

초음파처리 슬러지 탄소원을 첨가한 침지형 분리막공법의 질소, 인 처리에 관한 연구

김영규[†] · 황성희*

용인대학교 환경보건학과, *BK21 서울대학교 농생명과학산업단

The Nitrogen and Phosphorus Removal of MUNR Process Using Sludge Carbon Source

Young Gyu Kim[†] · Seong Hee Hwang*

Dept. of Environmental Health, Yong-In University

*BK21, Science and Technology, Agricultural and Biotechnology, Seoul National University

(Received September 15, 2002; Accepted November 2, 2002)

ABSTRACT

This study was to evaluate on the removal efficiencies of total nitrogen and phosphorus in municipal wastewater at MUNR process using sludge carbon source for environmental micro-organism. The removal efficiencies of total suspended solid were 85.9~91%, total nitrogen were 38.6~87.2% and total phosphorus were 30.8~39.0%, respectively. It was shown that removal efficiency of nitrogen was effectively influenced by sludge carbon source treated with ultrasonication. The removal efficiency of total phosphorus was low because the sludge was not wasted during this treatment.

Keywords : MUNR process, Nitrogen, Phosphorus, Municipal wastewater

I. 서 론

미생물을 이용한 생물학적처리와 침지형 분리막을 결합한 공법은 침지형 분리막이 설치된 호기조에서 유기물을 제거하고, 질산화시킨 다음 내생탈질조에서 질산성 질소를 제거한 후 무산소조로 반송하여 탈질시킴으로써 질소와 인을 처리하는 양호한 수처리 방법이다. 생물학적 침지형 분리막처리의 장점은 미생물의 침강 특성에 영향을 받지 않고 완벽한 고액분리가 가능하며, 짧은 HRT에서도 긴 SRT를 유지하여 질산화균의 성장에 유리하고, 고농도의 미생물 농도를 유지하여 처리 속도를 높일 수 있으며, 아울러 슬러지 생산량을 감소시킬 수 있다. 막을 통한 유출수의 분리로 입자성 물질이 완전히 배제되므로 최종침전조에서 일어나는 침전성 악화, 편폭폭, 슬러지별킹 현상들이 일어나지 않

고, 안정된 수질을 얻을 수 있으며 소요부지가 적어 중소규모 하수처리에 적용가능성이 높다.¹⁾ 분리막을 이용한 침지형 공법으로 질소와 BOD를 제거하는 연구^{2,3)}와 중수처리에 이용하는 연구가 진행되어 있다.^{4,6)} 그러나, 침지형 분리막을 이용한 지금까지의 공법은 호기조에 침지형 분리막을 침지하여 유기물을 제거하는데는 효과가 있으나, 탈질조가 없어 호기조에서 질산화된 처리수의 대부분이 그대로 방류되고 있다. 따라서 본 연구에서는 호기조에서 질산화된 처리수를 무산소조로 내부반송하여 미생물에 초음파 조사한 탄소원을 사용하는 공법에서 질소와 인의 처리효율을 파악하고자 하였다.

II. 연구방법

하수처리장 최종침전지를 거친 처리수를 미세 스크린으로 머리카락 등의 고형물을 제거한 후 원수로 사용하였다. 무산소조는 유입수 및 호기조에서 100% 유입되는 내부반송액의 혼합을 위해 paddle형식의 교반기를

[†]Corresponding author : Dept. of Environmental Health,
Yong-in University
Tel: 82-31-330-2751, Fax: 82-31-330-2886
E-mail : envinet1004@hanmail.net

설치하여, 교반속도를 약 35 rpm으로 유지하며, 400W의 봉 타입의 초음파로 2시간 조사하였다. 호기조에는 polyethylene계의 0.4 um의 분리막을 침지하였으며, 막의 폐색을 방지하기 위하여 분리막의 하단에서 공기를 주입하여 막이 유동하여 미생물의 막면 접촉을 줄이고 Fouling을 줄이도록 하였으며, DO농도가 3~5 mg/l를 유지하여 질산화가 원활하도록 하였다. 침지형 분리막 반응조에는 일정수위가 차면 센서가 작동하여 침지형 분리막에서 물을 공급토록 되어 있다. 유입수와 처리수의 TSS, T-N, NH₃-N, T-P는 공해공정시험법⁷⁾으로 분석하였다.

