

## 도시폐기물의 퇴비화 과정에 있어서 미생물수와 증식활성

裵英眞\*, 金子榮廣\*\*, 藤田賢二\*\*\*

\* 韓國建設技術研究院, 서울特別市 瑞草區 牛眠洞 142(우 137-140)

\*\* 日本國 山梨大學 工學部, \*\*\* 日本國 東京大學 工學部

## Profile of Microbial Numbers and Growth Activity in Composting Process

Young Jin Bae\*, Hidehiro Kaneko\*\*, and Kenji Fujita\*\*\*

\*Korea Institute of Construction Technology, Seoul 137-140, Korea

\*\* College of Engineering, Yamanashi University, Yamanashi 400, Japan

\*\*\* College of Engineering, The University of Tokyo, Tokyo 113, Japan

### ABSTRACT

Change in microbial numbers during experimental composting has been investigated. The results show that bacteria and actinomycetes play an important role in decomposing the composting material. The number of bacteria has no relation to the efficiency of composting, though it greatly correlates to the decomposition ratio. Bacterial growth activity that shows potential of bacterial growth was originally proposed. The influence of pH and the decomposition ratio on the growth activity has been studied. It was clarified that the bacterial growth activity is useful in evaluating the efficiency of composting and the maturity of produced compost.

### 초 록

堆肥化反應의 주체가 되는 微生物이 堆肥化反應에 어떻게 參與하는 가에 대해 충분히 안다는 것은 堆肥化處理 技術上 중요한 점이라 할 수 있다.

本 研究에서는 우선, 堆肥化實驗을 하면서 實驗過程에서 나타나는 각종 微生物相의 數的 變化를 추적했다. 그 결과 細菌과 放線菌이 反應의 중심이 되어 있는 것을 알았다. 그러나, 그 數는 反應效果와 無關하다라는 것이 나타나, 微生物의 活性指標가 필요하다는 것이 지적되었다. 따라서, 새로운 增殖活性度라는 指標를 도입하여, 이 指標와 堆肥化反應의 중요한 環境因子中的 하나인 pH와의 關係 및 反應物의 安定度

와의 關係에 대해 검토하였다. 그 結果, 增殖活性도는 堆肥化反應의 效率 및 安定度の 指標가 될 수 있다는 것이 나타났다.

**핵심용어**—堆肥化, 微生物, 增殖活性, pH, 分解率

## 1. 序 論

堆肥化(composting)란, 주방폐기물이나 하수슬러지 등의 有機性 固形廢棄物을 미생물작용에 의해 安定化시켜, 녹지나 농지에 환원 가능한 生成物 즉, 콤포스트(compost)를 얻는 것을 목적으로한 處理方法이다. 이 處理技術에 관해서는 여러 각도에서 研究되어 왔으나, 공학적으로는 제품콤포스트의 安定度評價와 處理效率化가 주된 연구대상이 되어왔으므로 發熱量<sup>1)</sup>, 酸素消費量<sup>2)</sup>, 二酸化炭素發生量<sup>3)</sup>, 質量<sup>4)</sup>, 혹은 有機物量變化<sup>5)</sup> 등 測定하기 쉬운 物理·化學的 指標를 사용하여 콤포스트의 性狀 및 反應效率를 評價하는 것이 이제까지 이 분야에 대한 研究의 중심으로 되어 왔다.

한편, 堆肥化反應에서 주요한 役割을 하는 微生物에 대해서도, 反應過程에서 검토된 微生物을 同定하거나<sup>6)</sup>, 그 數의變化를 추적하거나<sup>8)9)</sup><sup>10)</sup>, 病原性 微生物의 死滅效果에 대해 조사하는<sup>11)</sup> 등 여러 각도에서 研究가 행해졌다. 그러나 反應效率와 微生物의 關係에 대해 아직 충분히 파악되지 못한 것이 현재의 상황이다. 따라서, 堆肥化反應에 관여하고 있는 微生物의 거동을 파악하여, 여러가지 環境因子와의 關係를 밝히는 것은 堆肥化反應을 이해하는데 중요한 과제 중의 하나라고 할 수 있다.

이러한 觀點에서, 本研究에서는 우선 도시폐기물을 예상한 人工폐기물로 堆肥化實驗을 하면서 堆肥化過程에서 나타나는 미생물상의 변화를 파악한다. 또한 앞으로 설명하겠지만, 堆肥化效

率이 微生物數와 항상 關係를 갖는 것은 아니라. 는 점에서 增殖活性도라는 새로운 生物學的 指標를 導入하여, 이것과 堆肥化反應에 큰 影響을 주는 環境因子中的의 하나인 pH와의 關係에 대해 조사하고, 이 指標가 堆肥化效率 및 제품콤포스트의 安定度を 評價하는 役割에 대해 考察한다.

