資料2-1

ALCA
Change the game with technologies!
先端的低炭素化技術開発

ALCA SPRING
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」
Specially Promoted Research for Innovative Next Generation Batteries

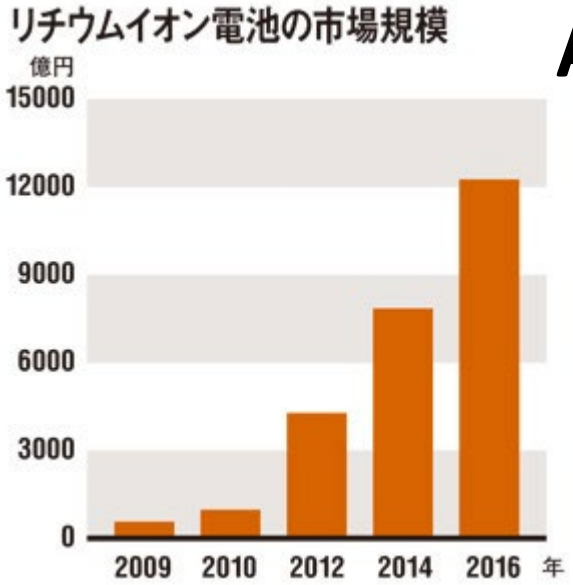
先端的低炭素化技術開発（ALCA)
特別重点領域「蓄電池」(ALCA-SPRING)
10年間の成果

