

JST-NEDO国プロ連携による全固体電池研究開発



2013～2023

辰巳砂
チームリーダー

JST-ALCA-SPRING

次世代蓄電池プロジェクト

硫化物型全固体電池
サブチーム

無機固体電解質を用いた
究極の全固体電池

全固体電池

酸性

橋渡し

移管

橋渡し

基礎研究、
要素技術で
側面支援



SOLiD-EV

①全固体LIB

①車載用全固体
電池の実用化



車載用全固体電池

先進・革新蓄電池材料
評価技術開発第1期

先進・革新蓄電池材料
評価技術開発第2期

基礎研究、
要素技術で
活性化

日本企業

定置用全固体電池

医療用全固体電池

民生用全固体電池

②次世代全固体
Li-S電池

2015

2025

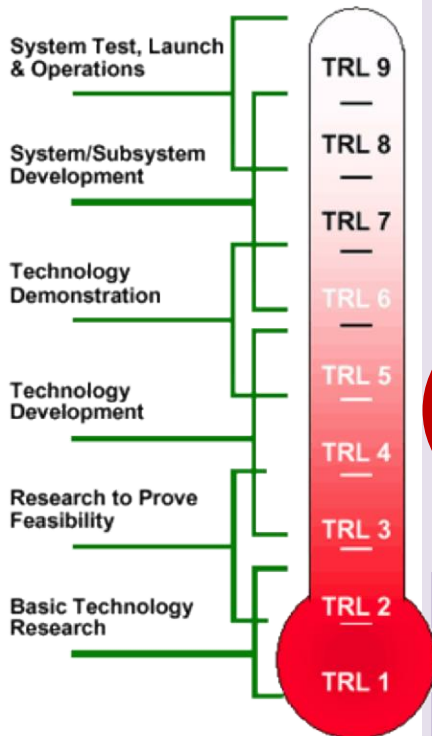
2030

②定置用、民生用全固体
電池の実用化

JST-ALCA-SPRING硫化物サブチーム前半5年のとりくみ

2013～2018年

技術成熟度TRL



全固体LIB

デバイス構造解析

- ・京都大学 内本(放射光)
- ・群馬大 森本(熱分析)
- ・大阪府大 林 (SEM・顕微鏡)

セル設計

- ・産総研 倉谷(作田)

材料合成プロセス (電極-電解質複合化)

- ・豊橋技科大 松田
- ・大阪公立大 辰巳
- ・大阪公立大 綿野
- ・北大 忠永

メカニズム 説明

新規 発見

新物質 探索

物質開発(固体 電解質)

- ・東工大 菅野
- ・大阪公立大 林
- ・甲南大 町田

材料特性評価

材料開発ループ TRL1~2

材料構造解析

物質構造解析

- ・大阪公立大 森 (TEM)
- ・京都大学 内本(放射光)
- ・理研 中尾 (XPS)
- ・兵庫教育大 小和田 (理論計算)



固体電解質シート化

- ・大阪市工研 高橋
- ・大阪技術研 櫻井

技術構築 原理実証

材料開発・デバイス開発
いずれもモノづくりと
解析が強く連携

実用化研究を志向し、チーム全
体で技術成熟度を高めていく

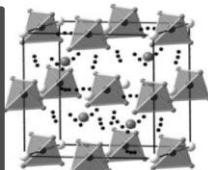
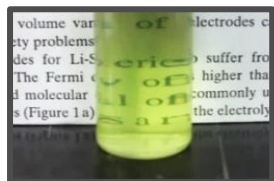
27テーマ、19研究室

半数は硫化物固体電解質初取組

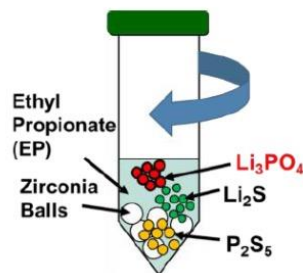
JST-ALCA-SPRING硫化物サブチーム前半5年の代表的研究成果

2013～2018年

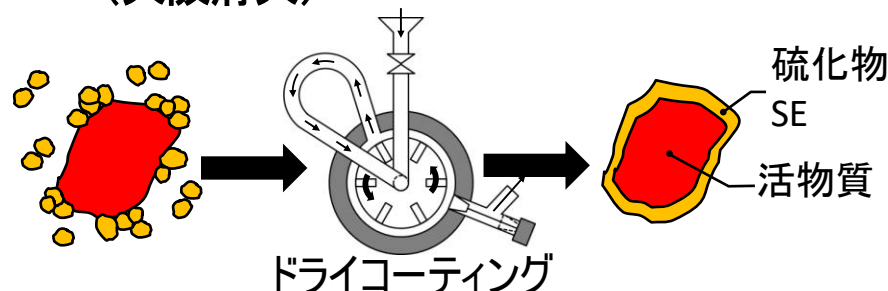
・固体電解質前駆溶液
特許6441224(大阪府大)



