

# 농가형 축산분뇨 처리를 위한 바이오가스화 공정 설계

조현섭\*

\*청운대학교 디지털방송공학과  
e-mail:chohs@chungwoon.ac.kr

## Process Design Biogas Plant of the Farm Scale livestock excretions

Hyun-Seob Cho\*

\*Dept of Digital Broadcast Engineering Chungwoon University

### 요 약

Recently, environmental pollution by livestock excretion is gathering strength as livestock industry is advanced on a large scale. Bio-gas is generated more than about 70 percent if remove impurities in the course of extracting bio-gas to use livestock excretion. In this paper, we developed a device that can use it in heating after extracting bio-gas from livestock excretion collected in livestock farmhouse and can supply electricity by using generator developed in itself. Also, because this system is epoch-making no discharge system to solve smear of existing method, it is expected that we have effects to prevent environmental pollution and get alternation energy and burden on the institution to treat livestock excretion of a pig breeder is solved, if use it.

### 1. 서 론

축산업이 대규모로 발전하면서 축산농가에서 발생하는 가축의 분뇨등의 처리문제 가 사회적 이슈로 대두되고 있는 실정이다. 그러나 현재 그 해결책이 몇몇 시행되기는 하였으나 그 효과가 미비한 실정으로 근본적인 해결책이 절실히 요구되고 있는 실정이다[1]. 이에 수년간의 연구끝에 축산분뇨를 이용한 대체에너지화 의 이론적 기반을 구축하고 사업시행 단계에 접어들었다. 축산농가에서 발생하는 분뇨등이 예전과 같이 소규모로 소량 배출될 때에는 자연 퇴비 형태로 활용할 수도 있었으나 그 양이 과다하다 보니 그런 방식으로는 처리가 불가능하게 되었다. 따라서 이런 분뇨들의 무단방치 및 해양투기로 인한 침출수(하천, 토양오염) 및 해양오염의 환경문제가 발생하여 축산농가 및 정부기관에서도 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 정부기관 및 축산농가가 해결책을 모색키 위해 여러가지 방법을 시도해 보았으나 그 효과가 미비하였고 오히려 축산농가의 부채만 늘리는 과오를 범하게 되었다. 이러한 근본적인 문제점들이 해결이 안되다 보니 축산농가는 농가대로 어려움이 많고 이로

인한 환경오염으로 제3의 피해자들이 늘어가고 있다. 그러나, 이러한 문제점들을 발생시키는 축산분뇨는 오염원이 아닌 자원이라는 것을 알게 되었다. 선진유럽국가에서는 이미 대체에너지에 대한 연구 및 그 결과가 도출되었다. 우리 한국은 요 근래에 들어서야 대체에너지에 대한 관심이 활성화 되어 본격적인 연구 및 사업화 장려 아이템(산자부 고시 제 2001-116호)타 에너지지원사업 운영요령(안)이 발표되었다. 본 연구에서는 축산분뇨를 이용한 대체에너지 개발하기위한 바이오가스화 공정 설계와 사업화를 위한 연구이다. 따라서 축산분뇨를 축산농가에서 수거하여 바이오가스(천연가스)를 추출한 다음 이를 난방에 이용하고 또한 자체개발한 발전기를 이용하여 전기를 자체 공급 할 수 있는 방안을 개발하였다. 부가적으로 발생하는 분뇨찌꺼기(슬러지)는 일명 바이오탄을 생산하여 축산농가 및 동절기 하우스 농가의 경우 대체연료로 공급하고 노는 질 좋은 액체 비료로 농가에 보급한다면 환경은 물론 대체에너지로서의 경제적 파급효과가 기대되면서 동시에 경제적으로 농가 개인만이 아닌 국가적으로도 에너지자원 절약 및 활용방안이 되리라 확신한다. 또한 이 시스템은 완전 무방류 시스템으로 기존방식의 오염을

보완한 획기적인 시스템으로 환경오염은 물론 대체 에너지로 활용할 수 있으며, 영세 양돈농가들의 축산분뇨·처리시설의 부담이 가중될 것으로 사료되나 이를 해소해 줄 것으로 기대된다.

