

주요국의 에너지전환 (Energy Transition) 추진성과와 과제

| 양의석 |



참여연구진

연구책임자 : 선임연구위원 양익석

연구참여자 : 전문연구원 김수린

위촉연구위원 김기중

〈요 약〉

1. 연구 배경 및 목적

세계 각국은 자국의 에너지자원 부존 상황, 에너지 관련 기술 수준, 기후·환경조건, 경제발전 단계, 산업구조 등에 따라 나라별로 다른 에너지시스템을 갖고 있다. 이에 따라 각국은 자국의 에너지시스템에 적합한 에너지정책을 수립하여 시행하고 있다.

2015년 12월 열린 제21차 유엔기후변화협약(UNFCCC) 당사국총회(COP21)에서 195개 당사국은, 지구 평균기온 상승폭을 산업화 이전 대비 2℃ 이내로 유지하기 위해 온실가스 배출량을 단계적으로 감축하는 내용을 담은 ‘파리협정’을 채택하였고, 파리협정은 2016년 11월 4일 정식 발효되었다. 이에 따라 모든 당사국은 5년마다 자발적 온실가스 감축목표(INDC)를 유엔기후변화협약 사무국에 제출하여야 하며, 감축 목표 달성 방안의 일환으로 기존 에너지시스템의 전환을 추진하고 있다.

기후변화 문제에 대응하는 방식은 나라마다 차이가 있지만, 화석연료 기반의 에너지시스템이 온실가스 발생의 요인이므로 기존 에너지시스템의 전환이 필요하다는 인식은 크게 다르지 않다. 모든 국가들이 화석에너지에 과도하게 의존하는 에너지시스템을 갖고 있는 것은 아니며, 또한 기후·환경문제 대응을 위해 에너지전환에만 초점을 맞추고 있는 것은 아니다. 그러나 산업화를 이룬 선진국들은 대부분 화석에너지에 크게 의존할 수밖에 없었고, 이는 심각한 기후변화 문제를 야기하였다.

이에 세계 각국은 당면한 기후변화 문제를 해결하는 동시에 지속적인 경제성장을 이룰 수 있는 방법으로, 화석에너지 사용을 줄여 온실가스 배출을 감축시킬 수 있는 에너지시스템으로의 전환을 추진하고 있다. 특히, 독일, 영국, 프랑스 등 EU국가들과 일본 등 세계 주요 선진국들은 지속가능한 경제시스템 구축 차원에서 에너지전환을 추진하고 있으며, 에너지시스템의 청정화를 촉진하기 위한 다양한 정책을 수립하여 시행해 왔다.

본 연구는 독일, 영국, 프랑스 등 에너지전환을 선도하고 있는 국가들의 에너지 전환정책 추진 배경, 정책목표, 법제도 구축·운영 현황 등을 점검한다. 또한 2010년 이후의 이들 국가들 중심으로 전개되고 있는 에너지시스템 변화결과(에너지믹스 및 전원믹스 등)를 점검하고, 이들 국가들이 경험하고 있는 정책애로 사항을 도출하며, 향후 우리나라의 에너지 전환정책이 지향할 방향을 타진하는 것을 목표로 연구되었다.

2. 에너지 전환정책 추진 주요 성과 점검

2.1. 에너지 전환정책 선도국가의 정책 방향 점검

세계 주요 에너지 전환정책 선도국가들이 추진하고 있는 에너지 전환정책은 국가마다 상이한 구조를 가지고 있으나, 핵심을 이루고 있는 내용은 발전 부문의 연료 저탄소화, 수송 부문의 Mobility 청정화, 산업 및 건물 부문의 에너지효율 고도화, 수요측면에서 에너지수요 감축 등으로 대별된다. 에너지수요 측면의 전환정책의 핵심은 에너지수요 증가를 억제하여 에너지공급 확대 유발요인을 사전에 차단하는 것을 의미한다.

〈에너지 전환정책 선도국의 에너지 전환정책 구성 내역〉

구분	세부내역
태동 배경 및 환경적 요인	○ 화석에너지의 과도한 배출 폐해 위기 (온실가스 배출 증가) 인식 확대(파리협약, 2016) ○ 후쿠시마 원전사태 발생(2011.3.11.) ○ 청정에너지(태양광, 풍력 등)기술 발전
에너지시스템 변화기조	○ 에너지시스템 전환 추진(2010년대 초~) - 화석에너지 에너지시스템에서 청정에너지시스템으로 전환
에너지 전환정책 기조	□ 에너지원별 정책 기조 ○ 화석에너지 의존도 감축 - 脫석탄 및 석탄의존도 감축 - 석탄의 천연가스 대체 확대 ○ 재생에너지(태양·풍력·조력 등) 역할 확대 ○ 원전 의존도 조정 - 脫원전: 독일 - 원전 의존 축소: 프랑스, 일본, 한국 - 원전 의존 확대 및 지속: 영국, 미국
	□ 부문별 전환정책 ○ 공급: 에너지믹스 개편 - (발전 부문) 전원구조의 저탄소화 ○ 수요: 에너지수요 증가 억제 및 감축 - (수송 부문) Mobility청정화(연료 전력화·수소화) - (산업·건물 부문) 에너지효율 고도화

주요 에너지전환 선도국의 핵심 정책기조는 국가·사회가 지향하는 저탄소·청정 에너지시스템 구축이다. 이는 전환정책 목표 하에 화석에너지 중심의 기존 에너지시스템을 장기적(5년, 10년, 30년 등)인 시간적 영역 하에서 계획적으로 전환하여, 에너지시스템의 구조적 특성을 저탄소·청정 에너지 체제에 부합하는 구조로 전환하는 것을 의미한다.

에너지 전환정책은 에너지시스템의 구조변화를 설계하는 방식에 따라 달라지기에 정책내역은 국가에 따라 다를 수밖에 없다. 독일과 영국은

대표적인 에너지 전환정책 표방국가이나, 원전 정책방향은 정반대로 설정하고 있다.

세계 주요국의 에너지 전환정책의 목표는 국가별로 사회적 합의 과정의 상이성, 에너지시스템의 청정화에 대한 인식 차이, 에너지 전환정책 추진에 따른 사회적 비용의 수용성 등으로 다양성을 보이고 있다. 에너지 전환정책 목표의 공통적인 지향점은 에너지수요의 절대적 수준의 감축, 화석에너지 의존도 감축, 재생에너지 역할의 확대라는 측면에서는 유사성을 가지고 있다.

2.2. 에너지소비 구조 변화

주요 에너지 전환정책 선도국가의 에너지소비 감축은 에너지·GDP 원단위 변화와 에너지·GDP의 비동조성으로 확인되었다. 에너지믹스의 脫화석화 진전은 특히, 발전부문의 脫석탄화 심화로 확인되었다. 화석 에너지소비의 구조 변화는 석탄의 역할 퇴조와 천연가스의 역할 강화로 대표되고 있다. 화석에너지 의존도가 급격하게 하락하지 않는 것은 화석에너지인 천연가스가 석탄의 역할을 크게 대체하는 결과에 기인한다.

청정에너지(非화석에너지)의 역할 증대는 주요 에너지 전환정책 선도국가들이 공통적으로 나나내고 있는 성과이다. 이는 주요국의 에너지 전환정책의 목표이자 핵심정책 수단으로 자리하고 있으며, 향후에도 그 역할은 확대될 것으로 판단된다.

에너지소비의 전력화는 최종에너지 소비구조가 전력에너지 형태로 사용되는 비중이 증가함을 의미한다. 가정·상업, 산업 및 수송부문의 에너지소비에서 전력 비중의 심화는 에너지 전환정책의 목표와 성과로 인식되고 있다.

2.3. 주요 국가의 에너지전환 당면과제

(독일) 독일 에너지 전환정책의 핵심은 2022년까지 현존하는 모든 원전설비를 폐쇄하여 脫원전을 실현하는 한편, 2030년까지 발전부문에서 脫석탄을 실현, 에너지효율 증진을 통한 에너지수요 감축으로 구성되어 있다.

〈독일 에너지정책 성과 점검〉

전환정책 목표	정책성과 점검
□온실가스 감축목표	○ 독일 경제·에너지부 평가(에너지전환 6차 모니터링 보고서(2018.6.27.)) - 2020년 온실가스 감축 목표 및 2030년 목표 달성 불가 · 2016년 1990년 대비 온실가스 감축수준이 27.3%로 2015년 감축수준인 27.6%보다 퇴보 ○ 환경부 평가(기후보호보고서, CPR 2018(2019.2.6.)) - 2020년 감축수준은 32% 수준(목표수준: 40%)으로 전망 - 2017년 온실가스 배출이 1990년 대비 27.5% 감축
□에너지효율 및 재생에너지 이용 확대	○ 에너지수요 감축 성과 크게 미진 - 2020/2022년 에너지효율 향상(에너지소비 감축) 및 전력망 확충 목표 달성 불가 - 2016년 최종에너지 소비: 2015년 대비 2.8% 오히려 증가 · 특히, 수송부문의 에너지수요가 2016년에 감축에서 증가 반전된 상황 전개 ○ 재생에너지 공급 속도 당초 목표 대비 저조 - 재생에너지 이용은 증가하고 있으나, 재생에너지가 他化石에너지원을 크게 대체할 만큼 확대되지 못함. - 재생에너지의 최종에너지 분담률: 2014년(13.8%) → 2016년(14.8%) 1.0%p 증가에 불과

그러나 독일 정부가 2016년 연말을 기준으로 평가한 에너지 전환 정책 추진성과에 따르면, 에너지효율 개선 성과가 당초에 목표한 바에 이르지 못하였으며, 재생에너지 역할 강화도 전력망 확충 애로로 2020년 목표 달성이 어려울 것으로 진단하였다.

독일이 당초 계획한 에너지수요 감축 목표 달성을 위해서는 에너지 효율 강화를 더욱 촉진해야 하며, 재생에너지 확대에 따른 전력가격 인상 압력 완화, 자국의 온실가스 감축 목표 달성을 위한 이행 방안 등의 당면과제를 해소해야 한다.

(프랑스) 프랑스 정부는 자국의 온실가스 감축 촉진을 위해 2018년 수송부문 탄소세 도입을 추진하였으나, 일명 노란조끼시위(Yellow Vest Protest)에 직면하여 자동차 연료에 대한 탄소세 도입을 포기하였다. 정부는 온실가스 배출 및 화석에너지 의존도 감축, 발전 부문의 원전 의존도 축소로 대표되는 에너지 전환정책 목표 달성이 현재의 정책 환경 하에서는 어려울 것으로 판단하고, 제2차 장기에너지계획(2차 MEP)을 수립, 2019년 의회에 상정하였다.

프랑스는 2차 장기에너지계획(안)을 통해 최종에너지 소비감축 목표를 1차 계획에서 2018년(7%)에서 2023년(7%)으로 연기하였으며, 전원의 원전 의존도 감축목표(50%) 달성시점을 당초 2025년에서 2035년으로 대폭 조정하였다.

프랑스는 당초 국민대토론회를 통해 에너지 전환정책 기조를 설정하고 제1차 장기에너지계획에서 에너지 전환정책 목표를 제시하였으나, 정부의 전환정책 수단이 사회적 수용성을 확보하지 못하여 장기에너지 계획을 수정해야하는 상황을 맞이하고 있다.

〈프랑스 제2차 장기에너지계획(초안: 의회 상정)〉

		1차 MEP (2016.10.28.)		2차 MEP (2019.1.25. 초안)	
세부 정책목표		2018년	2023년	2023년	2028년
☐ 온실가스 감축 목표	(2012년 대비, %)	-	-	-14.0	-30.0
☐ 1차에너지 소비 감축					
○ 천연가스		-8.4	-15.8	-6.0	-19.0
○ 석유		-15.6	-23.4	-19.0	-35.0
○ 석탄		-27.6	-37.0	-64.0	-80.0
☐ 최종에너지 소비 감축		-7.0	-12.6	-7.0	-14.0
☐ 재생에너지 설비용량 확대(GW)		52	71~78	74	102~113
☐ 전원의 원자력의존도 50% 축소 시기		2025년		2035년	

(영국) 청정성장전략(Clean Growth Strategy)은 영국 에너지 전환 정책의 핵심 목표를 설정하고 있으나, 브렉시트(Brexit)를 예정하고 있기에 향후 정책기조가 변화될 가능성이 제기되고 있다. 영국 정부는 브렉시트 이후 EU의 정책 노선에서 벗어나 독자적인 에너지 전환정책 방향을 설정할 것을 모색하고 있으며, 새로운 정책노선 설정으로 발생할 수 있는 혼선을 극복해야하는 과제를 안고 있다.

(일본) 일본이 당면하고 있는 기후변화 대응 및 에너지정책 과제는 과도하게 높은 화석에너지 의존도와 크게 위축된 에너지자립도로 판단된다. 일본의 당면과제는 2011년 후쿠시마 사태 이후, 보유중인 원전 발전 설비를 전면 가동 중단한 것에 기인한다.

일본은 2013년 이후, 원전의 안전성 기준을 대폭 강화하는 조건하에 단계적으로 원전 재가동을 추진하여 왔다. 가동 중단중인 원전을 조속히 재가동하여 원전의 1차에너지 공급 비중을 2030년까지 10~11%까지,

원전의 전원 비중을 20~22%까지 확대하는 것으로 계획하고 있다. 그러나 일본의 원전 재가동 추진 상황은 계획에 크게 미치지 못할 것으로 보인다.

2011년 가동 중단된 총 54기 원전 중, 2019년 8월말 현재 가동 재개를 위해 적합성 심사를 신청한 원전은 25기에 불과하며, 이중 재가동이 승인된 원전이 13기이며, 가동 재개된 원전은 9기에 불과하였다. 재가동이 승인된 원전이 실재 가동에 돌입하기 위해서는 지자체 주민의 동의가 필요한데, 주민의 동의를 확보하지 못한 상황이 지속되고 있다.

〈 일본 원전 폐로 및 재가동 적합성심사 추진 현황 〉

원전 보유 형태 (2011년 기준)	후쿠시마 사태 이후	폐로 및 적합성심사 추진 현황		재가동 추진 상황 (2019.8.30 현재)
상업용 가동원전 (총 54기)	가동 중단 (54기)	폐로 결정 (17기)	재가동 적합성심사 추진 없이 폐로 결정	
		적합성심사 신청 (25기)	재가동 결정 (13기)	- 가동 재개(9기)
				- 가동기간 연장(4기) · 도카이 제2원전의 경우, 입지 지자체의 재가동 동의가 필요
			현재 적합성심사 중(12기)	
		적합성심사 신청 미결정(12기)	- 가동 중단 후 처리 방침 미결정 · 도쿄전력은 후쿠시마 제2원전 1~4호기에 대한 폐로 방침을 표명(2018.6.14.)	
건설 중 원전 (총 3기)	건설 중단 (3기)	적합성심사 신청 (2기)	적합성심사 중	
		적합성심사 신청 미결정(1기)	적합성심사 신청계획 없음	

2.4. 에너지 전환정책 선도국가의 성과 점검

(독일) 독일은 에너지 전환정책을 주도하고 있는 대표적 국가로서 2010년 이후 에너지수요 감축 및 脫원전 추진, 청정에너지 보급·확대로 대표되는 에너지믹스 변화를 시험하고 있다. 독일 에너지소비의 절대적 수준 감축은 에너지 전환정책의 우선적인 성과로 분석된다.

독일의 脫원전 추진 성과는 원전의 에너지믹스 비중 하락으로 시험되었다. 원전 비중은 2010년 11.2%에서 2018년 6.6%로 축소되어, 3.6%p 하락을 기록하였으며, 이는 2011년 이후 2022년까지 독일이 추진하고 있는 脫원전 추진의 에너지믹스 변화효과로 해석된다.

(영국) 영국의 에너지소비(1차에너지 소비 기준)는 2010년 이후 2018년까지 연평균 1.7% 속도로 감소추세를 시험하였으며, 이는 1990~2010년 기간의 0.1% 감축속도와 크게 대비되는 결과로 분석된다. 영국의 화석에너지 의존도는 2010년 88.1%에 달한 바 있으나, 2018년 77.2%로 10.9%p 하락하는 구조변화를 기록하였다.

한편, 재생에너지 발전량 전원비중은 2010년 2.1%에서 2017년 18.2%까지 확대되었다. 특히, 주목되고 있는 영국의 재생에너지 전원은 풍력발전으로 2017년 총 전원규모(발전량)에서 14.8%를 점하고 있다. 풍력발전 전원비중은 2010년 2.7%에서 급격하게 증가한 것을 의미하며, 영국이 재생에너지 보급·확대 정책을 풍력발전에 주력한 결과가 반영된 것으로 분석된다.

(프랑스) 프랑스의 에너지 전환정책 이행에 따른 에너지믹스 변화는 에너지수요 감축 및 화석에너지 의존도 감축, 재생에너지의 1차에너지 비중 제고 측면에서 확인되고 있다. 프랑스의 에너지소비(1차에너지 소비 기준)는 2010년 이후 2018년까지 연평균 0.9% 속도로 감소추세를 기록

하였으며, 이는 1990~2010년 기간의 0.8% 증가속도에서 추세변화가 발생하였음을 의미한다. 특히, 2018년 에너지소비 수준이 2010년 대비 감축된 것은 대표적인 에너지 전환정책 성과로 해석된다.

한편, 프랑스의 전원믹스 변화를 발전량 기준으로 볼 때, 화석에너지 전원구조의 변화에서 석탄과 천연가스의 역할 대체가 현격하게 나타났다. 프랑스의 발전량 규모는 2010년 이후 2017년까지 연평균 0.2% 속도로 감소되었다. 화석발전 비중은 2010년 10.9%에서 2017년 13.0%로 증가하였으나, 석탄화력 비중은 2010년 4.6%에서 2017년 2.7%로 하락하였다.

(일본) 일본의 에너지소비(1차에너지 소비 기준)는 2010년 이후 2018년까지 연평균 2.0% 속도로 감소추세를 기록하였으며, 이는 1990~2010년 기간의 0.7% 증가속도에서 추세변화가 발생한 것을 의미한다. 2011년 후쿠시마 원전사고 이후, 일본 에너지소비의 절대적 수준 감축 실현은 일본 에너지정책의 대표적인 성과로 판단된다.

일본의 화석에너지 의존도는 2010년 80.6%로 OECD국가(80.7%)에 상응하는 수준을 유지하였으나, 2011년 이후 원전 가동 중단에 따른 여파로 화석에너지 의존도는 2016년 92.5%에 달한 바 있으며, 이후 원전의 부분적인 가동을 통해 화석에너지 의존도가 하락하여 2018년 88.9%에 달하고 있다.

일본의 화석에너지 의존도 심화는 에너지소비가 감소되었음에도 불구하고, 에너지믹스의 석탄 비중이 2010년 23.0%에서 2018년 27.0%로 증가한 결과에 기인한다. 또한 일본이 원전의 대체 전원으로 천연가스 화력발전을 크게 확대한 것이 화석에너지 의존도 심화를 야기한 원인으로 규명되고 있다.

3. 시사점 및 정책제안

3.1. 주요국 에너지 전환정책 추진의 시사점

(에너지 전환정책 의미의 재점검) 에너지 전환정책의 의미가 脫원전 정책으로 인식되는 경우도 있으나, 이는 에너지 전환정책의 개념을 왜곡하거나, 편파적으로 해석한 결과에 해당한다. 에너지 전환정책은 목표에 따라 에너지시스템의 원전 의존도를 심화시킬 수도 있고, 脫원전 도모일 수도 있다.

에너지 전환정책이 신재생에너지 정책과 동일시되는 것도 경계해야 한다. 에너지 전환정책은 에너지시스템의 구조적 특성을 변화시키는 총체적인 정책체계이기에 에너지 전환정책을 靚재생에너지 정책으로 한정하는 것은 옳지 않다.

(에너지전환 선도국가의 에너지시스템 발전방향) 에너지시스템 발전방향은 에너지수요 감축을 통한 경제성장과 에너지소비의 脫동조화 실현, 청정에너지 중심의 에너지소비 구조 개편, 발전부문의 脫석탄 실현, 수송부문의 Mobility 청정화(전력화 및 수소화 등) 심화, 최종 에너지 소비의 전력화 심화 등으로 대표되고 있다.

(에너지 전환정책의 사회적 합의의 중요성) 에너지전환은 사회구성원 각자에게 새로운 의무 부여와 기존 산업구조 변화로 발생하는 이해 상충이라는 문제를 제기할 수 있다. 따라서 에너지시스템 전환을 추진하는 것은 새로운 에너지시스템의 구조적 특성에 대한 내용 설계에 따라 여러 단계의 사회적 합의과정이 전제되어야 한다.

(전환정책 목표의 구체성 및 체계성) 에너지 전환정책의 목표는 분야별로 세세하게 구분하여 책정해야 하며, 대표적으로 온실가스

감축, 에너지수요 감축, 화석에너지 의존도 감축, 원전 의존도 조정 또는 脫원전 목표, 에너지소비의 청정화 목표(신재생에너지 보급률 등), 최종 에너지 구조 개편목표, 전력화 목표 등으로 세분화하여 제시해야 한다.

(에너지 전환정책의 법제도 구축 필요성) 에너지 전환정책은 에너지 시스템의 구조적 특성을 장기에 걸쳐 발생토록 하는 과정이기에 정책 추진 과정에서 정책의 일관성과 통일성을 유지하는 것은 필수적인 요건이다. 이에 에너지전환 목표를 보다 효과적으로 이행하기 위해서는 전환 정책 추진체계의 기능과 역할 및 의무 등을 법·제도화하여, 정책추진의 안정성과 일관성을 유지할 수 있도록 해야 한다.

(전환정책 추진성과 점검 및 환류시스템의 중요성) 정책 추진성과의 환류는 지속적으로 발생하는 국내외 제반 여건 변화를 점검하고, 전환 정책 추진성과의 목표대비 미진분야를 확인하여, 환류토록 해야 에너지시스템의 이상적인 전환을 이루어 낼 수 있다.

(에너지 전환정책 속도 조정 가능성) 에너지시스템이 중장기적으로 전환되는 과정에서 세계 경제·무역 환경, 에너지시장 환경, 온실가스 감축을 위한 국제협약, 에너지기술의 혁신, 산업구조 변화 등 에너지 시스템을 구성하고 있는 구조적 특성들은 지속적인 변화를 맞이한다. 이에 국가·사회가 직면하게 되는 다양한 국내외 정책 및 시장 환경 변화로 에너지 전환정책의 당초 목표 및 추진속도가 조정될 수 있도록 하는 것이 필요하다.

3.2. 정책제안

(정책제안 1: 에너지시스템의 청정화 촉진 필요) 화석연료 기반 에너지 시스템이 유발하는 환경적 피해를 극복할 수 있는 새로운 에너지시스템

구축을 위해 우선적으로 에너지시스템의 청정화를 위한 에너지 전환 정책을 심화할 것을 제안하고자 한다.

(정책제안 2: 에너지 전환정책 목표의 명료성 및 체계성 제고) 에너지 전환정책 추진은 에너지시스템의 구조적 특성을 국가·사회가 목표로 설정하는 수준으로 전환하는 과정이다. 이에 전환정책의 목표는 분야별 정량지표로 명료하게 제시하되, 정책지표별 상호 연계성을 고려하여 정책 수단과 정책성과를 판별할 수 있는 지표로 정량화하는 것이 정책목표 설정의 기본 요건에 해당한다.

정책성과의 정량화에 필요한 정책체계 수립은 에너지 전환정책의 성과를 점검하는데 선결조건이기도 하지만, 발전된 국가의 정책시스템 요건이다. 이에 우리나라가 에너지 전환정책의 효과성을 면밀히 점검하고, 정책 추진과정에서 정책 추진성과를 지속적으로 환류하기 위해서는 정책 추진·점검 체계의 고도화를 지속적으로 도모해야 한다.

(에너지 전환정책 이행 점검을 위한 에너지정보시스템 구축·운영 필요) 정부 및 경제 주체가 에너지시스템 전환과정에서 국가·사회의 자원을 가장 효율적으로 사용하기 위해서는 무엇보다 정확한 에너지시스템 운영 실태에 대한 정보시스템 구축·운영이 요구된다. 에너지정보시스템은 에너지전환의 총체성(comprehensiveness)을 고려하여 독일의 사례에서 보듯이 에너지수급, 국토개발·기후환경, 수송 및 해양개발 등 전 분야를 포괄할 수 있도록 설계되어야 한다.

(전환정책 목표 조정 시스템 구축·운영 필요) 에너지시스템 전환과정은 장기에 걸친 국내외의 에너지시장 환경 변화와 동행한다. 전환정책 및 시장변화 요인은 세계 경제·무역 질서 개편, 온실가스 감축 활동 관련 국제협약 변화, 에너지·환경 관련 기술(대표적으로 태양광 발전기술,

수소화 기술, 온실가스 감축기술 등)의 혁신, 청정에너지 가격에 대한 사회적 수용성 변화, 원전 안전성에 대한 국제기준 및 사회적 인식 변화 등을 포괄한다.

이에 국가의 에너지시스템 발전 구상은 새로운 변화요인에 대응할 수 있도록 개방적인 정책추진 체계로 구축·운영될 필요가 있다. 정책 목표 조정 시스템은 에너지 전환정책을 관장하는 주무 행정기관 차원에서 조정 시스템을 의미하는 것이 아니라, 국내외적으로 국가·사회가 당면한 다양한 어려움을 타개하는데 필요한 사회적 합의를 유도할 수 있는 실효성 있는 기구를 의미한다.

기후·환경 변화대응과 미래 에너지시스템의 발전방향 조정은 지속적인 사회적 합의 과정이 요구되는 특성을 감안하여, 국회, 주무 행정부처, 에너지 정책·기술 전문가, 시민단체, 국민 대표 등이 폭넓게 참여하는 기구로 운영해야할 필요성을 제기한다.

ABSTRACT

Each country uses a different energy system, depending on a variety of different factors, including: the availability of energy resources; climate and environmental conditions; stage of economic development; industrial structure; awareness of problems related to fossil energy systems; social acceptance of nuclear power safety; degree of energy technology development; and acceptance of energy costs (etc.). As a result of these factors and their many combinations, each country has its own unique, country-specific energy policy environment.

In 2015, countries around the world drafted and signed the Paris Agreement to address the impact of the fossil fuel economy on the global climate and environment. Paris agreement, based on the commitment of participating countries to voluntarily reduce their greenhouse gas emissions, led to transitions in the energy systems of each participating country. Although the ways governments respond to worsening climate and environmental conditions may differ somewhat from country to country, all of these responses are similar in that they identify fossil energy-based systems as key causes of greenhouse gases and recognize that each country must make changes to its energy systems. Not all countries in the world have an energy system that is heavily dependent on fossil energy, nor do they all respond to climate and environmental issues solely through the use of energy transition.

However, most countries that have developed as modern industrial nations have already been confronted with the limitations of modern civilization's energy technologies, so they cannot help but to rely heavily on fossil fuels for energy.

Therefore, countries around the world are seeking solutions to current climate and environmental problems by transitioning their current energy systems into systems that can overcome the problems associated with fossil fuel energy, while at the same time promoting sustainable economic growth. In particular, major industrial countries, such as countries in the EU (including Germany, the United Kingdom, and France), as well as Japan and Korea, have been implementing energy system transitions as part of policy for building a sustainable economic system and making multiple policy efforts to expedite the realization of clean energy systems.

This study presents the background, policy objectives, and establishment and operation of legal systems in countries such as Germany, the United Kingdom, and France that have been leading the energy transition worldwide. Furthermore, this study identifies changes in energy systems (including changes to the energy and power mix) that have developed in these countries since 2010. The examination of these changes is then used to highlight the policy difficulties experienced by these leading countries, and to suggest future energy policy directions for other countries.

The countries presented in this study as the leaders of the worldwide

energy transition are all currently seeking to do the following: reduce energy demand to an absolutely lower level, decrease the use of fossil fuels in the energy mix, increase the role of clean energy, and increase electrification in terms of energy consumption, etc. The reduction of energy consumption to an absolutely lower level is reflected in changes in and the de-coupling of energy intensity (TPES/GDP). The reduction of fossil fuels in the energy mix is reflected in the increased phasing out of coal, especially in the power generation sector. In terms of the composition of fossil energy, the decline in the role of coal and the substitution of coal for natural gas are particularly noteworthy. The reason that fossil energy dependency has not rapidly declined can be attributed to the fact that coal has largely been replaced by natural gas, which is also considered fossil energy. We believe that there will be even more structural changes to the fossil energy system in the future.

Meanwhile, the increased role of clean energy (non-fossil energy) in the energy mix is currently being achieved by the countries that are leading global energy transition policy. The expansion of the role of clean energy (non-fossil energy) is a goal and core policy measure of the energy transition policies of major countries, and the role of clean energy is expected to continue to expand in the future.

In this study, increased electrification means an increased proportion of electric energy in the final energy consumption. The result of the analysis that increased electrification results from the implementation of energy transition policies is based on the fact that energy consumption

in the household, commercial, industrial, and transportation sector is shifting to more use of electric energy. In particular, clean mobility in the transportation sector reflects a major shift from fossil fuel-based energy to electric energy and hydrogen-based energy.

The UK, a country that is leading the world's energy transition, has adopted the goal of realizing a knowledge-intensive industrial structure linked with financial technology and, in accordance with this goal, is pursuing the advancement of its energy systems within the framework of a "green growth" strategy. The UK, which was the first country to experience problems directly related to its heavy dependence on coal, has recognized the need for energy system transition and has defined energy transition and greenhouse gas reduction as a new industrial field. The UK has taken initiative and is leading the world in this area. In the case of the UK, the implementation of energy transition policies does not simply mean a transition of the country's energy systems; energy transition policies are also being used as part of a national development strategy to secure the UK's position as a leader in the future knowledge industry.

France has a highly competitive nuclear power industry and manages the proportion of its nuclear power as a core goal of its national energy plan, which is designed to respond to climate change and supply low-cost electric power. France, which has already made significant progress reducing the fossil fuels in its energy mix, has also set ensuring the stability of the nation's electricity supply as a key task of its energy

transition policy.

Germany's energy transition policy aims to deactivate all nuclear power plants by 2022 and eliminate fossil energy from its power generation mix. To achieve these goals, Germany has set the implementation of a nuclear plant phase-out plan as one of its key policy tasks, and is placing different forms of renewable energy at the core of its energy transition policy. In terms of future energy systems, Germany is pursuing the establishment of a clean energy system that can prevent negative climate and environmental change. It is also upgrading its overall economic system to facilitate this proposed clean energy system.

Countries that are leading the global energy transition are actively adopting energy policies focused on responding to climate and environmental changes and are transitioning their current energy systems to develop large economic systems promoting sustainable growth. The feasibility of this type of energy transition is evidenced by the achievements already made after various policies were implemented by these leading countries. The energy transition policies that are currently in effect do not simply seek to solve pending environmental issues, but instead, are centered on the idea of people sharing a vision for the development of the future economic system of the relevant nation and society. This type of approach to designing future economic systems should also be adopted when adjusting the direction of the energy transition policy in Korea.

Promoting energy transition policy is a process of converting the structural characteristics of a country's energy system to a target level set by a country or society. Generally, values (or indices) that must be accomplished in the future through the implementation of the policy are set as the policy goals. For example, a GHG reduction rate can be set as the target of an energy transition policy, and the scale of primary energy demand or target values of the final energy demand can be set as the level of energy demand.

Also, the targeted changes in policy indicators can be set as policy goals by comparing the indicators from a predetermined base year with the indicators at the time of the transition policy's target date of completion. An example of this is Germany's goal of reducing greenhouse gas emissions by 40% by the year 2020, based on the level of emissions recorded in 1990. Energy transition policy goals should be subdivided and clearly and quantitatively set according to scientific policies and theories, thereby enabling lawmakers to design policies and track policy indicators to determine the effectiveness of the proposed transition policy.

In order to meet these basic goal-setting requirements, energy transition policy goals must be subdivided by sector, and indicators must be quantified. Doing so allows policy makers to judge policy measures and performance in consideration to the interconnectedness of each policy indicator. For example, a target proportion of renewable energy power generation in the power generation sector can be set as a goal

to spread and expand renewable energy. A target proportion of renewable energy in the heat production and supply sector can also be set as a quantitative goal for related policies. Likewise, a quantitative target proportion of renewable energy in terms of energy consumption in the transportation sector can also be set as a policy goal. The goals of the energy transition policies and policy implementation systems in Germany and the United Kingdom contain quantitative policy indicators that are divided by stage.

This study aims to identify the subdivisions and quantifications of policy indicators for each field of energy transition policy as required elements for advanced energy transition policy. Furthermore, this study aims to verify the importance of setting quantitative goals (policy indicators) to determine policy implementation and policy performance over different periods of implementation. In other words, the implementation of a fiscal policy for the spread and expansion of renewable energy requires different indicators - it requires quantitative indicators that reflect the amount of financial resources used for the fiscal policy over a specific period of time, as well as quantitative indicators that determine the spread and expansion of renewable energy and its contribution to the overall energy supply. Together, these indicators enable policy makers to determine the effectiveness of the fiscal policy. The establishment of a policy framework for the quantification of policy outcomes is a requirement for an advanced national policy system, as well as a prerequisite for proving the

effectiveness of energy transition policies. In this regard, this study suggests that it is necessary for many countries, including Korea, to continuously upgrade their policy implementation and examination systems in order to determine the effectiveness of energy transition policies and to continuously receive feedback on policy progression and implementation.

제목 차례

제1장 서론	1
제2장 에너지 전환정책의 이해	5
1. 에너지시스템의 개요	5
2. 에너지 전환의 정의	10
3. 에너지 전환정책의 정의와 내역	12
4. 주요국의 에너지 전환정책 내역	13
5. 에너지 전환정책 추진 및 도입 배경	17
5.1 국제협약 체결 및 청정에너지 시스템 구축을 위한 정치적 공약	17
5.2 지역 경제공동체(EU)의 결정	18
제3장 주요 국가별 에너지 전환정책	23
1. 독일의 에너지 전환정책	23
1.1 독일의 에너지 전환정책 구상	23
1.2 에너지 전환정책 추진 및 변화 과정	26
1.3 독일의 원전 도입·이용과 탈원전 추진	28
1.3.1 원전 도입 및 확대기(1960년대~1986년)	28
1.3.2 탈원전 기조 형성 및 결정(1986~2010년)	29
1.3.3 2010년 원전 수명 연장 결정	31
1.3.4 원전의 전면 폐기 결정	32

1.4 독일의 석탄의존도 감축 및 脫석탄 추진	36
1.4.1 화력발전소 폐쇄 추진	36
1.4.2 독일 화력발전소 폐쇄결정에 대한 EU집행위원회 결정	38
1.5 독일의 에너지 전환정책 목표	38
1.5.1 온실가스 감축목표	38
1.5.2 재생에너지 보급·확대 목표	39
1.5.3 에너지수요 감축 목표	39
1.6 메르켈 4기 연립정부의 에너지 전환정책	42
1.7 독일의 脫석탄 일정 확정	47
1.8 독일 에너지 전환정책의 당면과제	48
2. 영국의 에너지 전환정책	52
2.1 영국의 전환정책 추진 배경 및 제도적 기반 구축	52
2.2 영국의 청정성장 전략 추진 배경 및 구상	54
2.3 영국의 에너지 전환정책 목표	58
2.3.1 脫석탄 목표	59
2.3.2 에너지효율 개선 촉진	60
2.3.3 신재생에너지 보급·확대 목표	61
2.3.4 셰일자원 개발 촉진	62
2.3.5 원자력·가스의 역할 유지	63
2.4 영국의 청정성장 전략 목표	65
3. 프랑스의 에너지 전환정책	69
3.1 에너지 전환정책 추진 배경 및 과정	69

3.2 프랑스 장기 에너지계획 수립 및 이행	72
3.3 프랑스의 에너지 전환정책 목표 및 정책 수단	73
3.3.1 온실가스 감축 목표	73
3.3.2 화석에너지 의존도 및 에너지수요 감축 목표	74
3.3.3 재생에너지 보급·확대 목표	75
3.3.4 프랑스 원전 전원 비중 조정 목표	75
3.4 프랑스의 에너지·기후변화 정책 당면과제	77
4. 일본의 에너지·기후변화 정책 기조	79
4.1 에너지·기후변화정책 환경 인식	79
4.2 에너지정책 기조 및 방향	80
4.3 5차 에너지기본계획의 핵심 정책 방향	81
4.3.1 재생에너지 역할 강화	82
4.3.2 원전 이용의 지속성 유지	82
4.3.3 발전부문 석탄의존도 감축	83
4.3.4 천연가스 역할 확대	84
4.3.5 최종에너지 소비구조 개편	84
4.3.6 ‘수소사회’ 실현	85
4.4 일본의 에너지·기후변화 정책 목표	86
4.4.1 에너지자급도 제고 및 에너지원별 분담률 조정 목표	86
4.4.2 전원믹스 개편 목표	86
4.5 일본의 에너지·기후변화 정책의 당면 과제	89

제4장 주요국의 에너지 전환정책 추진성과93

1. 전환정책 추진성과 개요	93
2. 에너지수요 감소추세 시현	94
3. 주요 에너지 전환정책 선도국의 에너지원단위 변화	96
4. 에너지·경제(GDP) 비동조화(Decoupling) 심화	98
5. 에너지 전환정책의 에너지믹스 및 전원믹스 변화 영향	100
5.1 OECD	100
5.2 독일	106
5.3 영국	111
5.4 프랑스	115
5.5 일본	120
6. 최종에너지 소비의 전력화 심화	124

제5장 결론: 시사점 및 정책 제언127

1. 주요국 에너지 전환정책 추진의 시사점	127
1.1 에너지 전환정책 의미의 재점검	127
1.2 에너지전환 선도국가의 에너지시스템 발전 방향	129
1.3 에너지 전환정책의 사회적 합의의 중요성	130
1.4 전환정책 목표의 구체성 및 체계성	132
1.5 에너지 전환정책의 법제도 구축 필요성	132
1.6 전환정책 추진성과 점검 및 환류시스템의 중요성	133
1.7 에너지 전환정책 속도 조정 가능성	135

2. 정책제안	136
2.1 에너지시스템의 청정화 촉진 필요	136
2.2 에너지 전환정책 목표의 명료성 및 체계성 제고	137
2.3 에너지정보시스템 구축·운영 필요	139
2.4 전환정책 목표 조정 시스템 구축·운영 필요	140
참고문헌	143

표 차례

<표 2-1> 에너지 전환정책 선도국의 에너지 전환정책 구성 내역 ..	17
<표 2-2> EU의 중장기 기후·에너지정책 설정 목표(2020, 2030년) ...	19
<표 3-1> 독일 통합에너지법(Energy Package, 2011) 구성 내역	25
<표 3-2> 독일의 원전 폐기 내역 및 시기	34
<표 3-3> 독일 원전 폐기 및 가동·폐기 일정(2019년 9월말 현재) ...	35
<표 3-4> 독일의 석탄화력 발전설비 폐쇄 대상 및 일정	37
<표 3-5> 독일 「에너지구상 2010(Energy Concept 2010)」의 중장기 목표	40
<표 3-6> 독일 「Energy Concept 2010」의 부문별·단계별 정책 목표(2020년)	41
<표 3-7> 메르켈 4기 정부의 연정협정 에너지·기후변화 정책 내역(2018)	44
<표 3-8> 독일 에너지정책 성과점검	50
<표 3-9> 독일 에너지정책 목표조정	51
<표 3-10> 영국 에너지정책 체계 및 법제도 기반	53
<표 3-11> 영국의 에너지·기후변화정책 목표	59
<표 3-12> 영국 석탄화력 발전소 가동 현황 및 폐쇄계획(2019.10) ...	60
<표 3-13> 영국 원자력 발전설비 가동 현황(2015년 기준)	64
<표 3-14> 영국 ‘청정성장 전략’의 주요 추진 방향과 목표(2017~2032년) ...	66
<표 3-15> 영국 청정성장 경로(pathway) 전략 목표(~2032년)	67
<표 3-16> 영국 ‘청정성장 전략’의 주요 추진 방향과 목표(2032~2050년) ...	68

<표 3-17> 프랑스 국민 대토론회의 주요 논의 결과	71
<표 3-18> 프랑스 에너지전환법의 주요 목표(Article L100-4)	76
<표 3-19> 프랑스 제2차 장기에너지계획(초안: 의회 상정(2019.4.30.))	78
<표 3-20> 제5차 에너지기본계획 에너지·전원 믹스 개선 목표(2030년) ...	88
<표 3-21> 일본 원전 폐로 및 재가동 적합성심사 추진 현황	90
<표 4-1> OECD 에너지소비의 주요국 소비 비중 변화	95
<표 4-2> OECD 및 주요국의 에너지소비 규모(1인당) 변화	96
<표 4-3> OECD 주요국의 에너지·GDP 원단위 변화	97
<표 4-4> OECD 주요국의 에너지·GDP 탄력성 변화	99
<표 4-5> OECD국가의 에너지믹스 변화	103
<표 4-6> OECD국가의 전원(설비 및 발전량)믹스 변화	104
<표 4-7> 독일의 에너지믹스 변화(1990~2018)	109
<표 4-8> 독일의 전원(설비 및 발전량)믹스 변화	110
<표 4-9> 영국의 에너지믹스 변화(1990~2018)	113
<표 4-10> 영국의 전원(설비 및 발전량)믹스 변화	114
<표 4-11> 프랑스 에너지믹스 변화(1990~2018)	118
<표 4-12> 프랑스의 전원(설비 및 발전량)믹스 변화	119
<표 4-13> 일본의 에너지믹스 변화(1990~2018)	121
<표 4-14> 일본의 전원(설비 및 발전량)믹스 변화	123
<표 4-15> OECD 및 주요국가의 최종에너지 전력화를 변화	126
<표 5-1> 에너지시스템의 청정화 촉진: 정책 제안	137
<표 5-2> 에너지 전환정책 목표의 명료성 및 체계성 제고: 정책 제안	138
<표 5-3> 에너지정보시스템구축·운영 : 정책 제안	140
<표 5-4> 전환정책 목표 조정 필요성: 정책 제안	142

제1장 서론

2015년 파리협약 체결 이후, 세계 각국은 화석에너지의 과도한 소비로 유발된 기후환경 악화의 문제점을 심각하게 인식하고, 에너지시스템 전환 필요성에 직면하고 있다. 화석연료 중심의 에너지시스템이 온실가스 배출로 인한 지구환경 훼손의 주요 원인이라는 과학적 판단에 입각하여, 기존의 에너지시스템으로는 지속적인 성장을 추구하는 것이 한계가 있음을 인식하게 된 것이다.

세계 주요 국가들은 기후변화 대응을 위한 국제 공조활동¹⁾에 참여하는 한편, 자국의 지속가능 성장을 위한 에너지시스템 구축차원에서 에너지정책을 조정하여 왔다. 주요 국가들 중심으로 추진되고 있는 에너지시스템 변화 시도는 다양한 정책적 명명(naming) 하에 추진되고 있으나, 대표적으로 ‘에너지전환(Energy Transition)’이라는 새로운 패러다임으로 진행되고 있다.

에너지전환은 에너지수요 증가를 억제하는 한편, 에너지공급 안정성을 유지하면서 화석에너지 의존도를 축소할 수 있도록 재생에너지 보급·확대를 도모하는 것을 의미한다. 에너지 전환정책의 핵심은 온실가스 배출감축을 위해 기존의 화석연료 중심의 에너지시스템을 전환하여 현대적인 에너지기술에 기초한 非화석에너지(대표적으로 재생에너지)의 역할이 확대될 수 있도록 에너지시스템의 제도적 및 물적, 시장적 구조를 변화하는데 있다.

1) 기후변화 대응을 위한 국제적 활동은 유엔의 기후변화협약(UN FCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change)이 가장 대표적이며, UN FCCC 활동으로 2015년 국제사회는 파리협약을 체결하게 되었다.