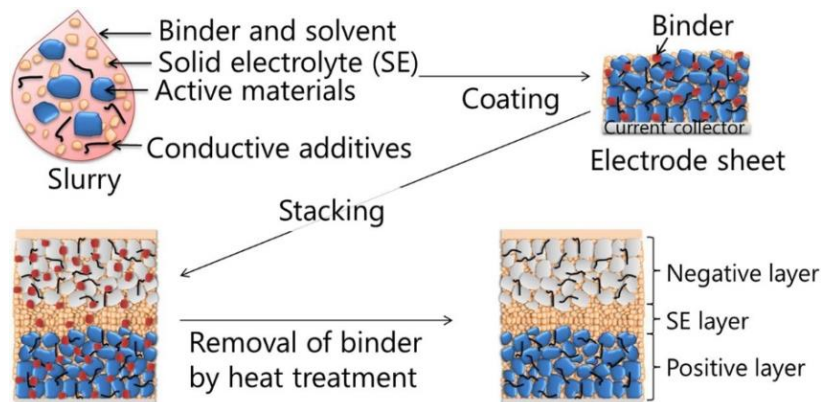
液相振とう法による
固体電解質液相合成
特許6761928(豊橋技科大)



固体電解質ドライコーティング
(高速気流中コーティング)
特許7049665 WO2018/038037A1
(大阪府大)

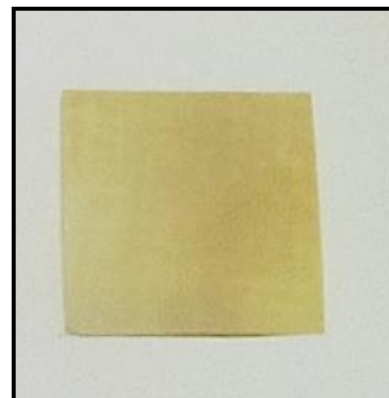


揮発性バインダー(PPC)を用いた
電極および固体電解質シート
特許6977932(大阪技術研)



Binder-free sheet-type battery

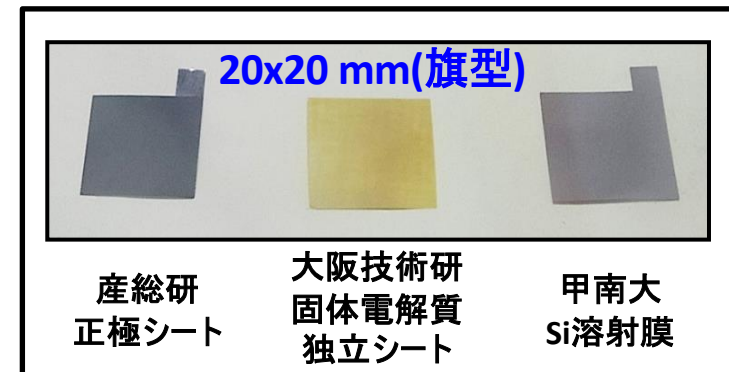
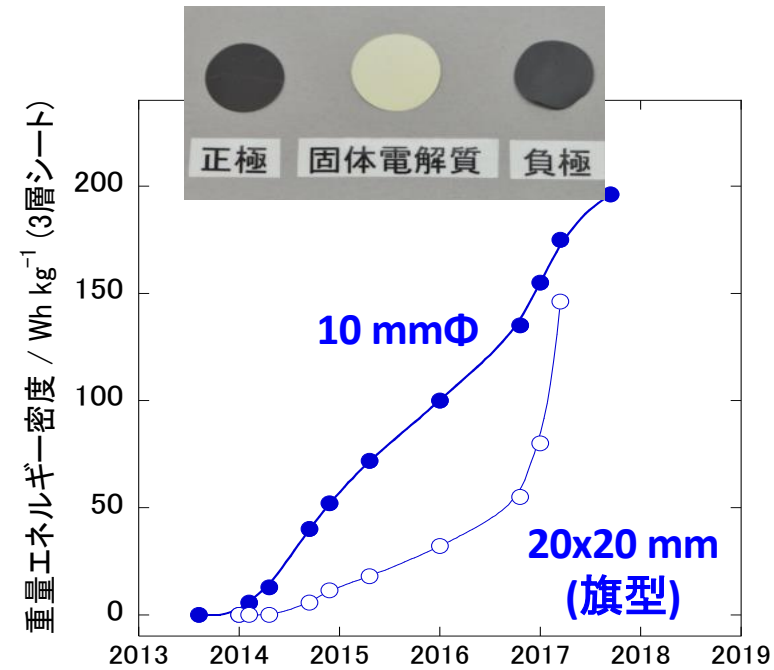
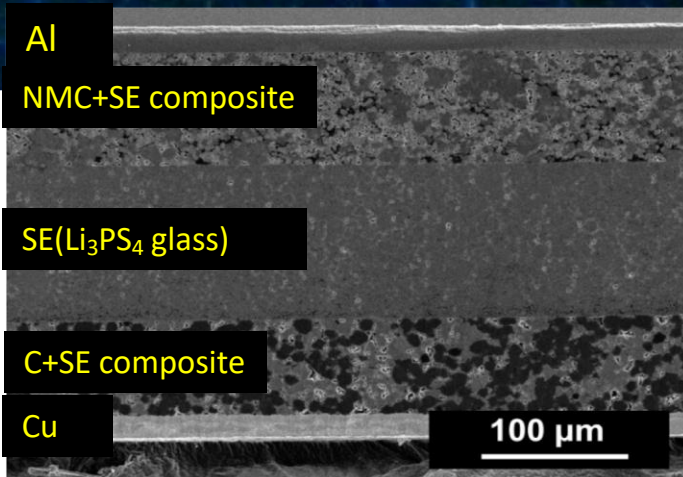
乾式プロセスによる固体
電解質自立シート:
特許7127235(大阪技術研)



