

# 요 약 문

## I. 제 목

“ 슬러지 감량형 MBR 오수처리 공법 개발 ”

## II. 연구의 목적 및 필요성

### 1. 연구의 목적

- 소규모 오수처리장치에 적합한 슬러지 감량형 MBR 오수처리공법의 개발
- 슬러지 최종 처리비용 절감이 가능하고 기존 MBR 공법 대비 효율이 개선된 오수처리공법의 개발 및 상용화

### 2. 연구의 필요성

- 2003 년 7 월부터 시행된 슬러지 직매립 금지 및 해양투기 규제로 슬러지 처리 대안기술에 대한 기술수요
- 마을하수도 등 소규모 오수처리시설의 슬러지 처리시 처리비용 증가 및 적절한 처리방법 부재
- 잉여슬러지의 대폭적인 감량화와 질소□인 제거 등 오수고도처리를 동시에 달성할 수 있는 오수처리공정 필요
- 2003 년 말부터 가시화될 댐상류지역 권역별 오수처리사업에 적용 가능한 공법으로 개발

## III. 연구의 내용 및 범위

- ① 전처리를 이용한 슬러지 감량형 오수처리 공정의 타당성 조사  
알칼리+오존 병합 처리 및 알칼리 단독 의한 효과적이고, 경제적인 슬러지 감량화 MBR 오수처리 공법 개발의 가능성 조사를 위해 실험실 규모의 반응조를 제작 오수를 처리하며 슬러지 감량화 정도, 유출수 수질, 막 폐색 등을 조사하였다
- ② MBR 공정 설계인자 최적화

막폐색을 최소화하기 위한 산기관 형태 결정 및 2 단형 모듈을 이용하여 침지형 평막의 단점이 되어 왔던 넓은 부지소요 및 과도한 폭기비 소요의 문제를 극복하고자 하였다.

③ Pilot plant 운전을 통한 상용화 패키지 개발

실험실 규모의 실험 결과를 바탕으로 파일럿 플랜트를 제작□운전하여 결과를 검증하였으며 KT 마크를 획득하고자 하였다

- 3 차년 연구 수행에 활용하였던 10 톤/일 규모의 파일럿 플랜트 연속 운전
- 50 톤/일 규모의 파일럿 플랜트 제작 및 운전 (슬러지 감량형 고효율 MBR 공정 개발과 상용화를 위한 설계□운전 인자 도출)

#### IV. 연구결과

① 전처리를 이용한 슬러지 감량형 오수처리 공정의 타당성 조사

- 유입수 유량의 1.5%의 생물반응조(MBR) 슬러지를 알칼리+오존 병합처리 및 알칼리 단독 처리(15meq/l, pH=11) 후 생물반응조로 반송하여 운전한 결과 슬러지의 인발 없이 운전이 가능하였으며 이때의 MLSS 농도는 각각 약 10000, 15000 mg/l를 유지하였다. 경제성과 유지관리면을 고려해 볼 때 알칼리 단독처리에 의한 MBR 운전이 효과적이라 판단된다.
- 처리수의 수질은 전처리 유무에 관계없이 약 COD<sub>cr</sub> 10~20 mg/l을 유지하며 안정적인 운전이 가능하였다.
- 30LMH 로 운전 시 슬러지 전처리 공정이 도입된 MBR 조의 막 폐색이 조금 더 자주 발생하였지만 보편적으로 쓰이고 있는 Flux 인 20LMH 로 운전하였을 때 전처리 유무에 관계없이 운전기간 동안 막 폐색 현상이 발생하지 않았다.

② MBR 공정 설계인자 최적화

기존 main air supply pipe 에 downward hole 만을 천공하여 운전한 결과 산기관의 blocking 이 약 10 일 단위로 발생한 반면 main pipe downward hole 에 노즐을 부착한 산기관은 운전기간동안 blocking 이 발생하지 않은 상태로 운전이 가능하였다. 산기관 폐색에 의한 막오염을 방지할 수 있는 기술개발이 가능하게 되었다.

