

기술정보자료

액상가축분뇨 리사이클 기술

홍 지 형

순천대학교 농업생명과학대학 농업기계공학과

Recycling of Liquid Manure

Hong, J. H.

Dept. of Agr. Machinery Engng., College of Agr. & Life Sciences Suncheon National University, Suncheon 540-742 Korea

서 언

우리나라는 양계시설, 양돈시설 및 낙농시설 등의 대규모 전업화로서 분뇨혼합물 배출이 늘어가는 추세에 있으나, 분뇨처리·이용시설은 환경오염 방지가 가능하고, 省力的이며 경제적으로 유리한 資源 節約的 시설이 아니다.

우리나라 가축 분뇨처리는 퇴비화 처리로서 비료이용이 대부분이며, 낙농과 양돈분뇨처리시설은 분뇨혼합물(또는 슬러리: slurry)을 고액 분리하여 고형 분은 퇴비화 처리하고, 분리액은 액상 콤포스트화 처리 또는 메탄발효 처리로서 경지에 환원 이용하려는 추세에 있다. 그러나, 고품질 퇴비의 고품질화 유통이용 및 액상퇴비 처리이용에 대한 기술자료와 건설비용이 문제가 되고 있다. 따라서, 본 연구는 축산환경 보전과 시설농업에 반드시 필요한 액상 가축분뇨 리사이클 실용화 기술의 최근 개발동향을 소개하고자 한다.

가축분뇨 처리·이용 방법의 현상과 과제

가축분뇨 성상은 이들 배출상태에 따라서 固形 狀(糞), 슬러리(糞+尿), 液狀(尿+洗淨 水) 등으로 구분되며, 처리방법은 고형 상은 건조와 퇴비화 처리, 슬러리(액상가축분뇨)는 액상 콤포스트(liquid compost)와 메탄발효(biogas)처리 및 액상은 정화처리(폐수처리: 활성 오니와 생물 막 처리)와 증발농축·침투처리 등으로 대별된다.

건조처리는 축 분의 수분을 저하하여 양분을 농축시킨 것으로 중량의 경감과 유통이 쉽다.

건조방식은 천일 건조와 하우스건조가 있으며 이 방식은 온난 지역에 적합하다.

퇴비화 처리는 축 분과 깔짚 재료 등의 부자재 혼합물로서 퇴적통기발효 또는 통기·교반 발효처리 한 것으로 미생물의 산화반응을 이용하여 병원균을 사멸시킨다.

액상 콤포스트화 처리는 고액 분리된 액상 분뇨를 호기성 처리한 액상퇴비로서 이용되고, 분뇨처리시설 주위에 경지환원이 가능한 농지가 필요하다.

메탄발효처리는 슬러리 容器를 완전히 밀폐하여 산소가 없는 혐기성 상태에서 활동하는 메탄균의 대사활동으로 발생된 바이오 가스를 축사 급탕, 난방 등의 열과 동력원으로 이용한다.

가축 요 오수(폐수)의 정화처리는 축사의 세정폐수와 소와 돼지의 오줌, 고액 분리된 요 오수 등을 정화 처리하여 하천 등에 방류시키는 것으로, 도시근교에서 축산폐수를 비료로서 토양환원이 어려운 경우에 활용된다.

가축분뇨 이용방법은 퇴비, 건조 분, 액비 등의 비료이용과 직접연소, 열분해, 메탄발효, 석유화, 퇴비화 등의 에너지이용 및 건조계분(dried poultry waste)과 축 분의 사이레지(wastesilage) 처리 등의 사료화 이용 등으로 구분되나, 고형 퇴비화, 액상 콤포스트화 등의 비료이용과 메탄발효처리에 의한 바이오 가스의 연료 에너지 활용이 대부분이다.

이러한 가축분뇨 이용방법의 당면과제는 다음과 같다.

