

Power To Gas 기술개요 및 현황



고경호
한전 전력연구원 책임연구원

1. 개황

온실가스 규제 대응과 지속가능한 에너지 시스템 구축에 대한 국가·사회적 요구가 증가하고 있다. 아울러 그동안 걸림돌이었던 신재생에너지의 경제성이 지속적으로 향상되면서 신재생에너지 보급 확대도 가속화되고 있다.

그러나 신재생에너지 보급 및 확대는 또 다른 문제점을 발생시킨다. 출력변동성이 높은 풍력, 태양광발전 등의 신재생에너지 발전량이 10~15% 이상 차지하게 될 경우 전력계통의 안정적인 운영에 문제점을 발생시키는 것으로 보고되고 있다. 이러한 현상은 풍력 및 태양광 발전량 비중이 높은 독일을 중심으로 유럽지역 전력계통시스템에서 발생하고 있다.

국내의 경우 제주 전력계통에서의 한계접속용량 설정과 풍력발전소에 에너지저장시스템(ESS, Energy Storage System)을 의무적으로 설치하는 법안을 제정 중에 있는 등 신재생에너지 보급에 따른 계통안정화 수단을 마련 중에 있다.

생산된 에너지를 저장하여 필요할 때 사용하는 에너지저장 시스템은 에너지의 효율적 이용과 더불어 신재생에너지의 활

용도를 제고하고 전력시스템을 안정화시키는 많은 장점을 가지고 있다. 따라서 에너지저장장치는 신재생에너지와 기존 전력 시스템 간의 조화로운 통합을 위한 수단으로 중요성이 부각되고 있다.

본 고에서는 유럽에서 실제 적용되고 있는 에너지 저장기술의 하나인 P2G(Power To Gas) 기술과 특징을 소개하고, 독일 사례를 중심으로 비즈니스 관점에서의 도입 배경, 기술개발 및 사업화 현황, 국내 적용방안 등에 대하여 간략히 기술한다.

2. P2G 개요 및 시장동향

가. 기술정의 및 개념

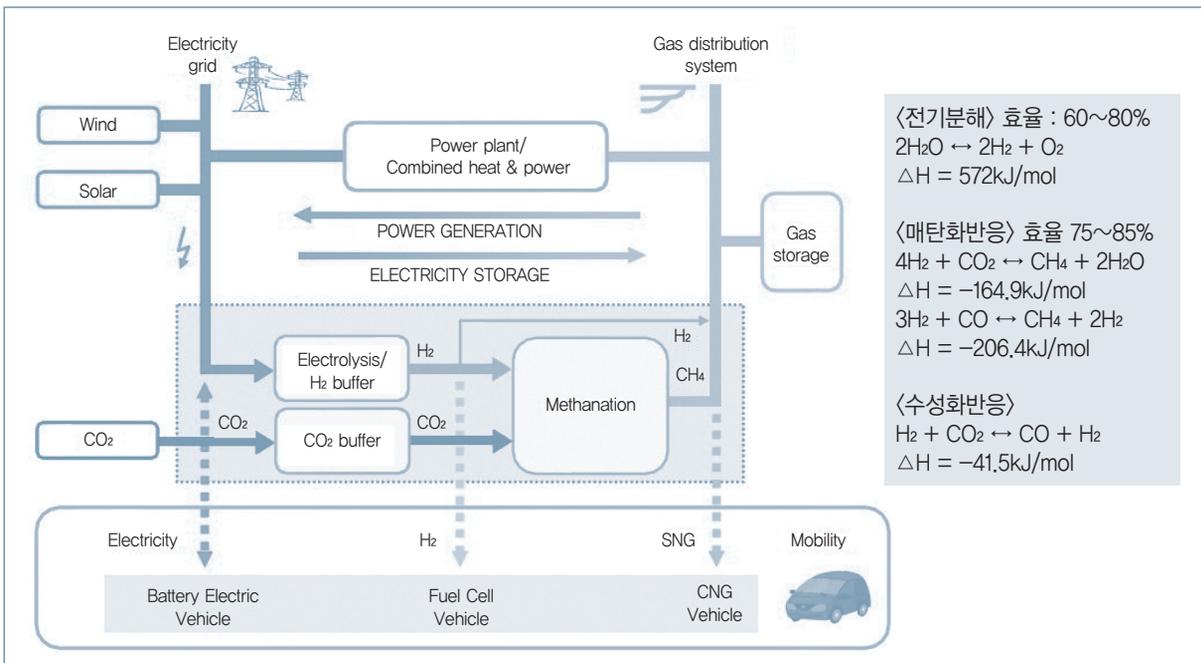
P2G는 전력계통에서 수용할 수 없는 풍력·태양광 등의 출력을 이용, 물을 전기분해하여 수소(H₂)를 생산하거나 또는 생산된 수소를 이산화탄소(CO₂)와 반응시켜 메탄(CH₄) 등의 연료 형태로 저장 및 이용하는

기술이다. 본 기술이 주목을 받고 있는 이유는 출력변동성이 높은 신재생에너지의 보급 확대 때문이다.

