

氏名	長谷 隆仁
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記号番号	博理工甲第 909 号
学位授与年月日	平成 25 年 3 月 22 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	コマツナ発芽試験を応用したコンポスト腐熟度評価法の開発とその利用に関する研究 (Development and application of an evaluation method for compost maturity with Komatsuna germination test)
論文審査委員	委員長 教授 河村 清史 委員 教授 吉門 洋 委員 准教授 王 青躍 委員 准教授 藤野 毅

論文の内容の要旨

近年、廃棄物の循環利用が増々求められ、厨芥等従来利用されてこなかった素材がコンポスト化され、その農地利用への期待も高まっている。一方、こうした非伝統的資材は単体で用いられるだけでなく、混合される場合もありコンポスト素材は多様化しており、単に素材のみによる成分特性の把握や、素材に関わらず信頼性のある腐熟度評価を行うことが困難になってきており、その利用の妨げの一因となっている。そこで、適切な品質情報についての提供ができるように、多様化するコンポストについて成分特性を把握すると同時に、より汎用的なコンポスト腐熟度指標について研究を行った。

- ①まず、多様化するコンポストについて成分特性を把握するために、クラスター分析の適用を検討し、以下の結果が得られた。
- 多様なコンポストをグループ化し、その成分特性を抽出し、グループ間での成分特性との類似性・差異を示す上でクラスター分析は有効であることを示した。
 - クラスター分析による各グループの成分的な特徴には、家畜排泄物・植物残渣・生ごみといった素材の反映が認められ、それぞれの素材には成分的な特性があり類型化することが可能で、クラスター分析は、この素材を反映した成分的な特性を抽出できる可能性があることがわかった。
 - クラスター分析において、特殊肥料の品質表示義務項目のみでは、家畜排泄物型のコンポストを他と区別するにすぎないが、植物残渣型と生ごみ型を区別する上で、Na, EC, BOD 等、その他の追加項目が必要であることを示した。
- ②植物毒性評価は、物理的・化学的・生物的な安定性と腐熟度を区別する重要な特性であり、発芽試験は、これを評価する方法の主要な方法の一つであり、腐熟度評価において重要な位置を占めていると考えら

れる。そこで、発芽試験における発芽判断基準、品種等の実験的條件の発芽率に与える影響の検討を行った上で、発芽試験を利用した腐熟度指標の開発を行った。その結果、以下の結果が得られた。

- 発芽判断基準による発芽率への影響を比較した結果、発芽判断基準が発芽率に大きく影響することを示した。さらに、発芽率と抽出液の希釈倍率を近似できるロジスティック回帰曲線から品種影響をパラメータ化し、品種が発芽率に大きく影響することを示した。
 - 抽出液の希釈倍率と発芽率間のロジスティック回帰関係式を用いてコンポスト抽出液の DG_{50} を定義した。発酵期間・腐熟度の異なる生ごみコンポストを採取して、C/N や熱灼減量、コンポスト抽出液の BOD、TOC などの測定結果と DG_{50} との比較を行った結果、 DG_{50} は、BOD、TOC 非常に高い相関性を示し、腐熟度指標として有効であり、また、C/N などの物理・化学・生物化学的指標と同様広範囲の腐熟度評価が可能な指標であることを示した。
- ③さらに、主成分分析結果の主成分解釈によって複数の腐熟度指標を統合化し、多様な素材コンポストに対して利用可能な腐熟度指標について検討した。腐熟度指標としては、熱灼減量、C/N、BOD、CEC のほか、未熟コンポストでは 0 となってしまう、主成分分析では情報の損失が生じる発芽率に代わり DG_{50} を用いた。コンポストのクラスター分析結果から家畜排泄物、生ごみ、植物残渣という素材類型が得られたことから、家畜排泄物、生ごみ、植物残渣を素材とするコンポストを用いた結果、以下の結果が得られた。
- 主成分解釈から、第 1 主成分スコア $1PCS_5$ およびスコア値等の二乗平方根である距離指標を統合腐熟度指標として提案した。素材の異なるコンポストにおいて、測定腐熟度指標では腐熟度評価が過大あるいは過小となってしまう場合でも、 $1PCS_5$ はそうした過大・過小評価は抑制された。指標の簡略化も同時に検討し、腐熟度指標を 3 つ用いた第 1 主成分スコア $1PCS_3$ 、さらに主成分分析を省略した腐熟度指標値の二乗平方根である距離指標 r_3 は $1PCS_5$ と高い相関性を示し、素材による過大・過小評価といった誤評価が起り難い統合指標であることがわかった。
 - 以上のような指標統合化を検討する上で主成分分析は有効であったが、相関性は重要な選択基準であり、本研究では、BOD と DG_{50} 、熱灼減量と C/N、および CEC という互いに相関性の低い 3 つのグループを提示した。

論文の審査結果の要旨

当学位論文審査委員会は、当該論文の論文発表会を平成 24 年 1 月 30 日に公開で開催した。発表後の質疑応答も含めて論文の内容を審査した。審査結果を要約する。

