

# 한국 에너지 대전환의 일자리 창출 효과 분석

로버트 폴린, 자넷 워스-림, 쇼빅 차크라보르티,  
그레고르 세미에누크, 윤자영

By Robert Pollin, Jeannette Wicks-Lim, Shouvik Chakraborty,  
Gregor Semieniuk, and Jayoung Yoon



# 감사의 글

이 연구는 그린피스 동아시아 서울 사무소의 의뢰로 진행되었습니다. 재정적 지원은 물론, 보고서의 연구 초안과 결론 도출 과정에서 자율성을 보장하는 등 계약 조건을 존중해준 그린피스 서울사무소에 다시 한번 깊은 감사를 드립니다.

9개월 동안 많은 논의를 통해 연구에 큰 도움을 주신 그린피스 동아시아 지부의 양연호 캠페이너, 김지석 전문위원, 그리고 정상훈 캠페이너께도 감사의 말씀을 전합니다. 그리고 소중한 견해를 들려주신 녹색에너지전략연구소의 권필석 소장님, 서울대 홍종호 교수님, 매사추세츠대 애머스트에서 경제학 박사과정 중인 케니스 정 님께도 감사한 마음을 전하고 싶습니다. 이 연구의 자료 조사 진행에 많은 도움을 준 에밀리 디아즈-로아 (Emily Diaz-Loar) 님, 케이틀린 클라인(Caitlin Kline) 님, 치라그 랄라 (Chirag Lala) 님께도 진심으로 감사드립니다. 저희가 정리한 수많은 내용과 표를 일목요연하게 정리해주신 김 와인스타인 (Kim Weinstein) 님께도 감사의 말씀을 전합니다. 그리고 연구 전반에 걸쳐 헌신적인 도움을 주신 정치경제연구소 (PERI)의 니콜 더넘 (Nicole Dunham) 행정이사관님께도 진심으로 감사의 말씀을 올립니다.

# 목차

감사의 글	002
개요	004
연구결과 요약	005
핵심내용	011
I. 대한민국 2050 탄소중립 프로그램	016
II. 청정 에너지 투자 프로젝트	020
III. 청정 에너지 투자 및 조립사업이 일자리 창출에 미치는 영향	035
IV. 고용 축소와 실직자를 위한 정의로운 전환	052
V. 2050년 탄소중립 달성	063
VI. 국내 탄소중립 프로젝트의 자금조달 방안	075
부록1. 고용 추정 및 고용의 질과 노동자 특성에 대한 데이터 생성 방법	081
부록2. 2031~2050년 화석연료 수입의 단계적 폐지가 고용에 미치는 영향	090
부록3. 한국의 원자력 산업: 현재의 단계적 폐지 및 2085년까지의 발전 전망	092
미주	095
참고 문헌	099
저자 소개	104

# 개요

이번 연구는 한국 정부의 그린뉴딜 프로그램, 그리고 정부 기관을 비롯해 여러 연구자들이 내놓은 연구 결과를 바탕으로 한국에서 실행 가능한 기후 안정화 방안을 살펴보기 위해 수행되었다.

**그린뉴딜 목표 달성.** 한국판 뉴딜 정책의 핵심목표는 2030년까지 온실가스 배출량을 2018년 대비 40% 감축하고, 2050년에는 국내 순배출량을 0(넷제로)으로 만드는 것이다. 한국은 이러한 감축 목표를 이루고도 견조한 경제 성장세를 유지하고, 무엇보다 대량의 새로운 일자리를 창출할 수 있을 것이다.

**화석연료의 단계적 퇴출.** 한국이 이산화탄소 배출량 감축 목표를 달성하기 위해 최우선적으로 석유와 석탄, 천연가스 등 화석연료를 이용한 에너지 생산을 단계적으로 폐지해야 한다. 한국 경제는 에너지 소비의 84%를 석탄, 석유, 천연가스와 같은 화석연료에 의존하고 있으며 대부분 해외에서 수입된다. 따라서 이러한 에너지 수입도 화석연료 퇴출이 진행되면 단계적으로 사라질 것이다.

**청정 에너지 인프라 구축.** 한국판 뉴딜의 과제 중 하나는 새로운 에너지 인프라 구축이다. 그 성공여부는 에너지 효율성 제고와 청정 재생에너지원에 대한 투자에 달려 있다. 목표 달성을 위해서는 2022~2030년 국내총생산(GDP)의 3.6%, 2031~2050년에는 GDP 1.4% 규모의 투자가 필요하다.

**대규모 일자리 창출.** 에너지 효율성 제고와 재생에너지 확대에 투자하고 국내에서 생산한 재생에너지로 화석연료 수입을 대체할 경우, 2022~2030년 81~86만 개, 2031~2050년에는 90만~120만 개의 고용이 창출될 것으로 예상된다. 현재 전체 노동인구의 3~4%에 해당하는 규모다. 이러한 신규 일자리는 노동시장의 모든 분야에서 임금 및 교육 수준에 따라 다양하게 창출될 것이다. 대규모 일자리 확대에 따른 임금, 복지, 근무 환경 등의 개선도 기대된다.

**화석연료 퇴출로 인한 일자리 감소 효과 미미.** 화석연료의 단계적 폐지는 천연가스 유통 부문이나 주유소, 가스충전소의 일자리와 같은 화석연료 기반 산업 노동자의 고용 감소로 이어질 수 있다. 또 한국의 대규모 자동차 산업이 기름으로 움직이는 내연기관차 생산에서 온실가스를 내뿜지 않는 전기차나 수소연료전지차 생산으로 전환하는 과정에서 관련 일자리가 사라질 수 있다. 한국은 원전 산업도 단계적으로 축소해 나가기로 계획하고 있기 때문에 이에 따른 일자리 감소도 겪게 될 것이다. 하지만 자발적 은퇴자를 제외한다면, 일자리를 잃고 재취업이 필요한 인력은 2022~2030년 해마다 평균 9,000명 안팎일 것으로 예상된다. 내연기관차 생산이 중단되는 2031~2035년(국제추세 고려한 탈내연기관 로드맵 가정)에는 연간 실직자 수가 14,500명까지 늘어 정점을 기록할 것으로 예상되지만, 2036~2050년에는 일자리 감소 추세가 둔화돼 화석연료 및 원자력 사업 부문에서만 연간 약 3,000개의 일자리가 줄어들 것으로 보인다.

**녹색 경제 전환에 금융 지원.** 한국 정부는 청정 에너지 분야에 대규모 투자를 촉진하기 위해 적극적으로 금융 계획을 추진해 왔다. 이러한 프로그램을 확대하기 위한 공공 수익원으로 다음과 같은 세 가지를 고려할 수 있다. 1) 화석연료에 대한 정부 보조금을 청정 에너지 분야로 전환 2) 국방비의 일부를 청정 에너지 예산으로 전환 3) 탄소세법 시행하는 방법이다. 탄소세로 발생하는 수익은 대부분 국민에게 다시 분배되지만, 청정 에너지 투자에 상당한 자금을 확보할 수 있을 것이다. 공공 부문 외에도 강력한 유인책으로 추가적인 민간 투자를 끌어들이 수 있다. 녹색채권(그린본드), 탄소배출권, 각종 규제 수단이 그러한 유인책이다.

# 연구결과 요약

이번 연구는 한국 정부의 그린뉴딜 프로그램, 그리고 정부 기관을 비롯해 여러 연구자들이 내놓은 연구 결과를 바탕으로 한국에서 실행 가능한 기후 안정화 방안을 살펴보기 위해 실행되었다. 보고서에서 제안되어 있는 정책을 실행한다면 한국은 그린뉴딜의 두 가지 핵심목표를 달성할 수 있을 것이다. 기후안정화를 위해서 기후안정화를 위해서 2030년까지 온실가스 배출량을 2018년 대비 40% 이상 감축하고, 2050년에는 국내 순배출량 0(넷제로)을 달성해야 한다. 한국의 온실가스 총배출량에서 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)가 차지하는 비중은 93%에 이른다.<sup>1</sup> 한국은 2050년까지 탄소중립을 이루는 것은 가능하며 온실가스 배출량을 감축하면서도 경제 성장을 유지하고, 특히 새로운 일자리를 대규모로 창출할 수 있다.

## 한국의 청정 에너지 전환 프로젝트

한국이 이산화탄소 배출량 감축 목표를 달성하기 위해서는 석유와 석탄, 천연가스 등 화석연료를 이용한 에너지 생산을 단계적으로 폐지해야 한다. 에너지를 생산하는 과정에서 화석연료 연소로 발생하는 온실가스인 이산화탄소, 메탄가스, 이산화질소 배출량은 전 세계적으로 온실가스 배출량의 75-80%를 차지한다.<sup>2</sup> 한국에서 소비되는 에너지의 84%는 석탄, 석유, 천연가스와 같은 화석연료로 생산되며 거의 대부분을 수입에 의존하고 있다.<sup>3</sup>

한국 정부는 기존의 화석연료 기반 에너지 인프라를 2050년까지 단계적으로 폐지함과 동시에 새로운 에너지시스템 구축에 대규모 투자를 단행해야 한다. 그리고 투자는 에너지 효율성 제고 및 재생에너지원 확대를 중심으로 이뤄져야 한다.

## 청정 에너지 투자를 통한 대규모 고용창출

이번 연구에서 한국이 탄소 중립 목표를 달성하기 위해 에너지 효율 제고 및 재생에너지원 개발에 투자할 경우, 2022~2030년 81만~86만 개의 일자리, 그리고 2031~2050년 90만~120만 개의 일자리를 창출할 수 있을 것으로 예상되었다. 이는 취업자와 미취업자, 불완전취업자를 포함한 전체 경제활동 인구 2,840만명의 3~4%에 해당되는 규모다. 국내에서 생산한 청정 에너지로 대체해 화석연료 수입을 중단한다면 대규모 신규 일자리가 만들어 질 것으로 기대된다. 이러한 신규 일자리는 다양한 교육 수준과 연봉 수준을 갖게 되며 궁극적으로 임금, 복지, 근무 환경 등 일자리의 질을 향상하는 데 기여할 것이다.

## 화석연료 퇴출로 인한 일자리 감소 효과 크지 않아

화석연료의 단계적 폐지는 천연가스 유통이나 주유소, 가스충전소의 일자리와 같은 화석연료 기반 산업 노동자들의 고용 감소로 이어질 수 있다. 또 한국의 대규모 자동차 산업이 기름으로 움직이는 내연기관차 생산에서 온실가스를 내뿜지 않는 전기차나 수소연료전지차 생산으로 전환하는 과정에서 관련 일자리가 사라질 수 있다. 이는 배출량 '제로(0)'인 자동차보다 내연기관차를 생산하는 데 더 많은 인력이 필요하기 때문이다.

하지만 이로 인한 고용 축소 효과는 상대적으로 작다. 자발적 은퇴자를 제외한다면, 화석연료 및 자동차 산업에서

줄어드는 일자리 수는 2022~2030년 한 해 평균 9,000명 수준으로 예측된다. 고용 축소는 2031~2035년 자동차 생산 부문에서 매년 11,500개의 일자리가 줄어들면서 정점을 이룰 것으로 보인다. 2035년 내연기관차 생산이 중단되는 데 따른 것이다. 같은 기간 화석연료 및 원자력 발전 부문에서도 매년 약 3,000개의 일자리가 줄어들어, 5년동안 해마다 총 14,500명의 고용 감소가 일어날 것으로 예상된다. 하지만 2036~2050년에는 고용 축소가 화석연료 및 원자력 발전 부문에서만 1년에 3,000명 규모로 일어날 것이다. 정부는 화석연료의 퇴출로 일자리를 잃을 화석연료, 원자력 발전 및 내연기관차 생산 부문 노동자들을 위해 전직 지원 방안을 마련해야 한다. 빠르게 확대되는 재생에너지 분야는 이들에게 많은 일자리를 제공할 수 있는 분야 중 하나다.

<표 S.1>과 <표 S.2>는 2022~2030년 재생 에너지로의 전환에 따른 일자리 감소 및 신규 일자리 창출을 요약한 것이다.

<b>&lt;표 S.1&gt;</b> 2022~2030년 연평균 일자리 창출 전망	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지 효율 및 재생에너지 투자</li> <li>• 조립 사업</li> <li>• 화석연료 수입 단계적 중단</li> </ul>	
	일자리 창출 규모 <small>(고용/생산 지수 고정 시)</small>	연간 노동생산성 1.5% 증가 반영 일자리 창출 규모 <small>(중간연도인 2026년 기준)</small>
에너지 효율 및 재생에너지 투자: <small>연간 78조 원</small>	789,780	743,450
조립사업 투자: <small>연간 6,310억 원</small>	11,930	11,230
화석연료 수입 단계적 중단: <small>에너지 수입대체 효과 연간 6조 3,000억 원</small>	59,454	55,970
<b>총 일자리 창출 규모</b>	<b>861,164</b>	<b>810,650</b>
<b>2020년 한국 경제활동인구 (2,840만명) 대비 총 일자리 창출 규모</b>	<b>3.0%</b>	<b>2.9%</b>

출처: <표 3.5>, <표 3.9>, <표 3.11>

<b>&lt;표 S.2&gt;</b> 2022~2030년 연평균 일자리 감소 전망	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 화석연료 에너지 단계적 폐지</li> <li>• 내연기관차에서 배출량 '제로(0)' 자동차 생산으로 전환</li> <li>• 원자력 발전 부문 종사자 일자리 변동 없음</li> </ul>	
<b>화석연료 부문 전체 종사자</b>	<b>3,354</b>	
- 주유소 종사자	1,298	
- 기타 화석연료 부문 종사자	2,056	



자동차 생산 부문 종사자	5,222
전체 평균 일자리 감소	8,576
<b>2020년 한국 경제활동인구 대비 일자리 감소 비율</b> (경제활동인구: 2,840만명)	0.03%

출처: <표 4.4>, <표 4.6>

## 정부의 탄소중립 목표

이번 연구에서 제안하는 기후 안정화 방안은 한국 정부의 그린뉴딜 프로젝트, 그리고 정부 기관을 비롯해 여러 연구자들이 작성한 여러 연구 결과를 바탕으로 한다. 2020~2021년 사이, 한국 정부는 2030년까지 온실가스 배출량을 2018년 대비 40% 감축하고, 2050년까지 국내 순배출량을 0(넷제로)으로 만들겠다고 발표하거나 보고서를 통해 밝혔다. 이렇게 발표된 공식 목표가 이번 연구의 출발점이다.<sup>4</sup>

한국 정부는 2020년 12월 발간한 <지속가능한 녹색사회 실현을 위한> 대한민국 2050 탄소중립 전략> 보고서에서 “2050년 대한민국 비전”을 다음과 같이 설정했다.<sup>5</sup>

*우리나라는 장기저탄소발전전략으로서 2050년 탄소중립을 목표로 나아갈 것이다. 이를 위해 한국판 뉴딜에 그린과 디지털 기술을 접목하여 시너지 효과를 발휘하고 기후기술 혁신을 위한 과감한 투자와 지원으로 2050년 탄소중립을 위해 노력할 것이다. 기후위기 대응을 위해선 우리나라 뿐만 아니라 전 지구적인 노력과 참여가 중요하다. 국제사회 모두가 2050 탄소중립을 위해 공동의 노력을 펼칠 수 있도록 우리나라가 선도적인 역할을 할 것이다.*

문재인 대통령은 2021년 11월 개최된 제26차 유엔 기후변화협약 당사국총회 (COP26)에서 2030년까지 온실가스 배출량을 2018년 대비 40% 감축하고, 2050년에는 ‘순배출량 0(넷제로)’를 달성하겠다는 야심찬 목표를 발표했다. 문 대통령은 COP26 기조연설에서 “쉽지 않은 일이지만, 한국 국민들은 바로 지금이 행동할 때라고 결정했다. 한국은 2050 탄소중립을 법제화하고, 이를 달성하기 위한 계획을 발표했다”고 말했다.<sup>6</sup>

2030년까지 CO<sub>2</sub> 배출량을 40% 이상 감축하고, 2050년에는 ‘순배출량 0(넷제로)’를 달성하겠다는 목표는 정부가 2020년 12월 발간한 <지속가능한 녹색사회 실현을 위한> 대한민국 2050 탄소중립 전략> 보고서에 나와 있다. 이후 산업통상자원부와 에너지경제연구원은 국제에너지기구와 공동으로 기후 안정화 방안을 구체화했다. 이번 연구에서는 2020년 11월 발간된 <대한민국 2020 에너지정책 국가보고서> 및 2021년 12월 발간된 <넷제로를 위한 한국의 전력시장 개선>의 내용이 포함되었다.<sup>7</sup>

## 대한민국 탄소중립 프로젝트에 관한 최근 연구

최근 독립적인 연구자들과 비정부 기구가 진행한 여러 연구는 한국이 2050년까지 넷제로를 달성할 수 있는 방법과 전망을 상세히 다루고 있다.<sup>8</sup>

물론 각 연구에서 사용된 연구 및 분석 방법은 서로 다르다. 하지만 모든 연구 결과의 핵심과 제안은 큰 틀에서 공통점을 갖고 있으며 최근 대한민국 정부가 발표한 보고서의 내용과도 일맥상통한다.

모든 연구에서 공통적으로 한국이 다른 나라들처럼 석유, 석탄, 천연가스 같은 화석연료를 이용한 에너지 생산을

중단하는 것을 최우선 목표로 삼아야 한다고 지적한다. 여기에 더해 화석연료에 기반한 에너지 체계를 대안적인 청정 에너지 체계로 전환해야 한다고 주장한다. 이는 건물을 운영하는 방법에서부터 교통체계, 정보기술, 산업기기 등을 포함한 경제의 모든 부문에서 에너지 효율성을 획기적으로 개선하기 위해 대대적인 투자를 해야 한다는 뜻이다. 동시에 재생에너지에 대한 대규모 투자도 이뤄져야 한다. 현재 한국의 재생에너지 시장은 태양광이 주도하고 있으며, 풍력이 두 번째로 높은 비중을 차지한다. 그리고 비록 소소한 규모이지만 수력, 조력, 지열, 그리고 화석연료보다 유해물질 발생이 적은 바이오에너지를 이용한 재생에너지 보급이 이뤄지고 있다.

나무를 태워 얻는 에너지나 옥수수 에탄올은 온실가스 배출량이 많아, 화석연료를 태우는 것에 비해 감축 효과가 크지 않다. 한국 경제의 재생에너지 의존도가 커짐에 따라 전기의 형태로 공급되는 에너지의 비중이 증가하게 된다. 전력화는 재생에너지 자원을 가장 효율적으로 전달할 수 있는 방법이기 때문이다.

## 한국의 재생에너지 잠재력

한국의 청정 에너지 인프라 개발 역량 평가에 있어서는 한국에너지공단의 <2020 신·재생에너지 백서>를 주목할 만하다. 백서에 따르면 재생에너지 공급을 확대할 수 있는 한국의 '기술적 잠재량'은 2020년 한국에서 소비된 1차에너지 총량의 12배에 달한다. 한국에너지공단은 기술적 잠재력과 실질적으로 확보가능한 정부 지원을 감안해 가격 경쟁력 있는 수준에서 공급할 수 있는 재생에너지의 추정량, 즉 '시장 잠재량' 또한 제시했다. 시장 잠재량은 기술적 잠재량의 약 7%에 불과한 수준이다. 하지만 2050년까지 에너지 효율 개선을 함께 추진한다면, 2050년 국내 총 에너지 수요의 100%를 재생에너지로 공급할 수 있다. 한국에너지공단은 시장 잠재량의 74%를 태양광에너지가, 18%를 풍력 에너지가 공급할 것으로 내다봤다. 나머지 8%도 기타 재생에너지원으로 보급하는 것이 가능하다고 평가했다.

## 에너지 효율성 제고 및 재생에너지에 대한 투자 규모

본 연구에서 제시하는 기후 안정화 방안을 바탕으로 한국 경제를 지탱할 재생에너지 인프라 구축을 위해 필요한 에너지 효율성 제고 및 재생 에너지원 개발 투자 규모를 추정할 수 있다. 보고서에 담긴 방안은 한국 경제가 2050년까지 연평균 2.5%의 견조한 성장을 보일 것으로 가정하고 있는데, 이는 탄소중립 달성을 위해 생활수준 저하를 감수할 필요가 없음을 의미한다. 실제로 화석 연료 기반의 에너지 인프라에서 청정 에너지 인프라로 전환하면, 소비자는 더 싼 값에 에너지를 사용할 수 있게 될 것이다. 에너지 효율을 개선하면 냉난방 등 가정용 전기 사용량 및 자동차 운전을 위해 필요한 에너지량이 감소하기 때문이다. 또한, 뒤에 자세히 설명하겠지만, 재생에너지의 발전 원가는 석탄이나 천연가스와 같은 화석연료를 이용한 발전 원가보다 평균적으로 낮다.

이 연구에서는 에너지 효율 및 재생에너지 투자 프로그램을 두 기간으로 나눠서 살펴봤다. 첫 번째 분석 기간은 2022~2030년이며, 한국이 어떻게 CO<sub>2</sub> 배출량을 2018년 대비 45% 감축할 수 있는지를 제시한다. 45%는 2030년까지 배출량을 40% 이상 감축하겠다는 한국 정부의 발표를 기반으로 상향한 목표다. 두 번째 분석 기간은 2031~2050년으로, 한국이 2050년까지 탄소중립을 달성할 수 있는 방법을 살펴본다.

본 연구는 각각의 기간에 청정 에너지 인프라 구축을 위해 필요한 전체 예상 비용 또한 제시했다. 에너지 효율성 제고 및 재생에너지에 대한 투자를 고려할 때, 2022~2030년 발생할 연평균 투자비는 국내총생산(GDP)의 3.6% 수준인 78조원으로 예상된다. 2031~2050년 필요한 연평균 투자비는 첫 번째 기간에 비해 크게 줄어든 국내총생산(GDP)의 1.4% 수준일 것으로 예상되며, 금액으로 환산 시 매년 44조원 규모다.

두 번째 기간에 투자금액 감소가 예상되는 이유는 크게 두 가지다. 우선, 한국 정부는 2022~2030년 배출량을



40% 이상 감축하겠다는 목표를 세웠다. 이에 따라 이번 보고서는 목표치를 45% 로 정했고, 시간은 약 9년밖에 남아있지 않다. 그 안에 2018년 수준의 배출량(6억 3,100만 톤)을 3억 5,000만 톤으로 감축해야 한다.<sup>9</sup>

반면 두 번째 기간(2031~2050년)은 목표 달성 때까지 20년의 시간 여유가 있고, 감축목표도 2030년의 3억 5,000만 톤을 0으로 만드는 것이다. 따라서 2031~2050년의 전환 과정은 보다 점진적일 것으로 예상된다. 또한, 청정 에너지 인프라 구축을 위한 투자비용이 2050년까지 가파르게 감소할 것으로 예상된다. 전 세계 재생에너지 시장에서 태양광 에너지 비용은 2010년 대비 80% 이상 저렴해졌다. 보수적으로 계산해도 한국의 재생에너지 비용은 2022~2050년 매년 1.5% 줄어듦 것으로 예상된다.

## 조림사업

이 보고서는 한국 정부 뉴딜정책의 또 다른 두 가지 요소도 고려한다. 첫째는 정부의 조림사업이다. 정부는 2050년까지 27억 그루의 나무를 심어 CO<sub>2</sub> 흡수량을 증대할 계획이다. 문재인 대통령은 2021년 11월 COP26회의에서 “나무는 살아있는 온실가스 흡수원으로, 나무를 키우고 산림을 되살리는 일은 기후위기 대응의 중요한 해결책”이라고 강조했다. 산림청은 조림사업 진행 방법을 제시하고 있다. 하지만, 뒤에 자세히 살펴보겠지만, 산림청의 조림 계획이나 유사한 규모의 다른 조치가 2050년 탄소중립 목표 달성에 기여하는 역할은 상당히 미미할 것으로 예상된다. 다시 말해, 배출량 감축을 위해서는 기존의 화석연료 기반 인프라를 청정 에너지 인프라로 전환하는 것이 절대적으로 중요하다.

## 원전의 단계적 폐지

두 번째는 문재인 정부의 원자력 에너지 단계적 폐지 방안이다. 현재 원자력은 한국의 전체 1차 에너지 공급량의 16%를 차지한다. 문재인 대통령은 2017년 취임 시 탈원전 정책을 발표했으나 2017년 이후 원자력 에너지 소비량은 전혀 줄어들지 않았다. 하지만 최근 발표된 다수의 연구는 2085년까지 원자력 에너지가 단계적으로 폐지되는 수순을 밟을 것으로 전망하고 있다. 이 보고서에 담긴 방안 및 현 정부가 발표한 목표에 따르면, 한국은 2030년까지 현재의 원자력 비중을 유지하되 2031~2050년 원자력의 규모를 점진적으로 감축한다는 계획이다. 물론 이러한 원자력 비중 축소는 원전 관련 종사자들의 실업으로 이어질 수 있다. 자발적 은퇴자를 제외하면, 원전 축소로 인해 일자리를 잃는 원자력 부문 노동자는 매년 400명 규모일 것으로 예상된다.

## 고용 기회 확대에 의한 고용의 질 개선

본 연구에서는 청정 에너지 투자 프로젝트를 통해 창출되는 일자리 규모를 예측하기 위해 정부의 인력 수요 예측 통계 자료를 참고했다. 구체적으로는 정부의 산업연관표를 이용했으며 이를 통해 투자로 인한 일자리 창출 효과를 분석할 수 있다. 예를 들어 10억원을 대중교통 수단 확충이나 공동체의 태양광 에너지 설비 투자에 쓸 경우 일자리가 얼마나 늘어나는지 예측할 수 있다. 이 보고서는 같은 계산법으로 정부가 계획한 조림사업, 그리고 화석연료 수입의 단계적 폐지 및 국내 생산 재생에너지로 대체 시 나타날 일자리 창출 효과를 분석했다.

연구진은 또한 정부의 고용노동 통계 자료를 이용해 청정 에너지 전환이 창출할 일자리 전반의 임금 및 복지 수준을 분석했다. 이 자료는 현재 청정 에너지 분야 노동자들의 평균 학력 및 여성 비율 등의 특성을 분석하는 데도 사용됐다. 이제부터 살펴보겠지만, 현재 한국의 청정 에너지 전환과 관련한 모든 산업 분야의 여성 노동자 비율은 20% 미만으로 낮다. 하지만, 청정 에너지 전환이 본격화되면 새로운 일자리가 대폭 확대돼 관련 노동자들의 임금 및 복지 수준이 개선되고, 여성 고용 비율도 늘 것으로 기대된다.

## 녹색 경제 전환 투자금 조달 방안

한국 정부는 청정 에너지 분야에 대규모 투자를 촉진하기 위해 녹색채권과 탄소가격제를 포함한 다양한 금융 계획을 추진해 왔다. 특히, 탄소가격제 유형 중 배출권거래제(ETS)를 도입한 데 이어 화석연료 사용에 대한 직접세인 탄소세 도입을 고려하고 있다. 또한 화석연료 보조금도 폐지할 예정이다. 이 세 가지 정책(배출권거래제(ETS), 탄소세, 화석연료 보조금 폐지)을 통해 재생에너지에 대한 정부의 투자금을 조달할 수 있다. 이렇게 마련된 자금은 청정 에너지 프로젝트에 대한 공공의 직접 투자나 민간 투자에 대한 보조금으로 사용할 수 있다. 단, 투자 규모는 지금까지 정부가 제시한 것보다 훨씬 커야 할 것이다.

정부가 어떤 방식으로 필요한 자금을 조달할 수 있는지 예를 들어서 보여주기 위해 본 연구에서는 정부가 2022~2030년 연평균 GDP의 3.6%인 78조원을 조달하고, 2031~2050년에는 연평균 GDP의 1.4%인 44조원을 조달하는 것을 가정해 분석을 진행했다. 예를 들어 다음의 세 가지 자금 조달원을 활용할 수 있다. 1)화석연료 보조금 1조 6,000억 원을 재생에너지에 투자금으로 전환 2)국방 예산 가운데 5조 5,000억 원을 재생에너지에 투자 3)탄소세를 통해 확보된 27조 2,000억 원 중 6조 8,000억 원을 재생에너지 투자 재원으로 확보하는 방법이다. 탄소세로 조성된 자원 중 20조 4,000억 원은 국민들에게 환급한다.

세 가지 재원을 통해 조성된 자원의 총액은 매해 13조 9,000억 원에 달하며, 이를 통해 2022~2030년 소요되는 연평균 투자금 78조 원의 18%를 조달할 수 있다. 나머지 64조 원은 민간 부문에서 조달해야 할 것이다. 민간 투자를 유인하는 수단은 녹색채권 보조금 제도, 탄소 배출 부담금, 고효율 및 재생에너지 장려, 또는 화석연료 소비 감축에 관한 규제 등이 적용 가능하다.

이상의 내용을 종합할 때 한국판 그린 뉴딜의 핵심인 2050년 탄소중립은 달성 가능한 목표라고 판단된다. 한국은 2050년까지 탄소중립을 추진하는 동시에 견조한 경제 성장을 유지할 수 있으며, 국민의 평균적인 생활수준 또한 지속적으로 향상시킬 수 있을 것이다. 특히, 그린뉴딜 프로그램을 통해 청정 에너지에 대한 투자를 지속한다면 2022~2030년 기간에 80만 개 이상, 그리고 2031~2050년 기간에 100만 개의 일자리를 다양한 분야에서 만들 수 있을 것이다.

# 핵심 내용

## 1. 2050 탄소중립을 위한 한국판 그린 뉴딜

한국은 2030년까지 온실가스 배출량을 2018년 대비 40% 감축하고, 2050년까지 국내 순배출량을 0(넷제로)으로 만들겠다는 목표를 설정했다.

- ◎ “국가 전반의 녹색 전환을 위한” 2050년 탄소중립 5대 “기본 방향”은 다음과 같다.
  - 깨끗하게 생산된 전기와 수소의 활용 확대
  - 혁신적인 에너지 효율 향상
  - 탄소 흡수/제거 등 미래기술의 상용화
  - 순환경제 확대로 산업의 지속가능성 제고
  - 탄소 흡수 수단 강화
- ◎ 2020년 11월 국제에너지기구(IEA)와 산업통상자원부는 공동 연구를 통해 다음 세 가지 목표를 설정했다.
  - 도시·공간·생활 인프라의 녹색 전환
  - 저탄소·분산형 에너지 확산
  - 녹색산업 혁신 생태계 구축
- ◎ 정부의 뉴딜 정책은 여러 개별 연구에서 한국의 2050년 탄소중립을 위해 제시된 방안과 대체로 일치한다.
- ◎ 이번 연구는 여러 기존 연구 및 제안을 통해 제시된 모델 및 예측 방법을 바탕으로 목표 달성을 위한 방안을 제안한다.

## 2. 2022~2030년 재생에너지 투자 계획

2030년까지 온실가스 배출량을 2018년 대비 45% 감축하기 위해서는 에너지 효율 제고 및 재생 에너지에 대규모 투자를 단행해야 한다.

- ◎ 에너지 효율
  - 건물 에너지 효율 제고, 전력망 개선, 산업장비 및 대중 교통의 에너지 효율 개선, 탄소제로 자동차 확대
- ◎ 재생 에너지
  - 태양광 및 풍력 에너지를 주 에너지원이 되도록 전환
  - 저탄소 바이오에너지, 조력, 소규모 수력 및 지열 에너지를 보조 에너지원으로 활용
  - 전력화를 통한 재생에너지 이용 효율 최대화 가능
- ◎ 탄소 흡수 강화를 위한 추가 숲 조성
- ◎ 에너지 효율 전망
  - 한국 경제의 에너지 집약도 저감 - 예: GDP대비 전력소비량을 2030년까지 31%로 낮출 필요성
  - 에너지 효율 개선에 필요한 비용 추정
    - 상위 추정치: 에너지 절감 Q-BTU(1,000조 BTU·영국 열량 단위)당 35조원
    - “리바운드 효과”
    - 에너지 효율 향상 및 비용 감소로 에너지 소비 10% 증가 예상

· 리바운드 효과는 산업 부문에 집중되며, 제조 원가를 낮춰 수출 경쟁력을 강화

#### ◎ 재생에너지 전망

- 한국에너지공단, 국내 재생에너지의 “기술적 잠재량” 및 “시장 잠재량” 산출
  - “기술적 잠재량”은 2020년 1차 에너지 소비총량의 12배 수준
  - “시장 잠재량”은 2020년 1차 에너지 소비총량과 거의 동등한 수준
- 한국에너지공단은 태양광 및 풍력이 한국의 재생에너지 “시장 잠재량”의 92%를 공급할 것으로 전망
- 재생에너지로 생산된 전기의 전 세계 평균 생산 비용은 화력발전 전기 생산 비용과 같거나 낮은 수준
- 한국 내 재생에너지 공급 확대에 필요한 비용
  - 상위 추정치: Q-BTU당 213조원

#### ◎ 2030년까지 온실가스 배출량 45% 감축

- 한국 GDP 연평균 2.5% 상승할 것으로 예상
- 에너지 효율 제고를 위해 2030년까지 에너지 집약도를 31% 줄이는 것을 목표로 매년 14조원 투자
- 2030년까지 재생에너지 공급을 2.7 Q-BTU로 확대하기 위해 64조원 투자
- 재생에너지 투자 프로젝트 전반
  - 매년 78조원 투자
  - 매년 GDP의 3.6% 투자
  - 2030년까지 탄소배출량을 2018년 대비 45% 감축 (2018년 6억 3,100만톤에서 2030년 3억 5,000만톤으로 감축)
- 2030년까지 원자력 에너지 생산량 15% 감축

### 3. 2022~2030년 재생에너지 투자 및 조림사업을 통한 일자리 창출

#### ◎ 에너지 효율 및 재생에너지에 대한 투자를 통한 일자리 창출

- 2022~2030년 매년 78조원을 투자해 일자리 약 79만개 창출 예상

#### ◎ 조림사업을 통한 일자리 창출

- 2050년까지 27억 그루 식재 계획
  - 연평균 9,300만 그루 식재
- 조림사업 투자액 매년 6,310억원 수준
- 2022~2030년 조림사업을 통해 일자리 약 1만 2,000개 창출 예상

#### ◎ 화석연료 수입의 단계적 폐지를 통한 일자리 창출

- 에너지원 대체를 통해 화석연료 수입액 연평균 6.3조원 감소
- 2022~2030년 매년 약 6만개의 일자리 창출 예상

#### ◎ 2022~2030년 재생에너지 및 조림사업, 화석연료 수입의 단계적 폐지를 통한 일자리 창출

- 2022~2030년 총 86만 개 일자리 창출 예상
  - 노동생산성 유지/증대 여부에 따라 고용창출 효과 변동

### ※ 일자리의 질 및 노동자 특성

#### 에너지 효율 제고 및 재생에너지 분야

- ◎ 에너지 효율 및 재생에너지 분야 노동자들의 복리후생비를 포함한 임금 수준은 3,110만원

(바이오에너지)에서 4,360만원(제로배출 자동차) 사이에 분포

- ◎ 상용직 비율은 30%(빌딩 에너지 효율화)에서 91%(제로배출 자동차) 사이에 분포
- ◎ 노동자 학력 수준
  - 고졸 이하: 산업효율 개선 분야(34%), 빌딩에너지 효율 개선 분야(65%)
  - 대졸 이상: 빌딩에너지 효율 개선 분야(26%), 산업효율 개선 분야(53%)
- ◎ 여성 노동자 비율: 빌딩에너지 효율 개선 분야(8%), 전력망 개선 및 바이오 에너지 분야(25%)

### 산림 부문

- ◎ 평균 연봉: 2,930만원
  - ◎ 상용직 비율: 43%
  - ◎ 노동자 학력수준
    - 고졸 이하: 59%
    - 대졸 이상: 28%
  - ◎ 여성 노동자 비율: 24%
- 일자리 확대는 임금과 복리후생 및 여성 고용 비율 개선 등에 기여할 것으로 예상된다.

## 4. 2022~2030년 화석연료, 원자력 에너지 단계적 폐지 및 내연기관차 생산 축소

### 화석연료 및 관련 분야 고용 관련

- ◎ 국내 화석연료 분야 총 노동자 수는 14만 명 정도임
- ◎ 주요 고용 분야:
  - 주유소: 45%
  - 화석연료 전기공급원 23%
  - 액체연료 도매: 10%
  - 가스 유통: 10%

### 화석연료 에너지 및 관련 분야 일자리의 질 및 종사자 특성

- ◎ 주유소
  - 평균 연봉: 2,540만원, 상용직 비율: 41%
  - 고졸 이하(63%), 대졸 이상(22%)
  - 여성 노동자 비율: 19%
- ◎ 기타 화석연료 부문
  - 평균 연봉: 4,780만원, 상용직 비율: 85%
  - 고졸 미만(35%), 대졸 이상(49%)
  - 여성 노동자 비율: 14%

### 2022~2030년 화석연료 및 관련 분야 일자리 감소

- ◎ 자발적 은퇴자를 고려하면, 연평균 약 3,400개의 일자리 감소 예상

### 2022~2030년 원자력 발전 분야 일자리 감소

- ◎ 원자력 분야 일자리의 약 15% 감소
- ◎ 자발적 은퇴자를 고려할 경우 일자리 감소는 없을 것으로 예상

### 자동차 생산 분야 고용

- ◎ 현재 자동차 생산 분야 노동자 수는 37만 명 수준으로 추정
- ◎ 내연기관차에서 배출량 '제로(0)' 자동차 생산으로 전환하면서 일자리가 감소할 것으로 전망. 2030년 내연기관차 생산량은 현재보다 60% 감소하고, 2035년에는 생산이 전면 중단될 것으로 가정
- ◎ 2022~2030년 내연기관차 부문에서 매년 5,200개의 일자리 감소 예상
- ◎ 내연기관차에서 친환경차로의 전환 과정에서 일자리 감소 예상
- ◎ 자발적 은퇴자 수 대비 일자리 감소 규모는 작을 것으로 예상
- ◎ 2022~2030년 자동차 생산 분야에서 일자리 감소는 없을 것으로 예상

### 2022~2030년 화석연료의 단계적 폐지에 따른 일자리 감소

- ◎ 자발적 은퇴자를 제외하면, 매년 약 8,600개의 일자리 감소 예상
- ◎ 매년 일자리를 잃은 노동자들을 위한 정의로운 전환 정책 필요
  - 고용 보장
  - 임금 보험
  - 재교육 지원
  - 재배치 지원
  - 연금 보장

## 5. 2031~2050년 넷제로 달성

### 넷제로 달성위한 2031~2050년 투자 프로그램

- ◎ 한국 GDP, 매년 2.5% 성장하는 것으로 가정
- ◎ 2050년까지 에너지 집약도를 45% 낮추기 위해 에너지 효율성 개선에 매년 10조원 투자
- ◎ 2050년까지 재생에너지 공급량을 3.9 Q-BTU로 확대하기 위해 매년 35조원 투자
- ◎ 재생에너지 투자 프로젝트 전반
  - 매년 44조원 투자, GDP의 1.4% 수준
  - 2030년 연간 탄소배출량 3억5,000만톤에서 2050년에는 넷제로 달성



- ◎ 2031~2050년 원자력 에너지 비중, 현(2020) 수준에서 55% 감축

### 일자리 창출

- ◎ 재생에너지 및 조립사업 투자를 통한 일자리 창출
  - 2031~2050년 기간 약 36만~48만 개의 신규 일자리 창출 예상
- ◎ 화석연료 수입의 단계적 폐지를 통한 일자리 창출
  - 2031~2050년 기간 약 51만~67만개의 신규 일자리 창출 예상
- ◎ 총 일자리 창출 규모:
  - 2031~2050년 기간 약 90만~120만 개의 신규 일자리 창출 예상

### 화석연료의 단계적 폐지로 인한 일자리 감소

- ◎ 화석연료 및 원자력 에너지 부문에서 2031~2050년 매년 약 3,000개의 일자리 감소 예상
- ◎ 내연기관차 생산에서 온실가스 배출량이 '제로(0)'인 자동차 생산으로 전환하면서 2031~2035년 기간에 약 11,500명의 실직자 발생 예상됨. 2036~2050년 기간에는 내연기관차 생산 중단으로 인한 추가적인 실직자 발생은 없음
- ◎ 일자리를 잃게 될 모든 노동자들을 위한 정의로운 전환 정책 필요

### 2022~2030년 재생에너지 투자를 위한 자금 조달 방법 (안)

- ◎ 2022~2030년 매년 공공 및 민간 부문에서 78조원 투자 필요
- ◎ 공공투자 자원: 13조 9,000억원
  - 기존의 화석연료 보조금을 재생에너지 보조금으로 전환: 1조 6,000억원
  - 국방 예산의 10%를 재생에너지 투자금으로 전환: 5조 5,000억원
  - 탄소세를 통한 수익: 6조 8,000억원
    - 국민 대상 탄소세 환급금: 20조 4,000억원
- ◎ 민간 부문 투자 참여액: 64조 1,000억원
  - 민간 투자자 유인책
    - 녹색채권 보조금 지원
    - 화석연료 보조금 폐지
    - 탄소세
    - 재생에너지 공급의무화 제도 (Renewable Portfolio Standard, RPS)

### 그린뉴딜 정책 실현을 통한 2050년 탄소중립 실현

- ◎ 그린뉴딜 프로젝트는 다음 목표와 동시에 실현 가능
  - 지속적인 경제 성장
  - 다양한 경제 분야 및 직업군의 일자리 확대, 모든 직업군에서 여성 일자리 기회 확대

# I. 대한민국 2050 탄소중립 프로젝트

2020~2021년, 한국정부는 2030년까지 온실가스 배출량을 2018년 대비 40% 이상 감축하고, 2050년까지 국내 순배출량을 0 (넷제로)으로 만들겠다고 밝혔다. 한국의 온실가스 배출 총량에서 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)가 차지하는 비중은 93%에 이른다. 나머지는 메탄 4%, 이산화질소 2% 등이다.<sup>10</sup>

한국 정부는 2020년 12월 발간한 <지속가능한 녹색사회 실현을 위한> 대한민국 2050 탄소중립 전략> 보고서에서 “2050 대한민국 비전”을 다음과 같이 설정했다.<sup>11</sup>

우리나라는 장기저탄소발전전략으로서 2050년 탄소중립을 목표로 나아갈 것이다. 이를 위해 한국판 뉴딜에 그린과 디지털 기술을 접목하여 시너지 효과를 발휘하고 기후기술 혁신을 위한 과감한 투자와 지원으로 2050년 탄소중립을 위해 노력할 것이다. 기후위기 대응을 위해선 우리나라 뿐만 아니라 전 지구적인 노력과 참여가 중요하다. 국제사회 모두가 2050 탄소중립을 위해 공동의 노력을 펼칠 수 있도록 우리나라가 선도적인 역할을 할 것이다.

보고서에서 제시된 “녹색 전환을 위한” 2050년 탄소중립 비전의 5대 “기본방향”은 다음과 같다:

- ① 깨끗하게 생산된 전기와 수소의 활용 확대
- ② 혁신적인 에너지 효율 향상
- ③ 탄소 흡수/제거 등 미래기술의 상용화
- ④ 순환경제 확대로 산업의 지속가능성 제고
- ⑤ 탄소 흡수 수단 강화

이러한 전반적인 녹색 전환 목표는 2020년 11월 국제에너지기구(IEA)의 <대한민국 2020 에너지정책 국가보고서> 작성을 위해 산업통상자원부가 제공한 자료에도 요약돼 있다.<sup>12</sup> 국제에너지기구는 산업통상자원부 뉴딜 프로젝트의 주요 내용을 다음과 같이 정리했다.