[그림 1]은 P2G에 대한 기본적인 운영방식에 대한 개념도이다. P2G 시스템은 전기분해설비, 메탄화설비, 저장설비(수소 또는 메탄), 계통연계설비 등으로 구성된다.

P2G 시스템의 운영방식은 전력계통이 여유가 있을 경우에는 풍력 및 태양광발전량을 계통으로 투입하지만, 전력계통이 포화될 경우(제약)에는 생산전력을 P2G에 투입해 물을 전기분해하여 수소를 생산하거나 이산화탄소와 반응시켜 메탄으로 변환하여 가스망(Grid)에 주입하게 된다. 또는 생산된 수소, 메탄을 연료전지(Fuel Cell) 또는 가스터빈 등의 발전연료로 사용하거나 연료전지자동차나 CNG 등의 수송연료로 사용할 수도 있다.

P2G의 효율은 실증 결과를 기준으로 수소 생산의 경우는 63~73%, 메탄 생산의 경우는 42~65%였으며, 투자비는 약 250만 원/kW 수준인 것으로 알려져 있다.



*출처 : Power to Gas Electrolysis and CO₂ Recycling Production of Green Fuels, DONG energy, 2013

[그림 1] P2G 기본 개념 및 주요 반응식

[표 1] P2G와 Li-ion 배터리 비교

구 분	P2G	Li-ion Battery	비 고
저장형태	전력 → 연료	전력 → 전력	CO ₂ 재사용(CCS 연계 가능)
기능 및 역할	신재생 출력 안정화 송전제약 해소	신재생 출력 안정화 주파수, 예비력	• P2G : 단방향(과잉출력) • 배터리 : 양방향 제어(충방전)
설비용량(MW)	0.01~1,000	0.1~20	• P2G : 대용량 • 배터리 : 소용량
효 율	60~70%	85~95%	CH ₄ 기준

나. 기능 및 역할

에너지저장기술로서 P2G는 에너지저장 형태, 이산화탄소를 연료로 사용한다는 점(메탄 생산의 경우), 전력계통 운영 기여 방법 측면 등에서 기존의 배터리저장시스템과 구별될 수 있다.

기존 에너지저장방식이 ‘전력 → 전력’으로 저장하는 방법이라면 P2G는 ‘전력 → 연료형태’로 저장하는 방식이다. 그리고 메탄 생산을 위해 이산화탄소가 사용된다. 이는 화력발전에서 분리한 이산화탄소의 재활용이 가능하다는 점에서 시사하는 바가 크다.

또한, 전력계통 운영 측면에서 신재생 출력 안정화라는 공통적인 기능 이외에 배터리는 주파수 안정화에 중점을 두는 반면, P2G는 송전제약 해소를 목적으로 한다고 할 수 있다.

다. 독일의 P2G 도입배경

P2G는 최근 유럽을 중심으로 급속히 사업화가 진행 중인 에너지저장기술 중 하나이다. 특히 독일에서 활성화되고 있는데, 그 이유는 독일에서 추진 중인 에너지정책이 높은 에너지저장 능력, 전력분야 외에 가스·수송·화학분야 등과 호환될 수 있는 높은 유연성, 저장시간에 구애 받지 않는 장점 등을 갖고 있는 P2G의 특징과 잘 맞아 떨어지기 때문이다.

독일의 에너지정책 목표는 총 발전량 대비 신재생 에너지 발전량을 2020년 35%, 2050년에는 80%를 달성하고, 이산화탄소 배출수준을 1990년 대비 2050년까지 80% 감축하는 것이다. 이에 따라 독일

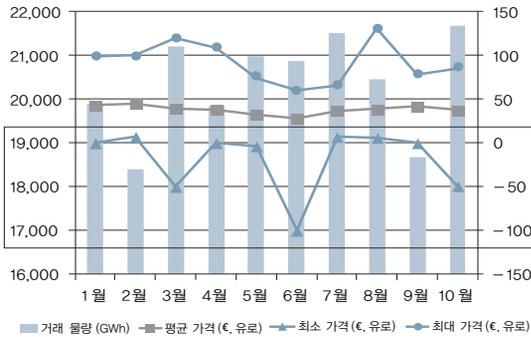
의 풍력발전 설비용량은 2015년 5GW에서 2050년에는 26GW까지 증가될 전망이다.

