

畜産廢水の 吸着酸化 處理¹⁾

오인환 · 박정현 · 이명규* · 전병태** · 김형화***

건국대학교 자연과학대학 농업기계공학과, 축산학과**, 농업경제학과***

상지대학교 이공대학 환경공학과*

Treatment of Animal Wastewater with Absorbent Oxidation

Oh, I. H., Park, J. H., Lee, M. K.*, Jeon, B. T.**, Kim, H.H.***

Dept. of Agri. Machinery Engineering, **Dept. of Animal Science, ***Dept. of Agri. Economics, College of Natural Sciences, Kon-Kuk University, Choong-Ju 380-701

*Dept. of Environmental Engineering, Sang-Ji University, Won-Ju 220-702

Summary

A long-time aeration method was developed for purification of animal wastewater. Under repeated aeration of 4 hours on and 4 hours off, the higher removal rates were obtained which were in average of 99%, 96%, 92% and 50% for BOD, SS, total nitrogen and phosphorous, respectively. In detail, the measured BOD concentrations of the influent and effluent were 2,700ppm and 40ppm while the SS concentrations in the primary chamber and of the effluent were about 3,000 and 110 ppm, respectively.

Zeolite and activated carbon, applied for removing the nitrogen and phosphorous, showed a good absorption, especially zeolite for $\text{NH}_4\text{-N}$ and activated carbon for $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$.

The treatment cost per head by this method amounts to 1,923 won and it comes to 1.6% in the whole production cost. Therefore, this method is economically available with the half cost of the conventional activated sludge process.

키 워 드 : 축산폐수, 정화, 생물화학적 산소요구량, 흡착, 질소, 인

Key words : animal wastewater, purification, BOD, absorption, nitrogen, phosphorous

緒 論

양돈농가나 도시근교 낙농업에서는 살포할 수 있는 농경지가 부족하기 때문에 발생하는 분뇨를 전량 자체농장에서 液肥로 사용하기가 여의치 않다. 분은 취급이 용이한 관계로 퇴비화하여 자체농장 또는 인근농가에서 퇴비로 사용하는 것이 가능

하지만, 축산폐수는 허용기준치 이하로 淨化를 하여서 放流하여야 한다.

정화를 하는 경우에 嫌氣性 醱酵만으로는 충분한 효과를 기대할 수 없으며, 好氣性 處理를 하여 주어야 한다¹⁾. 현재 대규모 양돈장을 중심으로 보급되어 있는 표준활성오니법은 시설비와 운영경비가 많이 소요되고 운전이 까다로운 단점이 있다.

1) 본 연구는 1993년도 교육부 학술연구조성비(농업과학분야)에 의해 수행됨.

따라서, 단순화하여 운전하기가 쉽고, 경비도 적게 소요되는 방법의 개발이 요구된다. 특히, 앞으로 강화될 環境法規에 적용하며, 水系의 부영양화 원인물질로 지적되는 질소와 인의 분리제거에도 유효한 방법이 필요하다. 각종 이온제거 능력이 비교적 우수한 것으로 보고된 제오라이트와 활성탄을 畜産廢水處理에 이용하여 수중 질소 및 인의 除去能力을 평가하고자 한다.

材料 및 方法

1. 好氣性 處理

設計規模는 젓소 50두와 돼지 200두이었으나, 농장의 실제 飼育規模는 젓소 33두(착유우11두)와 母豚 12마리 및 다수의 仔豚이었으며, 畜産廢水處理 시스템의 흐름도는 Fig. 1과 같다.

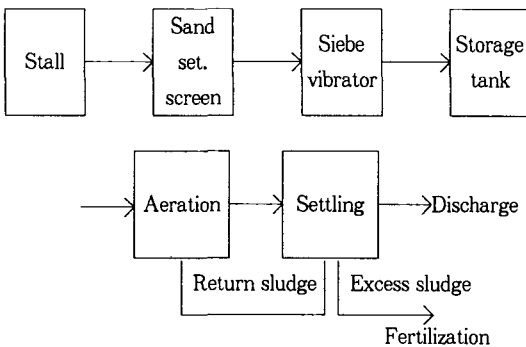


Fig. 1. Flowchart of animal wastewater treatment system.

