

KEEI

2017 장기 에너지 전망



KEEI
2017 LONG-TERM ENERGY OUTLOOK


에너지경제연구원
Korea Energy Economics Institute

(44543) 울산광역시 중구 종가로 405-11(성안동)
Tel. 052)714-2114 Fax. 052)714-2028
E-mail. EnergyOutlook@keei.re.kr
<http://www.keei.re.kr>




에너지경제연구원
Korea Energy Economics Institute

KEEI

2017 장기 에너지 전망



에너지경제연구원
Korea Energy Economics Institute

『KEEI 2017 장기 에너지 전망』은 에너지경제연구원의 에너지·온실가스 전망 시스템(KEEI-EGMS, Energy Greenhouse-gas Modelling System)을 이용한 국제 및 국내 에너지 수급 동향 분석과 2040년까지의 우리나라 에너지 전망을 수록한 보고서입니다. 이 보고서는 최근의 에너지 수급 변화를 심도 있게 분석하여 각종 에너지 수급 지표 전망과 정책적 시사점을 제공함으로써 국가의 에너지 수급 정책 방향 설정 및 조정에 기여하고자 작성되었습니다.

보고서 작성을 위해 사용된 에너지·온실가스 전망 시스템은 현실의 복잡한 에너지 수급 구조를 단순화한 전망 시스템으로, 전망 결과는 시스템이 사용하고 있는 자료, 방법론, 모형 구조, 전망 전제 등에 따라 민감하게 변할 수 있습니다. 에너지경제연구원은 보다 객관적이고 신뢰성 있는 전망 결과를 제공하고자 자료와 시스템을 지속적으로 보완·개선하고 다양한 시나리오 분석을 수행하고 있으나 전망 결과가 미래에 대한 완전한 정보를 제공하는 것은 아니므로 보고서의 활용은 관련 정책 수립 및 의사결정을 위한 참고 자료로 한정할 필요가 있습니다.

『KEEI 2017 장기 에너지 전망』의 기준 시나리오는 우리나라 인구·경제·사회의 변화에 대한 기본 전제를 바탕으로 현행 정책, 지침 및 규제가 유지되며 과거의 에너지 기술과 소비 행태의 변화 추세가 미래에도 지속된다는 가정 하에 에너지 수요를 분석합니다. 또한 시스템의 불완전성과 미래 예측의 불확실성을 보완하기 위해 다양한 경제 성장 시나리오 및 기술, 정책 시나리오를 이용하여 에너지 수요 및 온실가스 배출 전망을 수행합니다.

이 보고서는 에너지경제연구원 에너지통계연구실 및 연구 부서와 협력하여 에너지수급연구실에서 작성합니다. 김수일 선임연구위원이 작성 책임을 맡고, 김성균 연구위원(산업, 온실가스), 김철현 연구위원(가정, 석탄), 이승문 연구위원(수송, 석유), 강병욱 부연구위원(전환, 서비스, 가스), 이성재 전문연구위원(서비스, 가스, 경제)이 작성에 참여했으며, 남보라 위촉연구위원, 김성은 위촉연구위원이 연구를 지원하였습니다. 또한, 박광수 선임연구위원, 강윤영 교수(서울대)가 보고서를 검토하였습니다.

이 보고서에 대한 의견과 질문은 EnergyOutlook@keei.re.kr(으)로 보내주시기 바랍니다.

제 목 차 례

요약 및 특징	9
제1장 에너지·환경 관련 주요 정책 및 이슈	13
1. 에너지 정책 패러다임의 변화.....	15
2. 제8차 전력수급기본계획의 주요 내용	19
3. 에너지기본계획의 고찰 및 시사점	23
제2장 2017~2040 에너지 전망	29
1. 장기 에너지 전망의 개념 및 주요 전제.....	31
2. 에너지 전망 개요.....	40
3. 산업 부문.....	53
4. 수송 부문.....	58
5. 가정 부문.....	66
6. 서비스 부문.....	72
7. 발전 부문.....	77
8. 석탄.....	86
9. 석유.....	90
10. 가스.....	95
11. 에너지 부문 온실가스 배출	104
부 록 	109
1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과.....	111
2. 전력 시장의 주요 이슈	156
3. 참고문헌	166

표 차례

표 1.1	7차 및 8차 전력수급기본계획 전력 수요 전망 비교	20
표 1.2	8차 전력수급계획에 따른 연도별 기저 발전 설비 신설 및 폐지 계획.....	21
표 1.3	제1차 국가에너지기본계획 녹색성장 5대 비전	26
표 1.4	6대 중점과제 및 주요 정책 목표	27
표 2.1	경제, 에너지, 온실가스 주요 지표.....	43
표 2.2	연령별 통행원단위	61
표 2.3	부문별 전력 소비 추이 (TWh)	80
표 2.4	국내 천연가스 생산기지 현황 (2017년 9월 30일 기준).....	95
표 2.5	에너지 연소 부문 온실가스 배출량의 부문별 감축 목표 및 전망.....	106
부록 표 1	송전 전압별 역할	160
부록 표 2	2020년 기준 OECD 주요 국가들의 발전원별 균등화 발전 비용 (USD/MWh)	162
부록 표 3	전기요금 체계	165

