

2018년 EU 에너지 현황 및 전망 분석

2018.04.26. KERC 멘토 김상원

I

유럽 전력부문 에너지 전환(energy transition)

1. 2017년 유럽 에너지 전환 주요 시사점

가. 신재생에너지 발전이 석탄 발전을 처음으로 추월

- 신재생에너지 발전 증가는 풍력, 태양광 및 바이오매스 증가에 기인함
- 신재생에너지 발전은 전년도 대비 12% 증가하여 연간발전량이 679 TWh에 이룸
- 불과 5년 전 석탄 발전은 풍력, 태양 및 바이오매스의 2배 이상이었음

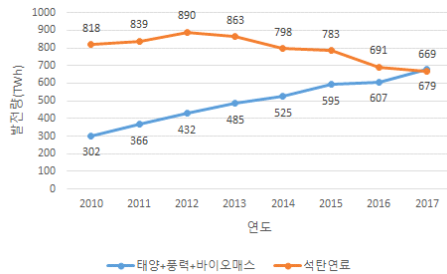


그림 1. EU 석탄연료 발전량과 신재생에너지 발전량 비교 (출처: EUROSTAT 데이터)

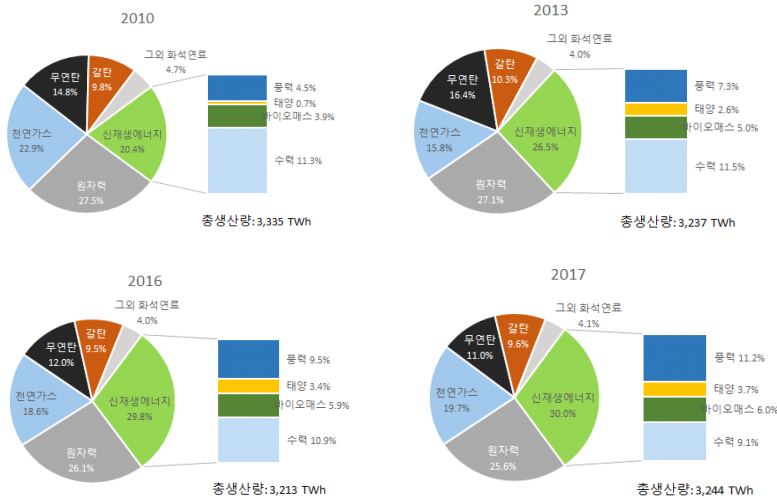


그림 2. EU 전력 생산 믹스(Electricity generation mix) 현황. (출처: EUROSTAT 데이터)

다. 신재생에너지 성장 분포는 지역적으로나 내용적으로 고르지 않음

- 독일과 영국이 지난 3년 동안 신재생에너지 성장의 56%를 기여함
- 2017년 풍력 발전은 막대한 투자로 인하여 19% 성장함
- 태양에너지는 지난 3년간 신재생에너지 성장의 14%를 기여함

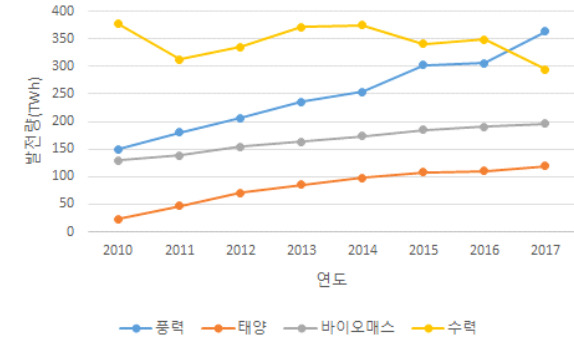


그림 3. EU 신재생에너지 발전량 전력원별 추이 (출처: EUROSTAT 데이터)

다. 전기 소비는 2017년에 0.7% 증가하여 3년 연속 증가함

- 유럽 경제가 다시 성장 경로에 접어들면서 전력 수요도 증가하고 있음
- 이는 에너지 효율성 개선에 대한 노력이 충분하지 않아 EU의 에너지 효율성 개선 정책이 더욱 강화될 필요가 있음을 시사함

라. 2017년 전력 부문의 CO2 배출량은 변하지 않았고 경제 전반적으로 상승하였음

- 수력 발전과 원자력 발전의 낮은 비율은 증가하는 에너지 수요와 맞물려 화석 연료발전을 증가시킴
- 따라서 풍력 발전량이 크게 증가 했음에도 불구하고 전력 부문의 CO2 배출량은 10억 1천 9백만 톤으로 추산됨
- 그러나 EU 배출권 거래 부문의 총 고정 배출량은 철강 생산량 증가를 비롯한 산업 생산량 증가로 인하여 17억 5천만 톤에서 17억 5천 5백만 톤으로 증가함
- Non-ETS¹⁾ 가스 및 석유 수요가 증가함에 따라 2017년 EU 전체 온실가스 배출량은 약 1% 증가한 것으로 추정됨

마. 서유럽은 석탄사용을 단계적으로 저감시키지만 동유럽은 석탄사용을 고수하고 있음

- 네덜란드, 이탈리아 및 포르투갈은 석탄사용의 단계적 퇴출을 2017년 발표함
- 이들 3개 국가는 프랑스와 영국의 석탄 단계적 퇴출(coal phase-outs)에 동참함
- 동유럽 국가들은 석탄사용을 고수하고 있음
- 유럽에서 가장 많은 석탄 및 갈탄 소비국인 독일은 석탄사용 여부에 대하여 2019년 결정할 예정임

1) Emission Trading System. 배출권거래제: 온실가스의 배출 감축을 위한 시장기반 정책수단임.

