

分科会資料抜粋版

# 「電気自動車用革新型蓄電池開発」(中間評価)

2021年度～2025年度 5年間

## プロジェクトの概要 (公開版)

2023年6月29日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

スマートコミュニティ・エネルギーシステム部

- 事業概要
- 1. 意義・アウトカム達成までの道筋
  - 1.1 事業の位置づけ・意義
  - 1.2 アウトカム達成までの道筋
  - 1.3 知的財産・標準化戦略
- 2. 目標及び達成状況
  - 2.1 アウトカム目標及び達成見込み
  - 2.2 アウトプット目標及び達成状況
- 3. マネジメント
  - 3.1 実施体制
  - 3.2 受益者負担の考え方
  - 3.3 研究開発計画

## 事業の概要

**事業名** : 電気自動車用革新型蓄電池開発 (RISING3)

**期間** : 2021年度～2025年度 (5年間)

**契約形態** : 委託契約 (NEDO 100%負担)

**予算** : 76.9億円 (21～23実績)

**経済産業省担当部署** : 自動車課、電池産業室

Research and Development Initiative for Scientific Innovation of New Generation Batteries 3





# 事業の概要 実施体制

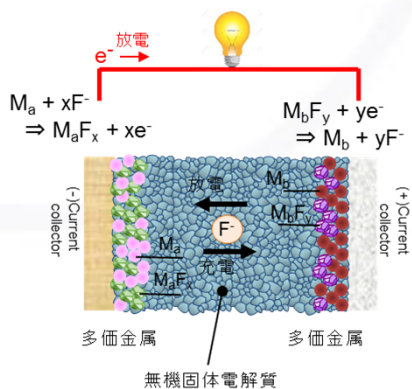


NEDOマネジメントGrが京都に常駐  
電池研究の機能ごとに拠点設置  
産業界の成果受取を念頭にステアリング会議で議論

# 事業の目的・将来像 開発対象と開発目標

## 開発対象の革新型蓄電池

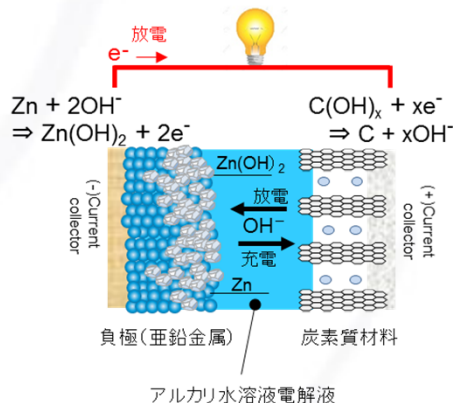
過去の事業（RISING/RISING2）での開発結果を踏まえ、目指すべき電池の要件より選択



フッ化物電池

- 【特徴】
- ・構成元素が、Cu, Al, Fなど資源量が豊富
  - ・原理的に高エネルギー密度化が可能

Li・Coを使わない電池



亜鉛負極電池

- 【特徴】
- ・構成元素が、Zn, C, Mnなど安価かつ豊富
  - ・水系電池で高安全の期待

## 開発目標

### 中間目標（'23年度）

セル容量	フッ化物電池	0.1Ah級セル
	亜鉛負極電池	0.2Ah級セル
エネルギー密度	フッ化物電池	400Wh/kg以上 800Wh/L以上
	亜鉛負極電池	150Wh/kg以上 400Wh/L以上
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・セルの性能特性の支配因子とその影響度の把握</li> <li>・注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示</li> </ul>	

- ・動作原理の確認
- ・高エネ密などポテンシャルの確認
- ・開発の方向性の策定

### アウトプット目標（'25年度）

セル容量	フッ化物電池	2Ah級セル
	亜鉛負極電池	5Ah級セル
エネルギー密度	フッ化物電池	500Wh/kg以上 1000Wh/L以上
	亜鉛負極電池	200Wh/kg以上 500Wh/L以上
充電受け入れ性	フッ化物電池	1C以上
	亜鉛負極電池	3C以上
充放電効率		90%以上
サイクル劣化		10%以下@100回
安全性		内短絡・過充電で発火無し

- ・実用化開発（企業内）への移行要件の検証を追加
- ・劣化モード／安全性／充電

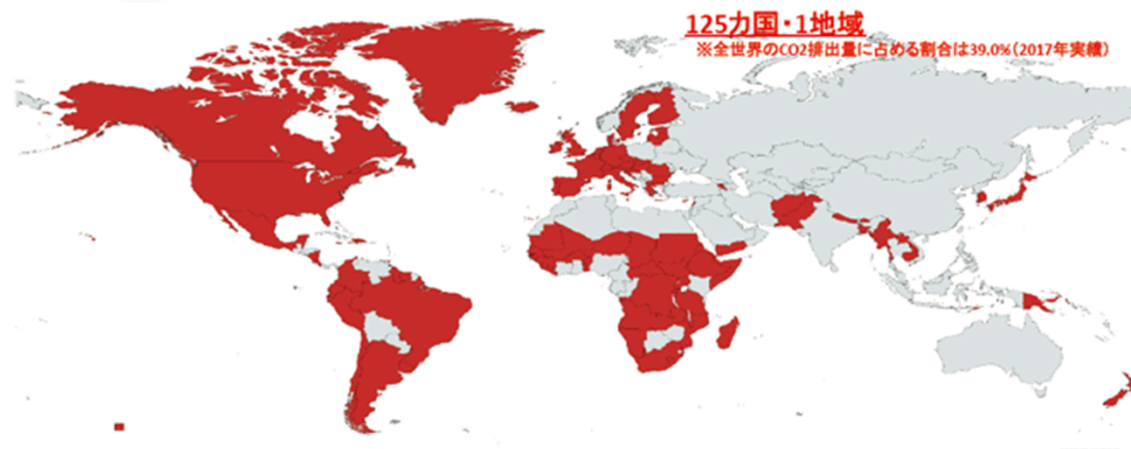
企業での製品開発を念頭に置いた目標設定

## <評価項目 1> 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

## 事業の背景 カーボンニュートラルへの潮流

- 2015年12月 **COP21**において、2020年以降の温室効果ガス排出削減の国際枠組み、**パリ協定**が採択
- 2021年 4月時点で125カ国・1地域が、2050年までにカーボンニュートラル（CN）を実現することを表明
- 2021年11月 **COP26**において世界平均気温の上昇を産業革命前に比べて**1.5℃以内**に抑える努力を追求することとした**グラスゴー気候合意**を採択



### 2050年までのカーボンニュートラル実現を表明した国

2020年9月 世界最大のCO<sub>2</sub>排出国（28.2%）・中国は、2060年までにCNを実現する事を習主席が表明

# 政策・施策における位置づけ

## パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略（2019年6月閣議決定）

- 蓄電池は脱炭素のキーテクノロジーであり、コスト、効率等の具体的な目標を掲げ、大胆に政策・経営資源を投入するとともに、官民一体で取り組む。
- 運輸分野における気候変動問題への積極貢献対策として、2050年までに世界で供給する日本車について世界最高水準の環境性能（日本車1台あたりの温室効果ガス排出量を2010年比で8割程度削減）を実現。
- この場合、自動車の電動化が重要となるが、そのキー技術である蓄電池は、技術革新が進み、価格低下が進展しているが、電動車が内燃機関自動車と同等の価格・スペックの実現には更なる技術革新が必要。

## 革新的環境イノベーション戦略（2020年1月統合イノベーション戦略推進会議決定）

- 自動車の普及拡大に向け、高性能蓄電池（具体的にはフッ化物電池、リチウム硫黄電池、金属-空気電池、ナトリウムイオン電池等の革新型蓄電池及び全固体電池等）の技術開発に取り組む。
- 高性能蓄電池の技術開発に際しては、基礎基盤研究を進めつつ、大学・ベンチャー等の知識を取り込みながら、国内外の研究機関との連携体制を構築。
- 電池特性に係る基礎的課題の解明のための拠点を設置し、次世代モビリティ用途も含め、電池設計から電極や電解質等の材料開発、電池作製・評価解析までを一気通貫で行う体制を整備。

## 第6次エネルギー基本計画（2021年10月閣議決定）

- 運輸部門のCO<sub>2</sub>排出量の86%を占める自動車のカーボンニュートラル化に向け（中略）、2050年に自動車の生産、利用、廃棄を通じたCO<sub>2</sub>ゼロを目指す。
- 乗用車については、2035年までに、新車販売で電動車100%を実現できるよう、電動車・インフラの導入拡大、電池等の電動車関連技術・サプライチェーン・バリューチェーンの強化等の包括的な措置を講じる。
- 国内の自動車製造の安定的な基盤を確保するため、2030年までのできるだけ早期に、国内の車載用蓄電池の製造能力を100GWhまで高めるとともに、蓄電池サプライチェーンの強化に向け、蓄電池材料を含めた大規模投資を促すとしている。

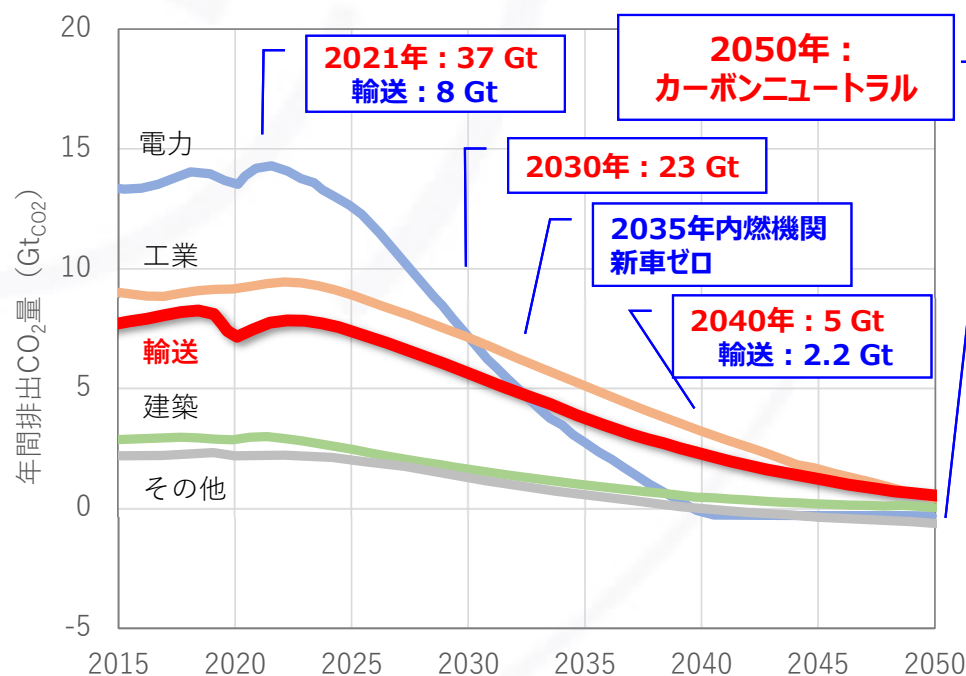
## 蓄電池産業戦略（2022年8月 蓄電池産業戦略検討官民協議会取りまとめ）

- 3<sup>rd</sup> Target 次世代電池市場の獲得：全固体電池など次世代電池を世界に先駆けて実用化し製造技術の優位性・不可欠性を確保するため、産学官の研究開発力を結集し、2030年頃に全固体電池の本格実用化、2030年以降も我が国が技術リーダーの地位を維持・確保することを目標とする。

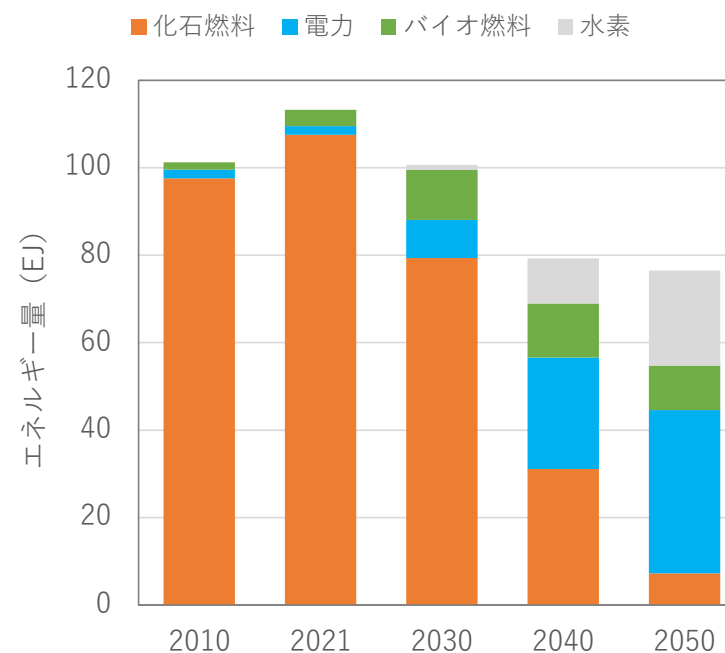


# 事業の背景 輸送部門のエネルギーシフト

- 2050にカーボンニュートラル（CN）達成を目標にIEAが策定したNZEシナリオでは、輸送部門での化石燃料から電力へのシフトが必須
- 輸送部門はエネルギーの電化と電力のCN化とセットでCN達成



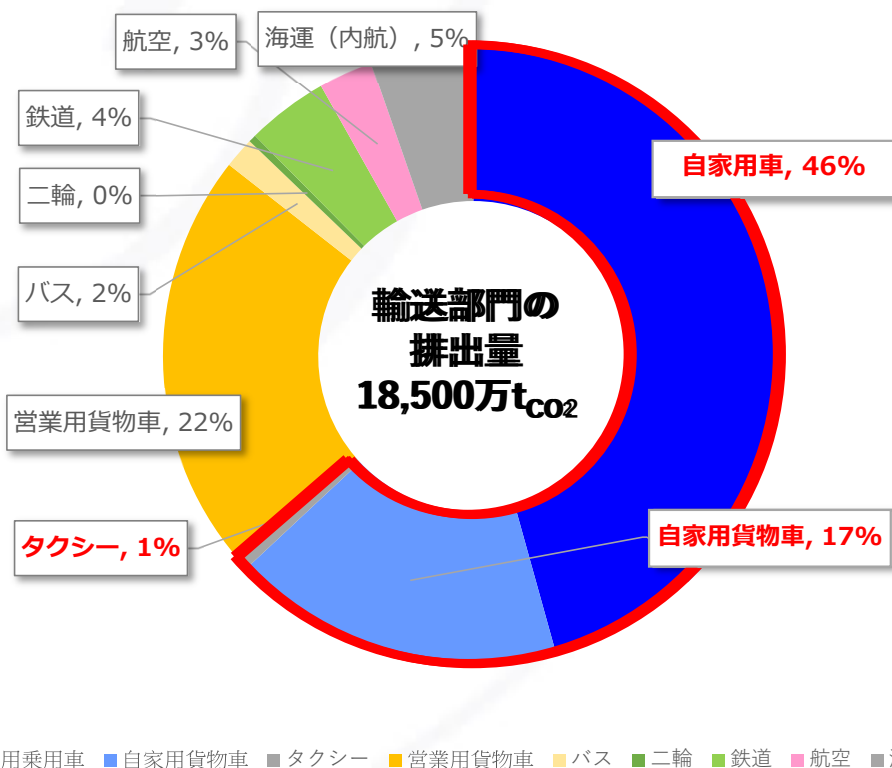
世界の部門別CO<sub>2</sub>排出量 (NZEシナリオに基づく)



輸送部門のエネルギー種別の推移 (NZEシナリオに基づく)

# 事業の背景 CO<sub>2</sub>排出における自動車の割合

## 日本の輸送部門におけるCO<sub>2</sub>排出量（2020年度）

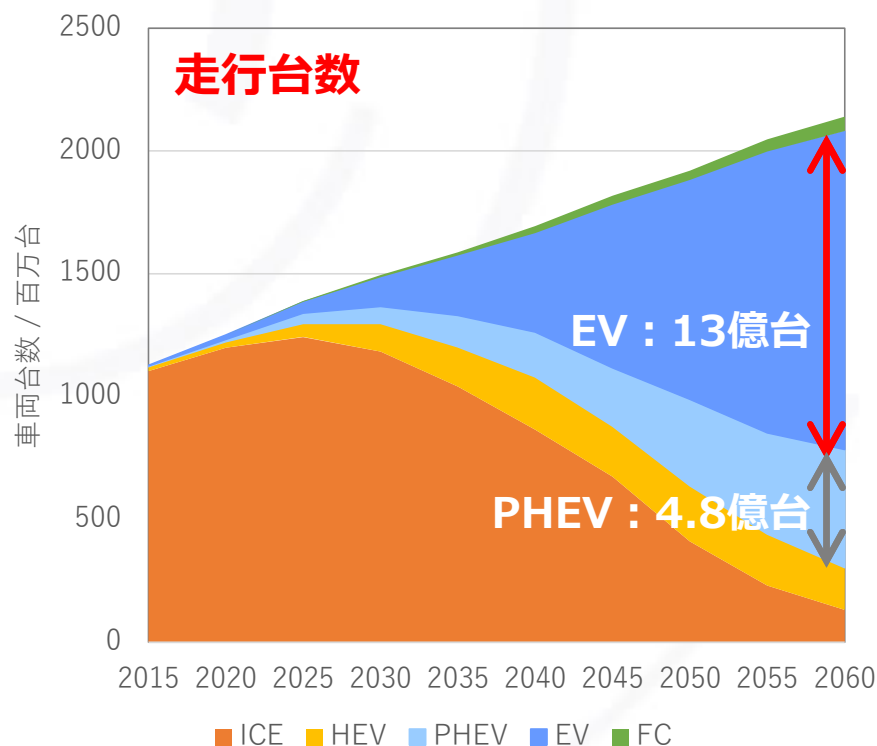


- 日本においては、輸送部門全体のCO<sub>2</sub>排出量の内、自動車は88%（全185Mtのうち161Mt）
- 自家用乗用・貨物・タクシーの小型車両だけでも輸送部門のCO<sub>2</sub>排出量の64%（118Mt）

