

전해부상 장치를 이용한 축산폐수의 유기질비료와 용수 재활용에 관한 연구

김기준^{1*} · 성기천¹ · 김용렬¹

A Study on Inorganic Chemical Treatment Method of Animal Wastes Using by Electroflotation for Recycle

Ki-Jun Kim^{1*}, Ki-chun Sung¹ and Yong-Ryul Kim¹

요 약 축산 폐수처리를 위해 전기화학적 방법의 사용에 있어 관심이 고조되고 있다. 전기화학적 방법의 기술은 축산폐수 및 공업적 폐수 문제를 해결하는데 이상적 처리 방법이다. 다른 화학적 처리 방법과는 다르게 전기화학적계는 2차 폐수의 부피를 증가시키지 않고 용수와 유기질 비료로 활용한다. 전기화학적 방법은 전해부상장치를 무기화학적 약품과 병행하여 더욱 효과적으로 축산폐수를 처리한다. 이 연구는 2차 처리로 초음파와 오존처리로 탈색, COD와 BOD가 격감함으로 용수 및 유기질 비료로 활용하도록 실험하였다.

Abstract There is an increasing interest in the use of electrochemical methods for the animal waste treatment. The technologies using the electrochemical method provide ideal tools for approaching industrial and animal wastes problems. Unlike other chemical treatments, the electrochemical systems do not make the volume of the secondary waste increase. The electrochemical methods can be operated with electrochemical apparatus and inorganic agent allow selective separation and recovery and even quieter than others. This study concerns design factors, electrode construction and wastewater treatment process of the electrochemical apparatus. The experiment of color, COD and BOD removal is much effective in using electrochemical method with ultrasonication and ozonation.

Key Words: electrochemical apparatus, electroflotation, ultrasonication, animal waste

1. 서 론

산업의 발달과 함께 폐수를 비롯한 각종 환경오염 물질이 대량으로 발생되고 있으며, 이로 인해 대기, 수질, 토양의 오염이 심각한 상황에 이르고 있다. 이 가운데 축산, 농업생산, 생활 등으로부터 발생하는 오염 물질은 하천의 수질오염을 일으키고, 그 처리가 매우 어려울 뿐만 아니라, 환경에 미치는 영향 또한 심각하다[1-2].

축분 및 축뇨오수는 고농도의 유기탄소와 질소를 포함하고 있어 매우 치명적인 환경문제를 야기하고 있다. 축뇨의 성분은 먹이와 축사의 상태, 가축의 연령, 배설물 취급방법 그리고 계절차이에 의해 크게 변동되므로 축산폐수를 처리하는데 어려움이 매우 컸다.

축산폐수의 슬러지는 하수처리 과정에서 발생하는 미생물의 잔해로서 유기물, 각종 미량원소 및 질소성분을 포함하고 있어 유용한 비료로서 이용이 가능하다.

축분과 축뇨는 유용한 자원으로서 인식되어야하며, 이러한 자원을 매립 또는 하수에 배물할 때에는 천연 자원 재순환이 정지됨에 따라 생태계 파괴는 물론 우리 인간에게도 막대한 해를 입히고 있다. 축분 및 슬러지를 퇴비화시켜 농가에 순환하면 하천을 오염시키지 않고 화학비료를 사용하는 대신 유기질비료를 사용하면 곡식과 토양이 건강해져서 아름다운 환경이 조성된다. 축산폐수 처리과정에서 발생하는 슬러지량은 하수도정비와 함께 폭발적으로 증가되어 하수도 및 하천의 오염이 범람되고 있으며, 슬러지의 대부분을 무단투기로 처분되고 있으며 유효이용은 전무한 상태이다. 따라서 본 연구는 축산슬러지의 녹지 및 농지로의 유효이용촉진 및 용수로 재활용되는 토대를 만들고자 연구하였다.

¹대전대학교 이공대학 화학공학과
*교신저자: 김기준 (kjkim@daejin.ac.kr)

축산폐수의 처리를 위하여 그 동안 수많은 첨가제와 공정들이 개발되어 있으나 그 처리효율이 매우 미흡하여, 축산폐수의 무기화학적 첨가제[3-5] 및 공정을 개발하게 되었다.

