

次世代電池は次のフェーズへ 次世代セルを使ったパック開発動向

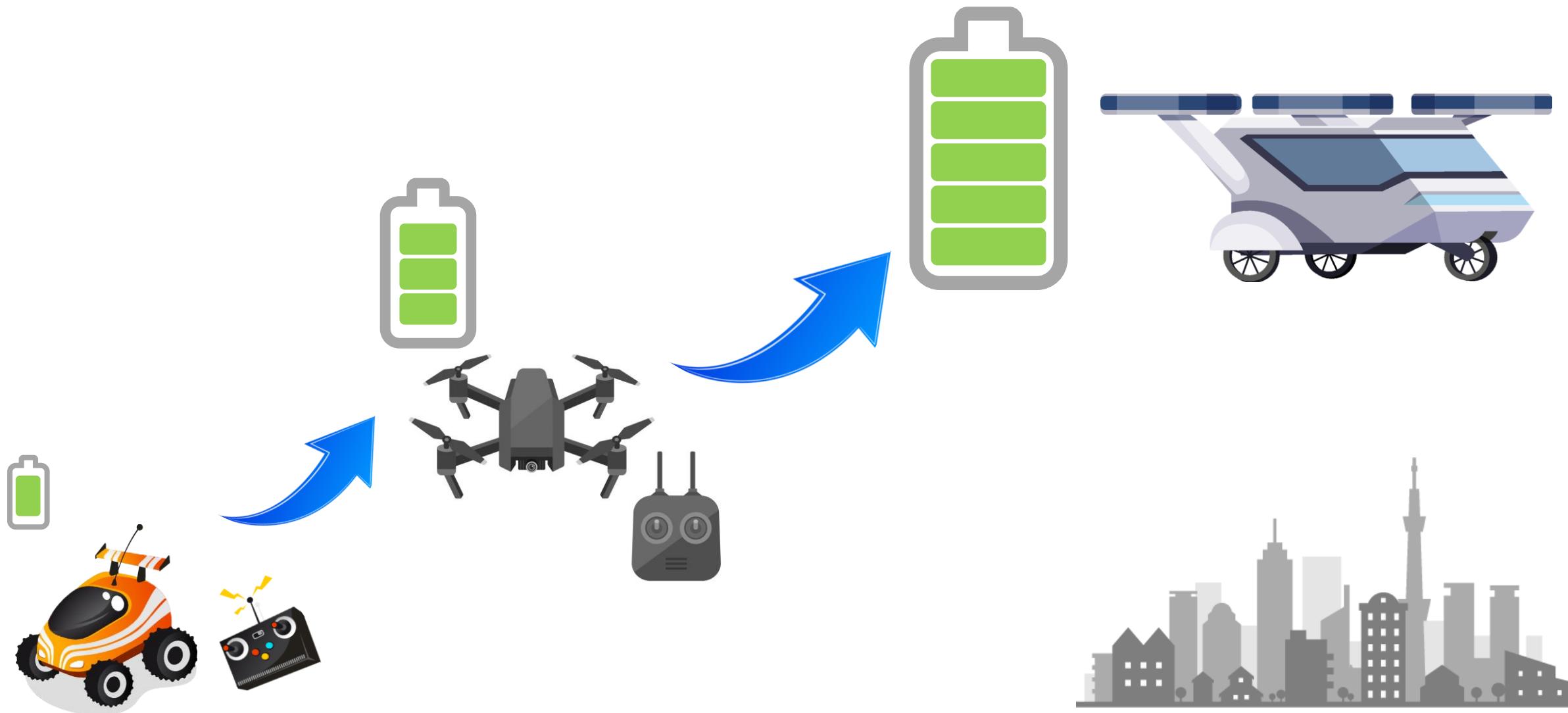
先端電池研究室 研究員

高柳 良基・宮川 純太郎

次世代デバイス革命がやってくる

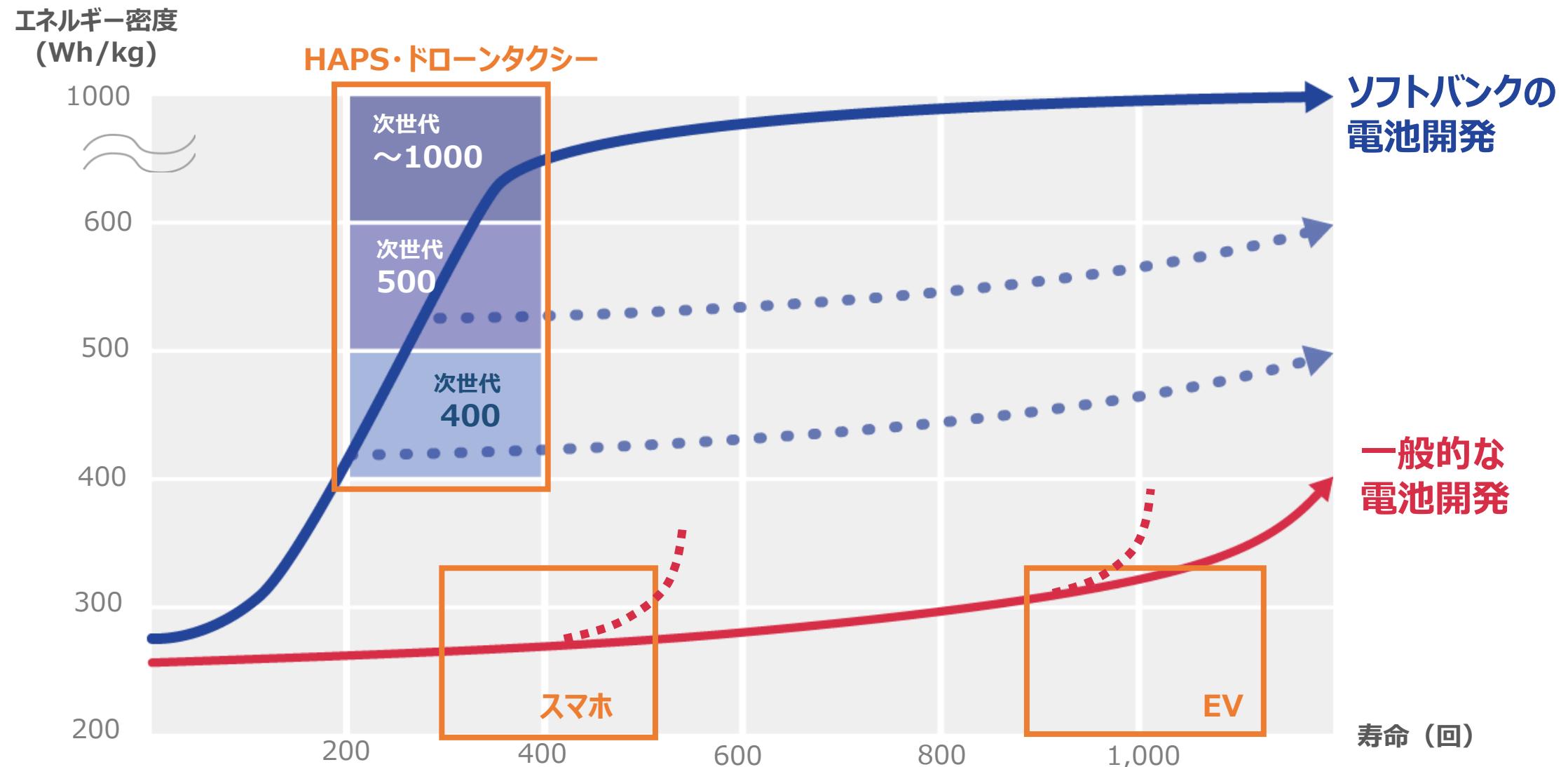


デバイスの進化 → 必要電力増加

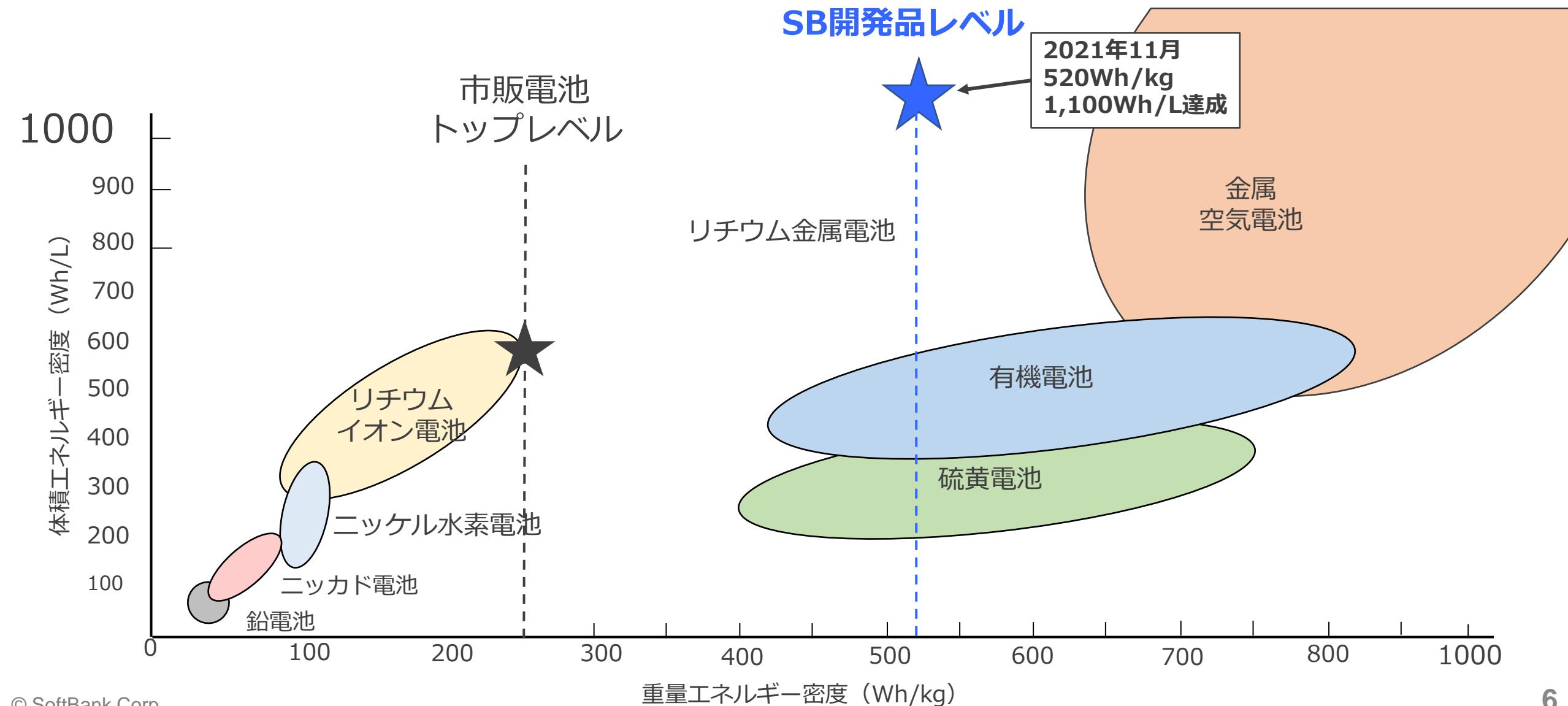




高密度電池* を実現後、長寿命化へ



ソフトバンクの電池セルの実力



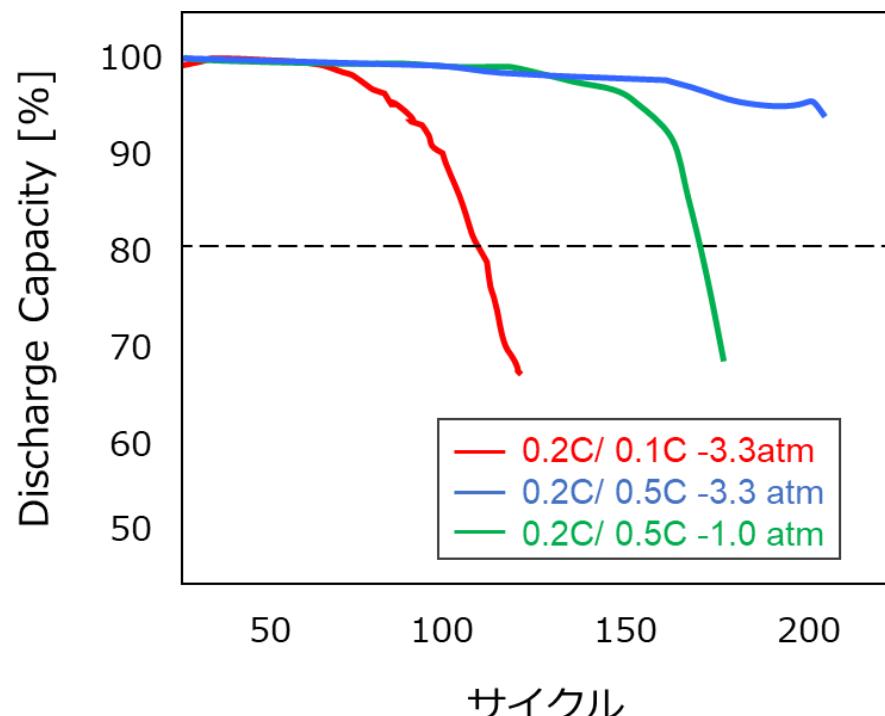
リチウム金属電池の開発は

セル → パック

HAPS用電池パックの開発の課題

リチウム金属電池特有の課題

- ①高拘束圧をかける必要がある
- ②低レート放電でサイクル寿命が短い

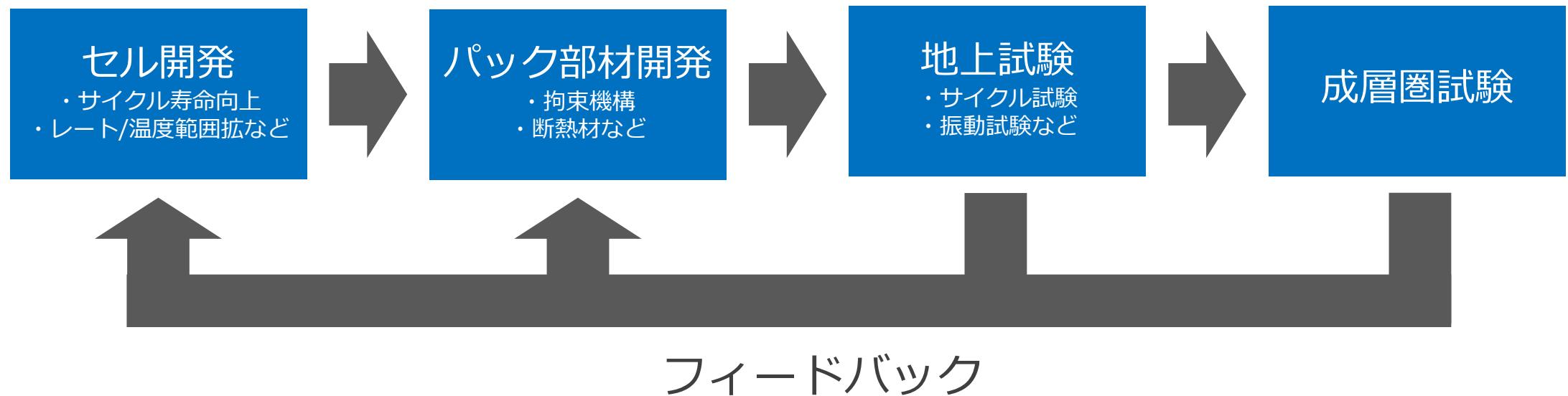


成層圏環境特有の課題

- ③極低温下(-90°C)でも動作できる断熱・温度制御機構が必要

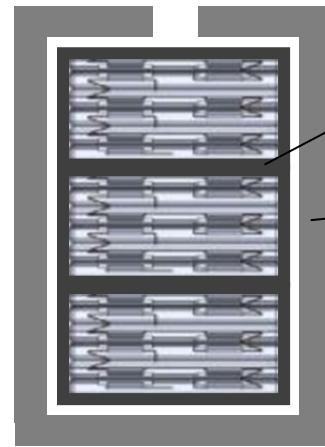
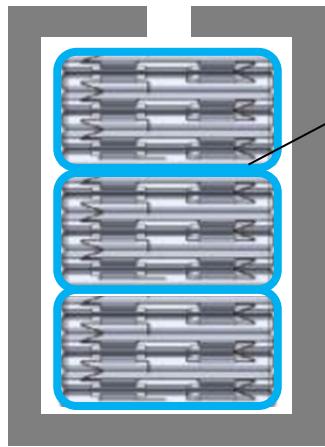
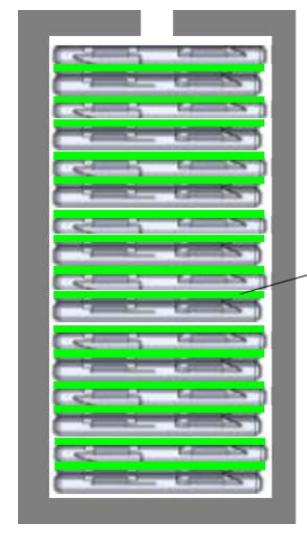
