

Greenovation

&

Issues&Insights

2024년

03

발간일 | 2024년 3월 15일

다가오는 탄소중립과 에너지 전환의 시대, 독일의 도전과 해결책은?

박유진 오상진 한범진 박신영 조은정 오지현

겨울 축제도 동계올림픽도 위기... 사라지는 눈과 얼음

2년에 한 번꼴 가뭄 왔다... 40년 뒤엔 '가을 가뭄'이 더 위험

김진두



Greenovation

&

Issues&Insights

2024년

03

발간일 | 2024년 3월 15일

다가오는 탄소중립과 에너지 전환의 시대, 독일의 도전과 해결책은?

박유진 오상진 한범진 박신영 조은정 오지현

겨울 축제도 동계올림픽도 위기... 사라지는 눈과 얼음

2년에 한 번꼴 가뭄 왔다... 40년 뒤엔 '가을 가뭄'이 더 위험

김진두



다가오는 탄소중립과 에너지 전환의 시대, 독일의 도전과 해결책은?

서론

2022년 발발한 러시아-우크라이나 전쟁으로 전체 천연가스 수요의 59.5%를 러시아에 의존하던 독일은 에너지 문제에 봉착하였다. 천연가스 부족은 에너지 가격 상승을 초래하고 이는 결국 국가 경제에 타격을 입힐 것이 자명한 상황이었다. 독일은 이러한 난관을 어떻게 극복하고 있을까? 독일은 화석연료에 의존하는 에너지 시스템에서 벗어나 풍력과 태양광 등의 재생에너지를 확대하는 기조를 고수하고 있다. 더 나아가 2022년 4월 독일은 재생에너지법 개정안 등 이른바 ‘부활절 패키지’를 발표하여 재생에너지 확대 정책을 강화하였다. 2023년 4월 독일은 마지막 원자로 가동을 중단하고 재생에너지로의 전환을 지속하였다. 독일 연방네트워크청(Bundesnetzagentur)에 따르면 2023년 독일의 재생에너지 발전소 설치 용량은 17GW 증가하여 총 170GW에 이르게 되었는데, 이는 전년 대비 12% 증가한 수치이다. 또한, 2023년 재생에너지가 전체 전기 생산량의 55%를 차지하며 전년 대비 약 6.6% 증가하였다.¹

러시아-우크라이나 전쟁으로 인한 에너지 공급의 불안정성과 글로벌 저성장의 위기 속에서도 독일 정부가 재생에너지 중심의 ‘에너지 전환’의 정책 기조를 유지하는 정치·경제·사회적 배경을 살펴보고, 재생에너지의 간헐성, 계통 불안정성 등의 이슈에 대한 어떠한 정책적·기술적 해법을 가지고 지속적인 재생에너지 확대 정책을 펴는지 본 고에서 조망해보고자 한다.



박유진 기술분석센터

오상진 기술분석센터

한범진 기술분석센터

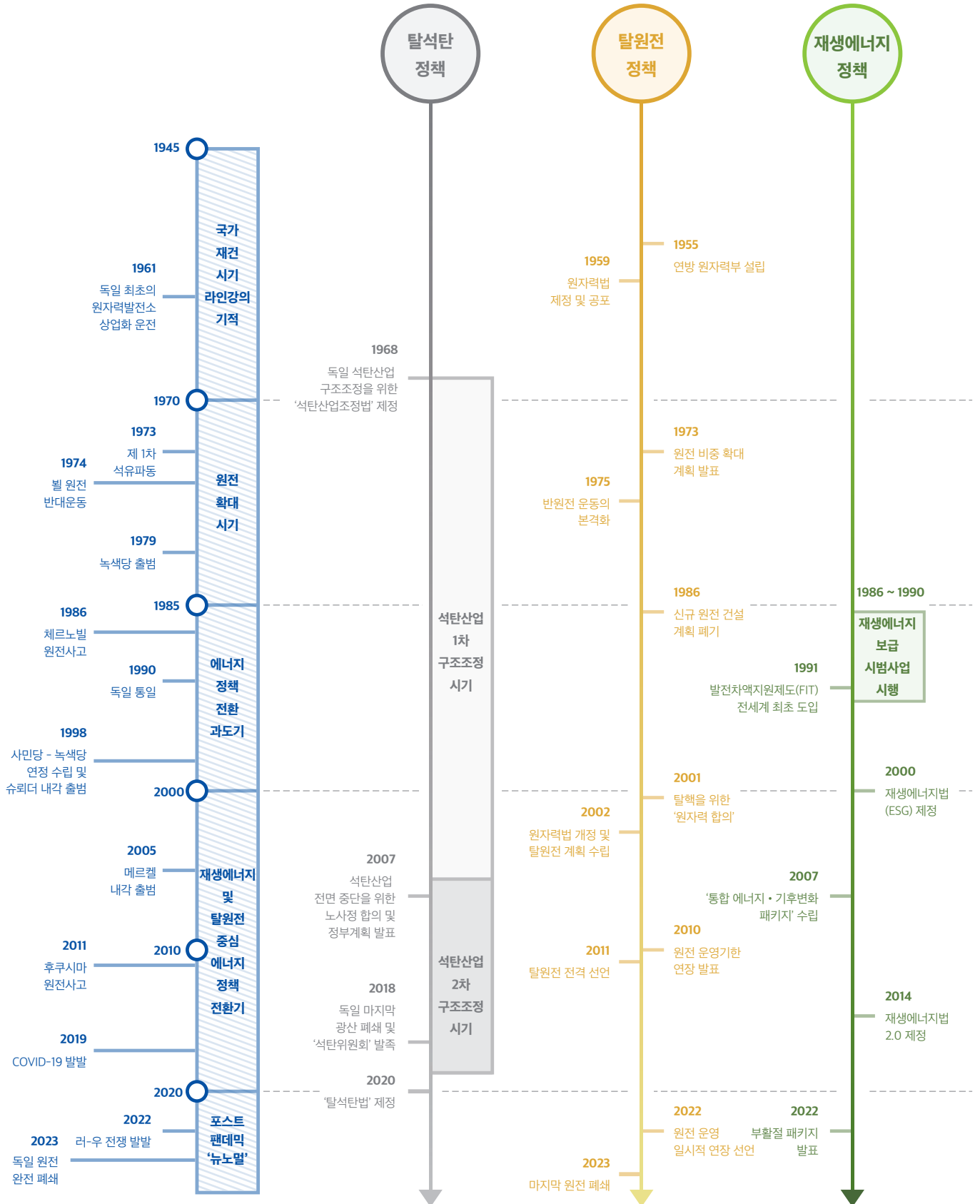
박신영 기술분석센터

조은정 기술분석센터

오지현 기술분석센터

1 Bundesnetzagentur (2024.01.03.), "Bundesnetzagentur veröffentlicht Daten zum Strommarkt 2023", https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2024/20240103_SMARD.html?nn=659670, 2024년 2월 21일 검색

[그림 1] 독일의 에너지정책 (1945~현재)



[20세기 중후반] 독일 에너지 전환 정책의 태동기

화석연료 및 원자력 중심
에너지 경제구조의 탈피

1945~1970년 : '라인강의 기적'을 이끌었던 주역, 석탄과 원자력에너지

제2차 세계대전 패전 이후 독일이 당면한 과제는 당연하게도 '국가 재건'이었다. 종전 직후 독일의 국가 기간시설이 대부분 파괴되었고 종전 이후의 1인당 GDP의 수준은 당시 미국의 30% 이하로 떨어졌다.² 식량과 연료의 부족과 함께 통화 가치가 극심하게 급락한 인플레이션이 이어졌다. 그러나 독일은 신속하게 화폐개혁을 통해 통화를 재빨리 안정화하는 일에 성공하였으며, 미국의 서방 원조 프로그램인 '마셜 플랜(Marshall Plan)'을 통한 시장경제로의 체제 전환과 함께 독일 경제는 급속도로 회복하기 시작했다.³

[그림 2] 독일 동서독 통일과 산업 중심지



2 조장욱 (2016), "2차 대전 이후 기적의 생성과 소멸에 관하여", 경제논단, 55(2), pp. 255-267

3 금재호 (2013), "독일의 노동시장에서 무엇을 배울 것인가?", 노동리뷰, pp. 75-88.

1950년대 독일은 풍부한 석탄 자원을 이용하여 기간산업을 일으켰는데, 동독 지역은 독일 최대 규모의 갈탄 매장량을 보유하고 서독 지역은 발전 효율에 유리한 역청탄을 보유하고 있었다.⁴ 특히 독일 북서부 지역의 경우 노르트라인 베스트팔렌(Nordrhein-Westfalen) 연방주(州)를 중심으로 루르(Ruhr) 공업지대가 형성되었다. 루르 공업지대는 엠셔강과 모젤강 등 라인강 지류를 활용한 물류 운송을 토대로 석탄과 철강산업 부분 유럽 최대 생산기지로서 이름을 날리게 되었으며, 독일의 경제성장에 있어 심장과도 같은 역할을 했다.⁵ 불과 10년 남짓한 짧은 기간에 북서부 공업지역을 중심으로 눈부시게 발전한 경제성장에 대해 독일인들은 ‘경제 기적(Wirtschaftswunder)’이라고 불렀으며, 한국인들은 ‘라인강의 기적’이라고 칭송했다.

[그림 3] 에센(Essen)에 위치한 졸페라인 탄광 - 현재는 폐쇄되어 관광지로 탈바꿈했다.



출처 : 루르 박물관 홈페이지 (<https://ruhrmuseum.de/>)

인근 에센(Essen) 지역에 있는 ‘졸페라인 탄광(Zeche Zollverein)’은 1960~1970년대 ‘파독’ 광부들이 활동하던 주 무대이자 독일 최대의 석탄 채굴지로서 라인강의 기적을 뒷받침하는 훌륭한 전력 공급원이 되어주었다.⁶

4 노영민 (2014), “통일전후 동서독 전력계통 및 전력산업 통합사례 분석”, 새정치민주연합

5 매일신문 (2014.02.19), “[산업관광 굴뚝에 피는 관광의 꽃] @독일 루르(Ruhr) 공업지대”, <https://www.imaeil.com/page/view/2014021907001720932>, 2024년 1월 30일 검색

6 정용숙 (2023), “독일 루르 지역의 탈석탄 전환과 산업 유산 활용 지역 재생”, 지역산업과 고용, pp. 54-65.

[그림 4] 칼 암 마인(Kahl Am Main)에 위치한 독일 최초의 원자력 발전소



출처 : https://en.wikipedia.org/wiki/Kahl_Nuclear_Power_Plant (worked by Sebastian Suchanek)

한편, 독일의 압축 고도 성장과 더불어 에너지 경제를 지탱했던 또 다른 주역은 원자력 에너지였다. 과거 독일은 원자력 에너지를 이용할 수 있는 기초원리를 최초로 규명한 국가이기도 했다. 독일의 화학자 오토 한(Otto Hahn)은 1930년대 후반 원자핵에 중성자를 충돌시키면 원자핵이 분열하는 ‘핵분열’ 현상을 처음으로 보고하였으며, ‘불확정성의 원리’로 유명한 이론 물리학자 베르너 하이젠베르크(Werner Heisenberg)는 나치 독일의 핵무기 개발 프로젝트인 ‘우란프로트(Uranprojekt)’를 주도하는 핵심 인물이었다. 비록 핵무기 개발에는 실패하였으나 핵에너지를 이용할 수 있는 기초과학 및 공학적인 지식을 갖추고 있었던 독일은 1950년대 중반부터 ‘핵에너지의 평화적 사용’이라는 명목으로 원자력 발전 기술을 적용하기 시작했다. 특히 동독 지역은 유럽에서 우라늄이 가장 풍부한 곳이었으며, 독일 정부는 풍부한 우라늄 자원을 바탕으로 원자력 에너지 프로그램 운영을 통해 원자력 발전소(원전) 건설을 추진했다.⁷ 1961년 칼 암 마인(Kahl Am Main)에 최초의 상업용 원자로가 가동되었으며, 당시 시사 주간지인 <슈피겔>에서는 “이번 크리스마스 거위는 원전에서 만든 전기로 구울 수 있다”라는 내용으로 첫 원전 가동에 대한 기대감을 보도했다.⁸

7 노영민 (2014), op. cit.

