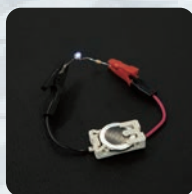
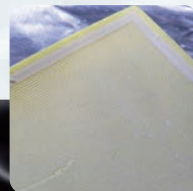
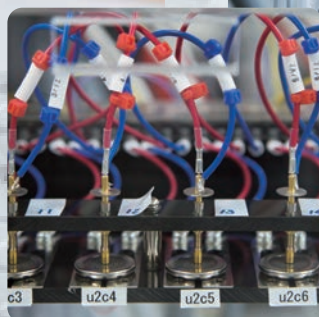
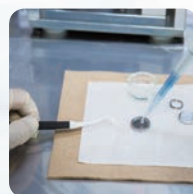




A L C A 先端的低炭素化技術開発 (ALCA) —
— 特別重点技術領域「次世代蓄電池」

SPRING

Specially Promoted Research for Innovative Next Generation Batteries



ALCA-SPRING PO挨拶

CO₂全排出量の約10%にあたる自動車の排出量削減と再生可能エネルギーの安定化のために低コストで高性能な次世代蓄電池が必要ですが、現在普及しているリチウムイオン電池のエネルギー密度とパワー密度には限界があるため、革新的な次世代蓄電池の実現が重要となっています。

平成24年度の文部科学省と経済産業省の合同検討会で次世代蓄電池が取り上げられ、平成25年7月に本プロジェクトがスタートしました。

次世代蓄電池の有力候補の中から、4種類の電池系を選択し、4チーム体制で発足しました。いずれのチームも一気通貫に電池研究が可能なチーム構成としました。40以上の研究機関、80人以上の研究代表者が属する、極めて大きな研究プロジェクトとなっています。

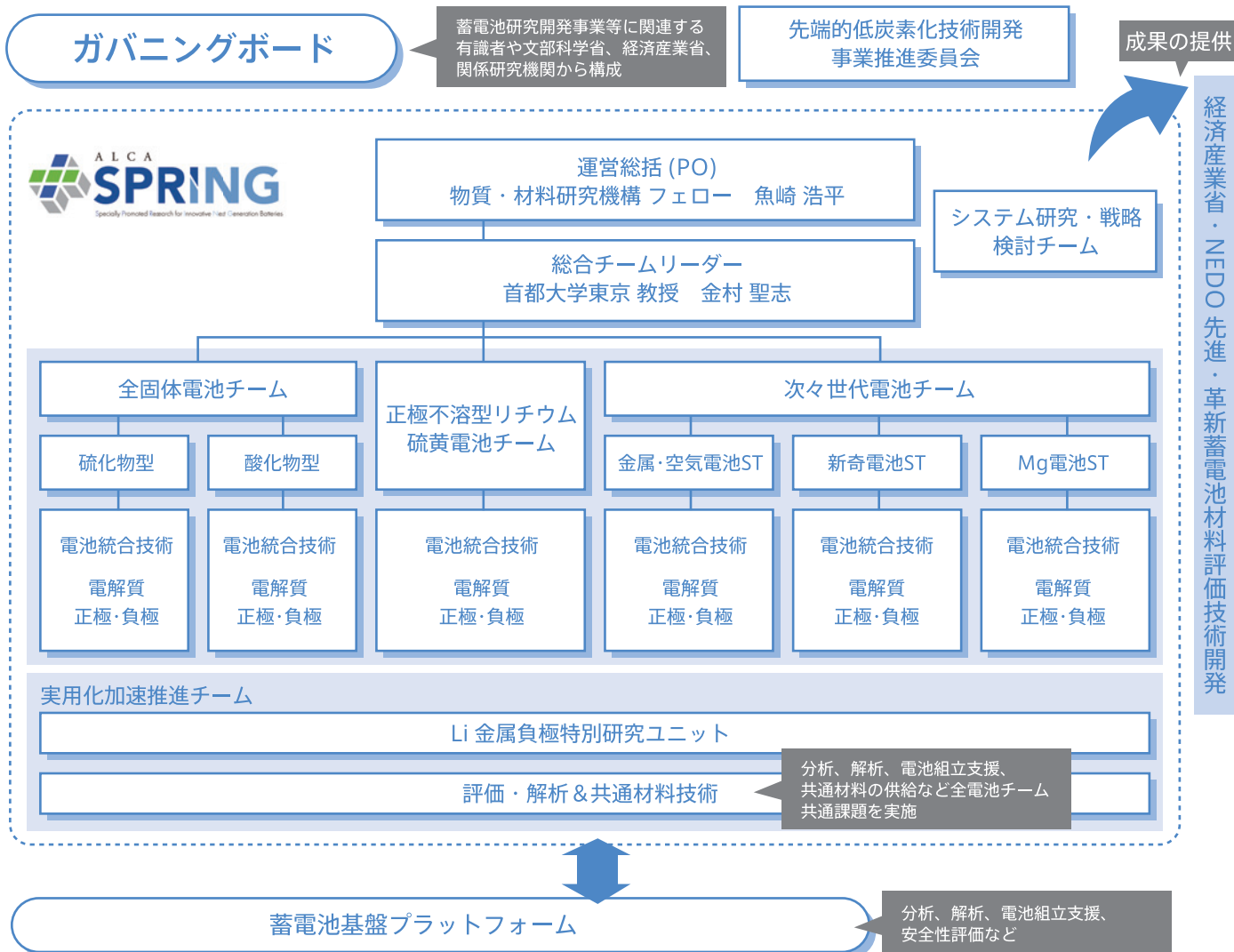
多くの研究者の成果が総合的に次世代蓄電池の成果に結びつくよう、皆様のご協力をお願い申し上げます。