2. 유럽 전기에너지 믹스(electricity mix) 2017년 주요 변화

- 가. 전력소비는 에너지효율 개선에 의문을 제기하며 3년 연속 0.7%(+23 TWh) 증가함
나. EU 전력수입 8 TWh 감소함
 - 세르비아, 보스니아, 마케도니아, 알바니아 모두 EU 국가들에 전력수출 감소함
- 다. 풍력 발전 19%(+58 TWh) 증가함
 - 독일과 영국이 풍력 증가의 2/3 기여함
- 라. 태양광 발전은 최근의 엄청난 가격 하락에도 불구하고 8%(+9 TWh) 증가함
 - 이는 풍력 발전량의 1/6에 불과함
- 마. 바이오매스 발전량은 3% 증가(+5 TWh)
 - 바이오매스 발전이 지속적으로 성장하고 있음
- 바. 수력 발전은 금세기 최저 수준으로 16% (-54 TWh) 감소함
 - 2017년 유럽의 모든 수력 발전 지역에서 강우량이 많이 줄어들음
- 사. 독일과 프랑스의 원전 폐쇄에 따른 원자력 발전량이 1%(-9 TWh) 감소함
 - 프랑스는 금세기에 2017년 원자력 생산량이 가장 낮았음
- 아. 가스 발전은 스페인, 포르투갈, 이탈리아, 프랑스에서 7% (+42 TWh) 증가함
 - 수력 발전량 감소로 인한 부족 전력을 해결하기 위함임
- 자. 무연탄(Hard coal) 발전은 7%(-27 TWh) 감소함
 - 대부분 독일과 영국에서 풍력 발전으로 대체함
- 차. 갈탄(Lignite) 발전량은 유럽 남동부 위주로 2%(6 TWh) 증가함
- 카. 전체 화석연료 발전량은 1.6%(+23 TWh) 증가함
 - 석탄 발전량 감소보다 가스 발전량 증가가 더 큼
- 타. EU 전력 부문의 CO2 배출량은 10억 1천 9백만 톤으로 변화가 없지만, 전체 EU ETS 배출량은 약간 증가 할 것으로 예상됨

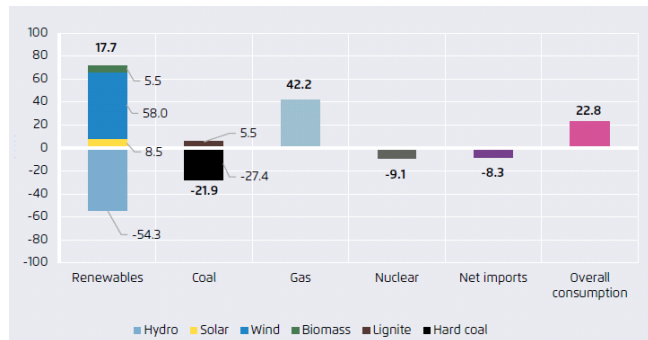


그림 4. 2016년과 2017년의 전력 생산 및 소비 변화.
(출처: EUROSTAT 데이터)

3. 2010년 대비 2017년 전력 믹스 현황 분석

- 가. 전체 전력량 91 TWh 감소함(2.7% 감소)
 - 에너지 효율 증가로 전체 전력 생산량 및 소비량이 감소함
- 나. 신재생에너지 295 TWh 증가함(43.4% 증가)
 - 신재생에너지는 지속적으로 증가하고 있음
 - 풍력에너지 214 TWh 증가함(143% 증가)
 - 태양에너지 95 TWh 증가함(412% 증가)
 - 바이오매스 67 TWh 증가함(51.5% 증가)
 - 수력에너지 82 TWh 감소함(21.8% 감소)
- 다. 원자력에너지 87 TWh 감소함(9.5% 감소)
 - 원자력에너지는 지속적으로 감소하고 있음
- 라. 화석연료 발전 299 TWh 감소함(17.2% 감소)
 - 2010년 화석연료 발전량: 1,583 TWh(총전력생산 52.1%)
 - 2017년 화석연료 발전량: 1,308 TWh(총전력생산 44.4%)
 - 화석연료 사용량은 지속적으로 감소하고 있으나, 종류별로 차이가 있음
 - 갈탄 13 TWh 감소함(4% 감소)
 - 무연탄 136 TWh 감소함(27.6% 감소)
 - 천연가스 126 TWh 감소함(16.5% 감소)
 - 그 외 화석연료 24 TWh 감소함(15.4% 감소)
 - 2010년 대비 2017년 신재생에너지 발전 현황 분석

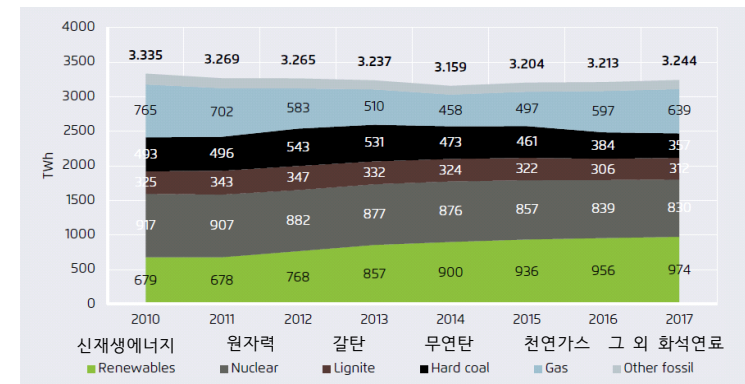


그림 5. EU 전력원별 발전 현황.
(출처: EUROSTAT 데이터)