8 시사IN (2023.05.13), “62년간의 원자력발전, 독일은 어떻게 끝냈나 [기후위기 대응 선진국 독일의 고민 ④]”, <https://www.sisain.co.kr/news/articleView.html?idxno=50217>, 2024년 1월 28일 검색

1973년 전 세계 에너지 위기를 고조시켰던 ‘제1차 석유파동’은 독일 연방정부가 원전 중심 에너지 정책 수립에 정당성을 부여하는 사건이었다. 원자력 발전 비중이 7%였던 1973년 당시 제4차 원자력 프로그램을 통해 원자력 발전 비중을 1985년 35% 이상으로 확대하고자 하였으며,⁹ 원자로 40기를 추가 증설한다는 계획을 내놓았다.¹⁰ 1969년부터 1975년까지 1.3GW급의 가압경수로 22기가 발주되었으며, 정치권의 초당적 지원과 거대 전력회사의 적극적인 투자에 힘입어 독일의 원자력 발전은 1970년대에 성장기를 맞이했다.¹¹

1970~1985년 : 탈원전 기조 형성과 녹색당의 출범

정치권과 산업계의 호의적인 반응과 달리 시민사회에서는 원전 건설에 대한 회의적인 시각을 드러내고 있었다. 2차 세계대전 시기를 전후로 핵에너지를 이용한 전략 무기화의 과정과 그 결과를 지켜보던 시민들은 원자력 발전에 대해 ‘원자폭탄’이라는 대량 살상의 이미지를 떠올렸고, 방사능 위험에 대한 우려와 경계심을 표했다. 원전 도입 초기인 1960년대에는 내가 살고 있는 지역에만 기피 시설이 들어오지 않으면 된다는 일종의 ‘님비(NIMBY)’ 현상이 국지적으로 발생하는 수준이었다.¹² 그 후 1970년대에 들어서면서 독일 정부가 원자력 발전을 야심차게 늘려가던 시기에 독일의 반원전 운동은 전국적으로 확산하기 시작하였다.

1970년대 후반에는 단순히 반핵 시위 참여에 그치는 것이 아닌 핵에너지를 대체할 수 있는 대안을 제시하려는 사조(思潮)가 등장하기 시작했다. 이러한 가치관에 동조하는 시민운동가들은 기존의 원전 확대 정책에 반대하며, 대체에너지 격이라고 할 수 있는 재생에너지 개발을 주장하기 시작했다. 더욱이, 제도적인 시스템을 변화시킬 수 있도록 정당 조직을 구성하고 입법 활동을 하는 등 정치적인 영향력을 발휘하기 시작했다.¹³ 이러한 배경에서 1979년 공식적으로 출범한 정치 정당이 ‘녹색당’이다. 초기 녹색당은 비례대표 의석을 확보하지 못했으나 창당 4년째인 1983년에 처음으로 의회에 비례대표를 진출시켰으며, 독일 탈원전 역사에서 결정적 역할을 하는 세력으로 성장해나갔다.¹⁴

1986~1999년 : 체르노빌 원전 사고 이후 에너지 정책 패러다임의 전환

시민사회에서의 반원전 운동 전개에도 불구하고 한동안 독일 정부는 원전 중심의 전력 공급 정책 기조를 굽히지 않았다. 1970년대부터 1980년대 중반까지 16기의 원전이 추가적으로 상업 운전에 들어갔으며, 심지어 원전에 반대하는 진영 일부에서도 과학기술의 진보에 대한 믿음으로 원전 정책 폐기를 강하게 주장하지 못하고 있었다.¹⁵ 이러한 지지부진한 양상이 급속도로 바뀌는 계기가 된 사건이 바로 ‘체르노빌 원전 사고’였다.

1986년 4월 26일, 우크라이나(당시에는 소비에트 연방 소속) 키이우(Kyiv) 지역 프리피야트(Pripyat) 시에 있는

9 Nelkin, D., & Pollak, M. (1980). Political Parties and the Nuclear Energy Debate in France and Germany. *Comparative Politics*, 12(2), 127-141.

10 박진희 (2012), “독일 탈핵정책의 역사적 전개와 그 시사점”, *역사비평*, 98, pp. 214-246

11 ibid

12 이대연 (2018), “탈원전 국가의 반원전 운동 및 여론의 변화와 시사점”, *원자력산업*, 제38권 제6호, pp. 64-76

13 박진희 (2012), op. cit.

14 시사IN (2023.05.13), “62년간의 원자력발전, 독일은 어떻게 끝냈나 [기후위기 대응 선진국 독일의 고민 ④]”, <https://www.sisain.co.kr/news/articleView.html?idxno=50217>, 2024년 1월 28일 검색

15 김덕호 외 (2015), “원전사고와 원전 레짐의 변화: 미국, 영국, 독일, 프랑스를 중심으로”, *한국과학기술학회: 학술대회 논문집*, 2015, 12a, pp. 93-103

체르노빌 원전에서 거대한 폭발이 일어나 유럽 전역에 걸쳐 심각한 피해를 입히게 되자,¹⁶ 체르노빌 원전 사고는 단순히 안전사고에 대한 경각심을 넘어서 원전에 대한 잠재적인 위험과 커다란 공포를 촉발하였다. 이는 독일 사회에서 원전에 대한 생각을 근본적으로 바꾸어 놓았다. 사고 직후 독일의 한 매체에서 실시한 설문조사에 따르면 원전에 대해 찬성하는 의견은 불과 23% 수준에 머물렀다.¹⁷ 체르노빌 원전 사고는 정치권에도 큰 영향을 미쳤는데 그동안 원전 정책을 지지하였던 사회민주당(이하 사민당)이 반대 노선으로 전환했다.¹⁸ 그해 8월 사민당은 '원자력 발전 없는 안전한 에너지 공급'을 당의 새로운 에너지 정책 기조를 나타내며 '탈핵'을 전면으로 내세웠다.¹⁹ 이러한 정치권의 변화는 당시 기득권 정당인 기독교민주연합(이하 기민당)에게도 영향을 미쳤으며, 독일 정부로 하여금 원자력 발전 확대 계획을 철회하고 1989년 이후 신규 원전 건설을 중단하는 결정을 내렸다.

이듬해 1990년 독일 서독(서독일 연방공화국)과 동독(독일 민주공화국)이 통일하는 역사적인 사건이 발생하였다. 통일 전, 동독은 갈탄을 주요 에너지원으로 서독은 석탄발전소(대부분 역청탄 발전소, 일부 갈탄발전소)와 원자력 발전을 주요 에너지원으로 사용하며 에너지 공급을 지속 중이었다. 통일 후, 동독의 갈탄발전소 폐쇄와 서독의 전력 공급 확대를 통해 동독의 전력산업을 서독 기준으로 재편하는 과정을 거치게 되었다.²⁰ 동서독 통일 시기 이후 1990년대 초까지는 경제성장과 국제 경쟁력 유지 등의 이유로 원전 폐쇄와 같은 탈원전의 정책을 실질적으로 추진하지는 못했다.

국가 전력산업 측면에서도 독일은 여전히 화석연료 중심의 에너지 경제구조를 유지하고 있었다. 루르 지역 인근 광산 대부분이 1970년 전후로 사양길에 들어섰음에도 불구하고, 글로벌 원유 가격의 불안정성과 석유 수입에 대한 재정적 부담으로 인해 석탄의 채굴과 화력발전은 꾸준히 진행되고 있었다. 특히 갈탄과 우라늄 외에 활용할 수 있는 에너지 자원이 없었던 동독 지역의 경우 갈탄발전소에 크게 의존하는 경향이 있었다.²¹

이러한 흐름 속에서 1990년대 말 독일의 환경과 에너지 패러다임을 바꾼 큰 사건이 발생했는데, 1998년에 치러진 독일 연방 총선에서 사민당과 녹색당이 승리하고 이들의 연합으로 구성된 연립정부(이하 연정)의 출범이다. 이전까지는 기민당이 의회 내 다수당의 지위를 유지하면서 독일의 친원전 정책을 주도하는 역할을 했으나, 1998년 총선을 기점으로 다수당의 자리를 사민당-녹색당 연합에 물려주게 되면서 국가 에너지 정책은 새로운 국면을 맞이하게 되었다. 사민당과 녹색당 연합은 "친환경적 현대화"라는 움직임 아래 "원자력 사용은 최대한 조속히 종료한다"라는 목표를 연정 조약에 명시하는 등 에너지 전환을 실현하기 위한 정치적 기틀을 마련했다.²²

16 김주현 (2015), "공공성을 기반으로 한 독일의 위험 거버넌스: 탈핵 결정 사례를 중심으로", 한국사회정책, 22(1), pp. 121-152

17 김덕호 외 (2015), op. cit.

18 양의석 (2019), "주요국의 에너지전환(Energy Transition) 추진성과와 과제", 에너지경제연구원, pp. 29-30

19 박진희 (2012), op. cit.

20 노영민(2014), op. cit.

21 노영민 (2014), op. cit.

22 제베린 피셔·잔드라 베트케 (2011), "독일의 에너지정책 - '친환경 산업 정책'과 실용주의 기후 정책 사이에서", 프리드리히 에버트 재단 한국 사무소, p. 5

(2000~2010년대) 새로운 에너지 정책 레짐의 등장

‘에너르기벤데(Energiewende, 에너지 전환)’

2000~2005년 : 재생에너지 기반 ‘에너지 전환’ 정책의 등장과 탈원전 논의 본격화

1990년대 말 새로운 연정 하에서 대표로 나선 인물은 게르하르트 슈뢰더(Gerhard Schroder) 총리였다. 슈뢰더 총리가 이끄는 연방정부가 가장 먼저 추진한 것 중 정책 중 하나가 『재생에너지법(Erneuerbare-Energien-Gesetz, 이하 EEG)』의 제정이었다. 2000년에 제정된 『EEG』는 기후변화와 환경보호를 고려한다는 명목 아래 재생에너지로부터 에너지를 생산하고 보급하는 것을 장려하며, 이를 위한 기술적 발전과 지원체계를 다루는 것을 골자로 하고 있다.²³

탈원전 바람이 본격적으로 불기 시작한 1980년대부터 독일 사회는 이미 재생에너지 보급을 위한 관련한 제도적인 기반을 천천히 다지고 있었다. 1980년대 말 독일 정부는 재생에너지 보급 시범사업 격인 ‘1,000 태양광지붕 프로그램’과 ‘100/250MW 풍력프로그램’을 운영했고, 1991년에는 재생에너지 생산업자를 안정적으로 지원하기 위한 『전력매입법(stromeinspeisungsgesetz)』을 제정했다.²⁴ 『EEG』는 기존의 전력구매법을 바탕으로 연방 전체에 재생에너지를 촉진하는 종합적인 규율로 진화된 제도라고 볼 수 있다.

『EEG』의 가장 두드러진 특징은 ‘발전차액제도(Feed-in Tariff, FIT)’이다. FIT는 송배전 운영사업자가 재생에너지로 생산된 전력에 대해 정부에서 일정 기간(약 20년) 동안 고정가격으로 매입하여 발전사업자가 안정적으로 재생에너지 시장에 참여할 수 있게 도모하고, 그 차액에 대해서는 최종 소비자인 국민에게 전기요금으로 부과하여 충당할 수 있도록 구성된 제도를 의미한다.²⁵ 독일은 1990년대에 FIT 제도를 세계최초로 도입하여 지역 단위로 시범 적용하였으며, 『EEG』를 통해 전국 단위로 실시하도록 규정했다.²⁶

<표 1> 독일 재생에너지 보조금 정책²⁷

연도	주요 내용
1990	발전차액제도 세계 최초로 지역 단위별 도입
2000	발전차액제도 전국단위 실시 (지원 규모: 평균 0.085€/kWh)
2014	부과금으로 인한 전기 요금 상승, 재생에너지 경제성 증가: 발전차액제도 보조금 수준 제한
2016	발전차액제도의 가격 하락을 위한 경매제도 및 시장가격 연동시스템 도입(제안 EEG '14년)

23 Bundesgesetzblatt (2000), “Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG) sowie zur Änderung desEnergiewirtschaftsgesetzes und des Mineralölsteuergesetzes”

24 임성진 (2005), “지구온난화방지를 위한 독일의 에너지정책”, 국제정치논총, 45(3), pp. 287-311

25 한전경영연구원 (2021), “KEMRI 전력경제 REVIEW - 독일 재생에너지 확대배경과 시사점”, p. 42

26 ibid

27 한전경영연구원 (2021), op. cit.

