



先端的低炭素化技術開発



先端的低炭素化技術開発 (ALCA) 特別重点領域「蓄電池」(ALCA-SPRING) の 10年間の成果と今後の展開

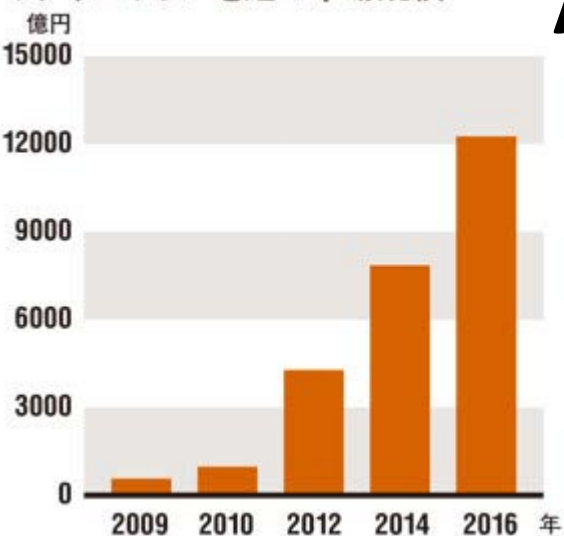
研究総括 (PO) 魚崎浩平
国立研究開発法人 物質・材料研究機構

<http://www.jst.go.jp/alca/alca-spring/>

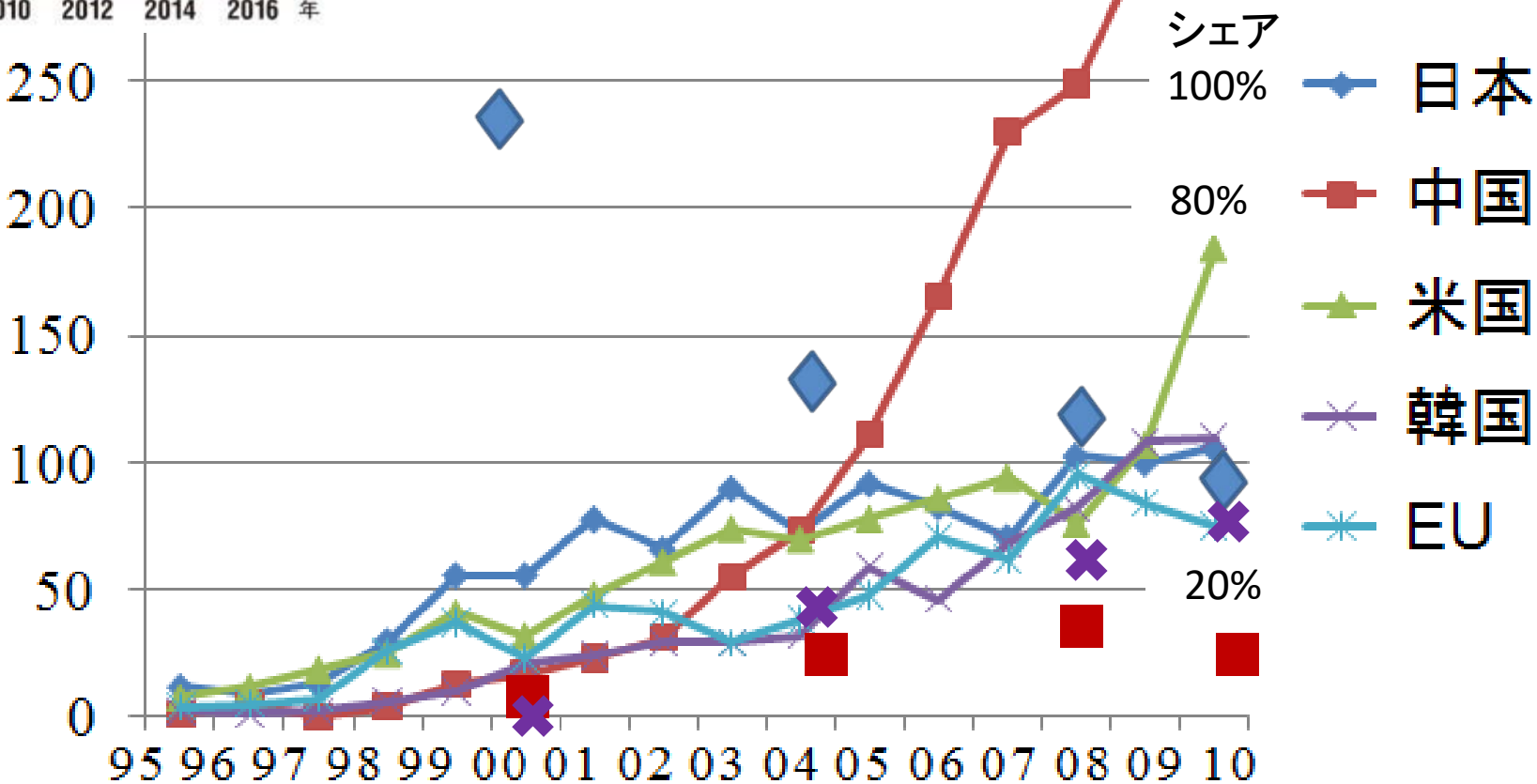
ALCA-SPRING発足に向けて(危機感)

Liイオン電池シェア(数量ベース)および
関連論文発表数の相対的位置低下

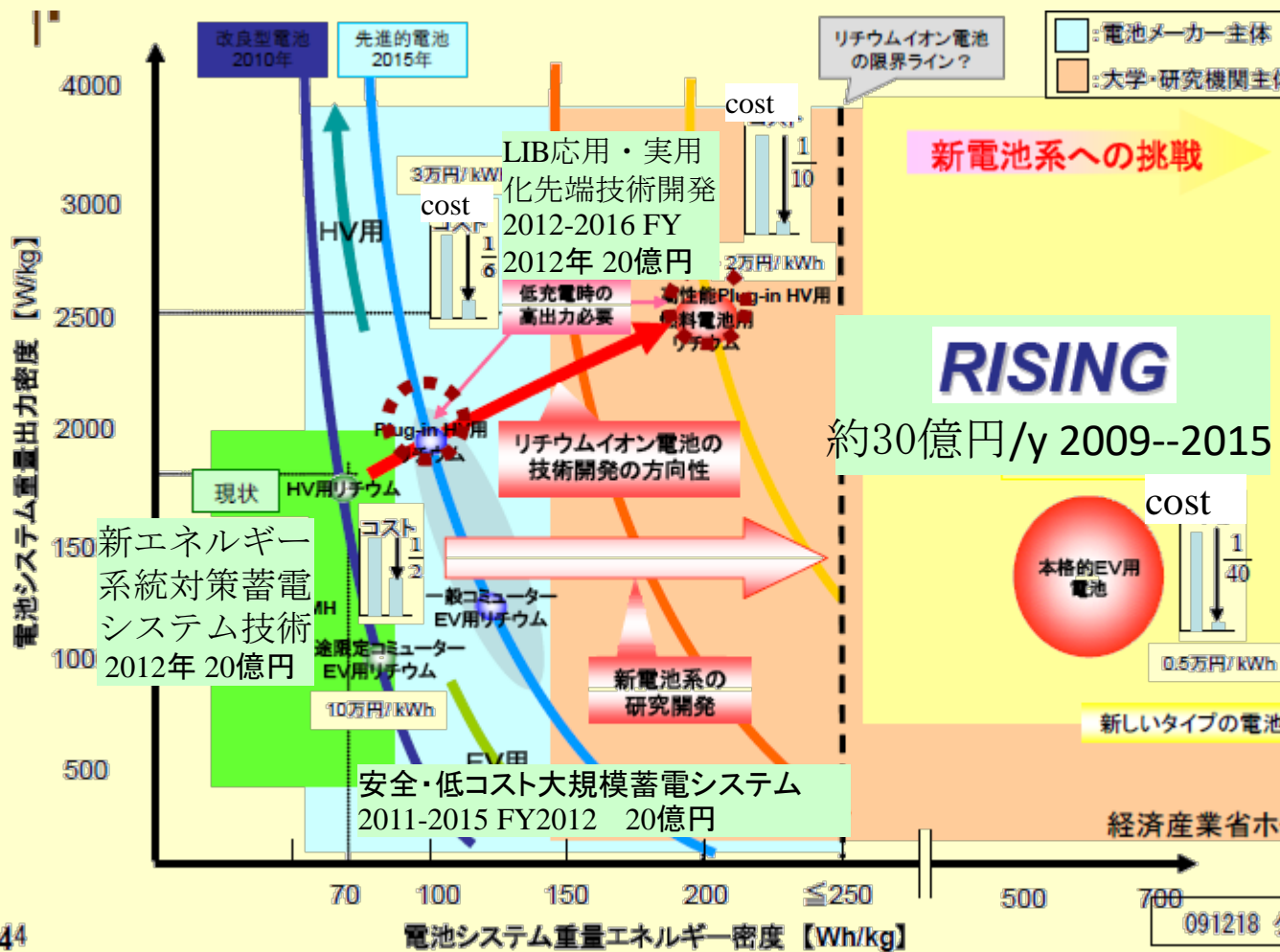
リチウムイオン電池の市場規模



論文数/年



ALCA-SPRING以前の蓄電池関連プロジェクト



FIRST
2010-2014
高性能蓄電デバイス創製に向けた革新的基盤研究
28.4億円

ALCA: 蓄電デバイス (2010~):
Mg電池, 全固体Li電池x4, グラフェンキャパシター, Na電池, 軽金属キャパシター, LIB, 金属-空気電池, Li-空気電池, 半導体蓄電池, ハイブリッドキャパシター, Li-Si 電池, Na-S全固体電池, 金属二次電池, イオン液体二次電池1.5億円/5y/PJx17

