

# 미국 에너지 수급 현황 및 공급능력 확대 계획

해외정보분석실 정귀희(ghjung15258@keei.re.kr)

- ▶ 미국은 원유 매장량이 약 66억 톤(이 중 약 5%는 셰일오일)에 달하는 등, 막대한 양의 자원을 보유하고 있음.
- ▶ 미국의 전체 가스 매장량은 2014년 기준 약 10Tcm에 달하는 것으로 추정되며, 이 중 37%에 해당하는 3.7Tcm이 셰일가스임.
- ▶ 미국의 휘발유와 디젤 가격은 2015년 급감하였으며, 가정용 가스 가격 하락세는 2014년 중단됨. 전력 가격은 2008년부터 안정적으로 소폭 상승세를 유지하고 있음.
- ▶ 2010년 이래로 가스 소비는 증가하고 있으나, 전체 에너지 소비는 안정적으로 유지되고 있음. 미국은 세계 2대 에너지 다소비국이며, 2009년에 중국이 1위로 올라서기 전까지는 세계 최대 소비국이었음.
- ▶ 미 에너지정보국(Energy Information Agency, EIA)의 2015 미국 에너지 수요 전망(Annual Energy Outlook, AEO 2015)에 따르면 셰일가스는 2040년 미국 가스 생산의 50% 이상을 차지할 것으로 예상됨.
- ▶ 미 에너지부(Department of Energy, DOE)는 4개년 에너지평가(Quadrennial Energy Review, QER)에서 미국 내 가스 인프라에 대한 투자 필요성을 언급하였음.
- ▶ EIA에 따르면, 2016년 한 해 동안 26GW 이상의 발전설비가 증설될 것이며, 발전원은 태양광(39%), 가스화력발전(32%), 풍력(28%)이 대부분을 차지할 것임.
- ▶ 이산화탄소 배출에 대한 우려가 증가하면서, 정부 당국은 이산화탄소 포집 및 처리(Carbon Capture and Sequestration, CCS) 기술 개발을 추진하고 있음.

## 1. 에너지공급 및 구조변화

### ▣ 원유

- 미국은 원유 매장량이 약 66억 톤(이 중 약 5%는 셰일오일)에 달하는 등, 막대한 양의 자원을 보유하고 있음.
  - 2009년 이래로 원유 생산은 급증하였으며, 2015년 생산량은 5억6,400만 톤에 달해 2011년 대비 13% 증가하였음.
  - 그러나 2015년 12월 생산량은 930만b/d로 감소해 전년동월대비 1.5% 감소하였고, 2011년 이래 처음으로 전년동월대비 감소세를 보임.
  - 원유 생산은 주로 텍사스주(34%), 멕시코 만 연안(17%), 노스다코타주(12%), 캘리포니아주(7%), 알래스카주(7%) 등에서 이뤄지고 있음.
- Bakken과 Eagle Ford産 셰일오일이 2014~2015년까지 원유생산 증가분의 약 33%를 차지하였으며, 특히 비전통원유 생산이 계속해서 급증하고 있음.
  - 비전통원유 생산은 2010~2014년 사이에 5배 증가하였으며, 현재 전체 원유 생산량의 38%를 차지하고 있음.

“원유 매장량은 약 66억 톤(이 중 약 5%는 셰일오일)에 달하는 등, 막대한 양의 자원을 보유하고 있음.”

“2014년 원유  
순수입은  
3억5,800만 톤에  
달하였으며,  
2015년 순수입도  
유사한 수준일  
것으로 보임.”

- 2014년 미국의 원유 순수입은 3억5,800만 톤에 달하였으며, 2015년 순수입도 유사한 수준일 것으로 보임.
  - 2014년 미국 전체 원유 소비 중 49%가 수입 원유였으며, 이는 2005~2011년에 70%를 기록했던 것 대비 현저히 낮아진 것임.
  - 미국 셰일오일의 생산 경제성이 향상되면서 멕시코 만 연안을 통한 경질원유(light crude oil) 수입은 거의 중단됨.
  - 반면, 캐나다로부터 수입하는 원유의 양은 증가하는 추세로, 2015년 8월 기준 수입 비중은 전체의 45%를 차지하였음.
- 미국의 정제 설비 용량은 1,790만b/d에 달하며, 전체 144개 정제시설 중 35개는 처리 용량이 20만b/d에 달함(2015년 12월 기준).
  - 이들 정제 시설 중 절반 이상이 텍사스, 루이지애나, 캘리포니아주에 자리하고 있음.
  - 셰일오일 생산이 급증하면서 정제시설 가동률도 동반 상승하였으며, 석유제품의 수출은 지난 5년 동안 60% 이상 증가하였음.

#### ■ 천연가스

“전체 가스  
매장량은 2014년  
기준 약 10Tcm에  
달하는 것으로  
추정됨.”

- 미국의 전체 가스 매장량은 2014년 기준 약 10Tcm에 달하는 것으로 추정되며, 이 중 셰일가스는 3.7Tcm(37%)을 차지하였음.
  - 천연가스 생산은 계속해서 급증하고 있으며, 2015년에는 770Bcm에 달하여 2005년 대비 50% 증가하였음.
  - 이 같은 증가의 원인인 셰일가스의 2014년 생산량은 370Bcm으로 전체 생산의 약 50%를 차지하였으며, 2008~2014년 사이에 6배 증가하였음.
  - 웨스트버지니아와 펜실베이니아주의 Marcellus는 최대 셰일가스 생산 지역으로, 지난 4년 동안 급격한 증가세를 보여, 현재 전체 생산량의 약 40%가 이 지역에서 생산되고 있음.
  - 미 에너지정보국(Energy Information Agency, EIA)에 따르면, Marcellus와 인근 Utica 셰일지대의 가스 생산이 2012년 이래 급증하였고, 2012~2015년 가스 생산 증가분의 85%를 차지하였음.
- 2014년 미국의 가스 순수입량은 33Bcm으로 2007년의 107Bcm대비 69% 감소하였으며, 1987년 이래 최저치를 기록하였음.
  - 미국의 최대 가스 수입국은 캐나다로 전체 수입량의 90%를 의존하고 있으며, 대부분이 가스관을 통해 이뤄짐.
  - 2014년 LNG 순수입은 1.2Bcm으로 2007년의 21Bcm에서 현저히 감소하였음.

