

회전원판법을 이용한 汚·廢水處理技術

1. 개요

일반적으로 산업공장 및 도시하수(下水) 등으로 부터 발생되는 오·폐수(汚廢水)의 처리는 일정한 크기의 폭기조(曝氣槽)를 사용하는 활성오니법(活性汚泥法)이 널리 적용되고 있다. 활성오니법은 적당한 영양분을 함유한 유기성(有機性) 폐수를 계속 공급하면서 폭기(曝氣-산소공급)하면 각종의 호기성(好機性) 미생물이 번식하게 되며 번식된 미생물에 의해 폐수중의 부유성(浮遊性), 콜로이드 상의 물질 및 용해성물질이 흡착, 산화되고 침전되게 하는 방법으로 폭기를 위하여 폐수중에 공기를 강제 투입시키기 위한 전력에너지가 다량소비된다.

회전 원판법은 활성오니법과 같이 미생물을 배양하여 오·폐수를 처리하는 방법은 비슷하나 미생물을 배양하기 위한 공기공급방법이 전력소비가 많은 강제공기 공급방식과는 달리 특수재질로 제작된 회전 원판을 구동시켜 공기를 접촉시키도록 되어있다.

즉 자연계의 미생물군을 회전원판의 표면에 번식시켜 이 미생물이 오폐수 중에 함유되어 있는 유기물을 산화, 분해시켜 정화하는 생물학적 처리방법으로서 활성오니법이 다량의 오니를 이동시키는데 반하여 회전 원판법은 원판체에 형성된 생물막을 40%정도 오·폐수중에 침적시킨 상태에서 천천히 회전시켜 오·폐수중의 BOD, COD의 제거 및 N₂ 등의 오탁물을 흡수하여 생물을 분

해시키는 처리 장치이다.

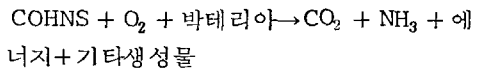
따라서 이 방법은 기존의 활성오니법에 비해 전력소비량이 대폭 감소되고 오·폐수처리 효과도 큰 것으로 나타나 이미 선진국에서는 '70년대 초부터 보급이 활발히 진행되어 현재 일본에 약 2300 개소, 미국 및 캐나다 지역에 약 2,950 개소에 설치되어 있으며 우리나라에서도 현재까지 약 10 여개소에 설치되어 많은 효과를 거두고 있는 것으로 알려져 있다.

2. 회전 원판법의 기본원리 및 구조

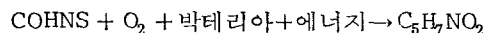
가. BOD의 제거 원리

호기성 생물처리에 따른 BOD의 제거는 미생물이 공기나 물에 포함되어 있는 산소를 이용하여 오·폐수중의 탄수화물, 지방, 단백질 등의 유기물을 <그림-1>에서 보는 바와 같이 탄산가스와 물로 분해시킨다.

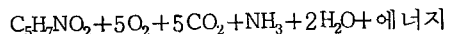
○ 유기물의 산화



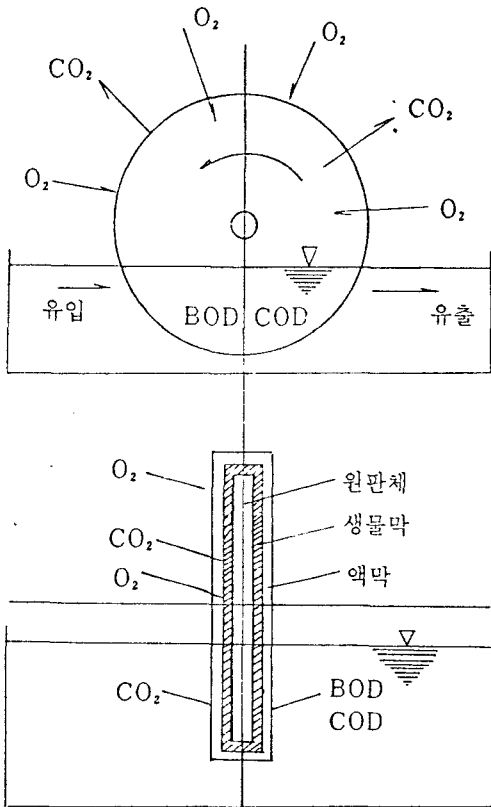
○ 세포질의 형성(오니 생성)



○ 세포질의 산화(자기산화)



위에서 보는바와 같이 BOD의 제거를 위하여 많은 산소가 요구되고 있다.



