

---

---

침지형 분리막(KIMAS)을 이용한  
매립지 침출수 처리

---

---

최 광 호 박사  
(코오롱 엔지니어링(주) 환경기술연구소)

# 침지형분리막(KIMAS)을 이용한 매립지 침출수처리

## 최광호

코오롱엔지니어링(주) 환경기술연구소

## 요 약

매립장에서 발생하는 침출수를 고도처리하기 위하여 분리막침지형 활성슬러지공정(Kolon Immersed Membrane Activated Sludge, KIMAS)을 적용하여 PILOT Test를 실시하고 Y군에 50m<sup>3</sup>/일급 실증 플랜트를 설치 운영하였다. Y군 매립지 침출수는 전형적인 고령화 매립지의 침출수 특성을 나타내었으며 낮은 유기물농도, 높은 질소농도 때문에 생물학적 처리만으로는 방류수 수질기준을 만족할 수 없었기 때문에 KIMAS공정을 도입하여 생물학적 처리에 의한 유기물 제거 및 질산화를 극대화 시키고 생물반응조의 슬러지의 침강성에 상관없이 안정적인 수질을 확보할 수 있었으며, 후단에 R/O공정을 도입하여 COD<sub>Mn</sub> 평균제거율 96%, TN 평균제거율 94%, 색도 평균제거율 99%의 우수한 처리효과를 안정적으로 얻을 수 있었다.

## 1. 서론

침출수라 함은 매립지로 침투한 우수가 불균질한 쓰레기층을 통과하면서 각종 오염물질을 용출시키고 매립지 내부의 쓰레기분해로 이 현상이 가속화 되면서 발생하는 폐수로, 보통 강우량의 20~30%가 발생된다. 또한 침출수는 매립폐기물의 종류, 유기물의 함량, 폐기물층의 수분함량, 매립후 경과년수, 매립지 설계조건 등의 인자들에 의해 다양한 성상을 나타낸다.

### 1.1 매립지 침출수의 특성

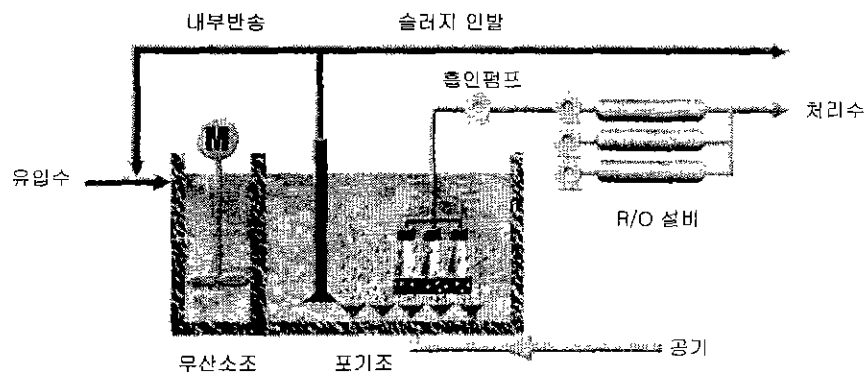
- 유기물 농도는 매립초기에 매우 높고 시간이 경과하면서 점차 낮아지나, 난분해성 유기물의 구성비는 오히려 증가하여 생물학적 처리가 어려워 진다
- 암모니아성 질소는 시간이 경과되면서 점차 높아지면서 매립종료후에도 높게 유지된다
- 매립초기에는 유기물 제거, 그 이후에는 질소제거 및 색도제거가 주 목적이 된다
- 계절별 수량 및 수질의 차이가 커 처리에 어려움이 있다

표 1-2. 매립경과년수에 따른 처리공정 효율 비교

항 목		매립경과기간 5년 이하	매립경과기간 5-10년	매립경과기간 10년 이상
침출수 특성	COD/TOC	2.8 이상	20-2.8	20 이하
	BOD/COD	0.5 이상	0.1 - 0.5	0.1 이하
생물학적 처리(Biological Trt.)		Good	Fair	Poor
활성탄 흡착(Carbon Adsorption)		Poor	Fair	Good
화학적 산화(Oxidation)		Poor	Fair	Fair
화학적 응집(Precipitation)		Poor	Fair	Poor
습식산화 (Wet Oxidation)		Poor	Fair	Fair
이온교환 (Ion Exchange)		Poor	Fair	Fair
역삼투막(Reverse Osmosis)		Fair	Good	Good
탈기(Stripping)		Good	Fair	Poor

### 1.3 KIMAS공정

#### ① 공정구성



- 전처리 : 미세스크린(0.3mm이하), 약품응집침전설비 등을 필요에 따라 적용
- 무산소조 : 폐수내 유기탄소를 이용하여 내부반송에 포함된 질산을 탈질산화
- 포기조 : 질산화 미생물에 의한 질소의 질산화(Nitrification)  
 생성된 질산은 무산소조로 내부반송함으로써 탈질산화를 유도  
 조내에 설치된 중공사막에 의해 미생물과 생물학적 처리수의 고액분리
- R/O설비 : 생물학적 전처리에서 처리된 못한 잔존 유기물, 질소, 색도를 제거  
 처리수는 방류 또는 재활용, 농축수는 증발농축, 소각 또는 매립지로 재순환 살포

## 2. KIMAS를 이용한 매립지 침출수처리

PILOT TEST는 경기도 Y시 생활쓰레기 매립지에 위치한 침출수 처리장에 10톤/일 규모의 시험설비를 운영하여 유기물부하 및 온도에 따른 처리효율과 분리막의 운전특성을 고찰하였고 여기서 얻은 설계 및 운전인자를 바탕으로 충청남도 Y군 생활쓰레기 매립장에 50톤/일 규모의 침출수 고도처리시설에 적용하였다.

### 2.1 PILOT TEST

#### ① 장치 및 방법

유입수는 기존 침출수 처리장의 유량조정조에서 수중펌프를 이용하여 유입시켰으며 유입수의 부유고형물, 유기물 및 질소의 농도는 우수량에 따라서 SS는 50~200mg/L, BOD 300~500mg/L, COD<sub>Cr</sub> 500~3,000mg/L, TN 1,000~2,000mg/L의 범위에서 변화하였다.

처리목적	유기물 및 질소제거	
무산소조	5 m <sup>3</sup>	
폭기조	10 m <sup>3</sup>	
분리막	재질	Polysulfone
	형식	Hollow fiber
	세공크기	0.1 $\mu$ m
	막면적	5m <sup>2</sup>
MLSS	1,500~2,000 mg/L	
HRT	7~14 days	
SRT	30~300 days	

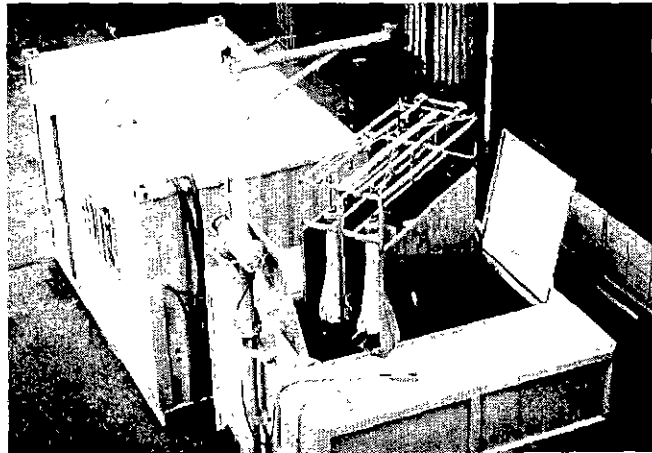


그림 2-1. PILOT 실험장치의 사양

#### ② MLSS 및 반응기의 온도 변화

실험기간 동안의 온도는 10~30℃ 사이에서 변화하였으며 미생물의 농도는 유입수의 유기물의 양에 의하여 영향을 받았다. 특히 질산화를 위해서 F/M비를 0.1 ~ 0.2 kgCOD<sub>Cr</sub>/kgMLSS · day로 유기물부하를 낮추어 운전한 결과 미생물의 농도는 1,500 ~ 2,000mg/L 범위에서 낮게 유지되었다.

④ 질소제거효율

유입수의 총질소와 처리수의 총질소를 측정된 결과 70%이상의 질소가 제거됨을 알 수 있었다. 본 실험이 수행된 기간에 총질소의 농도는 500~2,000mg/L의 값을 보였고 유기물의 농도는 500~3,000mg/L의 값으로 탈질에 필요한 유기물 양이 부족하였으나 70%정도의 질소제거 효과를 얻을 수 있었다.

