

대구지역 축산폐수에 대하여

조재근, 김영은, 이진술,

대구직할시 가축위생시험소

Observations on Livestock Wastewater in Taegu Area

Jae-Keun CHO, Yong-Eun Kim, Jin-Sul Lee

Taegu veterinary service Laboratory

Abstract

To estimate pollution status of livestock wastewater on four piggeries and one abattoir in Taegu area, physicochemical water analysis such as pH, suspended solid(SS), biochemical oxygen demand(BOD) and chemical oxygen demand(COD), and bacteriological examinations such as number of total viable cells and number of coliform with or without antibiotic resistance were carried out.

The results obtained were as follows:

The pH values of raw sewage ranged from 9.0 to 7.2 that of the effluent treated was lowered to 5.6~7.7. The SS values of raw sewage ranged from 5,275ppm to 120ppm and those of the effluent decreased to 162~30ppm. The BOD values of raw sewage ranged 6,200ppm to 120ppm and those of the effluent treated decreased to 111~80ppm. The COD values of raw sewage ranged from 5,725ppm to 298ppm and those of the effluent decreased to 137~76ppm.

The total viable cells of raw sewage ranged from 8.5×10^{11} /ml to 9.9×10^7 /ml, those of the effluent decreased to 5.6×10^6 ~ 4.2×10^8 /ml. The total coliforms of raw sewage ranged from 5.5×10^9 /ml to 1.3×10^5 /ml, those of the effluent decreased to 3.6×10^4 /ml ~ 9.0×10^6 /ml.

The incidence of streptomycin resistant coliforms was the highest(1.8~66.7%), and followed by tetracycline(1.7~64%), kanamycin(9.3~50.1%), ampicillin(0.06~45.5%) and chloramphenicol(14.3~33.5%) to total coliforms of raw sewage. The incidence of antibiotic resistant coliforms of raw sewage in farms ranged from 3.4~66.7% and that of abattoir's was 0.06% to 14.3%. Antibiotic resistant coliform counts of raw sewage ranged from 1.3×10^8 /ml to 3.9×10^3 /ml, those of the effluent decreased to 3.0×10^1 ~ 2.3×10^5 /ml.

Key words : chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, suspended solid, total viable cells, total coliforms.

序 論

수질오염을 야기시키는 오염원으로 생활하수와 산업폐수가 가장 큰 비중을 차지하고 있지만, 축산폐수에 의한 오염 또한 간과할 수 없다. 경제성장에 따른 국민 식생활이 지속적으로 향상되어 축산물의 수요가 크게 늘어남에 따라 축산농가가 점차적으로 기업화되고 사육두수는 증가하며¹⁾ 이에 수반하는 축산분뇨의 발생량도 당연히 증가 추세에 있다. 축산분뇨는 일반 생활하수와는 달리 고농도 유기성 폐수로서 이를 처리하지 않고 그대로 방류할 경우 하천의 부영양화를 초래하며 또한 축산분뇨에 포함되어 있는 병원미생물에 의한 상수원의 오염이 야기될 수 있는 것이다. 따라서 축산분뇨의 적절한 처리 및 안전관리는 하천 및 호소의 수질보존 측면에서 볼 때 매우 중요한 문제라 아니할 수 없다.

세계각국에서도 1960년대를 전후하여 축산분뇨로 인한 수질오염 문제가 제기되었으며 법적 규제도 이루어졌다. 서독에서는 수질보전법, 폐기물처리법 및 대기오염방지법으로 일본에서는 수질오염방지법, 폐기물처리법 등으로 가축분뇨 처리의 법적 규제가 시작되었으며, 우리나라에서도 1981년부터 환경보전법에 의하여 대규모 축산농가를 규제하기 시작하였고, 중·소규모 축산농가에 대하여는 1987년부터 폐기물관리법에 의거 규제를 하였으나, 1991년부터는 오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률에 의하여 축산시설 규제를 하고 있다.

현재까지 우리나라에서는 수질오염의 중요한 원인이 되는 축산폐수에 관한 자료가 미비하므로 저자는 효과적인 수질보존을 위한 자료로 활용코저 대구근교 양돈장 및 도축장으로부터 방류되는 폐수의 이화학적 검사치를 평가하는 한편 폐수중의 일반세균 및 대장균 등에 관한 세균학적 조사를 실시하였던 바 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

공시 재료 : 대구 근교 4개 양돈장 및 1개 도축장에서 원폐수에서부터 방류수에 이르기까지 처리단계별로 이화학적 검사를 위하여 잘 세척된 플라스틱 용기에 1,000ml를, 세균학적 검사를 위하여 멸균된 병에 100ml를 채취하여 ice box에 넣어 3시간 이내에 실험실로 옮겨 즉시 실험에 공하였다.(표 1)

이화학적 검사 : American Public Health Association의 표준법²⁾에 준하여 검사하였다.

