

# 신재생에너지와 바이오가스

Renewable energy & Biogas



글 | 金榮燮  
(Kim, Young Seob)

· 가스기술사, 공학박사  
· 한국가스안전공사 가스안전연구원

E-mail: yskim@kgs.or.kr

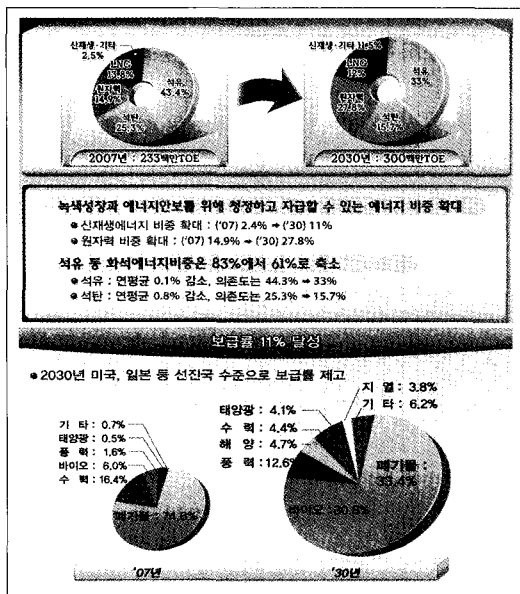
Many countries around the world have actively used biogas to reduce greenhouse gases in order to improve the environment. Recently, South Korea has invested a lot of money in technology development for organic waste and expanded the policy to supply renewable energy. The use of biogas would also increase our country's energy security. Therefore, I would suggest that our government adopt the relevant laws and systems regarding biogas in the near future.

## I. 서론

18세기 산업혁명은 인류 문명의 비약적인 발전에 기여한 바 크지만 화석연료의 급격한 사용을 초래하여 지구 온난화의 주요 원인이 되고 있다. 향후 인류는 화석연료의 사용을 줄이면서도 지금 사용하고 있는 석탄, 석유 이상의 열과 일을 할 수 있는 새로운 에너지원이 필요하고 또한 온실가스 감축에도 대응해야 하는 과제를 안고 있다. 신재생에너지는 이러한 문제에 직면한 인류에게 하나의 대안이 될 수 있을 것이다. 즉, 화석연료의 소비를 줄이면서도 지금 사용하는 에너지 이상의 일을 할 수 있는 대체에너지가 될 수 있다.

2008년 8월 정부에서 발표한 국가에너지 기본계획은 신재생에너지 개발과 보급확대, 성장동력 산업화를 목표로 하고 있다. 2030년까지 석유 등 화석에너지의 비중은 지금의 83%에서 61%로 낮추는 대신 신재생에너지의 보급률은 2.4%에서 11%까지 끌어올린다는 계획이다. 신재생에너지에는 우리가 잘 알고 있는 태양열, 태양광, 바이오, 풍력, 수력, 연료전지, 폐기물, 지열 등이 있다. 이중 특히 바이오가스의 비중을 6.0%에서 30%로, 그리고 풍력을 1.6%에서 12.6%로 확대

한다는 계획이 눈에 띈다. <그림 1, 2>는 국가에너지 기본계획을 나타낸 그래프이다.



<그림 1, 2> 국가에너지 기본계획(2008.8월)

## II. 본론

### 1. 바이오가스 개요

#### 1.1 용어 정의

법에서 정의하는 신재생에너지란 “기존의 화석

연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛, 물, 지열, 강수, 생물유기체 등을 포함하는 재생가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지”를 말한다. 신재생 에너지 중에서 바이오에너지 등은 다시 에너지원 별로 생물유기체를 변환시켜 얻어지는 기체, 액체 또는 고체 연료로서 바이오에너지, 석탄을 액화 및 가스화하여 얻어지는 에너지로서 석탄에너지, 원유를 정제하고 남은 최종잔재물로서 중질잔사유를 가스화한 공정에서 얻어지는 연료로서 중질잔사유 에너지, 그리고 각종 사업장 및 생활시설의 폐기물을 변환시켜 얻어지는 기체, 액체 또는 고체 연료로서 폐기물 에너지가 있다.

## 1.2 바이오가스의 종류

바이오가스는 유기성(有機性) 폐기물이나 바이오매스를 태우거나 발효시켜 만든 연료 및 이를 석유제품 또는 천연가스와 혼합하여 제조한 연료로서 유기성폐기물과 매립지 가스로 대별할 수 있다. 유기성폐기물에는 음식물쓰레기, 음폐수, 가축분뇨, 하수슬러지 등이 있고 매립지 가스에는 쓰레기 매립장 등에서 발생하는 LFG(Landfill Gas)가 있다. 바이오가스는 용도에 따라 발전용 또는 수송용 연료로 사용되며 부산물로서 바이오퇴비(액비 또는 퇴비) 등이 생산된다.