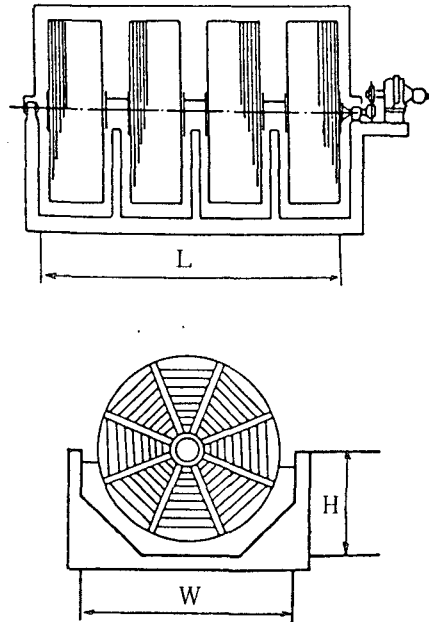
〈그림 - 1〉 회전 원판에 의한 B.O.D의 제거
나. 회전원판의 구조

회전원판의 구조는 〈그림 - 2〉에서 보는 바와 같이 견고하고 얇은 다수의 원판을 중심축에 고정시키고 이 원판의 40%정도를 폐수중에 침적시켜 서서히 회전시킴으로서 원판이 폐수와 공기층을 번갈아 가며 접촉하게 된다.

원판은 고밀도 폴리에틸렌 판을 동심원(同心圓) 모양으로한 주름진 형태로서 이 동심원 모양의 요철은 통로를 형성하여 폐수, 공기 및 탈리(脫離)된 미생물들이 쉽게 원판에 접촉하거나 이동하도록 제조되어 있으며 또한 이 굴곡된 형태가 교반작용을 상승시켜 슬러지의 침전을 예방하도록 설계, 제조되어 있다.

3. 회전원판법의 특징

회전원판법은 원판의 표면에 자연번식한 미생



〈그림 - 2〉 회전원판의 구조

물이 오·폐수내의 유기물을 산화 분해시켜 정화하는 방법으로 그 특징을 살펴보면 다음과 같다.
가. 관리가 용이하다.

회전원판의 표면에 오·폐수의 부하에 적합한 미생물이 자연히 번식하므로서 종균(種菌)이 되는 오니의 투입이 필요없고 또한 운전중의 오니를 반송시킬 필요가 없으며 벌킹(Bulking) 현상도 일어나지 않는다. 따라서 고도의 운전관리 기술과 전문적인 지식이 없어도 관리가 용이하다.

※ 벌킹현상: 실(絲)형의 미생물(사상균)이 과도하게 번식하여 침전조에서 분리되지 않는 상태의 잉여슬러지가 생성되는 현상
나. 운전 동력이 적어 전력에너지가 절약된다.

활성오니법에서 큰 동력이 요구되고 있는 폭기용 블로우어와 오니반송펌프등이 필요없고 회전원판을 구동하는 소형의 모터 뿐이므로 동력비가 표준 활성법에 비해 대폭 저하된다.

다. 오·폐수의 부하변동에 강하다.

원판표면에 다종다양한 미생물이 자연부착, 생

육하고 있으므로 수질의 변동, 유입수량의 변동에 미생물이 순응하므로서 항상 안정된 처리수를 얻을 수 있다.

라. 발생오니가 적어 처리비가 절약된다.

발생되는 오니가 활성오니법에 비해 1/2정도이므로 오니처리비가 적게 들고 오니의 탈수성이 좋아 오니의 처리가 용이하다.