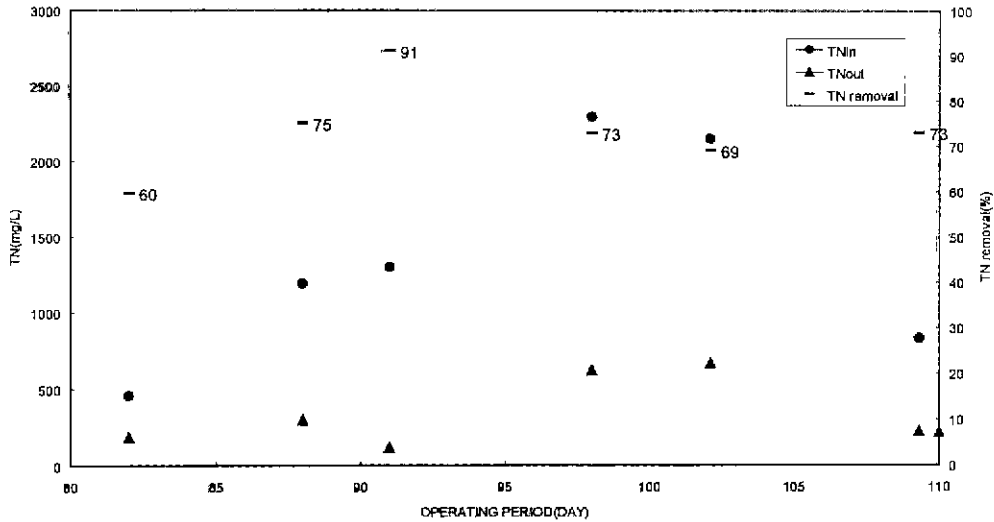


그림 2-4. 총질소의 농도변화

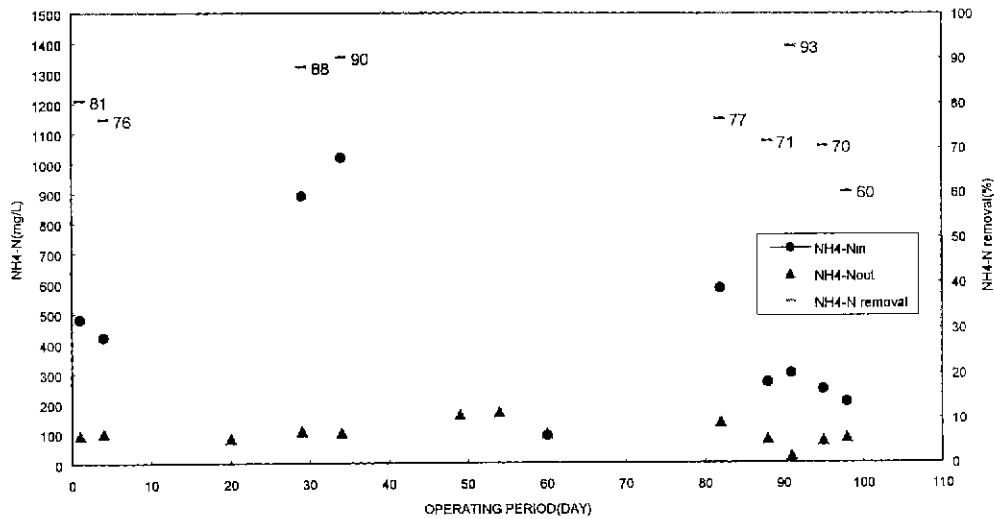


그림 2-5. 암모니아성질소의 농도변화

탈질에 의해서 질산성질소가 질소가스로 전환되어 제거되므로 아질산성질소의 적체현상은 관찰되지 않았으나 유기물의 부족으로 인한 질산성질소의 잔존이 관찰되었다.



되어 KIMAS조로 유입되므로 KIMAS조 유입BOD는 120mg/L이하로 매우 낮았다. 이때문에 고농도의 미생물을 유지하기 위한 유기물이 부족하여 미생물증식에 의해 증가되는 부분이 유입 SS에 의한 MLSS 증가에 비해 미미하여 MLSS농도는 1000mg/L이하로 낮게 유지되었으나 BOD제거에 있어서는 침출수 대비 평균 99%의 BOD처리효율을 보였다.

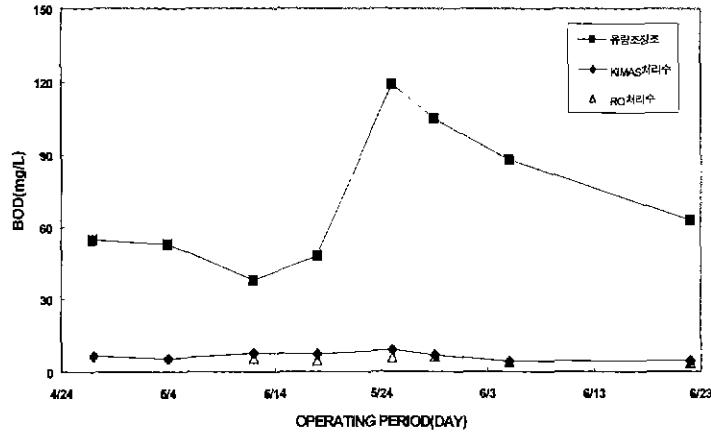


그림 2-14. 유입수 및 처리수의 BOD농도변화

- COD

침출수 원수의 경우는 COD<sub>Mn</sub>값에 변화가 다소 있으나 유량조정조에서는 300~400mg/L 사이를 유지되었으며 운전기간 경과에 따른 KIMAS처리수의 COD<sub>Mn</sub>값 상승은 2달의 시운전기간 동안 슬러지 인발을 전혀 하지 않음으로 인해 운전초기 COD<sub>Mn</sub>값으로 검출되지 않던 KIMAS조내의 난분해성 유기 물질들이 조내에 농축되고 이러한 물질들이 긴 슬러지 체류시간으로 인해 분해되면서 COD<sub>Mn</sub>값으로 검출되는 현상으로 주기적인 슬러지의 인발을 통해 조내에 농축된 물질들을 슬러지로 제거시키면 해결될 것이다.

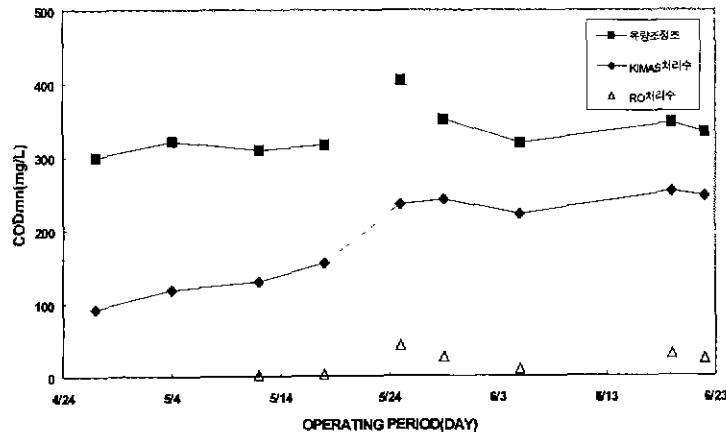


그림 2-15. 유입수 및 처리수의 COD<sub>Mn</sub>농도변화

Y군의 경우 질소성분에 비해 유기물의 농도가 매우 낮은 전형적인 고령화 매립지침출수의 성상을 나타내므로 외부탄소원 첨가에 의한 생물학적 탈질보다는 질산화 효율을 높여 암모니아성 질소를 후단에서 제거가 용이한 질산성 질소로 전환하여 후단의 R/O공정에서 제거하였다.