CREST: 二酸化炭素排出抑制に資する革新的技術の創出(2008~2014):
s-ブロック金属電池, プロトン型電気化学キャパシタ, 全固体Li電池
~3-5億円/5y/PJx3
高効率エネルギー変換と相界面
(2011-2017): 高出力電池3-5億円/5y/PJx1

元素戦略拠点: 触媒・電池材料
2012年 7億円 10年

プロジェクト間の実効的連携が不足

ALCA-SPRING発足に向けて

2011.1.27 JST CRDSワークショップ

「次々世代二次電池・蓄電デバイス技術」

2011.12 JST CRDS戦略プロポーザル 「次々世代二次電池・蓄電デバイス基盤技術」～低炭素社会・分散型エネルギー社会実現のキーデバイス～ CRDS-FY2011-SP-04

2012.5.18 文科省・経産省両省第4回合同検討会議

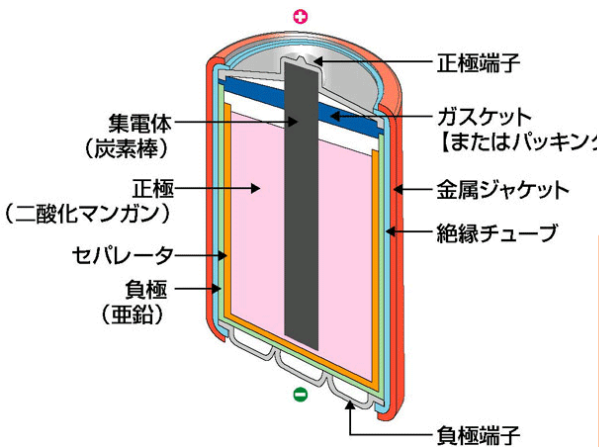
予算要求で連携すべきテーマ:次世代二次電池、エネルギーキャリア、未利用熱エネルギー

2012.8.31 文科省概算要求:ALCA特別重点PJ新設(次世代二次電池、エネルギーキャリア、未利用熱エネルギー)

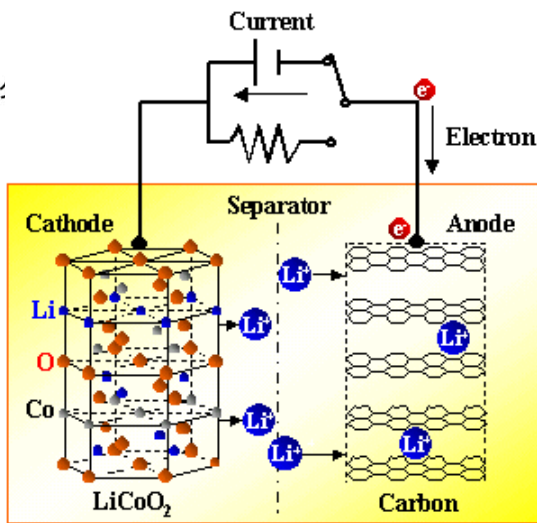
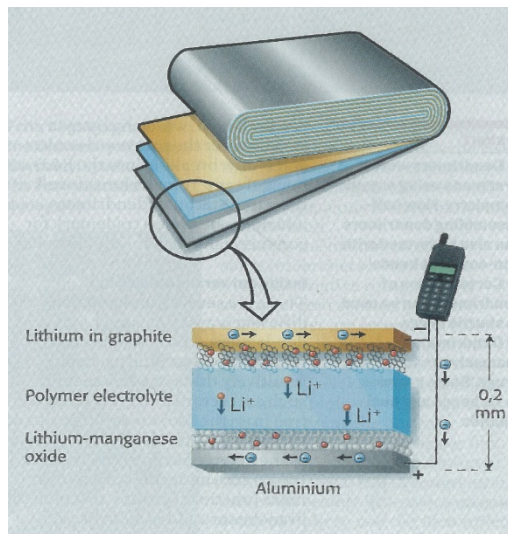
2012.8.31 JST CRDSワークショップ「革新電池オープンイノベーション」

2012.9.22～2013.2(7回)蓄電池WG(環エネ課所管):橋本(コーディネータ:東大)、逢坂(早大)、岡島(トヨタ)、金村(首都大)、島崎(DI)、辰巳(産総研)、魚崎(NIMS)、太田(LIBTEC)、辰巳砂(大阪府大)

