



바이오 가스터빈 열병합발전시스템 기술 개발



허 광 범
한전 전력연구원 책임연구원

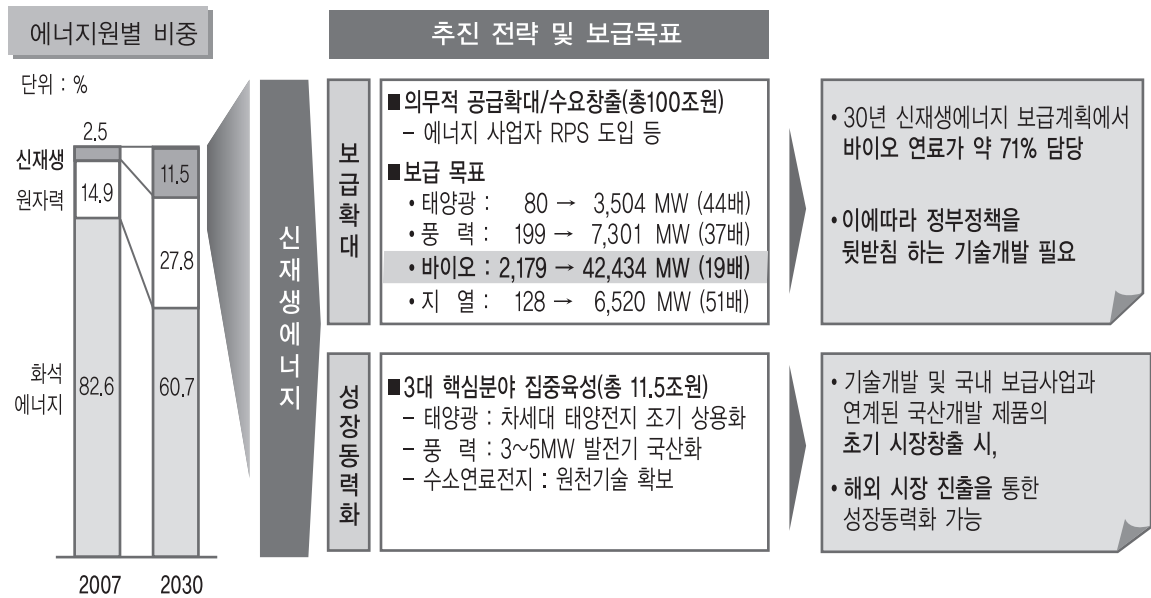
1. 추진배경

탄소 중립적(carbon-neutral)인 바이오 가스의 연료화는 화석에너지 의존도 감소 및 온실가스 배출 저감 측면에서 장점을 지니고 있다. 또한 세계적으로 다수의 플랜트에 적용된 기술로서 에너지 해외 의존도가 높고

국제 사회로부터 온실가스 배출 의무 분담 압력을 받고 있는 우리나라의 경우 반드시 기술 개발을 통한 보급 확대에 힘써야 할 기본 분야이다. 이산화탄소(CO₂)에 비해 21배나 강한 온실가스로 분류되는 메탄(CH₄)은 축산폐수, 생활하수의 혐기성 소화과정 및 매립 쓰레

기, 음식폐기물 폐수에 포함된 유기물의 분해 과정에서 발생하는 매립지 가스의 주성분이다. 바이오가스(매립지가스)를 에너지 자원화 하는 기술은 단기간 내에 화석에너지 의존도 저감 및 온실가스 배출 저감에 크게 기여할 수 있다. 최근 5MW급 바이오 가스터빈용 열병합발전시스템 개발은 국내 최초로 시도되는 것으로 다

에 나타난 바와 같이 가수분해(Hydrolysis), 산 생성(Acidogenesis), 아세트산 생성(Acetogenesis) 그리고 메탄 생성(Methanogenesis)의 다단계 생화학적 반응 단계로 이루어지며 (Gujer and Zender, 1983), 총 메탄발생량의 70%가 Acetate로부터 기인하는 것으로 보고되고 있다. 이에 반하여, MeCarty(1964)는 그림 2



〈그림 1. 녹색성장을 위한 국가에너지 기본계획(2008. 8, 지식경제부)〉

양한 기술적 옵션의 검토와 공정 해석을 통해 전처리시스템 설계를 최적화 할 때 전체 시스템의 효율 및 가동률 극대화를 이끌어 낼 수 있다. 국내최초로 개발이 시도되는 바이오 가스터빈 기술개발로서 전력연구원의 연구성과 및 신규개발 추진전략을 소개한다.