### 自動車のCO<sub>2</sub>排出量の車両分類別内訳

小型車		大型車			合計
自家用乗用車	自家用貨物車	タクシー	営業貨物車	バス	
84.4 (46%)	32.1 (17%)	1.26 (1%)	40.4 (22%)	2.94 (2%)	161 Mt
<b>117.8</b> <b>(73%)</b>			43.2 (27%)		161 Mt

# 事業の背景 自動車における電動車の推移（バックキャスト）



## 小型車のパワートレーン別走行台数の推計\*

\* IEA「ETP2017」のB2DSに基づく

### 2050のCN達成時：

- ・電動車の走行台数は **18億台弱**
- ・必要な車載電池の総容量は **86.8 TWh**
- ・年間生産 電動車： **1.2億台、電池：5.85 TWh**

2050 CN達成時の電動車（EV・PHEV）※1 の走行台数と生産台数、必要電池容量の推定

種別	走行台数および総容量		年間生産台数・量	
	台数 (億台)	容量 (TWh)	台数 (百万台)	容量 (GWh)
EV	13.35	80.1	90	5,400
PHEV	4.45	6.7	30	450
合計	17.8	<b>86.8</b>	120	<b>5,850</b>

仮定)

- ・走行台数：B2DSでの電動車17.8億台を2050年の値とみなした。※2
- ・EV・PHEVの内訳はB2DSを参考に EV : PHEV = 3 : 1 と設定。
- ・必要電池容量は、EV が 60 kWh/台、PHEV は 15 kWh/台 と設定。
- ・年間生産台数は電動車の平均使用年数15年を仮定して推定

※1 以降、EV・PHEVを併せて「電動車」と称する

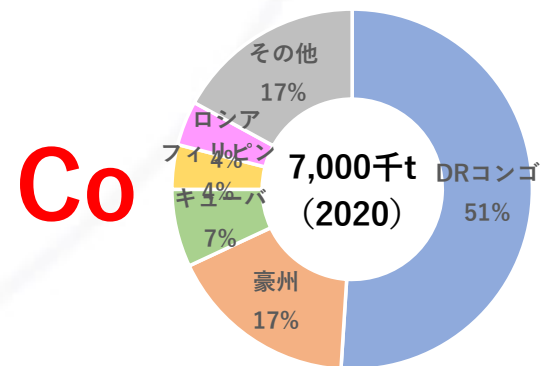
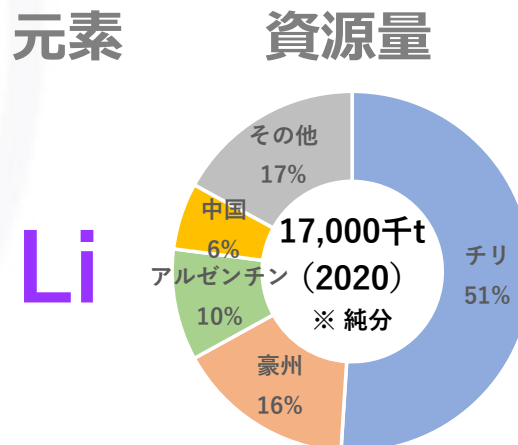
※2 IEA「ETP2017」のB2DSでは'60でCN達成のため、NZEの2050CN達成相当とみなした

※ B2DS：ETP2017で想定している世界の気温上昇を2℃以下に抑えるシナリオ（Beyond 2 Degree Scenario）

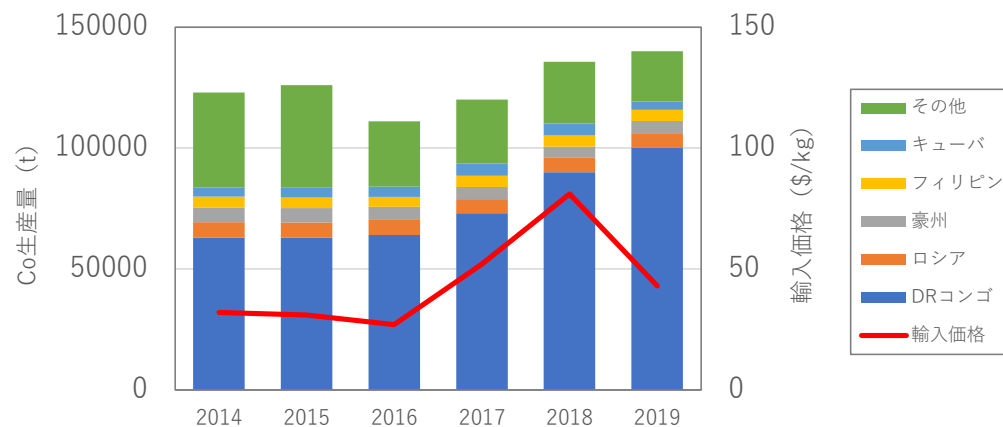
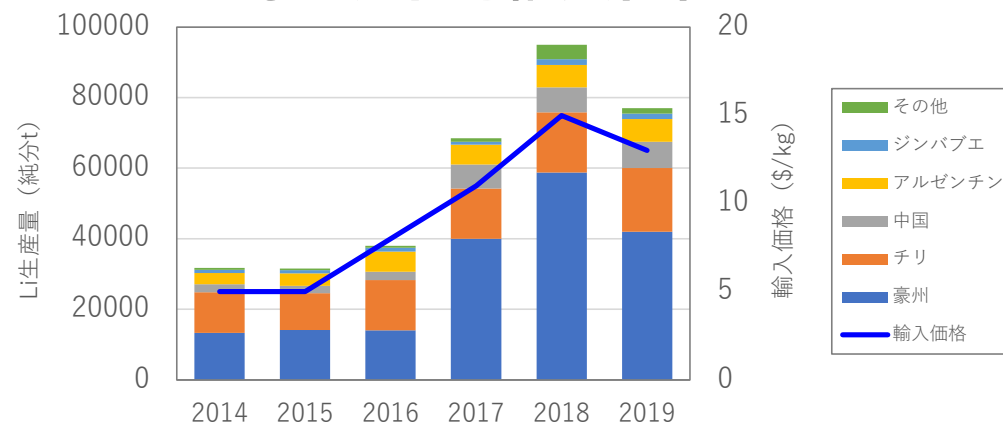
# 事業の背景 LIB材料の資源リスク

- Li・Coは経済的に採掘可能な地域に偏り
- 供給構造も寡占的

→ EV大量普及時に投機的取引による高騰の可能性大

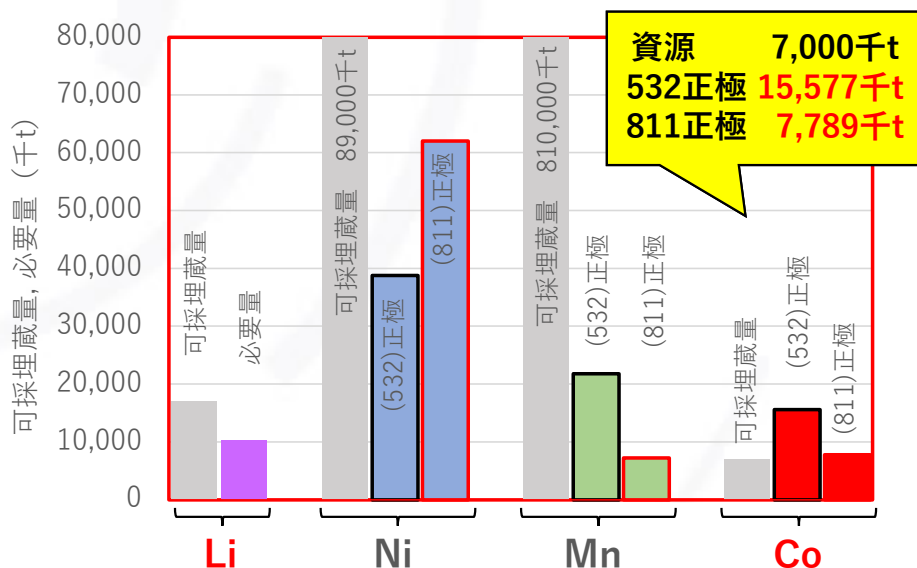


## 主な生産国と輸入価格



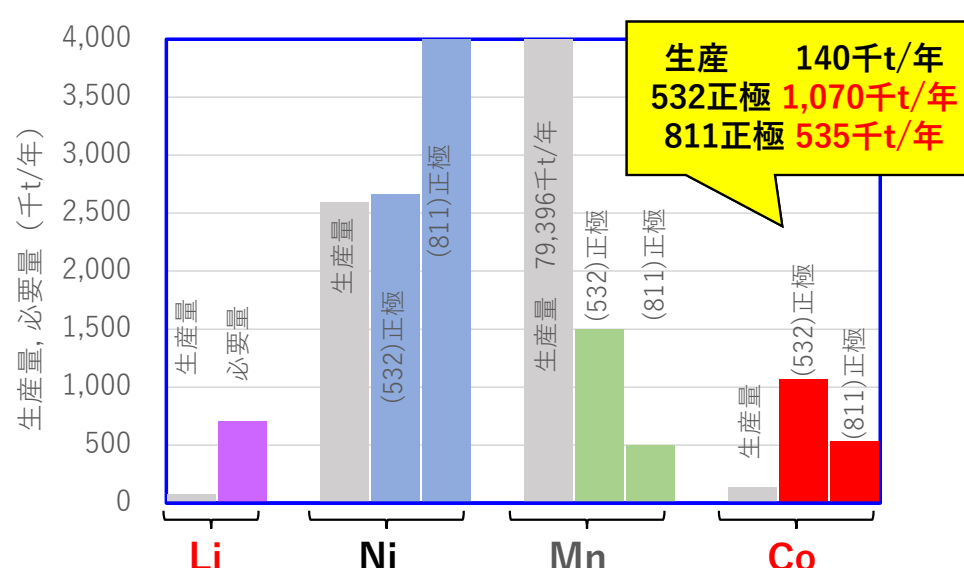
# 事業の背景 電動車用蓄電池の必要資源量

## 総資源量（86.8TWh分）



2050（CN達成）でのEV・PHEV用電池に必要な**総資源量**

## 年間必要量（5,850GWh分）



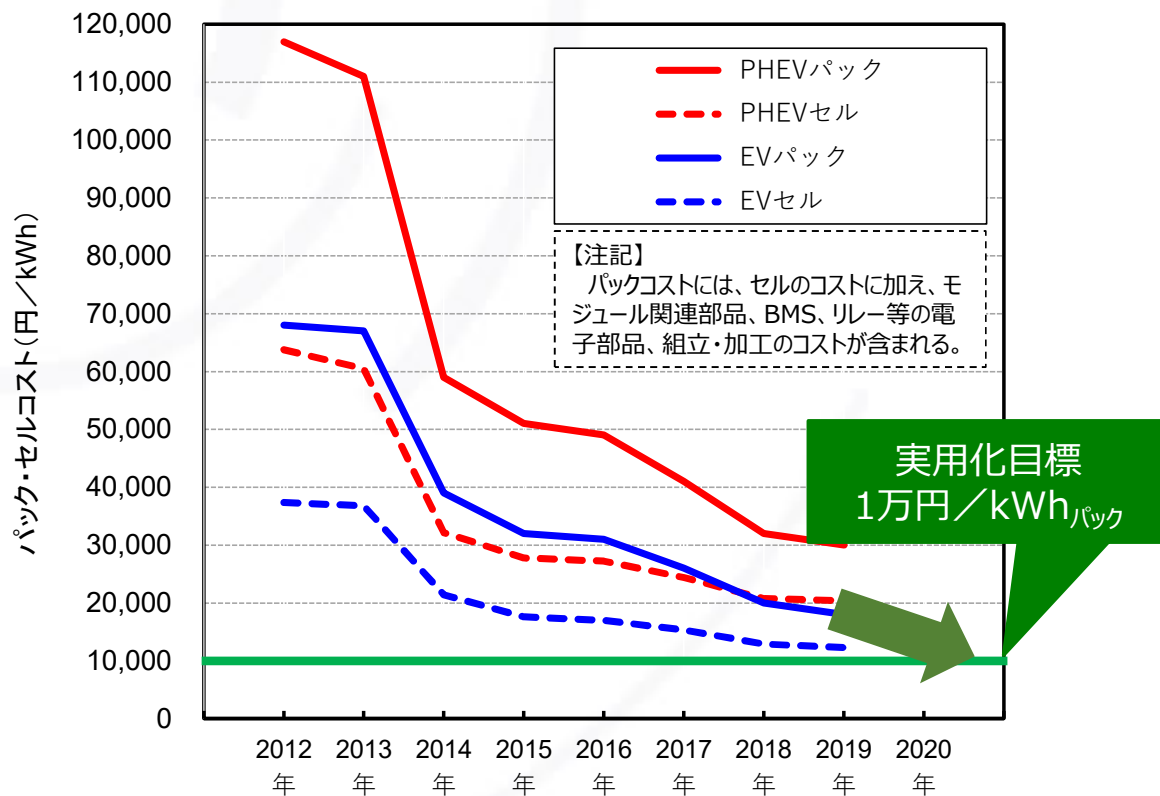
年間**1.2億台**の電動車（EV・PHEV）の生産に必要な資源量  
資源の年間生産量は2018年の値

三元系正極（ $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z$ ）を使用したLIBではCo比率を下げても絶対量が不足、Li・Niも不十分

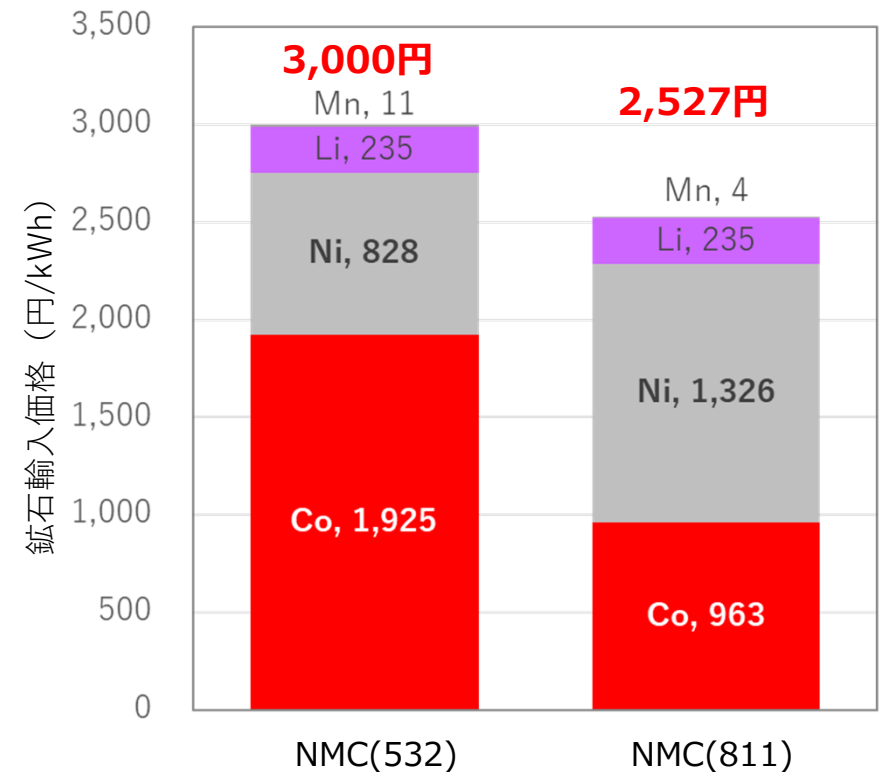
電池の仮定) 容量：60kWh/台（EV），15 kWh/台（PHEV），正極：NMC(532)または(811)，電池電圧：3.7 V，利用率：65%  
EVでの必要量：Co量：11kg/台（532）・5.5kg/台（811），Li量：7.2kg/台（電解液込み）