주요 에너지전환 선도국가들²⁾의 핵심 에너지정책은 에너지수요 증가 억제를 위해 에너지효율 증진에 주력하는 한편, 석탄 의존도 감축, 청정에너지(재생에너지) 보급·확대, 수소에너지 등 친환경 에너지시스템 구축 도모 등으로 대표되고 있다.

에너지전환을 위한 부문별 활동으로는 발전 부문에서는 전원(발전 설비 및 발전량) 구조 개편이 주류를 이루고 있다. 산업 부문에서는 산업공정 효율화를 통한 에너지효율 증진, 수송 부문에서는 Mobility 청정화(전력화 및 수소화), 가정·건물 부문에서는 냉·난방 에너지효율 증진을 통한 에너지수요 감축 등이 대표적으로 시도되고 있다.

에너지전환을 선도하는 국가들의 에너지·기후변화 대응정책은 세계 에너지 시장에서 미국발 셰일혁명에 의한 석유·가스 초과공급 상황과 더불어 세계 에너지수급 구조 및 정책 환경에 근원적인 변화요인으로 작용하고 있다. 이에 세계 주요 국가의 에너지전환 추진활동을 점검하고, 급속하게 진전되는 에너지정책 패러다임 변화를 분석하여 우리나라 에너지전환 및 에너지산업 발전방향에 시사점을 모색하는 것이 요구되고 있다.

에너지 다소비산업의 높은 의존도를 보유하고 있는 우리나라는 에너지전환에 따른 주요국가의 에너지수급 구조 변화 및 기후변화 대응 역량 변화에 대해 다양한 시각에서 점검하는 것이 필요하다. 온실가스 배출로 인한 환경적 피해를 초래하지 않으면서 경제의 지속적인 성장 동력을 확보할 수 있는 에너지정책 체계를 구축하는 것이 우선적으로

2) 본 보고서에서 에너지전환 선도국은 자국의 에너지시스템을 기후변화 대응을 위해서 청정에너지(非化石에너지) 중심으로 개편을 선도적으로 추진하는 대표적인 국가들을 의미한다. 특히, 독일, 영국, 프랑스, 일본 등이 세계적으로 에너지전환을 선도하는 국가로서 위상을 정립하고 있다.

요구되고 있기 때문이다.

에너지 전환정책에 관하여 이미 다양한 시각에서 연구가 진행된 바 있다. 대표적으로 이유수(2011)³⁾는 “독일 및 프랑스의 에너지믹스 개편 필요성, 추진 방향, 정책 환경 등에 대한 분석을 토대로 에너지 공급의 안정성과 효율성 향상이라는 전제하에 우리나라 에너지믹스의 구조 개편” 필요성을 제시하였다. 심성희(2018)⁴⁾는 “에너지전환 과정에서 필수적으로 요구되는 의사결정의 투명성 및 공정성 제고에 협동조합이 기여할 수 있음”을 분석하였다. 또한 조성진·박광수(2018)⁵⁾는 “발전부문에서 에너지전환을 달성하기 위한 세제조정 방안으로 연료원간 공정 경쟁과 조세 형평성 유도 필요성”을 제기한 바 있다.

기존 연구 대비 본 연구의 차별성은 “대표적인 에너지전환 선도국가(독일, 영국, 프랑스, 일본 등)들이 파리협약(2015) 이후 전개하는 에너지 전환정책의 변화 내역을 체계적으로 조망하는 것이다. 본 연구는 “주요국의 에너지시스템 전환이 어떤 과정을 거쳐서 추진되고 있는지를 조망하며, 특히, 전환정책 이행 과정에서 당면하게 되는 문제점들을 종합적으로 점검하는 것”이다.

본 연구는 에너지전환을 선도적으로 주도하는 주요 국가들⁶⁾의 에너지 전환정책 추진 배경, 정책목표, 에너지전환 성과, 당면과제 등을 점검하는 것을 연구내용으로 설정하고 있으며, 특히, 주요 에너지전환 선도

3) 이유수(2011), “독일과 프랑스의 에너지믹스 정책사례 분석과 시사점”, 수시연구보고서 (11-04), 에너지경제연구원

4) 심성희(2018), “에너지전환 정책 실행을 위한 시사점 연구: 독일에서의 시민참여와 지방정부의 기여를 중심으로”, 수시연구보고서 18-09, 에너지경제연구원

5) 조성진·박광수(2018), “발전부문 에너지전환 달성을 위한 세제 개편 방안 연구”, 기본연구보고서(2018-07), 에너지경제연구원

6) 본 연구에서 “주요 에너지전환을 선도적으로 주도하는 국가”는 「주요 에너지 전환정책 선도국」으로 지칭하며, 일반적으로 OECD EU국가들과 일본 등을 의미하나, 구체적으로 독일, 영국, 프랑스, 일본 등을 의미한다.

국의 세부 정책목표 내역, 설정방법, 전환정책 추진성과 평가 및 환류 체계, 전환정책 방향 조정 요인 등을 면밀하게 분석하여, 우리나라의 에너지 전환정책 발전 방향 모색에 활용하는 것을 목적으로 하고 있다.

본 보고서의 구성은 다음과 같다. 먼저 「제2장 에너지전환 정책의 이해」는 에너지시스템의 구조적 특징과 에너지 전환정책의 의미와 포괄범위를 설정하고 있으며, 「제3장 주요 국가별 에너지 전환정책」에서는 주요 국가들의 에너지전환 배경 및 전환정책 추진을 위한 법제도적 체계, 전환정책 선도국의 정책목표 설정내역을 살펴보며, 「제4장 주요국의 에너지 전환정책 추진성과」에서는 2019년 OECD/IEA 에너지수지표(Energy Balance)에 기초하여 에너지믹스 및 전원믹스 구조변화를 점검하여 전환정책 이행 상황을 점검한다. 마지막으로 「제5장 결론(시사점 및 정책 제언)」에서는 에너지 전환을 주도한 국가들의 정책애로 및 성과의 시사점을 도출하며, 동시에 우리나라 에너지 전환정책 목표의 달성도 제고를 위한 정책제안을 결론으로 제시한다.

제2장 에너지 전환정책의 이해

1. 에너지시스템의 개요

에너지시스템은 국가 및 사회 구성원의 주거와 생활, 치안·국방, 교통·물류, 보건·의료, 경제 주체의 경제활동에 수반되는 생산 및 소비 활동 등 제반 분야에서 요구되는 에너지수급 관련 물리적, 제도적, 기술적 시스템으로 현대 국가 및 경제 시스템의 기본을 이루고 있다.⁷⁾

에너지시스템은 에너지 수급을 관장하는 통합적 체계를 의미하기에 법·제도, 에너지 수급구조, 에너지시장 구조, 에너지 이용기술, 에너지 안보 상황, 환경적 요소 등이 총체적(comprehensive)으로 내재된 국가별 고유의 특성(properties)을 가지게 된다. 일반적으로 국가·사회의 에너지 수급 구조는 에너지자원의 부존도, 기후 조건, 생활·문화 방식, 산업 및 경제 발전정도 등의 다양한 요인에 의해 결정되며, 단기적으로 크게 변화할 수 없는 구조적 특성을 보유하고 있다. 에너지수급 구조가 다양한 사회·경제적, 기술적, 시장적 요인으로 지속적인 변화에 직면하는 이유는 국가별 에너지시스템에 내재하고 있는 구조적 특성이 지속적으로 변화하고 있기 때문이다.⁸⁾

7) 에너지시스템은 에너지의 개발 및 생산, 수송, 소비 단계에 이르는 모든 과정에 걸친 제도적(institutional) 및 물리적(physical), 기술적(technical), 경제적(economical) 틀을 의미한다.

8) 에너지시스템의 구조적 특성의 일부가 변화하게 될 경우, 이는 다른 구조적 특성의 변화요인으로 작용하며, 특정시기 에너지시스템의 구조적 특이성을 연쇄적으로 변화시키는 결과를 초래한다.

에너지시스템의 공급 측 내역은 국가·사회의 에너지공급을 관장하는 물리적 및 제도적 체계를 의미하며, 에너지 개발 및 공급, 수송 능력(에너지산업 인프라) 등이 중요한 요소를 이루고 있다. 반면, 에너지시스템의 수요측면 내역은 국가·사회의 에너지소비 활동을 결정하는 사회·문화적 생활양식, 경제·산업 발전 수준, 특정 에너지원에 대한 지불능력, 에너지원에 대한 사회적 수용성 등에 의해 결정된다. 국가·사회의 에너지시스템은 시기별로 구조적 특성을 달리하고 있으나, 일반적으로 다음과 같은 공통적인 특성을 보유하고 있다.

1.1. 법·제도적 특성

에너지시스템은 에너지 상품이 가지는 필수재적(necessary) 및 공공재적(public) 특성으로 인하여, 국가의 에너지수급 기능 관장과 관련한 법·제도적 통제와 지원체계를 보유한다. 에너지공급 관련 법·제도는 중앙·지방 정부 및 에너지관련 공공기관(에너지공급자 역할 수행)의 의무 및 기능, 권한을 규정하기도 하며, 에너지 상품의 공공성을 침해할 수 있는 시장경제 제도의 한계(독과점 폐해 등)를 보정할 수 있는 규범적(normative)⁹⁾ 성격도 동시에 보유하고 있다.

1.2. 수급 구조적 특성

에너지 공급은 에너지자원 부존의 지역적 및 국가적 편중성¹⁰⁾으로

9) 규범적(normative) 성격은 에너지의 필수재적인 성격을 고려하여 지불능력이 부족한 저소득층에 대해서는 국가가 일정부문 에너지 공급을 책임져야한다는 가치판단을 내재하고 있다.

10) 에너지자원의 지역적 및 국가적 편중성은 특정 에너지원(대표적으로 석유)이 특정 지역(중동 국가 및 러시아 등)에 부존되어 있는 반면, 수요 국가에는 수요에 비하여

시간적, 공간적 및 물리적 제약 하에 놓이는 반면, 에너지 수요는 계절적 요인 및 경제활동 변화의 동조적·파생적 수요구조¹¹⁾ 등으로 에너지 공급의 불균형성이 초래되는 구조적 특성을 가진다. 에너지 공급의 구조적 특성에서 발생하는 공급의 불균형 요소들은 다양한 요인에 의해 발생한다. 에너지수급의 불안전성 요인은 공간적으로 특정 국가 및 지역에서 발생한 것에 국한되지 않으며, 동시에 동태적 특성¹²⁾을 달리하기에 에너지 수급을 단순히 시장 기능에 전적으로 의존할 수 없는 한계를 가진다. 이는 에너지 수급의 해외의존도가 매우 높은 국가¹³⁾에서 에너지시스템 운용의 핵심과제가 에너지 수급 안정성 확보인 이유이기도 하다.

1.3. 시장 구조적 특성

에너지시스템의 시장 구조적 특성은 에너지공급 산업(전력산업 및 천연가스 산업 등)이 대규모 물적 인프라에 기초한 장치산업 구조를

충분하지 않거나(미국 및 중국 등), 절대적으로 부족하게(일본, 한국 등) 부존된 지질학적 특성에서 파생되는 문제이다.

- 11) 에너지수요와 경제활동 간의 동조적·파생적 특성은 에너지소비가 경제활동 변화 방향과 유사한 변화 행태를 시현함을 의미한다. 이는 경제활동에서 에너지가 생산요소의 일환으로 투입되며, 경제활동 증가에 따른 소득수준 향상은 생활의 편의성 증가를 가져오고, 소득수준 증가는 일상생활에서 에너지수요를 창출하는 구조에서 비롯된다. 그러나 경제활동 증가가 항상 에너지수요 증가를 유발하지 않을 수 있는 구조도 상존하며, 특히, 소득증가에 의한 에너지시스템 고효율화는 동조적·파생적 특성을 상쇄하는 요인으로 작용할 수 있다.
- 12) 에너지수급 결정요인의 동태적 특성은 시간의 경과에 따라 변화요인의 영향력이 달라짐을 의미한다.
- 13) 에너지 해외의존도는 특정 국가의 특정 시기의 에너지수요(1차에너지 기준)를 해외수입 에너지에 의존하는 정도를 의미하며, 대표적으로 일본과 한국의 에너지 해외의존도가 90%를 능가하는 것으로 설명된다. 에너지의 해외의존도는 에너지자급도의 역의 개념으로 설명되고 있으며, 원전의 국산에너지 포함여부에 따라 의존도가 상이할 수 있다.

가지기에 에너지 공급을 시장경제 기능에만 의존할 경우, 자연 독과점 체제가 구축된다는 점이다. 에너지산업의 자연독과점화는 에너지자원 배분기능의 효율성 저하를 야기하고, 이는 국가·사회의 경제 및 산업에 바람직하지 못한 시장실패를 초래하는 요인으로 작용한다. 에너지산업의 자연 독과점화에 따른 에너지시스템의 문제점 해결과 에너지공급 인프라 구축에 중복 투자가 발생하지 않도록 관리되어야 할 이유는 에너지시스템의 시장 구조적 특성을 대변한다.

1.4. 기술적 특성

에너지시스템은 에너지의 개발 및 생산, 저장, 수송, 최종 소비 단계에 이르는 전 단계에 걸쳐, 현대적 과학기술이 집적된(highly & intensively integrated) 기술적 특성을 보유하고 있다. 대표적인 에너지원인 석유(원유)는 정제과정에서 에너지 성상(specification)이 다른 다양한 석유제품(납사, LPG, 가솔린, 등유, 병커-C 등)으로 전환(transformed)되며, 수력은 수자원(water resources)의 낙차(운동 에너지)를 이용하여 전력 에너지 형태로 전환된다. 태양광 발전은 반도체 기술을 활용하여 태양광 에너지를 집적, 이를 전력 에너지로 전환하는 현대적인 과학기술의 결과로 표현된다. 에너지시스템의 기술적 특성은 자연 상태에서 추출된 1차 에너지자원(원유, 석탄, 우라늄 등) 및 물리적 에너지(태양광, 풍력, 조력 등)를 에너지시스템에서 널리 활용되는 에너지 형태(석유제품, 도시가스, 연탄, 전력 등)로 전환할 수 있는 총체적인 기술적 특징을 지칭한다.

1.5. 안보적 특성

에너지시스템은 국가·사회의 물리적 작동(physical operation)을 위한 동력 조달체계로 역할하며, 에너지시스템이 에너지수급을 시의 적절하게 담당하지 못하는 상태로 작동될 경우, 국가·사회는 단기적으로 적정 에너지원의 수급불균형에 따른 불편과 높은 사회·경제적 비용을 부담하게 된다. 에너지시스템의 작동 불능은 장기적으로 경제성장 및 생활수준의 퇴보, 나아가 경제시스템 및 정치체제의 붕괴를 초래하는 국가·사회의 안보적 특성을 보유하고 있다. 이는 에너지시스템이 국가의 치안 및 국방, 교통·통신 및 수송, 수자원 및 상수 시스템 등의 물적 인프라(physical infra)의 핵심을 이루고 있으며, 의료 및 보건 서비스 등 제반 사회 안전망 시스템의 기반이라는 점에서도 그러하다. 시장경제 체제하에서 많은 국가들의 에너지시스템이 시장기능에 크게 의존하고 있으나, 에너지시스템이 제대로 작동되지 않았을 경우에 발생하는 부작용은 국가 안보적 위기를 유발하는 요인으로 작용한다. 에너지공급 안정성 확보의 안보적 특성은 에너지시스템 고유의 특성으로 모든 국가가 직면하고 있는 공통된 특이성이다.

1.6. 환경적 특성

에너지시스템의 환경적 특성은 현재 대부분 국가의 에너지시스템이 화석에너지 기반으로 구축되어있으며, 인류가 봉착한 기후환경 악화의 요인이 현대의 화석에너지 시스템이 내재하고 있는 기술적·구조적 문제에서 야기되고 있다는 점이다. 화석연료 기반의 에너지시스템은 국가·사회의 발전과 인류의 생활수준 향상에 기여하여왔으나, 기후변화 악

화의 원인이라는 환경적 단점을 보유하고 있다. 즉, 화석에너지 소비가 지구 온실가스 배출의 2/3의 배출원이며, 이산화탄소(CO₂) 배출의 90% 유발하는 원인으로 판단되고 있다.¹⁴⁾ 세계 주요 국가들은 현재의 에너지시스템으로는 인류가 봉착하고 있는 기후환경 위기에 대응하기 어렵다는 인식을 함께하고 있으며(파리협정, 2015년 12월), 에너지전환 선도국가들 중심으로 에너지시스템 전환이 추진되고 있다.

2. 에너지 전환의 정의

「에너지시스템 변화」는 일반적으로 시간의 흐름과 함께 에너지시스템이 새로운 상태로 변화하는 현상을 의미한다. 모든 국가·사회의 에너지시스템은 자생적인 구조적 특성들을 보유하고 있으며, 동 구조적 특성들은 에너지시장 환경 및 에너지이용 기술 변화, 국가 에너지정책 변화 등으로 인하여 지속적으로 변모한다. 반면, 「에너지 전환(energy transition)」은 일반적으로 국가, 사회, 권역 및 지역의 에너지시스템에 내재된 고유의 구조적 특징들이 장기적(long-term)인 구조 변화를 통해 새로운 구조적 특성을 보유한 상태로 전환됨을 의미한다. 에너지 전환은 에너지시스템의 구조적 특성(법·제도, 공급 구조적, 기술적, 안보적, 환경적 요소 등)이 다양한 요인에 의해 변화하여, 특정 시기의 에너지시스템의 구조가 새로운 구조로 전환되는 현상을 포괄하고 있다.

본 연구에서는 다음과 같이 에너지 전환을 정의하고자 하며, 이후 분석에서 이에 근거하여 서술하고자 한다.

14) IEA, Perspective for the Clean Energy Transition; The Critical Role of Buildings, 2019.4.

**에너지 전환: “특정 시기 국가·사회의 에너지시스템이
장기적인(long-term) 변화를 거쳐 새로운 구조적 특성을
보유한 에너지시스템으로 변모”**

보다 상술하자면, 에너지 전환은 에너지시스템의 구조적 특성들(structural properties)이 새로운 형태로 바뀐 것을 의미하며, 특히, 국가·사회 단위의 에너지시스템에 내재된 법·제도 및 물리적 특성들이 장기에 걸쳐 구조적으로 변화함을 의미한다.

「에너지 전환」을 「에너지시스템 변화」와 구별하는 이유는 에너지 시스템의 구조적 특성들이 차별화될 수 없는 수준에서의 변화는 「에너지 시스템 변화」로 정의하는 한편, 구조적 특성이 차별화 될 수 있는 경우를 「에너지 전환」으로 정의하고, 구조적 변화가 충족될 수 있는 조건으로 시간적 조건(long-term)을 부여하여 차별화함을 의미한다. 즉, 에너지 시스템의 변화가 장기에 걸쳐 발생하고, 에너지시스템의 구조적 특성이 상당기간 동안 변화하여 안정적으로 정착한 상태를 에너지 전환이 이루어진 것으로 판단한다.

「에너지 전환」의 정의에 기초하여 판단할 때, 역사적으로 많은 국가에서 에너지 전환이 이루어져 왔다고 할 수 있다. 대표적인 예를 들자면, 세계 각국은 1970년 초반에 발생한 세계 석유위기에 대응하여, 석유 대체에너지 개발차원에서 석탄, 천연가스, 원자력 등을 대안으로 설정하고 이들 대체에너지원 보급·확대를 위해 장기에 걸쳐 주력하였다.¹⁵⁾ 이에 따라 세계 각국의 에너지수급 구조에서 석유의존도가 축소된 반면,

15) 특히, 프랑스가 석유의존도 감축 차원에서 발전부문에서 원전중심의 전원믹스를 구축한 것은 당시의 에너지시장 환경 및 원전의 사회적 수요성이 크게 반영된 결과로 판단되고 있다.

석탄 및 원자력, 재생에너지원의 역할이 확대되는 방향으로 에너지믹스가 개편되었으며, 에너지원별 역할 조정을 위한 제도적 변화가 이루어진 바, 이를 대표적인 에너지 전환 결과로 인식할 수 있다.

3. 에너지 전환정책의 정의와 내역

본 연구가 에너지 전환을 “특정 시기 국가·사회의 에너지시스템이 장기적인(long-term) 변화를 거쳐 새로운 구조적 특성을 보유한 에너지시스템으로 변모”라고 정의함에 따라, 에너지 전환정책은 에너지시스템의 구조적 특성을 특정한 방향으로 변화하도록 국가·사회가 정책적으로 도모하는 활동을 포괄하게 된다. 이에 본 연구는 에너지 전환정책을 다음과 같이 정의하며, 이에 기초하여 각국의 에너지 전환정책을 기술하고자 한다.

에너지 전환정책: 에너지시스템의 운영주체(일반적으로 중앙 및 지방 정부 등)가 기존의 에너지시스템을 특정한 방향으로 전환하고자 에너지시스템에 내재된 구조적 특성을 정책적으로 변화하기 위하여 전개하는 제반 정책 활동

특정한 시기의 에너지시스템의 구조적 변화를 이루기 위해 정책주체가 계획적으로 에너지 전환을 추진할 경우, 에너지 전환의 목표 및 이유에 따라 에너지 전환정책의 구조와 내역은 다양성을 가지게 된다.¹⁶⁾ 즉, 에너지 전환정책이 추구하는 에너지시스템의 변화방향은 전

16) World Energy Council(WEC), “Global Energy Transitions; A Comparative analysis of key countries and implications for the international energy debate”, 2014.10., p.2.

환정책의 목표에 따라 다양하게 설정될 수밖에 없다. 에너지 전환정책을 “에너지시스템의 구조적 변화”를 유발하는 계획된 정책 활동으로 볼 때, 세계 주요국은 이미 오래전부터 에너지 전환정책을 추진하였다고 할 수 있다.¹⁷⁾ 이에 따라 에너지 전환정책은 국가·사회의 직접적인 온실가스 감축정책을 비롯하여, 에너지시스템을 이루고 있는 다양한 요소들의 변화를 도모하는 포괄적인 정책 활동으로 표현할 수 있을 것으로 본다. 에너지 전환정책의 외연(coverage)이 포괄적인 이유는 에너지시스템이 가지는 총체성(comprehensiveness)에 기인한다.

본 연구는 화석에너지 시스템이 유발하는 환경적 폐해를 보정하기 위해 세계 주요 국가들이 추진하고 있는 에너지·기후변화 대응 활동에 주안점을 두고 있기에 에너지 전환정책의 분석 대상을 1990년 이후 기후변화 대응 차원에서 에너지시스템을 개선하는 국가·사회 및 국제기구의 정책 활동을 포괄적으로 지칭하게 된다. 특히, 2010년대 초반 이후, 독일, 영국, 프랑스를 위시한 EU국가들과 일본 등은 기후변화에 대응하기 위하여 화석에너지 기반의 에너지시스템을 재생에너지 중심의 청정에너지 시스템으로 전환하는 정책 활동을 전개하고 있기에 상기의 국가들을 포괄적으로 에너지 전환정책 선도국가로 지칭하고자 한다.

4. 주요국의 에너지 전환정책 내역

세계 주요 에너지 전환정책 선도국가들이 추진하고 있는 에너지 전환정책은 국가마다 상이한 구조를 가지고 있으나, 핵심을 이루고

17) 1973년 발발한 세계 1차 석유파동에 대응하여 세계 각국은 석유의존도 축소를 위한 노력을 경주하였으며, 여기에는 원전 에너지 개발, 신재생에너지 기술개발, 에너지수급에서 석탄 에너지의 역할 증대 등을 포함하고 있다.

있는 내용은 발전 부문의 연료 저탄소화, 수송 부문의 Mobility 청정화, 산업 및 건물 부문의 에너지효율 고도화, 수요측면에서 에너지수요 감축 등으로 대별된다. 발전 부문의 연료 저탄소화는 에너지 공급측면의 전환정책의 핵심을 이루는 정책과제로 기존의 화석연료 기반의 전력생산 시스템을 非화석에너지(수력 및 원자력 등) 및 현대적 재생에너지(태양광, 풍력, 조력 등)원으로 전환하는 것을 의미한다. 특히, 주요 에너지 전환정책 선도국가들은 청정에너지¹⁸⁾ 시스템 확충을 위해서 재생에너지 보급·확대를 추진하고 있으며, 재생에너지의 독자적인 경쟁력 확보를 위해 다양한 재정정책(국가 재정으로 R&D 확대, 각종 보조금 제도 운영)을 실행하고 있다(<표 2-1> 참조).

에너지수요 측면의 전환정책의 핵심은 에너지수요 증가를 억제하여 에너지공급 확대 유발요인을 사전에 차단하는 것을 의미하며, 에너지수요 감축은 주요 에너지 전환정책 선도국가들의 최우선적인 정책목표로 설정되고 있다. 에너지수요의 절대적 규모 감축은 경제성장과 에너지수요 증가의 동조성(coupling)을 제거하는 것을 의미하며, 이는 경제활동이 에너지수요를 유발하지 않도록 에너지효율을 증대하여 실현하게 된다. 또한 경제성장에 따른 에너지發 기후변화 악화 요인을 차단하기 위하여 산업구조를 에너지 非집약적 체제로 전환하는 것도 에너지수요 감축에 기여한다. 에너지수요 감축 활동은 에너지시스템을 고효율 체제로 전환하는 것을 의미하며 에너지효율 개선을 위한 제반 활동이 에

18) 청정에너지 시스템의 정의는 매우 다양하게 정의될 수 있다. 이는 원전이 청정에너지원으로 사회적 수용성을 가지는가 하는 문제와 결부된다. 독일의 경우, 원전은 안전성 측면에서 사회적으로 청정에너지원으로 수용되고 있지 못하지만, 영국의 경우 원전은 온실가스를 배출하지 않는 청정에너지원으로 인식되고 있다. 본 연구에서는 청정에너지 정의를 온실가스 배출 여부를 기준으로 정의하고자 하며, 이에 非화석에너지(원전 포함)를 청정에너지원으로 간주하고자 한다. 따라서 청정에너지 시스템은 화석에너지에 의존하지 않는 에너지시스템을 의미한다.

너지수요 감축 수단으로 설정되고 있다.

에너지 전환정책은 에너지시스템의 구조변화를 설계하는 방식에 따라 달라지기에 에너지 전환정책 내역은 국가에 따라 다를 수밖에 없다. 독일의 에너지 전환정책의 핵심내역은 자국이 보유·가동하고 있는 원전의 위험성을 극복하기 위한 脫원전 실현이다. 독일은 동시에 발전부문의 석탄의존도 축소를 지향하고 있으며, 脫원전 및 석탄의존도 감축에 따른 전원 부족을 재생에너지 전원으로 대체하는 것이 전환정책의 주 내용이 되고 있다. 반면, 영국의 전환정책 목표는 자국의 과중한 화석에너지 의존도를 감축하기 위하여 발전 부문의 脫석탄화를 추구하며, 대체 전원으로 원전의 역할을 확대하는 방안으로 전원믹스 개편을 도모하고 있다.

독일과 영국은 대표적인 에너지 전환정책 표방국가이나, 원전 정책 방향은 정반대로 설정되고 있다. 그러나 독일과 영국 양국이 지향하고 있는 공통적인 전환정책 방향은 화석에너지의 환경적 폐해를 보정하기 위해 발전 부문의 석탄의존도를 감축하는 것이다. 이와 같은 이유로 세계 주요국의 에너지 전환정책을 脫원전 추진 여부 등 단일한 기준으로 서술하는 것에 큰 의미를 부여하기 어려울 것으로 보인다. 이는 세계 주요 국가들이 기존의 에너지시스템을 어떤 사유로 어떤 새로운 시스템으로 전환을 도모하는지 각각의 특성에 기초하여 분석이 요구되는 이유이다.

한편, 주요 에너지 전환정책 선도국의 정책기조는 “화석에너지의 과도한 의존의 폐해를 인지하여, 지속적인 경제 성장 하에서도 에너지 수요가 증가되지 않도록 에너지이용 구조를 효율화하는 한편, 에너지 공급 시스템을 재생에너지 등의 非화석에너지 중심으로 개편하는 것”으로 설명하는 것에는 무리가 없을 것으로 판단된다. 즉, 주요 에너지

전환 선도국의 전환정책의 핵심기조는 국가·사회가 지향하는 저탄소·청정 에너지시스템 구축이다. 이는 전환정책 목표 하에 화석에너지 중심의 기존 에너지시스템을 장기적(5년, 10년, 30년 등)인 시간적 영역 하에서 계획적으로 전환하여, 에너지시스템의 구조적 특성을 저탄소·청정에너지 체제에 부합하는 구조로 전환하는 것을 의미한다.

에너지전환을 선도하는 국가들의 에너지전환 목표 설정은 각국이 보유한 에너지시스템의 구조적 특성을 새로운 구조로 전환을 시도하는 것으로 목표설정 시점, 목표 달성 시기, 목표의 대상, 목표설정 방법 등에서 구조를 달리하고 있다. 세계 주요국은 자국의 에너지시스템을 전환하는데 있어 국제적인 공약¹⁹⁾에 근거하고 있으나, 국가별로 사회적 합의과정이 상이하고, 에너지시스템의 청정화에 대한 국가·사회적 인식의 차이, 에너지 전환정책 추진에 따른 사회적 비용의 수용성 등으로 에너지 전환정책의 목표는 다양성을 보이고 있다.

그러나 주요 에너지 전환정책 선도국의 정책 목표의 지향점은 에너지수요의 절대적 수준의 감축, 화석에너지 의존도 감축, 재생에너지 역할의 확대에 유사한 방향성을 가지고 있다. 주요국가의 에너지·기후 변화 정책목표는 이들 국가가 표면적으로 전환정책을 지향하고 있지 않다 하더라도, 에너지정책의 기조가 에너지 전환정책을 선도하고 있는 국가와 다르지 않음을 주지해야할 필요가 있다.

19) 국제적인 공약은 국제사회의 온실가스 감축을 위한 협정을 의미하며, 2019년 현재까지 효력을 발휘되고 있는 교토협정이나, 파리협약 체결(2016년)에 따른 국가별 자발적 감축 공약 등이 대표적으로 예시되고 있다.

〈표 2-1〉 에너지 전환정책 선도국의 에너지 전환정책 구성 내역

구분	세부내역
태동 배경 및 환경적 요인	○ 화석에너지의 과도한 배출 폐해위기(온실가스 배출 증가) 인식 확대(파리협약, 2016) ○ 후쿠시마 원전사태 발생(2011.3.11.) ○ 청정에너지(태양광, 풍력 등)기술 발전
에너지시스템 변화기조	○ 에너지시스템 전환 추진(2010년대 초~) - 화석에너지 에너지시스템에서 청정에너지시스템으로 전환
에너지 전환정책 기조	☐ 에너지원별 정책 기조 ○ 화석에너지 의존도 감축 - 탈석탄 및 석탄의존도 감축 - 석탄의 천연가스 대체 확대 ○ 재생에너지(태양·풍력·조력 등) 역할 확대 ○ 원전 의존도 조정 - 탈원전: 독일 - 원전의존 축소: 프랑스, 일본, 한국 - 원전의존 확대 및 지속: 영국, 미국 ☐ 부문별 전환정책 ○ 공급: 에너지믹스 개편 - (발전 부문) 전원구조의 저탄소화 ○ 수요: 에너지수요 증가 억제 및 감축 - (수송 부문) Mobility청정화(연료 전력화·수소화) - (산업·건물 부문) 에너지효율 고도화

자료: 주요 에너지 전환정책 선도국가의 에너지정책 기조 및 방향의 핵심적인 내용을 기초로 저자가 작성

5. 에너지 전환정책 추진 및 도입 배경

5.1 국제협약 체결 및 청정에너지 시스템 구축을 위한 정치적 공약

주요국이 에너지 전환정책을 새로운 정책 패러다임으로 추진하게 된 배경에는 온실가스 감축을 위한 국제협약 체결, 지역 경제 공동체(EU)의 결정(지침 변화), 에너지정책에 대한 정치적 공약 등이 작용하였다.

세계 주요 국가들은 자국의 에너지자원 부존 조건, 에너지시스템의 사회적 선택, 에너지 이용기술의 발전정도, 청정에너지시스템 구축을 위한 사회적 욕구, 에너지시스템 전환을 위한 정부의 선택 등 다양한 요소에 의해 결정하고 있다.

2016년 이후, 세계 각국은 파리협정에 따라 자발적 온실가스 감축공약을 제시하고, 이를 이행하기 위한 실행계획을 수립·이행하는 한편, 자국의 에너지시스템의 화석에너지 의존도를 축소하는 방향으로 전환을 모색하고 있다. 세계 모든 국가가 에너지전환을 목적으로 하고 있지는 않으나, 자국의 에너지시스템을 지속가능 체제로 전환하고자 하는 것은 국제사회에 대한 자국의 자발적 감축공약에 기초한 의무감 인식과 재생에너지 분야의 기술발전 등이 기여한 바가 크다.²⁰⁾

대표적으로 독일은 정당의 선거공약에 기초하여 에너지전환에 대한 사회적 합의를 도출하였다. 독일은 정부(연립 정부) 구성 시, 에너지정책 방향을 정당 간 협정으로 확정하고, 연립 정부 출범 후 합의된 정책의제를 이행하는 방식으로 사회적 공론화와 정책적 실행을 연계하고 있다. 반면, 프랑스는 에너지전환에 대한 사회구성원의 의지를 국가 정책 의제로 도출하여, 이의 실행을 위한 제도적 기반을 구축, 이행하는 자생적 변화 방법을 채택하였다.

5.2 지역 경제공동체(EU)의 결정

EU는 2008년 12월 회원국의 에너지정책 방향 및 기후변화대응정책

20) 미국의 에너지·기후변화 정책이 2017년 트럼프 행정부 취임 이후, 자국 화석에너지 자원의 개발·이용을 통한 고용 및 성장정책 추진으로 세계 정책기조와 역행하는 모습을 시현하고 있으나, 미국 지방정부(대표적으로 캘리포니아 州)가 추진하는 에너지시스템 전환 추진은 세계적인 추세와 다르지 않다.

설정 지침으로 「2020 기후·에너지 패키지(2020 Climate and Energy Package: CEP-2020)」를 채택하였으며, 2014년 10월 「2030 기후·에너지정책 프레임워크(2030 Climate and Energy Policy Framework: CEPF-2030)」를 제시하였다.²¹⁾ 또한 2015년 2월 「에너지동맹 패키지(Energy Union Package: EUP)」를 제시하여 ‘EU 회원국의 소비자에게 안정적이고 지속가능하며 경쟁력 있는 에너지공급’을 에너지·기후변화 대응정책의 우선과제로 설정하도록 방향성을 설정하였다(<표 2-2> 참조).

〈표 2-2〉 EU의 중장기 기후·에너지정책 설정 목표(2020, 2030년)

목표	2020 기후·에너지 패키지: (CEP-2020)	2030 기후·에너지정책 프레임워크 (CEPF-2030)
온실가스 감축(1990년 대비)	-20%	최소 -40%
재생에너지 보급·확대 목표 (재생에너지/최종에너지, %)	20%	최소 27%
에너지효율 개선	20% 달성	최소 27% 달성

자료: 1) 윤영주(2016.11.21.), “프랑스의 중장기에너지계획(PPE)의 수립 및 시행”, 세계 에너지시장 인사이트, 제16-42호, pp. 15~16., 에너지경제연구원

CEP-2020과 CEPF-2030은 각각 EU 회원국이 추구해야할 온실가스 감축목표와 에너지효율 개선목표를 제시하고 있으며, 「에너지동맹 패키지(EUP)」는 EU 회원국의 에너지 전환정책의 방향성 설정의 근간이 되었다. 특히, EU 에너지동맹 패키지(Energy Union Package: EUP)²²⁾는 △경제 脫탄소화, △에너지효율 개선, △역내 에너지시장 통합, △에너지 안보·연대·신뢰 증진, △연구·혁신·경쟁력 제고 등 5개의

21) 윤영주(2016.11.21.), “프랑스의 중장기에너지계획(PPE)의 수립 및 시행”, 세계 에너지시장 인사이트, 제16-42호, pp. 15~16., 에너지경제연구원

22) EU 「에너지동맹 패키지(Energy Union Package: EUP), 2015. 2」는 역내 회원국의 에너지·기후변화 대응정책 기조(소비자에게 안정적이고 지속가능하며 경쟁력 있는 에너지공급)를 결정하는 지침으로 활용되어왔다.

영역별 목표를 설정하고, 목표달성을 위한 실행계획을 제시하였다.²³⁾ EU회원국은 자국의 에너지정책 방향을 설정하는데 EU의 에너지정책 지침에 해당하는 에너지동맹 패키지(EUP)를 준용하여 에너지정책 기조를 설정하였다.

2019년 EU는 역내 수송 부문의 온실가스 배출기준 관련 규제가 있어야 한다는 EU집행위원회 발의에 따라, 수송부문 CO₂배출기준(CO₂ standards for new cars and vans)을 법제화하였다. 당초 EU집행위는 2030년까지 회원국²⁴⁾의 수송부문 CO₂배출 감축목표를 30%로 제시하였으나²⁵⁾, 유럽의회(European Parliament)²⁶⁾가 EU집행위의 제안보다 강화된 법안을 확정하였다. 신규 도입된 CO₂배출기준은 EU의 수송 부문 CO₂배출 감축목표를 2030년까지 37.5%로 설정하고 있다(2019.3.27.)²⁷⁾²⁸⁾.

신규 수송부문 CO₂배출기준은 EU회원국내 자동차 제조업체가 생산하는 전체 신규 승용차(Cars)의 평균 CO₂ 배출량을 2021년 대비 2030년까지 37.5% 낮은 수준을 유지토록 하며, 전체 신규 화물차(Van)의 평균 CO₂ 배출 감축목표를 31%로 설정하였다.²⁹⁾ 신규 CO₂배출기준은

23) 윤영주(2016.11.21.), “프랑스의 중장기에너지계획(PPE)의 수립 및 시행”, 세계 에너지 시장 인사이트, 제16-42호, pp.15~16., 에너지경제연구원

24) EU 회원국은 독립적으로 수송 부문 CO₂ 배출 규제를 시행하지는 않아 왔다.

25) 세계 에너지시장 인사이트(2019.4.3.), 제19-13호, pp.36~37., 에너지경제연구원

26) 유럽의회 의원(MEP: Member of European Parliament)은 28개 회원국가로부터 선출되며, 2019년 9월 현재, 751인으로 구성되어있다.

27) 2019년 EU는 독일 자동차 제조사 폭스바겐의 온실가스 배출량 위조사건(2015년) 이후 수송부문의 배출기준 관련 규제가 있어야 한다는 EU집행위 발의에 따라 수송부문 배출규제법(CO₂ standards for new cars and vans)을 법제화하였다.

28) EU집행위원회(European Commission)가 2017년 11월 최초로 발의하였으며, 이후 유럽의회 및 유럽이사회(Council of the EU)와의 세부 조정을 거쳐 최종 통과되었다.

29) European Parliament News, “Parliament backs new CO₂ emissions limits for cars and vans”, 2019.3.27., <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20190321IPR32112/parliament-backs-new-co2-emissions-limits-for-cars-and-vans>(검색일 : 2019.9.3.)

2020년 1월부터 발효될 예정이다³⁰⁾³¹⁾. 신규 CO₂배출기준에 의거 2030년 이후 자동차 제조업체가 EU가 제시한 기준을 초과하여 온실가스를 배출 할 경우, 해당 자동차 제조사는 ‘초과배출부담금(excess emissions premium)’을 부담해야 한다.

2019년 현재 EU는 신규 등록차량이 일정 수준 이상의 온실가스를 배출할 시, 초과분에 대한 초과배출부담금을 해당 자동차의 제조사에게 부담시키고 있으며, 2030년 배출 규제에 관해서도 비슷한 수준의 부담금을 설정할 예정이다. 유럽의회는 신규 CO₂배출기준이 발효될 경우, EU 내 전기자동차 보급·확산에 기여할 것으로 판단하고 있으며, 이는 수송 부문 연료전환을 촉진하여 온실가스 감축에 기여할 수 있을 것으로 전망하였다³²⁾³³⁾³⁴⁾.

30) S&P Platts紙는 수송부문 배출규제법안의 주요 내용에 대해 EU집행위원회, 유럽의회, EU이사회 3자 간 조정을 완료했기 때문에 EU이사회 승인은 무난할 것으로 분석하였다.

31) S&P Platts(2019.3.27.), “EU Parliament approves 2030 CO₂ caps for new cars to cut oil use”, <https://www.spglobal.com/platts/en/maket-insights/latest-news/oil/032719-eu-parliament-approves-2030-co2-caps-for-new-cars-to-cut-oil-use>(검색일: 2019.3.31.)

32) EU 부담금 부과 시스템은 연간 차량 판매 1,000대 이상의 자동차 제조업체를 대상으로 한 규제로, 2019년 현재 EU가 설정하고 있는 부담금 수준은 €95/gCO₂/km에 달하고 있다.

33) European Parliament News, “CO₂ standards for new cars and vans”, 2019.2.

34) EU의 수송부문의 전체 온실가스 배출 비중은 2016년 기준 20%에 달하고 있다.

제3장 주요 국가별 에너지 전환정책

1. 독일의 에너지 전환정책

1.1 독일의 에너지 전환정책 구상

독일 에너지전환(Energiewende)은 에너지구상(Energy Concept 2010) 및 의회 결정(2011.6.30.)에 의거 2022년까지 脫원전 이행을 위해 독일 정부가 계획·이행하는 에너지정책을 의미 한다.³⁵⁾ 독일 에너지 전환 정책의 내용은 원전을 2022년까지 단계적으로 폐기하며, 발전부문의 과중한 석탄의존도를 축소하되 궁극적으로는 脫석탄을 달성하는 것을 골격으로 하고 있다. 脫원전과 석탄의존도 축소(脫석탄 추진)로 발생할 전원부족을 재생에너지 전원으로 대체를 추진하며, 동시에 에너지 수요 증가를 억제하여 에너지 수급의 안정성을 확보하는 것이 독일 에너지 전환정책의 핵심을 이루고 있다.

「에너지구상 2010」은 독일이 장기적인 시각에서 추진할 에너지·기후변화 대응정책 과제를 망라하고 있으며, △온실가스 배출감축 △재생에너지 보급·확대 △에너지소비 감축과 관련된 단계적 및 부분별 목표 등을 제시하고 있다.³⁶⁾³⁷⁾

독일 정부는 2011년 3월 일본 후쿠시마 원전사고 발생 후, 자국이

35) Ralf Dichel(2014), “The New German Energy Policy: What Role for Gas in a De-carbonization Policy?”, OIES Paper: No 85, p.5. Oxford Institute for Energy Studies, 2014.

36) 양의석 외(2017.8.14.), “독일 에너지전환 정책 목표와 조기 脫원전 결정 가능 조건”, 세계 에너지시장 인사이트, 제17-28호, p.3. 에너지경제연구원

37) 에너지구상-2010은 각종 EU지침 등을 기반으로 하고 있으며, 연방하원(Bundestag)의 승인으로 확정되었다.

보유하고 있는 원전 17개 중 8개를 전면 가동 중단하였으며, 2011년 5월에는 자국 내 모든 원전을 2022년까지 폐기하기로 선언하였다.³⁸⁾³⁹⁾ 독일은 원전의 전면 폐기계획을 이행하기 위하여 「에너지구상 2010」의 관련법을 수정·보완하였으며, 동 법률들은 2011년 6월 30일 통합에너지법(Energy Package)으로 발표되었다(<표 3-1> 참조).

통합에너지법(Energy Package, 2011.6)⁴⁰⁾은 7개법 및 1개 강령으로 구성되어 있으며, △脫원전 계획, △재생에너지 보급·확대 지원, △전력망 확충계획 등을 주요 내용으로 하고 있다. 통합에너지법은 독일 ‘에너지전환(Energiewende)’ 정책의 제도적 기반으로 작동하고 있으며, 에너지·기후변화 대응 활동의 세부 실행계획 수립 및 이행 지침으로 활용되고 있다. 원자력법(Atomic Energy Act, 2011)은 독일이 2011년 현재 보유·가동하고 있는 모든 원전을 2022년까지 단계적으로 폐쇄하는 것을 규정하였다.

