ISSN 1229-1528

環境研究論文集

Journal of Environmental Research Institute

第 8 卷

2008年 12月

全南大學校 沿岸環境問題硏究所
INSTITUTE OF COASTAL ENVIRONMENTAL RESEARCH
CHONNAM NATIONAL UNIVERSITY

目　次

Vol. 8　December, 2008

• 폭기조 시설 개량에 의한 질소제거효율 향상에 관한 연구 7
백병천 · 김용화

• 후각을 이용한 수산물가공 산단 주변지역의 악취발생 특성 19
서성규 · 전준민 · 허 당 · 마충곤

• 재래시장 환경개선효과에 관한 동태론적 분석 29
정금호

• 키조개, *Atrina pectinata*의 생식소 발달 및 생식주기 39
곽은주 · 최낙현 · 박충국 · 이원교 · 양석우

• 강진만 다모류 군집의 연변화 51
한경호 · 이성훈 · 김춘철 · 이진희 · 연인호 · 강경완 · 황재호

• 여수연안에 서식하는 아므르불가사리, *Asterias amurensis*의
생식소 발달 및 생식주기 61
이원교 · 최낙현 · 박충국 · 허승준 · 이경우

目 次

Vol. 8 December, 2008

• 여수연안에 서식하는 진주담치, *Mytilus edulis*의 생식소 발달 및 생식주기 71
이원교 · 허승준 · 박충국 · 최낙현 · 양석우

• Landsat 위성영상을 이용한 광양만권 온도변화 83
한동엽 · 이효성

• 용담호의 식물플랑크톤 군집에 대한 연구 89
주현수 · 김 진 · 박종천 · 정원석 · 송현철 · 이용탁 · 윤창호 · 이우범

• 광양 백운산의 저서성 대형 무척추동물 분포 99
주현수 · 김 진 · 박종천 · 정원석 · 송현철 · 이용탁 · 윤창호 · 이우범

• 주암호 유역의 오염원 부하량과 비점오염원 유출특성 연구 111
백병천 · 김철규 · 이용운

• 신재생에너지 시범도시의 건설 전략 121
정금호 · 박복재

• 광양만권역 오염부하량 평가 133
이우범 · 박수호 · 김성욱

Contents

Vol. 8 December, 2008

• A Study on Improvement of Nitrogen Removal Efficiency by Retrofitting of Aeration Tank 7
Byeong-Cheon Paik, Yong-Hwa Kim

• Characteristics of Odor Emission on Fishery Industrial Complex using Sensory Assessment 19
Seong-Gyu Seo, Jun-Min Jeon, Dang Hur, Zhong-Kun Ma

• A Dynamic Analysis on the Environmental Improvement Effect in the Traditional Market 29
Kum-Ho Chung

• Gonadal Development and Reproductive Cycle of Pen shell, Atrina pectinata 39
Eun-Joo Kwak, Nak-Hyun Choi, Chung-Kug Park, Won-Kyo Lee, Seok-Woo Yang

• Annual Variation of Polychaete Community in Kangjin Bay 51
Sung-Hoon Lee, Chun-Chel Kim, Jin-Hee Lee, In-Ho Yeon, Kyeong-Wan Kang, Jae-Ho Hwang, Kyeong-Ho Han

• Gonadal Development and Reproductive Cycle of the North Pacific Seastar, Asterias amurensis in the Coastal Waters of Yeosu, Korea 61
Won-Kyo Lee, Nak-Hyun CHOI, Chung-Kug PARK, Sung-Joon HEO, Kyung-Wo LEE

Contents

Vol. 8 December, 2008

- Gonadal Development and Reproductive Cycle of the Mussel, Mytilus edulis in the Coastal Waters of Yeosu, Korea 71
  Won-Kyo Lee, Seung-Joon Heo, Chung-Kug Park, Nak-Hyun Choi, Seok-Woo Yang

- Analysis of Temperature Change in Gwangyang Bay Area using Landsat Imagery 83
  Dong-Yeob Han, Hyo-Seong Lee

- A study of Phytoplankton Community in Yongdam lake 89
  Hyun-Soo Joo, Jin Kim, Jong-Chun Park, Won-Suk Jeong , Hyeon-Cheol Song, Yong-Tak Lee, Chang-Ho Yoon, Woo-Bum Lee

- Marcrobenthic Fauna on Mt. Baekun in Kwangyang 99
  Hyun-Soo Joo, Jin Kim, Jong-Chun Park, Won-Suk Jeong, Hyeon-Cheol Song, Yong-Tak Lee, Chang-Ho Yoon, Woo-Bum Lee

- A Study on Pollution Load and Non-point Source Runoff Characteristics from Juam Lake Basin Area 111
  Byeong-Cheon Paik, Cheol-Kyu Kim, Yong-Woon Lee

- Strategies for Renewable-Energy City 121
  Kum-Ho Chung, Bok-Jae Park

- Assessment of Pollutant Loads for Water Enhancement in the Gwang-Yang Bay 133
  Woo-Bum Lee, Soo-Ho Park, Sung-ug Kim

Chonnam Nat'l. Univ. Vol. 8. pp.7-18, 2008

폭기조 시설 개량에 의한 질소제거효율 향상에 관한 연구

백병천 · 김용화*
전남대학교 건설 · 환경공학부
*환경시설관리공사

A Study on Improvement of Nitrogen Removal Efficiency by Retrofitting of Aeration Tank

Byeong -Cheon Paik · Yong-Hwa Kim*

Department of Civil and Environmental Engineering, Chonnam National University
**Environmental Facilities Management Cooperation*

ABSTRACT

An aeration tank in sewage wastewater treatment plant with standard activated sludge process was retrofitted to enhance the removal efficiency of nitrogen. Before retrofitting, hydraulic retention time(HRT) of aeration tank was 7.5 hour and treatment efficiency of sewage wastewater was BOD:92.9%, COD:74.7%, SS:90.0%, T-N:34.5%, and T-P:71.0%. After retrofitting, HRT of aeration tank was 5.5 hour and treatment efficiency was improved to BOD:93.3%, COD:81.2%, SS:89.2%, T-N:75.0%, and T-P:74.6%.

