

흡수성 Biofilter System에서 동절기 가온이 처리 특성과 성능에 미치는 영향

Effects of Winter Heating on the Treatment Characteristics and Performance of Absorbent Biofilter System

권순국^{*†} · 전기철^{**} · 김성배^{*}

Soon-Kuk Kwun · Gi-Seol Cheon · Song-Bae Kim

Abstract

This study was performed to evaluate the need for heating wastewater to enhance treatment efficiency of organic matter (BOD, SS) during cold winter in newly developed Absorbent Biofilter System (ABS) which was established in the Suwon Campus of the Seoul National University. Treatments consisted of non-heating (2000 year) and heating(2001, 2002 year), and sampled data were analyzed during cold winter period as well as post winter period to investigate the influence of heating after winter season. Even the average air temperature showed only 0.4 °C difference between two experimental years, the difference in the average effluent temperature during cold winter period between heating and non-heating experiment was approximately 11 °C. The average effluent concentration of organic matter in non-heating treatment exceeded the Korean standards for water quality of discharged effluent in riparian area (BOD and SS 10 mg/L); however, the standards were met in case of heating treatment during both winter and post winter period. Therefore, the need for heating wastewater during cold winter season in ABS was justified. On the other hand, there was no improvement of treatment efficiency in T-N and T-P, but we observed the more activated nitrification as increasing the wastewater temperature. Because the average underground temperature was 5 °C higher than the average air temperature during cold winter period, we recommend that the ABS can be established in the underground rather than on-ground for saving the heating cost.

Keywords : Biofilter, Heating tank, Winter, Cold climate

I. 서 론

최근 정부는 오염총량제 도입을 계기로 인구가 밀집한 도시 지역의 하수처리뿐만 아니라 댐 상류 지역 또는 농촌지역에서의 오수도 처리해야 하는 부담을 지니게 되었다. 따라서, 인구가 분산되어 있

* 서울대학교 농업생명과학대학

** 서울대학교 대학원

^{*}, [†] Corresponding author. Tel.: +82-2-880-4582

Fax: +82-2-873-2087

E-mail address: skkwun@snu.ac.kr

는 농촌 지역에서는 소규모 현장처리 시스템의 도입이 불가피한 현실이다 (Kwun & Yoon, 1999; Kwun et al., 2000b). 현재 농촌에 보급된 소규모 오수처리시설은 여러 기관에서 여러 가지 방식이 보급되어 있으나 대부분 처리효율, 소음, 경제성, 유지관리 등에 문제가 있는 것으로 나타났다 (Kwun et al., 2000b). 저자 등은 이러한 문제점을 해결을 위해 캐나다 Waterloo 대학에서 상용화된 시스템을 도입, 시험연구를 통하여 한국의 농촌 실정에 맞는 흡수성 Biofilter System (Absorbent Biofilter System, ABS)을 개발하였다 (Jowett & McMaster, 1994; Kwun et al., 2000b). 이 연구에서 ABS의 처리효율이 우리나라 오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률(오분법, Ministry of Environment, 2003)의 특정지구(상수도 보호구역)의 처리기준을 만족시킬 수 있을 만큼 우수하다는 사실을 확인하였으나, 일반 소규모 생물학적 처리시설에서 흔히 볼 수 있는 바와 같이 영양염류의 처리효율이 낮고, 저온의 겨울철에 처리효율이 저하되는 등의 두 가지 문제점을 제시한 바 있다(Kwun et al., 2000a; Kwun et al., 2000b).

국내외의 연구결과를 보면, ABS와 같은 생물막법의 일종인 gravel filter는 겨울철에 질산화작용이 온도의 영향을 받으며 (Roy & Dubé, 1994), 국내의 하수처리에 사용되고 있는 연속회분식 반응조 (SBR)의 처리효율도 온도의 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Kim & Chung, 1992). 일반적으로 하수처리에 있어서 겨울철의 추운 기후조건은 (1)기계장치를 얼어붙게 하며, (2) 입자의 침강이 잘 이루어지지 않고, (3) 생화학적 반응이 저하되는 등의 문제점이 발생하는 것으로 알려져 있으며 대부분의 이러한 문제점은 처리장을 가열된 건물 내에 둔다면 간단히 해결 될 수 있다고 하였다. (Martel, 1998).