수소 이온농도(pH) : 재료를 실험실에 이송하여 pH meter로 측정하였다.

부유물질(suspended solid, SS) : 유리섬유 여지(GF/C)를 미리 정제수로 씻은 다음 시계접시 위에 놓고 건조기에서 100℃±2℃에서 2시간 건조시켜 데시케이트에 넣어 방냉한 후 무게를 달고 여과기에 부착시킨 다음 적당량의 시료를 여과기에 주입하면서 흡인여과한다. 여과기의 기벽을 정제수 10ml로 3회 씻어주고 유리섬유 여지를 핀셋으로 여과기에서 끄집어 내어 시

Table 1. Livestock wastewater in Taegu area

Farm ^a	No. of animals housed	Source	No. of sammple
A	450	1st tank	A-1
		2nd tank	A-2
		3rd tank	A-3
		Effluent	A-4
B	3,500	1st tank	B-1
		2nd tank	B-2
		3rd tank	B-3
		Effluent	B-4
C	3,000	1st tank	C-1
		2nd tank	C-2
		Effluent	C-3
D	3,500	1st tank	D-1
		2nd tank	D-2
		3rd tank	D-3
		Effluent	D-4
E	1,400 ^b	1st tank	E-1
		2nd tank	E-2
		3rd tank	E-3
		Effluent	E-4

a : A-D ; Piggery, E ; Abattoir.

b : Number of animals slaughtered a day(cattle, 150 ; swine, 1,250).

계접시 위에 놓고 건조기 안에서 2시간 건조시켜 데시케이트에 넣어 방냉한 후 무게를 단다. 여과 전후의 유리섬유 여지 무게의 차를 구하여 부유물질의 양으로 하였다.

화학적 산소요구량(chemical oxygen demand, COD) : 300ml플라스크에 몇개의 유리구슬을 넣고 검수 20ml 또는 증류수로 적당히 희석한 검수 20ml, 황산수는 0.4g 및 0.25N 중크롬산 용액 10ml를 넣어 잘흔들어 섞는다. 여기에 황산은 0.5g이 용해된 황산 30ml를 서서히 가하고 잘 흔들어 섞은 후 플라스크를 환류장치에 연결한다. 2시간 동안 가열 환류시킨 다음 냉각시키고 증류수 25ml로 냉각기를 통과시킨 후 플라스크를 분리하여 증류수로 약 140ml가 되게 희석하여 실온까지 냉각시킨다. 여기서 O-phen-

anthroine 제 1 철시약(o-phenanthroline 1.485g과 황산 제 1 철 0.695g을 증류수에 용해하여 100ml로 하여 사용) 2~3 방울을 넣어 과량의 중크롬산을 0.25N 황산제1철 암모늄용액으로 적정한다. 검수대신 증류수 20ml를 사용해서 동일한 방법으로 대조시험을 한 후 화학적 산소요구량을 측정하였다.

생물화학적 산소요구량(biochemical oxygen demand, BOD) : 미리 폭기하여 약 20℃에 방치한 증류수 1,000ml에 완충액, 황산마그네슘 용액, 염화칼슘용액 및 염화제이철용액 1ml를 가하여 희석수를 제조한다. 시료의 전처리를 위하여 알칼리 또는 산을 함유하는 검수는 1N-H₂SO₄ 또는 1N-NaOH 용액으로 pH를 7.0으로 하였다. 용량을 정확히 알고 있는 4개의

BOD병을 준비하고 전처리를 한 시료를 대체로 예상되는 BOD를 포함하게 단계적으로 희석율을 변경시킨 희석시료수를 조제한 다음, 각 BOD병을 밀폐한 후 3개는 20℃ 부란기에 넣어 5일간 방치한 후 Winkler-Azide화 나트륨변법에 의하여 용존산소를, 다른 한병은 15분 후 부란기에 넣기 전의 희석검수의 용존산소량을 측정하여 생물화학적 산소요구량을 계산하였다.

총대장균군수(total coliforms) : Sturetevant 등³⁾의 방법에 준하여 시료를 적당한 농도가 되게 희석하여 0.1ml를 MacConkey 한천평판배지에 균등히 도포하여 37℃에서 24시간 배양후 유당을 분해하는 균의 집락수로 산출하였다.

