

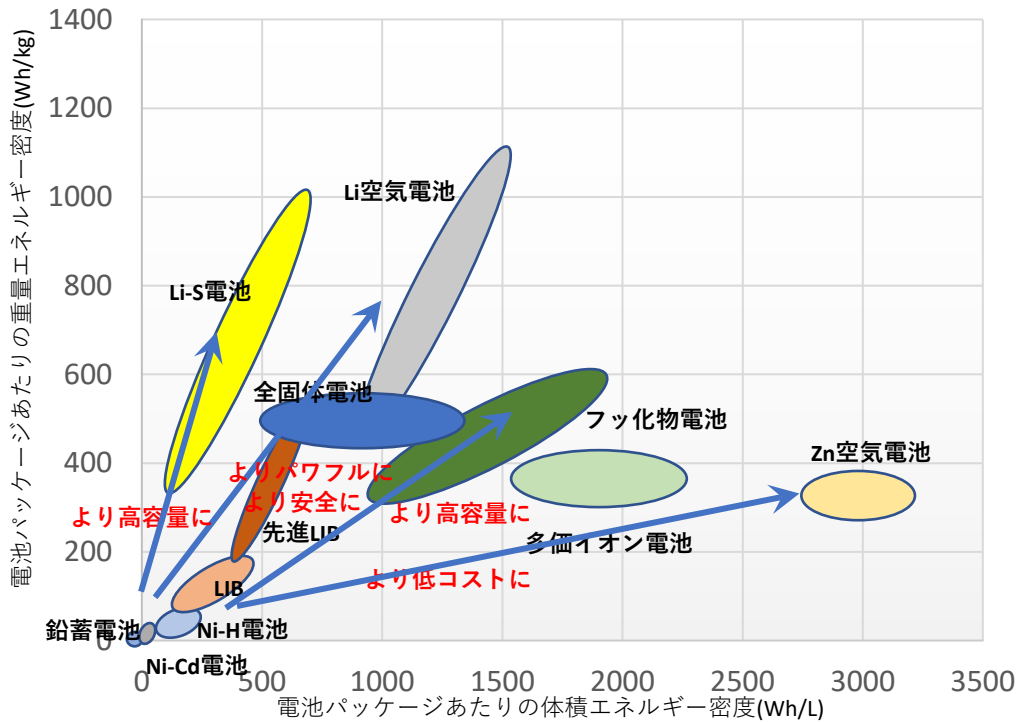
# 蓄電池分野 現状

東京工業大学  
科学技術創成研究院  
全固体電池研究センター  
特命教授 菅野 了次

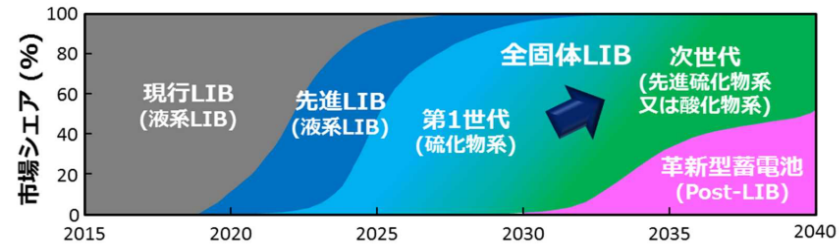
---

2022年12月20日（火） 8時30分–11時

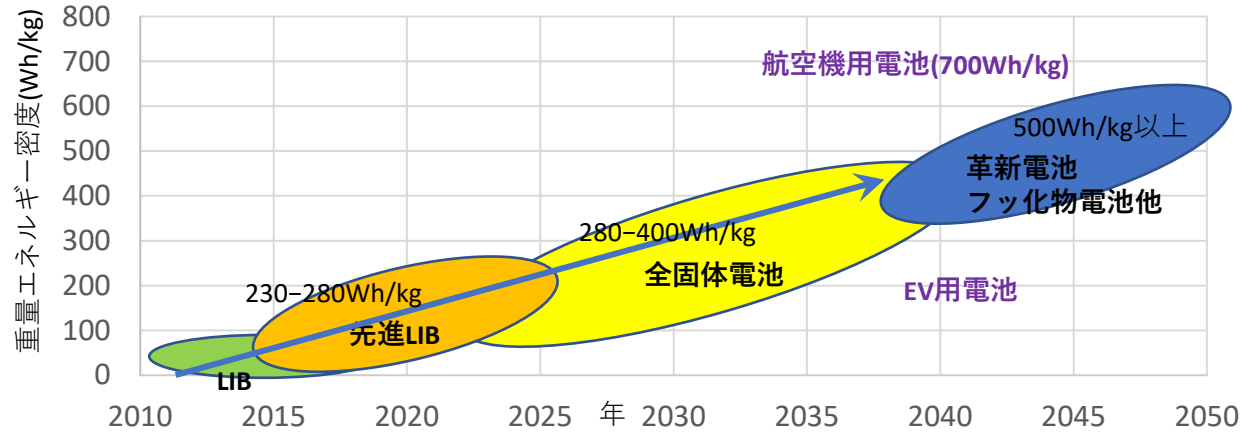
# 蓄電池ロードマップ



鉛蓄電池からリチウムイオン電池へ  
150年で容量が10倍  
リチウムイオン電池から次の電池へ



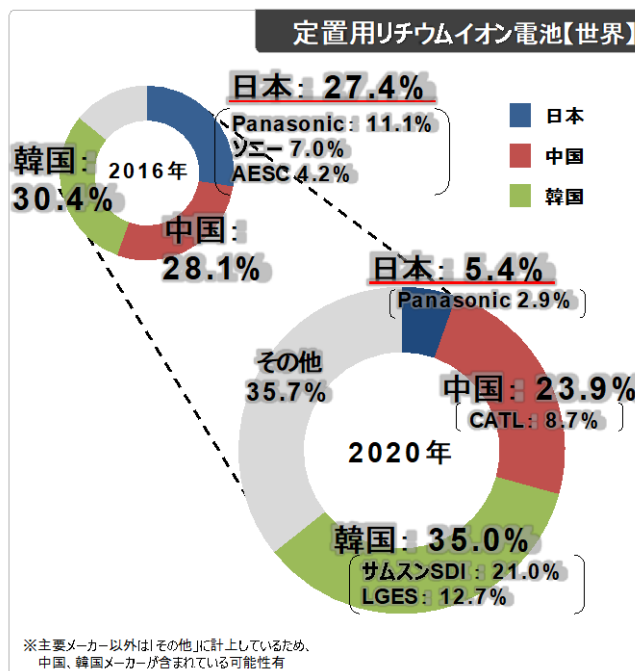
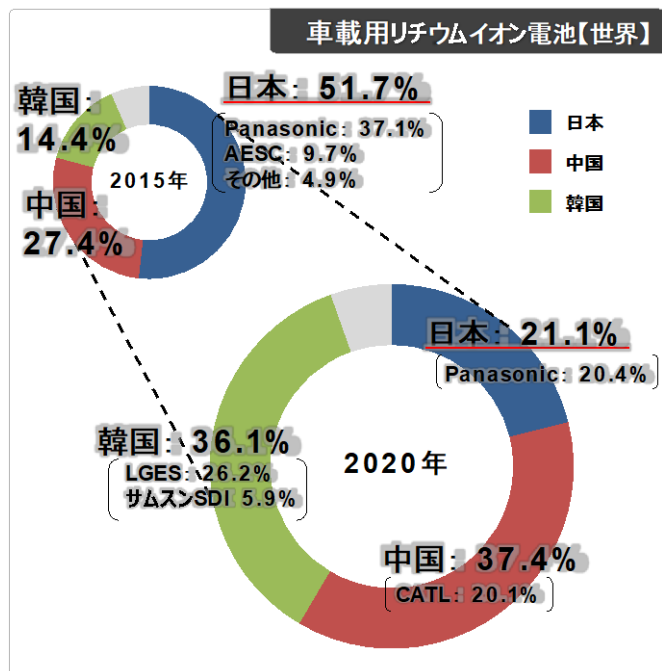
SolidEVプロジェクトの開発



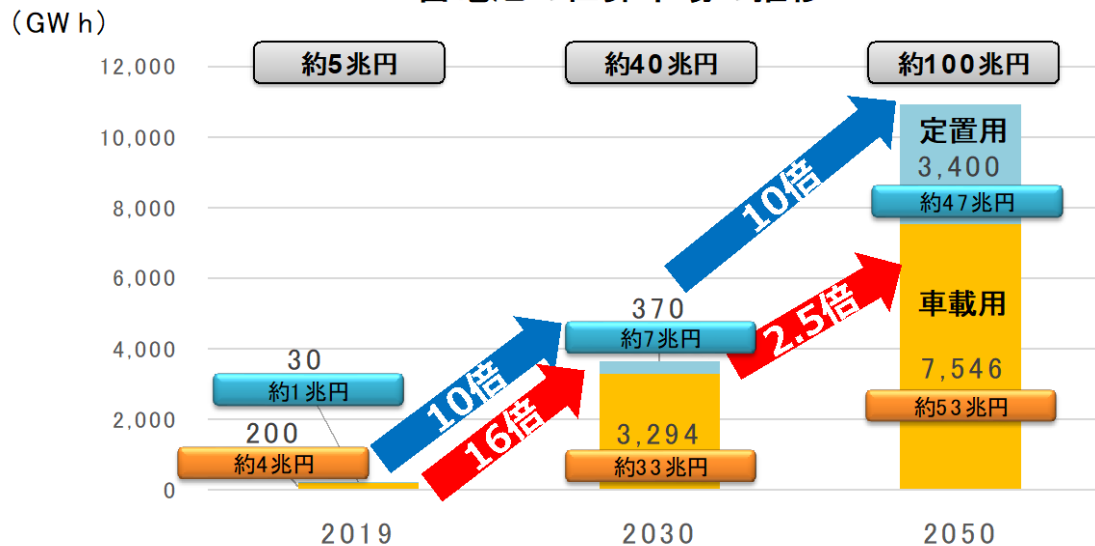
蓄電池関連NEDOプロジェクトの目標値とスケジュール

2010	RISING	300Wh/kg	RISING2	500Wh/kg	RISING3	500Wh/kg
	Post-LiEAD	250Wh/kg(PHEV,パック)	SOLiD-EV	450Wh/L-225Wh/kg (7cm角セル)		800Wh/L-400Wh/kg(2cm角セル)
	LiEAD	100Wh/kg(PHEV,パック)				

# 蓄電池の市場規模、世界シェア



## 蓄電池の世界市場の推移



## キーワード

二次電池、蓄電池、リチウムイオン電池、次世代電池、ビヨンドリチウムイオン電池、ポストリチウムイオン電池、革新電池、リチウム遷移金属酸化物電池、リチウム硫黄電池、リチウム空気電池、リチウム全固体電池、エネルギー密度、パワー密度、安全性、寿命、使用温度範囲、コスト

## [注目すべき国内外のプロジェクト]

**[日本]**JSTのALCA-SPRING(Li硫黄、Li空気、Li全固体、Mg電池)、約150億円(2013～2022)。NEDOのRISING2(フッ化物シャトル、亜鉛空気、コンバージョン、硫化物電池)、約150億円(2016～2020)。NEDOのSOLiD-EV(全固体リチウムイオン電池)、約100億円(2018～2022)。