Although temperature of aeration tank become decreased in winter to 13.9℃ compared to 25.9℃ in the summer season, T-N removal efficiency become more than 75%. T-N removal efficiency improvement was due to supplying automatically of proper air-flow for nitrification and denitrification.

After retrofitting, MLSS in aeration reactor was increased by the increment of SRT, and it was showed good sedimentation because sludge volume index(SVI) become down to 143 after retrofitting from 276 before retrofitting.

Key words : Aeration Tank, Retrofitting, Treatment efficiency, Nitrogen

1. 서론

지구온난화에 의한 해수 온도 상승과 산업화와 도시화에 의한 질소와 인 배출량의 증가는 연안과 호소의 부영양화를 유발하여 적조와 녹조현상을 발생시켜 수질환경을 크게 오염시키고 있다. 이에 따라 정부에서는 하수처리장에 대한 방류수 수질기준을 지속적으로 강화하고 오염물질 감량을 전제로 개발을 허가하는 오염총량제 시행과 같은 규제조치와 더불어 하수처리장 방류수를 중수도 또는 하천 유지용수로 재활용 하도록 적극 권장하고 있으며, 국내 하수처리장에는 기존의 유기물과 부유물질 만을 처리하던 방식에서 벗어나 질소와 인을 함께 제거하는 고도처리기술을 적극 도입하고 있다[1,2,3].

최근 국내의 하수 고도처리 시설은 2003년 40개소에서 2005년 152개소로 급격히 증가하고 있는 추세이며, 전체 처리장 중 고도처리시설이 도입된 비율은 2002년 19.9%, 2003년 31.4%, 2004년 41.4%, 2005년 51.7%로 점차 증가하는 추세에 있다[4,5].

이와 같은 고도처리기술의 도입은 기존 하수처리장에 도입되는 경우와 신설 하수처리장에 도입되는 경우로 크게 나눠 볼 수 있는 데, 최근에는 2008년부터 강화되는 방류수질기준을 준수하기 위해 기존처리시설을 활용하여 고도처리시설로 변형하는 방식이 주를 이루고 있다. 기존처리시설을 활용하는 방식은 기존처리공법을 최대한 유지한 상태에서 운전방식을 일부 수정하는 운전개선방식(Renovation)과 기존 처리공법 자체를 변경하여 새로운 고도처리기술을 도입하는 시설개량방식(Retrofitting)으로 나눌 수 있다[5,6].

운전개선방식의 경우는 운영실태분석결과 기존처리장의 성능이 양호하여 운전방식 개선 및 일부시설 보완 등으로 강화되는 방류수 수질기준 준수가 가능한 경우의 시설에 적용되며, 시설개량방식의 경우는 질소와 인을 제거하기 위한 수리학적체류시간(HRT)의 충분한 확보가 어렵거나 관거 정비 등으로 인해 유입하수의 농도가 높아진 상태에서 고도처리를 도입해야 하는 처리장에 대부분 적용되고 있다[6,7].

본 연구의 대상이 되는 하수처리장은 경기도 서남부에 위치해 있고 방류수는 서해안의 경기만으로 배출되고 있다. 해양오염방지법 제44조 2항의 '해역별 수질기준 유지를 위한 등급별 해역(환경처고시 제90-11호)' 규정에 의거 본 하수처리장의 방류수역은 Ⅲ등급의 해역으로서 수질기준이 총질소 0.2 ㎎/ℓ 이하, 총인 0.03 ㎎/ℓ 이하로 규정되어 있으며 연안 해역 수질조사 결과에 따르면 점점 악화되는 경향을 나타내고 있다[8].

이와 같은 수질오염의 심화 정도는 주변 계획 공업단지 사업과 도시의 개발에 의해 더욱 가속화될 것으로 예상되므로 영양염류(N, P)를 처리하여 방류해역 부영양화 방지를 위해 수질개선 대책으로 고도처리공정이 필요한 것으로 판단되며, 이는 2008년부터 시행되는 방류수 수질강화 및 공업단지 용수 부족시에 중수도로 활용하기 위한 대비 시설로도 이용 가능할 것이다.

따라서, 본 연구에서는 기존하수처리장의 폭기조의 산소공급 시설을 질소제거가 가능한 시설로 시설개량(Retrofitting)하였을 때 질소제거 효율 향상과 더불어 유기물질 및 부유물질의 제거효율 향상 여부를 파악하고자 시설개량 전 · 후의 하수처리효율 및 운전인자를 비교, 검토하는 방법으로 연구를 수행하였다.

