

「リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発事業」

事後評価 (2012年度～2016年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

2017年11月30日

NEDO スマートコミュニティ部 蓄電技術開発室

発表内容

評価軸の中項目

ポイント、内容

1. 事業の位置づけ・必要性

- (1) 事業の目的の妥当性
- (2) NEDOの事業としての妥当性

- ・内外の技術動向
- ・国際競争力の状況
- ・エネルギー需給動向
- ・市場動向及び政策動向
- ・NEDOが関与する必要性
- ・実施の効果

2. 研究開発マネジメント

- (1) 研究開発目標の妥当性
- (2) 研究開発計画の妥当性
- (3) 研究開発の実施体制の妥当性
- (4) 研究開発の進捗管理の妥当性
- (5) 知的財産に関する戦略の妥当性
- (6) 中間評価への対応

- ・技術動向、市場動向を踏まえた目標設定
- ・スケジュール及び研究開発費
- ・実施者の技術力と事業化能力
- ・進捗把握と情勢変化への対応
- ・知的財産戦略
- ・中間評価結果への対応

3. 研究開発成果

- (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2) 成果の普及
- (3) 知的財産権等の確保に向けた取組

- ・最終目標の達成度
- ・研究開発成果
- ・論文等の対外発表
- ・成果の普及の取組
- ・知的財産権の出願実績

4. 実用化・事業化に向けた取組及び見通し

- (1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略
- (2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組
- (3) 成果の実用化・事業化の見通し

- ・実用化・事業化戦略
- ・実用化・事業化の計画及びマイルストーン
- ・実用化・事業化の見通し

プロジェクトの概要

研究開発項目①「高性能リチウムイオン電池技術開発」【助成事業（NEDO負担率 2/3）】

EV用

日立製作所

日立オートモティブシステムズ



- 導電性表面処理を行ったSi系負極材料と高強度バインダ等によるEV用電池開発
- 30Ah級角形電池での電池特性及び安全性の実証
- セル重量比率0.8の高密度電池パック開発

PHEV用

パナソニック



- 耐久性と出力特性を両立する新規NCM正極活物質の開発
- 200Wh/kgと2,500W/kgを両立するPHEV用電池開発
- 20Ah級角形電池での電池特性及び安全性の実証

EV、PHEV、ISS用

平成27年度で終了

東芝インフラシステムズ



- 次世代30Ah級SCiB™セル（体積エネルギー密度20%向上）の開発
- セパレータ及び電極塗工の低コスト化技術の開発
- 高冷却のPHEV用電池パック開発

EV用

NEC、積水化学工業

田中化学研究所



- 新規な高電位・高容量Fe-Mn系層状正極活物質正極材の開発
- 耐高電圧・高安全性セパレータ及び耐高電圧電解液の開発
- ラミネートセルを用いたセル化・電池パック化技術開発

EV用

日産自動車

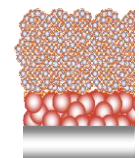


- 容量密度1,300mAh/g級の高容量Si合金負極活物質の開発とその低コスト量産手法の開発
- 3Ah級ラミネートでの電池特性及び安全性の実証

EV用

トヨタ自動車

豊田中央研究所



- ナノコンポジット正極を用いた全固体電池の開発
- 高電位正極活物質のナノ粒子化、ガラス固体電解質の活物質へのナノコーティング技術の開発

研究開発項目②「リチウムイオン電池応用技術開発」

【助成事業（NEDO負担率 1/2）】

三井造船、エレクトセル、三井造船システム技研

平成26年度で終了

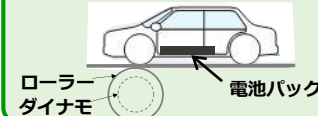


- トラクタヘッド・ヤードクレーン用ハイレートセルの開発
- 密閉式電池モジュールの開発
- 劣化予測とセルバランスを組み込んだ電池システムの開発

研究開発項目③「車載用リチウムイオン電池の試験評価法の開発」

【委託事業（NEDO負担率 1/1）】

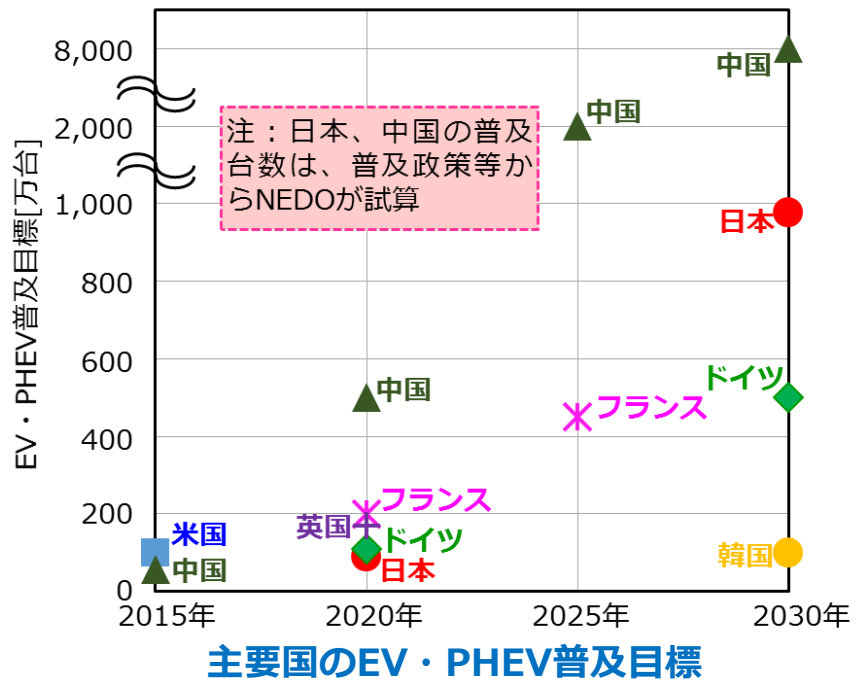
日本自動車研究所、産業技術総合研究所



- 内部短絡試験法及び熱連鎖試験法の開発
- 既存寿命試験法の検証と試験手順明確化
- 次世代LIB電池セルの寿命評価と解析技術の検討

主要国のEV・PHEV普及政策

➤ 主要各国は、環境・気候変動・エネルギー政策の一環として、EV・PHEVを2020年から2030年にかけて数100万～数1,000万台規模で普及させる目標を掲げている。その目標達成のため、EV・PHEV購入者に対する補助金支給・税控除や充電インフラの導入支援等、様々なインセンティブ施策を積極的に推進中。



- ### 米中のEV・PHEV導入規制
- **米国カリフォルニア州：ZEV(Zero Emission Vehicle)規制**
 - ・メーカー販売台数の一定割合のEV・PHEV等の導入が必要。大規模メーカー(販売量2万台超)はそのうちEVだけで達成する制限あり。
 - ・台数はEVモードの走行距離に応じて、一定の係数を掛けて計算可能。
 - ・達成できない場合は罰金、あるいは他メーカーからクレジット購入が必要。
 - **中国：NEV(New Energy Vehicle)規制**
 - ・2019年より導入予定。生産及び輸入台数が3万台/年以上のメーカーが対象。
 - ・販売台数に応じたNEVの導入、罰金等は米国ZEV規制と同様。

主要国のEV・PHEV普及に向けた施策

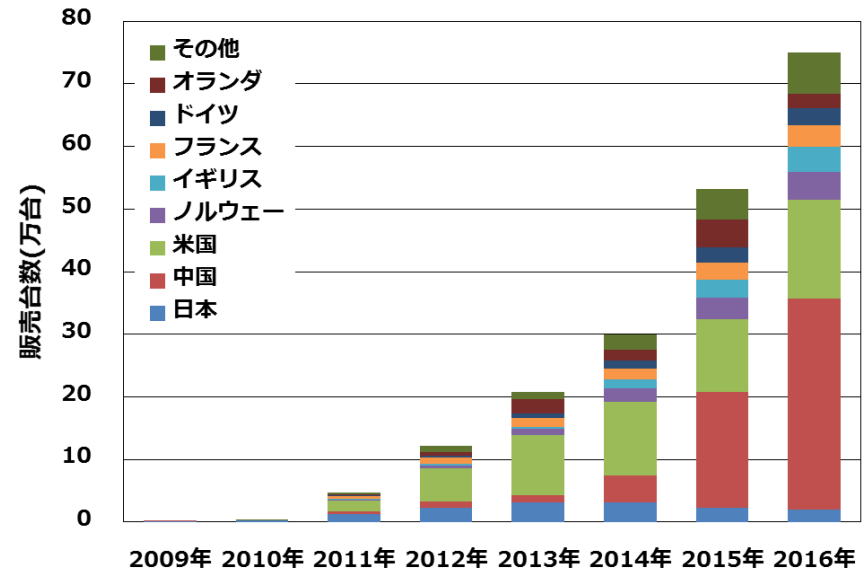
国	施策の内容
米国	購入時税控除
ドイツ	購入時補助金、自動車保有税の免除、専用駐車場の設置、バスレーンの優先利用等
フランス	ボーナス・マルス制度 CO ₂ 排出量の低い車両(EV等)にはボーナス CO ₂ 排出量の高い車両にはマルス(課税)
英国	購入時補助金、バスレーンの開放等
中国	購入時補助金、無料ナンバープレート取得等
韓国	購入時補助金
日本	購入時補助金

- 米国：One Million Electric Vehicles by 2015 (2011年)
- ドイツ：National Electromobility Development Plan (2009年)
- フランス：The National Plan to Development Electric and Plug-in Hybrid Vehicles (2009年)
- 英国：Carbon Plan (2011年)
- 中国：省エネ車と新エネ車の技術ロードマップ (2016年)
- 韓国：新エネルギー産業戦略 (2015年)
- 日本：エネルギー基本計画 (2014年)、未来投資戦略2017 (2017年)

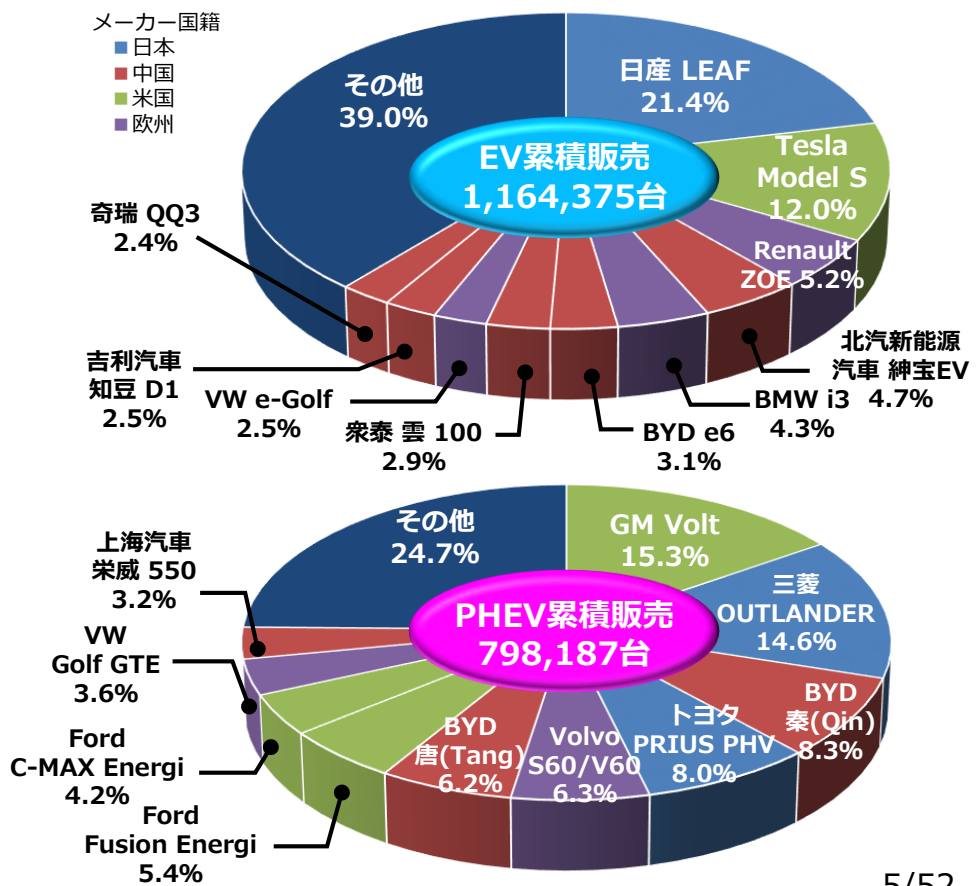
EV・PHEVの市場動向

- EV・PHEVの単年度販売台数は増加傾向。中国での販売が普及政策により急増、世界販売の約半分を占める。
- 累計販売台数はEVは約120万台、PHEVは約80万台、EV・PHEVの合計では、約200万台に到達。
- EVでは日産 LEAF、Tesla Model S、PHEVではGM Volt、三菱 OUTLANDERといったEV・PHEV投入で先行したメーカーの販売台数が多いが、中国市場の拡大に伴い中国メーカーが増加。
- 欧州各国のガソリン・ディーゼル車規制の動きで、欧州メーカーはEV・PHEVの積極展開の方針。

EV・PHEV国別単年度販売推移



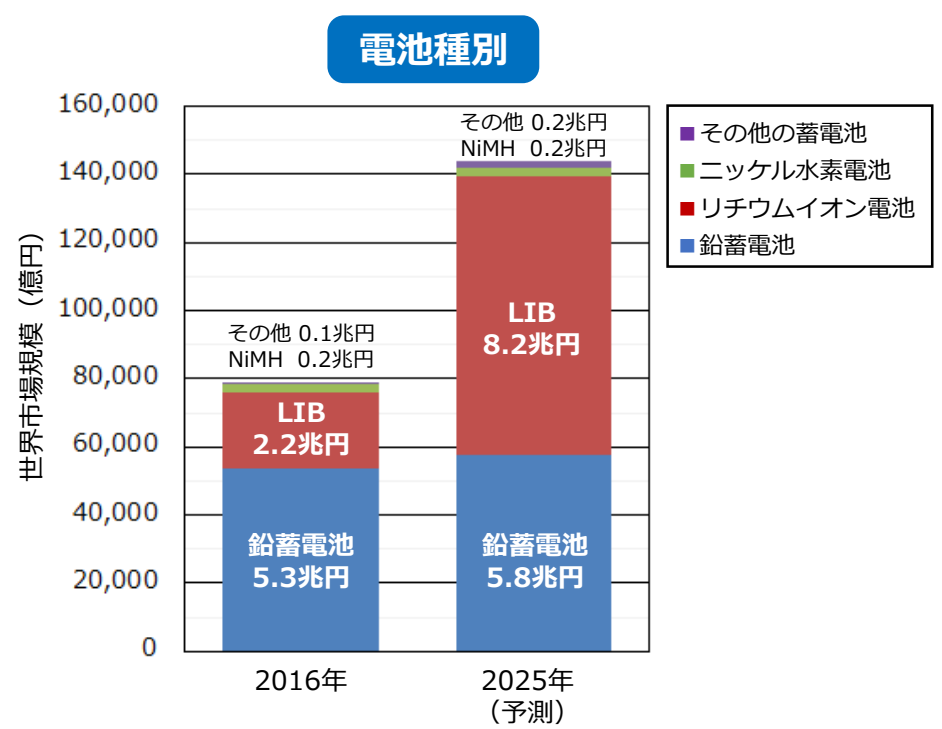
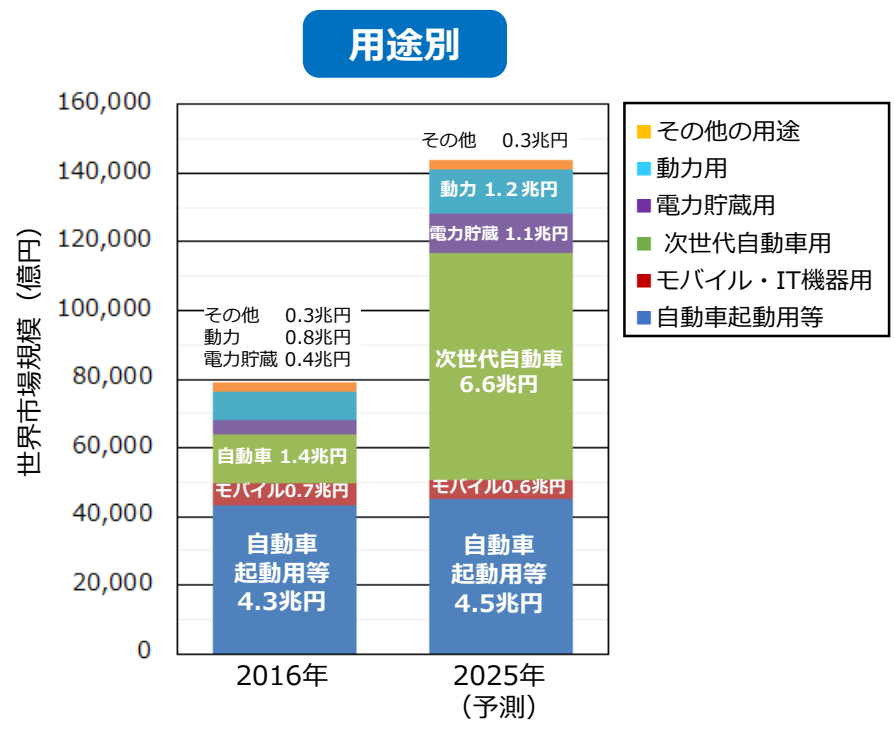
EV・PHEVモデル別累計販売シェア (2009-2016年)



出典：「MARKLINES 自動車産業ポータル」等の台数統計データによりNEDO作成

蓄電池市場の現況と将来予測

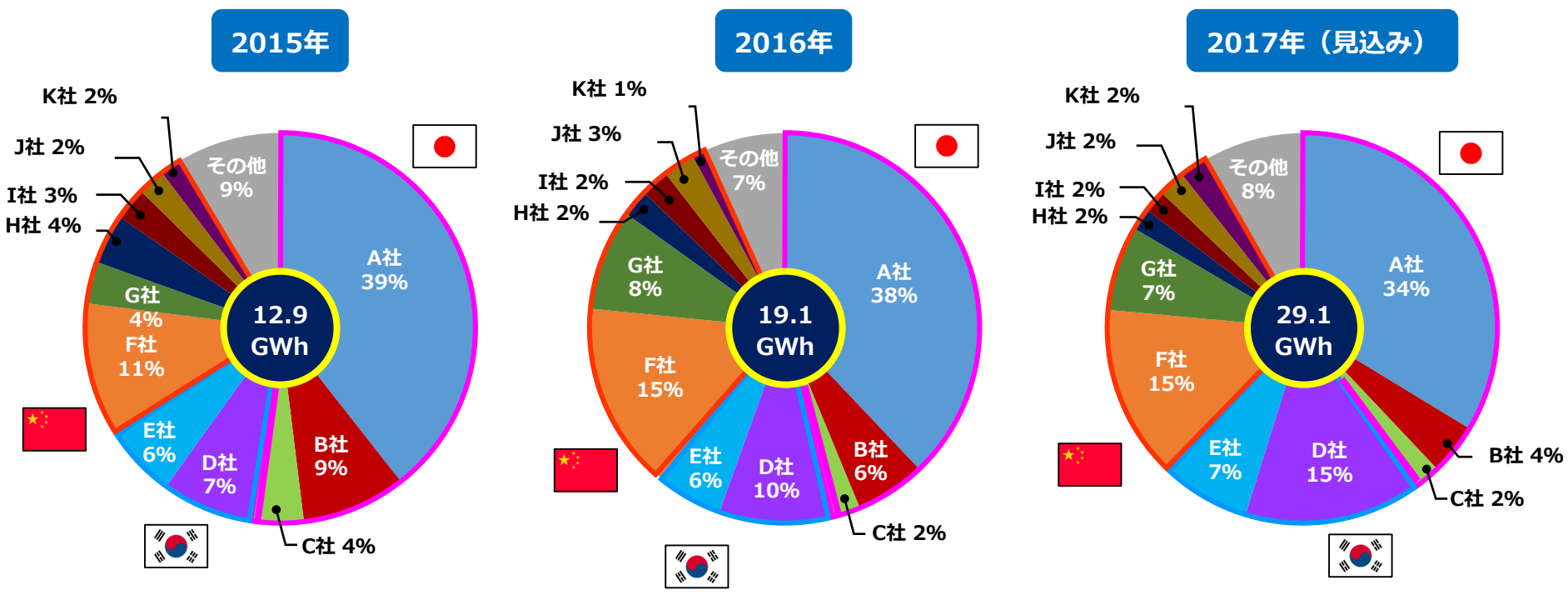
- 蓄電池の世界市場規模@2016年は約8兆円。今後、多用途に及ぶ需要開拓が想定され、約11兆円@2020年、約14兆円@2025年へと成長。
- 用途別での市場成長率は次世代自動車用が最大。約1.4兆円@2016年から約4兆円@2020年、約6.6兆円@2025年へと成長。
- 蓄電池種別では現状鉛蓄電池が始動用としてシェアが高いが今後は横ばい傾向であり、市場成長率はリチウムイオン電池が最大。約2.2兆円@2016年から約5.1兆円@2020年、約8.2兆円@2025年へと成長。



