

新エネルギー技術開発プログラム／次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発

「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発事業」 (中間評価)

(2007年度～2009年度 3年間)
プロジェクトの詳細説明(公開)

(1) 要素技術開発(電池開発)

NEDO技術開発機構
燃料電池・水素技術開発部 蓄電技術開発室
2009年 8月7日

1. 事業の目的(基本計画の抜粋)

<研究開発の必要性>

蓄電池技術は、燃料電池自動車、電気自動車、プラグインハイブリッド自動車等の次世代クリーンエネルギー自動車に共通するコア技術であり、多様な自動車エネルギー技術の中でも基盤的な性格を持つ。そこで、これらの次世代クリーンエネルギー自動車の早期実用化を促進するために、リチウムイオン電池等の高性能化・低コスト化のための要素技術開発、および電池制御装置やモーター等の格段の高性能化に資する周辺機器の技術開発を行う。

<研究開発の目的>

高性能リチウムイオン電池とその構成材料並びに周辺機器(モーター、電池制御装置等)の開発。

<実施内容>

1) 電池開発: 2015年を目途に、別紙の目標特性を有するリチウムイオン電池の実用化を目指すための電池開発を行う。

<運営方法>

- ・ 初年度に公募により実施者を選定するが、2年目以降も必要に応じて公募を行う。
- ・ “2) 電池構成材料開発及び電池反応制御技術の開発”については、研究開発の進捗に応じて、“1) 電池開発”の実施者等との連携を求める場合がある。
- ・ 安全性の技術開発目標については、研究開発項目③「基盤技術開発」の安全性試験法や安全性評価基準策定の進捗に応じて、内容の高度化や具体化を求める場合がある。

1. 事業の目的(開発目標の位置づけ)

自動車用電池の開発の方向性

○ 改良、先進、革新の3フェーズで定められた開発戦略における開発目標

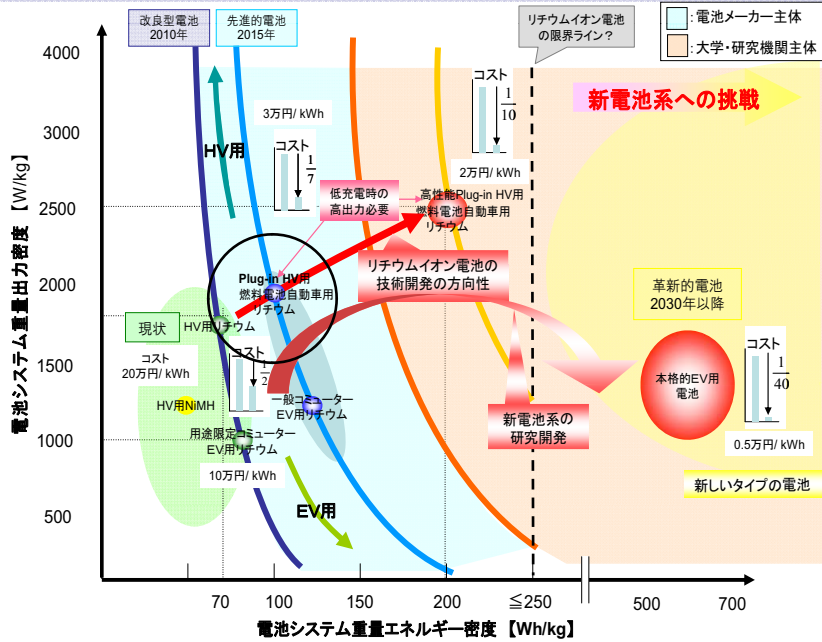


図3-1 要素技術開発(電池開発)の開発ターゲット
(出典:経済産業省「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」)