재생에너지법(EEG-2011)은 신재생에너지 보급·확대를 촉진하기 위해 개정되었으며, 재생에너지(풍력 및 지열, 바이오매스 등)에 대한 보조금(FIT: Feed in Tariff) 인상 내용을 담고 있다. 재생에너지법(EEG-2011) 개정 이후 정부의 FIT지원 하에 재생에너지 보급·이용은 크게 확대되었으나, 재정지출 확대, 소비자의 에너지비용 부담 증가, 시장 왜곡 등의 문제에 직면하여, 재생에너지법(EEG)을 2014년 재차 개정하였다.⁴¹⁾ 재생에너지법(EEG-2014)은 자국의 재생에너지 발전설비의 과

38) The Telegraph(2011.5.30.), “Why Germany said no to nuclear power”, <https://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/europe/germany/8546608/Why-Germany-said-no-to-nuclear-power.html>(검색일: 2017.8.10.)

39) 메르켈 정부는 Ba den-Wuerttemberg州 지방선거(2011.3.27.)에서 집권당(기민당)이 녹색당에 패한 것에 대한 주요인을 원전사고로 인한 여론 악화라고 판단하였다.

40) IEA(2013), “Energy Policies of IEA Countries, German 2013 Review”, p.27., OECD/IEA.

41) 윤영주(2016.1.22.), “2016년 EU 및 주요 회원국의 에너지 정책 전망”, 세계 에너지

도한 증가속도를 통제하여, 재생에너지 보급·확대 목표치에 따라 재생 에너지 발전설비를 계획적으로 확대할 목적으로 개정되었으며, 2017년부터 발효되었다.⁴²⁾ EEG-2014는 재생에너지원별 실정을 고려한 차별화된 지원체제를 제시하고, 시장경쟁력을 갖춘 일부 재생에너지원에 대해서는 발전차액지원제도를 시장기반 지원체제인 경매입찰제도⁴³⁾로 대체하였으며, 연간 발전설비 설치용량의 상한선을 설정해 경매입찰 대상 프로젝트 수를 제한하였다.⁴⁴⁾⁴⁵⁾

〈표 3-1〉 독일 통합에너지법(Energy Package, 2011) 구성 내역

통합에너지법(Energy Package)의 주요 내용	
☐ 전력망확대촉진법(Act to Accelerate the Expansion of Electricity Networks(NABEG))	- 독일 남북 전력망 연계 추진 - 전력망 프로젝트 승인절차 간소화 - 송전 시스템의 세분화 (unbundling) - 전력망 운영사업자(TSOs)에 ‘전력망 구축 공동계획’ 수립 의무 부여
☐ 에너지산업법(Energy Industry Act(EnWG))	- 3차 내수시장 규칙 부과 (Third Internal Market Directive)
☐ 재생에너지법(Renewable Energies Act(EEG-2011))	- 재생에너지전원 FIT 인상
☐ 원자력법(Atomic Energy Act)*	- 2022년까지 모든 원전 단계적 폐쇄 - 연방정부가 보상비용을 부담
☐ 에너지기후변화기금법(Energy and Climate Fund Act)	- EU-ETS 수익금 전체를 에너지기후변화 기금으로 적립

지시장 인사이트 제16-3호, p.21.에너지경제연구원

42) 재생에너지법(EEG)은 2000년 최초 제정 이후, 5차에 걸쳐 개정되었으며(EEG-2004, EEG-2009, EEG-2011, EEG-2012, EEG-2014), EEG(2014)은 2017년 1월 1일부터 발효되었다.

43) 신규 재생에너지원 생산 전력의 80% 이상을 경매입찰제도 적용 하에 둘 예정이나, 750kW급 미만의 소규모 발전설비(바이오매스는 150kW 미만)는 경매입찰 대상에서 제외하여 FiT제도를 계속해 적용하기로 하였다.

44) 경매대상 제외 대상은 750kW(바이오매스는 150kW) 이하의 태양광, 풍력, 바이오매스와 모든 수력, 지열, 폐기물가스 등으로 설정하였다.

45) 세계 에너지시장 인사이트(2016.7.15.), 제16-26호, pp.51~52., 에너지경제연구원

통합에너지법(Energy Package)의 주요 내용	
	- 기금을 脫원전 지원, 친환경에너지 공급, 기후변화·환경보호, 국제 프로젝트 지원, 전기차 개발 등에 사용
☐ 기후목표와 양립 가능한 도시·지방 개발 강화법(Act to Strengthen Climate-compatible Development in Cities and Municipalities)	- 도시·지방의 신재생에너지 및 열병합발전(CHP)의 사용 확대
☐ 주거용 건물 에너지 관련 현대화 조세 감면법(Act on Tax Incentives for Energy-Related Modernisation of Residential Buildings)	- 주거용 건물의 에너지효율 증진과 관련 투자에 대한 조세 감면제도 혜택 부여
☐ 공공계약 촉진 강령(Ordinance on the Award of Public Contracts)	- 주거용 건물의 에너지효율 증진과 관련 투자에 대한 조세 감면제도 혜택 부여
☐ 해상풍력 발전설비강령(Offshore Windfarm Revision)	- 풍력발전 프로젝트 승인절차 간소화

주: * 2011년 개정 내용

자료: <김봉급(2013), “독일 에너지전환 정책의 추진배경 및 전망”, 세계 에너지 시장 인사이트 제13-22호(2013.6.14.), pp.13~20, 에너지경제연구원> 및 <IEA (2013), “Energy Policies of IEA Countries, German 2013 Review”, p.27. OECD /IEA>를 토대로 저자 재구성

1.2 독일의 에너지 전환정책 추진 및 변화 과정

2005년 독일 정부⁴⁶⁾는 국제사회의 기후변화 대응 활동을 주도적으로 선도하겠다는 구상 하에 재생에너지 역할 확대를 자국의 에너지정책 기조로 설정하였다. 독일은 2020년까지 자국의 온실가스 배출량을 1990년 대비 40% 감축하는 한편, 발전부문의 재생에너지 전원비중을

46) 메르켈 1기 정부(2005~2009년)는 기민·기사연합-사민당 연정으로 태동하였으며, “재생에너지 확대 및 기후변화 대응 주도” 정책 구상은 기민·기사연합-사민당 연립정부 구성의 전제조건이었다.

25~30%로 확대하며, 원전은 2002년 게르하르트 슈뢰더 정부가 설정한 일정에 따라 폐기하기로 결정하였다⁴⁷⁾⁴⁸⁾.

2009년 독일 新연립정부⁴⁹⁾는 자국의 △온실가스 감축목표 달성, △국가 재정부담 완화, △에너지공급 안정성 등을 고려하여, 기존 원전 폐기계획을 수정하여 일정기간 원전을 계속 사용하는 것(과도기적 유지)으로 정책방향을 선회하였다. 즉, 독일은 2002년 슈뢰더 정부⁵⁰⁾가 결정한 원전 폐쇄 일정을 변경하기로 결정하였으며⁵¹⁾, 이에 근거하여 에너지정책 방향을 수정한 ‘에너지구상 2010(Energy Concept 2010)’을 확정·발표하였다. ‘에너지구상 2010’은 온실가스 감축목표 달성과 재생에너지 역할을 확대하되, 원전의 사용기간을 기존 계획 대비 8~14년⁵²⁾까지 연장하고 脫원전을 궁극적으로 실현하는 것을 골자로 하였다.⁵³⁾ 그러나 2011년 3월 일본 후쿠시마 원전사고 발생 후, 독일 정부(메르켈 2기)는 당초의 원전이용 연장 계획을 2011년 5월 중단하

47) Friedrich Ebert Stiftung, “FES Information Series”, 2011-02, 독일의 에너지정책 2011.5., pp.5~7.

48) 당초 기민·기사연합은 원전 폐쇄 기간 연장을 사민당에 제안하였으나, 사민당이 원전 폐쇄 기한 연장에 대한 협상을 거부하여 원전 폐쇄 연장에 대해서는 합의에 이르지 못하였다.

49) 독일의 新연립정부는 메르켈 2기 정부(2009~2013년)를 의미하며, 기민·기사연합·자민당 연정으로 출범하였다.

50) 게르하르트 슈뢰더 연방정부는 사민당, 동맹90연합 및 녹색당 연정으로 출범하였으며, ‘원자력법(Atomic Energy Act)’의 개정을 통해 신규 원전 건설을 금지하고, 원전의 가동 수명을 40년으로 제한하는 한편, 2021년까지 독일의 모든 원전을 단계적으로 폐쇄하기로 결정하였다(2002년).

51) 에너지경제연구원(2017.8.14), 세계 에너지시장 인사이트, 제17-28호, pp.11~12.

52) 사용기간 연장은 1980년을 기준으로 하여 이전 가동된 원전 7기는 8년, 이후 가동된 10기는 14년을 추가 연장 가동하는 것으로 결정하였다.

53) 주 독일 대한민국 대사관 홈페이지, “독일의 에너지 전환 정책”, http://overseas.mofa.go.kr/de-ko/brd/m_7213/view.do?seq=1320596&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&multi_itm_seq=0&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&company_cd=&company_nm=&page=1 (검색일 : 2018.3.7.)

고, 원전을 전면 조기 폐기하는 것으로 ‘에너지구상 2010’을 변경·확정하였다⁵⁴⁾⁵⁵⁾. 수정된 ‘에너지구상 2010’은 독일의 장기적인 에너지·기후변화 대응정책의 목표를 설정하고 있으며, 이를 이행하기 위해 법제화된 통합에너지법(Energy Package)이 독일 에너지 전환정책의 근간을 이루게 되었다.

2013년 독일 정부⁵⁶⁾는 변경된 ‘에너지구상 2010’의 지속적 추진을 위하여 에너지정책 거버넌스를 재편하였다. 독일은 재생에너지 보조금 급증에 따른 전력요금의 상승과 정책기능 분산에 따른 비효율성을 제거하기 위하여 에너지정책 거버넌스를 조정하였다. 경제·에너지부의 기능을 강화하였으며⁵⁷⁾⁵⁸⁾, 환경·자연보호·건물·핵·안전부(BMUB)는 기후변화, 핵 부문을 포함한 전반적인 환경정책과 건물관련 정책을 총괄하는 부서로 재편하였다.

1.3 독일의 원전 도입·이용과 탈원전 추진

1.3.1 원전 도입 및 확대기(1960년대~1986년)

독일은 1969년 3월 31일 Obrigheim원전(340MW)을 가동하기 시작

54) 2011년 6월 30일, 독일 의회(the Bundestag)가 “The Thirteenth Act amending the Atomic Energy Act(Dreizehntes Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes)”를 통과시켰으며, 2011년 8월 6일부터 발효되었다.

55) IEA(2013), “Energy Policies of IEA Countries, German 2013 Review”, p.27. OECD/IEA.

56) 메르켈 3기 정부(2013년~2018)는 기민·기사연합-사민당 연정 체제로 출범하였다.

57) 경제·기술부(BMWi) 및 환경·자연보호·핵안전부(BMU)의 기능을 조정하여 신재생에너지 정책기능을 경제·에너지부(BMWi)로 일원화하였다.

58) 주 독일 대한민국 대사관 홈페이지, “독일의 에너지 전환 정책”, http://overseas.mofa.go.kr/de-ko/brd/m_7213/view.do?seq=1320596&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&multi_itm_seq=0&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&company_cd=&company_nm=&page=1 (검색일 : 2018.3.7.)

함으로써, 300MW급 이상 원전을 운영하게 되었고, 1972년 Stade원전(640MW)을 가동함으로써 원전을 통해 본격적으로 전력을 생산하게 되었다. 이후 독일은 1975년 Wuergassen원전(640MW)을 추가 가동하였으며, Greifswald원전(1~4: 408MW/Unit)을 1974년부터 1979년 기간 중에 가동, 1980년대 들어서는 Gundremmingen-B원전(1,284MW)과 같은 대용량 원전을 가동함에 따라 1970~1980년대에 원전 전성기를 맞이하게 되었다.

독일이 원전을 확대한 것은 1973년 촉발된 세계 석유위기(Oil Shock)가 계기가 되었다. 독일은 자국의 빈약한 에너지부존 상황을 고려하여 원전을 통해 안정적인 전원을 확보하고자 하였으며, 이는 독일의 에너지공급 안정성 제고에 기여할 것으로 판단했기 때문이다. 1973년 독일의 에너지 자립도는 51%수준에 달하였으나, 석탄 자립도(100%능가)에 반하여, 석유 자립도는 4% 수준에 불과하였다.⁵⁹⁾

1.3.2 탈원전 기조 형성 및 결정(1986~2010년)

1986년 舊소련의 체르노빌 사고 이후, 원전 안전성에 대한 우려가 확산됨에 따라, 독일은 원전 운영의 지속 여부 결정 및 원전의 대체 에너지 개발 필요성에 직면하게 되었다. 체르노빌 사고 이전, 독일 정당들은 親원전 정책기조를 유지하였으나, 사고 이후 脫원전 정책을 지향하는 노선으로 전환하기 시작하였다. 대표적으로 사회민주당⁶⁰⁾은

59) 에너지 자립도(Total Self sufficiency, Production/TPES)는 IEA의 World Energy Balance (2019년)에서 제시하는 자립도를 의미하며, 에너지 자립도의 의미는 1차에너지 공급(TPES: Total Primary Energy Supply) 중 자국에서 생산된 에너지 비중을 의미한다.

60) 사회민주당은 일반적으로 사민당(SPD)으로 약칭되며, 독일의 대표적인 진보성향 정당이다.

체르노빌 사고 이전에는 원전이용 정책을 지지하였으나, 사고 이후 향후 10년 이내에 자국 내 가동 중인 원전을 폐쇄해야 한다는 입장으로 전환하였다. 반면, 독일 기독교민주연합⁶¹⁾은 親원전 정책을 지속적으로 표방하였으며, 1998년 총선에서 다수당으로서의 지위를 상실한 후, 親원전에서 脫원전으로 원전 정책 노선 전환을 추진하게 되었다. 1998년 10월 사민·녹색당⁶²⁾ 연립 정부 탄생은 단계적 脫원전 정책노선을 채택하는 전환점이 되었다.

독일 정부(사민·녹색당 연정)는 2000년 6월 14일 4개 원전발전사와 「원자력협약」을 체결하였다. 원자력협약은 당시 독일이 보유중인 원전 19기(평균 수명 32년)의 발전량을 2,623TWh/년 이내로 제한하는 한편, 신규 원전 추가 건설을 중단하는 것을 주요 내용으로 하였다. 정부는 당초 원전의 ‘즉각적 가동 중단’을 시도하였으나, 기술적 및 경영적, 법적 문제로 인해 원전의 평균수명과 발전량을 기준으로 원전의 가동수명을 제한하는 것으로 협정을 체결하였다.⁶³⁾

2001년 6월 정부와 4개 원전발전사는 노후 원전의 가동을 중단하기로 결정하였으며, 가장 노후화된 Stade 및 Obrigheim 원전이 각각 2003년, 2005년에 가동을 중단하게 되었다. 2002년 독일 정부는 원자력법을 개정⁶⁴⁾하여 脫원전 정책의 법적기반을 마련하고, 폐기일정을 확정하기에 이르렀다. 즉, 개정 원자력법(Atomic Energy Act, 2002년)은 자국 내 신규 원전건설을 금지하고, 원전의 가동수명을 40년으로 제한

61) 기독교민주당은 기민당(CDU)으로 약칭되며, 독일의 대표적인 보수정당이다.

62) 1998년 10월 독일의 총선에서 사민당은 득표율(40.9%)을 획득하여 다수당이 되었으며, 녹색당(득표율 6.7%)과 연립하여 연립정부 내각을 수립하였다.

63) Friedrich Ebert Stiftung, “FES Information Series”, 2011-02, 독일의 에너지정책 2011.5., pp.5~7.

64) 개정 원자력법(Atomic Energy Act, 2002년)은 신규 원전건설 금지, 원전의 가동수명을 40년으로 제한, 2022년까지 가동 중 원전의 단계적 폐기를 법제화하였다.

하였으며, 2022년까지 가동 중인 원전의 단계적 폐기를 법제화하였다.

기민(CDU)·기사당(기독교사회연합)⁶⁵⁾은 2005년 선거에서 다수당 입지를 확보하였으며, 메르켈 총리는 당시 사민당과의 대연정을 통해 연립 정부를 구성하기 위해 전임(사민·녹색당) 정부의 원전 폐기정책을 유지하였다.

1.3.3 2010년 원전 수명 연장 결정

2009년 기민·기사당은 자민당과 연정을 통해 연립정부를 구성하게 되었다. 기민·기사당-자민당 연립체제로 출범한 메르켈 2기 정부는 1기 정부 하에서 추진하였던 脫원전 정책에 대해 조정 필요성을 제기하고, 이에 근거하여 2010년 10월에 원전 폐기계획(2022년까지 17개 원전 전면 중단)⁶⁶⁾을 개정하였다. 원전 폐기계획의 개정 내용은 1980년 이전에 건설된 7기의 원전 가동기간을 2022년부터 8년 연장하며, 그 이후 건설된 10기의 원전 가동기간을 2036년까지 14년 연장하기로 결정한 것이다.⁶⁷⁾

메르켈 정부(2기)가 원전 폐기계획을 개정한 이유는 원전의 폐기로 인하여 독일이 직면할 「온실가스 감축목표 달성 어려움」, 「재정부담 증가」, 「러시아 천연가스 의존도 심화」, 「전력가격 상승」, 「전력공급 불안정성(정전) 확대」 등의 부작용을 우려했기 때문이다.

(러시아産 천연가스 의존도 심화) 독일은 전원구조가 천연가스 중심

65) 기독교사회연합은 기사당으로 약칭되며, 독일 보수정당 중의 하나이다.

66) 기존 원전 19기 중 가장 노후화된 Stade 및 Obrigheim 원전은 각각 2003년, 2005년에 이미 폐기하였다.

67) 독일의 脫원전 계획은 자국이 보유·가동하고 있는 원전 중, 가동수명이 도래한 원전에 대해, 원전의 수명연장을 추진하지 않고, 폐기하는 것을 내용으로 하고 있다.

으로 개편될 경우, 러시아産 천연가스 수입 의존이 심화될 것을 우려하였다. 이는 독일의 러시아産 천연가스 수입 의존도가 2009년 35%에서 2011년 40%까지 확대된 바 있으며, 러시아가 2006년 對우크라이나 PNG 동결을 단행하여, 우크라이나의 에너지공급 위기가 발생한 것을 경험하였기 때문이다.

(재정부담 확대) 원전 가동 중단 및 석탄의존도 축소 정책에 따른 전력생산 감소분을 신재생에너지 보급을 통해 확보하는 데는 막대한 규모의 정부 보조금이 필요하다 판단되나, 당시 독일은 유럽 금융위기 등으로 정부재정이 악화된 상황에 봉착하고 있었다. 정부는 2010년 3차례에 걸쳐 태양광 발전 보조금을 조정하였으며, 2011년 태양광 발전 보조금을 13% 축소한데 이어, 2012년에도 15% 축소 계획을 수립한 바 있다.

(전력수급 대외의존도 심화 및 전력가격 상승 우려) 원전의 단계적 폐지와 함께 온실가스 감축목적으로 석탄 화력발전을 지속적으로 축소할 경우, 독일 정부는 러시아, 체코, 프랑스 등의 주변국으로부터 전력수입이 불가피할 것으로 판단하였다. 특히, 전력수급의 대외의존도가 심화될 경우, 전력가격의 외부적 변화요인에 노출되고, 이로 인하여 전력가격의 안정성이 유지되지 못할 것을 우려하였다.

1.3.4 원전의 전면 폐기 결정

2011년 후쿠시마 원전 사고⁶⁸⁾ 이후, 국제적으로 원전 안전성 우려가 팽배해지자, 메르켈 2기 정부는 자국의 원전 활용 연장계획의 부적정

68) 후쿠시마 원전 사고는 2011년 3월 11일 쓰나미로 인해 일본 도쿄전력의 후쿠시마 원전의 냉각수 공급설비에 전원공급 단절 사태가 원인으로 발생한 사고를 의미한다.

성 문제에 봉착하게 되었으며, 이는 지방선거의 결과로 표출되었다.⁶⁹⁾ 이에 메르켈 정부(2기)는 당초 결정한 원전폐기 철회계획을 재차 번복하여 당초의 계획(2002년 계획) 대로 원전 폐기일정을 추진하기로 결정하였다.

이에 따라 독일은 2011년 8월 6일 현재 기준으로 가동기간이 30년 이상인 원전 7기와 Krümmel원전(1,346MW, 25년 가동)을 가동기간 연장 없이 즉시 폐기하기로 결정하였다. 일괄 폐기 결정된 Biblis-a 원전 등 총 8기 원전의 설비용량 규모는 8,422MW에 달하였다(<표 3-2> 참조).

한편, 2011년 8월 6일 현재 기준으로 가동기간이 30년이 도래하지 않은 원전(9기)에 대해서는 가동수명이 완료되는 시점이 도래하는 대로 폐기하기로 결정하였다.⁷⁰⁾ 2019년 9월 현재 기준 가동기간이 30년이 도래하지 않은 원전(7기)은 가동수명이 완료되는 대로 폐기될 예정이며, 모든 원전의 가동수명 도래시점이 2022년까지로 설정된 바, 독일의 脫원전 시점이 2022년으로 설정된 이유가 되고 있다(<표 3-3> 참조).

69) 메르켈 연립정부는 Ba den-Wuerttemberg州 지방선거(2011.3.27.)에서 기민당이 녹색당에 패배하였고, 패배의 주원인을 일본 후쿠시마 원전사고로 인한 여론 악화로 판단하였다. 이에 메르켈 정부는 원전 연장계획을 재차 변경하게 되었다.

70) Grafenrheinfeld원전(1,275MW)은 2015년 6월 27일 30년 수명이 도래한 시점에서 폐기되었다.

〈표 3-2〉 독일의 원전 폐기 내역 및 시기

원자로	용량 (MW)	종류	상업가동일	폐기시점	가동연수
< 2011년 이전 폐기 >					
Obrigheim	340	PWR	1969.03.31	2005.05.11	36
Stade	640		1972.05.19	2003.11.14	31
Wurgassen	640	BWR	1975.11.11	1994.08.26	22
Knk II	17	FBR	1979.03.03	1991.08.23	13
Rheinsberg	62	PWR	1966.10.11	1990.06.01	24
Greifswald-1	408		1974.07.12	1990.02.14	최대 16
Greifswald-2	408		1975.04.16	1990.02.14	
Greifswald-3	408		1978.05.01	1990.02.28	
Greifswald-4	408		1979.11.01	1990.07.22	
Greifswald-5	408		1989.11.01	1989.11.24	0.5
Avr juelich	13	HTGR	1969.05.19	1988.12.31	21
Thtr-300	296		1987.06.01	1988.09.29	3
Mülheim-Kärlich	1219	PWR	1987.08.18	1988.09.09	2
Vak kahl	15	BWR	1962.02.01	1985.11.25	24
Mzfr	52	PHWR	1966.12.19	1984.05.03	18
Gundremmingen-A	237	BWR	1967.04.12	1977.01.13	10
Lingen	183		1968.10.01	1977.01.05	10
Niederaichbach	100	HWGCR	1973.01.01	1974.07.31	1
Hdr Grosswelzheim	25	BWR	1970.08.02	1971.04.20	1
소계(19기)	5,897				

주: 가동 중인 원전의 폐기일자는 폐기예정 연도 기준임; World Nuclear Association는 <가동중> 및 <2011년 이후 폐기> 원자로 용량의 합을 각각 10,728MW, 9,611MW로 제시하고 있음.

자료: 폐기예정 및 가동연수 자료는 World Nuclear Association 홈페이지, 그 외 IAEA 홈페이지, Country Nuclear Power Profiles에 기초하여 재구성

〈표 3-3〉 독일 원전 폐기 및 가동·폐기 일정(2019년 9월말 현재)

원자로	용량 (MW)	종류	상업가동일	폐기시기 (예정)	가동연수
< 2011~2015년 기간 중 폐기 >					
Grafenrheinfeld	1,275	PWR	1982.06.17	2015.06.27	33
Biblis-A	1,167		1975.02.26	2011.08.06	36
Biblis-B	1,240		1977.01.31		34
Brunsbüttel	771	BWR	1977.02.09		30
Isar-1	878		1979.03.21		32
Krömmel	1,346		1984.03.28		25
Neckarwestheim-1	785	PWR	1976.12.01		34
Phillipsburg-1	890	BWR	1980.03.26		31
Unterweser	1,345	PWR	1979.09.06		32
소계(9기)**	9,697				
< 가동중 >					
Gundremmingen-B	1,284	BWR	1984.07.19	end 2017*	-
Philippsburg-2	1,402	PWR	1985.04.18	2019*	-
Brokdorf	1,410		1986.12.22	2021*	-
Grohnde	1,360		1985.02.01	2021*	-
Gundremmingen-C	1,288	BWR	1985.01.18	2021*	-
Emsland	1,335	PWR	1988.06.20	2022*	-
Isar-2	1,410		1988.04.09	2022*	-
Neckarwestheim-2	1,310		1989.04.15	2022*	-
소계(8기)**	10,799				

주: * 가동 중인 원전의 폐기일자는 폐기예정 연도 기준임;

World Nuclear Association는 <가동중> 및 <2011년 이후 폐기> 원자로 용량의 합을 각각 10,728MW, 9,611MW로 제시하고 있음.

자료: 폐기예정 및 가동연수 자료는 World Nuclear Association 홈페이지,

그 외 IAEA 홈페이지, Country Nuclear Power Profiles에 기초하여 재구성

1.4 독일의 석탄의존도 감축 및 脫석탄 추진

1.4.1 화력발전소 폐쇄 추진

2014년 독일 정부는 자국의 온실가스 배출 규모를 2020년까지 1990년 대비 40% 감축하는 목표(Climate Action Programme 2020)⁷¹⁾를 설정하고, 이의 실현을 위해 부분별 감축목표와 정책수단을 설계·이행하여 왔다.

독일은 2011년 일본 후쿠시마 원전사고 이후, 脫원전을 추진하는 과정에서 급격한 석탄발전 축소가 전력 공급의 안정성을 해칠 수 있다는 우려에 봉착한 바 있으나⁷²⁾, 온실가스 감축을 촉진하기 위해 석탄화력 의존도⁷³⁾를 축소해야할 필요성에 당면하고 있었다. 이에 정부는 자국 내 8개 갈탄화력발전소의 단계적 폐쇄계획을 발표(2015.7.2.) 하였다⁷⁴⁾(<표 3-4> 참조).

독일 경제에너지부와 석탄기업 3社は 전체 갈탄화력 발전소(lignite-fired units) 38개⁷⁵⁾ 가운데 노후 발전소 8개(총 발전용량 2.73GW, 갈탄화력 발전설비 비중: 13%)를 순차적으로 폐쇄하는데 합의하였다. 8개 석탄화력 발전소는 가동 중단시점부터 4년 동안 비상대기(Stand-by: 전력 부족 시 비상전원) 상태를 유지하고, 이후 영구적으로 폐쇄되는 것으로 결정되었다.⁷⁶⁾⁷⁷⁾

71) Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety, "The German Government's Climate Action Programme 2020", Cabinet decision of 3 December 2014, p. 25.

72) 기후변화 대응정책의 일환으로 도입되었던 기후부담금(Climate Levy)은 산업활동 위축 및 일자리 축소 가능성 등 부정적 영향을 우려한 산업계와 노동조합의 반대로 시행이 철회되었다.

73) 2000년 기준 독일의 석탄전원 비중은 53%에 달하였으며, 원전전원 비중은 29%에 달하고 있었다.

74) 세계 에너지시장 인사이트(2015.7.10.), 제15-26호, pp.45~46., 에너지경제연구원

75) 2016년 기준 독일의 갈탄화력 총 설비용량은 22,774MW, 발전량은 134.78TWh로 전체 전력생산의 24.5%를 차지하였음.

독일 정부는 해당 8개 갈탄화력발전소의 가동이 모두 중단되는 2020년 이후 자국의 CO₂ 배출량은 연간 1,100만~1,250만 톤 감축될 수 있을 것으로 추정하였다. 정부는 발전사업자들과 석탄발전소 가동 중단에 따른 수익감소 보상금 지급에 합의하였으며, 2015년 11월 석탄발전사(RWE社, Vattenfall社, Mibrag社)들에게 노후 갈탄화력발전소의 가동 중단에 따른 수익감소 보상금(총 16억 유로) 지급계획을 공식 통지하였다.

〈표 3-4〉 독일의 석탄화력 발전설비 폐쇄 대상 및 일정

폐쇄 대상 갈탄화력발전소	순용량 (MW)	발전사	가동 중단일	최종 폐쇄일
Buschhaus	352	Mibrag	2016.10.1	2020.9.30
Frimmersdorf P	284	RWE	2017.10.1	2021.9.30
Frimmersdorf Q	278	RWE	2017.10.1	2021.9.30
Niederaußem E	295	RWE	2018.10.1	2022.9.30
Niederaußem F	299	RWE	2018.10.1	2022.9.30
Neurath C	292	RWE	2019.10.1	2023.9.30
Jänschwalde F	465	Vattenfall	2018.10.1	2022.9.30
Jänschwalde E	465	Vattenfall	2019.10.1	2023.9.30
총 설비용량	2,730			

자료: 1) European Commission Press Release(2016.5.27.), “State aid: Commission clears closure of lignite-fired power plants in Germany”, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_16_1911(검색일: 2019.12.6.)

2) DIW BERLIN, Wuppertal Institut, Eco Logic(2019.2.), “Phasing out coal in the German Energy Sector”, p.13., https://www.ecologic.eu/sites/files/publication/2019/3537-kohlereader_englisch-final.pdf(검색일: 2019.12.6.)을 토대로 재구성

- 76) 8개 발전소는 2016년 10월부터 2019년 10월까지 가동을 잠정 중단하고, 2020년 9월 말부터 2023년 9월 말까지 최종 폐쇄하기로 결정되었다.
- 77) 2018년 9월 24일 실시될 총선을 앞두고 메르켈 총리가 이끄는 기민·기사연합은 경제 분야 공약으로 2025년까지 완전고용 달성을 내걸고, 이를 위해 기존에 수립 하였던 갈탄화력발전소 폐쇄 기한을 연장하겠다는 공약을 발표한 바 있다(2017.7.3). 메르켈 총리는 독일이 중장기적 관점에서 갈탄화력발전소를 폐쇄해야 하나 발전 원을 화석연료에서 천연가스와 재생에너지로 전환하면서 석탄업계에 가해질 수 있는 경제적 충격을 완화하기 위해 원래 예정되었던 갈탄화력발전소 폐쇄 기한을 연장할 구상을 표명하였다.

1.4.2 독일 화력발전소 폐쇄결정에 대한 EU집행위원회⁷⁸⁾ 결정

EU집행위원회는 독일 정부의 화력발전소 폐쇄 보상금 지급계획이 ‘EU 정부지원규정(EU State aid rules)’에 부합하며, 역내 공정경쟁 질서를 저해하지 않는다고 판단하여 동 계획을 승인하였다. EU집행위원회는 독일의 석탄발전소 폐쇄 지원은 CO₂ 배출량 감축, 석탄 의존도 축소 등 각 회원국 및 EU 차원의 에너지·환경 목표 실현에 기여할 것으로 기대하였으며, 독일의 보상금 지급계획 승인이 EU 역내시장 경쟁에 잠재적으로 미치게 될 부정적 영향과 환경적 이점을 모두 고려했을 때 긍정적인 측면을 더 높게 평가하였다.

1.5 독일의 에너지 전환정책 목표

1.5.1 온실가스 감축목표

독일은 2050년까지 자국의 온실가스 배출규모를 1990년 대비 80~95% 감축하는 것을 장기 온실가스 감축목표로 설정하고 있으며, 이의 실현을 위해 2020년까지 40%, 2030년까지 55% 감축하는 것을 단계별 목표로 설정하였다(<표 3-5> 참조). 독일의 온실감축 목표 달성을 위한 정책구상은 에너지전환 정책으로 설계되어 있으며, 이는 에너지수요 증가를 억제하는 한편, 에너지공급 구조를 청정에너지체제로 전환(脫석탄, 親재생에너지)하는 것으로 설계하였다.

78) EU 집행위원회는 독일 갈탄 화력발전소 8곳의 잠정적 가동중단 및 폐쇄를 위한 16억 유로 규모의 정부 보상계획과 스페인 탄광 26곳의 폐쇄를 위한 21억3,000만 유로 규모의 정부보상 계획을 승인하였다(2016.5.27.).

1.5.2 재생에너지 보급·확대 목표

재생에너지 보급·확대 정책목표는 재생에너지의 최종에너지 비중을 2050년 60% 수준까지 제고하는 한편, 재생에너지 전원비중을 최하 80%로 확대하는 것을 포함하고 있다. 특히 단계별 실행계획으로 2020년까지 발전부문에서 재생에너지원 전력 비중을 35%까지 제고하며, 열(냉난방)공급 부문 및 수송부문의 재생에너지 비중을 각각 14% 및 10%까지 확대하는 것으로 목표를 설정하였다.⁷⁹⁾

1.5.3 에너지수요 감축 목표

에너지전환 정책의 에너지수요 감축 목표는 1차에너지 수요를 2050년까지 50%(2008년 대비) 감축하는 것으로 대표되고 있다. 독일은 에너지수요 감축을 위해 1차에너지 생산성⁸⁰⁾을 2008~2050년 기간 중 연평균 2.1% 개선하는 것을 목표로 설정하였다.

한편, 에너지수요 감축을 위한 최종에너지 세부 부분별 목표로 전력 수요를 2050년까지 2008년 대비 25% 감축하는 것을 목표로 설정하였다. 또한 에너지효율 증진을 통해 건물부문 에너지수요를 80% 감축하는 한편, 수송시스템 개선을 통해 수송에너지 수요를 40% 감축하는 목표도 설정하였다(<표 3-6> 참조).

79) 양의석 외(2017.8.14.), “독일 에너지전환 정책 목표와 조기 脫원전 결정 가능 조건”, 세계 에너지시장 인사이트, 제17-28호, p.5., 에너지경제연구원

80) 에너지생산성은 최종에너지소비 생산성을 의미하며, 이는 최종에너지소비(Final Energy Consumption) 단위당 GDP 산출 비율을 의미한다.

〈표 3-5〉 독일 「에너지구상 2010(Energy Concept 2010)」의 중장기 목표

(단위: %)

주요 정책 목표		2020	2030	2040	2050
□ 온실가스 배출					
- 온실가스 배출('90년 대비)		≥-40.0	≥-55.0	≥-70.0	≥-80~95
□ 재생에너지 역할 증대					
- 최종에너지 분담률		18.0	30.0	45.0	60.0
- 전원(발전량) 비중		≥35.0	≥50.0 ¹⁾	≥65.0 ²⁾	≥80.0
- 열생산 열원 비중		14.0	-	-	-
- 수송연료 중 비중		10.0 ³⁾	-	-	-
□ 에너지수요 감축 : 에너지소비 절약 및 에너지효율 증대					
- 1차에너지 소비('08년 대비)		-20.0	-	-	-50.0
최종 에너지 소비	· 에너지생산성 개선4) (‘08~50)	2.1%(2008~2050년)			
	· 전력소비량 감축('08년 대비)	-10.0	-	-	-25.0
	· 건물부문 에너지소비 감축 (‘08년 대비)	-	-	-	-80.0
	· 건물부문 열(heat)소비 (‘08년 대비)	-20.0	-	-	-
	· 수송부문 최종에너지 소비 감축('05년 대비)	-10.0	-	-	-40.0

주: 1) 2025년까지 40~45% 감축; 2) 2035년까지 55~60% 감축; 3) EU 목표치임;

4) 에너지생산성은 기준연도 최종에너지 소비 단위당 GDP로 측정(GDP/TFC)

자료: <경제·에너지부(BMWi)(2016.12), The Energy of the Future, 5차 모니터링 보고서, p.7> 및 <양의석, 김비아, 김아름(2017.8.14.), “독일 에너지전환 정책 목표와 조기 脫원전 결정 가능 조건”, 세계 에너지시장 인사이트, 제17-28호, p.6., 에너지경제연구원>에 기초하여 재구성

〈표 3-6〉 독일 「Energy Concept 2010」의 부문별·단계별 정책 목표(2020년)

목표 구분	부문별 목표	세부내역
□ 정책 목표	- 기후변화 목표	· 2020년까지 '90년 대비 온실가스 최소 40% 감축
	- 脫원전 목표	· 2022년까지 원자력의 단계적 퇴출
	- 에너지공급 안정성 제고	· 에너지 부문의 경쟁력 확보 및 공급 안보 보장
	- 에너지수요 감축 목표(1차 에너지기준)	· 2020년까지 '08년 대비 1차에너지 수요 감축(20%)
		· 1차에너지 생산성 개선: 연평균 2.1% ²⁾
	- 재생에너지 목표 (1차에너지 소비 비중)	· 2020년까지 18%로 확대
□ 단계별 실행목표 (~2020년)	- 최종에너지 수요 감축 목표	· 원별 최종에너지 소비감축 목표 (전력): 2008년 대비 10% 감축 (열) : 2008년 대비 20% 감축 (수송): 2005년 대비 10% 감축
	- 재생에너지의 역할 증대 목표	· 재생에너지 확대 목표(비중 목표) (전력): 2020년까지 35% 이상 (열: 냉난방): 2020년까지 14% (수송): 2020년까지 10% ¹⁾
□ 평가 단계		· 법, 규제, 지원 프로그램 등 시행

주: 1) '에너지구상 2010'에서는 제시되지 않았으며, EU차원에서 설정된 목표임.

2) 에너지 생산성 = 에너지 소비 단위당 실질 국내총생산; '20~'50년 연평균 2.1% 개선 추진

자료: 경제·에너지부(BMWi)(2016.12), The Energy of the Future, 5차 모니터링 보고서, p.9.

1.6 메르켈 4기 연립정부의 에너지 전환정책⁸¹⁾⁸²⁾

2018년 메르켈 4기 정부는 메르켈 3기 정부의 에너지 전환정책 기조를 승계하고 있으며, 특히, 4기 연립정부 수립을 위한 연정협정⁸³⁾을 통해 기존 에너지 전환정책의 추진 방향을 재검토하여 확정하였다. 연정협정에서 설정한 에너지·기후변화 정책의 세부 분야별 과제는 2018년 이후 4년 동안 독일 에너지 전환정책의 근간이 될 것으로 판단된다. 메르켈 4기 정부의 정책목표는 기존 에너지 전환정책을 재확정 한 것을 주축으로 하고 있으며, 특히 온실가스 감축목표 달성에 대해서는 강력한 의지가 표출되어 있다(<표3-7> 참조).

(탈석탄 정책 지속) 연립정부는 탈석탄 정책을 지속적으로 추진하며, 탈석탄 정책의 핵심의제를 결정하기 위하여 특별위원회(‘탈석탄특위’)⁸⁴⁾⁸⁵⁾

-
- 81) 본 절의 내용은 독일의 연정협정 내용의 분야별 핵심사항을 도출하여 분석한 결과이다.
- 82) Sören Amelang, Benjamin Wehrmann, Julian Wettengel(2018.2.7.), “Climate, energy and transport in Germany’s coalition treaty”, Clean Energy Wire, <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/climate-and-energy-germanys-government-coalition-draft-treaty>(검색일: 2019.11.26.)
- 83) 메르켈 4기 정부는 독일 기민·기사연합 및 사민당이 연립하여 구성되었으며, 연립정부 수립을 위해서 연립정부 수립 주체 정당들은 분야별 정책 Agenda 설정을 위해 협상을 추진하였다. 2018월 3월 4일 연정협약(안)이 사민당 당원 투표에서 승인(찬성률: 66%)됨에 따라 대연정이 결정되었다. 2018년 3월 당시, 독일의 에너지 정책 기조는 ‘에너지구상 2010’에 기초한 ‘에너지전환’ 정책을 지속하고 있었으며, 연정협약이 체결됨에 따라 독일의 에너지전환정책 기조는 큰 변화가 없이 유지되게 되었다.
- 84) 독일 탈석탄위원회(Coal Exit Commission)의 공식 명칭은 “성장, 구조 변화 및 고용에 관한 위원회”로, 메르켈 4기 연정협약에 의해 출범하였으며, 독일의 2030 온실가스 감축목표 달성 수단 보장, 석탄화력발전 중단 일정에 대한 로드맵 도출 등의 임무를 부여받아 활동하였다.
- 85) 탈석탄위원회 구성은 이해당사자 대표와 탈석탄 실행주체들 모두가 참여함으로써 효율적인 논의와 결과의 실효성을 담보하였다. 탈석탄위는 4인의 이해당사자 대표 이외에 8명의 연방정부 부처 대표, 노르트라인-베스트팔리아, 작센 등 6개의 석탄 생산지역 주정부 대표, 의결권이 없는 3명의 정당 대표, 이외에 24명의 위원으로 구성되었다.

를 설립·운영하기로 합의하였으며⁸⁶⁾, 脫석탄 지역에 대한 경제적 지원을 연방예산을 통해 지원할 것을 검토하기로 하였다.

특히, 연립정부는 脫석탄특위로 하여금 脫석탄 이행계획 수립·이행을 관장하도록 하고, 2018년 말까지 脫석탄 실행프로그램(안)을 제출하도록 하였다. 脫석탄 프로그램에는 脫석탄 과정에서 필요한 법·제도 및 경제·사회적 구조조정 방안을 포함토록 하였다. 또한 석탄화력 발전시설의 단계별 폐쇄 및 전면 퇴출까지의 일정, 脫석탄 목표 달성 접근을 위한 정책수단을 2020년까지 도출하도록 하였다.

(전력망 확충 촉진) 기존 전력망 이용효율성 개선을 위해 전력망 디지털화 방안 및 운영기술을 도입하는 한편, 전력망 인프라 최적화 및 확충을 위한 연방정부 계획을 수립·운영하기로 하였다. 전력망 확충과 관련된 인프라 구축에 주민수용성이 낮은 지역에 대해서는 전력망을 지하 케이블(기술적 실현가능성 전제)화 하는 방안을 적용하여, 주민수용성을 제고하기로 하였다.

(에너지효율 증진) 메르켈 4기 정부는 연정협정에서 2050년까지 에너지소비 50% 감축 목표를 달성하기 위해 “의욕적이고 범부문적인(cross-sectoral) 에너지효율 개선” 전략을 개발하기로 하였다. 이를 위해 건물 부문에서 에너지 효율 증진 및 재생에너지의 이용을 지속적으로 촉진하며, 수익성, 기술 중립(technology-neutrality), 자발적 참여 원칙을 적용하는 한편, 에너지효율 개선사업을 추진하는 건물에 대하여 세제혜택 도입을 추진하기로 하였다.

86) 脫석탄특위는 의회, 연방정부, 산업계, 환경단체, 노동단체 등의 대표자들로 구성하며, 석탄화력 발전소 폐쇄로 인해 발생하는 경제적 영향에 대비한 대응책을 마련하기로 하였다.

