



축산폐수 처리 시 화학적 전처리가 연계처리에 미치는 영향 연구

한준석, 한기봉[†]

가톨릭대학교 생명환경공학부 환경공학전공 청정환경연구실
(2010년 3월 9일 접수, 2010년 3월 23일 수정, 2010년 3월 25일 채택)

A Study on the Effect of Chemical Pretreatment for Livestock Wastewater on the Linked Treatment of Sewage

Jun-Suk Han, Gee-Bong Han[†]

Department of biotechnology Environmental engineering division, The Catholic university of Korea,

ABSTRACT

In this study, to investigate the effect of chemical pretreatment for livestock wastewater, laboratory scale test for ozonation and linked treatment of sewage were conducted. and the results were obtained as follows. The ozonation of livestock wastewater showed the COD removal rate per hour to be 17%, 78% and 62% at each pH 4, 7 and 10, respectively. With transformation of NBDCOD to biodegradable BDCOD by ozonation, the ratio of SCODcr/TCODcr was increased from 26% to 38%. Accordingly, pretreatment of livestock wastewater affected to the biological post treatment process to elevate removal efficiency by transformation of non-biodegradable mass to biodegradable mass. As the results of linked treatment of pre-ozonated livestock wastewater and sewage in the MLE process, the treatment efficiencies of TCODcr 93.8%, T-N 74.3%, T-P 89.7%, SS 97.5% were earned at 100% of internal recycle rate. When the internal recycle rate was increased to 150%, the treatment efficiencies of TCODcr 94.5%, T-N 54.5%, T-P 70.8%, SS 98.5% were earned. Also the removal efficiencies of TCODcr 92.6%, T-N 83.1%, T-P 81.9%, SS 98.5% were earned as the internal recycle rate was increased to 200%. Especially, nitrogen removal efficiency in the linked treatment showed 74.3%, 54.5%, 83.1% at 100%, 150% and 200% of internal recycle ratio, respectively, which revealed the tendency of higher removal efficiency than that of sewage treatment.

Keywords : Livestock wastewater, Linked treatment, Ozonation, Advanced treatment, Internal recycle

[†]Corresponding author : geebhan@catholic.ac.kr

초록

본 연구에서는 오존을 이용하여 축산폐수를 전처리하고 일반하수와 연계하여 처리하였을 때 처리효율을 실험실 규모의 장치를 이용하여 비교·분석하였으며 결과는 다음과 같다. 축산폐수의 오존산화 결과 대상폐수의 pH를 산성(pH4), 중성(pH7), 알칼리성(pH10)으로 변화시켰을 때 각각 COD제거율은 시간당 17%, 78%, 62%로 분석되었다. 오존산화에 의해 NBDCOD 중 일부가 미생물이 분해가능한 BDCOD로 전환되어 SCODcr/TCODcr 비는 26%에서 약 38%로 증가하였다. 따라서, 오존산화에 의한 축산폐수의 전처리는 난분해성 물질을 생물학적 분해 가능한 물질로 일부 전환시키며 후단 생물학적 처리 단계에서의 제거효율을 높일 수 있는 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 오존산화처리된 축산폐수와 하수와의 연계유입수를 MLE(Modified Ludzack-Ettinger) 공정으로 처리한 결과, 내부반송 100%일 때 TCODcr 93.8%, T-N 74.3%, T-P 89.7%, SS 97.5%의 처리효율을 나타냈다. 또한 내부반송율을 150%로 증가시켰을 때 처리효율은 각각 94.5%, 54.5%, 70.8%, 98.5%로 나타났고, 200%로 증가시켰을 때 처리효율은 각각 92.6%, 83.1%, 81.9%, 98.5%로 나타났다. 연계유입수를 원수로 사용한 경우 특히 질소제거율은 내부반송율 100%, 150%, 200%에서 각각 74.3%, 54.5%, 83.1%로 나타났으며, 모든 경우에 있어 일반하수를 원수로 사용한 경우보다 질소제거율이 우수한 것으로 분석되었다.

핵심용어 : 축산폐수, 연계처리, 오존산화, 고도처리, 내부반송

1. 서론

미생물의 산화에 의한 유기물 분해는 생물학적 처리 공정에서 대부분의 유기물을 제거할 수 있는 경제적인 공정이다. 그러나 대부분의 경우에 폐수 내 효과적인 오염물 제거는 전통적인 생물학적 처리공정과 물리-화학적 처리와 같은 고도처리 공정의 접목을 통해 얻어질 수 있다¹⁾.