이 연구의 목적은 ABS의 겨울철 처리효율 향상을 위해 바이오필터 유입수 온도를 상승시킨 후 주요 수질성분의 처리특성을 분석하여 저온에 의한

처리성능의 저하정도를 파악함으로써, ABS에 대한 동절기 가온의 필요성 여부를 제시하는데 있다.

II. 재료 및 방법

1. 가온장치

본 연구에 사용된 시험장치는 Fig. 1과 같이 정화조-유량조정조-가온장치-바이오필터조-방류조로 구성된 ABS를 이용하였다. ABS는 흡수성 여재를 충전한 반응기 상부에서 노즐을 통하여 오수를 간헐적으로 살수하여 자연유하로 여재층을 통과하면서 여재층에 형성된 임의성 미생물들에 의해 산화, 분해되는 생물학적 오수처리방법이다 (Kwun et al., 2000a; Kwun et al., 2000b). 생물학적 오수처리 방법에서 동절기 온도저하에 의한 미생물 사멸 또는 활동저하로 인하여 처리효율이 저하되는데, 이를 방지하기 위하여 안정적인 온도를 유지하도록 가온장치를 설치하여 유입수의 수온을 상승시켰다. ABS의 유입수 온도상승의 기본원리는 가온장치에 설치된 heating bar에 의해 온도가 상승된다. Heating bar의 작동은 control box로 조절하며, 이것은 탱크 상단에 설치된 센서에 의해 자동적으로 조절되어 일정한 온도로 상승할 수 있도록 되어있다.

2. 시험방법

생물학적 오수처리방법은 미생물작용에 의해 처리효율이 결정되는데, 미생물은 기온이 온화한 여름에는 활동이 왕성하여 처리효율이 높은 반면에 동절기에는 활동이 둔화되어 처리효율이 낮아진다. 이에 따라, 우리나라에서 온도가 낮은 12월부터 3월까지의 기간을 동절기로 하여 가온 시험기간으로 하였다. 시험용 ABS가 1개소였으므로, 가온, 비가온 시험을 동시에 실시할 수 없어 해마다 조건을 달리하여 시험하였다. 즉, 2000년에 가온을 하지

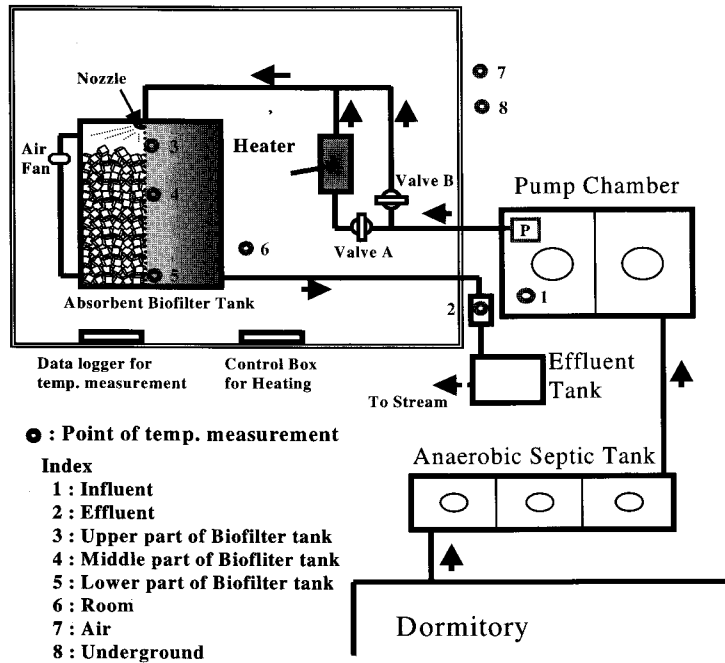


Fig. 1 Schematic diagram of experimental ABS Plant

않은 상태에서 운전 (비가온시험) 하였으며, 2001년, 2002년 에는 가온장치를 이용하여 유입수의 수온을 상승시켜 시험 (가온시험) 하였다. 특히 2002년에는 온도의 변화에 따른 질산화 효율과 지중온도 변화를 파악하기 위한 조사도 추가하여 실시하였다. Table 1에서와 같이 시험기간도 동절기

는 물론 동절기 이후의 기간까지 포함하여 처리효율을 분석하였다.

