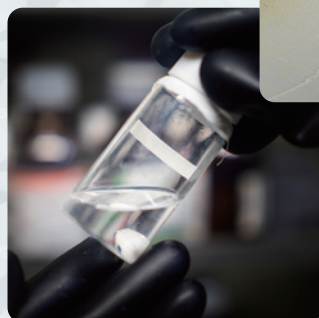
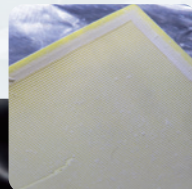
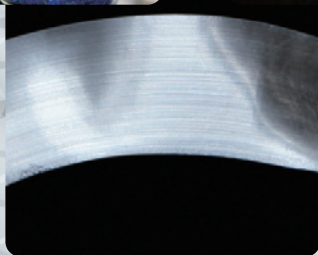
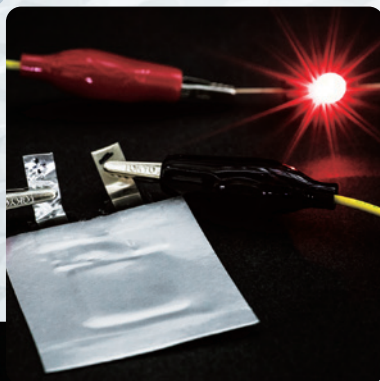




A L C A 先端的低炭素化技術開発 (ALCA) —
— 特別重点技術領域「次世代蓄電池」

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です。

平成24年度の文部科学省と経済産業省の合同検討会での結果を受け、平成25年7月に本プロジェクトが4チーム体制でスタートしました。次世代蓄電池の有力候補の中から、全固体電池(硫化物型と酸化物型)、金属-空気電池、中長期(リチウム硫黄電池)と長期(多価電池など)の4種類の電池系を選択し、一気通貫に電池研究が可能なチーム構成とし、40以上の研究機関、80人の研究代表者が属する、極めて大きな研究プロジェクトです。

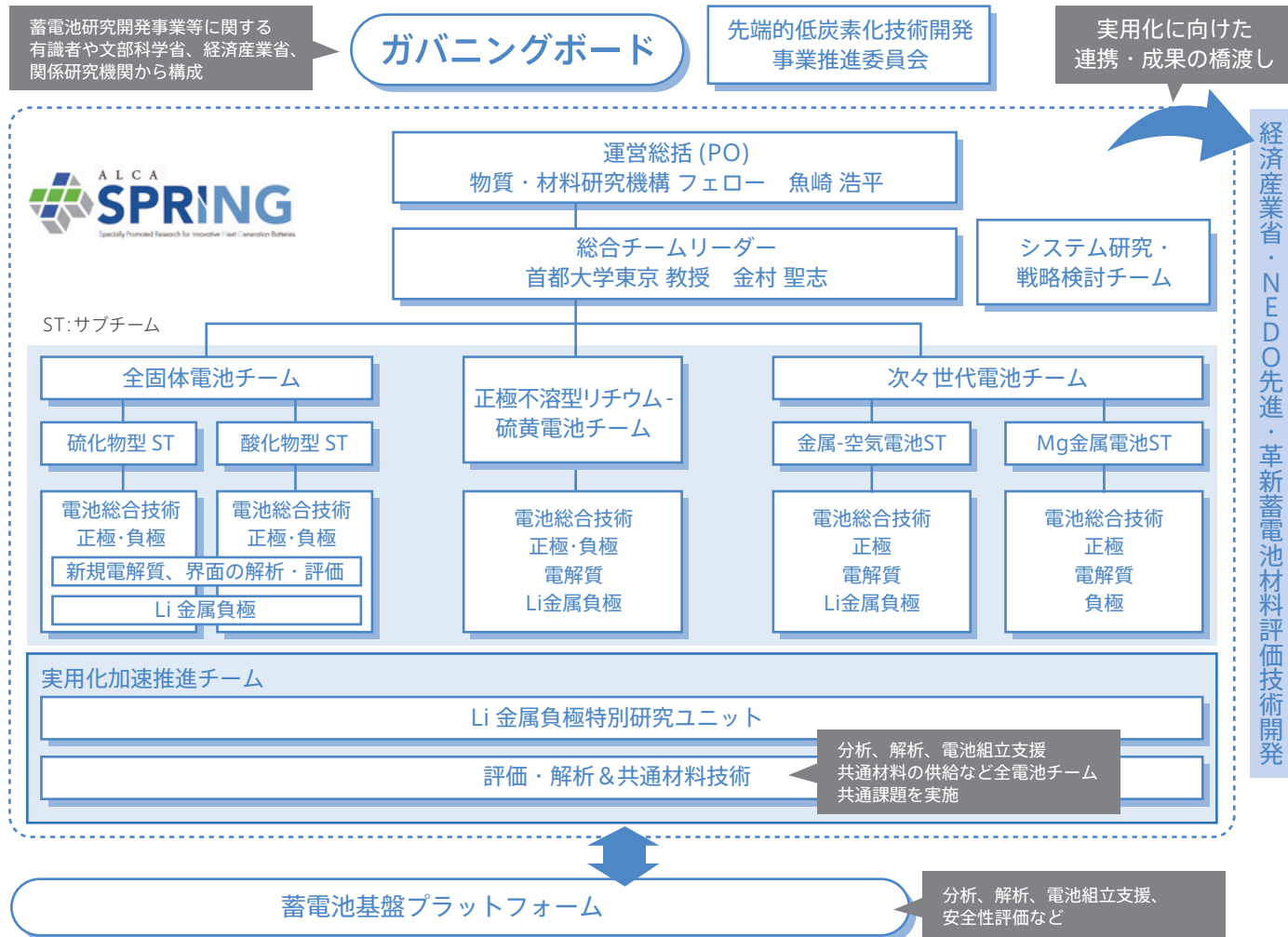
発足以来、2回のステージゲートに基づく大きな組織変更を行っています。平成30年4月には、特に研究進捗の著しい硫化物型全固体電池について実用化を加速するため、当該サブチームの応用開発部分を経済産業省所管の国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の先進・革新蓄電池材料評価技術開発(第2期)に技術移管し、また空気電池についても本プロジェクトの成果を基に民間企業との共同開発がスタートしています。多くの研究者の成果が総合的に次世代蓄電池の成果に結びつくよう、今後とも皆様のご協力をお願い申し上げます。