한편 축산폐수는 유기물의 농도가 높고 생물학적 난분해성 유기물이 다량 함유되어 있어 일반적인 생물학적 처리만으로는 처리기준을 만족시킬 수 없다. 이러한 문제는 오존과 같은 강력한 화학적 산화제를 이용하여 처리할 경우 해결될 수 있다²⁾. 화학적 산화는 유기물의 제거뿐만 아니라 추가적인 부산물을 생성하지 않는다는 장점을 지니고 있다. 이러한 화학적 산화제의 종류는 Ozone, H₂O₂, Ozone/UV, H₂O₂/UV 등이 있다.

이러한 화학적 산화제 중에서 오존은 강력한 산화력과 자기분해성으로 인해 최근 주목받고 있는 방법 중의 하나로 현재까지는 오존의 산화력과 살균효과로 인해 정수처리 분야에서 주로 적용 되어져왔다³⁾. 그러나

오존을 이용한 산화는 침전(sedimentation)이나 생물학적 산화(biological oxidation)와 같은 폐수처리단위 공정의 처리효율을 향상시킬 수 있는 기술 중 하나로 적용이 가능하다는 기존연구들이 수행되어져 왔다^{4),5)}. 따라서 오존산화는 응결(flocculation)이나 난분해성 물질 또는 미생물에 대한 독성물질의 제거를 통한 폐수의 생분해성 등을 향상시킬 수 있다.

한편 축산폐수와 같은 고농도 폐수에 대한 처리에 있어서는 오존산화에 의한 처리만으로는 완전처리가 어렵고 비경제적인 것으로 알려져 있다. 오존을 화학적 산화제로서 수처리에 적용 시 산화정도는 대상 폐수의 pH에 크게 영향을 받는다고 알려져 있다. 오존이 수중에 용해되었을 때 유기물과의 반응은 크게 2가지 경로로 나뉘는데 첫번째 반응경로는 오존과 유기물의 직접 반응이며 두 번째 반응경로는 자유라디칼(free radical)이나 hydroxyl radical에 의한 간접반응으로 알려져 있다⁶⁾. 오존은 낮은 pH에서 electrophilic, nucleophilic 등의 선택적인 반응이 우세하며 중성 pH에서는 오존보다 더 강력한 산화력을 지니는 hydroxyl radical을 형성하는 것으로 알려져 있으며 이렇게 생성된 hydroxyl radical은 폐수 내의 유기물 및 무기물과

큰 범위로 다양하게 반응하는 것으로 알려져 있다³⁾. 또한 화학적 산화를 통한 축산폐수의 전처리는 생물학적 후처리를 통해 높은 처리효율을 거둘 수 있는 것으로 평가받고 있다.

한편 유기물, 질소 및 인을 생물학적으로 처리하는 공정을 생물학적 고도처리공정(advanced treatment process) 또는 생물학적 영양염류 제거공정(Biological Nutrient Removal; BNR)이라고 하며 질소 및 인 제거 공정이 개발되기 시작한 것은 1960년대 초반으로 경제적이고 안정적인 공정이 관심이 되어왔다. 일반적으로 생물학적으로 질소를 제거하고 화학적으로 인을 제거하는 공정이 주로 적용되는데 이는 화학적 인제거가 확실한 인 제거효율을 얻을 수 있기 때문이다. 한편 생물학적 질소 제거는 물리·화학적 방법에 비해 질산화균과 탈질균의 작용을 합리적으로 결합시킬 수 있으며 처리한 최종물질이 불활성인 질소가스로 환원되어 안정한 상태로 전환되어 2차 공해가 없고 또한 무기성 질소 뿐 아니라 유기성 질소의 제거가 가능한 장점이 있다.

이러한 방법 중 기본적인 공법으로는 Barnard에 의해 개발된 Modified Ludzack-Ettinger 공정(MLE공정)이 있으며 이는 Ludzack-Ettinger 공정의 단점을 보완하여 질소제거율을 향상시킨 공법이다. 한편 고도처리방식이 적용된 국내 하수처리장의 가동현황을 검토해 보면 설계치보다 C/N 비가 낮은 저농도의 하수가 유입 됨으로 인해 고도처리 시 필요한 유기물의 확보가 어렵고 또한 상대적으로 제거해야 할 질소 및 인의 농도가 높아 고도처리가 효과적으로 이루어지지 않는 문제점들이 나타나고 있다⁷⁾.