고형 퇴비는 고품질화 유통이용이 과제이며, 액상 콤포스트화 처리된 액비와 메탄발효 처리후에 소화 오니(탈리 액)는 활용이 가능한 포장면적 확보가 문제이다. 직접연소와 열분해 등의 에너지 이용은 배기가스, 분진, 발생된 폐기물처리 등이 문제이며, 퇴비화 발효열 에너지는 동계시설채소 재배의 지온 상승은 가능하나 발생 열이 작고, 석유화는 연구단계에 있다. 사료 이용은 가축 분의 未 消化 영양성분을 재 이용하는 방법으로 위생문제와嗜好性 향상을 위한 가열건조처리와 미생물처리 등의 가공처리가 필요하다.

액상가축분뇨처리시설 사례

액상가축분뇨는 가축이 배설한 분뇨 외에 깔짚, 사료잔재의 일부가 혼합된 고액혼합유체인 액상폐기물(liquid waste)로서 고형물농도가 9~11%이며 고액분리 처리된 분리액은 4~10% 정도이다. 전자는 분뇨혼합물이고 후자는 분리액이라고 부른다. 이들 액상가축분뇨를 적극적으로 처리하는 방법은 好氣性 처리와 嫌氣性 처리가 있다.

호기성처리는 축사 내에서 고액을 분리하거나, 진동체 또는 고액분리기 등으로 분리된 분리 액에 산소를 강제적으로 혼입하여 폭기 교반 처리로서 유기물을 분해하는 액상 콤포스트화 처리와 단순히 슬러리의 악취를 저감시키는 슬러리 폭기(slurry aeration)가 있다.

혐기성처리는 메탄가스를 발생하여 연료 에너지로서 이용하고, 처리 후의 소화 오니는 탈수하여 비료화(퇴비화처리, 건조발효처리)하고, 나머지는 액비로 활용한다. 액상가축분뇨는 토양 중에서 분해가 신속하여, 속효성 비료로서 효과가 있으나, 유기물 함유율이 낮아서 토양개량 효과는 기대할 수 없다.

1. 액상 콤포스트화(liquid composting)

이 시설은 두 개의 호기성 반응조(aerobic reactor)에서 슬러리를 폭기장치 통기관(aerator tube)의 미 세립 기포로서 통기하고, 날개로 反轉하며, 消泡機(foam cutter)로 거품을 제거하는 장치로서 그림 1과 같다. 이 시설은 70 마리 젓소 사육 농가용으로 반응기 용적(RV : Reactor Volume)이 15m³인 크기의 斷熱 반응조가 I과 II 단계로 구성되어 있다. 통기용 전동기는 3kW이며 각각의 반응조에서 폭기 처리된다. 2개의 반응조에 생 분뇨를 15m³를 넣어두고, 폭기처리 후 60℃가 될때까지는 回分式이며 이후부터는 半 連續式으로 슬러리를 공급하는데, 이때에 반응조 I과 II의 슬러리 퇴비화 온도와 외기 온도 변화는 그림 2와 같다. I단계 반응조에서 35~45℃ 범위에

