

学位論文審査結果の概要

氏名	Chahtou Amina (シャハトウ アミナ)
学位論文審査委員氏名	主査 伊高 健治
	副査 渡辺 孝夫
	副査 久保田 健
	副査 小島 秀和
	副査 吉田 暁弘
論文題目	Study on Carbothermal Reduction Process from Alumina to Aluminum アルミナからアルミニウムへの炭素熱還元プロセスの研究
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名を審査員とし、次に示す順序・手続きで行った。平成30年7月19日（木）に実施した第1回審査では、予備審査の結果を踏まえて申請者がプレゼンテーションを行い、次いで質疑応答を行った。この指摘事項を踏まえて博士論文の修正を行い、論文公聴会は平成30年8月22日（水）に開催し、公聴会終了後に第2回審査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、アルミニウム金属を製錬する上で、シリコンなどで使用されている炭素熱還元プロセスに関する研究をまとめた論文であり、申請者は炭化アルミニウムを添加することによって、アルミニウム金属の収率向上について系統的に実験することで議論している。アルミニウム金属は、様々な分野での重要な金属の一つであるが、現在、電気分解をベースとした熔融塩電解法であるホールエルー法が唯一実用化されている。そのため、アルミニウムは電気の缶詰ともいわれている。還元材として、炭素を用いる事が可能になれば、電気分解やフッ化物を利用する必要がなくなるので、電気代・エネルギーコストの低減や、フッ素に起因するパーフルオロカーボンガスの放出によるオゾンホールの破壊などを抑制できる。アルミニウムの炭素熱還元は、国内外で試みられているものの、ホールエルー法が工業的に成功していることもあって、報告例は多くはない。アルミニウムの炭素熱還元プロセスが、温度制御や添加物によって制御できるかどうか系統的に調べてデータを蓄積することは、炭素熱還元法の可能性を議論する上で有用なことである。</p> <p>第1章は、本論文の背景として、現在のアルミニウムの生産量や重要性を紹介し、今後の世界市</p>	

場の動向を論じている。また、工業的に用いられているホールエルー法とその他の製法、および炭素熱還元法についての違いを論じている。

第2章は、理論的背景として、アルミニウムの還元について熱力学的に論じている。炭素熱還元法に関して、シリコンの場合と比較しながら、アルミニウムの場合を論じており、ギブスエネルギーから作成された熱力学的相図をベースとして、アルミニウム還元に必要な条件を論じている。

第3章は、実際の実験に即した熱力学的相図の詳細について、詳しく論じるとともに、還元実験装置の構成や生成物の分析に用いた手法や装置について論じている。加熱実験中にリアルタイムで測定出来る質量分析計や温度の制御方法などについて論じている。

第4章は、温度の最適化に関する実験結果を論じており、さらに熱力学的相図から期待される炭化アルミニウムの添加効果について実験結果を論じている。炭化アルミニウムの添加によって、アルミニウムの収率が増加することが実験的に示されており、その背景について論じている。また収量計算に関しての、X線定量解析における検量線の誤差が結果にどのような影響を与えるかについて論じている。

最後に、これまでの結果を総合的に述べ、本研究の課題と将来について論じている。

このように、当該学位論文は、アルミニウムの炭素熱還元法に関するもので、炭化アルミニウムの添加によって、アルミニウムの収率が増加することが系統的に示されており、今後のアルミニウムの炭素熱還元法の可能性を議論する上で、重要な結果が得られていると考えられる。

本審査では、アルミニウム収率の評価方法とその誤差について、再評価と修正の必要性が指摘されたものの、本研究の成果は学位論文の基準を満たす内容を有しており、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) "Optimization of Heating-Temperature on Carbothermal Reduction of Alumina for Production of Aluminum", A. Chahtou, R. Benioub, K. Itaka, *Inter. J. B. Sens. & B. Electro.*, **4**(2) 67-72, (2018年4月).
- (2) "Development of Real-Time Weight Monitoring System for the Carbothermic Reduction Process of Silica", R. Benioub, A. Boucetta, A. Chahtou, S. M. Heddadj, M. Adnane, Y. Furuya, K. Itaka, *Mater. Trans.*, **57** 1930-1935, (2016年10月).
- (3) "Optimization of the Granulation Binders of High-Purity Carbothermic Reduction for Solar-Grade Silicon", A. Boucetta, R. Benioub, A. Chahtou, S. M. Heddadj, T. Ogasawara, Y. Furuya, S. Hamzaoui, K. Itaka, *Mater. Trans.*, **57**, 1936-1944, (2016年10月).