개발된 방법은 단순화한 활성오니법으로 각 槽의 容量은 다음과 같이 설계하였다. 沈砂槽는 0.7m³, 集水槽는 하루 폐수발생량으로 하여서 9m³, 曝氣槽의 유효용적은 50m³, 沈澱槽의 용량은 3시간 이상의 침전시간을 요하나 하루 폐수발생량으로 하였다. 剩餘汚泥의 처리에는 여러가지 방법이 있겠으나 30m³용량의 오니농축조를 시설하여서 일단 저장하였다가 필요한 때에 액비로 농경지에 살포

하는 방법을 택하였다.

畜産에서 糞除去作業의 程度는 廢水處理場의 汚染負荷에 직접적인 영향을 주기 때문에 振動체固液分離機를 개발하여서 2차적으로 固形物을 제거하여 曝氣槽에 주는 汚染負荷를 일정하게 하였다. 진동체의 Mesh는 40으로 하였으며, 0.2kW의 진동모타 2개를 장착하였다. 진동체는 傾斜面을 10°로 유지하도록 하여서 분리효율이 최대가 되도록 하였다.

曝氣槽에서는 송풍기를 이용하여서 공기를 불어 넣어 주었으며, Roots Blower의 風量은 2.28m³/분이었고 전기 모타의 容量은 7.5PS이었다. 曝氣槽 바닥에는 디스크식 散氣管 30개를 적당한 간격으로 설치하였다. 廢水는 연속적으로 흐르도록 하였으며 曝氣는 간헐적으로 행하여졌다.

간헐식의 운전을 하면 窒素와 磷의 제거 효과가 크다는 보고가 있으며⁷⁾, 이전의 실험에서 폭기가 과도하게 이루어진 감이 있기 때문에 정지시 嫌氣性 狀態로 유도하기 위하여 폭기시간을 조절하였다. 曝氣強度에 의한 영향을 규명하기 위하여 3시간 폭기, 5시간 정지와 4시간 폭기, 4시간 정지의 두가지로 하여 실험을 수행하였다(Fig. 2). 농장에 설치된 실제규모의 처리장에서 시험기간은 4, 5일(3+5)과 6, 7, 8일(4+4)로 구분하였다.

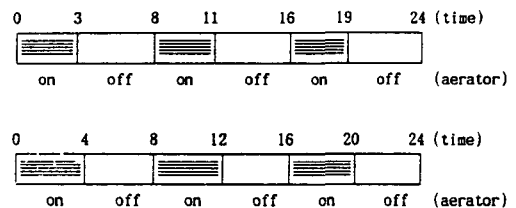


Fig. 2. Time chart of experimental operation(3+5, 4+4)

畜産廢水의 處理方式으로는 長時間 曝氣方法을 택하였으며, 처리시스템의 設計因子는 이미 발표된 바와 같다¹⁵⁾.

試料의 採集은 投入槽, 集水槽, 沈澱槽의 放流水 등 세 군데에서 행하였다. 分析因子로는 BOD(Biochemical Oxygen demand : 생물 화학적 산소요

구량), pH, DO(Dissolved Oxyzen : 용존산소), 총질소, 인, SS(Suspended Solid : 부유물질), SV(Sludge Volume), 투시도 등을 분석하였다. BOD는 檢壓式(MODEL BSB 620T, WTW사)에 의하여 測定하였다. 有機物이 分解되는 경우에 발생하는 이산화탄소는 密閉系속의 이산화탄소 吸收劑에 의해 흡수되므로 밀폐계는 소비되는 산소량만큼 減壓狀態가 된다. 이 減壓의 程度를 수은 압력계로 측정하여 소비된 산소량을 계산하여서 BOD값을 구한다.

SV는 Immenhoff 실린더에 曝氣槽의 廢水를 30분간 정치시킨후 沈澱된 汚泥의 容積으로 하였다. 透視度의 測定範圍는 0~30도로 試料를 눈금 30까지 되어 있는 실린더(形式 WA-PT-2)에 채운 후 廢水를 빼내면서 위에서 보았을 때 바닥에 있는 표시가 보일 때의 수치를 정하였다.