近年、循環型社会形成の推進に向けて、廃棄物の適正な処理・処分は当然のこととして、その循環利用が益々求められるようになってきている。このような中、生ごみ等未利用であった素材がコンポスト原料として利用され、そこで製造されたコンポストの農地利用への期待が高まってきている。他方で、こうした新素材は単体で用いられるだけでなく、既存の素材である家畜排泄物や植物残渣などと混合されたり新素材同士で混合されたりする場合もあり、コンポストの成分特性の把握や信頼性のある腐熟度評価を行うことが困難になってきており、新素材を原料としたコンポストの利用の妨げの一因となっている。

本論文は、このような背景の下で、コンポストにおける適切な品質情報の評価と提供に資することを目的として、多様化するコンポストについて成分特性の把握を試みるとともに、汎用的な統合腐熟度指標について検討を加えている。

第 1 章「序論」では、本研究の背景と研究課題を整理するとともに、論文構成を述べている。

第 2 章「有機性廃棄物コンポスト品質の現状と課題」では、広範囲な文献調査を行い、コンポストの品質基準、腐熟度の定義、腐熟度指標の整理等、コンポスト品質に関する現状と課題を整理している。

第 3 章「コンポストの特性把握についての研究」では、多様化するコンポストについて、成分特性を把握するためにクラスター分析を適用して、次の結果を得ている。すなわち、特殊肥料の品質表示義務項目のみでは、多様なコンポストを家畜排泄物型と他の物とに区別するにすぎないが、Na、EC、BOD 等の項目を追加することで、非家畜排泄物型のコンポストの植物残渣型と生ごみ型とへの区別も可能であることを示している。結果として、クラスター分析で得られたコンポストの各グループの成分的な特徴には、家畜排泄物・植物残渣・生ごみといった素材の反映が認められることと、成分特性に影響を与える素材類型の抽出が可能であることを示している。

第 4 章「腐熟度指標としての発芽試験に関する研究」では、コンポストの腐熟度評価のための発芽試験について検討を加えている。コンポストの植物毒性は、物理・化学・生物的安全性とは異なった特性であり、発芽試験はこれを評価するための主要な方法の一つとして、従来から、腐熟度評価において重要な位置を占めている。これを踏まえ、コマツナ種子を用い、これまで明確には議論・定義されてこなかった発芽試験における発芽判断基準と品種の影響について検討を行った上で、発芽試験を利用した腐熟度指標の開発を行っている。

すなわち、種子の発芽過程を基にしたいくつかの発芽判断基準を定め、それぞれに基づく発芽率を比較し、発芽判断基準が発芽率に大きく影響することを示している。その上で、培養 3 日後の根長が種径長以上という発芽判断基準を用い、コンポスト抽出液の希釈率と発芽率との関係をロジスティック回帰曲線で近似し、それに基づいて品種の影響をパラメータ化し、品種が発芽率に影響することを示している。ついで、このロジスティック回帰関係式を用いて、発芽率 0.5 を与えるコンポスト抽出液の希釈率を DG_{50} と定義し、発酵期間・腐熟度の異なる生ごみコンポストを対象として、C/N、熱灼減量、抽出液の BOD や TOC などの従来からの腐熟度指標の測定結果と DG_{50} の値との比較を行っている。この結果、 DG_{50} は、BOD および TOC と非常に高い相関性を示し、腐熟度指標として有効であり、また、C/N などの物理・化学・生物的指標と同様に広範囲の腐熟度評価が可能であることを示している。

第 5 章「腐熟度指標の汎用的統合化手法についての研究」では、比較的測定例が多く、測定が簡易に行える熱灼減量、C/N、BOD、CEC と第 4 章で開発した DG_{50} を対象として主成分分析を行い、複数の腐熟

度指標の統合化について検討している。第3章で得られた素材類型を基に、家畜排泄物、植物残渣、生ごみを素材とするコンポストを用いて検討し、次の結果を得ている。まず、指標間の相関係数から、BODと DG_{50} 、熱灼減量とC/N、およびCEC単独という互いに相関性の低い3つの指標グループを得ている。ついで、第1主成分スコア $1PCS_5$ を統合腐熟度指標として用いることによって、上記の5つの腐熟度指標では腐熟度を過大あるいは過小に評価する場合であっても、それらを抑制することを示している。さらに、主成分分析での検討過程で得た知見から、上記3指標グループから各1指標を選び、標準化した指標値からその最小値を引いた値の二乗和の平方根で定義した距離指標 r_3 も統合腐熟度指標として有効なことを示している。

第6章「総括」では、本論文の研究成果の総括を行っている。

以上のように、本研究で得られた成果は、廃棄物の資源化・再利用が進められる中、原料素材として用いられる有機性廃棄物が多様化しているコンポストにおける適切な品質情報の評価と提供に貢献するものと期待され、学術的に高く評価できるとともに、実務的にも大きな意義がある。研究成果は、英文学術誌および日文学術誌に各2編が掲載されている。これらのことから、本論文は博士（工学）の学位論文としてふさわしくかつ価値あるものと判断した。