## 2. 축산분뇨의 특징

※자료 출처

1. 전국축산폐수 발생량 통계 (환경부 2000년도 통계)
2. 축산분뇨 자원화시설 표준 설계도 (1999.8)[2,3]

### ■ 축산분뇨의 실질적 발생량 추정

분뇨로 인한 오염의 예측  
적합한 처리시설의 설치  
미래의 사육증감에 대한 계획  
비료적 자원이용 가치  
대체에너지로서의 경제성 분석  
축종별 세부적 배출량은 표 1과 같다.

[표 1] 축종별 세부적배출량(단위:일/두/kg)

구분		젖소	한우	돼지	비고
축산분뇨 배출원단위	분	24.6	10.1	1.6	A
	뇨	11.0	4.5	2.6	B
	계	35.6	14.6	4.2	C=A+B
세정수량		10.0	0.0	4.4	D
축산분뇨 배출원 단위		45.6	14.6	8.6	E=C+D

### 2-1 국내의 바이오 가스화의 기술 및 문제점

기술의 공통의 문제점으로 혐기성 미생물에 대한 온도유지 어려움과 고농도로 함유된 암모니아의 혐기성 미생물에 대한 독성 및 COD 의 과소 평가에 의한 공정의 과부하를 들 수 있다[4]. 또한 높은 유기물 부하의 적용이 가능한 혼합형 고율 혐기성 반응조와 암모니아, PH, 온도의 기계공학적인 제어시스템(자동화)의 어려움과 본사업의 적용기술에 대한 이해가 부족하며, 미생물의 부유 및 부착성장에 필요한 반응기 시스템제작에 어려움을 갖는다[5].

### 2-2 축산 폐기물 바이오가스화 국내 적용사례

#### o 도내 적용 사례

[표 2] 기술의 종류

바이오가스화의 기술종류(혐기성소화공정)	적용방법	기술의 장점	기술의 문제점	비고
재래식 소화법	2단 소화공정	중소규모처리, 시설비 저렴	재류기간(20일 이상) 필요, 토지필요, 2차처리	
BIMA법(부유성장식)	1단 소화공정(15일) 완전혼합반응기형	처리공정 자동화	낮은 처리 효율, 시설과다	오스트리아개발
HAF(부착성장식)	상부여재충전층, 하부 30~40%여유공간	막형현상방지, PH 및 온도저하방지	악플주입 2차처리, 최적온전 조건충족해야됨	국내개발
USAB(임상성상)		1~2일의 체류기간	부유물질 축적 효율저하	

공주시 축사폐수 공공 처리장

- 처리용량: 250m<sup>2</sup>/일
- 처리공법:쌍용 하이셉 공법
- 처리공정 전처리시설 :드럼 스키린, 원심분리기, 침사조
- 1차 처리시설 :저류조,하이셉소화조 (매탄발효조),질산화폭기조,침전조
- 2차 처리시설:SBR
- 3차 처리시설:화학처리,사여과,오존접촉조,활성탄 여과 탈취시설:오존 탈취기
- 바이오가스이용:매탄발효조 가온,잉여가스 소각
- 매탄발효조의 SS농도 3,000mg/l 이하일때 정상 가동,따라서 유입 축산폐수의 SS농도 3 0,000mg/l이므로 전처리에서 90% 이상의 유기물이 손실되므로 이용공정으로 볼 수 없음

홍성군 축산폐수 공공처리장

- 처리용량 250m<sup>2</sup>톤/일 로 공주시와 동일한 공정임.
- 현재 보강 공사중임
- 일부 축산농가에서 방이어가스화 하여 매탄 발효조 가온과 타 용도로 한정적으로 이용함.

#### o 국내 적용사례

축산폐수 공공처리장: 바이오가스화 공정을 채택한 곳 중 현재 정상 운전중인 곳은 거의 없으며, 축산농가 : 매탄발효조 가온과 타 용도로 한정적으로 이용하고 있음.