出典：「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2017」（株式会社富士経済）等に基づきNEDO作成

車載用蓄電池の市場動向

- 車載用蓄電池の世界需要は、2015年の約13GWhから2017年（見込み）の約29GWhと2倍以上に増加。
- 日系蓄電池メーカーは生産・販売量を2倍近く増やしているものの、合計シェアで見ると、2015年は50%を超えていたが、2017年は40%程度まで低下する見通し。
- 韓国メーカーが欧米自動車メーカーからの受注を進め、シェアを徐々に伸ばしている。
- 中国政府の手厚い補助金政策により中国市場が成長しており、中国メーカーがシェアを伸ばしている。



市場動向 ～主要蓄電池メーカーの車載用LIB～

- 高容量化・高電圧化のため、正極は従来のLMOスピネル系やLFPオリビン系から高Ni系へとシフトしている。負極は現状、黒鉛であるが、今後は、シリコン系材料の採用（混合）が検討されている。
- セルのエネルギー密度はEV用が180～260Wh/kg、PHEV用が130Wh/kg程度である。なお、電池パックのエネルギー密度についてはP24を参照のこと。

蓄電池メーカー	セル形状	正極	負極	容量 (Ah)	電圧 (V)	セルのエネルギー密度		採用車種
						Wh/kg	Wh/L	
パナソニック	円筒形 (21700)	NCA	黒鉛	4.75 (推定)	3.6	260	683	Tesla Model 3 (2017)
	角形	NCM	黒鉛	25.0	3.7	128 (推定)	224 (推定)	トヨタ Prius PHV (2017)
LG化学	ラミネート形	NCM622	黒鉛	59.0	3.7	241	466	GM Bolt (2017)
AESC	ラミネート形	NCM (推定)	黒鉛	57.1 (計算値)	3.65 (計算値)	240 (推定)	454 (推定)	日産 LEAF 40kWh (2017)
サムスンSDI	角形	LMO-NCA-NCM622	黒鉛	94.0	3.7	189	357	BMW i3 (2017)
BYD	角形	LFP	黒鉛	24.0	(不明)	134	(不明)	BYD Tang (PHEV) (2015)
CATL	角形	NCM	黒鉛	42.0	3.65	178	403	北京汽車 Shenbao (2016)

主要国の技術開発プロジェクトの開発目標

- ▶ 主要各国の政府が主導している技術開発プロジェクトにおける開発目標は基本的に大差なく、如何に早く目標を達成し、市場投入するのかが勝敗の分かれ目である。

国/地域		日本		米国	欧州	韓国	中国
目標の策定機関		NEDO ※1		DOE/VTO ※2	EC ※3	産業通商資源 ※4	科学技術部 ※5
車両タイプ		PHEV	EV	EV	EV	EV	EV・PHEV
電池パックエネルギー密度 (Wh/kg) ※6	2020年	200	250	280	235	240	240
	2030年	-	500	-	250	400	400
電池パック出力密度 (W/kg)		2,500	1,500	2,000	-	-	-
コスト (円/kWh)	2020年	20,000	20,000	13,500	12,000	-	13,000
	2030年	-	10,000	-	10,000	-	-
カレンダー寿命 (年)		10~15	10~15	15	15	-	-
サイクル寿命 (回)		4,000~ 6,000	1,000~ 1,500	1,000	1,500	1,000~ 2,000	1,200

※1 : NEDO二次電池技術開発ロードマップ2013

※2 : DOE Annual Merit Review and Peer Evaluation Meeting (2016)

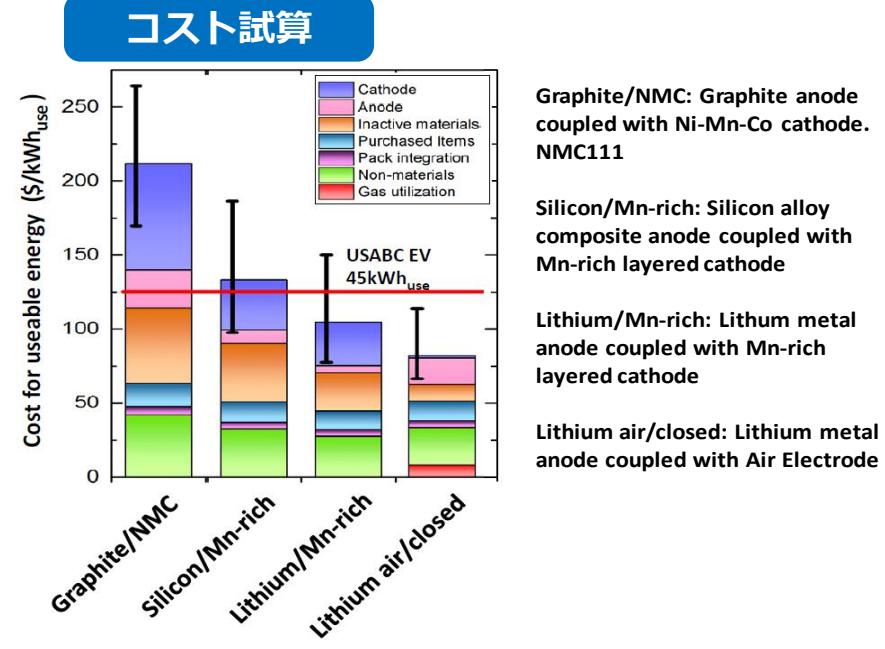
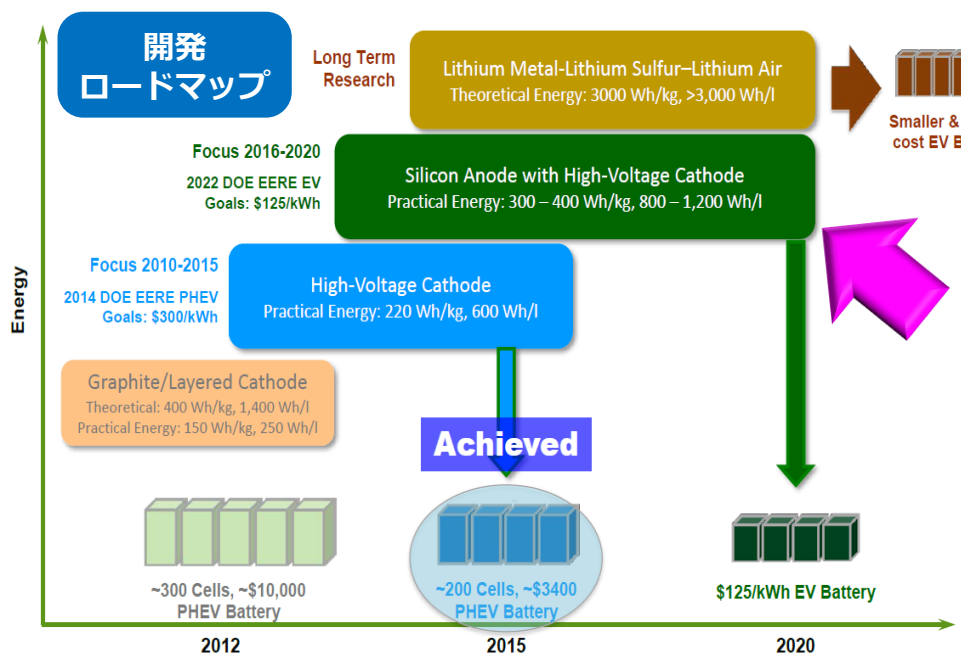
※3 : Set-Plan/Action 7/Declaration on Batteries and E-mobility

※4 : 緑色産業先導型二次電池技術開発、エネルギー技術R&Dウェアハウス等

※5 : 第13次5ヶ年計画/国家重点研究開発計画/新エネ車試行特別プロジェクト (2016)

※6 : 米韓中の電池パックのエネルギー密度の目標値については、セルの目標値の0.8倍とした。

米国DOE/VTOの技術開発戦略・アプローチ



開発戦略と目標値

Advanced Materials Research

- High energy cathodes.
- Alloy, lithium metal anode.
- High voltage electrolytes.
- Solid State.

Cell Materials Targets

- Anode capacity >1,000mAh/g.
- Cathode capacity >300mAh/g.
- High-voltage cathodes & electrolytes stable up to 5 V.
- Solid-polymer electrolytes with >10⁻³ S/cm ionic conductivity.

High Energy & Power Cell R&D

- High energy couples.
- High energy and rate electrodes.
- Fabrication of high E cells.
- Cell diagnostics.
- Improved manufacturing processes.

Cell Targets

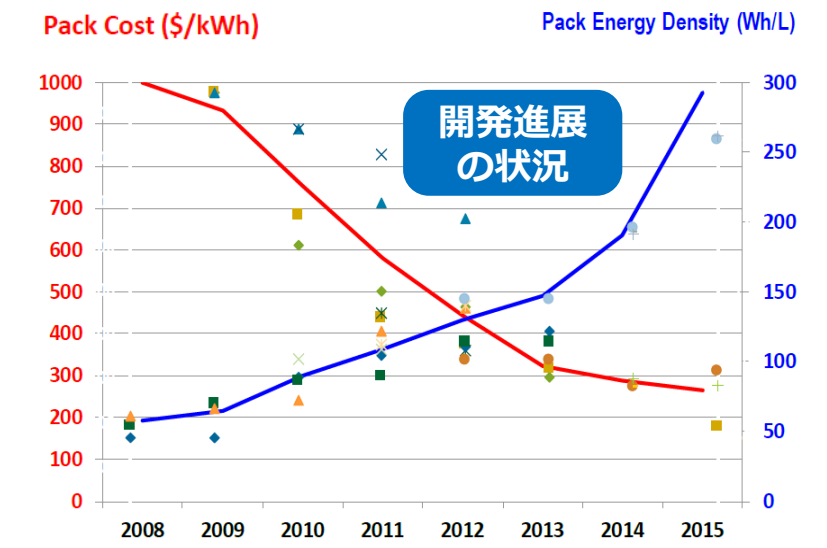
- 350 Wh/kg.
- 750 Wh/Liter.
- 1,000 cycles.
- 10+ calendar year life.

Full System Development & Testing

- Focus on cost reduction, life and performance improvement.
- Robust battery cell and module development.
- Testing and analysis.
- Battery design tools.

Battery Pack Targets

- \$125/kWh EV pack cost.
- Fast charge (80% SOC in 15 minutes).
- \$180 12 V start/stop pack cost.



EGVIの車載用蓄電池プロジェクト

プロジェクト (期間)	内容	目標	参加機関
AMELIE (2011~2013)	<u>フッ素系の電解質、セパレータ、バインダー</u> を適用したLIB開発プロジェクト。最終目的は6Ah級セルでの性能・耐久性検証。各材料の改良を実施し、数Ah級ラミネートセルの作製まで実施。	エネルギー密度：200Wh/kg サイクル寿命：1,000回 カレンダー寿命：10年	Solvay(伊)、Recupyl(仏)、Temic Automotive Electric Motors(独)、CAE(仏)、Prayon(仏)、Volvo(Sweden)、Renault(仏)、Institut Polytechnique de Grenoble(仏)、Universität Münster(独)、Universita di Bologna(伊)
APPLES (2011~2014)	<u>高電圧ニッケル・マンガン系正極 (LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O₄) とリチウム金属 (スズ) -カーボン、Sn-C、合金負極、ゲル電解質</u> で構成されるLIBの開発。電極製造技術を開発し、パイロットサイズの電極を試作。	エネルギー密度：300Wh/kg	Consorzio Sapienza Innovazione(伊)、Chalmers Tekniska Högskola(Sweden)、Chemetall(独)、ENI(伊)、ETC Battery and FuelCells(Sweden)、Università di Roma(伊)、SAES Getters(伊)、Stena Metall(Sweden)、ZSW(独)等
BATTERIES 2020 (2013~2016)	<u>ニッケル・マンガン・コバルト系正極</u> を適用したLIB研究開発プロジェクト。材料の改良、セルの試作及び評価、劣化メカニズムの解明を実施。	エネルギー密度：250Wh/kg サイクル寿命：4,000回 (80%DOD)	IKERLAN (Spain)、Fiat(伊)、Aalborg Universitet (Denmark)、Vrije Universiteit Brussel (Belgium)、Umicore(Belgium)、LeClanche(Switzerland)、Abengoa Research (Spain)、Kellen Europe (Belgium)等
EUROLIION (2011~2015)	<u>鉄又はマンガン・ニッケル系正極とシリコン系負極</u> を適用したLIB研究開発プロジェクト。 <u>正極材 (フッ化オリビン、Mn-Niスピネル) と負極材 (ナノSi)</u> の改良を実施。18650セル/ラミネートセルでエネルギー密度204Wh/kgを達成。	エネルギー密度：200Wh/kg コスト：150ユーロ/Wh	Technische Universiteit Delft (Netherlands)、Uppsala Universitet (Sweden)、Kemijski Institut (Slovenia)、University of Cambridge (英)、Volvo(Sweden)、Renault (仏)、Spijkstaal Elektro B.V. (Netherlands)、GAIA (独)、ZSW (独)等
MARS-EV (2013~2017)	<u>高電位正極とシリコン合金負極</u> を適用したLIB開発プロジェクト。正極材の改良 (<u>フッ化オリビン系/シリケート系の高電位正極材、表面被覆化技術、水系バインダの検討</u>) と負極材の改良 (<u>シリコンナノワイヤ-CNT複合材</u>) を行い、B5サイズのラミネートセルで、150サイクル、600mAh / gを達成。 <u>不燃性UV硬化固体ポリマー電解質</u> も開発。その他、電気・熱的特性及び劣化特性の評価法を開発中。	エネルギー密度：250Wh/kg サイクル寿命：3,000回 (100%DOD)	Fundacion Cidetec(Spain)、Oxford Brookes University(英)、Imperial College(英)、Politecnico di Torino(伊)、SGL Carbon(独)、Solvionic(仏)、Rockwood Italia(伊)、Recupyl (仏)、Johnson Matthey (英)等

EGVIの車載用蓄電池プロジェクト（続き）

プロジェクト (期間)	内容	目標	参加機関
MAT4BAT (2013~2017)	LIB用先進材料開発プロジェクト。現行セル（NMC正極/液体電解質/黒鉛負極）よりも特性を向上させる液体電解質、ゲル電解質、固体電解質を選定。パイロットラインで作製した16Ahセルについて、in situでの電極表面の劣化解析を実施。現在は、Li-リッチ正極、グラファイト負極、グラフェン添加、ゲルポリマー/固体ポリマー電解質を開発中。	エネルギー密度：250Wh/kg サイクル寿命：3,000回	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives(仏)、Directa Plus SPA(伊)、KIT(独)、Renault(仏)、ZSW(独)、Timcal SA (Switzerland)、Solvionic(仏)、Fundacion Cidetec(Spain)、Solvay(伊)等
ELIBAMA (2011~2014)	EV用LIBの低コスト量産プロセス（電極・電解質製造、セル組立、品質管理等）の開発プロジェクト。低コストの材料開発と電極製造プロセスの改良を実施し、40Ahラミネートセルの初期特性を評価。また、使用済LIBのリサイクル技術検討も実施。	(定量目標無し)	Renault(仏)、CEA-LITEN(仏)、Daimler(独)、Entegris(仏)、EDI-VEOLIA(仏)、Fraunhofer(独)、IN-CORE(仏)、Ingecal(仏)、Prayon(Belgium)、Rhodia(仏)、Saft(仏)、Snam(仏)、Solvay(伊)、Umicore(Belgium)等
HELIOS (2010~2013)	高エネルギーLIBの開発プロジェクト。4種類の正極(NCA、LMO、LFP、NMC)と黒鉛を組合せ、40Ah級セルで評価を実施し、優れた特性のLIBを見出す性能、寿命、コスト、リサイクル、安全性の評価試験法を開発。また、セルの解体分析を実施し、劣化機構の解明も実施。その他、使用済みセルの取り扱い及び材料回収方法も検討。	(定量目標無し)	Renault(仏)、OPEL(独)、Peugeot(独)、Volvo(Sweden)、Ford(独)、Fiat(伊)、CNRS(仏)、RWTH Aachen(独)、Umicore(Belgium)、INERIS(仏)、ZSW(独)、edf(仏)、JCHAR(独)、CEA(仏)、ENEA(伊)、Saft(仏)等
SOMABAT (2011-2013)	ポリマー固体電解質を用いた安全、環境調和型LIBの開発プロジェクト。また、低コスト製造とリサイクル技術の開発を実施。計算上で50%以上のリサイクル率を見通した。	リサイクル率：50% 150ユーロ/kWh	Accurec(独)、ATOS Origin Sociedad Anonima Española (Spain)、Cegasa International (Spain)、Instituto Tecnológico de la Energía (Spain)、Kompetenzzentrum – Das virtuelle Fahrzeug Forschungsgesellschaft (Austria)、Lithium Balance (Denmark)、Recupyl(仏)、Umicore (Belgium)、Université de Liège (Belgium)等

