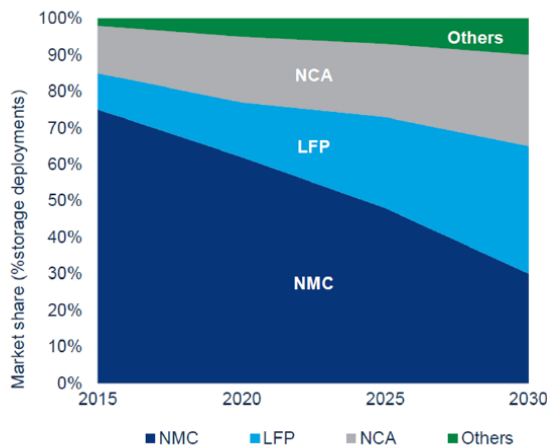
LFP電池の拡大

- エネルギー密度は低いものの、資源制約の少なさや低コストのメリットもあり正極材に鉄系のLFPを採用した電池の採用が拡大。採用が進んでいる中国のみならず他国でもエントリーレベルでのEVで採用を決めたOEMも出始めている。特に、定置型貯蔵システムではLFP系が主流となる見方が強い。
- 日本の電池メーカーも複数社がLFP電池を生産しているが、LFP材料の供給は中国企業がほぼ独占している状況（国内メーカーも少量生産）。

<車載メーカー・電池メーカーの動向>

- テスラのイーロンマスクは同社のバッテリーは最終的にLFPが2/3、3元系が1/3になると発言。
（特に、中国市場、定置用はLFPが中心）
- VW、フォード、ダイムラーもLFP採用車種の販売の方針を発表。
- LG、サムソンもLFP電池の生産の方針を打ち出している。

正極材料の見通し



出典：経済産業省 第2回蓄電池産業戦略検討官民協議会、資料3（2022年2月），
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/battery_strategy/0003/03.pdf

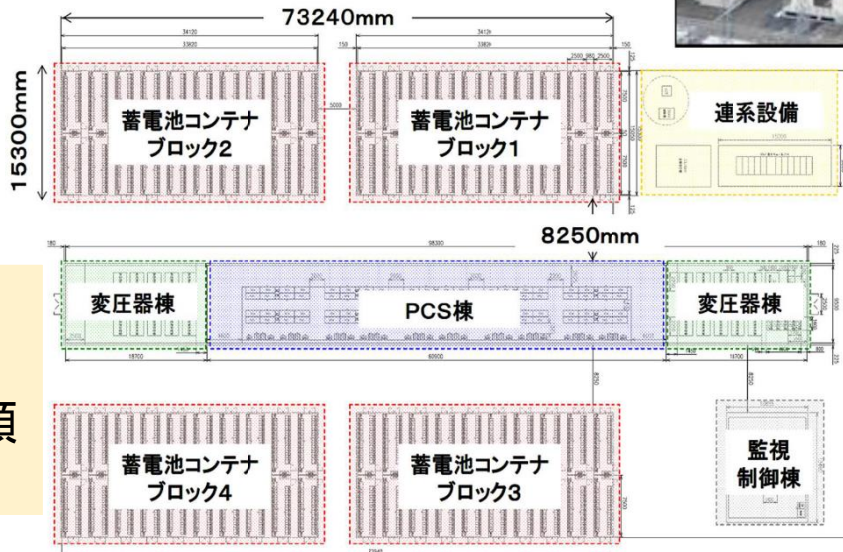
大型蓄電池の設置事例(東北電力NW西仙台変電所)

出所:東北電力(株):「大型蓄電システム緊急実証事業 西仙台変電所周波数変動対策蓄電池システム実証事業」成果報告書

20MW-20MWh
 電池コンテナ:80台
 500kW-PCS:80台



平面配置図



所要設置面積:
 約6,000 m²
 → 約300 m²/MW

豊前変電所では、
 NaS電池(50MW)の
 設置面積:約14,000 m²
 → 約280 m²/MW

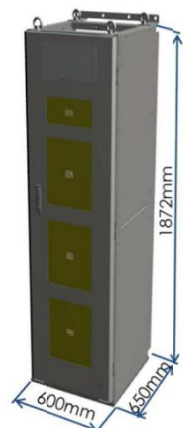
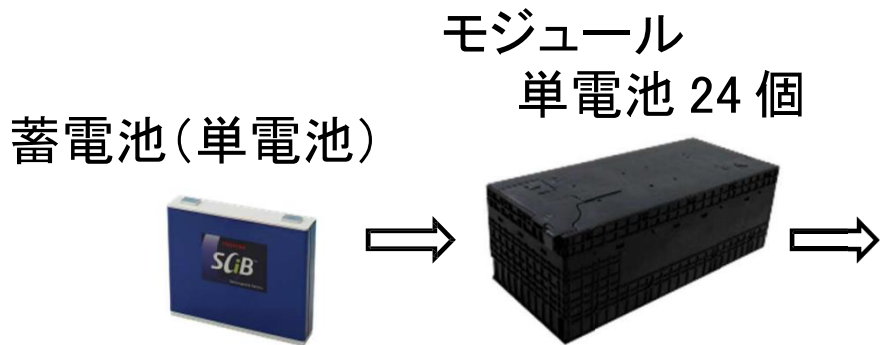
リチウムイオン電池:
 有機電解液を使用
 → 消防法上の危険物第4類
 → 隔離距離等が必要

蓄電池コンテナの四方に保有空地(幅5m)を確保

東北電力NW西仙台変電所 大型蓄電池の蓄電池構成

出所: 東北電力(株):「大型蓄電システム緊急実証事業 西仙台変電所周波数変動対策蓄電池システム実証事業」成果報告書

蓄電池システム: 20MW-20MWh



蓄電池盤
蓄電池モジュール 22 個

蓄電池コンテナ: 80台
 蓄電池盤: 18台/コンテナ
 モジュール: 22個/蓄電池盤
 単電池: 24個/モジュール
 → 76万個の単電池を制御



大規模な蓄電池システムの最適運用のために、電池管理システム(BMS)で、単電池の電圧、温度等の管理が重要

系統用蓄電池システムの構成

東北電力 西仙台変電所の大型蓄電池システムの主要機器仕様

蓄電池
関連機器

系統連系
設備等



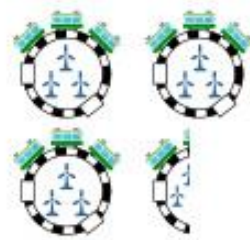
機器名	定格事項 他	数量
蓄電池盤 (リチウムイオン二次電池)	607.2V 24.2kWh	1,440面
蓄電池コンテナ	蓄電池盤 18面, 空調, 消火設備を収納	80台
パワーコンディショナ (PCS)	500kW AC300V	80台
昇圧用変圧器	2,000kVA 6.6kV/300V	20台
主要変圧器	45,000kVA 33kV/6.6kV	1台
計器用変圧変流器	36kV	1台
ガス遮断器	36kV 1,200A	1台
真空遮断器	7.2kV 4,000A	1台
	7.2kA 600A	21台
所内変圧器	1,500kVA 6.6kV/210V	2台
統括制御盤	蓄電池システムの統括監視制御	1面
連系設備監視制御盤	連系設備の制御, 計測, 状態・故障表示	2面
保護継電器盤	連系設備の保護	5面
直流電源装置	直流電源の供給	1式
無停電電源装置 (UPS)	電源喪失時の交流電源供給	20台