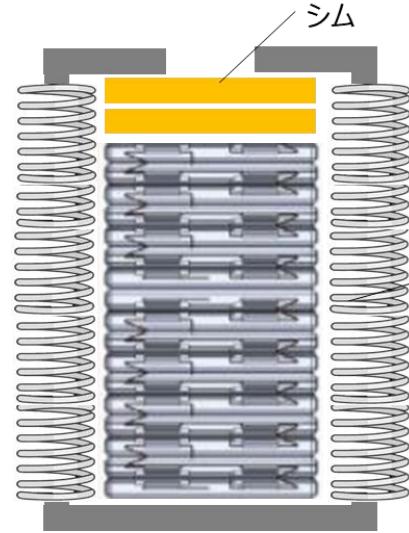


HAPS用電池パック開発のフロー

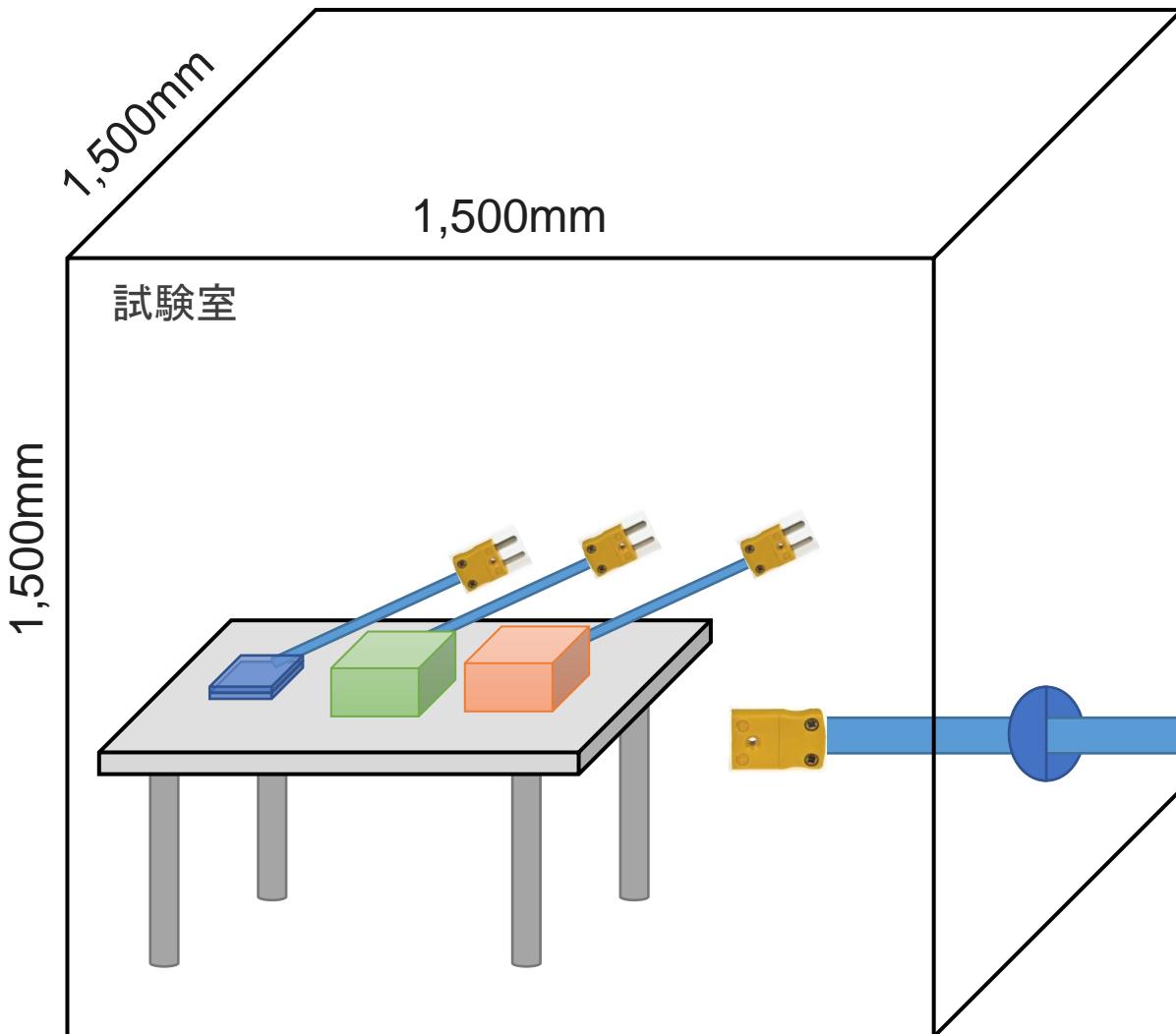


パック部材開発：軽量な高拘束圧機構

さまざまな拘束機構を検証、重量と目標拘束圧のバランスが重要

	金属板拘束	バンド拘束	クッション拘束	バネ拘束
拘束機構	 <p>金属板 外装体</p>	 <p>プラスチックバンド</p>	 <p>クッション素材</p>	 <p>シム バネ</p>
定寸/定圧	定寸拘束	定寸拘束	定寸拘束	定圧拘束
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ■ 重量増加：大 ■ 過剰な拘束圧になる可能性 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 重量増加：小 ■ 過剰な拘束圧になる可能性 ■ 耐久性のある素材開発が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 重量増加：小 ■ セルの膨張収縮を吸収 ■ 耐久性のある素材開発が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 重量増加：大 ■ セルの膨張収縮を吸収 ■ 拘束圧を一定維持

