

オゾンと生物処理による消化汚泥処理水の水耕栽培への検討

宮崎大学工学部 (学) ○山口大吾 (正) 増田純雄 安井賢太郎
 鹿児島高等専門学校 (正) 山内正仁 山田真義
 日本ヒューム (株) 後藤洋規

1. はじめに

現在, 大量生産・大量消費の社会から廃棄物の発生を抑制し, 限りある資源を有効利用する循環型社会が求められている。特に, バイオマスの有効利用は注目されており, 平成14年12月には「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定された。その中で, 下水汚泥の有効利用は進んでおり, 中でもエネルギー回収できるメタン発酵技術は注目を集めている。しかし, メタン発酵の際に生じる消化汚泥の処理が問題になっている。消化汚泥の有効利用として主にコンポスト化が行われているが, 全てを消費するには広大な農地が必要となる。そ

こで, 農地を必要としない水耕栽培に注目し, 培養液として消化汚泥処理水を用いた植物の栽培を行う。著者らは 90%以上が水分である消化汚泥に処理を行い, その処理水を培養液として利用できないかと考えたが, 消化汚泥を無処理で培養液として利用すると難分解性有機物, 高濃度の SS, $\text{NH}_4\text{-N}$ の存在によって植物の生長に障害をきたす¹⁾。そこで, 本研究では消化汚泥のオゾン処理, 生物処理を行うことによりこれらの問題を解決できるため, この処理水を用いた発芽試験を行った。その結果から若干の知見が得られたので報告する。

2. 実験装置と方法

表-1 に消化汚泥の主成分を示す。今回用いた消化汚泥は宮崎下水処理場から採取した。表-1 から, 消化汚泥は高濃度の有機物, $\text{NH}_4\text{-N}$, SS を含んでおり, 生物分解性の指標である DOC/E₂₆₀ 値が低いことが分かる。実験は①オゾン処理→②生物処理の順に行い, これらの目的は①が SS 除去, 難分解性有機物の易分解化, ②が $\text{NH}_4\text{-N}$ の除去である。消化汚泥は実験に用いる際, 約 4 倍に希釈して使用した。図-1 に回分式オゾン実験装置を示す。実験装置はオゾン処理槽(容量 60L)とウォータートラップからなり, オゾン発生装置により, オゾンを発生させ, オゾンモニタでオゾン濃度を測定後, オゾン処理槽中のエアレータにより, 曝気を行った。この時発生する排オゾンはウォータートラップを経て, 活性炭で吸着処理し, 大気中に放出した。実験条件は曝気時間を 120 分, オゾン流量を 12L/min, オゾン濃度を 30mg/L で行った。図-2 に連続式網目構造回転翼実験装置を示す。実験は内径 10.7cm, 高さ 22.5cm, 容積 1.7L のアクリル円筒と, 縦 15.3cm, 横 4.5cm, 網目の大きさ 5×5mm の網目構造回転翼 8 枚を組み合わせた反応槽を 4 槽直列に配置し, 貯留タンク(容量 100L)内のオゾン処理水をポンプで一定量供給して行った。また, 4 槽から排出された処理水は貯留タンク内に返送した。実験条件は, 回転翼の回転速度を 60rpm, 室温を約 25 度に設定, 曝気量 1.2L/min, HRT120 分である。発芽試験は 90φ×15mm のシャーレにろ紙を乗せ, 消化汚泥または処理水を 10mL 添加し, コマツナ種子(品種: 楽天) 50 粒を 9mm 間隔で接着させた。その後, 温度 30℃, 暗黒条件下で 72 時間培養した。

表-1 消化汚泥の主成分

SS (mg/L)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	DOC/E ₂₆₀
14,300	1,000	403	152	58

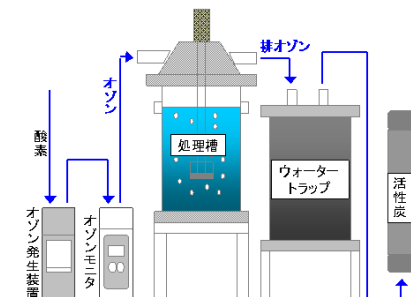


図-1 回分式オゾン実験装置

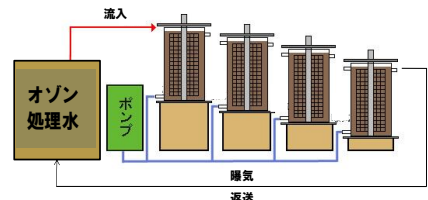
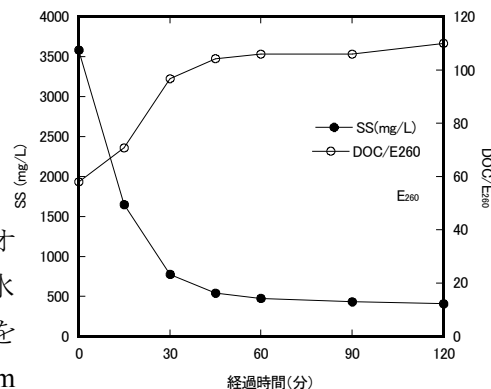