韓国・エネルギー技術R&Dウェアハウス

～EV用エネルギー貯蔵システムのロードマップ～

戦略品目		EV用エネルギー貯蔵システム					研究開発 目標
コア技術	短期			中期	長期		
	2011	2012	2013	～2015	～2020	～2030	
全固体電池	リチウムイオン伝導 固体電解質材料技術			高イオン伝導度 固体電解質材料技術		【目標値】 エネルギー密度： 300Wh/kg (短期) 500Wh/kg (中長期) 【予 算】 220億ウォン	
	実施中(1) ESS-035 (全南大学、蔚山科学技術大学、江原大学)						
	固体電解質/電極界面性能向上技術						
	実施中(1) ESS-035 (韓国電子通信研究院)						
改良型LIB	リチウム金属負極の保護と活用技術			高エネルギー密度 全固体電池		【予 算】 220億ウォン	
	電池インテグレーションと製造技術						
	実施中(1) ESS-035 (韓国電子通信研究院)						
	PHEV 終了(4) ESS-006 (電気研究院、Daejung Chmicals、ECOPRO) ESS-007 (電子部品研究院、江原台、セラミック技術院、ソウル大、慶北大) ESS-008 (KIST、KAIST、高麗大、国民大、全南大、延世大) ESS-009 (現代自動車) 実施中(4) ESS-031 (電気研究院、ECOPRO) ESS-032 (電子部品研究院、ポスコケムテック) ESS-033 (KIST、全南大、高麗大) ESS-009 (電子部品研究院) EV 実施中(2) ESS-015 (SKイノベーション) ESS-016 (ソンテル、江原台、ECOPRO、漢陽大、SKモバイルエネルギー)						

中国・新エネルギー車試行特別プロジェクト

- リチウムイオン電池の正極では高Ni系の高電位・高容量化、負極ではシリコン-黒鉛混合系等の高容量材料、電解液では耐高電圧電解液を開発する予定。
- また、革新型蓄電池では全固体電池、リチウム硫黄電池、リチウム空気電池を開発するとしている。5年間の総予算は約3.55億元(60億円)で計画されている。

重点テーマ

最先端の基礎研究	① 車載用電池蓄電池の新材料・新システム
重要技術	② 高エネルギー密度LIB開発
	③ 高出力・長寿命のLIB開発
	④ 車載用電池蓄電池のシステム技術開発
	⑤ 革新型高エネルギー密度電池技術
評価プラットフォーム	⑥ 車載用電池蓄電池の試験評価法の開発

2016年度 採択テーマ

プロジェクト	分類	プロジェクトリーダー	予算	期間
新材料を用いた長寿命のLIB電池システム開発	先進LIB	中国科学院物理研究所	3,200万元	5年
高エネルギー密度電池の技術開発と基礎的研究	革新電池	北京大学	3,200万元	5年
高エネルギー密度LIBとそのアプリケーションについての研究開発	LIB	合肥国轩高科动力能源有限公司	1億元	5年
次世代LIBの技術開発	LIB	宁德时代新能源科技股份有限公司 (CATL)	1億元	5年
高エネルギー密度LIB開発とその産業技術研究	LIB	天津力神電池股份有限公司 (LISHEN)	9,104万元	5年

全固体LIBの技術開発動向

主要国の技術開発プロジェクトにおける取組

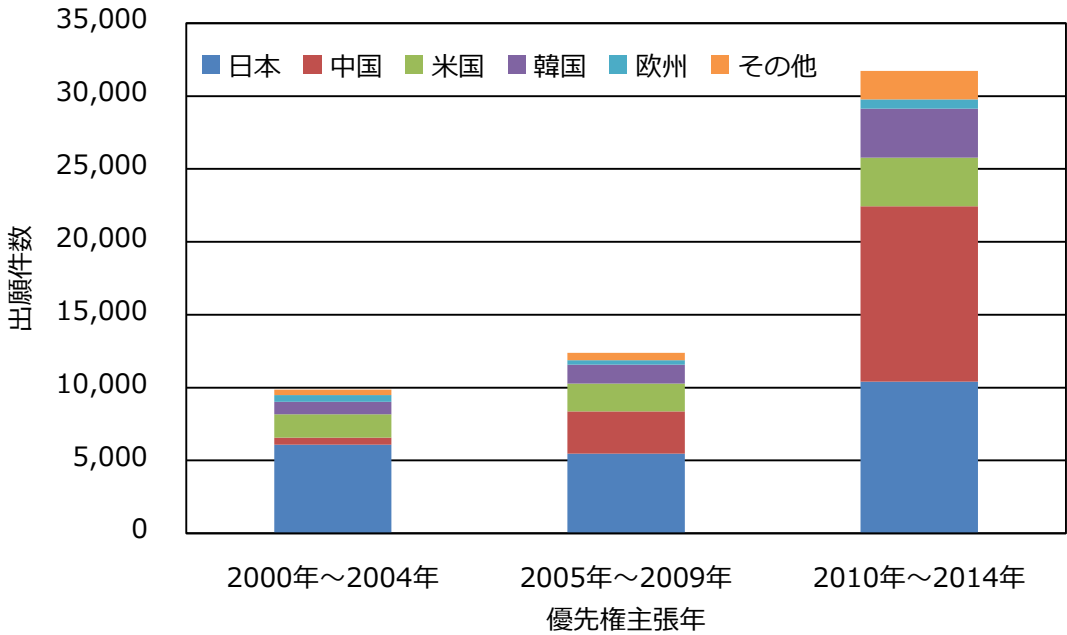
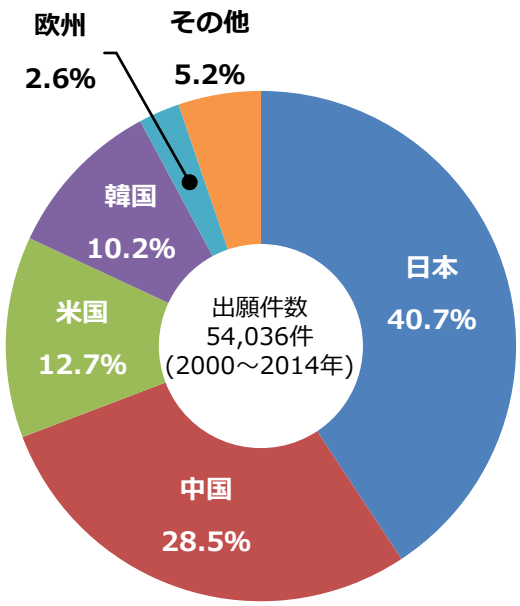
海外企業の動き

国/地域	全固体LIB開発の取組																		
米国	DOE/ARPA-Eが全固体LIBを対象とした研究開発プロジェクト「IONICS」で、2016年に下記開発が開始されている。予算総額は3,700万ドル。																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>主な参画機関</th> <th>開発テーマ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pennsylvania州立大学</td> <td>独自の低温焼結技術を用いた複合構造の酸化物系固体電解質</td> </tr> <tr> <td>Colorado大Boulder校</td> <td>全固体LIBのセル製造時間を短縮する瞬間焼結法</td> </tr> <tr> <td>Iowa州立大</td> <td>ガラス系電解質の低コスト製造プロセス</td> </tr> <tr> <td>Oak Ridge国立研究所</td> <td>ガラス系電解質及び低コストセル化技術</td> </tr> <tr> <td>24M</td> <td>Roll-to-Roll法で製造可能な有機・無機固体電解質の保護層を設置したリチウム金属負極電池</td> </tr> <tr> <td>Sila Nanotechnologies</td> <td>固体電解質を軟化させて正極とセパレーターに接合する製造プロセス</td> </tr> <tr> <td>Ionic Materials</td> <td>リチウム金属負極電池用のポリマー電解質及びポリマー複合体正極</td> </tr> <tr> <td>PolyPlus Battery</td> <td>リチウム金属薄膜とガラス系電解質薄膜で構成される電極・セパレータ複合体</td> </tr> </tbody> </table>	主な参画機関	開発テーマ	Pennsylvania州立大学	独自の低温焼結技術を用いた複合構造の酸化物系固体電解質	Colorado大Boulder校	全固体LIBのセル製造時間を短縮する瞬間焼結法	Iowa州立大	ガラス系電解質の低コスト製造プロセス	Oak Ridge国立研究所	ガラス系電解質及び低コストセル化技術	24M	Roll-to-Roll法で製造可能な有機・無機固体電解質の保護層を設置したリチウム金属負極電池	Sila Nanotechnologies	固体電解質を軟化させて正極とセパレーターに接合する製造プロセス	Ionic Materials	リチウム金属負極電池用のポリマー電解質及びポリマー複合体正極	PolyPlus Battery	リチウム金属薄膜とガラス系電解質薄膜で構成される電極・セパレータ複合体
	主な参画機関	開発テーマ																	
	Pennsylvania州立大学	独自の低温焼結技術を用いた複合構造の酸化物系固体電解質																	
	Colorado大Boulder校	全固体LIBのセル製造時間を短縮する瞬間焼結法																	
	Iowa州立大	ガラス系電解質の低コスト製造プロセス																	
	Oak Ridge国立研究所	ガラス系電解質及び低コストセル化技術																	
	24M	Roll-to-Roll法で製造可能な有機・無機固体電解質の保護層を設置したリチウム金属負極電池																	
	Sila Nanotechnologies	固体電解質を軟化させて正極とセパレーターに接合する製造プロセス																	
Ionic Materials	リチウム金属負極電池用のポリマー電解質及びポリマー複合体正極																		
PolyPlus Battery	リチウム金属薄膜とガラス系電解質薄膜で構成される電極・セパレータ複合体																		
韓国	韓国エネルギー技術評価院が2012年に策定した「EV用エネルギー貯蔵システムロードマップ」において、全固体LIBをコア技術として掲げ、リチウムイオン伝導固体電解質材料技術や固体電解質/電極界面性能向上技術、全固体LIBの製造技術の研究開発を実施している。																		
欧州	Horizon 2020のプロジェクト「HS-GLASSion」で、2015年から無機ガラス系固体電解質を用いた薄膜LIBを開発している。																		
ドイツ	2016年開始の連邦教育研究省の車載用及び定置用蓄電池向けの電池材料の研究開発プログラム「Batterie 2020」の中で、全固体LIBを開発している。																		
中国	第13次5カ年計画の指針に基づいた国家重点研究開発計画の「新工車試行特別プロジェクト」で全固体LIBが重点プログラムの1つに選定、今後研究開発を開始するとしている。																		

企業	全固体LIB開発の取組
Volkswagen (ドイツ)	硫化物固体電解質の特許を出願している米国Stanford大発のベンチャーQuantamScapeの株式を2015年に取得。
Bosch (ドイツ)	<p>ドライポリマーリチウム金属電池を開発している米国シリコンバレーのベンチャーSeeoを2015年に買収。</p>  <p>Seeoのドライポリマー全固体LIB</p> <p>容量11Ah エネルギー密度220Wh/kg</p>
Dyson (英国)	<p>米国Michigan大発のベンチャーSakti3を2015年に9,000万ドルで買収。</p> <p>全固体LIBで2020年までにEV市場への参入を表明。</p>  <p>Sakti3の酸化物系薄膜全固体LIB</p>
Ilika (英国)	<p>半導体プロセスを適用し、6インチウエハー上に全固体LIBを形成する装置を開発したとの報道有り。</p>  <p>Ilikaの酸化物系薄膜全固体LIB</p> <p>サイズ□1cm 容量250μAh</p>
Samsung SDI (韓国)	<p>2015年時点で硫化物系全固体LIBのエネルギー密度が300Wh/kgに到達済みで、2025年に商品化する計画を持っているとの報道有り。</p>  <p>Samsung-Japanの硫化物系全固体LIB</p> <p>容量2Ah エネルギー密度175Wh/kg</p>

特許動向 ～リチウムイオン電池～

- リチウムイオン電池の特許出願件数は、2000年代前半は約2,000件/年であったが、2010年以降、急増しており、3倍の約7,000件/年となっている。
- 過去15年間の累積の特許出願件数では、日本が4割を占め最多であるが、2010年以降は中国の出願件数が急増。
- 特許は実質的に技術を公開することに繋がり、実際、民生用リチウムイオン電池の市場で苦境に立たされていることから、特許出願・登録の件数が必ずしもグローバル市場の競争力に直結しないケースもあることに留意する必要がある。



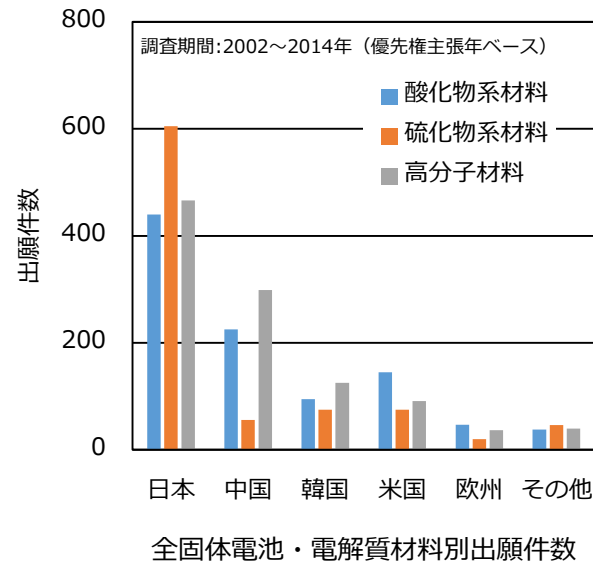
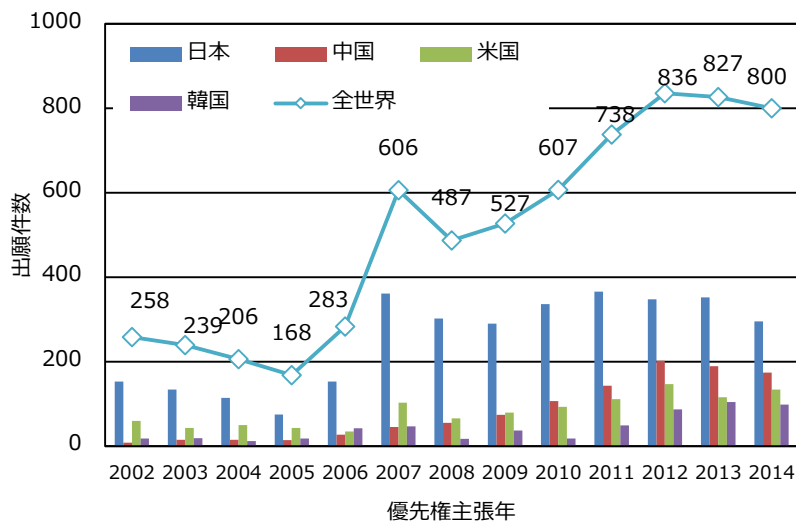
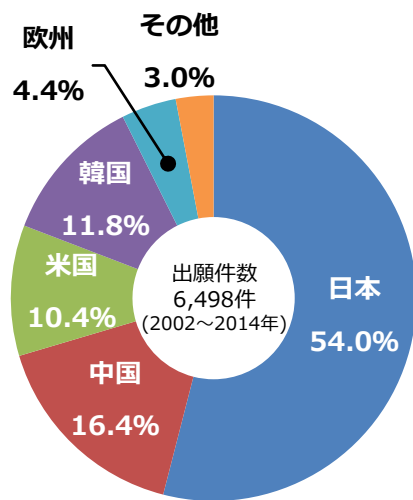
リチウムイオン電池の優先権主張国別出願件数

リチウムイオン電池の特許出願件数推移 (5年区切り)

使用データベース : Derwent World Patents Indexに基づきNEDO作成

特許動向 ～全固体電池～

- 全固体電池の特許出願は2006年より増加の傾向。出願人国籍別で見ると、総出願件数6,498件のうち、日本は3,509件で54%を占めており、他国に比べて圧倒的に多い。ただし、出願件数の推移で見ると、近年は、日本の横這い傾向に対して米中韓は増加の傾向。
- 硫化物固体電解質の特許出願は、日本が圧倒的に多い。



全固体電池・出願国別出願件数の比率

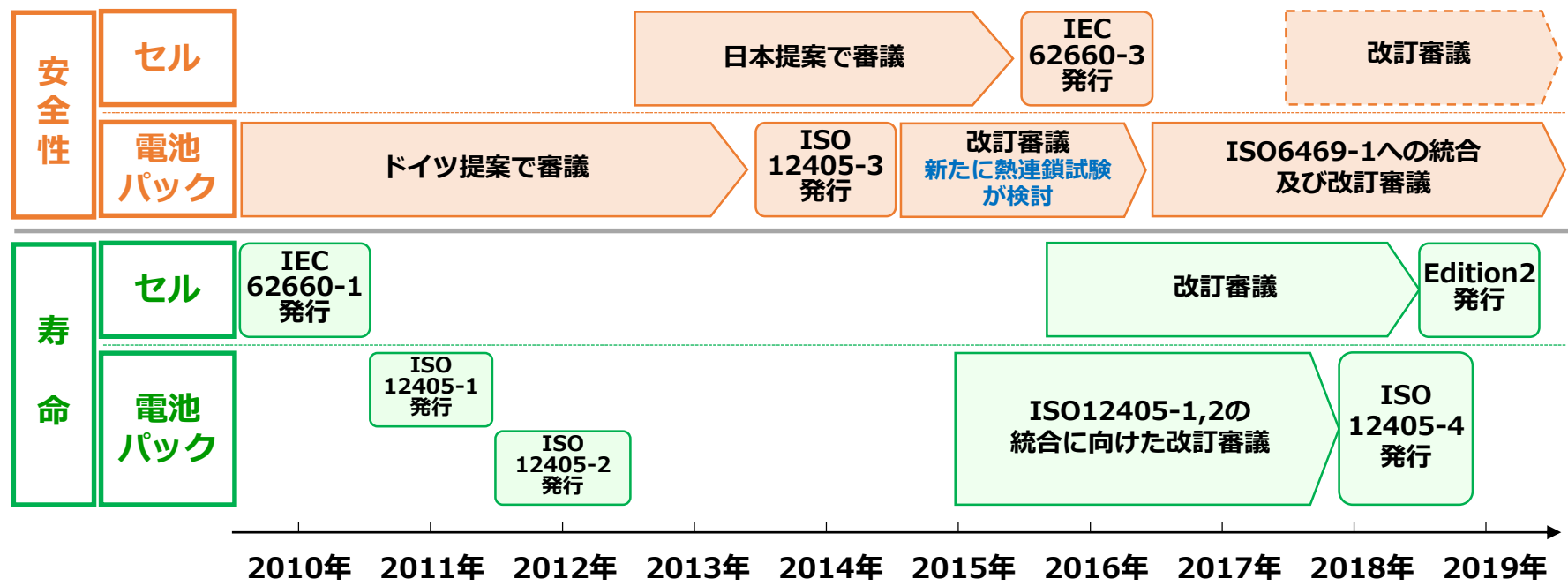
全固体電池・主要4か国の特許出願推移

全固体電池・電解質材料別出願件数

使用データベース : Derwent World Patents Indexに基づきNEDO作成

国際標準化動向

- 電動車両・車載用蓄電池の国際標準化は主にIECとISOで進められている。
- セルの安全性試験法を規定したIEC 62660-3（安全要件）が2016年に発行済み。日本が提案した強制内部短絡試験法（Ni片の挿入・加圧により内部短絡を起こさせる試験法）が採用されている。しかし、本試験法は技術面・安全面から実施が難しいとの意見が出ており、代替試験法の追加に関して改定審議が行われる予定。
- 電池パックの安全性試験法は、ドイツ提案を発端として、ISO 12405-3(安全要件)が2014年に発行済み。この改定審議において、新たに熱連鎖試験が検討されたが、熱暴走の発生方法が定まっていない状況にある。
- 寿命試験法については、セルの試験法がIEC 62660-1（性能試験）、電池パック・システムの試験法がISO 12405-1（高出力用性能試験）及びISO 12405-2（高エネルギー用性能試験）で発行済み。ISO 12405-1とISO 12405-2の統合に向けた改定審議が2015年より開始されている。