パック部材開発：断熱材選定



【評価方法】

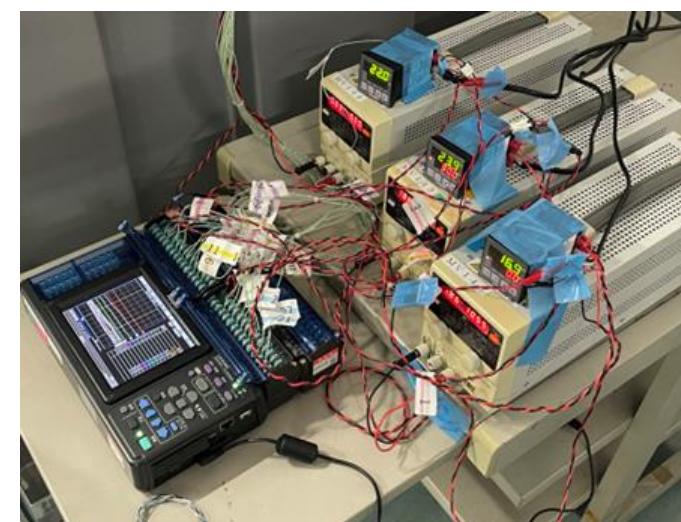
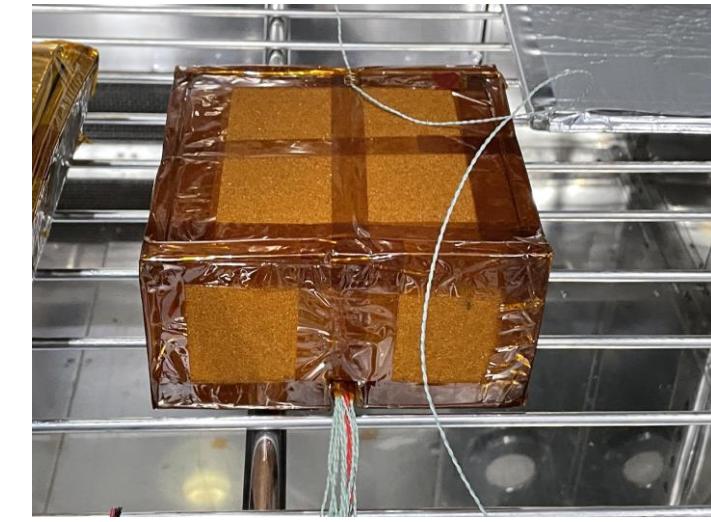
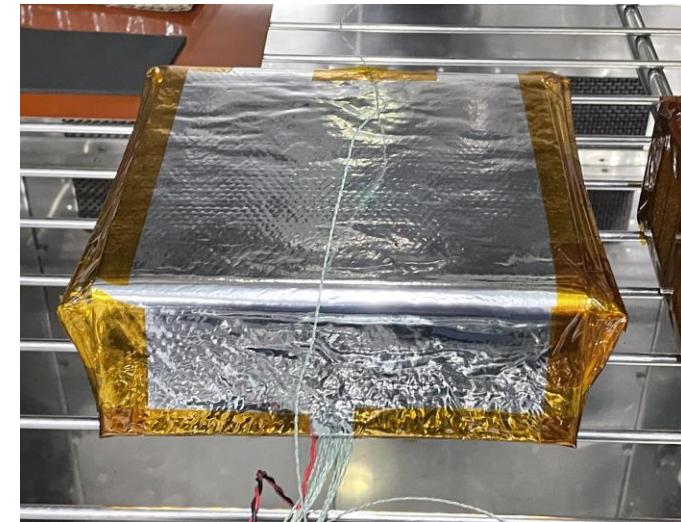
- ① 温度制御開始
- ② 目標温度(-30~-60°C)まで変化
- ③ 高度60,000ft相当まで真空引き
- ④ デジタル温調器のON/OFFサイクルが1定周期となるまで測定
- ⑤ 減圧→25°C調整

デジタル温調器設定：

20°C以下検出でHeater-ON
30°C以上検出でHeater-OFF



パック部材開発：断熱材評価の様子



HAPS用電池パック開発

次世代400セル/パック部材でHAPS用電池パックを開発



セル	使用セル	リチウム金属電池 (Enpower Japan製)
	重量エネルギー密度	439Wh/kg
パック	構成	4P6S
	サイズ	9×14×17cm
	重量	1.16kg (電池パック+断熱材)
	容量	14Ah
	電力量	319Wh
	重量エネルギー密度	275Wh/kg 300Wh/kg(5kWh相当=大型化)
	セル重量/パック重量(%)	62.0%

地上評価：HAPS用電池パックの開発

下記地上評価→すべて合格

No.	評価項目	実施目的	合格基準
1	成層圏環境模擬試験	成層圏条件下で充放電しパックの断熱性の確認	
2	熱衝撃試験	輸送条件下でのパックの密閉性、電子回路の接続確認	1)重量変化、電解液漏れ、膨れ、破裂、発火がない 2)パック電圧を90%以上維持している
3	振動試験	輸送条件下での振動に対するパックの密閉性、電子回路の接続確認	
4	衝撃試験	気球システム着陸時の衝撃に対するパックの密閉性、電子回路の接続確認	
5	外部短絡試験	短絡状態での火災を防ぐ安全機能の確認	1)セル温度が170°Cを超えない 2)パック電圧を90%以上維持している
6	コントロールBOX試験	充電・温度を制御するコントロールBOXの動作確認	1)コントロールボックスが正常に動作する

成層圏評価

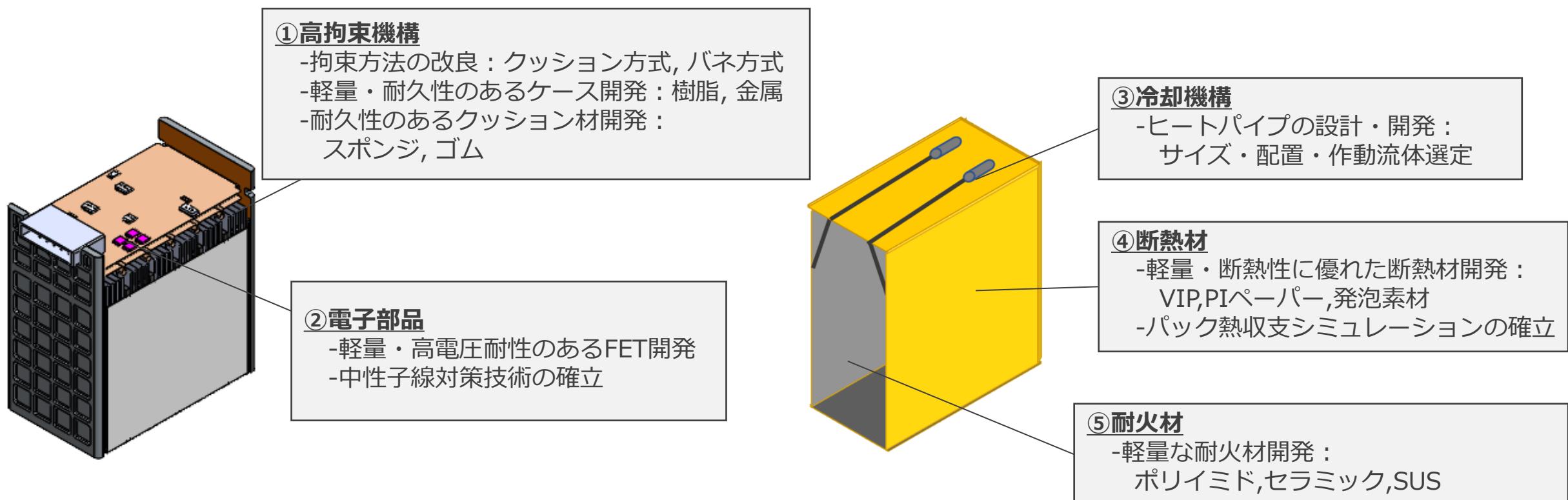
成層圏での充放電サイクル試験を実施
温度制御機構の正常動作を確認



期間：2023年1月30日～2月2日
場所：米国

HAPS：今後の開発アイテム

下記パック部材の開発と同時に電池パックの大型化に取り組む

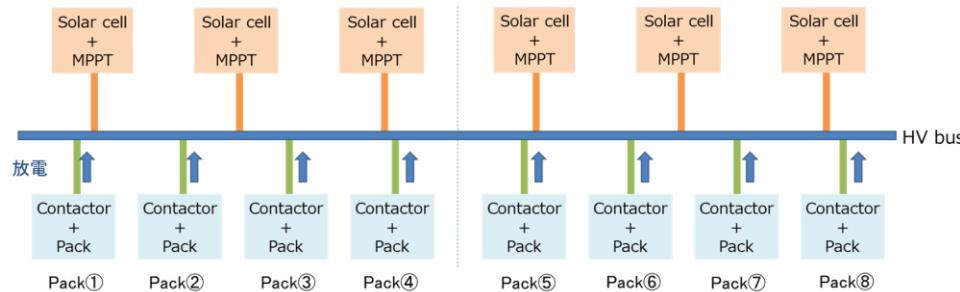


BMS開発：充放電電率制御

BMS開発に向けさまざまなデータ取得中

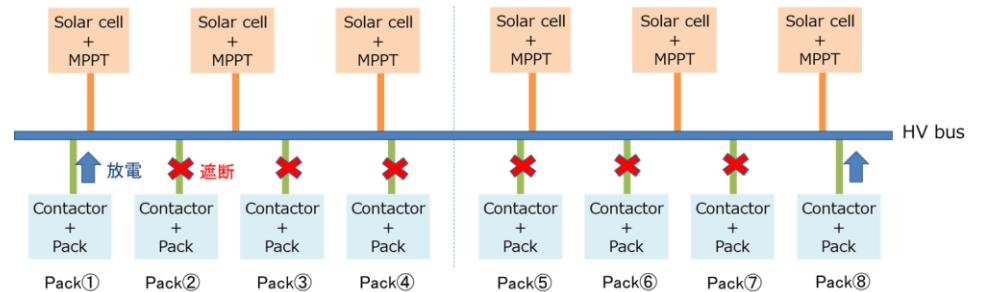
SBKK特許取得済

従来のバッテリーパックの使用方法



放電レート : 0.1C(8パック使用)

新規のバッテリーパックの使用方法



放電レート : 0.4C(2パック使用)