이미 독일은 2011년 기준 총 발전량 대비 신재생 에너지 발전량이 22% 수준으로 정책목표 달성을 위한 실현성을 높이고 있다. 하지만 그 이면에는 송전 제약 발생, 계통안정화를 위한 빈번한 기저발전기의 출력변동에 따른 효율 저하 및 제약비발전(COFF, Constrained Off) 비용발생 등 다른 형태의 문제점들이 발생하고 있다.

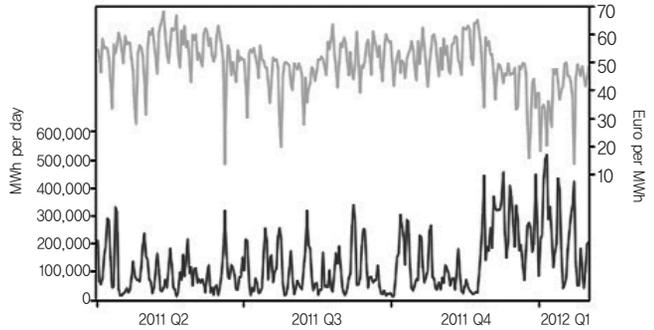
[그림 2]는 독일 지역의 전력거래소인 EEX(European Energy Exchange)의 2013년 전일시장(day-ahead market) 월간 도매전력가격 동향을 분석한 것이다. 월간 최소가격을 보면 마이너스 가격 이하로 거래되는 것을 알 수 있다.

이러한 원인은 해당 기간대에 과도한 풍력발전으로 지역적 송전제약이 발생, 전력공급 계약자 간의 계약물량 이행에 문제가 발생했기 때문이다. 즉 출력 감발이 쉽지 않은 화력발전사업자는 계약불이행 페널티와 다음 시간대 계약 이행을 위해 마이너스 가격으로 생산 전력을 계통에 판매하고 있는 것이다.

독일의 사업자는 이러한 전력시장 상황에서 P2G를 전략적으로 활용하여 사업기회를 포착하고 있다. 풍력발전기와 P2G를 연계하여 잉여전력으로 연료를 생산하여 추가 수익을 얻거나, 송전제약 회피 수단으로 이용할 수 있다. 또한, 전력회사는 신재생에너지 이용률을 향상시켜 도매전력가격을 안정화시키고 제약비용을 절감하는 효과를 얻을 수 있다.



(a) 독일 전일시장의 월간 도매전력가격 추이



(b) 풍력발전에 따른 도매전력가격 영향(2011년)

[그림 2] 독일 전일시장 월간 도매전력가격 동향(European Energy Exchange, 2013)

용 량	2MW		용 량	6MW	
생 산	수소		생 산	메탄	
전 원	풍력		전 원	풍력, 태양광	
특 징	세계 최초, 풍력 밀집지역		특 징	세계 최대, 자동차 메이커	

[그림 3] E.ON(좌) 및 Audi(우) P2G 시스템 비교

라. 독일의 P2G 사업화 동향

독일 전력회사인 E.ON사는 풍력발전을 이용하여 수소 생산을 목적으로 하는 2MW급(2013.6), Audi 사는 메탄 생산을 목적으로 하는 6MW급(2013.7) P2G 플랜트를 상업운전 중에 있으며, 최근 발표자료에 따르면 E.ON사는 2015년 함부르크 인근에 두 번째 P2G 시스템을 건설할 계획임을 밝히기도 했다.

그 외에도 RWE 등 약 30개의 실증 플랜트들이 화학적 메탄화 외에 생물학적 메탄화 기술개발 및 생산된 수소를 열병합발전 또는 ‘연료전지+수소터빈’의 연료로 사용하는 다양한 개념의 P2G 플랜트를 실증 중에 있다.