축산폐수를 하수와 연계하여 처리할 경우 수처리 측면, 경제적 측면, 유지관리 측면에서 다음과 같은 효과가 있다. 수처리 측면에서 연계처리 시 목표수질 달성이 단독처리보다 용이하며, 통상적으로 유입되는 질소 성분의 20~30% 제거가 가능하고 하수처리장의 유입수질이 낮을 경우 효과적인 연계처리효율을 기대할 수 있다. 경제적 측면에서는 연계처리의 부하량 절감을 위하여 협잡물처리를 포함한 2차처리를 하는 분뇨·축산폐수처리장이 있는 경우 3차처리를 일부 생략할 수

있어 시설설치비 및 유지관리비의 절감이 가능하며 환경부 자료에 의하면 공공처리시설을 단독으로 운영하는 것보다 하수와 연계처리 할 경우 시설비 50%, 운영비 30%를 절감할 수 있다고 하였다⁸⁾. 유지관리 측면에서는 운영요원의 기술력 확보가 비교적 용이하며, 시설유지관리, 장비의 공동활용 등 부수적인 효과가 있다. 반면 연계처리 시 발생하는 주요 문제점으로는 하수처리장의 유입부하가 가중되어 수질악화를 초래할 수 있으며, 축산폐수와 분뇨의 연계처리 유량 및 수질변동에 의하여 하수처리장으로 유입되는 수질의 변동폭이 크게 발생되어 처리수질의 악화를 유발할 수 있고, 공정관리의 효율화를 위해서 주기적으로 연계처리에 따른 오염부하량 검토가 이루어져야 하나 이러한 자료의 확보가 미흡하여 적절한 운영을 하지 못하고 있는 문제점들이 나타나고 있다^{9),10)}.

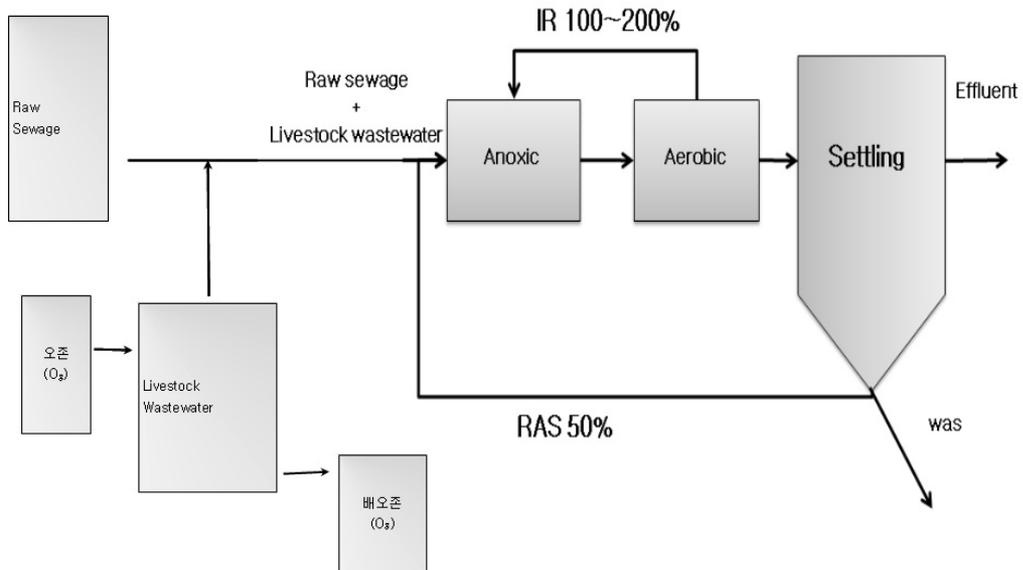
본 연구에서는 화학적 산화제인 오존을 이용하여 축산폐수를 산화분해 하고 처리된 축산폐수를 일반 하수와 연계하여 생물학적 질소제거 공정 중 하나인 MLE 공정으로 처리하였을 때 내부반응을 변화에 따른 오염물제거효율을 비교·분석하였으며 축산폐수와 하수의 연계처리에 대한 가능성을 연구하고자 하였다.