항생제 저항 대장균군수(antibiotic-resistant coliforms) : 항생제는 ampicillin(Am), chloramphenicol(Cm), kanamycin(Km), streptomycin(Sm) 및 tetracycline(Tc) 등 5종의 Sigma제품을 사용하였다. 약제희석은 MacLowry등⁴⁾의 방법으로 각 항균제를 적당한 용매에 녹여 Sm은 12.5ug/ml Am, Cm, Km, Tc는 25ug/ml 함유된 MacConkey한천평판배지를 제조하였으며 시료를 적당한 농도가 되게 희석하여 0.1ml를 MacConkey 한천평판배지에 균등히 도포하여 37℃에서 24시간 배양후 유당을 분해하는 균의 집락수로 산출하였다.

총 세균수(total viable cells) : 표준한천평판 배양법²⁾에 준하여 시료를 생리식염수로 적당한 농도가 되게 희석하여 멸균 페트리접시에 0.1ml를 붓고서는 즉시 서서히 돌려서 시료와 배지가 잘 섞이도록 한다. 배지가 완전히 굳으면 37℃에서 48시간 배양하여 균의 집락수로 산출하였다.

결 과

채취한 폐수의 이화학적 검사성적은 표 2와 같다.

원폐수의 pH는 7.2~9.0의 범위였으며 처리단계를 거치므로 pH는 9.0에서 방류수는 7.4로 현저히 낮았으나 A사육장 원폐수의 pH는 8.1에서 방류수 7.7로 약간 낮은등 사육장에 따라 pH 변동의 차이가 컸다.

원폐수의 SS는 D-1에서 5,275ppm으로 가장 높았고, A-1에서 34ppm으로 가장 낮아 사육장에 따라 차이가 컸으며 처리단계를 거치므로서 방류수에서 SS는 30~162ppm의 범위로 줄어들었으나 사육장별 차이는 컸다. D사육장 원폐수의 SS는 5,275ppm에서 방류수는 56ppm으로 도축장 원폐수의 SS는 4,280ppm에서 80ppm으로 처리단계를 거치므로서 현저히 감소하였다.

원폐수의 BOD는 도축장에서 6,200ppm으로 가장 높았고, A-1에서 120ppm으로 가장 낮아 사육장에 따라 차이가 컸지만 처리단계를 거치므로서 방류수에서 BOD는 80~111ppm의 범위로 현저히 감소하였다. 도축장 원폐수의 BOD는 사육장 원폐수의 BOD보다 높았다.

원폐수의 COD는 도축장에서 5,725ppm으로 가장 높았고 A-1에서 298ppm으로 가장 낮아 사육장에 따라 차이가 컸으며, 처리단계를 거치므로서 방류수 COD는 76~137ppm의 범위로 줄어들었다.

채취한 폐수의 세균학적 검사성적은 표 3과 같다.

원폐수의 일반세균수는 $8.5 \times 10^{11} \sim 9.9 \times 10^7$ /ml였으며 처리단계를 거치므로 균수는

Table 2. Physicochemical characters of livestock wastewater

No. of sample	pH	SS (ppm)	BOD (ppm)	COD (ppm)
A-1	8.1	340	120	298
A-2	8.8	115	381	497
A-3	8.4	120	126	177
A-4	7.7	162	80	133
B-1	8.1	3,150	2,222	2,522
B-2	6.1	2,000	1,691	1,890
B-3	6.2	163	797	1,321
B-4	5.6	30	89	76
C-1	7.2	1,120	1,630	2,221
C-2	6.6	455	850	1,270
C-3	6.5	68	105	137
D-1	9.0	5,275	2,058	2,875
D-2	8.7	1,800	1,640	2,504
D-3	8.6	630	1,062	1,408
D-4	7.4	56	88	129
E-1	8.0	4,280	6,200	5,725
E-2	7.9	2,900	1,516	2,624
E-3	7.6	720	ND	312
E-4	6.8	80	111	126

ND : Not done.

감소하여 방류수의 일반세균수는 $5.6 \times 10^5 \sim 4.2 \times 10^8$ /ml로 감소하였다. 도축장 폐수는 돼지 사육장 폐수의 일반세균수 보다 많았다.

원폐수의 대장균균수는 $5.5 \times 10^9 \sim 1.3 \times 10^5$ /ml였으며 처리단계를 거치므로서 방류수에서 대장균균수는 $3.6 \times 10^4 \sim 9.0 \times 10^6$ /ml로 감소하였다.

Tc, Sm, Cm, Km 및 Ap 등 5종의 항생제에 저항하는 대장균균의 출현율은 표4와 같다.