2. 내용 및 방법

2.1 시설개량

본 연구의 대상시설은 A시에 위치한 대규모 하수종말처리시설로 일일처리용량이 385,000 ㎥/일(생활하수 179,000 ㎥/일, 공장폐수 206,000 ㎥/일)로 그중 생활하수 59,670 ㎥/일을 기존 표준활성슬러지법에서 고도처리방법으로 우선 시공하여 시운전 중에 있으며, 그 밖의 시설물은 점차적으로 고도처리 시설로 시설개량 중에 있다. 본 연구대상 하수처리장의 시설개량은 폭기조 및 부대시설에 대하여 시공 되었다. 시설개량 전 하수처리장의 폭기조는 6지로 구성되어 있으며, 미생물에 공기공급과 교반을 위해 표면 폭기기가 각 지당 4대씩 설치되었으며, 개별적인 Time 설정으로 분산제어시스템(Distri bute Control System : DCS)에 의해 운전 된다. 각 폭기기의 가동시간은 DO측정기를 기준으로 적정 DO가 유지되도록 인위적인 설정 값에 의해 자동으로 운전되며, 유입수 및 반송슬러지는 6개의 폭기조 각 지별로 균등 분배 유입되어 유출되는 직선적인 유량 흐름으로 운전된다. 기존 처리시설 폭기조의 제원은 Table 1에 나타내었으며 하수흐름 형태를 Fig. 1에 나타내었다.

시설개량 후 하수처리장의 폭기조는 시설개량 전 두개 폭기조의 유입부와 유출부를 관통하여 2지 1계열로 변경하였으며, 폭기조를 유입

Table 1. Dimension of aeration tank before retrofitting

Category	Specification	Reference
Mode	Surface Aerator	The linear flow to each Specific operational independence
Size	W 19.0m×L 76.0m×H 4.5m	
Channel	6	
HRT	5.23hr	
Measuring Instrument	DO meter	

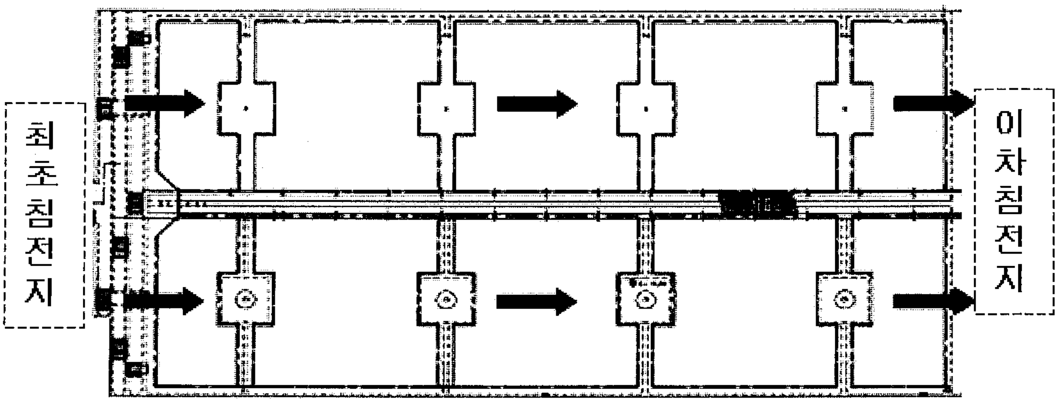

Fig. 1. Pattern of sewage flow in aeration tank before retrofitting.

부, 중반부, 후반부, 고액분리시설 등 4개 부분으로 분리하였다. 유입부에는 수중 Mixer를 설치하여 유입하수와 슬러지의 원활한 혼합을 유도하며, 내부순환펌프에 의해 유입하수와 반송슬러지 및 내부순환 슬러지가 중반부로 이송되어 하수 흐름이 직선흐름에서 순환하는 흐름으로 바뀌게 된다. 중반부와 후반부는 다시 3개의 영역(Sector)으로 분리되고, 각 영역에는 미생물에 산소를 공급하기 위한 산기관(Membrane diffuser)을 추가로 설치하여 표면폭기기와 송풍기에 의해 공기가 공급되며, 공기량 제어를 위해 NADH, DO, pH 측정장치를 설치하여, 이 값들을 토대로 반응단계판단장치(RSSD)에 의해 자동으로 연산된 후 반응단계조절장치(RSSC)에 의해 각 영역별 해당 Air조절 밸브를 자동으로 작동하여 송풍량을 조절하게 된다.

그리고, 질산화와 탈질에 필요한 충분한 미생물농도를 확보하기 위하여 폭기조후반부와 유입부 사이에 경사판이 구비된 고액분리시설을 설치하였다. 이 고액분리시설의 상층수는 유출수로를 통해 최종침전지로 유입되고, 하층부의 침전슬러지는 유입부로 순환된다. 시설개량 후 하수처리장 폭기조의 제원을 Table 2에 나타내었으며, 하수흐름 형태를 Fig.2 에 도시하였다.

2.2 분석 항목 및 방법

본 연구의 실험기간은 시설개량 전 · 후로 나

Table 2. Dimension of aeration tank after retrofitting

Category	Specification	Reference
Mode	Air diffuser & surface A erator	Combined into one series of the two chancls and the operating circulation flow
Size	W 38m×L 76m×He 4.5m	
Channel	1 series (2chancl)	
HRT	5.23hr	
Measuring Instrument	NADH, DO, pH meter	

