

## 오폐수 처리의 회전원판법 이용 (I)

### Wastewater Treatment Systems Utilizing Rotating Biological Contactors (RBC)

신            충            언\*  
C.            E.            Shin

#### I. 서    론

##### 1.1 현    황

산업이 점점 고도화되고 국민생활수준의 향상에 따라 환경오염에 대한 문제가 점점심각하게 대두되고 있다.

수질오염의 원인이 되고 있는 생활 오수 및 산업폐수의 처리 방법으로는 물리적 화학적 생물학적 방법이 복합적으로 이용되고 있다.

생물학적 처리방법중 가장 오래동안 많이 이용되고 있는 활성오니법은 1912년 영국 London 시의 수처리 연구소에 의하여 발견된 후 실용화 연구가 급속히 이루어져 보급되었다.

이보다 좀 일찍 1893년 살수여상법이 실용화 되었지만 사용되는 여제의 문제와 과대한 소요면적이 필요하게 되어 현재까지 대부분의 생활 오수 및 공장폐수에 이용되는 처리방법이 활성오니법이다. 이 방법이 확실히 고도의 처리 기능을 발휘하기는 하지만 항상 고도의 기술에 의하여 엄격히 관리를 하여야 한다는 기술자 및 시설에 많은 문제점을 내포하고 있다. 또 폐수처리를 위하여 행해지는 폭기로 인한 폐수의 비산, 거품 냄새, 비위생적인 곤충의 서식 등 2차 공해가 사회문제화 되고 있다.

또 에너지절약이라는 차원에서 불매 활성오니법의 산소전달 효율이 5% 정도로 많은 에너지가 소모되고 있다.

최근 선진국에서는 20여년전부터 고정 생물막을 이용해서 도시하수 등 생활폐수와 산업폐수를 처리하는 회전원판법의 채택이 날로 증가되어 가고 있는 실정이다.

회전원판법의 연구는 1900년부터 시작되었으나 원판체의 부식과 기구적인 내구성의 문제로 회전원판의 제작기술에 한계를 나타내게 되어 상용화가 되지 못하고 있었으나 제 2차 대전후 합성수지가 급격히 개발 발전됨에 따라 회전원판체의 결점이었던 여재(Media)의 부식이나 강도가 해결되어 처리효율이 좋고 내구성이 크게 향상된 회전원판법의 상품화가 활발히 이루어졌다.

한편 1954년 서독의 Stuttgart 공과대학에서 직경 1m, 폭 6mm의 원판 40매를 4단으로 배열한 회전원판장치를 이용하여 오폐수 정화 연구를 시작하였고 1960년 Hams Hartmann 박사에 의하여 그 결과가 발표되었다.

그후 직경 3m의 발포 폴리스티렌 원판을 써서 Stuttgart Büsnau 처리장을 건설하여 그 시험결과가 Franz Pöpel 교수에 의하여, 1964년 발표되었고 Hans Hartmann 박사와

Franz.Pöpel 교수에 의하여 현재 회전원판법의 기초가 확립되었다.

### 1.2 미국의 현황

미국에서는 1965년 Allis Chalmers사에서 독자적으로 회전원판법을 개발하기 시작했고, 1968년 Jones Island에 Test Plant을 건설하였고 같은해에 Wisconsin주 Pewaukee에 0.5 MGD( $1875 \text{ m}^3/\text{d}$ )의 Plant를 건설하였다. 한편 1970년에 Autotrol사에서 Allis Chalmers사로부터 위장치의 권한이양을 받아 EPA와 공동으로 BOD제거율과 부하  $\text{NH}_4$ 제거율과 부하 액양면적비, 회전수, 수온, Stage 수에 관해서 시험결과를 발표했다.

그때까지 미국 역시 발포 폴리스티렌 판을 사용해서 소형 회전원판장치가 소형 처리장에 이용되어 상품화시키는데는 성공을 하였지만 유럽에서와 마찬가지로 회전원판법이 활성오

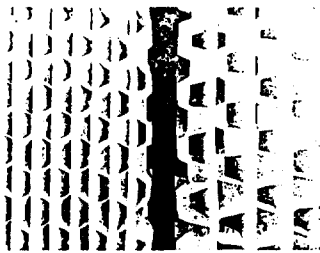


그림 1

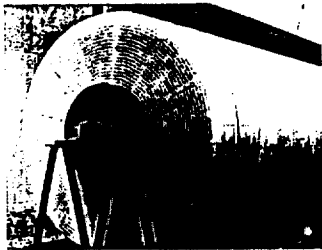


그림 2

니법과 비교해서 장비값이 비싸 건설비가 높아져, 대형화된 처리장에 이용하는데는 한계가 있었다. 회전원판법의 대형처리장에 사용하고 폐수처리분야에 많은 양을 공급하기 위하여 회전원판장치의 Cost Down이 요망되고 있었다. 1971년 Autotrol사는 표면적이 과거 발포 폴리스티렌으로 제작된 회전원판장

