

水質汚染 防止技術

한양화학 중앙연구소
환경기술센터장
申 錫 奉

1. 序言

수질오염 방지기술중 생물처리에 관한 최근의 기술동향을 소개한다. 유기성폐수의 생물학적 처리는 하천의 자정작용을 이용한 것으로 자정작용 과정의 일부를 반응기중에서 인공적으로 능률성 있게 진행시키는 프로세스이다. 활성슬러지법으로 대표되고 있는 생물 처리방법중에서 BIOREACTOR를 중심으로 요약하였다.

2. 廢水處理와 BIOREACTOR

종래부터, 下水나 有機性 産業廢水의 BOD 처리에는 처리비용이 저렴하다는 점에서 활성슬러지법이 널리 利用되어왔다. 그러나, 활성슬러지법은 處理反應槽의 미생물 농도가 낮고, 反應速度가 느리므로 處理施設이 大形化되고, 또 實際의 運轉면에서는 슬러지膨化현상등으로 인해 유지관리가 어렵고, 잉여슬러지가 大量으로 發生하여 그 處理와 處분에 막대한 비용이 소요된다는 등의 문제점이 있다.

한편, 高濃度의 有機性廢水와 분뇨처리에 이용되고 있는 혐기성消化法은 극도로 낮은 酵

酵速度로 인해 處理裝置가 거대화 되는 점과 醱酵에 관여하고 있는 微生物 生態系가 복잡하기 때문에 人爲的인 培養制御의 實現이 어렵다는 등의 문제점이 있으며, 많은 實務담당자나 연구자들에 의해 문제해결을 위한 努力이 계속되어 왔다.

下・廢水의 生物處理法에 대해 지금까지의 改良法까지 포함하여 살펴본 것이 <표 1>이다. <표 1>에서 처럼 생물처리법에서의 改良에 대한 기본적인 생각은 모두가 反應槽內 微生物의 高濃度化와 沈澱槽의 貸荷輕減이나 그 省略에 있는 것으로 보인다. 最近에서는, Biotechnology를 活用한 새로운 處理技術의 開發이 여러방면에서 活潑하게 이루어지고 있으며, 특히 Bioreactor는 從來의 技術에 대폭적인 改革을 가져올 可能性과 實現性이 크다는 점에서 당면한 중심적인 開發對象으로 되고 있다.

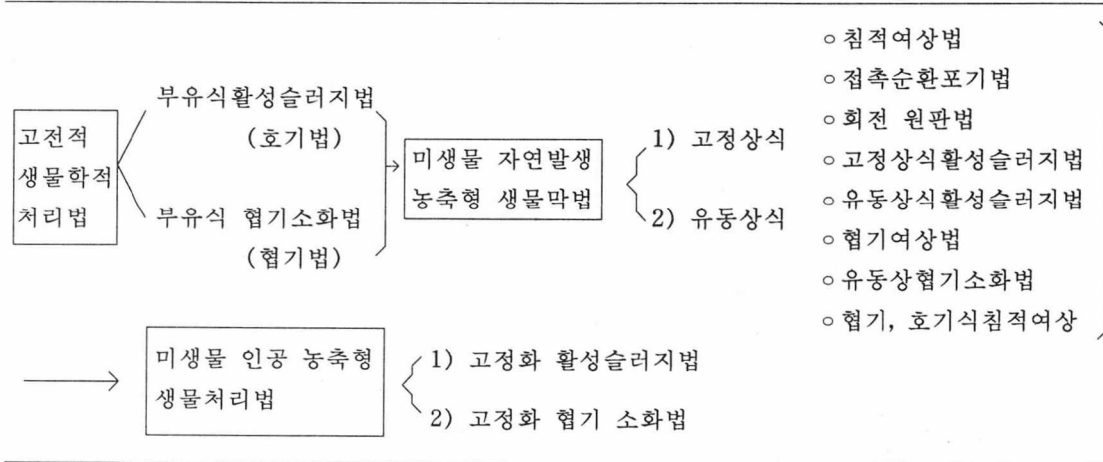
<표 1>에서와 같이, 水처리용 Bioreactor는 反應槽內에 活性이 높은 好氣性 또는 혐기성 微生物을 高濃度로 유지하여 處理目的을 보다 效率的으로 達成하려는 것으로 이와 관련된 몇가지 處理技術을 소개한다.