2. 실험방법 및 재료

본 연구에 사용된 하수는 경기도 B시에 위치한 N 하수처리장의 침사지 유입수를 원수로 사용하였으며 축산폐수는 경기도 K시에 위치한 G 축산폐수 공공처리시설의 1차처리수를 샘플링하여 사용하였다. 항목별 성분분석은 수질오염공정시험법 및 Standard Method(USA)에 준하여 실시하였다^{11),12)}.

2.1 실험방법 및 장치

오존산화처리에 의한 축산폐수의 성상변화를 분석하기 위하여 산소발생장치(Oxygen Concentrator, NewLife, Elite), 오존발생기(AZCOZON HYU 500-PDGE), 오존접촉조, 배오존포집장치로 구성된 반응조를 설치하였다. 산소발생장치에서 생성된 순산소는 오존발생기로 유입되어 최종적으로 오존을 생성하여 반



[Fig. 1] Schematic diagram of lab. scale reactor.

응조에 축산시료와 접촉 반응시켰다. 잔류오존은 2% KI 용액으로 포집·제거하였다.

하수와 축산폐수를 혼합하여 유입수로 주입했을 때 MLE 공정의 처리효율 변화를 비교분석하기 위하여 오존산화처리된 축산폐수를 하수와 일정비율 혼합하여 [Fig. 1]과 같이 반응조로 구성된 MLE 공정에 투입하였다. 외부반송율은 50%로 고정하였으며 내부반송율을 100, 150, 200%로 변화시키며 운전하여 유기물에 대한 제거율을 분석하였다.

2.2 분석방법

축산폐수와 반응하는 오존량을 분석하기 위하여 오

존발생장치(AZCOZON HYU 500-PDGE)에 의해 생성되는 오존발생량을 분석하였다. 산소발생장치(Oxygen Concentrator, NewLife, Elite)에 의해 산소공급량을 1LPM, 2LPM, 3LPM, 4LPM 으로 변화시켜 오존발생장치에 유입시켰으며 생성되는 오존은 오존포집액(2% KI)에 전량 포집 후 적정하여 분석하였다.

시료는 pH, BOD, COD_{Cr}, TOC, SS, TN, TP에 대하여 분석을 실시하였다. [Table 1]에 나타낸 것과 같이 분석은 수질오염 공정시험방법과 Standard method에 준하여 실시하였다^{11), 12)}.

[Table 1] Analytical Methods

Item	Methods
pH	Electrode method
BOD	Winkler Azide Modification Method(20°C 5day)
COD _{Cr}	Titration method(K ₂ Cr ₂ O ₇)
TOC	TOC analyzer(Pheonix 8000)
TN	Spectrophotometric Method(K ₂ S ₂ O ₈)
TP	Spectrophotometric Method(Ascorbic Acid)
SS	Gravimetric Method (Dry Oven, 105°C)

3. 결과 및 고찰

3.1 오존산화에 의한 전처리가 축산폐수에 미치는 영향

대상원수와 오존과의 최적의 반응조건을 분석하기 위하여 원수의 pH변화에 대한 오존과의 반응성을 분석하였다. 대상축산폐수는 pH 4, pH 7, pH 10 의 세단계로 0.1N-NaOH와 0.1N-H₂SO₄을 이용하여 pH 조정 후 유입산소량 3LPM, 접촉시간 1hr 으로 오존접촉조에서 반응시킨 후 TCODcr 및 SCODcr 을 분석하였으며 결과는 [Table 2]에 나타내었다.

