

# 막일체형 하·폐수 고도처리기술 SMAS & HANT 공법

대한통운(주)환경사업소

## 1. 서론

물부족문제가 대두되고 있는 현재, 수자원을 확보 하려는 노력뿐만 아니라 전체 수자원중 이용가능한 수자원의 비율을 높이려는 노력이 병행되고 있다. 전체 수자원의 대부분을 차지하고 있는 하천 및 호소수가 오염됨으로써 이용가능한 수자원이 줄어들 수 있는데 이러한 하천 및 호소수의 오염을 저감시키기 위해 점차적으로 방류수수질기준이 강화되고 있는 추세이다.

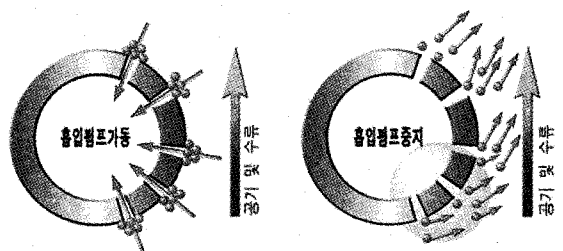
실제로 하수처리시설의 경우 BOD, SS의 수질기준을 각각 10ppm으로 강화시켰으며 COD는 40ppm, 총질소와 총인은 20ppm, 2ppm으로 강화시켰다. 더구나 기존에는 없던 대장균군 항목을 새로이 추가시켜 1ml당 3,000마리로 기준치를 정하였다. 또한 숙박시설이 있는 골프장의 방류수수질기준은 매우 엄격하여 BOD, SS 모두 5ppm 이내로 오수를 처리해야 한다.

이러한 엄격한 수질기준은 표준활성슬러지공법을 비롯한 기존의 전통적인 공법으로는 달성하기 어려우며 수질기준 이내로 지속적으로 유지하기가 불가능해 보이기까지 하다.

## 2. SMAS 공법

대한통운(주) 환경사업소가 개발한 SMAS(Submerged type Membrane Aeration System) 공법과 같은 MBR(Membrane Bio-Reactor) 공법이 그 뛰어난 처리성능으로 인해 각광을 받고 있다. 1990년대 중반부터 개발에 착수해 후반 무렵 개발에 성공한 이 SMAS 공법은 기존의 표준활성슬러지공법에서 침전조를 제거하고 중공사막을 직접 폭기조내에 침지시킨후 그림 1과 같이 중공사막내 음압을 형성시켜 막외부로부터 내부로 처리수만이 유입하게 함으로써 고액분리가 일어난다.

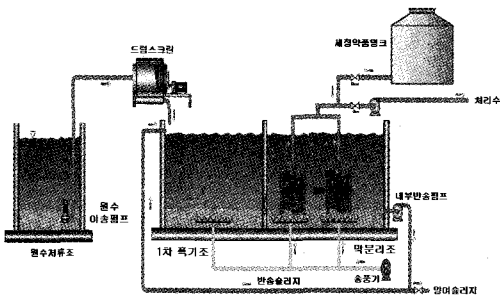
〈그림 1〉 중공사막 흡인원리





중공사막의 표면에 있는 공극의 크기는  $0.4\mu\text{m}$ 로 일반 미생물이나 대장균이 전혀 통과될 수 없어 완벽한 고액분리가 일어난다. 그림 2는 SMAS 공법의 공정을 나타낸 그림이다.

〈그림 2〉 SMAS 공정도



위의 그림에서와 같이 SMAS 공정은 원수저류조(유량조정조)에서 수중펌프를 통해 드럼스크린을 거치면서 미세협잡물까지 제거된 원수가 1차 폭기조로 유입된다. 1차 폭기조와 막분리조는 서로 개방되어 1차 폭기조로부터 막분리조로 혼합액이 자연이동하게 되는데 이 1차 폭기조와 막분리조내 존재하는 MLSS에 의해 BOD가 제거된다. 막분리조의 혼합액은 내부반송펌프에 의해 1차 폭기조로 반송됨으로써 1차 폭기조내 MLSS농도를 일정유지하게 된다. BOD가 제거된 처리수는 막분리조내 침지된 분리막의 내부로 유입되면서 부유고형물질(SS)과 분리되고 흡인펌프를 통해 방류수조로 이송되게 된다. SMAS 공법으로 처리한 오수의 경우 BOD, SS 모두 5ppm 이내로 안정적으로 처리된다. SMAS 공법은 주로 학교, 병원, 종교시설 및 골프장 그늘집 등의 오수처리시설에 적용되고 있다.