4. 2010년 대비 전력 소비의 GDP 및 인구 증가 비교 분석

- 가. 전력 소비는 2017년에 0.7% (23 TWh) 증가하여 3년 연속 유럽의 전체 전력 소비량이 증가함
나. 2010-2014년에는 전력 소비가 감소하는 경향이 있었지만 현재는 2010년 수준으로

- 다. 같은 기간에 유럽의 GDP는 증가하여 2010년 수준의 10 %를 상회함
- 라. 에너지 효율 개선 속도는 유럽 경제 회복 속도에 비하여 늦은 것으로 판단됨
- 유럽의 GDP는 지난 3년간 매년 약 2 %씩 증가함
 - 연간 전력 소비는 약 1 %씩 증가함
 - GDP 성장률이 전력 수요 증가의 두 배에 이룸
 - 연간 전력 수요 증가 속도가 GDP 성장률 속도보다 느리다는 것을 의미함
 - 이는 에너지 효율이 개선되고 있음을 의미하지만, 지금보다 에너지 효율 개선 속도를 2배 이상 증가시켜야 함
 - 이상적인 경우는 전력소비 변화량 0% 혹은 감소하는 것임
- 마. 유럽의 인구는 2014년 이래 조금씩 증가하고 있음
- 2016년과 2017년에 유럽으로 이민 인구 증가(300만명 이상)
 - 인구 증가에 따른 전력 소비량 증가

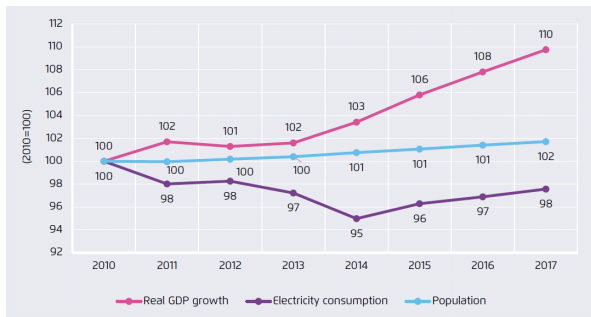


그림 6. EU GDP, 전력소비 및 인구 추이
(출처: EUROSTAT 데이터)

5. EU 국가별 전력 생산 현황

- 가. 2010년 전력 소비를 기준으로 EU 주요국가의 7년간 전력변화 비교 분석
- 7년간 전력 소비의 가장 큰 변화를 보인 EU 국가는 체코, 프랑스, 독일, 폴란드, 루마니아, 스페인, 영국임
 - 7년간 전력소비가 가장 증가한 국가: 폴란드, 9% 상승함
 - 7년간 전력소비가 가장 감소한 국가: 영국, 7% 감소함
 - 2017년 11월 EUROSTAT 산업생산지수는 전년도 보다 4% 높음
 - 동유럽 국가의 산업 생산이 위기 이전 수준의 생산량을 되찾고 있음
 - EU 철강 생산은 2017년 독일, 이탈리아, 체코에서 5% 가량 증가(출처: World Steel Association 2017)

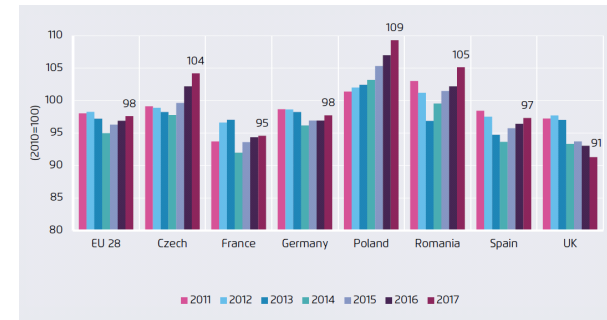
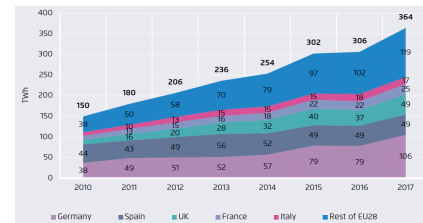


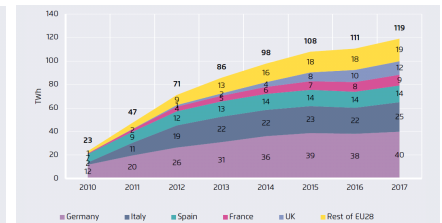
그림 7. 국가별 전력 소비 연도별 현황
(출처: EUROSTAT 데이터)

나. 국가별 신재생에너지 전력 생산 추이

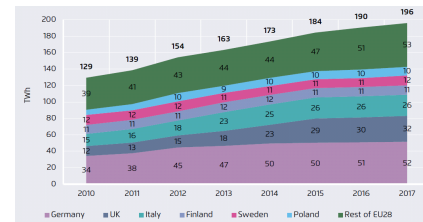
- 2010년 대비 가장 신재생에너지의 가장 큰 성장률을 보인 EU 국가는 덴마크임
 - 덴마크: 42%증가하여 2017년 총전력 생산의 74%를 신재생에너지로 생산함
 - 영국: 22%증가하여 2017년 총전력 생산의 28%를 신재생에너지로 생산함
 - 독일: 17%증가하여 2017년 총전력 생산의 30%를 신재생에너지로 생산함
- 지난 3년간 신재생에너지가 거의 증가하지 않은 국가
 - 스페인, 이탈리아, 포르투갈, 벨기에, 그리스
- 신재생에너지 발전비율이 10% 미만인 EU 국가
 - 슬로베니아(4%), 불가리아(7%), 프랑스(8%), 슬로바키아(8%), 체코(8%), 헝가리(10%)