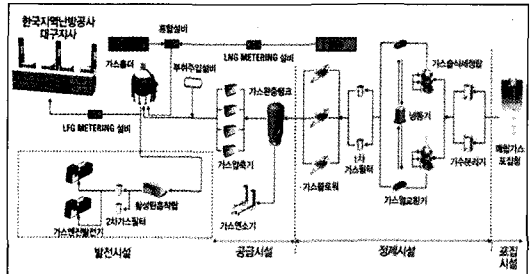
## 1.3 바이오가스의 제조

### 1.3.1 유기성 폐기물 가스

유기성 폐기물 가스는 반입된 음식물이나 가축분뇨를 저장조로 이송하고 유기물을 투입·혼합한 후에 혐기성 소화조로 보낸다. 소화조에는 온수나 스팀을 넣어 소화를 촉진하고 여기서 발생된 바이오 원료가스를 가스저장조로 보낸 후 탈황장치를 거쳐 유향을 제거한다.(또는 탈황장치를 거친 후 가스저장조로 보낸다) 이후 수분이나 이산화탄소를 제거하면 메탄의 농도가 높은 바이오가스가 제조된다.

### 1.3.2 매립지 가스

쓰레기 매립장에 50m 간격으로 포집정을 설치하고 포집정 안에 포집공(150A, PE관)을 설치하여 가스를 포집하고, 가스습식 세정탑에서 매립가스 중의 산성가스(NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S 등)를 제거하며 필터에서 먼지 등의 이물질질을 제거하여 압축기로 압축(0.5 MPa)후 가스홀더(3,000m<sup>3</sup>)에 저장한다. 저장된 가스는 정압기에서 0.3 MPa의 압력으로 조정된 후 배관을 통해 지역난방공사 등의 사용처로 공급된다.



〈그림 3〉 매립지 가스 생산 공정

## 2. 국내·외 이용현황

### 2.1 국내 현황

국내에서 발생하는 전체 유기성 폐기물 중 재활용률은 83.6%, 매립 8.0%, 소각 5.4%, 해양투기 3.0%의 비율로 처리되고 있다. 이러한 유기성 폐기물들은 국내외에서 심각한 환경문제를 야기하는 물질로 분류되어 국내 법규와 국제 협약 등을 통해 직매립 금지, 해양투기금지 등의 규제가 강화되고 있다. 국내에서 음식물 쓰레기, 하수슬러지, 가축분뇨 등에 의해 생산할 수 있는 바이오 가스 생산량은 약 330만 toe로 추정하고 있으며 국내에 설치, 운영되고 있는 38개 시설 중 하수슬러지 소화조가 17개소로 가장 많고 병합시설로는 10개소가 운영 중에 있다. 이들 대부분은 자체발전이나 연소에 의한 온수공급 등 단순용도이다.

〈표 1〉 유기성 폐자원 에너지화 시설 수 및 용량 (2008년)

구분	계	음식 쓰레기	음폐수	가축 분뇨	하수 슬러지	병합
시설수	38	1	4	6	17	10
시설용량 (톤)	19,851	200	1,745	500	12,803	4,603

반면에 매립지 가스의 경우, 2005년 기준으로 총 235개 매립장이 운영되고 있으며 이 중 15개의 매립장에서 매립지 가스를 자원화하여 에너지원으로 사용하고 있다. 위의 자원화시설 중 11개소는 전기를 생산하고 4개소는 가스를 공급하고 있다. 또한 국내 바이오가스 원료공급 가능량을 유기성 폐기물(음식쓰레기, 하수슬러지, 가축분뇨)과 매립지 가스 4가지 경우에 한정하여 추정하면 최대 약 12억 Nm<sup>3</sup>/년의 바이오가스 수급이 가능하며, 이를 도시가스 가격(700원/Nm<sup>3</sup>)으로 환산하면 약 8,422억원에 상당하는 가치로 추정된다.