2. 事業の概要

次世代自動車(HEV、EV、FCV等)の早期実用化に資するために、高性能かつ低コストの二次電池及びその周辺機器の開発を実施。

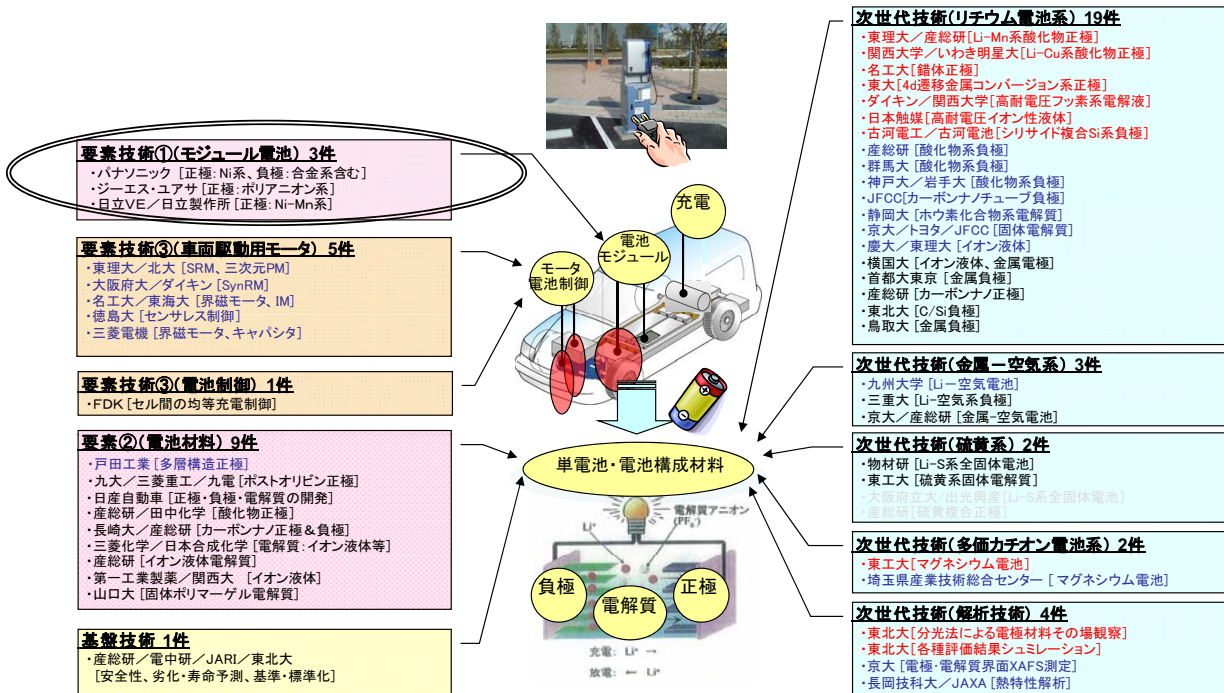


図3-2 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発の実施内容(平成21年度)
(本研究開発項目の対象テーマは太枠で囲われている)

2. 事業の概要

	正極	電解質	負極
電池開発	パナソニック ・Li(NiCoAl)O ₂	有機電解液	・黒鉛材+Si材料
	ジーエスアサコーポレーション ・複合系ポリアニオン材料(LiFe(Mn)PO ₄)	有機電解液	・黒鉛材
	日立製作所/日立ビークルエナジー ・NiリッチNi-Mn系	有機電解液	・黒鉛材

図3-3 要素技術開発(電池開発)の開発ターゲット

2. 事業の概要(実施者間の連携)