- 미국은 10개의 대규모 재기화 플랜트(Regasification Unit)를 보유하고 있으며, 그 중 규모가 가장 큰 플랜트는 루이지애나주에 위치한 Cheniere Energy社 소유의 Sabine Pass로 연간 41Bcm을 처리할 수 있음.
  - 완성 시 450만 톤(620Mcf/d) 규모의 트레인 6기를 갖출 예정인 Sabine Pass의 제1 트레인은 2016년 3월부터 수출을 개시하였으며, 마지막 제6 트레인은 2018~2019년 완공될 예정임.
  - 그 외 대규모 플랜트는 Southern Union社의 Lake Charles(연 22Bcm 규모, 루이지애나주), Qatar Petroleum社의 Golden Pass terminal(연 21Bcm 규모, 텍사스주), Dominion Resources社의 Cove Point(연 19Bcm 규모, 메릴랜드주), Kinder Morgan社의 Elba Island(연 18Bcm 규모, 조지아주) 등이 있음.
- 현재 LNG 수출용 액화 터미널은 알래스카주 Kenai에 위치한 연간 2Bcm 규모의 시설이 있음. 2016년 허가기간이 종료될 예정으로, 소유주 ConocoPhillips社가 2018년까지 연장 운행하기 위해 신청을 마친 상태임.

## ■ 석탄

- 미국의 석탄 매장량은 2,070억 톤에 달하며, 2008년 생산량은 10억7,500만 톤으로 최고치에 달했으나, 이후 계속해서 감소하는 추세임.
  - 2015년 석탄 생산량은 7억3,000만 톤에 그쳤으며, 주요 생산지역은 와이오밍(39%), 웨스트버지니아(12%), 켄터키주(9%) 등임.
  - 전체 광산 수는 1,000여개에 달하며, 그 중 60여 개의 대규모 광산에서 전체 석탄의 95%가 생산되고 있음. 이들 대규모 광산은 주로 서부와 파우더 강 유역 분지(Powder River basin, PRB)에 위치함.
  - 2007년까지 생산된 석탄의 대부분은 자국 내에서 소비되었으나, 2007~2013년 까지 석탄 수출은 증가세를 보였음.
    - 2013년에는 전체의 12%에 달하는 1억1,500만 톤의 석탄이 수출되었으며, 이 같은 수출 증가의 원인은 셰일가스 생산 증가로 인해 전력부분에서 자국 내 석탄의 경쟁력이 약화되었기 때문으로 풀이됨.
  - 그러나 2014, 2015년 석탄 수출은 다시 감소세로 돌아섰고, 2015년에는 전체의 8%에 해당하는 6,800만 톤을 수출하는 데 그침.
    - 그 원인으로는 전 세계 석탄 수요 성장세 둔화, 국제 석탄 가격 하락, 기타 석탄 수출국에서 생산 증가 등이 지목됨.

“미국의 석탄  
매장량은 2,070억  
톤에 달하며,  
2008년 생산량은  
10억7,500만  
톤으로 최고치에  
달했으나, 이후  
계속해서  
감소하는 추세임.”

## ■ 우라늄

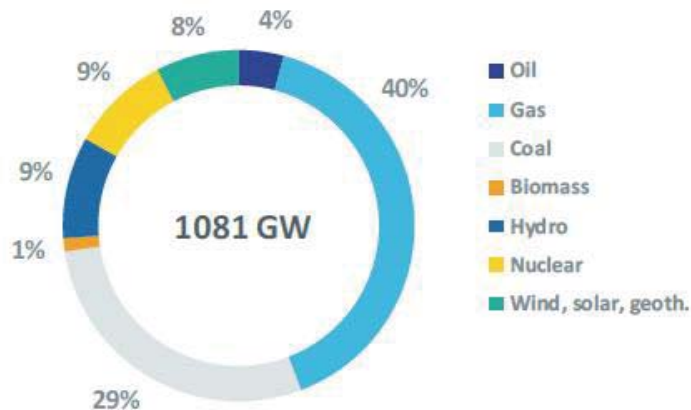
- 미국의 우라늄 생산은 2008년 이래로 증가하고 있으며, 2014년에는 1,920톤을 생산하여, 2008년의 1,430톤에서 매년 5%의 성장세를 보이며 증가하였음.
- 그러나 2015년 우라늄 생산량은 전년대비 30% 감소하면서 2005년 이래 최저치를 기록하였는데, 이는 2015년 말 우라늄 처리 시설이 감소했기 때문임.

## ■ 전력

- 2014년 말 기준 미국의 전력설비용량은 1,081GW에 달하였음.
- 이 중 73%가 가스와 석탄화력발전이며, 수력과 원자력은 각각 9%를 차지함.

“2014년 말 기준 미국의 전력설비용량은 1,081GW에 달하였음.”

〈 미국의 원별 전력설비용량 비중(2014년) 〉



자료 : Enerdata

- 현재 풍력발전설비용량은 65GW이며, 신규 풍력발전시설은 대부분 육상에 위치하는데, 이는 풍력원이 풍부하고 인구가 밀집되어 풍력발전설비 건설이 용이한 지역이 많기 때문임. 반면, 해상 풍력설비는 고비용 구조이기에 제약이 있음.
- 태양열 설비용량은 2014년 말 기준 15GW를 초과했으며, 그 중 2/3가 캘리포니아주에 집중되어 있음.

“2015년 초 기준 원자로 99기(99GW)가 운영되고 있음.”

- 2015년 초 기준 원자로 99기(99GW)가 운영되고 있어, 1990년의 111기에서 12기 감소하였음.
- 605MW 규모의 Vermont-Yankee 1 BWR 원자로가 42년 동안 운영을 마치고 2014년 말 폐로되었음.
- TVA社가 운영하는 1,165MW 규모의 Watts Bar 2 원전은 2015년 10월 원자력 규제 위원회(Nuclear Regulatory Commission, NRC)로부터 운영 허가를 취득하였음.
- 상기 원전에 총 42억 달러가 투자되었으며, 2016년부터 상업적 운영 개시 예상

- 2015년 총 15GW 규모의 발전소가 공식적으로 운영을 시작했으며, 그 중 풍력이 6.6GW, 가스화력발전이 5.3GW, 태양열이 2.8GW를 차지함.
- 미국의 전력발전량은 약 4,330TWh로 2013년 이래로 거의 유사하게 유지되고 있음.
  - 석탄화력발전은 전체의 40%, 가스화력발전은 27%를 차지하였으나, 2010년 이래로 석탄화력발전의 비중은 감소세(46% → 40%), 가스화력발전의 비중은 증가세(23% → 27%)를 보이고 있음.
  - 2015년에는 석탄과 가스화력발전의 비중이 각각 33%로 동일하게 나타났으나, 2016년에는 가스의 비중이 더 높아질 것으로 전망됨.
  - 풍력발전 비중은 2009년에서 2015년 사이에 급격히 증가(188TWh)

“전력발전량은 약 4,330TWh로 2013년 이래로 거의 유사하게 유지되고 있음.”