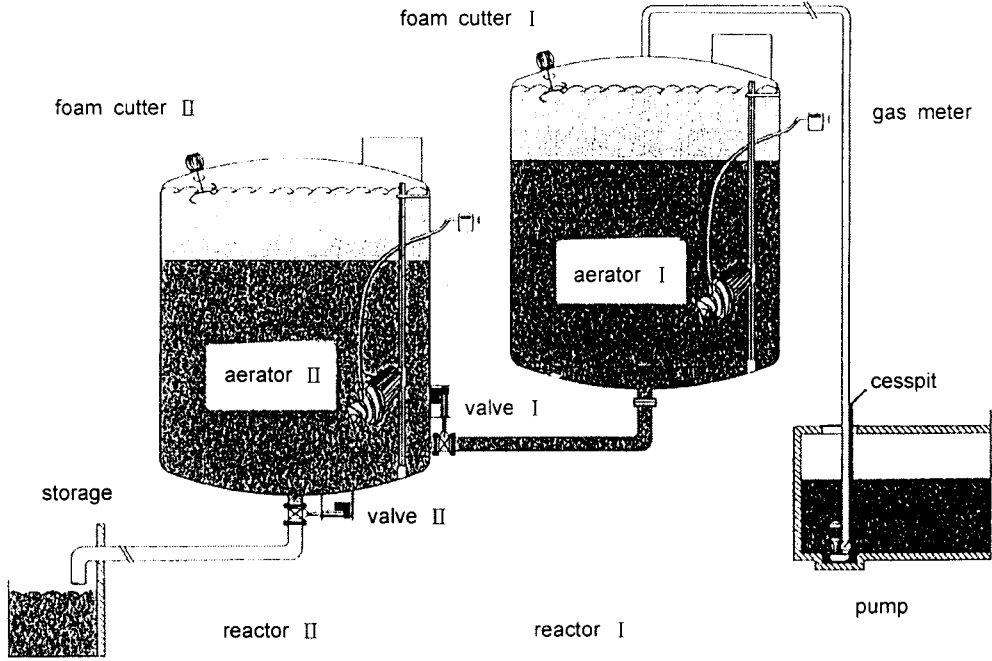


Fig. 1. Plant for ATS-treatment of liquid manure. Both reactors have heat insulation.

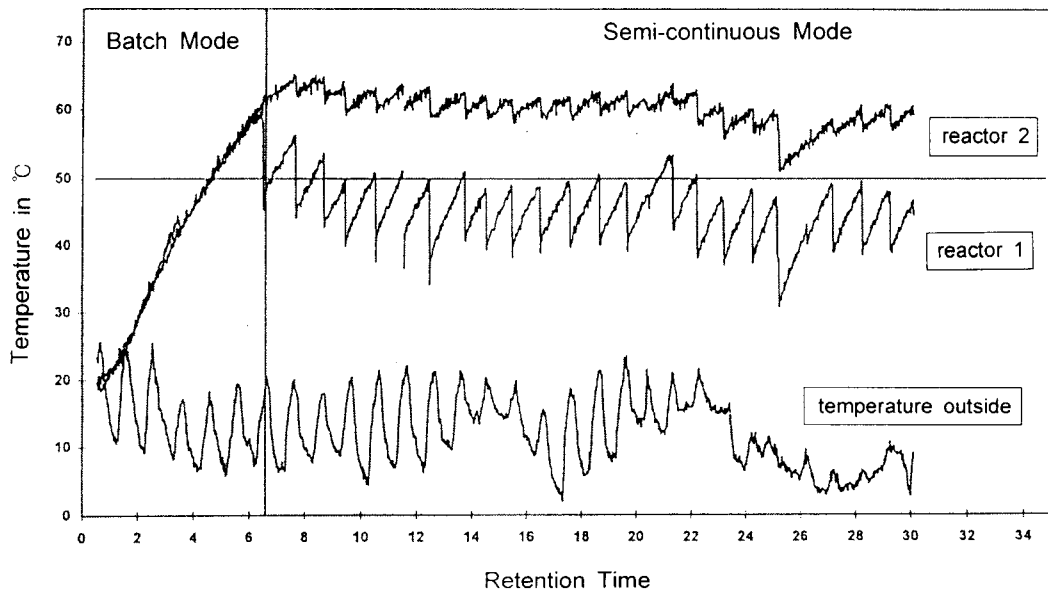


Fig. 2. Rise of temperature in batch mode and semi-continuous mode.

서 30일간 유지되고, II단계 반응조는 50~60℃ 범위로서 변동되고 있었다. 따라서, 투입 재료인 슬러리 내의 병원균 잠초종자 등의 살균처리가 가능하였다. 반 연속식의 경우는 소요체류기간이 6일이고, 매일 5m³ 처리가 가능하였다.

투입 슬러리의 고형물농도(TS: total solids)는 7.1%, 유기물 함량은 5.3%, 폭기용 전동기는 1.5~2 kW 크기이며, 통기량은 6 m³/h (=0.4m³air/m³RV/h), 比 動力(specific power)은 100~135 W/m³ 였다. 산도(pH)는 미생물의 유기물 산화작용으로 7.4에서 8.3으로 증가되었고, 질소손실은 1% 이하였다.