또한, 슈뢰더 정부는 2002년에 『원자력법(Atomgesetz)』을 개정하였으며, 이는 1959년 원자력법 제정 이래 최초로 원전의 단계적 폐지를 명문화한 사례이다. 개정된 『원자력법』에서는 자국 내 신규 원전 건설을 금지하고, 원전의 가동수명을 32년으로 제한하며, 최종적으로 원전을 2022년까지 완전 폐쇄한다는 목표를 명시하고 있다.²⁸ 해당 시기에 수립된 『EEG』과 『원자력법』은 이후 정부의 기조에 따라 조금씩 변경 또는 수정을 거치기도 하였으나 2024년 현재까지도 독일의 에너지 정책의 방향을 결정하는 기본법률로서 자리매김하고 있다.

2005~2010년 : 재생에너지는 OK, 탈원전은 글썸?

2005년, 조기 총선을 통해 앙겔라 메르켈(Angela Merkel)을 중심으로 한 대연정(기민/기사연합 및 사민당)이 출범했다. 환경부 장관을 역임한 바 있는 메르켈 총리는 이전 정부에서 꾸준히 추진하고 있었던 친환경 전환 정책을 계승했다. 특히 2000년대 초반의 유럽은 EU 가입국들을 중심으로 온실가스 저감에 대한 국가별 정책 목표 설정이 활발하게 논의되었던 시기였다. 2007년 초 연방정부는 ‘기후 아젠다 2020(Climate Agenda 2020)’을 발표하여 기후 및 에너지 정책의 밑그림을 제시함과 동시에 1990년 대비 온실가스 배출량의 감축 40% 목표를 재확인했다.²⁹

해당 시기를 대표하는 재생에너지 정책으로 ‘통합 에너지-기후변화 패키지(Integrated energy and climate programme)’와 ‘에너지 구상 2010(Energy concept 2010)’이 있었다. 먼저 메르켈 정부는 2007년 6월에 기후변화 대응 차원에서의 에너지 정책을 통합한 ‘통합 에너지-기후변화 패키지’를 발표했다. 동 정책은 에너지 보안, 경제적 효율성, 환경 보호를 동시에 달성하기 위해 재생에너지의 확대, 에너지 효율 향상, 에너지 공급의 안정성 보장 등을 위한 법을 개선하였다. 특히, 법적으로 재생에너지 비율을 30%로 확대하는 『EEG』개정안에서는 순편익이 높은 일부 재생에너지 품목(풍력, 지열, 바이오가스 등)에 대해 구매가(Tariff)를 상향 조정하는 안을 담고 있으며, 재생에너지를 이용한 전력 생산비율을 기존 20%에서 30%로 상향 조정할 목표치를 제시하고 있다.³⁰ 『재생에너지난방법(Erneuerbare-Energie-Waermegesetz)』의 경우 크게 3가지 부분으로 구성되어 ‘사용 의무’의 측면에서 2009년부터 신축되는 건물을 대상으로 전체 난방열의 일정 부분에 대해 재생에너지를 이용하도록 규정하며, ‘자금 지원’ 측면에서 건물 난방에서의 재생에너지 활용 촉진을 위해 2009년부터 2012년까지 매년 최대 5억 유로를 지원하는 프로그램을 운영하며 ‘난방 네트워크’ 측면에서의 지역 난방 인프라 구축과 난방 네트워크 이용에 대한 규정을 제정하였다.³¹

메르켈 2기 정부(2009년 출범) 시기에 이르러서는 2050년까지 기후변화 목표를 달성하기 위한 포괄적 에너지 구상인 ‘에너지 구상 2010’이 처음으로 모습을 드러냈다. 해당 정책은 ‘에너지 전환(Energiewende, 에네르기벤데)’을 이행하기 위한 연방정부의 거대한 밑그림으로서, 2020년까지 재생에너지 소비 비중을 18%로, 2030년까지 30%로 확대하며, 탄소중립이 가시화되는 2050년에는 60%를 달성한다는 목표를 제시하였다.³²

28 임성진 (2005), op. cit.

29 김의영 (2012), “국제화에 따른 환경정책 입법의 특징과 국회의 대응과제: 기후변화 대응을 위한 환경정책의 해외 입법례를 중심으로”, 국회입법조사처

30 ibid.

31 ibid.

32 양의석 (2019), op. cit.

<표 2> 독일 '에너지구상 2010 (Energy Concept 2010)'의 중장기 목표³³

(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~-95
열생산 열원 비중	14.0	-	-	-
수송연료 중 비중	10.0(3)	-	-	-

(1) 2025년까지 40~45% 감축

(2) 2035년까지 55~60% 감축

(3) EU 목표치임

한편, 탈원전 정책과 관련하여 메르켈 정부에서는 다소 후퇴하는 정책 기조를 나타냈다. 메르켈 정부는 '온실가스 감축목표 달성의 어려움', '재정 부담 증가', '러시아 천연가스 의존도 심화', '재생에너지 보급으로 인한 전력 가격 상승', '전력공급 불안정성 확대' 등을 이유로 기존의 원전 폐기계획을 수정하고자 했다.³⁴ 2009년 총선 이후 발표된 '에너지구상 2010'에서는 이러한 정부의 의지를 반영하여 원전의 단계적 폐쇄를 철회하고, 원전 가동 시점을 최소 8년에서 최대 14년까지 연장하는 것으로 제시되었다.³⁵ '물리학 박사' 학위를 갖고 있었고 원자력에 대한 이해도가 높았던 메르켈 총리였기에, 해당 시기 독일의 에너지 정책은 일정 부분 원자력에 의존하는 방향으로 흘러가는 것 같았다. 그러나 이러한 정책 방향은 2011년 3월에 발생한 '동일본 대지진' 사건에 의해 새로운 국면을 맞이하게 되었다.

2010년~2019년 : 미래에너지를 위한 새로운 길, 원전 시대의 폐막과 '에너르기벤데(Energiewende)' 시대 개막

2011년 3월에 발생한 동일본 대지진과 이로 인해 발생한 일본 후쿠시마 원전 사고는 전 세계에 충격을 안겼다. 이전 시대에서 일어났던 원전 사고와는 달리 후쿠시마 원전 사고는 과정보다 결과까지 미디어를 통해 생생히 전달되었고, 이는 독일 사회에도 큰 반향을 불러일으켰다. 냉전 시대가 종식되고 통일이 된 독일 사회에서 체르노빌 원전 사고에 대한 악몽은 점차 희석되어 가는 중이었고, 기후변화 대응과 에너지 안보 차원에서의 원전에 대한 국민의 지지율은 40~50% 선으로 회복하고 있었다.³⁶ 원전 사고의 결과를 심각하게 지켜보던 메르켈 총리는 즉시 '안전한 에너지 공급을 위한 윤리위원회'를 소집하고, 8주 동안 100번이 넘는 회의와 11시간의 TV 생방송 토론회를 개최했다. 종교 지도자, 대학교수, 원로 정치인은 물론 시민단체와 노조, 재계 대표가 참여했으며, TV를 시청하던 국민들은 이메일과 전화 및 문자메시지를 통해 실시간으로 다양한 견해와 정책 아이디어를 제시하기도 했다.³⁷ 전 국민이 참여하는 대합의 현장에서 윤리위원회는 하나의 결론에 도달했다. 독일의 모든 원전을 2022년까지 폐쇄한다는 것이었다. 값싼

33 양익석 (2019), "주요국의 에너지전환(Energy Transition) 추진성과와 과제", 에너지경제연구원, p. 40 일부 발췌

34 이영준·김영수 (2012), "후쿠시마 사고 이후 독일의 에너지정책 변화와 시사점", 한국원자력연구원

35 윤성원·류재수·김연중 (2017), "독일의 탈원전 정책결정과 영향", 2017 한국기술혁신학회 추계학술대회, pp. 1543-1557

36 전홍찬 (2016), "후쿠시마 이후 독일 원전 정책 변화에 대한 연구:정치적 요인을 중심으로", 사회과학연구, 27(4), pp. 307-334.

37 단비뉴스 (2016.02.11), "민주주의가 '탈핵 합의'를 낳았다", <https://www.danbinews.com/news/articleView.html?idxno=6616>, 2024년 1월 29일 검색

전기료의 혜택에도 불구하고 국민의 생명과 안전을 위협할 수 있는 원자력 발전을 지속해서는 안 되며, 재생에너지가 이에 대한 대안으로 충분히 그 역할을 할 수 있다는 것이 주된 판단 근거였다. 메르켈 총리는 해당 결론을 즉각 수용하였으며, 5월 30일 기자회견을 통해 '탈원전'을 공식 선언하였다.³⁸

이에 따른 국가 에너지 정책의 큰 변화가 일어났는데, 2011년 7월에 발표된 '에너지 패키지(Energy package)'는 독일의 중장기 에너지 정책 방향인 '에너지 전환(Energiewende)'의 본격 개막을 알리는 신호탄이었다. 에너지 패키지는 6개 법과 1개의 강령으로 구성되어 있는데, 2022년까지 모든 원전을 단계적으로 폐쇄(『원자력법』 개정)하는 반면 재생에너지원에 대한 FIT 지원금을 인상하며(『EEG』 개정), 재생에너지 발전설비가 밀집한 북부 지역과 산업시설이 밀집한 남부 지역 간 전력망을 연계하며 확대하는 방안(『전력망확대촉진법(Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnet)』 제정 계획) 등을 담고 있다.³⁹ 이는 2000년에 수립한 『EEG』와 『원자력법』 제정 이념을 계승하고 대폭 확대하는 방향성을 갖고 있다.

한편, 해당 시기의 독일 사회에서 탈석탄에 대한 논의도 본격화되었다. 이미 독일 정부는 2007년부터 석탄 산업 보조금을 축소하여 2018년까지 국내 석탄 생산을 모두 중단하는 계획을 발표하였다.⁴⁰ 다만 이러한 결정은 기후변화 대응과 탄소중립을 위한 정책의 산물이라기보다는 석탄 산업을 유지하기 위한 보조금 정책 유지가 어려운 상황에서 도출된 결과에 가까웠다. 탈석탄에 대한 에너지 전환 정책 기조 반영은 메르켈 4기 정부인 2018년에 실행되었다. 메르켈 4기 정부는 연정협정에 의거하여 2011년에 수립한 '에너지 전환' 정책 기조를 유지하기로 결정했으며, 2018년 6월에 '석탄위원회'를 발족하여 석탄발전소를 점진적으로 폐지하기 위한 구체적인 이행계획을 설계하도록 했다.⁴¹ 연방정부는 석탄위원회의 권고에 따라 법률을 제정하기 위한 준비에 들어갔으며, 마침내 2020년 8월에 『탈석탄법(Kohleausstiegsgesetz)』이 공포되었다. 『탈석탄법』은 2038년까지 석탄(역청탄 및 갈탄) 화력 발전을 전면적으로 폐지하고, 석탄발전소 폐지에 따른 전기요금 상승에 대비하여 소비자를 보호함과 동시에 발전소 운영자 및 근로자의 손실과 피해를 최소화할 수 있는 지원체계 마련을 골자로 하고 있다. 이외에도 기존 석탄화력 발전소의 운영을 열병합발전으로 전환하고 신규 발전사업자를 유치하기 위한 경매제도를 포함하고 있다.⁴² 『탈석탄법』 제정은 2000년대 『EEG』 제정 이후 독일이 탄소중립의 길을 뚫는데 있어 마지막 퍼즐 조각과도 같은 것이었다. 20년이라는 세월을 거친 끝에 독일은 탈석탄·탈원전·재생에너지 확대로 이어지는 '에너지 전환' 정책의 완성된 모습을 갖추게 되었다.