실험결과 pH 변화에 대한 오존과의 반응성은 원수의 pH가 중성일 때 오존의 산화력이 가장 크게 나타나는 것으로 분석되었다. 이는 중탄산염 및 탄산염, 무기염들은 radical을 놓고 유기물과 경쟁하며 오존분해를 가속화시키기 때문에 pH 조건은 오존산화력을 결정하는 OH radical 형성에 가장 큰 영향을 주는 인자가 되기 때문이다. 따라서, pH가 8 이상인 경우 탄산염이 많아져 라디칼에 대한 scavenger로 작용하여 결과적으로 오존의 산화력을 감소시키게 된다. 그러므로 pH 7에서 자유라디칼의 생성과 자기분해속도가 균형을 이루어 가장 우수한 오존산화효율이 얻어졌다고 판단된다. 또한 SCODcr 분석 결과 축산폐수 원수의 SCODcr/TCODcr 비는 26% 였으며 오존처리결과 평균 38% 정도로 TCODcr에 대한 SCODcr의 비율이 증

가함을 알 수 있었으며, 이는 오존산화에 의해 NBDCOD 중 일부가 BDCOD 로 전환되어 미생물이 이용 가능한 기질로 전환되었음을 알 수 있다¹³⁾⁻¹⁵⁾.

오존은 강력한 화학적 산화제이지만 반응조건 및 대상원수의 물리화학적 성상에 따라 반응성이 크게 차이가 나는 특징을 지닌다. H.Boursier et al.(2007)에 따르면 축산폐수의 soluble COD 에 대한 total COD 의 비율은 축산폐수의 저장방법 및 기간에 따라 16%~43% 까지 변화한다고 하였으며¹⁹⁾, Lesouef et al.(1997)은 total COD 및 soluble COD에 대한 long term aeration test 에서 축산폐수의 total COD(S_s, S_i, X_s, X_i) 중 S_s 와 X_s 는 residual microbial products(X_p) 로 전환되며 soluble COD(S_s, S_i, aX_s) 중 S_s 와 aX_s(soluble fraction of X_s) 가 residual microbial products(X_p) 로 전환된다고 하였으며 total COD 중 X_i 와 S_i 는 생물학적 분해 이후에도 inert COD 로 남아있다고 하였고 soluble COD 중 S_i 가 inert COD 로 남는다고 하였다²⁰⁾. 이는 축산폐수의 inert COD 를 제외한 total COD 에 대한 soluble COD 비율의 증가는 축산폐수의 biodegradability 가 증가했다는 것을 의미한다고 볼 수 있다. 결국 오존산화에 의한 축산폐수의 전처리는 난분해성 물질을 생물학적 분해 가능한 물질로 일부 전환시키며 후단 생물학적 처리 단계에서의 제거효율을 높일 수 있는 영향을 미친다고 판단된다⁶⁾⁻¹⁸⁾.

[Table 2] COD Removal Efficiency by Ozonation

time(min)	pH 4	pH 7	pH 10
0	78200	68800	64400
10	75800	57400	47600
20	72400	36600	44400
30	71200	30400	43800
40	70200	26400	41200
50	65600	20000	25200
60	64600	15000	24200
COD removal (%)	17.4	78.2	62.4

[Table 3] Operating Conditions of MLE

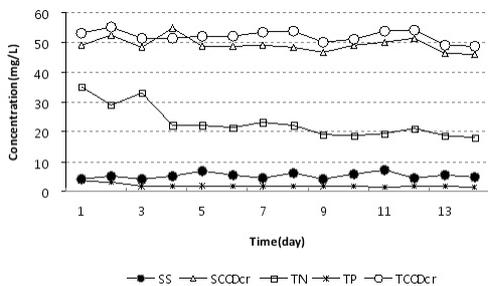
		MLSS (mg/L)	Volume (L)	HRT (hr)	Internal Recycle (%)	Return Sludge (%)
Run - 1	anoxic	3000	1.1	1	100	50
	aerobic		4.3	4		
Run - 2	anoxic	3000	1.1	1	150	50
	aerobic		4.3	4		
Run - 3	anoxic	3000	1.1	1	200	50
	aerobic		4.3	4		

3.2 화학적 전처리 축산폐수의 연계처리 결과

오존산화로 전처리 한 축산폐수의 하수와의 연계처리 시 MLE 공정의 처리효율에 미치는 영향을 분석하기 위하여 B시 N하수처리장 유입원수와 1시간 오존산화처리한 축산폐수를 혼합하여 연계유입수를 제조하였다. 연계유입수의 성상은 TCODcr 762.8mg/L, SCODcr 271.6mg/L, T-N 85.0mg/L, T-P 12.0mg/L, SS 569.0mg/L로 나타났다.

연계유입수에 대한 MLE 공정의 처리효율을 비교 평가하기 위하여 내부반송율 100, 150, 200% 로 조정하여 운전하였으며 운전 parameter 는 [Table 3]에 나타내었다.