## 1. 에너지 소비 및 구조변화

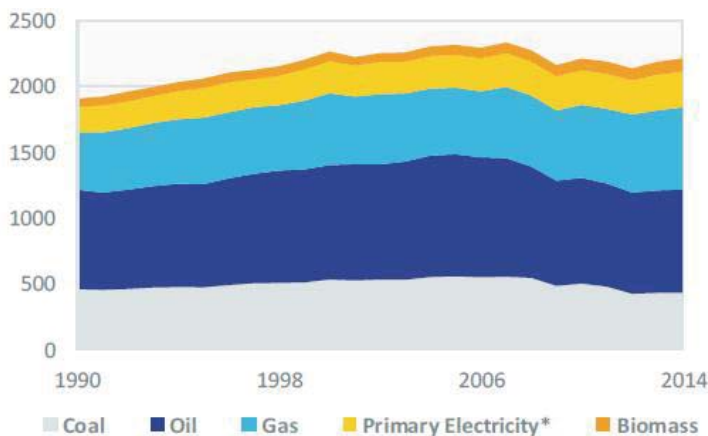
### ▣ 에너지 소비 규모 및 믹스

- 미국의 1차 에너지 소비는 안정적인 추세를 유지하고 있으나, 가스 소비는 2010년 이래로 증가하고 있음.
  - 미국은 세계 2대 에너지 다소비국이며, 2009년 중국이 1위로 올라서기 전까지 세계 최대 소비국이었음.
  - 1인당 에너지 소비는 2014년 7toe에 달해, 유럽의 평균 1인당 에너지 소비 대비 2배 높은 수준이었음.

“미국의 1차 에너지 소비는 안정적으로 유지되고 있으나, 가스 소비는 2010년 이래로 증가하고 있음”

〈 미국 1차 에너지 원별 소비 동향(1990~2014년) 〉

(단위: Mtoe)



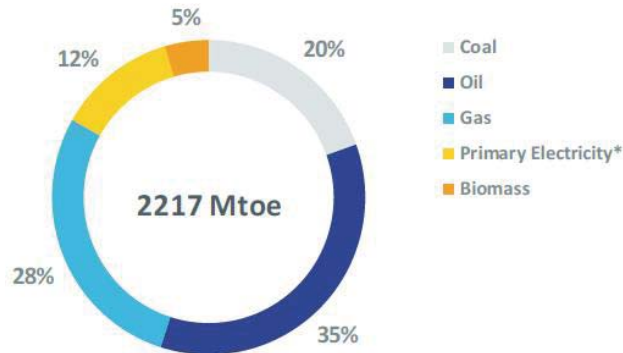
\*Including heat ; Nuclear (1TWh=0.26 Mtoe), Hydroelectricity and wind (1 TWh = 0.086 Mtoe), Geothermal (1 TWh=0.86 Mtoe)

자료 : Enerdata

- 2007년 이래로 에너지 소비는 연평균 0.7% 감소하고 있으며, 2014년 전체 에너지 소비는 22억toe에 달하였음.

“2014년 전체 에너지 소비는 22억toe에 달하였음.”

〈 미국 1차 에너지 원별 소비 비중(2014년) 〉



\*Including heat ; Nuclear (1TWh=0.26 Mtoe), Hydroelectricity and wind (1 TWh = 0.086 Mtoe), Geothermal (1 TWh=0.86 Mtoe)

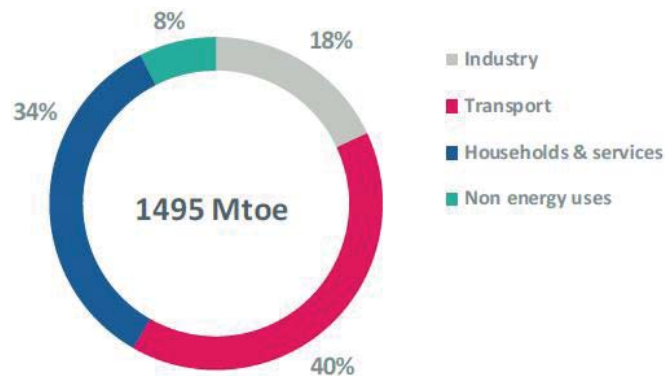
자료 : Enerdata

• 2014년 주요 에너지원은 석유(35%)와 가스(28%)로 전체 1차 에너지 소비의 63%를 차지하였고, 석탄(20%), 원자력(10%), 바이오(5%), 수력(1%) 등이 그 뒤를 이음.

- 부문별 최종 에너지 소비는 2000년 이래로 안정세를 유지하고 있음. 수송부문은 40%로 가장 큰 비중을 차지했으며, 가정용(34%), 산업용(26%) 등이 그 뒤를 이음.

“부문별 최종 에너지 소비는 2000년 이래로 안정세를 유지하고 있음.”

〈 미국의 부문별 에너지 소비 비중(2014년) 〉



자료 : Enerdata

## ▣ 석유

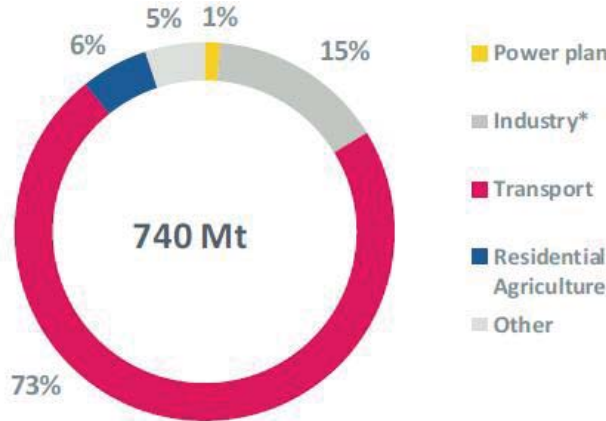
○ 석유 소비는 2005년 이래로 16% 증가하여 2014년에는 7억3,500만 톤을 소비하였음. 1990년부터 2005년까지는 연평균 1.3% 이상의 꾸준한 증가세를 보인 바 있음.

- 수송부문이 석유 소비의 약 75%를 차지했으며, 산업부문이 15%로 그 뒤를 이음.

• 수송부문의 에너지 소비는 2005년 최고점(5억7,400만 톤)을 기록한 후 하락세를 보이다가 2011년 이후 다시 증가세로 돌아섰으며, 2014년에는 총 5억4,000만 톤을 소비하였음.