원폐수의 Tc저항 대장균균수는 도축장에서 1.5×10^7 /ml로 가장 많았고 B사육장에서 1.2×10^4 /ml로 가장 적었으며 처리단계를 거치므로서 방류수에서 $1.0 \times 10^2 \sim 1.6 \times 10^5$ /ml를 감소하였다. Tc저항 대장균균의 출현율은 1.7~

82.8%의 범위이었다.

원폐수의 Sm저항 대장균균수는 도축장에서 1.6×10^7 /ml로 가장 많았고 B사육장에서 1.1×10^4 /ml로 가장 적었으며 처리단계를 거치므로서 방류수에서 $1.2 \times 10^2 \sim 1.3 \times 10^5$ /ml로 감소하였다. Sm저항 대장균균의 출현율은 1.7~96.6%의 범위이었다.

원폐수의 Cm저항 대장균균수는 도축장에서 1.3×10^8 /ml로 가장 많았고, B사육장에서는 9×10^3 /ml로 가장 적었으며, 처리단계를 거치므로서 방류수에서 $5.0 \times 10^1 \sim 1.8 \times 10^5$ /ml로 감소하였다. Cm저항 대장균균의 출현율은 2.3~58.0%의 범위이었다.

원폐수의 Km저항 대장균균수는 도축장에서

Table 3. Total viable cells and coliform counts in livestock wastewater

No. of sample	No. of total viable cells per ml	No. of coliforms per ml
A-1	9.9×10^7	1.3×10^5
A-2	1.9×10^7	6.9×10^3
A-3	9.9×10^6	7.7×10^3
A-4	4.5×10^7	9.8×10^4
B-1	3.8×10^9	1.2×10^7
B-2	4.8×10^9	6.5×10^6
B-3	7.0×10^7	7.0×10^5
B-4	5.6×10^6	3.6×10^4
C-1	9.0×10^9	4.3×10^7
C-2	1.8×10^8	3.7×10^6
C-3	4.2×10^8	9.0×10^6
D-1	7.1×10^8	3.7×10^7
D-2	2.7×10^{10}	5.5×10^6
D-3	8.5×10^8	4.3×10^6
D-4	8.1×10^6	2.3×10^4
E-1	8.5×10^{11}	5.5×10^9
E-2	1.6×10^{11}	1.4×10^9
E-3	2.3×10^9	7.9×10^8
E-4	1.9×10^8	6.2×10^6

8.5×10^7 /ml로 가장 많았고, A사육장에서 8.7×10^3 /ml로 가장 적었으며 처리단계를 거치므로서 방류수에서 $9.0 \times 10^1 \sim 2.3 \times 10^5$ /ml로 감소하였다. Km저항 대장균군의 출현율은 2.9~88.9%의 범위이었다.

원폐수의 Ap저항 대장균군수는 도축장에서 5.2×10^5 /ml로 가장 많았고 B사육장에서 5.0×10^3 /ml로 가장 적었으며, 처리단계를 거치므로서 방류수에서 $3.0 \times 10^1 \sim 2.0 \times 10^4$ /ml 감소하였다. Ap저항 대장균군의 출현율은 0.06~90.0%의 범위이었다.

고 찰

원폐수의 pH는 7.2~9.0의 범위였으며 처리단계를 거친 후 방류수의 pH는 5.6~7.7으로 낮아졌다. B사육장 방류수의 pH는 산성으로 이물이 농경수로 이용될 때는 토지의 산성화 및 농작물의 생육에 피해를 끼치며 하천으로 유입될 경우 수중생태계에 영향을 미칠 것으로 생각된다.