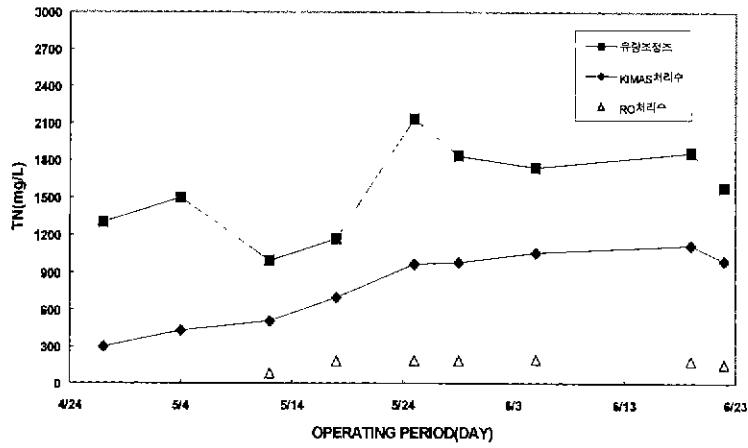


그림 2-18. 유입수 및 처리수의 TN변화

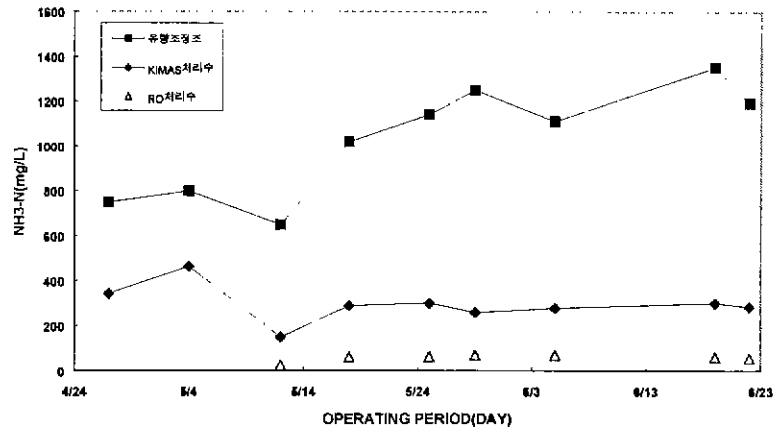


그림 2-19. 유입수 및 처리수의 NH<sub>3</sub>-N변화



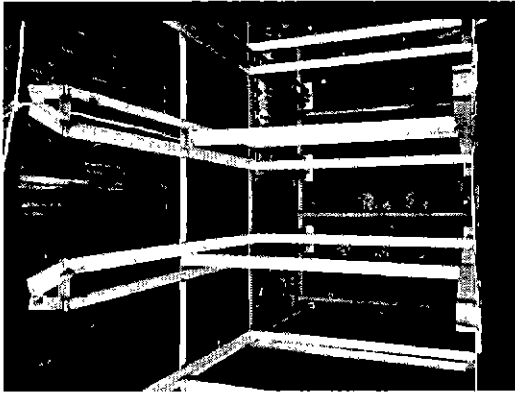


사진 2-4. 폭기조내 가이드

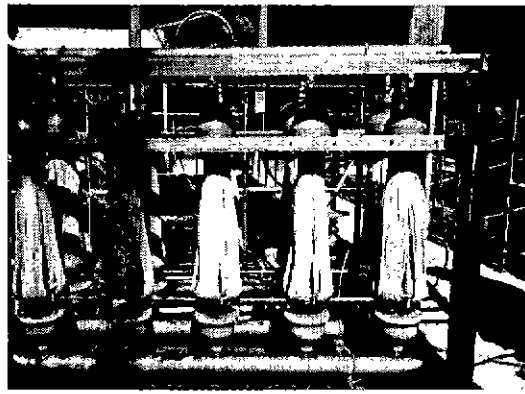


사진 2-5. KIMAS스키드

### 3. 맺음말

#### 매립장 침출수를 대상으로 KIMAS PILOT실험을 수행한 결과

- 유기물 제거효율은 BOD의 경우 유입수의 농도에 관계없이 95%이상 CODcr의 경우 70~90%의 비교적 높은 처리효율을 나타냈다.
- 질산화실험 초기에 기질저해를 방지하고자 폭기조내 암모니아성질소 농도를 300mg/L로 희석하여 질소부하를  $0.025\text{kgNH}_4^+\text{-N/kgMLSS} \cdot \text{day}$ 로 조정하여 90%이상의 질산화 효율을 얻었다.
- 총질소는 70%, 암모니아성질소는 80%의 제거효율을 보였는데 이는 총질소는 500~2,000mg/L로 높은 반면 유기물농도는 500~3,000mg/L로 탈질에 필요한 유기물 양이 부족한 것으로 해석되며 이는 국내 매립지의 침출수 특성이므로 추가적인 탄소원의 공급이나 후단에 고도처리공정을 도입하는 것이 바람직하다고 판단되었다.
- 평균 9~10LMH의 투과유량으로 안정적인 장기운전이 가능했다.

#### Y군 생활쓰레기 매립장 침출수처리에 KIMAS + R/O공정을 적용하여 운전한 결과

- 평균 유기물제거율은 BOD 99%, CODMn 96%로 우수하였다
- 유입수의 SS 성상에 관계없이 KIMAS공정을 거치면서 거의 모든 SS들이 제거되어 후단 R/O공정에 SS부하를 대폭 줄일 수 있었다
- 유입 TN농도는 1,000~2,000mg/L,  $\text{NH}_3\text{-N}$ 는 800~1,200mg/L으로 유입되었고 운전개시 20일 경과시점부터 질산화가 활발하게 일어나 TN는 94%,  $\text{NH}_3\text{-N}$ 는 93%의 평균제거율을 나타냈다.
- Y군의 경우 질소성분에 비해 유기물의 농도가 낮은 전형적인 고령화 매립지 침출수의 성상을 나타내어 외부탄소원 첨가에 의한 생물학적 탈질보다는 생물학적 질산화를 극대화 하여 암모니아성질소를 후단에서 제거가 용이한 질산성질소로 전환하여 R/O공정에서 제거하였다.

---

---

침지형 분리막(KIMAS)을 이용한  
매립지 침출수 처리

---

---

최 광 호 박사  
(코오롱 엔지니어링(주) 환경기술연구소)

# 침지형분리막(KIMAS)을 이용한 매립지 침출수처리

최광호

코오롱엔지니어링(주) 환경기술연구소

## 요약

매립장에서 발생하는 침출수를 고도처리하기 위하여 분리막침지형 활성슬러지공정(Kolon Immersed Membrane Activated Sludge, KIMAS)을 적용하여 PILOT Test를 실시하고 Y군에 50m<sup>3</sup>/일급 실증 플랜트를 설치 운영하였다. Y군 매립지 침출수는 전형적인 고령화 매립지의 침출수 특성을 나타내었으며 낮은 유기물농도, 높은 질소농도 때문에 생물학적 처리만으로는 방류수 수질기준을 만족할 수 없었기 때문에 KIMAS공정을 도입하여 생물학적 처리에 의한 유기물 제거 및 질산화를 극대화 시키고 생물반응조의 슬러지의 침강성에 상관없이 안정적인 수질을 확보할 수 있었으며, 후단에 R/O공정을 도입하여 COD<sub>Mn</sub> 평균제거율 96%, TN 평균제거율 94%, 색도 평균제거율 99%의 우수한 처리효과를 안정적으로 얻을 수 있었다.

## 1. 서론

침출수라 함은 매립지로 침투한 우수가 불균질한 쓰레기층을 통과하면서 각종 오염물질을 용출시키고 매립지 내부의 쓰레기분해로 이 현상이 가속화 되면서 발생하는 폐수로, 보통 강우량의 20~30%가 발생된다. 또한 침출수는 매립폐기물의 종류, 유기물의 함량, 폐기물층의 수분함량, 매립후 경과년수, 매립지 설계조건 등의 인자들에 의해 다양한 성상을 나타낸다.

### 1.1 매립지 침출수의 특성

- 유기물 농도는 매립초기에 매우 높고 시간이 경과하면서 점차 낮아지나, 난분해성 유기물의 구성비는 오히려 증가하여 생물학적 처리가 어려워 진다
- 암모니아성 질소는 시간이 경과되면서 점차 높아지면서 매립종료후에도 높게 유지된다
- 매립초기에는 유기물 제거, 그 이후에는 질소제거 및 색도제거가 주 목적이 된다
- 계절별 수량 및 수질의 차이가 커 처리에 어려움이 있다

## 1.2 처리공정

국내 매립장의 침출수 처리공정의 대표적인 예는 다음과 같다

- ① 생물학적 처리 + 약품응집침전 + 활성탄 흡착법
- ② 약품응집침전 + 생물학적 처리 + 회전원판법 or 접촉산화법 + 활성탄 흡착법 + 소독
- ③ 약품응집침전 + 생물학적 처리 + Fenton산화법 + 활성탄 흡착법
- ④ 약품응집침전 + 이송관로 + 하수종말처리장

①공정의 경우 응집침전의 효과에 한계가 있고 약품 및 활성탄 등의 소모량이 많아 유지관리비가 다량 소요되고, ②공정의 경우에는 매립년수가 증가함에 따라 생물학적 처리효율의 저하로 전체 공정효율이 저하되며, ③공정의 경우에도 매립년수가 증가함에 따라 Fenton처리에의 의존성이 커지게 되어 이로 인한 운영비 상승과 함께 슬러지발생량 증가의 문제가 있다. 또한 상기 공정들 모두 질소제거에 어려움이 있으며 안정적이 수질유지가 비교적 어렵고 운영비가 많이 소요되는 실정므로 소규모 처리장의 경우에는 유지관리성 및 경제성을 고려하여 ④공정과 같이 환경기초시설과 연계처리하는 경우가 많다.

