

◆◆◆最新調査研究資料◆◆◆

《2021 年版》

革新型蓄電池（ポスト LIB）の 実用化・研究開発動向実態調査

革新型蓄電池（ポスト LIB）の実用化動向・開発動向
の最新実態調査レポート

抜
粋
見
本



Marketing/Technology
Research & Consulting

株式
会社

グリーンビジネス研究所

はじめに

- エネルギー源としての石油系燃料から水素系燃料へ、脱炭素化の流れが加速する中で、蓄電池の重要性は増している。

日本で発明されたリチウムイオン電池(LIB)は、今やノーベル賞をとるような時代になったが、商品化には40年近くの年月がかかった。

そして、このLIBは、既存タイプのもの成熟し、全固体LIBへの移行時期にさしかかりつつある。

- 全固体LIBの先にある、革新型蓄電池(ポストLIB)の実用化に向けて各国の競争は激化しており、日本においても国家を挙げた大型プロジェクトが進行している。

蓄電池の開発は、従来は地道な実験と経験が主体であったが、今後はAIをフル活用した「マテリアルズ・インフォマティクス(MI)」による手法が主流になる可能性がある。これにより、最適な材料系の開発期間が短縮化され、革新型蓄電池の実用化に至る速度は上がると予想される。

そういう観点から考えると、革新型蓄電池における日本の優位性がいつまで維持されるかという懸念もある。

- いづれにしても、蓄電池の需要は「EV/PHV」「再生エネルギー蓄電用途」「ロボット・自動搬送機」「eVTOL(空飛ぶ車)」「コードレス家電・OA機器」等、大きく拡大することは間違いなく、そのためにはLIBを凌駕する、高パフォーマンスの革新型蓄電池の開発も必須であり、進化し続ける必要がある。

- 今回の調査では「亜鉛-空気電池、マグネシウム金属電池、レドックス・フロー電池、リチウム硫黄電池、ナトリウムイオン電池、バイポーラ型蓄電池(全樹脂蓄電池、鉛蓄電池、NiH電池)、水素・空気2次電池」が実用化又は商用化の初期段階にあることが分かった。

- 当調査研究資料では、以下の革新型蓄電池17種類について、「電池概要」「実用化動向」「大学・研究機関動向」「電池討論会動向」「関連特許動向」の各調査を、ヒアリングをベースとして実施致しました。

- ①亜鉛-空気電池 ②リチウム-空気電池 ③マグネシウム金属電池 ④レドックス・フロー電池 ⑤リチウム硫黄電池 ⑥フッ化物イオン電池(ハロゲン化物電池)
- ⑦ナトリウムイオン電池 ⑧コンバージョン電池 ⑨バイポーラ型蓄電池
- ⑩カリウムイオン電池 ⑪有機電池 ⑫デュアルカーボン電池/デュアルイオン電池
- ⑬アルミニウムイオン電池 ⑭水素・空気二次電池 ⑮カーボン亜鉛ハイブリッド蓄電池
- ⑯量子電池 ⑰AC電池

- 当調査研究資料が、革新型蓄電池開発に係わる、「企業」「大学・研究機関」などの方々には有益なる情報としてお役に立てれば幸いです。

- 当該調査は、大学/研究機関、企業へのヒアリング調査をベースに実施したものです。今後共、革新型蓄電池関連の技術・研究開発動向、市場動向の実態の調査研究を続けていく所存であります。

最後に、当資料作成にあたって快く取材に応じて下さった、各大学・研究機関・諸団体・企業の皆様に末筆ながらお礼申し上げます。

目次. 1

【調査のまとめ・分析】-----	(1)
1. 亜鉛-空気電池 -----	(23)
2. リチウム-空気電池 -----	(38)
3. マグネシウム金属電池-----	(57)
4. レドックス・フロー電池-----	(76)
5. リチウム硫黄電池-----	(91)
6. フッ化物イオン電池(ハロゲン化物電池)-----	(111)
7. ナトリウムイオン電池 -----	(123)
8. コンバージョン電池 -----	(149)
9. バイポーラ型蓄電池(①鉛蓄電池 ②全樹脂電池 ③ニッケル水素電池)-----	(154)
10. カリウムイオン電池 -----	(166)
11. 有機電池 -----	(175)
12. デュアルカーボン電池/デュアルイオン電池 -----	(187)
13. アルミニウムイオン電池 -----	(193)
14. 水素-空気二次電池 -----	(199)
15. カーボン亜鉛ハイブリッド蓄電池【日本触媒(株)】-----	(206)
16. 量子電池【グエラテクノロジー(株)】-----	(210)
17. AC電池【AC Bio de(株)】-----	(214)

