

# 하수처리장 송풍량 산정에 미치는 영향 인자들의 평가 The Evaluation of Effect Indicators on Estimation of Aeration Volume for Wastewater Treatment Plants

김병수<sup>†</sup> · 최미영 · 권혁 · 김진만 · 차운오 · 전완명

Byoung Soo KIM<sup>†</sup> · Mi young Choi · Hyuck Kwon · Jin man Kim · Woon ou Cha · Wan Myung Chun

TSK water 연구소  
TSK water R & D Center

(2012년 12월 12일 접수, 2013년 1월 18일 채택)

**Abstract :** To construct the system controlling the aeration volume for D wastewater treatment plant effectively, the fluctuation of aeration volume was analyzed with changes of factors of the influent. As a result, the range of aeration volume was wide to maintain the certain concentration of DO, and the key factor to decide the aeration volume was found to be the temperature, F/M ratio, the loading rate of BOD<sub>5</sub> and T-N of the influent. Among the factors, the temperature of the influent had the most decisive effect on the aeration volume. The result showed that 45.8 m<sup>3</sup>/h of the aeration volume was needed with an increase of 1°C of the influent, and the effect of the season was considered. Since the temperature of the influent is affected by a change of season, same as F/M ratio, the loading rate of the influent and the concentration of MLSS, it seemed that the change of the temperature of the influent affects the aeration volume even more. Therefore, it is preferable to consider the loading rate of the influent and F/M ratio altogether, rather than considering only one factor when deciding aeration volume.

**Key Words :** Wastewater Treatment Plant, Aeration Volume, Evaluation Factor, Design Criteria for Sewerage Works, Bio-reactor, DO, Temperature

**요약 :** D하수처리장의 송풍량을 효과적으로 조절하는 시스템을 구축하기 위해 2011년 1월 1일부터 2012년 8월 31일까지 포기조 DO 농도를 평균 2.1 mg/L로 유지하면서 유입유량, 유입농도, 유입부하, 수온, F/M비, 생물반응조의 MLSS 농도 변화에 따른 송풍량 변화를 검토하였다. 그 결과 동일한 DO 농도를 유지하기 위한 송풍량 변화폭은 매우 크며, 송풍량 산정을 결정하는 주요 인자는 수온, F/M비, BOD<sub>5</sub> 유입 부하, T-N 유입 부하로 나타났다. 그 중 가장 큰 영향을 주는 지표는 수온으로 수온 1°C 증가는 45.8 m<sup>3</sup>/h의 송풍량을 증가시키는 것으로 나타났으며, 이는 계절의 영향이 반영된 것으로 사료 된다. 하절기에는 유입 유량증가, 낮은 MLSS농도, F/M비 증가의 영향과, 동절기에는 유입 유량감소, 높은 MLSS농도, F/M비 감소 등의 영향이 송풍량에 반영되어, 수온 변화에 따른 필요 송풍량 변화를 더욱 가중시킨 것으로 사료된다. 따라서 호기조 송풍량 산정 시에는 유입유량, 유입 BOD<sub>5</sub>농도, 유입 T-N농도 및 생물반응조의 MLSS농도 중 하나의 인자를 이용하는 것보다, 유입부하나 F/M비로 연산하여 접근이 필요한 것으로 사료된다.

**주제어 :** 하수처리장, 송풍량, 인자, 하수도설계기준, 생물반응조, 용존산소, 수온

## 1. 서론

우리나라에 하수처리장이 처음 도입된 것은 1976년의 중랑하수처리장으로서 다른 도시기반시설과는 달리 도입시기가 다소 늦었다. 그러나 2010년 말 현재 전국의 하수처리장의 시설용량 24,753천톤/일이며, 전국 하수도 보급률이 90.1%로 어느 선진국에 비견해도 부족하지 않은 수준이다. 또한 하수처리 공법에 있어서도 초기의 유기물만을 대상으로 하였던 활성슬러지 공법에서 현재는 영양염류 및 독성까지도 처리대상으로 하는 고도하수처리공법으로까지 질적인 성장을 이루었다. 또한 4대강 사업과 관련하여 총인시설까지 적용하였다.

이러한 양적인 성장에 비해 하수처리장에 대한 운영관리 기술은 많이 부족한 형편이다. 이는 지금까지 하수처리장의 설계 및 건설에 초점이 맞추어져 이에 필요한 요소 값을 산출하는데 투자가 집중되었기 때문이다. 그러나 현재 하수처

리장의 보급이 마무리되어가는 이 시기에 필요한 것은 바로 운영관리기술이다.

