

## 축산분뇨를 이용한 바이오가스 플랜트

박 형완\*, 이 현상, 박 경호, 김 금모

### Two-stage anaerobic biogas plant using piggery wastewater

Hyung Wan Park\*, Hyun Sang Lee, Kyung-Ho Park, Keum-Mo Kim

**Key words** : Biogas plant(바이오가스 플랜트), Biogas(바이오가스), Methane(메탄), piggery waste(축산분뇨), Combined Heat and Power(열병합발전), Anaerobic Digestion(혐기소화)

**Abstract** : Biogas plant was started in 2007 for the purpose of treatment of 20m<sup>3</sup>/d of wastewater from piggery farm, biogas-production and electricity generation during treatment of the wastewater. The biogas plant is consists of two anaerobic digesters, gas holder and 60 kW generator. 62,287m<sup>3</sup> of biogas was produced and 74,745kWh electricity was generated by using the biogas after commencing the biogas plant.

#### subscrip

CHP : combined heat and power

OLR : organic loading rate(kg/m<sup>3</sup> · d)

### 1. 서 론

전세계적으로 화석연료의 고갈과 고유가에 따른 에너지 수입비용 늘어나고 있으며 우리나라도 에너지소비 급증에 의한 수입비용이 늘어나고 있다. 또한 탄소배출권 거래제도에 따른 신재생에너지 사업의 세계시장이 성장함으로써 재생가능하며, 친환경적인 대체에너지원의 개발이 시급하게 이루어져야 한다.

런던협약에 의해 2012부터 유기성폐기물의 식매립 및 해양배출이 전면 금지된다. 우리나라는 많은 양의 유기성폐기물을 해양배출에 의존하고 있어 이에 따른 대안이 시급한 실정이다.

축산폐수는 고농도의 유기성 물질로서, 단위 오염부하가 높고 고농도의 영양염류에 의한 하천

및 호소에 부영양화를 초래한다. 뿐만 아니라 분뇨에 함유된 병원성 미생물은 지하로 유입되어 지하수를 오염 시킨다.

따라서 이와 같은 문제점을 동시에 해결할 수 있는 방법으로 유기성폐기물의 혐기성 소화공정을 통한 메탄가스 및 전력을 생산하는 방안이 우리나라에서도 제시되고 있다.<sup>2),3)</sup>

본 연구에서 수행한 바이오가스 플랜트는 2개의 혐기소화조로 이루어진 공정으로써 각 혐기소화조 사이에 recovery system을 구축하여 충격부하에 민감한 혐기성 반응조의 단점을 극복하였고 유입원수는 전처리를 하지 않고 발생하는 축산분뇨를 그대로 이용하여 메탄가스 생산량을 극대화한 동시에 시설을 단순화하여 운전이 용이하게 설계하였다.

