

## 바이오가스를 활용한 수소생산 방안

임현민\*, 한상중\*, 지상훈\*, 장향연\*, 김미선\*\*, 박나리\*, 정진홍\*, 김원재\*

\*한국건설기술연구원 환경연구본부

\*\*과학기술연합대학원대학교 건설환경공학과

e-mail: hmlim@kict.re.kr

### A Study on the Hydrogen Production Method Using Biogas

Hyun-man Lim\*, Sang-Joung Han\*, Sang-hoon Ji\*, Hyang-youn Chang\*,

Mi-Seon Kim\*\*, Na-ri Park\*, Jin-hong Jung\*, Weon-jae Kim\*

\*Department of Environmental Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

\*\*Civil and Environmental Engineering, University of Science and Technology

#### 요약

무산소 상태에서 유기물을 분해시키는 혐기성 소화방식을 통해 얻는 바이오가스는 이산화탄소 및 황 등을 정제하는 과정을 거쳐 전기, 가스, 열 공급 등에 필요한 연료로 사용된다. 국내 환경기초시설에서는 바이오가스의 에너지화를 위해 대부분 보일러를 사용하고 있으며, 발생온수는 해당시설의 혐기소화공정에 필요한 열에너지를 공급하거나 해당 시설내 난방을 목적으로 사용되고 있으나 바이오가스를 고효율 전력화하기 위한 기술개발이 필요하며, 별도의 기계에너지 손실이 수반되지 않는 연료전지 기반 바이오가스 에너지화 기술 및 수소생산기술이 필요하다. 본 연구에서는 기존 흡수기술 대비 이산화탄소 용해율을 대폭 증대시킬 수 있는 메탄 고도정제 기술인 병류(Co-current) 방식의 기액접촉면적 극대화 멀티유동채널을 활용하여 바이오가스 중의 메탄을 고도정제하고 정제된 메탄과 이산화탄소로부터 수소를 생산하는 연구를 수행하고자 하였다.

#### 1. 서론

바이오가스는 음식쓰레기, 가축분뇨, 하수 및 산업 슬러지 등 유기성 폐자원으로부터 발생하는 가스로서, 약 50~75 vol%의 메탄과 약 25~50 vol%의 이산화탄소, 소량의 수소, 황화수소, 암모니아 및 기타 미량가스로 구성되어 있다. 주로 무산소 상태에서 유기물을 분해시키는 혐기성 소화방식을 통해 얻는 바이오가스는 이산화탄소 및 황 등을 정제하는 과정을 거쳐 전기, 가스, 열 공급 등에 필요한 연료로 사용된다. 최근('22년 12월), 유기성 폐자원을 활용한 바이오가스의 생산과 활용에 필요한 기반을 조성함으로써 유기성 폐자원의 친환경적 활용을 촉진하고, 환경의 보전과 국민경제의 건전한 발전에 기여하는 것을 목적으로 하는 법안(유기성 폐자원을 활용한 바이오가스의 생산 및 이용 촉진법)이 제정되었다. 공공 의무생산자 부분은 '25년 1월 1일, 민간 의무생산자 부분은 '26년 1월 1일부터 시행예정이다. 국내 환경기초시설에서는 바이오가스의 에너지화를 위해 대부분 보일러를 사용하고 있으며, 발생온수는 해당시설의 혐기소화공정에 필요한 열에너지를 공급하거나 해당 시설내 난방을 목적으로 사용되고 있

다. 하지만 국내 도심지 및 기반산업은 전력다소비 특성을 가지고 있기 때문에 열에너지는 전기에너지화 비교하여 에너지 활용성 측면에서 불리하다. 따라서 바이오가스를 고효율 전력화하기 위한 기술개발이 필요하며, 별도의 기계에너지 손실이 수반되지 않는 연료전지 기반 바이오가스 에너지화 기술 및 수소생산기술이 필요하다.