マンガン乾電池



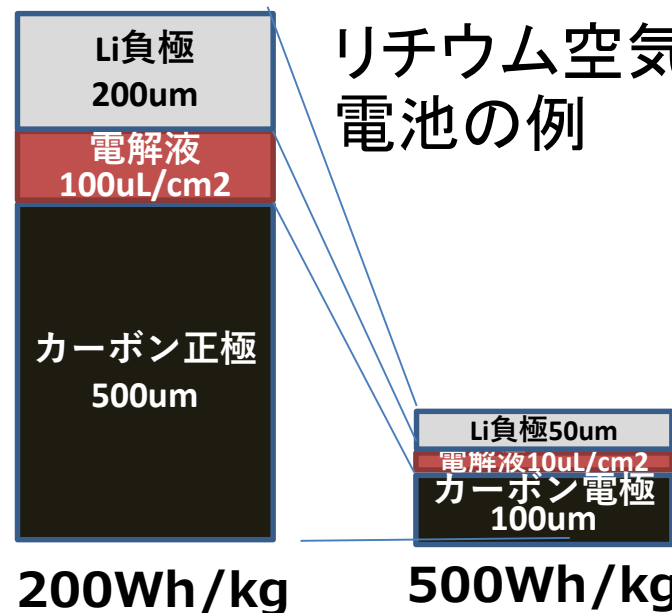
リチウムイオン電池



次世代蓄電池

高エネルギー密度 >500 Wh/kg
安全性/資源/コスト/---

高エネルギー密度 → 各部材
使用量の徹底的削減が必要



充電不可 ~1.5 V

蓄電池(充放電可) ~3.7 V
エネルギー密度 ~ 250 Wh/kg
EV用電池の主力

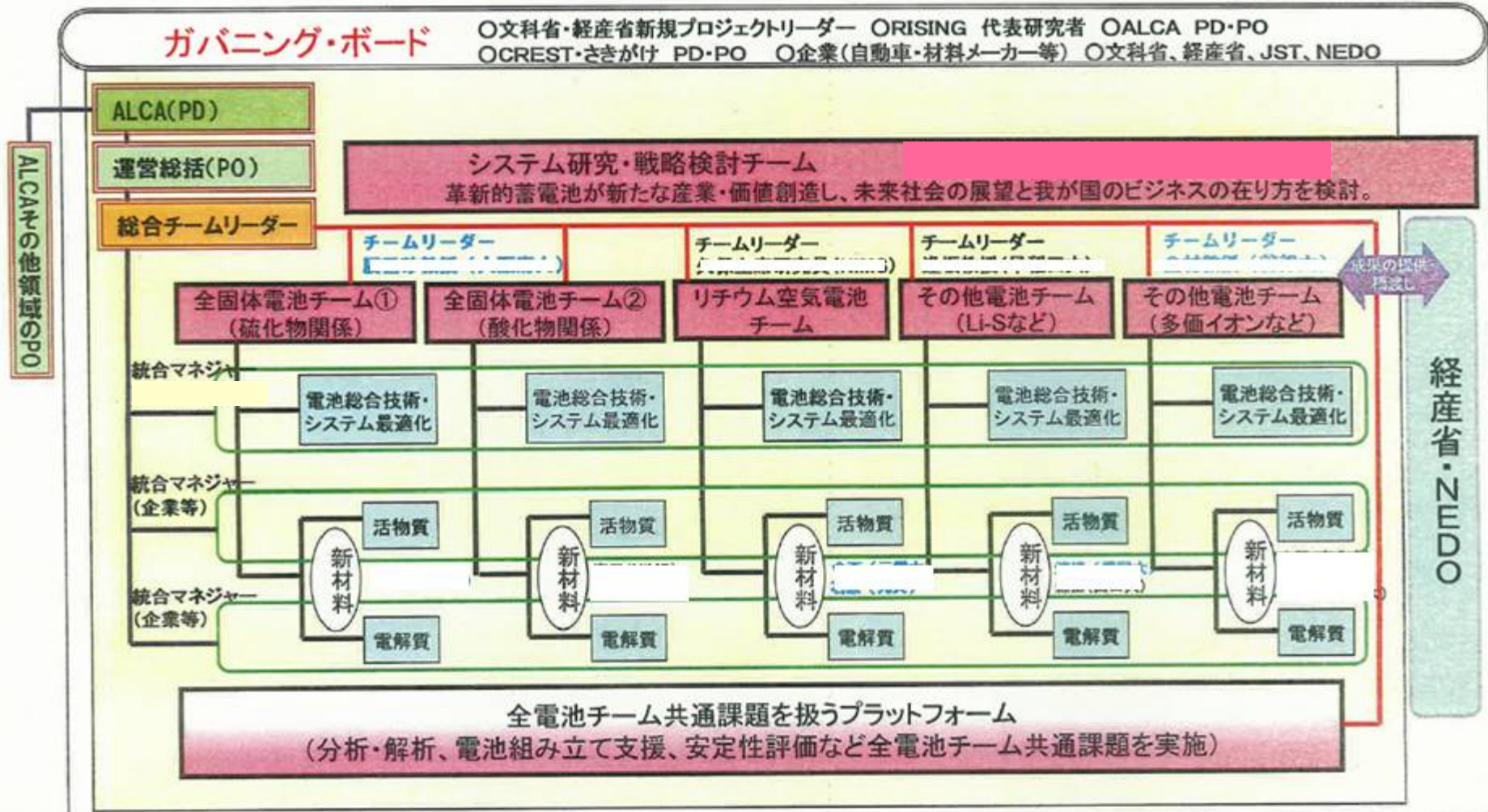
高エネルギー密度電池
は個別材料の開発のみ
では実現できない

次世代蓄電池研究加速プロジェクト 研究体制案

資料2

◆イメージ

- ・蓄電池の既存プロジェクトに散在する優れた成果を集約し、日本代表チームを構築
- ・実際の製品イメージ・開発戦略を明確に描きつつ文部省・経産省が連携して速やかに産業界にバトンタッチ
- ・一体となった取り組みを実現するため、各代表者、関係機関からなるガバニング・ボードが全体をマネジメント



チーム研究の重要性:文科省PJとして新しい試み

2013.1 文科省予算:ALCA(先端的低炭素化技術開発 46億円増 特別重点PJ(次世代二次電池、エネルギーキャリア)新設

運営体制

課題の選考、評価、研究開発の進捗状況の把握・調査を通して、積極的なマネージメントを実施

技術領域の設定と採択課題の選考

ステージゲート評価による研究開発継続の判定

研究開発期間の延長(最長10年)、重点投資、追加採択、研究開発の中止

研究開発課題間の連携や融合・編成の実施

積極的に研究開発活動や成果の発展を促進

◆事業統括(PD)

橋本 和仁
東京大学・教授

◆運営総括(PO)

小長井 誠 東京工業大学・教授

大崎 博之 東京大学・教授

逢坂 哲彌 早稲田大学・教授

三島 良直 東京工業大学・学長

近藤 昭彦 神戸大学・教授

辰巳 敬 東京工業大学・理事・副学長

谷口 研二 奈良工業高等専門学校・校長

◆運営総括(PO)

魚崎 浩平 物質・材料研究機構・フェロー

秋鹿 研一 東京工業大学・名誉教授

◆技術領域

太陽電池および太陽エネルギー利用システム

超伝導システム

蓄電デバイス 2011.2 ~

耐熱材料・鉄鋼リサイクル高性能材料

バイオテクノロジー

革新的省・創エネルギー化学プロセス

革新的省・創エネルギーシステム・デバイス

◆特別重点技術領域

次世代蓄電池 2013.4 ~

エネルギーキャリア

先端的低炭素化技術開発事業推進委員会

先端的低炭素化技術開発事業推進委員会

- ・公募の対象となる技術領域の設定や採択候補課題の選考
- ・研究開発課題の予算の全体調整
- ・研究開発課題の評価と継続判断および課題の連携・融合等

※各分科会は、8名程度の分科会委員及び数名の外部有識者・専門家で構成
※先端的低炭素化技術開発事業推進委員会は、PD・PO・外部有識者で構成

FY2014 ~ SIP

図1. ALCAの推進体制図

2013.4 公募
 2013.6 採択決定
 2013.9 キックオフ

総合チームリーダー
 金村 聖志



他プロジェクト実施中の研究者を含むトップ研究者が参画

CREST → 辰巳砂

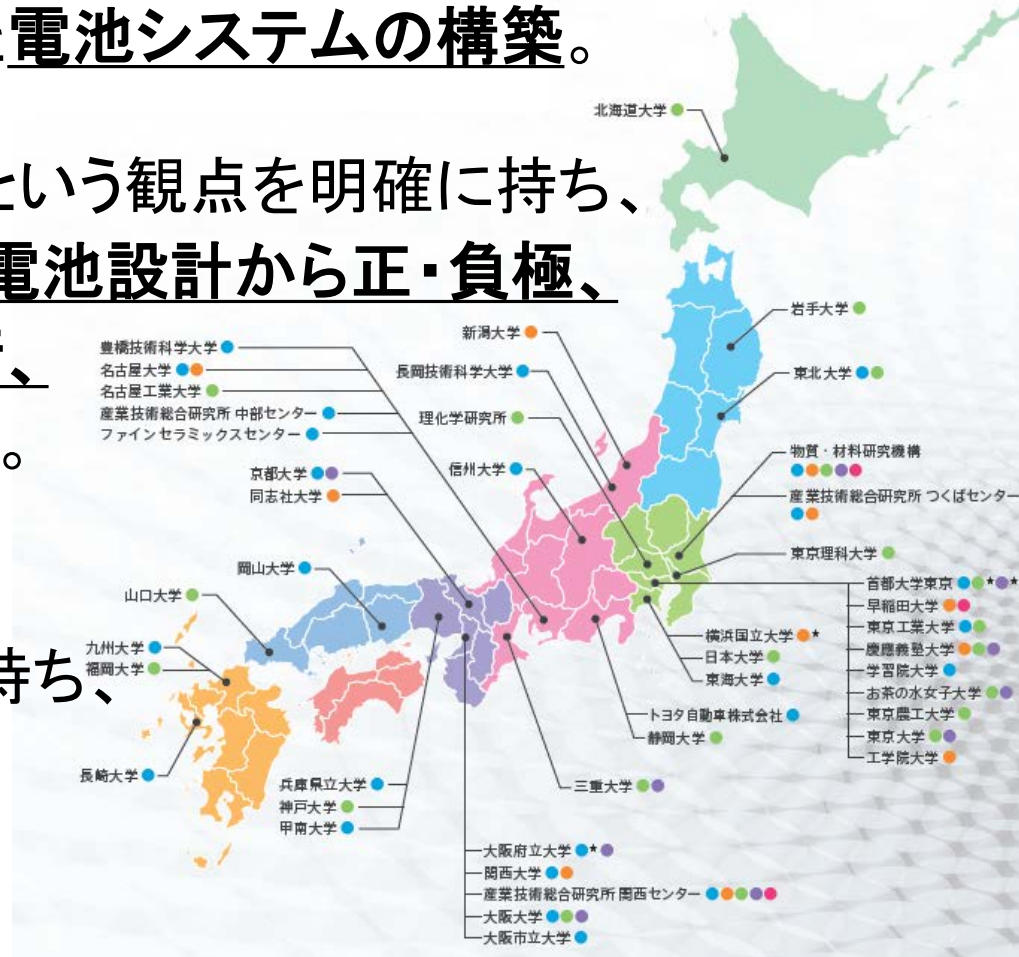
ALCA(蓄電) → 渡邊、金村、林、菅野、今西

ALCA-SPRINGの特徴

・全国の電池および関連分野のトップ研究者の参画(最大50機関、80研究室)によるチーム研究を通して、徹底したサイエンスに基づく新材料の探索・開発とそれを生かした電池システムの構築。

・最終的に革新電池を実現するという観点を明確に持ち、個別材料の最適化に留まらず、電池設計から正・負極、電解質材料開発、電池総合技術、評価解析までを一気通貫で実施。

・システム・戦略研究に基づく、明確な知財ポリシーを当初から持ち、世界の追随を許さない圧倒的な技術開発を推進。



次世代蓄電池関連大型プロジェクト連携体制(～2016.3)

ガバナリングボード(文科省、経産省、JST、NEDO、各PJリーダー)

ALCA事業推進委員会

運営総括(PO)
物質・材料研究機構
フェロー 魚崎 浩平

総合チームリーダー
金村 聖志

システム研究・戦略検討チーム
オープン・クローズ戦略
知財ポリシー、国際動向調査

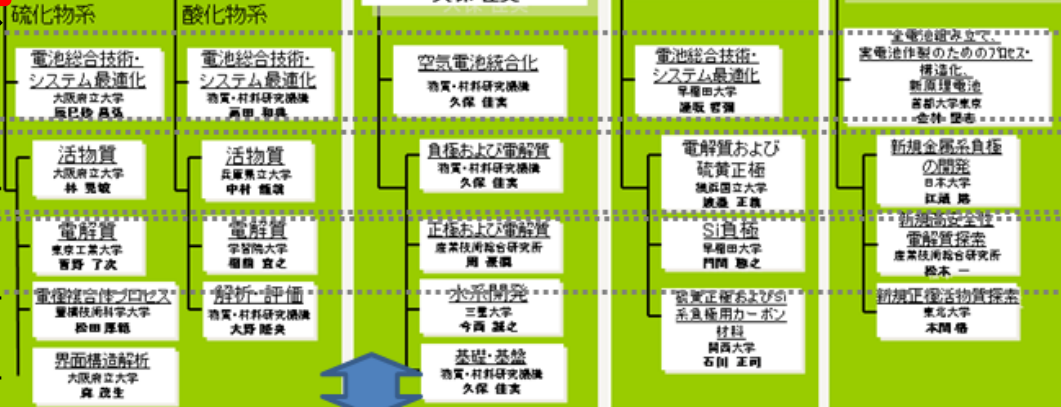
連携会議
実務者会議

全固体電池チーム
大阪府立大学
教授 辰巳 昌弘

金属-空気電池
チーム
物質・材料研究機構
空気電池特別推進チーム長
久保 佳実

その他電池
チーム(中長期型)
横浜国立大学
教授 渡邊 正義

その他電池
チーム(長期型)
首都大学東京
教授 金村 聖志



蓄電池基盤プラットフォーム:NIMS、産総研関西、早大
分析・解析、電池組み立て支援、安定性評価など全電池チーム共通課題を実施

元素戦略拠点(触媒・電池) 京大

ナノ材料科学環境拠点 物材機構

ALCA 蓄電池デバイス

革新型蓄電池先端科学基礎事業
(RISING: 2009~2015)

