

メタン発酵特性向上のための汚泥前処理法

鹿島 技術研究所 正会員 山澤 哲
 同 上 多田羅昌浩
 同 上 正会員 後藤 雅史

1. はじめに

下水汚泥をはじめとするバイオマス系廃棄物の多くは、腐敗性であるため、安定化・減容処理が不可欠である一方、含水率が高く焼却処理には適さない場合が多い。しかし、それらの有機汚泥は、8割近くが焼却処理されている(表-1)¹⁾。焼却汚泥の一部は土壤改良材、タイル、セメント原料などに再利用されているが、含水率の高い有機汚泥の焼却には莫大な化石燃料の消費を伴うため、それら再利用材料の需要や機能が著しく高い場合を除いては進んで利用すべき手段とは言い難い。環境省及び国土交通省の資料

によれば、日本国内で年間4億トン排出される産業廃棄物のおよそ半分を占めるバイオマス系廃棄物の約半分(約1億トン(含水率98%換算))を下水汚泥が占める^{1,2)}。すなわち、CO₂削減問題、エネルギー問題といった観点から、有機汚泥の非燃焼型生物処理方法を確立することには大きな意義がある。

一方、このような有機汚泥は微生物が利用し難い有機物が多く、生ゴミなどと同じ方法ではメタン発酵処理によるガス化率を望ましいレベルに維持することが困難である。有機汚泥の分析値によるとCOD_{Cr}:N:P比は360:23:10程度であり、窒素やリンの含有量はメタン発酵の適正領域内である³⁾。しかし、BOD₅/COD_{Cr}比は、一般に0.10～0.35程度であり、生ゴミ(同比は、約0.7～0.9以上)に比べると生分解性はかなり低い。

そこで本研究では、下水汚泥の生分解性改善のため水の断熱膨張を応用した固形廃棄物可溶化実験装置(爆砕処理装置)を製作し、メタン発酵の前処理プロセスとしての有効性を検討した。なお、メタン発酵における物質収支を考える上で有機物量の評価は重要であるが、本研究では保存性のある指標としてCOD_{Cr}(硫酸酸性重クロム酸法COD)値を用いた。また、本研究に用いた汚泥はBOD₅/COD_{Cr}比が0.027と、余剰汚泥の中でも極端に生分解性が低い部類であった。

2. 多段爆砕による効果の検討

写真-1に示した爆砕処理装置を用いて有機汚泥を爆砕処理し、メタン発酵特性試験を行った。本研究で言う爆砕処理とは、含水率の高い廃棄物を1気圧程度(約120℃)の加熱・加圧状態から急激に大気開放することによって内部水を突沸させ、比較的穏やかな条件において細胞を破壊する物理的処理である。すなわち、有機汚泥のもつ比較的強固な細胞壁や組織構造を爆砕処理により破壊し、内部の有機物を外部に流出させると共に構造物の微細化を図ることにより、メタン発酵特性の改善を期待するものである。本装置の加圧容器容量は5L、加熱に要する時間は4℃の状態から120℃に達するまで20分程度である。

これまでの知見から、120℃を超える温度での爆砕処理や、処理温度到達後に長時間、温度を保持することは、高温メタン発酵の前処理としては不適當である⁴⁾。そのため、本研究では爆砕温度120℃、温度到達直後に圧力開放(保持時間0分)する処理条件を基準とし、1回、2回

表-1 国内における下水汚泥処理量¹⁾

1次処理方法	千t(wt)/year
焼却(焼却灰、熔融スラグなど)	78,250
乾燥(コンポスト化、炭化など)	13,050
脱水	7,550
合計	98,850

日本の下水道(国土交通省)²⁾より、再計算値は含水率98%換算値



写真-1 固形廃棄物可溶化装置(120℃)

キーワード：高温メタン発酵，爆砕処理，有機汚泥

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 地球環境・バイオグループ

及び3回の爆砕処理を施した場合について、メタン発酵特性に与える影響を検討した。これら多段爆砕処理汚泥試料のメタン発酵特性試験は、バイアルアッセイ法により評価した(写真-2)。試料はいずれも90gの爆砕処理汚泥に対し、360gの高温嫌気汚泥を加えバイオガス発生量を計測した。また実験データのばらつきを小さくするため、2系列分の実験値の平均値を求めた。