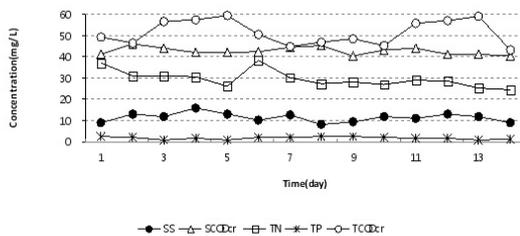
오존산화로 전처리 한 축산폐수의 연계유입수를 내부반송률 100%(Run-1) MLE 공정에 유입 시켰을 때의 처리효율을 분석한 결과 TCODcr52.2mg/L,



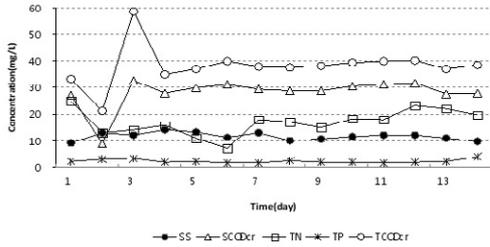
[Fig. 2] Removal characteristics of water quality in concentration and removal rate at Internal Recycle 100% (MLE process).

SCODcr 49.3mg/L, T-N 23.1mg/L, T-P 1.9mg/L, SS 5.2mg/L 로 나타났으며, 일반하수를 유입원수로 처리한 MLE 공정의 처리효율과 비교 시 내부반송 100% 일때 TCODcr 29.8%, T-N 40%, T-P 76.8%, SS 38.4%로 각각 처리효율이 증가함을 알 수 있었다. 오염항목별 처리수의 성상변화는 각각 [Fig. 2]에 나타내었다.

오존산화로 전처리 한 축산폐수의 연계유입수를 내부반송률 150%(Run-1) MLE 공정에 유입 시켰을 때의 처리효율을 분석한 결과 TCODcr51.6mg/L, SCODcr 42.8mg/L, T-N 29.6mg/L, T-P 1.8mg/L, SS 11.4mg/L 로 나타났으며, 일반하수를 유입원수로 처리한 MLE 공정의 처리효율과 비교 시 내부반송 150% 일때 TCODcr 12.0%, T-N 14.4%, T-P 39.3%, SS 16.5%로 각각 처리효율이 증가함을 알 수



[Fig. 3] Removal characteristics of water quality in concentration and removal rate at Internal Recycle 150% (MLE process).



[Fig. 4] Removal characteristics of water quality in concentration and removal rate at Internal Recycle 200% (MLE process).

있었다. 하수를 유입수로 처리한 경우와 달리 축산폐수와 연계처리 시 내부반송률이 증가함에 따라 오염물 제거율은 다소 감소하는 것으로 분석되었다. 오염항목 별 처리수의 성상변화는 각각 [Fig. 3]에 나타내었다.

오존산화로 전처리 한 축산폐수의 연계유입수를 내부반송률 150%(Run-1) MLE 공정에 유입 시켰을 때의 처리효율을 분석한 결과 TCODcr 38.2mg/L, SCODcr 28.1mg/L, T-N 16.9mg/L, T-P 2.2mg/L, SS 11.6mg/L 로 나타났으며, 일반하수를 유입원수로 처리한 MLE 공정의 처리효율과 비교 시 내부반송 200% 일때 TCODcr 9.8%, T-N 56.9%, T-P 55.8%, SS 28.0%로 각각 처리효율이 증가함을 알 수 있었다. 내부반송률이 200%로 증가했을 때 T-N의 경우 83.1%로 가장 높은 제거율을 나타냈다. 오염항목 별 처리수의 성상변화는 각각 [Fig. 4]에 나타내었다.

3.3 화학적 전처리 축산폐수의 연계처리 시 효율 비교

오존산화처리된 축산폐수와 하수와의 연계유입수를 MLE 공정으로 처리하였을 때 내부반송 100%일 때 TCODcr 93.8%, T-N 74.3%, T-P 89.7%, SS 97.5%의 처리효율을 나타냈으며 내부반송 150% 일 때 각각 94.5%, 54.5%, 70.8%, 98.5% 로 나타났다. 내부반송이 200%로 증가했을 때 처리효율은 각각 92.6%, 83.1%, 81.9%, 98.5% 로 분석되었다. 각각의 제거효율에 대한 비교 결과는 [Table 4]에 나타내었다.