ALCA-SPRING運営総括
魚崎浩平（物質・材料研究機構 フェロー）

ALCA-SPRINGの特徴

ALCA-SPRINGは電池という明確な出口に向けたトップダウン型研究を推進しています。電池側が要求する材料は材料研究者が考える特定の条件において優れた特性を示しても、実用上は不十分である場合が多々あります。ALCA-SPRINGではあくまで電池に仕上げるという視点に基盤をおいた材料研究を推進しています。限られた予算で研究をスムーズに進め、更に社会実装まで持っていく—そのためにこうしたトップダウン研究体制が有効であると考えています。本プロジェクトで開発した電池を社会に実装するには、エネルギー密度の向上だけでなく、サイクル寿命や安全性の向上など様々な技術課題を解決する必要があります。用途を特定して、求められる電池の仕様を定め、いくつかのプロトタイプ電池を作製して試験を行う—こうした地道な研究開発を進め、種々の革新的な電池を社会に送り出したいと思います。



ALCA PD 挨拶

従来、ALCAでは個々の研究者から研究テーマの提案を受けて行うボトムアップ型研究開発を実施してきました。しかしながら、「低炭素社会実現の可能性を高め、予め目標となる製品やシステムを示したトップダウン型研究開発」を推進する必要性を強く感じました。

ALCA-SPRINGでは研究成果の社会実装を加速するため、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、成果の橋渡しを図っています。また、橋渡しを行う上で重要な知財に関して、システム研究・戦略検討チームにおいて、オープン&クローズに基づいた特許戦略の検討を続けております。

こうしたことを進めることにより我が国に、ひいては世界に貢献できるプロジェクト運営を今後も継続していきます。皆様のご支援のほどよろしくお願いいたします。



ALCA事業統括
橋本和仁 (物質・材料研究機構 理事長)

ALCAについて

温室効果ガス排出の低減を目指した低炭素技術開発に特化した研究プログラムとして、2010年に先進的低炭素化技術開発(Advanced Low Carbon Technology Research and Development Program; ALCA)を発足しました。

ALCAではCO₂の発生を創エネルギー、蓄エネルギー、カーボンニュートラルによって、また、CO₂排出量を省エネルギーによってそれぞれ低減し、低炭素社会の形成を目指しています。

ALCA運営体制

現在のALCA運営体制では、事業統括(プログラムディレクター; PD)がALCA運営全般を統括し、ALCA技術領域と実用技術化プロジェクトにおいてそれぞれ運営総括(プログラムオフィサー; PO)が全般的なマネジメントを行います。

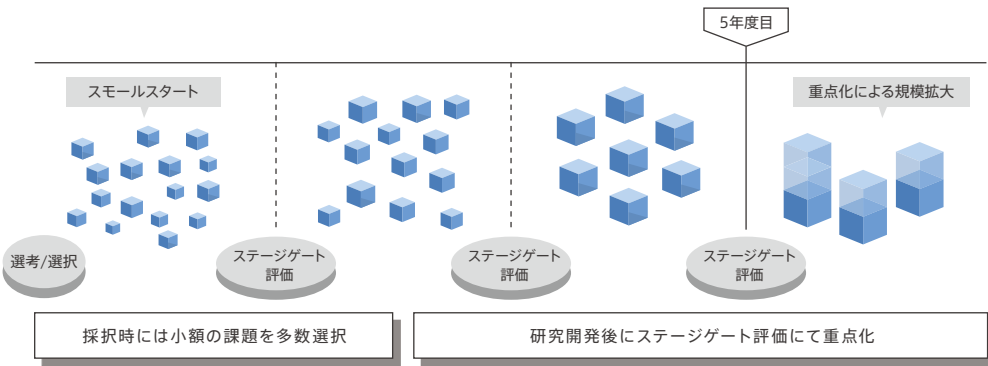
ALCA運営の最高意思決定機関として“先進的低炭素化技術開発事業推進委員会”が編成されます。同委員会は事業統括が委員長を務め、運営総括及び外部の有識者・専門家が委員として参画します。技術領域の設定、採択候補課題の選考、ステージゲート評価結果に基づく課題継続・中止の決定など、ALCA運営上の重要案件の審議を行います。