関連する上位政策・戦略への寄与

エネルギー基本計画・第四次計画（2014年4月、閣議決定）

- 蓄電池はエネルギーの需給構造の安定性強化に貢献する大きな可能性を持った技術であり、技術開発、国際標準化等により低コスト化・高性能化を図っていくとしている。
- 次世代自動車(HEV、EV、PHEV、FCV、CDV等)については、2030年までに新車販売に占める割合を5割から7割とすることを目指す。

次世代自動車戦略2010（2010年4月、経済産業省策定）

- 「全体戦略」として、2030年の新車販売のうち、EV・PHEVの割合を政府目標として20～30%とすることを目指す。
- 「電池戦略」として、電池の性能とコストを、2015年までに1.5倍と1/7倍に、2020年までに3倍と1/10倍にする。

自動車産業戦略2014（2014年11月、経済産業省策定）

- 技術開発の効率化とより高度な摺り合わせを実現するために産産・産学で協調して研究開発を進める重点分野の一つとして蓄電池が選定されている。

未来投資戦略2017（2017年6月、閣議決定）

- 車載用蓄電池については、現在の液系リチウムイオン電池よりも安全面等で性能が高い全固体リチウムイオン電池等の開発・実用化を加速する。
- EV・PHEVの普及台数を2020年までに最大100万台とすることを目指す。
- 2020年に国内企業による車載用・電力貯蔵用の先端蓄電池の市場で、年間5,000億円(世界市場の5割程度)を獲得することを目指す。

これら政策・戦略に対し、本プロジェクトの成果は直接的に寄与。

NEDO関与の必要性

過去の蓄電池技術開発プロジェクトの技術蓄積・マネジメント経験

- NEDOは、様々な蓄電技術開発プロジェクトやスマートコミュニティ実証事業を通じ、蓄電池及びEV・PHEVに関して市場・産業・技術開発動向の知見やマネジメントの経験・ノウハウを有している。
- 前プロジェクト「次世代自動車高性能蓄電システム技術開発（Li-EAD）」においても、EV・PHEV用のセル・モジュール・パック及び材料の開発、国際標準化に資する試験評価法の開発をマネジメントしている。

産業界全体の競争力強化（公平・中立的なマネジメントの推進）

本プロジェクトのように、ビジネス上、競合関係や買い手と売り手の関係にある複数の企業が参加したプロジェクトでは、実施者に対して公平な予算配分管理や進捗管理等を行い、日本全体としての競争力を強化する必要がある。

蓄電技術開発プロジェクトの一体的マネジメント、プロジェクト間の連携

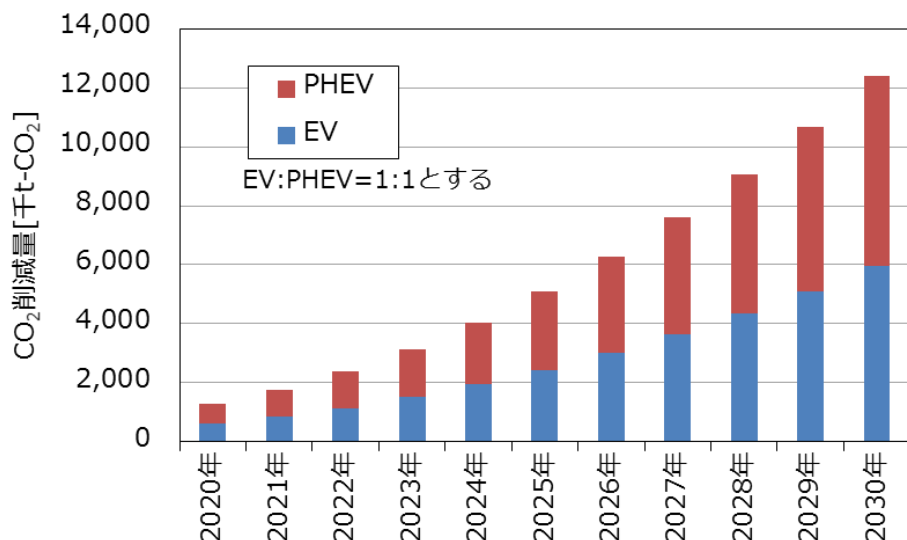
- 「先進・革新蓄電池材料評価技術開発」においては、本プロジェクトで検討されている固溶体正極やシリコン系負極を用いた先進LIBの材料評価技術、全固体電池の材料評価技術、内部短絡試験法等を開発しており、これらの技術開発ともベクトルやスピード感を合わせて、蓄電技術開発プロジェクトを一体的にマネジメントすることが可能。内部短絡試験法に関しては、NEDO主導で実施者間の技術交流を推進。
- 「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発事業」においては、本プロジェクトで把握された解析ニーズを反映させることで、開発中の解析技術を先進LIBや全固体電池にも応用可能とした。

本プロジェクトはNEDOが関与すべきもの。

実施の効果

CO₂削減効果

- ▶ 年間CO₂削減量は、EVが約1.2トン/台、PHEVが約1.3トン/台（Well to WheelのNEDO試算値）。
- ▶ 政府目標であるEV・PHEVの2020年保有台数100万台、2030年新車販売割合30%（保有台数割合16%）が実現した場合、2020年～2030年の平均で約580万トン-CO₂/年の削減効果が期待できる。



EV・PHEV普及によるCO₂削減効果の試算

試算条件

- 年間走行距離：10,000km
- ガソリン車燃費：2000ccクラスガソリン車の燃費
15.6km/L(JC08モード)の0.7倍と仮定。
- EV電費：日産自動車リーフ(2017年発売)
0.120kWh/km(JC08モード)の1/0.7倍と仮定
- PHEV燃費・電費：トヨタ自動車プリウスPHV(2017年発売)
37.2km/L・10.54km/kWh (JC08モード) の0.7倍と仮定
- 電力CO₂排出係数：0.530kg-CO₂/kWh
(電気事業低炭素社会協議会発表の2015年度
CO₂排出実績より)
- ガソリンCO₂排出係数：2.322kg-CO₂/L
(経済産業省・環境省令第三号)

経済効果

- ▶ 助成先企業が開発した材料・部品、蓄電デバイス・モジュール・パック等の売上は、2025年には約7,000億円/年に達する計画である。また、EV・PHEVの売上も販売開始後の5年目には約2.5兆円/年に達する計画である。
- ▶ 一方、本プロジェクトの予算総額（NEDO負担分）は約96億円であり、十分な費用対効果がある。

プロジェクトの目的・目標

<プロジェクトのねらい>

2020年代における次世代自動車の大量導入と車載用蓄電池市場での競争力強化に向け、車載用リチウムイオン電池の高性能化・低コスト化のための技術開発を推進する。

研究開発項目①

「高性能リチウムイオン電池技術開発」

【助成事業（NEDO負担率 2/3）】

<目的>

車載用電池の高性能化を実現する電池材料、セル化技術等を開発する。

<目標>

- ・EV用途性能目標*
質量エネルギー密度：250Wh/kg
質量出力密度：1,500W/kg
- ・PHEV用途性能目標*
質量エネルギー密度：200Wh/kg
質量出力密度：2,500W/kg
- ・コスト目標：2万円/kWh

*：2020年代の実用化段階での電池パックの目標



研究開発項目②

H26年度で終了

「リチウムイオン電池応用技術開発」

【助成事業（NEDO負担率 1/2）】

<目的>

産業用動力や大型移動体用動力等への適応を念頭に置いたリチウムイオン電池の応用技術開発を行う。

<目標>

- ・開発した電池パックをフィールドテスト等によって実証する。
- ・想定するアプリケーションにおける要求性能を満足する電池の実用化の目処を得る。



研究開発項目③

「車載用リチウムイオン電池の試験評価法の開発」

【委託事業（NEDO負担率 1/1）】



<目的>

国際標準化・基準化に反映される試験評価法を開発する。

<目標>

- ・国際規格、基準に反映される内部短絡試験法及び熱連鎖試験法を開発する。
- ・国際規格に反映される寿命試験法を開発する。

NEDOバッテリーRM2013 ~自動車用~

LIB応用・実用化
先端技術開発事業

RISING 2

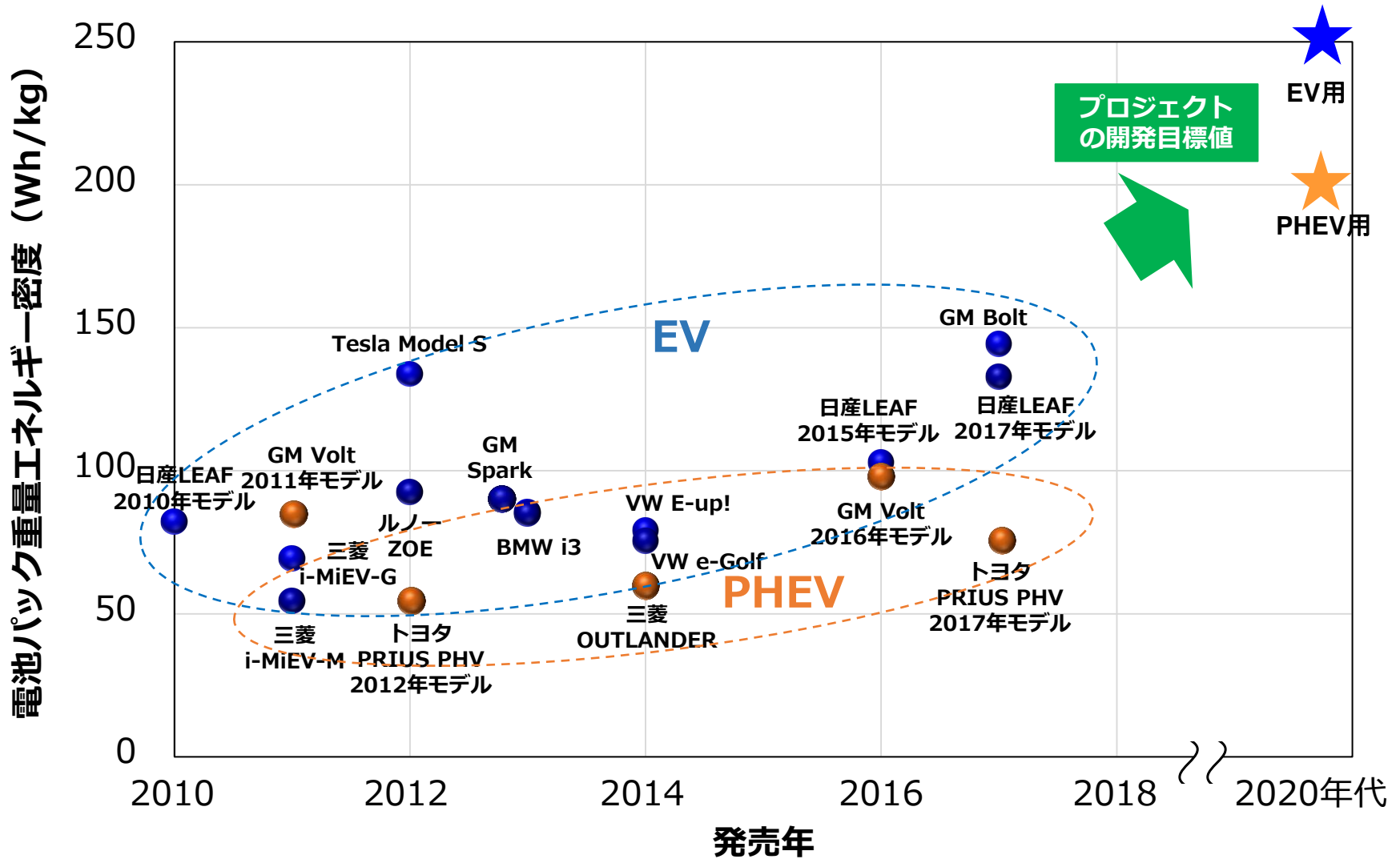
(BMU等を含むパックでの表記)



二次電池の課題	現行LIB	先進LIB	ブレークスルーが必要	革新電池
課題となる要素技術	正極	スピネルMn系 他	高容量化・高電位化 等	金属-空気電池 (Al, Li, Zn等)
	電解液	炭酸エステル系混合溶媒 他	難燃性・高耐電圧性 等	金属負極電池 (Al, Ca, Mg等) 等
	負極	炭素系	高容量化 等	
	セパレータ	微多孔膜	複合化、高次構造化・高出力対応 等	
	電池化技術	新電池材料組合せ技術/電極作製技術/固-液・固-固界面形成技術 等		
長期的基礎・基盤技術の強化	界面の反応メカニズム・物質移動現象の解明、劣化メカニズムの解明、熱的安定性の解明、「その場観察」技術・電極表面分析技術の開発、等			
その他課題	システムとしての安全性・耐環境性の向上、V2H/V2G、中古利用・二次利用、リサイクル、標準化、残存性能の把握、充電技術 等			

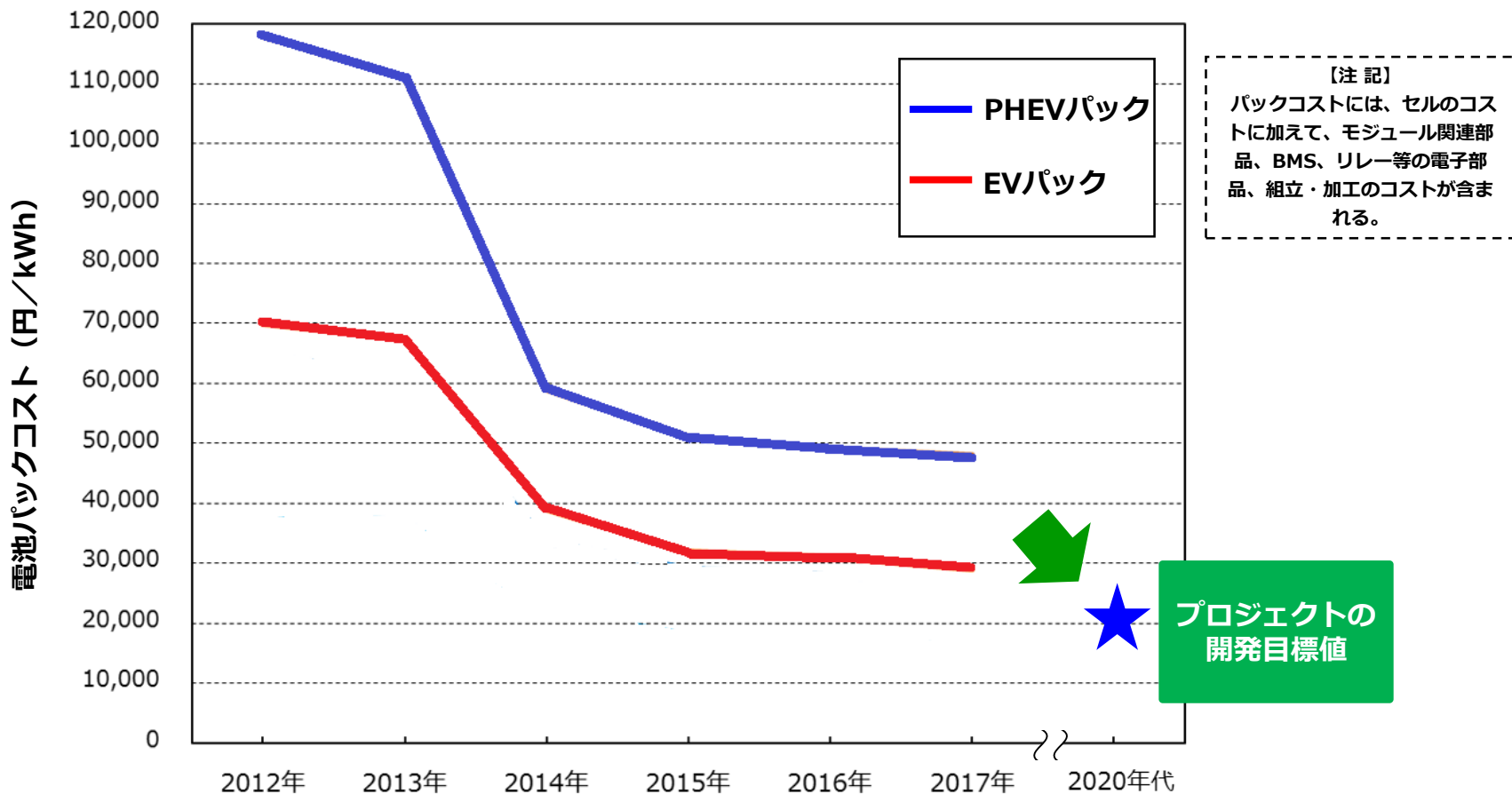
車載用電池パックの重量エネルギー密度

➤ 現在、実用化されている電池パックの重量エネルギー密度は、EV用が約140Wh/kg、PHEV用が約100Wh/kg。これらと比較して本プロジェクトの目標値は高い設定となっている。



車載用電池パックのコスト

- 現在の車載用電池パックの平均価格水準はEV用が約3万円/kWh、PHEV用が約5万円/kWh。これらと比較して本プロジェクトの目標値は高い設定になっている。



研究開発スケジュールと研究開発費用

- 研究開発項目①及び研究開発項目②は、5年間のテーマが5件、4年間のテーマが1件、3年間のテーマが1件。研究開発項目③はH27年度から2年間実施。
- 研究開発費用は合計で約96.0億円。

(単位：百万円)

研究開発項目	実施者	H24fy	H25fy	H26fy (中間評価)	H27fy	H28fy	合計
研究開発項目① 高性能リチウムイオン電池技術開発 【2/3助成】	(1) 日産自動車	74	110	135	171	47	537
	(2) 日本電気、積水化学工業、 田中化学研究所	320	283	234	204	140	1,181
	(3) 東芝インフラシステムズ	90	525	563	554	H27末で 終了	1,733
	(4) パナソニック	180	175	203	201	188	947
	(5) 日立製作所、 日立オートモティブシステムズ	461	365	266	388	240	1,720
	(6) トヨタ自動車、 豊田中央研究所	367	636	858	321	234	2,416
研究開発項目② リチウムイオン電池応用技術開発 【1/2助成】	三井造船、エレクセル、 三井造船システム技研	52	42	43	H26末で 終了		137
研究開発項目③ 車載用リチウムイオン電池の 試験評価法の開発【委託】	日本自動車研究所、 産業技術総合研究所			H27から 開始	483	442	925
	合計	1,544	2,136	2,302	2,322	1,291	9,595

プロジェクトの進捗管理

NEDO（PM）による進捗管理

- NEDOは各実施者の目標達成度、成果の技術的意義、実用化の可能性、産業への波及効果等も考慮しながら、プロジェクトの進捗を管理。
 - ① 2～3ヶ月に1回、NEDO担当者が個別実施者の研究実施場所を訪問し、研究開発状況や導入設備を確認。
 - ② 1回／半年を目途に実施者グループ毎の研究進捗報告会を開催し、NEDOのプロジェクトマネージャーが各研究テーマの半年単位での全体進捗を確認。
 - ③ 毎月、NEDO担当者が個別実施者より予算執行状況の報告を受け、研究設備の導入や消耗品の購入状況から研究に遅延が発生していないことを把握。
 - ④ 1回／年を目途に、「NEDO技術委員会（蓄電技術開発）」を開催し、学識者・専門家を交えて全実施者グループから研究進捗の報告を受け、プロジェクト全体の進捗を確認。
- NEDOは実施者の開発状況に応じて実施計画の変更や執行予算の前倒し・後ろ倒しに適切かつ柔軟に対応。
- 新たな実施内容の追加が適切で追加予算が必要と判断された場合には加速予算を配賦。加速予算の合計金額は約4.0億円であり、研究開発の過程で発生した問題の解決や早期実用化に係る成果を得た。