< 미국의 부문별 석유 소비(2014년) >



\* Including non energy uses

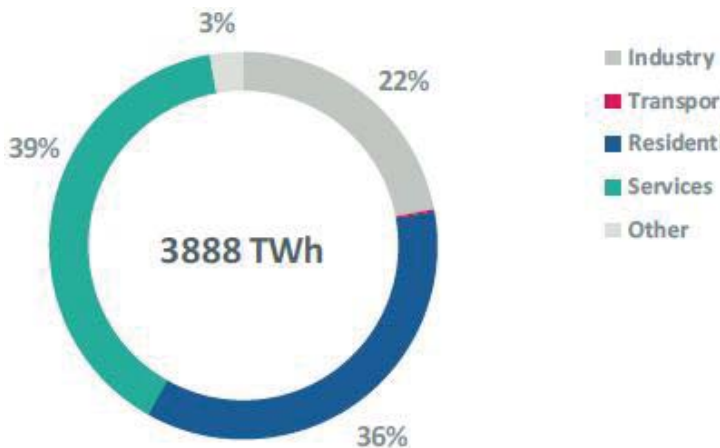
자료 : Enerdata

▣ 전력

- 전력 소비는 2000부터 2007년까지 연평균 1.3% 수준에서 증가세를 보였으나, 2010년 이래로 안정세를 유지하고 있음.
- 2014년 전력 소비는 총 3,980TWh에 달하였으며, 2015년에도 같은 수준을 유지할 것으로 예상됨.
- 주요 소비 분야는 서비스 및 가정용이며, 산업부문이 그 다음을 차지함.
- 2000년 이래로 3차 산업의 전력 소비 비중이 계속해서 증가해왔으며, 2014년 39%를 차지해 산업부문을 능가함.

“전력 소비는 2000부터 2007년까지 연평균 1.3% 수준에서 증가세를 보였으나, 2010년 이래로 안정세를 유지하고 있음.”

< 미국의 부문별 전력 소비(2014년) >



자료 : Enerdata

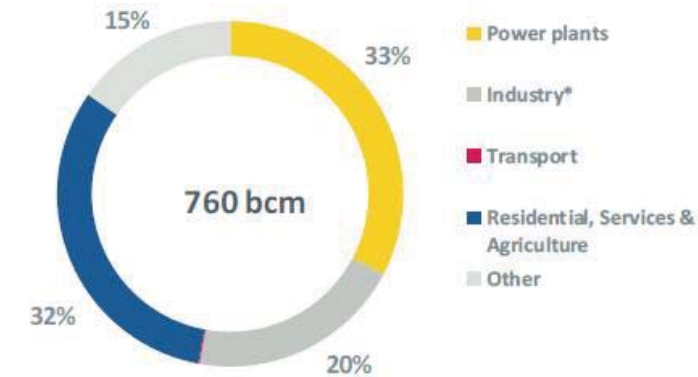
## ■ 가스

“2015년 가스 소비는 787Bcm에 이르는 것으로 추산됨.”

○ 2006년 이래로 가스 소비는 연평균 2.7%대 성장을 유지하고 있으며, 2014년에는 총 760Bcm을 소비하였음. 1차 집계에 따르면 2015년 가스 소비는 787Bcm에 이르는 것으로 추산됨.

- 주요 소비 부문은 가정용 및 서비스 부문이며 산업용이 그 뒤를 이룸.

〈 미국의 부문별 가스 소비(2014년) 〉



\* Including non energy uses

자료 : Enerdata

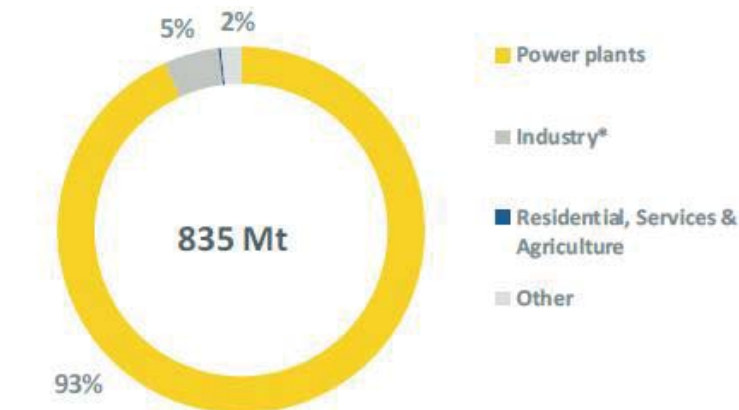
## ■ 석탄

“2014년 석탄 소비는 8억3,500만 톤에 달하였으며, 2007년 이래로 급격히 감소하고 있음.”

○ 2014년 석탄 소비는 8억3,500만 톤에 달하였으며, 2007년(10억2,000만 톤 소비) 이래로 급격히 감소하고 있음.

- 전력부문은 석탄 소비의 93%를 차지해, 거의 대부분이 발전에 사용되었으며, 산업부문은 그 뒤를 잇고 있음.

〈 미국의 부문별 석탄 소비(2014년) 〉



\* Including non energy uses

자료 : Enerdata



## 2. 에너지 공급 능력 확대 계획

### ■ 가스

- 미 에너지정보국(Energy Information Agency, EIA)의 2015 미국 에너지 수요 전망(Annual Energy Outlook, AEO 2015)에 따르면 2040년 미국 가스 생산의 50% 이상이 셰일가스가 될 것으로 예상됨.
  - 2015년 이후 셰일 가스 생산은 연평균 3%대에서 안정적인 성장세를 유지할 것으로 예상되는데, 2008~2014년까지는 40% 성장한 바 있음.
  - 미 내무부 산하 토지관리국(Bureau of Land Management, BLM)은 공공 토지 및 부족 토지(public and tribal lands)에서 책임 있는 수압파쇄법 이용을 장려하기 위해 규제를 발표하였음.
    - 새로운 규제는 수압파쇄에 이용된 폐수 저장 시설에 대한 강화된 지침, 수압 파쇄에 이용된 화학물질과 액체에 의한 유정 오염을 방지하기 위한 지침 등을 포함함.
    - 이 같은 규제는 지하수 공급을 보호하고 대기·수자원·야생 동물에 미치는 영향을 경감하기 위한 것임.
    - 환경 단체는 2015년 발효된 同규제가 불충분하다고 평가하는 반면, 산업계는 수압파쇄 활동의 약 10%만이 공공토지에서 행해지고 있기 때문에 불필요하다고 간주하고 있음.
  - 한편, 웨스트버지니아 대학(West Virginia University)에 따르면, Utica 셰일 지대의 가채 매장량은 과거 추정치보다 20배 이상 많을 것으로 나타나, 미국 최대 셰일지대로 등극하였음.
    - 同대학의 연구 결과, 가스의 기술적 가채매장량은 22Tcm, 석유는 20억 배럴에 이르는 것으로 나타남.

“EIA의 2015 AEO 2015에 따르면 2040년 미국 가스 생산의 50% 이상이 셰일가스가 될 것으로 예상됨.”