## 2. 實驗 方法

### 2.1 人工폐기물에 의한 堆肥化實驗

堆肥化過程에서 微生物數의 變化를 추적하기 위해 堆肥化實驗을 하면서, 各段階에서 試料를 採取하여 微生物數를 計測한다. 堆肥化處理實驗에 사용한 裝置의 概要를 Fig. 1에 나타낸다. 反應器는 內徑 300 mm의 원통형으로, 內容物은 스크류에 의해 連續的으로 攪拌된다. 熱損失을 막기위해 外側에 發泡스티로폴製인 斷熱材를 둘렀다. 反應器內에는 酸素濃도가 충분하도록 연속적으로 通氣를 하면서, 酸素濃度計로 酸素濃度を 測定했다. 또한 通氣로 인한 水分 散逸, 反應物의 含水率이 低下되는 것을 막기 위해 加濕器를 설치함과 동시에 試料採取 때에는 필요에 따라 水分을 보급하여 含水率이 약 50%가 유지되도록 조절했다.

實驗의 材料로는, 再現性を 고려하여, 2 mm 以下로 粉碎한 人工사료(Dog Food, 상품명은 비타윈)와 5 mm 以下로 절단한 신문지를 乾燥 質量比 1:1로 混合한 것(以下, 人工폐기물이라 함)을 含水率 50%로 調整하여 사용했다. 또, 實驗을 시작할 때는 植種(seeding)을 위해 미리 同一인공폐기물을 堆肥化시켜 얻은 콤포스트를

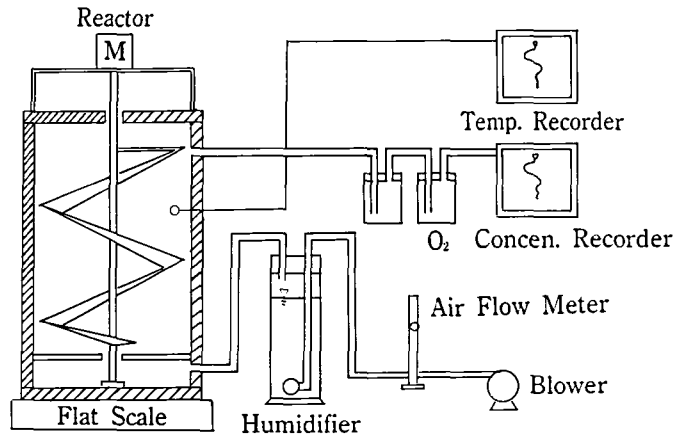


Fig. 1. Composting experimental set-up.

乾燥質量基準으로 材料投入量の 1%를 첨가했다.

反應의 進行狀態를 파악하기 위해, 反應器內의 溫度를 연속측정 했다. 또 간헐적으로 質量을 측정하면서 含水率, pH 및 微生物數를 測定했다.

含水率은 試料를 80℃에서 24時間 乾燥시켜 그 質量減少率을 乾燥前의 試料의 質量으로 나누어 구했다. pH는 濕潤試料와 脫이온수를 質量比 1:9로 혼합하여, 30分間 攪拌한 液의 pH를 측정했다.

反應器內 堆肥化物的 乾燥質量은 反應器를 없애는 대형저울로 測定한 反應器를 포함한 質量에서 미리 測定해 둔 反應器自體의 質量을 뺀 數値와 그 時點의 試料의 含水率로 구했다. 이것을 實驗中에 採取한 試料量으로 補正한 후 材料投入量을 基準으로 한 乾燥質量減少率로 환산하여, 그것을 分解率로 定義하여 堆肥化物的 分解程度의 指標로 했다.

## 2.2 微生物數의 測定

測定對象으로 한 微生物種은 細菌, 放線菌, 絲狀菌, 亞窒酸菌, 窒酸菌 및 셀룰로오스分解菌

이다. 試料中의 微生物數는 土壤微生物實驗法에 따라 試料 10 g에 滅菌蒸溜水 90 ml를 넣고 20分間 攪拌해서 얻어진 液(以下, 誘出液이라 함) 中에 誘出된 微生物數를 計數하여 이것을 乾燥試料 1 g 당으로 換算해서 표시했다.