実施先による進捗管理

各実施者グループは、グループ内での進捗報告会や要素技術毎のワーキンググループを開催し、効率的かつ円滑に研究開発を推進。

- ・ 日立、日立オートモティブのグループは、毎月、プロジェクト進捗報告会議を開催。
- ・ NEC、積水化学、田中化学のグループでは各要素技術に対する5つのワーキンググループを設け、月1回進捗報告会議を開催。また、全体会議を四半期毎に開催。
- ・ トヨタ自動車・豊田中央研究所のグループは、委託先の大学・研究機関も含めた12機関が参加する全体会議を年2回、合計10回開催。
- ・ 日本自動車研究所・産業技術総合研究所のグループは、連携会議を毎月開催。また、標準化関係者や学識者が参加する「電池試験法連絡会」を6回、「電池技術委員会」を3回開催。

NEDO技術委員会、電池技術委員会等の設置・運営

NEDO技術委員会

- 学識者・専門家で構成される「NEDO技術委員会（蓄電技術開発）」を4回開催し、技術的な助言やプロジェクト全体の運営に関する助言・指摘を受けながらプロジェクトを推進。

	開催日	目的
第4回	2014年3月19日	中間目標の達成に向けた助言・指摘
第8回	2015年10月22日	最終目標達成に向けた助言・指摘
第11回	2016年7月27日	同上
第12回	2017年3月14日	最終成果の確認と実用化に向けた助言・指摘

	氏名	所属・役職 ※委員会開催時点のもの
委員長	佐藤 祐一	神奈川大学 工学研究所 名誉教授
委員	山木 準一	京都大学 産官学連携本部 特任教授
	鳶島 真一	群馬大学大学院 工学系研究科 教授
	辰巳 国昭	産業技術総合研究所 副部門長
	松本 孝直	電池工業会 部長
	三田 裕一	電力中央研究所 材料科学研究所 上席研究員
	森田 賢治	日本自動車研究所 FC・EV研究部 主任研究員
	太田 璋	リチウムイオン電池材料評価研究センター 専務理事
	小久見 善八	京都大学 名誉教授
	栄部 比夏里	産業技術総合研究所 上級主任研究員
	稲葉 稔	同志社大学 理工学部 教授
	松原 英一郎	京都大学大学院 工学研究科 教授

電池技術委員会、電池試験法連絡会

- NEDO主導で「電池試験法連絡会」及び「電池技術委員会」を設置し、標準化関連組織の担当者や学識者も参加して、評価技術開発の方向性や国際標準・基準への打ち込み方を議論。

電池試験法連絡会

(JAMA等)

- ・事業の具体的進め方検討
- ・標準化/基準化関連組織との情報共有、意見交換、調整

6回開催

電池技術委員会

(学識者, JAMA, 電中研, 車両/電池メーカー等)

- ・学術的見地からの助言
- ・事業全体の方針検討

3回開催

知的財産・標準化の戦略

知的財産

<基本的な方針>

- オープン（論文等による公表、ライセンス、標準化）にする領域と、クローズ（ノウハウとしての秘匿化、特許権等による独占）にする領域とに適切に使い分ける。
- 出願する場合は、技術情報の開示・権利化の範囲に注意を払うとともに、権利を侵害する第三者に対しても差止請求を行うことができる実効性のある権利を取得する。

- 実施者個別のオープン&クローズ戦略は尊重しつつ、各実施者が想定している実用化・事業化に際して根幹となるものは積極的に知財を確保するように指導。
- グローバル市場での展開を見据え、主要な市場である北米・欧州等の先進国を中心に海外出願を促進。
- 逐次、NEDOに報告書を提出することを義務付け、各実施者の特許出願・権利化動向を把握。
- 事業期間内のプロジェクト全体の特許出願は501件（うち外国出願 273件）。

標準化

<基本的な方針>

- ブラックボックス化とオープン化を組み合わせた標準化戦略により、自社や自国に不利にならない国際規格を作ることによって産業競争力を強化する。
- 車載用LIBでは、日本製LIBが持つ高い信頼性・耐久性の価値を高める試験評価法の国際標準化に取り組むこととし、研究開発項目③「車載用リチウムイオン電池の試験評価法の開発」を推進。

- JAMAの標準化・基準化ワーキンググループの委員をメンバーとする「電池試験法連絡会」及び「電池技術委員会」をプロジェクト内に設置し、情報共有・意見交換を行いながら、研究開発を推進。
- 「NEDO技術委員会（蓄電技術開発）」の委員として、車載用LIBの国際規格の国内審議団体である電池工業会とJARIの職員が参加、研究開発項目①「高性能リチウムイオン電池技術開発」の研究開発状況も共有。

中間評価の指摘事項への対応

指摘事項	対応
日本の電池産業が今後も世界をリードして行くためには、コストだけでは測れない独自技術を確立していくことが重要であり、本プロジェクトを活用した知的財産確保と、開発成果のタイムリーな発信による技術的優位性の可視化が重要と考える。	オープン・クローズ戦略に基づいて技術情報の流出に配慮しつつ、各実施者の合計で特許501件(うち外国出願273件)、学会等での技術情報発表を142件実施した。NEDOとしても講演やニュースリリース等において、タイムリーに本成果の優位性を発信した。
諸外国との新蓄電池開発競争は非常に厳しいものになると予想されることから、耐久性や安全性といった標準化に関連する項目の情報を実用化・事業化に早期に反映する企業内の体制の構築が重要と思われる。開発した蓄電池の耐久性、安全性に関しても早急に評価、実証を進めてほしい。	本プロジェクトの蓄電池材料及び蓄電池開発において、当初は小型セルでの性能評価までであったが、成果の実用化・事業化の早期実現のため、実用段階に近い3~30Ah級のプロトタイプセルを作製して、エネルギー密度、出力密度、耐久性、安全性等を評価した。
標準化は両刃の剣であるので、将来的に不利にならないように慎重に対応することが望まれる。	標準化については、将来的に不利にならないように新たに研究開発項目を設定し、H27年度~H28年度の2年間実施した。また、自工会、自動車メーカー、大学関係者、標準化WG主査及びMETIからなる電池技術委員会を設置し、評価技術開発の方向性を議論した上で実施内容に反映させた。
NEDO以外にも、幾つかのプロジェクトが遂行されている。それぞれ国の大きな予算を投入していることから、省庁間の枠を超えて、意見交換を計画されると良いと考える。	NEDOは「文部科学省・経済産業省ガバナングボード(蓄電池)」のメンバーであり、文部科学省が所掌する「先端的低炭素化技術開発/次世代蓄電池研究加速プロジェクト」等の関係者とも定期的に意見交換を実施した。
本プロジェクトの最終開発段階では、RISINGで開発された高度解析技術の活用が非常に大きな武器になるものと考えられる。他の蓄電池に関するNEDO施策との連携も強化していくことが望まれる。	一部の実施者は、RISINGプロジェクトで開発している高度解析技術を本プロジェクトで開発している電池材料の課題解決に使用した。また、先進・革新蓄電池材料評価技術開発の実施者であるLIBTECと本プロジェクトの実施者であるAIST及びJARIとの間で技術交流会をそれぞれ2016年5月、2016年6月に開催した。
本プロジェクトの最終目標達成のためには、実施者グループごとの一つの電池として全ての開発目標を達成することが必要であり、開発の方向性(材料、量産化技術)の早期の絞り込みが重要である。一方、将来の芽として派生技術を育てることも重要であり、絞り込んだ後の技術による目標達成に加えて、派生技術を評価する枠組みも必要と考える。	NEDO技術委員会で外部有識者の意見も取り入れつつ、各助成先及びその再委託先が取り扱っている技術を、実用化に向かう要素技術と将来技術として育成する萌芽的技術とに峻別し、開発内容の重点化を行った。さらに峻別した技術について、将来の本質的な課題解決に向けた派生技術に関する取組も実施した。

「高容量Si合金負極の研究開発」日産自動車

■ 開発成果と達成度

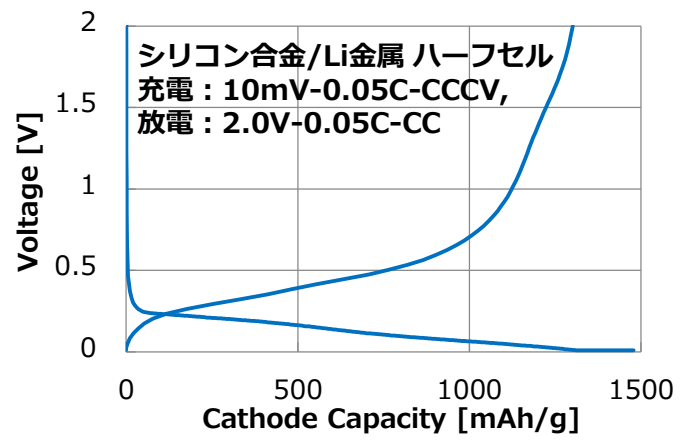
開発項目	最終目標	成果	達成度
高性能シリコン合金負極活物質の量産化	<ul style="list-style-type: none"> 放電容量：800mAh/g 耐久性：90%@300サイクル シリコン合金活物質の合成方法絞り込み（シリコン合金試作量 1kg/月） 	<ul style="list-style-type: none"> メカニカルアロイ法を用いて検討した結果、アモルファス化によりサイクル耐性の高いSi-Sn-Ti系を選択。組成最適化により決定したSi₆₅Sn₅Ti₃₀合金を用いた小型ラミセルにて1,300mAh/g、90%@300サイクルを達成。 急冷ロール凝固及び攪拌ボールミルにより試作量2.8kg/月を達成。 	◎
高性能シリコン負極複合材	3Ah級セルの負極仕様決定	<ul style="list-style-type: none"> 負極体積膨張によるサイクル耐性向上のため、負極構成として、繊維状・球状混合導電助剤、高耐薬品性及び高破断伸びを有するポリイミドバインダー及びカーボン被覆活物質粒子を選定。 安定なSEI形成のため、電解液として1.4M LiPF₆+FEC/DEC+添加剤を選定。 	○
高度解析	耐久性を満足するシリコン合金の微細構造/化学状態の特定	<ul style="list-style-type: none"> Si-Sn-Ti合金微細構造を解析し、TiSi₂相がSi相を包み込む形態で複合化し、且つSi相のアモルファス度が大であることが高容量且つ高耐久性に必要であることを確認。 量産化に向けたシリコン合金の設計指針に反映させた。 	◎
電池セル試作、評価	3Ah級セルで下記を実証 <ul style="list-style-type: none"> エネルギー密度：300Wh/kg 出力密度：1,800W/kg 耐久性：90%@300サイクル 安全性：釘刺異常無 コスト：1.5万円/kWh 	<ul style="list-style-type: none"> 面圧・エージング条件の最適化や負極製造プロセスの改良を行い、3Ah級セルを作製し、エネルギー密度300Wh/kg、出力密度2,200W/kg、耐久性として84%@300サイクル、安全性として釘刺し試験時異常無きこと、更にコストとして1.4万円/kWhの見通しを得た（675MWh/年生産時の予測値）。 	○

◎ 大幅達成、○ 達成、△ 一部未達、× 未達

「高容量Si合金負極の研究開発」日産自動車

■ 高性能シリコン合金負極活物質

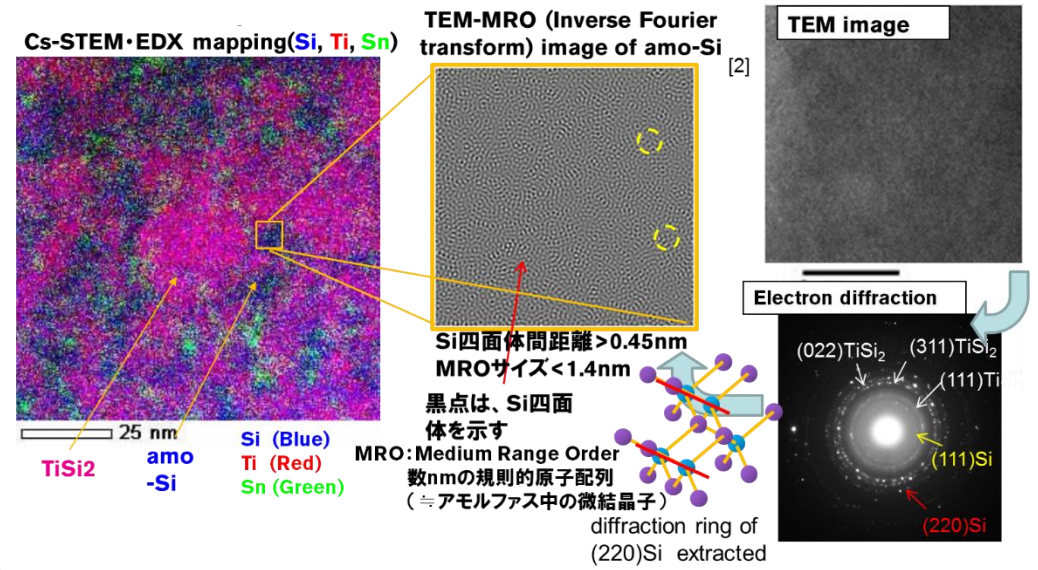
メカニカルアロイ法により合成したSi₆₅Sn₅Ti₃₀合金を用いたハーフセルにて放電容量1,300mAh/gを示し、目標の放電容量800mAh/gを達成。



ハーフセル充放電曲線

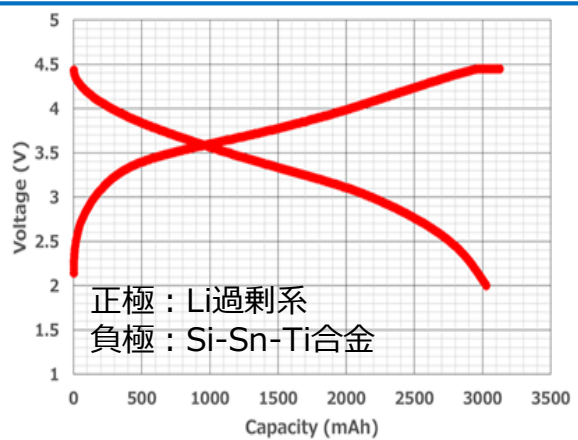
■ 高度解析

Cs-STEMを用いたシリコン合金のマイクロ組織観察によりSi相のアモルファス度が大であることが高容量化に有効なことを確認。

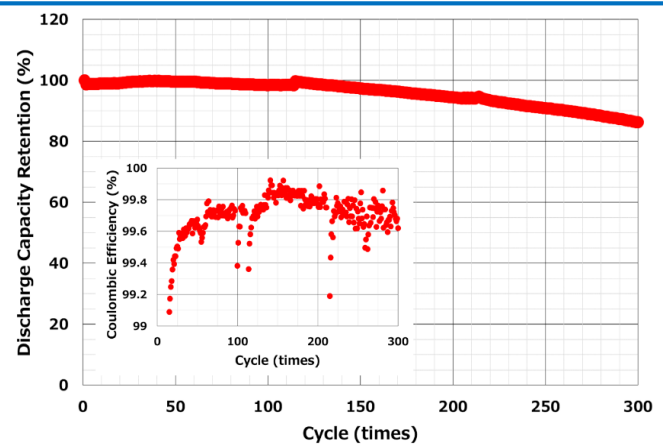


■ 電池セル試作・評価

- 3Ah級大型電池を試作し、エネルギー密度300Wh/kg、出力密度2,200W/kgを達成。
- サイクル試験の結果84% @300サイクルを達成。



3Ah級電池充放電曲線



3Ah級電池サイクル耐久試験

「高容量・低コスト酸化物正極を用いた高エネルギー密度リチウムイオン電池の開発」 日本電気、積水化学、田中化学研究所

■ 開発成果と達成度

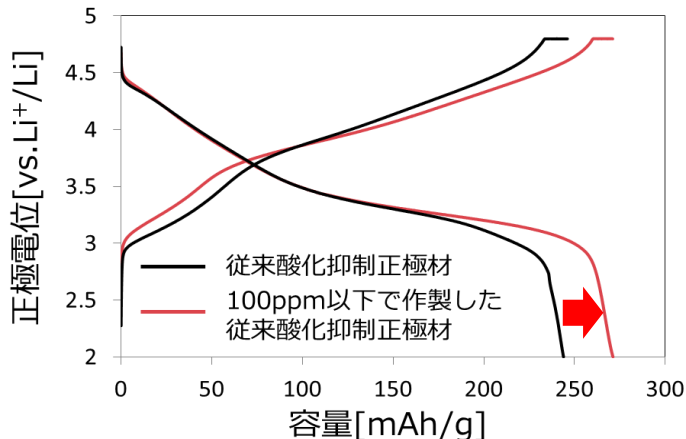
開発項目	最終目標	成果	達成度
セル化・電池パック化技術開発	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー密度: 250Wh/kg 出力密度: 1,500W/kg コスト: 20,000円/kWh 	<ul style="list-style-type: none"> 8Ahセル8直1並モジュールを作製し、エネルギー密度273Wh/kg、出力密度1,600W/kgを達成し、コスト20,000円/kWhの目標を得た。 	○
鉄含有リチウム過剰正極技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 容量密度: 240mAh/g 電極密度: 1.9g/cm³ 	<ul style="list-style-type: none"> 酸化抑制熱処理を施した鉄含有固溶体正極LFNM151570にSm₂O₃/Al₂O₃表面コートを実施した正極を開発し、容量密度271mAh/g、電極密度2.35g/cm³を達成。 	○
シリコン化合物負極技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 容量密度: 1,300mAh/g 電極密度: 1.0g/cm³ 	<ul style="list-style-type: none"> SiO : 黒鉛 = 70 : 30 混合負極を開発し、容量密度1,641mAh/g、電極密度1.2 g/cm³を達成。 	○
耐高電圧電解液技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 耐電圧: 5.3V vs. Li/Li⁺ イオン伝導度: 5.0×10⁻³ S cm⁻¹ (@室温) 	<ul style="list-style-type: none"> 1MLiPF₆ EC/DEC (3/7) (v/v) + 5wt% FDEC + 2wt% B2MPy電解液を開発し、耐電圧5.24V vs. Li/Li⁺、イオン伝導度7.2×10⁻³ S cm⁻¹を達成。 セル動作電圧内でのガス発生抑制も確認。 	○
耐高電圧セパレータ技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 耐電圧: 4.8V vs. Li/Li⁺ 膜厚: 25μm 空孔率: 40% 	<ul style="list-style-type: none"> 表面樹脂コートした酸化防止剤添加PPセパレータを開発し、セル動作電圧内での長期サイクル評価(100サイクル)後の高い機械特性維持を確認し、膜厚20-25μm制御及び空孔率40-55%制御可能なことを確認。 	○

「高容量・低コスト酸化物正極を用いた高エネルギー密度リチウムイオン電池の開発」 日本電気、積水化学、田中化学研究所

■ 鉄含有リチウム過剰正極技術開発

O₂濃度100ppm以下の酸化抑制条件で作製したLFNM151570正極活物質は、単極セル評価で放電容量271mAh/gを達成。

(LFNM151570 : 0.3LiFe_{1/2}Ni_{1/2}O₂-0.7Li₂MnO₃)