가. BIO-Q를 이용한 接觸酸化法

이 방법은 활성슬러지법에서의 포기조내에

微生物接觸材를 適當量 充填한 것으로 固定床 式 活性슬러지법이 고도 한다.

〈표 1〉 생물처리법에서의 반응조내 미생물의 고농도화의 변천



生物소재로서 사용한 BIO-Q는 폴리염화비닐 리덴계수지로 실을 만들어 mat 상으로 加工하여, 슬러지가 附着되도록 圓柱狀의 構造로 되어있다. 소재의 比表面積은 300m²/m³, 공극율 97%로서, 微生物의 附着量은 30,000~35,000ppm/ℓ로 運轉된다.

장점으로는, 활성슬러지법과 生物膜法에서의 문제점을 해결한 것으로, ① 처리효율이 높다. ② 슬러지의 返送이 필요하지 않으므로 bulking 문제가 없고 운전 및 유지 관리가 용이하다. ③ 슬러지 발생량이 적다. ④ 負荷變動에 강하고 소요경지가 적다. ⑤ 生物膜에서와 같은 부착슬러지의 大量脫落이 없다는점 등이다. 이 方法에서의 가장 큰 特徵은 슬러지發生량이 대단히 적은 것으로 그 基本原理는 ① 自記消化에 의한 잉여슬러지량의 減少, ② 먹이사슬(Food chain)에 따른 大型生物군 슬러지의 消化 ③ 포기조를 多段으로 하고 또 낮은 負荷에서의 運轉등에 있다.

나. 메탄醱酵의 高速化

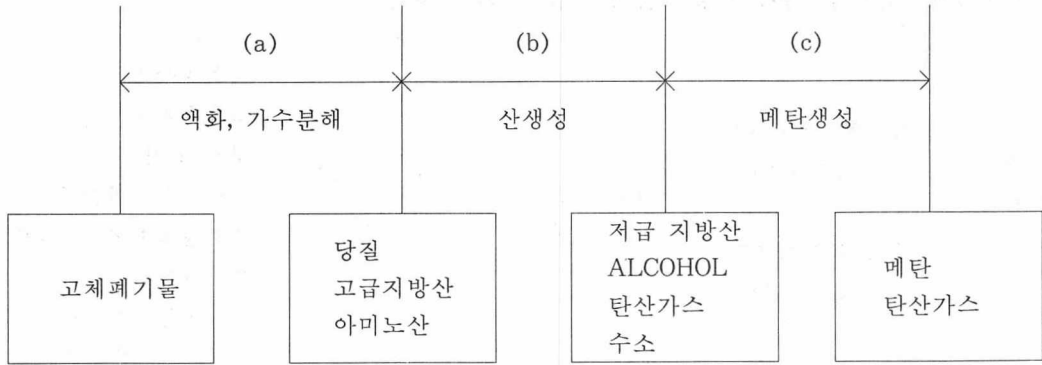
재래식 메탄醱酵은 통상 回分式으로 이루어지며, 이들은 그림 1에 나타난 것과 같이, (a) 加水分解, (b) 醱生成 및 (c) 메탄生成의 三要素가 연쇄적으로 또 同時に 進行되고있어, 이

들의 生化學的反應은 多種多樣한 微生物에 의해 이루어진다. (a),(b) 양要素를 包含하는 소위 醱生成相은 여러가지 微生物群으로 되어있고 많은 高分子物質의 加水分解 및 低分子化가 可能하며 物理的・化學的인 環境變動에 대해 비교적 넓은 適應力을 가지고 있는 것으로 알려져있다. 한편 (c)의 메탄生成相은 利用되는 基質도 限定되어 있고, 環境變動에 대해 不安全하고, 또 메탄生成細菌의 增殖速度는 醱生成相의 微生物群에 비해 대단히 느리므로 系全體의 律速段階로 되는 경우가 많아, 종래의 回分形式에서는 大容量의 醱酵槽建設이 必要하게 된다. 따라서, 메탄醱酵의 高速化를 達成하기 위해서는 增殖速度가 느린 메탄生成茵을 어떻게 高濃度로 槽內에 維持할 것인가에 달려있다.