원폐수의 SS는 120~5,275ppm의 범위로 처리 후 방류수의 SS는 30~162ppm으로 감소하

Table 4. Antibiotic resistant coliforms in livestock wastewater in 1990

No. of sample	No. of total coliform per ml	No. of coliforms per ml resistant to A*				
		Tc	Sm	Cm	Km	Ap
A-90-1	1.7×10^5	6.4×10^4 (37.6)	5.8×10^4 (34.1)	5.7×10^4 (33.5)	8.7×10^3 (5.1)	5.8×10^3 (3.4)
A-90-2	6.9×10^3	4.9×10^3 (71.0)	5.6×10^3 (81.2)	6.5×10^2 (9.4)	1.0×10^3 (14.5)	7.2×10^2 (10.4)
A-90-3	7.7×10^3	4.2×10^3 (54.5)	4.6×10^3 (59.7)	6.8×10^2 (8.8)	7.2×10^2 (9.4)	7.1×10^2 (9.2)
A-90-4	6.6×10^3	4.9×10^3 (74.2)	2.8×10^3 (42.4)	9.3×10^2 (14.1)	1.1×10^3 (16.7)	9.4×10^2 (14.2)
B-90-1	2.2×10^4	1.2×10^4 (54.5)	1.1×10^4 (50.0)	3.9×10^3 (17.7)	1.1×10^4 (50.0)	5.0×10^3 (22.7)
B-90-2	9.4×10^2	1.9×10^2 (20.2)	5.5×10^2 (58.5)	2.3×10^2 (24.5)	3.9×10^2 (41.5)	1.8×10^2 (19.1)
B-90-3	2.5×10^2	1.1×10^2 (44.0)	1.4×10^2 (56.0)	7.0×10^1 (28.0)	1.6×10^2 (64.0)	7.0×10^1 (28.0)
B-90-4	1.8×10^2	1.0×10^2 (55.6)	1.2×10^2 (66.7)	5.0×10^1 (27.8)	9.0×10^1 (50.0)	3.0×10^1 (16.7)
C-90-1	3.3×10^5	1.8×10^5 (54.5)	2.2×10^5 (66.7)	7.7×10^4 (25.3)	1.5×10^5 (45.5)	1.5×10^5 (45.5)
C-90-2	5.0×10^3	2.1×10^3 (42.0)	2.0×10^3 (40.0)	2.9×10^3 (58.0)	1.8×10^3 (36.0)	1.6×10^3 (32.0)
C-90-3	1.7×10^3	5.7×10^2 (33.5)	4.2×10^2 (24.7)	3.5×10^2 (20.6)	7.9×10^2 (46.5)	3.0×10^2 (17.6)
D-90-1	1.5×10^6	9.6×10^5 (64.0)	ND**	ND	ND	ND
D-90-2	2.9×10^4	2.4×10^4 (82.8)	2.8×10^4 (96.6)	1.3×10^4 (45.0)	1.6×10^4 (55.2)	2.6×10^4 (90.0)
D-90-3	2.6×10^4	1.6×10^4 (61.5)	2.0×10^4 (76.9)	2.7×10^3 (10.4)	2.6×10^3 (10.0)	1.3×10^4 (50.0)
D-90-4	2.7×10^3	1.7×10^3 (63.0)	1.4×10^3 (51.9)	4.8×10^2 (17.8)	2.4×10^3 (88.9)	1.4×10^3 (51.9)
E-90-1	9.1×10^8	1.5×10^7 (1.7)	8.6×10^7 (1.8)	1.3×10^8 (14.3)	8.5×10^7 (9.3)	5.2×10^5 (0.06)
E-90-2	4.5×10^8	8.6×10^6 (1.9)	1.1×10^7 (2.4)	9.5×10^7 (21.0)	7.5×10^7 (17.0)	4.8×10^5 (0.1)
E-90-3	7.8×10^6	1.6×10^5 (2.1)	1.3×10^5 (1.7)	1.8×10^5 (2.3)	2.3×10^5 (2.9)	2.0×10^4 (0.3)

* A : Tc ; Tetracycline, Sm; Streptomycin, Cm; Chloramphenicol, Km; Kanamycin, Ap ; Ampicillin.

** ND : Not done.

였고 처리에 따른 감소의 정도는 사육장에 따라 차이가 컸으며, 이는 방류전 폐수의 침전법의 상이에 따른 것으로 생각된다. A사육장 방류수의 SS는 162ppm으로 우리나라 및 일본의 방류

수 허용기준인 150ppm 보다는 높아서 이와 같은 폐수가 다량 방류될 경우 이들이 서서히 분해되어 물속의 용존 산소를 소비하고 하천을 오염시키는 공해의 원인이 되므로 약품침전 후 방

류할 것등 하수처리방법의 지도가 필요할 것으로 사료된다.

원폐수의 BOD는 120~6.200ppm의 범위로 사육장에 따라 차이가 컸지만 처리과정을 거친 후 방류수 BOD는 80~111ppm으로 감소하여, 우리나라 축산폐수정화시설의 방류수 수질기준인 150ppm, 일본의 수질오탁법상 허용기준인 120ppm의 범위에는 합당하다. 그러나 네델란드, 영국 및 벨지움에서는 가축배설물의 방류를 금지하고 있고, 서독의 수질보전법상 방류수 허용기준인 25ppm과 비교해 볼 때 본 조사에서 나타난 성적은 현저히 높았다. 도축장 원폐수의 BOD는 6,200ppm으로 매우 높았는데 이는 혼합도축 및 혈액등 오물의 회수과정상 미비 때문 일 것이라고 생각된다.

