

国士大 学生会員 王 世琦

国士大 フェロー 金成英夫

1. はじめに

これまでのコンポスト工場は規模小さく、半機械化作業のため処理量が少なく、下水汚泥発生量の2割弱しか至らない。日本では汚泥発生量は下水道の普及率に伴い経年的増加しており、平成2年末で259百万 m^3 /年に達している。現在、コンポスト化汚泥は汚泥が質的に改善されており、取り扱いやすく、また安全なものとなるためコンポスト化の必要性が高まっている。本研究では処理施設から排出される脱水汚泥のコンポスト化に伴う、その過程を化学反応及び代謝を通して発熱量を正確測定し、熱収支状況を分析するなど、今後このエネルギーを最大限利用することを検討するものである。

2. コンポスト工場の概要

コンポスト化のプロセスは、一般に前処理（混和、調整）、一次発酵槽および二次発酵槽（熟成）から成る。調整は微生物が増殖するための環境作りである

表-1 コンポスト工場の概況

処理能力	30t/日
工場敷地	7,903 m^2
工場建物	2331 m^2
機械設備	
一次発酵槽	70 $\text{m}^2 \times 8$ 槽
二次発酵槽	100 $\text{m}^2 \times 40$ 槽
自動乾燥装置	2基
袋詰め装置	1式
脱臭装置	1式
エアレーション装置	1式

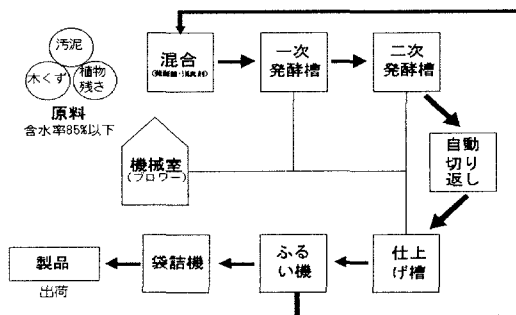


図-1 コンポスト工場のフローシート

コンポスト化微生物のほとんどは好気性なので、十分な空気を供給する必要がある。特に一次発酵で易分解性有機物が活発に分解するので、多量の酸素を要求する。

キーワード：下水汚泥 コンポスト 熱収支

連絡先：〒154-8515 東京都世田谷区世田谷 4-28-1 国士館大学衛生工学研究室 TEL: 03-5481-3261

熱蒸発（表面温度約70℃）

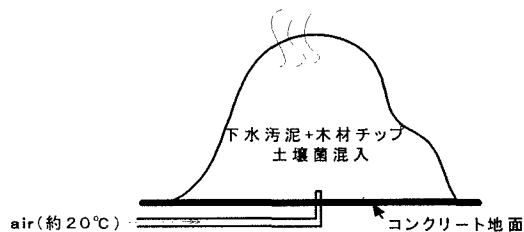


図-2 コンポストの形態

3. コンポスト化の原理

有機性廃棄物の種類は多く有機物組成も複雑であるが、廃棄物中の有機物を大別すれば、易分解性、難分解性およびその中間の有機物に分類できる。

コンポストは、好気、高温分解で安定した腐植状の物質を生産するとして定義されている。嫌気的あるいは好気的のいずれでも発生する。

(1) 易分解性(炭水化物の分解)

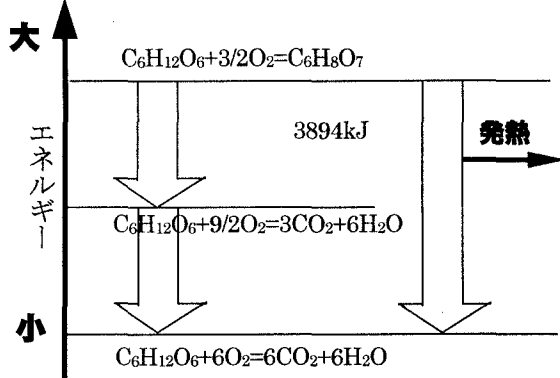
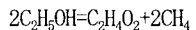
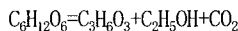
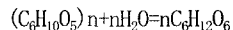


図-3 易分解性反応の原理

この他タンパク質等は、特殊な酵母による加水分解をうけてポリペプチドにかわり、最後にアミノ酸にかわる。

(2) 有機物の分解

易分解性有機物より分子量が大きい有機物は（セルロースなど）、2週間程度では分解されない、二十日後酵素活性が高くなり、セルロースの分解が始まる。



難分解性有機物はセルロース、ヘミセルロース、リグニンの分解以外の有機物成分は微生物によって分解するが、その率は僅かに1~2%である。

(3) 発熱量

コンポスト化は嫌気性消化を行わない下水汚泥中には、他の廃棄物より高濃度の易分解性有機物が存在するので通気量が多い。空気通気量は $4\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$ で比熱は $1.006\text{J}/\text{k} \cdot \text{g}(20^\circ\text{C})$ である。