38 오마이뉴스 (2016.02.12), "사회 11시간 토론 생중계... 메르켈은 어떻게 결단했나" https://www.ohmynews.com/NWS_Web/View/at_pg.aspx?CNTN_CD=A0002181473, 2024년 2월 7일 검색

39 주인석 (2016), "독일의 '에너지 전환(Energiewende)' 정책과 연방-주정부간 협력과 갈등", 국제정치연구, 19(2), pp. 35-66

40 조혜경 (2020), "독일 탈 석탄 구조조정 모델의 명과 암: '사회적으로 공평한' 탈 석탄 해법의 모색", 정치경제연구소 대안, Alternative WorkingPaper, No. 21.

41 양의석 (2019), op. cit.

42 Jesse Scott 외 (2022), "Coal Phase-Out in Germany: The Role of Coal Exit Auctions", Agora Energiewende

(2020~현재) 독일 에너지 전환의 현주소

정책·제도, 전력망 보급,
사회적 수용성 및 국제협력 측면

독일, 에너지 자립과 지속가능한 미래로의 전환 가속화

2020년, COVID-19 팬데믹이 전 세계 경제를 큰 혼란에 빠뜨렸고, 에너지 시장은 심하게 요동쳤다. 에너지 산업은 공급망의 중요성을 다시금 인식하며, 재생에너지원에 대한 필요성을 더욱 확인하는 시간이 되었다. 독일은 이 시기 에너지 자립을 위해 노력을 기울였고, 저탄소 사회로의 이행과 탈원전과 관련된 내용이 포함된 에너지 전환 계획을 추진하여 재생에너지로의 전환을 가속하는 계기가 되었다.⁴³ 그 후 2022년 러시아-우크라이나 전쟁(이하 러-우 전쟁) 발발에 따른 러시아의 에너지 수출 일시적 중단^{44,45}으로 인하여 천연가스와 석유를 러시아로부터 수입하고 있던 독일도 에너지 자립에 대한 현실적인 대안이 필요해졌다. 이는 에너지 안보 강화와 에너지 자립을 위한 에너지 정책에 상당한 변화를 추진하는 계기가 되어, '부활절 패키지(Osterpaket)' 개정안이 통과되었다. 부활절 패키지는 2030년까지 전력의 80%를 재생에너지로 생산하는 것을 목표로 하는 『EEG』을 중심으로 해상 풍력 발전량 증가, 전력망 확대 등의 내용을 다루고 있다.

그럼에도 온실가스 배출이 많은 교통부문에서 전기자동차로의 전환과 건물 부문에서 재생에너지 기반 난방시설로의 전환이 더디게 진행되면서 기후 보호 목표 달성에 난항을 겪었다.⁴⁶ 이에 2024년 1월 『건축물에너지법(Gebaudeenergiegesetz)』을 통해 난방 부문의 완전한 탈탄소화와 건물 부문에서 가스와 석유의 단계적 폐지에 있으며 앞으로 2045년까지 독일 전체 난방 시스템의 75% 이상이 재생에너지원으로 전환될 예정이다.⁴⁷ 해당 법령은 2024년 1월 1일 이후 설치되는 난방 시스템에 적용되며 기존 건물에는 유예 기간을 두고 적용될 예정으로 주택 소유자, 임대인, 기업, 비영리 단체 및 지방 정부를 대상으로 국가 보조금(Federal Support Scheme for Efficient Buildings)을 통해 난방 시스템 교체 비용의 일정 비율을 지원하기로 하였다.⁴⁸

에너지 전환과 관련하여 재생에너지 공급에 대한 불확실성으로 원전의 일시적인 운영 및 유지에 대한 참여한 논의가 오고갔으나, 결국 2023년 4월 15일에 원전 가동을 멈추면서 이탈리아 다음으로 탈원전의 목표를 달성하였다. 이후에도 복원전을 요구하는 목소리가 높아지고 있지만 올라프 숄츠 독일 총리는 원전 가동 재개 가능성을 일축했다. 숄츠 총리는 한 라디오 인터뷰에서 "원전 재가동 논란과 관련해서는 총리로서 추가로 결정적 언급을 할 필요조차 없는

43 IEA (2020), "Germany 2020 Energy Policy Review"

44 Reuters (2023.09.22), "Russia temporarily bans fuel exports to most countries in response to shortages", <https://www.reuters.com/markets/commodities/russia-imposes-temporary-restrictions-fuel-exports-2023-09-21/>, 2024년 2월 5일 검색

45 S&P global commodity insights (2022.03.08.), "Russia warns of \$300/b oil, threatens gas export ban", <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/oil/030722-russia-warns-of-300b-oil-threatens-gas-export-ban>, 2024년 2월 5일 검색

46 연합뉴스 (2024.01.05), "독일 작년 이산화탄소 배출량 70여 년 만에 최소", <https://www.yna.co.kr/view/AKR20240105003100082>, 2024년 2월 6일 검색

47 Kotra 해외시장뉴스 (2024.01.03.), "독일, 알아두면 유용한 2024년 시행 규정", https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=80&CONTENTS_NO=2&bbsGbn=242&bbsSn=242&pNttSn=210901, 2024년 1월 25일 검색

48 The Federal Government (2023.04.19.), "Climate-friendly heating: new Building Energy Act to be implemented", <https://www.bundesregierung.de/breg-en>, 2024년 2월 16일 검색

사안”이라며 “탈원전은 이미 법적으로 시행된 지 오래”라고 강조하며 재생에너지로의 전환을 앞세우고 있다.⁴⁹

독일 에너지 전환의 현주소 : 원활한 전환인가, 도전의 연속인가?

① 독일의 재생에너지 발전 현황

독일 연방네트워크청(Bundesnetzagentur)에 따르면 2023년 실제 전력 발전량은 448,419GWh로 기록되었으며, 소비량은 그보다 약간 높은 457,419GWh로 나타났다.⁵⁰ 재생에너지의 중요성이 점점 더 커지고 있는 현시점에서, 2023년의 통계(표 3)는 에너지 전환을 통한 희망적인 미래에 긍정적인 신호를 보내고 있다. 독일 연방네트워크청의 최신 보고에 따르면, 재생에너지를 통한 전력 발전량이 전년(233,688GWh) 대비 약 7.5% 증가한 251,201GWh에 달하는 것으로 나타났다. 이는 풍력 발전량이 전년(100,567GWh)보다 약 18.0% 높은 118,766GWh를 기록하여 눈에 띄게 발전량이 증가하였음을 확인하였고 태양광 발전은 55,237GWh로 전년도 수준(55,299GWh)을 유지하며 안정적인 수준을 유지하였다. 특히, 갈탄과 무연탄 발전량은 전년 대비 각각 24.8%와 36.8% 감소한 가운데, 재생에너지 발전량 비율 증가는 재생에너지가 지속 가능한 미래에 다가가고 있음을 시사한다는 점에서 의미가 크다. 반면, 천연가스로 생산된 전력은 전년 대비 31.3% 증가했다.

<표 3> 독일 에너지원별 실제 전력 발전량⁵¹

(단위: GWh)

	2021	2022	2023
바이오매스	39,460	39,470	38,096
수력	14,457	12,382	14,419
해상 풍력	24,010	24,748	23,518
육상 풍력	89,412	100,567	118,766
태양광 발전	46,607	55,299	55,237
기타 재생에너지	1,543	1,223	1,165
원자력 발전	65,406	32,824	6,741
갈탄	98,202	103,526	77,844
무연탄	51,842	62,890	39,750
천연 가스	52,405	38,176	50,142
양수발전	8,721	10,603	11,149
기타 전통에너지	13,035	11,515	11,591

49 머니투데이(2023.09.08), “러 에너지 인질극에 ‘당황’...탈원전 독일에 벌어진 일”, <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2023090718320958391>, 2024년 2월 20일 검색

50 SMARD, “Electricity generation and consumption in Germany”, <https://www.smard.de/en>, 2024년 2월 1일 검색

51 ibid

독일은 1990년 대비 2022년까지 모든 부문에서 온실가스 배출량을 감소시켰으며 여기엔 에너지 산업 부문에서 석탄발전소를 효율적인 발전소로 대체하고, 재생에너지와 천연가스로 점차 전환함으로써 큰 감소를 이뤄냈으나 2022년 에너지 위기로 인해 석탄 사용이 증가하면서 배출량이 다시 상승했다.⁵² 또한, 원전 가동 중지 및 석탄 단계적 폐지로 인해 천연가스에 대한 의존도가 증가함에 따라 가스 공급 옵션의 다양화를 지속적으로 추구하고 있다.⁵³ 특히 천연가스발전소는 석탄발전소 및 갈탄발전소와 비교할 때 발전 시 이산화탄소 배출이 상대적으로 적으며, 천연가스 발전소는 가동 상태를 빠르게 조정할 수 있는 능력을 갖추고 있어, 변동성이 큰 태양광 및 풍력과 같은 재생에너지원의 출력 변화 시 효과적으로 대응할 수 있어 유연성 전원으로 자리 매김하고 있다.⁵⁴ 이러한 특성은 재생에너지의 안정적인 통합을 지원하며, 에너지 전환 과정에서 중요한 역할을 하고 있다.

② 독일의 전력망 안정화 : 재생에너지의 불확실성과 송배전 안정화를 위한 노력

재생에너지의 발전량은 날씨와 계절 등 외부 요인에 영향을 받아 간헐성과 변동성을 지니고 있어 일시적으로는 전력이 부족했다 가도 어느 시점에서는 전력이 과잉 생산되는 특징을 갖고 있다. 이러한 양상이 심화 될 경우 대규모 정전 사태인 ‘블랙아웃(Blackout)’이 발생하여 국가 경제의 큰 손실을 초래할 수 있다. 이는 전력 계통에 재생에너지를 연계하고 있는 국가들이 가진 공통적인 문제이며, 독일도 예외는 아니다. 특히, 독일은 재생에너지 비중을 높이고자 발전설비 설치가 많이 되고 있어 재생에너지의 특성상 전력 과잉 공급 및 부족 사태의 위험을 줄이기 위한 전력 계통 안정화를 중요한 정책 아젠다로 다루고 있다.

계통 안정성을 확보하기 위한 독일 정부는 단기적으로는 양수 발전을 통해 잉여 전력에 대비하고, 장기적으로는 에너지 저장 시스템(ESS)과 섹터 커플링(Sector coupling 혹은 Power-to-X) 프로젝트로 에너지 전환 과정에서 발생할 수 있는 계통 운영상의 도전을 극복하고, 재생에너지의 안전성을 확보하는 것을 전략으로 내세우고 있다.⁵⁵ 에너지 저장 시스템은 발전소에서 생산된 전력을 저장장치에 저장했다가 전력이 필요한 시기에 공급하는 시스템으로 재생 에너지의 변동성과 불확실성을 관리하는 핵심 기술이며, Power-to-X에서 다른 형태를 의미하는 X는 다양한 형태의 연료가 사용될 수 있으며 가스를 활용하는 경우 P2G(Power-to-gas), 열에너지를 활용하는 경우 P2H(Power-to-heat)라 한다. 즉, 가변성이 있는 전력을 난방, 수송부문 등으로 연결하여 다양한 에너지 부문 간의 연계를 강화하는 전략으로 잉여 에너지를 활용하여 수소, 메탄, 합성 연료 등 다양한 형태의 에너지나 화학 제품으로 전환하여 에너지 시스템의 유연성 확대가 가능하다.⁵⁶ 에너지 저장 시스템은 전력 형태를 그대로 저장하는 반면, P2G는 전력을 고밀도 기체의 형태로 저장할 수 있으므로 설비용량 측면에서 유리하나 에너지 효율 측면에서는 불리한 점이 있다.⁵⁷

이와 더불어, 독일 정부는 전력망의 안정적 운영을 위해 계통 안정화 장치인 동기조상기와 신형 인버터 도입 등 기술적인 수단을 도입하고 있다. 게다가 제도적인 측면에서는 실시간 시장 및 재생에너지 입찰 제도 운영을 통해

52 Clean Energy Wire (2023.04.04.), “Germany’s greenhouse gas emissions and energy transition targets”, https://overseas.mofa.go.kr/de-ko/brd/m_7204/view.do?seq=2974886&page=2, 2024년 2월 16일 검색

53 IEA (2020.02.19.), “IEA policy review commends Germany’s ambitious efforts to advance its clean energy transition”, <https://www.iea.org/news/iea-policy-review-commends-germanys-ambitious-efforts-to-advance-its-clean-energy-transition>, 2024년 2월 16일 검색

54 ibid.

