

審査の結果の要旨

氏名 林 直人

汚泥の排出量は産業廃棄物の約半分を占め、その減量化及びリサイクルが強く望まれている。その目的を果たすために乾燥プロセスは必要不可欠であるが、特に有機性汚泥は乾燥困難物でありかつ付加価値が低く、特に中小規模処理において技術的・経済的に効率の高い乾燥システムが確立されていない。そこで本論文は「熱噴流乾燥機による有機性汚泥の乾燥に関する研究」と題し、有機性汚泥の乾燥に有効であり、かつ装置が非常にコンパクトになる、熱噴流式乾燥法を応用した乾燥機開発に関する研究を行っている。

第 1 章は「序論」であり、研究背景並びに研究目的、研究の位置付けについて述べている。

第 2 章は「熱噴流乾燥機の乾燥特性」と題し、円盤形縦置き乾燥タンクに、燃焼ガスを比較的低压・低温・低速な熱噴流として導入することにより、十分な滞留時間を確保しつつ解砕・乾燥を同時に行う熱噴流乾燥実験装置を用いた一連の実験を行っている。被乾燥材料としておから及び染色加工工場排水汚泥脱水ケーキを用いたところ、熱噴流乾燥機は構造が簡単でコンパクトとなるメリットを有しながら、その乾燥性能は気流乾燥機や流動層乾燥機と同等であること、また乾燥性能には、被乾燥材料の持つ乾燥特性よりも解砕特性の与える影響が大きいことが示された。乾燥産物有効粒径及び乾燥タンク内粒子平均滞留時間が、通常のサイクロンのそれらよりも数百倍大きいという結果より、タンクからの粒子排出メカニズムが、サイクロンとは全く異なることが予想された。更にタンク内解砕特性に差が現れる限界フィード量が存在し、この値を超えると乾燥性能が落ちることから、このような値は乾燥性能を把握する上で重要な指標となり得ると述べている。

第 3 章は「乾燥タンク内における固気混相流れ特性」と題し、熱噴流乾燥機の中で核となるタンク内固気混相流れの把握、及びタンク出口からの粒子排出メカニズムを解明するため、室温空気と精白米を用いた滞留時間測定実験を行っている。実験のため、新たにアクリル製模擬タンクを有するコールドモデル実験装置を製作し、実験結果を CFD ソフトウェアによる数値計算結果と比較した。CFD ソフトには粒子角運動方程式、Magnus 揚力、粒子 - 壁間衝突理論の計算機能を独自に追加している。その結果、タンク内部にはサイクロンと同様、強制渦と準自由渦の組み合わせ渦が発生するが、粒子の存在による風速の低下と重力の影響によってカスケードが起り、タンク出口より粒子が排出されるというメカニズムを明らかにした。タンク内固気混相流れ現象を、two-way coupling 手法を用いた CFD 計算により再現し、粒子流れがほぼ完全混合流れであることを示している。

第 4 章は「下水汚泥を用いた熱噴流乾燥機の乾燥性能」と題し、解砕が困難な下水汚泥脱水ケーキを乾燥するため、実験装置スクリューフィーダーパイプの絞り部分をなくし、

またフィード口にメッシュを設ける工夫を行って乾燥を成功させ、他材料との乾燥性能の違いを比較している。下水汚泥の場合は乾燥性能が低下するが、これは粘着性に起因する解砕されにくさと共に、粒子表面に微生物由来の乾燥皮膜を形成することが原因であると指摘している。また CFD を用い、乾燥プロセスを伴った、タンク内固気混相流れシミュレーションを行っている。ここでは解砕プロセスまで考慮しなかったが、材料種類による乾燥特性を反映させるため、減率乾燥モデルを独自に組み込んでいる。実験結果と比較し、解砕・乾燥プロセスがタンク内粒子流れに与える影響は小さく、ほぼ完全混合流れであること、従ってタンク内ではほぼ一定温度、一定湿度の定常乾燥が行われており望ましいことが分かった。更に、CFD 計算を用いたタンク最適設計の第一歩として、出口位置を偏心させた場合のシミュレーションを行い、粒子流れ特性自体は変化しないが、滞留時間をコントロールする 1 つの方法として有効であることを示している。

第 5 章は「結論」として、研究成果のまとめと今後の展開について述べている。

以上のように、本論文では、気流乾燥式の特長を有し、簡単かつコンパクトな構造であるため、中小規模汚泥処理施設への設置が期待される熱噴流乾燥機において、乾燥実験による基礎データの蓄積を行い、円盤型縦置き乾燥タンク内固気混相流れの実験的・理論的解析によって乾燥性能並びに種々の特性を明らかにしている。また、現在まで殆ど試みられていない、CFD 計算を用いた乾燥機設計の第一歩として、two-way coupling 手法の適用を提案し、予測精度を考察しており、これらより得られた知見は、今後の工学の進展に寄与するところが少なくない。

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。