표 1-1. 침출수 배출허용 기준 ('97. 7. 19. 폐기물관리법 시행규칙)

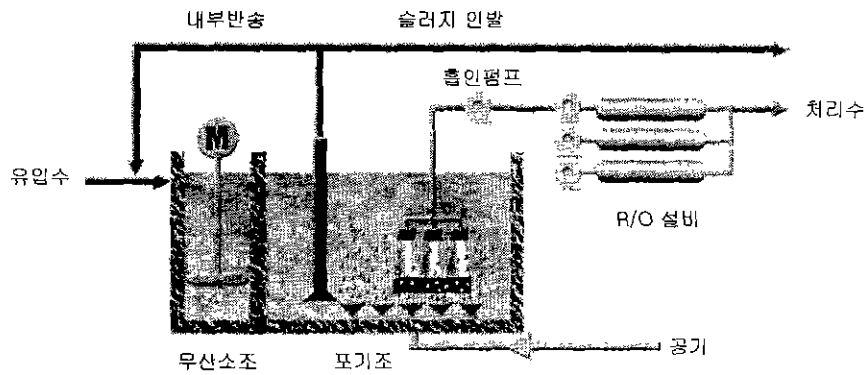
수질기준항목		개정전	개정		
BOD	청정지역	50	30		
	가지역	80	50		
	나지역	100	70		
COD	침출수량 2,000톤 이상	지역	망간법	망간법	크롬법
		청정지역	50	50	400(90%)
		가지역	80	80	600(85%)
	나지역	100	100	800(80%)	
	침출수량 2,000톤 미만	청정지역	50	50	400(90%)
		가지역	100	100	600(85%)
나지역		150	150	800(80%)	
SS	청정지역	50	30		
	가지역	80	50		
	나지역	100	70		
암모니아성질소	청정지역	-	50이하(95%이상)		
	가지역	-	100이하(90%이상)		
	나지역	-	100이하(90%이상)		
무기성질소	청정지역	-	150이하(85%이상)		
	가지역	-	200이하(80%이상)		
	나지역	-	300이하(70%이상)		
색도	청정지역	(200)	200		
	가지역	(300)	300		
	나지역	(300)	300		

표 1-2. 매립경과년수에 따른 처리공정 효율 비교

항 목		매립경과기간 5년 이하	매립경과기간 5-10년	매립경과기간 10년 이상
침출수 특성	COD/TOC	2.8 이상	20-2.8	2.0 이하
	BOD/COD	0.5 이상	0.1 - 0.5	0.1 이하
생물학적 처리(Biological Trt.)		Good	Fair	Poor
활성탄 흡착(Carbon Adsorption)		Poor	Fair	Good
화학적 산화(Oxidation)		Poor	Fair	Fair
화학적 응집(Precipitation)		Poor	Fair	Poor
습식산화 (Wet Oxidation)		Poor	Fair	Fair
이온교환 (Ion Exchange)		Poor	Fair	Fair
역삼투막(Reverse Osmosis)		Fair	Good	Good
탈기(Stripping)		Good	Fair	Poor

### 1.3 KIMAS공정

#### ① 공정구성

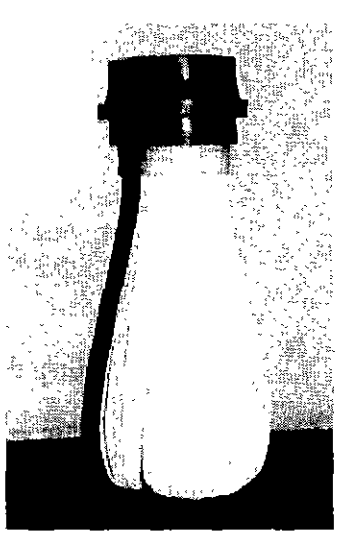


- 전처리 : 미세스크린(0.3mm이하), 약품응집침전설비 등을 필요에 따라 적용
- 무산소조 : 폐수내 유기탄소를 이용하여 내부반송에 포함된 질산을 탈질산화
- 포기조 : 질산화 미생물에 의한 질소의 질산화(Nitrification)  
 생성된 질산은 무산소조로 내부반송함으로써 탈질산화를 유도  
 조내에 설치된 중공사막에 의해 미생물과 생물학적 처리수의 고액분리
- R/O설비 : 생물학적 전처리에서 처리된 못한 잔존 유기물, 질소, 색도를 제거  
 처리수는 방류 또는 재활용, 농축수는 증발농축, 소각 또는 매립지로 재순환 살포

② 공정특징

- 처리수질의 우수성 및 안정성
  - 미세공극에 의한 고액분리로 양질의 처리수를 생산
  - 성장속도가 느린 질산화균을 고농도로 유지가능하여 질산화율 증대 가능
- 부지절감 및 슬러지 발생량 감소
  - 높은 미생물 농도로 인해 포기조의 용량을 1/3이상 절감
  - 슬러지 생성을 감소 및 자산화율 증대로 잉여슬러지 발생량이 1/3이상 감소
- 저가의 운전비 실현
  - 포기조 공급공기를 이용하여 공기세정을 하므로 별도 공기공급량 미비
  - 저압( $<-0.5\text{kgf/cm}^2$ )으로 흡인여과를 하므로 적은 동력소모
- 막의 세정주기 및 교환주기의 증대
  - 막표면 공기세정과 주기적인 물역세척공정을 통해 오염물질의 부착방지
  - 오염에 의한 유량감소를 지연시켜 막의 세정 및 교환주기가 연장
- 간단한 시스템 구성
  - 기존 처리장의 개보수가 용이하고 별도의 부지 및 설비추가가 필요없음
  - 중공사막 모듈을 포기조내에 설치하고 처리수를 흡인여과하는 간단한 구성

③ 분리막모듈

국내특허 제228075호, 국산신기술 제0669호			
형태	중공사(Hollow Fiber)		
여과방식	흡인여과		
세정방법	물/공기		
성능	Pore Size	0.1 $\mu\text{m}$	
	여과수량	130LMH (0.38kgf/cm <sup>2</sup> , 25 $^{\circ}\text{C}$ , 청수)	
운전조건	흡인압	0.5kgf/cm <sup>2</sup> 이하	
	pH(운전시) pH(세정시)	2~10 1~2	
모듈사양	중공사경	내경 : 0.35~0.7 $\mu\text{m}$ 외경 : 0.48~1.0 $\mu\text{m}$	
	유효막면적	5~10m <sup>2</sup>	
	모듈길이 모듈경	500~1000mm 200~300mm	
막재질	중공사	PS	

<분리막 모듈 외관>

## 2. KIMAS를 이용한 매립지 침출수처리

PILOT TEST는 경기도 Y시 생활쓰레기 매립지에 위치한 침출수 처리장에 10톤/일 규모의 시험설비를 운영하여 유기물부하 및 온도에 따른 처리효율과 분리막의 운전특성을 고찰하였고 여기서 얻은 설계 및 운전인자를 바탕으로 충청남도 Y군 생활쓰레기 매립장에 50톤/일 규모의 침출수 고도처리시설에 적용하였다.

### 2.1 PILOT TEST

#### ① 장치 및 방법

유입수는 기존 침출수 처리장의 유량조정조에서 수중펌프를 이용하여 유입시켰으며 유입수의 부유고형물, 유기물 및 질소의 농도는 우수량에 따라서 SS는 50~200mg/L, BOD 300~500mg/L, COD<sub>Cr</sub> 500~3,000mg/L, TN 1,000~2,000mg/L의 범위에서 변화하였다.

처리목적	유기물 및 질소제거	
무산소조	5 m <sup>3</sup>	
폭기조	10 m <sup>3</sup>	
분리막	재질	Polysulfone
	형식	Hollow fiber
	세공크기	0.1μm
	막면적	5m <sup>2</sup>
MLSS	1,500~2,000 mg/L	
HRT	7~14 days	
SRT	30~300 days	

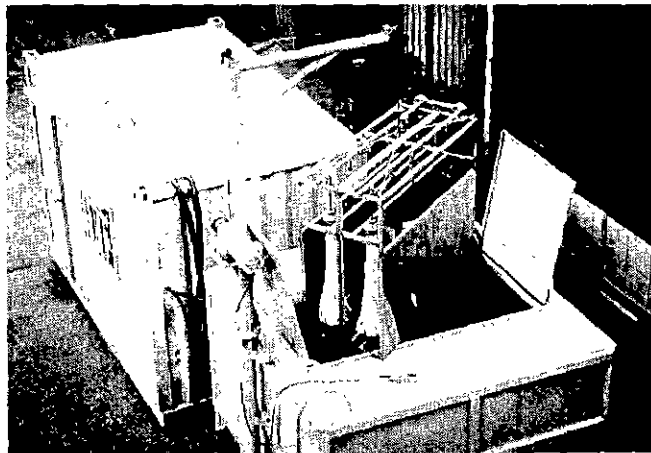


그림 2-1. PILOT 실험장치의 사양

#### ② MLSS 및 반응기의 온도 변화

실험기간 동안의 온도는 10~30℃ 사이에서 변화하였으며 미생물의 농도는 유입수의 유기물의 양에 의하여 영향을 받았다. 특히 질산화를 위해서 F/M비를 0.1 ~ 0.2 kgCOD<sub>Cr</sub>/kgMLSS · day로 유기물부하를 낮추어 운전한 결과 미생물의 농도는 1,500 ~ 2,000mg/L 범위에서 낮게 유지되었다.