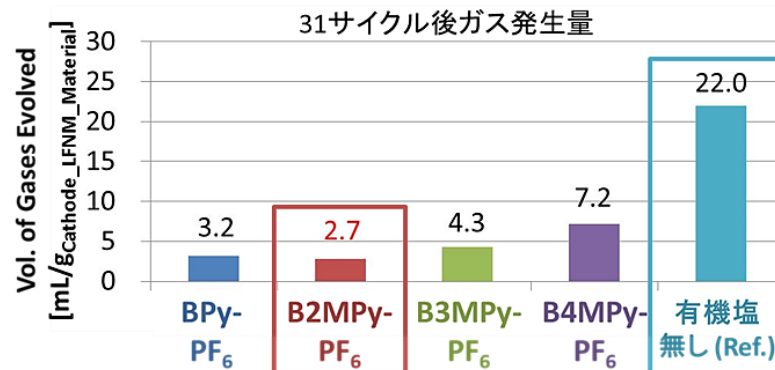


LFNM正極単極セル充放電曲線

■ 耐高電圧電解液技術開発

フッ素化カーボネートとイオン液体を添加した電解液*を用いた小型セルにて、セル動作電圧内でのガス発生抑制を確認。

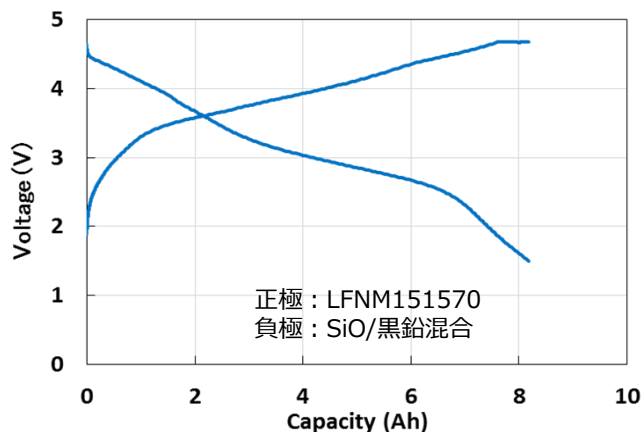
* 1MLiPF₆ EC/DEC (3/7) (v/v) + 5wt%FDEC + 2wt% B2MPy
B2MPy : 1-Butyl-2-Methylpyridinium hexafluorophosphate



サイクル試験後ガス発生量比較

■ セル化・電池パック化技術開発

- 8Ah級ラミネートセルによりエネルギー密度308Wh/kgが得られた。
- 8Ahセルで8直モジュールを作製・実証し、エネルギー密度273Wh/kg、出力密度1,600W/kgを達成し、コスト20,000円/kWhの目途を得た。



8Ah級電池充放電曲線



8セル直列モジュール外観

「高エネルギー密度・低コストセル開発及び高入出力パック開発」東芝インフラシステムズ

■ 開発成果と達成度

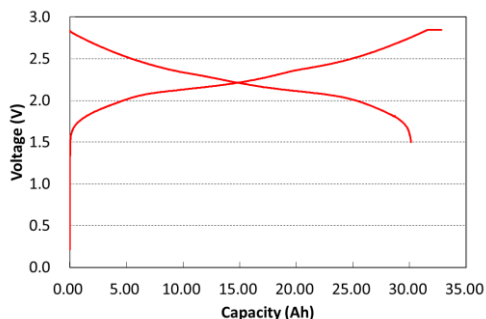
開発項目	最終目標	成果	達成度
EV・PHEV用途セル： 高エネルギー密度化 低コスト化	<ul style="list-style-type: none"> セルエネルギー密度275Wh/Lの達成。 セルコスト30円/Whの達成。 	<ul style="list-style-type: none"> 新規チタンニオブ系複合酸化物負極材料を適用し、従来正極、集電箔・セパレータの薄膜化と組合せたセル、及び現行負極材料を適用し、正極材料の改良、正・負極の厚膜化、セパレータの薄膜化と組合せたスタック構造セルで275Wh/L (30Ah)以上を達成。 セパレータを電極上に密着させる技術の開発により、セルコスト低減を達成する要素技術を確認し、セルコスト30円/Whの目標達成する目処をつけた。 	○
ISS用途セル： 低コスト化	<ul style="list-style-type: none"> 出力性能3,200W/kgを維持してセルコスト70円/Whの達成 	<ul style="list-style-type: none"> 電極の薄塗り塗工技術、多層集電体の低抵抗・高接合強度接合技術等を開発し、出力3,500W/kg、セルコスト70円/Whの目標達成する目処をつけた。 	○
PHEV用途パック： 冷却パックの開発	<ul style="list-style-type: none"> 3C連続放電で温度上昇15℃以下の冷却パック開発 	<ul style="list-style-type: none"> 4種冷却方式毎の試験モジュール構造について、冷却効果を定量的に検証し、構成が簡単で、低コストで実現可能な側面空冷モジュールで目標値を達成する要素技術を確認。 	○

◎ 大幅達成、○ 達成、△ 一部未達、× 未達

「高エネルギー密度・低コストセル開発及び高入出力パック開発」東芝インフラシステムズ

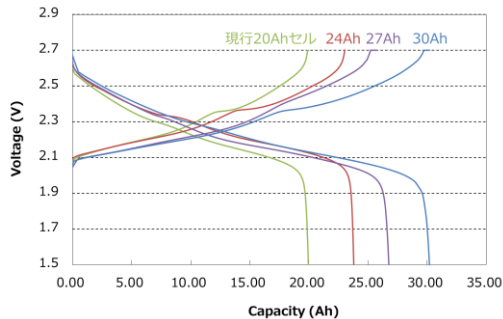
■ EV・PHEV用途セル開発

- Nb系複合酸化物負極材料を適用し、従来正極、集電箔・セパレータの薄膜化と組合せた30Ahセルを開発し、275Wh/Lを達成。



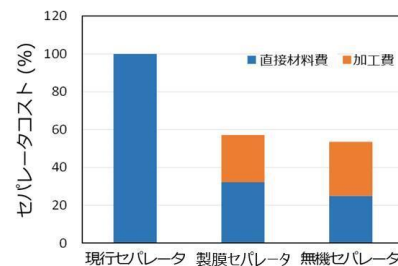
新規負極材料を用いたセルの充放電曲線

- 現行負極材料を適用し、正極材料の改良、正・負極の厚膜化、セパレータの薄膜化と組合せたスタック構造の30Ahセルを開発し、282Wh/Lを達成。
- 開発過程の24Ahセルは、設計を最適化し、23Ahセルとして2015年度に製品化。



従来負極材料を用いたセルの充放電曲線

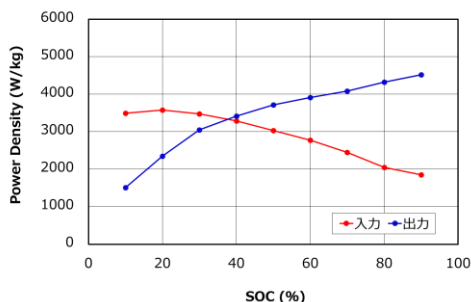
- セパレータ薄膜化による高エネルギー密度化と低コスト化への寄与を目的に、電極上にセパレータを密着させる技術を開発（製膜と無機）。
- 電極上に密着させたセパレータと新規負極材料を適用した30Ahセルで、コスト目標30円/Wh以下達成に目処。



セパレータのコスト試算結果

■ ISS用途セル開発

- 電極の薄塗り塗工技術、多層集電体の低抵抗・高接合強度接合技術等を開発、出力3,500W/kg、セルコスト70円/Whの目標達成に目処。
- 成果の一部を用い、2017年2月に新規高出力セルとなる10Ahセルを製品化。



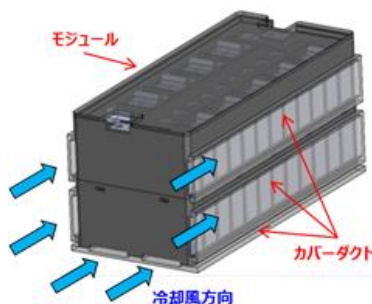
10Ahセルの入出力特性



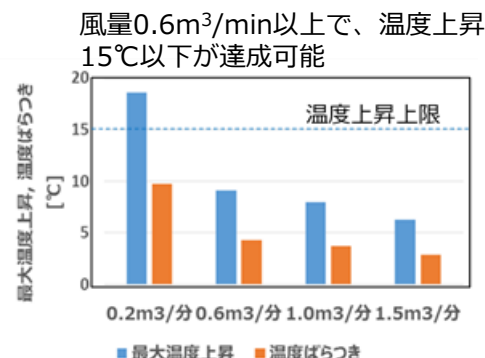
10Ahセルの外観

■ PHEV用途パック開発

- 4種の冷却方式の冷却効果を定量的に検証、構成が簡単で、低コストで実現可能な側面空冷モジュールで3C連続放電で温度上昇15℃以下を達成する要素技術を確立。



側面空冷モジュールの構造



空冷条件による3C連続充放電時温度上昇

「PHEV用高電圧充電リチウムイオン電池の開発」パナソニック

■ 開発成果と達成度

開発項目	最終目標	成果	達成度
高エネルギー密度化要素技術	200Wh/kg	<ul style="list-style-type: none"> 耐高電圧・高強度新NCM正極材料を開発 電極の高密度化による高容量化達成 20Ah級実規模電池で209Wh/kgを達成 	○
高出力化要素技術	2,500W/kg	<ul style="list-style-type: none"> 高体積効率の電極体と新集電構造を開発 20Ah実規模電池で2,538W/kgを達成 	○
高安全化要素技術	内部短絡安全性の確保	<ul style="list-style-type: none"> 燃焼ガスの発生速度と電池の安全性を定量的に評価する手法を開発 耐熱層セパレータ等の導入により209Wh/kg、2,538W/kgを達成した実規模電池で内部短絡安全性を確保 (<HL4) 	○
長寿命化要素技術	1,500サイクル後： 70%維持	<ul style="list-style-type: none"> 新耐酸化性溶媒の合成と電解液開発 20Ah級実規模電池で1,500サイクル後73% (実使用換算の予測；> 5,500サイクル@70%) 	○
低コスト化要素技術	2万円/kWh（セル）	<ul style="list-style-type: none"> 高密度セル構成、部材の削減を達成 部材のコストダウン（正極材料、セパレータ、電解液、外装材）で1.96万円/kWhを達成 	○

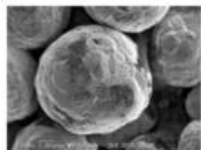
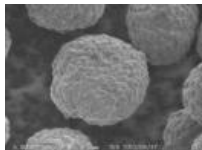
◎ 大幅達成、○ 達成、△ 一部未達、X 未達

「PHEV用高電圧充電リチウムイオン電池の開発」パナソニック

■新規3元系正極活物質の開発

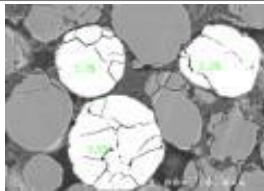
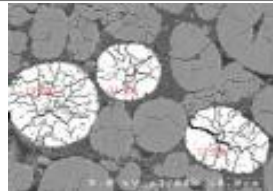
- 熱処理条件適正化等の新合成プロセスを適用して、新規NCM材料を開発。
- 出力特性低下の要因となる結晶子サイズの肥大化を抑制しつつ、サイクル負荷時の粒子割れ抑制を目的に粒子硬度を約2倍改善

NCM開発品と現行品の物性比較（現行品を100として規格化）

	開発品	現行品
結晶子サイズ	97	100
粒子硬度	242	100
粒子形態 SEM		

- 開発品では粒子表面の平滑性の向上に伴い圧縮流動性が向上しており、充填密度向上によるエネルギー密度改善が期待できる。
- 700サイクル充放電負荷後、粒子割れや電極膨化が大幅に抑制。

NCM正極材の圧縮流動性とサイクル負荷後の状態比較

	開発品	現行品
圧縮流動性	110	100
耐久性 700サイクル経過後の 粒子断面		
粒子割れ (断面画像比較)	35	100
電極膨化 (電極厚み増加率)	30	100

■20Ah実規模電池セル試作・評価

- 新開発のNCM正極を適用して、20Ah実規模角形セルを開発。
なお、負極には黒鉛を、電解液には一般的なカーボネート系電解液を使用。



20Ah実規模セルの仕様・性能まとめ

項目	値
寸法	幅170 × 高さ65 × 厚み15mm
重量	0.36kg
容量	20Ah
公称電圧	3.7V
エネルギー密度(セル)	209Wh/kg (0.3C放電)
入力密度(セル)	3,312W/kg (SOC50% 4.35V 10sec 25°C)
出力密度(セル)	2,538W/kg (SOC50% 2.5V 10sec 25°C)
サイクル耐久性	73% @1,500サイクル (25°C、2.5V-4.3V、0.5C充電、1C放電)
コスト	1.96万円/kWh

「高性能材料の電池化と実装技術による高エネルギー型リチウムイオン電池の開発」 日立製作所、日立オートモティブシステムズ

■ 開発成果と達成度

開発項目	最終目標	成果	達成度
高容量正極	高容量正極材料の最終仕様選定。	<ul style="list-style-type: none"> 320Wh/kgを見込める正極材料としてNi比率80%正極を選定し、酸化物被覆により高容量と長寿命（100サイクル後容量維持率90%）を両立させた。 	○
高容量負極	高容量負極材料の最終仕様選定。 <ul style="list-style-type: none"> 負極エネルギー密度： 900Ah/kg （セルとして320Wh/kg） サイクル寿命：80%@100サイクル 	<ul style="list-style-type: none"> 320Wh/kgを見込める負極材料として900Ah/kgを実現できるシリコン系活物質混合黒鉛を選定。シリコン系負極表面へのカーボンコート及び高強度バインダー、電解液へのFEC添加剤の適用により、サイクル寿命として100サイクル90%維持率を実現。 上記正極と組み合わせた30Ah級ラミネートセルを作製し、エネルギー密度320Wh/kgを達成。 	○
正極・負極 電極構造の 高エネルギー化	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー密度$\geq 200\text{Wh/kg}$ 出力密度$\geq 1,500\text{W/kg}$ 寿命10年の見通し。 安全性、信頼性：車載時の濫用に耐えること。 	<ul style="list-style-type: none"> Ni比率80%正極及び表面修飾黒鉛を用いて40Ah級角形電池を試作し、セルのエネルギー密度210Wh/kg、出力密度1,900W/kgを達成。 サイクル試験と保存試験の結果から10年寿命の見通しを得た。更に車載時の濫用を想定した安全性試験にて目標仕様を満足することを実証。 	◎
高密度化実装技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 無線通信可能なセルコントローラ一体化セルの開発。 パック中セル重量比≥ 0.8 	<ul style="list-style-type: none"> 2~5V且つ数mAで動作可能なセルコントローラ一体化セルを開発し、バッテリーコントローラとの無線通信を実証。 外装筐体冷却やセルホルダー等の採用により部品点数を減らすことでセル重量比率0.8を達成。 	○

「高性能材料の電池化と実装技術による高エネルギー型リチウムイオン電池の開発」 日立製作所、日立オートモティブシステムズ

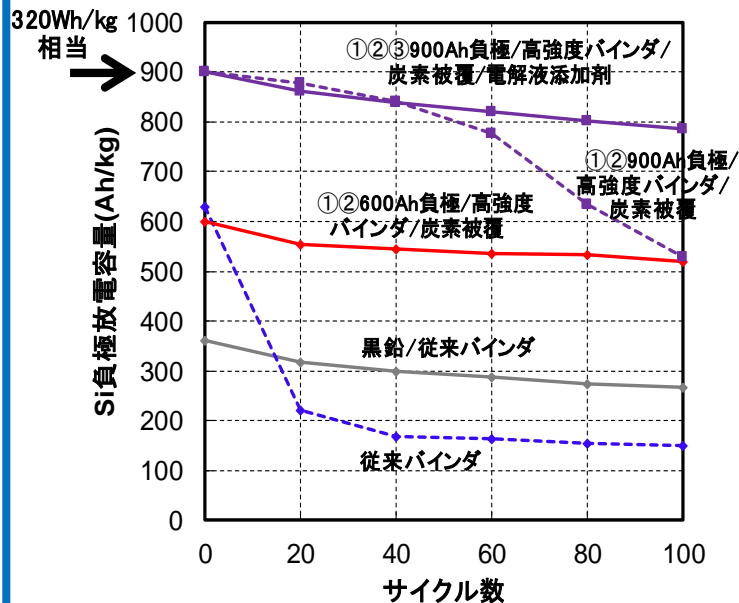
■ 高容量負極

シリコン系活物質混合黒鉛負極のサイクル安定化のために

- ①高強度バインダの適用
- ②負極活物質表面へのカーボンコート
- ③電解液へのFEC添加

を行い、目標の320Wh/kg相当の900Ah/kgが得られるシリコン系活物質混合黒鉛負極を使いこなす技術を開発。

Ni比率80%正極と組み合わせた30Ahラミネートセルにて、エネルギー密度320Wh/kgを達成。



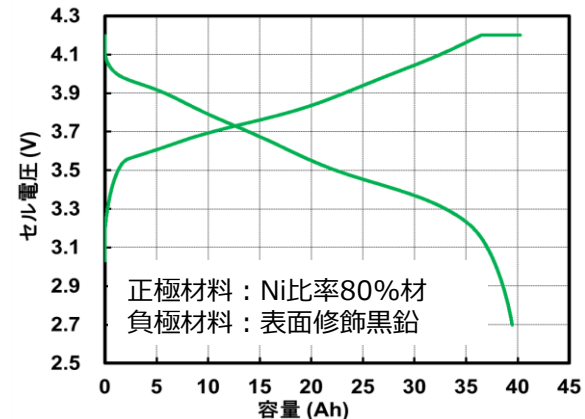
シリコン系活物質を用いた負極のサイクル特性

■ 正極・負極電極構造の高エネルギー密度化

30Ah級角形実用電池を試作し、電池性能の目標値（重量エネルギー密度 $\geq 200\text{Wh/kg}$, 出力密度 $\geq 1,500\text{W/kg}$ ）と、安全性が両立した実用電池を実証。



30Ah級実用電池の外観



30Ah級実用電池の充放電曲線

■ 高密度化実装技術の開発

冷却構造をコールドプレートを外した外装筐体冷却、セル保持方法をセルホルダー方式に変更すること等によりパック中のセル重量比率を従来の0.64から0.8にでき、目標を達成。