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かっ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えます。



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。

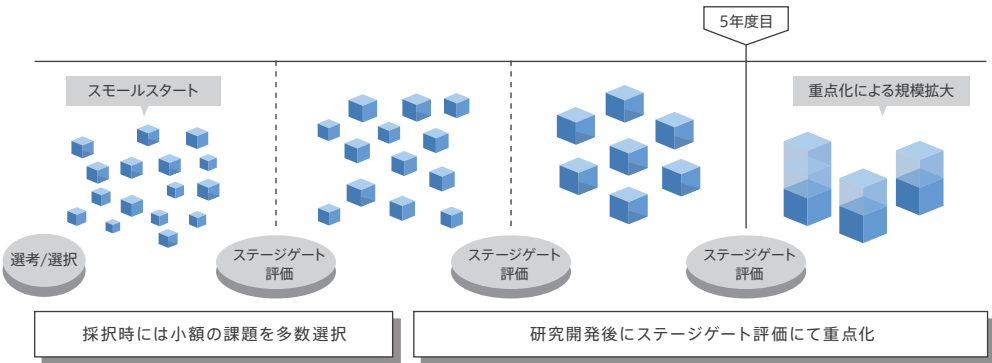
ALCA運営の最高意思決定機関として“先進的低炭素化技術開発事業推進委員会”が編成されます。同委員会は事業統括が委員長を務め、運営総括及び外部の有識者・専門家らが委員として参画します。技術領域の設定、採択候補課題の選考、ステージゲート評価結果に基づく課題継続・中止の決定など、ALCA運営上の重要案件の審議を行います。



●ALCA技術領域		
タイプ	領域名	運営総括(PO)
技術特別領域重点	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）
革新技術領域	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 名誉教授/特任研究教授）
	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 アドバイザー）
	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		
革新技術領域で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。



- 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、酸化物型全固体電池を室温付近の温度で動作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。