目次. 2

《調査項目(各、革新電池共通)》

A. 電池概要調査編

1. 仕組み/特長

- ①基本構造イメージ ②セル電圧 ③重量エネルギー密度 ④体積エネルギー密度
⑤サイクル寿命 ⑥使用温度範囲 ⑦適用用途

2. 主要材料

- ①正極材料 ②負極材料 ③電解質

3. 製造方法

4. 主な開発課題

B. 実用化動向調査編

※) 試作レベルも含む

1. 実用化概況

2. 参入メーカー一覧

3. 各社の商品動向

4. 材料動向

5. 適用用途/実用化用途/ターゲット用途

6. 問題点と対策

7. 各社の大学/公的研究機関との連携状況

C. 大学・研究機関動向調査編

1. 大学・研究機関・研究者一覧

2. 研究開発内容

3. 大学/研究機関・民間企業との連携動向

D. 電池討論会動向編 (第58~60回)

1. 当該革新電池大学・研究機関・研究者一覧

2. 発表テーマ一覧

E. 関連特許動向編 (2018~2020年)

1. 発明の名称 2. 公開番号 3. 出願日 4. 公開日 5. 出願人

●今までのLIBの限界

①安全性の限界

⇒安全性とエネルギー密度はトレードオフの関係にある。

※) 全固体化により発火リスクは比較的低くなる。

②エネルギー密度の限界

⇒NCA や NMC 等の Ni 系正極による高容量化はあと数年可能だが、2020 年前半には、現行 LIB の性能向上の限界が来る見通し。

※) ・Li 過剰系正極・Si 系負極による高容量化、高濃度電解液による高電位化等の高性能化は進展する。

・重量エネルギー密度の理論限界値：662Wh/kgであり、ガソリン燃焼時の 12500Wh/kgより大きく劣る。

③材料コストの限界

⇒LIB の価格が、2012 年の 7~10 万円/kWh から、2020 年は 2 万円/kWh 程度になった。

現在、電力系統向けの定置型大容量 LIB の需要増から、LIB の低価格のニーズが高まっている。それに逆行するように、Li、Co の価格が上昇しており、今後 Li、Co の争奪戦になる可能性がある。

●LIBを超える、革新型電池が必要

①革新型電池(ポストLIB)の主原料は「Na, Zn, Mg」等価格が安く、資源量が豊富で生産量も多い。今後、EV の需要が急伸してもこれらの原料価格の高騰の可能性は低い。