各微生物群의 計數에는 Table 1에 제시한 것처럼 造成한 培地를 사용했다. 細菌 및 放線菌은 希釋平板培養, 絲狀菌은 簡易法인 Yeast & Mold 用 sampler (Millipore 社), 亞窒酸菌, 窒酸菌 및 셀룰로오스 分解菌에 대해서는 MPN 法으로 測定했다. 放線菌 計數에 쓰인 Bennett 寒天培地에는 抗生物質을 첨가하지 않아서 충분한 選擇性이 없었으므로 콜로니의 구별은 육안 및 顯微鏡을 이용하여 확인한 것을 計數했다.

培養溫度는 모두 30℃로 하고, 細菌은 2日, 放線菌은 3日, 絲狀菌은 2日, 셀룰로오스分解菌은 14日, 亞窒酸菌과 窒酸菌은 28日間 배양했다.

## 2.3 增殖活性度の 定義와 測定方法

Fig. 2는 增殖活性度 測定方法의 概要이다. 이 指標는 일정한 條件下에서 배양했을 때에 觀測된 微生物數의 變化에 의해 그 微生物의 增殖活性를 評價하는 것이다. 堆肥化試料中에서 微

Table 1. Media used for microbial enumeration

| Microbial Group                | Composition of Media (g/L)   |
|--------------------------------|--|
| Actinomycetes                  | Bacteria Nutrient Agar Medium<br>Beef extract: 10, Peptone: 10, NaCl: 5, Agar: 15,<br>pH = 7.0 - 7.2   |
|                                | Bennett Agar Medium<br>Yeast extract: 1, Beef extract: 1,<br>Glucose: 10, NZ amine A: 2, Agar: 20, pH = 7.3  |
| Fungi                          | Yeast & Mold Sampler (Millipore Ltd.)  |
| Ammonia-oxidizing Bacteria     | MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O: 0.3, FeSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O: 0.03, K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> : 1.0,<br>(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : 0.5, CaSO <sub>4</sub> : 7.5, NaCl: 0.3             |
| Nitrite-oxidizing Bacteria     | MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O: 0.1, FeSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O: 0.03, K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> : 1.0,<br>KNO <sub>2</sub> : 0.006, CaCl <sub>2</sub> : 0.3, CaCO <sub>3</sub> : 1, NaCl: 0.3                   |
| Cellulose-decomposing Bacteria | Omeliansky's Cellulose Medium<br>(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> : 10, K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> : 1, MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O: 0.5,<br>CaCl <sub>2</sub> : 2, NaCl, pH = 7.3: trace, Paper filter |

生物數가 많은 試料인 경우는 微生物數의 變化를 보기가 어려워 측정상 적합하지 않기 때문에, 우선 微生物數가 충분히 변화될 수 있도록 작게 試料를 조정할 필요가 있다. 즉, 원래의 試料에서 얻어진 誘出液을 적당하게 희석한 것을 원래의 試料를 乾燥 滅菌한 것에 넣어, 원래의 시료와 비교하여 微生物數가 1/1000 程度인

接種試料를 作製한다. 이 試料를 30℃에서 i日間 培養한 후, 微生物數 Ni를 측정해, 미리 측정해 두었던 培養前의 微生物數 No와 비교함으로써 增殖活性을 알 수 있게 된다. 本 研究에서는, 增殖活性度 Ai를 다음과 같이 定義하고, 이식에 의해 微生物의 增殖活性을 評價하였다.

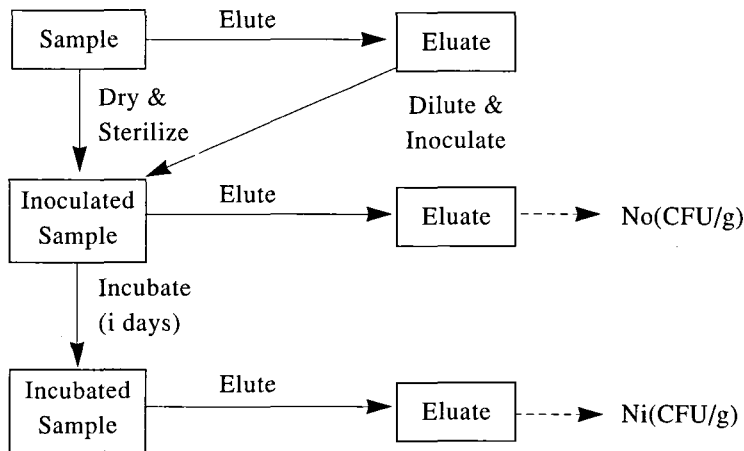


Fig. 2 Flow chart of microbial growth activity measurement.

$$A_i = \log \frac{N_i}{N_0}$$

여기서,  $N_0$ : 식중후의 시료중 미생물수 (CFU/g)

$N_i$ : 식중후  $i$ 일간 증식된 식중시료 중의 미생물수(CFU/g)

### 3. 實驗 結果

#### 3.1 堆肥化實驗

Fig. 3은 堆肥化實驗에서 反應器內溫度, 分解率 및 誘出液 pH의 時間變化의 一例로서 RUN 2의 結果를 제시한 것이다. 어느 RUN이나 反應이 왕성한 時期에는 溫度가 상승하고 分解率이 증대되었다. 또한, 堆肥化反應의 初期에 간혹 pH 低下가 일어나거나, pH가 5보다 낮아져 反應이 停滯하는 阻害期가 나타났다.

