



ORIGINAL PAPER

원저

축산물에 사용되는 항생제가 축산폐수의 처리효율에 미치는 영향

조미경, 트안트란흥, 김대희, 지아유흥, 오세진, 안대희[†]

명지대학교 환경생명공학부

(2007년 1월 12일 접수, 2007년 1월 26일 채택)

A Study on The Effect of Antibiotics Usage to The Efficiency of Biological Piggery Wastewater Treatment

Cho Mi Kyeong, Hung Thuan Tran, Dae Hee Kim, Yu Hong Jia, Oh Se Jin and Dae Hee Ahn[†]

Division of Environmental Engineering and Biotechnology, Myongji University

ABSTRACT

The presence of antibiotics in the wastewater from livestock farm due to its over-application should be concerned because they could change microbial ecology, increase the proliferation of antibiotic resistant pathogens, provoke toxic effect on aquatic species. In addition, these antibiotics can cause negative effect on the performance of biological wastewater treatment due to its antibacterial properties. In this study, our aim is to evaluate the effect of some common used antibiotic in Korean piggery farm such as oxytetracycline (OTC) to nitrification efficiency as well as organic compounds removal rate in biological system for treating piggery wastewater. The experiment was conducted in aeration batch reactor and lab-scale A₂/O (Anoxic-Anoxic-Oxic) system. From this study, it would be suggested that the piggery wastewater characterization should be examined in order to assess the fraction of common used antibiotics. The alternative treatment processes for piggery wastewater having high-strength antibiotics might be suggested in the future work.

Keyword : Oxytetracycline, Nitrification, Piggery wastewater.

초 록

항생제 사용의 증가와 무분별한 사용으로 인한 항생제 오염은 항생제 내성균 증가와 더불어 미생물 종의 변화 및 수질환경에 독성물질로써 작용할 수 있다. 특히 항생제는 생물학적 폐수처리 공정에서 미생물에

[†]Corresponding author (dhahn@mju.ac.kr)

의한 하·폐수 처리의 효율성 문제를 가져올 수 있다. 본 연구에서는 축산업에서 가장 많이 사용되는 항생제로 조사된 Oxytetracycline(OTC) 항생제가 축산폐수의 생물학적 처리과정에서 질산화와 유기물 제거 효율에 미치는 영향을 살펴보았다. 항생제가 축산폐수의 처리효율에 미치는 영향을 살펴보기 위해서 회분식 시험과 A_2/O (Anoxic-Anoxic-Oxic) 시스템을 이용하였다. 향후 항생제를 다량 함유하고 있는 축산폐수를 처리할 수 있는 축산폐수처리시스템에 대해서 연구하고자 한다.

핵심용어 : Oxytetracycline(OTC), 질산화, 축산폐수

1. 서론

항생제는 A. 플레밍에 의해 발명된 이후로 병원균의 활성을 저해하여 인간과 동식물의 질병을 치료하는데 널리 사용되어져 왔다. 항생제는 미생물이 생산하는 대사산물을 말하며, 소량으로 다른 미생물의 발육을 억제사멸시키는 물질로 정의된다.¹⁾ 축산업에서 사용하는 항생제는 동물의 장기 내의 유해 미생물의 번식을 억제하여 사료의 영양 성분이 잘 흡수되도록 도와주고, 평균 5% 정도의 체중 증가를 가져올 수 있어 사용량이 증가하고 있다.²⁾ 이렇게 반복적으로 사료나 질병 예방을 위해 투입된 항생제는 동물의 장기 내에 잔류할 가능성이 높으며, 잔류할 경우 항생제 내성균을 출현시킬 우려가 있다. 전체 항생제 사용량의 50% 정도를 소비할 것으로 추정되는 축수산업에서는 연간 15,000톤 정도의 항생제가 가축의 질병치료 뿐만 아니라 성장촉진 목적으로 무분별하게 사용되고 있는 것으로 조사되었다.³⁾ 또한 배설물의 형태로 배출된 항생제는 축산환경 주변까지 오염시키고 있는 것으로 보고되고 있다. 선진각국과 비교한 축산물 생산량 및 항생제 사용량 조사에 따르면 축산물 생산량이 우리나라보다도 많은 미국, 일본 등의 선진국과 비교해서 항생제 사용량이 월등히 많은 것으로 보고되고 있다.⁴⁾ 선진각국의 경우 축산물의 생산량 및 항생제 사용량, 주요사용 항생제, 축종별 항생제 분석 등 항생제 사용에 관한 실태 분석에 대한 자료는 수집되고 있으나, 사용하는 항생제가 축산폐수 내에 잔류하는 정도 및 이로 인한 축산폐수 처리에 미치는 영향에 관한 구체적인 연구결과는 미흡한 실정이다. 다른 연구결과들은 수

계환경에서의 지속적인 항생제 잔류성 문제에 대해 지적하고 있으며, 대부분의 항생제계열은 수질에서의 화학적 작용기작의 변화와 수작 등으로 폐수처리공정에 중요하게 영향을 미친다고 알려져 있다.⁵⁾ 항생제는 의약성분에 따라 사람, 축산물에 투입되는 용량의 약 30~60%가 노를 통해 활성을 띤 형태로 배출되어 하수처리공정을 통하더라도 완전히 제거되지 않고 수중 생태계로 유입된다. 또한 인체나 동물의 섭취 및 배설 등으로 수질 환경에 직접적으로 노출되어, 미생물에 의한 하·폐수 처리의 효율성 문제를 가져올 수 있다. 특히 축산농가에서 자주 사용하는 항생제는 병원균 사멸에 효과적이거나 가축의 배설물과 함께 배출되어 결과적으로는 가축분뇨를 발효·분해시키는 미생물의 활성도를 저하시켜 축산폐수의 적정 처리를 방해하는 요인으로 우려되고 있다.

