

# 축분 바이오가스엔진의 성능에 관한 연구<sup>+</sup>

## A Study on the Performance of Bio-gas Engine for Livestock Manure

백 이\*    유 영 선\*    김 영 중\*    강 금 춘\*    조 기 현\*\*  
정회원    정회원    정회원    정회원    정회원  
Y. Paek    Y. S. Yu    Y. J. Kim    G. C. Kang    K. H. Cho

### 1. 서론

국내에서 발생하는 가축분뇨는 연간 4천800만톤(2003년기준)에 이르고 있다. 이 가운데 한우 749만3천톤, 양돈 2천737만톤, 젖소 912만톤, 닭이 448만5천톤을 각각 차지하고 있으며, 이 중 축분처리가 가장어려운 양돈이 56%를 차지하고 있다. 가축분뇨를 효과적으로 처리하기 위해서는 우선 환경오염을 최소화할 수 있는 자원화에 초점을 두어야한다는 의견이 지배적이다. 정화처리나 매립, 해양투기방법등은 아무리 잘처리해도 환경을 오염시키기 때문에 가축분뇨의 자원화는 크게 퇴비화와 액비화 두가지가 있지만 축산이 대규모화되고 축산농가와 경종농가간 연계를 통한 살포경지확보, 수분조절재의 확보에 따른 처리비용상승 등 재활용여건이 조성되어 있지 않아 여전히 농가의 부담으로 작용하고 큰 골치 덩어리로 나타나고 있다. 또한 가축분뇨의 퇴비화와 액비화처리를 활성화하기 위해서는 무엇보다도 유통체계를 구축하는 것이 필요한데 현실화여부는 불투명한 실정이다. 축분의 보다 근본적으로 해결해야할 과제는 분뇨발생량을 줄이는 방안과 에너지 자원화를 강구해야한다. Bio-gas 엔진의 개발은 고갈되어가는 석유연료의 대체에너지로서의 성격을 가지지만, Bio-gas 엔진은 점차 증대되는 엔진의 배출가스로 인한 대기오염을 저감시킬 수 있는 청정에너지로서의 특성을 가지고 있다, 따라서, 기존 디젤엔진의 동력전달장치를 가능한 그대로 사용하기 위한 관점에서, 엔진최고속도, 최대토크 및 출력등의 동력성능이 기존 디젤엔진과 저속영역에서 토크가 유사한 수준으로 제시 되고 있다.

본 연구에서는 기존 디젤엔진을 개량하여 축분에서 발생하는 바이오가스를 이용할 수 있는 대체 기관인 Bio-gas 엔진의 개발하고 기관의 성능 분석을 통해서 성능향상을 추구하고, 나아가 농업 활용 가능성과 기존 디젤기관의 대체 동력원으로서의 실용화 가능성을 타진코자 하였다.

### 2. 재료 및 방법

바이오가스엔진은 3기통 수냉식 디젤기관을 보디로하여 설계제작한 바이오가스엔진 실험장치는 그림

\* 농업공학연구소

\* 농촌진흥청 연구관리과

\*\* 경도대학 기계자동차과

1과 같이 동력계, 흡기계통, 연료공급계통, 배기계통, 연소해석장치, 배기분석장치 및 컴퓨터로 구성하였으며, 각 부분의 온도와 유량을 측정할 수 있도록 설치하였다.

Table 1. Specifications of the Bio-gas Engine

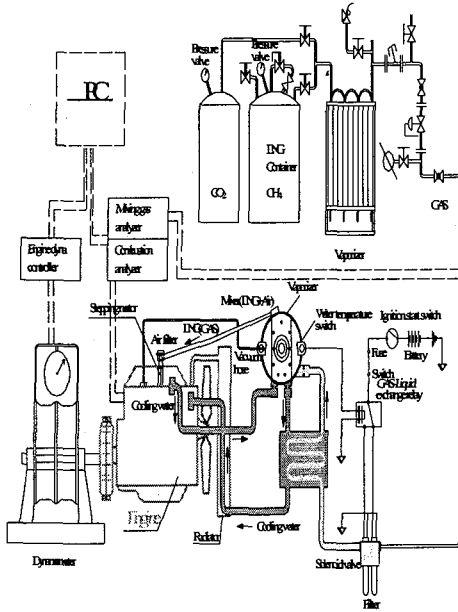


Fig. 1 Schematic diagram of the Bio-gas engine.