他の電力設備と同様の
機器・設備も装備

出所: 東北電力(株): 「大型蓄電システム緊急実証事業 西仙台変電所周波数変動対策蓄電池システム実証事業」成果報告書

＜参考＞再エネ発電の設置面積

出所：九州電力ウェブサイト, https://www.kyuden.co.jp/effort_renewable-energy_photovoltaic_faq.html (閲覧日：2022年8月31日)

	原子力発電	太陽光発電	風力発電
必要な敷地面積	<p>約0.6km²</p> <p>(原子力発電所の敷地面積の合計を稼働基数(54基：2010年1月時点)で割った場合。)</p>  <p>(100万kW)</p>	<p>原子力発電所(100万kW級)1基分を代替する場合</p>	
		<p>約58km²</p> <p>山手線の内側面積とほぼ同じ</p>  <p>新宿 東京</p> <p>(約580万kW)</p>	<p>約214km²</p> <p>山手線の内側面積の約3.4倍</p>  <p>(約350万kW)</p>
設備利用率	70~85%	12%	20%

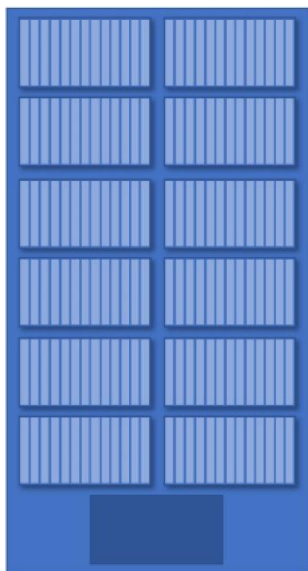
(第1回低炭素電力供給システム研究会資料(2008年7月8日)、日本のエネルギー2010(資源エネルギー庁)より作成)

蓄電池システムの設置面積(例)

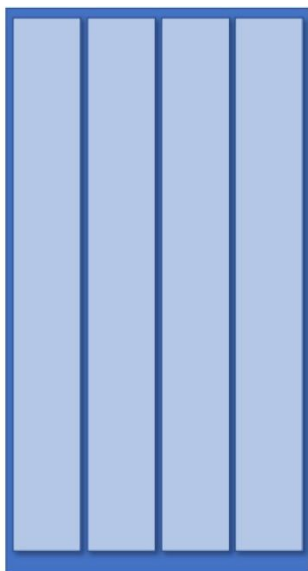
設置場所	電池種類	定格出力	定格容量	設置面積	運転状況	出力・容量当たり面積
東北電力NW 西仙台変電所	リチウムイオン電池	20 MW	20 MWh	6,000 m ²	2015/2から 運用中	300 m ² /MW 150 m ² /MWh
東北電力NW 南相馬変電所	リチウムイオン電池	40 MW	40 MWh	8,500 m ²	2016/2から 運用中	213 m ² /MW 213 m ² /MWh
北海道北部風力送電 北豊富変電所	リチウムイオン電池	240 MW	720 MWh	17,000 m ² 建屋延床面積	2023/4から 運用中	71 m ² /MW 24 m ² /MWh
関西電力送配電 紀の川変電所	リチウムイオン電池	48 MW	113 MWh	8,000 m ² 建屋延床面積	2024/4運 開予定	167 m ² /MW 71 m ² /MWh
九州電力送配電 豊前蓄電池変電所	ナトリウム硫黄電池	50 MW	300 MWh	14,000 m ²	2016/3から 運用中	280 m ² /MW 47 m ² /MWh
北海道電力NW 南早来変電所	バナジウムレドック ス・フロー電池	15 MW	60 MWh	5,000 m ² 建屋設置面積	2015/12か ら運用中	333 m ² /MW 83 m ² /MWh

北豊富変電所の蓄電池ベース100万kW → 0.07 km²必要
500 GW → 36 km²必要, 1 TW → 71 km²必要

EVの電池パック内の配置



conventional design



Cell-To-Pack design

メーカーの発表によれば、新しいCell-to-Packテクノロジーにより、以下が可能になった。

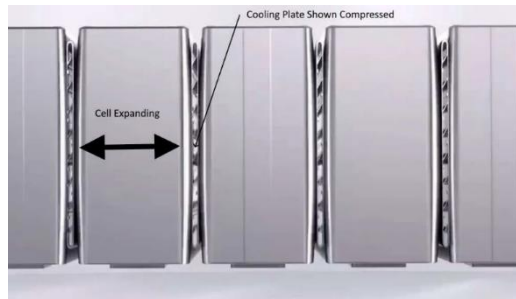
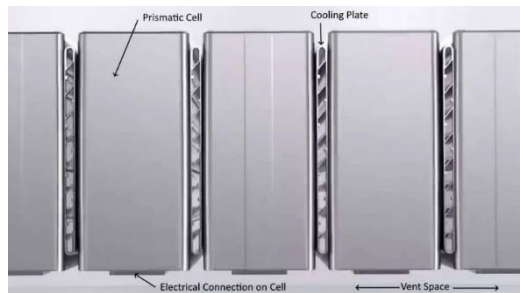
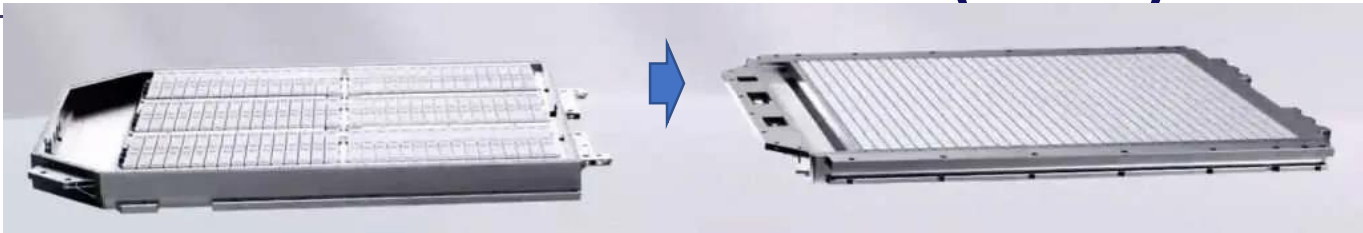
- ✓ 質量エネルギー密度が10%-15%増加
- ✓ 体積エネルギー密度が15%~20%向上
- ✓ バッテリーパックの部品点数が40%削減

- 中国BYD社 → 「ブレード・バッテリー」と呼ばれる新型バッテリーで、正極材を入れるスペースが50%広がった
- TESLA → 従来の18650セルから大幅に大型化した新しい46800セルに変更することで、16%~18%の容量増加
 - ✓ TESLAの航続距離延伸54%のうち、新規材料の寄与はわずか24%で、改善の大部分はエンジニアリングによるもの
 - ✓ 1kWhあたりのコスト削減目標56%から、1/3が材料、2/3がエンジニアリングによるもの

