

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 6月 6日現在

機関番号：12605

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011年度～2012年度

課題番号：23658208

研究課題名（和文）表面熱画像テクスチャ解析による堆肥内部発酵プロセスのモデリング

研究課題名（英文）Modeling of fermentation of composting materials using thermographic surface image

研究代表者

澁澤 栄 (SHIBUSAWA SAKAE)

東京農工大学・大学院農学研究院・教授

研究者番号：50149465

研究成果の概要（和文）：牛糞コンポスト資材の発酵過程における表面熱画像の連続測定（間隔1分）を実施した結果、牛糞と副資材の混合比および混合攪拌時間による発酵過程のばらつきが表面熱画像のコントラストに影響することを確認した。定量的予測のためには、実験回数および発酵過程全体の長期観察が引き続き必要となる。府中市南白糸台小学校に設置した密閉式堆肥発酵装置を用い、給食残渣の一次発酵処理の社会実験を悪臭問題なしに実施できた。

研究成果の概要（英文）：Continuous monitoring of the thermographic images on the surface of cattle manure composting materials, revealed the effects of mixing ratio of manure-subsidary materials and its mixing time on variability of thermographic surface images due to spatial variability in fermentation process. Quantitative confirmation is still required with accumulating the repeatability of test and long-term observations. A social experiment of canteen garbage composting was done at Minami-Shiroitodai primary school in Fuchu city using an enclosed composting machine, which resulted in a non-smell-care first-stage fermentation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業情報工学

キーワード：コンポスト, 堆肥, 都市農業, 臭気

## 1. 研究開始当初の背景

都市農業振興の深刻なボトルネックのひとつは、異臭悪臭問題であり、地産地消ないしは循環型農業を実現する上で、地力維持のための無臭化コンポストシステムは重要な技術課題である。コンポストの生産プロセスを工場生産ラインのバッファ管理理論(Theory of Constraints)(E. M. Goldratt 1992, E. Schragenheim and H. W. Dettmer 2001)、およびコンポスト・プロセス・チェーン(河合・澁澤 2006)を参考にして記載すると、悪臭発生のボトルネックで

ある発酵処理装置の改良が緊急課題として浮上する。

脱臭の試みは、土壌脱臭(松村ら 1994)、アンモニアスクラバー(阿部ら 2006)、臭気センサ(谷川ら 2006)などの先行研究がある。いずれも発酵状態の評価は数点のサンプル値をもちい、不均等発酵による悪臭発生評価の視点が弱い。一方、赤外線熱画像の利用は、水田亀裂評価(白鳥 1995)、地中埋蔵物検査(鴨井ら 1998)、不審者発見(成松ら 2004)など、明らかに温度差のある対象の検出に有効である。

すでに研究代表者は、市街住宅地で地産地

消のコンポスト施設導入を計画し失敗したこと、臭い制御がコンポスト施設のボトルネックであることを身にしみて体験したこと、堆肥表面の温度分布が熱画像により補足可能であることを経験知として把握している。

適切な熱収支モデルをもちいれば、内部発酵状態の予測が可能であり、発酵プロセスの精密な管理が理論的に可能となる（特願2008-243350）（図1）。外観による内部発酵状態の予測では、観測量を用いた現象方程式から法則性を抽出していく演繹的思考が、複雑系におけるバイオプロセス予測や実用的なリスク管理を包括できないことが予想される。この場合、実験事実による文脈構成と科学的推論を区別し、予測の限界を評価することにするのが重要である。

従って、本研究では、表面熱画像のテクスチャ解析を通じて、簡便な熱移動モデルを用いた発酵状態の不均一性の予測と嫌気性発酵による悪臭発生の危険予測を行うものである。ここでは、嫌気性発酵は、通気性の悪い堆肥材料塊の発達で促進され、また発熱量は好気性発酵に比べて低く、温度の空間的ばらつきを促進すると仮定している。期待される成果は、小型分散無臭化コンポストシステム導入の道筋が解明され、市街地の地産堆肥による循環型都市農業の振興に貢献できる。