55 산업통상자원부 (2023), “전력계통 혁신대책”

56 Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2022), “Report on flexibility technologies and measures in the German power system”

57 녹색기술센터 (2022), “국내·외 재생에너지 활용 P2G 그린수소 생산 기술 동향 분석”

실시간 수급 변동을 반영하고 수용성을 확대하는 노력을 기울이고 있으며, 비상 상황에 대비하여 원전의 주파수 제어 및 부하추종운전을 통해 원자력발전 운영의 유연성 강화를 도모하였으나,⁵⁸ 2023년 4월 15일 공식적으로 원전 가동은 멈춘 상태이다. 이에 재생에너지로 전력 공급이 확보될 때까지 과도기적으로 천연가스발전소가 필요하며, 전력부문에서 2040년까지 천연가스 발전 종료하는 것을 목표로 수소연료발전소를 건설하고 있다.⁵⁹ 또한, 전력계통에서 예비발전소로 보유중인 석탄·석유발전소를 2024년 3월까지 한시적으로 가동하기 위한 “예비발전소 가용성에 관한 법률” 제정 및 시행을 통해 전력계통 안전성 확보를 위해 힘쓰고 있다.⁶⁰

독일 연방정부는 전력 계통을 안정적으로 운영하고 전력 전송 및 배분 인프라를 확충하기 위한 방안도 강구하고 있다. 이를 확충하기 위한 방안으로 『연방에너지수요계획법(Bundesbedarfsplangesetz)』에 따라 4년마다 송전망을 강화하는 계획을 제시하는 정책 수립 활동을 펼치고 있다. 그리고 지난 2021년 연방정부는 제도적인 측면에서 재생에너지 연계 신규 송전망 43개(신규 35개 + 용량증대 8개) 확충을 골자로 하는 전력망 제도 개선을 추진하였다.⁶¹ 해당 제도 개선안은 단순히 전력망 확충 목표 제시를 넘어 인허가 절차 간소화 등 전력망 관련 특례법 제정과 주민참여 확대 및 합리적 보상, 지중화를 통한 수용성 향상 등의 다양한 항목들을 포괄하고 있는 것을 특징으로 하고 있다.⁶² 이외에도 연방정부는 『에너지케이블확충법(Energieleitungsbaugesetz)』을 통해 인허가 최소화 및 주기적 관리·지원을 하고 있다.⁶³ 또한 전력 수요를 예측하고 이를 바탕으로 전력 공급을 최적화하기 위하여 AI 기반 시스템을 도입하는 연구와 프로젝트가 진행되고 있다.⁶⁴ 이는 재생에너지 변동성을 효과적으로 통합하고 전력 수요 예측과 더불어 전력망 모니터링 및 유지보수 계획, 그리고 에너지 저장 및 분배 최적화를 통해 전력망의 안정성과 효율성을 높이는 데 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

독일의 전력망 이슈는 국내에 국한하지 않으며, 유럽 내 국가 간 전력 계통의 안정성을 확보하는 것에도 초점을 맞추고 있다. 유럽의 경우 국가 간 전력망 상호연결 촉진, 그리드 인프라 개선과 국가 간 송전 효율 향상을 위한 초고압직류(HVDC) 송전 사업을 지원하는 내용을 담은 『EEG』을 시행하고 있으며, 독일 역시 동참하고 있다.⁶⁵ 뿐만 아니라 독일은 연방경제에너지부를 주축으로 하여 인접 국가들과의 해상풍력발전 전력의 상호 교환을 통한 전력 보급 안정성 강화 목적의 국제협력 R&D 프로젝트에도 주력하고 있다.⁶⁶ 대표적인 프로젝트로 보른홀름 에너지섬 프로젝트(그림5의 4번 프로젝트)와 북해풍력 허브 프로젝트(그림5의 6번 프로젝트)가 있다.

58 ibid.

59 주독일 대한민국 대사관 (2023.03.28.), “독일의 에너지자원 현황 및 정책”, https://overseas.mofa.go.kr/de-ko/brd/m_7203/view.do?seq=1335072&page=1, 2024년 2월 16일 검색

60 ibid.

61 김남일·이성규 (2021), “유럽 국가의 변동적 재생에너지 비중 증가와 국가 간 전력거래와의 연관성 분석:동북아 지역에 대한 시사점”, 에너지경제연구원

62 산업통상자원부 (2023), op. cit.

63 ibid.

64 Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, “AI4Grids”, <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/ai4grids.html>, 2024년 2월 16일 검색

65 ibid.

66 외교부 글로벌에너지협력센터 (2023), “2024 독일 신재생에너지 현황 및 정책”, <https://energy.mofa.go.kr/board/view.jsp>, 2024년 1월 20일 검색

[그림 5] 유럽 하이브리드 해상풍력 프로젝트 추진 현황



출처 : 머니투데이 (2023.08.31.), "그리드 연결하는 유럽...하이브리드 해상풍력이 뜬다",
<https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2023082921442270773>

각각의 프로젝트들은 덴마크 보른홀름 섬에서 2030년까지 해상 풍력발전을 통해 덴마크에 1.2GW, 독일에 2GW의 전력 공급과 북해 연안(독일, 네덜란드, 덴마크)에 위치한 10GW 규모의 해상풍력단지를 통해, 풍력으로 생산된 전력을 상호교환한다는 목표로 추진되고 있다. 이러한 프로젝트들은 재생에너지의 확대와 전력망의 안정적 운영을 위한 독일의 전략적 접근을 잘 보여주고 있는 사례라고 볼 수 있다.

독일은 국제적인 전력 거래 허브로서 역할을 강화하고 있으며, 이웃 국가들과의 연계를 통해 전력 수급의 효율성을 높여가는 추세에 있다. 특히 풍력이 풍부한 시기에 프랑스 등 이웃 국가로의 전력 순수출을 가능하게 하며, 잉여 전력을 낮은 도매가로 제공하여 경쟁력에 힘을 실어주고 있다. 독일은 노르웨이, 벨기에와의 연계사업과 북부와 남부 간의 송전선로 확대를 계획하고 있으며, 이러한 국제적인 협력은 재생에너지의 안정적인 확대와 전력망 안정성 강화에 중요한 기여를 할 것으로 전망하고 있다.

③ 독일 에너지 전환 수용성 : 지역사회 참여와 사회적 수용성 강화를 위한 노력

독일 정부는 친환경 에너지 시스템으로의 전환을 위해 법적, 규제적 틀을 정비하고, 이 과정에서 사회적 수용성을 높이기 위해 노력하고 있다. 2020년, 독일의 『탈석탄법』과 관련된 『지역개발법(Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen)』은 석탄발전소 폐쇄로 인한 지역 경제 영향을 완화하고, 사회적·경제적 기회를 증진하여 석탄 의존 지역의 경제 다각화에 중점을 두고 있다.⁶⁷

또한 『전력망확대촉진법』과 같은 법률을 통해 전력망 계획과정의 정보를 투명하게 공개하고 지역사회와 이해관계자의 참여를 촉진하기도 하며,⁶⁸ 발전소 건설에 대한 토지 보상의 경우 신속하고 합리적인 절차를 통해 지역의 신뢰를 구축하여 국가 필수 송전망 사업은 지중화를 통해 주거지와 근접성으로 인한 영향을 최소화하는 시도를 하고 있다.⁶⁹

지역사회 참여를 촉진하기 위해 독일은 시민들이 에너지 문제에 대해 의견을 나누고 정책에 참여할 수 있는 기회를 제공하고 있다. 이를 위해, 독일 환경부가 공동 출자하여 설립한 ‘자연 보호와 에너지 전환 역량 강화센터’는 민간 기구에서 전문 교육을 마친 조정관들을 통해 재생에너지 관련 이해관계자 간의 갈등 해결을 중심으로 운영되고 있다.⁷⁰ 또한, 2022년 6월부터 ‘8천만이 함께하는 에너지 전환’ 캠페인을 통해 에너지 절약 및 효율화에 대한 인식제고를 하였으며 이 외에도 다양한 교육 프로그램과 캠페인을 진행하고 있다. 더 나아가, 독일은 협동조합의 원칙을 적용하여 ‘님비(NIMBY)’ 현상을 극복하고, 지역사회에 이익을 공유하는 형태로 재생에너지 협동조합을 조성하고 있다.⁷¹ 2016년 기준으로 독일에는 약 18만 명의 시민이 참여하는 831개의 에너지 협동조합이 운영되고 있다. 이 협동조합에는 평균 출자금을 지불하여 참여할 수 있으며, 조합원들은 발전소 운영을 통해 발생하는 발전 이익을 공유하여 공동체 에너지를 활성화하고 사회적 기반을 강화되는 데 크게 기여하고 있다.⁷²

다른 측면에서는 에너지 위기에 따른 에너지 요금의 가격 급등에 대응하기 위해 2022년 7월부터 재생에너지 부담금(EEG-Umlage) 부과를 폐지하여 소비자들의 에너지요금 부담을 경감시켜주었다.⁷³ 2022년 12월 20일에 제정된 『천연 가스·난방 가격 제동법(Erdgas-Wärme-Preisbremsengesetzes)』과 『전기 가격 제동법(Strompreisbremsengesetz)』을 통하여 입법화되어 2023년 3월 가스·난방·전기 요금 상한제를 도입했으며, 2022년 10월 1일부터 2024년 3월 31일까지 가스에 대한 부가가치세(VAT)를 기존 19%에서 7%로 인하하였다.⁷⁴ 에너지 가격상한제와 부가가치에 대한 정부 보조금은 기록적인 수준으로 증가될 것으로 예상된다. 연정은 에너지 가격

67 Jesse Scott 외 (2022), op. cit.

68 산업통상자원부 (2023), op. cit.

69 ibid.

70 KBS (2022.11.01.), “[재생에너지의 명암]④ 갈등 증재기관 둔 독일…정의로운 에너지 전환 위해선?”, <https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=5591138>, 2024년 2월 2일 검색

71 경향신문 (2017.03.07.), “독일처럼 재생에너지 협동조합 만들어보세요”, <https://m.khan.co.kr/people/people-general/article/201709072125005>, 2024년 2월 6일 검색

72 한겨레 (2017.07.13.), “탈원전 시대, 공동체 에너지 활성화가 답이다”, https://www.hani.co.kr/arti/economy/economy_general/802620.html, 2024년 2월 6일 검색

73 전기저널(2023.04.18), “에너지 위기에 따른 주요국의 전기요금 조정과 대응 정책”, <http://www.keaj.kr/news/articleView.html?idxno=4979>, 2024년 2월 20일 검색

74 주독일 대한민국 대사관 (2024.01.08.), “독일 경제 · 에너지 · 공급망 주간동향 (10.30-11.3)”, https://overseas.mofa.go.kr/de-ko/brd/m_7204/view.do?seq=2974888&page=2, 2024년 2월 20일 검색

상한제는 연장하면서 동시에 부가세 인하 조치를 예정보다 3개월 일찍 종료하기로 결정하고, 경제 안정화 기금에서 55억 유로를 지원하였다.⁷⁵ 그밖에 재무적 어려움을 겪고 있는 에너지 회사들의 지분을 국가가 인수하는 법안을 마련하면서 전력·가스회사를 국유화하는 등 에너지 산업 생태계를 유지하는 노력을 하고 있다.⁷⁶

④ 독일 에너지 전환의 도전 : 지속되는 경제 침체와 에너지 안보에도 가능할까?