目標

■ 定置用大容量蓄電池向けに安価でサイクル寿命の長いリチウム硫黄電池を目指します。



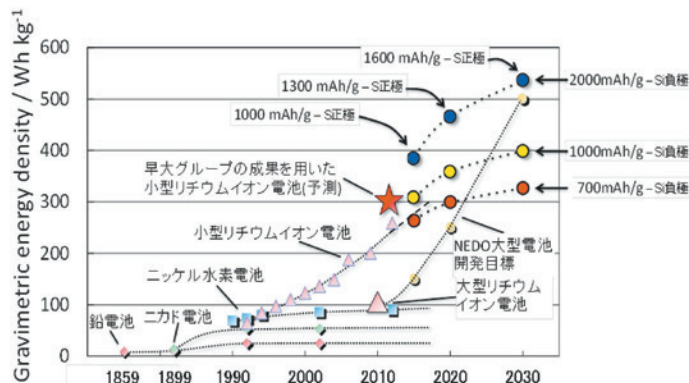
17.5 mg cm⁻²の硫黄を担持した電極を用いて、セル当たり1 Ahの放電容量を実現

何が世界一？

■ ユニークな溶媒和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。

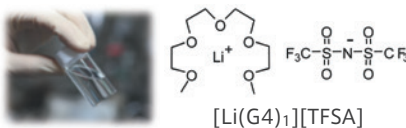
これまでの成果

- 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。
- 携帯電話に使えるレベルの約2 Ahの電池を試作し、800回のサイクル評価を行い、実電池化も視野に！
- 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

溶媒和イオン液体電解液 — 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 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

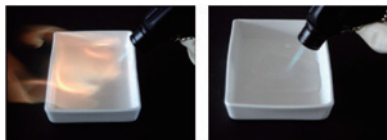


Fig. 1 mol dm⁻³ Li[TFSA]/EC-DMC (left), and [Li(G4)₁][TFSA] (right).

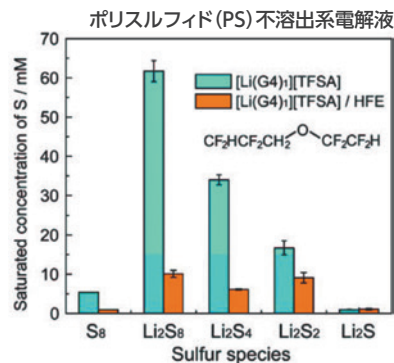
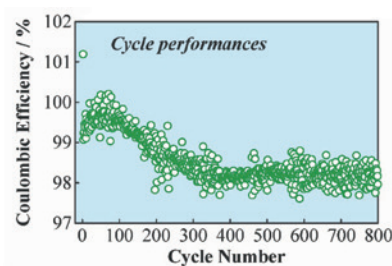
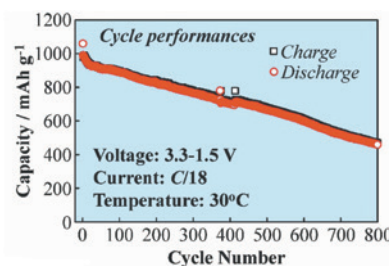


Figure. Comparison of S₈ and Li₂S_m solubility limits in [Li(G4)₁][TFSA] and [Li(G4)₁][TFSA]/HFE (molar ratio of Li[TFSA]/G4/HFE = 1:1:4) at 30°C. The structure of HFE is shown in the inset.

このような不溶性電解液は世界初!

リチウム硫黄電池のサイクル特性



- ★ 600mAhg⁻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%) ⇒ **リチウム硫黄電池で世界最高**

