

# 침지형 막분리 공법

## Dong Guk Submerged Type Membrane System



장 정 호

동국환경(주)대표이사  
 (www.donggukenv.co.kr)

### 목 차

- I. 개요
- II. 침지형 중공사막의 특징
- III. 침지형 중공사막의 오·폐수 처리요율
- IV. 침지형 중공사막의 경제성 및 영양염류(N,P)제거
- V. 침지형 중공사막의 유지관리
- VI. 분리막의 설계 계산 사항
- VII. TEST DATA

### 1. 개요

우리나라가 당면하고 있는 물 문제는 쓸 수 있는 용수 즉, 공업용수, 농업용수, 음용수등 질적으로 사용가능한 용수가 얼마나 풍부한가에 있다.

현시점에 각 하천 분류 지류의 오염으로 니름대로의 효용가치를 잃었으며, 이것은 오·폐수의 처리방법, 규제 의 한계 등 복합적인 요인으로 작용하고 있다 할 것이 다.

중소규모의 오수·폐수처리 시설이 물리, 화학, 생물학 적 처리로서의 한계점이 있어 요구수질에 충족하지 못 하는 결론에 도달하게 된다.

여기에서 우리가 해결해야할 중요한 과제가 있으며, 이 에 폐사의 막분리 기술로 고도 처리의 가능성에 접근하 고자 하였다.

특히, 오·폐수 처리에 가장 적합하며 Compact한 기술 이 침지식 막분리 공법이라 할 수 있겠다.

동국환경(주)의 DGSM 침지식 막분리 공법은 분리막 의 세공크기가 0.1~0.4 $\mu$ m로써 오·폐수중에 존재하는 처리대상 물질인 SS, 미생물등을 거의 완벽하게 분리제 거 할 수 있는 고도의 막분리 공정이며, 종래의 U/F 공 정의 IN→OUT 방법에서 OUT→IN 방식으로 개선 응 용하였다.

DGSM 공법은 중수 재활용으로 무방류 SYSTEM을

실현 가능케 하였으며, 활성오니법의 2차 침전조를 완전히 배제하여 직접 침지하여 흡인하는 SYSTEM이므로 폭기조의 Bulking등 미생물 이상현상에 대한 침강불량 등의 문제점을 해결하여 SS "ZERO" 개념을 실현 하였다.

21C 수처리기술은 막분리 기술로 보아도 무리는 아닐 것이며, 2000년대의 물 부족 현상, 배출수 규제강화에 대응하기 위하여 고도처리 환경 친화적인 막분리 기술이 수처리 분야의 핵심으로 자리 잡을 것을 확신하며, 폐사의 DGSM 공법의 개발로 인한 고가의 분리막이 최종 소비자의 경제적 부담을 줄이고, 친환경적이며, 시공이 간편한 수처리 모델로 정착되기를 기대한다.

## 2. 침지형 중공사막의 특징

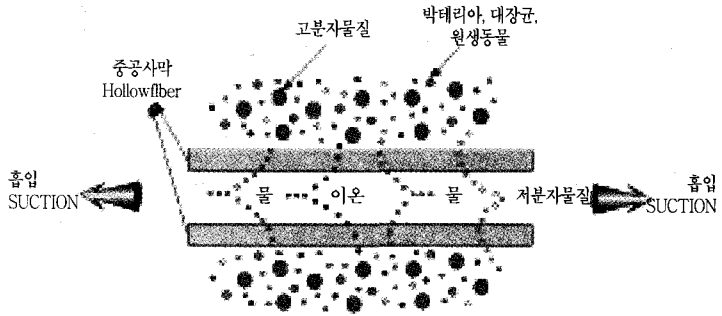
DGSM 공법은 Polyethylene 재질의 다공성 중공사로 이루어진 Screen 형상의 Module을 활성오니(폭기조)조에 침적하여 자흡식 Pump로 흡인하여 침전법에서 구현하기 어려운 고액분리를 완벽하게 수행하도록 하였다.

중공사 표면은 친수성으로 Coating하여 우수한 내오염성과 내구성을 보여주고 있으며, 최적의 분획특성을 갖도록 막소재, 막의 형상, 기공구조 등을 특성화하였다.

UF등과 같이 Filtering 방식인 IN→OUT에서 OUT→IN 방식이므로 폭기조내에 Module 전체를 침적하여 흡인하는 방식이 가능하여졌으며, Module 세정의 일환으로 기존 폭기조 Blower Air Line를 이용하여 Air로 세정하므로써 별도의 기계설비가 필요없는 특징이 있다. 특히, 중공사 공경이 0.1~0.4 $\mu$ m로 제작되었으며, 활성오니 입자 0.5~15 $\mu$ m와 대장균 및 일반세균 0.5~2 $\mu$ m

으로 분포하고있어 SS와 대장균 및 일반세균도 거의 제거되어 중수 재이용이 가능하여졌다.