3. 온도측정

외기온, 바이오필터 탱크의 상, 중, 하 온도, 지

Table 1 Treatments of the experiment

Treatment (year)	Term of experiment	Duration of sampling	Abbreviation	Place of sampling	Abbreviation
Non-heating (2000)	Winter	2000. 1.05~4.10	NW	Influent	NWI
				Effluent	NWE
	Post winter	2000. 4.24~7.28	NP	Influent	NPI
				Effluent	NPE
Heating (2001, 2002 ¹)	Winter	2001. 1.05~4.16 2002. 1.02~3.31	HW	Influent	HWI
				Effluent	HWE
	Post winter	2001. 4.20~7.30 2002. 4.01~7.30	HP	Influent	HPI
				Effluent	HPE

¹ In 2002 heating experiment, temperature effect on nitrification was main concern.

상에서 1 m 아래의 지중온도, 그 외 유입수와 유출수의 온도를 data logger를 이용하여 측정을 하였다. 바이오필터 탱크 온도는 상, 중, 하부의 평균 온도를 사용하였다. 특히 지중온도는 2001년 11월 20일부터 측정되었다 (Fig. 1).

4. 수질 샘플링 및 분석방법

수질 샘플링은 유량조정조 (Fig. 1)와 ABS의 중간지점에서 밸브를 이용하여 유입수를 채취하였으며, 유출수는 바이오필터 탱크에서 처리수가 나오는 말단부에서 채취하였다. 채취된 시료는 BOD를 제외하고 하루 안에 수질분석을 끝마쳤으며, 측정항목은 온도, pH, DO, BOD, COD, SS, T-P, org-N, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, T-N, Alkalinity 등 13개 항목이다. BOD, SS, T-P는 공정시험법 (Ministry of Environment, 2000)을 이용하여 분석하였으며, 그 외 수질항목의 분석은 Standard Methods (APHA, 1995)에 의하였다 (Table 2).

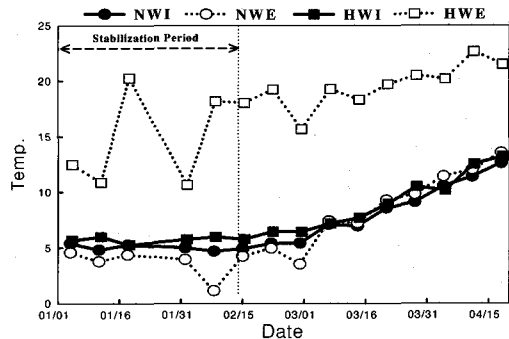
Table 2 Analyzing method for water quality indices

Index	Method or Instrument
Temp.	On-site measurement
pH	pH Meter (NeoMet model 815PDC)
DO	Sodium Azide modification of the winkler method
BOD	BOD ₅ method
SS	GF/C method
COD	Chromium method
Org-N	Semi-micro-kjeldahl method
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	Semi-micro-kjeldahl method
$\text{NO}_2\text{-N}$	Photometer SQ200 of MERCK Inc.
$\text{NO}_3\text{-N}$	Photometer SQ200 of MERCK Inc.
T-N	Org-N + $\text{NH}_4^+\text{-N}$ + $\text{NO}_2\text{-N}$ + $\text{NO}_3\text{-N}$
T-P	Molybdenum blue method

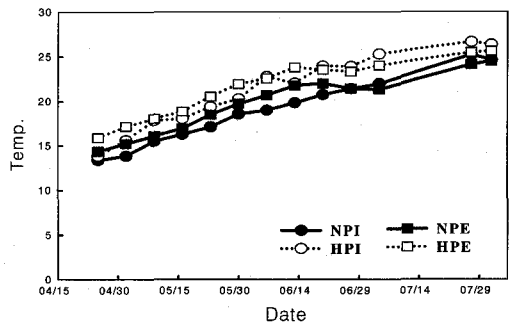
III. 결과 및 고찰

1. 외부 기온, 바이오필터 탱크온도 및 지중온도

Fig. 2는 동절기 가온시험기간과 동절기 이후의 비가온 시험기간 중의 유입수와 유출수 온도 변화를 나타낸 것이다. 2000년 11월 가온장치설치 이후 온도조절이 잘 이루어지지 않아 최고 40 °C까지 온도가 상승하여 유입 파이프가 녹는 현상이 발생하였다. 이는 최초 온도센서의 위치를 탱크 하단에 설치하여 상단부분의 유입수의 온도가 제어되지 않아 계속 상승하는 결과로 생긴 것이다. 따라서, 센서의 위치를 상단으로 변경시키므로서 유입수의 온도를 원하는 수온으로 제어할 수가 있었



(a) Winter period



(b) Post winter period

Fig. 2 Comparison between influent and effluent temperatures in heating and non-heating experiments

다. 유기물 처리효율은 15℃ 이하에서 온도영향을 받으며, 질산화과정은 10~17℃에서 온도에 민감하다고 하여 (Im & Yu, 2000; Randall & Buth, 1984), 센서설정 온도를 30℃로 하여 유입수의 온도를 17~23℃(평균 20℃) 사이로 유지하였다.