### ■ LNG(Liquified Natural Gas)

- 현재 여러 기업이 새로운 LNG 수출시설을 건설하거나 기존 재기화 터미널을 액화 터미널로 전환하려고 계획하고 있음.
  - LNG 수출 허가 신청은 20건 이상에 달했으나, 셰일가스 생산량 급증으로 대부분의 신규 재기화 터미널 신청은 철회되었음.
  - 현재 건설 중이거나 가동 중인 액화플랜트를 기준으로 2020년까지 연간 280Bcm을 처리할 수 있는 시설이 추가 증설되어야 함.
  - Cheniere Energy社는 Sabine Pass에서 2016년 2월 브라질로 첫 수출을 개시하였으며, 이어서 4월에는 포르투갈로도 수출하였음.

“여러 기업이 새로운 LNG 수출시설을 건설하거나 기존 재기화 터미널을 액화 터미널로 전환하려고 계획하고 있음.”

“Sempra, Engie, Mitsui, Mitsubishi가 운영하는 Cameron 터미널은 2018년 완공 예정으로 현재 건설 중이며 연간 처리 용량은 16Bcm에 달함.”

- Sabine Pass는 일부 완공 상태로 현재 건설이 진행 중임. 제2 트레인 2016년 6월부터, 제3 트레인은 2017년 4월부터, 제4 트레인은 2017년 8월부터 운영될 예정임.
  - Cheniere Energy는 BG, Gas Natural Fenosa, Gail, KOGAS, Total社 등 여러 기업과 20년에 걸친 장기계약을 체결하였으며 총 20Bcm의 LNG를 공급할 예정임.
  - Sabine Pass의 3단계 공사에 대해서도 이미 승인을 받았으며, 각각 연간 6Bcm을 처리할 수 있는 제5, 6 트레인을 증설할 예정임. 따라서 완공 시 Sabine Pass의 총 처리 용량은 36Bcm에 달할 것임.
  - 3단계 건설에 대한 장기 계약도 이미 체결되었으며, 2018~2019년부터 상업적인 운영을 개시할 수 있을 것으로 기대됨.
- Sempra, Engie, Mitsui, Mitsubishi가 운영하는 Cameron 터미널은 2018년 완공 예정으로 현재 건설 중이며 연간 처리 용량은 16Bcm에 달함.
- 또한, 2019년에는 13.5Bcm을 처리할 수 있는 시설을 증설할 계획임.
  - 일본 Toho Gas와 20년에 걸쳐 연 20만 톤을 수출하는 계약 등 일부 판매 계약은 이미 체결됨.
- 연간 17Bcm을 처리할 수 있는 Freeport LNG 터미널은 2019년 완공 예정이며, 제4 트레인 추가(2020년 예정) 여부를 현재 고려 중.
- 연간 18Bcm을 처리할 수 있는 Corpus Christi LNG 프로젝트도 2019년 완공 예정이며, 20년에 걸친 수출 허가를 획득하였음. 12Bcm을 처리할 수 있는 시설의 추가(2020년 예정) 여부를 고려 중
- 그 외 현재 계획 중이거나 입찰 중이며 처리 용량이 10Bcm을 초과하는 프로젝트로는 Main Pass energy Hub(32Bcm/year, 2018년 완공), Lake Charles(20Bcm/year, 2020년 완공), Rio Grande(36Bcm/year, 1단계 2020년 완공), Port Arthur LNG(13.5Bcm/year, 2021년 완공), Gulf Coast(29Bcm/year, 2021년 완공), Golden Pass(21Bcm/year, 2021년 완공), Slaska LNG(27Bcm/year, 2025~2026년 완공) 등이 있음.
- 미국연방에너지 규제위원회(Federal Energy Regulatory Commission, FERC)의 허가를 받은 설비로는 Excelebrate Energy社와 Puerto Rico Electric Power authority(PREPA)社의 Aguirre Offshore GasPort 프로젝트가 있음.
- 푸에르토리코 해상에 위치한 동 시설은 150Mcm의 저장시설과 연간 5.15Bcm을 재기화할 수 있는 설비를 갖추고 있음. 착공은 2016년 1사 분기에 시작할 예정이며, 공식적인 운영은 2017년 개시할 것임.

## ■ PNG(Pipeline Natural Gas)

- 미 에너지부(Department of Energy, DOE)는 4개년 에너지평가(Quadrennial Energy Review, QER)에서 미국 내 가스 인프라에 대한 투자 필요성을 언급하였음.
  - 현재 가스 운송 인프라의 약 50%가 1950년대에서 1960년대 사이에 건설되었으며, 2015~2030년까지 연간 26~35억의 투자가 필요할 것으로 평가되고 있음.
  - 알래스카주에서 타 주로 가스를 수송하기 위한 프로젝트에 TransCanada, BP, ConocoPhillips, ExxonMobile, 알래스카주(Alaska Gasline Development Corp, AGDC를 통해) 등이 참가하고 있으나, 아직 계획 단계이기 때문에 2020년 이전에 공식 운영은 불가능할 것으로 알려짐.
    - AGDC는 2015년 TransCanada로부터 6,460만 달러에 달하는 지분을 인수 하면서 합류함.
    - 동 프로젝트는 연간 1,500만 톤을 처리할 수 있는 액화플랜트, Valdez의 수출 터미널, 북극에서 Valdez 수출터미널까지 연결하는 1,290km 길이의 가스관 건설 등이 포함됨.
  - DTE Energy社와 Spectra Energy社는 Nexus Gas Transmission System을 개발한다는 내용의 MOU를 체결하였음.
    - 오하이오주 Utica 셰일지대에서 미 중서부 지역 시장까지 연간 10Bcm의 가스를 수송할 수 있는 상기 시설은 이르면 2017년 초 운영을 시작할 예정임.
  - 또한, Spectra Energy와 Northeast Utilities는 뉴잉글랜드 지역으로 연간 10.3Bcm의 가스를 수송할 수 있는 가스관을 확장 건설할 계획이며, 2018년 운영 예정임.
  - Kinder Morgan의 자회사 Tennessee Gas Pipeline Company(TGP)가 개발하는 Northeast Energy Direct(NED)는 50억 달러를 투자해 펜실베이니아, 뉴욕, 뉴잉글랜드주의 기존 가스관을 확장할 예정임.
    - 동 프로젝트에 대한 승인을 기다리고 있으며, 기존에 펜실베이니아에서 뉴욕과 뉴잉글랜드주를 연결하는 가스관에 25Bcm의 수송 용량을 확대할 것임. 착공은 2017년 초, 공식 운영은 2018년 말로 계획하고 있음.
  - Dominion과 Duke Energy를 비롯한 4개 기업이 Atlantic Coast Pipeline을 건설하기 위해 합작 투자를 계획하고 있음.
    - 버지니아 서부에서 캘리포니아 북부까지 연결하는 908km 길이의 가스관 건설에 총 45억 달러가 투자될 것이며, 총 수송 용량은 연간 15.5Bcm, 운영은 2018년 후반으로 계획하고 있음.