하수처리장은 생물학적 공정이므로, 외부에서 미치는 물리적 변화에 적응하는 능력이 뛰어나지만, 생물학적 반응이 매우 복잡하여, 공정 거동을 이해하기 어렵다. 하수처리공정에 공정상태 및 거동을 알기 위해서는 많은 분석 비용과 시간을 필요로 한다. 실제로 유입부하 및 공정의 반응상태는 계속 변화하며 기존의 유입수 농도 측정방법인 BOD<sub>5</sub>, COD, SS, T-N, T-P 등을 이용할 경우 1시간~5일의 분석시간이 소요됨에 따라 계속적으로 변화하는 유입부하를 측정할 수 없으며 반응조에 과부하로 공급될 경우 이에 따른 문제가 발생한 이후에야 과부하 여부를 판단할 수 있다.<sup>1)</sup> 따라서 기존에는 과부하를 포함한 부하의 변동에 따른 문제의 발생을 방지하기 위해 반응조를 과다 설계하거나 DO 부족 현상을 막기 위해 과잉의 공기를 항상 공급하는 등 경제적이며 친환경적 운영에 한계가 있었던 것이 사실이다. 이에 대한 대안으로

<sup>†</sup> Corresponding author E-mail: kkk105@tskwater.com Tel: 02-6901-8243 Fax: 02-6901-8290

수학적인 모델을 활용하여, 경제적이고 안정적인 최적 운전 조건을 도출할 수 있는 공정진단 시스템이 개발되고 있는 실정이다.<sup>4)</sup> 하지만 하수처리장의 유입수 농도에 따라 송풍기의 공기 공급량을 효과적으로 조절하는 시스템이 부족하고, 관련 기술 개발이 미진함에 따라 적정 DO공급에 대한 DATA의 신뢰도가 부족하여 하수처리장 운영에 상당 부분 차질을 유발하고 있다.

본 연구는 하수처리장의 상태를 나타내는 지표들을 수집하고 이를 분석하여, 하수처리장의 송풍량 운영제어 시스템을 구성하기 위한 이해와 정보를 제공할 뿐만 아니라, 하수처리장 송풍량 산정에 미치는 인자의 영향평가 및 대응운전 전략 마련에 실질적인 정보를 제공하고자 한다.

## 2. 실험 방법

본 연구는 실제 정상 가동 중인 D하수처리장의 2011년 1월 1일부터 2012년 8월 31일까지 총 609일간 운전 데이터를 분석하였다.

분리관재인 D하수처리장은 2005년 4월에 준공하여 운영 6년차로 방류수질이 안정된 조건에서 금번 실험을 실시하였다. 시설용량은 4,000 m<sup>3</sup>/d이며 공법은 TEC-BNR이나 음식물 및 기타 축산 분뇨폐수는 실험의 안정성을 위해 연계처리하지 않았다.

유입원수와 방류수에 대하여 수온, pH, BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Mn</sub>, SS, T-P, T-N 등을 분석하였다. 온도 및 DO 측정은 DO meter (Model YSI 58)를 이용하였으며 BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Mn</sub>, TSS 분석은 수질오염공정시험법에 중하여 분석하였다. T-P, T-N, NH<sub>4</sub>-N 분석항목은 흡광광도법에 의해 분석하였다. 생물반응조는 호기조를 분석하였으며, DO, pH, 수온 현장에서 직접 측정하였다. 송풍량은 송풍배관에 설치된 전자 송풍량계를 이용하였으며, 호기조의 MLSS농도는 수질오염공정시험법에 준하여 실험을 실시하였다. 측정 항목 및 방법 분석 방법은 Table 1과 같다.

연구기간 동안 D하수처리장 포기조의 평균 DO 농도를 2.1 mg/L로 유지하였으며, 유입유량, 공기량, 유입부하, 수온, 생물반응조의 MLSS농도는 Table 2와 같다.

Table 1. Field measurement and analysis methods

Classification	Items	Test	Period	Analysis		
				Items	Methods	
Influent	Flow rate	Electronic flow meter	1 SET	Temp/pH	Glass electrode process	
	Field measurement	DO, pH, temperature		COD <sub>Mn</sub>	Standard method	
	Water analysis	BOD <sub>5</sub> , SS, COD <sub>Mn</sub> , T-N, T-P		BOD <sub>5</sub>	Standard method	
Effluent	Water analysis	BOD <sub>5</sub> , SS, COD <sub>Mn</sub> , T-N, T-P	1st/d	SS	Standard method	
	Water analysis	SV30, SVI, A-MLSS (mg/L)		T-N	Absorption photometry	
Aeration tank	Field measurement	DO, pH, temperature	1 SET	T-P	Absorption photometry	
	Aeration volume	Electronic Aeration flow meter		1 SET	DO	diaphragm seal type
					MLSS	Standard method

Table 2. Operating data of D wastewater treatment plant

Items	Min.	Max.	Ave.	
	Inflow rate (m <sup>3</sup> /d)	2058.0	9101.0	3273.7
Daily mean aeration volume (m <sup>3</sup> /hr)	424.0	1304.0	842.0	
Process condition	Inflow BOD <sub>5</sub> loading rate (kg/d)	354	1825	654
	Inflow T-N loading rate (kg/d)	88	520	164
	Treated BOD <sub>5</sub> loading rate (kg/d)	349	1794	644
	Temperature	11.0	28.9	20.2
	pH	6.1	6.8	6.4
Aeration tank	Temperature	11.1	28.9	20.3
	pH	6.2	7.0	6.6
	DO (mg/L)	1.2	3.0	2.1
	SV30	10.0	38.0	20.5
	MLSS	1890	5560	3314

## 3. 결과 및 고찰

본 연구기간 동안 D하수처리장의 운영 수질은 Table 3과 같다. BOD<sub>5</sub>의 평균 제거 효율은 98.5%, COD의 평균 제거 효율은 91.0%, SS의 평균 제거 효율은 97.6%, T-N의 평균 제거 효율은 76.4%, T-P의 평균 제거 효율은 83.1%로 안정적으로 운영되었다.

