

저온 태양열 이용 생물학적 오수 처리

정 모¹⁾, 이동원²⁾, 김정배²⁾, 윤응상²⁾, 변무룡³⁾, 변무원³⁾

Biological Waste Water Treatment with Solar Thermal Energy

Mo Chung, Dongwon Lee, Jeongbae Kim, Eungsang Yoon, Mooryong Byun, Moowon Byun

Key words : Biological Nitrogen Treatment(생물학적 질소처리), Low Temperature Solar Thermal (저온 태양열 이용), Field Test of Waste Water Treatment Reactor(오수처리장치 현장실험)

Abstract : A low-temperature solar thermal system assisting a biological nitrogen treatment reservoir was designed and field-tested. A large tank whose temperature was maintained at about 25-30 °C to enhance the performance of a biological nitrogen treatment process was heated by an array of flat plate solar collectors. Test results revealed that the overall collector efficiency was above 50% for the most cases tested. This high efficiency was possible owing to the relatively low collector temperature that can be traced back to the reservoir temperature. A substantial enhancement in nitrogen treatment was observed as a result of maintaining the reservoir temperature higher.

1. 서론

생물학적 오수 처리는 오수 내에 존재하는 생물 분해가 가능한 유기물을 미생물을 이용하여 처리하는 방법이다. 이러한 방법은 일반적으로 물리적 처리 방법이나 화학적 처리 방법에 비해 초기 건설비가 많이 드는 단점이 있지만, 운영비가 적게 들고 생물 분해가 가능한 성분에 대해서는 효율이 매우 높은 장점이 있어 실제 공정에 널리 쓰이고 있다.

(주)젠트로가 개발 중인 수처리 시스템인 ROLL PIPE SYSTEM은, 섬모상 미디어 배열 및 단위체 ROLL제작 주름관으로 형성된 롤 형태의 PE관 내부에, PE끈 상의 중심 줄 주위를 PP나 PE섬유사를 서로 엮어서 슝 줄기 형태의 섬모상 여재를 관길이 방향으로 삽입 배열한 제품이다(Fig. 1). PE 주름관을 500~600m 길이 단위 Roll로 감아 용량 및 수질 오염도에 따라 길이를 조정하여 각 Roll을 연결 배치함으로써 처리능력을 향상시킨다.

이러한 미생물처리 공정에서 온도는 가장 중요한 인자 중 하나로서 동결기, 하절기의 처리 방법 및 처리용량에 크게 영향을 미친다. 일정한 온도 유지를 위하여 Roll을 적당한 깊이의 지중에 매설하여 사계절 일정한 온도를 유지시킴으로서 동종류의 미생물군을 발육 활착시켜 수질의 처리 능력을 향상시킨다. 이 때 오수가 흘러 들어가면서 주름관 내부 요철에 부딪혀 용

존 산소량을 증가시켜 미생물의 성장발육을 촉진시킨다.

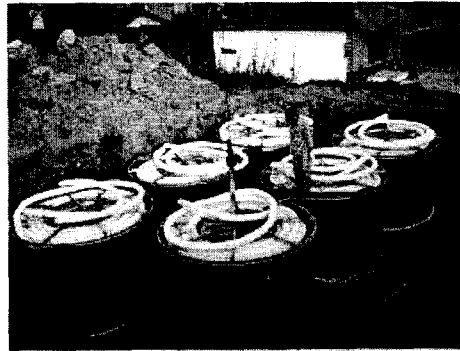


Fig. 1 The Roll-Pipe System

이 방법의 장점은 질소 제거 효율이 높고 공정의 안정성과 신뢰도가 높으며 경제적인 점을 들 수 있다. 생물학적 질산화-탈질에 의한 질소 제거는 다음과 같은 질산화-탈질의 2단계 절차

- 1) 영남대학교 기계공학부
E-mail : mchung@yu.ac.kr
Tel : (053)810-2459 Fax : (053)810-4627
- 2) 한국에너지기술연구원
E-mail : dwlee@kier.re.kr
Tel : (02)123-4567 Fax : (02)123-9876
- 3) (주)젠트로
E-mail : qusanfyd@chol.com
Tel : (02)483-0077 Fax : (02)487-6734

를 거쳐 수행된다.