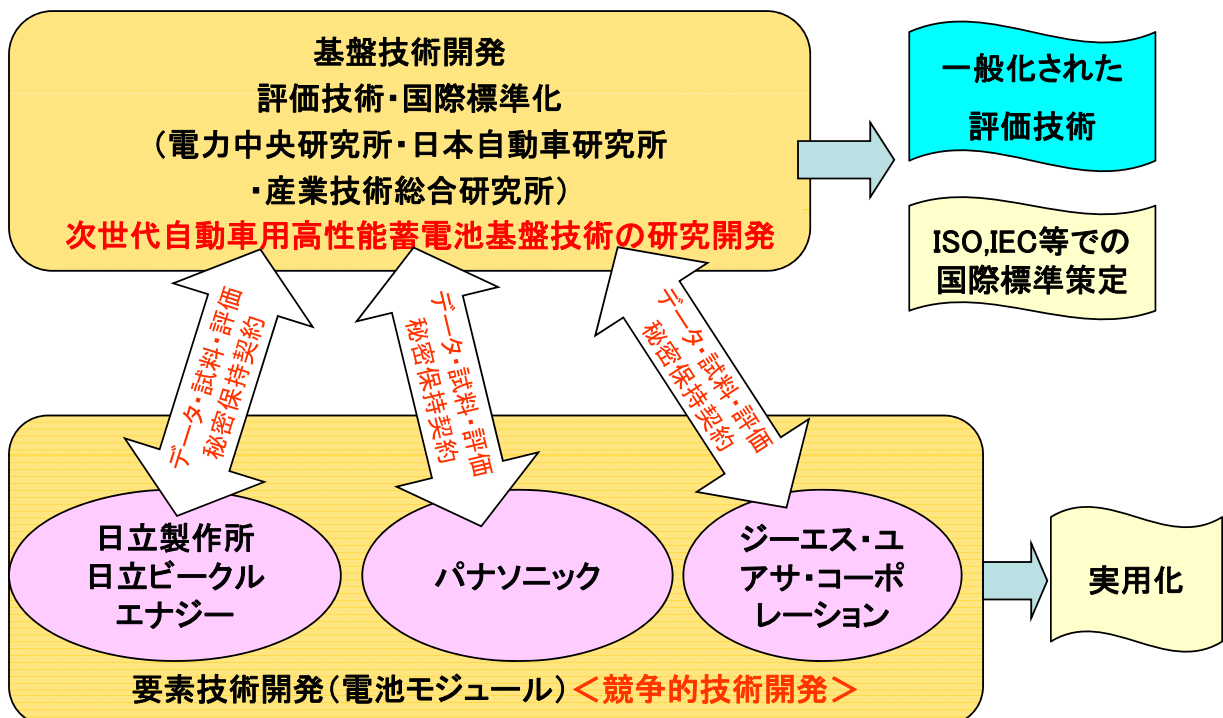


図2-5 要素技術開発(電池開発)と基盤技術開発の連携

3. 研究開発の実施スケジュールと予算

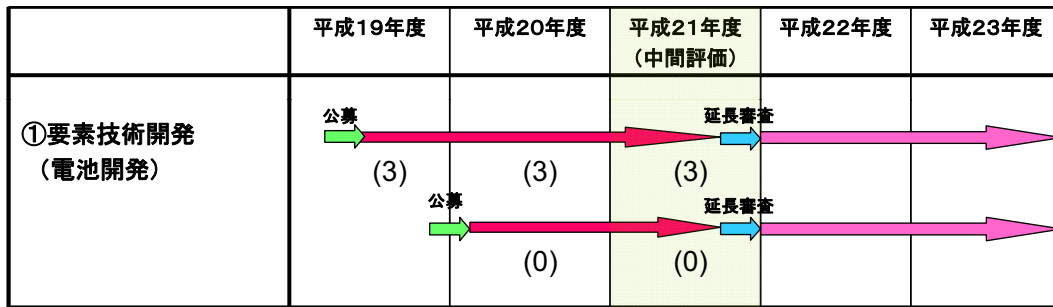


図3-4 プロジェクトの年度計画(要素技術開発:電池開発)

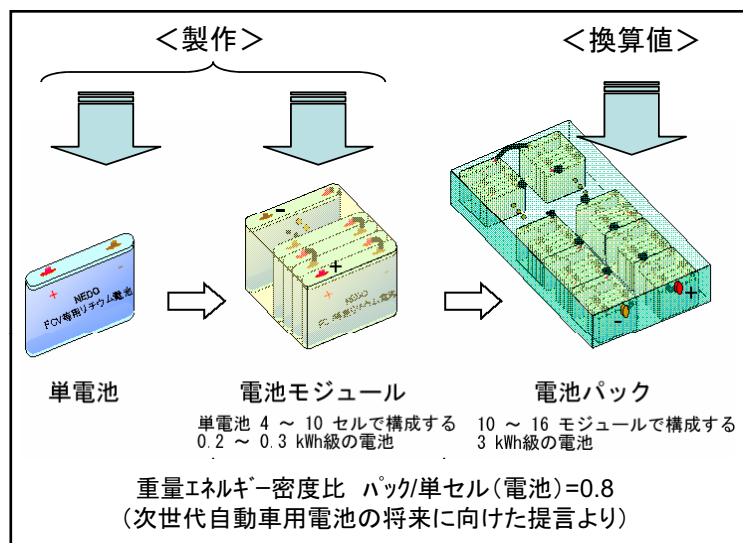
表3-2 委託先の研究予算一覧表(要素技術開発:電池開発)

委託先	研究予算(百万円)			
	H19fy	H20fy	H21fy	総額
パナソニック(株)	186.1	197.1	197.5	580.7
(株)ジーエス・ユアサ コーポレーション	135.1	128.2	127.1	390.4
(株)日立製作所/日立ビークルエナジー(株)	198.9	198.9	198.9	596.7
	520.1	524.2	523.5	1567.8

4. 研究開発目標と達成度

0.3 kWhモジュールを作製し、以下の目標
(性能目標は3 kWh級パック電池の換算値)を満足すること

- ・重量エネルギー密度:
100 Wh/kg
- ・重量出力密度:2000 W/kg
- ・体積エネルギー密度:
120Wh/L
- ・体積出力密度:
2400W/L
- ・寿命:10年 以上
- ・充放電効率:95 %以上
- ・コスト:4 万円/kWhの
見通しを示すこと
(100 万パック/年生産時)
- ・安全性:車載時の濫用に耐えること