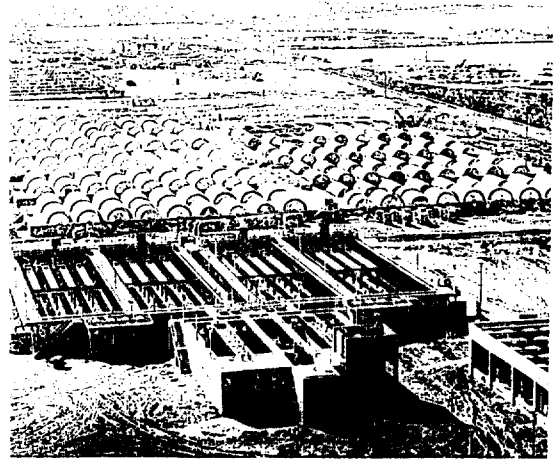


그림 3

치의 표면적보다 4배이상 되는 회전원판장치를 그림 1-1과 같은 고밀도 폴리에틸렌과 형원판을 이용하여 그림 2와 같은 직경 3.6m의 회전원판장치를 개발하는데 성공하여 Cost Down에 기여한 바가 크다.

이와 같이 가격과 품질향상 및 회전원판법의 고유특성인 운전 에너지의 대폭적인 절감, 손쉬운 운전관리 등의 이점에 따라 10여년만에 1982년 현재 518개의 처리장( $360 \text{ 만m}^3/\text{d}$ )이 미국, 캐나다에 설치되었으며, 적게는 소형 Package Plant로부터 크게는 대형 도시 그림 3에서 보는 바와 같이 종말 처리장(Orlando Fl, 24 MGD,  $9 \text{ 만m}^3/\text{d}$ )에 213개의 회전원판장치를 설치하고 있다.

미국의 경우 회전원판법의 이용율이 처리장을 기준하여 80%이상, 처리수량기준하여 95%이상이 도시종말처리장이 점유하고 있고 130개 처리장은 초하 탈질 등 고도 처리에 이용되고 있다.

최근 1984년부터 가동한 Philadelphia P. A. 종말처리장은 이미 활성오니법에 의한 처리장이 설치되어 있으나 유출 BOD의 수질향상을 위하여 기존 폭기조에 280set의 회전원판장치를 설치하여 세계에서 가장 큰 회전원판법 처리장이 되었다. 물량을 보면 190 MGD( $720,000 \text{ m}^3/\text{d}$ )에 150만인의 물량에 해당된다.

이와같이 미국이 급속하게 RBC가 보급되

고 있는 것은 미국환경청(EPA)의 강력한 지도와 시민의 에너지 절약에 대한 강력한 의지에 기인된다고 본다.

또한 미국의 회전원판법을 이용한 도시종말 처리장이 1984년 현재 347처리장이지만 2000년까지 신규 채택 예정 처리장이 276처리장이나 된다.

### 1.3 유럽 현황

유럽의 경우를 보면 서독의 Schuler St-englin사가 1959년 발포포리스틸렌원판을 개발 독일에 보급하기 시작하여 프랑스, 스위스, 영국 등에 퍼져 나가기 시작했다. 그후 몇개의 회전원판장치 제작업체가 대두되었고 실적이 20여년 이상되는 제작회사도 있다.

처리장 역시 2,000여개나 된다. 한예로서 서독의 도나우징겐 하수 처리장은 고농도 맥주 공장폐수가 1/2 가량되고 11.5만 $m^3/d$ 의 폐수가 38개의 회전원판축이 설치된 처리장에서 처리되고 있고 소화 메탄가스 발전을 하여 전체 처리공정의 소요동력 100%가 충당되고 있고 20년이 지난 현재까지 별 Trouble 이 없이 가동되고 있다.

### 1.4 일본 현황

일본의 경우 1966년 이시구로교수에 의한 고구마전분 폐액처리 폐수처리장에 회전원판법을 적용시켜 가동된 이래 1986년말 현재 2,500여개의 처리장이 있고 회전원판 제작업체 역시 20여개사로 되어 세계에서 처리장수 및 제작회사수가 가장 많은 나라가 된다.

한편 회전원판의 제작은 구미와 기술제휴에 의하여 제작하는 업체와 자체개발하는 업체가 있고 대부분은 자체개발 생산하고 있는 실정이다.