〈표 2〉 국내 바이오가스 원료공급 가능량 추정치

구분	총 발생량 (톤/일)	총 발생량 (톤/년)	바이오가스 발생량 (m <sup>3</sup> /년)	바이오메탄함량 (m <sup>3</sup> /년)	금액 (억원)
가축 분뇨	137,445	50,167,425	1,003,348,500	501,674,250	3,512
음식물	13,547	4,944,655	494,465,500	296,679,300	2,077
하수 슬러지	7,518	2,744,201		157,210,000	1,100
매립 가스 (m <sup>3</sup> /년)	1,356,667	495,183,528		247,591,764	1,733
합 계				1,203,155,314	8,422

- 1) 가축분뇨 : 바이오가스 발생량 20 Nm<sup>3</sup>/톤 적용
- 2) 음식물 : 음식물류폐기물은 100 Nm<sup>3</sup>/톤 적용
- 3) 하수슬러지 : 전국 61개소 기준, 공공하수시설 에너지 절감대책(2006), 대한상수도학회
- 4) 매립지 가스 : 매립가스자원화 활성화 방안 (2008, 환경부)

## 2.2. 국외 현황

### 2.2.1 유럽

유럽은 바이오가스 연료화가 가장 활발하게 진행되고 있으며 전체 바이오가스 중 매립지 가스가 전체 공급량의 46.9%를 차지하고 있다. 유럽에서는 유럽 천연가스 산업기술협회(MARCOGAZ)에서 바이오가스의 품질요구 권장사항을 마련하여 활용하고 있고 천연가스 배관망 관련 규정인 EU Directive 2003/55/EC발효에 의하여 배관망에 바이오메탄 공급을 허용하는 것을 목표로 하고 있으며 5개 국가(네덜란드, 스위스, 오스트리아, 독일, 스웨덴)는 이미 바이오메탄을 배관망에 주입하고 있다. 유럽 5개 국가에서 지금까지 바이오메탄을 천연가스 배관망에 주입하는데 있어서 문제가 없었으나 영국, 스페인, 스위스 등의 국가에서는 매립지에서 생성된 매립지 가스에 할로젠 화합물 등이 포함될 사례가 발견되어 천연가스 배관망에 바이오메탄 주입을 금지하고 있다.

#### ① 스웨덴

세계에서 유일하게 수송용 바이오가스 품질기준을 제정하여 운용하고 있는 국가이다. 1999년 자동차 제조업체의 요청에 의해서 자동차 연료로 바이오가스 품질기준(Swedish Standard SS155438)을 제정하여 운용하고 있고 수송용 연료분야에서 천연가스보다 바이오가스를 더 많이 공급하고 있다. 전체 메탄가스 공급량 대비 바이오가스 공급률은 54%이다.

#### ② 스위스

스위스에서는 여러 지점에서 천연가스 배관망에 바이오가스를 정제하여 주입하고 있다. 바이오가스의 품질기준은 산업용 기준(Swiss regulation ; G13)만 설정하여 운용하고 있으며

제한적 주입(Limited gas injection) 기준과 비교적 엄격한 기준이 적용되는 무제한 주입(Unlimited gas injection) 기준 두 가지의 기준을 제시하고 있다. 즉 고질인 무제한 주입의 경우, 사용처를 제한하고 있지 않으므로 천연가스화 하여 도시가스 연계는 물론이고 자동차 연료로도 활용하고 있으며, 제한적 주입인 경우 품질의 수준이 낮으므로 고발열량 및 고품질을 요구하지 않는 수요처를 대상으로 바이오가스가 활용되고 있다.

### ③ 독일

독일의 Stuttgart와 Vierssen은 각각 1986년과 1981년부터 매립가스를 천연가스 배관망에 공급하였지만, 매립가스 연소시 다이옥신이 발생할 수도 있다고 하여 매립가스의 천연가스 배관망 공급을 중단하였다. 하지만 최근 바이오가스의 천연가스 배관망 공급으로 전환하여 바이오에 의한 천연가스 대체율을 2020년에 6%, 2030년에는 10%로 설정하고 바이오가스를 천연가스 배관망에 공급, 운영 중에 있다.

독일의 바이오가스 품질기준(Standard for biogas injection ; G262)은 독일바이오가스협회와 독일의 물 및 가스협회에 의해서 만들어졌으며 천연가스 품질기준(DVGW G260)을 기초로 하였다.

### ④ 프랑스

2004년 프랑스 가스공사(Gaz de France)에서는 천연가스 배관망 주입을 위한 바이오가스 품질기준을 제정하였다. 이 기준은 다른 나라들의 기준들에 비하여 산소 및 할로젠, 기타 중금속에 대한 기준을 강화한 것이 특징이라 할 수 있으며 프랑스에서도 바이오가스를 천연가스 품질기준에 만족하는 경우, 도시가스 배관망에 연

계가 가능한 것으로 알려져 있다.