1. 대부분의 폐수는 암모니아성 질소를 원액으로 포함하고 있는데 이것을 호기성 조건에서 일단 아질산성 질소로 질소화한 다음 다시 질산성 질소로 바꾼다(질산화 과정).
2. 무산소 조건에서 제1단계에서 생성된 질산성 질소를 질소 가스로 환원하여 대기 중으로 방출한다.

질산화 과정에 영향을 미치는 주요인자들로 에너지원(무기물), 온도, 용존산소, pH, 독성 물질의 존재 여부 등이 있으나 온도의 영향이 가장 큰 것으로 보고되고 있다^{1),2)}. Fig 2 에서 보듯 질산화율은 약 10~30℃ 범위에서는 온도 증가에 따라 증가하여 30~35℃에서 최대가 된다.

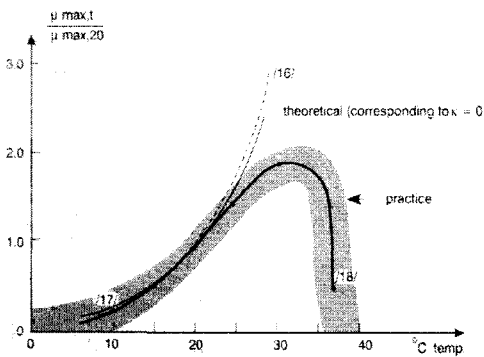


Fig. 2 Temperature Effect on Nitrification¹⁾

그 이후는 온도계속 상승하더라도 오히려 반응이 둔화되며 40℃가 넘으면 반응이 일어나지 않게 된다.

2. 시스템 설계

생물학적으로 질소를 제거하는데 있어 가장 중요한 사항은 반응조 온도를 약 30℃ 근처로 올리는 것이다. 본 연구에서는 이러한 오수처리 설비의 운전에 필수적인 열 에너지를 화석 연료의 연소가 아닌 태양열을 이용함으로써 친환경적인 방법으로 얻는다. 특히 태양열을 저온에서 이용하게 되기 때문에 집열기 손실을 최소화 할 수 있고 저장에 따른 보온도 비교적 용이한 장점이 있게 된다.

Fig. 3에 보인 바와 같이 저온 열원 획득에 적합한 평판형 태양열 집열시스템을 이용하여 태양열을 획득하고 일단 처리가 완료되어 방출되는 처리수 가지고 나가는 열 에너지를 새로이 인입되는

오수와 열교환을 통하여 회수함으로써 에너지 소비를 최소화하여 집열기 면적을 줄이고 시스템 크기를 경량화 시킨다.

림에서 보듯 Roll Pipe System에 태양열 시스템을 연계시키고 오수처리 탱크를 축열조로 병용함으로써, 생물학적 오수처리 공정이 일정 온도 이상에서 이루어지도록 구성했다. 처리가 완료된 정화수가 시스템을 빠져 나갈 때 가지고 나가는 열에너지를 열교환기를 이용하여 회수하도록 하였고, 태양열 시스템이 공급한 뒤 부족한 열량은 보조에너지 공급 장치를 써서 충당하도록 구성하였다.

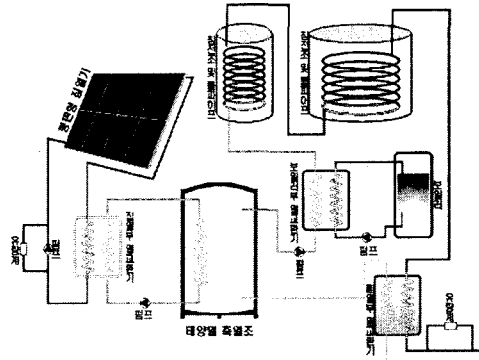


Fig. 3 Schematic Diagram of the System

3. 실증 실험

오수 처리 장치에서의 실증 실험은 경기도 용문소재 하수 처리 실험 시설을 이용하였다. Fig. 4 에는 실증 실험이 진행 중인 하수 처리조의 모습을 보여주고 있다. Fig. 5 에서는 실험에 사용된 평판형 집열기의 배열을 보여주고 있다.