Table 3. Operating data of D wastewater treatment plant

Items	Min.	Max.	Ave.	
	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	132.0	382.3	201.9
COD (mg/L)	69.6	626.5	119.1	
Inflow	SS (mg/L)	90.0	1930.0	191.9
	T-N (mg/L)	23.0	124.8	50.9
	T-P (mg/L)	3.0	15.5	5.9
	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	1.7	4.8	3.1
	COD (mg/L)	7.4	18.4	10.7
Outflow	SS (mg/L)	1.2	9.0	4.6
	T-N (mg/L)	6.0	24.2	12.0
	T-P (mg/L)	0.3	1.7	1.0

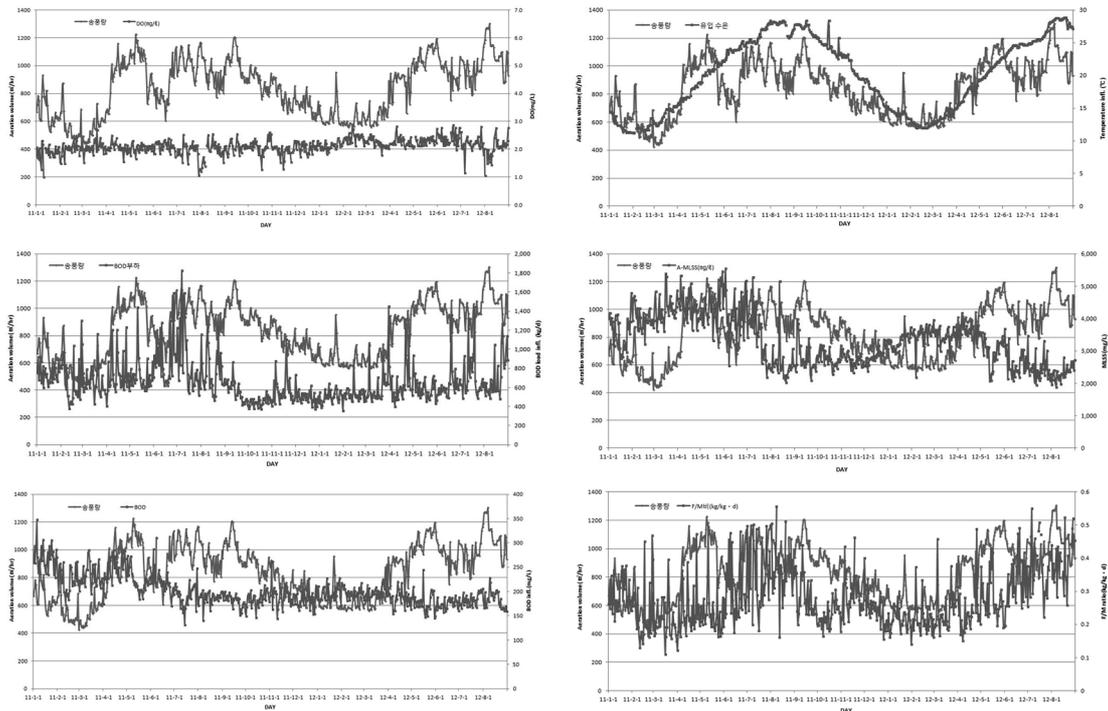


Fig. 1. The trends of aeration volume and indicators.

### 3.1. 송풍량과 DO 농도

일평균 송풍량과 각 인자의 변화추이는 Fig. 1과 같다. 그림에서 보듯 일평균 송풍량은 424.0~1304.0 m<sup>3</sup>/h로 3배 이상의 큰 변화 추이를 보이고 있다. 하지만 생물반응조 DO 농도의 경우 1.2~3.0 mg/L로 변화의 폭을 보였다.

이는 운영자들이 방류수 수질 기준 준수를 위한 여유율을 감안하여, 생물반응조의 DO 농도를 운영 기준인 2.0 mg/L로 유지하기 위해 노력한 결과이며, 연구기간 동안에 생물반응조의 DO 농도는 평균 2.1 mg/L로 유지되었다. 송풍량은 유입수온과 매우 유사하게 운전되었고, MLSS는 동절기에는 4,000 mg/L 이상으로 하절기에는 평균 2,534 mg/L로 운전하여 송풍량 증감과는 반대의 경향으로 운전되었다.

BOD<sub>5</sub> 농도는 송풍량과 유사성은 보이지 않았다. 하지만 BOD<sub>5</sub> 부하의 경우 하절기 유량증가의 영향으로 하절기에는 증가하는 경향으로 나타났고, F/M비의 경우 송풍량과 좀 더 유사한 경향을 보여준다. 이는 직접적으로 산소소비에 관여하는 미생물을 고려한 결과로 사료된다.

