

## 嫌氣性 廢水處理에 대한 再考察

金 東 致

서울市立大學校 環境工學科

### Anaerobic Wastewater Treatment Processes-A Re-appraisal

Dong Min Kim

Department of Environmental Engineering

Seoul City University

#### Abstract

Since the worldwide energy crises experienced in 1970's, the value of anaerobic wastewater treatment processes has been renewed. In that respect, the characteristics and current developments of anaerobic processes are shortly reviewed in this article.

### I. 序 論

1970年代에 2次에 걸친 世界에너지 위기를 경험한 후 廢水處理분야에서는 嫌氣性反應의 效率向上에 관하여 활발한 研究가 추진되어오고 있다. 이미 알려진 바와 같이, 好氣性處理에서는 曝氣用에너지가 소요되며, 流入基質의 40%정도가 細胞物質로 전환되는 까닭에 잉여 슬러지의 處分이라는 과제가 뒤따른다. 그러나, 嫌氣性處理에서는 曝氣가 불필요하며, 好氣性的의 경우와는 달리, 流入基質의 90% 이상

을 有價가스로 그리고 4%정도만을 細胞物質로 전환시킬 수 있는 장점이 있다. 반면에, 嫌氣性방법에서는 긴 反應時間, 酸生成相과 메탄生成相간의 反應차이에서 오는 運轉困難, 냄새發生등의 단점이 있으며, 이때문에 그 工法이 기피되어왔다.

嫌氣性反應에 종사하는 微生物의 物質代謝를 살펴볼 때, 주된 異化作用은 發酵反應이다. 葡萄糖의 發酵反應例에서 보듯이, 發酵反應에 있어서의 ATP生産量은 好氣性呼吸의 약 1/20 정도밖에 되지 않으며,<sup>1)</sup> 최초 基質의 많은 부분은 아직도 에너지 함유도가 높은 物質로 1次

전환된다. 同化作用, 즉 細胞合成에서는 異化作用에서 생산된 ATP 형태의 에너지를 사용하므로, 嫌氣性反應에 종사하는 細菌의 增殖速度는 好氣性細菌의 경우에 比하여, 이와같이 構造的으로 훨씬 낮을 수 밖에 없다.

嫌氣性細菌의 낮은 增殖速度는 廢水處理와 관련하여 두가지 점에서 중요하다. 첫째로 反應槽에 적정 濃度の 細菌을 유지하면서 流入基質을 代謝시키려면 체류시간이 길어야 한다.

둘째로, 細菌의 낮은 增殖速度는 窒素, 磷等 營養物質의 소요량이 적음과 處分대상이 되는 잉여 細胞生産量이 적음을 뜻한다.

이 글에서는, 剩餘슬러지나 糞尿등의 減量化, 安定化, 衛生化를 목표로 하는 嫌氣性消化法이 아닌, 基質除去를 목표로 하는 嫌氣性프로세스에 關於하여 그 특성과 최근에 개발되고 있는 工法을 요약하여 再考察하고자 한다.

## II. 嫌氣性프로세스의 特性

好氣性處理와 比較할때 嫌氣性處理의 長點은 아래와 같다.

1) 酸素供給의 不必要, 따라서 酸素공급을 위한 에너지도 소요되지 않는다.

2) 적은 슬러지發生量, 細胞生産係數(Y)의 값이 活性슬러지法의 1/10정도로 작으므로, 슬러지發生量도 따라서 매우적다.

3) 高濃度基質의 處理, 酸素移轉速度( $K_La$ )의 제한을 안받으므로, 物理的限界내에서 高濃度の 基質을 처리할 수 있다.

4) 有價가스의 生産, 嫌氣性反應에서 生物分解에 의하여 生成되는 메탄가스를 에너지源으로 活用할 수 있다.

반대로, 嫌氣性處理의 短點은 아래와 같다.

1) 긴 反應時間, 이것은 긴 체류시간과 그

것을 만족시키기 위한 보다 큰 反應槽容積 그리고 넓은 數地面積으로 귀결된다.

2) 냄새의 發生, 嫌氣性反應의 중간 및 최종生成物質인 여러 揮發酸, 메르캅탄, 黃化水素, 암모니아등은 특유한 냄새를 나타낸다.

3) 反應槽의 加溫, 反應溫度를 35°C 정도로 유지하여야 한다. 그러나, 소요되는 熱量의 대부분을 反應生成物인 메탄가스로부터 얻을 수 있다.