# 事業の背景 電池（セル・パック）コスト

EV・PHEVの電池（セル・パック）コストと目標



1kWhのLIBに必要な原料鉱石の輸入価格

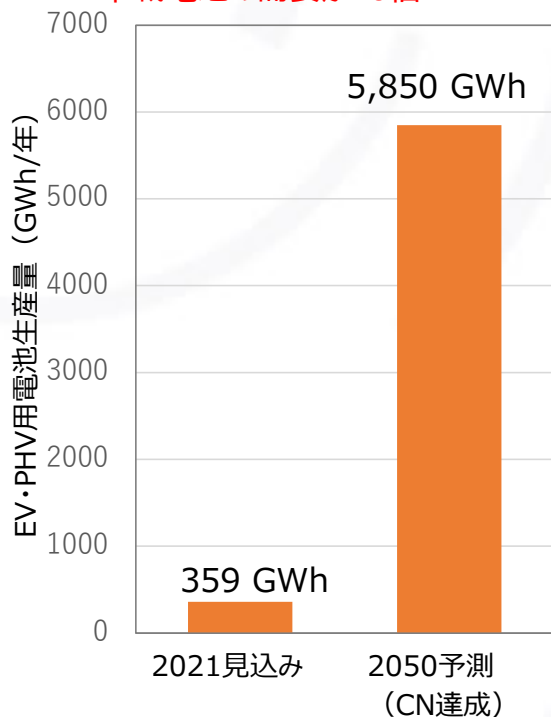


正極材およびLiの原料鉱石の価格だけで  
2,500~3,000円/kWh

# 事業の背景 まとめ

## 市場動向の推移（予測）

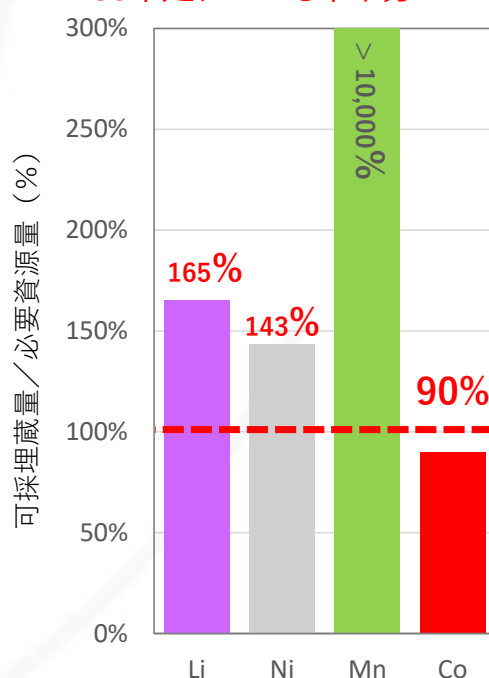
車載電池の需要が16倍



電動車 約1.2億台  
(EV 90百万台、PHEV30百万台)

## 資源量の限界 (86.8TWhへの対応)

Co不足、Li・Niも不十分

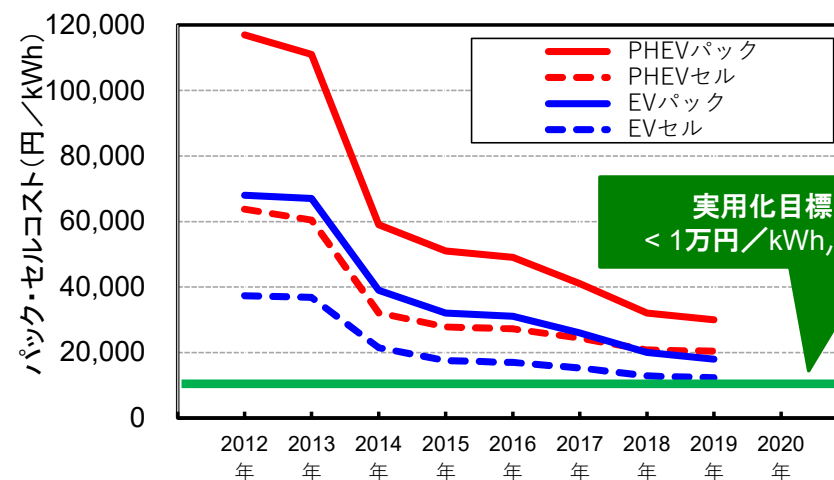


三元系正極\*を用いたLIBでは 86.8 TWh の需要には対応できない。

\* 三元系正極のNMC (811)を仮定  
LiNi<sub>1-x-y</sub>Mn<sub>x</sub>Co<sub>y</sub> の正極材料で x = y = 0.1 の組成の材料

## 低コスト化

資源・調達リスクでLIBは高騰の可能性

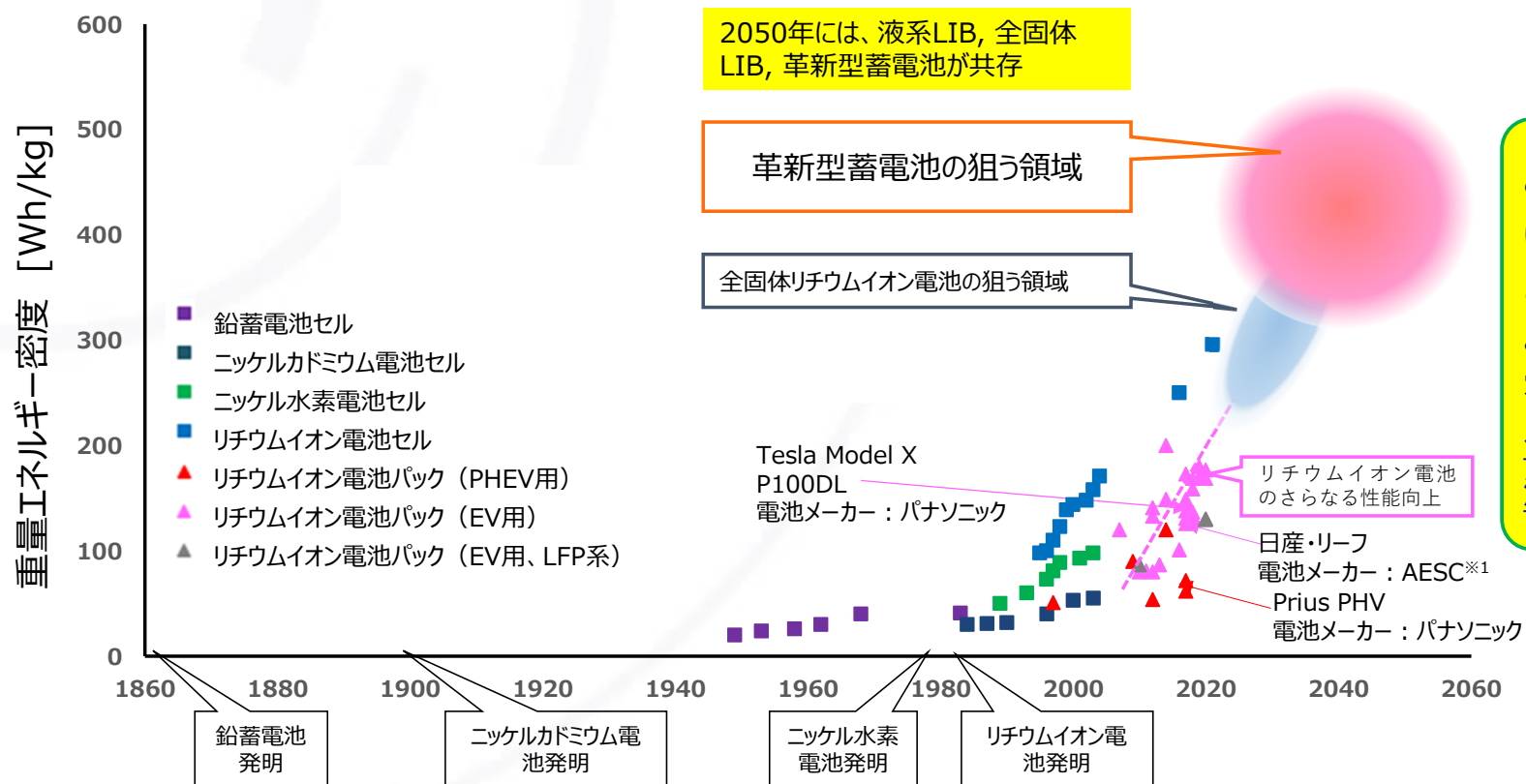


実用化目標  
<1万円/kWh<sub>パック</sub>

## 用途の多様化

従来の中～長距離利用の乗用車以外に加え、カーシェアや短距離用途のシティコミューターへの対応が必要。

# 技術戦略上の位置づけ



これまでエネルギー密度の向上を主眼に蓄電池の研究開発がなされてきたが、2050年のカーボンニュートラルを達成しようとする、電池の高性能化（高エネルギー密度化）のほかに、**資源リスク・調達リスクのない元素・材料を使った高性能電池の実現が必要。**



# 事業の目的・将来像 開発対象の電池

## 本事業で目指すべき電池

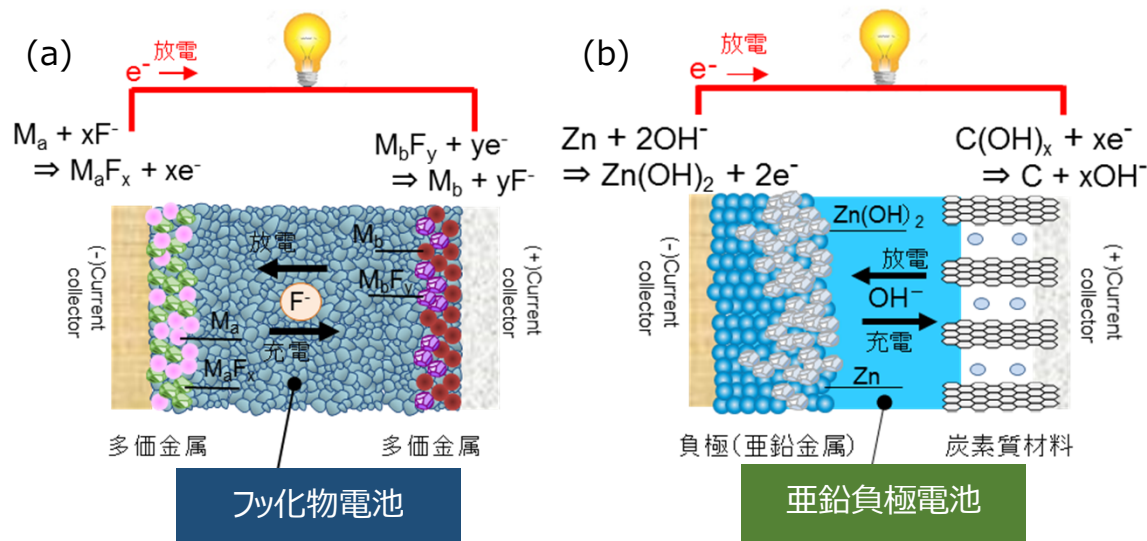
- ・2050でのCN達成の実現に寄与（約18億台の自動車のEV化・PHEV化）
- ・現状の自動車と同等以上のユーザビリティ（性能・コスト）

下記の項目で現状LIBを凌駕する電池が必要

- ・安価かつ資源リスクのない原料・元素
- ・高エネルギー密度
- ・高安全（発火リスク極小など）
- ・高耐久・長寿命
- ・シンプルな製造プロセス

## 開発対象の革新型蓄電池

RISING/RISING2での開発結果と目指すべき電池の要件より選択



【特徴】

- ・構成元素が、Cu, Al, Fなど資源量が豊富
- ・原理的に高エネルギー密度化が可能

【特徴】

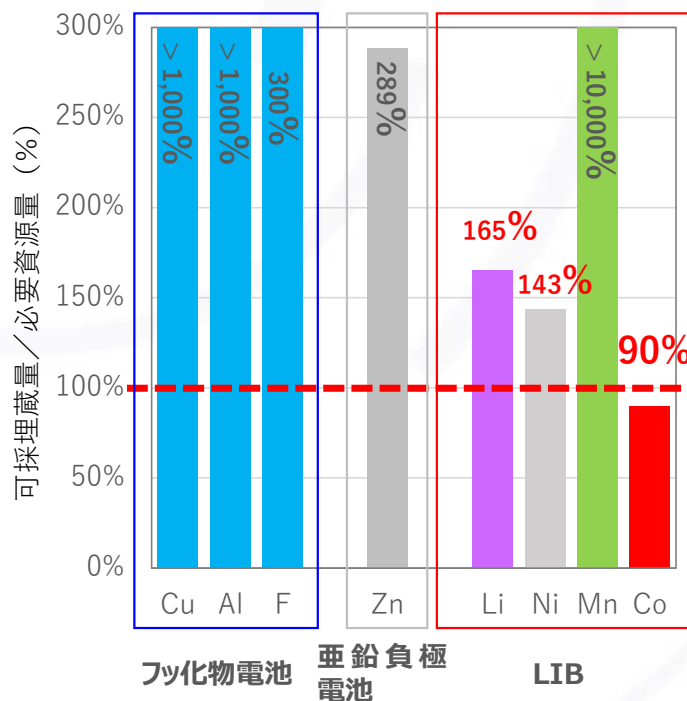
- ・構成元素が、Zn, C, Mnなど安価かつ豊富
- ・水系電池で高安全の期待

Li・Coを使わない電池



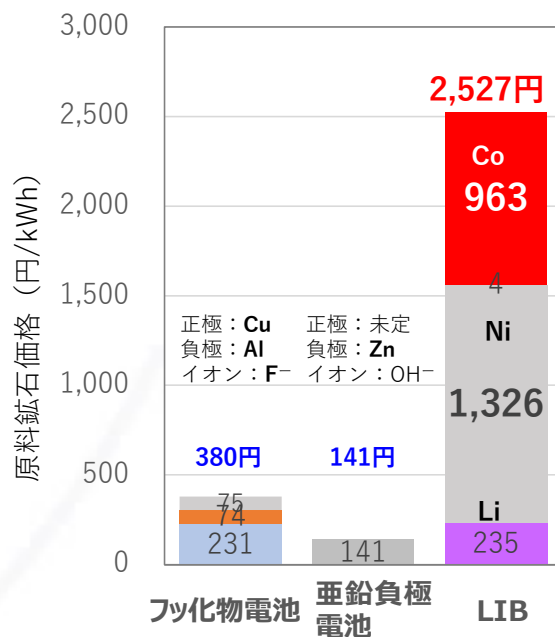
# 事業の目的・将来像 革新型蓄電池の資源・コストポテンシャル

2050CNでのEV・PHV用電池（86.8TWh）  
に必要な資源量に対する可採埋蔵量



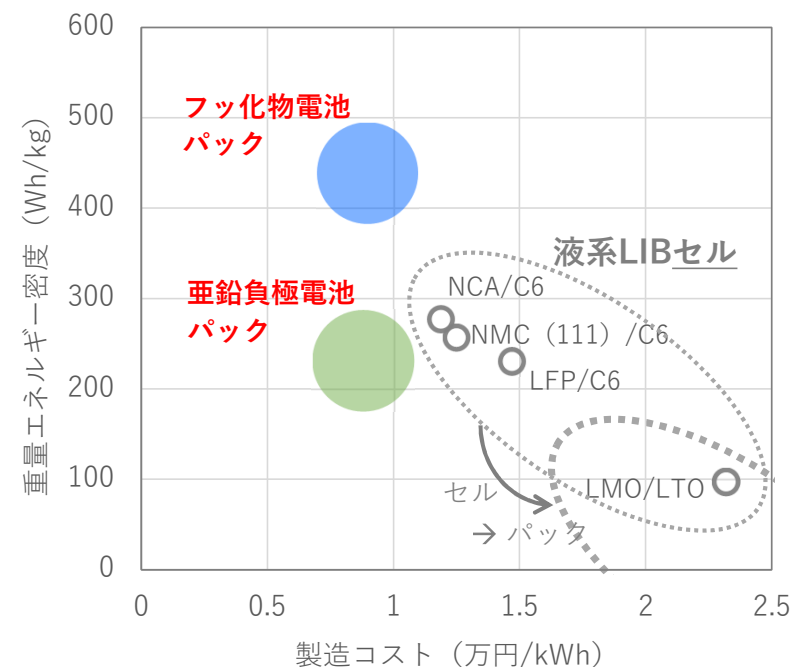
仮定) 総容量：86.8TWh  
 内訳：EV 13.35億台（60kWh/台）、PHEV 4.45億台（15 kWh/台）  
 フッ化物電池：正極：Cu, 負極：Al, セル電圧 2.4V, 利用率 50%  
 亜鉛負極電池：負極：Zn, セル電圧 1.2V, 利用率 50%