송풍량을 1200.0 m<sup>3</sup>/h 이상으로 운전한 기간에도 DO 농도는 평균 2.2 mg/L로 유지되었으며, 600.0 m<sup>3</sup>/h 이하로 운전한 기간에도 DO 농도는 평균 2.0 mg/L로 유지되었다. 생물반응조의 DO 농도와 송풍량의 상관 관계는 Fig. 2와 같다. 그림에서 보듯이 송풍량 증가는 DO의 증가와 직접적인 연관성이 없는 것으로 사료되며, 추세선 경향 또한 송풍량 증가 시 DO 농도는 소폭 하락하는 추세를 보이는 것으로 나타났다. 유입유량 대비 송풍량 변화추이는 Fig. 3과 같이 유입 유량 증가 시 송풍량도 증가하는 추세를 보였다. 유입유량 3,000 m<sup>3</sup>/d일 때 평균 686 m<sup>3</sup>/h의 송풍량이 사용되었고, 유입유량 4,000 m<sup>3</sup>/d일 때는 평균 1,254 m<sup>3</sup>/h의 송풍량이

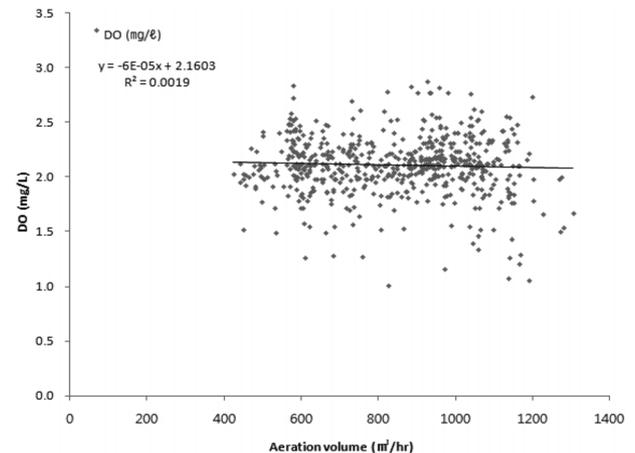


Fig. 2. The correlation between aeration,

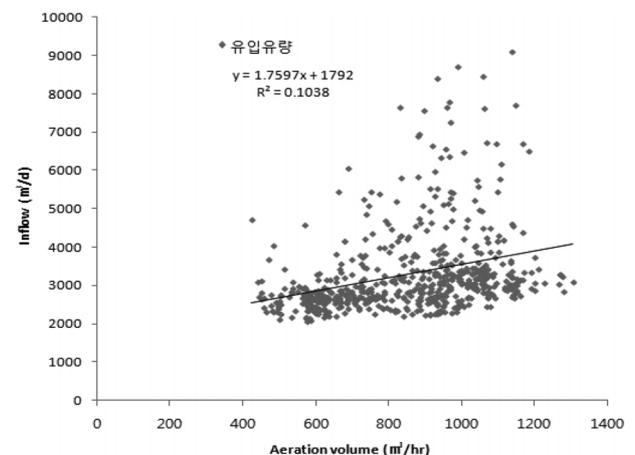


Fig. 3. The correlation between aeration volume and DO concentration, volume and inflow rate.

사용되어, 유입유량 1,000 m<sup>3</sup>/d 증가 시 송풍량은 2배가 증가되었다.

### 3.2. BOD<sub>5</sub> 산화에 의한 산소소비량

Fig. 4와 같이 유입 BOD<sub>5</sub> 농도 증가 시 송풍량은 오히려 감소하는 추세를 보여주고 있어, 유입 BOD<sub>5</sub> 농도 증가는 송풍량 증가와 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 이에 현재 개발되거나 개발 중인 하수처리장 송풍량 산정 기술들 중 유입 BOD<sub>5</sub> 농도를 지표로 이용하여 송풍량을 산정하는 경우 신중한 접근이 필요할 것으로 사료된다. 산소를 소모하는 미생물당 BOD<sub>5</sub> 부하를 고려한 F/M비의 경우 F/M비가 0.01 증가하면 100 m<sup>3</sup>/h의 송풍량을 증가시키는 것으로 나타나, F/M비의 증가 대비 송풍량 변화추이는 Fig. 5와 같다. 송풍량 산정에는 유량변화, MLSS 농도를 종합적으로 고려하여야 할 것으로 사료된다.