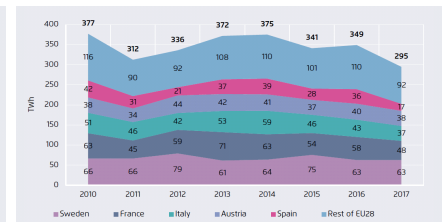
(a) 풍력



(b) 태양



(c) 바이오매스



(d) 수력

그림 8. EU 주요국가 신재생에너지 발전 추이
(출처: EUROSTAT 데이터)

다. EU 주요 국가별 전력 믹스 현황

(1) 독일

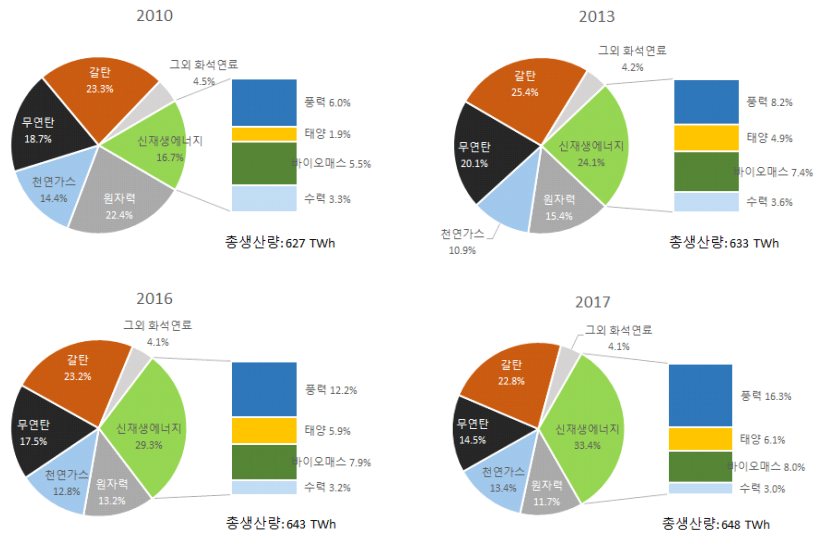


그림 9. 독일 전력 생산 믹스 현황.
(출처: EUROSTAT 데이터)

(2) 영국

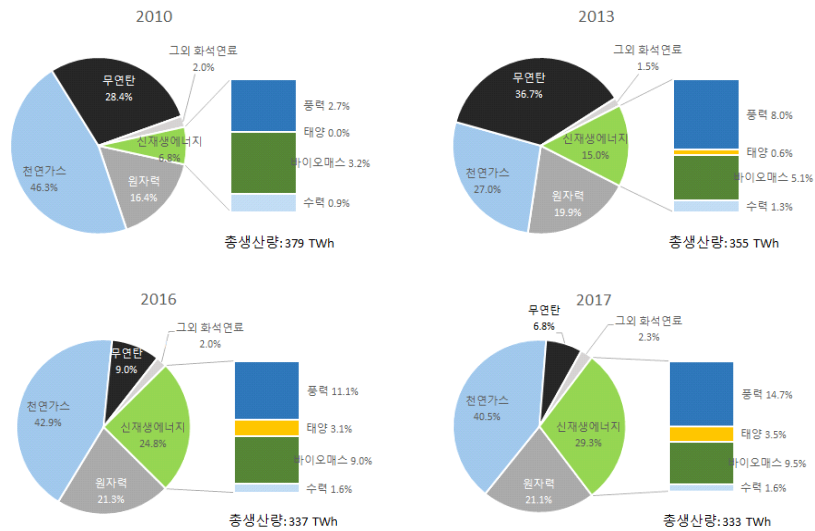


그림 10. 영국 전력 생산 믹스 현황.
(출처: EUROSTAT 데이터)

(3) 프랑스

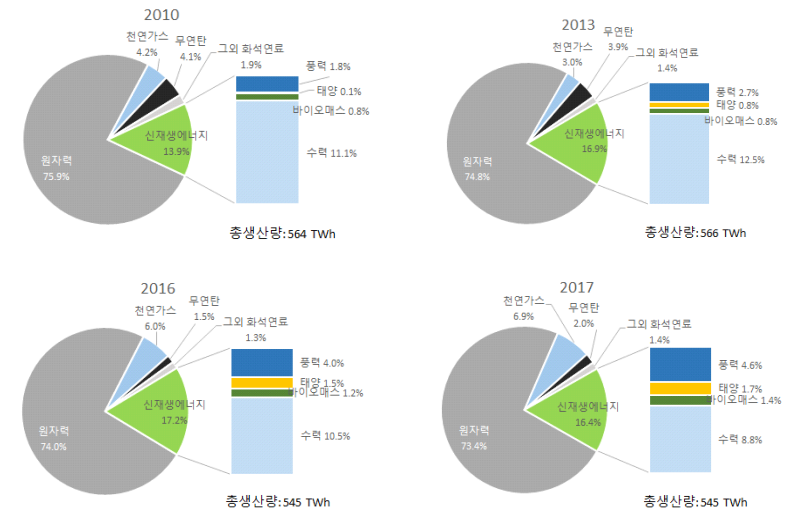


그림 11. 프랑스 전력 생산 믹스 현황.
(출처: EUROSTAT 데이터)