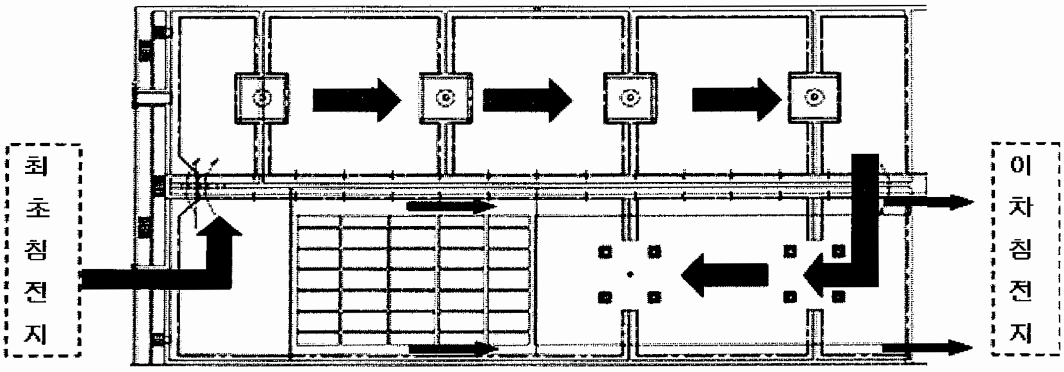

Fig. 2. Pattern of sewage flow in aeration tank after retrofitting

누어 동일기간(시설개량전 : 2005. 8. 1. ~ 2006. 1. 31, 시설개량후 : 2006. 8. 1. ~ 2007. 1. 31.)을 대상으로 실시되었으며, 폭기조 유입하수량을 측정하고, 유입하수 및 처리수에 대한 수질분석을 실시하였다. pH 는 pH meter (Trixomatic-7001Q), DO는 Do meter (Sensolyte-7001Q), NADH 는 NADH meter (ATNS-AS02)를 이용하여 분석하였으며, BOD_5, COD_{Mn}, SS, T-N, T-P, MLSS, MLVSS 는 수질오염공정시험법을 이용하였고[9], SV_{30} 는 1 ℓ 의 메스실린더에서 30분간 침전시킨 후 슬러지부피를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 시설개량 전 · 후 폭기조 유입하수 수질 변화

시설개량에 따른 하수처리 효율 변화를 살펴보기 위해서는 같은 기간 동안 폭기조로 유입된 유량에 대한 조사가 필요하다. 시설개량 전 폭기조로 유입된 하수량은 평균 41,714 ㎥/일 이었으며, 시설개량 후 평균 유량은 56,927 ㎥/일 이었다.

시설개량에 따른 고도처리시설 설치 전 · 후의 폭기조 유입하수 수질을 Table 3에 비교하였다. BOD의 경우 시설개량 전에 비해 약 31% 정도 농도가 증가하였으나 COD, T-P의 경우 소폭 증가하고 SS와 T-N의 경우에는 거의 동일한 것으로 조사되었다. BOD의 경우 최초침전지의 SS제거효율이 시설개량 전에 비해 높은데도 불구하고 31%까지 증가한 것은 용존성 BOD가 증가하였기 때문으로 판단할 수 있다. 시설개량 전 pH는 7.41, 수온은 18.9℃로 유입되었고, 시설개량 후 pH는 7.16, 수온은 20.2℃로 pH는 시설개량 전이 다소 높고 수온은 시설개량 후에 다소 높게 유입되었다.

Table 3. Comparison of influent concentration of aeration tank before and after retrofitting

Item	Concentration (㎎/ℓ)						
	BOD	COD	SS	T-N	T-P	pH	Water temperature(℃)
Before Retrofitting(A)	83.2	58.1	70.8	34.8	3.045	7.41	18.9
After Retrofitting(B)	109.4	65.3	69.1	34.8	3.426	7.16	20.2
Variation	+31%	+12%	-2.4%	0%	+12%	-	-

주) 1) 각 운전기간동안의 유입평균농도를 나타냄
2) 증감 : {(B-A) ÷ A} × 100

Item	Concentration (㎎/ℓ)				
	BOD	COD	SS	T-N	T-P
Influent	83.2	58.2	70.8	34.8	3.045
Final settling	5.8	14.0	6.4	22.4	0.956
Efficiency	92.9%	75.9%	91.0%	35.6%	68.5%

주) 각 운전기간동안의 평균농도를 나타냄

Table 4. Treatment efficiency of influent sewage before retrofitting

Item	Concentration (mg/ℓ)				
	BOD	COD	SS	T-N	T-P
Influent	83.2	58.2	70.8	34.8	3.045
Final settling	5.8	14.0	6.4	22.4	0.956
Efficiency	92.9%	75.9%	91.0%	35.6%	68.5%

주) 각 운전기간동안의 평균농도를 나타냄

3.2 시설개량전 하수처리 특성

3.2.1 하수처리 효율

시설개량 전 하수처리 효율은 폭기조로 유입되는 하수와 최종침전지 처리수를 대상으로 그 처리효율을 살펴보았다. Table 4 에 시설개량전 유입하수의 평균 처리효율을 나타내었다. 폭기조 유입하수의 BOD는 56.4~110.3(평균 83.2) mg/ℓ이고, 최종침전지 유출수의 BOD는 3.4~8.6(평균 5.8) mg/ℓ이며 제거율은 88.1~95.8(평균 92.9)%의 결과를 보여 전체적으로 BOD 제거효율 측면에서는 안정적인 것으로 나타났다.

COD는 28.5~96.1(평균 58.2) mg/ℓ이고 최종침전지 유출수의 COD는 10.5~ 17.2(평균 14.0) mg/ℓ이며 제거율은 48 .1~85.1 (평균 74.7)%의 결과를 보였다. SS는 30.0 ~ 130.0(평균 70.8) mg/ℓ이고 최종침전지 유출수의 SS는 2.0~ 11.5(평균 6.4) mg/ℓ이며 제거율은 80.3 ~95.8(평균 90.9)%의 결과를 보였으며, T-N는 26.00~46.05(평균 34.78) mg/ℓ이고 최종침전지 유출수의 T-N는 15.28 ~ 37.93(평균 22.47) mg/ℓ이며 제거율은 9.5 ~ 54.4(평균 34.5)%의 결과를 보였다. 처리효율이 34.5%로 낮게 유지된 것은 표준활성슬러지법이 유기물처리에 적합한 공정이어서 T-N처리 효율이 낮은 것으로 사료되며, 방류수 수질기준에 부합하기 위해서는 T-N처리가 가능한 고도처리 공정 도입이 필요한 것으로 나타났다 10). T-P는 1.402~4.046(평균 3.040) mg/ℓ고 최종침전지 유출수의 T-P농도는 0.347 ~1.689(평균 0.955) mg/ℓ이며 제거율은 6.4~89.9(평균 71.0)%의 결과를 보였다. T-P의 경우에는 폭기조로 유입되는 유기물 부하와 비교하여 (BOD_5 : T-P = 27:1) 낮은 농도로 안정적으로 유입되어 평균 농도 1.0 mg/ℓ 정도의 매우 양호한 처리수질을 나타내었다.