先進・革新蓄電池材料評価技術開発
(2013~2017)

文科省-経産省合同会議(2012.5)

平成25年度予算要求において両省が連携すべきテーマに選定

ALCA-SPRINGにおける知財マネジメントと支援

■ 特許出願審査

- ・知財管理委員会にて出願の可否を審査
- ・強い特許となるようアドバイスを実施

請求項、追加データ取得など

■ 外部発表審査(特許出願に先立って実施)

- ・知財管理委員会にて発表の可否を審査

■ 支援

調査、解析、啓発・教育、検索支援、出願支援

○特許情報活用による蓄電池技術の Patent Portfolio 化

○海外市場を含む事業化を見据えた広く、強い権利保護を推進

知財:強い特許の創出にこだわる→特許出願107(内 外国出願44)

○適切な権利保護・活用を行える規約策定や知財啓発活動の推進

次世代蓄電池関連大型プロジェクト連携体制(～2016.3)

ガバナリングボード(文科省、経産省、JST、NEDO、各PJリーダー)

ALCA事業推進委員会

運営総括(PO)
物質・材料研究機構
フェロー 魚崎 浩平

総合チームリーダー
金村 聖志

システム研究・戦略検討チーム
オープン・クローズ戦略
知財ポリシー、国際動向調査

連携会議
実務者会議

全固体電池チーム
大阪府立大学
教授 辰巳 昌弘

金属-空気電池
チーム
物質・材料研究機構
空気電池特別推進チーム長
久保 佳実

その他電池
チーム(中長期型)
横浜国立大学
教授 渡邊 正義

その他電池
チーム(長期型)
首都大学東京
教授 金村 聖志

硫化物系

酸化物系

電池総合技術・
システム最適化
大阪府立大学
辰巳 昌弘

電池総合技術・
システム最適化
物質・材料研究機構
高田 智哉

空気電池統合化
物質・材料研究機構
久保 佳実

電池総合技術・
システム最適化
早稲田大学
渡邊 正義

全電池研究のみで、
実電池作製のための7R2+
構造化
新原理電池
首都大学東京
金村 聖志

統合マネージャー
大田 謙
LIBTEC

統合マネージャー
大塚 健司
JST

統合マネージャー
山本 成久
山梨大学

活物質
大阪府立大学
林 勇哉

活物質
兵庫県立大学
中村 龍哉

負極および電解質
物質・材料研究機構
久保 佳実

電解質および
硫黄正極
横浜国立大学
渡邊 正義

新規金属系負極
の開発
日本大学
江崎 隆

電解質
東京工業大学
西野 了次

電解質
宇都宮大学
相模 寛之

正極および電解質
三重大学
今西 誠之

Si負極
早稲田大学
門間 聡之

新高度安全性
電解質探索
産業技術総合研究所
鈴木 一

電極適合性プロセス
豊橋技術科学大学
松田 厚範

解析・評価
物質・材料研究機構
大野 隆夫

水系開発
三豊大学
今西 誠之

硫黄正極および
金属活用カーボン
材料
関西大学
石川 正司

硫黄正極活物質探索
東北大学
本間 浩

界面構造解析
大阪府立大学
森 茂生

基礎・応用
物質・材料研究機構
久保 佳実

蓄電池基盤プラットフォーム:NIMS、産総研関西、早大
分析・解析、電池組み立て支援、安定性評価など全電池チーム共通課題を実施

元素戦略拠点(触媒・電池) 京大

ナノ材料科学環境拠点 物材機構

ALCA 蓄電池デバイス

革新型蓄電池先端科学基礎事業
(RISING: 2009~2015)

先進・革新蓄電池材料評価技術開発
(2013~2017)

文科省-経産省合同会議(2012.5)

平成25年度予算要求において両省が連携すべきテーマに選定

次世代蓄電池研究開発推進のためのインフラ

蓄電池基盤プラットフォーム

電池試作から最先端材料評価まで

2012年度補正予算

2014年10月1日運用開始

物質・材料研究機構

NIMS蓄電池基盤
プラットフォーム

電池試作から
最先端材料評価まで

産業技術総合研究所 (関西)

中型電池の評価解析

早稲田大学

電気化学インピーダンス
測定・解析

- 我が国の次世代蓄電池の研究開発の加速を目的
- 物質・材料研究機構(中核機関)、産総研(関西)、早稲田大学
- 「JST先端的低炭素化技術開発(ALCA)特別重点技術領域 次世代蓄電池(次世代蓄電池研究加速プロジェクト(SPRING))」と連携で実施される次世代蓄電池の研究開発を優先支援
- 大学・独法・民間企業・その他機関に対する支



ALCA-SPRINGより運営経費

NIMS蓄電PFについてはNIMSより運営費支援+利用料収入

2014年10月1日運用開始

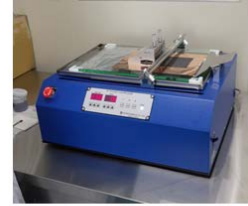
<http://www.nims.go.jp/brp/>

小型電池試作・評価装置



電池用特殊
実験室

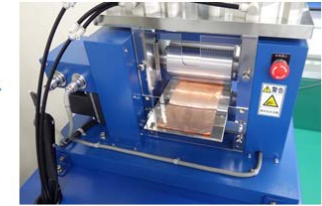
クリーンルーム



自動塗工機 Coater

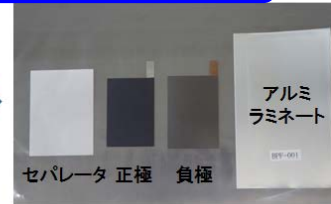


乾燥機
Dryer



ロールプレス Roll press

ドライルーム



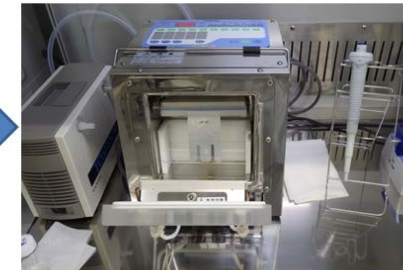
セパレータ 正極 負極



コインセル

電極サイズ
3cm x 4cm

電極サイズ
6cm x 9cm



真空シーラー Vacuum sealer

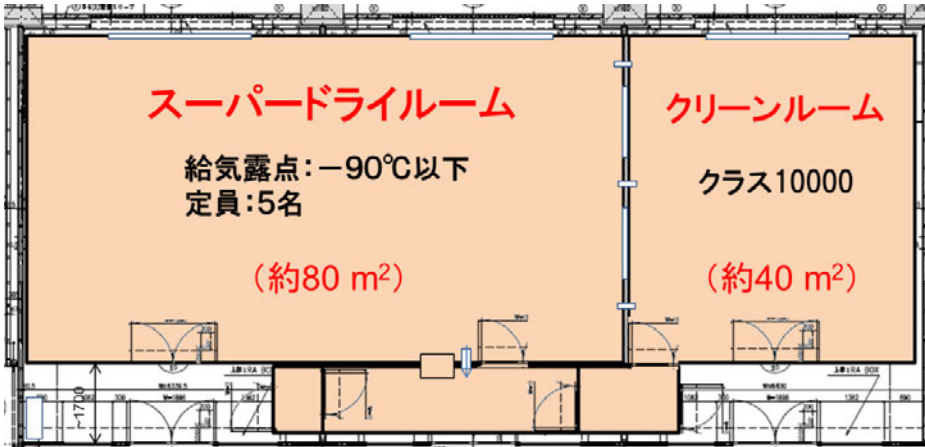


正極: LiCoO_2
負極: 天然黒鉛



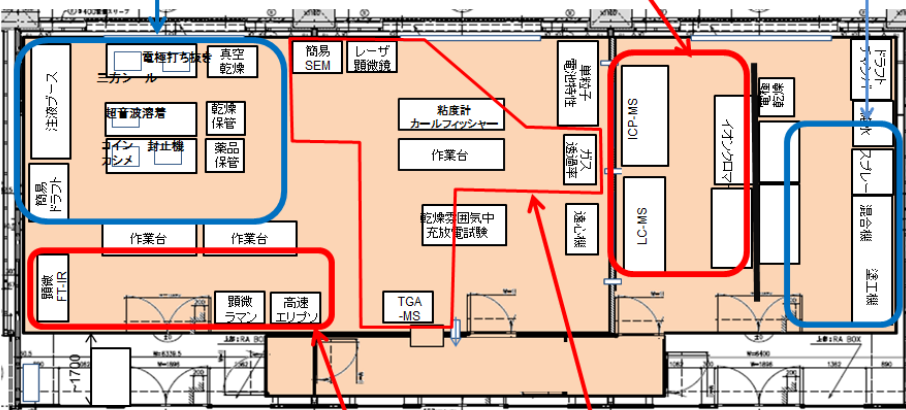
電極サイズ
6cm x 9cm

4.2V LIB (180mAh cell)