일반적으로 액상 콤포스트화 처리 최적조건은 고형물농도가 3~4%이며, 이 고형물농도가 5% 이상이 되면 에너지 비용이 늘어나고, 통기시간이 감소된다. 에너지 비용 절감을 위한 적정 비 동력은 80~100 W/m³이며, 적정 통기량은 6 m³/h이다.

2. 바이오 가스 생산(biogas production)

그림 3은 젓소 87마리에서 배설되는 슬러리에서 생성되는 고온 열 바이오 가스생산

시설로서 수직형 스틸구조의 단열 반응조(용량: 200 m³)내에 7.5 kW의 교반기(mixer)와 가스 섶(gas sack)으로 구성되어 있으며, 매일 처리량은 6m³이고, 처리기간은 33일이다. 여기서 얻어진 바이오 가스는 블록형 열동력 장치(BHKW)에서 연소된다. 바이오 가스 연소열 에너지는 바이오 가스 반응조 가열 및 주택 난방 열로 이용되고, 나머지는 지역 에너지 회사에 전기 에너지로 이용된다. 바이오 가스 생산시설은 55℃로 가열되며, 슬러리는 매일 공급된다.

그림 4는 처리경과 일수에 대한 반응조 온도 및 메탄 발생, 바이오 가스 생산량을 나타낸 것으로서 처음에 39℃의 중온 영역에서 작동되었으며, 처리 23일 이후에는 평균 54.5%의 메탄(최대치: 60.5% CH₄)의 바이오 가스가 140~200 m³/d 생산되어 약 278 kWh/d의 동력을 얻게 되었다.

바이오 가스는 연소엔진에 황화수소(H₂S)가 손상을 주므로 생물학적 유황 제거처리로서 바이오 가스의 황화수소를 최대한 낮게 하였으며, 이를 위하여 반응조에 공기를 연속적으로 공급하였다. 처리 1주일동안에 매일 발생 가스 용적의 2.4% 정도의 공기를 보

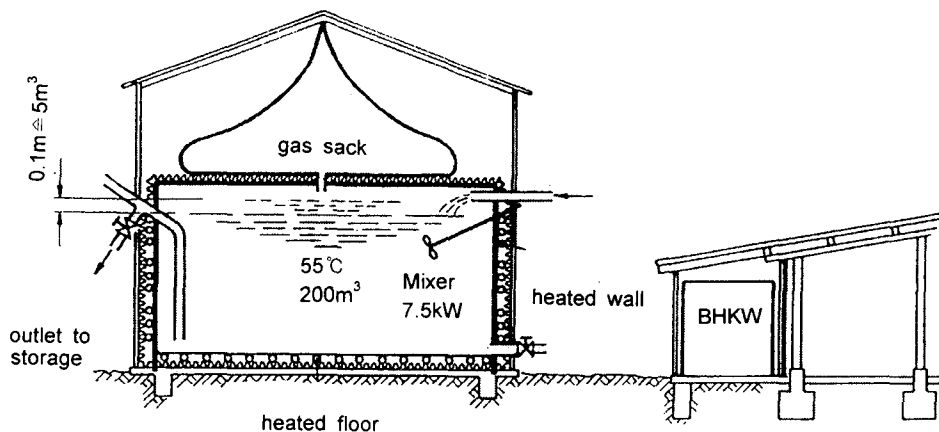


Fig. 3. Thermophilic Biogas Plant.