Fig. 4 Biological Reactors

사용된 집열기는 신양에너지가 제작한 국산 평판형 집열기로서 20장 1열로 3열 배열을 갖는다. 집열기 표면은 흡수율 95%, 반사율 7%의 선택적

흡수 표면 처리가 되어 있다. Table. 1 에 집열기 사양이 요약되어 있다.

Table 1. Specifications of the Collector

제작사	신양에너지(주)	
모델명	SSC2220	
크기	995(W) X 2205(H) X 80 (t)	
집열면적	2.2 m ²	
형식	액체식, 평판형	
흡열판	구성요소	주관, 지관, 동관
	접합방식	면접합 솔더링
	표면처리	선택흡수막
단열재	열반사단열재+유리섬유	
케이스	Rigid Aluminium Profile	
제품수명	30년	

본 연구에서 질소처리가 이루어지는 반응조는 태양열 이용 입장에서는 축열조 역할을 한다. 반응조는 4.7m(L) x 2.5m(W) x 2.45m(H) 크기의 장방형 구조로 그림 4에서 보듯 중간에 설치된 또 다른 저장조와 간접 열교환을 거쳐 태양열을 공급 받는다. 반응조 표면은 단열재를 사용하여 열손실을 최소화하였다.

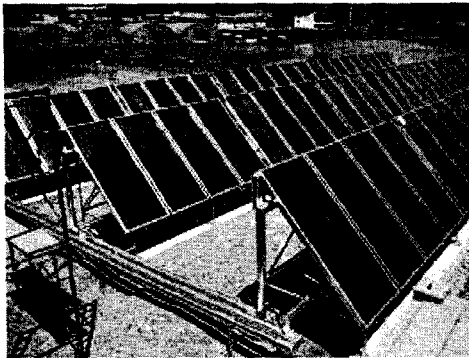


Fig. 5 Collector Arrays

4. 결과 및 검토

1일 150톤 처리가 가능한 시스템을 개발하는 것을 목표로 Table 2 에 나타낸 조건 하에서 운전하는 것을 지향하였다. 현장 실험에서는 이러한 운전 조건을 상정하고 가능한 한 실험 조건을 이 것에 맞추어 실험을 수행하였다.

Table. 2 Operating Conditions

항목	운전 조건
원수 유량 (m ³ /d)	150
원수 유입 방법	포기조1-90m ³ /d Plug Flow
	Reactor1-30m ³ /d Plug Flow Reactor2-30m ³ /d
MLSS (mg/L)	2540-3980
내부반송:외부반송	1Q : 0.6Q
SRT (day)	20-25
HRT (hr)	8
온도 (℃)	7.9-19.3

4.1 태양열 이용 결과

Fig 6 에는 대표적인 하루에 대한 시각별 태양 에너지 수급 현황이 나타나 있다. 순간 집열 효율이 대체로 50%를 상회하는 좋은 성능을 보이고 있음을 알 수 있다.

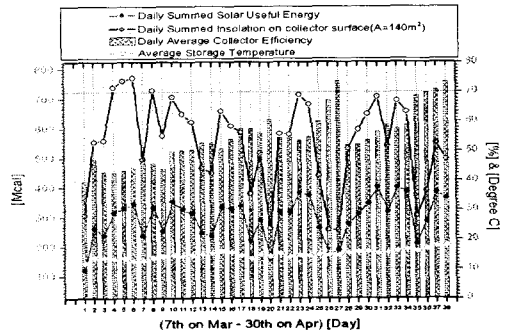


Fig 6. Solar Energy Utilization

4.2 오수 처리 결과

Fig. 8에서 11까지는 태양열 이용 시스템과 기존 시스템에서의 오수 처리 결과를 비교하였다.그림에서 보듯 태양열 이용 시스템이 질소 제거에 확실한 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

5. 결론 및 제안

시스템을 구성한 초기 단계에서의 예비 실험을 통하여 시스템이 정상적으로 작동하고 있음을 확인할 수 있었다.

