

博士學位論文審査要旨

学位申請者氏名	D116101 岩崎 稔友紀
論文題目	流動層を用いたバイオマスの高温転換技術の開発のための基礎的研究
審査委員 (職名・氏名・印)	
主査	教授 小島 紀徳
審査委員	教授 里川 重夫
	教授 山崎 章弘
	特別研究招聘教授 加藤 茂
論文審査結果 (合 否)	合格
論文審査の要旨	<p>近年、化石燃料由来の大気中二酸化炭素濃度の増加による地球温暖化が問題となっている。一方で、かつて日本の経済成長を支えてきた原子力発電に関しては、2011年3月11日の地震に伴う事故により、脱原発社会への動きも出ている。このような情勢の中で、再生可能な新エネルギーの早期大規模実用化が、社会からも望まれている。</p> <p>本論文で対象としているバイオマスエネルギーとは木材、草、農業廃棄物などの動植物に由来する有機物 (バイオマス) 資源をエネルギー源として用いるものである。バイオマスをエネルギー利用する際に大気中に放出された二酸化炭素は、バイオマス自身が光合成によって大気中の二酸化炭素を用いて作られたものであるため、バイオマスエネルギーを用いても大気中の二酸化炭素はこれ以上増えないとみなしうる。また、バイオマスは再生可能エネルギーの中で、もっとも化石燃料に近い化学的エネルギーの形態を有しており、輸送性・貯蔵性に優れることから、化石燃料に代わるエネルギー源として注目されている。</p> <p>バイオマスのエネルギー利用方法の一つとしてガス化による発電がある。バイオマスガス化とは、固体原料であるバイオマスを熱分解と化学反応によって、ガス燃料または化学原料ガス (合成ガス) の状態に変換するプロセスを指す。効率的なエネルギー転換のためにはバイオマスの熱分解およびガス化の反応機構や、ガス化装置の運転に関わる操作上の問題を明らかにする必要がある。</p> <p>本論文では、このような観点から、第一章で関連するこれまでの知見と本研究の位置づけを述べたのち、第二章では小型流動層装置を用いてバイオマスの熱分解を行った際に、実プロセスの運転上問題となり得る生成するチャー上への媒体粒子の付着と粒子同士の凝集 (以下付着と表記) 現象がみられたこと、第三章ではその付着現象の発生するメカニズムについて、第四章では生成するチャーの収率および構造の観察結果と、付着現象との関係、第五章ではチャーそのもののガス化反応性に関する実験結果を、それぞれ報告し、最後に第六章で結論を述べている。</p>

論文審査の要旨（続）

以下本論文の構成と詳細な内容を記す。

第一章は、「序論」と題し、バイオマス、流動層、バイオマスガス化装置についてのこれまでの研究開発の概要および研究の背景をまとめ、本研究の目的を述べている。

第二章は、「流動層急速熱分解生成チャー上への流動媒体の付着」と題し、小型流動層を用いて十数種類の様々なバイオマス試料を昇温条件および温度を変えながら、熱分解を行った場合、主に急速昇温条件で、針葉樹では600-1200℃、広葉樹では700-900℃、草本、農業残渣では種類によって例外も見られるが、600-1000℃程度で、生成したチャー上に流動媒体が付着する現象を見出したことを報告している。さらに熱分解条件下での本現象の発現は、非流動化などの装置運転上の大きな問題となりうることを指摘している。本現象については、既存文献ではほとんど報告がなく、また、対象となるバイオマスも一種類に限定されていたことを考えると、まず現象論として十数種類のバイオマス試料に対してこのような現象がみられることの報告がなされていること自身、大きなオリジナリティと理工学的価値が認められる。また、このような測定が可能となった非常に重要な因子として、用いた装置自身が市販のものではなく、広範囲な温度範囲で高速昇温が可能で、かつ実装置に近い手作りの流動層を用いていることがあげられる。

第三章は、「付着機構の検討」と題し、第二章で認められたチャー上への付着現象発現条件の模索や機構解明を行なっている。既存文献からは、700℃以上におけるバイオマスのガス化・燃焼時に、灰分中のアルカリ金属の溶融により、流動媒体やチャーが付着または凝集するとの報告が多数なされているが、本研究では熱分解条件下であること、700℃未満でも付着現象が発現していることから、本研究で検討しているチャー上への流動媒体付着現象と同一に扱うことはできないと考察している。その上で、溶剤を用いて溶出させた有機物量および残留有機物量が、そのとき解離および残留した凝集物量のそれぞれと相関関係があることから、付着現象の発現は有機物によるものであることを示している。また、特定の熱分解条件時にはチャー表面に溶融によるとみられる平滑な面があらわれており、これが付着に関係していることが示唆されている。また、バイオマスの構成成分のそれぞれあるいはそれらの混合物によるモデル試料を作成して熱分解を行い、多糖類が本付着現象の原因物質であることを見出している。

第四章は、「流動層生成チャーの収率および特性」と題し、流動媒体の付着現象がみられる際の、流動媒体を除いたバイオマス基準での真のチャー収率の測定法を提案し、その温度依存性を報告している。チャー収率は、600℃以上で、急速昇温時の方が低速昇温時よりも10%以上低い傾向を示し、揮発分の放出量が多い。さらに揮発分の放出は、低速昇温では緩やかであるのに対し、急速昇温では瞬間的に行われることから、大量の有機物分の放出が、主に急速昇温時にチャー上への付着現象が見られる一因となっていることを指摘している。また、樹種による違いについて、セルロースやリグニンのようなバイオマスを構成している化合物組成の違いに着目し、前章の熱分解時における付着現象の測定結果をも併せて議論を行っている。さらに針葉樹と広葉樹との相違につき、チャー断面のSEM画像から、考察を行っている。

第五章は、「流動層を用いたバイオマスチャーのガス化」と題し、ユーカリ試料をはじめとして数種のバイオマスの熱分解により生成したチャーの二酸化炭素によるガス化反応性を評価している。ユーカリチャーのガス化反応性は800℃から1200℃まで増加するが、それ以上の1400℃までは減少した。他の樹種でも1200℃程度で最大のガス化速度を与えた。この程度の温度になると、徐々に粒子内拡散が律速となり、ガス化速度が頭打ちの傾向となることは知られているが、速度の低下を報告している例はまれである。特にユーカリについて、1400℃程度の高温ではバイオマス中に含有する灰分由来のカルシウムが熔融し、これがチャー中の道管由来と思われる空隙を塞いでいることを、チャー断面のSEM画像観察から見だし、このことが上記の反応性の温度依存性の原因であると考察している。

第六章は「結論」と題し、これまでの結果をまとめるとともに、今後の展望を述べている。

以上を要約するに、本論文では、様々な特徴を有する独自の高温流動層反応装置を用い、昇温速度、温度を変化させて、11種類のバイオマス種と4種類のバイオマスを構成する化合物からなるモデル試料の熱分解実験を行うことで、これまでにほとんど報告されていない流動層特有の付着現象の発現条件を明らかにするとともに、その発現機構を明らかにしており、さらに高温でのガス化反応性の低下原因についても機構が提示されており、その理工学的意義はきわめて大きいものである。

よって本論文は博士(理工学)の学位論文に十分値するものである。

(以 上)