### 3. HANT 공법

전술한 바와 같이 수질기준이 강화됨에 따라 하수

의 수질기준은 낮아졌고 폐수처리기준에 질소와 인 항목이 추가되었다. 이러한 움직임에 발맞추어 대한통운(주) 환경사업소는 2000년부터 현대엔지니어링주식회사와 공동으로 질소와 인을 동시에 제거할 수 있는 MBR 공법인 "막일체형 생물학적 하·폐수 고도처리공법" 일명 HANT 공법을 개발하였다. 이 공법은 기존 대한통운이 개발한 SMAS 공법과 현대엔지니어링주식회사의 질소·인 개발기술이 결합하여 완성된 고도처리기술로써 국내 최초의 막을 이용한 고도처리기술이다. HANT 공법의 공정도를 그림 3에 나타내었다.

〈그림 3〉 HANT 공정도

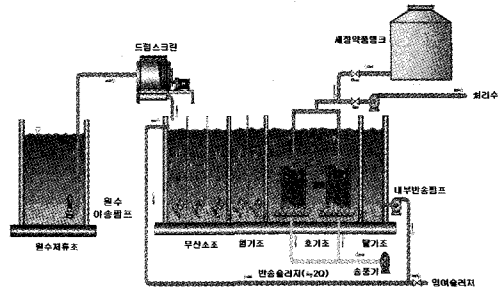


그림 3에서 나타냈듯이 HANT 공정은 '유량조정조→드럼스크린→무산소조→혐기조→막분리조→호기조→탈기조→방류수조'의 순으로 구성되어있다. HANT 공법은 질소·인 동시제거를 위한 A20공법 등의 '혐기조→무산소조'의 배열과는 달리 무산소조→혐기조의 순으로 구성되어 있는데 이는 국내 하수 성상의 특징중의 하나인 낮은 C/N비에 의한 낮은 질소제거율을 고려해 무산소조를 전단에 두고 유입수가 맨처음 무산소조로 유입됨으로써 상대적으로 낮은 C/N비를 높이기 위해서이다. 무산소조에서 탈질화가 일어나고 혐기조에서 인 방출이 일어나며 막분리호기조내에서 질산화와 인의 과잉섭취 및 무산소조, 혐기조를 거친후 남은 용존유기물질의 제거와

## [신제품 신기술]

고·액분리가 일어난다. 막분리호기조내의 혼합액은 막분리호기조와 탈기조사이의 개방된 부분을 통해 후단의 탈기조로 자연이송되는데 탈기조는 질산성질소가 포함된 혼합액을 무산소조로 반송하기전 혼합액내 존재하는 유리산소(O<sub>2</sub>)를 제거하는 역할과 탈기조내에 유입되어 농축되는 MLSS를 무산소조로 반송시킴으로써 무산소조내 일정농도의 MLSS 농도를 유지시킬 수 있는 역할을 한다. 이때 외부반송이 필요없이 단 하나의 내부반송만으로 탈질을 위한 혼합액반송과 슬러지반송이 동시에 일어날 수 있다.

일반적인 MBR 공정을 장기간 운영하게 되면 분리막의 폐색(fouling)이 발생하게 된다. 폐색이 발생되면 차압(TMP; Trans-Membrane Pressure)가 높아지게 되고 처리수의 투과 플럭스(Flux)가 낮아지게 되어 결국 설계유량을 제대로 처리하지 못하게 된다. HANT 공법은 폐색을 억제하기 위해 CIP tank(Cleaning-In-Place tank; 세정약품탱크)를 설계 장치한후 이 CIP tank에 차아염소산나트륨

(NaOCl)과 같은 화학세정제를 채운후 일정수준 이상으로 차압이 상승할 때나 또는 정기적으로 화학세정제를 자연유하방식으로 분리막의 흡인라인에 주입함으로써 폐색이 발생하는 것을 방지한다. 이러한 세정방식을 In-line 세정이라 부르고 있다.