JST-ALCA-SPRING硫化物サブチーム前半5年の代表的研究成果

2013～2018年

シート化(全固体LIB)



JST-NEDO国プロ連携による全固体電池研究開発

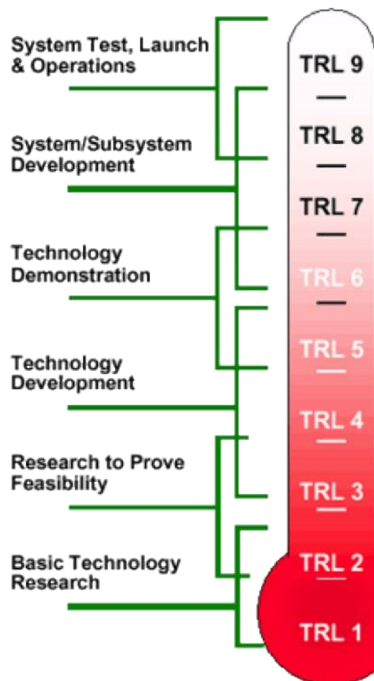
2013～2023 JST-NEDO連携
全固体LIBプロジェクトの橋渡し



SOLID-EV

2018年 JSTからNEDOへの移管

技術成熟度TRL

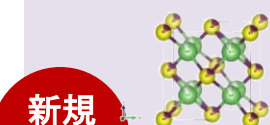


JST-ALCA-SPRING
硫化物サブチーム

新規
発見

新物質
探索

メカニズム
解明



材料特性評価

材料開発ループ
TRL1~2

材料構造解析

材料合成

デバイス化
要素技術

技術構築
原理実証

デバイス
構造解析

デバイス開発ループ
小型セル
TRL2~3

劣化
メカニズム

デバイス
特性評価

課題抽出

技術実証ループ
中型セル
TRL3~7

材料合成

技術実証

デバイス
評価

商業化

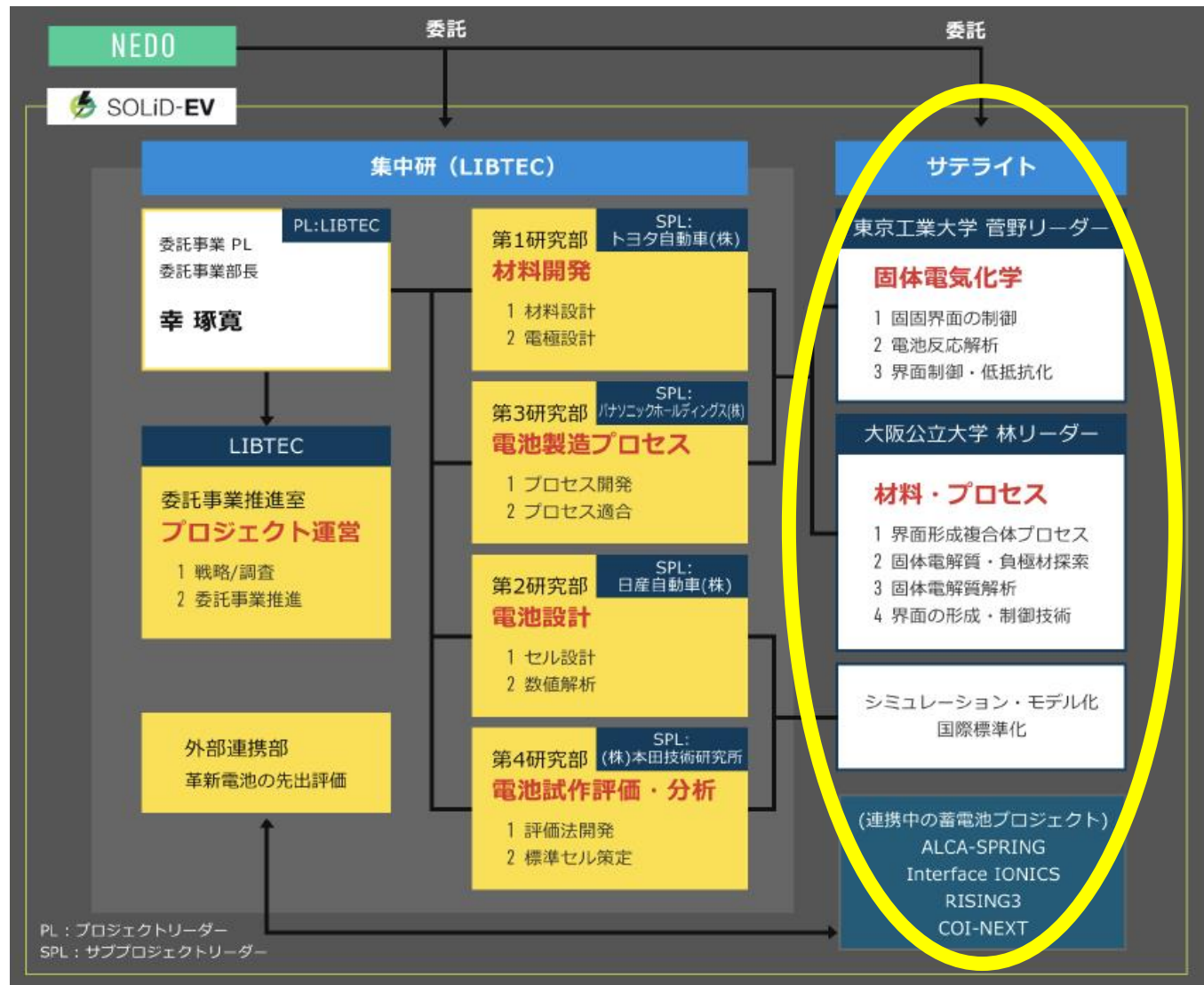


ALCA
SPRING
Specially Promoted Research for Innovative Next Generation Batteries

