

有機系廃棄物の集約処理に関する基礎研究

日大生産工(院) ○福原康太 日大生産工 森田弘昭
日大生産工 高橋岩仁 日大生産工 佐藤克己

1. 背景

地球温暖化対策として CO₂削減が進められる中、カーボンニュートラルな有機系廃棄物の有効利用が求められている。政府からも2020 年 10 月に菅義偉前内閣総理大臣より2050 年までに脱炭素社会の実現を目指す旨の宣言がでている。この流れは国際的なものでパリ協定¹⁾や2030 アジェンダ²⁾を通して地球全体で温暖化対策に取り組んでいる。

また、人口減少が進んでいく中で、一定水準を保った持続的な行政サービスも求められている。日本は現在、2008 年をピークに総人口が減少に転じており、2050 年には1 億人を下回り約 9900 万人になると予想³⁾されている。人口減少は公共団体の税収入の減少に直結し、行政サービスの水準の低下が懸念される。また、既存の施設では規模が過剰になり効率的な運営が難しくなる。このような背景のもと、下水道サービスとごみ処理サービスの効率化のために、下水汚泥と各種有機系廃棄物の集約処理が期待されている。本研究では、下水汚泥と生ごみの集約処理として嫌気性処理とコンポストに焦点をあて、それぞれの集約処理の基礎データを収集したデータベースを作成することを目的としている。

2. 嫌気性処理

2.1 実験装置

実験には図 1 に示す有効容量 1 L のものを 3 基使用した。材質は酸およびガスによる腐食に耐久性のあるステンレスである。槽内の汚泥と基質を混合させ、槽内の環境を均一にし、安定した発酵を行うために槽内部に攪

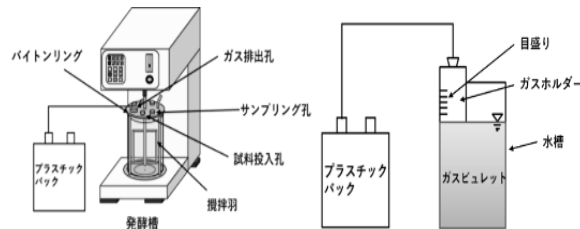


図 1 実験装置

表 1 実験条件

	case1	case2	case3
投入基質	市販キャベツ＋下水汚泥		
汚泥比率 (%)	75	50	25
温度	35℃		
発酵日数	約 2 週間		
発酵槽容量	1L		

拌羽を取り付け、上部モータによる攪拌を行った。また、発酵槽上部にサンプリング孔、ガス排出孔および試料投入孔を設置した。ガス発生量はプラスチックバックに採取後ガスビュレットを用いて測定した。

2.2 実験条件・方法

本実験では嫌気消化を担う種汚泥として C 市浄化センターより採取した消化汚泥を用いた。生ごみは、群馬県産市販キャベツを実験に供した。実験条件を表 1 に示す。汚泥とキャベツを体積比で 3:1 の割合で混合させたものを case1、同様に 2:2 を case2、1:3 を case3 とした。共通の条件として 35℃の中温で約 2 週間稼働させ汚泥割合によって生じる差異について検討した。

実験方法はまず、スラリー状にしたキャベツを下水汚泥と混合させ 1L の容器に投入し、嫌気状態を維持するため密閉した状態で稼働

させた。2 週間の稼働中、ガス排出孔より発生したガスを毎日回収し、ガス量をガスビュレットにより測定した。TS、VS は稼働開始時と終了時に下水試験法⁹⁾に準拠して測定した。

2.3 結果

累積ガス発生量を図 2 に、VS と消費 VS 当たりのガス発生量を表 2 に示す。ガス発生量は case1, 2, 3 の順で多く、キャベツの割合が高いほどガス発生量が多いことが確認できた。消費 VS 当たりのガス発生量は case1, 2 ではほぼ同程度であり、それに対して case3 は 1.6 倍程度多かった。この結果からキャベツと下水汚泥の嫌気性処理ではキャベツ含有割合が高いほど効率のよいエネルギー利用が可能という傾向が確認できた。

また、case3 は 1 週間程度でガス発生量がピークに達したのに対し、case1, 2 は 2 週間後もガス発生が継続していたことから時間的効率という観点からも case3 が最適といえる。

3. コンポスト化

3.1 実験装置

コンポスト作成実験に用いた装置を図 3 に示す。有効容積 100L、底部直径 610 mm、高さ 650 mm の円筒形のコンポスト装置（新輝合成社製）を 3 基用いて、土中に数センチ埋める形で配置した。

3.2 実験条件・方法

嫌気消化と同様に下水汚泥とキャベツを混合させたものを試料とした。基質として用いた下水汚泥は N 市浄化センターの脱水ケーキを使用した。実験条件を表 3 に示す。キャベツと下水汚泥を混合させた後、含水率が 70% 程度になるようにもみがらを用いて調整した。試料作製後静置し、有機物と微生物の接触を効率よく行わせるため 1 日 1 回試料の切り返しを行った。また、コンポスト化の指標とするために気温、試料内部温度、臭気、含水率の測定を行った。