總窒素量은 Kjeldahl방법을 이용하여 구하였으며, 磷의 含量은 發色法에 의하여 Spectrophotometer에서 吸光度(OD)를 測定하여 분석하였다(AOAC, 1991).

2. 窒素, 磷의 吸着實驗

흡착제로 제오라이트(태광화학)와 활성탄(세정화학)을 각각 실험에 사용하였으며, 수중 汚染物質의 표준용액으로는 NH_4Cl 을 $NH_4-N(N=100ppm)$ 의 양으로, KNO_3 을 $NO_3-N(N=24ppm)$ 의 양으로, KH_2PO_4 를 $PO_4-P(P=20ppm)$ 의 양으로 각각 調製하여 이용하였다.

흡착실험은 뚜껑이 있는 100ml 멸균병을 이용하여 Shaking Water Bath(Jeio Tech Co. Ltd. SB-20)에서 25°C, 120rpm으로 사용했다. 실험은 100ml 멸균병에 사용직전 105°C Dry oven에서 1시간 건조한 흡착제를 적정량 투입하고, 汚染物質 표준용액을 50ml 넣은 뒤 120°C, 1.25atm에서 20분간 autoclave 실시하였다. 이후 실온에서 방냉한 표준용액은 12시간 동안 25°C에서 120rpm으로 攪拌시켰다. 교반후 8,000rpm으로 20분간 원심분리시켜 上臍液을 일정량 취하여 질소와 인의 양을 분석하였다. 수중 질소와 인의 제거율은 처음 첨가량에서 遠心分離 후 상등액에 남아있는 양의 차이, 즉 吸着率로 계산하였다.

각 상등액 중의 질소와 인의 분석은 NH_4-N ① Indophenol법, ② NO_3-N 은 blucine법, ③ PO_4-P

은 Mo-blue법을 이용하여 분석하였다.

結果 및 考察

1. 好氣性 實驗

3+5시험구에서는 시험기간 중에 수온이 15°C에서 20°C로 상승하였다. pH는 7정도를 나타내었다. 透視度는 낮아서 4~5정도를 나타내었으며, SV는 시험기간 중에 20에서 32정도로 상승하였다(Fig. 3). 流入水의 BOD는 평균 4,600ppm으로 약간 높은 편이었으며, 集水槽에서는 850ppm, 그리고 放流水는 평균 150ppm을 나타내었다(Fig. 4).

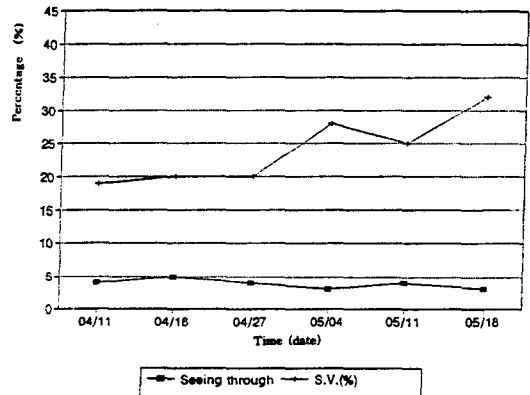


Fig. 3. Variations of seeing through and S. V. (%).

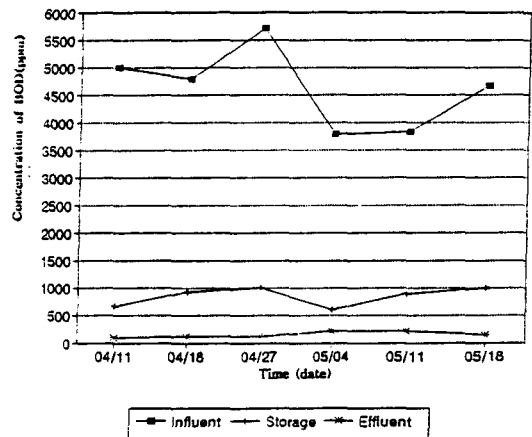


Fig. 4. Variations of influent, storage and effluent BODs.

