

2025年度第7回講演会

リチウムイオン電池(セル)の課題と技術動向
～電氣的性能と安全性の観点から～

2025年10月28日

合同会社LIBCON

技術顧問 加藤尚之

目 次

1. 二次電池概論

- 1-1 二次電池の種類と分類
- 1-2 二次電池の特徴
- 1-3 リチウムイオン電池の特徴と構造
- 1-4 リチウムイオン電池の変遷

2. リチウムイオン電池の技術動向

- 2-1 開発動向
- 2-2 市場動向
- 2-3 定置用(ESS)電池の動向

3. リチウムイオン電池の技術課題

- 3-1 エネルギー密度
- 3-2 安全性
- 3-3 コスト
- 3-4 充電時間
- 3-5 寿命

4. 電池性能

- 4-1 電気的特性
- 4-2 材料との関係
- 4-3 特性劣化要因
- 4-5 安全性
- 4-6 品質信頼性

5. まとめ

ESS用途に適した電池

6. 追加資料

ナトリウムイオン電池

電池の種類（代表的な化学電池）

電池系		負極活物質	電解質	正極活物質	公称電圧
一次電池	マンガン乾電池	Zn	$\text{NH}_4\text{Cl} \cdot \text{ZnCl}_2$, または ZnCl_2	MnO_2	1.5
	アルカリ乾電池	Zn	KOH	MnO_2	1.5
	ニッケル系乾電池	Zn	KOH	$\text{NiOOH} + \text{MnO}_2$	1.5
	酸化銀電池	Zn	KOH, またはNaOH	Ag_2O	1.55
	空気電池	Zn	NH_4Cl , KOH, またはNaOH	空気(O_2)	1.3, 1.4
	リチウム電池	Li	$\text{LiBF}_4(\text{BL})$, または $\text{LiClO}_4(\text{PC}+\text{DME})$	$(\text{CF})_n$ または MnO_2	3.0
二次電池	鉛蓄電池	Pb	H_2SO_4	PbO_2	2.0
	ニカド電池	Cd	KOH	NiOOH	1.2
	ニッケル水素電池	MH	KOH	NiOOH	1.2
	リチウムイオン電池	Li_nC	$\text{LiPF}_6(\text{PC}, \text{EC}, \text{DMC} \text{等})$	LiCoO_2	3.7

→ 非水溶媒だから
Li使用可能

→ 非水溶媒だから
Li使用可能

電池の動作原理-1

化学電池とは何か？

酸化還元反応を電気エネルギーへ変化するデバイス

電池の持つエネルギーは何で決まる？

エネルギー(Wh) = 容量(Ah) × 電圧(V)

容量、電圧は何で決まるのか？

電池の動作原理-2:電気容量

ファラデーの電気分解の法則

$$W = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n} \cdot I \cdot t_{(s)} \quad \dots \quad \textcircled{1}$$

W 反応量(活物質質量)(g),

I 電流(A),

$t_{(s)}$ 時間(s),

M 活物質の原子量(g mol⁻¹),

n 活物質1原子当りの反応電子数,

F ファラデー定数* (C mol⁻¹)

*ファラデー定数 = $1.6 \times 10^{-19} \times (6.02 \times 10^{23}) = 96485 \text{ C mol}^{-1}$

電気容量(Ah)

〔電気容量〕=〔電流〕×〔時間〕なので、①式を変形して、

$$I \cdot t_{(s)} (As) = \frac{n}{M} \cdot F \cdot W \quad \dots \quad \textcircled{2}$$

通常は1時間当りの電気量で表すので、

$$I \cdot t_{(h)} (Ah) = \frac{1}{60^2} \cdot I \cdot t = \frac{1}{60^2} \cdot \frac{n}{M} \cdot F \cdot W \quad \dots \quad \textcircled{3}$$

単位重量当たりの容量は以下の通りに変形できる

$$\underline{I \cdot t(h) / W = (1/3600) \times 96485 \times (n/M)} \quad \dots \quad \textcircled{4}$$