지금까지 고농도의 질소인을 함유한 축산폐수의 적정처리 공정에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔으나, 항생제가 축산폐수의 처리에 미치는 영향에 관한 연구는 현재 미비한 실정이다. 우리나라는 축산폐수처리에 있어서 다수의 처리장이 특정시기(7월-9월)에 질소 및 인의 제거에 어려움을 겪고 있는 이유가 항생제 및 소독제 사용과 밀접한 연관이 있는 것으로 추정되므로 축산업에서 대표적으로 사용되는 항생제가 축산폐수의 처리효율에 미치는 영향을 알아보하고자 하였다. 본 연구에서는 세계에서 페니실린(penicillins) 다음으로 가장 많이 사용되는 항생제로 조사된 테트라사이클린계(Tetracycline) 항생제를 이용하여 항생제가 축산폐수처리효율에 미치는 영향을 연구하고자 하였다.⁶⁾

2. 실험 방법

2.1 회분식 시험을 위한 미생물 배양

회분식 시험을 통한 처리효율에 미치는 영향의 상대평가를 위하여 Y시 하수처리장의 활성슬러지를 배양하여 식중 슬러지로 사용하였으며 축산폐수에 적응시키기 위하여 원수를 20배 희석하여 미생물 배양액과 함께 사용하였다. 배양 기간 동안 하루에 한 번씩 시료의 pH, NH_4^+-N , NO_x^--N 분석을 통하여 활성슬러지의 적정 운전조건을 유지시켜 주었다. 활성 슬러지는 회분식으로 약 40일 정도 배양 후 회분식 시험의 식중 슬러지로 사용하였다.

2.2 회분식 시험을 통한 처리효율에 미치는 영향의 상대평가

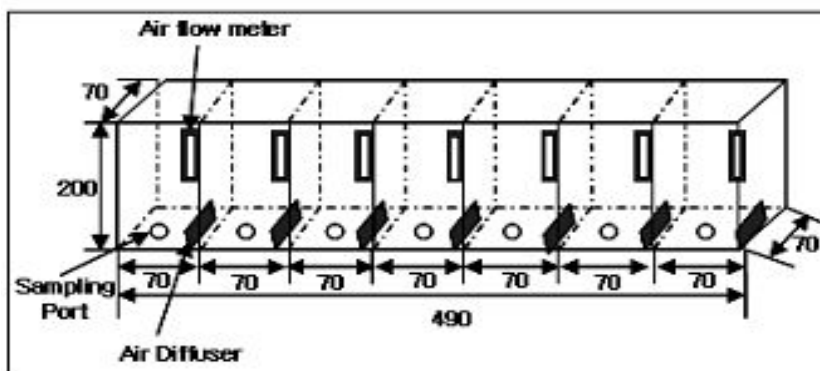
본 연구에 사용된 축산폐수는 Y시의 환경사업소에서 1차 응집 처리된 폐수를 채취하여 sieve를 이용하여 조대고형물을 제거한 후 사용하기 전까지

4°C 냉장고에 보관하였다. 원수는 수돗물로 20배 희석하여 사용하였으며, 유입폐수의 성상은 [Table 1]와 같다. 유입수의 pH는 7.55로 중성이며, SCOD_{cr} 와 NH_4^+-N 는 평균 425 mg/l, 78 mg/L 이다.

사용된 반응기는 가로 70 mm, 세로 70 mm, 높이 200 mm의 직사각형의 아크릴로 제작하였으며, 개략도와 사진은 [Fig. 1]과 같다. 한 개의 직사각형 반응기는 총 부피 1 L, 운전체적 800 mL이며, 7 개의 동일한 크기의 반응기를 연결하여 실험하였다. 각 반응기의 하단에는 동일한 위치에 산기관을 설치하였으며, 2 L/min로 일정하게 산소를 공급해 주었다. 각각의 반응조의 운전체적을 800 mL로 하여 MLSS 2000 mg/L으로 맞추어 배양한 활성슬러지를 넣어준 후 폐수를 주입하였다. 대조 반응조(Control)를 제외한 나머지 반응조에 항생제의 농도를 달리하여 주입하였다. 시료채취는 초기 기질의 농도변화가 크다고 판단하여 2시간 간

[Table 1] Characteristics of Piggery Wastewater Used in Experiment

Item	Average value	Minimum value	Maximum value
pH	7.55	7.10	7.80
Alkalinity (as mgCaCO ₃ / L)	718	518	1064
SCOD _{cr} (mg/L)	425	213	739
NH ₄ ⁺ -N(mg/L)	78	60	107
NO _x ⁻ -N(mg/L)	7.15	3.83	17.6



[Fig. 1] Schematic diagram of reactor

격으로 실시하였으며, 약 12시간 이후에는 4~8 시간으로 늘려 채취하였다. 수질분석은 환경오염 공정시험법(Korean standard methods)과 미국 Standard Methods에 준하여 실시하였다.