4+4시험구에서 수온은 25℃에서 30℃사이로 되었으며, pH는 7~8사이를 나타내었다. 透視度는 많이 개선되어서 10이상 26까지로 양호한 결과를 나타내었다(Fig. 5). 유입수의 BOD는 평균 2,700ppm으로 낮았다. 그 이유는 하절기에 비가 자주 오는 경우가 있어서 稀釋이 된 것으로 사료된다. 集水槽의 BOD는 1,300ppm 정도이었고, 放流水의 BOD는 평균 40ppm으로 양호한 결과를 나타내었다(Fig. 6.).

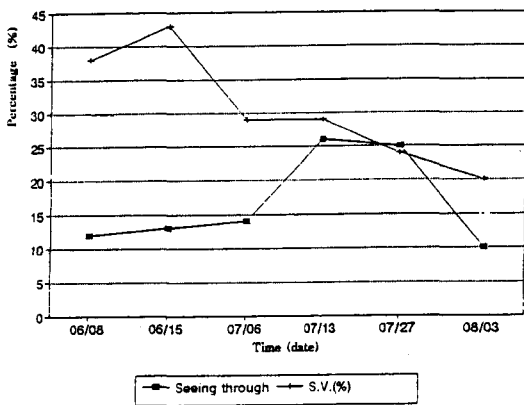


Fig. 5. Variations of seeing through and S. V. (%).

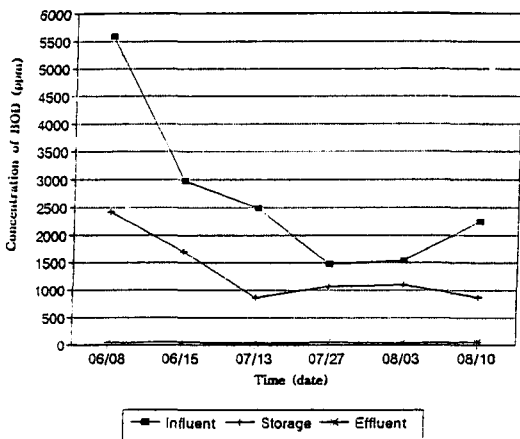


Fig. 6. Variations of influent, storage and effluent BODs.

3+5구간에서 DO는 폭기하는 동안에는 4.0mg/l에서 7.8mg/l까지로 증가하였으며, 정지시에는 곧

4.0mg/l로 감소한 후 정지가 끝날 즈음에서는 1.2mg/l 정도로 되었다.

폭기시간별 평균 BOD제거율은 식 $100(1-B/A)$ (%)에 의하여 구하였으며, Table 1과 같다.

Table 1. BOD removal rate by aeration method.

	Influent (A)	Storage T. (B)	Effluent (C)	Removal rate(%)		
				B/A	C/B	C/A
3+5 ^{a)}	4600	850	150	82	82	97
4+4 ^{b)}	2700	1300	40	52	97	99

^{a)} Under repeated aeration of 3 hours on and 5 hours off

^{b)} Under repeated aeration of 4 hours on and 5 hours off

실제의 처리장에서 수행된 실험이라 동일한 조건을 부여하기는 불가능하였다. 따라서 위의 두 결과를 직접 비교하기에는 여러가지의 外的 影響因子들이 있어 곤란하다. 다만, 4+4구간의 결과가 좋은 것은 폭기시간의 길고 짧음 보다는 오히려 水溫의 上昇이 微生物의 活力을 도와서 더 많은 영향을 미치지 않았나 사료된다. 이 방면에 관하여는 실험실에서의 제어된 실험을 요한다.

시험기간 중에 수시로 試料를 收集하여 분석한 SS의 수치는 Table 2와 같다. 유입수의 SS는 평균 3,000ppm이었으며 집수조에는 1,080ppm 정도이고, 방류수에서는 110ppm 정도로 되었다. 따라서 제거율은 평균 96%를 나타내었다.