하수처리 방법 중 생물막법을 이용한 시설에서는 생물막이 생성되는데 일정기간이 필요한데, 가온 시험에도 이러한 현상이 나타나서, 가온 시작 후, 한 달 뒤부터인 2001년 2월 9일 경부터 안정화되었다. 2001년도에는 4월 16일 이후 가온장치의 정지로 일시적인 온도저하 현상이 일어났으나 (Fig. 3) 시간이 지남에 따라 외기온이 상승하여 유입수의 온도도 상승하는 경향을 나타내고 있다. Fig. 4에서 보는바와 같이 2000년 외기온도가 2001년 보다 Winter 기간에는 0.4℃ 낮고, Post winter 기간에는 2℃정도 높아서 두 해의 큰 온도차는 없는 것으로 나타나 연도별 온도변화로 인하여 발생하는 온도영향은 무시할 수 있을 것으로 생각되었

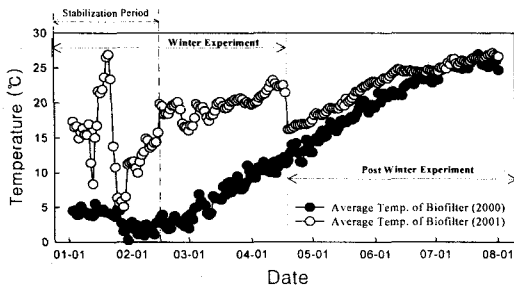


Fig. 3 Comparison of average temperatures inside the Biofilter tank.

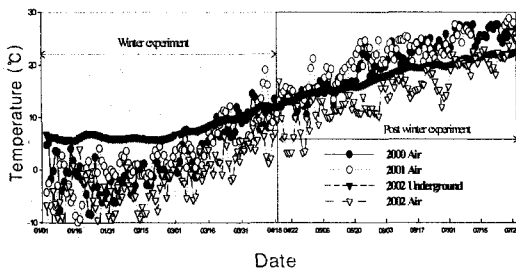


Fig. 4 Comparison between air and underground temperatures

다. 비가온 기간동안 동절기 평균 유출수 온도는 3℃로 유입수(4℃)보다 1℃ 낮았으나, 가온 기간 동안은 평균 15℃로 유입수(5℃)보다 10℃ 높았다. 비가온 기간동안의 유입수 온도를 고려하면, 가온 기간동안의 유출수 온도가 비가온 기간동안의 유출수 보다 11℃ 높은 것으로 나타났다. 그리고, 지중온도는 2002년 겨울철기간 (1~3월)에 외기온 보다 약 5℃ 높아서 ABS를 지중에 매설한다면 가온장치의 설정온도를 낮추어도 바이오필터 탱크 내부온도를 17~20℃로 유지할 수 있을 것으로 판단되었다.

2. 가온시 동절기 처리특성변화

가. BOD

동절기 비가온 시험(NW)과 가온 시험(HW)의 경우 모두 유입수 농도는 평균 값으로서 약 147.5 mg/L로 비슷하였다. 그러나, 유출수의 경우 NW는 평균 17.1 mg/L, HW는 3.8 mg/L로 양자간의 농도 차이는 13.3 mg/L에 달하였다 (Table 3). 가온의 경우, 오분법에서 오수처리시설의 수변구역 방류수수질기준 10 mg/L를 만족하는 값이고, 비가온의 BOD 수질은 이를 초과한 것으로 나타나서 동절기에 ABS 유입수의 가온이 필요한 것으로 판단된다. 한편 Table 3에 나타난 처리효율은 샘플링 별 유입수와 유출수로부터 계산하여 평균 값과 중위수 값을 각각 구한 것이다. 처리효율은 HW가 NW보다 두 가지 평균 값 모두 처리효율이 9% 정도 향상된 것으로 나타났다. 이 결과는 NW의 경우 15℃ 이하에서는 탱크내의 미생물이 온도의 영향을 많이 받아 처리효율의 감소 폭이 커졌으나, HW의 경우 15℃ 이상을 유지하여 미생물의 활력이 유지되었기 때문인 것으로 판단된다 (Im & Yu, 2000).

