



研究領域名 蓄電固体デバイスの創成に向けた界面イオンダイナミクスの科学

名古屋大学・工学研究科・教授 いらやま やすとし  
入山 恭寿

研究課題番号：19H05812 研究者番号：30335195

【本研究領域の目的】

固体と固体が接合すると、その界面近傍で固体本来（バルク）の性質とは異なる全く新しい機能が生じる。本研究領域の目的は、固体内において電子・ホール以外にイオン（ $M^+$ ）が電荷キャリアに含まれる材料（＝蓄電固体材料）のヘテロ・ホモ接合界面で発現する特異なイオンダイナミクスの機構を解明し、イオンを自在に高速輸送・高濃度蓄積し得る界面構築のための指導原理を確立することである。

【本研究領域の内容】

蓄電固体材料には、①電子・ホールが $M^+$ より高速に伝導し、バルク内の $M^+$ 濃度を電位で自在かつ顕著に制御できる材料（インサージョン電極材料：電極）② $M^+$ が電子・ホールより高速に伝導する材料（固体電解質：電解質）の2種類がある。2種類の蓄電固体材料が接合する（＝蓄電固体界面）と、界面近傍では電子やホールに加えて $M^+$ の移動も起こることで平衡状態が形成され、全てのキャリアの電気化学ポテンシャルが一定となる。この結果、蓄電固体界面では空間電荷層の形成に加えて、 $M^+$ の濃度・活量変化と、 $M^+$ の伝導を担う骨格構造の力学緩和（歪み分布）等がもたらされ（図1）、バルクと異なる特異なイオンダイナミクスが発現する。蓄電固体界面におけるこのような物理化学状態の変調がイオンダイナミクスに及ぼす影響を明らかにし、既存の概念に捉われない新機能を発現させる。この目的達成に向けて、四つの研究項目の下、化学・物理・計測・情報・材料の異分野研究を融合し、新たな固体界面科学の学理を構築する（図2）。

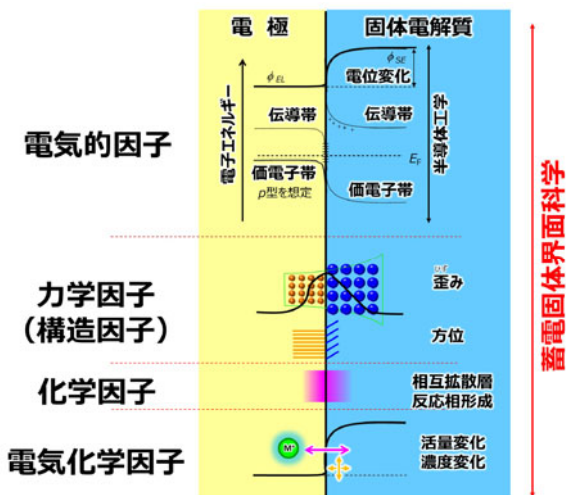


図1 蓄電固体界面のイオンダイナミクスに及ぼす因子の概略図

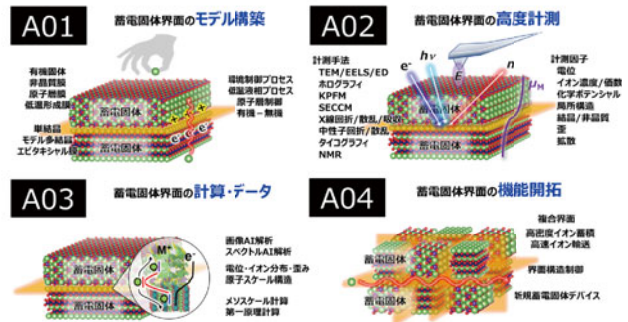


図2 研究項目の概要

研究項目 A01 では、単結晶・薄膜形成技術を活用し蓄電固体材料の構造規定モデル界面を構築し、その界面イオンダイナミクスの基礎特性を電気化学的手法などにより調べる。研究項目 A02 では、蓄電固体界面近傍における電位、イオン濃度、化学ポテンシャル、局所構造などの変調・分布を、高度計測手法を駆使することで多角的に評価する。研究項目 A03 では、蓄電固体界面近傍のイオン及び電子の分布・ダイナミクス機構を、多階層スケール計算やインフォマティクス解析を組み合わせた理論的アプローチにより解明する。研究項目 A04 では、結晶・非晶質材料において、界面構造の異なる蓄電固体材料や格子欠陥や格子歪みを有する準安定相材料などを活用した新機能の発現を目指す。

【期待される成果と意義】

本学理構築により、大容量・高出入力が可能な全固体電池の界面・新材料設計指針が明確となり、加速的な高性能化が期待される。また、全固体キャパシタ、超伝導・トランジスタ、アクチュエータ、振動発電素子など、既存の概念に捉われない新世代イオンデバイスの創成にもつながる。

【キーワード】

蓄電固体デバイス：全固体電池や全固体キャパシタ等の蓄電固体材料を用いるデバイス。  
界面イオンダイナミクス：固体内でイオンが動く材料の界面近傍で発現するバルクと異なるイオン移動。

【研究期間と研究経費】

令和元年度～令和5年度  
1,127,800 千円

【ホームページ等】

<https://www.interface-ionics.jp/>