

KEEI 2024 장기 에너지 전망

2024 Long-Term Energy Outlook

KEEI 2024

장기 에너지 전망

2024 Long-Term Energy Outlook

『KEEI 2024 장기 에너지 전망』은 에너지경제연구원의 에너지·경제·온실가스 통합 분석 시스템(KEEI-STEM, System of Three E-Models)을 이용하여 국내 및 국제 에너지 수급 동향을 분석하고 2050년까지의 우리나라 에너지 수급을 전망한 보고서이다. 2024년 전망은 최근의 에너지 수급 변화를 심도 있게 분석하여 각종 에너지 수급 지표를 전망함으로써 국가 에너지와 기후변화 정책의 방향을 설정하고 조정하는 데 기여하고자 진행되었다.

『KEEI 2024 장기 에너지 전망』의 기준 시나리오는 우리나라 인구·경제·사회의 변화에 대한 기본 전제를 바탕으로, 에너지 기술과 소비 행태의 변화가 기존 추세를 유지하며 현행 정책, 지침 및 규제와 더불어 시행이 예정된 정책 수단이 도입된다는 가정 하에 에너지 수급 경로를 도출한다. 데이터의 오류, 전망 시스템의 불완전성, 전제의 불확실성 등에서 비롯하는 미래 예측의 위험을 보완하기 위해 다양한 경제 성장 시나리오 및 기술, 정책 시나리오를 고려하여 에너지 수요 및 온실가스 배출 전망을 수행하며, 이는 별도의 보고서를 통해 공개할 예정이다.

보고서 작성을 위해 사용된 통합 분석 시스템은 현실의 복잡한 에너지 수급과 경제 구조를 단순화한 전망 시스템으로, 전망 결과는 시스템에 사용하고 있는 자료, 방법론, 모형 구조, 전망 전제 등에 따라 민감하게 변할 수 있다. 에너지경제연구원은 보다 객관적이고 신뢰성 있는 전망 결과를 제공하고자 자료와 시스템을 지속적으로 보완·개선하고 있으나, 전망 결과가 미래에 대한 완전한 정보를 제공하는 것은 아니므로 보고서가 제공하는 수치 및 내용은 관련 정책 수립 및 의사결정을 위한 참고 자료로 한정해서 사용할 필요가 있다.

본 보고서는 에너지경제연구원 에너지장기모형연구실과 기후변화정책연구실이 에너지수급통계연구실 및 다른 정책 연구 부서와 협력하여 작성한다. 김수일 선임연구위원(경제, 전환)이 작성을 총괄하고, 신힘철 연구위원(산업, 석유), 최도영 선임연구위원(수송, 석탄), 추다해 연구위원(가정), 이승호 부연구위원(서비스, 가스)이 분석과 작성에 참여하였으며, 변정현 전문원이 연구를 지원하였다. 또한 다수의 관련 전문가들이 연구 결과를 검토하고 자문하여 연구의 수준을 높이는데 기여하였다.

제 목 차 례

주요 결과 요약	1
제1장 2024 장기 에너지 전망의 개요	5
1. ‘2024장기 에너지 전망’의 시나리오 및 주요 전제.....	7
2. 에너지 전망 주요 결과.....	16
제2장 부문별 전망 결과	23
1. 산업 부문.....	25
2. 수송 부문.....	35
3. 가정 부문.....	44
4. 서비스 부문	52
5. 발전/열생산 부문	61
제3장 에너지상품별 전망 결과.....	71
1. 석탄.....	73
2. 석유.....	78
3. 가스.....	83
부 록 	89
1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과 – 기준 시나리오	91
2. 참고문헌.....	106

그림 차례

그림 1.1	인구 구조 및 고령인구 비율 변화.....	10
그림 1.2	국내총생산 및 경제성장률 추이.....	11
그림 1.3	주요 업종별 부가가치 증가율 및 비중 변화(2023~50년).....	12
그림 1.4	주요 업종별 부가가치 신계열 및 구계열 비교	13
그림 1.5	원유, 천연가스, 석탄 도입 가격 전망	14
그림 1.6	연평균 기온과 10년 구간 평균 냉·난방도일.....	15
그림 1.7	총에너지 수요와 에너지 부문 온실가스 배출 전망.....	16
그림 1.8	총에너지 소비 에너지상품별 비중.....	17
그림 1.9	최종소비 부문 에너지 수요와 온실가스 배출 전망.....	18
그림 1.10	최종소비 부문별 에너지 수요 변화.....	19
그림 1.11	최종소비 에너지상품별 비중.....	20
그림 1.12	발전/열생산 부문 에너지 수요와 온실가스 배출 전망.....	21
그림 2.1	2001~23년 GDP, 산업 부문 산출액, 산업 부문 에너지 소비 증가율.....	25
그림 2.2	주요 업종별 에너지원단위(산출액 기준) 지수 변화 추이.....	26
그림 2.3	2000~23년 업종별 부가가치(좌) 및 에너지 소비(우) 추이	27
그림 2.4	원료용을 포함한 경우(좌)와 제외한 경우(우) 산업 부문 에너지원별 소비 비중	28
그림 2.5	산업 부문 에너지 수요와 온실가스 직접 배출 전망.....	29
그림 2.6	2023~50년 산업 부문 용도별업종별 에너지 수요 변화.....	30
그림 2.7	트럼프 집권에 따른 주요 산업별 영향.....	32
그림 2.8	2023년 대비 2050년 주요 업종별 에너지 믹스(비중) 변화.....	33
그림 2.9	수송 부문 에너지 소비 및 자동차 대수 증가율과 국제유가 추이.....	35
그림 2.10	수송 부문 에너지 수요와 증가율 추이	37
그림 2.11	기술별 자동차 보급과 증가율 추이	38
그림 2.12	여객과 화물 수요 전망	41
그림 2.13	수송 부문 에너지상품별 수요와 국제유가.....	42
그림 2.14	수송 연료별 비중 및 수요	42
그림 2.15	수송 부문별 연료별 온실가스 배출 전망	43
그림 2.16	가정 부문 에너지 소비 실적과 주요 영향 요인 증감율	44
그림 2.17	가정 부문 에너지상품별 소비 비중과 증감율	45

그림 2.18	가정 부문 에너지 수요, 가구당 수요, 일인당 수요 전망	46
그림 2.19	가정 부문 에너지상품별 수요와 온실가스 배출 전망.....	47
그림 2.20	가정 부문 에너지상품별 수요 증감 비교.....	48
그림 2.21	가정 부문 용도별 에너지 수요 비중 변화.....	49
그림 2.22	냉·난방도일과 가정 부문 가스 및 전기 소비 전망	50
그림 2.23	제로에너지건축물 인증제도 통합안.....	51
그림 2.24	서비스 부문 에너지 수요 및 산출액, 난방도일 전년 대비 변화율(% , 2000~23년).....	53
그림 2.25	서비스 부문 에너지 수요 및 산출액 전망 추이.....	54
그림 2.26	2023~50년 서비스 부문 주요 업종 산출액과 에너지 수요의 연평균 증가율	56
그림 2.27	정보통신업 에너지 수요 2022년 전망, 2023년 전망 비교	57
그림 2.28	서비스 부문 에너지상품별 수요 추이 및 전망	58
그림 2.29	경제성장률과 전기 및 열 총수요 증가율.....	61
그림 2.30	부문별 전기 수요 전망	62
그림 2.31	부문별 열 수요 전망	63
그림 2.32	발전/열생산 부문 에너지 수요와 온실가스 배출 추이.....	64
그림 2.33	정격용량 기준 에너지원별 발전 설비용량과 발전량 추이	66
그림 2.34	2020년 이후 시간별 시스템 부하 전망	67
그림 3.1	2000~23년 용도별 석탄 소비 추이.....	73
그림 3.2	석탄 발전 설비 용량 변화 추이 및 전망	74
그림 3.3	부문별 석탄 수요 전망.....	76
그림 3.4	주요 업종별 석탄 수요 전망	77
그림 3.5	석유정제 설비 용량, 원유 수입, 석유제품 생산 추이	78
그림 3.6	석유제품 최종소비와 국제 원유가격(두바이) 추이.....	79
그림 3.7	부문별 석유제품 수요 및 증가율 추이.....	80
그림 3.8	석유제품별 최종소비 비중 변화	82
그림 3.9	부문별 가스(천연가스+도시가스) 최종 소비 전년 대비 증가율 추이	84
그림 3.10	용도별 가스 소비 및 비중 전망.....	85
그림 3.11	주요 발전 설비 용량 및 발전용 가스 수요 전망.....	86
그림 3.12	최종소비 부문 가스 수요 전망.....	87

글상자 차례

글상자 1.1	국민계정 2020년 기준년 변경에 따른 국내총생산과 부가가치의 변화	12
글상자 2.1	트럼프 대통령 재집권으로 인한 우리나라 산업 부문 에너지 소비의 불확실성	31
글상자 2.2	모빌리티(Mobility) 혁신과 에너지 수요	39
글상자 2.3	건물부문의 탄소중립과 제3차 녹색건축물 기본계획	50
글상자 2.4	정보통신업 에너지 수요 전망에 신축 데이터센터 보급 전망 반영	57

주요 결과 요약

□ 사회 경제적으로 급변하는 상황 속에서 사회경제 발전 경로가 과거의 추세를 유지하는 경우 우리나라 장기 에너지 수급을 분석

“2024 장기 에너지 전망”은 급변하는 대내외 경제, 사회 환경과 기후 및 에너지 정책 수단 속에서 우리나라의 사회 경제가 과거의 추세를 유지하는 상황을 가정할 때 예상되는 장기적 에너지 수급 변화의 경로를 제시하고자 진행되었다. “2024 장기 에너지 전망”의 시나리오는 사회경제에 대한 정성 정보 및 정량 전제 그리고 기후 및 에너지 정책에 대한 가정으로 구성된다. 사회경제에 대한 정성 정보는 인구 및 인적 개발, 경제 및 생활 양식, 기술 및 자원으로 구분하고 각 범주에 포함된 주요 요소들에 대한 내적 일관성이 있는 서사(narrative)를 의미한다. 정량 전제는 시나리오 분석을 위해 모형에 입력하는 전제 수치를 의미한다. 전제는 사회경제 주요 변수인 인구, 경제성장률, 산업 경쟁력, 에너지 가격, 기온 등을 포함하며, 사회경제에 대한 서사와 일관성을 유지하도록 작성된다. 사회경제적인 환경 변화와 사회적 행동 양식의 변화는 정책에 대한 수용성의 수준을 제약하고 결과적으로 정책 도입의 (분석) 결과에 영향을 미친다. 본 전망 보고서는 시나리오의 정책과 기술 선택 범위와 수준이 사회경제 경로의 서사와 일관성을 유지하는 데 노력을 집중하였다. 이는 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)의 6차 평가보고서 (IPCC, 2023)에서 사용하는 SSP(Shared Socio-economic Pathways)의 구성 요소 및 작성 방법과 비슷하다. IPCC의 SSP는 기후변화 정책 연구를 위해 공유하는 사회경제의 발전 경로이다.

“2024 장기 에너지 전망”이 제공하는 기준 시나리오(REF, REference scenario)는 전 세계와 우리나라의 사회경제가 과거의 발전 추세를 지속하는 ‘추세유지 경로’에서 기술의 발전과 기후 및 에너지 정책의 변화가 획기적으로 발생하지 않고 기후변화를 위한 국제적 노력도 크게 개선되지 않는 상황을 묘사한다. 국내 상황은 현재의 인구 감소 추세를 반전시킬 만한 사회적 투자가 부족하여 인구 감소가 지속된다. 인구 감소와 생산성 증가의 둔화가 지속되면서 경제성장률은 꾸준히 하락하고, 재생에너지 및 기후변화 저감을 위한 신기술에 대한 투자와 사회적 수용성이 현재의 수준과 크게 달라지지 않는다. 또한 기술 발전 속도가 과거의 추세를 유지하지만 기술 발전의 성과가 사회 전반에 골고루 분배되지 않고 소득 분배의 불평등과 실업이 현재 수준을 유지한다. 기후 및 에너지 정책 측면에서 REF는 아직 시행되지 않았지만 구체적인 수단이 마련된 정책까지 ‘현재 정책’에 포함하고 있다. 정책 및 기술에 대한 REF의 정의는 IEA(International Energy Agency)가 “World Energy Outlook”에서 사용한 STEPS(Stated Policy Scenario)와 비슷하다. REF의 결과는 우리나라 및 국제 사회가 ‘추세유지 경로’를 유지하는 경

우 에너지 수급과 온실가스 배출의 전망으로, 국내의 기후변화 및 에너지 정책과 기술에 변화가 에너지 수급 및 온실가스 배출에 미치는 영향을 분석하는 가상의 기준선(baseline) 역할을 한다.

“2024 장기 에너지 전망”은 인구와 경제 성장을 비롯한 다양한 사회경제 요소에 대해 ‘추세유지 경로’에 부합하는 정량적 전제를 사용한다. 우선, 우리나라 인구는 통계청이 2023년 12월 발표한 ‘장래인구추계(2022~2072) (통계청, 2023c)’의 중위 인구추계를 전제로 사용한다. 2022년 한국의 합계출산율은 1970년 출생통계 작성 이래 최저치인 0.78 명을 기록한 반면, 사망자 수는 2010년대 이후 증가 추세로 2022년에는 전년 대비 17.6 % 증가한 37만 3천 명을 기록하였다 (통계청, 2023a). 통계청에 따르면 우리나라 인구는 2023년에서 2050년 사이 8.9 % 감소하여 4,711만 명에 도달하는 것으로 전망된다.

경제 성장은 KDI의 장기 잠재성장률 (KDI, 2023c) 전망에 최근 실적을 반영하여 경제 성장 전제를 작성하였다. 우리나라 경제는 단기적으로는 내수가 완만히 회복되는 가운데 수출 증가세가 점차 둔화되면서 경제 성장률이 하락할 것으로 예상되며 (한국은행, 2024b), 중장기적으로 경제성장률은 급속한 고령화 진행에 따라 점차 둔화되어 2023~30년 연평균 1.9 %, 2030~40년 연평균 1.3 %, 2040~50년 연평균 0.7 % 수준으로 하락할 것으로 예상된다 (KDI, 2023c). 경제성장률 둔화에는 생산물의 급격한 하락으로 인한 생산가능인구 감소와 피부양인구 증가로 인한 저축 감소와 재정 지출 부담 증대에 따른 것으로 분석된다. 제조업은 2023~50년 연평균 0.7 % 성장할 전망이며, 석유화학 산업이 연평균 1.6 %로 제조업의 성장을 주도할 전망이다. 반도체, 디스플레이, 정보통신기기 등을 포함하는 기계류 산업은 정보통신 기술의 발전과 이차전지 등 수요 증가에 힘입어 전망 기간 동안 연평균 0.8 %, 비금속은 0.5 % 수준으로 성장할 전망이다. 반면, 자동차 및 선박 등 전방산업의 철강 제품 수요 증가요인에도 불구하고, 탈탄소 소재로의 전환 및 탄소중립을 위한 규제 강화 등 요인으로 인해 철강업의 부가가치는 전망 기간 연평균 0.3 % 감소할 전망이다.

에너지 도입가격은 IEA “World Energy Outlook (2024)”의 STEPS 가격 전망 중에서 아시아 지역 가격을 기반으로 이를 2023년 평균 환율을 고정하여 국내 도입단가로 환산하였다. 천연가스 가격은 전 세계 공급 능력의 과잉으로 2035년까지 점진적으로 하락하지만 이후 수입 가격은 다시 상승할 전망이다. 석탄 가격 또한 2035년 톤당 100 달러 수준까지 하락하여 정제할 전망이다. 원유 가격은 기술 발전과 수요의 하방 압력이 자원 개발의 어려움과 균형을 이루며 전반적으로 2023년 수준을 유지할 전망이다.

평균 기온 및 냉·난방도일은 IPCC 제6차 평가보고서의 SSP2-4.5 시나리오를 기반으로 기상청이 작성한 남한 상세 기후변화 시나리오를 활용하여 전국 평균 기온 변화 시나리오를 구

축하였다. 평균 냉방도일은 2021~30년 193.3 도일, 2031~40년 244.0 도일, 2041~50년 282.8 도일까지 증가한다. 난방도일은 2021~30년 2,246.4 도일에서 2041~50년 2,062.1 도일 수준으로, 2022년과 2050년 사이에 17.1 % 하락할 전망이다.

□ 인구감소 및 저성장과 에너지원단위 개선으로 인해 에너지 수요 증가는 둔화

사회경제가 과거의 변화 추세를 유지하는 가운데 현재 정책이 유지되는 경우 우리나라 총 에너지 수요가 2023년 286.8 백만toe에서 연평균 0.3 % 증가하여 2050년에는 307.5 백만toe에 도달할 전망이다. 총에너지 기준 에너지원단위는 2023년에서 2050년 사이 22.8 % 개선되는 것으로 전망된다. 2023년 총에너지 수요는 석유가 35.2 %로 가장 큰 비중을 차지하고, 석탄이 25.4 %로 뒤를 잇고 있다. 가스는 20.2 %를 차지하여 화석연료 기반 에너지상품이 총에너지 소비의 80.8 %를 차지한다. 2050년에는 석유가 30.0 %로 감소하고 석탄은 11.3 %로 축소된다. 이러한 에너지상품의 구성 변화는 총에너지 수요의 증가에도 불구하고 에너지부문 온실가스 배출의 감소를 이끌게 된다. 에너지부문 온실가스 배출은 2023년 569.2 백만톤-CO₂e에서 2050년 412.3 백만톤-CO₂e로 감소한다. 국내총생산 대비 온실가스 배출 원단위는 2023년에서 2050년 사이 47.8 %가 개선될 것으로 전망된다. 온실가스 배출 감소는 총에너지 수요 증가의 둔화, 재생에너지 보급 확대 그리고 석탄 기력 발전 감소의 영향이 크다. 온실가스 배출이 지속적으로 감소하지만, '2030 NDC 수정안'이나 '2050 탄소중립 시나리오안'의 목표에는 크게 미치지 못할 전망이다.

최종소비 부문(석유정제 포함)의 에너지 수요는 2023년 214.1 백만toe에서 2050년 224.9 백만toe로 현재와 거의 같은 수준을 유지할 전망이다. 최종소비 부문의 에너지 수요는 2030년대 후반 약 235 백만toe 수준에서 정점을 기록한 후 점차 감소한다. 최종소비 부문의 에너지 수요가 현재와 비슷한 수준을 유지하는 가운데, 최종소비 부문의 온실가스 직접 배출은 꾸준히 감소한다. 최종소비 부문의 온실가스 배출은 2023년 348.4 백만톤-CO₂e에서 2050년 293.4 백만톤-CO₂e로 줄어들 전망이다. 산업 부문의 온실가스 배출은 대부분 난감축 업종인 철강, 화학, 비금속 업종에서 발생한다. 다만, REF에서는 시나리오 정의상 철강 업종의 수소환원제철 공법, 화학 업종의 바이오 납사 및 전기가열로 공법, 비금속 업종의 유연탄 대체 등 정부와 산업계에서 계획한 온실가스 배출 감축 기술들이 포함되지 않았다. 최종소비 부문의 에너지 수요의 증가는 대부분 산업과 서비스의 생산활동 증가에 따라 발생하나, 증가세는 에너지 효율 개선에 따라 억제될 전망이다. 산업 부문(석유정제 포함)의 경우 에너지 수요는 15.6 % 증가하며, 서비스 부문의 에너지 수요는 28.9 % 증가할 전망이다. 수송 부문과 가정 부문은 2023년에서 2050년 사이 에너지 수요가 각각 43.7 %, 6.7 % 감소할 것으로 전망된다. 2023년 최종소비 부문 에너지 소비의 45.7 %를 차지하는 석유가 2050년에는 39.6 %로 감소하고 석탄은 14.4 %

에서 12.8 %로 축소되는 반면, 최종소비 부문 에너지 소비의 22.0 %를 차지하는 전기는 2050년 26.4 %로 증가하고 가스는 13.0 %에서 13.3 %로 확대된다. 화학원료용 석유 소비를 제외하면 2050년 최종소비 부문의 에너지 소비에서 전기가 가장 큰 비중을 차지할 전망이다.

□ 차기 전력수급기본계획의 내용에 따라 총에너지 수요 및 온실가스 배출 전망의 변경 예상

“2024 장기 에너지 전망”은 아직 시행되지 않았지만 구체적인 수단이 마련된 정책까지 ‘현재 정책’에 포함하고 있다. 본 보고서를 작성 중인 시점에 ‘제11차 전력수급기본계획’의 실무안이 발표되었으나 국회 상임위원회 보고 및 전력정책심의회 심의 등이 보류되고 있어서 ‘제10차 전력수급기본계획(이하 제10차 전기본)’을 ‘현재 정책’으로 간주하였다. 본 전망에서 도출한 전기 수요와 ‘제10차 전기본’의 발전 설비 계획을 반영한 결과 발전/열생산 부문의 에너지 수요는 2023년 120.2 백만toe에서 2050년 139.7 백만toe로 16.2 % 증가하는 반면, 온실가스 배출은 220.8 백만톤-CO₂e에서 118.9 백만톤-CO₂e로 46.1 % 감소하는 것으로 나타났다. 에너지 수요와 온실가스 배출의 탈동조화는 온실가스 발생의 주 원인인 석탄 화력이 빠르게 감소하고 탄소 배출이 적은 가스 복합발전과 배출이 없는 원자력 및 재생에너지가 이를 대체하면서 발생한다. 노후 석탄 화력발전 설비에 대한 폐지 및 연료전환 원칙을 유지하고 있는 ‘제10차 전기본’에 따라 2026년에서 2036년까지 총 23기, 13.7 GW의 유연탄 발전 설비가 폐지되거나 연료 전환을 수행하고, 2036년 이후에도 2050년까지 18.6 GW의 유연탄 기력 설비가 폐지되거나 연료를 전환할 것으로 예정됨에 따라 중장기적으로 발전/열생산 부문의 석탄 수요와 석탄 사용으로 인한 온실가스 배출은 빠르게 감소할 전망이다. 변동성 재생에너지 발전량이 사업자 발전량에서 차지하는 비중은 2023년 5.7 %에서 2036년 18.1 %, 2050년에는 27.3 %까지 늘어난다. 가스 발전의 비중은 2023년 27.1 %에서 2036년 32.1 %, 2050년 38.9 %로 늘어날 전망이다.

제1장 2024 장기 에너지 전망의 개요

1. ‘2024 장기 에너지 전망’의 시나리오 및 주요 전제

1.1. 시나리오의 정의와 목적

시나리오는 사회경제에 대해 주어진 전제와 정책 및 기술에 대한 가정에 따라 예상되는 미래의 모습을 묘사하는 전망(outlook 또는 projection)을 의미한다. 전제와 가정이 변하면 다른 시나리오가 된다. 시나리오는 정책 및 기술의 선택을 결정하기 위한 정보를 제공하는 것이 목적이다. 사회경제적인 환경 변화와 사회적 행동 양식의 변화는 정책에 대한 수용성의 수준을 제약하고 결과적으로 정책 도입의 (분석) 결과에 영향을 미친다. 시나리오의 정책과 기술 선택 범위와 수준은 사회경제 경로의 서사와 일관성을 유지해야 한다. 한편, 복잡한 현실 세계의 단순화라는 모형의 한계, 데이터의 오류, 전망에 사용된 주요 전제 자체에서 발생하는 불확실성은 전망의 실패라는 위험을 발생시키는 원인이다. 이러한 위험을 극복하기 위해 다양한 시나리오와 적절한 모형의 개발이 필요하다.

“2024 장기 에너지 전망”의 시나리오는 사회경제에 대한 정성 정보 및 정량 전제 그리고 기후 및 에너지 정책에 대한 가정으로 구성된다. 사회경제에 대한 정성 정보는 인구 및 인적 개발, 경제 및 생활양식, 기술 및 자원으로 구분하고 각 범주에 포함된 주요 요소들에 대한 일관성 있는 서사(narrative)를 의미한다. 정량 전제는 사회경제 주요 요소 중에서 시나리오 분석을 위해 모형에 입력하는 전제 수치를 의미한다. 인구 및 인적 개발 범주의 주요 요소는 인구성장, 출산율, 사망률, 이민, 교육, 보건투자, 사회적 형평성, 사회적 참여 등이 있다. 경제 및 생활양식 범주에는 경제성장, 불평등, 국제무역, 소비 행태, 정책 목표, 사회제도 등이 포함된다. 기술¹ 및 자원 범주는 기술개발, 기술이전, 에너지 기술 변화, 배출 집약도, 에너지 집약도, 화석연료 제약 등을 포함한다. 이는 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)의 6차 평가보고서(IPCC, 2023)에서 사용하는 시나리오의 구성 요소와 유사하다. IPCC의 SSP(Shared Socio-economic Pathways)는 기후변화 정책 연구를 위해 공유하는 사회경제의 발전 경로이다. SSP는 기후변화의 충격과 추가적인 기후정책이 없다는 가정하에 인구, 교육, 경제성장, 도시화, 불평등, 거버넌스 등 사회경제적 차원의 요소들에 대한 정성적 서사와 정량적 전제로 구성되어 있다. IPCC의 SSP는 SSP1에서 SSP5까지 5개의 스토리라인으로 구별된다. SSP²를 기반으로 전

¹ 기술은 재화 생산에 새로운 방식을 적용하는 것과 더불어 생산 환경을 재구성하고 조직하는 모든 활동을 의미한다. 세부 요소인 에너지 기술, 배출 집약도, 화석연료 제약 등은 추가적인 기후변화 및 에너지 정책이 없다는 가정하에 사회경제 발전경로 내러티브를 구성하는 기준 수준을 말한다.

² SSP1(sustainability, 지속가능 경로), SSP2(middle-of-the-road, 중간 경로), SSP3(regional rivalry, 지역경쟁 경로), SSP4(inequality, 불평등 경로), SSP5(fossil fuel-intensive, 화석연료 집약 경로)의 5개 그룹으로 구성된다.

세계의 연구그룹들이 기후변화 및 기후적응 정책에 따른 에너지, 토지 이용, 온실가스 배출을 분석하여 다양한 시나리오를 제공한다.³

“2024 장기 에너지 전망”은 전 세계와 우리나라의 사회경제가 과거의 발전 추세를 지속하는 ‘추세유지 경로’를 가정한다. ‘추세유지 경로’⁴는 인구 및 인적 개발, 경제 및 생활양식이 과거의 추세 변화를 이어가는 가운데, 기술의 획기적 발전이 발생하지 않고 기후변화를 위한 국제적 노력도 크게 개선되지 않는 상황을 묘사한다. 국내 상황은 현재의 인구 감소 추세를 반전시킬 만한 사회적 투자가 부족하여 인구 감소가 지속된다. 인구 감소와 생산성 증가의 둔화가 지속되면서 경제성장률은 꾸준히 하락하고, 재생에너지 및 기후변화 저감을 위한 신기술에 대한 투자와 사회적 수용성이 현재의 수준과 크게 달라지지 않는 것을 가정한다. 또한 기술 발전 속도가 과거의 추세를 유지하지만 기술 발전의 성과가 사회 전반에 골고루 분배되지 않고 소득 분배의 불평등과 실업이 현재 수준을 유지한다. 본 전망 보고서는 2050년까지 현재의 기후 변화 및 에너지 정책 기조가 큰 변화 없이 추세를 지속하는 것을 가정하는 기준 시나리오(REF, REference scenario)의 전망 결과를 소개한다. REF의 정의를 요약하면, 우리나라의 인구, 경제 성장, 산업 구조, 에너지 가격, 기온에 대해 주어진 외부 전제와 에너지 기술이 과거와 비슷한 수준으로 앞으로도 꾸준히 발전하고 현재 시행하고 있거나 시행이 확정된 정책 및 규제가 유지된다는 가정이 적용된 경우 예상되는 에너지 소비 및 공급의 장기적인 변화 경로이다. REF는 우리나라 및 국제 사회가 ‘추세유지 경로’를 유지하는 가운데, 국내의 기후변화 및 에너지 정책과 기술에 변화가 발생할 때 에너지 수급 및 온실가스 배출의 변화 방향과 정도를 가늠하는 가상의 기준선(baseline) 역할을 한다. REF의 정의는 IEA(International Energy Agency)가 “World Energy Outlook”에서 사용한 STEPS(Stated Policy Scenario)와 비슷하다. IEA의 STEPS는 ‘현재 정책’에 기초하여 에너지 시스템의 일반적 변화와 방향을 제시하는 시나리오로, STEPS의 경우 발표된 정책 및 조치에 대해 부문별 세부 검토를 거쳐 보다 적극적으로 반영한다.⁵ 본 전망 보고서의 REF나 IEA의 STEPS는 모두 국가의 선언적 목표를 전망에 반영하지 않는다. REF는 또한 IPCC 6차 평가보고서에서 제시한 중간경로(SSP2)의 기준 시나리오에 상응하는 시나리오이다.

³ 기후 결과는 대기 복사강제력(RCP)으로 표현되고, 시나리오는 사회경제 경로(x)와 복사강제력(y)의 조합으로 분류(SSPx-y)한다. IPCC 5차 평가보고서는 복사강제력에 따라 시나리오를 분류(RCP-y)하였다.

⁴ 에너지경제연구원에서는 산업통상자원부의 지원 아래 다수의 전문가와 더불어 ‘추세유지 경로’ 외에 ‘지속성장 경로’, ‘경쟁악화 경로’ 등의 사회경제 발전 경로 시나리오를 개발하였다. ‘추세유지 경로’ 외의 다른 사회경제 발전 경로에 대한 전망은 별도의 보고서를 통해 공개될 예정이다.

⁵ STEPS는 각국의 정부가 제시한 에너지 또는 기후 목표를 무차별적으로 반영하지 않으며, 이후 설명하는 IPCC 시나리오 중 사회경제 중간경로에서 50 %의 확률로 지구 온도가 2100년에 2.4 °C 상승하는 시나리오의 정의와 유사하다.

본 전망에서 사용하는 REF는 아직 시행되지 않았지만 구체적인 수단이 마련된 정책까지 ‘현재 정책’에 포함하고 있다. REF가 가정하는 ‘현재 정책’의 범위와 내용은 부문별 전망에서 보다 자세하게 소개하고 있으므로, 여기서는 ‘현재 정책’에 대해 간단히 추가적인 설명을 하고자 한다. 국가 에너지 수급 구조와 온실가스 배출에 큰 영향을 미치는 발전 설비에 대해서는 2023년 1월 발표된 ‘제10차 전력수급기본계획’의 발전 설비 건설 및 폐지 일정을 반영한다. 본 보고서를 작성 중인 시점에 정부가 ‘제11차 전력수급기본계획’의 실무안을 발표하였으나 국회 상임위원회 보고 및 전력정책심의회 심의 등이 보류되고 있다. 따라서 본 전망 보고서는 ‘제10차 전력수급기본계획’을 ‘현재 정책’으로 간주한다. 또한, 2023년 4월 발표된 ‘탄소중립 녹색성장 기본계획’의 수정 NDC(Nationally Determined Contributions) 등 중장기 감축목표는 REF에 포함하지 않는다. 2023년 4월부터 시작된 ‘2023년 탄소중립산업핵심기술개발사업’, 2023년 5월 발표된 ‘한국형 탄소중립 100대 핵심기술’ 등 정부가 탄소중립 추진을 위해 발표한 기술 개발 계획도 ‘현재 정책’에 반영하지 않는다. 이는 기술 개발의 성공 여부가 전망의 대상이 아니기 때문이다. 기술 개발 계획의 일정이 준수되더라도 기술 보급을 위한 경제성이 확보되어야 하는데, 현 시점에서는 미래 기술의 경제성에 대한 정보나 경제성 확보를 위한 지원 정책에 대한 논의가 부족한 상황이다. 기업의 온실가스 감축설비 투자를 유도하기 위한 탄소차액계약제도(CCfD, Carbon Contracts for Difference) 등은 ‘탄소중립 녹색성장 기본계획’에서 포함되었지만 아직 구체적인 방안이 확정되지 않았다. 국가 온실가스 감축목표를 감안한 ‘제4차 배출권거래제 기본계획(2026~2035년)’의 경우 본 전망 작업이 완료된 이후인 2024년 12월 발표됨에 따라 본 REF에 포함되지 않았다. 이러한 정책 불확실성을 감안하여 REF에서는 혁신적 온실가스 감축기술의 도입을 반영하지 않는다.

1.2. 주요 전제

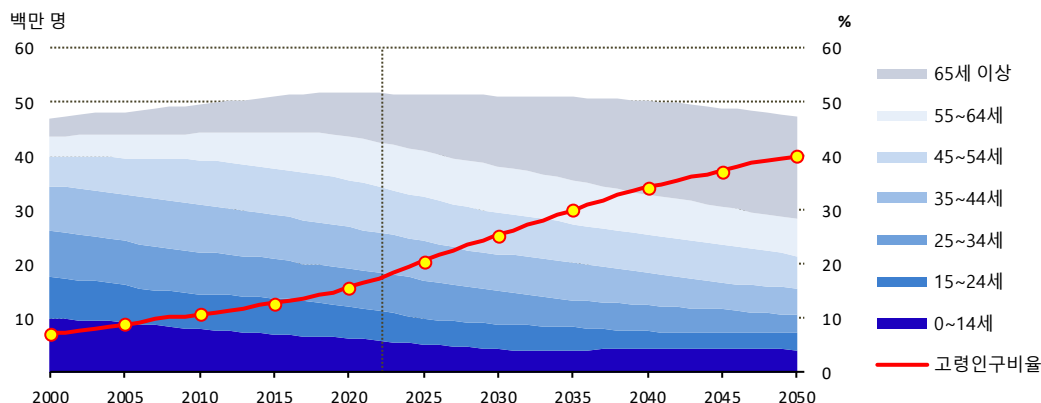
□ 인구 및 가구

인구는 가정 및 수송 부문의 에너지 수요에 직접 영향을 미치는 요인이며, 또한 인구는 장기 경제성장률이나 산업구조의 변화를 통해 산업 및 서비스 부문의 에너지 수요에도 간접적으로 영향을 미친다. “2024 장기 에너지 전망”은 통계청이 2023년 12월 발표한 ‘장래인구추계(2022~2072)(통계청, 2023c)’를 전제로 사용한다.⁶ 2022년 한국의 합계출산율은 1970년 출생 통계 작성 이래 최저치인 0.78 명을 기록한 반면, 사망자 수는 2010년대 이후 증가 추세로 2022년에는 전년 대비 17.6 % 증가한 37만 3천 명을 기록하였다(통계청, 2023a). 통계청에 따르면

⁶ REF는 출생, 사망, 국제이동의 인구변동요인의 중위 가정을 조합한 기본 추계인 중위 추계 전망을 사용하였다.

우리나라 인구는 2023년에서 2050년 사이 8.9 % 감소하여 4,711만 명에 도달하는 것으로 전망된다. 이전 전망에 비해 단기적으로 출생아 수가 소폭 상향조정되었지만 중장기적으로 출생아 수의 전망이 더욱 감소했다. 연령대별 인구 구조를 살펴보면, 2050년 피부양인구 비율은 92.7 %로 이전 전망에 비해 축소된 반면, 생산가능인구 비율은 51.9 %로 기존 전망의 51.1 %보다 확대되었다. 고령인구 비율은 40.1 % 수준이다.

그림 1.1 인구 구조 및 고령인구 비율 변화



자료: 통계청 장래인구추계 (통계청, 2023c)

주: 고령인구비율은 총 인구 중 65 세 이상 인구가 차지하는 비율

가구 전망은 통계청의 ‘장래가구추계(2022~2052년) (통계청, 2024)’ 수치를 사용하였다. 총가구는 2022년 2,197만 가구에서 2041년 2,437만 가구 수준의 정점 이후 하락해 2050년 2,361만 가구로 증가한다. 2021년부터 2039년까지 1인가구와 2인가구 비중이 크게 증가하여 2052년 각각 41.3 %와 35.5 %를 차지하는 반면, 4인가구 이상의 비중은 감소해 전체 가구의 6.7 %를 차지할 것으로 보인다. 이러한 1인가구의 빠른 증가는 혼인 감소와 인구 고령화에 추세를 따른 것으로, 우리나라의 가구구성 변화 속도는 최근 들어 더욱 빠르게 진행되고 있는 것으로 파악된다.

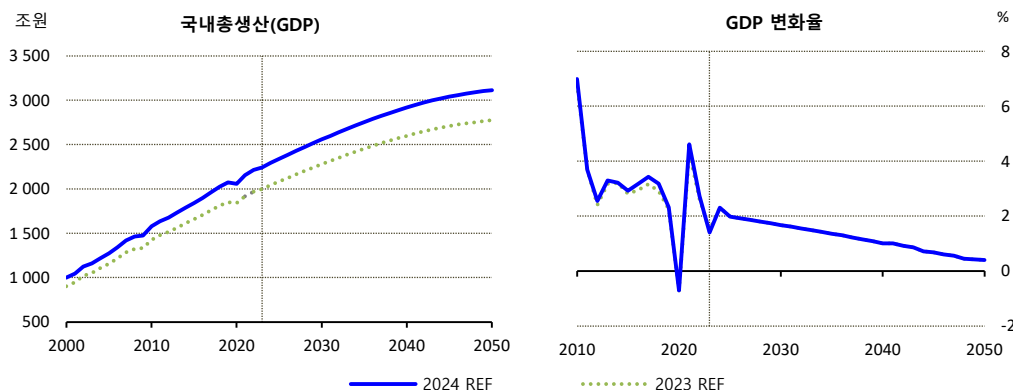
□ 경제 및 산업구조⁷

“2024 장기 에너지 전망”은 KDI의 장기 잠재성장률 (KDI, 2023c) 전망에 최근 실적을 반영하여 경제 성장 전제를 작성하였다. 2021년 우리나라 경제는 코로나19의 여파로부터 빠르게 회복하여 4.6 %의 높은 경제 성장률을 기록하였으나 2022년에는 러시아-우크라이나 전쟁 장

⁷ “2024 장기 에너지 전망”은 산업연구원 (2023)을 산업구조 전제의 기초 입력자료로 사용한다.

기화, 중국 봉쇄조치, 주요국 통화정책 긴축기조, 에너지 수급 차질 등 대외여건의 악화에 따른 수출 부진으로 경기 둔화가 심화되면서 경제 성장률이 2.7 %로 둔화되었다(한국은행, 2023). 우리나라 경제는 단기적으로는 내수가 완만히 회복되는 가운데 수출 증가세가 점차 둔화되면서 경제 성장률이 하락할 것으로 예상된다 (한국은행, 2024b). 중장기적으로 경제성장률은 급속한 고령화 진행에 따라 점차 둔화되어, 2023~30년 연평균 1.9 %, 2030~40년 연평균 1.3 %, 2040~50년 연평균 0.7 % 수준으로 하락할 것으로 예상된다 (KDI, 2023c). 경제성장률 둔화에는 출산율의 급격한 하락으로 인한 생산가능인구 감소와 피부양인구 증가로 인한 저축 감소와 재정 지출 부담 증대에 따른 것으로 분석된다. “2024 장기 에너지 전망”에 사용된 장기 경제 성장률 전제는 전년 전망에 사용된 전제와 동일하지만 2024년 한국은행의 국민계정 기준년 개편으로 인해 국내총생산의 규모는 기존 전제와 상이하다.

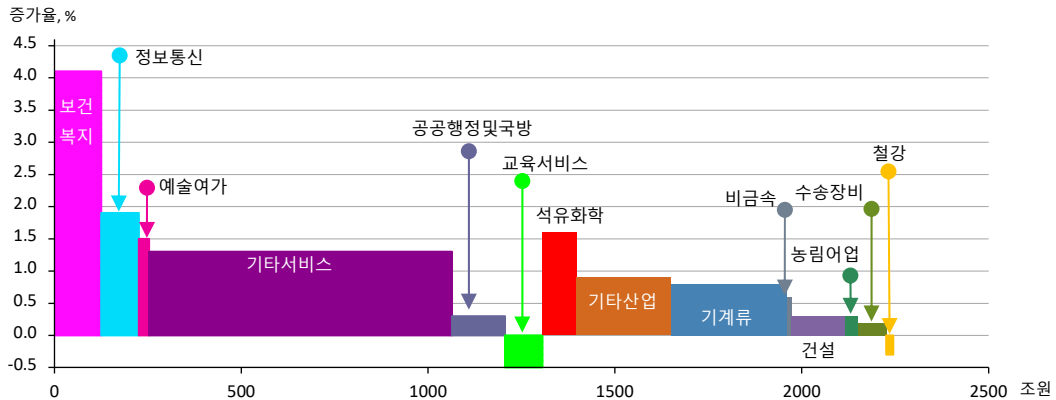
그림 1.2 국내총생산 및 경제성장률 추이



전망 기간 동안 업종별 부가가치 증가율 전제는 이전 전망(“2023 장기 에너지 전망”)과 동일하다. 제조업은 2023~50년 연평균 0.7 % 상승할 전망이다, 석유화학 산업은 전통 화학제품 및 수소 수요의 증가에 힘입어 연평균 1.6 %로 높은 성장세를 보인다. 2030년까지 자동차, 반도체 등의 기존 전방산업 성장과 의약품, 화장품 산업 성장에 따른 기타화학제품 성장이 이러한 성장을 견인하며, 장기적으로는 탄소중립의 영향으로 고부가가치제품 및 친환경제품이 석유화학 산업 성장을 이끌 전망이다. 반도체, 디스플레이, 정보통신기기 등을 포함하는 기계류 산업은 정보통신 기술의 발전과 이차전지 등 수요 증가가 성장을 견인하여 전망 기간 동안 연평균 0.8 %, 비금속은 0.5 % 수준으로 성장할 전망이다. 환경규제 확대에 따른 불확실성이 있지만, 수소 선박과 연료전지 전기차 등과 같은 친환경 수송장비 수요 증가로 수송장비는 전망 기간 동안 연평균 0.2 % 성장할 것으로 보인다. 자동차 및 선박 등 전방산업의 철강 제품 수요

증가요인에도 불구하고, 탈탄소 소재로의 전환 및 탄소중립을 위한 규제 강화 등 요인으로 인해 철강업의 부가가치는 전망 기간 연평균 0.3 % 감소할 전망이다.