“DOE는 QER에서 미국 내 가스 인프라에 대한 투자 필요성을 언급하였음.”

“DTE Energy社와 Spectra Energy社는 Nexus Gas Transmission System을 개발한다는 내용의 MOU를 체결함.”

## □ 원유

“최근 멕시코 만 연안의 심해 탐사에 특히 많은 관심이 집중되고 있음.”

- 최근 멕시코 만 연안의 심해 탐사에 특히 많은 관심이 집중되고 있으며, 원유 매장량이 풍부할 것으로 예상되는 알래스카주에서 탐사 및 생산 허용해야 한다는 의견이 제기되고 있음.
  - 2012년 Liberty의 심해 프로젝트를 중단했던 BP는 현재 재추진을 고려하고 있으며, 2019년 운영을 개시할 수 있을 것으로 예상되고 있음.
  - Statoil은 2015년 말 알래스카주 Chukchi 해에서 개발 활동을 중단하였음.
    - 이 지역에는 원유 150억 배럴, 가스 2,145Bcm이 매장되어 있는 것으로 추정됨.
  - 2016년 멕시코 만 연안에서 다수의 신규 프로젝트가 실행될 것으로 예상되면서, 해상 유전의 생산량이 2015년 4사분기 140만b/d에서 2016년 4사분기에 160만b/d, 2017년 4사 분기에는 190만b/d(전체 원유 생산의 21%)까지 증가할 것으로 기대됨.
  - 그러나 EIA는 2017년 4분기까지 원유 생산량이 매달 감소할 것으로 전망하였음.

“Shell사는 2014년 멕시코 만 연안의 심해 Norphlet 유전지대에서 약 1억boe에 달하는 자원을 발견하였음.”

- Shell사는 2014년 멕시코 만 연안의 심해 Norphlet 유전지대에서 약 1억boe에 달하는 자원을 발견했다고 발표하였음.
  - 따라서 Appomattox(2010년 발견), Vicksburg(2013년 발견)와 Norphlet를 모두 합하면 Shell의 자원 발견량이 총 7억boe에 달하는 것으로 보임.
  - 또한, Shell은 멕시코 만 Appomattox 지역에 대한 FID를 발표하였음.
    - 앞으로 Appomattox와 Vicksburg 유·가스전 운영을 위해 신규 플랫폼을 건설할 것이며, 평균 최고 생산량은 17만5,000boe/d로 예상되며, 2020년 생산을 개시할 수 있을 것으로 기대됨.
  - 게다가 Shell은 북극해에서 석유·가스 개발에 대한 미 정부의 승인을 받았으며, 그에 앞서 2015년에 알래스카 연안에 2개 유정을 시추를 해도 좋다는 허가를 취득하고 대양저(ocean floor) 하부에 탐사정 시추에 대한 승인도 받았음.
    - 그에 따라, 동 프로젝트에 70억 달러를 투자하기로 약속했으나, Burger J 유정의 매장량이 충분치 않은 것으로 파악되어 2015년 가을 알래스카에서 탐사 활동을 중단한다고 발표하였음.

## □ 송유관

- 저유가가 장기화되고 있지만, 여전히 다수의 송유관 프로젝트가 진행되고 있음.
  - Energy Transfer Partners사는 노스다코타주에서 일리노이주를 연결하는 Dakota Access Pipeline(45만b/d 규모)에 38억 달러를 투자할 계획이며, 2016년 완공 예정임.

- Enbridge社は 노스다코타州에서 미네소타와 위스콘신州까지 연결하는 Sandpiper Pipeline에 26억 달러를 투자할 계획으로 2017년 완공 예정임.
- TransCanada는 노스다코타州에서 캐나다 국경까지 연결하는 322km 길이의 Upland 송유관 건설에 대한 승인을 받기 위해 노력하고 있음.
  - 허가 취득 시 미국 노스다코타州에서 캐나다 서스캐처원州와 TransCanada의 Energy East Pipeline(건설 예정)까지 원유 30만b/d를 수송할 수 있을 것이며, 2018년부터 공식적으로 운영을 시작할 수 있을 것임.
  - 한편, TransCanada는 당초 Keystone XL 송유관을 확장할 계획이었으나, 지난해 11월 오바마 대통령이 환경문제를 이유로 확장을 불허한다고 최종 발표해, 지난 1월 16일 미 정부를 상대로 소송을 제기한 바 있음.
- 그 외 Kinder Morgan Energy Partners社の Freedom oil pipeline 프로젝트(25만b/d), Enterprise Products Partners社가 계획했던 노스다코타州에서 오클라호마州를 연결하는 송유관(34만b/d), 루이지애나州에서 텍사스를 연결하려던 Shell의 송유관(930만b/d) 등 여러 프로젝트가 취소된 바 있음.

## ■ 전력

- EIA에 따르면, 2016년 한 해 동안 26GW 이상의 발전설비가 증설될 것이며, 발전원은 태양광(39%), 가스화력발전(32%), 풍력(28%)이 대부분을 차지할 것임.
  - AEO 2015에 따르면, 미국의 발전설비용량은 2040년까지 1,261GW로 확대되어야 함(2013년 기준 1,068GW).
    - 증설되는 시설의 용량은 폐쇄되는 용량보다 3배 이상 높아, 2040년까지 287GW가 증가되는 반면 90GW가 폐쇄될 것임.
- AEO 2015에 따르면, 원자력설비용량은 2014년의 99GW에서 2040년에는 105GW로 증대되어야 하며, 노후화로 폐로 예정인 원자로까지 고려하면, 다수의 신규 원자로 건설과 기존 원전의 설비용량 확충이 필요함.
  - 20년 연장 운영이 결정된 원전도 있지만, 전원믹스에서 원자력의 비중을 현재와 같이 20% 수준으로 유지하려면 2035년까지 55GW 규모의 신규 시설이 필요함.
    - 2015년 12월, NRC는 현재 운영 중인 99개 원자로 중 81개 원자로의 운영 기간을 연장하였으며, 현재 13개 원자로의 운영 연장을 점검 중임.
    - 연장이 확정되면, 미국 대부분 원자로가 60년 이상 장기 운영하는 기록을 달성
    - 2015년 말, Dominion社は Surry 원전(1.7GW)의 20년 연장 운영에 대한 두 번째 신청서를 제출하였으며, 연장 운영이 결정된다면 2052년까지 총 80년간 운영하게 될 것임.

“EIA에 따르면, 2016년 한 해 동안 26GW 이상의 발전설비가 증설될 것임.”



“DOE는 기존의 경수로를 이용한 원자로를 뛰어넘는 신형 원자로 4기를 건설할 계획임.”