〈표 3-7〉 메르켈 4기 정부의 연정협정 에너지·기후변화 정책 내역(2018)

분야	부문별 목표	세부내역
에너지 전환	☐ 기후변화 목표	- 독일, EU, 파리협정 차원의 2020년, 2030년, 2050년 기후변화대응 목표 승계
	- 온실가스 감축목표	- 2050년까지 온실가스 배출 중립 달성 추구 · ‘Climate Action Programme 2020’ 및 ‘Climate Action Plan 2050’을 예정대로 실행 · 2020년까지 탄소배출량 1990년 대비 40% 감축을 최대한 달성 · 2030년까지 55% 감축은 반드시 달성 · 2030년 감축목표 달성을 위한 부문별 법제도 정비를 2019년까지 완료
	- 탄소가격 제도 및 기후금융	· EU-ETS에 기초하여 탄소가격 결정원칙(Leading Principle)을 준용, EU-ETS 강화 지속적 추진 · 기후변화대응 금융시스템 고도화 추진 · (CO2 Pricing) 탄소가격제도 구축·운영을 도모하되, 최소한 G20 국가에서 통용될 수 있는 탄소가격제도 구축·추진 · (기후금융; Climate Finance) 기후변화 대응 선도국으로 자국의 책임을 인지, 다른 국가들의 기후변화 대응활동 지원을 위한 공적개발 원조(Official Development Aid) 확대 추진 · (기후변화 국제협력 및 산업지원) 파리협정 이행을 위하여 프랑스와 “긴밀한 협력”을 지속하는 한편, ‘One Planet Summit (2017)’의 공약(commitment)을 지속적으로 이행
	☐ 재생에너지 보급·지원	· 2030년: 재생에너지원 전력 소비비중 65%까지 확대 목표 설정 · 2020년: 온실가스 1천만tCO2 감축을 위한 특별 재생에너지 경매를 실시 · 2018년~2019년: 육상풍력(4GW) 및 태양광(4GW) 프로젝트를 추진 · 수송, 건물, 산업 부문의 전력수요 증가를 신재생에너지 전력 확대로 충당 · 재생에너지 경매에 ‘유해한 환경영향 방지 규제(emission protection regulation)’하에서 승인받은 프로젝트만 참여할 수 있도록 규제 도입 추진

자료: Sören Amelang, Benjamin Wehrmann, Julian Wettengel(2018.2.7.), “Climate, energy and transport in Germany’s coalition treaty”, Clean Energy Wire, <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/climate-and-energy-germanys-government-coalition-draft-treaty>(검색일: 2019.11.26.)를 토대로 저자 재구성

(에너지가격 결정) 연립협정에서 정부는 에너지가격 지불능력(affordability) 및 공급안정성 점검을 위하여 정례적 모니터링 시스템을 구축·운영하며, 이를 근거로 에너지가격을 결정하기로 하였다. 에너지 가격 결정은 수익자 부담원칙(causative principle)에 근거하되, 에너지비용을 산정하기 위하여 전력망 이용료 산정방법 개혁을 추진하기로 하였다.

(기술개발 지원) 재생에너지 보급·확대를 위한 기술개발 지원에 시장원리를 보다 폭넓게 적용하며, 특히 전력 축전기술(storage technology) 개발에 민간투자 축진을 도모하기로 하였다. 동시에 축전기술을 이용한 부문별 결합(sector coupling)으로 난방, 수송, 전력 부문에서 전력화(electrification)를 도모하기로 하였다.

(脫원전 지속) 脫원전 정책차원에서 원전 관련 투자에 EU차원의 지원을 기대하지 않으며, 독일이 해외에서 보유하고 있는 원전 프로젝트의 모든 정부 지분(state fund stakes)을 처분하기로 결정하였다. 또한 원전폐기물 최종 폐기장(final repository)을 2031년까지 확정하기로 합의하였다.

(수송시스템 고도화) 연정협약에 따라 독일 정부는 수송(transport) 및 건물(building) 부문의 에너지효율 제고를 위해서도 脫석탄위와 유사한 이행체제 및 절차를 진행하기로 하였다. 특히, 2019년까지 “비용 수용성(affordable) 및 지속가능성을 확보한 미래 수송시스템” 개발 전략 수립을 위해 의회, 연방·지방정부, 산업계, 환경단체 등의 대표들로 구성된 특별위원회 발족을 추진하기로 하였다. 수송 부문의 정책은 ‘파리협정’과 ‘독일의 기후변화 행동계획 2050(Climate Action Plan 2050)’을 준용하되, 사회적 고려사항 및 산업경쟁력 보호, 비용 수용성(affordable) 있는 운송수단의 보장 등을 고려하기로 하였다. 특히, 파리

협정 이행을 위해 전기자동차 개발, 철도 수송 확대, 자동차 엔진 효율 개선을 추진하기로 하였다. 철도 지원 프로그램에 트랙의 전력화와 전차(vehicle) 구매 및 효율적이고 청정한 내연기관 엔진(엔진교체: retrofitting 포함) 보급·지원 등을 포함하고 있다. 또한 독일 정부는 전기자동차 충전 및 청정연료 공급 인프라 구축을 추진하며, 민간 충전 설비 지원 구상을 포함하고 있다. 독일은 2020년까지 10만 개의 전기차 충전시설(charging points)을 추가 확보하고, 그중 1/3은 급속충전시설로 설치하는 것을 목표로 설정하고 있다. 또한 건물 소유자·세입자가 전기자동차 충전시설(charging points)을 설치할 수 있도록 법제도 개선을 추진하기로 하였다. 전기차 버스에 대하여 재생에너지법 분담금(EEG surcharge)을 면제함으로써, 영업용 버스(전기자동차)의 수익성 개선을 동시에 추진하기로 하였다.

전기차 지원 범위를 독일 및 유럽의 전기자동차 연관산업(Value-Chain)으로 확대·적용하기로 하였으며, 독일의 기존 ‘National Platform for Electric Mobility’는 ‘National Platform for Future of Mobility’로 전환하고, 자동차 산업의 발전에 관한 역할을 수행토록 하였다. 기업용 전기자동차(e-cars) 및 하이브리드 자동차에 대하여 인하된 세율을 적용하여, 국내 공급가격에서 0.5% 할인된 가격 적용을 추진하기로 하였다. 택시 및 상업용 경차를 대상으로, 전기자동차(e-cars) 구매자에 대한 프리미엄을 인상하고 기타 지원수단을 도입함으로써, 저탄소 운송 수단으로의 전환을 용이하게 하도록 하였다.

수소와 연료전지 기술에 관한 국가 혁신 프로그램을 지속적으로 추진할 예정이며, 수소의 개발 및 활용에 대한 규제 완화와 ‘녹색 수소(green hydrogen)’ 이용 촉진 및 산업공정에서 생산된 수소의 연료화

를 도모하기로 하였다. 2025년까지 독일 내 철도망의 전력화를 70%까지 추진하는 한편, 정부는 독일철도공사(Deutsche Bahn AG)가 이윤 극대화보다는 수송역량 극대화를 도모토록 조정하기로 하였다.

1.7 독일의 脫석탄 일정 확정

독일은 2018년 메르켈 4기 정부 출범 시에 연정협정에 의거하여 자국의 에너지 전환정책 기조를 지속적으로 유지하기로 결정한 바 있다. 즉, 메르켈 4기 정부는 독일의 脫석탄정책 추진과 관련된 핵심의제(화력발전설비 폐쇄일정 및 보상 등)에 대해서는 사회적 합의기구(Coal Exit Commission: 脫석탄위원회)⁸⁷⁾⁸⁸⁾를 설치·운영하며, 脫석탄위가 제한하는 권고에 따라 脫석탄 관련 세부 일정을 확정하기로 결정하였다. 脫석탄위는 2019년 1월 26일 활동결과를 발표⁸⁹⁾하고 독일 정부에 脫석탄 이행과 관련하여 다음과 같은 정책제안을 제기하였다.

脫석탄위는 자국의 석탄화력 발전설비(42.6GW, 2018년 말 기준)를 2022년 30GW, 2030년 17GW 수준으로 순차적 감축하고, 2038년까지 석탄화력 발전설비를 전면 폐기할 것을 권고하였다⁹⁰⁾⁹¹⁾. 당초 메르켈

87) 독일의 脫석탄위원회(Coal Exit Commission)의 정식 명칭은 “성장 및 구조변화, 고용에 관한 위원회(Commission on Growth, Structural Change and Employment)”를 의미하며, 당초 메르켈 4기 연정협약 사항으로 설치·운영되었다.

88) Federal Ministry for Economic Affairs and Energy(BMWi), “Commission on Growth, Structural Change and Employment. Final Report”, 2019.1.

89) 脫석탄위는 2018년 3월 태동하여, 당초 기후변화당사국총회(COP24, 2018년, 폴란드 카토비체) 이전에 활동결과 보고서를 제출하는 것이 목표였지만, 해를 넘겨 2019년 1월 26일 활동결과 보고서를 발표하게 되었다.

90) 독일은 2018년 말 현재, 전체 발전량의 약 38%를 석탄 화력발전에 의존하고 있어, 영국(5%) 등 다른 서방국가들에 비해 석탄발전 의존도가 절대적으로 높은 상황에 있다.

91) 脫석탄위는 석탄화력 발전의 ‘퇴출기한’을 2035년으로 조기 실행하는 방안은 동시에 제시하였으며, 최종 폐쇄일정 결정을 위해 2032년 추가 검토를 권고하였다. ‘2032년에

4기 정부는 연정협약에 의거 석탄화력 발전을 2030년까지 완전 중단하는 것으로 예정하였으나, 脫석탄위의 권고는 이를 8년 연장하여 시행해야하는 것으로 결정하였다.

脫석탄위는 파리협약의 목표를 달성하기 위해서는 脫석탄을 조기에 실현하는 것이 필요하지만, 급격한 석탄발전 감축은 전력가격 상승 등 부작용을 유발할 수 있다 판단하여, 석탄발전 폐쇄일정을 2038년까지 완료하는 것으로 권고하였다. 또한 脫석탄위는 화력발전소 폐쇄 및 퇴출로 경제적 타격이 예상되는 석탄 생산지역에 2022년까지 최소 400억 유로(약 51조 원)의 보상금을 지원할 것을 권고하였다.⁹²⁾

독일 정부는 脫석탄위의 권고안을 수용하기로 결정하였으며⁹³⁾, 석탄발전소 폐쇄에 영향을 받게 될 4개 州에서 권고안이 승인을 받게 되면, 폐쇄일정에 따라 脫석탄을 이행하기 위해 2019년 관련 법·제도 정비를 추진하고 있다.

1.8 독일 에너지 전환정책의 당면과제

독일 에너지 전환정책의 핵심은 2022년까지 현존하는 모든 원전설비

진행될 검토는 퇴출기한을 (앞당기는 게 아니라) 미루는 기회가 되어야 한다’는 의견을 부가하였다.

- 92) 석탄생산 및 석탄 발전 산업계는 당초 600억 유로 규모의 보상금을 요청하였으나, 脫석탄위의 결정은 발전소 폐기일정을 8년 연장하고, 보상금 규모는 축소하는 방안을 권고하였다.
- 93) 독일의 탈석탄위 권고안에 대해서 다양한 평가가 개진되고 있다. 환경전문가들은 물론, 재계도 위원회의 이번 합의를 환영하였다. 그린피스 독일 지부는 “독일이 결국 무(無)석탄으로 가는 제대로 된 길을 택했다”고 평가했다(FT, 2019.1.26.) 반면, 독일 녹색당은 脫석탄위가 경제적 측면에 너무 초점을 두고 파리협정에 따른 독일의 온실가스 감축목표 이행에 소홀하고 있다는 비판을 제기하였다. 석탄발전기업 RWE는 성명을 통해 “이번 脫석탄위의 결정은 독일 에너지수급에 심각한 불안정성 결과를 초래할 것”이라고 우려를 표명하기도 하였다.

를 폐쇄하여 脫원전을 실현하는 한편, 2030년까지 발전 부문의 脫석탄 실현, 에너지효율 증진을 통한 에너지수요 감축 등으로 구성되어있다. 특히, 脫원전 및 脫석탄 추진에 따른 전원 부족은 재생에너지 전원 확충을 통해 해소하는 것이 에너지 전환정책의 골격을 이루고 있다.

그러나 독일 정부가 2016년 연말을 기준으로 평가한 에너지 전환 정책 추진성과에 따르면, 에너지효율 개선 성과가 당초에 목표한 바에 이르지 못하였으며, 재생에너지 역할 강화도 전력망 확충 애로로 2020년 목표 달성이 어려울 것으로 진단하였다. 더욱이 2011년 이후 지속적으로 증가한 재생에너지 분담금 규모 증가로 독일의 전력가격이 크게 증가하였고, 재생에너지원 전력의 확대에 따른 전력망 계통의 불안정성 증가, 전력수급의 해외의존도 심화에 따른 에너지안보 역량 약화 등을 우려하여, 2019년 脫석탄위는 독일의 脫석탄 일정을 2038년까지 연장하는 것을 권고하였다. 독일 정부는 脫석탄위의 권고를 이행하기 위한 조치들을 강구하고 있다.

독일 정부의 脫석탄위의 권고 수용은 에너지 전환정책 속도 조정으로 이해되고 있다. 독일이 당초 계획한 전환정책 목표를 달성하기 위해서는 대표적으로 온실가스 감축 목표의 달성을 위한 새로운 해법 도출, 미진한 에너지수요 감축성과를 만회할 수 있는 에너지효율 개선 촉진 방안 마련, 재생에너지 확대에 따른 전력가격 인상 압력 완화를 위한 정책개발 등이 독일의 에너지 전환정책 당면과제로 판단된다(<표 3-8> <표 3-9> 참조).

〈표 3-8〉 독일 에너지정책 성과점검

전환정책 목표	정책성과 점검
□ 온실가스 감축목표	○ 독일 경제·에너지부 평가(에너지전환 6차 모니터링 보고서(2018.6.27.) - 2020년 온실가스 감축 목표 및 2030년 목표 달성 불가 · 2016년 1990년 대비 온실가스 감축수준이 27.3%로 2015년 감축수준인 27.6%보다 퇴보 ○ 환경부 평가(기후보호보고서, CPR 2018(2019.2.6.) - 2020년 감축수준은 32% 수준(목표수준: 40%)으로 전망 - 2017년 온실가스 배출이 1990년 대비 27.5% 감축
□ 에너지효율 및 재생에너지 이용 확대	○ 에너지수요 감축 성과 크게 미진 - 2020/2022년 에너지효율 향상(에너지소비 감축) 및 전력망 확충 목표 달성 불가 - 2016년 최종에너지 소비: 2015년 대비 2.8% 오히려 증가 · 특히, 수송부문의 에너지수요가 2016년에 감축에서 증가 반전된 상황 전개 ○ 재생에너지 공급 속도 당초 목표 대비 저조 - 재생에너지 이용은 증가하고 있으나, 재생에너지가 他化石에너지원을 크게 대체할 만큼 확대되지 못함. - 재생에너지의 최종에너지 분담률: 2014년(13.8%) → 2016년(14.8%) 1.0%p 증가에 불과

자료: Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, Sixth “Energy Transition” Monitoring Report, The Energy of the Future: Reporting Year 2016(Summary), https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/Energie/sechster-monitoring-bericht-zur-energiewende-kurzfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=7(검색일: 2019.11.26.)

〈표 3-9〉 독일 에너지정책 목표조정

전환정책 목표	정책성과 점검
□ 메르켈 4기 연정 (기민·기사연합·사민당)	○ 메르켈 4기연정의 에너지·기후변화 정책 - 기존의 독일 기후변화 및 에너지정책 기조, EU의 정책기조 및 파리협정의 자발적 감축공약에 제시된 2020년, 2030년, 2050년 기후변화대응 목표를 승계 - 脫석탄 정책을 지속적으로 추진하며, 정책 실행을 관장하기 위하여 脫석탄특별위원회(Coal Exit Commission, 脫석탄특위)를 설립·운영하기로 합의 ○ 脫석탄위원회 가동 - 독일 연방정부는 脫석탄특위가 제안하는 脫석탄 정책추진에 요구되는 법제도 개선 권고사항을 에너지·기후변화법 개정 시 반영하기로 합의
□ 脫석탄위원회 권고	○ ‘脫석탄 시행방안’ 권고안(2019.1월) - 석탄화력발전을 2038년까지 전면 폐지 제안(당초 2030년) · 2022년: 최소 12.5GW의 발전설비(일반탄 7.7GW, 갈탄 5GW) 폐지 · 2030년: 누적 기준 25.6GW의 발전설비(일반탄 14.7GW, 갈탄 10.9GW) 단계적 폐지 권고 ○ 석탄화력 폐지 일정 재조정 필요성 제기 - ▲온실가스 감축목표 달성 가능성, ▲전력가격 증가 상황, ▲전력공급 안정성, ▲고용·경제 상황 등을 고려하여 폐지 일정 재조정 필요성 제기

자료: Federal Ministry for Economic Affairs and Energy(BMWi, 2019.1.), Commission on Growth, Structural Change and Employment, https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/commission-on-growth-structural-change-and-employment.pdf?__blob=publicationFile&v=3(검색일: 2019.11.26.)

2. 영국의 에너지 전환정책

2.1 영국의 전환정책 추진 배경 및 제도적 기반 구축

영국은 과중한 석탄의존도에 따른 폐해를 가장 먼저 경험한 국가로서 1990년대 후반부터 온실가스 감축 필요성을 강조하는 한편, 국제기후변화 대응활동에서 자국의 주도적 위상을 지속적으로 유지하고자 하였다. 영국은 자국의 에너지정책 기조를 「저탄소 경제로의 전환」 및 「에너지공급 안정성 확보」로 설정하고 있으며, 발전부문 석탄의존도 감축(노후 석탄발전 설비 대체), 신재생에너지 보급·확대, 천연가스·원자력의 역할 유지 등을 에너지·기후변화 대응정책의 핵심 정책방향으로 설정하고 있다.

영국은 2008년 자국의 온실가스 감축목표로서 CO₂배출을 2050년까지 1990년 대비 최소 80% 감축하는 계획을 수립하고, 이의 실현을 위한 제도적 기반으로 기후변화법(Climate Change Act; CCA. 2008)을 법제화하였다. 정부는 기후변화법에 근거하여 탄소감축계획(탄소예산: Carbon Budget)⁹⁴⁾⁹⁵⁾을 채택하고 있으며, 매 5년마다 온실가스 배출상한선을 새로이 제시하고 있다(<표 3-10> 참조).⁹⁶⁾ 영국은 2016년 6월 제5차 탄소감축계획(2028~2032년)을 채택하여, 온실가스 배출량을 1990년 대비 57% 감축(온실가스 배출량 상한선 1,725백만 톤)하는 목표를 제시하였다.⁹⁷⁾⁹⁸⁾

94) 영국의 온실가스 감축계획 이행계획으로 법적 구속력을 보유하고 있다.

95) 정부는 EU 신재생에너지지침(Renewable Energy Directive; Directive-2009/28/EC)에 근거하여 2020년까지 신재생에너지 공급목표(총 에너지소비 분담률: 15%)를 설정하고 이의 실행계획에 법적 구속력을 부여하였다.

96) 한국에너지공단(2017.11.14.), 에너지이슈브리핑 74호, 2017.11.14., https://www.energy.or.kr/web/kem_home_new/info/mail/mail_list.asp?str1=2017&x=32&y=15(검색일: 2019.11.26.)

〈표 3-10〉 영국 에너지정책 체계 및 법제도 기반

정책 체계	세부내역
☐ 에너지정책 기초	에너지법(2013) (The Energy Act) · 에너지 공급 안정성 우선 · 전원구성의 저탄소화 · 에너지공급 경제성 제고
☐ 에너지정책 주요 목표	에너지법(2013년) (The Energy Act) · 셰일자원 개발 확대 · 전원구성에서 원자력·가스 역할 유지 · 신재생에너지 이용 확대 · 소비자 비용부담 축소
☐ 주요 에너지 법제도 및 계획	· 에너지법(The Energy Act, 2013년) · 기후변화법(The Climate Change Act, 2008년) · 국가재생에너지 실행계획(National Renewable Energy Action Plan, 2009년) · 재생에너지 로드맵(Renewable Energy Roadmap, 2011년)
☐ 주요 에너지정책 프로그램	· 재생에너지 의무할당제(RO) ※ 2017.3.31부로 RO전면폐지 · 차액정산계약(CfD) · 발전차액지원제도(FIT) · 에너지 공급자 에너지절약 의무화 제도(ECO)
☐ 원자력 개발	· 원전 증설 계획(DECC·BIS 2013년 발표, Nuclear industrial strategy: the UK's nuclear future) (2030년까지 16GW 증설, 2050년까지 최대 75GW 증설 계획)
☐ 셰일자원 개발	· 일부지역에서 공식적으로 수압파쇄 허용(2013년) · 북해지역 석유·가스 산업 세제혜택 발표(2016.3.16) 석유수입세(PRT) 인하 (35%→0%) 추가부과세(SCT) 인하 (20%→10%)

자료: 세계 에너지시장 인사이트(2017.7.10.), 제17-23호 p.9., 에너지경제연구원에서 재인용

97) 세계 에너지시장 인사이트(2016.7.8.), 제16-25호, pp.50~51., 에너지경제연구원

98) 영국은 2050년까지 온실가스 배출량을 1990년 대비 최소 80% 감축하는 감축 목표를 설정하고 있다.

영국은 2013년 자국의 에너지시스템을 안정성(security)과 경제적 수용성(affordability)을 유지하면서, 저탄소(low carbon) 체제로 전환을 도모하고자 에너지법(Energy Act, 2013)⁹⁹⁾ 을 도입하였으며, 同법률은 이후 영국의 에너지정책 및 기후변화 대응을 총괄적으로 관장하는 법제도로 역할하고 있다.

영국은 온실가스 배출감축을 위한 「탄소가격하한제(Carbon Price Floor)」, 「탄소배출허용기준(Emissions Performance Standard)」등의 제도와 신재생에너지 부문의 투자 확대를 위해 「재생에너지차액거래제도(CfD)¹⁰⁰⁾」, 전력공급 안정성 확보를 위한 「용량시장제도(Capacity Market)」를 ‘2012-13년 회계연도 에너지법안’에 포함하여 도입하였다.

영국은 원자력산업전략(Nuclear Industrial Strategy, 2013.3.26.)을 확정하였으며, 일본 후쿠시마 원전사고(2011.3) 이전부터 추진하여왔던 원자력 발전설비 신규 증설(16GW)을 2030년까지 완료를 추진하여왔다.

또한 영국은 에너지공급 안정성 제고를 위해 석유·가스 산업전략(Oil & Gas Industrial Strategy, 2013.3.28.)을 수립하고, 이에 근거하여 신규 석유·가스전 개발 및 천연가스 발전소 건설을 추진하였다.

2.2 영국의 청정성장 전략 추진 배경 및 구상

영국은 파리협약 체제하에서 전개될 세계적인 온실가스 감축활동의 사회·경제적 및 환경적 영향력을 고려하는 한편, 자국 에너지시스템을 저탄소 체제로 심화할 목적으로 「청정성장 전략(Clean Growth Strategy: CGS, 2017)」을 수립하여 추진하고 있다¹⁰¹⁾¹⁰²⁾. 영국은 청정성장 전략을

99) 에너지법은 2016년 개정되었다.

100) 재생에너지차액거래제도(CfD)는 영국의 「재생에너지 의무할당제(Renewables Obligation, RO)」를 대체하기 위해 도입된 제도이다.

통해 자국의 성장 패러다임을 청정체제로 전환하는 한편, 자국이 세계 저탄소 산업발전 주도를 목적으로 하고 있다. 영국은 청정성장 전략을 통해 ▲세계 저탄소 경제로의 전환과정에서 자국의 산업·경제적 효용 증대, ▲기업과 가정의 경제적 부담 완화, ▲개발도상국들의 배출량 감축 지원을 통한 참여 유도 등을 구상하였다.

영국의 청정성장 전략은 지속적인 경제성장을 추진하는 한편, 온실가스 배출 감축을 동시에 실현하는 이른바 경제성장과 에너지소비의 비동조화(de-coupling)를 도모하는 성장전략을 의미한다.¹⁰³⁾¹⁰⁴⁾ 영국은 청정성장 전략의 세부 정책방향으로 「에너지효율 및 저탄소 기술 혁신을 위한 R&D 투자 강화」, 「민간부문 투자 및 혁신을 유발하는 최적의 경제 및 시장 환경 조성」, 「녹색성장 금융산업 발전 촉진을 통한 저탄소 경제의 자생적(autonomous) 재원조달 체제로의 전환」등을 제시하였다. 청정성장 전략의 부문별 정책방향은 발전 부문의 전원구조 개편, 수송 부문의 연료전환(전기자동차로 대체), 가정 및 건물 부문의 에너지고효율화 등으로 설정되고 있다.

정부는 청정성장 전략 추진을 위한 선결과제로 ‘저탄소 기술혁신’을 설정하고 있으며, 정부의 기술혁신 주도 및 민간의 기술개발 지원을 강조하고 있다. 정부는 ‘청정성장’의 파급효과가 에너지공급 안정성 제고 및 신산업¹⁰⁵⁾ 개척뿐만 아니라, 주거 및 보건 환경 개선 등에서

101) 양의석, 김아름, 김비아(2018.1.29.), “영국의 에너지·기후변화 정책기조와 청정성장 전략”, 세계 에너지시장 인사이트, 제18-4호, pp.3~16., 에너지경제연구원

102) 영국의 청정성장 전략(Clean Growth Strategy, 2015)을 의미하며, 중장기 온실가스 감축 및 에너지정책 목표를 수록하고 있다.

103) 영국은 1차 탄소예산(2008~2012년)기간 중 감축목표 1% 초과 달성하였으며, 2차 탄소예산(2013~2017년), 3차 탄소예산(2019~2022년) 감축목표를 각각 5%, 4% 초과달성할 것으로 하였다.

104) 비동조화 성장전략은 Carbon Budget에도 반영되었다.

도 효력을 발휘할 것으로 판단하고 있다.

영국은 저탄소산업(low carbon economy, LCE) 성장속도가 2015~2030년 기간 중 연평균 11%, 2030~2050년 기간 중 4% 증가를 기록하여, 2015~2050년 기간 중 자국의 경제성장률(GDP, 연평균 2.3%)보다 빠르게 성장할 것으로 전망하였다.¹⁰⁶⁾¹⁰⁷⁾

또한 청정에너지원 중심의 친환경 에너지시스템 추진은 에너지기술 개발 및 녹색금융 산업 부문에 투자를 유발하고, 에너지공급 기능에 민간부문 역할 증대 등을 유도할 것으로 기대하였다. 정부의 기술혁신 투자는 에너지효율 개선 및 배출량 감축으로 성과가 창출될 것이며, 이는 에너지비용 감축으로 실현될 것으로 판단하였다. 영국은 에너지 효율 증진이 자국 국민의 에너지비용 부담을 축소¹⁰⁸⁾토록 하여 복지 증진에 기여할 것으로 판단하였다.

정부는 저탄소산업(해상풍력, 전기자동차 기술, 저탄소 금융·건설·서비스 산업 등)이 경제의 새로운 영역으로 입지를 구축하여 자국의 고용과 수출수요를 창출할 것으로 기대하였다. 정부는 2015년 기준 저탄소 관련 산업에서 43만 개 이상의 일자리가 창출된 것으로 평가하였다.¹⁰⁹⁾¹¹⁰⁾¹¹¹⁾

105) 에너지효율화 산업, 온실가스 감축기술 산업, 에너지서비스업, 녹색금융 산업 등을 의미한다.

106) Ricardo Energy & Environment for the Committee on Climate Change(2017.3.16), UK business opportunities of moving to a low carbon economy

107) BEIS, The Clean Growth Strategy, 2017.10., p.36.

108) 정부는 청정에너지 공급, 취약계층 에너지 지원, 건물 에너지 효율 개선 등에 지원한 재정규모는 2016년 평균 가정용 가스·전기 요금 12% 하락에 상응하는 것으로 평가하였다.

109) 2015년 기준, 영국 저탄소 산업 고용규모는 총 432천개로 집계되고 있으며, 이중 직접고용 형태의 고용규모가 234천개, 간접고용이 198.5천개에 이르는 것으로 추정되었다.

110) ibid. p.7.

영국은 자국 저탄소산업의 경쟁력을 높게 평가하고 있으며, 저탄소 산업의 지속적인 발전을 통해 경제의 탈탄소화를 달성하는 한편, 고용 및 신상품·서비스 수출기회 창출을 도모하고 있다. 영국은 세계 최대의 해상풍력 설비 보유 국가(세계 점유율: 40%)로 해상풍력 기술 관련 발전설비 건설 및 유지관리, 케이블 설치, 컨설팅 등 부문에서 비교 우위를 보유하고 있다.¹¹²⁾ 또한 영국은 2016년 유럽 내 전기자동차 생산 점유율 20%를 차지하였으며, 2015년 기준 영국의 저공해 차량 수출수익은 25억 파운드에 달하는 것으로 추정하고 있다.¹¹³⁾

영국은 저탄소 채권 및 금융·컨설팅, 보험 분야 등에서 강점¹¹⁴⁾을 보유하고 있으며, 특히 런던은 세계 배출권 거래시장의 거점으로 평가되고 있다.¹¹⁵⁾ 2017년 말 현재, 런던 증권거래소(London Stock Exchange)에는 7개 통화, 50개의 녹색채권(총 148억 달러 규모)이 조성·거래되고 있다. 영국은 기후변화대응 활동을 환경적, 경제적, 정치적 시각에서 중요성을 인식하고 있으며 국제외교, 재정정책, 환경협력, 교육 부문 등에서 주도적인 리더십 발휘를 실현하고자 한다.¹¹⁶⁾ 개발도상국들의 ‘청정성장’을 지원하는 프로젝트들을 추진 중이며, 참여 중인 프로젝트들을 통해 5억 톤의 이상의 CO₂를 감축할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 영국은 세계 청정에너지 보급·확산을 위한 국제협력 활동 주

111) 영국 국가통계국 홈페이지, www.ons.gov.uk/economy/environmentalaccounts/bulletins/finalestimates/2015results(검색일 : 2018.1.25.)

112) BEIS, The Clean Growth Strategy, 2017.10., p.34.

113) *ibid.* p.34.

114) 영국은 2007년~2012년 기간 중 세계 신규 청정에너지 프로젝트의 3분의 1에 대해서 법률·금융 컨설팅을 제공한 것으로 판단하고 있으며, 저탄소 인프라 프로젝트에 보험 서비스를 제공하는 세계 보험시장의 거점으로 자국을 평가하였다.

115) *ibid.* p.35.

116) BEIS, The Clean Growth Strategy, 2017.10., p.28.

도의 일환으로 ‘미션 이노베이션(Mission Innovation)’¹¹⁷⁾ 활동을 선도하고 있다.¹¹⁸⁾ 미션 이노베이션에서 2020~2021년 기간 중 개발도상국의 청정에너지 프로젝트에 최소 1억 파운드 투자를 공약한 바 있다.

2.3 영국의 에너지 전환정책 목표

영국은 안정적 에너지공급, 에너지 경쟁력 제고, 저탄소 경제로의 전환 등을 에너지·기후변화 정책기조¹¹⁹⁾¹²⁰⁾로 하는 에너지전환을 추진하고 있다. 에너지전환 정책의 핵심내용은 △脫석탄 추진, △에너지효율 개선 촉진, △신재생에너지 보급·확대, △세일자원(석유·가스) 개발 촉진, △원자력·가스의 역할 유지 등으로 대표되고 있다.

영국의 에너지 전환정책의 목표는 2022년까지 자국의 탄소배출량을 1990년 대비 37% 감축하며, 2050년까지 80%수준까지 감축수준을 제고하는 것이다. 재생에너지 보급·확대목표는 최종에너지 소비 중 재생에너지 비중을 2020년까지 20%수준으로 확대하는 것으로 책정하였으며, 에너지효율 개선을 통해 최종에너지 수요를 129.2 백만toe 수준이내에서 억제하여, 2007년 BAU 전망대비 18% 감축하는 것을 목표로 하고 있다(<표 3-11> 참조).

117) “미션 이노베이션(Mission Innovation)”은 글로벌 규모의 청정에너지 혁신을 도모하는 Initiative로, 2015년 11월에 발족하였으며, EU와 22개국이 회원국으로 구성되어 있다.

118) Mission Innovation 홈페이지, <http://mission-innovation.net/>(검색일 : 2018.1.25.)

119) 영국 에너지·기후변화부(DECC)는 기후·에너지 정책의 새로운 방향으로 에너지 안보 문제를 정책적 우선순위로 설정하고 안정성, 경제성, 친환경성 측면에서 우수한 에너지원 공급에 주력하겠다고 밝혔다(2015.11월).

120) 영국은 2013년 안정적이고(secure), 합리적이며(affordable), 저탄소 에너지경제 구현을 위한 법적 근거로서 에너지법(Energy Act, 2003)을 도입하였고, 2016년 개정하여 에너지 전환정책의 토대를 구축하였다.

〈표 3-11〉 영국의 에너지·기후변화정책 목표

탄소배출 감축목표 (1990년 대비, %)			최종에너지소비 중 재생에너지 목표(%)		에너지효율 개선 목표(mtoe)	
2022년	2032년	2050년	2020년	2030년	2020년	2030년
37	57	80	15 ¹⁾	-	129.2 ²⁾	-

주: 1) 영국은 2020년까지 전력 30%, 열 12%, 수송연료 10%를 재생에너지로 충당 목표 수립;

2) 2020년 최종에너지 수요 전망은 2007년 BAU 전망을 기준으로 설정하였으며, BAU 전망 대비 18% 감축을 에너지수요 감축 목표로 책정하였음.

자료: <Enerdata(2016), “Country Energy Report: United Kingdom”, December 2016>, <제4차 탄소예산안(The Carbon Budget Order 2011) 및 제5차 탄소예산안(The Carbon Budget Order 2016)>에 기초하여 저자 재구성; <세계 에너지 시장 인사이트(2017.7.10.), 제17-23호, p.8., 에너지경제연구원>에서 재인용

2.3.1 脫석탄 목표

2015년 11월 영국 정부는 脫석탄 추진을 위해 2023년까지 석탄화력 발전소 이용을 제한하고, 2025년까지 탄소포집기술(CCS: Carbon Capture & Storage) 기술을 도입하지 않은 석탄화력 발전소는 모두 폐쇄하기로 결정하였다¹²¹⁾¹²²⁾. 영국은 2025년까지 폐쇄할 석탄발전 설비를 대체할 전원으로 신규 가스화력 발전소를 구상하고 있으며, 가스화력 발전이 온실가스 감축에 효과적이고 비용 대비 효율적인 대안으로 판단하였다.¹²³⁾

121) 영국 Amber Rudd 에너지·기후변화부(DECC) 장관은 에너지 및 기후변화 대응 정책의 새로운 방향을 제시하면서 석탄화력 발전소 폐기계획을 발표하였다(Telegraph, 2015.11.18.). 동시에 전원 확충을 위해 신규 원전 건설 구상도 함께 언급하였다.

122) 영국은 기후변화법(Climate Change Act, 2008년)에 따라 2050년까지 CO₂ 배출을 1990년 대비 최소 80% 감축하는 목표를 설정하였다.

123) 세계 에너지시장 인사이트(2015.11.27.), 제15-43호, p.54., 에너지경제연구원

2019년 10월말 기준, 2025년까지 폐쇄 예정인 6개 석탄화력 발전소는 영구 폐기 혹은 가스화력 발전설비로 전환을 예정하고 있으며, 나머지 2개 화력발전소의 구체적인 폐쇄계획은 확정되지 않은 상태이다 (<표 3-12> 참조).¹²⁴⁾

〈표 3-12〉 영국 석탄화력 발전소 가동 현황 및 폐쇄계획(2019.10)

발전소명	용량 (MW)	가동시작 (기간)	위치	전환 계획
Aberthaw B	1,586	1971 (48년)	Vale of Glamorgan	폐쇄 2020년 3월 이후
Drax	1,290 (석탄) (총 3,885)	1985 (5·6호기) (33년)	North Yorkshire	가스화력 전환
Fiddlers Ferry	1,961	1971 (48년)	Cheshire	폐쇄 2020년 3월 이후
Kilroot	520	1981 (38년)	County Antrim	폐쇄 2018년 5월 예정이었으나, 가동 연장
Ratcliffe	2,000	1968 (51년)	Nottingham-shire	세부 계획 미정
West Burton	2,012	1968 (51년)	Hottingham-shire	세부 계획 미정

자료: Power Stations of the UK, “Coal Count Down”, <http://www.powerstations.uk/coal-countdown/> (검색일: 2019.11.26.)

2.3.2 에너지효율 개선 촉진

영국은 2020년까지 최종에너지 수요를 2007년 BAU 전망 대비 18% 감축(129.2백만toe 규모)하는 목표를 제시하였다.¹²⁵⁾ 정부는 저탄소

124) Power Station of the UK, “Coal Count Down”, <http://www.powerstations.uk/coal-countdown/> (검색일: 2019.11.26.)

125) DECC, UK National Energy Efficiency Action Plan, 2014.4.

에너지시스템으로의 전환을 위해서는 에너지절약 강화 및 효율성 제고가 중요하다는 판단 하에, 자국 에너지절약 지원프로그램¹²⁶⁾을 가동하였다. 에너지절약 지원 프로그램의 핵심내용은 스마트 미터기 보급 확대, 신규 건물의 탄소 제로화 추진¹²⁷⁾, 저탄소 자동차(low-emission car) 보급·확대 등으로 구성되었다. 특히, 정부는 2020년까지 각 가정 및 소규모 기업을 대상으로 스마트미터(총 5,300만 개 이상)를 보급·설치하기로 결정하고, 2016년부터 전력·가스 스마트미터 보급 프로그램(Smart Meter Roll-out Program, 10억 파운드 규모)을 통해 연간 7백만 개 이상의 스마트미터 보급 활동을 시행하여왔다.¹²⁸⁾

2.3.3 신재생에너지 보급·확대 목표

정부는 최종에너지 소비 중 재생에너지 비중(2005년 기준 1.5%)을 2020년 15%까지 확대하는 목표를 설정하고, 목표달성을 위해 신재생 에너지실행계획(National Renewable Energy Action Plan, 2009)을 도입·실행하여 왔다. 영국은 재생에너지 보급·확대를 위해 2020년까지 전력생산에서 재생에너지 전원 비중을 30%까지 확대하는 한편, 저탄

126) 대표적인 에너지절약 지원 프로그램은 탄소배출 감축프로그램(Carbon Emissions Reduction Target, CERT)과 지역에너지절약프로그램(Community Energy Saving Program, CESP)으로 각각 2008년 4월과 2009년 10월부터 시행해 왔다. 또 다른 지원프로그램은 그린딜(Green Deal) 제도는 2012년 10월부터 시행되어 왔으며, 동 제도는 건물 소유자가 단열시스템 개선, 이중 유리 설치, 신재생에너지 기술 이용 등을 통해 건물의 에너지 효율을 제고할 수 있으며, 발생 비용은 추후 전력요금 감액적용을 통해 회수하는 방식을 가지고 있다.

127) 영국 정부는 2016년까지 모든 신규 주택의 탄소 제로화 달성을 목표하였으며, 주택 이외의 건물의 경우 2019년까지 탄소 제로화 달성을 목표로 하였다.

128) EIB 홈페이지(2015.12.3.), British homes to get smart meters under EUR 315 billion Investment Plan for Europe, <https://www.eib.org/en/press/all/2015-287-british-homes-to-get-smart-meters-under-eur-315-billion-investment-plan-for-europe>(검색일: 2019.11.3.)

소 전원 비중을 40% 수준까지 확대하는 것을 추진하고 있다.¹²⁹⁾ 특히, 영국은 세계 해상풍력산업의 선도 국가로 자국의 위상을 확고히 하겠다는 의지를 표명하고¹³⁰⁾, 해상풍력 발전단지에 대한 대규모 투자를 추진하여 왔다.

2.3.4 셰일자원 개발 촉진

2015년 5월 영국 정부는 북해 지역의 석유·가스 생산 감소에 대응하고, 에너지 수입의존도를 축소하기 위해 자국의 셰일 석유·가스 자원 개발 촉진을 에너지정책 과제로 설정하였다.¹³¹⁾¹³²⁾ 이에 2015년 8월 영국 정부¹³³⁾는 셰일자원 개발업체의 허가 요청에 대해 지방의회의 신속한 처리를 촉구하고, 승인절차를 간소화하겠다는 의지를 표명하였다. 또한 영국 석유·가스청(Oil and Gas Authority, OGA)¹³⁴⁾은 2015년 12월 자국 내 석유·가스자원의 육상 탐사광구¹³⁵⁾ 분양을 통해 셰일 원유·가스자원개발을 위한 신규 탐사허가권을 정식 발급하였다.¹³⁶⁾¹³⁷⁾

129) HM Government, The UK Low Carbon Transition Plan, 2009.

130) 세계 에너지시장 인사이트(2016.8.26.), 제16-31호, pp.56~57., 에너지경제연구원

131) 세계 에너지시장 인사이트(2015.12.25.), 제15-46호, pp.47~48., 에너지경제연구원

132) 영국 에너지·기후변화부(DECC)는 2013년 초부터 일부 셰일가스 매장지의 시추 작업을 공식적으로 허용하여 왔다.

133) 동 업무는 에너지·기후변화부(DECC)와 지역사회·지방정부부(DCLG)가 관장하였다.

134) 영국의 석유·가스 개발관련 규제기능은 석유·가스청(Oil and Gas Authority, OGA)에 부여되어 있다.

135) 영국은 잉글랜드 북부 Bowland 분지에 1,300Tcf에 달하는 셰일가스가 매장되어 있으며, 남동부 Weald 분지에도 1,000억 배럴의 원유가 매장되어 있는 것으로 추정되고 있다(셰일자원 매장량의 3~15% 회수가능).

136) 정소라(2014.10.17.), “최근 영국의 셰일가스 개발 현황 및 전망”, 세계 에너지시장 인사이트 제14-37호, pp.17~23., 에너지경제연구원

137) 김성주(2015.4.21.), “영국 초대형 유전 발견, 정부 프래킹 허용하기로”, Kotra 해외시장뉴스, <http://news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews/782/globalBbsDataView.do?setIdx=243&dataIdx=141894>(검색일 : 2019.11.26.)

정부는 석유·가스 개발을 촉진하기 위해 석유·가스 개발기업에게 세제 혜택(인하) 정책을 시행하였다.¹³⁸⁾¹³⁹⁾ 즉, 2015년부터 석유수입세(Petroleum revenue tax, PRT)를 기존 50%에서 35%로 인하하고, 2016년부터 이를 0%로 인하하는 조치를 단행하였다. 2016년 3월 석유·가스 부문 신규 투자자들에게 추가부과금(Supplementary Charge Tax, SCT) 세율을 기존 20%에서 10%로 인하하기로 결정하였으며, 인하의 효력시점을 2016년 1월로 소급하기도 하였다.

2.3.5 원자력·가스의 역할 유지

영국 정부는 원전산업전략(Nuclear industrial strategy, 2013)을 추진하는 과정에서 원자력을 저탄소 정책대안으로 규정하고, 발전 부문의 脫탄소화 달성을 위해서는 원전을 유지 및 증설하는 것이 필요하다고 판단하였다. 정부는 발전 부문의 脫석탄화(노후 석탄화력 발전소의 점진적 폐쇄)¹⁴⁰⁾와 가동 중인 원전의 설계수명이 만료될 경우, 자국의 전원설비 능력이 급격하게 축소될 것을 우려하였다. 이에 정부는 온실가스 감축목표 달성 및 전원 설비 유지·대체 차원에서 원전과 천연가스의 역할을 유지하는 방향으로 정책방향을 설정하게 되었다.

2015년 말 기준으로 영국이 가동하고 있는 원전 발전소는 15기(8,883MWe)에 달하고 있으며, Sizewell-B 원전을 제외하고 2030년까지 모든 원전이 설계수명에 도달할 예정 이었다¹⁴¹⁾(<표 3-13> 참조).

138) Enerdata(2016.12), Country Energy Profile : United Kingdom

139) Thomson Reuters 홈페이지, Oil and gas regulation in the UK: overview, [https://uk.practicallaw.thomsonreuters.com/5-524-5349?_lrTS=20170427030309049&transitionType=Default&contextData=\(sc.Default\)&firstPage=true&bhcp=1](https://uk.practicallaw.thomsonreuters.com/5-524-5349?_lrTS=20170427030309049&transitionType=Default&contextData=(sc.Default)&firstPage=true&bhcp=1)(검색일 : 2017.7.5)

140) 영국 정부는 2015년 11월 이산화탄소 포집 및 저장(CCS) 기술이 미적용된 전체 19GWe 규모의 노후 석탄화력 발전소를 2025년까지 전면 폐쇄하기로 결정하였다.

이에 영국 정부는 신규 가스화력 증설을 통해 전원부족을 우선적으로 충당하는 한편, 원전을 신규 증설하여 기존 원전의 수명 만료와 전원 설비 부족을 충당하기 위해 원전 13기(17GWe 규모)를 증설하기로 결정하였다.

