

数種の固体有機廃棄物の液相嫌気性分解の特性について

京都大学工学部 正員 寺島 泰 学生員 林 信州

1. はじめに 環境中や排水処理プロセスにおける溶存有機物質に対する微生物作用と物質の変化については、研究の歴史も長く、体系化も進んでいるが、液相中固体有機物の微生物分解については、これが排水処理、廃棄物処分、Bio-gas 化などにおいて関連する、あるいは主要な変化過程であるものの、汚泥の場合を除いて、十分に知識が集積され、体系化されているとは言い難い。そこで、まず、基礎的検討として、数種の固体有機物及びそれらの混合物をとりあげて液相嫌気性分解の特性を実験的に追究した。

2. 実験方法 本研究では、主な対象として、従来の模擬ごみ埋立層に関する研究¹⁾で用いられたごみ組成を参考にして、一般家庭ごみ中の主な蛋白質と炭水化物、8種類を選んだ（表1）。また、これら8種類の試料に加えて、炊飯米以外の7種類の試料を同じ重量割合で混合した試料も作成した。500 mlのスチロール瓶を反応槽として、この中に消化汚泥の上澄み液と栄養培地²⁾との混合液300 mlを入れ、これに網戸籠中の試料1 g（乾燥重量）を浸した。実験開始時のヘッドスペースは窒素ガスで置換し、また、発生するガスはエアバッグにより捕集した（図1）。なお、消化汚泥の上澄み液はT下水処理場の消化汚泥を人工下水であらかじめ十分に馴致させたものを用いた。また、栄養培地は、律速段階であると考えられるメタン生成を促し、pHを調整するために導入した。混合液は消化汚泥の上澄み液と栄養培地が1対9の割合となるように作成した。各種の試料に対して、4つの反応槽を用意し、反応槽の外側をアルミホイルで覆って遮光し、35℃の恒温水槽に入れ、実験を開始した。実験開始から2週間、3週間、4週間、5週間の時点で反応槽を解体し、残留固形分、水質及び発生ガスの分析を行った。

3. 実験結果と考察 図2は各種の試料の重量の経時変化を示す。玉葱、まぐろ及び炊飯米は実験開始後2週間で固形分は完全になくなり、キャベツは僅かに残った。比較的多くの繊維質をもつリンゴ及びバナナの皮は約85%の減少率を示し、セルロースを主成分とする新聞紙と段ボールは最も分解されにくく、それぞれの減少率は15%、45%であった。なお、混合試料の重量減少率は77%となり、炊飯米を除く試料の平均的な重量減少率75%とほぼ同程度となった。このことから、試料の重量変化に関しては加算性があることが示唆された。

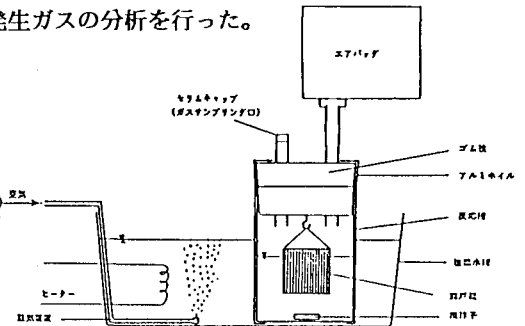


図1 実験装置

	含水率 (%)	C (%)	N (%)	平均大きさ (mm)
キャベツ	92.33	43.80	1.93	5.15×5.08×0.81
玉葱	91.56	41.98	1.38	4.98×5.08×3.56
リンゴの皮	78.49	46.76	0.35	4.86×4.97×1.04
バナナの皮	90.83	43.33	1.22	5.10×5.01×2.96
まぐろ	76.50	48.15	15.32	5.18×5.35×5.16
炊飯米	61.20	40.97	0.94	—
新聞紙	6.95	44.84	0.02	4.88×4.96
段ボール	5.61	41.93	0.06	5.04×4.96

表1 試料の性状

図3は各反応槽中の液分のTOC変化を示す。各反応槽とも初期のTOCの急激な上昇が認められ、この上昇は実験開始後2週間でピークを示し、その後は速やかに減少していく現象が見られた。これは試料の加水分解によるものであると考えられ、図2の初期の重量減少とよく一致していた。初期の加水分解による有機酸発酵により有機酸が蓄積してpHが減少したが、その後メタン発酵により有機酸が消費され、pHが回復し、いずれも7.3～8.3の値となった。紙類については、新聞紙は全期間にわたってTOCは検出されず、段ボールのピークは他の試料に比べて遅れる現象が見られた。炊飯米と新聞紙を除き、実験終了時において各試料の重量減少がほぼ安定になり、液分中のTOCがほとんどなくなった。これは試料中の分解可能な有機炭素がほとんどガス化され、ある