그림 1.3 주요 업종별 부가가치 증가율 및 비중 변화(2023~50 년)



주: 건설업의 부가가치는 soc를 포함

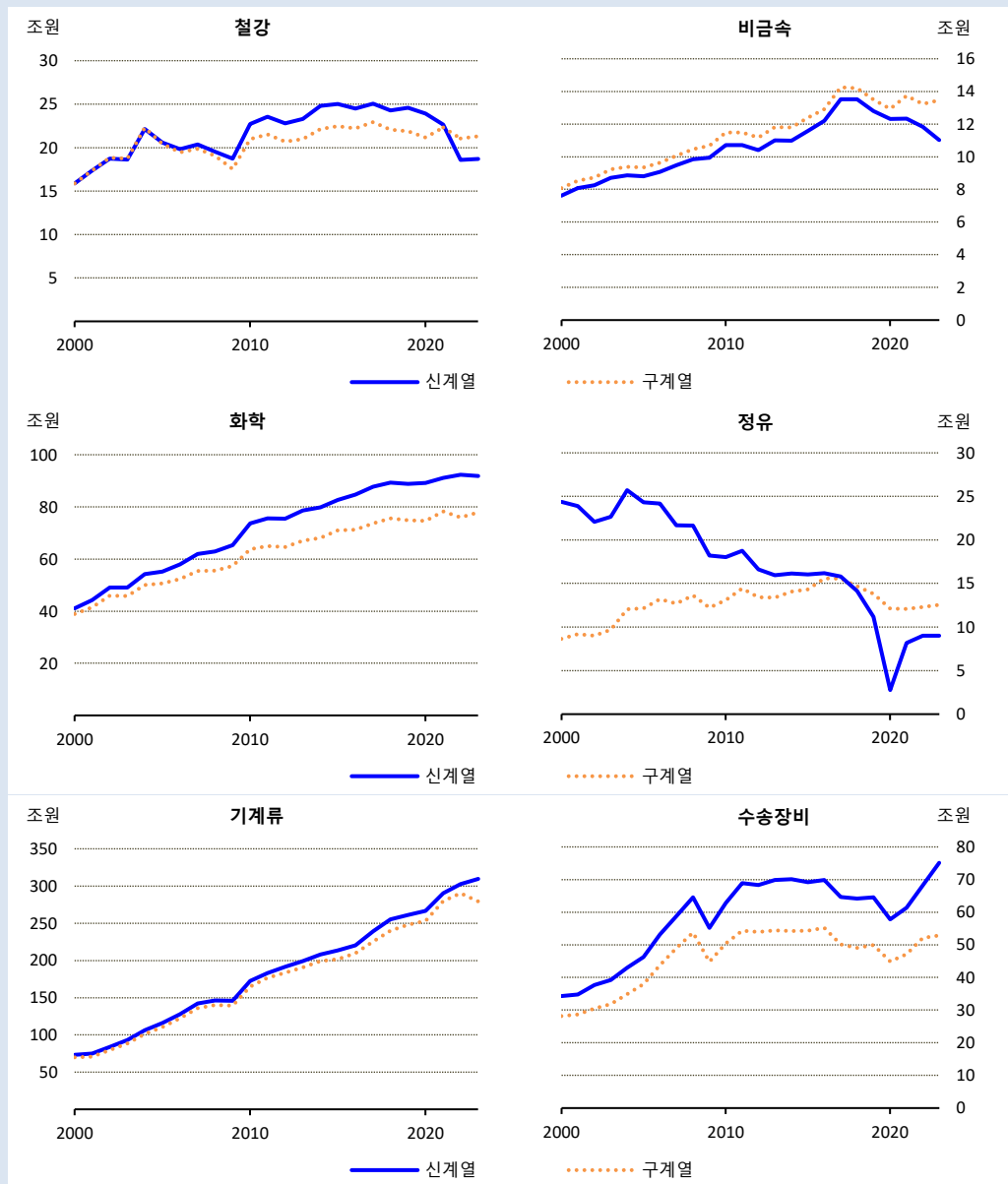
글상자 1.1 국민계정 2020년 기준년 변경에 따른 국내총생산과 부가가치의 변화

한국은행은 국민계정 통계의 현실성을 높이기 위해 매 5년마다 기준년을 개편하고 국민경제 구조 변화를 반영한 국민계정 통계를 발표한다. 이에 따라 2024년 기준년을 2015년에서 2020년으로 변경하는 작업이 진행되었다(한국은행, 2024a). 기준년 개편에는 단순히 기준년의 변경만이 아니라 최근의 생산기술과 산업구조를 적용하고 분류체계를 재정비하는 작업이 동반되었다. 특히 국민계정 통계의 토대가 되는 경제총조사가 2020년에 조사기반에서 등록기반으로 변경됨에 따라 조사대상 모집단이 확대된 것이 경제규모 확대에 영향을 미쳤다. 등록기반의 행정자료를 활용하면서 사업체수 및 매출액은 조사자료 활용(구계열) 대비 각각 39.5 %와 8.3 %가 증가하였다. 기초자료의 변경으로 개편 시계열의 기준이 되는 2020년 GDP의 규모가 2,058조 원으로 기존 1,941조 원에 비해 6.1 % 확대되었다(그림 1.2 참조). 2001~23년 실질 GDP의 연평균 성장률은 3.6 %로 구계열 성장률 3.5 %에 비해 0.1 %포인트 상향 조정되었다. 경제성장률 수정은 2015년 이후 기간에 주로 발생하였다. 2020년 생산구조는 신계열의 서비스업(62.4 % → 62.0 %)과 건설업(6.0 % → 5.8 %)이 구계열에 비해 비중이 하락한 반면 제조업의 비중(27.1 % → 28.0 %)은 상승하였다. 서비스업의 감소와 제조업의 증가는 기업내 연구개발 일부가 서비스업에서 제조업으로 이동된 것이 원인이다. 지출구조 측면에서는 2020년 민간소비(46.4 % → 47.8 %)와 설비투자(9.0 % → 9.4 %)의 비중이 상승하고 지식재산생산물투자(6.9 % → 6.4 %)와 건설투자(15.4 % → 15.2 %)의 비중이 하락하였다. 분배구조 측면에서는 영업잉여(22.0 % → 23.0 %)의 비중이 상승하고 피용자보수(47.8 % → 47.5 %), 순생산 및 수입세(9.8 % → 9.2 %)의 비중은 하락하였다.

국민계정 통계의 변경으로 인한 경제성장률과 산업구조의 변화는 장기 에너지 전망에 영향을 미치게 된다. 에너지 전망이 최종소비 주체가 에너지를 사용하는 집약도 분석에 기반하기 때문이다. 주요 업종별 부가가치를 중심으로 구계열과 시계열의 차이를 살펴보면 다음과 같은 변화를 발견할 수 있다. 주요 업종 중

에서 부가가치 시계열이 가장 큰 변화를 보인 업종은 정유업종이다. 정유업종은 2015년 이전 시계열이 증가 추세에서 감소 추세로 반전되었다. 다만, 부가가치 증가율은 수준 차이만을 보일 뿐 매우 비슷한 움직임을 보인다. 철강업종의 경우 2010년부터 2020년 사이 두 시계열이 두드러지게 차이가 났다. 다른 주요 업종들은 시계열의 수준에서 차이가 있지만 시간에 따라 비교적 비슷한 움직임을 보이고 있다.

그림 1.4 주요 업종별 부가가치 신계열 및 구계열 비교



주1: 화학은 화학물질 및 화학제품 제조, 의약품 물질 및 의약품 제조, 고무 및 플라스틱 제조를 포함

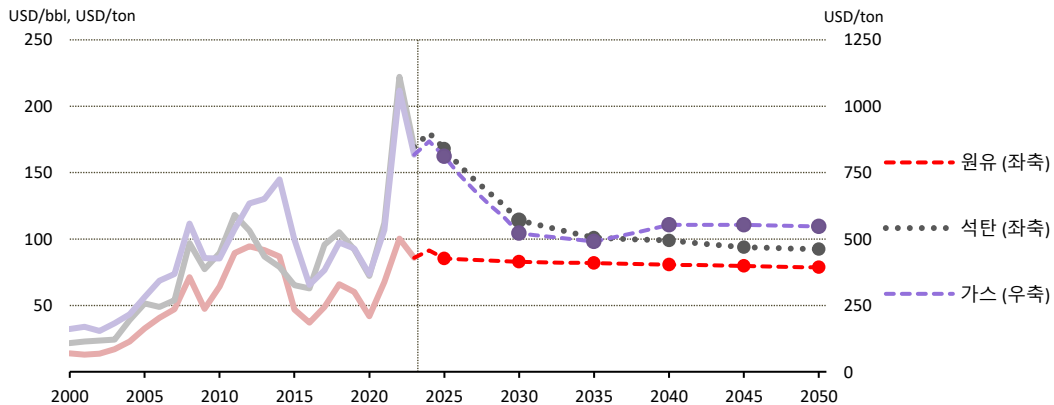
주2: 기계류는 금속가공제품 제조, 컴퓨터, 전자 및 광학기기 제조, 전기장비 제조, 기계 및 장비 제조 등을 포함

전망을 위한 분석의 관점에서 시계열의 크기가 변한 것은 문제가 되지 않으나 변화율의 변화는 전망에 영향을 미친다. 생산구조의 변화가 업종별로 상이한 탓에 국민계정 통계의 변경이 장기 에너지 전망에 어떠한 영향을 미쳤는지 간단히 정리할 수 없다. 다만, “2024 장기 에너지 전망”에 사용된 전망 시스템은 부가가치 기준 에너지집약도 대신 산출액 기준 에너지집약도를 사용하며, 부가가치에 비해 산출액 변화의 크기가 상대적으로 작다는 점은 국민계정 기준년 개편이 전망에 큰 영향을 미치지 않을 것이라는 점을 시사한다.

□ 에너지 가격

“2024 장기 에너지 전망”의 에너지 가격 전제는 IEA의 자료를 바탕으로 작성하였다. 에너지 도입가격은 IEA “World Energy Outlook (2024)”의 STEPS 가격 전망 중에서 아시아 지역 가격을 기반으로 이를 2023년 평균 환율을 고정하여 국내 도입단가로 환산하였다. 2022년 러시아-우크라이나 전쟁이 촉발한 에너지 위기로 인해 천연가스 가격은 톤당 약 1,120 달러를 상회하였으나, 2023년 에너지 위기가 다소 완화되면서 천연가스 가격은 2023년 약 817 달러 수준으로 하락하였다. 천연가스 가격은 공급 능력의 과잉으로 2035년까지 점진적으로 하락하지만 이후 수입 가격은 다시 상승할 전망이다. 천연가스 가격의 상승은 현재 건설중인 다수의 프로젝트의 손익분기점 수준이 높을 것으로 예상되기 때문이다. 석탄 가격 또한 에너지 위기로 인해 2022년 급등하였으나 2035년 톤당 100 달러 수준까지 하락하여 정체할 전망이다. 석탄의 공급 여건은 에너지 위기에 따른 석탄 채굴 설비에의 투자 확대로 인해 개선된 반면, 석탄의 수요는 중장기적으로 하락할 전망이다. 원유 가격은 기술 발전과 수요의 하방 압력이 자원 개발의 어려움과 균형을 이루며 전반적으로 2023년 수준을 유지할 전망이다.

그림 1.5 원유, 천연가스, 석탄 도입 가격 전망

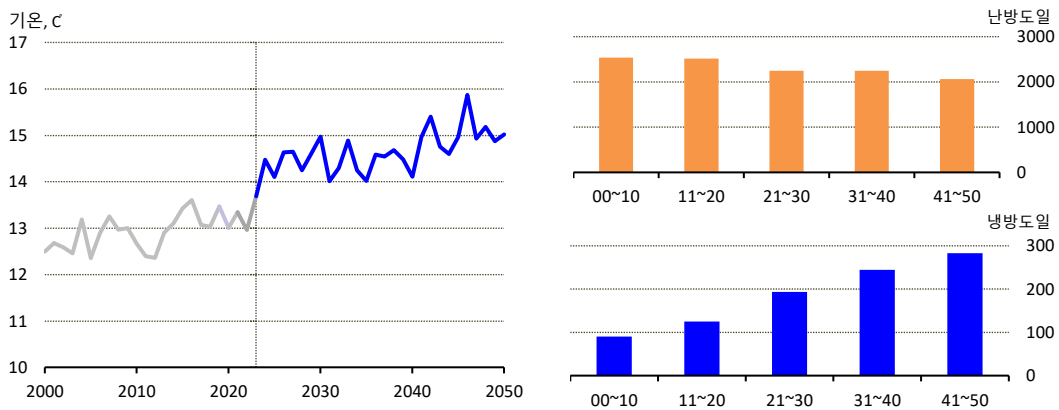


자료: IEA (2024), “2024 World Energy Outlook”

□ 기온 및 냉·난방도일

평균 기온 및 냉·난방도일은 IPCC 제6차 평가보고서의 SSP 시나리오를 기반으로 기상청이 작성한 남한 상세 기후변화 시나리오를 활용하여 전국 평균 기온 변화 시나리오를 구축하였다. 특히, 본 전망 보고서는 기상청이 작성한 SSP 기온 시나리오 중 SSP2-4.5에 근거하여 작성된 기온 전망을 전제로 사용한다.⁸ 2011~20년 평균 기온은 13.0 °C였으나, 2021~30년 14.2 °C, 2031~40년 14.4 °C로 상승하며 2041~50년에는 평균 15.1 °C에 이를 것으로 예상된다. 평균 기온이 점차 상승하면서 난방도일이 점차 감소하는 반면 냉방도일은 빠르게 증가한다. 냉방도일의 급격한 상승은 지속적인 온실가스 농도 축적으로 인한 결과로, 2011~20년 평균 냉방도일은 124.7 도일에 불과했으나 2021~30년 193.3 도일, 2031~40년 244.0 도일, 2041~50년 282.8 도일까지 증가한다. 난방도일은 감소해, 2021~30년 2,246.4 도일에서 2041~50년 2,062.1 도일 수준으로, 난방도일은 2022년과 2050년 사이에 17.1 % 하락할 전망이다.

그림 1.6 연평균 기온과 10 년 구간 평균 냉·난방도일



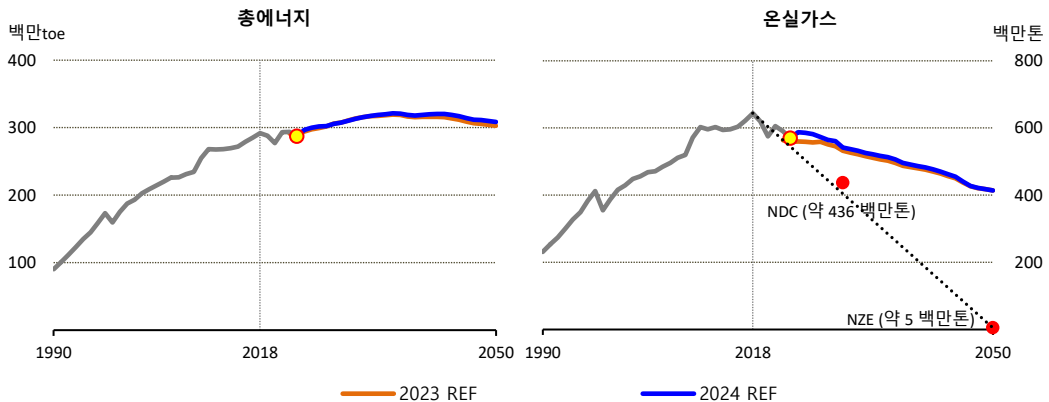
⁸ IPCC의 SSP2-4.5 시나리오가 2018~2100년에 1850~1990년 대비 2.7 °C 상승하는 것으로 전망하였는데 (IPCC, 2021), “World Energy Outlook 2023” (IEA, 2023)의 STEPS에서의 기온 전제도 2100년에 1850~1990년 대비 2.4 °C 상승하는 것으로 가정하기 때문에 본 장기 에너지 전망의 기온 전제는 “World Energy Outlook 2023”의 STEPS 전제와 유사하다.

2. 에너지 전망 주요 결과

□ 총에너지 수요와 온실가스 배출⁹⁾

“2024 장기 에너지 전망”의 REF에서는 우리나라 총에너지 수요가 2023년 286.8 백만toe에서 연평균 0.3 % 증가하여 2050년에는 307.5 백만toe에 도달할 것으로 전망된다. 이는 국내 총생산이 2023년에서 2050년까지 38.9 % 증가하는 동안 총에너지 수요는 7.2 % 증가하는 것을 의미한다. 에너지부문 온실가스 배출은 2023년 569.2 백만톤-CO₂e에서 2050년 412.3 백만톤-CO₂e로 감소한다. 온실가스 배출 감소는 총에너지 수요 증가의 둔화, 재생에너지 보급 확대 그리고 석탄 기력 발전 감소의 영향이 크다. “2023 장기 에너지 전망”과 비교하면, “2024 장기 에너지 전망”의 총에너지 수요와 온실가스 배출은 거의 유사한 수준으로 전망되었다.

그림 1.7 총에너지 수요와 에너지 부문 온실가스 배출 전망



주1: NDC 및 NZE 목표 배출량은 2023년 4월 발표된 ‘2030 NDC 수정안’과 2021년 10월 발표된 ‘2050 탄소중립 시나리오’의 목표 감축률을 이용하여 재계산하였으며, CCUS를 포함

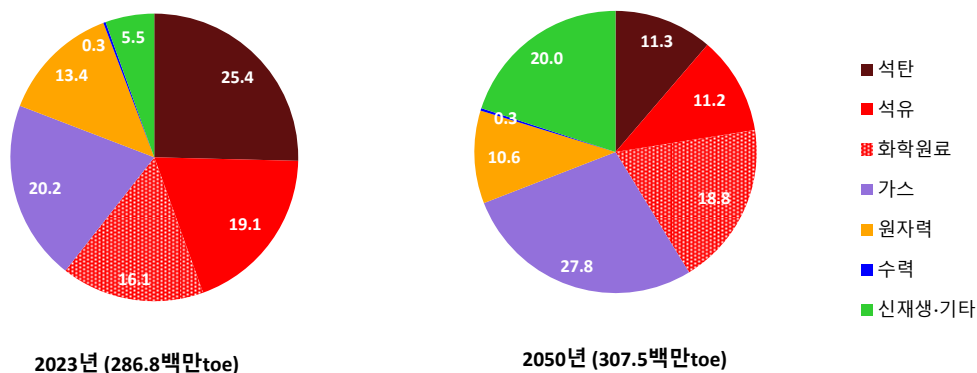
주2: ‘2023 REF’와 ‘2024 REF’는 각각 “2023 장기 에너지 전망”과 “2024 장기 에너지 전망”의 기준 시나리오 전망 결과를 나타냄

“2023 장기 에너지 전망”에서는 국내총생산이 2023년 1,998조 원에서 연평균 1.2 % 증가하여 2050년 2,775조 원 규모에 도달하는 반면 이번 전망에서는 국내총생산이 2023년 2,243조 원에서 2050년 3,115조 원 규모로 증가하지만, 이는 한국은행의 기준년 개편에 따른 규모의 변화일 뿐 연평균 증가율은 동일하다. 국내총생산에 대한 에너지원단위를 비교하면 “2023 장기 에너지 전망”과 “2024 장기 에너지 전망”을 비교하면 국민계정 개편으로 인한 수준의 차

⁹⁾ 에너지밸런스의 일차에너지소비가 아니라 석유정제공정을 제외한 총에너지 소비로 계산한다. 총에너지 소비는 기존 에너지밸런스의 일차에너지 소비와 동일한 개념이다.

이탄 발생하고 에너지원단위의 시간적 변화는 크지 않은 것으로 분석된다. 국민계정 기준년 개편으로 인해 2023년 총에너지 기준 에너지원단위는 “2023 장기 에너지 전망”에서 0.145 toe/백만원이었던 것이 “2024 장기 에너지 전망”에서는 0.128 toe/백만원으로 낮아졌다. 총에너지 기준 에너지원단위는 2023년에서 2050년 사이 22.8 % 개선되는 것으로 전망된다. 온실가스 배출은 “2023 장기 에너지 전망”에서는 2023년 557.5 백만톤-CO₂e에서 2050년 413.8 백만톤-CO₂e로 감소하는 반면, “2024 장기 에너지 전망”에서는 동일 기간 569.2 백만톤-CO₂e에서 412.3 백만톤-CO₂e로 감소할 전망이다. 기준년도의 온실가스 배출 증가는 에너지 수급 통계에 누락되었던 민자 석탄 발전소의 석탄 소비량이 포함된 것이 주요 원인으로 분석된다.¹⁰ 이로 인해 “2023 장기 에너지 전망”과 “2024 장기 에너지 전망”이 ‘제10차 전력수급기본계획(이하 제10차 전기본)’을 동일하게 현재 정책으로 사용함에도 불구하고 본 전망의 온실가스 배출이 2023년 전망에 비해 조금 더 빠르게 감소하는 모습을 보인다. REF에서 국내총생산 대비 온실가스 배출 원단위는 2023년에서 2050년 사이 47.8 %가 개선될 것으로 전망된다. 온실가스 배출이 지속적으로 감소하지만, ‘2030 NDC 수정안’이나 ‘2050 탄소중립 시나리오안’의 목표에는 크게 미치지 못할 전망이다.

그림 1.8 총에너지 소비 에너지상품별 비중



2023년 총에너지 수요를 구성하는 에너지상품은 석유(화학 원료 포함)가 35.2 %로 가장 큰 비중을 차지하고, 석탄이 25.4 %로 뒤를 잇고 있다. 가스는 20.2 %를 차지하여 화석연료 기반 에너지상품이 총에너지 소비의 80.8 %를 차지한다. 2050년에는 석유가 30.0 %로 감소하고

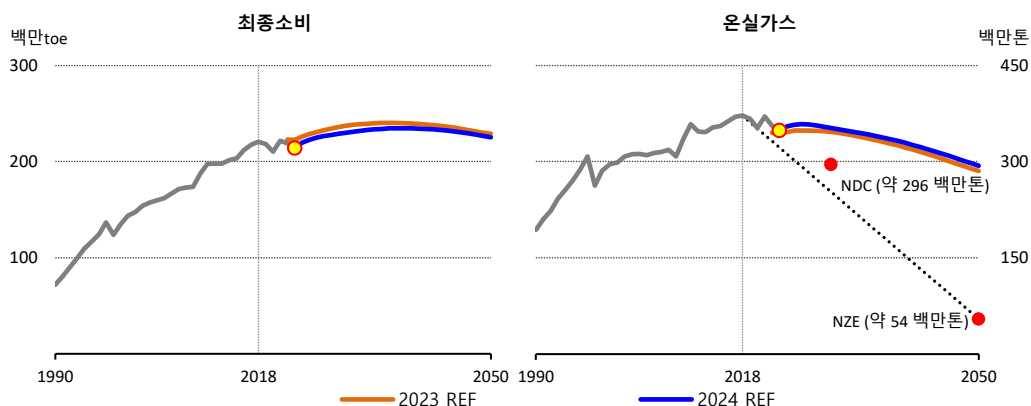
¹⁰ 민자 석탄 발전소는 2016년 북평화력 1, 2호기 시운전을 시작으로 고성하이, 강릉안인 등 석탄 발전소가 차례로 가동하면서 2023년 현재 6,360 MW 설비에서 28,409 GWh를 생산하였다. 해당 설비의 석탄 사용량은 2023년 11,336 천톤으로 파악된다. 이는 기존 발전용 석탄 소비량의 11.7 % 수준으로, 전체 석탄 소비량의 6.7 %, 총에너지 소비의 1.7 %에 해당한다.

석탄은 11.3 %로 축소된다. 석유의 비중 하락은 수송 부문의 연료 수요 감소, 석탄 비중 감소는 발전부문의 석탄 기력 발전소의 폐지 일정이 주요 원인이다. 석유와 석탄의 비중 감소는 가스와 재생에너지가 대체한다. 가스와 재생에너지는 최종소비 부문에서 발생하는 전기로의 에너지 대체가 발전부문의 설비구성 변화를 통해 나타난다. 가스는 2023년 총에너지 수요의 20.2 %에서 2050년 27.8 %로 확대되고 수력을 포함한 재생에너지는 5.8 %에서 20.3 %로 확대될 전망이다. 이러한 에너지상품의 구성 변화는 총에너지 수요의 증가에도 불구하고 에너지부문 온실가스 배출의 감소를 이끌게 된다. 하지만, REF의 온실가스 배출은 ‘탄소중립 녹색성장 국가 전략 및 제1차 국가 기본계획(이하 제1차 탄소중립 기본계획)’이나 ‘2050 탄소중립 시나리오안’에서 설정한 2030년과 2050년의 온실가스 배출 목표에 비하면 여전히 높은 배출 수준을 보이고 있다. 온실가스 감축 목표를 달성하기 위해서는 REF보다 2030년까지 연간 배출량 약 104.9 백만톤-CO₂e, 2050년까지는 연간 배출량 407.6 백만톤-CO₂e를 줄여야 한다.

□ 최종소비 부문의 에너지 수요와 온실가스 배출

REF에서 최종소비 부문¹¹의 에너지 수요는 2023년 214.1 백만toe에서 2050년 224.9 백만toe로 현재와 거의 같은 수준을 유지할 전망이다. 최종소비 부문의 에너지 수요는 2030년대 후반 약 235 백만toe 수준에서 정점을 기록한 후 점차 감소한다.

그림 1.9 최종소비 부문 에너지 수요와 온실가스 배출 전망



주1: NDC 및 NZE 목표 배출량은 2023년 4월 발표된 ‘2030 NDC 수정안’과 2021년 10월 발표된 ‘2050 탄소중립 시나리오’의 목표 감축률을 이용하여 재계산

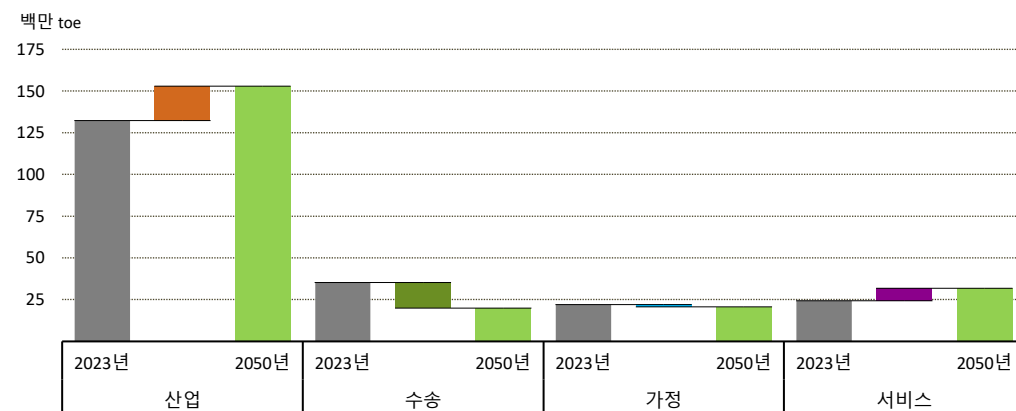
주2: ‘2023 REF’와 ‘2024 REF’는 각각 “2023 장기 에너지 전망”과 “2024 장기 에너지 전망”의 기준 시나리오 전망 결과를 나타냄

¹¹ 에너지밸런스의 최종소비는 에너지산업인 석유정제의 자체소비를 제외하지만, 여기서는 석유정제를 산업부문에 포함하였다. 이하 최종소비 또는 산업 부문은 석유정제를 포함하여 분석한다.

최종소비 부문의 에너지 수요가 현재와 비슷한 수준을 유지하는 가운데, 최종소비 부문의 온실가스 직접 배출은 꾸준히 감소한다. 최종소비 부문의 온실가스 배출은 2023년 348.4 백만 톤-CO₂e에서 2050년 293.4 백만톤-CO₂e로 줄어든 전망이다. 하지만 최종소비 부문의 온실가스 배출이 여전히 목표와 크게 차이 나는 이유는 에너지원단위의 개선 속도가 충분하지 않는 데다가 산업 부문의 화석연료 소비가 감소하지 않기 때문이다. 산업 부문의 온실가스는 대부분 난감축 업종인 철강, 화학, 비금속 업종에서 발생한다. 다만, REF에서는 시나리오 정의상 철강 업종의 수소환원제철 공법, 화학 업종의 바이오 납사 및 전기가열로 공법, 비금속 업종의 유연탄 대체 등 정부와 산업계에서 계획한 온실가스 배출 감축 기술들이 포함되지 않았다.

최종소비 부문의 에너지 수요의 증가는 대부분 산업과 서비스의 생산활동 증가에 따라 발생하나, 증가세는 에너지 효율 개선에 따라 억제될 전망이다. 산업 부문의 경우 부가가치는 2023년에서 2050년 사이 19.4 % 증가하는데 에너지 수요는 15.6 % 증가한다. 동 기간 서비스 부문의 부가가치는 50.7 % 증가하는데 에너지 수요는 28.9 % 증가에 그친다. 수송 부문과 가정 부문은 소득 증가에도 불구하고 에너지 수요가 2023년에서 2050년 사이 각각 43.7 %, 6.7 % 감소할 것으로 전망된다. 수송 부문은 내연기관 자동차가 전기차로 상당부분 대체되면서 에너지 소비가 크게 감소한다. 가정 부문은 인구 감소와 에너지 효율 개선에 따라 에너지 소비가 소폭 감소한다.

그림 1.10 최종소비 부문별 에너지 수요 변화

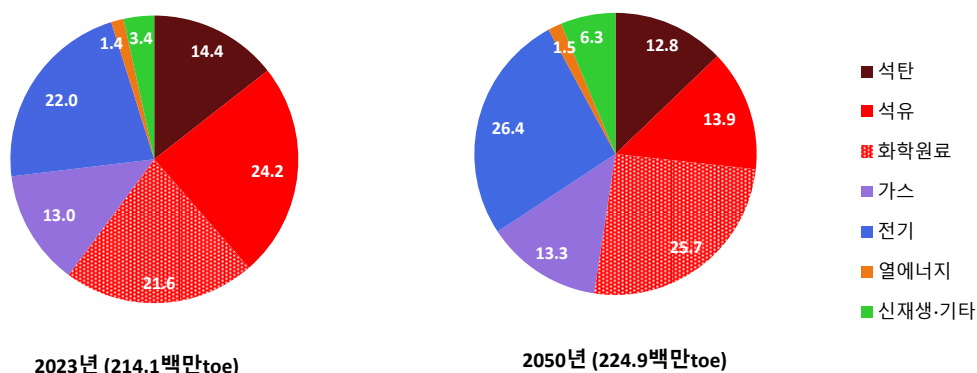


주: 산업 부문 에너지 수요는 석유정제의 자체소비를 포함

2023년 최종소비 부문 에너지 소비의 45.7 %를 차지하는 석유가 2050년에는 39.6 %로 감소하고 석탄은 14.4 %에서 12.8 %로 축소된다. 내연기관 자동차의 감소로 에너지용 석유 소비는 줄어들면서, 석유소비 중 화학원료용 소비 비중은 2023년 47.1 %에서 2050년 64.8 %로 증

가한다. 에너지용 석유 소비의 감소는 전기와 가스 그리고 재생에너지의 증가로 나타난다. 2023년 최종소비 부문 에너지 소비의 22.0 %를 차지하는 전기는 2050년 26.4 %로 증가하고 가스는 13.0 %에서 13.3 %로 확대된다. 화학원료용 석유 소비를 제외하면 2050년 최종소비 부문의 에너지 소비에서 전기가 가장 큰 비중을 차지할 전망이다.¹² 신재생에너지의 비중은 재생에너지 소비의 증가 및 재생에너지 기반 자가발전 증가에 힘입어 2023년 3.4 %에서 2050년 6.3 %까지 상승한다. 에너지 효율 개선과 함께 에너지상품의 구성이 화석연료에서 전기로 대체되면서 최종소비 부문의 직접배출은 지속적으로 감소한다. 앞의 그림 1.9에서 보듯이 2023년에서 2050년 사이 최종소비 부문의 에너지 수요가 소폭 증가하지만 온실가스 배출은 감소하는 이유는 에너지상품의 구성이 전기와 신재생에너지 등 무배출 에너지상품으로 바뀌기 때문이다.

그림 1.11 최종소비 에너지상품별 비중



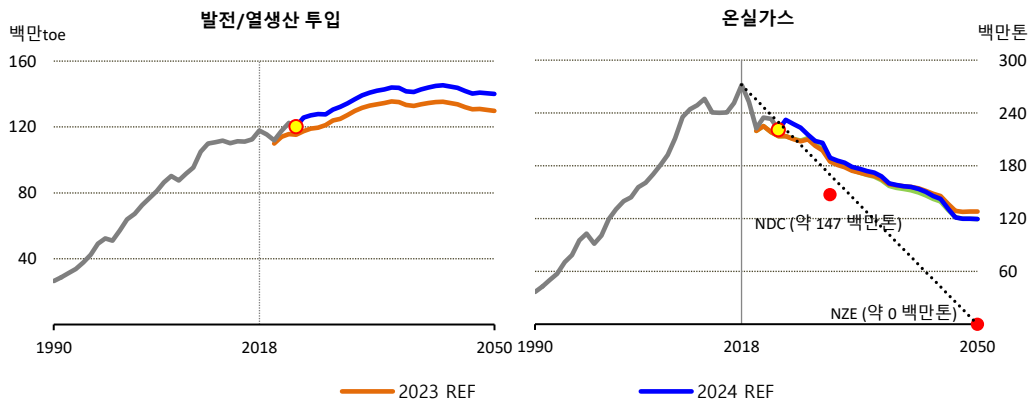
□ 발전/열생산 부문의 에너지 수요와 온실가스 배출

발전/열생산 부문의 에너지 수요는 REF에서 2023년 120.2 백만toe에서 2050년 139.7 백만toe로 16.2 % 증가하는 반면, 온실가스 배출은 220.8 백만톤-CO₂e에서 118.9 백만톤-CO₂e로 46.1 % 감소한다. 에너지 수요와 온실가스 배출의 탈동조화는 온실가스 발생의 주 원인인 석탄 화력을 빠르게 감소시키고 탄소 배출이 적은 가스 복합발전과 배출이 없는 원자력 및 재생에너지가 이를 대체하면서 발생한다. 최근 발전/열생산 부문의 온실가스 배출이 소폭 상승한 것은 북평1, 2호기, 고성1, 2호기, 강릉안인1, 2호기, 삼척1호기 등 6.4 GW 규모의 신규 민자유연탄 기력 설비가 2016년부터 순차적으로 가동을 시작하였기 때문이며, 삼척화력2호기도

¹² 화학원료용 에너지상품의 소비를 제외할 경우 최종소비 부문 에너지 수요는 2023년과 2050년 모두 167.9 백만toe와 167.1 백만toe로 유사하며, 동 기간 전기의 비중은 28.1 %에서 35.6 %로 증가한다.

2025년부터 계통에 진입하면서 단기간 발전/열생산 부문의 온실가스 배출 증가에 기여할 것으로 예상된다.¹³ 하지만 노후 석탄 화력발전 설비에 대한 폐지 및 연료전환 원칙을 유지하고 있는 ‘제10차 전기본’에 따라 2026년에서 2036년까지 총 23기, 13.7 GW의 유연탄 발전 설비가 폐지되거나 연료 전환을 수행하고, 2036년 이후에도 2050년까지 18.6 GW의 유연탄 기력 설비가 폐지되거나 연료를 전환할 것으로 예정됨에 따라 중장기적으로 발전/열생산 부문의 석탄 수요와 석탄 사용으로 인한 온실가스 배출은 빠르게 감소할 전망이다.

그림 1.12 발전/열생산 부문 에너지 수요와 온실가스 배출 전망



주1: 사업자 발전과 지역난방의 합계

주2: ‘2023 REF’와 ‘2024 REF’는 각각 “2023 장기 에너지 전망”과 “2024 장기 에너지 전망”의 기준 시나리오 전망 결과를 나타냄

신재생에너지 발전 설비는 정격용량 기준으로 2023년 36.5 GW에서 2036년 114.3 GW, 2050년에는 173.8 GW 수준이 될 것으로 예상된다.¹⁴ 특히 변동성 재생에너지¹⁵ 발전 설비는 정격용량 기준으로 2023년 26.4 GW에서 2036년 98.7 GW로 증가하고, 2050년에는 155.8 GW 수준까지 확대될 전망이다. 발전량 기준으로 변동성 재생에너지 발전량이 사업자 발전량에서 차지하는 비중은 2023년 5.7 %에서 2036년 18.1 %, 2050년에는 27.3 %까지 늘어난다. 한편, 1회의 계속 운전 연장과 신한울3, 4호기 신규 건설까지 반영한 원자력의 발전량 비중은 2023년

¹³ 앞서 언급한 것처럼 기존 에너지 수급 통계에 해당 석탄 발전소의 연료 소비량이 누락됨에 따라 “2023 장기 에너지 전망”의 발전/열생산 부문 연료 수요와 온실가스 배출은 과소 전망되었다. 하지만 석탄 화력 발전소의 폐지 일정이 고수됨으로 인해 장기적으로 발전/열생산 부문의 온실가스 배출은 기존 전망과 비슷한 수준으로 감소할 전망이다.

¹⁴ ‘제10차 전기본’의 신재생에너지 발전 설비 규모는 정격용량 기준으로 2036년 108.3 GW까지 확대될 계획이다. “2024 장기 에너지 전망”은 2023년 실적에 ‘제10차 전기본’의 재생에너지 발전설비 증가분을 반영하여 재생에너지 설비 규모를 전망하였다. 이후 기간에 대해서는 재생에너지 발전량 비중의 증가 추세를 고려하여 설비 증가를 전망하였다.

¹⁵ 변동성 재생에너지는 태양광, 풍력, 해양 에너지를 의미한다.

30.8 %에서 2036년 27.2 %로 감소한다. 원자력의 발전량 비중은 2050년에는 20.4 %까지 하락할 전망이다. ‘제10차 전기본’과 거의 유사한 설비 규모를 가정하고 있지만 전기 수요에 대한 전망 차이로 인해 재생에너지와 원자력의 발전 비중은 ‘제10차 전기본’과 다소 다르다. “2024 장기 에너지 전망”의 2030년 전기 판매량은 640.7 TWh로 전망되어 ‘제10차 전기본’의 기준수요인 637.6 TWh와 유사한 수준이다. ‘제10차 전기본’의 전기 수요와의 차이는 대부분 가스 발전이 흡수하고 있다. 가스 발전의 비중은 2023년 27.1 %에서 2036년 32.1 %, 2050년 38.9 %로 늘어날 전망이다.

‘제10차 전기본’은 석탄화력 발전 설비의 연료전환과 폐지 그리고 발전량 제약을 통해서 2030년 발전/열생산 부문의 배출량을 149.9 백만톤-CO₂e로 억제할 계획이며, ‘제1차 탄소중립 기본계획’은 해당 부문 목표를 145.9 백만톤-CO₂e로 강화하였다. “2024 장기 에너지 전망”의 REF에서 전망한 전기 수요와 발전 설비 구성 그리고 설비 가동률 전제 등을 고려한 2030년 발전량은 730 TWh 수준으로 계산된다. 이 차이에 근거한 발전/열생산 부문 온실가스 배출 목표 달성을 위한 추가 감축량은 약 42 백만톤-CO₂e 수준인 것으로 분석된다. 전환 부문 감축 목표를 달성하기 위해서는 발전 설비의 구성의 변화와 더불어 최종소비 부문의 전기 수요의 효율화도 중요하다. 최종소비 부문의 온실가스 배출을 줄이기 위한 전기화는 효율화 노력에도 불구하고 전기 수요를 증가시키므로, 전기화, 수요 효율화, 발전 부문의 저탄소화를 복합적으로 고려한 접근이 필요하다.