1977년 일본 전업사에서는 세계 최대의 원판직경 5m을 개발하여 가동시키고 있어 현지점에서 세계 최고급 회전원판장치로 알려져 있다. 회전원판장치의 직경을 증가시키면 회전원판체의 면적은 직경의 자승에 비례하여 증가하고 건설에 필요한 소요면적은 직경에 비례하여 감소한다. 소요면적이 감소하므로서

건설비가 감소하는 것은 물론 땅자체가 한정되어 있는 일본에서 이와같이 5m직경을 개발한 것은 당연하다 하겠다. 또한 기존처리장을 물량증가나 수질향상을 위하여 증설한다고 할때 활용면적이 제한되어 있는 경우가 너무 많은데 이런경우 더욱 설치가 용이해지고 회전원판장치의 면적을 증가시킴으로서 회전원판장치의 수량이 감소하게 되어 보수유지비의 감소요인이 된다.

5m직경으로서 가장 큰 처리장은 일본 오사카의 삼가마키 농업용원수의 초화처리장으로서 축의 길이 8.85m 축당 원판면적 13.764 $m^2$ 로 1985년부터 가동되고 있다. 현재로서 처리장 규모가 가장 큰것으로서 농업용수 초화로는 세계 처음 시도한 것이다.

다음 표 1은 처리수종별 분류표로 일본의 회전원판법의 보급현황을 보여주고 있다. No. 1은 상수도원이 악화됨에 따라 이미 설치된 전처리 정수장에서 전처리를 하여 특히 암모니아성 질소의 제거를 목적으로 하고 있다.

생활 폐수계는 350,000 $m^3/d$ 로서 전체처리수량의 1/2인 1,352처리장에서 처리된다. 이중 가장 큰 처리장은 63,000 $m^3/d$ 이다. 식품폐수계는 55,000 $m^3/d$ 을 417개 처리장에서 처리하고 있다. 즉 급식, 제빵, 수산식을 가공 조미료제조, 기타 여러가지 방법이 있다. 공장폐수로서는 141,400 $m^3/d$ (전체 처리수량의 20%)을 375처리장에서 처리하고 있다. 공장폐수는 생활계 다음으로 많고 처리기

표 1. 처리수종별 분류표(1986년 12월 31일 현재)

No.	종 별	처리수량 ( $m^3/d$ )	%	처리 장수	%
1	상수도원수초화	35,100	5	3	0.1
2	농업용원수초화	83,844	11.6	2	0.1
3	생활 폐수계	353,213	49.0	1,352	54.0
4	식품 폐수계	55,357	7.7	417	16.6
5	공장 폐수계	14,330	20.0	375	15.0
6	청소 사업계	47,727	6.6	314	12.5
7	축산 폐수계	4,286	0.6	43	1.7
계		720,857	100.0	2,506	100.0

표 2. 회전원판법의 증가율

처리장	1979년 6월말	1986년도말	증가율 (%)
생활폐수	345	1,352	390
식품폐수	195	417	210
공장폐수	207	375	180
청소사업	73	314	430
축산폐수	24	43	180
전국	844	2,507	300

술이 어려운 것으로 알려져 있다. 그렇지만 많은 공장에서 활용되고 있으며 제일 큰공장은 펄프공장계 폐수로서 20,000m<sup>3</sup>/d 이다.

다음은 청소사업계로서 쓰레기 매립침출수와 소각로폐수가 주를 이루고 있다. 쓰레기 매립은 고농도의 암모니아성 질소를 함유하고 있어 그대로 방출하면 각지에서 Trouble 을 일으키지만 이것을 1976년 회전원판법을 이용 초화 탈질 처리장을 세계에서 먼저 가동시킨 결과 후생성으로부터 성능에 대하여 인정을 받아 처리장이 점차로 증가하게 되었다. 매립침출수를 회전원판법에서 처리하는 것이 가장 적합한 방법으로 알려졌다. 즉 쓰레기 처리장은 산간벽지에 설치되어 있어 유지관리에 무인화가 요구되고 있고, 초화 역시 용이하게 진행되며 운전동력비도 저렴하여 왔으므로 쓰레기처리장에 회전원판법을 이용하는 것이 점점 증가되리라 생각된다.

앞에 나타난 표의 종류별 증가율을 비교하여 보자. 1979년 6월말부터 1986년말 7개년동안 증가율을 보면 표 2와 같다.