(4) 덴마크

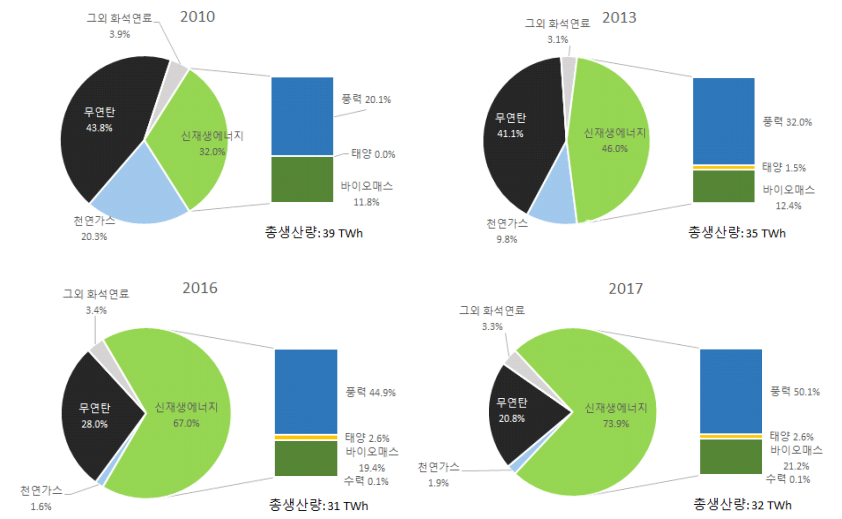


그림 12. 덴마크 전력 생산 믹스 현황.
(출처: EUROSTAT 데이터)

6. 2018년 EU 전력 믹스 전망

- 가. 신재생에너지는 EU 총전력 생산의 3분의 1에 이를 것으로 예상됨
- 수력발전 정상화 예상: 전년도 대비 50 TWh 발전 증가 예상됨
 - 15 GW 풍력 발전 설비 추가 설치 예정임
 - 2020년까지 신재생에너지는 유럽 전력 생산의 약 36%에 도달할 것으로 예상됨
- 나. 화석연료 발전량은 2018년에도 급격하게 감소할 것으로 예상됨
- 2020년까지 화석연료 발전량이 16% 감소할 것으로 예상
- 다. 원자력 발전량은 2018년에 약간 증가하고 2020년까지 일정하게 유지될 것으로 예상됨
- 프랑스의 원자력 발전소가 정상적으로 돌아온다는 가정 하에 2018년에 원자력 생산량이 30 TWh 늘어날 것으로 예상됨
 - 핀란드의 새로운 1.6 GW 원자력발전소 Olkiluoto-3은 2019년 5월부터 정상적으로 가동될 것으로 예상됨
- 라. 2018년 전력 부문의 CO2 배출량은 화석연료 발전량의 감소로 인하여 줄어들 것으로 예상됨
- 마. 신재생에너지와 에너지 효율에 대한 2030년까지의 목표치(Europe's 2030 targets)는 2018년 내에 결정될 것으로 예상됨
- 에너지 효율에 있어서 유럽연합 집행위원회(EU Commission)는 2030년까지 30% 개선을 목표로 삼은 반면 유럽의회(European Parliament)는 35% 개선을 요구하고 있음
 - 신재생에너지 발전비율에 있어서 EU 회원국은 2030년까지 최종전력 수요의 27%를 요구하는 반면, 유럽연합 집행위원회(EU Commission)는 30%를 목표로 삼고 있고 유럽의회(European Parliament)는 35%를 주장하고 있음
- 바. 유럽의 에너지 전환을 앞당기기 위해서 유연한 전력시장과 전력망이 필요함
- 풍력과 태양에너지 발전이 충분하지 않을 경우를 대비한 백업 전력 설비 필요함
 - 유연한 전력 수요 및 가격 변동에 신속하게 대응할 수 있어야 함
 - 에너지를 저장하고 유연하게 사용할 수 있는 전기자동차와 같은 사용자는 점차 시스템을 안정화시키는데 도움이 될 것으로 예상됨

II

유럽 에너지 2050년 예상 시나리오

1. 서론

- 가. 유럽연합 집행위원회는 유럽국가 및 모델링 컨소시엄과 공동으로 기본시나리오(Reference Scenario)를 개발하였음
- 나. 2014년 말까지 채택 된 정책과 시장 조건을 근거로 2050년까지의 에너지, 수송 및 온실가스배출의 추세를 시뮬레이션을 통해 예상²⁾하였음
- 다. 유럽국가들이 2020년까지의 에너지전환 목표를 충족하였다고 가정함
- 라. 본 예상 시나리오는 새로운 정책으로 인해 예상되는 영향(Impact assessments)을 분석할 수 있는 기준점을 제공함

2. 유럽 에너지 믹스 예상 분석

가. 주요지표

- 2020년 1차 에너지 소비량은 2007년 보다 18.4% 감소하지만, 2020년 EU 에너지 효율 목표값인 20%에는 못 미칠 것으로 예상됨³⁾
- GDP는 계속 증가하지만, 1차 에너지 소비량과 인구는 계속 감소함
- 에너지 효율 향상은 주로 2020년까지의 정책과 2020년 이후의 시장 / 기술 동향에 의해 주도됨
- 총 에너지 수요량은 2015년 수준 이하로 꾸준히 유지됨
- 2020년 이후 에너지 효율 개선속도가 줄어듦