마. 고도처리가 용이하다.

BOD, COD제거가 가능할 뿐 아니라 초화(硝化), 탈질(脫窒) 등의 고도처리가 용이하다.

바. 고농도로부터 저농도까지 광범위하게 처리

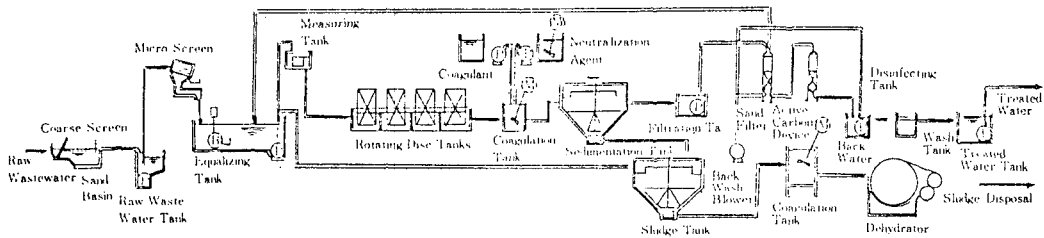
비교할 때 에너지 절감율이 70%이상으로 나타나 절약효과는 매우 큰 것으로 판단된다.

4. 처리공정도

〈그림-3〉은 산업공정에서 발생되는 폐수의 처리공정을 보여주고 있다.

5. 에너지절약 효과

회전원판법의 설치에 따른 에너지 절약효과는 미국의 환경청(E.P.A)에서 발표한 도시 종말처리장에서의 활성오니법에 의한 처리방법과 회전원판법에 의한 처리방법을 각각 전력사용원단위 비교로 나타낸 도표를 인용한다.



〈그림-3〉 산업공정에서 배출되는 폐수의 처리 과정

가 가능하다.

사. 악취, 기포의 비산 소음등 2차공해가 발생되지 않는다.

야. 최종 침전조에서 응집제를 사용할 수 있다.

오니를 반송시킬 필요가 없으므로 최종 침전조에서 응집제를 사용하여 응집시킬 수 있으므로 별도의 응집침전조를 만들 필요가 없다.

〈표-1〉 유출 BOD에 따른 원단위 비교

유출 BOD (mg/l)	소요에너지 (HP/MGD)		에너지절감율 (%) $\frac{B-A}{B} \times 100$
	회전원판법 (A)	활성오니법 (B)	
20	13	44	70
30	9.8	40	76

자료 : 미국 환경청 발간 MCD-32

위 표를 참조하면 회전원판법은 활성오니법과

〈표-2〉 유량에 따른 원단위 비교

유량 (MGD)	소요에너지 (HP/MGD)		에너지절감율 (%) $\frac{B-A}{B} \times 100$
	회전원판법 (A)	활성오니법 (B)	
10 이상	10	40	75
0 ~ 10	10	70 ~ 40	86 ~ 75

자료 : 미국 환경청 발간 MCD - 32

6. 적용분야

- 산업폐수 : 제지펄프 폐수, 섬유염색폐수, 화학공장폐수, 식품가공폐수, 수산가공폐수 등
- 고농도폐수 : 유업, 주조폐수, 식용유, 수산가공폐수, 농업축산가공폐수, 화학약품제조, 도장폐수, 크리닝폐수 등
- 생활폐수 : 주택단지, 학교, 호텔, 병원 등
- 도시하수분뇨 : 도시하수종말처리장, 분뇨종말처리장

— 시설변경 내용

구 분	기 존 시 설	변 경 시 설	비 고
유입시설	수로 및 기계 설비등의 손상과 폐쇄를 방지하기 위해 스크리닝 및 오일을 제거	좌 동	변경없음
유량조정시설	수질과 수량의 균등화를 위한 유량조정 시설	좌 동	〃
폭기시설	일정량씩 공급되는 폐수에 공기를 강제투입	회전하는 원판에 미생물을 접촉시켜 오·폐수와 접촉케 하는 회전원판법 채택	시설변경
침전시설	형성된 침전물을 중력에 의해 침전	회전원판으로부터 박리된 슬러지 침전	변경없음
소포시설	폐수의 폭기로 인해 발생하는 거품소모	—	시설폐쇄
오니반송	미생물의 농도를 유지키 위해 발생 슬러지의 일부를 휘드 백	—	〃