나. SS

평균적으로 NW의 경우 유입수는 53.6 mg/L이

Table 3 Comparison of water quality between heating and non-heating experiment during winter period

Constituent of water quality	Treatment condition	Influent (mg/L)			Effluent (mg/L)			Efficiency (%)	
		Average	Max.	Min.	Average	Max.	Min.	Average	Median
BOD	NW	147.5	189.6	118.2	17.1	26.9	11.9	88.3	88.4
	HW	147.5	202.2	106.5	3.8	13.6	1.3	97.5	97.9
SS	NW	53.6	120.0	30.5	14.6	33.0	6.0	68.9	75.0
	HW	40.9	58.0	29.0	2.3	4.0	1.0	94.3	94.7
T-N	NW	93.6	114.2	60.6	80.7	102.8	52.7	13.8	16.0
	HW	101.6	109.1	95.2	93.0	106.2	77.5	8.5	7.2
T-P	NW	17.7	21.8	11.3	12.2	14.6	10.0	30.0	31.5
	HW	8.8	12.6	6.4	4.3	6.0	2.5	51.4	53.4

었고, 유출수는 14.6 mg/L로 분석되었으며, HW는 유입수가 40.9 mg/L, 유출수가 2.3 mg/L로 나타났다. BOD의 경우에서와 같이 분석된 유출수 농도를 오분법의 수변구역 방류수수질기준 10 mg/L와 비교하면 NW는 초과하였고, HW는 만족하는 결과를 나타내었다. 또한, 처리효율도 HW가 NW보다 25% 향상되어 SS에 대한 가온처리의 처리효율 증진 효과가 확실하게 나타났다. SS제거는 물리적인 여과외에도 입자성 BOD의 분해에 의한 제거 부분도 있어서, 생물학적 처리가 향상됨에 따라 전체적인 SS제거율이 높아진 것으로 판단된다.

다. T-N

T-N은 NW의 경우가 유입수가 평균적으로 93.6 mg/L였고, 유출수가 80.7 mg/L로 처리효율은 14%로 나타났으며, HW는 유입수가 101.6 mg/L, 유출수가 93.0 mg/L로 처리효율이 9%로 나타났다. 이것은 SBR 공정에서는 온도감소에 따라 T-N 제거량이 감소되며, 10 °C 이하에서 큰 폭으로 줄어든다고 하였으나, 본 연구대상인 ABS에서 나타난 결과는 T-N이 동절기에 10 °C 이하로 내려갔지만 그 처리효율이 크게 줄지 않은 것으로 나타났다 (Kim & Chung, 1992).

라. 질산화작용

질산화 작용은 호기성 미생물에 의하여 암모니아성 질소가 아질산성질소로 아질산성질소가 질산성질소로 산화되는 과정을 말하며, 10~17 °C에서는 작은 온도변화에도 민감하게 반응하나, 17~30 °C에서는 변화가 작다고 보고 된 바 있다 (Kim and Chung, 1992; Randall & Buth, 1984).

Fig. 5는 바이오필터 탱크내에서의 질산화 과정을 알아보기 위하여 정화조(혐기성 부패조)로부터 유입되는 오수의 NH₄⁺-N의 농도와 바이오필터 탱크로부터 유출되는 NH₄⁺-N, NO₂⁻-N, NO₃⁻-N의 농도를 서로 비교한 것이다. 유입수의 NH₄⁺-N 농도가 일반하수와는 달리 높은 농도를 보이는 이유는 시험장소가 대학의 구내 기숙사이며 생활잡배수가 혼합되지 않고 화장실의 오수만 유입되었기 때문이다. 그리고, 유출되는 NH₄⁺-N 농도가 유입수의 농도보다 매우 낮은 농도를 나타내고 있는 것으로 보아 바이오필터 탱크 내에서 소모되었음을 판단 할 수 있으며, NO₂⁻-N의 농도가 매우 낮게 유지되는 것으로 보아 NH₄⁺에서 NO₂⁻이 되어 NO₃⁻로 되는 질산화 과정에서 NH₄⁺에서 NO₂⁻으로 변하는 시간보다 NO₂⁻에서 NO₃⁻로 변하는 시간이 짧다는 것을 알 수 있었다. 또한, 유입수 보다 유출수에 NO₃⁻-N의 농도가 매우 높은 농도로 나타내고 있는 것으로 보아 바이오필터 탱크 내에