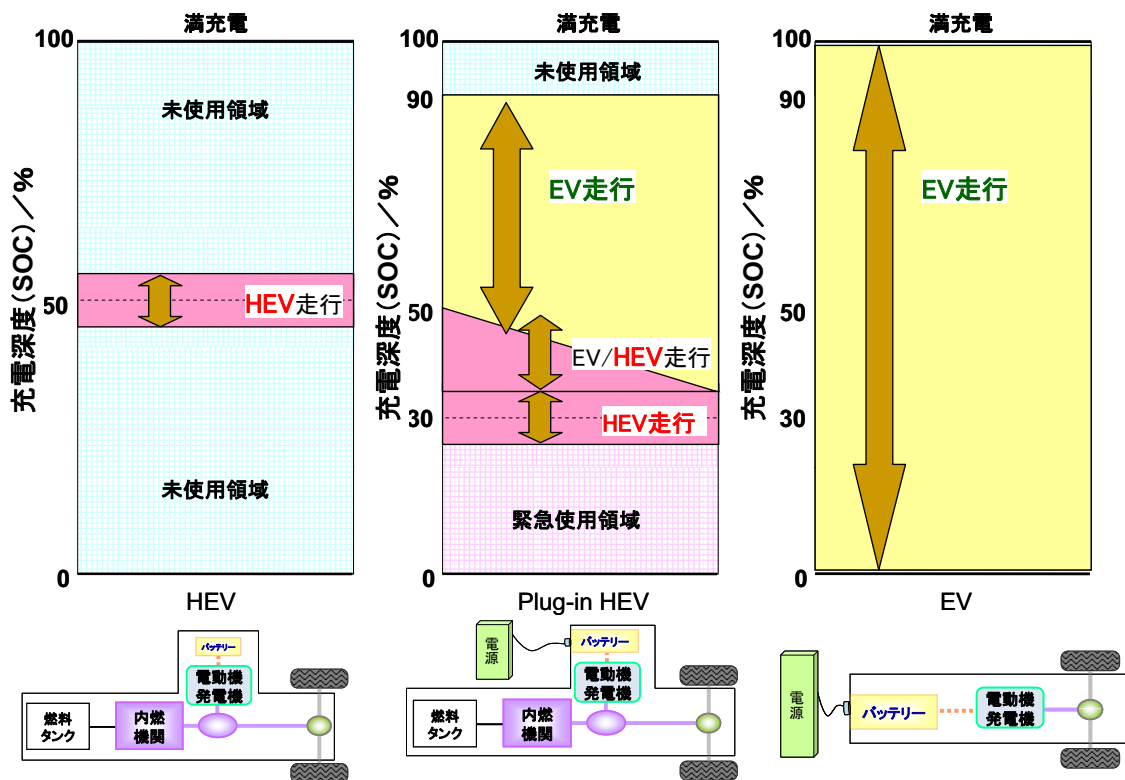


4. 研究開発目標と達成度

	LIBES (1992~2001)	FCV (2002~2006)	Li-EAD(2007~)
対象車種	電気自動車 (高エネルギー密度)	燃料電池自動車 (ハイブリッド自動車) (高出力密度)	プラグインハイブリッド自動車 (高エネルギー密度) (高出力密度)
組電池	3 kWh	3 kWh	3 kWh
重量エネルギー密度	150 Wh/kg	70 Wh/kg	100 Wh/kg
出力エネルギー密度	400 W/kg	1,800 W/kg	2,000 W/kg
効率	> 85 %	> 96 %	> 95 %
寿命	1000 サイクル	15年 使用期間+保存期間	10年 使用期間+保存期間
コスト	-	50,000 円/kWh	40,000 円/kWh

- 「効率・寿命」については、基盤技術開発担当法人から提案される「標準試験法」に従う
- 「コスト」については、100万パック/年 生産時を見積もりの前提条件とする

4. 研究開発目標と達成度



4. 研究開発目標と達成度

項目	中間目標	達成度	最終目標(モジュール)
パナソニック	(単セル) 重量エネルギー密度: 130 Wh/kg 体積エネルギー密度: 270 Wh/L 重量出力密度: 2,600 W/kg 体積出力密度: 5,400 W/L 充放電効率: 95 %	○	0.3 kWhモジュールを製作し、以下の目標(性能目標は3 kWh級パック電池の換算値)を満足すること 重量エネルギー密度: 100 Wh/kg 体積エネルギー密度: 120 Wh/L 重量出力密度: 2,000 W/Kg 体積出力密度: 2,400 W/L 充放電効率: 95 %以上 寿命: 10年以上 コスト: 4万円/kWhを見通す 安全性: 車載時の濫用に耐える
ジーエス・ユアサコーポレーション	(性能目標は3 kWh級パック電池の換算値) 重量エネルギー密度: 100 Wh/kg または 体積エネルギー密度: 120 Wh/L (基本設計) 重量出力密度: 2,000 W/kg または 体積出力密度: 2,400 W/L (基本設計)	○	
日立製作所/日立ビークルエナジー	(単セル) 重量エネルギー密度: 115Wh/kg 重量出力密度: 2,500 W/kg 寿命: 7年以上 安全性: 安全性試験の実施	○	

H21年度末時点での、達成度

(○: 達成済または見込み、△: 達成には大幅な特性改善が必要、×: 達成困難)

5. 研究成果(パナソニック)

正極開発: 高容量Ni系正極活物質

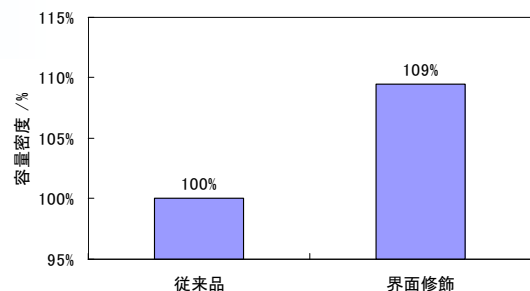
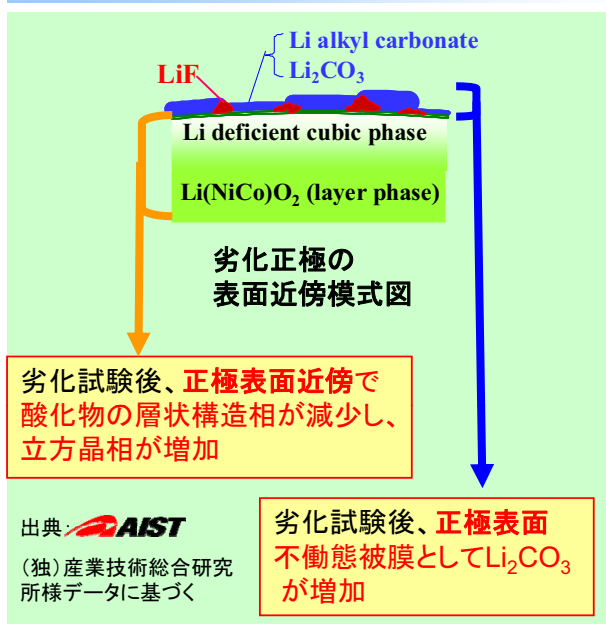