### 2-3 축산폐기물 바이오가스화 해외 적용사례

o 유럽의 여러 나라에서 축산분뇨 처리의 기본시설로 CAD(Centralized Anaerobe Digesting)를 채택하고 있음 : 독일,덴마크,스웨덴,영국,오스트리아,포르투갈 등

#### o 돈분처리 바이오가스플랜트 실례

[표 3] 이탈리아 Emilia-Romagna 지역의 돼지농장

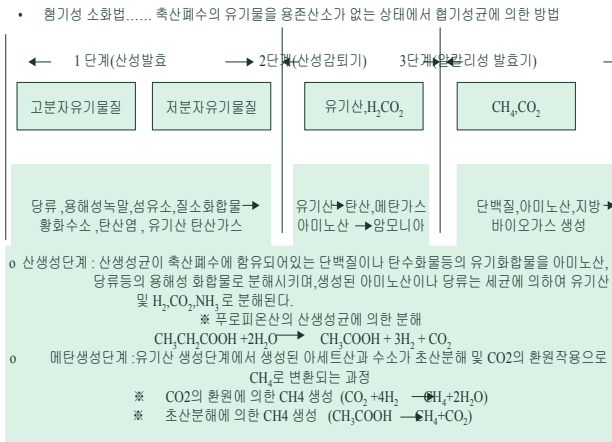
축산분뇨 생산량(m <sup>2</sup> /y)	21,900	전력판매(uss/y)	28,370
바이오가스량(m <sup>2</sup> /y)	117,800	유지보수비(uss/y)	6,460
바이오가스 수율(m <sup>2</sup> /y)	5,38	순수익(uss/y)	21,910
발전기 용량(kW)	50	투자비(uss,1993)	98,900
전력생산량(kW)	191,300	회수기간 (y)	4.5

[표 4] 이탈리아 Emilia-Romagna지역의 낙농 농장

소화조 용량(m <sup>2</sup> )	1,700
매탄 가스량(m <sup>2</sup> /y)	21,000
순수익(uss/y)	5,430
투자비(uss,1988)	22,200
투자회수기간(y)	4.2

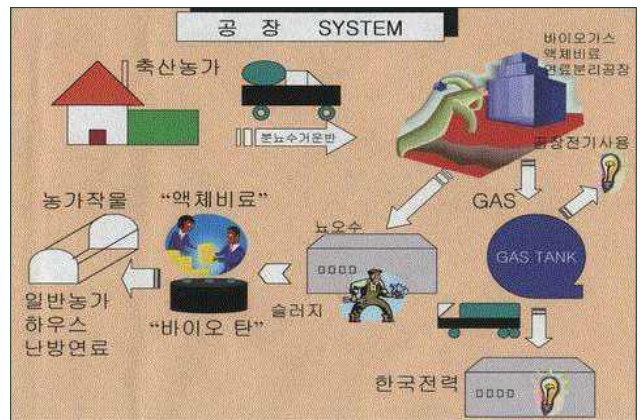
### 3. 축산분뇨 바이오 가스화의 기술적 분류

60~70년대에 시험 사업으로 바이오가스를 사용하여 왔으나 시설이 낙후하고 조잡하며, 또한 바이오가스를 추출할 축산분뇨가 충분치않아 대응으로 인분을 사용하다보니 바이오가스량 부족 및 악취가 발생하여 경제적으로 문제가 발생되어 중단된 상태이다. 따라서 본 개발연구의 특징은 현재 축산산업이 대규모로 발전하면서 오히려 환경문제가 대두되었다. 그러므로 축산 분뇨를 이용하여 바이오가스를 추출하는 과정에서 불순물을 제거함으로서 바이오가스가 약 70%이상 발생하므로 열량은 현재 일반적으로 사용중인 도시가스(LNG)열량과 비교해 볼 때 그 제적 가치가 비슷하다[6,7]. 그러므로 이를 대체에너지로 활용 가능하므로 일석이조라 하겠다.