\* 유니슨 주식회사

E-mail : phw@unison.co.kr

Tel : (041)620-3455 Fax : (041)551-0706

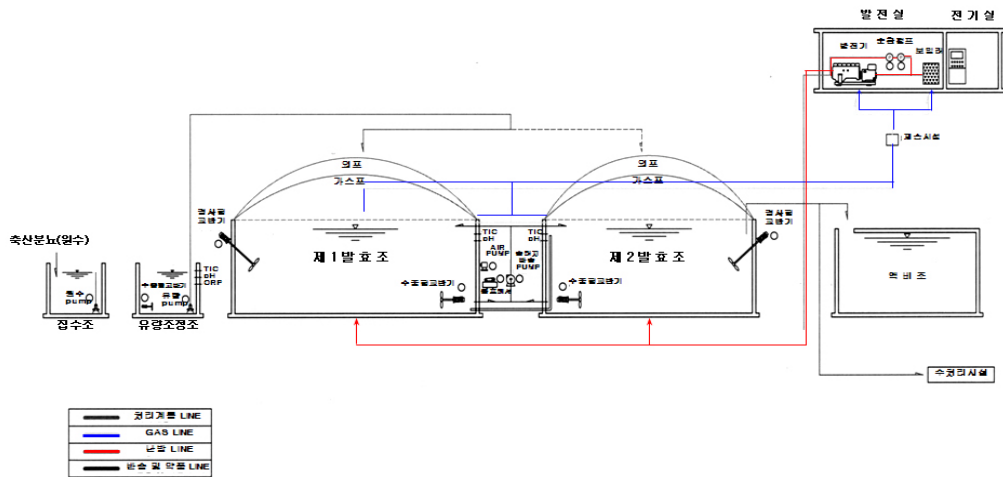


Fig. 1 Schematic diagram of the two stage anaerobic biogas plant

## 2. 재료 및 장치

### 2.1 재료

처리 대상 축산폐수는 충남에 위치한 Y농장에서 발생하는 폐수로써 돈사의 분뇨 및 세척수가 혼합되어 유입된다. 유입성상은 Table 1에 나타내었으며 처리유량은 20m<sup>3</sup>/d이다.

Table 1 Characteristics of piggery wastewater

	농도(mg/L)		
	평균	최대	최소
pH	7.0	7.2	6.7
BOD	60,210	71,260	34,100
TS(%)	8.29	12.13	3.93
VS(%)	6.28	9.51	2.69
TSS	62,783	100,100	33,600
VSS	49,641	78,300	26,100
TCOD	163,227	229,000	108,000
SCOD	65,558	137,000	20,400
Ammonia	5,956	30,600	2,740
VFA	7,450	9,480	3,063

## 2.2 바이오가스 플랜트

### 2.2.1 흐름도

본 연구에서 수행한 바이오가스 플랜트를 Fig. 1에 나타내었다. 원수는 침수조와 유량조정조를 거쳐 유효용량이 각각 700m<sup>3</sup>와 500m<sup>3</sup>인 2개의 혐기소화조에 유입되어 소화액과 바이오가스로 생산된다. 소화액은 액비저장조에 저장하였다

가 액비로 활용하며, 바이오가스는 혐기소화조 상부에 설치된 가스저장조에 포집되어 탈황과 제습과정을 거친 후 열병합발전기의 연료로 사용되어 전기와 열을 생산한다. 여기서 생산된 전기는 계통연계를 통하여 한전에 전량 판매하고 있으며, 발생 열은 혐기소화조 가온 및 축사 난방 등에 활용되고 있다.

### 2.2.2 플랜트의 구성

#### 1) 혐기소화조

바이오가스 플랜트는 철근콘크리트로 제작된 2개의 중온 혐기소화조로 이루어져 있으며, HRT는 각각 35일과 25일이다.(Fig. 2) 혐기소화조 사이에는 recovery system이 구축되어 충격부하에 민감한 혐기소화조의 단점을 해소하여 안정적으로 운영할 수 있다.



Fig. 2 The anaerobic digester for treatment of piggery wastewater and biogas production

① 교반장치

혐기소화조는 반응조의 용량이 크고 고농도의 유입수가 공급되기 때문에 슬러지 침전에 의한 운영상의 어려움을 가지고 있다. 본 시설은 경사형교반기, 잠수형 교반기, 각 반응조 내부반송의 3가지 교반장치를 복합 적용시켜 고농도의 유입수에 대응이 가능하여 침전량을 최소화하였다.(Fig. 3,4)



Fig. 3 The agitator of inclined type(30° sealing plate version)



Fig. 4 The agitator of submerged type(optimix UG 150-380)

② 가스저장조

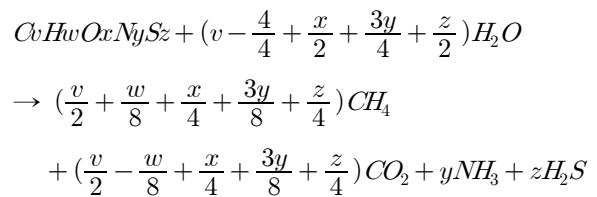
혐기소화조에서 생성된 바이오가스는 소화조 상부 EPDM소재의 내포에 저장되고, 외부환경으로부터 보호하기위한 외포를 설치하였다.(Fig. 5)



Fig. 5 Gas holder installed on the top of anaerobic digester

③ 탈황

유기성폐기물을 혐기소화 시 발생하는 가스는 세포의 합성에 사용된 양을 무시하면 아래 반응과 같이 나타난다.