영국이 증설 계획하였던 신규 원전은 EDF Energy의 Hinkley Point (3,340MW×2) 및 Sizewell(3,340MW×2), NuGen의 Moorside(3,405MW), HNP(Hitachi Ltd. 소유)의 Wylfa(2,760MW) 및 Oldbury(2,760MW) 등으로 구성되어 있다.

〈표 3-13〉 영국 원자력 발전설비 가동 현황(2015년 기준)

원전	노형	설비규모 (MWe)	가동 연도	설계수명 만료
Dungeness B 1-2	AGR	520 × 2	1983, 1985	2028
Hartlepool 1-2	AGR	595, 585	1983, 1984	2024
Heysham I 1-2	AGR	580, 575	1983, 1984	2024
Heysham II 1-2	AGR	610× 2	1988	2030
Hinkley Point B 1-2	AGR	475, 470	1976	2023
Hunterston B 1-2	AGR	475, 485	1976, 1977	2023
Torness 1-2	AGR	590, 595	1988, 1989	2030
Sizewell B	PWR	1,198	1995	2035
총 15기	-	8,883	-	-

자료: World Nuclear Association, Nuclear Power in the United Kingdom, <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/united-kingdom.aspx>(검색일 : 2019.11.26.)

- 141) 2013년 4월 당시 영국은 16기의 원전(10GW)의 원전을 가동 중에 있었으며, 2014년 9월 폐쇄 예정인 Magnox 1기, 2018~2023년 기간에 폐쇄될 개량형 가스 냉각로(AGR) 14기, 2035년까지 가동 예정인 가압경수로(PWR 1기)로 보유하고 있었다.

2.4 영국의 청정성장 전략 목표

‘청정성장 전략’은 영국의 저탄소 사회 실현을 위해 추구해야 할 정책방향 및 목표를 단계별로 제시하고 있다. 핵심정책 방향은 △최소의 국가·사회적 환경비용으로 ‘지속적 경제성장’을 실현하는 한편, △경제성장의 사회·경제적 효율 극대화를 도모하는 것으로 설정하고 있으며, 이의 실현을 위해 목표 달성 경로(Pathway)를 중장기(~2032년)와 초장기(~2050년) 구간으로 구별하여 목표를 설정하고 있다.

저탄소 사회 실현을 위한 영국의 에너지시스템 개편은¹⁴²⁾ 중장기적으로 온실가스 감축을 부문별 효율화를 통해 추진하는 전략으로 구성되어있다. 청정성장 전략의 중장기 목표(~2032년)는 온실가스 배출량 감축수준을 산업·공공 부문 30%, 가정 19%, 수송 29%, 발전 80%, 토지 사용 및 농업 부문 26% 감축 등으로 세분화하여 제시하고 있다. 특히, 영국 정부는 청정성장 전략의 목표(~2032년)를 부문별로 세분화하여 책정하고 있으며, 에너지집약도 목표치 개선 목표를 설정하여 청정성장 전략 달성을 도모하고 있다(<표 3-14> <표 3-15> 참조).

초장기적(~2050년)으로는 △에너지소비의 전력화 심화, △수소에너지 시스템 확충, △CO₂제거(emission removal) 기술개발 및 적용 등을 통해 에너지시스템을 청정체제로 전환하는 것을 목표로 하고 있다. 에너지소비의 전력화는 수송부문의 화석연료 기반의 이동수단(mobility)을 전기자동차 등으로 전환하며, 가정부문의 난방시스템을 전력화하여 온실가스 배출을 차단하는 것을 목표로 하고 있다.

영국은 초장기적인 구상 하에 수소에너지 시스템을 확충하고자 하며,

142) 영국의 ‘청정성장 전략’의 목표는 “제5차 탄소예산”의 온실가스 감축목표 달성 경로(2032 pathway)에 반영되어 추진되고 있다.

수소가 모든 부문에서 활용되는 에너지원으로 활용될 수 있도록 계획하고 있다. 우선적으로 고려되고 있는 수소공급원은 천연가스 개질을 구상하고 있으며, 천연가스 공급 인프라를 수소 공급시스템으로 전환하는 구상을 포함하고 있다. 이산화탄소 포집 및 저장 기술 개발·적용을 통해서 온실가스 배출을 원천적으로 차단하는 것도 영국의 청정성장 전략의 초장기적인 목표에 포함되어있다(<표 3-16> 참조).

〈표 3-14〉 영국 ‘청정성장 전략’의 주요 추진 방향과 목표(2017~2032년)

부문	전략 추진 주요 방향 및 목표(2017년 현재 ~ 2032년)
□ 산업/공공	- 에너지효율 개선을 통한 에너지생산성 고도화 - 사업체/공공 부문의 온실가스 배출량 30% 감축 - 산업에너지의 청정연료화 추진 - 산업에너지의 탄소함량 최소 14% 감축
□ 가정	- 건물 에너지효율 개선 및 주택의 저탄소 난방 전환 - 에너지소비 9% 및 배출량 19% 감축 - 가스보일러의 저탄소 난방시스템 전환
□ 수송	- 전기자동차 보급·확대 및 저공해 차량 전환 추진 - 배출량 29% 감축 - 수송 에너지소비 집약도 30% 감축, 배출 집약도 44% 개선
□ 발전	- 발전부문 청정전원체제 전환 - 청정연료 전원비중 80%로 확대 ※ 재생에너지 지원제도(Contract for Difference, CfD) 적용 - 스마트 전력수급 시스템 도입을 통한 효율 개선 - 발전부문 배출량 80% 감축
□ 농림/폐기물	- 토지 이용·농업부문 온실가스 배출 감축 - 배출량 26% 감축 - 산림지대 최대 16% 확대 - 폐기물 배출량 감축 - 농업생산의 배출집약도 27% 증진

주: 현 수준 대비 2032년까지의 감축치가 제시되었음.

* 배출 집약도: emission intensity

자료: <BEIS(2017.10), The Clean Growth Strategy, pp.54-56.> 및 <양의석(2018), “영국의 에너지·기후변화 정책기조와 청정성장 전략” 세계 에너지시장 인사이트 제184호(2018.1.29.), p.15., 에너지경제연구원>에 기초하여 재구성

〈표 3-15〉 영국 청정성장 경로(pathway) 전략 목표(∼2032년)

	주요 지표	1990	2015	2032
전반적 목표	- 1인당 배출량(tCO ₂ e/person)	14	8	4
	- 배출집약도(tCO ₂ e/GDP(£백만))	717	271	107
	- 에너지집약도(MWh/£백만)	1,530	872	548
산업 및 공공부 문	- 비산업 및 공공부문 에너지 사용(MWh/£백만)	302	164	79
	- 비산업 및 공공부문 에너지집약도 (gCO ₂ e/£백만)	121	96	46
	- 산업부문 에너지 사용(MWh/£백만)	1,756	1,005	833
	- 산업부문 에너지집약도(gCO ₂ e/£백만)	488	403	345
가정 부문	- 가구당 에너지사용(MWh/가구)	21	17	15
	- 가정부문 에너지집약도(gCO ₂ e/£백만)	169	140	120
수송 부문	- 1,000km 당 도로 수송 에너지사용(kWh/km)	1,127	941	655
	- km당 도로 수송 에너지집약도(gCO ₂ e/kWh)	260	213	120
	- 에너지사용 당 도로 수송 배출량(gCO ₂ e/kWh)	231	227	183
전력 부문	- 발전부문 배출량(MtCO ₂ e)	204	104	16
	- 전력 공급량 중 청정에너지원 비중(%)	21	45	85
천연 자원	- 영국 산림면적(1,000 헥타르)	2,778	3,155	3,648
	- 농업생산물 당 에너지집약도(tCO ₂ e/£백만)	5,354	3,841	2,817
	- 생분해성 폐기물(MtCO ₂ e)1)	362)	8	4
	- 쓰레기매립지로부터의 온실가스 배출량 (MtCO ₂ e)	60	12	7

주: 1) Biodegradable waste sent to landfill; 2) 1995년 수치임
 자료: BEIS(2017.10), The Clean Growth Strategy, p.141.

〈표 3-16〉 영국 ‘청정성장 전략’의 주요 추진 방향과 목표(2032~2050년)

추진 방향	전략 추진 주요 방향 및 목표
에너지소비의 전력화 심화	- 에너지소비 구조를 전력 중심체제로 개편하여 전력화 심화 (전력 소비: 2015년 대비 80% 증대 전망) · 수송부문: 전기자동차 전환 · 가정부문: 난방시스템 전력화 · 산업부문: 산업공정 에너지 전력으로 전환 - 전원구성을 재생에너지·원자력 체제로 전환 · 100% 청정전원 체제 구축 도모
수소에너지 시스템 확충	- 수소에너지 시스템 구축·운영 · 건물·주택(난방), 수송(자동차 연료), 산업(원료 및 연료) 에너지로 수소 이용 · 가스기반 공급 인프라를 수소 공급시스템으로 전환하는 한편, 수소 연료충전소 전국적 확대 - 수소 생산·공급 시스템 구축 · 천연가스 수소화 산업공정 활용 및 CCUS 기술 적용
CO ₂ 제거 기술 개발 적용 (emission removal)	- 이산화탄소 포집 및 저장 기술 개발·적용 · 농업 및 임업 기술을 활용한 CO₂제거 기술 개발 · 바이오매스 발전에 CCUS 기술 개발·적용

주: 현 수준 대비 2032년까지의 감축치가 제시되었음.

* 배출 집약도: emission intensity

자료: <BEIS(2017.10), The Clean Growth Strategy, pp.54-56> 및 <양의석 외(2018.1.29.), “영국의 에너지·기후변화 정책기조와 청정성장 전략”, 세계 에너지시장 인사 이트, 제18-4호, p.15., 에너지경제연구원>에 기초하여 재구성

청정성장전략(Clean Growth Strategy)은 영국 에너지 전환정책의 핵심 목표를 설정하고 있으나, 브렉시트(Brexit)를 예정하고 있는 상황에서 향후 정책기조의 변화 가능성이 제기되고 있다. 영국 정부는 브렉시트 이후 EU 정책 노선에서 벗어나 독자적인 에너지 전환정책 방향을 설정할 것을 모색하고 있으나, 새로운 정책노선 설정으로 발생할 수 있는 혼선을 극복해야하는 과제를 안고 있다.

3. 프랑스의 에너지 전환정책

3.1 에너지 전환정책 추진 배경 및 과정

프랑스는 2012~2013년 「국민대토론회¹⁴³⁾(환경컨퍼런스)」를 통해 프랑스가 지향해야 할 에너지·기후변화 정책방향으로 에너지 전환을 모색하였고, 동 토론회를 통해서 도출된 다양한 에너지정책 의제는 이후 프랑스의 에너지·기후변화 정책 방향 설정에 토대가 되었다. 당시 프랑스의 에너지수급 및 기후변화 대응 관련한 위기 인식과 문제 해결 의지는 장-마르크 아이로(Jean-Marc Ayrault) 프랑스 총리의 제1차 국민 대토론회 연설에서 잘 반영되어 있다.

“프랑스가 겪고 있는 극심한 위기는 경제적 위기뿐만 아니라 천연자원 고갈, 생물다양성 감소, 온실가스 배출에 따른 대기오염, 수자원 부족 등과 같은 환경적 위기를 포함한다. 이러한 위기에서 우리는 경제적 이익을 우선하지 않고 지속가능한 개발에 초점을 맞출 것이다. 정부는 환경이 산업과 복지 증진의 걸림돌이 아닌 강력한 성장의 지렛대가 될 것이라고 믿고 있다”¹⁴⁴⁾

프랑스 정부는 국민대토론회(제1~2차 환경컨퍼런스)에서 논의·도출된 의제에서 △에너지 전환법 제정, △생물다양성 회복을 통해 해당 분야에서 모범국가로 성장, △환경적 건강 위협에 대응, △생태학적 전

143) 프랑스는 에너지 전환에 대한 국민대토론(지자체, 전문가, 일반시민 등 대상)을 2012년 11월 29일부터 2013년 7월 18일까지 약 8개월 동안 진행하였으며, 여기서 도출된 다양한 에너지정책 과제를 해결하기 위하여 장기 에너지계획 수립을 추진하게 이른다.

144) Nuclear Power, “France begins ‘energy transition’ debate”, 2012.11.28.

환을 위한 과세 및 재원 마련, △환경적 거버넌스 구축 등 5대 주요 쟁점사항을 도출하였다. 에너지·기후변화 관련 정책의제로 제기·논의된 결과는 <표 3-17>의 내용으로 집약되었다.¹⁴⁵⁾¹⁴⁶⁾

2015년 프랑스는 EU집행위원회(EU Commission)의 「에너지동맹 패키지(Energy Union Package)¹⁴⁷⁾」의 정책 목표를 준용하되, 자국 고유의 에너지·기후변화대응 정책목표를 부가하여 「에너지 전환법(2015.8)¹⁴⁸⁾」을 제정하였다. 프랑스는 에너지전환법 제정을 통해 ▲2015년 말 프랑스에서 개최될 기후변화 당사국 총회(COP)의 의제 도출, ▲유럽 차원의 온실가스 배출량 감소 목표 초과 달성, ▲비전통자원의 탐사 및 채굴 중단, ▲재생에너지 개발에 대한 대규모 지원, ▲에너지효율 개선 및 에너지빈곤 문제 해결, ▲원전 의존도의 점진적 감축, ▲충분한 재원조달 등을 해결하고자 하였다.¹⁴⁹⁾¹⁵⁰⁾

프랑스의 에너지전환법은 △에너지공급 안정성 확보 및 수입의존도 감축, △녹색성장 산업을 비롯한 전 산업분야의 고용창출과 경쟁력 제고, △에너지가격 경쟁력 유지 및 소비자 에너지비용 지출 억제, △공공보전

145) 프랑스 “에너지전환 운영위원회”는 국민 대토론회에서 논의된 쟁점을 기초로 핵심의제를 작성하여 공개하였다.

146) 세계 에너지시장 인사이트(2013.7.26.), 제13-28, pp.41~42., 에너지경제연구원

147) EU집행위는 에너지동맹 구축을 위해 ①경제 脫탄소화, ②에너지효율 개선, ③역내 에너지시장 통합, ④에너지 안보·연대·신뢰 증진, ⑤연구·혁신·경쟁력 제고 등 5개의 영역별 목표 및 실행계획을 제시하였다.

148) 프랑스 ‘녹색성장을 위한 에너지전환 관련 법안(projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte)’은 당시 Ségolène Royal 환경지속가능개발에너지부 장관의 각료회의 법안 제출(2014.7월)로 본격 논의되었으며, 상·하원에서의 1, 2차 왕복 심의 및 표결을 차례로 거쳐 하원에서 최종 통과되었다(2015.7월).

149) 프랑스는 국제사회의 기후변화대응 활동을 주도하는 한편, EU의 「2020 기후·에너지 패키지」 및 「2030 기후·에너지 정책 프레임워크」도출에도 적극적으로 참여하였다.

150) 임산호 외(2014.2.), “프랑스 정부의 생태학적·에너지 전환 로드맵”, 세계 에너지현안 인사이트, 제14-1호, p.2., 에너지경제연구원

및 환경 보호, △EU 에너지동맹 구축 기여 등의 에너지정책 목표를 명시하였다. 또한 에너지 전환정책의 핵심 정책목표로 ‘2030년 화석에너지 1차에너지 소비 규모를 2012년 대비 30% 감축’하는 것으로 책정하였다.

〈표 3-17〉 프랑스 국민 대토론회의 주요 논의 결과

분야	제안 내용
☐ 에너지전환 추진의 사회적 합의	① 에너지 전환은 장기적으로 진행되며, 국민과의 약속을 준수 ② 에너지 전환은 발의에 참여한 국민 모두를 위한 국가 정책이어야 함.
☐ 에너지공급 안정성 제고	③ 에너지수급 불안정성 해소를 최우선 과제로 설정
☐ 에너지효율 증대	④ 에너지 시스템에서 에너지 효율과 절약 중시 ⑤ 2050년까지 건설되는 모든 건물에 높은 수준의 열효율 기준을 적용
☐ 에너지 인프라 확충	⑥ 새로운 변화를 위해 목표 기간을 최소화하고, 인프라 사용을 최적화
☐ 경쟁력 제고 및 사회 발전	⑦ 에너지 전환은 프랑스의 경쟁력 제고에 기여해야 함. ⑧ 에너지 전환은 농촌지역 활성화에 기여해야함. ⑨ 안정되고 다양하며 평등하고 경쟁력 있는 저탄소 에너지 패키지 마련으로 프랑스 에너지 시스템의 강화 및 개선에 기여
☐ 재생에너지 개발	⑩ 재생에너지 개발로 유연하고 다양하며, 평등하고 경쟁력을 보유한 에너지 패키지 마련
☐ 투자재원 마련	⑪ 에너지 전환에 요구되는 막대한 재원을 유지할 있는 대안 마련
☐ 권한의 분권화	⑫ 에너지 전환의 지역적 확산을 위해 지방 정부의 권한 강화
☐ 고용 창출	⑬ 에너지 전환의 고용 증진 효과를 위해 직업 전환 계획 수립
☐ EU의 주도력 강화	⑭ 더욱 야심찬 범 유럽 에너지 전환정책으로 확산
☐ 에너지 전환을 위한 후속 활동	⑮ 에너지 전환 관련 정책 발굴 및 도입·시행

주: 동 자료는 프랑스 국민 대토론회의 결과를 프랑스 에너지전환·운영위원회가 도출한 결과임.

자료: <세계 에너지시장 인사이트(2013.7.26.)>, 제13-28호, pp.41~42., 에너지경제연구원>에 기초하여 저자 재구성

3.2 프랑스 장기 에너지계획 수립 및 이행

프랑스는 2015년 8월, EU의 기후·에너지정책 방향에 공조하여 에너지 전환 및 기후변화대응을 위한 자국의 ‘에너지전환법’을 입법화하고 2016년부터 발효하였다.¹⁵¹⁾ 정부는 에너지전환법에 근거하여 자국의 중장기에너지계획(Programmation Pluriannuelle de l'énergie, PPE, 2016)'을 수립하여 시행명령(Décret n°2016-1442)에 의해 공식적으로 발표하였다.¹⁵²⁾¹⁵³⁾

중장기에너지계획(PPE)은 최종 채택에 앞서 국가자문위원회(CNTE) 및 전문가위원회(CETE), 에너지고등위원회(CSE), 환경당국(AE)의 자문을 거쳤으며(2016.7월), 이후 공공협의(public consultation) 절차(2016.9.15.~ 10.15) 과정에서 논의·수정 후 채택되었다.¹⁵⁴⁾¹⁵⁵⁾ 중장기 에너지계획(PPE)은 에너지 전환정책 목표, 우선 추진 정책과제, 실행방안 등을 제시하고 있으며, ‘국가저탄소전략(Stratégie Nationale Bas-carbone, 2015.11)’과 함께, 프랑스 국민대토론회에서 국가·사회 지속발전을 위해 발제된 의제의 해결을 도모하고 있다.

PPE는 통상 5년 기간 단위 계획 구간을 원칙으로 하고 있으나, 최초의

151) 프랑스 ‘녹색성장을 위한 에너지전환 관련 법안(projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte)’은 당시 Ségolène Royal 환경지속가능개발에너지부 장관의 각료회의 법안 제출(2014.7월)로 본격 논의되었으며, 상·하원에서의 1, 2차 왕복 심의 및 표결을 차례로 거쳐 하원에서 최종 통과되었다(2015.7월).

152) 프랑스의 중장기에너지계획의 담당부처는 환경에너지해양부가 담당하였다.

153) 프랑스 정부는 에너지전환법 제176조에 따라 에너지수요 시나리오 기반의 중장기 에너지계획(PPE) 수립 구상에 착수(2015.3)하였고, 2015년 말까지 결과를 발표할 예정이었으나, 공포 일정을 수차례 연기한 끝에 2016년 10월 중장기에너지계획(PPE)을 채택하게 되었다.

154) 프랑스 중장기에너지계획(PPE)은 2016년 10월 27일 Manuel Valls 총리, Ségolène Royal 환경에너지해양부 장관, Michel Sapin 경제재정부 장관 등이 서명함으로써 공식적으로 승인되었다.

155) 윤영주(2016.11.21.), “프랑스 중장기에너지계획(PPE)의 수립 및 시행”, 세계 에너지 시장 인사이트, 제16-42호, p.17., 에너지경제연구원

PPE(1기: 2016~2018년; 3년)는 적용 기간을 3년으로 책정하였다. 2기 PPE의 정책목표 기간(2019~2023년)은 5년 단위를 기준으로 설정되고 있다.

프랑스 정부는 1기 및 2기 PPE 기간에 거쳐, 자국의 에너지정책 방향으로 △에너지 수요관리 강화, △재생에너지 보급·확대, △에너지 공급안정성 제고, △전력망 확충 등을 추진하되, 분야별로 특화된 추진 전략으로 전체적인 목표달성을 도모하기로 하였다.

프랑스 정부는 중장기에너지정책의 이행과정을 점검하기 위해 PPE 계획의 목표(지표)에 기초한 성과관리를 추진하며, 점검결과는 국가 자문위원회(CNTE)에 제출하기로 하였다.

3.3 프랑스의 에너지 전환정책 목표 및 정책 수단

3.3.1 온실가스 감축 목표

프랑스는 에너지수요 감축과 화석에너지 의존도를 축소하는 한편, 재생에너지 역할을 강화하고, 자국 발전 부문의 원전 의존도를 축소하는 것을 주요 내용으로 하는 에너지 전환정책 목표를 설정하고 있다.

프랑스가 2016년 설정한 에너지 전환정책 목표¹⁵⁶⁾의 핵심은 자국의 온실가스 배출량을 1990년 대비 2030년까지 40% 감축이다. 프랑스의 감축목표는 독일의 2020년 40% 감축목표에 비하여 목표달성 시점이 10년의 격차가 있다는 점에서 주목된다. 프랑스의 온실가스 감축목표 설정은 자국의 에너지믹스 구조(2016년 기준)가 이미 원전에 크게 의존하고 있으며, 화석에너지 감축을 통해 자국의 온실가스 감축수준을

156) 프랑스의 중장기에너지계획(PPE, 1기, 2016)

크게 확대할 여력이 없다는 판단을 전제하고 있다.

프랑스는 중장기에너지계획(PPE) 목표 달성을 위한 주요 세부 정책방향으로 △에너지효율 개선 및 에너지 수요관리 강화, △화석연료 소비 감축, △재생에너지 보급·확대, △에너지공급 안정성 제고, △차세대 에너지시스템 구축, △친환경 수송수단 개발 등을 추진하고 있다(<표 3-18> 참조).

3.3.2 화석에너지 의존도 및 에너지수요 감축 목표

프랑스는 2030년까지 자국의 1차에너지 소비의 화석에너지 비중을 2012년 대비 30% 감축하는 목표 설정을 통해 에너지시스템의 脫화석화를 심화하는 것을 목표로 하고 있다. 석탄의존도 감축 및 발전 부문 脫석탄화 심화를 위해 2023년까지 CO₂ 포집 및 저장(CCS) 시스템을 적용하지 않는 신규 석탄화력 발전소 건설을 금지하고, 기존 석탄화력 발전설비의 가동중단을 추진하기로 하였다.

또한 화석에너지 의존도 감축을 위해서 우선적으로 에너지효율 증진을 통한 에너지수요 감축이 필요하다 판단하였다. 이에 프랑스는 2030년까지 최종에너지 수요를 2012년 대비 30% 감축목표를 설정하였다. 특히, 화석에너지 소비 감축을 위해서 화석에너지 원별 감축 목표를 설정하였다. 프랑스가 1기 중장기에너지계획(PPP)의 화석에너지 원별 감축목표에 따르면, 석탄 수요를 2012년 대비 2023년까지 37% 감축하고, 석유 23.4%, 천연가스 15.8% 감축하는 것으로 책정되었다.

3.3.3 재생에너지 보급·확대 목표

프랑스는 화석에너지 의존도 축소를 위한 대체 에너지원 확보차원에서 재생에너지의 역할 확대를 목표로 설정하였다. 재생에너지 보급·확대를 위한 부문별 정책목표로서 먼저 최종에너지 소비에서 재생에너지 비중을 2030년 23%까지 확대하는 목표를 설정하였다.

프랑스는 재생에너지의 보급·확대의 목표를 최종 이용 단계별 목표로 세분화하여, 발전 부문에서 재생에너지 전원 비중을 40%까지 확대하며, 최종에너지 소비의 열원에서 재생에너지 비중은 38%, 연료용 에너지소비(최종에너지 소비)에서 재생에너지 비중을 15%까지 확대하는 것을 목표로 제시하였다.

3.3.4 프랑스 원전 전원 비중 조정 목표

프랑스는 자국 발전부문의 과중한 원전의존도가 전원믹스의 불균형을 초래하고 있다 판단하고, 자국의 원전 전원비중을 2025년까지 50% 수준으로 축소하는 것을 정책목표로 제시하였다. 프랑스는 원전에 크게 의존하는 에너지믹스를 보유하고 있기에 전원믹스(원전 발전비중)를 전반적인 에너지수급 차원에서 결정해야했다. 에너지전환을 위한 국민대토론회에서 지적된 바와 같이 과중한 원전 의존도는 바람직하지 않다는 관점에서 원전의 전원 비중을 축소 지향적으로 설정하게 되었다.

〈표 3-18〉 프랑스 에너지전환법의 주요 목표(Article L100-4)

부문별 목표	장기(2030년, 2050년) 목표
☐ 온실가스 배출량 감축	- 1990년(기준년도) 대비 · 2030년까지: 40% · 2050년까지: 75%
☐ 에너지수요 감축 - 최종에너지 수요	- 2012년(기준년도) 대비 · 2030년까지: 20% · 2050년까지: 50%
☐ 화석에너지 의존도 감축 - 1차에너지 소비의 화석에너지 비중	- 2012년(기준년도) 대비 · 2030년까지 30% 감축
☐ 화석에너지 감축목표	- 2012년(기준년도) 대비 2023년 감축* · 석탄 : 37% · 석유 : 23.4% · 천연가스 : 15.8%
☐ 재생에너지 역할 확대 - 부문별 재생에너지 비중	- 최종에너지 소비 비중 · 2020년: 23% · 2030년: 32% - 재생에너지 전원(발전량 기준) 비중 · 2030년: 40% - 최종 열소비량 비중 · 2030년: 38% - 최종 연료소비량 · 2030년: 15%
☐ 발전부문 원전의존도 축소	- 원전의 전원(발전량) 비중 · 2025년: 50% 수준으로 축소

주: * 화석에너지의 원별 목표 자료는 PPE, Décret n°2016-1442에 근거함.

자료: 프랑스 에너지전환법(2015.8월 기준), de l'Énergie et de la Mer, Programmation Pluriannuelle de l'Énergie(PPE), <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/programmations-pluriannuelles-lenergie-ppe>(검색일: 2016.11.15.)을 토대로 재구성; 윤영주(2016.11.21.), “프랑스 중장기에너지계획(PPE)의 수립 및 시행”, 세계에너지시장 인사이트, 제16-42호, p.17., 에너지경제연구원 재인용

3.4 프랑스의 에너지·기후변화 정책 당면과제

프랑스는 2016년부터 장기에너지계획(1차 PPE, 2016)을 수립·이행하고 있으나 자국의 온실가스 감축 및 에너지수요 감축 활동 점점을 통해 정책성고가 미진한 것으로 판단하였다. 특히, 정부는 과거 10년간 건물 부문의 온실가스 감축은 당초 계획 대비 1/3 수준에 불과한 것으로 평가하였으며, 수송 부문의 온실가스 배출 감축은 매우 저조한 것으로 판단하였다. 프랑스 정부는 2018년 수송부문 탄소세 도입을 추진하였으나, 일명 노란조끼시위(Yellow Vest Protest)에 직면하여 자동차 연료에 대한 탄소세 도입을 포기하였다.¹⁵⁷⁾

정부는 온실가스 배출 및 화석에너지 의존도 감축, 발전 부문의 원전 의존도 축소로 대표되는 에너지 전환정책 목표 달성이 현재의 정책 환경 하에서는 어려울 것으로 판단하고, 제2차 장기에너지계획(2차 PPE)을 수립, 2019년 의회에 상정하였다. 프랑스는 2차 장기에너지계획(안)을 통해 온실가스 감축목표(2023년: 2012년 대비 14%, 2028년: 30.0%)를 구체적으로 명기하였다.¹⁵⁸⁾ 또한 최종에너지 소비감축 목표를 1차 계획에서 2018년(7%)에서 2023년(7%)으로 연기하였으며, 전원의 원전 의존도 감축목표(50%) 달성시점을 당초 2025년에서 2035년으로 대폭 조정하였다(<표 3-19> 참조).

프랑스는 특히 이미 발전 부문에서 화석연료 의존도가 낮은 상황에서 온실가스 감축을 추가적으로 추진하는데 어려움을 겪고 있다. 특히,

157) 2018년 10월 발생한 프랑스의 노란조끼시위(Yellow Vest Protest)는 연료가격 상승에 따른 기초생활비 증가로 촉발되었으며, 자동차 연료에 대한 탄소세를 포함한 정부의 세제개혁을 반대하였다.

158) 프랑스 정부는 2015~2018년 기간 중 자국의 온실가스 배출감소율(연평균 1.1%)은 목표에 미달한 것으로 평가하였으며, 2차 장기에너지계획 기간 중 온실가스 감축목표는 연평균 1.9%로 설정하였다.

수송 부문의 화석연료 소비 감축을 위해 추진하였던 탄소세 도입이 시민사회의 반대로 좌초되자, 2차 장기에너지계획의 목표 달성도 어려울 것이라는 전망¹⁵⁹⁾이 제기되고 있다.

〈표 3-19〉 프랑스 제2차 장기에너지계획(초안: 의회 상정(2019.4.30.))

		1차 PPE (2016.10.28.)		2차 PPE (2019.1.25. 초안)	
세부 정책목표		2018년	2023년	2023년	2028년
☐ 온실가스 감축 목표	(2012년 대비, %)	-	-	-14.0	-30.0
☐ 1차에너지 소비 감축					
○ 천연가스		-8.4	-15.8	-6.0	-19.0
○ 석유		-15.6	-23.4	-19.0	-35.0
○ 석탄		-27.6	-37.0	-64.0	-80.0
☐ 최종에너지 소비 감축		-7.0	-12.6	-7.0	-14.0
☐ 재생에너지 설비용량 확대(GW)		52	71~78	74	102~113
☐ 전원의 원자력의존도 50% 축소 시기		2025년*		2035년	

주: * 원자력의존도 축소 시기는 에너지전환법에서 설정한 목표 시기

자료: 프랑스 에너지전환법(2015.8월 기준), de l'Énergie et de la Mer, Programmation Pluriannuelle de l'Énergie(PPE), <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/programmations-pluriannuelles-lenergie-ppe>(검색일: 2016.11.15.)을 토대로 재구성

프랑스는 당초 국민대토론회를 통해 에너지 전환정책 기조를 설정하고 제1차 장기에너지계획에서 에너지 전환정책 목표를 제시하였으나, 정부의 전환정책 수단이 사회적 수용성을 확보하지 못한 것이 노란조끼 시위 등으로 표출되었다. 이에 따라 프랑스의 에너지 전환정책의 당면

159) Haut Conseil pour le Climat(HCC)는 프랑스 정부의 독립적인 기후자문 기구로서 2018년 11월 설립되었으며, 프랑스는 2050년 탄소중립 실현이 어려울 것으로 전망한다.

과제는 에너지소비 감축을 통해 온실가스 감축 및 원전의존도 축소를 달성할 수 있는 정책대안 발굴과 사회적 수용성 확보로 판단된다.

4. 일본 에너지·기후변화 정책 기조

4.1 에너지·기후변화 정책 환경 인식

일본은 중장기 에너지정책 방향 및 목표를 설정하기 위해서 자국이 직면한 에너지·기후변화 정책 환경과 당면과제를 진단하는 한편, 자국의 인구·사회학적 구조변화, 국제사회의 온실가스 감축활동, 에너지시스템의 안전성에 대한 사회적 수용성, 에너지기술 발전 등을 종합적으로 판단하고, 국가에너지기본계획(에기본)을 수립하여 에너지시스템 개선을 추진하고 있다.

일본은 1973년 1차 석유파동 이후 빈약한 에너지자원 부존으로 에너지수급을 해외에 의존해야하는 자국의 에너지시스템의 취약성을 인식하여, 에너지자급도 제고를 에너지정책의 핵심적인 축으로 설정하여 왔다. 일본은 에너지자급도 제고를 위해 에너지효율 증진에 주력하는 한편, 국산 대체에너지원 개발에 주력하였으며, 특히, 원전 이용확대를 통해 2010년까지 자국의 에너지자급률을 20%수준까지 확대하였다. 그러나 2011년 후쿠시마 원전 사태로 원전 가동을 일시 중단함에 따라, 에너지수급의 안정성이 크게 하락하는 위기¹⁶⁰⁾를 맞이하게 되었다.

한편, 일본은 2010년 중·후반기에 들어서면서 인구 변화추이 및 에너지기술 변화에 대응하기 위해 에너지시스템 전환을 추진하는 것이

160) 원전 가동 중단으로 2016년 기준 일본의 에너지 자급률은 8%에 수준에 불과한 상황을 맞이하고 있으며, 이로 인해 에너지수급 안정성이 크게 취약하다는 인식이다.

필요하다 판단하였다. 일본은 인구 감소추세 전환, 자동차 연비 및 가전제품의 에너지효율 향상, 산업부문(제조업)의 에너지원단위 감소 등을 대표적인 에너지시스템의 구조변화 요인으로 보았다. 또한 수송 부문 Mobility 변화(전기·수소자동차의 화석연료 자동차의 대체), 가정·사업부문의 천연가스 열병합발전 확대 등의 에너지수요 특성도 주목하였다.¹⁶¹⁾

일본은 주요 세계 국가들이 온실가스 장기 감축목표를 높은 수준으로 책정하고 있으나, 구체적인 정책 대안 및 이행 방법 등이 명확하지 않은 것으로 판단하고 있다. 그러나 온실가스 감축을 위한 세계 각국의 탈탄소화를 위한 ‘변화의지’는 명확하기에 탈탄소화 추세는 지속될 것으로 인식하고 있다. 또한 세계 자본(금융)시장에서 에너지전환 및 탈탄소화의 對기업 및 산업, 사회에 대한 영향을 주목하고 있으며, 화석연료 기반의 에너지설비 이용 억제 움직임에 대해서는 주목하고 있다.

4.2 에너지정책 기조 및 방향

일본은 2011년 후쿠시마 사태 이후 급격한 에너지가격 변동과 에너지 자립도 저하를 경험한 후, 4차 및 5차 에너지기본계획¹⁶²⁾을 통해 자국의 에너지정책 기조를 에너지 공급안정성 확보(Energy Security), 에너지효율 증진(Economic Efficiency), 친환경(Environment) 및 에너지안

161) 일본은 급속하게 진행되는 인구구조의 고령화 및 디지털화로 자국의 에너지수요 구조 변화가 불가피할 것으로 판단하고 있으며, 이에 대응하기 위해서는 새로운 에너지시스템 설계가 필요하다 보고 있다.

162) 일본은 ‘에너지정책기본법’ 제12조에 따라 에너지정세 변화를 고려하여 에너지 관련 정책효과에 대한 평가를 바탕으로 적어도 3년에 1회 에너지기본계획을 재검토하도록 되어있다.

전성 제고(Safety) 등 이른바 3E+S로 설정하였다.

일본은 2018년 제5차 에너지기본계획을 수립하면서 경제의 선순환 및 친환경 경제체제 구축에 기여할 수 있도록 에너지시스템의 발전 방향을 설정하였다. 해외의존도가 높은 자국의 에너지수급 특성을 고려하여 에너지공급 안정성을 중시하였으며, 에너지효율 증진을 통해 에너지수요를 축소하며, 전원구성에서 재생에너지의 역할을 확대하는 정책기조를 설정하게 되었다.

특히, 후쿠시마 원전 사고로 하락한 원자력에 대한 신뢰성 회복과 에너지인프라 관련 자연재해 등에 대한 안전성 확보라는 사회적 요구를 반영하여, 에너지안전(S) 제고를 에너지정책의 핵심 정책기조로 설정하게 되었다. 일본은 제5차 에너지기본계획을 수립하면서 4차 에너지기본의 정책기조(3E+S)를 승계하였으며, 파리협정의 자발적 감축공약 이행 등을 위해 2050년까지 일본이 지향할 ‘탈탄소화 및 에너지전환’ 방향을 설정하였다.¹⁶³⁾

4.3 5차 에너지기본계획의 핵심 정책 방향¹⁶⁴⁾

자국의 에너지정책 목표 달성을 위해 우선적으로 발전부문의 전원 구조를 개편하는 목표를 설정하였다. 5차 에너지기본계획의 전원구조 개편방향은 자국의 에너지정책 기조를 반영하여 안정적인 에너지공급 확충, 화석에너지 의존도 축소, 온실가스 배출 감축, 에너지자급률 제고 등을 정책방향으로 설정하고 있다. 일본은 안정된 에너지 수급구조를 확립하기 위해서 자국 에너지 공급망의 에너지원별 특성에 기초하

163) 「일본 제5차 에너지기본계획(エネルギー基本計画, 2018.7)」의 “제3장 2050년 에너지 전환·탈탄소화에 대한 도전” 참조

164) 「일본 제5차 에너지기본계획(エネルギー基本計画, 2018.7)」

여 다음과 같이 에너지공급 기능의 역할과 분담을 지향하기로 하였다.

4.3.1 재생에너지 역할 강화

재생에너지는 온실가스 배출을 야기하지 않으며, 자국의 에너지 자급률 제고에 기여할 수 있는 에너지원으로 판단하여, 재생에너지 보급·확대를 위한 정책을 우선적으로 강화하기로 하였다. 재생에너지 확대를 위해 선결해야할 과제로 전력망 계통연계성 강화, 규제제도의 합리적 조정, 재생에너지 비용감축 실현을 위한 기술개발 등을 우선적으로 추진할 계획이다. 재생에너지 및 수소 등 청정에너지 공급능력을 확대하기 위해서 중앙 및 지방자치단체간의 유기적인 협력 필요성도 제기하였다. 이에 더해 재생에너지 공급능력 확대를 위해 재생에너지 신기술(최첨단 부유식 해상풍력 및 대형 축전지 등) 시장 도입·확산을 통한 고용창출 및 경제성장도 모색하고 있다.

4.3.2 원전 이용의 지속성 유지

일본은 원전을 높은 에너지생산 효율성, 공급안정성, 비용경제성, 온실가스 無배출 전원 등의 장점을 보유한 준 국산 에너지원으로 보고 있으며, 에너지수급의 장기 안정성에 크게 기여할 기저 전원으로 판단하고 있다. 이에 일본은 에너지효율 증진 및 재생에너지 보급·확대, 화력발전소의 효율화 제고 등을 통해 자국의 원전 의존도를 축소하되, 원전을 지속적으로 활용하기로 결정하였다. 단, 원전의 역할은 어떠한 상황에서도 안전을 최우선적으로 고려하며, 원전 안전성 우려 해소에 최선을 다한다는 전제 하에 원전 이용을 지속한다는 전제를 부여하였다. 이에 일본은 원자력규제위원회의 전문적인 안전성 판단에 기

초하되, 세계적으로 가장 엄격한 수준의 규제기준을 적용하여 안전에 대한 적합성을 인정받는 경우에 한하여, 원전 재가동을 추진하기로 하였다. 일본 정부는 원전의 재가동을 위해서 지차체 등과 협력하여 원전 안전성 관리를 주도하기로 하였다.

또한 원전 이용에 따라 필연적으로 발생하는 사용 후 핵폐기물 문제는 전 세계 공통의 고민이며 후세에 전가되지 않도록 현세대의 책임으로서 국제적인 인적 네트워크를 활용하여 처리대책을 추진해 나갈 것임을 표명하였다. 동시에 핵안보 정상회담의 개최 및 핵물질 방호조약의 개정 등 국제적인 동향을 고려하면서 핵비확산 및 핵안보 강화에 필요한 조치들을 이행하겠다는 의지를 표명하였다.

4.3.3 발전 부문 석탄의존도 감축

일본은 석탄화력 전원의 온실가스 배출 문제점을 인식하고 있지만, 석탄은 화석연료 중에서 지정학적 위험이 가장 낮고 비용경제성도 월등하기에 중요 기저 전원 연료로서 판단하고 있다. 재생에너지 도입·확대를 통해 석탄화력 전원 감축을 추진하되, 우선적으로 비효율적 석탄발전소 폐기(fade out)를 통해 환경부하 감축을 추진하기로 하였다. 석탄 화력발전에 적용할 최신 화력발전 기술(초초임계압, IGCC, CCUS 등)을 개발·적용하여, 발전효율을 개선하는 한편, 온실가스 배출량을 근본적으로 감축할 수 있도록 주력할 계획이다. 동시에 일본은 자국이 전 세계 탈탄소화를 주도하고자 CO₂ 배출감축에 기여하는 ‘저탄소형 인프라’ 기술 수출을 적극적으로 추진하기로 하였다.

4.3.4 천연가스 역할 확대

일본은 천연가스가 석유에 비해 지정학적 불안정성이 크지 않으며, 화석연료 중에서 온실가스 배출이 가장 적은 에너지원으로 중요한 중간 전원으로 판단하고 있다.¹⁶⁵⁾ 또한 천연가스는 일본이 지향하고 있는 수소사회로의 이행에 중요한 역할을 담당할 에너지원으로 판단하고 있다. 일본은 PNG 수입망을 보유하지 못하고 있기에 높은 가격의 LNG 전원에 과도하게 의존하는 것을 경계하되, 천연가스의 분산전원 역량 및 수소의 근원 에너지원으로 이용, 산업분야 활용 증대 등에 대비하고자 하며, 발전설비(combined cycle) 고도화를 통해 전원공급 긴급 상황 발생 시, LNG전원을 비상전원으로 활용하는 역량을 확대할 계획이다.

4.3.5 최종에너지 소비구조 개편

일본은 안정적이고 효율적인 새로운 에너지수급 구조를 구축하기 위해서는 1차에너지 구조 개편뿐만 아니라 최종에너지 수급구조도 개선하는 것이 필요하다고 판단하고 있다. 특히 에너지효율 증진을 위한 구체적인 계획의 필요성을 적시하고 있으며, 수소사회 실현을 위한 최종에너지 수급구조 개선 필요성을 제기하였다. 일본은 자국의 전력화 심화가 지속될 것으로 판단하며, 전원과 전력계통망을 광역적이며 효율적으로 활용할 수 있도록 개선할 의지를 제시하였다. 일본은 전력공급 체제를 안정적이고 저렴한 기저전원과 수요변화에 따라 출력력을 조정할 수 있는 중간 전원 및 피크 전원을 균형 있게 구축하며,

165) 천연가스는 2017년 현재 일본의 전원구성에서 40% 이상을 차지하고 있으며, 열원으로서의 효율성이 높아 의존도가 심화되고 있다.

재생에너지 등 분산형 전원을 통합할 구상이다.