②すべてに使える万能な蓄電池はなく、用途に合わせた蓄電池の更なる性能向上が不可欠。

③革新型電池の実用化に必要な技術

⇒材料系の確立

⇒量産技術の開発

⇒蓄電池の監視・制御技術開発

・即時性のある計測技術

・内部の作動原理に基づいた状態推定技術

⇒計測・解析技術開発

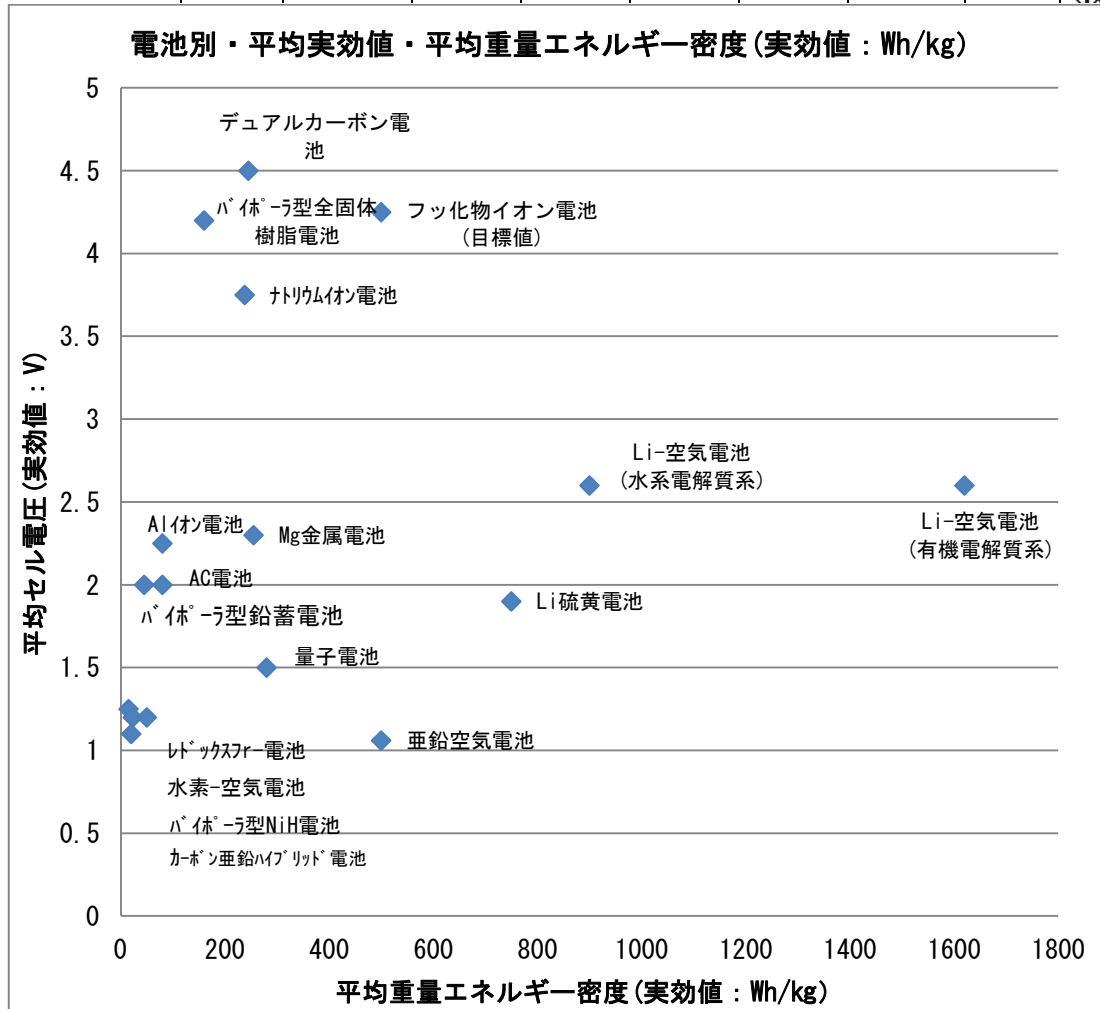
・メカニズムの解明には、計測技術やシミュレーションなどの解析技術の開発、実証が必要。

③重量エネルギー密度「500Wh/kg」を「革新型蓄電池」の開発を目的とする。

※) RISING(革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発)では、2030 年までに EV でガソリン車並みの航続距離を実現することを目標としている。

1. 革新型蓄電池の主なスペック(弊社調査)

電池種類	セル電圧(V) [平均]		重量エネルギー密度(Wh/kg) [平均]		体積エネルギー密度(Wh/L) [平均]		充放電回数	使用温度範囲(°C)	主な用途
	理論値	実効値	理論値	実効値	理論値	実効値			
亜鉛-空気電池	1.65	0.9~1.2 [1.05]	1350~ 1370 [1360]	実用レベル: [有機系電解質系] 500	6100 実用レベル: 1400		100~ 5500(10)	-10-50	・ドローン ・モバイル機器 ・補聴器 ・EV/PHV ・電動バイク ・バックアップ電源
リチウム-空気電池	2.96	2.5~2.7 [2.6]	[有機系電解質系] 3600 [水系電解質系] 2000	実用レベル: [有機系電解質系] 1440 ~ 1800 [1620] [水系電解質系] 800 ~ 1000 [900]	[有機系電解質系] 4300 ~ 4400 [4350] [水系電解質系] 3400	[有機系電解質系] 1720 ~ 2200 [1960] [水系電解質系] 1360~ 1700 [1530]	数10~ 100	-20-45	・ドローン ・空中基地局 ・EV/PHV ・小型民生機器 ・スマートグリッド
マグネシウム金属電池	2.3	埼玉県産業技術総合センタ		埼玉県産業技術総合セ			埼玉県産業技術総合セ	室温~ 150	・IoT ・センサ



