

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	CO2 Gasification of Biomass for High Efficiency and Carbon-negative Power Generation
著者(和文)	PRABOWOBAYU
Author(English)	Bayu Prabowo
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9595号, 授与年月日:2014年6月30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:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9595号, Conferred date:2014/6/30, 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	Bayu Prabowo	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	吉川 邦夫	教授	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「CO<sub>2</sub> Gasification of Biomass for High Efficiency and Carbon-negative Power Generation」と題し、高効率で、カーボンネガティブな発電システムの開発をめざして、二酸化炭素をガス化剤として使用する新たなバイオマスガス化発電プロセスの実現可能性を評価することを目的に、全5章から構成されている。

第1章「Introduction」では、バイオマスのエネルギー利用における炭素回収貯蔵の構想が、エネルギー・環境問題の解決にどのように貢献できるのかを述べ、この構想を実現するプロセスとして、二酸化炭素をガス化剤とするバイオマスガス化発電システムを提案している。そして、バイオマスの二酸化炭素ガス化に関する既往研究を概観した後に、本論文の目的と構成について紹介している。

第2章「CO<sub>2</sub>-steam mixture for direct and indirect gasification of rice straw in a downdraft gasifier: laboratory-scale experiments and performance prediction」では、ラボスケールのダウンドラフト型ガス化炉を用いて、窒素を含有しない合成ガスが製造できるガス化プロセスとして、ガス化剤に酸素や水蒸気の代わりに二酸化炭素を用いることで、より高い熱効率が得られる可能性を検討している。実験の結果、一般に、ガス化剤中の二酸化炭素の割合が高くなるほど、生成ガス中の水素濃度が減少し、一酸化炭素濃度が増加し、生成ガスが保有するエネルギーは減少するものの、ガス化剤の予熱に要するエネルギー量を削減できることが示されている。ガス化炉温度が 850°C を越えると、ガス化剤中の水蒸気を二酸化炭素で置き換えるほど熱効率が向上し、酸素を供給しない間接ガス化の場合、ガス化温度 850°C、ガス化剤を二酸化炭素のみとした場合に、最高 52%の熱効率が得られることを明らかにしている。また、酸素を供給する直接ガス化の場合、ガス化温度 950°C、ガス化剤を二酸化炭素と酸素の混合気とすることで、最高 60%の熱効率が得られることを示している。この計算結果は、窒素を含有しない合成ガスを製造する際に、特に直接ガス化プロセスにおいて、二酸化炭素をガス化剤及び熱媒体として水蒸気の代わりに利用することで、より熱効率を上げられる可能性があることを示している。

第3章「Pilot scale downdraft gasification of coconut shell with CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> mixture」では、20kg/時間のパイロット規模のダウンドラフト型ガス化炉を用いて、二酸化炭素/酸素の混合気をガス化剤とするガス化特性が検討されている。空燃比が 0.4、二酸化炭素/炭素比が 0.6~1.6 の条件下で、本設備を 70 分間、安定に運転でき、二酸化炭素/炭素比を増やした時に、生成ガス中の二酸化炭素濃度の増加に比べて、一酸化炭素濃度の減少がそれほど顕著ではなかったことから、二酸化炭素とチャーの反応が実際に生じていることが示されている。未反応の二酸化炭素の希釈効果によって、二酸化炭素/炭素比を増やすと、生成ガスの発熱量は低下するものの、空気ガス化と比べて、ガス化剤中の酸素濃度が同じであれば、二酸化炭素/酸素ガス化で生成されるガスのほうが発熱量が高いことが明らかにされている。一方で、空気ガス化に比べて、二酸化炭素/酸素ガス化では、生成ガス中の一酸化炭素/水素の比率が低くなることから、化学原料とするよりも、発電用の燃料ガスとして利用するほうが適していると結論している。また、検討した二酸化炭素/炭素比の範囲内では、二酸化炭素/酸素ガス化のほうが空気ガス化よりも冷ガス効率が高くなることを見出している。

第4章「CO<sub>2</sub> recycled biomass gasification system for high efficiency and carbon-negative power generation」では、二酸化炭素を循環させるバイオマスガス化発電システムが提案され、前章の結果を用いて調整した平衡モデルを用いて、最適化が検討されている。ガスタービン入口温度を 1000°C~1400°C の範囲内で変化させてシステムの熱効率を計算した結果、二酸化炭素の循環比が 0.6 の時に、熱効率が最も高くなり、ガスタービン入口温度が 1400°C の時に最大値が得られ、従来の空気ガス化に比べて、本システムでは、高い熱効率が得られることを明らかにしている。そして、大気中の二酸化炭素濃度の低減が可能で、カーボンネガティブな発電が可能であると結論している。

第5章「Conclusion」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は、二酸化炭素をガス化剤とするバイオマスガス化発電によってカーボンネガティブな発電システムの実現が可能であることを明らかにしており、本論文は、バイオマスのエネルギー利用にとって、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。