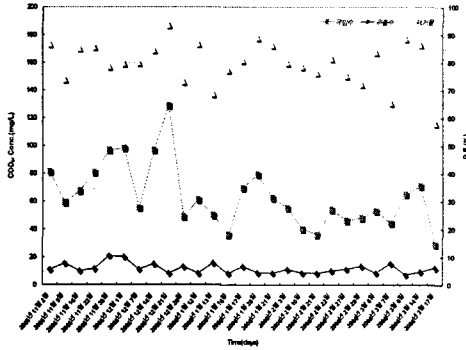


Fig 8. COD Variation for Existing System

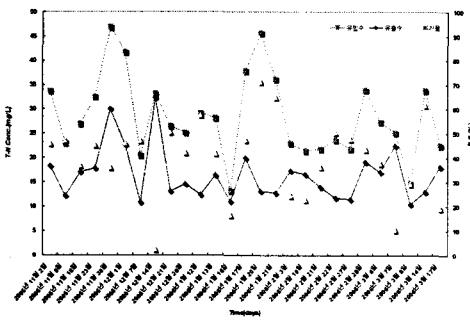


Fig 9. COD Variation for Solar System

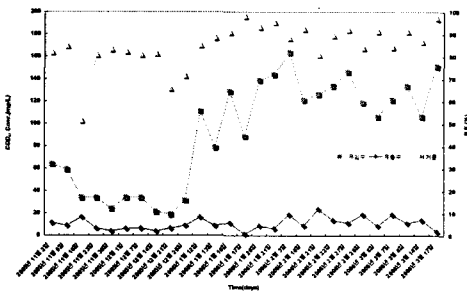


Fig 10. Total Nitrogen for Existing System

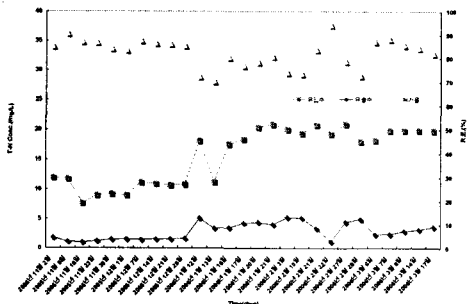


Fig 10. Total Nitrogen for Solar System

오수 유입이 간헐적으로 진행되고 질소 제거 과정이 저장조 내에서 어느 정도 체류 시간을 요구하는 관계로 폐열 회수 열교환기 운용에 어려움이 있어 아직까지 정량적인 열정산은 수행하지는 못하였다. 이러한 실험적 제한성에도 불구하고 최종 목표인 질소 처리에는 상당한 성과가 있었음이 실험적으로 입증되었다.

장차 시간적 여유를 가지고 추가 실험을 수행하여 다음과 같은 사항을 보완할 계획이다.

- 오수 입수-출수 유량을 체계적으로 제어하여 처리조 내에 잔류하는 시간을 질소 처리 반응 속도와 연계하여 최적화 한다.
- 이러한 제어와 함께 오수의 유입과 처리수의 방출을 시간적으로 일치시켜 오수와 방류수 간 열교환 기회를 최대화시킴으로서 폐열 회수 열량을 극대화할 수 있는 운영 전략을 개발한다.
- 태양에너지 이용 열량, 폐열 회수 열량, 보조 열량에 대한 체계적이고 정량적인 측정 및 분석을 통한 에너지 이용 효율성 분석을 월별, 계절별로 수행하여 장치 실제 보급 시스템에 대한 설계 자료로 활용한다.

후 기

본 연구는 에너지관리공단의 실증연구사업 연구비지원(2004- N-SO11-P-03-0-000)을 통해 수행되고 있으며 관계자 제위께 감사드립니다.

References

- [1]. Mogens Henze, Paul Harremoës, Jes la Cour Jansen, Eric Arvin, Wastewater Treatment Biological and Chemical Processes, 3rd ed. Springer, 2002.
- [2]. G. Tchobanoglous, F. L. Burton, H. D. Stensel, Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, McGrawHill, 2003.
- [3]. 박원훈 외, 태양에너지 핸드북, 한국태양에너지학회, 태림문화사, 1991.

후 기

본 연구는 에너지관리공단의 실증연구사업 연구비지원(2004- N-SO11-P-03-0-000)을 통해 수행되고 있으며 관계자 제위께 감사드립니다.