7. 적용사례

(본 사례는 현재 세부 설계후 시설투자를 검토 중인 것으로 국내설비제작업체의 자료를 인용한 것임)

가. 기존 폐수처리 시설을 회전원판법으로 교체

- 업체명 : 경북소재 K섬유회사
- 배경 및 목적

폴리에스터 감광가공시 발생하는 에틸렌 글리콜과 T.P.A가 주된 오염원으로 배출되는 염색 폐수의 효율적인 처리와 폐수처리장의 전력비 및 운영관리비의 절감등을 목적으로 기존의 활성오니법에 의한 폐수처리시설을 회전원판법으로 교

— 폐수처리장 구조물

체

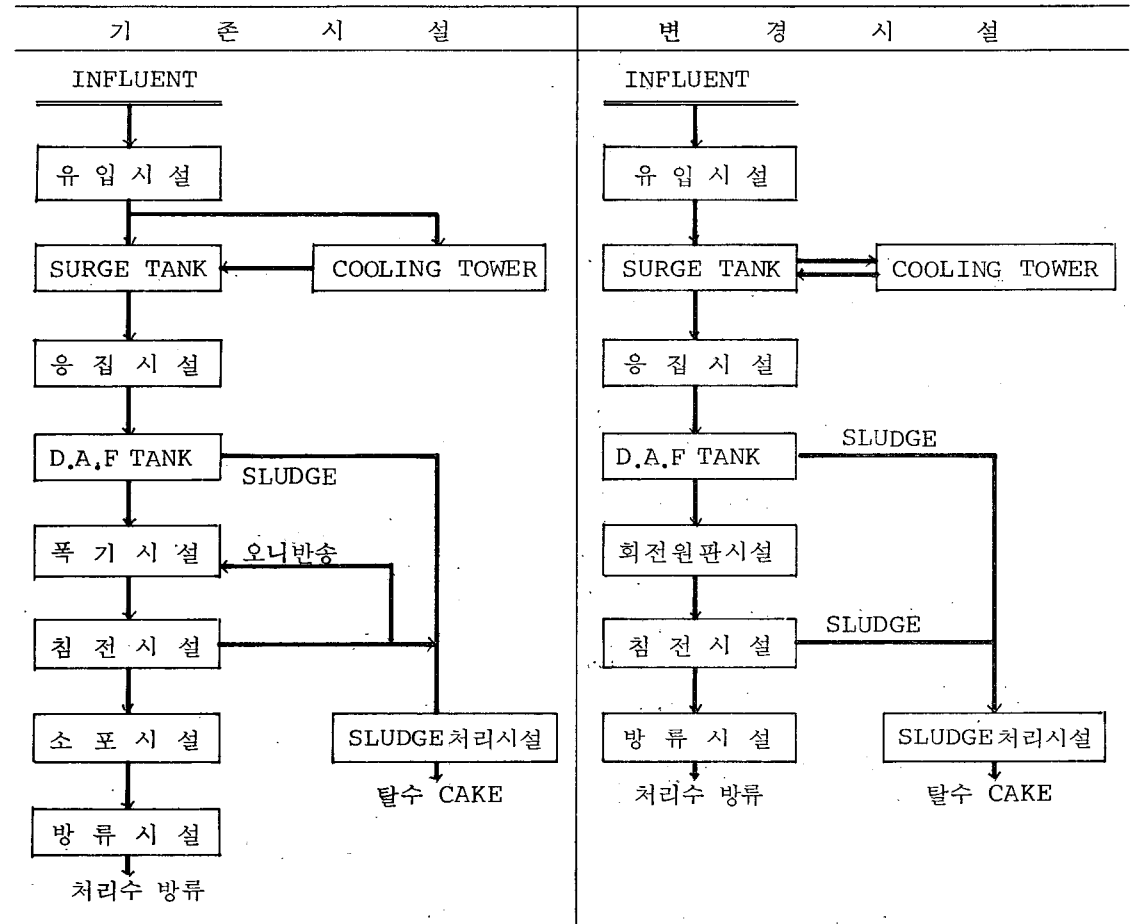
○ 설치전후 비교

— 처리량 및 수질조건

구 분	유입수	전처리수	처리수	처리기준
유량(M ³ /D)	1,500	1,500	1,500	-
B.O.D(MG/L)	2,500	600	70	150 이하
C.O.D(MG/L)	1,000	600	70	〃
P.H	11~12	6-8	6-8	5.8~8.6
온도(°C)	45°C	30°C이하	30°C이하	40°C이하

※ 처리기준 : 환경보적법 제 14조 “별표 6”

기 존 시 설			변 경 시 설			비 고
설 비 명	수량	용 량	설 비 명	수량	용 량	
유입수 탱크	1	250M ³	유입수 탱크	1	250M ³	1,500M ³ /일 기준 기존시설의 폭기조를 개수하여 사용
폭 기 조	4	1,050M ³	회 전 원 판	2	200M ³	
D.A.F탱크	1	40M ³	D.A.F탱크	1	40M ³	기존 설비 사용
침 전 조	1	130M ³	침 전 조	1	130M ³	〃
슬러지 탱크	1	200M ³	슬러지 탱크	1	200M ³	〃



— 운전설비

기 존 설 비				변 경 설 비			
설 비 명	수 량	용 량	비 고	설 비 명	수 량	용 량	비 고
○ 원심 펌프류							
· 슬러지 이송펌프	2	7.5Kw	1 대예비				철 거
· 스프레이 펌프	2	3.75Kw	"				"