본 연구는 무기 첨가제와 전해부상장치[6-7]를 이용한 고농도 축산폐수를 처리하는 방법으로서, 금속시료와 산성용액으로 축산폐수의 주요 물질인 요소를 이온화하여 부상시킴으로서 축산폐수를 처리하는 방법이다. 축산폐수에 금속시료[8-9]와 산용액을 넣은 다음 전해부상장치에서 약 30분간 전압을 걸어 이온성 물질을 부상시켜 폐수를 처리하는 방법으로 고형물질은 건조 발효시켜 유기질 비료로 사용하고, 축뇨는 전해부상과정을 거친 후 초음파와 오존으로 처리한 다음 용수로 재활용 하는데 목적이 있다.

상기목적을 위한 처리 공정은, 금속시료와 산(Acid) 용액, 그리고 전해부상 장치를 기본으로 한다. 축산폐수 처리제는 상온상압 하에서 축산폐수에 용존하고 있는 물질들을 효과적으로 분해시키고, 분해 된 이온성 물질들을 전해부상기로 부상시켜 부상물질은 부유물 제거기를 이용하여 처리한다[10-11]. 축산폐수를 처리하는 처리 메카니즘 및 공정은 <그림 1>과 같으며, 폐수 일정량에 무기시료와 산을 일정량 넣는다.

이온화된 시료를 전해부상장치를 설치한 다음 전압을 걸어 주면 짧은 시간 내에 무기시료에 의해 이온화된 물질들이 수면 위로 부상하게 된다. 이것을 부유물 제거기로 제거한 후, 40 kHz의 초음파와 오존 6g/hr 불어 넣어줌으로써 표백[12-13] 및 살균 작용을 수행함으로써 본 공정은 마무리된다. 전해부상 장치의 개략도는 <그림 2>와 같다.

2. 실험

2,000ml 바이커에 시료 250ml와 500ml를 각각 취한 다음 2차 증류수를 첨가하여 희석시킨 폐수에 첨가제를 넣은 후, 약산(아세트산) 8, 10, 15, 20ml를 각각 넣고 약 30분간 전해부상시켰다. 무기시료가 완전히 소모될 때까지 전해 부상시킨 후 부유물을 제거하고 오존과 초음파분해기로 2차 처리하였다. 2차 처리는 시료들을 공정시험법을 사용하여 COD, BOD를 측정하였다. 여기에서 무기첨가재료는 순도 98%인 Mg 분말을 사용하였고, 전해 부상장치는 5 V, 3 A를 걸어주었다.

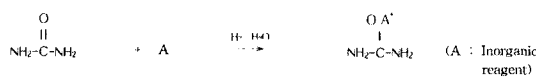


그림 1. Mechanism for treatment of animal wastewater.

Table 1. Efficiency of treated animal wastewater using flocculation agents

flocculation agents	quantity	efficiency (%)				
		DO	BOD	COD	color	odor
Alum	1 g	33	22	22	7	20
FeCl ₃	1 g	25	15	15	5	27
Fe(SO ₄) ₃	1 g	35	26	26	10	28

3. 결과 및 토론

위의 실험에서 난분해성[14]인 축산폐수의 처리 효율, 경제성을 살펴보면 0.3g의 Mg이 첨가되었을 때 DO, BOD 및 COD 등의 효율을 측정하여 Table 1에 나타내었다. 본 공정에서 경제적이고 환경친화적임을 알 수 있었다. 위의 실험은 여타 다른 방법(명반, FeCl₃, Fe(SO₄)₃)으로 처리하는 축산폐수 처리 방법과 효율면에서 현저한 차이를 가진다. 명반, FeCl₃, Fe(SO₄)₃로 침전처리 하는 방법의 처리효율을 보면 다음 Table 2에 나타내었다. Table 1의 구성과 같은 응집제로 처리하는 경우, 색도와 악취 처리에 있어서 DO, BOD, COD의 처리 효율에 비해 상대적으로 떨어지고 DO, BOD, COD 처리효율도 높지 않은 것으로 나타났다. 또한 Table 1에서 보여주는 약품으로 실제로 처리해 본 결과, 거의 처리가 불가능하고, 처리된다고 하더라도 전해부상장치를 이용하여 무기시료로 처리하는 것과 비교하면 효율이 아주 뒤떨어진다. Table 2에서 무기시료와 전해부상장치를 이용한 처리 방법의 결과를 나타낸 것이다. 그 효율면에서 다른 응집처리 방법보다 차이가 크게 개선되었음을 알 수 있었다.