연계유입수를 원수로 사용한 경우 질소제거율은 내부반송률 100%, 150%, 200%에서 각각 74.3%, 54.5%, 83.1%로 모든 경우에 있어 일반하수를 원수로 사용한 경우보다 질소제거율이 우수한 것으로 나타났다. Ekama et al(2007)에 의하면 1mg/L 의 질산성질소를 질소가스로 탈질산화시키기 위해서는 8.6mg/L 의 COD가 필요하다고 보고하였으며 T-P 의 경우 1mg/L를 제거하기 위해 COD 50~59mg/L 가 소모된다고 하였다²¹⁾. 유기물제거 및 질소제거의 관계는 탈질 반응에 대한 화학양론과 유기물 성분을 통해 결정될 수 있다¹³⁾⁻¹⁵⁾.

오존산화 처리 된 축산폐수와 일반하수를 혼합한 연계유입수의 C/N 비는 실험기간동안 5.1~14.4 로 평균 9.6 이었으며 C/P 비는 42.7~155.7로 평균 81.7 이었다. 연계처리 시 모든 조건에서 질소제거율이 우수했으며 내부반송 200% 일 때 질소제거율이 우수했던 이유는 질산화/탈질화를 위한 적정 C/N 비의 유지로 인해

[Table 4] Average Effluent Concentration and Removal Efficiency Obtained During the Experiment

Internal Recycle (%)		TCODcr	SCODcr	T-N	T-P	SS
100	Effluent (mg/ ℓ)	52.2	49.3	23.1	1.9	5.2
	Removal efficiency (%)	93.8	92.1	74.3	89.7	97.5
150	Effluent (mg/ ℓ)	51.6	42.8	29.6	1.8	11.4
	Removal efficiency (%)	94.5	63.7	54.5	70.8	98.5
200	Effluent (mg/ ℓ)	38.2	28.1	16.9	2.2	11.6
	Removal efficiency (%)	92.6	60.8	83.1	81.9	98.5

내부반송증가에 따른 무산소조에서 소모되는 COD와 탈질을 위해 필요한 COD가 적정했기 때문이라고 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 오존산화로 전처리 한 축산폐수를 하수에 연계처리 시 MLE 공정에 미치는 처리효율 변화를 분석하고자 실험실 시험을 실시하여 조사 및 분석하였으며 결과는 다음과 같다.

축산폐수의 오존산화 결과 대상폐수의 pH를 산성(pH4), 중성(pH7), 알칼리성(pH10)으로 변화시켰을 때 각각 COD제거율은 시간당 17%, 78%, 62%로 분석되었다. 이때 pH는 0.6 정도 증가하였으며 축산폐수의 알칼리도는 2445mg/L에서 1860mg/L로 감소되었다. 따라서 실험결과 pH 변화에 대한 오존과의 반응성은 원수의 pH가 중성일 때 자유라디칼의 생성과 자기분해속도가 균형을 이루어 가장 우수한 오존산화효율이 얻어졌다고 분석되었다.

SCODcr 분석 결과 축산폐수 원수의 SCODcr/TCODcr 비는 26%였으며 오존처리결과 평균 38% 정도로 TCODcr에 대한 SCODcr의 비율이 증가함을 알 수 있었으며, 이는 오존산화에 의해 NBDCOD 중 일부가 BDCOD로 전환되어 미생물이 이용 가능한 기질로 전환되었음을 알 수 있다. 이는 축산폐수의 inert COD를 제외한 total COD에 대한 soluble COD 비율의 증가는 축산폐수의 생분해능력(biodegradability)이 증가했다는 것을 의미한다고 볼 수 있다. 결국 오존산화에 의한 축산폐수의 전처리는 난분해성 물질을 생물학적 분해 가능한 물질로 일부 전환시키며 후단 생물학적 처리 단계에서의 제거효율을 높일 수 있도록 영향을 미친다고 판단된다.

