

共同研究・受託研究課題名：物質循環型野菜生産技術の開発
 研究代表者（所属）：北宅善昭（大阪公大・研究推進機構）

メタン発酵改質消化液における余剰汚泥の養液栽培利用

○野間洋志¹，遠藤良輔¹，和田光生¹，北宅善昭²，中村謙治³
 所属： 1 大阪公大・農学研究科， 2 大阪公大・研究推進機構， 3 エスペックミック株式会社

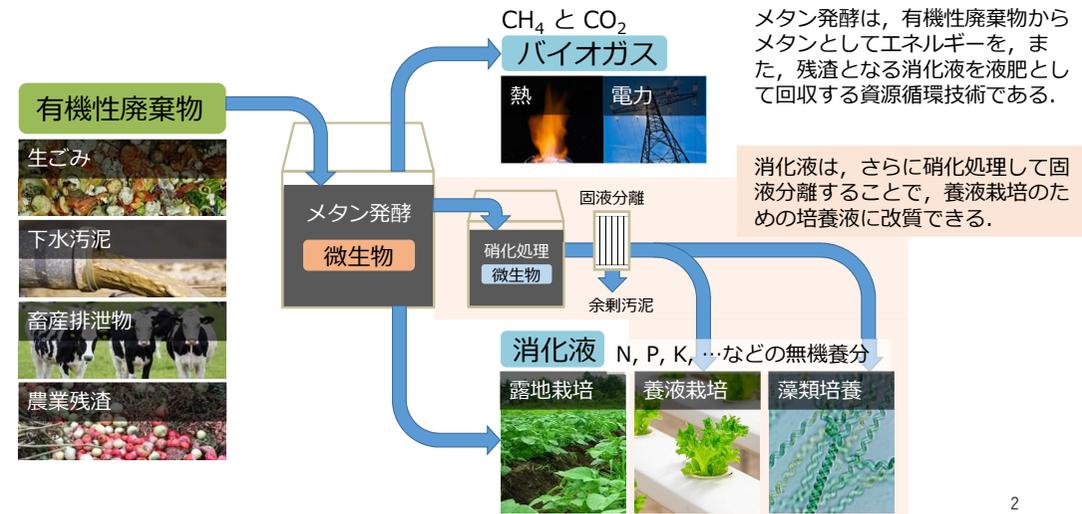
キーワード：養液栽培，メタン発酵，汚泥処理，資源再生

要旨

メタン発酵は、有機性廃棄物からメタンとしてエネルギーを、また、残渣液を液肥として回収する資源循環技術である。残渣液は、さらに硝化処理して固液分離することで養液栽培のための培養液に改質できる。ただし、これらの処理過程で、植物栄養塩である鉄やリンの一部は固形分である余剰汚泥に取り込まれ、培養液には十分に移行しない。本研究では、これら未利用の植物栄養塩を養液栽培で有効に利用する手法の確立を目的とした。

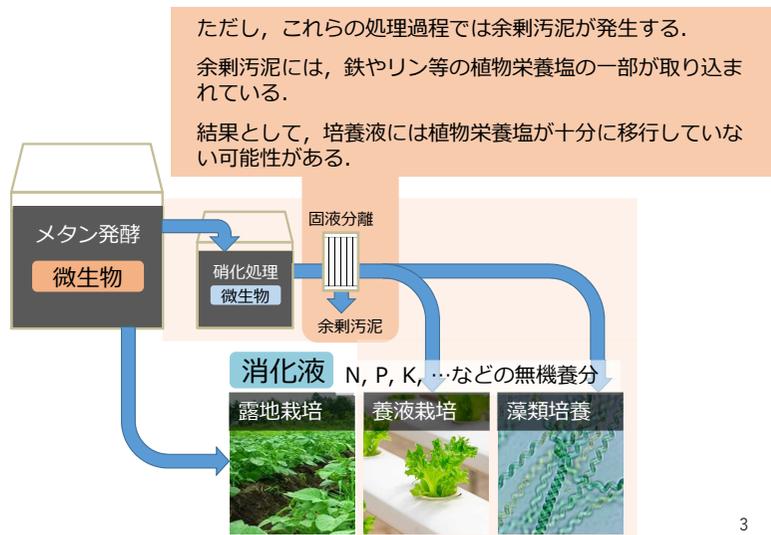
1

メタン発酵技術を利用した資源回収



2

メタン発酵技術を利用した資源回収



3

余剰汚泥中の植物栄養塩の利用可能性

- 下水汚泥由来の余剰汚泥には、pH依存の化学反応で生じた沈殿物や、好気的微生物が含まれている (Appels et al., 2008)。
- pH依存の化学反応で生じた沈殿物は、pH変化により再溶存化させることが可能である (Müller & Möller, 2012)。
- 微生物の体内には、植物栄養塩が有機態あるいは無機態で含まれている (Appels et al., 2008)。
- 微生物中の植物栄養塩は、微生物の構造の崩壊などによって漏出する (Wang et al., 2018)。