2.3 A₂/O System을 통한 축산폐수 처리 효율에 미치는 영향 조사

본 연구에 사용된 축산폐수는 회분식 시험에 사용한 동일한 유입수를 희석하지 않고 원수 그대로 주입하여 실험하였다. 유입수의 pH는 7.95~8.59, Alkalinity는 7,656 as mg CaCO₃/L이며, SCOD_{cr}와 NH₄⁺-N는 각각 10,527 mg/L, 2,451 mg/L으로 고농도의 유기물과 질소를 함유하고 있었다. 유입폐수의 성상은 [Table 2]와 같다.

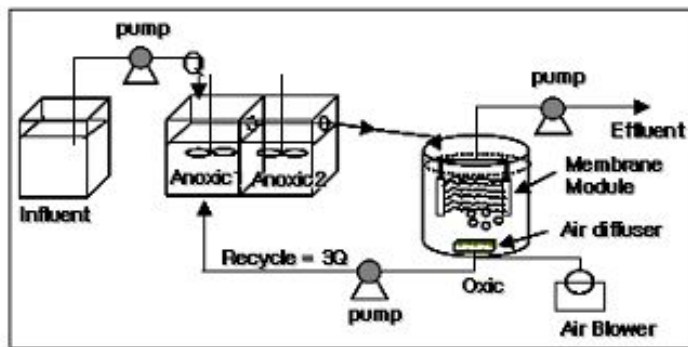
본 연구에서는 시중에 판매되고 있는 옥시테트라 사이클린이 50 mg/mL 함유된 테라마이신 (Terramicin) 항생제를 원수에 주입하여 실제 축산폐수처리에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

실험에 사용한 Lab Scale의 A₂/O system 반응기의 모식도와 사진을 [Fig. 2]에 나타냈다. 무산소조1, 무산소조2의 반응기는 각각 유효용적 3 L, 2.28 L인 아크릴 사각형으로 제작되었으며, 반응기내의 완전 혼합을 위하여 80 rpm의 혼합패들을 설치하였다. 호기조의 반응기는 유효용적이 8 L인 아크릴 원형관이며, 내부에 반응조의 MLSS 농도를 높게 유지시키고 처리효율을 높이기 위하여 MF 막을 설치하였다. 호기조 반응기의 하단 중앙에는 산소의 공급과 반응기내의 완전혼합 및 MF 막의 Fouling을 막기 위하여 산기관을 설치하였으며, 운전기간 동안 4 L/min으로 산소를 공급해주었다. 호기조 반응기에 침지된 MF 막은 (주)KMS 제품을 사용하였으며, 공극 0.4 μm, 유효막 표면적 0.1 m²이다.

HRT 5일로 운전을 시작하였으며, 질산성 질소의 순환을 위한 내부반송은 유입 유량과 같은 1.5 mL/min으로 운전 하였으며, 30일 이후부터는 유

[Table 2] Characteristics of Piggery Wastewater Used in Experiment

Item	Average value	Minimum value	Maximum value
pH	8.26	7.95	8.59
Alkalinity (as mgCaCO ₃ /L)	7656	6048	9845
SCOD _{cr} (mg/L)	10527	6100	12600
NH ₄ ⁺ -N(mg/L)	2451	1750	3530
NO _x ⁻ -N(mg/L)	19.37	15.89	24.39



[Fig. 2] Schematic diagram of reactor.

입 유량의 3Q로 내부 반송을 하였다. 회분식 시험 결과를 토대로 10 ppm의 저농도로 시판용 항생제(테트라마이신)를 원수에 주입하기 시작하였으며, 점차 항생제의 농도를 증가시켜 50 ppm, 100 ppm의 고농도로 반응기내로 유입하였다. 반응기의 운전기간 동안 일주일에 3~4번 시료를 채취하였으며, pH, Alkalinity, NH_4^+-N , NO_x^--N , SCOD_{Cr} 등을 분석하여 운전기간 동안 질소 및 유기물의 제거변화를 알아보고자 하였다. 수질분석은 환경오염 공정시험법(Korean standard methods)과 미국 Standard Methods에 준하여 실시하였다.

2.4 미생물막 동정

FISH(Fluorescence in situ Hybridization) 기법은 형광물질이 묻혀진 16S rRNA탐침을 이용하여 세포 내로 침투시켜 세포내 유전 형질과 잡종화됨으로써, 육안으로 어떤 종의 미생물이 존재하는지 알려주는 방법으로 다음과 같이 실험하였다.

미생물의 일부분을 채취하여 4% paraformaldehyde 용액에 4°C에서 3~16시간동안 고정시킨다. Phosphatebuffered saline(PBS)으로 2~3차례 세척한 뒤 gelatin으로 코팅된 슬라이드에 고정된 생물막을 부착시켜 최종적으로 에탄올 희석액(50, 80, 100%)으로 탈수화 과정을 수행하였다. 46°C로 예열시킨 hybridization solution(0.9M NaCl,

20mM Tris-HCl, 0.01% SDS, 40% formamide)과 probe를 2시간 반응시킨다. Washing solution(20mM Tris-HCl, 0.01% SDS, 5mM EDTA, 56mM NaCl)으로 46°C에서 20분 동안 세정시켜 주었다. 반응이 끝난 후 증류수로 washing buffer를 제거해 준 뒤 건조 후 DAPI (4,6-diamidino-2-phenylindole)로 10분간 반응시킨다. Mounting medium을 한방울 떨어뜨린 후 cover glass 을 덮어 100배율의 Olympus 현미경(intergration time: DAPI-approx 1sec, Cy3-approx 5~10sec)으로 관찰한다.