## 1. 도시·공간·생활 인프라의 녹색 전환

- 공공시설의 제로에너지화
- 국토·해양·도시의 녹색 생태계 회복
- 깨끗하고 안전한 물 관리체계 구축

## 2. 저탄소·분산형 에너지 확산

- 공공시설의 제로에너지화
- 에너지관리 효율화를 위한 스마트 그리드 구축
- 재생에너지 확산기반 구축 및 정의로운 전환 지원
- 전기차·수소차 등 그린 모빌리티 보급 확대

## 3. 녹색산업의 혁신 생태계 구축

- 녹색 유망기업 육성 및 저탄소·녹색산단 조성
- R&D·금융 분야의 녹색 혁신 기반 조성

<대한민국 2020 에너지정책 국가보고서> 발간에 이어, 2021년 10월 한국정부는 2030년 배출량을 2018년 대비

40% 이상 줄이기로 감축 목표를 상향했다. 해당 발표는 영국 글래스고에서 열린 유엔기후변화협약 당사국총회 (COP26) 직전에 나왔다. 당초 목표는 2030년까지 배출량을 2018년 대비 26.3% 줄이는 것이었다. 또한 이날 발표에서 2050년까지 순배출량을 0(넷제로)으로 만들겠다는 목표를 명확히 했다.<sup>13</sup> 문 대통령은 “2030년까지 온실가스 배출량을 2018년 대비 40% 이상 감축하겠다”며 이를 산림 복원사업과 연계할 계획을 밝혔다. 그는 “나무는 살아있는 온실가스 흡수원으로, 나무를 키우고 산림을 되살리는 일은 기후위기 대응의 중요한 해결책”이라고 강조했다. 또한 “쉽지 않은 일이지만, 한국 국민들은 바로 지금이 행동할 때라고 결정했다. 한국은 2050년 탄소중립을 법제화하고, 이를 위한 계획을 발표했다”고 말했다.<sup>14</sup>

## 현재의 전 지구적 기후위기

한국 정부의 감축목표는 기후변화를 과학적으로 이해하고 적극적인 기후 안정화 시나리오를 도입하려는 세계적 움직임과 궤를 같이한다. 2021년 8월, 기후 변화 연구에 관한 가장 권위있는 글로벌 기구인 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)는 <6차 평가보고서>를 발간했다. 4,000페이지 분량 보고서의 결론 중 일부는 다음과 같다.

- 기후 시스템 전반에 걸친 최근 변화의 규모와 현재의 양상은 지난 수백, 수천 년 동안 전례가 없는 일이다.
- 인간이 유발한 기후변화는 이미 세계 모든 지역에서 이상 기후 및 기상 이변으로 나타나고 있다. 폭염, 집중 호우, 가뭄, 열대성 저기압 등 극단적 기후 현상이 증가하고 있으며, <IPCC 5차 평가보고서> 발간 이후 인간의 활동이 그 원인이라는 증거가 쌓이고 있다.
- 기후 시스템의 변화 가운데 다수는 심화하는 지구온난화와 직접적으로 관련이 있다. 극심한 폭염, 해양 열파, 집중호우, 일부지역의 농업 및 생태학적 가뭄, 강렬한 열대성 저기압 비중 증가, 북극 해빙 감소, 적설 및 영구 동토층의 감소가 여기 포함된다.

<IPCC 6차 평가보고서>는 앞서 2018년 발표한 「지구온난화 1.5°C」 특별보고서의 충격적인 결론을 다시 한번 강조하고 있다. 특별보고서는 지구의 평균기온 상승폭을 산업화 이전 대비 최대 2.0°C로 제한하려는 종전의 목표와 달리, 최대 1.5°C 이내로 억제하는 것이 시급하다고 강조했다. IPCC는 2018년 보고서에서 2100년까지 지구 평균 기온 상승폭을 2.0°C 가 아닌 1.5°C 이하로 억제한다면, 기후변화의 부정적인 결과를 크게 낮출 수 있다고 밝혔다. 여기에는 극심한 폭염, 집중호우, 가뭄, 해수면 상승, 생물다양성 손실은 물론, 인간의 건강, 생계, 식량안보, 물 공급 및 안전에 미치는 영향이 포함된다.

IPCC는 2100년까지 지구의 평균온도 상승폭을 1.5°C 이내로 제한하기 위해서는 2030년까지 전 지구적으로 이산화탄소 배출량을 2010년 대비 최소 45% 이상 감축하고, 2050년까지 넷제로를 달성해야 한다는 경로를 제시했다. 한국 정부는 2030년까지 CO<sub>2</sub> 배출량을 2018년 대비 40% 이상 감축하고, 2050년에는 넷제로를 달성하겠다는 목표를 발표했다.

기후변화가 미치는 영향은 최근 몇 년 새 점점 더 심각해졌다. 세계기상기구(WMO)는 2019년 <전지구 기후 현황> 보고서를 통해 “기록적인 온실가스 농도가 위험한 수준으로 기온을 상승시켜 기후변화에 따른 물리적 징후와 사회 경제적 영향이 점점 심화하고 있다”고 밝혔다. 세계기상기구는 2021년 보고서에서는 다음과 같은 근거를 제시했다.

- 6월과 7월에 폭염이 북아메리카 서부를 덮쳤다. 캐나다 브리티시컬럼비아주 리턴의 기온은 6월 29일 49.6°C를 찍어 종전 캐나다 기록을 4.6°C 경신했다. 브리티시컬럼비아주에서만 6월 20일~7월 29일 총 569명이 폭염으로 사망했다. 미국에서도 캘리포니아주 데스밸리가 7월 9일 54.4°C를 찍었다. 이는 1930년 이후

지구에서 관측된 것 가운데 가장 높은 기록인 2020년의 수치와 비슷하다.

서유럽은 7월 중순 역대 최악의 홍수를 겪었다. 독일 서부와 벨기에 동부 지역은 7월 14일부터 15일까지 물을 가득 머금은 땅 위로 다시 100~150mm의 비가 내려 홍수와 산사태가 곳곳에서 일어났다. 가장 높은 일일 강우량 기록은 비퍼퓌르트 가르데나우(독일)의 162.4 mm였다. 홍수로 여러 지역에서 강이 넘치고 주변 마을이 물에 잠기고 산사태가 발생했다. 독일에서만 사망자가 179명 나왔으며 벨기에에서도 36명이 홍수로 사망했다. 독일에서 홍수로 인한 경제적 손실은 200억 달러에 달한다.

중국 허난성에는 7월 17일부터 21일까지 기록적인 폭우가 내렸다. 정저우시에서는 20일 1시간 동안 201.9mm가 내려 중국 기록을 경신했다. 이 지역에서 6시간 동안 382mm, 나흘간 총 720mm의 비가 내려 갑자기 불어난 물에 많은 건물과 도로, 지하철이 침수됐다. 이로 인해 302명의 사망자가 발생했다. 경제적 손실은 177억 달러로 추정된다.

한국도 비슷한 피해를 겪었다. 중앙대 문태훈 교수 등이 2021년 발표한 <기후변화가 건강, 에너지, 수자원, 생물다양성에 미치는 영향: 한국의 효과적인 기후변화 정책 수립을 위한 분석> 보고서는 한국의 최근 동향을 다음과 같이 요약했다.

기후변화가 한국에 미치는 영향이 빠르게 확대되고 있으며, 주로 태풍, 집중호우, 가뭄, 한파 및 이상 기온 등의 현상으로 나타나고 있다. 기상청이 발간한 <2020년 이상기후 보고서>에 따르면 태풍과 호우로 인해 2020년 1조 2,585억 원의 재산 피해와 46명의 인명 피해가 발생해, 최근 10년간 연평균 피해 규모의 3배를 넘어섰다. 또 1976년 이후 역대 세 번째로 많은 6,175건의 산사태가 일어났다. 태풍 마이삭으로 인해 29만 4,818가구가 정전을 겪었는데, 이는 종전 최대 피해(2019년 태풍 ‘링링’으로 16만 1,646가구 정전)의 두 배 가까운 규모다. 이례적으로 따뜻한 겨울 기온도 전국적으로 영향을 끼쳤다. 1월 평균 기온이 1973년 이후 가장 높았는데 여름철 병충해로 전국 6,183ha 규모의 숲이 식업 피해를 입었다.

## 한국의 독자적인 기후 안정화 방안

한국판 그린뉴딜은 독립적인 연구자들과 비정부기구가 최근 진행한 기후안정화 관련 연구와 큰 틀에서 공통점을 갖고 있다. 2017년 세계자연기금(WWF)이 발표한 보고서<sup>15</sup>에는 2050년까지 한국이 선택할 수 있는 네 가지 대체 에너지 시나리오가 제시돼 있다. “기준 시나리오 (business as usual)”, “점진형 전환 시나리오(moderate transition)”, “적극형 전환 시나리오(advanced transition)” 그리고 “비전형 전환 시나리오(visionary transition)” 등이 그것이다. 비전형 전환 시나리오에 따르면 한국은 2050년까지 배출량을 90% 이상 감축한다. 반대로 현상 유지 시나리오 대로라면 2050년까지의 배출량 감소는 약 10%에 그친다. 점진적 전환 및 적극형 전환 시나리오에 따르면, 배출량 감축폭은 각각 51%, 69%다.

세계자연기금(WWF)의 비전형 전환 시나리오에는 다음 세 가지 주요 요소가 포함된다. 1) 에너지 효율성 제고: GDP가 지속적으로 성장하더라도 2050년까지 에너지 절대 소비량을 20% 감축한다. 2) 청정 재생에너지 공급 확대: 2050년까지 경제 전반에 걸쳐 재생에너지 사용 비중 100% 달성한다. 3) 수송 부문의 전력화: 100% 재생에너지를 사용하는 고효율 자동차의 개발을 촉진한다.

세계자연기금(WWF)의 2017년 연구와 비슷한 맥락에서 홍종호 서울대 환경대학원 교수와 공동저자들이 2019년 발표한 논문도 한국의 에너지 시스템에 대한 세 가지 시나리오를 제시하고 있다. 각각 “중간형 전환”, “선진형

전환”, “비전형 전환”으로 홍 교수 등은 이 가운데 비전형 전환 시나리오를 통해서만 2050년까지 탄소중립을 실현할 수 있다고 말한다. 세계자연기금의 시나리오와 유사하게 이들의 비전형 전환 시나리오도 한국 경제가 연평균 2.4%의 성장률을 기록하더라도 2050년까지 한국의 에너지 절대 소비량을 약 20% 감축한다고 가정한다. 또 2050년까지 경제 전반에 걸쳐 에너지 소비의 100%를 재생에너지원으로 공급하며, 원자력 에너지와 모든 화석연료를 퇴출하는 것도 세계자연기금의 시나리오와 맥락을 같이한다.

2021년 2월에는 녹색에너지전략연구소의 권필석 소장을 비롯한 연구원들이 <2050년 한국 탈탄소 시나리오: 섹터커플링의 역할><sup>6</sup>을 발표했다. 앞서 인용한 연구처럼 이 논문도 한국이 2050년까지 CO<sub>2</sub> 배출량을 획기적으로 줄일 수 있는 세 가지 시나리오를 제시한다.<sup>17</sup> 세 시나리오 모두 대대적인 에너지 효율 향상 및 재생에너지 용량 확대를 기반으로 하고 있다. 시나리오의 세부 내용은 다음과 같다.

**에너지 효율.** 세 시나리오 모두 전력화, 빌딩 에너지 효율화, 전기자동차 및 연료전지차 보급 확대와 대중교통 접근성 강화를 통한 고효율 수송시스템 구축을 바탕으로 에너지 효율을 향상할 수 있을 것으로 예상된다.

**탄소 가격제 시나리오.** “정부의 정책 개입 최소화”를 바탕으로 개발된 참고 시나리오로, 1) 탄소 가격제 2) 혁신을 통한 기술적 비용 절감을 정책 변화로 제시하고 있다. 이 두 정책을 통해 이산화탄소 배출을 얼마나 감축할 수 있을지 예측하는 것이 탄소 가격제 시나리오의 목표이다.

**수소 에너지 보급 확대 시나리오.** 이 시나리오는 수소 에너지 보급 확대가 에너지 체계에 미치는 영향을 분석한다. 저자들은 “정부는 2040년까지 수소 생산량을 크게 확대하는 수소경제 로드맵을 발표했다. 탄소 가격제 시나리오에서 제시한 두 가지 방법과 함께, 수소 에너지 보급 확대 시나리오는 직접적인 전력화보다는 수소경제 로드맵에 따라 수소의 수요 증가에 중점을 둔다” (영문보고서, p.10)고 설명했다.

**배출 제로 시나리오.** 이 시나리오에서는 태양광 및 풍력 보급량이 최대 속도인 연간 22GW씩 확대돼, 산업 분야에서 수소 및 전기 사용량은 계속 증가한다. 권필석 소장 등 연구진에 따르면, 한국은 제시한 세가지 시나리오 중 배출 제로 시나리오를 통해서만 2050년까지 넷제로를 달성할 수 있다. 다른 두 시나리오대로 전개된다면, 2050년까지 배출량이 90% 이상 감소할 것으로 추정한다. 이번 장에서 간략하게 살펴본 정책 제안, 시나리오, 연구 결과를 바탕으로 다음 장에서 모델 및 추정치에 관한 프레임워크를 제시할 것이다.

## II. 2022~2030년 청정 에너지 투자 프로그램

한국은 이 보고서에 제안된 투자 프로그램을 통해 기후 안정화 목표를 달성할 수 있을 것이다. 한국의 핵심목표는 2030년까지 온실가스 배출량을 2018년 대비 40% 감축하고, 2050년에는 국내 순배출량을 0 (넷제로)으로 만드는 것이다. 이 보고서에서 제안된 투자 프로그램은 앞 장에서 검토한 여러 연구와 함께, 지난 2년 동안 한국 정부가 발표한 보고서의 주요 내용을 기반으로 한다. 이 보고서를 작성한 시점을 기준으로 가장 최근에 발표된 한국의 CO<sub>2</sub> 배출량 정보는 2018년 수치다. 이 수치에 따르면, 2018년 한국의 총 CO<sub>2</sub> 배출량은 6억 3,100만 톤이다.<sup>18</sup> 배출량을 40% 이상 줄인다는 것은 2030년에는 배출량이 3억 7,900톤 미만이 된다는 뜻이다.

한국을 포함한 모든 국가의 기후 안정화 프로그램은 에너지 생산 과정에서 석유, 석탄 및 천연 가스에 대한 국가 의존도를 단계적으로 줄여 나가는 것으로부터 시작한다. 현재 한국은 전체 에너지 공급의 84%를 화석 연료 에너지원에 의존하고 있다.<sup>19</sup> 또한, 한국은 철강 생산을 위한 점결탄과 석유화학 산업에서의 석유 소비량이 많다. 하지만 철강 및 플라스틱 생산의 원자재로 화석연료를 사용하는 것은 화석연료를 연소할 때보다 상대적으로 적은 CO<sub>2</sub>를 배출한다.<sup>20</sup> 따라서 이번 연구는 에너지 생산을 위한 화석 연료 소비를 줄이는 데 초점을 맞췄다.

정부의 배출량 감축 목표와 위에서 검토한 연구에 뒤이어, 이 보고서에서 제시하는 제로 배출 프로그램은 한국의 거시경제 프레임워크에 반영된다. 그 틀은 한국 경제가 탄소중립을 달성하는 2050년까지 견조한 성장세를 이어 나가는 것을 전제로 한다. 구체적으로, 이번 연구는 한국 경제가 2022~2050년 연평균 2.5% 성장할 것으로 가정한다.<sup>21</sup>

이번 프로젝트에는 두 가지 핵심 영역이 있다. 첫 번째는 경제활동의 모든 영역에서 에너지 효율을 높일 투자를 크게 늘리는 것이다. 빌딩 운영, 운송 시스템 및 산업 장비의 효율성 강화 등이 그것이다. 구체적으로 효율성 투자의 목표는 건물 리모델링, 전력망 업그레이드, 열병합 발전 시스템을 포함한 산업 기계 효율화, 대중 교통 확대 및 업그레이드, 탄소 배출 제로 자동차 확대 등이다. 두 번째는 태양광과 풍력뿐 아니라 저배출 바이오에너지, 조력 에너지, 소수력 및 지열 발전을 포함한 청정 재생에너지원의 공급을 극적으로 늘리는 것이다. 한국의 재생에너지 비중이 커지면 그에 따라 전기 형태로 제공되는 에너지의 비중도 커진다. 전기화가 대부분의 재생에너지를 공급하는 가장 효율적인 방법이기 때문이다. 또한, 이번 연구는 특히 최근 정부의 제안에 포함된 조림 사업 투자로 탄소 흡수원을 증가시켜 배출량을 낮추는 계획의 현실성을 살펴본다.

우리의 제안에는 수소의 역할도 포함된다. 우리는 수소의 비중이 재생에너지에 대한 투자와 같은 속도로 커질 것이라고 생각하지는 않는다. 재생에너지와는 달리 수소연료 기술이 현재 화석연료 에너지의 가격 경쟁력을 따라잡지 못하고 있기 때문이다. 그럼에도 불구하고 한국 정부와 일부 민간 기업은 가격경쟁력 있는 수소 에너지 개발에 투자하고 있다. 특히 현대자동차가 수소연료전지차 제조에 상당한 관심을 갖고 있다. 한국 정부는 2040년까지 수소가 한국 전체 전력 공급의 5%를 차지하고, 이후 비중이 계속 커질 것으로 전망하고 있다. 비록 그 규모가 에너지 효율, 청정 재생에너지, 또는 전기자동차에 대한 투자와 비교할 수준은 아니지만, 2050년까지 넷제로를 달성하기 위한 이 보고서의 투자 프로그램에는 수소가 기여하는 부분이 있다. ‘녹색 수소’는 청정한 재생에너지를 이용한 수전해 공정을 통해 생산해야 한다. ‘회색 수소’는 여전히 CO<sub>2</sub>를 배출하기 때문에 제로 배출 프로그램에 포함할 수 없다. 최근의 문헌 및 뉴스 보도를 검토한 결과, 한국은 적어도 2050년까지는 수소 에너지 자체를 생산하는 것(업스트림)보다 수소연료전지차 제조(다운스트림)에 중점을 둘 것으로 보인다.<sup>22</sup>



현재 화석연료를 제외한 한국의 주요 에너지원은 원자력이다. 2020년 원자력은 전체 1차 에너지 공급의 약 16%를 차지했다. 2017년 취임한 문 대통령은 탈원전을 약속했다. 하지만 대통령 재임 기간 동안 원자력 비중은 줄어들지 않았다. 또한 문 대통령의 단계적 원자력 폐지 약속이 향후 수십 년 동안 정치적 지지를 받을 수 있을지도 미지수다.<sup>23</sup>

연구를 위해, 이 보고서에서는 한국이 정부의 계획에 따라 현재 약 1.3 Q-BTU의 원자력 에너지 소비 수준을 2030년까지 1.1 Q-BTU로 줄일 것으로 전제한다. 그리고 2031~2050년에 그 수준이 0.6 Q-BTU로 감소할 것이라고 가정한다.<sup>24</sup> 2050년까지 넷제로 목표를 달성한다는 관점에서 보자면, 원자력은 에너지 생산 시 CO<sub>2</sub>를 배출하지 않는다는 장점이 있다. 하지만 이와 별개로 원자력은 심각한 환경 및 공공 안전 문제를 야기한다. 방사성 폐기물, 폐연료 보관, 원자로 용융 및 핵확산으로 인한 정치적 리스크 등이 그것이다.<sup>25</sup> 문재인 정부의 단계적 원자력 퇴출 계획은 이러한 환경 및 공공 안전 문제를 반영한 것이다.

이 보고서에서 제시하는 배출량 감축 프로그램은 1장에서 검토한 문헌을 바탕으로 한 것으로 비교적 간단하고 투명하다. 이렇듯 간단한 에너지 전환 및 경제 성장 모델은 우리가 집중해야 할 또 다른 문제를 검토하는 작업을 쉽게 만들어 준다. 에너지 효율성 제고 및 재생에너지원에 대한 대규모 투자, 그리고 화석연료 산업의 단계적 퇴출이 고용에 미치는 영향에 대한 검토가 그것이다.

고용 확대의 주요 원천 중 하나는 에너지 효율성 제고 및 재생에너지 프로젝트에 대한 투자일 것이다. 고용 확대의 또 다른 방법은 한국의 에너지 수입 의존도를 낮추는 것이다. 에너지 수입에 쓰는 돈을 국내 재생 에너지 생산에 쓰면, 고용이 증대될 것이다. 조림사업에 대한 투자도 일자리를 창출할 것이다. 하지만 정부에서 논의되는 조림 관련 투자금은 작은 수준이다. 따라서 일자리 창출에 대한 영향도 크지 않을 것이다.

한국은 소비하는 에너지의 대부분을 수입하지만, 화석연료의 단계적 폐지는 국내 노동시장의 일자리 감소로 이어질 것이다. 특히 화석연료를 이용한 전력 생산 및 유통, 원유 정제, 주유소 운영과 같은 분야에서 일자리가 줄어들 것이다. 원전 축소도 해당 산업의 일자리 감소를 가져올 것이다. 이 연구에서는 한국의 대규모 자동차 산업이 내연기관차 생산에서 전기차나 연료전지차 생산으로 전환하는 과정에서 초래할 일자리 감소의 정도를 파악하고자 한다. 한국은 내연기관차에서 전기차 및 수소차와 같은 제로배출 자동차로 전환해 주요 자동차 제조국의 지위를 유지하려고 한다. 하지만 제로배출 자동차 제조에는 내연기관차 제조보다 약 11% 적은 인력이 소요된다. 또한, 제로배출 자동차를 제조하는 공정의 일부는 내연기관차 제조와 구별된다.

이 보고서에 담긴 일자리 창출과 감소에 대한 추정치는 한국 경제가 넷제로를 향해 감에 따라 부정적인 영향을 받게 될 노동자들을 위한 정의로운 일자리 전환 정책 논의의 틀을 마련해준다.

---

## 에너지 효율성 제고 전망

에너지 효율성이란 개선된 기술 및 시스템을 도입해 더 적은 에너지를 쓰기도 동등하거나 더 높은 수준의 기능을 얻는 것을 말한다. 실내 온도 유지를 위해 건물의 단열 성능 높이고, 연비가 높은 자동차를 운전하고, 잘 작동하는 대중교통 시스템을 확충하고, 산업 장비와 전력 전송망에서 낭비되는 에너지를 절감하는 것 등이다. 에너지 효율성 제고를 위한 투자 확대는 생활 수준도 향상시킨다. 말 그대로, 에너지 효율을 높이면 에너지 소비에 드는 비용이 줄기 때문이다.

한국 정부는 <지속가능한 녹색사회 실현을 위한> 대한민국 2050 탄소중립 전략> 보고서에서 에너지 효율 향상을 2050년 탄소중립 5대 “기본 방향” 중 하나로 설정했다. 보고서에는 다음과 같이 나와있다:

‘에너지 효율’은 가장 친환경적이고 경제적인 제1의 에너지원이라 불린다. 에너지 효율 향상은 에너지 비용 절감을 통해 산업의 경쟁력을 제고하고, 고효율제품 생산 등 연관 산업 육성에도 크게 기여하는, 경제성이 높은 에너지 소비 감축 전략이다. 또한, 부존자원이 거의 없는 우리나라 여건을 고려할 때 에너지 안보 강화 차원에서도 필수적인 전략이다. 아울러, 에너지 효율 개선은 에너지 공급 용량 감소를 유도하고 이는 결국 재생에너지 확대에 따른 변동성 문제를 해결하기 위해 활용되는 ESS, 수소화 기술보다 비용 대비 가장 효과적인 정책 수단이 될 것이다. 에너지 효율 개선을 위한 방안으로는 자동차 연비 기준 향상, 건물 단열 기능 확대, 에너지 고효율 기기 사용, 스마트 에너지관리 시스템 보급 등 많은 부문에서 이미 도입되었거나 즉시 도입 가능한 수단들이 존재하며, 정부부터 산업계, 일반 국민까지 모든 부문의 이해관계자를 대상으로 한다. 따라서 정부가 에너지 효율 개선에 대한 명확한 정책 비전을 제시하고 규제와 인센티브가 잘 조화된 정책을 펼친다면 모든 부문의 적극적인 참여와 노력의 결과로서 에너지 효율의 혁신적인 개선 효과를 얻을 수 있을 것이다 (p.49).

산업통상부가 2019년 마련한 <에너지효율 혁신 전략>은 에너지가 소비되는 세 가지 부문(산업·건물·수송)의 주요 정책 이니셔티브를 제시한다.<sup>26</sup> 이러한 이니셔티브는 다음과 같다:

#### 건물

- 평가 우수 건물에 보조금 지급
- 에너지 리빌딩 본격 착수
- 에너지스타(ENERGY STAR) 건물 효율 등급 벤치마킹
  - 공공건물은 2022년까지
  - 상업용건물은 2024년까지
- 2027년까지 형광등 단계적 퇴출

#### 수송

- 협력적 지능형 교통시스템 구축
- 통합교통서비스(MaaS) 시범사업 시행
- 연비 기준 강화
  - 2020년까지 승용차의 평균 연비 28.1km/l로 향상
  - 2022년까지 중장비 연비 기준 마련

#### 산업

- 2030년까지 공장에너지관리시스템(FEMS) 1,500개 설치
- 2030년까지 20개의 스마트에너지 산업단지과 40개의 에너지 효율적인 지역 공동체 구축
- 자발적인 에너지 집약도 감축 지침 마련: 연간 에너지 소비량 2,000톤 이상인 기업에 대해 연간 1% 개선 지침

위에 제시된 방안 등을 통해 정부는 2030년까지 에너지 효율성(GDP 대비 에너지 소비로 측정된 경제활동의 에너지 집약도 감축)을 27% 개선하고, 2050년까지 더 많은 개선을 이루는 것을 목표로 설정했다.

이러한 한국의 에너지 효율성 향상 궤적은 국제에너지기구(IEA)가 내놓은 2050년까지의 글로벌 에너지 효율성 향상 예측과 완벽히 일치한다. IEA의 “넷제로 2050 시나리오”에 따르면 세계 에너지 소비량은 2020~2050년 연평균 -0.6% 감소하지만, GDP는 3.0%씩 성장한다 (p.310)

## 에너지 효율 향상을 위한 비용

한국에서 에너지 효율 향상 목표를 달성하려면 어느 정도의 비용이 필요할까? 동아시아 지역과 한국의 에너지 효율성 투자에 초점을 맞춘 최근의 연구 결과들은 에너지 효율성 투자에 관한 상세한 비용 추정치를 담고 있지 않다.<sup>27</sup> 미국과 전 세계 에너지 효율 향상에 관한 초기 연구의 추정치들도 편차가 크다. 예를 들어 미국국립과학원(NAS)의 2010년 연구에 따르면, 미국의 산업·건물·수송 부문의 에너지 효율성 개선을 위한 평균 비용은 Q-BTU당 34조 2,000억원(290억 달러)으로 추산됐다(이하 한국 통화는 “원”으로 표기).<sup>28</sup> 미국 건물 부문에만 초점을 맞춘 2014년과 2016년의 연구도 유사한 비용 추정치를 내놨다.<sup>29</sup> 반면 2008년 세계은행의 연구에 따르면, 산업국 및 개발도상국에서 진행된 455개의 프로젝트 결과를 기반으로 추산한 Q-BTU당 평균 에너지 절감 비용은 2조 2,000억원(19억 달러)으로 미국 국립과학원(NAS) 추정치의 7%에 불과하다. 또 맥킨지 컨설팅의 2010년 연구에 의하면 OECD 비회원국들의 에너지 절감 비용은 Q-BTU 당 13조원(110억 달러)이다.

에너지 효율 향상에 드는 평균 비용이 선진국에서 훨씬 더 높다는 건 놀라운 일이 아니다. 에너지 효율성에 대한 투자 비용 중 대부분이 인건비이기 때문이다. 특히 건물 및 산업 장비 개조 프로젝트에는 인건비 비중이 높다. 하지만 다양한 연구의 비용 추정치가 서로 다른 이유는 단순히 지역 및 산업화 수준에 따른 인건비 차이에서 비롯된 것이 아니다. 예를 들어, 세계은행은 선진국 및 개발도상국 양측 모두 에너지 효율을 개선하려면 Q-BTU당 2조 2,000억원 (19억 달러)이 필요하다고 밝혔다.

이러한 다수의 연구는 투자금액 추정치가 서로 다른 이유를 파악할 만한 산출방법을 충분히 설명해주지 않는다. 하지만 여러 연구를 통해 실제로 프로젝트를 진행할 때 프로젝트마다 예상 투자금액이 달라질 수 있다는 사실을 짐작할 수 있다. 그렇기 때문에 에너지 효율 투자 비용은 상황별로 다르게 인식되고, 각 사례별로 분석되어야 한다. 이번 연구에서는 한국에서 에너지 효율성 투자를 통해 얻을 수 있는 에너지 절감효과를 경험에 근거해 예측하고자 한다.

보수적인 접근법은 미국국립과학원(NAS)의 상위 추정치를 기준치로 사용하는 것이다. 이 경우 효율성 투자를 통한 에너지 절감액은 Q-BTU당 34조 2,000억원이다. 한국은 에너지 시스템 및 관련 혁신의 디지털화 계획을 통해 단위당 더 적은 비용으로 확실한 효율성 향상을 달성할 수 있을 것이다. 그리고 가장 비효율적인 장비와 관행을 개선하는 초기 투자가 끝난 뒤엔 필연적으로 효율성 향상 비용은 증가할 것이다. 그렇기 때문에 이번 연구에서는 필요한 투자금액을 과소 평가하는 것보다 과대 평가하는 편이 낫다고 생각한다. 따라서 이 보고서에서는 2050년까지 한국에서 1Q-BTU의 에너지 절감을 달성하는 데 드는 비용을 35조원이라고 가정한다.

## 리바운드 효과

에너지 효율성을 높이면 리바운드 효과가 나타난다. 에너지 비용이 감소함에 따라 에너지 소비가 증가하는 것이다. 예를 들어 에너지 효율이 개선되면 자동차를 굴리는 데 필요한 비용이 줄어들기 때문에 사람들이 자동차로 더 자주, 더 먼 거리를 이동할 수 있다. 마찬가지로 효율성 향상으로 인한 비용 절감으로 인해 가정 내 냉난방이나 조명 사용이 늘어날 수 있다. 제조업체들도 비용 절감으로 인해 장비를 더 많이 쓸 수 있다.

한국은 한국판 뉴딜 정책에 따라 전반적인 에너지 효율 향상을 추진하고 있기 때문에 에너지 효율성 향상이 경제 전반에 걸쳐 큰 리바운드 효과로 나타나지는 않을 것이다.<sup>30</sup> 예컨대 자동차의 효율성 향상은 자동차 사용 증가로 이어질 수 있지만, 한국 정부의 수송 부문 효율성 개선 프로그램에는 높은 수준의 대중교통 체계 마련 계획도 포함돼 있다. 이는 자가용 운전자들의 자동차 이용 증가를 상쇄할 것이다. 가정의 에너지 소비에 있어서도 국민들이 에너지 비용이 줄어든다고 해서 갑자기 냉난방이나 컴퓨터를 비롯한 가전제품을 훨씬 더 많이 사용하지는 않을 것이다. 대부분의 경우 이미 에너지를 포화점에 가깝게 사용하고 있기 때문이다.

산업 부문의 에너지 효율 개선은 상황이 달라야 한다. 산업 부문의 낮은 에너지 비용은 한국 기업의 경쟁력을 향상시키고, 이는 한국 공산품에 대한 수요 증가로 이어질 수 있다. 물론 다른 국가도 한국에 버금가는 수준으로 산업 부문의 에너지 효율성을 높일 수 있다. 그럴 경우, 한국 산업의 경쟁력 우위가 사라지고 산업부문의 리바운드 효과 또한 완화되거나 사라질 수 있다. 하지만 청정 에너지로의 전환 과정에서 한국의 전체 에너지 수요가 매우 높은 수준일 것으로 추정되는 것을 고려하면, 산업부문의 에너지 효율 향상은 수출 경쟁력을 높여 경제 전반의 에너지 수요에 리바운드 효과를 낼 것으로 보인다.

한국의 산업 부문 에너지 소비량은 국가 전체 소비량의 약 3분의 1에 달한다.<sup>31</sup> 산업 부문의 에너지 수요는 화석연료를 에너지원 외의 목적으로 투입하는 소비량과 구별되어야 한다. 석유 화학공업의 원료로 사용되는 석유나 석탄 생산의 원료로 사용되는 석탄 등이 그것이다. 이 연구의 상위 추정치를 고려하면, 산업부문의 에너지 효율 개선으로 산업부문 에너지 소비량이 30% 증가하는 리바운드 효과가 나타날 것으로 보인다. 산업 부문의 리바운드 효과는 국가 전반의 에너지 리바운드 효과의 약 10%에 해당할 것으로 보인다 ( $0.33 \times 0.3 = 0.099$ ). 즉, 에너지 효율성 제고에 투자해 에너지 효율이 개선된다면, 산업 부문의 리바운드 효과로 인해 국가 전체의 에너지 소비량은 10% 증가할 것으로 예상된다.<sup>32</sup>

## 청정 재생에너지 전망

한국이 2050년까지 탄소중립 목표를 이루려면 재생에너지 중심의 인프라 구축이 필수적이다. 한국 정부는 2020년 12월 발간한 <지속가능한 녹색사회 실현을 위한> 대한민국 2050 탄소중립 전략> 보고서에서 이를 분명히 했다.

2050 비전을 달성하기 위한 방법으로 가장 중요한 첫 번째 과제는 탄소중립을 향한 에너지 전환 가속화가 핵심이다. 태양광, 풍력, 수력 등 탄소 배출이 없는 에너지원이 에너지 공급 시스템의 중심이 되어야 한다. (p.44)

**<표 2.1>**  
한국의 예상 재생에너지 잠재량 / 1차 에너지로서 기술적, 시장 잠재량  
2020년 한국에너지공단 자료

에너지원별 에너지 잠재량	기술적 잠재량=109.8 Q-BTU	시장 잠재량=7.7 Q-BTU
태양광	70.8%	73.6%
풍력	14.9%	18.5%
지열	7.2%	3.1%
해양	5.9%	0%
바이오	0.5%	0.3%
폐기물	0.2%	3.5%

Note: “기술적 잠재량”은 지리적 영향 요인과 기술적 영향 요인을 반영할 때 활용가능한 에너지의 양을 산출한 것이다. “시장 잠재량”은 경제적 영향 요인과 정책적(지원, 규제) 영향 요인을 적용할 때 실질적으로 활용가능한 에너지의 양을 산출한 것이다.

출처: 한국에너지공단 (2021)

한국에너지공단은 재생에너지 중심의 인프라를 구축할 수 있는 잠재력이 높다고 평가해 이러한 비전을 뒷받침했다. <표 2.1>은 2020년 기준 1차 에너지 공급원으로서 재생에너지에 대한 한국에너지공단의 “기술적 잠재량”과 “시장 잠재량” 추정치를 보여준다. 기술적 잠재량은 한국에너지공단이 이론적 잠재량 중 지리적 영향 요인과 기술적 영향 요인을 반영할 때 활용가능한 에너지의 양을 산출한 것이다. 그리고 시장 잠재량이란 경제적 영향 요인과 정책적(지원, 규제) 영향 요인을 적용할 경우, 가격 경쟁력 있는 수준에서 실질적으로 활용가능한 에너지의 양이다. 예를 들어 한국에너지공단은 해양으로부터 얻을 수 있는 모든 재생에너지원인 조수, 파도, 온도차(OTEC), 해양심층수 냉방시스템(SWAC)의 기술적 잠재량이 6.5 Q-BTU에 달한다고 예상했다. 하지만 한국에너지공단은 해양재생에너지 중 어느 것도 시장 잠재력이 있는 개발단계에 도달하지 못했다고 결론지었다. 한국에너지공단은 또한 최종 에너지 공급에서 재생에너지원이 차지하게 될 비중의 추정치를 제공한다. 이 수치는 [표 2.1]에 표시된 재생에너지가 1차 에너지 공급에서 차지할 비중에 대한 추정치와 유사하다.<sup>33</sup>

[표 2.1]에서 볼 수 있듯이 1차에너지 공급원으로서 재생에너지의 기술적 잠재량에 대한 한국에너지공단의 추정치는 109.8 Q-BTU이다. 이는 2020년 한국의 1차 에너지 총소비량인 8.7 Q-BTU의 12배에 달하는 수치다. 재생에너지 시장 잠재량에 대한 한국에너지공단의 추정치는 7.7 Q-BTU로 기술적 잠재량에 비해 훨씬 낮다. 이는 경쟁 시장의 상황과 한국에서 재생에너지를 개발할 때 나타날 수 있는 지리적, 기술적 요인을 반영하기 때문이다. 시장 잠재량은 기술적 잠재량의 약 7%에 불과하다. 하지만, 7.7 Q-BTU는 2050년까지 탄소중립을 달성하는 시나리오 하에서 2030년 한국의 1차 에너지 소비 총량 추정치의 90%에 가까우며, 2050년 한국의 총 1차 에너지 소비보다 조금 많다. 간단히 말해, 한국에너지공단이 가장 최근 발표한 추정치에 따르면 한국은 2050년까지 100% 재생에너지 인프라를 개발할 잠재력이 분명히 있다는 것을 알 수 있다.

[표 2.1]에서 보는 바와 같이 한국에너지공단은 국내 재생에너지 공급의 대부분을 태양광과 풍력이 차지할 것으로 보고 있다. 태양광과 풍력은 각각 시장 잠재량의 74%, 19%를 차지한다. 따라서 한국에너지공단은 예상되는 시장 상황과 정부의 정책 우선순위를 고려할 때 태양광과 풍력으로 재생에너지의 93%를 공급할 것으로 예측했다.

한국에너지공단이 한국의 재생에너지, 특히 태양광 및 풍력 발전에 대해 기대하는 높은 시장 잠재량은 지난 10년 동안 전 세계적으로 재생에너지 비용이 감소하는 패턴과 일치한다. 이러한 비용 감소로 인해 대부분 재생에너지원의 전기 생산 비용은 화석연료와 비교해 같은 수준이거나 더 낮다.

[표 2.2]는 국제재생에너지기구(IRENA)가 최근 발표한 2010년과 2020년 기준 대체 에너지원으로 전기를 생산할 때 드는 비용, 즉 “균등화 발전 비용(LCOE)”을 보여준다. 균등화 발전 비용은 최종 소비자에게 1킬로와트의 전기를 공급하기 위해 필요한 제반 비용이다. 여기에는 발전소 건설과 관련된 초기 투자 비용과 고정 및 변동 운영유지비, 그리고 송배전 관련 비용 등이 포함된다. 또한 전기 생산 과정에서 손실되는 에너지 비용도 포함된다.

[표 2.2]에서 볼 수 있듯이 2020년 기준 G20 회원국의 화석연료 발전 LCOE는 kw/h당 65~175원이다. 반면 2020년 7가지 재생에너지원의 평균 LCOE는 화석연료 LCOE에 비해 낮거나 비슷한 수준이다. 표에서 보듯이 태양광 발전의 LCOE는 kw/h당 67원, 집광형 태양열 발전은 128원, 육상 풍력발전은 46원, 해상 풍력발전은 99원, 바이오에너지 발전은 90원, 수력 발전은 52원, 지열 발전은 84원이다. 게다가, 2010~2020년 태양광 및 풍력 발전의 LCOE는 크게 하락했고 태양광 발전의 LCOE는 85%나 감소했다. 태양광 및 풍력 발전의 평균 LCOE는 이 분야의 급속한 글로벌 확대와 함께 규모의 경제, 기술 발전 등의 요인으로 계속 하락할 것이다. 반면, 바이오에너지 발전의 LCOE는 2010~2020년 kw/h당 90원 수준으로 유지됐다. 수력 및 지열 발전의 LCOE는 2010년 비해 2020년 증가했지만, 여전히 각각 kw/h당 52원, 84원으로 화석연료 발전의 LCOE에 비해 낮은 수준이다.

<표 2.2>

2010~2020년 발전소급 재생에너지원 대 화석 연료원의 평균 글로벌 LCOE

2020년 G20국가 화석연료 발전 전력에 대한 평균 LCOE

kw/h당 65~175원

	2010년	2020년	2010~2020년 증감율(%)
태양광	KRW 438	KRW 67	-85%
집광형 태양열	KRW 402	KRW 128	-68%
육상 풍력	KRW 105	KRW 46	-56%
해상 풍력	KRW 191	KRW 99	-48%
바이오에너지	KRW 90	KRW 90	0
수력	KRW 45	KRW 52	+16%
지열	KRW 58	KRW 84	+45%

출처: 국제재생에너지기구(2021)

국제재생에너지기구가 제시한 비용 수치는 전 세계의 연간 평균 비용이다. 따라서 지역적 또는 계절적 요인으로 인한 비용 차이는 반영돼 있지 않다.<sup>34</sup> 특히 태양광 및 풍력 에너지의 LCOE는 지역과 계절에 따라 크게 달라질 수 있다. 또한 태양광 및 풍력 에너지는 모두 간헐적 특성을 갖고 있다. 태양광은 해가 뜰 때, 풍력은 바람이 불 때만 에너지 생산이 가능하다. 따라서, 한국이 2050년 탄소중립 목표를 향해 나아가는 데 있어서 에너지 저장 기술이 더욱 중요해 질 것으로 보인다. 2021~2030년의 첫 10년에는 그것이 크게 중요하지 않을 수 있다. 2021년 기준으로 화석연료와 원자력이 한국 전체 에너지 공급의 90% 이상을 차지하고 있기 때문이다. 또한 한국이 재생에너지 공급을 대폭 확대하고 효율을 크게 개선하더라도, 2030년까지는 화석연료와 원자력이 한국 전체 에너지 공급의 60% 이상을 유지할 것이다. 따라서, 2030년 이후로 몇 년 동안은 한국 전력 공급원의 바탕은 화석연료와 원자력이 될 것으로 보인다.

이 모든 것을 감안하면, 한국에서 재생에너지원으로 생산한 전기의 발전단가가 비재생에너지원에 비해 낮거나 비슷한 수준이 돼 가고 있다는 사실을 알 수 있다. 2050년까지 태양광 및 풍력, 기타 재생에너지원 발전으로 에너지 수요 전부를 충족한다고 가정하면, 소비자가 부담하는 에너지 비용은 화석연료를 쓸 때에 비해 아마도 매우 낮을 것으로 예상된다. 또 한 가지 중요한 점은, 재생에너지는 석유, 석탄, 천연가스를 태워 에너지를 얻을 때 파생되는 환경 비용을 발생시키지 않는다는 사실이다.

## 재생에너지 공급확대를 위한 비용

대부분의 경우 재생에너지를 이용한 발전 비용의 가장 큰 비중을 차지하는 것은 자본 비용이다. 즉 설비 건설이 완료된 후 전기 생산에 필요한 운영유지비가 아니라 새로운 설비를 건설할 때 큰 돈이 든다는 뜻이다. 태양광, 풍력, 수력 발전에서 이러한 자본 비용은 전체 비용의 71~75% 수준이다. 지열 발전은 54%로 조금 낮고, 저배출 바이오에너지는 42%로 더 낮다.<sup>35</sup> 하지만 바이오에너지의 경우에도 자본비가 전체 비용에서 차지하는 비중이



가장 크다.<sup>36</sup> LCOE 수치를 바탕으로 재생에너지 설비 건설에 필요한 자본 비용도 예상할 수 있다. 즉, 설비를 건설하고 손조롭게 운영·유지하기 위한 초기투자비용을 예측할 수 있다.

IEA, IRENA, 미국 에너지 관리청을 포함한 여러 기관이 추정한 자본 비용은 서로 다르다. 자본 비용 추정치는 지역에 따라서도 크게 달라질 수 있다. 예를 들어 IEA가 최근 발표한 미국의 태양광 발전소 건설에 필요한 자본 비용은 중국과 인도에 비해 70~80% 큰 규모다.<sup>37</sup> 한국의 재생에너지 발전소 건설에 필요한 자본 비용은 아직 추산된 바 없다. 따라서 이 연구에서는 한국의 자본 비용을 추정하기 위해서, 에너지 효율 향상에 필요한 예상 비용을 산출할 때와 마찬가지로, 재생에너지 발전용량 확대에 필요한 자본 비용을 너무 작게 잡는 것보다는 크게 잡는 편이 낫다고 생각한다.

