

審査の結果の要旨

氏名 劉玉平

バイオマスには多くの水分が含まれており、乾燥に多くのエネルギーを必要とする。このためバイオマスのエネルギー利用においては、乾燥プロセスの省エネルギー化が重要な課題となっている。本論文は、自己熱再生技術をバイオマス乾燥プロセスに適用し、大幅な省エネルギー化を図ったものであり、6章より構成されている。

第1章は、本論文の緒論であり、研究の背景と目的を述べるとともに、既存の乾燥技術および自己熱再生技術についてまとめられている。

第2章では、乾燥プロセスにおけるエクセルギー損失を理論的に整理し、自己熱再生を乾燥プロセスに適用するために必要な熱のペアリングの概念について考察している。既存の熱回収型乾燥プロセス、多段乾燥プロセスおよび蒸気再圧縮式乾燥プロセスのエネルギー解析を行い、熱のペアリングがうまく行われていないことが大きなエネルギー消費量の原因であることを明らかにしている。そして、自己熱再生技術を適用した流動層空気乾燥プロセスは、熱のペアリングを行うことにより、既存の熱回収型プロセスと比べてエネルギー消費を1/4まで削減できることを述べている。

第3章では、第2章で述べた自己熱再生型流動層空気乾燥プロセスを見直し、顕熱は顕熱に、潜熱は潜熱に、それぞれ対応する熱を完全にペアリングすることで、既存の熱回収型プロセスと比べてエネルギー消費を1/6まで削減できることを明らかにしている。さらに、シリカ砂を流動媒体に用い層内にヒーターを挿入した流動層で乾燥実験を行い、最小流動化速度の3倍以上のガス流速であれば、良好な流動状態を維持でき、層内が均一な温度分布が得られることを明らかにしている。

第4章では、流動層乾燥プロセスの他にバイオマス乾燥プロセス（ロータリードライヤー、スクリー・コンベヤドライヤー）にも自己熱再生技術を適用した結果、同様に最大1/7までとエネルギー消費を大幅に削減できることを明らかにしている。

第5章では、さらに省エネルギー化を図るために、熱風に変えて過熱水蒸気

で乾燥させる自己熱再生流動層過熱水蒸気乾燥プロセスを提案している。同じ自己熱再生でも空気乾燥に比べて過熱水蒸気乾燥の方が余分な空気の圧縮動力がいらないため、必要な動力を約 $1/3$ まで低減できることを明らかにしている。また、従来の熱回収型過熱水蒸気乾燥プロセスと比べてエネルギー消費が $1/7 \sim 1/12$ に、蒸気再圧縮型と比べても $1/2$ まで低減できることを見いだしている。また、バイオマスの流動層過熱水蒸気乾燥実験を行い、層内温度を沸点近傍にすることで実際に大きな乾燥速度で乾燥できることを確認している。さらに、傾斜させたオリフィスを設けた分散板を用いた流動層を用いて、おがくずのみで流動化させる流動層空気乾燥実験を行い、含水率と流動状態の関係を調べ乾燥機構と関連づけて議論している。

第6章は、本論文の結論であり、開発した自己熱再生技術を用いたバイオマス流動層乾燥プロセスについて総括を述べている。

以上要するに、本論文は、バイオマスなどの高含水率の粒子の乾燥プロセスにおいて、熱のペアリングにより自己熱再生させることで大幅なエネルギー削減を実現する新しい乾燥プロセスの開発を行ったもので、機械工学およびエネルギー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。