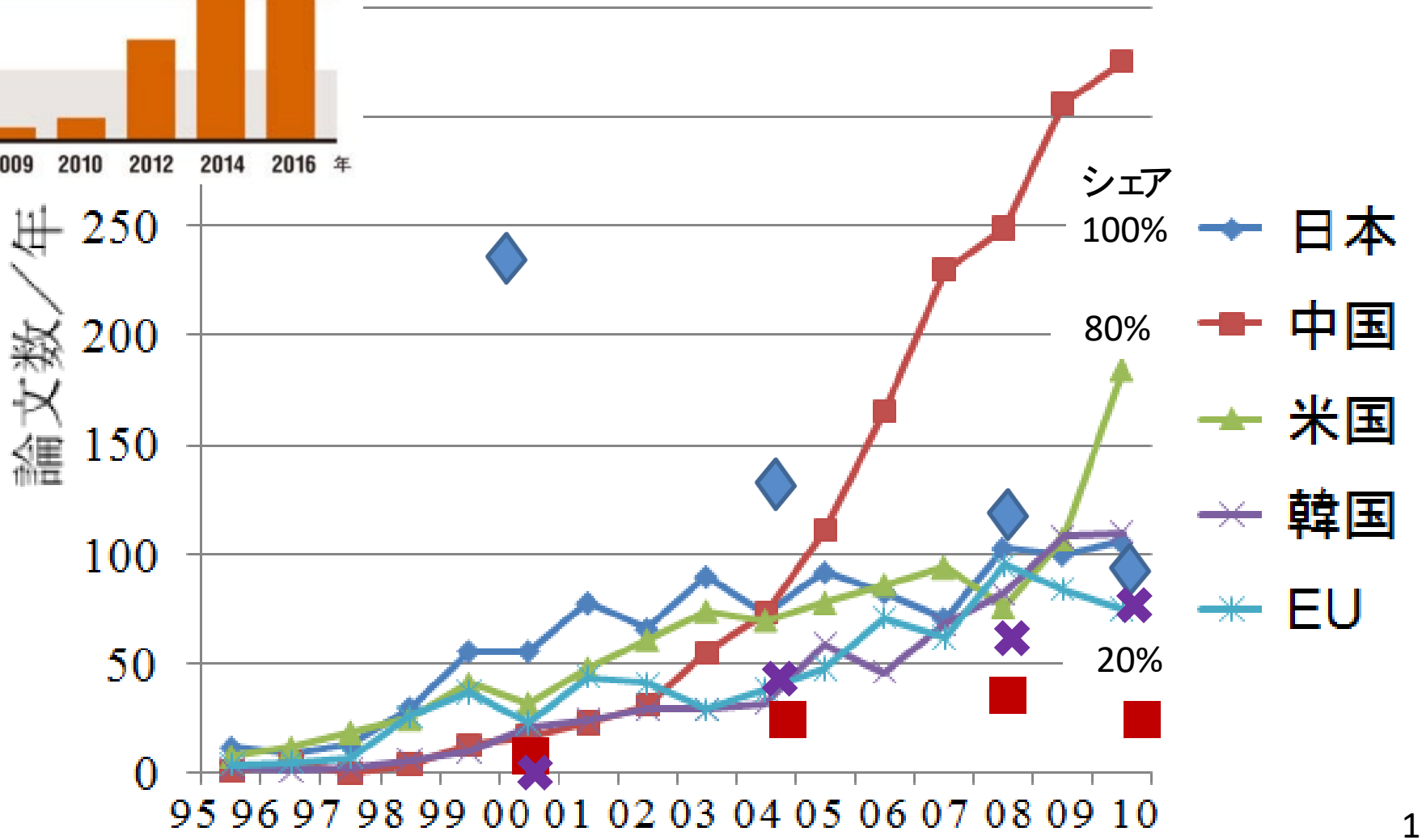
研究総括（PO)　魚崎浩平
国立研究開発法人 物質・材料研究機構

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





ALCA-SPRING以前の蓄電池関連プロジェクト（2012年度現在）

内閣府

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

NEDO

LIB応用・実用化先端技術開発　2012–2016 総額96億円

安全・低コスト大規模蓄電システム　2011–2015 総額63億円

革新型蓄電池先端科学基礎研究事業（RISING）　2009–2015　総額230億円

文科省

元素戦略拠点：触媒・電池材料　2012–2021　約7億円/年

JST

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, 全固体Li電池　3–5億円/5y/PJx2

CREST：高効率エネルギー変換と相界面　2011–2017 高出入力電池　3–5億円/5y/PJx1

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）

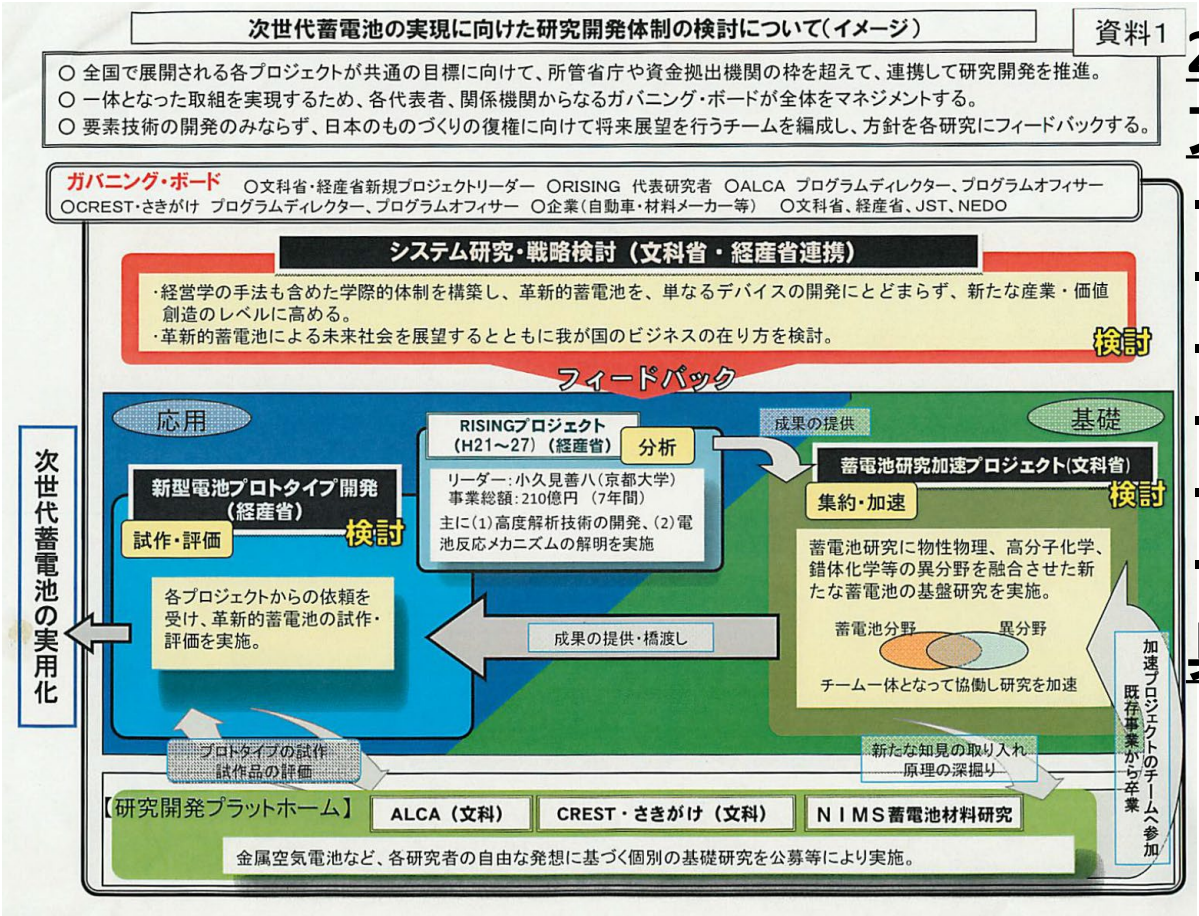
2012.8.31 JST CRDSワークショップ「革新電池オープンイノベーション」

2012.9.22～2013.2（7回）蓄電池WG（環エネ課所管）:
橋本（コーデイネータ：東大）、文科省：環エネ課・ナノ材室、経産省：研開課・関係課、JST:環エネ推進部、NEDO:蓄電開発室、有識者：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（大府大）