2020년 초에 발생한 COVID-19 팬데믹은 글로벌 경제 침체를 일으키는 주요 동인으로 작용하여 2020년에는 유례없는 마이너스 성장을 기록하였으며, 이는 2022년 이후 팬데믹 회복 시기에도 경기침체 양상을 보였다.⁷⁷ COVID-19 팬데믹에서 완전히 회복하지 못한 상황 속에 2022년에 발발한 러-우 전쟁 중에 러시아는 독일로 통하는 천연가스 파이프라인을 차단함에 따라 독일 사회에 에너지 안보의 위기감을 조성하였다.⁷⁸ 독일은 에너지 시장의 변동성을 경험하며 에너지 안보 강화와 에너지 자립을 위한 에너지 정책에 상당한 변화를 추진했다. 또한, “부활절 패키지” 개정안이 통과되었지만, 재생에너지 확대 목표 달성에 많은 의문을 제기하고 있다.

독일의 경우 2021년 기준으로 천연가스의 55%를 러시아로부터 공급할 정도로 대외 의존도가 높아,⁷⁹ 러시아로부터 유입되는 천연가스 공급이 중단된 직후인 2022년 9월의 도매전력 가격은 메가와트시(MWh)당 601.76유로로 2021년 대비 30배 이상 폭등하였다.⁸⁰ 높은 에너지 가격은 에너지 집약적 산업에서 생산 비용을 증가시키는 동시에 운송과 물류에 영향을 주었으며, 이는 독일 경제 전체에 부담을 주는 결과가 되었다. 뿐만 아니라 에너지 요금이 천정부지로 치솟자 재생에너지 부담금(EEG-Umlage) 폐지와 가격상한제 등을 도입하여 경기부양 정책을 발표하였으나, 국가 경제의 측면에서 부담을 가중시켰다.

이외에도 독일은 고질적으로 전력 전송 및 배분 인프라 부족 문제를 겪고 있다. 특히 독일의 북쪽 지역에서 생산된 재생에너지 전력을 주 소비지인 남부 산업지역으로 전달하기 위한 인프라 확충 계획은 2011년 ‘에너지 패키지’에서도 명시할 정도로 중요한 의제로 다루어지고 있었으나, 지역사회 이슈와 정치권의 이해관계 등으로 인해 오랫동안 건설이 지연되고 있었다. 이에 대해 독일의 전력망 운영자들은 재생에너지 발전 확장을 지속하기 위해, 송전망을 최적화하고 강화하며 확장하는 데 필요한 조치들을 지연 없이 구현해야 할 것을 연방정부에 요구하고 있다.⁸¹ 또한, ‘시나리오 프레임워크 2021-2035’에서도 따라 에너지 전환과 관련하여 전력계통의 네트워크 형성과 혁신적인 전력계통 확장 필요성을 논의하고 있다.⁸² 그럼에도 최근 독일정세에 따르면 전력계통 연계 확보 없이는 해상풍력 확대 계획 2년 지연될 것으로 예상되고 있다.⁸³

75 ibid

76 전기저널(2023.04.18), op. cit.

77 장영욱·이현진 (2023), “최근 독일 경기침체의 원인과 대응”, 대외경제정책연구원

78 이재훈 (2022), 우크라이나-러시아 전쟁으로 인한 에너지위기와 독일의 대응 : 연방행정청에 의한 사기업 신탁관리 (Treuhandverwaltung) 제도를 중심으로, 유럽헌법연구, 40, pp. 73-107

79 이재훈 (2022), op. cit.

80 장영욱·이현진 (2023), op. cit.

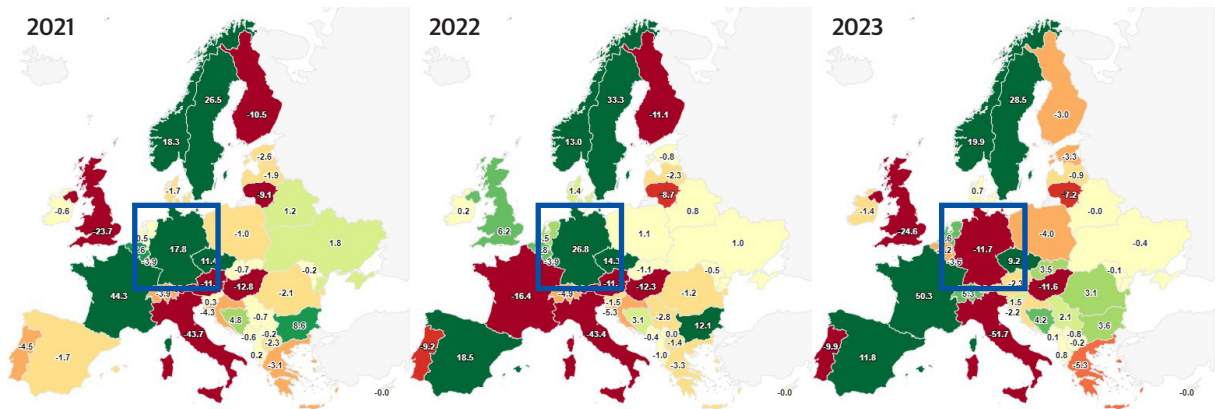
81 Clean Energy Wire (2021.01.28), op. cit.

82 Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen Referat Umweltprüfungen (2020), , op. cit.

83 주독일 대한민국 대사관 (2024.02.05.), “독일 경제 · 에너지 · 공급망 주간동향 (1.29-2.2)”, https://overseas.mofa.go.kr/de-ko/brd/m_7204/view.do?seq=2974911, 2024년 2월 20일 검색

에너지의 안정적인 공급을 위해 일시적으로 원전을 가동해야 한다는 목소리가 정계와 시민사회에서 터져 나왔는데,⁸⁴ 기민당이 재집권 시 원자력 발전 재가동 추진하고자 하며 향후 10년간 석탄 대신 가스발전소를 사용하여 현재까지 불가능한 재생에너지의 장기저장 가능성 및 필요한 기본부하를 확보하는 것을 목표로 한다고 발표하였다.⁸⁵ 그 외에도 탈석탄 시기를 2038년에서 2030년으로 앞당기기로 합의하고 지난해 노르트라인베스트팔렌주에서 2030년까지 석탄화력발전소를 폐쇄하는 법안을 통과시켰으나, 동독 지역의 갈탄화력발전소 폐쇄는 여전히 2038년으로 예정되어 있다.⁸⁶ 독일 연방네트워크청에 따르면 2024~2026년 폐쇄 예정이던 석탄화력발전소(Uniper SE's Scholven B and C, Energie Baden-Wuerttemberg AG's Altbach and Deizisau)는 2031년에 폐쇄하는 것으로 연기되었다.⁸⁷ 에너지 전환을 위한 발걸음에 다가가고 있는 것처럼 보이나 석탄화력 전기의 값싼 생산으로 많은 전기를 수출했던 독일은 현재 덴마크, 노르웨이, 스웨덴의 풍력 및 수력 에너지를 수입하여 2023년 전력 수출국에서 수입국으로 전환되었다(그림6).⁸⁸ 원전의 잠재적 재도입, 석탄발전소 폐쇄 일정 연기와 같은 상황들은 재생에너지로 확대 가능성에 대한 의문을 제기하며 에너지전환 목표 달성에 있어 복잡한 도전과제는 여전히 해결하지 못한 문제이다. 독일의 에너지전환 정책은 경제에 악영향을 미쳐도 에너지 요금을 올릴 것인가와 에너지 전환 속도를 조절할 것인가의 고민을 안겨주었다.

[그림 6] 유럽 국가 간 연도별 전력거래 현황 (2021~2023) (TWh, 녹색(양수값)은 수출, 빨간색(음수)은 수입을 의미)



출처 : 데이터 (ENTSO-E), 이미지 (<https://energy-charts.info/>)

84 뉴스트리 (2023.4.17), “독일 원전 ‘올스톱’...자국내 반대·유럽내 우려 ‘잠재울까’”, <https://www.newstree.kr/newsView/ntr202304170001>, 2024년 2월 20일 검색

85 주독일 대한민국 대사관 (2024.01.08.), “독일 경제·에너지·공급망 주간동향 (12.27-1.5)”, https://overseas.mofa.go.kr/de-ko/brd/m_7204/view.do?seq=2974903&page=1, 2024년 2월 20일 검색

86 주독일 대한민국 대사관 (2024.01.08.), op. cit.

87 Bloomberg NEF (2024.01.03.), “Germany Slows Pace of Coal Phaseout to Secure Power Supply”, <https://www.bnef.com/shorts/s6fo5t0g1kw00>, 2024년 2월 20일 검색

88 주독일 대한민국 대사관 (2024.10.30.), “독일 경제·에너지·공급망 주간동향 (10.23-10.27)”, https://overseas.mofa.go.kr/de-ko/brd/m_7204/view.do?seq=2974886&page=2, 2024년 2월 20일 검색

마무리하며

독일 에너지 정책의 과거와 현재를 살펴봤을 때, ‘에너지 전환(Energiewende)’은 하루아침에 이루어진 결과가 아니었음을 이해할 수 있다. 석탄과 원자력 에너지에 의존하는 산업 부흥 시기부터 독일 사회에서는 다양한 사회구성원들의 의견 대립과 절충을 통한 합의를 통해 탈원전·탈석탄과 재생에너지로의 전환을 서서히 준비했다. 2000년대 이후 『EEG』 제정을 통해 본격적인 ‘에너지 전환’의 골격을 마련했고, 역사적인 대합의를 통해 탈원전 정책을 수립하는 데 성공했다. 이후 재생에너지 확대 및 2050년 탄소중립 목표 달성을 위한 ‘에너지 패키지’를 발표했으며, 마침내 탈석탄법이 제정되면서 독일의 ‘에너지 전환’ 정책은 완성된 모습을 갖추게 되었다. 이후 COVID-19 팬데믹, 러-우 전쟁, 인플레이션, 무역 분쟁, 지정학적 긴장 등 여러 사회경제적 위기 상황에서도 독일은 에너지 자립을 추구하며 재생에너지 확대, 에너지 효율 향상, 전력망 확대 등의 전략으로 에너지 전환을 추진해왔다.

독일과 우리나라는 공통적으로 에너지 부존자원이 부족하며, 제조업 중심의 산업 성장을 일구어냈다는 점에서 유사성을 갖는다. 그러나 에너지 전환을 이행하는 과정에서 독일은 우리나라와 궤를 달리하고 있다. 독일은 1980년대 이후부터 장기간의 준비과정을 통해 재생에너지 보급, 탈석탄 및 탈원전이라는 담대한 목표를 점진적으로 이행하고 있었으며, 목표를 이행하는 과정에서 총체적인 국가 에너지 전략을 제시하고 일관성 있게 실행하는 노력을 기울여왔다. 독일 역시 에너지 전환 정책을 이행하는 과정에서 정부, 민간 또는 산업계에서 이해관계가 맞물리는 갈등을 빚어왔으나 각 주체 간의 합리적인 의사결정 도출 과정을 통해 지지 기반을 확보했다는 점에서 우리나라와는 다른 면모를 드러내고 있다. 지리적인 측면에서도 3면의 바다와 북으로 가로막힌 지리적 제약 요인이 있는 우리나라와 달리 독일은 주변 국가들과의 에너지 네트워크 구축을 통해 전력 수입과 수출을 탄력적으로 운영하여, 재생에너지의 간헐성 문제를 해결하고 있다. 법제도 측면에서도 독일은 전 세계 최초로 ‘발전차액제도(FIT)’를 도입하는 등 에너지 기술혁신을 위한 제도적인 기반을 닦고 에너지 기업의 경쟁력 향상 여건을 제공했다.

한편 우리나라의 경우 독일보다 한 발 앞서, 재생에너지법을 마련한 바 있다. 1988년 『대체에너지개발법』이 제정되고 2005년 『신재생에너지법』이라는 새로운 명칭으로 등장하면서 에너지 전환을 위한 법률적 기틀을 마련했지만, 입지 조건 문제, 전력계통의 안정성, 주민 수용성 등의 여러 요인들로 인해 에너지 전환은 더디게 진행되고 있다. 반면, 독일은 이러한 도전들을 혁신적인 접근과 협력을 통해 극복하며 에너지 전환의 길을 걷고 있다. 전력망 운영자들과 정부의 긴밀한 협력, 사회적 수용성 강화를 위한 주민 참여 및 합리적 보상, 국제적인 협력을 통한 지속가능한 미래를 향한 선도적 모델을 제시하고 있다. 그럼에도 불구하고 앞서 독일이 걸어왔던 에너지 정책의 변천 과정과 지정학적 요인을 고려하였을 때 단순 비교를 통한 우리나라 에너지 정책으로의 추진은 신중하게 고려되어야 할 것이다.

