

## **SICORP EIG CONCERT-Japan**

### **「効果的なエネルギー貯蔵と配分」領域 事後評価報告書**

#### **1 共同研究課題名**

「高効率電力貯蔵を目指す低コストナトリウムイオン電池の開発」

#### **2 日本一相手国研究代表者名（研究機関名・職名は研究期間終了時点）：**

日本側研究代表者

駒場 慎一（東京理科大学・教授）

ドイツ側研究代表者

フリッパ・アーデルヘルム（ベルリン・フンボルト大学・教授）

スペイン側研究代表者

テオフィロ・ロホ（CIC EnergiGUNE エネルギー協同研究センター・科学ディレクター／バスク大学・教授）

#### **3 研究概要及び達成目標**

高効率な電力貯蔵には蓄電デバイスが不可欠であり、大型定置用蓄電池の普及には低コスト、高変換効率、長寿命、安全性に優れた蓄電池が求められる。そこで本研究では、正極に希少金属フリーな Fe-Mn 系層状ナトリウム酸化物、負極に黒鉛を用いた、低コストナトリウムイオン二次電池の開発を目的とした。正極材料および負極材料、電解液の個々の電気化学特性の向上および電極反応の理解は勿論のこと、正負極材料と電解液を組み合わせた電池トータルでの材料開発とナトリウムイオン全電池構築を目指し、正負極材料開発、電解液開発、全電池評価を専門とする、日本、ドイツ、スペインの 3 カ国の研究チームが協力して本プロジェクトを遂行した。日本側研究チームは東京理科大学の駒場が研究代表者として、主に正極材料開発を担当した。これまでに蓄積した材料組成、結晶構造、表面改質のノウハウを活かし、層状酸化物ナトリウム電池正極材の研究を行うとともに、同時並行でドイツの Adelhelm 教授と共に電極材料に最適な電解液を調査した。また、スペイン CIC EnergiGUNE エネルギー協同研究センターの Rojo 教授と全電池の作製および評価を行い、上記目標を達成するナトリウムイオン二次電池の開発を行った。

#### **4 事後評価結果**

##### **4.1 研究成果の評価について**

###### **4.1.1 研究成果と達成状況**

ナトリウムイオン電池用材料の研究として世界的に見ても十分に高いレベルの研究が実施されたと判断する。本研究課題は新規なナトリウムイオン電池用材料とフルセルの特性を得ることが目的であり、正極については、電気化学的不活性元素による部分置換およびアルミナ被覆が正極材料（O3 型  $\text{Na}_{5/6}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/6}\text{Fe}_{1/6}\text{Ti}_{1/3}\text{O}_2$ ）の本質的な電気化学特性へおよぼす影響を評価した。また、電解液として  $\text{NaPF}_6/\text{diglyme}$ （ $\text{NaPF}_6$  を電解質塩とした diglyme 電解液）

を使用した際の正極集電体であるアルミニウムの腐食状況を確認し、この組み合わせの利用を検討した。さらに負極については熱処理温度の異なる人造黒鉛でナトリウム電池特性の評価や、 $\text{NaPF}_6/\text{diglyme}$  の濃度依存性等調べた。これらの結果から、正極には  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を表面コート層として導入した  $\text{Na}_{5/6}[\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/6}\text{Fe}_{1/6}\text{Ti}_{1/3}]\text{O}_2$  を用い、電解液に  $\text{NaPF}_6/\text{diglyme}$ 、負極に黒鉛を用いたフルセルを作成した。このように材料同士の相性を考えながらエーテル溶媒を用いたセルの動作に成功している点は高く評価できる。個々の材料やフルセルの性能に関する当初の数値目標は完全には達成できていない点は惜しまれるが、これは当初目標をかなり高く設定したことにもよると思われる。

#### 4.1.2 国際共同研究による相乗効果

正極、負極、電解液を日本及びドイツで分担して、協力し合いながらスペインでのフルセル作製を達成しており、日本、ドイツ、スペイン各機関の強みを統合する形で研究が推進されたと判断できる。その結果、相乗的な研究成果が出たことで良好なセル作製に至っていると思われる。また、元来ドイツ側で開発されていた炭素アノード極でも日本側で高性能の材料を開発できたことは、日本側のレベルの高さを示すだけでなく、共同研究による相乗効果の一つとも考えられる。コロナ禍により研究期間後半で人材交流が妨げられたことは、惜しまれる。

#### 4.1.3 研究成果が与える社会へのインパクト、我が国の科学技術協力強化への貢献

リチウムイオン電池から脱却の一つの方向性としてナトリウムイオン電池があり、日本の電池産業にとって重要である。また、目的が二酸化炭素削減に資する高性能電池の開発であり、国際共通課題でもある。当該研究分野においてかなりの成果を出したことは社会へのインパクトも十分あると判断する。ただ、コロナ禍で十分な共同研究ができなかった部分もあり、今後計画されている共同研究を継続することでより大きな成果が得られることを期待する。

#### 4.2 相手国研究機関との協力状況について

研究内容自体の協力関係は、3つの研究機関で役割分担がはっきりしており、十分な協力状況が構築されたと判断する。特に研究期間前半では人的交流も行われており優れた成果が得られたと思われる。後半ではコロナ禍で人的交流が妨げられたのは残念であるが、オンライン会議を用いて研究上の協力体制は十分に構築されていたと思われる。

#### 4.3 その他

本国際共同研究は、順調に進んだと判断されるが、3か国の共著論文、研究発表の数が少ないのがやや不満である。また新規な研究成果が得られているにもかかわらず、特許出願が0件なのは残念である。ドイツからの留学生が日本側に滞在し直接交流できたのは日本の若手研究者にとって有益であったと思われる。