図-2 連続式網目構造回転翼実験装置

図-3 SS と DOC/E₂₆₀ の経時変化

キーワード: 消化汚泥, オゾン処理, 難分解性有機物, SS, 生物処理, $\text{NH}_4\text{-N}$

連絡先: 〒889-2192 宮崎市学園木花台西 1 丁目 1 番地 宮崎大学工学部 土木環境工学科 Tel:0985-58-7342

3. 実験結果と考察

図-3 にオゾン処理による SS と DOC/E260 の経時変化を示す。SS は経過時間とともに減少し、60 分以降はほぼ一定になっている。これは、固形物が反応槽内の泡沫によりウォータートラップへ排出され、さらに有機物がオゾンによって可溶化されたためである。一方、DOC/E260 は経過時間とともに増加し、60 分以降はほぼ一定になっている。これは、有機物の可溶化により DOC の増加が止まったためだと考えられる。また、DOC/E260 の値は 58 から 110 まで増加していることから、消化汚泥の易分解化が進行していることが分かる。図-4 にオゾン処理中の TOC, DOC の経時変化を示す。TOC 濃度は経過時間とともに若干減少しているのに対し、DOC 濃度は経過時間とともに増加している。このことから、SS の減少に有機物の可溶化が関係していることが明らかとなった。

図-5 に生物処理による貯留タンク内処理水の三態窒素の経日変化を示す。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は経過日数とともに $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ に酸化されているが、8 日目以降硝化の進行が緩やかになっていることが分かった。そこで、このときの pH は 5.4 であり、アルカリ度が不足していると考え 12 日目に炭酸ナトリウムを添加し、pH を 8.0 に調整した。その後、硝化反応は順調に進み、18 日目にはほとんどの $\text{NH}_4\text{-N}$ を除去することができた。

表-2 に消化汚泥、オゾン処理水、オゾン+生物処理水の植物栽培に必要な成分 N, P, K 濃度と pH, EC を示す。オゾン処理水で若干 $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ の増加があるのは SS 中の N, P が原因だと考えられる。また、生物処理では硝化の進行に伴って pH が低下している。この 3 種類のサンプルおよび対照区の蒸留水を用いて発芽試験を行った。

表-3 に発芽試験の結果を示す。消化汚泥の試験区では発芽率が悪く、茎、根が生長していないことから植物栽培には適切でないことが分かる。これは SS による根の栄養吸収障害、 $\text{NH}_4\text{-N}$ によるアンモニア障害²⁾が相乗的に働いたためだと考えられる。また、オゾン処理水の試験区は発芽率が 100% となったが、根、茎の成長は対照区に及ばなかった。これは高濃度で存在している $\text{NH}_4\text{-N}$ が原因だと考えられる。一方、オゾン+生物処理水の試験区では発芽率 100% で蒸留水よりも生長が良いことから生長の障害が認められなかった。したがって、消化汚泥を水耕栽培の培養液として利用するには少なくとも難分解性有機物、高濃度の SS, $\text{NH}_4\text{-N}$ を除去する必要があることが分かった。

4. 終わりに

本研究では、オゾン処理実験、生物処理実験、発芽試験を行い以下の知見が得られた。

- 1) 消化汚泥を水耕栽培の培養液として利用するには少なくとも難分解性有機物, SS, $\text{NH}_4\text{-N}$ を除去する必要がある。
- 2) 消化汚泥の $\text{NH}_4\text{-N}$ を生物処理で除去するには、アルカリ度が不足するので注意が必要である。
- 3) オゾン+生物処理後の消化汚泥処理水には生長の障害が認められなかった。

今後の展開としては消化汚泥処理水を培養液に用いたコマツナ栽培試験を行い、消化汚泥処理水を用いて栽培した野菜の安全性について検討する予定である。

参考文献 1) 渡辺和彦 野菜の要素欠乏・過剰症 社団法人農山漁村文化協会 (2002)

2) 霧村雅 イオン濃度制御法を用いた養液栽培に関する研究 (2006)

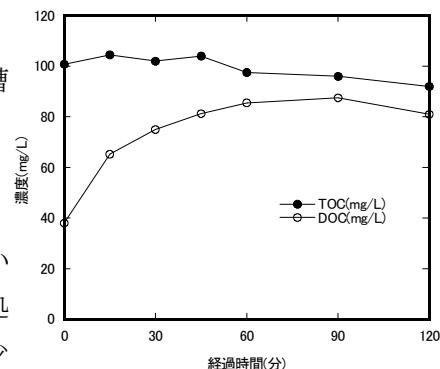


図-4 TOC, DOC の経時変化

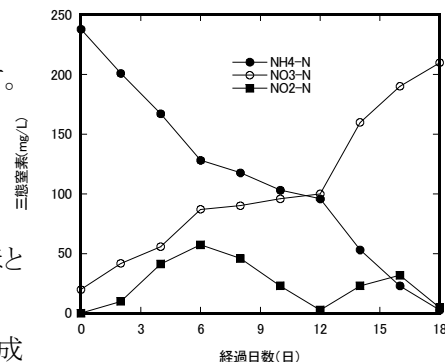


図-5 三態窒素の経日変化

表-2 各サンプルの N, P, K 濃度と pH, EC

サンプル	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	K (mg/L)	pH	EC (mS/cm)
消化汚泥	240	11	191	46	7.5	1.932
オゾン処理水	270	17	209	42	7.6	1.949
オゾン処理 +生物処理水	4	210	200	42	6.1	1.845

表-3 発芽試験結果

試験区	発芽率 (%)	茎の長さ (cm)	根の長さ (cm)
蒸留水 (対照区)	98	2.12	2.84
消化汚泥	50	0	0
オゾン処理水	100	2.01	2.31
オゾン処理 +生物処理水	100	3.61	4.78