従来のバッテリーパックの設計(左)とセル・トゥ・パック(CTP)の設計(右)の模式図
セルは水色、筐体と制御ユニットは紺色

出所 : M. Fichtner, "Recent Research and Progress in Batteries for Electric Vehicles", Batteries & Supercaps, Volume: 5, Issue: 2, First published: 16 October 2021, DOI: (10.1002/batt.202100224)

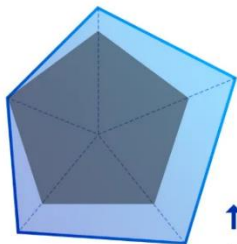
CATL Cell to Pack (CTP)



255Wh/kg
 系统能量密度 System Energy Density



安全
 Safety



4C
 快充性能
 Fast Charging

72%
 系统集成效率
 System Integration
 Efficiency

↑50%
 导热性能
 Thermal Efficiency

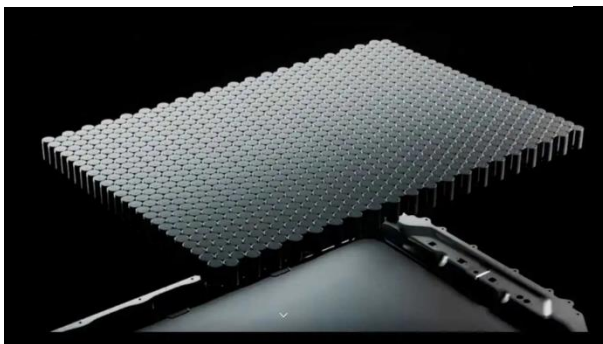
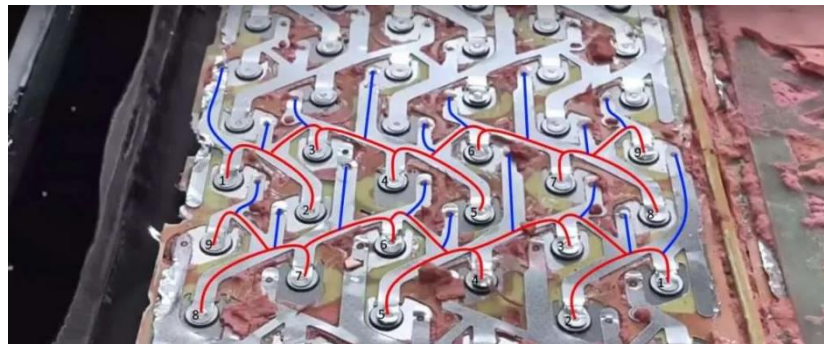
- CTP3.0 麒麟电池
- 4680

出所 : CATL Qilin CTP 3.0 - Battery Design
<https://www.batterydesign.net/catl-qilin-ctp-3-0/>

Tesla 4680 Cell



出所：Motor-FanTECH.ウェブページ, パナソニック：新型車載用リチウムイオン電池の生産設備を和歌山工場に設置
<https://motor-fan.jp/tech/article/16689/>

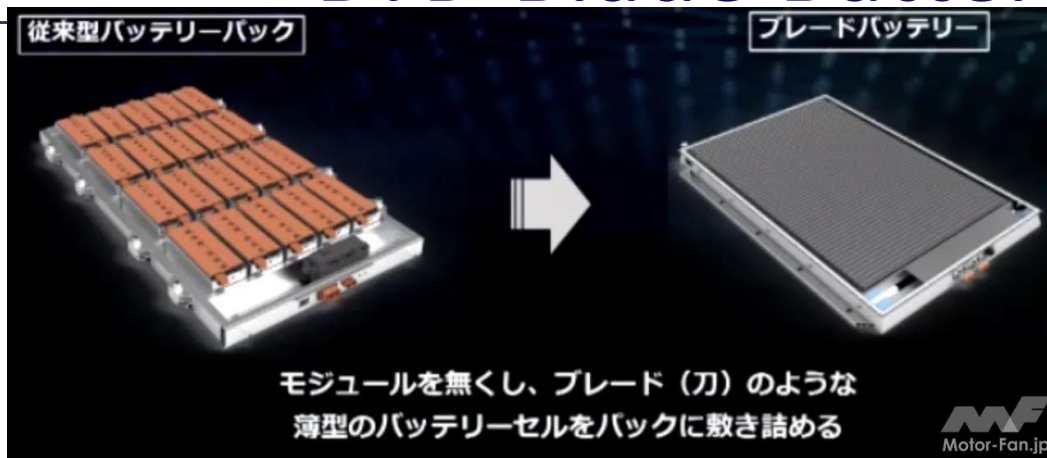


出所：Tesla Readies 4680 Battery Cell Production In California
<https://insideevs.com/news/671390/tesla-readies-4680-battery-cell-production-fremont/>



出所：2022 Tesla Model Y 4680 - Battery Design
<https://www.batterydesign.net/2022-tesla-model-y-4680/>

BYD Blade Battery



出所：Motor-Fanウェブページ、鍵はブレードバッテリー！中国のBYD 新型新型電気バス登場！J6は125.7kWh、K8は314kWh
<https://motor-fan.jp/mf/article/56618/>

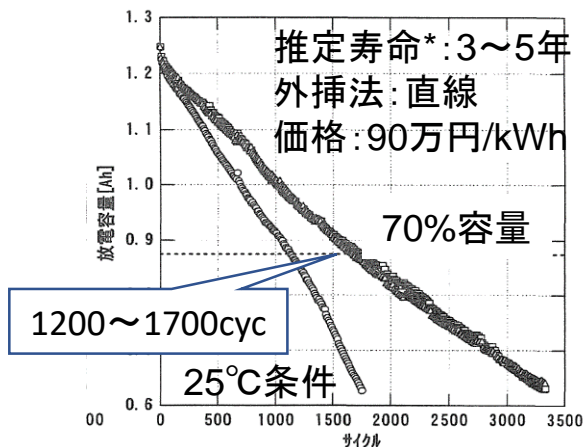


出所：BYD's revolutionary Blade Battery: all you need to know
<https://www.byd.com/eu/blog/BYDs-revolutionary-Blade-Battery-all-you-need-to-know.html>

リチウムイオン電池の寿命性能

- 実用化初期(1990年代初め)から、寿命性能は圧倒的に改善(10年以上)
- ただし、インフラシステムで活用するための十分な耐久性の確保は未検証(20年, 30年は不明)
- 用途・利用方法による違いの把握, 安全性の維持, 運用中の性能の見える化は課題

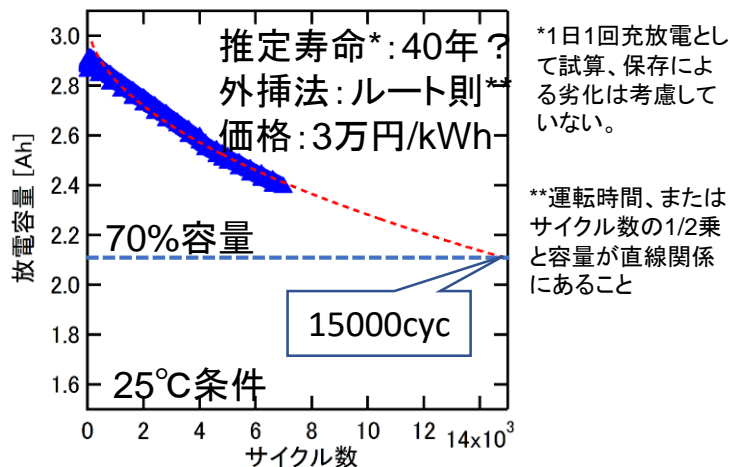
初期型(1993年製)の寿命特性



LiCoO₂/Hard Carbon系電池

出典: 電中研研究報告 T98072 (1999).