## 2. 회전원판법의 원리와 특징

### 2.1 회전원판법의 원리

회전원판은 원판상에 부착된 미생물군이 오폐수중의 오염물질을 제거하는 수처리 방법이다. 활성오니법과 살수여상법과 같이 호기성 산화처리 방법의 한가지이지만 회전원판법은 산소의 공급방법 및 유기질의 분해방법에 특징이 있다. 즉 회전원판조에 원판을 40 ~

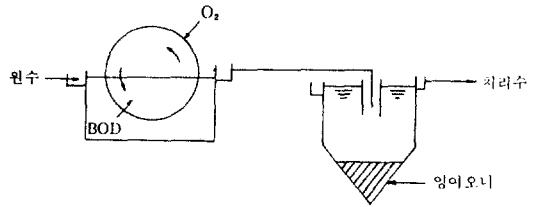


그림 4. 회전원판법의 원리

70%정도 침적시켜 천천히 회전시키면서 오수를 유입시키면 약 1~2주간에 원판상에 미생물이 부착 번식하고 이 미생물이 공기중의 산소를 섭취하고 수중으로부터 유기물을 흡수해서 호기성 분해를 한다. 생물막의 활성이 약해지면 미생물군이 원판에서 탈락되어 회전원판조를 흘러나가 침전조나 회전스크린에서 고액분리시켜 Sludge로 되어 이것을 처리하게 된다. 그림 4에서 그 원리를 보여주고 있다.

#### (1) BOD 제거

호기성 생물처리에 있어 BOD 제거는 Eckenfelder 에 따르면 다음식과 같이 되고 미생물은 공기 또는 물중의 산소를 이용해서 오수중의 탄수화물, 지방, 단백질 등의 유기물을 탄산가스와 물로 분해시킨다 그림 5에 보여주고 있다.

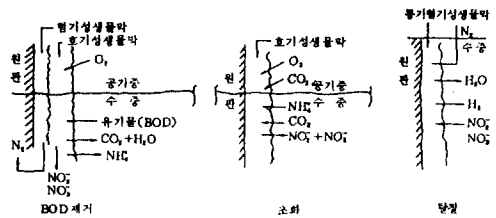
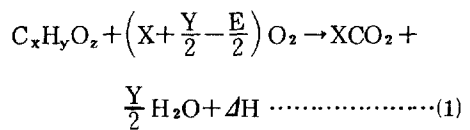
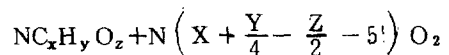


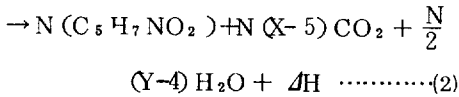
그림 5. 생물막에 따른 BOD 초화탈질 모델

#### ① 유기물의 산화

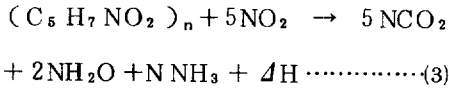


#### ② 세포질의 형성(오니생성)





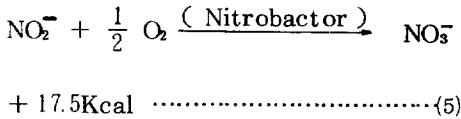
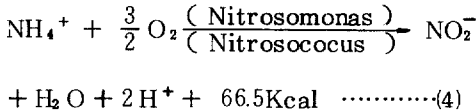
㉔ 세포질의 자기산화(자기산화)



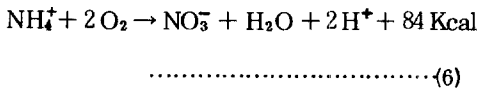
(2) 생물학적 초화 탈질

생물학적 탈질소법은 초화균과 탈질소균이 질소 화합물을 불 성가스인 질소로 변환시키는 방법이고 초화공정과 탈질공정으로 나뉘어진다.

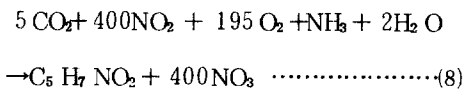
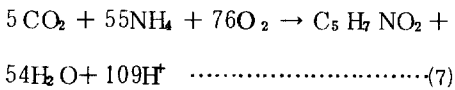
㉕ 초화



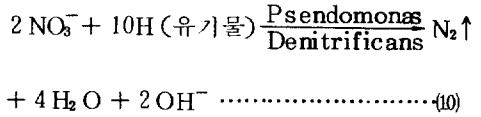
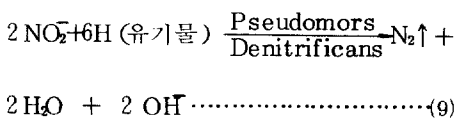
(4), (5)식을 통합하면 (6)식으로 된다.



1kg의 NH<sub>4</sub>-N가 산화하면 0.147kg의 Nitrosomonas가 합성되고, 1kg의 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>가 산화되면 0.02kg의 Nitrobactor가 합성된다. 이것은 BOD 산화균의 증식율(0.5~0.7)에 비교하여 대단히 적다.



㉖ 탈질공정 (협기성 환원)



Pseudomonas 등의 탈질균은 증식에 유기물을 필요로 하는 종속영양세균으로서 호기적 조건에서는 산소호흡을 하고 혐기적 조건에서는 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 분자중 산소를 사용해서 호흡하는 통성혐기성세균이다.