図3-6 正極界面修飾の効果(初期容量)

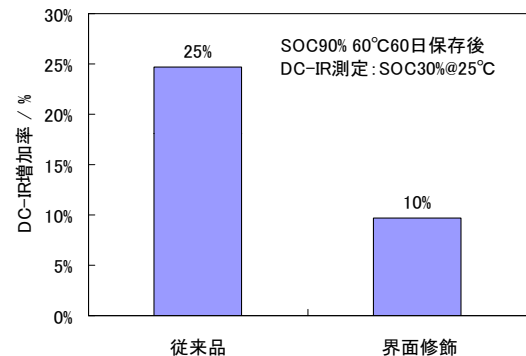


図3-7 正極界面修飾の効果(抵抗上昇)



同じAl量で10%の高容量化と高温保存時の抵抗上昇の大幅な抑制が同時に実現!

5. 研究成果(パナソニック)

正極開発: 高容量Ni系正極活物質

図3-8: ニッケル酸リチウム正極ならびに黒鉛系負極を組み合わせたセルの長期耐久性を検証した。開発材料により保存試験時およびサイクル試験時の両者においてもDC-IR増加の抑制がみられた。

図3-9: 保存後の負極では導電面積率の低下が著しい

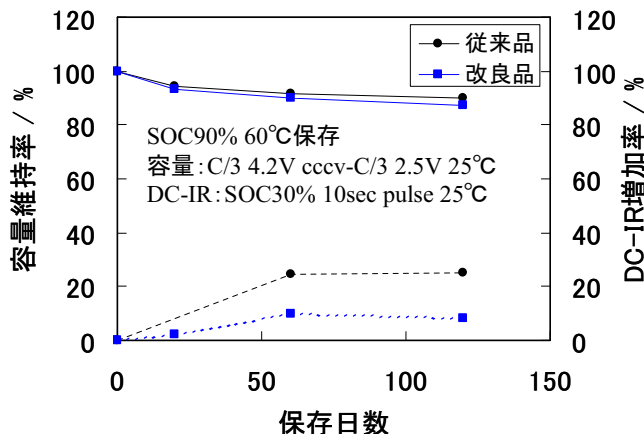


図3-8 正極改良による保存(SOC90% 60°C)特性の評価

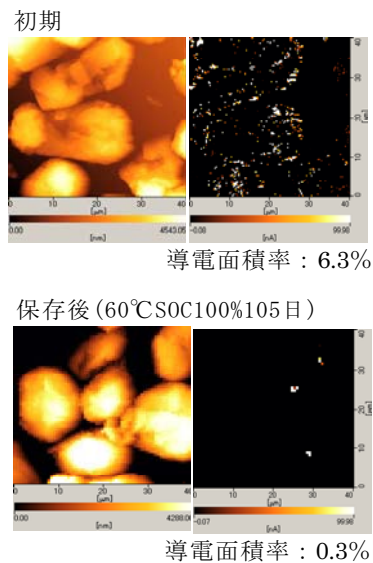


図3-9 SPMIによる負極の観察



劣化要因を明らかにすることで、特性改良への指針を得る！

5. 研究成果(パナソニック)

セルおよびモジュール設計開発・充放電制御システム

- 正極活物質としてニッケル酸リチウム、負極活物質として黒鉛系材料を用いた電極設計(合剤組成、合剤厚み、密度など)、極板化プロセス(合剤ペーストの調整方法など)、防爆弁構造など電池構造・組立プロセスの検討を実施。
- 開発セルの安全性評価を実施し、誤用時の安全レベルの把握と現象確認実施。

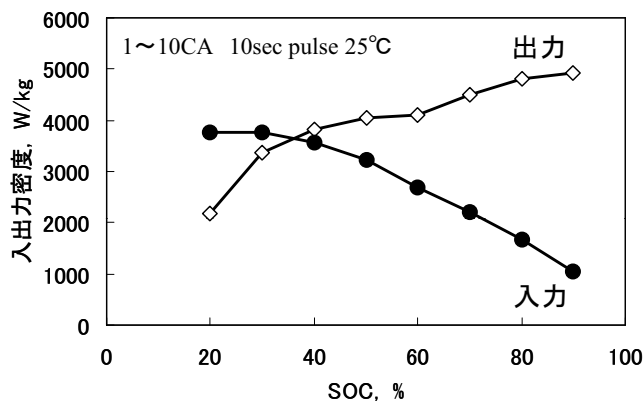


図3-10 開発品の入出力特性



得られた実電池は容量が10Ahで、開発目標の達成を確認(上図)