### ◆ 중공사막의 물질투과 원리



### ◆ 막분리 기술과 분리막

막분리법	막구조(막형태)	분리대상	조작압력(MPa)
정밀여과법 (Microfiltration)	균질막(FS, HF) 비대칭막(FS, HF)	입경 0.025~10 $\mu$ m	감압~0.2
한외여과법 (Ultrafiltration)	비대칭막 (FS, HF, T)	분획분자량 1,000~300,000Da	감압~0.5
나노여과법 (Nanofiltration)	복합막(FS)	분획분자량 350~1,000Da	0.5~2
역삼투여과법 (Reverse Osmosis)	균질막(HF) 비대칭막(FS, T) 복합막(FS)	염류~분획분자량 350Da (서당)	4~10
Pervaporation법	균질막(FS, HF) 복합막(FS)	유기용매	감압 가스스위프

(주) FS : 평막, HF : 중공사막(캐필러리막을 포함), T : 관모양 막(멀티타입을 포함)

### ◆ 물속에 함유되어 있는 부유물질의 크기

종류	크기( $\mu$ m)
색 도 Color	0.001 ~ 0.001
콜로이드 Colloid	0.001 ~ 1.0
바이러스 Virus	0.01 ~ 0.1
박테리아 Bacteria	0.8 ~ 5.0
균 류 Fungi	5.0 ~ 10
조 류 Algae	1.0 ~ 100
원생동물 Protozoa	10 ~ 100

(주) 활성오니 입자 분포는 0.5 ~ 15 $\mu$ m 사이에 거의 분포하고 있음

◆ 각종 분리막의 공경

1Å	2	5	10Å	20	50	100Å	200	500	1,000Å	2,000	5,000	1μm	2	5	10μm
	H <sub>2</sub> (2.3) O <sub>2</sub> (2.9) CO(3.1) H <sub>2</sub> O(3.4)		Cl <sup>-</sup> OH <sup>-</sup> H <sup>+</sup> Na <sup>+</sup> Ca <sup>2+</sup>	서당 난백알부민			바이러스	실리카 카이드		기름에 분산	라텍스		대장균	포도상구균	
정밀여과 (MF)															
한외여과 (UF)															
기체분리/액체분리 역삼투 (RO)															
투석막 ED															
한외여과막 UF															
정밀여과막 MF															
기체분리막															
역삼투막 RO															
이온교환막 IEM															
Precoat Filter															
Precoat															

3. 침지형 중공사막의 오·폐수처리 효율

◆ 생활 오수처리 효율

	유입수	처리수	제거율 (%)
BOD (mg/l)	250	2	99.2
COD (mg/l)	230	4	98.3
SS (mg/l)	120	1	99.2

◆ 식품 폐수처리 효율

	유입수	처리수	제거율 (%)
BOD (mg/l)	2200	65	99.7
COD (mg/l)	740	16	97.8
SS (mg/l)	550	1	99.8

4. 침지형 중공사막의 경제성 및 영양염류(N,P) 제거

침지형 중공사막은 폭기조에 직접 중공사막 UNIT를 침적, PUMP로 흡인하여 방류 및 재이용하므로 최종 침전지가 필요하지 않으며, MLSS 농도를 5,000mg/l ~

10,000mg/l 로 고부하 운전이 가능하여 폭기조 용량이 20~30% 작아진다.

근래에 T-N, T-P의 규제가 강화되고 확대되어 영양염류 제거 SYSTEM 적용이 필요한곳에는 AO, A2O공법등과 연계하여 운전하면 항상 안정적인 처리수질을 보장 가능하다.

기타 침지식막은 오·폐수처리 분야 및 산업전반의 수질향상에 응용 가능성이 무한히 넓다.