2.2 회전원판법에 있어 장치구조

회전원판법의 회전원판조, 회전원판체 샤프트 구동모터 감속기 스프라켓체인 카바로 구성되어 있다(그림 6).

설치되는 탱크는 콘크리트 탱크나 철판 Tank 위에 설치될 수 있고 재질 역시 발포포리스티렌 폴리에치렌 PVC FRP 등이 있다.

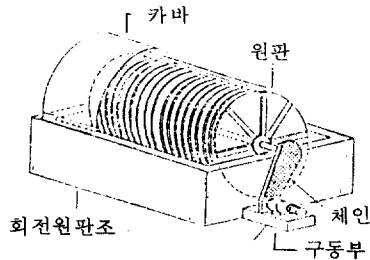


그림 6.

2.3 회전원판법의 특징

회전원판법의 특징을 다른 생물학적 처리방법중의 하나인 활성오니법과 비교하여 보면 다음 표 3과 같다.

다음 회전원판법의 특징에 대하여 설명하겠다.

(1) 미생물이 많고 단시간 접촉해도 높은 정화율을 얻을 수 있고 부하변동에 강하다.

회전원판법에서는 미생물이 대부분 원판위에 부착되어 있고 1단에서의 무게는 194 g/m<sup>2</sup> (Borchardt가 도시하수 처리장에서 얻은 결과)가 되고 이것을 활성오니법의 MLVSS로 환산하면 40,000~60,000mg/l에 해당한다고 보고 있다. 이것은 폐수 및 BOD 부하에 따라 다르지만 활성오니법과 비교하여 볼때 대단히

표 3. 회전원판법과 활성오니법의 비교

	회전원판법	활성오니법
미생물의 번식	고 정 식 분리형(단에 따라 분리) 생물상이 광범위하다.	부 상 식 혼합형(전체가 혼합) 생물상이 협소하다.
MLSS의 관리	자연 조정	인위적인 조정
산소공급	원판이 회전 산소공급율이 높다.	산기 Blower 필요 산소이용율이 낮다(5%정도)
Bulking	없 다	Bulking이 있다
부하변동에 대한 안정성	크 다	적 다

높은 것은 사실이다. 식당폐수를 BOD 부하 20g/m<sup>2</sup>d 로 유지시킬 때 회전원판의 MLVSS 는 10,000 ~ 15,000mg/ℓ 가 되었고 원판조의 F/M은 0.06 ~ 0.1로 되어 표준활성오니법의 0.2 ~ 0.5와 비교하여 볼때 수분의 일로 되어 단시간 처리에서도 높은 정화율을 얻는 이유이다.

또 회전원판법에서는 생물상이 각단마다 틀려 전단은 높은 BOD 부하에 대응한 생물상이 주체가 되고, 후단에 있어서는 원생동물과 조류가 주체가 되어 후생동물이 출현 함으로서 식물 연쇄가 길다. 이와같이 생물상이 널리 분포되고, 다단 처리에서 BOD 농도에 따라 생물상이 분리되어 서식하기 때문에 부하변동이나 각종 Shock에도 강하다. 단시간 휴무기간동안 원수유입이 없을 경우 생물막의 탈락이 일어나고 일시적으로 성능이 저하되지만 가능회복 역시 활성오니법에 비교하여 볼때 대단히 빠르다. 실제로 2일간의 원수유입을 정지했을때 1단의 원판에 있는 생물막이 탈락되었지만 2단에는 거의 변화가 없어 다시 작동 후 막바로 처리기능이 회복되었다.

(2) 운전비가 절약된다.

회전원판법에 있어 생활 폐수의 정화시 소비전력은 0.4 ~ 0.7 kwh/Kg BOD에 불과하

나 활성오니법의 경우 2.4 ~ 6.4 kwh/kg BOD가 되어 소비전력이 활성오니법에 비해 1/6 ~ 1/9에 불가함을 알수 있다. 또한 유지관리에 소요되는 전문기술자의 인건비를 고려하면 그 차이는 더욱 커진다.

(3) 운전관리가 용이하다.

회전원판법은 고정상 방식으로 BOD 제거에 필요한 생물오니의 대부분은 원판위에 부착되어 있어 활성오니법과 같이 오니의 반응이 불필요하다. 활성오니법의 폭기조에 해당하는 원판조의 MLSS 나 산기량의 조절이 불필요하다. 또 원판조내의 SS 농도는 통상유입 BOD의 30 ~ 50%가 된다. 유입수의 BOD 농도가 1,000mg/ℓ 일 경우 SS는 300 ~ 500mg/ℓ 이다. 이때 활성오니법의 2,000 ~ 5,000mg/ℓ 와 비교하여 보면 대단히 농도가 낮기 때문에 고액분리가 용이하고 오니의 Bulking 등 염려가 없다. 또 Maintenance도 급유 정도로 단순하여 유지관리가 대단히 용이하다.