[표 2.3] 는 미국 에너지 관리청이 최근 발표한 2021년 총 자본 비용이다. 다양한 발전소급 재생에너지원을 이용해 1Q-BTU의 전기를 생산하는데 필요한 총 자본 비용을 보여준다.<sup>38</sup> 표에서 볼 수 있듯이 태양광은 1Q-BTU의 전기를 생산하는 데 115조원의 자본 비용이 필요하며, 육상 풍력은 130조원, 저배출 바이오에너지는 175조원, 지열은 90조원, 그리고 소수력 발전은 163조원의 자본 비용이 든다.

<b>&lt;표 2.3&gt;</b> 2재생에너지 시설 건설에 드는 자본 비용 전력 1Q-BTU 당 총 자본 비용의 현재 가치	
태양광	115조원
육상 풍력	130조원
저배출 바이오에너지	175조원
지열	90조원
소수력	163조원
<b>가중평균 자본 비용</b>	<b>121조원</b>
<i>태양광에 65%, 풍력에 30%, 기타 재생에너지원에 5% 투자 가정</i>	

출처: 미국 에너지 관리청 (2021, 2월). Q-BTU당 LCOE를 총 자본 비용으로 환산하는 계산 방법은 Pollin 등의 연구(2014) pp.136~137 참조.

재생에너지원 건설 시 드는 자본 비용의 가중평균치 도출을 위한 초기 근사값은 녹색에너지전략연구소 권필석 소장의 자문을 참고해 결정했다. 2022~2030년 국내 재생에너지 인프라에 대한 투자는 태양광에 65%, 풍력에 30%, 기타 재생에너지원에 5%가 집행될 것으로 예상했다. 각각의 비중이 다르기 때문에 재생에너지 공급을 확대하기 위한 가중평균 자본 비용은 [표 2.3]와 같이 1Q-BTU당 121조원으로 산출되었다.

위 수치는 한국에서 재생에너지 공급을 확대하는 데 필요한 비용을 가늠할 때 기준이 될 것이다. 이 보고서는 한국이 보다 다양하고 구체적인 재생에너지원에 대한 투자를 적극적으로 추진하고 있다는 것 또한 고려하고 있다.<sup>39</sup> 이러한 재생에너지원에는 다음과 같은 것이 있다:

- 태양광, 육상 태양광, 공동체 태양광, 산업용 태양광, 가정용 태양광
- 발전소급 육상 태양광
- 발전소급 해상 태양광

- 해상 풍력
- 육상 풍력
- 저배출 바이오에너지
- 조석
- 소수력
- 지열

소규모, 또는 개발 초기 단계 재생에너지원의 자본 비용은 [표 2.3]에서 제시된 평균 자본 비용에 비해 높을 것이다. 특히 [표 2.3]에 나와 있는 태양광 및 풍력 에너지원의 자본 비용은 발전소만 고려한 것이다. 미국 신재생에너지연구소의 2020년 관련 데이터를 보면, 미국 내 가정용 태양광 발전의 LCOE는 발전소급 태양광 발전에 비해 2.5배 높으며, 공동체 옥상형 태양광 발전은 70% 정도 높다.<sup>40</sup> 각각의 구체적인 재생에너지 기술에 따른 자본 비용이 큰 차이가 난다는 점도 충분히 고려해야 한다.

따라서, 녹색에너지전략연구소 권필석 소장과의 논의를 바탕으로 한 2022~2030년 한국의 재생에너지 인프라 투자 비중은 [표 2.4]와 같을 것으로 예상된다.

즉, 태양광에 대한 투자 비중 65% 가운데 35%는 육상, 공동체, 산업용, 가정용 태양광 프로젝트에 대한 투자가 될 것이고, 25%는 발전소급 육상 태양광 프로젝트, 나머지 5%는 발전소급 해상 태양광 프로젝트 투자가 될 것으로 예상된다. 풍력 에너지에 대한 투자 비중 30% 가운데 14%는 해상 풍력, 16%는 육상 풍력에 대한 투자가 될 것으로 예상된다. 그리고 기타 재생에너지원에 대한 투자 비중 5%는 저배출 바이오에너지, 조력, 소수력 및 지열에 각각 1.25%씩 분배될 것으로 보인다.

한국은 다양한 재생에너지 플랫폼을 포함한 혁신적인 프로그램을 추진하고 있기 때문에, 초기 투자 비용이 이번 보고서에서 벤치마킹했던 121조원보다 많을 것으로 예상해야 한다. 또한 재생에너지 공급을 확대하는 과정에 영향을 미칠 수 있는 다른 요소들도 고려해야 한다. 그 가운데 하나는 전 세계적으로 재생에너지 공급이 빠르게 확대되면서, 향후 10여년은 공급 병목현상이 나타나며 평균 비용이 오를 수 있다는 점이다. 또한, 이번 보고서에서 벤치마킹한 비용에는 태양광이나 풍력 같은 간헐적 에너지원으로부터 얻은 에너지의 저장 비용이 포함돼 있지 않다. 결국 태양광 및 풍력 에너지가 한국에서 주요 재생에너지원이 될 것이기 때문에, 에너지 저장 비용을 전체 예상 비용에 포함해야 한다.

**<표 2.4>**  
한국의 청정 재생에너지 투자 비중 추정치

<b>태양광</b>	<b>65%</b>
육상, 공동체, 산업용, 가정용 태양광	35%
발전소급 육상 태양광	25%
발전소급 해상 태양광	5%
<b>풍력</b>	<b>30%</b>
해상 풍력	14%
육상 풍력	16%

기타 재생에너지원		5%
저배출 바이오에너지		1.25%
조력		1.25%
소수력		1.25%
지열		1.25%

이상의 여러 이유로, 이번 연구에서는 한국의 재생에너지 공급 확대를 위한 Q-BTU당 평균 비용이 236조원 (2,000억 달러)에 이를 것으로 예상한다. 이는 보고서에서 벤치마킹한 평균 비용(121조원)에 비해 95% 높은 수준이다. 이 수치에 2030년까지 초기 투자 단계, 그리고 2031~2050년 나타날 평균 비용 절감율이 반영될 것이다. Q-BTU당 236조원의 최초 추산 비용은 보수적으로 봤을 때 2022~2050년 연평균 1.5% 감소할 것으로 예상된다. 2022~2030년 기간의 예상 비용 중간값은 [표 2.7]에서 보듯이 213조원 (1,800억 달러)이다.<sup>41</sup>

## 2030년까지 CO<sub>2</sub> 배출량 45% 감축 목표 달성

이 장에서 설명하는 9년간의 재생에너지 투자 계획은 정부 및 비정부기구, 그리고 여러 연구 결과가 뒷받침하는 서로 관련된 두 가지 목표를 달성하기 위한 것이다. 첫 번째 목표는 2030년까지 CO<sub>2</sub>배출량을 2018년 대비 40% 이상 감축하는 것이다. 감축 목표 달성을 위해 필요한 비용을 너무 적게 잡는 실수를 범하지 않기 위해 이번 보고서는 목표치를 2018년 대비 45% 감축으로 정했다. 환산하면 2018년 6억 3,100만 톤 수준인 CO<sub>2</sub>배출량을 2030년까지 3억 5,000만 톤으로 감축하는 것을 의미한다.

두 번째 목표는 한국이 기후 안정화 방안을 추진해 나가면서도 2030년까지 견조한 경제 성장세를 유지하는 것이다. 즉, 기존의 일자리를 보호하고 새로운 일자리를 창출하면서, 평균 생활수준 또한 지속적으로 향상하는 것이다. 이번 장에서는 이 두 가지 목표를 달성하기 위해 필요한 재생에너지 투자 계획에 대해 설명하고자 한다.

한국 경제가 지속적으로 성장하면서도 2030년까지의 감축 목표를 달성할 수 있을지를 가능하려면, 2022~2030년 경제 성장 전망치를 고려해야 한다. 이 연구에서는 인플레이션을 고려한 한국 경제의 2022~2030년 평균 실질 성장률을 2.5%로 추정한다. 이는 한국 에너지경제연구원의 에너지 성장 모델에서 제시된 2.4%의 성장률과 매우 비슷한 수치이다.

[표 2.5]는 2020년 한국의 실질 GDP와 2030년 잠재 GDP를 정리한 것이다. 2030년 잠재 GDP는 2030년까지 한국의 실질 GDP 성장률을 평균 2.5%로 가정하여 산출했다. 이대로라면 2030년 한국의 실질 GDP는 2,419조원이 될 것이다. 마찬가지로 평균 GDP 성장률이 2.5%라고 가정하면, 2022~2030년의 중간 시점인 2026년 한국의 실질 GDP는 2,192조원이 될 것이다.

이러한 틀 안에서 2030년 한국의 에너지 소비량 및 CO<sub>2</sub> 배출량의 윤곽을 그려볼 수 있다. [표 2.6]에 나와있는 두 가지 서로 다른 시나리오를 고려한다.

**<표 2.5>**  
**한국의 2020년 실질 GDP, 2026년 및 2030년 잠재 GDP**  
 원화 기준

2020년 GDP	1,890조원
2030년까지 잠재 GDP 성장률	2.5%
2030년 잠재 GDP	2,419조원
중간 시점인 2026년 잠재 GDP	2,192조원

출처: 에너지경제연구원 및 저자 계산

**<표 2.6>**  
**한국 에너지 소비량 및 CO<sub>2</sub> 배출량**  
 2018년/2020년 실질 소비량/CO<sub>2</sub> 배출량 및 2030년 잠재 소비량/CO<sub>2</sub> 배출량

	1) 2018년/2020년 실질 배출량	2) 현(BAU) 에너지 인프라 유지 시 2030년 (=각 카테고리, 연평균 2.5% 성장)	3) 청정 에너지 투자 프로젝트 진행 후 2030년
1) 2020년 실질 GDP	1,890 조원	2,419조원	2,419 조원
2) 에너지 집약도 (GDP 1,000조원 당 Q-BTU 소비)	4.6	4.6	3.1
3) 2019년 에너지 소비량 (Q-BTU)	8.7	11.1	7.9 (효율 개선으로 7.6, 10% 리바운드 효과)

에너지 공급 믹스

4) 비재생에너지 및 바이오에너지 (Q-BTU=5-9행)	8.6	11.0	5.1
5) 석유	2.6	3.3	1.4
6) 석탄	2.6	3.3	1.4
7) 천연가스	2.1	2.7	1.2
8) 원자력	1.3	1.7	1.1
9) 고배출 바이오에너지	0.03	0.04	0.02
10) 청정 재생에너지 (Q-BTUs=3행/4행)	0.1	0.1	2.8

11) 태양광	0.04	0.05	1.8
12) 풍력	0.01	0.01	0.8
13) 수력	0.01	0.01	.05
14) 조력	0.01	0.01	.05
15) 저배출 바이오에너지	0	0	.05
16) 지열	0	0	.05

배출량

17) 총 CO <sub>2</sub> 배출량 (백만 미터톤)	631	808	350
18) 배출량 집약도 (Q-BTU 소비 당 CO <sub>2</sub> 배출량=17행/3행)	72.6	72.6	44.3

참고: 3.1 에너지 집약도에 10% 리바운드 효과를 더했다. 리바운드 효과의 대부분은 산업에서 발생한다. 리바운드 효과는  $(11.1 \text{ Q-BTUs} - 7.6 \text{ Q-BTUs}) \times 0.10$  로 계산되었다. 미주 32 참조.

출처: 비재생에너지 및 원자력: KEEI (2021), “총 1차 에너지 공급” 표 참조, 재생에너지: U.S. EIA (n.d.) “전체 국가-한국” 참조

자세히 설명하자면, [표 2.6]의 첫 번째 단은 2018년/2020년 실제 에너지 소비량을 세부적으로 분석한 것이다. 두 번째 단은 한국 경제가 연평균 2.5% 성장하고 에너지 인프라가 유지된다는 가정 하에 2030년 잠재 에너지 소비량을 분석한 것이다. 이 보고서에서는 이를 기준 (Business-as-usual, BAU) 에너지 인프라 시나리오로 칭한다. 기준 에너지 인프라 시나리오에 따른 한국의 모든 기존 에너지원은 연평균 GDP 성장률(2.5%)과 같은 성장률을 보일 것이다. 세 번째 단은 한국이 2030년까지 CO<sub>2</sub> 배출량을 45% 감축하면서 연평균 GDP 성장률은 2.5%를 유지하는 시나리오 하에서의 에너지 소비량을 분석한 것이다.

이상과 같은 가정 하에서, 기준 에너지 인프라 시나리오에 따른 한국의 에너지 집약도는 2018년 수준인 GDP 1,000조원당 4.6 Q-BTU를 유지한다. 첫 번째와 두 번째 단의 18번째 줄에서 볼 수 있듯이, 한국의 에너지 집약도는 72.6으로 유지된다. 2018년~2030년 에너지 인프라가 유지된다는 기준 에너지 인프라 시나리오 하에서 경제가 연평균 2.5% 성장하면, 표 2.6의 17번째 줄에서 볼 수 있듯이 CO<sub>2</sub> 배출량이 영향을 받는 것을 확인할 수 있다. 즉, 총 CO<sub>2</sub> 배출량은 6억 3,100만톤에서 8억 800만 톤으로 28% 증가하게 된다.

[표 2.6]의 세 번째 단은 2030년까지 CO<sub>2</sub> 배출량을 3억 5,000만 톤으로 낮추는 데 초점을 맞춰, 각각의 에너지원이 배출량에 어떤 영향을 미치는 지를 보여준다. 이 프로그램의 첫 번째 기본 요소는 에너지 효율에 대한 투자이다. 위에서 설명한 바와 같이 에너지 효율에 대한 투자가 산업·건물·수송 모든 부문에 걸쳐 이뤄질 것으로 가정한다. 구체적으로, 한국이 에너지 집약도를 2018년 GDP 1,000조원당 4.6 Q-BTU 수준에서 2030년 3.1 Q-BTU 수준으로 줄일 수 있을 것으로 가정한다. 이는 2022부터 2030년까지 에너지 효율성이 31%, 즉 연평균 4.1% 개선됨을 의미한다. 이러한 수준의 에너지 효율성 개선이 이뤄진다면, 리바운드 효과를 10%로 가정하고 2030년 한국의 총 에너지 소비량은 7.9 Q-BTU가 될 것으로 예상된다. 이는 2019년 한국의 총 에너지 소비량인 8.7 Q-BTU에 비해 9% 줄어든 것이다.<sup>44</sup>

이렇게 산출된 에너지 집약도에 10%의 리바운드 효과를 감안하면, 배출량을 3억 5,000만톤 이하로 유지하면서

7.9 Q-BTU의 에너지 소비 총량을 허용하는 에너지 믹스를 고려해야 한다. 사실 이러한 배출량 감축 목표는 석유, 석탄, 천연가스 소비의 단계적 퇴출을 조합함으로써 달성할 수 있다. 단순화하기 위해 이 연구에서는 2030년 기준으로 석유, 석탄, 천연가스 소비량이 각각 45% 감소하는 시나리오를 상정한다. 즉, 2030년까지 현재 2.6 Q-BTU인 석유와 석탄 소비량은 1.4Q-BTU로, 2.1 Q-BTU인 천연가스 소비량은 1.2 Q-BTU로 줄어든다. 세 가지 화석연료의 소비량이 45% 줄어드는 것은 2030년 CO<sub>2</sub> 배출량 또한 45% 감축되는 결과를 낳을 것이다. 그것이 이 시나리오 하에서 2030년 기준 배출량을 3억 5,000만톤으로 줄이는 방법이다.

정부가 계획하는 일정대로라면 해당 시나리오 하에서 2030년 원자력 에너지 공급량은 15% 줄어 1.1 Q-BTU가 될 것으로 보인다. 이 시나리오에 따르면 원자력 에너지의 퇴출은 2085년에야 마무리될 것이다. 부록 3에서 정부의 원자력 발전소 단계적 퇴출 계획을 참고할 수 있다. 원자력 에너지의 단계적 퇴출 계획 또한 이번 보고서의 2031~2050년 배출량 감축 시나리오에 포함되었다.

종합하면, 2030년이 되면 비재생에너지로 생산된 에너지의 총량은 화석연료로 생산한 에너지 4.0 Q-BTU와 원자력 발전으로 생산된 에너지 1.1 Q-BTU를 포함해 총 5.1 Q-BTU가 된다. 이 시나리오대로라면 2030년 총 에너지 수요가 7.9 Q-BTU에 달해, 2.8 Q-BTU의 에너지를 태양광, 풍력, 수력, 조력, 저배출 바이오에너지, 지열 등의 재생에너지를 이용해 생산해야 한다.

2020년 기준, 한국에서 태양광, 풍력, 저배출 바이오에너지, 지열, 조력, 수력을 포함한 모든 재생에너지원으로 공급한 에너지는 0.1 Q-BTU에 불과했다. 따라서, 2030년 필요한 에너지 공급량인 7.9 Q-BTU를 채우려면, 재생에너지원으로 새롭게 2.7 Q-BTU의 에너지 공급을 확보해야 한다. 화석연료 및 원자력 발전으로 5.1 Q-BTU의 에너지를 공급하고 재생에너지로 2.8 Q-BTU의 에너지를 공급해야 하기 때문이다.

위에서 설명한 바와 같이, 상위 추정치 기준으로 한국의 전체 에너지 효율을 높이기 위해서 필요한 Q-BTU당 평균 비용은 35조원이다. 마찬가지로, 상위 추정치를 기준으로 할 때 재생에너지 공급량을 확대하기 위해 필요한 Q-BTU당 평균 비용은 213조원이 될 것으로 보인다. 이러한 가정 하에서 [표 2.7]의 A~C는 2030년 재생에너지 투자 프로젝트의 주요 특징을 다음과 같이 요약하고 있다:

- **효율성 개선.** 2022~2030년 에너지 효율 투자에 연간 14조 원. 이는 2022~2030년 한국 잠재 GDP 중간값의 약 0.6%에 해당한다. 효율성에 대한 이러한 투자로 2030년까지 BAU 대비 3.5 Q-BTU의 에너지 절감이 가능할 것이다. 다시 말해, 2019년 에너지 사용 수준에 비해 한국 경제 전체의 에너지 효율이 31% 개선될 것이다.
- **리바운드 효과.** 위에서 논의한 바와 같이 에너지 효율이 31% 증대되면서 10%의 리바운드 효과가 발생한다고 가정한다. 에너지 효율이 31% 증대되면 2030년 에너지 소비량을 7.6 Q-BTU로 낮출 수 있다. 하지만 10%의 리바운드 효과로 2030년 에너지 소비량은 7.9 Q-BTU로 늘어난다.
- **청정 재생에너지원.** 태양광, 풍력, 저배출 바이오에너지, 조력, 지열, 소수력 발전에 연간 64조 원을 투자한다. 이는 2022~2030년 한국 잠재 GDP 중간값의 2.9%에 해당한다. 이를 통해 2030년까지 재생에너지 공급량을 2.7 Q-BTU 증가시킬 수 있다.
- **재생에너지 투자 프로젝트 및 배출량 감축.** 효율성 향상, 리바운드 효과, 청정 재생에너지원에 대한 투자 등을 감안하면 연간 약 78조원이 필요하다. 이는 2022~2030년 한국의 잠재 GDP 중간값의 3.6%에 해당한다. 재생에너지 투자 프로젝트를 진행하면, 효율성 투자 또는 재생 에너지 공급 확대를 통한 에너지 절감으로 BAU 시나리오에 비해 5.9 Q-BTU의 에너지를 아낄 수 있다. 이렇게 된다면, 2030년 한국의 총 CO<sub>2</sub> 배출량은 2019년의 6억 3,100만 톤보다 45% 줄어든 3억 5,000만 톤이 될 것이다. 한국 경제는 45%의 배출량 감축을 이루고도 2030년까지 연평균 2.5%의 견조한 성장을 이어갈 것이다. 이는 한국 경제가 탄소중립을 달성하기

위해 생활수준 저하를 감내할 필요가 없다는 뜻이다. 뿐만 아니라, 화석 연료가 지배적인 에너지 인프라를 청정 에너지 기반 시설로 전환하는 과정에서 한국 에너지 소비자들은 비용 절감 혜택을 누릴 수 있다. 에너지 효율 향상에 대한 투자 결과 집에서 냉난방을 하거나, 조명을 켜거나, 운전을 할 때, 필요한 에너지의 양이 줄어들기 때문이다. 이미 살펴봤듯이 석탄, 석유, 천연가스를 태워 전기를 생산하는 것보다 재생에너지로 전기를 생산하는 비용이 평균적으로 낮다.<sup>45</sup>

**<표 2.7>**

**2022~2030년 대한민국 청정에너지 투자 프로젝트**

**A) 에너지 효율 투자**

1. 2030년 에너지 집약도 수준	3.1GDP 1,000조 원당 3.1 Q-BTU (GDP 1,000조 원당 4.6 Q-BTU 대비 31% 개선)
2. 총 에너지 소비량	7.9 Q-BTU (GDP 2,419조원 x 3.1 집약도 +10% 리바운드 효과로 0.3 Q-BTU)
3. 리바운드 효과 이전 BAU 대비 에너지 효율 개선	3.5 Q-BTU (=11.1 Q-BTU- 리바운드 효과 전 소비량 7.6 BTU)
4. 리바운드 효과 이후 BAU 대비 에너지 절약	3.2 Q-BTU (=11.1 Q-BTU- (리바운드 효과 전 소비량 7.6 Q-BTU + 리바운드 효과 0.3Q-BTU))
5. 에너지 효율 개선에 Q-BTU당 필요한 평균 투자금	Q-BTU당 35조원
6. 에너지 효율 개선에 필요한 예산	123조원 (=35조원 x 리바운드 효과 전 절약 3.5 Q-BTU)
7. 2021~2030년 매년 평균 필요 예산	14조원 (=123조원/9년)
8. GDP 중간값 대비 효율성 증대의 연평균 비용 (%)	0.6% (=14조원/2,191조원)

**B) 청정 재생에너지 투자**

1. 필요한 총 재생에너지 공급량	2.8 Q-BTU (=총 소비량 7.9 Q-BTU - 비재생에너지 공급량 5.1Q-BTU)
2. 2019년/2020년 수준 대비 재생에너지 공급량 확대	2.7 Q-BTU (=2.8 Q-BTU- 기존 재생에너지 공급량 0.1 Q-BTU)
3. 재생에너지 공급 확대를 위한 Q-BTU당 평균 투자 비용	Q-BTU당 213조원
4. 재생에너지 공급 확대 비용	575조원 (=2.7 Q-BTU x 213조원)
5. 2020~2030년 연평균 비용	64조원 (=575조원/9년)



6. GDP 중간값 대비 재생에너지 공급 확대를 위한  
연평균 비용 (%) 2.9%  
(=64조원/2,192조원)

**C) 전반적인 청정 재생에너지 투자: 효율 + 재생에너지**

1. 재생에너지 총 투자 비용	<b>698조원</b> (=에너지 효율 123조원+ 재생에너지 575조원)
2. 연평균 투자 비용	<b>78조원</b> (=698조원/9년)
3. GDP GDP 중간값 대비 연평균 투자 비용	<b>Q-BTU당 213조원</b>
4. 총 에너지 절약 또는 청정 재생에너지 용량 확대	<b>5.9 Q-BTUs</b> (리바운드 효과 후 에너지 절약 3.2 Q-BTU + 재생에너지 공급 확대로 인한 2.7 Q-BTU)

출처: 표 2.5~ 2.6

### III. 청정 에너지 투자 및 조림사업이 일자리 창출에 미치는 영향

[표 3.1] 과 [표 3.2] 는 한국의 에너지 효율 투자가 일자리 창출에 미치는 영향을 추산한 것이다. [표 3.3] 과 [표 3.4]는 재생에너지 투자 규모에 따른 경제 효과를 비교해 보여준다. 두 가지 다 10억원을 지출할 때 발생하는 일자리 창출 효과와, 2021~2030년 이 연구에서 제시한 규모(연평균 에너지 효율에 14조원, 재생에너지에 64조원)로 투자할 때 예상되는 일자리 창출 효과를 각각 제시한다.

#### 직접·간접·유도 고용 창출

[표3.1]~ [표3.4]의 일자리 창출 데이터를 검토하기 전에 청정에너지 투자를 통해 일자리가 창출되는 세 가지 경로를 간략히 설명한다. 직접, 간접 및 유도 고용 효과가 그것이다. 사실, 이 세 부류 일자리 창출의 원천은 청정에너지 투자를 포함한 경제 전반의 지출 증가와 관련이 있다. 이해를 돕기 위해, 이 세 카테고리를 가구 에너지효율화 또는 태양광 패널 설치에 대한 투자의 관점에서 설명한다.

1. **직접 효과:** 에너지 이용 효율을 높이는 건물 리모델링, 또는 태양광 패널 설치로 창출되는 일자리
2. **간접 효과:** 건물 리모델링이나 태양광 패널 설치를 위해 필요한 유리, 철강, 운송과 같은 중간재 공급 단계에서 창출되는 일자리. 즉, 청정에너지 투자 공급망 전반에 나타나는 고용 창출 효과.
3. **유도 효과:** 건설업이나 철강 산업에 종사하는 사람들이 다른 산업의 상품을 소비하면서 나타나는 고용 확장 효과로, 표준 거시경제 모델의 승수효과에 해당함.

[표 3.1]-[표 3.4]에서는 먼저 직간접 고용에 대한 예상치 및 총 합계를 제시한 후, 유도 고용 효과 예상치와 이를 포함했을 때의 총 고용 효과를 제시한다.

부록1에서 자세히 설명하는 것처럼, 직간접 일자리 창출 규모에 대한 추정치는 한국 경제의 투입 산출표에서 도출하였으며, 이는 한국은행의 최신 자료(2018년)에 근거한다. 이 투입 산출표를 바탕으로 계산된 ‘고용지출 비율’은 한국의 모든 경제 활동에 있어서 지출 대비 고용 창출 수치를 의미한다. 유도 고용 창출에 대한 추정치는 표준 거시경제 모델에 기반한다. 표준 거시경제 모델은 일자리 증가로 인해 새로운 근로 소득을 얻게 된 경제 참여자들이 가용한 소득의 상당 부분을 소비할 경우, 경제에 미치는 전반적인 지출 및 고용의 효과를 추정한다. 이는 ‘지출고용 승수효과’로도 알려져 있다. 부록1에서 설명하듯이, 이 보고서는 한국의 배출량 ‘제로(0)’ 프로젝트로 인한 유도 고용 효과를 보수적으로 제시하고 있으므로, 유도 고용 창출 효과가 청정에너지 투자로 인한 직간접 고용 효과를 합친 것의 40%로 가정한다.

청정에너지 투자로 인한 전반적인 고용 창출 효과를 제시한 후, 새로 창출된 일자리의 보상 수준과 상용직 일자리 비율 등 고용에 대한 질적 지표를 설명하고자 한다. 다음으로 교육수준과 각 부문별 여성 고용 비율 등 재생에너지 분야의 기존 노동력에 대한 인구통계학적 수치를 제시한다.

## 일자리 창출 효과 산출의 시간적 측면: 연간 고용 vs. 고용 연수

어떤 형태의 지출이든 일정한 기간 일자리를 창출하기 마련이다. 그러므로 해당 지출이 일자리에 미치는 영향을 이해하려면 고용 창출을 계산함에 있어서 시간적 측면을 고려해야 한다. 예를 들어, 1년 동안 100개의 일자리를 창출하는 프로그램과 10년동안 매년 지속적으로 100개의 일자리를 창출하는 프로그램은 구별되어야 한다.

이처럼 청정에너지 투자가 일자리 창출에 미치는 영향을 평가할 때 시간을 고려하는 것이 중요하다.

일자리 창출 규모 추정에서 시간적 측면을 나타낼 수 있는 두 가지 직접적인 방법이 있다. 하나는 ‘고용 연수’를 측정하는 것이다. 이는 고용이 창출돼 유지된 전체 기간에 해당 일자리의 연수를 모두 더한 것이다. 즉, 1년 동안 100개의 일자리를 만들었다면, 창출된 고용 연수가 100이 된다. 반대로, 100개의 일자리를 만들어 10년간 유지했다면, 창출된 고용 연수는 1,000이 된다.

동일한 숫자를 보고하는 다른 방법은 ‘연간 고용’을 계산하는 것이다. 이를 통해 연도별로 창출된 일자리에 대한 세부 정보를 확인할 수 있다. 위의 10년 투자 프로그램을 예로 들면, 10년 동안 연간 100개의 일자리가 창출되는 효과가 있다고 말할 수 있다.

이번 연구에는 연간 고용을 측정 기준으로 삼는 것이 적합하다. 그 이유는 청정 에너지를 포함한 새로운 투자 프로그램이 특정 시점의 노동시장 환경에 영향을 미치기 때문이다. 여러 해에 걸친 일자리 창출량의 누적치를 계산하게 되면, 특정 시점에 투자가 고용 시장에 어떤 영향을 미치는지 확인하기 어렵다. 앞으로 살펴보겠지만, 이번 보고서에서 제안하는 투자 프로그램을 통해 2022~2030년 한국에서 연평균 86만 개의 일자리를 창출할 수 있을 것으로 보인다. 이 수치를 한국 노동 시장에 대입해 보면, 2020년 한국의 경제활동인구가 2,840만명이기 때문에, 다른 모든 조건이 동일하다고 가정하면 경제활동 인구가 3% 증가하게 될 것이다. 하지만 연간 고용이 아닌 고용 연수로 계산하면, 9년간의 투자를 통해 전체 기간 일자리 창출량이 총 770만개 이상으로 집계된다. 2020년 기준 경제활동인구 2,840만명인 점을 감안하면, 이 770만이라는 숫자는 오해를 일으킬 소지가 있다. 2022~2030년 투자 프로그램으로 인한 누적 창출량 770만개가 얼마나 되는 것인지 가능하기 위해서는, 해당 기간 한국 경제 전체의 고용 연수를 산출해 비교해 봐야 한다. 하지만 그러한 수치는 특정 시점의 노동 시장 상황을 명확하게 드러내지도 않고, 유용성도 떨어진다.

## 에너지 효율 투자를 통한 일자리 창출

[표 3.1]은 빌딩 에너지 효율 제고, 산업 효율성 제고, 전력망 개선, 대중교통 수단 확충 및 개선, 전기차 수소연료전지차 등 고효율 자동차 확대 등 에너지 효율 관련 5개 분야에서 투자금액 10억원당 창출되는 일자리 수를 나타낸다. 10억원당 직간접적으로 창출되는 일자리 수는 6.9개(탄소제로 자동차 확대)~11.9개(대중교통 수단 확충 및 개선)다.

[표 3.2]는 2022~2030년 에너지 효율화에 연평균 14조원을 투자할 경우 고용 창출 효과를 나타낸다. 전체 예산을 각 분야별로 20%씩 균등하게 투자한 것으로 가정했다. 이 같은 가정 하에서 연간 14조원의 투자는 직접 고용 6만 8,320개, 간접 고용 6만 2,720개 등 총 13만 1,040개의 일자리 창출로 이어질 것으로 예상된다. 이밖에 5만 2,360개의 유도 고용 일자리가 추가적으로 생겨나 전체 고용 창출 효과는 18만 3,400개에 이를 것으로 보인다.

<표3.1>

에너지 효율 투자로 인한 국내 일자리 창출 효과  
에너지 효율 투자 10억원당 창출되는 일자리 수

	직접 고용	간접 고용	직·간접 고용	유도 고용 (=각카테고리, 연평균2.5%성장)	직·간접 고용+ 유도 고용
빌딩 에너지 효율 제고	6.0	5.6	11.6	4.6	16.2
산업 효율성 제고	4.7	4.1	8.8	3.5	12.3
전력망 개선	3.5	4.1	7.6	3.0	10.6
철도 등 대중교통 수단 확충/개선	8.1	3.8	11.9	4.8	16.7
고효율 자동차 확대 (전기차 수소연료전지차)	2.1	4.8	6.9	2.8	9.7

출처: 부록 I 참조.

<표3.2>

에너지 효율 투자로 인한 국내 일자리 창출 효과  
에너지 효율 투자 10억원당 창출되는 일자리 수

에너지 효율 분야별 투자 비중

- 빌딩 에너지 효율 제고 20%
- 산업 효율성 제고 20%
- 전력망 개선 20%
- 대중교통 수단 확충/개선 20%
- 탄소제로 자동차 확대 20%

	투자금액 (원)	직접 고용	간접 고용	직·간접 고용	유도 고용 (직·간접 고용의 40%)	직·간접 고용 +유도 고용
빌딩에너지 효율제고	2조 8,000억원	16,800	15,680	32,480	12,880	45,360
산업 효율성 제고	2조 8,000억원	13,160	11,480	24,640	9,800	34,440
전력망 개선	2조 8,000억원	9,800	11,480	21,280	8,400	29,680
철도 등 대중교통 수단 확충/개선	2조 8,000억원	22,680	10,640	33,320	13,440	46,760
고효율 자동차 확대	2조 8,000억원	5,880	13,440	19,320	7,840	27,160
<b>계</b>	<b>14조원</b>	<b>68,320</b>	<b>62,720</b>	<b>131,040</b>	<b>52,360</b>	<b>183,400</b>

출처: <표 2.7>, <표 3.1> 참조

## 청정 재생에너지 투자를 통한 일자리 창출

[표 3.3]은 지역사회용 상업용 주거용 육상 태양광, 발전소급 육상 태양광, 발전소급 해상 태양광, 해상풍력, 육상풍력, 저배출 바이오에너지, 조력, 소수력, 지열 등 9개 청정 재생에너지 분야별 고용 창출 효과를 나타낸다. 투자비 10억원당 직간접적으로 창출되는 일자리 수는 5.3개(발전소급 해상 태양광)~16.2개(저배출 바이오에너지)다. 유도 고용까지 감안하면 7.4개(유틸리티급 해상 태양광)~22.7개(저배출 바이오에너지) 수준이다.

[표 3.4]는 이 같은 수치를 기반으로 2022~2030년 청정 재생에너지에 연평균 64조원을 투자할 때 고용 창출 효과를 나타낸다. 분야별 투자 비중은 지역사회용 상업용 주거용 육상 태양광 35%, 발전소급 육상 태양광 25%, 발전소급 해상 태양광 5%, 해상풍력 14%, 육상풍력 16%이고, 저배출 바이오에너지, 조력, 소수력, 지열의 비중은 각각 1.25%로 가정하였다.

대규모 청정 재생에너지 공급 확대에 의한 직간접적 고용 창출 규모는 신규 일자리 43만 2,380개에 이를 것으로 예상된다. 유도 고용을 포함한 전체 고용 효과는 60만 6,380개에 달한다.

<표 3.3>

청정 재생에너지 투자로 인한 국내 일자리 창출 효과  
 청정 재생에너지 투자 10억원당 창출되는 일자리 수

	직접 고용	간접 고용	직·간접 고용	유도 고용 (직·간접 고용의 40%)	직·간접 고용+ 유도 고용
지역사회용상업용주거용육상태양광	2.9	3.3	6.2	2.5	8.7
발전소급 육상 태양광	2.8	3.1	5.9	2.4	8.3
발전소급 해상 태양광	2.5	2.8	5.3	2.1	7.4
해상풍력	3.6	4.1	7.7	3.1	10.8
육상풍력	3.6	4.2	7.8	3.1	10.9
저배출 바이오에너지	12.6	3.6	16.2	6.5	22.7
조력	3.3	3.6	6.9	2.8	9.7
소수력	4.9	4.1	9.0	3.6	12.6
지열	5.1	4.4	9.5	3.8	13.3

출처: 부록 I 참조.

<표3.4>

청정 재생에너지 투자로 인한 국내 연간 일자리 창출 효과 (2022~2030년)  
 연평균 64조원 규모의 청정 재생에너지 투자로 창출되는 일자리 수

청정 재생에너지 분야별 투자 비중

- 지역사회용 상업용 주거용 육상 태양광 35%
- 발전소급 육상 태양광 25%
- 발전소급 해상 태양광 5%
- 해상풍력 14%
- 육상풍력 16%
- 저배출 바이오에너지 1.25%
- 조력 1.25%
- 소수력 1.25%
- 지열 1.25%

	투자금액(원)	직접 고용	간접 고용	직·간접 고용	유도 고용 (직간접 고용의 40%)	직·간접 고용 +유도 고용
지역사회용 상업용 주거용 육상 태양광	22조 4,000억원	64,960	73,920	138,880	56,000	194,880
발전소급 육상 태양광	16조원	44,800	49,600	94,400	38,400	132,800
발전소급 해상 태양광	3조 2,000억원	8,000	8,960	16,960	6,720	23,680
해상풍력	9조원	32,400	36,900	69,300	27,900	97,200
육상풍력	10조 2,000억원	36,720	42,840	79,560	31,620	111,180
저배출 바이오에너지	8,000억원	10,080	2,880	12,960	5,200	18,160
조력	8,000억원	2,640	2,880	5,520	2,240	7,760
소수력	8,000억원	3,920	3,280	7,200	2,880	10,080
지열	8,000억원	4,080	3,520	7,600	3,040	10,640
<b>계</b>	<b>64조원</b>	<b>207,600</b>	<b>224,780</b>	<b>432,380</b>	<b>174,000</b>	<b>606,380</b>

출처: [표 2.], [표 3.3] 참조.

[표 3.5]는 2022~2030년 에너지 효율과 청정 재생에너지 두 부문에 연간 78조원을 투입할 경우의 고용 효과를 나타낸다. 직간접 고용 수치와 유도 고용이 포함된 전체 노동인구 수치를 별도로 표기하였다.

[표 3.5]의 열다섯째 열에 따르면 2022~2030년 연평균 직간접 고용 규모는 56만 3,420개, 유도 고용을 포함할 경우 78만 9,780개이다. 새롭게 창출되는 일자리는 2020년 기준 전체 노동인구 대비 각각 2.0%, 2.8%이다.<sup>46</sup>

<표 3.5>

에너지 효율 및 청정 재생에너지 투자로 인한 국내 연간 일자리 창출 효과  
2022~2030년 연평균 수치

투자 부문	직·간접 고용	직·간접 고용 + 유도 고용
<b>에너지 효율 14조원</b>		
1) 빌딩 에너지 효율 제고	32,480	45,360
2) 산업 효율성 제고	24,640	34,440
3) 전력망 개선	21,280	29,680
4) 대중교통 수단 확충 및 개선	33,320	46,760
5) 탄소제로 자동차 확대	19,320	27,160
6) 에너지 효율 전체 고용 효과	131,040	183,400
<b>청정 재생에너지 64조원</b>		
7) 태양광 전체	250,240	351,360
8) 풍력 전체	148,860	208,380
9) 저배출 바이오에너지	12,960	18,160
10) 조력	5,520	7,760
11) 소수력	7,200	10,080
12) 지열	7,600	10,640
13) 청정 재생에너지 전체 고용 효과	432,380	606,380
14) 계(6+13)	563,420	789,780
15) 2020년 기준 전체 노동인구(2,840만) 대비 비율	2.0%	2.8%

## 일자리 질 및 노동자 성격

[표 3.6]은 국내 에너지 효율 및 청정 재생에너지 투자를 통해 창출되는 일자리의 질에 대한 기본 지표를 제공한다. 여기에는 1)총 보상(임금 및 복리후생)과 2)“상용직(regular jobs)” 비율이 포함된다. 상용직은 1년 이상 또는 무기 근로계약을 체결한 고용 형태이다. 대부분의 상용직은 실업보험, 산재보험, 국민건강보험, 국민연금, 퇴직금 등 사회보험 혜택을 보장 받는다. 이에 비해 “비상용직(non-regular jobs)”은 임시직, 일용직, 대기근로(on call jobs), 하도급, 독립계약직, 자영업 등을 포괄한다.<sup>47</sup>



여기 실린 수치는 에너지 효율 및 청정 재생에너지 분야의 직종별 노동자 현황을 나타낸다. 물론 이들 수치는 변할 수 있다. 특히 에너지 효율 및 재생에너지 투자가 대규모로 확대 관련 부문 취업기회가 늘어날 것을 감안하면 더욱 그렇다. 투자 확대에 따른 에너지 효율 및 재생에너지 부문의 고용 증가는 임금 및 복리후생을 개선하는 계기가 될 수 있다.

이 보고서는 국내 에너지 효율 및 재생에너지 투자를 통해 창출되는 직접 고용에 주안점을 두고 있다. 직접 고용은 태양광 지붕 패널 설치와 같은 에너지 전환 사업에 실질적으로 관여된 일자리를 뜻한다. 이에 반해 간접 고용, 또는 공급망 단계의 노동자는 청정에너지 전환과는 관계없는 분야의 일을 병행할 수도 있다. 육상 사업용 태양광 패널을 운송하는 트럭 운전자를 예로 들 수 있는데, 이 노동자는 같은 주에 가구를 판매자로 배송하는 일을 할 수도 있다. 따라서 직접 고용의 형태로 창출된 일자리가 청정에너지 경제 구축으로 인해 생겨난 기회를 오롯하게 반영하고 있을 가능성이 크다. 간접 및 유도 고용의 경우, 그러한 특성이 희석되기 쉽다. 경제 전반의 승수효과로 인해 창출되는 유도 고용 일자리의 특성은 현재 한국 전체 노동인구의 전반적인 특성을 반영하는데 그칠 것이다.

이 보고서는 직접 고용을 중심으로 세 가지 태양광 분야 (지역사회용 상업용 주거용 육상 태양광, 발전소급 육상 태양광, 발전소급 해상 태양광)의 통합 수치를 제시한다. 풍력의 경우, 해상과 육상이 합쳐진 수치다. 3개 태양광 분야와 2개 풍력 분야의 일자리 질과 노동자 특성은 매우 유사하다.\*

**<표 3.6>**  
**일자리 질 지표: 에너지 효율 재생에너지 부문과 산업 전체**  
 직접 고용 일자리에 한함

	평균 연봉(임금 및 복리후생)	상용직 비율
<b>에너지 효율 부문</b>		
빌딩 에너지 효율 제고 (16,800명)	3,240만원	30.3%
산업 효율성 제고 (13,160명)	4,260만원	82.6%
전력망 개선 (9,800명)	3,810만원	80.7%
대중교통 (22,680명)	4,000만원	68.0%
탄소제로 자동차 (5,880명)	4,360만원	90.7%
<b>청정 재생에너지 부문</b>		
태양광 전체 (117,760명)	4,080만원	351,360
풍력 전체 (69,120명)	3,690만원	208,380
저배출 바이오에너지 (10,080명)	3,110만원	18,160
조력 (2,640명)	4,040만원	7,760
소규모 수력 (3,920명)	4,180만원	10,080
지열 (4,080명)	4,170만원	10,640
<b>국내 산업 전체</b>	<b>3,210만원</b>	<b>51.8%</b>

참고: 상용직은 1년 이상 또는 무기 근로계약을 체결한 고용 형태이다. 대부분의 상용직은 실업보험, 산재보험, 퇴직금 등 사회보험 혜택을 받는다.

출처: 전체 노동인구에 대한 수치는 2019년 지역별 고용조사(LLFS)를 바탕으로 한다. 부문별 수치는 2019년 지역별 고용조사, 2015년 경제총조사, 한국은행 경제통계시스템을 참고하였다. 자세한 내용은 부록 1 참조

11개 전체 투자분야(에너지 효율 부문 5개, 재생에너지 부문 6개) 중 9개 분야의 복리후생을 포함한 연봉 수준은 3,690만~4,360만원으로 대략 비슷하다. 나머지 2개 분야는 임금 수준이 현저하게 낮은 빌딩 에너지 효율 제고(3,250만원)와 바이오에너지(3,110만원) 분야다. 이 두 분야의 일자리는 비상용직 비율이 높는데, 노동자 가운데 상용직 비율은 각각 30%, 46%에 불과하다. 나머지 9개 투자 분야의 상용직 비율은 68%(지열)~91%(자동차 제조)이다.

이 같은 일자리 질 지표들 전체 노동인구에 대한 산업 전반의 평균 수치와 비교해 보는 것이 좋다. 국내 전체 노동인구의 평균 연봉 수준(3,210만원)은 저소득 청정에너지 분야인 빌딩 에너지 효율 제고, 또는 바이오에너지 일자리와 비슷하다. 국내 전체 노동인구 가운데 상용직의 비율(52%)은 바이오에너지 분야 수치와 비슷하고, 빌딩 에너지 효율 제고 분야(30%)보다는 높다. 전반적으로 봤을 때 현재 국내의 에너지 효율 및 재생에너지 부문 종사자의 임금과 복리후생을 포함한 고용계약 조건은 국내 전체 노동인구의 평균보다 월등히 좋다고 할 수 있다.