○ 폭기시설							
· 로타리 블로우어	2	22KW	1 대예비	회전원판	2	3.7 Kw	
· 에어레이타(A)	2	22Kw		로타리 블로우어	2	7.5 Kw	1 대예비
· " (B)	3	11Kw					

○ 투자 경제성 검토

— 투자비 : 회전원판 시스템 설치비 약 25,000 만원 (본체, 공사비, 기타 잡비 등)

— 절감량 및 금액

· 전력비 절감
· 전력절감량 : 1,939 Kwh/일 → 698,040

Kwh / 년

· 절감금액 : 32.8 백만원 / 년

산출내역

〈 설치 전후 전력사용량 비교〉

(기존시설)

구 분	수량	예비	사용	용 량	사용시간	부하율	총 전력 사용량
슬러지 회수펌프	2	1	1	7.5 Kw	24 시간 / 일	0.8	144 Kwh / 일
스프레이 펌프	2	1	1	3.75 "	"	"	72 "
로타리 블로우어	2	1	1	22 "	"	"	422 "
에어레이터	2	-	2	22 "	"	"	844 "
"	3	-	3	11 "	"	"	633 "
계							2,115 "

(변경시설)

구 분	수량	예비	사용	용 량	사용시간	부하율	총 전력 사용량
회전원판시스템	2	-	2	3.7 Kw	24 시간 / 일	0.4	71 Kwh / 일
로타리 블로우어	2	1	1	5.5 Kw	"	0.8	105 "
계							176

· 전력절감량 : $(2115 - 176) \text{ Kwh} / \text{일} \times 360 \text{ 일} / \text{년} = 698,040 \text{ Kwh} / \text{년}$

· 절감금액 : $698,040 \text{ Kwh} / \text{년} \times 47 \text{ 원} / \text{Kwh} \approx 32.8 \text{ 백만원} / \text{년}$

· 슬러지 처리비 절감

· 절감금액 : 16.2 백만원 / 년

산출내역

(기존시설)

· 계산기준 (개선전후 조건비교)