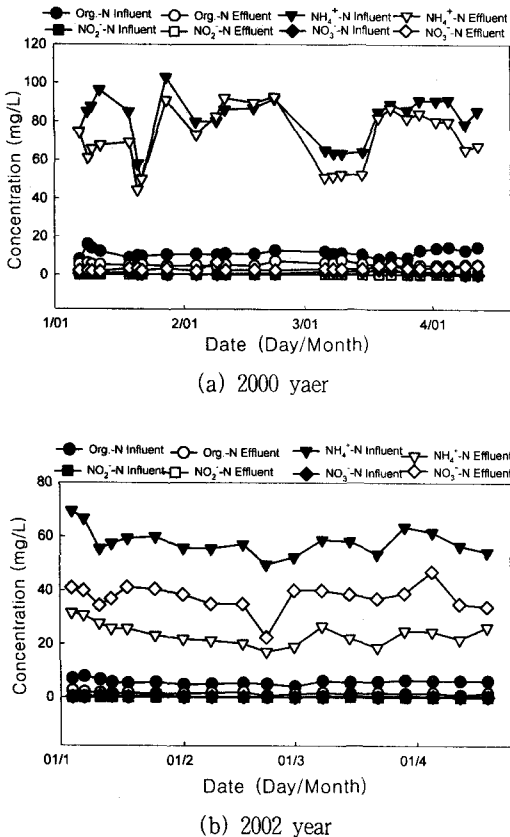


Fig. 5 Variation of nitrogen component concentrations during winter period.

서 생성되어 유출되었음을 판단 할 수 있었다. 이 모든 것을 고려하여 보면, 바이오필터 탱크 내에서는 어떤 물질의 입·출입도 없고, 오로지 유입수와 유출수만 존재한다면 NH_4^+ 가 질산화되어 NO_3^- 으로 변환 것으로 생각할 수 있으므로, 낮은 온도가 질산화작용에 큰 영향을 끼치고 있음을 알 수 있었다.

마. T-P

평균적으로 NW의 경우 유입수는 17.7 mg/L이었고, 유출수는 12.2 mg/L로 분석되었으며, HW는 유입수가 8.8 mg/L, 유출수가 4.3 mg/L로 나타났다. 처리효율 면에서는 HW가 향상되었지만, T-P 제거량 면에서는 NW가 제거량이 많았다. 이것은 NW보다 HW의 유입수 T-P농도가 작았기 때문에,

T-P의 제거량이 일반적으로 알려진 지체시간과 수리부하율에 관련있는 것을 고려한다면 이러한 결과는 온도만의 영향이라고 볼 수는 없었다.

3. 동절기 가온이 동절기 이후의 처리특성에 미치는 영향

가. BOD

NP나 HP 모두 유입수 농도가 평균적으로 약 150 mg/L로 비슷하였으나 NP 유출수 농도는 평균 18.1 mg/L, HP는 10.0 mg/L로 가온과 비가온 처리 사이의 처리수질농도 차이는 상당히 크게 나타났다. 오분법에 대한 적합도 여부에서도 동절기 시험 결과와 유사하게 나타나 동절기 유입수 가온이 동절기의 시험기간 중의 수질에 영향을 끼칠 뿐 아니라 동절기 이후의 가온하지 않는 기간까지 영향을 끼치고 있음을 알 수 있었다. 그리고 동절기 이후의 처리효율에서도 HP가 NP보다 5% 정도 높아졌다.