일본은 향후 전기요금은 계통 정비 및 안정화를 위한 추가비용, FIT 제도 운용에 따른 누적 부과금 등이 가산될 수 있다고 판단하고 있다. 이에 전원구성에 대해서는 추가적으로 발생할 수 있는 비용이 국민생활 및 경제활동에 큰 부담이 되지 않도록 균형 잡힌 전원구성을 추구하는 것을 정책방향으로 설정하고 있다.¹⁶⁶⁾

4.3.6 ‘수소사회’ 실현

일본은 향후 최종에너지 소비에서 전력, 열, 수소가 중심적인 역할을 할 것으로 전망하고 있다. 수소에너지는 공급과정에서 안전성이 확보되어야 하지만, 높은 편의성 및 효율성, 온실가스 無배출, 비상시 대응 역량 등에서 많은 장점을 보유하고 있는 것으로 판단하였다. 일본은 수소를 일상생활 및 산업에서 활용하는 사회, 이른바 “수소사회”를 실현하기 위해서는 기술, 비용, 제도, 인프라 측면에서 여전히 많은 과제에 직면하고 있는 것으로 인식하고 있다. 따라서 일본은 2017년 12월에 수립한 수소기본전략(재생에너지·수소 등 관련각료회의 결정)등에 의거하여 수소가 중장기적인 에너지 안보와 온난화대책의 최후 수단이 될 수 있도록 전략적으로 제도 및 인프라 정비를 진행함과 동시에 다양한 기술개발 및 비용 감축을 추진하여 수소사회로의 이행을 추진할 계획이다.¹⁶⁷⁾

166) 최승은, 이대연(2013.12.), “일본 에너지기본계획 개정안 초안(전문)-경제산업성의 각료회의 제출안”, 세계 에너지현안 인사이트, 제13-4호, p.17., 에너지경제연구원

167) ibid.

4.4 일본의 에너지·기후변화 정책 목표

4.4.1 에너지자급도 제고 및 에너지원별 분담률 조정 목표

일본의 에너지·기후변화대응 정책의 핵심목표는 자국의 온실가스 배출 규모를 2030년까지 2013년 대비 26% 감축, 자국의 빈약한 에너지 자급도 제고, 원전의 적정 활용을 통해 에너지수급 안정성을 확보하는 것으로 책정하고 있다. 일본의 제5차 에너지기본계획이 제시하는 2030년까지의 에너지정책 목표는 에너지자급도 수준을 2013년 6.0%에서 2030년 24.3%까지 확대하며, 재생에너지 비중을 13~14%로 확대, 원자력 비중을 10~11%로 유지하는 한편, 에너지자급률을 24.3% 수준으로 제고하는 것으로 책정하고 있다.

일본은 에너지정책 목표를 달성하기 위해서 자국의 에너지시스템을 친환경체제(에너지시스템의 청정화)로 전환하는 것이 필요하다고 판단하였다. 에너지시스템을 청정체제로 전환하기 위해서는 에너지효율 증진을 통한 에너지수요 및 온실가스 감축을 도모하는 한편, 전원믹스에서 재생에너지 전원 비중을 확대하고, 발전설비 효율 제고를 추진하는 것을 세부적인 목표로 설정하였다.

4.4.2 전원믹스 개편 목표

일본의 전원믹스 개편목표는 전원구성(발전량 기준)에서 재생에너지 비중을 22~24%(2016년: 8.6%)까지 확대하며, 원전 전원비중은 20~22%(2016년: 2%) 수준을 유지하는 것으로 목표를 설정하고 있다. 일본은 재생에너지 부문의 기술혁신에 기초한 비용 절감으로 태양광·풍력 전원이 他전원과 경쟁력 있는 수준이 될 것으로 판단하고 있으

며, 이에 태양광 전원비중 목표를 7.0%, 풍력은 1.7%로 책정하였다. 일본은 바이오매스·지열·중소수력 등의 전원을 지역 밀착형 에너지원으로 분산형 에너지시스템 구축 가속화를 위한 수단으로 인식하고 있으며, 특히, 바이오매스 전원비중 목표는 3.7~4.6% 수준으로 책정하였다(<표 3-19> 참조).

2030년 석탄화력 전원 비중 목표는 26.0%수준으로 설정하였으며, 이는 석탄화력 전원비중을 2013년 대비 6.9%p 감축하는 것을 의미한다. LNG 전원 비중 목표는 27.0%로 설정하고 있으며, 이는 발전부문의 화석연료 의존도 감축과 전력생산의 비용구조 개선 필요성을 반영하고 있다. 일본이 자국의 LNG전원 비중을 2013년 40.8% 및 2018년 40.0% 수준에서 2030년까지 27.0% 수준으로 감축(-13.8%p)하기 위해서는 원전 및 신재생에너지 전원 확충을 전제하고 있다.

일본은 원전을 ‘탈탄소화를 위한 선택지’ 및 ‘중요한 기저 전원’으로 판단하였으며, 2030년 원전 전원비중 목표는 20.0~22.0% 수준으로 설정하였다. 일본의 전원믹스를 설계하는 과정에서 에너지자급도 제고, 화석에너지의존도 감축, 에너지효율 증진, 청정에너지 역할 강화 등을 목표로 하고 있기에 원전 전원 비중 확대는 불가피하게 수용한 것으로 분석된다. 2018년 원전의 전원비중 6% 수준에서 2030년 목표 전원 비중 20.0~22.0% 도달을 위해서는 원전 재가동 추진여부가 일본의 전원믹스 개편의 성공여부를 결정하는 요인으로 보인다. 한편, 일본 정부는 5차 에기본에서 2030년 원자력 전원믹스 목표 달성을 위한 원전 설비 개체 및 신·증설 관련 구체적인 계획을 제시하지는 않았다.

〈표 3-20〉 제5차 에너지기본계획 에너지·전원 믹스 개선 목표(2030년)

	에너지믹스 (1차에너지 기준, %)				전원믹스 (발전량 기준, %)			
	2013	2018*	2030	△%p (‘13~’30)	2013	2018*	2030	△%p (‘13~’30)
석유	45.5	38.7	30.0	-15.5	14.5	5.0	3.0	-11.5
석탄	24.1	26.7	25.0	0.9	32.9	30.0	26.0	-6.9
천연가스	22.1	23.3	18.0	-4.1	40.8	40.0	27.0	-13.8
재생에너지	4.9	8.5	13~ 14	8.1~ 9.1	10.8	19.0	22~ 24	11.2~ 13.2
(수력)	3.1	3.9		-	7.3	10.0	8.8~ 9.2	1.5~ 1.9
(태양광)				-	1.2		7.0	5.8
(풍력)				-	0.5		1.7	1.2
(바이오매스)				-	1.6		3.7~ 4.6	2.1~ 3.0
(지열)				-	0.2		1.0~ 1.1	0.8~ 0.9
원자력	0.4	2.8	10~11	9.6~ 10.6	0.9	6.0	20~ 22	19.1~ 21.1
LPG			3.0	-	-		-	-
에너지자급도 (%)	6.1	11.7	24.3	18.2				

주: * 2013년(기준) 대비 2030년(목표)의 비중 %p 차이

자료: 1) 목표치: 2030년까지 에너지믹스 및 전원믹스의 구체적인 목표는 ‘장기 에너지수요전망(2015.7월)’에서 제시된 내용을 의미함.

5차에기본(2018년)의 에너지믹스 목표는 4차 에기본의 목표를 승계하였음.

4차 에너지기본계획(경제산업성, 2014.4)은 일본의 에너지믹스 개선 목표(2030년)를 ‘장기에너지수요전망’에서 결정하도록 규정하고, 세부적인 에너지믹스 및 전원믹스 개선목표를 제시하지 않았음.

2) 추정치(2018년): IEEJ, “2019년 일본 경제·에너지수급 전망(2018.12월)”, https://eneken.ieej.or.jp/press/press181220_a.pdf(검색일: 2019.11.26.)

기준치: 자원에너지청(2018.11.15.), 2017년도 에너지수급 실적(속보)“, <https://www.meti.go.jp/press/2018/11/20181115002/20181115002.html>(검색일: 2019.11.26.)

3) ‘13년 에너지자급률: 경제산업성, “에너지백서 2018”, https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2018gaiyou/whitepaper2018pdf_h29_nenji.pdf(검색일: 2019.11.26.)

4.5 일본의 에너지·기후변화 정책의 당면 과제

일본이 당면하고 있는 기후변화 대응 및 에너지정책 과제는 과도하게 높은 화석에너지 의존도와 크게 위축된 에너지자립도로 판단된다. 일본이 높은 화석에너지 의존도와 낮은 에너지자립도로 어려움을 겪고 있는 이유는 2011년 후쿠시마 사태 이후, 보유중인 원전 발전설비를 전면 가동 중단한 것에 기인한다. 에너지자립도는 2013년 6.1%까지 하락한 후, 회복되고 있으나, 2018년 11.7%에 머물고 있다. 또한 2011년 이후 급격하게 증가한 화석에너지 의존도로 인하여 일본의 온실가스 감축 역량이 크게 위축되었다. 일본의 화석에너지 의존도는 2010년 80.6%에서 2016년 92.5%까지 증가하였으며, 이후 감소하기 시작하여 2018년 88.9%에 달하고 있다.¹⁶⁸⁾

일본은 2013년 이후, 원전의 안전성 기준을 대폭 강화하는 조건하에 단계적으로 원전 재가동을 추진하여 왔다. 일본이 후쿠시마 원전 사고를 경험한 이후에도 원전 재가동을 추진하는 이유는 원전을 활용하지 않고서는 자국의 에너지수급 자립도 제고, 화석에너지 의존도 감축, 전력가격의 안정성 확보 등의 에너지·기후변화 정책 목표를 달성하기 어려운 것으로 판단하고 있기 때문이다.

이에 일본은 가동 중단중인 원전을 조속히 재가동하여 원전의 1차 에너지 공급 비중을 2030년까지 10~11%까지, 원전의 전원 비중을 20~ 22%까지 확대하는 것으로 계획하고 있다.¹⁶⁹⁾ 그러나 일본의 원전

168) 본 연구에서 일본의 화석에너지 의존도 산정은 IEA(2019), World Energy Balance에 기초하여 저자가 산정한 결과로 1차에너지 소비 중 화석에너지(석탄, 석유, 천연가스)의 비중을 의미한다.

169) 일본의 5차에너지기본계획(2018년)에 의한 목표 비중으로 정부는 이에 기초하여 원전의 조속한 재가동을 추진하고 있다.

재가동 추진 상황은 계획에 크게 미치지 못할 것으로 보인다(<표 3-20> 참조).

〈표 3-21〉 일본 원전 폐로 및 재가동 적합성심사 추진 현황

원전 보유 형태 (2011년 기준)	후쿠시마 사태 이후	폐로 및 적합성심사 추진 현황		재가동 추진 상황 (2019.8.30 현재)
상업용 가동원전 (총 54기)	가동 중단 (54기)	폐로 결정 (17기)	재가동 적합성심사 추진 없이 폐로 결정	
		적합성심사 신청 (25기)	재가동 결정 (13기)	- 가동 재개(9기) - 가동기간 연장(4기) · 도카이 제2원전의 경우, 입지 지자체의 재가동 동의가 필요
				현재 적합성심사 중(12기)
		적합성심사 신청 미결정(12기)	- 가동 중단 후 처리 방침 미결정 · 도쿄전력은 후쿠시마 제2원전 1~4호기에 대한 폐로 방침을 표명(2018.6.14.)	
건설 중 원전 (총 3기)	건설 중단 (3기)	적합성심사 신청 (2기)	적합성심사 중	
		적합성심사 신청 미결정(1기)	적합성심사 신청계획 없음	

주: 적합성 심사에는 원자로설치허가 심사(안전심사), 공사계획 심사, 보안규정 심사를 포함하고 있으며, 이후 사용 전 검사, 입지 지자체 동의 등의 절차를 거쳐 재가동.

자료: <일본원자력산업협회(JAIF) 홈페이지, <https://www.jaif.or.jp/en/>(검색일 : 2019.11.26.)를 기초로 저자 재구성

2011년 가동 중단된 총 54기 원전 중, 2019년 8월말 현재 가동 재개를 위해 적합성 심사를 신청한 원전은 25기에 불과하며, 이중 재가동이 승인된 원전이 13기이며, 가동 재개된 원전은 9기에 불과하였다. 재가동이 승인된 원전이 실제 가동에 돌입하기 위해서는 지자체 주민의

동의가 필요한데, 도카이 원전의 경우 아직도 주민의 동의를 확보하지 못한 상황이 지속되고 있다.

일본은 에너지수급의 안정성(Energy Security) 및 안전성(Safety) 확보에 주력하고 있으며, 에너지효율 개선을 통해 경제(GDP) 성장과 에너지소비의 비동조성(De-coupling)을 심화하고자 하고 있다. 일본은 과도한 화석에너지 의존도 축소와 에너지공급 안정성 확보를 위해 원전 재가동이 필수적인 요건으로 판단하고 있으나, 원전 재가동과 관련된 사회적 합의 도출이라는 당면과제에 봉착하고 있다.

제4장 주요국의 에너지 전환정책 추진성과

1. 전환정책 추진성과 개요

2019년 현재 기준으로 2010년 중반이후 에너지 전환정책을 선도하고 있는 주요 국가들의 전환정책 추진 성과가 당초 목표를 달성하였는지 여부를 판단하는 것은 시기적으로 다소 이르다. 이는 독일, 영국, 프랑스 등 대다수 국가들의 에너지 전환정책 목표시점이 도래하지 않았으며, 정책성과를 면밀하게 점검할 성과지표 자료도 생성되지 못한 시점이기 때문이다. 그러나 2015년 이후 전환정책 선도국의 에너지수급 구조 변화는 에너지 전환정책 효과를 가늠할 수 있는 근거가 되고 있다. 특히, 2015년 이후 에너지 전환정책에 따른 에너지수급 구조 변화 양상은 매우 주목할 만한 시사점을 제시하고 있다.

가장 주목되는 에너지 전환정책의 영향은 에너지전환 선도국의 에너지믹스에서 화석에너지 의존도가 급격하게 하락하고 있으며, 특히, 脫석탄 기조가 심화되고 있다는 점이다. 청정에너지(非화석에너지)의 역할은 크게 제고되고 있으며, 특히 재생에너지의 1차에너지 공급 비중 및 전력생산 비중이 크게 개선되는 효과가 시현되고 있다. 또한 에너지 효율 증진의 결과로 에너지·GDP 비동조화 현상이 지속되고 있으며, 주요 에너지 전환정책 선도국의 에너지원단위도 지속적으로 개선되었다. 이에 본 장에서는 국제에너지기구(International Energy Agency: IEA)의 2019년 에너지밸런스(에너지수지표)를 기준으로 에너지효율 증진, 脫화석에너지 심화, 청정화(非화석에너지화), 전력화 등의 기준에 근거하여 에너지 전환정책의 추진성과를 점검하고자 한다.

2. 에너지수요 감소추세 시현

주요 에너지전환 선도국가의 전환정책의 결과로 우선 에너지수요의 절대적 규모가 감소하고 있다는 점이 주목되고 있다. OECD국가¹⁷⁰⁾의 2010년부터 2018년까지 1차에너지 소비 규모는 연평균 0.1% 감소 추세를 시현하였다. 전환정책을 선도하고 있는 독일의 에너지수요는 1.1% 감소하였으며, 영국 및 일본도 각각 1.7%와 2.0% 감소를 기록하였다.

2010년 OECD국가의 1차에너지 총 소비에서 독일의 비중은 6.3%에 달하였으나, 에너지소비의 절대적 규모 감소로 2018년 점유율은 5.6%로 하락하게 되었다. 또한 영국의 소비 비중도 2010년 3.7%에서 2018년 3.3%로 하락하였고, 프랑스의 점유율도 미세하지만 하락하였다. 2018년 기준 일본의 OECD국가 1차에너지 소비 점유율은 7.9%에 달하고 있으며, 이는 2010년 대비 1.3%p 하락한 것을 의미한다. 반면, 한국의 에너지소비 규모는 2010년 이후 연평균 0.8% 속도로 증가하였으며, 이의 결과로 한국은 2018년 기준 전체 OECD국가의 1차에너지 소비의 5.4%를 소비(OECD 4위)하는 국가가 되었다.(<표 4-1> 참조). 이는 에너지 전환을 주도하고 있는 주요 국가들의 에너지소비가 감소되는 반면, 한국의 에너지소비는 지속적으로 증가하여온 결과에 기인한다.

170) OECD국가는 36개 국가를 지칭하며, Australia; Austria; Belgium; Canada; Chile; the Czech Republic; Denmark; Estonia; Finland; France; Germany; Greece; Hungary; Iceland; Ireland; Israel; Italy; Japan; Korea; Latvia; Lithuania; Luxembourg; Mexico; the Netherlands; New Zealand; Norway; Poland; Portugal; the Slovak Republic; Slovenia; Spain; Sweden; Switzerland; Turkey; the United Kingdom; the United States 등을 포함하고 있다.

〈표 4-1〉 OECD 에너지소비의 주요국 소비 비중 변화

	OECD국가 에너지소비 대비 국가별 소비 점유율 (1차에너지 기준, 백만 toe, %)						소비 변화율(%)	
	1990	2000	2010	2016	2017	2018	90-10	10-18
OECD	4,548.8 (100.0)	5,312.1 (100.0)	5,434.8 (100.0)	5,279.5 (100.0)	5,309.0 (100.0)	5,373.7 (100.0)	-1.3	-1.0
독일	7.7	6.3	6.0	5.9	5.9	5.6	-1.7	-0.5
영국	4.5	4.2	3.7	3.4	3.3	3.3	-0.8	-0.5
프랑스	4.9	4.7	4.8	4.7	4.7	4.6	-0.1	-0.3
일본	9.6	9.8	9.2	8.1	8.1	7.9	-0.4	-1.3
한국	2.0	3.5	4.6	5.3	5.3	5.4	2.6	0.8

자료: IEA, World Energy Balances and Statistics, World Energy Balances, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=enestats-data-en&doi=data-00514-en(검색일: 2019.11.20.)에 기초하여 저자 작성

에너지전환 선도국의 에너지소비 감소추세는 1인당 에너지소비 변화에서도 확인되고 있다. 2018년 OECD국가의 1인당 에너지소비는 4.13toe 수준이며, 이는 2010년 이후 연평균 0.7% 감소 추세를 시현한 것이다. 독일의 1인당 에너지소비는 같은 기간 1.5% 감소하였으며, 특히 영국의 1인당 에너지소비 감소 추세는 2.5%에 달하였다. 1인당 에너지소비 변화추이에서 분석 대상국 중에서 유일하게 한국의 1인당 에너지소비만 증가하였다.

한편, 독일, 영국, 프랑스, 일본 등 에너지 전환을 주도하고 있는 국가들의 2018년 기준 1인당 에너지소비의 절대적인 규모는 OECD국가 평균(4.13toe/인)을 하회하였다. 특히, 영국의 경우 2017년 이후 2.6toe/인 수준에 달한 후 회복하고 있음이 주목된다. 2018년 우리나라의 1인당 에너지소비는 5.59toe 수준으로 비교 대상국에서 가장 높은 수준을 기록하였다.(〈표 4-2〉 참조).

〈표 4-2〉 OECD 및 주요국의 에너지소비 규모(1인당) 변화

	1인당 에너지소비(toe/인)						변화율(%)	
	1990	2000	2010	2016	2017	2018	90-10	10-18
OECD	4.22	4.58	4.37	4.10	4.10	4.13	0.2	-0.7
독일	4.43	4.13	4.07	3.77	3.77	3.60	-0.4	-1.5
영국	3.60	3.79	3.25	2.73	2.66	2.66	-0.5	-2.5
프랑스	3.84	4.13	4.04	3.70	3.68	3.65	0.3	-1.3
일본	3.55	4.09	3.92	3.36	3.41	3.38	0.5	-1.8
한국	2.17	4.00	5.05	5.51	5.49	5.59	4.3	1.3

자료: IEA, World Energy Balances and Statistics, World Indicators, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=enestats-data-en&doi=data-00514-en(검색일: 2019.11.20.)에 기초하여 저자 작성

3. 주요 에너지 전환정책 선도국의 에너지원단위 변화

에너지전환 선도국의 에너지·GDP 원단위¹⁷¹⁾ 변화추이는 이들 국가의 에너지소비 효율성이 지속적으로 개선되고 있음을 반증하고 있다.¹⁷²⁾ OECD국가의 에너지·GDP 원단위는 2010년 이후 연평균 2.3%로 개선되고 있으며, 이는 1990년-2010년 기간의 개선율(1.4%)을 능가하였다.

171) 에너지·GDP원단위[TPES(toe)/[천US\$(2010)]]는 경제활동의 에너지효율성 지표로 활용되고 있으며, 이는 GDP단위(1천US\$) 산출에 필요한 에너지투입(TPES: toe)을 의미한다.

172) 에너지·GDP 원단위가 항상 에너지효율 개선을 의미하지 않을 수 있다. 이는 특정국가의 산업구조가 에너지 집약적인 산업에서 지식·기술 집약적 산업으로 구조가 개편되는 상황에서 GDP 증가가 이루어지고 있는 반면, 에너지집약 산업(석유 화학, 철강 등)이 퇴조하여 에너지투입(feedstock 등)이 상대적으로 감소할 경우에도 발생할 수 있기 때문이다. 그러나 본 연구에서는 에너지·GDP 원단위의 개선을 포괄적으로 에너지효율 개선을 의미하는 것으로 해석하고자 한다.

에너지 전환정책을 선도하고 있는 주요 국가들의 에너지·GDP 원단위 수준은 2016년 이후 0.08 수준에 도달한 이후, 같은 수준을 유지하고 있다. 특히, 2018년 기준 영국의 에너지·GDP 원단위는 0.06으로 비교대상 국가 중에서 가장 낮은 수준을 기록하였으며, 이는 2010년 이후 연평균 3.5% 속도로 원단위가 개선된 결과이다. 또한 일본의 에너지·GDP 원단위도 2010년 0.09에서 2018년 0.07로 크게 개선되었으며, 이는 후쿠시마 원전사태(2011년) 이후, 일본의 에너지절약 및 효율 개선 정책의 결과로 해석된다.

반면, 우리나라의 에너지·GDP 원단위 수준은 2018년 0.21로 전환 정책 선도국가에 비하여 매우 높은 수준을 기록하였으며, 2010년부터 2018년까지 개선율도 가장 낮은 수준을 보였다.(<표 4-3> 참조).

〈표 4-3〉 OECD 및 주요국의 에너지·GDP 원단위 변화

	에너지·GDP 원단위						변화율(%)	
	1990	2000	2010	2016	2017	2018	90-10	10-18
OECD	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	-1.4	-2.3
독일	0.14	0.11	0.10	0.08	0.08	0.08	-1.7	-2.8
영국	0.13	0.11	0.08	0.06	0.06	0.06	-2.4	-3.5
프랑스	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	-0.9	-2.8
일본	0.09	0.10	0.09	0.07	0.07	0.07	0.0	-3.1
한국	0.26	0.26	0.23	0.22	0.21	0.21	-0.6	-1.1

주: 에너지·GDP 원단위 = TPES(toe)/GDP(2010, 천us\$)

자료: IEA, World Energy Balances and Statistics, World Indicators, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=enstats-data-en&doi=data-00514-en(검색일: 2019.11.20.)에 기초하여 저자 작성

4. 에너지 · 경제(GDP) 비동조화(Decoupling) 심화

에너지전환 선도국가들은 경제성장을 지속하되, 에너지수요 증가를 유발하지 않는 이른바 에너지소비(1차에너지 기준)와 GDP 간의 非동조화(decoupling)를 지향하고 있다. 에너지소비와 GDP 변화의 동조성 여부는 대표적으로 에너지소비의 GDP 탄력성(에너지·GDP 탄력성: $\bar{E}gdp$)¹⁷³⁾을 기준으로 평가할 수 있으며, 일반적으로 탄력성($\bar{E}gdp$)은 1보다 적을 때(비탄력적: $\bar{E}gdp < 1$), 에너지소비가 효율적으로 이루어지고 있다고 판단한다.

에너지소비 수준이 일정 수준 이상 도달한 경우, 탄력성($\bar{E}gdp$)은 비탄력적인 경우가 일반적 특성으로 분석되고 있으나, 탄력성($\bar{E}gdp$)이 負(-)의 값을 가지게 될 경우를 특히 주목할 만한 에너지소비와 GDP변화의 비동조성 결과로 판단하고자 한다. 負(-)의 탄력성($\bar{E}gdp$)은 GDP가 증가했음에도 불구하고, 에너지소비는 감소하였으며, GDP 증가가 에너지소비를 촉발하지 않았다는 것을 의미한다. 에너지전환을 선도하고 있는 국가들의 에너지소비의 절대적인 규모가 감소하고 있는 반면, 경제성장(GDP)은 지속적으로 이루어지고 있다는 사실은 이미 에너지소비와 GDP 변화의 非동조성을 암시하고 있다.

2010년 이후 에너지 전환을 선도하고 있는 국가들의 에너지·GDP 탄력성($\bar{E}gdp$)은 이들 국가의 에너지소비와 경제성장의 비동조성을 증명하고 있다. OECD국가의 탄력성($\bar{E}gdp$)은 2010-2017년 기간 중 -0.18을 기록하였고, 2010-2018년 기간 중에는 -0.07로 절대적 수준이 축소되었다.¹⁷⁴⁾

173) 에너지·GDP 탄력성은 $\bar{E}gdp = [(\Delta\% \text{ in TPES}) / (\Delta\% \text{ in GDP})]$ 로 정의된다.

174) OECD국가의 탄력성($\bar{E}gdp$)이 2010~2017년 구간에서 -0.18에서 2018년 -0.07로

독일의 탄력성($\bar{E}_{gdp}$)은 2010-2017년 기간 중 -0.37에서 2010-2018년 기간 -0.62로 확대되었다. 독일의 경우, 주목되는 점은 탄력성($\bar{E}_{gdp}$)이 2010년대 후반에 이를수록 그 크기가 증가하고 있다는 사실이다. 이는 독일이 GDP 성장을 달성하면서도 에너지소비 감축 수준을 보다 크게 이루어냈다는 점을 반증한다. 즉, 에너지 전환정책이 2015년 이후 본격화됨에 따라 에너지소비 감축의 규모가 GDP 증가규모에 비하여 점점 증가하고 있음을 의미한다.

한편, 2010-2018년 기간 중, 에너지 전환정책 선도국가 중 일본은 가장 높은 수준(-1.92)의 負의 탄력성($\bar{E}_{gdp}$)을 기록하였으며, 2000~2010년 기간 중의 비동조화(decoupling) 속도(-0.52)를 크게 능가하는 성과를 기록하였다. 이는 일본이 후쿠시마 원전 사태 이후, 에너지절약과 에너지효율 개선활동에 주력한 결과, GDP산출의 에너지효율성이 크게 심화되었음을 암시하고 있다(<표 4-4> 참조).

〈표 4-4〉 OECD 및 주요국의 에너지·GDP 탄력성 변화

	구간별 에너지·GDP 탄력성				
	1990-2000	2000-2010	2010-2017	2010-2018	2017-2018
OECD	0.58	0.14	-0.18	-0.07	0.55
독일	-0.21	-0.34	-0.37	-0.62	-2.92
영국	0.32	-0.56	-1.03	-0.91	0.41
프랑스	0.56	0.35	-0.73	-0.67	-0.42
일본	1.30	-0.52	-1.96	-1.92	-1.53
한국	1.05	0.65	0.58	0.62	0.90

주: 에너지소비·GDP 탄력성 = $(\Delta\% \text{ in TPES})/(\Delta\% \text{ in GDP})$

자료: IEA, World Energy Balances and Statistics, World Indicators, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=enstats-data-en&doi=data-00514-en(검색일: 2019.11.20.)에 기초하여 저자 작성

크게 하락하는 요인은 2017-2018년 기간의 탄력성($\bar{E}_{gdp}$)이 0.55로 크게 악화된 결과에 기인하는 것으로 분석된다. 이는 2016년 이후 OECD국가의 에너지효율 개선이 크게 둔화되고 있음을 반증한다.

한편, 우리나라의 경우, 탄력성($\bar{E}_{gdp}$)이 비탄력적(<1)이기는 하나, 분석 대상기간 전 구간에 걸쳐, 正(+)의 값을 가지며, 크게 개선되고 있지 않다는 점이 주목된다. 우리나라의 에너지 전환정책은 2018년부터 본격화되었기에 에너지전환 정책 추진에 따른 성과가 본 분석결과에 반영될 여지가 없으며, 우리나라의 에너지 집약적 산업구조(석유정제 및 석유화학, 철강 등)가 에너지·GDP 동조성 결과에 반영된 것으로 분석된다.

5. 에너지 전환정책의 에너지믹스 및 전원믹스 변화 영향

에너지전환을 선도하고 있는 국가들의 에너지믹스의 변화는 이들 국가들의 에너지시스템의 변화방향을 대표적으로 보여주고 있다. 특히, 화석에너지 의존도 감축, 화석에너지의 구성 변화, 청정에너지(非 화석에너지)의 에너지 분담률 확대, 전원(설비 및 전력생산)구조 변화 등은 에너지시스템의 변화 결과를 대표하고 있다. 이에 본 절에서는 OECD 및 주요 에너지전환 선도국의 에너지믹스 변화를 세부적으로 분석하여, 2010년 이후 전개되고 에너지시스템 구조변화를 점검하고, 향후 전개방향을 타진하고자 한다.

5.1 OECD¹⁷⁵⁾

전체 OECD국가의 2010년 이후 1차에너지 소비는 연평균 - 0.1% 수준에서 감소를 기록하고 있으며, 이는 1990-2010년 기간 중 0.9% 증

175) OECD국가의 에너지믹스 구조는 본 연구에 직접적인 분석대상에 해당하지 않으나, 주요 에너지전환 선도국과의 비교를 위해서 제시한다.

가에서 하락 반전된 결과를 보여주고 있다. OECD국가의 GDP가 지속적으로 증가하여 왔음을 고려할 때, 에너지소비의 감소는 주목되고 있다. 한편, OECD국가 모두가 에너지소비 감축을 실현하지는 않았으나, OECD의 에너지소비의 절대 규모를 차지하는 주요 국가¹⁷⁶⁾의 에너지소비 감축 결과로 OECD 1차에너지 소비가 축소된 것으로 분석되었다.

OECD의 화석에너지 의존도¹⁷⁷⁾는 1990년 83.8%에서 하락하기 시작하여, 2010년 80.7%에 도달하였으며, 2018년 79.4%에 달하고 있다. 일견하여 볼 때, OECD의 화석에너지 의존도는 크게 개선되지 않은 것으로 보이나, 화석에너지의 구성이 크게 변화하고 있다는 점이 주목된다. 즉, 석탄 의존도가 2010년 20.1%에서 2018년 15.9%로 하락한 반면, 천연가스 의존도는 동기간 동안 24.4%에서 28.1%로 증가했다는 점이다. OECD의 화석에너지 의존도 자체가 크게 하락하지 않았다 하더라도, 온실가스 배출의 가장 큰 주범으로 인식되고 있는 석탄이 상대적으로 고비용 구조인 천연가스로 일부 대체된 점은 화석에너지의 태생적 문제를 완화하고자한 에너지 전환정책의 결과로 이해된다. 한편, 화석에너지원 중, OECD의 석유 의존도는 2010년 이래 크게 하락하지 않는 것으로 분석되었다. OECD의 석유소비의 절대적인 수준은 미소하게 감소하였으나, 석유 의존도는 35~36%내외에서 유지되고 있음을 볼 수 있다.

OECD의 에너지믹스에서 화석에너지 다음으로 역할하고 있는 에너

176) 2018년 기준 OECD 7국(독일, 영국, 프랑스, 미국, 일본, 한국, 호주)의 OECD 전체 1차에너지 소비에서의 점유율은 70.6%에 달하고 있으며, 이중 미국이 41.5%를 차지하고 있다.

177) 화석에너지 의존도는 1차에너지 공급(소비)에서 화석에너지(석유, 석탄, 천연가스)의 점유율을 의미한다. 1차에너지 기준으로 화석에너지 의존도를 산정한 결과, 에너지전환(Energy Transformation: 발전 및 가스제조, 열 생산 등) 과정에서 투입된 모든 화석에너지를 포함하고 있다.

지원은 원전으로 2018년 기준 9.6%의 분담률을 기록하고 있으며, 원전의 절대적인 규모는 2010년 이후 연평균 1.8% 하락을 기록하였다. 원전의 축소는 2011년 후쿠시마 원전 사태 이후 일본의 원전 가동 일시 중단 및 독일의 원전 폐기계획 이행에 따른 결과로 해석된다(<표 4-5> 참조).

재생에너지의 역할은 아직 바이오·폐기물의 규모에 이르지 못하였으나, 재생에너지 증가 규모 및 속도는 가장 주목되는 에너지 전환정책의 성과로 여겨진다. 에너지전환을 추진하는 대다수의 국가들이 지향하는 정책목표는 재생에너지 보급·확대를 통한 화석에너지의 수요 증가 억제 및 대체이다. 재생에너지의 1차에너지 비중은 2010년 1.1%에서 2018년 2.6%까지 증가하였다. 재생에너지의 분담률 규모는 상대적으로 크지 않으나, 2010~2018년 기간 중 연평균 10.9% 증가를 기록하였다. 이는 1차에너지 소비 규모는 감소하고 있는 반면, 재생에너지 이용이 크게 증가하고 있다는 점에서 에너지믹스의 구조변화를 야기하는 요인으로 작용하였다.

에너지소비의 청정화 정도를 화석에너지 의존도 크기와 청정에너지(非화석에너지) 의존도의 상대적 크기로 판단할 경우, 2010년 이후 OECD의 에너지 청정화 심화 정도는 크지 않은 것으로 판단된다. 이는 에너지 전환정책이 전체 OECD국가에서 이루어지고 있지 않은 점과, 본격적인 전환정책의 성과가 발효되지 않은 시점에서 점진한 이유이기도 하다. 그러나 화석에너지 의존도의 구성은 OECD국가들의 석탄의존도 감축정책으로 지속적으로 천연가스 중심으로 재편될 것으로 보이며, 재생에너지의 보급·확대 속도가 지속될 경우, 재생에너지의 1차에너지 분담률은 점증할 것으로 판단된다.

〈표 4-5〉 OECD국가의 에너지믹스 변화

	1차에너지소비(TPES) 구조변화 (백만TOE, 비중 %)						변화율(%)	
	1990	2000	2010	2016	2017	2018	90-10	10-18
1차에너지 소비 (TPES)	4,548.8 (100.0)	5,312.1 (100.0)	5,434.8 (100.0)	5,279.5 (100.0)	5,309.0 (100.0)	5,373.7 (100.0)	0.9	-0.1
화석에너지	83.8	82.5	80.7	79.8	79.6	79.4	0.7	-0.4
- 석탄	23.7	20.7	20.1	17.0	16.6	15.9	0.1	-3.0
- 석유	41.4	39.9	36.3	35.9	36.0	35.4	0.2	-0.4
- 천연가스	18.7	22.0	24.4	26.9	27.0	28.1	2.2	1.6
원전	10.0	11.1	11.0	9.7	9.6	9.6	1.4	-1.8
수력	2.2	2.2	2.1	2.3	2.3	2.3	0.7	0.6
재생에너지	0.6	0.7	1.1	2.2	2.4	2.6	3.9	10.9
- 지열	0.6	0.6	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5	3.5
- 태양풍력·조력	0.1	0.1	0.6	1.5	1.7	1.9	14.0	15.6
바이오·폐기물	3.3	3.5	5.0	5.9	6.0	6.1	3.0	2.4
열(Heat)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	4.0
전력수입	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	-6.4

자료: IEA(2019), World Energy Balances and Statistics, World Energy Balances, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=enestats-data-en&doi=data-00514-en
(검색일: 2019.11.20.)에 기초하여 저자 작성

에너지전환 추진으로 인한 에너지시스템 구조 변화는 전원(발전설비 및 전력생산)믹스 변화에 가장 잘 반영되고 있다. 전원구조(특히, 발전설비)는 에너지시스템의 핵심구조이며, 장기 전원개발 계획에 의해 실현되며, 향후 에너지공급 구조를 결정하는 요인으로 작용한다. 현재의 전원믹스의 구조는 지난 수년간의 전력시스템 개편의 결과이며, 향후 전력생산 구조를 물리적으로 결정하는 특성을 가지고 있다.

〈표 4-6〉 OECD국가의 전원(설비 및 발전량)믹스 변화

	1990	2000	2010	2016	2017	2018	변화율(%)	
							90-10	10-17
총 발전설비 용량(GW, %)	1,737.2 (100.0)	2,085.7 (100.0)	2,656.7 (100.0)	2,953.0 (100.0)	3,012.6 (100.0)	n.a	2.1	1.8
화력발전	62.3	63.9	64.2	57.4	56.6	n.a	2.3	0.0
원전	15.5	14.6	11.8	10.2	9.9	n.a	0.8	-0.7
수력	21.7	20.4	17.2	16.6	16.3	n.a	1.0	1.1
재생에너지	0.4	1.1	6.8	16.6	17.1	n.a	17.5	16.2
기타(연료전지)	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	n.a	17.1	13.3
총 전력생산량 (TWh, %)	7,735.9 (100.0)	9,823.6 (100.0)	11,001.2 (100.0)	11,022.8 (100.0)	11,051.0 (100.0)	11,173.2 (100.0)	1.8	0.1
화력발전	60.8	61.8	62.8	60.4	59.5	58.6	1.9	-0.7
화석연료	59.2	60.3	60.4	57.2	56.2	55.3	1.9	-1.0
(석탄)	40.1	38.5	34.0	27.6	27.2	25.6	0.9	-3.1
(석유)	9.1	6.0	2.8	2.2	2.0	1.8	-4.0	-4.7
(천연가스)	10.1	15.8	23.5	27.4	27.0	27.9	6.2	2.0
바이오-폐기물	1.6	1.5	2.4	3.2	3.3	3.3	4.0	4.5
원전발전	22.6	23.0	20.8	17.8	17.7	17.7	1.4	-2.2
수력	15.9	14.4	12.9	13.4	13.3	13.4	0.7	0.4
재생에너지	0.4	0.6	3.1	8.0	9.2	10.1	12.4	16.8
(지열)	0.4	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	2.1	2.9
(태양광)	0.0	0.0	0.3	2.0	2.5	2.9	20.7	35.5
(풍력)	0.0	0.3	2.4	5.5	6.3	6.7	23.7	14.6

자료: IEA(2019), Electricity Information, Net Electrical capacity, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=elect-data-cn&doi=data-00460-cn(검색일: 2019.11.20.)에 기초하여 저자 작성

OECD의 발전설비 규모는 2010년 이후 2017년까지 연평균 1.8% 속도로 증가하여 왔으며, 전원설비 구성에서 많은 변화를 보여주고 있다. 가장 주목할 점으로 화력발전 설비 규모는 정체 상태를 유지한 반면, 설비 전원믹스에서 화력발전의 비중은 2010년 64.2%에서 2017년 56.6%로 7.6%p 하락했다는 점이다. 동기간 수력 발전설비 규모는 연평균 1.1% 증가한 반면, 원전 설비는 0.7% 속도로 감소하였다. 수력 발전설비의 규모는 증가하였으나, 발전설비 비중은 2017년까지 16.3% 수준으로 오히려 감소하였고, 원전의 설비 비중도 감소하여 2017년 9.9%에 이르게 되었다(<표 4-6> 참조).

반면, 재생에너지 발전설비 규모는 연평균 16.2% 증가를 기록하였고, OECD국가의 전력시스템 변화에 크게 영향을 미쳤다. 특히, 재생에너지 발전설비의 전원설비 비중은 2017년 17.1%를 기록하고 있으며, 이는 전원설비 기준으로 볼 때, 재생에너지가 제2의 전원설비로 자리하게 되었음을 의미한다.

한편, 발전량 기준 전원믹스 변화를 살펴보면, 전력생산량은 2010년 이후 2017년까지 0.1% 증가 추세를 기록하였다. 1990~2010년 기간 중, 전력발전량이 1.8% 증가한 것에 비하면, 발전량 증가 속도도 둔화되었다. 한편, 화석에너지의 전원(발전량) 비중은 2010년 62.8%에서 2018년 58.6%로 하락하였다. 특히, 석탄화력 비중은 2010년 34.0%에서 2018년 25.6%로 급격하게 하락한 반면, 동기간 천연가스 전원 비중은 4.4%p 증가하였음을 알 수 있다. 즉, 발전전원의 화석에너지 의존도 구조에서 천연가스가 석탄을 대체하는 현상이 발생한 것으로 분석된다.

한편, 원전의 전원비중은 2010년 20.8%에서 2017년 17.7%로 하락

하였으나, 설비기준 전원 비중에 비하여 전원믹스(발전량)에서 큰 역할을 담당하고 있다. 이는 원전 발전시스템의 물리적 특성으로 높은 가동률이 유지되어야 하며, 기저부하용으로 원전 발전전력이 활용되는 특성이 반영된 결과이다. 수력은 2010년 이후 13%내외의 전력생산 분담률을 유지하고 있으며, OECD국가의 매우 안정적인 전원으로 역할하고 있다.

재생에너지 발전량은 2010년 이후 2017년까지 연평균 16.8% 증가하였으며, 특히 태양광 발전량은 35.5%의 연평균 증가율을 시현하였다. 재생에너지 전원 발전량 비중은 2010년 3.1%에서 2018년 10.1%로 매우 빠른 증가를 시현하였으며, 이는 OECD국가들의 재생에너지 보급·확대 정책 결과이며, 향후 재생에너지원 전원비중의 변화 방향성을 암시하고 있다.¹⁷⁸⁾

5.2 독일

독일은 에너지 전환정책을 주도하고 있는 대표적 국가로서 2010년 이후 에너지수요 감축 및 脫원전 추진, 청정에너지 보급·확대로 대표되는 에너지믹스 변화를 시현하고 있다. 독일의 에너지소비(1차에너지 소비 기준)는 2010년 이후 연평균 1.1% 속도로 감소추세를 시현하였으며, 이는 1990~2010년 기간의 0.4% 감축속도를 크게 초월한 결과이다. 에너지소비의 절대적 수준 감축은 에너지 전환정책의 우선적인 성과로 분석된다.

178) 2017년 재생에너지 발전량 비중은 9.2%에 달하고 있으나, 설비비중 17.1%에 크게 미치지 못하고 있다. 이는 재생에너지 발전설비의 간헐적·계절적 발전 특성이 반영된 결과로서 전원구조를 설비 구조와 발전량 구조로 분리해서 판단해야 하는 이유이기도 하다.

독일의 脫원전 추진 성과는 원전의 에너지믹스 비중 하락으로 시현되었다. 원전 비중은 2010년 11.2%에서 2018년 6.6%로 축소되어, 3.6%p 하락을 기록하였으며, 이는 2011년 이후 2022년까지 독일이 추진하고 있는 脫원전 추진의 에너지믹스 변화효과로 해석된다.

또한 독일의 석탄의존도¹⁷⁹⁾ 감축과 재생에너지의 분담률 증가는 에너지시스템의 청정화가 진전되고 있음을 설명하고 있다. 석탄의존도는 2010년 24.2%에서 2018년 22.5%로 하락하였으며, 동기간 중 석탄소비 감소는 연평균 2.0%에 달하였다. 2010년 이후 독일의 재생에너지의 에너지믹스 비중은 전 세계적으로 가장 빠른 증가를 시현하였으며, 2018년 4.9%에 달하게 되었다. 재생에너지 비중의 증가폭(3.4%p)은 원전 비중의 축소(3.6%p)에 상응하는 규모로서 2010년 이후 재생에너지가 원전의 역할을 대체하는 규모로 성장하고 있음을 나타내고 있다(<표 4-7> 참조).

독일의 에너지 전환정책 성과를 전원설비 기준으로 살펴보면, 2010년 이후의 전환정책의 결과가 보다 분명하게 부각된다. 독일의 발전설비 규모는 2010년 162.9GW에서 2017년 215.5GW로 연평균 4.1% 증가를 기록하였다. 전원설비의 증가속도는 1990~2010년 기간의 2.5% 증가 속도를 능가하였으며, 전원설비 구조가 크게 개편되었다. 2010년 이후 화력 전원설비 규모는 1.5% 증가를 기록하고 있으나, 화력의 전원설비 비중은 2010년 52.7%에서 2017년 44.1%로 축소되었다. 2010년 이후 원전 설비규모는 2017년까지 연평균 8.7% 감축되었으며, 결과적

179) 독일의 화석에너지 의존도는 미세한 하락을 시현하였으나, 석탄소비가 천연가스로 대체되어 화석에너지 의존도의 구성이 변화하는 모습을 시현하였다. 천연가스 소비는 소폭 감소추세를 시현하였으나, 1차에너지 소비 비중은 2010년 23.3%에서 2018년 24.0%로 미세하게 증가를 기록하였다.