19全研究室、
全テーマの移管

2018～2023

NEDO-SOLiD-EV事業の実施体制



集中研 自動車・二輪メーカー:4機関、電池メーカー:5機関、プロセスメーカー:3機関、材料メーカー:13機関、国研:1法人

サテライト アカデミア:12法人

硫黄系全固体電池用材料の開発

硫黄

理論容量：**1672 mAh g⁻¹**
安価、無毒

次世代のリチウム二次電池の正極材料として期待

硫黄系正極材料のメカノケミカル合成

MM

$S(Li_2S)+C+SE \rightarrow S(Li_2S)-C-SE$ 複合体



全固体Li-S電池

活物質と固体電解質
の境界をなくす

二元機能物質

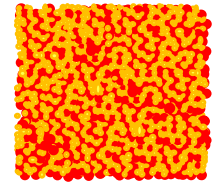


図3 容量とサイクル特性が飛躍的に向上

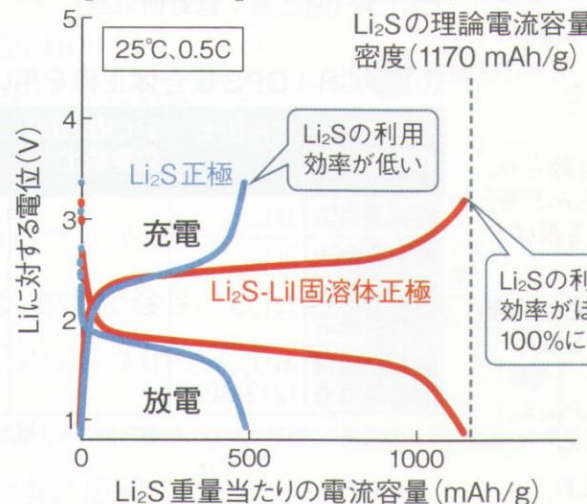
大阪府立大学 辰巳砂研究室が試作した正極に Li_2S-LiI 、負極に $Li-In$ 合金を用いた全固体電池の概要と特性を示した(a~c)。 Li_2S に LiI を完全に混ぜた固溶体を用いると、正極内の活物質である S の利用効率が大幅に増えた。しかも、2Cという急速充放電を2000回繰り返しても容量に劣化が見られなかったという。(図：大阪府立大学)