### ⑤ 오스트리아

Ferngas AG는 2005년에 오스트리아 최초의 바이오가스 주입설비를 오스트리아 북쪽에 설치하였다. 이 설비는 바이오가스를 정제하여 기존 천연가스 배관망에 주입하는 설비로 시간당 10m<sup>3</sup>의 원료 바이오가스를 시간당 약 6m<sup>3</sup>의 바이오가스로 정제하여 공급하며 이 물량은 연간 400,000 kWh의 전력량에 해당한다고 할 수 있다.

다른 유럽국가와 같이 천연가스 배관망에 주입하기 위한 바이오가스 품질기준을 제정하여 운용하고 있으며 OEVGW G31은 천연가스 품질기준, 그리고 OEVGW G33은 천연가스 배관망 주입용의 바이오가스 품질기준을 설정하고 있다.

## 2.2.2 미국

미국은 Biomass R&D Act of 2000을 기반으로 농무부와 에너지부의 주도하에 바이오가스와 관련된 연구를 수행하고 있다. AgSTAR Program은 환경청, 농무부, 에너지부가 공조하여 온실가스 발생 감소와 환경개선효과를 동시에 확보하기 위해 1984년 추진한 프로그램으로 축산분뇨 액체 및 슬러리로부터 바이오 메탄가스 생산을 위한 농장 내 혐기성 소화조 설치가 급격히 증가하였다. 미국 정부 및 각 주의 적극적인 장려, 비용지원 및 신뢰성 있는 소화조의 보급으로 2000년 기준으로 2배 이상 증가하였고 동 프로그램이 시작된 1984년 이후 지속적인 지원으로 '02년에는 40개 시설, '05년에는 150개 시설로 증가하여 운영 중에 있다. <표 3>은 미국에서 유기성폐기물 통합처리 상용화 기술을 보유한 기업들이다.

### 2.2.3 일본

일본은 “바이오매스·일본 종합전략”을 통해 고효율 바이오매스 변환기술 개발 및 실용화, 바이오정제 기술개발, 바이오매스의 다단계적 이용 및 다분야 기술과의 연계체계 구축을 통해 기술개발을 추진 중이고 예산지원 중 연구단계와 실증시험단계에 대한 예산을 구분하여 철저한 실증을 거쳐 보급이 되도록 유도하고 있다. 현재 일본에서는 음식물 쓰레기, 슬러지, 분뇨 등을 혼합 처리하는 13개소의 시설과 분뇨에 다른 유기성물질을 혼합 처리하는 9개소의 시설이 설치 운영 중에 있다. 이들 시설로부터 발생된 메탄가스는 모두 에너지로 이용되고 있으며 슬러지를 포함한 소화 고형물은 퇴비로 사용되고 있다.

### III. 결론

지금까지 국가에너지 기본계획에 의한 신재생 에너지 중 바이오가스의 종류와 제조, 그리고 국내·외 이용현황을 살펴보았다. 세계 각국은 온실가스 발생감소와 환경개선효과를 위해 바이오가스를 적극 활용하고자 연구 및 시설투자는 물론 확대하는 정책을 실시하고 있다. 우리 정부에서도 유기성 폐자원 에너지화 기술개발에 투자하고 현재의 시설규모를 확대하며, 바이오가스 사업자가 바이오가스 생산 후 도시가스 배관망에 안정적으로 공급할 수 있도록 관련 제도를 정비하는 노력과 함께 에너지안보차원에서 산업을 육성하는 정책을 추진해야 할 것으로 판단된다.

(원고접수일 2011년 10월 3일(월))

〈표 3〉 미국의 유기성폐기물 통합처리 상용화기술 보유기업

기업	소화 기술	대상 폐기물	협력사	기타
Biogas Energy Inc.	혐기 소화	축산분뇨, 윤활유, 농업부산물, 음식물쓰레기	Biogas Nord(독일)	유기성 폐기물 처리
POWER-X	혐기 소화	축산폐기물, 축산분뇨, 해양폐기물, 농산폐기물	Cambridge Energy Group	메탄생산, 발전
Microgy Inc.	혐기 소화	축산분뇨, 축산폐기물	-	메탄생산, 발전

#### 참고문헌

1. “2009년 신·재생에너지 보급통계”, 에너지관리공단 신·재생에너지센터, 2009.
2. “OECD 국가의 신재생에너지 보급통계”, 에너지관리공단 신·재생에너지센터, 2008.
3. “대체천연가스 산업용 및 수송용 안정성연구”, 한국석유관리원, 2010.
4. “대체천연가스 성분 및 유해성 분석”, (재)포항산업과학연구원, 2010.