Fig. 4는 RUN 2에서 各微生物數의 時間變化를 나타낸 것이다. 細菌數 및 放線菌數는 醱酵初期에 急激히 增加했다. 그러나, 反應期間의 도중에 거의 最大에 달해, 그 이후는 數的變化

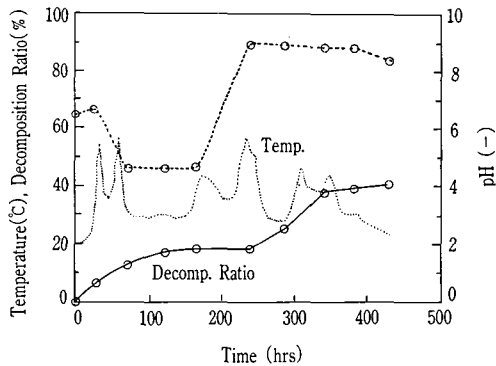


Fig. 3. Changes in temperature, decomposition ratio and pH during composting experiment (RUN 2).

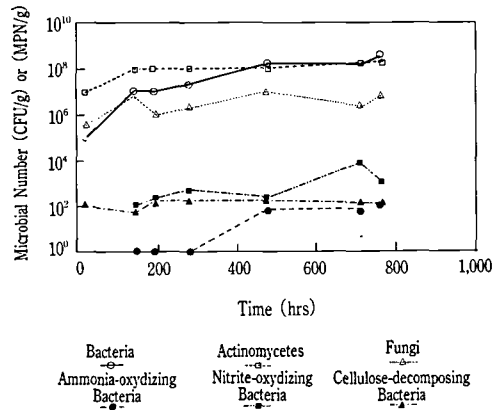


Fig. 4. Changes in microbial numbers during composting experiment (RUN 2).

는 거의 볼 수 없었다. 亞窒酸菌은 反應初期에는 檢出되지 않았으나, 終期에  $10^2 \sim 10^3$  MPN/g 에 달했다. 窒酸菌은 反應時期에 관계 없이  $10^2 \sim 10^3$  MPN/g 정도 존재해, 數的인 변화는 보이지 않았다. 셀룰로오스分解菌도  $10^2 \sim 10^3$  MPN/g 程度 存在해, 그 數는 變化하지 않았다.

Fig. 5는 同一材料로 실시했던 3회에 걸친 堆肥化實驗에서 分解率 및 細菌數의 時間變化를 나타낸 것이다. 各 RUN 모두 反應初期에 pH의 低下에 의한 阻害가 생겼으나, 그 期間은 RUN에 따라 달라 이것이 反應終了時間에 크게 影響을 미쳤다. 그러나, 모든 RUN에서 最終的으로는 거의 같은 分解率에 달했다. 細菌數는 分解率의 變化에 對應해서 變化하고, 分解率變化가 큰 시기에 細菌數의 增加가 보였다. 反應途中에 細菌數는  $10^8$  CFU/g 수준으로 올라간 후 큰 變化는 없었다.

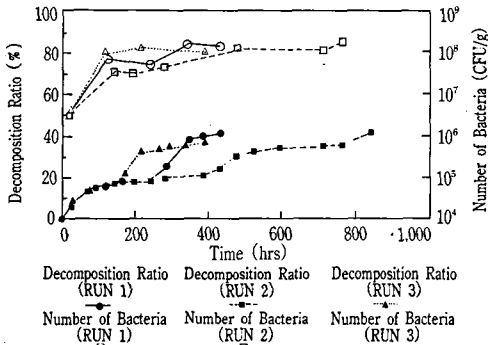


Fig. 5. Changes in decomposition ratio and number of bacteria during composting experiments.

### 3.2 微生物의 增殖活性度

Fig. 6은 堆肥化實驗에서 細菌數 및 放線菌數가 충분히 많은 試料을 가지고, 增殖活性度の 측정순서에 따라 만든 生物量 1/1000의 植種試料을 30℃에서 培養했을 때의 各 微生物數의 時間變化를 조사한 結果를 나타낸 것이다.