2012年製電池の寿命特性

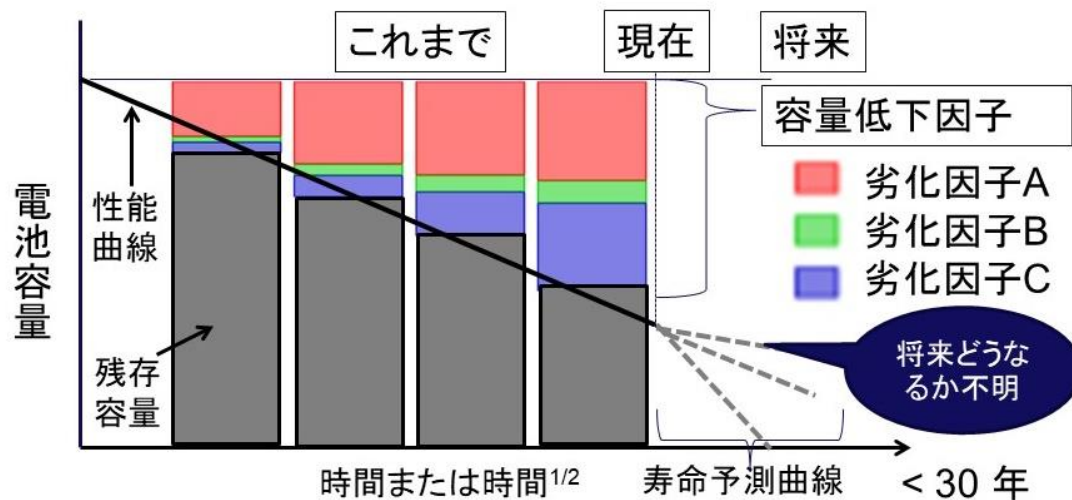
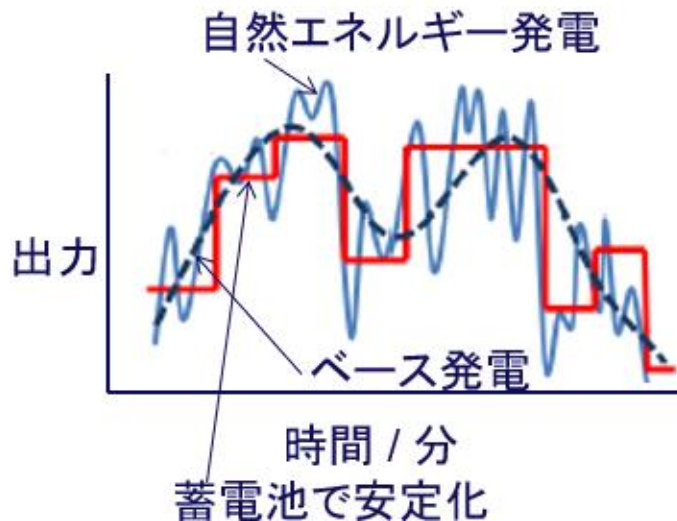


LiFePO₄/Graphite系電池

出典: 電中研研究報告 Q16001 (2017).

運用条件(電池の使い方)と電池劣化

- 電池の劣化評価技術の開発により、残存性能(価値)の見える化が必要
- 電池の性能低下は、運用条件(使い方か環境)に依存する電池の劣化の影響を受ける
 - ⇒ 例えば、再エネと組み合わせ大電流短期間充放電、や、空調管理のない環境で充放電、など
- 運用条件ごとに異なる電池劣化の因子を定量的に抽出し、モデル化
 - ⇒ 運用中の劣化診断による残存性能の把握、寿命予測、安全性低下検知 ⇒ ユーザの利用促進

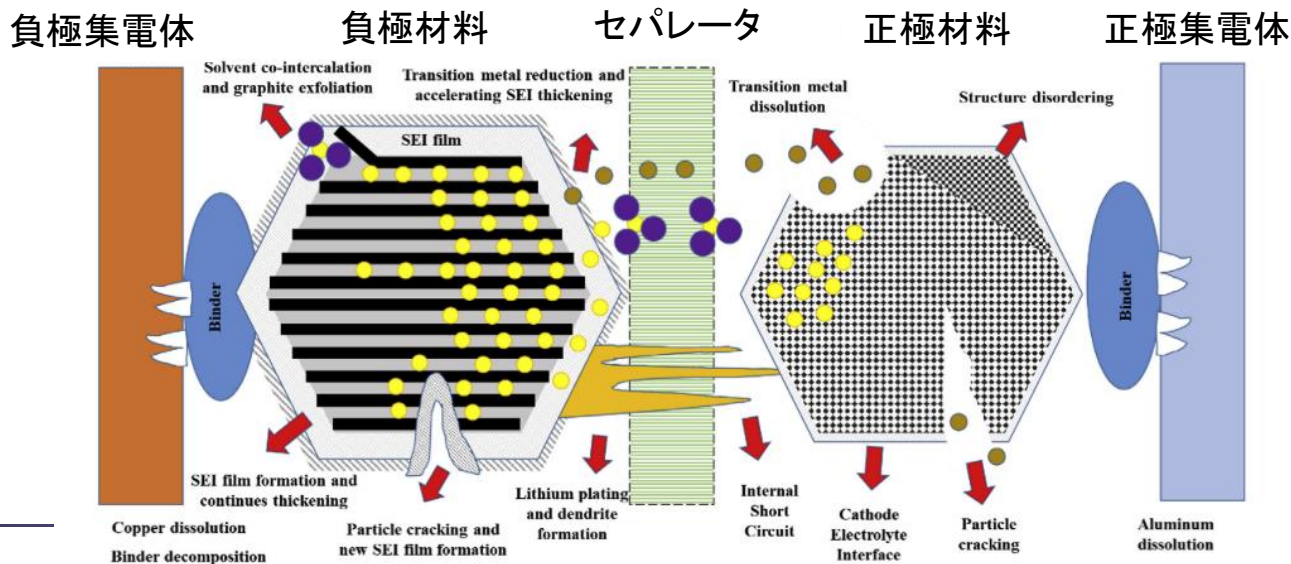


リチウムイオン電池は劣化する

- 様々な劣化の仕方が報告されている
- 劣化の仕方によっては発火等の深刻な影響を引き起こす
- ただしLIBの劣化機構は完全には明らかになっていない(電池の突然死等)
- LIBを安全・効率的・長寿命に使用するには、運用中の劣化状態を適切な評価が必要

LIBの劣化機構の模式図

出所: X. Han et al., ETransportation., 1, 100005 (2019).



