

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Particle Preparation using Electrical Discharge in Liquid Nitrogen
著者(和文)	ParkYoon Sik
Author(English)	Yoon Sik Park
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12066号, 授与年月日:2021年9月24日, 学位の種別:課程博士, 審査員:関口 秀俊,久保内 昌敏,下山 裕介,森 伸介,青木 才子
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12066号, Conferred date:2021/9/24, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Park Yoon Sik	
		氏名	職名		
論文審査 審査員	主査	関口 秀俊	教授	審査員	青木 才子
	審査員	久保内 昌敏	教授		
		下山 裕介	教授		
		森 伸介	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Particle preparation using electrical discharge in liquid nitrogen」(液体窒素中の電気放電を利用した粒子合成)と題し、英文で書かれ、以下の6章から構成されている。

第1章「Introduction」では、本研究の背景として、プラズマの種類や特長、発生方法を概説すると共に、液中放電やそれを用いた粒子合成プロセスの研究に言及している。そして液体窒素中で放電させる粒子合成法において期待できる効果を述べると共に、この研究の目的や意義を明らかにし、論文の構成を示している。

第2章「An experimental study on submerged electrical discharge in deionized water」では、水中放電を利用した粒子合成について説明している。ここでは、電解液を使用せず、銅(Cu)電極を用いてナノサイズの酸化銅(CuO)粒子を合成している。その結果、生成した微粒子の形状は、低出力モードでは針状に、高出力モードでは爪状となることを示し、これは、低出力モードでは水とCuとの電気化学反応により電極表面で微粒子が生成されるが、高出力モードではこの化学的过程に加えて、Cu電極の熔融と蒸発によって微粒子が生成される物理的过程も同時に進行するためと推測している。

第3章「Effect of power supplies on Cu particle preparation using liquid nitrogen discharge」では、液体窒素中の放電によるCu粒子の合成における電源の影響を検討している。交流(AC)電源、直流(DC)電源、両極性パルス電源を用いて実験を行い、その結果、どの電源を用いてもマイクロサイズの球状の金属Cu粒子と酸化されたナノサイズのCuO粒子が得られたことを報告している。そしてマイクロサイズの球状粒子は、電極の溶融面から直接剥離して形成されること、一方、ナノサイズの粒子は、電極からの気化によって生成すると推測している。またDC電源は、AC電源や両極性パルス電源に比べて、生成量などで粒子生成に優れた性能を示したことから、以降の研究にはDC電源を用いることを述べている。

第4章「Variation in metal electrodes for particle preparation using liquid nitrogen discharge」では、アルミニウム(Al)、チタン(Ti)、亜鉛(Zn)の3種類の金属を電極に用いて液体窒素中の放電を行い、実験パラメータとして印加する電流を変化させ、粒子合成を行っている。合成した粒子のXRD解析により、Al、Ti、Znの電極を用いたすべての実験条件で窒化物の生成を確認すると共に、印加電流は合成した粒子の結晶性に影響を与え、最も高い電流条件においては、Ti、Alの場合は窒化物が主生成物である一方で、Znでは金属Znや窒化物も多く混在することを述べている。さらに陽極と陰極を異なる金属の組み合わせで実験を行い、その結果、陽極の金属がほとんどの粒子を生成することを明らかにすると共に、XRDの結果から、金属合金は形成されないこと、陽極がTiではTiN粒子が生成され、CuではCu粒子が生成されることを示し、粒子合成は、それぞれの電極が他の電極と干渉することなく独立した役割を果たしていると推測している。

第5章「Mechanism of particle formation」では、液体窒素放電を用いた粒子合成プロセスのメカニズムを提案している。まず、窒化物微粒子の合成については、熱力学的計算を行い、AlおよびTi電極の窒化は自然に起こることを説明している。次に、前章で述べた実験での観察結果に基づき、陰極と陽極の役割を議論している。まず、陰極とアーク放電の相互作用について考察し、電極材料の物理的特性とアーク放電の持続安定性の観点から、アーク放電を持続させるために最も安定した特性を示すものはTi電極であると説明している。一方、陽極表面と合成された粒子のSEM観察から、陽極表面に堆積した粒子と生成された粒子の形態は類似していることや前章の結果から、粒子形成は主に陽極上で起きると推測している。そして窒化物は、第2章で述べた水中放電を用いたCuO粒子の形成と同様に、放電中に解離した原子状窒素が金属蒸気と反応した結果、合成されるというモデルを提案している。

第6章「Conclusion」では、本研究で得られた知見をまとめると共に今後の課題や展望について述べている。これを要するに、本論文は、極低温を持つ液体窒素中での液中放電を粒子合成に応用するプロセスについて、これを実験的に検証し基礎的知見を得ると共に、その合成メカニズムを推測することを通して、窒化物などの微粒子の簡便な合成プロセスとしての可能性を示したものであり、工学上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値があるものと認められる。