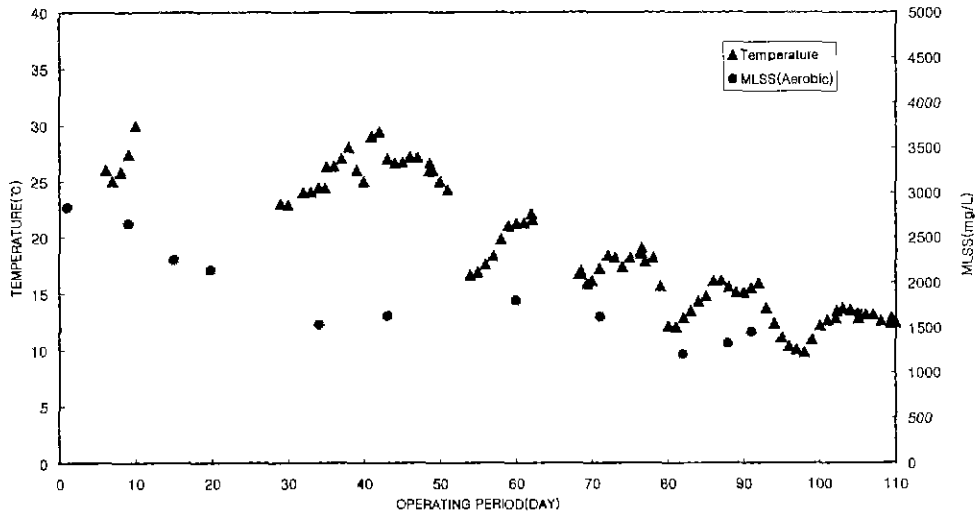


그림 2-2. 미생물의 농도 및 반응기의 온도 변화

③ 유기물의 제거효율

실험기간동안 유입수의 유기물농도의 변화가 커COD<sub>Cr</sub>기준으로 500~3,000mg/L 범위에서 변화였다. 유기물의 처리효율은 70~90%로 비교적 원활하였다.

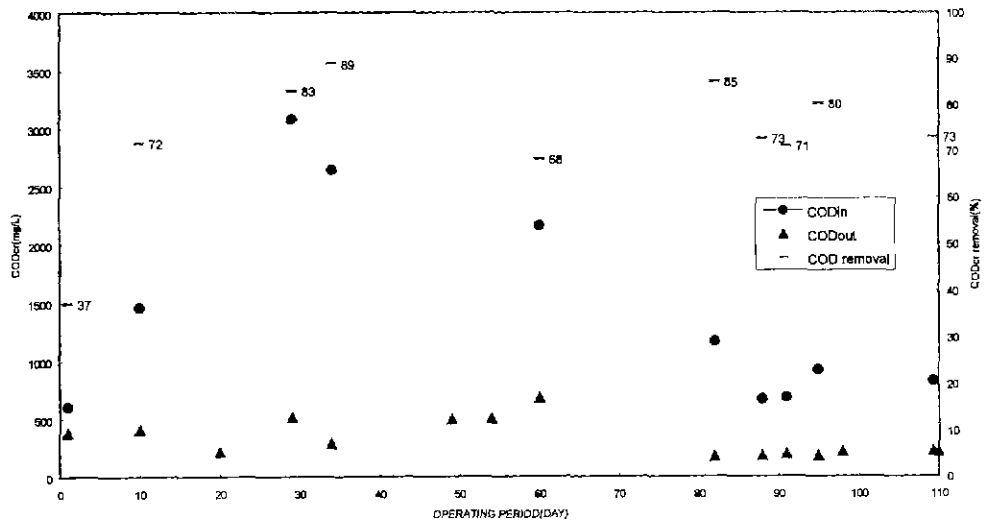


그림 2-3. 유기물의 제거효율



④ 질소제거효율

유입수의 총질소와 처리수의 총질소를 측정된 결과 70%이상의 질소가 제거됨을 알 수 있었다. 본 실험이 수행된 기간에 총질소의 농도는 500~2,000mg/L의 값을 보였고 유기물의 농도는 500~3,000mg/L의 값으로 탈질에 필요한 유기물 양이 부족하였으나 70%정도의 질소제거 효과를 얻을 수 있었다.

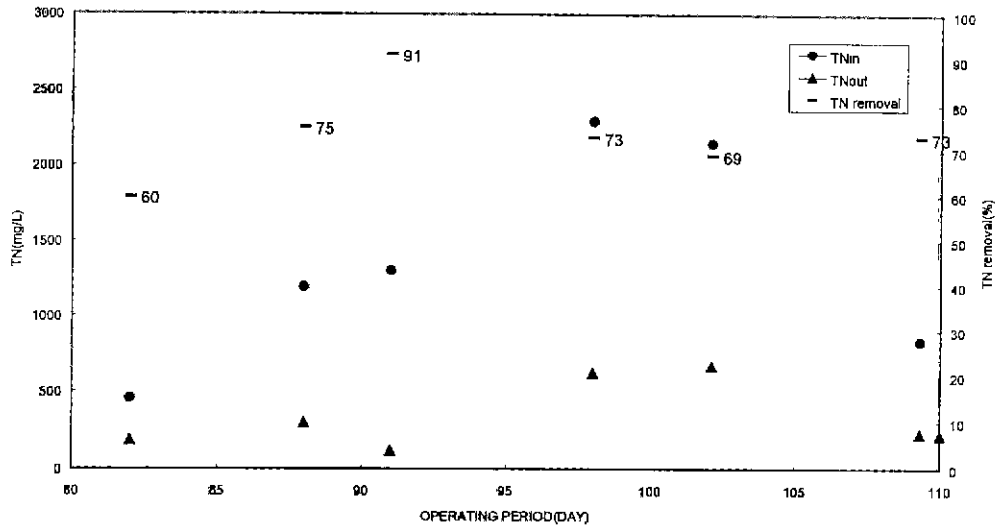


그림 2-4. 총질소의 농도변화

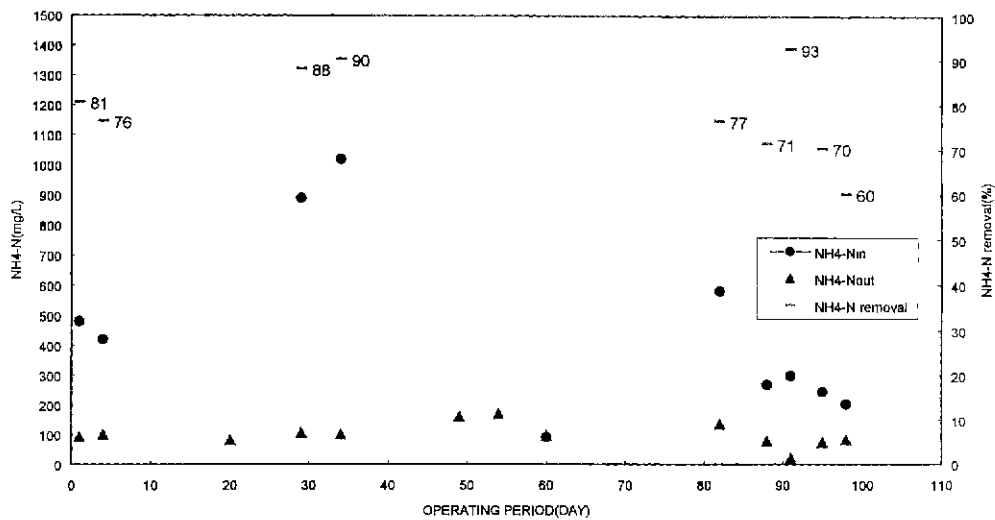


그림 2-5. 암모니아성질소의 농도변화

탈질에 의해서 질산성질소가 질소가스로 전환되어 제거되므로 아질산성질소의 적체현상은 관찰되지 않았으나 유기물의 부족으로 인한 질산성질소의 잔존이 관찰되었다.

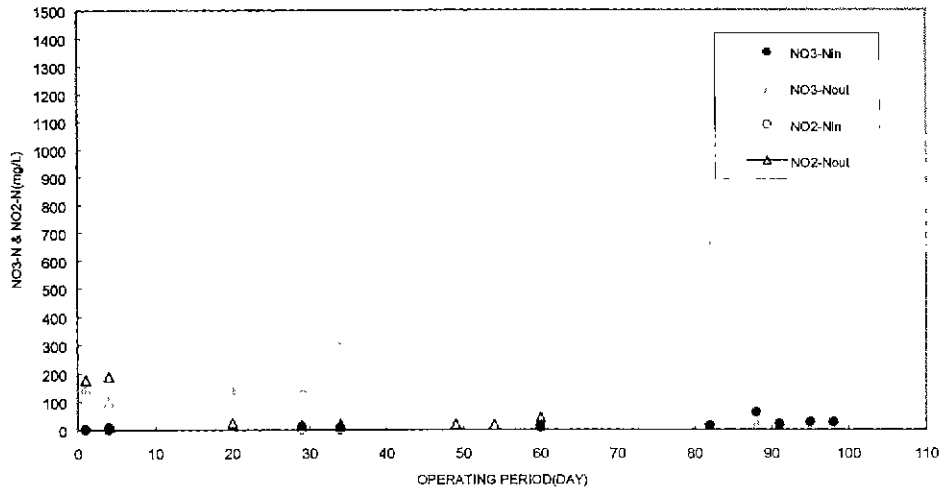


그림 2-6. 탈질공정에서 질산성질소와 아질산성질소의 농도 변화

⑤ 분리막의 투과성능 및 운전조건

시스템의 적정 운전압 및 투과수량은 원수의 성상에 따르게 된다. 원수에 포함된 부유고형물의 수가 많고 크기가 작으면 운전압이 상승하고 투과수량은 감소하게 되며 생물반응기의 상태, 수온 등의 많은 인자에 의해서도 영향을 받는다. 그러나 장기운전의 경우 원수의 성상 및 시스템의 구성에 따른 영향이 가장 크다. 침출수의 경우 미생물의 상태, 수온 등의 변화에 따라서 흡인압의 증감을 보였으나 10LMH 근방의 투과수량에서 안정적으로 장기운전이 가능했다. 이는 같은 분리막 모듈을 사용하여 오수에 대한 PILOT 규모의 장기실험의 수행결과가 20LMH인 것과 비교하면 1/2정도의 적정 투과수량을 보임을 알 수 있었다.

