회전원판법 (Rotating Biological Contactor)을 이용한 하수처리

안 규 홍
〈한국과학기술원 교수〉

1. 서 론

근대에 이르러 산업발달로 황폐화된 자연을 회복시키고 보다 맑고 깨끗하고 쾌적한 환경과 생태계를 보존하려는 노력이 경주되었는 바 1970년대에 이르러 더욱 경제적이고, 효율적인 수처리 공정에 대한 연구가 진행되기 시작하였다.

우리나라도 1970년 후반부터 환경보전을 위하여 많은 투자와 연구가 진행되고 있다. 이에 1970년대부터 미국이나 일본에서 실제 처리에 널리 사용되고 있으나, 우리나라에서는 아직 제대로 보급되지 못한 회전원판법(Rotating Biological Contactor 이하 RBC)에 대해 간략히 설명하기로 한다.

2. 회전원판법의 연혁

하수처리를 위한 회전원판법은 나무널판지로 만들어진 원통형으로 1900년에 독일의 Weigand에 의해 최초로 고안되었으나, 1930년대에 Bach와 Imhoff가 Emscher Filter의 대용품으로 실험을 행하기까지는 사용되지 않았는데 이나마 미생물의 증식에 의해 널판지가 막히는 현상(Clogging)때문에 더 이상 연구되지 못하였다. 그후, 1950년대 독일에서 Hartman과 Pöpel이 직경 1.0 m의 플라스틱관을 이용해 광범위한 실험을 한 후 널리 보급되기 시작했다. 이어 미국과 유럽에서의 꾸준한 보급과 공정개발로 기계식의 Bio-Surf형 뿐 아니라 공기로 원판을 회전시키는 Aero-Surf형까지 발전되었다.

현재 외국에서의 보급현황을 보면 미국에서는 1970년대에 최초로 도입된 이래 1984년에는 700여개소로 증가되었으며 일본은 1970년에 4개소가 설치된 이후 급속한 증가를 보였으며 84년 12월의 현황을 보면 2,180개소가 건설되어 1일 65만m^3의 용량을 처리하고 있다. 특히, 최근에는 혐기성 회전원판법을 개발하여 분뇨와 같은 고농도폐수의 처리에 이용함으로써 메탄가스를 얻어 에너지원으로 이용하는데 까지 발전시키고 있다.

3. 회전원판법의 운전

회전원판법이란 직경이 큰 플라스틱관을 미생물이 서식하는 매개체로 하여 회전하는 수평축에 연결하여 콘크리트 조내에 설치하는 공법이다. 이 회전판이 저속으로 회전하면 하수내의 미

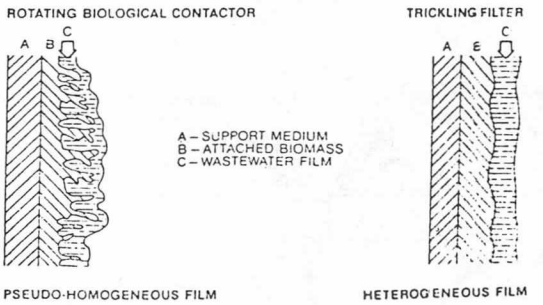
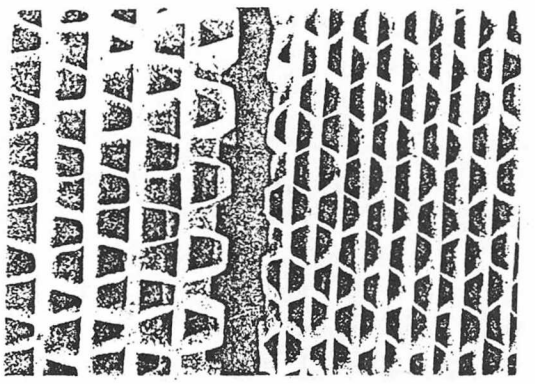


그림 1. 회전원판과 살수여상의 생물막

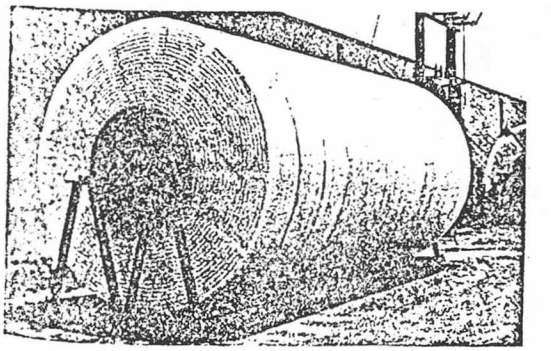
생물이 자연적으로 원판상에 서식하게 되는데,약 1주일 정도가 되면 1～4㎜두께로 회전판에 미생물이 부착하게 된다. 이렇게 부착된 미생물의 농도는 부유물질로 약 50,000～100,000㎎/ℓ 가량 된다. 이 경우 회전판 표면적의 약 40%가 물에 잠기는 것이 상례이며 이 표면에 붙어있는 미생물의 내부는 혐기성 상태, 외부는 호기성 상태가 되며 회전의 영향으로 미생물막은 Shagginess를 이루게 된다. 또 내부의 혐기성 상태가 원판에 붙어있는 미생물의 주기적인 탈락의 원인이 된다. 회전원판법과 살수여상법의 생물막을 비교하면 그림 1과 같다.