HANT 공법의 장점으로는 다음을 들 수 있다. (1) 탁월한 처리효율과 안정된 처리수질 (2) 질소와 인의 동시제거 (3) 대장균의 완벽한 제거 (4) 긴 SRT로 인한 슬러지 발생량 감소 (5) 시설투자비 감소 및 유지관리비 절감 (6) 자동화운전 (7) 기존 처리시설 개 보수에 적합 (8) 중수설비에 최적합 (9) 설치 부지면적의 최소화 (10) 충격부하에 강함 (11) 슬러지별킹의 영향을 받지 않음 (12) 고농도의 MLSS 유지가능(5,000~12,000mg/).

이러한 장점을 바탕으로 HANT 공법은 국내 MBR 공법으로는 최초로 환경부신기술로 지정 및 검증(지정 제31호, 검증 제33호)되었다. 표 1은 환경신기술 검증서상에 있는 HANT 공정의 처리효율을 제시한 것이다.

[표1] 환경신기술 검증결과

항목	유입수(mg/l)	유출수(mg/l)	처리효율(%)
BOD	143.5	1.1	99.2
CODMn	86.5	6.6	92.4
SS	236.2	1.1	99.5
T-N	31.6	7.4	76.6
T-P	4.2	0.6	85.7
대장균군(개/ml)	11,228	0	100.0

주) 1. 상기 검증과정은 2001년 1월부터 동년 7월까지 실시되었다.  
2. 상기 데이터는 평균수치임.

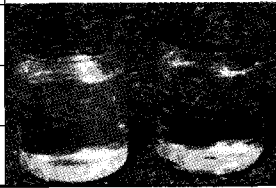
환경신기술검증을 위한 실험은 구리시하수처리장내 총 27개 업체가 입주하여 각 업체가 보유하고 있는 공법을 실증하기 위해 이루어졌다. 이중 HANT 공법의 처리수질은 다른 공법에 비해 월등

히 뛰어난 결과를 보여주었다. 또한 HANT 공법이 중수도시설에 적용하기 적합한지 여부를 알기 위해 중수수질기준을 비교하여 보았다. 표 2에 그 결과를 제시하였다.



[표2] 중수도 수질평가

구분		국내기준			HANT® 처리수	비고
		화장실	살수	조경		
대장균	개/ml	10	불검출	좌동	불검출	-경기도 보건환경연구원 분석의뢰 -음용수 수질기준 45개 항목중 KMnO <sub>4</sub> 와 일반 세균만 기준치 초과 -처리수 사진
염소이온	mg/l	검출	0.2	-	50	
외관	-	불쾌감무	좌동	좌동	불쾌감무	
탁도	NTU	<5도	좌동	<10도	0.2	
BOD	mg/l	<10	좌동	좌동	<2	
냄새	-	불쾌감무	좌동	좌동	무	
pH	-	5.8~8.5	좌동	좌동	6.8	



위의 결과에서 알 수 있듯이 HANT 처리수질은 중수수질기준을 모두 만족하였으며 심지어 음용수 수질기준의 43개 항목을 만족하는 뛰어난 처리성능을 과시하였다.

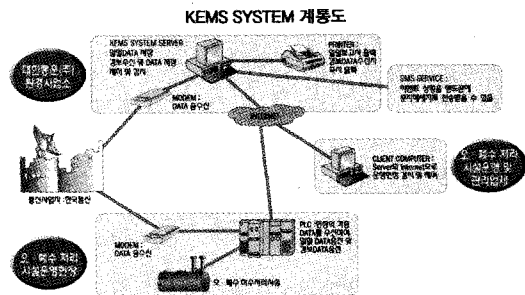
#### 4. 원격감시시스템(KEMS)

MAS 공법과 HANT 공법의 특징중의 하나는 자동화운전이 가능하다는 점이다. 워낙 탁월하고 안정적인 처리성능을 보유하고 있기 때문에 사시사철 처리수질은 항상 수질기준을 만족하고 있다. 때문에 표준활성슬러지공법과 같이 처리수질을 만족하기 위한 전문적인 지식이나 Know-how 없이도 단순히 기기류의 고장여부만 확인해줌으로써 전체 시스템을 원활히 유지시킬 수 있다. 때문에 기기류의 이상여부, 차압상승여부 및 In-line세정시기만 파악하는 것만으로도 자동화운전이 가능하다.