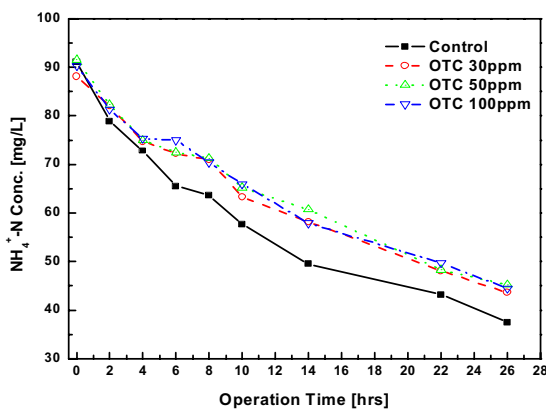
3. 결과 및 고찰

3.1 회분식 시험을 위한 미생물 배양

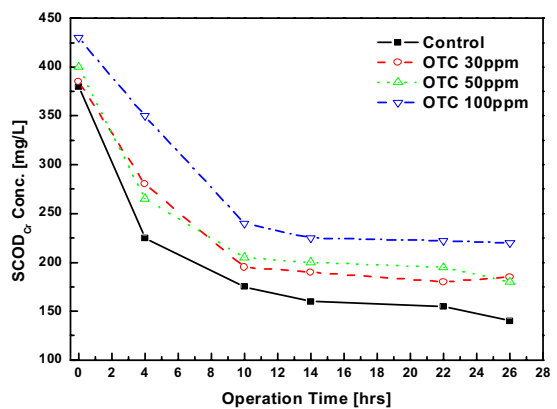
활성슬러지를 약 40 일정도 순운 후회분식 시험에 사용하였으며, 매회 cycle마다 120 mg $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{L}$ 을 주입하였으며, 하루가 지난 후에는 50 %이상이 NO_3^--N 로 전환되어 배양 활성슬러지의 충분한 질산화 반응이 확인되었다.

3.2 회분식 시험을 통한 처리효율에 미치는 영향의 상대평가

본 연구에서는 테트라사이클린계 항생제 중의 하나인 옥시테트라사이클린(이하 OTC로 표시)의



(Fig. 3) Variations of NH_4^+-N concentration during the batch experiment



(Fig. 4) Variations of SCOD_{Cr} concentration during the batch experiment

농도에 따른 축산폐수의 처리효율을 알아보았다. 운전기간 동안 DO는 1~2 mg/L로 유지하였으며, pH는 6.9~7.9 사이로 나타났다.

NH_4^+-N 와 SCOD_{Cr} 의 제거 변화를 [Fig. 3, 4]에 나타냈다. NH_4^+-N 는 Control과 OTC 100ppm인 반응기의 경우 제거효율에 차이가 낮으나, 그 차이는 크지 않았다.

SCOD_{Cr} 의 경우도 초기 400mg/L에서 시간이 지날수록 Control은 분해되어 24 시간 후에는 초기 값의 50 %이상이 제거되었으며 OTC 100 ppm인 반응기에서는 초기값의 40 % 정도가 제거 되었다. 초기 4 시간 동안 Control의 제거율이 높았으나, 실험이 종료되는 26 시간 후에는 SCOD_{Cr} 의 제거율이 비슷하게 나타났다.

3.3 A_2/O System을 통한 축산폐수 처리 효율에 미치는 영향 조사

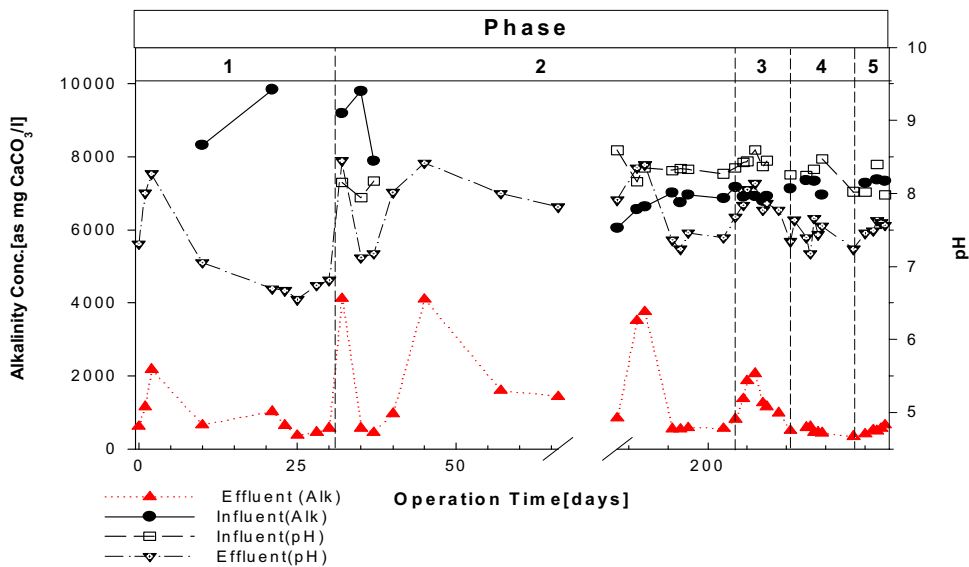
3.3.1 A_2/O System의 축산폐수 처리효율

회분식 시험의 결과를 토대로 실제 축산폐수 처리공정에 테트라사이클린계 항생제가 미치는 영향을 살펴보기 위하여 A_2/O System을 이용하였다.

