

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 ABDULLAH AL-MUYEED

アル ムイード アブダラ

本論文は、好気性微生物を利用して有機系廃棄物を分解するコンポスト(堆肥化)技術に関する研究である。コンポスト化に影響を与える因子を体系的に変化させた様々な規模での実験を通じて、任意の形状、寸法を有する発酵槽内部の廃棄物分解反応を追跡可能な数値解析システムの高度化および適用範囲の拡大を行うと共に、実規模プラントの設計・運用への適用を試みたものである。具体的な研究成果は以下に列挙される。

第3章では、コンポスト化シミュレーションのプラットフォームとなる熱力学連成解析システムの改良を行っている。従来のシステムでは、熱エネルギー、水分移動、および酸素移動と好気性微生物反応モデルを連成させることで、任意の形状、寸法、温湿度に対する環境条件のもと、反応過程の予測を行うものであった。ただし、好気性分解反応を促進させるために通気を行う場合、発酵槽内部の温度上昇を過小評価することが実験結果より判明した。そこで、コンポスト内部の大気圧を解析自由度の一つとして追加し、系内の空気の移動およびそれに伴う熱エネルギーの輸送現象を表現するモデルを導入した。定式化に必要なパラメータは実験的に同定し、最終的に任意の通気量、発酵槽の寸法、および含水状態のもとで、内部の温度分布を精度良く追跡することに成功した。コンポスト化を行う際には、発酵プロセスの最適化を行うために通気量と温度管理が非常に重要である。これらの因子を的確に考慮した数値解析システムの構築に成功したことは、本研究の大きな成果である。

第4章では、好気性微生物分解反応モデルの改良、高度化を行っている。既存の研究において、系内の温度、酸素、含水量、反応基質、ならびに阻害物質の関数として微生物の増殖・死滅を表現することに成功しているが、これまでは反応基質の種類や量が変わるたびに解析パラメータを同定する必要があった。本研究では、基質の種類をC/N比で代表させ、反応モデルをC/N比の関数として定式化すると共に、反応基質と堆肥の割合、ならびに戻り堆肥の影響もモデルに取り込むことに成功した。様々な条件でオペレーションを行うことが求められる実際のプラントに適用するためには、以上の点はモデルにおいて適切に考慮される必要がある。解析事例として、提案する数値モデルを用いて、最適な通気量、堆肥と基質の割合、戻り堆肥の使用量、および切返し効率の影響などについて検討している。精度の高いシミュレーションを行うためには、より広範な条件でのパラメータ抽出、モデルの適用性に関する議論などが必要であるが、数値解析により最適反応プロセスを与える多くの要因を同定する本章の議論は、ここでの研究の一つの成果であると認識される。

第5章では、タイのタマサート大学ランシットキャンパスに設置された試験プラントにて実施した実験結果と、それに対する解析結果について議論を行っている。実験においては、小型バケツに堆肥と生ゴミを混合した有機物を使用し、通気の有無、基質(生ゴミ)と堆肥の割合、および基質の種類(大学食

堂からの残飯、ドックフード、じゃがいもの皮、野菜市場からのくず)を変化させた条件において、内部の温度測定、発酵後の堆肥の臭気、色相などを測定している。提案したモデルにより、実験結果(測定温度)は概ね表現可能であることを示し、また他の研究者が実施した過去の実験結果についても、内部の温度上昇ならびに酸素消費量について良好に予測可能であることを示している。

第6章では、ランシットキャンパスにおいて試験的に稼働している自己切返し反応槽の挙動を、提案した数値解析システムで予測することを試みている。検討の結果、異なる有機物の種類・量、切返し時期に対して、発酵熱による温度上昇を良好に予測することに成功した。また、コンポストの温度ならびに時間あたりの酸素消費量から、コンポストの熟成度についての判定も試みている。最終製品としてのコンポストの品質評価については、今後の更なる研究が必要なところであるが、数値解析によって一連の堆肥化プロセスを予測可能とした意義は大きいものと認められる。

以上のように、本研究ではコンポスト発酵過程を追跡する数値解析手法の開発と、実規模を模擬したコンポスト発酵装置への適用を行っている。以上から、工学的な貢献は大きいと認識され、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。