**[米国]**エネルギー省のBattery500(Li/TMO、Li硫黄、Li全固体)、50Mドル(2016～2020)。

**[中国]**国家重点研究開発計画「新エネルギー車」重点項目内(先端リチウムイオン電池、Li/TMO、Li硫黄、Li空気、Li全固体電池)、110M元(2016～2020)。

**[欧州]**Horizon 2020(2014～2020)内次世代電池、90Mユーロ(2020)、Battery 2030+が継続。ASTRABAT(Li全固体電池)、7.8Mユーロ(2020～2023)。SOLiDIFY(Li全固体電池用材料)、7.8Mユーロ(2020～2023)。

**[韓国]**次世代リチウム金属二次電池核心源泉技術開発、24.3Bウォン(2018～2023)。

## (7) 国際比較

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	各国の状況、評価の際に参考にした根拠など
日本	基礎研究	◎	→	・ALCA-SPRING、RISING2などで、継続的に推進。特に、全固体電池の活動が顕著
	応用研究・開発	○	↘	・素材、電池、セットメーカーの市場シェア低下より、全固体電池以外は低調
米国	基礎研究	◎	→	・DOE、DODの資金で多数の大学、国研が参画。Li空気電池は低調。
	応用研究・開発	◎	→	・PNNL、Sion Power、SolidEnergyなどで、Li/TMO電池で顕著な性能向上 ・DOE資金でリサイクル研究
欧州	基礎研究	◎	↗	・Battery 2030+ initiativeで、大規模、長期の研究計画策定。2020年9月から7プロジェクトが開始
	応用研究・開発	○	↗	・韓国・中国系の生産拠点新設、その依存脱却を目指す欧州バッテリー同盟(EBA)、欧州バッテリー連合(EBU)などの活動が活発化
中国	基礎研究	○	↗	・全世界的なネットワークでほとんどの電池系で論文数がNo.1、指導的地位に
	応用研究・開発	◎	↗	・中国科学院が怀柔、溧陽、東莞に大研究センターを設立し、産官学が混然一体となって推進
韓国	基礎研究	○	↗	・リチウム金属負極に特化した国家プロジェクトが発足進行
	応用研究・開発	◎	↗	・LGC、SDI、SKIのEV市場シェア上昇により活況。コアシェル型Ni-rich正極の実用化

## その他の課題

大学が次世代電池を研究するには、現行のリチウムイオン電池の知識や技術が必須である。同様に、産業界もリチウムイオン電池の改良のためには、大学での新しい解析技術などが必須である。現行のリチウムイオン電池の延長上の研究は産業界で、公的資金は次世代電池のみという厳密な区分は国家全体の利益を考慮すると好ましくなく、弾力的運用が必要である。電池材料と電池設計が電池研究の両輪であるが、どちらかを軽視している場合、科学的進歩にも実社会にも寄与しない中途半端な研究にとどまってしまうことになる。大学がブレーク技術を生み出すための基礎研究に、産業界がそれを実業利用に、国立研究所が大学と産業界を仲介する役割分担で、産官学連携できるような運営が好ましい。そのためには諸外国並みに本分野における人材の流動化が起こる環境を整備することが望まれる。

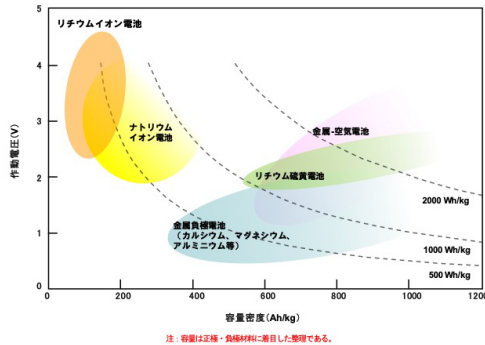
# 蓄電池関連プロジェクトー国内

## 科研費、JST プロジェクト

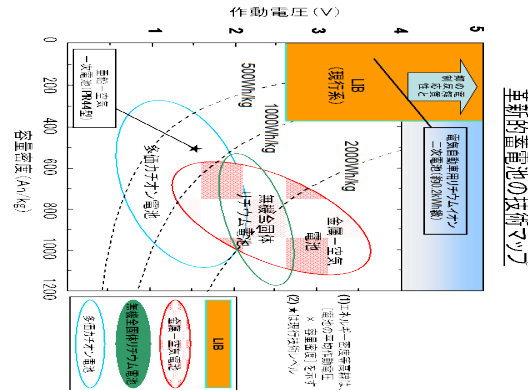
- 2010- ALCA 先端的低炭素化技術開発
- 2012-2022 AICA-SPring 特別重点技術領域 先端的低炭素化技術開発 - 次世代蓄電池
- 2019-2023 新学術領域「蓄電固体界面科学」
- 2012-2022 元素戦略プロジェクト (触媒・電池の元素戦略拠点)
- 2020- 共創の場形成支援プログラム (環境エネルギー分野)
- 2022- データ創出・活用型マテリアル研究開発プロジェクト (電気化学材料研究拠点)

## NEDOプロジェクト

- 1992- 2001 ニューサンシャイン計画 (Fy92-01)
- 2006-2010 系統連携円滑化蓄電システム技術開発 (Fy06-10)
- 2007-2011 Li-EAD 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発 (Fy07-11)
- 2010-2014 蓄電複合システム化技術開発 蓄電池実証プロジェクト
- 2012-2016 post-LiEAD リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発事業
- 2017-2022 SOLiD-EV 先進・革新蓄電池材料評価技術開発 (第2期)
- 2009-2014 RISING I 革新型蓄電池先端科学基礎研究事業
- 2015-2020 RISING II 革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発
- 2021-2026 RISING III 電気自動車用革新型蓄電池
- 2022- グリーンイノベーション基金事業、  
「次世代蓄電池・次世代モーターの開発」