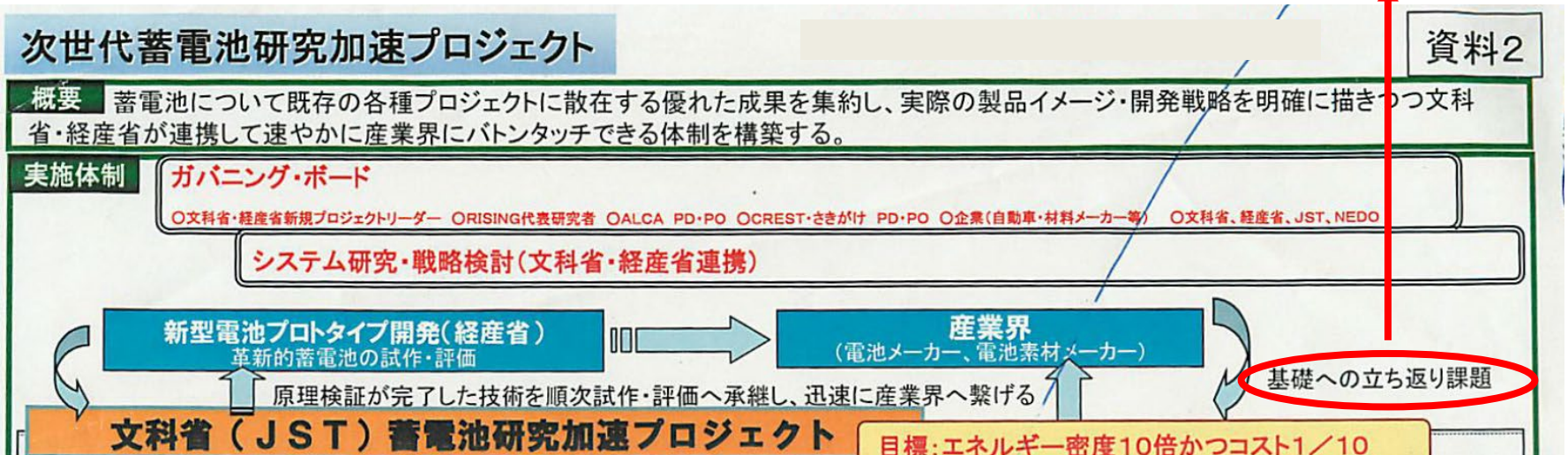
2012年9月22日第1回会議 文科省提示資料

- ガバニングボード
- システム研究・戦略研究
- 集約・加速
- チーム一体での研究
- 橋渡し
- プラットフォーム

具体的実施案に取り込み



産業界からの基礎への立ち返り課題提示の仕組みは出来ず

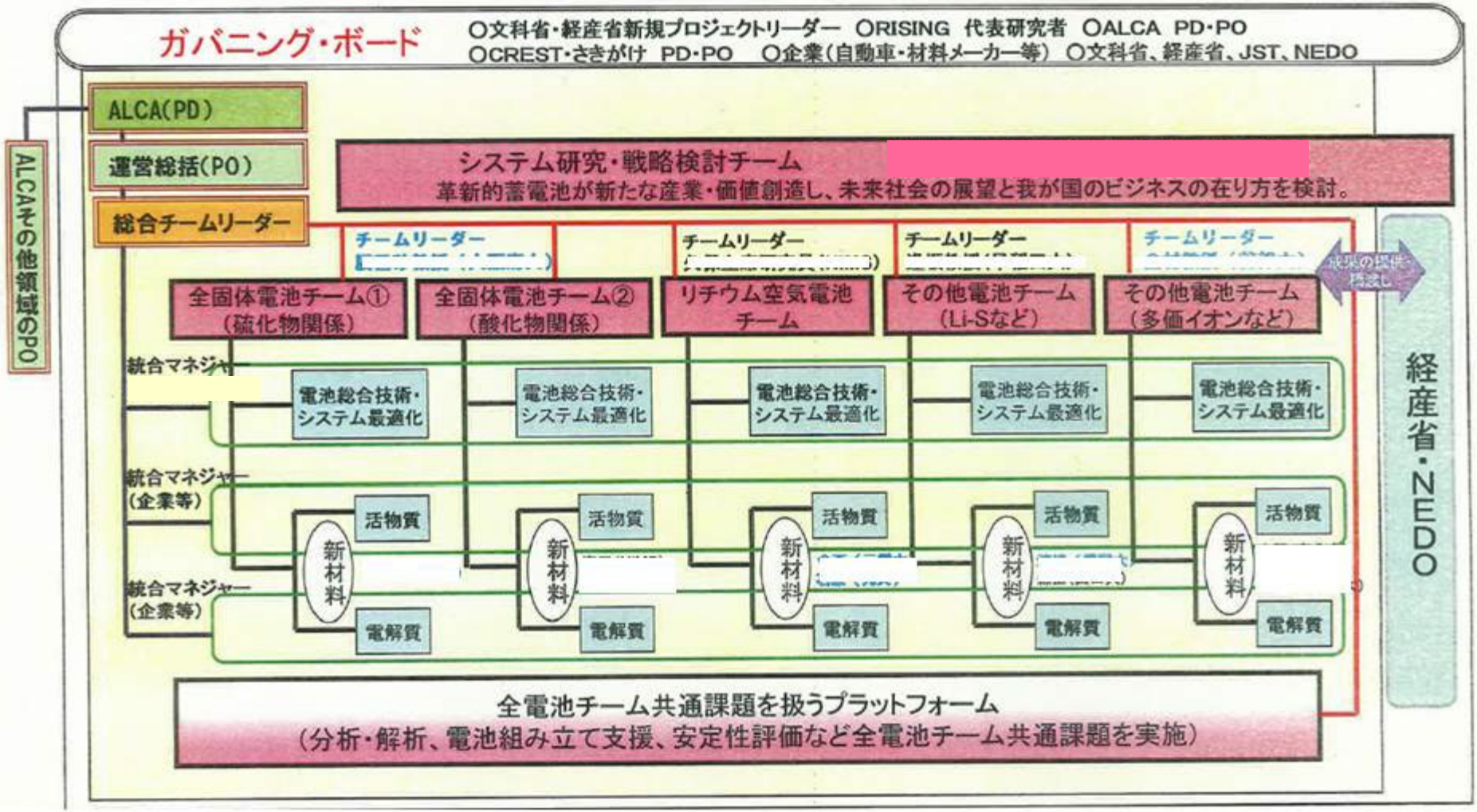


次世代蓄電池研究加速プロジェクト　研究体制案

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

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

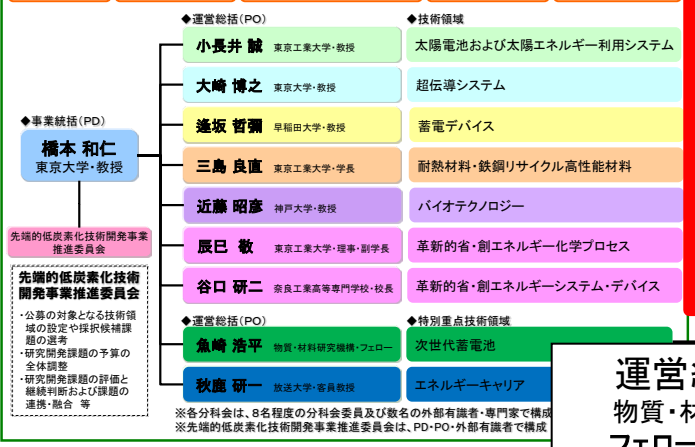
ALCA-SPRINGの特徴

・**全国**の電池および関連分野の**トップ研究者**（他プロジェクト実施中の研究者を含む）の参画（延べ**50機間、120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**。

CREST→辰巳砂；ALCA（蓄電）→渡邊、金村、林、菅野、今西

・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。



ガバニングボード　戦略コーディネータ：東京大学　橋本　和仁

共同議長：文科省　環エネ課課長、参事官（ナノテク・物質・材料）
経産省　研究開発課長、化学課機能性化学品室長
関係独法：JST環境エネルギー研究開発推進部長、NEDO蓄電技術開発室 室長
関連PJ関係者：本PJ、ALCA蓄電、元素戦略（触媒・電池）
先進・革新蓄電池材料評価技術開発、RISING

運営総括(PO)
物質・材料研究機構
フェロー　魚崎　浩平

技術参事　片山慎也

システム研究・戦略検討チーム

成果の提供・橋渡し
（橋渡し委員会）

経済産業省・NEDO

分科会委員

岡島博司	トヨタ自動車(株)
桑畑進	大阪大学
佐藤縁	(独)産業技術総合研究所
篠原和彦	日産自動車(株)
高見則雄	(株)東芝研究開発センター
辰巳国昭	(独)産業技術総合研究所
出来成人	山梨大学
山口祥司	(株)地球快適化インスティテュート

総合チームリーダー
金村 聖志

全固体電池チーム	金属-空気電池チーム	その他電池チーム(中長期型)	その他電池チーム(長期型)
大阪府立大学 教授 辰巳砂 昌弘	物質・材料研究機構 空気電池特別推進チーム長 久保 佳実	横浜国立大学 教授 渡邉 正義	首都大学東京 教授 金村 聖志
硫化物系	酸化物系		
統合マネージャー 太田 瑋 LIBTEC			
電池総合技術・システム最適化 大阪府立大学 辰巳砂 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 和典	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 遠坂 哲彌	全電池組み立て、実電池作製のためのプロセス・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 大塚 健司 JST			
活物質 大阪府立大学 林 晃敏	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 渡邉 正義	新規金属系負極の開発 日本大学 江頭 誠
統合マネージャー 出来 成人 山梨大学			
電解質 東京工業大学 菅野 了次	電解質 学習院大学 稲熊 宜之	正極および電解質 産業技術総合研究所 周 豪慎	Si負極 早稲田大学 門間 聡之	新規高安全性電解質探索 産業技術総合研究所 松本 一
電極複合体プロセス 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 隆央	水系開発 三重大学 今西 誠之	硫黄正極およびSi系負極用カーボン材料 関西大学 石川 正司	新規正極活物質探索 東北大学 本間 格
界面構造解析 大阪府立大学 森 茂生		基礎・基盤 物質・材料研究機構 久保 佳実		