5. 침지형 중공사막의 유지관리

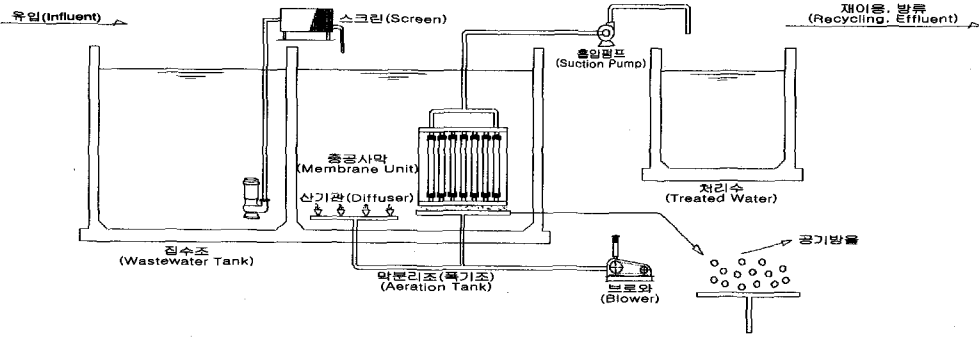
◆ 흡인 차압

초기 운전에는 거의 차압이 생성되지 않고 Flux량도 충분하나, 시간이 경과하면 차츰 차압계가 서서히 올라간다.

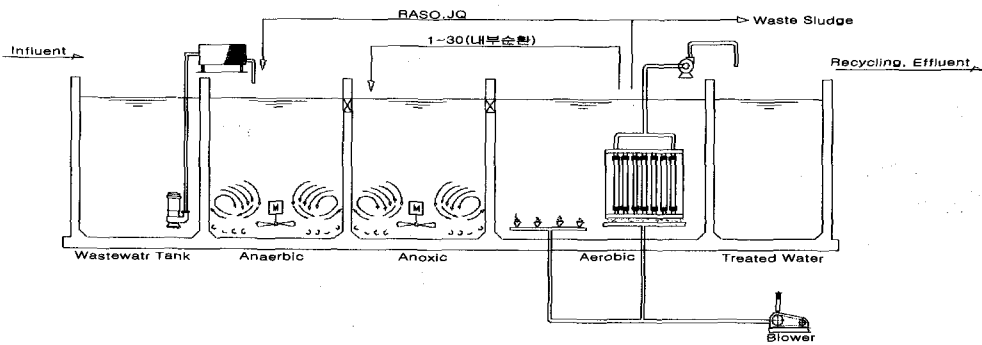
일반적으로 20cmHg에서 운전되며 지극히 정상적인 FLUX이 지속적으로 유지된다.

수주 내지 수개월(운전조건에 따라) 운전후에 차압이 40cmHg 이상이거나 흡인량이 현저히 떨어졌을 경우 침지식 Module을 들어올려 간단한 물 세척으로 중공사

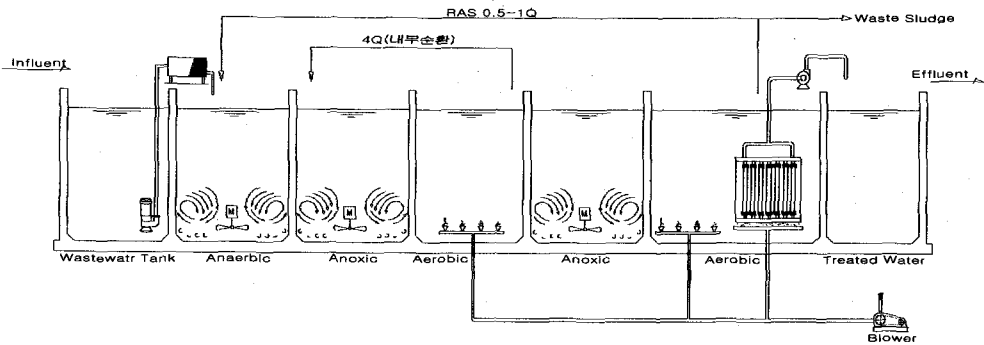
◆ DGSM (Dong Guk Submerged Type Membrane System)의 구성 및 응용