3.2.2 폭기조 운전 조건

시설개량 전 폭기조 수리학적 체류시간인 HRT가 최소 5.9~10.7(평균 7.5)시간으로 설계HRT 5.3시간 보다 길게 운전되었으며, F/M비의 경우 0.23~0.63(평균 0.41) kgBOD/kgMLSS · 일, FN/M비는 0.11~0.27(평균 0.18) kg T-N/kgMLSS · 일, 폭기조 MLSS는 42 5~1,298(평균 666) mg/ℓ, SRT의 경우 1.7~7.4(평균 2.8)일로 운전되었다. 최종침전지는 침전시간(HRT) 3.3~5.9(평균4.2)시간으로 설계 3.0~5.0시간의 기준에 준하여 운전되었으며, 수면적 부하는 14.1~25.4(평균 20.3) m^3/m^2 · 일로 시설기준(20~30)이하로 운전되었고 고형물 부하는 10.0~40.6(평균 18.8) kg/m^2 · 일로 설계기준 (40~125)에 비해 낮게 유

지되었다.

시설개량 전 표준활성슬러지법으로 운전된 기간 동안 폭기조의 MLSS는 425.0~1,298(평균 665.5) ㎎/ℓ의 범위에서 운전되었으며, 유입 하수량이 많고 농도가 다소 낮은 하절기에 비교적 낮게 운전되다가 농도가 높아지고 수온이 낮아지는 동절기에는 높은 MLSS로 운전되었다. MLVSS/MLSS의 비율은 평균 77.8%정도로 비교적 일정한 값으로 유지되었다.

Fig. 3은 표준활성슬러지법 폭기조의 F/M비와 SVI과의 관계를 나타낸 것이다. 슬러지 침강성을 나타내는 SVI 값은 144~789(평균 276)로 표준활성슬러지법의 적정 SVI(50~150)값보다 높게 유지되었으며 F/M비가 낮을수록 즉, 폭기조 MLSS농도가 높을수록 슬러지 침강성은 떨어지는 것을 보여 주고 있다. 이는 낮은 F/M비에서 미생물에 의한 자산화, Floc해체 등으로 침강성이 악화되는 것으로 판단된다. 비교적 양호한 처리수 BOD농도를 나타낸 0.3~0.6 kgBOD/kgMLSS · 일의 F/M비에서 SVI값은 약 144~481로 큰 변화폭을 보여주고 있는데, 이는 폭기조 혼합액 미생물 중에 슬러지 침강성을 악화시키는 사상균 및 방선균이 다량 존재하기 때문이다.

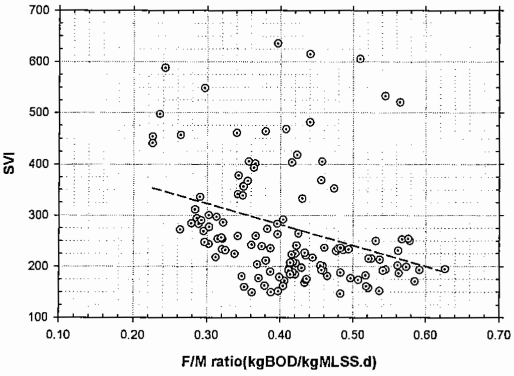

Fig. 3. Relation of F/M and SVI in aeration tank before retrofitting.

3.3 시설개량 후 하수처리 특성

3.3.1 하수처리 효율

Fig. 4는 시설개량후 폭기조에서 BOD 처리효율을 보여준다. 시설개량 후 폭기조 유입하수의 BOD농도는 46.8~190.1(평균 109.4) ㎎/ℓ이고, 최종침전지 유출수의 BOD농도는 2.4~12.0(평균 7.2) ㎎/ℓ이며 제거율은 86.0~97.4(평균 93.3) %의 결과를 보였다. 월별 폭기조 유입수 농도는 8월 유입평균농도가 88.4 ㎎/ℓ, 9월 평균108.1 ㎎/ℓ, 10월 평균 116.0 ㎎/ℓ, 11월 평균 105.9 ㎎/ℓ, 12월 평균 113.2 ㎎/ℓ, 1월 평균 125.0 ㎎/ℓ로 하절기(8, 9, 10, 11월) 유입농도보다 동절기(12, 1월) 유입농도가 다소 높게 나타나는 것은 하절기에서 동절기로 되면서 유입유량 감소에 따른 것이다. 시설개량 후 유입수 평균농도가 109.4 ㎎/ℓ로 개량전 83.2 ㎎/ℓ 보다 26.2 ㎎/ℓ가 증가하였다.