본 연구에서는 기존 흡수기술 대비 이산화탄소 용해율을 대폭 증대시킬 수 있는 메탄 고도정제 기술인 병류(Co-current) 방식의 기액접촉면적 극대화 멀티유동채널을 활용하여 바이오가스 중의 메탄을 고도정제하고 정제된 메탄과 이산화탄소로부터 수소를 생산하는 연구를 수행하고자 하였다.

#### 2. 연구방법

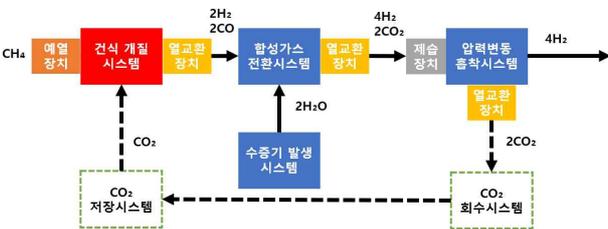
고순도 메탄 및 이산화탄소 포집이 가능한 실규모 바이오가스 습식정제 Pilot 플랜트를 일산수질복원센터(경기도 고양시 일산서구 위치)에 구축하여 10개월 간(2022년 2월~11월) 운전하였다. Pilot 플랜트의 운전목표로는 메탄정제조의 목표순

도 95% 이상 달성을 목표로 하였다. 유입 바이오가스의 성분은 메탄 62.5~68.0%, 이산화탄소 33.3~36.1%, Balance gas (바이오가스 내 메탄, 이산화탄소, 산소 이외 기타 성분) 0~3.4% 이하로 구성된다. Pilot 플랜트 현장 유입·유출 가스의 성분은 가스분석기(GA5000)를 활용하여 현장에서 측정하였고, 공인인증 데이터 확보를 정상상태 포집가스 일부를 가스 크로마토그래피를 통해 분석하였다.



[그림 1] 바이오가스 습식정제 Pilot Plant

수소생산의 방안으로 바이오가스에 포함된 메탄과 이산화탄소를 수소생산의 원료와 개질제로 고려하였다. 이산화탄소 개질 수소생산공정은 메탄가스와 이산화탄소를 예열한 뒤 건식 개질, 합성가스전환, 제습, 압력변동흡착 장치를 거쳐 고순도의 수소와 혼합가스로 분리된 후 CO<sub>2</sub> 회수기를 통해 혼합가스로부터 이산화탄소를 포집하고 저장한 뒤, 개질기에 재사용하는 순환 공정을 고려하였다. 바이오가스 중의 메탄과 이산화탄소를 활용하여 수소를 생산하는 공정은 수소생산 전환율을 파악하기 위하여 DWSIM을 활용한 공정시뮬레이션을 수행 하였다.



[그림 2] 메탄 및 이산화탄소 활용 수소생산 공정도

### 3. 결과 및 고찰

바이오가스 Pilot Plant 메탄정제조의 운전압력에 따른 바이오가스 정제율 변화 실험을 수행하였으며, L:G비 1:1 조건에서 메탄정제조 운전압력에 따른 유출가스의 분석결과, 메탄정제율은 압력이 높아짐에 따라 증가하는 경향을 보였다. 메탄정제조 운전압력이 8.5~9.3 bar로 높일 경우, 메탄정제율이 90% 이상으로 증가하였다. 이러한 결과는 고압조건에서의 이산화탄소용해도 증가에 의한 것으로 판단된다. 메탄 및 이산화탄소를 활용한 수소생산공정에서의 수소전환율은 32% 정도인 것으로 나타났다.

#### 사사

본 연구는 과학기술정보통신부 한국건설기술연구원 연구운영비지원(주요사업)사업으로 수행되었습니다. (과제번호 20230104, 수소도시 기반시설의 안전 및 수용성 확보기술 개발)

#### 참고문헌

- [1] 배민수 외, 연료전지에의 적용을 위한 혐기성 소화가스의 정제, 고질화 및 메탄개질 기술, 한국수소및신에너지학회 논문집, 2016.