1kWhの電池に占める原料  
鉱石の価格



2018年の次の平均輸入価格より算定  
 F：CaF<sub>2</sub>（アシッドグレード）、Cu・Zn・Mn：鉱石、  
 Al：地金、Ni：塊、Co：マット、Li：炭酸リチウム

液系LIB製造コストと本事業のターゲット



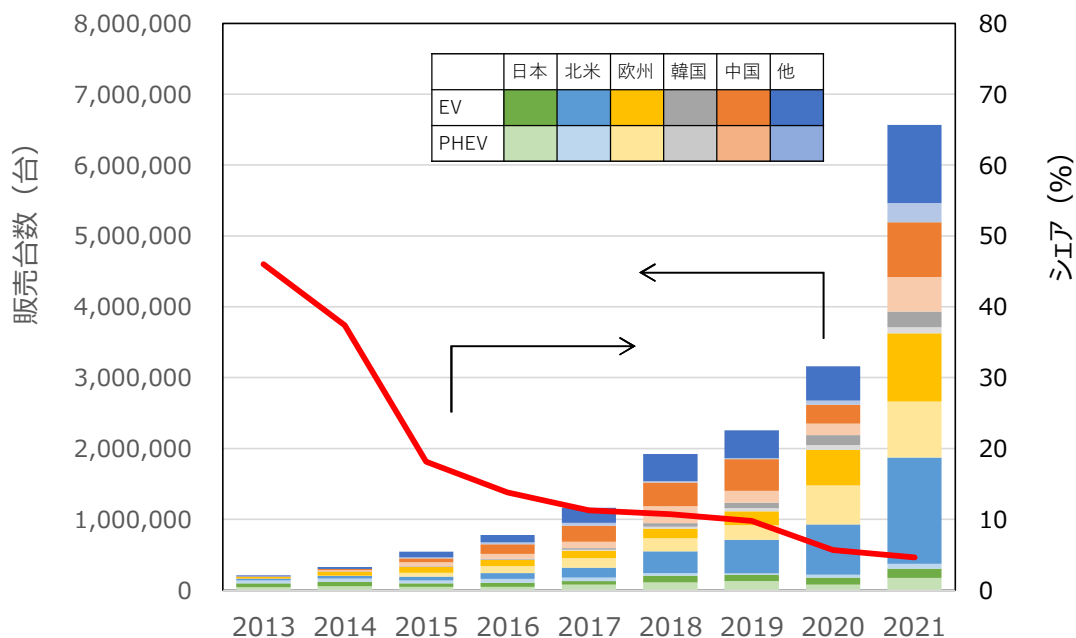
LIB製造コスト：JST低炭素社会戦略センター「蓄電池システム (Vol.9) 一次世代電極活物質を用いたリチウムイオン電池の製造コスト試算」(2020/03)

LIBの仮定) LIB：正極：NMC (811), 利用率：65%, Co量：5.5kg/台, Li量：7.2kg/台（電解液込み）

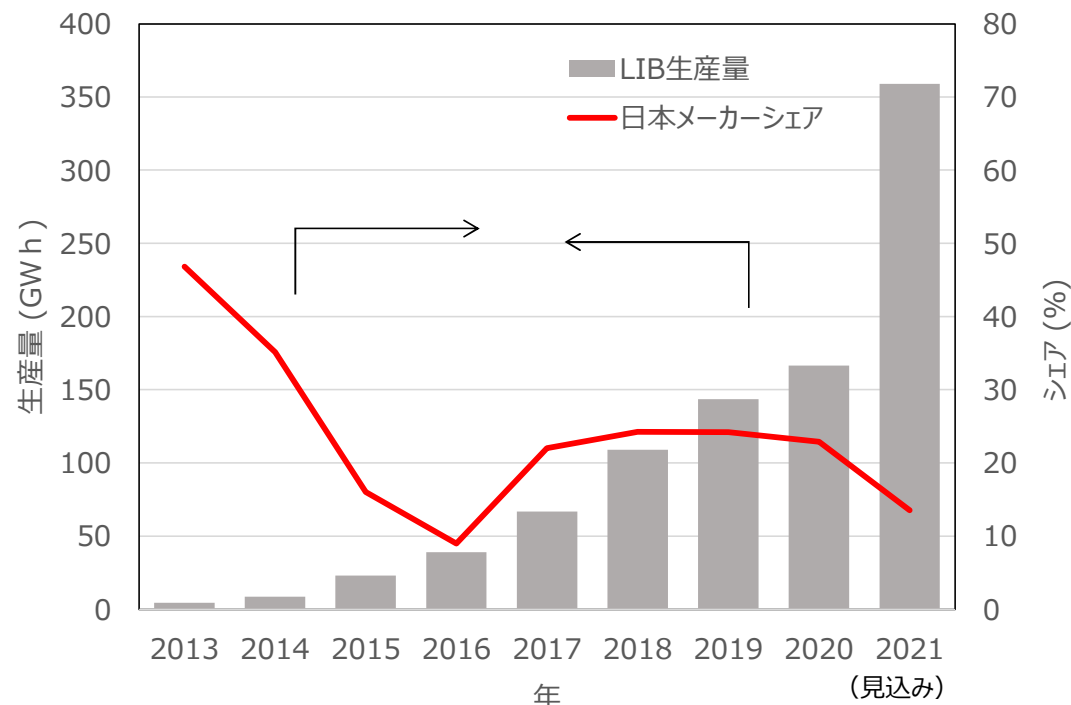
# 国内外の動向と比較 電動車と車載電池のシェア推移

グローバルでの販売台数、生産量は増加する一方、日本メーカーのシェアは電動車・車載蓄電池ともに減少

各国メーカーのEV・PHEV販売台数と日本メーカーシェア



車載用LIB生産量と日本メーカーシェアの推移



出典) 富士経済「電池関連市場実態総調査 (2014~2022年版)」

出典) 富士経済「HEV、EV関連市場徹底分析調査 (2015~2022年版)」  
 ※ 「各国メーカー」は各国の主要メーカーのみ。小規模メーカーは「その他」に分類



# 国内外の動向と比較 主要国の蓄電池開発プロジェクト(1/2)

国・地域	プロジェクト	液系LIB										先進Li電池			革新型電池	
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
日本	● RISING3 [NEDO]											Fluoride, Zinc-anode				
	● RISING, RISING2 [NEDO]	Zn-Air, Li-MSx, Nano-interface					Zn-Air, Li-MSx, Nano-interface									
	● SOLiD-Next [NEDO]													All-Solid		
	● SOLiD-EV [NEDO]			LIB, All-Solid				All-Solid								
	● LIB応用・実用化 [NEDO]		LIB, All-Solid													
	ALCA-SPRING		All-Solid, Li-S, Li-Air, Mg-ion, Li-Metal Anode, etc.													
	元素戦略		Na-ion, K-ion													
米国	● Li-Bridge											Li-S, Li-Metal, ALL-Solid				
	● AVTR (電動車の研究開発が主)										Li-S, Li-Air, Li-Metal, Na-ion					
	● Vehicle Technologies Program	LIB		LIB, Li-S, Li-Air, Na-ion, All-Solid												
	● BEEST	Li-Air, Zn-Air, Li-S, Mg-ion, etc.														
	● RANGE	All-Solid, Zn-Air, Li-S, Alkaline, etc.														
	● IONICS						All-solid, Li-metal Anode									
	● JCESR, JCESR2		Li-S, Li-Air, Multi-ion, Redox-flow					Li-S, Li-Air, Multi-ion, Redox-flow								
	● Battery500, Phase2						Li-metal Anode, Li-S				Li-metal Anode, Li-S, All-Solid					
中国	第14次5か年計画										LIB, All-Solid, Na-ion, Metal-Air					
	国家重点研究開発計画						LIB, Li-Air, Li-S, All-Solid, etc.									
	973計画	Li-Air, Li-S, etc.														
韓国	K-バッテリー発展戦略										All-Solid, Li-S, Li-Metal					
	気候変動対応コア技術開発					Li-Air, Li-S, All-solid etc.										

● 産学連携・集中拠点型    ● 産学連携



# 国内外の動向と比較 主要国の蓄電池開発プロジェクト(2/2)

国・地域	プロジェクト	液系LIB										先進Li電池			革新型電池		
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
EU 	● Horizon Europe (BATT4EU)											LIB, Li-Metal, All-Solid					///
	● BATTERY 2030+ (HIDDEN)											Li-Metal					
	● EUROLIS, HELIOS		Li-S				Li-S										
	● LABOHR	Li-Air															
	● LISSEN		Li-S														
	● NECOBAUT		Fe-Air														
	● STABLE		Li-Air														
	● ALISE, LISA					Li-S				Li-S							
	● ZAS					Zn-Air											
	● HS-GLASSion					All-Solid											
	● Image								All-Solid								
ドイツ 	● POLiS										Na, Mg, Al, Ca, Cl-ion						
	● ALANO										All-Solid, Li-Metal						
	Excellent Battery Centers		LIB, Li-S, Li-Air, Mg-ion, etc														
	● FestBatt								All-Solid, Li-Metal								
	● ARTEMYS								All-Solid								
	● Strom	Li-Air, Zn-Air, Li-S															
	● MEET-HiEnD		LIB, Li-S, Li-Air, Mg-ion														
	● BamoSa		Li-S														
● Batterie2020						Li-Air, Li-S, Mg-S, All-solid, etc.											
フランス	● RS2E	LIB, Li-Air, Li-S, Na-ion, Redox-flow, etc.															
イギリス	● Faraday Battery Challenge							LIB, All-Solid, Li-S, Na-ion									



# 国内外の動向と比較 主なプロジェクトの比較

	RISING3 (日本)	Li-Bridge (米国) *1	Horizon Europe (EU) -BATT4EU- *2	POLiS (ドイツ) *3
目的	資源制約が少ない安価な材料で、高いエネルギー密度と安全性を両立可能な「フッ化物電池」と「亜鉛負極電池」を研究開発。	米国内のリチウム電池のサプライチェーンのギャップを埋める。	バッテリーの性能と安全性を向上し、コストを削減する。リサイクル技術を実装する。サプライチェーンを持続し、CO <sub>2</sub> 排出量も削減。	電気エネルギーの効率的かつ持続可能な貯蔵に必要な新しいバッテリー材料と技術コンセプトを開発。(BMBF所管)
期間	2021-2025	2021-2030	2021-2030	2019-2025
予算	125億円	273億円 (2億900万 \$)	240億円 (1.85B€)	61億円 (47M€)
電池	フッ化物、亜鉛負極	Li-S, Li-Metal, All-Solid	LIB, Li-Metal, All-Solid	Na, Mg, Al, Ca, Cl イオン
コスト	< 10,000円/kWh	10,400円(80 \$) /kWh	16,250円(125€) セルとして	
重量エネルギー密度	> 400Wh/kg (フッ化物電池) > 200Wh/kg (亜鉛負極電池)	500Wh/kg	400Wh/kg	
体積エネルギー密度	> 900Wh/L (フッ化物電池) > 400Wh/L (亜鉛負極電池)		800Wh/kg	
カレンダー寿命	15年以上		記載なし	
サイクル寿命	> 2,000回	記載なし	1,000回 (放電深度80%)	記載なし
安全性	発火リスク無し		安全性確保	
原材料調達リスク	無し			
急速充電時間	< 20分以下		記載なし	

為替レート：1 \$ = ¥130、1 € = ¥140

\*1 [https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-06/FCAB%20National%20Blueprint%20Lithium%20Batteries%200621\\_0.pdf](https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-06/FCAB%20National%20Blueprint%20Lithium%20Batteries%200621_0.pdf)、  
<https://www.energy.gov/sites/default/files/2020/12/f81/Energy%20Storage%20Grand%20Challenge%20Roadmap.pdf>

\*2 [https://ec.europa.eu/research-and-innovation/sites/default/files/bmr-2022/ec\\_rtd\\_bmr-2022-batteries-batt4eu-fiche.pdf](https://ec.europa.eu/research-and-innovation/sites/default/files/bmr-2022/ec_rtd_bmr-2022-batteries-batt4eu-fiche.pdf)