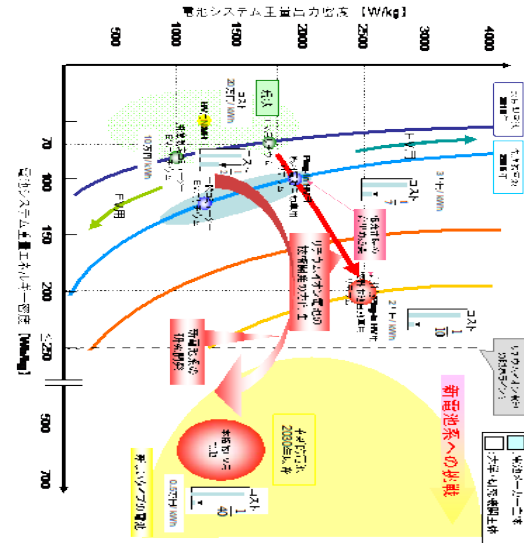


NEDO 2006年蓄電池ロードマップ



NEDO 2013年蓄電池ロードマップ

図1 自動車用蓄電池の開発の方向性 (出典: 経済産業省「次世代自動車用蓄電池の将来に向けた提言」)



経済産業省 2006年8月

# 電池関連プロジェクトー海外

## 米国

次世代の車載用蓄電池に係る多くのプロジェクト(「バッテリー500」)。全固体中心だが、固体高分子電解質等かつてから取り組まれているものも。

## 欧州

欧州横断的な研究イニシアチブ「バッテリー2030+」により、Li+電池や、Mg等次世代電池開発を推進。独・BMBFでは全固体、レドックスフロー等の国際連携も含むプロジェクトを実施。

## 中国

多様な電池系(リチウム金属、ナトリウム電池、亜鉛負極電池等)について精力的に研究開発を実施。

## 韓国

K-バッテリー発展戦略の策定。全固体、Li-S電池等。

## 日本





次世代の革新蓄電池実現に向け、NEDO、JSTの密な連携体制の下で関連プロジェクトを実施し、研究開発を強力に推進。

蓄電池産業戦略  
経済産業省2022年8月31日  
battery\_saisyu\_torimatome.pdf

研究評価委員会「先進・革新蓄電池材料評価技術開発(第2期)」(略称:SOLID-EV)(事後評価)分科会公開資料より

# 各国の蓄電池に対する政策支援

主要国政府は、蓄電池に対する大規模な政策支援を実施。加えて、欧州・米国は、巨大市場oW背景に、規制措置・税制措置により持続可能な蓄電池サプライチェーンの域内構築を進める。

国・地域	蓄電池・電動車関係
米国 	<ul style="list-style-type: none"> <li>○100日レビュー(バッテリー)及びリチウム電池国家計画(2021年6月公表) <ul style="list-style-type: none"> <li>・供給途絶や重要技術の海外依存への恐れ⇒国内SC確保(パートナー国との連携含む)、イノベーションカ結集</li> <li>・2030年までのEVバック製造コスト半減、コバルト・ニッケルフリーの実現、90%リサイクル達成の目標等</li> </ul> </li> <li>○19兆円の「米国製EV」大規模支援。超党派インフラ法(70億ドル(8,000億円)の電池・電池材料の製造・リサイクル支援含む)成立(2021年11月)</li> <li>○インフレ削減法により、蓄電池材料・部品の北米又はFTA締結国からの調達割合が高いものをEV税制優遇の対象に。段階的に当該割合引き上げ(2022年8月)</li> </ul>
欧州 	<ul style="list-style-type: none"> <li>○域内におけるバリューチェーンの創出 <ul style="list-style-type: none"> <li>—500社程度が参画するEUバッテリーアライアンス(EBA)を設立(2017年10月)</li> <li>—電池・材料工場支援や研究開発支援(仏1,200億円、独3,700億円など、計8,000億円規模の補助)(2018年5月~)</li> </ul> </li> <li>○新しい制度導入によるルールメイキング(2020年12月発表) <ul style="list-style-type: none"> <li>—新バッテリー規則案によるカーボンフットプリント規制、責任ある材料調達、リサイクル材活用規制等</li> <li>※EU理事会、欧州議会、欧州委員会の3者間対話中(2022年8月時点)。今後、関係機関間での調整を経て施行。</li> </ul> </li> </ul>
韓国 	<ul style="list-style-type: none"> <li>OK-バッテリー発展戦略(2021年7月) <ul style="list-style-type: none"> <li>—税優遇等による投資の促進: R&amp;D投資は最大50%の税額控除、施設投資は最大20%の税額控除</li> <li>—1兆5千億ウォン(約1,400億円)規模の「K-バッテリー優遇金融支援プログラム」</li> </ul> </li> <li>○素部装特化団地育成計画(2021年10月) <ul style="list-style-type: none"> <li>—蓄電池を含む5分野について素部装特化団地を指定し、R&amp;D等に最大2兆6千億ウォン(約2,500億円)を投入</li> </ul> </li> </ul>
中国 	<ul style="list-style-type: none"> <li>○「新エネルギー車(NEV)」(約5,600億円)の補助金(2015年5月公表) <ul style="list-style-type: none"> <li>—中国企業バッテリーのみを対象リストに指定(2019年6月に撤廃)</li> <li>—2020年撤廃予定であったNEV補助金を2022年まで延長するとともに、継続を検討。</li> </ul> </li> <li>○バッテリー工場等への支援 <ul style="list-style-type: none"> <li>—一定の基準を満たす企業について所得税率を軽減(25%→15%)</li> <li>—地方自治体による各種支援策</li> </ul> </li> </ul>