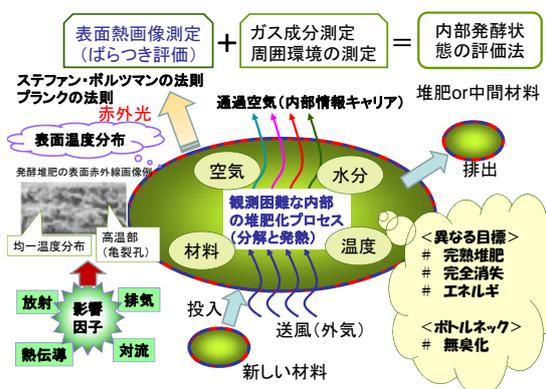


図1 表面温度ばらつきに着目し、表面熱画像を用いた内部発酵状態の実時間測定法のアイデア

## 2. 研究の目的

本研究では、有機性廃物の堆肥化プロセスにおいて、表面熱画像を用いた内部発酵状態の予測モデルを開発するため、以下の項目を研究目的とした。

- ①表面熱画像データと排出ガス成分（アンモニア）および内部発酵温度との相関を解明すること。
- ②可制御パラメータ（風量比や水分など）と

表面温度の空間的ばらつき及び排出ガス濃度の統計則をつくること。

- ③以上の統計則を用いて、悪臭管理に寄与可能な発酵プロセス予測モデルを提案すること。

## 3. 研究の方法

### （1）研究体制の確立

本研究は、問題解決と社会実装の見通しを得るため、基本的に研究代表者が一人で行うものであった。

問題の特性から、いくつかの異なる分野の協力者を求めた。堆肥発酵プロセスの実験には、実験設備の充実した畜産草地研究所（研究協力者：小島陽一郎研究員）と本研究の対象とする発酵装置を開発した研究協力者の河合秀樹（(株)エコアドバンス）、堆肥化材料表面の熱画像測定と解析の研究補助として大学院学生（房村 遼、修士（当時））と研究員（八木 茂、農研機構フェロー）を配置した。また、小学校食品残渣を利用したコンポスト社会実験には、府中市南白糸台小学校および府中市「生ごみ資源循環型モデル事業推進委員会」の担当課の協力を得た。

### （2）実施計画

#### ①堆肥化材料表面熱画像の計測と解析

携帯型赤外線サーモグラフィとデジタルカメラ及びガス検知管を用いて、発酵中コンポスト資材の表面熱画像、排気ガス成分、内部の発酵温度を複数箇所測定する。熱画像データについては、共生起行列や情報エントロピーなどのテクスチャ解析による画像むらの抽出と指標化を行う。内部発酵温度と表面温度分布およびアンモニアガス等の排気成分の時間変化と相関を解析する。発酵の不均一性については、分解調査になってしまうが、堆肥切り返しの際の断面熱画像を撮影し、温度むらを指標としてモデル化する。測定対象は、東京農工大学広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センターと畜産草地研究所および府中市小学校に配置した小型コンポスト装置とする。

### （3）社会実験の設計

本提案の契機と動機を与えた現場ニーズは研究推進の駆動力として重視したい。そのため、遠くない将来、研究成果を応用する現場としての社会実験組織を構成し、本研究推進を補完する社会ニーズ顕在化の取り組みとして位置づける。これは、府中食農環境研究会を軸にした社会実験推進組織である。

## 4. 研究成果

まず、研究協力者として、コンポスト研究

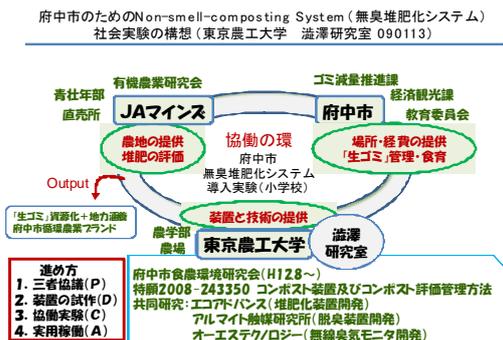


図2 社会実験の協働研究体制の構成。

の実績のある小島陽一郎氏（畜産草地研究所）と密閉型発酵装置を開発した河合秀樹氏（エコアドバンス）、都市コンポストプロジェクトの経験のある八木 茂（元畜産草地研究所）、研究補助として Madrini Bintang（博士）と房村 遼（修士）を配置し、本研究チームを構成した。