●ALCA技術領域		
タイプ	領域名	運営総括(PO)
技術特別領域	次世代蓄電池	魚崎 浩平 (物質・材料研究機構 フェロー)
	ホワイトバイオテクノロジー	土肥 義治 (高輝度光科学研究センター 理事長)
革新技术領域	太陽電池および太陽エネルギー利用システム	大須賀 篤弘 (京都大学 教授)
	超伝導システム	大崎 博之 (東京大学 教授)
	蓄電デバイス	逢坂 哲彌 (早稲田大学 総長室参与/特任研究教授/名誉教授)
	耐熱材料・鉄鋼リサイクル高性能材料	原田 幸明 (物質・材料研究機構 特命研究員)
	バイオテクノロジー	近藤 昭彦 (神戸大学 教授)
	革新的省・創エネルギー化学プロセス	辰巳 敬 (製品評価技術基盤機構 理事長)
	革新的省・創エネルギーシステム・デバイス	谷口 研二 (大阪大学 特任教授)
●実用技術化プロジェクト		
革新技术領域で5年間を終え、2030年の社会実装に向けて更なる加速を図るため、要素技術開発を統合しつつ実用技術化の研究開発を促進します。		

ステージゲート評価による選択と集中

ALCAは、研究期間中に“ステージゲート評価”を行い、研究開発の継続/中止について厳密な評価が行われます。サイエンスとしての観点のみならず、ALCAの趣旨である「低炭素社会への貢献可能性」という観点からも評価されます。



全固体電池チーム

- チームリーダー・硫化物型サブチームリーダー：
辰巳 砂 昌弘(大阪府立大学大学院 工学研究科 教授)
- 酸化物型サブチームリーダー：
高田 和典(物質・材料研究機構 エネルギー・環境材料研究拠点 副拠点長)

なぜ全固体電池か？

全固体電池は、可燃性の電解液を使用しないので、漏液の心配がなく安全性が高い電池と考えられており、広い温度域での使用やセル内直列構造による高電圧化や、安全機構等の簡易化による高エネルギー密度化などが期待されています。硫化物型では最近、従来の電解液系を上回るイオン伝導性を有する固体電解質を発見し、これまで欠点とされていた出力・低温作動性能で、全固体電池の方がむしろ優れる可能性を示したので、特に自動車用電源に期待されています。

何が世界一？

- 硫化物型全固体電池チームの研究は、高イオン伝導性物質の開発、およびその材料応用技術研究において、世界トップのレベルです。
- 酸化物型全固体電池については、固体-固体界面でのイオン伝導に集中して取り組み、電池として安定に作動させることに成功しました。

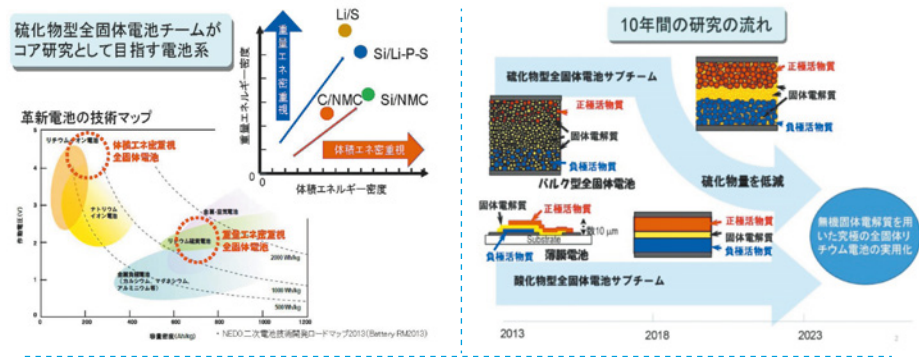
これまでの成果

(硫化物型全固体電池)

- 世界トップレベルの導電率をもつ固体電解質を開発しました。
- 容量密度が非常に高い硫黄を最大限利用するための新規な電極構造を確立しました。
- 実用性の高い独創的な電極複合化プロセスを開発しました。
- 技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター(LIBTEC)との連携を開始しました。

(酸化物型全固体電池)