가축분뇨에는 窒素含量이 높은 편이며 뇨보다는 분에 많이 함유되어 있다. 혼합분뇨에서는 그중의 절반가량이 암모니아태 질소의 형태로 존재하는 것으로 알려져 있다. 6월부터 8월까지의 시험기간 중에 試料를 採取하여 분석한 총 질소의 양은 Fig. 7과 같다. 유입수에서는 평균 1,579ppm을 나타내었고, 집수조에서는 1,100ppm이었다. 이 차이는 분해에 의한 것이라고 하기보다는 高液分離機에 의한 고형물의 분리로서 有機結合 窒素의 제거라고 보아진다. 放流水의 질소 함량은 평균 120ppm으로 유입수에 비하여 제거율 92%를 나타내었다. 有機結合 窒素는 분해에 의하여 암모니아태 질소로 변하며 다시 酸化되어서 질산태 질소로 바뀌게 된다. 암모니아의 산화는 질산화 박테리아에 의하여 이루어지며, 혐기성 상태에서는 脫窒作用에 의하여

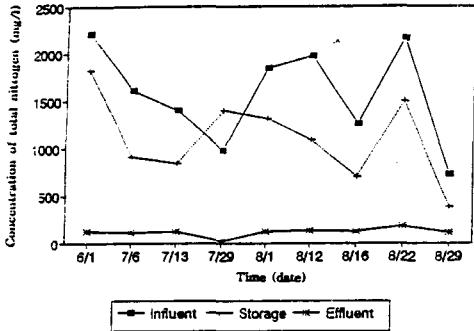


Fig. 7. Variations of influent, storage and effluent total nitrogen contents.

질소가 대기중으로 放出된다. 인의 경우에는 질소와는 달리 적은양이 檢出되었다. 즉, 투입구에서 평균 120ppm을 나타냈으며, 집수조에서 80ppm, 그리고 방류수에서 인의 함량은 60ppm으로 제거율 50%를 나타내었다(Fig. 8). 시험기간 중 沈澱槽에는 눈에 많이 자라는 浮萍草가 수표면을 덮을 정

도로 自生的으로 번성하였다. 이러한 현상은 방류수를 농용수로 이용할 수 있음을 示唆하며, 또한 放流水의 窒素含量에도 어느 정도 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

2. 窒素, 磷의 吸着實驗

활성탄의 吸着特性을 규명하기 위하여 중성조건 pH 7.0에서 수행하였다.

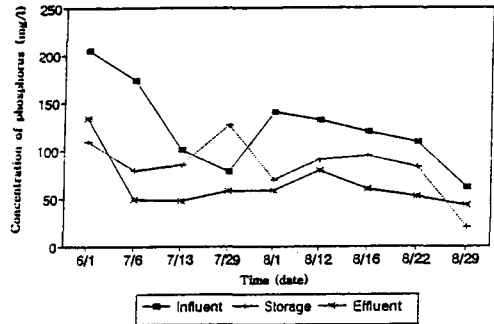


Fig. 8. Variations of influent, storage and effluent phosphorus contents.

Table 2. SS measurement(Aeration tank : MLSS).

Date	Influent (A)	Storage T. (B)	Aeration Tank	Effluent (C)	Reduction rate (mg/l)	
					B/A	C/A
'94. 2/2	3333	1000	8000	92	70	97
2/16	2000	1000	4000	125	50	94
3/9	3333	714	5278	63	79	98
6/1	3294	1603	17424	168	51	95

Table 3은 표준용액의 pH가 중성인 상태에서 활성탄에 의한 NH_4-N , NO_3-N , PO_4^{3-} 의 吸着結果를 나타내고 있다. 이 결과로부터 활성탄은 NH_4-N 과 같이 양이온화되어 있는 물질보다 NO_3-N , PO_4^{3-} 와 같이 음이온화 되어 있는 물질에 상대적으로 吸着率이 높음을 알 수 있다.

제오라이트의 吸着特性을 알고자 역시 중성조건 pH=7.0에서 수행하였다.

Table 4는 표준용액의 pH가 중성인 상태에서 제오라이트의 NH_4-N , NO_3-N , PO_4^{3-} 흡착결과를 나타내고 있다. Table 3의 활성탄과는 달리 제오라이트

트는 음이온화 물질인 NO_3-N , PO_4^{3-} 보다 NH_4-N 에 吸着率이 높음을 알 수 있다.

