

## 【基盤研究(S)】

理工系(工学)



研究課題名 簡易・高速プロセスによるソフト電池の創製と、  
構造変化の可逆化による容量革新

早稲田大学・理工学術院・教授 **野田 優** (のだ すぐる)

研究課題番号: 16H06368 研究者番号: 50312997

研究分野: 工学

キーワード: 材料プロセス、二次電池、カーボンナノチューブ、三次元界面

### 【研究の背景・目的】

携帯機器や自動車に加え、大規模災害時の非常用電源、自然エネルギーの出力平準化など、蓄電技術の重要性は増々高まっている。活物質を、金属箔集電体上に導電材とバインダとともに塗布して電極が作られるが、これらの“付随物”が電池内で大きな質量割合を占める。安定なセパレータを基礎に付随物を最小化、活物質を最大化できれば、電池の質量とコストを最小化できる筈である。

本研究では、多量のイオンを出し入れする高容量活物質の体積変化を前提とし、電極内で体積を保存するポーラス電極、可逆的に体積変化するスポンジ電極を、軽量で柔軟で良導電性のカーボンナノチューブ(CNT)を活用して創製する。更にセル全体で安定性を保つソフト電池を提案・開発する。実用的なものづくりを専門とする化学工学者が代表となり電池を専門とする電気化学者と協働し、簡易・高速・高収率なプロセスで革新的な高容量電池の実現に挑む。

### 【研究の方法】

シリコン(Si)や硫黄(S)などの新材料は質量あたり10倍の容量を持つが、充放電時に体積変化し構造が破壊する。各種ナノ構造で優れた容量・出力密度が報告されているが、多くは厚く重い金属集電体を無視し薄く塗布した活物質のみの値で、実用的でない。電池は安価なデバイスであり、低コスト原料から簡易に高速・高収率に実用的に厚く作る必要がある。

我々は、Si源を2,000℃以上と融点より大幅に高温加熱して1minで数 $\mu\text{m}$ と高速に真空蒸着、基板を低温に保って多孔質構造を、蒸着源にCuを少量添加して組成傾斜構造を実現、高い負極特性を得た(図1)。更にCNTが金属箔に直接接合し直立した三次元集電体を開発、多様な活物質を複合化し電極内で体積を保存するポーラス電極を開発する。

一方、我々は数100 $\mu\text{m}$ と長尺で99wt%超と高純度な数層CNTの、滞留時間0.3sで炭素収率70%と高速・高収率な半連続合成を独自の流動層法で実現している。このCNTは分散・ろ過で軽量・良導電性のスポンジ状膜をバインダレスで形成する(図2)。その中に種々の活物質を包含し、軽量で実用的に厚く、可逆的に体積変化するスポンジ電極を開発する。

これらポーラス電極・スポンジ電極に、セパレータ・電解液、セル化・システム化技術を適用、革新的に高容量なソフト電池を開発する。

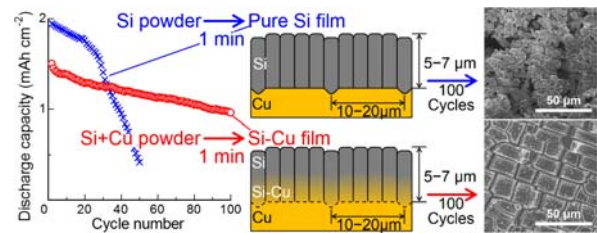


図1. 急速蒸着による組成傾斜 Si-Cu 多孔質負極

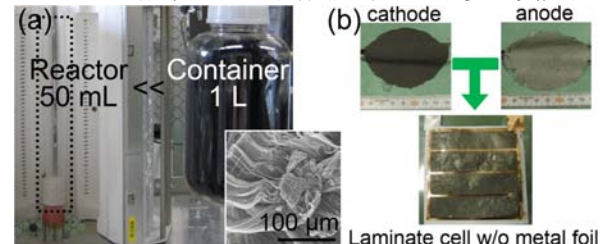


図2. 長尺 CNT 半連続合成(a)と Li 電池(b)

### 【期待される成果と意義】

付随物を最小化した“無駄のない”新規設計により二次電池の容量を革新、簡易なプロセスで高速・高収率に作ることで、低コストでのソフト電池の実現が期待される。また現行電池にもポーラス電極・ソフト電極は適用可能であり、性能向上と低コスト化に寄与すると期待される。加えて、高機能なナノ材料の実用合成は、ナノテクの本格的実用化に貢献すると期待される。

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- D.Y. Kim, H. Sugime, K. Hasegawa, T. Osawa, and S. Noda\*, "Sub-millimeter-long carbon nanotubes repeatedly grown on and separated from ceramic beads in a single fluidized bed reactor," *Carbon* **49**(6), 1972–1979 (2011).
- K. Hasegawa and S. Noda\*, "Lithium ion batteries made of electrodes with 99 wt% active materials and 1 wt% carbon nanotubes without binder or metal foils," *J. Power Sources* **321**, 155–162 (2016).

### 【研究期間と研究経費】

平成 28 年度–32 年度 142,900 千円

### 【ホームページ等】

<http://www.f.waseda.jp/noda/index-j.html>