\*3 <https://www.postlithiumstorage.org/en/polis>

# 他事業との関係

## 各事業の位置づけ

### 【経済安全保障重要技術育成プログラム】

重機・建機・船舶等の大型モビリティの電動化を目的として、主にLIBの高入出力・長寿命・高安全に係る研究開発と実証

### 【GI基金】

企業への助成による蓄電池産業の競争力強化（液系LIB・全固体LIB）

### 【次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発】

全固体電池（全固体LIB）の基盤・評価技術開発

### 【RISING3】

将来のEV車載電池を目的とした、LiやCoを使わない、資源リスクのない高性能電池の創出と実証

### 【JSTの各事業】

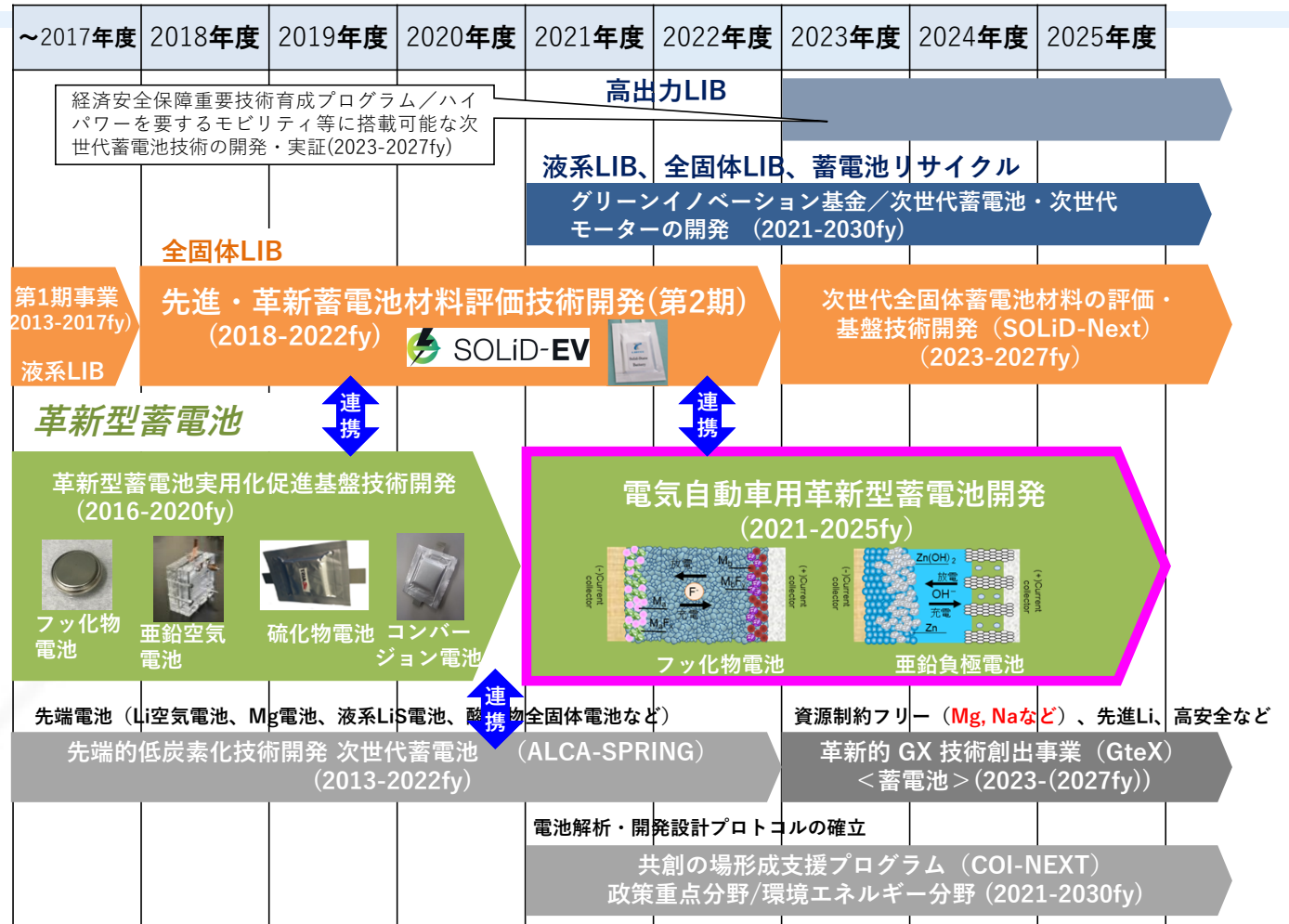
アカデミア中心の各種電池の研究や、電池解析・設計プロトコルの構築など

### 「文部科学省・経済産業省ガバナングボード（蓄電池）」

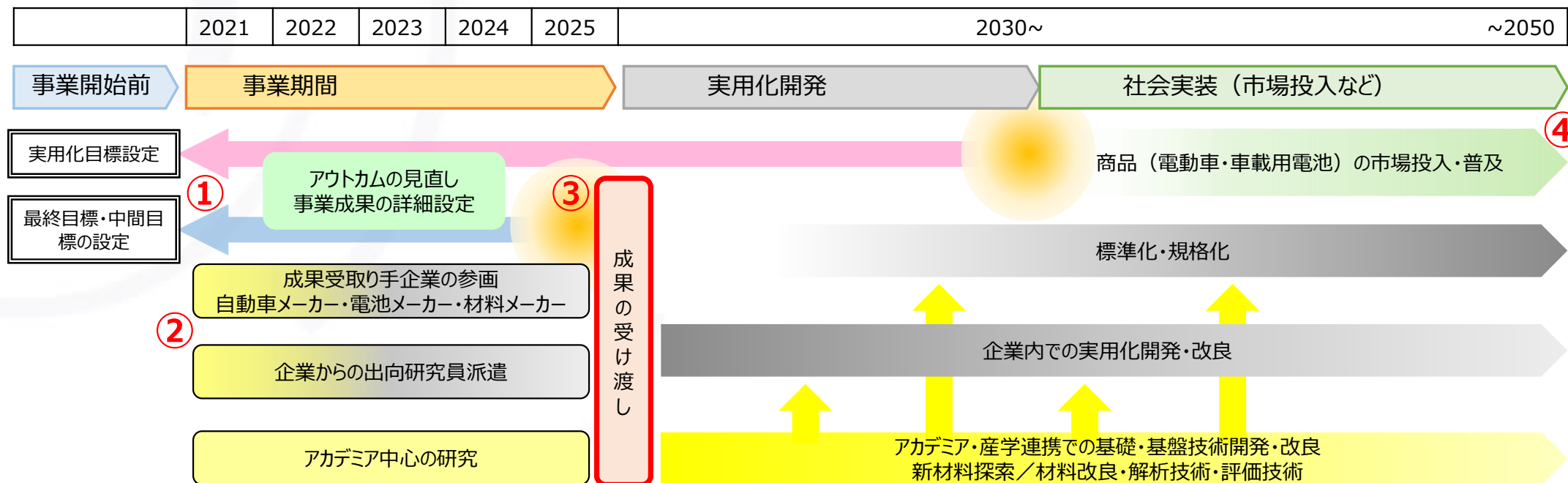
（戦略コーディネーター：JST理事長 橋本和仁）

JST事業、文科省事業及びNEDO事業と省庁の枠を越えた連携を効果的・効率的に行うため、各事業に関係している有識者から構成される「ガバナングボード」が設置。NEDO蓄電技術開発室長（本事業のPM）もこのガバナングボードの構成員であり、他事業との連携関係の構築、シナジー効果の獲得に取り組んでいる。

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構



# アウトカム（社会実装）達成までの道筋



- ①：社会実装を念頭に実用化目標を設定、事業の最終・中間目標にバックキャスト
- ②：成果受取手の企業が当初から参画、出向研究員が拠点大学に常駐・研究
- ③：成果受け渡しのための、事業計画・開発項目の見直し
- ④：環境変化を受けたアウトカムなどの見直し



# 知的財産・標準化戦略

## 知財戦略

### 1. オープン/クローズ戦略

将来の産業競争力の維持・向上を念頭に、研究開発成果の内容に応じて、協調領域（オープン、公表、論文発表、標準化）と競争領域（クローズ、特許化、秘匿ノウハウ）を判断。また、事業成果の特許は、参画機関が外部よりも有利に実施できるよう規定・合意済み。

### 2. 戦略的特許出願

活物質・電解質などの材料発明は積極的に特許出願し、将来の競争力優位性を担保。主要なEV市場形成が見込まれる国や電池の海外競合企業が存在する国を中心に外国出願を積極的に推進。

### 3. 競合情報の動向把握

特許・論文から潜在的な競合情報を把握し、実施者(プロジェクト参画機関)間で共有の上、研究内容に反映。

### 4. 知財マネジメント体制

知財合意書を整備し、成果の扱い・守秘・データの保全等に関して規程。個別のオープン/クローズに関して全案件をPL・SPLが横ぐしを通して判断。

## 標準化戦略

本事業で開発する電極活物質・電解質材料、合剤電極及びセルについては、企業の「コア・イノベーション領域」であり、これらの情報を標準化（＝オープン化）することは、現時点で想定していない。

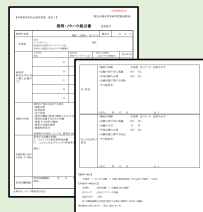
本事業終了後、企業主体の実用化開発のフェーズに移行した場合、EV及びバッテリーパックとしての「非コア・イノベーション領域」（仕様・インターフェース・プロトコル・性能基準・評価方法）の国際標準化は必ず必要となる。また、これらの標準化に際しては、「コア・イノベーション領域」の差別化を図れるよう、日本が主導権を握る必要がある。

主導権を握るには、標準化機関（IEC/TC21/JWG69、ISO/TC22/SC37）への提案活動を早く始めることが重要である。そのため、本事業において標準化に直接的に関係した研究開発は実施しないが、プロジェクトに参加する自動車・蓄電池メーカーの標準化関係者及びIEC・ISO規格の国内審議団体（JARI、電池工業会）と研究開発の進捗状況について情報共有すること将来課題として検討する。

# 知的財産管理

事業者・研究者

研究開発成果



【発明者】：発明・ノウハウ届出書

【発表者】：对外発表許可申請書

事業者にてオープン/クローズ判断

申請

申請

PL・SPLによる内容精査・オープン/クローズ判断

判断基準：  
・秘匿すべきノウハウの有無  
・特許化の価値の有無  
(外国出願を念頭)

ノウハウ

特許出願(国内・外国)の可否/ノウハウ登録

NG

特許

对外発表の可否

NG

発表：NG  
特許出願・ノウハウ登録の指示

判断基準：  
・ノウハウの有無  
・特許出願の有無  
・輸出管理規制の該非

事業者

【事業者】ノウハウ登録

【事業者】特許出願

【事業者】論文・学会発表

登録

登録

登録

NEDO

必要に応じて事業者間で共有議論

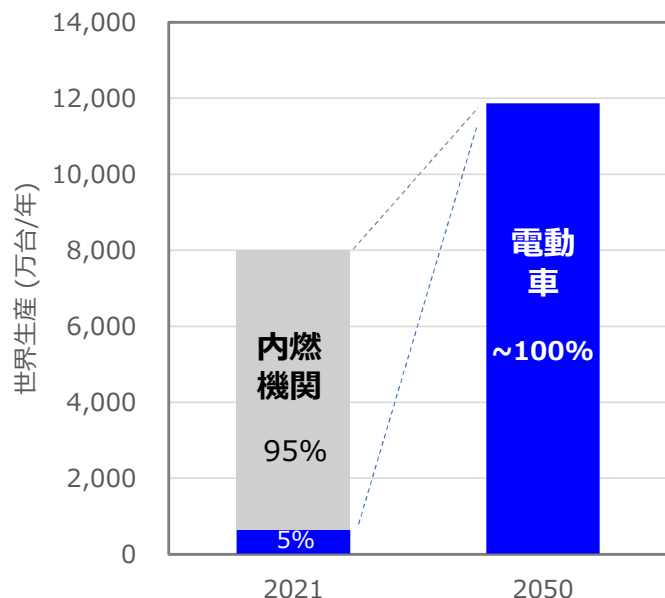
外国出願の推進  
(事業者を交えての議論など)

成果として登録

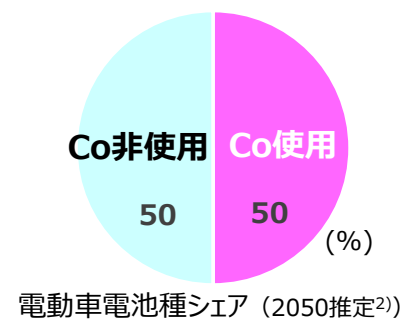
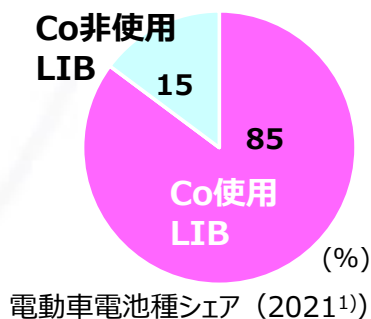
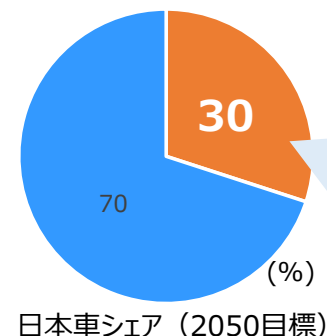
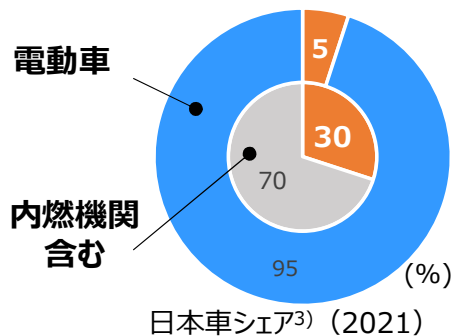
## <評価項目 2> 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況

# アウトカム目標の設定及び根拠 目標設定



2021年と2050年の自動車の生産台数とパートレートの推移 <sup>3, 4)</sup>



## アウトカム目標

2050年に、本事業成果を活用した革新型蓄電池を搭載する電動車 (EV・PHEV) を、年間生産1200万台の規模で普及。

※ Co等の資源リスク低減 & 日本の自動車および蓄電池産業の競争力維持 (世界シェア30%)

※ カーボンニュートラルおよび持続可能な社会の実現に貢献 (世界の自動車の10%が革新型電池搭載)

# アウトカム目標の設定及び根拠 費用と効果

## 【インプット】プロジェクト費用の総額 約125億円（5年）

	中間評価（改定）	参考）基本計画	
	アウトカム目標	アウトカム目標	根拠
CO <sub>2</sub> 削減効果※	<p><b>2050年時点で世界の電動車生産の搭載電池の10%が革新型電池</b> Coをはじめとする材料資源リスクを大きく低減</p> <p><b>2050年排出量削減</b>  <b>国内1600万t-CO<sub>2</sub>/年</b>（国内販売100万台/年）  <b>世界1.03億t-CO<sub>2</sub>/年</b>（世界生産1200万台/年）</p>	2047年、世界排出量削減 4,500万t-CO <sub>2</sub> /年 （世界生産750万台/年）	内燃機関からEVへの代替 よる、1台当たり生涯削減 量の試算値を、電力排出 係数半減として算出
経済効果	<p>2050年までに<b>電動車での日本の自動車メーカーの世界シェア拡大（5→30%）</b> 日本メーカー電動車の1/3に搭載</p> <p><b>2050年経済効果</b>  <b>車両売上：24兆円/年</b>  <b>バッテリーパック売上：約5.9兆円/年</b></p>	2047年 車両売上：12兆円/年 （世界生産600万台） バッテリーパック売上：約2.3 兆円/年	2030年代に国内販売開 始、輸出、海外生産と段階 を踏んで世界生産を拡大

※ 年間排出削減量 = (市場走行台数) × (1台当たり年間削減量<sup>1)</sup>)

※ 本試算では、走行、製造の排出の分離、電力排出係数の将来的低下は考慮していない

# 本事業における「実用化」の考え方

## 本事業における成果の実用化の考え方(定義)

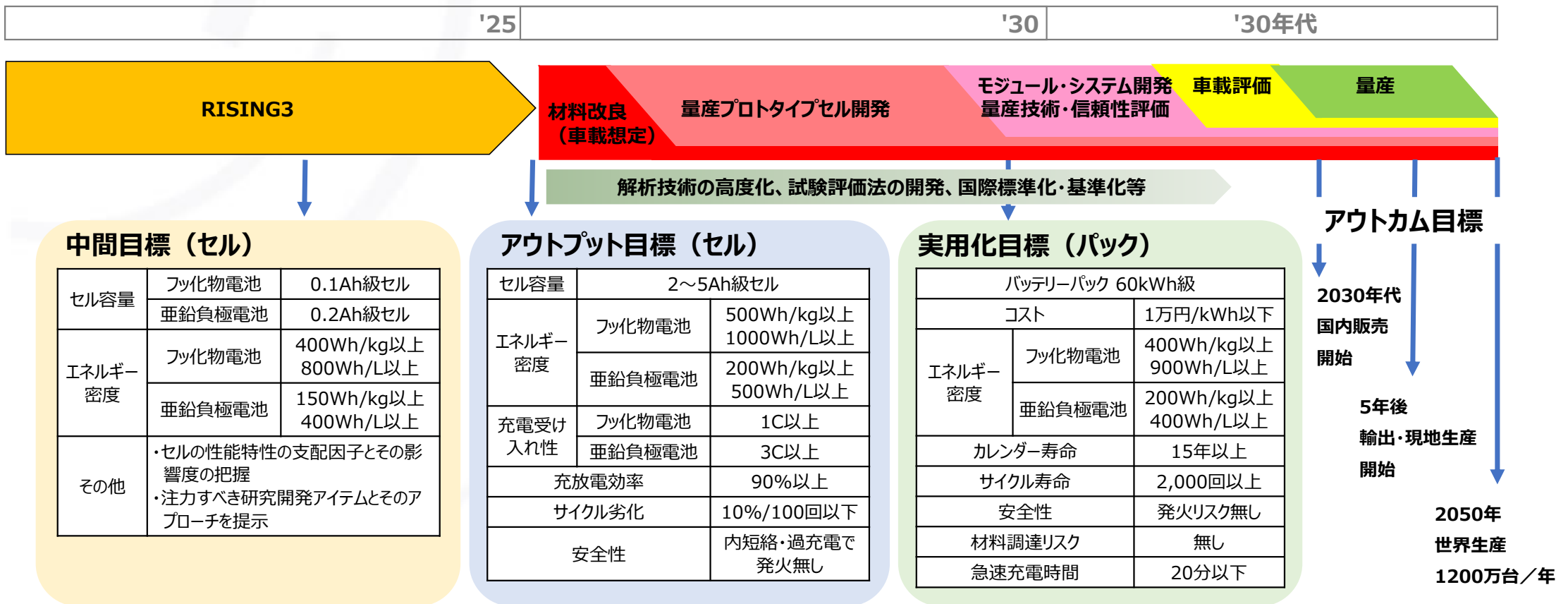
本事業で構築する、共通基盤技術、及び獲得した技術的ブレークスルーが利活用されることで、EV・PHEV駆動用の革  
新型蓄電池が開発され、世界に先駆けた市場投入の実現に資すること

## 成果の実用化に向けた戦略

- 先端的な材料科学や高度な解析技術を得意とする大学・公的研究機関、車載バッテリー及びその構成材料の開発・製品化で豊富な実績を有する蓄電池メーカー及び材料メーカー、さらにはエンドユーザーとなる自動車メーカーで構成される産学連携・企業間連携のコンソーシアム体制を構築する
- NEDOがこれらプレイヤーの英知を事業内で好循環させるマネジメントを行い、電極・電解質等の材料開発～電池設計～電池試作～評価解析までの共通基盤技術を一気通貫で構築することにより、革新的車載バッテリーの実用化を実現する技術的ブレークスルーを獲得する

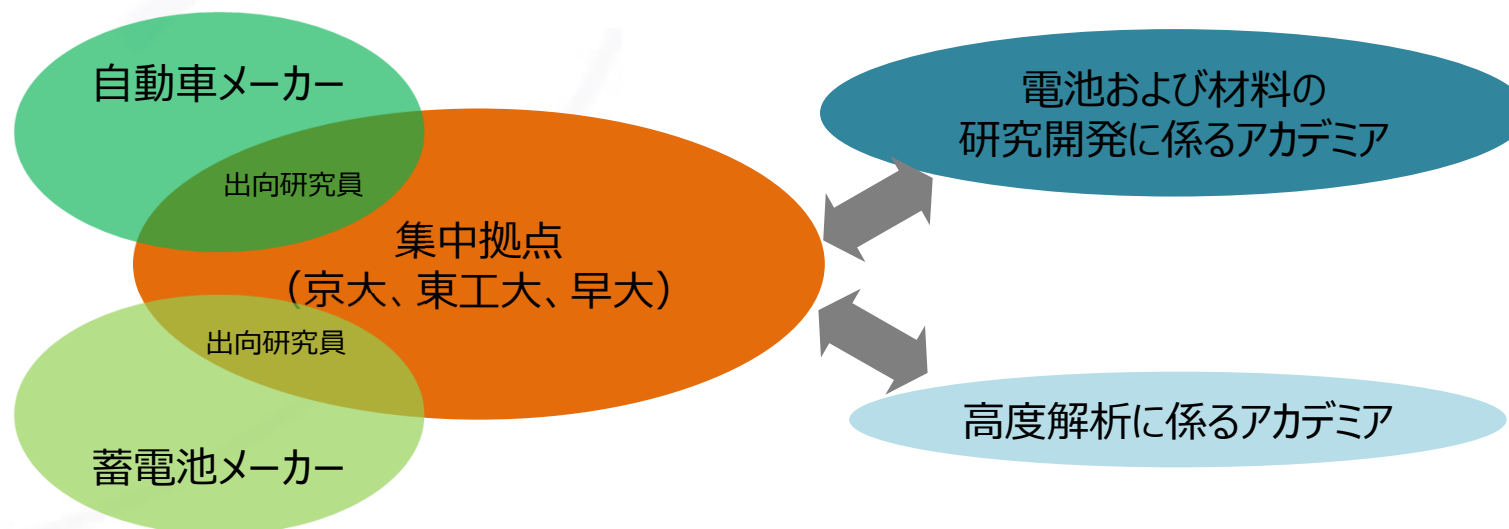
# アウトプット目標とアウトカム目標の達成までのロードマップ

本プロジェクト終了後、企業中心の開発体制（自動車-蓄電池-材料メーカーによる垂直連携体制）を構築し、実用化に向け積み残された課題のないことを確認し、量産プロトタイプセル（大型セル）の開発ステージに移行。