② 小型電池試作装置等一式

- ③ 電極組成分析装置等(純水使用装置)
- ⑥ 電解液分析評価装置等(純水使用装置)

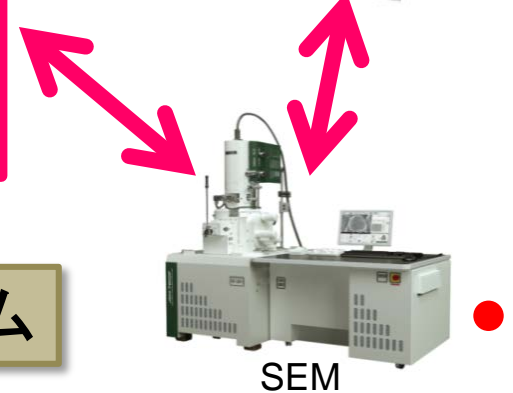
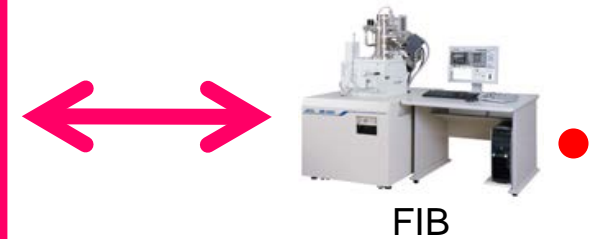
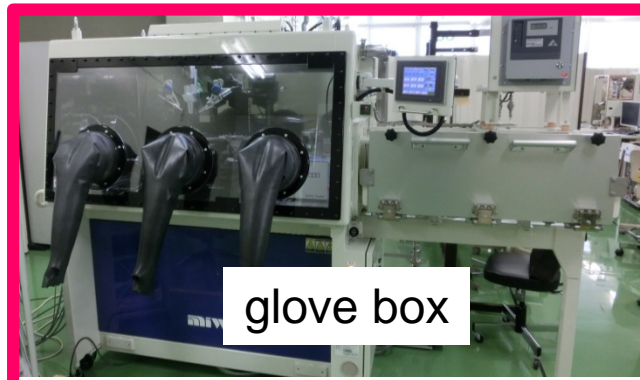


④ 電極材料光学評価装置等一式 ⑤ 電極プロセスモニタ装置等一式

蓄電池材料評価に特化した最先端計測設備

- 大気非曝露搬送、低ダメージ化、Li元素分析、ユーザビリティを重視

- 低温ステージ
- Ar GCIB (ガスクラスターイオンビーム)

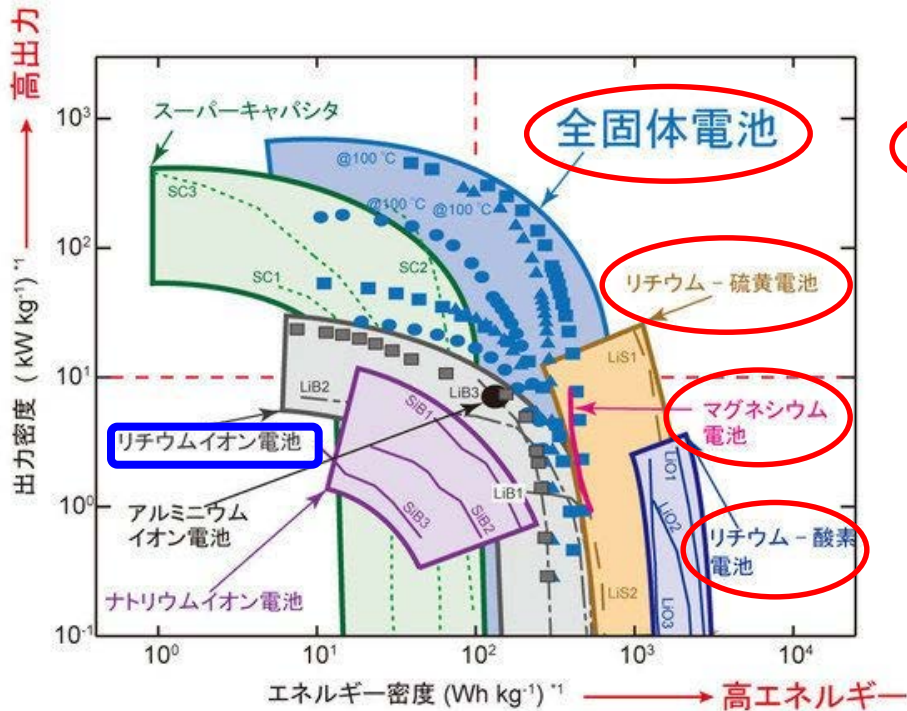


大気非曝露搬送システム

2012.5 文科省一経産省合同検討会議

次世代二次電池を2013年度予算要求で連携すべきテーマと設定

2013年度開始	 文科省/JST 低炭素化技術開発(ALCA) 特別重点技術領域 (次世代蓄電池:ALCA-SPRING)				経産省/NEDO 先進・革新蓄電池 材料評価技術開発	
2013	金属-空気電池	長期型	中長期型	全固体電池(酸化物型)	全固体電池(硫化物型)	1期 ・先進LIB ・硫化物型全固体電池
2014				連携		





○ ALCA-SPRINGで取り上げた電池系

https://www.huffingtonpost.jp/nature-publishing-group/electric-battery_b_11076660.html

*1: 活物質重さあたり

ステージゲート(2014, 2017, 2020)による組織の改編

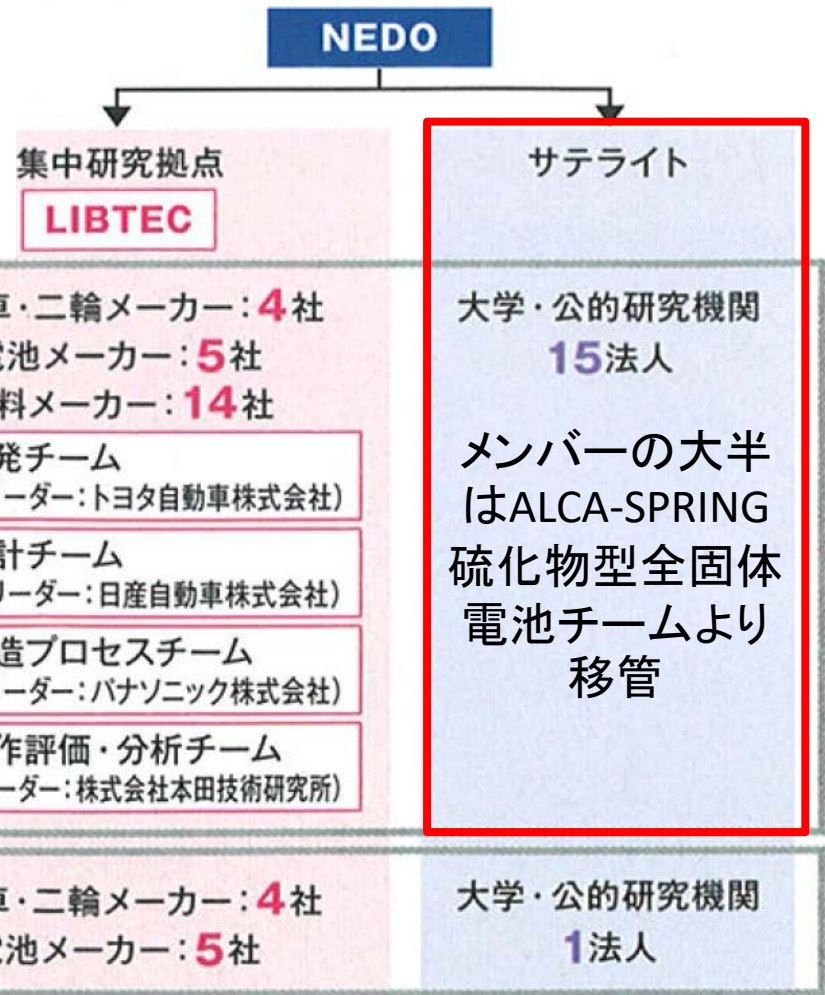
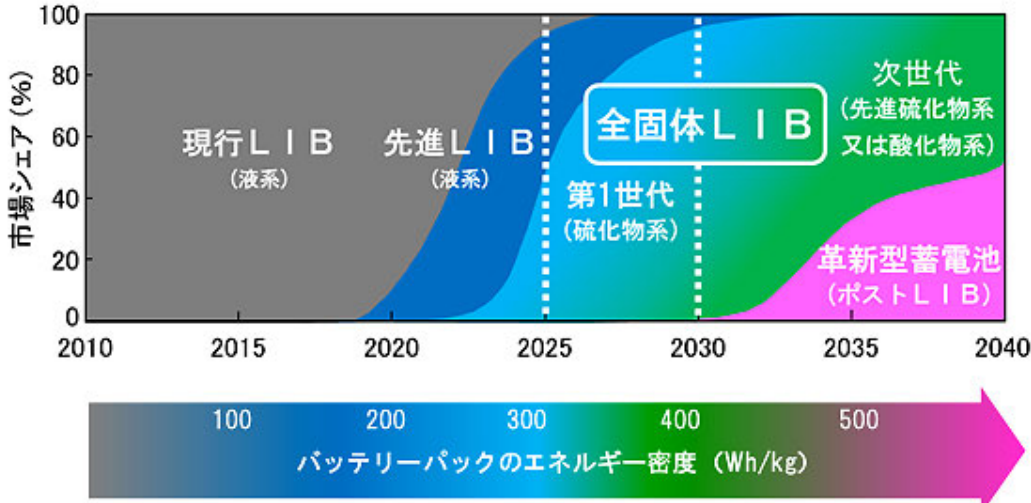
2013 年度 開始	 文科省／JST 低炭素化技術開発(ALCA) 特別重点技術領域 (次世代蓄電池:ALCA-SPRING)					経産省／NEDO 先進・革新蓄電池 材料評価技術開発		
2013	金属- 空気電池	長期型		中長期型	全固体 電池(酸 化物型)	全固体 電池(硫 化物型: Liイオン 電池)	1期	
2014							・先進LIB ・硫化物型 全固体電池	
2015	実用化 加速推進 (リチウム 負極特別 ユニット)	金属 空気電池	ア ニ オ ン 電 池	Mg 電 池	リチウム- 硫黄電池	重点化	成果・研究者をNEDOプロに移管	連携
2016								
2017								
2018	金属 空気電池	マ グ ネ シ ウ ム 電 池				硫化物型 (Li-硫黄 電池)	2期: SOLiD-EV 硫化物型全固体Li イオン電池に集中	
2019								
2020							連携  SOLiD-EV	
2021								
2022		2020.7 (実施を10月に延期)ステージゲート:2021.4~2023.3 体制(・チームとしての最終目標の明確化と実現に向けたチーム体制 の確立 ・チーム構成の見直しとメンバーの役割明確化)						