使用する電池パック数を限定することで、
パック1個あたりの放電レートを高くする
→リチウム金属電池にとってサイクル寿命が延びる条件

HAPS以外へ→ドローン

風の影響を受けにくい場所で、3m程度ホバリングさせ、飛行時間を計測
 ※飛行時間はホバリング～電圧低下アラームまでの時間とする

ドローン搭載



次世代バッテリー



離陸



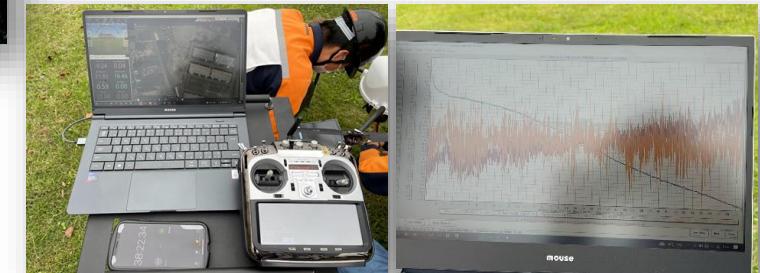
ホバリング



飛行後のチェック



飛行データの取得

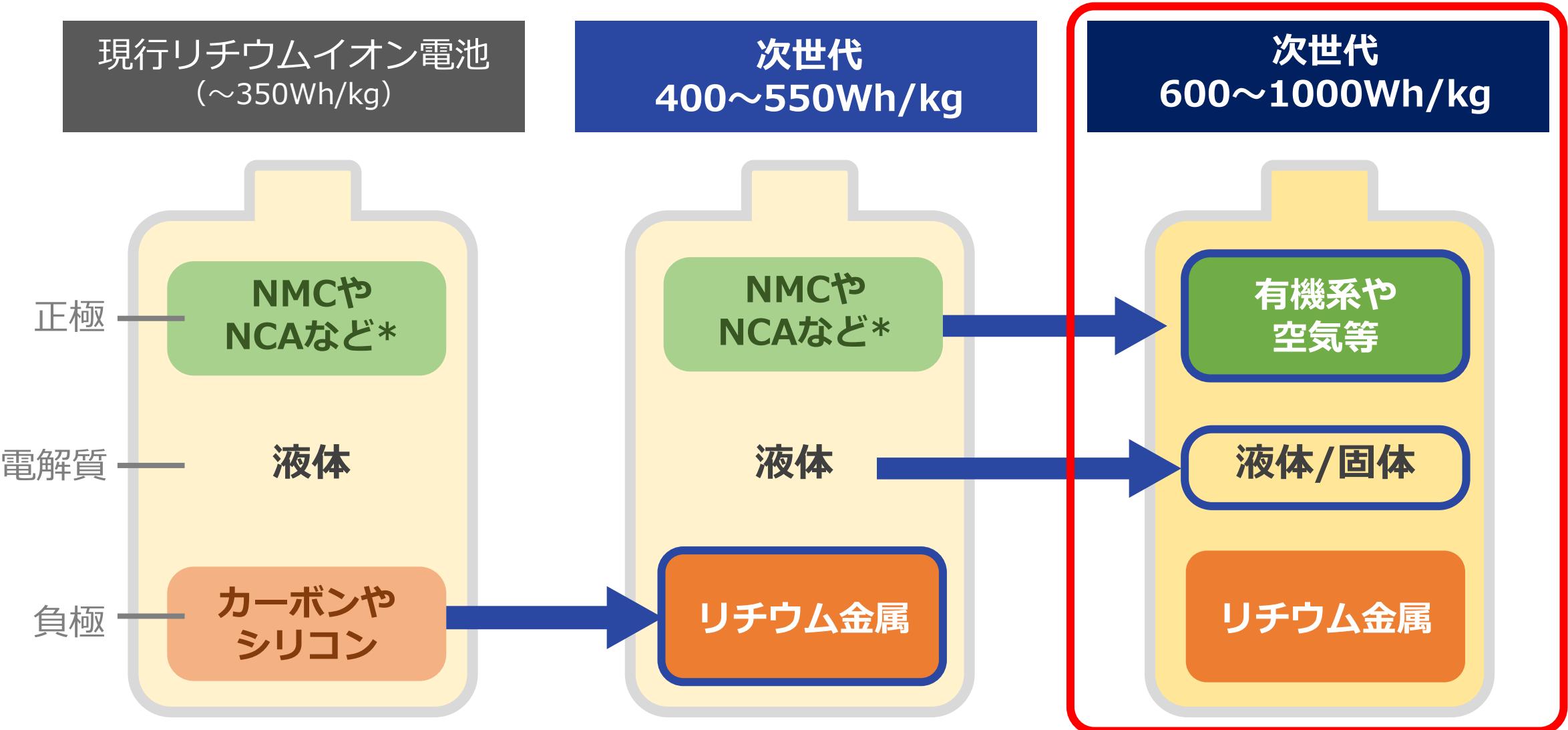


HAPS以外へ→ドローン

既存電池パックに対して、**1.7倍**を確認

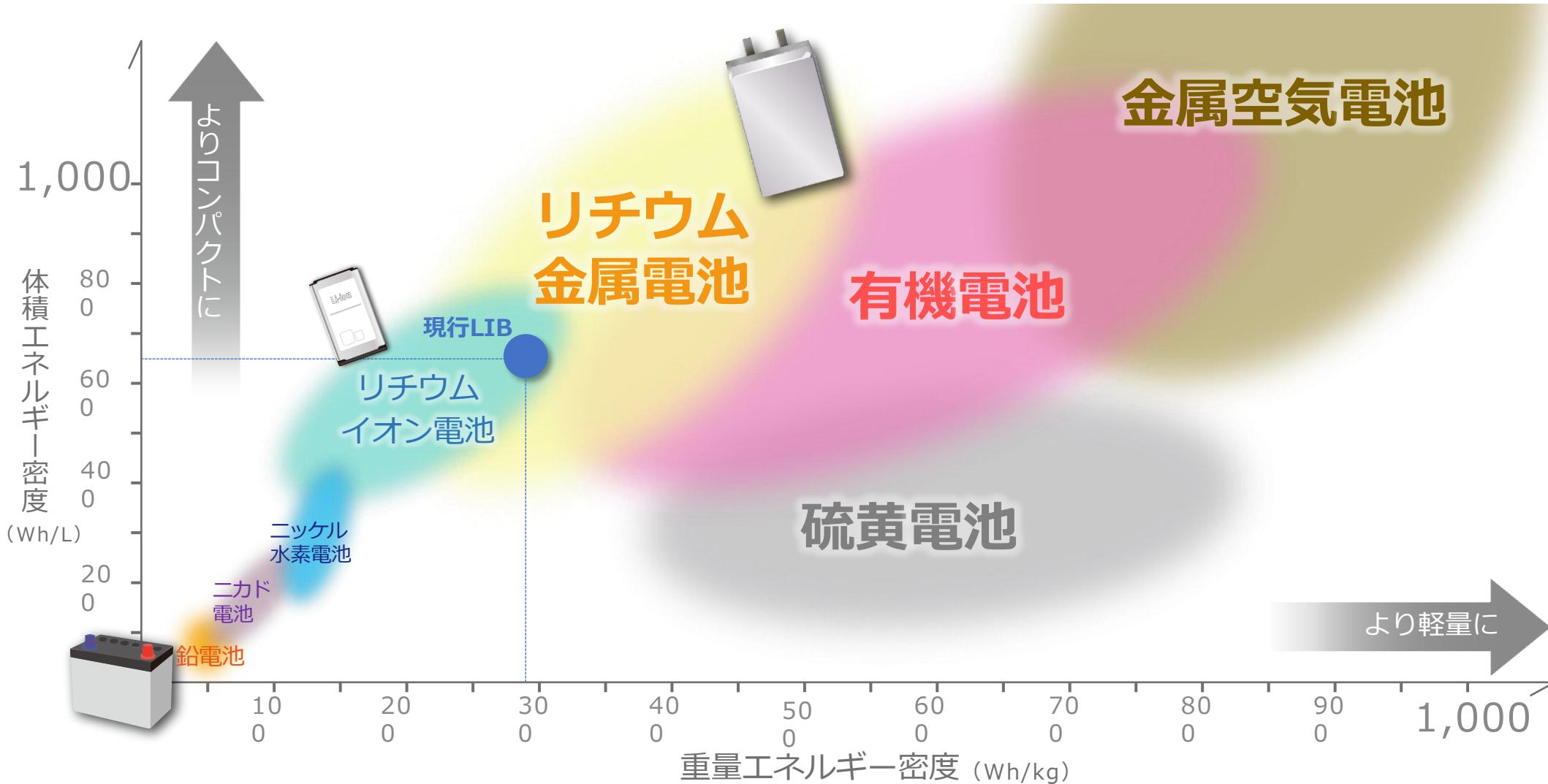
使用した 電池パック	開発した リチウム金属電池パック	市販品 リチウムポリマー電池パック
飛行時間	38分19秒 (70%増加)	22分29秒
バッテリー温度 (検証前)	16度	16度
バッテリー温度 (検証後)	27度	22度