활성탄의 吸着特性은 용액의 酸度에 따라서 달라지는 데, 표준용액의 pH를 3.0, 11.0으로 구분한 뒤 동일한 吸着實驗을 실시하였다. 그 결과에 의하면 중성인 경우를 기준으로 할 때, NO_3-N , PO_4^{3-} 의 흡착율은 알카리경우 보다 酸性條件에서 흡착율이 높음을 알 수 있었다. 제오라이트의 흡착특성을 pH별로 규명하기 위하여 실험한 결과 역시 산성조건 하에서 NH_4-N 의 흡착력이 증가함을 알 수 있었다. 왜 中性내지는 弱酸性에서 吸着性能이

Table 3. Absorption tendency of activated carbon.

	Absorption (g)	Primary concentration (ppm)	Residual concentration (ppm)	Absorption rate (%)	Amount of absorption/g (mg)
NH ₄ Cl	0.5	100	97.8	2.2	0.22
	1	100	99.0	1.0	0.05
	3	100	95.9	4.1	0.07
	5	100	90.4	9.6	0.10
KNO ₃	0.5	24	17.4	27.5	0.66
	1	24	13.9	42.1	0.50
	3	24	4.6	80.8	0.32
	5	24	2.2	90.8	0.22
KH ₂ PO ₄	0.5	20	3.8	81.0	1.62
	1	20	0.9	95.9	0.96
	3	20	0.2	99.0	0.33
	5	20	0.2	99.0	0.33

Table 4. Absorption tendency of zeolite.

	Absorption (g)	Primary concentration (ppm)	Residual concentration (ppm)	Absorption rate (%)	Amount of absorption/g (mg)
NH ₄ Cl	0.5	100	60.5	39.5	3.95
	1	100	40.4	59.6	2.98
	3	100	10.3	89.7	1.50
	5	100	5.2	94.8	0.95
KNO ₃	0.5	24	22.5	6.3	0.15
	1	24	22.4	6.7	0.08
	3	24	22.3	7.1	0.03
	5	24	22.1	7.9	0.02
KH ₂ PO ₄	0.5	20	18.9	5.5	0.11
	1	20	19.3	3.5	0.04
	3	20	17.9	10.5	0.04
	5	20	17.5	12.5	0.03

증가하였는가에 대한 규명은 앞으로의 연구과제이다.

실제 실험농장에서 나오는 畜産廢水를 장시간 활성오니법으로 처리한 후, 침전 상등액을 일정량 채취하여 원심분리시킨 다음에 상등액을 2차처리용 試料로 사용하였다. 방류수 중의 NH₄-N은 0.

57ppm, NO₃-N은 10.54ppm, 그리고 PO⁻³는 51.3ppm이었다. 방류수 50ml에 제오라이트(Zeo.), 활성탄(Act. C)을 넣어 흡착 실험한 결과는 Table 5와 같다.

실제의 畜舍汚水를 1차로 장시간 폭기 활성오니법으로 처리한 후, 방류수 중의 질소와 인을 2차로

Table 5. Absorption efficiency of the effluent (Sampling: 1994. 7.11, pH:7.84).

	Absorbent (g)	Amount of Absorbent (g)	Primarye concentration (ppm)	Residual concentration (ppm)	Absorption rate (%)
NH ₄ Cl	Zeo	0.5	0.57	0.26	54.4
		1	0.57	0.20	64.9
		3	0.57	0.13	77.2
		5	0.57	0.12	78.9
KNO ₃	Act. C	0.5	10.54	4.4	46.3
		1	10.54	2.53	69.1
		3	10.54	2.02	75.3
		5	10.54	1.64	80.0
KH ₂ PO ₄	Act. C	1.25	51.3	50.71	1.2
		2.5	51.5	22.14	56.8
		7.5	51.3	5.71	88.9
		12.5	51.3	2.50	95.0

제거하기 위하여 제오라이트와 활성탄을 이용하여 각각 NH₄-N, NO₃-N, PO⁻³의 吸着效果를 검토한 결과는 표준용액을 이용한 실험의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 放流水 중에 함유된 암모니아 성 질소의 농도는 표준용액 농도보다 낮았기 때문에 흡착제 g당 질소의 흡착제거량을 試算하기는 어려우나 인의 경우를 보면, 활성탄 g당 0.3mg의 PO⁻³가 흡착됨을 알 수 있다. 이 흡착효과를 예들 들어 설명하면 PO⁻³이 50ppm인 방류수 1L을 처리하기 위해서 활성탄 165g이 필요함을 의미한다. 放流水를 예로 시산된 양은 표준용액을 이용한 Table 3의 경우에 비해 4배 이상 흡착율이 낮음을 알 수 있는데, 이는 실제 방류수 중에 함유된 미세한 물질들의 吸着妨害에 의한 것으로 推論되어 진다.