5. 研究成果(ジーエス・ユアサ コーポレーション)

正極開発:「高電位ポリアニオン」正極活物質

- 「高電位ポリアニオン」材料として、リン酸鉄リチウムの鉄の一部をマンガンで置換したものの開発を推進中。

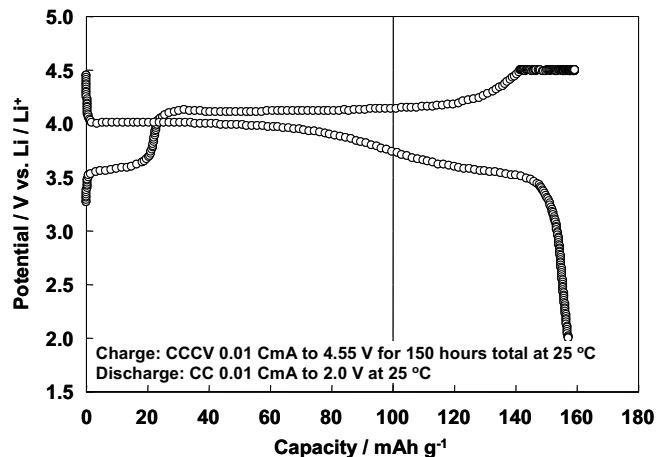
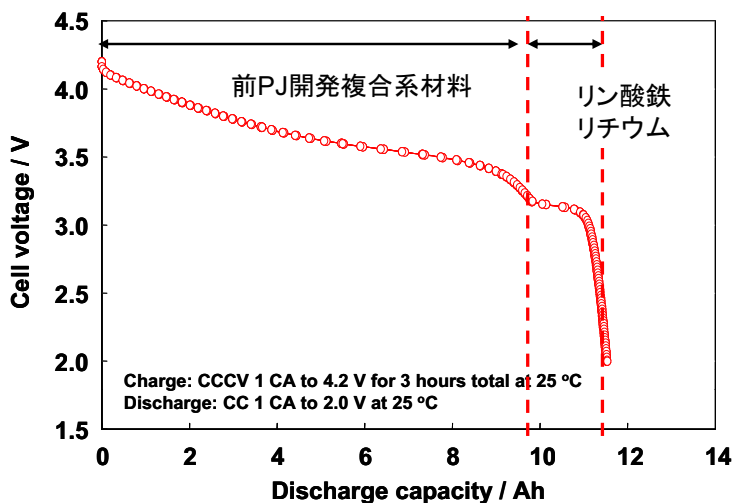


図3-11 「高電位ポリアニオン正極」の初期充放電曲線

種々の検討の結果から、可逆電位が約3.9 V、初期放電容量が約157 mAh/gのものが得られた(図3-11)。

5. 研究成果(ジーエス・ユアサ コーポレーション)

単電池開発:「複合システム」正極電極/グラファイト負極電極



正極に「複合システム」電極を、負極にグラファイトを使用した11.5 Ah級単電池で、127 Wh/kgの重量エネルギー密度を達成。

図3-12 平成20年度開発モデル単電池の初期放電曲線

3 kWh級パック電池の換算値で、重量エネルギー密度: 100 Wh/kg
 または、体積エネルギー密度: 120 Wh/L
 さらに、重量出力密度: 2,000 W/Kgまたは体積出力密度: 2,400 W/L
 が可能となる基本設計を確立した。

5. 研究成果(ジーエス・ユアサ コーポレーション)

モジュール電池開発

①回路要素技術開発 ②モジュール電池要素技術開発
 柔軟性材料によるハーネスレス化を検討。「Flexible Printed Circuits(FPC)」を採用し、ハーネスレスで電池、サーミスタを接続。単電池と電池監視回路基板(図)を段差配置しても電池監視システムは動作可能であることを確認。



図3-13
平成20年度開発電池監視回路基板



必要な機能を有しながらも軽量かつコンパクトなモジュール化のための基本設計を確立

5. 研究成果(日立製作所/日立ビークルエナジー)