4) 不良한 沈降性, 嫌氣性反應이 끝나가는 混合液에서는, 가스發生이 활발하므로, 細胞物質의 沈降이 어려움을 겪을 수 있다. 그러나, 殘留固形物이 많을 경우에는 그러한 어려움을 극복할 수도 있다.

5) 높은 流出水의 濃度, 재래식 嫌氣性프로세스는, 구조적으로 揮發性固形物의 消化와 高濃度基質을 처리하는 데에 적합하며, 好氣性的 경우와 같이 低濃度の 基質을 처리하는 工法이 덜 開發되어 있다. 그리고 流出水의 濃度を 낮게 하려면 매우 긴 反應期間이 소요되는데 그것을 끝까지 充足시키는 것은 非經濟的이다. 따라서 嫌氣性反應槽의 流出水는, 상당히 높은 殘留基質濃도를 갖게 되므로, 法定放流水水質基準에 맞추기 위해서는 好氣性方法 등의 後續處理를 하게 된다.

6) 쉽지않은 運轉, 嫌氣性反應은 衝擊負荷와 pH, 溫度, 毒性物質등 여러 영향因子에 보다 더 敏感하므로, 正성스러운 運轉을 요한다. 그리고 反應槽의 上澄液표면에 浮渣가 잘 쌓이며, 槽바닥에 堆積物質이 쌓일 경우에는 淸掃하기도 힘들다.

## III. 各種 嫌氣性프로세스

### 1. 嫌氣性接觸프로세스

이 프로세스는, 懸濁增殖방법으로서, 한 反

應槽(接觸槽) 다음에 沈澱槽를 설치하고, 細胞物質을 그것으로부터 反應槽로 返送시키는, 말하자면 嫌氣性 「活性슬러지」 프로세스이다. 그렇게 하므로서 反應槽내의 MLVSS 濃度を 3~4 g/l 정도로 높게 유지하면서, 그리고 슬러지日齡도 그만큼 길게 유지하면서, 流入基質의 水理的滯留期間을 1日정도로 단축할 수 있다.

이 프로세스는, 1950年代에 開發되어<sup>2)</sup> 그 후 肉加工廢水 등 중간정도로 濃厚한 有機質工場廢水를 처리하는데에 사용되어 왔다. 流入液의 濃度は 1000mg BODs/L 이상이 적합하며, 濃도가 낮으면 接觸槽加熱에 필요한 熱量을 얻을 수 없게 된다. 接觸槽로부터 流出된 混合液에 적절한 固形物이 있는 경우, 細胞物質이 그것에 붙어서 沈降하므로, 固液分離는 비교적 쉽게 이루어 진다. 그러나, 순수한 溶解性基質을 처리하는 경우에는, 그렇지 못하므로 이 프로세스는 固液分離에 어려움을 겪게 된다. 이 프로세스는, 流入基質에 따라서 90% 정도의 BOD<sub>5</sub>를 제거할 수 있지만, 流出水의 基質濃度は 아직도 높으므로 後續處理를 요한다.

## 2. 嫌氣性生物 方法

嫌氣性反應은 낮은 細胞生産係數(Y) 때문에 反應槽내의 細胞濃도가 낮아지고, 反應期間이 길어진다. 그러한 短點을 개선하기 위하여 嫌氣性接觸프로세스가 開發되었지만, 그것은 溶解性基質을 처리하는 경우 固液分離가 곤란하고, 슬러지를 返送하는 번거로움이 있다. 그리고 活性微生物을 高濃度로 유지하는 데에는 限界가 있다. 따라서 懸濁增殖방법의 그러한 결함을 補完하기 위하여 시도된 것이 嫌氣性生物膜방법이다.

### 1. 嫌氣性沈澱濾床

嫌氣性沈澱濾床은, 反應槽의 液相에 媒體의

表面에 附着하거나, 媒體사이의 空隙에 懸濁하면서 增殖한다. 基質이 上向流하므로, 槽의 바닥가까이에서 微生物의 代謝活動이 가장 활발하며, 맨 윗층에서는 基質濃도가 부족해지면서 微生物이 内呼吸상태로 존속하게 된다.