活物質の原子量が小さいほど、反応電子数が大きいほど、電気容量は大きくなる。

1molの活物質が1電子反応すると、 $96485/3600=26.8\text{Ah}$ 相当の電気容量を示すのである。

電池の電圧の求め方

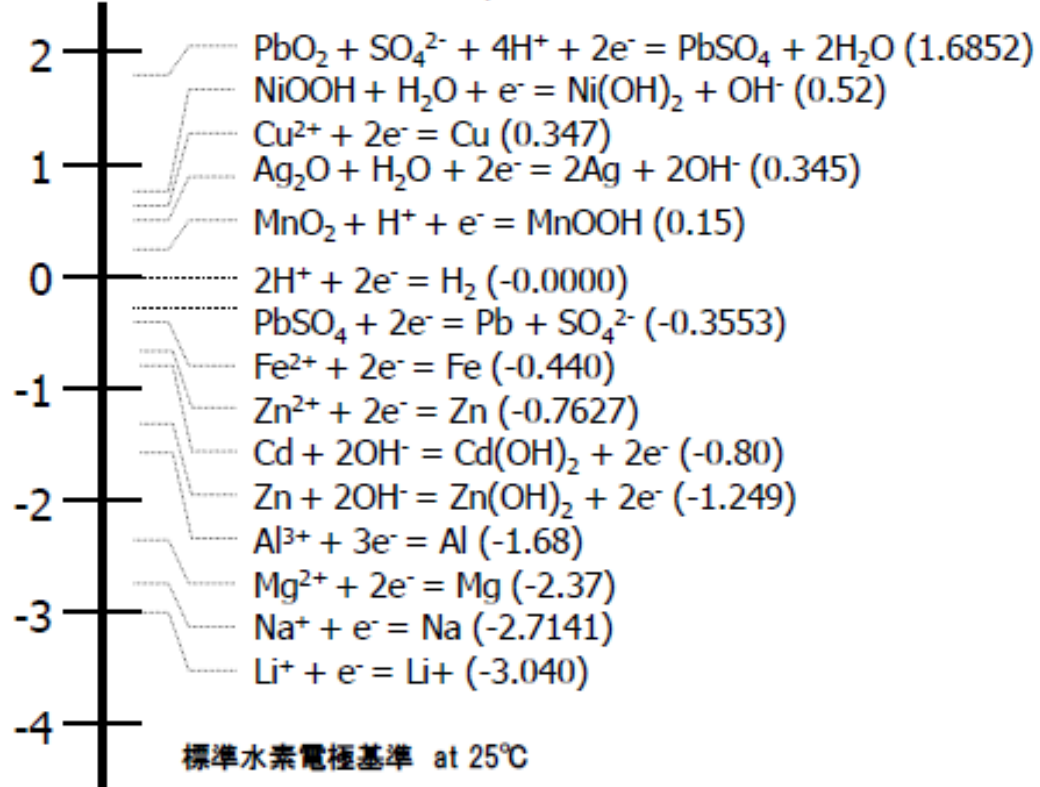
電池の電圧～正極と負極の電位差

正極電位はより高く
負極電位はより低く

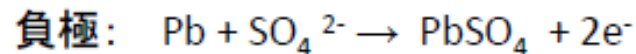
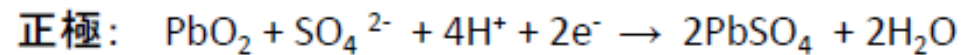


電圧は高くなる

水溶液系の標準電極電位 / V



例: 鉛蓄電池



$$E_0 = \varphi_{\text{PbO}_2} - \varphi_{\text{PbSO}_4} = 1.69 - (-0.36) = 2.05\text{V}$$

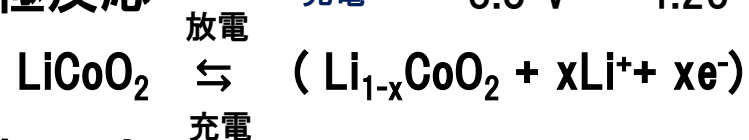
リチウムイオン電池の特徴(その1)

Lithium Ion Battery (LIB)

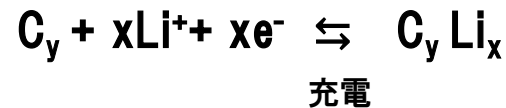
• 充放電反応(全反応式)