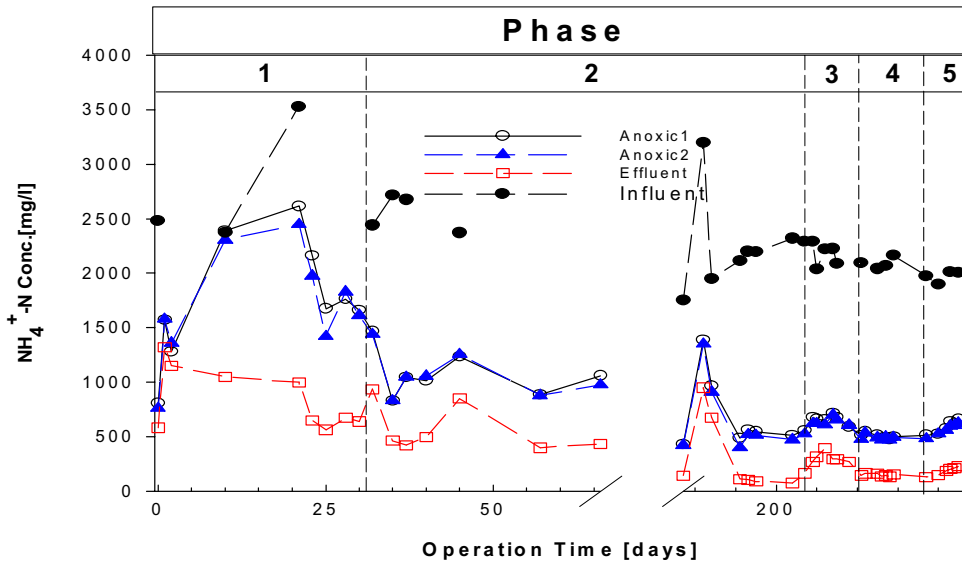
phase I에서는 반응율 1Q, phase II에서는 반응율 3Q로 항생제를 주입하지 않고 운전하였다. phase III부터는 옥시테트라사이클린이 50 mg/mL 함유된 테라마이신(Terramicin) 항생제를 원수에 주입하여 운전하였다. 운전기간 동안 phase III 10 ppm, phase IV 50 ppm, phase V 100 ppm의 항생제를 각각 주입하여 축산폐수의 처리효율에 미치는 영향을 알아보았다.

전체 운전 기간 동안 Alkalinity와 pH 변화를 [Fig. 5]에 나타냈다. 운전기간 동안 질산화에 의해 알칼리도가 감소하였으나, 항생제가 주입된 운전 207 일부터는 원활한 NH_4^+-N 제거가 일어나지 않아 유출수의 알칼리도가 증가하였으며, 이는 pH 변화에서도 유사하게 나타났다. 운전기간 동안 pH는 7.5~8.5로 유지되었으며, pH의 변화는 알칼리도와 유사한 변화를 보였다.

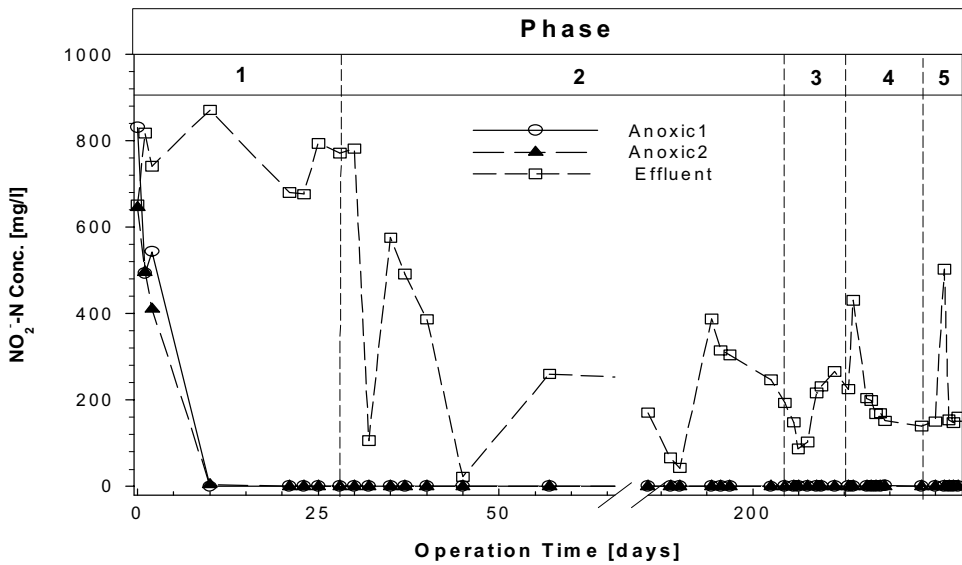
운전기간 동안의 NH_4^+-N , NO_x^--N 변화를 [Fig. 6, 7, 8]에 나타냈다. 초기 운전 30일 동안 내부 반응율을 유입유량과 동일한 1Q로 운전하였다. 이때 NH_4^+-N 는 원수의 50 %정도만이 제거되어 불안정한 운전결과를 나타냈다. 그러나 30일 이후부터 3Q의 반응율로 A_2/O system를 운전하



[Fig. 5] Variations of Alkalinity concentration and pH value in A_2/O system during whole experiment