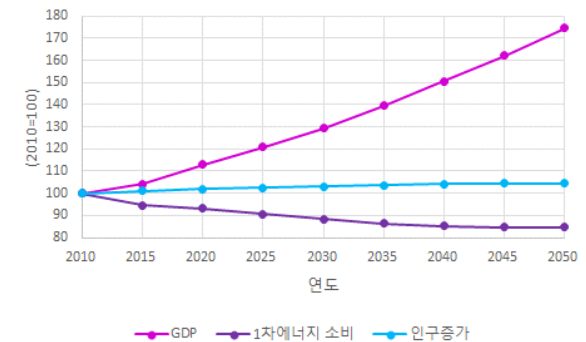


그림 13. 유럽 GDP, 1차 에너지 소비 및 인구변화 예상:
2010=100
(출처: EU reference scenario 2016)

2) 미래에 대한 예측(forecast)이 아닌 현 상황을 근거로 한 예상(projection)임을 강조함

3) 예상 시나리오에 대한 분석내용이므로 이후 '예상됨'이란 문구를 생략하고 현재형을 사용하여 기술함

나. EU 1차 에너지 총사용량

- EU 에너지 총사용량은 2005년 이후 2040년까지 꾸준히 감소함
- 석유는 교통수요로 인해 에너지믹스에서 가장 큰 비중을 계속 차지함
- 에너지믹스에서 신재생에너지가 가장 증가한 반면 석탄은 점유율에서 상당히 감소함
- 천연가스와 원자력에너지는 에너지믹스에서 비교적 안정적인 점유율을 유지함

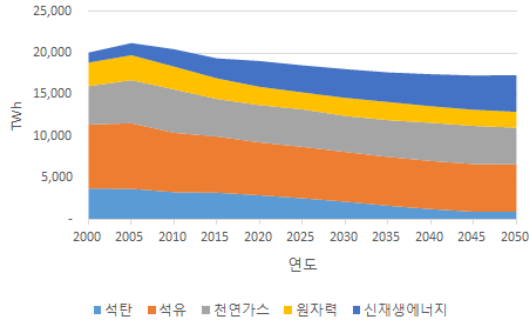


그림 14. EU 1차 에너지 총사용량(Primary energy consumption)
(출처: EU reference scenario 2016)

다. EU 에너지 생산량

- EU 에너지 생산량은 2015년 8,822 TWh에서 2050년 7,694 TWh로 계속 감소함
- 모든 화석연료(석탄, 석유 및 가스) 발전량의 급격한 감소와 원자력 생산량의 제한적 감소는 신재생에너지의 EU내 생산 증가로 부분적으로 보상됨
- 신재생에너지 생산량 가운데 태양 및 풍력 점유율은 2015년 17%에서 2050년 36%로 점차 증가할 것임
- 바이오매스와 바이오폐기물은 EU내 신재생에너지에서 지배적인 점유율을 유지할 것임

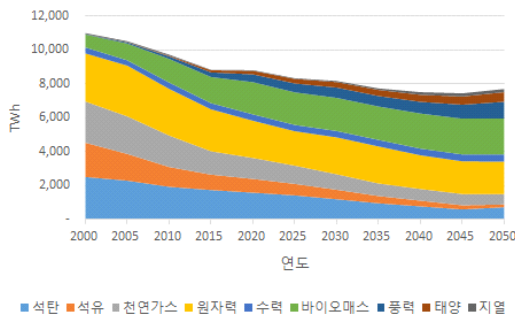


그림 15. EU 에너지 생산량
(출처: EU reference scenario 2016)

라. EU 에너지 수입량

- EU의 에너지 수입 의존도는 2010년 53%에서 2050년 58%로 완만하게 증가함

- 신재생에너지 증가, 에너지 효율 개선 및 원자력 생산(안정적으로 유지됨)은 EU의 화석연료 발전량 감소를 상쇄함
- 석탄 수입은 감소하지만 석유와 천연가스 수입은 소폭 증가함
- 바이오매스는 주로 유럽 자체적으로 조달함
- 바이오매스 수요 증가로 2020년 이후 바이오매스 수입이 다소 증가하지만(2020년 바이오매스 수요의 11%에서 2030년 이후 약 15%까지), 바이오매스는 대부분 유럽 자체적으로 공급할 것임

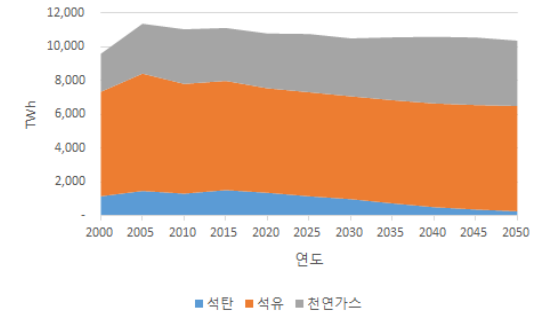


그림 16. EU 에너지 수입량
(출처: EU reference scenario 2016)

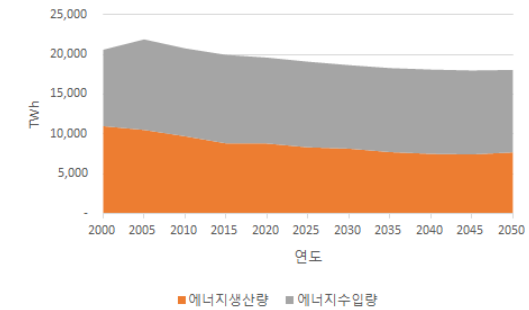


그림 17. EU 에너지 생산량 vs. 수입량 비교
(출처: EU reference scenario 2016)