사육장으로부터 방류되는 폐수의 이화학적 검사치가 처리단계를 거치므로써 방류수에서 상당히 감소하여 폐수처리의 효과를 나타내고 있다. 그러나 수질 오염이 심각한 사회문제로 대두되어 있고 축산폐수가 강과 하천으로 유입되어 상수원을 오염시켜 공중보건학상 위해를 끼친다는 것을 고려할 때 오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률상 방류수의 SS, BOD 등의 기준치를 서구 선진국 수준으로 낮게 수정할 시점으로 생각된다.

한편 대구, 경북지역의 가축 사육장에서 축산폐수 처리시설 현황을 살펴 볼 때 환경보전법 및 폐기물관리법상 폐수처리 설치대상 사육장 중 소는 50%, 돼지는 83.1%가 폐수처리시설을 갖추고 있고, 법적규제이하 사육장에서도 소는 13.6%, 돼지는 26.1%가 폐수처리시설을 갖추고 있지만⁵⁾ 미규제대상 축산시설에서 사육되고 있는 소·돼지로부터 방류되는 폐수의 처리가

수질보전에 상당히 중요함을 알 수 있다. 따라서 지금까지 법적규제 대상이 되어 있지 않은 소규모 양축농가에 대해서도 방류수의 법적규제가 이루어져야 한다고 사료된다.

원폐수의 일반세균수는 $8.5 \times 10^{11} \sim 9.9 \times 10^7$ /ml의 범위로 사육장별 차이가 컸지만 처리단계를 거치므로써 방류수의 일반세균수는 $5.6 \times 10^6 \sim 4.2 \times 10^8$ /ml로 모든 사육장에서 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 사육장에서 일반세균수는 $10^6 \sim 10^{10}$ /ml의 범위로 Hanzawa 등⁶⁾이 돈사육장에서 조사한 $10^5 \sim 10^8$ /ml의 성적보다 높았다. B사육장 원폐수의 일반세균수는 상당히 많았지만 처리과정을 거친 후 방류수에서 일반세균수는 현저히 감소하였는데 폐수처리가 효과적임을 나타내었다. 도축장 폐수의 일반세균수는 $1.9 \times 10^8 \sim 8.5 \times 10^{11}$ /ml로 돼지사육장 폐수보다 많았는데 주변환경의 오염, 폐·하수의 종류 및 오물의 회수과정에 따른 차이일 것이라고 생각된다.

원폐수의 대장균수는 $5.5 \times 10^9 \sim 1.3 \times 10^5$ /ml로 사육장별 차이가 컸지만 처리단계를 거치므로써 사육장의 방류수 대장균수는 원폐수에서 보다 항상 낮았다. 폐수처리과정 동안 균수의 감소는 $10^{-1} \sim 10^{-2}$ 정도로 Farrah 등⁷⁾의 보고와 일치하였다. 사육장의 대장균수는 $10^3 \sim 10^7$ /ml로 Hanzawa 등⁶⁾이 돼지 사육장에서 조사한 $10^5 \sim 10^7$ /ml의 성적보다는 낮았다. B사육장, D사육장 및 도축장의 방류수에서 대장균수는 처리과정을 거치므로써 원폐수에서 보다 현저히 줄었는데 폐수처리가 상당히 효과적임을 나타내었다. Farrah 등⁸⁾은 pH는 산성에서 보다 중성에 가까울수록 균의 생존에 더욱 유리하며 온도 또한 균의 생존에 영향을 미치는

중요한 인자라고 보고 하였으며 본 조사에서 PH는 중성 또는 약알칼리에 가까울수록 균의 생존이 많았다. 방류수의 대장균균수는 $3.6 \times 10^4 \sim 9.0 \times 10^6$ /ml로 Feary 등⁹⁾ 및 Niemi 등¹⁰⁾의 가축사육장 방류수에서의 대장균균 8.2×10^3 /ml와 3.6×10^2 /ml의 성적보다 높았으며 환경원을 달리하는 가정하수에서의 $3 \times 10^3 \sim 7 \times 10^7$ /ml¹¹⁾, 병원폐수에서의 1.6×10^7 /ml¹²⁾ 그리고 산업폐수에서 $10^5 \sim 10^6$ /ml³⁾의 성적과는 별차이가 없었다.

폐수의 이화학적 및 세균학적 성적을 비교해 볼때 사육장 폐수에서 수질의 지표를 나타내는 pH, SS, BOD 및 COD와 일반세균수 및 대장균균 사이에서 뚜렷한 상호관계를 발견할 수 없었는데 이는 Hanzawa 등⁶⁾의 보고와 일치하였다.