## 主に固体電池関連を中心に

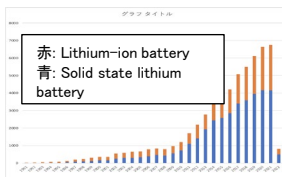
米国 	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Li-Bridge (DOE) <ul style="list-style-type: none"> <li>2021年開始。予算総額2億900万ドル。</li> <li>アルゴンヌ国立研究所が中心になってDOE管轄の国立研究所(アカデミア)と産業界を橋渡しする。全固体電池の開発に関するプロジェクトは、全26件中17件。</li> </ul> </li> <li>◆ AVTR (DOE/VTO) <ul style="list-style-type: none"> <li>2019年開始。全固体電池関連の予算総額1,500万ドル。</li> <li>GM, Solid power, Michigan大学等が参加し、固体電解質、界面解析、製造プロセス等を検討(全15テーマ)。</li> </ul> </li> <li>◆ EVs4ALL (DOE/ARPA-E) <ul style="list-style-type: none"> <li>2022年立上げ。提案募集中。(開始は2023年予定)。予算総額4,500万ドル。</li> <li>研究開発内容には、高容量や高出力の蓄電池開発が含まれる。また、電解質は液体、全固体、ポリマー又はこれらのハイブリッドも含め募集対象範囲。</li> </ul> </li> <li>◆ IONICS (DOE/ARPA-E) <ul style="list-style-type: none"> <li>2016年開始。予算総額3,700万ドル。</li> <li>UC San Diego, PolyPlus等が参加。全固体電池の電解質(酸化物系、ポリマー)、セパレーター複合体等を検討(全9テーマ)。</li> </ul> </li> </ul>	ドイツ 	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ FestBatt (BMBF) <ul style="list-style-type: none"> <li>2018年開始。予算総額1,600万ユーロ。</li> <li>Karlsruhe工科大学、Jülich研究所、Helmholtz Ulm研究所、Max Planck 研究所等、14大学・研究機関が参加。電解質(硫化物系、酸化物系、ポリマー系)、分析評価、理論・データプロセス等の基盤技術を検討。</li> </ul> </li> <li>◆ ARTEMYS (BMBF) <ul style="list-style-type: none"> <li>2017年開始。予算総額600万ユーロ。</li> <li>BMW, BASF, Braunschweig工科大学等が参加。硫化物系及び酸化物系を検討。硫化物系はテープキャスト法で1Ah級積層セルを開発。酸化物系は一体焼結プロセスを検討。</li> </ul> </li> <li>◆ ALANO (BMBF) <ul style="list-style-type: none"> <li>2021年開始。</li> <li>BMW, Helmholtz Ulm研究所, Fraunhofer研究所, Münster大学のMEET/バッテリー研究センター等が参加。リチウム金属負極を中核とした研究開発に注力。</li> </ul> </li> </ul>
英国 	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Faraday Battery Challenge (BEIS) <ul style="list-style-type: none"> <li>2017年開始。予算総額246万ポンドのうち、基礎研究に78万ポンドが割り当てられ、全固体電池を対象とするSOLBATプロジェクトにはOxford大、Warwick大等が参画。</li> </ul> </li> </ul>	中国 	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 新工車試行特別プロジェクト(中国科学技術部) <ul style="list-style-type: none"> <li>2016年開始。予算総額60億円。</li> <li>中国科学院とその傘下の研究所等が種々の新エネルギー密度電池の研究開発を実施。全固体LiBについては硫化物系と酸化物系を中心に研究開発。この方針は、第14次5カ年計画(2021-2025)でも引き継がれている。</li> </ul> </li> </ul>
EU 	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ ASTRABAT <ul style="list-style-type: none"> <li>2020年開始。予算総額780万ユーロ。</li> <li>CEA(仏)、PSA(仏)等、14企業・研究機関が参加。酸化物-高分子複合電解質を用いた全固体電池を検討。セル仕様としてA4サイズパウチ40Ahとする報告書を発行。</li> </ul> </li> <li>◆ Horizon2020、欧州グリーンビークル・イニシアティブ <ul style="list-style-type: none"> <li>ASTRABATの他にSAFELIMOVE(全固体Li負極電池)、SOLIDFY(全固体Li負極電池製造)、SUBLIME(全固体LiS)等全固体LiB関連PJを支援。</li> </ul> </li> </ul>	韓国 	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ K-バッテリー発展戦略 <ul style="list-style-type: none"> <li>2021年、次世代二次電池の早期商用化とリチウムイオン電池の高性能化、安全性の向上を目指す公表。全固体電池を2027年までに商用化することを目標にしている。</li> </ul> </li> </ul>



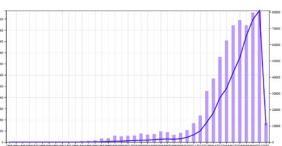
# 各電池の研究状況、きっかけとなった研究論文

論文数、各国の状況、きっかけとなった論文: 各電池は次の論文より (The 2021 battery technology roadmap, 2021, J. Phys. D: Appl. Phys. 54 183001)  
2022年2月調査

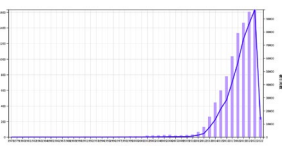
<b>2. Li-ion batteries</b>	36,529
Peoples R China	14,192
USA	7852
South Korea	3512
Japan	2499
Germany	2268



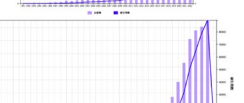
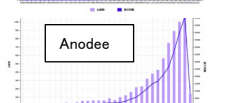
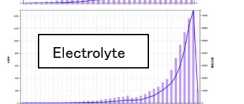
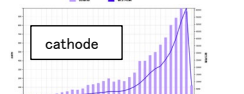
<b>3. Lithium-oxygen batteries</b>	9778
Peoples R China	4877
USA	1960
South Korea	970
Japan	844
Germany	565
Angewandte Chemie-Int. Edition 2011, 50 (37), 86	
J American Chemical Society 2011, 133 (20), 8040.	
Science 337 563-6, 百くは, J. Electrochem. Soc. 14:	