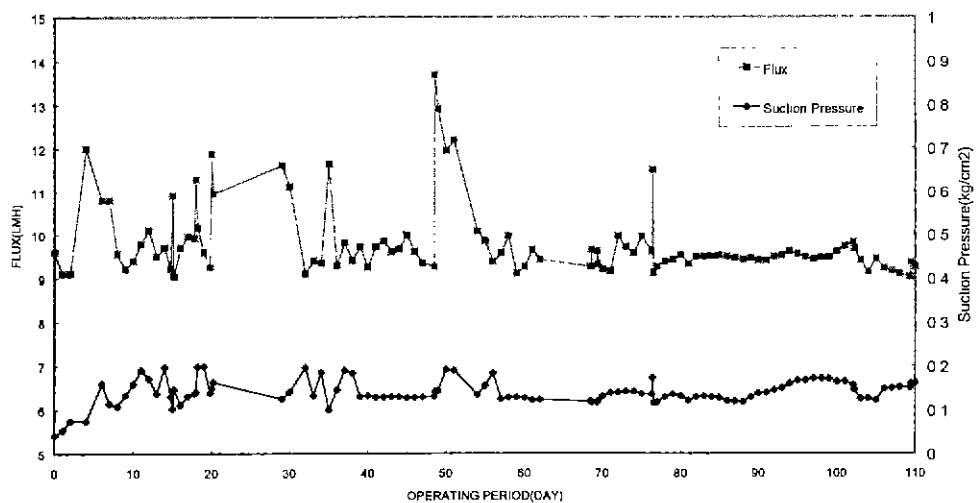


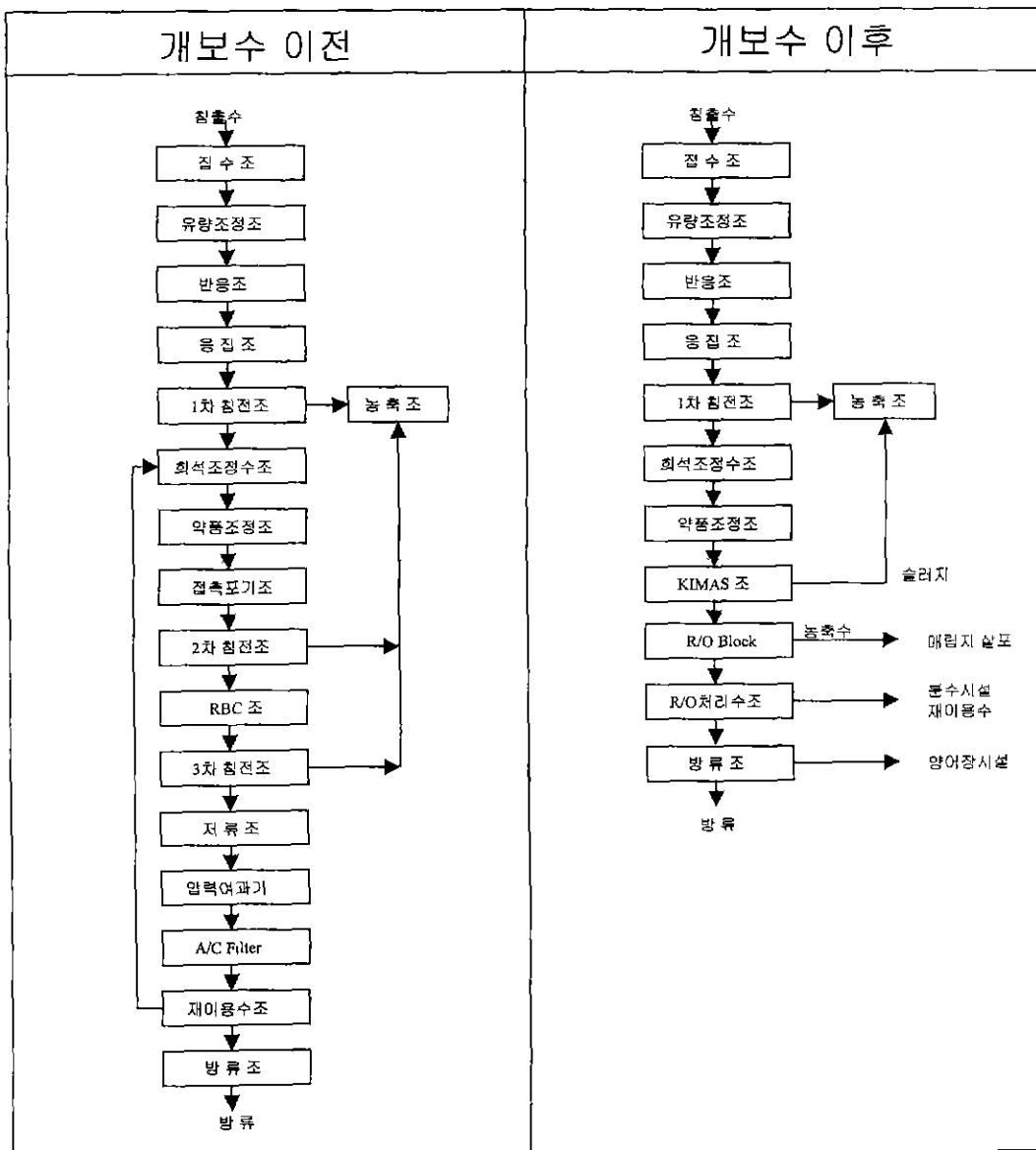
그림 2-7. 운전압 및 투과수량

## 2.2 현장적용

### ① Y군 매립장 침출수 고도처리

- 사업명 : 농어촌폐기물종합처리시설 보강공사(침출수 처리시설 부문)
- 위치 : 충남 Y군
- 공사범위 : R/O 시스템 도입 및 기존처리시설 보강
- 처리방식 : 1차 처리 - 응집/침전(기존설비이용)  
2차 처리 - 생물학적처리(KIMAS)  
3차 처리 - R/O(역삼투)처리

### ② 처리공정도



③ 개보수 전후의 침출수처리 현황

- 기존처리장(1999년 8월)

(단위 : mg/L)

구분	유입수질	접촉포기공정후	제거율(%)
BOD	450	96	79
CODmn	522	179	66
SS	323	185	43
NH <sub>3</sub> -N	642	120	81
TN	659	300	55

- 개보수후(2000년 4월 - 6월, 시운전 기간)

(단위 : mg/L)

구분	침출수	유량조정조	KIMAS처리수	R/O처리수	총제거율(%)
BOD	227.9~812.0	38~119	4.3~8.9	< 5	99
CODmn	348.9~884.0	300~405	92.6~253	< 30	96
SS	248.3~1093.3	323~1075	3.4~5.9	< 1.4	99.9
NH <sub>3</sub> -N	261.4~1158.0	650~1354	150~343	24~69	93
T-N	1600~3581.0	995~1860	300~1120	82.0~186.0	94

④ 운전조건

- 흡인압력 :  $-0.1 \sim -0.2 \text{ kgf/cm}^2$
- 운전주기 : 10분 흡인/1분 정지
- 역세주기 : 30초역세/30사이클

⑤ 시운전 결과

- BOD

연기군매립장 침출수의 경우 고령화 매립지로서 BOD/CODcr값이 기존처리장 수질값을 분석한 결과 0.1에 가까운 값으로 생물학적 처리가 용이하지 않은 난분해성 고분자물질이 침출수의 대부분을 차지하고 있다. 침출수내의 분해가 용이한 BOD성분은 유량조정조에서 이미 상당부분 제거

되어 KIMAS조로 유입되므로 KIMAS조 유입BOD는 120mg/L이하로 매우 낮았다. 이때문에 고농도의 미생물을 유지하기 위한 유기물이 부족하여 미생물증식에 의해 증가되는 부분이 유입 SS에 의한 MLSS 증가에 비해 미미하여 MLSS농도는 1000mg/L이하로 낮게 유지되었으나 BOD제거에 있어서는 침출수 대비 평균 99%의 BOD처리효율을 보였다.