한편 파일럿 플랜트 규모의 이단형 모듈을 이용한 MBR 하수처리 시 막 폐색이 발생하지 않고 안정적 운전이 가능하며, 부지면적의 감소 및 운전비용의 절감으로 경제적인 공정 개발에 성공하였다.

### ③ Pilot plant 운전을 통한 상용화 패키지 개발

#### a. 3 차년 연구 수행에 활용하였던 10 톤/일 규모의 파일럿 플랜트 연속 운전

- 실험실 규모의 결과를 근거로 유입수 유량의 1.5%의 생물반응조(MBR) 슬러지를 알칼리 처리(15meq/l, pH=11) 후 생물반응조로 반송하여 운전 한 결과 슬러지의 농도는 완만하게 증가하였으며 이때의 MLSS 농도는 약 13000~15000 mg/l를 유지하였다.
- 처리수의 수질은 약  $COD_{cr}$  20 mg/l 이하의 농도를 유지하며 안정적인 운전이 가능하였다
- 전처리 슬러지를 질소제거를 위한 외부탄소원으로 활용하였으며 이때의 제거율은 약 70% 였다
- Flux 20LMH 로 운전한 결과 막 폐색의 발생 없이 운전이 가능하였다

#### b. 50 톤/일 규모의 파일럿 플랜트 제작 및 운전

- 유입수 유량의 1.5~2.0%의 생물반응조(MBR) 슬러지를 알칼리 처리(15~20meq/l, pH=11) 후 생물반응조로 반송하여 운전 한 결과 MBR 의 MLSS 농도가 약 15000 mg/l 일때 잉여 슬러지의 감량화율이 약 90%까지 가능하였다
- 처리수의 수질은 약  $COD_{cr}$  20 mg/l 이하의 농도를 유지하며 안정적인 운전이 가능하였다
- 전처리 슬러지를 질소제거를 위한 외부탄소원으로 활용하였으며 이때의 제거율은 약 70% 이상 이였으며 인 제거율은 약 30%였지만 규제치 이하로 운전이 가능하였다
- Flux 20LMH 로 운전한 결과 막 폐색의 발생 없이 운전이 가능하였다

## v. 연구결과의 활용계획

- 5 건의 특허 획득 및 출원
- KT 마크획득에 의한 신기술 인증과 함께 기업체 기술이전을 통한 상용화 공정으로 활용 예정

# SUMMARY

## I. Title

“Development of a membrane bioreactor (MBR) process with sludge reduction for advanced wastewater treatment process”

## II. Objectives and Importance

### 1. Objectives

- Development of a membrane bioreactor (MBR) process with sludge reduction suitable for a small scale wastewater treatment plant.
- Development of a high performance and commercially available MBR process for reducing the final sludge treatment cost.

### 2. Importance

- Requirement for alternative sludge treatment technology to cope with the regulation of direct landfilling and ocean disposal of the sludge enforced from July, 2003.
- Increase in sludge treatment cost and there are few treatment process suitable for small scale wastewater treatment plant such as village sewer system.
- Novel wastewater treatment process to achieve serious reduction of surplus sludge and biological nutrient removal simultaneously are strongly required.
- Development of an appropriate process which can be applied for sewage treatment project in the upper stream of large dams.

## III. Research scope

1. Development of excess sludge reduced MBR process using sludge pretreatment

- To evaluate effect of alkali and ozone combined and individual alkaline pretreatment on reduction of excess sludge, effluent quality and membrane fouling.
2. Optimization of design parameter in MBR process
    - To minimize membrane fouling.
    - Type of aeration and air diffuser as well as pretreatment time and intensity, etc. are included in important design parameters.
    - To save the operation cost (blower power consumption) and the area of facility land required, 2 stage of module was designed and manufactured and the result of the operation was that there was no fouling on the membrane occurred.
  3. Development of a commercially available package for wastewater treatment process by operation of a pilot scale MBR process with sludge reduction
    - Continuous operation of a pilot scale MBR process (treatment capacity = 10ton/day) which plant was constructed on the 3<sup>rd</sup> stage of the project has been conducted to obtain the operational parameter for the next research.
    - A pilot plant (50ton/day of treatment capacity) was constructed and optimal design/operation parameters was able to extracted for enhancement of treatment efficiency in the MBR process with sludge reduction during the 4<sup>th</sup> stage of the project.