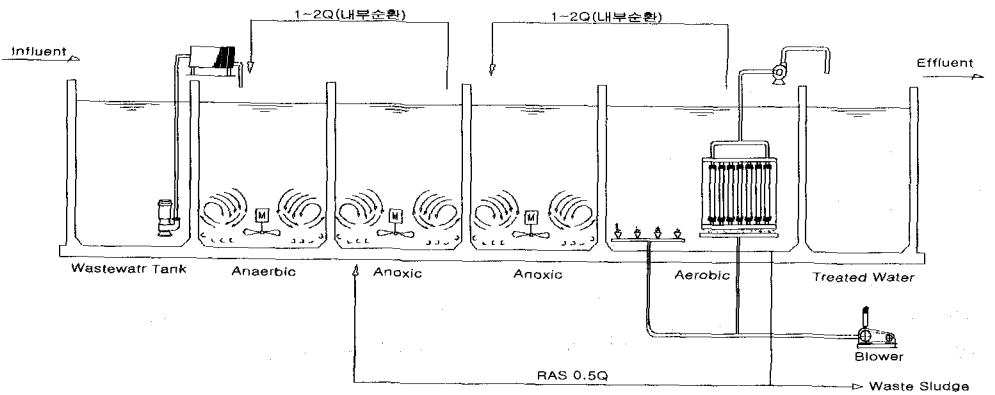
<Flow Sheet I> 활성오니법 + 침지식 분리막 공법



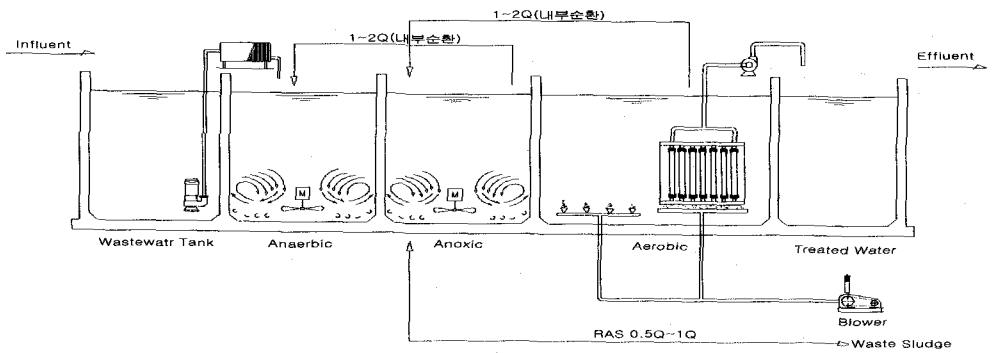
<Flow Sheet II> A2O 공정 + 침지식 분리막 공법



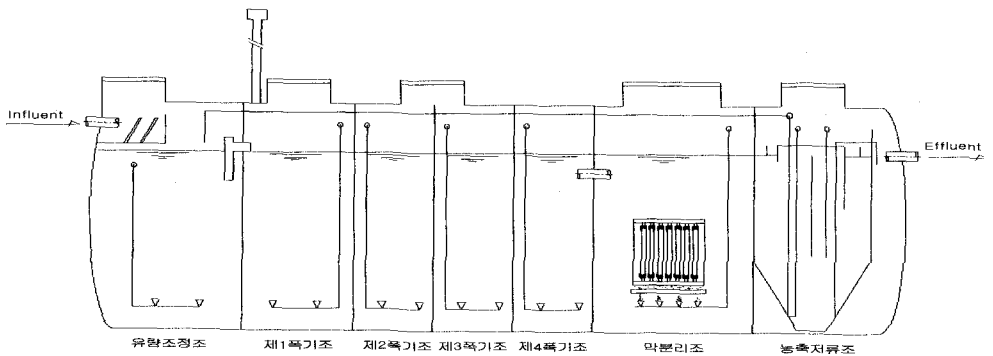
<Flow Sheet III> Bardenpho 공법 + 침지식 분리막 공법



〈Flow Sheet IV〉 UCT Process 공정 + 침지식 분리막 공법



〈Flow Sheet V〉 VIP 공정



〈Flow Sheet VI〉 합병정화조 + 침지식 분리막 공법

사이에 끼어있는 오니를 제거하고 Module 주변을 깨끗이 청소후 침지하여 정상 운전을 한다.

이후 빠른 시일내에 다시 FOULING이 생길때는 약품 세정을 실시하여 재운전에 들어간다.

#### ◆ 간헐 운전

분리막을 쉬는 시간없이 계속해서 운전하면 막 표면에 오염물질이 축적되어 FLUX이 줄어들며 연속적인 운전이 불가능하게 된다.

타이머에 의한 운전과 휴식을 반복한다.

흡입운전 15~20분에 휴식 1~2분을 현장조건에 따라 임의적으로 선택하여 자동운전을 행한다.

#### ◆ 흡인 펌프와 Air 세정

흡인펌프는 청수자흡식 펌프(Mechanical Seal Type)을 선정하여 예비 펌프를 포함한 2대1조로 구성한다.

비 자흡식 펌프 사용시 운전조작상에 난해도가 있으며 배관내의 Air 배출시 어려움이 있으므로 펌프선정에 유의하여야 한다.

세정 Air는 별도의 Blower를 선정할 필요없이 폭기조 공급 Air 배관에 분리막 Air라인을 결속하여 투입하며 밸브를 통하여 세정공기량의 강, 약을 조정하여 세정한다.