実施内容は以下の通りである。

- ① 熱画像測計実験：連続自動撮影可能な携帯熱画像カメラ CPA-T335（CHINO）及びガス検知管等の計測システムを配備し、畜産草地試研究所の了解のもとで実験用堆肥発酵槽を選定した。牛糞コンポスト資材の発酵過程における表面熱画像の連続測定（間隔1分）を実施した。牛糞と副資材の混合比および混合攪拌時間による発酵過程のばらつきが表面熱画像のコントラストに影響することを確認した。定量的予測のためには、実験回数および発酵過程全体の長期観察が必要であり、今後の課題として残った。
- ② 給食残渣の密閉式堆肥化装置の観察実験：協働研究サイトである府中市南白糸台小学校に設置した密閉式堆肥発酵装置を用いた給食残渣の一次発酵処理の社会実験につき、その概要と課題をとりまとめた。主な項目は、給食残渣の回収・調製および発酵装置の管理運営、堆肥資材の評価と農地への施用など、堆肥化サプライチェーンにかかわる多数の利害関係者の対立と相互依存を整理し、事実と情報の共有による運用の仕組みの形成と調製であった。また、府中市の協力で「生ごみ資源循環型モデル事業推進委員会」を設置し、多くの利害関係者の調整と事業推進が可能になった。
- ③ 都市農業における堆肥活用ポテンシャル調査：「GAPを巡る最新の状況」では最新の農場リスク管理項目について整理し、「精密農業の動向と今後の展望について」では次世代農業担い手を焦点にしたビジネスモデルを整理、「リアルタイム土壌セ

ンサを用いた土壌施肥管理」では炭素蓄積農法の可能性を考察した。また、府中市における堆肥活用ポテンシャルは、府中市「生ごみ資源循環型モデル事業推進委員会」の設置により顕在化させることができた。復興農業に取り組む場合も、本研究提案と同じ枠組み（新技術+自治体、農業者、小学校、企業などの協働）が有効なシナリオである。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計4件）

- 1) 澁澤 栄 (2013) 災害社会と復興農業, JATAFF ジャーナル, 査読無, 1(5): 1-2
- 2) 澁澤 栄・杉山隆夫 (2012) 東日本大震災調査検討委員会の活動, 農業機械学会誌, 査読無, 74(2): 88-93
- 3) 澁澤 栄 (2011) 精密農業の動向と今後の展望について, 野菜情報 (農畜機構情報誌), 査読無, 8月号: 2-5
- 4) 澁澤 栄 (2011) GAPを巡る最新の状況, 技術と普及 (全国農業改良普及職員協議会機関誌), 査読無, 7月号: 18-19

〔学会発表〕（計5件）

- 1) 房村 遼、澁澤 栄、保坂 俊、Bintang Madrini (2012) コンポスト原料の表面温度解析, 農業環境工学関連学会2012年合同大会, 9月13日, (宇都宮大学) 栃木
- 2) Madrini Bintang、澁澤 栄、房村 遼、保坂 俊 (2012) Characteristics of Composting Material for Non-smell Compost in Urban Agriculture, 農業環境工学関連学会2012年合同大会, 9月13日, (宇都宮大学) 栃木
- 3) R. Fusamura, S. Shibusawa, S. Yagi, M. Kodaira (2012) Non-Smell Composting of Lunch-Garbage in a Primary School. 6th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB), June 19, Jeonju, Korea
- 4) R. Fusamura, S. Shibusawa, S. Yagi, M. Kodaira (2012) An Approach to Making Non-Smell Composting System: Case Study in Fuchu, 11th International Conference on Precision Agriculture. July 16, Indianapolis, USA
- 5) R. Fusamura, S. Shibusawa, S. Yagi, M. Kodaira (2011) Systems Approach to Adoption of School-Lunch Garbage Composting Facility in the Primary School, 4th Asian Conference on Precision Agriculture, July 6, Obihiro, Japan.

〔図書〕(計1件)

- 1) 澁澤 栄 (2011) リアルタイム土壌センサを用いた土壌施肥管理－農業法人あぐりのころみ－, 「農業技術体系 土壌施肥編第4巻 追録第23号」所収, 8ページ(基本298の2-9)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.tuat.ac.jp/~sakaes/>

## 6. 研究組織

- 1) 研究代表者 澁澤 栄

東京農工大学・大学院農学研究院・教授

研究者番号：50149465