구 분	단 위	기존시설	변경시설
유입폐수량	M ³ / 일	1,500	1,500
슬러지 발생율	%	75	20
본처리시설 유입 BOD	MG / L	600	600
처리수 BOD	"	70	70
침전슬러지 농도	"	8,000	8,000
슬러지 함수율	%	98	99
농축 슬러지 함수율	"	98	98
탈수 케이크 함수율	"	70	70

· 슬러지 발생량

$$1,500 \text{ M}^3 / \text{일} \times (600 - 70) \text{ MG} / \text{L} \times 10^{-3} \times$$

$$0.7 \times 1 / 8,000 \times 10^{-3} = 70 \text{ M}^3 / \text{일}$$

· 농축 슬러지량

$$70 \text{ M}^3 / \text{일} \times \frac{100 - 99}{100 - 98} = 35 \text{ M}^3 / \text{일}$$

· 탈수 케이크량

$$35 \text{ M}^3 / \text{일} \times \frac{100 - 98}{100 - 70} = 2.4 \text{ 톤} / \text{일}$$

· 탈수 케이크 처리비

$$2.4 \text{ 톤} / \text{일} \times 26,000 \text{ 원} / \text{일} = 62,400 \text{ 원} / \text{일}$$

(→ 22,464 천원 / 년)

(변경시설)

· 슬러지 발생량

$$1,500 \text{ M}^3 / \text{일} \times (600 - 70) \text{ MG} / \text{L} \times 10^{-3} \times$$

$$0.2 \times 1 / 8,000 \times 10^{-3} = 20 \text{ M}^3 / \text{일}$$

· 농축슬러지량

$$20 \text{ M}^3 / \text{일} \times \frac{100 - 99}{100 - 98} = 10 \text{ M}^3 / \text{일}$$

· 탈수 케이크량

$$10 \text{ M}^3 / \text{일} \times \frac{100 - 98}{100 - 70} = 0.67 \text{ 톤} / \text{일}$$

- 탈수 케이크 처리비
 $0.67 \text{ 톤/일} \times 26,000 \text{ 원/톤} = 17,420 \text{ 원/일}$
 (→ 6,271 천원/년)
- 슬러지 처리비 절감액
 $22,464 - 6,271 = 16.2 \text{ 백만원/년}$
- 총 절감액 : 49 백만원/년 (인건비등의 절감액은 제외)
 - 투자비 회수기간 : 5.1년

나. 회전원판법으로 폐수처리 설비 신설

- 업체명 : 경기도 안산소재 H사
- 폐수 종류 : 피혁 제조폐수
- 설계조건

구 분	단 위	처리전	처리후	허용기준
폐수량	M ³ /일	600	600	
P.H		9 - 12	5.8~8.6	5.8~8.6
BOD	MG/L	1,500	70	150
COD	"	1,050	90	150
SS	"	1,800	80	150
N-Hexane	"	280	20	30
Cr ⁺³	"	15	Trace	2
			(극소)	
대장균수	MPN/ 100ML	20,000	1,000	3,000

○ 소요면적

(단위 : M²)

항 목	회전원판법	활성오니법	비 고
서어지 탱크	100	100	
일차 침전조	20	20	
회전 원판탱크	38	-	
공기투입 (Aeration) 탱크	-	150	
유출(Effluent) 탱크	10	10	
고농도화탱크 (Thickner)	13	19	
슬러지 탱크	26	38	
기 타	84	167	관리실등
계	291	504	

○ 경제성 검토(활성오니법과 비교)

- 시설 투자비

(단위 : 천원)

구 분	회전원판법	활성오니법	비 고
토목공사	46,800	79,700	
기계공사 (회전원판제 작설치) (유입시설) (원심펌프및 약품펌프) (교반기및스 크레퍼) (폭기시설) (탈수기및기 타시설) (인건비)	127,800	---	
	7,500	7,500	
	10,760	13,920	
	11,190	12,390	
	2,800	8,100	
	38,170	53,170	
	1,500	2,600	
배관공사	7,500	14,156	
전기공사	6,000	9,000	
기 타	42,980	43,414	철구조물공 사, 시운전 비용등
계	303,000	243,950	회전원판 법이 24% 많음