Table 2의 효율은 1차 처리에서의 제거효율이고 2차 처리 시에는 약 25~30%의 효율을 기대할 수 있다. 1차 처리수에 오존과 초음파를 함께 처리 할 때의 효율은

Table 2. Efficiency of treated animal wastewater using electrofloatation and inorganic agents

inorganic agents	quantities	DO value	reduction rate (%)		
			BOD	COD	
A(mg) + acid(ml)	2 × dilution	200+ 8	2.7	56.3	46.3
		300+10	2.9	56.6	47.5
	300+12	2.8	56.0	45.6	
	4 × dilution	200+ 8	2.0	57.0	48.4
		300+10	2.4	57.7	49.6
		300+12	2.1	56.9	46.7

Table 3. Efficiency of secondary treated animal wastewater using ozone and ultrasonication

inorganic agents	quantities		COD reduction rate (%)			
			first treatment	secondary treatment		sum
				O ₃	Sonicator	
A(mg) + acid(ml)	2× dilution	200+ 8	46.3	24	5	75.3
		300+10	47.5	26	6	79.5
		300+12	45.6	23	4	72.6
	4× dilution	200+ 8	48.4	25	6	79.4
		300+10	49.6	27	7	83.6
		300+12	46.7	23	4	73.7

4. 결 론

본 연구의 가장 큰 특징으로는, 전극판의 극성변환을 위하여 타이머<Fig. 2, (11)>와 개인용 컴퓨터<그림 2, (12)> 및 포톤카운터(Photon counter,<그림 2, (13)>)를 사용하여, 본체<그림 2, (1)>내부의 이온수가 극성변환을 위한 설정치에 도달되면 시간에 관계없이 전극의 극성을 변환하되, 일정시간동안 이온수가 설정치에 도달하지 않을 경우에는 자동으로 극성이 변환되도록 한 것으로, 전극에 스케일이 생성되지 않는 효과를 얻을 수 있어서, 결과적으로 전극에 스케일이 발생되어 효율저하를 가져왔던 기존 기술에 비해 기술적 우위를 가지게 되었다. 그리고, 오염물질농도가 낮으면 물질이동이 제한되어 처리시간이 길어지는 결점을 보완코자 복극성 전극을 사용하고 전해조내에 전기분해의 감극화를 도와주는 COD제를 첨가함으로써, 전해조는 복극조의 역할을 하게 되므로, 공지된 복극조와 같이 전극사이에서 많은 미소 전해조가 형성되기 때문에 유효전극 표면적이 매우 커지고, 전극상 사이의 거리가 작기 때문에 용액의 전기저항이 작게 되어 전해질 농도가 낮은 용액의 전해에도 적용할 수 있어서 워밍업 시간이 필요 없으며, 전도성 입자와 절연성 입자의 혼합물에도 성능이 우수한 효과가 있다.

또한, 본 연구에서, 다공성막에 의하여 복수개의 전해조로 구분함으로써, 상기 다공성막의 양면에 전극이 인가되면 3차원 전해 전극이 되어 유효전극 표면적이 크므로 반응속도가 증대되고 활성이 커지는 효과가 얻게 되었다.

이상에서 상세히 설명한 바와 같이, 본 연구 방법으로 처리하면 축산폐수의 요소 및 질소계 독성 오염물질이 완전히 분해됨을 보여 주었다. 이로 인한 파급효과는 수입 대체효과 및 수출경쟁력이 증가되고, 더 나아가 지금까지 선진국에서 사용하고 있는 방법 보다 혁신