회전에 따르는 미생물과 회전판 사이의 전단력이 회전판에 부착된 미생물의 탈락작용을 일으키며 이 때문에 미생물의 과도한 증식에 따른 폐색(Clogging) 이 방지된다. 또 biomass 와 하수사이에 난류를 일으켜 확산작용으로 미생물막 내부에 Soluble Substrate을 공급해준다.

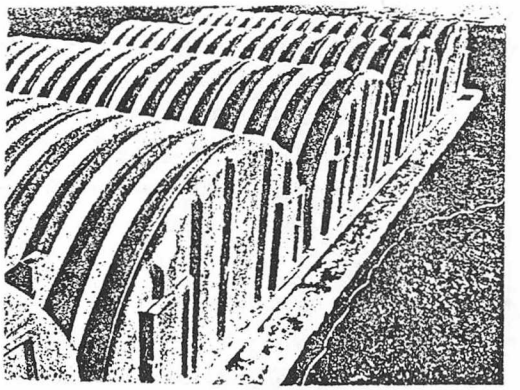
회전판의 역할은 첫째로 미생물이 부착될 수 있는 표면적을 제공하며 유입 하수와 부착미생물간의 활발한 접촉을 가능케 하고 하수에 산소를 공급하며 과도한 biomass의 탈락을 유도하게 된다. 또 탈락된 미생물과 하수를 교반시켜



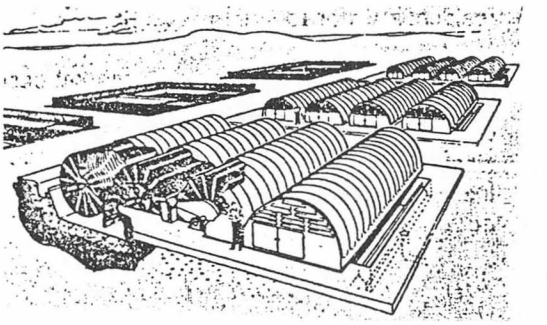
원판의 주름진 모습(왼편보다 오른편의 주름이 많고 표면적도 넓다)



RBC원판의 모습(직경 2ft)



RBC처리장의 조감도



설치된 RBC처리장(외관이 미려하다)

그림 2. 원판의 모양과 RBC처리장

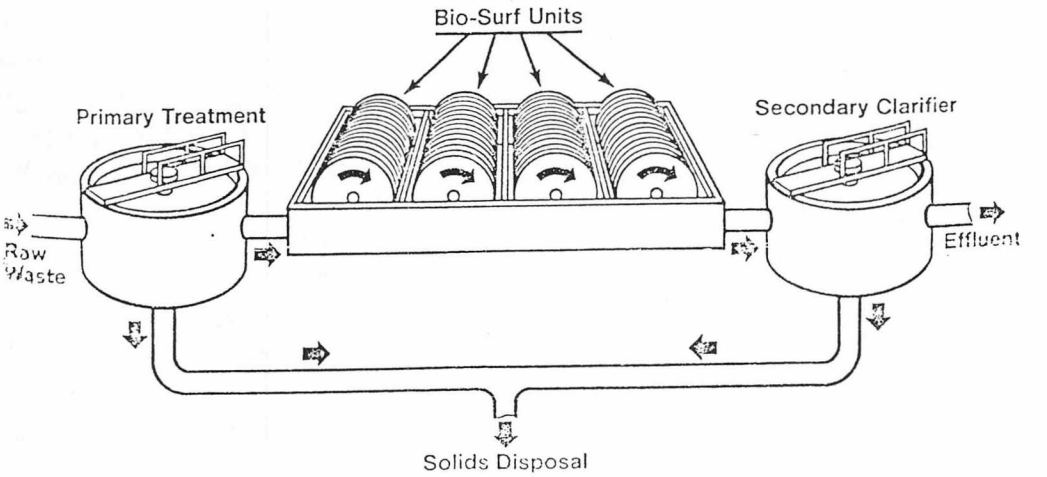


그림 3. RBC를 이용한 처리 공정도

부유상태로 존재하게 한다. 특히, 원판의 표면적이 넓을수록 많은 미생물이 부착하게 되어 처리효율이 높아지는데 이 표면적을 넓게하기 위해 주름진(Corrugated) 원판을 제작하여 사용하고 있다. 그 모양은 그림 2와 같다.

