

研究種目：若手研究 (A)
研究期間： 2007～2009
課題番号：19681007
研究課題名 (和文) 高温接触酸化型尿尿処理と硫黄脱窒を組み合わせた循環プロセスによる半乾燥地土壌改良
研究課題名 (英文) Soil Improvement by Combination of Composting Toilets and Sulfur Denitrification in Semi-Dry Areas
研究代表者
栗栖 聖 (KURISU KIYO)
東京大学・先端科学技術研究センター・講師
研究者番号：00323519

研究成果の概要 (和文)：途上国における複合的な環境問題解決に資する、複数施策の組み合わせ評価及びその手法の構築を目的とし、研究を実施した。高温接触酸化型尿尿処理における有効な好熱細菌のスクリーニングを行い、それらの特性を把握した。また、同プロセスで使用するバイオマスの、地域における有効利用戦略を、二酸化炭素削減およびコスト削減ポテンシャルにより評価すると同時に、住民受容性の評価を行った。

研究成果の概要 (英文)：This study aims at the mixture of various technologies to solve the environmental problems in developing countries. The effective strains of thermophilic bacteria were screened from the composting toilets and their characteristics were investigated. Besides, the biomass uses for various alternative technologies were evaluated from the viewpoints of greenhouse gases mitigation potentials and residents' preferences.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	3,400,000	1,770,000	5,170,000
2008 年度	7,000,000	1,350,000	8,350,000
2009 年度	2,100,000	630,000	2,730,000
総計	12,500,000	3,750,000	16,250,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境技術・環境材料

キーワード：バイオマス、住民受容、バイオトイレ、ライフサイクルアセスメント

1. 研究開始当初の背景

発展途上国においては、ひとつの環境問題のみが存在するのではなく、複数の問題が同時

に存在し、解決を求められている場合が多い。例えば、土壌劣化、劣悪な衛生環境、溶脱する硝酸性窒素、地域の有機系廃棄物の不法投棄、といったような複数の問題が複雑に絡み合っている。従来の環境工学のアプローチは、これらの問題のある一つのプロセスに着目し、その解決法を提示するに留まり、対象地域全体での環境改善を進める視点が欠けていたように思われる。

2. 研究の目的

そこで、本研究では、高温接触酸化型屎尿処理プロセスの導入により、地域の衛生環境を改善すると同時に、不法投棄されているバイオマス、接触酸化槽で有効利用する。さらには、硫黄脱窒の適用により、コンポストや農業残渣の農地還元に伴う硝酸性窒素溶脱の改善を試みる。これらの取り組みを、複数の代替案との比較評価により、その有効性を評価すると共に、住民受容性の評価手法の構築を行う。

3. 研究の方法

本研究は3 Phase より構成した。第一に、高温接触酸化型し尿処理の効率化を目指し、コンポスト型トイレの実証試験場より、好熱細菌を単離し、特に発熱に寄与する細菌株の特性把握を行った。

第二に、複数の衛生設備導入の効果を、費用便益分析により評価した。住民選好を、コンジョイント分析の適用により貨幣換算し、費用便益分析に供した。

第三に、技術としての有効性をライフサイクルアセスメントにより評価した。高温接触酸化槽のメディアバイオマスとして、現在は不法投棄されている稲籾殻を対象とし、これらの需給可能性、及び複数の利用シナリオ間での有効性を、二酸化炭素削減、及びコスト削減ポテンシャルの算出を通じて評価した。さらに、AHP(階層分析法)の適用により、住民選好を把握し、これらの手法によるシナリオ評価を実施した。

4. 研究成果

第一フェーズでは、高温接触酸化型屎尿処理プロセス内細菌株の発熱特性を精査するため、まずは実証試験地の処理槽内から採取したオガクズ試料より、培養法を用いて単離を行った。培養液としては、LB培地を用い、ゲル化溶剤には、1.5% Agar、また高温の場合には2% Gellan-gumを使用した。培養区は37°C、50°C、60°Cの3区を設定した。単離された全ての株において、菌体増加量と消費される有

機炭素量との関係性を把握した(図1)。さらに、50°C及び37°CにおいてLB培地により24時間培養を行った後のOD値、TOC減少量および菌体増加量を比較評価した。発熱に寄与する細菌は、消費した基質から得られるエネルギーの内、菌体合成に使われる量が少ないであろう、との前提に基づき、TOC減少量に対する菌体増加量を、炭素菌体収率とし、本値の大小を評価することとした。単離された *Bacillus* に近縁な37Lay-3、37LGx-2を用い、比較対象に *E.coli. k-12* を使用し、炭素菌体収率の比較評価を行った。表1に見られるように、37°Cにおける *E.coli* の炭素菌体収率は、0.59であった。一方、*Bacillus* に近縁な単離株37Lay-3及び37LGx-2の50°Cにおける炭素菌体収率は、それぞれ、0.14、0.37と、*E.coli.* よりも低い値を示した。また、特に37Lay-3単離株は、37°C条件下においても、0.26と低い炭素菌体収率を示した。このことより、高温条件下では、*Bacillus* 近縁種が発熱の維持に寄与していることが示されたのに加え、特に処理槽のスタートアップ時における発熱を推進するのに、37°Cにおける炭素菌体収率も低い、37Lay-3単離株を、有効に使える可能性が明らかとなった。