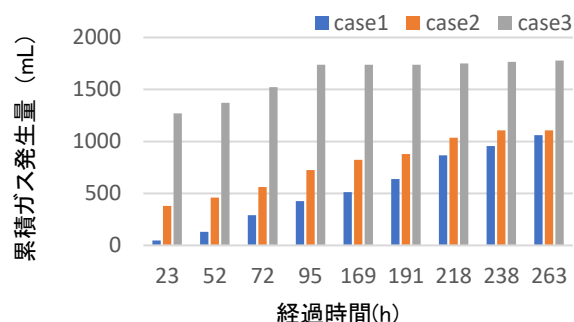


図 2 累積ガス発生量

表 2 VS と消費 VS 当たりのガス発生量

	case1	case2	case3
VS（開始時）	10110mg/L	11756mg/L	12454mg/L
VS（終了時）	9038mg/L	10680mg/L	10015mg/L
消費 VS 当たりのガス発生量	1.03 m ³ /kg-VS	0.98 m ³ /kg-VS	1.63 m ³ /kg-VS



図 3 実験装置

表 3 実験条件

	case1	case2	case3
投入基質	市販キャベツ＋下水汚泥		
汚泥比率 (%)	75	50	25
初期含水率 (%)	74	75	72

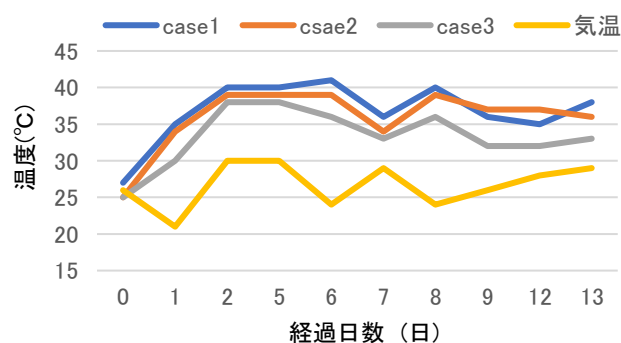


図 4 試料内部温度の経日変化

3.3 結果

試料内部温度の経日変化を図 4 に示す。初期に温度上昇が確認されたが、数日中に温度変化が見られなくなり 1 次発酵の段階で反応が終了してしまった。特に case3 は他の 2 つと比べて温度の停滞が早く訪れる結果となった。発酵が停止してしまった要因として、含水率が上昇したことにより空気が十分に送り込むことができず、好気性発酵が阻害されたと考えられる。また臭気についても初期の汚泥臭とキャベツ臭から変わらず、堆肥特有の臭いは確認できなかった。

4. コンポストの肥効性

本実験では植物の生育に用いる肥料として下水汚泥由来のコンポストを用いることでコンポストの肥効性を確認すると共に、既存のプラスチック含有被膜材でコーティングされた緩効性化学肥料からの代替可能性について検討した。生育する植物として緑化に幅広く用いられているコウライシバを選定した。

4.1 施工条件・方法

今回検討した混合比（体積比）を表 4 に示す。今回、主成分として使用したコンポスト試料は、下水汚泥を主原料とし、それに含水率調整剤として木質チップを加え、約 15 日間、70℃以上で発酵させ、その後、バーク（杉皮）を加え、1 か月半かけて半熟成させたものである。有機物質質量 60～65%、窒素 2～2.3%、リン酸 2～2.5%、カリウム 0.5%以下とカリウム以外は栄養価が非常に高い試料である。これに、遅効性肥料もしくは竹粉末を加え、土壌微生物の活性度測定および視的観測から、コンポストの肥効性について比較検討した。

施工方法は、2021 年 5 月 14 日に 9mm 厚の木枠に土圧 100mm となるように試料を入れ、その上にコウライシバのソッドを張った。木枠の大きさは 780 mm×600 mmとし、底部には水はけ用の孔（φ15mm）を 72 個/m² 開け、さら

表 4 芝実験条件

case	主成分	添加物	バーク
1	コンポスト試料	×	○
2		×	×
3		緩効性肥料	○
4		緩効性肥料	×
5		竹粉末 10%	×
6		竹粉末 30%	×
7		竹粉末 10%	○
8		竹粉末 30%	○

に水はけを良好にするため、アスファルトメント木枠設置部分に簀子を敷いた。なお、散水は土日および雨天時を除き毎日行った。

4.3 結果

ATP 量の経日変化を図 6～11 に示す。なお、ATP とはアデノシン三リン酸（Adenosine triphosphate）の略で生きた細胞の中にエネルギー源として必ず存在するものであり、本研究ではこの発光量（Relative Light Unit: RLU）の値から相対的に菌体量を把握し、土壌微生物の活性度を検討した。ここでは、全 case を同時に表示すると判別が付きづらいため、比較対象ごとに表示する。

まず、図 6～9 で、バークの有無による比較を行った。これより、多少ではあるが、相対的にバークを含んだ case の ATP 量が高い結果となった。次に、図 10 と 11 で、竹含有量による比較を行った。これより、竹含有量が高い case の ATP 量が高い結果となった。