BOD<sub>5</sub>의 유입부하나 제거량을 분석한 결과 BOD<sub>5</sub> 유입부하 증가는 송풍량을 증가시키는 추세를 보이지만 그 증가 폭은 크지 않은 것으로 나타났다. 처리된 BOD<sub>5</sub> 부하 대비 송풍량 변화추이는 Fig. 7과 같다. 하수도 설계 기준으로 1 kg BOD<sub>5</sub> 부하에 필요한 송풍량은 약 7.6 m<sup>3</sup>이나,<sup>7)</sup> 본 연구의

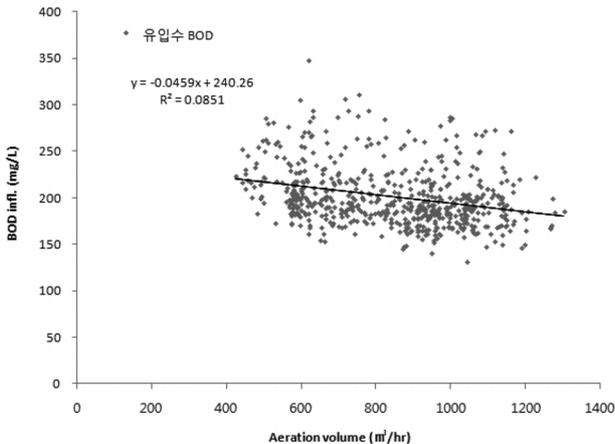


Fig. 4. The correlation between aeration,

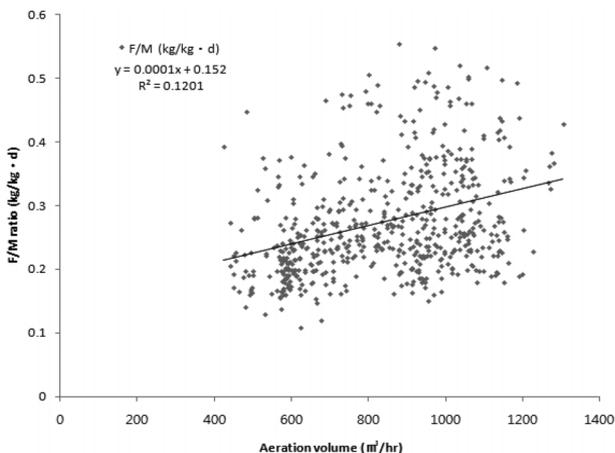


Fig. 5. The correlation between aeration volume and BOD<sub>5</sub> concentration, volume and F/M ratio.

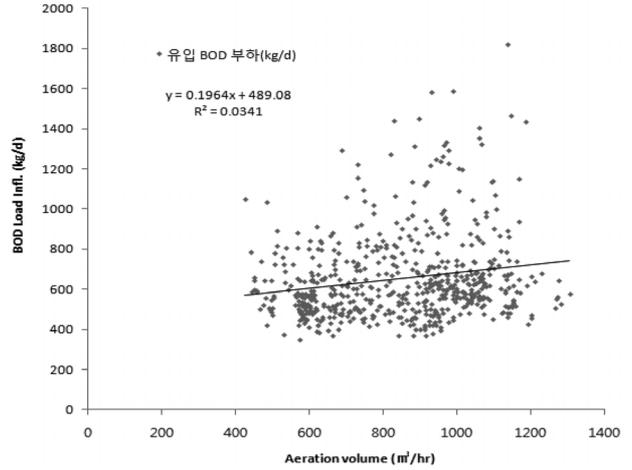


Fig. 6. The correlation between aeration,

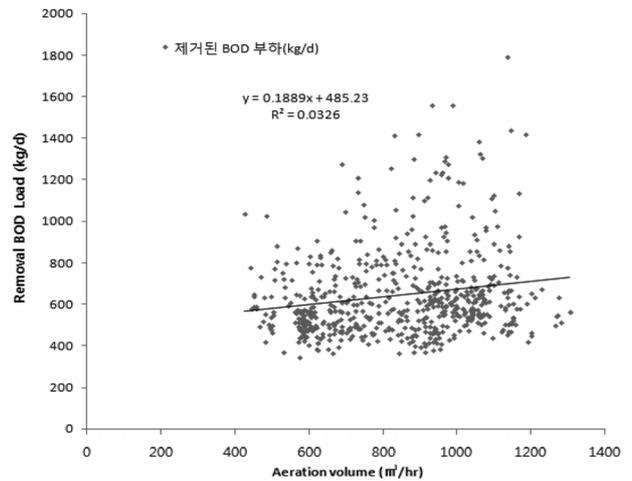


Fig. 7. The correlation between aeration volume BOD<sub>5</sub> loading rate, volume and BOD<sub>5</sub> throughput.

D하수처리장은 1 kg BOD<sub>5</sub> 부하에 필요 송풍량은 약 5.3 m<sup>3</sup> (송풍량 운영 범위 600~1,000 m<sup>3</sup>/h)으로 하수도설계기준 보다 적은 것으로 나타났다.