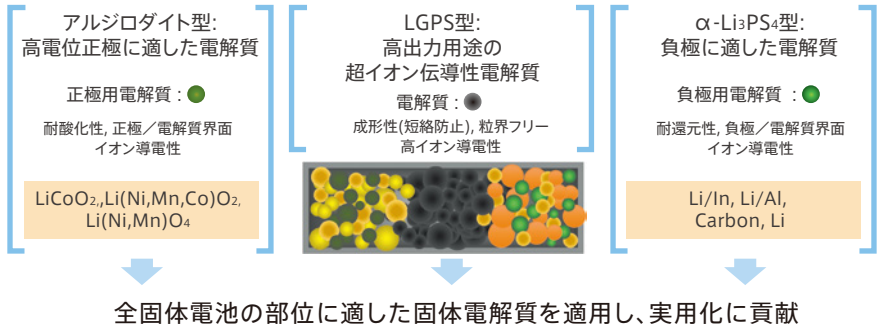
- 酸化物全固体電池を作製し、50℃以下の温度で作動させることに初めて成功しました。



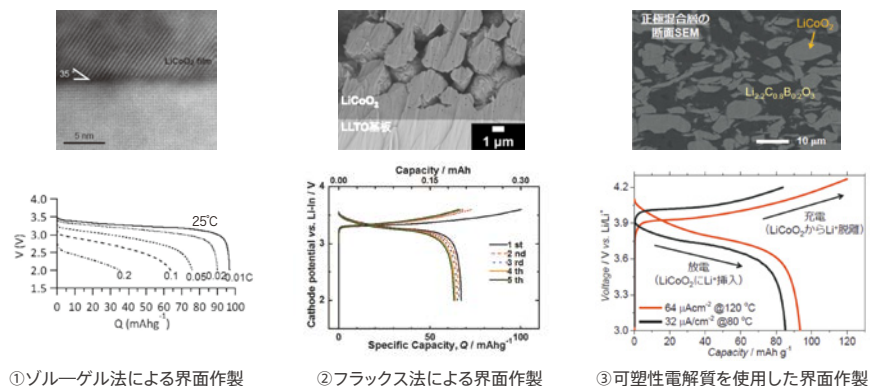
世界トップの導電率を示す固体電解質の創成

〈全固体リチウム電池実用化の指針となる固体電解質マップの作成〉

組 成	合成方法	構 造	イオン伝導度 (S/cm)	耐リチウム 安定性	LiCoO ₂ 3.9 V	Li(Ni,Mn)O ₄ 4.7 V	Li-In 0.6 V	Li 0 V
Li _{3-x} PS ₄	ミル処理、焼結処理	α-Li ₃ PS ₄ 型	9.50E-04	安定	◎	—	◎	◎
Li-(Sn,Si)-P-S, ss	ミル処理、焼結処理	アルジロダイト型	3.90E-05	不安定	—	—	—	—
Li _{3.5} Ge _{1.5} P _{0.5} S ₆	焼結処理、アニール処理	相不明	3.20E-04	不安定	◎	—	◎	×
Li-(Sn,Si)-P-S, ss	ミル処理、焼結処理	Li ₁₀ GeP ₂ S ₁₂ (LGPS)	3.31E-03	安定	◎	—	◎	△
Li _{9.54} Si _{1.74} P _{1.44} S _{11.7} Cl _{0.3}	ミル処理、焼結処理	Li ₁₀ GeP ₂ S ₁₂ (LGPS)	2.5E-02	不安定	◎	—	◎	△



硫化物系固体電解質の界面作製



- 酸化物型全固体電池開発における最大の課題は、低抵抗界面の作製です。
- ALCA-SPRINGでは、様々な方法(①～③)で界面抵抗の低減に成功し、硫化物系全固体電池を室温から120℃付近の温度範囲で作動させることに成功しました。

正極不溶型リチウム - 硫黄電池チーム

● チームリーダー:

渡邊 正義 (横浜国立大学大学院 工学研究院 教授)

なぜ硫黄電池か？

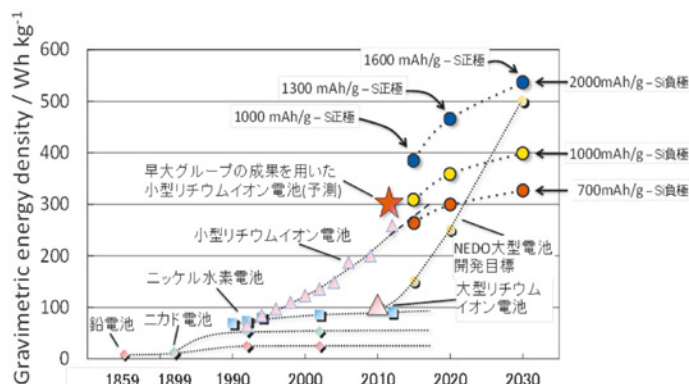
既存のリチウムイオン電池用正極の10倍程度の高容量密度を持つ硫黄を正極活物質として用います。日本では石油脱硫産物として高純度硫黄が資源的にも豊富なので、安価で高エネルギー密度の電池として期待されています。