スタック
開発を
NIMSソフ
トバンク
センター
に移管

2017年ステージゲート → 2018年度～



Development of Fundamental technologies for All Solid State Battery applied to Electric Vehicles 2018 – 2012



次世代蓄電池関連大型プロジェクト連携体制 (2021.4~)

ガバニングボード(文科省、経産省、JST、NEDO、関連PJリーダー他)

ALCA事業推進委員会



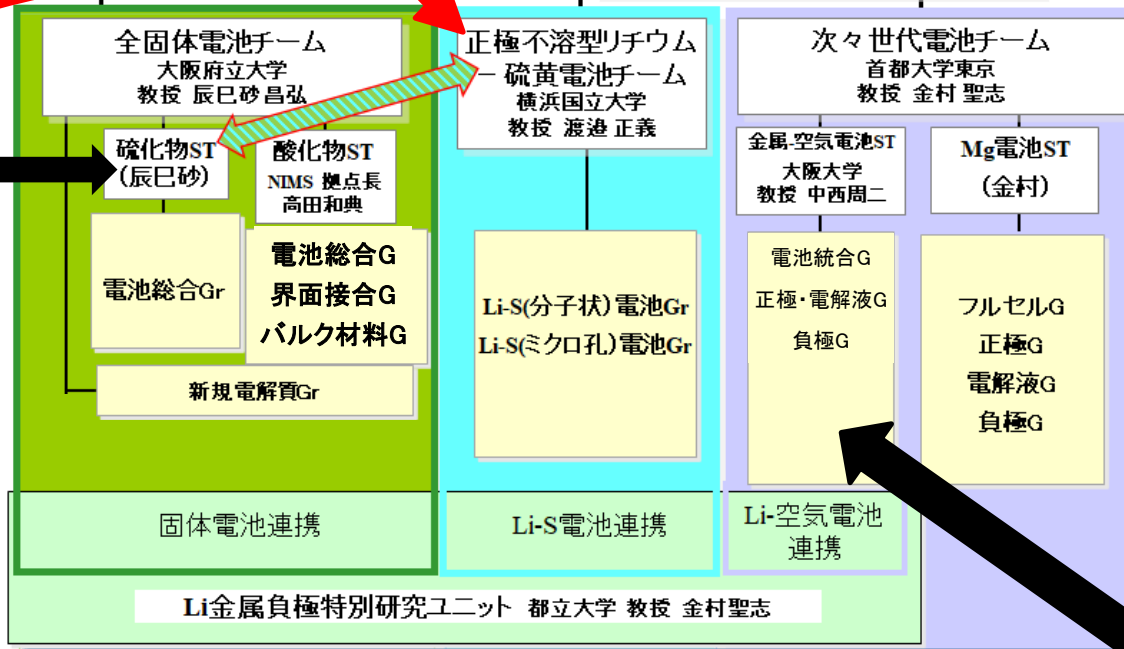
運営総括(PO)
物質・材料研究機構
フェロー 魚崎 浩平
総合チームリーダー
首都大学東京 豊田 隆

分科会委員
企業:5名、公的研究機関:3名、大学:1名

システム研究・戦略検討チーム

先進・革新蓄電池材料評価技術開発(第二期)
(2018~2022)

Solid-EV



共創の場 NIMS・東大・京大 (2020~2029)

電気自動車用革新型蓄電池開発 (RISING-III 2021~)

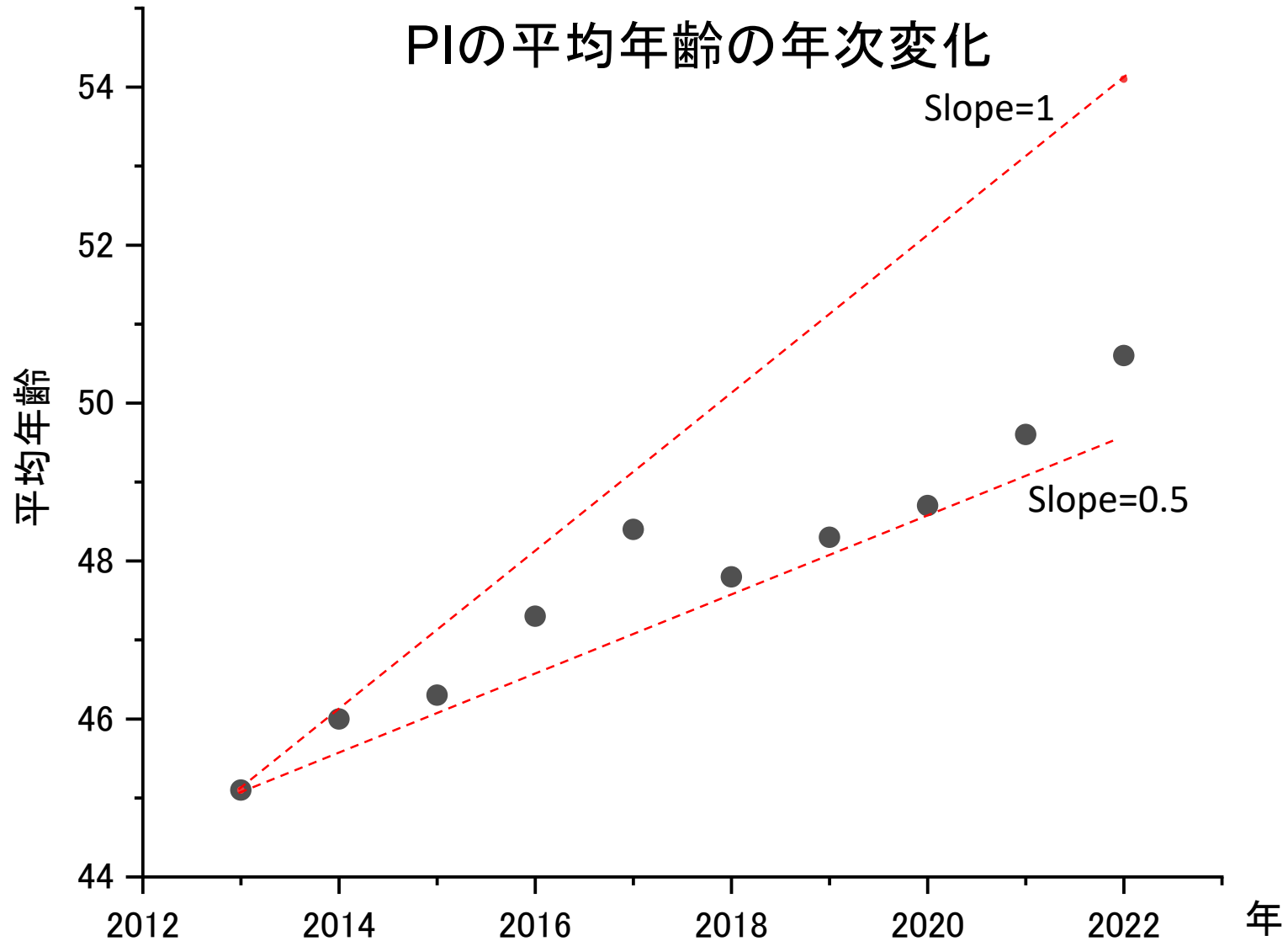
フッ化物電池
金属亜鉛電池

硫化物型
全固体電池

分析・解析・計算研究者
(各研究者は本籍チームに所属+他チームからの要請にも対応)
蓄電池基盤プラットフォーム: NIMS、産総研(関西)、早大

NIMSソフトバンクセンター

PIの平均年齢の年次変化



ステージゲートによる新陳代謝。当初メンバー77名中現在も参画しているのは36名。
28名(電池研究未経験者多数)は途中から参画。

分科会委員(現在8名 内企業経験者5名、国研2名、大学1名)
当初より継続:岡島(トヨタ)、桑畑(阪大)、佐藤(産総研)、高見(東芝)、出来(山梨大・神戸大、逝去)、
交代:篠原(日産)→新田(日産)、山口(地球快適化(MCC))→宇恵(元MCC、外国企業、NIMS、早稲田大)
辰巳(産総研)→小林(産総研→大阪産技研)、嶋田(パナソニック→LIBTEC、逝去)、出来成人(山梨大・神戸大)