하수도설계기준에 BOD<sub>5</sub> 산화에 필요한 산소소비량은 다음 식과 같이 표현된다.

$$D_B = [(C_{BO} - C_{BE}) \cdot Q_{in} \times 10^{-3} - (N_{in} - N_{out}) \times 2.86] \times 0.6 \quad (1)$$

C<sub>BO</sub> : 유입수 BOD<sub>5</sub> 농도(mg/L)

C<sub>BE</sub> : 처리수 BOD<sub>5</sub> 농도(mg/L)

Q<sub>in</sub> : 유입수량(m<sup>3</sup>/일)

N<sub>in</sub> : 무산소조 NOx-N 부하량(kg/일)

N<sub>out</sub> : 무산소조 NOx-N 유출량(kg/일)

2.86 : 단위 NOx-N 당량의 질소에 필요한 BOD<sub>5</sub> 량 (kg.BOD<sub>5</sub>/kg.NOx-N)

0.6 : 단위 BOD<sub>5</sub> 제거에 필요한 산소량(kg.O<sub>2</sub>/kg.BOD<sub>5</sub>)

### 3.3. 질산화에 의한 산소소비량

유입 T-N 농도 증가는 송풍량 증가와 상관관계가 없는 것

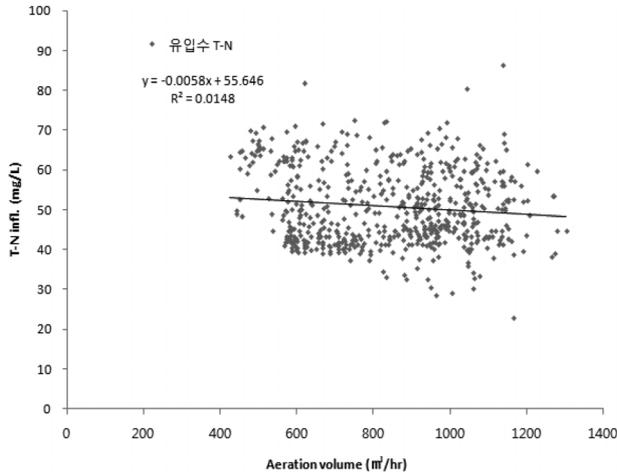


Fig. 8. The correlation between aeration,

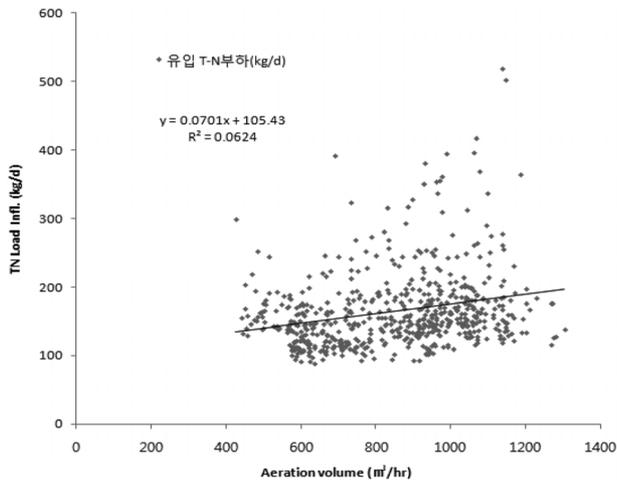


Fig. 9. The correlation between aeration volume and T-N concentration, volume and T-N loading rate.

으로 나타났다. Fig. 8에서는 유입 T-N 농도 증가 시 송풍량은 오히려 감소하는 추세를 보여주고 있다. 반면 T-N 유입 부하 증가는 송풍량을 약간 증가시키는 추세를 보이지만 그 증가 폭 또한 BOD<sub>5</sub> 부하와 같이 크지는 않은 것으로 나타났다. 그 변화추이는 Fig. 9와 같다.

하수도 설계 기준으로 T-N 1 kg을 질산화 하기 위해 필요한 송풍량은 약 42 m<sup>3</sup>이다.<sup>7)</sup> 본 연구에서 D하수처리장의 T-N 1 kg을 질산화하기 위해 필요한 송풍량은 약 20 m<sup>3</sup>(송풍량 운영 범위 600~1,000 m<sup>3</sup>/h)로 나타났다. 하수도설계기준에 T-N 질산화에 필요한 산소소비량은 다음 식과 같이 표현된다.

$$D_N = \alpha \cdot C_{TN} \cdot Q_{in} \times 10^{-3} \times 4.57 \quad (2)$$

$C_{TN}$  : 생물반응조 유입수 T-N농도(mg/L)

$\alpha$  :  $C_{TN}$  중 질산화물질의 대상이 되는 비율  
(단,  $\alpha$  : 0.7~0.8)

4.57: 단위 NH<sub>4</sub>-N의 질산화에 필요한 산소량  
(kg.O<sub>2</sub>/kg.NH<sub>4</sub>-N)

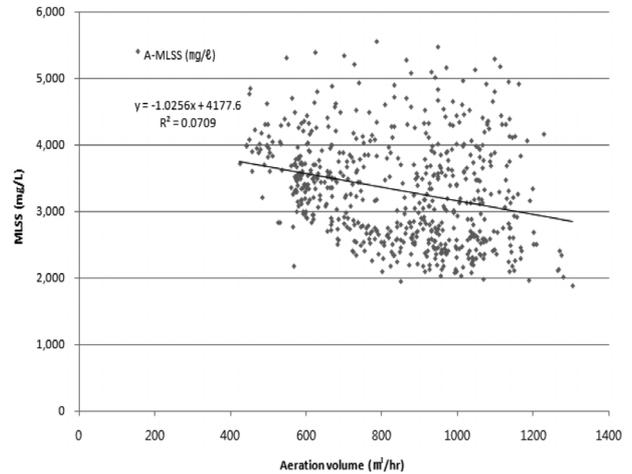


Fig. 10. The correlation between aeration volume and MLSS conc. in aeration tank.