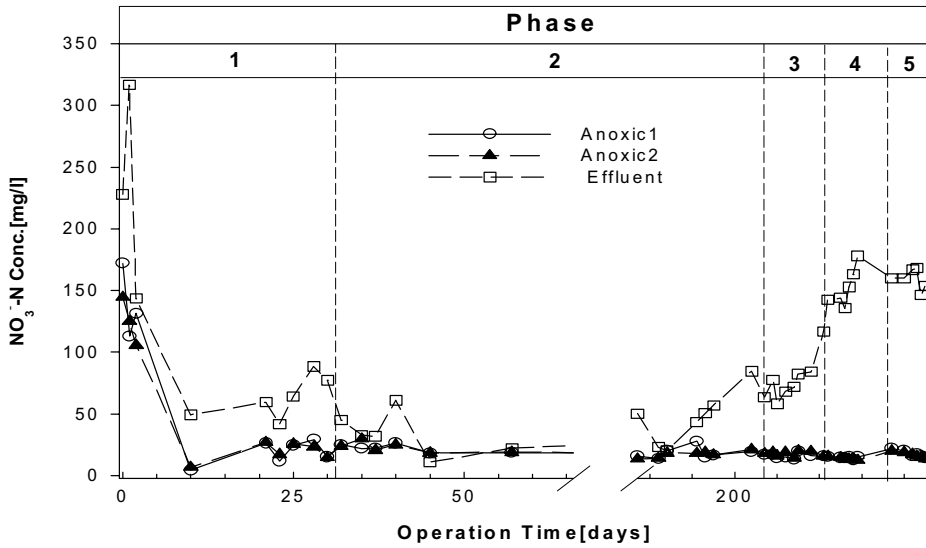
(Fig. 6) Variations of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ concentration in A_2/O system during whole experiment



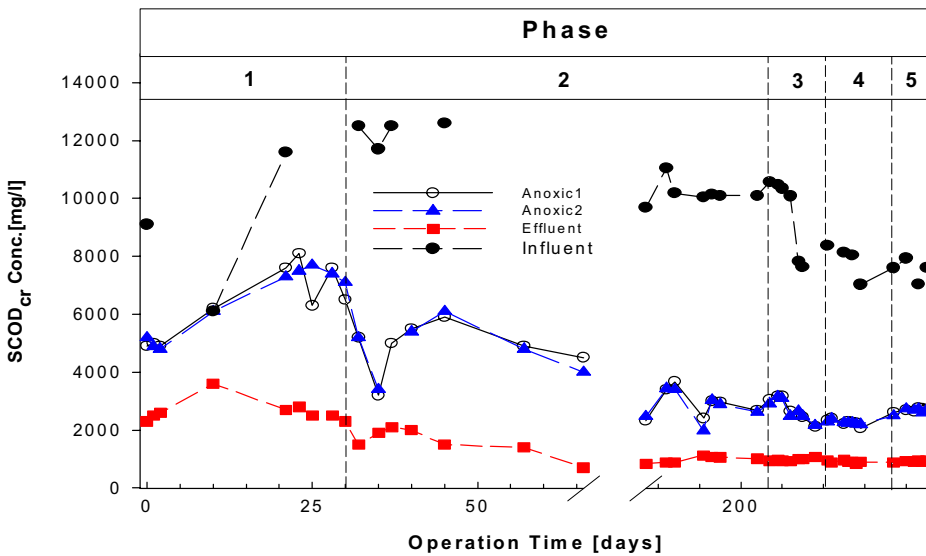
(Fig. 7) Variations of $\text{NO}_2^-\text{-N}$ concentration in A_2/O system during whole experiment

였으며 유출수의 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 농도가 500 mg/L로 80%의 제거율을 나타냈다. 운전 180 일에는 갑작스럽게 높은 농도의 유입수로 교체되어 유출수의 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 농도가 높아지는 결과를 나타냈다. 하지

만 운전 190 일부터는 반응기가 다시 원래 상태를 회복하여 90 %의 제거효율을 나타내면서 안정적으로 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 를 제거하였다. Phase 3에서는 실제 농가에서 사용 중인 테라마이신(Terramycin)



[Fig. 8] Variations of NO_3^- -N concentration in A_2/O system during whole experiment



[Fig. 9] Variations of SCOD_{Cr} concentration in A_2/O system during whole experiment

항생제를 10 ppm의 농도로 원수에 주입하였다. 항생제가 주입된 운전 207일부터 NH_4^+ -N의 농도가 점차 증가하기 시작하였다. 이는 항생제가 반응기 내의 질산화 미생물에 영향을 미쳐 제거효율

의 저하가 시작되는 것으로 사료된다. 212일까지 항생제의 주입으로 인한 미생물의 활성에 영향을 미쳐 NO_2^- -N의 축적 현상과 NO_3^- -N의 농도가 감소하는 결과를 나타냈다. 이는 항생제의 주입으

로 인하여 원활한 질산화 반응이 일어나지 않았다는 것을 보여준다. 그러나 212 일 이후부터는 미생물이 항생제에 대한 내성을 보여 유출수의 NH_4^+-N 농도가 점차 감소하였고, $\text{NO}_2^- -\text{N}$ 의 축적현상이 감소하며 $\text{NO}_3^- -\text{N}$ 로의 전환이 일어나 유출수의 $\text{NO}_3^- -\text{N}$ 농도가 증가하였다. 이는 반응조의 미생물이 항생제 주입 1주일 동안 항생제에 대한 적응으로 인한 결과로 사료된다. 그러나 100 ppm의 고농도의 항생제를 주입하자 다시 유출수의 NH_4^+-N 농도가 증가하였다. 이는 고농도의 항생제 주입으로 인한 미생물의 활성에 영향을 미친 것으로 사료된다. 원(2001) 등의 실험결과 축산폐수내의 소독제의 농도가 13 ppm에서 미생물의 활성저하가 관찰되었으며, 26 ppm 이상의 농도에서는 미생물의 활성이 완전 상실되어 NH_4^+-N 의 제거효율에 매우 민감하게 영향을 미친다는 결과와 비슷하였다. 그러나 이번 실험에 사용한 항생제의 경우 테트라사이클린계 항생제 내성균이 많이 존재하여 소독제보다 높은 농도에서 미생물의 활성에 저해 현상을 나타내는 것으로 사료된다.