으로 원전의 전원 설비비중은 2010년 12.6%에서 2017년 5.0%로 축소되었다.

반면, 2010년 이후 재생에너지 전원설비 규모는 연평균 11.8% 증가를 기록하였고, 재생에너지 전원설비 비중이 2010년 25.7%에서 2017년 45.5%로 19.8%p 증가하여 전원믹스 구조 변화를 시현하였다. 독일의 전원설비 총규모의 확장은 원전설비의 퇴조에도 불구하고, 재생에너지 전원설비의 대폭적인 상승에 기인하며, 이는 에너지 전환정책의 결과로 분석된다.

한편, 전원믹스 변화를 전력발전량 기준으로 살펴볼 경우에도 전원구조가 크게 변화한 결과가 나타나고 있다. 독일의 발전량 규모는 2010년 이후 2017년까지 연평균 0.5% 속도로 증가하였다. 화석발전 비중은 2010년 65.3%에서 2017년 61.8%로 축소되었으며, 특히, 석탄화력 전원비중은 동기간 4.5%p의 하락하였다. 원전 발전비중은 2010년 22.2%에서 2017년 절반수준인 11.7%로 축소되었다. 원전의 전원설비 비중이 2018년 5.0%인데 반해, 발전 비중은 11.7%에 달하고 있는 것은 원전 발전설비의 기술적 특성¹⁸⁰⁾이 반영된 결과이다. 반면, 재생에너지 발전량 비중은 2010년 7.8%에서 2017년 22.2%까지 확대되었다.¹⁸¹⁾ 특히, 주목되고 있는 독일의 재생에너지 전원은 풍력발전 전원으로 2017년 총 전원규모(발전량)에서 16.2%를 점하고 있다. 풍력발전 비중은 2010년

180) 원전 발전설비는 가동을 시작하면 일정기간 동안 가동의 지속성을 유지해야하는 기술적 특성을 보유하고 있으며, 전력수요 변화에 맞추어 가동여부를 결정하는 변동성 전원의 특성을 보유하고 있지 않다. 따라서 원전에서 생산된 전력은 일반적으로 기저부하용 수요에 우선 충당하는 공급특성을 가지며, 이에 따라 높은 설비가동률로 인해 전원의 설비 비중과 발전량 비중에서 현격한 격차가 발생하는 것이 특징이다.

181) 재생에너지 전원비중은 특정 회계연도의 총발전량에서 재생에너지 발전량 총계의 비중을 의미하며, 상시로 재생에너지 전력비중이 특정 수준(2017년: 22.7%)에서 유지되고 있음을 의미하지는 않는다.

6.0%에서 급격하게 증가한 것을 의미하며, 2017년 기준으로 볼 때, 원전·수력 발전 비중을 증가하는 수준으로 증가하였다는 점이다. 이는 독일의 에너지 전환정책 성과가 재생에너지 발전 비중 확대에 시현된 결과로 해석된다(<표 4-8> 참조).

〈표 4-7〉 독일의 에너지믹스 변화(1990~2018)

독일	1차에너지소비(TPES) 구조변화 추이 (백만TOE, 비중 %)						변화율(%)	
	1990	2000	2010	2016	2017	2018	90-10	10-18
1차에너지 소비 TPES(%)	351.2 (100.0)	336.6 (100.0)	326.4 (100.0)	310.1 (100.0)	311.3 (100.0)	298.3 (100.0)	-0.4	-1.1
화석에너지	86.8	83.6	79.5	80.3	80.2	79.3	-0.8	-1.2
- 석탄	36.6	25.2	24.2	24.9	22.9	22.5	-2.4	-2.0
- 석유	34.6	37.1	32.1	32.7	33.1	32.8	-0.7	-0.8
- 천연가스	15.7	21.3	23.3	22.7	24.2	24.0	1.6	-0.7
원전	11.3	13.1	11.2	7.1	6.4	6.6	-0.4	-7.4
수력	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.9	-1.9
재생에너지	-	-	1.5	3.5	4.3	4.9	-	14.8
- 지열	-	-	0.0	0.1	0.1	0.1	-	14.2
- 태양광·풍력·조력	0.0	0.3	1.5	3.5	4.2	4.8	31.4	14.8
바이오-폐기물	1.4	2.3	7.6	9.9	10.0	10.1	8.6	2.4
열(Heat)	-	-	-	-	-	-	-	-100
전력수입	0.0	0.1	-0.4	-1.4	-1.4	-1.4	-	15.9

자료: IEA(2019), World Energy Balances and Statistics, World Energy Balances, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=enestats-data-en&doi=data-00514-en
(검색일: 2019.11.20.)에 기초하여 저자 작성

〈표 4-8〉 독일의 전원(설비 및 발전량)믹스 변화

	1990	2000	2010	2016	2017	2018	변화율(%)	
							90-10	10-17
총 발전설비 용량(GW, %)	99.1 (100.0)	118.9 (100.0)	162.9 (100.0)	208.5 (100.0)	215.5 (100.0)	-	2.5	4.1
화력발전	69.1	68.0	52.7	45.9	44.1	-	1.1	1.5
원전	22.6	18.8	12.6	5.2	5.0	-	-0.5	-8.7
수력	8.3	8.0	6.9	5.4	5.2	-	1.6	-0.1
재생에너지	0.1	5.2	27.6	43.3	45.5	-	40.5	11.8
기타(연료전지)	-	-	0.3	0.2	0.2	-	-	-2.8
총 전력생산량(TWh)	550.0	576.5	633.0	649.1	653.7	649.9	0.7	0.5
화력발전	68.7	64.4	65.3	64.6	61.8	60.0	0.5	-0.3
화석연료	67.7	62.7	58.9	55.7	52.9	51.0	0.0	-1.0
(석탄)	58.5	52.8	43.2	42.1	38.7	37.2	-0.8	-1.1
(석유)	1.9	0.8	1.4	0.9	0.9	0.8	-0.9	-6.2
(천연가스)	7.4	9.1	14.3	12.7	13.4	13.1	4.1	-0.4
바이오-폐기물	0.9	1.8	6.4	9.0	8.9	9.0	10.8	5.3
원전발전	27.7	29.4	22.2	13.0	11.7	11.7	-0.4	-8.4
수력	3.6	4.5	4.3	4.0	4.0	3.7	1.6	-0.6
재생에너지	0.0	1.6	7.8	18.0	22.2	24.3	38.8	16.6
(지열)	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-	27.0
(태양광)	-	0.0	1.9	5.9	6.0	7.1	-	18.9
(풍력)	0.0	1.6	6.0	12.1	16.2	17.2	37.0	15.8

자료: IEA(2019), Electricity Information, Net Electrical capacity, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=elect-data-en&doi=data-00460-en(검색일: 2019.11.20.)
에 기초하여 저자 작성

5.3 영국

영국은 에너지효율 증대를 통한 에너지수요 감축, 발전부문의 脫석탄 실현, 원전의 적정 역할 유지를 기조로 하는 에너지 전환정책을 추진하고 있으며, 청정에너지 전략을 통해 온실가스 감축을 주도하여 청정에너지시스템 국가로 국제적 위상 확보를 도모하고 있다.

영국의 에너지소비(1차에너지 소비 기준)는 2010년 이후 2018년까지 연평균 1.7% 속도로 감소추세를 시현하였으며, 이는 1990~2010년 기간의 0.1% 감축속도와 크게 대비되는 결과로 분석된다. 영국 에너지소비의 절대적 수준 감축은 에너지 전환정책의 대표적인 성과로 판단된다.

또한 영국 에너지 전환정책 추진의 대표적인 성과는 화석에너지 의존도 감축이다. 화석에너지 의존도는 2010년 88.1%에 달한 바 있으나, 2018년 77.2%로 10.9%p 하락하는 구조변화를 기록하였다. 특히, 화석에너지 의존도 하락은 석탄의존도의 대폭적인 축소 결과에 의해 시현된 점이다. 영국은 석탄의존도 감축을 위해 석탄화력 발전설비의 가동을 중단하였고, 이의 성과로 석탄의존도가 2010년 15.2%에서 2018년 4.5%로 감축되었다. 석탄 소비는 2010년부터 2018년까지 연평균 15.6% 속도로 축소되었으며, 이는 에너지소비의 지속적 감축효과에 더해져서 에너지믹스 변화에 가장 큰 요인으로 작용하였다(<표 4-9> 참조).

한편, 원전 역할의 지속적 유지정책은 원전의 에너지믹스 비중 증가로 나타났다. 에너지믹스에서 원전 비중은 2010년 7.9%를 차지하였으나, 2010년 이후 연평균 0.6% 증가하여 2018년 분담률은 9.6% 수준에 달하고 있다. 또한 영국의 에너지믹스에서 주목되는 변화는 바이오·폐기물의 비중이 크게 증가하였다는 점이다. 바이오·폐기물의 에너지믹스 비중은 2010년 3.2%에서 2018년 8.6%로 증가하여, 석탄에너지

지 의존도 감축을 대체한 것으로 분석된다. 바이오·폐기물 에너지원이 영국의 중요한 에너지원으로 등장한 것은 발전 부문에서 석탄 화력이 바이오·폐기물 발전으로 전환된 결과로 판단된다. 또한 2010년 이후 영국의 재생에너지의 에너지믹스 비중도 지속적으로 증가하여 2018년 3.4%에 달하게 되었으며, 재생에너지 비중의 증가폭은 2.9%p로 바이오·폐기물 비중 증가폭(5.4%p) 다음으로 에너지믹스 변화에 영향을 미쳤다.

영국의 에너지 전환정책 성과를 전원설비 기준으로 살펴보면, 2010년 이후의 전환정책의 결과가 돌출되어 보인다. 발전설비 규모는 2010년 93.7GW에서 2017년 103.5GW로 연평균 1.4% 증가를 기록하였다. 그러나 전원설비의 구조는 매우 현격한 변화를 시현하였다. 2010년 이후 화력 전원설비 규모는 연평균 3.5% 감소추세를 기록하였으며, 이의 결과로 화력의 전원설비 비중은 2010년 77.8%에서 2017년 55.0%로 축소되었다. 2010년 이후 원전 설비규모는 2017년까지 연평균 2.1% 감축되었으며, 결과적으로 원전의 전원 설비비중은 2010년 11.6%에서 2017년 9.0%로 축소되었다. 반면, 2010년 이후 재생에너지 전원설비 규모는 연평균 28.9% 증가를 기록하였고, 이의 결과로 재생에너지 전원설비 비중이 2010년 5.9%에서 2017년 31.5%로 25.6%p 증가하는 구조변화를 시현하였다. 영국의 전원설비 구조 변화는 화력발전설비 퇴조와 이를 능가하는 규모의 재생에너지 전원설비 확대로 요약된다.

한편, 전원믹스 변화를 발전량 기준으로 볼 때, 보다 현격한 변화를 보여주고 있다. 영국의 발전량 규모는 2010년 이후 2017년까지 연평균 1.7% 속도로 축소되었다. 발전량 규모 축소는 2010년 이후 에너지소비 및 전력 수요 감소가 반영된 것으로 판단된다. 화석발전 비중은

2010년 79.3%에서 2017년 58.4%로 축소되었으며, 특히, 석탄화력 발전비중은 2010년 28.5%에서 2017년 6.9%로 21.6%p 급감하였다. 동기간 석탄화력 발전량이 연평균 19.8% 감소한 것은 영국의 脫석탄 정책 성과로 판단된다.

전원믹스에서 화력발전 구조에서 주목되는 사항은 바이오·폐기물 화력발전이 크게 증가하였다는 점이다. 바이오·폐기물 화력발전 규모는 2010년 이후 연평균 14.8% 증가를 기록하였으며, 결과적으로 2017년 발전량 기준 전원비중은 10.7%에 달하게 되었다. 바이오·폐기물 발전이 증가한 이유는 영국의 석탄화력 발전설비가 우드펠릿 혼소발전소로 일부 전환된 결과에 기인한다(<표 4-10> 참조).

〈표 4-9〉 영국의 에너지믹스 변화(1990~2018)

영국	1차에너지소비(TPES) 구조변화 추이 (백만TOE, 비중 %)						변화율(%)	
	1990	2000	2010	2016	2017	2018	90-10	10-18
1차에너지 소비 TPES, (%)	205.9 (100.0)	223.0 (100.0)	203.7 (100.0)	179.2 (100.0)	175.9 (100.0)	176.9 (100.0)	-0.1	-1.7
화석에너지	90.6	88.4	88.1	79.4	78.5	77.2	-0.2	-3.4
- 석탄	30.6	16.4	15.2	6.6	5.4	4.5	-3.5	-15.6
- 석유	37.1	32.8	31.3	34.1	34.5	34.3	-0.9	-0.6
- 천연가스	22.9	39.2	41.6	38.8	38.6	38.4	3.0	-2.7
원전	8.3	9.9	7.9	10.4	10.4	9.6	-0.3	0.6
수력	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	-1.8	5.3
재생에너지	0.0	0.0	0.5	2.3	3.0	3.4	25.4	26.5
- 지열	-	-	-	-	-	-	-	-
- 태양광 풍력·조력	0.0	0.0	0.5	2.3	3.0	3.4	25.4	26.5
바이오·폐기물	0.3	0.9	3.2	6.7	7.1	8.6	12.4	11.1
열(Heat)	-	-	-	-	-	-	-	-
전력수입	0.5	0.5	0.1	0.9	0.7	0.9	-7.2	27.8

자료: IEA(2019), World Energy Balances and Statistics, World Energy Balances, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=enestats-data-cn&doi=data-00514-en
(검색일: 2019.11.20.)에 기초하여 저자 작성

한편, 재생에너지 발전량 전원비중은 2010년 2.1%에서 2017년 18.2%까지 확대되었다. 특히, 주목되고 있는 영국의 재생에너지 전원은 풍력발전으로 2017년 총 전원규모(발전량)에서 14.8%를 점하고 있다. 풍력발전 전원비중은 2010년 2.7%에서 급격하게 증가한 것을 의미하며, 영국이 재생에너지 보급·확대 정책을 풍력발전에 주력한 결과가 반영된 것으로 분석된다.

〈표 4-10〉 영국의 전원(설비 및 발전량)믹스 변화

	1990	2000	2010	2016	2017	2018	변화율(%)	
							90-10	10-17
총 발전설비 용량(GW, %)	73.2 (100.0)	78.4 (100.0)	93.7 (100.0)	97.5 (100.0)	103.5 (100.0)	n.a	1.2	1.4
화력발전	79.2	78.1	77.8	56.8	55.0	n.a	1.2	-3.5
원전	15.5	15.9	11.6	9.7	9.0	n.a	-0.2	-2.1
수력	5.3	5.4	4.7	4.7	4.5	n.a	0.6	0.7
재생에너지	0.0	0.5	5.9	28.8	31.5	n.a	37.1	28.9
기타(연료전지)	-	-	-	-	-	n.a	-	-
총 전력생산량 TWh, (%)	319.7 (100.0)	377.1 (100.0)	382.1 (100.0)	339.3 (100.0)	338.3 (100.0)	333.9 (100.0)	0.9	-1.7
화력발전	77.2	75.1	79.3	62.4	58.4	57.2	1.0	-5.9
화석연료	77.0	73.9	75.7	52.1	47.8	45.1	0.8	-8.0
(석탄)	64.6	32.4	28.5	9.3	6.9	5.3	-3.2	-19.8
(석유)	10.8	2.2	1.3	0.6	0.5	0.5	-9.4	-14.5
(천연가스)	1.6	39.3	46.0	42.3	40.4	39.4	19.5	-3.5
바이오·폐기물	0.2	1.2	3.6	10.3	10.6	12.0	16.2	14.8
원전발전	20.6	22.6	16.3	21.1	20.8	19.5	-0.3	1.8
수력	2.2	2.1	1.8	2.5	2.6	2.4	-0.3	3.9
재생에너지	0.0	0.3	2.7	14.0	18.2	21.0	41.5	29.0
(지열)	-	-	-	-	-	-	-	-
(태양광)	-	-	0.0	3.1	3.4	3.9	-	124.6
(풍력)	0.0	0.3	2.7	11.0	14.8	17.1	41.5	25.3

자료: IEA(2019), Electricity Information, Net Electrical capacity, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=elect-data-en&doi=data-00460-en(검색일: 2019.11.20.)에 기초하여 저자 작성

5.4 프랑스

프랑스는 2016년 에너지전환을 위한 장기에너지계획의 우선적인 목표로 온실가스 배출을 2020년까지 1990년 대비 40% 감축하는 것을 설정하였다. 이를 위해 화석에너지 의존도는 2030년까지 30% 수준으로 축소하며, 최종에너지 소비를 2030년까지 2012년 대비 20% 감축하기로 하였다. 또한 자국의 과도한 원전 전원비중을 2025년까지 50%수준으로 감축하는 것을 목표로 하였다. 프랑스의 에너지 전환정책 이행에 따른 에너지믹스 변화는 에너지수요 감축 및 화석에너지 의존도 감축, 재생에너지의 1차에너지 비중 제고 측면에서 확인되고 있다.

프랑스의 에너지소비(1차에너지 소비 기준)는 2010년 이후 2018년까지 연평균 0.9% 속도로 감소추세를 나타냈으며, 이는 1990~2010년 기간의 0.8% 증가속도에서 추세변화가 발생하였음을 의미한다. 특히, 2018년 에너지소비 수준이 2010년 대비 감축된 것은 대표적인 에너지 전환정책 성과로 해석된다.

프랑스의 화석에너지 의존도는 2010년 50.1% 수준으로 OECD국가의 80.7%에 비하여 이미 월등히 낮은 구조를 실현하고 있었다. 프랑스가 낮은 화석에너지 의존도를 확보할 수 있었던 이유는 자국의 에너지시스템이 원전 중심으로 구축·운영되었기 때문이다. 여기에 더하여 2010년 이후 화석에너지 소비가 1차에너지 소비 감소 속도(-0.9%)를 능가한 1.6% 감소를 기록함에 따라, 화석에너지 의존도가 감축될 수 있는 여지가 마련되었으며, 특히, 석탄 소비는 연평균 3.4% 감소하여 석탄 의존도가 3.7%로 하락하게 되었다(<표 4-11> 참조).

한편, 원전의 에너지믹스 비중은 2010년 42.5%에서 2018년 43.9%로 오히려 증가하는 결과가 시현되었다. 2010년 이후 원전은 연평균

0.5% 속도로 감소되어 왔으나, 에너지소비의 절대적인 수준 감소와 석탄 및 석유, 천연가스 등의 화석에너지원 소비 감소가 원전 보다 큰 폭으로 감소함에 따라 원전 의존도는 오히려 증가하였다.

또한 프랑스의 에너지믹스에서 재생에너지의 비중도 개선되고 있는 것으로 분석된다. 재생에너지의 비중은 2010년 0.4%에서 2018년 1.6%까지 증가하였으며, 이는 동기간 재생에너지가 연평균 16.4% 증가하였기 때문이다. 또한 바이오·폐기물의 에너지믹스 비중도 2010년 6.0%에서 2018년 7.2%로 증가하였다. 프랑스 에너지 수급구조 변화에서 가장 주목되는 점은 프랑스가 자국의 원전 전력생산 능력을 활용하여 생산된 전력을 인근 유럽국가에 공급하는 구조가 심화되고 있다는 점이다. 이는 2018년 기준 프랑스의 1차에너지 소비의 2.2%에 해당하는 에너지가 전력공급 형태로 인근 국가로 수출되고 있음을 의미한다. 2010년 이후 프랑스의 전력수출 규모는 연평균 9.4% 속도로 증가하여 왔으며, 수출전력¹⁸²⁾이 모두 원전 발전량일 경우, 2018년 원전의 1차에너지 비중은 46.1%에 달하는 것으로 해석된다.¹⁸³⁾

프랑스의 에너지 전환정책 성과를 전원설비 기준으로 살펴보면, 발전설비 규모는 2010년 124.1GW에서 2017년 133.1GW로 연평균 1.0% 증가를 기록하였다. 가장 특징적인 변화는 전원설비의 구조가 재생에너지 전원중심으로 크게 개편되었다는 점이다. 2010년 이후 화력

182) 프랑스는 자국에서 생산된 전력을 유럽 전력망을 통해 인근 국가에 수출하고 있으며, 수출되는 전력은 주로 원전으로부터 생산된 전력으로 판단된다. 전력은 일단 전력망에 연계될 경우, 타 전원에서 생산된 전력과 구별될 수 없기에 순수 원전 전력만이 수출되었다 판단하는 것은 무리가 있다. 그러나 원전 발전의 기술적 특성(기저부하용 전력 수요 충당 및 낮은 발전 단가 등)을 감안하지 않을 경우, 생산전력을 수출할 경제적 유인이 존재하지 않는 점을 고려할 때, 수출 전력을 원전 전원으로 판단하는 것은 무리가 없을 것으로 판단한다.

183) 2018년 프랑스의 원전 분담률(46.1%)은 1차에너지의 원전 비중(43.9%)과 전력 수입(-) 비중(2.2%)을 합계한 개념이다.

전원설비 규모는 연평균 3.6% 감소추세를 기록하였으며, 이의결과로 화력의 전원설비 비중은 2010년 22.9%에서 2017년 16.5%로 축소되었다. 2010년 이후 원전 설비규모는 크게 변화하지 않았으나, 원전의 전원 설비비중은 2010년 50.9%에서 2017년 47.4%로 축소되었다. 반면, 2010년 이후 재생에너지 전원설비 규모는 연평균 18.0% 증가를 기록하였고, 이의 결과로 재생에너지 전원설비 비중이 2010년 5.5%에서 2017년 16.6%로 11.1%p 증가하는 구조변화를 보였다. 화력발전 설비 규모의 축소와 이를 초과하는 규모의 재생에너지 전원설비 확대는 프랑스의 전원설비 구조변화를 대표하는 내용으로 판단된다.

한편, 전원믹스 변화를 발전량 기준으로 볼 때, 화석에너지 전원구조 변화에서 석탄과 천연가스의 역할 대체가 현격하게 시현되었다. 프랑스의 발전량 규모는 2010년 이후 2017년까지 연평균 0.2% 속도로 감소되었다. 화석발전 비중은 2010년 10.9%에서 2017년 13.0%로 증가하였으나, 석탄화력 비중은 2010년 4.6%에서 2017년 2.7%로 하락하였다. 동기간 석탄화력 발전량은 연평균 7.7% 감소한 것이 프랑스의 脫석탄 정책 성과로 판단된다. 화석에너지 전원 변화에서 주목되는 사항은 천연가스 화력발전이 크게 증가하였다는 점이다. 천연가스 화력발전 규모는 2010년 이후 연평균 7.9% 증가를 기록하였으며, 결과적으로 2017년 발전 비중은 7.2%에 달하게 되었다.

원전의 발전 비중은 2010년 75.3%에서 2017년 70.9%까지 축소되었다. 동기간 중 원전 발전량은 연평균 1.0%의 감소율을 기록하였으며, 이는 1차에너지 감소를(0.9%)에 상응하는 규모에 해당하였다. 프랑스 전환정책의 대표적인 목표는 원전 발전량의 비중 축소이나, 원전 발전량이 에너지소비 감축 속도와 동일한 수준으로 감축된 바, 원전 의존

도 감축목표(2025년: 원전 비중 50% 수준으로 축소) 달성이 어려울 것이라는 판단의 근거가 되었다.

프랑스의 재생에너지 발전량 비중은 2010년 1.9%에서 2017년 6.1% 까지 확대되었다. 특히, 주목되고 있는 프랑스의 재생에너지 전원은 풍력 전원으로 2017년 총 발전량에서 4.4%를 점하고 있다. 풍력발전 비중은 2010년 1.7%에서 급격하게 증가한 것을 의미하며, 풍력 전원이 프랑스의 중요한 재생에너지 전원으로 위상을 확보해 가고 있는 것으로 판단된다. (<표 4-12> 참조).

〈표 4-11〉 프랑스 에너지믹스 변화(1990~2018)

프랑스	1차에너지소비(TPES) 구조변화 추이 (백만TOE, 비중 %)						변화율(%)	
	1990	2000	2010	2016	2017	2018	90-10	10-18
1차에너지 소비 TPES, (%)	223.8 (100.0)	251.7 (100.0)	262.9 (100.0)	247.3 (100.0)	247.1 (100.0)	245.3 (100.0)	0.8	-0.9
화석에너지	58.1	52.8	50.1	48.4	48.9	47.2	0.1	-1.6
- 석탄	9.0	5.9	4.5	3.7	4.0	3.7	-2.6	-3.4
- 석유	37.5	32.7	29.3	29.2	29.4	28.5	-0.4	-1.2
- 천연가스	11.6	14.2	16.2	15.5	15.6	15.0	2.5	-1.8
원전	36.6	43.0	42.5	42.5	42.0	43.9	1.6	-0.5
수력	2.1	2.3	2.1	2.1	1.7	2.3	0.8	0.5
재생에너지	0.1	0.1	0.4	1.3	1.4	1.6	9.9	16.4
- 지열	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	2.2	11.6
- 태양광·풍력·조력	0.0	0.0	0.4	1.1	1.3	1.5	14.3	17.1
바이오-폐기물	4.9	4.3	6.0	7.2	7.2	7.2	1.8	1.6
열(Heat)	-	-	-	-	-	-	-	-
전력수입	-1.7	-2.4	-1.0	-1.4	-1.4	-2.2	-1.9	9.4

자료: IEA(2019), World Energy Balances and Statistics, World Energy Balances, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oeid_bv_id=enestats-data-en&doi=data-00514-en
(검색일: 2019.11.20.)에 기초하여 저자 작성

〈표 4-12〉 프랑스의 전원(설비 및 발전량)믹스 변화

	1990	2000	2010	2016	2017	2018	변화율(%)	
							90-10	10-17
총 발전설비 용량(GW, %)	103.3 (100.0)	114.5 (100.0)	124.1 (100.0)	133.1 (100.0)	133.1 (100.0)	n.a	0.9	1.0
화력발전	21.9	22.6	22.9	18.7	16.5	n.a	1.1	-3.6
원전	53.9	55.2	50.9	47.4	47.4	n.a	0.6	0.0
수력	23.9	22.0	20.5	19.3	19.3	n.a	0.2	0.2
재생에너지	-	0.0	5.6	14.4	16.6	n.a	-	18.0
기타(연료전지)	-	-	-	-	-	-	-	-
총 전력생산량 (TWh, %)	420.8 (100.0)	540.0 (100.0)	569.3 (100.0)	564.4 (100.0)	562.1 (100.0)	580.7 (100.0)	1.5	-0.2
화력발전	11.6	9.8	10.9	11.4	13.0	9.9	1.2	2.4
화석연료	11.2	9.2	9.8	9.6	11.2	8.0	0.8	1.8
(석탄)	8.4	5.7	4.6	2.2	2.7	1.6	-1.5	-7.7
(석유)	2.1	1.3	1.0	1.2	1.3	1.0	-2.2	4.3
(천연가스)	0.7	2.1	4.2	6.2	7.2	5.5	10.8	7.9
바이오-폐기물	0.4	0.7	1.1	1.8	1.8	1.8	7.1	6.7
원전발전	74.6	76.9	75.3	71.4	70.9	71.1	1.6	-1.0
수력	13.6	13.2	11.9	11.6	9.8	12.1	0.8	-2.9
재생에너지	-	0.0	1.9	5.4	6.1	6.7	-	18.4
(지열)	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-
(태양광)	-	0.0	0.1	1.5	1.7	1.8	-	47.8
(풍력)	-	0.0	1.7	3.8	4.4	4.9	-	13.9

자료: IEA(2019), Electricity Information, Net Electrical capacity, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=elect-data-en&doi=data-00460-en(검색일: 2019.11.20.)에 기초하여 저자 작성

5.5 일본

일본은 2011년 후쿠시마 사태 이후 급격한 에너지가격 변동과 에너지 자립도 저하를 경험하였으며, 5차 에너지기본계획 하에 안정적인 에너지공급 확충, 화석에너지 의존도 축소, 온실가스 배출 감축, 에너지자급률 제고 등을 추진하고 있다. 2010년 이후 일본의 에너지믹스 변화는 에너지수요의 절대적인 감축을 반영하고 있으며, 원전 가동 중단으로 인한 화석에너지 의존도 심화를 특징으로 보여주고 있다.

일본의 에너지소비(1차에너지 소비 기준)는 2010년 이후 2018년까지 연평균 2.0% 속도로 감소 추세를 기록하였으며, 이는 1990~2010년 기간의 0.7% 증가속도에서 추세 반전이 발생된 것을 의미한다. 2011년 후쿠시마 원전사고 이후, 일본 에너지소비의 절대적 수준 감축은 에너지공급 위축에 따른 여파로 1차적으로 기인하였으나, 이후 에너지절약 및 효율개선을 통해 에너지수요 감축을 실현한 것은 일본의 대표적인 에너지정책 성과로 판단된다.

일본의 화석에너지 의존도는 2010년 80.6%로 OECD국가(80.7%)에 상응하는 수준을 유지하였으나, 2011년 이후 원전 가동 중단에 따른 여파로 화석에너지 의존도는 2016년 92.5%에 달하였다. 그러나 2013년 이후 원전이 부분적으로 재가동됨에 따라 화석에너지 의존도는 하락하기 시작하여 2018년 88.9%에 달하고 있다. 일본의 화석에너지 의존도 심화는 에너지소비가 감소되었음에도 불구하고, 에너지믹스의 석탄 비중이 2010년 23.0%에서 2018년 27.0%로 증가한 결과에 기인한다. 또한 일본이 원전의 대체 전원으로 천연가스 화력발전을 크게 확대한 결과, 천연가스의 에너지믹스 비중이 증가한 것도 화석에너지 의존도 심화를 야기한 원인으로 분석된다.

한편, 원전의 에너지믹스 비중은 2010년 15.0%에서 2016년 1.1%로 축소된 바 있으며, 부분적으로 원전이 재가동하게 됨에 따라 2018년 원전의 에너지믹스 비중은 4.0%로 회복되었다. 또한 일본의 에너지믹스에서 재생에너지의 비중은 2010년 0.7%에서 2018년 2.1%까지 증가하였으나, 바이오·폐기물의 에너지믹스 비중(3.4%)에는 달하지 못하고 있다(<표 4-13> 참조).

〈표 4-13〉 일본의 에너지믹스 변화(1990~2018)

일본	1차에너지소비(TPES) 구조변화 추이 (백만TOE, 비중 %)						변화율(%)	
	1990	2000	2010	2016	2017	2018	90-10	10-18
1차에너지 소비 TPES, (%)	438.7 (100.0)	518.2 (100.0)	501.4 (100.0)	427.1 (100.0)	432.0 (100.0)	426.8 (100.0)	0.7	-2.0
화석에너지	84.6	80.6	80.6	92.5	91.1	88.9	0.4	-0.8
- 석탄	17.5	18.7	23.0	27.3	27.0	27.0	2.1	0.0
- 석유	57.1	49.2	40.4	41.4	40.7	39.2	-1.0	-2.4
- 천연가스	10.1	12.7	17.1	23.8	23.4	22.7	3.4	1.5
원전	12.0	16.2	15.0	1.1	2.0	4.0	1.8	-17.0
수력	1.7	1.4	1.4	1.6	1.6	1.7	-0.2	-0.1
재생에너지	0.6	0.8	0.7	1.6	1.8	2.1	1.1	12.7
- 지열	0.4	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	2.1	-0.8
- 태양광·풍력·조력	0.3	0.2	0.2	1.1	1.3	1.6	-0.5	25.9
바이오·폐기물	1.0	1.0	2.3	3.2	3.5	3.4	4.8	2.7
열(Heat)	-	-	-	-	-	-	-	-
전력수입	-	-	-	-	-	-	-	-

자료: IEA(2019), World Energy Balances and Statistics, World Energy Balances, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=enestats-data-en&doi=data-00514-en
(검색일: 2019.11.20.)에 기초하여 저자 작성

일본의 전원구조 변화를 전원설비 기준으로 살펴보면, 발전설비 규모는 2010년 288.3GW에서 2017년 333.4GW로 연평균 2.0% 증가를 기록하였다. 주목되는 변화는 화력전원 설비가 2010년 이후 연평균 0.9% 속도로 증가하였다는 점이다. 이는 원전발전 설비를 가동하지 못하는 상황을 화력발전 설비 증설을 통해 전력생산을 추진한 결과로서, 영국 및 프랑스 등 에너지 전환정책 선도국의 전원설비 구조변화 방향에 역행한 결과가 되었다.¹⁸⁴⁾ 화력발전 전원 비중은 2010년 64.2%에서 2017년 58.9%로 하락하였지만, 절대적인 설비규모는 증가하였다는 점이 변화의 특이점으로 보인다. 또한 재생에너지 전원이 크게 확대된 점은 일본의 에너지 전환정책 결과로 평가된다. 2010년 이후 일본의 재생에너지 전원설비 규모는 연평균 33.3% 증가를 기록하였고, 이의 결과로 재생에너지 전원설비 비중이 2010년 2.2%에서 2017년 14.4%로 12.2%p 증가하는 구조변화를 보였다. 원전 발전설비 가동이 중단된 상황에서 재생에너지 전원설비가 크게 확대된 것이 일본 전원설비 구조 변화의 특징으로 대표되는 내용이다.

한편, 전원믹스 변화를 발전량 기준으로 볼 때, 화석에너지 전원구조의 변화에서 석탄과 천연가스의 발전비중이 크게 확대된 것이 일본의 발전량 구조변화의 특징으로 해석된다. 일본의 발전량 규모는 2010년 이후 2017년까지 연평균 1.3% 속도로 감소되었으나, 석탄 및 천연가스 발전량은 각각 연평균 1.8% 및 2.9% 증가하여 화석에너지 의존도가 심화될 수밖에 없는 요인이 되었다. 즉, 화석발전 비중은 2010년 65.0%에서 2017년 80.6%로 증가하였으며, 특히, 석탄화력 비중은

184) 2010년 이후 2017년까지 에너지 전환을 선도하는 대표적인 국가에서 영국과 프랑스의 화력전원 설비규모는 하락추세를 시현하였으나, 독일과 일본의 화력전원 규모는 증가하였다. 이는 독일은 탈원전 추진을 위해 화력전원을 확대한 결과이며, 일본은 원전전원의 가동중단을 화력전원 확대로 해소했기 때문이다.

2010년 26.6%에서 2017년 32.9%로 증가하였다. 동기간 천연가스 발전 비중은 27.8%에서 37.3%로 확대되었다. 한편, 원전의 발전 비중은 2010년 24.6%에서 2016년 1.7%로 하락한 이후, 2017년까지 3.1% 수준으로 회복되었다.

〈표 4-14〉 일본의 전원(설비 및 발전량)믹스 변화

	1990	2000	2010	2016	2017	2018	변화율(%)	
							90-10	10-17
총 발전설비 용량(GW), %	194.7 (100.0)	260.4 (100.0)	288.3 (100.0)	332.1 (100.0)	334.4 (100.0)	-	2.0	2.1
화력발전	64.2	64.5	64.2	59.7	58.9	-	2.0	0.9
원전	16.3	17.4	17.0	12.5	11.7	-	2.2	-3.2
수력	19.4	17.8	16.6	15.1	15.0	-	1.2	0.7
재생에너지	0.1	0.4	2.2	12.7	14.4	-	17.2	33.3
기타(연료전지)	-	-	-	-	-	-	-	-
총 전력생산량 (TWh), %	870.7 (100.0)	1,067.8 (100.0)	1,170.9 (100.0)	1,061.0 (100.0)	1,068.3 (100.0)	1,025.8 (100.0)	1.5	-1.3
화력발전	63.2	58.5	65.0	83.2	80.6	75.3	1.6	1.8
화석연료	62.2	57.6	62.6	80.0	76.7	71.5	1.5	1.6
(석탄)	14.1	20.8	26.6	32.9	32.9	31.2	4.8	1.8
(석유)	28.7	12.6	8.2	7.8	6.5	5.1	-4.7	-4.4
(천연가스)	19.3	24.2	27.8	39.3	37.3	35.1	3.4	2.9
바이오·폐기물	1.0	0.9	2.4	3.2	3.8	3.9	6.1	5.4
원전발전	23.2	30.2	24.6	1.7	3.1	6.3	1.8	-26.7
수력	11.1	9.1	7.7	8.0	8.4	8.8	-0.3	-0.1
재생에너지	0.2	0.4	0.9	5.1	6.0	7.6	9.0	30.0
(지열)	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	2.1	-1.0
(태양광)	0.0	0.0	0.3	4.3	5.2	6.6	21.7	48.0
(풍력)	-	0.0	0.3	0.6	0.6	0.7	-	7.1

자료: IEA(2019), Electricity Information, Net Electrical capacity, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_by_id=elect-data-en&doi=data-00460-en(검색일: 2019.11.20.)에 기초하여 저자 작성

일본의 재생에너지 발전량 비중은 2010년 0.9%에서 2017년 6.0%까지 확대되었다. 특히, 주목되고 있는 일본 재생에너지 전원은 태양광으로 2010년 이후 2017년까지 연평균 48.0%의 속도로 증가하였으며, 태양광 발전 비중은 2010년 0.3%에 2017년 5.2%까지 확대되었다. 일본의 태양광 전원의 급격한 확대는 후쿠시마 원전사태 이후, 일본이 전개한 신재생에너지 보급·확대정책의 성과를 의미한다(<표 4-14> 참조).

6. 최종에너지 소비의 전력화 심화

에너지시스템의 변화는 대표적으로 최종에너지 소비구조의 변화로 나타난다. 에너지소비의 최종적으로 이루어지는 단계에서 에너지원별 구조는 해당 국가의 에너지시스템의 물리적 인프라(대표적으로 전력망 및 도시가스 공급망 등) 구축 여부, 환경적 요인, 생활문화 수준, 산업 구조, 편리한 에너지에 대한 지불능력 등 다양한 요소에 의해 결정된다.

전력 에너지원은 발전설비 능력 및 전력망, 비용 경제성, 안전성 등 제반 여건이 충족될 경우에 가장 안전하고 편리하며, 청정한 최종에너지원으로 인식되고 있다. 이는 에너지 전환정책을 선도하는 국가의 전력화 정도¹⁸⁵⁾가 에너지전환의 진전을 판단하는 척도로 판단하는 이유이기도 하다.¹⁸⁶⁾¹⁸⁷⁾¹⁸⁸⁾

185) 전력화 정도가 항상 이상적인 구조를 의미하지는 않는다. 전력은 생산과정에서 에너지 전환손실을 야기하고, 저장될 수 없는 에너지 특성으로 선호되지 않을 수 있는 요인도 동시에 존재한다. 특히, 전력화 정도가 어떤 수준에 도달하는 것이 이상적인 구조인지에 대한 판단기준을 일반화 하는 것은 어려운 것으로 판단된다.

186) 전력화 심화는 가장 대표적인 에너지시스템 변화를 의미하며, 절대적 또는 상대적 수준을 단순히 분석하는 것은 분석의 오류 발생 가능성을 배제할 수 없는 한계를 가진다.

OECD의 전력화율은 1990년 17.8%에 달하였으나, 2010년 20.9%, 2017년 22.2%에 도달하였다. 에너지 전환을 선도하고 있는 주요 국가들의 전력화율은 1990-2010년 기간 중 크게 심화되었으며, 2010년 이후에도 속도는 다소 둔화되었지만 심화는 지속되었다.

프랑스의 전력화율은 1990년 18.4%에서 2018년 24.5%로 2.8%p 증가하였다. 프랑스의 전력화율이 독일과 영국에 비하여 높은 이유는 원전의 에너지믹스 비중이 상대적으로 높기 때문인 것으로 해석된다. 반면, 독일의 전력화율은 2010년 19.5%에서 2017년 20.1% 수준으로 매우 미소(0.6%p) 증가를 기록하고 있다. 2010년 이후 독일의 재생에너지 역할이 크게 확대되었음에도 불구하고, 전력화율 심화속도가 낮은 이유는 기존에 원전 발전을 통해 공급되었던 전력공급이 재생에너지 전력으로 대체된 결과에 의한 것으로 해석된다.

한편, 2017년 기준 일본의 전력화율은 27.9%에 달하고 있다. 1990~2010년 기간 중 전력화 심화폭이 3.4%p를 기록하였으나, 2010년부터 2017년까지의 전력화 심화 정도는 다소 둔화(1.6%p)되었다. 이는 원전 가동 중단에 따라 전력에너지의 비용경제성이 다른 에너지원에 비해 하락하였고, 이에 따라 최종에너지 소비에서 전력이 다른 에너지원으로 대체된 결과로 해석된다.

2017년 기준 우리나라의 전력화율은 24.6%로 에너지 전환정책 선도국 대비 이미 매우 높은 수준에 도달하고 있다. 특히, 전력화율

-
- 187) 전력화 심화 정도를 기준으로 에너지 전환의 진전을 판단하는 이유 중에 하나는 재생에너지의 에너지믹스 비중이 증가하면, 전력화율이 확대될 수밖에 없는 구조적 특징을 보유하고 있기 때문이다. 즉, 재생에너지는 최종소비 단계에서 전력에너지 형태로 소비되기에 재생에너지의 역할이 확대될수록 최종에너지의 전력화 정도는 증가하게 된다.
- 188) 대표적으로 영국은 에너지소비의 전력화를 에너지 전환정책의 목표이자 성과로 인식하고 있다.

이 1990년 12.5%에서 2010년 21.9%로 9.4%p 증가한 것은 매우 특이한 변화로 판단된다. 우리나라 전력화 심화 폭이 큰 이유는 전력에 크게 의존하는 산업구조의 심화에 기인하는 것으로 판단된다. 즉, 전력다소비 산업(철강, 기계장비 제조업 등)의 규모 확대가 최종에너지 소비의 전력화율을 크게 확대한 것으로 분석된다(<표 4-15> 참조).

〈표 4-15〉 OECD 및 주요국가의 최종에너지 전력화를 변화

	OECD 주요국가의 최종에너지 전력화율 (전력/최종에너지소비, %)						변화폭(Δ%p)	
	1974	1990	2000	2010	2016	2017	90-10	10-18
OECD	12.0	17.8	19.7	20.9	22.0	22.2	3.1	1.3
독 일	12.0	16.3	18.0	19.5	20.0	20.1	3.2	0.6
영국	14.1	17.1	18.8	20.2	20.5	20.7	3.1	0.5
프랑스	9.9	18.4	20.4	21.7	23.9	24.5	3.3	2.8
일본	15.3	22.9	25.2	26.3	28.5	27.9	3.4	1.6
한국	7.1	12.5	17.8	21.9	24.5	24.6	9.4	2.7

자료: IEA(2019), World Energy Balances and Statistics, World Energy Balances, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=enestats-data-en&doi=data-00514-en
(검색일: 2019.11.20.)에 근거하여 저자 산출

제5장 결론: 시사점 및 정책 제언

1. 주요국 에너지 전환정책 추진의 시사점

1.1. 에너지 전환정책 의미의 재점검

본 보고서에서 에너지전환은 장기적인 시간의 경과 하에 경제권, 국가 및 지역의 에너지시스템이 구조적 특성을 달리하는 새로운 상태로 전환되는 것으로 정의되고 있다. 또한 에너지 전환정책은 국가·사회가 에너지시스템의 구조적 특성들을 목표한 특정한 방향으로 변화시키기 위한 의도된 정책 활동으로 정의하였다. 따라서 에너지 전환정책의 목적과 추진방식에 따라 그 의미는 다양하게 해석될 수 있다.

에너지 전환정책은 주로 脫원전 정책, 脫화석에너지 정책, 신재생에너지 정책 등으로 인식되지만, 이는 에너지 전환정책의 외연(coverage)의 모호성과 과도하게 에너지 전환정책의 내용을 부분적으로 해석한 결과이다. 에너지 전환정책은 정의상 과거에도 존재하였으며, 현재 및 미래에도 상존할 수 있는 정책개념으로 이해하는 것이 필요하다. 즉, 1970년대 석유 위기에 대응하여 세계 각국이 추진한 대체에너지 개발정책이 대표적인 에너지 전환정책으로 인식될 수 있으며, 당시 프랑스 및 독일을 중심으로 추진된 원전 개발정책도 에너지 전환정책의 범주에 포함되는 것이다.