위의 반응을 통하여 CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S가 생성됨을 알 수 있으며, 이중 H<sub>2</sub>S는 평형상태에서 0.5%이다.<sup>4)</sup> 고농도의 H<sub>2</sub>S가 발전장치에 유입될 경우 가스관과 엔진을 부식시키므로 탈황장치가 필수적이다.

본 시설에서는 화학적 처리방법으로 H<sub>2</sub>S를 제거하여 열병합발전기의 연료가스로 사용한다.

2) 발전장치

7,300m<sup>3</sup>/년의 축산폐수를 처리할 때 생성되는 바이오가스는 열병합발전기에서 전기와 열로 전환되며, 전환율은 각각 30%, 50%이다. 열병합발전기의 제원은 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Specification of installed CHP generator

항목	단위	사양
설비용량	kW	64
정격전압	V	220/380
정격전류	A	90
동기속도	rpm	1800
정격출력	kW	92(125hp)
압축률	-	13:1



Fig. 6 The 60kW power CHP generator



Fig. 7 Control panel of the generator

### 3. 결과

#### 3.1 플랜트 운전결과

##### 3.1.1 혐기소화조 운전 결과

혐기성소화공정에서 운전변수는 HRT 및 OLR에 의해 좌우된다. 본 시설에서는 2개의 혐기소화조 HRT를 각각 35일, 25일로 운전하여 충분한 유기물 분해 및 가스생산이 이루어지게 하였다.

일반적으로 적절한 OLR조건(0.5~1.6kg VSS/m<sup>3</sup>.d)에서 혐기성 소화조가 정상적으로 진행 될 경우 바이오가스 메탄함량은 60~70% 범위를 유지한다.<sup>4)</sup> 본 연구에서의 설치, 운영중인 2개의 혐기소화조에서 발생하는 바이오가스는 각각 평균값이 61.09%, 64.74%의 메탄함량을 함유하고 있어 (Fig. 8) 고부하의 유기물 농도를 갖는 원수 유입에도 안정적으로 운전 되고 있다.

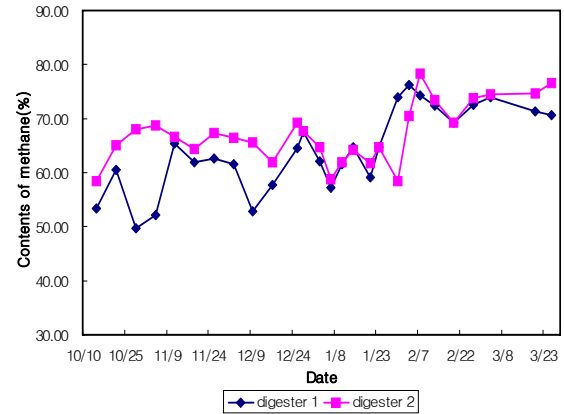


Fig. 8 Methane contents in biogas of digester 1 and 2

#### 3.1.2 생산전력

2007년 10월 가동을 시작한 가스전소형 열병합발전기는 현재까지 74,745kWh의 전력을 생산하여 매전하고 있으며, Fig. 9에서와 같이 계속해서 생산전력량이 상승되고 있다.(2008년 3월 기준)

### 4. 결론

우리나라 축산폐수의 해양배출량은 2006년 기준 약 2,600천 톤으로 1997년 52천 톤에 비해 50 배 이상 증가하였다.<sup>1)</sup> 하지만, 2012년부터 런던협약에 의해 유기성 폐기물의 해양배출이 전면금지 됨에 따라 축산폐수의 적절한 처리방법이 시급히 도입되어야 한다. 본 연구에서의 Y농장 바이오가스 플랜트는 축산폐수의 처리와 동시에 신재생에너지를 생산할 수 있는 시설로써 축산폐수 처리의 새로운 모델로 제시할 수 있다. 국내의 바이오가스 플랜트의 보급은 아직 초기단계이며, 지속적인 기술개발과 보급이 이루어져야 할 것이다.