- 연간 유지관리비

(단위 : 천원)

항 목	회전원판법	활성오니법	비 고
전 력 비	25,200	54,300	
약 품 비	42,000	42,000	
탈수케이크 처 리비	39,600	42,000	
유지 관리비	7,800	42,000	인건비포함
계	114,600	180,300	회전원판법이 년간 66 백만 원 절약

- 투자경제성 : 회전원판법으로 신설시 최초투
비가 활성오니법에 비하여 약 6,200 만원이 더 소
요되나, 연간 유지관리비가 약 6,600 만원이 적
게 소요되어 추가 투자비는 1년 이내에 회수할

수 있는 것으로 판단됨.

8. 회전원판법으로의 시설투자시 고려사항

회전원판법에 의한 오·폐수 처리기술은 1960년대 최초 서독에서 연구개발되었으나 1970년경 미국에서 실용화 보급되었고 일본도 1970년초에 보급이 시작되었다. 우리나라는 최근에 이르러서야 국내 제작업체에 의해 제작된 설비가 일부 산업체 등에 보급되고 있어 선진국에 비해 매우 늦은감이 있다.

따라서 회전원판법의 적용효과 분석이 다소 어려울뿐 아니라 이의 설치운영에 따라 나타나는 문제점과 대책등을 정확히 파악하기는 곤란하다.

※ 주요시설 투자내용 비교

시 설 명	회 전 원 판 법	활 성 오 니 법
슬러지 펌프 (수중)	100A×1.2M ³ /MIN×2.75 Kw×2대	좌 동
슬러지 리턴펌프 (수중)	-	100A×1.2M ³ /MIN×5.5KW×2대
스프레이 펌프 (자흡수)	-	80A×0.5M ³ /MIN×3.75Kw×1대
백워시 (Back Wash) 펌프	50A×40A×6.2M ³ /MIN×5.5Kw×1대	좌 동
로타리 블로우어	100A×7.41M ³ /MIN×7.5Kw×1대	좌 동
로타리 블로우어	-	125A×20M ³ /MIN×30Kw×2대
슬러지 스크래퍼	1 ~ 3M ³ /MIN×1.5Kw×2대	좌 동
회전원판운전시설	2.5RPM×5.5Kw×1대	-
다하이드레이터 (Dahydrator)	-	6~15M ³ /HR×1.5Kw×1대

그러나 지금까지 국내에 설치된 업체로부터 알려진 문제점과 투자시 고려사항은 다음과 같은 것들이 있다.

가. 최초투자비가 고가이다.

이미 앞에서 언급한 바와같이 회전원판법으로서의 시설투자는 활성오니법에 비하여 투자비가

높은 편이다. 특히 기존 활성오니법에 의한 폐수 처리 시설을 회전 원판법으로 변경할 때에는 투자비 회수기간이 5년이상으로 경제성이 다소 낮은감이 있다. 그러나 폐수처리장의 신축시 처음부터 회전원판법으로 시공한다면 시설투자비 자체가 적게들어 그만큼 경제성은 좋아지게 되므로 이를 고려하여 시공할 필요가 있다.

나. 우수시공업체의 선정

국내에 설치된 회전원판시설의 일부가 회전축 (샤프트)이 부러지는 경우가 간혹 있는것으로 알려져 있다. 회전축이 부러지게 되면 시설을 사용할 수 없으므로 극단의 경우에는 공장가동을 중지해야 하는 결과를 초래하게 된다.

따라서 수요자는 최초 계획단계에서부터 신뢰성이 있고 기술이 축적되어 있으며 국내 시공경험이 많은 우수시공업체를 선정해야 하며 선정된 시공업체가 시공한 타 시설을 확인하고 그 결과에 따라 최종 결정을 내려야 할 필요가 있다. *

< 에너지관리공단 제공 >

♣ 환경속에 사는 우리
보전하고 보호받자. ♣