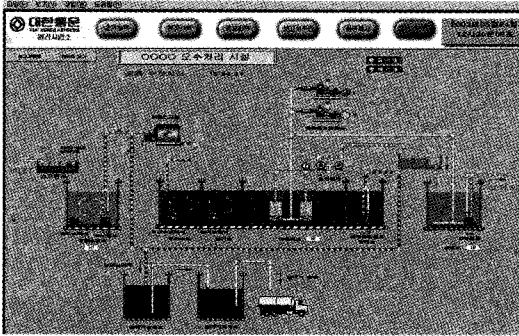
대한통운(주) 환경사업소가 개발한 KEMS (Korea Express Monitoring System)은 SMAS 및

HANT 공정의 자동화운전시 이상여부를 파악할 수 있는 원격감시시스템으로써 오 폐수처리시설의 가동상태 및 이상여부와 일일가동 데이터를 사무실은 물론 자택에서도 인터넷을 통해 확인할 수 있는 시스템이다. KEMS를 이용함으로써 좀 더 손쉽고 편하게 현장을 관리할 수 있고 이상상황 발생시 신속히 대처할 수 있어 업무능률을 향상시킬 수 있다. 다음은 KEMS의 계통도 및 감시화면을 나타낸 그림이다.

<그림 4> KEMS 계통도



〈그림 4-1〉 KEMS 감시화면



KEMS의 장점은 다음과 같다.

(1) 저렴한 운영비

KEMS는 실시간 감시가 아닌 현장의 이상 DATA 발생시와 일일 운전 DATA의 정기보고시간에만 상호 통신을 하며 기존의 일반 전화선을 이용하기 때문에 유지비가 저렴하면서도 실시간 감시의 효과를 거둘수 있으며 고정 IP를 부여할 수 있는 현장은 현장과 SEVER를 인터넷으로 연결하여 실질적인 실시간 감시도 가능하다.

(2) 접속의 용이성

인터넷만 연결되어 있으면 어느곳 어느 컴퓨터로도 MAIN SERVER로 접속하여 프로그램을 다운받고 설치하여 현장의 감시 및 확인이 가능하다.

(3) 각종 데이터의 축적

현장의 일일보고를 통한 DATA로 펌프별 운전현

황 및 일일 처리유량을 알 수 있어 보다 효율적인 현장은 운영을 할 수 있다.

(4) 분리막의 수명연장

분리막의 흡인시 걸리는 압력을 체크하여 분리막의 상태를 알 수 있으며 높은 차압의 발생시 경보 DATA의 발생으로 바로 인지하여 분리막 세정타이밍을 놓쳐 분리막의 수명을 단축시키는 것을 방지할 수 있다.

(5) 경보 데이터의 즉시보고

실질적인 24시간 감시 상태로 관리자의 부재시에도 이상경보를 알 수 있으며, 이상경보감지시 각 현장 담당자에 통지 및 응급조치를 유도할 수 있다.

5. 결론

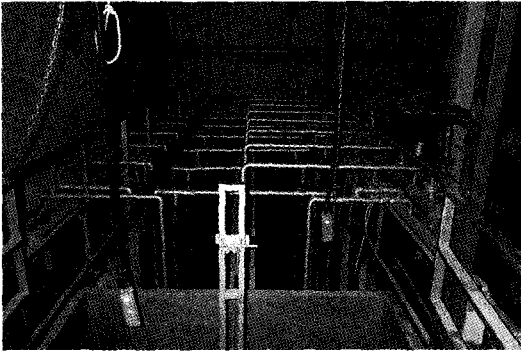
해수의 담수화 또는 고도정수처리에서 주로 사용되던 분리막의 적용범위가 오 폐수처리에 적용되기 시작한 후 MBR 공법은 비약적인 발전을 거듭하였다. 대한통운(주) 환경사업소는 1990년대 중반부터 MBR 공법을 개발하기 시작한 이래로 SMAS 공법과 HANT 공법을 개발하였으며 그 뛰어난 성능을 인정받아왔다. 현재 대한통운(주) 환경사업소는 SMAS와 HANT 공법을 적용한 오 폐수처리시설 및 하수처리시설, 중수처리시설을 전국적으로 약 430여개 설계 시공하였으며 이는 국내 MBR 시설중 약 60%를 상회하는 수치이다.