3. 汚泥의 肥料成分分析

잉여오니의 처리방법으로는 脫水乾燥, 오니여상 등이 있으나, 본 방법에서는 오니농축조에 저장하였다가 液肥로 이용하도록 하였다. 농경지에 施肥하기 위하여는 비료성분의 분석이 요구되며 그 결과는 다음과 같다.

시험에 사용된 잉여오니(Sludge)의 성분은 Table 6과 같이 수분이 92.2%, 총질소가 2.83%, 유효인산이 1.20%, 가리가 0.15me/100g이었다. 이러한 함량은 家畜混合糞尿의 것과 유사하며 양질의 액비로 이용할 수 있음을 示唆한다⁶⁾.

4. 經濟性 分析

폐수처리시설에 대한 경제성을 검토하기 위하여 장시간 폭기 시설을 이용한 畜産農家의 頭當 處理

Table 6. Chemical composition of excess sludge.

Moisture (%)	Dry matter (%)	pH	Total nitrogen(%)	Organic matter(%)	Available P ₂ O ₅ (%)	Exchangeable cation(me/100g)			
						Ca	Mg	Na	K
92.20	7.80	6.62	2.83	34.10	1.20	0.26	0.38	0.04	0.15

費用을 계산하면 다음과 같다. 처리시설에 소요되는 경비를 시설비와 처리 운영비로 나누면, 시설비는 총 3,550만원이 소요되었고 처리 운영비는 농사용 전기료로 월 5만원이며 연간 60만원이 소요된다. 그런데, 본 시설을 돼지 사육규모로 환산하면 1,000두 정도가 된다. 회전을 연간 2.5로 환산하면 연간 2,500두의 돼지사육이 가능하다.

참고로 한국 농촌경제 연구원에서 1991년에 조사한 돼지의 畜産廢水 處理費用은 활성오니법에 의한 비용이 두당 4,028원이었다²⁾. 이 비용의 계산에 있어서 시설비의 耐久年數를 토목 구조물은 10년, 기계류 및 기타는 7년으로 하였으므로 본 폐수처리 비용의 계산도 이와같이 동일한 耐久年數를 적용하였을 때, 두당 처리비용은 1,923원이 된다. 따라서, 장시간 폭기 처리시설의 두당 처리비용은 기존 활성오니법의 절반 수준밖에 안된다. 이 비용은 1991년의 생산비용을 적용한 것으로, 동년의 돼지 두당 飼育費用은 「축산물 생산비 조사 보고」에 의하면 평균 123,530원으로³⁾, 본 폐수처리 두당 비용은 生産費의 1.6%에 불과함을 알 수 있다.

結 論

畜産廢水を 단순화한 長時間 曝氣方式으로 淨化處理한 結果는 다음과 같다. 投入槽의 BOD濃度は 평균 2,700ppm, 集水槽의 BOD濃度は 1,300ppm, 그리고 放流水의 BOD濃度は 평균 40ppm을 나타내어 BOD 除去率은 평균 99%를 나타내었다. SS濃度は 投入槽에서 약 3,000ppm, 集水槽에서 1,080ppm, 그리고 放流水에서는 110ppm을 나타내어 SS除去率 약 96%를 나타내었다. 總窒素含量은 流入水에서 평균 1,570ppm, 集水槽에서 1,100ppm, 그리고 流出水에서는 평균 120ppm으로 되어서 總窒素 除去率은 평균 92%를 나타내었다. 磷의 含量은 질소보다 전반적으로 낮았으며 각 단계별로 평균 120ppm, 80ppm, 60ppm으로 되어서 磷의 除去効率は 평균 50%로 되었다.