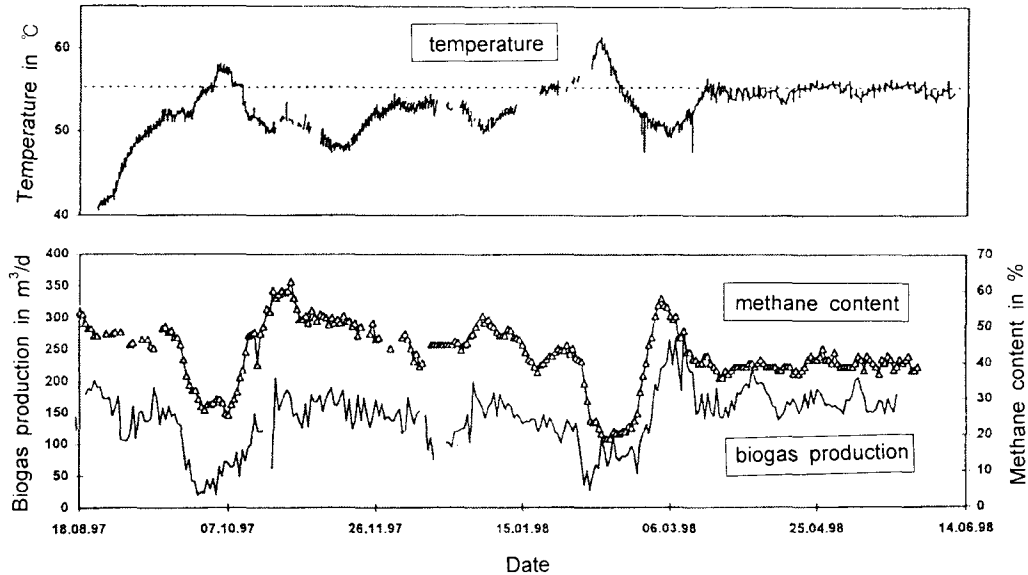


Fig. 4. Biogas production and substrate temperature.

낼 때에 황화수소 발생 최대치는 21,000 ppm 되었다. 황화수소는 발생 가스 용적의 8%로 공기를 보낼 때까지는 목표수준인 100~150 ppm에 유지할 수 없었다. 고온 영역에 진입 될 때에 다시 황화수소가 433 ppm으로 증대되어 가스용적의 8% 공기를 공급하니 32~231ppm 범위로서 약 123 ppm을 나타내었다.

중온에서 고온 영역으로 진입되는 중간 온 열영역(48~55°C)에서 메탄은 27%, 발생 가스량은 18.9m³로 저하되었고, 가스 발생량과 메탄이 크게 변동되고 있었으나, 전 기간에 바이오 가스는 온도 55°C에서 매일 메탄 41%의 172m³ 가스가 생성되고 안정화되었다. 병원균은 온도가 39~42°C(중온열원)와 50~58°C(고온열원)을 거쳐서 모두 사멸되었다.

일반적으로 바이오 가스는 메탄이 50~65%이고, 1m³ 가스 발열량은 25.1MJ로서 도시 가스 열량과 비슷하며, 어미 소 1두 당 분뇨에서 0.7~1.2m³/d 가스가 생성된다. 바이오 가스처리시설의 가동 필수조건은 반응조 온도 관리, 생산비용 저감 및 消化 汚泥의 비료화

등이다.

결 론

현재 우리나라는 액상가축분뇨의 재활용 기술이 절실히 요구되고 있는 형편이다. 따라서, 축산농가와 시설채소 농가의 연결형 구조로서 자원순환형 농업기술 개발이 중요하다.

이상과 같은 액상분뇨처리 기술은 건설비와 생성된 액상퇴비의 유통체계가 문제이나, 앞으로 지역농업 관련단체, 시설 농업 및 축산업 최고 경영자들의 적극적인 친환경 농업과 양액 재배시설원에 농업이 이뤄지면서 점진적으로 실용화 기술로 활용될 것으로 전망된다.

인 용 문 헌

1. 홍지형 외 3인, 1999, 축산폐기물자원화, 동화기술 pp. 69-123.

- 동화기술 pp. 69-123.
2. Burton, C. H.(Ed.) 1997. Manure management, Lister & Durling printers pp.115-143.
 3. Doll, L. 1998. Ergebnisse der verfahrenstechnischen Untersuchungen. In: Wirtschaftsdunger in Wasserschutzgebieten, ALB Baden-Wuttemberg Mitgliederversammlung.
 4. Oechsner, H and Doll, L. 1998. Decontamination of liquid manure by using a thermophilic biogas plant and a aerobic thermophilic stabilization(ATS) plant, AgEng Oslo98, Int. Conf. on Agr. Enging., Oslo 24-27 August. Paper No.98/F/060, Eur-AgEng.
 5. Skjelhaugen, O. J. 1999. A farmer-operated system for recycling organic wastes, Jour. of Agricultural Engineering Research. pp. 373-382.