# 波及効果 (1/2) オープンイノベーションの推進

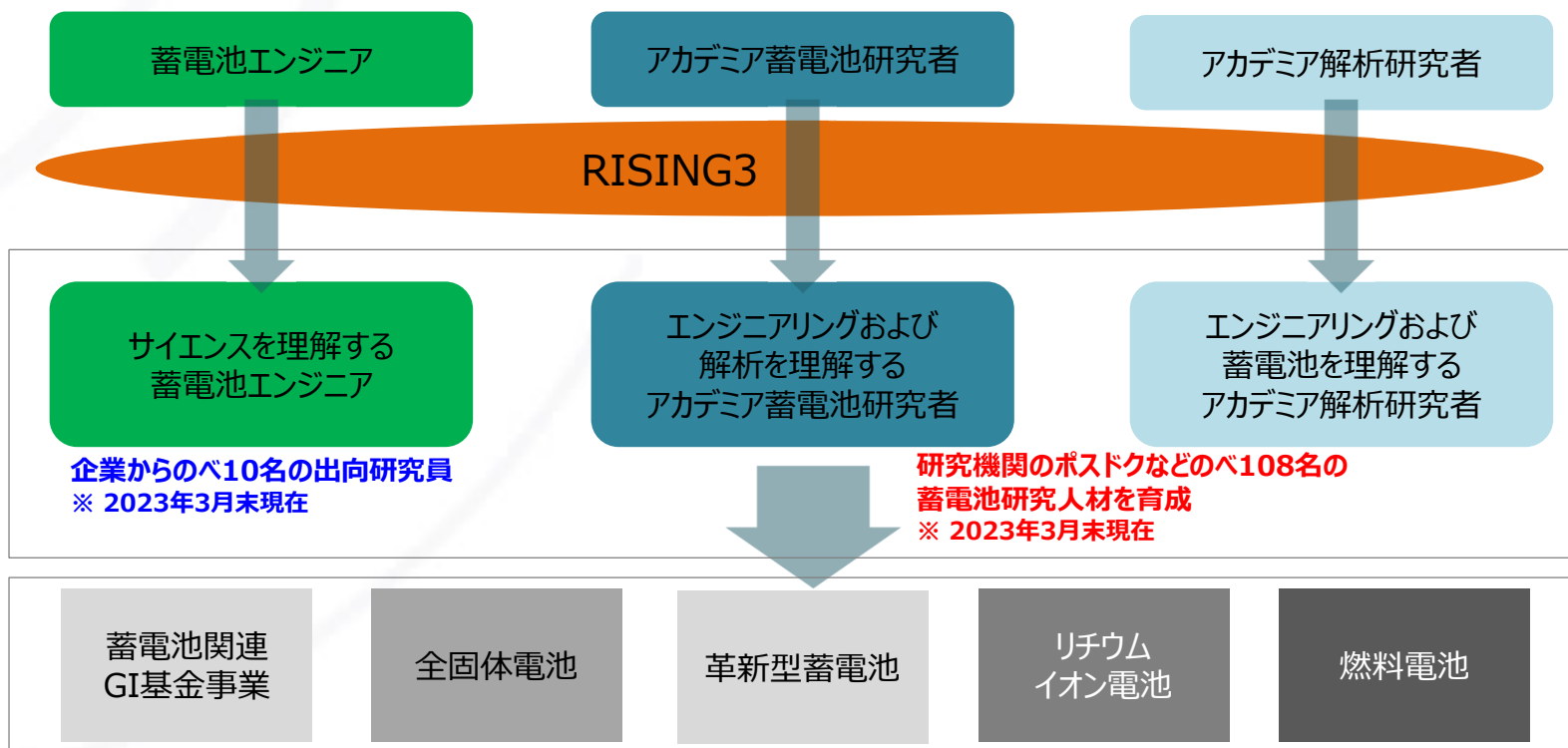
- 自動車メーカー、蓄電池メーカー、電池および材料に係るアカデミア、高度解析に係るアカデミア、という参画者が競合・異業種等の垣根を取り払い、協働で研究開発に取り組んでいる
- メーカー研究者が集中拠点に常駐し（出向研究員）、産学連携を更に推進
- 集中拠点がコミュニケーションのハブとなることにより、高効率かつ、統合された協働
- これらにより、「科学者（アカデミア）とエンジニア（産業界）の交流」及び「蓄電池研究者と解析研究者の交流」を実現
- ニーズ・シーズの好循環や幅広い知・人材の交流が図られており、垂直連携を基本として展開されてきた我が国の蓄電池の研究開発において、オープンイノベーションを推進





# 波及効果 (2/2) 人材育成

- ▶ 本事業により、多面的な能力を有するエンジニア、研究者の育成につながる
- ▶ 今後、育成されたエンジニアおよび研究者による革新型電池の研究開発への多大な貢献が期待される
- ▶ 加えて、他電池の発展にも大いに寄与すると期待される



# アウトプット（研究開発成果）のイメージ

## アウトプット目標

2～5Ah級セル		
エネルギー密度	フッ化物電池	500Wh/kg以上 1000Wh/L以上
	亜鉛負極電池	200Wh/kg以上 500Wh/L以上
充電受け入れ性	フッ化物電池	1C以上
	亜鉛負極電池	3C以上
充放電効率		90%以上
サイクル劣化		10%以下/100回
安全性		内短絡・過充電で 発火無し

### セル設計技術

充放電メカニズムや劣化メカニズムに基づくセル設計

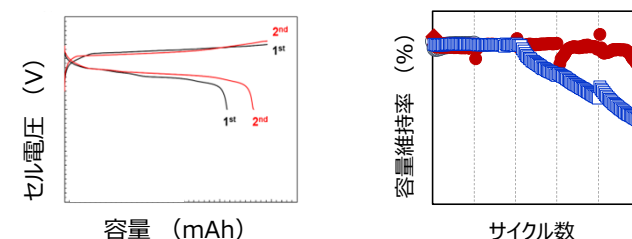
### 電極化・セル化技術

新規材料の電極化・セル化に必要なプロセス技術・ノウハウ



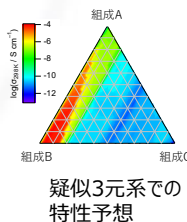
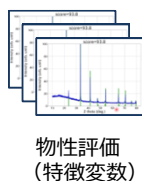
### セル評価技術

充放電特性や耐久性などの評価技術



### 材料探索・特性予測技術

材料インフォマティクスによる特性予測や新規材料探索技術



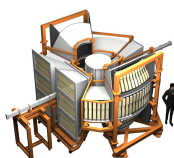
### 新規材料

活物質や電解質などの各種材料とその特許

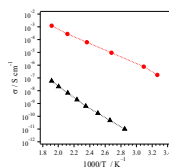
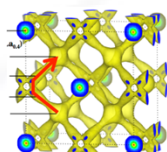


### 材料解析・評価技術

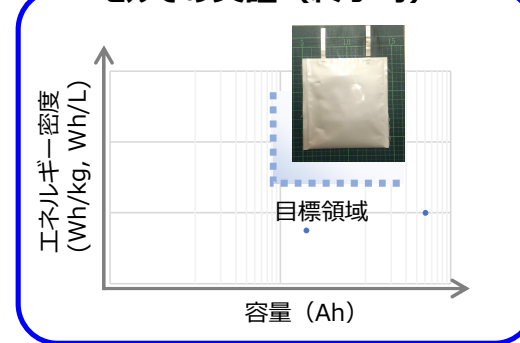
高度解析による材料・界面現象のメカニズム解明



中性子によるイオン伝導パス解析



### セルでの実証 (終了時)



### 赤：基盤技術

電池などの研究開発での広い利用が見込まれる

### 青：実用化技術

企業への技術移転・実用化への応用が期待される



# フッ化物電池の研究開発の目標達成状況 (中間)

項目	目標 (2024年3月)	成果 (2023年3月)	達成度 (見込み)	達成の根拠 / 解決方針	最終目標
重量エネルギー密度	400 Wh/kg以上	371 Wh/kg	○ 2024年3月に達成見込み	電極内のイオン伝導度向上による利用率の向上、特に負極の利用率向上によって、エネルギー密度の向上を図る。現在、電極での効果検証中であり、年度末までに目標の達成が見込まれる。また現状の値はハーフセルからの推定値のため、年度内にフルセルでの実証を予定。	500 Wh/kg以上
体積エネルギー密度	800 Wh/L以上	1400 Wh/L	◎ 2023年3月に達成		1,000 Wh/L以上
セル容量	0.1 Ah級	0.1 Ah	(○) エネ密実証とは別のプロセス検討セルにて確認	今後は高エネルギー密度実証セルの材料・電極組成をもとに大容量化を検討し両立を目指す。	2 Ah級
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>セルの性能特性支配因子とその影響度を把握</li> <li>注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示</li> </ul>	電極の利用率向上の指針について、その設計指針を出すことができた。一方、レート特性・低温動作などの速度論的な観点ではまだ検討中。	○ 2024年3月に達成見込み	速度論的な観点の解析結果を踏まえ、レート特性・安全性に係る基礎検討を開始する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全性：内部短絡・過充電等の異常時に発火・発煙無し</li> <li>実用化開発を経て実現されるバッテリーパックの性能・コストを推定し、実用化目標を達成可能なことを確認</li> </ul>
充放電効率					90%以上
サイクル容量劣化					10%以下 (100サイクル後)
充電受け入れ性					1Cレート以上

# 亜鉛負極電池の研究開発の目標達成状況 (中間)

項目	目標 (2024年3月)	成果 (2023年3月)	達成度 (見込み)	達成の根拠 /解決方針	最終目標
重量エネルギー密度	150 Wh/kg以上	82 Wh/kg (141 Wh/kg*)	△	電極化・電池化プロセス確立のために実施したNi-Zn電池の試作にて、エネ密は目標値相当の値を確認。Mn系の開発材料では電極設計指針が異なり、現状では目標未達。解決方針は「その他」参照。	200 Wh/kg以上
体積エネルギー密度	400 Wh/L以上	160 Wh/L (401 Wh/L*)	△		500 Wh/L以上
セル容量	0.2 Ah級	1.44 Ah (3.80 Ah*)	◎ 2023年1月に達成	試作Ni-Zn電池、Mn系開発材料を用いた電池両方で大幅過達を確認した。	5 Ah級
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>セルの性能特性支配因子とその影響度を把握</li> <li>注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>負極：合剤電極の組成と構造の最適化による利用効率とサイクル寿命の向上</li> <li>正極：新規正極活物質での新概念確認</li> <li>電解質：イオン構造の解析と正負極間のイオン移動制御技術構築</li> </ul>	○ 当初想定課題は2023年3月でほぼ達成済み	事業前半で得られた正極活物質（反応）の知見に基づき、セル化検討の対象正極材を選択する。 正極材料の追加に伴い、正極の反応に合わせた電解質・負極の材料・電極設計を最適化を今後検討する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全性：内部短絡・過充電等の異常時に発火・発煙無し</li> <li>実用化開発を経て実現されるバッテリーパックの性能・コストを推定し、実用化目標を達成可能なことを確認</li> </ul>
充放電効率					90%以上
サイクル容量劣化					10%以下 (100サイクル後)
充電受け入れ性					3Cレート以上

\* プロセス確立のために試作したNi-Zn電池での値

## 特許出願及び論文発表

	2021年度	2022年度	計
特許出願（うち外国出願）	2 (0)	22 (5)	24 (5)
論文	8	26	34
研究発表・講演	44	100	144
受賞実績	1	3	4
新聞・雑誌等への掲載	4	4	8
展示会への出展	0	0	0

## <評価項目 3> マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

# 前事業（RISING2）での指摘事項と対応

指摘事項・コメント	対応
<p>○成果 重量エネルギー密度達成に追われて、その他の指標に関しては未達成な部分が有ったことから、重量エネルギー密度以外の<u>各電池の特徴を明確にし、課題の改良だけでなく、長所を利用した用途開発を期待したい。</u></p> <p>フッ化物電池、亜鉛負極電池を継続して開発していく次期プロジェクト（RISING3）に、今回得られた知見・技術等の成果が効率的に継承されることを期待するとともに、<u>目標達成に不可欠な要素技術を広く公募して、外部の力も迅速に取り入れていく等の検討をお願いしたい。</u></p>	<p>➔ 将来の車載蓄電池に必要とされる「電池性能」を見直し、資源リスク・調達リスクの無い電池を最優先項目に引き上げた。</p> <p>➔ 新材料探索を加速する為に、マテリアルズインフォマティクス手法を導入。東工大を材料研究拠点として、手法開発も含めて新材料探索を系統的に実施中。インフォマティクスを事業化している民間企業にも参画いただいている。</p>
<p>○実用化・事業化 最近では低価格の LIB (lithium ion battery) を大量に搭載することで 1 充電あたり 500km の走行が可能な EV(Electric Vehicle)も市販され始めている状況にある。安価な他国製の LIB に市場を席卷されないためにも、<u>スピード感をもって開発、実用化を進めて欲しい。</u></p> <p>なお、本事業の波及効果は、オープンイノベーションの推進のみならず低炭素化社会の構築に貢献する<u>人材の育成にもあるとみている。成果が一部の関係者の寡占に留まることのないようしていただきたい。</u></p>	<p>➔ 早稲田大学をセル化・プロセス研究拠点として、電池研究・材料探索と並行して電極化・電池化プロセスを推進する体制とした。また、事業成果の、企業側の受取りと企業内開発が速やかに進められるよう、事業の目標値を設定した上で、受け取り側目線の意見をフィードバックする場としてのステアリング会議を実施している。</p> <p>➔ 協調領域（高度解析など）では、積極的な論文投稿・学会発表を促し、プレゼンスを高めると共に研究者の育成につながるよう留意する。</p>

# NEDOが実施する意義

## 社会的要請および政策上の重要性

2015年のCOP21において、2050年までにカーボンニュートラルを達成するパリ協定が採択。その後、2021年のCOP26では世界平均気温の上昇を産業革命前に較べ1.5℃以内に抑えるグラスゴー気候合意が採択。その後も、カーボンニュートラル実現に向けた具体的な施策などで一層取組の強化が求められる状況。

日本でも2021年に閣議決定された「第6次エネルギー基本計画」において2035年で乗用車の新車販売において電動車100%や、2050年に自動車の生産・利用・廃棄を通じたCO<sub>2</sub>ゼロが明記。

## 科学技術的革新性および先導性

現在のところ、液系LIBに匹敵あるいは凌駕する高性能電池を、資源リスクのない元素のみの構成で実現する事は出来ていない。本事業で開発している革新型電池の実現は学術的に見ても非常に難易度の高い挑戦である。

未だ基礎研究のフェーズではあるものの、世界的にみても同様の研究はほとんど実施されておらず、実用化されれば世界をリードする革新的技術になりうる。

## 産業競争力の強化

現在、世界自動車生産に占める日本メーカーのシェアは30%前後で推移しているが、EV・PHEVに限ると5%程度のシェアしかない。今後カーボンニュートラル達成を目指してEV・PHEVの電動車比率が急速に上昇する事が予測されるため、EV・PHEVにおける日本メーカーの競争力強化が必須。