【표3】 대한통운(주) 환경사업소 실적(2003년까지)

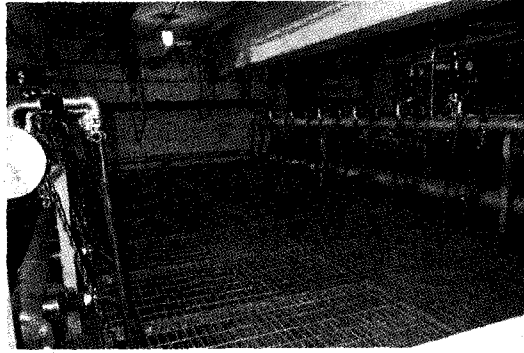
항목	오수처리시설	폐수처리시설	중수처리시설	(마을)하수처리시설	총계
개소수	284	80	13	60	437



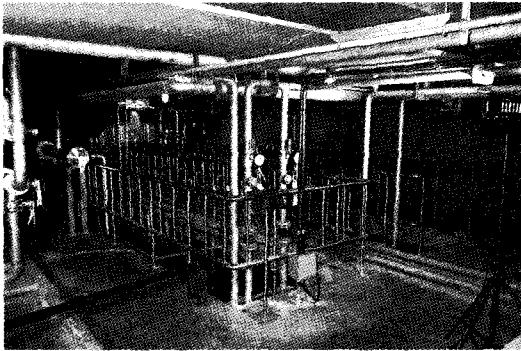
〈그림 5〉 대한통운(주) 환경사업소 실적사진



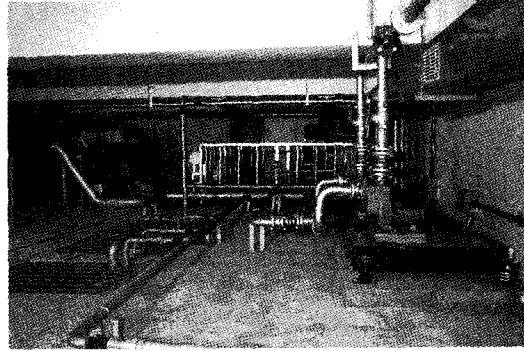
B 골프장 오수처리시설(500톤/일)



P 공항 중수처리시설(400톤/일)



L 백화점 중수처리시설(300톤/일)



S 아파트 오수처리시설(200톤/일)

삶의 질이 향상됨에 따라 생활환경에 대한 관심이 높아지고 요구수준 또한 높아지고 있다. 이에 따라 수질정책은 강화되고 기준 또한 점차적으로 낮아지고 있다. 현재 기존의 재래식 공법으로는 만족시킬 수 없는 수질기준을 달성할 수 있는 유일한 공법으로 막분리공법이 강력히 대두되고 있고 자동화운전이 가능한 특성이 막분리공법의 일반화를 가속화시킬 수 있을 것으로 판단되고 있다. 전세계적으로 한국은 막분리공법을 비교적 늦게 도입한 나라이지만 한국내 막분리공법은 눈부신 속도로 발전하고 있다. 향후 막분리공법이 지속적으로 발전하기 위해선 분리막시장규모의 성장과 활성화가 실현되어야 할 명

제인데 최근 분리막시장의 경쟁이 심화되면서 과열 양상을 보이고 있다. 이로 인해 저가의 저급한 막이 유입 개발되고 있다. 분리막가격의 하락은 막분리공법의 일반화로 가는 과정에 필수불가결한 요소이기는 하나 저급한 막의 유통은 막분리공법에 대한 신뢰도를 추락시킬 수 있으며 막분리공법의 개발의욕을 감소시켜 전체 분리막시장을 붕괴시킬 수 있는 위험요소이다.

결국, 전체 분리막시장의 발전을 위해서는 막분리공법의 발전과 함께 막제조기술의 발전이 병행해야 함이 바람직하다 할 수 있다. [기술문의 및 전화: 환경사업소 02-2632-8611(대)] ◀