- 正極反応 充電 $3.8 \text{ V} \sim 4.25 \text{ V (vs. Li/Li}^+)$



- 負極反応 放電 $1.0 \text{ V} \sim 0.05 \text{ V (vs. Li/Li}^+)$

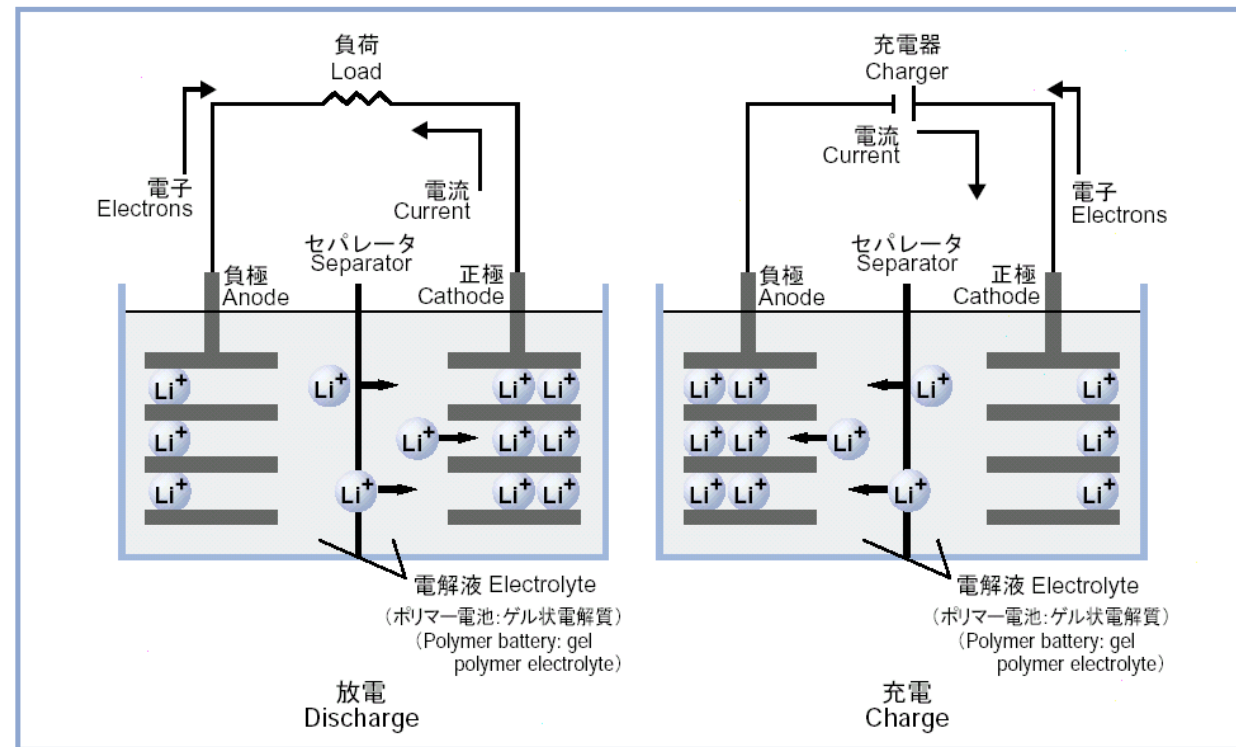


リチウムイオン電池とは？

- ロッキングチェア型電池
- インターカレーション(挿入・脱離反応)型電池

充電: 正極からリチウムが脱離する
負極にリチウムが挿入される

放電: 正極にリチウムが挿入される
負極からリチウムが脱離する



特徴1

- リチウムイオン電池の電圧が高い
- エネルギー密度が大きい
- 電池の使用本数を減らせることが可能
- 小型化・軽量化を実現

世界(地域)のリチウムイオン電池メーカーの変遷

【日本】

1991年の商品化に始まり、2005年までは、ソニー、Panasonic、三洋がTop3を形成しポータブル市場を牽引した。まだ韓国も三星、LGCがビジネスを開始したばかりで、日本勢が有利な時代であった。しかし、その後リーマンショックで日本勢は量産投資が消極的になったが、韓国の三星やLGCは、大規模で生産性の高い設備の投資を積極的に行い、コストダウンによって日本勢のシェアを奪う結果となった。韓国財閥系の経営判断のスピードが功を奏した。