食品残渣由来の余剰汚泥に含まれる、植物栄養塩の利用に注目した。

4

研究の目的

食品残渣由来の余剰汚泥に含まれる、未利用の植物栄養塩を養液栽培で有効に利用する手法の確立を目的とする。

実験1 | 生物酸化消化液の液相ならびに余剰汚泥における栄養塩の組成

実験2 | 生物酸化消化液をろ過せずに用いた養液栽培実験

実験3 | 無ろ過生物酸化消化液のpH低下処理による溶存濃度の変化

実験1 | 生物酸化消化液の液相ならびに余剰汚泥における栄養塩の組成

生物酸化消化液の液相と余剰汚泥における無機栄養塩の成分分析を行った。

- 分析にはICP発光分析装置を用いた。硝酸態窒素のみ、コンパクトイオンメーター (Horiba) を用いて計測した。
- 分析は無ろ過液およびろ過液 (液相) に対して行い、これらの成分の差を余剰汚泥の分析値とした。

結果

	NO ₃ ⁻ -N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Mo
液相	460	5.4	>400	335.0	23.0	0.03	0.04	0.02	0.02
生物酸化消化液 余剰汚泥	-	36.3	-	353.8	5.6	0.16	16.34	2.13	0.12
総量	-	41.7	>400	688.8	28.6	0.18	16.38	2.15	0.14
大塚ハウスA処方 *	233	52.4	336	164.3	36.2	1.16	2.70	0.09	0.03

* OATアグリオ (株) の公称値をもとに求めた。

Unit : (mg L⁻¹)

- P, Fe, Mn, Znは生物酸化消化液中の余剰汚泥に80%以上が含まれていた。
- 培養液 (液相) には植物栄養塩が十分に取り込めていないことが示唆された。

実験2 | 生物酸化消化液をろ過せずに用いた養液栽培実験

余剰汚泥を除去せずに培養液として利用することで、余剰汚泥から栄養塩が液相に溶出し、植物に対する欠乏障害が緩和されると仮説した。

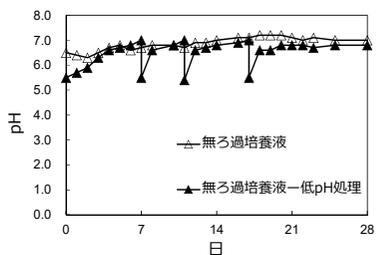
栄養塩の溶存化は酸性下で促進されることが知られている (Müller & Möller, 2012) 。そこで、塩酸を用いてpHを5.5に低下させた試験区を設けた。

供試植物： レタス (*Lactuca sativa* L. ; 'フリルアイス')

1試験区の個体数： 8

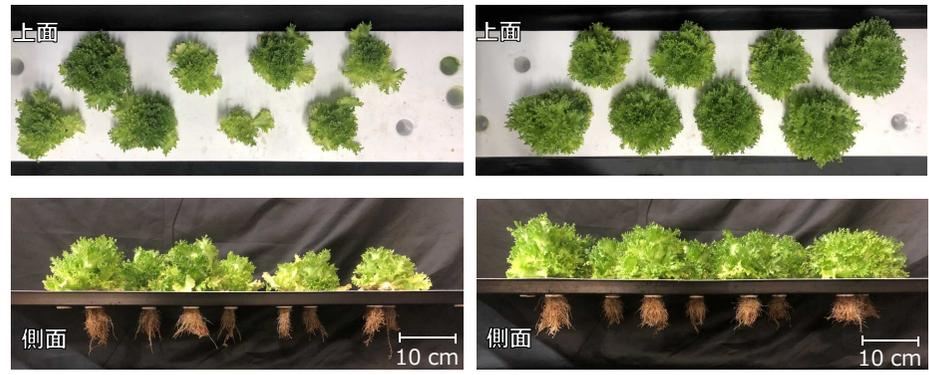
栽培期間： 28日

試験区： 余剰汚泥を含む、無ろ過の生物酸化消化液を用意した。pHを調節しない試験区 (無ろ過培養液) と、定期的に塩酸でpH5.5に低下させた試験区 (無ろ過培養液-低pH処理) を設けた。