資源リスクのない元素で構成される高性能な革新型電池が実用化されれば、資源量および製造コストの両面で日本の蓄電池産業・自動車産業の競争力が高まる事が期待される。

## 産学官連携の必要性

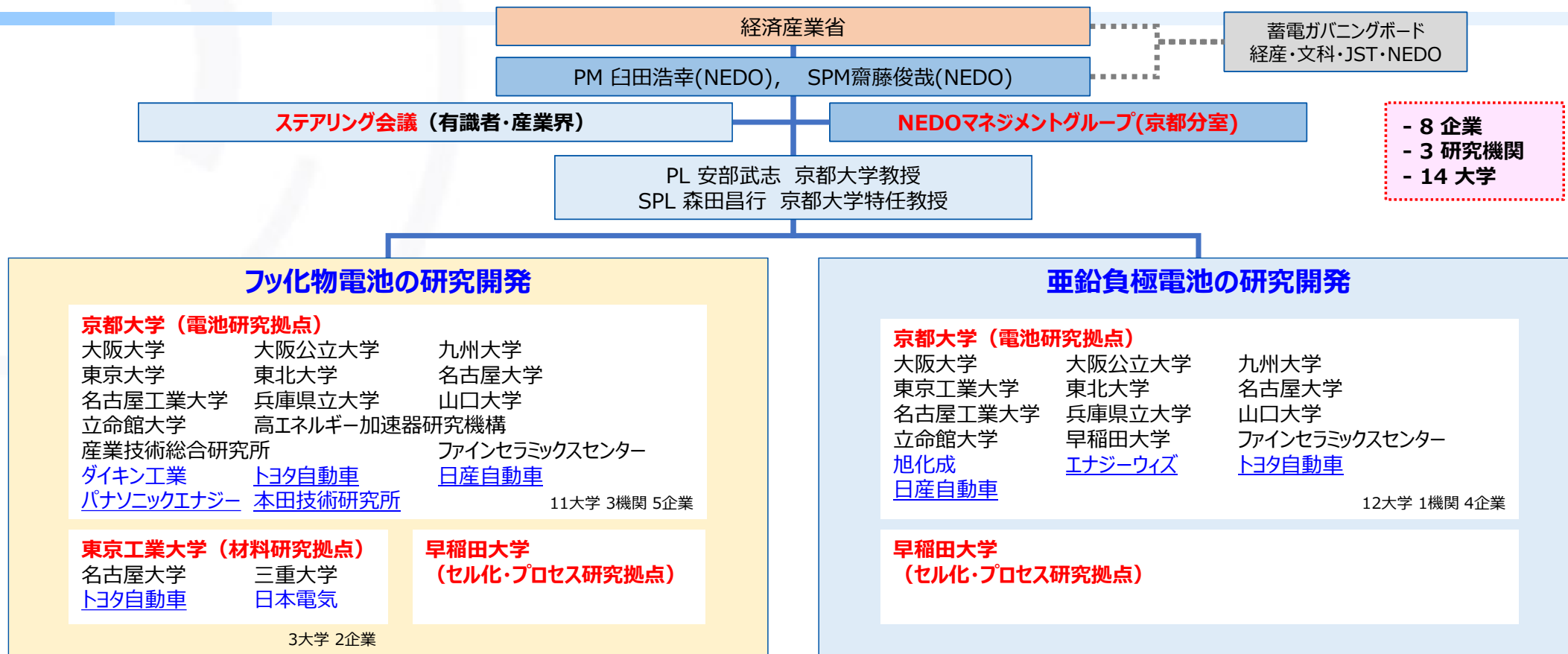
社会的要請を満たすために技術的難易度の極めて高い革新型電池を実用化するためには産学官の連携が必須。

以前からNEDOが産学官で取り組んできた革新型電池の研究開発の事業が最も効果的かつ効率的。





# 事業の概要 実施体制



- 8 企業  
- 3 研究機関  
- 14 大学

NEDOマネジメントGrが京都に常駐  
電池研究の機能ごとに拠点設置  
産業界の成果受取を念頭にステアリング会議で議論

# 個別事業の採択プロセス・予算及び受益者負担

## ◆公募および採択審査

[公募期間] 2021年1月22日 – 3月4日

[審査項目] NEDOの標準的採択審査項目に、下記の視点を加えて  
審査

- [2030年代半ばを想定した革新型蓄電池に組み込まれること](#)を企図しているか。
- [エネルギー密度の向上](#)に加え、[車載用蓄電池に求められる性能・特性\(信頼性、耐久性、安全性等\)](#)を考慮しているか。
- [成果の実用化・事業化の担い手\(自動車メーカー、蓄電池メーカー等\)](#)からの[要望・意見等](#)をすくい上げながら進める計画か。

[審査結果]

応募3件の内1件を採択(代表機関 京都大学)

[実施体制の決定] 2021年6月3日

## ◆予算(全て委託)

研究開発項目	2021年度	2022年度	2023年度	合計
フッ化物電池の研究開発 (委託 100%)	1,970	2,018	1,655	5,643
亜鉛負極電池の研究開発 (委託 100%)	750	662	631	2,043
合計	2,720	2,680	2,286	7,686

(単位: 百万円)

## ◆委託の理由

研究開発の実施主体が大学・公的機関などであり、研究成果の事業化・商品化によって事業収入を得る事はないため。民間企業の事業者への委託費は、大学への出向研究員派遣に必要な費用など最低限にとどめている。

# アウトプット（研究開発成果）のイメージ

## アウトプット目標

2~5Ah級セル		
エネルギー密度	フッ化物電池	500Wh/kg以上 1000Wh/L以上
	亜鉛負極電池	200Wh/kg以上 500Wh/L以上
充電受け入れ性	フッ化物電池	1C以上
	亜鉛負極電池	3C以上
充放電効率		90%以上
サイクル劣化		10%以下/100回
安全性		内短絡・過充電で 発火無し

## セル設計技術

充放電メカニズムや劣化メカニズムに基づくセル設計

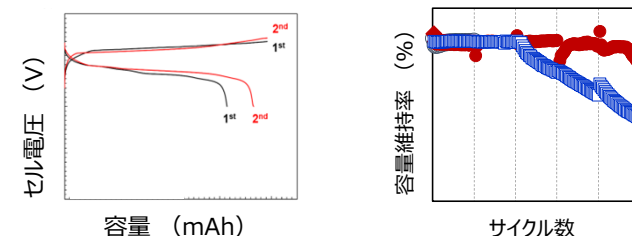
## 電極化・セル化技術

新規材料の電極化・セル化に必要なプロセス技術・ノウハウ



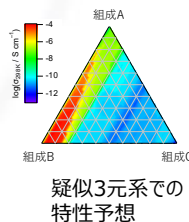
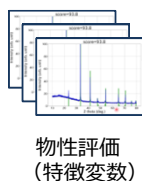
## セル評価技術

充放電特性や耐久性などの評価技術



## 材料探索・特性予測技術

材料インフォマティクスによる特性予測や新規材料探索技術



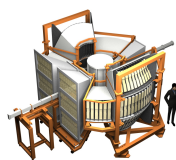
## 新規材料

活物質や電解質などの各種材料とその特許

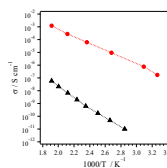
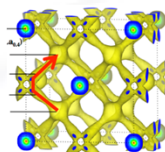


## 材料解析・評価技術

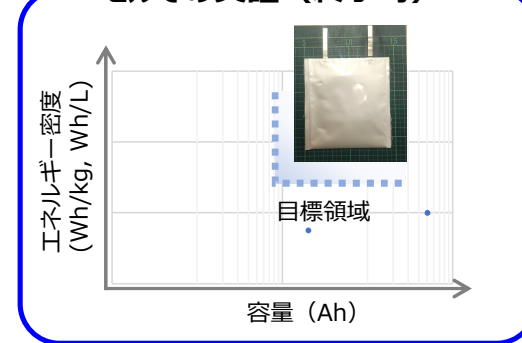
高度解析による材料・界面現象のメカニズム解明



中性子によるイオン伝導パス解析



## セルでの実証 (終了時)



## 材料合成技術

各種材料の合成技術

## 赤：基盤技術

電池などの研究開発での広い利用が見込まれる

## 青：実用化技術

企業への技術移転・実用化への応用が期待される

# 目標達成に必要な要素技術

	材料開発	電極開発	セル開発 特性評価	総合評価 ／数値解析
<p><b>フッ化物電池</b></p> <p>多価金属 無機固体電解質</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電極活物質および電解質材料の開発 (新規材料探索と改良)</li> <li>充放電メカニズム解明の解析技術 (特に固体中のイオン分布・移動の解析技術)</li> <li>量産合成プロセス技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>合剤電極構造の解析技術 (イオン・電子伝導挙動、反応分布の解析を含む)</li> <li>最適構造をもつ電極の形成プロセス技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2Ah級セルの試作技術</li> <li>劣化メカニズム、支配因子の評価・解析技術</li> <li>セル劣化解析技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>セル特性予測シミュレーション技術</li> <li>コスト推定・LCA評価技術</li> </ul>
<p><b>亜鉛負極電池</b></p> <p>負極(亜鉛金属) 炭素質材料 アルカリ水溶液電解液</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電極活物質および電解質材料の開発 (新規材料探索と改良)</li> <li>充放電メカニズム解明の解析技術 (特に亜鉛負極の溶解析出過程の解析技術)</li> <li>量産合成プロセス技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>合剤電極構造の解析技術 (イオン・電子伝導挙動、反応分布の解析を含む)</li> <li>最適構造をもつ電極の形成プロセス技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>5Ah級セルの試作技術</li> <li>劣化メカニズム、支配因子の評価・解析技術</li> <li>セル劣化解析技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>セル特性予測シミュレーション技術</li> <li>コスト推定・LCA評価技術</li> </ul>

# 進捗管理

- ・ マネジメント系会議と技術系会議を設定し、技術・マネジメント両方の観点で進捗の把握と進め方を議論
- ・ フッ化物電池・亜鉛負極電池および両方の電池系にまたがる場を設定

産業界での事業成果引き取り、実用化を  
念頭に事業の進め方議論

## マネジメント系会議

会議名	開催	目的	参加者	開催実績
ステアリング会議	京大	・プロジェクト全体の進め方議論 ・産業界への受け渡し要件の議論	・ステアリング委員（企業を含む外部有識者） ・京大・NEDO（オブザーバー：METI、東工大、早大）	2023年4月

会議名	電池Gr	開催	主な議題	参加者	2021年度	2022年度
企画会議	フッ化物電池 亜鉛負極電池	NEDO	・両電池共通課題の議論 ・知財強化、成果取り扱い展開 ・事業化へのロードマップ議論	・集中拠点（京大、東工大、早大） ・全参画企業／NEDO	3回	3回
マネジメント会議	フッ化物電池	NEDO	・集中拠点の進捗報告 ・セル化、要素技術議論 ・参画企業からの意見集約	・フッ化物電池担当の集中拠点（京大、東工大、早大） ・フッ化物電池参画企業／NEDO	3回	3回
	亜鉛負極電池	NEDO	・参画企業からの意見集約 ・大学と参画企業の共願支援	・亜鉛負極電池担当の集中拠点（京大、早大） ・亜鉛負極電池参画企業／NEDO	3回	3回

## 技術系会議

会議名	電池Gr	開催	主な議題	参加者	2021年度	2022年度
内部シンポジウム	フッ化物電池 亜鉛負極電池	京大	・電池系をまたいだ技術議論・研究者間交流	・全事業者（拠点・サテライト・企業）	1回	1回
全体技術会議	フッ化物電池	京大	・出向研究員、各テーマの研究進捗報告 ・技術議論	・フッ化物電池に関わる研究機関（拠点及びサテライト） ・各拠点の有識者／フッ化物電池参画企業／NEDO	3回	2回
	亜鉛負極電池	京大		・亜鉛負極電池に関わる研究機関（拠点及びサテライト） ・各拠点の有識者／亜鉛負極電池参画企業／NEDO	3回	2回
月例会議	フッ化物電池	京大	・最新の研究成果の拠点内共有と技術論議	・京大及／京大サテライト／有識者／NEDO	4回	6回
		東工大		・東工大／東工大サテライト／トヨタ・NEC／（NEDO）	15回（2回）	18回（1回）
		早大		・早大／有識者／NEDO	9回	12回
	亜鉛負極電池	京大		・京大／京大サテライト／早大／有識者／NEDO	7回	7回
		早大		・早大／有識者／NEDO	9回	12回

# 進捗管理：動向・情勢変化への対応

## 主要な変化点

### 2050年カーボンニュートラル達成に向けた世界的潮流の加速

- ・ 2021年11月 COP26におけるグラスゴー気候合意（気温上昇1.5℃以内）
- ・ 2021年10月 第6次エネルギー基本計画（2050年に自動車のカーボンニュートラル）

- ・ 電動車および電動車用蓄電池の生産量・使用量の推計の修正
- ・ 革新型電池およびLIB原料の資源量など確認

上記を踏まえアウトカム目標を見直し・変更

	変更後	基本計画作成時
CO <sub>2</sub> 削減効果	・2050年 世界排出量削減：1.03億t-CO <sub>2</sub> /年 国内排出量削減：1600万t-CO <sub>2</sub> /年 （世界生産1200万台/年、国内販売100万台/年）	・2042年 国内排出量削減：1,000万t-CO <sub>2</sub> /年 （国内100万台/年）
		・2047年 世界排出量削減：4,500万t-CO <sub>2</sub> /年 （世界生産750万台/年）
経済効果	・2050年 バッテリーパック売上：約5.9兆円/年 車両売上：約24兆円/年	・2047年 車両売上：約2.3兆円/年



# 研究開発のスケジュール

事業前半は材料・要素技術主体  
後半はプロセス・セル設計を強化

		2021	2022	2023	2024	2025	
研究開発項目 1 フッ化物電池の 研究開発	材料開発	電極活物質・電解質材料の開発			材料種の絞り込みと改良 量産合成プロセスの開発		
	電極開発	合剤電極構造の開発 (イオン・電子伝導挙動、反応分布の解析を含む)			電極構造の最適化 電極成形プロセスの開発		
	セル開発・特性評価	セル基本設計	0.1Ah級セルの試作・特性評価			2Ah級セルの試作・特性評価 セル劣化状態把握技術の開発	
		劣化メカニズム・支配因子の明確化			最終目標：エネルギー密度、充放電効率、 サイクル劣化、充電受入性、発火無し		
	数値解析	セル特性予測シミュレーション技術の開発			シミュレーターの改良		
	総合評価	中間目標：エネルギー密度 400Wh/kg, 800Wh/L			実用セル・バッテリーパックの性能 コストの推定、LCA評価		
研究開発項目 2 亜鉛負極電池の 研究開発	材料開発	電極活物質・電解質材料の開発			材料種の絞り込みと改良 量産合成プロセスの開発		
	電極開発	合剤電極構造の開発 (イオン・電子伝導挙動、反応分布の解析を含む)			電極構造の最適化 電極成形プロセスの開発		
	セル開発・特性評価	セル基本設計	0.2Ah級セルの試作・特性評価			5Ah級セルの試作・特性評価 セル劣化状態把握技術の開発	
		劣化メカニズム・支配因子の明確化			最終目標：エネルギー密度、充放電効率、 サイクル劣化、充電受入性、発火無し		
	数値解析	セル特性予測シミュレーション技術の開発			シミュレーターの改良		
	総合評価	中間目標：エネルギー密度 150Wh/kg, 400Wh/L			実用セル・バッテリーパックの性能 コストの推定、LCA評価		
評価時期		-	-	中間評価	-	事後評価	
予算 (億円)	フッ化物電池の研究開発	19.7	20.2	16.6			
	亜鉛負極電池の研究開発	7.5	6.6	5.5			