車載市場では、日産とNECでAESC、三菱自動車とGSがLEJ、ホンダとYuasaがブルーエナジーのEVセルの供給を開始したが、AESC以外は積極的な生産拡大をしてこなかった。トヨタはニッケル水素のプリウスに集中し、日本のEV市場は本気度が低いと言わざるえない。

【韓国】

LIBの開発量産では日本に遅れたが、リーマンショック後には、日本に追いつき追いこせをスローガンに資源(人、物、金)を集中した。2010年前半にはEV市場にも積極的に車メーカー(海外)と共同開発するようになり、世間からは技術的にも信頼されるようになってきた。この時代は日本から電池エンジニアだけでなく、材料(正極、負極、電解液、セパレータ)エンジニアの引き抜きを行い、自社の技術レベルを上げていった。その後、EV電池では韓国も日本と同様に中国に追いつき追いこされて、苦しい状況である。韓国からも中国への技術流入が問題となっている。

世界(地域)のリチウムイオン電池メーカーの変遷

【中国】

2010年以降BYD、ATL、BAK、天津力神が小型民生用電池市場に頭角を現し、コストを武器にシェアを拡大した。この時期になると小型LIBは特別なものではなく、性能も日本、韓国品と変わらずコストが安く魅力的な電池に成長した。日本品はコストで全く競争力を失った。並行して車載用電池はCATL、BYDがTop2として中国国内を引張、政府の方針とうまく合致し、大きな成長を遂げた。さらに、セルメーカーだけでなく、中国の材料メーカー、装置メーカーも技術力を上げて、主要4材料すべての部材で海外に輸出するレベルまで成長した。

装置メーカーも前工程から後工程まですべてのプロセスを提供できるメーカーもある。一方日本や韓国では、プロセス単体のメーカーしかなく、すべてのプロセスを提供できるのは中国のメーカーだけである。

【欧州】

欧州の自動車メーカーから巨額な投資を背景に、Northvolt、BritishvoltのようなGigaFactoryが誕生し、期待されらプロジェクトであった。しかし、最近Northvoltが破産申請をし資金繰りに困っているようである。一番の原因は、LIBの基盤技術がなく有能な生産技術や製造の人材がないので、中国から箱物だけを購入し設置はしたが、その設備を生産に流す工程技術や品質管路が全く対応できない。その結果、歩留がなかなか上がらなかったようだ。いきなり量産設備を導入し立ち上げようとしたことが敗因と考える。

目 次

1. 二次電池概論

- 1-1 二次電池の種類と分類
- 1-2 二次電池の特徴
- 1-3 リチウムイオン電池の特徴と構造
- 1-4 リチウムイオン電池の変遷

2. リチウムイオン電池の技術動向

- 2-1 開発動向
- 2-2 市場動向
- 2-3 定置用(ESS)電池の動向

3. リチウムイオン電池の技術課題

- 3-1 エネルギー密度
- 3-2 安全性
- 3-3 コスト
- 3-4 充電時間
- 3-5 寿命

4. 電池性能

- 4-1 電気的特性
- 4-2 材料との関係
- 4-3 特性劣化要因
- 4-5 安全性
- 4-6 品質信頼性

5. まとめ

ESS用途に適した電池

6. 追加資料

ナトリウムイオン電池

リチウムイオン電池の開発動向

ポスト-リチウムイオン電池は何か？

現在、リチウムイオン電池が主流であるが、今後、どのような次世代型蓄電池へと進化するかは模索中である

2系統の流れ

進化系リチウムイオン電池

- ・従来と異なる材料の採用
(正極材、負極材、電解液、セパレータ)
- ・全固体電池
(硫化物系、酸化物系、高分子系)
- ・半固体電池
(ゲル状電解液、ドライ電極etc.)