혐기성균체를 高濃度로 reactor내에 유지하는 方法으로는 그림2에 나타난 것과 같이 完全混合型은 혐기성활성슬러지법(Bilenergy process)라고도 하며, 하수슬러지, 분뇨처리등에 利用되고 있는 것과 기본적으로 동일한 處理方式으로 여기에 침전조가 추가된 프로세스이다. Sludge blanket型은 上向流에 의해 Sludge blanket층을 維持하는 것으로 침전조가

필요하지 않고, 설비나 操作이 간단하다. 固定床型은 혐기성 처리중에서도 많은 研究가 보

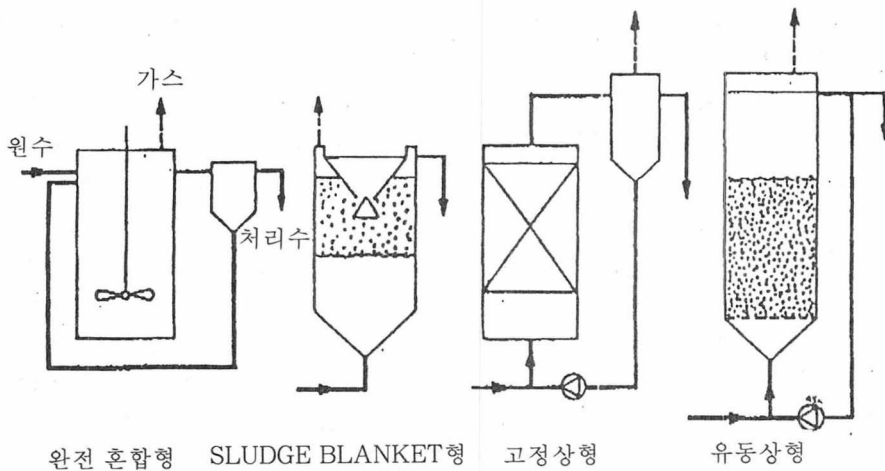
고되어 있고 低濃度의 有機性廢水의 處理에 適合하다고 알려져있다. 流動床型은 비교적 새



(그림 1) 고체폐기물의 메탄으로의 변환과 상변화

롭게 開發된 것으로 低濃度의 有機性廢水를 짧은 체류시간에 처리할 수 있는 特徵이 있으며, 操作條件에 따라서는 maintenance free system을 達成할 수 있는 것으로 소개되고 있

다. 더욱, 醱生成相(Sludge blanket 型)과 메탄生成相(固定床型)을 分離한 二相消化法(Two phase digestion process)의 處理施設도 實際로 利用되고 있다.



(그림 2) 혐기성처리장치

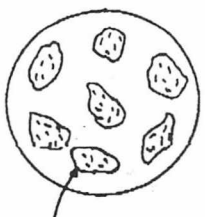

다. 固定化微生物에 의한 廢水處理의약품이나 醱酵工業에서 利用되어온 醱素나 微生物의 固定化方法을 廢水處理微生物에 應用하려는 研究가 계속되고 있다. 反應槽內의 微生物濃度를 높이는 방법으로, 微生物固定化

法과 生物膜법과를 비교한 것이 <표 2>이다. 固定化微生物에서는 pellet내부에 미생물을 함유하고 있어 菌體量을 임의로 調節할 수 있는 있는데 반해, 固着型微生物에서는 미생물이 모래등의 微少粒子의 表面에 자연적으로 附着

된 것을 이용하므로 菌體量을 조절할 수 없다. 또 크게 상위한 점은 固定化微生物의 반응은 酸素반응이 기대되는데 반해, 固着型微生物에서는 주로 細菌類의 增殖反應이라는 것이다.