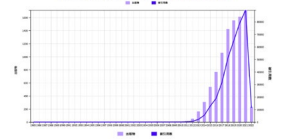
<b>4. Lithium-sulfur batteries</b>	11,172
Peoples R China	7302
USA	2023
South Korea	808
Germany	522
Australia	501
United States Patent No. US3043896A	
J. Power Sources 1989 26 269-71, 2009 Nat. Mater. 8 500-6	



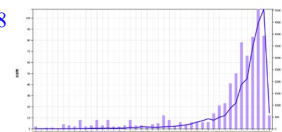
<b>5. Solid state lithium battery</b>	21362
Peoples R China	9779
USA	4073
Japan	2338
Germany	1600
South Korea	1407



<b>6. Sodium-ion batteries</b>	10516
Peoples R China	6844
USA	1421
South Korea	823
Australia	695
Japan	532
J. Electrochem. Soc. 2000 147 1271, Chemistry of Materials 2002, 14 (7), 2847.	



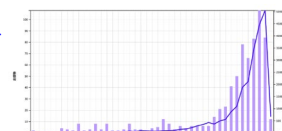
<b>7. Zinc-air batteries</b>	2468
Peoples R China	1479
USA	323
South Korea	169
Canada	155
Germany	141
Nature Communications 2013, 4.	



<b>8. Aluminum-ion batteries</b>	374
Peoples R China	261
USA	40
Australia	23
Germany	19
South Korea	19
Chemical Communications 2011, 47 (47), 12610.	



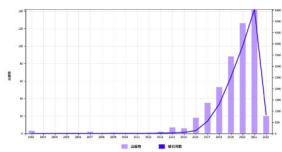
<b>9. Aluminum-air batteries</b>	714
Peoples R China	311
USA	154
South Korea	42
Japan	38
Germany	34
Zaromb S 1962 J. Electrochem. Soc. 109 1125 古い論文。これがきっかけではない	



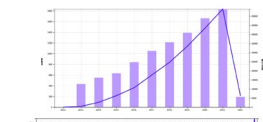
<b>10. Potassium-ion batteries</b>	1801
Peoples R China	1385
USA	196
Australia	136
South Korea	110
Japan	69
Nano Letters 2011, 11 (12), 5421. Nano Letters 2015, 15 (11), 7671.	
Electrochemistry Communications 2015, 60, 172.	



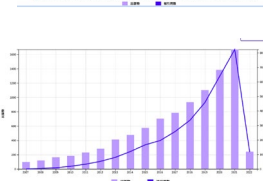
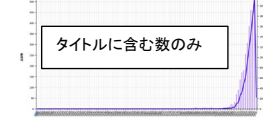
<b>11. Dual-ion batteries</b>	504
Peoples R China	332
USA	58
Australia	57
South Korea	24
Japan	21
Advanced Energy Materials 2016, 6 (11).	



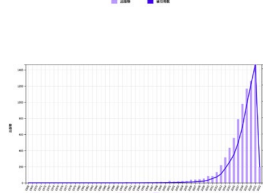
<b>12. Flow batteries</b>	16543
Peoples R China	3964
USA	3906
Germany	1103
India	1088
South Korea	1032
(様々なタイプが2011年頃から)	



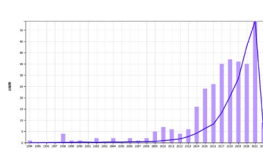
<b>13. Aqueous batteries</b>	11552
Peoples R China	4966
USA	2104
Germany	915
India	872
South Korea	626
J Electrochem Soc 1979, 126 (12), 2047.	
歴史があることを示す	
Science 2013, 341 (6153), 1502-1505.	



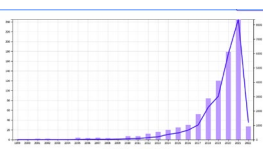
<b>14. Flexible batteries</b>	10123
Peoples R China	5269
USA	1859
South Korea	752
Germany	452
India	425
Nat. Mater. 3 476 (総説なので、少し違う)	



<b>15. Biodegradable batteries</b>	316
Peoples R China	81
USA	58
India	57
Malaysia	20
Australia	15
昔から概念はあるが、Advanced Materials 2014, 26 (23), 3879.	



<b>16. Recycling of spent lithium-ion batteries</b>	847
Peoples R China	523
USA	76
South Korea	55
India	50
Australia	28
Nature 2019, 575 (7781), 75.	