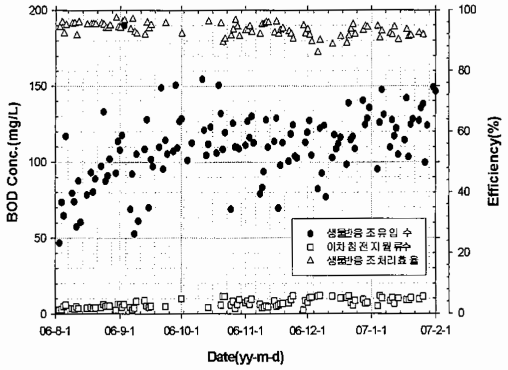

Fig. 4. Treatment efficiency of BOD in aeration tank after retro fitting.

Fig. 5는 시설개량후 폭기조에서 COD 처리효율을 보여준다. 시설개량 후 유입하수의 COD농도는 38.6~86.6(평균 65.2) ㎎/ℓ이고 최종침전지 유출수의 COD농도는 3.5~17.0(평균 12.0) ㎎/ℓ이며 제거율은 66.2~91.8(평균

81.2)% 였다. COD의 경우 최대/최소농도의 비가 약 2.2정도로 비교적 큰 변화를 나타냈지만 8, 9월의 유입농도에 비해 12, 1월의 농도가 다소 높을 뿐 전체 적으로 안정되게 유입되었다. 시설개량 후 평균유입농도가 65.2 ㎎/ℓ로 시설개량전 58.2보다 7.0 ㎎/ℓ 상승하였다. 처리수 농도는 평균 12.0 ㎎/ℓ로 시설개량전 14.0 ㎎/ℓ보다 높은 처리효율로 운영되었다.

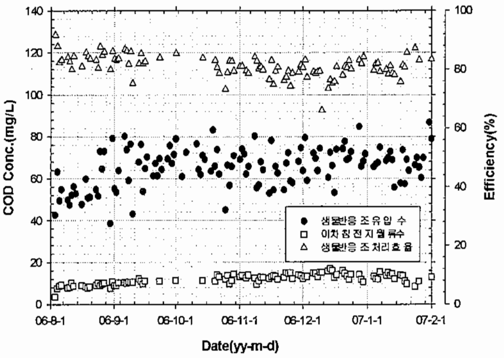

Fig. 5. Treatment efficiency of COD in aeration tank after retrofitting.

Fig. 6은 시설개량후 폭기조에서 SS 처리효율을 보여준다. 폭기조 유입수의 SS농도는 32.0~136.0(평균 69.0) ㎎/ℓ이고 최종침전지 유출수의 SS농도는 1.5~13.0(평균 7.2) ㎎/ℓ이며 제거율은 79.7~97.7(평균 89.2)%의 결과를 보였다. 폭기조 유입 SS의 경우 최대/최소 농도의 비가 약4.3 정도로 비교적 큰 변화를 나타냈지만, 월별 평균농도 변화가 거의 없는 것으로 보아 최초유입하수의 계절적 변화가 적은 것과 최초침전지에서의 SS제거효율이 양호하게 유지됨을 판단할 수 있었다. 유입 SS농도 평균이 69.0 ㎎/ℓ로 시설개량전 유입 평균농도 70.8 ㎎/ℓ과 비슷한 농도로 유입되었다. 시설개량 후 처리수 SS농도는 평균 7.2 ㎎/ℓ로 나타나 시설개량전 6.4 ㎎/ℓ보다 0.8 ㎎/ℓ 높게 나타났지만 안정적인 처리효율로 운전되었다.

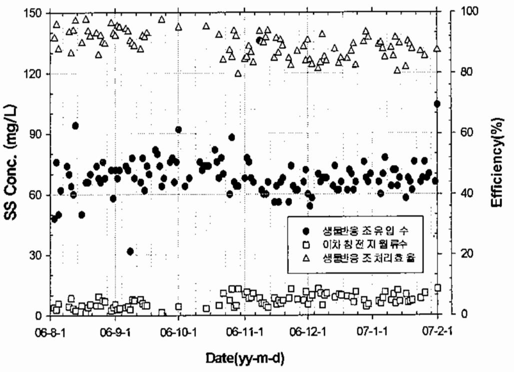

Fig. 6. Treatment efficiency of SS in aeration tank after retrofitting.

Fig. 7은 시설개량후 폭기조에서 T-N 처리효율을 보여준다. 시설개량 후 폭기조 유입수의 T-N농도는 21.94~45.24(평균 34.63) ㎎/ℓ이고 최종침전지 유출수의 T-N농도는 3.55~11.96(평균 8.39)㎎/ℓ이며 제거율은 64.0~85.7(평균 75.0)%의 결과를 보였다. 시설개량 후 폭기조 유입T-N의 경우 최대/최소 농도의 비가 2.1정도로 다소 높은 변화폭을 나타냈지만 월별 평균농도를 살펴보면 8월평균 29.77 ㎎/ℓ을 제외한 9월 이후에는 월평균농도가 35.0 ㎎/ℓ전후로 안정된 값을 나타내었다.

시설개량 후 유입질소의 평균값은 34.63 ㎎/ℓ로 개량전 34.78 ㎎/ℓ와 거의 동일하게 유지되었다. 처리수 T-N 농도를 살펴보면 시설개량전 평균 22.47 ㎎/ℓ에서 시설개량후 8.39 ㎎/ℓ로 2.7배 감소되었고, 제거효율은 34.5%에서 75.0%로 두배 이상 증가한 것으로 나타나 유입 하수중의 질소성분 제거가 주목적인 고도처리 공정이 적절히 운영된 것으로 나타났다.