ソフトバンクが目指す次世代電池とは



* NMC : 三元系正極（ニッケル、マンガン、コバルト）、NCA : ニッケルリッチ正極（ニッケル、コバルト、アルミニウム）

次世代電池ロードマップ



6つのキーテクノロジーに注目

①

Li金属 負極

表面処理で長寿命化

②

軽量集電体

軽量化

③

正極活物質

高容量化
レアメタルFree

④

電解質

安全性・高電圧

⑤

バイポーラ構造

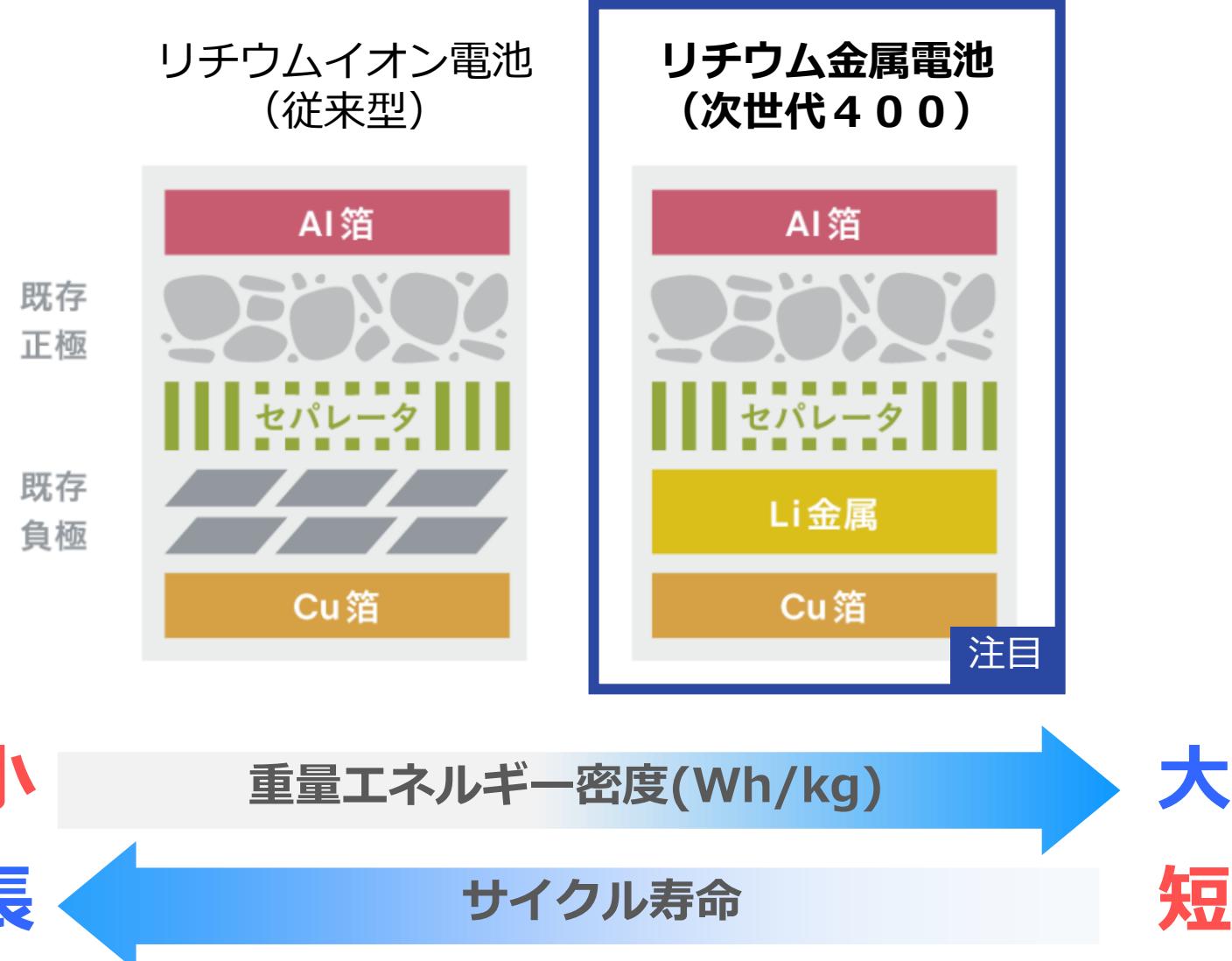
軽量化

⑥

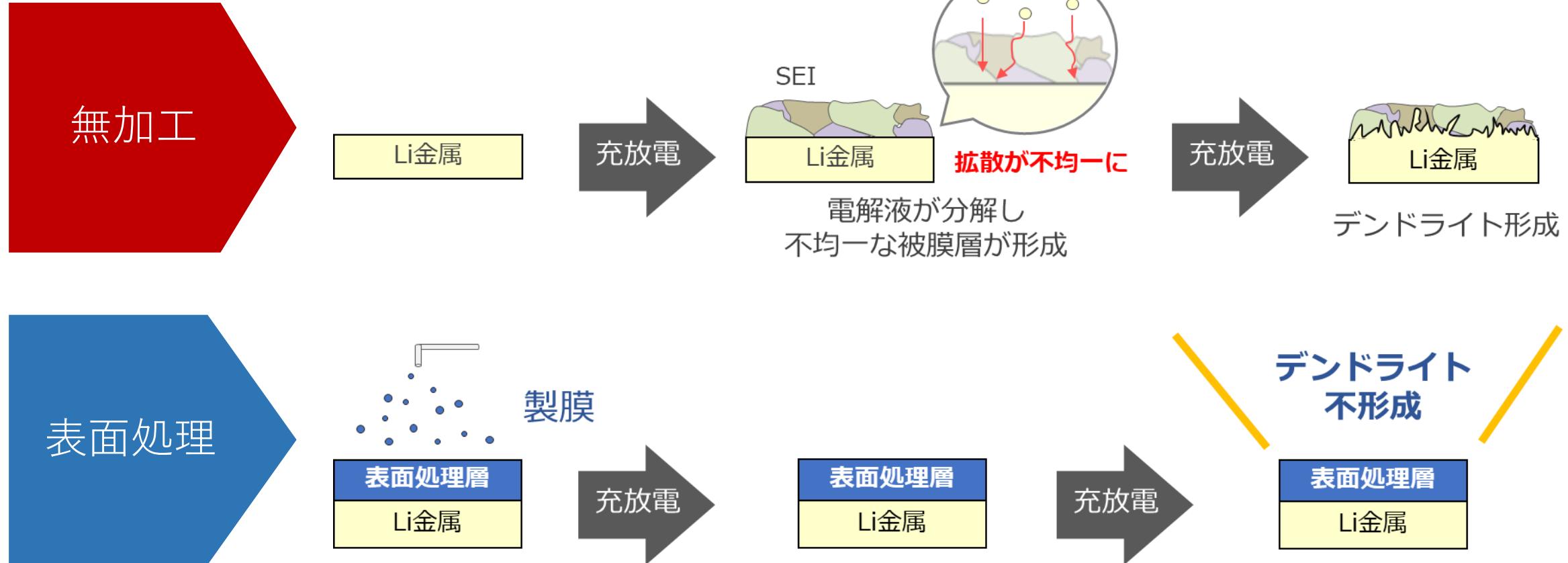
正極

デッドスペース削減
高密度化

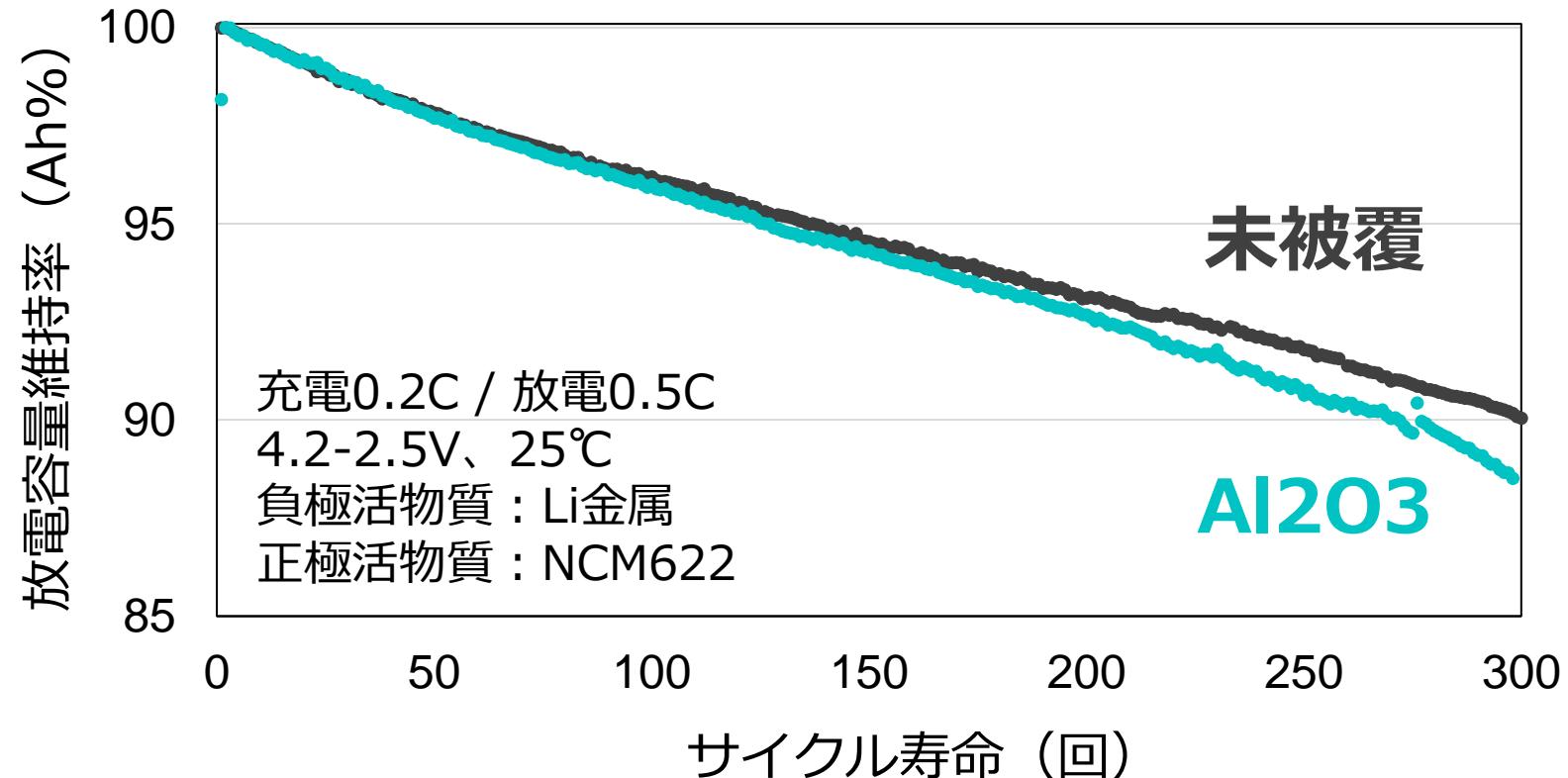
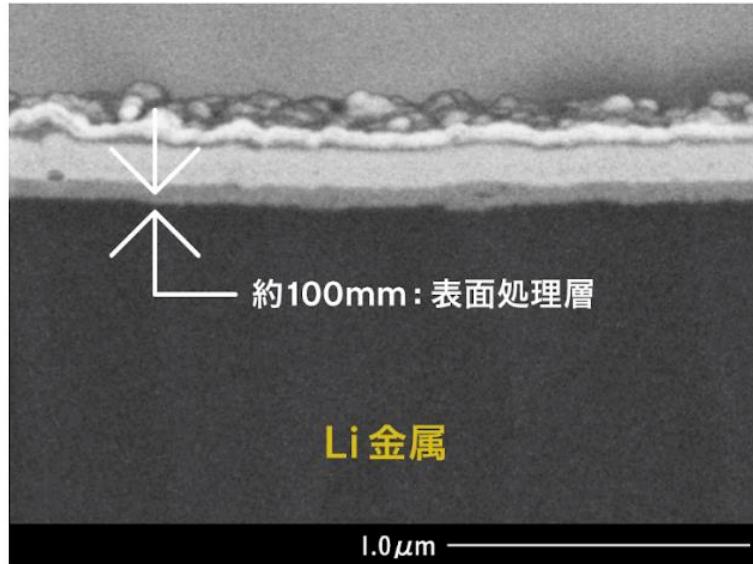
①リチウム金属負極