栽培期間中のpHの日間変動

実験2 | 結果



無ろ過培養液では、微量元素の欠乏障害が顕著に生じずにレタスが成長した。

pHを低下させたことでレタス成長が促進した。

実験2 | 余剰汚泥の有無によるレタス根の形状変化



ろ過した培養液を用いた場合のレタス根
 無ろ過培養液を用いた場合のレタス根

- 無ろ過培養液を用いたレタス栽培では、根が短く、また細根の成長が十分でなかった。

考えられる原因

- 溶存酸素の低下：余剰汚泥に含まれる微生物が酸素を消費したことで、レタス根の呼吸を妨げた。
- NH_4^+ の蓄積：余剰汚泥の固形分などが分解されて NH_4^+ が生じた。

余剰汚泥を含んだ培養液を適用することで、レタスの栄養塩欠乏障害を緩和できる可能性があることがわかった。

一方、微生物あるいは固形分が培養液中に存在することで、レタス根の成長が阻害される可能性が示唆された。

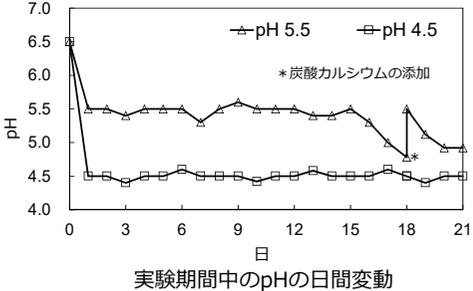
実験3 | 無ろ過生物酸化消化液のpH低下処理による溶存濃度の変化

実験概要

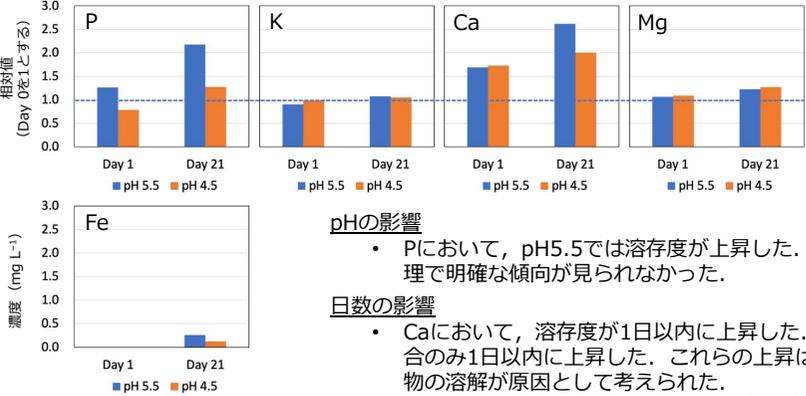
- 余剰汚泥を含む培養液に対するpHの低下処理がレタス成長に効果的だったことから、pHの影響を調べるためにpHを4.5および5.5に調節した。
- pH低下による栄養塩の溶存化がすぐに起こる反応か、または時間の要する反応なのかを調べるために低pH処理後1日目および21日目の成分組成を分析した。

実験方法

- 無ろ過の生物酸化消化液のpHを、pHコントローラーを用いて21日間制御した。
- 低pH処理前、低pH処理後1日目、および21日目の生物酸化消化液をサンプリングし、ICP発光分析装置を用いて液相の成分分析を行った。



実験3 | 結果



pHの影響

- Pにおいて、pH5.5では溶存度が上昇した。他の元素ではpH処理で明確な傾向が見られなかった。

日数の影響

- Caにおいて、溶存度が1日以内に上昇した。PではpH5.5の場合のみ1日以内に上昇した。これらの上昇は、培養液中の沈殿物の溶解が原因として考えられた。
- P, Ca, Mg, Feでは、ゆっくりと溶存度が上昇した。この上昇は沈殿物の溶解ではなく、微生物に含まれる栄養塩の漏出が原因として考えられた。

まとめ

- 実験1 植物栄養塩の多くが余剰汚泥に含まれていることがわかった。
- 実験2 余剰汚泥をそのまま培養液に利用すると、レタスの栄養塩欠乏障害が緩和された。一方、レタス根の成長には障害が生じた。
- 実験3 pH処理による余剰汚泥からの栄養塩の溶存化には時間がかかるものが多かった。

生物酸化消化液中の余剰汚泥を培養液に利用する場合は、

- 微生物に起因する可能性がある根の成長阻害を回避する処理
- 微生物が保持する栄養塩を速やかに液相に移行する処理

の開発が効果的だと考えられる。