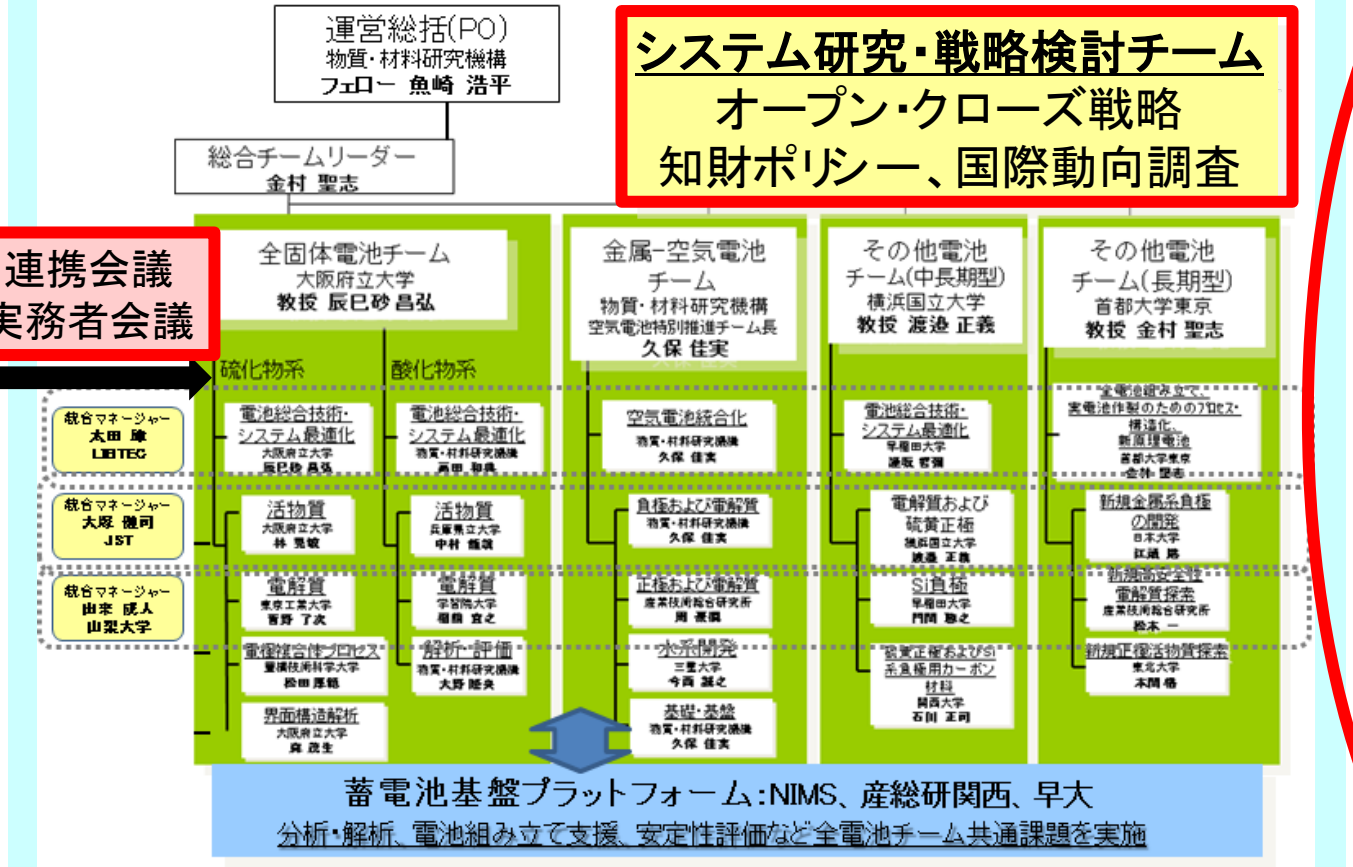
各チームと連携して、
共通課題を解決

蓄電池基盤プラットフォーム：NIMS、産総研関西、早大　　文部科学省ナノテクノロジーPF
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

次世代蓄電池関連大型プロジェクト連携体制（～2016.3）

ガバニングボード（文科省、経産省、JST、NEDO、各PJリーダー他）

ALCA事業推進委員会



先進・革新蓄電池材料評価技術開発（2013~2017）

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 蓄電デバイス

革新型蓄電池先端科学基礎事業（RISING: 2009~2015）

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

〇特許情報活用による蓄電池技術のパテントポートフォーリオ化

〇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）

〇適切な権利保護・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）

ガバニングボード（文科省、経産省、JST、NEDO、各PJリーダー）

ALCA事業推進委員会

連携会議
実務者会議

先進・革新蓄電池材料評価技術開発
（2013~2017）

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 蓄電デバイス

革新型蓄電池先端科学基礎事業
（RISING: 2009~2015）

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	産業技術総合研究所（関西）	早稲田大学
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	中型電池の評価解析	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
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」
Specially Promoted Research for Innovative Next Generation Batteries