何が世界一？

■ ユニークな溶媒とイオン液体を電解液に用いることにより、硫黄電池の最大の問題であった正極反応物の電解液への溶解問題を解決しました。

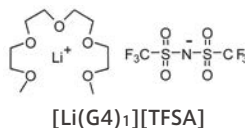
これまでの成果

- 硫黄正極活物質の溶解を抑制するイオン液体を開発しました。
- 約2Ahの試作電池をつくっており、実験室レベルで約800回のサイクル評価も進め、実電池化に目処をつけました。
- 正・負極のナノ構造の最適化によって充放電に伴う体積変化や絶縁性の問題を解決しました。



二次電池エネルギー密度の変遷と開発目標

溶媒とイオン液体電解液 — 燃えない! 溶かさない! —



- 室温で液体
- 低蒸気圧、難燃性
- > 0.5 のLiイオン輸率
- $> 3 \text{ mol/L}$ のLiイオン濃度
- $\sigma \approx 10^{-3} \text{ S cm}^{-1}$ 程度のイオン導電率

燃焼試験



Fig. 1 $\text{mol dm}^{-3} \text{ Li}[\text{TFSA}]/\text{EC-DMC}$ (left), and $[\text{Li}(\text{G}4)_1][\text{TFSA}]$ (right).

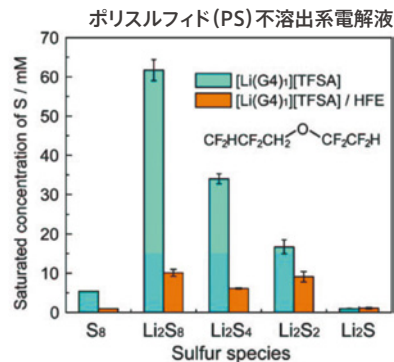
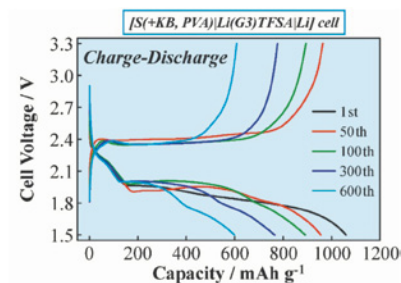


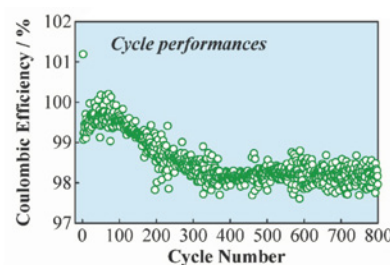
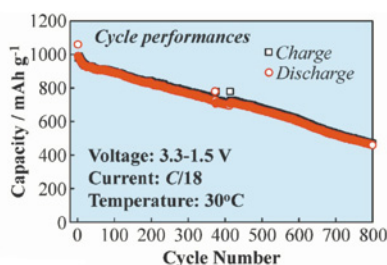
Figure. Comparison of S_8 and Li_2S_m solubility limits in $[\text{Li}(\text{G}4)_1][\text{TFSA}]$ and $[\text{Li}(\text{G}4)_1][\text{TFSA}]/\text{HFE}$ (molar ratio of $\text{Li}[\text{TFSA}]/\text{G}4/\text{HFE} = 1:1:4$) at 30°C . The structure of HFE is shown in the inset.

このような不溶性電解液は世界初!

リチウム硫黄電池の長期試験



- $[\text{S}/\text{G}3\text{-LiTFSA } 1:1 \text{ complex}/\text{Li}]$ セル
- 測定温度: 30°C (室温付近)
- カットオフ電位: $3.3\text{-}1.5 \text{ V}$
- 電流密度: $\text{C}/18$



- ☆ 600 mAh g^{-1} 以上の容量を600サイクル以上保持
⇒ 容量低下の阻止に課題
- ☆ 800回に渡り極めて高いクーロン効率 ($> 98\%$) ⇒ **世界最高**

エネルギー密度 300 Wh/kg が見通せる特性を得ました。

次々世代電池チーム

●チームリーダー・新奇電池サブチームリーダー・Mg電池サブチームリーダー：

金村 聖志(首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 教授)

●金属-空気電池サブチームリーダー：

久保 佳実(物質・材料研究機構 ナノ材料科学環境拠点 リチウム空気電池特別推進チーム チームリーダー)

なぜ次々世代電池か？

次世代蓄電池はリチウムイオン電池を凌駕するゲームチェンジングなテクノロジーをベースとしますが、更なるブレークスルーのためには、従来の考え方にとらわれずに新しいタイプの電池の開発に取り組む必要があります。また、高エネルギー密度だけでなく、コスト、安全性など特徴ある電池系で新規用途を探ります。