마. EU 최종에너지 수요

- 1차 에너지 사용량과 최종에너지 수요의 비율은 에너지 효율을 나타냄
- 에너지 효율은 2010년 70%에서 2020년 74.3%, 2030년 75.3%, 2040년 77.5%, 2050년 79.4%로 점진적으로 개선됨
- 에너지 효율의 개선으로 인하여 1차 에너지 총사용량은 점진적으로 줄어들음

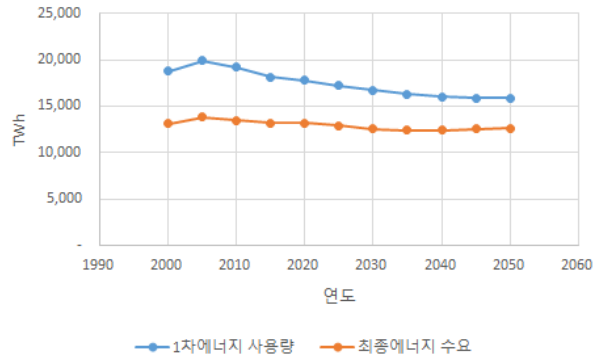


그림 18. EU 1차 에너지 사용량과 최종에너지 수요 비교
(출처: EU reference scenario 2016)

- 부문별 최종에너지 수요 분포는 현재와 대체로 유사
 - 수송 및 주거 부문은 최종에너지 수요의 상당 부분을 차지(2030년 각각 최종 소비의 32 %와 27 %)
- 산업부문은 비에너지 집약 산업의 에너지 효율 향상으로 인하여 2005년 최종에너지 수요의 28 %에서 2050년 23%로 감소함
- 3차 산업(서비스 및 농업)부문은 약 17%의 안정적인 지분을 유지함
- 최종에너지 수요의 연료별 분포에서 전기(electricity)부문이 점진적으로 증가함
 - 2005년 최종에너지 사용량의 20%에서 2050년에 28%로 증가함
 - 전력수요의 증가에 기인함

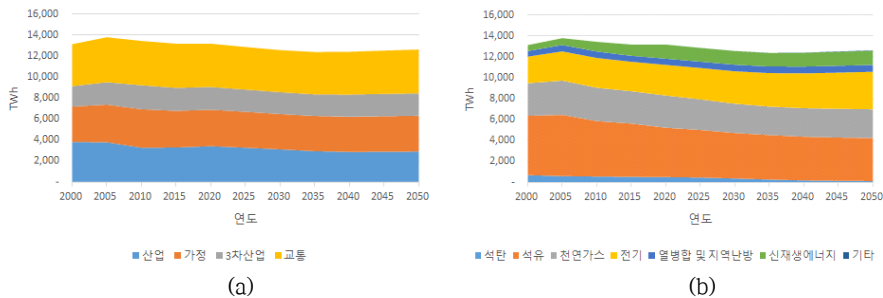


그림 19. EU 최종에너지 수요; (a) 수요분야별 분포, (b) 소비연료별 분포
(출처: EU reference scenario 2016)

3. EU 전력 발전 및 전기요금 분석

가. EU 전력발전 분석

- 2020년 이전에는 2020년 목표달성을 위한 강력한 신재생에너지 정책, 천연가스

대비 낮은 석탄 가격, 낮은 CO2 가격 등으로 인하여 천연가스가 석탄을 대체하지 못함

- 2020년 이후에는 신재생에너지가 더욱 확대되고, CO2 가격 상승으로 인하여 석탄이 천연가스로 대체됨
- 2030년에 천연가스는 2015년보다 약간 높은 수준으로 전력 믹스에 유지됨
- 석탄 발전은 2030년 전력믹스에서 15%로 크게 감소함
- 신재생에너지(태양 및 풍력)는 2020년에 총발전량의 19%, 2030년에 25%, 2050년에는 36%에 도달하여 전력 시스템에 필요성이 증대됨
 - 육상풍력이 가장 큰 공헌을 할 것으로 예상됨
 - 태양광 발전과 바이오매스는 시간이 지남에 따라 증가함
 - 수력과 지열은 대체로 일정함
- 원자력 발전은 발전소 수명 연장과 신축건설에도 불구하고 2015년 27%에서 2030년 22%에 이르기까지 점차 감소함

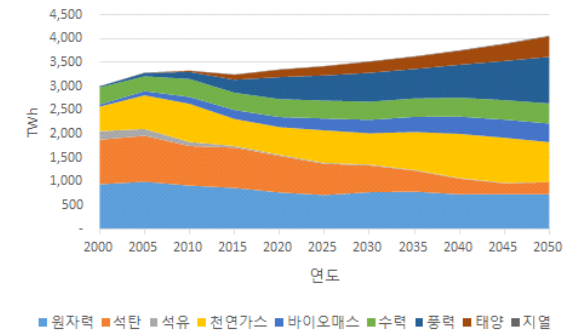


그림 20. EU 발전원별 전력생산량
(출처: EU reference scenario 2016)

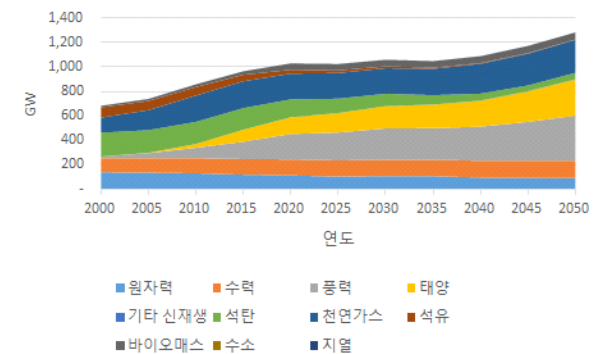


그림 21. EU 발전원별 전력생산 설비
(출처: EU reference scenario 2016)