革新系二次電池

開発レベル

- ・ナトリウムイオン電池
 - ・カリウムイオン電池
 - ・多価イオン電池
 - ・リチウム硫黄電池
 - ・金属負極電池
 - ・空気電池
 - ・フッ化物電池
- インターカレーション反応
- 溶解・析出反応(デンドライト問題)
- コンバージョン反応

高性能蓄電池の実現に向けては、材料の組み合わせだけでなく、製造プロセスや生産技術等の革新技术の開発が課題である

目 次

1. 二次電池概論

- 1-1 二次電池の種類と分類
- 1-2 二次電池の特徴
- 1-3 リチウムイオン電池の特徴と構造
- 1-4 リチウムイオン電池の変遷

2. リチウムイオン電池の技術動向

- 2-1 開発動向
- 2-2 市場動向
- 2-3 定置用(ESS)電池の動向

3. リチウムイオン電池の技術課題

- 3-1 エネルギー密度
- 3-2 安全性
- 3-3 コスト
- 3-4 充電時間
- 3-5 寿命

4. 電池性能

- 4-1 電気的特性
- 4-2 材料との関係
- 4-3 特性劣化要因
- 4-5 安全性
- 4-6 品質信頼性

5. まとめ

ESS用途に適した電池

6. 追加資料

ナトリウムイオン電池

Voice of Customer(顧客の要求)

リチウムイオン電池の課題は何か？

1.エネルギー密度不足

- ・ガソリン車並みの走行距離の実現

2.安全対策

- ・LIBの発煙/発火による火災事故の撲滅

3.コスト低減

- ・EV車の製造コストの約1/3を占有し高価

4.充電時間

- ・急速充電でも30分～60分かかり、充電時間の短縮

5.サイクル寿命/カレンダー寿命

- ・社会インフラ向けに使用するにはさらなる長寿命化が必要

目 次

1. 二次電池概論

- 1-1 二次電池の種類と分類
- 1-2 二次電池の特徴
- 1-3 リチウムイオン電池の特徴と構造
- 1-4 リチウムイオン電池の変遷

2. リチウムイオン電池の技術動向

- 2-1 開発動向
- 2-2 市場動向
- 2-3 定置用(ESS)電池の動向

3. リチウムイオン電池の技術課題

- 3-1 エネルギー密度
- 3-2 安全性
- 3-3 コスト
- 3-4 充電時間
- 3-5 寿命

4. 電池性能

- 4-1 電気的特性
- 4-2 材料との関係
- 4-3 特性劣化要因
- 4-5 安全性
- 4-6 品質信頼性

5. まとめ

ESS用途に適した電池

6. 追加資料

ナトリウムイオン電池

リチウムイオン電池の特性劣化要因

【正極】

- ①正極表面に抵抗被膜が形成
- ②高電圧で金属(Ni,Co,Mn)が溶出
- ③充放電により活物質にクラック発生

【負極】

- ①充放電による容量低下
- ②導電パスの切断
- ③充電受入不良によるLi析出

【電解液】

- ①正極での酸化分解
- ②負極での還元分解
- ③正極からの金属溶出
- ④電解液量の消費による枯渇

【セパレータ】

- ①電解液の分解生成物や正極からの金属溶解析出による目詰まり
- ②高電圧、高温による酸化劣化

劣化要因一覧

- ①活物質自体の劣化/減少
- ②内部ショート
- ③セルの内部抵抗増加
- ④反応界面/層の劣化
- ⑤有効Liイオンの減少

特性劣化要因に、**有機電解液(液状)**が影響を与える場合が多い



固体電解質にすると解決可能(一部)

目 次

1. 二次電池概論

- 1-1 二次電池の種類と分類
- 1-2 二次電池の特徴
- 1-3 リチウムイオン電池の特徴と構造
- 1-4 リチウムイオン電池の変遷

2. リチウムイオン電池の技術動向

- 2-1 開発動向
- 2-2 市場動向
- 2-3 定置用(ESS)電池の動向

3. リチウムイオン電池の技術課題

- 3-1 エネルギー密度
- 3-2 安全性
- 3-3 コスト
- 3-4 充電時間
- 3-5 寿命

4. 電池性能

- 4-1 電気的特性
- 4-2 材料との関係
- 4-3 特性劣化要因
- 4-5 安全性
- 4-6 品質信頼性

5. まとめ

ESS用途に適した電池

6. 追加資料

ナトリウムイオン電池

電池の選定(リチウムイオンをメインとした場合)