제2장 부문별 전망 결과

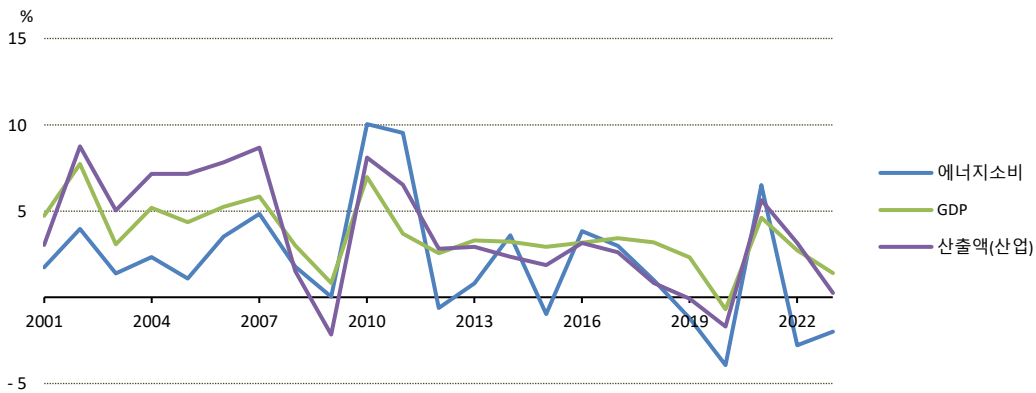
1. 산업 부문¹⁶

1.1. 에너지 소비 추이 및 현황

□ 2000~23년 기간 산업 부문 에너지 소비는 연평균 2.0 % 성장하여 132.3 백만toe에 도달

2000년 이후 2023년까지 우리나라 국내총생산(GDP)은 연평균 3.6 % 증가하였으며, 같은 기간 산업 부문의 부가가치는 연평균 3.1 % 증가하였다. 경제가 성장함에 따라 산업 부문의 에너지 소비 역시 2000년 83.8 백만toe에서 연평균 2.0 % 증가하여 2023년에는 132.3 백만toe를 기록하였다. 대체로 비슷한 패턴으로 증가세를 보이는 경제성장률과 산업 부문 에너지 소비 증가율은 점차 증가세가 둔화되고 있는데, 이러한 증가세 둔화는 산업 부문 에너지 소비에서 더 빠르게 나타나고 있다. 경제성장률은 2000년대, 2010년대, 2020년 이후 각각 4.7 %, 2.6 %, 2.1 %를 기록하였는데, 같은 기간 산업 부문 에너지 소비 증가율은 3.0 %, 0.6 %, -2.4 %를 기록하였다.

그림 2.1 2001~23년 GDP, 산업 부문 산출액 및 에너지 소비 증가율



경제성장률보다 산업 부문 에너지 소비 증가율의 둔화가 더 빠르게 나타나는 것은 산업 구조 변화와 산업 부문의 에너지 효율 개선으로 구분하여 살펴볼 수 있다. 먼저 그림 2.2는 에너지 효율지표인 산업 부문의 산출액 당 에너지원단위를 지수(2000년=1)로 나타낸 변화 추이를 보

¹⁶ 에너지밸런스의 최종소비는 에너지 산업인 석유정제를 제외하지만, 본 연구의 산업 부문의 에너지 소비는 석유정제의 자체소비를 포함하여 분석한다.

여준다. 주요 업종별 에너지원단위는 2000년 이후 대체로 감소하는 모습을 보이고 있다. 이는 산출액 당 에너지 소비량이 감소한 것으로 이러한 에너지 효율 증가는 산업 부문 에너지 소비 증가율이 경제성장률보다 빠르게 둔화되는 원인으로 작용하고 있다. 산업 부문 전체의 에너지 원단위는 2000년 이후 지속적으로 감소하는 모습을 보여 2023년에는 2000년 대비 31.0 % 이상 감소하였다. 2000년 대비 2023년 에너지원단위가 가장 큰 폭으로 감소한 업종은 비금속으로 2000년 대비 60.2 % 감소하였으며, 에너지소비량이 가장 많은 석유화학의 에너지원단위는 2000년 대비 26.4 % 감소하였다.

그림 2.2 주요 업종별 에너지원단위(산출액 기준) 지수 변화 추이

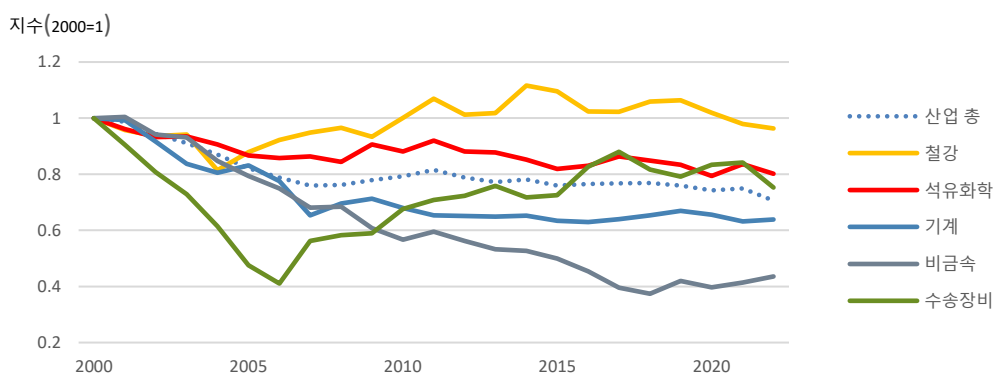
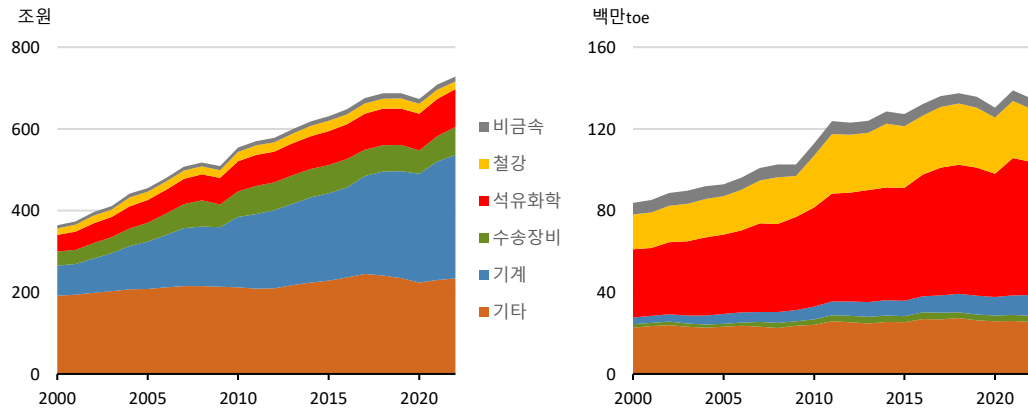


그림 2.3은 산업 부문 에너지 소비 증가율 둔화의 또 다른 원인인 산업 구조 변화를 보여준다. 2000년 대비 2023년의 업종별 부가가치 비중을 보면 대표적인 에너지 다소비 업종인 철강과 석유화학의 부가가치 비중은 감소하거나 정체된 반면, 상대적으로 에너지원단위가 낮은 기계류의 부가가치 비중은 증가하였다. 2000년 제조업 중 철강의 부가가치 비중은 4.4 %에서 2023년 2.5 %로 감소하였고, 같은 기간 석유화학의 부가가치 비중은 11.3 %에서 12.4 %로 정체된 모습을 보였다. 반면 기계류의 부가가치 비중은 2000년 20.2 %에서 2023년 41.8 %로 2 배 이상 증가하였다. 이러한 우리나라 산업 변화의 주요 원인 중 하나는 중국 경제의 구조 변화이다. 중국은 내수기업, 기술집약 산업 등을 중심으로 경제 구조를 변화시켜 왔는데, 이러한 중국의 변화로 우리나라의 대중국 수출 증가세는 큰 폭으로 둔화했으며, 철강 및 석유화학의 부가가치 증가세도 둔화되고 있다. 2010년대 중국의 급격한 조강 생산 증가로 우리나라의 글로벌 점유율은 정체를 보이고 있으며, 글로벌 철강 공급 과잉은 철강 경기 부진의 원인이 되고 있다. 석유화학 역시 주요 석유화학제품의 중국 자급률이 빠르게 상승하면서 우리나라 기업들의 대중국 석유화학 수출이 둔화되고 있다.

산업 구조 변화로 산업 부문 에너지 소비에 가장 빠른 증가율을 보인 업종은 반도체와 디스플레이, 휴대전화 제조 등의 기계류이다. 기계류의 에너지 소비는 2000년 3.3 백만toe에서 2023년 10.2 백만toe로 연평균 5.0 % 증가하였다. 그러나 기계류의 에너지 소비 비중은 2023년 7.7 %로 다른 업종에 비해 낮다. 반면 철강의 에너지 소비량은 2000년 17.1 백만toe에서 2023년 26.7 백만toe로 연평균 2.0 % 증가하여 2023년 기준 에너지 소비 비중은 20.2 %이고, 석유화학은 같은 기간 33.3 백만toe에서 62.1 백만toe로 연평균 2.7 % 증가하여 2023년 제조업 중 에너지 소비 비중은 47.0 %로 가장 높았다. 2023년 기준 업종별 에너지 소비 비중은 석유화학(47.0 %), 철강(20.2 %), 기계류(7.7 %), 비금속(3.6 %), 수송장비(2.4 %) 순이다.

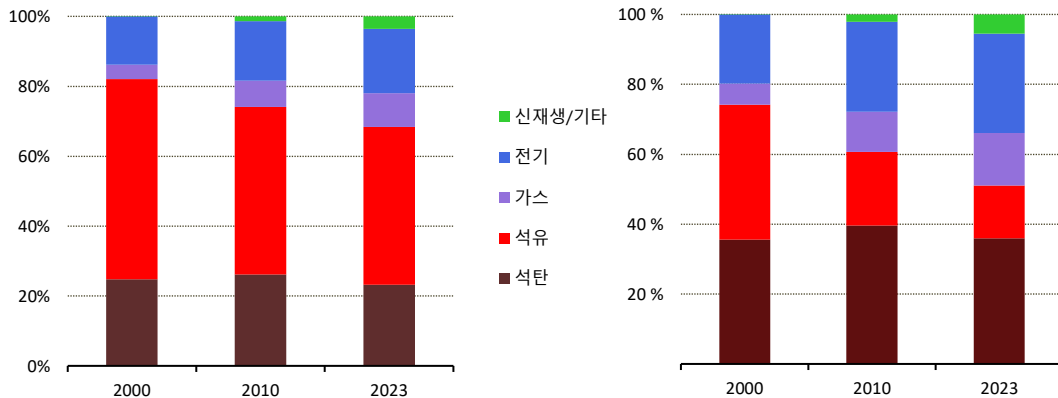
그림 2.3 2000~23 년 업종별 부가가치(좌) 및 에너지 소비(우) 추이



주: 기타는 비금속, 철강, 석유화학, 수송장비, 기계를 제외한 나머지 업종의 합계

산업 부문 에너지 소비를 에너지상품별로 살펴보면 그림 2.4와 같다. 산업 부문에서 에너지 소비 비중이 가장 높은 상품은 석유이다. 석유의 비중이 높은 이유는 석유 제품을 주원료로 사용하는 석유화학 때문이다. 다만 산업 부문의 석유 소비 비중은 2000년 57.3 %에서 2023년 45.1 %로 감소하는 추세를 보이고 있다. 특히, 석유화학 원료를 제외한 산업 부문에서 에너지 상품별 소비 비중을 살펴보면 석유의 감소세는 더욱 뚜렷하게 나타난다. 석유화학 원료용 소비를 제외한 석유의 소비 비중은 2000년 38.5 %에서 2023년 15.2 %로 크게 감소한다. 이는 연료용으로 사용되는 중유 소비가 환경 문제로 인해 크게 감소했기 때문이다. 이와 같이 감소한 석유의 소비는 전기, 가스, 신재생이 대체하였다. 원료용 소비를 제외한 전기, 가스, 신재생의 소비 비중은 2000년 각각 19.8 %, 6.0 %, 0.0 %에서 2023년 각각 28.5 %, 15.0 %, 5.4 %로 나타났다.

그림 2.4 원료용을 포함한 경우(좌)와 제외한 경우(우) 산업 부문 에너지원별 소비 비중



주: 원료용은 개정 에너지밸런스의 석유화학 원료를 의미함

1.2. 에너지 수요 전망

□ 산업 부문 에너지 수요는 전망 기간 연평균 0.5 % 증가하여 2050년에는 153.0 백만toe 도달

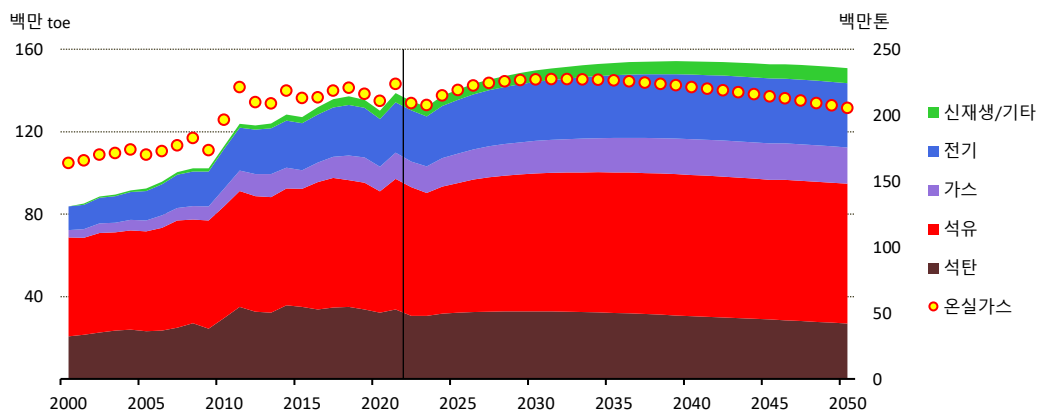
산업 부문의 에너지 수요는 증가세가 점차 둔화되다가 2040년대 초반 정점을 기록한 후 완만한 하락세로 전환될 것으로 전망된다. 산업 부문 에너지 수요의 증가세 둔화 및 하락세 전환의 원인은 경제의 저성장 기조 속에서 제조업 생산 활동 증가 속도가 과거에 비해 크게 둔화되기 때문이다. 산업의 부가가치는 2023년 741.0조 원에서 2050년 884.4조 원으로 연평균 0.7 % 성장할 전망이다. 전 세계적인 온실가스 감축 기조, 공정 부문의 에너지 효율 개선, 고부가가치화, 에너지 저소비형 업종 중심으로의 산업 구조 변화 등으로 전망 기간 산업 부문 에너지 수요 증가율은 부가가치 연평균 증가율 보다 낮은 0.5 %에 그칠 것으로 예상된다.

전망 기간 산출액 기준 산업 전체의 에너지원단위의 감소(개선)세는 실적 기간 대비 둔화되어 연평균 0.4 % 개선될 것으로 보인다. 산업 부문 에너지 소비의 약 35 %를 차지하는 석유화학 원료를 제외할 경우에도, 산업 부문의 에너지 수요는 2023년 85.6 백만toe에서 2050년 94.7 백만toe로 연평균 0.4 % 증가할 것으로 전망된다. 원료를 제외한 산업 부문의 에너지원단위도 연평균 0.6 % 개선되며 과거 대비 개선세가 둔화할 것으로 보이나, 원료를 포함한 에너지원단위보다는 개선세가 소폭 빠를 것으로 보인다.

산업 부문의 온실가스 직접 배출량은 2000~23년기간 연평균 1.0 % 증가하였으며, 전망 기간(2023~50년)에는 연평균 0.04 % 증가로 증가세가 둔화할 것으로 예상된다. 전망 기간 에너지 수요 증가세 대비 온실가스 직접 배출 증가율이 둔화되는 이유는 상대적으로 배출계수가 낮은 에너지상품의 소비 비중이 커지는 방향으로 에너지상품별 비중이 변화하기 때문이다. 에

너지 수요 총량은 증가하겠으나 전기, 가스, 재생에너지의 비중이 확대됨에 따라 직접 배출량은 2023년 207.6 백만톤-CO₂e에서 2030년대 초반 226.7 백만톤-CO₂e 수준까지 증가하다가 이후 감소세로 전환되어 2050년에는 210.0 백만톤-CO₂e까지 하락할 것으로 예상된다. 2030년과 2050년의 배출량은 2018년 산업 부문 직접 배출량(220.6 백만톤-CO₂e) 대비 각각 2.4 % 증가, 4.8 % 감소한 수준으로 전망되어 REF에서 2030년 및 2050년 온실가스 감축목표는 달성되지 못할 것으로 전망된다.¹⁷

그림 2.5 산업 부문 에너지 수요와 온실가스 직접 배출 전망



주: 온실가스 직접 배출량은 에너지밸런스의 산업 부문 에너지 소비 실적 및 수요 전망치에 근거하여 자체적으로 산출되었음. 따라서 온실가스 직접 배출량의 실적은 국가 온실가스 인벤토리와 상이할 수 있음

□ 기계류의 에너지 수요가 가장 빠르게 증가하나 증가 기여도가 가장 큰 것은 석유화학

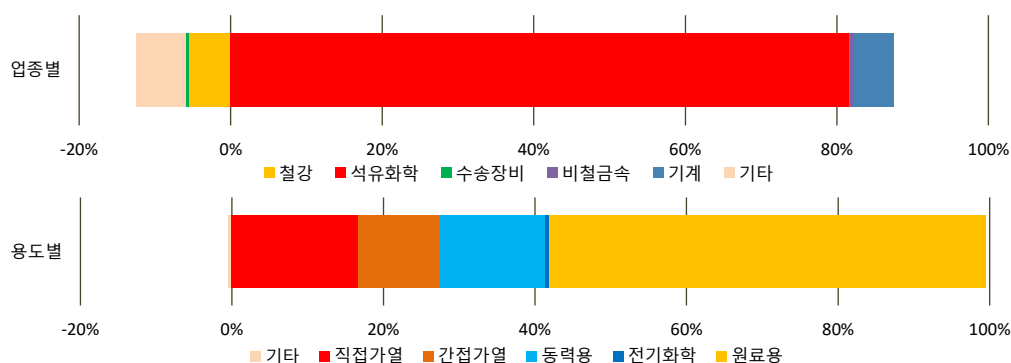
산업 부문의 에너지 소비는 전망 기간(2023~50년) 20.7 백만toe 증가(2023년 대비 15.6 % 증가)할 것으로 전망되었는데, 이중 대부분을 석유화학이 차지할 것으로 보인다. 이 기간 에너지 소비가 증가할 것으로 예상되는 업종은 석유화학, 기계류, 비철금속이며, 철강, 수송장비 등은 감소할 것으로 전망된다. 증가분에 대한 주요 업종별 기여율은 석유화학(108.9 %), 기계류(6.9 %), 비철금속(0.9 %), 철강(-7.4 %), 수송장비(-0.5 %) 순이다.

¹⁷ ‘탄소중립 녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획’ (관계부처 합동, 2023)과 ‘2050 탄소중립 시나리오안’ (2050 탄소중립위원회, 2021b)은 산업 부문 온실가스 직접 배출량을 2018년 대비 2030년까지 11.4 %, 2050년까지 80.4 % 감축하겠다는 목표를 각각 제시하였다.

석유화학은 2030년까지 샤힌 프로젝트 (Shaheen Project)¹⁸ 등의 국내 유화사 및 정유사들의 설비 신증설로 에너지 소비가 빠르게 증가하며, 이후에는 수소의 생산과 활용에 관련된 화학 산업의 생산 활동이 증가하면서 전망 기간 석유화학 부문 산출액은 연평균 2.4 % 증가할 것으로 예상된다. 이에 따라 석유화학의 에너지 소비는 2023년 62.1 백만toe에서 2050년 84.6 백만toe로 연평균 1.2 % 증가할 것으로 전망된다. 기계류는 AI, IoT, 자율주행 자동차 등 신산업과 플랫폼 산업의 발달, 전기자동차용 이차전지와 ESS 수요 증가 등으로 전기·전자 산업을 중심으로 산출액이 전망 기간 연평균 1.0 % 증가하고, 에너지 소비 역시 2023년 10.2 백만toe에서 2050년 11.6 백만toe로 연평균 0.5 % 증가할 전망이다. 비철금속은 재생에너지, 수소산업, 전기차 등의 성장으로 전망 기간 산출액이 연평균 1.4 % 증가할 것으로 예상되면서 에너지 소비 역시 연평균 0.3 % 증가하여 2050년 소비량은 2.3 백만toe를 기록할 것으로 전망된다.

전망 기간 에너지 소비가 가장 크게 변할 것으로 전망되는 업종은 철강이다. 철강은 석유화학과 함께 과거 우리나라 에너지 소비 증가를 이끌어왔으나, 이러한 역할은 지속되지 못할 것으로 보인다. 2010년대 들어 중국의 생산 증가를 중심으로 글로벌 조강 과잉 생산 설비 문제는 국내 철강 산업의 부진으로 이어져오고 있다. 최근에는 중국이 환경문제 등을 이유로 감산 정책을 취하기도 했으나 향후 인도, 동남아, 중동 등 신흥국의 조강 설비 증가 계획 등으로 전망 기간 국내 철강 산업은 정체할 것으로 예상된다. 이에 따라 철강의 부가가치는 전망 기간 연평균 0.3% 감소하고 에너지 소비는 연평균 0.2 % 감소한 25.2 백만toe 수준으로 전망된다.

그림 2.6 2023~50년 산업 부문 용도별업종별 에너지 수요 변화



주: 업종별 기여율(%)=업종별 증감량/산업 전체 증감량

¹⁸ 샤힌 프로젝트는 S-Oil의 대주주인 사우디아라비아의 국영기업 아람코가 2026년 상반기까지 울산에 총 9조 2,580억 원을 투자하여 세계 최대 규모의 석유화학 설비(원유/잔사유 분해 설비와 연간 에틸렌 180만톤 규모의 스팀 크래커)를 건설하는 프로젝트이다. 이는 2023년 우리나라의 에틸렌 생산 능력(연산 약 1,280만 톤)의 14 %에 상당하는 규모이다.

업종별 에너지 소비 증가는 용도별 에너지 소비에도 영향을 미친다. 산업 부문 에너지 소비 증가는 공정용이 41.8 %, 원료용이 58.2 %로 약 절반씩 차지한다. 공정용은 직접 및 간접가열, 동력용, 전기화학 등의 용도로 사용되는데 이 중 가열용 에너지인 직접가열과 간접가열이 공정용 에너지 소비 증가의 60 % 이상을 차지할 전망이다. 이와 같이 향후에도 원료용 수요를 제외하면 산업 부문 에너지 소비의 대부분은 가열용으로 산업 부문 온실가스 감축 목표 달성은 가열용 에너지의 효율 개선과 연료 대체가 핵심이라고 할 수 있다. 또한 가열용 다음으로 소비 증가가 큰 용도는 동력용 에너지 소비이다. 동력용은 모터를 중심으로 하기 때문에 산업 부문 에너지 소비의 전기 소비를 주도한다. 반면 이 기간 전기화학용 에너지 소비는 정체될 것으로 예상된다.

글썬자 2.1 트럼프 대통령 재집권으로 인한 우리나라 산업 부문 에너지 소비의 불확실성

미국 우선주의를 내세웠던 도널드 트럼프 대통령이 2025년 1월 재집권 함에 따라 트럼프 2기 행정부의 에너지 및 산업 부문 정책이 전세계와 우리나라에 많은 영향을 미칠 것으로 예상된다. 트럼프 대통령은 취임 당일 파리기후변화협정을 탈퇴한다는 행정명령에서 서명(2025.1.20.)함으로써 향후 미국의 에너지·환경 정책 방향에 상징적인 모습을 보여주었다.

트럼프는 2017년 첫번째 취임과 동시에 미국 우선주의 에너지정책을 발표하였는데, 주요 내용은 ① 에너지 독립, ② 에너지산업 규제 완화, ③ 수출 확대로 미국산 에너지 영향력 강화이다. 이러한 트럼프 대통령의 에너지정책 방향은 2기 행정부에서도 유지된다. 트럼프 2기 행정부는 규제 완화를 통한 화석에너지 원 생산 확대, 국제 에너지시장에서 미국의 영향력 확대 및 대외 에너지 의존도 최소화의 방향으로 에너지 정책을 지속해 나갈 것이다. 이에 따른 영향을 에너지원별로 살펴보면 석유 및 가스는 국제 유가 하향 안정화와 장기적인 미국의 LNG 수출 증대가 예상되며, 미국내 원전 산업 복원 및 국제 시장 영향력 강화, 태양광 보급 속도 둔화 등이 예상된다. 이러한 트럼프 정부의 정책으로 인한 에너지원별 영향들은 우리나라의 부문별 에너지 수급에 영향을 미칠 것이다.

트럼프 2기 행정부의 산업 정책의 방향은 1기 때와 같이 보호 무역주의 강화를 통한 자국 산업 보호, 자국 중심 공급망 구축으로 요약할 수 있다. 다음은 주요 업종별 트럼프 2기 행정부의 주요 정책과 이로 인한 우리나라의 영향을 정리해 본다.

우선, 철강업은 주요 업종 중 트럼프 2기 행정부 정책에 직접적인 영향을 받는 첫번째 업종이 되었다. 트럼프 대통령은 미국으로 수입되는 철강과 알루미늄에 대해 각각 25 %와 10 %의 관세를 부과하며, 일부 국가에게 적용되던 면세 및 무관세 할당량을 취소한다는 행정명령을 발표하였다(2025.2.10.). 트럼프 1기의 무역확장법 232조에 따라 동일한 세율의 관세는 이미 적용되고 있었으나, 우리나라는 관세 대신 2015~17년 연평균 수출량의 70 %인 263만 톤에 대하여 무관세 할당량(쿼터)을 적용받고 있었다. 하지만 이번 조치로 인하여 2025년 3월 12일부터 예외없이 관세가 적용될 것으로 예상된다.

석유화학은 미국의 보호무역주의 강화에도 불구하고 우리나라가 받는 영향은 제한적일 것으로 예상된다. 우리나라의 석유화학제품은 대미 수출이 많지 않고, 대부분 무관세 품목에 해당하기 때문이다. 오히려

미국 내 석유 및 천연가스의 개발·공급 확대로 국제유가 하향 안정화와 원유 및 가스 수입의 안정성 향상을 기대할 수 있을 것이다.

자동차 업종에 대해서는 트럼프가 전기자동차는 미국 자동차 산업에 불리하다는 인식을 갖고 있어 이전 바이든 행정부의 「인플레이션감축법(IRA)」으로 대표되는 전기차 보조금을 축소 또는 폐지할 것으로 예상된다. 또한 점차 강화되던 미국의 평균연비 규제 역시 완화할 것으로 예상된다. 이에 따라 미국의 전기차 시장은 위축되고, 내연기관 자동차와 하이브리드 자동차의 비중이 증가할 것으로 전망된다. 하지만 이러한 자동차 종류별 유통리 외에도 미국으로 수입되는 자동차에 대해서 철강과 같이 관세 부과가 예상된다. 자동차는 미국의 전체 무역 적자 중 가장 큰 비중을 차지하고 있기 때문에 트럼프 행정부의 관세 부과를 피할 수 없을 것으로 예상된다. 반면 자동차는 우리나라의 대미 수출 1 위 품목이기 때문에 전반적인 자동차 수출이 위축될 수 있다.

반도체를 중심으로 하는 기계류는 미국 주도의 반도체 분업구조 변화는 유지되나, 중국에 대한 수출 통제가 강화될 것으로 예상됨에 따라 우리나라는 반사이익을 기대할 수 있을 것으로 예상된다. 중국 ICT 제조업을 대상으로 높은 관세가 부과될 경우 우리나라 반도체 수출에 단기적으로 충격이 발생할 수 있으나, 점진적으로 회복될 수 있을 것으로 전망된다. 다만, 「반도체지원법」에 따른 보조금 및 세액공제 혜택 축소에 대한 불확실이 존재하며, 이러한 혜택에 대비한 미국 내 투자 요구가 있을 수 있다.

그림 2.7 트럼프 집권에 따른 주요 산업별 영향

	수출입	국내 투자	국외 투자	공급망
 반도체	2 ICT 제품 고관세 판로 단기 충격	3 현행 투자 계획 유지	3 보조금 수혜 추가 투자	2 수출통제 동참 요구·수준 강화
 자동차	1 추가 관세 부과 가능	3 국내 유턴기업 일부 증가	3 하이브리드 내연차 비중 상승	4 한국 부품업체 편입 가능성 ↑
 이차전지	2 대중 수출경쟁력 ↑ 무역 장벽 강화	2 미국 전기차 시장 성장 둔화	1 IRA 지원 규모 축소 우려	3 탈중국화 기조 유지
 철강	2 전통적 관세 쿼터 강화(232조)	2 교역조건 불확실성 증대	3 현지 수요 대응 투자 유지 필요	2 중간재 공급망 리스크 확대
 화학	3 대미 수출입 비중 미미	3 장기 관점 투자 지속	2 친환경 정책 퇴조	3 영향 미미 유가 단기 하락
 바이오의약품	3 미 시장 개방도 ↑ 장기 증가 기대	4 국내 유망분야 투자 증가	4 대미 제조 투자 확대	3 투자유치 기회 대미 의존 심화
 방위산업	3 미 진입 기회 해외 경쟁 심화	2 방위비 부담 추가 협상	- 영향 미미	2 방산협력 후퇴 원자재 수급 차질

자료: 산업연구원 (2024), “미(美) 대선 향방에 따른 한국 산업 영향과 대응 방안”, p7

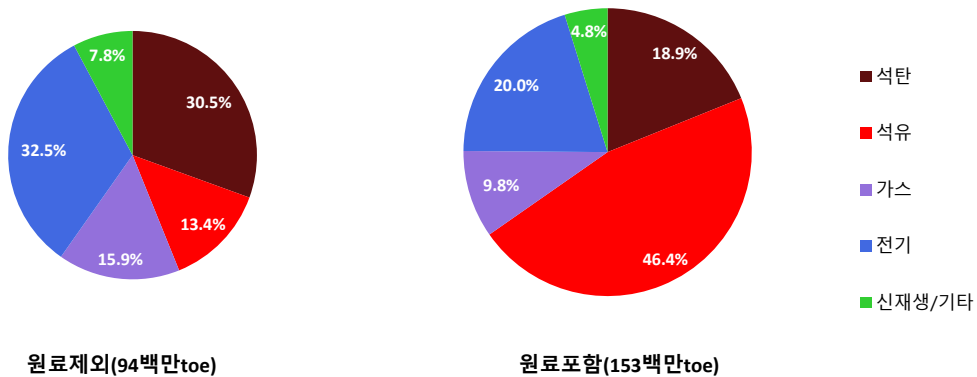
주: 각 부문 영향은 1 매우 부정적, 2 부정적, 3 보통, 4 긍정적, 5 매우 긍정적

이와 같이 트럼프 2기 행정부의 산업 정책에 따라 석유화학을 제외한 철강, 자동차, 반도체(기계류) 등 다수의 업종이 부정적인 영향을 받을 것으로 예상된다. 해당 업종의 에너지 부문 영향 역시 업종의 경기와 유사하게 증가 또는 감소할 것으로 볼 수 있다. 다만 자동차의 경우 미국으로 수출하는 차량 대부분이 미국 현지에서 생산하여 판매되고 있기 때문에 우리나라 내에 해당 산업의 에너지 소비에 미치는 영향은 크지 않을 수 있다. 또한 석유화학은 미국의 석유 및 천연가스 생산·수출 확대에 국제 유가가 하향 안정될 경우 에너지 소비 증가 원인으로 작용할 수 있을 것이다. 이상에서 살펴본 것 같이 트럼프 행정부의 에너지 정책과 산업 정책은 우리나라 산업의 업종별 에너지수급에 영향을 미칠 수 있어 본 보고서에서 분석한 장기 에너지전망 결과에 추가적인 영향요인으로 작용할 수 있을 것이다.

□ 에너지원별로는 석탄과 석유가 가스, 전기, 신재생으로 대체

전망 기간 원료용 소비를 제외할 경우 산업 부문 에너지 소비 증가에 가장 크게 기여하는 에너지상품은 전기이다. 산업 부문 전기 소비는 2023년 24.3 백만toe에서 연평균 0.9 % 증가하여 2050년에는 30.7 백만toe까지 증가할 것으로 전망된다. 이는 산업 부문 전기 소비의 약 30 %를 차지하는 기계류 업종의 전기 소비가 같은 기간 연평균 0.5 %씩 증가한 것과 온실가스 감축을 위하여 가열용 화석연료 소비를 전기로 대체해 나가는 것 등이 산업 부문 전기 소비 증가의 주요한 원인으로 작용한 것으로 판단된다.

그림 2.8 2023년대비 2050년 주요 업종별 에너지 믹스(비중) 변화



원료용 소비를 제외한 산업 부문 에너지 소비 증가에 두 번째로 기여가 높은 에너지원은 재생에너지다. 재생에너지 소비는 전망 기간 연평균 1.7 % 증가하여 가장 빠른 증가세를 보일 것으로 나타났으며, 2050년에는 7.4 백만toe를 기록할 것으로 전망된다. 이어서 가스는 화석

연료 중 오염물질 배출이 낮다는 장점으로 석탄과 석유를 대체할 것으로 전망되는데, 전망 기간 가스 소비는 연평균 0.6 % 증가하여 2050년에는 12.8 백만toe를 기록할 것으로 예상된다. 석유 소비는 원료용 소비를 포함할 경우 2023년 59.6 백만toe에서 연평균 0.6 % 증가하여 2050년 70.9 백만toe에 이를 것으로 전망된다. 반면 원료용 소비를 제외할 경우에는 12.9 백만toe에서 연평균 0.1 % 감소하여 12.6 백만toe로 예상된다. 석탄 소비는 철강업의 석탄 소비가 감소됨에 따라 전망 기간 연평균 0.2 % 감소한다. 이러한 변화로 인하여 2050년 원료를 제외한 에너지원 비중은 전기 32.5 %, 석탄 30.5 %, 가스 15.9 %, 석유 13.4 %, 재생에너지 7.8 % 순으로 전망된다.

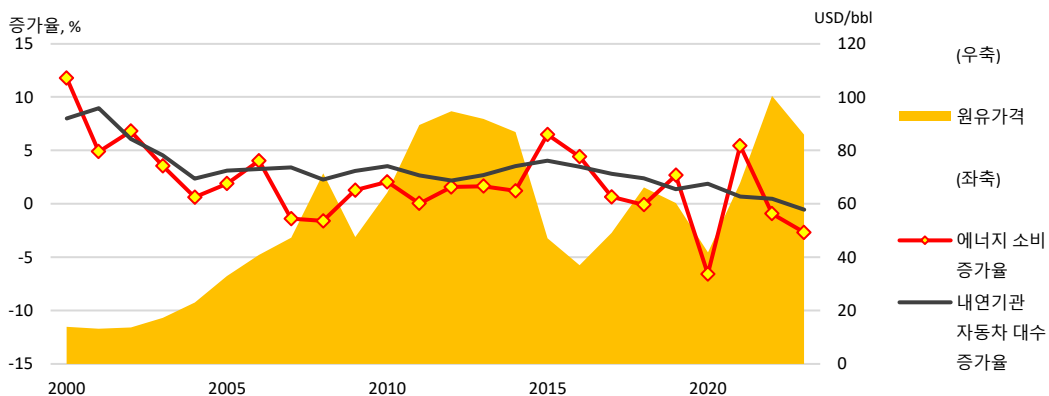
2. 수송 부문

2.1. 에너지 소비 추이 및 동향

□ 수송 부문 에너지 소비는 2010년 이후 지속 상승해왔으나 코로나19 이후 감소 추세로 전환

수송 부문 에너지 소비는 2000년 25.0 백만toe에서 2023년 35.3 백만toe로 연평균 1.5 % 증가하였다. 1990년대에는 경제가 빠르게 성장하면서 물동량도 크게 증가하였고, 고속도로, 교량 등 교통 인프라의 확대, 대중교통의 보급 확대, 소득 증대에 따른 자가용 보급 증가 등의 요인으로 연평균 7 %가량 빠르게 증가했다. 그러나 2000년대에 들어 경제성장 둔화로 소비 증가세가 낮아지면서 국제유가의 등락에 따라 에너지 소비가 변동하였다. 우리나라에서는 도로 부문이 전체 수송 부문 에너지 소비의 대부분을 차지하기 때문에¹⁹ 수송 부문 에너지 소비는 자동차 보급 수준의 영향을 크게 받을 수밖에 없으며, 유가에 민감하게 반응하는 특징이 있다. 2008년 국제 금융위기 시기에는 국제유가 상승과 경기 둔화가 겹치며 에너지 소비가 급감하였고 2014년 하반기 국제 유가의 급락으로 소비가 증가하였다. 2017년 이후에는 유가의 증가세 전환에 따라 소비가 감소하는 등 수송 부문 에너지 소비는 유가의 등락과 경기 변동에 따라 감소와 증가를 반복하는 양상을 보였다.

그림 2.9 수송 부문 에너지 소비 및 자동차 대수 증가율과 국제유가 추이



2020년 시작된 코로나19 대유행은 수송 부문의 에너지 소비에 큰 영향을 주었다. 코로나 19 방역을 위해 사회적 거리두기를 시행하면서 이동 수요가 크게 감소하여 수송 부문 에너지

¹⁹ 도로 부문이 수송 부문에서 차지하는 비중은 2023년 기준으로 95.3 %이다.

소비는 2019년 37.2 백만toe에서 2020년 34.7 백만toe로 6.6 % 감소하였다. 특히 2020년 항공 부문과 해운 부문의 에너지 소비²⁰는 2019년 대비 각각 54.2 %, 17.7 %나 급감하여 소비가 크게 위축되었다. 도로 부문의 소비는 이동 수요 감소로 인해 전년 대비 4.6 % 감소하였고, 철도 부문의 소비는 3.5 % 감소하여 사회적 거리두기의 영향이 가장 작게 나타났다. 2021년 코로나 19 대유행이 점차 진정되면서 수송 부문 에너지 소비는 전년 대비 5.4 % 증가하였으나 이전 수준을 회복하지는 못하였다. 도로 부문의 소비는 2021년 2.2 % 증가했지만 2019년 소비 수준에 미치지 못한 반면, 수요가 급감했던 항공 부문과 해운 부문의 소비는 2021년에 각각 168.3 %, 27.2 % 증가하면서 코로나19 발생 이전인 2019년의 수준을 바로 회복하였다. 항공 부문의 빠른 소비 회복은 국외 항공 이동 제한으로 해외 여행 수요가 국내 항공 여행으로 대체된 것이 주된 원인으로 추정된다.

코로나19 대유행이 2022년과 2023년에 단계적으로 완화되었음에도 불구하고 수송 부문 에너지 소비는 2021년 이후 두 해 연속 각각 0.9 %, 2.7 % 감소하였다. 해운 부문이 2021~22년 기간 연평균 3.6 % 증가하였을 뿐 도로 부문과 항공 부문의 소비는 같은 기간 각각 연평균 0.8 %, 26.8 % 감소하였다. 항공 부문 소비가 2021년과 반대로 급감한 것은 해외 여행 수요 급증으로 국내 항공 여행 수요가 크게 위축되었기 때문이다. 또한, 2022년 2월 러시아의 우크라이나 침공에 따른 러시아 경제 제재로 전세계 공급망에 충격이 발생하였고, 이후 하반기부터 각국 중앙은행이 인플레이션 대응을 위해 이자율을 인상하면서 글로벌 경기 부진이 본격화한 영향이 수송 부문에도 나타났다. 2021년 이후 소비가 연속 감소하면서 2023년 수송 부문의 에너지 소비는 코로나19 대유행 이전인 2019년 소비의 96 % 수준으로 낮아졌다.

