

学位論文審査結果の概要

氏名	新村 潔人
学位論文審査委員氏名	主査 佐々木 一哉
	副査 伊高 健治
	副査 井岡 聖一郎
	副査 島田 照久
	副査 千坂 光陽
論文題目	電気透析法によるリチウム資源回収技術 (Lithium resource recovery technology by electro dialysis)
審査結果の概要（2,000字以内）	
審査結果 合格	
審査の概要	
<p>審査は上記の5名を審査委員とし、次に示す順序・手続きで行った。2022年1月25日（火）に実施した第1回審査会では、予備審査の結果を踏まえた内容にて、申請者がマイクロソフト Teams を使ってプレゼンテーションを行い、質疑応答を行った。更に、この時の指摘事項を踏まえて博士論文への再修正を行った。公聴会を2022年2月21日（月）に開催し、公聴会終了後に、本審査委員会2回目と最終判定を行った。以下に、学位論文の審査と最終試験の審査結果についてまとめる。</p> <p>当該学位論文は、脱炭素化社会に向けて重要度が増すリチウムイオン電池などに大量に消費されるリチウム資源を高速かつ高いエネルギー効率で採取・回収するために申請者が新たに考案した電気透析技術について、優れた性能と性能発現の機構を議論している。従来も電気透析によるリチウム資源の採取・回収を目指す研究は報告されていたが、回収速度が小さいため実用化は困難とされていた。また、エネルギー効率が低いことも大きな課題であった。これに対し、開発した新たな電気透析技術は、従来報告されている技術と比較し、2～3桁以上大きな回収速度を実現し、更に高い回収速度でもエネルギー効率の低下は穏やかであり、実用化の可能性が高い。</p> <p>第一章は、本論文の背景として、世界におけるリチウム資源の需要動向と将来予測を論じ、また現在のリチウム資源の供給方法と急激な需要増へ対応する上での既存技術が抱える課題を示すことで、当該研究による新たなリチウム資源採取・回収技術開発の必要性を明確に示している。その後、本研究の目的を定めている。</p> <p>第二章は、実験方法であり、当該研究で実施する実験方法、条件、当該技術用に考案した電気透析セルの概要、および試料の作製方法や条件を記述している。更に本章では、電気化学的評価方法や採取・回収したリチウム量の測定方法についても記述している。</p>	

第三章は、従来の電気透析セル構成と当該セルを用いる電気透析によるリチウム回収時に生じる素反応を解明し、素反応ごとに必要なエネルギーを測定した。その結果をもとに、従来の電気透析技術でリチウムを回収する際の、電気透析条件ごとに生じる現象を解明するとともに、従来技術の課題と性能の限界を明らかにしている。

第四章は、第三章で解明した従来の電気透析技術によるリチウム資源回収時の回収速度とエネルギー効率の課題の発現機構をもとに、それらの課題を解決するための電気透析の新たな電気透析用セル構成や電力投入方法のコンセプトを明確に示した。更に、そのコンセプトの効果を実験検証した。

第五章は、第四章で考案した新たな電気透析技術をもとに、より速い速度でのリチウム回収の為の適切な条件について議論している。同時に、エネルギー効率の低下を抑制する方法についても議論している。示された結果は、例えば、リチウム回収技術の研究における代表的な条件の一つである 1 M の水酸化リチウム溶液からリチウムを回収する条件において、従来報告されていた速度に対し約 650 倍の高速での回収を実現するとともに、電気透析条件を最適化すれば更に高速での回収が可能であることを実験データとともに理論的に示している。

第六章では、世界における将来の基幹エネルギーシステムの一つとして期待される熱核融合炉の燃料として必要な質量数 6 のリチウム (${}^6\text{Li}$) の同位体比率を高めたリチウムの回収方法を論じている。従来研究では、電気透析による同位体濃縮回収が可能であることは、理論的には予測されていたが実現が困難であった。これに対し、新たな電気透析同位体濃縮方法を考案するとともに、回収条件の適性化を実現し、理論値に近い ${}^6\text{Li}$ 同位体濃縮回収を実現し、またこれを達成できた理由を記述した。

第七章は結言である。これまでの結果を総合的に論じるとともに、電気透析法によるリチウム資源採取・回収技術の開発という本研究について、残る課題と将来の可能性について論じている。

このように、当該学位論文は、将来のエネルギーシステムにて需要が急増するリチウム資源を採取・回収するための新しい電気透析技術を考案し、それによる回収の可能性を実験研究により明確に示し、重要な結果が得られていると考えられる。

本審査会は、本研究成果が優れた工学的な進歩性と学術的な新規性を有しており、提出された学位論文が基準を満たす内容であると認め、合格に相当すると判定する。

学位論文の基礎となる参考論文

(1) **Kiyoto Shin-mura**, Ryoya Tokuyoshi, Hirofumi Tazoe, Kazuya Sasaki, “Temperature effect on lithium isotope separation by electrodialysis using $\text{La}_{0.57}\text{Li}_{0.29}\text{TiO}_3$ electrolyte”, Fusion Engineering and Design, 171 (2021) 112577.

(2) Kazuya Sasaki, Ryosuke Hiraka, Hiroto Takahashi, **Kiyoto Shin-mura**, “Energy balance of lithium recovery by electrodialysis using $\text{La}_{0.57}\text{Li}_{0.29}\text{TiO}_3$ electrolyte”, Fusion Engineering and Design, 171 (2021) 112500.

(3) Shunsuke Honda, **Kiyoto-Shin-mura**, Kazuya Sasaki, “Lithium Isotope enrichment by electrochemical pumping using solid lithium electrolytes”, Journal of Ceramic Society of Japan, 126[5] (2018) 331.