ALCA-SPRINGの成果(科学技術面)

硫化物型全固体電池サブチーム

実用化が近い

国内の主要車メーカー、電池メーカー各社、さらには世界の大手車メーカー、電池メーカーがEV用全固体電池の量産を明言
(2030年代にはEVの5~10%が全固体電池車となる試算(富士経済など))

小型全固体電池は、TDK、FDK、村田製作所マクセルが量産設備を建設 実用化
固体電解質製造設備も世界中で投資拡大

国内の全固体電池の主要プレイヤーの大半が本PJで研究開発(新規参入者多数)

全固体LIB開発

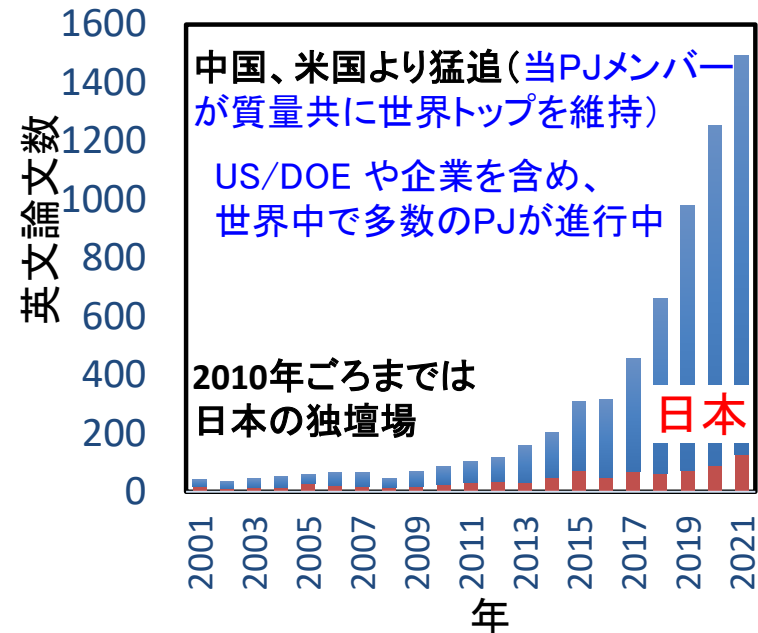
→ 2018年にNEDO SOLiD-EVに移管

固体Li-S電池開発

→2018年度から注力(NEDO SOLiD-EVと引き続き連携)

- ・世界最高性能の正極材料を開発(正極性能として 500Wh kg^{-1} の全固体電池相当)
- ・金属Li/固体電解質界面での劣化メカニズムを解明
- ・全固体電池材料の高度分析技術を多数開発

全固体電池研究の海外動向

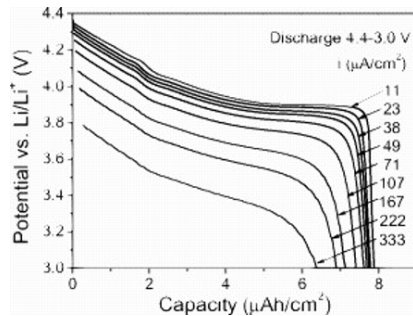


酸化物型全固体電池サブチーム

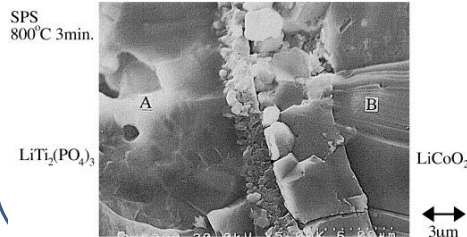
・DOE や各国研究機関で材料研究が多数行われ、固体電解質に関する論文が急増するも、完全固体での作動はガーネット上の金属リチウム負極などに限られる。

プロジェクト開始時

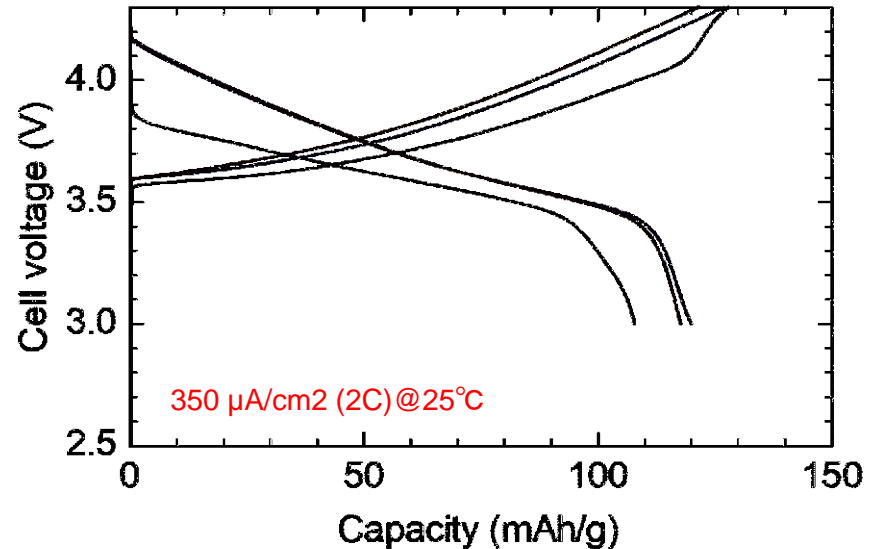
薄膜電池のみが室温作動



バルク型電池:
反応相生成により作動不可



本PJで易焼結性ガーネット型固体電解質の開発
バルク型電池で世界初の**室温作動に成功**



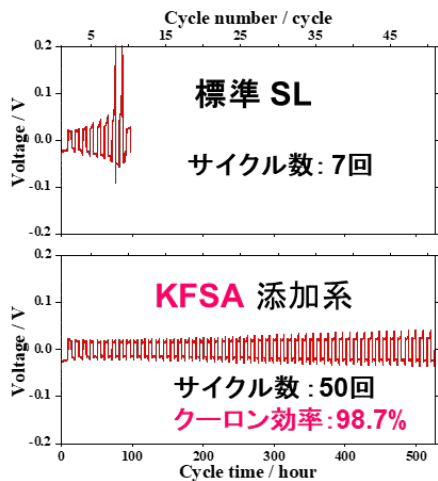
・当PJで開発した固体電解質について、ネガティブデータを含むデータベース構築中
(固体電解質探索TFでの取り組みを利用したデータベース仕様の確立とデータ収集。
これまでに組成情報: > 600件, 構造情報: > 800件, 計測情報: > 400件を収集済

・データ科学を活用した固体電解質探索(硫化物、酸化物)

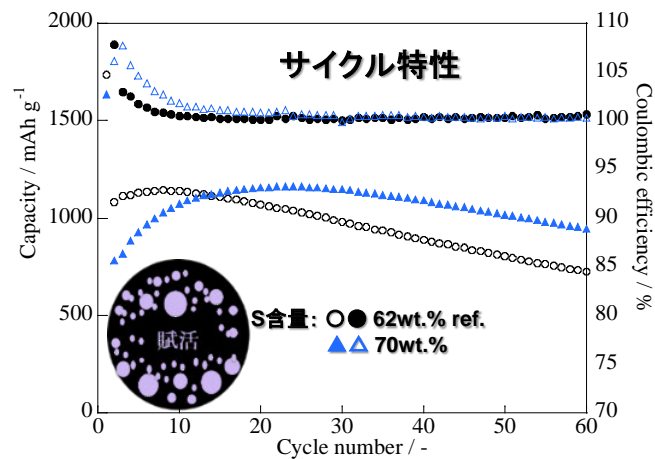
正極不溶型リチウム硫黄電池チーム

・高容量・高エネ密の電池として、無人飛行機などの電源としての期待大。資源的制約がなく、サイクル寿命の改善が進めば、安価で軽量な定置用電源としても期待。欧米で多くのPJが進行中。ベンチャー企業(OXIS Energy)が商品化発表するも倒産(2021)。