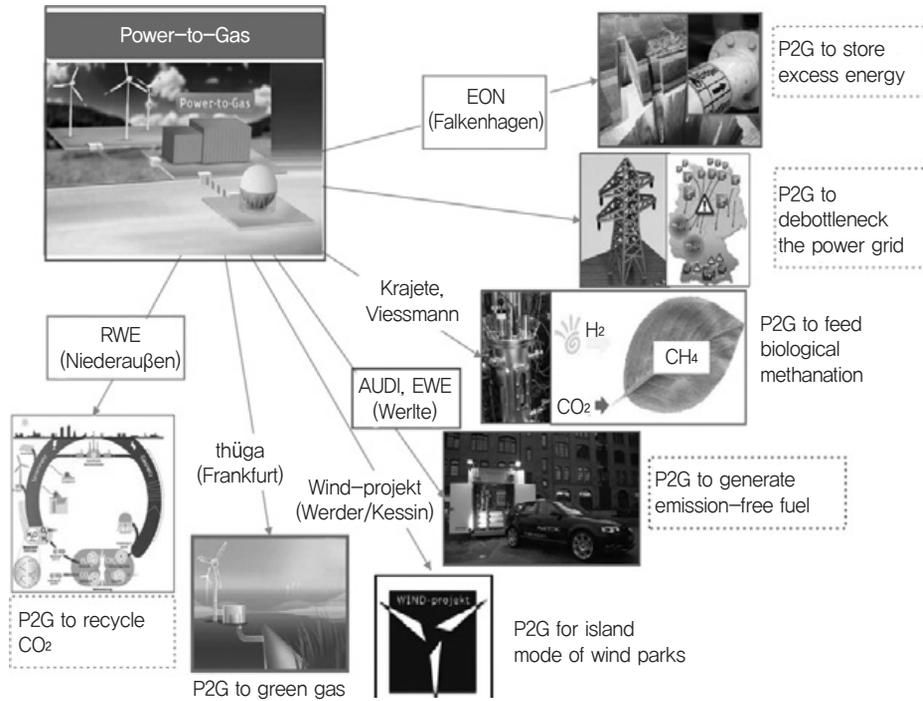
또한, 네덜란드, 영국, 프랑스, 스페인 등 유럽의 주요국에서 신재생에너지와 P2G를 연계한 실증 플랜트를 운전 중에 있다.

3. 전망

유럽의 사례에서 알 수 있듯 P2G는 신재생에너지 확대와 더불어 우수한 저장능력과 유연성, 생산연료인 수소와 메탄의 다양한 활용성 등의 다양한 기술적 특징을 고려해 볼 때 에너지저장 수단으로서 하나의 축을 형성할 것으로 전망된다.

또한, P2G 사업 확대에 있어 가장 큰 장애요인인 낮은 경제성도 다양한 실증 프로젝트를 통해 개선될 것으로 전망된다. 특히 메탄화공정의 소형화 및 연계 최적화를 통한 효율 향상을 통해 250만 원/kW의 높은 시스템 가격도 향후 전기분해설비는 40만 원/kW, 시스템가격은 150만 원/kW 수준으로 낮아질 것으로 전망된다.

우리나라의 경우는 신재생에너지 보급률이 유럽에 비해 상당히 낮아 P2G 도입이 시기상조라 생각할 수



[그림 4] 독일의 주요 P2G 실증사업

있으나 앞서 언급한 바와 같이 제주 전력계통의 신재생에너지 한계접속용량 설정과 함께 풍력발전소 ESS 설치 의무화 논의, 전남 일부지역의 태양광발전 과다에 따른 연계용량 기준 상향 사례 등 신재생에너지와 전력계통과의 조화로운 연계 통합을 위한 기술적·상업적 대안 준비가 필요하다 할 것이다.

향후 국내의 경우 제주지역에 2030년까지 풍력발

전 2GW가 건설될 것으로 전망되고 있고, 2.5GW의 서남해 해상풍력단지도 건설될 예정으로 있어 대용량 신재생에너지 출력에 대한 계통안정화 수단으로 P2G가 고려 가능한 기술의 하나라고 판단된다. 또한, 독립계통인 도서지역에 전력과 연료를 동시에 제공하는 에너지자립섬을 실현하는 수단으로도 P2G를 고려해 볼 필요가 있다. 

[참고문헌]

1. 제주특별자치도, '제주특별자치도 풍력발전 종합관리계획', 2012
2. Thomas Grigoleit and Daniel Lenkeit, 'The Renewable Energy Industry in Germany'
3. EEX 홈페이지, 도매전력가격 Database
4. University of Munich, 'The impact of Wind Power Generation on the Electricity Price in German', 2012
5. DGC, 'Global screening of projects and technologies for Power to Gas and Bio-SNG', 2013
6. ZSW, 'Power to Gas construction and start-up of a 250kW research project', 2012
7. DNV KEMA, 'Systems Analyses Power to Gas', 2013
8. FuelCellToday, 'Water Electrolysis & Renewable Energy Systems', 2013