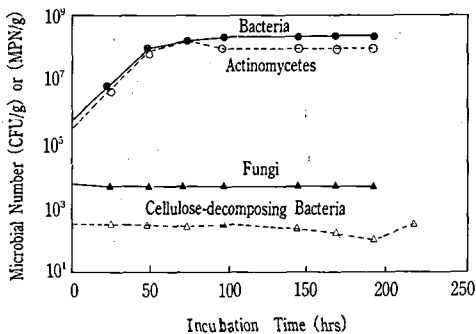


Fig. 6. Effect of incubation period on microbial numbers in measuring microbial growth activity.

## 4. 考 察

以上の 實驗結果로, 堆肥化過程에서 有機物等의 分解에 의한 質量減少라는 면에서 反應의 主體가 되는 것은 細菌과 放線菌이라 생각된다. 또한, 反應의 進行과 함께 兩者의 數의 變化는 대단히 비슷한 경향을 나타내어, 어느 한쪽을 測定하면 다른 한쪽의 경향을 추측할 수 있다. 더우기, 細菌이 堆肥化反應의 中心的 役割을 하고 있다는 研究結果<sup>12)</sup>도 있으므로, 細菌을 指標微生物로 선정하여 이에 대해 考察하고자 한다.

### 4.1 堆肥化反應中에서 細菌數가 갖는 의미

Fig. 7은 各 RUN의 分解率과 細菌數와의 關係를 나타낸다. 앞의 Fig. 5에서 제시한 것처럼 RUN에 따라서는 阻害期間의 차이가 있어 細菌數의 時間變化는 RUN에 따라 다른 움직임을 보이지만, 分解率로 정리하면 細菌數는 各 RUN 모두 비슷한 움직임을 하고 있는 것을 알

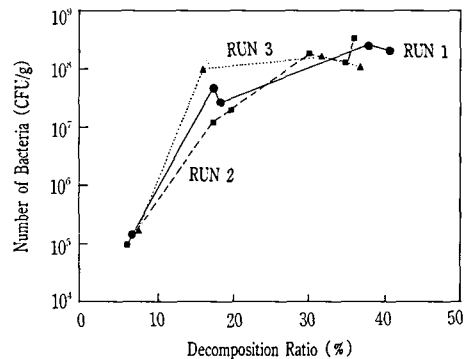


Fig. 7. Relationship between decomposition ratio and number of bacteria in composting experiments.

수 있다. 이번 醱酵實驗에서는 분해율이 20~30% 되었을 때  $10^8$  CFU/g 程度로 그 이후는 큰 변화가 없었다.

分解率이 20~30%를 넘어서 후 細菌數의 增加가 鈍化된 것처럼 보이는 것은 細菌數를 對數로 표시하였으므로 細菌數가 많아질수록 分解變化에 대한 細菌數의 增加가 縮小되기 때문인 것임을 알 수 있다.

分解率과 細菌數와의 사이에 反應速度라는 점에서는 검토되어야 할 점이 있다. 環境條件이 좋고, 基質이 充足한 상황에서 反應速度는 細菌數에 比例한다고 생각할 수 있다. 이 경우, 細菌은 對數增殖으로 증가하므로 對數로 표시한 細菌數는 時間變化에 대해 직선적으로 增加한다. 그러나, Fig. 5에서 보는 것처럼 分解率이 20~30%, 細菌數가  $5 \times 10^7 \sim 1 \times 10^8$  CFU/g 에 달하면, 分解率로는 아직 10% 以下の 分解性物質이 남아있다 하더라도 細菌數의 增加는 停滯하고 있다. 阻害期間이 비교적 긴 RUN 1 과 RUN 2의 경우는 이러한 경향을 알기 어려우나, RUN 3의 경우는 阻害期가 종료된 200 時間以降에 細菌의 增殖이 對數增殖期를 지나 增殖速度가 늦어지는 것을 잘 알 수 있다. 反應速度는 反應에 關係하는 生量과 단위生量당 活性과의 곱으로 정해진다고 생각되지만, 以上の 사실은 堆肥化가 進行되어 細菌數가 많아질수록 活性이 低下되는 것을 나타내고 있다.

따라서, 細菌數는 이제까지 얼마만큼 分解가 進行되었는가를 나타내는 指標가 되지만, 그 時點의 反應이 효율 좋게 進行되고 있는가 아닌가를 判斷하기 위한 指標는 되지 않는다는 것을 알 수 있다. 따라서, 反應效率를 評價하기 위해서 反應에 關係하는 生物指標의 活性에 관한 情報가 필요하다.

