

氏名	井上 尚子		
授与した学位	博士		
専攻分野の名称	工学		
学位授与番号	博甲第	6204	号
学位授与の日付	2020年 3月25日		
学位授与の要件	環境生命科学研究科 環境科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	流動層ガス化—触媒改質技術による木質バイオマスからのエネルギー回収に関する研究		
論文審査委員	教授 川本 克也	教授 藤原 健史	教授 木村 幸敬
学位論文内容の要旨			
<p>本論文は、木質バイオマスの流動層ガス化—ガスエンジン発電プロセスを構築することを目的とし、種々の実験によって木質バイオマスの流動層空気ガス化および触媒改質のデータを取得した。</p> <p>第1章では、研究の背景、既往の研究、本研究の目的を記した。</p> <p>第2章では、流動層による木質バイオマス空気ガス化の特徴を把握すること、および木質バイオマスの流動層ガス化—ガスエンジン発電プロセスの実現可能性を検討することを目的に、数十kg/hクラスのパイロット試験炉および200t/dayクラスの実稼働プラントにて実験を行った。その結果、冷ガス効率は流動層温度が高くなるほど増加し、一方で本実験の酸素当量比(ER)範囲(0.28~0.44)ではERの影響は大きくないことが明らかとなった。現状の木質バイオマスの流動層空気ガス化のみではガス発熱量および冷ガス効率が低く、ガスエンジン発電プロセスの構築にはガス発熱量ならびに冷ガス効率の向上が必須であることを明らかにした。</p> <p>第3章では、バイオマスを原料としたガス化プロセスへの適用が検討されているNiO/SBA-15触媒のガス改質およびタール分解能力を評価することを目的とし、バッチ式の電気管状炉にて木質バイオマスのガス化・触媒改質実験を行った。その結果、本触媒によって冷ガス効率が向上することを明らかにした。また、本触媒による軽質の芳香族化合物の分解効果が示唆された。</p> <p>第4章では、電気加熱式の流動層ガス化炉と触媒塔を備える連続式実験炉を用い、木質バイオマスの流動層ガス化—触媒改質のプロセスデータを取得した。触媒は第3章で基礎的効果が認められたNiO/SBA-15の他、より安価な酸化カルシウム(CaO)、廃棄物有効利用への観点から木灰も対象とした。実験から、NiO/SBA-15のみならずCaOや木灰についても、十分な反応温度と水蒸気量があればガス改質触媒としての効果を発揮することが示された。NiO/SBA-15はCH₄をはじめとする炭化水素類の水蒸気改質反応を、CaOはタール分解反応とシフト反応を、木灰はシフト反応を促進する効果があると推察された。</p> <p>第5章では、第2章および第4章で得られた実験データに基づき、流動層ガス化炉での生成物と触媒による改質後ガスの推算式を作成した。また、得られた式を用い、実施設を想定した規模での流動層ガス化—ガスエンジン発電のプロセス計算を行った。その結果、原料含水率を40%程度とすることでガスの低位発熱量がエンジンの要求水準(4.6MJ/m³_N)に達すると試算された。また、触媒改質によって冷ガス効率が向上し、発電端効率は1.5MW級のボイラー蒸気タービン発電と同程度の20%に達すると算出された。</p>			

論文審査結果の要旨

本学位論文の研究は、次世代における廃棄物エネルギー利用プロセスとなり得る木質バイオマスの流動層ガス化ーガスエンジン発電プロセスの構築を目的とし、広範な既往研究調査と多くの実験データ取得により行われた。

第1章では、研究の背景、既往研究のレビュー、本研究の目的を記した。

第2章では、数十kg/h規模のパイロット試験炉および200t/d規模の実稼働プラントにて操業によるデータ採取を行った。その結果、冷ガス効率は流動層温度が高くなるほど増加し、一方で酸素当量比(ER)範囲0.28~0.44ではERの影響は大きくないこと、従来の木質バイオマスの流動層空気ガス化プロセスによると、ガス発熱量および冷ガス効率が低く、ガスエンジン発電プロセスの構築にはガス発熱量ならびに冷ガス効率の向上が必須であることを明らかにした。

第3章では、バイオマスを原料としたガス化プロセスへの適用が検討されているNiO/SBA-15メソポーラス触媒のガス改質およびタール分解能力を評価することを目的とし、電気管状炉を用い回分式により木質バイオマスのガス化・触媒改質実験を行った。その結果、本触媒によって水素(H₂)の回収増大と冷ガス効率向上を明らかにしたほか、本触媒により、タール成分の一つである軽質の芳香族化合物の分解効果が示唆された。

第4章では、連続式装置を組み立て、木質バイオマスの流動層ガス化ー触媒改質のプロセスデータを取得した。触媒には第3章で基礎的効果が認められたNiO/SBA-15の他、より安価な酸化カルシウム(CaO)および木灰も用いた。これより、Ni系触媒の効果は高いことのほか、CaO等も反応温度や水蒸気量条件により、改質反応促進およびシフト反応に効果を発揮し得ることを明らかにした。

第5章では、第2および4章で得られた実験データに基づき、流動層ガス化炉での生成物と触媒による改質後ガスの推算式を作成し、実施設を想定した規模での流動層ガス化ーガスエンジン発電のプロセス計算を行った。その結果、原料バイオマス含水率を40%程度とすることでガスの低位発熱量がガスエンジンの要求水準(4.6MJ/m³_N)に達すると試算された。また、触媒改質によって冷ガス効率が向上し、発電端効率は1.5MW級のボイラー蒸気タービン発電と同程度の20%に達すると見込まれた。第6章では全体を総括した。

以上より、本研究はバイオマス資源に基づく地域エネルギーの創出に寄与する新たな技術プロセスを開発し、持続可能社会の形成に貢献する研究として評価され、博士(工学)の学位を与えるに十分と判断する。