(a) 動作検証したセルの構成

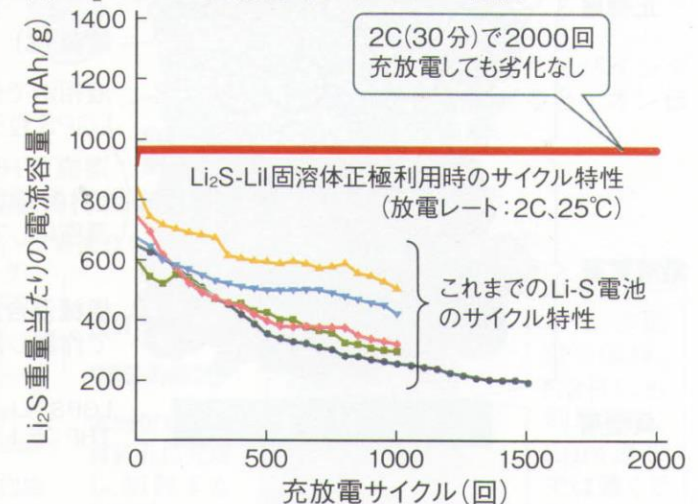


LiI の Li_2S に対する組成比が20%以下の場合に、「固溶体」と呼ばれる、 LiI がX線解析で検出できない状態に

(b) Li_2S 正極と Li_2S-LiI 正極の充放電容量の比較



(c) Li_2S-LiI 正極利用時のサイクル特性

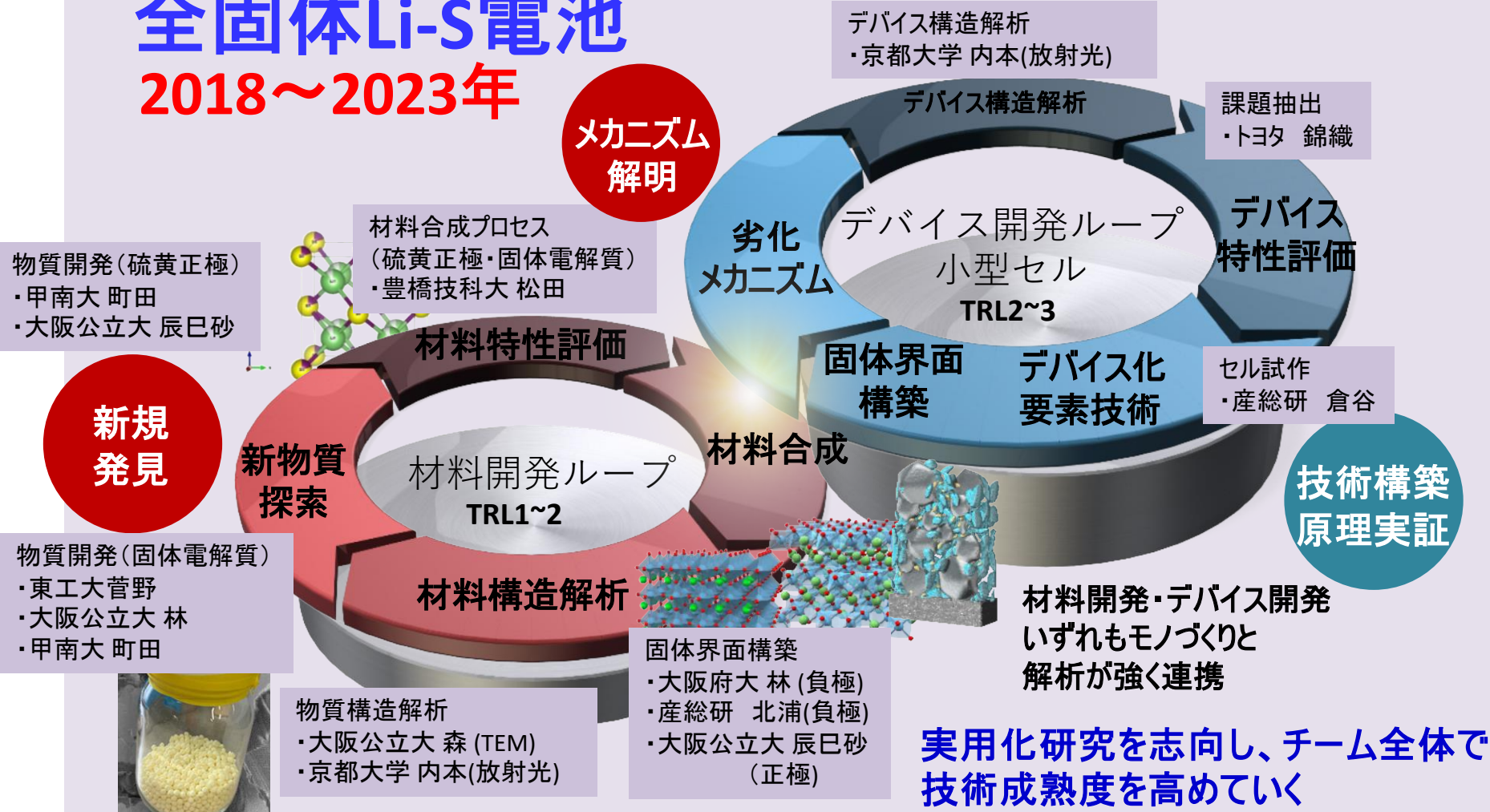


JST-ALCA-SPRING硫化物サブチーム後半5年のとりくみ



全固体Li-S電池 2018～2023年

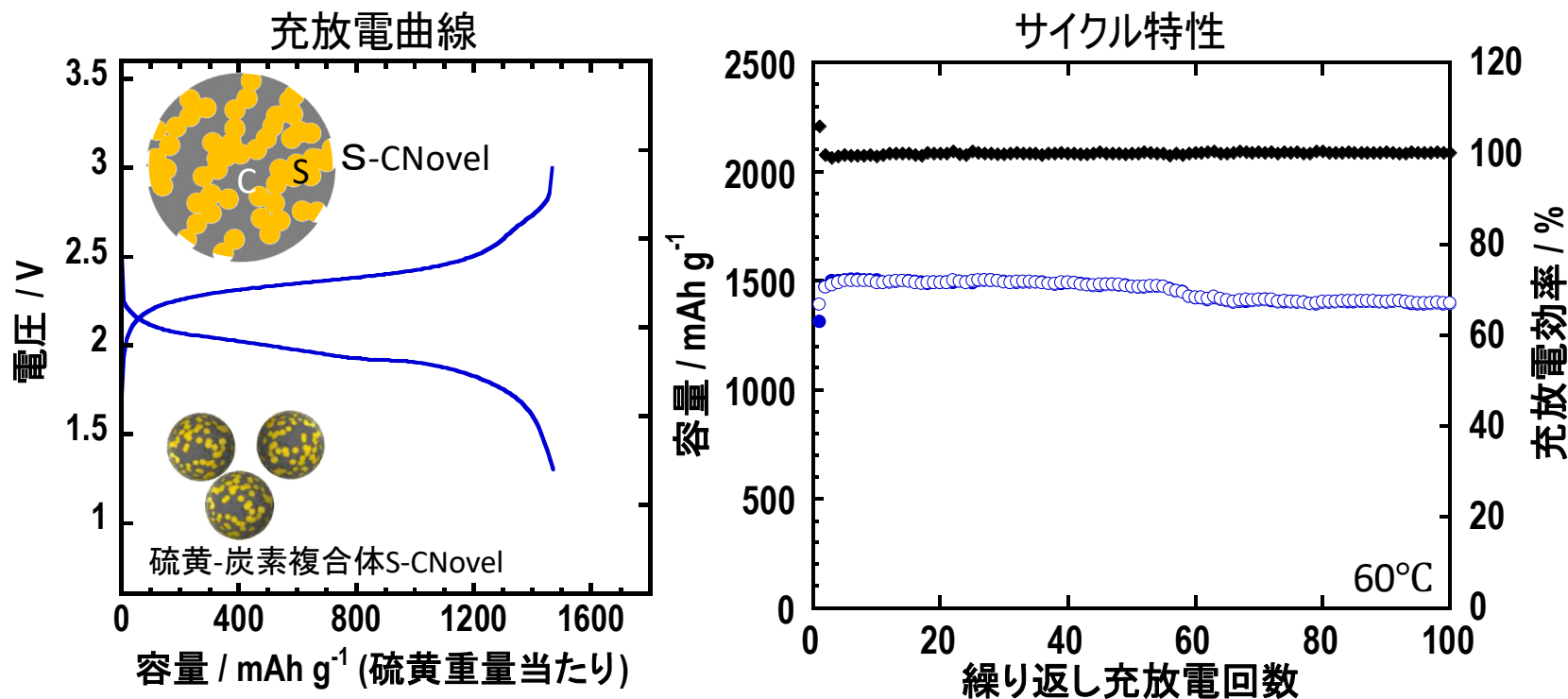
新たに材料開発・デバイス開発で
合成・セル試作・解析が強固に連携



JST-ALCA-SPRING硫化物サブチーム後半5年の代表的研究成果

2018～2023年

Li-Mg合金を負極、硫黄-炭素複合体を正極に用いた試作型全固体Li-S電池

