

蓄電池システム (Vol.9)

– 次世代電極活物質を用いたリチウムイオン電池の製造コスト試算 –

概要

近年の技術水準を考慮したリチウムイオン電池の製造コストを試算し、リチウムイオン電池の高エネルギー密度化と低コスト化の将来推移を予測することを試みた。次世代電極活物質を適用したリチウムイオン電池を設計して製造コストを試算したところ、現状モデル（2020年）の製造コストは11.9～23.2 円/Wh、将来モデルでは最も低い値で5.1 円/Wh まで低減する可能性があることを示した。一方、EV用など2030年までの短期的目標であるエネルギー密度（500 Wh/kg以上）と製造コスト（電池パックで1万円/kWh）を達成するためには、10年程度の開発期間であることから研究の加速が必要である。

政策立案のための提案

- 高性能低コスト蓄電池技術の具体的施策として、現状の正負電極を次世代正極活物質とSi 負極に置き換えること、又は、S 正極活物質と金属Li 負極に置き換えることを提案し、技術的に可能であることを定量的に示した。
- 実現時期として、現行の開発投資による技術開発および実装化では2040年以降の達成であることを予測している。今後新たな目標実現のためには、産官学一体となった人物金の緊急の集中した資源投資が必要不可欠である。

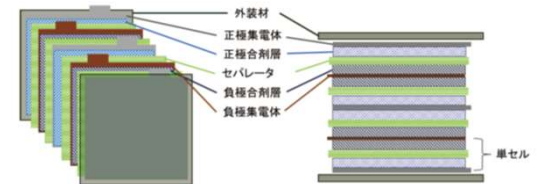


図1 評価用電池の構成概念図
(左：分解斜視図、右：断面図)

1. 評価用電池の仕様設計

評価用電池は、単セルを複数個積み重ねた積層セルをパウチ材の外装で封じた構造とした（図1）。寸法は市販のLIBを参考に設定した。表1に評価用電池の電極活物質の構成と電池電圧を示す。基準1～4は市販のLIB に用いられている電極活物質（従来品）を用い、検討1～9は正極・負極活物質の片方または両方とも従来品以外の材料を用いて構成した。（[1]～[5]）

2. 製造コスト試算結果

図2に評価用電池（表1の基準1～4、検討1～9）の製造コストと重量エネルギー密度の試算結果を、電極組合せによって設定したグループごとに分けて示した。

3. 将来展望

製造コストを低減し、かつ重量エネルギー密度を向上させるには、正負極を次世代活物質に置き換えることが必要である。

短期的目標（2030～2040年）を、正負極の片方または両方を、次世代正極活物質とSi 負極に置き換えること、中期的目標

（2050年）を次世代正極活物質とSi 負極に置き換えること、またはS正極活物質と金属Li 負極に置換えることと設定した。図2によりエネルギー密度と製造コストを推算した。