글로벌 저성장 시대에서 전 세계 국가들이 에너지 안보와 탄소중립을 위한 고육지책으로 원자력 에너지의 선택지를 만지작거리고 있는 사회적 흐름 속에서도, 독일은 나홀로 탈원전과 재생에너지의 공존을 외치고 있다. 독일이 걷는 ‘특수한 길’이 성공하게 된다면 이는 우리나라를 포함한 많은 국가들이 독일의 성공 과정에서 나타났던 다양한 문제와 해결방법에 대해 교훈을 얻고 이행할 수 있는 훌륭한 지침과 표준이 될 것이다. 독일의 ‘에네르그벤데’를 계속 주목해보자.

참고문헌

- 1) Bloomberg NEF (2024.01.03.), "Germany Slows Pace of Coal Phaseout to Secure Power Supply", <https://www.bnef.com/shorts/s6of05t0g1kw00>, 2024년 2월 20일 검색
- 2) Bundesgesetzblatt (2000), "Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG) sowie zur Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes und des Mineralölsteuergesetzes"
- 3) Bundesnetzagentur (2024.01.03.), "Bundesnetzagentur veröffentlicht Daten zum Strommarkt 2023", https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2024/20240103_SMARD.html?nn=659670, 2024년 2월 21일 검색
- 4) Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen Referat Umweltprüfungen (2020), "Bedarfsermittlung 2021-2035 Entwurf der Festlegung des Untersuchungsrahmens für die Strategische Umweltprüfung"
- 5) Clean Energy Wire (2021.01.28), More renewables curbed to stabilise German power grid–report, <https://www.cleanenergywire.org/news/more-renewables-curbed-stabilise-german-power-grid-report>, 2024년 1월 24일 검색
- 6) Clean Energy Wire (2023.04.04.), "Germany's greenhouse gas emissions and energy transition targets", <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-greenhouse-gas-emissions-and-climate-targets>, 2024년 2월 16일 검색
- 7) Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2022), "Report on flexibility technologies and measures in the German power system"
- 8) Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, "AI4Grids", <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/ai4grids.html>, 2024년 2월 16일 검색
- 9) IEA (2020), "Germany 2020 Energy Policy Review"
- 10) IEA (2020.02.19.), "IEA policy review commends Germany's ambitious efforts to advance its clean energy transition", <https://www.iea.org/news/iea-policy-review-commends-germanys-ambitious-efforts-to-advance-its-clean-energy-transition>, 2024년 2월 16일 검색
- 11) Jesse Scott 외 (2022), "Coal Phase-Out in Germany: The Role of Coal Exit Auctions", Agora Energiewende
- 12) KBS (2022.11.01), "[재생에너지의 명암]④ 갈등 중재기관 둔 독일...정리로운 에너지 전환 위해선?"<https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=5591138>, 2024년 2월 2일 검색
- 13) Kotra 해외시장뉴스 (2024.01.03), "독일, 알아두면 유용한 2024년 시행 규정", https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=80&CONTENTS_NO=2&bbsGbn=242&bbsSn=242&NttSn=210901, 2024년 1월 25일 검색
- 14) Nelkin, D., & Pollak, M. (1980). Political Parties and the Nuclear Energy Debate in France and Germany. *Comparative Politics*, 12(2), 127–141.
- 15) Reuters (2023.09.22), "Russia temporarily bans fuel exports to most countries in response to shortages",<https://www.reuters.com/markets/commodities/russia-imposes-temporary-restrictions-fuel-exports-2023-09-21/>, 2024년 2월 5일 검색
- 16) S&P global commodity insights (2022.03.08), "Russia warns of \$300/b oil, threatens gas export ban"<https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/oil/030722-russia-warns-of-300b-oil-threatens-gas-export-ban>, 2024년 2월 5일 검색
- 17) SMARD, "Electricity generation and consumption in Germany"<https://www.smard.de/en>, 2024년 2월 1일 검색
- 18) The Federal Government (2023.04.19.), "Climate-friendly heating: new Building Energy Act to be implemented", <https://www.bundesregierung.de/breg-en>, 2024년 2월 16일 검색
- 19) 경향신문 (2017.03.07), "독일처럼 재생에너지 협동조합 만들어보세요"<https://m.khan.co.kr/people/people-general/article/201709072125005>, 2024년 2월 6일 검색
- 20) 금재호 (2013), "독일의 노동시장에서 무엇을 배울 것인가?", *노동리뷰*, pp. 75-88.
- 21) 김남일·이성규 (2021), "유럽 국가의 변동적 재생에너지 비중 증가와 국가 간 전력거래와의 연관성 분석: 동북아 지역에 대한 시사점", *에너지경제연구원*

참고문헌

- 22) 김덕호 외 (2015), “원전사고와 원전 레짐의 변화: 미국, 영국, 독일, 프랑스를 중심으로”, 한국과학기술학회: 학술대회 논문집, 2015, 12a, pp. 93-103
- 23) 김의영 (2012), “국제화에 따른 환경정책 입법의 특징과 국회의 대응과제: 기후변화 대응을 위한 환경정책의 해외 입법례를 중심으로”, 국회입법조사처
- 24) 김주현 (2015), “공공성을 기반으로 한 독일의 위험 거버넌스: 탈핵 결정 사례를 중심으로”, 한국사회정책, 22(1), pp. 121-152
- 25) 노영민(2014) “통일전후 동서독 전력계통 및 전력산업 통합사례 분석”, 새정치민주연합
- 26) 녹색기술센터 (2022), “국내･외 재생에너지 활용 P2G 그린수소 생산 기술 동향 분석”
- 27) 뉴스트리 (2023.04.17), “독일 원전 ‘올스톱’...자국내 반대·유럽내 우려 ‘잠재울까’”, <https://www.newstree.kr/newsView/ntr202304170001>, 2024년 2월 20일 검색
- 28) 루르 박물관 홈페이지, “에센(Essen)에 위치한 졸페라인 탄광”, <https://ruhrmuseum.de/>, 2024년 2월 7일 검색
- 29) 매일신문 (2014.02.19), “[산업관광 굴뚝에 피는 관광의 꽃] ⑩독일 루르(Ruhr) 공업지대”, <https://www.imaail.com/page/view/2014021907001720932>, 2024년 1월 30일 검색
- 30) 머니투데이 (2023.04.16), “전력의 5% 독일, 마지막 원전 깎다...’탈원전’ 성공 선례 될까”, <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2023041609444342765>, 2024년 2월 5일 검색
- 31) 머니투데이 (2023.08.31), “그리드 연결하는 유럽... 하이브리드 해상풍력이 뜬다” <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2023082921442270773>, 2024년 2월 2일 검색
- 32) 머니투데이(2023.09.08), “러 에너지 인질극에 ‘당황’... ‘탈원전’ 독일에 벌어진 일”, <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2023090718320958391>, 2024년 2월 20일 검색
- 33) 박진희 (2012), “독일 탈핵정책의 역사적 전개와 그 시사점”, 역사비평, 98, pp. 214-246
- 34) 산업통상자원부 (2023), “전력계통 혁신대책”
- 35) 시사IN (2023.05.13), “62년간의 원자력발전, 독일은 어떻게 끝냈나 [기후위기 대응 선진국 독일의 고민 ④]”, <https://www.sisain.co.kr/news/articleView.html?idxno=50217>, 2024년 1월 28일 검색
- 36) 양의식 (2019), “주요국의 에너지전환(Energy Transition) 추진성과와 과제”, 에너지경제연구원
- 37) 연합뉴스 (2024.01.05), “독일 작년 이산화탄소 배출량 70여 년 만에 최소” <https://www.yna.co.kr/view/AKR20240105003100082>, 2024년 2월 6일 검색
- 38) 오마이뉴스 (2016.02.12), “사회 11시간 토론 생중계... 메르켈은 어떻게 결단했나”, https://www.ohmynews.com/NWS_Web/View/at_pg.aspx?CNTN_CD=A0002181473, 2024년 2월 7일 검색
- 39) 외교부 (2009), “독일의 그린에너지 정책 및 산업”
- 40) 외교부 글로벌에너지협력센터 (2023), “2024 독일 신재생에너지 현황 및 정책” <https://energy.mofa.go.kr/board/view.jsp>, 2024년 1월 20일 검색
- 41) 윤성원·류재수·김연중 (2017), “독일의 탈원전 정책결정과 영향”, 2017 한국기술혁신학회 추계학술대회, pp. 1543-1557
- 42) 이대연 (2018), “탈원전 국가의 반원전 운동 및 여론의 변화와 시사점”, 원자력산업, 제38권 제6호, pp. 64-76
- 43) 이영준·김영수 (2012), “후쿠시마 사고 이후 독일의 에너지정책 변화와 시사점”, 한국원자력연구원
- 44) 이재훈 (2022), “우크라이나-러시아 전쟁으로 인한 에너지위기와 독일의 대응 : 연방행정청에 의한 사기업 신탁관리 (Treuhandverwaltung) 제도를 중심으로”, 유럽헌법연구, 40, pp. 73-107
- 45) 임성진 (2005), “지구온난화방지를 위한 독일의 에너지정책”, 국제정치논총, 45(3), pp. 287-311
- 46) 장영욱·이현진 (2023), “최근 독일 경기침체의 원인과 대응”, 대외경제정책연구원
- 47) 전기저널 (2016.07.05), “독일 신재생에너지 지원정책 추이와 시장 변화”, <http://www.keaj.kr/news/articleView.html?idxno=960>, 2024년 1월 30일 검색

참고문헌

- 48) 전기저널(2023.04.18), “에너지 위기에 따른 주요국의 전기요금 조정과 대응 정책”, <http://www.keaj.kr/news/articleView.html?idxno=4979>, 2024년 2월 20일 검색
- 49) 전홍찬 (2016), “후쿠시마 이후 독일 원전 정책 변화에 대한 연구:정치적 요인을 중심으로”, 사회과학연구, 27(4), pp. 307-334.
- 50) 정용숙 (2023), “독일 루르 지역의 탈석탄 전환과 산업 유산 활용 지역 재생”, 지역산업과 고용, pp. 54-65.
- 51) 제베린 피셔·잔드라 베틀케 (2011), “독일의 에너지정책 - ‘친환경 산업 정책’과 실용주의 기후 정책 사이에서”, 프리드리히 에버트 재단 한국 사무소, p. 5
- 52) 조장욱 (2016), “2차 대전 이후 기적의 생성과 소멸에 관하여”, 경제논단, 55(2), pp. 255-267
- 53) 조혜경 (2020), “독일 탈 석탄 구조조정 모델의 명과 암: ‘사회적으로 공평한’ 탈 석탄 해법의 모색”, 정치경제연구소 대안, Alternative Working Paper, No. 21.
- 54) 주독일 대한민국 대사관 (2023.03.28.), “독일의 에너지자원 현황 및 정책”, https://overseas.mofa.go.kr/de-ko/brd/m_7203/view.do?seq=1335072&page=1, 2024년 2월 16일 검색
- 55) 주독일 대한민국 대사관 (2024.01.08.), “독일 경제 · 에너지 · 공급망 주간동향 (10.30-11.3)”, https://overseas.mofa.go.kr/de-ko/brd/m_7204/view.do?seq=2974888&page=2, 2024년 2월 20일 검색
- 56) 주독일 대한민국 대사관 (2024.01.08.), “독일 경제 · 에너지 · 공급망 주간동향 (12.27-1.5)”, https://overseas.mofa.go.kr/de-ko/brd/m_7204/view.do?seq=2974903&page=1, 2024년 2월 20일 검색
- 57) 주독일 대한민국 대사관 (2024.02.05.), “독일 경제 · 에너지 · 공급망 주간동향 (1.29-2.2)”, https://overseas.mofa.go.kr/de-ko/brd/m_7204/view.do?seq=2974911, 2024년 2월 20일 검색
- 58) 주독일 대한민국 대사관 (2024.10.30.), “독일 경제 · 에너지 · 공급망 주간동향 (10.23-10.27)”, https://overseas.mofa.go.kr/de-ko/brd/m_7204/view.do?seq=2974886&page=2, 2024년 2월 20일 검색
- 59) 주인석 (2016), “독일의 ‘에너지 전환(Energiewende)’ 정책과 연방-주정부간 협력과 갈등”, 국제정치연구, 19(2), pp. 35-66
- 60) 테크홀릭 (2014.04.08), “체르노빌 원전사고 28년, 여전히 위험신호”, <http://www.techholic.co.kr/news/articleView.html?idxno=15430>, 2024년 2월 7일 검색
- 61) 한겨레 (2017.07.13), “탈원전 시대, 공동체 에너지 활성화가 답이다”https://www.hani.co.kr/arti/economy/economy_general/802620.html, 2024년 2월 6일 검색
- 62) 한전경영연구원 (2021), “KEMRI 전력경제 REVIEW - 독일 재생에너지 확대배경과 시사점”, p. 42참고문헌