### 노동자 특성: 학력수준 및 성별

[표 3.7]은 에너지 효율 및 재생에너지 부분의 세부 분야별 노동자 학력수준과 성비를 나타낸다. 11개 투자분야 중 이번에도 빌딩 에너지 효율 제고와 바이오에너지 분야의 학력수준이 타 분야와 격차를 보인다. 이 두 분야는 나머지 9개 분야에 비해 고졸 이하 노동자 비율이 상대적으로 높으며(60% 이상), 대졸 이상은 상대적으로 낮다(25~30%). 나머지 분야에서는 고졸 이하와 대졸 이상의 비율이 각각 34~50%, 33~53% 수준이다. 국내 전체 노동인구의 학력수준은 세부 분야별로 분포된 수치의 중간 정도로, 고졸 이하가 차지하는 비중이 약 48%, 대졸 이상은 38%이다. 에너지 효율 및 재생에너지 분야의 학력수준 분포는 관련 활동이 대규모로 확대될 경우, 모든 학력수준의 노동자들에게 취업기회가 넓어질 수 있음을 시사한다.

<표 3.7>

노동자 특성: 에너지 효율 재생에너지 부문과 전체 국내 경제  
직접 고용 일자리에 한함

	학력수준			여성 노동자 비율
	고졸 이하	전문대졸	대졸 이상	
<b>에너지 효율 부문</b>				
빌딩 에너지 효율 제고 (16,800명)	65.2%	9.1%	25.7%	30.3%
산업 효율성 제고 (13,160명)	33.6%	13.9%	52.5%	22.1%
전력망 개선 (9,800명)	44.4%	18.3%	37.3%	24.5%
대중교통 (22,680명)	46.5%	13.1%	40.4%	13.1%
탄소제로 자동차 (5,880명)	43.7%	19.9%	36.3%	20.3%

청정 재생에너지 부문				
태양광 전체 (117,760명)	44.3%	18.3%	37.4%	21.5%
풍력 전체 (69,120명)	50.5%	16.4%	33.1%	20.1%
저배출 바이오에너지 (10,080명)	61.1%	8.6%	30.2%	24.5%
조력 (2,640명)	44.0%	15.3%	40.6%	19.8%
소규모 수력 (3,920명)	37.9%	10.7%	51.4%	21.5%
지열 (4,080명)	47.1%	11.5%	41.3%	15.2%
국내 산업 전체	47.7%	14.2%	38.1%	43.0%

출처: 전체 노동인구에 대한 수치는 2019년 지역별고용조사(LLFS)를 바탕으로 한다. 부문별 수치는 2019년 지역별고용조사, 2015년 경제총조사, 한국은행 경제통계시스템을 참고하였다. 자세한 내용은 부록 1 참조.

종사자 성비의 경우, 에너지 효율 및 재생에너지 11개 분야 전체에서 남성 노동자 비율이 절대적으로 높다. 전력망 개선과 바이오에너지 분야에서 여성 노동자 비율이 그나마 높지만, 이마저 25%에 그친다. 여성 노동자 비율이 가장 낮은 분야는 빌딩 에너지 효율 제고 분야로, 전체 노동자의 8%만이 여성이다. 이러한 수치는 전체 산업의 평균 여성 비율(43%)을 크게 밑도는 수준이다.

전반적으로 봤을 때, 국내 에너지 효율 및 재생에너지 부문 노동인구의 강점은 11개 관련 분야에 다양한 학력수준을 지닌 인력이 포진해 있다는 점이다. 하지만 여성 노동자 비율이 전반적으로 낮다는 점은 아쉽다.

## 조림사업 및 일자리 창출

앞서 1장에서 언급한 바와 같이, 문재인 대통령은 2050년 탄소중립 달성을 위한 한국 정부의 주요 사업으로 조림사업을 강조했다. 문 대통령은 2021년 11월 1일 개최된 COP26 기조연설에서 “한국은 (중략) 2018년 대비 온실가스를 40% 이상 감축하겠다”고 밝히며 조림사업을 강조했다. 그는 “산림복원 협력에 앞장서겠다. 나무는 살아있는 온실가스 흡수원으로, 나무를 키우고 산림을 되살리는 일은 기후위기 대응의 중요한 해결책”이라고 말했다.

기조연설에서 조림사업의 구체적인 내용이 언급되지 않았으나, 2021년 1월 산림청은 일부 세부사항이 담긴 추진전략을 공개했다. 다른 설명이 없는 한, 이 보고서에서 다룬 조림사업과 해당 사업에 대한 비판적인 평가의 근거는 2021년 5월 17일자 중앙일보 기사를 바탕으로 한다.<sup>48</sup>

추진전략에 대한 비판이 일자 산림청은 2021년 6월 사업 추진에 앞서 수 차례의 공청회를 열겠다고 밝혔다.<sup>49</sup> 그러나 2021년 1월 발표 이후로 수정계획을 공개한 적은 없는 것으로 파악된다. 그럼에도 불구하고 발표된 계획의 주요 내용을 검토해 볼 필요는 있다.

산림청은 30년간 30억 그루의 나무를 심는다는 목표를 세웠다. 이 가운데 26억 그루는 산림에, 1억 그루는 도시 내 숲에, 나머지 3억 그루는 북한 등 다른 나라에 식재할 계획이다.

산림청의 계획을 평가하려면 어느 정도 배경 지식이 필요하다. 한국은 1955~1980년 대대적인 조림사업을

추진했다. 그 결과, 산림면적이 국토면적의 35%에서 65%로 크게 늘었다. 현재 국토면적 대비 산림 비율은 63%로, 1980년의 최고치보다는 다소 낮은 수준이다.<sup>50</sup>

현 계획대로라면 한국의 국토면적의 산림 비율은 더 이상 증가하지 않는다. 산림청 계획은 수령이 오래된 나무를 더 빨리 베어내고, 그 자리에 나무를 새로 심는 두 부분으로 크게 나뉜다. 한국은 이들 두 조치를 동시에 추진하여 탄소 흡수원을 확충할 계획이다. 이러한 계획은 다음과 같은 논리를 근거로 한다. 한국 산림의 대부분은 1980년대에 종료된 조림사업 당시 조성되었기 때문에 이산화탄소 흡수능력이 한계에 도달했다. 이에 비해 새로 심은 어린 나무는 30~40년간 성장하면서 빠르게 이산화탄소를 흡수할 수 있다. 벌목한 나무는 펄프 등으로 에너지를 생산하기보다 건축자재 등으로 활용하게 된다.

하지만 나무를 심은 지 40년이 지나면 이산화탄소 흡수 능력이 떨어진다는 주장을 뒷받침하는 연구 문헌은 많지 않다. 오히려 미국 산림청은 탄소 흡수량 측면에서 보자면 수령 45~95년 나무가 수령 45년 미만 나무와 거의 동일하거나, 하층 식생과 쓰러진 고사목의 영향을 감안하면 오히려 더 클 수도 있다고 밝혔다. 최근 연구결과에 따르면, 200년 이상 된 산림도 연간 1.6~2.4톤의 탄소를 흡수할 수 있는 것으로 나타났다. 물론 탄소흡수량은 수종과 지리적 위치에 따라 다르고, 한국 산림은 미국 산림과는 차이가 있다. 하지만 이러한 차이를 감안하더라도 수령 40년이 된 나무가 더 이상 주요 탄소흡수원 역할을 할 수 없다고 보기는 어렵다.<sup>51</sup> 또한 벌목한 나무를 연료로 사용할 경우, 석탄 발전과 비슷한 수준의 이산화탄소가 배출된다.<sup>52</sup>

산림청은 조림사업으로 인한 이산화탄소 흡수량이 30년간 2,070만 톤에 이를 것으로 추정했다.<sup>53</sup> 이 추정치가 정확하다면, 조림사업을 2021년 시작해 30년 후인 2050년에 종료할 경우, 이산화탄소 흡수량은 한국의 2019년 배출량(6억 3,100만 톤)의 3%에 해당하는 미미한 수준이다. 이번 연구에서는 이미 2022년이 됐다는 것을 감안해 계획을 조금 수정했다. 사업 종료시점은 원래대로 2050년으로 두되, 당초 계획과는 달리 2022년에 시작하여 29년간 사업을 진행하는 것으로 가정했다.

물론 이산화탄소 흡수가 사업 종료시점인 2050년에만 이루어지는 것은 아니다. 새로 심은 나무는 성장을 시작하는 순간부터 이산화탄소 흡수를 시작한다. 29년간 꾸준한 속도로 총 27억 그루를 심는다고 가정할 때, 연간 식재량은 9,300만 그루이다. <표 3.8>에서 보듯이 누적 식재량이 2022년 9,300만 그루, 2023년 1억 8,600만 그루, 2024년 2억 7,900만 그루로 증가함에 따라 이산화탄소 흡수량도 매년 늘어난다. 정부 연구진이 예상한 것처럼 2050년 총 흡수량이 2,070만 톤에 달할 경우, 흡수량은 2023년 70만 톤에서 시작해 2024년 150만 톤, 2025년 220만 톤 등으로 늘어난다. 사업기간인 29년 동안 누적 이산화탄소 흡수량은 3억 톤이며, 연평균 흡수량은 1,040만 톤이다.

**<표 3.8>**  
 정부의 2022~2050년 조림사업에 따른 식재량 및 이산화탄소 흡수량  
 • 29년간 27억 그루 식재 예정  
 • 연간 9,300만 그루 식재 기준

	누적 식재량 (그루)	연간 이산화탄소 순 흡수량 (백만 톤)	누적 이산화탄소 흡수량 (백만 톤)
2022	9,300만	0	0
2023	1억 8,600만	0.7	0.7
2024	2억 7,900만	1.5	2.2
2025	3억 7,200만	2.2	4.4

2026	4억 6,500만	3.0	7.4
2027	5억 5,800만	3.7	11.1
2028	6억 5,100만	4.4	15.5
2029	7억 4,400만	5.2	20.7
2030	8억 3,700만	5.9	26.6
2031	9억 3,000만	6.7	33.3
2032	10억	7.4	40.7
2033	11억	8.1	48.8
2034	12억	8.9	57.7
2035	13억	9.6	67.3
2036	14억	10.4	77.6
2037	15억	11.1	88.7
2038	16억	11.8	100.5
2039	17억	12.6	113.1
2040	18억	13.3	126.4
2041	19억	14.0	140.5
2042	20억	14.8	155.3
2043	20억 5,000만	15.5	170.8
2044	21억	16.3	187.0
2045	22억	17.0	204.0
2046	23억	17.7	221.8
2047	24억	18.5	240.3
2048	25억	19.2	259.5
2049	26억	20.0	279.5
2050	27억	20.7	300.2
연평균	----	10.4	----
30년간 누적수치	27억	----	300.2

출처: 본 수치는 산림청 자료(2021)를 토대로 작성되었다.

다시 말해, 29년에 걸친 총 흡수량과 연간 흡수량을 감안할 때, 산림청 조림계획이 한국의 이산화탄소 배출 감소에 기여하는 효과는 아주 미미할 것으로 예상된다. 30년 간 누적 흡수량(3억 톤)은 한국의 현재 1년 이산화탄소 배출량의 절반을 밑돌며, 연간 평균 흡수량(1,040만 톤)은 현 배출량의 1.6%에 지나지 않는다.<sup>54</sup>

## 예상 소요예산

연구진이 파악한 바로는 정부는 아직 조림사업 예산을 공개하지 않았다. 5월 17일자 중앙일보 기사는 정부의 추정예산이 6조원(53억 달러)이라고 보도했다.<sup>55</sup> 사업이 29년에 걸쳐 진행된다고 가정할 때, 연간 사업예산은 약 2,150억원 수준이다. 하지만 예산의 산출내역은 해당 기사뿐 아니라, 연구진이 파악한 바로는, 그 어디에도 공개돼 있지 않다.

전 세계 지역별로 조림을 통한 탄소 흡수원 확충에 따른 소요예산을 추정한 관련 연구문헌을 토대로 예산을 추산해볼 수는 있다. Fuss 등이 2018년 발표한 연구에 따르면, 한국에서 산림 복원을 통해 1톤의 탄소를 흡수하도록 만드는 데 소요되는 비용은 4만 7,240~5만 9,050원(40~50달러)이다. 이를 바탕으로 계산하면, 총 27억 그루를 식재하는 조림사업의 전체 예산은 14조 6,000억~18조 3,000억원 사이로, 언론에 보도된 6조원보다 2.4~3배 큰 금액이다.<sup>56</sup> 연평균 사업비로 환산하면 5,050억<sup>57</sup>(총액 14조 6,000억원 기준)~6,310억(총액 18조 3,000억원 기준)원에 이를 것으로 추정된다.

예산 추정치 가운데 어느 쪽이 신뢰도가 더 높은지를 판단할 추가 정보는 없다. 하지만 더 높은 수치인 연간 6,310억원이라고 하더라도, 2021~2050년 한국 평균 GDP의 0.01%를 하회하는 수준이다. 따라서, 탄소중립 계획으로서 조림사업은 한국의 경제 규모나 2050년 탄소중립 계획에 비춰서 여러모로 미흡하다고 할 수 있다.

## 고용 창출

연구진은 예산 추정치를 바탕으로 조림사업이 일자리 창출에 미치는 영향을 예측했다. 앞서 에너지 효율 및 재생에너지 투자 영향을 예측하는데 사용된 투입산출표가 이번에도 사용되었다. <표 3.9>는 예측결과를 나타낸다.

<표 3.9>에서 보듯이 조림은 상대적으로 노동집약적인 활동이다. 예산 투입 10억원당 직간접적으로 창출되는 일자리 수는 13.5개이며, 유도 고용을 포함하면 총 18.9개이다. 이는 에너지 효율 투자 부문 중 노동집약도가 가장 높은 대중교통 수단 확충의 10억원당 고용 효과(16.9개)보다 높은 수준이다. 육상 태양광 에너지 부문(약 8개)에 비해서는 2배 이상 높다.

<표 3.9>

조림사업으로 인한 국내 일자리 창출 효과

연간 평균 6,310억원 규모 조림사업 (2022~2050년) 추진 시 창출되는 일자리 수

	직접 고용	간접 고용	직·간접고용	유도고용 (직간접고용의40%)	직·간접고용+ 유도고용
예산 투입 10억원당 창출되는 일자리 수	9.4	4.1	13.5	5.4	18.9
연간 6,310억원 투입 시 창출되는 일자리 수	5,930	2,590	8,520	3,410	11,930

출처: 부록 I 참조

한국의 조립사업 예산이 이 보고서의 최고 추정치인 연간 6,310억원 규모일 경우, 직간접적으로 창출되는 일자리 수는 8,520개이며, 유도 고용을 포함한 전체 고용 창출 효과는 총 1만 1,930개이다.

이는 앞서 살펴 본 2022~2030년 에너지 효율 사업 투자로 인한 고용창출 효과(약 79만개)에 비하면 상당히 미미하다. 2021~2030년 에너지 효율 및 재생에너지 관련 연간 투입 예산은 78조원인데 비해, 조립사업의 연간 예산은 최고 추정치를 가정해도 청정 에너지 투자 예산의 0.7%(6,310억원)에 지나지 않기 때문이다.

## 일자리 질 및 노동자 특성

[표 3.10]은 한국 산림 부문의 일자리의 질 및 노동자 특성 현황을 나타낸다. 표에서 알 수 있듯이 이 부문의 일자리는 상대적으로 소득 수준이 낮다. 평균 연봉 및 복리후생(2,930만원)은 전체 산업 평균(3,210만원) 보다 9%가량 낮다. 또한 산림 부문 종사자의 상용직비율은 약 42%에 지나지 않는다. 산림 부문 일자리가 상대적으로 저소득인 이유 중 하나로 주간 근로시간이 짧은 임시직 고령 근로자 비중이 큰 것을 들 수 있다.

산림 부문 종사자의 학력수준은 고졸 이하가 약 60%를 차지한다. 대졸 이상 비율은 28%에 그친다. 여성 노동자 비율은 25%에 지나지 않는다. 여성 비율은 대부분의 에너지 효율 및 재생에너지 분야에 비해 높은 수치이지만, 국가 전체 평균(43%)에는 훨씬 못 미친다.

정부의 조립사업은 상대적으로 규모가 미미하지만, 산림 부문의 임금, 복리후생 및 근무조건 개선에 기여하고, 여성에게는 새로운 기회를 제공할 것으로 보인다.

### <표3.10>

국내 산림 부문의 일자리 질 지표 및 노동자 특성  
직접 고용에 한함

A) 일자리 질 지표	평균 연봉 (원) (임금 및 복리후생)	상용직비율
산림 부문 종사자 (5,930명)	2,930만	42.5%
국내 산업 전체	3,210만	51.8%

참고: 상용직은 1년 이상 또는 무기 근로계약을 체결한 고용 형태이다. 대부분의 상용직은 실업보험, 산재보험, 퇴직금 등 사회보험 혜택이 보장된다.

출처: 전체 노동인구에 대한 수치는 2019년 지역별고용조사(LLFS)를 바탕으로 한다. 부문별 수치는 2019년 지역별고용조사, 2015년 경제총조사, 한국은행 경제통계시스템을 참고하였다. 자세한 내용은 부록 1 참조.

### B) 노동자 특성

	학력수준			여성 노동자 비율
	고졸 이하	전문대졸	대졸 이상	
산림 부문 종사자 (5,930명)	58.6%	13.2%	28.2%	24.3%
국내 산업 전체	47.7%	14.2%	38.1%	43.0%

출처: 전체 노동인구에 대한 수치는 2019년 지역별고용조사(LLFS)를 바탕으로 한다. 부문별 수치는 2019년 지역별고용조사, 2015년 경제총조사, 한국은행 경제통계시스템을 참고하였다. 자세한 내용은 부록 1 참조.



## 화석연료 에너지 수입의 단계적 종단을 통한 일자리 창출

앞서 언급한 바와 같이, 한국은 석유, 석탄, 천연가스 일체를 해외에서 수입하는 국가이다. 2019년 에너지 생산을 위한 화석연료 수입액은 당시 GDP의 3.5% 수준인 약 67조원에 달했다. 2002~2019년 GDP 대비 화석연료 수입액 비율의 중간값은 이보다 높은 3.8%였다.<sup>58</sup>

화석연료 소비를 단계적으로 중단하고 국내에서 생산한 재생에너지로 이를 대체하고자 하는 정부 차원의 사업은 고용에 상당한 영향을 미칠 것이다. 이로 인해 한국 경제의 총 수입이 줄어드는 대신 내수 시장에서 발생하는 지출이 증가할 것으로 예상된다. 화석연료뿐 아니라 모든 부분에서 해외 수입 대신 국내에서 소비 금액이 늘수록 고용에 긍정적인 영향을 주는 것이 일반적이다. 한국에서 모든 유형의 지출을 통해 창출되는 평균 일자리 수는 지출액 10억원당 9.5개이다. 화석연료를 수입하는 데 10억원을 쓰는 대신 그 돈을 내수시장에서 소비하면, 국내에 9.5개의 신규 일자리가 생긴다는 의미이다.

이를 바탕으로 2050년까지 한국의 평균 에너지 수입액이 GDP의 3.8% 규모에서 0%로 줄어들 때, 고용에 미치는 영향을 추정했다. 한국이 2050년 넷제로를 달성한다면 화석연료 수입액도 0으로 감소하는 것을 전제로 한 것이다.

이 보고서는 한국이 이산화탄소 배출량을 45% 감축하는 것을 목표로 하는 2022~2030년, 화석연료 수입의 단계별 종단이 고용에 미치는 영향에 대해 초점을 맞추고 있다. 뒤에 5장에서는 한국이 2050년까지 넷제로 달성을 향해 나아간다는 전제 하에, 2031~2050년의 시나리오를 같은 관점에서 짚어볼 예정이다.

그리고 한국의 에너지 전환이 수입에 미치는 전체적인 영향을 예측하기 위해 한가지 요소를 추가로 도입했다. 에너지 효율성 제고와 청정 재생에너지 확대를 위한 국가 차원의 투자가 수입 증가를 얼마만큼 수반할 것인가가 그것이다. 2장에서는 2030년까지 이산화탄소 배출량을 45% 감축하기 위해서는 2022~2030년 에너지 효율성 제고와 청정 재생에너지 확대를 위한 투자 규모가 평균 GDP의 3.6% 수준이 되어 한다고 전망했다. 이 가운데 청정에너지 확대를 위한 투자금의 최대 15%가 해외 수입 비용으로 쓰일 것으로 예상된다.<sup>59</sup> 즉, 2022~2030년 에너지 효율성 제고와 재생에너지 확대 투자에서 해외 수입이 차지하는 평균 비중은 GDP의 약 0.6%에 이를 것으로 추정된다( $GDP의 3.6\% \times 0.15 = 0.54\%$ ).

[표 3.11]은 2030년까지 화석연료 에너지 수입액을 45% 감축하는 데 따른 순고용 효과를 수식을 통해 제시하고 있다. 수치 산정 방식은 다음과 같다.

- 둘째 열은 2장에서 제시한 대로 한국의 연평균 경제성장률을 2.5%로 가정해 2022~2030년의 연간 GDP를 나타낸다.
- 셋째 열은 2022~2030년 온실가스 배출 전망치(BAU)에 따른 한국의 연간 에너지 수입액을 나타낸다. 온실가스 배출 전망치에 따라 2022~2030년 한국의 화석연료 에너지 수입 규모는 2002~2019년의 중간값인 3.8%로 유지될 것으로 가정하였다.
- 넷째 열은 2030년 화석연료 에너지 소비와 수입이 45% 감축된다는 가정 하에, 2022~2030년 한국의 에너지 수입 감소세를 나타낸다. 이에 따라 화석연료 수입 비중은 2022년 GDP의 3.8%에서 2030년 2.1%로 감소할 것으로 전망된다.
- 다섯째 열은 넷째열과 같이 2022~2030년 화석연료 수입 비중이 GDP의 3.8%에서 2.1%로 감소된다는 가정에 따른 화석연료 에너지 수입 규모를 나타낸다.
- 여섯째 열은 한국의 에너지 수입 감소액을 보여준다. 이는 셋째 열에서 다섯째 열에 해당하는 값을 제한 금액이다.

- 일곱째 열은 한국의 에너지 효율성 제고와 청정 재생에너지 투자에 따른 수입 규모를 나타낸다. 이는 효율성 제고와 재생에너지 투자에서 수입이 차지하는 비중이 2022~2030년 GDP의 평균 0.6%에 달할 것이라는 가정을 기반으로 하고 있다.
- 여덟째 열은 화석연료 수입 감축뿐 아니라 국가 에너지 효율성 제고와 재생에너지 투자에 따른 수입 확대를 반영한 한국의 총 수입의 변동을 나타낸다.
- 아홉째 열은 화석연료 에너지 수입 감소와 청정 에너지 투자 프로젝트에 따른 꾸준한 해외 수입으로 인해 발생한 총 수입의 변동이 일자리에 미치는 영향을 보여준다.

이 보고서는 한국이 이산화탄소 배출량을 45% 감축하는 것을 목표로 하는 2022~2030년, 화석연료 수입의 단계별 중단이 고용에 미치는 영향에 대해 초점을 맞추고 있다. 뒤에 5장에서는 한국이 2050년까지 넷제로 달성을 향해 나아간다는 전제 하에, 2031~2050년의 시나리오를 같은 관점에서 짚어볼 예정이다.

아홉째 열에서는 2022년 기준으로 한국의 화석연료 에너지 수입 규모가 GDP의 3.8% 수준이고, 청정에너지 수입액이 11조 9,000억원에 달하는 경우, 이로 인한 영향으로 일자리 11만 3,000개의 순감할 것으로 전망하고 있다. 이 같은 일자리 순감 규모는 화석연료 에너지 수입액이 GDP의 3.6%로 축소되고, 청정 에너지 투자가 GDP의 0.6% 수준을 유지하면 2023년 7만 5,000개로 줄어들 것으로 예상된다. 하지만 2025년까지 화석연료 수입액이 GDP의 3.2%로 추가 하락한다면, 일자리에 미치는 전반적인 영향은 긍정적 방향으로 완만하게 전환될 것으로 예측한다. 이후 2026~2030년에는 화석연료 수입은 줄어드는 반면 고용은 매년 증가해, 2030년까지 화석연료 에너지 수입액이 GDP의 2.1% 수준으로 축소되고 25만개 이상의 신규 일자리가 창출 될 것으로 전망된다.

**<표 3.11>**  
2022~2030년 화석연료 수입의 단계적 중단에 따른 고용 효과

1) 연도	2) GDP (단위 1조원)	3) BAU 시나리오에 따른 에너지 수입액 (단위 1조원, GDP의 3.8%)	4) 청정 에너지 사업에 따른 에너지 수입 비중	5) 청정 에너지 사업에 따른 에너지 수입액 (단위 1조원, 2030년까지 45% 감축)	6) 청정 에너지 사업에 따른 연간 에너지 수입 감소액 (단위 1조원, 셋째열 값- 다섯째열 값)	7) 청정 에너지 수입액 (단위 1조원, GDP의 0.6%)	8) 순수입 대체액 (단위 1조원, 여섯째 열 값- 일곱째 열 값)	9) 순수입 대체를 통한 연간 일자리 창출 수 (여덟째 열 x 10 억당 9.5명)
2022	1,986	75.5	3.8%	75.5	-	11.9	(11.9)	-113,184
2023	2,035	77.3	3.6%	73.0	4.3	12.2	(7.9)	-74,925
2024	2,086	79.3	3.4%	70.4	8.9	12.5	(3.7)	-34,683
2025	2,138	81.3	3.2%	67.6	13.6	12.8	0.8	7,618
2026	2,192	83.3	3.0%	64.7	18.6	13.2	5.5	52,056
2027	2,247	85.4	2.7%	61.5	23.9	13.5	10.4	98,711
2028	2,303	87.5	2.5%	58.1	29.4	13.8	15.5	147,666
2029	2,360	89.7	2.3%	54.6	35.1	14.2	20.9	199,007

2030	2,419	91.9	2.1%	50.8	41.1	14.5	26.6	252,823
총계	----	----	----	----	----	----	----	535,088
평균	----	----	----	----	19.4	13.2	6.3	59,454

## 투자 및 화석연료 수입 감축을 통한 2022~2030년 총 일자리 창출

앞서 언급한 세 가지 고용 창출 경로를 통한 2022~2030년의 영향을 복합적으로 전망하면 다음과 같다.

- 에너지 효율성 제고와 청정 재생에너지 확대 투자 규모는 연평균 78조원으로 전망된다.
- 조림사업 투자 규모는 연평균 6,310억원으로 전망된다.
- 화석연료 에너지 수입의 단계적 중단으로 인한 한국의 에너지 수입액 감소 규모는 연평균 약 19조원에 달할 것이다.

[표 3.12]에서 이와 같은 추정치를 개략적으로 확인할 수 있다. [표 3.12]의 첫째 열 하단에서는 앞서 언급된 세 가지 경로를 통해 창출되는 일자리의 전체 규모를 86만 1,164개로 추정하고 있다.

표에서도 언급된 바와 같이 이러한 추정치는 [표 3.1], [표 3.3], [표 3.9]에 제시된 고용/생산 지수가 2022~2030년 고정되는 것으로 가정한다. 실제로는 관련한 활동에 대대적인 투자가 이루어지는 경우, 그 자체로 생산 방식을 개선할 수 있는 기회를 가질 수 있을 것이다. 이와 같은 개선은 정해진 생산량을 달성하는데 필요한 인력을 감소시키곤 한다. 다시 말해 9년 동안 노동생산성이 향상된다.

<b>&lt;표 3.12&gt;</b> 2022~2030년 연평균 일자리 창출 전망	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지 효율 및 재생에너지 투자</li> <li>• 조림 사업</li> <li>• 화석연료 수입 단계적 중단</li> </ul>
---	--

	일자리 창출 규모 (고용/생산 지수 고정 시)	연간 노동생산성 1.5% 증가 반영 일자리 창출 규모 (중간연도인 2026년 기준)
에너지 효율 및 재생에너지 투자: 연간 78조 원	789,780	743,450
조림사업 투자: 연간 6,310억 원	11,930	11,230
화석연료 수입 단계적 중단: 에너지 수입대체 효과 연간 6조 3,000억 원	59,454	55,970
총 일자리 창출 규모	861,164	810,650
2020년 한국 경제활동인구 (2,840만명) 대비 총 일자리 창출 규모	3.0%	2.9%

출처: [표 3.5], [표 3.9], [표 3.11]

잠재적인 노동생산성 개선을 반영하기 위해 표의 둘째 열에는 추가적인 일자리 창출 전망치를 표기했다. 이 수치는 2022~2030년 노동생산성이 연평균 1.5% 증가한다고 가정하고 있다.<sup>60</sup> 이를 토대로 산출한 평균 일자리 창출 규모는, 노동생산성 개선을 반영하지 않은 것에 비해 소폭 감소한 81만 650개다.

보다 광범위한 차원에서 살펴보자면, 노동생산성이 고정되거나 연간 1.5%씩 증가한다는 가정 하에, 한국은 2030년까지 이산화탄소 배출량 45% 감축을 목표로 하는 기후 안정화 사업을 통해 80만~85만 개의 신규 일자리를 창출할 것으로 기대된다. 이 같은 총 고용 증가 규모는 2020년 기준 한국 전체 노동인구의 3.0%에 해당한다. 취직과 소득 증대를 위한 기회가 확대됨에 따라 보다 많은 인력이 노동시장에 참여할 것이다.

## IV. 고용 축소와 실직자를 위한 정의로운 전환

한국은 사실상 화석연료 에너지를 전부 수입에 의존하지만, 내수경제에서 화석연료 기반 경제활동이 차지하는 비중도 상당하다. 이 같은 경제활동은 유통, 마케팅, 정유 및 가스 정제, 발전 부문에서 이루어진다. 화석연료 기반한 국내 경제 부문 중 고용량이 가장 많은 부문은 주유소 및 가스충전소 운영 분야이다. 이 장에서는 화석연료 기반 산업에 속하는 모든 부문에서 이루어지는 전반적 경제활동과 고용 규모가 2030년까지 45% 축소될 것으로 가정한다. 이 같은 감소율은 2장에서 살펴본 석유, 석탄, 천연가스 소비의 45% 감소와 맞닿아 있다. 2030년까지 한국에서 이산화탄소 배출량을 줄이기 위해 필요한 화석연료 소비 감축률도 45%로 이와 동일한 수준이다.

또한 휘발유차, 디젤차 생산에서 벗어나 탄소 배출이 없는 전기차, 수소차로 전환하는 과정에서 자동차 제조 부문 일자리가 감소할 것으로 예상된다. 이 보고서에서는 휘발유차, 디젤차를 내연기관차(ICEV)로, 탄소 배출이 없는 전기차, 수소차는 무배출차(ZEV)로 지칭한다. 내연기관차의 단계적 생산 중단으로 인한 일자리 감소는 무배출차 제조 분야에서 시장을 선점하기 위한 사업을 추진하면서 창출되는 신규 일자리로 상쇄될 것이다. 따라서 한국 자동차 제조 부문의 전환으로 인한 순영향(net impacts)은 화석연료 소비의 단계적 중단에 따른 일자리 감소와는 구별해 전망한다. 마지막으로, 2022년~2030년 한국의 원자력 전력 생산이 15% 감축됨에 따른 고용 영향을 예측한다. 그리고 이상의 세 가지 경로를 통해 발생하는 잠재적인 일자리 감소의 총량에 대해 알아볼 예정이다.

화석연료 기반 산업뿐 아니라 자동차 제조, 원자력 산업의 잠재적인 고용 감소 및 일시적 해고 전망치는 한국이 실직자들을 위한 정의로운 전환 정책을 설계하는 데 기틀이 될 것이다. 마지막으로 실직자를 위한 효과적이고 정의로운 전환 정책에 대해 간략하게 검토하며 이 장을 마무리한다.

### 직접 고용 감소

이 장에서는 한국의 화석연료 기반 산업, 원자력 에너지 생산 부문뿐 아니라 내연기관차에서 무배출차 생산으로 전환하는 과정에서 예상되는 직접 고용의 감소에 초점을 맞춘다. 그렇게 하는 이유는 청정 에너지 투자와 고용의 질의 관련성에 관해 앞서 살펴본 이유와 동일하다. 현재 한국에서 이산화탄소 배출하는 에너지원이나 원자력 발전을 감축할 때 줄어드는 직접 고용 일자리는 화석연료에 기반한 산업과 원자력 부문의 경제 활동과 밀접하게 관련되어 있다. 따라서 이 분야의 경제활동이 단계적으로 축소되면, 해당 분야에 고용된 노동자들에게 정의로운 전환을 위한 지원이 가장 절실하다.

간접 및 유도 경로를 통해 사라지는 일자리는 다양하다. 그 가운데 행정, 사무, 전문 서비스, 교통 서비스 같은 분야의 일자리는 청정 에너지 경제에서 새롭게 생길 일자리로 효과적으로 대체될 것이다. 신규로 유도되는 고용의 특성은 현재 한국 노동인구의 전반적인 특징을 반영할 것이다. 따라서 간접 및 유도 경로를 통해 발생한 일자리 감소 문제는 실직자를 위한 일련의 정책을 통해 적절하게 관리할 수 있다.

## 화석연료 기반 산업의 직접 고용 수준 측정

[표 4.1]은 한국의 9개의 화석연료 및 보조 산업의 2018년 기준 고용 수준을 나타낸다. 표에서 알 수 있듯이 화석연료에 기반한 전체 분야 중 고용이 가장 많이 발생하는 부분은 주유소 및 가스충전소 관리 분야이다.

**<표4.1>**  
2018년 한국 화석 연료기반 에너지 및 관련 제품 생산 부문 종사자 수

제품	2018년 고용 수준	전체 화석연료 기반 고용에서 차지하는 비율
주유소 및 가스충전소	63,000	44.5%
화석연료 전기공급	32,280	22.8%
액체연료 및 기타 제품의 도매공급	14,740	10.4%
가스 생산: 본관을 통한 가스연료 공급	14,654	10.4%
원유 정제 제품	8,367	5.9%
석탄	4,227	3.0%
기계장비 생산, 채굴, 유전 및 가스전	3,490	2.5%
송유관 및 가스관 수송	420	0.3%
원유 및 천연가스	284	0.2%
<i>화석연료 기반 에너지 및 기타 제품 부문 총 고용</i>	<i>141,462</i>	<i>100.0%</i>
<b>한국 전체 고용 대비 화석연료 부문 고용 비율 (2018년 기준 한국 고용=2,450만명)</b>		<b>0.6%</b>

참고: 주유소 및 가스충전소 일자리 수는 2015년 경제총조사에서 해당 부문에 신고된 노동자 수를 기반으로 추정하였다. 자세한 내용은 부록 1 참조.  
출처: 부문별 수치는 2019년 지역별고용조사(LLFS), 2015년 경제총조사, 한국은행 경제통계시스템을 참고하였다. 총 고용에 대한 수치는 한국은행 경제통계시스템을 바탕으로 한다. 자세한 내용은 부록 1 참조

2018년 화석연료 및 보조 산업의 국내 일자리 수는 총 14만 1,462개로 집계되었다.<sup>61</sup> 한국의 화석연료 기반 산업의 고용은 전체 고용의 0.6%에 불과한 수준이다.

이 가운데 45%에 해당하는 6만 3,000개는 주유소 및 가스충전소의 일자리다. 나머지 중 3만 2,280개, 즉 23%는 전력 생산을 위한 화석연료 공급 부문의 일자리다. 이 밖에 화석연료 기반 산업 전체 종사자의 10% 이상을 고용하고 있는 두 개의 하위 부문은 액체연료 및 기타 제품 도매공급과 가스생산 부문이다. 이 네 개 부문이 한국의 화석연료 기반 산업 전체 고용의 90%를 차지하고 있다.

## 화석연료 기반 일자리의 특성

[표 4.2]는 한국의 화석연료 기반 부문 직접 고용 일자리의 특성에 대한 기본적인 수치를 나타낸다. 주목해야 할 첫 번째 사항은 주유소나 가스충전소에서 근무하는 노동자와 기타 화석연료 기반 산업에 종사하는 노동자의 연봉 및 복지 수준 사이에 큰 격차가 존재한다는 점이다. 주유소 종사자의 복리후생을 포함한 평균 연봉은 2,540만원이며, “상용직” 비율은 41%에 불과하다. 3장에 언급된 바와 같이 “상용직”은 1년 이상 또는 무기 근로계약을 체결한 고용 형태를 말한다. 상용직은 실업보험, 산재보험, 국민건강보험, 국민연금, 퇴직금 등 사회보험 혜택을 보다 많이 누릴 수 있다. 이에 반해, “비상용직”에는 임시직, 일용직, 대기근로, 하도급, 독립계약직, 자영업 등이 포함된다. 기타 화석연료 기반 산업에 종사하는 노동자의 연봉은 두 배 수준인 4,780만원이며, 상용직 비율도 두 배 이상인 약 85%에 달한다. 이 같은 양질의 일자리가 많은 이유는 해당 부문에서 공기업이 차지하는 비율이 높다는 것이다. 공기업에 종사하는 노동자는 상대적으로 노조가입율이 높고, 60세 정년을 보장 받고 있다.

**<표4.2>**  
한국 화석연료 기반 에너지 부문 고용의 질 지표  
직접 고용에 한함

제품	2018년 고용 수준	전체 화석연료 기반 고용에서 차지하는 비율
주유소 및 가스충전소 (63,000개)	2,540만원	40.9%
기타 모든 화석연료 기반 에너지 부문 (78,462개)	4,780만원	84.7%
국내 산업 전체	3,210만원	51.8%

참고: 상용직은 1년 이상 또는 무기 근로계약을 체결한 고용 형태이다. 대부분의 상용직은 실업보험, 산재보험, 퇴직금 등 사회보험 혜택이 보장된다.  
출처: 전체 노동인구에 대한 수치는 2019년 지역별고용조사(LLFS)를 바탕으로 한다. 부문별 수치는 2019년 지역별고용조사, 2015년 경제총조사, 한국은행 경제통계시스템을 참고하였다. 자세한 내용은 부록 1 참조.

경제 전반의 평균과 비교해 보면 주유소 종사자의 연봉은 평균보다 약 20%를 낮고, 기타 화석연료 기반 산업 종사자의 연봉은 평균보다 약 50% 높은 수준이다. 상용직비중은 비슷한 수준인데 주유소 종사자의 경우 평균보다 약 10%p 낮고, 기타 화석연료 기반 산업 종사자의 경우에는 평균보다 약 30%p 높은 것으로 파악된다.

주유소와 기타 화석연료 기반 산업 종사자 사이의 뚜렷한 격차는 학력 수준에서도 나타난다. [표 4.3]와 같이 주유소 종사자의 약 3분의 2는 고졸 이하의 학력을 갖고 있으며, 대졸 이상의 학력을 지닌 종사자는 22%에 불과하다. 이에 반해 기타 화석연료 기반 산업 종사자의 약 3분의 1이 고졸 이하의 학력이고, 대졸 이상의 학력을 갖춘 비율이 거의 절반에 달한다.

주유소와 기타 화석연료 기반 산업 종사자의 고용 양상에서 유일하게 유사한 부분은 성별 구성이다. 주유소 종사자 중 여성의 비율은 약 19%에 불과한데, 기타 화석연료 기반 산업에서 여성의 비율은 그 보다 더 낮은 14%이다.

전체적인 평균을 고려할 때, 주유소를 제외한 화석연료 기반 산업은 상대적으로 고학력의 노동자가 근무하는 비교적 양질의 일자리를 제공한다. 이에 반해, 주유소 부문의 고용은 상대적으로 일자리의 질이 낮다. 마지막으로 이러한 양상은 고용의 질에 관계없이 산업 전반에 걸쳐 대부분 남성 노동자에게 나타나고 있다.



다음 수치는 화석연료 소비가 단계적으로 줄어들에 따른 고용 감소에 어떻게 정책적으로 대응할지 파악하는 데 필요한 배경지식이 된다. 화석연료 산업의 단계적 축소가 노동자에게 미치는 영향에 대한 구체적인 데이터를 검토하는 일은 매우 중요하다. 따라서 2030년까지의 단계적 폐지 과정의 일자리 감소 양상을 전망해 보고자 한다.

**<표4.3>**  
**노동자 특성: 한국 화석연료 기반 에너지 부문 종사자**  
 직접 고용에 한함

	학력수준			여성 노동자 비율
	고졸 이하	전문대졸	대졸 이상	
주유소 및 가스충전소 (63,000개)	62.9%	14.6%	22.4%	18.5%
기타 모든 화석연료 기반 에너지 부문 (78,462개)	34.9%	16.1%	49.0%	14.0%
국내 산업 전체	47.7%	14.2%	38.1%	43.0%

참고: “기타 모든 화석연료 기반 에너지 부문”은 화석연료 전기공급, 액체연료 및 기타 제품의 도매공급, 가스 생산; 본관을 통한 가스연료 공급, 원유 정제 제품, 기계장비 생산, 채굴, 유전 및 가스전, 송유관 및 가스관 수송, 원유 및 천연가스 등의 제품 생산에 종사하는 노동자를 포함한다.

출처: 전체 노동인구에 대한 수치는 2019년 지역별고용조사(LLFS)를 바탕으로 한다. 부문별 수치는 2019년 지역별고용조사, 2015년 경제총조사, 한국은행 경제통계시스템을 참고하였다. 자세한 내용은 부록 1 참조

## 지속적 또는 단발적 산업 축소

일자리 감소에 대한 실제 전망치를 제시하기 전에 한국 화석연료 기반 산업의 지속적 또는 단발적 축소 양상의 핵심적인 차이를 살펴볼 필요가 있다. 정의로운 전환 정책의 범위와 비용은 해당 산업이 지속적, 또는 단발적으로 축소되는지에 따라 크게 좌우된다. 지속적으로 산업이 축소되는 경우에는 2022~2030년, 그리고 2031~2050년 연간 일자리 감소가 균일한 수준으로 유지될 것이다. 이러한 감소세는 일정한 기간 내 산업의 전체적인 축소 규모에 따라 결정된다. 하지만 산업 축소가 반드시 일정한 비율로 진행될 것이라는 가정은 현실적이지 않다. 대신 상대적으로 광범위한 일자리 감소가 발생한 후, 경미한 수준으로 일자리가 축소되는 기간이 이어지는 양상을 고려해 볼 수 있다. 예컨대 특정 시점에 규모가 큰 복수의 화석연료 기반 업체가 대대적인 일자리 감축을 단행하거나 폐업하는 경우에 이와 같은 양상이 나타날 수 있다.

일련의 단발성 사건을 거치지 않고 순조롭게 정의로운 전환이 진행되는 경우에는 전환 비용을 상당히 줄일 수 있다. 그 이유는 다음 수치상으로도 명확하게 확인할 수 있는데, 순조로운 전환이 이루어지면 특정한 연도에 노동시장을 떠나는 퇴직자의 비율을 예측할 수 있기 때문이다. 이는 전환 과정에서 새 일자리가 필요한 실직자가 대량으로 발생, 이들에 대한 막대한 지원이 필요한 상황을 피할 수 있게 해준다. 몇몇 대기업이 급작스럽게 사업을 중단하면서 신입 사원은 물론 연차가 높은 직원까지 전 직원을 일시에 해고한다면, 지원 대상 실직자 비율이 증가할 것이다. 이와 반대로, 한 시점에 발생하는 실직자의 수가 적다면 이들이 새로운 직장을 찾기가 보다 수월할 것이다.

아래의 산출치는 한국의 화석연료 산업 축소가 비교적 순조롭게 진행된다는 가정에 따른 것이다. 이러한 순조로운 축소는 정의로운 전환 프로그램의 효과적인 설계 및 이행 과정의 주요한 특징이 될 것이다. 정책입안자들이 이러한 목표에 주안점을 둔다면 순조로운 전환이 가능할 것이다.