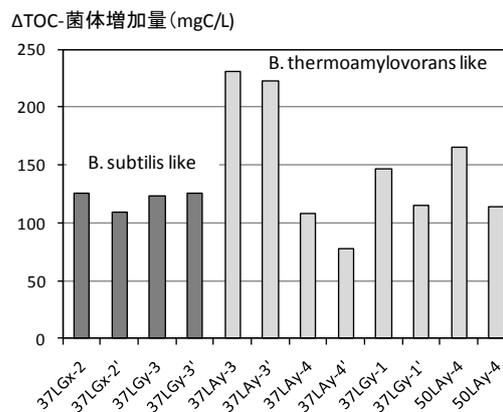


図1. 単離菌株の基質収率特性の比較

表1. 炭素菌体収率比較

50°C24h	37LGx-2	37Lay-3	<i>E. coli. K12</i>
OD ₅₄₀	0.99	0.75	-
TOC減少 (mgC/L)	382.1	352.7	-
菌体増加 (mgC/L)	143.3	49.9	-
ΔTOC-菌体増加	238.8	302.8	-
炭素菌体収率	0.38	0.14	-
37°C24h	37LGx-2	37Lay-3	<i>E. coli. K12</i>
OD ₅₄₀	1.27	0.27	1.11
TOC減少 (mgC/L)	183.7	90.9	311.2
菌体増加 (mgC/L)	169.6	26.6	182.0
ΔTOC-菌体増加	14.1	64.3	129.2

第二フェーズでは、流域環境における様々な衛生設備導入に伴う、便益と費用の算定評価法についてその手法の構築を実施した。衛生設備として、高温接触酸化型尿尿処理システムや浄化槽に代表される、分散型衛生設備と、下水道、さらには、その中間に位置する分散型下水道の評価を試みた。分散型下水道では、膜処理を導入し、小規模で運転可能かつ人件費の削減が可能なシステムとして評価対象に加えた。住民の選好調査法としては表明選好法を用いた。アンケート手法にはオンラインアンケートの利用可能性を検討した。同アンケート中には、コンジョイント分析に供する質問を組み入れ、Marginal Willingness to Pay (MWTP)による貨幣価値の算出を試みた。様々な衛生設備が導入された場合における便益を MWTP により算出し、各シナリオにおけるコスト算出と併せ、費用便益分析を実施した。コンジョイント分析における構成属性には、水質、水量、エネルギーを選択し、それぞれの算出された MWTP の値は、日本円にて、4092 円/BOD1mg/L 減、-1824 円/10%減、790 円/10%減と算定された。これに基づく各シナリオの費用便益分析では、下水道整備と合併浄化槽を組み合わせたシナリオ、及び下水道と分散膜処理下水道を組み合わせたシナリオにおいて、便益が費用を上回る結果となった。

第三フェーズでは、稲籾殻の利用代替案として、地域における伝統的な直接燃焼による家庭利用やレンガ製造に加えて、燃焼による発電、ガス化発電、バイオ燃料化を取り上げ、それぞれのシナリオにおける二酸化炭素、窒素酸化物、硫黄酸化物排出量を、ライフサイクルアセスメントにより算定し、シナリオ評価を行った。図 1 に稲籾殻利用に伴い、発電を行った場合の、1kWh 発電に伴う、二酸化炭素排出量と、対象地域における系統電力の二酸化炭素排出量の比較を示した。