次々世代電池チーム

●チームリーダー・Mg金属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。

目標

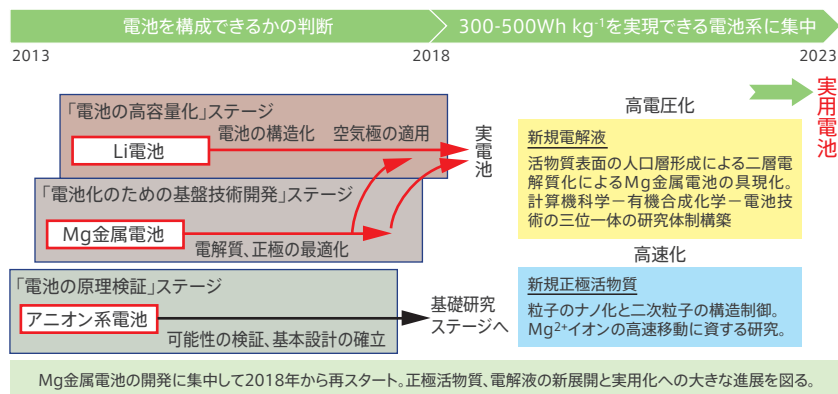
- 多価イオンの移動を利用する新しい高エネルギー密度な二次電池を開発します。
- 空気(酸素分子)を電極活物質とする究極のエネルギー密度で低コストな二次電池の実現に挑戦します。

何が世界一?

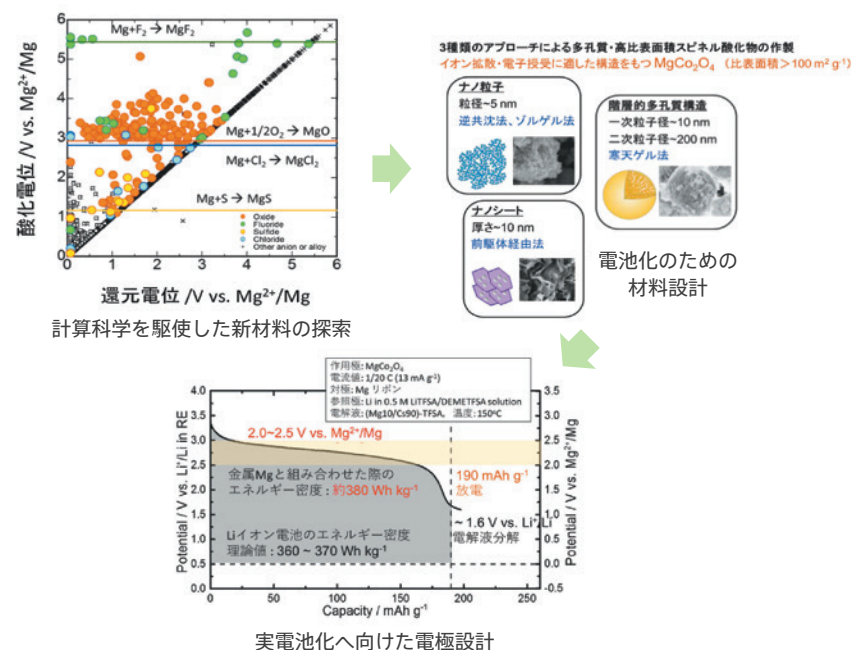
- 一つの金属イオンの反応で複数の電子が動く多価イオン電池に着目し、Mg金属電池を研究しています。Mgは資源的にも豊富で、体積エネルギー密度でリチウムイオン電池を超える可能性があります。
- キーテクノロジーである新しい電解質や電極活物質の開発において、計算機科学との連携により大きな成果を上げました。
- ナノ粒子、ナノシート、階層的多孔質構造の正極活物質を合成し、イオン拡散、電子授受に適した構造を見出しました。
- 極めて高い理論容量密度を有するLi-空気電池に着目し、エキスパートが情報交換しながら従来の常識にとらわれないチーム研究を推進しています。

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・溶解を可能としました。
- 粒子設計によりMg金属電池用正極のサイクル特性を改善しました。
- 世界最高のエネルギー密度(600Wh/kg)を有する空気電池スタックを試作しました。
- リチウム空気電池のエネルギー効率と寿命を大幅に改善する新しい電解液を開発しました。



Mg金属電池の開発



リチウム空気電池の開発

ー 究極のエネルギー密度を目指して ー

目的 最高のエネルギー密度が期待される「リチウム空気電池」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)