## 화석연료 기반 산업 분야의 은퇴자로 인한 노동인구 감소

앞서 언급한 바와 같이 화석연료에 기반한 산업 종사자 감소의 충격은 은퇴를 통한 노동인구 축소 양상의 영향을 크게 받을 것이다. 따라서, 관련 분야의 은퇴율이 어떻게 변할지 전망해 보는 작업이 필요하다.

화석연료 기반 산업 내 은퇴로 인한 노동인구 감소율을 예측하기 위해서는 다음과 같은 사항을 고려해야 한다.

- 한국의 인력 시장은 “법정” 퇴직연령이 60세로 정해져 있다.
- 하지만 고용주들이 공식적·비공식적인 방법으로 퇴직을 종용하는 일이 빈번해서 일반적인 퇴직 연령은 60세 미만이다. 정년을 채우지 않는 경우 통상 55세 즈음에 퇴직한다.<sup>62</sup>
- 50~60세에 “은퇴”하는 대다수의 인력은 퇴직 후에도 경제활동을 지속한다. 약 58%가 퇴직 후 노동시장에 계속 참여하는데, 이 때에는 단기계약직이나 자영업자로 근로 형태가 변경된다.<sup>63</sup> 이들은 보통 기존 직장보다 낮은 급여와 복지를 제공하는 일자리로 이직하게 된다.

이러한 사항을 고려하여 노동인구 감소율을 다음과 같이 전망하였다.

- 우선 화석연료 기반 산업 종사자 중 2022~2030년에 55세 이상이 되는 노동자의 비율을 예측하였다.
- 이후 통계청의 경제활동인구조사 데이터를 기반으로 노동시장을 떠날 가능성이 높은 노동자의 비율을 예측하였다.<sup>64</sup>

[표 4.4]의 수치는 이 같은 가정을 바탕으로 산정되었다.

## 고용감소율

[표 4.4]에서 화석연료 산업의 꾸준한 축소에 인한 2022년~2030년 해당 산업의 연간 고용 감소 예상치를 확인할 수 있다. 또한 국내 원자력 산업의 고용 감소 패턴도 해당 표에 포함했다. 이러한 국내 원자력 산업의 고용 감소는 2장에서 논의한 바와 같이 2022~2030년 원자력 발전 규모가 15% 축소되는 것을 반영한 것이다.

또한 화석연료 및 원자력 산업과 관련해 2030년에 퇴직할 노동자 비율도 예상할 수 있다. 이 기간의 화석연료 및 원자력 산업의 퇴직 노동자 비율을 알면, 2030년까지 국내 화석연료 산업의 규모가 45%, 원자력 발전 산업이 15% 축소하는 과정에서 발생하는 실직자 수를 추정할 수 있다.

[표 4.4]의 수치를 통해 다양한 고려 사항이 어떻게 작용하는지 단계별로 확인할 수 있다. 주유소 노동자 수를 정리한 1열부터 보면, 최근 수치인 2018년 기준 전국에 고용된 주유소 노동자 수는 약 6만 3,000명이다. 이 연구에서는 해당 분야의 경제 활동이 전체 화석연료 산업과 마찬가지로 2030년에 45% 감소할 것으로 가정했다. 표의 2행에서 볼 수 있듯이, 이는 해당 분야의 총 노동자가 2030년에는 2만 8,350명 줄어든다는 의미다. 이는 2030년 주유소 부문에 3만 4,650개의 일자리가 유지된다는 뜻이기도 하다. (63,000 - 28,350 = 34,650). 2022~2030년 이들 산업이 일정한 속도로 축소된다고 가정할 경우, 3행에서 알 수 있듯이, 매년 이 부문에서 3,150

개의 일자리가 사라진다는 의미다. (총 2만 8,350개의 일자리 감소/산업 축소 기간 9년 = 매년 3,150개의 일자리 감소)

4행을 보면, 현재 주유소에 고용된 노동자 중 63%(총 3만 9,690명)가 2022년~ 2030년 55세 이상에 도달한다. 국내 노동시장 통계에 따르면, 이들 55세 이상의 노동자의 42%가 55세가 되면 실제로 경제활동을 중단할 것으로 추정된다. 이는 2022년~2030년 총 1만 6,670명의 주유소 노동자가 경제활동을 중단할 것이란 뜻이다. 따라서 6행에서 알 수 있듯이, 주유소 노동자의 연평균 노동인구 이탈률은 1,852명이다.

<표4.4>

국내 화석연료 및 원자력 산업의 퇴직, 실직에 따른 노동인력 감소 (2022~2030년)

	1) 주유소 노동자	2) 기타 화석연료 노동자	3) 전체화석 연료관련 노동자 (1열+2열)	4) 원자력 노동자	5) 전체노동자 (3열+4열)
1) 2018년 기준 총 노동인구	63,000	78,462	141,462	11,696	153,158
2) 9년의 과도기 동안 일자리 감소 (2018년 기준 한국 고용=2,450만명)	28,350 (전체 일자리의 45%)	35,308 (전체 일자리의 45%)	63,658	1,754 (전체 일자리의 15%)	65,412
3) 생산 감소 기간 9년 동안 연평균 일자리 감소 (=2행/9)	3,150	3,923	7,073	195	7,268
4) 2022~2030년 '고령' 도달 노동자 수 (=1행x2021년 기준 최소 46세였던 노동자%)	39,690 (전체 노동자의 15%)	40,016 (전체 노동자의 15%)	79,706	5,263 (전체 노동자의 15%)	84,969
5) 2022~2030년 55세 이상이 되어 경제활동을 중단하는 노동자 수 (=4행x 노동인구가 아닌 55세 이상인 사람의%**)	39,690 (55세 이상 노동자의 15%)	39,690 (55세 이상 노동자의 15%)	33,477	39,690 (55세 이상 노동자의 42%)	35,688
6) 9년의 과도기 동안 퇴직하고 경제활동을 중단하는 노동자 수 (= 5행/9)	1,852	1,867	3,720	246	3,965
7) 실직자/재취업이 필요한 노동자 수 (=3행-6행)	1,298	2,056	3,354	0	3,354***

참고: \* 해당 백분율은 2019년 노동자 특성을 바탕으로 한 적당한 근사치라고 가정한다.

\*\* 한국 통계청에 따르면, 2019년 기준 55세 이상 인구의 57.6%가 노동인구에 속하며, 42.4%는 노동인구에 속하지 않았다.

\*\*\* 해당 숫자는 3행에서 6행을 뺀 값과 같지 않다. 원자력 산업의 경우, 일자리 감소수보다 자발적으로 퇴직하는 노동자 수가 더 많기 때문이다. (4열) 즉, 4열의 3행에서 6행을 빼면 음수가 나온다. 여기에서는 이를 단순히 실직자가 없는 것으로 처리했다.

출처: [표 4.1]~ [표 4.3].

2022년~2030년 총 1만 6,670명의 주유소 노동자가 경제활동을 중단할 것이란 뜻이다. 따라서 6행에서 알 수 있듯이, 주유소 노동자의 연평균 노동인구 이탈률은 1,852명이다.

2022년~ 2030년 주유소 관련 전체 일자리가 연평균 3,150개 감소할 것을 고려하면, 현재 주유소 부문에 고용된 인력

중 앞으로 실직해 재취업이 필요한 노동자는 연간 1,298명이 될 것이다. 이 수치는 [표 4.4]의 7행에서 확인할 수 있다.

2열에서는 국내의 기타 화석연료 부문에서 고용된 7만 8,462명의 노동자에 대해 동일한 계산을 했다. 2열의 7행에서 알 수 있듯이, 국내 화석연료 부문에서 연평균 2,056명의 노동자가 2022년~2030년 실직하고 재취업을 바랄 것으로 예상된다. 3열에서는 1열과 2열의 숫자를 더해, 주유소와 기타 화석연료 산업 노동자에 대한 예상치를 합산했다. 3열의 7행에서는 2030년 국내 화석연료 소비가 45% 감소함에 따라 일자리를 잃고 재취업을 필요로 하는 모든 화석연료 산업 노동자의 수가 전 부문에 걸쳐 총 3,354명일 것이라고 추정했다.

4열에서도 1만 1,696명의 국내 원자력 노동자에 대해 동일한 계산을 했다. 이 경우 자발적 퇴직을 고려하면, 2030년까지 원자력 산업이 15% 축소하더라도 실직이 발생하지는 않을 것으로 나타났다.

이는 중대한 결과다. 물론, 이러한 숫자는 정확한 수치가 아니며, 대략적인 근사치 제공을 목표로 한 것이다. 수치가 보여주는 것 이외에도 여러 변수, 특히 산업의 축소 양상이 이 계산에서 가정한 것만큼 매끄럽지 않을 가능성이 있다는 점을 분명히 인식해야 한다. 그럼에도 불구하고, 세부 정보를 떠나 여기에서 가장 중요한 것은 산업의 꾸준한 축소 패턴에서 발견되는 전반적 결과다. 한국이 2030년까지 재생에너지 투자 프로젝트를 통해 약 100만 개의 새 일자리를 만들 것을 감안하면, CO<sub>2</sub>를 발생하는 에너지원을 퇴출함에 따른 실직자 수는 무시해도 될 정도다. 원자력 산업 15% 축소와 관련해서도 전반적으로 동일한 결론을 내릴 수 있다.

그러나 현재 국내 화석연료 및 원자력 산업에 15만 명 이상이 고용되어 있다는 점을 고려했을 때, 2030년까지 CO<sub>2</sub> 배출 에너지원 소비를 45% 줄이는 프로그램으로 인해 발생하는 실직자가 연간 3,000~4,000명에 불과하다는 건 언뜻 봐서 믿기 어렵다는 사실을 인정해야 한다. 하지만 [표 4.4]에서 제시한 계산은 이러한 결과를 직접적으로 보여준다.

## 내연기관차에서 제로배출 자동차로 전환하는 자동차 제조 업계

한국은 내연기관차의 판매 중단, 또는 단계적인 제조 중단의 확실한 목표 일정을 정하지 않은 상태다. 2019년 문재인 대통령은 국내에서 생산되는 차량의 30%를 제로배출 자동차로 만든다는 목표를 세웠다.<sup>65</sup> 정부는 또한 잠정적으로 2035년에 내연기관 차량의 판매를 종료할 것을 논의했으나, 법으로 정한 것은 없다.

수립이 지연된 것은 제로 배출차로 무리없이 전환하기에 2035년은 너무 이르다는 국내 자동차 업계의 우려가 반영된 것이다.<sup>66</sup> 2021년 11월 열린 COP26 정상 회의에서, 26개국 정부와 약 48개 지역 정부 및 지자체는 관할 지역 내에서 늦어도 2040년까지는 화석연료 자동차의 판매를 중단하겠다고 약속했다. 포드, 제너럴 모터스, 메르세데스-벤츠 등 11개 자동차 제조사도 COP26에서 2040년부터는 제로 배출차만을 생산할 것을 약속했다.<sup>67</sup>

국내 자동차 업체들도 세계 자동차 시장에서 경쟁력을 유지하기 위해서는 마찬가지로 강력한 사업 전환을 진행해야 할 것으로 보인다. 2021년 9월 현대자동차는 유럽에서는 2035년, 다른 시장에서는 2040년까지 내연기관차의 판매를 중단하겠다고 발표했다. 또한 2045년까지 배터리 전기차 및 연료전지차량으로 완전히 전환할 것을 약속했다.<sup>68</sup>

이러한 상황을 고려해, 국제에너지기구의 2021년 보고서 <2050년 넷제로(Net Zero by 2050)>에 제안된 속도로 내연기관차의 단계적 제조 중단과 제로배출 자동차 생산이 전개가 이뤄질 것으로 가정했다. 해당 보고서에 따르면 제로배출 자동차가 전체 자동차 생산에서 차지하는 비중은 2030년에 60%, 2035년에는 100%에 달할 것으로 보인다.

<표4.5>

국내 내연기관차와 전기차 및 수소차(ZEV) 생산을 통한 직간접 일자리 창출 효과 비교  
에너지 효율 투자 10억 원당 일자리 창출

제품	직접 일자리	간접 일자리	직접+간접 일자리
내연기관차	1.8	6.0	7.8
전기차 및 수소차(ZEV)	2.1	4.8	6.9

참고: 상용직은 1년 이상 또는 무기 근로계약을 체결한 고용 형태이다. 대부분의 상용직은 실업보험, 산재보험, 퇴직금 등 사회보험 혜택이 보장된다.  
출처: 전체 노동인구에 대한 수치는 2019년 지역별고용조사(LLFS)를 바탕으로 한다. 부문별 수치는 2019년 지역별고용조사, 2015년 경제총조사, 한국은행 경제통계시스템을 참고하였다. 자세한 내용은 부록 1 참조.

따라서 내연기관차의 제조가 2030년에 60% 감소하고, 2035년에는 완전히 종료될 것으로 가정했다. 이 연구에서는 이러한 전환이 국내 자동차 제조 부문의 전체 고용에 어떤 영향을 줄 것인지를 고려했다.<sup>69</sup>

[표 4.5]는 국내 내연기관차와 제로배출차의 직간접 고용/생산 비율을 예상한 것이다. 표에서 볼 수 있듯이, 내연기관차 제조는 지출액 10억 원당 1.8개의 직접 일자리와 6.0개의 간접 일자리를 창출해, 10억 원당 총 7.8개의 일자리를 만드는 것으로 나타난다. 반면, 제로 배출차 생산은 2.1개의 직접 일자리에 4.8개의 간접 일자리를 창출, 10억 원당 총 6.9개의 일자리를 만들 것이다. 따라서 전체 고용 창출 규모를 고려할 때, 한국이 내연기관차 제조에서 제로 배출차 제조로 전환할 경우 자동차 제조 부문의 고용이 약 11% 감소할 것으로 보인다.

그러나 내연기관차에서 제로 배출차 제조로 전환하면서 한국 자동차 산업의 고용 구성도 바뀐다. 특히, 내연기관차 제조에서 발생하는 10억 원당 7.8개의 일자리는 대부분이 엔진 및 부품을 만들고 차량을 조립하는 일과 관련한 것이다.<sup>70</sup> 이와 대조적으로 제로 배출차의 경우, 국내 산업 구조를 고려했을 때, 고용의 약 40%가 배터리 제조, 반도체 제조 및 다양한 R&D 영역에서 이루어질 것으로 추정된다. 그 결과, 제로 배출차 제조에서는 10억 원당 발생하는 일자리 가운데 약 4.5개만이 내연기관차 제조 영역과 같은 성격을 지닐 것으로 보인다.

따라서 전체적으로 봤을 때, 내연기관차 제조 부문에 고용된 노동자의 약 절반만 제로 배출차 제조 부문의 비슷한 일자리로 이동할 수 있을 것으로 보인다. 나머지 절반은 배터리 생산과 같은 제로 배출차 제조의 다른 영역에 대한 교육을 받거나, 경제의 다른 부문의 새로운 일자리로 이동해야 할 것이다.

## 내연기관차 제조에서 배출제로 자동차 제조로의 전환으로 인한 일자리 감소

내연기관차 제조와 관련된 전통적인 고용 분야에서 약 50%의 일자리가 감소할 것이라는 가정을 바탕으로, 2030년까지 해당 부문의 일자리 감소 규모를 추정할 수 있다. 위에서 언급했듯이, 이번 연구에서는 2030년 기준으로 국내의 내연기관차 제조가 60% 감소할 것으로 가정했다. 또한 노동인구의 현재 연령 구성을 고려해, 2030년까지 노동자의 은퇴 속도에 대해 위의 화석연료, 주유소, 원자력 노동자에 관한 논의에서 사용한 것과 같은 가정을 적용했다.

[표 4.6]에서 일자리 감소를 추정하는데 사용한 계산 내역을 확인할 수 있다.

우선 1행에서 2018년 기준 국내 자동차 제조 부문에 고용된 노동자의 수가 36만 7,778명임을 확인할 수 있다. 이 수치는 주유소를 포함한 국내 화석연료와 원자력 발전 부문에 고용된 노동자 수인 15만 3,158의 약 2.5배다. 자동차 제조업의 고용 비중은 국내 전체 고용의 약 1.5%에 해당한다.

<표 4.6>

국내 자동차 제조업 노동자의 퇴직 및 실직에 따른 감소  
점진적 전환, 2022~2030

자동차 제조업 노동자	
1) 2018년 기준 총 노동인구	367,778
2) 9년의 과도기 동안 일자리 감소 (2022~2023) (=1행×0.3) 가정: 2030년까지 내연기관차 60% 감소, 내연기관차 일자리 감소 중 50%는 제로 배출차 관련 일자리로 전환	110,333
3) 9년의 생산 감소 기간 동안 연평균 일자리 감소 (=2행/9)	12,259
4) 2022~2030년 55세 이상이 되는 노동자 수 (=1행×2021년 기준 최소 46세였던 노동자*)	150,789 (전체 노동자의 15%)
5) 2022~2030년 55세 이상이 되어 경제 활동을 중단하는 노동자 수 (4행×노동인구가 아닌 55세 이상인 사람의%**)	63,331 (= 55세 이상 노동자의 42%)
6) 9년의 과도기 동안 퇴직하고 경제활동을 중단하는 연간 노동자 수 (=5행/9)	7,037
7) 재취업이 필요한 연간 노동자 수 (=3행-6행)	5,222

참고: \* 해당 백분율은 2019년 노동자 특성을 바탕으로 한 적당한 근사치라고 가정한다.

\*\* 한국 통계청에 따르면, 2019년 기준 55세 이상 인구의 57.6%가 노동인구에 속하며, 42.4%는 노동인구에 속하지 않았다.

출처: [표 4.1]~ [표 4.3].

4~6행에서 2022~2030년 자동차 제조업 노동자의 퇴직률과 경제활동 중단율을 추정하기 위해, 앞 장에서 화석연료 및 원자력 부문 노동자를 대상으로 계산한 것과 같은 방법을 적용했다. 이에 따라, 기존 자동차 제조업 노동인구 중 15만 789명이 이 기간에 55세 이상이 될 것이다. 이 15만 789명 가운데 6만 3,331명은 2030년에 경제활동을 중단할 것으로 보인다. 즉, 2022~2030년 연평균 7,037명의 자동차 제조업 노동자가 경제활동을 중단한다는 의미다.

마지막으로 7행에서는 2022년~2030년 매년 자동차 제조업 노동인구에서 이탈하는 7,037명의 노동자와, 9년에 걸쳐 한국이 내연기관차에서 제로 배출차로 전환하면서 사라지는 연평균 1만 2,259개의 일자리를 비교했다. 7행에서 볼 수 있듯이 실직해서 일자리가 필요한 노동자 수는 5,222명이 될 것이다.

앞서 화석연료 산업 노동자의 일자리 감소에 관한 논의에서 언급했듯이, 이러한 수치는 정확한 예측이라기보다, 대체적인 정도를 제시하기 위한 것이다. 계산과 관련한 복잡한 요소 중 하나는 2030년까지 제로 배출차 제조가

전체 자동차 제조의 60%까지 증가하고, 이에 따라 내연기관차의 제조가 60% 감소할 것인지 확신할 수 없다는 것이다. 일자리가 감소하는 정도는 한국이 실제로 내연기관차에서 제로 배출차로 전환하는 속도에 따라 달라질 것이다.

## 실직 노동자를 위한 정의로운 전환 정책

2022~2030년 국내 석유, 석탄, 천연가스 소비량이 45% 감소함에 따른 실직자의 수는 상대적으로 적을 것으로 보인다. 약 3,400명의 노동자가 실직할 것으로 예상된다. 여기에는 2022~2030년 국내 화석연료 산업에서 매년 약 7,100개의 일자리가 사라지고, 동시에 해당 산업에서 약 3,700명의 노동자가 은퇴하고 경제활동을 중단할 것이라는 가정이 포함되어 있다. 이 수치에는 주유소에 고용된 노동자뿐 아니라 모든 다른 화석연료 부문 노동자가 포함되어 있다. 또한 2022~2030년 일자리를 잃을 원자력 발전소 노동자는 없을 것이라고 예상했다.

국내 자동차 제조업이 내연기관차에서 제로 배출차로 전환함에 따라 2030년에는 내연기관차 생산이 60% 감소하므로, 2022~2030년 연평균 약 5,200명에 이르는 실직자가 발생할 것으로 보인다. 내연기관차에서 제로 배출차 생산으로의 전환으로 인해 자동차 제조업에서 매년 약 1만 2,300개의 일자리가 사라지고, 매년 약 7,000명의 노동자가 은퇴하고 경제활동을 중단할 것을 감안한 예측이다.

이러한 예상은 한국의 화석연료 소비, 원자력, 내연기관차 제조 중단이 비교적 점진적으로 진행될 것이라는 가정에 따른 것이다. 만일 더욱 불규칙하고 단발적으로 이런 변화가 진행된다면, 실직자 수는 더 많을 것이다. 대규모 정리해고가 불규칙적으로 발생했을 때 실직하게 될 노동자의 수가 일정 시점에 경제활동을 중단할 것으로 예정된 노동자수보다 많을 가능성이 높기 때문이다. 하지만 몇 년간 대규모 정리해고로 발생하는 실직자 수가 꾸준한 전환 과정 하에서 발생하는 실직자 수인 연평균 8,600명의 2배에 이른다고 가정해도(즉, 대규모 정리해고가 진행되는 동안 발생하는 실직자 수가 1만 8,000명에 가깝다고 했을 때), 이런 정리해고 기간 동안 발생하는 전체 실직자 수는 청정에너지 인프라를 건설에 따라 80만개의 새로운 일자리가 창출될 것이라는 본 연구의 추정과 비취 감당 못할 숫자는 아니다.

2022~2030년 한국이 청정 에너지로 점진적으로 전환하든, 단발적으로 전환하든, 이로 인한 실직자 수는 상대적으로 적을 것이다. 그러나 실직자에게 일자리 전환 기회를 제공하는 정책 수립은 중요하다. 본 연구를 통해 특정한 전환 프로그램을 제시하려는 것은 아니다<sup>71</sup> 그러나 기본적인 틀로서 정의로운 전환 프로그램에 실직자를 위해 다음과 같은 형태의 지원을 포함할 것을 제안한다.

- **고용 보장** 청정 에너지 전환 사업으로 창출되는 80만개 이상의 일자리 중 새로운 고용 기회가 있다. 필요하다면 추가적인 공공 부문 고용을 통해 일자리를 제공할 수 있다. 하청 업체에 고용된 노동자를 포함해 실직에 직면한 모든 노동자가 고용을 보장 받을 수 있도록 해야 한다.
- **임금 보험** 최소 2~3년 동안은 새로운 일자리로 옮긴 노동자가 기존 화석연료 산업 일자리와 동일한 급여를 받을 수 있도록 보장해야 한다.
- **재교육 지원** 필요시 모든 실직자에 대한 충분한 수준의 재교육을 실시해야 한다.
- **이사 지원** 실직자가 새로운 일자리로 옮겨 이사를 가야 할 경우, 발생하는 비용을 충당하도록 필요 시 일회성 수당을 지급해야 한다.
- **연금 보장** 연금은 모든 노동자, 즉 은퇴를 앞둔 노동자뿐 아니라 기존 고용 관계에서 퇴직금 계좌를 보유하고

있는 모든 노동자에게 제공되어야 한다. 이는 퇴직금 계약을 체결한 노동자에게도 적용되어야 한다.

실직자 수가 비교적 적기 때문에 앞서 강조한 분야의 모든 실직자에게 일자리 전환 과정에서 넉넉하고 정당한 지원을 제공하는 비용도 크지 않을 것이다. 따라서 화석연료 산업의 모든 실직자를 위한 넉넉하고 정당한 전환 프로그램 수립을 한국의 청정에너지 전환의 핵심 기능으로 통합해야 한다.



## V. 2050년 탄소중립 달성

한국이 2030년까지 국내 총 CO<sub>2</sub> 배출량을 2018년 수준(6억 3,100만 톤)에서 45% 감축한 3억 5,000만 톤으로 줄일 수 있다면, 2050년까지 탄소중립 경제를 수립할 수 있을 것이다.

실제로 한국이 2050년까지 배출량 감축 계획을 달성하는데 화석연료 에너지 소비가 필요하지 않으므로, 이에 따라 CO<sub>2</sub> 배출량은 정확히 0으로 떨어진다. 이는 3장에서도 이야기했듯이, 국가 조립 사업을 통해 2050년까지 최대 2,100만 톤의 CO<sub>2</sub> 배출을 흡수할 수 있기 때문이다. 그러나 여기서는 분석을 단순화하기 위해 한국이 2050년까지 탄소중립을 이루는 것을 목표라고 가정했다. 이에 더해 한국의 조립 사업이 대기 중에 축적된 CO<sub>2</sub> 흡수에 기여함에 따라 글로벌 기후 안정화는 더욱 힘을 받을 것이다.

한국은 기본적으로 2022~2030년 청정 에너지 투자를 계속함으로써 2050년 배출 제로의 에너지 인프라를 구축할 수 있을 것이다. 더욱이, 2050년 탄소중립을 달성하기 위해 필요한 에너지 효율 및 청정 재생에너지 관련 연간 투자액은 2031~2050년 소요 금액이 2022~2030년에 필요한 금액보다 적다.

[표 2.7]에 따르면, 2030년까지 배출량을 6억 3,100만 톤에서 3억 5,000만 톤으로 감축하기 위한 청정 에너지 투자 비용은 2022~2030년 국가 GDP의 약 3.6%를 차지할 것이다. 2031년부터 2050년까지 배출량을 제로로 만들기 위해 필요한 연평균 청정 에너지 관련 투자 비용은 GDP의 약 1.4% 정도로 추정된다. 소규모 투자 사업이 국가 전체의 취업 기회에 미치는 영향은 2022~2030년보다 크지는 않겠으나, 여전히 긍정적인 방향으로 전개될 것이다.

이 연구는 2050년까지 한국이 탄소중립 경제 달성하기 위해 필요한 기술적 요구사항의 범위를 평가하려는 것이 아니다. 하지만 1장에서 잠시 살펴보았듯이, 상당수 문헌에서 이러한 기술 요구사항을 한국 및 전 세계적인 관점에서 깊이 있게 다루고 있다.<sup>72</sup>

이 연구는 2050년까지 CO<sub>2</sub> 배출량 제로 달성이 기술적으로 가능하다는 인식 하에, GDP와 취업 기회를 성장시키면서 이러한 목표를 달성할 경제의 전개 방향을 평가하는 데 초점을 맞추고 있다.

물론 앞으로 경제가 어떻게 전개될까를 고려하다 보면 경제의 장기 성장 경로에 관해 일련의 가정을 하게 되고, 더 먼 미래를 내다볼 수록 더욱 사변적인 경향을 띠게 된다. 현실적인 틀 내에서 논의를 유지하기 위해, 이 연구에서는 현재의 지식 체계 내에서 신뢰할 수 있는 소수의 가정을 따른다.

이 연구의 가정하고 있는 내용은 다음과 같다.

1. 경제 성장. 한국의 평균 경제성장률은 2022~2030년과 같다고 가정했다. (즉, 연 2.5%)
2. 에너지 효율성. 2022~2030년 주요 에너지 효율성 개선이 이루어질 것이라고 가정했다. 특히 한국 경제의 에너지 집약도는 GDP 1,000조 원당 4.6 Q-BTU에서 3.1 Q-BTU로 감소할 것이라고 가정했다. 이는 31%의 개선을 이룬 것으로, 2022~2030년 매년 4.1%씩 개선된다는 의미다. 또한 지속적인 투자를 통해 추가적인 효율성 증대가 가능하고, 이러한 효율성 증대를 위한 비용은 2022~2030년 시나리오의 비용과 동일한 Q-BTU 당 35조원이라고 가정했다. 이렇게 비용이 전체적으로 안정될 것이라는 가정은 1) 효율성 기준을 높이는 데 있어 기술적 개선이 이루어지지만, 2) 효율성 개선과 관련된 '쉬운 해결책'은 사라질 것이라는 두 가지 고려 사항에 근거한 것이다. 이 두 가지 요소가 대체적으로 서로를 상쇄한다고 가정했다.
3. 청정 재생에너지. 이 분야 산업이 2022~2030년 크게 확장될 것이라는 점을 감안할 때, 재생에너지 발전, 저장 및 전송 관련 기술은 2031~2050년 확실한 진전이 있을 것이다. 그러나 신중을 기하기 위해, 본 연구에서는

재생에너지 전반에 걸친 기술 개선율을 보수적으로 가정했다. 2031~2050년 기간의 경우 1 Q-BTU 의 에너지를 생산할 수 있는 재생에너지 설비를 만드는 필요한 투자 비용이 연평균 1.0% 감소할 것이라고 가정했다. 본 연구에서 2022~2030년 1 Q-BTU당 투자 비용이 연평균 1.5% 감소할 것으로 가정했는데 이는 이미 수십 년 동안 기술 발전을 지속한 결과로 추가 개선을 달성하는 과정에서 직면할 수 있는 어려움이 있을 수 있다는 보수적인 가정을 반영한 결과다. 이러한 가정을 적용하면 재생에너지 공급 확대를 위해 필요한 평균 투자 비용이 Q-BTU당 2022~2030년 기간 213조 원에서 2031~2050년 기간에는 177조 원으로 감소한다는 의미다.

4. 일자리 창출. 1) 에너지 효율 및 청정 재생에너지 관련 투자, 2) 조립 관련 투자, 3) 수입 화석연료 에너지 구매에서 국내 청정 에너지 생산으로의 전환 등 세 가지 경로를 통한 고용 창출을 재차 검토했다. 그런 다음 1) 총노동생산성(개별 투자 활동에 대한 생산량 대비 고용률의 가중 평균)이 2022년 수준을 유지하거나, 또는 2) 총노동생산성이 연평균 1.5%씩 성장할 것이라는 두 가지 대안적 가정 하에 일자리 창출을 계산했다.

1) 경제 성장, 2) 에너지 효율성 증대 및 청정 재생에너지 공급 확대 비용, 3) 노동 생산성에 대한 이러한 가정을 토대로 어떻게 한국이 2050년까지 탄소중립 경제로 전환할 수 있는지에 관한 예측을 수립했다. 이에 관한 결과는 표 5.1~5.3에서 확인할 수 있다.

[표 5.1]에서는 2031~2050년 연평균 성장률이 2.5%인 경우 2050년 한국의 GDP 전망을 확인할 수 있다. 2030년 GDP 2,419조 원을 기준으로 시작하는데, 이 또한 물론 예측이다. 2020년 한국의 실제 GDP 1,890조 원에서 시작해, GDP가 2021~2030년 연평균 2.5% 성장한다는 가정하에 도출한 수치다. 이러한 가정을 바탕으로 했을 때, [표 5.1]에서 볼 수 있듯이 한국의 GDP는 2050년 3,964조 원에 달할 것으로 보인다. 그런 다음 이러한 시나리오에 따라 2031~2050년 중간 시점의 GDP, 즉 2040년의 GDP를 계산했다. 보다시피, 2040년 GDP는 3,097조 원으로 예상된다.

**<표 5.1>**  
2020년 GDP 수준과 2031년, 2040년, 2050년의 예상 GDP  
수치는 2020년 불변 가격 기준.

2030년 GDP	2,419조 원
2050년까지 예상 평균 성장률	2.5%
2031년 예상 GDP	2,479조 원
2040년 예상 GDP	3,097조 원
2050년 예상 GDP	3,964조 원

출처: KEEI 및 연구진 계산

[표 5.2]에서 2031~2050년 개발될 국내 재생에너지 인프라의 상대적 비중에 관한 이 연구의 추정치를 확인할 수 있다. 여기서도 녹색에너지전략연구소 소속 권필석 박사의 자문을 바탕으로 추정치를 도출했다. [표 5.2]에서 볼 수 있듯이, 2031~2050년 태양광 투자가 전체의 46%에 해당할 것이라고 가정했다. 여기에서 육상, 지역공동체, 상업용, 주택용 태양광 사업이 25%, 육상 발전소급 태양광 사업이 18%, 해상 발전소급 태양광 사업이 3%를 차지할 것이다. 2031~2050년 전체 청정 재생에너지 투자에서 풍력 관련 투자가 49%를 차지할 것으로 가정했으며, 이 중에서 해상 사업이 23%, 육상 사업이 26%다. 전체 재생에너지 관련 투자의 나머지 5%는 다시 저배출 바이오에너지, 조력, 소규모 수력, 지열 발전으로 균등하게 나뉜다.

**<표5.2>**  
**한국의 청정 재생에너지 투자 비율에 대한 가정 (2031~2050년)**

<b>태양광 투자</b>	<b>46%</b>
태양광 (육상, 지역공동체, 상업용, 주택용)	2.5%
태양광 (발전소급 육상 태양광)	2,479조 원
태양광 (발전소급 해상 태양광)	3%
<b>풍력 투자</b>	<b>49%</b>
육상 풍력	23%
해상 풍력	26%
<b>추가 재생에너지 투자</b>	<b>5%</b>
저배출 바이오에너지	1.25%
조력	1.25%
소수력	1.25%
지열	1.25%

그런 다음 [표 5.3]에서 한국이 2050년까지 화석연료 소비량 제로, 이에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량 제로에 도달하기 위한 간단한 시나리오를 제시했다. 이 시나리오의 핵심 특징은 다음과 같다.

1. 한국의 에너지 집약도는 2030년 GDP 1,000조원당 3.1 Q-BTU에서 1.7 Q-BTU로 감소한다. 이는 한국 경제 전반에 걸쳐 평균 에너지 효율이 45% 개선되었음을 나타내며, 2031~2050년 매년 약 3.0% 개선이 이루어진다는 뜻이다.
2. 또한 이 연구에서는 이러한 에너지 효율성 개선으로 10%의 리바운드 효과가 발생한다고 가정했다. 즉, 2050년 기준 한국의 GDP가 약 4,000조 원이고 에너지 집약도가 1.7이라고 했을 때, 리바운드 효과를 제외하면 2050년 한국의 총 에너지 소비량은 6.7 Q-BTU라는 결론이 나온다. 하지만 10%의 리바운드 효과를 감안하면 2050년 총 에너지 소비량은 7.3 Q-BTU다.
3. 모든 화석연료 소비는 2050년까지 단계적으로 중단될 것이다. 이것이 한국이 2050년 CO<sub>2</sub> 배출 제로를 달성하는 방법이다.
4. 이 연구에서는 정부 계획에 따라 국내 원자력 에너지가 2031~2050년 0.6 Q-BTU로 감소할 것으로 가정했다.
5. 모든 화석연료 에너지가 2050년까지 단계적으로 폐지되고, 원자력 에너지 공급이 0.6 Q-BTU로 감소되기 때문에, 2050년 경제의 총 에너지 수요인 7.3 Q-BTU 가운데 6.7 Q-BTU는 청정 재생에너지원으로 공급할 것이라는 결론에 이르게 된다. 표 5.3의 11~16행 수치는 표 5.2에서 보고한 총 재생에너지에서 각 에너지원이 차지하는 비중을 나타낸다. 즉, 태양광이 46%, 풍력이 49%, 그리고 기타 재생에너지원이 나머지 5%를 공급한다.

<표 5.3>

한국의 에너지 소비 및 배출량:  
2030 및 2050년 예상

투자 부문	1) 2030 (청정 에너지 투자 프로그램 진행 시)	2) 2050 (청정 에너지 투자 프로그램 진행 시)
1) 2020년 실제 GDP	2,419조 원	3,964조 원
2) 에너지 집약도 (Q-BTU 소비량/GDP 1,000조 원)	3.1	1.7
3) 에너지 소비량 (Q-BTU)	7.9	7.3 (= 효율성 증대 6.7 + 리바운드 효과 0.6)

에너지 공급 믹스

4) 비재생에너지 및 바이오에너지 (Q-BTU=5~9행)	5.1	0.6
5) 석유	1.4	0
6) 석탄	1.4	0
7) 천연가스	1.2	0
8) 원자력	1.1	0.6
9) 고배출 바이오에너지	0.02	0
10) 청정 재생에너지 (Q-BTU=3행-4행)	2.8	6.7
11) 태양광	1.8	3.1
12) 풍력	0.8	3.2
13) 수력	0.05	0.1
14) 조력	0.05	0.1
15) 저배출 바이오에너지	0.05	0.1
16) 지열	0.05	0.1

배출량

17) 총 CO <sub>2</sub> 배출량 (백만 톤)	350	0
18) 배출집약도 (소비 Q-BTU 당 CO <sub>2</sub> 배출량 = 17행/3행)	44.3	0

출처: 비재생에너지 및 원자력: KEEI(2021), '총 1차에너지 공급'표 참고. 재생에너지: 미국 EIA(일자 미표기) '국제 -- 한국'

[표 5.4]에서는 한국이 2050년까지 에너지 집약도 1.7에 도달하고, 재생에너지 공급을 2030년 2.8 Q-BTU에서 6.7 Q-BTU로 높이기 위해 2031~2050년 투자해야 할 금액을 예상했다. [표 5.4]의 패널 A에서 볼 수 있듯이, 에너지 집약도를 GDP 1,000조원당 3.1Q-BTU에서 1.7 Q-BTU로 내리기 위해서 필요한 총 비용은 196조 원으로 예상된다. 이는 2031~2050년 연평균 10조 원, 또는 20년 동안 평균 GDP의 약 0.3%를 지출하는 것과 같다.

패널 B에서는 2031~2050년 청정 재생에너지에 대한 투자를 비교해 계산했다. 2030년 청정 재생에너지 공급량은 2.8 Q-BTU가 될 것이다. 이는 2050년까지 3.8 Q-BTU의 청정 재생에너지 순확대가 필요하다는 의미다. 패널 B의 3~6행에서 볼 수 있듯이, 이렇게 더 큰 청정 재생에너지 생산능력을 확보하기 위해서는 연평균 35조 원 수준의 투자가 필요하며, 이는 2031~2050년 국가 평균 GDP의 약 1.1%에 해당한다.

패널 C에서는 2050년 한국이 탄소중립을 달성하기 위해 필요한 이와 같은 내용을 정리했다. 총비용은 886조원으로, 2031~3050년 연평균 44조 원에 달할 것으로 추산된다. 이러한 연간 비용이 2031~2050년 중간 시점인 2040년 GDP에서 차지하는 비중은 1.4%다. 위에서 언급했듯이 이러한 수치는 2030년까지 국내 CO<sub>2</sub> 배출량을 3억 5,000만 톤으로 끌어내리기 위해 2022~2030년에 투자해야 하는 비용보다 크게 낮은 수준이다. 해당 비용은 2022~2030년 국가 평균 GDP의 약 3.6%를 차지할 것으로 예상된다.

**<표 5.4>**  
2031~2050년 한국의 청정 에너지 투자 프로젝트

A) 에너지 효율 관련 투자	
1. 2050 에너지 집약도	GDP 1,000조 원당 1.7 Q-BTU (2030년 GDP 1,000조 원당 3.1 Q-BTU에서 45% 개선)
2. 총 에너지 소비량	7.3 Q-BTU (6.7 Q-BTU = GDP 3,964조 원 x 집약도 1.7 + 리바운드 효과 0.6 Q-BTU)
3. 2030년 집약도 기준 총 에너지 소비량	12.3 Q-BTU (=GDP 3,964조 원 x 집약도 3.1)
4. 리바운드 효과 제외 2030년 집약도 대비 효율성 증대	5.6 Q-BTU (= 리바운드 효과 0.6 Q-BTU를 제외한 12.3 Q-BTU - 6.7 Q-BTU)
5. 리바운드 효과 적용 시 2030년 대비 에너지 절감	5 Q-BTU (= 12.3 Q-BTU - (리바운드 효과 제외 소비량 6.7 Q-BTU + 0.6 Q-BTU))
6. 효율성 증대 관련 Q-BTU 당 평균 투자 비용	Q-BTU당 35조 원
7. 효율성 증대 비용	196조 원 (= 35조 원 x 절감량 5.6 Q-BTU)
8. 2031~2050년 연평균 비용	10조 원 (= 196조 원 / 20년)
9. 2040년 GDP에서 연평균 효율성 증대 비용이 차지하는 비중(%)	0.3% (= 10조 원 / 3,097조 원)

<b>B) 청정 재생에너지 관련 투자</b>	
1. 총 필요 재생에너지 공급량	6.7 Q-BTU (= 2050년 총소비량 7.3 - 원자력 공급 0.6)
2. 2030년 수준 대비 재생에너지 공급 확대	3.9 Q-BTU (= 6.7 Q-BTU - 2030년 청정 재생에너지 공급량 2.8 Q-BTU)
3. 재생에너지 공급 확대 관련 Q-BTU 당 평균 투자 비용	Q-BTU당 177조 원 (= 3.9 Q-BTU x GDP 177조 원)
4. 재생에너지 공급 확대 비용	690조 원 (= 리바운드 효과 0.6 Q-BTU를 제외한 12.3 Q-BTU - 6.7 Q-BTU)
5. 2031~2050년 사이 연평균 비용	35조 원 (= 690조 원/20년)
9. 2040년 GDP에서 연평균 신재생에너지 공급 확대 비용이 차지하는 비중(%)	35조 원 (= 690조 원/20년)
<b>C) 총 청정 에너지 투자액: 효율성 + 청정 재생에너지</b>	
1. 총 청정 에너지 투자액	886조 원 (= 에너지 효율성 196조 원 + 재생에너지 690조 원)
2. 연평균 투자액	44조 원 (= 886조 원/20년)
3. 2040년 GDP에서 연평균 투자액이 차지하는 비중	1.4% (= 3.9 Q-BTU x GDP 177조 원)
4. 총 에너지 절감량 또는 청정 재생에너지 설비용량 확대	8.9 Q-BTU (= 리바운드 효과를 제외한 에너지 절감량 5 Q-BTU + 청정 재생에너지 공급 확대 3.9 Q-BTU)

출처: 표 5.1, 5.2, 5.3.

## 2031~2050년 투자를 통한 고용 창출

에너지 효율과 청정 재생에너지 관련 투자를 통한 일자리 창출에 관한 예측은 [표 5.5]와 [표 5.6]에서 확인할 수 있다. 일자리 수 추정 방법은 3장에서 제시한 것과 동일하다.

[표 5.5]에서 볼 수 있듯이, 투자금 대비 일자리 창출 비율이 3장에서 설명한 수준으로 유지된다고 가정할 때, 에너지 효율 관련 투자를 통해 2031~2050년 연평균 약 13만 1,000개의 일자리가 생겨날 것으로 추정된다. [표 5.6]에서 따르면 2031~2050년 재생에너지 투자로 창출될 일자리는 총 34만 6,980개에 달할 것으로 보인다.

**<표5.5>**

에너지 효율 관련 투자를 통해 연간 창출되는 일자리 수 (2031~2050년)  
연평균 에너지 효율 투자 10조 원을 통한 일자리 창출

에너지 효율 관련 투자에 대한 가정

- 건물 에너지 효율화 20%
- 산업 에너지 효율성 20%
- 전력망 개선 20%
- 대중교통 확대/개선 20%
- 배출 제로 차량 보급 확대 20%

	투자액	직접 일자리	간접 일자리	직접+간접 일자리	유도 일자리 (직접+간접의 40%)	직·간접일자리 +유도일자리
건물에너지효율화	2조 원	12,000	11,200	23,200	9,200	32,400
열병합 발전을 포함한 산업 에너지 효율성	2조 원	9,400	8,200	17,600	7,000	24,600
전력망 개선	2조 원	7,000	8,200	15,200	6,000	21,200
철도를 포함한 대중교통 확대/개선	2조 원	16,200	7,600	23,800	9,600	33,400
고효율 자동차 보급급 확대	2조 원	4,200	9,600	13,800	5,600	19,400
<b>총</b>	<b>10조 원</b>	<b>48,800</b>	<b>44,800</b>	<b>93,600</b>	<b>37,400</b>	<b>131,000</b>

출처: 표 5.4와 3.1 참고.