(4) 침전조의 다목적 이용이 가능하다.

반송오니가 없어 고액분리에 응집처리를 병용해서 코로이드성 SS의 제거와 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> 제거를 동시에 행할수 있다.

(5) 오니 발생량이 비교적 적다.

회전원판법에 있어 잉여오니 발생량은 활성오니법의 50 ~ 60% 가량 발생하므로 오니 처리비가 적게 든다.

오니발생에 영향을 미치는 요인은 원수중의 SS 농도이다. 오니의 발생량을 산출할 경우 BOD 부하량만이 아니고 원수중의 SS 부하량도 함께 고려되어야 한다.

(6) 2차공해 즉 악취 기포의 비산 소음

유해한 곤충에 대한 환경오염이 없다. 회전원판법은 원판이 계속하여 오수와 공기중을 회전하므로 원판조에 곤충이 생기지 않는다. 또 소음 역시 회전원판 장치를 회전시키는 Motor 정도로 경음 대책이 필요없다.

(7) 고도처리가 용이하다.

초화 탈질등이 손쉽게 이루어진다.

### 3. 비용에 대한 비교검토

#### 3.1 시설에 대한 비교

여기서 일차로 활성오니법과의 비교를 하겠다. 그 이유는 한국의 모든 분야에서 이용되고 있는 것이 거의 활성오니법이기 때문이다.

##### (1) 일차처리시설

일차처리는 2개의 System이 유사하지만 회전원판법에서는 그다지 엄격한 수질의 처리를 요구하지는 않는다. 일차처리에서 요구되는 수질은 원판조에서 알아안을 정도로 무거운 물질이나 회전원판장치 사이에 끼어 막힐 가능성이 있는 물질정도만 제거하면 된다. 그 이외의 물질은 회전원판조를 통과한 후 2차침전조에서 제거될 것이다. 활성오니법에서 이러한 물질을 제거하지 않으면 이 물질은 폭기조를 통과하여, 최종 침전조에 침전된다. 이것은 다시 폭기조로 반송되어 폭기조에 점점 쌓이게 되어 폭기조는 점점 더 높은 MLSS를 요구하게 된다. 이같은 현상은 폭기조의 산기관에 문제점을 일으키는 것은 물론 이 높아진 MLSS를 교반(Agitation) 시키는데 많은 Energy가 더욱 요구되며 최종 침전지 역시 더 크게 되지 않으면 안된다.

##### (2) 원판조 및 폭기조의 비교

다음은 2개의 Process에 대하여 Tank의 크기에 대하여 비교하여 보자. 회전원판법의 경우 회전원판 장치의 크기에 따라 깊이가 1.5~3m되고 체류시간은 1시간 정도이다. 활성오니법에 있어서는 3~5m의 깊이에 체류시간이 4~6시간 정도이다. 이 두 System을 비교할때 소요면적이 1/2로 감소된다. 더욱 5m 직경의 경우 3.6m 직경에 비교하여 더욱 감소함을 알수 있다. 소요면적이 그렇게 중요하지 않은 폐수처리장도 있겠으나 한정된 면적에 폐수처리장을 설치한다면 지 기존폐수처리장을 확장한다고 할때 소요면적은 대단히 중요한 요인이 된다. 특히 사용할 수 있는 소요면적이 절대적으로 좁은도시나 공장의 폐수처리장에서는 더욱 심각한 Factor가 된다.

그러면 활성오니법에서 면적을 줄이기 위하

여 폭기조를 7m이상 깊게 되게 건설하면 실질적인 대안으로 채택하기는 어렵게 된다.

Tank의 용량이 적어지면 Tank 자체의 건설비가 싸게됨은 물론이고 저장되는 물량이 적으므로 무게 역시 대단히 감소하게 된다. 만일 Tank 밑에 Piling을 할경우 Pile비가 감소된다.

##### (3) Enclosure

활성오니법에서는 Enclosure을 덮지 않지만 회전원판법에서는 Enclosure나 집을 지어야 한다. 회전원판법의 추가비용 발생 요인이기는 하나 부과적인 이점으로서 미관상 좋고 폐수의 비산을 막아 2차 공해를 방지시키므로 비용발생만으로 돌릴수는 없다.

##### (4) 2차 침전조

회전원판법에서는 2차침전지로부터 Sludge를 반송시킬 필요가 없으므로 용량이 70%면 충분하다. 이 역시 건설비 Piling Cost 절감의 요인이 된다.

Sludge 농도에 대하여 살펴보면 활성오니법이 0.5~1%인데 반하여 회전원판법은 2.5~3%이다. 이것을 일차 침전지로 보낼때 일차와 이차의 합성 Sludge의 농도가 4~5%로 된다. Sludge의 발생무게는 활성오니법보다 10~20% 적게 된다.

