

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Consecutive Hydrothermal Liquefaction and Gasification of Lignocellulosic Biomass for Biofuel Generation
著者(和文)	Flabianus Hardi
Author(English)	Flabianus Hardi
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10840号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉川 邦夫,竹下 健二,日野出 洋文,高橋 史武,時松 宏治,梶谷 史朗
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10840号, Conferred date:2018/3/26, 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	Flabianus Hardi		
		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	高橋 史武	准教授
		竹下 健二	教授		梶谷 史朗	特任准教授
	審査員	日野出 洋文	教授			
		時松 宏治	准教授			

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Consecutive hydrothermal liquefaction and gasification of lignocellulosic biomass for biofuel generation」と題し、第二世代のバイオ燃料製造のために、水熱液化とガス化を組み合わせたプロセスを提案し、おが屑の水熱液化特性に及ぼす各種反応パラメータの影響と、 $K_2CO_3$  を触媒とする水熱液化生成物から得られた炭化物の  $CO_2$  ガス化反応の動力学的特性を明らかにすることを目的として、全6章から構成されている。

第1章「Introduction」では、本研究の背景と動機が述べられ、特に、水熱液化とガス化に重点を置いて、リグノセルロース系バイオマスの熱化学的変換が概観されている。また、製紙プロセスとそれに付随して発生する黒液のガス化について略述し、本研究で導入する実験計画法と応答局面法が紹介され、本研究の目的とオリジナリティならびに本論文の構成が述べられている。

第2章「Effect of reaction parameters on non-catalytic hydrothermal liquefaction of pine sawdust」では、400mLの攪拌バッチ反応器を用いて、実験計画法に基づいて、おが屑の水熱液化の際のバイオマス転換率（炭素基準及び質量基準）、生成物の収率ならびに生成物の特性に及ぼす反応温度、反応時間ならびにおが屑濃度の影響が検討されている。すべての実験変数が、バイオマス転換率と液体生成物の収率に統計的に有意な影響を与えており、反応温度を増加させると、バイオマス転換率が上がり、水溶性生成物の炭素収率を除いて液体生成物の収率が向上し、スラリー生成物のpHが下がって、固形残渣と重質油の高位発熱量が増加することが明らかにされている。おが屑濃度を減らすと、バイオマス転換率と液体生成物の収率が増加するものの、液体生成物の形成にとって、ごく短い反応時間が望ましいことが示されている。また、下流プロセスの最適化に有用な、総括的な物質・炭素収支モデルが構築され、所定の特性を持った水熱液化生成物を得る上での適切な反応条件の推定を可能としている。さらに、GC-MS分析によって、水溶性生成物中のリグノセルロース分解生成物の定性分析が行われている。

第3章「Comparison between non-catalytic and  $K_2CO_3$ -catalytic hydrothermal liquefaction of pine sawdust」では、200mLの反応器を用いて、無触媒水熱液化と  $K_2CO_3$  触媒水熱液化の比較・検討が行われている。反応温度を30分に、おが屑濃度を17.1%に固定して、240°C、270°Cならびに300°Cの3種類の反応温度について、質量基準のバイオマス転換率、水溶性生成物の収率ならびにガス生成物の収率が評価されている。その結果、 $K_2CO_3$  の添加によって、バイオマス転換率は15-30%、水溶性生成物の収率は18-29%増加することが明らかにされている。さらに、 $K_2CO_3$  を添加しない場合とした場合について、おが屑の粒径が水熱液化に及ぼす影響を検討した結果、いずれの場合についても、おが屑の粒径は、バイオマス転換率や生成物の収率に大きな影響を与えないことが報告され、経済性や技術的な容易さを考えると、粗いおが屑粒子の利用が好ましいと結論している。

第4章「Catalytic hydrothermal liquefaction of pine sawdust with  $K_2CO_3$  for production of gasification feedstock」では、 $K_2CO_3$  触媒水熱液化において、反応温度、反応時間、おが屑濃度が及ぼす影響が検討されている。その結果、反応温度270°C、反応時間30分、おが屑濃度9.1%の時に最大のバイオマス転換率（炭素基準で75.2%、質量基準で83.0%）が得られ、反応温度300°C、反応時間60分、おが屑濃度9.1%の時に最大の水溶性生成物の収率（炭素基準で69.0%、質量基準で73.5%）が得られたことが報告されている。バイオマス転換率と水溶性生成物の収率は、反応温度と反応時間に対しては正の相関が、おが屑濃度に対しては負の相関があることが示され、特に反応温度とおが屑濃度の影響が強いことが明らかにされている。

第5章「Gasification of chars derived from catalytic hydrothermal liquefaction products under  $CO_2$  atmosphere using thermogravimetric analyzer」では、第4章で得られた種々の触媒水熱液化生成物、黒液ならびにおが屑から、固定床ガラス反応器を用いて600°Cの急速熱分解によって作成した炭化物について、熱重量計を用いた非等温  $CO_2$  ガス化を行い、各種炭化物の反応性を調べ、活性化エネルギーが求められている。その結果、黒液の炭化物は最も反応性が高いが、触媒水熱液化生成物の炭化物は、低い温度で最大のガス化速度を示し、低温ガス化の可能性が示唆されている。

第6章「Conclusions and 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、 $K_2CO_3$  触媒水熱液化によって、おが屑が効果的に液化できることが示され、その最適な水熱液化条件が明らかにされ、さらに、水熱液化生成物がバイオ燃料製造用のガス化燃料として有効であ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。