

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 伏見 千尋

本論文は、”Steam Gasification of Biomass and Coal at Low Temperatures” (和題「バイオマス・石炭の低温水蒸気ガス化に関する研究」)と題し、バイオマスや石炭を高効率にガス化する熱化学再生水蒸気ガス化に関する基礎的研究を行ったものである。急速昇温が可能な熱天秤反応装置を開発し、流動層反応装置と合わせて、反応実験を行い、昇温速度の影響を中心に熱分解および水蒸気ガス化反応の機構について検討したものである。本論文の構成は7章から成っている。

第1章では、まずバイオマスと石炭の熱分解とガス化に関する基礎的事項をまとめ、高効率化のための熱化学再生エネルギー変換の概念を説明している。そして、本研究の目的と本論文の構成が示されている。

第2章では、バイオマスチャーの水蒸気ガス化の反応性に対する昇温速度の影響を、急速昇温が可能な熱天秤反応装置を用いて実験的に検討している。リグニンおよびセルロースは、急速昇温することによって転化率が増加するとともにチャーのガス化反応性が大幅に増加することを見いだしている。リグニンでは急激な揮発分の放出により多くのマクロ孔が生成し、このためガス化速度が増大したとしている。

第3章では、熱重量・質量分析法(TG-MS)により、バイオマス水蒸気ガス化での気体生成の経時変化を測定し、ガス化反応機構について考察している。セルロースは、熱分解するとほとんどがタールとして気相中に放出されすぐに反応器から排出される。このため水蒸気による気相二次反応が起こりにくい、急速昇温によってガスの滞留時間内に温度が上昇し水蒸気による改質反応が進行し、より多くのCO、H₂、CH₄が生成する。これに対してリグニンの場合、熱分解での主生成物はチャーであり、チャーの水蒸気ガス化が律速となる。このため昇温速度の影響はほとんどないことを明らかにした。

第4章では、二種類のオーストラリア褐炭と亜瀝青炭である太平洋炭について水蒸気ガス化における昇温速度の影響について検討しバイオマスと比較している。

第5章では、第4章と同様に褐炭と太平洋炭について、TG-MSにより、水蒸気ガス化および熱分解におけるガスの生成挙動を調べ、そのガス化反応機構がまとめられている。石炭の熱分解では、低温度領域からCO₂が発生する。このため急速昇温により、生成したラジカルの一部が再結合する前に揮発分として

放出されるため、気体の発生量が増加するが、再結合反応は昇温中に完結するため、チャーのガス化速度は昇温速度の影響を受けないことを明らかにしている。

第6章では、実際のバイオマスを用いて、流動層反応装置により水蒸気ガス化実験を行い、流動媒体にアルミナ粒子を用いることにより、タールの除去・分解の可能性を調べている。バイオマスのガス化においてタールトラブルがしばしば問題となるため、タールの分解は重要な課題である。流動媒体にアルミナ粒子を使った場合、タールがアルミナ粒子に捕集されてチャーとともに層内に留まり、これがさらに熱分解およびガス化することによってタール放出量が減少し、気体生成量が増加することを見いだしている。

第7章では、バイオマス・石炭の低温水蒸気ガス化に関する研究のまとめと総括がなされている。

以上に示すように、本論文は、バイオマスおよび石炭の熱化学再生水蒸気ガス化プロセスの開発のための基礎的研究を行ったものであり、バイオマスおよび石炭の低温水蒸気ガス化反応に関して、昇温速度の影響を中心に調べ、熱分解およびガス化反応挙動を明らかにしたものである。また、アルミナ粒子を流動媒体に用いることによるタールの捕集、熱分解・ガス化の促進の可能性について検討したものであり、ここで得られた知見は、バイオマスおよび低品位炭の有効利用およびその高効率ガス化プロセスの開発に資するものであり、エネルギー工学および化学システム工学に大きな貢献をするものである。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。