기후탄소 이슈레포트

**겨울 축제도
동계올림픽도 위기...
사라지는 눈과 얼음**

**2년에 한 번꼴 가뭄 왔다...
40년 뒤엔
'가을 가뭄'이 더 위험**

겨울 축제도 동계 올림픽도 위기... 사라지는 눈과 얼음

겨울철 강원도는 활기가 넘친다. 우리나라의 가장 북쪽, 가장 추운 지역답게 눈과 얼음 축제가 앞다퉈 열린다. 겨울 축제 하나로 1년을 버틴다는 상인들이 있을 정도다. 연간 백만 명의 관광객이 찾는다는 화천 산천어 축제를 비롯해 인제 빙어축제, 태백산 눈축제 등 유명세를 탄 축제뿐 아니라 생소한 겨울 축제도 속속 등장하고 있다.

그런데 최근 강원도 겨울 축제가 어려움에 봉착했다고 한다. 포근한 날씨와 잘 내리지 않는 눈 때문이다. 축제 성패는 복불복이라는 말까지 나온다.

이번 겨울, 인제 빙어축제를 보면 그 심각성을 알 수 있다. 매년 축제가 열리는 인제군 남면 빙어호는 올해 얼음이 거의 얼지 않았다. 축제부스가 설치되는 강변은 아예 물에 잠긴 상태다. [그림 1]

축제를 안전하게 여는 데 필요한 얼음의 두께는 최소 20cm, 결국 인제군은 빙어축제 개최를 취소하기에 이르렀다. 날씨 탓에 축제를 열지 못한 경우는 최근 10년간 벌써 3번째다. 복불복이라는 말이 나올 만하다.

[그림 1] 인제군 빙어호



출처:YTN 영상

모든 경기가 눈과 얼음 위에서 펼쳐지는 동계올림픽의 상황은 더욱 심각하다.

인공 눈은 1980년대 미국 동계올림픽에서 처음 사용됐다. 처음에는 부족한 눈을 보충하는 용도로 이용했는데, 이제는 인공 눈 없이 동계올림픽 개최가 불가능한 상황이 됐다.

2010년 밴쿠버 올림픽에서는 부족한 눈을 보충하기 위해 헬리콥터로 눈을 날랐고, 2014년 소치 동계올림픽 때는 예상 밖의 높은 기온으로 산 정상에 눈 사정마저 좋지 못하자 실외 종목 선수들의 연습경기가 연기되거나 취소되는 등 최악의 사정을 맞게 됐다. 그 이후 비상 대책으로 지난해부터 내린 눈을 보관하고 있다가 긴급 투입했지만, 천연 눈으로는 부족해 인공 눈 비중을 80%까지 높여야만 했다.

이어 4년 뒤, 2018년 평창 동계올림픽에서는 인공 눈 비중이 90%까지 높아졌고, 2022년 베이징 올림픽에서는 100% 인공 눈으로 경기장이 만들어졌다. [그림 2]

1920~2020년대 동계올림픽 기간 기온의 변화를 보면 왜 이런 상황이 발생하게 됐는지 알 수 있다. 1920~1950년대 동계올림픽 개최지의 평균 기온은 0.4도였다. 그런데 1960~1990년대에는 3.1도로 상승하더니 2022년 베이징 올림픽 때는 기온이 무려 영상 6.3도로 올라 겨울이 아닌 봄 날씨를 보였다. 동계올림픽이라는 명칭이 무색할 정도였다.

[그림 2] 평창 동계올림픽



출처: 평창동계올림픽조직위원회

그렇다면 앞으로도 동계올림픽을 계속 볼 수 있을까?

2014년 캐나다 연구진이 동계올림픽이 개최됐던 21개 도시 가운데 19개 도시를 대상으로 21세기 중반 이후 동계올림픽 개최가 가능할지를 조사했다.

온난화 시나리오에 따른 도시들의 기온 변화와 강설 패턴 등을 분석했다. 결과는 충격적이었다. 21세기 중반 이후 00여 곳이 동계올림픽 개최가 불가능하고 그 시기를 지나면 3~4곳이 더 불가능할 것으로 나타났다.

눈과 얼음의 부족으로 동계올림픽 개최에 어려움이 커지자 국제올림픽위원회 IOC는 2030년과 2034년 동계올림픽 개최지를 동시에 선정하겠다는 특단의 대책을 내놨다.

IOC는 동계올림픽에 필요한 11개 경기장 중에서 최소 9곳을 확보한 나라가 전 세계적으로 15곳에 불과하며, 동계올림픽 개최지 두 곳을 미리 선정하는 것은 개최 국가가 안정적으로 경기장을 확보할 수 있는 시간을 주기 위해서라고 밝혔다.

이런 특단의 대책에도 불구하고 동계올림픽 전망은 그리 밝지 않다. 만약 지구촌이 최선을 다해 1.5도 기후 마지노선을 지킨다면 2080년 동계올림픽을 개최할 수 있는 곳은 9개국이 된다. 하지만 지금 추세로 온도가 상승한다면 동계올림픽 가능 국가는 단 한 곳도 남지 않게 된다.

가속화된 온난화를 멈춰 세우지 못한다면 머지않은 미래에 우리는 겨울 축제와 제2의 김연아를 볼 수 없게 될지 모른다.

2년에 한 번꼴 가뭄 왔다... 40년 뒤엔 '가을 가뭄'이 더 위험

지난해 봄, 전남 지역을 강타했던 가뭄은 심각했다. 전국 기상 관측이 시작된 1974년 이후 49년 만에 가장 긴, 281.3일의 기상 가뭄이 기록됐다. 일부 섬 지역에는 제한급수가 이뤄졌다.

원인은 그 전해 여름으로 넘어간다. 2022년 장마철에 비가 제대로 내리지 않은 데다, 내륙에 상륙한 태풍도 없어 강수량이 크게 부족했던 것이 원인이었다. 이후 겨울과 봄으로 이어지며 가뭄이 극심해졌다. 다행히 지난여름 많은 비가 내리며 가뭄이 해소되긴 했지만, 가뭄에 대한 불안감은 남아있다.

실제 기상 자료를 보면 '기상 가뭄'의 빈도는 잦아지고 강도는 세진 것으로 나타난다. 최근 10년 사이 기상 가뭄이 100일 이상 발생한 해는 무려 다섯 차례로, 2년에 한 번꼴이다. 이와 함께 기상 가뭄 발생 일수도 점차 늘어나고 있다. 가뭄이 점차 강해지고 있다는 증거다.

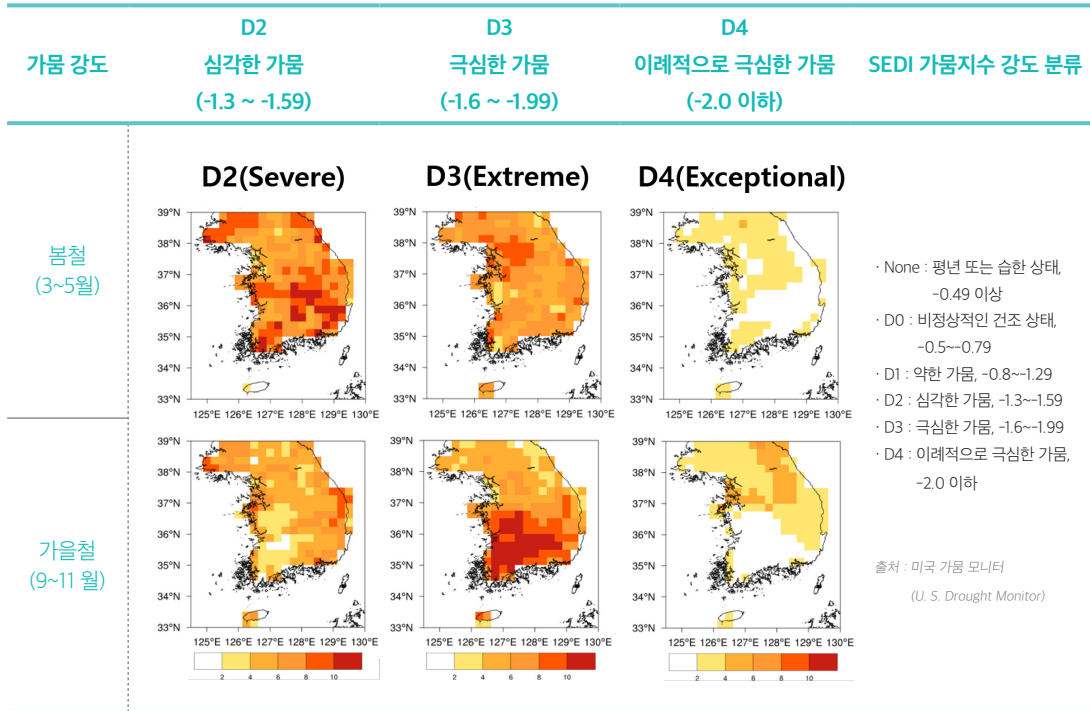
여기에 장기적으로는 봄 가뭄이 아닌 가을 가뭄이 더 무서워진다는 분석도 나왔다. 가을 가뭄이라는 말이 아직 생소하게 들릴 수도 있지만, 가을 가뭄은 실제 우리나라에 나타나고 있는 현상이다.

2022년 광주와 전남 지역에, 그리고 지난해 10월 말 제주도 서귀포 지역에 가을 가뭄이 나타났다. 봄이 아닌 가을에 '가뭄'이 나타나는 건 극히 이례적인 일이다. 피해 지역도 넓지 않았다. 그런데 앞으로는 가을 가뭄이 잦아지고 그 강도도 봄 가뭄보다 세질 것이란 전망이 나왔다.

APEC 기후센터 연구진이 기후변화 시나리오를 기반으로 봄가을 미래 가뭄 전망을 비교·분석한 결과이다.

연구진의 분석에 따르면 탄소 배출 억제에 실패할 경우 60년 뒤(2081~2100) 우리나라는 가뭄 기준 4단계 중 3단계 수준의 '극심한 가뭄'이 중부보다는 남부에, 봄보다는 가을에 더 심각해질 것으로 나타났다. [그림 3]

[그림 3] 고탄소 시나리오 21세기(2021~2100년) 봄/가을철 SEDI 가뭄지수 강도별 발생 횟수 분포



출처 : APEC 기후센터

봄철에는 강수량이 다소 증가하는 경향을 보이지만, 가을철에는 현재 대비 강수량이 줄고 기온이 가파르게 상승해 가뭄이 악화될 것이라는 예측이다. 특히 가뭄을 구분하는 4단계 가운데 가장 심한 '이례적 극심한 가뭄'이 나타날 가능성이 있다는 분석도 나왔다.

심한 '가을 가뭄'은 다음 해 봄 가뭄으로 그대로 이어져 물 부족의 악순환이 나타날 가능성이 크다.

기후변화에 따른 세심한 물 관리 대책이 필요한 이유이다.