Item	Specification
Type	4 cycle
Number of cylinder	3
Bore × Stroke	85 mm × 82 mm
connecting rod	133 mm
Displacement volume	1,395 cc
Rated horse power	19.2 kW
Max. speed	2,800 rpm
Rated speed	2,600 rpm
Combustion chamber	swirl chamber
Compression ratio	10
Injection pump	Bosch type
Injection nozzle	DN12SD
Injection pressure	13.7 MPa
Injection timing	25°BTDC
Injection order	1-2-3

표 1은 공시건조기의 제원이며, 실린더 내경 85mm, 행정 82mm, 배기량 1395cc이고 최대 출력은 19.2PS/2800rpm이다.

#### 나. 시험방법

본 시험에 사용한 동력계는 와전류식 전기 동력계(Froud Korea (AG-80)이며, 배출가수분석은 직접채취식 분석계(HCA-4000)로 적정운전 조건은 점화진각은 MBT상태로 설정하였고 스로틀밸브를 모두 전개한 상태 즉, WOT상태로 하였으며,  $\lambda=1$  상태에서 기관의 회전수를 변화시키면서 기관의 출력, 온도 및 배기가스의 조성등을 측정하였다. 사용연료는 메탄과 이산화탄소를 혼합하여 바이오가스의 농도에 맞게 조정을 하여 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 가스발생량조사

국내에서 발생하는 가축분뇨는 연간 4천800만톤(2003년기준)으로 이 가운데 한우가 749만3천톤 양돈은 2천737만톤, 젓소가 912만톤, 닭이 448만5천톤을 각각차지하고 있으며, 이 중 축분처리가 가장어려운 양돈이 56%를 차지하고 있다. 또한 돼지 1마리당 1일분뇨량은 8.6kg이며 바이오가스발생량은 0.14Nm<sup>3</sup>/일로 나타났다.

나. 기관출력 • 토크 및 연료소비율

그림 2는 바이오가스엔진 회전속도의 변화에 따른 기관출력과 토크변화를 나타내고 있다. 토크의 변화는 회전속도가 2600rpm까지 증가할때까지는 4.01kgf·m로 변화가 그의 없었으며 최대속도인 2800rpm에서 5.08kgf·m증가하는 것으로 나타났으며, 출력은 회전속도의 증가에 따라 8ps에서 증가하여 최대속도 2800rpm에서 18.4ps으로 나타났다. 또한 연료소비율은 회전수증가에 따라 회전속도가 1000rpm에서 190.23g/ps.h, 2800rpm에서 223.21g/ps.h로 나타났다.

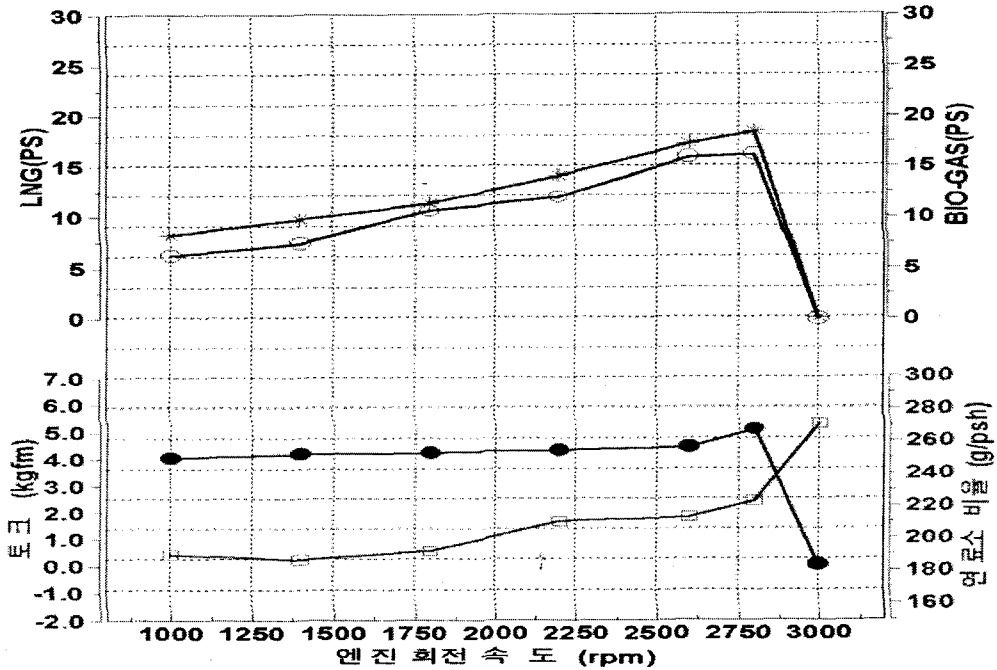


Fig. 2 Power and Torque as a function of engine speed

다. 배기배출물

그림 3은 회전수변화에 따른 배기배출물을 나타낸 것이다. 엔진 회전수가 1000rpm에서 1800rpm으로 증가될 때 HC는 80ppm에서 555ppm으로 증가 되었으며, 그이후에는 670ppm ~680ppm으로 일정하게 나타났으며, 엔진회전수의 증가에 따른 CO는 0.19%~0.25%, CO<sub>2</sub>는 4.1%~ 5.4%, NO<sub>x</sub>는 회전수가 증가함에 따라 80ppm~190ppm으로 증가하는 것으로 나타났다.

