

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Catalytic Conversion of Tar Using Nickel Nanoparticles Embedded in the Rice Husk Char for Biomass Gasification
著者(和文)	Yafei Shen
Author(English)	Yafei Shen
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9842号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉川 邦夫,加茂 徹,高橋 史武,時松 宏治,梶谷 史朗
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9842号, Conferred date:2015/3/26, 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		Yafei Shen	
		氏名	職名		氏名	職名	
論文審査 審査員	主査	吉川 邦夫	教授	審査員	梶谷 史朗	連携准教授	
	審査員	加茂 徹	連携教授				
		高橋 史武	准教授				
		時松 宏治	准教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Catalytic Conversion of Tar Using Nickel Nanoparticles Embedded in Rice Husk Char for Biomass Gasification」と題し、バイオマスの熱分解ガス化の際に生成されるタール分を分解できる、粉殻炭化物にニッケルを担持した安価な触媒の開発をめざした検討を行っており、全5章から構成されている。

第1章「General Introduction」では、本研究の背景として、バイオマスのガス化は、小規模なバイオマス発電に適しているものの、タールと炭化物が副生成物として生成されることが問題であると述べている。炭化物については、更なるガス化が可能であるものの、タールについては合成ガス中から除去する必要があり、反応速度が速く、確実にタール分解が行えることから、これまで検討されてきた主たるタール除去法は、接触改質法であることを指摘している。そして、活性の高さ及び経済性の観点から、タール分解には一般に、ニッケル触媒が利用されてきたことを指摘している。そこで、これまでタール分解用の触媒としては研究例がない、粉殻炭化物にニッケルを担持した触媒のタール分解性能について検討することが本論文の目的であることを述べ、本論文の構成について紹介している。

第2章「In Situ Catalytic Conversion of Tar Using Rice Husk Char or Ash Supported Nickel-Iron Catalysts for Biomass Gasification Combined with the Mixing-Simulation in Fluidized-bed Gasifier」では、バイオマスガス化における、熱分解炉内でのタールの接触分解について検討している。バイオマス試料として、粉殻を使用し、粉殻炭化物あるいは粉殻灰にニッケル/鉄を担持した触媒を混ぜて熱分解を行った結果、特に、粉殻炭化物触媒を用いた場合に、凝縮性のタールの分解率が、92.3%に達することを見出している。ニッケルのみを担持した場合に比べて、ニッケルと鉄の両金属を担持した触媒は、タール分解率が低かったものの、ニッケル使用量が少ない分、経済性に優れていることが述べられている。さらに、焼成段階を省くことで、触媒がより簡便に作成でき、触媒製造に要するエネルギーも削減されることを示している。加えて、流動床ガス化に適用する場合、砂や上記の触媒を混合させることで、粉殻の流動性が向上することも明らかにしている。

第3章「Metallic Nickel Nanoparticles in Situ Generated in the Carbon Matrix of Rice Husk Char for in Situ Catalytic Conversion of Tar Derived from Biomass Pyrolysis」では、水素化ホウ素ナトリウムを用いて粉殻炭化物にニッケルを含浸させた触媒を用いた熱分解炉内タール分解プロセスが提案されている。特に重要なことは、この手法によって、炭素基質中で、ニッケルのナノ粒子触媒を熱分解炉内で生成できる可能性があることを指摘している。この触媒によって、凝縮性のタールが、非凝縮性あるいは低分子のガスに転換できることが示されている。炭素熱還元によって、酸化ニッケルに金属ニッケルが共存する状態が得られ、しかも、水素化ホウ素ナトリウムの使用によって、金属ニッケルの生成が促進されることが明らかにされている。従来から用いられている水素添加還元を経ての触媒製造に比べて、この手法による触媒製造はより簡便であり、エネルギー消費量も少ないことが述べられている。粉殻炭化物にニッケルを担持した触媒を混ぜて、粉殻を熱分解した場合、凝縮性タールに対して、96.5%の分解率が得られたことが報告されている。そして、熱分解炉内での接触分解によって、軽質タールの重合が抑制され、その結果、重質タールの生成が低減されると結論している。

第4章「Ex Situ Catalytic Conversion of Tar over the Metallic Nickel Nanoparticles Embedded in the Carbon Matrix of Rice Husk Char for Biomass Gasification」では、触媒の交換や再生が容易となることから、炭素熱還元によって炭素基質中に金属ニッケルのナノ粒子を埋め込んだ、粉殻炭化物ニッケル触媒を用いて、熱分解炉外でのタールの接触分解が検討されている。触媒量を増やし、改質温度を上昇させることで、タール改質性能が向上し、最大で、100%のタール改質効率が得られたことが報告されている。しかし、金属ニッケルの表面上に炭素析出が生じて、触媒活性が低下していくことから、使用済の触媒については、二酸化炭素をガス化剤としてガス化して、合成ガスに転換することが望ましいと述べている。その際に、炭化物基質中に存在するニッケルがガス化を促進する触媒としての作用を発揮し、二酸化炭素ガス化後に、高温下で金属ニッケルが酸化されるものの、ガス化残渣である灰分は主成分が一酸化ニッケルとシリカであり、シリカを基質とするニッケル触媒としての再利用が可能であると結論している。

第5章「Conclusions & Recommendations」では、得られた成果の総括と、今後の研究の展望が述べられている。

以上、本論文で行われた研究では、粉殻ガス化の副生成物である炭化物に、ニッケルを担持することで、安価で高性能なタール分解触媒を製造できることが実証されており、工学的に重要な貢献があると認められ、博士(工学)の学位論文として価値あるものと判断する。