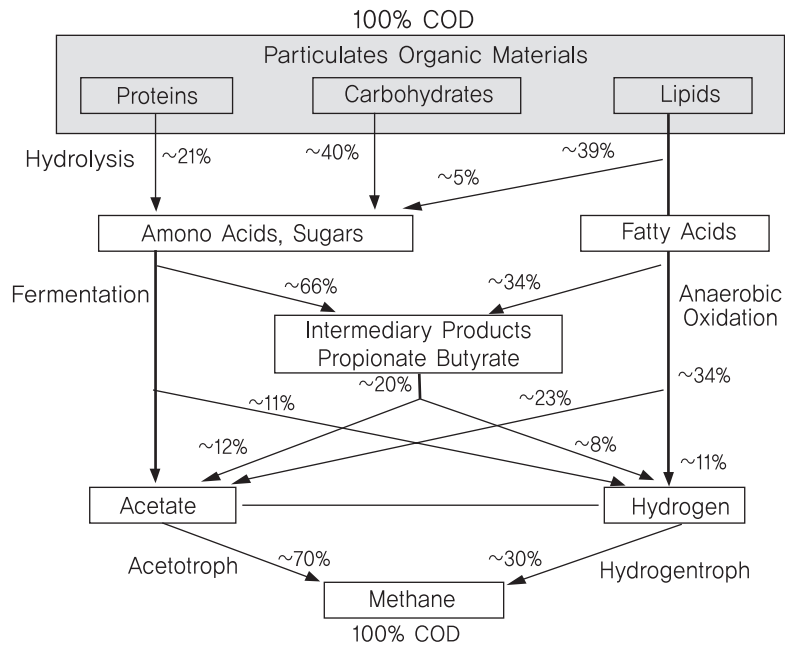
2. 바이오 가스 발생원리 분석

바이오 가스의 주 발생 원리는 혐기성 소화반응, 즉 절대적으로 산소가 존재하지 않는 조건하에서 생물학적으로 분해 가능한 유기물이 생화학적 반응을 거쳐 CH₄와 CO₂로 최종 분해되는 과정으로 정의될 수 있다. 일반적으로 입자상 유기물의 혐기성소화는 그림 2

소화 경로를 통하여 총 메탄의 70%가 Acetate로부터 발생되며, 나머지 30%는 CO₂의 Reduction (Propionate 13%, Other intermediates 15%)에서 비롯된다고 고찰되었다.

3. 해외 기술개발 적용 현황

LA 근교의 Carson 시에 위치한 JWPCP(Joint Water Pollution Control Plant)에는 이전 방문 시설과는 달리 35MW급의 바이오 가스 열병합 발전 시설이 설치되어 있어서 플랜트는 외부 전기를 필요로 하지 않는다. 플랜트에 필요한 모든 전력과 난방용 증기는 세대의 바이오 가스터빈과 한 대의 증기터빈에 의해 공급