2.2. 에너지 수요 전망

□ 수송 부문 에너지 수요는 전망 기간 연평균 2.1 % 감소하여 2050년에는 19.9 백만toe에 도달

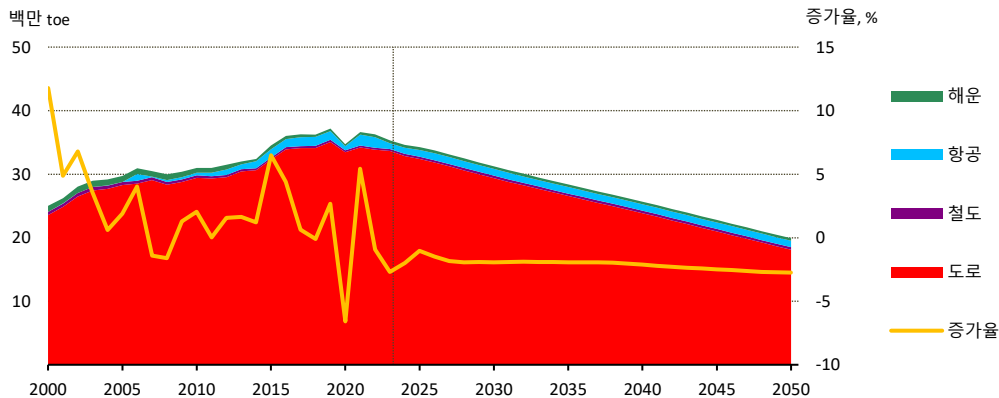
수송 부문 에너지 수요는 2023년 35.3 백만toe에서 연평균 2.1 %로 지속 감소하여 2050년에는 19.9 백만toe 수준으로 하락할 전망이다.²¹ 수송 부문 에너지 수요 변화에 큰 영향을 미치는 국제유가는 2020년 코로나19 대유행 기간 동안 크게 하락하였으나 2021년 하반기에 세계 경제가 회복되며 석유 수요가 증가하고, 전세계적 에너지 전환 기조 속 석유 탐사와 채굴 부문의 투자 지연으로 석유 공급이 빠르게 증가하지 못하면서 배럴당 80 달러 수준으로 급등하였

²⁰ 국제 항공과 해운을 제외한 국내 항공 및 해운의 에너지 소비

²¹ 수송 부문 에너지 수요는 도로 부문 수요 감소의 영향으로 2019년에 정점을 지난 것으로 분석된다.

다. 2022년 상반기에는 우크라이나 전쟁과 서방의 러시아산 석유 수출 규제로 인해 배럴당 100 달러를 넘어서며 크게 상승하였다. 2023년 10월 이스라엘-하마스 충돌 이후 중동 정세가 한층 불안정해진 요인이 있으나, 2023년 이후 지정학적 위험이 진정되고 수급이 안정되며 국제 유가는 전망 기간 동안 배럴당 80 달러 수준으로 수렴할 것으로 전제하였다. 최근 10년 평균(배럴당 약 64 달러)보다 높아진 유가 수준은 수송 부문의 석유 수요 증가를 제한하고 친환경차로의 전환을 촉진하는 요인으로 작용할 것으로 예상된다.

그림 2.10 수송 부문 에너지 수요와 증가율 추이



철도와 항공의 에너지 수요는 전망 기간 각각 연평균 1.0 %, 0.5 % 증가하여 수송 부문 에너지 수요에서 차지하는 비중이 약간 늘어난다. 철도 부문은 인구 감소 및 철도 화물 수송의 경쟁력 약화에도 불구하고 일반철도 노선 고속화, 고속철도 운행지역 확대, 비수도권 광역철도 확대 등으로 에너지 수요가 증가한다. 항공 부문의 에너지 수요도 화물 수송은 줄어들 전망이나 여객 수요를 중심으로 완만하게 증가할 전망이다.

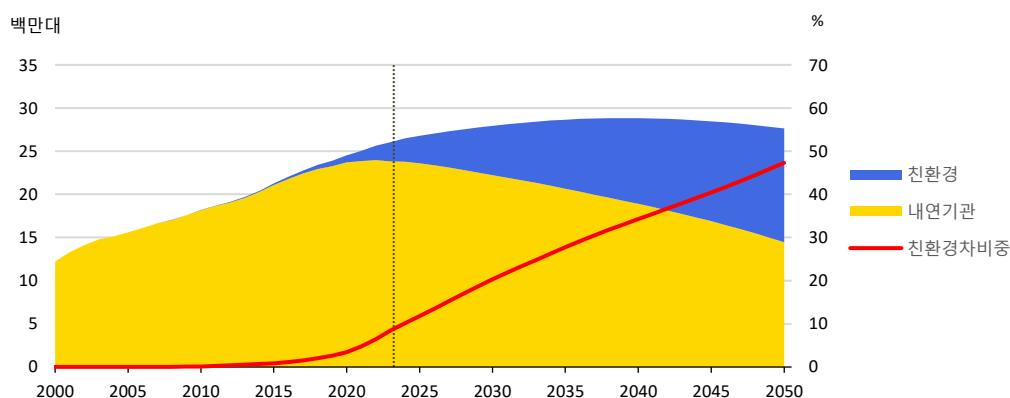
□ 자동차 보급의 감소 전환과 친환경자동차 보급 확산 등으로 도로 부문 에너지 수요 감소

친환경자동차²² 보급은 수송 부문의 주요 온실가스 감축 수단이다. 전기자동차 등 친환경 자동차는 내연기관 자동차 대비 연료 효율이 높아서 친환경차 보급이 늘어날수록 전체 수송 부문 에너지 수요는 감소한다. 전기자동차는 2010년 이후 매우 빠른 속도로 보급되어 왔으

²² 「환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률」 제2조 제2호와 산업통상자원부 고시 「환경친화적 자동차의 요건 등에 관한 규정」에 의하면, 현재 시장에 보급이 이루어지고 있는 친환경자동차는 전기자동차, 일반 하이브리드자동차, 플러그인 하이브리드자동차, 수소전기자동차 등 4종이다 (최도영&신협철, 2023).

나,²³ 2023년부터 보급 증가세가 둔화하는 현상이 나타나고 있다. 이에 대한 주된 원인으로는 고금리 기조 지속, 보조금 규모 축소, 충전 인프라 부족, 안전에 대한 우려 등을 들 수 있다. 그러나 중장기적으로는 전기자동차를 중심으로 친환경차가 기존 내연기관 자동차를 지속적으로 대체해 나갈 전망이다. 자동차 보급은 2023년 26.2 백만대에서 포화 수준 근접, 인구 감소 등으로 2039년(29.0 백만대)에 정점에 이른 후 감소세로 전환하여 2050년 27.8 백만대 수준에 도달할 전망이다. 자동차 배터리 등 친환경차 기술 개발, 정부의 친환경차 보급 지원 정책 및 경유자동차에 대한 운행 제한 등이 지속되며 하이브리드를 포함한 친환경차 보급은 전망 기간 연평균 26.7 % 증가한다. 친환경자동차 중 전기 자동차와 수소 자동차가 전체 자동차 등록대수에서 차지하는 비중은 2023년 2.5 %에서 2050년 37.0 %로 대폭 증가할 전망이다.

그림 2.11 기술별 자동차 보급과 증가율 추이



주: 친환경 자동차는 전기자동차, 수소전기자동차, 하이브리드 자동차를 의미

내연기관 자동차는 온실가스 감축과 미세먼지 저감을 위한 정책이 지속적으로 강화되면서 경유자동차를 중심으로 감소할 전망이다. 온실가스 감축과 에너지효율 개선을 목적으로 친환경차 등 고효율 자동차 생산을 촉진하는 ‘자동차 평균에너지소비효율기준 및 온실가스 배출 허용기준’이 점진적으로 강화될 예정이며, 노후 경유자동차의 운행을 규제하고²⁴ 폐차를 지원하는 정책도 지속적으로 강화된다. 내연기관 자동차 보급대수는 2022년 24.0 백만대로 정점을 지나 전망 기간 동안 감소 추세를 지속할 전망이다. 친환경차 보급 확대와 함께 경유승용차

²³ 전기자동차의 등록대수는 2010년 66 대에 불과했으나, 2023년 약 54.4만 대로 늘어나 이 기간 연평균 증가율은 100 %에 달했다.

²⁴ 2024년부터 택배용 및 어린이 통학용 차량 등에서 경유자동차 신규 등록을 금지하는 정책이 시행된다. 또한 노후 경유차 운행제한 지역(Low Emission Zone)을 수도권 지역에서 6대 특별 및 광역시로 확대하고, 운행 제한 차량 등급을 기존 5등급에서 4등급으로 확대하는 정책도 시행된다 (에너지경제연구원, 2024.5).

를 중심으로 한 내연기관 자동차 감소, 자동차 에너지소비효율 향상, 여객 및 화물 수요 증가 속도 둔화 등으로 인해 도로 부문 에너지 수요는 감소할 전망이다. 전기자동차가 기존의 내연기관 자동차를 빠르게 대체하면서 전망 기간 동안 도로 부문의 석유 수요가 약 16.5 백만toe 감소하는 반면, 전기 수요는 약 0.8 백만toe 증가하면서 에너지 수요가 감소하는 효과가 나타난다. 결과적으로 도로 부문 에너지 수요는 2023년부터 2050년까지 연평균 2.3 %, 15.5 백만toe 가량 감소할 전망이다.

글상자 2.2 모빌리티(Mobility) 혁신과 에너지 수요

온실가스 감축과 대기환경 개선, 수요자 중심의 이동 서비스 제공 등을 위해 세계적으로 전기차(EV), 수소차(FCEV), 자율주행차, 도심항공교통(UAM, Urban Air Mobility), 대중교통 등에서 혁신이 진행되고 있다. 최근 모빌리티(mobility)의 정의는 단순히 이동성을 의미하는 것이 아니라 IT, 통신, AI 등 첨단 기술이 접목되어 공간 개념과 서비스까지 포괄하는 확장된 의미로 사용되고 있다(김경유 외, 2024)²⁵. 즉, 모빌리티 혁신은 단순히 이동 수단의 변화와 발전에 그치는 것이 아니라 이동 수단과 관련된 기반 시설과 서비스의 혁신을 포함하며, 4차 산업혁명 시대에서 지속가능한 미래 사회를 구축하는 핵심 요소로 인식되고 있다. 우리 정부는 모빌리티 변화의 시대에 ‘글로벌 선도국가 도약과 혁신적인 서비스의 국민 일상 구현’을 위하여 「모빌리티 혁신 로드맵」(2022.9.19)²⁶을 발표하고 자율주행 인프라, UAM, 스마트 물류 등 미래형 모빌리티 분야에 대한 육성을 시작하였다. 또한, 관련 정책을 뒷받침하기 위한 「모빌리티 혁신 및 활성화 지원에 관한 법률」²⁷이 제정되어 2024년 10월부터 시행에 들어갔다.

「모빌리티 혁신 로드맵」은 총 5 개의 정책과제를 제시하였는데, 이중 수송 부문의 에너지 수요에 직접적인 영향을 줄 수 있는 3 개 과제를 살펴보고, 각 과제가 수송 부문 에너지 수요에 미칠 방향성과 그 영향에 대해 검토해 볼 필요가 있다. 첫 번째 ‘완전자율주행 시대 개막’이다. 2027년까지 세계 최고 수준의 완전자율주행을 상용화한다는 도전적인 계획이다. 자율주행 모빌리티를 국민 일상에서 구현하여 차량 내 휴식·업무·문화를 일상으로 만들고 교통사고 예방, 도로 혼잡 해소 등에 기여하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 2024년까지 완전자율주행에 대한 제도를 마련하고 2030년까지 전국 약 11만 km 도로에 자율차-자율차, 자율차-인프라 간 실시간 통신 인프라를 구축하여 자율주행 체계를 지원한다.²⁸ 완전한 자율주행은 실시간 통신을 지원하기 위한 충분한 전기 공급을 필요로 하기 때문에 내연기관 자동차보다는 전기차 기반의 자율주행차 보급이 이루어질 수밖에 없을 것이다. 따라서 완전자율주행 시대의 도래는 도로 부문에서 전기

²⁵ 산업연구원, 연구보고서 2024-15 (김경유·조철·송명구·이은창·오승환, 2024.10.)

²⁶ 국토교통부 보도자료 (국토교통부, 2022.9.)

²⁷ 이 법의 정의(제2조 제1항)에 따르면 모빌리티는 ‘사람 또는 물건을 한 장소에서 다른 장소로 이동하거나 운송하는 행위, 기능 또는 과정으로서 이와 관련한 수단, 기반시설 및 일련의 서비스를 통하여 확보할 수 있는 수요자 관점을 고려한 포괄적 이동성’을 말한다.

²⁸ 자율차-자율차 간 통신을 위한 전기 소비는 차량의 전기 소비로 집계하지만, 인프라에서 사용하는 전기 소비는 아직 통계 집계의 기준이 마련되지 않은 상황이다. 기존 집계 기준에 따르면 가로등과 마찬가지로 건물·기타 항목으로 분류된다. 즉, 모빌리티 혁신을 위한 정책과제 이행은 수송 부문 에너지 수요만이 아니라 서비스 부문의 에너지 수요도 영향을 주게 된다.

차가 석유제품을 연료로 사용하는 내연기관차를 상당 부분 대체한다는 것을 전제로 한다. 한편, AI 기반 자율주행 기술은 차량의 최적 경로 설정, 정속 주행, 교통 혼잡 완화 등을 통해 에너지 소비 절감에 크게 기여할 것으로 보인다.

두 번째는 ‘**교통 체증 없는 항공 모빌리티 구현**’이다. 2025년 UAM 서비스를 최초로 상용화하고, 다양한 서비스를 통해 교통 체증 없이 이동 시간을 획기적으로 단축한다는 것이다. 이를 위해 UAM 서비스에 필수적인 Vertiport(이착륙장)와 통신망 등 전용 인프라 조기 구축을 위한 투자도 확대할 예정이다. UAM 산업을 체계적으로 육성하기 위한 「도심항공교통 활용 촉진 및 지원에 관한 법률(도심항공교통법)」이 지난 2024년 4월 시행에 들어갔는데, 이 법은 도심항공교통의 도입·확산, 도심형 항공기의 안전하고 효율적인 운항 기반 조성 등에 필요한 사항을 규정하고 있다. UAM 서비스가 활성화된다면 도심 지역 교통 체계의 혁신적인 변화를 가져올 것으로 예상된다. 전기 기반 수직 이착륙기(VTOL, Vertical Take-Off and Landing)는 도심 이동 시간을 단축하고, 택시 등 일부 도로 교통수단의 이용을 대체할 것으로 보인다. 항공 모빌리티 구현에는 전기 이동 수단뿐만 아니라 통신 인프라 구축이 필수적이므로 전기 수요를 증대시키는 요인이 될 것이다. 다만, 여객 이동 시간 단축은 전반적인 교통 흐름을 개선하여 교통시스템의 에너지 효율을 증진하는 효과를 가져올 것으로 기대된다.

세 번째는 ‘**모빌리티 시대에 맞는 다양한 이동 서비스 확산**’이다. AI 알고리즘을 활용하여 실시간 수요를 반영·운영하는 수요응답형 서비스(DRT, Demand Responsive Transport)등을 통해 이동 사각지대를 해소할 수 있다. 이를 위해 현재 농어촌 지역 등으로 제한된 서비스 범위를 신도시, 심야시간대 등으로 확대하고 노선버스 등 기존 대중교통 서비스도 수요에 따라 탄력적으로 운영한다. 또한, 개인형 이동수단법 제정, 관련 인프라 확충, 인센티브 제공 등을 통해 개인형 이동수단을 활성화하고, 공유차량(카셰어링) 관련 규제를 합리적으로 완화한다. 이러한 수요자 중심의 모빌리티 서비스 확대는 기존 대중교통시스템의 효율을 높이는 효과는 있겠으나 수송부문의 에너지 수요를 증가시키는 요인이 될 것으로 보인다.

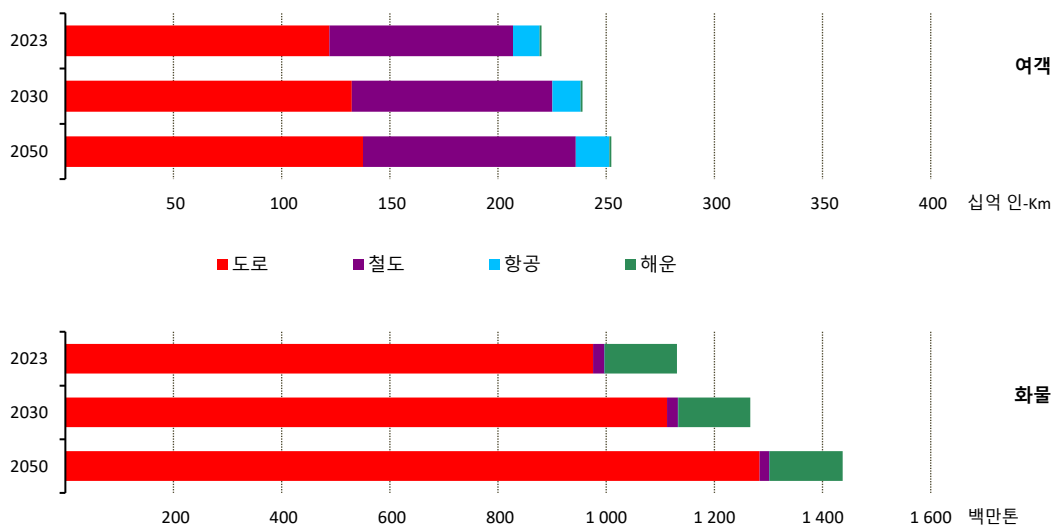
전기차, 자율주행차, 도심항공 모빌리티, 대중교통시스템 효율화 등 모빌리티의 발전은 석유제품에서 전기와 수소로의 에너지전환 가속화, 수송 에너지효율 개선 등을 통해 수송 부문 에너지 수요의 변화를 촉진할 전망이다. 전기 기반 자율주행차 및 도심항공교통 수단의 확산은 필연적으로 수송용 전기 수요 증대를 유발하고 재생에너지 발전과 연계한 충전 인프라 확충과 고성능 배터리 기술 등 전기 저장 기술의 발전을 가져올 것이다. 결론적으로 우리 정부가 계획하고 있는 모빌리티 혁신이 현실로 다가온다면, 전기화와 에너지효율 향상을 통해 수송 부문의 온실가스 배출은 획기적으로 줄어든 것으로 기대된다.

□ 여객과 화물 수송 수요는 인구 감소와 경제 성장 둔화로 모두 1% 미만의 증가세 시현

비사업용 도로 부문을 제외한 나머지 수송 부문 에너지 수요는 사업용 여객과 화물 수송으로 구분할 수 있다. 사업용 도로 여객 수요는 온실가스 감축 수단으로 대중 교통 수단의 확충과 개선, 도로 인프라의 확장 등으로 꾸준히 증가하지만, 전망 기간 인구 감소와 철도 등 타 대중 교통 수단으로의 대체로 인해 증가세가 연평균 0.4%로 둔화한다. 국내 항공 여객 수요는 가덕도 신공항과 제주 제2공항 건설 등 인프라 확장의 변수가 있으나 수도권의 김포 공항을 중심으로 한 국내 항공 노선이 이미 포화 상태에 도달하여 예전보다 증가 속도가 둔화될 전망이다.

전체 여객 수요는 2023년 2,200억 인킬로미터 (Passenger-km, PgKm)에서 2050년 2,523억 인킬로미터로 연평균 0.5 % 증가할 전망이다. 화물 수송 수요는 2023년 11.3억 톤에서 연평균 0.9 % 증가하여 2050년 14.4억 톤에 도달할 전망이다. 국내 화물 수송 수요의 대부분을 차지하는 도로 화물 수요는 물동량 증가와 온라인 커머스의 일반화에 따른 택배 물량 증가 등으로 꾸준히 증가할 전망이다. 해운 화물 수요는 전망 기간 동안 큰 변화는 나타나지 않을 것으로 전망되며, 철도와 항공 화물 수요는 경쟁력 악화로 완만한 감소세를 보인다.

그림 2.12 여객과 화물 수요 전망



☐ **친환경차 보급 확대로 석유의 비중은 경유 중심으로 빠르게 감소하고 전기의 비중은 증가**

수송 부문 석유제품 수요는 친환경차 증가, 자동차 연료효율 개선, 내연기관 자동차 보급 감소 등으로 인해 꾸준히 감소할 전망이다. 수송 연료 가운데 가장 큰 비중을 차지하는 경유 수요는 2000~2023년 연평균 1.5 %의 빠른 속도로 증가했지만, 전망 기간에는 온실가스 및 미세먼지 감축을 위한 운행 규제 등으로 경유자동차의 판매가 줄어들면서 수요가 연평균 3 % 이상 감소할 전망이다. 휘발유 수요도 전기 및 수소자동차가 휘발유자동차를 대체하면서 전망 기간 연평균 1 % 이상 감소한다. 휘발유 수요는 경유에 비해서는 감소세가 완만할 것으로 보이는데, 그 이유는 휘발유를 사용하는 하이브리드 자동차가 전망 기간 연평균 2.3 % 증가할 것으로 전망되었기 때문이다. LPG 수요 역시 LPG자동차 판매가 줄면서 전망 기간 연평균 3 % 이상 감소할 전망이다. 반면, 항공유는 화물 수송 수요는 감소할 전망이나 항공 인프라 증가 등으로 여객 수송 수요가 증가하며 연평균 1 % 미만의 완만한 증가세를 보인다. 전기 수요는 다양한 전기

자동차의 출시, 구매 보조금 지급, 충전 인프라 확대, 충전 기술의 발전 등으로 전기 자동차 보급 대수가 빠르게 증가하면서 연평균 4.5 %의 속도로 증가할 전망이다.

그림 2.13 수송 부문 에너지상품별 수요와 국제유가

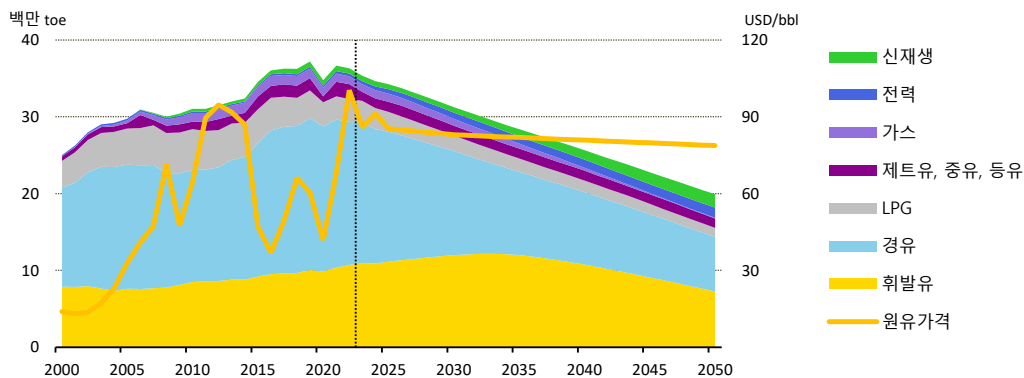
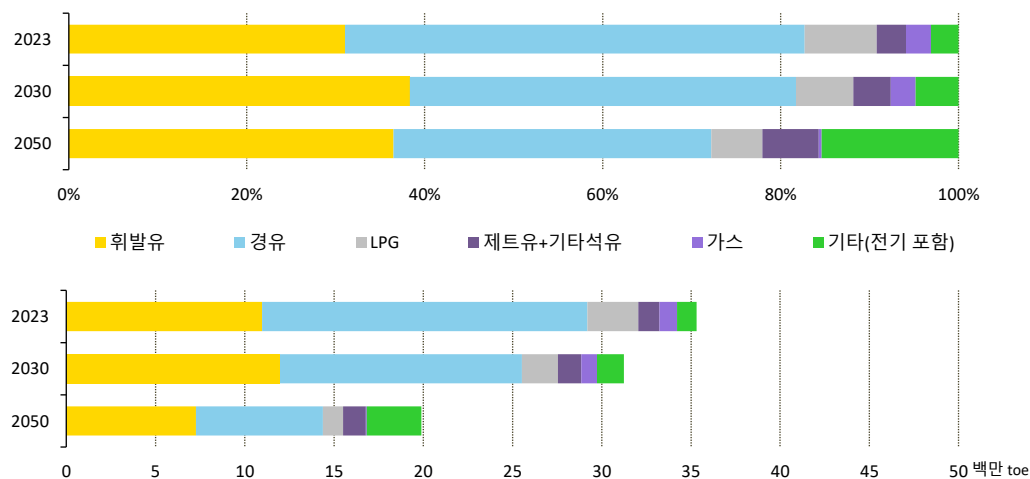


그림 2.14 수송 연료별 비중 및 수요

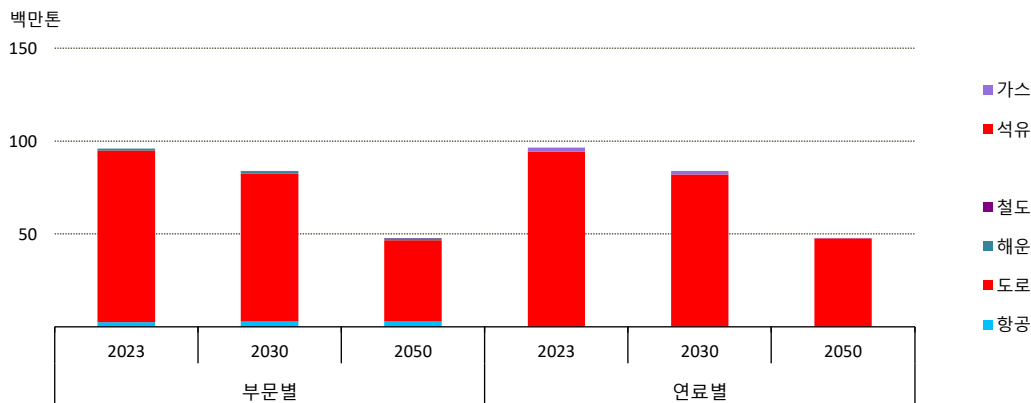


□ 수송 부문 온실가스 배출량은 연평균 2.6 % 감소하여 2050년 47.8 백만톤-CO₂e로 축소

수송 부문의 온실가스 배출량은 2023년 96.5 백만톤-CO₂e에서 연평균 2.6 %의 속도로 지속 감소하여 2050년 47.8 백만톤-CO₂e로 축소된다. 수송 부문에서 비중이 가장 큰 도로 부문의 온실가스 배출량은 친환경차 보급이 늘어나며 2023년 92.4 백만톤-CO₂e에서 2030년 79.6 백만톤-CO₂e, 2050년 43.7 백만톤-CO₂e까지 감소한다. 항공 부문의 배출량은 화물 수요 감소와 운항 효율 개선이 이루어질 전망이나, 여객 수요의 증가의 영향으로 소폭 증가한다. 항공 부문의 배출량은 2023년 2.5 백만톤-CO₂e에서 2050년 2.9 백만톤-CO₂e로 증가한다. 항공 부문

은 아직 효과적인 감축 수단이 확보되지 않은 상황으로, 바이오매스, 대기중 포집된 탄소 등을 이용하여 생산되는 지속가능 항공연료(SAF, sustainable aviation fuel) 도입이 논의되고 있다.²⁹ 향후 SAF 혼합의무화제도가 국내 항공 운항에도 적용된다면 항공 부문 배출량의 감소 요인으로 작용할 수 있다.

그림 2.15 수송 부문별 연료별 온실가스 배출 전망



해운 부문과 철도 부문의 배출량은 연료 대체와 효율 개선 등으로 2023년 1.5 백만톤-CO₂e에서 2050년 1.1 백만톤-CO₂e로 감소한다. 해운 부문의 배출량은 전망 기간 연평균 0.8% 감소하며, 철도 부문 배출량은 디젤 기관차 운행 감소로 연평균 3.1% 감소할 전망이다. 해운 부문은 LNG와 하이브리드 선박 도입, 철도 부문에서는 추가적인 전철화와 디젤 기관차의 수소 기관차 대체 등이 온실가스 감축수단으로 검토되고 있다.

²⁹ EU는 2025년 EU 지역에서 이륙하는 모든 항공기에 2% 이상의 SAF를 혼합한 항공유 사용을 의무화했고 SAF 혼합 비율은 2030년 6%에서 2050년 70%까지 점차 강화된다 (EU Council, 2023.9.20). 지속가능 항공유는 국제항공에서 탄소감축 효과가 가장 큰 수단으로 인정받고 있고, 전세계 19개 국가에서 급유 상용 운항을 시행 중이며, 일부 국가에서는 SAF 혼합 사용을 의무화하고 있다(국토교통부 보도자료, 2024.8.30). 우리나라는 2024년 8월 30일부터 우리나라 항공사가 국제민간항공기구(ICAO)의 인증을 받은 국산 SAF를 급유하여 국제선 정기운항을 실시하고 있으며, 2026년까지 자율적 사용 촉진 기간을 거친 후, 국제항공 탄소상쇄·감축제도의 모든 회원국(193개국)이 SAF 의무화를 도입하는 시점인 2027년부터 SAF 혼합의무화제도를 도입할 계획이다 (국토교통부, 2024.8.30.).

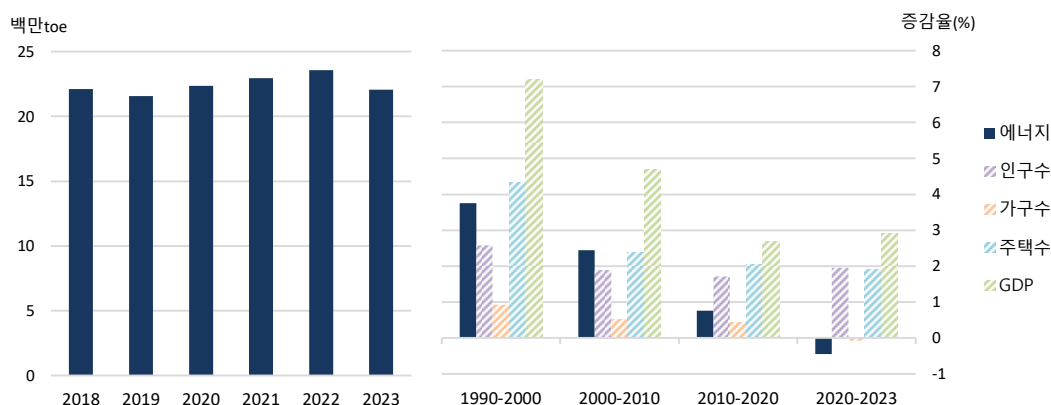
3. 가정 부문

3.1. 에너지 소비 추이 및 현황

□ 2023년 가정 부문 에너지 소비는 난방비 급등의 여파로 2018년 이후 가장 낮은 22.1 백만toe

2023년 가정 부문은 전년 대비 1.5 백만toe 하락한 22.1 백만toe의 에너지 소비를 기록하여, 2018년 이후 가장 낮은 소비가 관측되었다. 코로나19의 단기 감소 충격에서 벗어나 에너지 소비가 빠르게 회복되며, 2022년에는 2018년 이후 가장 높은 23.6 백만toe가 소비되었던 것과 상이한 모습이 관측되었다. 이처럼 2023년 가정 부문의 에너지 소비 크게 감소한 까닭은 따뜻했던 겨울 온도의 영향과 러시아-우크라이나 전쟁 여파로 인한 연료 수입가격 상승이 크게 영향을 미쳤던 것으로 판단된다. 연료 수입 가격 상승이 도시가스 요금에 점진적으로 반영되면서 소비 감소가 발생하고, 난방도일도 전년 대비 감소하면서 난방/온수용을 중심으로 가정 부문에서 상당히 큰 폭의 에너지 소비 감소가 발생하였다.

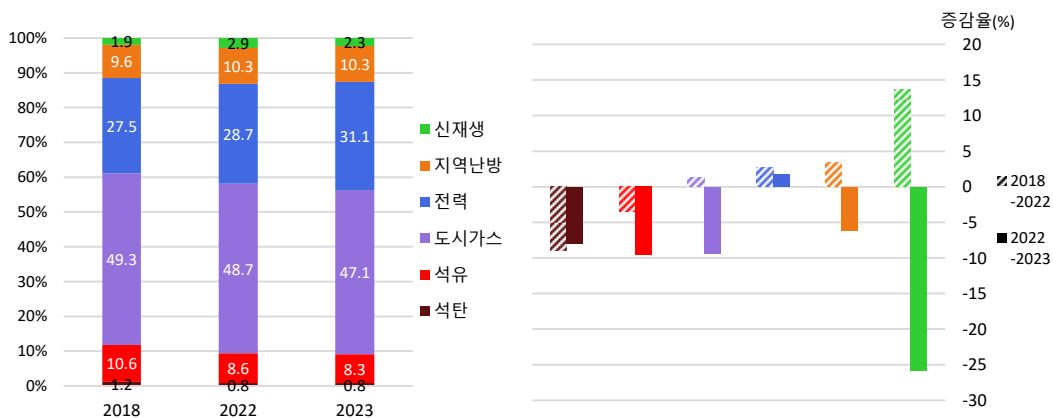
그림 2.16 가정 부문 에너지 소비 실적과 주요 영향 요인 증감율



가정 부문의 전반적인 에너지 소비 추세는 인구 수, 주택 수, 가구 특성 등 인구적 특성과 더불어 소득, 생활 양식과 같은 사회·경제적 요인에 의해 영향을 받는다. 우리나라의 경제성장은 사회 전반의 에너지 소비를 견인하였고, 특히 가구 소득이 증가하면서 자연스럽게 가정 내 생활 편의를 위한 에너지 소비 역시 증가하였다. 2000~23년 기간 동안 우리나라 인구는 연평균 0.4%, 1인당 GDP는 연평균 3.2% 수준으로 성장하면서, 가정 부문의 에너지 소비는 이에 동조해 연평균 1.3% 늘어나는 모습을 보였다. 반면, 매년 에너지 소비 증감에 영향을 미치는 주요인은 기온 변화에 해당한다. 코로나19와 같은 일시적 외부 충격을 제외하면, 냉·난방도일

변화는 부문 내에서 큰 비중을 차지하는 에너지상품인 전기 소비와 가스 소비 증감에 영향을 미쳐 가정 부문의 에너지 소비 증감에 직접적인 영향을 미치기 때문이다. 2023년은 난방도일이 전년 대비 8.5 % 감소하며 가스는 9.4 % 줄어든 10.4 백만toe가 소비되었다. 다만, 난방도일은 전년 대비 5.8 % 감소하였음에도 불구하고 난방용을 포함한 전반적 전기소비는 전년 대비 1.7 % 증가하였다. 이 같은 현상은 2023년 1월부터 관측된 이상 고온 현상³⁰이 전 계절에 걸쳐 발생하고 장마전선이 평년 대비 오래 지속되면서 (관계부처합동, 2024), 난방수요가 꾸준히 발생하였기 때문이다.

그림 2.17 가정 부문 에너지상품별 소비 비중과 증감율



다음으로, 에너지상품별 소비 구성을 보면, 2023년 가정 부문의 도시가스 소비 비중은 47.1 %, 전력은 31.1 %, 지역난방은 10.3 %를 차지한다. 이 외 석유와 신재생, 석탄은 각각 8.3 %, 2.3 %, 0.8 %의 소비 비중을 보였다. 최근 가정 부문의 에너지상품 소비 변화는 석탄과 석유 사용이 감소하고, 도시가스와 전기, 지역난방, 신재생은 증가하는 경향을 보였다. 2018~22년 기간 동안 석탄과 석유 소비는 각각 연평균 9 %, 3.5 % 감소하고, 도시가스, 전기, 지역난방, 신재생에너지는 각각 연평균 1.3 %, 2.7 %, 3.4 %, 13.6 % 늘어나는 모습을 보였다. 그러나, 2023년은 난방비 급등 여파로 도시가스 소비가 전년 대비 9.4 % 감소하고 지역난방 역시 6.2 % 줄어들면서, 기존 가정 부문 내 도시가스 소비 비중 확대와 다소 상이한 모습이 관측되었다. 더불어 신재생 소비 역시 전년 대비 25.8 % 대폭 감소하였다. 1 2023년 가정 부문의 전년대비 신재생 에너지 소비 감소는 태양광 발전 감소에서 비롯되었다. 전국 기준 2023년 강수일은 205일, 연간 강수량은 1739.8 mm로 집계되었다. 해당 수치는 2022년 대비 강수일은 15일 증가, 강수량

³⁰ 2023년은 1월 13일 20.9 °C를 넘어서 일최고기온 최고치를 기록하고 12월에도 9일과 10일에 22.4 °C의 1일 최고치를 경신하는 등 전 계절에 걸쳐 이상 고온 현상이 관측되었다 (관계부처합동, 2024).

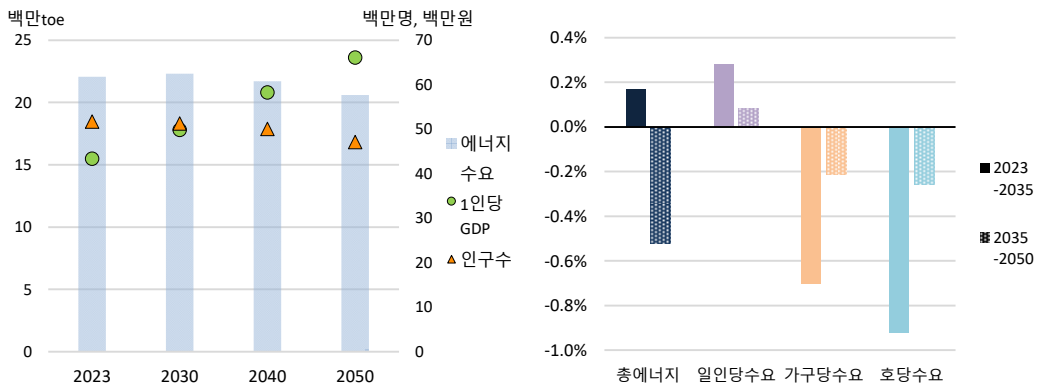
은 598.5 mm 증가(기상청, 2024)한 것으로, 가정 부문 태양광 발전에 필수적인 일조량 감소해 신재생에너지 감소를 이끈 것으로 판단된다.

3.2. 에너지 수요 전망

□ 2050년 가정 부문 에너지 수요는 연평균 0.3 % 감소하여 20.6 백만toe를 기록할 전망

가정부문의 에너지 수요는 경제성장 둔화와 인구수 감소 등으로 인해 2023~50년 기간 동안 연평균 0.3 % 감소하며 하락 추세를 보일 전망이다. 연료비 상승 여파로 2023년에 전년 대비 6.4 % 에너지 수요가 대폭 감소한 데 이어, 인구 감소, 경제 둔화, 난방도일 감소 등의 요인이 복합적으로 작용하면서 기존 가정 부문의 에너지 수요 수준이 유지된 후 점진적으로 하락한다. 특히, 2023~50년 동안 인구수는 연평균 0.3 % 하락하고 1인당 GDP 성장률 역시 1.6 %로 낮아지며 가정 부문 에너지 수요 감소를 이끌 것으로 보인다.

그림 2.18 가정 부문 에너지 수요, 가구당 수요, 일인당 수요 전망

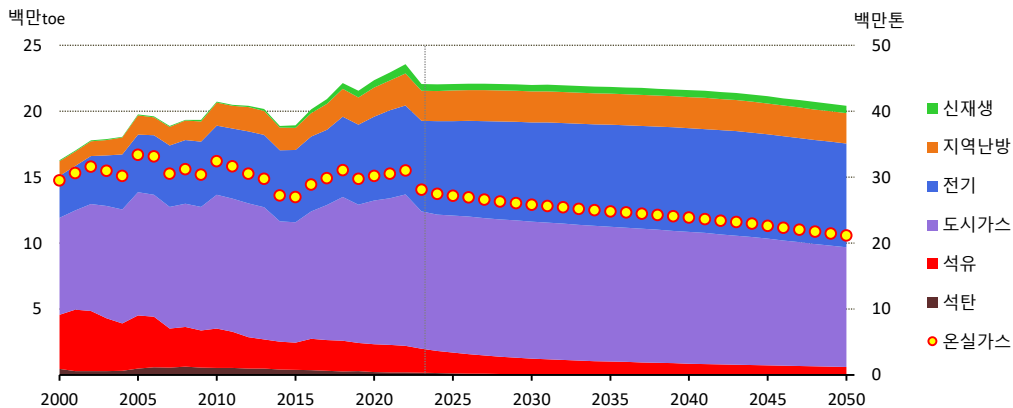


한편, 우리나라의 가구수는 전망 기간 동안 연평균 0.3 % 증가하며 에너지 수요 감소를 일정 부분 상쇄한다. 특히 전망 기간 동안 혼인율 감소와 고령 인구 증가로 1인 가구 비중이 크게 증가할 것으로 예상되는데, 이로 인해 가구의 기본 수요와 다양한 가전기기 도입으로 가정 부문의 에너지 수요는 상대적으로 더디게 감소할 것으로 예상된다. 전망 기간 동안 일인당 에너지 수요는 2023년 427 천toe에서 2050년 437 천toe로 높아지며 연평균 0.1 % 증가한다. 이에 반해 가구당 에너지 수요는 2023년 1,004 천toe에서 연평균 0.5 % 감소하여 2050년 872 천toe를 기록할 것으로 보인다. 1인 가구 비중 증가로 호당 에너지 수요 역시 연평균 0.6 % 감소하며 가구당 에너지 수요 감소 대비 더 큰 폭의 하락세를 보일 것으로 분석된다.

