

氏名（本籍） 錢 曉雍 （ 中国 ）

学位の種類 博 士（環境学）

学位記番号 博 甲 第 7124 号

学位授与年月日 平成26年 7月25日

学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当

審査研究科 生命環境科学研究科

学位論文題目 Study on Characteristics of Agricultural Wastes and Comparison between Aerobic
Composting and Anaerobic Digestion Processes in Shanghai Suburbs, China

（中国上海郊外における農業廃棄物の特性及び好気性コンポストと嫌気性消化プロセスとの比較
に関する研究）

主査	筑波大学教授	博士（農学）	張 振亜
副査	筑波大学准教授	博士（学術）	水野谷 剛
副査	筑波大学准教授	工学博士	雷 中方
副査	筑波大学准教授	博士（生物工学）	楊 英男
副査	南京大学教授	博士（農学）	崔 益斌

論 文 の 要 旨

中国では畜産産業からの窒素、燐、重金属、抗生物質の廃出による環境汚染問題は酷くなる一方である。上海市の畜産廃棄物の処理技術として好気性コンポスト法や嫌気性メタン発酵法の導入が励行されているが、2000万人口の大都会である上海市の畜産廃棄物の特性に相応しい嫌気性メタン発酵の最適操作条件やコンポストの成熟評価法はまだ確立されていない。本研究は、上海郊外の畜産農家からの廃棄物の特性などを調べ、その汚染状況の把握と畜産廃棄物処理技術であるコンポスト法および嫌気性メタン発酵法の実験を行い、コンポストの成熟評価や嫌気性メタン発酵の最適操作条件などの確立を試みた。さらに、コンポスト法と嫌気性メタン発酵法の環境保全効果や経済効果をLCAにより評価した。後に、それぞれの処理プロセスの違いや特徴を評価し、コンポストや再生エネルギー生産の最適な処理条件とその性能評価を行い、上海市における農産廃棄物の処理システムを提案した。

まずは上海市郊外の畜産廃棄物及びわらの発生量と環境リスクについて調べた結果、化学肥料使用量の高い農地に家畜糞尿を肥料として施肥すると、N、Pによる潜在的な汚染リスクが高くなることが分かった。上海市市街区の全域及び農村部の80%は畜産廃棄物に起因する汚染リスクを受けている。また、毎年17098トンの稲わらなどを畑ごと焼却することによる酷い大気汚染や水汚染を引き起こしていることから、上海市の主な農業廃棄物である養豚場廃棄物と稲わらはコンポスト及び嫌気性消化プロセスの原料として処理することが効果的であることが示された。

稲わらと養豚場廃棄物を混合した好気性コンポストの性能とコンポストの成熟評価システムについて実験した結果、湿物重量ベースで豚糞とわらの比3:2が最適組成で、60日間で成熟することが明らかとなった。成熟度の評価にはC/N比の化学インデックスとGI（発芽インデックス）、PGI（植物成長インデックス）を用いる総合的な評価システムの導入が必要である。実験の結果、成熟を評価する適切なGI値とPGI値はそれぞれ120%および1.00以上であることが分かった。

また、稲わらと豚糞の混合物嫌気性メタン発酵について、種汚泥の投入量、異なる稲わらの前処理法によるメタン生成量に与える影響を実験で検討した。湿物重量ベースで豚糞とわらの比2:1、TS10-20%の場合、嫌気性メタン発酵プロセスは一次反応モデルに適合し、種汚泥投入量1.2%、2.4%そして4.8%（TSベース）の場合、バイオガス生成率定数、バイオガス収率およびバイオガス生産性はそれぞれ

0.0291-0.0314 d⁻¹、286-297 L kg⁻¹ TS及び769-773 L kg⁻¹ TSであった。種汚泥投入のない場合と比べそれぞれ40-51 %、3-7 %と7-8 %増加したことが分かった。

アルカリ前処理した稲わらの場合、バイオガス生産の促進が見られ、バイオガス収率やバイオガス生産性はそれぞれ355-357 L kg⁻¹ TS、679-699 L kg⁻¹ TSと、前処理しない場合と比べそれぞれ26-27 %と3-6 %増加した。その場合の嫌気性消化プロセスは二段階一次動力学モデルに適合した。

最後に、LCA評価法を用いて、日処理量10トンのコンポスト及び嫌気性消化プロセスを評価した。世界環境インパクト潜在人口当量 (world's environmental impact potentials per person) を用いて評価した結果、1トンの農業廃棄物を好気性処理した時のGWP、AP、EPはそれぞれ0.91%、3.61%、0.38%であった。一方、1トン農業廃棄物日処理量の嫌気性処理プロセスの場合のGWP、AP、EPはそれぞれ1.27%、0.92%、0.06%であり、環境への潜在的インパクトは好気性コンポストプロセスより低いことが分かった。上海市における主要な農産廃棄物である豚糞と稲わらの適切処理法として、コンポスト法は潜在的な環境インパクトは高いが、初期投資は嫌気性処理法より小さい。また、嫌気性処理プロセスは低環境インパクト、再生エネルギー回収をできる面では優位である。

本研究で得られた省エネルギーかつ高効率な畜産廃水浄化技術の研究成果が実用化されることが期待される。

審 査 の 要 旨

本研究は上海市農業廃棄物による窒素、リンの環境汚染問題に着目し、汚染負荷の調査を実施した上で、好気性コンポスト処理法と嫌気性消化法の最適処理条件を確立するため、コンポストやメタン発酵に使用する稲わらと豚糞の組成、発酵時間、バイオガス生産性に影響する種汚泥の投入量や稲わらの前処理法を検討した。さらにコンポスト成熟の評価法を検討した。その結果、上海市における主要な農産廃棄物である稲わらや豚糞を処理には好気性コンポスト法と嫌気性メタン発酵法が適切であること、それらの処理法の最適操作条件が示された。さらに、コンポスト成熟の評価法の提案もなされている。最後に、LCA評価法を導入して、現在上海市が導入している二つの処理法の評価を行い、嫌気性処理方法では環境に対して潜在的なインパクトが低いこと、コンポスト法は初期投入が小さいことを示している。本研究で得られた成果は、農産廃棄物の処理技術の研究開発に有用な情報を提供している。

本研究結果から、貴重な実験データが得られ、また、畜産廃水処理や環境浄化技術の研究開発分野への応用に科学的かつ技術的な知見が提供できた点がオリジナリティに富む研究として高く評価される。

平成26年6月9日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査および最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判断された。

よって、著者は博士（環境学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。