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

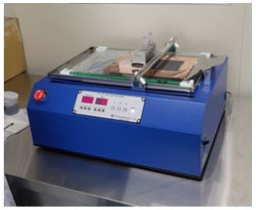
2014年10月1日運用開始

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

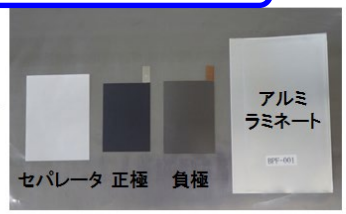


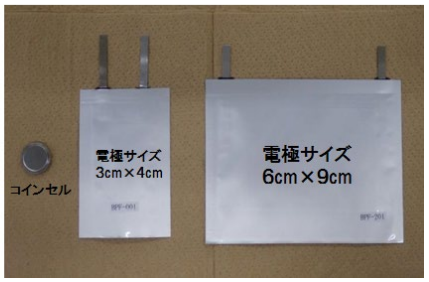
自動塗工機　Coater

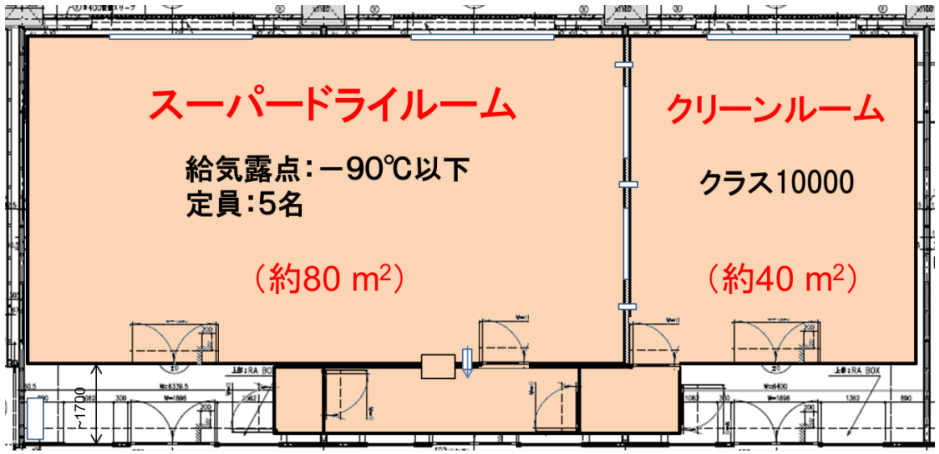
乾燥機
Dryer

ロールプレス　Roll press

ドライルーム

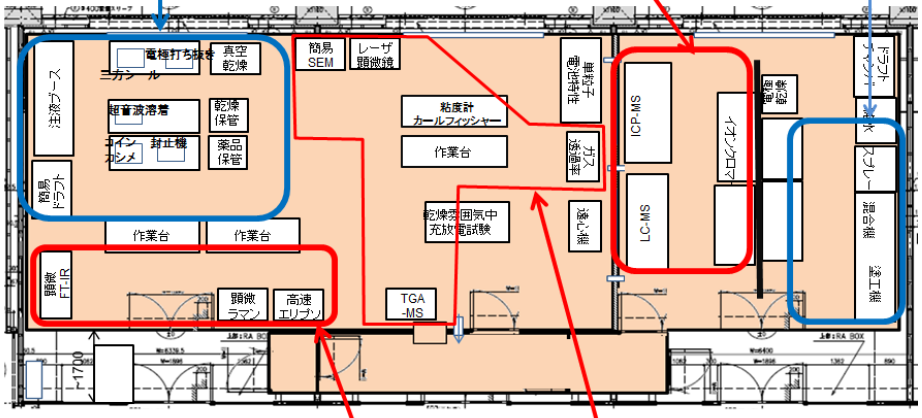




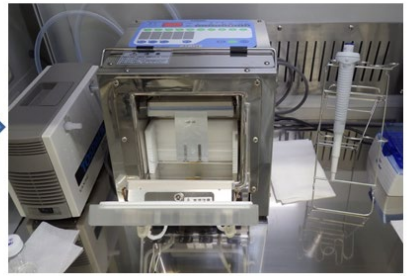


② 小型電池試作装置等一式

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



真空シーラー　Vacuum sealer

正極：$LiCoO_2$
負極：天然黒鉛

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

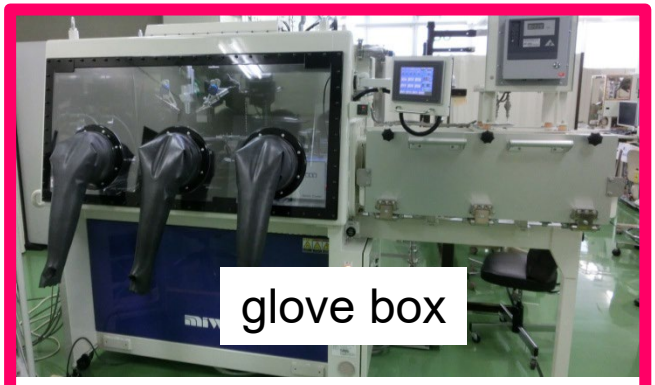
- 低温ステージ
- Ar GCIB (ガスクラスターイオンビーム)

FIB-SEM

TEM/STEM/EELS

XPS

FIB



Cross section polisher

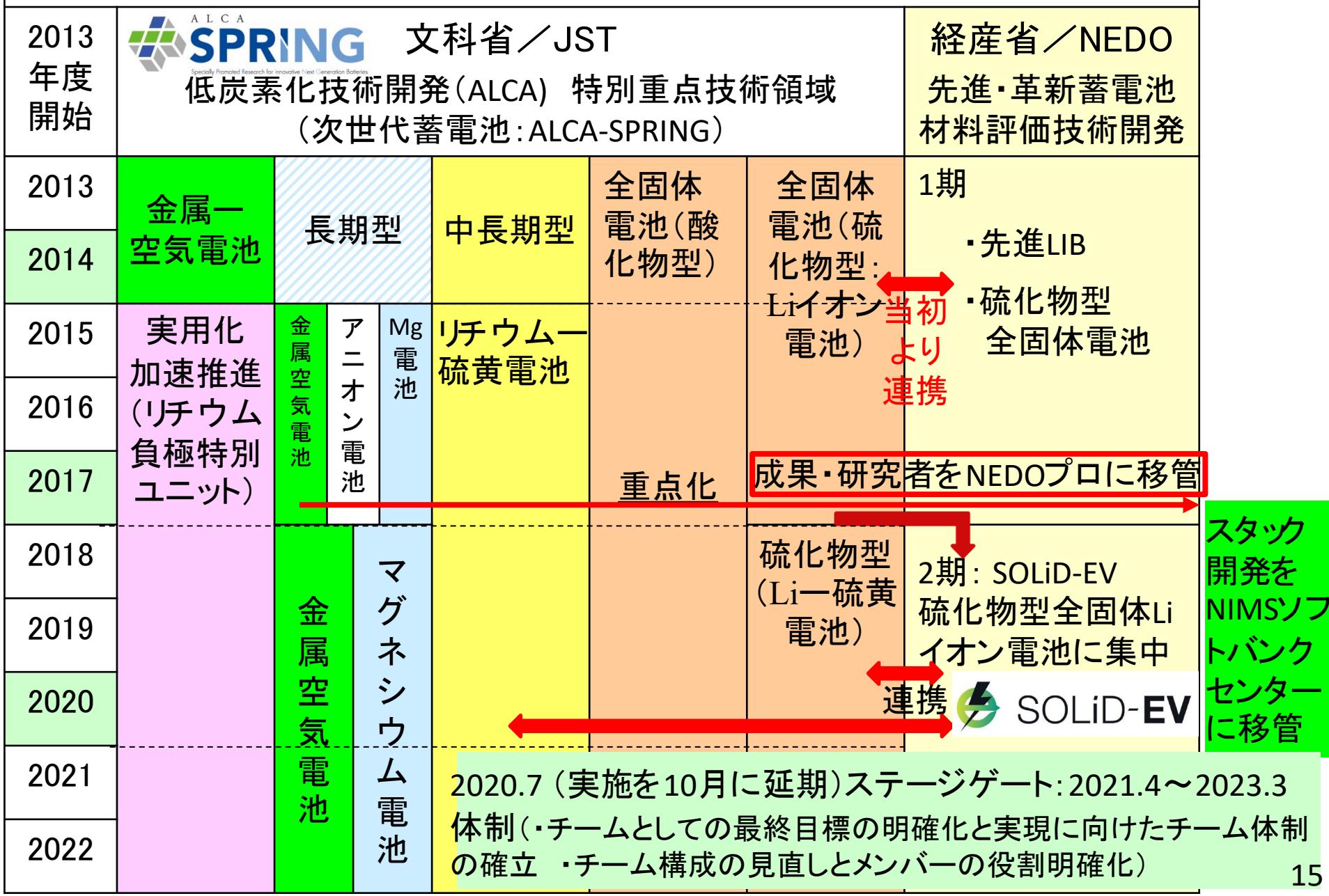
AES (Auger)