□ 가정 부문 온실가스 배출은 2023년 28.1 백만톤-CO₂e에서 2050년 21.3 백만톤-CO₂e로 감소

지난 2000~23년 기간 동안 가정 부문에서 에너지 수요가 지속 증가하였음에도 불구하고 온실가스 배출³¹은 전반적인 감소세를 보였다. 온실가스 배출이 많은 석탄과 석유 소비에서 온실가스 배출이 상대적으로 적은 에너지상품으로 사용 전환이 지속되었기 때문이다. 더욱이, 2023년은 연료비 상승으로 인한 석유, 천연가스 소비가 대폭 감소하면서 온실가스 배출량은 2022년 31.0 백만톤-CO₂e의 9.5 %에 해당하는 2.9 백만톤-CO₂e이 줄어들어 매우 큰 폭으로 하락하였다. 2023~50년 기간 동안 온실가스 배출량은 연평균 1 % 감소하여 2050년 21.3 백만톤-CO₂e 수준의 온실가스 배출이 발생할 것으로 예상된다. 이는 전망 기간 동안 전반적인 에너지 수요 감소세와 더불어 저배출 에너지상품 사용이 확대되면서 온실가스 배출 감소가 실적 대비 더 빠르게 진행될 것으로 보인다.

그림 2.19 가정 부문 에너지상품별 수요와 온실가스 배출 전망



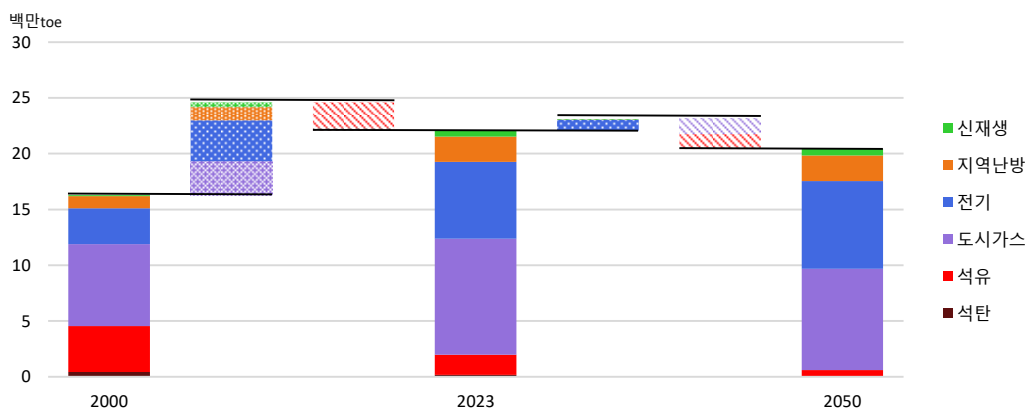
연료 상품별 수요 변화를 보면, 천연가스는 2023년 10.4 백만toe가 소비되었고 2050년에도 9.2 백만toe의 높은 에너지 수요가 발생할 것으로 보인다. 그러나 천연가스의 소비 비중은 2023년 47.1 %에서 점진적으로 하락하여 2040년 45.6 %, 2050년 44.7 %까지 낮아진다. 이는 가정 부문의 전환기 에너지상품으로 천연가스가 활용되지만, 겨울철 평균 온도가 상승하고 저배출 에너지 상품으로 전환되면서 점차 낮은 수요 비중이 나타나기 때문이다. 지역난방 역시 전망기간 동안 가정 부문의 난방 및 온수 용도로 지속 활용되며 완만한 비중 확대가 예상된다. 2023년 지역난방은 2.3 백만toe가 소비되었으며, 2040년 2.5 백만toe까지 확대되었다가 2050

³¹ 가정 부문 온실가스 배출량은 에너지 통계에서 가정 부문에서 사용된 최종 소비만을 대상으로 하기 때문에 직접 배출만을 포함하며, 가정에서 소비되는 전기나 열 사용에 의한 간접 배출은 포함하지 않는다. 또한, 국가 온실가스 인벤토리의 산정 체계를 준용하였으나 일부 차이는 존재할 수 있으나 전반적인 경향성은 동일하다.

년 가정 부문 전반의 에너지 수요 감소와 함께 2.4 백만toe로 낮아진다. 비중 측면에서 지역 난방은 2023년 전체 수요의 10.3 %를 차지하였으나, 2040년 11.7 %, 2050년 11.8 %로 증가하며 가정 부문 내 활용도는 증가한다.

가정 부문 전기 수요 비중은 전망 기간 동안 빠르게 확대되어 2023년 6.9 백만toe인 31.1 %에서 2050년 7.8 백만toe인 38.1 %까지 높아진다. 전기 수요의 절대적인 소비량과 상대적인 비중이 모두 증가하는 것은 냉방 수요 증가, 가전기기 신규 도입 및 활용 증가, 주거 시설에서의 전기 활용 확대 등이 영향을 미치기 때문이다. 더불어 제로에너지건축물 의무가 민간에 확대 적용되고 재생에너지 보급 정책 (산업통상자원부, 2022)으로 신재생에너지 역시 전망 기간 동안 수요가 증가할 것으로 판단된다. 2023년 0.5 백만toe의 신재생에너지 수요 수준이 2050년 까지 유지되고, 비중은 2.3 %에서 2.7 %까지 높아진다. 반면, 석탄과 석유는 1990년 초반까지 가정 내 높은 사용 비중을 보였지만, 이후 도시형 주거형태가 빠르게 확산되면서 사용량과 비중이 모두 감소하였다. 2023년 석탄은 0.2 백만toe, 석유는 1.8 백만toe가 소비되었다. 그러나 석탄은 2030년에 이르러서는 수요가 거의 사라지며, 석유 수요는 2030년 1.3 백만toe, 2050년 0.6 백만toe까지 감소한다.

그림 2.20 가정 부문 에너지상품별 수요 증감 비교



전망 기간 동안의 에너지 수요와 온실가스 배출량 분석 결과는 가정 부문의 탄소중립 달성을 위해 에너지상품 전환이 더 가파르게 이뤄야 한다는 점을 시사한다. 2050년 가정 부문의 탄소중립 달성을 위해서는 현재 전망 수준보다 17.3 백만톤-CO₂e 규모³²에 이르는 추가적 배

³² 2050 탄소중립 시나리오안 (2050 탄소중립위원회, 2021a)에 따르면 2050년 탄소중립 달성을 위해서 건물부문에서는 2018년 정점 대비 88.1% 감축이 필요하며, 이를 적용하면 가정부문의 2050년 온실가스 배출량은 4 백만톤-CO₂e에 해당한다.

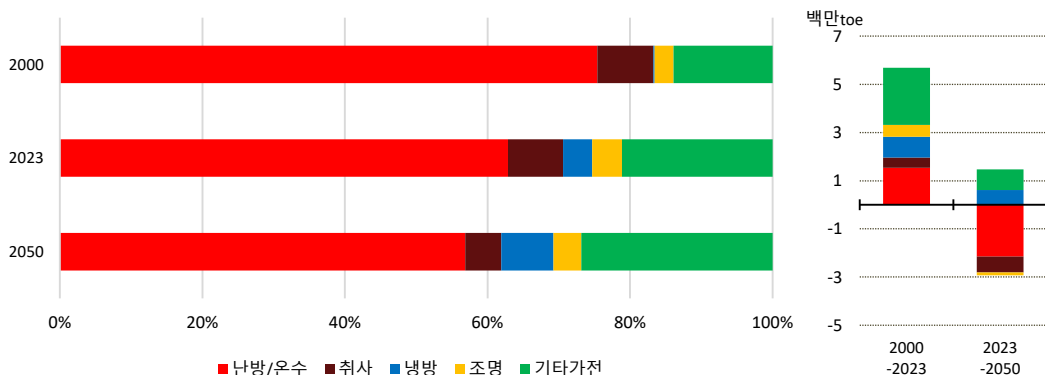
출 감축이 필요하다. 그러나 가정 부문에 적용할 수 있는 감축 수단이 주로 히트펌프 보급을 중심으로 한 전기화, 건물 에너지 효율 향상, 에너지 수요 관리, 그린리모델링 등으로, 가용한 수단이 한정되어 있다. 더욱이 기존 건축물에 신규 감축 설비나 기술을 적용한 큰 폭의 온실가스 절감을 기대하기 어렵다는 한계가 있다.

3.3. 용도별 에너지 수요

□ 난방도일 하락과 냉방도일 증가에 따라 난방/온수용 수요는 감소하며 냉방용 수요는 증가

2023년 가정 부문은 난방/온수용으로 전체 에너지 수요의 62.9 %인 13.8 백만toe를 사용하여, 2000년에 비해 수요 비중(75.4 %)은 하락하고 소비량은(12.3 백만toe) 증가하였다. 취사용은 2000년 7.9 %에 해당하는 1.3 백만toe를 사용한 데 반해, 2023년은 1.7 백만toe를 소비하여 소비량은 늘었지만 비중은 7.7 %로 하락하였다. 연도별 변화 측면에서 난방/온수용, 취사용 사용 비중은 지속 하락하고 있으며, 이러한 추세는 2050년까지 지속될 전망이다. 난방/온수용과 취사용 수요는 2040년 각각 12.6 백만toe, 1.3 백만toe, 2050년은 각각 11.7 백만toe, 1.0 백만toe까지 하락할 것으로 분석된다. 해당 용도의 수요 하락세는 난방도일 하락에 따른 결과이며, 취사용은 인구 감소 외에도 1인 가구 확대에 의한 외식 확대 등이 수요 감소 요인으로 작용하여 감소할 것으로 보인다.

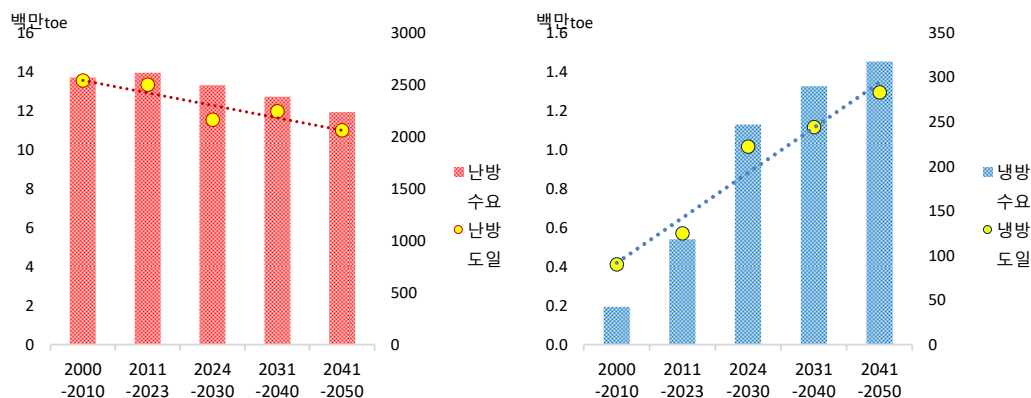
그림 2.21 가정 부문 용도별 에너지 수요 비중 변화



2023년 냉방용 수요는 전체의 4.1 %인 0.89 백만toe를 기록하였으며, 조명은 4.2 %인 0.92 백만toe, 기타 가전기기용은 21.1 %에 해당하는 4.6 백만toe의 수요가 발생하였다. 2000년과 비교하면 냉방용은 연평균 16.2 %의 높은 증가율을 보였으며, 조명용은 연평균 3.3 %, 기타 가

전용은 연평균 3.2 % 증가하였다. 이와 같은 전반적인 가전기기용 수요 증가는 생활 편의를 위한 다양한 가전기기 보급과 가구 수 증가에 따른 기본 생활 가전기기 보급이 영향을 미친 것으로 판단된다. 그리고 이러한 추세는 전망 기간 동안 지속되어 냉방용 수요는 2050년 1.5 백만 toe까지 확대되어 전체 수요의 7.3 % 비중을 차지하고, 기타 가전용은 5.5 백만toe까지 높아지며 26.8 %의 비중을 보일 전망이다. 다만 2050년 조명용 수요는 백열등이 거의 퇴출되면서 전반적인 조명기기 에너지 효율 향상을 이끌어 0.8 백만toe로 줄어든 것으로 보인다.

그림 2.22 냉·난방도일과 가정 부문 가스 및 전기 소비 전망



한편, 전망 기간 동안 가정 부문 용도별 수요 변화와 관련하여 가정 부문의 전기 수요가 추가적으로 증가할 가능성 역시 존재한다. 최근 건조기, 의류관리기기, 로봇청소기 등 생활 편의를 위한 가전기기가 새롭게 도입되고 보급 역시 빨라지는 모습을 보인다. 전망 기간 동안 냉방도일이 지속 상승하는 데 더해 최근 여름이 길어지는 것 역시 추가적인 냉방용 전기 수요를 발생시킬 수 있는 부분이다. 전망기간 동안 난방도일은 점진적으로 감소하지만 가정 부문 온실가스 감축을 위해 히트펌프 보급이 가속화된다면 난방/온수용 에너지 수요 역시 전기 소비를 큰 폭으로 증가시킬 가능성이 있다.

글상자 2.3 건물부문의 탄소중립과 제3차 녹색건축물 기본계획

국토교통부 (2024a)는 2025~29년 기간 동안 시행되는 ‘제3차 녹색건축물 기본계획(이하, 제3차 기본계획)’을 발표하였다. 동 기본계획은 건물 부문의 탄소중립 달성 관련하여 녹색건축 생태계 조성, 그린리모델링 확장, 제로에너지건축물 확대, 녹색건축 기술 육성이라는 4 대 추진 전략을 제시하였다.

4 대 추진 전략 중 제로에너지건축물은 건축물에 필요한 에너지부하를 최소화하고 신에너지 및 재생에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화하는 녹색건축물 (국토교통부, 2024b)로 정의된다. 2021년 발표된 ‘국토교통 탄소중립 로드맵’ (국토교통부, 2021)은 신축건물의 제로에너지화를 위해 제로에너지건축 의무

화 대상을 확대하고 등급 상향을 추진한 바 있다. 2030년까지 대형건물에 대해 제로에너지 건축 3 등급(에너지 자립률 60 % 이상)을 적용하고, 단계별 확대를 거쳐 2050년 전체 건물의 1 등급화를 계획하였다. 민간 건물은 2025년 1,000 m² 이상 면적을 가진 대형건물과 30 세대 이상 공동주택에 5 등급을 적용하고 2030년부터 500 m² 이상 면적에 대해 의무화 추진을 계획하였다.

제3차 기본계획은 이에 추가적으로 2025년부터 일부 용도 대형 공공건축물의 최소 준수 등급을 4 등급으로 상향하고, 민간건축물에 대해서는 5 등급 수준의 설계 달성, 제로에너지건축물 인증 관련 행정처리 간소화에 대한 내용을 구체화하고 있다. 특히, 인증 과정에서 효율등급을 사전 취득하고 제로건축물 인증을 신청하는 번거로움이 따랐지만, 이를 하나의 제로에너지건축물 인증으로 일원화하여 행정처리에 소요되는 기간을 80 일에서 60 일 수준으로 단축하도록 하였다.

그림 2.23 제로에너지건축물 인증제도 통합안

기존			통합안			
효율 등급	에너지소요량(kWh/m ² ·년)		등급	에너지 자립률	에너지소요량	
	주거용	비주거용			주거용	비주거용
1+++	60 미만	80 미만	+	120 이상	-10 미만	-70 미만
1++	90 미만	140 미만	1	100 이상	10 미만	-30 미만
1+	120 미만	200 미만	2	80 이상	30 미만	10 미만
인증등급	에너지자립률(%)		3	60 이상	50 미만	50 미만
1	100 이상		4	40 이상	70 미만	90 미만
2	80 이상		5	20 이상	90 미만	130 미만
3	60 이상					
4	40 이상					
5	20 이상					

더불어 제3차 기본계획은 기존 노후 공공건축물을 대상으로 추진되던 그린리모델링 지원사업을 지속하되, ‘녹색 건축물 조성 지원법’ 개정을 통해 직접 지원은 축소하고 단계적 의무화를 계획하였다. 더불어 연면적 1,000 m² 이상의 대형 민간건축물의 에너지 절약 설계기준을 강화하고 건물 온실가스 감축량을 정량화하는 평가 방법론을 마련하여, 민간 부문에 대한 온실가스 감축을 모색한다.

그러나, 제3차 기본계획 시행에도 불구하고 제로에너지건축물 확대가 가정 부문 장기 에너지 수요 전망에 미치는 영향은 크지 않다. 이는 제3차 기본계획은 기존 국토교통 탄소중립 로드맵에서 발표된 건물 부문 감축 계획과 크게 다르지 않다는 사실에 기인한다. 제로에너지건축물 제도나 로드맵에 따른 건물 부문 온실가스 감축 계획은 이미 가정 부문에 적용되어 있으며, 2025년 대형 공공건축물에 대한 의무등급 상향은 가정 부문의 에너지 수요와는 낮은 연관성을 갖기 때문이다.

4. 서비스 부문

4.1. 에너지 소비 추이 및 동향

□ 서비스 부문 에너지 수요는 코로나19가 영향을 미친 2020년 이후 지속적인 증가세³³

서비스 부문은 서비스 산업의 지속적인 성장 및 확대와 더불어 2000년대 이후 지속적인 에너지 소비 증가 추세를 보였으며, 2000~18년 기간에 연평균 1.6 %의 성장률이 나타났다. 2000년대는 우리나라가 개발도상국에서 선진국으로 점차 전환되는 시기로 그에 따라 다양하고 구체적인 서비스에 대한 수요와 공급이 폭발적으로 증가하였고, 자연스럽게 서비스 부문 각 영역에서 에너지 소비도 함께 증가하였다. 국내 여행 수요 및 외식 수요 증가의 영향을 받은 음식·숙박업, 온라인 구매 활동의 가파른 증가의 영향을 받은 운수·보관업, 사교육 영역을 중심으로 확대된 교육 콘텐츠와 플랫폼의 영향을 받은 교육서비스업, 건강에 대한 관심 증대와 평균연령 상승의 영향을 받은 보건·사회복지업 중심으로 에너지 소비량이 빠르게 증가하였다. 2019년에는 전년 대비 서비스 산업의 산출액은 3.5 % 증가하였으나 2018년보다 난방도일(-8.7 %)과 냉방도일(-42.4 %)이 크게 감소하여 서비스 부문 에너지 수요의 큰 부분을 차지하는 냉·난방 에너지 사용이 감소함으로 인해 에너지 소비량은 전년 대비 4.6 % 감소하였다. 2020년에는 코로나19로 인한 타격이 서비스 산업 전반에 영향을 미치며 전년 대비 산출액은 1.5 %, 에너지 소비량은 4.8 % 감소하였다. 2020년은 코로나19로 인한 사회적 제재가 가장 강력했고, 그로 인해 외식, 여행, 여가 활동 등 집 밖에서의 활동이 크게 위축된 영향으로 음식·숙박업, 예술·스포츠·여가서비스업의 산출액이 크게 감소하였다. 2021년부터는 경제 활동과 사회 활동이 정상 궤도를 되찾으며 서비스 부문의 산출과 에너지 소비량도 빠르게 회복되었으며, 산출액의 경우 2021년에 코로나19 이전인 2019년보다 4.7 % 증가하여 지속적인 증가세를 이어갔고, 에너지 소비량도 2023년에 2017년 소비량 수준까지 다시 증가하였다.

³³ 서비스 부문은 민간서비스와 공공서비스를 모두 포함하며, 에너지밸런스의 상업 부문과 공공 부문을 의미한다.

그림 2.24 서비스 부문 에너지 수요 및 산출액, 난방도일 전년 대비 변화율(% , 2000~23년)

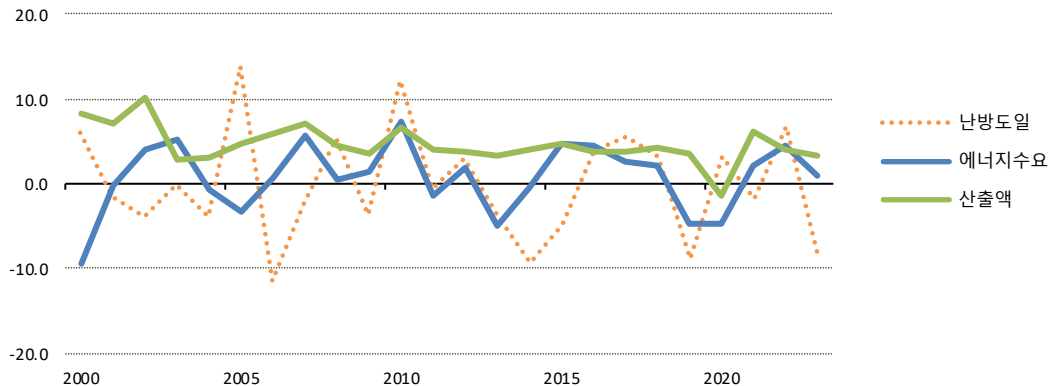


그림 2.24에 나타나 있듯이 2000년 이후로도 서비스 부문의 산출액은 지속적으로 성장하고 있지만 성장률은 2020년까지 완만하게 하락하는 추세를 보이고 있다. 그리고 점차 산출액 변화율과 에너지 소비량 변화율의 동조성은 낮아지는 반면, 기온 변화가 서비스 부문 에너지 소비에 미치는 영향은 점차 커지고 있다. 특히 2010년을 기점으로 2010년 이전에는 난방도일의 전년 대비 변화율과 서비스 부문 에너지 수요의 전년 대비 변화율이 반대로 움직이는 경향이 관찰되나, 2010년 이후로는 두 변수의 변화 방향이 같을 뿐 아니라 변화율 수치도 유사한 수준으로 나타나고 있다. 이러한 현상에는 서비스 부문에서의 에너지원단위가 2000년대 초반 대비 2020년대 초반에 약 30 % 개선된 것도 영향을 미친 것으로 파악된다. 그로 인해 산출액 변화가 직접 에너지 소비에 미치는 영향이 작아지고, 연도별 에너지 소비 패턴에 강하게 영향을 미치는 기후 요인이 에너지 소비량 변화의 방향성을 주도하게 되었으며, 이러한 경향은 앞으로 더 강화될 것으로 예상된다.

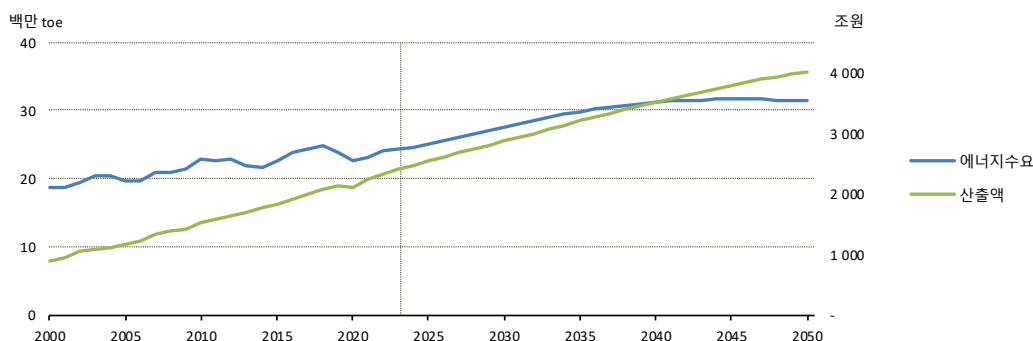
4.2. 에너지 수요 전망

□ 서비스 부문 에너지 수요는 전망 기간 연평균 0.9 % 증가하여 2050년에 31.4 백만toe에 도달

REF에서 전망 기간인 2023~50년 동안 서비스 부문의 산출액은 연평균 1.9 %의 지속적인 성장세를 유지할 것으로 전망되었으며, 서비스 부문의 에너지 수요는 연평균 1.0 %로 산출액보다 낮은 수준의 성장 속도를 보일 것으로 전망되었다. 에너지 수요는 2035년을 기준으로 2023~35년 기간에는 연평균 1.7 % 성장하여 에너지 소비 증가세가 유지되지만 2035년 이후로는 연도별 증가율이 빠르게 하락하여 2035~50년에는 연평균 에너지 소비 증가율이 0.4 %로 나타나고, 전망 결과에 따르면 2045~46년에 서비스 부문의 에너지 수요는 최고점을 달성

한 이후 점차 수요량이 감소한다. 이러한 현상은 서비스 부문의 세부 업종 중 에너지 소비 비중이 큰 도·소매업, 음식·숙박업, 기타 서비스업에서 에너지상품 전환과 에너지 효율 향상이 지속적으로 이루어짐에 따라 2040년대에 들어서서 각 업종에서의 에너지 수요가 하락세로 전환되는 것이 가장 큰 영향을 미친 것으로 보인다. 보건·사회복지업과 정보통신업에서 각각 고령화 및 평균 수명 상승, 데이터센터 증설 등의 요인으로 에너지 수요가 가파르게 증가하는 것이 전망에 반영되었으나, 두 업종에서도 2040년대 후반에 에너지 소비 증가율이 다소 작아지면서 서비스 부문의 에너지 총수요가 감소하는 추세가 나타나게 되었다. 그에 따라 서비스 부문의 산출액 기준 에너지원단위는 2023년 0.010 toe/백만원에서 2023~50년 기간에 연평균 1.0 % 개선되어 2040년에 0.009 toe/백만원, 2050년에 0.008 toe/백만원으로 낮아진다.

그림 2.25 서비스 부문 에너지 수요 및 산출액 전망 추이



□ 대부분 업종에서 에너지 수요량은 2040년대 이후 규모가 유지되거나 감소하나 보건·사회복지업, 정보통신업은 지속적인 증가 전망

서비스 부문은 세부 업종별로 가정 부문과 마찬가지로 인구 구성 변화에 따라 전체 산출액과 업종별 산출액, 에너지 소비 패턴이 큰 영향을 받을 수 있다. 우리나라는 2024년에 이미 65세 이상 인구 비율이 20 %가 넘는 초고령화 사회에 접어들었고, 근래 급격히 낮아진 출산율이 단기간에 회복될 것으로 기대하기 어려운 상황이다. 이러한 인구 구성의 변화로 인해 서비스 부문의 에너지 수요 특성이 매우 달라질 것으로 예상된다. 보건·사회복지업의 경우, 평균 수명의 증가와 건강 관리에 대한 지속적인 수요 증가로 에너지 수요는 지속적으로 확대될 것으로 예상된다. 반면, 취학인구에 해당하는 청소년, 청년 인구 규모가 빠르게 감소하면서 교육 서비스업의 산출액과 에너지 수요는 축소될 것으로 예상된다. 또한 사회 전체의 평균연령이 높아짐에 따라 자연스럽게 외출 활동의 빈도도 감소할 것으로 전망되며, 그로 인해 음식·숙박업, 예술·스포츠·여가서비스업 등도 직간접적인 영향을 받을 것으로 예상된다. 한편, 서비스 부문

에서도 노동 효율화와 자동화가 빠르게 이루어지며 투입 요소로서의 노동이 자본과 에너지로 대체되는 현상이 가속화되고 있고, 이러한 현상은 서비스 부문의 에너지 소비량을 보다 증가시킬 수 있는 요소가 될 것으로 예상된다. 그렇지만 서비스 부문 생산자가 비용을 최소화하기 위한 의사결정을 한다는 것을 고려한다면, 기존 설비를 대체하는 신규 설비는 더 높은 에너지 효율과 낮은 유지 비용을 가질 것으로 예상되기 때문에 서비스 부문의 생산 방식 변화가 서비스 부문 에너지원단위 개선 추세에 반대되는 영향을 강하게 미치지 않을 것으로 보인다.

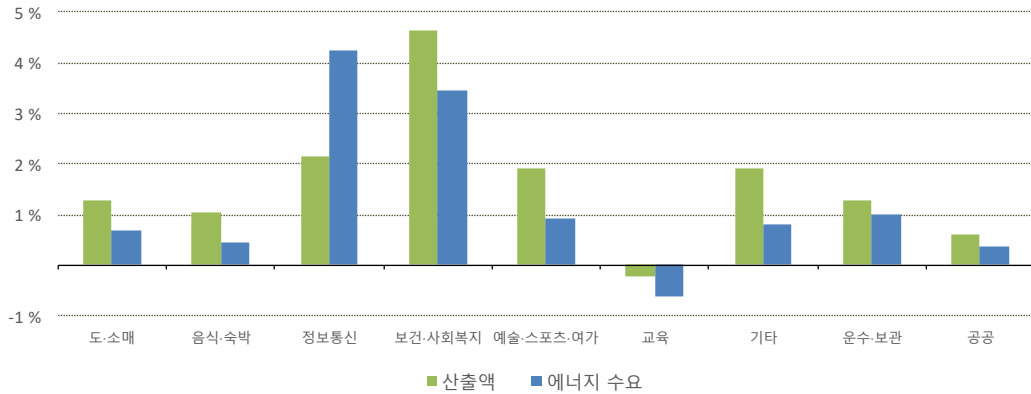
업종별로 변화를 구체적으로 살펴보았을 때, 서비스 부문에서 2023년 기준 에너지 소비 비중이 큰 도·소매업, 음식·숙박업, 기타 서비스업은 2040년대 초반까지 에너지 소비량이 지속적으로 증가하다가 그 이후로 점차 감소하는 추세가 나타난다. 각 업종에서 산출액은 2023~50년 기간에 도·소매업은 연평균 1.3%, 음식·숙박업은 연평균 1.1%, 기타 서비스업은 연평균 1.9%로 꾸준한 증가세가 나타나지만, 에너지 수요는 같은 기간에 도·소매업은 연평균 0.7%, 음식·숙박업은 연평균 0.5%, 기타 서비스업은 연평균 0.8%로 산출액 증가율 대비 낮은 증가율이 나타날 것으로 전망되었다. 특히 기타 서비스업은 상대적으로 산출액의 연평균 변화율과 에너지 수요의 연평균 변화율의 격차가 더 크게 나타났는데, 이는 기타 서비스업에 포함되는 세부 업종의 특성이 반영된 것이다. 기타 서비스업에는 업종 단위 에너지 수요 파악이 어려운 금융·보험업, 주거·부동산서비스업, 연구개발업, 전문서비스업 등이 포함되어 있다. 이 업종에서는 대부분 실내 사무직 형태로 업무가 이루어지며, 생산 과정에서 활용되는 기기가 사무용 기기와 냉·난방 설비의 비중이 커서 구성요소가 단순하고, 해당 기기들은 비교적 빠른 에너지 효율 개선이 전망되고 있기 때문에 다른 업종보다 에너지원단위가 빠르게 개선될 전망이다.

예술·스포츠·여가서비스업과 운수·보관업은 에너지 수요가 증가하는 속도는 빠르지만 에너지 수요의 규모는 크지 않으며, 2030년대 중후반부터 일정 수준에 정체되어 2050년까지 거의 비슷한 규모를 유지하는 것으로 전망되었다. 예술·스포츠·여가서비스업은 전망 기간에 산출액은 연평균 1.9%, 에너지 수요는 연평균 0.9% 증가하고, 운수·보관업은 산출액은 연평균 1.3%, 에너지 수요는 연평균 1.0% 증가한다. 두 업종은 문화 및 스포츠 활동, 취미 활동, 온라인 쇼핑 등 최근 사회 구성원의 일상생활 변화와 밀접한 연관성을 가지고 있어 빠른 성장세가 일정 기간 유지되겠지만, 서비스 제공을 위한 인프라 규모가 가구수, 인구수와 밀접한 연관성을 갖기 때문에 서비스 공급량의 고점을 달성한 이후에는 추가적인 에너지 수요 증가는 미미할 것으로 예상된다.

공공행정·국방서비스업의 에너지 수요는 전망 기간 거의 변화가 없지만, 가로등의 에너지 수요는 지속적으로 감소하고, 수도서비스업은 산출액 증가에 비례하여 2040년까지 에너지 수요가 증가한 이후 점차 감소한다. 그에 따라 공공 서비스 전체의 에너지 수요는 2040년 이후로

거의 증가하지 않는 것으로 전망된다. 공공 서비스의 산출액은 공공행정·국방서비스업 기준으로 전망 기간 연평균 0.6 % 증가하며, 에너지 수요는 연평균 0.4 % 증가한다.

그림 2.26 2023~50년 서비스 부문 주요 업종 산출액과 에너지 수요의 연평균 증가율



교육서비스는 2030년 초반까지 에너지 수요가 소폭 증가한 후 지속적으로 감소한다. 앞서 언급한 바와 같이 지속적인 저출산 상황에서 학령인구(6세~21세)는 2023년 약 730만 명에서 2050년 약 425만 명 수준으로 감소할 것으로 전망되고 있다.³⁴ 이처럼 주된 교육서비스의 수요자를 상실하면서 교육서비스는 2030년을 지나며 산출액과 에너지 수요가 지속적으로 감소할 것으로 전망된다. 교육서비스의 산출액은 전망 기간 연평균 0.2 % 감소하며, 에너지 수요도 연평균 0.6 % 감소한다.

반면 보건·사회복지업과 정보통신업은 에너지 수요가 지속적으로 증가할 것으로 전망된다. 보건·사회복지업은 교육서비스와 반대의 상황으로, 평균 수명 증가와 고령 인구 증가로 인해 서비스 수요 대상 인구가 앞으로 계속 증가하고 청·장년층에서도 건강에 대한 관심이 증가하여 관련 서비스에 대한 수요가 증가하고 있어 보건·사회복지업의 범위와 시장이 계속 확대될 것으로 예상된다. 보건·사회복지업은 전망 기간 산출액이 연평균 4.6 % 증가하며, 에너지 수요도 연평균 3.5 % 증가할 것으로 전망된다. 정보통신업은 모바일 기기의 다양성과 활용도가 증가함과 동시에 서비스 업종 각 영역에서 통신 서비스에 기반한 응용 서비스를 제공하는 형태로 점차 서비스의 형태와 종류가 확장됨에 따라 정보통신업 서비스에 대한 수요는 계속 증가할 것으로 예상된다. 특히 AI의 발전과 AI를 활용하는 영역이 사회에서 점차 넓어짐에 따라 향후 10~15 년 이내 국내 데이터센터 수요가 크게 증가할 것으로 예상되며, 전망 기간에 정

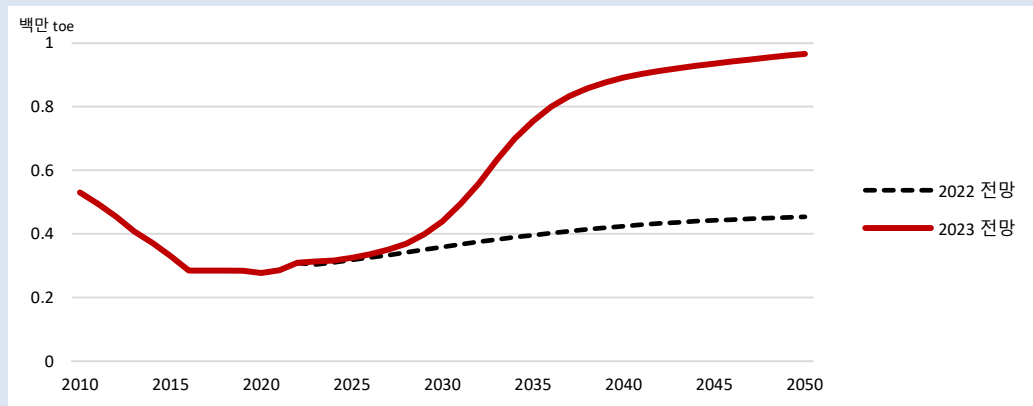
³⁴ 2023년 발표한 통계청 장래인구추계 자료를 참조하였다. 기본 추계인 중위 출산율, 중위 기대수명, 중위 국제순이동에 따른 전망치이다.

보통산업의 산출액은 연평균 2.1 %, 에너지 수요는 연평균 4.3 % 증가하는 것으로 전망된다. 서비스 부문의 업종 중 정보통신업만 산출액의 연평균 증가율보다 에너지 수요의 연평균 증가율이 높은데, 이는 매우 에너지 집약적인 데이터센터 증설로 인해 정보통신업의 에너지원단위가 증가하는 효과가 반영되었기 때문이다.

글상자 2.4 정보통신업 에너지 수요 전망에 신축 데이터센터 보급 전망 반영

최근 AI 열풍과 더불어 데이터센터 증설 요구와 필요성도 함께 커지고 있다. 향후 국내에 추가로 설립될 데이터센터의 규모와 수를 명확하게 판단할 수는 없으나, 데이터센터가 단위면적당 매우 높은 전력소비량을 보이는 설비인 만큼 데이터센터를 포함하는 정보통신업의 에너지 수요 전망에 신규 데이터센터 구축에 따른 에너지 수요 증가분을 고려하는 것이 필수적이다. 이와 관련하여 ‘제11차 전력수급기본계획(실무안)’에서는 데이터센터로 인한 추가 전력 수요량을 2038년까지 6.2 GW로 반영하였으며, 이 중 1.8 GW는 전망모형에서 도출된 기존 설비로부터의 소비 증가분이고, 4.4 GW는 증설된 데이터센터에서 발생할 것으로 예측한 신규 전력 수요이다. 2023년 12월 기준으로 국내에 등록된 데이터센터의 전력 수요는 총 1.986 GW이며(한국전력공사, 2024), ‘제11차 전력수급기본계획(실무안)’은 2038년에 데이터센터로부터 발생하는 전력 수요가 현재의 4배 수준으로 증가할 것으로 전망하였다. 한편, ‘제11차 전력수급기본계획(실무안)’에서도 신규 데이터센터 구축 규모가 서면 의향인 점을 고려하여 에너지 수요 증가분을 산정하였으며, 대형 에너지 사용 시설에 대한 님비(NIMBY) 현상과 최근 대만이나 일본 등의 데이터센터 유치 경쟁을 고려하면 실제 추가 전력 수요는 예측치에 미치지 못할 가능성도 있다.

그림 2.27 정보통신업 에너지 수요 2022년 전망, 2023년 전망 비교



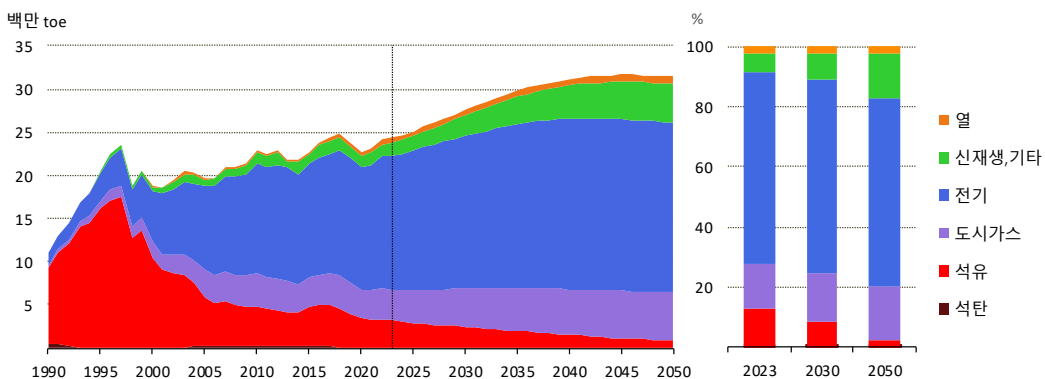
본 전망은 이러한 배경을 기반으로 데이터센터 확대에 따른 정보통신업 에너지 수요 전망을 조정하였다. 데이터센터의 에너지 수요 전망에는 다음과 같은 점을 고려하였다. 우선, 에너지총조사를 통해 파악한 정보통신업의 에너지 소비가 데이터센터의 실제 에너지 소비를 정확하게 반영하지 못하는 문제가 있다. 2023년 정보통신업 에너지 소비량은 0.31 백만toe으로 추정된 데 반해, 전력거래소의 데이터를 기반으로 추정한 2023년 연간 에너지 소비는 1.5 백만toe로 통계상 정보통신업의 에너지 소비량보다 훨씬 크다. 이러한 수치

적 차이의 정확한 원인을 파악하기 어렵기 때문에 이를 조정하기보다는 에너지총조사의 수치를 기반으로 데이터센터의 증가 비율을 반영하여 에너지 수요 증가를 추가하였다. 2040년까지 에너지 수요가 빠르게 증가하는 것은 데이터센터 증설 작업이 향후 10~15 년 이내 집중될 것으로 가정하기 때문이다. 일정 규모 이상의 데이터센터 증설이 완료된 이후에는 추가적인 데이터센터의 도입보다는 기존 설비의 유지·보수가 중심이 될 것으로 판단하였다. 한편, 데이터센터 증설로 인한 추가 에너지 수요는 3:1의 비율로 기기(appliance)와 냉방(cooling)에 분배하여 설비 냉각 및 시설 내 기온 유지가 중요한 데이터센터의 특성을 반영하였다. 기존 전망 대비 정보통신업의 에너지 수요 증가는 대부분 데이터센터로 인해 발생하는 것으로 해석할 수 있다.