[그림 1] 축산분뇨 바이오가스화의 기술적 분류

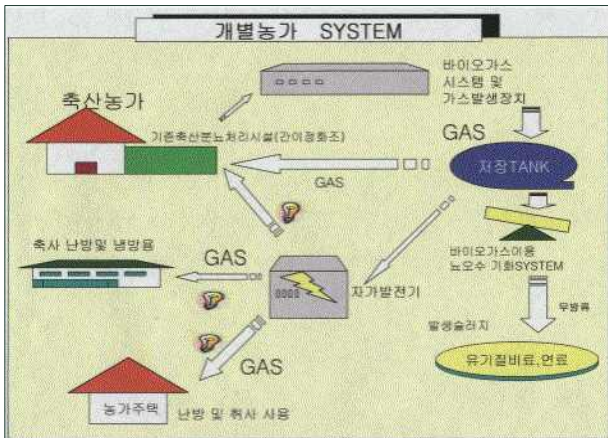
본 연구에서는 축산분뇨를 축산농가에서 수거하여 바이오가스(천연가스)를 추출한 다음 이를 난방에 이용하고 또한 자체개발한 발전기를 이용하여 전기를 자체 공급 할 수 있는 방안을 개발하였다. 부가적으로 발생하는 분뇨찌꺼기(슬러지)는 일명 바이오탄을 생산하여 축산농가 및 동절기 하우스 농가의 경우 대체연료로 공급하고 노는 질 좋은 액체비료로 농가에 보급한다면 환경은 물론 대체에너지로서의 경제적 파급효과가 기대되면서 동시에 경제적으로 농가 개인만이 아닌 국가적으로도 에너지자원 절약 및 활용방안이 되리라 확신한다. 또한 이시스템은 완전 무방류시스템으로 기존방식의 오점을 보완한 획기적인 시스템으로 환경오염은 물론 대체에너지로 활용할 수 있으며, 영세 양돈농가들의 축산분뇨·처리시설의 부담이 가중될 것으로 사료되나 이를 해소해 줄 것으로 기대된다.



[그림 3] 공장 시스템

### 4. 축산분뇨 바이오 가스화의 연구개발 내용

#### 4-1 축산분뇨의 처리 System

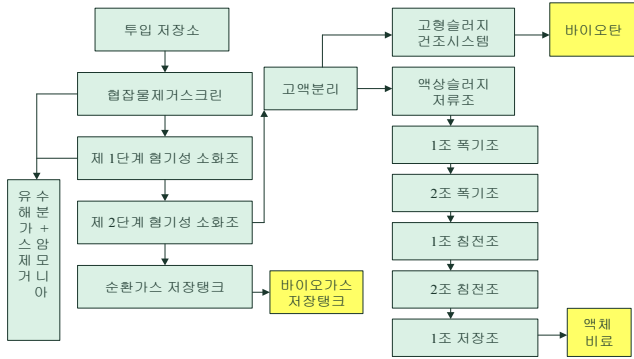


[그림 2] 개별농가 시스템

#### 4-2 축산분뇨의 바이오가스 및 대체연료 공정도

가축의 분과 뇨를 분리하는 과정을 거치지 않고 혼합분뇨를 그대로 매일 발효조에 투입하고 특수 장치에 의한 강한 공기주입, 미생물 배양물(PTB)과 온도 제어에 의한 연속 속성 발효시켜 대체에너지 또는 액비화와 바이오탄 산출을 위한 축산분뇨 처리 시스템을 개발하였으며, 가축의 분과 뇨가 혼합된 상태로 발효조에 투입하여 연속 발효, 증발 및 재회전시키는 무방류가 가능한 축산분뇨 폐수처리 시스템을 개발하였다. 또한 부가적으로 발생하는 분뇨찌꺼기(슬러지)는 일명 바이오탄을 생산하여 축산농가 및 동절기 하우스 농가의 경우 대체연료로 공급하므로 경제적 가치가 충분함으로 국가적 에너지 자원절약 및 활용에 큰 영향을 줄 것으로 사료된다.