Fig. 8은 시설개량후 폭기조에서 T-P 처리효율을 보여준다. 시설개량후 폭기조 유입수의 T-P농도는 2.074~3.942(평균 3.418) ㎎/ℓ

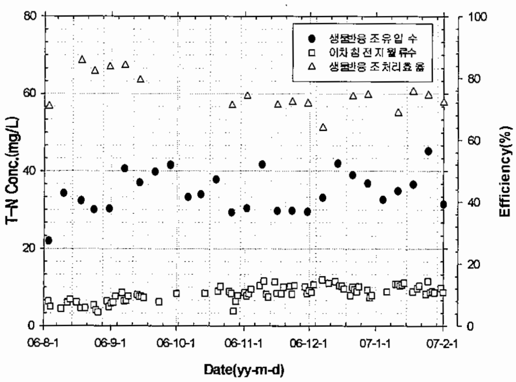

Fig. 7. Treatment efficiency of T-N in aeration tank after retrofitting.

이고 최종침전지 유출수의 T-P농도는 0.145~1.685(평균 0.795) ㎎/ℓ이며 제거율은 52.3~94.8(평균 74.6)%의 결과를 보였다. 폭기조 유입수 T-P의 경우 평균 농도가 3.418 ㎎/ℓ로 시설개량전 3.040 ㎎/ℓ보다 0.4 ㎎/ℓ가 증가하였으며 처리수 T-P농도는 0.795로 시설개량전 0.955보다 0.2 ㎎/ℓ 가량 감소되어 운전되었다.

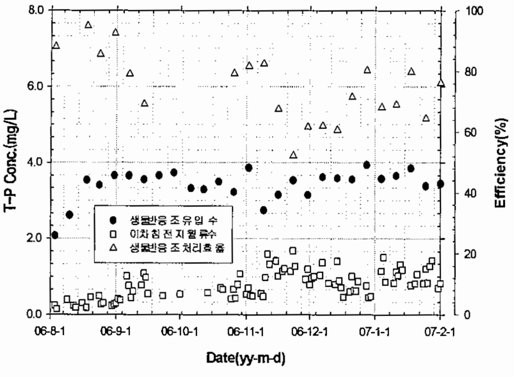

Fig. 8. Treatment efficiency of T-P in aeration tank after retr ofitting.

3.3.2 폭기조 수온변화와 T-N 제거율

Fig. 9는 시설개량 후 폭기조 수온과 처리수 T-N농도를 나타낸 것으로 폭기조 수온은 13.8~26.8℃(연평균 20.2℃)로 유지되어 시설개량전 평균 18.9℃에 비해 1.3℃ 높게 나타났다. 하절기인 8월의 평균 수온이 25.9℃로 가장 높고 동절기인 1월의 평균 수온이 13.9℃로 가장 낮은 것으로 나타났다. 10월 이후 폭기조 수온은 20℃이하로 낮아져 수온에 의한 미생물 활성도의 저하로 인해 처리효율이 다소 감소하는 경향을 확인 할 수 있었다. 시설 개량전 · 후 폭기조 유입평균 T-N농도가 34.83 ㎎/ℓ, 34.86 ㎎/ℓ로 일정한 농도로 유입되었고, 최종침전지 월류수의 평균농도는 22.47 ㎎/ℓ에서 8.39 ㎎/ℓ로 시설개량 후 질소제거는 안정적으로 이루지는 것으로 나타났다. 이와 같은 시설개량 후 총질소의 제거효율 증가는 미생물평균체류시간(SRT) 및 미생물(MLSS)의 농도가 증가되어 질산화 미생물의 확보가 용이하였고, F/M비의 감소에 의한 질산화에 미치는 유입 BOD농도의 영향이 감소되어 폭기조 내에 미생물에 미치는 충격 부하가 감소된 것에 기인되며, 또한, 시설개량 후 가변적으로 필요한 공기량을 자동적으로 공급하므로서 불필요한 폭기시간 및 과폭기를 방지하여 질산화 및 탈질에 적절한 공기공급이 이루어졌기 때문인 것으로 사료된다[10, 11].

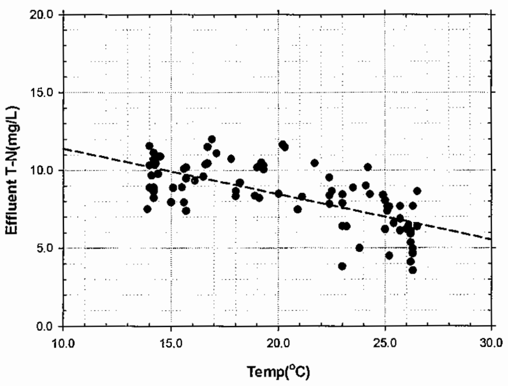

Fig. 9. Effect of temperature on T-N removal in aeration tank after retrofitting.

3.3.3 폭기조 운전 조건

시설개량 후 폭기조 운전 조건의 경우 수리학적 체류시간인 HRT가 최소 4.9~6.9(평균 5.5)시간으로 설계HRT 5.3시간과 비슷하게 운전되었으며, F/M비의 경우 0.09~0.49(평균 0.22) kgBOD/kgMLSS · 일, FN/M비는 0.05~0.11 (평균 0.07) kgT-N/kgMLSS · 일, 폭기조 MLSS는 1,570~2,730(평균 2,213) mg/ℓ, SRT의 경우 2.9~42.2(평균 9.9)일로 운전되었다. 이차침전지의 운전 조건은 침전시간(HRT) 2.8~3.8(평균3.1)시간으로 설계기준 3.0~5.0의 하한값에 가깝게 운전되었으며, 수면적 부하는 21.8~30.4(평균 27.5) m^3/m^2 · 일로 시설기준(20~30)상한치에 가깝게 운전되었다. 고형물 부하는 54.9~ 106.7(평균 79.7) kg/m^2 · 일로 설계기준 (40~125) 범위에서 운전되었다.