**<표5.6>**

청정 재생에너지 관련 투자를 통해 연간 창출되는 일자리수 (2031~2050년)  
연평균 35조 원의 청정 재생에너지 투자 시 창출되는 일자리 수

에너지 효율 관련 투자에 대한 가정

- 25% 태양광, 육상, 지역공동체, 상업용, 주택용
- 18% 발전소급 육상 태양광
- 3% 발전소급 해상 태양광
- 26% 육상 풍력
- 1.25% 저배출 바이오에너지
- 1.25% 조력
- 1.25% 소수력
- 1.25% 지열 에너지

	투자액	직접 일자리	간접 일자리	직접+간접 일자리	유도 일자리 (직접+간접의 40%)	직·간접일자리 +유도일자리
태양광:육상 지역공동체,상업용, 주택용규모	8.8조 원	25,520	29,040	54,560	22,000	76,560
발전소급 육상 태양광	6.3조 원	17,640	19,530	37,170	15,120	52,290
발전소급 해상 태양광	1.1조 원	2,750	3,080	5,830	2,310	87,480

해상 풍력	8.1조 원	29,160	33,210	62,370	25,110	99,190
육상 풍력	9.1조 원	32,760	38,220	70,980	28,210	19,400
저배출 바이오에너지	0.4조 원	5,040	1,440	6,480	2,600	9,080
조력	0.4조 원	1,320	1,440	2,760	1,120	3,880
소수력	0.4조 원	1,960	1,640	3,600	1,440	5,040
지열	0.4조 원	2,040	1,760	3,800	1,520	5,320
총	35조 원	118,190	129,360	247,550	99,430	346,980

출처: 표 5.4와 3.3 참고.

## 2031~2050년 화석연료 수입의 단계적 폐지를 통한 고용 창출

2장에서 논의했듯이, 한국 경제가 화석연료 에너지 수입을 단계적으로 폐지하고, 국내 생산 재생에너지에 대한 의존도를 높여감에 따라 국내 고용 시장에 상당한 긍정적인 영향을 가져올 것이다. 이러한 고용 증가는 시간이 지남에 따라 누적적으로 늘어날 것이다. 표 3.11에서 제시한 예시 모델을 통해, 화석연료 수입이 2022년 GDP의 3.8% 수준에서 2030년 2.1%로 떨어짐에 따라 연평균 약 6만개의 일자리가 생겨날 것을 알 수 있었다. 여기에서도 동일한 분석 틀에 따라 화석연료 수입이 2031년 2.1%에서 2050년 0으로 꾸준히 감소할 때의 영향을 설명했다. 이러한 영향은 표 5.7에 요약하였으며, 계산 전체는 부록 2에서 확인할 수 있다.

[표 5.7]에서 볼 수 있듯이, 한국이 화석연료 수입을 단계적으로 중단함에 따라 2031~2050년 고용 시장에 매우 큰 영향이 있을 것으로 보인다. 이는 2031~2050년 한국의 화석연료 에너지 수입이 BAU 가정에 따른 고정값인 GDP의 3.8% 수준에 비해 꾸준히 감소한 결과다. 청정 에너지 프로그램의 가정에 따르면, 국내 화석연료 에너지 수입은 2031~2050년 GDP의 2.1%에서 0으로 떨어질 것이다. GDP가 매년 2.5%씩 꾸준히 성장하는 와중에도 이러한 감소는 발생할 것이다.

[표 5.7]에서 볼 수 있듯이, 2031~2050년 연평균 약 51만 4,000~67만 4,000개의 일자리가 창출될 것이다. 편차는 해당 기간 노동생산성이 매년 1.5%씩 증가한다는 것을 가정하느냐 마느냐에 따라 생긴 것이다. 사업의 마지막 해, 즉 화석연료 수입이 0으로 떨어지는 2050년에는 1.5%의 생산성 증가를 적용하는지 여부에 따라 화석연료 수입의 단계적 폐지로 인한 일자리 창출 규모가 약 92만~120만 개에 달할 것이다. 생산성 증가율의 감안 여부와 상관없이, 화석연료 에너지 수입의 단계적 중단으로 인해 2031~2050년 추가되는 일자리는 같은 기간 에너지 수입 대체 1 단계에 따라 창출되는 평균 약 6만개의 일자리보다 10배 가량 많을 것이다. 이토록 훨씬 큰 규모의 고용이 발생하는 이유는 시간이 지남에 따라 GDP가 확대되고, 동시에 GDP에서 화석연료 수입 지출이 차지하는 비중은 줄어들기 때문이다. 이로 인해 전반적으로, 화석연료 에너지 수입이 GDP의 3.8%를 고정적으로 차지하는 BAU 시나리오와 비교할 때, 2031년부터 2050년까지 한국의 화석연료 에너지 수입의 단계적 중단은 청정 에너지 전환으로 인해 발생하는 일자리의 가장 큰 창출원이 될 것이다.



<표 5.7>

한국 에너지 소비량 및 CO<sub>2</sub> 배출량

BAU 유지 시 2031년 화석연료 에너지 수입 비용	GDP의 3.8%	
청정 에너지 프로그램 실행 시 2031년 화석연료 에너지 수입 비용	GDP의 2.1%	
2050년까지 화석연료 에너지 수입 제로를 달성하기 위해, 2031~2050년 절감해야 하는 연평균 화석연료 에너지 수입 비용	GDP 대비 수입률 기준 매년 0.11%p	
<b>일자리 창출의 영향</b>		
	노동생산성 고정 시	연간 노동생산성 성장률이 1.5%인 경우
2031~2050년 청정 에너지 프로그램을 통한 일자리 창출(연간 화석연료 수입이 GDP의 3.8%로 고정된 BAU 대비)	674,123	513,560
2031~2050년 청정 에너지 프로그램을 통한 일자리 창출(연간 화석연료 수입이 GDP의 3.8%로 고정된 BAU 대비)	120만	921,800

출처: 자세한 계산은 부록 2 참고.

[표 5.8]에서는 국내 CO<sub>2</sub> 배출량을 2030년 3억 5,000만 톤에서 2050년까지 제로로 낮추는 전환 사업 가운데, 2031~2050년의 고용 영향 전체를 취합했다. [표 5.8]의 수치에는 3장에서 설명한 조림 사업의 크지는 않지만 꾸준한 고용 효과도 포함되어 있다.

<표 5.8>

복합 경로를 통한 연평균 일자리 창출 수 (2031~2050)

- 에너지 효율 및 재생에너지 투자
- 조림사업
- 화석연료 에너지 수입의 단계적 폐지

	생산량 대비 고용률 고정 시 일자리 창출 수	연 1.5%의 노동생산성 증가 반영 시 일자리 창출 수
에너지 효율 및 재생에너지 투자: 48조 원/년	477,980	364,130
조림 투자: 631조 원/년	11,930	9,090
화석연료 에너지 수입의 단계적 폐지: 평균 수입 감소액 65조 원/년	674,123	513,560
총 일자리 창출	120만	90만

2020년 국내노동인구에서 이 분야 일자리 창출이 차지하는 비중 (노동인구 2,840만 명)	4.2%	3.2%
--	------	------

출처: [표 3.9], [표 5.5], [표 5.6], [표 5.7].

해당 사업을 통해 창출될 일자리는 연평균 약 9,000~1만 2,000개로 추정된다.

종합해 볼 때, 일자리 수 증가의 평균치는 약 90만~120만개 사이일 것으로 예상된다. 추정치에 편차가 있는 것은 노동생산성이 고정되는 것을 가정한 경우와 연평균 1.5% 성장할 것이라고 가정한 경우, 두 가지를 고려했기 때문이다.

이러한 고용의 증가폭은 사업이 진행됨에 따라 2022~2030년 발생하리라 예상한 연간 약 80만~85만개의 일자리 보다 조금 더 큰 수준이다. 2020~2030년 한국의 CO<sub>2</sub> 배출량은 6억 3,100만 톤에서 3억 5,000만 톤으로 줄어든 것이다. 본 연구의 모델링 방식에 따르면 배출량을 3억 5,000만 톤으로 줄이기 위해서는 2021~2030년 청정 에너지 투자 규모가 GDP의 약 3.6%가 되어야 한다. 또 2050년까지 탄소중립에 도달하기 위해서는 2031~2050년 평균적으로 GDP의 약 1.4% 정도만 투자하면 된다. 그런데, 2030년~2050년의 평균 고용 증가폭은 2020~2030년의 그것보다 클 것이다. 이 보고서의 시나리오에 따르면, 청정 에너지 투자액이 국가 전체 경제활동에서 차지하는 비중이 감소해도, 수입 화석연료 에너지를 국내에서 생산된 청정 에너지로 대체함에 따른 고용 효과는 시간이 지남에 따라 더 큰 영향을 발휘한다.

전반적으로, 2031~2050년의 지속적인 고용 증가의 영향은 2022~2030년에 비해 크지는 않더라도 비슷한 수준일 것이다. 적어도 2035년까지는 한국의 노동인구가 늘지 않고 도리어 줄어든 것이라는 최근의 일부 예측을 따르더라도 마찬가지일 것이다.<sup>73</sup> [표 5.8]에서는 한국의 노동인구가 2020년의 2,840만 명 수준에 머무를 것이라는 5행의 가정을 반영한 노동인구 예측을 확인할 수 있다. 이러한 가정에 따르면, 탄소중립 사업은 전체 노동인구에 3.2~4.2%를 추가해, 일자리 기회에 미치는 영향이 상당함을 알 수 있다. 실제로 한국의 탄소중립 사업은 2031~2050년 고용 기회를 확대함에 따라, 결과적으로 더 많은 인구가 성공적으로 일자리를 확보할 수 있도록 만들 것으로 보인다.

## 2031~2050년 고용 감소, 노동자 실직, 전환 지원

[표 5.9]와 [표 5.10]에서는 4장에서 했던 것과 동일한 계산법을 사용해 한국의 청정 에너지 전환으로 인한 2031~2050년 일자리 감소와 실직자수를 추정했다. 4장에서와 마찬가지로, 화석연료 부문의 지속적인 축소([표 5.9])와 국내 자동차 제조업이 내연기관차에서 제로 배출차로 전환([표 5.19])함에 따른 일자리 감소와 실직을 계산했다.

또한 여기에 2031~2050년 국내 원자력 에너지 산업의 축소도 반영했다. 2장에서 논의했듯이, 2050년에는 원자력 에너지 발전량이 2022년의 약 45% 수준으로 감소할 것으로 가정했다. 이러한 원자력의 단계적 폐지의 영향은 [표 5.9]의 4열에서 확인할 수 있다.

[표 5.9]를 보면 화석연료와 원자력 에너지 부문이 2031~2050년 단계적으로 폐지됨에 따라, 2,951명의 노동자가 일자리를 잃을 것임을 알 수 있다. 이러한 실직자수는 2031~2050년 화석연료와 원자력이 단계적으로 폐지됨에

따라 연평균 4,387개의 일자리가 사라지고, 같은 기간 연평균 1,436명의 노동자가 자발적으로 퇴직할 것이라는 추산을 통해 도출했다.

[표 5.10]에서 한국 자동차 산업이 2035년까지 완전히 제로 배출차 제조로 전환한다는 가정 하에, 2031~2035년 실적해 새 일자리가 필요한 내연기관차 제조 관련 노동자의 수를 계산했다. 자발적으로 경제 활동을 중단하는 노동자가 매년 약 3,200명임을 고려했을 때, 내연기관차 관련 실직자 수는 5년간 연평균 1만 1,498명으로 상당한 규모다. 2035년 이후에는 내연기관차 제조 축소로 인한 추가적인 실직은 없다. 따라서 2036~2050년 전체 실직자 수에는 화석연료와 원자력 에너지의 단계적 폐지에 따라 실직하는 연간 약 3,000명의 노동자만 포함된다.

4장에서 2022~2030년 실직하는 노동자와 관련해 논의했듯이, 2031~2050년 일자리를 잃는 모든 실직자는 공공 정책을 통해 충분한 지원을 받을 자격이 있다. 여기에는 내연기관차 제조 중단으로 인해 2031~2035년 실직하는 연간 약 1만 4,500명의 노동자와, 2036~2050년 국내 화석연료 산업이 단계적으로 폐지되고 원자력 발전 산업이 계속 축소됨에 따라 실직하게 되는 연간 약 3,000명의 노동자가 포함된다. 이들을 위한 지원에는 고용 보장, 임금 보험, 재교육 지원, 이사 지원 및 연금 보장이 포함되어야 한다. 이 연구의 계산에 따르면, 한국 경제는 청정 에너지 전환 사업으로 인해 2031~2050년 약 1백만 개의 일자리를 창출할 수 있다. 이러한 사실은 실직자를 위한 충분한 지원 사업을 가능케 할 것이다.

<표 5.9>

국내 화석연료 및 원자력 산업 노동자의 은퇴 및 실직에 따른 고용 감소(2031~2050년)

	1) 주유소 노동자	2) 전체 화석연료 노동자	3) 전체 화석 연료 관련 노동자 (1열+2열)	4) 원자력 노동자	5) 전체 노동자 (3열+4열)
1) 2030년 총 예상 노동인구/2050년까지 총 일자리 감소	34,650	43,154	77,804	9,942	87,746
2) 20년의 생산 감소 기간 연평균 일자리 감소 (=1행/20)	1,733	2,158	3,890	497	4,387
3) 2031~2050년 55세 이상이 되는 노동자 수 (=1행 x 2031년 기준 최소 36세였던 노동자 %*)	28,760 (전체 노동자의 83%)	32,366 (전체 노동자의 75%)	61,126	7,258 (전체 노동자의 73%)	68,384
4) 2031~2050년 55세 이상이 되어 경제활동을 중단하는 노동자 수 (=3행 x 노동인구가 아닌 55세 이상인 사람의 %**)	12,079 (55세 이상 노동자의 42%)	13,594 (55세 이상 노동자의 42%)	25,673	3,048 (55세 이상 노동자의 42%)	28,721
5) 20년의 과도기 동안 은퇴하고 경제활동을 중단하는 연간 노동자 수 (=4행/20)	604	680	1,284	152	1,436
6) 실직자 및 재취업이 필요한 노동자 수 (=2행-5행)	1,129	1,478	2,606	345	2,951

참고: \* 해당 백분율은 2019년 노동자 특성을 바탕으로 한 적정 근사치라고 가정한다.

\*\* 한국 통계청에 따르면, 2019년 기준 55세 이상 인구의 57.6%가 노동인구에 속하며, 42.4%는 노동인구에 속하지 않았다. 출처: [표 4.1]과 [표 4.4].

<표 5.10>

국내 자동차 내연기관차 제조 노동자의 은퇴 및 실직에 따른 고용 감소 (2031~2035년)

2030년 내연기관차 생산 병행에서 2035년까지 내연기관차 제로, 100% 제로 배출차 생산으로 5년에 걸쳐 전환

1) 2030년 기준 총 내연기관차 노동인구	14,711
2) 5년(2031~2035)의 과도기 동안 제로 배출차 일자리 증가를 제외한 내연기관차 일자리 감소수 (=1행x0.5) 가정: 내연기관차 일자리 감소의 50%는 제로 배출차 제조 일자리로 전환	73,556
3) 5년의 생산감소 기간 동안 연평균 일자리 감소 (=2행/5)	14,711
4) 2031~2035년 55세 이상이 되는 노동자수 (=1행x2031년 기준 최소 51세였던 노동자%*)	38,249 (= 전체 노동자의 26%)
5) 2031에서 2030년 55세 이상이 되어 경제활동을 중단하는 노동자수 (=4행x노동인구가 아닌 55세 이상인 사람의%**)	16,065 (= 55세 이상 노동자의 42%)
6) 5년의 과도기 동안 은퇴하고 경제활동을 중단하는 연간 노동자수 (=5행/5)	3,213
7) 실직자 및 재취업이 필요한 노동자수 (=3행-6행)	11,498

참고: \* 해당 백분율은 2019년 노동자 특성을 바탕으로 한 적정 근사치라고 가정한다.

\*\* 한국 통계청에 따르면, 2019년 기준 55세 이상 인구의 57.6%가 노동인구에 속하며, 42.4%는 노동인구에 속하지 않았다.

출처: [표 4.5]와 [표 4.6]

## Ⅵ. 국내 탄소중립 사업의 자금 조달 방안

이 연구는 한국이 2030년까지 배출량을 40% 이상 줄이고, 2050년까지 탄소중립을 달성하는 감축 목표를 달성하기 위한 길은 에너지원으로서 석유, 석탄, 천연가스 사용의 단계적 폐지라고 앞서 진단했다. 이에 따라 한국 경제는 경제 전반의 에너지 효율성 기준을 높이고 청정 재생에너지원 생산을 대대적으로 늘리기 위해서 대규모 투자를 단행해야 할 것이다.

구체적으로 이야기하자면, 한국 경제가 견조한 성장을 지속하면서 동시에 화석연료 소비를 단계적으로 중단하기 위해서는, 2022~2030년 연평균 약 78조원(상위 추정치 기준)을 에너지 효율 및 재생에너지 부문에 투자해야 하는 것으로 추산된다. 이는 8년에 걸쳐 국가 GDP의 약 3.6%를 투자하는 것과 같다. 총 78조원의 지출에서 약 64조 원(82%)은 재생에너지 공급 확대에 할당하고, 이 65조 원 가운데 65%는 태양광, 30%는 풍력 에너지 사업에 사용해야 할 것으로 예상된다. 나머지 14조 원(18%)은 건물 에너지 효율화, 산업 효율성 제고, 전력망 개선, 대중교통 확대, 제로 배출차 등 다양한 분야의 에너지 효율 개선 사업에 균등하게 투자될 것이다. 이러한 수준의 재생에너지 및 에너지 효율성이 갖춰지면 한국은 2030년까지 CO<sub>2</sub> 배출량을 45% 감축하면서, 동시에 연평균 2.5%의 GDP 성장률을 구가할 수 있다. 한국의 청정 에너지 전환 2단계(2031~2050)에 필요한 자금 조달과 관련해, 에너지 효율 및 재생에너지 사업에 필요한 투자금은 GDP의 약 1.4%에 해당하는 연평균 약 44조 원으로 예상된다. 2단계를 통해 한국은 2050년까지 탄소중립을 달성하고 동시에 GDP는 연평균 2.5%씩 지속적으로 성장할 수 있을 것이다.

이와 같은 에너지 효율 및 재생에너지 투자 외에도, 정부가 고려 중인 것과 비슷한 규모의 조림사업을 진행할 경우, 연간 약 6,310억 원의 투자가 필요할 것으로 추정된다. 또, 국내 원자력 발전 소비량이 2030년에는 현재의 85%, 2050년에는 현재의 45% 수준으로 떨어질 것이라는 가정을 전체 에너지 공급 예상에 적용했다. 국내 원자력 설비용량을 이렇게 축소할 경우 추가적인 대규모 투자는 필요하지 않을 것이다.

이번 장에서는 어떻게 하면 한국이 에너지 효율 및 재생에너지 투자 목표 달성에 필요한 재원을 동원할 수 있는지를 살펴본다. 즉, 2022~2030년에는 GDP의 3.6%, 2031~2050년에는 GDP의 1.4%에 해당하는 에너지 효율 및 재생에너지 투자금을 어떻게 조달할 것이냐가 문제다. 이 보고서에서는 우선 2022~2030년에 초점을 맞춘다. 2022~2030년에 필요한 자금은 연간 GDP의 3.6%로, 2031~2050년에 필요한 금액보다 훨씬 크다. 또한 여기에는 조림사업에 필요한 자금은 빠져 있다. 이러한 사업의 특징은 여전히 검토 중이나, 어쨌든 현재까지 정부가 내놓은 것과 비슷한 규모로 수행되는 사업에 필요한 자금은 국내에서 실행 가능한 청정 에너지 인프라를 구축하는데 필요한 자금보다 훨씬 적을 것이다.

### 정부 자금조달 계획

한국 정부는 대규모 국내 청정 에너지 투자 프로젝트를 촉진하기 위해 다양한 사업을 적극적으로 추진하고 있다. 정부는 2020년 12월 발표된 보고서 ‘대한민국 2050 탄소중립 전략’을 통해 사업의 목표와 접근법을 개괄적으로 설명하고 있다. 보고서의 “녹색투자 유도” 부분에서는 “성공적인 녹색전환을 위해서는 녹색산업 육성이 핵심 과제이다”라고 밝히고 있다.

성공적인 녹색전환을 위해서는 녹색산업 육성이 핵심 과제이다”라고 밝혔다. 녹색산업 육성을 위해서는 안정적인 자금 공급이 필요하며, 정부는 녹색산업에 대한 자금 조달 수단을 마련하여야 한다. 예를 들어, 태양광, LED 사업 등 녹색산업에 대해 대출 시 금리 우대 혜택을 부여하거나 녹색산업에 집중적으로 투자하는 펀드를 판매하는 것이 한 방법이며, 앞으로 이러한 녹색 투자의 규모와 종류를 더욱 확대할 필요가 있다.

우리나라는 녹색인증 기술, 대기오염 방지, 온실가스 감축 등 녹색 설비·기술 관련 투자 확대를 지속적으로 지원할 계획이다. 녹색산업 육성을 위해 정부 출자액과 민간 투자금을 결합하여 환경 산업체 및 해외 환경 프로젝트에 투자하는 정책 펀드를 지속적으로 조성하고, 펀드 투자를 마중물로 삼아 강소 환경기업을 스타 환경기업으로 육성하여 수출과 해외 진출 확대를 돕는 일도 중요하다. (p.109)

구체적인 수단으로 정부는 이미 녹색채권을 발행하는 프로그램을 마련했다. 녹색채권은 금리보조를 통해 친환경 사업의 자금을 지원하기 위해 발행하는 특별목적 채권이다. 2013년 한국수출입은행은 국내 최초로 녹색채권을 발행했다.

또한 한국은 경제 전반에 걸쳐 적극적으로 탄소가격제를 도입을 추진해왔다. 정부는 ‘2050 탄소중립 전략’ 보고서에서 “탄소가격은 경제주체가 온실가스를 감축할 유인을 제공하는 비용 효과적인 방법이다”라고 표현했다. (p.101) 현재까지 정부가 채택한 탄소가격제도는 배출권거래제(ETS)다. 탄소중립 전략 보고서에 따르면, 배출권거래제는 “국가 온실가스 감축 목표를 고려하여 배출허용총량을 결정하고 기업별 배출량에 따른 잉여 배출권 거래를 자유롭게 허용하여 여 기업의 저탄소 기술 투자를 촉진하고 있다.” (p.101) 한국은 아시아 국가 최초로 국가 단위의 배출권거래제를 도입했다.

기존 배출권거래제와 함께 한국정부는 화석연료 사용에 직접세를 부과하는 ‘탄소세’라는 보완책도 고려하고 있다. 탄소세가 도입될 경우, 현재의 화석연료 보조금 사업은 폐지될 것이다. 이러한 계획에 관해 탄소중립 전략 보고서에서는 “화석연료에 대한 조세는 저탄소 연료 전환을 촉진하는 긍정적 효과로 작용하는 반면, 보조금은 부정적 효과로 작용한다.”라고 이야기하고 있다. (p.101)

배출권거래제, 탄소세, 기존 화석연료 보조금 폐지의 3가지 정책에서 창출된 재원으로 정부는 청정 에너지 투자금을 조달할 수 있다. 이렇게 마련된 자금은 청정 에너지 사업에 대한 공공의 직접 투자나 민간 투자에 대한 보조금으로 사용할 수 있다. 이러한 목표 달성을 위해 정부는 2021년 5월, 2022년에 기후대응기금을 신설할 계획을 발표했다. 기후대응기금은 화석연료 보조금을 포함한 정부의 기존 예산에 있는 다른 계정 및 기금, 배출권거래제 및 미래의 탄소세 수익에서 자금을 확보할 예정이다.<sup>75</sup>

실제로 한국은 최근 국가 청정 에너지 전환을 위해 대규모 자금을 조달할 의지와 능력을 보여주었다. 유엔환경계획(UNEP)의 배출격차보고서(Emissions Gap Report 2021)에 따르면, 한국은 어떤 G20 회원국보다도 많은 코로나-19 구호 관련 자금을 녹색 투자에 할당했다. UNEP 보고서에 따르면, 한국은 코로나 구호 사업의 일환으로 GDP의 약 9%를 UNEP에서 “긍정적” 또는 “매우 긍정적”인 녹색 투자로 정의한 사업에 투자했다. 이러한 녹색 투자에는 전기차 보조금과 대중교통 현대화, 청정 에너지 인프라 투자, 에너지 효율성 제고, 자연자본 투자 및 청정 에너지 연구개발 사업 등이 있다.(UNEP 2021, 40~42페이지) UNEP에 따르면 다른 어떤 G20 회원국도 GDP의 5% 이상을 코로나 구호 사업의 일환으로 청정 에너지 사업에 투자하지 않았다.<sup>76</sup>

국제통화기금(IMF)에 따르면 한국은 국가 GDP의 약 6.4%를 코로나 구호에 직접 지출하고 있고, 추가로 GDP의 10%를 대출 보장 및 기타 형태의 민간 기업 지원을 위해 사용하고 있다.<sup>77</sup> 따라서 한국의 전체 코로나 구호 관련 투자는 GDP의 16% 이상을 차지하며, 이 중에서 정부의 녹색 투자 지원금은 전체 사업 포트폴리오 내에서 단일 항목으로는 가장 큰 액수다. 최근 코로나 위기의 경험에 비추어 봤을 때, 한국은 확실히 2022~2030년 GDP의

3.6% 이상을 조달해 지속적인 청정 에너지 투자 프로젝트를 진행할 재정적 역량이 있음을 알 수 있다.

그럼에도 국회 예산정책처의 의뢰로 작성된 정부의 녹색 재원마련 방안에 대한 2021년 분석 보고서(저자: 조하현)에서는 정부의 배출량 감축 목표를 달성하기에 현재까지의 재정지원 수준이 부족하다는 결론을 내리고 있다. 저자는 보고서에서 다음과 같이 밝혔다.

“2050 탄소중립은 중장기적인 투자가 필요한 부분으로서 재정지출 이외에 민간 부문의 투자를 장려할 수 있는 방안이 마련되어야 하나 그린뉴딜이나 기후대응기금 등 관련 재정정책들의 재원이 재정지출에 대한 비중이 큰 것으로 보인다. 2022년 정부 전체의 탄소중립 예산이 12조 원 규모이며 2050 탄소중립 실현 및 2030년에 중간목표를 달성하기 위해서 탄소중립 예산의 규모는 매년 커질 수 있다. 정부의 재정지출에만 의존하는 대신, 민간부문의 투자를 이끌어내는 등 다양한 재원을 확보할 필요가 있다. 2050 탄소중립 실현을 위해 다양한 재정지출이 계획되어 있지만 그에 반해서 재원마련 부분에 대해서는 미흡하거나 불명확하다.”(p.118)

위의 분석에 따르면, 정부는 청정 에너지 투자에 대한 재원 지원을 확대할 수 있는 여러 방안을 고민해야 할 것이다. 이러한 재원 확대는 직접적인 공공 자금조달을 늘리거나 민간 투자를 유인하는 방법을 통해 가능하다.

## 청정 에너지 재원 마련 프로그램 사례

이해를 돕고자 여기에서는 현실적으로 정부가 2022~2030년 평균 GDP의 3.6%인 78조 원을 조달할 수 있는 여러 방안을 소개하고자 한다. 물론 다른 정책 조합을 바탕으로 하는 색다른 제안도 효과적일 수 있다.

이 연구에서는 정부의 신설 기후대응기금의 규정에 따라 운영 가능한 3가지 새로운 공공 수익원을 제안한다. 이들 재원은 정부가 진행 중인 녹색채권 사업의 틀 안에서 민간 기업에 보조금 형태로 제공되거나, 직접적인 공공 투자 지원에 할당될 것이다.

여기서 소개하는 3가지 새로운 공공 수익원은 1) 기존의 정부 화석연료 보조금을 청정 에너지 투자 보조금으로 전환 2) 국방비의 일부를 청정 에너지 투자로 전환 3) 탄소세 입법 등이다. 탄소세에서 발생하는 세수는 대부분 국민에게 다시 환급되겠지만, 이러한 세수의 상당 부분을 청정 에너지 투자 지원에 사용할 수 있을 것이다. 이 연구에서는 세 가지 재원을 가장 작은 규모의 추가 재원(화석연료 보조금의 청정 에너지 재원으로의 전환)에서부터 가장 큰 재원(환급 연계된 탄소세)까지 간단하게 하나씩 살펴본다. 그런 다음 이러한 신규 공공 수익원이 민간 청정 에너지 투자를 장려하는 녹색채권 사업 지원에 어떻게 사용될 수 있는지 논의한다.

## 화석연료 보조금을 청정에너지 투자로 전환

OECD, IMF, IEA에서 진행한 연구에 따르면, 한국은 2020년 기준 총 1.6조 원(14억 달러) 가량을 화석연료 보조금으로 지급했다. 이 중에서 지금까지 가장 큰 비중(약 83%)을 차지한 것은 국내 석유 소비 지원금이었으며, 나머지는 대부분 석탄 소비 지원금이었다. 천연가스 보조금은 매우 작다.<sup>78</sup>

이 1.6조 원을 에너지 효율 및 재생에너지 투자로 전환하면, 2022~2030년 필요한 연평균 투자금인 78조 원의 약 2%를 확보할 수 있다. 그러나 녹색채권 제도를 활용하면, 상대적으로 적은 재원을 가지고 훨씬 더 큰 규모의 민간 투자를 지원할 수 있다. 물론, 화석연료 보조금 폐지를 통해 정부는 화석연료를 장려하는 동시에 2050년까지 탄소중립 달성을 시도하는 모순된 정책에도 종지부를 찍을 수 있다.



## 국방비의 10%를 청정 에너지 투자로 전환

2022년 한국의 국방비는 54.7조 원(463억 달러) 규모다. 이는 2018년 국방 예산에 비해 물가상승률 반영 가치 기준 약 22% 증가한 액수이며,<sup>79</sup> 연평균 증가율로 환산하면 2018년 이후 국방비는 매년 약 5% 증가했다.

한국을 비롯한 모든 국가가 국방비의 상당 부분을 청정 에너지 투자 재원으로 전환해야 하는 근거는 명확하다. 국방비의 기본 목적은 국민에게 더 큰 안전을 제공하는 것이 원칙이기 때문이다. 시간이 갈수록 기후위기가 악화된다는 것은 세계 각지의 대다수 사람들이 점차 더 불안정한 처지에 놓이게 된다는 의미고, 우리가 누리고 있는 삶이 앞으로는 불가능한 것이 될 수도 있다는 뜻이다.

특히 한국의 경우, 2020년 국방비 규모가 불과 4년 전에 비해 약 22% 증가했다는 사실은 해당 예산의 10%를 청정 에너지 투자로 돌리는 것이 어렵지 않은 일임을 시사한다. 즉, 5.5조 원의 재원을 정부의 기후대응기금에 추가할 수 있다는 의미다. 이는 2022~2030년 청정 에너지 투자에 필요한 연평균 추산액인 78조 원의 7.1%에 해당하는 금액이다. 5.5조 원이라는 숫자는 해마다 청정 에너지 투자에 대대적인 자금이 투입되는 것을 의미한다. 화석연료 보조금의 전환과 마찬가지로, 이러한 재원의 많은 부분을 민간 투자자에게 제공하는 녹색채권의 자원 조달에 활용할 수 있다.

## 환급과 연계된 탄소세

탄소 배출 부담금의 일종인 탄소세는 두 가지 경로로 청정 에너지 전환의 틀을 잡아줄 수 있다는 장점이 있다. 즉, 화석연료의 가격을 높여 화석연료의 소비를 막을 수 있고, 동시에 새로운 정부 세원이 될 수 있다. 적어도 탄소세로 거둬들인 세수의 일부는 청정 에너지 사업 지원에 사용될 수 있다. 그러나 탄소세는 저소득층과 중간 계층에 지나친 세 부담을 안겨줄 수 있다는 부작용도 있다. 저소득층과 중간 계층이 전기, 교통, 가정 난방용 연료에 더 많은 돈을 써야 하기 때문이다. 탄소세의 영향이 모든 계층에 동등하게 미치도록 하는 가장 간단한 방법은 균등 환급이다.

따라서 한국에 다음과 같은 세금 환급 프로그램을 제안한다. 2022년을 청정 에너지 투자 프로젝트의 원년으로 정하고, 탄소 1톤당 4만원의 낮은 세금에서 출발한다. 2022년 국내 배출량이 6억 3,100만 톤이라고 가정했을 때, 이 정도의 탄소세는 25.2조 원의 세수를 발생시킬 것이다. 석유 가격에 초점을 맞춰 탄소세가 소매 가격에 미치는 영향을 추산한다면, 휘발유 가격은 리터 당 약 0.26% 상승한다.<sup>80</sup> 그러므로 세금이 톤 당 4만원에서 시작할 경우, 휘발유 1리터당 소매 가격에 100원이 추가된다. 2022년 1월 기준, 국내의 리터당 평균 휘발유 가격은 1,632 원이다.<sup>81</sup>

따라서 톤당 4만원의 세금을 도입하면 국내 평균 휘발유가는 약 6% 오를 것이다.

여기서도 탄소세로 거둬들인 세수의 25%를 청정 에너지 투자의 재원으로 쓴다고 가정할 경우, 투자에 쓸 수 있는 금액은 6.3조 원에 달한다. 이는 2022~2030년 진행될 청정 에너지 투자 프로젝트에 필요한 연평균 78조 원의 약 8.1%에 해당하는 수치다.

이 세수는 기후대응기금으로 흘러 들어가게 될 것이지만, 적어도 그 일부를 녹색채권 보조금으로 민간 투자를 장려하는 데 사용할 수 있다.

국민에게 균등 환급되는 탄소세는 전체의 75%, 18.9조 원에 달할 것이다. 국민 한 사람당 약 37만원을 환급 받게 되는 것으로, 이로 인해 1인당 평균소득이 약 1.1% 증가한다.

[표 6.1]에서도 탄소세가 2022년 기준 4만원에서 시작해 2030년에는 7만 5,000원까지 점차 높아지는 동안



국내 CO<sub>2</sub> 배출량이 45% 감소되는 시나리오를 예로 들었다. 이러한 탄소세율의 증가와 함께 CO<sub>2</sub> 배출량이 2022년 631톤에서 2030년 350톤으로 감소하는 것을 확인할 수 있다. 결과적으로 탄소세가 거둬들이는 연간 세수는 전체 기간에 걸쳐 대개 안정적으로 유지된다. [표 6.1]에서 확인할 수 있듯이, 연평균 세수는 27.2조 원이다. 이중 25%인 6.8조 원이 기후대응기금에 사용될 것이다. 나머지 20.4조 원은 39만 2,000원의 균등 환급 형태로 전 국민에게 분배될 것이다. 탄소세가 높아지면서 화석연료 소비가 줄어들기 때문에, 국내 소비자가 직면하게 될 세 부담도 대개 안정적인 수준을 유지할 것이다.

**<표 6.1>**  
탄소세수  
2022~2030년 탄소세를 톤당 40,000원에서 75,000원으로 인상하는 시나리오

년	1) 연 배출량 (백만 톤 - 2030년 까지 45% 감축 가정)	2) 탄소세율 (CO <sub>2</sub> 배출 톤당 원)	3) 연간 세수 (= 1열 x 2)
2022	631	40,000원	25.2조 원
2023	596	44,375원	26.4조 원
2024	561	48,750원	27.3조 원
2025	526	53,125원	27.9조 원
2026	491	57,500원	28.2조 원
2027	455	61,875원	28.2조 원
2028	420	66,250원	27.8조 원
2029	385	70,625원	27.2조 원
2030	350	75,000원	26.3조 원
총	----	----	244.6조 원
연평균	490.6	57,500원	27.2조 원

출처: 2030년까지 배출량을 45% 점차적으로 감축하기 위한 사업을 바탕으로 한 예측

## 청정에너지 투자 자원 조달 프레임워크 요약

[표 6.2]에서는 2022~2030년 평균 청정에너지 투자액의 총계와 앞에서 설명한 청정에너지 투자를 위해 확대된 공공 수익원의 개요를 확인할 수 있다. 앞서 논의했듯이, 연간 총 78조원의 지출에는 재생에너지 투자금 64조 원과 에너지 효율 제고 관련 투자금 14조 원이 포함되어 있다. 3가지 새로운 수익원에는 1) 화석연료 보조금에서 전환된 1.6조 원, 2) 국방비에서 이전한 5.5조 원, 3) 탄소세수로 발생한 27.2조 원 (이 중 6.8조 원은 기후대응기금으로 투입)이 있다. 이를 통한 총수익은 연간 13.9조 원으로, 2022~2030년 청정 에너지 투자사업에 필요한 자금인 연간 78조 원의 약 18%에 해당한다.

투자에 필요한 나머지 약 64조 원은 2022~2030년 평균 GDP의 약 2.9%에 해당하며, 민간 투자를 통해 조달해야 한다. 앞에서 논의했듯이, 여러 방안을 조합해 이들 민간 투자자를 유인할 수 있다. 첫째, 대규모 녹색채권 보조금 사업이다. 위에 언급했듯이, 녹색채권 사업의 규모는 코로나19를 겪으며 도입된 금융지원 사업보다 훨씬 규모가 작지만, 민간 청정 에너지 투자에 주요한 도움을 줄 수 있다.

또한 고효율의 재생에너지를 장려하고 화석연료 소비를 막는 규제를 통해 추가적으로 민간 투자를 유인할 수 있다. 화석연료 보조금 폐지와 탄소세 도입 모두 확실히 도움이 될 것이다. 단, 탄소세율은 에너지 소비자의 행동에 영향을 줄 수 있도록 충분히 높게 설정해야 한다.

<p><b>&lt;표6.2&gt;</b>  <b>국내 청정 에너지 투자 자금조달 프레임워크 예시</b>          2020~2030년 평균 투자액:          공공 및 민간 투자 78조 원(평균 GDP의 3.6%)</p>	<p><b>청정 에너지 투자 분야</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 청정 재생에너지: 64조 원/년             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 태양광 65%/풍력 30%</li> </ul> </li> <li>• 에너지 효율: 14조 원/년</li> </ul> <p><b>공공 자금원: 13.9조 원</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 화석연료 보조금 전환: 1.6조 원</li> <li>• 국방 예산 10% 이전: 5.5조 원</li> <li>• 탄소세수: 6.8조 원</li> </ul> <p><b>민간 자금원: 64.1조 원</b> <i>민간 투자자 유인 정책</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 보조금 지원 녹색채권 대출</li> <li>• 규제             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 화석연료 보조금 폐지</li> <li>- 탄소세</li> <li>- 재생에너지 공급의무화(RPS)</li> </ul> </li> </ul>
---	---

민간 청정 에너지 투자를 유인하고 화석연료 소비를 막을 수 있는 또 다른 규제로 재생에너지 공급 의무화 (RPS)를 들 수 있다. 현재 한국의 청정에너지 정책에 이미 RPS가 포함되어 있다. 해당 정책에 따라 500MW 이상의 발전설비를 보유한 기업은 총생산전력 중 일정 비율을 재생에너지로 생산해야 한다. 2021년 12월 산업통상자원부는 재생에너지 의무 공급비율의 단계적 상향 계획을 발표했다. 2022년 현재 의무 비율은 12.5%이며, 2026년까지 단계적으로 25%까지 높일 예정이다.<sup>82</sup> 2026년에는 25%를 넘어서야 한다. 실제로, 한국이 2030년까지 배출량의 최소 40%를 감축하겠다는 목표를 달성하기 위해서는 2030년까지 재생에너지 공급비율을 45% 정도로 높여야 한다.

전체적으로 봤을 때, 예시를 통해 소개한 이들 정책을 종합할 경우, 2022~2030년 연평균 78조원(공공과 민간 투자 모두 포함)을 조달해 청정 에너지 인프라 건설할 수 있다. 청정 에너지 인프라 구축은 단일 프로젝트로서는 2050년까지 한국이 탄소중립을 달성하기 위한 가장 중요한 프로젝트다.

# 부록1

## 고용 추정 및 고용의 질과 노동자 특성에 대한 데이터 생성 방법

### 직간접 고용 산출에 사용된 방법 및 데이터 출처

재생에너지, 에너지 효율 제고, 또는 지속가능한 농업 부문에 대한 투자로 인한 고용 효과를 추정하기 위해 국가 산업연관표를 이용했다. 산업연관표는 각 분야 산업 간의 관계를 보여주는 국민계정체계로 보통 최종수요의 변화가 산업 생산과 고용에 미치는 영향을 분석하기 위해 사용되며, 개별 기업 정보를 취합한 국가 데이터를 바탕으로 작성된다. 산업연관표는 1930년대 바실리 레온티예프(Wassily Leontief)가 처음으로 개발한 이래로 고용 추산을 위해 폭넓게 사용되고 있다.<sup>83</sup>

밀러(Miller)와 블레어(Blair)(2009)는 산업산출표의 2가지 주요 가정이 고정계수와 고정투입비율이라는 점에 주목했다. 고정기술계수는 생산기술이 규모수익불변(constant return to scale)인 경우를 나타낸다. 고정비율은 산업  $j$ 의 생산에 대한 수요가 증가할 때도 산업  $j$ 는 모든 산업에서 동일한 투입 조합을 사용한다는 의미다. 기본 투입산출모형에서는 투입대체를 허용하지 않는다. 이러한 한계를 고려했을 때, 산업산출표는 경제의 현 상태를 연구하고 단기 예측을 하는 데 가장 적합하다. 따라서 본 연구진은 장기 예측에 산업산출표를 활용 시 주의를 기울일 필요가 있었다. 예를 들어, 규모수익불변의 가정은 산출량에 상대적으로 작은 변화가 있을 때만 유의미하다.

더욱이 투입산출 데이터는 특정 시점(예: 연례 인구조사)에 수집되므로, 정태적 데이터다. 따라서 동질성과 비례성뿐만 아니라 고정가격도 인지해야 했다. 시간이 흐름에 따라 투입 가격이 변화할 경우, 산업에서 비싼 투입을 더 저렴한 투입으로 대체할 것이라고 예상했다.

따라서 투입산출모형이 가지는 한계는 3가지 가정(동질성, 비례성, 고정 가격)으로 인한 것으로, 이로 인해 연구가 단순해진다. 그러나 이 모형의 강점은 모델의 투명성, 그리고 훨씬 더 많은 가정을 사용하는 더욱 복잡한 일반균형모형에 비해 비교적 가정의 수가 적다는 것이다.<sup>84</sup>

산업산출표는 다음의 세 가지 방식 중 하나로 사용된다. a) 현재의 경제상호작용 상태를 파악(정태적), b) 생산함수 또는 가격에 대한 가정을 수정하거나 최종수요를 변경(비교정태적), c) 기술변화를 반영하거나 자본 축적을 프레임워크에 도입해 경제의 확대를 허용.(동적) 본 연구에서는 비교정태분석 방식으로 재생에너지 및 에너지 효율에 대한 최종수요 증가에 따른 고용 효과를 살펴보았다.

현재 한국의 산업산출표에서는 ‘재생에너지’나 ‘에너지 효율’을 산업으로 명확히 구분하고 있지 않다. 그러나 이들 부문을 구성하는 활동은 투입산출모형을 구성하는 명확히 정의된 산업 부문에 포함되어 있다. 예를 들어 태양광 패널 제조를 위해 사용된 전자부품은 전기신호 장치 및 기타 전자부품 산업으로 분류되어 있다. 따라서 재생에너지 및 에너지 효율(REEE) 산업을 구성하는 여러 요소와 이들의 비중을 파악할 수 있다면, 재생에너지 및 에너지 효율 제품 및 서비스에 대한 수요 증가가 가져올 영향을 분석할 수 있다. 이러한 전략을 위한 방법론은 밀러와 블레어

(2009)의 논문에 제시되어있다. PERI 경제학자들은 다양한 연구와<sup>85</sup> 미 에너지부를 위한 컨설팅에서 이 방법론을 사용했다. 또한 PERI가 도출한 예상은 설문조사와 경제회복 및 재투자법(2009)의 에너지 관련 조항의 일부로 미 에너지부가 수집한 데이터를 통해 입증된 바 있다.

본 연구에서는 국가 산업산출표와 상품별 생산 대비 고용률을 사용해 고용 요건표를 구성했다. 레온티프 역계수행렬에 산업별 생산 대비 고용률을 곱하면 고용 요건표를 만들 수 있다. 즉, 특정 산업 또는 산업 집합의 제품이나 서비스에 대하여 일정한 최종수요 지출금액과 관련된 (직간접) 일자리 수를 확인할 수 있다.