①リチウム析出制御の解決手法



①パウチセルでの検証結果



Al₂O₃による表面処理では改善効果見られず。
現在は他材料での評価を進めており、改善する材料も見つかり始めている

6つのキーテクノロジーに注目

①

Li金属 負極

表面処理で長寿命化

②

軽量集電体

軽量化

③

正極活物質

高容量化
レアメタルFree

④

電解質

安全性・高電圧

⑤

バイポーラ構造

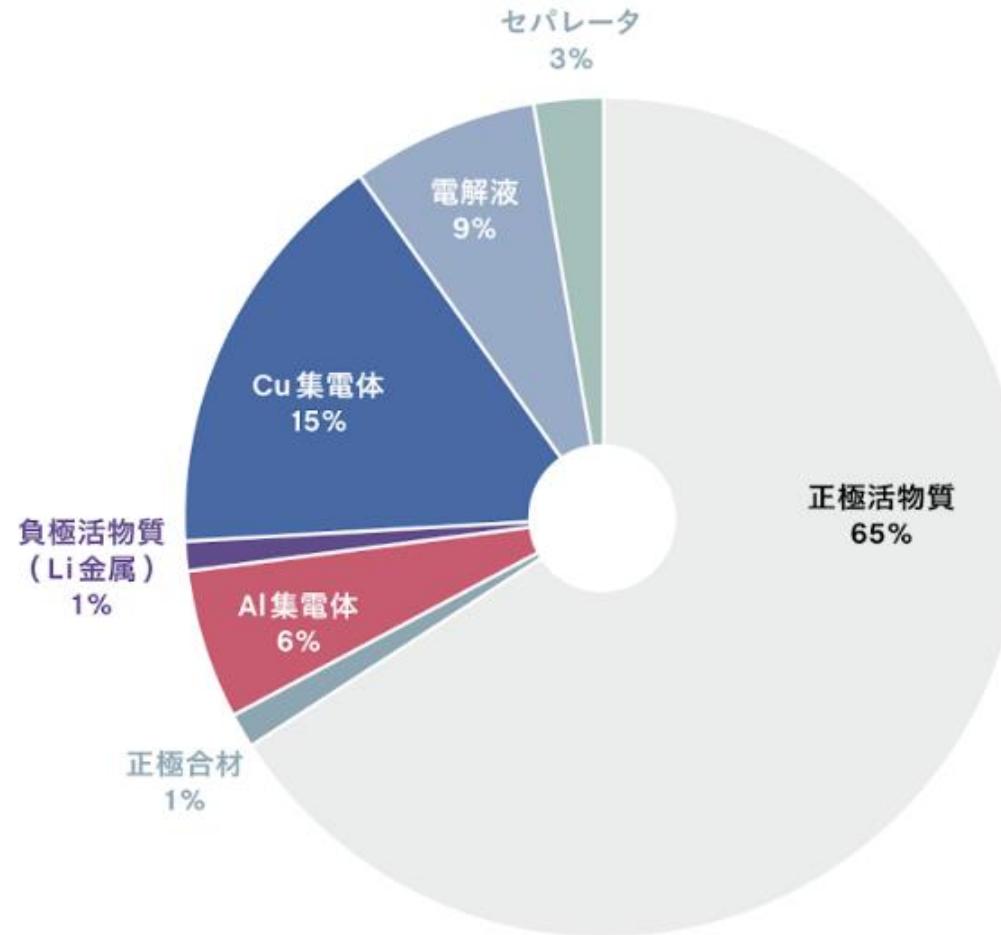
軽量化

⑥

正極

デッドスペース削減
高密度化

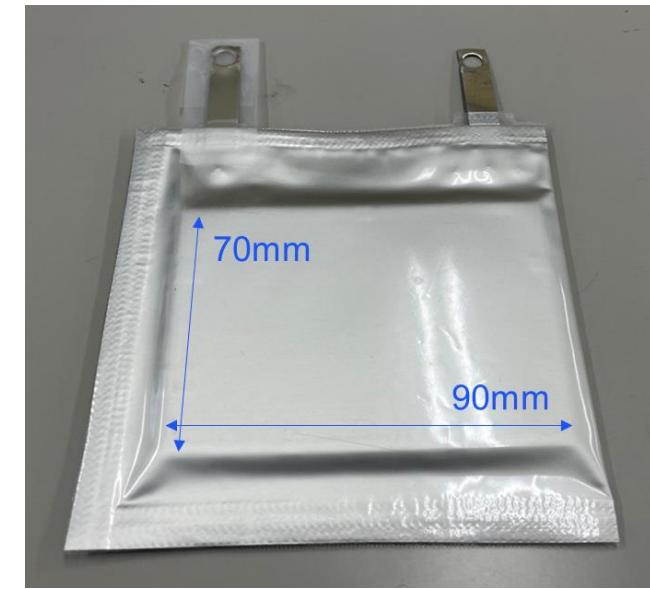
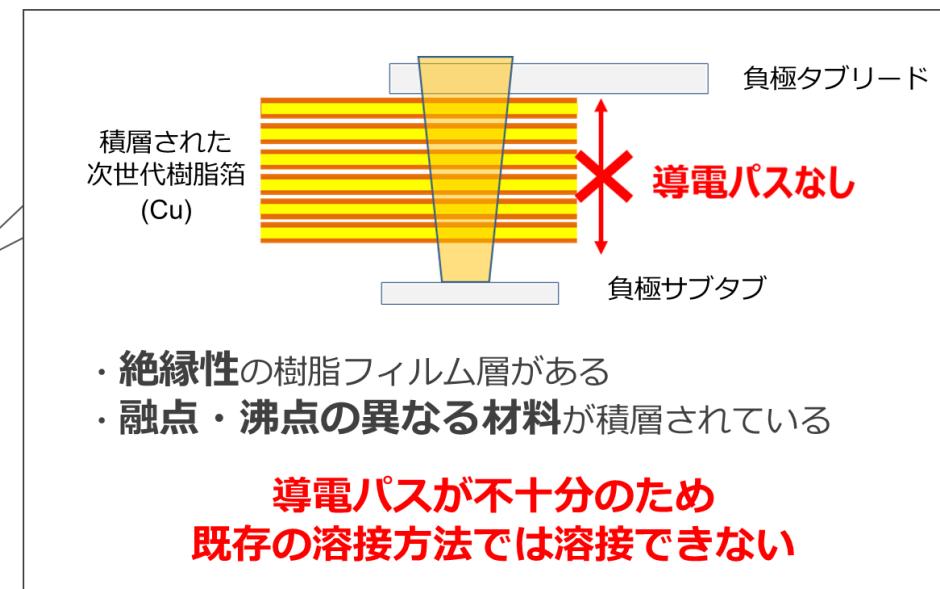
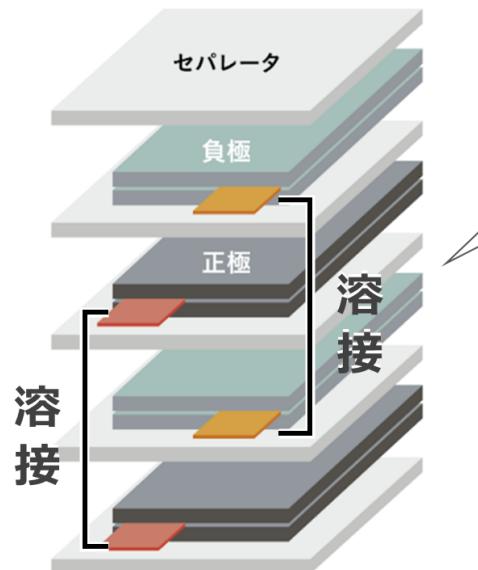
②次世代樹脂箔の概要



	銅箔	次世代樹脂箔
金属層	8 μm	0.5 μm
樹脂	-	6 μm
密度	8.96 g/cm ³	2.30 g/cm ³
重量比	1 0 0	2 5

集電体体積の一部を樹脂で置換した「次世代樹脂箔」を開発

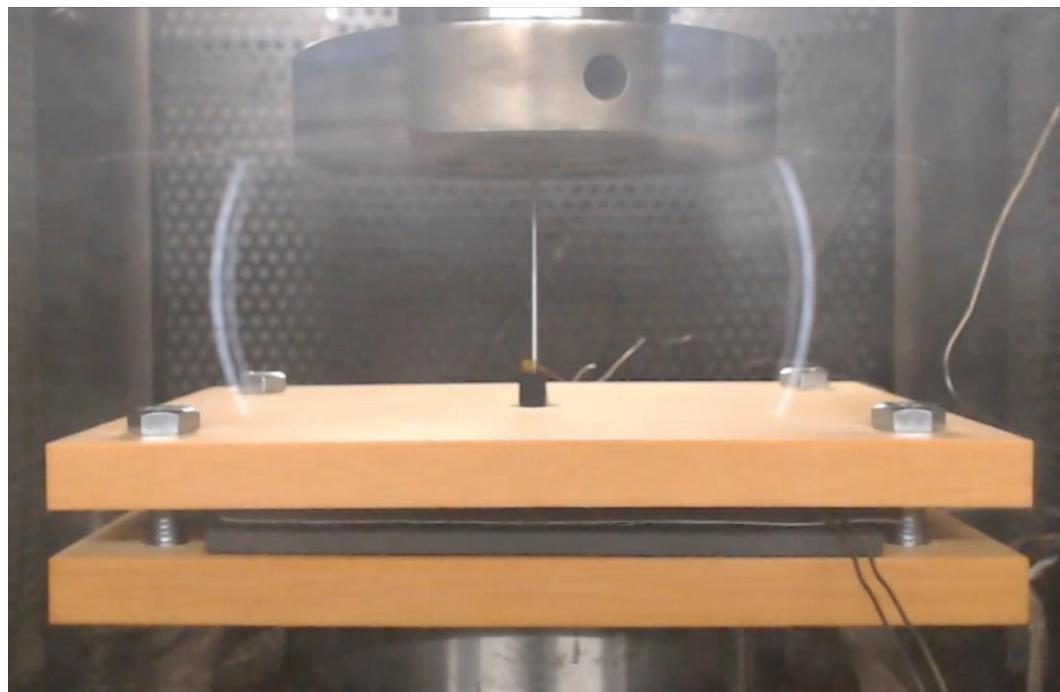
②溶接手法の開発と電池の試作



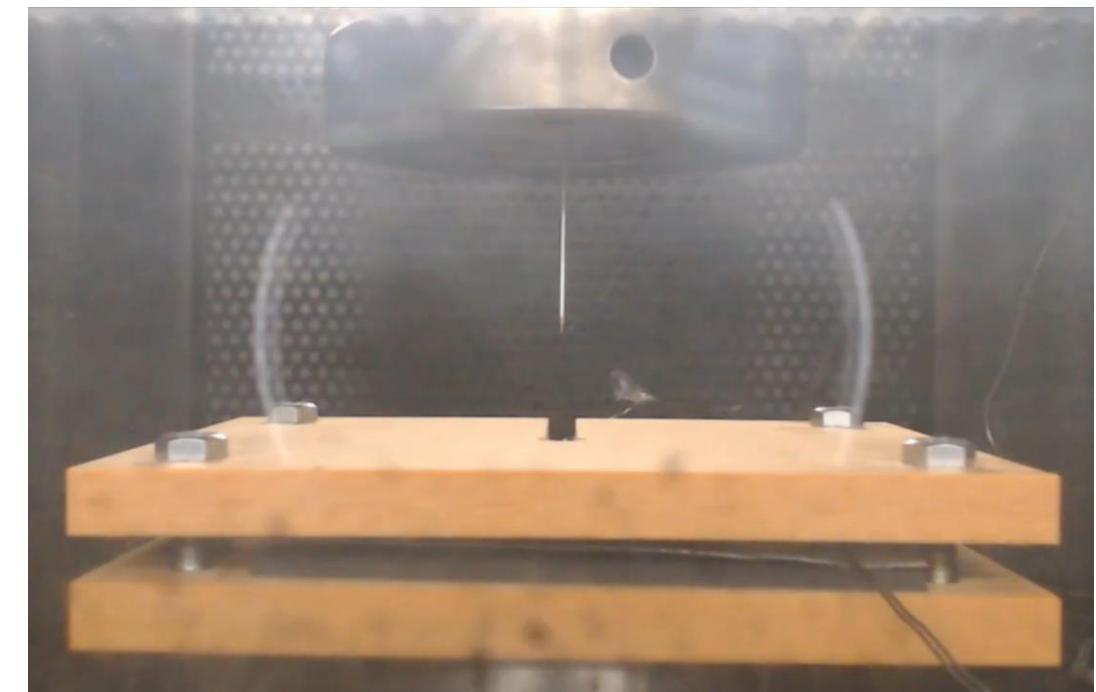
溶接方法を改善し、樹脂箔の多層溶接手法を確立した。
現在は16積層-3.5Ahパウチセルで数々の評価を進めている