## 次世代電池の世界的な興味の動向、論文、研究状況

出発点となり、ブレイクスルーとなった論文の調査をふまえて

作成に当たって印象と、データから読み取れる事実。

どの分野も、2010年ぐらいから論文数が急激に増加している。

固体系（論文数は割り引いて見る必要あり）特に伸びている。

リチウム空気（リチウム酸素）の論文数が伸びていない。

研究が盛んになるきっかけの論文（各電池系で初期に報告され、引用数多い論文をピックアップ）

日本の貢献が極めて少ない。基礎研究分野の弱さ。

論文の数：中国、アメリカ。日本の存在感がない

電池系：リチウム硫黄、亜鉛空気、アルミニウムイオン、フロー、フレキシブル、生分解性電池、リサイクリングなど日本の存在感がない

新しい概念に基づく電池（デバイス）を創り出すような、きっかけとなる論文、基礎研究が、日本から出ていない。（中国、韓国も同様）

目標が定まった電池系の要素研究、電池特性向上の研究が論文の大半。これは世界的な傾向



# 論点

1. **電池は重要である**：電池の発明（ボルタ）は電磁気学を興した。現代の新しい電池は、新しいデバイスを生み出す
2. **電池開発ロードマップ**：(1) 新型電池系開発、(2) 既存電池のイノベーション  
(3) 新型電池から既存電池へと展開した後、その電池系のイノベーション  
新型電池から既存電池への展開と同時に、その電池系が既存電池となる。そのイノベーションに力を入れるべき。  
最も効率的な研究開発資金の投入の仕方。（リチウムイオン電池の反省点）
3. **日本の状況**：Lied、RISING、ALCA-SPRING、SOLIDEV、産業関連でも多数、産学の連携も行われている。
4. **海外の状況**：非常に盛ん。固体電池プロジェクトが急速に数多く立ち上がる
5. **電池開発の個別事情**：様々な電池系が可能、材料の多様性が電池の多様性につながる  
基礎研究から産業に展開する電池系は僅か（見極めの重要性）
6. **基礎研究の現状**：さまざまな電池系が存在。きっかけとなる研究開発が存在（日本の発信力、小）  
（物質研究—材料研究—電池研究—電池開発&材料開発—実用電池開発—商業化—世界市場制覇）日本の強みは真ん中

**サイエンスとテクノロジー**：蓄電池開発に寄与するサイエンスを行うべき（さまざまな電池系開発が基礎研究として重要）  
産業の課題の一部を分担することと、重要なサイエンスとは区別、産業と大学の役割

**人材育成**：基礎研究者が、電池開発の現場を知るべき（サイエンスに関与する研究者が、サイエンスとテクノロジーの両面を知るべき）。周辺状況（経済状況、資源状況、環境問題、様々な課題）を知るべき。幅広い教育課程を入れた研究者、技術者の育成

**産業からの期待**：蓄電池のサイエンスを明らかにすること

## 補足説明

様々な材料系と電池系が存在する。どの材料系が成功するか、どの電池系が成功するか、予測が難しい。どの材料系と電池系も課題が有り、解決にはブレークスルーが必要。産業に展開した電池系であっても、更なる革新のために持続した開発が必須。

電池別分類：リチウムイオン電池、リチウム金属電池、固体電池、リチウム硫黄、フッ化物、亜鉛電池、リチウム空気、  
イオン液体、マグネシウム電池、ヒドリド電池、など

材料機能別分類：正極材料、負極材料、電解質材料、集電体材料、結着剤、導電材他

プロセス別分類：湿式法、乾式法など、材料合成プロセス、電池製造プロセスなど

研究開発指針の開発：MI、DXなど、

反応機構説明：反応機構解析手法（電気化学手法、X線、中性子、電子線他多岐に亘る）

上記を踏まえて

## 研究種目

材料研究	必須（MI、DX化含む）
電池開発研究	ALCA-SPRINGと重なる。重要
反応機構研究	重要。科研費との連携

## 研究方法

電池別	（既存の方法）
材料別	（共通課題として取り出して展開）
機能別	（電極、電解質、その他）

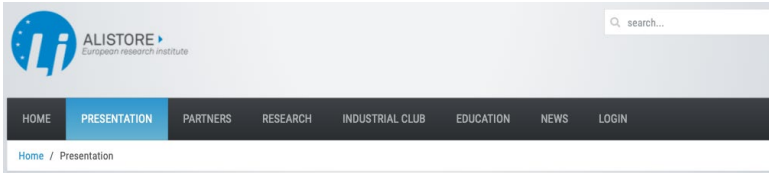
補足資料

# ALISTORE (EUの電池関連教育プログラム)

ALISTORE ERIは、2004年から5年間のEC資金によるFP6 Network of Excellenceの枠組みで設立、19の機関が電池と電池材料の分野で横断的かつ高度な研究を行う。

2010年から2017年まで、Patrice Simon教授（フランス）とM. Rosa Palacin博士（スペイン）。2017年12月からは、Christian Masquelier（フランス）、Robert Dominko（スロベニア）、Patrik Johansson（スウェーデン）がディレクターと副ディレクターを務める

ALISTORE-ERIの長期的な研究は、産業から資金援助を受けているポストドクターや博士課程の学生によって支えられている。設立当初から30人のポジションに資金が提供されている。この人材は年間予算の90%を占める。



<https://www.alistore.eu>

## What is ALISTORE?

ALISTORE ERI was created in the framework of a 5-year EC funded FP6 Network of Excellence (starting in 2004) and currently federates 19 institutions performing cross cutting high level research in the field of batteries and battery materials.

This adventure was initiated by Prof. Jean-Marie Tarascon (France) who was able to put together world class European laboratories in the field to perform collaborative research on the topic.

Since early 2009, ALISTORE ERI is a federative research structure coordinated by CNRS, funded through academic member contributions and the membership fees of 12 companies that joined its associated Industrial Club. Such funds allow developing hand in hand, integrated and collaborative research oriented towards medium-term transfer to industry.

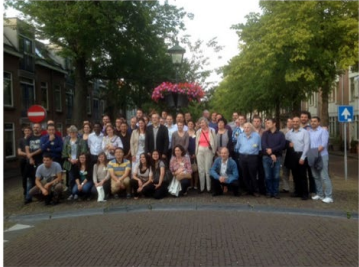


## ALISTORE Network

Such long term collaboration has enabled sharing of ideas and resources amongst the diverse partners to provide a larger added value. From 2010 to 2017 the network was led by Prof. Patrice Simon (France) and Dr. M. Rosa Palacin (Spain). Since December 2017, it is headed by Christian Masquelier (France), Robert Dominko (Slovenia) and Patrik Johansson (Sweden), director and deputy directors. The team is composed of CNRS-funded managers, Anne Charbonnier, Administrator and Cédric Chazal, Intellectual Property Manager [see Chart organization].

ALISTORE-ERI academics meet twice a year with members of the Industrial Club to present most recent discoveries and last achievements, discuss perspective trends, build-up collaborative European projects and set up the global scientific and financial policy.