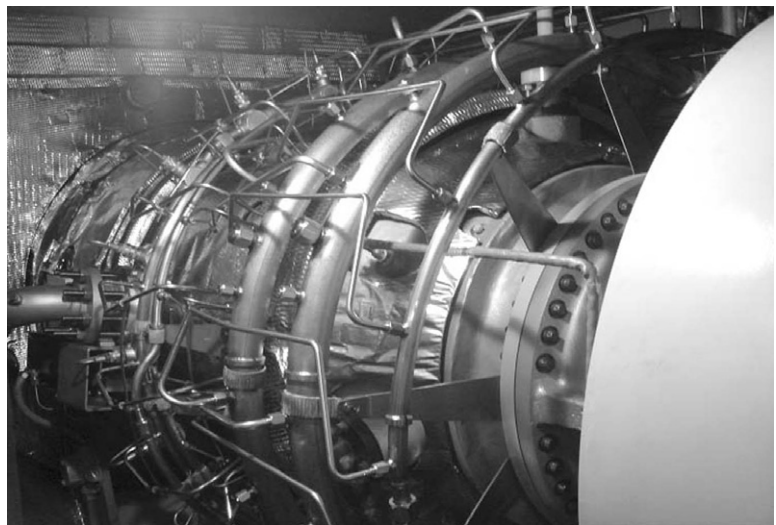


〈그림 2. 유기물질에 대한 혐기성 소화 경로〉

되어진다. 전기회사의 전기는 플랜트의 발전설비에 문제가 있을 때에는 언제든지 이용 가능하며, Carson 시의 JWPCP에는 Solarturbine 사의 Mars90 소화가스 터빈이 세 대 설치되어 있다. 각 터빈은 9.9MW 발전기와 패키지로 설치되어 있다. 두 대의 가스터빈이 평상 시 운전용이고 나머지 한 대는 예비용이다. 배출가스 제어에는 질소산화물 저감을 위한 Water Injection이 사용된다. 주입수는 터빈의 블레이드의 손상을 막기 위한 처리 과정을 거친다. 주입수의 처리 시스템은 경도 제거를 위한 연수기, 용존 고형물 제거를 위한 정제시스템, 추가적인 용존 고형물 제거를 위한 순수처리 설비로 이루어져 있다.

이곳에서 발생하는 소화가스도 전처리가 필요하다. Carson시의 JWPCP에

도 소화가스 전처리 시스템이 설치되어 있다. 1차 처리를 거친 소화 가스는 수분과 입자상 물질이 제거되어 압축기의 과도한 마모가 방지된다. 소화 가스는 먼저 두 대의 벤츄리 스크리버와 비 음용수를 사용하여 입자상 물질을 제



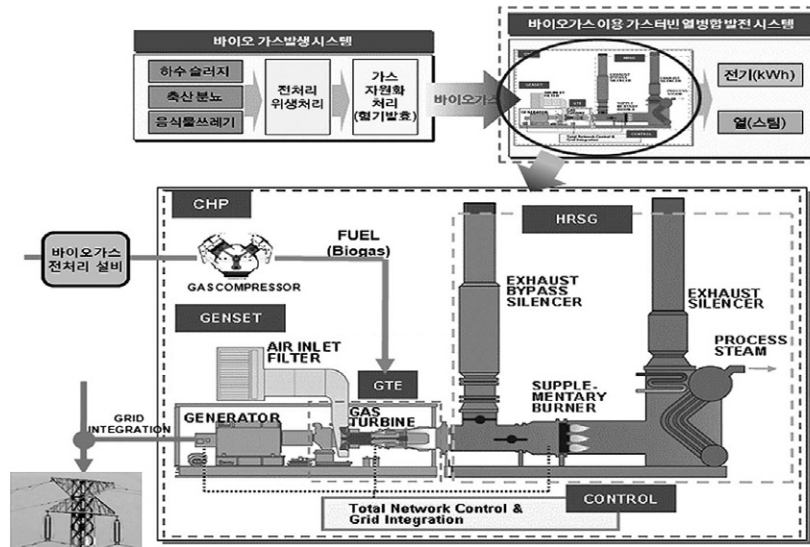
〈그림 3. 바이오 가스터빈 열병합발전 시스템〉
(9.9MW급 가스터빈 3기, 5.5MW급 스팀터빈 1기 운전, 미국 LA)

거하는 스크리빙 공정을 거친다. 제거된 입자상 물질은 정기적으로 블로우 다운되어 배출된다. 두 대의 습분 제거기는 벤츄리 스크리버 후단에서 수분 입자를 제거한다. 습분과 입자상 물질이 제거된 소화 가스는 두 대의 냉각기(chiller)를 거치면서 수증기가 제거되는데 이는 압축기 윤활유의 오염을 방지하기 위함이다.

4. 5MW급 바이오 가스터빈 열병합 발전 시스템 개발

바이오 가스터빈 열병합발전 시스템은 바이오가스(Biogas)를 연료화 하기 위한 전처리 정제시스템과 동

력을 발생하는 가스터빈 엔진과 발생된 동력을 전기로 변환해주는 발전기(Generator)의 조립체인 Genset Package와 가스터빈 엔진의 배기가스의 폐열을 회수하여 증기를 생산하는 폐열회수 증기발생장치(HRSG), 그리고 이러한 핵심 구성품의 운전을 지원하는 공기압축기(Gas Compressor)등과 같은 보조기기(BOP), 전체 발전 시스템의 운전과 제어, 계통 연계를 통해 최적의 운전 조건과 높은 경제성 확보를 가능하게 해주는 제어 시스템(Control System)으로 구성되며, 이러한 주기기 및 보조기기 등이 안정적으로 설치되어 운용될 수 있는 열병합발전 플랜트 부지(site) 구축까지를 포함한다.