#### 4.2 增殖活性度の 定意

增殖活性度の 效率를 評價할 때에는 일반적으로, 酸素消費速度, 二酸化炭素發生速度, 質量變化 등 微生物의 活動과 밀접한 關係를 갖는 物理化學的 指標를 계측하는 微生物의 活性를 間接적으로 把握하는 方法을 취해왔으나, 여기서 사용한 增殖活性도는 試料를 所定の 條件下에서 所定期間을 培養했을 때의 微生物數의 變化를 측정함으로써 직접적인 微生物의 增殖을 把握한다는 것이다.

일반적으로, 微生物의 增殖速度는 微生物菌體量을 X, 時間을 t로 하고, 다음식에 쓰여진 比增殖速度  $\mu$  에 의해 評價 되어졌다.

$$\frac{dX}{dt} = \mu X$$

初期菌體量을  $X_0$ 로 하고 이것을 積分하면,

$$\ln \frac{X}{X_0} = \mu t$$

로 된다. 여기서, 菌體量과 微生物數는 比例關係에 있는 것으로 보고  $X_0$  및 X를 각각  $N_0$  및  $N_i$ 로 바꾸면, 概念的으로는 比增殖速度에 상응하는 값이 얻어질 수 있다. 그러나, Fig. 6에서 잘 알 수 있듯이 微生物數  $N_i$ 에는 上限이 있기 때문에 正確하게 그 값을 구하기 위해서는 培養日數 i를 變化시켜  $N_i$ 를 計數로 한  $N_i$ 의 時間變化를 추정하여  $N_i$ 의 對數가 t에 대해 직선적으로 變化하는 범위의 데이터만을 선택할 필요가 있다.

이에 대해, 本 研究에서 사용한 增殖活性도에 대해서는, 試料에 植種해서 所定の 日數間을 培養하여 그 前後의 微生物數만을 計數하기 때문에 比增殖速度를 算出하기에는 불충분하지만, 비교적 간단히 結果가 얻어질 수 있다는 장점이 있다. 또한, 自然對數 대신으로 常用對數를 쓰고 있기 때문에 培養前後에 微生物數가 어느 수준으로

變化한 것인가를 명확히 파악할 수 있는 이점도 있다.

Fig. 8은 堆肥化實驗중 여러時點에서 採取한 試料에 대해 培養期間을 4日로 하여 增殖活性度를 測定한 結果이다. 이 그림에서 잘 알 수 있듯이, 細菌數와 增殖活性度 사이에는 關係가 성립하지 않는다. 이것은 細菌數에 따라 측정시점 이전인 과거의 반응결과를 추측할 수는 있지만, 현재 堆肥化에 적합한 상황인지 어떤지에 대한 判斷은 할 수 없다는 것을 나타내고 있다. 예를 들면, 細菌數가 많더라도 pH 등의 環境因子가 反應에 적합한 狀態가 아니면 增殖活性는 낮아진다. 또, 反應이 충분히 進行된 試料의 경우에는, 細菌數는 많지만 基質이 적기 때문에 增殖活性이 낮아진다.

이와같이, 微生物數라는 觀點에서 堆肥化反應의 效率를 評價하기 위해서는 試料中の 微生物數를 測定하는 것만으로는 불충분하다. 試料中の 微生物數의 變化速度를 조사할 필요가 있다. 그러나, 앞에서 말한 것처럼 細菌數가  $10^8$  CFU/g 수준에 달한 試料에서는 細菌數의 變化

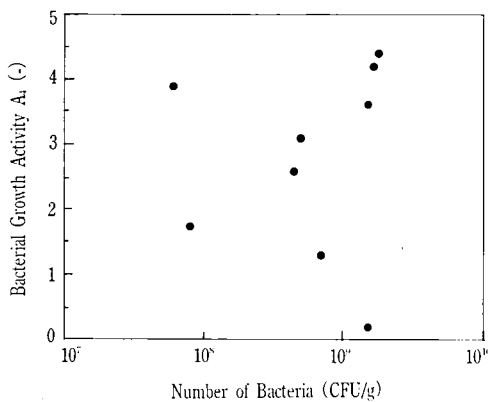


Fig. 8. Relationship between number of bacteria and bacterial growth activity.

가 적기 때문에 本 研究에서 했던 것처럼 細菌數를 數段階 낮추어서 細菌數의 變化를 觀測하기 쉽도록 할 필요가 있다.