이것은 Sludge 처리비 절감의 요인이 된다.

##### (5) 기타 Sludge 탈수시설

만일 Solid의 탈수를 위하여 농축조나 소화조를 사용한다면 이역시 시설비 절감의 요인이 된다. 또 소화조에서 이 Sludge를 가열하고 혼합할때 소요되는 에너지 역시 절약될 것이다.

### 3.2 에너지 비교

활성오니법에서 요구되는 Energy는 폭기기의 폐수혼합, 산소공급, 오니반송에 의하여 결정된다. 기타 1차처리 Sludge 처리시설에 요구되는 에너지등에 대하여 물량이 감소됨에 따라 소요되는 에너지 차이도 있겠으나 무시하기로 한다.

활성오니법에서 하수처리장의 경우 처리수량 1개론당 1 scf의 공기량이 필요하다. 이

표 4. 회전원판법의 소비동력

Inlet BOD mg/ℓ		Effluent BOD mg/ℓ		Hydraulic Loading gpd/ft <sup>2</sup> (Figure C-1)	Power Consumed hp/MGD (Figure C-5)
Total	Soluble	Total	Soluble		
300	150	30	15	1.5	17
250	125	30	15	1.9	14
200	100	30	15	2.3	12
150	75	22	11	2.6	11
100	50	15	7.5	3.0	10

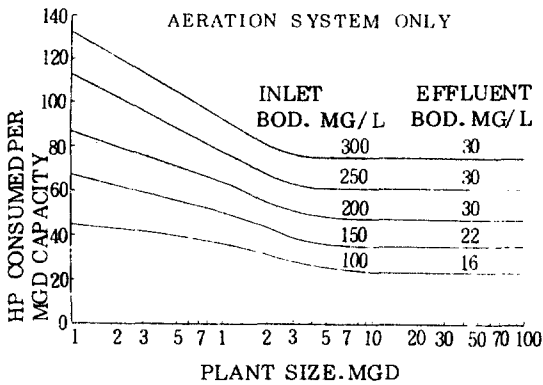


그림 7

때 산소 전달 효율은 5% 정도이다. 이것을 다른 방법으로 표시하면 3,100 lb air / Hr. MGD 또는 1,000 cf / 제거 BOD at 68 °F 6 psig 이며 이때 공급되는 산소량은 0.75 lb / 제거 BOD 1b 가 된다. 이를 위하여 상용되고 있는 Blower 의 효율은 일반적으로 60~70% 이나 대형의 경우 효율은 향상되고 소형일때는 효율이 떨어지고 있다.

아래 그림 7은 활성오니법의 조건 변화에 따른 에너지소비량을 나타내고 있고(단, 오니반

송 에너지 소요량이 포함되어 있지 않으나 이량은 폭기소요 동력의 10% 정도 소요된다)

표 4는 회전원판법의 동력 소요량이 나타나 있다.

위의 그림 7 과 표 4 를 정리하여 비교하여 보면 표 5 와 같다.

즉 대용량일때 64~80% 의 에너지가 절감됨을 알수 있다.

### 3.3 인건비

회전원판법의 유지관리에 있어 활성오니법에서와 같이 처리공정에 대한 고도의 관리기능이 요구되지 않고 단순히 회전원판장치회전여부, 주유정도의 판별기능 수준이면 충분하다. 다시 말하면 Sludge 의 년한이나 반송율의 결정, 수질분석이 요망되지 않아 이에 관련된 인력에 대한 유지관리비의 절감도 무시할 수 없다.

### 3.4 비교에 대한 종합 검토

일본의 하수처리장에서 활성오니법의 에너지 투입구성비 통계는 아래 표 6 과 같다. 이 표

표 5. 에너지 절감율(%)

조 건			소요전력(HP/MGD)		절 감 율	
유입 BOD (mg/ℓ)	유입 BOD (mg/ℓ)	수 량 (MGD)	회전원판법 (A)	활성오니법 (B)	$\frac{B-A}{B} \times 100(\%)$	$\frac{B-A}{A}$ (배)
100	15	10 이상	10	28	64	1.8
100	15	0.1	10	50	80	4.0
300	30	10 이상	17	83	80	3.9
300	30	0.1	17	174	90	9.2



표6. 활성오니법에 있어 Energy 투입구성비(%)

	항 목	관 리 비	수 처 리 비	오 니 처 리 비	소 계
전기수도비	전 력	3.9 ①	57.5 ②	7.6 ③	69.0
	수 도	0.2	0.	0.	0.2
연 료 비	중 유	1.7	0.6	0.	2.3
	백 등 유	0.2	0.	0.	0.2
	기 타	0.3	0.	0.	0.3
처리약품비	FeCl <sub>3</sub>	0.	0.	25.4 ③	25.4
	Lime	0.	0.	2.0 ③	2.
	염 소	0.	0.6	0.	0.6
총 계		6.3	58.7	35.	100