### 3.4. 내생호흡에 의한 산소소비량

하수도 설계 기준으로 생물반응조의 MLSS 1,000 mg/L(호기조 용적 733 m<sup>3</sup>)를 증가시키면 내생호흡에 필요한 DO 농도 88 g.O<sub>2</sub>/d가 추가로 요구된다.<sup>7)</sup> 이를 송풍량으로 환산하면 48 m<sup>3</sup>/h의 증가를 필요로 한다. 하지만 본 연구의 D하수처리장 생물반응조 MLSS 농도 증가는 직접적인 송풍량 증가로 연관되지 않았다. 생물반응조 MLSS 농도 대비 송풍량 변화추이는 Fig. 10과 같다.

$$D_E = X \cdot V_A \cdot 0.12 \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

$X$  : MLSS농도(mg/L)

$V_A$  : 호기조용량(m<sup>3</sup>)

0.12: 단위 MLSS당량의 내생호흡에 의한 산소소비량  
(g.O<sub>2</sub>/g.MLSS/일)

### 3.5. 필요 송풍량

생물반응조의 필요 산소공급량은 ① BOD<sub>5</sub>의 산화에 의한 산소소비량  $D_B$  (Kg/일), ② 질산화에 의한 산소소비량  $D_N$  (Kg/일), ③ 내생호흡에 의한 산소소비량  $D_E$  (Kg/일), ④ 용존산소농도유지에 필요한 산소공급량  $D_p$  (Kg/일) 등 4가지의 산소 공급량의 합( $\Sigma D$ )에 의하여 결정된다.<sup>7)</sup> 생물반응조의 필요 송풍량은 하수도 설계 기준으로 식 (4)와 같이 계산된다. 산기장치 산소이동률은 산기관에 따라 0.15~0.3%로 고정된다. 송풍량의 변수는 온도변화에 대한 영향이 크며, 하수도설계기준 따라 유입수온 1°C (10~25°C)를 증가시키면 13.5 m<sup>3</sup>/h의 송풍량이 추가로 필요로 한다. 하지만 본 연구의 D하수처리장에서는 유입수온이 1°C 증가하면 45.8 m<sup>3</sup>/h의 송풍량을 증가시키는 것으로 나타났으며, 이는 계절의 영향이 반영된 것으로 사료된다. 하절기에는 유입 유량 증가, 낮은 MLSS농도, F/M비 증가의 영향과, 동절기에는 유입 유량감소, 높은 MLSS농도, F/M비 감소 등의 영향이 송풍량에 반영되어, 수온 변화에 따른 필요 송풍량 변화를 더욱 가중

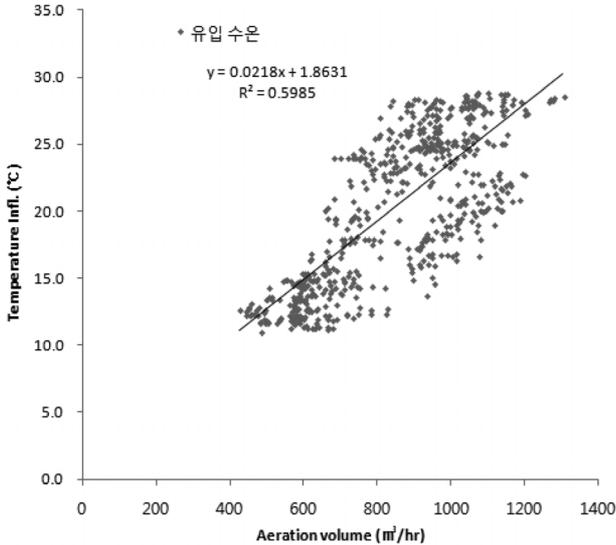


Fig. 11. The correlation between aeration volume and inflow temperature.

시킨 것으로 사료된다.

유입수온의 증가 대비 송풍량 변화추이는 Fig. 11과 같다.

$$O_2(Kg/m^3) = 1.29 \times 0.232 \times \frac{273}{273 + T} = \frac{81.7}{273 + T}$$

$$A_D = \frac{\sum D \times (273 + T)}{81.7 \times \eta} \quad (4)$$

T : 기온

1.29 : 0°C, 1기압에 있어서의 공기의 밀도(kg/m<sup>3</sup>)

0.232 : 공기의 산소함유량(kg-O<sub>2</sub>/kg-Air)

η : 산기장치 산소이동률

#### 4. 결론

D하수처리장의 운영제어 시스템을 구성하기 위한 지표들을 수집하고 이를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 동일한 DO농도를 유지하기 위한 송풍량 변화폭은 매우 크며 DO 2 mg/L를 유지하기 위해 송풍량 운전 범위는 424.0~1,304.0 m<sup>3</sup>/h로 나타났다.