#### 4.3 pH와 增殖活性度

堆肥化實驗의 結果로 나타난 것처럼 pH의 低下는 反應을 阻害한다. 이 pH低下는 反應過程에서 生成되는 醋酸을 主體로 하는 有機酸에 의한 것이라는 점이 알려져 있지만<sup>3)</sup>, 이것이 細菌의 增殖에 어떻게 影響을 미치는지에 대해서는 잘 알려져 있지 않다. 그래서 堆肥化實驗에서 얻어진 試料 및 실제 퇴비화플랜트에서 採取한 하수슬러지 콤포스트를 對象으로, 酸으로는 醋酸, 알칼리로는 수산화칼슘 또는 암모니아를 사용하여 인위적으로 pH를 調整하여 細菌의 4日間 培養에 의한 增殖活性度(A<sub>4</sub>)를 測定했다.

Fig. 9에 4일간 培養後의 pH와 A<sub>4</sub> 와의 關係를 나타낸다. 增殖活性度는 pH가 5~8의 범위에서 安定되어 높은 値를 나타내지만 이 範圍外가 되면 낮아져서 pH가 4 程度까지 내려가면 全然 增殖을 보이지 않게 된다. 이것은 pH의

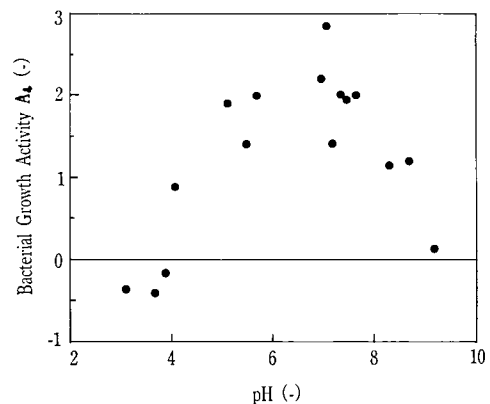


Fig. 9. Effect of pH on bacterial growth activity (A<sub>4</sub>).



低下가 원인 中의 하나라는 사실을 증명하는 것으로, 堆肥化를 하는데 있어서 pH 管理의 重要性을 나타내고 있다.

4.4 反應의 進行과 增殖活性度

堆肥化가 進行되면 分解對象이 되는 基質이 적어지고, 이와함께 反應速度가 低下한다. 따라서 環境條件을 適正管理하고 있는데도 불구하고 反應速度가 낮아지면 分解가 충분히 이루어져 堆肥化가 終期에 가까워진 것으로 볼 수가 있다. 따라서 對象이 되는 試料의 環境條件을 맞추어서 增殖活性度を 測定하면, 그 試料의 安定度を 알 수 있다고 생각된다.

Fig. 10은 堆肥化實驗의 阻害期 以外的의 時點에서 採取한 試料의 分解率과 그 增殖活性도와의 關係를 나타낸 것이다. 여기서는 同一試料에 대해 培養期間을 1日 및 4日의 두 段階로 설정해서 增殖活性度を 測定했다. 이 結果를 보면 分解率이 50%에 달해 反應이 끝나가는 時點에서는 增殖活性도가 低下하고 있다. 이것은 培養日數를 1日로 한 편이 4日로 한 경우 보다 더욱

현저하다.

그 이유는 細菌數가  $10^8$  CFU/g 수준에 달하면 그 이상은 증가하지 않으므로, 培養日數를 길게 하면 細菌數의 增加가 培養期間의 初期에 完了해 버리는 듯한 대단히 增殖活性도가 높은 경우와 細菌數의 增殖이 培養期間의 終期까지 계속되어 겨우 최대수준에 달하는 듯한 增殖活性도가 비교적 낮은 경우와의 차이를 검출할 수 없게 되어버리는 것이다. 따라서, 培養期間을 짧게 설정하는 편이 세밀한 指標가 된다. 또, 이것과는 반대로 培養期間을 길게 설정한 증식활성도 측정편이 제품컴포스트의 安定度を 評價하기 위한 指標로서는 확실한 것이 된다. Fig. 10에는 하수슬러지 컴포스트에 대해 增殖活性도를 측정한 結果를 실었는데, 이 하수슬러지 컴포스트는 분해율을 정확히 측정한 것은 아니다. 제품으로 출하되는 것을 시료로 하였으므로 인공폐기물의 제품컴포스트의 경우와 같이 분해율을 50% 이상으로 간주하였으나, 1日 培養에 의한 增殖活性도가 3 이상이었으므로, 하수슬러지 컴포스트는 本 研究에서 했던 堆肥化實驗에서 얻어졌던 컴포스트에 비하면 충분히 安定되지 않는 것으로 보인다.