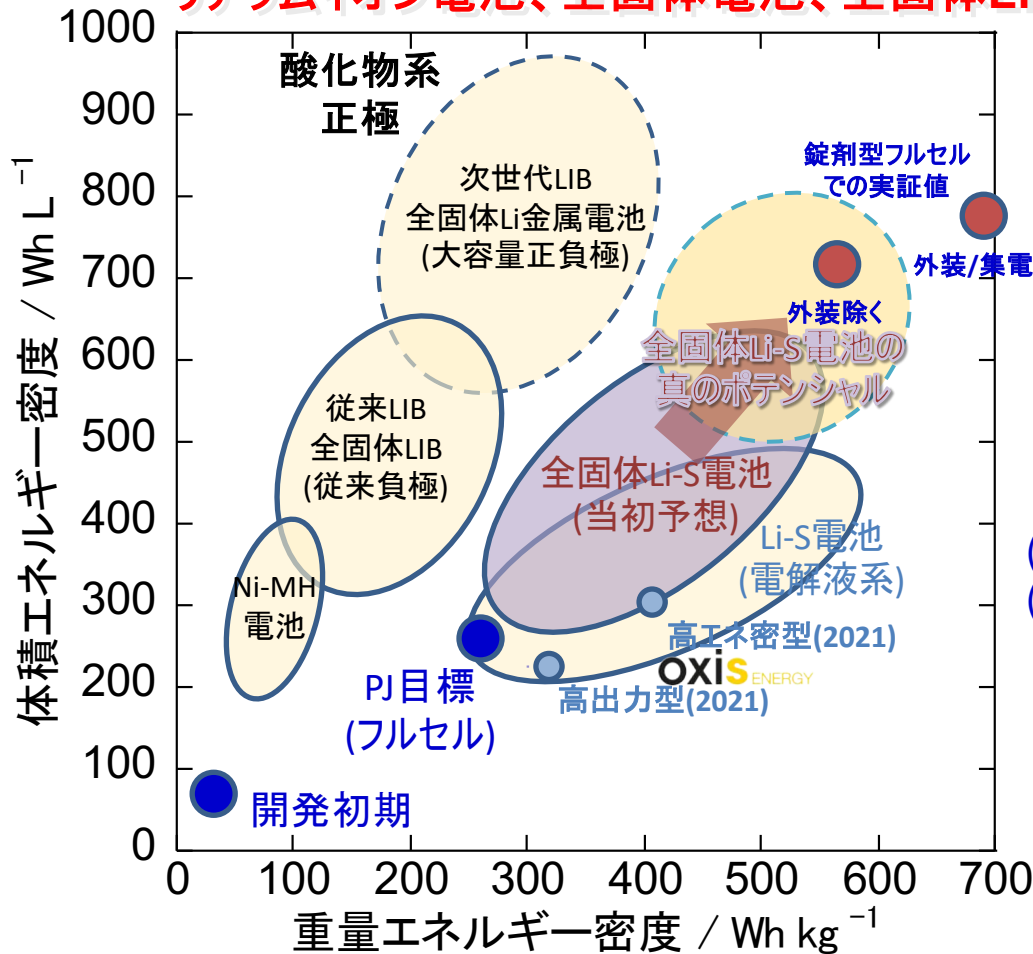


- ・理論容量(1672 mAh g^{-1})に近い 1500 mAh g^{-1} の容量での長期可逆充放電を実証しプロジェクト目標を達成。
- ・全固体電池に期待される高温特性も良好(60°C の高温充放電での長期充放電も確認)。
- ・正負極材料を組み合わせたフルセル評価において、 550 Wh kg^{-1} , 705 Wh L^{-1} の全固体セルが実現可能であることを実証。
- ・技術革新により更なる高性能化も期待。

JST-ALCA-SPRING硫化物サブチーム後半5年の代表的研究成果

2018～2023年

リチウムイオン電池、全固体電池、全固体Li-S電池の位置づけ



正負極材料の性能としては
540 Wh kg⁻¹
700 Wh L⁻¹
を実証

(SE層の厚さを25 μmとして試算した場合)
(電極体積が最大になる充電時で体積試算)