窒素와 磷의 除去를 목적으로 吸着劑를 이용하여 검토한 결과, 제오라이트는 암모니아태 질소의 除去에, 그리고 활성탄은 질산태 질소 및 인의 除

去에 有効한 것으로 判明되었다. 또한 시험조건은 中性, 또는 弱酸性에서 질소와 인의 吸着率이 양호한 것을 알 수 있었다. 개발된 방법의 處理費用이 生産費에서 차지하는 比率은 1.6%로 기존의 活性汚泥法에 비하여 절반 밖에 소요되지 않는다.

參考文獻

1. 오인환. 1994. 가축분뇨처리기술의 현황과 전망. '94국내의한국과학기술자학술회의 추계 Workshop. 한국과학기술단체총연합회 : 511-527.
2. 축산시험장. 1994. 가축분뇨 자원화와 농촌환경 개선전략.
3. 축협중앙회. 1991. 축산물 생산비 조사 보고.
4. 한국농촌경제연구원. 1991. 가축배설물의 처리와 이용에 관한 연구.
5. Besnard, C. 1980. Balance and evolution of nitrogen compounds during the treatment of slurry. In : Effluents from livestock, (edited by J. K. R. Gasser) Applied Science Publishers LTD. London : 496-507.
6. Gracey, H. I. 1986. The real fertilizer value of animal manure. Occasional Symposium. British Grassland Society. 20 : 59-64.
7. Harada, Y., T. Osada, K. Haga & M. Kosino. 1992. Removal of nitrogen and phosphorous from swine waste water.
8. Heduit, A. 1980. Transfer of oxygen in piggery wastes. In : Effluents from livestock(edited by J. K. R. Gasser) Applied Science Publishers LTD London : 481-495.
9. Honda K. 1971. Kanagawa activated sludge system : 24-30.
10. Lee, Y. W. 1992. A study on the optimum operation for nightsoil treatment using sequencing batch reactor. Thesis Seoul National University.
11. Merkel, J. A. 1981. Managing Livestock Wastes. AVI Publishing Company. INC.
12. Metcalf & Eddy. 1979. "Wastewater Engineering". Treatment/Disposal/Reuse. McGraw-Hill

- Book Company.
13. Oh, I. H. 1990. A Study on the Management of animal waste. Journal of Research Institute of Natural Science, Kon-Kuk University, Vol. 1 : 47-62.
 14. Oh, I. H. 1992. Treatment of animal waste. The First international symposium on the development of national resources and environmental preservation. Korea University, Institute of National Resources and Environment(INRE) : 254-271.
 15. Oh, I. H., B. S. Kim, S. R. Lee and W. J. Maeng. 1993. An improved treatment of animal wastewater. International Conference for Agricultural Machinery and Process Engineering, Vol. V. : 1379-1394.
 16. Prakasam, T. B. S., E. G. Srinath, A. C. Anthonisen, J. H. Martin & R. C. Loehr. Approaches for the Control of Nitrogen with an Oxidation Ditch. : 421-435.
 17. Rager, K. Th. 1971. Abwassertechnische und wasserwirtschaftliche Probleme der Massentierhaltung. KTBL-Bauschriften Heft 11.
 18. Thomsen, U. 1974. Über die Wirkungsweise der Mehrkammerfaulgruben. Diplomarbeit Universität Kiel.
 19. Voorburg J. H. Ir. 1988. Treatment of manure surpluses. In : H. VETTER et al.(eds), Safe and Efficient Slurry Utilization. : 251-164.

학 회 광 고

한국생물생산시설환경학회는 창립초기(91년 12월 창립)이기 때문에 많은 재정상의 어려움을 겪고 있습니다. 특히, 전체 경비에 대한 회비의 점유율이 높기 때문에 미납된 회비에 대한 많은 회원님들의 협조를 부탁드립니다.

- 아 래 -

1. 미납회비통지 : 미납분에 대해서는 개별 통지함
2. 회 비 내 역 : 정회원 20,000원, 준회원 10,000원
구독회원 40,000원, 종신회원 200,000원
찬조회원 1구좌 이상 「1구좌 150,000원」
3. 입 금 처 : 우체국 104075-0013391(시설환경학회)
농협 125-01-094583(시설환경학회)
국민은행 203-01-0863-998(시설환경학회)