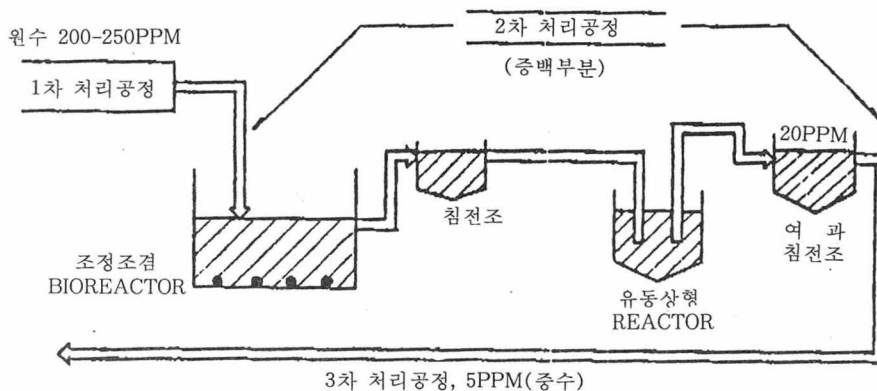
여기서는 日本의 S建設에서 開發・實用化한 固定化微生物을 利用한 폐수처리시스템의 소개에 그친다.

〈표 2〉 고정화 미생물법과 종래법과의 특징의 비교

구분	종류	고정화 미생물	고착형 미생물(종래법)
MODEL			
미생물의 고정		미생물의 종류, 양을 임의로 유지	자연히 부착되는 것을 기다림
증 식		PELLET내부	모래의 표면

이 시스템은 물과 공기를 통과시키는 한편 내부에 있는 微生物이 빠져나올 수 없는 「微生物固定化擔體」라는 직경 3mm의 粒子를 BIOREACTOR에 사용한 점이 특징이다. 미생물은 활성슬러지, 硝化菌, 탈두菌등으로 gelatine상의 天然高分子속에 다량으로 함유되어 있으며 外側表面에 多數의 細孔이 있고 微生物이 分解할 수 없는 合成高分子로 쌓여 있다. 그림 3에 처리시스템을 나타냈다. 대부분의 產

業廢水의 處理施設에 設置되어 있는 流量調整備에 10~20%용량의 담체를 넣어 폐수중의 有機物을 分解시키는 BIOREACTOR로서 機能을 갖도록 하였다. 2차 反應槽로 고정화담체와 직경 0.2~0.5mm의 活性炭 또는 규조토등으로 무기질 粒子를 10~25% 충전한 流動床型 BIOREACTOR를 이용하였다. 두개의 BIOREACTOR의 作用으로 BOD 200~250ppm의 原水는 20ppm정도로 처리되며, 3차처리



(그림 3) S건설의 BIO 폐수처리 SYSTEM

의해 5ppm까지 處理하여 바로 中水로 利用할 수 있으며, 2차처리까지에 소요되는 時間은 재래식 활성슬러지법에 비해 절반정도인 13~17 시간이었다. 따라서 施設자체도 小型化되고 維持管理나 經濟性도 充分한 것으로 報告하고 있다.

3. 結言

水處理技術이 본질적으로 不容化 및 固液分離

技術이라는 개념에서, 生物處理또는 可溶性 有機物의 生物菌體로서의 轉換을 主目的으로 한 不溶化 및 菌體의 分離技術을 基本으로 하고 있다. 따라서, 處理效率의 向上을 爲해서는 BIOREACTOR의 開發과 같은 工學的 側面과 混合培養에서의 미생물 생태계의 Analysis를 包含한 처리시스템의 最適化를 達成하려는 努力이 지속적으로 要求된다고 하겠다.