正極材料開発: Ni-Mn系正極活物質

●熱安定性の向上を図ることを目的に異種元素置換の正極材料の開発を推進中

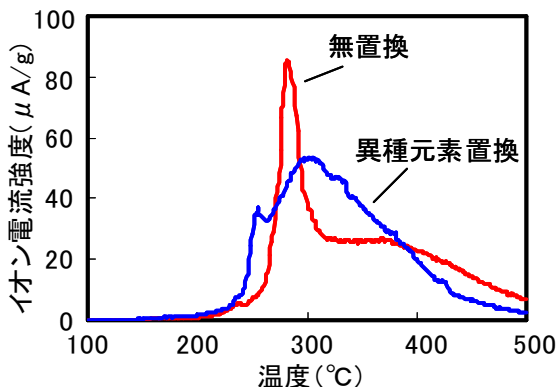


図3-14 正極材料の昇温脱離酸素ガス分析

Mn酸化物より結合力が強い異種元素を対象に元素置換を試みた。

満充電状態での異種元素置換正極材の昇温脱離酸素ガス分析により、急激な酸素ガスの脱離を抑制するなどの制御が可能なのを見いだした(図3-14)。

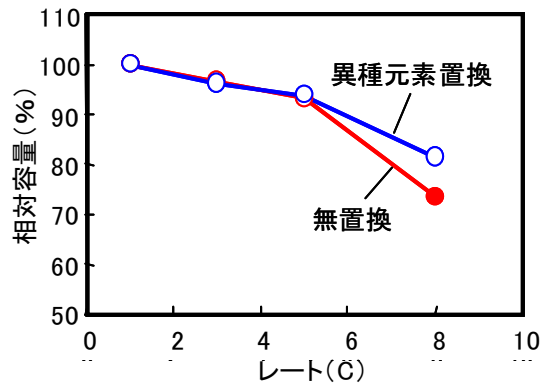


図3-15 小容量電池の負荷特性

異種元素置換正極材を用いた小容量電池は、無置換材料に比較して放電容量が約6%小さくなったものの、負荷特性は置換材料の電池の方が良好

車載用電池に要求される高負荷特性が異種元素置換により損なわれないことがわかった(図3-15)。

5. 研究成果(日立製作所/日立ビークルエネルギー)

負極材料開発: 黒鉛系負極活物質

単電池の構造の改良: 集電及び端子構造とガス放出弁の改良

● 貯蔵劣化抑制を目的に負極材用の開発を推進中

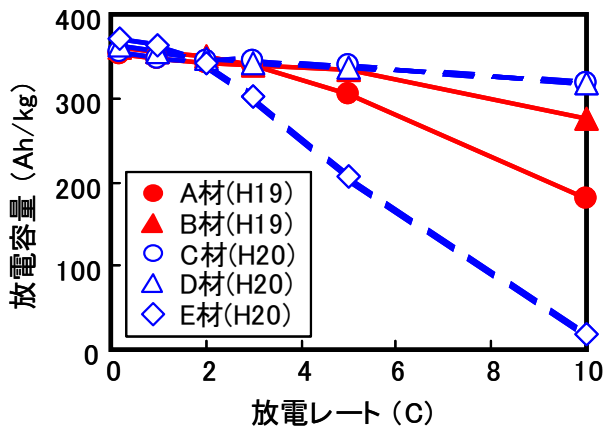


図3-16 黒鉛負極の負荷特性

● 正負極端子の絶縁
● ガス放出弁の総面積の拡大



図 10Ah級単電池の外観

負極は貯蔵劣化抑制を目的に、平成19年度選定(B材)の負極と同等の負荷特性を有する低比表面積の黒鉛材(D材)を選定した(図3-16)。

5. 研究成果(日立製作所/日立ビークルエネルギー)

単電池開発: Ni-Mn系正極活物質/黒鉛系負極活物質

● 開発したNi-Mn系正極材料と黒鉛系負極材料を用いた10Ah級試作電池を作製

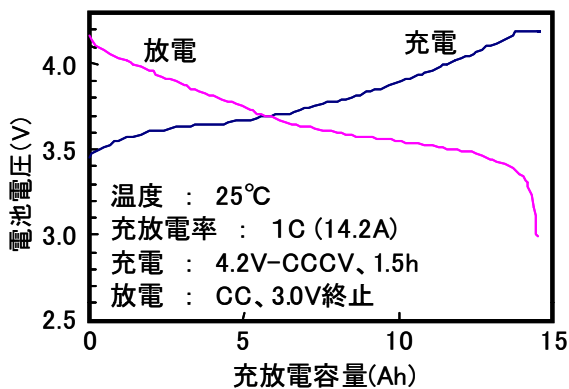


図3-17 10 Ah級単電池の充放電特性

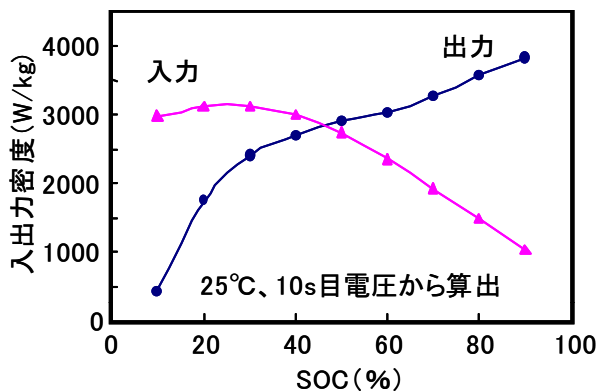





図3-18 10 Ah級単電池の入出力特性

エネルギー密度は、115 Wh/kgを達成
 出力密度(50% SOC)は、2800 W/kgを達成
 (平成21年度自主目標値をそれぞれ超えている)