5종의 항생제에 저항하는 대장균균수는 원폐수에서 $1.3 \times 10^8 \sim 3.9 \times 10^3$ /ml의 범위로 상당히 많았지만 폐수처리과정을 거치므로서 방류수에서 $2.3 \times 10^5 \sim 5.0 \times 10^1$ /ml로 감소하였다. 이 실험에서 나타난 성적은 적당한 폐수처리 시설은 저항균의 수를 감소시키는데 효과적이라는 Smith¹³⁾의 보고 및 항생제 저항 대장균균수는 원하수에서 보다 방류수에서 감소하는 경향을 나타내었다는 Bell¹⁴⁾ 및 Bell 등¹⁵⁾의 보고와 일치하였다.

돼지사육장 방류수에서 각종의 항생제에 저항하는 대장균균의 출현율을 조사한 바 Tc 33.5~74.2%, Sm 24.7~66.7%, Cm 14.1~27.8%, Km 16.7~88.9%, Ap 14.2~51.9%로 나타나 도축장 방류수에서의 Tc 2.1%, Sm 1.7%, Cm 2.3%, Km 2.9% 및 Ap 0.3%보다 상당히 높았다. 이는 동물의 종류, 연령, 다른 축종간에 사

용된 항생제의 종류 및 사육조건 등의 차이 때문인 것으로 생각된다.

한편 돼지 유래 대장균에서 탁등¹⁶⁾은 Tc 60.1%, Sm 31.1%, Cm 6.1%, Km 7.6% 및 Ap 5.3%의 내성율을, 김등¹⁷⁾은 Ap 95.5%, Tc 93.6%, Sm 82.8%, Cm 19.1% 및 Km 14.5%의 내성율을 보고하여 박등¹⁸⁾이 소 유래 대장균에서 보고한 Sm 9.4%, Cm 9.4%, Km 3.1% 및 Ap 6.3%의 내성율 보다 현저히 높았으며, Kanai¹⁹⁾ 및 Harnett 등²⁰⁾도 소에서 보다 돼지에서 높은 대장균의 내성율을 보고 하였는데 사육장 폐수에서 항생제 저항성 대장균의 출현율이 도축장 폐수에서 보다 높다는 것과 일치한다.

이상의 시험결과에서 나타난 바와 같이 비록 항생제저항 대장균균수는 원폐수에서 보다 처리단계를 거친 후 방류수에서 현저히 감소하였지만 외국과 비교해 볼때 양축인의 무분별한 항생제 남용으로 인한 돼지사육장에서 내성균의 높은 출현빈도^{16-17, 21-22)} 및 본 시험에서 나타난 방류수에서 항생제 저항 대장균균의 높은 출현율은 공중보건학상 위해가 클 것으로 예상되므로 대장균균에 대한 방류수 배출허용기준을 더욱 강화해야 할 필요가 있다고 사료된다.

결 론

대구지역 4개 양돈장과 1개 도축장을 대상으로 축산폐수의 오염정도를 알기 위하여 수소이온농도(pH), 부유물질(suspended solid, SS), 생물화학적 산소요구량(biochemical oxygen demand, BOD) 및 화학적 산소요구량(chemical oxygen demand, COD) 등의 이화학적 검사와 일반세균, 대장균균, 및 항생제 저항 대장

균군등의 세균학적 검사를 실시하여 다음과 같은 성적을 얻었다.

1. 원폐수의 pH는 9.0~7.2의 범위였으며 처리단계를 거친 방류수의 pH는 7.7~5.6으로 낮아졌으며 사육장에 따라 차이가 컸다.

2. 원폐수의 SS는 5,275~340ppm의 범위였으며 방류수는 162~30ppm으로 감소하였으며 사육장별 차이가 컸다.

3. 원폐수의 BOD는 6,200~120ppm의 범위였으며 처리 후 방류수의 BOD는 111~80ppm으로 감소하였으며 사육장별 차이가 컸다.

4. 원폐수의 COD는 5,725~298ppm의 범위였으며 방류수의 COD는 137~76ppm으로 낮아졌으며 사육장별 차이가 크다.

5. 원폐수의 일반세균은 8.5×10^{11} ~ 9.9×10^7 /ml의 범위였으며 처리 후 방류의 일반세균은 5.6×10^6 ~ 4.2×10^8 /ml의 범위로 감소하였다.

6. 원폐수의 대장균군은 5.5×10^9 ~ 1.3×10^5 /ml의 범위였으며 방류수의 대장균군은 3.6×10^4 ~ 9.0×10^6 /ml의 범위로 감소하였지만 사육장별 차이가 크다.