□ 전기의 소비 비중이 높게 유지되며, 석유에 대한 에너지 수요가 도시가스와 신재생으로 전환

서비스 부문은 전기화가 이미 많이 진행되어 전기가 2023년에 서비스 부문 에너지 수요의 64 %를 차지하고 있으며, 전기 수요는 2023년 대비 2050년에 약 25.6 % 증가한 19.6 백만toe 이르는 것으로 전망된다. 서비스 부문에서 새롭게 보급되는 설비, 기기는 편의성과 사용자의 필요에 의해 전기를 주요 에너지원으로 활용하는 경우가 많으며, 이러한 경향은 앞으로 더 확대될 것으로 예상된다. 또한 노동을 대체하는 자동화 과정에서도 주로 전자기기와 로봇 등이 활용되므로 서비스 산업의 생산 구조 자체가 전기를 더 많이 소비하는 형태로 변화한다. 한편, 전기를 활용하는 여러 기기의 빠른 에너지 효율 향상, 건물에너지관리시스템(BEMS, Building Energy Management System) 도입을 비롯해 건물에 적용되는 에너지 효율 개선 조치, 그리고 전기 소비가 신재생에너지 활용으로 전환되는 과정 등을 통해 서비스 부문 에너지 수요에서 전기가 차지하는 비중은 2050년에 62.4 %로 소폭 감소한다.

그림 2.28 서비스 부문 에너지상품별 수요 추이 및 전망



도시가스는 지속적인 도시가스 공급 인프라 구축과 석유 기반 에너지상품의 대체 노력으로 서비스 부문에서 두 번째로 비중이 큰 에너지원으로 자리잡았으며, 앞으로도 소비 규모와

비중이 계속 확대될 것으로 전망된다. 도시가스는 잔존 석유를 지속적으로 대체할 것이며, 전기화가 적용되기 어려운 대규모 난방, 급탕, 취사 등의 영역에서 상대적인 저배출 에너지원으로서 활용될 것으로 예상된다. 도시가스의 수요는 2023년 대비 2050년에 약 59.4 % 증가하여 5.6 백만toe에 도달하고, 서비스 부문 에너지 소비에서 차지하는 비중도 2023년 14.5 %에서 2050년 17.9 %로 증가한다.

신재생에너지는 온실가스 감축목표 달성을 위한 정부 보급 정책의 영향으로 소비량과 소비 비중이 빠르게 증가할 것으로 예상된다. 공공기관을 중심으로 신재생에너지 설치 의무화 제도의 적용 대상과 공급 의무 비율을 확대하는 등 정부는 보급 지원에서 의무 부과로 신재생에너지 비중 확대를 강화하고 있다. 그린리모델링 지원 사업의 지속, 제로에너지건축물 의무화 제도 확대와 함께 재생에너지 기반 히트펌프 보급이 원활하게 공급된다면 서비스 부문의 신재생에너지 수요는 더 빠르게 증가할 것으로 전망된다. REF에서 서비스 부문의 신재생에너지 수요는 2023년 대비 202 % 증가하여 4.5 백만 toe에 이르며, 소비 비중도 2023년 6.2 %에서 2050년 14.5 %로 크게 증가할 것으로 전망된다.

서비스 부문의 석유는 주로 난방과 취사, 급탕 등에 사용되었으나 시간이 흐름에 따라 해당 용도의 에너지상품이 가스와 전기로 대체되면서 수요량과 소비 비중이 빠르게 감소하였다. 석유를 에너지원으로 활용하는 기기, 설비, 건물 등은 모두 연식이 오래되었기 때문에 새로운 기기, 설비, 건물이 도입되는 과정에서 자연스럽게 감소할 것이며, 더욱이 온실가스 감축목표를 달성하는 과정에서 다른 에너지상품으로의 전환이 보다 가속화될 것으로 예상된다. 서비스 부문의 석유 수요는 2023년 대비 74 % 감소하여 2050년에 0.8 백만toe가 될 것으로 전망되며, 2023년에 13.1 %를 유지하던 소비 비중도 2050년에는 2.6 %까지 하락한다. 석탄 소비는 거의 없으며, 현존하는 소비량도 이후 점차 감소할 것으로 전망된다. 열 에너지는 조금씩 수요량이 증가하는 것으로 전망되었으나 증가율과 서비스 부문 에너지 소비에서의 비중 변화가 미미하며, 소비 비중이 2023년 2.2 %에서 2050년 2.6 %로 소폭 증가한다.

□ 서비스 부문의 온실가스 배출³⁵은 에너지 수요 증가 추세에도 소폭 감소 전망

서비스 부문은 2000년대부터 지속적으로 전기화가 이루어져 왔으며, 특히 에너지 소비에서 석유의 비중이 감소함에 따라 온실가스 배출량이 비약적으로 감소하였다. 이는 서비스 부문의 온실가스 배출이 전기와 열 에너지 소비에 따른 간접 배출을 포함하지 않고 직접 배출만

³⁵ 서비스 부문 온실가스 배출량은 직접 배출만을 포함하여 전기나 열(지역난방) 소비에 의한 간접 배출량은 제외된다. 따라서, 국가 온실가스 인벤토리와 다소 차이를 보이지만, 전반적인 경향은 동일하다.

고려하기 때문에 발생하는 결과이다. 앞서 언급한 바와 같이 최근 서비스 부문의 에너지 소비가 산출액보다도 기후 요인에 더 큰 영향을 받는 측면이 있어 냉·난방 수요 변화에 따라 온실가스 배출량도 약간의 변동이 나타나는 것이 관찰되고 있으나, 지속적인 온실가스 배출량 감소세는 유지될 것으로 전망된다. 서비스 부문의 온실가스 배출 감소 전망은 지속적인 석유 수요 감소 추세와 신재생에너지 보급 확대에 기인하고 있다. 전망 결과에 따르면 서비스 부문의 온실가스 배출은 2030년대 초반까지 아주 천천히 증가하다 그 이후로는 지속적인 감소세가 나타난다. 서비스 부문 온실가스 배출은 2023년 16.3 백만톤-CO₂e에서 2050년에는 14.3 백만톤-CO₂e로 12.3 % 감소할 전망이다.

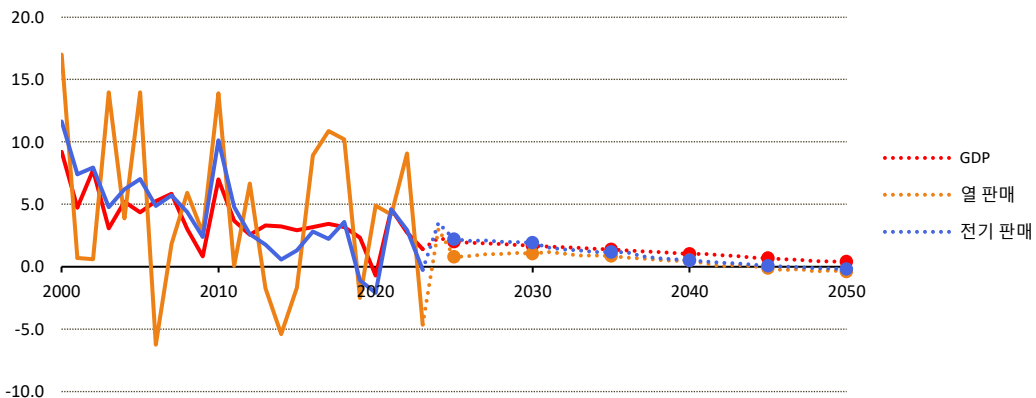
5. 발전/열생산 부문

5.1. 전기 및 열 수요

□ 전기 및 열 소비 실적

“2024 장기 에너지 전망”의 전기 수요는 최종소비자의 전기 총수요와 사업자의 전기 판매로 구분된다. 전기 판매는 우리나라 독점 소매 판매자인 한전이 일반 소비자에게 판매한 전기량을 의미하며, 최종소비자의 전기 총수요는 한전으로부터 구매한 전기와 자가 생산량 중 자신이 직접 소비한 전기를 합한 수요로 정의된다. 2023년 전기 판매는 548.9 TWh를 기록하여 전년 대비 0.2% 감소하였다. 전기 총수요도 2023년 584.6 TWh로 2022년 587.5 TWh에서 0.5% 감소하였다. 이는 경제 활동의 위축과 냉·난방도일의 감소가 주요 원인으로 파악된다. 2000년 이후의 전기 판매 추이를 살펴보면, 2000~10년 기간에는 전기 판매가 연평균 6.1%의 빠른 속도로 증가한 반면, 2010~23년 기간에는 연평균 증가율이 1.8%까지 하락했다. 2010년 이후의 전기 소비 증가율이 하락 원인들로는 경제성장을 하락, 에너지 저소비 산업으로의 구조 변화, 에너지 수요관리 강화 등을 꼽을 수 있다 (에너지경제연구원, 2024).

그림 2.29 경제성장률과 전기 및 열 총수요 증가율



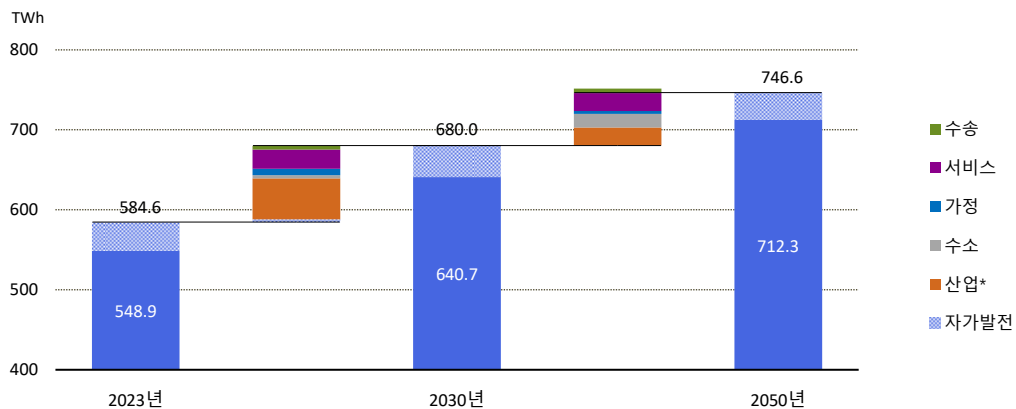
열 총소비는 지역난방과 산업단지를 포함하는 집단에너지 사업자가 판매하는 열에너지로 정의한다. 산업단지를 자가 생산자로 정의하는 에너지 수급 통계의 기준에 따라 열 판매는 지역난방 사업자의 열 판매만을 의미한다. 2023년 열 총소비와 열 판매는 각각 6.6 백만toe와 2.8 백만toe로, 전기와 마찬가지로 전년 대비 3.7%와 4.6% 감소를 기록하였다. 2000년 이후 열 소비 추이를 살펴보면, 지역난방의 경우 수도권 내 신도시 개발 확대와 공공기관 지방 이전

으로 인한 대규모 지방 혁신도시 개발에 따라 2000년 1.2백만 toe에서 연평균 4.0% 증가하여 2023년에는 2.8백만 toe까지 늘었다. 산업단지의 열에너지 소비도 산업단지 지정 확대 등의 영향으로 2000년 2.1백만 toe에서 2023년 3.8 백만 toe로 연평균 2.5 % 증가했다.

□ 전기 및 열 수요 전망

전기 판매는 2023~50년 기간 연평균 1.0 % 증가하여 2023년 548.9 TWh에서 2050년에는 712.3 TWh까지 증가하며, 자가 소비까지 포함한 전기 총수요는 2023년 584.6 TWh에서 연평균 0.9 % 속도로 2050년 746.6 TWh까지 증가할 전망이다. 전망 기간의 전기 판매 또는 전기 총수요의 증가율은 과거 2000년대나 2010년대에 비해 현저히 낮은 수준인데, 이는 추세유지 사회경제 발전경로 시나리오에 따라 과거와 동일하게 경제성장 둔화, 산업 구조 변화, 인구 감소, 에너지 효율 향상 등에 기인한다.

그림 2.30 부문별 전기 수요 전망

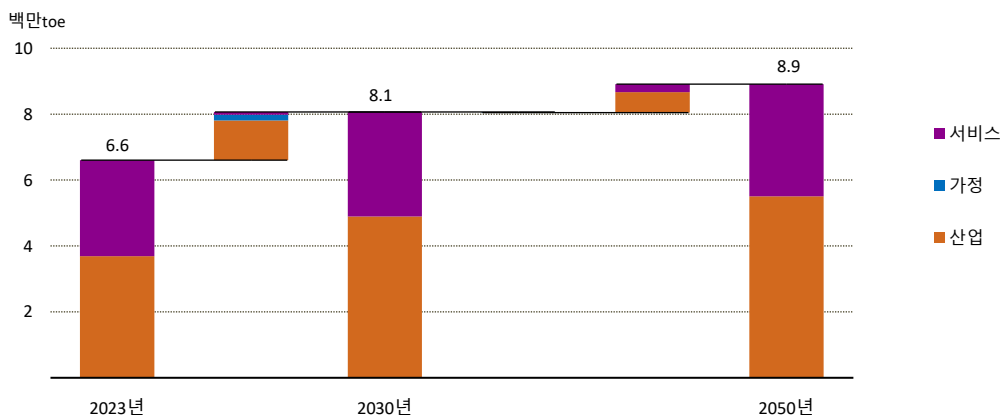


주: 산업은 에너지 전환 자체소비인 석유정제를 포함

전기 소비 비중이 가장 높은 산업 부문은 전기 수요가 2023년 314.5 TWh에서 2050년 382.3 TWh로 증가하여 연평균 증가율이 0.7 %로 총수요 증가율에 비해 낮은 수준이지만, 전기 수요에서 차지하는 비중이 절반 이상이어서 전망 기간 전기 수요 증가의 41 % 이상을 차지할 전망이다. 전기 판매의 경우도 총수요와 매우 비슷한 모습을 보이지만 산업 부문의 자가발전 확대가 다른 부문에 비해 더딘 편이어서 산업 부문 전기 판매 증가의 비중은 전기 수요 증가의 비중보다는 다소 높을 전망이다. 그럼에도 불구하고 산업 부문의 전기 판매는 73.9 TWh 증가하여 전체 전기 판매 증가의 45.2 %를 차지하며 최종 소비 부문 중 가장 높은 기여도를 보일 전망이다. 산업 부문 다음으로 소비 비중이 높은 서비스 부문의 전기 수요는 전망 기간 연평균 0.9 % 증가하지만, 전기 총수요 대비 서비스 부문의 비중은 2023년 31.3 %에서 2050년 31.4 %

로 소폭 증가할 전망이다. 최근 빠르게 증가하는 데이터센터 등 신규 수요가 서비스 부문의 전기 수요 상승 요인으로 작용한다. 가정 부문에서는 냉방 수요 증가에도 불구하고 인구 감소와 에너지 효율 향상 등으로 전기 총수요는 전망 기간 연평균 0.5 % 증가에 그칠 것으로 예상된다. 산업, 서비스, 가정 부문 등의 전기 수요는 과거 대비 증가세가 크게 둔화되지만, 이전에는 미미했던 수송 부문과 수소 생산 등의 신수요가 전망 기간에는 빠르게 증가할 것으로 전망된다. 수송 부문에서는 전기차 보급 확대에 힘입어 전기 수요가 연평균 4.5 % 증가하고, 수소차 및 연료전지의 수소 수요 증가에 따라 수소 생산을 위한 전기 수요³⁶도 연평균 22.2 %로 빠르게 증가할 것으로 보인다.

그림 2.31 부문별 열 수요 전망



열 수요는 2023년 6.6 백만 toe에서 2050년 8.9 백만 toe로 약 34.7 %, 연평균 1.1 % 증가할 전망이다. 지역난방과 산업단지의 수요를 나누어 살펴보면, 지역난방 열 수요는 2023년 2.8 백만 toe에서 2050년 3.3 백만 toe로, 산업단지 열 수요는 2023년 3.8 백만 toe에서 2050년 5.6 백만 toe로 증가한다. 본 전망에서는 도시계획이나 산업계획에 대한 특별한 가정을 전제하지 않았지만, 아파트 비중 증가와 석유화학의 성장이 열 수요의 증가를 이끄는 것으로 분석되었다. 다만 산업용 열 수요는 자가 발전/열생산으로 분류하는 산업단지의 열 판매를 의미하는 것이므로 산업 부문의 총 에너지 수요가 정체 혹은 감소하는 가운데 석유화학을 제외한 다른 업종에서 추가적인 산업단지화가 발생하지 않는다는 것을 의미한다.

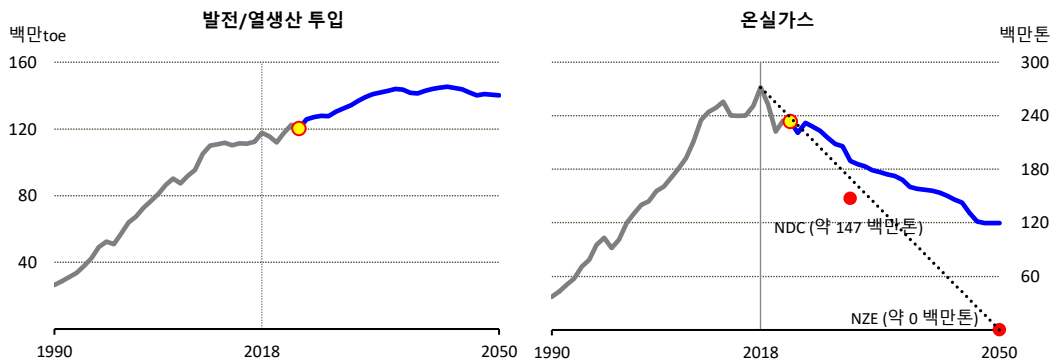
³⁶ REF의 국내 수소 생산은 추출 수소 방식이 주류인 것으로 가정하며 이를 위한 전기 수요만을 계산한다. 즉, 본 전망에서는 수전해 방식의 수소 생산은 2050년까지 상용화되지 않는 것으로 가정하였다.

5.2. 발전/열생산

□ 발전/열생산 부문 에너지 수요와 온실가스 배출

발전 및 열 생산에 투입되는 에너지는 2023년 120.2 백만 toe에서 연평균 0.6 % 증가하여 2050년에는 139.7 백만 toe에 도달할 전망이다. 전기 판매가 같은 기간 연평균 1.0 % 증가하는데 비해 발전 및 열 생산에 투입되는 에너지의 증가 속도가 상대적으로 느린 것은 에너지원별 발전 비중의 변화가 영향을 미친다. 뒤에서 살펴보겠지만, 효율이 높은 가스 복합 발전의 비중이 빠르게 확대되는 반면, 효율이 낮은 원자력과 석탄 발전의 비중 축소는 발전/열생산 부문의 에너지 수요 증가를 전기 수요 증가보다 느리게 만드는 원인이다. 에너지원별 발전/열생산 부문 투입의 추이는 에너지원별 발전량의 추이와 동일하지만 비중은 발전원별 효율의 차이만큼 다르다. 따라서 발전원별 투입은 발전량의 비교를 통해 살펴본다. 한편 발전원의 구성 변화는 발전/열생산 부문의 에너지 수요보다 온실가스 배출에 더 큰 영향을 미친다.

그림 2.32 발전/열생산 부문 에너지 수요와 온실가스 배출 추이



발전/열생산 부문 온실가스 배출은 2022년 233.4 백만톤-CO₂e으로 추정되었다. 이는 “2023 장기 에너지 전망”의 218.1 백만톤-CO₂e에 비해 7 %가량 증가한 수치인데, 그동안 국가 에너지 수급 통계에 신규 민자 석탄 발전소의 연료 투입이 누락된 것이 원인이다. 다만 북평 1, 2호기, 고성 1, 2호기, 강릉안인 1, 2호기, 삼척 1호기 등 통계에서 누락되었던 민자 석탄 발전소는 2016년 시험 가동부터 순차적으로 계통에 진입함에 따라 배출 목표의 기준이 되는 2018년에는 약 0.4 %의 배출 통계 차이에 불과하여 국가 감축 목표 설정에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 발전/열생산 부문의 온실가스 배출은 2023년 220.8 백만톤-CO₂e에서 2030년 189.2 백만톤-CO₂e, 2050년 118.9 백만톤-CO₂e로 감소할 전망이다. 발전 및 열 생산 부문의 투입 에너지 증가에도 불구하고 석탄 발전의 빠른 감소로 인해 온실가스 배출은 감소할

전망이다. 2030년대 초반까지의 온실가스 배출 감소는 원자력 발전의 증가가 주도하고 이후의 배출 감소는 재생에너지 발전의 증가가 주도한다.

□ 발전 설비

본 전망의 발전 설비는 자가 발전을 제외하며 전기 판매를 목적으로 한 발전 사업자의 발전 설비를 대상으로 하며,³⁷ 기본적으로 “제10차 전력수급 기본계획”(이하 10차 전기본)을 기반으로 한다. 다만, ‘10차 전기본’의 설비 계획 기간이 2036년까지이므로 그 이후 기간에 대해서는 ‘10차 전기본’에 반영된 정책 기조가 유지된다고 가정하였다. 발전 설비에 대한 주요 가정은 다음과 같다. “2023 장기 에너지 전망”에서 분석한 바와 같이 ‘10차 전기본’은 원자력에 대해 ‘8차 및 9차 전기본’과 크게 달라졌다. 이전 계획에서는 원자력 설비의 단계적 축소를 정책 기조로 삼아 원자력 설비의 설계수명이 만료될 경우 추가적 수명연장 없이 폐지할 계획이었다. 반면, ‘10차 전기본’은 원자력을 온실가스 배출 감축을 위한 주요 수단으로 채택하고, 설계수명 도달 원자력 설비에 대해 주요 설비의 교체와 정비 등을 통해 계속운전을 계획했다. 또한, 폐지되었던 신규 원자력 설비³⁸ 건설 계획을 일부 복원하여 신한울3·4호기를 발전 설비 계획에 반영하였다. 본 전망에서는 ‘10차 전기본’의 원자력 설비 계획과 정책 기조를 반영하되 정책의 불확실성과 모형 운영을 위해 다음과 같이 원자력 설비를 가정한다. 첫째, 원자력 설비의 계속운전은 1회 10년으로 제한한다.³⁹ 이 경우, 고리2호기(2033년), 고리3호기(2034년), 고리4호기(2035년), 한빛1·2호기(2036년) 등 다섯 기가 2036년 이전 폐지되는 것으로 파악된다. 둘째, 2036년 이후 신규 원전 진입은 없는 것으로 가정한다. ‘8차 전기본’에서 백지화된 천지1·2호기나 신규원전1·2호기 등이 2036년 이후 신규 진입할 가능성이 없는 것은 아니지만, 신규 원전 설비의 규모와 진입 시점 등을 임의로 특정할 수 없으므로 신한울4호기 이후 원전 설비의 신규 진입은 없는 것으로 가정하였다. 이러한 가정 아래, 원자력 발전 설비용량은 2023년 24.0 GW에서 점차 증가하여 신한울4호기가 진입하는 2034년에 29.6 GW로 정점을 기록한 후 수명 만료 원전이 순차적으로 폐지되며 2050년 19.2 GW까지 감소한다.

석탄 발전 설비는 2036년까지 10차 전기본의 설비계획을 반영하였으며 이후로는 현 탈석탄 정책 기조를 반영하여 신규 설비 증설은 없으며 설비 수명이 30년에 도달하는 석탄 발전 설

³⁷ 열 생산 설비는 가스 열병합 설비가 대부분이며 산업단지에 일부 석탄 열병합 설비가 존재한다. 전력수급 기본계획에 포함된 집단에너지 설비는 전망에 반영하고, 추가 설비가 필요할 경우 가스 설비가 증가하는 것으로 가정한다.

³⁸ 신한울3·4호기, 천지1·2호기, 신규원전1·2호기 등이다.

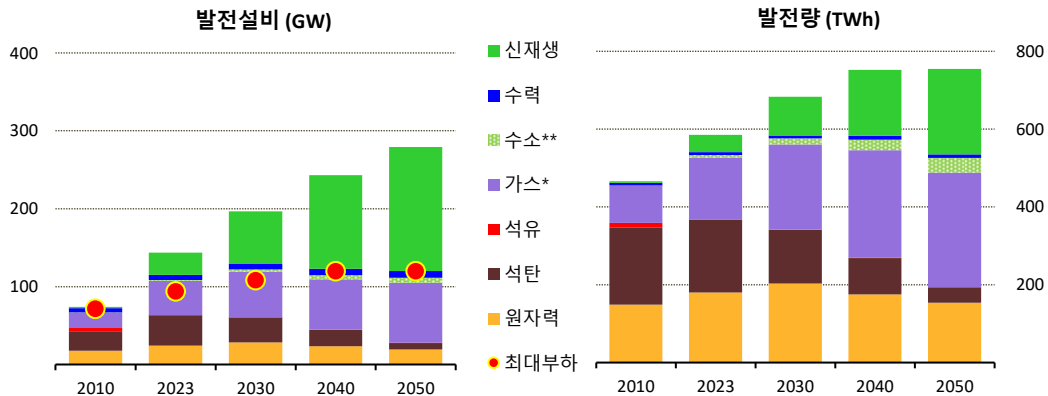
³⁹ 모형의 안정적 운영을 위해 계속운전 원자력 설비는 설비 교체 및 정비 기간 동안 폐지되었다 다시 진입하는 것으로 분석한다. 이로 인해 모형의 결과로 나오는 설비 규모는 전력수급기본계획의 설비 규모와 달라질 수 있다.

비는 폐지 또는 연료 전환하는 것을 가정하였다. 이에 따라 석탄 발전 설비용량은 2023년 39.0 GW에서 2024년 41.1 GW에 도달한 후 지속적으로 감소하여 2050년에는 8.4 GW 수준까지 감소한다.

‘10차 전기본’의 2030년 신재생에너지 발전설비는 정격용량 기준 108.3 GW이며, 이에 따른 발전 비중 목표는 21.6%로 9차 전기본의 20.8% 대비 소폭 상승했다. ‘10차 전기본’의 연간 신재생에너지 발전설비 증가량을 반영한 본 전망에서는 자료의 차이로 인해 2036년 신재생에너지 발전설비의 규모가 114.3 GW로 전망되었다. 한편 2050년 신재생에너지 발전설비는 173.8 GW로 늘어날 전망이다.⁴⁰ 태양광과 풍력, 해양 에너지로 구성된 변동성 재생에너지 발전설비가 신재생에너지 발전설비의 증가를 이끌면서 변동성 재생에너지 발전설비는 2050년 155.8 GW에 달할 전망이며, 양수를 제외한 수력발전, 연료전지를 포함한 신에너지, 바이오 및 폐기물 등을 포함한 재생에너지 발전설비가 나머지를 차지한다.

가스 복합화력은 ‘10차 전기본’의 계획 대신 모형에서 전망된 전기 수요와 원자력, 석탄, 신재생, 집단에너지 등 타 발전설비의 발전량을 반영하여 모형에서 계산한다. 전기 수요 및 최대 부하 전망, 각 발전 설비의 가동률, 적정 예비율 등에 대한 전제 등에서 차이가 발생하여 본 전망의 가스 복합화력 발전설비는 ‘10차 전기본’과 다르다. 이렇게 계산된 가스 발전설비 용량은 2023년 43.9 GW에서 2036년 64.9 GW를 거쳐 2050년에는 76.9 GW까지 증가한다.⁴¹

그림 2.33 정격용량 기준 에너지원별 발전 설비용량과 발전량 추이

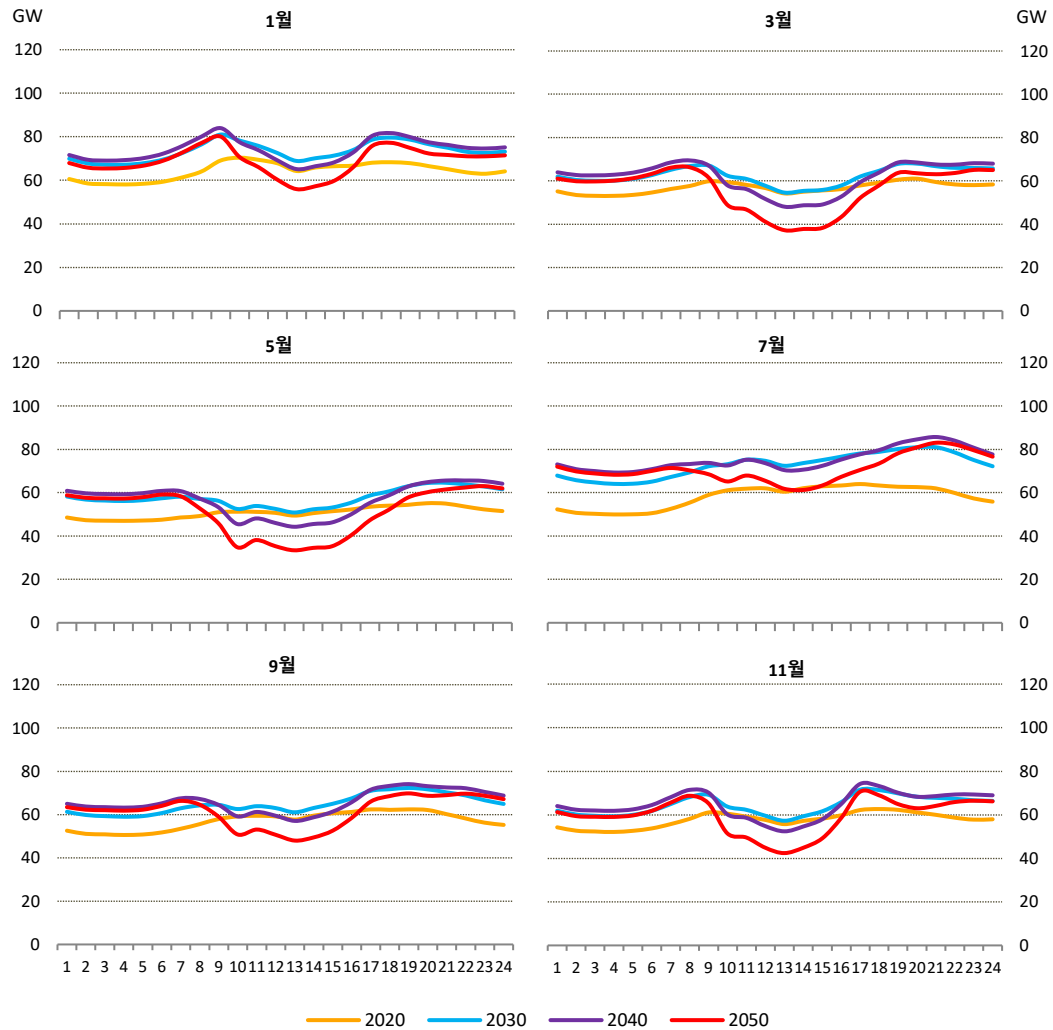


주: * 가스 발전 및 기타 합계, ** 수소, 연료전지, IGCC 합계

⁴⁰ 2036년 이후 신재생에너지 발전설비는 2036년까지 신재생에너지 발전량 비중의 증가 추세가 변화하는 것을 반영하여 발전량을 전망한 후 이를 근거로 필요한 발전설비 규모를 계산하였다.

⁴¹ ‘제10차 전력수급기본계획’의 발전설비 전원구성에서 가스설비는 2023년 43.5 GW에서 2036년 64.6 GW로 증가하는 것으로 나타났다.

그림 2.34 2020년 이후 시간별 시스템 부하 전망



주: 한달간 동일 시간대에 발생하는 최대부하를 시간별로 나타냄

설비의 규모와 구성 그리고 설비별 발전량에 영향을 미치는 물리적 요인 중의 하나로 시간별 부하패턴이 있다. 특히 전력계통 운영자가 발전량을 조정할 수 없는 변동성 재생에너지 발전의 증가는 전기 수요의 변동성과 결합하여 전력 시스템이 대응해야 하는 부하⁴²의 변동성을 확대한다. 그림 2.34는 2020년 이후 10년 단위로 주요 월의 전력 시스템의 시간별 대응 부하의 분석 결과를 보여준다. 전기 수요의 증가에도 불구하고 태양광과 풍력 발전의 증가로 2050

⁴² 송전단 부하에서 태양광과 풍력의 발전을 제외한 시간별 전력 부하로, 본 연구에서는 시스템 부하로 부른다.

년 낮 시간대의 시스템 부하는 2020년보다 낮아질 전망이다. 이는 태양광 가동율이 높은 봄철과 가을철에 두드러지게 나타나며, 봄과 가을에는 2030년 중반부터 이러한 현상이 발생한다. 또한 연중 전반적으로 낮 시간대의 시스템 부하가 저녁 및 아침 시간대의 부하보다 낮을 전망이다. REF에서는 생활 및 생산 양식이 추세를 유지하므로 전기 총수요의 최대 부하가 여전히 여름철 낮시간에 발생할 전망이다. 태양광과 풍력 발전을 제외한 시스템 부하의 최대는 여름철 밤 시간대에 발생할 것으로 예상된다. 시스템 부하의 변동성 확대는 특히 가스 발전 설비의 운영과 발전량에 큰 영향을 미친다.⁴³

□ 발전량

총 발전량은 2023년 585.3 TWh에서 연평균 0.9 % 증가하여 2036년 735.3 TWh, 2050년 751.1 TWh까지 증가할 것으로 전망된다.⁴⁴ 설비 변화의 영향으로 가장 극적인 변화를 보이는 발전원은 석탄이다. 석탄 발전은 2018년 241.8 TWh로 최고치를 기록한 이후 봄철 노후 석탄 발전소 가동 중지, 미세먼지 계절관리제, 발전 공기업의 자발적 석탄상한제 등 정부의 적극적인 석탄 발전 감축 노력으로 2023년에는 발전량이 186.7 TWh까지 감소했다. 2020년대 후반부터는 노후 석탄 발전소가 순차적으로 퇴출되며 석탄 발전량은 2030년 137.2 TWh, 2050년에는 39.6 TWh까지 축소될 것으로 전망된다. 석탄 발전설비가 감소하면서 석탄 발전량이 빠르게 감소하는 것은 예정된 수준이지만, 수도권 송전 제약 문제가 석탄 발전량의 변화에 영향을 줄 것으로 보인다. 정부 계획에 따르면 2026년과 2036년 각각 “수도권 - 동해안”과 “수도권 - 충청 - 호남”의 송전 선로가 준공될 것으로 기대되나 현재의 일정도 주민 수용성 문제로 지연될 일정이며, 송전 설비 증설이 적기에 이루어지지 않을 경우 석탄 화력 발전을 중심으로 가동률이 더욱 하락할 수 있다.⁴⁵ 예를 들어, 2022년의 경우 국제 LNG 가격이 급등으로 석탄 발전량을 늘리고자 했으나 송전 제약 상황 속 원자력 및 신재생 발전량 증가로 석탄 발전량이 오히려 감소한 바 있다.

원자력 발전은 최근의 평균 가동률을 가정하고 계속운전을 위한 정비 기간에는 가동 설비에서 제외되므로 소폭의 증감이 있기는 하나 신한울2호기, 새울3·4호기, 신한울3·4호기 등

⁴³ 급전 우선 순위가 있는 원자력이나 특정 기력 발전기 등 필수 발전기(must-run)의 발전량을 제외하면 전통적 석탄 기력 발전기와 복합화력 발전기가 대응하는 부하가 남게 된다.

⁴⁴ 발전설비와 마찬가지로 발전량은 발전사업자의 발전량을 분석 대상으로 한다.

⁴⁵ 1 GW 규모의 석탄 화력 발전소인 강릉안인1·2호기(각각 2022.10, 2023.5), 삼척화력1호기(2023.10) 등이 동해안에 신규 진입했고, 삼척화력2호기가 2025년 신규 가동될 예정이다. 당초 “신한울#1C/S - 신가평C/S 구간”과 “신한울#2C/S - 수도권#2C/S” 구간의 송전 선로가 2021년과 2022년에 준공되는 것으로 계획되었으나 주민수용성 문제로 각 송전선로의 준공 시기가 2025년과 2026년으로 연기되었다.

1.4 GW급 대형 원전이 순차적으로 진입하면서 2023년 180.5 TWh였던 발전량이 2033년에는 213.3 TWh까지 증가할 전망이다. 그러나 이후로는 10년의 운전기간이 연장된 노후 원전이 순차적으로 폐지됨에 따라 원자력 발전량도 점차 감소하여 2050년에는 153.4 TWh 수준으로 감소할 것으로 예상된다.

신재생 발전은 2023년 발전량이 59.1 TWh 수준에 불과하지만 전망 기간 빠르게 증가하며 2032년에는 석탄 발전을 추월하고 2038년에는 원자력을 넘어서면서 2050년에는 발전량이 265.2 TWh까지 증가할 것으로 예상된다. 2036년까지 ‘10차 전기본’의 신재생 발전 설비 계획을 반영하였으나 본 전망의 2030년 기준 신재생 발전 비중은 ‘10차 전기본’의 21.6 %보다 낮은 18.0% 수준인데, 이는 본 보고서의 2030년 전기 판매 전망이 ‘10차 전기본’의 목표 수요인 572.8 TWh보다 높기 때문이다. ‘10차 전기본’을 초과하는 전기 수요는 주로 가스 발전 설비가 공급을 담당한다.

석탄 발전이 빠르게 감소하고 원자력 발전도 2030년대 중반 이후 지속적으로 감소하나 신재생 발전의 증가는 제한되면서 가스 발전이 전망 기간 최대 발전원의 지위를 차지할 것으로 전망된다. 가스 발전량은 2023년 158.4 TWh에서 2030년 218.6 TWh를 거쳐 2050년에는 292.1 TWh까지 빠르게 증가할 것으로 보인다. 발전량 비중도 석탄 발전의 빠른 감소를 대체하며 2030년 이전에 30%를 넘어서고, 2030년대 중반 이후로는 원자력 발전까지 감소세로 전환되며 발전 비중이 빠르게 상승하여 2050년에는 39% 수준까지 높아질 전망이다. 석탄이나 원자력 발전과는 달리 가스 발전은 송전 선로 부족 문제가 발전량 증가의 원인으로 작용할 수 있다. 이는 대다수의 가스 복합 발전소가 수요처인 수도권 인근에 위치해 있기 때문이다. 따라서 수도권으로의 송전이 어려운 상황에서 수도권의 전기 수요가 증가하면 가스 복합 화력의 가동률이 상승할 수 있으며, 호남지역 송전 문제의 주요 요인이 태양광인 상황을 고려할 때 부하 추종이 용이한 가스 발전이 발전 비중을 확대해 갈 것으로 보인다.

제3장 에너지상품별 전망 결과

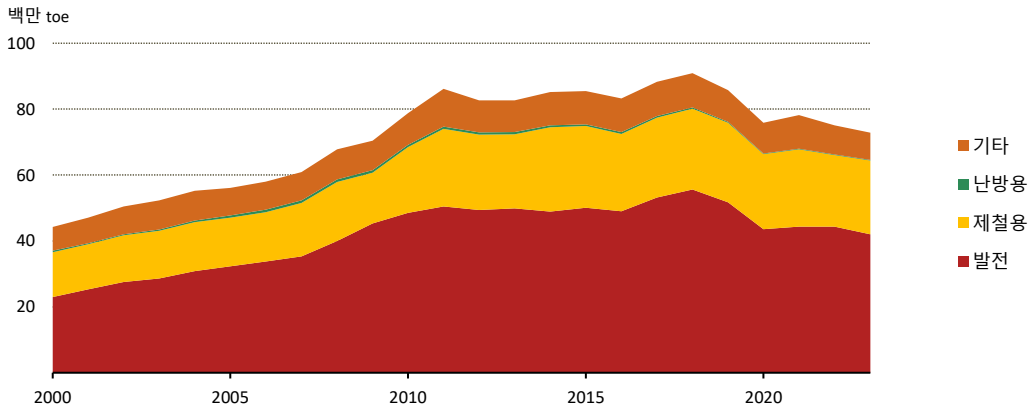
1. 석탄

1.1. 석탄 수요 현황

□ 석탄 소비는 2011년까지 증가한 후 정체되다가 2018년 이후 감소세로 전환

우리나라의 석탄 소비는 2000~11년 기간 석탄화력 발전 설비 확충 및 고로 증설에 따라 연평균 6.3 %의 빠른 증가세를 나타냈다. 용도별로는 발전용과 산업용이 같은 기간 각각 연평균 7.4 %, 4.9 % 증가했다. 그러나 2011~18년 기간에는 발전 설비 증설이 이루어졌음에도 불구하고, 발전용 석탄 소비 증가세가 연평균 1.4 %로 둔화했다. 정부의 석탄화력 발전 제한 조치 시행으로 석탄화력 발전 설비의 이용률이 크게 하락한 것이 주된 원인이다. 2016년부터 발전기 고장 예방 대책의 일환으로 석탄화력 발전의 최대 출력 기준이 연속운전 허용 출력에서 정격출력으로 조정되고, 2017년에는 미세먼지 저감을 위한 ‘미세먼지 관리 종합대책’에 따라 노후 석탄화력 발전소 10기의 봄철(3~6월) 가동 중지, 3 기의 노후 발전소 조기 폐지 등이 시행되면서 설비 이용률이 낮아졌다.⁴⁶ 산업용도 2011년 이후 중국 저가 철강재와의 시장 경쟁 심화, 주요 철강 수요 산업의 성장 정체에 따른 철강 경기 부진 지속 등으로 2011~18년 기간 소비가 정체(연평균 0.0 % 증가)했다.