②安全性試験

Al / Cuセル

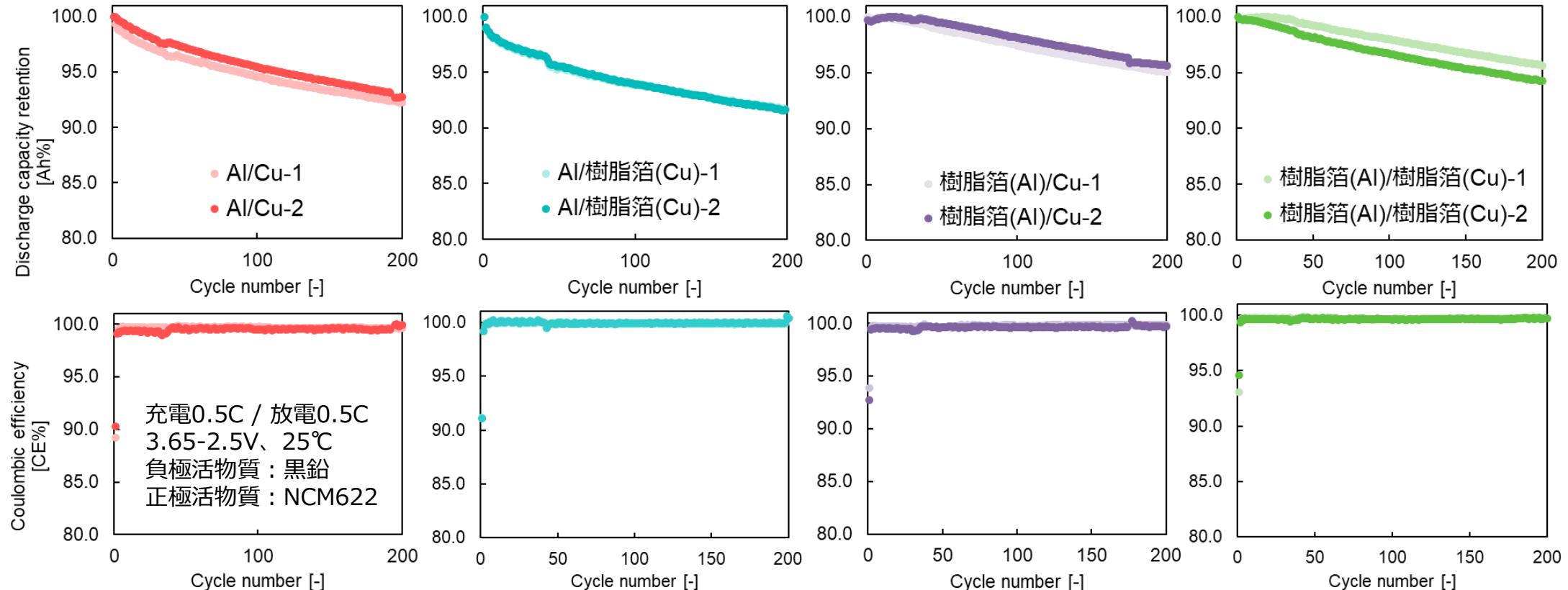


樹脂箔(Al) / Cuセル



樹脂箔(Al)を用いた時のみ、セルが発火しなかった

②樹脂箔Cellのサイクル特性



正極集電体・負極集電体のそれぞれに樹脂箔を使用
従来のセルと同等の性能を示した。サンプル提供も開始している

6つのキーテクノロジーに注目

①

Li金属 負極

表面処理で長寿命化

②

軽量集電体

軽量化

③

正極活物質

高容量化
レアメタルFree

④

電解質

安全性・高電圧

⑤

バイポーラ構造

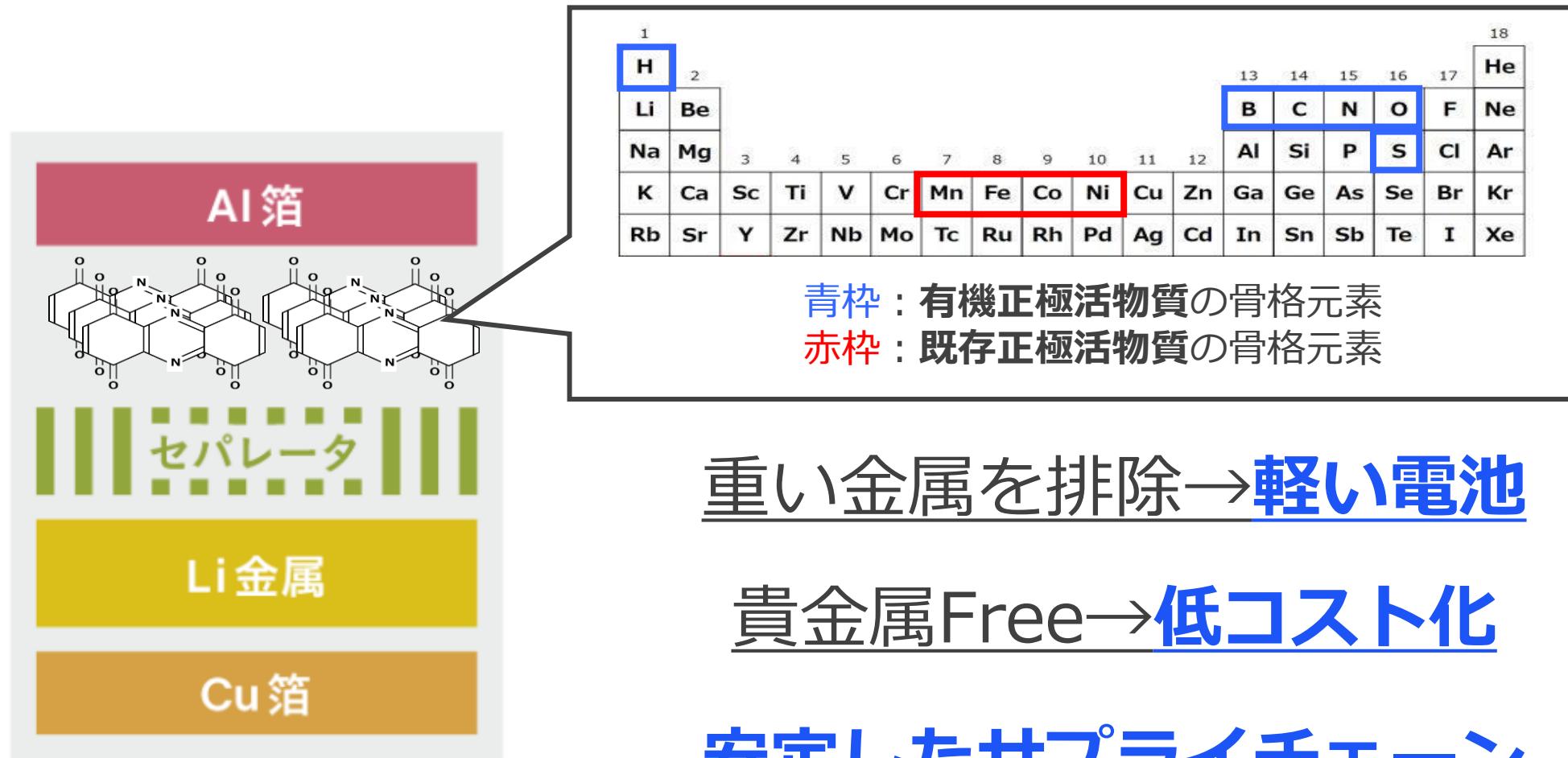
軽量化

⑥

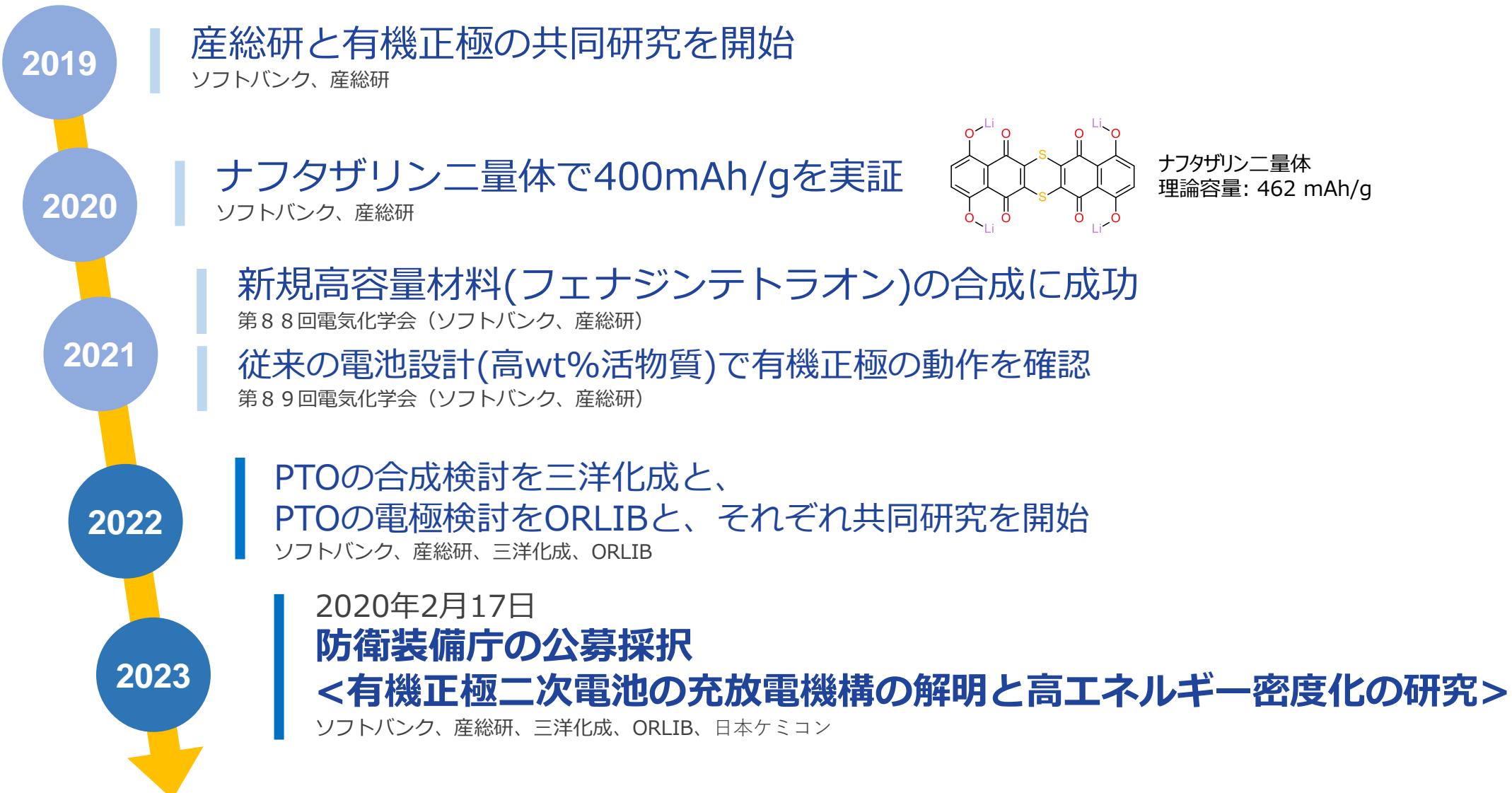
正極

デッドスペース削減
高密度化

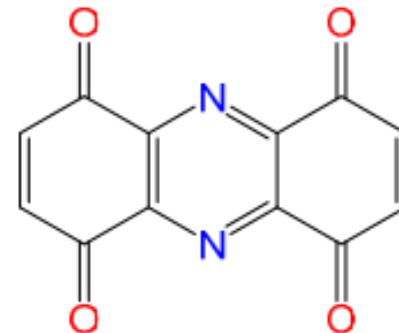
③有機正極と有機正極二次電池



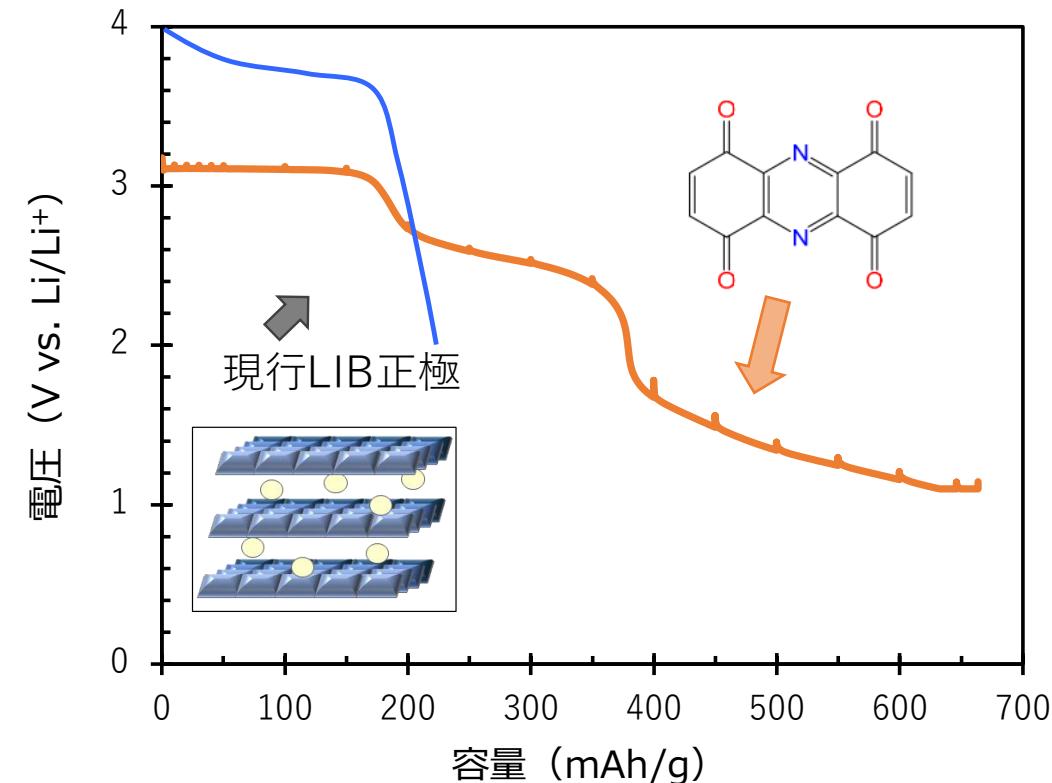
③有機正極の開発歴



③高容量な有機正極の開発に成功



フェナジンテトラオン(PTO)
理論容量 : **670 mAh/g**
最大利用可能電子数 : **6個**

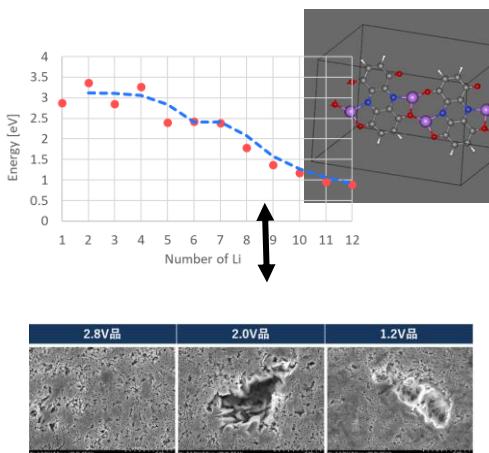


新規合成のフェナジンテトラオンで
既存のリチウムイオン電池の正極の**3倍近い容量**を実証

③550Wh/kgの電池設計

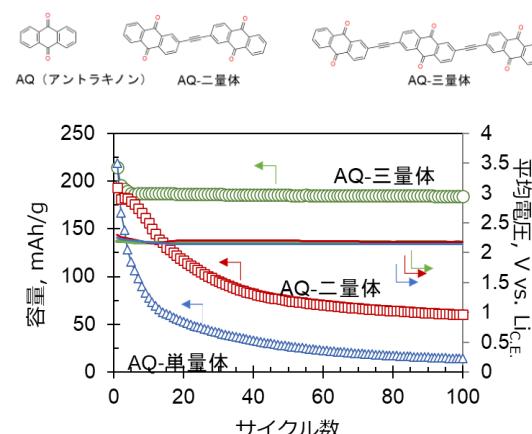
反応メカニズム の解明

計算と分析の相互アプローチ



繰り返し特性 の改善

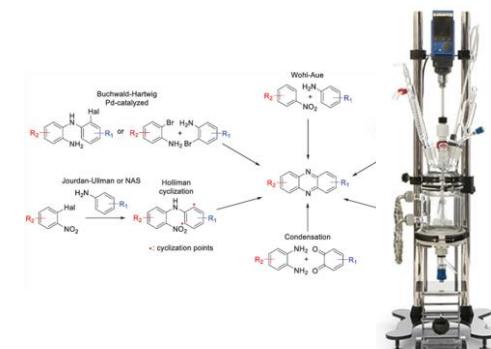