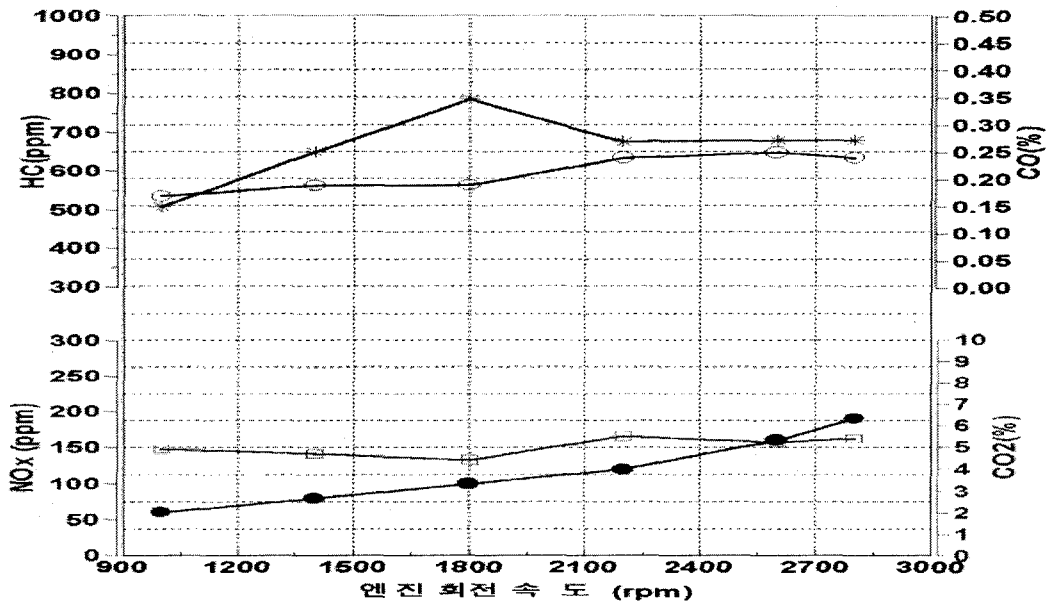


Fig. 3 Exhaust emission as a engine speed

#### 4. 요약 및 결론

본 연구는 바이오가스발생량조사 및 Bio-gas를 이용할 수 있는 바이오가스엔진을 개발하여 성능분석을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 가. 양돈은 2천737만톤으로 이 중 축분처리가 가장 어려운 양돈이 56%를 차지하고 또한, 돼지 1마리당 1일분뇨량은 8.6kg이며 바이오가스발생량은 0.14Nm<sup>3</sup>/일로 나타났다.
- 나. 정격회전수가 2600rpm에서 17.2PS, 토크는 4.41kgf·m로 나타났다. 회전수가 1000rpm에서 1800rpm으로 증가될 때 HC는 80ppm에서 555ppm으로 증가 되었으며, 그이후에는 670ppm~680ppm으로 일정하게 나타났으며, 연료소비율은 회전수증가에 따라 회전속도가 1000rpm에서 190.23g/ps.h, 2800rpm에서 223.21g/ps.h로 나타났다.
- 다. 회전수의 증가에 따른 CO는 0.19%~0.25% 사이에 나타났으며, CO<sub>2</sub>는 4.1%~ 5.4%로 나타났고, NO<sub>x</sub>는 회전수가 증가함에 따라 80ppm~190ppm으로 증가하였다.

#### 5. 참고문헌

1. 디젤엔진의 CNG 전환기술개발. 대우중공업 : 1-213
2. 박영대, 박남중, 임재현. 1979. 가축분에 의한 메탄가스 생산에 관한 연구. 농촌진흥청 농공이용연구소. 농사시험연구보고서 Vol. 21권:61-68.
3. 유광택 외 11. 1997. 열병합 발전용 200kW급 가스엔진 개발. 쌍용중공업 : 1-219
4. 이석호 외 9. 1993. 자동차 배출가스 저감기술. 창원기화기공업 기술연구소 : 1-147