위에서 논의했듯이, 한국의 산업산출표는 청정 에너지 산업을 명확히 구분하고 있지 않다. 그러므로 재생에너지와 에너지 효율과 관련된 다양한 부문을 대리하는 산업을 인위적으로 만들어야 했다. PERI의 과거 모델링 경험, 그리고 재생에너지 및 에너지 효율 제고 설비의 구성요소와 비용에 관한 다양한 논문을 바탕으로<sup>86</sup> 재생에너지와 에너지 효율 산업을 구성했다. 예상에 사용된 가중치는 [표 A.1]에서 확인할 수 있다.

---

## 데이터 출처

한국은행 데이터베이스(<https://www.bok.or.kr/eng/main/main.do>)에서 165개 부문에 대한 2018년 투입산출 행렬과 고용 관련 수치를 확보했다. 별도로 명기하지 않는 한 모든 일자리 수는 FTE(full-time equivalent) 기준이다.

---

## 고용승수

에너지 부문 관련 투자가 고용에 미치는 영향은 대개 생산 과정의 노동집약도에 따라 결정된다. 산업의 노동집약도는 생산액 10억 원당 노동자 수를 나타내는 생산 대비 고용률로 측정할 수 있다. 농업과 교육 같은 부문은 생산 대비 고용률이 높은 반면 제조 등의 부문에서는 낮은 수치를 보였다. 투입산출모형에서 도출한 고용승수는 특정 산업의 생산 대비 고용률일 뿐만 아니라 공급망 내 모든 산업의 고용승수다. 따라서 예를 들어, 풍력 고용승수는 풍력발전과 직간접으로 관련된 철, 하드웨어, 건설 등 모든 산업의 노동집약도를 구하는 함수다.

---

## 유발 고용의 추정

유발 효과란 초기 수요로 인해 발생한 추가근로소득(직간접 효과로 파악)이 경제의 다른 부문에서 지출될 경우 발생하는 추가 고용, 산출 및 부가가치를 일컫는다. 유발효과의 정도는 추가근로소득이 가계지출로 이어지는 방식, 그리고 가계지출 증가와 관련된 승수효과의 크기에 따라 달라진다.

유발효과는 대개 투입산출모형에서 가계 부문을 내생화해 추정한다. 여기서는 총 최종수요의 가계소비 벡터에 반영해, 급여(또는 부가가치)의 증가로 가계지출로 쓸 수 있는 자금이 늘어난다고 가정했다. 내생적 가계 모형을 사용하면 매우 큰 유발효과가 나오는 경우가 많다. 이는 부분적으로 내생적 가계 투입산출모형에 암시된 급여 지출 성향이 크기 때문이다.

그래서 본 연구에서는 투입산출 계정의 암시적 소비 함수에 의존하는 대신, 동적실증모형을 사용해 계량경제학적으로

실질총급여와 실질총개인소비지출 간의 관계를 예측했으며, 이를 통해 급여의 변화에 따라 가계 소비가 어떻게 반응하는지 더욱 정확하게 이해할 수 있었다. 그런 다음 추정된 관계를 기본 투입산출모형에 적용해 유발효과를 계산했다.

**<표A1.1>**  
에너지 효율 및 재생에너지 투자 프로젝트 관련 활동의 가중치

부문	산업	가중치
단열	건물 보수	100%
산업에너지 효율	전선 및 케이블	10%
	일반 목적용 기계 및 장비	20%
	기타 일반 목적용 기계 및 장비	10%
	기타 특정 목적용 기계 및 장비	10%
	제조 산업 생산시설 및 설비 건설	20%
	연구개발 서비스	30%
스마트 그리드	반도체 및 관련 기기	5.0%
	전자신호장치	7.5%
	기타 전자부품	12.5%
	기타 전기부품	12.5%
	전선 및 케이블	12.5%
	일반 목적용 기계 및 장비	12.5%
	기타 일반 목적용 기계 및 장비	12.5%
	일반 설비 건설	25.0%
대중교통	교통시설 건설	25.0%
	철도교통 서비스	20.0%
	도로교통 서비스	30.0%
	수상교통 서비스	5.0%
	항공교통 서비스	5.0%
	운송 관련 서비스	10.0%
	기타 운송 관련 서비스	5.0%
전기차	배터리	25.0%
	반도체 및 디스플레이 제조 기계	5.0%
	자동차	50.0%
	자동차 엔진 및 부품	10%
	연구개발 서비스	5.0%
	기타 과학, 기술, 전문 서비스	5.0%
바이오에너지	곡물 및 기타 식용 작물	12.5%
	기타 작물	12.5%
	임산물	17.5%
	농업, 임업, 어업 관련 서비스	12.5%
	원유 및 천연가스	12.5%
	제조 산업 생산시설 및 설비 건설	20.0%
	연구개발 서비스	12.5%

<표A1.1> (계속)

에너지 효율 및 재생에너지 투자 프로젝트 관련 활동의 가중치

부문	산업	가중치
태양광: 육상 지역공동체, 상업용 주택용	유리 제품	2.5%
	비철금속 잉곳	2.5%
	기타 가공금속 제품	5.0%
	반도체 및 관련 기기	10.0%
	전자신호장치	5.0%
	기타 전자부품	5.0%
	커패시터, 정류기, 송배전 장비	15.0%
	배터리	15.0%
	전선 및 케이블	10.0%
	전기 공급	5.0%
	기타 건설	20.0%
	연구개발 서비스	2.5%
	기타 과학, 기술, 전문 서비스	2.5%
태양광: 육상 발전소급	유리 제품	2.5%
	비철금속 잉곳	2.5%
	기타 가공금속 제품	5.0%
	반도체 및 관련 기기	12.0%
	전자신호장치	5.0%
	기타 전자부품	5.0%
	커패시터, 정류기, 송배전 장비	10.0%
	배터리	15.0%
	전선 및 케이블	8.0%
	전기 공급	10.0%
	기타 건설	20.0%
	연구개발 서비스	2.5%
	기타 과학, 기술, 전문 서비스	2.5%
태양광: 해상 발전소급	유리 제품	2.5%
	플라스틱 제품	3.0%
	비철금속 잉곳	2.5%
	기타 가공금속 제품	5.0%
	반도체 및 관련 기기	12.0%
	전자신호장치	5.0%
	기타 전자부품	5.0%
	커패시터, 정류기, 송배전 장비	10.0%
	배터리	15.0%
	전선 및 케이블	5.0%
	전기 공급	10.0%
	기타 건설	5.0%
	수상교통 서비스	10.0%
	연구개발 서비스	5.0%
	기타 과학, 기술, 전문 서비스	5.0%

<표A1.1> (계속)

에너지 효율 및 재생에너지 투자 프로젝트 관련 활동의 가중치

부문	산업	가중치
조력	기타 플라스틱 제품	5.0%
	금속 주물공장	5.0%
	구조용 금속제품 및 금속 탱크	10.0%
	금속 열처리 및 도금	2.5%
	기타 가공금속 제품	2.5%
	배터리	5.0%
	전선 및 케이블	5.0%
	엔진과 터빈	15.0%
	전기 공급	10.0%
	수도업	5.0%
	기타 건설	15.0%
	수상교통 서비스	10.0%
	연구개발 서비스	5.0%
	기타 과학, 기술, 전문 서비스	5.0%
지속가능한 농업	곡물 및 기타 식용 작물	10.0%
	채소 및 과일	15.0%
	기타 작물	5.0%
	소	10.0%
	기타 축산업	15.0%
	수산물	10.0%
	농업, 임업, 어업 관련 서비스	10.0%
	비료 및 농약	5.0%
	농기계 및 건설기계	10.0%
	기타 건설	5.0%
	연구개발 서비스	2.5%
	기타 과학, 기술, 전문 서비스	2.5%
육림업	임산물	25.0%
	농업, 임업, 어업 관련 서비스	25.0%
	농기계 및 건설기계	20.0%
	기타 건설	20.0%
	연구개발 서비스	2.5%
	기타 과학, 기술, 전문 서비스	7.5%

출처: 부록 1 본문.

첫 단계는 개인소비지출과 급여 간 관계의 추정이다. 이를 위해 다음의 동적 실증모형에서 출발한다.

$$C_t = \alpha + \beta C_{t-1} + \gamma E_t + \epsilon_t$$

위의 공식에서,  $C_t$ 는 기간 't' 동안의 실질가계소비지출,  $E_t$ 는 실질 급여를 나타내고,  $\epsilon_t$ 은 확률 오차항이다. 본 연구에서는 급여의 변화가 개인소비지출에 미치는 영향을 알고자 했으므로, 일차차분으로 모형을 분석했다. 일차차분을 사용하면 변수를 정상성으로 만들 수 있다. (ADF(augmented Dickey-Fuller) 단위근 검정 기반) 가계소비지출에 대한 GDP 디플레이터를 사용해 명목값을 실질변수로 변환했다. 연도별 시계열로 1970~2019년까지를 분석하며, 모든 데이터는 국가통계포털에서 가져왔다.

예측모형은 다음과 같다.(계수 반올림)

$$C_t = 3670.75 - 0.07C_{t-1} + 0.77E_t$$

(1.30)      (-0.59)      (6.55)

t 값은 괄호 안에서 확인할 수 있다. 이 모형에서 시차내생변수로 파악한 동적 피드백 효과(dynamic feedback effect)를 고려해 급여의 변화가 개인소비지출에 미치는 영향을 계산했다.

$$\frac{\gamma}{1 - \beta} = \frac{0.77}{1 + 0.07} = 0.7237$$

이는 총급여가 10억 원 증가하면 가계소비가 7억 2,370만 원 늘어난다는 의미다.

추가급여 지출성향 추정값  $x$ 는 약 0.72다. 그 다음에는 가계최종수요 1,000원 증가 시 급여 증가분을 보여주는 'y' 값을 찾아야 한다. 본 연구에서는 이 비율(y)이 한국 경제의 총 부가가치 대비 총급여 비율로 정의되는 임금 분배율로 계산할 수 있다고 가정했다. 2018년에 대한 y 값은 0.463이다.

그런 다음 급여 1,000원 상승 시 가계소비에 대한 총 영향을 계산했다. 이는 다음의 수식으로 얻을 수 있다.

$$\text{총 가계소비 영향} = x + x^2 y + x^3 y^2 + x^4 y^3 + \dots$$

여기서  $x$ 는 예측 추가급여 지출성향(위의 본 연구진 추정치 0.7237)이며,  $y$ 는 최종수요 1,000원 증가시 발생하는 추가 급여다.(기본 투입산출모형에 따른 값 0.463)  $x$ 는 인수 분해할 수 있기 때문에 다음과 같은 수식이 만들어진다.

$$\text{총 가계소비 영향} = x[1 + xy + (xy)^2 + (xy)^3 + \dots]$$

괄호 안의 수식은 무한급수다.  $xy < 1$ 이기 때문에, 급수가 다음과 같이 수렴됨을 알 수 있다.

$$\text{총 가계소비 영향} = x / (1 - xy).$$

본 연구의 추정치를 사용하면 급여 1,000원 인상 시 총가계소비지출 영향은 1,080.4원이다.

다음으로 기본 투입산출모형을 활용해 최종가계소비가 10억 원 늘어날 경우 추가 일자리 창출에 어떤 영향을 줄지 추정해야 했다. 기본 투입산출모형을 사용한 결과 국내 경제에 10억 원의 추가 지출이 발생할 경우 약 9.5개의 추가(직간접) 일자리가 발생하리라 추정된다.

그러나 본 연구에서는 급여가 10억 원 늘어날 때 발생하는 일자리 수를 확인하고 싶었다. 급여 1,000원이 1,080.4원의 유발 가계지출을 발생시키는 것은 이미 알고 있다. 그러므로 모든 동적 승수 효과를 고려했을 때, 급여 10억 원 증가 시 신규 가계지출 10억 8,040만 원과 약 10.3개의 추가 일자리( $9.5 \times 1.0804$ )가 발생한다.



이러한 유발효과에 대한 일반적 분석을 특정 자극에 적용할 수 있다. 급여 측면에서 해당 자극의 직간접 효과만 알면 된다. 급여가 10억 원씩 늘어날 때마다, 유발효과를 통해 10.3개의 추가 일자리가 발생할 것이라는 사실을 알고 있다면, 예를 들어, 단열 시공에 100억 원을 추가 지출할 경우 직간접 효과를 통해 66.9억 원의 추가 급여가 발생하고, 이러한 직간접 효과를 통해 116개의 새 일자리가 창출될 것이다. 이러한 수치는 기본 투입산출모형에서 바로 계산한 것이다. 유발 창출된 일자리는 모든 승수 효과를 고려했을 때, 총 고용효과 185개 일자리(116+69) 중에서 약 69( $6.69 * 10.3$ ) 개로 추정된다. 이 경우, 유발 일자리가 총 직간접 고용의 59.1%를 차지함을 확인할 수 있다.

이는 기타 고소득 경제 대비 높은 수치다. 그에 비해 동일한 모형 접근법을 사용한 폴린(Pollin) 등의(2014) 연구에 따르면 미국 경제에서 유발효과로 발생한 고용 증가는 직간접 모두 합쳐 고용 확대의 40%에 해당했다.<sup>87</sup>

본 연구의 접근법은 청정 에너지 투자사업 비용을 높게 잡아 그 혜택을 과소평가해 추정치에 오류를 범하게 된다. 그래서 2장에서 에너지 효율 제고 달성 및 재생에너지 공급 확대 비용의 상위 추정치를 포함한 것이다. 동일한 접근법을 사용해, 본 연구의 모형 프레임워크에 따라 한국의 유발고용효과는 미국과 마찬가지로 40%라고 가정했다. 즉, 한국 경제에 대한 유발 효과는 모형에서 도출해 추정한 59%에서 약 3분의 1 적다고 가정했다.

## 청정 에너지 일자리 특성 분석 방법

투자를 통해 경제에 추가될 직업 유형을 파악하기 위해 본 연구진은 2단계로 구성된 전략을 사용했다.

첫 단계는 부록 앞부분에서 설명했듯이 각 투자 프로젝트에 대하여 투입산출모형을 통해 165개 이상의 산업별로 고용 수준을 계산하는 것이었다.

다음 단계에서는 투자를 통해 새로 창출된 고용의 산업 구성 정보를 동일한 산업 구성에 현재 고용된 노동자 데이터에 적용했다. 이들 노동자의 특성을 활용해 투자별로 창출될 일자리 유형과 이에 종사할 것 같은 노동자 유형에 관한 프로필을 만들었다. 이러한 특성에는 급여, 성별, 상용직상태, 학력이 포함된다. 또한 노동자의 계약 조건(기간제일 경우 기간, 또는 무기계약 여부)도 분석해 투자사업별로 창출될 장기계약인 상용직의 비중을 추정했다.

투자로 인해 발생할 일자리의 산업 구성에 현재 고용된 노동자에 관한 정보는 통계청에서 발표한 반기 가계조사, 지역별고용조사의 마이크로데이터를 바탕으로 한다. 지역별고용조사에는 234,000가구의 정보가 포함되었다. 조사는 6개월 마다(4월과 10월)에 진행되었으며, 15세 이상 모든 가계 구성원의 기본 인구통계 특성, 학업 수준, 고용 상태와 같은 주제를 다룬다. 세부 산업 수준에서 노동자 특성을 이해하기 위해 지역별고용조사 Type 1B의 2019년 데이터를 사용했다.

투자별로 창출될 일자리 유형과 이에 종사할 노동자 유형에 관한 프로필을 만들기 위해, 한국표준산업분류(10차)의 232개 산업에 대하여 각각의 노동자 특성을 추정했다. (예: 고졸 이하의 비중(%)) 임금근로자와 비임금근로자, 무급근로자를 분석 풀에 포함하였으며, 지역별고용조사에서 제공한 표본 가중치를 사용해 추정치가 전국을 대표할 수 있도록 했다. 그런 다음 부록 앞부분에서 설명한 투입산출모형으로 계산한 산업 비중을 사용해 지역별고용조사 노동자 데이터를 바탕으로 한 산업 추정치 가중치를 적용했다. 이를 통해 청정 에너지 부문에 투자함으로써 추가될 일자리와 일치하는 산업 구성을 가진 노동자 프로필을 생성할 수 있었다.

본 연구에서 고용 추정을 위해 산업산출표에서 사용한 국민경제체계의 산업 분류는 한국표준산업분류(10차)와

다르다. 위에서 언급했듯이 본 연구의 고용 추정을 위해 투입산출 행렬에서 사용한 산업 분류에는 165개 산업이 포함되어 있지만, 지역별고용조사의 산업 분류에는 232개 산업이 포함되어 있다. 이 두 가지 데이터의 정보를 통합하기 위해 둘을 상호 매칭하였고, 그 결과 공통 산업 120개를 파악했다.

## 화석연료 관련 산업, 원자력, 자동차 제조업의 고용 수준 및 일자리 특성 분석 방법

### 화석연료 관련 산업의 고용 수준

부록의 앞부분에서 언급한 한국은행의 고용 관련 데이터베이스에서 4가지 화석연료 관련 상품의 고용 수치를 직접 가져다 사용할 수 있었다. 이 4가지는 (1) 연료용 가스 제조 및 배관공급업 (2) 석유정제품, (3) 석탄, (4) 원유 및 천연가스다.

나머지 화석연료 관련 상품과 원자력 고용의 경우, 데이터 조합을 사용해 2018년 고용 수준을 추정했다.

**화석연료 전기 공급 관련 고용.** 미국 에너지관리청(EIA)은 2020년 발표한 한국 국가분석보고서에서 다음과 같이 밝히고 있다.

2019년 한국 전력 생산의 69%를 화석연료가 차지하였으며, 원자력은 25%를 차지했다. (중략) 기저 발전원인 석탄 화력발전은 40%의 전력을 생산하는 주요 화석연료이며, 가스화력 발전이 두 번째(26%)로 많이 사용된 전력원이었다. 마찬가지로 기저 발전원인 원자력은 이미 건설 중인 발전소가 있어 근시일 내에 용량 및 발전량이 증가할 것이다.(p.8)<sup>88</sup>

EIA 보고서에 따르면, ‘전기 공급’ 관련 일자리의 69%는 32,280 FTE로, 화석연료를 사용한 전력 발전 관련 일자리를 32,280 FTE로 추정했다.

**주유소 고용.** 가스 충전소 및 주유소 고용은 2018년 한국은행 데이터베이스에 직접적으로 보고되지 않았다.

가스 충전소와 주유소 고용을 추정하기 위해 우선 통계청에서 발표한 2015년 경제활동인구조사의 고용 수치를 분석했다. 해당 조사에 따르면 자동차 주유소의 수는 12,052개(노동자 47,303명), 자동차 가스 충전소는 1,755개(노동자 10,587명)로, 총 13,807개(노동자 57,890명)가 존재한다. 주유소는 주유와 함께 다른 소매업/서비스를 함께 제공하는 반면 가스 충전소는 연료 공급에만 집중했다. 몇몇 뉴스와 업계 보고서에 따르면, 2020년 약 11,400개의 가스 충전소 및 주유소가 운영됐다.<sup>89</sup> 이들 보고서에 따르면 2018년 약 12,600개의 가스 충전소 및 주유소가 운영한 것으로 추정된다.(12,600 = 11,400과 13,800의 평균) 2015년 경제활동인구조사에 따르면 가스 충전소는 충전소당 4~6명의 노동자를 고용했다. 따라서, 2018년에 약 57,000명의 노동자가 가스 충전소 및 주유소를 운영했다고 추정했다.(57,000 = 12,600개 충전소 및 주유소 x 노동자 5명/충전소 또는 주유소)

**석유 및 가스 파이프라인 공사.** 경제활동인구조사나 한국은행의 데이터베이스 등 정부 데이터 소스에서는 2018년 기준 석유 및 가스 파이프라인 설치에 관한 추정치를 확인할 수 없었다. 이는 석유 및 가스 파이프라인 공사 관련 일자리가 매우 적기 때문일 가능성이 높다. EIA에 따르면 가스 파이프라인을 소유하고 운영 중인 기업은 한국가스공사 단 한 곳뿐이다. 한국가스공사에서 실시하는 모든 파이프라인 공사 활동은 한국가스공사가 속한 산업, 즉 [표 4.1]에서 보고한 ‘연료용 가스 제조 및 배관공급업’으로 분류될 수도 있다. 마찬가지로 석유 파이프라인을 소유 및 관리하는 업체도 대한송유관공사가 유일하다.<sup>90</sup> 마찬가지로 EIA에 따르면 “유조선과

트럭으로 한국의 대부분의 석유가 유통된다.” 마지막으로, 최근 뉴스를 검토해도 대대적인 석유 또는 가스 파이프라인 공사 사업은 찾을 수 없었다.

다음의 4가지 부문에 대하여 2015년 경제활동인구조사의 정보를 사용해 고용 수치를 추정하고, 이를 한국은행의 2018년 고용 데이터에 적용했다. 경제활동인구조사에서 특히 다음 4부문에 대한 고용을 추정했다.

1. **도매업**- 석유 및 석유 제품. 2015년 경제활동인구조사에 따르면 ‘고체연료 및 관련제품 도매업’과 ‘액체 연료 및 관련제품 도매업’이 도매업과 소매업 고용의 0.4%를 차지했다. 2018년 고용 데이터에 따르면 2018년 전체 도매업과 소매업 고용의 0.4%는 14,740 FTE에 해당한다.
2. **광업용 기계 및 장비 제조업**. 2015년 경제활동인구조사에 따르면 ‘광물처리 및 취급장비 제조업’이 제조업 고용의 0.05%를 차지했다. 2018년 고용 데이터에 따르면, 2018년 전체 제조업 고용의 0.05%는 1,745 FTE다.
3. **유전/가스전 기계 및 장비 제조업**. 2015년 경제활동인구조사에서는 해당 부문을 별도로 다루지 않았다. 따라서 밀접 관련 부문인 ‘광업용 기계 및 장비 제조업’으로 해당 부문을 분석해 1,745 FTE라는 추정치를 얻었다.
4. **석유 및 가스 파이프라인 운송업**. 2015년 경제활동인구조사에 따르면 ‘파이프라인 운송업’은 전체 운송 고용의 0.03%를 차지했다. 본 연구에서는 이 수치를 사용해 ‘석유 및 가스 파이프라인 운송업’을 추정했다. 2018년 고용 데이터에 따르면, 2018년 전체 운송업 고용의 0.03%는 420 FTE다.

## 원자력 발전업 고용 수준

위에서 언급한 EIA의 2020년 한국 국가분석보고서에 따르면, 원자력이 국내 전력의 25%를 공급했다. 이 보고서에 따라 2018년 ‘전기 공급’ 상품 생산에 참여한 46,783명의 노동자 중에서 25%가 원자력 발전 노동자라고 추정했으며, 이는 약 12,000 FTE다.

## 자동차 제조업의 고용 수준

자동차 제조업 관련 고용을 추정하기 위해, ‘자동차’와 ‘자동차 엔진 및 부품’에 대한 2018년 한국은행 고용 데이터를 사용했다.

## 화석연료 관련 산업, 원자력, 자동차 제조업의 일자리 특성 분석

화석연료 관련 산업, 원자력, 자동차 제조업의 일자리 유형과 노동자 유형 프로필을 만들기 위해 청정 에너지 투자 프로필 작성 시 사용했던 것과 동일한 기본 방법론을 사용했다. 청정 에너지 투자와의 유일한 차이점은 지역별고용조사를 바탕으로 직접 특성을 추정할 수 있어, 인위적으로 산업을 만들 필요가 없었다는 사실이다. 화석연료 관련 산업의 평균 특성을 살펴보기 위해, [표 4.1]에 명시한 고용 비중을 사용해 가중치 평균을 도출했다.

## 부록2

# 2031~2050년 화석연료 수입의 단계적 폐지가 고용에 미치는 영향

다음은 [표 5.5]에 제시된 요약 수치를 도출하는 데 사용된 전체 산출 내역이다. [표 A2.1]의 가정은 [표 3.11]의 본문에서 설명한 것과 동일하다.

**<표 A2.1>**  
2031~2050년 화석연료 수입 중단이 고용에 미치는 영향

1) 연도	2) GDP (단위 조원)	3) BAU하에서 에너지 수입 (조원; =GDP의 3.8%)	4) 청정 에너지 프로그램 하에서 에너지 수입 비중 (2050까지 0 으로 감축)	5) 청정 에너지 프로그램 하에서 에너지 수입 (조원)	6) 청정 에너지 프로그램 하에서 연간 에너지 감소량 (조원; =3~5 열)	7) 청정 에너지 수입 (조원; =GDP의 0.6%)	8) 순수입 대체 (조원; =6~7열)	9) 순수입 대체 통한 연간 일자리 창출 (=8열x10억원 당 9.5개의 일자리)
2031	2,480	94.2	2.1%	52.1	42.2	14.9	27.3	259,144
2032	2,542	96.6	2.0%	50.6	46.0	15.3	30.8	292,312
2033	2,605	99.0	1.9%	49.0	50.1	15.6	34.4	326,976
2034	2,671	101.5	1.8%	47.2	54.3	16.0	38.2	363,191
2035	2,737	104.0	1.7%	45.4	58.6	16.4	42.2	401,012
2036	2,806	106.6	1.5%	43.4	63.2	16.8	46.4	440,497
2037	2,876	109.3	1.4%	41.3	68.0	17.3	50.7	481,706
2038	2,948	112.0	1.3%	39.1	72.9	17.7	55.2	524,700
2039	3,021	114.8	1.2%	36.7	78.1	18.1	60.0	569,543
2040	3,097	117.7	1.1%	34.2	83.5	18.6	64.9	616,300
2041	3,174	120.6	1.0%	31.6	89.1	19.0	70.0	665,039
2042	3,254	123.6	0.9%	28.8	94.9	19.5	75.4	715,829
2043	3,335	126.7	0.8%	25.8	100.9	20.0	80.9	768,744
2044	3,418	129.9	0.7%	22.7	107.2	20.5	86.7	823,857

2044	3,418	129.9	0.7%	22.7	107.2	20.5	86.7	823,857
2045	3,504	133.2	0.6%	19.4	113.8	21.0	92.8	881,245
2046	3,592	136.5	0.4%	15.9	120.6	21.5	99.1	940,987
2047	3,681	139.9	0.3%	12.2	127.7	22.1	105.6	1,003,166
2048	3,773	143.4	0.2%	8.3	135.0	22.6	112.4	1,067,865
2049	3,868	147.0	0.1%	4.3	142.7	23.2	119.5	1,135,173
2050	3,964	150.6	0.0%	0.0	150.6	23.8	126.9	1,205,178
총계	----	----	----	----	----	----	----	13,482,464
평균	----	----	----	----	90.0	19.0	71.0	674,123.2

출처: 3장에서 도출된 수치

# 부록3

## 한국의 원자력 산업:

### 현재의 단계적 폐지 및 2085년까지 발전 전망

**<표A3.1>**  
 한국의 원자력 발전소:  
 위치, 운영 상태 및 예상 수명

원전	운영 상태	용량(MW)	가동 시작	가동 중지	생애주기
고리 1호기	영구정지	587	1977년 6월 19일	2017년 6월 18일	40년
월성 1호기	영구정지	679	1982년 11월 21일	2019년 12월 24일	40년
고리 2호기	운영중	650	1983년 4월 9일	2023년 4월 8일	40년
고리 3호기	운영중	950	1984년 9월 29일	2024년 9월 28일	40년
고리 4호기	운영중	950	1985년 8월 7일	2025년 8월 6일	40년
한빛 1호기	운영중	950	1985년 12월	2025년 12월 22일	40년
한빛 2호기	운영중	950	1986년 9월 12일	2026년 9월 11일	40년
월성 2호기	운영중	700	1996년 11월 2일	2026년 11월 1일	30년
한울 1호기	운영중	950	1987년 12월 23일	2027년 12월 22일	40년
월성 3호기	운영중	700	1997년 12월 30일	2027년 12월 29일	30년
한울 2호기	운영중	950	1988년 12월 29일	2028년 12월 28일	40년
월성 4호기	운영중	700	1999년 2월 8일	2029년 2월 7일	30년
한빛 3호기	운영중	1000	1994년 9월 9일	2034년 9월 8일	40년
한빛 4호기	운영중	1000	1995년 6월 2일	2035년 6월 1일	40년
한울 3호기	운영중	1000	1997년 11월 8일	2037년 11월 7일	40년
한울 4호기	운영중	1000	1998년 10월 29일	2038년 10월 28일	40년
한빛 5호기	운영중	1000	2001년 10월 24일	2041년 10월 23일	40년
한빛 6호기	운영중	1000	2002년 7월 31일	2042년 7월 30일	40년
한울 5호기	운영중	1000	2003년 10월 20일	2043년 10월 19일	40년

한울6호기	운영중	1000	2004년 11월 12일	2044년 11월 11일	40년
신고리1호기	운영중	1000	2010년 5월 19일	2050년 5월 18일	40년
신고리2호기	운영중	1000	2011년 12월 2일	2051년 12월 1일	40년
신월성1호기	운영중	1000	2011년 12월 2일	2051년 12월 1일	40년
신월성2호기	운영중	1000	2014년 11월 14일	2054년 11월 13일	40년
신고리3호기	운영중	1400	2015년 10월 30일	2075년 10월 29일	60년
신고리4호기	운영중	1400	2019년 2월 1일	2079년 1월 31일	60년
신한울1호기	건설중	1400	2021년 7월 9일	2081년 7월 8일	60년
신한울2호기	건설중	1400	2021년 8월 1일	2081년 8월 1일	60년
신고리5호기	건설중	1400	2024년 3월 31일	2084년 3월 30일	60년
신고리6호기	건설중	1400	2025년 3월 31일	2085년 3월 30일	60년

출처: 운전 중인 각 원자로의 용량, 면허, 수명 정보는 원자력안전위원회에서 제공: "<https://www.nssc.go.kr/en/index.do>" 아직 가동 전이 원전에 대한 가동 시작 및 정지 정보는 한국 전력 거래소에서 제공: <https://new.kpx.or.kr/eng/>.

<표 A3.2>

2022~2085년 원전 총 발전량 예상치

년도	예상용량(MW)	년도	예상용량(MW)
2022	26,050	2054	8,400
2023	26,800	2055	8,400
2024	27,250	2056	8,400
2025	25,350	2057	8,400
2026	23,700	2058	8,400
2027	22,050	2059	8,400
2028	21,100	2060	8,400
2029	20,400	2061	8,400
2030	20,400	2062	8,400
2031	20,400	2063	8,400
2032	20,400	2064	8,400
2033	20,400	2065	8,400
2034	19,400	2066	8,400
2035	18,400	2067	8,400
2036	18,400	2068	8,400
2037	17,400	2069	8,400
2038	16,400	2070	8,400
2039	16,400	2071	8,400
2040	16,400	2072	8,400
2041	15,400	2073	8,400
2042	14,400	2074	8,400
2043	13,400	2075	7,000
2044	12,400	2076	7,000
2045	12,400	2077	7,000
2046	12,400	2078	7,000
2047	12,400	2079	5,600
2048	12,400	2080	5,600
2049	12,400	2081	2,800
2050	11,400	2082	2,800
2051	9,400	2083	2,800
2052	9,400	2084	1,400
2053	9,400	2085	0

출처: 운전 중인 각 원자로의 용량, 면허, 수명 정보는 원자력안전위원회에서 제공: "<https://www.nssc.go.kr/en/index.do>" 아직 가동 전이 원전에 대한 가동 시작 및 정지 정보는 한국 전력 거래소에서 제공: <https://new.kpx.or.kr/eng/>.



# 미주

1. <https://data.worldbank.org/indicator>.
2. 세계은행의 세계개발지표에 따르면, 2018년 총 459억 톤의 온실가스 배출량( 모든 수치는 CO<sub>2</sub> 또는 CO<sub>2</sub>-eq)은 다음과 같이 구성된다: 화석연료 연소로 인한 CO<sub>2</sub> 340억 톤(74.1%), 에너지 발전과 농업에서 나온 메탄 81억 톤(17.6%), 에너지, 산업, 농업 생산에서 발생한 아산화질소 30억 톤(6.5%), 그리고 수소불화탄소, 과불화탄소, 육불화황의 부산물 배출. <https://data.worldbank.org/indicator> 참조.
3. Korea Energy Economics Institute, Monthly Korea Energy Trends, 2021-11, Appendix table on p. 26. 이 수치에는 석유화학 공급원료나 코킹용 석탄 같은 비에너지 부문의 화석연료 소비량은 포함되어 있지 않다. <http://www.keei.re.kr/keei/download/MET2111e.pdf>.
4. 한국 및 그 외 나라에서 전체 온실가스 배출의 주요 원천은 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)이다. 한국의 경우, 가장 최근 자료인 2018년 수치를 보면 이산화탄소가 전체 온실가스의 93%를 차지한다. 한국에서 배출되는 온실가스 중 그 다음으로 비중이 큰 것은 메탄과 아산화질소로, 2018년 기준 각각 4%, 2%를 차지한다. 한국 정부는 2030년까지 메탄 배출량을 30% 감축하겠다고 선언한 바 있다.
5. [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/LTS1\\_RKorea.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/LTS1_RKorea.pdf).
6. <https://www.korea.net/Government/Briefing-Room/Presidential-Speeches/view?articleId=205893>.
7. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ab5343c6-5220-4154-a88e-750de58b9c8c/ReformingKoreasElectricityMarketforNetZero.pdf>
8. See Hong (2017), Hong et al. (2019) Deloitte Economics Institute (2021) and Kwan et al (2021).
9. 2018년 수준의 배출량 6억 3,100만 톤이라는 수치는 다음 사이트에서 발췌했다. <https://data.worldbank.org/indicator> 다른 출처는 조금씩 다른 배출량 수치를 보고한다.
10. 정부는 탄소 중립 프로그램과 함께 2030년까지 메탄 배출량을 30% 줄이기로 명시적으로 약속했다.
11. [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/LTS1\\_RKorea.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/LTS1_RKorea.pdf).
12. <https://www.iea.org/reports/korea-2020>; MOTIE has also commissioned more detailed studies on specific aspects of Korea's green transition program, including the December 2021 study, Reforming Korea's Electricity Market for Net Zero: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ab5343c6-5220-4154-a88e-750de58b9c8c/ReformingKoreasElectricityMarketforNetZero.pdf>. <https://www.iea.org/reports/korea-2020>; 산업부는 또한 2021년 연구인 넷제로를 위한 한국의 전력시장 개혁을 포함하여 한국의 녹색 전환 프로그램의 특정 측면에 대해 보다 자세한 연구를 의뢰했다. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ab5343c6-5220-4154-a88e-750de58b9c8c/ReformingKoreasElectricityMarketforNetZero.pdf>
13. <https://www.reuters.com/business/environment/skorea-commits-challenging-goal-cutting-emissions-40-2018-levels-by-2030-2021-10-18/>.
14. <https://www.korea.net/Government/Briefing-Room/Presidential-Speeches/view?articleId=205893>. Also, the range of perspectives on South Korea's green transition by the candidates for the March 2022 presidential election are summarized in Kim (2022). <https://www.korea.net/Government/Briefing-Room/Presidential-Speeches/view?articleId=205893>. 또한 2022년 3월 대선후보들이 한국 녹색전환을 바라보는 다양한 시각은 Kim (2022)에 요약되어 있다.
15. <https://wwfkr.awsassets.panda.org/downloads/KEV-2050-SUM-EN.pdf>.
16. <https://gesi.kr/forum/view/86547>.
17. 딜로이트의 2021년 8월 <한국의 전환점: 기후 행동이 우리 경제의 미래를 주도한다> 보고서는 한국 경제는 강력한 탈탄소 사업 개발을 통해 리더십 역할을 수행하고 이익을 얻을 수 있는 유리한 위치에 있다고 주장한다. 이 보고서는 이 장에서 인용한 다른 3개의 연구만큼 2050년까지 탄소중립을 달성하기 위한 방법을 구체적으로 제시하지 않는다. 하지만 기후 변화 무대응 시 발생할 경제적 비용에 더 초점을 맞추고 있다.
18. 2018년 기준CO<sub>2</sub> 배출량이 6억 3,100만 톤이라는 정보는 <https://data.worldbank.org/indicator>에서 참고했다. 다른 자료는 약간 다른 배출량 수치를 제공한다.
19. 한국에너지경제연구원, [월간]국내에너지동향, 2021년 11월, p.26 부록 표, 이 수치는 석유화학 공급 원료로서의 석유 및 코크스 제조용 석탄을 포함하여 비에너지 사용을 위한 화석 연료 소비를 제외한다.
20. 하지만 석유화학제품으로 제조된 플라스틱은 소각될 때 CO<sub>2</sub>를 방출한다. 플라스틱 포장 감소, 플라스틱 재활용 증가 및 플라스틱 생산에서 바이오플라스틱과 같은 재생가능한 공급원료로의 전환 등 다양한 수단을 통해 플라스틱 소비를 극적으로 줄이는 조치가 없을 경우, CO<sub>2</sub>배출원은 더 중요해진다. Serpell et al. (2021) 참조; <https://kleinmanenergy.upenn.edu/research/publications/balancing-act-can-petrochemicals-be-both-emissions-free-and-zero-waste/>.
21. 평균 GDP 성장률 추정치는 에너지경제연구원 자료에서 추정치를 도출한 Hong et al. 의 추정치인 2.4%와 거의 비슷하다. (Hong et al. p. 427 참조).
22. 따라서 블룸버그는 2021년 3월 18일, “한국인은 유럽인보다 가치사슬의 다운스트림 요소에 더 집중하며 아마도 당분간 수소를 수입할 것”이라고

보도했다. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-03-18/hydrogen-rivalry-intensifies-with-south-korea-challenging-europe>. 한국의 수소 에너지 및 수소 연료 전지 차량에 대한 다양한 논의는 <https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-020-01936-6>; <https://www.petrolplaza.com/news/28464>; <https://www.economist.com/science-and-technology/2020/07/04/after-many-false-starts-hydrogen-power-might-now-bear-fruit>; <https://asia.nikkei.com/Business/Companies/South-Korea-s-SK-bets-16bn-on-hydrogen-Five-things-to-know>; <https://www.greencarcongress.com/2020/12/20201218-irena.html>. 참조.

23. [https://www.koreatimes.co.kr/www/nation/2021/07/371\\_312722.html](https://www.koreatimes.co.kr/www/nation/2021/07/371_312722.html); <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/25751654.2019.1585585>.

24. 부록 3은 2022~2085년 정부의 원자력 발전소 단계적 폐지 계획에 대한 세부 정보를 제공한다.

25. 관련 내용 및 문헌에 대한 간단한 검토가 필요하다면, Chomsky and Pollin (2020), pp. 86~90 참고.

26. 이러한 세부 계획은 IEA의 <2020년 한국 에너지 정책 리뷰>에 요약되어 있다. p. 59: <https://www.iea.org/countries/korea>.

27. <2020년 동아시아 에너지 전망 및 에너지 절약 가능성>, 자카르타: ERIA Han, P. and S. Kimura (eds.) 참조. ERIA (<https://www.eria.org/uploads/media/Books/2021-Energy-Outlook-and-Saving-Potential-East-Asia-2020/08>); especially Chapter 1, “Main Report,” by Han Phoumin, Shigeru Kimura, and Cecilya Laksmiwati Malik (<https://www.eria.org/uploads/media/Books/2021-Energy-Outlook-and-Saving-Potential-East-Asia-2020/08;Ch.1-Main-report-new.pdf>); and Chapter 9, “Republic of Korea Country Report,” by Boo, K-J. ([https://www.eria.org/uploads/media/Books/2021-Energy-Outlook-and-Saving-Potential-East-Asia-2020/16\\_Ch.9-Korea.pdf](https://www.eria.org/uploads/media/Books/2021-Energy-Outlook-and-Saving-Potential-East-Asia-2020/16_Ch.9-Korea.pdf))

28. 에너지 효율 향상 Q-BTU당 비용 추정치를 포함하여 본 보고서에 제시된 일부 수치는 처음에는 미국 달러로 제시되었다. 2020년 평균 환율로 1달러 = 1,181원으로 환산했다.

29. 최근 연구는 Molina (2014), Ackerman et al. (2016) and Rosenow and Bayer (2016) 를 포함한다

30. 다음의 최근 문헌을 바탕으로 이러한 결론을 도출했다. Brockway, P.E., Sorrell, S., Semieniuk, G., Heun, M.K., Court, V., 2021. <에너지 효율성 및 경제 전반에 걸친 리바운드 효과. Renew. Sustain. Energy Rev>. 141; Chen, Y., Ardila-Gomez, A., Frame, G., 2017. <스마트도시 맥락 하에서 지능형 교통 시스템에 대한 투자를 통해 에너지 절약 달성>. Transp. Res. Part D Transp. Environ. 54, 381-396.; Jin, S.-H., 2019. <수정된 비선형 모델로 추정된 가전제품의 리바운드 효과: 한국의 실증적 연구>. Energy Effic. 12, 2187-2199.; Sorrell, S., Dimitropoulos, J., 2008. <리바운드 효과: 미시경제적 정의, 한계 및 확장>. Ecol. Econ. 65, 636-649.

31. Korea Energy Economics Institute, Monthly Korea Energy Trends, 2021-11, Appendix table on p. 28. <http://www.keei.re.kr/keei/download/MET2111e.pdf>. 한국에너지경제연구원, [월간]국내에너지동향, 2021년 11월, p.28 부록 표 참조. <http://www.keei.re.kr/keei/download/MET2111e.pdf>.

32. 구체적으로, 에너지 효율 향상 이전의 에너지 소비 수준과 엄격한 효율성 향상을 통한 에너지 소비 수준의 차이를 바탕으로 10%의 반등효과를 추정할 것이다. 예를 들어, 효율성 투자를 통해 10%의 리바운드 효과로 에너지 소비량이 10 Q-BTU에서 8 Q-BTU로 2 Q-BTU 감소하면 전체 소비는 8.0 Q-BTU가 아닌 8.2 Q-BTU로 0.2 Q-BTU 반등할 것이다.

33. 1차 에너지 소비와 최종 에너지 소비의 차이점은, 1차 소비는 국내 총 에너지 수요를 측정하는 반면 최종 소비는 최종 소비자가 실제로 소비하는 것을 의미한다는 점이다. 이러한 차이는 에너지 부문 자체에서 필요로 하는 에너지와 변환 및 분배 손실과 관련 있다. 에너지 분배 손실은 주로 화석연료를 태워 전기를 생산할 때 발생한다. 에너지 변환 과정을 통한 분배 손실은 보통 60~65% 수준이다.

34. 자세한 수치는 <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2020> 에서 확인 가능하다.

35. 전체 수명 주기를 기준으로, 바이오에너지 배출량은 석탄을 이용해 나무를 태우거나 옥수수에서 에탄올을 생성할 때와 유사하다. 따라서 이 보고서에서는 이를 “고배출” 바이오에너지원이라 부른다. 식량 작물을 사용해 바이오에너지를 생산하는 것도 식량 가격 상승으로 이어질 수 있다. 하지만, 바이오에너지는 “저배출” 에너지원으로서 저배출 또는 제로 배출 수준에서 생산될 수 있다. 스위치그래스, 옥수수 스토버, 폐 기름과 같은 비식용 작물을 공급원으로 사용하고 필요에 따라 이러한 원료를 정제하기 위해 재생에너지원을 이용함으로써 가능하다. 자세한 내용은 Pollin (2015) 을 참조.

36. 이 수치는 EIA의 “LCOE”를 참고했다. [https://www.eia.gov/outlooks/aeo/electricity\\_generation.php](https://www.eia.gov/outlooks/aeo/electricity_generation.php).

37. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>, Table B4, p. 333.

38. The full methodology for generating these costs is presented in Pollin et al. (2014) pp. 136-37. 이러한 비용을 산출한 전체 방법론은 Pollin et al. (2014), p.136-137에서 찾을 수 있다.

39. 언윈 (Unwin) (2019)과 보레티 (Boretti) (2020)는 기술 개발 및 비용을 포함한 조력 발전에 대한 현재의 전망을 분석한다. 이들은 세계 최대의 조력 발전 시설인 한국의 시화호 조력 발전소에도 초점을 맞췄다.