蓄電池
容量

1. 電池概要

1) 仕組み/特長

概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 亜鉛が水酸化イオンを介して酸素と結びついて酸化亜鉛になる時のエネルギーを活用するもの。 ・ 正極に空気中の酸素、負極に亜鉛を使用する。 ・ 電解液は、アルカリ金属水酸化物、水酸化カリウムを用いる。 ・ 理論的なエネルギー密度はLIBより大きく、安価で安全な電池を作ることができる。 <p><メカニカルチャージ型(機械的充電型)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 放電終了後の亜鉛を含む電解液を回収し、セルには新しい亜鉛負極を供給する方式。
特長	<p>長所</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 軽量(正極が空気のため)、小型化できる ・ 重量エネルギー密度が高い⇒実用LIBの約2倍 ※)体積エネルギー密度も約2倍 ・ 資源としての亜鉛が豊富でコストも低い ⇒レアアースを使う他の電極の1/5程度のコスト ・ 電解液に水を使用するため、安全性が高い

3) 製造方法イメージ

日立造船(株)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 空気極の触媒に、導電性酸化物セラミックス(La系ペロブスカイト型酸化物)を使用し、電池の大型化に適した円筒型蓄電池。 ・ 電解液は、KOH濃度が4.5M~7.5Mの範囲の水溶液を用いて製作。 ・ 運転温度90°Cの条件下にて、0.7Vで、放電電流80mA/cm²、出力密度0.055W/cm²の放電特性を示した。 ・ 500回の充放電サイクル試験を行い、劣化率は5%以下。 <p>①押出成形法にて、空気極支持管を作成し、その外表面に(La, Sr)(Co, Fe)O_{3-x}をスラリーコート法にて触媒層を成膜し、円筒型空気極を作成する。</p> <p>②銅ロッドを基盤として亜鉛を電析コーティングし作製した負極を円筒型空気極の内側に設置する。</p>
大阪府立産業技術総合研究所	<p><正極の作製：電解処理法></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 無機溶媒中で貴金属を陽極、導電性基板を陰極として定電流電解すること

5) 開発動向

日本触媒(株)	<ul style="list-style-type: none"> ・ Ni 亜鉛電池、空気亜鉛電池の寿命を伸ばす亜鉛電極の開発。 ⇒電極に特殊なイオン交換膜(アニオン伝導膜)を貼り、電極の形態変化を防ぐ。 アニオン伝導膜を電極表面に接着すると、発生した亜鉛酸イオンが電極表面から移動できず、デンドライドが成長しない。 又、電極素材の亜鉛に複数の有機物、金属を加えて電流がスムーズに流れるようにして、デンドライドの発生を抑制している。 これにより、充放電回数は、100回以上の実験結果を得ている
京都大学	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高活性な正極触媒(活性比:白金触媒の2.5~5倍)の開発(2014/5)。 ⇒グラフェンシート上に活性サイト(金属原子)を集積した「グラフェン型多核錯体」で高活性を実現。 ⇒適用用途は、電動車両(EV, 電動バイク), ウェアラブルデバイス

2. 実用化動向

※) 試作レベルも含む

1) 実用化概況

日本触媒(株)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2021 年中に電極のサンプル出荷予定 ⇒空気亜鉛電池や Ni 亜鉛電池の寿命を 10 倍以上伸ばす亜鉛電極を開発： 亜鉛電極に特殊なイオン交換膜を貼り、短寿命の原因となる電極の形態変化を防ぐことで大幅に電池寿命の延命化を図ることができる。
AZUL Energy(株)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 正極用の*鉄系顔料触媒の開発 <ul style="list-style-type: none"> *) 青色染料を使用したもの ⇒亜鉛空気 1 次電池の開発： <ul style="list-style-type: none"> ・ 小型電池(ウェアラブル, IoT 等)向けに、2022~2023 年に実用化予定。 ドローン等の中容量電池は、2023~2024 年に実用化予定。 ⇒亜鉛空気 2 次電池の開発： <ul style="list-style-type: none"> ・ セパレータ、デンドライトなど開発課題が大きいことから、電池自体の実用化は 2025 年以降になると予想している。