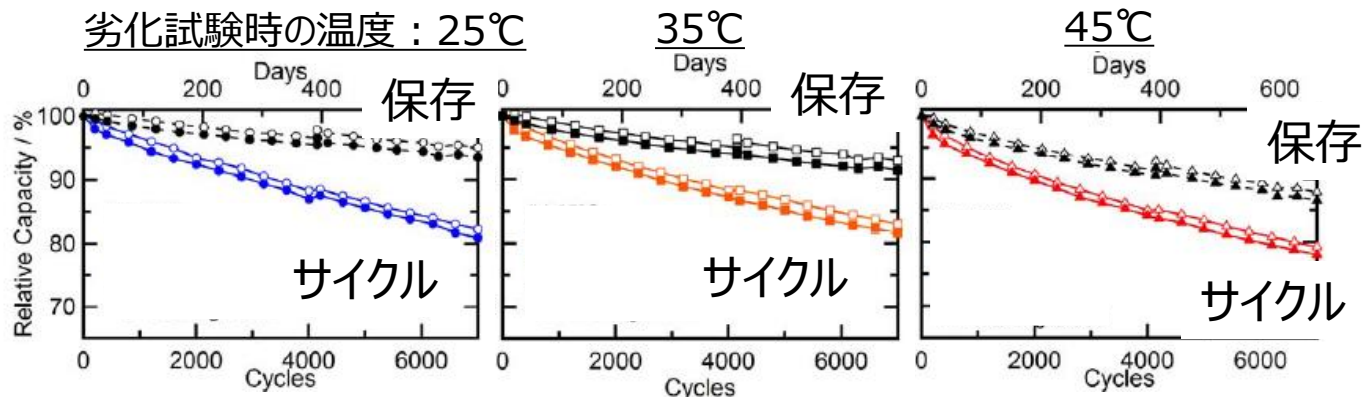
LIB寿命評価例(サイクルと保存における劣化)

- 劣化試験: 一定温度でサイクル試験と保存試験を実施
- 容量確認試験: 25°Cで充放電して放電容量等で性能を確認

当所データ: 国内メーカーLIB (LFP/Gr系, 3Ah, 小型円筒形単電池)

サイクル試験: 3A、SOC 0-100%

保存試験: SOC 50% * State Of Charge 充電状態



- ✓ 7,000サイクルで容量低下5%~20% (容量維持率95%~80%)
- ルート則に従い容量低下を確認。高温環境で劣化が加速。

海外でのリチウムイオン電池の火災事故

- 韓国(30カ所以上)、米国等でMW級蓄電池で火災事故発生
- 韓国では官民合同の事故調査委員会を設置し、事故原因および対策を公表、その後も事故発生継続
 - ✓ 温度制御・管理なし、環境温度の変動が大(低温から高温への変化)
 - ✓ 保護装置不良、LIBの製造不良、他
- 日本の国内設置蓄電池で安価な中国製、韓国製リチウムイオン電池の選択事例が増
- 日本での大規模蓄電池の事故事例はない
 - ✓ 「電力貯蔵用電池規程(JEAC5006)」準拠
 - ✓ 蓄電所の電技・解釈の改訂中

韓国Yongin変電所の蓄電システム火災(2018/10)

出所: <https://www.youtube.com/watch?v=noMG-AvnDoM>



電力貯蔵用電池の設置・運用要件

電力貯蔵用電池規程

1. 総則(一般事項、電力貯蔵用電池にかかわる関係法令)
2. 電力貯蔵用電池設備の構成(電池の構成、交直変換装置の構成、電力貯蔵用電池設備の適用形態、システム制御装置の機能)
3. 性能・構造(電池設備、交直変換装置、システム制御装置)
4. 施設条件及び運搬
5. 試験及び検査
6. 電力貯蔵用電池設備設置のための手続き
7. 管理基準

JEAC 5006-2014

JESC E0007 (2022)
日本電気技術規格委員会

電気技術規程
発電電編

日本電気協会

電力貯蔵用電池規程

(BATTERY FOR POWER STORAGE SYSTEM)

JEAC 5006 - 2022

最新法令・基準等を反映した
改訂版が2022年度末に発行

IEC TC120(電気エネルギー貯蔵システム)への展開

3. 蓄電池のコスト

蓄電池システムの導入コスト

豪州・南オーストラリア州の蓄電所(100MW-129MWh)の場合

発表: 2017/7/6、運転開始: 2017/11/23

工事費込みのシステム価格: 9600万豪ドル

(州補助、当時約75億円相当)

→ **約5.8万円/kWh**

(PCS等を含む建設費であり前ページとは異なる)

増設計画あり: 50MW-64.5MWh

出所: <https://hornsdalespowerreserve.com.au/>

<参考> 日本の業務・産業用蓄電池システムの
工事費込みのシステム価格

(系統連系設備は含まないと推察)

✓ 2019年時点: **24.2万円/kWh** [1]

✓ 2030年目標: **6万円/kWh** [2] ←←← 蓄電池産業戦略[3]でも引用あり



出所: [1]第4回定置用蓄電システム普及拡大委員会(2021/2)、https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/storage_system/pdf/004_04_00.pdf

[2]2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略(2021/6)、<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005-3.pdf>

[3]蓄電池産業戦略(2022/8)、https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/battery_strategy/battery_saisyu_torimatome.pdf40

蓄電池システムの導入コスト

日本初の蓄電所「北海道・千歳バッテリーパワーパーク」の場合

- 米国テスラが、グローバルエンジニアリング、エネ・ビジョンと協働で「北海道・千歳バッテリーパワーパーク」の建設を発表
- 電力卸市場、需給調整市場、容量市場へ参加

システム規模: 1523.8 kW-6095.2 kWh

稼働開始予定: 2022年夏頃

出所: テスラ、プレス発表資料 (2021/8/19)、
<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000009.000043349.html>

リチウムイオン電池: 中国CATL製

システム納入価格: 5万円弱/kWh

(系統連系設備費、工事費が含まれるか不明)

出所: 日本経済新聞電子版 (2021/8/19)