いは生物合成として使われたことによるものと考えられる。

図4は各反応槽からの累積ガス発生量の時間的变化を示す。ガス発生状態は大きく4段階に分けられる。前半の前期に加水分解により CO_2 を主成分とするガスが大量に発生した（特に、キャベツ、玉葱、まぐろ及び炊飯米の場合）。前半の後期には有機酸の蓄積によりガス発生が緩やかになった。後半の前期はメタン発酵が活発となり、 CH_4 を主成分とするガス発生が再び上昇した。後半の後期は横這いになった。重量減少と液分中の TOC 変化の度合いはほぼ（まぐろ、炊飯米）＞（野菜類、果物）＞（混合試料）＞（紙類）の順であった。一方、実験終了時の乾燥重量1g当たりのガス発生量は玉葱＞キャベツ＞リンゴの皮＞炊飯米＞混合試料＞バナナの皮＞まぐろ＞紙類の順であった。即ち、紙類以外は、重量減少、 TOC 変化とガス発生量とは一致しなかった。なお、固形分の炭素のガス化率も同じ現象が認められた。その割合は、炭水化物類（キャベツ、玉葱、リンゴの皮、バナナの皮及び炊飯米）が30～70%、蛋白質類（まぐろ）が20%、セルロース類（段ボール）が10%、混合試料が20%であった。また、残留固形分、液分、ガス中の炭素のmass-balanceを求めた結果、時間と共に減少し、その割合は炭水化物類（キャベツ、玉葱、リンゴの皮、バナナの皮及び炊飯米）が20～30%、蛋白質類（まぐろ）が30%、セルロース類（紙類）が10～20%、混合試料が26%であった。これら、炭素の減少により、SSが増加すると考えられる。なお、炭素については、ガス化は炭水化物類＞蛋白質類＞セルロース類を示すのに対して、生物合成として使われる割合は蛋白質類＞炭水化物類＞セルロース類であることが示唆される。混合試料について、重量減少の場合と同様にガス発生量に関しても加算性があることがわかった。重量減少率がほぼ100%のキャベツ、玉葱、まぐろ及び炊飯米（初期炭素含有率はすべて40～50%）については、キャベツと玉葱は比較的低い TOC 濃度を示した。これは、キャベツと玉葱は加水分解とガス化が同時に進行するのに対して、まぐろと炊飯米は初期に加水分解が進行し、続いて、液中の TOC のガス化が進行することによって考えられる。

4. おわりに

本研究で得られた結論は以下の通りである。

1. 混合試料のガス化及び重量減少は、単一試料それぞれのガス化、重量減少の加算によって理論することができた。

2. 重量減少、 TOC 変化、ガス発生、炭素源の収支、炭素のガス化などの状態を考慮し、本研究で用いた試料に対しては、炭素については、ガス化は炭水化物類＞蛋白質類＞セルロース類を示すのに対して、生物合成として使われる割合は蛋白質類＞炭水化物類＞セルロース類であった。

3. 重量減少率ほぼ100%の試料については、キャベツと玉葱は加水分解とガス化の同時進行が期待され、それに対してまぐろと炊飯米の場合は加水分解とガス化の二段階の反応が認められた。

【参考文献】

- 1) 神山、他：衛生工学研究論文集、第25巻、1989年。
- 2) McCarty et al, Biomass, 21, (1990) 239-255.

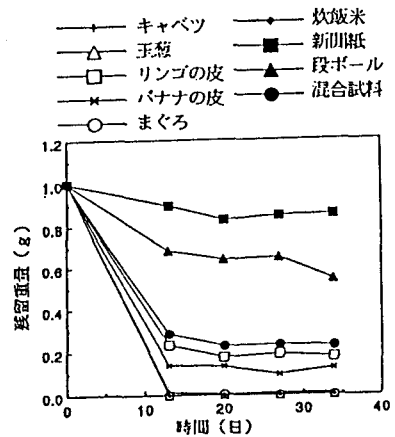


図2 重量の経時変化（乾ベース）

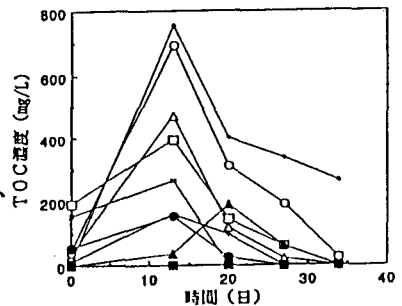


図3 液体中の TOC の経時変化

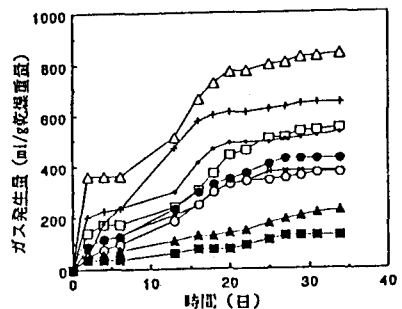


図4 累積ガス発生量