그림 3.1 2000~23년 용도별 석탄 소비 추이

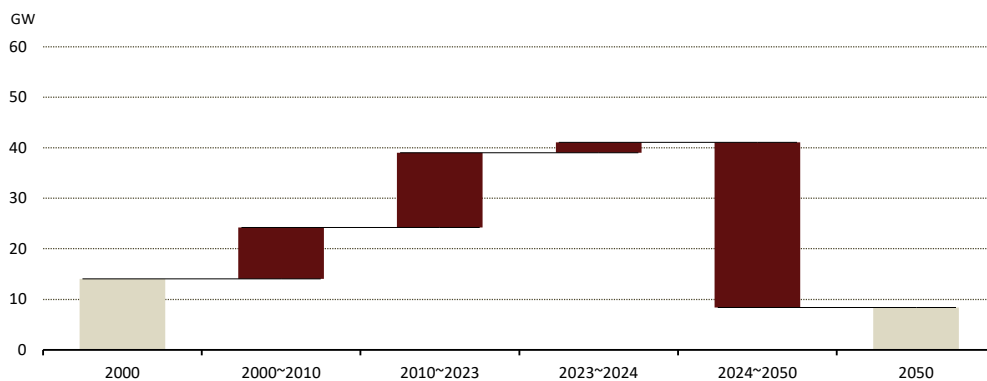


총 석탄 소비는 2018년 91.0 백만toe를 정점으로 2018~23년 기간 발전용과 산업용이 모두 감소하며 2023년 72.8 백만toe로 낮아졌다(연평균 4.3 % 감소). 발전용 석탄 소비는

⁴⁶ KEEI 중기 에너지수요전망, pp.23~24(에너지경제연구원, 2024.8.)

2016~17년 대규모 신규 유연탄 설비 진입 효과로 2018년에는 55.6 백만toe에 달하였으나, 2018~23년 기간에는 정부의 석탄 발전 제한 정책 강화와 송전선로 제약으로 연평균 5.5 % 감소했다. 2016년 이후 정부의 석탄 발전 제한이 시작되며 석탄 발전량과 발전 설비 용량의 변화를 간 탈 동조화가 나타났다. 2017년부터 시작된 ‘미세먼지 관리종합대책’ 등 미세먼지 관리 정책은 미세먼지 문제가 악화되면서 점차 강화되기 시작했다. 정부는 2018년 10월부터 미세먼지 비상저감조치 발동 시 초미세먼지 배출이 많은 화력발전을 대상으로 발전 상한(정격 용량 대비 80 %) 제약을 실시하였고, 2019년 3월에는 미세먼지의 추가 감축을 위해 상한 제약 대상을 전체 석탄 발전기로 확대하였다. 2020년부터는 매년 ‘미세먼지 계절관리제’가, 2021년 (4~11월)에는 발전공기업들의 자발적 석탄발전 상한제가 실시되었다.⁴⁷ 2022~23년 기간에는 석탄 발전 제한 완화보다는 수도권 송전선로 제약이 석탄 발전량 및 발전용 석탄 소비 감소의 주된 원인으로 작용했다. 동해안-수도권과 호남지역-수도권 송전 설비 준공이 지연되면서 송전 용량 부족으로 수도권으로 보낼 수 있는 전력량에 한계가 발생한 가운데 신재생 발전량과 원자력 발전량이 발전 설비 증가와 함께 빠르게 증가함에 따라 신재생발전과 원자력보다 급전 순위가 낮은 석탄 발전에 제약이 발생한 것이다.

그림 3.2 석탄 발전 설비 용량 변화 추이 및 전망



산업용 석탄 소비는 2011년 35.0 백만toe까지 빠르게 증가했으나 이후 2019년까지 32~36 백만toe 수준에서 등락을 반복한 후 2020년 이후 감소세를 보이고 있다. 2011년까지 빠르게 증가했던 산업용 소비가 이후 정체 내지 감소세로 전환된 이유는 산업용 소비의 대부분을 차지하는 제철용 석탄 수요의 부진 때문이다. 국내 철강 생산은 건설, 자동차, 조선 등 주요 철강 수요산업의 빠른 성장과 함께 2011년까지 빠르게 증가하며 산업용 석탄 소비 증가를 견인했

⁴⁷ KEEi 중기 에너지수요전망, pp.23~24(에너지경제연구원, 2024.8.)

다. 제철용 석탄 소비는 2010년에 현대 당진 일관제철소 1,2고로가 증설되며 전년 대비 29 % 급등하였으며, 2014년에는 현대제철소 3고로(2013.9) 가동으로 최고치(25.7 백만toe)를 기록하기도 했다. 하지만 이후 제철용 석탄 소비는 글로벌 경기 침체에 따른 철강 수요 부진, 중국 산 저가 철강재와의 경쟁 심화, 보호무역주의 확산(반덤핑·상계관세 등) 등으로 감소하기 시작했다. 제철용 석탄 소비는 2020년 코로나19 대유행에 따른 경기 침체의 여파로 6 % 가까이 감소했다가 2021년에 경기 회복으로 반등하기도 했으나, 2022년에는 러시아의 우크라이나 침공 등으로 촉발된 글로벌 공급망 교란, 태풍 힌남노 피해에 따른 포항제철소 일부 철강 공장의 정지(2022.9~2023.1) 등으로 7 % 이상 급감했다. 2023년에는 태풍 피해의 영향에서 벗어났음에도, 글로벌 철강 과잉 공급과 주요 수요 산업의 업황 회복 지연 등으로 소폭 증가하는데 그쳤다. 제철용 석탄 소비의 증가세는 2000~11년 연평균 5.1 %에서 2011~19년에는 연평균 0.3 %로 대폭 둔화했으며, 2019~23년에는 연평균 1.9 %의 감소로 전환했다. 최근 철강 산업의 석탄 수요 둔화는 글로벌 경기 부진과 중국의 조강생산 설비 확장 및 수출 확대에 따른 글로벌 경쟁 심화에 기인하는 것으로 분석된다.

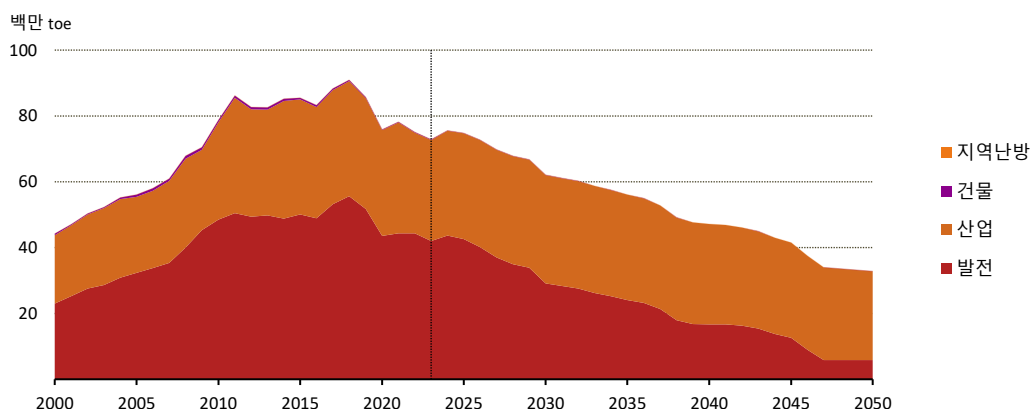
1.2. 석탄 수요 전망

□ 석탄 수요는 발전용과 산업용에서 감소세를 지속하며 2023~50년 기간 연평균 2.9 % 감소

발전용 석탄 수요가 전망 기간 연평균 7.1 % 감소하며 전체 석탄 소비 감소를 주도할 전망이다. 발전용 석탄 수요는 2023년 42.0 백만toe에서 빠르게 감소하여 2050년에는 2023년의 13.9 % 수준인 5.8 백만toe로 축소될 것으로 전망된다. 발전용 석탄 수요의 빠른 감소 전망은 미세먼지 감축을 위한 석탄 발전 제한 정책보다는 수도권 송전선로 부족과 석탄 발전소 퇴출에 기인한다. 수도권 송전선로 부족에 따른 석탄 발전 제한은 전망 기간 전반부에, 석탄 발전소 퇴출은 후반부에 발전용 석탄 수요 감소의 주된 요인으로 작용할 전망이다. 2022~23년 기간에 발전용 석탄 소비 감소의 주 원인으로 작용한 수도권 송전선로 부족 상황은 이 문제가 상당 부분 해소되는 2036년경까지는 지속될 것으로 예상된다. 정부 목표대로 8 GW 규모의 수도권-동해안 송전선로가 2026년에 준공된다면 현재 동해안 석탄 발전소를 중심으로 발생하고 있는 송전선로 부족에 따른 발전 제한이 크게 완화되기 시작할 것으로 보이며, 2036년 수도권-충청-호남 송전선로까지 완공되면 송전선로 제약에 따른 석탄 발전 제한은 사라질 것으로 보인다. 한편, “제10차 전력수급 기본계획”에 따르면 석탄 발전 설비 용량은 2024년 41.1 GW에 최대치에 도달한 후 계획기간의 마지막 해인 2036년까지 단계적으로 축소된다. 만약 계획기간 이후에도 탄소중립 목표 달성을 위한 탈석탄 정책이 유지된다면, 신규 석탄 설비 진입은 없고 설비 수명 연한에 도달하는 발전소는 차례대로 폐지되어 2050년 석탄 발전 설비 용량은 2024

년의 1/5 수준(8.4 GW)으로 축소될 것으로 보인다. 발전용 석탄 수요의 감소세는 전망 기간 후반으로 갈수록 빨라질 것으로 예상된다. 발전용 석탄 소비는 2023~36년 기간에 석탄 발전 설비 용량 감소와 송전선로 제약이 모두 영향을 주면서 연평균 4.5 % 감소, 2036~50년기간에는 송전선로 제약은 사라지겠으나 석탄 발전소의 단계적 퇴출로 연평균 9.4 % 감소할 것으로 전망된다.

그림 3.3 부문별 석탄 수요 전망

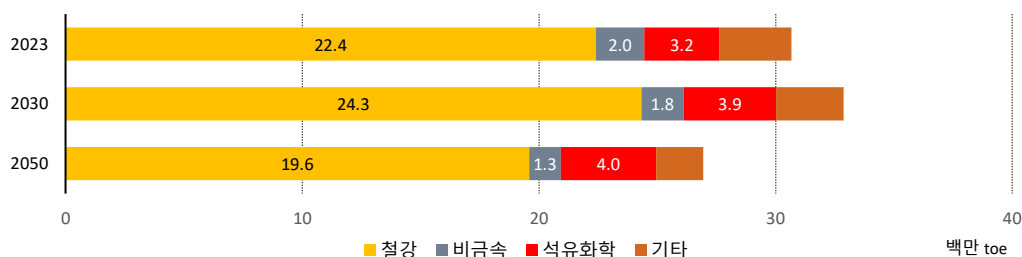


산업 부문 석탄 수요는 전망 기간 연평균 0.2 % 감소하여 2023년 30.7 백만toe에서 2050년에는 28.8 백만toe로 축소될 전망이다. 발전용 석탄 수요가 전망 기간에 지속 감소하는 것과는 달리 산업 부문의 석탄 수요는 2028년 33.7 백만toe로 증가한 후 완만한 하락세로 전환될 것으로 보인다. 이러한 산업용 수요 전망의 양상은 2023년 기준 산업용의 73 %를 점유하는 제철용 석탄 수요 변화 흐름의 영향을 받았다. 제철용 석탄 수요는 전망 기간 연평균 0.3 % 감소해 2023년 22.4 백만toe에서 2050년에는 20.5 백만toe 수준으로 낮아질 전망이다.⁴⁸ 제철용 석탄 수요는 2019년 이후 코로나19로 인한 글로벌 경기침체와 철강재 공급 과잉 등으로 2025년까지 완만한 감소 내지 정체를 보일 것으로 예상되며, 이후에도 철강재 수출은 회복되었으나 내수 위축이 이어지며 회복세는 빠르지 않을 것으로 보인다. 인도와 아세안을 중심으로 한 신흥국에서의 철강 수요가 견조하게 성장하고 있으나, 미국과 유럽의 철강 수요가 긴축기조 지속으로 회복되지 못하고 있으며 중국도 부동산 경기 침체 등으로 철강 수요 회복이 지연되고 있다. 이에 따라 글로벌 철강 경기의 회복세는 완만할 것으로 예상된다. 이러한 글로벌 철강 수요 성장세 둔화에도 불구하고 중국의 공급 과잉에 따른 저가 철강재 수출 지속, 인도와 아세안

⁴⁸ REF에는 철강업의 탄소중립 전략으로 제시된 전기로강 비중 확대, 철스크랩 비중 확대, 수소환원제철로의 전환 등의 변화는 반영되지 않았다.

등 신흥국의 설비 증가 등으로 향후 몇 년간 글로벌 철강 공급과잉 상황은 개선되기 어려울 것으로 예상된다. 국내 철강 수요도 과거와 같은 견조한 성장을 기대하기는 힘들 것으로 전망된다. 인구 감소 등으로 대규모 주택 건설 사업은 축소되고, 국내 자동차 생산 설비는 포화 수준에 근접했다. 자동차업계는 국내보다는 미국(조지아), 인도, 아세안 등에 신규 생산 공장을 증설 중이거나 증설을 계획하고 있다. 철강 생산 설비도 현지 경쟁력 강화를 위해 유망 수요 지역인 인도 및 아세안 등 신흥국에 증설될 것으로 보인다. 요약하면, 국내 제철용 석탄 수요는 향후 몇 년간 2023년 수준보다는 증가하겠으나, 글로벌 철강 경기 회복세 미약, 철강 공급과잉 지속 등으로 회복세가 빠르지는 않을 것으로 보이며, 2028년 이후에는 국내 철강 수요 산업 증가세 제한 등으로 감소로 전환할 것으로 전망된다.

그림 3.4 주요 업종별 석탄 수요 전망



철강업에 이어 석탄 소비가 많은 석유화학의 석탄 수요는 전망 기간 연평균 0.9 % 증가할 것으로 보인다. 석유화학의 전체 에너지 소비는 샤한 프로젝트 등에 따른 설비 증설로 전망 기간 연평균 1.2 % 증가할 것으로 예상된다. 한편, 비금속(시멘트)에서의 석탄 수요는 전망 기간 연평균 1.1 % 감소할 것으로 보인다. 내수의존도가 높은 시멘트업의 석탄 소비는 2019년 이후 국내 건설경기 침체 지속으로 2023년까지 빠른 속도로 감소하였고, 2024~25년에도 경기 부진이 이어져 큰 폭의 감소세를 보인 후 단기적 회복 기간을 거쳐 완만한 감소세를 보일 전망이다. 시멘트 업계는 온실가스 배출 감축을 위해 클링커를 생산하는 소성 공정에서 석탄을 폐기물로 대체해오고 있는데, 향후에도 이러한 추세가 지속되며 석탄 소비 감소를 이끌 것으로 보인다. 비철금속 등 기타 업종에서의 석탄 소비도 탄소배출 저감 노력 등으로 타에너지원으로 대체되며 감소할 것으로 예상된다. 2050년 산업 전체의 석탄 수요에서 철강이 차지하는 비중은 2023년(73.1 %)보다 약간 하락한 72.7 %, 석유화학 비중은 같은 기간 10.4 %에서 17.9 %로 상승, 비금속의 비중은 6.6 %에서 5.2 %로 하락할 것으로 보인다.

2. 석유

2.1. 원유 및 석유제품 수요 현황

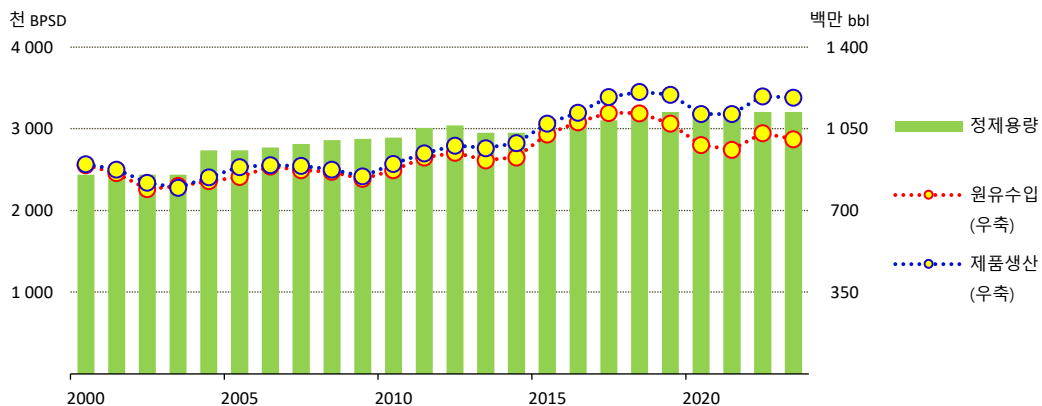
□ 코로나19로 급락하였던 원유 수입과 석유제품 생산은 이전 수준을 회복한 뒤 정체

원유를 정제한 석유제품은 우리 나라의 주요 생산품으로, 석유제품의 내수와 수출 증가에 대응하기 위해 국내 정제 설비용량은 꾸준히 증가해 왔는데 1991~96년 연평균 18.7 % 증가하여 1997년 2.4 백만BPSD(barrel per stream day)를 기록한 이후 증가세는 크게 완화되었다. 2023년 기준 정제 설비용량은 3.2 백만BPSD로 이는 2018년 이후 유지되고 있다.

2000년 이후 약 8.7억 배럴 수준에서 정체되었던 원유 수입량은 2014년 하반기 국제 유가가 급락으로 수송용 소비가 증가하고 석유화학 설비 신증설이 발생하면서 2015년 처음으로 10억 배럴을 상회하였고, 2017년에는 11.2억 배럴까지 증가하였다. 이후 정체를 보이던 원유 수입량은 코로나19로 인하여 2020년과 2021년 10억 배럴 이하로 감소하였다. 2022년 석유화학 산업의 원료용 수요 증가 등으로 10.3억 배럴로 반등한 원유 수입량은 2023년 10.0억 배럴을 기록하였다.

석유제품 생산은 2000~23년 연평균 1.2 % 증가하여 2023년에는 11.8억 배럴을 생산하였는데, 그중 42 %에 해당하는 5.0억 배럴을 수출하였다. 2020~21년 코로나19의 영향으로 감소하였던 석유제품 생산은 2022년 반등하였으나, 2023년은 세계 경기 불황으로 인해 내수가 위축되며 다시 소폭 감소하였다.

그림 3.5 석유정제 설비 용량, 원유 수입, 석유제품 생산 추이



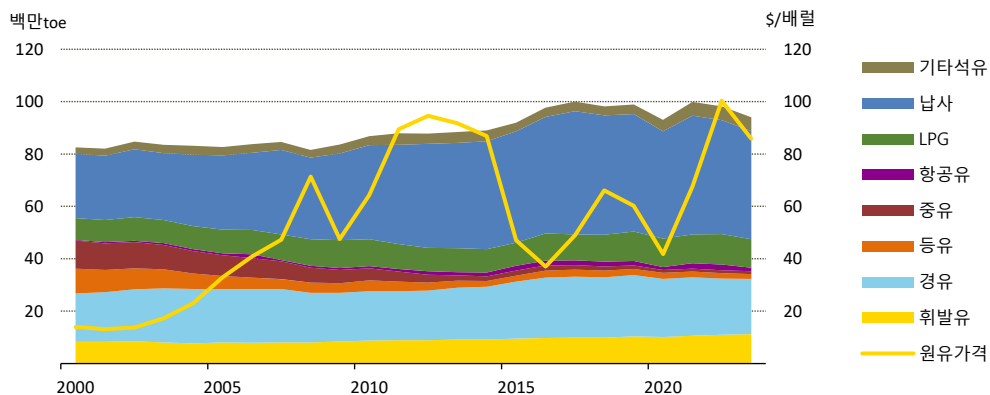
자료: 2024 에너지통계연보

□ 석유제품 소비는 2010년대 중반 이후 증가 추세에서 최근 세계 경기 영향으로 2년 연속 감소

석유제품 총소비는 2000~14년 기간 연평균 0.7 % 증가에 그치며 정체하였으나, 2014년 이후 국제 유가 급락과 석유화학 설비 신증설 등의 증가요인으로 2015년에는 전년 대비 5.9 %, 2016년에는 전년 대비 8.1 % 증가하는 등 급증하였다. 2014년 상반기까지 배럴당 100 달러를 상회하던 국제 유가는 2014년 하반기 이후 미국의 셰일혁명으로 원유 공급이 증가하고, 세계 경기 회복이 지연됨에 따라 석유 수요가 정체되면서 급락을 시작하여 2015년과 2016년 국제 유가는 연간 평균으로 전년 대비 각각 45.8 %, 21.4 % 급락하여 각각 배럴당 47.1 달러와 37.0 달러를 기록했다. 이에 따라 경유와 휘발유를 주로 소비하는 수송 부문과 원료용 납사 소비 비중이 높은 석유화학 소비가 빠르게 증가하였다. 2015~16년 수송 부문 석유 소비는 각각 6.8 %와 4.3 % 증가했으며, 같은 기간 납사 소비는 3.2 %와 4.7 % 증가하면서 석유제품의 최종 소비가 급증하였다.

그러나 2016년 이후 산유국들의 감산 합의 등 공급 감소 요인으로 인해 국제 유가는 상승세로 반전하여 2017년에는 석유의 소비 증가율이 전년 대비 2.1 %로 대폭 낮아진 이후 정체되던 석유 소비 증가율은 2020년 코로나19 대유행으로 전년 대비 4.4 % 감소하였다. 2021년에는 큰 폭으로 감소했던 전년도의 기저효과와 석유화학 업종에서 LPG 투입 설비 중심의 대규모 신증설로 석유 수요는 전년 대비 7.1 % 증가하여 코로나19 대유행 이전 수준을 회복하였다. 하지만 이후 러시아의 우크라이나 침공 및 전쟁 지속, 중동의 지정학적 불안 지속, 세계 경기 불황 및 석유화학 업황 부진 등으로 2022~23년 석유 소비는 각각 전년 대비 0.2 %, 2.7 % 감소하였다. 특히 2023년은 전환, 산업, 수송, 가정, 서비스 등 모든 부문에서 석유 소비가 감소한 것으로 나타났다.

그림 3.6 석유제품 최종소비와 국제 원유가격(두바이) 추이



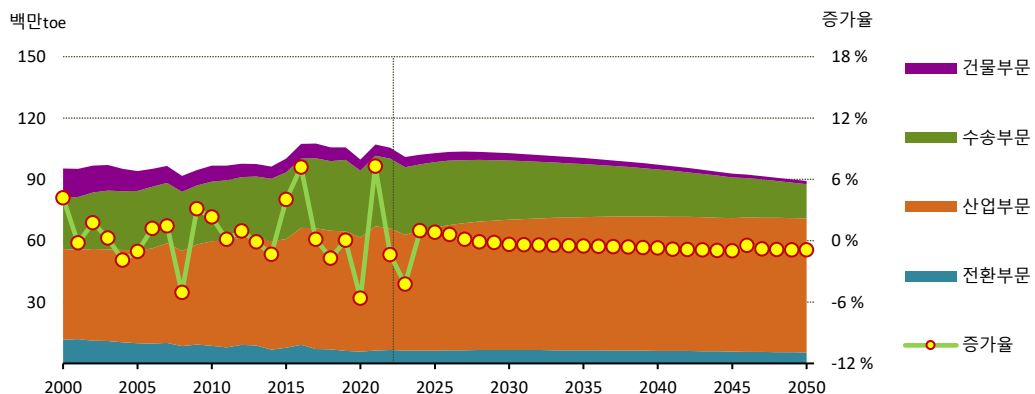
2.2. 석유제품 수요 전망

□ 전망기간 석유제품 수요는 수송 부문을 중심으로 감소하여 2050년 101.4 백만 toe까지 감소

2021년 121.3 백만toe로 정점에 도달한 석유제품 수요는 이후 감소세를 보이고 있으며, 전망 기간(2023~50년) 동안 연평균 0.6 %씩 지속적으로 감소하여 2050년 석유 수요는 101.4 백만toe를 기록할 것으로 전망된다. 이는 전망 기간 국제 유가가 배럴당 82 달러 수준으로 지난 10년 국제 유가 평균인 배럴당 65 달러보다 높은 수준을 유지하고 친환경차 도입으로 인한 수송 부문의 석유 소비 감소가 주요 원인으로 분석된다.

수송 부문 석유제품 수요는 주요 온실가스 감축 수단인 친환경 자동차 보급이 가속화되며 2050년까지 지속적으로 감소할 전망이다. 수송 부문 석유제품 수요는 2023년 33.2 백만toe에서 전망 기간 연평균 2.5 % 감소하여 2050년에는 16.8 백만toe를 기록할 것으로 예상된다. 전기, 수소 자동차 등 친환경자동차의 보급이 확대되면서 내연기관 자동차 비중이 축소되고, 인구 감소 등으로 이동 수요 증가세도 둔화되어 수송 부문 석유제품 수요 감소세가 지속될 것으로 보인다. 전체 자동차 대수는 2039년에 정점(29.0 백만대)에 도달한 뒤 이후 감소세로 전환하여 2050년 27.8 백만대 수준을 기록할 것으로 전망된다. 특히 전망 기간 친환경차가 연평균 26.7 % 증가할 것으로 전망되면서 자동차 대수 증가 보다 석유 소비량이 더 빠르게 감소하는 원인으로 작용하였다.

그림 3.7 부문별 석유제품 수요 및 증가율 추이



주: 전환 부문은 에너지산업 자체 소비 포함

산업 부문 석유제품 수요는 2023년 56.6 백만toe에서 전망기간 연평균 0.7 % 증가하여 2050년에는 68.7 백만toe를 기록할 전망이다. 이 기간 증가한 석유제품은 석유화학업의 석유

제품 수요 증가가 전체 산업 부문 석유제품 수요 증가의 대부분을 차지한다. 석유화학 설비의 신증설로 인해 고유가 지속에도 납사와 LPG의 원료용 소비는 꾸준히 증가할 전망이다. 2021~22년 석유화학업의 NCC(Naphtha Cracking Center)나 PDH(Propane De-Hydrogenation), MFC(Mixed Feed Cracker)⁴⁹ 설비가 대규모로 신증설되었고, 2026년에는 세계 최대 규모인 에틸렌 연산 180만 톤 NCC 설비를 도입하는 샤한 프로젝트가 완공되어 석유제품 수요 증가에 기여할 전망이다. 전망 기간 동안 석유화학의 원료용 납사와 LPG의 수요는 연평균 각각 0.3 %, 2.9 % 증가할 전망이다. 하지만 중국의 석유화학 제품 자급률 상승, 에틸렌 시장 경쟁 심화 등으로 원료용 석유제품 수요 증가세는 점차 둔화될 것이다. 산업 부문에서 연료용으로 사용되는 석유제품은 온실가스 감축 및 대기오염물질 배출 규제, 타 에너지원 대비 높은 가격 등으로 가스나 전기 등 다른 에너지원으로 지속적으로 대체되며 빠르게 감소할 전망이다. 한편 석유제품 수요 감소에 따른 정유업 생산 감소 역시 연료용 석유제품 수요 감소의 또 다른 원인으로 작용한다.

건물 부문의 석유제품 수요는 도시가스, 전기 등 다른 에너지원으로 꾸준히 대체되면서 감소 추세를 지속하고 있으며, 이러한 추세는 향후에도 지속될 전망이다. 건물 부문에서 주로 소비해온 등유와 LPG는 그동안 도시가스와 지역난방 등 네트워크 에너지의 보급 확대, 전기 난방기 사용 증가 등으로 인해 감소하였으며, 전망 기간에도 고유가, 에너지 대체, 건물 단열 및 기기 효율 개선 등으로 수요가 빠르게 감소할 전망이다.

□ 석유제품 가운데 석유화학의 원료로 사용되는 납사와 LPG만 수요가 증가할 전망

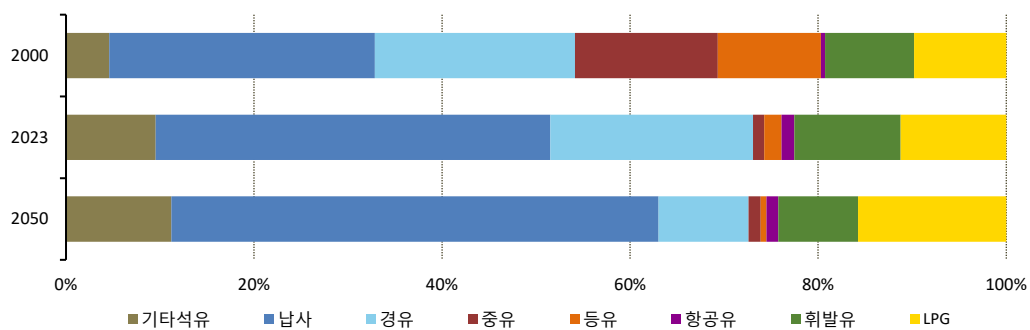
납사와 LPG 수요는 석유화학 설비 신증설에 따른 기초유분 생산 증가 등의 요인으로 증가할 전망이다. LPG의 경우 수송 및 건물 부문의 수요는 감소하지만, 석유화학 원료 수요 증가로 인하여 전망 기간 연평균 0.8 % 증가할 전망이다.

납사와 LPG를 제외한 모든 석유 제품 수요는 전망 기간 동안 감소한다. 특히 등유와 경유가 전망 기간 연평균 각각 4.6 %와 3.4 % 감소하여 가장 빠르게 감소하는 석유제품으로 전망되었다. 등유의 경우 건물 부문의 난방용 수요가 다른 에너지원을 빠르게 대체되면서 감소할 전망이다. 경유는 수송 부문에서 친환경 자동차의 확대에 의한 내연기관 자동차 감소로 인하여 감소할 전망이다. 휘발유 수요 역시 친환경 자동차 보급이 증가하며 연평균 1.5 % 감소한다. 내연기관 자동차의 보급 감소와 더불어 자동차 연비 개선, 주행거리 감소 등도 영향을 줄 전망이다. 항공유 수요는 전망 기간 동안 연평균 0.7 % 감소한다. 제주 2공항 건설 등 인프라 확장의

⁴⁹ NCC, PDH, MFC 설비는 모두 에틸렌, 프로필렌 같은 기초유분을 생산하는 설비로, NCC는 납사를 열분해, PDH는 프로판으로부터 수소를 분리, MFC는 NCC와 같은 원리를 이용하나 원료로 납사와 프로판, 중유 등을 혼용하여 사용하는 설비이다.

변수가 있으나 김포공항을 중심으로 한 국내 항공 노선이 이미 포화상태에 도달하여 증가 속도는 낮은 것으로 분석된다. 해운 수송 부문에서 주로 사용되는 중유 수요 역시 국내 해운 수요 정체 및 감소, 효율 개선 등으로 전망 기간 연평균 0.3 % 감소한다.

그림 3.8 석유제품별 최종소비 비중 변화



3. 가스

3.1. 가스 수급 현황

□ 가스 수입 물량은 증가세가 지속되고 있으며, 최근 호주와 미국으로부터의 수입 비중 증가

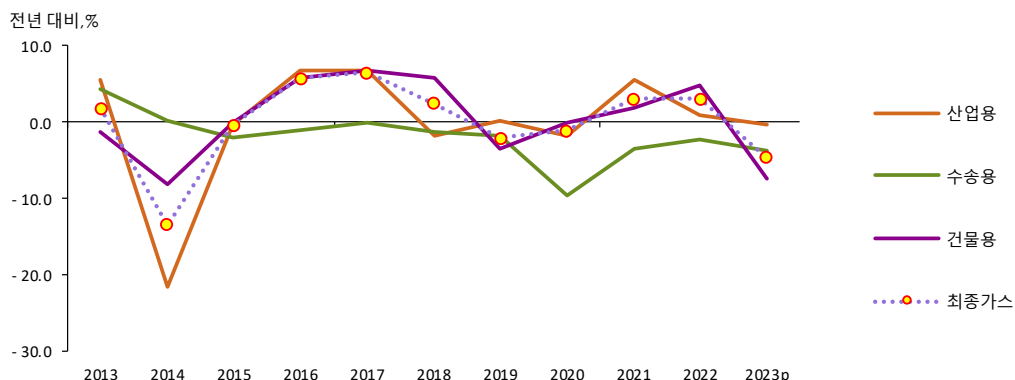
천연가스는 1986년부터 국내 수입이 시작되었으며, 수입과 사용의 지속적인 증가세가 유지되며 현재는 우리나라의 주요한 에너지원 중 하나로 자리매김하였다. 2014~16년 기간에는 유가 변동과 가스 발전 설비 이용률 조정에 따라 수입이 감소하였다가 이후 다시 증가하는 추세를 회복하였고, 2019년에는 냉·난방도일 감소, 2020년에는 코로나19의 영향으로 에너지 소비량 자체가 감소하여 천연가스의 수입도 감소하였다. 2021년부터는 다시 경제 활동이 회복되고 냉·난방도일이 증가하면서 에너지 소비 증가와 함께 2018년 수입 수준을 회복하였으며, 2023년 천연가스 수입은 44.1 백만톤으로 나타났다. 천연가스 수입 초기에는 인도네시아로부터의 수입이 대부분을 차지하였으나 수입 증가에 따라 자연스럽게 수입선이 다변화되며 카타르, 말레이시아, 오만, 러시아가 주요 수입국으로 자리잡았다. 그리고 2010년대 중후반부터는 호주와 미국으로부터의 수입이 크게 증가하여 국가별 수입 비중 상위권에 위치하게 되었다. 2023년 수입 중량을 기준으로 호주로부터의 수입 비중이 23.6 %로 가장 높으며, 카타르 19.5 %, 말레이시아 13.9 %, 미국 11.6 %, 오만 11.3 %, 인도네시아 6.6 %, 러시아 3.7 %로 수입 비중 상위 7 개 국가로부터 전체 수입 물량의 90 %를 수입하고 있다(무역협회, 2024).

□ 기온과 전기 수요에 따른 변동성이 커지고 있으며, 최근 경기 둔화 영향으로 가스 소비가 감소

가스 소비는 2000~13년 기간 연평균 8.2 % 증가하여 재생에너지 다음으로 가장 빠른 성장세를 나타냈다. 2014~15년에는 국제 유가가 하락함과 동시에 2014년 말 신규 석탄 화력발전소 도입과 원자력 발전 설비 재가동, 난방도일 감소 등의 요인이 복합적으로 영향을 미쳐 소비량이 일시적으로 감소하였으나 2017년부터 다시 증가세를 회복하였다. 가스는 최종소비 부문에서 난방용으로 주로 사용되고 발전 부문에서는 첨두발전에 사용되는 특성으로 인해 최근의 가스 소비 변동은 난방도일과 전기 수요 변화에 많은 영향을 받고 있다. 그 예로 2018년과 2021년에는 기존 가스 소비량 증가 추세와 비교하였을 때 전년 대비 가스 소비 증가율이 매우 높았는데, 두 연도는 폭염으로 여름철 전기 소비가 높았을 뿐 아니라 전년 대비 상대적으로 난방도일이 증가하여 건물 및 산업 부문에서 에너지 소비가 증가한 것이 높은 증가율의 원인으로 파악된다.

2021년 60.3 백만toe로 최고 수준을 기록한 가스 소비는 최근 경기 둔화의 영향으로 2023년까지 2년 연속 소비가 감소하였다. 2023년에는 총 발전량 감소로 천연가스 가격의 하락에도 불구하고 발전용 가스 소비가 전년 대비 5% 감소하였다. 최근 송전선로 제약으로 국가 총 발전량에 대한 관리가 강화된 상황에서 발전용 가스 소비의 변화는 앞으로도 전기 수요와 밀접한 연관성을 가질 것으로 예상된다. 최종소비 부문 중 산업용 가스 소비는 경기 둔화의 영향으로 대부분 업종에서 감소하였으나, 가스를 많이 사용하는 철강과 기계류 산업에서 소비량이 증가하여 전년 대비 0.4% 감소에 그쳤다. 철강업 중심으로 천연가스를 활용한 상용 자가발전 확대가 소비 증가의 원인으로 파악된다. 건물용 가스 소비는 난방도일의 감소와 도시가스 요금 인상 등의 요인으로 가정용과 상업용 소비 모두 감소하여 전년 대비 7.4% 감소를 기록하였다. 특히 기온과 가격 요인의 영향을 직접적으로 받은 가정용 소비는 전년 대비 9.4%로 크게 감소하였으나, 상업용 소비는 서비스 생산활동이 전년 대비 회복으로 인해 1.2%의 감소만 나타났다. 수송 부문도 CNG 차량을 전기차가 대체하는 움직임이 지속되며 가스 소비가 계속 감소하는 추세가 유지되고 있다 (에너지경제연구원, 2024).

그림 3.9 부문별 가스(천연가스+도시가스) 최종 소비 전년 대비 증가율 추이



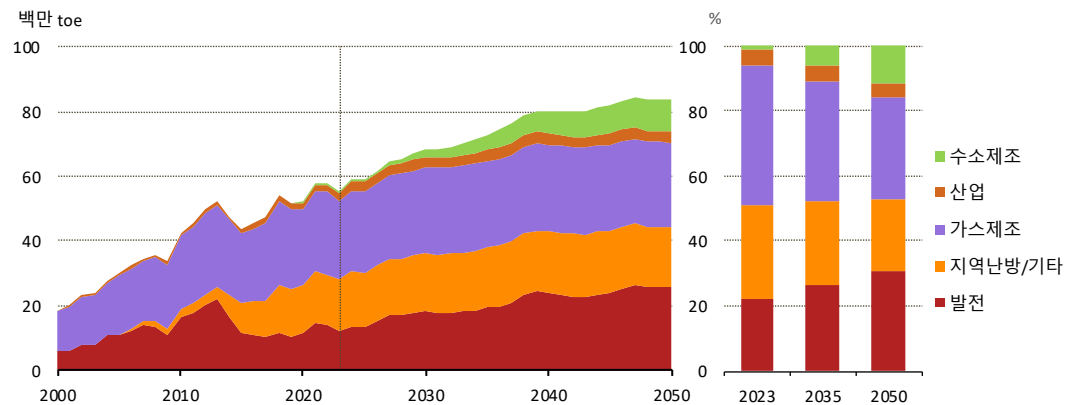
3.2. 가스 수요 전망

□ 가스 수요는 발전용, 수소 제조용 수요 증가의 영향으로 전망 기간 연평균 1.4% 증가

가스 수요는 전망 기간인 2023~50년에 연평균 1.4% 증가할 것으로 예상되며, 2050년 소비 수준이 85.5 백만toe에 이를 것으로 전망되었다. 특히 발전용 수요가 전망 기간 연평균 2.8%의 성장세를 보여 규모가 빠르게 확대될 것으로 전망되는데, 단기적으로는 전기 수요의 증가가, 중장기적으로는 노후 석탄 발전기의 연료 전환이 수요 증가 요인으로 작용한다. 반면 현재 가스 수요에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 도시가스는 이미 높은 수준에 도달한 보급률로

인한 도시가스 공급설비 보급 증가 둔화, 인구 감소 요인에 따른 장기적인 도시가스 사용량 감소 전망, 산업 부문에서의 천연가스 직수입 증가 등의 요인이 반영되어 전망 기간 연평균 0.5 %의 증가율을 보였으며, 2042년을 고점으로 이후 수요가 감소할 전망이다. 지역난방 및 기타 수요도 비슷한 요인으로 전망 기간 연평균 0.6 % 증가할 것으로 예상된다. 한편, 수소⁵⁰ 활용 확대에 의한 가스 수요는 빠르게 증가할 것으로 전망된다. 수소 수요는 향후 온실가스 배출량을 점차 줄여가는 과정에서 연료전지자동차와 발전용 연료전지 활용 확대에 따라 빠르게 증가할 전망이다. REF에서 수소의 주요 공급 방식은 직접 수입과 천연가스 개질(SMR, Steam Methane Reforming) 방식의 추출 수소일 것으로 가정하고 있으며, 2050년 기준 국내 수소 공급 비중은 추출수소 80 %, 부생수소 2 %, 수입 18 %로 설정하였다. 가스 수요에서 발전용 수요가 차지하는 비중은 2023년 22.0 %에서 2050년 30.6 %로 증가하고, 도시가스 제조용 수요는 2023년 42.8 %에서 2050년 31.1 %로 비중이 감소한다. 지역난방 및 기타 수요도 2023년 29.0 %에서 2050년 22.5 %로 비중이 감소한다. 산업용 수요는 2023년 5.1 %에서 2050년 4.1 %로 소폭 감소하고, 신규 수소 제조용 수요는 2023년 1.1 %에서 2050년 11.7 %로 증가한다.