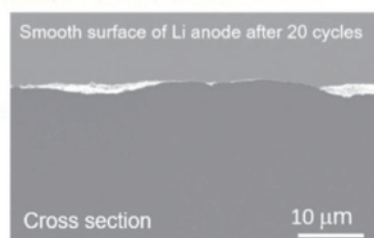
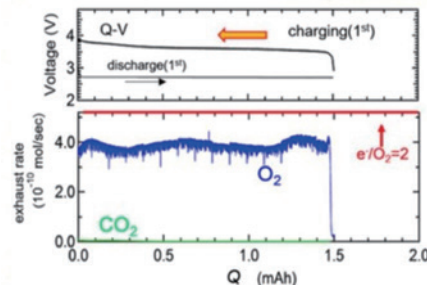


リチウム空気電池の
コインセルと
10セルスタック(内部構造)
スタックの蓄電容量は
コインセルの100倍



リチウム空気電池
スタックの実証実験

成果 エネルギー効率と寿命を大幅に改善する電解液を開発



実用化加速推進チーム

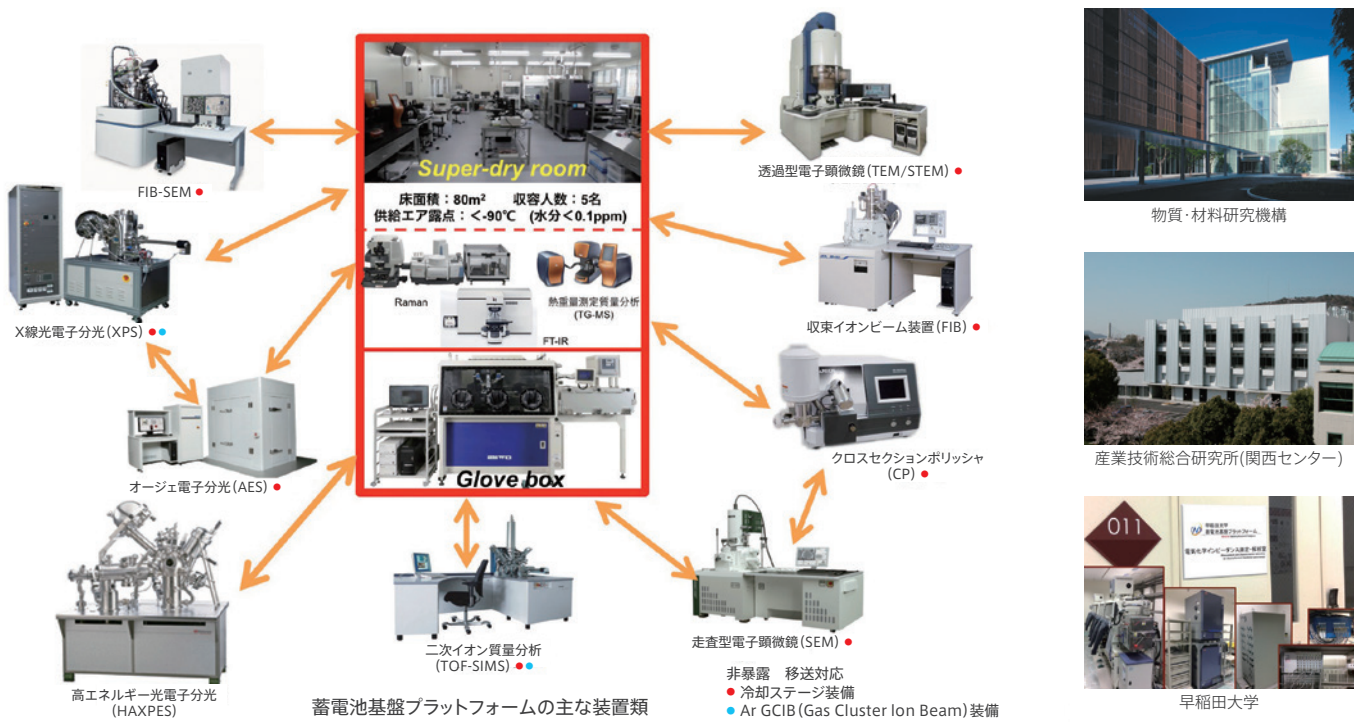
● チームリーダー：
金村 聖志 (首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 教授)

- 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。
- この中のLi金属負極特別研究ユニットでは、Li系次世代蓄電池に必須とされる理論容量が大きいリチウム金属負極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。H29年度にはリチウム金属負極用リチウム加工設備を設置し、金属学的特性と電極特性との関連付けを目指しています。