#### IV. Results

1. Effects of individual alkaline pretreatment of the sludge on the
  2. MBR performance during the operation of a bench scale MBR
  3. process
- Biosolids withdrawn from the MBR at a flowrate of 1.5% influent flowrate, were treated at pH 11 by use of sodium hydroxide (0.6g-NaOH/1L-mixed liquor, 15meq/L).
  - No wasting of the sludge in the MBR process was possible by alkaline pretreatment.

- MLSS (mixed liquor suspended solids) concentration in the MBR process was about 13,000mg/L.
- Effluent COD<sub>cr</sub> concentration could be maintained at 10~20mg/L regardless of the sludge pretreatment. It means that alkaline pretreatment products such as soluble organic matter could be utilized by active biomass in the MBR.
- Membrane fouling occurred more frequently in the MBR with sludge pretreatment than that without pretreatment when the operating flux was 30LMH (L/m<sup>2</sup>·hr). However, membrane fouling did not occur when the operating flux was 20LMH regardless of sludge pretreatment.

## 2. Process optimization

- Blocking of air diffusing system occurred at an interval of 10 days during the operation of MBR process when the air was blown from downward holes attached to the main air supplying pipe. However, it could be overcome by use of nozzle type aeration system attached to the downward holes.
- Membrane fouling also decreased using the nozzle attached aeration system.

## 3. Development of a commercially available package for wastewater treatment process by operation of a pilot scale MBR process with sludge reduction

- ① Continuous operation of a pilot scale MBR MLE process (10ton/day of treatment capacity)
  - Biosolids withdrawn from the MBR at a flowrate of 1.5% influent flowrate, were treated at pH 11. NaOH dosage was 0.6g-NaOH/1L-mixed liquor (15meq/L).
  - MLSS concentration in MBR was increased very smoothly in the range of 13000~15000 mg/l.
  - Nitrogen removal efficiency in MBR was about 70%.

- Differently from the bench scale MBR process, anoxic tank was operated in parallel with MBR process in a pilot study in order to enhance denitrification efficiency using the solubilization product obtained from the sludge pretreatment as an external carbon source.
  - Effluent COD<sub>cr</sub> concentration was maintained stably below 20mg/L.
  - Operating flux of MBR was set at 20LMH and membrane fouling did not occur during the operation of the pilot plant.
- ② Operation of a pilot scale MBR process with sludge reduction
- Biosolids withdrawn from the MBR at a flowrate of 1.5–2.0% influent flowrate, were treated at NaOH dosage was 15–20meq–NaOH/1L–mixed liquor.
  - Surplus sludge withdrawn was able to be reduced up to 90% at MLSS concentration of 15000 mg/l or slightly higher.
  - Nitrogen removal efficiency was about 70% but phosphorus removal was only over 30%. phosphorus concentration was below the water quality regulation
  - Differently from the bench scale MBR process, anoxic tank was operated in parallel with MBR process in a pilot study in order to enhance denitrification efficiency using the solubilization product obtained from the sludge pretreatment as an external carbon source.
  - Effluent COD<sub>cr</sub> concentration was maintained stably below 20mg/L.
  - Operating flux of MBR was set at 20LMH and membrane fouling did not occur during the operation of the pilot plant.

## VI. Application plan

1. Several patent about the MBR process with sludge reduction has been obtained.
2. The issue of the certification of a novel technology such as "KT mark" is being in progress.
3. Application of the MBR process with sludge reduction as a commercially available process through the transfer of technical know-how.