

農業集落排水汚泥と生ごみの混合メタン発酵を目的とした
 農業集落排水汚泥の成分と微生物群集の解析
 Analysis of composition and microbial community of rural sewage sludge for
 co-digestion of rural sewage sludge and kitchen waste

○折立文子*・中村真人*・柴田浩彦**

ORITATE Fumiko, NAKAMURA Masato and SHIBATA Hirohiko

1. はじめに 農業集落排水汚泥（以下、集排汚泥）と生ごみ等食品廃棄物の混合メタン発酵は、エネルギー生産と資源循環の同時実現に貢献する技術である。生ごみは有望なメタン発酵原料であるが、含水率が高く、自然環境下では短期間での腐敗が懸念される¹⁾。腐敗はバイオガス発生量減少の原因となるため、これを抑制する必要がある。一方、嫌気性条件での貯留で、生ごみ由来乳酸菌による乳酸発酵が進行し、pH低下による生ごみ自身の腐敗抑制が期待できる^{1~3)}。他方、混合メタン発酵において、各原料は混合状態で貯留されることが想定される⁴⁾。玉置ら³⁾は乳酸発酵との競合反応を引き起こす恐れのある他の細菌源として浄化槽汚泥をあげ、生ごみ由来乳酸菌による乳酸発酵との競合反応はみられなかったことを報告しているが、浄化槽とは水処理方式が異なる集排施設の汚泥については未解明である。そこで本研究では、集排汚泥と生ごみを混合貯留した際の乳酸発酵の阻害とそれに伴う腐敗抑制効果の低減可能性の有無について検証することを目的として、まず、処理方式が異なる集排施設から採取した汚泥について、その成分や微生物群集を解析した結果を報告する。

2. 方法 処理方式が異なる4つの集排施設から汚泥を採取した。各汚泥と処理方式を表1に示す。これらについて乳酸菌数をMRS寒天平板嫌気培養法で、乳酸菌の基質となるグルコースをHPLC法で分析した。併せてメタン発酵でのガス生成に関するCOD_{Cr}および過剰の場合に発酵阻害となりうるナトリウムを下水試験方法で分析した。また、微生物群集の解析として、アンプリコンシーケンス解析（生物技研）を行った。対象遺伝子領域は、細菌および古細菌を対象とした16S rRNA V4領域（515F-806R）である。Lab-Aid 824s DNA Extraction kit（ZEESAN）を用いてDNAを抽出し、MiSeqシステムとMiSeq Reagent Kit 3（Illumina）を用いて、2x300bpの条件でシーケンシングを行った。16S rRNA V4領域についてGreengene（ver.13_8）の97%OTUを比較し系統推定した。模擬生ごみ⁵⁾についても同様の分析を行い考察の参考とした。

3. 結果および考察 表2に各汚泥および模擬生ごみの乳酸菌数、グルコース、COD_{Cr}、ナトリウム濃度の分析結果を示す。各集排汚泥の乳酸菌数は模擬生ごみよりも2~3オーダー低かった。グルコースは模擬生ごみで0.97 g/100g検出されたのに対し、いずれの処理方式の汚泥

表1 調査対象汚泥と処理方式
 Rural sewage sludge for analysis and each treatment method

採取汚泥	仮名称	処理方式
沈殿槽引抜汚泥	汚泥 A	回遊式間欠ばっ気
返送汚泥	汚泥 B	OD*
嫌気性ろ床引抜汚泥	汚泥 C	嫌気性ろ床
返送汚泥	汚泥 D	OD*

*農研機構農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO、**（一社）地域環境資源センターJARUS、キーワード：資源循環、メタン発酵、集排汚泥、微生物群集、乳酸発酵、生ごみ

でも不検出であった。乳酸菌の基質となるグルコースが集排汚泥中にほとんど存在しないため、集排汚泥中の乳酸菌は生ごみに比べて少なかったと考えられる。ナトリウム濃度はいずれの処理方式の集排汚泥についても模擬生ごみの 1/10 以下であり発酵阻害が懸念される濃度よりも十分低かった。COD_{Cr}は模擬生ごみの 1/7~1/18 程度であり、メタン発酵においては生ごみとの混合が有効であることが再確認された。図 1 に目レベルで整理した微生物群集の解析結果を示す。各汚泥間で微生物種の存在割合に差はあるものの、主要な微生物種は類似していた。乳酸菌を含む Lactobacillales 目も確認された。また、乳酸発酵との競合反応を引き起こし得る Clostridia 目の存在割合は数%であった。今回の結果から生ごみと集排汚泥の混合貯留において乳酸発酵阻害が生じ得る明確な要素は確認できなかったが、今後さらに処理方式の異なる汚泥について検証を進めていく。