何が世界一？

■一つの金属イオンの反応で複数の電子が動く多価イオン電池に着目し、Mgイオン電池を研究しています。Mgは資源的にも豊富で、体積エネルギー密度でリチウムイオン電池を超える可能性があります。Mgの溶解析出を阻害する原因を究明し、新しい電解液系を開発しました。

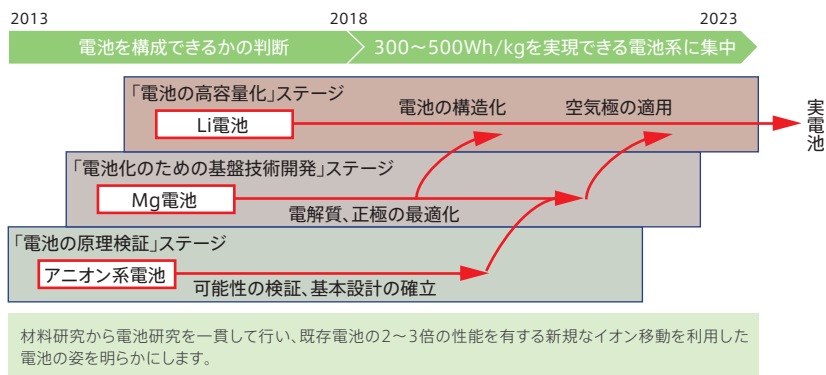
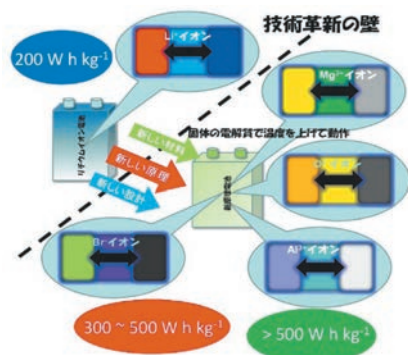
■極めて高い理論容量密度を有するLi-空気電池、アニオンを移動イオンとするアニオン電池や構造化電解質を用いたリチウム金属電池など、エキスパートが情報交換しながら従来の常識にとらわれないチーム研究を推進しています。

これまでの成果

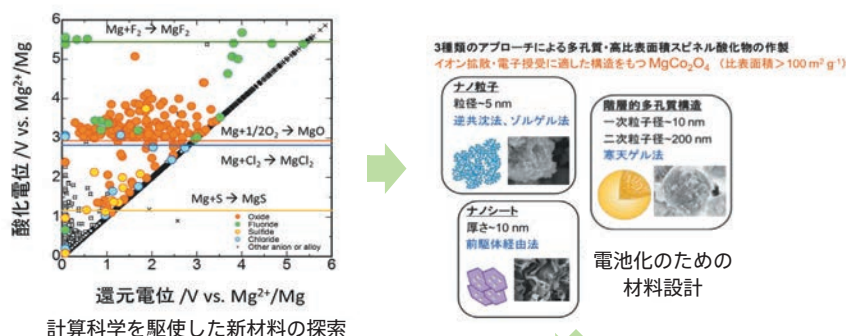
■特殊な電解液と添加剤を使って、マグネシウムの可逆的な析出・溶解を世界で初めて安定に可能としました。

■イオン液体を用いて亜鉛およびアルミニウム金属二次電池を試作し、世界に先駆けて作動を確認しました。

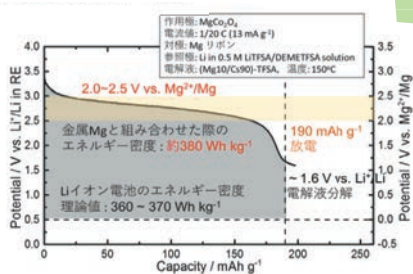
■世界最高のエネルギー密度を有する空気電池を試作しました。



マグネシウム二次電池の開発



計算科学を駆使した新材料の探索



実電池化へ向けた電極設計

リチウム空気二次電池の開発 — 究極のエネルギー密度を目指して —

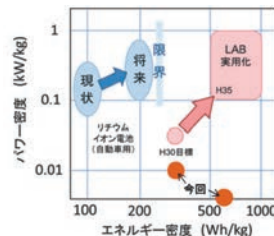
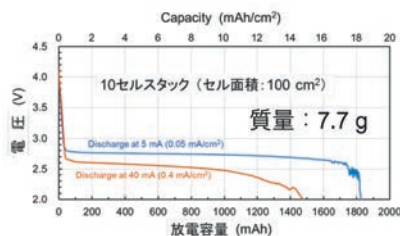
目的 最高のエネルギー密度が期待される「リチウム空気二次電池」の基盤技術開発

成果 リチウム空気電池の実用化に不可欠なスタック技術を開発(世界初)