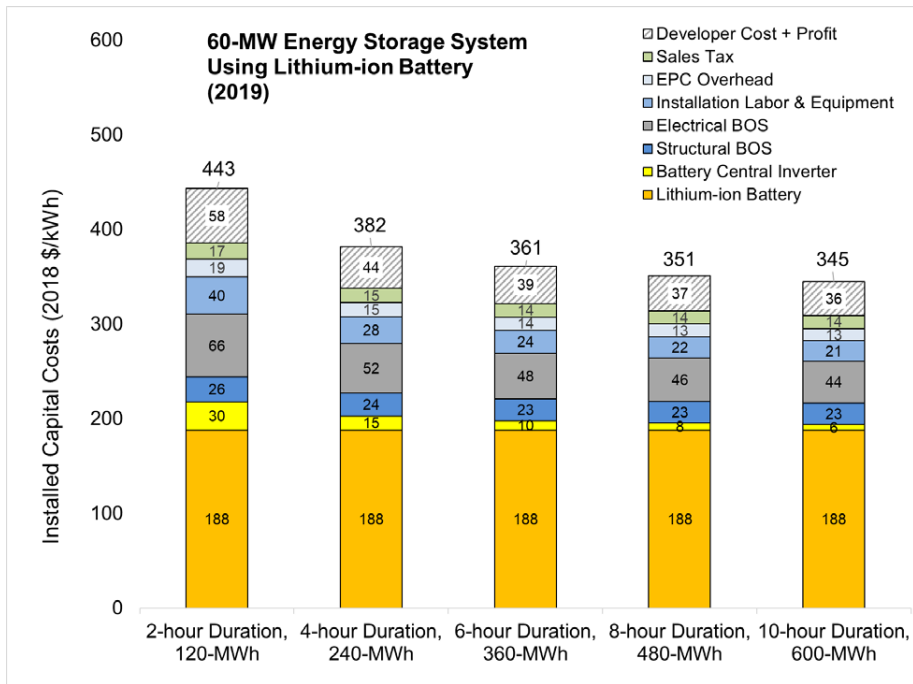
テスラが発表した日本初の蓄電所



低価格の電池調達と、ユニット化した標準システムで現地作業を省略化し、低価格化を実現と推察

蓄電池システムのコスト分析

- 米国NRELのレポート: 2019年時点の米国の系統用蓄電池のコストを分析



kWh単価

- 60 MWの系統用蓄電池を想定
- リチウムイオン電池の蓄電池システム
- 蓄電池システムのコスト内訳を分析
- 蓄電池システムの時間容量別で評価
 - ✓ 2時間容量 → 60 MW-120 MWh
 - ✓ 4時間容量 → 60 MW-240 MWh
 - ✓ 10時間容量 → 60 MW-600 MWh

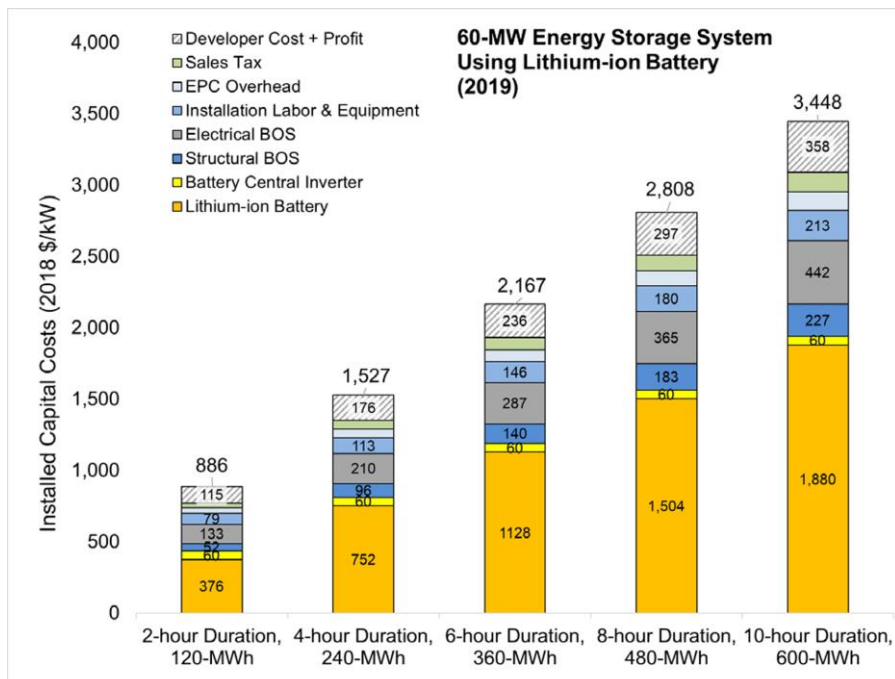
出所: Augustine, Chad, and Nate Blair. Energy Storage Futures Study: Storage Technology Modeling Input Data Report. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-5700-78694. <https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/78694.pdf>.

Figure ES-1. 2019 U.S. utility-scale LIB storage costs for durations of 2–10 hours (60 MW_{DC}) in \$/kWh

EPC = engineering, procurement, and construction

蓄電池システムのコスト分析

- 米国NRELのレポート: 2019年時点の米国の系統用蓄電池のコストを分析



kW単価

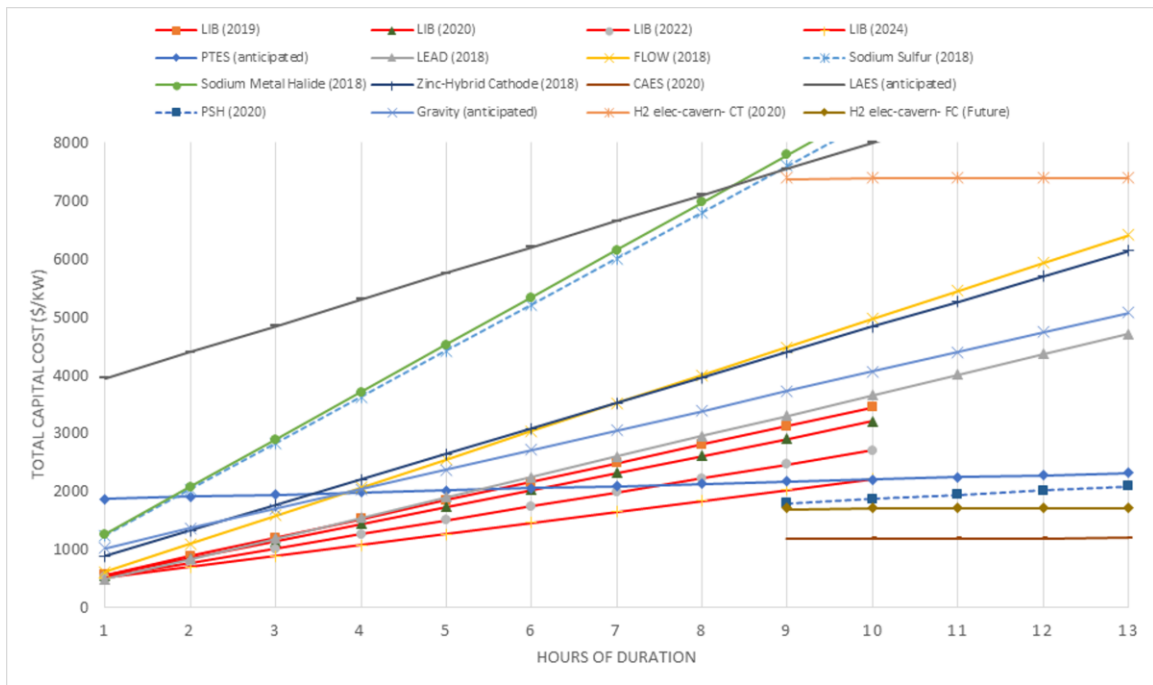
- 60 MWの系統用蓄電池を想定
- リチウムイオン電池の蓄電池システム
- 蓄電池システムのコスト内訳を分析
- 蓄電池システムの時間容量別で評価
 - ✓ 2時間容量 → 60 MW-120 MWh
 - ✓ 4時間容量 → 60 MW-240 MWh
 - ✓ 10時間容量 → 60 MW-600 MWh

出所: Augustine, Chad, and Nate Blair. Energy Storage Futures Study: Storage Technology Modeling Input Data Report. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-5700-78694. <https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/78694.pdf>.