[그림 4] 축산분뇨의 바이오가스 및 대체연료 공정도

#### 4-3 축산분뇨 처리방법의 차별성

현재 한국에너지기술연구소 및 경기도 파주시청과 연계하여 음식물 쓰레기를 이용한 바이오가스를 추출하여 전기공급에 활용은 하고 있으나 후처리는 안 되고 있다. 정부에서 주관한 난지도 쓰레기매립장에서 바이오가스를 추출하여 현재 전기에너지로 활용하고 있다. 그러나 축산 분뇨를 이용한 바이오가스 에너지화는 현재 국내에는 존재하지 않는다. 다만 연암 축산대학 및 국내 우수기업이 현재 연구중에 있는 것으로 사료되며 몇몇 농가에서 시행은 하고 있으나 그 결과가 미비하여 설득력이 없는 것으로 사료된다. 본 연구에서는 가축의 분과 뇨를 분리하는 과정을 거치지 않고 혼합분뇨를 그대로 매일 발효조에 투입하고 특수 장치에 의한 강한 공기주입, 미생물 배양물(PTB)과 온도 제어에 의한 연속 속성 발효시켜 대체에너지 또는 액비화와 바이오탄 산출을 위한 축산분뇨 처리 시스템이며 또한 축산분뇨는 처리방법에 따라 물리적, 화학적, 생물학적 방법으로 나눌 수 있으며, 대상물질에 따라 분처리 방법 및 뇨처리 방법으로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 산소의 공급으로 미생물의 생장 조건이 좋기 때문에 오염물질이 제거된 효율 높은 액비와 또한 조작이 단순하고 시설비가 적게 들며 자원을 재 이용 할 수 있는 장점을 갖는다. 그리고 가축의 분과 뇨가 혼합된 상태로 발효조에 투입하여 연속 발효, 증발 및 재회전시키는 무방류가 가능한 축산분뇨 폐수처리 시스템이며, 투입총량의 40~70%가 발효열에 의해 증발 감량되며, BOD량이 1/6~1/10로 감소, COD량이 20~30% 감량된다. 영세 양축농가에서는 경제적 능력이 부족하고 UR등으로 인한 축산물의 가격형성 불안으로 새로운 투자나 축산분뇨처리시설 설치에 자연적으로 소극적이기 마련이다. 따라서 축산폐수를 정화 처리하여 방류하는 축산농가에 대해 축산분뇨·저장시설을 설치토록 함으로써 앞으로 양돈농가

들은 새로 시설을 설치해야 하는 부담이 가중될 것으로 사료되나 이를 해소해 줄 것으로 본다.



[그림 5] 현장에 적용된 축산분뇨 바이오가스 및 대체연료 시스템

#### 5. 결 론

축산물 생산과정에서 발생하는 유기성 분뇨(오수)로부터 공해 없이 물질(액비) 또는 에너지(GAS)를 회수하고자 하는데 본 연구의 목적이 있다. 부가적으로 발생하는 분뇨 찌꺼기(슬러지)는 일명 바이오탄을 생산하여 축산농가 및 동절기 하우스 농가의 경유 대체연료로 공급하므로 경제적 가치가 충분함으로 국가적 에너지 자원절약 및 활용방안이 되리라 확신한다.

- 축산농가의 환경비용 대폭 절감, 소득 증대
- 지방 자치 단체의 환경비용, 예산 절감 효과
- 대체 에너지 생산으로 에너지 비용 절감, 원유 수입대체 효과
- 토지 조성으로 인한 비효율적인 국토 이용 낭비 제거
- 축사 환경 개선으로 생산성 증가(가축 체중 증가)
- 축산물 수입 개방으로 인한 품질, 가격 경쟁력 우위 확보

#### 참 고 문 헌

- [1] 축산환경과 시설: 농촌진흥청
- [2] 2000 가축분뇨(슬러리액비) 자원화방법 : 농촌진흥청
- [3] '99 가축분뇨 퇴비 액비제조와 이용 : 농업과학기술원
- [4] 2000축산분뇨 처리시책 및 기술교육 : 농림부, 축협중앙회
- [5] 축산폐수처리이용과 대책 : 오성출판사
- [6] 가스관계법규 : 남양문화사
- [7] 가스이론요약 : 크라운출판사
- [8] 수질환경과 이론요약 : 크라운출판사
- [9] 작물생리학 : 향문사