〈그림 4. 5MW급 바이오 가스터빈 열병합발전 시스템의 개략도〉

〈표 1. 5MW급 바이오 가스터빈 열병합발전 시스템 개발 목표〉

항 목	세부 개발목표사양	비 고
발전 출력	5MW급	60Hz 기준
종합 효율	80% 이상	-
발전 효율	31%이상	발전기 출력단 기준
NOx	50ppm이하	O ₂ 15%, 설계점 운전조건
사용 연료	음폐수 바이오가스 또는 매립지가스 (LFG)	CH ₄ 50%이상, CO ₂ 40%미만

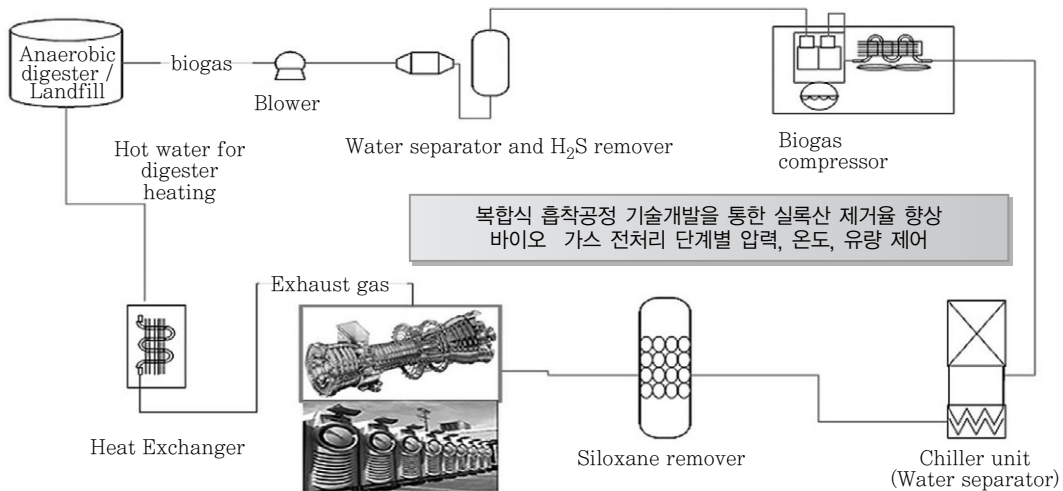
5. 전력연구원의 연구목표 및 추진전략

음식폐기물 바이오 가스, 매립지 가스, 하수 또는 축산폐수 등의 유기성 폐기물의 혐기성 소화 과정에서 발생하는 바이오 가스 주성분은 메탄(CH₄)과 이산화탄소(CO₂)이며, 그 외 구성 성분에 황화수소(H₂S), 수분, 실록산 등과 같은 유해성분 또한 포함되어 있다. 바이오 가스터빈 적용에 있어 황화수소는 배관, 압축기, 터빈 부품의 부식을 초래할 수 있고, 수분은 부식과 터빈 날개 손상 그리고 실록산은 각종 회전 운동 부품의 마모

와 열교환기의 효율 저하의 원인이 되므로 가스터빈 연료 조건을 만족시킬 수 있도록 하는 바이오가스 연료화 시스템의 구축은 필수적이다. 전력연구원에서는 연료화 전처리 정제기술에 집중하여 핵심 성장 동력 기술을 개발할 계획이다. KEA

- 과제명 : 5MW급 바이오 가스터빈 열병합 발전 시스템 개발

- 기 간 : 2009. 6. 1 ~ 2013. 5. 31(48개월)



〈그림 5. 5MW급 바이오 가스터빈용 전처리시스템 개요도〉

참고문헌

- [1] Global Markets Direct, 2008, 'Global Bioenergy Markets – Key Trends and Challenges', pp. 10–20.
- [2] McCarty, P.L., 1964, Anaerobic Waste Treatment Fundamentals, Public Works, 95
- [3] Bitton, G., 1994, Wastewater Microbiology, Wiley-Liss, Inc., 229–245
- [2] Hong, Y. S., 1995, 'Fundamentals of Gas Turbine', Chungmungak, pp. 10–13.
- [3] Saravanamutto, H. I. H., Rogers, G. F. C. and Cohen, H., 2001, "Gas Turbine Theory", Fifth edition, Essex: Pearson Education Limited, pp. 37~85. KEA