TOF-SIMS

大気非曝露搬送システム

SEM

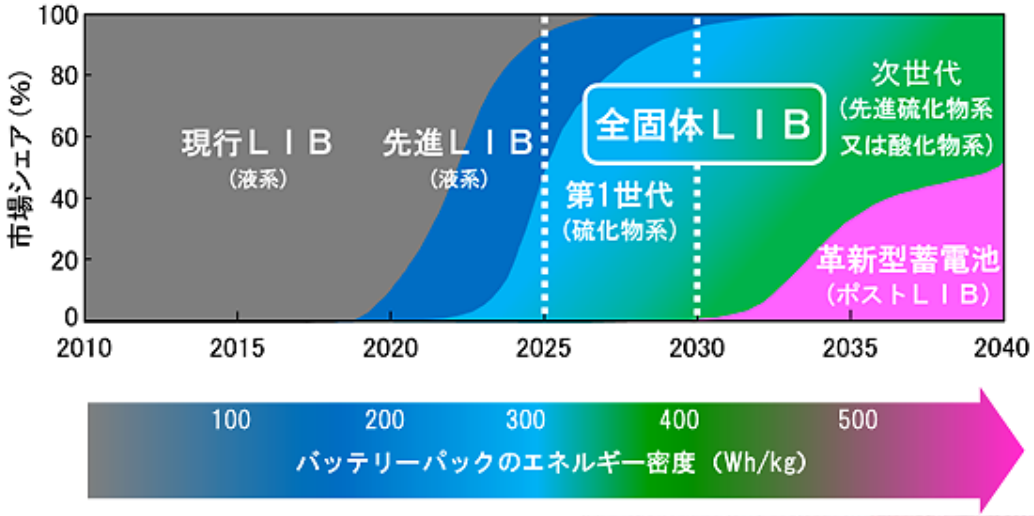
ステージゲート（2014, 2017, 2020）による組織の改編



2017年ステージゲート → 2018年度～

SOLiD-EV

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



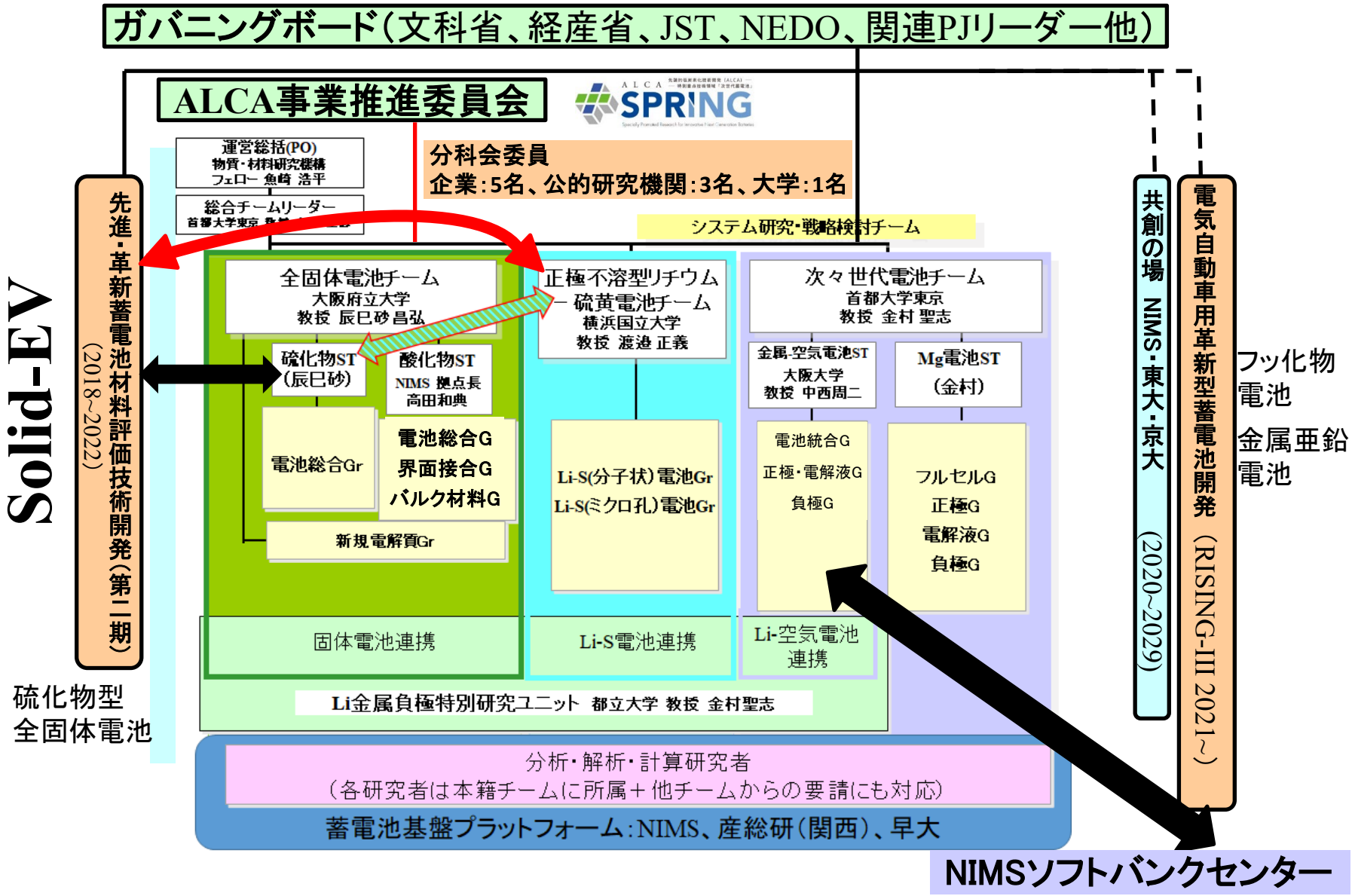
NEDO

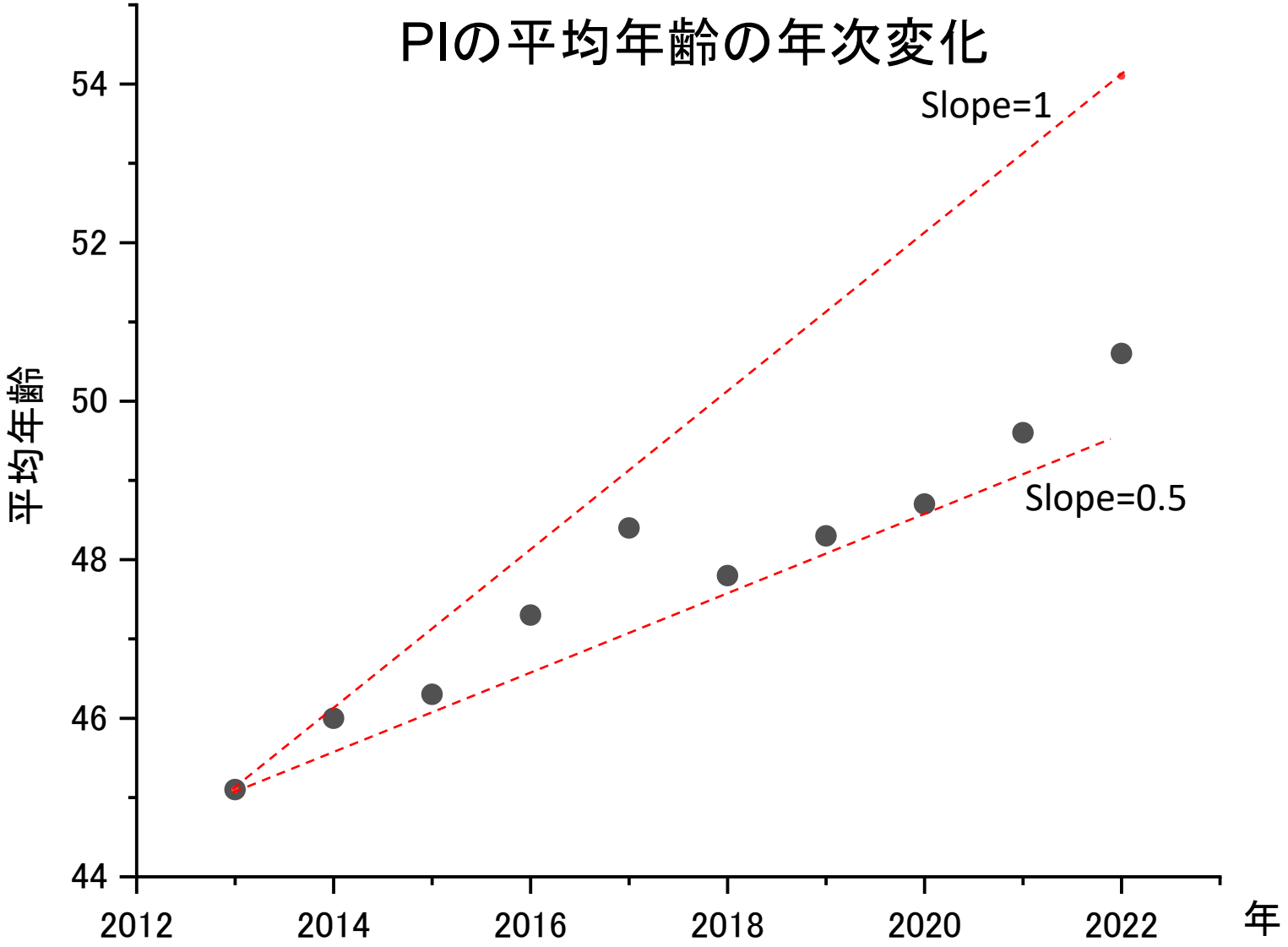
集中研究拠点
LIBTEC

サテライト

	集中研究拠点 LIBTEC	サテライト
研究開発項目① 共通基盤 技術開発	自動車・二輪メーカー：4社 電池メーカー：5社 材料メーカー：14社 材料開発チーム（チームリーダー：トヨタ自動車株式会社） 電池設計チーム（チームリーダー：日産自動車株式会社） 電池製造プロセスチーム（チームリーダー：パナソニック株式会社） 電池試作評価・分析チーム（チームリーダー：株式会社本田技術研究所）	大学・公的研究機関 15法人 メンバーの大半はALCA-SPRING硫化物型全固体電池チームより移管
研究開発項目② 社会システム デザインの検討	自動車・二輪メーカー：4社 電池メーカー：5社	大学・公的研究機関 1法人