일반하수만을 MLE 공정으로 처리했을 때와 비교 시 내부반송 100%일 때 TCODcr 29.8%, T-N 40%, T-P 76.8%, 38.4%로 처리효율이 증가하였으며 150%일 때 각각 12%, 14.4%, 39.3%, 16.5%로 증가하였다. 내부반송이 200%로 증가했을 때 처리효율은 각각 9.8%, 56.9%, 55.8%, 28%로 증가한 것으로 분

석되었다.

연구결과 연계유입수는 하수원수의 C/N 비, C/P 비에 비해서 높은 값으로 이는 단일슬러지 공정에서 고도처리를 위한 C/N, C/P 비를 충족시키는 결과였으며 모든 조건에서 처리효율이 우수하게 나타난 것으로 사료된다. 다만 연계유입수는 축산폐수를 처리한 것이므로 하수처리 시 원수 대비 연계처리수의 비율이 높아질 경우 C/N비의 불균형을 초래할 수 있으므로 현장에서는 이에 대한 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 2009년도(2차) 가톨릭대학교 교비연구비의 지원으로 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Bes-Pia, A. Iborra-Clar, A. Mendoza-Roca, J.A. Iborra-Clar, M.I., and Alcaina-Miranda, M.I., "Nanofiltration of biologically treated textile effluents using ozone as pre-treatment. Desalination", 167(3), pp. 387~392 (2004).
2. Tyrrell, S.A., Rippey, S.R., and Watkins, W.D., "Inactivation of bacterial and viral indicators in secondary sewage effluents, using chlorine and ozone", Wat. Res., 29(11), pp. 2483~2490 (1995).
3. Minet, J., Langlais, F., and Naslain, R., "Thermo-mechanical properties and oxidation resistance of zirconia CVI matrix composites, 2-Thermal properties and oxidation resistance", J. the Europ. Ceram. Socie., 7(5), pp. 283~293 (1991).
4. Mussig-Zufika, M., Kommuller, A., Merkelbach, B., and Jekel, M., "Isolation and analysis of intact polyphosphate chains from activated sludges associated with biological phosphate

- removal”, *Wat. Res.*, 28(8), pp. 1725~1733 (1994).
5. Beltran, F.J., Encinar, J., and Gonxalez, J.F., “Industrial wastewater advanced oxidation. Part 2. Ozone combined with hydrogen peroxide or UV radiation”, *Wat. Res.*, 31(10), pp. 2415~2428 (1997).
 6. Hoigne, J., “Inter-calibration of OH radical sources and water quality parameters”, *Wat. Sci. and Tech.*, 35(4), pp. 1~8 (1997).
 7. 환경관리공단, 하수분야 기술진단 결과분석 및 개선방안, (2004).
 8. 환경부, 축산폐수배출시설 및 처리시설 관리개선 방안 연구, (2003).
 9. 국립환경연구원, 축산폐기물 현황과 환경에 미치는 영향 연구, pp. 56~96 (1986).
 10. 최홍립, 우리나라 가축분뇨 대책, 농어촌과 환경, vol 10(2), pp. 16~28 (2000).
 11. 환경부, 수질오염공정시험법, (2005).
 12. APHA, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th ed. (1998).
 13. 축산기술연구소, 가축분뇨 자원화 및 이용기술 개발 연구, (2000).
 14. 최의소, 음영진, 지속발전을 위한 축산분뇨의 문제점과 개선방향. 한국환경과학연구협의회, (2001).
 15. 농림부, 가축분뇨 자원화 및 이용기술 개발, (2000).
 16. 환경부, 낙동강수계 물관리종합대책 (1999).
 17. 환경부, 대청호 등 금강수계 물관리종합대책 (1999).
 18. 환경부, 오염총량관리계획 수립지침, pp. 5~23 (2002).
 19. Boursier, H., Beline, F., Daumer, M.L., Guiziou, F., and Paul, E., “Modeling of biological processes during aerobic treatment of piggery wastewater aiming at process optimisation”, *Biore. Techn.*, 98, pp. 3298~3308 (2007).
 20. Lesouef, A., Tallec, X., Zeghal, S., and Vidal A., “Effect of influent quality variability on biofilter operation”, *Wat. Scie. and Tech.*, 36(1), pp. 111~117 (1997).
 21. Ekama, G.A., Wentzel, M.C., and Sotemann, S.W., “Tracking the inorganic suspended solids through biological treatment units of wastewater treatment plants”, *Wat. Res.*, 40(19), pp. 3587~3595 (2006). 