이 방법은, 槽내에 微生物量이 많고 安定되어 있으며, 水理的滯留時間을 짧게 하면서도 긴 슬러지日齡을 유지할 수 있다. 고로, 高濃度の 溶解性基質뿐만 아니라 低濃度基質의 제거용으로, 그리고 20°C 정도의 低溫처리용으로도 시도되고 있다. 이 방법의 長點으로서는 다음과 같은 것이 거론되고 있다.<sup>3)</sup>

- 1) 높은 基質負荷率
- 2) 負荷率변동과 衝擊負荷에 대한 강한 適應性
- 3) 적은 슬러지發生量, 有價가스의 生産, 적은 營養物質소요

반대로 短點은 아래와 같다.<sup>4)</sup>

- 1) 媒體의 空隙이 막히기 쉽다.
- 2) 水路化의 問題, 水路化(channelization)란, 空隙이 막히면서, 槽내 흐름이 편중되게 고정되는 현상이다. 그렇게 되면 흐름의 再分散이 제한받고, 短路흐름이 생기고, 基質과 微生物과의 접촉이 제한되면서 전반적인 基質除去效率이 떨어진다.

### 3) 媒體層의 閉塞과 清掃 困難

嫌氣性沈澱濾床에 관한 현재의 開發研究은 주로 위의 短點을 개선하는 방향으로 傾注되고 있다.

### 2. 上向流嫌氣性슬러지블랭킷프로세스

이 방법은, 다른 生物膜工法과는 달리, 微生物이 附着하는 媒體가 없다. 基質이 上向流하는 反應槽내에서, 微生物은 스스로 集塊하면서 1mm전후의 슬러지알(顆粒)을 형성하고, 모여서 層을 이루는데, 그것을 슬러지블랭킷

이라고 부른다. 基質은 슬러지블랭킷을 통과하면서 微生物과 접촉하고, 그 代謝活動에 의하여 제거된다. 反應槽의 윗부분에서 슬러지알은, 上向流速과 맞먹는 沈降速度에 의하여, 上澄水和 分離되고 境界面이하에 머무른다.

이 방법에서는 10g/l 이상의 MLSS를 유지할 수 있으며, 多段式의 경우는 100g/l 이상의 MLSS 濃度<sup>5)</sup>도 보고되고 있다. 이렇듯 엄청나게 많은 微生物量을 유지할 수 있기 때문에, 이 프로세스는 보다 더 높은 基質負荷率을 허용할 수 있으며, 低濃度基質의 처리와 低溫處理가 보다 더 可能하다. 그러나, 최근에는 脫室酸化용으로 더 시도되는 경향이 있다.

이 방법의 長點은 다음과 같다.

- 1) 높은 基質負荷率.
- 2) 負荷率변동. 衝擊負荷등에 대한 강한 適應力.
- 3) 空隙이 막히는 어려움이 없다.
- 4) 流出水등의 再循環이 없다.
- 5) 嫌氣性프로세스의 기타 長點.

短點은 아래와 같다.

- 1) 슬러지알의 形成이 쉽지 않다. 슬러지알의 形成은, 細胞外多糖物質의 分泌에 의존하는데, 廢水의 成分과 植種에 따라서 성공율이 다르며, 기술과 정성이 필요하다.
- 2) 슬러지블랭킷의 安定된 유지와 슬러지알 流失防止의 어려움.
- 3) 安定된 操作방법이 확립되어 있지 않다.

## IV. 結 論

有機質廢水處理를 위한 嫌氣性프로세스의 特性和, 최근에 개발되고 있는 몇가지 工法을 再考察해 왔다. 이들 工法이 폭넓게 보급되려면, 현재 문제되고 있는 短點을 補完하고, 設計方法과 運轉方法등이 確立되어야 한다.

## 參考文獻

1. Stanier, R. Y., et al., *The Microbial World*, Prentice-Hall(1976) pp. 162 ~ 170
2. Schroepfer, G. J., et al., "The Anaerobic Contact Process as applied to Packing-house wastes," *Sewage and Industrial Wastes*, vol 27(1955) p. 460
3. Young, J. C. and McCarty, P. L., "The Anaerobic Filter for Waste Treatment," *J. Water Pollu. Control Fed.*, vol 41 (1969) R 160
4. Schroeder, E. D., *Water and Wastewater Treatment*, McGraw-Hill(1977) p. 329
5. 原田秀樹外, 「多段型上昇流スラッジベッド反應器による高効率脫窒素プロセス의 處理特性」日本土木學會衛生工學研究論文集 vol. 21(1985)