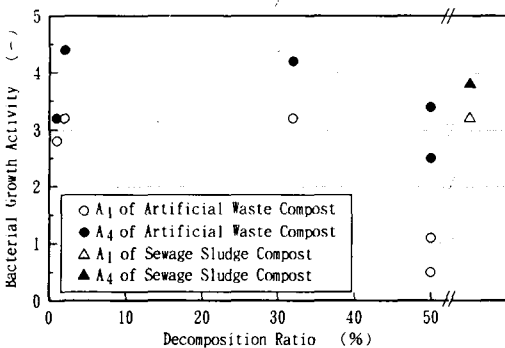


Fig. 10. Effect of pH on bacterial growth activity (A<sub>4</sub>).

5. 結 論

堆肥化過程에는 여러가지 微生物이 反應에 參與하지만, 堆肥化實驗을 하여 그 過程에서 各種 微生物群의 數的 變化를 조사한 結果, 有機物 등의 급속한 分解에 의해 發熱과 質量減少를 가져오는 소위 말하는 1次醱酵過程의 중심적 역할을 하는 것은 細菌과 放線菌이라는 것을 알았다. 또한 試料中의 細菌數는 分解率과 關係가 있어, 그 時點까지의 反應의 進行狀況을 나타내는 것이라는 점도 명확해졌다. 그러나, 측정된 細菌數만으로는 현재 反應物이 처해있는 狀態가

堆肥化反應을 進行시키는 데에 적당한가 아닌가의 判斷을 할 수는 없으므로 細菌의 活性에 관한 情報의 必要性이 指摘된다.

따라서, 細菌이 增殖하기 쉬운 程度를 나타내는 增殖活性度라는 概念을 도입하여, 堆肥化反應의 效率에 影響을 미치는 環境因子中의 하나인 pH와의 關係 및 分解率과의 關係에 대해 검토했다. 그 결과, 增殖活性도가 堆肥化反應의 效率評價 및 제품컴포스트의 安定度判定 등에 이용할 수 있는 指標라는 것이 나타났다.

그러나, 아직 增殖活性도의 測定條件을 基準化 하기에는 이에 대한 충분한 지식이 축적되어 있지 않으므로, 앞으로 여러가지 環境因子와의 關係를 조사하여 增殖活性도에 대한 指標로서의 有效성과 限界 및 표준적인 試驗方法에 대해 더욱 檢討해야 할 필요가 있다.

#### 參 考 文 獻

- 1) C.R. Mote and C.L. Griffis: Het production by composting organic matter, *Agricultural Wastes*, Vol. 4, pp. 65-73 (1982)
- 2) 金子榮廣, 藤田賢二: コンポスト化過程における通氣量, 酸素濃度および反應效率의 相互關係について, *都市清掃*, 第 43卷, 第 117 頁, pp. 383-390 (1990)
- 3) D.J. Suler and M.S. Finstein: Effect of Temperature, aeration, and moisture on CO<sub>2</sub> formation in bench-scale, continuously thermophilic composting of solid waste, *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 33, No. 2, pp. 345-350 (1977)
- 4) 金子榮廣, 藤田賢二: 堆肥化反應における水分의 影響, *衛生工學研究論文集*, 第 21卷, pp. 54-55 (1983)
- 5) M. Hirai, V. Chanyasak and H. Kubota: A standard measurement for compost maturity, *Biocycle*, Vol. 24, No. 6, pp. 54-55 (1983)
- 6) P.F. Storm: Identification of thermophilic bacteria in solid waste composting, *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 50, No. 4, pp. 906-913 (1985)
- 7) K. Nakasaki, M. Sasaki, M. Shoda and H. Kubota: Change in microbial numbers during thermophilic composting of sewage sludge with reference to CO<sub>2</sub> evolution rate, *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 49, No. 1, pp. 37-41 (1985)
- 8) C.F. Russ: Factors affecting salmonellae repopulation in composted sludge, *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 41, No. 3, pp. 597-602 (1981)
- 9) 裴英眞, 金子榮廣, 藤田賢二: 急速堆肥化過程における微生物數의 變化, *土木學會 第42 回年 次學術講演集*, pp. 984-985 (1987)
- 10) 裴英眞, 金子榮廣, 藤田賢二: コンポスト中の微生物誘出率, 全國都市清掃研究發表會講演 論文集, pp. 105-107 (1989)
- 11) 土壤微生物研究會編: 土壤微生物實驗法, 養賢堂 (1975)
- 12) 白井高史, 壓司晶子, 遊佐美津夫: 走査電子顯微鏡による下水汚泥コンポスト의 觀察, *環境 創造*, Vol. 7, No. 12, pp. 57-63 (1980)
- 13) 北脇秀敏, 藤田賢二: 低級脂肪酸による堆肥化過程의 阻害に關する研究, *衛生工學研究論文集*, Vol. 20, pp. 175-181 (1984)