	従来品	最終開発品
エネルギー密度	80Wh/kg	160Wh/kg
セル重量比率	0.64	0.8
パック外観		

「電極のナノコンポジット化による高性能全固体電池の研究開発」 トヨタ自動車, 豊田中央研究所

■ 開発成果と達成度

開発項目	最終目標	成果	達成度
5V級正極と固体電解質の界面抵抗低減技術開発	①界面抵抗 $\leq 100\Omega \text{ cm}^2$ ②ハーフセルで 充放電容量 $\geq 2\text{mAh/cm}^2$	① 新開発のLi-P-B系ガラス電解質をLNMO正極にコートすることにより、LPS硫化物固体電解質との界面抵抗 $150\Omega \text{ cm}^2$ を確認。また、LiCoPO ₄ 正極と新開発のガラスセラミック酸化物電解質のナノコンポジット正極で界面抵抗 $900\Omega \text{ cm}^2$ を確認。 ② LiCoPO ₄ とガラス酸化物電解質のナノコンポジット正極を用いたセルで、 2mAh/cm^2 の目付けに対し放電容量 1.5mAh/cm^2 を確認。	△
新規材料の開発	①固体電解質の開発 イオン伝導度 $\geq 1\text{mS/cm}$ 、 大気中未反応 $\geq 400^\circ\text{C}$ ②シリコン系負極の開発 $\geq 2,100\text{mAh/g}$ @100サイクル	① 世界最高のLiイオン伝導度 25mS/cm を有するLi-Si-P-S-Cl電解質を開発。また、Liイオン伝導度 1mS/cm と 20°C ・湿度70%大気中で反応生成ガス抑制(H_2S 発生速度 $< 0.001\text{cm}^3/\text{min/g}$)を両立させたL-P-S電解質を開発。 ② 30vol%ミクロ孔を導入したシリコン膜負極をスパッタ法で開発。また、全固体ハーフセルで、初期容量 2.1mAh/cm^2 ($3,000\text{mAh/g}$)、100サイクル後の容量維持率98%以上を達成。	○
セル化プロセス技術の開発	①セル化プロセス低温化 プロセス温度 $< 500^\circ\text{C}$ 、 低温焼結した電解質のイオン伝導度 $\geq 10^{-4} \text{ S/cm}$ (酸化物) ②構造化負極の応力緩和設計技術確立 ③活物質ナノコート技術 10 nm厚被覆率 $\geq 90\%$	① LLZ粉末の焼結性を高めることにより、 400°C 熱処理での接合とイオン伝導度 $1 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$ のLLZ電解質層形成、酸化物全固体セル駆動を確認。 ② ポーラスシリコン負極とLLZ電解質との界面応力解析が可能なシミュレーション技術を確立。 ③ 転動流動方式によるナノコート技術改善で $10\mu\text{m}$ 径の正極活物質に対して、 10nm 厚での被覆率94%を達成。	◎
高性能全固体電池の実証	①全固体電池のアドバンテージの提示 ②酸化物全固体電池の実証 600Wh/L 、 $2,000\text{W/L}$	① 新開発の硫化物系電解質を適用した全固体電池にて液系LIBの3倍の高出力特性を実証。 ② 酸化物系コインセルにて 400°C プロセスで試作したLCO及びNCM/LLZ/金属Liセルで 600Wh/L から算出した 2mA/cm^2 充放電、 $2,000\text{W/L}$ から算出した電解質伝導度 10^{-4} S/cm 、電極体抵抗 $100\Omega \text{ cm}^2$ を実証。	○

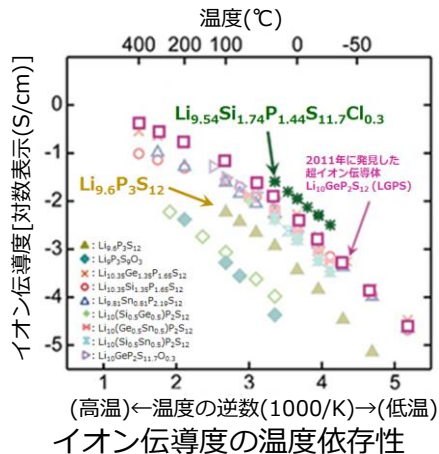
◎ 大幅達成、○ 達成、△ 一部未達、× 未達

「電極のナノコンポジット化による高性能全固体電池の研究開発」 トヨタ自動車, 豊田中央研究所

新規材料の開発

高イオン伝導度 電解質

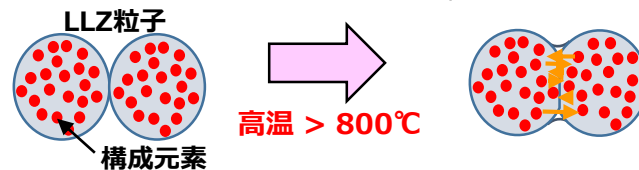
- 世界最高伝導度の硫化物系超イオン伝導体 (25mS/cm)



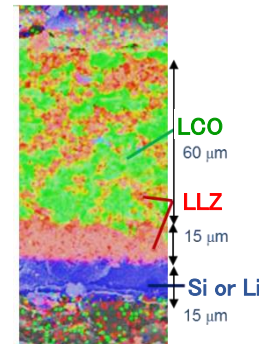
セル化プロセス技術の開発 (酸化物系)

- 低温 (400°C) で電極層のコンポジット化 (及び電解質層との接合) に成功

【従来のLLZ接合法】 高温で粒子構成元素の相互拡散により接合



【新技术】 拡散性の高い元素を含む組成として低温にて接合

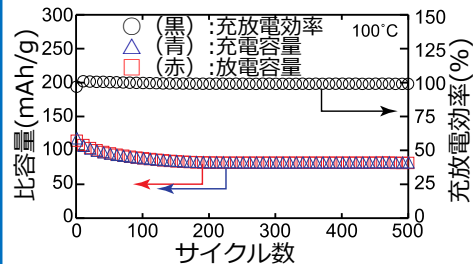


試作電池のSEM/EDX像

高性能全固体電池の実証

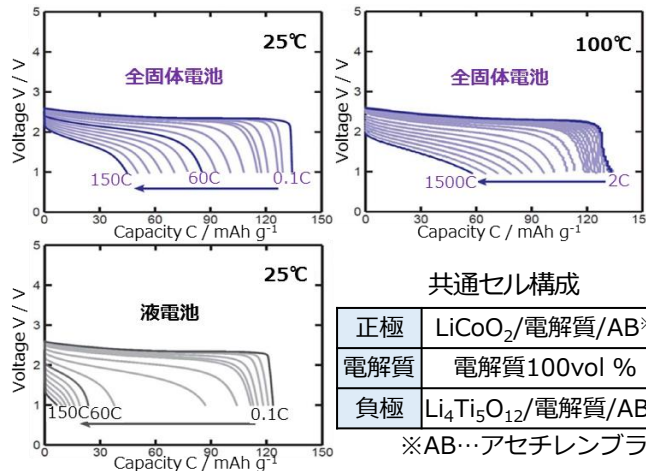
硫化物系全固体電池の実証

- 500サイクル後も容量70%以上
- クーロン効率はほぼ100%を維持



充放電サイクル試験結果@100°C

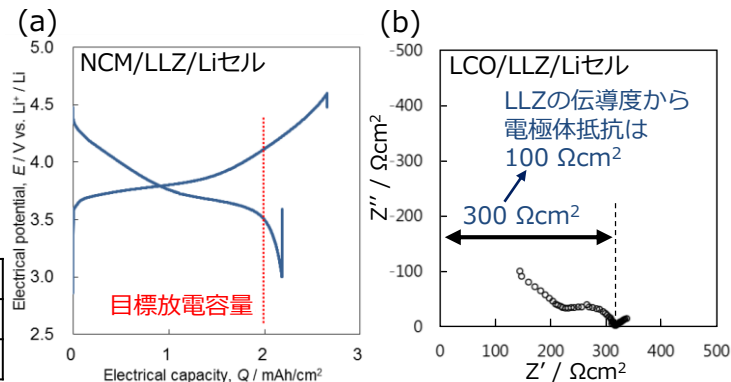
- 現行液系LIBの3倍以上の出力特性
- 高レート特性: ~1,500C (2秒強で完全放電)



全固体電池と液系LIBの放電カーブの比較

酸化物系全固体電池の実証

- 高エネルギー密度600Wh/L (2mAh/cm²より) と高出力密度2,000W/L (100Ωcm²より) を実証

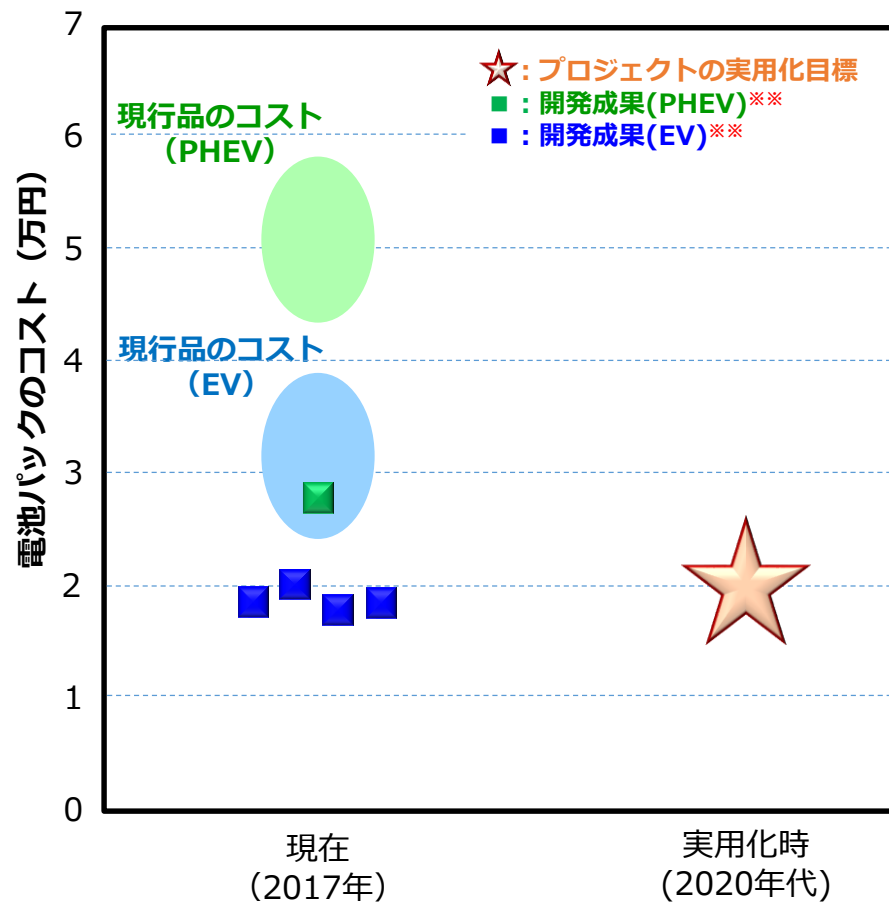
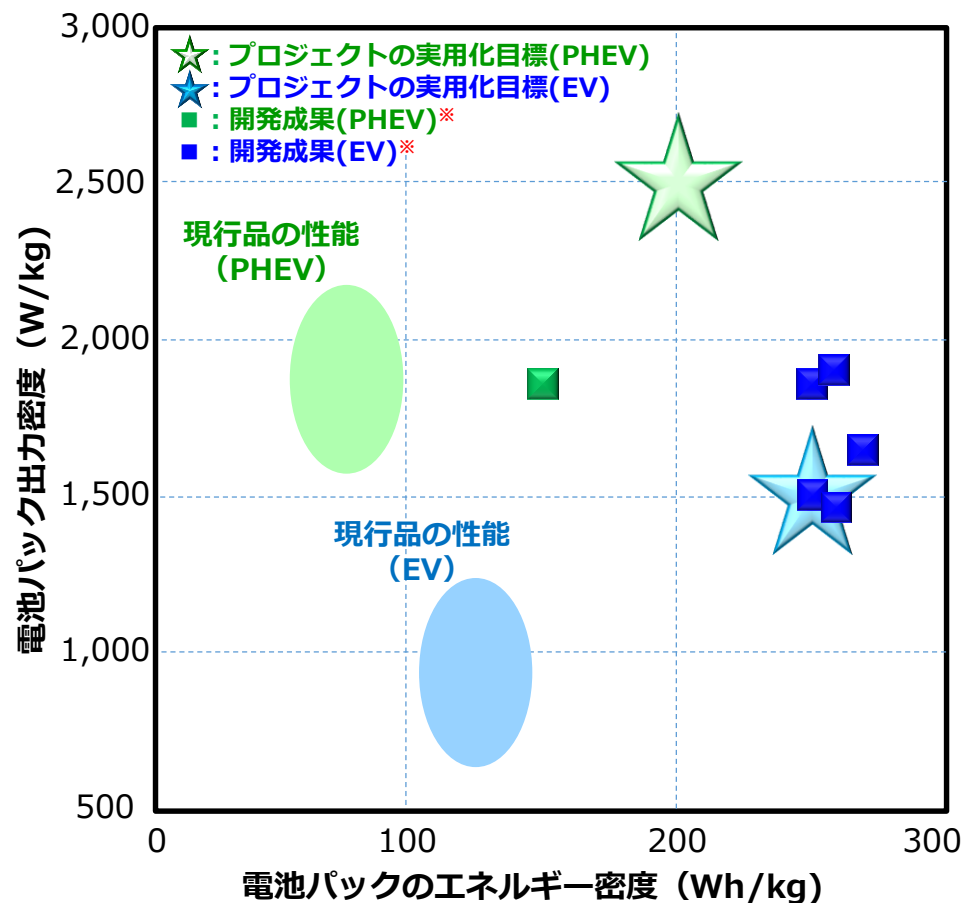


低温接合したセルの特性

(a) 充放電特性 (b) インピーダンス特性

各助成先の開発成果のまとめ

- 各実施者の開発成果から試算される電池パックのエネルギー密度及び出力密度は、現行品に比べて約1.5～2倍の向上となっている。また、コストについても、現行品に比べて約2/3～1/2の低減となっており、製品化段階において市場競争力を有するものとなっている。



※ NEDOが本プロジェクト終了時点(2016年3月)におけるセルのエネルギー密度にパック係数を乗じて求めた。なお、電池パックの設計思想は各実施者で異なるため、パック係数(電池パックの重量に占めるセル重量の割合)は実施者個別の値を採用した。

※※ 各実施者が成果を基に、個別の生産規模に基づいて量産プロセス等を想定して試算した製造コスト。

「港湾設備を中心とした産業用機械のEV/HEVを実現する蓄電池の実用化開発」 三井造船、エレクセル、三井造船システム技研

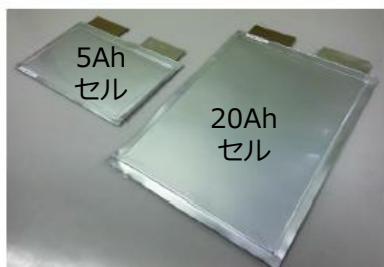
■ 開発成果と達成度

開発項目	最終目標	成果	達成度
ハイレート電池セルの開発	<ul style="list-style-type: none"> リン酸鉄リチウム系正極を用いた高安全で、6C～20Cレートでの急速充放電可能なセルの開発 6C、SOC 10-90%、5,000サイクル及び20C、SOC40-60%、25万サイクルで容量保持率80%以上 	<ul style="list-style-type: none"> 二次粒子径としてサブミクロンオーダーまで小粒径化し、炭素被覆を行ったハイレート充放電を可能とするリン酸鉄リチウム正極材料を開発。 開発した正極材料を用いた20Ahラミネートセルを開発し、20C放電では0.2C放電に対する放電保持率が82%、10C充電では0.2C充電に対する充電保持率が92%であることを確認。 6C、SOC 10-90%、1万サイクルで容量維持率が90%及び20C、SOC 40-60%、25万サイクルで容量保持率が82%であることを確認。 過充電及び釘刺試験により、セルの安全性を確認。 	○
電池モジュールの開発	<ul style="list-style-type: none"> 安全性を確保し、塩水噴霧に耐えられるモジュール技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 耐塩水性の高い密閉構造としつつ、急速充放電による発熱を効率的に放熱する構造を持った10kWh電池モジュールを開発。 UN3480安全性試験及びJIS Z 2371塩水噴霧試験により、開発モジュールの安全性と耐塩水噴霧性を確認。 	○
電池システム（BMS等）の開発	<ul style="list-style-type: none"> 高電圧・大電流に対応する電池モジュールを制御可能なBMSの開発 寿命評価技術及びセルバランス技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 高電圧・大電流を要するヤードクレーン等に適用するため、最大20個の10kWh電池モジュールを制御可能なBMSを開発。 リン酸鉄LIBの特性に応じた劣化予測式とセルバランスアルゴリズムを構築。 	○
本開発電池モジュールの応用先の検討	<ul style="list-style-type: none"> 電動トラクターヘッド、ハイブリッドヤードクレーン用電池パック仕様の決定 	<ul style="list-style-type: none"> 負荷計測及び電池シミュレーションにより、電動トラクターヘッドでは44.5kWhの電池パックの適用により86%のエネルギーコスト削減効果を確認。 ハイブリッドヤードクレーンでは16.7kWhの電池パックの適用により60%のエネルギーコスト削減効果を確認。 	○

「港湾設備を中心とした産業用機械のEV/HEVを実現する蓄電池の実用化開発」 三井造船、エレクセル、三井造船システム技研

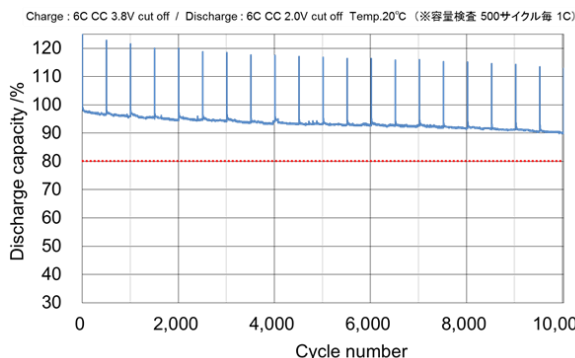
■ハイレート電池セルの開発

- ▶ 小粒径化(二次粒子径としてサブマイクロオーダー)と炭素被覆を行ったリン酸鉄リチウム正極材料を開発。
- ▶ 最大20Cハイレート充放電可能な大容量ラミネート電池(20Ahクラス)を開発。



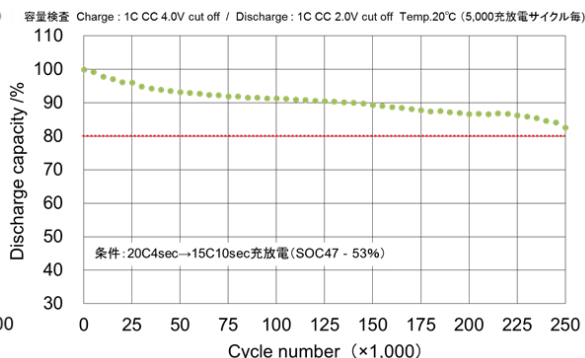
開発セルの外観

- ▶ トラクタヘッド使用を想定した6C、SOC 10-90%、5,000サイクル後の容量維持率93%、1万サイクル後の容量維持率90%を達成。



トラクタヘッド使用を想定した試験結果

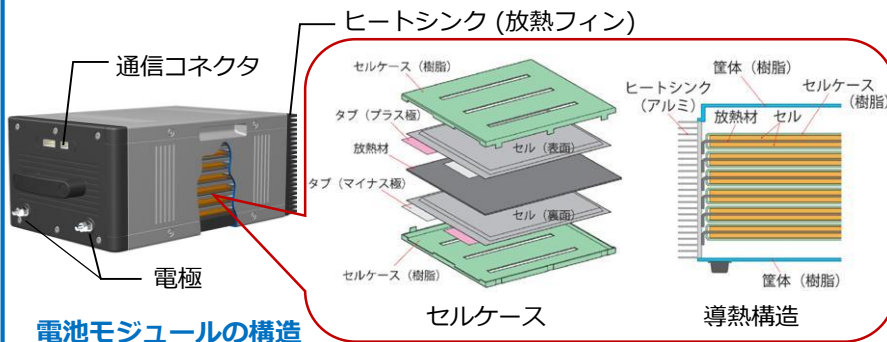
- ▶ ヤードクレーン使用を想定した20C、SOC 40-60%、25万サイクル後の容量維持率82%を達成。