각 반응조의 무산소조에 유입된 원수의 TBOD₅의 용적부하량은 각각 0.25~0.30 kg-BOD/m³.d, T-N의 용적부하량은 0.19~0.24 kg-T-N/m³.d, T-P의 용적부하량은 0.01~0.04 kg-T-P/m³.d로 나타났다. 무산소조에 유입된 원수의 C/N(TBOD₅/T-N)비는 1.2~1.5로 낮았으며 반응조의 HRT는 0.28을 유지하였다. MLSS는 초기에 2,200 mg/l로 시작하여 슬러지를 폐기시키지 않으면서 운전하였으며, Run 1은 원수와 내부반송을 500 ml/min으로 운전하여 18일째에는 MLSS가 6,080 mg/l가 되었다. Run 2는 원수와 내부반송을 760 ml/min으로 운전하여 MLSS가 8,760 mg/l가 되었다. Run 3는 침지형 분리막을 일정농도의 0.1%차아염소산 나트륨 용액과 0.4%가성소다를 넣고 세정을 하여 사용하였으며, 운전조건은 Run 2와 같이 원수와 내부반송을 760 ml/min으로 운전하여 MLSS가 4,540 mg/l로 증가하였다. 유입수의 용존산소(DO)는 1.77 mg/l, 무산소조의 DO는 0.09 mg/l, 호기조의 DO는 4.37 mg/l로 침지형 분리막의 fouling을 방지하는 차원에서 높은 DO를 유지하였다.

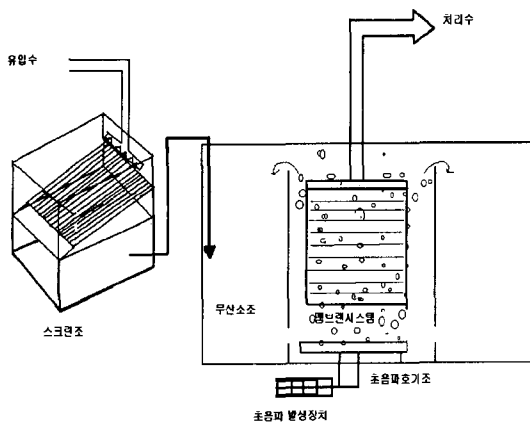


Fig. 1. Schematic of Membrane and Ultrasonic Apparatus.

III. 결과 및 고찰

1. TSS의 처리효율

Run 1의 경우 유입수 52 mg/l, 유출수 4.4 mg/l로 91%의 제거효율을 보이고 있으며, 호기조의 MLSS농도는 불규칙하게 나타나고 있는 것으로 보아 운전상의 문제로 사료되며 Run 2의 경우는 유입수 81.6 mg/l, 유출수 2.0 mg/l로 98%의 높은 제거효율을 보이고 Run 3의 경우는 유입수 57.5 mg/l, 유출수 8.13 mg/l로 85.9%의 낮은 제거효율을 나타냈다. TSS의 제거효율은 반응조의 MLSS가 높을수록 높게 나타났으며 분리막을 0.1%차아염소산 나트륨 용액과 0.4%가성소다를 넣고 세정을 하여 운전한 Run 3에서 가장 낮게 나타나 약 펌세정에 의한 분리막의 파손과 관련이 있는 것으로 생각된다.

2. NH₃-N 및 T-N의 처리효율

T-N은 Run 1의 경우 유입수 32.0 mg/l, 유출수 19.6 mg/l로 38.6%의 제거효율을 보이고 있고, Run 2의 경우는 유입수 27.4 mg/l, 유출수 3.5 mg/l로 87.2%의 제거효율을 보이고 있으며 Run 3는 유입수 29.6 mg/l, 유출수 15.8 mg/l로 46.6%의 제거효율 나타내고 있다. Run 2의 질소제거효율이 Run 3의 질소제거효율보다 높은 것은, 무산소조에 유입되는 BOD 탄소원이 Run 2가 높고 질산화가 잘 되었기 때문으로 보인다. 또한 계절적으로 여름이라 반응조의 온도가 25°C를 유지하여 18°C를 유지한 Run 2보다 미생물의 활성도가 커졌기 때문으로 보인다. 호기조에서 질산화된 처리수를 탈질시키기 위해서는 탄소원이 필요하나 메탄올이나 아세트 산을 사용하는 것은 경제적 부담이 된다.⁸⁾ 그러나, 95% 이상의 탈질반응을 위해서는 질소에 대한 유기탄소의 비가 3.0을 추천하고 있어⁹⁾ 본 연구에서는 슬러지를 파괴하여 미생물 내의 탄소원을 사용하고자 하였으며, 2시간의 파괴로 SCODcr이 27.5 mg/l에서 2시간 후에는 432.8 mg/l로 증가하였다. Run 1, Run 2에서의 질산화는 각각 96.0%, 94.4%로 90이상으로 나타내고 Run 3에서도 87.9%의 질산화를 나타내 HRT 3시간 내에서도 질산화가 잘 되는 것으로 나타났다. Run 3에서 질산화가 낮은 것은 온도가 낮아짐에 따라 질산화효율이 감소했기 때문으로 볼 수 있다.