나. SS

NP와 HP 유입수는 각각 52.0, 24.9 mg/L 였고, 유출수가 22.9, 2.9 mg/L으로 분석되었다. 분석된 유출수 농도를 오분법의 수변구역 방류수 수질기준에 적용하면 NP는 초과되는 반면에, HP는 적합한 것으로 나타났다. 그리고, 처리효율은 HP가 NP보다 29% 정도 향상되었다 (Table 4). Fig. 6

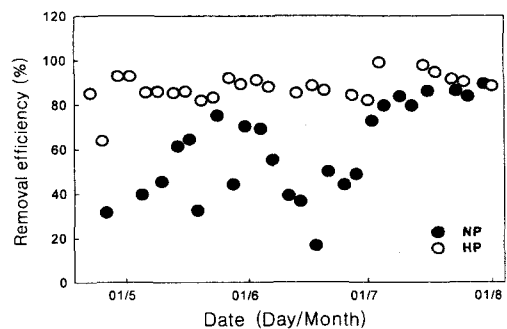


Fig. 6 Removal efficiency of SS between NP and HP after winter period

Table 4 Comparison of water quality between heating and non-heating experiment during post winter

Constituent of water quality	Treatment condition	Influent (mg/L)			Effluent (mg/L)			Efficiency (%)	
		Average	Max.	Min.	Average	Max.	Min.	Average	Median
BOD	NP	149.9	244.8	64.2	18.1	43.5	1.7	88.3	89.1
	HP	150.2	338.7	33.8	10.0	25.1	1.4	93.3	93.8
SS	NP	52.0	98.0	30.0	22.9	69.0	3.5	56.8	58.3
	HP	24.9	54.0	13.0	2.9	11.0	0.5	87.7	88.1
T-N	NP	62.8	80.7	37.6	59.9	76.2	31.2	2.8	6.4
	HP	99.4	117.0	70.1	95.3	130.1	75.8	3.6	4.4
T-P	NP	16.9	21.6	11.3	13.3	16.2	7.0	21.3	20.7
	HP	9.7	14.6	6.0	6.7	12.9	3.4	32.3	29.8

에 의하면 4월 말에 NP는 SS 처리효율이 -10% 정도 되었는데, 이것은 동절기에 죽은 미생물의 사체가 다수 흘러나왔기 때문이며, 육안으로도 확인이 가능하였다. SS도 BOD와 마찬가지로 동절기 가온은 미생물의 생육환경을 양호하게 유지하므로 미생물의 사멸현상이 없어지고 따라서 동절기 이후 기간의 처리효율에도 영향을 끼치는 것으로 판단된다.

다. T-N

가온 시험의 경우 유입수의 평균값은 99.4 mg/L로 동절기 시험 기간과의 T-N 농도가 비슷하였으며, 유출수는 95.3 mg/L로 유입수와 같이 동절기 시험 기간과의 T-N 농도가 비슷한 경향을 나타내었다. 비 가온 시험 기간 후의 T-N 유입수 평균은 62.8 mg/L로 동절기 비가온 시험 기간과 비교할 때 적은 T-N의 농도였으며, 유출수는 59.9 mg/L로 나타났다.

동절기 이후 시험기간에서도 동절기 기간의 경우와 마찬가지로 시험별 처리효율이 비슷하였다 (Table 4). 그리고, 동절기 기간 중 유입수를 가온시킨 처리에서 질산화 작용이 매우 활발하게 나타났던 현상이 동절기 이후기간에서도 동일한 현상이 일어났으며, 이것은 동절기 시험에서 이미 언급한 것과 같이 바이오필터 탱크 내부는 호기성 상태이므로 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 이 감소되면서 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 가 증가되

는 질산화과정은 잘 진행되나, 총 질소량에서는 아무런 변화가 발생하지 않기 때문에 T-N 제거효율은 높아지지 않았다.

라. T-P

가온 시험 기간 후의 T-P의 유입수의 평균값은 9.7 mg/L이며, 유출수는 6.7 mg/L이었다. 그러나 비 가온 시험 기간 후의 T-P는 유입수 평균값이 16.9 mg/L 이고, 유출수는 13.3 mg/L이므로 처리 효율면에서는 9%정도 증가되었으나, 처리효율 향상 정도가 그리 크지는 않았다. 이 결과는 20~30 °C 범위의 온도에서는 미생물의 인 섭취 및 용출률에 대한 온도의 영향이 크지 않다는 Park et al. (2002)의 연구결과와 일치하는 것이라 생각된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 가온장치를 이용하여 동절기에 유입수를 가온시켜서 바이오필터 탱크 내의 평균온도가 20 °C 이상 지속되도록 유지하는 방법으로 동절기 및 그 이후 기간에서 ABS의 처리효율을 향상시키려고 시험하였는데 연구결과는 다음과 같다.

1. 시험 기간동안의 2개년 평균 외기온은 큰 차이가 없는 것으로 나타나 연도별 온도변화로 인하여 발생하는 온도영향을 무시할 수 있었으며, 동절

기 유출수는 비가온한 경우보다 가온한 경우가 약 11 ℃ 정도 높았다. 그러나, 동절기 이후기간에 유출수 온도는 비슷한 경향을 나타냈다.