表 2 各集排汚泥および模擬生ごみの成分および乳酸菌数
Composition and number of lactic acid bacteria in each rural sewage sludge and kitchen waste

分析項目	単位	汚泥 A	汚泥 B	汚泥 C	汚泥 D	模擬生ごみ
乳酸菌	CFU/g	5.1×10^4	5.5×10^6	3.1×10^5	8.0×10^4	9.3×10^8
グルコース	g/100g	不検出	不検出	不検出	不検出	0.97
COD _{Cr}	mg/L	10,700	28,300	12,900	17,700	194,000
ナトリウム	mg/L	24.9	25.9	25.7	32.6	424

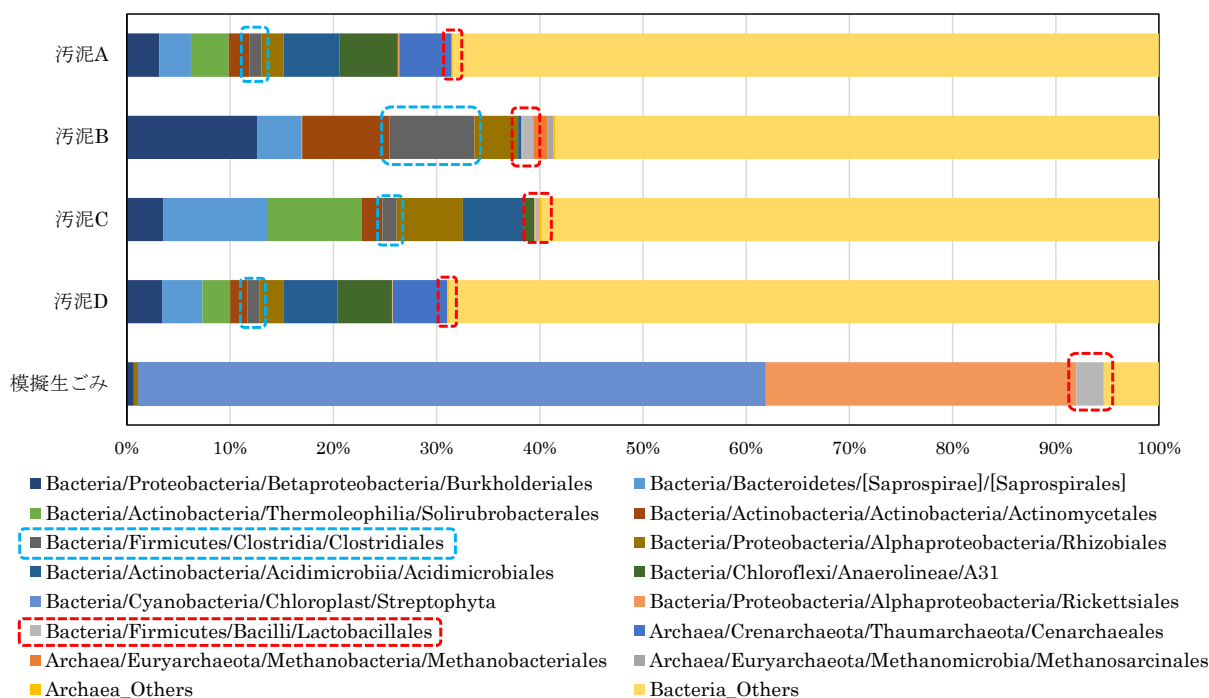


図 1 集排汚泥および模擬生ごみの微生物群集解析結果

Results of analysis for microbial community of rural sewage sludge and kitchen waste

謝辞 本研究は、科研費（22K14967）の成果である。

参考・引用文献 1) 山辺ら（2000）：環境工学研究論文集 37、81-88、2) 赤尾（2006）：京都大学大学院工学研究科博士論文、3) 玉置ら（2020）：土木学会論文集 G 環境 76(7)、III_491-III_501、4) （一社）地域環境資源センター（2022）：<https://www.jarus.or.jp/biomass/topics/shokibomethanetebiki03.pdf>、5) 李ら（2003）環境工学研究論文集 40、321-332