全固体リチウム硫黄電池の可能性が大きく広がった

JST-ALCA-SPRING硫化物サブチーム10年の成果

チーム研究を通じた研究人材育成

～ 辰巳砂・林・作田研究室を例に ～

大阪公立大学無機化学研究室

過去17年間で、
社会人Dr以外21人中15人が企業研究職、
4人が国等の研究所、2人が大学教員
21人中20人がJSPS特別研究員DC

ALCA-SPRING期間

2015～2022年

課程博士12人中(社会人Dr以外)

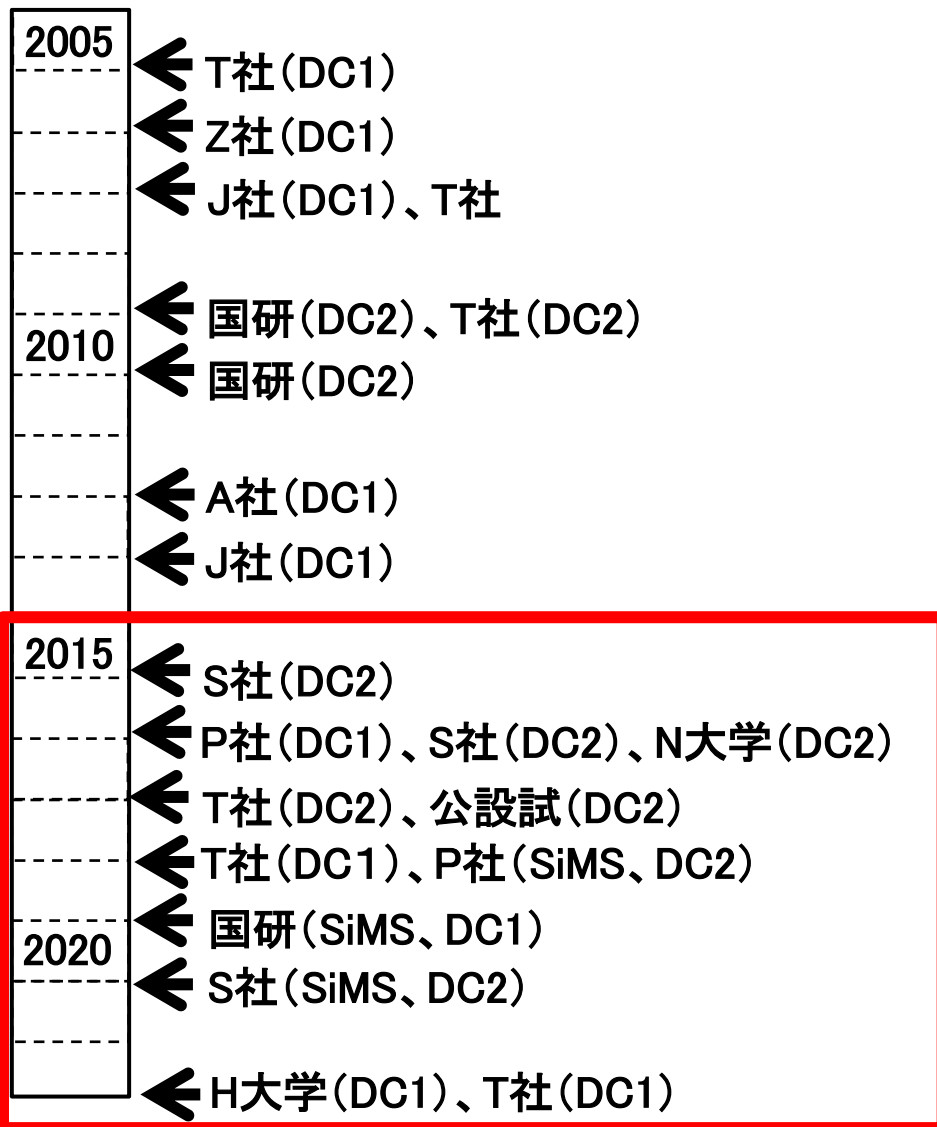
8人が企業研究職、

2人が国等の研究所、

2人が大学教員

12人中12人が

JSPS特別研究員DC



JST後継プロジェクトに向けて

JST-GteXプロジェクト

2023～

リチウムイオン電池の革新と次世代蓄電池イノベーション

高容量、高安全性、資源制約フリー、長寿命化、低コスト、リサイクルなどの要求に対応

チーム型研究



戦略検討、橋渡し、
企業連携、知財管理

【公募テーマ1】

実用電池(先進リチウムイオン電池)の革新

チーム

電池総合技術・システム最適化
活物質
電解質
...

【公募テーマ2】

高安全性を実現する電池開発

チーム

電池総合技術・システム最適化
活物質
電解質
...

【公募テーマ3】

資源制約フリーを実現する電池開発

チーム

電池総合技術・システム最適化
活物質
電解質
...

【公募テーマ4】

軽量・小型・大容量を実現する電池開発

チーム

電池総合技術・システム最適化
活物質
電解質
...