#### ◆ 약품 세정

간헐 운전과 Air 세정을 실시함에도 불구하고, 오랜시간 운전과 운전상의 오류로(과다한 흡입) 막의 폐색이 와서 차압이 계속 상승(40cmHg이상)하고 흡인량이 시간이 흐를수록 차차 줄어들 때에 화학 세정을 실시한다.

① 먼저 막 UNIT를 끌어올려 1차적으로 깨끗한 물로 Membrane Module에 오염되어 있는 오니류 및 기타 협잡물을 씻어 낸다.

② 약품 세정조에 [가성소다(NaOH 2~5%)-무기물

에의한 오염] 또는 [차아염소산나트륨(NaClO 0.5%)-유기물에의한 오염]을 막 UNIT가 잠길수 있는 충분한 양을 충만한다.

③ 1~2시간 침적후 증공사 표면에 침적된 오니 및 오염 물질의 세정 상태가 양호할 때 세정을 중단하고 막분리조의 제자리에 삽입한후 정상 운전으로 들어간다.

④ 여러 SET의 막 UNIT가 시공된 경우에는 수일에 나누어 약품 세정을 하며, 긴 시간을 두고 막세정을 1SET씩 실시하는것도 좋은 방법이라 하겠다.

⑤ 약품 세정후 막 Module속에 녹아있는 적갈색의 침적물이 유출가능성이 있으므로 유의하여야 하며, 5~10분간 원수 유입조로 이송한다.

#### ◆ 분리막의 보관

동국환경(주)의 침지식 증공사막은 건식Type으로 외부 상온에서 보관이 가능하며, 막분리조에서 사용하던 막을 대기중에서 방치한채로 건조되면 증공사 표면에 얇은 분자막이 형성되어 여과 Flux에 영향을 줄 수 있으므로 사용중이던 분리막을 보관할시에는 수돗물 기타 깨끗한 용액에 건조되지 않게 보관하며, 만약 건조시에는 알콜 95% 용액에 5~10분 침적후 사용한다.

#### ◆ 기타 유의사항

동국환경(주)의 침지식막은 여러가닥의 가는실(중공사)로 이루어져 있으며, 화학 섬유사로 강도가 강한 Polyethylene(P.E)로 만들어졌으나, 취급시에 고열, 동결, 수송중 충격, 날카로운 물질에의한 실의 단락등에 손상이 되지 않도록 각별한 주의를 요한다.

#### ◆ 막 UNIT 조립 생산

폐사는 막 Module를 5Ton/d, 10Ton/d 단위로 UNIT화하여 최대한 간단히 현장 시공할 수 있도록 설계 하였으며, 시공후 분리, 침지, 세정, 각UNIT별 A/S등 편리성에 역점을 두었다.

◆ 분리막 Module 계산

ex) 50Ton 오수 (BOD : 200~250기준, 여유율 20%)  
(오수 : 0.9m<sup>3</sup>/Module.d)

\* Module 개수

$$\frac{50\text{m}^3/\text{d}}{0.9\text{m}^3/\text{Module.d}} = 56.5 \text{ Module}$$

∴ Module 개수 : 57Module

◆ 세정 Air량

막분리조(폭기조) 내의 세정Air량은 20Nm<sup>3</sup>/Module.hr 이며 이미 폭기조내의 산소 전달 수단으로 폭기 하는것이므로, 굳이 Blower 선정에 세정Air량을 계산에 넣지 않아도 될 것이다.

일반적으로 막분리 공법의 세정 Air량보다 생물학적 처리에 의한 산소 요구량이 높기 때문이다.

6. 분리막의 설계 계산 사양

◆ 분리막의 사양

중공사막	소재	Polyethylene
	공경	0.1 $\mu$ m ~ 0.4 $\mu$ m
	유효면적	4m <sup>2</sup>
	외경	450 $\mu$ m
	내경	350 $\mu$ m
	막두께	50 $\mu$ m
	여과유량	0.8 ~ 1.0m <sup>3</sup> /Module.day
구조재	재질	ABS
	접속부	20mm Union
	치수	795mmL × 525mmH
	중량	1.0kg / Module
사용범위	차압	40cm Hg 이하
	pH 범위	3 ~ 11
	온도(°C)	45°C 이하

◆ 오염성상에 따른 여과능력(Flux)

구분	처리용량 (m <sup>3</sup> /Module.day)
하수	0.9 ~ 1.0
오수	0.8 ~ 0.9
폐수	0.7 ~ 0.9
고농도 유기성 폐수	0.6 ~ 0.8

\* 온도 : 20°C, MLSS : 5,000~10,000mg/ℓ, 막면적 : 4m<sup>2</sup>/Module

7. TEST DATA



[기술문의: (02) 2671-9331/2]