40. <https://www.nrel.gov/news/program/2021/documenting-a-decade-of-cost-declines-for-pv-systems.html>.

41. 재생에너지 자본 비용을 추정할 때 상위추정치 사용함으로써 재생에너지 인프라를 구축하기 위해 필요한 저장 비용도 효과적으로 포함한다. 저장 비용과 관련하여 박 (2018)은 중앙일보 2021년 9월 28일자 기사를 통해 ‘정부의 탄소중립위원회는 한국이 탄소중립 달성을 위한 재생에너지 저장시설 구축에 상위추정치 총 1,248조를 추정했다’고 밝혔다. 같은 기사에서 하위 추치는 787원으로 보고했다. 2022년부터 2050년까지 전체 29년의 전환기간에 대한 연간 평균 범위로 측정하면 이러한 저장 비용 추정치는 연간 27~43조원에 이를 것이다. 이 범위의 비용 추정치는 이 보고서에서 제시하는 재생에너지 총 투자 비용의 상위 추정치 내에 있다. 2022~2030년의 평균 연간 비용 추정치는 213조원으로 미국 에너지부가 제시한 가장 최근의 재생에너지 비용 추정치를 바탕으로 이 보고서에서 도출한 121조원보다 76% 높다.

42. 한국의 CO<sub>2</sub>배출량에 대해 2018년 수치를 사용하는 이유는 이 글을 쓰는 시점에 발표된 가장 최근의 수치이기 때문이다.
43. As reported in Hong (2019), p. 427.  
Hong (2019), p.427 참조
44. 9%의 소비 감소는 경제가 연간 2.5% 성장하는 동안 소비가 대략 1% 감소하는 것과 동일하며, 2021년 IEA가 제시한 2050년 글로벌 탄소중립 모델의 추정치와 대체로 일치한다. 여기서 IEA는 세계 GDP가 연간 3% 증가함에 따라 절대 소비는 연간 0.6% 감소한다고 가정한다.
45. 그럼에도 불구하고 여론조사 결과, 한국의 여론은 재생에너지로의 전환으로 에너지 비용이 증가하더라도 청정에너지 전환 프로젝트를 강력하게 지지한다. Kim, Kim, Yoo의 2020년 연구 <‘재생에너지 3020 계획’에 대한 대중의 수용: 한국의 조건부 가치 평가의 증거>는 전기 요금 인상으로 전환 프로젝트 자금이 조달될 것이라고 가정하고 한국 소비자들은 이 프로젝트를 진행하는데 비용을 지불할 의향이 있는지를 조사했다. Kim 외 공동저자는 한국 소비자들이 재생에너지로의 전환 프로젝트를 진행하기 위해 전기 값에 56.5%의 프리미엄을 기꺼이 지불할 의향이 있음을 확인했다.
46. 클라이밋 애널리틱스(Climate Analytics)의 2021년 7월 연구 <한국의 석탄에서 재생에너지로의 전환으로 인한 고용 기회>는 한국에서 청정에너지로의 전환이 고용에 미치는 영향을 살펴보고, 제목에서 알 수 있듯 석탄에서 재생에너지로의 전환에 초점을 맞춘다. 클라이밋 애널리틱스는 이러한 전환은 현 정책과 비교하여 2030년까지 연간 92,000개의 일자리를 창출할 수 있다고 추정한다. 물론 이 수치는 2022~2030년 화석연료 소비와 CO<sub>2</sub>배출량이 45% 감소함에 따라 에너지 수요를 재생에너지로 충족하기 위해 인프라를 구축하면서 약 79만개의 일자리가 창출될 것으로 예상하는 본 연구 추정치의 15% 미만이다. 추정치에 격차가 발생하는 두 가지 이유는 다음과 같다. 1) 클라이밋 애널리틱스는 직접적인 일자리 창출만을 측정하지만 본 보고서에서 제시하는 79만개라는 수치는 직접, 간접, 유도된 일자리 창출을 포함한다. 직접 일자리 창출만은 27만 6천명이다. 또한, 2) 클라이밋 애널리틱스는 경제의 기존 석탄 기반 인프라를 유지함으로써 지속되는 일자리에서 재생에너지로 인해 창출되는 일자리를 측정한다.
47. 상용직에 대한 정의는 문헌에 따라 다소 다르지만 본 보고서에서는 각 산업의 상용직비율을 가장 잘 추정하기 위해 2019년 지역별 사업체 노동력 조사에서 제공하는 자료를 사용한다. 상용직과 비상용직의 정의에 대한 논의는, 고용 부문 조사 보고서 No.148, 하병진, 이상헌 (2013) “대한민국의 비정규직과 중소기업의 이중적 차원: 노동시장 세분화에 따른 국가 사례 연구” 참조. 상용직과 비상용직에 관련된 직업의 질 문제에 대한 폭넓은 논의를 위해서는 한국노동연구원의 “2015년 한국노동연구원 노동통계” ([https://www.kli.re.kr/kli\\_eng/downloadEng-PblFile.do?atchmfnfNo=19740](https://www.kli.re.kr/kli_eng/downloadEng-PblFile.do?atchmfnfNo=19740)) 및 OECD 출판, 파리 (2018), 한국의 더 나은 사회 및 고용 안정을 위하여 에서 “한국의 소득 및 고용 지원 조치의 장단점” (<https://doi.org/10.1787/9789264288256-6-en>) 참조
48. <https://koreajoongangdaily.joins.com/2021/05/17/national/socialAffairs/Korea-Forest-ServICEV-foresta-tion-tree-planting/20210517190500477.html>.
49. <https://www.nongmin.com/news/NEWS/POL/GOV/339360/view>.
50. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837711000615>.
51. 예를 들어, Smith (2006); Brienen et al. (2015); Luysaert et al. (2008); Pan et al. (2013); Pugh et al. (2019); and MacDowell (2020) 참조.
52. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1757-1707.2011.01102.x>; <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626191630945X>; [https://www.manomet.org/wp-content/uploads/old-files/Manomet\\_Biomass\\_Report\\_Full\\_June2010.pdf](https://www.manomet.org/wp-content/uploads/old-files/Manomet_Biomass_Report_Full_June2010.pdf).
53. 산림청 (2021) 참조.
54. 본 연구에서 제시하는 추정치는 조림사업에 대한 정부의 자체 추정치를 기반으로 한다. 본 연구는 정부가 추정한 CO<sub>2</sub>흡수 능력이 프로그램의 범위에 비해 과도하다는 비평가들의 견해는 다루지 않는다. 다음 기사 다시 참고:  
<https://koreajoongangdaily.joins.com/2021/05/17/national/socialAffairs/Korea-Forest-Service-forestation-tree-planting/20210517190500477.html>. 비평가들은 조림사업의 핵심 목표가 넷제로 달성이 아닌 한국에서 벌목을 확대하려는 것이라고 주장하고 있다.
55. <https://koreajoongangdaily.joins.com/2021/05/17/national/socialAffairs/Korea-Forest-Service-foresta-tion-tree-planting/20210517190500477.html>.
56. That is, we multiply the 310 million tons of cumulative CO<sub>2</sub> absorption by the costs at between \$40 and \$50 per ton to derive a \$12.4 - \$15.5 billion total cost figure, converted to KRW.
57. 즉, 14.6조원/30=4,880억원 및 18.3조원/30=6,100억원이다.
58. 이는 에너지 생산이 아닌 석유화학 및 철강 생산에 투입되는 화석연료 수입은 제외한 수치다.
59. 실제로 한국 산업연관표에서 에너지 효율 투자의 수입 비중은 10.6%에 달하고 재생 에너지 투자의 수입 비중은 14.4%가 될 것으로 추정한다.
60. 2012~2020년 한국의 평균 노동 생산성은 연평균 1.1% 성장했다. 이 추정치는 한국생산성본부 데이터베이스를 참고했다. <https://www.kpc.or.kr/Productivity/StatisticDB.asp>.
61. 더 정확하게 말하면, 141,462명의 고용 수치는 다음 두 가지 데이터를 합이다: 주유소를 제외한 국내 모든 부문의 산업연관표 및 2015년 경제활동인구조사 주유소 고용 수치이다. 두 데이터는 정확히 일치하지 않는다. 산업연관표는 상용직에 상응하는 고용 수치만을 보고하지만 경제활동인구조사는 상용직과 시간제 근로자에 대한 고용 수치이기 때문이다. 따라서 주유소 고용 수치는 다른 모든 화석연료 부문의 상용직에 상응하는 고용 수치에 비해 높게 치우쳐 있다. 이는 [표 4.2]에서 확인할 수 있듯이 대부분의 주유소 일자리는 상용직이 아니기 때문이다. 대부분은 풀타임 장기 또는 무기한 계약직이다. 주유소 일자리의 대부분은 풀타임 일자리이지만 계약 기간이 짧아 비상용직이다. 그렇기 때문에, 본 보고서에서 제시하는 주유소 고용 수치는 상대적으로 작을 가능성이 높다.
62. <https://www.kli.re.kr/downloadBbsFile.do?atchmfnfNo=9935>.
63. <https://www.kli.re.kr/downloadBbsFile.do?atchmfnfNo=9935>.

64. <http://kostat.go.kr/portal/eng/pressReleases/5/5/index.board?bmode=download&bSeq=&aSeq=377710&ord=1>
65. <https://english1.president.go.kr/briefingspeeches/speeches/677>
66. 코리아타임즈의 2020년 10월 기사는 “자동차 산업이 국가 경제 성장에 상당 부분을 차지한 한국의 2035년 내연기관차 판매 금지 조치는 지나치게 진보적일 수 있다는 의견이 나오고 있다” 고 밝혔다, [http://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2021/03/419\\_297838.html](http://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2021/03/419_297838.html).
67. <https://www.theguardian.com/environment/2021/nov/10/cop26-car-firms-agree-to-end-sale-of-fossil-fuel-vehicles-by-2040#:~:text=The%20agreement%20to%20sell%20only,diesel%20car%20sales%20by%202030.>
68. <https://pulsenews.co.kr/view.php?year=2021&no=861332>.
69. ‘캠브리지 이코노메트릭스(Cambridge econometrics)’의 2021년 10월 연구 <한국 승용차 탈탄소화의 거시경제적 영향>은 한국이 내연기관차에서 제로배출차로 전환하면서 발생할 수 있는 광범위한 문제를 검토한다. 제로배출차로 전환을 위해 필요한 인프라 구축, 차량 판매 및 소비자 지출에 대한 영향, 고용, 국제수지 및 기타 거시경제적 고려사항에 대한 영향 등을 포함한다.
70. 관련 기술 문헌 및 한국의 산업연관표를 바탕으로 내연기관차 생산의 상대 가중치는 차량 조립이 70%, 엔진 및 부품 제조가 30%로 추정된다. 제로배출차량(ZEV)은 조립이 50%, 배터리 생산이 25%, 엔진 및 부품 제조가 10%, R&D 및 “기타” 과학적, 기술적, 전문적 서비스가 각각 5%로 추정된다.
71. 이번 연구에서는 미국 경제 전반과 일부 미국 주에 대한 구체적인 프로그램을 개발했다. <https://irp-cdn.multiscreensite.com/6f2c9f57/files/uploaded/zero-carbon-action-plan-ch-03.pdf> 및 <https://peri.umass.edu/publication/item/1032-green-new-deal-for-u-s-states> 참조.
72. 다시 한번 다음을 참조: 대한민국 정부(2020) 2050년 한국의 탄소중립 전략: 지속 가능한 녹색 사회를 향하여; IEA (2020) 한국 2020년 에너지 정책 리뷰; IEA와 한국경제연구원 (2021) 넷제로를 향한 한국전력 시장 개혁; IEA (2021) 2050년까지 탄소중립 달성: 글로벌 에너지 부문 로드맵; IEA (2021) 재생에너지로 탄소중립 달성.
73. <https://www.kedglobal.com/newsView/ked202109140002>.
74. “Eco-friendly financing’ Green bond issuance”, May 16, 2019, Newspim. <https://www.newspim.com/news/view/20190515002550>. “친환경 금융’ 녹색 채권 발행”, 2019년 5월 16일, 뉴스핌. <https://www.newspim.com/news/view/20190515002550>.
75. <http://www.koreaherald.com/view.php?ud=20210517000885>
76. [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/36996/EGR21\\_CH5.pdf](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/36996/EGR21_CH5.pdf).
77. <https://www.imf.org/en/Topics/imf-and-covid19/Fiscal-Policies-Database-in-Response-to-COVID-19>.
78. <https://fossilfuelsubsidytracker.org/country/>.
79. [https://www.janes.com/defence-news/news-detail/south-korea-finalises-usd4632-billion-defence-budget-for-2022#:~:text=South%20Korea's%20defence%20budget%20for,\(MND\)%20in%20Seoul%20announced.](https://www.janes.com/defence-news/news-detail/south-korea-finalises-usd4632-billion-defence-budget-for-2022#:~:text=South%20Korea's%20defence%20budget%20for,(MND)%20in%20Seoul%20announced.)
80. James Boyce, 탄소 배당금 사례 (영국 캠브리지: Policy Press, 2019)
81. [https://www.globalpetrolprices.com/South-Korea/gasoline\\_prices/](https://www.globalpetrolprices.com/South-Korea/gasoline_prices/).
82. [https://biz.chosun.com/policy/policy\\_sub/2021/12/28/QEGPDUSTAJDCLDD7YZAIKPM6WA/](https://biz.chosun.com/policy/policy_sub/2021/12/28/QEGPDUSTAJDCLDD7YZAIKPM6WA/).
83. 데이터 수집 및 수학적인 토대를 포함한 I-O 방법에 대한 자세한 내용은 미국 경제분석국의 <미국 I-O 계정> 참조, [http://www.bea.gov/papers/pdf/IManual\\_092906.pdf](http://www.bea.gov/papers/pdf/IManual_092906.pdf).
84. 예를 들어, ‘유엔여성기구 성평등센터’(유엔위민 CGE)의 일반적인 가정에는 완전 경쟁, 이윤 극대화, 시장 청산 조건, 최대 생산 능력 및 완전 고용이 포함된다. 이러한 방법론적인 논의의 내용 및 자세한 내용은 폴린 (Pollin) 등의 (2014a and 2014b) 연구 참조.
85. 예를 들어, 폴린 (Pollin) 등의 (2014a) 연구 참조
86. 예를 들어, IEA가 2012년에 발표한 다양한 <재생 에너지 비용 분석> 연구 참조.
87. 1995-2009년 40개의 고소득 및 중상위 소득 경제에 대한 상대적 유도효과는 Ernst and Sarabia (2015) 참조. 이 연구는 다른 모델링 접근방식을 사용하여 유도된 효과가 40개국의 평균보다 훨씬 더 크다는 것을 확인했다.
88. [https://www.eia.gov/international/content/analysis/countries\\_long/South\\_Korea/south\\_korea.pdf](https://www.eia.gov/international/content/analysis/countries_long/South_Korea/south_korea.pdf).
89. Statista 발행 <2020년 12월 한국의 사업자 별 주유소 수> (<https://www.statista.com/statistics/1026088/south-korea-number-of-gas-stations-by-operator/>); 코리아중앙데일리 2021년 7월 25일자 기사 “Gas stations plan for a future without gas” (<https://koreajoongangdaily.joins.com/2021/07/25/business/industry/hyundai-oilbank-gs-caltex-sk-innovation/20210725070112348.html>); CSP daily 2019년 7월 31일자 기사 “South Korean Gas Stations’ Choice: Evolve or Go Extinct” (<https://www.csp-dailynews.com/fuels/south-korean-gas-stations-choice-evolve-or-go-extinct>) 참조
90. <https://www.eia.gov/international/analysis/country/KOR/background>.

# References

- Ackerman, F., Knight, P., & Biewald, B. (2016). Estimating the Cost of Saved Energy. December. [www.synapse-energy.com/sites/default/files/COSE-EIA-861-Database-66-017.pdf](http://www.synapse-energy.com/sites/default/files/COSE-EIA-861-Database-66-017.pdf).
- Akerman, Patrick, Cazzola, Pierpaolo, Christiansen, Emma Skov, Heusden, Renee, Kolomanska-van, Chistensen, Johannah, Crone, Kilian, Dawe, Keith, De Smedt, Guillaume, Keynes, Alex, Laporte, Anais, Gonsolin, Florie, Mensink, Marko, Hebebrand, Charlotte, Hoenig, Volker, Malins, Chris, Neuenhahn, Thomas, Pyc, Ireneusz, Purvis, Andrew, Saygin, Deger, Xiao, Carol, and Yang, Yufeng. (2020). Reaching Zero with Renewables.
- Automotive Engineering HQ (2014). The core of automotive - manufacturing engineering (July 13). <https://www.automotiveengineeringhq.com/automotive-manufacturing-engineering/>.
- Bae, J. S., Joo, R. W., & Kim, Y. S. (2012). Forest transition in South Korea: reality, path and drivers. *Land Use Policy*, 29(1), 198-207.
- Bang-Hyun, K., & Kim, S. (2021, May 17). Planting 3 billion trees: Carbon neutrality pitch or logging campaign? <https://koreajoongangdaily.joins.com/2021/05/17/national/socialAffairs/Korea-Forest-Service-forestation-tree-planting/20210517190500477.html>.
- Bank of Korea (n.d.). "ECOS Economic Statistics System", [https://ecos.bok.or.kr/EIndex\\_en.jsp](https://ecos.bok.or.kr/EIndex_en.jsp). Boo, K. J. (2013). Republic of Korea Country Report. Analysis on Energy Saving Potential in East Asia, 177.
- Boretti, A. (2020). Trends in tidal power development. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 173, p. 01003). EDP Sciences.
- Boyce, J. K. (2019). *The case for carbon dividends*. Cambridge, U.K.: Polity Press.
- Brienen, R. J., Phillips, O. L., Feldpausch, T. R., Gloor, E., Baker, T. R., Lloyd, J., ... & Zagt, R. J. (2015). Long-term decline of the Amazon carbon sink. *Nature*, 519(7543), 344-348.
- Brockway, P. E., Sorrell, S., Semieniuk, G., Heun, M. K., & Court, V. (2021). Energy efficiency and economy-wide rebound effects: A review of the evidence and its implications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 110781.
- Caspani, M., Hartvig, A., Stenning, J., & Vu, A (2021, October). The Macroeconomics Impact of Decarbonizing Korea's Passenger Car Fleet. Greenpeace Foundation - Cambridge Econometrics.
- Cha, Sangmi (2021, October). S. Korea Commits to 'Challenging Goal' of Cutting Emissions to 40% of 2018 Levels by 2030. Reuters, <https://www.reuters.com/business/environment/skorea-commits-challenging-goal-cutting-emissions-40-2018-levels-by-2030-2021-10-18/>.
- Chen, Y., Ardila-Gomez, A., & Frame, G. (2017). Achieving energy savings by intelligent transportation systems investments in the context of smart cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 54, 381- 396.
- Cherubini, F., Peters, G. P., Berntsen, T., Strømman, A. H., & Hertwich, E. (2011). CO2 emissions from biomass combustion for bioenergy: atmospheric decay and contribution to global warming. *Gcb Bioenergy*, 3(5), 413- 426.
- Cho, Ha-Hyeon (2021). "International comparative study on carbon neutrality initiatives and related fiscal policies," National Assembly Budget Office.
- Chomsky, N., & Pollin, Robert (2020). *Climate crisis and the global green new deal: The political economy of saving the planet*. Verso Books.
- Dae, Cheong Wa (n.d.). Presidential Speeches: Korea.Net : The Official Website of the Republic of Korea. <https://www.korea.net/Government/Briefing-Room/Presidential-Speeches/view?articleId=205893>.
- Deloitte Economics Institute (2021, August). South Korea's Turning Point: How Climate Action Can Drive Our Economic Future, [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/kr/Documents/about-deloitte/turning-point/gx-kr\\_climate\\_reoport\\_en\\_f\\_20210823.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/kr/Documents/about-deloitte/turning-point/gx-kr_climate_reoport_en_f_20210823.pdf).
- Ernst, C., and Sarabia, M. (2015). The role of construction as an employment provider: a world-wide input-output analysis. International Labour Organization.
- Eun-young, K., and Sojung, Y. (2021, November). President Pledges to Cut Korea's Emissions More than 40% by 2030. Korea.Net: The Official Website of the Republic of Korea, <https://www.korea.net/NewsFocus/policies/view?articleId=205874>.
- Fiscal policies database (n.d.). IMF. Fiscal Affairs Department. <https://www.imf.org/en/Topics/imf-and-covid19/Fiscal-Policies-Database->

in-Response-to-COVID-19.

Fossil Fuel Subsidy Tracker (n.d.). fossilfuelsubsidytracker.org. <https://fossilfuelsubsidytracker.org/country/>.

Fuss, S., Lamb, W. F., Callaghan, M. W., Hilaire, J., Creutzig, F., Amann, T., & Minx, J. C. (2018). Negative emissions—Part 2: Costs, potentials and side effects. *Environmental Research Letters*, 13(6), 063002.

Green Car Congress (2020, Dec. 18). “IRENA Sees Renewable Hydrogen at Least Cost-Possible within Decade”, <https://www.greencarcongress.com/2020/12/20201218-irena.html>.

Ha, B. J., & Lee, S. (2013). Dual dimensions of non-regular work and SMEs in the Republic of Korea. ILO Employment Working Paper, 148.

Han, P., S. Kimura, and Malik, C.L. (2021). “Main Report”, in Han, P. and S. Kimura (eds.), *Energy Outlook and Energy Saving Potential in East Asia 2020*, 1-32.

Han-na, P. (2021, May 17). Climate response fund to be set up in 2022 to bolster renewable energy transition. *The Korea Herald*. <http://www.koreaherald.com/view.php?ud=20210517000885>.

Hong, Jong Ho (2017, August). Republic of Korea 2050 Energy Strategy for a Sustainable Future, World Wildlife Fund for Nature Korea.

Hong, J. H., Kim, J., Son, W., Shin, H., Kim, N., Lee, W. K., & Kim, J. (2019). Long-term energy strategy scenarios for South Korea: Transition to a sustainable energy system. *Energy Policy*, 127, 425-437.

Hyun-woo, Nam (2020, October). Will Korea End Sales of Combustion Engine Vehicles in 2035? *The Korea Times*, [https://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2021/12/419\\_297838.html](https://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2021/12/419_297838.html).

Intergovernmental Panel on Climate Change (2018). *Global Warming of 1.5°C*. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland. <https://www.ipcc.ch/sr15/>.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2021). *Sixth Assessment Report*. <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>.

International Energy Agency (2012). *Medium-Term Renewable Energy Market Report 2012*, IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/medium-term-renewable-energy-market-report-2012>.

International Energy Agency (2021). *World Energy Outlook 2021*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>.

International Energy Agency (2021, May). “Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector”, <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.

International Energy Agency (n.d.). “Korea 2020 – Analysis”, IEA, <https://www.iea.org/reports/korea-2020>. International Energy Agency (2020). *Korea 2020 Energy Policy Review*. OECD Publishing.

International Renewable Energy Agency (2021). “Renewable Power Generation Costs in 2020” (June). *Publications/2021/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2020*, <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2020>.

Jin-woo, Seo, and Eun-joo, Lee (2021). “Hyundai Motor to Fasten Timetable on Phase out from Traditional Engine Cars. Pulse by Maeil Business News Korea, <https://pulsenews.co.kr/view.php?year=2021&no=861332>.

Jin, S. H. (2019). Home appliances’ rebound effects estimated by a modified nonlinear model: an empirical study in South Korea. *Energy Efficiency*, 12(8), 2187-2199.

Kim, Dong-yong (2022). Carbon neutral: same goal, different direction; nuclear free vs. pro-nuclear, <http://www.sporbiz.co.kr/news/articleView.html?idxno=606640>, Translated from Korean.

Kim, I.-hwan. (2021, September 14). S.Korea’s potential growth rate drops to record low. *The Korea Economic Daily Global Edition*. <https://www.kedglobal.com/newsView/ked202109140002>.

Kim, Jaewon (2021, March). South Korea’s SK Bets \$16bn on Hydrogen: Five Things to Know. *Nikkei Asia*, <https://asia.nikkei.com/Business/Companies/South-Korea-s-SK-bets-16bn-on-hydrogen-Five-things-to-know>.

Kim, J. H., Kim, S. Y., & Yoo, S. H. (2020). Public acceptance of the “Renewable Energy 3020 Plan”: evidence from a contingent valuation study in South Korea. *Sustainability*, 12(8), 3151.

Klassen, T. (2011). New policies for Korea’s aging labor force: The role of contractual mandatory retirement. *Issue Paper*, (115), <https://www.kli.re.kr/downloadBbsFile.do?atchmfnlNo=9935>.

Korea Energy Agency (2021, Sept 30). “2020 Renewable Energy White Paper”, [https://www.knrec.or.kr/pds/pds\\_read.aspx?no=326&searchfield=&searchword=&page=1](https://www.knrec.or.kr/pds/pds_read.aspx?no=326&searchfield=&searchword=&page=1).



- Korea Energy Economics Institute (2021). "Korea Energy Trends, Series No. 113", <http://www.keei.re.kr/keei/download/MET2108e.pdf>.
- Korea Energy Economics Institute (2021, Nov.). Monthly Korea Energy Trends, 2021-11, <http://www.keei.re.kr/keei/download/MET2111e.pdf>.
- Korea Energy Economics Institute (2021, Dec). "Reforming Korea's Electricity Market for Net Zero", International Energy Agency, p.97.
- Korea Energy Economics Institute: Statistics Korea (n.d.). "Final Results of the 2015 Economic Census", <http://kostat.go.kr/portal/eng/pressReleases/4/6/index.board>.
- Korea Forest Service. 2021. 2050 Carbon Neutral Forest Sector Pro-motion Strategy (draft), page 2. Press Release.
- Kwon, Pilseok, Yunsoung Kim, Seonggwon Yun, Hyodong Moon, and Hyunji Im (2021). Deep Decarbonization of the Korea's Energy System, Green Energy Strategy Institute, <https://gesi.kr/forum/view/86547>.
- Lee, Heesu (2021, March). Hydrogen Rivalry Intensifies With South Korea Challenging Europe. Bloomberg.Com, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-03-18/hydrogen-rivalry-intensifies-with-south-korea-challenging-europe>.
- Lim, E. (2019). South Korea's nuclear dilemmas. *Journal for Peace and Nuclear Disarmament*, 2(1), 297-318.
- Luyssaert, S., Schulze, E. D., Börner, A., Knohl, A., Hessenmöller, D., Law, B. E., & Grace, J. (2008). Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature*, 455(7210), 213-215.
- MacCharles, A., Pocard, N., & Lin, C. (2020). Fueling the Future of Mobility: Hydrogen and Fuel Cell Solutions for Transportation. China: Deloitte-Ballard.
- McDowell, N. G., Allen, C. D., Anderson-Teixeira, K., Aukema, B. H., Bond-Lamberty, B., Chini, L., & Xu, C. (2020). Pervasive shifts in forest dynamics in a changing world. *Science*, 368(6494).
- Mee-yoo, Kwon (2021, July). Nuclear Phase-out Plan Emerging as Key Issue in Upcoming Presidential Election, *Koreatimes*, [https://www.koreatimes.co.kr/www/nation/2021/12/281\\_312722.html](https://www.koreatimes.co.kr/www/nation/2021/12/281_312722.html).
- Miller, R., & Blair, P. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511626982.
- Milman, Oliver (2021, November). "Car Firms Agree at Cop26 to End Sale of Fossil Fuel Vehicles by 2040." *The Guardian*, <https://www.theguardian.com/environment/2021/nov/10/cop26-car-firms-agree-to-end-sale-of-fossil-fuel-vehicles-by-2040>.
- Molina, M. (2014, March). The best value for America's energy dollar: a national review of the cost of utility energy efficiency programs. In American Council for an Energy-Efficient Economy.
- Moon, Tae Hoon, Yeora Chae, Dong-Sung Lee, Dong-Hwan Kim and Hyun-gyu Kim (2021). "Analyzing climate change impacts on health, energy, water resources, and biodiversity sectors for effective climate change policy in South Korea," *Scientific Reports* 11, Article No. 18512. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97108-7>.
- Newspim (2019, May 16). "Eco-Friendly Financing Green Bond Issuance." <https://www.newspim.com/news/view/20190515002550>.
- Nian, V. (2016). The carbon neutrality of electricity generation from woody biomass and coal, a critical comparative evaluation. *Applied Energy*, 179, 1069-1080.
- NREL: Transforming Energy (2021, Feb. 10). "Documenting a Decade of Cost Declines for PV Systems", <https://www.nrel.gov/news/program/2021/documenting-a-decade-of-cost-declines-for-pv-systems.html>.
- O'Callaghan, B., Adam, J.P. (2021, November). Are COVID-19 fiscal recovery measures bridging or extending the emissions gap? UNEP Emissions Gap Report 2021. [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/36996/EGR21\\_CH5.pdf](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/36996/EGR21_CH5.pdf).
- OECD (2018). "Strengths, gaps and weaknesses in Korea's income and employment support measures", in Towards Better Social and Employment Security in Korea, OECD iLibrary, <https://doi.org/10.1787/9789264288256-6-en>.
- Park, Kwang-Hyun (2021). "1248 trillion in energy storage alone? Kirst cost estimate for 'carbon neutrality,' The JoonAng Social, <https://www.joongang.co.kr/article/25010465#home>; original in Korean.
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Phillips, O. L., & Jackson, R. B. (2013). The structure, distribution, and biomass of the world's forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 44, 593-622.

Pollin, R. (2015) *Greening the Global Economy*, Cambridge, MA: MIT Press.

Pollin, R., Garrett-Peltier, H., Heintz, J., & Hendricks, B. (2014). *Green Growth*. Center for American Progress, <https://cdn.americanprogress.org/wp-content/uploads/2014/09/PERI.pdf>.

Pollin, Robert, et al (2017-2021). *Green Economy Transition Programs for U.S. States*, Political Economy Research Institute, <https://peri.umass.edu/publication/item/1032-green-new-deal-for-u-s-states>.

Pollin, R., Wicks-Lim, J., & Chakraborty, S. (2020). *Industrial Policy, Employment, and Just Transition*. Sustainable Development Solutions Network (SDSN) USA, *America's Zero Carbon Action Plan: Roadmap to Achieving Net Zero Emissions by 2050*.

Pugh, T. A., Lindeskog, M., Smith, B., Poulter, B., Arneeth, A., Haverd, V., & Calle, L. (2019). Role of forest re-growth in global carbon sink dynamics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(10), 4382-4387.

Rosenow, J., & Bayer, E. (2016). *Costs and Benefits of Energy Efficiency Obligation Schemes*. The Regulatory Assistance Project (RAP). <http://www.raponline.org/wp-content/uploads/2016/11/rap-rosenowbayer-costs-benefits-energy-efficiency-obligation-schemes-2016.pdf>.

Sang-bong Oh. 2015 KLI Labor Statistics. Korea Labor Institute, December 2015.

Serpell, Oscar, Wan-Yi Chu, and Benjamin Paren, *Balancing Act: Can Petrochemicals Be Both Emissions Free and Zero Waste*, Kleinman Center for Energy Policy, <https://kleinmanenergy.upenn.edu/research/publications/balancing-act-can-petrochemicals-be-both-emissions-free-and-zero-waste/>.

Smith, J. E. (2006). *Methods for calculating forest ecosystem and harvested carbon with standard estimates for forest types of the United States* (Vol. 343). United States Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station.

So-young, Kim (2021, June 4). "Korean Forest Service, Carbon Neutral Promotion Strategy in Forest Sector to Fully Reexamine the Origin of Issues." *Nongmin News*, <https://www.nongmin.com/news/NEWS/POL/GOV/339360/view>.

Solanot, Gonzalo (2021, October 28). *South Korea expands on its hydrogen strategy across the country*, <https://www.petrolplaza.com/news/28464>.

Sorrell, S., & Dimitropoulos, J. (2008). The rebound effect: Microeconomic definitions, limitations and extensions. *Ecological Economics*, 65(3), 636-649.

South Korea finalises USD46.32 billion defence budget for 2022 (2021, December 3). *Janes.com*. [https://www.janes.com/defence-news/news-detail/south-korea-finalises-usd4632-billion-defence-budget-for-2022#:~:text=South%20Korea%27s%20defence%20budget%20for,\(MND\)%20in%20Seoul%20announced](https://www.janes.com/defence-news/news-detail/south-korea-finalises-usd4632-billion-defence-budget-for-2022#:~:text=South%20Korea%27s%20defence%20budget%20for,(MND)%20in%20Seoul%20announced).

South Korea gasoline prices (2022, January 24). *GlobalPetrolPrices.com*. [https://www.globalpetrolprices.com/South-Korea/gasoline\\_prices/](https://www.globalpetrolprices.com/South-Korea/gasoline_prices/).

Stangarone, T. (2021). *South Korean efforts to transition to a hydrogen economy*. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23(2), 509-516.

Statistics Korea (n.d.). "Supplementary Results of the Economically active Population Survey for the Old Population in May 2021", <http://kostat.go.kr/portal/eng/pressReleases/5/5/index.board>.

The Economist (2020, July). "After Many False Starts, Hydrogen Power Might Now Bear Fruit", *The Economist*, <https://www.economist.com/science-and-technology/2020/07/04/after-many-false-starts-hydrogen-power-might-now-bear-fruit>.

The Government of the Republic of Korea (2020, Dec). "2050 Carbon Neutral Strategy of the Republic of Korea: Towards a Sustainable and Green Society", UNFCCC, [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/LTS1\\_RKorea.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/LTS1_RKorea.pdf).

The Republic of Korea (2019, Oct. 15). "Remarks by President Moon Jae-in at Future Car Industry National Vision Declaration Ceremony", <https://english1.president.go.kr/briefingspeeches/speeches/677>.

The World Bank Data (n.d.). "Indicators", *The World Bank*, <https://data.worldbank.org/indicator>.

U.S. Department of Energy Alternative Fuels Data Center (2021). Entries on "How Do Gasoline Cars Work?" <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-gasoline-cars-work>.

U.S. Department of Energy Alternative Fuels Data Center (2021). Entries on "How All Electric Cars Work?" <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>.

U.S. Energy Information Administration (2021, Feb. 28). "Levelized Costs of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2021", [https://www.eia.gov/outlooks/aeo/electricity\\_generation.php](https://www.eia.gov/outlooks/aeo/electricity_generation.php).



U.S. Energy Information Administration (n.d.). "International – South Korea", <https://www.eia.gov/international/data/country/KOR>.

Unwin, J. (2019). Potential vs. expense: is tidal energy worth the cost. Power Technology, Verdict Media.

Walker, T., Cardellichio, P., Colnes, A., Gunn, J., Kittler, B., Perschel, B., & Initiative, N. C. (2010). Biomass sustainability and carbon policy study. Manomet Center for Conservation Sciences.

World Meteorological Organization (2019). State of the Global Climate Report. <https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate/wmo-statement-state-of-global-climate>.

Zimmer, A., Hörsch, J., Plinke, C., Ganti, G., Lee, S., Shrestha, H. B., & Hare, B. (2021). Employment opportunities from a coal-to-renewables transition in South Korea. [https://climateanalytics.org/media/employment\\_opportunities\\_from\\_a\\_coal-to-renewables\\_transition\\_in\\_south\\_korea.pdf](https://climateanalytics.org/media/employment_opportunities_from_a_coal-to-renewables_transition_in_south_korea.pdf).

# 저자 소개

**로버트 폴린(Robert Pollin)** 교수는 매사추세츠대 애머스트 캠퍼스 (University of Massachusetts Amherst) 경제학 교수이자 정치경제학 연구소(PERI) 공동 소장이다. 매사추세츠주 애머스트에 기반을 두고 미국 전역에서 운영되는 친환경 에너지 회사인 PEAR(Pollin Energy and Retrofits)의 설립자이자 사장이기도 하다. 그의 저서로는 *The Living Wage: Building a Fair Economy* (공동 저술, 1998), *Contours of Descent: U.S. Economic Fractures and the Landscape of Global Austerity* (2003), *An Employment-Targeted Economic Program for South Africa* (공동 저술, 2007), *A Measure of Fairness: The Economics of Living Wages and Minimum Wages in the United States* (공동 저술, 2008), *Back to Full Employment* (2012), *Greening the Global Economy* (2015), *Economic Analysis of Medicare for All* (공동 저술, 2018), and *Climate Crisis and the Global Green New Deal: The Political Economy of Saving the Planet* (공동 저술, 2020) 이 있다. 로버트 폴린(Robert Pollin) 교수는 미국 에너지부, 국제 노동 기구, 유엔산업개발기구(UNIDO) 및 여러 국가와 미국 주 및 지방 자치 단체의 수많은 비정부 기구에서 컨설턴트로 일하며 고용률이 높은 녹색 환경 구축을 위한 다양한 연구를 진행했다. 유엔 개발 프로그램 (UNDP)에서는 사하라 사막 이남 아프리카의 고용 창출 및 빈곤 감소에 관한 프로젝트를 지휘했다. 또한 주 전체 및 지방 자치 단체 수준에서 생활 임금 법령 제정, 금융 규제 정책 및 미국의 단일 지불자 의료의 경제학에 대해 많은 미국 비정부 기구와 협력했다. 2011~2016년에는 금융화, 경제, 사회 및 지속 가능한 개발에 관한 유럽 위원회 (FESSUD) 프로젝트의 과학 자문 위원회 위원을 맡았다. 그리고 <포린 폴리시>(Foreign Policy)의 “2013년 전 세계를 움직인 글로벌 사상가 100인”에 선정되기도 하였다.

**자넷 워스림 (Jeannette Wicks-Lim)** 교수는 매사추세츠대 애머스트 캠퍼스 (University of Massachusetts Amherst) 정치경제학 연구소의 부교수이며, 이 곳에서 경제학 박사 학위도 취득했다. 자넷 워스림 교수는 저임금 노동 시장에 중점을 둔 노동 경제학; 인종 차별주의의 정치 경제; 소득, 고용, 건강 및 건강 관리의 교차점; 청정 에너지 정책의 고용 관련 영향을 전문으로 한다. *A Measure of Fairness: Economics of Living Wage and Minimum Wage in the United States* (2008) 및 *Economic Analysis of Medicare for All* (2018)의 공동 저자이자, *Capitalism on Trial: Explorations in the Tradition*의 공동 편집자이다. 그리고 *A Program for Economic Recovery and Clean Energy Transition in California* (2021)와 같은 청정 에너지 전환 프로그램에 대한 국가 및 주 차원의 여러 보고서를 공동 저술했다. 자넷 워스림 교수는 저널 기사 및 정책 연구에서 차별 철폐 정책의 효과; 인종 소득 불평등; 농업 노동자에 대한 개선된 노동 기준의 경제적 영향; 인구 건강 개선에 대한 근로 소득세 공제의 역할과 같은 주제도 다룬 바 있다. 또한 자신의 연구 분야에서 비정부기구와 주 및 시 입법 위원회의 경제 정책 컨설턴트로 자주 활동한다.

**슈빅 차크라보티 (Shouvik Chakraborty)** 교수는 매사추세츠대 애머스트 캠퍼스 (University of Massachusetts Amherst) 정치경제학 연구소의 조교수이다. 슈빅 차크라보티 교수의 연구는 녹색 에너지 프로그램에 대한 투자가 고용에 미치는 영향을 중심으로 한다. 특히 개발도상국과 관련하여 불평등, 기후 변화 및 환경 정의 문제를 조사한다. 이와는 별도로 선진국과 개발도상국 간의 국제 무역과 관련된 주제를 연구하고 있다. 슈빅 교수는 2015년 연구 *Global Green Growth: Clean Energy Industrial Investments and Expanding*

Job Opportunities의 공동 저자이다. 2019년에는 인도의 현재 정치 경제 상황에 대해 광범위하게 다룬 책인 A Quantum Leap in the Wrong Direction? 을 공동 편집했다. 슈빅 교수는 지식 크라우드소싱과 이를 정책으로 전환하는 글로벌 이니셔티브인 유네스코 포용 정책 연구소의 회원이기도 하다. 또한 런던 정치 경제 대학교 (London School of Economics) 및 '새로운 경제학적 사고를 위한 연구소(Institute for New Economic Thinking/INET)와 제휴 기관인 International Growth Centre의 블로그에 기고하고 있다. 인도 생태 경제학 학회(INSEE), 국제 생태 경제학 학회(ISEE) 및 동부 경제 협회(EEA)의 회원이다.

**그레고 세미에누크(Gregor Semieniuk)** 교수는 PERI와 매사추세츠대 애머스트 캠퍼스(University of Massachusetts Amherst)의 경제학과 연구 조교수이다. 그레고 교수의 연구는 세계 경제 성장에 따른 에너지 및 자원 필요량과 저탄소 경제로의 전환에 필요한 빠른 정책 유발 구조 변화의 정치경제에 중점을 둔다. 재생에너지 혁신의 자금조달을 가능하게 하는 정책에 대해 유엔환경계획(UNEP)과 영국 정부에 자문을 제공했으며 이 주제 및 저탄소 경제로의 빠른 전환 중 나타날 수 있는 재무 투자자의 위험을 연구하기 위한 보조금을 받았다. 그레고 교수는 사회 연구를 위한 새로운 학교 (NSSR)에서 경제학 박사 학위를 취득했다.

**윤자영 교수**는 충남대학교 경제학과 조교수이다. 매사추세츠대 애머스트 캠퍼스(University of Massachusetts Amherst)에서 경제학 박사 학위를 취득했다. 여성 노동시장 및 관련 정책, 성별 및 돌봄 노동의 정치 경제, 사회 정책 및 고용에 중점을 둔 노동 경제학을 전문으로 한다. Constructing an Alternative Socioeconomic Model (2017) 및 Labor Rights for Younger Generations (2020)의 공동 저자이다. 윤자영 교수의 저널 기사 및 정책 연구는 시간 사용과 비시장 노동의 경제학; 비시장 및 돌봄 노동의 경제적 가치 추정; 육아 휴직이 노동시장 성장과 출산율에 미치는 영향; 일과 삶의 균형에 대한 근로 시간 제도의 효율성; 성별과 계층에 따른 소득 불평등; 고령자, 간병인, 자영업자를 포함한 불안정 노동자를 위한 노동 시장; 고용에 대한 적극적인 노동 시장 정책의 효과; 플랫폼 노동을 포함한 대체 작업 배치 등 광범위한 주제를 포함한다. 대통령 직속기관인 최저임금 위원회 (2019~2021)와 저출산고령사회위원회(2018~)를 비롯한 여러 대통령 위원회의 위원으로 참여했으며 비정부 기구와 정부 행정 및 입법 위원회에서 노동 및 사회 정책 컨설턴트로 자주 활동해왔다. 여성주의 경제학 (Feminist Economics)의 부편집장이기도 하다.

## 정치경제연구소 (PERI)

정치경제연구소(PERI)는 독창적인 연구를 통해 인간과 생태계의 웰빙을 증진합니다.

PERI의 현재와 미래, 지구에서의 우리의 삶을 개선할 실질적인 정책을 개발하는 것을 연구 활동의 목표로 삼습니다. 故 로버트 하일브로너(Robert Heilbroner) 교수는 PERI의 역할을 이렇게 말했습니다. “도덕으로부터 실용적인 과학을 도출하기 위해 노력한다.”

PERI는 1998년 매사추세츠 애머스트 대학교(University of Massachusetts Amherst)의 독립 기관으로 설립됐으며, 이 대학 경제학과와 긴밀히 연결되어 있습니다. PERI의 구성원들은 매사추세츠 대학의 교수진과 대학원생, 그리고 전 세계 경제학자들과 협업하고 있습니다. PERI는 그 동안 세계화, 실업, 금융 시장 불안정, 중앙은행 정책, 생활 임금과 양질의 노동, 평화, 개발, 그리고 지속가능한 환경 문제에 대한 연구 및 정책 개발을 선도해 왔습니다.

PERI.UMASS.EDU • EMAIL: PERI@PERI.UMASS.EDU • GORDON HALL,  
418 N. PLEASANT ST., AMHERST, MA 01002 • TEL: 413-545-6355