SCOD_{Cr}의 제거율은 항생제의 주입 여부와 관계없이 일정하게 나타났다. 운전초기 유출수의 SCOD_{Cr}의 농도가 2000 mg/L 이상으로 불안정하였으나, 운전 50 일 이후부터는 차츰 안정된 제거효율을 나타냈다. 시판용 항생제를 주입하기 시작한 207 일 이후의 유출수의 SCOD_{Cr}의 농도는 항생제 유입 여부와 관계없이 일정하게 나타났으며, 이는 A₂/O system 내의 다양한 종류의 미생물에 의한 유기물의 제거가 항생제의 영향에 관계없이 원활하게 일어나는 것으로 사료된다. 이는 방해요인에 민감한 질산화균에 비해 다양한 종으로 구성된 중속영양 미생물에 의해 유기물 제거에 미치는 영향이 적게 나타나는 것으로 사료된다.

시판용 항생제를 가지고 실험을 수행할 때 주목할 점은 많은 거품의 발생이었다. 특히 항생제의 농도가 높고 항생제 주입 횟수가 늘어날수록 많은 양의 거품이 반응 초기부터 나타나기 시작했다. 원(2001) 등은 축산 폐수 내에 함유되어 있는 화학물 질들이 미생물의 성장을 억제하는 일련의 화학적 작용을 일으켜 생물학적 처리시스템내의 미생물의

대사활성에 영향을 미쳐 시스템의 폐수처리효율을 저해시킬 수 있을 뿐만 아니라 과도한 거품 발생을 유도하여 처리시 소포제를 다량으로 사용하는 원인이 된다고 지적한바 있다. 따라서 항생제 역시 미생물의 대사활성을 저해할 가능성이 매우 높으므로 과도한 거품을 동일하게 발생시키고, 축산폐수 처리효율의 저하를 가져오는 것으로 판단된다.

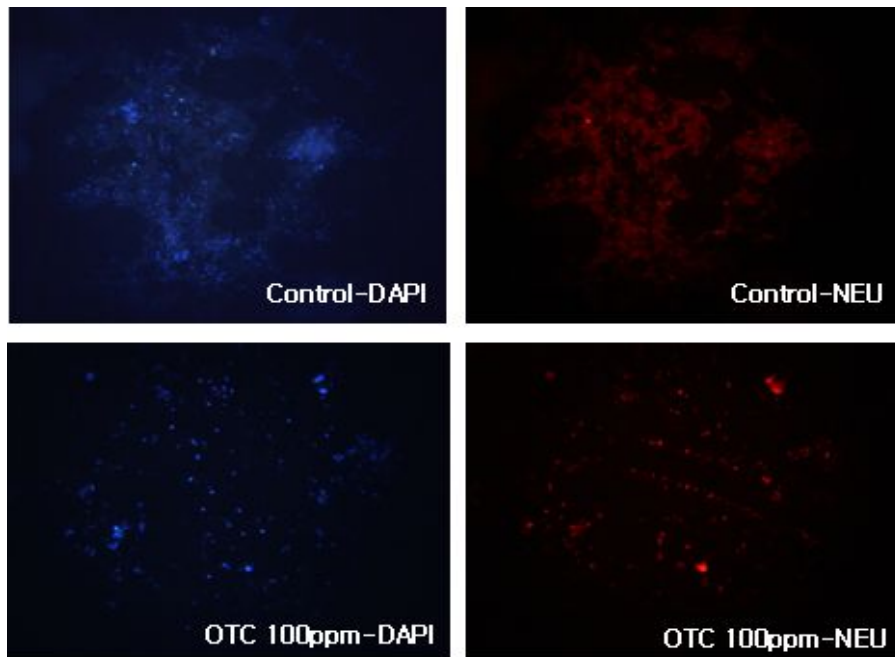
3.3.2 미생물 동정

본 연구에서는 A₂/O system 내의 질산화균의 분포를 알아보고자 FISH기법을 이용하여 미생물 동정을 시도하였다. 그 결과 [Fig. 10, 11]을 얻게 되었다. NEU probe를 이용하여 AOB(Ammonia Oxidizing Bacteria)의 존재 유무를 확인하였으며, Nit3 probe를 이용하여 NOB(Nitrite Oxidizing Bacteria)의 존재 유무를 확인하였다. 따라서 FISH결과 Control 반응기의 Oxid조에서 AOB와 NOB의 질산화 균이 존재한다는 것을 알 수 있었으며, 테라마이신 항생제 100ppm 반응기의 Oxid조에서는 항생제의 영향으로 NOB균의 성장을 방해하는 것으로 나타났다.