3. 多段爆砕処理による効果

各爆砕処理回数における汚泥の成分分析結果の一部を図-1, 2に示す。S-BOD₅は爆砕回数と共に増加が見られたが、T-BOD₅は2回処理において未処理の5倍以上に上昇し、3回処理ではやや減少する傾向が見られた。また、S-COD_{Cr}成分は2回処理まで増加が見られ、T-COD_{Cr}に占めるS-COD_{Cr}割合も2回処理まで増加した。

これらの試料に対してメタン発酵特性試験を行った結果を図-3に示す。なお、それぞれの試料のT-COD_{Cr}が異なるため、未処理汚泥を基準に同COD_{Cr}投入量となるように積算バイオガス量を補正してプロットした。この結果、最終的な積算バイオガス量は、汚泥の爆砕回数にかかわらず、ほぼ一定となった。ただし、ガス化に要する期間は、いずれの処理回数においても未処理汚泥よりも長期化する傾向が見られ、3回処理では前半のバイオガス量の減少と後半の緩やかなバイオガス化が観察された。

4. 考察

これまでの知見と同様に、今回検討した爆砕処理条件では未処理試料を上回るメタン発酵特性の改善効果を得ることはできなかった⁴⁾。しかし、図-1,3より、T-BOD₅としては2回処理より低下した3回処理汚泥の方が、前半の積算バイオガスプロファイルの立ち上がり及早まる傾向が見られていることから、くり返し爆砕処理によって嫌気条件における有機物の易分解化と難分解化が同時に促進されることが示唆される。爆砕処理以外の方法として、酵素処理についても検討中であり、こちらの結果も合わせて報告する。

5. 謝辞

本研究は、(社)農林水産技術情報協会「水と緑のやすらぎ生活空間創造技術の開発」プロジェクトの一部として実施した。

6. 参考文献

- 1) 国土交通省 監修, 日本の下水道(平成14年版), 日本下水道協会, 東京, p.229 (2002).
- 2) 環境省 編; 循環型社会白書(平成14年版), ぎょうせい, 東京, p.46 (2002).
- 3) R. E. Speece, (松井, 高島 監訳); 産業排水処理のための嫌気性バイオテクノロジー, 技報堂出版, 東京, p.53 (1999).
- 4) 山澤 哲, 多田羅 昌浩, 後藤 雅史; 汚泥の可溶化と高温メタン発酵特性, 用水と廃水, 45:9, p.877-884 (2003).



写真-2 メタン発酵特性試験の様子

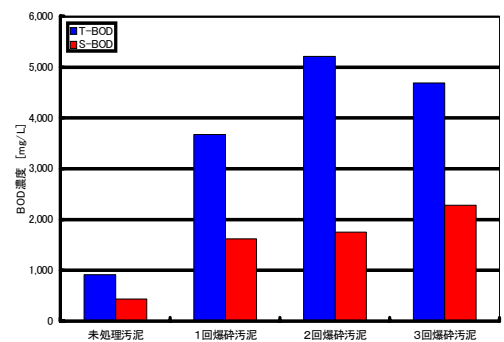


図-1 爆砕回数とBOD₅

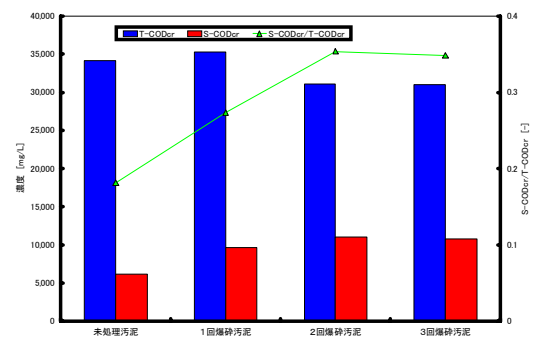


図-2 爆砕回数とCOD_{Cr}

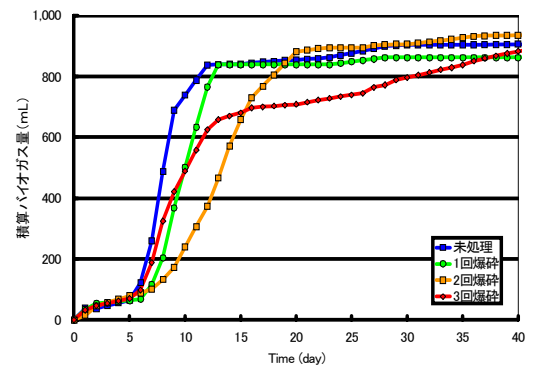


図-3 多段爆砕が有機汚泥のメタン発酵特性へ与える影響