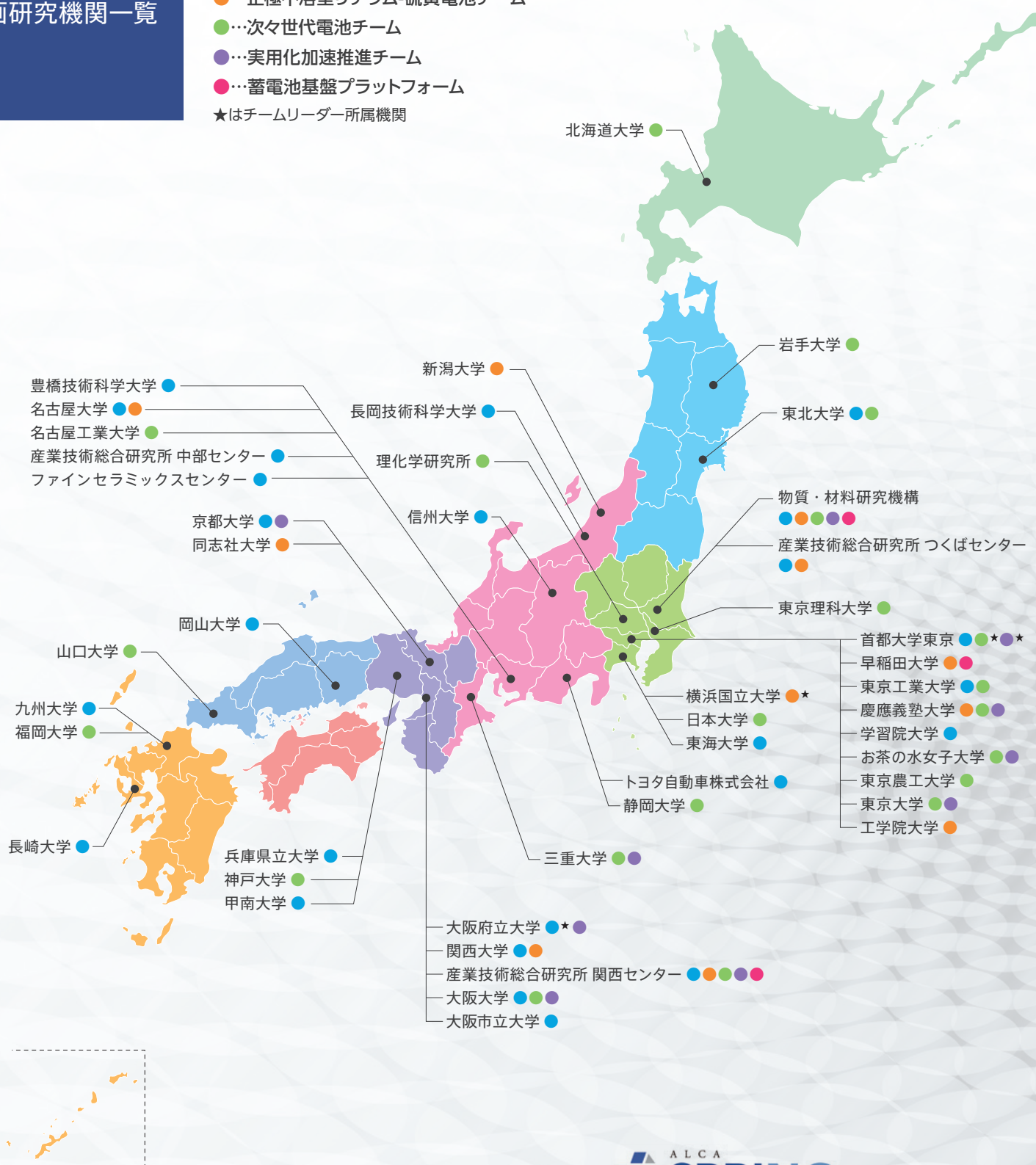
蓄電池基盤プラットフォーム

- 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、H26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。



ALCA-SPRING 参画研究機関一覧

- …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)
未来創造研究開発推進部 低炭素研究推進グループ

〒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>