

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム  
FS ステージ シーズ顕在化タイプ 事後評価報告書

研究開発課題名	: 金属・合金系負極とイオン液体電解液の界面制御に基づく次世代蓄電デバイスの創製
プロジェクトリーダー	: (株)カネカ
所属機関	
研究責任者	: 坂口裕樹(鳥取大学)

## 1. 研究開発の目的

資源量が豊富であり、原料の入手が容易なナトリウムを用いたナトリウムイオン電池(NIB)は次世代の蓄電デバイスとして大きく注目を集めているが、現在までのところこれに最適な負極材料はまだ見つかっていない。特に、電池の高エネルギー密度化のためにはこれまで以上に高容量を示す材料の開発が必要である。加えて、このような電池の大規模デバイスへの応用には高い安全性が要求されるため、電池を構成する各種要素においてもそれに対する工夫が必要である。本研究開発では、これまでにない高容量を有する金属・合金系負極材料の創製に挑戦するとともに、安全性に優れるだけでなくその分子構造を制御できるイオン液体を電解液に適用することで、負極活物質の能力を十分に発揮させることが可能な電極-電解液界面の構築に取り組んだ。

## 2. 研究開発の概要

### ①成果

高い理論容量を有する Sn や P をベースとした金属・合金系活物質を研究責任者ら独自の手法により電極化し、その性能を評価した。一方、その負極性能を効果的に引き出すため有機溶媒電解液への添加剤の適用やイオン液体電解液のカチオン種およびアニオン種の最適化を実施した。化学修飾を施したイオン液体電解液を適用した P 負極は初回サイクルで  $800 \text{ mA h g}^{-1}$ 、200 回後でも  $230 \text{ mA h g}^{-1}$  の高容量を示した。この性能は従来の炭素系負極を凌駕するものであり、NIB 用負極としての P 負極の有用性が実証された。これに加えて、これまでにない新規に合成した P 含有合金活物質が可逆的な充放電反応を示すことを発見し、有望な負極材料の創製に成功した。

研究開発目標	達成度
① 初回充放電サイクルでの可逆容量が負極活物質あたりで $650 \text{ mA h g}^{-1}$ を超えること	① メカノケミカル法により赤リンから黒リンを合成し、これを電極化したものに対してイオン液体電解液を適用した。その結果、 $800 \text{ mA h g}^{-1}$ の初回可逆容量が得られ、目標値を大きく上回る容量を達成した。
② 50 サイクル後においても $250 \text{ mA h g}^{-1}$ 以上の可逆容量を有すること	② P 負極および独自に開発した P 含有合金負極に対してイオン液体電解液 (1 M NaTFSA/Py1MEM-FSA) およびビニレンカーボネートを含む有機電解液 (1 M $\text{NaClO}_4$ /PC) を適用したものにおいて、 $250 \text{ mA h g}^{-1}$ を超える可逆容量を成し遂げた。

<p>③ NIB 電解液として機能し、かつ不燃性を有するイオン液体の合成</p>	<p>③ ピロリジニウムカチオンとアミドアニオンからなるイオン液体に Na 塩 (NaTFSA) を溶解することで調製した電解液を負極に適用することで従来使用されてきた有機電解液を超える性能を得ることに成功した。また、そのイオン液体電解液が有機電解液よりも熱的安定性において勝っていることを見出した。</p>
--	--

## ②今後の展開

本研究課題では非常に有望な負極活物質を創製できただけでなく、金属・合金系負極とイオン液体電解液との適切な界面構築に成功した。したがって、これらの顕在化したシーズをもとに、適当な正極と組み合わせたセルの実用性を検証することが今後の展開として挙げられる。安全性の実証試験を行いながら、産業分野への技術移転を目指した研究開発を展開する。しかしながら、未だ実用化にまで至っていない NIB の材料開発は企業が行うには相当なリスクをとまなうものである。そこで、公的な研究開発支援制度を活用して、例えば『A-STEP ハイリスク挑戦タイプ』の支援を得た上で、大学およびデバイスメーカーとの共同で本研究開発を継続して行きたい。

## 3. 総合所見

目標通りの成果が得られ、イノベーション創出が期待される。創意工夫と努力の積み重ねにより、当初の目標を達成したことは評価できる。実用化を考えると、初充電効率が低いとの課題が残された。この点に対し研究の継続を期待したい。