現状グループ(G1)：277Wh/kg、11.9円/Wh。

短期目標グループ(G2、G3、G5)：

300 Wh/kg以上、11.6 円/Wh以下。

中期目標グループ(G4、G6、G7)：

300 Wh/kg以上、10.0 円/Wh以下。

但し中期的目標(2050年)を達成するためには正負両方の電極変更の必要があり、実用化には時間がかかると推測される。

表1 評価用電池の電極活物質の構成と電池電圧

	正極			負極			電池電圧 [V]
	活物質	容量値 [mAh/g]	容量利用率	活物質	容量値 [mAh/g]	容量利用率	
基準1	LiNi _{0.8} Co _{0.15} Al _{0.05} O ₂	196	0.72	C ₆	353	0.95	3.6
基準2	LiNi _{0.55} Mn _{0.35} Co _{0.1} O ₂	169	0.61	C ₆	353	0.95	3.6
基準3	LiFePO ₄	165	0.97	C ₆	353	0.95	3.3
基準4	LiMn ₂ O ₄	110	0.74	Li _{0.2} Ti _{0.3} O ₄	165	0.94	2.24
検討1	Li _{1.2} Ti _{0.2} Mn _{0.2} O ₂	300	0.76	C ₆	353	0.95	3.3
検討2	Li ₂ Mn _{1.2} Ti _{1.2} O ₂ F	320	0.70	C ₆	353	0.95	3.3
検討3	LiNi _{0.5} Mn _{1.5} O ₄	135	0.92	C ₆	353	0.85	4.55
検討4(a)/4(b)	LiNi _{0.5} Co _{0.15} Al _{0.05} O ₂	196	0.72	Si	1,007/4,197	0.24/1	3.3
検討5(a)/5(b)	LiNi _{0.55} Mn _{0.35} Co _{0.1} O ₂	169	0.61	Si	1,007/4,197	0.24/1	3.3
検討6(a)/6(b)	Li _{1.2} Ti _{0.2} Mn _{0.2} O ₂	300	0.76	Si	1,007/4,197	0.24/1	3.0
検討7(a)/7(b)	Li ₂ Mn _{1.2} Ti _{1.2} O ₂ F	320	0.70	Si	1,007/4,197	0.24/1	3.0
検討8(a)/8(b)	LiNi _{0.5} Mn _{1.5} O ₄	135	0.92	Si	1,007/4,197	0.24/1	4.25
検討9	S	1,508	0.9	金属Li	2,895	0.75	2.15

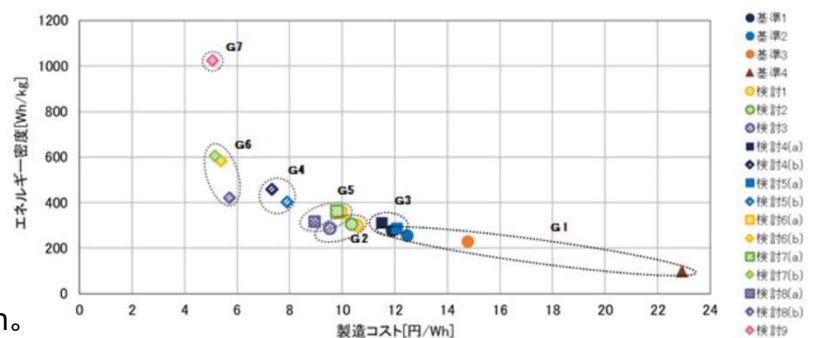


図2 評価用電池(基準1～4、検討1～9)の製造コストと重量エネルギー密度の関係(グループ分け)

- * G1～G7のグループ分け(括弧内は表1の区分)
- G1: 従来正極活物質/従来黒鉛負極 (基準1～4)
- G2: 次世代正極活物質/従来黒鉛負極 (検討1～3)
- G3 (将来2L): 従来正極活物質/ Si 負極 (検討4a、5a)
- G4 (将来2H): 従来正極活物質/ Si 負極 (検討4b、5b)
- G5 (将来3L): 次世代正極活物質/Si 負極 (検討6a、7a、8a)
- G6 (将来3H): 次世代正極活物質/Si 負極 (検討6b、7b、8b)
- G7 (将来4): S正極活物質/金属Li 負極の評価用電池 (検討9)

[1] Naoaki Yabuuchi et al., "Origin of stabilization and destabilization in solid-state redox reaction of oxide ions for lithium-ion batteries", Nature Communications, vol.7, no.13814, 2016.

[2] Jinhyuk Lee et al., "Reversible Mn²⁺/Mn⁴⁺ double redox in lithium-excess cathode materials", Nature, vol.556, p.185-190, 2018.

[3] "リチウムイオン電池活物質の開発と電極材料技術", サイエンス&テクノロジー, p.42-52,2014.

[4] 電気化学会 電池技術委員会編, "電池ハンドブック", オーム社, p. 410-413, 201

[5] LCS, イノベーション政策立案のための提案書, "蓄電池システム (Vol.6)", 平成31年2月