

学位論文審査結果の概要

氏名	AGHIETYAS CHOIRUN AZ ZAHRA（アギティアス ホイルン アッザーラ）
学位論文審査委員氏名	主査 官 国清
	副査 阿布 里提
	副査 久保田 健
	副査 井岡 聖一郎
	副査 市村 雅一
論文題目	Biochar-Assisted Steam Co-Gasification: A Pathway to Enhance Hydrogen-Rich Syngas Generation using Various Biomass Feedstocks (バイオチャー補助水蒸気共ガス化:異なるバイオマス原料を用いた水素リッチな合成ガス生成への経路)
審査結果の概要（2,000字以内）	
<p>バイオマスの熱分解ガス化は、水素などの環境に優しい燃料を製造できる熱変換プロセスであり、地球温暖化を緩和するための有望な技術の一つとして期待されている。しかし、バイオマスガス化において厄介な副産物であるタールも同時生成し、設備などに障害を及ぼすため、生成ガス中に含まれるタールの分解除去がその実用化や普及を阻む最大の課題となっている。本博士論文研究では、原料バイオマスをバイオ炭との共ガス化によるタール課題の解決を目指し、さまざまな種類のバイオマス原料とバイオ炭を混合して、タールの除去とガス生成のプロセスを強化する相乗効果を生み出すためのアプローチを検討し、異なる材料の相補的な性質を利用することによってガス化効率なども向上させる技術提案を行っている。バイオ炭に加えてさまざまな原料を使用することで、地域で入手可能な資源を最大限に活用して単一のバイオマス源への依存を減らし、それによって輸送コストを削減し、地域の持続可能性を促進できると考えられる。また、本博士論文は、さまざまなバイオマス原料を使用して水素が豊富な合成ガスの生成を強化するため、バイオ炭を利用したバイオマス水蒸気共ガス化の高効率化に焦点を当てて有効性を検討している。</p> <p>まず、さまざまな種類のバイオマスの水蒸気共ガス化特性を調査して、どれが最もプラスの相乗効果を促進するのかを検討している。特に、スギなどの木質系バイオマス、稲わらやもみ殻などの草本系バイオマス、海藻などの海洋系バイオマスに着目し、海藻バイオ炭との水蒸気共ガス化について検討した結果、海藻バイオ炭には多くのアルカリ及びアルカリ土類金属成分（AAEM 種）が含まれ、ほかのバイオマス原料と共水蒸気ガス化を行った場合、水素が豊富な合成ガスの生成が促進され、生成ガス中タールの量も大幅に低減されることが示された。この結果について、AAEM 種の含有量が高いこととバイオ炭の多孔質構造が、共ガス化プロセスにおける相乗効果に大きく寄与することを明らかにしている。</p> <p>次に、草本系バイオマスとの水蒸気共ガス化の反応速度論的限界を調べるため、東京農工大学（TUAT）によって開発された遺伝子組み換えイネである Monster-TUAT1 稲わらとエネルギー植物であるジャイアントミスカンサス（Giant Miscanthus, GM）を用いて検討している。Monster-TUAT1 稲わらは一般的な稲わらと比較して、優れた水蒸気ガス化特性を有し、水素ガス発生量が 1.75 倍、ター</p>	

ル発生量が 27.0%削減されることを明らかにしている。Monster-TUAT1 稲わらと GM との水蒸気共ガス化を行った結果、反応条件の最適化によって水素ガス収率は 6%の向上に繋がった。草本系バイオマスのガス化を促進するために、AAEM 含有量の多い海藻バイオ炭と共ガス化を行った結果、海藻バイオ炭を 50%wt 添加した場合に稲わらの水蒸気ガス化率の大幅な改善をもたらし、タール発生量を 5.5%まで削減して水素ガス収量の増加につながった。これにより、稲わらのような高シリカ成分含有草本バイオマスは AAEM 含有量の多い海藻バイオ炭などと組み合わせた共ガス化によって、水素が豊富な合成ガス生成収率の向上が期待できることを明らかにしている。

最後に、海洋バイオマス資源以外のさまざまな種類のバイオマスに由来するバイオ炭利用の可能性を探るため、反応性の劣っている Monster-TUAT1 稲わら由来バイオ炭の触媒修飾による共ガス化特性の検討を行っている。特に、高いタール改質効果と豊富な資源で知られている鉄金属前駆体を稲わらバイオ炭に担持させ、高効率なバイオ炭ベース触媒を作成した。Monster-TUAT1 稲わら原料と鉄で担持された稲わらバイオ炭との水蒸気共ガス化は、無担持バイオチャーを含むシナリオと比較した結果、水素ガス収量が 3 倍増加し、顕著なタール改質活性が観察された他、原料の 90%を超える量のガスへの変換に伴い、タールの生成量は極めて低かった。この触媒効果が強化されたバイオ炭と一緒に原料バイオマスを水蒸気共ガス化システムに導入することによって、利用可能なガス化原料の範囲が拡大し、費用対効果が高め、タール形成を最小限に抑えてガス収量を促進できると考察している。

以上を要約すると、本学位論文は、バイオチャー補助草本系バイオマスの水蒸気共ガス化による水素製造に関する独創的な研究成果をまとめたものであり、得られた成果は工学的に重要な貢献があると認められ、今後の草本系バイオマスからの水素製造技術の早期実用化における学術及び技術の発展に寄与するところが少なくない。したがって、本研究の成果は学位論文の基準を満たす内容を有するもので、合格に相当すると認められる。

学位論文の基礎となる参考論文

1. **Aghietyas Choirun Az Zahra**, Aisikaer Anniwaer, Hirozumi Okura, Viridi Chaerusani, Pan Zhang, Jenny Rizkiana, Irwan Kurnia, Abuliti Abudula, and Guoqing Guan, "Addition of torrefied algal biomass to improve land-based biomass gasification for hydrogen-rich gas production," **Algal Research**, 74(2023) 103236.
2. **Aghietyas Choirun Az Zahra**, Hirozumi Okura, Viridi Chaerusani, Alahakoon Mudiyanselag Yushani Wimansika Alahakoon, Jenny Rizkiana, Dong-Jin Kang, Abuliti Abudula, and Guoqing Guan, "Optimizing Hydrogen Gas Production from Genetically Modified Rice Straw by Steam Co-Gasification," **Waste Management**, 184(2024)132-141.