또한 에너지시스템의 발전단계에 따라서도 에너지 전환정책의 내용은 매우 다른 의미를 가지게 된다. 예를 들면, 과거의 우리나라와 같은 개발도상국들은 자국 에너지정책의 목표로서 전근대적인 에너지시스

템을 개혁하여, 우선적으로 전력화 실현을 도모하였다. 즉, 전통적인 비상업에너지(신탄, 바이오매스 등)에 의존하고 있는 에너지시스템을 화석에너지(석유 및 석탄 등) 주축으로 전환을 추진하였다. 당시의 에너지시스템 전환 시도는 화석에너지 의존도 심화 결과를 초래한 것이다. 이에 에너지 전환정책 자체가 에너지시스템의 탈화석화를 의미하는 것은 아니다.

에너지 전환정책이 脫원전 정책으로 인식되는 경우도 있으나, 이는 에너지 전환정책의 개념을 왜곡하거나, 편파적으로 해석한 결과에 해당한다. 에너지시스템의 구조적인 특성을 변화시키기 위해서는 에너지시스템의 원전 의존도가 심화될 수도 있고, 脫원전을 도모할 수도 있다. 독일은 에너지전환 목표를 설정하면서 脫원전을 세부목표로 채택하였다. 반면, 영국은 자국의 에너지시스템 전환을 위해 원전 활용을 유지 또는 확대하는 것으로 전원개편 목표를 설정하였다. 현재 독일과 영국은 에너지 전환정책을 주도하는 국가이지만, 원전 정책방향은 서로 상반되고 있다. 후쿠시마 원전사고로 원전활용에 어려움을 경험하고 있는 일본의 경우에도, 온실가스 감축을 위한 국제적인 합의에 동참하는 한편, 저탄소 에너지 수급체계 구축을 위한 에너지 전환정책 수단으로 원전 재가동을 설정하고 있다.

이에 脫원전 또는 親원전 정책이 에너지 전환정책으로 표현되는 것은 에너지 전환정책을 매우 단편적으로 해석하는 결과를 초래하게 된다. 따라서 에너지 전환정책과 원전 정책을 동일시하는 시각은 배제되어야 할 것으로 판단한다. 親원전 또는 脫원전 정책은 에너지 전환정책의 방향 설정에 따라 지향하거나 회피되어야 할 정책내용에 불과하다. 따라서 에너지 전환을 추진하고 있는데도 親원전 정책을 도모하고

있다는 이유로 문제를 제기하는 것은 전환정책에 대한 인식의 오류이다.

에너지 전환정책이 신재생에너지 정책과 동일시되는 것도 경계해야 한다. 에너지 전환정책은 에너지시스템의 구조적 특성을 변화시키는 총체적인 정책체계이기에 에너지 전환정책을 親재생에너지 정책으로 한정하는 것은 옳지 않다. 그러나 2010년 이후 본격적으로 전개되는 에너지 전환정책 기조를 에너지시스템의 청정화로 규정할 경우, 親재생에너지 보급·확대가 에너지 전환정책의 핵심 정책방향이라는 점에서 親재생에너지 정책과 에너지 전환정책이 동일시 될 수도 있다.

따라서 에너지전환 및 에너지 전환정책의 정의 및 범위(coverage)와 관련하여 발생할 수 있는 혼란을 피하기 위하여, 국가별 에너지 전환 정책 개념을 보다 엄밀하게 설정하고 사용하는 것이 필요하다. 본 보고서는 2010년대 들어서 독일, 영국, 프랑스, 일본 등이 추진하고 있는 에너지정책을 에너지 전환정책으로 설정하고 있다. 이들 국가의 에너지 전환정책은 에너지시스템의 청정화(非화석에너지 역할 확대)를 지향하며, 이를 위한 세부적인 정책목표로 에너지효율 증진을 통한 에너지소비의 절대적 수준 감축, 발전 부문의 전원구성 개편, 수송부문 Mobility 청정화, 최종에너지 소비의 전력화 심화 등을 추진한다. 이에 에너지시스템의 전환에 脫원전을 목표로 하는 독일이나 원전의 역할을 중시하는 영국의 에너지정책 구상이 모두 에너지 전환정책 구도 하에서 이해될 수 있음은 주목되어야 하겠다.

1.2. 에너지전환 선도국가의 에너지시스템 발전 방향

2016년 11월 파리협약 발효 이후, 독일, 영국, 프랑스 등 유럽국가와 일본, 한국 등 에너지집약적 산업구조를 가지고 있는 국가들은 시기적

으로는 선후를 달리하지만, 화석에너지 기반 에너지시스템의 한계를 인식하고 기존 에너지시스템이 가지는 기후·환경 문제를 해결하고자 총체적인 에너지시스템 전환을 추진하고 있다. 즉, 각국이 추진하고 있는 에너지 전환정책의 목적 및 추진방식, 일정 등은 상이하지만, 에너지 전환을 통해 지속적인 경제발전의 동력을 확보하고, 에너지시스템의 청정화를 이루고자 하는 근본적인 목적은 크게 다르지 않다.

3장에서 살펴본 바와 같이 에너지전환을 주도하고 있는 주요 국가들이 전개하고 있는 에너지시스템 발전방향은 에너지수요 감축을 통한 경제성장과 에너지소비의 脫동조화 실현, 청정에너지 중심의 에너지소비 구조 개편, 발전 부문의 脫석탄 실현, 수송 부문의 Mobility 청정화(전력화 및 수소화 등) 심화, 최종에너지 소비의 전력화 심화 등으로 대표되고 있다.

주요 에너지전환 선도국의 전환정책 추진 결과는 에너지 전환정책의 목표 시점 도래에 따라 보다 극명한 방향성을 시현하게 될 것으로 판단된다. 다만, 에너지 전환정책의 추진 방법과 속도는 국가별 에너지자원 부존도, 대체에너지원 선택으로 추가적으로 발생하게 될 에너지비용에 대한 사회적 수용성에 따라 다를 것으로 판단된다.

1.3. 에너지 전환정책의 사회적 합의의 중요성

에너지 전환정책은 에너지시스템의 구조적 특성을 변화시키는 것을 의미하고, 구조적 특성의 변화는 기술적, 물리적, 제도적, 생활·문화적 요소들의 총체적인 변화를 의미한다. 에너지 전환정책 추진 방향에 따라서는 추가적인 사회적 비용을 부담하게 할 수 있으며, 기존 에너지산업의 구조 개편이 필요할 수도 있다. 즉, 에너지전환은 사회구성원 각

자에게 새로운 의무 부여와 기존 산업구조 변화로 발생하는 이해상충이라는 문제를 제기할 수 있다.

대표적으로 脫석탄 정책은 석탄산업의 구조조정을 전제하고 있으며, 이는 석탄산업 종사자의 실직을 의미할 수도 있다. 특히, 에너지시스템의 청정화 추진은 상대적으로 고비용 구조의 에너지비용에 대한 사회적 수용성이 전제되어야 하며, 親원전을 표방할 경우, 원전 안전성에 대한 사회적 수용성을 전제하는 것이 요구된다.

이에 에너지시스템 전환을 추진하는 것은 새로운 에너지시스템의 구조적 특성에 대한 내용 설계에 따라 여러 단계의 사회적 합의과정이 전제되어야 한다. 에너지 전환정책을 국가의 정책목표로 설정하는 과정은 다양한 형태를 가질 수 있으나, 일반적으로 에너지시스템 발전방향에 대한 구상에 입각하여 정치적 공약으로 제시된 정책구상을 선거라는 정치적 선택과정을 거쳐 도출하고 있다. 대표적으로 독일의 경우, 주요 정당들이 에너지정책 구상을 제시하고 이를 선거과정을 거쳐 다수 지지표 확보를 전제로 정책으로 채택되는 과정을 거쳤다.

프랑스는 국민대토론회(2012~2013년)를 통해 에너지 전환정책 기조에 대한 사회적 합의를 도출하였으며, 이후 프랑스 정부는 제1차 장기에너지계획(2016년)에서 에너지 전환정책 목표를 설정·이행하여 왔다. 그러나 프랑스 정부의 전환정책 수단은 사회적 수용성을 확보하지 못한 것으로 해석된다. 프랑스 정부는 2018년 수송부문 탄소세 도입을 추진하였으나, 일명 노란조끼시위(Yellow Vest Protest)에 직면하여 자동차 연료에 대한 탄소세 도입을 포기하였다.¹⁸⁹⁾

189) 2018년 10월 발생한 프랑스의 노란조끼시위(Yellow Vest Protest)는 연료가격 상승에 따른 기초생활비 증가로 촉발되었으며, 자동차 연료에 대한 탄소세를 포함한 정부의 세제개혁을 반대하였다.

프랑스의 에너지 전환정책 추진 애로는 에너지 전환정책 도입·결정이 매우 잘 정제된 정치적 과정을 통해 사회적 합의를 거치지 못하는 경우, 에너지 전환정책의 추진 동력이 확보되지 못하는 한계를 가지게 됨을 증명한다. 에너지 전환정책의 도입·결정 및 추진 과정에서 지속적인 사회적 합의를 도출하는 것은 에너지 전환정책의 지속성을 담보하는 중요한 요건이다.

1.4. 전환정책 목표의 구체성 및 체계성

독일, 영국, 프랑스 등 에너지 전환정책을 선도하는 국가들의 정책 목표는 분야별로 세세하게 구분하여 책정되고 있으며, 대표적으로 온실가스 감축, 에너지수요 감축, 화석에너지 의존도 감축, 원전 의존도 조정 또는 脫원전 목표, 에너지소비의 청정화 목표(신재생에너지 보급률 등), 최종에너지 구조 개편목표, 전력화 목표 등으로 세분화하여 제시하고 있다. 또한 정책목표를 달성해 가는 중간과정의 구간별(연도별) 지표도 제시하여, 정책목표의 이행정도를 단계별로 점검·환류할 수 있도록 이행궤적을 관리토록 하고 있음도 주목할 만한 시사점으로 판단된다.

1.5. 에너지 전환정책의 법제도 구축 필요성

에너지 전환정책은 에너지시스템의 구조적 특성을 장기에 걸쳐 발생토록 하는 과정이기에 정책추진 과정에서 정책의 일관성과 통일성을 유지하는 것은 필수적인 요건이다. 이에 에너지전환을 선도하는 국가들은 에너지 전환정책을 추진하는데 필요한 핵심사항을 법·제도화하여,

행정부에게 전환정책을 추진토록 권능을 부여하는 동시에 정책추진의 안정성과 일관성을 유지할 수 있도록 하고 있다. 법제도 구축·운영 필요성은 에너지 전환정책 추진에 요구되는 거버넌스 구축, 재정정책 및 행정조치 등이 법제도에 기초하지 않고서는 실효성을 발휘하기 어렵기 때문이다. 독일은 통합에너지법(Energy Package, 2010)을 에너지 전환정책을 위한 법제도로 구축하였으며, 영국은 에너지법(2015)에 기초하여 전환정책의 제도적 기반을 확충하였고, 프랑스가 에너지전환법을 도입·운영하고 있는 것도 같은 맥락이라 하겠다.

에너지 전환정책 추진을 위한 법제도의 핵심요건은 전환정책을 관장할 행정주체의 권한과 의무를 설정하고, 전환정책 목표 달성을 위한 부문별 정책과제의 관할권을 배정하며, 재정정책(조세 감면 및 보조금 지급)에 필요한 재원산정 및 예산 집행과 관련된 행정조치들의 일반적 원칙을 제시하는 것을 법제도에 기반 하여 추진해야함을 시사하고 있다.

1.6. 전환정책 추진성과 점검 및 환류시스템의 중요성

에너지 전환정책의 이행 및 목표 달성을 위한 시간적 구간은 중기(3~5년) 및 장기(10년)를 기준으로 설정되어 추진되는 것이 일반적이다. 정책구간이 장기인 만큼, 지속적으로 발생하는 국내외 제반 여건변화 하에서 국가가 당초에 설정한 정책목표 이행 정도를 주기적으로 점검하는 것이 필요하다. 또한 전환정책 추진성과의 목표대비 미진 분야를 확인하여 이를 지속적으로 환류 할 수 있는 체제를 갖추는 것은 에너지 전환정책의 성과를 제고하는 요건이 되고 있다. 대표적으로 독일은 매 2년 주기로 에너지 전환정책을 평가하기 위한 평가·점검 시스템(평가위원회)을 가동하고 있다.¹⁹⁰⁾ 독일의 경우, 연방 경제·에

너지부가 에너지 전환정책 이행성과를 점검하기 위한 모니터링 프로세스를 설치·운영하고 있다. 격년단위로 연차보고서를 작성하여 연방 내각의 승인을 받아 독일 의회(상·하원)에 제출토록 하고, 정책추진 성과를 입법 및 예산 배정에 반영토록 하고 있다. 영국은 매년 단위로 예산 및 입법 활동에서 에너지정책 성과를 점검하는 체제를 가동하고 있으며, 특히, 온실가스 감축계획(carbon budget)을 확정하는 과정에서 에너지전환 추진성과를 환류토록 하고 있다.

에너지전환 추진성과를 점검하고 환류하기 위해서는 에너지전환 목표와 관련된 성과지표의 사전 설정과 이의 도출을 위한 과학적, 체계적, 주기적인 성과지표를 생성할 수 있는 정보통계 조직의 구축·운영이 필요하다는 점이 시사점으로 제시되고 있다. 에너지 전환정책에 투입되는 국가 재정정책 재원의 규모는 막대하고, 특히 전원구성을 결정하는 정책 결정의 영향력은 장기에 걸쳐 발생하기에 정책결정에 필요한 정확한 현황 지표 도출과 정책성과 지표의 시간적 변화궤적을 통계지표로 산출하는 것은 매우 중요한 정책판단의 선결과제임이 시사되고 있다.

독일의 경우 연방에너지경제부(Federal Ministry of Economics and Technology: BMWi)가 주도하여 에너지 전환정책을 관장하기 위한 특별 프로그램¹⁹¹⁾을 설치·운영하고 있다. 프랑스는 에너지 전환정책 이행 평가를 위한 독립 자문기관(Haut Conseil pour le Climat(HCC))을 두고 있으며, 일본은 에너지경제연구원(IEEJ)¹⁹³⁾에 에너지정책 성

190) BMWi, Monitoring the Energy Transition, <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Artikel/Energy/monitoring-implementation-of-the-energy-reforms.html>(검색일: 2019.11.26.)

191) 독일 정부의 특별 프로그램은 ‘Research for an Environmentally Sound, Reliable and Affordable Energy Supply, the Sixth Energy Research Programme of the federal government’로 명명되었으며, 에너지 전환정책 목표 설정, 성과점검, 에너지기술 개발·보급 및 상업화, 기술 Option 실증화 등을 총체적으로 관장한다.

192) IEA(2013), “Energy Policies of IEA Countries - German 2013 Review”, p.181.

과 점검을 위한 Monitoring 기능을 부여하고 있다.

1.7. 에너지 전환정책 속도 조정 가능성

에너지시스템이 중장기적으로 전환되는 과정에서 세계 경제·무역 환경, 에너지시장 환경, 온실가스 감축을 위한 국제협약, 에너지기술의 혁신, 산업구조 변화 등 에너지시스템을 구성하고 있는 구조적 특성들은 지속적인 변화를 맞이한다. 이에 국가·사회가 직면하게 되는 다양한 국내외 정책 및 시장 환경변화로 에너지전환 선도국의 당초 정책목표는 정책추진 과정에서 추진속도가 때때로 조정되어야 하는 현실에 직면하게 된다. 에너지 전환정책이 가지는 총체성과 다원성을 고려할 때, 국내외 정책 환경 변화에도 불구하고 장기에 걸쳐 목표달성 시점과 추진 속도가 변함없이 추진될 경우, 오히려 국가·사회가 지향하는 에너지시스템의 이상적인 전환이 문제에 봉착할 수 있기에 목표달성 시점과 목표이행 과정은 변화를 겪는 것이 일반적인 것으로 시사되고 있다.

대표적으로 독일은 4기 메르켈 총리가 연립정부를 구성(2018년)하면서 2030년까지 발전부문의 脫석탄을 목표로 설정하였으나, 2019년 脫석탄위원회의 권고로 脫석탄 시기를 2038년까지 연기하는 것으로 조정하고 있다. 프랑스는 당초 장기에너지계획(1기)에서 2025년 까지 원전 전원비중을 50%수준까지 감축하고자 하였으나, 2기 장기에너지계획(2019)에서 원전 전원비중 목표 달성시점을 2035년까지 연장토록 하는 계획을 제시하였고, 이를 법제도에 반영하는 과정을 2019년 추진하고 있다.

193) 일본은 에너지기본계획의 에너지믹스 목표 설정을 일본 에너지경제연구원(IEEJ)의 에너지수요전망 기능에 의존하고 있으며, IEEJ는 에너지수급 Monitoring 시스템을 통해 에너지정책의 이행과정을 점검한다.

에너지전환 선도국인 독일과 프랑스가 에너지 전환정책(脫석탄 및 원전비중 축소) 추진속도를 조정하는 것은 자국 전력가격의 급격한 상승에 대비하고, 온실가스 감축 목표 달성 가능성을 높이기 위한 선택으로 받아들여지고 있다. 전환정책의 목표 수준 및 달성시점을 조정하는 것은 에너지 전환정책의 실패가 아니라 사회적 합의과정을 전제하여 전환정책 목표 달성의 최적시점을 모색하는 과정으로 볼 수 있다.

2. 정책제안

에너지전환 선도국은 에너지수요의 절대적 수준 감축, 에너지믹스의 탈화석화 촉진, 청정에너지 역할 확대, 에너지소비의 전력화 심화를 정책목표로 설정하고 있으며, 목표 달성을 위한 핵심적인 정책수단은 에너지시스템의 청정화로 대표되고 있다. 본 연구는 에너지 전환정책 선도 국가들의 정책경험 및 당면과제 점점에 기초하여 우리나라가 세계 경제의 주요 일원으로 기후변화 대응활동에 공조하는 동시에 지속적인 경제 성장을 유지하는데 도움이 될 수 있도록 아래와 같은 정책대안을 제시하고자 한다.

2.1. 에너지시스템의 청정화 촉진 필요

화석연료 기반 에너지시스템이 유발하는 환경적 피해를 극복할 수 있는 새로운 에너지시스템 구축을 위해 우선적으로 에너지시스템의 청정화를 위한 에너지 전환정책을 심화할 것을 제안하고자 한다.

〈표 5-1〉 에너지시스템의 청정화 촉진: 정책 제안

정책방향	세부 정책방향	정책지표 개선
1) 수요관리 정책 강화	■ 고부가가치 및 에너지 비 집약적 산업으로의 산업구조 개편 도모	● 에너지·GDP의 탄성치: 비동조성 강화 ● 에너지·GDP 원단위 제고
2) 청정에너지 (非화석에너지)의 역할 촉진	■ 청정에너지 역할 확대 ■ 발전부문의 脫석탄화 촉진 을 위한 전원구성 개편	● 재생에너지 에너지분담율 제고 ● 석탄원전 비중 축소
3) 에너지시스템의 전력화 심화 대비	■ 가장·상업/산업 부문 에너지 소비의 전력화 심화에 대비 ■ 수송부문의 Mobility 청정화(전력화 및 수소화) 대비	● 부문별 전력소비 비중 적 정 관리 ● 수송부문 전력 및 수소 충전인프라 보급률 제고

2.2. 에너지 전환정책 목표의 명료성 및 체계성 제고

주요 에너지전환 정책 선도국가들은 자국의 목표달성을 위한 명확한 국가계획을 수립·운영하고 있다. 독일 및 영국의 에너지 전환정책의 목표와 이를 달성하기 위한 정책추진 체계는 단계적 및 정량적으로 책 정된 정책지표의 변화궤적으로 제시되고 있다.

에너지 전환정책 추진은 자국의 에너지시스템의 구조적 특성을 국 가·사회가 목표로 설정하는 수준으로 전환하는 과정이다. 이에 전환정 책의 목표는 분야별 정량지표로 명료하게 제시해야 한다. 목표를 부문 별로 세분화하고 정량적으로 명료하게 설정해야하는 이유는 전환정책 의 성과를 판단할 수 있는 정책지표의 변화궤적이 사전에 설계되어야 하고, 과학적인 정책론에 입각하여 목표 달성 여부를 점검할 수 있어 야 하기 때문이다.

따라서 에너지 전환정책의 목표는 분야별로 세분화하되, 정책지표별

상호 연계성을 고려하여 정책 수단과 정책성과를 판별할 수 있는 지표로 정량화하는 것이 정책목표 설정의 기본 요건에 해당한다. 예시하자면 재생에너지 보급·확대 목표로서 발전부문의 재생에너지전원 비중 목표를 제시하거나, 열생산·공급 부문의 재생에너지 비중, 수송부문 에너지소비에서 재생에너지 기여도를 정량적으로 제시하는 것이 정책목표 설정의 정량화에 해당한다.

〈표 5-2〉 에너지전환 정책 목표의 명료성 및 체계성 제고: 정책 제안

정책방향	세부 정책방향	정책지표 개선
1) 에너지전환 정책 목표 설정의 명료성 제고	■ 온실가스 감축목표 설정의 명료성 제고 ■ 에너지수요 감축 목표의 명료성 제고	● 개선 목표의 수리적 지표 제시(기준연도 대비 목표연도)
2) 목표달성의 이행 지표 설정	■ 에너지전환 정책 목표의 분야별 세분화 ■ 정책지표의 시간적 변화 궤적 제시	● 정책성과 측정 지표의 개발 및 적용
3) 목표 평가 및 정책 추진성과 환류시스템 고도화	■ 부문별 정책성과 점검 ■ 정책성과 평가의 독립적·객관적 평가 및 환류체제 구축·운영	● 정책성과 평가 지표 생성 및 관리를 위한 정보시스템 구축

이에 본 연구는 선진적인 에너지 전환정책의 구성요건으로 에너지 전환정책의 분야별 정책지표의 세분화 및 정량화를 적시하고자 하며, 전환정책 추진의 시간 영역에서 정책지표의 변화궤적을 점검할 수 있는 정책성과의 정량화 요건의 중요성을 확인하고자 한다. 즉, 재생에너지 보급·확대를 위한 재정정책 이행은 특정기간 중에 재정정책으로 투입된 재원규모에 대한 정량지표가 필요하며, 동시에 재정정책의 효과를 판단할 수 있는 재생에너지 보급·확대 실적 및 에너지공급 기여도

에 대한 정량지표 확보가 필요하다. 정책성과의 정량화에 필요한 정책 체계 수립은 에너지 전환정책의 성과를 점검하는데 선결조건이기도 하지만, 발전된 국가의 정책시스템의 요건이기도 하다. 이에 우리나라가 에너지 전환정책의 효과성을 면밀히 점검하고, 정책 추진과정에서 정책 추진성과를 지속적으로 환류하기 위해서는 정책 추진·점검 체계의 고도화를 지속적으로 도모해야 한다.

2.3. 에너지정보시스템 구축·운영 필요

에너지전환은 장기에 걸쳐 에너지시스템의 구조적 특성들이 지속적으로 상호 작용하는 과정이다. 또한 국가·사회의 법제도를 지속적으로 보완하고, 국가 재정 및 에너지시장의 자본이 투입되는 과정이다. 에너지정책 성과는 적정 시기에 법제도 도입 및 발효가 필수적이며, 동시에 정부의 재정 활동의 시점 결정에 의해 결정된다.

정부와 경제주체가 에너지시스템 전환과정에서 국가·사회의 자원을 가장 효율적으로 사용하기 위해서는 무엇보다 정확한 에너지시스템 운영 실태에 대한 정보시스템 구축·운영이 요구된다. 에너지정보시스템은 에너지전환의 총체성(comprehensiveness)을 고려하여 독일의 사례에서 보듯이 에너지수급, 국토개발·기후환경, 수송 및 해양개발 등 전 분야를 포괄할 수 있도록 설계되어야 하겠다. 에너지정보시스템은 전환정책 추진성과의 목표 대비 미진 분야를 정례적으로 확인하며, 이를 지속적으로 담당 행정부처에 환류토록 하여 에너지 전환정책의 성과를 제고하는 역할을 수행해야 할 것으로 판단된다. 이에 다음과 같은 기능의 에너지정보시스템 구축·운영을 제안한다.

〈표 5-3〉 에너지정보시스템 구축·운영 : 정책 제언

시스템 구축·운영 방향	주요 기능	추진 전략
1) 기후변화·에너지정책 수립을 위한 통합정보시스템 구축	■ 에너지시스템 운영 관련 제반 통계기준 정립 및 통계정보 생산	● 기존 에너지정보시스템 고도화 ● 에너지전환 관련정보시스템 관장 기구의 기능 조정
2) 정부, 국회, 학계, 학계, 연구계, 산업, 전문가 참여하는 개방체제 구축	■ 에너지 전환정책 이행 점검 정량지표 공표 ■ 에너지 전환정책 성과지표 상호 검증	● 에너지 전환정책 수단 및 성과 평가의 공론화
3) 우리나라 에너지정보시스템의 국제적 역량 확보	■ 우리나라 에너지·기후변화 대응 관련 경제지표의 국제표준화	● 정책성과 평가 지표 생성 및 관리를 위한 정보시스템 구축

2.4. 전환정책 목표 조정 시스템 구축·운영 필요

에너지시스템 전환과정은 장기에 걸친 국내외의 에너지시장 환경변화, 세계 경제·무역 질서 개편, 온실가스 감축 활동 관련 국제협약 변화, 에너지·환경 관련 기술(대표적으로 태양광 발전기술, 수소화 기술, 온실가스 감축기술 등)의 혁신, 청정에너지 가격에 대한 사회적 수용성 변화, 원전 안전성에 대한 국제기준 및 사회적 인식 변화 등 다양한 외부적 요인들의 변화에 직면하게 된다.

이에 국가의 에너지시스템 발전 구상은 새로운 변화요인에 대응할 수 있도록 개방적인 정책추진 체계로 구축·운영될 필요가 있을 것으로 판단된다. 대표적으로 2011년 후쿠시마 원전사태와 2015년 파리협약은 세계 주요국의 전환정책 목표 재설정과 추진동력 강화에 요인으로 작용하였고, 특히, 독일이 脫원전 계획의 조기 실현을 결정하는 계기

가 되었다. 이와 같이 외부적 환경변화에 국가의 에너지정책 방향을 조정할 수 있도록 국가차원의 정책목표 조정 시스템이 구축·운영될 필요가 있다.

정책목표 조정 시스템은 에너지 전환정책을 관장하는 주무 행정기관의 차원에서의 조정 시스템을 의미하는 것이 아니라, 국내외적으로 국가·사회가 당면한 어려움을 타개하는데 필요한 사회적 합의를 유도할 수 있는 실효성 있는 기구를 의미한다. 독일의 사례로 예시하자면, 2018년 메르켈 4기 정부는 연립정부를 수립하는 과정에서 2030년까지 발전부문의 脫석탄을 연립내각 구성조건으로 추진하기로 한 바 있다. 그러나 독일이 2022년까지 脫원전을 완료하면서, 동시에 2030년까지 발전부문의 脫석탄을 추진할 경우, 과중한 전력가격 상승, 급속한 천연가스 의존도 확대에 따른 對러시아 천연가스 의존도 심화, 전력수입 급증에 따른 전력수급의 불안정 심화 등을 심각하게 고려하였다. 이에 독일 정부(메르켈 총리)는 脫석탄위원회라는 사회적 합의기구를 설치하고, 여기에 의회·정부 인사, 전문가, 시민단체, 석탄생산 지역 공무원·주민, 석탄산업 종사자 등이 참여토록 하여, 脫석탄과 관련된 사회적 합의결과로서 정책 건의를 요구하였다. 독일 정부는 脫석탄위원회의 권고를 수용하여 脫석탄 일정을 2030년에서 2038년으로 연장하기로 하였으며, 정책 권고를 이행하기 위해 2019년 하반기 관련법 개정을 추진하고 있다.

에너지시스템은 국가·사회의 유지·발전을 위한 물리적 인프라로 사회구성원의 삶의 질을 결정하는 총체적인 구조적 특성을 보유하고 있기에 올바른 발전방향을 모색하는 것은 언제나 개방되어 있어야 한다. 이에 에너지시스템의 발전방향을 결정하는 사회적 합의기구를 설치하여, 정책목표 조정 시스템으로 작동하도록 하는 것이 필요하다.

〈표 5-4〉 전환정책 목표 조정 필요성: 정책 제안

정책방향	세부 정책방향	정책변화 요소
1) 에너지 전환정책 목표 및 정책 수단 조정	■ 온실가스 감축목표 강화 및 속도 조정 ■ 세계 경제 및 에너지시장 환경 변화 반영	● 국제협약 및 국제 공조활동 이행
2) 기술변화 및 사회적 수용성 반영	■ 에너지이용 기술 및 온실 가스 감축기술 변화 반영 ■ 에너지 전환정책 추진의 사회적 비용에 대한 수용성 반영	● 기술발전 잠재력에 기초하여 장기 전환 목표 조정 ● 사회적 수용성 변화

기후·환경 변화대응과 미래 에너지시스템의 발전방향 조정은 지속적인 사회적 합의 과정이 요구되는 특성을 감안하여, 국회, 주무 행정부처, 에너지 정책·기술 전문가, 시민단체, 국민 대표 등이 폭넓게 참여하는 기구로 운영해야할 필요성을 본 보고서의 마지막 결론으로 제시하고자 한다.

참고문헌

<국내 문헌>

- 김성주(2015.4.21.), “영국 초대형 유전 발견, 정부 프래킹 허용하기로”, Kotra 해외시장뉴스, <http://news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews/782/globalBbsDataView.do?setIdx=243&dataIdx=141894>(검색일 : 2019.11.26.)
- 김봉금(2013.6.14.), “독일 에너지전환 정책의 추진 배경 및 전망”, 세계 에너지시장 인사이트, 제13-22호, 에너지경제연구원
- 심성희(2018.), “에너지전환 정책 실행을 위한 시사점 연구: 독일에서의 시민참여와 지방정부의 기여를 중심으로”, 수시연구보고서 18-09, 에너지경제연구원
- 윤영주(2016.1.22.), “2016년 EU 및 주요 회원국의 에너지 정책 전망”, 세계 에너지시장 인사이트 제16-3호, 에너지경제연구원
- 윤영주(2016.11.21.), “프랑스의 중장기에너지계획(PPE)의 수립 및 시행”, 세계 에너지시장 인사이트, 제16-42호, 에너지경제연구원
- 양의석, 김아름, 김비아(2017.8.14.), “독일 에너지전환 정책 목표와 조기 脫원전 결정 가능 조건”, 세계 에너지시장 인사이트, 제17-28호, 에너지경제연구원
- 양의석, 김아름, 김비아(2018.1.29.), “영국의 에너지·기후변화 정책기조와 청정성장 전략”, 세계 에너지시장 인사이트, 제18-4호, 에너지경제연구원
- 이유수(2011.), “독일과 프랑스의 에너지믹스 정책사례 분석과 시사점”, 수시연구보고서(11-04), 에너지경제연구원
- 임산호, 김정아, 박아현, 유동현(2014.2.), “프랑스 정부의 생태학적·에너지

전환 로드맵”, 세계 에너지현안 인사이트, 제14-1호), 에너지경제연구원
 정소라(2014.10.17.), “최근 영국의 셰일가스 개발 현황 및 전망”, 세계
 에너지시장 인사이트, 제14-37호. 에너지경제연구원
 조성진·박광수(2018.), “발전부문 에너지전환 달성을 위한 세제 개편 방안
 연구”, 기본연구보고서(2018-07), 에너지경제연구원
 최도영(2013.1.25.), “전기자동차 보급 전망 및 정책 시사점”, 세계
 에너지시장 인사이트, 제13-4호, 에너지경제연구원
 최승은, 이대연(2013.12.), “일본 에너지기본계획 개정안 초안(전문)-
 경제산업성의 각료회의 제출안”, 세계 에너지현안 인사이트, 제13-4호,
 에너지경제연구원
 세계 에너지시장 인사이트(2013.7.26.), 제13-28호, 에너지경제연구원
 세계 에너지시장 인사이트(2015.7.10.), 제15-26호, 에너지경제연구원
 세계 에너지시장 인사이트(2015.8.28.), 제15-32호, 에너지경제연구원
 세계 에너지시장 인사이트(2015.11.27.), 제15-43호, 에너지경제연구원
 세계 에너지시장 인사이트(2015.12.25.), 제15-46호, 에너지경제연구원
 세계 에너지시장 인사이트(2016.7.8.), 제16-25호, 에너지경제연구원
 세계 에너지시장 인사이트(2016.7.15.), 제16-26호, 에너지경제연구원
 세계 에너지시장 인사이트(2016.8.26.), 제16-31호, 에너지경제연구원
 세계 에너지시장 인사이트(2017.7.10.), 제17-23호, 에너지경제연구원
 세계 에너지시장 인사이트(2019.4.3.), 제19-13호, 에너지경제연구원
 주 독일 대한민국 대사관 홈페이지, 「독일의 에너지 전환 정책」, http://overseas.mofa.go.kr/de-ko/brd/m_7213/view.do?seq=1320596&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&multi_itm_seq=0&itm_seq_1=0&itm_seq_2

=0&company_cd=&company_nm=&page=1(검색일 : 2018.3.7.)

한국에너지공단(2017.11.14.), 에너지이슈브리핑 74호, 2017.11.14., https://www.energy.or.kr/web/kem_home_new/info/mail/mail_list.asp?str1=2017&x=32&y=15(검색일: 2019.11.26.)

<외국 문헌>

경제산업성, 「일본 제5차 에너지기본계획(エネルギー基本計画)」, Jul 2018., <https://www.meti.go.jp/press/2018/07/20180703001/20180703001-1.pdf> (검색일: 2019.11.26.)

경제산업성, 「에너지백서(平成29年度エネルギーに関する年次報告, エネルギー白書)」, 2018.

일본 자원에너지청, “2017년도 에너지수급 실적(속보)(平成29年度(2017年度)エネルギー需給実績(速報))”, Nov 15, 2018., <https://www.meti.go.jp/press/2018/11/20181115002/20181115002.html>(검색일: 2019.11.26.)

영국정부 홈페이지, <https://www.gov.uk/guidance/carbon-budgets>(검색일: 2019.11.30.)

BEIS, *The Clean Growth Strategy*, Oct 2017., https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/700496/clean-growth-strategy-correction-april-2018.pdf(검색일: 2019.11.26.)

Sören Amelang, Benjamin Wehrmann, Julian Wettengel(2018.2.7.), “Climate, energy and transport in Germany’s coalition treaty”, Clean Energy Wire, <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/climate-and-energy-germanys-government-coalition-draft-treaty>

(검색일: 2019.11.26.)

영국 에너지·기후변화부(DECC), *UK National Energy Efficiency Action Plan*, April 2014.

DIW BERLIN, Wuppertal Institut, Eco Logic(2019.2.), Phasing out coal in the German Energy Sector, https://www.ecologic.eu/sites/files/publication/2019/3537-kohlereader_englisch-final.pdf(검색일: 2019.12.6.)

EIB 홈페이지(2015.12.3.), British homes to get smart meters under EUR 315 billion Investment Plan for Europe, <https://www.eib.org/en/press/all/2015-287-british-homes-to-get-smart-meters-under-eur-315-billion-investment-plan-for-europe>(검색일: 2019.11.3.)

Enerdata, *Country Energy Profile : United Kingdom*, Dec 2016.

European Commission Press Release(2016.5.27.), “State aid: Commission clears closure of lignite-fired power plants in Germany”, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_16_1911(검색일: 2019.12.6.)

European Parliament News, *CO₂ standards for new cars and vans, 2019.*, file:///C:/Users/KEEI/Downloads/resilient-energy-union-with-a-climate-change-policy_jd-co2-emissions-standards-for-cars-and-vans_2019-12-01.pdf(검색일: 2019.4.3.)

European Parliament News(2019.3.27.), “Parliament backs new CO₂ emissions limits for cars and vans”, <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20190321IPR32112/parliament-backs-new-co2-emissions-limits-for-cars-and-vans>(검색일 : 2019.9.3.)

EU 홈페이지, https://europa.eu/european-union/topics/energy_en(검색일 : 2017.6.26.)

Friedrich Ebert Stiftung, “독일의 에너지정책”, *FES Information Series*, 2011-02, May 2011.

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety, “The German Government’s Climate Action Programme 2020”, Cabinet decision of 3 December 2014

Federal Ministry for Economic Affairs and Energy(BMWi), *Commission on Growth, Structural Change and Employment. Final Report*, Jan 2019., https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/commission-on-growth-structural-change-and-employment.pdf?__blob=publicationFile&v=3(검색일: 2019.11.26.)

Federal Ministry for Economic Affairs and Energy(BMWi), *The Energy of the Future, 5th Energy Transition Monitoring Report*, Dec 2016., https://www.german-energy-solutions.de/GES/Redaktion/EN/Publications/bmwi/5th-energy-transition-monitoring-report.pdf?__blob=publicationFile&v=5(검색일: 2019.11.26.)

Federal Ministry for Economic Affairs and Energy(BMWi), *The Energy of the Future, 6th Energy Transition Monitoring Report(Summary)*, 2016., https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/Energie/sechster-monitoring-bericht-zur-energiewende-kurzfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=7(검색일: 2019.11.26.)

Federal Ministry for Economic Affairs and Energy(BMWi), *Monitoring the Energy Transition*, <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Artikel/Energy/monitoring-implementation-of-the-energy-reforms.html>(검색일: 2019.11.26.)

HM Government, *The UK Low Carbon Transition Plan*, 2009., <https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/up->

- loads/attachment_data/file/228752/9780108508394.pdf(검색일: 2019.11.3.)
- IAEA, “Country Nuclear Power Profiles: Germany”, <https://cnpp.iaea.org/countryprofiles/Germany/Germany.htm>(검색일: 2020.1.3.)
- IAEA, “Power Reactor Information System”, <https://pris.iaea.org/pris/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=GB>(검색일: 2019.11.3.)
- IEA(2013.), “Energy Policies of IEA Countries, German 2013 Review”, OECD/IEA.
- IEA(2019.4.), “Perspective for the Clean Energy Transition; The Critical Role of Buildings”, <https://www.iea.org/reports/the-critical-role-of-buildings>(검색일: 2019.11.26.)
- IEA, *World Energy Balances and Statistics*, World Energy Balances, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=ene-stats-data-en&doi=data-00514-en(검색일: 2019.11.20.)
- IEA, *Electricity Information*, Net Electrical capacity, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=elect-data-en&doi=data-00460-en(검색일: 2019.11.20.)
- IEEJ, 「2019년 일본 경제·에너지수급 전망(2019年度の日本の経済・エネルギー需給見通し)」, Dec 2018., https://eneken.ieej.or.jp/press/press181220_a.pdf (검색일: 2019.11.26.)
- JAIF 홈페이지, <https://www.jaif.or.jp/en/>(검색일 : 2019.11.26.)
- Josh Gabbatiss(2019.3.31.), “New European emissions limits for cars risk triggering influx of ‘fake electric’ vehicles, green group warns”, Independent, <https://www.independent.co.uk/environment/electric->

vehicles-eu-emissions-co2-plug-in-hybrids-transport-environment-a8845516.html(검색일 : 2019.5.26.)

Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, Programmation Pluriannuelle de l'Énergie(PPE), Oct 28, 2016., <https://www.ecologie-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/PPE%20int%C3%A9gralit%C3%A9.pdf>(검색일: 2016.11.15.)

Ministère de l'Environnement, LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, Aug 17, 2015.

Mission Innovation 홈페이지, <http://mission-innovation.net/>(검색일 : 2018.1.25.)

Nuclear Power, “France begins ‘energy transition’ debate”, 2012.11.28., http://www.nuclearpowerdaily.com/reports/France_begins_energy_transition_debate_999.html(검색일: 2015.9.25.)

영국 국가통계국 홈페이지(Office for National Statistics), www.ons.gov.uk/economy/environmentalaccounts/bulletins/finalesimates/2015results (검색일 : 2018.1.25)

Power Station of the UK, “Coal Count Down”, <http://www.powerstations.uk/coal-countdown/>(검색일: 2019.11.26.)

Ralf Dichel(2014.), “The New German Energy Policy: What Role for Gas in a De-carbonization Policy?”, OIES Paper: No 85, p.5. Oxford Institute for Energy Studies, 2014.

Ricardo Energy & Environment for the Committee on Climate Change(2017.3.16.), *UK business opportunities of moving to a low carbon economy*, <https://ee.ricardo.com/downloads/sustainable-business/uk-business-opportunities-of-moving-to-a-low-carbo>(검색일: 2019.11.26.)

S&P Platts(2019.3.27.), “EU Parliament approves 2030 CO₂ caps for new cars to cut oil use”, <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/oil/032719-eu-parliament-approves-2030-co2-caps-for-new-cars-to-cut-oil-use>(검색일: 2019.3.31.)

SPICe, “Brexit: Energy Policy” SPICe Briefing, Nov 11, 2016., http://www.parliament.scot/ResearchBriefingsAndFactsheets/S5/SB_16-91_Brexit_Energy_Policy.pdf(검색일: 2019.11.26.)

The Telegraph, “Why Germany said no to nuclear power”, May 30, 2011., <https://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/europe/germany/8546608/Why-Germany-said-no-to-nuclear-power.html>(검색일: 2017.8.10.)

Thomson Reuters 홈페이지, Oil and gas regulation in the UK: overview, [https://uk.practicallaw.thomsonreuters.com/5-524-5349?_lrTS=20170427030309049&transitionType=Default&contextData=\(sc.Default\)&firstPage=true&bhcp=1](https://uk.practicallaw.thomsonreuters.com/5-524-5349?_lrTS=20170427030309049&transitionType=Default&contextData=(sc.Default)&firstPage=true&bhcp=1) (검색일 : 2017.7.5.)

World Energy Council(WEC), “Global Energy Transitions; A Comparative analysis of key countries and implications for the international energy debate”, Oct 2014., <http://wec-france.org/Documents/PDF/donnees/Global-Energy-Transitions-2014.pdf>(검색일: 2019.11.3.)

World Nuclear Association, <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/germany.aspx>(검색일: 2019.11.26.)

_____, <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/united-kingdom.aspx> (검색일: 2019.11.26.)

양 의 석

現 에너지경제연구원 선임연구위원

<주요저서 및 논문>

『지표로 본 한국의 에너지경제규모 변화(1990-2011) 연구』, 수시연구
보고서, 에너지경제연구원, 2013

『북한 에너지산업 Infra 투자효과의 경제부문별 파급경로 분석연구:
북한 에너지 Infra 설비투자의 선순위 분석』, 기본연구보고서,
에너지경제연구원, 2005

『북한 에너지산업 재건 및 개발을 위한 투자자원 조달방안』, 기본
연구보고서, 에너지경제연구원, 2004

기본연구보고서 2019-19

주요국의 에너지전환(Energy Transition) 추진성과와 과제

2019년 12월 30일 인쇄

2019년 12월 31일 발행

저 자 양 의 석

발행인 조 용 성

발행처 에너지경제연구원

44543 울산광역시 중가로 405-11

전화: (052)714-2114(대) 팩시밀리: (052)-714-2028

등 록 제 369-2016-000001호(2016년 1월 22일)

인 쇄 디자인 범신

©에너지경제연구원 2019

ISBN 978-89-5504-746-2 93320

* 파본은 교환해 드립니다.

값 7,000원

본 연구에 포함된 정책 대안 등 주요 내용은 에너지경제연구원의 공식적인
의견이 아닌 연구진의 개인 견해를 밝히 둡니다.



에너지경제연구원

(44543) 울산광역시 중구 중가로 405-11(성안동, 에너지경제연구원)
전화 : 052)714-2114 | 팩스 : 052)714-2028 | www.keei.re.kr



값 7,000원
93320



9 788955 047462
ISBN 978-89-5504-746-2