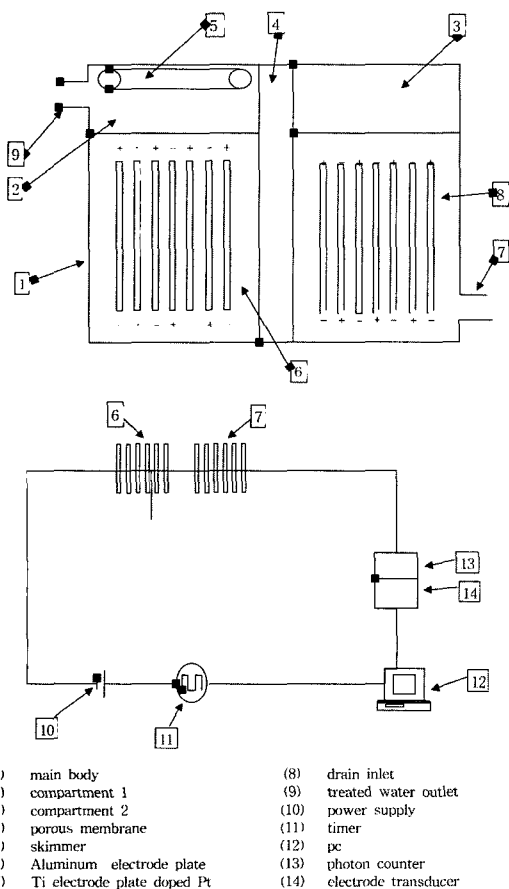


그림 2. Diagram of Electrofloatation apparatus

COD를 기준으로 할 때 Table 3과 같다.

위 Table 3에서 4배 희석 상태에서 COD 제거효율이 83.6%로 가장 높게 나타났다. 이는 무기화합시료와 산이 폐수에 작용하여 불순물을 수산기와 수소가 포집하여 부상시킴에 따라 COD 제거효율이 탁월하다고 사료된다.

적이고 경제적인 기술개발로 인하여 수출로 인한 외화 획득의 가능성이 매우 크리라 본다. 그리고 처리 과정에서 생성되는 부유물은 전량 액상비료로 사용하고, 환경친화적인 재활용과정을 사용하기 때문에 2차 오염물질이 생성되지 않으므로 처리비용이 적게 소비되어 경제적이다. 유기질비료와 용수로 재활용하기 때문에 매우 활용성이 크다.

참고문헌

- [1] K. V. Lo., Liao. P. H., and V. Kleeck, R. J. A., "Full-scale sequencing batch reactor treatment of diluted seine wastewater", *Canadian Agricultural Eng.*, 33, 193, 1990.
- [2] 최홍립, "우리나라 가축분뇨관리 기술현황", 제7권, 10호, 2-10, 1998.
- [3] George. T., Franklin, L. B., "Wasterwater Engineering", *Mcgraw-Hill co.*, New York, 735-739, 1991.
- [4] U. S. SDA, "Principles and practice of phosphorus annitrogen removal from municipal wastewater", New York, NY, 1983.
- [5] Dongen. L. G. J. M., Jetten. M. S. M and Loosdrecht. M. C. M., "The combined Sharon/Anam-mox Pprocess, Foundation for Applied water Research". 6-25, 2001.
- [6] R. W. Crites, "Land use of wastewater and sludge". *J. Environ. Sci. & Tech.*, 18(5), 140-147, 1984.
- [7] P. D. Jenssen, and T. Krogstad, "Particles found in clogging layers of wastewater infiltration systems may cause reduction in infiltration rate and enhance P-adsorption", *Wat. Sci. Tech.*, 20(3), 251-253, 1988.
- [8] Laak. R., "Wastewater engineering design for unsewared areas", *Technomic publishing co Inc*, Lancaster, PA 17604, U.S.A, 97-102, 1986.
- [9] Pal. D., and M. R. Overcash, "Design of land treatment systems for industrial wastes", *Ann arbor science publishers Inc/The Butterworth group*, Michigan 48160, 104-110, 1981.
- [10] J. A. LaszLlo, "Electrolyte effects on hydrolyzed reactive dye binding to quaternized cellulose". *Textile Chemist and Colorist* 27(4), 25-27, 1995.
- [11] W. A. Parsons, "Chemical treatment of sewage and industrial waste", *Bulletin No. 215 National Lime Association*, Washington DC 1975.
- [12] A. J. Rubin, "Effect of alum coagulation in chemistry of water supply", *Ann Arbor Sci. Pub. co.*, MI, 1984.
- [13] W. Stumn, and Omelia, C. R., "Stoichiometry of coagulation", *J. AWWA*, 60(5), 514, 1978.
- [14] A. Sommerauer, "The role of complex formation in the flocculation of polyelectrolytes", *Koll. Z. Z.*, 225 (2), 147, 1978.