ヤードクレーン使用を想定した試験結果

■電池モジュールの開発

- ▶ 耐塩水性の高い密閉構造で、急速充放電による発熱を効率的に放熱する構造を持った10kWh電池モジュールを開発。
- ▶ 「UN3480 (安全性) 及びJIS Z 2371 (塩水噴霧試験)」により、開発モジュールの安全性、耐塩水噴霧性を確認。



電池モジュールの構造

■電池システムの開発

- ▶ 開発セルの特性に応じた劣化予測式とセルバランスアルゴリズムを組み込んだ、最大20個の10kWh電池モジュールを制御可能なBMSを開発。
- ▶ ヤードクレーン模擬試験環境を構築、開発システムを結合し、急速充放電性を確認。



ヤードクレーン模擬試験装置の構成

「車載用リチウムイオン電池の試験評価法の開発」日本自動車研究所、産業技術総合研究所

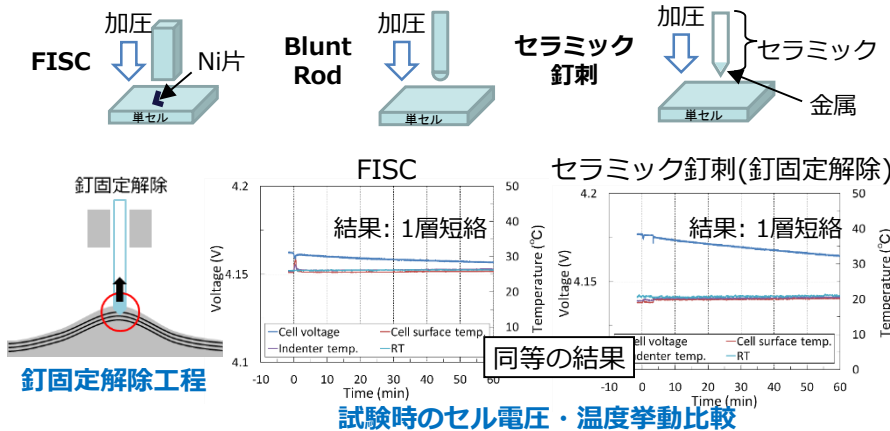
■ 開発成果と達成度

開発項目		最終目標	成果	達成度
安全性試験法の開発	内部短絡試験法	<ul style="list-style-type: none"> リファレンスとなるFISCの検証データ取得 代替試験法の検証データ取得 形態の異なる内部短絡部の発熱挙動解析 	<ul style="list-style-type: none"> FISC代替試験法として先端Niチップ付きセラミック釘刺法の可能性が高いことを確認。 セラミック釘刺は釘の固定を解除する新規方式を開発し、事象、短絡層数でFISCと同等となることを確認。 シミュレーションでFISCと釘刺侵入過程の熱発生メカニズムを明らかにし、FISCの単層短絡と同程度の発熱量となる釘刺し試験の短絡層数を導出。 	◎
	熱連鎖試験法	<ul style="list-style-type: none"> 各手法の再現性確認及び発熱量把握 熱暴走到達に必要なヒーター熱量を一般化する為、セル体積との関係についてシミュレーション含めて検証 	<ul style="list-style-type: none"> 過充電、釘刺し、ヒーター加熱について、セルを熱暴走させるために必要な熱量とセル自体の有する熱量を算出し、過剰な熱量追加がない釘刺し、ヒーター加熱を1次選定。 各種手法を比較し、ヒーター加熱法が最も汎用性・再現性が高いことを確認。 ヒーター加熱による熱暴走起点作成に必要な熱量を規定するため、シミュレーションでセルの大きさに対する必要な熱量を導出。 ヒーター加熱法を実際に電池パックで実証し、1セル起点の熱暴走を確認。 	○
寿命試験法の検証	単セル寿命試験法の検証	<ul style="list-style-type: none"> 寿命試験法の妥当性検証と不明確な点の改定提案 	<ul style="list-style-type: none"> 実車両搭載電池を用いてIEC試験法の妥当性を明確化。 保存試験の寿命予測に0.75乗則の有用性を確認。 IEC試験法の不明確点であった上限電圧及び休止条件を明確化し、IEC62660-1の改訂審議で提案。 	◎
	組電池試験法の検証	<ul style="list-style-type: none"> 単セルと組電池試験の差異明確化と寿命試験によるモジュールと単セルの差異検証 	<ul style="list-style-type: none"> 単セル試験による組電池試験の代用性を確認。 市販EVにおいて劣化ばらつきを主要因が温度であることを明確化。 	○
	世代LIB電池セルの寿命評価と解析技術の検討	<ul style="list-style-type: none"> 電池劣化評価手法開発：劣化解析手法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 負極にSn系及びSi系材料を含有する小型セルで、現行車載用単セルとは異なる劣化メカニズムの可能性を確認。 NMRやXPS測定劣化メカニズム解析（特に、次世代負極材料）への有用性を確認。 次世代材料の基礎物性（電気化学特性、物性及び熱特性）を把握。 	○

「車載用リチウムイオン電池の試験評価法の開発」日本自動車研究所、産業技術総合研究所

■ 内部短絡試験法の開発

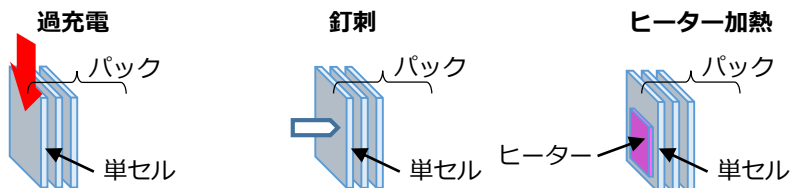
- FISC代替試験法としてBlunt Rod、セラミック釘刺の適用可能性を検証、セラミック釘刺に、新たに釘固定解除工程を加える試験法を開発、代替試験法となることを確認。



- セラミック釘刺試験法は、2017年2月にTR62660-4に反映済、今後IEC会議でFISC代替試験法を議論を進める。

■ 熱連鎖試験法の開発

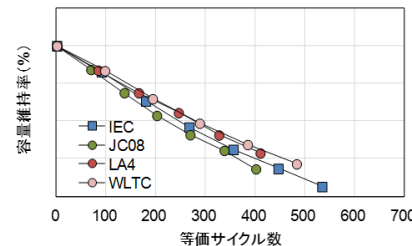
- パック内1セルが熱暴走したときのパック内への影響を評価する熱連鎖試験法につき、起点となる1セル熱暴走発生方法を再現性、1セル発熱量から各種セルで検討。
- ヒーター加熱法でセル種類によらず実現可能なことを確認。
- シミュレーションにより試験条件を明確化し、国際規格(ISO6469-1)の改定審議に試験データを提供し、議論中。



熱連鎖試験の起点発生方法

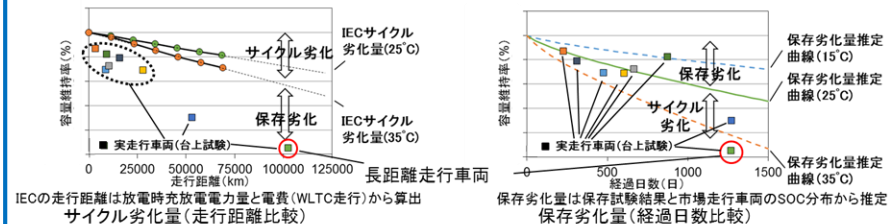
■ 寿命試験法の検証

- 現行の単セルIEC試験(IEC62660-1)の妥当性を検証。



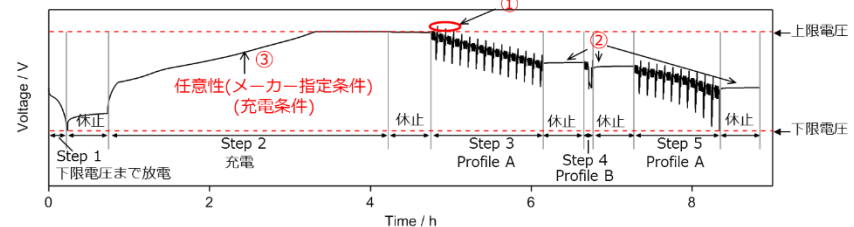
IEC試験と認証試験モードとの劣化比較

- 実走行車両の劣化はIEC試験のサイクル劣化と保存劣化とから説明できることを確認。



IEC試験と実走行車両の劣化比較例

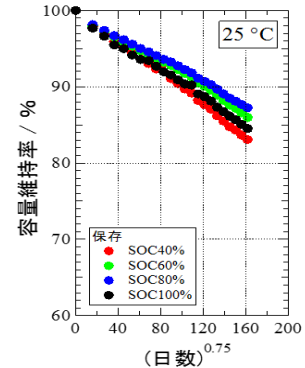
- IEC試験手順で充電条件、休止時間を明確化、改定提案。



IEC試験の1サイクル

- 車載時の組電池温度を反映させることにより、単セル試験での組電池試験の代用性を確認。

- 保存試験の寿命予測に0.75乗則の有用性を確認。



成果の普及及び知的財産権等の確保に向けた取組

- 競争力向上に結び付く戦略的な特許出願を推進。本プロジェクト全体での特許出願件数は501件。
- 事業化を見据え積極的な海外出願を推奨。欧米・中国を中心に273件を海外出願。
- 本プロジェクトの成果をユーザー・関連企業等に向けて情報発信することで実用化・事業化を促進するため、技術情報の流出に配慮しつつ、成果の発表・公開を進めた。情報発信件数は、論文が42件（うち査読付き31件）、研究発表・講演が142件、新聞雑誌等への掲載が14件、展示会への出展が5件。
- NEDOも、成果の実用化・普及の観点で有効な国内外の学会・セミナー・シンポジウム等における講演、専門誌への寄稿等、合計で23件の情報発信を行った。

実施者	特許出願 (うち外国出願)	論文 (査読つき)	研究発表 ・講演	新聞・雑誌等 への掲載	展示会 への出展
日産自動車	121 (66)	0 (0)	7	0	0
日本電気、積水化学工業、田中化学研究所	34 (20)	4 (0)	22	1	0
東芝インフラシステムズ	54 (29)	2 (1)	5	0	0
パナソニック	103 (58)	0 (0)	0	0	0
日立製作所、日立オートモティブシステムズ	71 (48)	4 (4)	18	6	3
トヨタ自動車、豊田中央研究所	113 (52)	26 (26)	77	7	0
三井造船、エレクセル、三井造船システム技研	5 (0)	5 (0)	3	0	2
日本自動車研究所、産業技術総合研究所	0 (0)	1 (0)	10	0	0
合計	501 (273)	42 (31)	142	14	5

本プロジェクトの成果の実用化・事業化の定義

研究開発項目①「高性能リチウムイオン電池技術開発」及び 研究開発項目②「リチウムイオン電池応用技術開発」

「本事業で開発された材料・部品、蓄電池デバイス・モジュール・パック及びこれらを組み込んだ製品・システム等の販売や利用により、企業活動(売上等)に貢献すること。」

研究開発項目③「車載用リチウムイオン電池の試験評価法の開発」

「本事業で開発された車載用リチウムイオン電池の試験評価法が、国際標準・国際基準に反映されること。」

「研究開発項目①」及び「研究開発項目②」の実用化・事業化計画

- ▶ 各実施者は、サンプルワークや製品設計の検討を進めており、2020年代に順次、事業化されていく見込み。一部の実施者は既に販売を開始済み。

各実施者グループの事業化計画

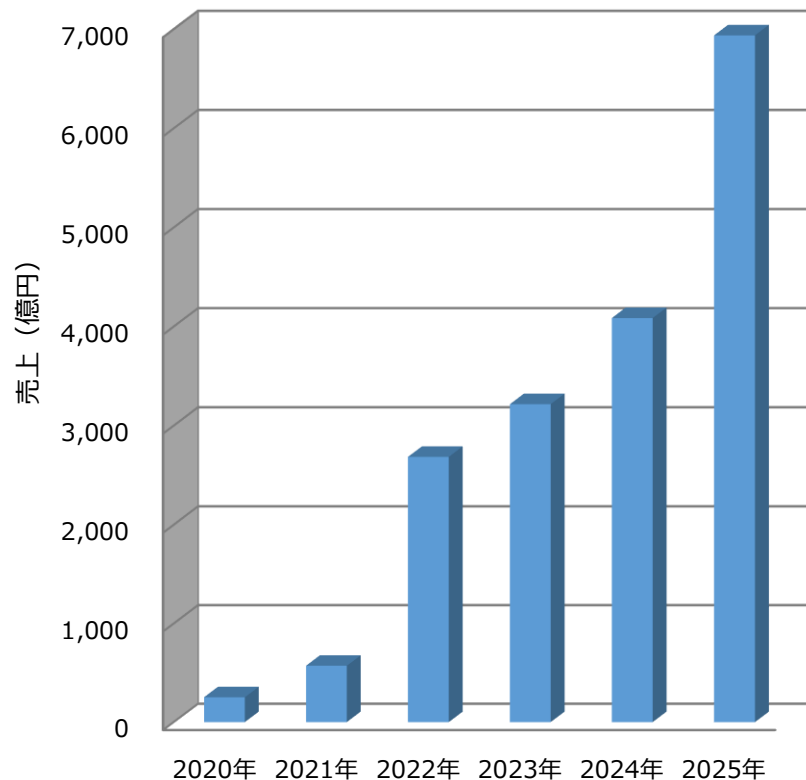
実施者Gr	2015FY	2016FY	2017FY	2018FY	2019FY	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY	2025FY
A			○		▲	■		▶★			
B	■	▶○★									
C			○	▲		■		▶★			
D			○	▲	■		▶★				
E			○						▲	■	▶★
F	○				▲	■		▶★			
G			○	▲	■			▶★			

○NEDO事業終了 ▲製品設計 ■量産設備導入 ★販売

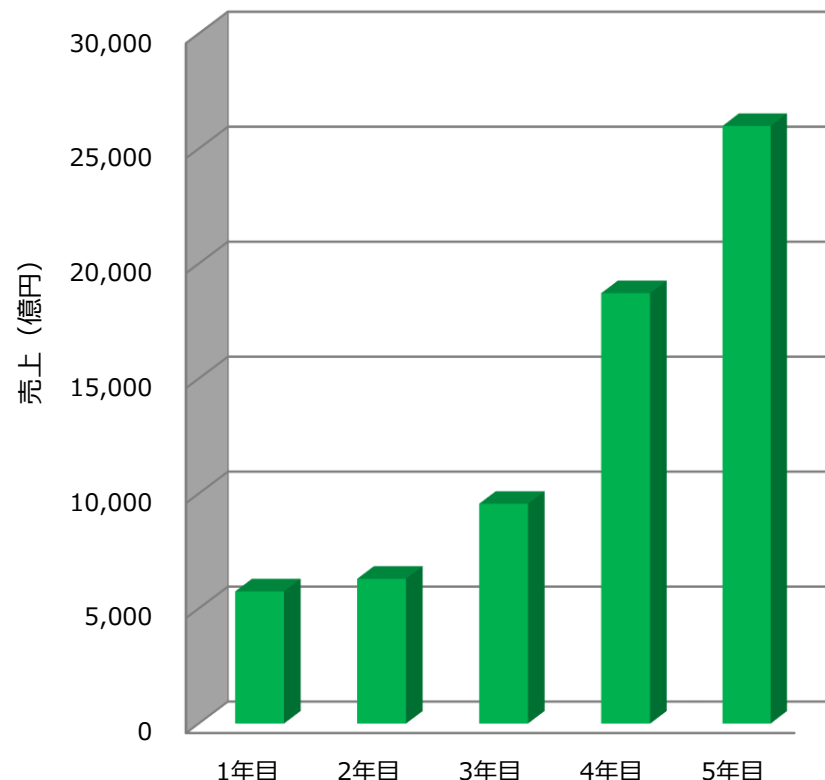
実施者Gr	事業化に向けた戦略及び取組
A	<ul style="list-style-type: none"> ●開発した活物質は材料メーカーへ製造委託の検討実施中。 ●この材料を用いて電池・パック化して車両評価を実施し、2022年からの車載を目指す。
B	<ul style="list-style-type: none"> ●現在、本プロジェクトの開発成果を活用した電池を量産・販売中。 ●2019年度に本プロジェクトで開発した次世代の電池を販売する計画。
C	<ul style="list-style-type: none"> ●開発した電池材料はサンプルワーク等により性能評価を実施し、2021年の製品化を検討中。 ●知財/技術ライセンスの活用により成果の普及を目指す。
D	<ul style="list-style-type: none"> ●現在、開発してセルの製品化に向けて、実用段階である大型セルを開発中。 ●2018年より顧客にエンジニアリングサンプルを提出し、性能検証・改善と共に、量産技術開発を実施し、2020年より車載用途として販売開始する計画。
E	<ul style="list-style-type: none"> ●2020年代前半に実用化を目指し、2020年代半ばに普及型EVの核になる電池として市販化を目指す。 ●低コストプロセスに向けた検討を進め、既存設備の小改修での流用を目指す。
F	<ul style="list-style-type: none"> ●2019年度までに、開発成果の電池を組み込んだ製品の実証試験を完了し、2021年度までに量産設備を整え、量産・販売する計画。
G	<ul style="list-style-type: none"> ●開発した高容量セル・パック化技術及び低コスト化技術等を活用して実用電池を作製し、現在、サンプルワーク中。顧客の性能評価等を通して2021年頃に実用化する計画。

「研究開発項目①」及び「研究開発項目②」の売上計画

- 車載用LIB及び材料・部品の全実施者合計の売上は、2025年には約7,000億円/年に達する計画となっている。
- EV・PHEVに関する2実施者合計の売上は、販売開始初年度が約5,000億円/年で、5年目には約2.5兆円/年に達する計画となっている。なお、販売開始時期は異なる。



車載用LIB及び材料・部品の売上計画
(7実施者グループの合計)



EV・PHEVの売上計画
(2実施者グループの販売開始後5年間の合計)

「車載用リチウムイオン電池の試験評価法」の実用化

- 開発した試験法と取得したデータは、既に国際標準及び国際技術基準の議論や提案活動に活用されている。また、既に国際規格の内容に盛り込まれたものもある。

開発項目		国際標準 (IEC/ISO)	国際技術基準 (gtr)
安全性	内部短絡試験法	<ul style="list-style-type: none"> セラミック釘刺試験法はFISC代替試験法として、2017年2月にTR 62660-4に盛り込まれた。 IEC 62660-3改訂審議に反映予定。 	
	熱連鎖試験法	<ul style="list-style-type: none"> 熱連鎖試験データをISO 6469-1の改定審議へ提供済み。現在、審議中。 	
寿命	寿命試験法	<ul style="list-style-type: none"> IEC 62660-1の試験手順において不明確であった充電条件及び休止条件を明確化した内容をIEC会議で提案し、承認された。本内容は2018年10月発行予定のEdition2に反映されることとなった。 検証した寿命試験方法については、ISO 12405-4の改定審議に試験データを提供予定。 	<ul style="list-style-type: none"> 検証した寿命試験方法については、2017年から開始される議論に状況に応じて試験データを活用予定。