5. 研究成果(まとめ)

表3-5 開発された単電池の仕様

	パナソニック	ジーエス・ユアサ コーポレーション	日立製作所/日立 ピークルエナジー
正極活物質	NiCoAl系	複合システム	Ni-Mn系
負極活物質	黒鉛	黒鉛	黒鉛
容量	10 Ah	11.5 Ah	14 Ah
重量エネルギー密度	142 Wh/kg	127 Wh/kg	115 Wh/kg
重量出力密度	4,093 W/kg	2,130 W/kg	2,800 W/kg
サイズ	154 mm (W) × 12 mm (D) × 80 mm (H)	113.1 mm (W) × 20.6 mm (D) × 74.2 mm (H)	120 mm (W) × 23 mm (D) × 97 mm (H)
写真			

21

6. 成果の普及

表3-6 外部発表の実績(平成21年4月末時点での成果)

研究テーマ名	実施者	特許出願	論文発表	講演発表
高耐久形高容量・高出力リチウム二次電池の研究開発	パナソニック	8	0	7
高性能リチウムイオン電池(複合システム)の研究開発	ジーエス・ユアサ コーポレーション	6	1	3
高出力可能な高エネルギー密度型リチウムイオン電池の研究開発	日立製作所 日立ピークルエナジー	12	0	3
		26	1	13

22

7. 最終目標達成の見込み

中間目標はほぼ達成されており、最終目標である重量エネルギー密度、重量出力密度等については達成の見通しが得られている。今後、安全性試験結果を踏まえた電池構造の改良を進めることで安全性を確保していくこと、劣化機構の解明とともに活物質、電解液、セパレーターなどの電池材料の総合的対応により寿命の改善を図ることで、安全性、寿命についても最終目標の達成は可能である。また、コスト、充放電効率については最終目標値の難易度が高いが達成を目指して研究開発を実施する。

8. 実用化・事業化の見通し(要素技術開発:①電池開発)

【開発したモジュール電池を製品化して実車に搭載することが実用化、事業化イメージ】

■事業化までのシナリオ

自動車メーカーと共に開発車種の設計仕様に適合した実用的な条件での評価試験を積み重ねることで、電池構成材料や製造プロセスの検討を通じてコストダウンを実現するとともに、耐久性並びに安全性の確保を行うことが事業化への課題となる。

表4-1 事業家への年度計画例－要素技術開発(電池開発)－

項目	～H21年度 (～FY2009)	～H23年度 (～FY2011)	～H25年度 (～FY2013)	～H27年度 (～FY2015)	～H30年度 (～FY2018)
研究段階	○	○			
開発段階			○		
製品化段階				○	
市場出荷段階					○
他の企業との関係等 ライセンス・合弁等			○	○	○

(注1) 研究段階：材料等要素技術研究（ラボスケール研究）段階、特許出願

(注2) 開発段階：製品化に向けた研究、量産化技術研究、無料サンプル提供

(注3) 製品化段階：量産化技術確立、量産設備投資検討段階、サンプル出荷

(注4) 市場出荷段階：製品の販売、損益分岐点を超える段階

(注5) 他の企業との関係（共同研究・合弁事業、ライセンス供与、アライアンス、販売提携等等）の計画

8. 実用化・事業化の見通し(要素技術開発:①電池開発)
 【開発したモジュール電池を製品化して実車に搭載することが実用化、事業化イメージ】

■実用化へのイメージ

本プロジェクト終了後に、開発段階へシフトし、順次、製品化段階、市場出荷段階に移行することで実用化する。また、開発段階以降では、他の企業との連係(共同研究・合併事業等)が想定される。図4-1に実用化へのイメージ図を示す。

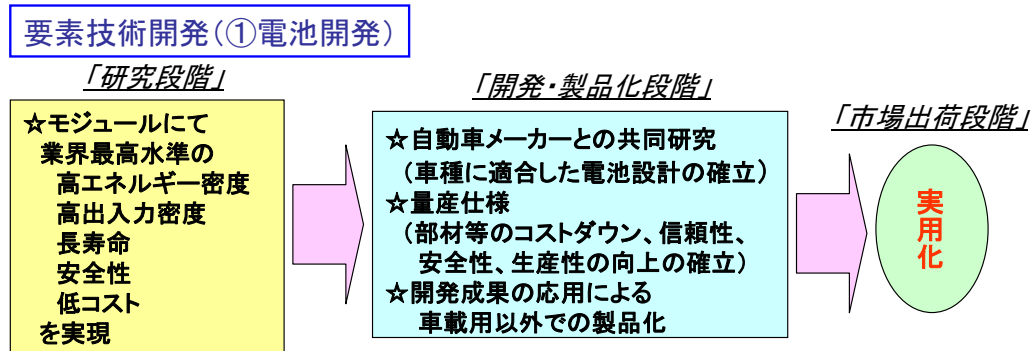


図4-1 実用化へのイメージ図—要素技術開発(電池開発)—