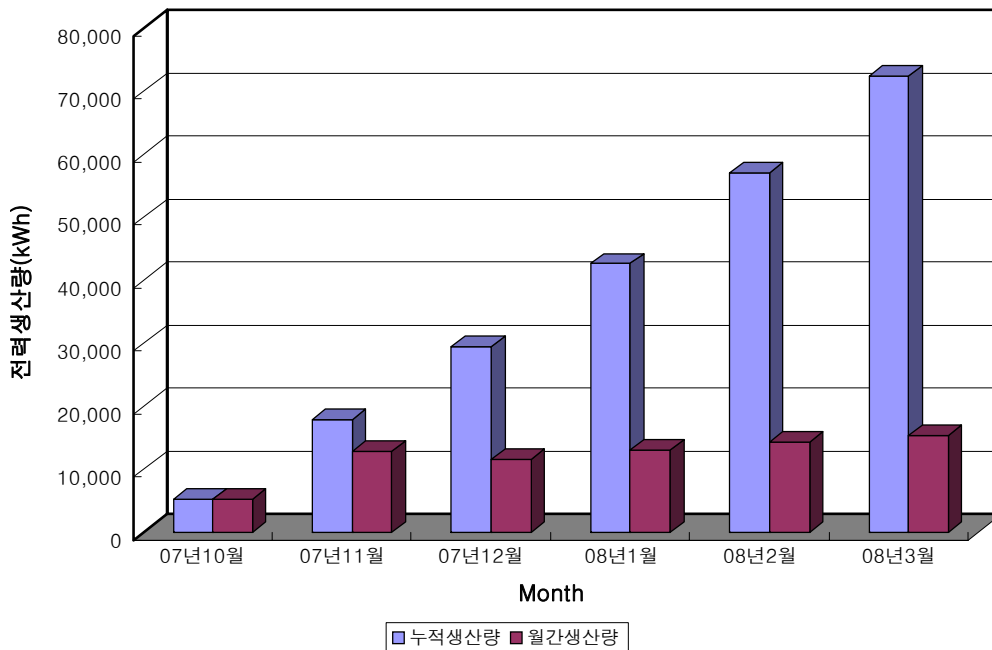


Fig. 9 Generated electricity from the two-stage anaerobic biogas plant

### 후 기

본 연구는 지식경제부 신 재생에너지센터의 신 재생에너지 기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다. 지원에 감사드립니다.

### References

- [1] 2007년 해양경찰백서, 2007, 해양경찰청
- [2] 김창현, 윤영만, 2007, "바이오가스 생산시설을 이용한 가축분뇨 자원화 연구동향, 농어촌과 환경, pp.105-117
- [3] 송민경, 박병철, 홍승모, 황석환 2006, "축산폐수의 UASB 이상혐기공정 바이오가스 플랜트에서 real-time quantitative PCR(QPCR)을 이용한 메탄생성균의 군집동력학 모니터링", 대한환경공학회 2006 추계학술연구발표회 논문집, pp. 242-248.
- [4] 오성모, 2006, "이상혐기공정의 양돈폐수 적용을 통한 생분해도 평가와 바이오가스 생성에 관한 실험적 연구", 서울시립대학교, 공학석사학위논문
- [5] 허남효, 정상순, 2005, "음식물쓰레기와 하수슬러지의 고율 혐기성 통합소화", 한국신재생에너지학회지, Vol. 1, No. 2, pp. 66-72.