次世代蓄電池関連大型プロジェクト連携体制（2021.4～）





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（研究開発面）

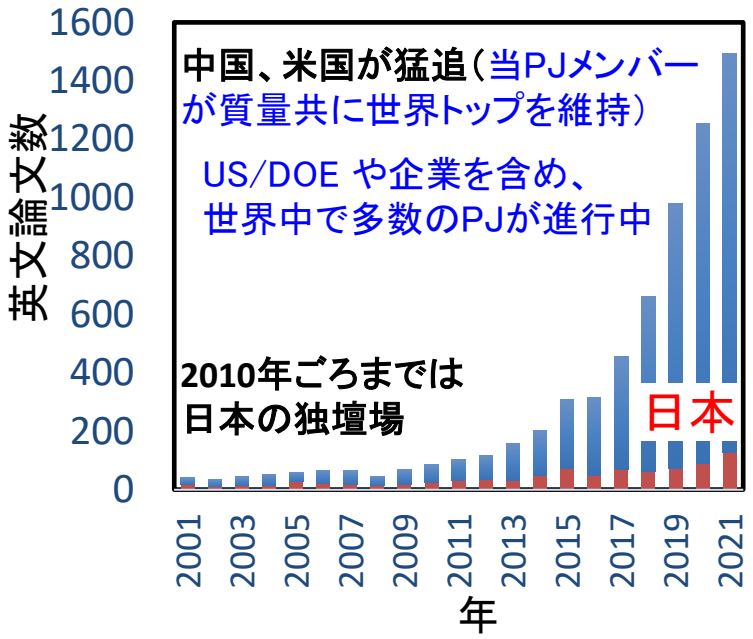
全固体電池チーム

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（硫化物型）の量産を明言

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）

全固体電池研究の海外動向



硫化物型全固体電池サブチーム

全固体LIB開発

PJ開始時よりNEDO先進・革新蓄電池材料評価技術開発PJと密接に連携
→2018年に成果及びメンバー全員を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

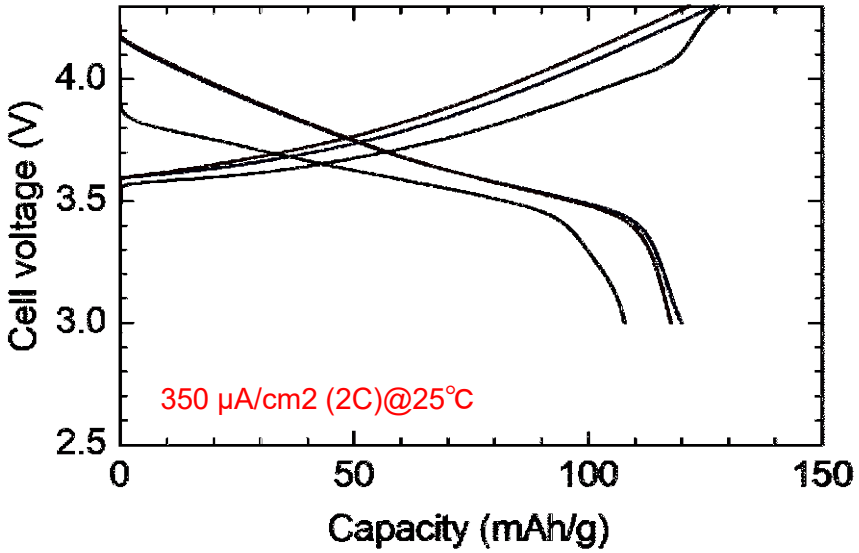
酸化物型全固体電池サブチーム

・プロジェクト開始時は薄膜電池のみが室温作動可能（バルク型電池は反応相生成、固体電解質の低い伝導度などの理由により作動不可

・本PJで易焼結性ガーネット型固体電解質、活物質に対する安定性の高いLISICON型固体電解質の開発などの成果を積み重ね、バルク型電池で世界初の**室温作動に成功**

・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、電池に関する発表は日本（本PJ）に限られる。

・実用化に際して不可欠な量産性に富むグリーンシート法での電池作製にも成功



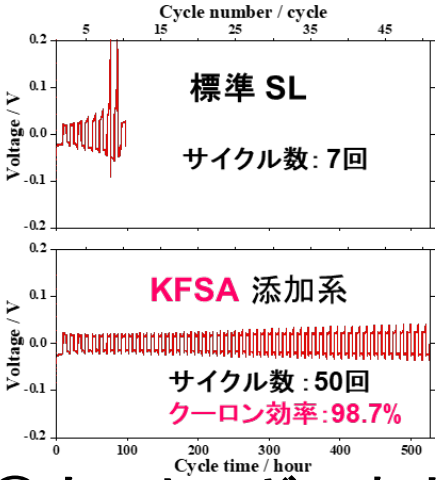
・当PJで開発した固体電解質について、ネガテイブデータを含む**データベース構築中（固体電解質探索TFでの取り組みを利用したデータベース仕様の確立とデータ収集。**
これまでに組成情報：＞600件，構造情報：＞800件，　計測情報：＞400件を収集済