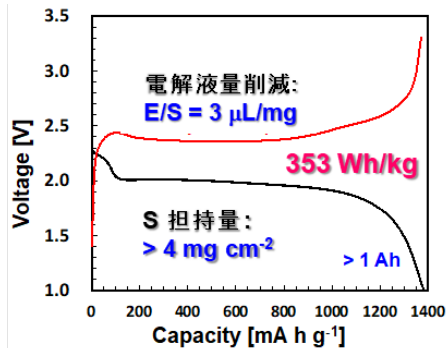
① 金属Li負極可逆性の増大



② 高S担持マイクロ孔炭素の開発



③ 高エネルギー密度ラミネートセルの試作

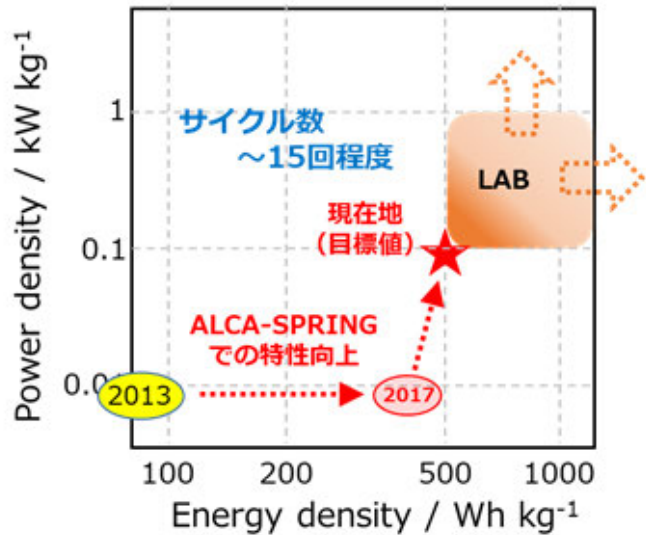


350 Wh/kg-セルを実現: LIBの理論限界を凌駕

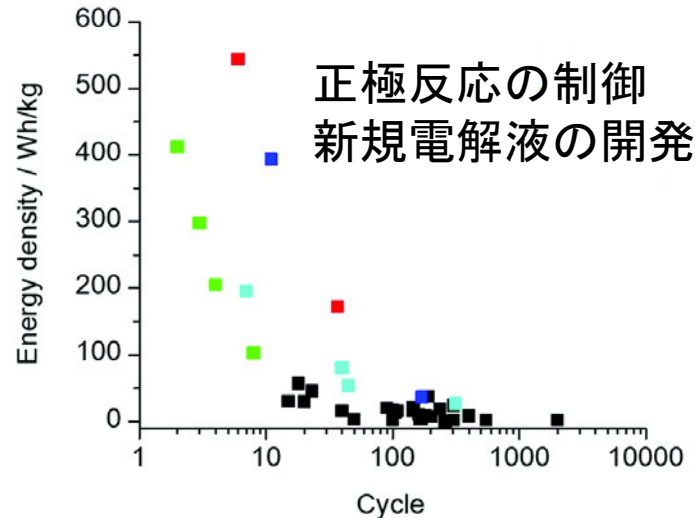
金属-空気電池サブチーム

- ・究極の高エネルギー密度が期待できる蓄電池であるが、課題が多い。
- ・ブレークスルーを目指した材料探索、基盤的研究に集中
(実用化研究はNIMS-SBセンター)

フルセルで500Wh/kgを達成。

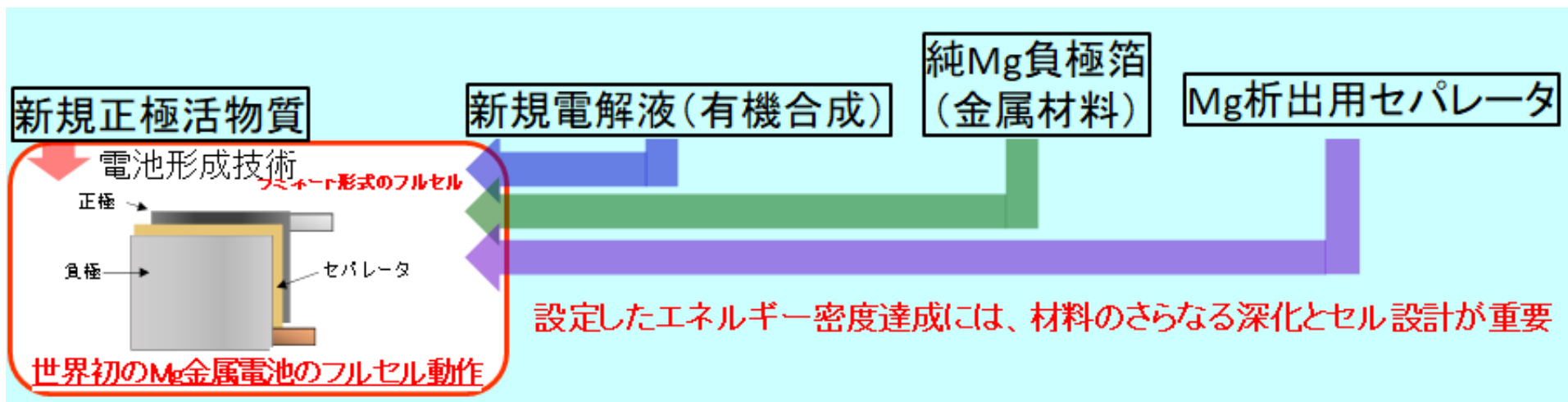


サイクル数向上が課題



Mg金属電池サブチーム

- ・LIBより高エネルギー、安全、低コストでかつ資源的制約がない蓄電池
- ・正極、負極、電解質、セパレーターなどの材料および電池形成技術の開発の結果、世界初のMg金属電池のフルセル動作に成功（海外ではセルレベルの研究は実施されておらず、圧倒的にリード）。

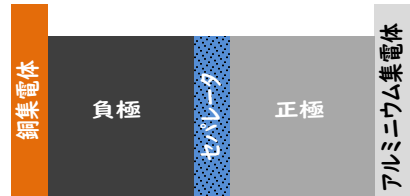


Li金属負極特別研究ユニット

- ・次世代蓄電池の高エネルギー化はLi金属負極の利用に依存。
- ・Liイオン電池の負極(C)をLi金属化することで、エネルギー密度大幅アップ(200→500Wh/kg)。
- ・新規高濃度電解液を開発し、充放電サイクル150回以上を実現。
- ・金属組織制御Li金属箔の自作により、溶解／析出時の過電圧低減に成功。
- ・実セル試作を開始し、実用レベルの特性を達成できる目途。

リチウムイオン電池(現行) リチウム金属二次電池(次世代)

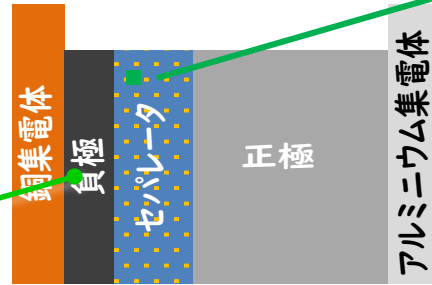
200 Wh kg⁻¹



チーム研究



500 Wh kg⁻¹



リチウム金属負極用
セパレータの創製

リチウム金属負極の創製

Li析出電位制御の新しい電解液設計の提案と実証

ALCA-SPRINGの成果(人材育成面)

ALCA-SPRING関係者による研究室新設(他組織からの異動)

(消滅した研究室無し=後任確保)

教授:

国立大理:3、国立大工:3、国立大附置研:2、私立大理工:1

准教授(独立性が高いもの):

国立大総合理工:1、国立大工:1、私立大工:1

国研(独立性が高いもの)

主任研究員:1

教授昇任

国立大:7、公立大:3、私立大:2

准教授昇任、助教採用多数

- ・硫化物を扱える研究室の増加
- ・電池研究を行ったことがない異分野(例えば有機合成化学、セラミックス)の研究者の参画

ALCA-SPRING研究に関わった学生・PD数(実数)と就職先

研究に関わった 学生・PD数		就職先			電池関係企業への就職人数			
		大学	公的機関	企業	自動車	電池	材料	小計
学部	100	3	6	78	7	1	23	31
修士	511	1	14	492	94	113	186	393
博士	102	27	12	44	13	20	9	42
小計	709	31	32	614	114	134	218	466
PD	102	39	10	26	3	9	10	22
	815	70	42	640	117	143	228	488

- ・多数の学生が、電池を念頭に置いた基礎基盤研究に参画、電池関連企業などに就職。
- ・元々博士進学予定ではなかったが、ALCA-SPRINGに携わる中で博士進学を選択した学生多数。
- ・中堅私学では他研究室に比べて修士課程進学率が3倍以上で就職実績も傑出。

ALCA-SPRINGの成果まとめ

- ・文科省で初めての蓄電池に関する全国規模のプロジェクト
 - ・最終的に革新電池を実現するという目標に向け、徹底したサイエンスに基づき、個別材料の最適化に留まらず、電池設計から正・負極、電解質材料の探索・開発、電池総合技術、評価解析までを一気通貫で実施。
 - ・システム・戦略研究に基づく、明確な知財ポリシーを当初から持ち、世界の追従を許さない圧倒的な技術開発を推進。
 - ・チーム単位で公募、研究、評価（個々の研究者を直接評価しない）を実施（**目標はトップダウン、アプローチは各研究者の自由発想を最大限発揮**）。
 - ・ガバニングボードのもと、他PJと連携。特に、NEDO先進・革新蓄電池材料評価技術開発PJとは運営レベルおよび実務者レベルの両方で当初より密接に連携し、後半5年（SOLiD-EV）の開始にあたり、成果、メンバーを移管。
 - ・異分野研究者の参画、電池関係研究室の新設など蓄電池研究の裾野が大幅拡大。
 - ・多数の学生が、電池を念頭に置いた基礎基盤研究に参画、電池関連企業など企業に就職。また、博士課程進学者（中堅私学では修士課程進学者）が大幅増。
- 蓄電池といった統合デバイス開発については、基礎基盤研究においても全国のトップ研究者が参画するチーム研究が有効であることを実証。