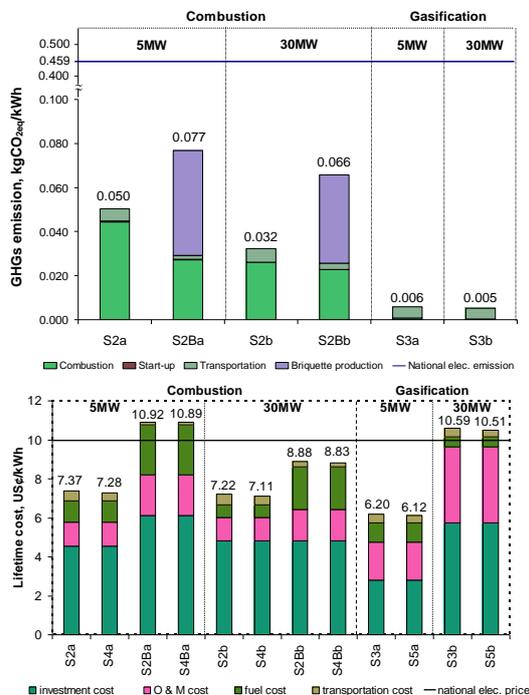


図 2. 稲籾を発電利用した場合の CO₂ 発生量

図 3. 稲籾を発電利用した場合のコスト評価

また地域での実現可能性を検討するため、ライフサイクルコストの算定を実施する (図 3) と同時に、地域の様々なステークホルダーの受容性を、AHP (階層分析法) の手法を適用し、調査した。その結果、地域住民と、地方政府との選好が、相反していることが定量的に明らかとなり、新しい技術導入の際の合意形成において地域住民の理解を得ることの難しさと議論の必要性を明らかとした。

また、このような住民受容性を把握する手法として、従来型の住民をひとまとまりとして扱う手法に加えて、潜在クラス分析を適用し、住民をその志向ごとにグループ分けし、グループごとの特徴を把握し、その特徴に応じた施策提案を行う手法を、主に日本を対象として、検討した。グループ化においては、個人属性などの情報に加えて、対象となる環境問題への個人の意識が有効であることを明らかとし、各グループの選好の違いを、限界支払意志額によって示す手法の、環境施策への適用が有効であることを示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

大塚佳臣・栗栖(長谷川)聖・中谷隼・花木啓祐, 2009, コンジョイント分析による都市河川に対する住民の金銭価値及び支払手段の評価, 環境工学研究論文集, 49, pp.581-591.

大塚佳臣・栗栖(長谷川)聖・花木啓祐, 2009, 河川の物理属性及び住民の認知に基づくセグメント化による都市河川の価値評価構造解析, 環境システム研究論文集, pp.279-290.

大塚佳臣・栗栖(長谷川)聖・花木啓祐, 2009, 都市河川のアメニティ価値と住民の環境意識を基にした排水処理マネジメント, 土木学会論文集 G, 65(3), pp. 164-179.

Afroz, R., K.H. Kurisu and K. Hanaki, 2009, Willingness to Pay for Waste Management Improvement in Dhaka City, Bangladesh, J Environ. Manage., 90(1), 492-503.

大塚佳臣・栗栖(長谷川)聖・花木啓祐, 2008 手賀沼水域をモデルとした都市河川の水辺価値選好評価, 水環境学会誌, 31(8),

471-480.

大坊彩乃・栗栖(長谷川)聖・花木啓祐,2008 高温接触酸化型トイレ実証試験における処理槽内の細菌群集構造解析, 水環境学会誌,31(5), 253-259.

[学会発表] (計 8 件)

Pham, T.M.T., K. H. Kurisu and K. Hanaki, 2010, (Poster) CO2 emission mitigation potential of rice husk for Angiang province, Vietnam, The 25th International Conference on Solid Waste Technology and Management, 1082-1093 (March 14-17, Philadelphia, USA).

大塚佳臣・中谷隼・花木啓祐・栗栖(長谷川)聖, 2010,満足度と金銭価値を指標とした都市河川の価値評価構造解析, 第 43 回日本水環境学会年会講演集, p.203 (福岡) .

Pham, T.M.T., K. Kurisu and K. Hanaki, (Poster) Cost Effectiveness of Rice Husk Utilization for Power Generation to Prevent Dumping into Water Bodies in Angiang Province, Vietnam. The 7th International Symposium on Southeast Asian Water Environment (Bangkok, Thailand, 2009. 10. 30)

Otsuka, Y., K. H. Kurisu and K. Hanaki, 2009, (Oral) Modelling of Residents' Perception and Valuation Structure for Improvement of Riverfront Value. 3rd IWA ASPIRE, (Taipei, Taiwan, 2009.10.20)

大塚佳臣・中谷隼・花木啓祐・栗栖(長谷川)聖, 2009,住民の都市河川に対する価値評価構造の解明と水辺価値向上施策の提案, 第 12 回日本水環境学会シンポジウム (東京, 2010. 9. 14) .

Kurisu,K.H., Y. Otsuka, J. Nakatani and K. Hanaki, 2009, (Poster) Structure of Residents' Perception and Valuation of River-front, 8th Biennial Conference on Environmental Psychology (Sep. 6-9, Zurich)

大塚佳臣・栗栖(長谷川)聖・花木啓祐, 2009, 手賀沼流域の水辺環境改善施策提案に向けた住民に対する価値選好評価法の適用, 第 43 回日本水環境学会年会講演集 (名古屋)

大坊彩乃・栗栖(長谷川)聖・花木啓祐, 2008, 高温接触酸化型トイレにおける発熱に寄与する細菌種の代謝特性, 第 42 回日本水環境学会年会 第 42 回日本水環境学会年会講演集, 106.

[図書] (計 0 件)

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)