2) 송풍량 산정의 주요 인자는 수온, BOD<sub>5</sub> 유입 부하, T-N 유입 부하로 나타났으며, 가장 큰 영향을 주는 지표는 수온으로, 수온 1°C 증가는 45.8 m<sup>3</sup>/h의 송풍량을 증가시키는 것으로 나타났다. 또한 BOD<sub>5</sub> 1 kg 유입부하 증가는 약 5.3 m<sup>3</sup>/kg 송풍량을 증가시켰으며, F/M비의 경우 0.01 증가하면 100 m<sup>3</sup>/h의 송풍량을 증가시키는 것으로 나타났다. T-N 1 kg 유입부하 증가는 송풍량 약 20 m<sup>3</sup>/kg을 증가시키는 것으로 나타났다.

3) 유입 BOD<sub>5</sub> 농도 및 유입 T-N 농도 증가는 송풍량 증가와는 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 또한 호기조의 MLSS 농도도 송풍량과의 직접적인 상관관계를 보이지 않았다. 따라서 호기조 송풍량 산정 시에는 유입유량, 유입 BOD<sub>5</sub> 농도, 유입 T-N농도 및 생물반응조의 MLSS농도 중 하나의 인자를 이용하는 것보다, 유입부하나 F/M비로 연산하여 접근이 필요한 것으로 사료된다.

본 연구를 통해 하수도시설기준의 송풍량 산정기준과 D하수처리장에서의 송풍량에 미치는 인자를 종합적으로 검토한 결과, 하수도시설기준과 D하수처리장에서의 현황과는 일치하지 않았으며, 공기 공급량을 효과적으로 조절하는 시스템을 구축 시 보완 및 고려할 사항을 결정할 때 본 연구결과를 지표로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 사 사

본 연구는 환경부 “글로벌탑 환경기술개발사업”으로 지원 받은 과제임(과제번호: GT-12-B-01-019-0).

KSEE

#### 참고문헌

- Jung, B. G., Ahn, Y. H., Kang, D. S., Jeong, K. W., Jung, I. C., Kang, D. H. and Cho, H. G., “The Influent Management of Sewage Treatment Plant Using Ubiquitous System,” *J. Kor. Soc. Waste Manage.*, **24**(5), 441~447(2007)
- Gee, J. S., Park, J. R. and Yoon, Y. H., “Development of Integrated Operation & Management System and Retrofitting Technique for the High Efficiency and Compactness of STP,” *J. Kor. Soc. Environ. Eng., Special Feature*, 987~990(2006)
- Woo, S. H., Lee, M. W. and Park, J. I., Jong, M. P., “Evaluation of Sewage Treatment Plants using CPE Method of USEPA,” *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, **25**(5), 535~543(2003)
- Kim, Y. K., Kim, H. S., Seo, I. S., Kim, B. G., Han, I. S. and Kim, J. S., “Evaluation of influent changing effect on the STP performance using Dr. Wastewater,” *J. Kor. Soc. Water and Wastewater*, **22**(6), 647~655(2008)
- Park, H. S., Choi, S. H. and Kang D. H., “Reliability Evaluation and Factorial Analysis for Sewage Treatment Plant using Statistics Technique,” *J. Soc. Environ. Technol. Korean*, **6**(4), 255~261(2005)
- Korea Water & Wastewater Works Association : Sewage facility standards(2011)
- Shin, H. S., Nam, S. Y. and Kang S. T., “Perspectives of Sewage Treatment Plants in Korea,” *J. Kor. Soc. Water Sci. Technol.*, **8**(3), 41~58(2000)
- Lee, C. H. and Moon, K. S., “Statistical Analysis of Sewage Plant Operation,” *J. Kor. Environ. Sci. Soc.*, **11**(1), 63~68(2002)

9. Chang, W. H., Ko, J. H., Choi, K. S., Choi, E. H. and Kim C. W., "Prediction of pH Inhibition for Activated Sludge Process using Dynamic Simulation," *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, **23**(5), 879~888(2001)
10. Kim B. G., Lee T. H., Choi K. S. and Kim, C. W., "Relationship between Loading Rate and Respiration Rate for Control of Activated Sludge Process," *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, **18**(12), 1573~1582(1996)
11. Lee, Y. R., Lee, G. Y., Lim, J. h., Lee, S. H., Moon, H. M., Sim, S. J. and Lee J. W., "Measurement of Biological Activity in Medicine Wastewater by Using Respirometer," *J. Kor. Soc. Biotechnol. Bioeng.*, **16**(2), 183~187(2001)
12. Ministry of Environment "Standard Methods for the Examination of Water(2004-188),"(2004)
13. Kim, Y. K., Kim, H. S., Kim B. G. and Han, I. S., "Technical Diagnosis on the Full-scale STP using Dr. Wastewater ver.2," *J. Kor. Soc. Water Environ.*, (2008)
14. Kim, H. S., Kim, Y. J., Choi, S. J., Lee, S. H., Kim, D. K., Lee, S. A. and Kim, C. W., "Development of Diagnosis Algorithm for Energy Consumption State with Data Mining Technologies in Wastewater Treatment Plant," *J. Kor. Soc. Water Environ.*, (2012)
15. Sun S. W., "Performance Evaluation of WWTP Based on Reliability Concept," Hanyang University, Masters thesis(2002)