この結果を視的観測による生育状態の観測から検証した。

施工から約 16 日後の植生状態を図 12 に示す。なお、コウライシバの植生状態から判断が付きづらかったため、ここでは、同条件で行った小松菜の状況を示す。また、紙面の都合上、case1, 2, 3, 5, 7, 8 の結果のみ示す。

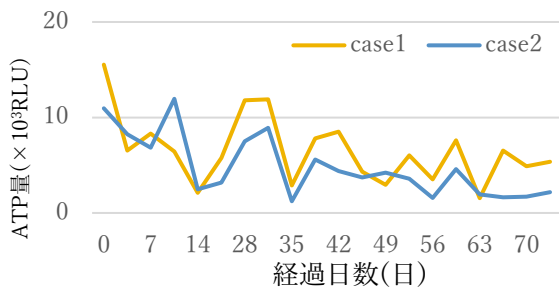


図 6 ATP 量の経日変化 (case1・2)

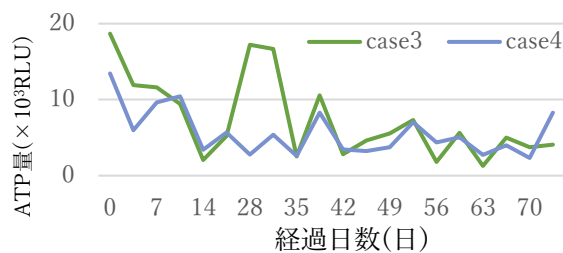


図 7 ATP 量の経日変化 (case3・4)

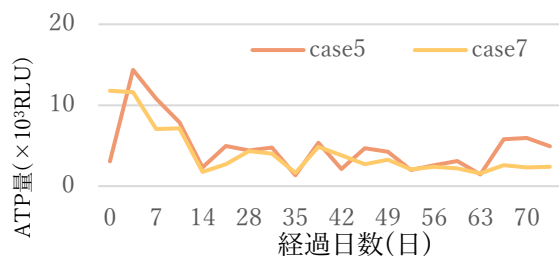


図 8 ATP 量の経日変化 (case5・7)

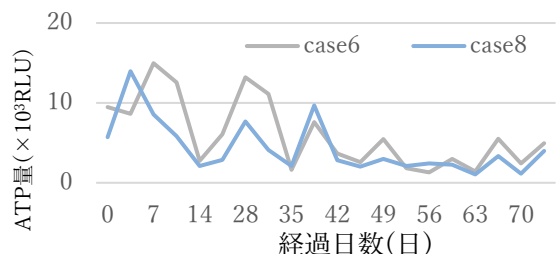


図 9 ATP 量の経日変化 (case6・8)

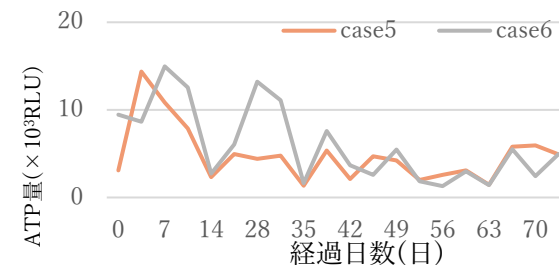


図 10 ATP 量の経日変化 (case5・6)

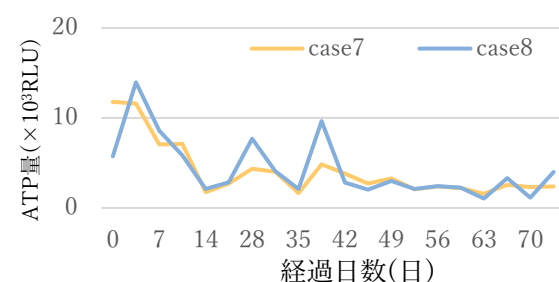


図 11 ATP 量の経日変化 (case7・8)

これより、ATP 量の結果同様に、バークが含有されている case の植生が良く、特にバーク含有のコンポスト試料に竹粉末が 30% 混合されている case8 の植生状態が最適であった。これより、緩効性肥料の代替として有用であるといえる。



case1 case2 case3 case5 case7 case8

図 12 小松菜の植生状態 (16 日後)

5. まとめ

今回は下水汚泥とキャベツを用い、嫌気性処理とコンポストに焦点をあてて実験を行った。その結果、以下の知見を得られた。

- 1) 嫌気性処理では、キャベツ含有率が高い方が効率の良いガス回収が行えた。
- 2) コンポスト化では、初期段階において 1 次発酵といえる温度上昇がみられたものの、最終的な発酵には至らなかった。
- 3) コンポストの肥効性では、バーク含有のコンポスト試料に竹粉末を混合することで、植生に良好な影響を与えた。

以上の結果から、単純な比較は難しいが、キャベツを用いた集約処理は嫌気性消化の方が適しているという結論を得ることができた。今後はコンポスト化の条件の再検討をすることにより嫌気性発酵の反応臨界点を把握することでより精度の高い判断につなげていきたい。

参考文献

- 1) https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf
パリ協定条文
- 2) 国連広報センター 2030 アジェンダ
- 3) 内閣府 平成 24 年度版高齢社会白書