또한 전체의 공정도를 보면 그림 3과 같은데 활성슬러지나 살수여상과는 달리 재반송이 없다

4. 회전원판법의 장점

회전원판법은 동력이 적게 소요되고 유지관리가 타 공정보다 쉬우며 악취가 발생하거나 불결하지 않아 미적으로 아름다우며 운전이 용이하고 다단으로 처리할 수 있는 장점이 있다.

특히, 소비전력량은 활성오니법과 비교하여 2차처리 부분만은 55%, 전체 시설로는 65%의 전력이 소비되는 것으로 알려져 있다. 여기서 같은 미생물막을 이용하는 살수여상법과 비교를 하면 다음과 같은 점에서 유리하다.

① 회전원판법은 살수여상보다 소형이며 점유면적이 작으며 살수여상법의 표면적 부하율보다 5~6배 크다.

② 살수여상법에 비해 수리학적 수두손실이 작다.

③ 살수여상법이 최소 "Wetting rate"를 유지하기 위해 재반송이 필요한 반면 회전원판법에서는 biofilm과 하수사이에 완전한 접촉이 일어나며 재반송이 필요없다.

④ 살수여상법에서 일어나는 벌레가 서식하게 되는 번거로움이 없다.

⑤ 회전원판법에서는 계절적 탈락이 일어나지 않는다.

⑥ 살수여상법에 반해 공정을 조절할 수 있다.

⑦ 콘크리트조내의 biological filter에 유용하지 못한 충격부하를 희석시켜 주는 능력이 있다.

⑧ 질산화와 탈질산화에 효율적으로 응용되어 하수처리 능력을 향상시킨다

이상에서 언급한 바 원판을 이용하여 처리할 수 있는 폐수는 가정하수, 상수원수, 가축폐수,공업폐수, 농업용수 등의 거의 모든 수처리에 이용할 수 있으며 기존의 처리장을 보완· 향상시키는 처리장 개선에도 효과적으로 사용할 수 있다.

최근 RBC공법을 이용한 특수공정법으로는 상수처리전의 질산화와 농업용수의 질산화를 예로 들 수 있는데 상수처리에서 염소소독시 유기물과 염소가 결합하여 생성되는 발암인자인 trihalomethane의 발생을 사전에 질산화시킴으로써 방지할 수 있고 농업용수의 경우, 수중에 질소가 많이 포함되어 있으면 식물의 이상생장을 초래하여 알곡의 수확을 저해하게 된다. 이에 간편하고 운전이 쉬운 회전원판법이 응용되고 있다.

5. 결 론

이상과 같이 설명한 회전원판법을 보다 경제적이고 처리효율적이며, 실용적으로 설치하기 위해서는 많은 연구와 우리나라에 맞는 설계기준의 확립 그리고 일반 대중의 이해가 함께 공존해야 할 것이다. 특히 하수처리장의 유지관리가 힘든 읍·면단위의 소규모 처리장이나 농업용수의 처리에 사용될 경우 아주 효율적일 것이며 대도시에서 공공기관이나 단체 등에서 자체 하수처리장의 설치 등에도 좋다고 생각된다.

앞으로 끊임없는 연구로 건설비용을 낮추게되면 선진외국의 경우처럼 공공 하수처리장, 공공시설의 처리장 및 가정 분뇨정화시설에 까지 사용될 수 있는, 즉, 대규모처리장 및 소규모처리장 또한 기존 하·폐수처리장의 증설 및 개선 등에 널리 사용될 수 있는 한국형 처리공법이라 할 수 있다.

참 고 문 헌

1. WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS, Design Manual Vol.1., Auto trol Co., 1978.
2. Ichiguro, M., "Current Status and Future Trends of RBC in Japan" Miyazaki University, June 1985(Unpublished)
3. Antonie, R., Fixed Biological Surfaces-Wastewater Treatment 1975, CRC Press, Inc. U.S.A.
4. U.S EPA. Summary of Design Information on Rotating Biological Contactors, EPA-430/9-84-008, September 1984.

〈 p24에서 계속〉

-建設과 管理- 日本 水道新聞社

7. 流域別 下水道 整備總合 計劃調査 指針과 解說
日本 建設省 都市局 下水道部 監修
8. Introduction to wastewater Treatment Processes R.S. Ramalho 1983, Academic press.
9. Water and Wastewater Engineering, Gordon M. Fair, John C. Geyer, Daniel A. Okun John Wileg and Sons, Inc.
10. Wastewater Systems Engineering Homer W, Parker.