- DOE는 기존의 경수로를 이용한 원자로를 뛰어넘는 신형 원자로 4기를 건설하기 위해 350만 달러를 투자한다고 2013년 발표한 바 있음.
  - General Atomics, GE Hitachi, Gen4 Energy, Westinghouse 등이 참가하는 同프로젝트는 신형 원자로의 설계, 건설, 운영에 관련된 문제를 해결할 것임.
- 2015년 10월, Entergy社는 2019년까지 Pilgrim 원전(655MW)을 폐로한다고 발표하였음.
  - 상기 원전은 2032년까지 연장 운영 허가를 받은 바 있으나, 낮은 도매가격과 높은 운영비용 때문에 수익이 감소해 폐로를 결정함.
- Pilgrim 원전 외 James A. Fitzpatric(813MW, 2017년), Cliton(1,065MW, 2017년), Oyster Creek(678MW, 2019년) 등 3개 원전도 폐로될 예정이지만, 2020년까지 총 4.5GW 용량이 추가될 예정이기 때문에 단기적으로 원자력발전설비용량은 증가할 전망이다.
- South Carolina Electric & Gas社는 2013년 VC Summer 프로젝트에 2개 유닛(각 1,117MW) 건설에 돌입하였음.

- 건설 완공 시기는 각각 2019년과 2020년으로 예정되어 있으며, 총 52억 달러가 투자될 것임.

- Westinghouse Electric社는 Georgia Power에 1,117MW 규모의 원자로 2기(Vogtle-3, 4) 건설에 착공하였음.

- 현재 Vogtle-3은 2019년 2사 분기부터, Vogtle-4는 2020년 2사 분기부터 운영 가능할 것으로 예상됨.

- 그 외, 실행 가능성이 있는 프로젝트는 다음과 같으며, 총 용량은 12GW에 달함.
  - Dominion Virginia Power社의 North Anna 발전소에 세 번째 원자로 추가(1,700MW, Virginia州): 2022년 공식 운영 가능할 것으로 예상되며, 현재 연방 정부의 건축 허가를 기다리고 있음.

- Duke Energy社의 William States Lee III(2GW, South Carolina州): 2024년 이후 공식 운행이 가능할 예정

- Florida Power & Light社의 Trukey Point 원전에 원자로 2기(각 1,100MW) 추가: 운영은 2028년까지 가능할 것으로 예상되나, 해수면 상승 위험 등 환경 문제를 이유로 확장 계획에 대한 지역의 반발이 거세지고 있음.

- Detroit Edison社의 Fermi 원전에 세 번째 원자로(1.6GW, Michigan州) 추가

- Glue Castle Holding社의 BlueCastle 원전(2.2GW, Utah州) 건설

- Nuclear Innovation North America社의 South Texas 프로젝트에 원자로 3, 4기(각 1,350MW) 추가

“Westinghouse Electric社는 Georgia Power에 1,117MW 규모의 원자로 2기 건설에 착공함.”



- 현재 건설 중인 석탄화력발전시설의 용량은 1.1GW로 2016년부터 공식 운영을 시작할 예정임. 그 외 계획 중이거나 허가를 받은 시설의 용량은 1.6GW에 그침.
  - 최근 다수의 석탄화력발전시설 건설 계획이 취소되었으며, 이는 대부분 기후변화 대응 및 낮은 가스 가격이 그 원인으로 풀이됨.
  - EIA에 따르면, 현재 운영 중인 석탄화력발전소 중 13GW는 폐쇄될 것임. 테네시 강 유역개발공사(Tennessee Valley Authority, TVA)는 이미 8개 유닛에 대한 폐쇄를 승인하였으며, 이들의 총 설비용량이 3GW에 달함.
  - 또한, 청정대기법(Clean Air Act)에 따라 제정된 새로운 규제에 의해 기존 석탄 화력발전소를 바이오메스를 이용한 화력발전으로 전환하려는 계획도 있음. PEG사의 Boardman 발전소(585MW, 오레곤주)가 그 예임.
- EIA의 최근 전망에 따르면, 2040년까지 가스화력발전설비는 매년 1.3% 증가할 것임. 현재 11GW에 달하는 가스발전시설이 건설되고 있으며 2018년 이전에 공식 운영이 시작될 예정이며, 41GW에 달하는 시설은 계획 단계이거나 승인을 받음.
  - 현재 건설 중인 가스발전시설은 Exelon社의 Colorado Bend II(1GW), Oregon Clean Energy Center(848MW)가 있으며, 둘 다 2017년 완공 예정임.
  - Dominion社는 버지니아주에 1.6GW 규모의 복합가스터빈(combined cycle gas turbine, CCGT) 발전소를 건설할 예정이며 현재 허가를 기다리고 있음.
- 국제재생에너지기구(International Renewable Energy Agency, IRENA)에 따르면, 전원믹스에서 재생에너지 비중은 2030년까지 50%에 이를 수 있음.
  - 현재 미국의 재생에너지 비중은 14% 수준이며, IRENA의 전망이 실현된다면, 미국은 중국에 이어 세계 2대 재생에너지 시장이 될 것임.
  - 현재 총 9.3GW에 이르는 재생에너지 발전설비를 건설 중으로 2016년 말 이전에 공식적인 운영이 개시될 것이며, 그 외 22GW 규모가 계획 단계에 있거나 승인 되었음.
  - 2014년 8월, Pathfinder Renewable Wind Energy, Magnum Energy, Dresser-Rand, Duke-American Transmission 등 4개 미국 기업은 2023년까지 로스앤젤레스 지역에 청정전력을 공급하기 위한 친환경 에너지 계획에 총 80억 달러를 투자 하겠다고 발표하였음.
    - 상기 계획에는 2.1GW 규모의 풍력발전소, 압축공기 저장시설(Compressed air storage facility), 전송선로(Transmission line) 등이 포함될 수 있음.
- 태양광 발전 기술은 가장 빨리 발전하고 있는 기술 중 하나로, 2040년까지 발전 용량이 매년 6% 이상 성장할 것임.
  - 2013년 미 국방부(Department of Defense, DoD)는 70억 달러 규모의 태양광 발전 계약에 대해 공개했으며, 총 144개 응찰 기업 중에서 22개 사업자를 선택하였음.

“EIA의 최근 전망에 따르면, 2040년까지 가스화력발전설비는 매년 1.3% 증가할 것임.”

“태양광은  
2040년까지 발전  
용량이 매년 6%  
이상 성장할  
것임.”

“1997~2012년  
사이 송전 인프라  
신규 확충에 대한  
투자가 5배 이상  
증가하였음.”

- 상기 22개 기업과 납기·수량 미지정 계약(Indefinite delivery, indefinite quantity contracts)을 체결하였으며, 이들은 생산전력 일괄구매계약(Power Purchase Agreement)을 놓고 경쟁하게 될 것임.