リチウム空気電池
スタックの実証実験

成果 エネルギー密度として 600 Wh/kg を実証(世界最高) (現行LiBは100-150 Wh/kg)



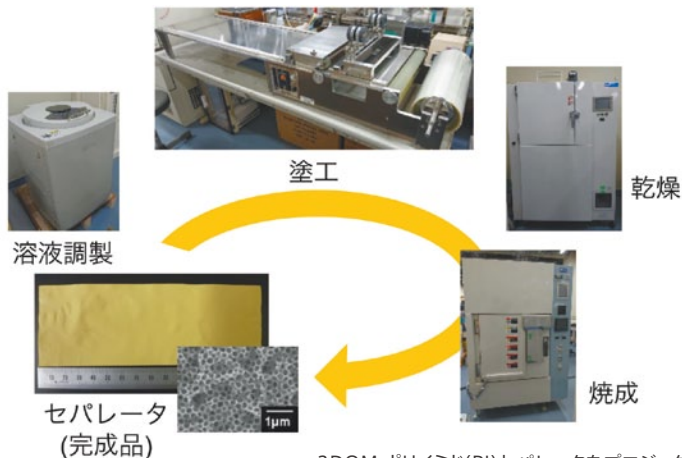
実用化加速推進チーム

● チームリーダー：
金村 聖志 (首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 教授)

- ALCA-SPRINGで研究中の各電池系に共通の課題について、各チームからエキスパートを集めて、横断的に取り組みます。
- 全てのLi系次世代蓄電池に必須のLi金属負極特別研究ユニットでは、理論容量が大きいリチウム金属の安全性や自己放電の課題解決を目指します。
- 評価・解析および共通材料技術では、蓄電池基盤プラットフォームに設置した最先端の設備等を駆使して、高度な分析・解析、電池組み立て支援、共通材料の供給などの共通課題を実施します。



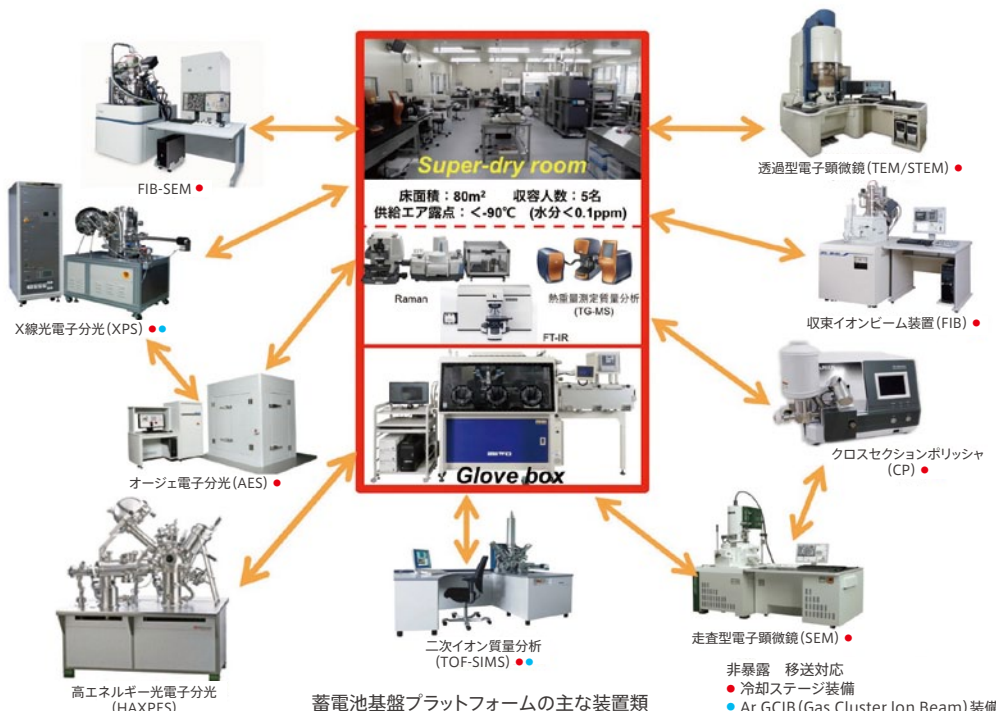
SEM(物質・材料研究機構)
50eVからの検出が可能であるため一般的に
検出不可能なLi元素が検出可能。



3DOM ポリイミド(PI)セパレータをプロジェクトメンバーへ
供給可能とするための設備増強(首都大学東京)

蓄電池基盤プラットフォーム

- H24年度に物質・材料研究機構、産業技術総合研究所関西センター、早稲田大学に設置されました。
ALCA-SPRING 次世代蓄電池の研究開発を優先的に支援しています。
- オールジャパンでの次世代蓄電池に関する研究開発推進のため、大学・独立行政法人・民間企業・その他機関に対する支援もあわせて実施しており、平成26年度からは毎年電池材料解析ワークショップを物質・材料研究機構にて開催しています。