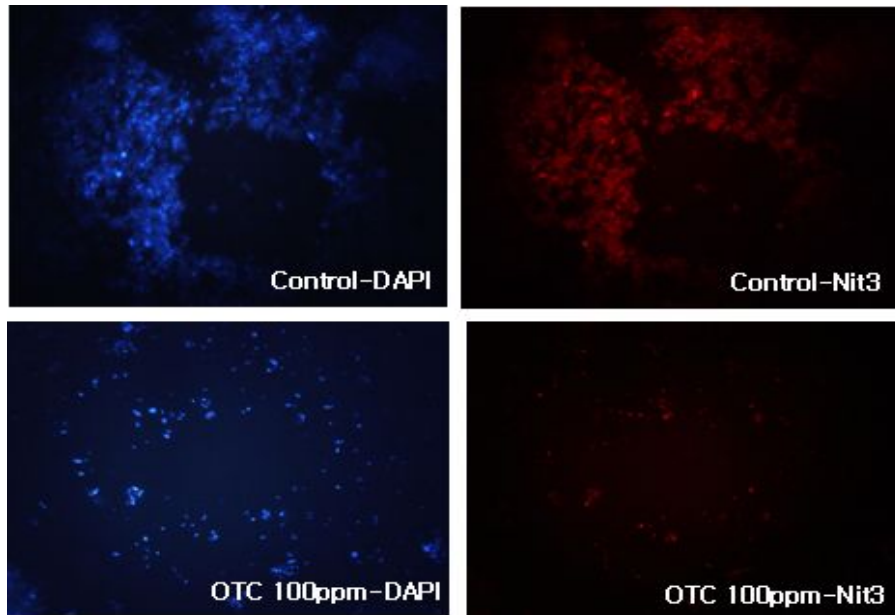
4. 결론

본 연구는 인체나 동물의 섭취 및 배설 등으로 하수처리공정에서 분해되지 않고 수질환경으로 직접적으로 노출되는 항생물질 중 축산업에서 가장 많이 사용되는 테트라사이클린 항생제를 이용하여 축산폐수처리에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 도출 할 수 있었다.

1. 축산폐수를 이용한 OTC 항생제의 주입 결과 항생제의 농도가 증가할수록 NH_4^+-N 제거율이 감소되는 결과를 나타냈으며, 회분식 실험에서의 SCOD_{Cr}는 항생제의 유입으로 인하여 유기물 제거효율이 감소함을 알 수 있었다.
2. 정상 운전 중인 A₂/O system에 시판용 항생제를 주입한 결과 낮은 농도인 10 ppm에서 질산화에 저해작용을 나타냈다. 또한 항생제의 농도가 높을수록 질산화에 방해요인으로 작용하였으나, 유기물 제거에 별다른 영향을 미치



[Fig. 10] Pictures of FISH results by NEU probe.



[Fig. 11] Pictures of FISH results by Nit3 probe.

지 않는 것으로 나타났다. 또한 과도한 거품을 발생시키고, 소포제의 다량 유입으로 인한 축

산폐수처리 효율의 저하를 가져오는 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 경기지역환경기술개발센터 2006년도 연구사업의 연구비 지원으로 이루어진 결과이며, 이에 감사를 포함합니다.

참고문헌

1. Sunpyo Kim, James N. J., Diana S. A., A. Scott., "Tetracycline as a selector for resistant bacteria in activated sludge", *Chemosphere*, pp. 109-118 (2006).
2. www. meat.co.kr
3. 참여연대 작은권리찾기운동본부, 축수산 동물약품(항생제)실태 보고서 I :축수산물 항생제 오남용 실태와 개선방향, pp. 1-21 (2005).
4. 참여연대 작은권리찾기운동본부, 축·수산물 항생제 실태 보고서II:식육 중 잔류물질검사 체계의 문제점과 개선방향, pp. 1-10 (2006).
5. C. H., Huang, J. E., Renew, K.L., Smeby, K. pinkston, D.L., Sedlak, "Assessment of potential antibiotics contaminants in water and preliminary occurrence analysis", *Water Research*, pp. 30-40 (2001).
6. Col, N/F., O'Conner, R.W., Estimating world-wide current antibiotics usage: report of task force1. *Rev.Infect. Dis.* 9, pp. 232-243 (1987).
7. Shinwoo Yang, Kenneth Carlson, "Routine monitoring of antibiotics in water and wastewater with a radio-immunoassay technique", *Water-Research*(38), pp. 3155-3166 (2004).
8. 원승건, 라창식, "축산폐수내 함유되어 있는 화학물질이 생물학적 처리에 미치는 영향", *대한환경공학회*, 23(11), pp. 1843-1851 (2001).
9. Batt, A.L., Bruce, I.B., Aga, D.S., "Envaluating the vulnerability of surface waters to antibiotic contamination from varying wastewater treatment plant discharge", *Environ. Pollut.* pp. 295-302 (2006).
10. G. Lyberatos, "The effect of a common antibacterial pharmaceutical (Triclosan) on biological wastewater treatment processes", *Environmental Science.*, pp. 830-837 (2003).
11. Roman Hirsch, Thomas Ternes, "Occurrence of antibiotics in the aquatic environment", *The Science of the Total Environment.*, pp. 109-118 (1999).
12. A. Jindal, S. Kocherginskaya, A. Mehboob, M. Rovert, R. I. Mackie, L. Raskin, J. L. Zilles, "Antimicrobial use and resistance in swin waste treatment systems", *Appl. Environ. Microbiol.* pp. 1-31 (2006).
13. K. G. Karthikeyan, Michael T. Meyer, "Occurrence of antibiotics in wastewater treatment facilities in Winsonsin", *Science of the Total Environment*, pp. 196-207 (2006).
14. Fred C. Tenover, "Mechanisms of antimicrobial resistance in bacteria", *The American journal of medicine*, pp. 3-10 (2006). 