4. 断熱熱量計による汚泥発熱の実験

コンポスト工場において一次発酵槽、二次発酵槽、仕上げ槽の表面温度を測ったところ全てにおいて最大で 70°C 付近の値を示した。これは、放線菌が下水汚泥中の有機物を分解するときに放出する熱エネルギーである。そして、この熱エネルギー放出によって工場に搬入された汚泥は約 30 日間のコンポスト作業間によって、最終的に製品になったとき、汚泥の質量は約 25% まで減少する。

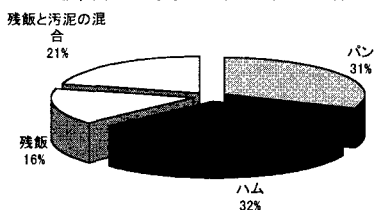


図-4 搬入した汚泥の内容

理科年表の食品類の成分とエネルギー(熱量)より、平均で燃焼熱は $10000\text{kJ}/\text{kg}$ である事がわかる。

そこで、汚泥中に含まれているものは多小違うが、発酵槽の汚泥を持ち帰り、実験室で断熱熱量計を用いて発熱量を算出し、図-5に示す。

また、汚泥を強熱減量法によって汚泥の強熱減量を測定し図-6に示す。

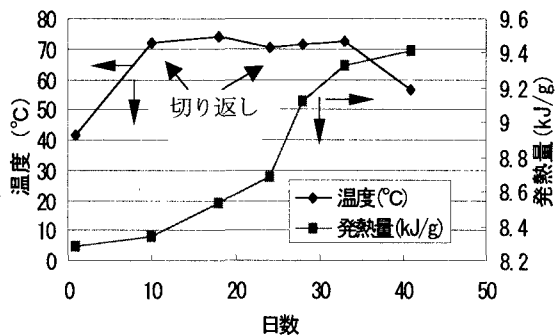


図-5 温度と発熱量

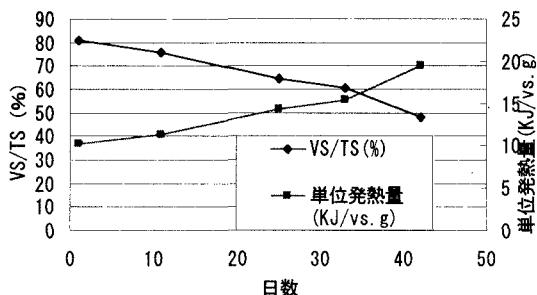


図-6 VS/TSと単位発熱量

5. 考察

下水汚泥コンポスト化の際に微生物によって多量のエネルギーが排出され温度が上昇する。

下水汚泥が一ヶ月以上にわたり 70°C という高温を保つことは、積極的な酸化分解による発熱と思われる。結局含水率が半分になり、汚泥重量減量の直接の原因である。

下水汚泥コンポストの過程中、易分解性有機物はコンポスト化微生物によって摂取された後、エネルギー生成や生合物のために用いられる。したがって、コンポスト化の進行に伴って易分解性有機物濃度が減少する。易分解性有機物は2週間程度で急速分解され、易分解性有機物より分子量が大きい有機物は2週間後から酵素活性が高く分解する。

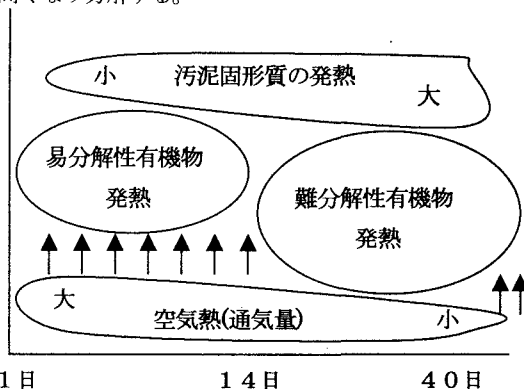


図-7 コンポスト汚泥の熱収支

汚泥の発熱量は、断熱熱量計によって測定し、汚泥の固形物 1kg あたり $9000\text{kJ}/\text{kg}$ であり、熱化学方程式による反応熱約 $10000\text{kJ}/\text{kg}$ である、有機物発熱汚泥中の固形質の有機質含有量を 65% とすれば、その 1kg あたりの発熱量は約 $15000\text{kJ}/\text{kg}$ である。

汚泥固形質中の有機物の 1kg が 50% 分解し、他の 50% は汚泥中に残留すると仮定する。生物学的に分解しない有機質も、分解した有機質と同等の発熱量を有すると仮定すれば、汚泥固形質中の有機質 1kg あたりの発熱量は、理論 $35000\text{kJ}/\text{kg}$ である事を予測できる。

6. まとめ

下水コンポスト汚泥の微生物は環境条件に応じて増殖する。発熱量は一般に汚泥の有機性固形質を基準にする。この値は汚泥の有機物含有量、とくに炭素含有量に大きく左右される。

☆ 参考文献

- 1) 須藤隆一 編：環境浄化のための微生物学
講談社サイエンティフィク
- 2) 岩井重久 他2名 編：下・廃水汚泥の処理
コロナ社