【公募テーマ5】共通基盤研究(計測やDX等共通基盤の構築)

革新的要素技術研究: チームへの編入を前提に、要素技術の提案も募集

蓄電池領域体制図



JST-GteX 革新的GX技術創出事業スタート

2023～

GteX 革新的GX技術創出事業

高安全性を実現する電池開発

研究開発課題名：高エネルギー密度・高安全な硫化物型全固体電池の開発

チームリーダー：林 晃敏（大阪公立大学 大学院工学研究科 教授）

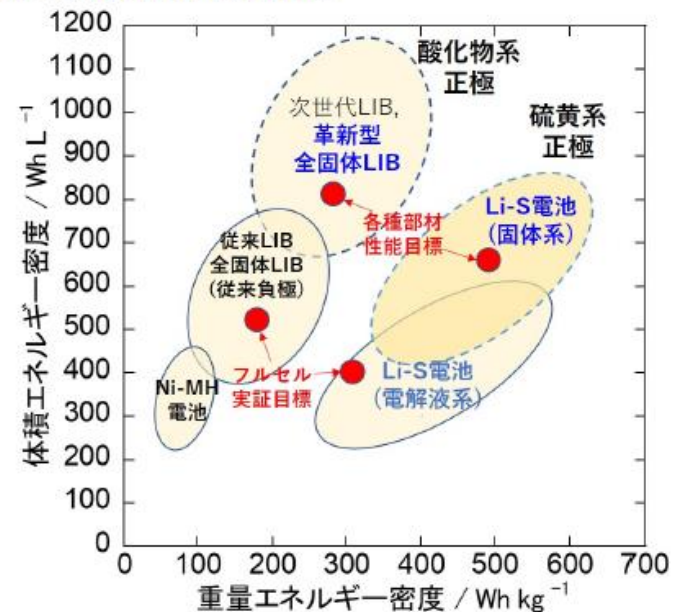
共同研究機関：大阪公立大学、東京工業大学、北海道大学、豊橋技術科学大学、群馬大学、長岡技術科学大学、甲南大学、九州大学、鳥取大学、島根大学、東京大学、産業技術総合研究所、大阪産業技術研究所



目的：高エネルギー密度・高安全な硫化物型全固体電池実現にむけた基盤技術を開発する。新物質探索や固固界面設計により高容量正負極を適用した実証用フルセルを作製し、全固体電池特有の課題解決と機構解明に取り組む。

研究概要：

高エネルギー密度・高安全な全固体電池の開発が期待されている。これまで適用が困難とされてきたリチウム金属やシリコンなどの高容量負極、硫黄系やリチウム過剰系などの高容量正極を用いる際の最大の課題は、充放電時に正負極活物質が大きく体積変化を生じる点である。これら高容量電極に適した機械的性質と電気化学的安定性、イオン伝導性を兼ね備えた固体電解質を開発する。電極－電解質間の固体界面を形成・保持するための界面設計や電池製造プロセス、充放電時に界面で生じるメカニズム解明のための高度計測・計算手法の深化に取り組む。硫黄系正極を用いる全固体Li-S電池およびLi過剰系酸化物正極を用いる革新型全固体LIB、それぞれについて実証用電池の開発目標値を右図に示す。高エネルギー密度・高安全な硫化物型全固体電池の実用化の加速に資する研究基盤を確立し、将来のGX実現に貢献する。



SOLiD-Next



2023年～



SOLiD-Next

SOLiD-Nextについて

プロジェクト研究拠点（集中研・サテライト）

オールジャパンで
硫化物型全固体電池の
研究開発を進めています。

サテライト

大阪公立大学

主となる研究開発機関（集中研）のLIBTECでは、設計・材料・プロセス・評価の研究部で開発を推進しています。アカデミアはサテライト研究開発機関として参画し、集中研と協同して開発を推進しています。

NEDO

委託

集中研 (LIBTEC)

PL : LIBTEC

委託事業PL
幸 琢寛

委託事業推進室

LIBTEC
プロジェクト運営

材料評価法妥当性検証手一ム

LIBTEC
材料評価を通じた標準電池
モデルの妥当性検証

外部連携部

LIBTEC
他の蓄電池国家PJとの連携

第1研究部

SPL : GSユアサ
材料開発

第2研究部

SPL : 日産自動車
設計・プロセス開発

第3研究部

SPL：トヨタ自動車
標準電池・評価

第4研究部

SPL：本田技術研究所
計算・解析

PL : プロジェクトリーダー
SPL : サブプロジェクトリーダー

(連携中の蓄電池プロジェクト)
Interface IONICS / COI-NEXT / RISING3



大阪公立大学
Osaka Metropolitan University

© Osaka Metropolitan University All Rights Reserved.

1. はじめに
2. 全固体電池の現状
3. ガラス系イオン伝導体の研究経過
4. 国プロでつなぐ全固体電池材料開発
5. おわりに



全固体電池の今後の展望

克服すべき技術的、基礎科学的課題は多い

- (1) 活物質、固体電解質間の良好な固-固界面の構築と解析
活物質、固体電解質間の界面抵抗の低減とサイクル性の向上
- (2) 現在のLIB製造プロセスの転用から離れたプロセスの開発
従来電池や他の固-液界面を有する革新電池とは異なる視点
- (3) 全固体電池に関わる研究者・技術者はまだ少ないのが現状
海外での研究開発が急速かつ継続的に加速している。

電池技術に加えて重要となる可能性の高い技術

- 固体イオニクス
- 分散・混合技術
- 粉体工学
- ガラス・セラミックス・ポリマー技術
- 接着技術
- 薄膜形成技術
- 高度な材料構造解析・構築技術

元素戦略的期待

Li-P / Li-P-S / Li-S-C

Na-P / Na-P-S / Na-S-C

様々な技術分野からの参入を期待！



大阪公立大学
Osaka Metropolitan University

総合知で、超えていく大学。



大阪公立大学
Osaka Metropolitan University

ご清聴ありがとうございました。