# 概要

		最終更新日	2023年5月31日																		
プロジェクト名	NEDO プロジェクト名：電気自動車用革新型蓄電池開発 METI 予算要求名称：電気自動車用革新型蓄電池開発	プロジェクト番号	P21006																		
担当推進部/ PMまたは担当者 及び METI 担当課	スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 古川 善規（2021年4月1日～2022年3月31日） 今田 俊也（2022年4月1日～7月31日） 臼田 浩幸（2022年8月1日～現在） 錦織 英孝（2021年4月1日～10月31日） 齋藤 俊哉（2021年11月1日～現在） 小井戸 哲也（2021年4月1日～現在） 西山 喜明（2021年4月1日～現在） 丹羽 勇介（2021年4月1日～現在） 丸内 亮（2023年4月15日～現在） 中島 港人（2021年4月1日～2023年3月31日）																				
0. 事業の概要	2050年のカーボンニュートラル実現に向けて、自動車の電動化が急速に進むことが予測されている。現状の電動車（EV・PHEV）につかわれる車載蓄電池は液系 LIB がほとんどで、Co を含む正極材料を使った LIB の比率が高い。自動車の電動化が進むと膨大な容量の蓄電池が必要となり、Co や Li の資源量がひっ迫してくる。そこで本事業では、資源量が豊富で、安価かつ供給リスクの少ない材料を使用し、高エネルギー密度化と安全性の両立を実現可能な蓄電池を開発する。具体的にはハロゲン化合物電池と亜鉛負極電池を対象として、産学連携・企業間連携の研究開発体制を構築し開発に臨む。																				
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋																					
1.1 本事業の 位置付け・意義	近年、2050年までのカーボンニュートラル実現が世界的な目標として掲げられ、日本でも、自動車における2050年までのカーボンニュートラル達成を記した、第6次エネルギー基本計画が閣議決定されている。輸送部門で大きなエネルギー消費割合を占める自動車においては、現状では化石燃料が用いられているが、カーボンニュートラル実現は、自動車を電動化（EV・PHEV化）し、電力のカーボンニュートラル化とセットで達成するシナリオが提唱されている。一方、自動車の電動化には膨大な量の車載用蓄電池が必要となり、現在電動車の車載電池に多く用いられている三元系正極材料を使った液系 LIB では、正極に含まれている Co の資源量が限られており、2050年に想定される容量の車載用蓄電池には対応できない。そのほか、Li や正極材料の Ni の資源量も十分とはいいがたく、現行の液系 LIB、および全固体を含む次世代の先進 LIB だけでは車両電動化を支える事はできない。そのため2050年の自動車のカーボンニュートラル実現のためには、Co・Li・Ni を用いない高性能な革新型蓄電池が必要とされる。 本事業は、カーボンニュートラル実現に必須とされる自動車の電動化に資する革新型電池を研究開発するものである。																				
1.2 アウトカム 達成までの道筋	2050年に設定したアウトカム目標（後述）達成のためには、革新型蓄電池を搭載した電動車が相当数の割合で製造・販売されている必要がある。そのため、本事業成果の実用化の時期は2030年代半ばごろを想定し、革新電池の車載用パック（60kWh）の実用化目標として下記の通り定めた。 革新型蓄電池を用いた車載電池パック（60kWh）の実用化目標 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>目標項目</th> <th>実用化目標 (革新型蓄電池)</th> <th>参考 (現行の液系 LIB)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>コスト</td> <td>1万円/kWh 以下</td> <td>2万円/kWh 程度</td> </tr> <tr> <td>重量エネルギー密度</td> <td>フッ化物電池：400Wh/kg 以上 亜鉛負極電池：200Wh/kg 以上</td> <td>130～160Wh/kg 程度</td> </tr> <tr> <td>体積エネルギー密度</td> <td>フッ化物電池：900Wh/L 以上 亜鉛負極電池：400Wh/L 以上</td> <td>150～240Wh/L 程度</td> </tr> <tr> <td>カレンダー寿命</td> <td>15年以上</td> <td>7～8年程度</td> </tr> <tr> <td>サイクル寿命</td> <td>2,000回以上</td> <td>1,000回程度</td> </tr> </tbody> </table>			目標項目	実用化目標 (革新型蓄電池)	参考 (現行の液系 LIB)	コスト	1万円/kWh 以下	2万円/kWh 程度	重量エネルギー密度	フッ化物電池：400Wh/kg 以上 亜鉛負極電池：200Wh/kg 以上	130～160Wh/kg 程度	体積エネルギー密度	フッ化物電池：900Wh/L 以上 亜鉛負極電池：400Wh/L 以上	150～240Wh/L 程度	カレンダー寿命	15年以上	7～8年程度	サイクル寿命	2,000回以上	1,000回程度
目標項目	実用化目標 (革新型蓄電池)	参考 (現行の液系 LIB)																			
コスト	1万円/kWh 以下	2万円/kWh 程度																			
重量エネルギー密度	フッ化物電池：400Wh/kg 以上 亜鉛負極電池：200Wh/kg 以上	130～160Wh/kg 程度																			
体積エネルギー密度	フッ化物電池：900Wh/L 以上 亜鉛負極電池：400Wh/L 以上	150～240Wh/L 程度																			
カレンダー寿命	15年以上	7～8年程度																			
サイクル寿命	2,000回以上	1,000回程度																			



	<table border="1"> <tr> <td>安全性</td> <td>内部短絡や過充電等、異常時の発火リスク無し</td> <td>リスク有り</td> </tr> <tr> <td>原材料調達リスク</td> <td>無し</td> <td>有り (Li, Co)</td> </tr> <tr> <td>急速充電時間</td> <td>20 分以下</td> <td>40 分程度</td> </tr> </table> <p>上記の実用化目標は、研究開発対象の現状の電池性能との乖離が大きく、本事業の終了時（2025 年）より、成果受け取り側の企業で、実用化開発を実施する必要がある。そのため、事業の最終目標は、事業終了後に産業界で実用化開発を開始するに値して、かつ上記実用化目標につながる電池セルの特性値として規定した。詳細は次項のアウトプット目標を参照。</p>	安全性	内部短絡や過充電等、異常時の発火リスク無し	リスク有り	原材料調達リスク	無し	有り (Li, Co)	急速充電時間	20 分以下	40 分程度																	
安全性	内部短絡や過充電等、異常時の発火リスク無し	リスク有り																									
原材料調達リスク	無し	有り (Li, Co)																									
急速充電時間	20 分以下	40 分程度																									
1.3 知的財産・標準化戦略	<p>将来の産業競争力の維持・向上を念頭に、研究開発成果の内容に応じてオープン（公表、論文発表、標準化）とクローズ（特許化、秘匿ノウハウ）を判断。活物質・電解質などの材料発明は積極的に特許出願し、将来の競争力優位性を担保。主要な EV 市場形成が見込まれる国や、電池の海外競合企業が存在する国を中心に外国出願を積極的に推進。</p> <p>本事業で開発する電極活物質・電解質材料、合剤電極及びセルについては、企業の「コア・イノベーション領域」であり、これらの情報を標準化（＝オープン化）することは、現時点で想定していない。</p>																										
2. 目標及び達成状況																											
2.1 アウトカム目標及び達成見込み	<p>本事業のアウトカム目標は前述したとおり、2050 年のカーボンニュートラル実現への貢献である。詳細は省略するが、アウトカム目標として、日本メーカーの世界シェアが 30%であり、そのうち 1/3 が革新型電池搭載の電動車（全世界の電動車生産の内 1/10 が革新型電池搭載）と置いた。</p> <p>その時の、経済効果および CO<sub>2</sub> 排出削減効果は以下の通り。</p> <table border="1"> <tr> <td>経済効果</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 電動車における日本メーカーの世界シェア拡大（5→30%）</li> <li>● 革新型電池搭載車両売上：24 兆円/年</li> <li>● 同バッテリーパック売上：5.9 兆円/年</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>CO<sub>2</sub> 排出削減効果</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 国内削減量：1600 万 t-CO<sub>2</sub>/年</li> <li>● 世界削減量：1.03 億 t-CO<sub>2</sub>/年</li> </ul> </td> </tr> </table>	経済効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 電動車における日本メーカーの世界シェア拡大（5→30%）</li> <li>● 革新型電池搭載車両売上：24 兆円/年</li> <li>● 同バッテリーパック売上：5.9 兆円/年</li> </ul>	CO <sub>2</sub> 排出削減効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 国内削減量：1600 万 t-CO<sub>2</sub>/年</li> <li>● 世界削減量：1.03 億 t-CO<sub>2</sub>/年</li> </ul>																						
経済効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 電動車における日本メーカーの世界シェア拡大（5→30%）</li> <li>● 革新型電池搭載車両売上：24 兆円/年</li> <li>● 同バッテリーパック売上：5.9 兆円/年</li> </ul>																										
CO <sub>2</sub> 排出削減効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 国内削減量：1600 万 t-CO<sub>2</sub>/年</li> <li>● 世界削減量：1.03 億 t-CO<sub>2</sub>/年</li> </ul>																										
2.2 アウトプット目標及び達成状況	<p>「研究開発項目① フッ化物電池の研究開発」</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>中間目標（2023 年度末）</th> <th>最終目標（2025 年度末）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>セル容量</td> <td>0.1 Ah</td> <td>2 Ah</td> </tr> <tr> <td>重量エネルギー密度</td> <td>400 Wh/kg 以上</td> <td>500 Wh/kg 以上</td> </tr> <tr> <td>体積エネルギー密度</td> <td>800 Wh/L 以上</td> <td>1,000 Wh/L 以上</td> </tr> <tr> <td>サイクル容量劣化</td> <td></td> <td>10%以下（100 サイクル後）</td> </tr> <tr> <td>充電受入性</td> <td></td> <td>1C 以上</td> </tr> </tbody> </table> <p>その他中間目標：セルの性能特性の支配因子とその影響度を把握し、最終目標を達成するために注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示</p> <p>その他の最終目標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・安全性：内部短絡・過充電等の異常時に発火・発煙無し</li> <li>・実用化：今後の実用化開発を経て実現されるバッテリーパックの性能・コストを推定し、実用化目標を達成可能なことを確認</li> </ul> <p>上記の中間目標に対する、2023 年 3 月末現在での達成状況を下記に示す。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>目標（2024 年 3 月）</th> <th>成果（2023 年 3 月）</th> <th>達成度（見込み）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>重量エネルギー密度</td> <td>400 Wh/kg 以上</td> <td>371 Wh/kg</td> <td>○ 2024 年 3 月に達成見込み</td> </tr> </tbody> </table>	項目	中間目標（2023 年度末）	最終目標（2025 年度末）	セル容量	0.1 Ah	2 Ah	重量エネルギー密度	400 Wh/kg 以上	500 Wh/kg 以上	体積エネルギー密度	800 Wh/L 以上	1,000 Wh/L 以上	サイクル容量劣化		10%以下（100 サイクル後）	充電受入性		1C 以上	項目	目標（2024 年 3 月）	成果（2023 年 3 月）	達成度（見込み）	重量エネルギー密度	400 Wh/kg 以上	371 Wh/kg	○ 2024 年 3 月に達成見込み
項目	中間目標（2023 年度末）	最終目標（2025 年度末）																									
セル容量	0.1 Ah	2 Ah																									
重量エネルギー密度	400 Wh/kg 以上	500 Wh/kg 以上																									
体積エネルギー密度	800 Wh/L 以上	1,000 Wh/L 以上																									
サイクル容量劣化		10%以下（100 サイクル後）																									
充電受入性		1C 以上																									
項目	目標（2024 年 3 月）	成果（2023 年 3 月）	達成度（見込み）																								
重量エネルギー密度	400 Wh/kg 以上	371 Wh/kg	○ 2024 年 3 月に達成見込み																								

体積エネルギー密度	800 Wh/L 以上	1400 Wh/L	◎ 2023年3月に達成
セル容量	0.1 Ah 級	0.1 Ah	(○) エネ密実証とは別のプロセス検討セルにて確認
その他	・セルの性能特性支配因子とその影響度を把握 ・注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示	電極の利用率向上の指針について、その設計指針を出すことができた。一方、レート特性・低温動作などの速度論的な観点ではまだ検討中。	○ 2024年3月に達成見込み

エネルギー密度の検証は、2023年3月段階では正極・負極それぞれの単極評価結果からの推定値。2023年度中にフルセルでの検証とさらなるエネルギー密度の上積みを見込んでいる。

「研究開発項目② 亜鉛負極電池の研究開発」

項目	中間目標 (2023年度末)	最終目標 (2025年度末)
セル容量	0.2 Ah	5 Ah
重量エネルギー密度	150 Wh/kg 以上	200 Wh/kg 以上
体積エネルギー密度	400 Wh/L 以上	500 Wh/L 以上
サイクル容量劣化		10%以下 (100サイクル後)
充電受入性		3C 以上

その他中間目標：セルの性能特性の支配因子とその影響度を把握し、最終目標を達成するために注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示

その他の最終目標

- ・安全性：内部短絡・過充電等の異常時に発火・発煙無し
- ・実用化：今後の実用化開発を経て実現されるバッテリーパックの性能・コストを推定し、実用化目標を達成可能なことを確認

上記の中間目標に対する、2023年3月末現在の達成状況を下記に示す。

項目	目標 (2024年3月)	成果 (2023年3月)	達成度 (見込み)
重量エネルギー密度	150 Wh/kg 以上	82 Wh/kg (141 Wh/kg*)	△
体積エネルギー密度	400 Wh/L 以上	160 Wh/L (401 Wh/L*)	△
セル容量	0.2 Ah 級	1.44 Ah (3.80 Ah*)	◎ 2023年1月に達成
その他	・セルの性能特性支配因子とその影響度を把握 ・注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示	・負極：合剤電極の組成と構造の最適化による利用効率とサイクル寿命の向上 ・正極：新規正極活物質での新コンセプト確認	○ 当初想定課題は2023年3月でほぼ達成済み

			・電解質：イオン構造の解析と正負極間のイオン移動制御技術構築		
	<p>* プロセス確立のために試作した Ni-Zn 電池での値</p> <p>上記表の括弧内の数字はプロセス確立のために作成した Ni-Zn 電池での実績を示し、開発した Mn 正極材料を用いた Mn-Zn 電池の値と併記している。Ni-Zn 電池を題材としたプロセス確立では市販品の Ni-Zn 電池を超えるエネルギー密度を確認した。その後、開発中の Mn 材料を電極化・セル化したが、現状のセルでは目標を下回るエネルギー密度であった。</p>				
3. マネジメント					
3.1 実施体制	経産省担当原課	製造産業局 自動車課			
	プロジェクトリーダー	PL：京都大学大学院工学研究科 教授 安部 武志 SPL：京都大学産官学連携本部 特任教授 森田 昌行			
	プロジェクトマネージャー	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 部長 古川 善規（2021年4月1日～2022年3月31日） NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 部長 今田 俊也（2022年4月1日～2022年7月31日） NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 蓄電技術開発室 室長 臼田 浩幸（2022年8月1日～現在）			
	委託先	京都大学、東京工業大学、早稲田大学、大阪大学、大阪公立大学、九州大学、東京大学、東北大学、名古屋大学、名古屋工業大学、兵庫県立大学、三重大学、山口大学、立命館大学、大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構、（独）産業技術総合研究所、（財）ファンセラミクスセンター、旭化成（株）、エナジーウィズ（株）、ダイキン工業（株）、トヨタ自動車（株）、日産自動車（株）、日本電気（株）、パナソニック エナジー（株）、（株）本田技術研究所（14 大学、2 研究機関、1 財団、8 企業）			
3.2 受益者負担の考え方  事業費推移 (単位:百万円)	主な実施事項	2021fy	2022fy	2023fy	
	フッ化物電池の研究開発	—————>			
	亜鉛負極電池の研究開発	—————>			
	会計・勘定	2021fy	2022fy	2023fy	総額
	一般会計	2,375	2,680	2,286	7,341
	開発成果促進財源	458			458
	総 NEDO 負担額	2,822	2,680	2,286	7,686
	(委託)	2,822	2,680	2,286	7,686

3.3 研究開発計画	中間評価▽					事後評価▽		
	2021年度		2022年度		2023年度	2024年度	2025年度	
	研究開発項目① フッ化物電池開発	材料開発	電極活物質・電解質材料の開発				材料種の絞り込みと改良	量産合成プロセスの開発
電極開発			合剤電極構造の開発 (イオン・電子伝導挙動、反応分布の解析を含む)				電極構造の最適化	電極形成プロセスの開発
		セル開発・ 特性評価	セル基本設計	0.1Ah級セルの試作・特性評価			2Ah級セルの試作・特性評価	セル劣化状態把握技術の開発
劣化メカニズム・支配因子の明確化								
数値解析		セル特性予測シミュレーション技術の開発				シミュレーターの改良		
総合評価						実用セル・バッテリーパックの性能・コストの推定、LCA評価		
研究開発項目② 亜鉛負極電池開発		材料開発	電極活物質・電解質材料の開発				材料種の絞り込みと改良	量産合成プロセスの開発
			電極開発	合剤電極構造の開発 (イオン・電子伝導挙動、反応分布の解析を含む)				電極構造の最適化
		セル開発・ 特性評価		セル基本設計	0.2Ah級セルの試作・特性評価			5Ah級セルの試作・特性評価
			セル劣化メカニズム・支配因子の明確化					
		数値解析	セル特性予測シミュレーション技術の開発				シミュレーターの改良	
		総合評価					実用セル・バッテリーパックの性能・コストの推定、LCA評価	
情勢変化への対応	2021年度の本事業開始以降に、2050年のカーボンニュートラルに向けて、国際的な枠組みや日本の施策が具体化してきた。そこでアウトカム目標を、2050年のカーボンニュートラル達成時点での値に設定し直し、達成までのシナリオを再検討した。							
中間評価結果への対応								
評価に関する事項	事前評価	2020年度実施 担当部 スマートコミュニティ・エネルギーシステム部						
	中間評価	2023年度 中間評価実施予定						
	終了時評価	2025年度 終了時評価実施見込み						
別添								
投稿論文	「査読付き論文」：34件（21年度8件、22年度26件） 「研究発表」：144件（21年度44件、22年度100件） 「受賞」：4件（21年度1件、22年度3件）							
特許	「出願済」24件（21年度2件出願、22年度22件出願、出願数のうち5件はPCT・外国出願） （2023年5月時点で公開前のため、添付はなし）							
その他外部発表 (プレス発表等)	8件（21年度4件、22年度4件）							

基本計画に 関する事項	作成時期	2023年5月 作成
	変更履歴	なし