分子設計による溶解抑制



M. Yao et al., *ChemPhysChem*, **20**, 967 (2019).

大量合成法 の確立

副反応の理解と抑制 大型装置での再現



電池の製造プロセス の技術開発

分散・塗工・プレスなど 大型セルの製造技術開発



現在は個別に技術開発を実施。
550Wh/kgの長寿命有機二次電池を実証する(~2027/3)

6つのキーテクノロジーに注目

①

Li金属 負極

表面処理で長寿命化

②

軽量集電体

軽量化

③

正極活物質

高容量化
レアメタルFree

④

電解質

安全性・高電圧

⑤

バイポーラ構造

軽量化

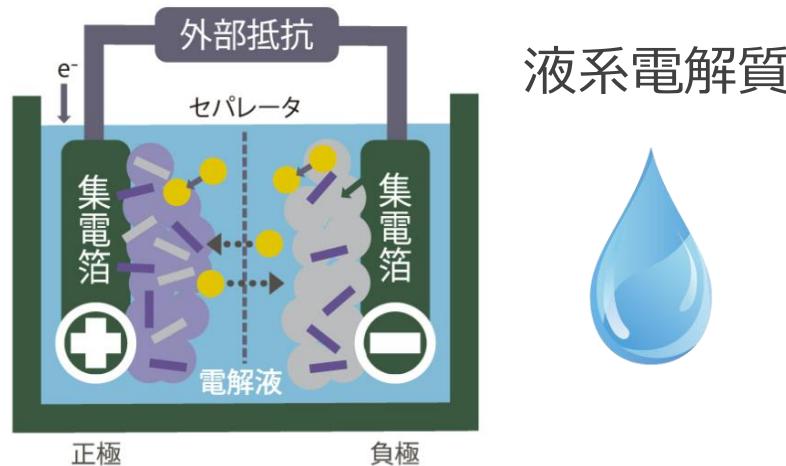
⑥

正極

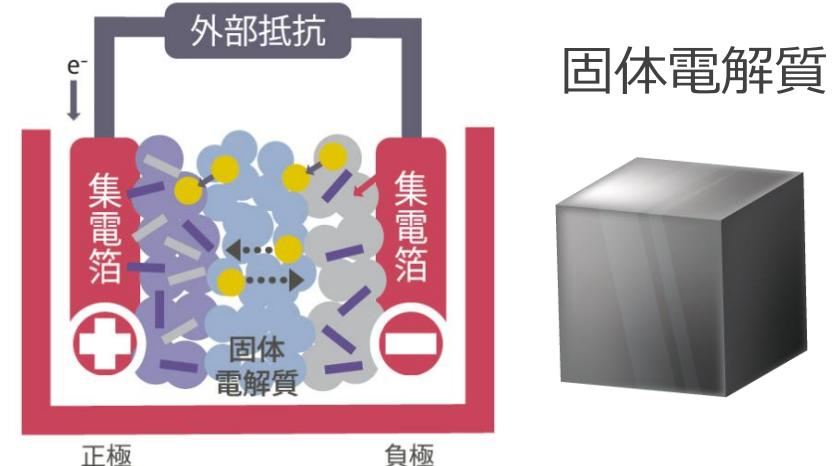
デッドスペース削減
高密度化

④全固体電池とHAPSへのメリット

リチウムイオン電池



全固体電池



さらなる高密度化と高安全性化を実現できるポテンシャル

重量増化

界面制御の難化

次世代正極の適用

高電圧耐久

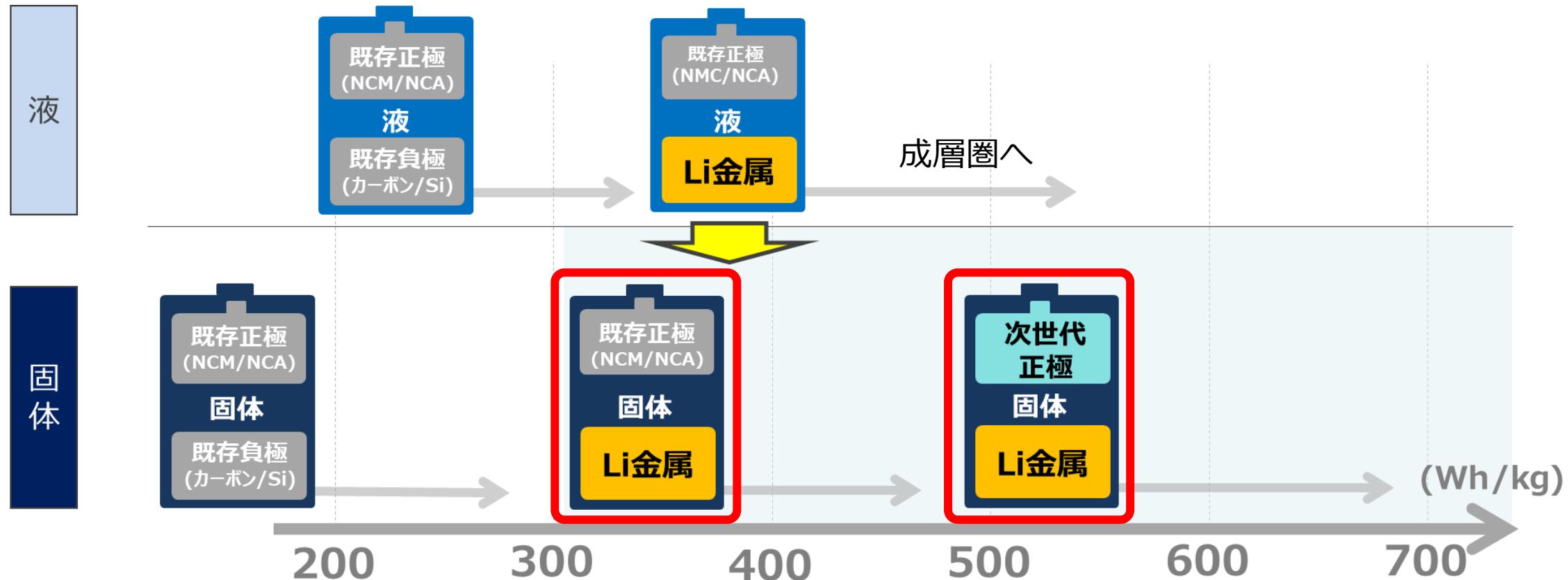
熱的安全性

部材軽量化

高出力化

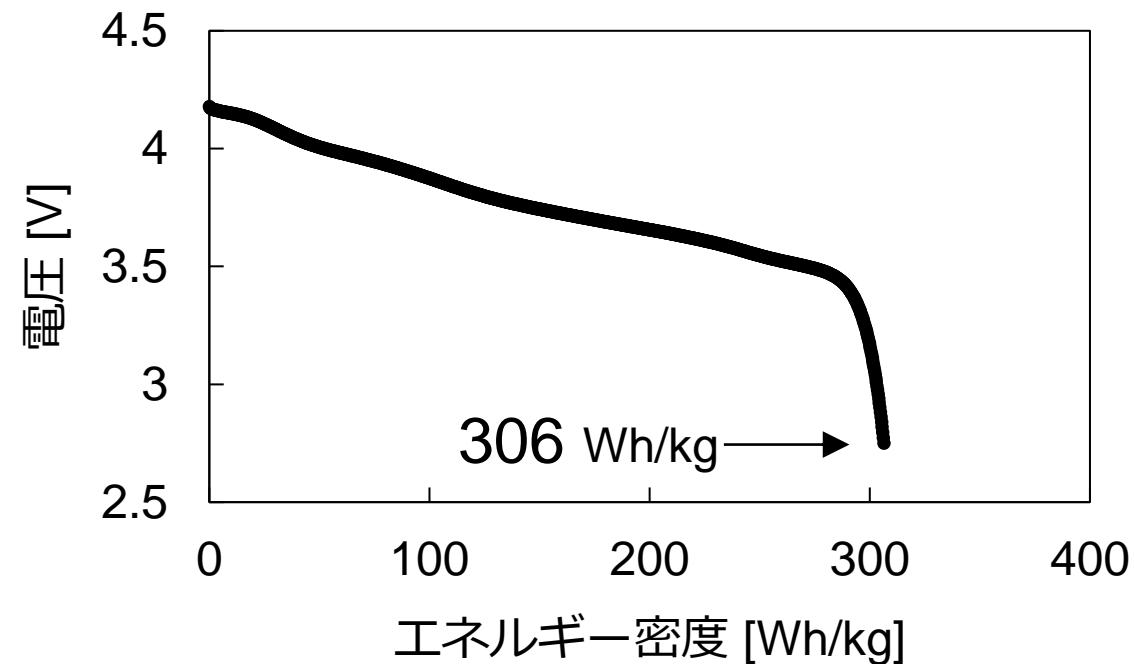
長寿命化

④全固体電池へのシフト



液系電池から高安全性・長寿命化の全固体電池へ徐々にシフト

④全固体電池にて300 Wh/kg達成



市販のリチウムイオン電池(300Wh/kg)と同等の工ネ密の実証に成功



SOFTBANK CORP.
RESEARCH INSTITUTE OF
ADVANCED TECHNOLOGY