그림 3.10 용도별 가스 소비 및 비중 전망



주: 가스 소비는 천연가스와 도시가스 소비의 합계

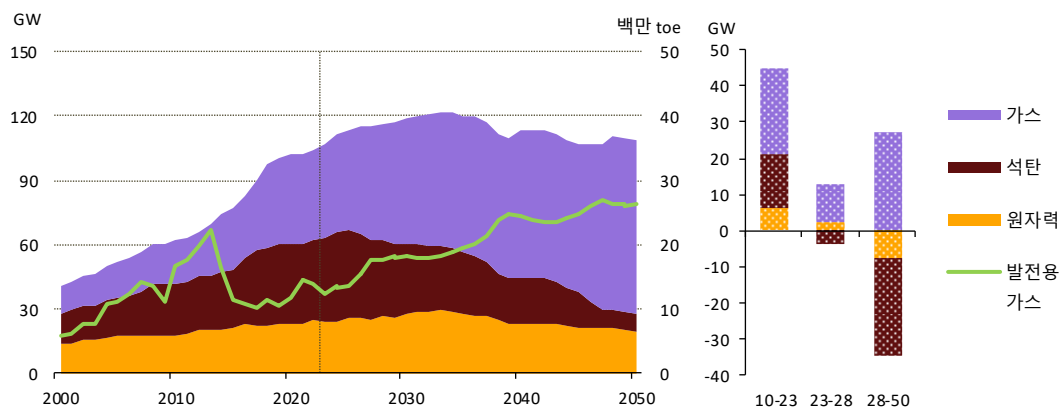
□ 발전용 수요는 기저 발전 대체와 온실가스 감축 노력으로 전망 기간 연평균 2.8 % 증가

발전용 가스 수요는 단기적으로는 석탄 화력발전소와 원자력 발전소의 신규 가동에 따른 기저발전 설비 증설로 인해 증가세가 다소 주춤할 것으로 예상되나, 2030년 전후로 노후 석탄

⁵⁰ 산업 공정에서 사용하는 부생수소, 추출수소는 공정용 수소, 수송 및 발전 등의 신규 수소는 에너지용 수소로 구분한다. 수소 제조는 에너지용 수소를 대상으로 한다.

발전소가 단계적으로 퇴출되며 가스발전소의 발전 설비 용량도 증가하고, 그에 따라 발전용 가스 수요도 증가할 것으로 전망된다. 원자력과 재생에너지 등 기저발전 외의 첨두발전을 가스 발전으로 대응하는 기조는 앞으로도 유지될 것으로 예상되며, 가스발전소의 가동률에 따라 실제 설비 용량은 변동성이 있을 수 있으나 발전용 가스 수요의 증가 추세는 지속되어 전망 기간 연평균 2.8% 증가한다.

그림 3.11 주요 발전 설비 용량 및 발전용 가스 수요 전망

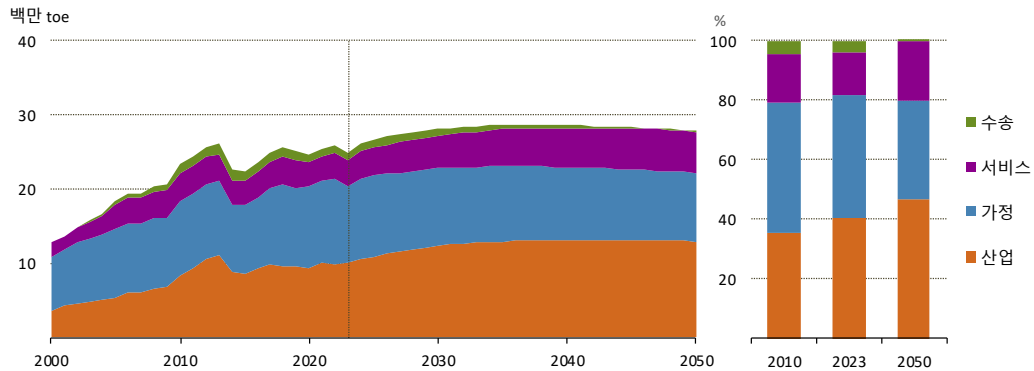


□ 최종소비 부문의 가스 수요는 연평균 0.7%의 완만한 증가세를 유지하며, 산업 부문과 서비스 부문 중심으로 수요가 증가

최종소비 부문의 가스 수요는 전망 기간 전반적으로 증가 추세를 유지하며 완만하게 증가하지만, 지속적인 에너지 효율 향상과 국내 산업의 성장이 둔화되는 과정에서 2040년대에 산업 부문, 서비스 부문에서의 소비 증가세가 완만해지고 인구 감소로 가정 부문 소비 감소 속도가 빨라지면서 2037년을 기점으로 소비량 고점을 달성한 후 감소하는 추세로 돌아설 것으로 전망된다. 최종소비 부문의 가스 수요는 전망 기간 연평균 0.4% 증가하여 2023년 24.9 백만 toe에서 2037년 28.7 백만toe로 정점을 달성한 이후 2050년 27.8 백만toe까지 완만하게 감소한다.

산업 부문과 서비스 부문에서는 지속적인 노후 설비 교체와 에너지 효율 개선 과정에서 에너지원이 석유와 석탄에서 가스로 대체되어 상대적으로 가스의 소비 비중이 높아질 것으로 전망된다. 산업 부문에서의 가스 소비는 전망 기간 연평균 0.9% 증가하며, 서비스 부문에서도 연평균 1.7%의 비교적 빠른 증가세가 유지될 것으로 예상된다. 그에 따라 최종소비 부문 가스 수요에서 차지하는 비중도 산업 부문은 2023년 40.2%에서 2050년 46.5%로, 서비스 부문은 2023년 14.1%에서 2050년 20.2%로 높아진다.

그림 3.12 최종소비 부문 가스 수요 전망



반면 가정 부문과 수송 부문에서의 가스 수요는 점차 감소할 것으로 전망된다. 가정 부문의 경우 신규 주택 공급과 기존 보일러 교체 등으로 가스 공급 주택 수는 중단기적으로 증가하겠지만, 신축 주택 및 리모델링 주택에서의 에너지 효율 향상, 인구 감소, 인구 구조 변화, 1인가구와 노령 가구 증가로 인한 가구 구조 변화 등으로 인해 장기적으로 냉·난방 에너지 수요는 감소할 것으로 전망되며, 그로 인해 가정 부문의 가스 수요도 전망 기간 연평균 0.4 %의 감소 추세가 나타난다. 수송용도 가스 연료 차량이 향후 배터리전기차나 연료전지자동차와 같은 대체 기술로 전환됨에 따라 가스의 직접 소비가 감소할 것으로 예상되며, 전망 기간 연평균 10 %로 감소하여 2050년 소비량은 아주 미미한 수준까지 낮아진다. 가정 부문 가스 수요가 최종소비 부문 가스 수요에서 차지하는 비중은 2023년 41.7 %로 가장 큰 비중을 차지했으나 2050년에는 33.1 %까지 하락하고, 수송 부문의 가스 수요는 2023년 4.0 %에서 2050년 0.2 %로 비중이 크게 감소한다.

부 록

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과 – 기준 시나리오

주요 경제 지표 및 활동 수준 - 기준 시나리오(REF)

	2000	2023	2030	2040	2050	비중 (%)		증가율 (%)	
						2023	2050	00-23	23-50
인구 (백만명)	47.0	51.7	51.3	50.1	47.1	-	-	0.4	- 0.3
가구 (백만가구)	14.5	22.0	23.3	24.4	23.6	-	-	1.8	0.3
국내총생산 (GDP, 조원)	998	2 243	2 558	2 917	3 115	-	-	3.6	1.2
주요 업종별 부가가치 (조원)									
농림어업	29	33	35	36	35	-	-	0.5	0.3
광업	3	2	2	2	2	-	-	- 1.8	0.2
제조업	286	626	698	751	759	-	-	3.5	0.7
- 석유화학, 비금속, 1 차철강	65	122	138	157	169	-	-	2.8	1.2
- 조립금속	108	385	432	462	461	-	-	5.7	0.7
SOC	94	146	157	164	159	-	-	1.9	0.3
서비스업	588	1 305	1 513	1 787	1 967	-	-	3.5	1.5
수입단가									
원유 (\$/bbl)	14	86	83	81	79	-	-	8.3	- 0.3
천연가스 (\$/톤)	161	817	522	553	547	-	-	7.3	- 1.5
유연탄 (\$/톤)	22	169	114	99	92	-	-	9.4	- 2.2
에너지 지표									
국내생산 (백만 toe)	2	0	0	0	0	-	-	- 7.6	- 4.5
총에너지 수요 (백만 toe)	187	287	310	319	307	-	-	1.9	0.3
에너지원단위 (toe/백만원)	0.19	0.13	0.12	0.11	0.10	-	-	- 1.7	- 1.0
일인당에너지소비 (toe/인)	3.98	5.55	6.04	6.37	6.53	-	-	1.5	0.6
최종소비* (백만 toe)	144	214	230	234	225	-	-	1.7	0.2
전기생산 (TWh)	293	632	730	797	793	-	-	3.4	0.8
일인당 전기생산 (MWh/인)	6	12	14	16	17	-	-	3.0	1.2
에너지부문 온실가스 지표									
온실가스 배출 (백만톤)	415	569	541	486	412	-	-	1.4	- 1.2
배출원단위 (톤/백만원)	0.42	0.25	0.21	0.17	0.13	-	-	- 2.1	- 2.4
일인당 배출 (톤/인)	8.84	11.01	10.55	9.71	8.75	-	-	1.0	- 0.8

주: 연쇄가중법에 의해 추계된 실질 부가가치는 비가법적 특성에 의해 총량(또는 상위부문)과 그 구성항목의 합이 일치하지 않을 수 있음

SOC 부가가치는 전기·수도·가스 및 건설업 부가가치의 합계

서비스업 부가가치는 하위 구성항목 부가가치의 합계

* 최종소비는 에너지전환산업으로 분류되는 석유정제의 에너지소비를 포함

에너지 수요 종합 - 기준 시나리오(REF)

(단위: 백만 toe)

	2000	2023	2030	2040	2050	비중 (%)		증가율 (%)	
						2023	2050	00-23	23-50
총에너지	187	287	310	319	307	100	100	1.9	0.3
석탄	44	73	63	49	35	25	11	2.2	- 2.7
석유	95	101	101	99	92	35	30	0.3	- 0.3
가스	19	58	71	83	86	20	28	5.0	1.4
수력	1	1	1	1	1	0	0	- 1.0	0.5
원자력	27	38	43	37	33	13	11	1.5	- 0.6
신재생·기타	1	16	31	50	61	5	20	16.1	5.2
최종소비*	144	214	230	234	225	100	100	1.7	0.2
석탄	21	31	33	32	29	14	13	1.6	- 0.3
석유	87	98	98	96	89	46	40	0.5	- 0.4
도시가스	13	28	31	31	30	13	13	3.5	0.3
전기	21	47	55	60	59	22	26	3.6	0.9
열에너지	1	3	3	4	3	1	2	4.1	0.5
신재생·기타	1	7	9	12	14	3	6	12.3	2.5
산업	80	125	141	149	147	58	66	2.0	0.6
수송	25	35	31	26	20	17	9	1.5	- 2.1
가정	16	22	22	22	21	10	9	1.3	- 0.3
서비스	19	24	28	31	31	11	14	1.2	0.9

* 최종소비는 에너지전환산업으로 분류되는 석유정제의 에너지소비를 포함

최종소비 부문별·상품별 수요 - 기준 시나리오(REF)

(단위: 백만 toe)

	2000	2023	2030	2040	2050	비중 (%)		증가율 (%)	
						2023	2050	00-23	23-50
산업*	84	132	149	156	153	100	100	2.0	0.5
석탄	21	31	33	32	29	23	19	1.7	- 0.2
석유	48	60	65	70	71	45	46	1.0	0.6
도시가스	4	13	15	16	15	10	10	5.8	0.6
전기	12	24	29	31	31	18	20	3.3	0.9
열에너지	0	0	0	0	0	0	0	-	0.0
신재생·기타	0	5	6	7	7	4	5	53.9	1.7
수송	25	35	31	26	20	100	100	1.5	- 2.1
석탄	0	0	0	0	0	0	0	-	-
석유	25	33	29	23	17	94	84	1.3	- 2.5
도시가스	0	1	1	0	0	3	0	-	- 9.6
전기	0	0	1	1	1	1	7	3.7	4.5
열에너지	0	0	0	0	0	0	0	-	-
신재생·기타	0	1	1	1	2	2	9	-	3.5
가정	16	22	22	22	21	100	100	1.3	- 0.3
석탄	0	0	0	0	0	1	0	- 4.2	- 12.1
석유	4	2	1	1	1	8	3	- 3.4	- 4.3
도시가스	7	10	10	10	9	47	45	1.5	- 0.5
전기	3	7	8	8	8	31	38	3.4	0.5
열에너지	1	2	2	3	2	10	12	3.2	0.2
신재생·기타	0	1	0	1	1	2	3	8.6	0.2
서비스 (상업, 공공, 기타)	19	24	28	31	31	100	100	1.2	0.9
석탄	0	0	0	0	0	0	0	- 1.2	- 8.6
석유	10	3	2	2	1	13	3	- 5.0	- 4.9
도시가스	2	4	4	5	6	14	18	2.9	1.7
전기	6	16	18	20	20	64	62	4.4	0.9
열에너지	0	1	1	1	1	2	3	7.7	1.7
신재생·기타	0	2	2	4	5	6	14	5.6	4.2

* 산업은 에너지전환산업으로 분류되는 석유정제의 에너지소비를 포함

산업 부문 주요 지표 및 에너지 수요 - 기준 시나리오(REF)

	2000	2023	2030	2040	2050	비중 (%)		증가율 (%)	
						2023	2050	00-23	23-50
주요 업종 산출액 (조원)									
화학	126	318	393	503	602	-	-	4.1	2.4
비금속	19	41	46	50	51	-	-	3.4	0.8
1 차철강	66	106	112	110	104	-	-	2.1	-0.1
금속, 기계, 전자, 정밀	181	831	955	1 058	1 085	-	-	6.9	1.0
운송장비	144	323	361	384	375	-	-	3.6	0.6
건설	181	272	297	320	317	-	-	1.8	0.6
주요 제품 생산량 (천톤)									
기초유분	16	31	36	39	40	-	-	2.8	1.0
조강	43	67	75	74	70	-	-	1.9	0.2
전로	25	47	52	51	48	-	-	2.8	0.1
전기로	18	20	23	23	21	-	-	0.3	0.3
시멘트	51	51	50	49	44	-	-	0.0	-0.5
클링커	46	42	42	41	37	-	-	-0.4	-0.5
에너지지 수요* (백만 toe)									
석탄	21	31	33	32	29	23	19	1.7	-0.2
석유	48	60	65	70	71	45	46	1.0	0.6
도시가스	4	13	15	16	15	10	10	5.8	0.6
전기	12	24	29	31	31	18	20	3.3	0.9
열에너지	-	0	0	0	0	0	0	-	0.0
신재생·기타	0	5	6	7	7	4	5	53.9	1.7
주요 업종 에너지원단위									
화학	0.27	0.20	0.19	0.16	0.14	-	-	-1.3	-1.2
비금속	0.29	0.12	0.12	0.11	0.09	-	-	-3.9	-0.9
1 차철강	0.26	0.25	0.27	0.26	0.24	-	-	-0.1	-0.2
기계류	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	-	-	-1.8	-0.5
수송장비	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	-	-1.1	-0.7

주) 연쇄가중법에 의해 추계된 실질 부가가치는 비가법적 특성에 의해 총량(또는 상위부문)과 그 구성항목의 합이 일치하지 않을 수 있음

비제조업 부가가치는 농림어업, 광업, 건설업 부가가치의 합계

기초유분 생산량은 에틸렌, 부타디엔, 프로필렌, 벤젠, 톨루엔, 크실렌의 합계

* 석유정제의 에너지 소비를 포함

산업 부문 주요 지표 및 에너지 수요 (2) - 기준 시나리오(REF)

(단위: 백만 toe)

	2000	2023	2030	2040	2050	비중 (%)		증가율 (%)	
						2023	2050	00-23	23-50
주요 업종별 에너지 수요									
화학	33	62	73	81	85	100	100	2.8	1.2
석탄	1	3	4	5	5	5	6	3.5	1.8
석유	30	51	57	63	64	82	76	2.4	0.9
가스	0	2	3	4	4	3	5	7.8	2.9
전기	2	5	6	7	8	7	10	3.7	2.1
신재생	-	2	2	3	3	2	4	-	2.5
비금속	6	5	5	5	5	100	100	-0.7	-0.1
석탄	4	2	2	2	1	42	32	-2.3	-1.1
석유	1	1	1	1	0	11	10	-3.4	-0.5
가스	0	0	1	1	1	10	14	3.0	1.1
전기	1	1	1	1	1	20	27	1.1	0.9
신재생	-	1	1	1	1	16	18	-	0.2
철강	17	27	30	28	25	100	100	2.0	-0.2
석탄	14	22	25	23	21	84	82	2.2	-0.3
석유	1	0	0	0	0	0	0	-11.4	-1.3
가스	1	2	2	2	2	8	8	4.1	-0.2
전기	2	2	3	3	3	8	10	0.9	0.7
신재생	-	0	0	0	0	0	0	-	0.3
기계류	3	10	11	12	12	100	100	5.0	0.5
석탄	-	0	0	0	0	2	2	-	0.0
석유	1	0	0	0	0	1	1	-8.3	0.0
가스	1	2	2	2	2	18	16	4.1	0.2
전기	2	8	9	9	9	77	77	6.0	0.5
신재생	-	0	0	0	0	3	4	-	1.5
수송장비	2	3	3	3	3	100	100	2.5	-0.1
석탄	-	-	-	-	-	0	0	-	-
석유	1	0	0	0	0	10	8	-4.9	-1.0
가스	-	1	1	1	1	22	20	-	-0.5
전기	1	2	2	2	2	65	68	4.1	0.1
신재생	-	0	0	0	0	3	4	-	0.6

주) 연쇄가중법에 의해 추계된 실질 부가가치는 비가법적 특성에 의해 총량(또는 상위부문)과 그 구성항목의 합이 일치하지 않을 수 있음

비제조업 부가가치는 농림어업, 광업, 건설업 부가가치의 합계

기초유분 생산량은 에틸렌, 부타디엔, 프로필렌, 벤젠, 톨루엔, 크실렌의 합계

수송 부문 주요 지표 및 에너지 수요 - 기준 시나리오(REF)

(단위: 백만 toe)

						비중 (%)		증가율 (%)	
						2023	2050	00-23	23-50
주요지표									
자동차 형태별 (백만대)	12	26	28	29	27	100	100	3.4	0.2
승용차	8	21	23	24	23	83	84	4.3	0.3
화물차	3	4	4	4	4	14	13	1.7	0.0
승합차	1	1	1	1	1	3	2	- 3.1	- 0.2
자동차 연료별 (백만대)									
휘발유	7	14	17	17	13	53	47	2.9	- 0.2
경유	4	9	7	4	3	37	12	4.3	- 3.9
배터리자동차	-	1	2	5	8	2	30	57.4	10.3
연료전지자동차	-	0	0	1	2	0	7	-	25.0
기타	1	2	2	2	1	8	5	2.1	- 1.6
에너지 수요									
휘발유	8	11	12	11	7	31	37	1.4	- 1.5
경유	13	18	14	9	7	52	36	1.5	- 3.4
중유	1	0	0	0	0	1	1	- 3.1	- 0.5
제트유	0	1	1	1	1	3	5	22.4	0.5
부탄	3	3	2	2	1	8	6	- 0.8	- 3.4
기타석유	0	0	0	0	0	0	0	- 6.1	- 0.4
도시가스	-	1	1	0	0	3	0	-	- 9.6
전기	0	0	1	1	1	1	7	3.7	4.5
신재생·기타	-	1	1	1	2	2	9	-	3.5
수송 수단별 에너지수요									
도로	24	34	29	24	18	95	91	1.6	- 2.3
철도	1	0	0	0	0	1	2	- 2.4	1.0
항공	0	1	1	1	1	3	5	19.5	0.5
해운	1	0	0	0	0	1	2	- 3.0	- 0.9

주) 비사업용 자동차는 자가용과 관용의 합계
항공은 자국적 항공기의 국내 및 국제 수송의 합계

가정 부문 주요 지표 및 에너지 수요 - 기준 시나리오(REF)

(단위: 백만 toe)

	2000	2023	2030	2040	2050	비중 (%)		증가율 (%)	
						2023	2050	00-23	23-50
주요지표									
인구 (백만명)	47.0	51.7	51.3	50.1	47.1	-	-	0.4	-0.3
가구 (백만가구)	14.5	22.0	23.3	24.4	23.6	-	-	1.8	0.3
형태별 주택(백만호)	11.0	18.0	19.4	20.5	19.9	100	100	2.2	0.4
단독	4.1	3.5	3.4	3.2	3.0	19	15	-0.6	-0.6
아파트	5.2	11.8	13.2	14.5	14.5	65	73	3.6	0.8
공동주택	1.7	2.7	2.9	2.8	2.4	15	12	2.2	-0.4
평균 주거 면적(m ²)	85.5	75.6	73.3	71.6	71.4	-	-	-0.5	-0.2
에너지 지표									
주택당 에너지수요(toe/천원)	1.49	1.23	1.15	1.06	1.03	-	-	-0.8	-0.6
면적당	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	-	-	-0.3	-0.4
에너지수요(toe/100m ²)									
가구당 에너지수요(toe/가구)	1.12	1.00	0.96	0.89	0.87	-	-	-0.5	-0.5
인구당 전기수요(MWh/명)	0.79	1.55	1.71	1.84	1.94	-	-	3.0	0.8
에너지 수요									
	16	22	22	22	21	100	100	1.3	-0.3
석탄	0	0	0	0	0	1	0	-4.2	-12.1
석유	4	2	1	1	1	8	3	-3.4	-4.3
도시가스	7	10	10	10	9	47	45	1.5	-0.5
전기	3	7	8	8	8	31	38	3.4	0.5
지역난방	1	2	2	3	2	10	12	3.2	0.2
신재생·기타	0	1	0	1	1	2	3	8.6	0.2
용도별 에너지 수요									
난방/온수	12	14	13	13	12	63	57	0.5	-0.6
취사	1	2	2	1	1	8	5	1.2	-1.8
냉방	0	1	1	1	1	4	7	16.2	1.9
조명	0	1	1	1	1	4	4	3.3	-0.5
기타 가전기기	2	5	5	5	6	21	27	3.2	0.6

주) 단독주택은 건물에 대한 소유권은 하나인 주택으로 다중주택이나 다가구주택은 여러 세대가 함께 거주하는 주택이지만 세대별로 소유권이 구분되지 않기 때문에 단독주택으로 분류
 공동주택은 집합 건물로써 세대별로 소유권 이전 등기가 가능한 주택
 소득은 가구당 소득을 의미
 용도별 에너지수요는 기본 설비와 보조 기기의 에너지수요

서비스 부문 주요 지표 및 에너지 수요 - 기준 시나리오(REF)

(단위: 백만 toe)

	2000	2023	2030	2040	2050	비중 (%)		증가율 (%)	
						2023	2050	00-23	23-50
주요 업종별 산출액 (조원)									
도소매	159	359	406	467	508	-	-	3.6	1.3
숙박음식	74	178	199	223	236	-	-	3.9	1.1
운수보관	74	185	210	241	260	-	-	4.1	1.3
정보통신	57	208	257	320	368	-	-	5.8	2.1
공공행정및국방	84	195	217	229	231	-	-	3.7	0.6
교육서비스	68	145	148	146	137	-	-	3.4	-0.2
의료복지	44	219	331	537	741	-	-	7.3	4.6
예술,스포츠,레저	17	52	61	75	86	-	-	5.1	1.9
기타서비스	311	861	1 036	1 274	1 440	-	-	4.5	1.9
에너지 수요	19	24	28	31	31	100	100	1.2	0.9
석유	10	3	2	2	1	13	3	-5.0	-4.9
도시가스	2	4	4	5	6	14	18	2.9	1.7
전기	6	16	18	20	20	64	62	4.4	0.9
지역난방	0	1	1	1	1	2	3	7.7	1.7
신재생·기타	0	2	2	4	5	6	14	5.6	4.2
부문별 에너지 수요									
상업 서비스	16	19	21	24	24	78	77	0.8	0.9
공공 서비스	3	5	6	7	7	22	23	2.6	1.1

석유 공급 및 수요 - 기준 시나리오(REF)

(단위: 백만 toe)

	2000	2023	2030	2040	2050	비중 (%)		증가율 (%)	
						2023	2050	00-23	23-50
원유 수요*	122	150	158	141	117	-	-	0.9	-0.9
국제 벙커링	13	17	19	20	20	-	-	1.1	0.6
총공급	95	101	101	99	92	100	100	0.3	-0.3
전환	6	1	1	1	1	1	1	-8.3	0.4
에너지산업자체소비	5	5	5	5	4	5	5	0.2	-0.6
최종소비	84	95	95	93	87	94	94	0.5	-0.3
제품별 석유 수요**									
정제가스	1	4	4	3	3	4	3	4.3	-1.2
휘발유	8	11	12	11	7	11	8	1.3	-1.5
등유	10	2	1	1	1	2	1	-7.0	-4.6
경유	18	21	16	11	8	21	9	0.6	-3.4
중유	13	1	1	1	1	1	1	-10.0	-0.2
제트유	0	1	1	1	1	1	1	5.8	-0.7
프로판	4	7	8	11	12	7	13	2.0	1.9
부탄	4	4	3	4	3	4	4	0.0	-0.7
납사	25	41	45	46	46	41	50	2.3	0.4
기타 비에너지유	3	6	6	7	7	6	8	3.5	0.9
용도별 석유 수요									
에너지산업	5	5	5	5	4	5	5	0.2	-0.6
산업	44	57	63	68	69	56	74	1.1	0.7
(연료)	19	10	11	11	11	10	12	-2.6	0.2
(석유화학원료)	26	46	52	56	58	46	63	2.6	0.8
수송	25	33	29	23	17	33	18	1.3	-2.5
가정	4	2	1	1	1	2	1	-3.4	-4.3
서비스	10	3	2	2	1	3	1	-5.0	-4.9
전환	6	1	1	1	1	1	1	-8.3	0.4

* 원유 수입 및 재고 변화를 포함한 총수요

** 에너지전환공정 제외

석탄 공급 및 수요 - 기준 시나리오(REF)

(단위: 백만 toe)

	2000	2023	2030	2040	2050	비중 (%)		증가율 (%)	
						2023	2050	00-23	23-50
총공급	44	73	63	49	35	100	100	2.2	- 2.7
전환부문	23	42	29	17	6	58	17	2.7	- 7.1
최종소비부문	21	31	33	32	29	42	83	1.6	- 0.3
제품별 석탄 수요									
국내탄	1	0	0	0	0	0	0	- 4.5	- 11.6
수입무연탄	1	2	2	1	1	3	3	2.7	- 2.5
연료용 유연탄	28	53	41	29	18	72	51	2.8	- 3.9
원료용 유연탄	14	18	20	18	16	24	45	1.0	- 0.5
용도별 석탄 수요									
발전/열생산용	23	42	29	17	6	58	17	2.7	- 7.1
코크스 제조 및 고로용	13	17	19	18	15	23	44	1.2	- 0.4
킬른가열용	4	2	2	2	1	3	4	- 2.3	- 1.1
기타 산업용	4	12	12	12	12	16	35	4.5	0.1
연탄용	0	0	0	0	0	0	0	- 4.2	- 12.1

가스 공급 및 수요 - 기준 시나리오(REF)

(단위: 백만 toe)

	2000	2023	2030	2040	2050	비중 (%)		증가율 (%)	
						2023	2050	00-23	23-50
총공급	19	58	71	83	86	94	97	5.0	1.4
전환 부문*	6	29	39	51	55	51	64	7.0	2.3
최종소비 부문	13	25	28	29	28	43	33	3.0	0.4
용도별 소비									
발전용	6	12	18	24	26	21	30	3.3	2.8
지역난방	0	17	18	20	19	29	23	18.6	0.6
수소제조	-	1	2	7	10	1	11	392.7	10.8
에너지산업	0	3	4	3	3	6	3	9.1	-0.9
산업	4	10	12	13	13	17	15	4.7	0.9
수송	-	1	1	0	0	2	0	-	-9.6
가정	7	10	10	10	9	18	11	1.5	-0.5
서비스	2	4	4	5	6	6	7	2.9	1.7

주: 천연가스 손실과 도시가스 손실 차로 인해 합계가 불일치할 수 있음

* 자가소비 및 손실 포함

전기 공급 및 수요 - 기준 시나리오(REF)

	2000	2023	2030	2040	2050	비중 (%)		증가율 (%)	
						2023	2050	00-23	23-50
발전설비 (GW)	48	144	196	243	278	100	100	4.8	2.5
석탄	14	39	32	21	8	27	3	4.6	- 5.5
석유	5	0	0	0	0	0	0	- 12.1	- 2.8
가스	13	44	59	65	77	31	28	5.5	2.1
원자력	14	24	28	23	19	17	7	2.5	- 0.8
수력	3	7	7	9	9	5	3	3.2	1.0
신재생	-	30	70	125	165	21	59	-	6.5
- 변동성 재생에너지	-	26	65	117	156	18	56	-	6.8
- 기타 재생에너지	-	3	3	3	3	2	1	-	0.0
- 신에너지	-	1	3	5	7	1	2	-	5.9
총발전량(TWh)	293	632	730	797	793	100	100	3.4	0.8
석탄	99	187	137	93	40	30	5	2.8	- 5.6
석유	19	1	1	1	1	0	0	- 13.7	0.5
가스	28	158	219	275	292	25	37	7.7	2.3
원자력	109	180	203	175	153	29	19	2.2	- 0.6
수력	6	8	8	9	9	1	1	1.3	0.8
신재생	-	52	115	198	256	8	32	-	6.1
- 변동성 재생에너지	-	33	86	156	205	5	26	-	7.0
- 기타 재생에너지	-	11	14	14	14	2	2	-	0.7
- 신에너지	-	7	15	28	38	1	5	-	6.3
상용자가*	31	45	48	46	42	7	5	1.6	- 0.3
발전용 에너지 수요 (백만 toe)	62	103	115	122	119	100	100	2.2	0.6
석탄	23	42	29	17	6	41	5	2.7	- 7.1
석유	5	0	0	0	0	0	0	- 11.5	- 3.4
가스	6	12	18	24	26	12	21	3.3	2.8
수력	1	1	1	1	1	1	1	- 1.0	0.5
원자력	27	38	43	37	33	37	27	1.5	- 0.6
신재생·기타	0	9	23	43	54	9	45	43.6	6.8
(수소)	-	-	1	4	6	0	5	-	-
전기 수요(TWh)	242	549	641	709	712	100	100	3.6	1.0
수소제조**	-	-	-	-	-	0	0	-	-
에너지산업자체소비	4	14	20	29	32	2	4	5.2	3.2
산업	128	268	317	346	345	49	48	3.3	0.9
수송	2	5	10	12	15	1	2	3.7	4.5
가정	37	80	88	92	91	15	13	3.4	0.5
서비스	68	182	206	229	228	33	32	4.4	0.9
기타	6	14	21	29	33	3	5	3.5	3.1

* 상용자가는 상용자가 발전량 중 한전 구입량

** 수소제조는 전환공정의 전기소비(수전해), 개질 및 추출수소의 전기소비는 에너지전환자체소비에 포함

열에너지 공급 및 수요 - 기준 시나리오(REF)

(단위: 백만 toe)

	2000	2023	2030	2040	2050	비중 (%)		증가율 (%)	
						2023	2050	00-23	23-50
열생산량	1	3	3	3	3	-	-	3.6	0.6
지역난방 수요	1	3	3	3	3	100	100	3.7	0.6
가정	1	2	2	3	2	81	75	3.2	0.2
서비스	0	1	1	1	1	19	25	7.7	1.7
지역난방용 에너지 수요	2	17	19	21	20	100	100	10.4	0.6
석탄	-	-	-	-	-	0	0	-	-
석유	1	0	1	1	1	2	3	-6.3	2.1
가스	0	17	18	20	19	97	96	18.6	0.6
신재생	-	0	0	0	0	1	1	-	0.9

신재생/기타 공급 및 수요 - 기준 시나리오(REF)

(단위: 백만 toe)

	2000	2023	2030	2040	2050	비중 (%)		증가율 (%)	
						2023	2050	00-23	23-50
부문별 신재생에너지 수요	1	16	31	50	61	100	100	16.1	5.2
발전/열생산	0	8	21	38	47	53	77	42.9	6.6
산업	-	5	6	7	7	29	12	53.9	1.7
수송	-	1	1	1	2	4	3	-	3.5
가정	0	1	0	1	1	3	1	8.6	0.2
서비스	0	2	2	4	5	10	7	5.6	4.2
(수소 공급)	-	0	1	5	8	100	100	303.1	32.2
수입	-	-	-	0	1	0	18	-	-
생산	-	0	1	5	6	100	82	303.1	31.3
(수소 수요)	-	-	1	5	8	100	100	-	53.5
발전	-	-	1	4	6	0	80	-	-
산업	-	-	-	-	-	100	0	-	-
수송	-	-	0	1	1	0	20	-	-

주: 수력 포함, 양수는 제외

에너지 부문 온실가스 배출 - 기준 시나리오(REF)

(단위: 백만 tCO₂eq)

	2000	2023	2030	2040	2050	비중 (%)		증가율 (%)	
						2023	2050	00-23	23-50
주요지표									
총배출	415	569	541	486	412	-	-	1.4	- 1.2
에너지당 배출(톤/toe)	2.69	2.29	2.15	2.00	1.86	-	-	- 0.7	- 0.8
GDP 당 배출(톤/백만원)	0.42	0.25	0.21	0.17	0.13	-	-	- 2.1	- 2.4
인구당 배출(톤/인)	8.84	11.01	10.55	9.71	8.75	-	-	1.0	- 0.8
에너지상품별 온실가스 배출									
석탄	167	273	233	180	128	48	31	2.2	- 2.8
석유	207	176	163	146	124	31	30	- 0.7	- 1.3
천연가스	41	121	145	160	160	21	39	4.8	1.0
부문별 온실가스 직접 배출									
산업	149	188	205	205	194	33	47	1.0	0.1
수송	70	96	84	66	48	17	12	1.4	- 2.6
가정	29	28	26	24	21	5	5	- 0.2	- 1.0
서비스	33	16	16	15	14	3	3	- 3.0	- 0.5
에너지산업	14	20	20	19	16	3	4	1.4	- 0.7
발전/열생산	120	221	189	157	119	39	29	2.7	- 2.3

주: 전환부문의 온실가스 간접배출은 자가소비 및 유통손실에 의한 배출량을 의미

2. 참고문헌

<국내 문헌>

2050 탄소중립위원회, 2021a. 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안.

2050 탄소중립위원회, 2021b. 2050 탄소중립 시나리오안.

KDI, 2023a. KDI 경제동향. 4.

KDI, 2023b. KDI 경제전망(2023 하반기), 한국개발연구원.

KDI, 2023c. 제11차 전력수급기본계획 수립을 위한 경제성장률 전망, 한국개발연구원

Republic of Korea, 2021. Submission under the Paris Agreement, The Republic of Korea's Enhanced Update of its First Nationally Determined Contribution.

강병욱, 2023. 탄소중립을 위한 철강 생산공정 전환 시나리오 분석 연구, 에너지경제연구원.

고준형, 2023. 팬데믹 이후 메가트렌드와 미래 철강산업. POSRI Issue Report, 11 1.

관계부처 합동, 2021. 에너지 탄소중립 혁신전략.

관계부처 합동, 2023. 탄소중립 녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획.

관계부처합동, 2024. 2023 이상기후 보고서.

국토교통부, 2021. 국토교통 탄소중립 로드맵.

국토교통부, 2022.9.. 미래를 향한 멈추지 않는 혁신 「모빌리티 혁신 로드맵」 발표.

국토교통부, 2024.8.30.. 지속가능항공유(SAF) 활성화로 기후위기 대응과 신시장 선점을 향한 우리의 발걸음이 빨라진다.

국토교통부, 2024a. 2050 탄소중립 실현, 제3차 녹색건축물 기본계획('25~'29) 고시.

국토교통부, 2024b. 녹색건축물 조성지원법.

기상청, 2024, 기상자료개방포털, Available at <https://data.kma.go.kr/stcs/grnd/grndRnList.do?pgmNo=69>(최종접속: 2024년 12월 31일)

기획재정부, 환경부, 2024. 제4차 배출권거래제 기본계획.

김경유·조철·송명구·이은창·오승환, 2024.10. *모빌리티 혁신에 따른 자동차산업 구조 변화와 지속발전 전략 연구*, 산업연구원.

무역협회, 2023. *글로벌 무역통계 서비스 K-stat*. Available at: <https://stat.kita.net/newMain.screen> [최종접속: 2024년 1월 30일].

산업연구원, 2024. *미 대선 향방에 따른 한국 산업 영향과 대응 방안*.

산업연구원, 2023. *중장기 산업 구조 변화에 대한 자문보고서*.

산업통상자원부, 2019. *제3차 에너지기본계획*.

산업통상자원부, 2020. *제9차 전력수급기본계획*.

산업통상자원부, 2021. *탄소중립 산업, 에너지 R&D 전략*.

산업통상자원부, 2022. *10차 전력수급기본계획*.

산업통상자원부, 2023. *분산법 하위법령 제정안 공청회 열려*.

에너지경제연구원, 2023. *KEEI 중기 에너지수요전망(2022-2027)*, 에너지경제연구원.

에너지경제연구원, 2024.5. *에너지브리프 2024년 5월호*.

에너지경제연구원, 2024.8. *KEEI 중기 에너지수요전망*, 에너지경제연구원.

에너지경제연구원, 2024. *2023 장기 에너지 전망*, 에너지경제연구원.

최도영, 신태철, 2023. *자동차 평균에너지소비효율기준 평가 및 개선방안 연구*. 에너지경제연구원.

통계청, 2023a. *2022년 사망원인통계 결과*.

통계청, 2023b. *2022년 출생 통계*.

통계청, 2023c. *장래인구추계: 2022~2070*.

통계청, 2024. *장래가구추계(2022~2052년)*.

한국은행, 2024a. *국민계정 2020년 기준년 개편 결과 (2000~23년)*.

한국은행, 2024b. *경제전망 Indigo Book 2024년 11월*.

<해외 문헌>

BBC, 2023. *Rishi Sunak's green approach is pragmatic, says Suella Braverman.*

BNEF, 2024. *Electrified Transport Market Outlook 4Q 2023: Growth Ahead.*

EU Council, 2023.9.20. *ReFuelEU Aviation.*

Euractiv, 2023. *EU countries behind schedule on 2030 energy efficiency goals: report.*

IEA, 2023. *World Eenergy Outlook 2023*, Paris: IEA Publications.

IEA, 2024. *World Energy Outlook 2024*, Paris: IEA Publications.

IPCC, 2021. *Climate Change 2021 The Physical Science Basis.*

IPCC, 2023. *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023.*

KEEI 2024 장기 에너지 전망

2025 년 2 월 일 인쇄

2025 년 2 월 일 발행

발행인 김 현 제

발행처 에너지경제연구원

44543 울산광역시 중구 종가로 405-11

전화: (052)714-2114(代)

팩스: (052)714-2028

등 록 제 369-4030000251001992000001 호

인 쇄 디자인매일 (051)467-3337

© 에너지경제연구원 2024



44543 울산광역시 중구 종가로 405-11(성안동, 에너지경제연구원)
TEL: 052-714-2114 FAX: 052-714-2028 E-mail: EnergyOutlook@keei.re.kr
www.keei.re.kr