2) 参入メーカー一覧

参入メーカ	本社所在地	TEL	URL
EOS エナジーストレージ(米)	3920 Park Avenue Edison, NJ 08820	+1-732-225-8400	https://eosenergystorage.com/
Electric	Western	+972-2-990-6666	https://electric-fuel.com/contact-2/

3) 各社の商品動向

(1) EOS エナジーストレージ(米)

①基本スペック/販売価格

特長	・ 独自の電解液・緩衝材を活用し、亜鉛の酸化還元反応を高めている。
商品名	Eos Aurora 150 600 DC Battery System
出力	150 kW
容量	600kWh
システム電圧	600~980V (DC)
販売コスト	<ul style="list-style-type: none"> ・ 600kWh : 1056 万円(目標) ・ 2015 年 : 500~800 ドル(55000~88000 円) / kWh

3. 各社の大学/公的研究機関との連携状況

	民間企業	大学/公的研究機関	連携状況
サイクル寿命 使用温度範囲	AZUL Energy(株)	東北大学 材料科学高等 研究所	燃料電池、金属-空気電池において、高性かつ高耐久性を示す鉄系顔料触媒の開発。 ⇒軽量で高エネルギー密度、かつローコストの電池の実現が可能 ※) AZUL Energy(株)は、東北大学ビジネスインキュベーション・プログラムとセンター・イノベーション・プログラム東北拠点からの支援を受け

4. 大学・研究機関動向

※) 略、敬称(以下同様)

研究機関名 部署 研究者	研究概要	共同研究先
産業技術総合研究所 産総研 京大エネルギー化学材料オープンイノベーションラボラトリ (Chem-OIL)	<ul style="list-style-type: none"> 京都大学の先端材料シーズ (多孔性錯位高分子(MOF/PCP)、電解質、金属ナノ粒子触媒など) と、産業技術総合研究所の機能界面構築や電気化学デバイス化技術を結合させ、従来になかったエネルギー変換、エネルギー貯蔵技術の開発を目指します。産学官ネットワークの構築により、民間企業の参画による「橋渡し」につながる目的基礎研究を強化し、革新的エネルギー化学材料技術の実用化のために必要な基盤技術・材料、電解質材料、触媒材料・電極設計及びデバイス化技術に関する基礎・応用研究。 充放電劣化を抑制した亜鉛空気電池用電解質の開発(2019/7/4) ⇒揮発性とデンドライト形成の抑制により電極の劣化を防止 	<ul style="list-style-type: none"> 京都大学 京都大学 エネルギー化学研究科 松本 一彦 准教授

5. 電池討論会動向編 (第58~60回)

同志社
大学院
環境工
盛岡正

区分 日 海 本 外	討論会			発表テーマ	発表者 *)略、敬称	
	第58回	第59回	第60回		民間企業	大学・公的研究機関
●		●		亜鉛空気電池ハーフセルの負極反応TEMオペラント観察		<ul style="list-style-type: none"> ファインセラミックセン 東京大学
●			●	ブラウンミラー型 $\text{Ca}_2\text{FeCoO}_5$ の OER 電極触媒活性相の同定		北海道大学 大学院工学部 合化学院
●	●			ペロブスカイト型 $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Mn}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_3$ ($x=0-0.5$) の酸素還元電極触媒活性の評価		北海道大学 大学院 工 究院
●		●		Fe/Co 複合メリライト型酸化触媒の開発と酸素発生反応活性		<ul style="list-style-type: none"> 神奈川大学 北海道大学
●	●			亜鉛-空気二次電池用空気電極のPt 修飾NaCo2O4 触媒の酸素発生反応活性評価および適用		岩手大学 大学院 工学 科
●	●			アルカリ電解質を用いたOERにおけるペロブスカイ		岩手大学 大学院 理工学

6. 国内関連特許動向 (2018~2020年)

公開番号	出願日(年月)	出願人 (略、敬称)	発明の名称
	公開日(年月)		
特開2020-038763	2018/9	日本碍子	負極及び亜鉛二次電池
	2020/3		
特開2019-128987	2018/1	日本碍子	亜鉛二次電池
	2019/8		
特開2019-117780	2018/3	日本碍子	亜鉛二次電池用負極構造体
	2019/7		
特開2019-106351	2018/3	日本碍子	亜鉛二次電池
	2019/6		
再表2019/077953	2018/9	日本碍子	亜鉛二次電池