나. EU 전기소매가격 분석

- 평균 전력소매가격은 2030년까지 2010년 대비 약 18%로 꾸준히 증가하고, 2030 ~ 2040년에는 약 20%로 안정화하고 이후에는 점진적으로 감소함
- 전력소매가격에서 자본 비용 구성요소(발전 및 그리드 비용)는 단기적으로 2020년까지 크게 증가하지만 이후에는 장기적으로 감소함
- 2030년부터 연료 비용 구성요소는 화석연료 연소율의 감소로 인해 연료가격이 상승하더라도 안정적으로 유지됨
- 2030년 이후 장기적으로 송전 및 배전 비용이 크게 증가하여 신재생에너지의 필요성이 더욱 커짐
- 탄소가격은 상승할 것으로 예상됨
 - 탄소 집약 발전 비중 감소로 인하여 탄소가격이 전기 가격에 미치는 영향은 제한적임

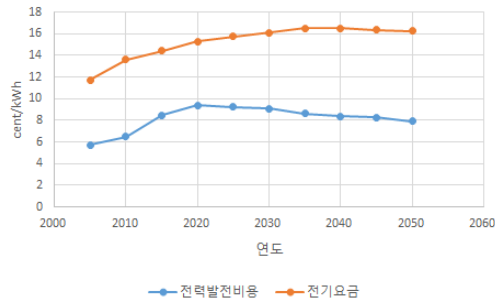


그림 22. EU 전력발전비용 vs. 전기요금 비교
(출처: EU reference scenario 2016)

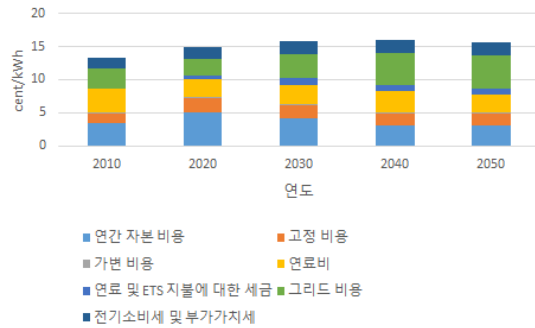


그림 23. EU 전기요금 항목별 분석
(출처: EU reference scenario 2016)

4. 결론

- 가. EU 화석연료 생산량이 감소되고, 연료수입도 줄어들
 - EU의 수입 의존도는 2050년까지 서서히 증가함
 - 신재생에너지원 비중이 높아지고 에너지효율은 크게 향상됨
 - 원자력에너지는 안정적으로 유지됨
- 나. EU 전력발전믹스는 신재생에너지에 대하여 호의적으로 변화함
 - 천연가스는 2030년 전력믹스에서 2015년보다 약간 높은 수준으로 역할을 유지함
 - 화석연료는 전력믹스에서 점유율이 감소함
- 다. 에너지 효율은 2020년까지 정책에 의하여 상당히 개선되고, 2020년 이후에는 시장과 기술의 동향을 따라서 개선됨
 - 1차 에너지 수요와 GDP는 탈동조화되는 경향을 보임
- 라. 수송 활동(transport activity)은 경제 활동의 발전에 힘입어 2010-2030년 동안 가장 높은 증가세를 보임
 - 에너지 소비와 수송활동 사이의 탈동조화는 지속되며, 향후 더욱 심화 될 것으로 예상됨
- 마. 에너지 시스템의 탈탄소화(Decarbonisation)는 진행되지만 장기적인 기후 목표에는 미치지 못함
 - 총 온실가스 배출량은 2020년에는 1990년 수준보다 26%, 2030년에는 35%, 2050년에는 48% 감소할 것임
 - 에너지 믹스에서 신재생에너지의 비율은 2020년 21%, 2030년 24%, 2050년 31%로 계속 증가함
- 바. 비이산화탄소 배출량(Non-CO2 emissions)은 2030년까지 이산화탄소 배출량보다 훨씬 더 감소함
 - 2030년에 2005년 대비 29% (1990년 대비 -46 %) 감소함
 - 비이산화탄소 배출량은 기존 산림의 감소, 토지 이용, 토지 이용 변화 및 임업 부문 축소로 인하여 감소함
- 사. 에너지 관련 투자 지출은 신재생에너지 증가와 에너지 효율 개선으로 인해 2020년까지 실질적으로 증가함
 - 전반적인 에너지 시스템 비용은 화석연료 가격 상승으로 인하여 2015년 EU GDP의 11.2%에서 2020년까지 EU GDP의 약 12.3%로 증가 할 것으로 예상됨
 - 전반적인 에너지 시스템 비용은 2030년까지 안정을 유지하고 그 이후로 감소하여 장기적으로 투자 수익을 거두게 됨

- [1] Agora Energiewende, “The European Power Sector in 2017,” Germany, January 2018.
- [2] Agora Energiewende, “Energy Transition in the Power Sector in Europe: State of Affairs in 2016,” Germany, January 2017.
- [3] Agora Energiewende, “Energy Transition in the Power Sector in Europe: State of Affairs in 2015,” Germany, April 2016.
- [4] European Commission, “EU Reference Scenario 2016, Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050 Main results,” EU, July 2016.
- [5] European Commission, “EU Reference Scenario 2016, Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050,” EU, July 2016.