物質・材料研究機構



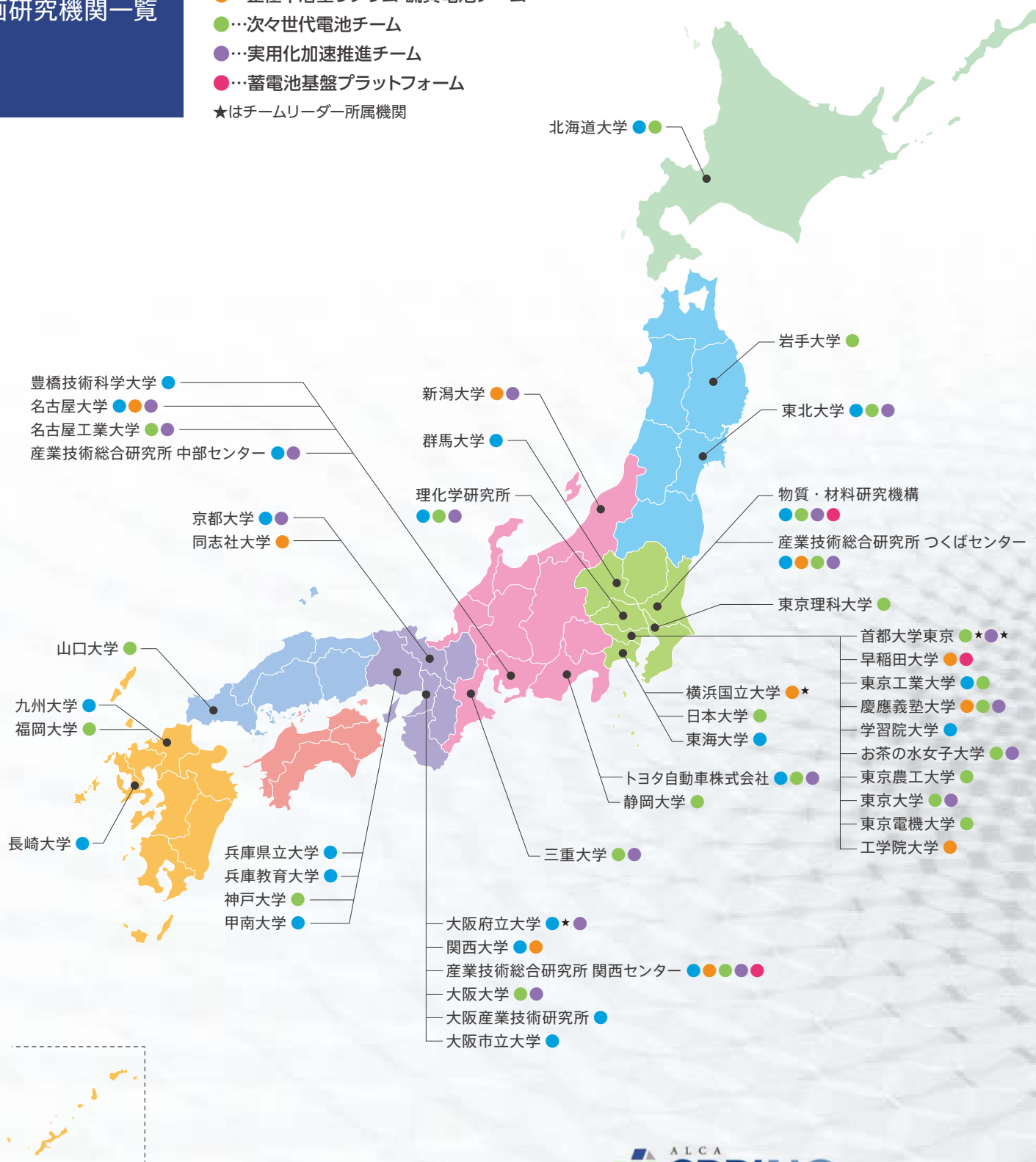
産業技術総合研究所(関西センター)



早稲田大学

ALCA-SPRING

- …全固体電池チーム
 - …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
 - …実用化加速推進チーム
 - …蓄電池基盤プラットフォーム
- ★はチームリーダー所属機関



国立研究開発法人 科学技術振興機構 (JST)
環境エネルギー研究開発推進部 ALCAグループ

〒102-0076 東京都千代田区五番町 7K's 五番町
Tel : 03-3512-3543 Fax : 03-3512-3533
E-mail : alcaspring@jst.go.jp
URL : <http://www.jst.go.jp/alca/alca-spring/index.html>