2. 비가온 시험의 경우 BOD, SS 유출수 농도가 동절기나 동절기 이후 기간 모두 우리나라 오분법의 수변구역 방류수 수질기준을 초과하였다. 그러나, 가온 시험의 경우에는 BOD, SS 유출수 농도가 동절기뿐만 아니라 가온 이후 기간에도 오분법의 수변구역 방류수 수질기준을 만족하였다.

3. 동절기시에 가온실험의 경우가 비가온실험의 경우보다 BOD, SS처리효율이 각각 약 9, 25%, 동절기 이후기간에도 5, 29% 정도 향상되어 유입수온 상승으로 인한 BOD와 SS 처리효율 향상 효과가 높게 나타났다.

4. 영양염류는 유입수 온도상승으로 인한 처리효율향상은 기대할 수 없었으나, 유입수온 상승으로 인한 질산화작용의 증가는 확인할 수 있었다.

5. 동절기 가온에 의해 유기물 처리효율향상이 확인되었으므로 ABS의 동절기 가온 필요성을 입증할 수 있었다.

6. 또한, 지중온도가 외기온보다 안정적으로 높아 동절기 저온으로 인해 발생하는 처리효율 저하방지와 가온의 비용을 절감하기 위해서 ABS의 지중매설 방안도 검토할 필요가 있다고 생각한다.

이 연구는 바투환경기술 (주)의 연구비 지원에 의하여 수행되었음

References

1. American Public Health Association(APHA), 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th ed., Washington D.C., USA..
2. Im, Kyoung Jin and Sung Whan Yu. 2000. Influence of Temperature on Removal of Organics and Nitrogen by Circulating Bed Reactor. Annual Conference Proceedings of Korean Society of Water and Wastewater and Korean Society On Water Quality. Korean Society of Water and Wastewater, pp.185-188.
3. Jowett, E. C. and M. L. McMaster. 1994. Absorbent aerobic biofiltration for on-site wastewater treatment-laboratory and winter field results, Proceedings of the Seventh International Symposium on Individual and Small Community Sewage Systems, 11-13 December 1994, Atlanta, Georgia, USA, pp.424-435.
4. Kim, Dong Han and Tai Hak Chung. 1992. Temperature Effects on the Treatment Efficiency in a SBR process. Journal of the Korean Society of Water and Wastewater 6(1), pp.11-23.
5. Kwun, Soon Kuk and Chun Gyeong Yoon. 1999. Performance for a small on-site wastewater treatment system using the absorbent biofilter in rural ares. Korean Journal of Environmental Agriculture 18(4), pp.310-315.
6. Kwun, Soon Kuk, Chun Gyeong Yoon, and Batu Kimn. 2000a, Performance of a Small On-site Wastewater Treatment System using Absorbent Biofilterfor for Korean Rural Community. Journal of Environmental Science and Health A35(9), pp.1701-1717.
7. Kwun, Soon Kuk, Dong Y. Kim, Chun G. Yoon, S. H. Kim, and Chul Sung Kim. 2000b. Development of Biofilter System for the Sewage Treatment for Korean Rural Community, 97-2-15-03-01-3. The Korea Science and Engineering Foundation, pp.68.
8. Martel, C. J. 1998. Cold-Weather Clean. Water Environ. Technol. 10(8): 50-53.
9. Ministry of Environment. 2000. Official test methods for water pollution. Seoul, Korea.
10. Ministry of Environment. 2003. Act on the

- disposal of swage, excreta and livestock wastewater. Seoul, Korea.
11. Park, Jung Su, Dae Whan Rhu, Euiso Choi, and JongBok Bak. 2002. Temperature Effects on PAO and dPAO in BNR System. Journal of the Korean Society of Civil Engineers 22(1-B), pp.91-100.
 12. Randall, C. W. and David Buth. 1984. Nitrite build-up in activated sludge resulting from temperature effects. Journal WPCF 56(9), pp.1039-1044.
 13. Roy, C. and J. P. Dubé. 1994. A recirculating gravel filter for cold climates. Proc. of the seventh Int. Sym. on Individual and Small Community Swage System, Am. Soc. of Agric. Eng., St. Joseph, MI., pp.292-294.