- 다수의 태양 에너지 집결(Concentrating Solar Power, CSP) 또는 태양광 발전(PV) 프로젝트가 캘리포니아주에서 진행 또는 계획 중이며, Abengoa社의 Palen CSP 플랜트(500MW), Blythe PV 프로젝트(485MW) 등이 그 예임.

○ 현재 24GW 규모의 풍력발전시설이 계획되고 있음.

- 그 중 5.8GW는 건설 중이며, 대표적인 프로젝트로는 Chokecherr and Sierra Madre(3GW, 와이오밍州)가 있음.

- 또한, 미 내무부는 최근 뉴저지주 해상에 3.4GW의 풍력발전소를 임대하겠다고 제안하였고, Res America社와 US Wind社가 190만 달러에 응찰해 운영사로 선정됨.

○ EIA에 따르면, 1997~2012년 사이 송전 인프라 신규 확충에 대한 투자가 5배 이상 증가했으며, 2007~2012년 사이에만 두 배 증가하였음.

- Pennsylvania Power and Light(PPL)社는 펜실베이니아 서부에서 뉴욕까지 연결하는 765km 길이의 신규 송전 프로젝트 Compass(345kV)를 계획하고 있음.

- 상기 프로젝트에 총 30~40억 달러가 투자되어 2025년까지 완공될 것으로 예상

- 총 20억 달러를 투자해 뉴멕시코주에서 애리조나주까지 연결할 계획인 SunZia Southwest Transmission 프로젝트도 승인을 받음.

- 同 프로젝트는 건설, 운영, 관리 등을 포함하며, 2021년까지 공식적인 운영을 개시해 뉴멕시코주에 건설 예정인 재생에너지 프로젝트로부터 3GW의 전력을 공급할 수 있을 것으로 예상됨.

- 또한, 아이오와주 북서부에 위치한 풍력발전소에서 일리노이주까지 3.5GW의 전력을 공급할 800km 길이의 고압직류(high voltage direct current, HVDC) 송전선 Rock Island Clean Line 프로젝트도 건설 허가를 받음.

- 총 건설비용은 20억 달러에 이를 것으로 예상되며, 완공되기까지 앞으로 5~7년이 소요될 것으로 보임.

- 그 외, 다음과 같은 프로젝트는 최종 승인을 받았거나 승인을 기다리고 있음.

- Basin Electric Power Cooperative社의 송전 프로젝트: 송전선로 320km, 송전 용량 345kV, 노스다코타주, 2017년 완공 예정, 최종 승인 완료

- Plains & Eastern Clean Line 송전 프로젝트: 송전선로 1,130km, 송전용량 600kV, 계획 단계

- Champlain Hudson Power Express Project: 송전선로 536km, 뉴욕 시티에서 뉴욕주 Champlain 호수까지 연결, 22억 달러 투자 예정, 승인 완료

## 4. 기후변화 대응

### ▣ 탄소 포집 및 저장

- 정부 당국은 온실가스 감축 활동의 일환으로 이산화탄소 포집 및 처리(Carbon Capture and Sequestration, CCS) 기술 개발을 추진하고 있음.
  - DOE는 기존 및 신규 석탄화력발전소의 탄소 채집 비용을 감축할 수 있도록 돕기 위해 혁신적인 2세대 연소 전·후 포집 기술(pre- and post-combustion technologies) 연구에 8,400만 달러를 투자한다고 발표하였음.
  - 일리노이주의 Archer Daniels Midland社는 옥수수 에탄올(corn ethanol)플랜트에서 채집한 액화 이산화탄소를 저장할 수 있는 기술을 개발 중임.
  - Southern Company와 Mitsubishi Heavy Industries는 알라바마주 Barry 석탄화력발전소에서 최대 연간 180ktCO<sub>2</sub> 를 염분 형성물(saline formation) 상태로 지하에 저장하는 기술을 개발 중.
  - 그러나 일부 프로젝트는 기술 이용에 어려움을 겪고 있는 것으로 나타나고 있으며, 일례로 AEP의 Mountaineer 석탄화력발전소는 2015년에 CCS 기술을 적용할 계획이었으나 경제 및 정책 상황으로 취소되었음.
- 한편, DOE는 FutureGen 2.0 프로젝트를 중단한다고 결정하였음.
  - 2009년 발표된 상기 프로젝트는 순산소 석탄연소(oxy-coal combustion)를 이용해 일리노이주 메르도시아의 기존 발전소를 업그레이드 해 연소 과정에서 발생되는 이산화탄소의 90%를 분리·저장할 계획이었음.
  - 그에 따라, 2013년 DOE가 동 프로젝트를 실행했으나 2015년 연방정부의 지원이 만료되기 전에 완료할 수 없을 것으로 보고 중단하였음.
- Petra Nova社와 JX Nippon Oil and Gas Exploration社는 50:50 합작투자자로 텍사스주에 위치한 WAParish 석탄화력발전소에 Petra Nova Carbon Capture 프로젝트를 추진하기로 결정하였음.
  - 상기 계획은 세계 최대 CSS 프로젝트이자 기존 석탄화력발전소에 설치하는 세계 최대·상업적 후 탄소 포집(post-combustion technology) 시설이 될 것임.
  - 연소가스로부터 이산화탄소의 90% 포집할 同CSS 프로젝트는 이미 착공했으며 2016년 말 운영이 개시될 것으로 기대됨.
- Summit Power社는 중국의 Huanqiu Contracting & Engineering社 및 캐나다의

“정부 당국은 이산화탄소 포집 및 처리 기술 개발을 추진하고 있음.”

SNC-Lavalin社와 Texas Clean Energy Chemical and Power 프로젝트에 대한 EPC(engineering, procurement, and construction) 계약을 체결하였음.

- 이에 따라 탄소 포집 장비를 설치해 석탄화력발전소에서 배출되는 이산화탄소의 90% 이상을 포집하고 서부 텍사스 유전 지대에 영구적으로 보관할 것이며, 2018년부터 상업적 운영이 개시될 예정임.

### 참고문헌

- 에너지경제연구원, 「세계 에너지시장 인사이트」, 제15-41호, 2015  
\_\_\_\_\_, 제16-8호, 제16-15호, 2016
- Argus, “Sabine Pass LNG cargo goes to Portugal,” 2016.4.20
- Enerdata, Country Energy Report – United States, 2016.3
- IEA, World Energy Outlook, 2015.11.11
- International Energy Agency, Energy Policies of IEA Countries: The United States 2014 Review, 2014
- The Economist Intelligence Unit, Industry Report: Energy: United States of America(Q1, 2016), 2016.1
- Wall Street Journal, “First U.S. Gas Shipment En Route to Europe,” 2016.4.21
- Wall Street Journal, “With U.S. Gas, Europe Seeks Escape From Russia’s Energy Grip,” 2016.2.25