・データ科学を活用した固体電解質探索（硫化物、酸化物）

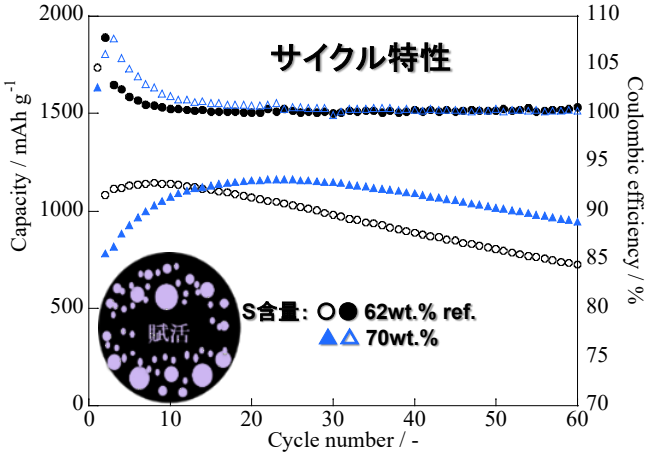
正極不溶型リチウム硫黄電池チーム

・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)。

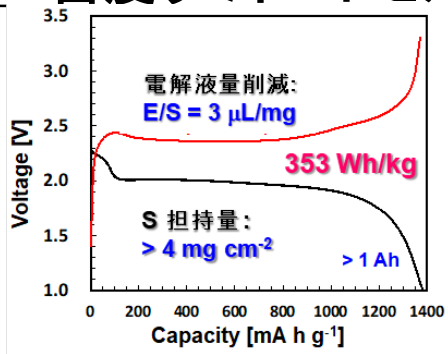
① 金属Li負極可逆性の増大



②高S担持ミクロ孔炭素の開発



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

次々世代電池チーム

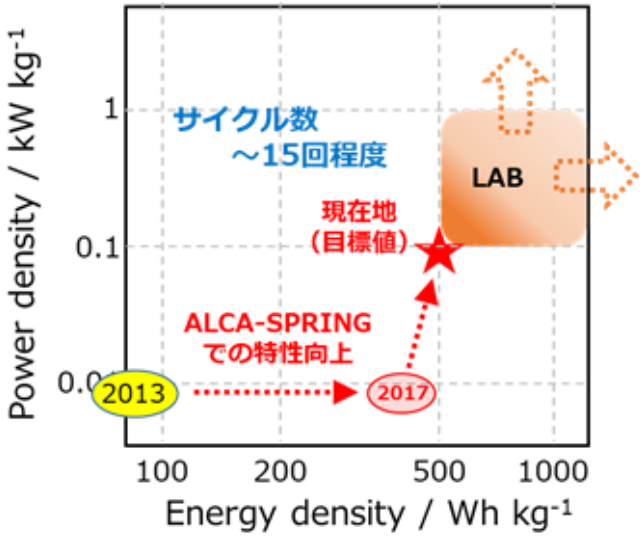
金属–空気電池サブチーム

・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。

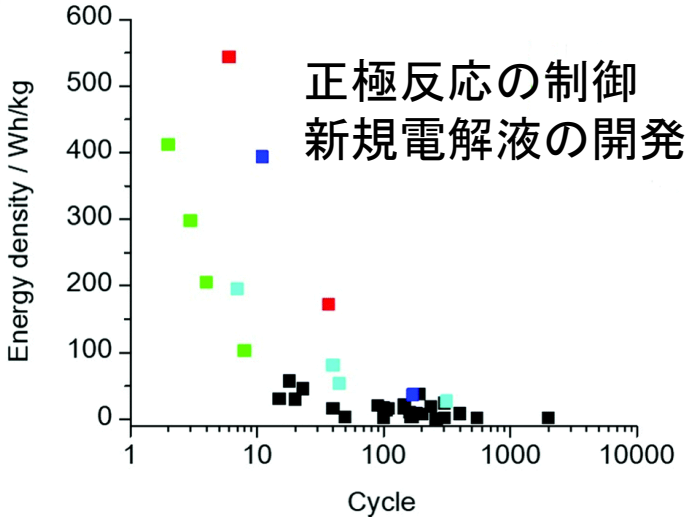
・ブレークスルーを目指した材料探索、基盤的研究に集中

（実用化研究はNIMS-SBセンター）

フルセルで500Wh/kgを達成。



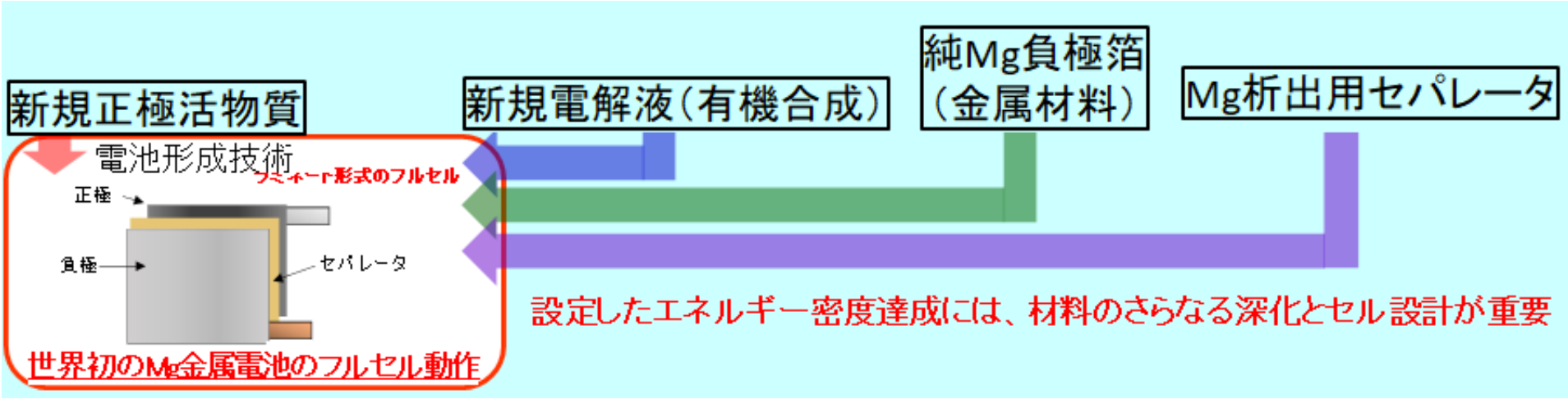
サイクル数（現在エネルギー密度ーサイクルの両立の間で世界一）向上が課題



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、セパレターなどの材料および電池形成技術をチームとしての総合的開発の結果、**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）。

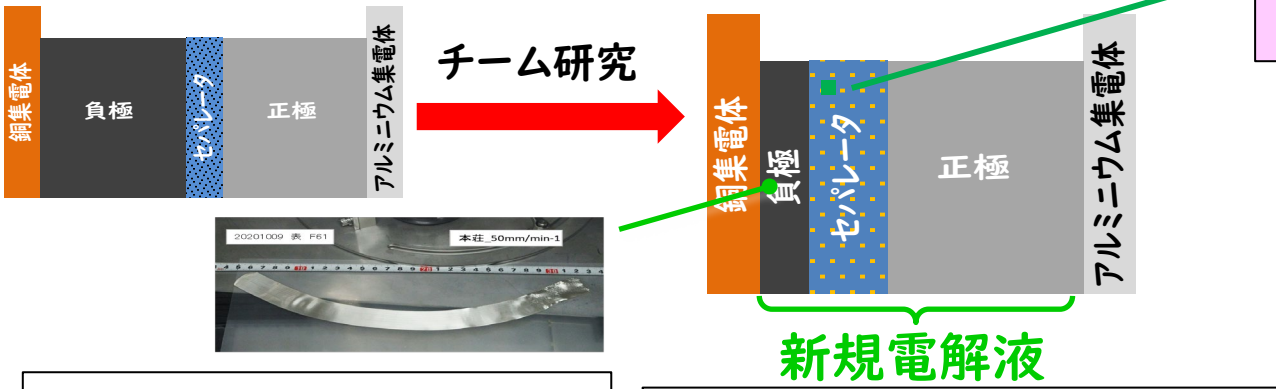


Li金属負極特別研究ユニット

・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}　500 Wh kg^{-1}



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

・本PJで開発したリチウム硫黄電池、空気電池、Mg電池、およびLi電池関連の電解液データベースを**構築中（固体電解質データベース構築の経験を参考）**

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）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、世界の追随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。