표7. 회전원판법의 에너지 투입구성비(%)

	항 목	관 리 비	수 처 리 비	오 니 처 리 비	소 계
전기수도비	전 력	2.0	11.5	6.5	20.
	수 도	0.2	0.	0.	0.2
연 료 비	중 유	1.7	0.6	0.	2.3
	백 등 유	0.2	0.	0.	0.2
	기 타	0.3	0.	0.	0.3
처리약품비	FeCl <sub>3</sub>	0.	0.	21.6	21.6
	Lime	0.	0.	1.7	1.7
	염 소	0.	0.6	0.	0.6
총 계		4.4	12.7	29.8	46.9

에서 회전원판법을 사용했을때 투입비의 비율을 계산하기 위하여 다음과 같이 가정하여 보면 표7과 같은 표가 된다.

“가 정”

- ①을 50%(인건비 절감율)
- ②을 80%(에너지 절감율)
- ③을 15%( Sludge 처리비 절감율)라 하

면, 결과를 볼 때 투입에너지가 50%로 절감됨을 알 수 있다. 물론 관리유지비를 산출하기 위하여 보수유지금을 비용 등 제반여건이 고려되어야 하겠으나 결과는 50~60% 선이 될것이다.

참고로 다른 생물학적 처리 비교표를 표8에 표시하였다(다음 호에 계속).

표 8. 생물학적처리의 종합비교

비교항목	방식	표준 활성오니법	이단 폭기 활성오니법	스 에어레이션	장시간폭기법	심층폭기법	회전원편법	점촉산화법	실수여상법 (프라스탁)	옥시데이션 체
1	시설 적 조건 기 설 면 적 기 설 수 심 시설간수위차 공간이용률	중 소 중 3 - 6 m	중 - 대 3 ~ 6 m 소 중	중 중 3 - 6 m 소 중	대 소 중 3 - 6 m	소 소 중 10 - 100 m	소 소 중 1.5 - 3 m	중 소 중 3 - 5 m	소 대 대 5 - 10 m	대 소 중 1 - 2 m
2	처리 성능 유입수농도(BOD) 부하변동 처리수질 이차처리 삼차처리 운전정지후의 회복 후 처리에 적용 응집처리 겨울철의 처리	100 - 500 불안정 양 호 적용불가능 정상기능을 발휘하는 테 시간이 많이 걸림 침전조기 필요 수온 10°C 이상 유지	500 - 2,000 약간 불안정 양 호 동 좌 동 좌 동 좌 동 좌	100 - 500 불안정 양 호 동 좌 동 좌 동 좌 동 좌	100 - 500 불안정 양 호 동 좌 동 좌 동 좌 동 좌	100 - 500 불안정 양 호 동 좌 동 좌 동 좌 동 좌	10 ~ 2,000 안정 양 호 양 호 효율은 다소 저하 된다. 정상기능의 발휘가 빠르다.	10 - 500 안정 양 호 동 좌 동 좌 동 좌 수온 10°C 이상 이면 처리 가능	10 - 1,000 안정 투시도 약간 나쁘다. 동 좌 동 좌 동 좌 동 좌	100 - 1,000 안정 약간 나쁘다 적용불가능 좌 침전조동 필요 좌
3	이차 공해 소음진동의 발생원 냄새	브로워등에 의한 소음 생물처리 특유의 냄새	동 좌 비 산	동 좌 동 좌	동 좌 동 좌	동 좌 동 좌	감속기박에 없거나 소음거의 없다 음	브로워등에 의한 소음대체 필요 음	로터등에 의한 소음대체 필요 음	로터등에 의한 소음대체 필요 음
4	운영 관리 장치 유지관리 유지관리의 난이도 산소 공급	복잡하다 대단히 높다 어렵다 산기식	복잡 좌 좌 좌 동 동 동 동	감 좌 좌 좌 좌 복 동 동 동 동	감 좌 좌 좌 좌 복 동 동 동 동	감 좌 좌 좌 좌 복 동 동 동 동	안정 산기식	안정 산기식	안정 산기식	안정 산기식
5	오수 생성 생물상	세균이 증가되 고 협소함 비교적 많다	동 좌 동 좌	동 좌 동 좌	동 좌 동 좌	동 좌 동 좌	세균, 미생물 광범위함 중간정도	동 좌 동 좌	동 좌 동 좌	세균주체 조급적이다
6	비용 초기 투자비 운영관리비	1 1	1.1 1	1 1	1.2 2	1.5 2	1.1 0.6	1.1 1	1.2 0.8	1 1.1