시설개량 후 폭기조의 MLSS 농도는 1,851 mg/ℓ, 1,960 mg/ℓ로 유지되었으며 폭기조 수온이 낮아지는 시점인 11월 이후 부터는 점차 증가하여 1월 평균 MLSS농도는 2,595 mg/ℓ로 나타났다. MLVSS농도는 1,343~2,392(평균 1,920) mg/ℓ로 MLVSS/MLSS의 비는 80.0~88.0(평균 86.7)%로 나타났다.

Fig. 10은 시설개량 후 폭기조의 F/M비와 SVI과의 관계를 나타내었다. 슬러지 침강성을 나타내는 SVI 값은 85.1~242.2(평균 142.7)로 시설개량전 SVI값 144~789(평균 276)보다 침강성이 월등히 향상된 것으로 나타났다. SVI(Sludge volume index)는 활성슬러지 공정에서 슬러지 침전도를 나타내는 인자로서 보통 50~150이면 침전지에서 침전상태가 양호한 상태이나, 150이상이면 벌킹(Bulking)이 시작되어 250이상이면 침전지에 문제가 발생하는 것으로 알려져 있다. 따라서, 시설개량전 SVI 평균값이 276에서는 슬러지 계면층 유지등과 같은 최종침전지 운영이 어려움이 있었던 것으로 나타났지만, 시설개량 후에는 평균 SVI값이 142.7로 양호한 침전성이 유지되었다. Fig. 10에서 폭기조 F/M비와 SVI값의 상관관계가 뚜렷하지 않은 이유는 폭기조 F/M비가 넓은 범위에서 운영되지 않은 것으로 판단된다. 하지만 F/M비가 증가할수록 슬러지 SVI값은 감소할 것으로 예측할 수 있다.

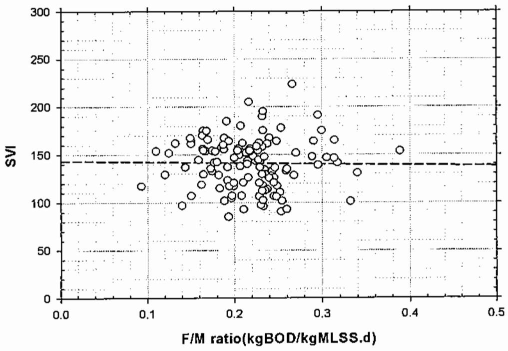

Fig. 10. Relation of F/M and SVI in aeration tank after retrofitting.

4. 결 론

본 연구에서 폭기조 산소 공급시설의 개량에 의한 질소제거 효율 향상에 대한 연구를 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 시설개량 전 · 후의 폭기조 운전 조건을 검토해 본 결과 HRT는 7.5시간에서 5.5시간으로 운영되었으며, MLSS의 증가(666 mg/ℓ ~ 2,213 mg/ℓ) 운영으로 F/M비는 0.41kg BOD/kg · MLSS · 일에서 0.22 kg BOD/kg · MLSS · 일로 감소되었으며, FN/M비 또한

0.18 kg T-N/kg · MLSS · 일에서 0.07 kg T-N/kg · MLSS · 일로 감소되어 운영되었다.

2. 시설개량 전 하수처리 효율은 BOD 92.9%, COD 74.7%, SS 90.0%, T-N 34.5%, T-P 71.0%이었고, 시설개량 후 하수처리 효율은 BOD 93.3%, COD 81.2%, SS 89.2%, T-N 75.0%, T-P 74.6%로 증가하였다.
3. 시설개량 후 T-N의 월별 평균 처리수질은 25.9℃에서 5.38 mg/ℓ, 13.9℃에서 9.63 mg/ℓ로 수온이 낮아진 동절기에도 안정되게 처리되었으며, 이러한 질소 제거효율의 증가는 가변적으로 필요한 공기량을 자동적으로 공급하므로서 질산화 및 탈질에 적절한 공기공급이 이루어졌기 때문인 것으로 사료된다.
4. 시설개량 후 미생물평균체류시간(SRT) 증가에 의한 폭기조 미생물(MLSS)의 농도가 증가하였고, F/M비는 감소하였으며, 슬러지 부피지표(SVI)는 시설개량 전 276에서 시설개량 후 143으로 낮아져 양호한 슬러지 침강성을 보였다.

참 고 문 헌

1. 통계청 통계정보시스템, 온라인 간행물 - 한국의 사회지표 9. 환경(2007).
2. 2006 환경 통계연감, 환경부(2006).
3. 2005 하수도 통계, 환경부(2006).
4. 2005년 하수종말처리시설 운영관리실태 분석, 환경부(2006).
5. 하수종말처리장 고도처리시설 실태점검 결과, 환경부(2005).
6. 실무중심 도시하수처리장 운전관리지침서, 경기지역 환경기술개발센터 pp. 8~359 (2005).
7. 폐하수처리실무, 환경관리공단, pp. 443~458(2005).
8. 하수도법 시행규칙 제6조 제1항 별표1, 2005. 9. 6. 개정.
9. 수질오염공정시험방법, 도서출판 동화기술 (2005).
10. Mecalf & Eddy, Wastewater Engineering, 4th Edition, pp. 1063~1064(2004).
11. Li-Bing Chu, Xing-Wen Zhang 외, Simultaneous removal of organic substance and nitrogen using a membrane bioreactor seeded with anaerobic granular sludge under oxygen-limited conditions, ELEEVIER, 172, pp. 271~280(2005).