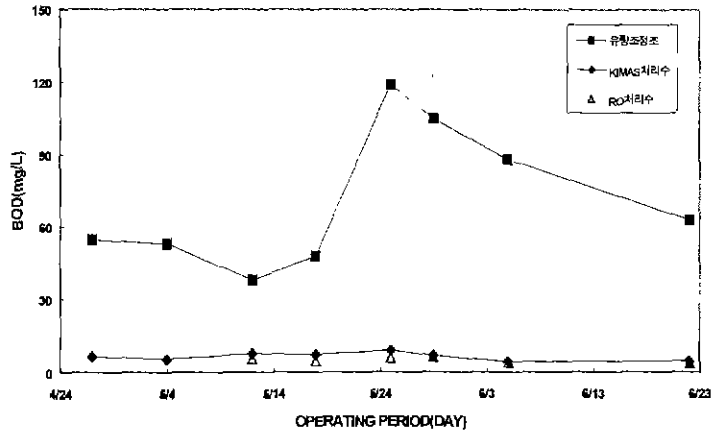


그림 2-14. 유입수 및 처리수의 BOD농도변화

- COD

침출수 원수의 경우는 COD<sub>Mn</sub>값에 변화가 다소 있으나 유량조정조에서는 300~400mg/L 사이를 유지되었으며 운전기간 경과에 따른 KIMAS처리수의 COD<sub>Mn</sub>값 상승은 2달의 시운전기간 동안 슬러지 인발을 전혀 하지 않음으로 인해 운전초기 COD<sub>Mn</sub>값으로 검출되지 않던 KIMAS조내의 난분해성 유기 물질들이 조내에 농축되고 이러한 물질들이 긴 슬러지 체류시간으로 인해 분해되면서 COD<sub>Mn</sub>값으로 검출되는 현상으로 주기적인 슬러지의 인발을 통해 조내에 농축된 물질들을 슬러지로 제거시키면 해결될 것이다.

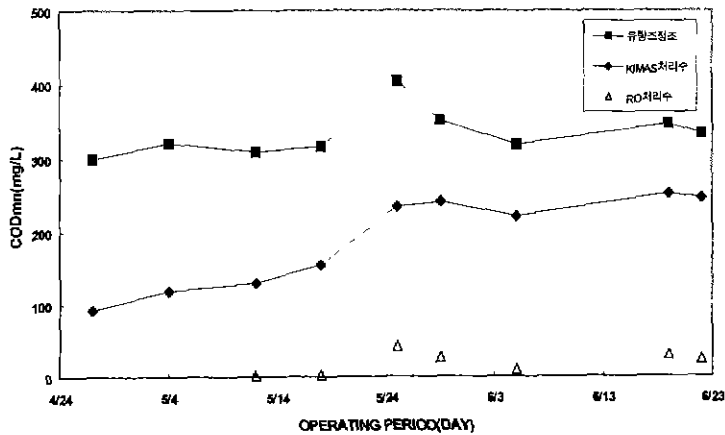


그림 2-15. 유입수 및 처리수의 COD<sub>Mn</sub>농도변화

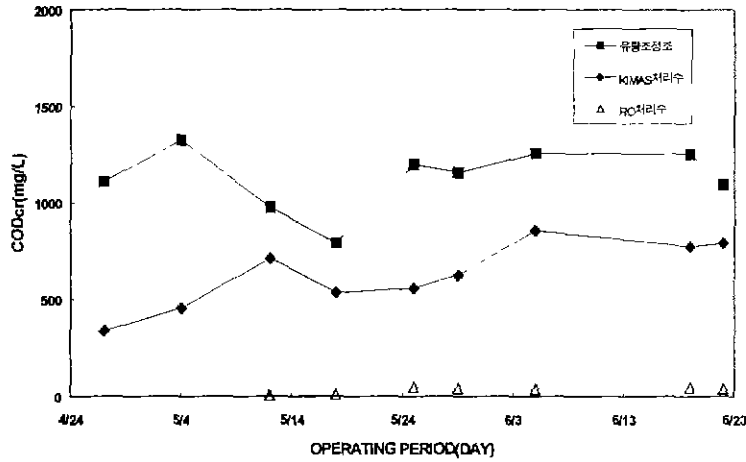


그림 2-16. 유입수 및 처리수의 COD<sub>Cr</sub>농도변화

- SS

유입수의 성상에 관계없이 거의 모든 SS들이 제거되어 후단의 R/O공정에 SS부하를 줄일수 있었고 R/O처리수의 경우 SS가 99%이상 제거되어 안정적인 수질을 나타내었다.

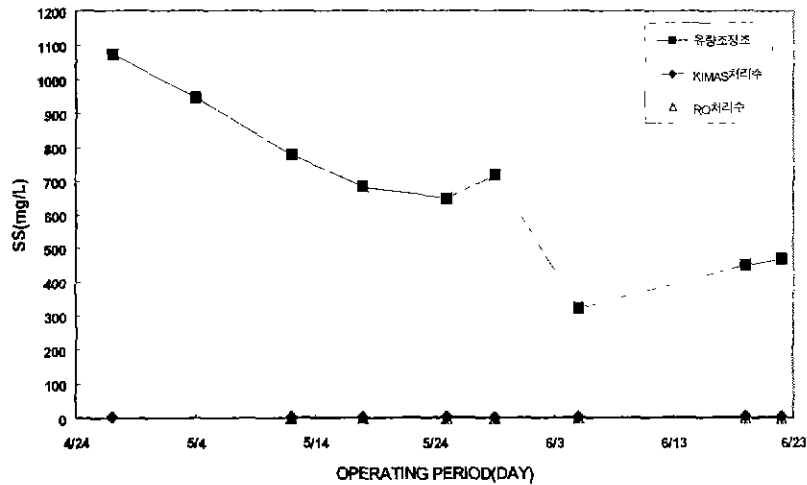


그림 2-17. 유입수 및 처리수의 SS변화

- 질소

유입 TN농도는 계획수질인 900mg/L보다 훨씬 높은 1000~2000mg/L정도로 유입되었고 NH<sub>3</sub>-N농도도 800~1,200mg/L이상으로 초기 질산화균의 질산화를 저해할 수 있는 높은 농도로 유입되어 질산화 저해를 해소하기 위하여 유입부하를 낮게 유지하며 운전한 결과 운전 개시20일 경과시점에서부터 활발한 질산화가 일어나 TN의 평균제거율은 94%, NH<sub>3</sub>-N의 평균제거율은 93%로 나타났다.

Y군의 경우 질소성분에 비해 유기물의 농도가 매우 낮은 전형적인 고령화 매립지침출수의 성상을 나타내므로 외부탄소원 첨가에 의한 생물학적 탈질보다는 질산화 효율을 높여 암모니아성 질소를 후단에서 제거가 용이한 질산성 질소로 전환하여 후단의 R/O공정에서 제거하였다.