Figure ES-2. 2019 U.S. utility-scale LIB storage costs for durations of 2–10 hours (60 MWDC) in \$/kW

各種蓄電システムのコスト分析

● 米国NRELのレポート: 様々な蓄電システムのコストを分析



100 MWのシステム導入コスト

- 様々な蓄電システムを想定
- 5年間での平準化コスト (導入コスト, 運用コスト)
- 横軸は蓄電システムの時間容量

出所: Augustine, Chad, and Nate Blair. Energy Storage Futures Study: Storage Technology Modeling Input Data Report. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-5700-78694. <https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/78694.pdf>.

Figure ES-9. Total investment cost (\$/kW) for a system with 100 MW of storage with varying durations

蓄電池システムの将来コスト見通し

- 米国NRELのレポート: リチウムイオン電池の系統用蓄電池の導入コストを予測
- 4時間容量の蓄電池 → 2030年: 245-403USD/kWh, 2050年: 159-348USD/kWh と予測

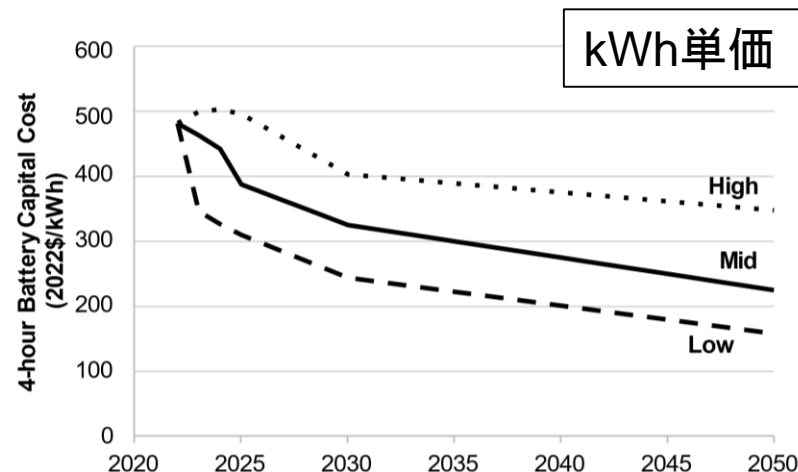
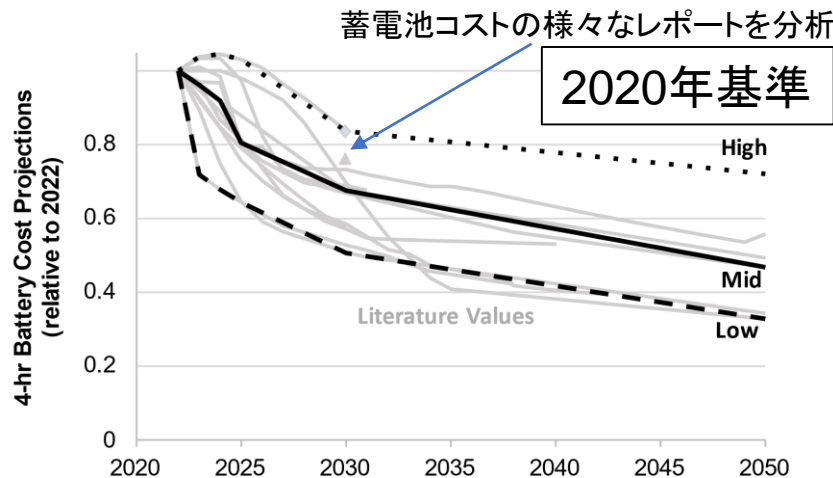


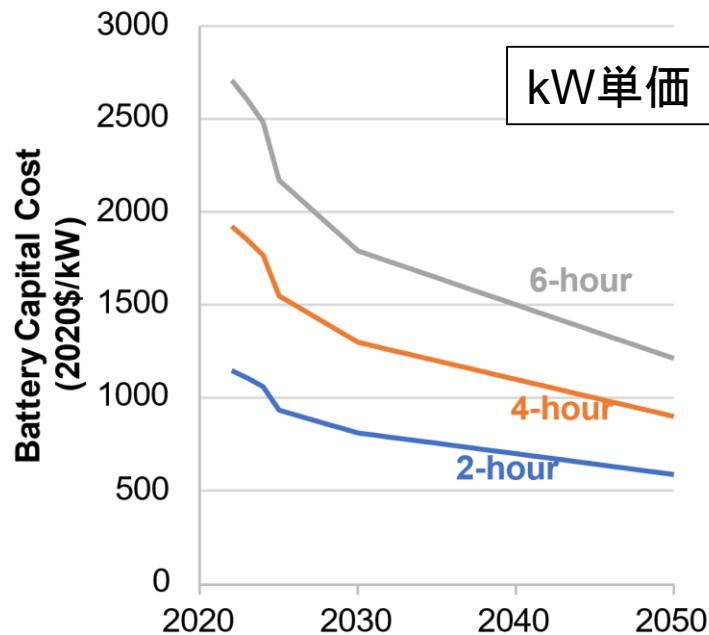
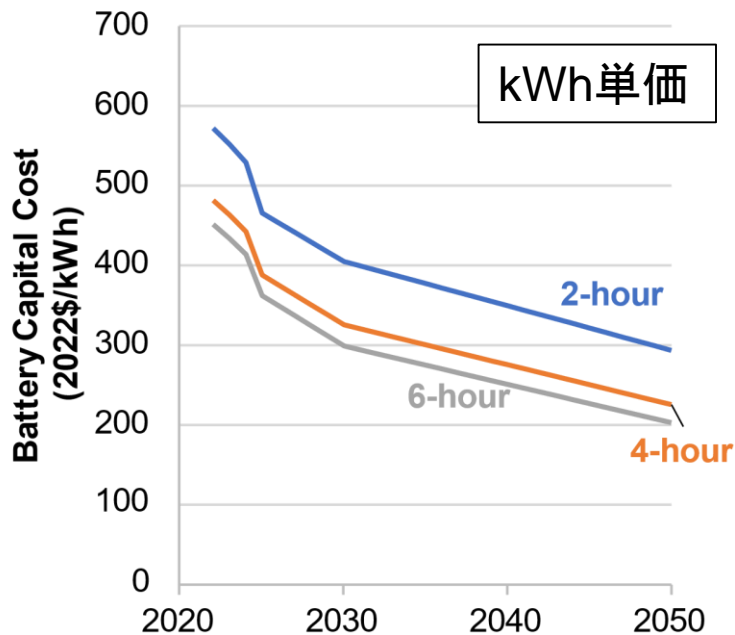
Figure ES-1. Battery cost projections for 4-hour lithium-ion systems, with values normalized relative to 2022. The high, mid, and low cost projections developed in this work are shown as bolded lines.