3. T-P의 처리효율

T-P는 Run 1의 경우 유입수 6.11 mg/l, 유출수 4.23 mg/l로 30.8%의 제거효율을 보이고 있고, Run 2의 경우는 유입수 2.16 mg/l, 유출수 1.32 mg/l로 39.0%

Table 1. Removal efficiency of each condition

Items	Conditions	Run 1	Run 2	Run 3	Average
		TSS (mg/l)	Influent	52.0	81.6
	Effluent	4.4	2.0	8.13	4.8± 2.2
	Removal (%)	91	98	88	92.3± 3.8
T-N (mg/l)	Influent	32.0	27.3	29.6	29.6± 1.6
	Effluent	19.6	3.5	15.8	13.0± 6.3
	Removal (%)	38.6	87.2	46.6	57.5± 19.8
NH ₃ -N (mg/l)	Influent	21.9	22.6	19.0	21.2± 1.4
	Effluent	0.9	1.3	2.3	1.5± 0.5
	Removal (%)	96.0	94.4	87.9	92.8± 3.2
T-P (mg/l)	Influent	6.11	2.16	1.82	3.4± 1.8
	Effluent	4.23	1.32	1.18	2.24± 1.32
	Removal (%)	30.8	39.0	35.4	3.5± 2.8

의 제거효율을 보이고 있으며, Run 3의 유입수는 1.82 mg/l, 유출수 1.18 mg/l로 35.4%의 제거효율이 나타났다. 제거효율이 전반적으로 낮은 것은 공법의 특성상 혐기조가 없어 인의 방출과 침취현상이 발생되지 않았으며, 슬러지를 폐기시키지 않아 인의 제거가 거의 이루어지지 않았기 때문으로 보인다.

IV. 결 론

호기조에는 polyethylene계의 0.4 um의 분리막을 침지하고 질산화된 처리수를 무산소조에 400W의 봉타입의 초음파를 넣어 일부의 슬러지를 파괴하며 슬러지탄소원을 공급하였다. MLSS는 초기에 2,200 mg/l로 시작하여 슬러지를 폐기시키지 않았으며 무산소조의 DO는 0.09 mg/l, 호기조의 DO는 4.37 mg/l로 유지하여 운전한 TSS, T-N, T-P의 제거효율은 다음과 같다.

TSS의 처리효율은 85.9%~91%로 반응조의 MLSS가 높을수록 처리효율이 높게 나타났다. T-N의 처리효율은 38.6%~87.2%로 질산화가 잘 이루어지고 무산소조에 유입되는 BOD 탄소원이 높을수록 처리효율도 높게 나타났다. T-P의 처리효율은 30.8%~39.0%로 제거효율이 전반적으로 낮은 것은 공법의 특성상 혐기조가 없어 인의 방출과 침취현상이 발생되지 않았으며, 슬러지를 폐

기시키지 않아 인의 제거가 거의 이루어지지 않았기 때문으로 보인다.

참고문헌

1. Anselime, C. *et al.* : Optimum use of membrane process in drinking water treatment, Proceedings of the IWSA conference, Budapest, Special subject No.2, membrane technology, 1-11, 1993.
2. Suwa Y., Yamaguchi T., Urushigawa Y. and Hirai M. : Simultaneous organic carbon removal nitrification by an activated sludge process with cross flow filtration. *J. Ferment. Bioeng.*, **67**, 119-125, 1989.
3. 강광남, 정순형, 정우영, 윤용수 : 침지형 membrane을 이용한 생활오수처리. *대한위생학회지*, **14**(2), 105-112, 1999.
4. William, W. J. and Maclellan, S. A. : Membrane softening. *J. AWWA.*, **81**(11), 47-51, 1989.
5. Talor, J. S., Mulford, A., Diranceau, S. J. and Barrett, W. M. : Cost and performance of a membrane pilot plant. *J. AWWA*, **81**(11), 52-60, 1989.
6. 안규홍, 권지향 : 막분리를 이용한 중수도 기술. **11**(6), 32-37, 1993.
7. 환경부 : 공해공정시험법. 동화기술, 115-189, 1996.
8. Werner, M. and Kayser, R. : Denitrification with Biogas as external carbon source. *Wat. Sci. Tech.*, **23**, 701-708, 1991.
9. Barnes D. : Biological control of nitrogen in wastewater treatment. F.N. Son Ltd., 1983.