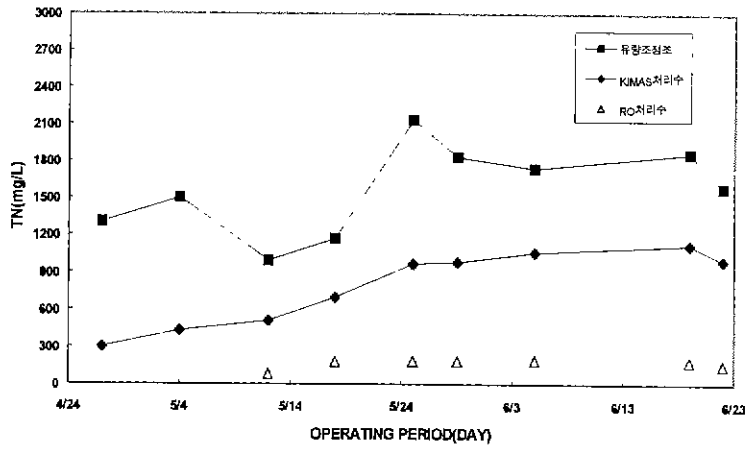


그림 2-18. 유입수 및 처리수의 TN변화

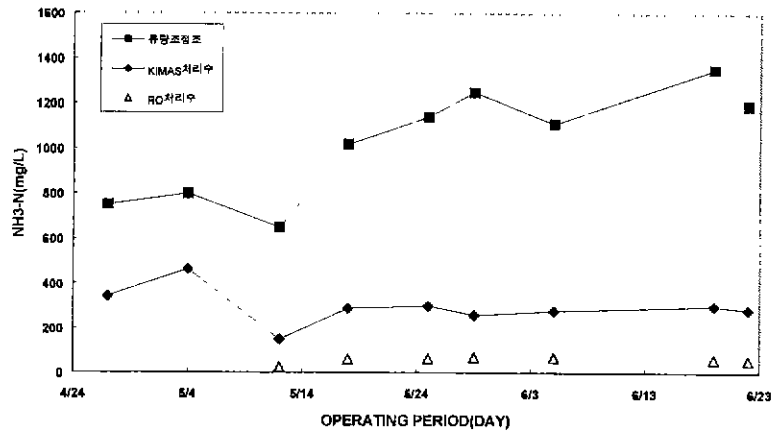


그림 2-19. 유입수 및 처리수의 NH<sub>3</sub>-N변화

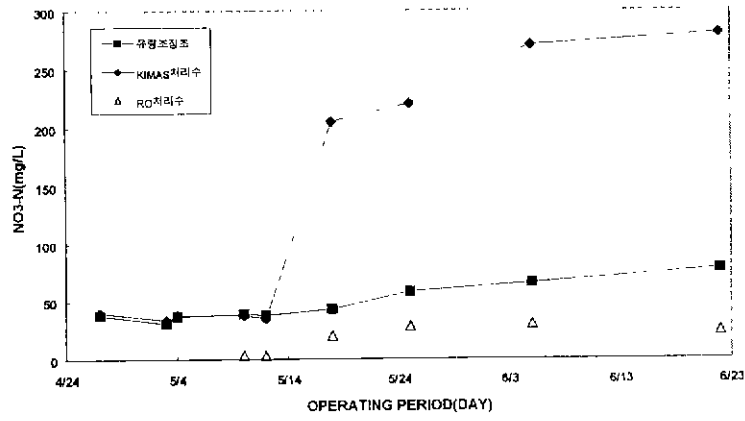


그림 2-20. 유입수 및 처리수의 NO<sub>3</sub>-N변화

⑥ 현장전경

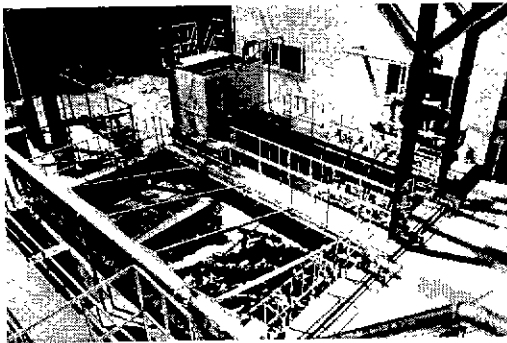


사진 2-1. KIMAS공정 전경

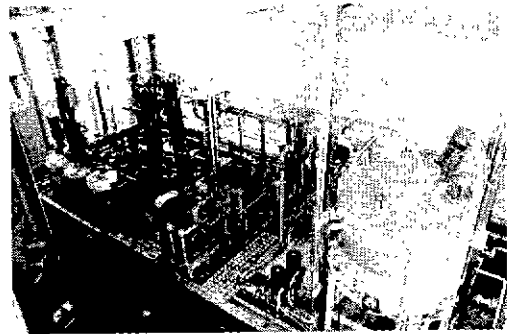


사진 2-2. R/O처리설비

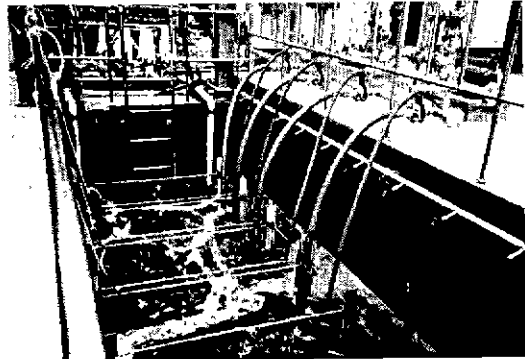
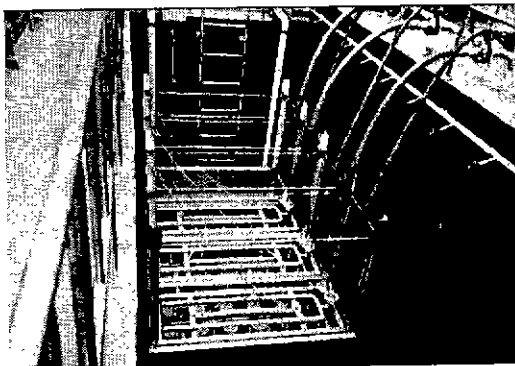


사진 2-3. KIMAS조



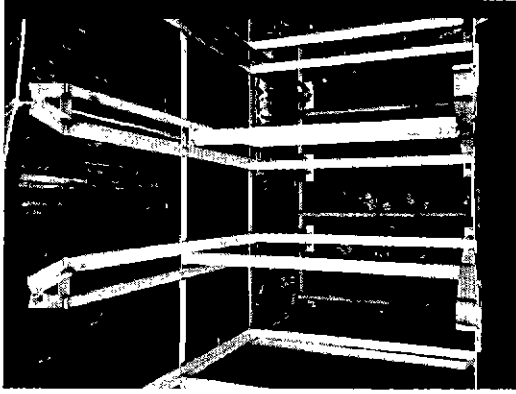


사진 2-4. 폭기조내 가이드

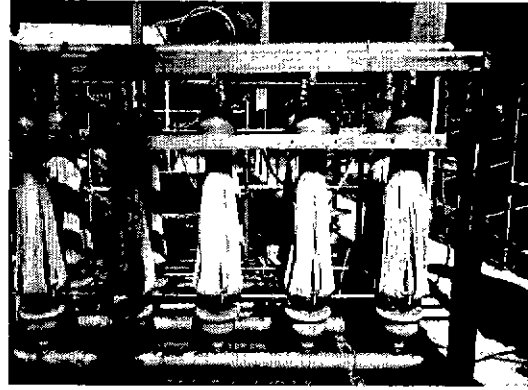


사진 2-5. KIMAS스키드

### 3. 맺음말

#### 매립장 침출수를 대상으로 KIMAS PILOT실험을 수행한 결과

- 유기물 제거효율은 BOD의 경우 유입수의 농도에 관계없이 95%이상 CODcr의 경우 70~90%의 비교적 높은 처리효율을 나타냈다.
- 질산화실험 초기에 기질저해를 방지하고자 폭기조내 암모니아성질소 농도를 300mg/L로 희석하여 질소부하를  $0.025\text{kgNH}_4^+-\text{N}/\text{kgMLSS} \cdot \text{day}$ 로 조정하여 90%이상의 질산화 효율을 얻었다.
- 총질소는 70%, 암모니아성질소는 80%의 제거효율을 보였는데 이는 총질소는 500~2,000mg/L로 높은 반면 유기물농도는 500~3,000mg/L로 탈질에 필요한 유기물 양이 부족한 것으로 해석되며 이는 국내 매립지의 침출수 특성이므로 추가적인 탄소원의 공급이나 후단에 고도처리공정을 도입하는 것이 바람직하다고 판단되었다.
- 평균 9~10LMH의 투과유량으로 안정적인 장기운전이 가능했다.

#### Y군 생활쓰레기 매립장 침출수처리에 KIMAS + R/O공정을 적용하여 운전한 결과

- 평균 유기물제거율은 BOD 99%, CODMn 96%로 우수하였다
- 유입수의 SS 성상에 관계없이 KIMAS공정을 거치면서 거의 모든 SS들이 제거되어 후단 R/O공정에 SS부하를 대폭 줄일 수 있었다
- 유입 TN농도는 1,000~2,000mg/L,  $\text{NH}_3\text{-N}$ 는 800~1,200mg/L으로 유입되었고 운전개시 20일 경과시점부터 질산화가 활발하게 일어나 TN는 94%,  $\text{NH}_3\text{-N}$ 는 93%의 평균제거율을 나타냈다.
- Y군의 경우 질소성분에 비해 유기물의 농도가 낮은 전형적인 고령화 매립지 침출수의 성상을 나타내어 외부탄소원 첨가에 의한 생물학적 탈질보다는 생물학적 질산화를 극대화 하여 암모니아성질소를 후단에서 제거가 용이한 질산성질소로 전환하여 R/O공정에서 제거하였다.

#### 4. 참고문헌

1. Choi Y.S., Fane A.G. and Kim K.J. (1992), "Microfiltration of MLSS in an activated sludge system treating organic wastewater", *Proceedings of IMSTEC '92, Sydney, Australia*, pp. 397-400
- 3 In-Soung Chang and Chung-Hak Lee (1998), "Membrane filtration characteristics in membrane-coupled activated sludge system - the effect of physiological states of activated sludge on membrane fouling", *Desalination*, **120**, pp. 221-233
4. Fane A.G. (1993), "Advanced treatment of waste water by membranes", *Proceedings of Korea-Australia Joint seminar*, June, Seoul, Korea, pp. 183-194
5. K. Ishiguro, K. Imai and S. Sawada (1994), "Effects of biological treatment conditions on permeate flux of UF membrane in a membrane/activated-sludge wastewater treatment system", *Desalination*, **98**, pp. 119-126
6. M.D. Knoblock, P.M. Sutton, P.N. Mishra, K. Gupta, A. Janson (1994), "Membrane biological reactor system for treatment of oily wastewaters", *Water Environment Research*, **66(2)**, pp133-139
7. Okada T. and Oba O. (1994), "Recycling of wastewater from buildings by application of membrane technology", *Desalination*, **98**, pp. 335-341
8. Yamamoto K., Hissa M., Mahmood T. and Matsuo T. (1989), "Direct solid liquid separation using hollow fiber membrane in an activated sludge aeration tank", *Water Research*, Vol 21, pp.43-54.
9. Syed R. Qasim, Walter Chiang (1994), *Sanitary Landfill leachate*, pp244