Figure ES-2. Battery cost projections for 4-hour lithium-ion systems.

出所: Cole, Wesley and Akash Karmakar. 2023. Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage: 2023 Update. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-6A40-85332. <https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/85332.pdf>.

蓄電池システムの将来コスト見通し

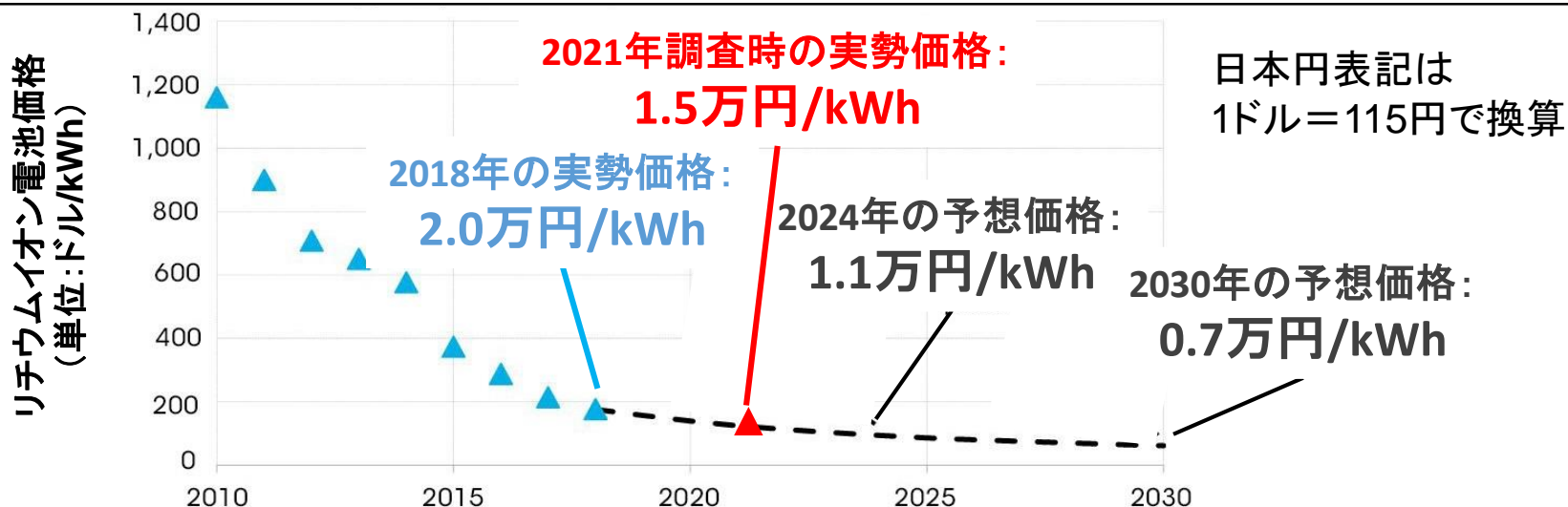
- 米国NRELのレポート: リチウムイオン電池の系統用蓄電池の導入コストを予測
 - 2,4,6時間容量の蓄電池コストも試算
- 寿命: 15年, 充放電Wh効率: 85%を想定



リチウムイオン電池（電池パック＝電池単体）の価格

- 2015年以降：世界市場形成（中国、欧州、米国） → 電気自動車用電池価格：2～3万円/kWhに
→ 中国、韓国の電池メーカーが低価格化をけん引
- 蓄電システム用電池も中国、韓国メーカーからの供給増（生産量増大）により、低価格化

電気自動車、定置用蓄電池などのリチウムイオン電池価格平均値（電力変換器を含まず）



<参考>リチウムイオン電池の材料コスト内訳

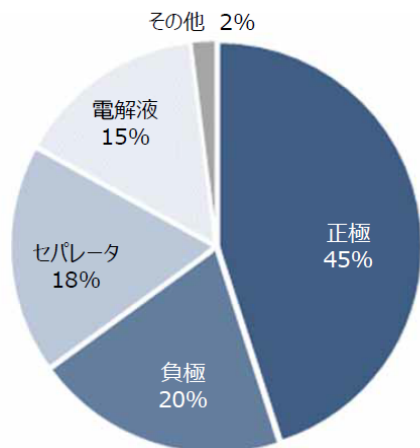
MRI

株式会社三菱総合研究所

LiB材料コスト構成（三元系）

- 三元系LiBの場合、材料コストの45%を正極材が占める。
- 正極材の材料コストの中では、特に活物質（31%）及びバインダー（36%）が大きなウェイトを占めている。

三元系LiBの材料コストの構成



部材価格

部材		部材詳細	単価
正極	正極活物質	NCM333-G (89wtg-%)	24.00 [US\$/kg]
	伝導体	カーボンブラック (6wtg-%)	6.90 [US\$/kg]
	正極バインダー	PVDF (5wtg-%)	27.60 [US\$/kg]
	正極溶剤	NMP (96wtg-%スラリー混合物)	16.56 [US\$/kg]
	正極集電体・端子	20umアルミニウム	0.74[US\$/m ²]
負極	負極活物質	天然グラファイト	14.87 [US\$/kg]
		人造グラファイト	18.00 [US\$/kg]
	負極バインダー	SBR (5.0wtg-%)	5.52 [US\$/kg]
負極集電体	12um圧延銅箔	1.66 [US\$/m ²]	
セパレータ	セパレータ	20um PP	1.84 [US\$/m ²]
		20um PVDF	4.60 [US\$/m ²]
電解液	電解液	EC/DMC/MEC-LiPF6	18.00 [US\$/kg]

部材価格は日本が所有する日本の工場のケース

出所:三菱総合研究所, 鉱物資源基盤整備調査事業(鉱物資源確保戦略策定に係る基礎調査)報告書(2018年3月)

出所) Donald Chung, Emma Elgqvist, and Shriram Santhanagopalan(2016), Automotive Lithium-ion Cell Manufacturing: Regional Cost Structures and Supply Chain Considerations, p9,20, Clean Energy Manufacturing Analysis Center に基づき三菱総合研究所作成

4. まとめ

- 世界的にカーボンニュートラルに向けて、再生可能エネルギーのさらなる導入拡大に対応するため、電力貯蔵技術の導入が拡大
- リチウムイオン電池はコスト低減により普及が拡大し、国内でも海外製蓄電池システムの導入が進んでいる
- リチウムイオン電池は可燃性の電解液を使用しているため安全性確保が必須であり、韓国等の火災事故の事例から温度管理・制御の重要性を再認識
- 現状、リチウムイオン電池の劣化診断、残存価値の評価技術を活用して最大限の活用が不可欠
- リチウムイオン電池の長期運用を目指した評価技術の開発とともに、単電池、モジュールの評価試験により実用電池の性能把握が重要

ご清聴ありがとうございました



三田裕一, mita@criepi.deken.or.jp