ALISTORE-ERI long term research of the academic leading teams is reinforced by Post Docs and PhD students financially supported by the Industrial Club. 30 positions have been funded since the beginning. This manpower represents 90% of the annual budget.



## Achievements

ALISTORE-ERI structures around thematic research groups focusing on advanced Li-ion and Na-ion battery technologies, electrolytes...

which are supported by transverse characterization platforms (Mossbauer, XPS, NMR...) specifically devoted to battery research... Such an unconventional approach merging basic research and application requirements has given impressive fruit in these 10 years of existence ALISTORE:

- 2 White Papers (prospective view of a group of academic experts on a specific topic),
- around 10 trip reports per year
- a complete yearly scientific report of 100 pages
- list of number of papers
- 16 patent families.



ALISTORE is also involved in the academic training of the next generation of talented students.



The Master "Materials for Energy Storage and Conversion" (MESc) was created in 2004 by some ALISTORE partner academic institutions:

Aix-Marseille University (France), University of Cordoba (Spain), University of Picardie Jules Verne (Amiens, France), University of Toulouse (France), Warsaw Technical University (Poland)

It provides 2-year training in materials science and electrochemistry. The MESc Master

was granted with the prestigious Erasmus Mundus Label from the European Commission in 2005 - renewed in 2010 - that enhances the visibility and attractiveness of European Higher Education overseas. Students joining MESc can receive a range of grants from different sources (Erasmus Mundus programme, ALISTORE-ERI and others). About 200 students have been trained so far.



**ALCA次世代蓄電池**：現行のリチウムイオン電池の次世代型となる高容量蓄電池の研究開発を加速する事を目的に、ALCAの特別重点技術領域として平成25年に発足したプロジェクト。全固体電池チーム、硫化物型サブチーム酸化物型サブチーム、正極不溶型リチウム-硫黄電池チーム、次々世代電池チーム、金属-空気電池サブチームMg金属電池サブチーム、Li金属負極特別研究ユニット。経済産業省が所管する新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)への成果橋渡し

**新学術領域「蓄電固体界面科学」**：イオンが電荷キャリアに含まれる材料（=蓄電固体材料）の界面で発現する特異なイオンダイナミクスの機構を解明し、イオンを自在に超高速輸送・高濃度蓄積し得る界面構築のための指導原理を確立。

**Li-EAD (Fy07-11)**：目標値の特性を有するリチウムイオン電池の実用化を目指す。高性能なリチウムイオン電池の構成材料の開発、基本原理の解明。電池制御や急速充電等の材料・システム技術開発。革新的な二次電池を開発する。電池の反応制御技術、新規の概念に基づく電池の構成材料等の研究開発。リチウムイオン電池における寿命診断、電池性能評価・安全性試験方法などの基準策定や規格化に資する提案とデータ取得。技術開発の効率化につながる反応メカニズムの解析手法の確立等、基盤的な技術開発を行う。

**post-LiEAD リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発事業**：2020年頃の主力次世代自動車と目される、EVやPHEVに搭載されるリチウムイオン電池について、求められる性能のうち重要視されるエネルギー密度の向上に主眼を置きつつ、各種性能バランスの取れた電池の実用化技術開発に取り組む。更に先(2025年頃の車載)を狙い、現行リチウムイオン電池と比較して安全性の面で優位にある全固体リチウムイオン電池について、車載用途として世界に先駆けて実用化を図る。加えて、現行のリチウムイオン電池について、量産化によるコスト低減効果を狙うため、自動車以外の用途拡大のための技術開発を行う。これらの取り組みを通じて、将来において切れ間無く、我が国の蓄電分野の競争力を強化することを目的とする。

**「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業 (RISING)」(2009年度～2015年度)**：2030年にガソリン車並みの走行性能を有するEV等に搭載されるオリジナリティの高い革新型蓄電池の基礎研究に取り組む。3タイプの革新型蓄電池(亜鉛空気、ナノ界面、硫化物)で、エネルギー密度300Wh/kgを検証し、500Wh/kgの見通し。

**「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発 (RISINGII)」(2016年度～2020年度)**：世界最高・最先端の解析技術を開発・活用しながら、エネルギー密度のみならず、耐久性や安全性等の車載用蓄電池として必要とされる性能を両立させる革新型蓄電池の共通基盤技術の開発。SPring-8の放射光X線回折、J-PARCの中性子回折、NMR、精密充放電、電子顕微鏡、計算科学等の複数の解析技術を相補的に組み合わせることで電池内部の様々な現象をより高速で微細に把握し、課題抽出とその解決を図ることにより、高性能化や高耐久化を実現する新規の解析技術を開発。RISINGで300Wh/kgが検証できた3タイプの電池(亜鉛空気、ナノ界面、硫化物)を対象として、エネルギー密度のみならず、耐久性、安全性等についても車載化に課題がないことを、実セル(容量5Ah級)を試作して検証。

**電気自動車用革新型蓄電池 (RISINGIII)**：開発エネルギー密度と安全性の両面から高いポテンシャルを有し、かつ我が国発の高いオリジナル技術をもつ「フッ化物電池」と、安全性に大きなメリットがあり低コスト化にも有利な「亜鉛負極電池」の2種類の電池系をターゲットとし、2021年度から5年計画で新たな研究開発に着手。

**先進・革新蓄電池材料評価技術開発 (第2期) (SOLiD EV)**：自動車・蓄電池・材料メーカーおよび大学・公的研究機関が連携・協調し、全固体リチウムイオン電池のボトルネック課題を解決する要素技術を確認しつつ、プロトタイプセルを用いて新材料の特性や量産プロセス・電気自動車(EV)搭載への適合性を評価する技術を開発。日本主導による国際規格化を念頭に置いた安全性・耐久性の試験評価法を開発。さらに、研究開発と並行して、電動車両が大量普及する将来の社会システムのシナリオ・デザインを検討。