7. 원폐수의 대장균군에 대한 streptomycin 저항성 대장균군의 출현율은 1.8~66.7%로 가장 높고 다음은 tetracycline(1.7~64%), kanamycin(9.3~50.1%), ampicillin(0.06~45.5%) 및 chloramphenicol(14.3~33.5%) 순이었다.

8. 사육장 원폐수의 항생제 저항성 대장균군의 출현율은 3.4~66.7%의 범위였으며 도축장 원폐수중의 항생제 저항성 대장균군의 출현율은 0.06~14.3%이었다.

9. 항생제 저항 대장균군은 원폐수에서 $1.3 \times$

10^8 ~ 3.9×10^3 /ml의 범위였으며 처리 후 방류수의 항생제 저항 대장균군은 3.0×10^1 ~ 2.3×10^5 /ml로 감소하였다.

참 고 문 헌

1. 농림수산부 : 1990. 가축통계조사결과.
2. American Public Health Association. 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater. Inc. New York.
3. Sturtevant AB, Cassell GH, Feary TW. 1971. Incidence of infectious drug resistance among fecal coliforms isolated from raw sewage. Appl Microbiol. 21:487~491.
4. MacLowry JD, Jaqua MJ, Selepak ST. 1970. Detailed methodology and implementation of a semiantomated serial dilution microtechnique for antimicrobial susceptibility testing. Appl Microbiol. 20:46~53.
5. 농림수산부. 1990. 축산폐수처리업추진현황.
6. Hanzawa Y, Oka C, Ishiguro N, et al. 1984. Antibiotic-resistance coliforms in the waste of piggeries and dairy farms. Jph J Vet Sci. 46:363~372.
7. Farrah SR, Bitton G. 1984. Enteric bacteria in aerobically digested sludge. Appl Environ Microbiol. 47:831~834.
8. Farrah SR, Bitton G. 1983. Bacterial survival and association with sludge

- flocs during aerobic digestion of wastewater sludge under laboratory condition. *Appl Environ Microbiol.* 45:174~181.
9. Feary TW, Sturtevant AB, Lankford J. 1972. Antibiotic-resistance coliforms in fresh and salt water. *Arch Environ Health.* 25:215~220.
 10. Niemi M, Sibakov M, Niemela S. 1983. Antibiotic resistance among different species of fecal coliforms isolated from water samples. *Appl Environ Microbiol.* 45:79~83.
 11. Walter MV, Vennes JW. 1985. Occurrence of multiple-antibiotic-resistant enteric bacteria in domestic sewage and oxidation lagoons. *Appl Environ Microbiol.* 50:930~933.
 12. Linton KB, Richmond MH, Bevan P, et al. 1974. Antibiotic resistance and R factor in coliform bacilli isolated hospital and domestic sewage. *J Med Microbiol.* 7:91~103.
 13. Smith HW. 1970. Incidence in river water of *Escherichia coli* containing R factor. *Nature.* 228:1286~1288.
 14. Bell RB. 1978. Antibiotic resistance patterns of fecal coliforms isolated from domestic sewage before and after treatment in an aerobic lagoon. *Can J Microbiol.* 24:886~888.
 15. Bell JB, Elliott GE, Smith DW. 1983. Influence of sewage treatment and urbanization on selection of multiple resistance in fecal coliform population. *Appl Environ Microbiol.* 46:227~232.
 16. 탁연빈, 김영홍, 박청규. 1979. 가축 장내세균의 항생물질에 대한 감수성 및 전달성 인자에 관한 연구. *한국수의공중보건학회지.* 3:23~28.
 17. Kim BH, Kim DS, Lee CK. 1979. The in vitro drug resistance of *Escherichia coli* isolated from scouring piglets during 1977 and 1978, *ORD Res Reports.* 21:57~61.
 18. 박청규. 1977. 소에서 분리한 *Escherichia coli*의 항생물질내성 및 전달성 내성인자의 분포. *대한수의학회지.* 17:5~8.
 19. Kanai H. 1983. Drug resistance and distribution of conjugative rplasmids in *Escherichia coli* strains isolated from healthy adult animals and human. *Jph J Vet Sci.* 45:171~178.
 20. Harnett NM, Gyles CL. 1984. Resistance to drugs and heavy metals, colicin production, and biochemical characteristics of selected bovine and porcine *Escherichia coli* strains. *Appl Environ Microbiol.* 48:930~935.
 21. 김현수, 탁연빈. 1985. 하리자돈으로부터 분리한 대장균에 관하여, *한국수의 공중보건학회지.* 9:91~28.
 22. 탁연빈, 정길택. 1976. 돈유래 *Escherichia coli*의 항생물질내성 및 전달성 내성인자에 관하여, *대한수의학회지.* 16:159~163.