그림 차례

그림 1.1	OECD의 에너지원별 총에너지 소비 비중 및 전력 생산 비중 추이.....	16
그림 1.2	‘재생에너지 3020 이행계획’에 따른 재생에너지 발전량 및 설비용량 계획.....	17
그림 1.3	전력 수요량 및 최대 전력 전망 비교	20
그림 1.4	8차 수급계획에 따른 주요 에너지원별 발전설비 가동률 및 발전량 비중.....	22
그림 1.5	에너지 분야 중장기 계획의 구조.....	23
그림 1.6	제1차 국가에너지기본계획 추진 과정.....	24
그림 1.7	제2차 에너지기본계획 추진 과정	25
그림 2.1	인구 구조 및 생산가능인구 비율 변화	35
그림 2.2	시나리오별 GDP 추이.....	37
그림 2.3	원유의 평균 수입 가격 추이 및 전망	39
그림 2.4	시나리오별 총에너지 수요 및 온실가스 배출 전망.....	41
그림 2.5	에너지원별 수출입 및 총에너지 수요의 수입의존도	45
그림 2.6	2016~2040년 총에너지 및 발전용 연료 수요 변화와 최종 소비 부문의 부문별 수요 변화.....	46
그림 2.7	일차에너지 비중의 변화	48
그림 2.8	전망 기간 주요 부문의 석유 수요 변화.....	49
그림 2.9	발전용 연료의 기간별 수요 변화.....	50
그림 2.10	에너지원별 최종 소비와 주요 업종별 부가가치 비중	51
그림 2.11	총에너지 및 에너지원단위 비교	51
그림 2.12	온실가스 배출 집약도와 화석 연료별 온실가스 배출	52
그림 2.13	기준 시나리오의 산업 부문 에너지 수요, 부가가치 및 에너지원단위, 1990-2040.....	54
그림 2.14	주요 업종별 에너지 수요 비중 변화	55
그림 2.15	에너지다소비 업종의 주요 제품 생산량 전망 (백만 톤).....	56
그림 2.16	에너지원별 산업용 에너지 수요 비중(원료용 포함).....	57
그림 2.17	자동차 보급대수 및 대당 인구수 추이	59
그림 2.18	내연기관 및 친환경 자동차 보급대수 추이	59
그림 2.19	주요국의 일인당 GDP 변화에 따른 자동차 대당 인구수 추이(1990~2013년).....	60
그림 2.20	승용차 신규등록의 소유자 연령 비중 추이 (%).....	61
그림 2.21	수송 수단별 사업용 여객 및 화물 수송 수요	62
그림 2.22	2016~2040년 수송 수단별 에너지 수요의 변화	64
그림 2.23	수송 연료별 비중 변화.....	65

그림 2.24	가구수 및 평균 가구 구성원수 추이	66
그림 2.25	가정 부문 에너지 수요 및 가구당 에너지 수요.....	67
그림 2.26	일인당 및 GDP(천만원)당 가정 부문 에너지 수요.....	68
그림 2.27	가정 부문 에너지 수요의 기간별 추이 및 전망.....	69
그림 2.28	가정 부문 에너지원별 소비 및 비중	70
그림 2.29	가정 부문 용도별 에너지 수요 비중 변화	71
그림 2.30	형태별 주택 수 및 호당 난방/온수/취사용 에너지 수요	71
그림 2.31	서비스 부문 에너지 수요 및 부가가치 추이	73
그림 2.32	서비스 부문 에너지원별 수요 추이 및 전망	74
그림 2.33	서비스업 업종별 에너지 수요 비중 변화	76
그림 2.34	2016년과 2040년 서비스 부문 용도별 에너지 수요 변화.....	76
그림 2.35	1990~2016년 전력 소비 및 발전 설비 용량 추이.....	77
그림 2.36	GDP 및 전력 수요 증가율 추이.....	79
그림 2.37	사용 연료별 발전 설비의 변화 (GW).....	81
그림 2.38	설비 예비율 추이 및 전망	82
그림 2.39	에너지원별 발전량 및 발전연료 수요 추이	84
그림 2.40	2016년 발전 비중 고정 대비 2017 에너지 전망의 온실가스 배출의 차이 (백만 톤).....	85
그림 2.41	석탄 수요 추이 및 전망	86
그림 2.42	석탄화력 발전설비 용량, 이용률 범위 및 평균.....	88
그림 2.43	용도별 석탄 수요 전망.....	88
그림 2.44	1990년과 2016년 국내 석유 공급 현황 (백만 bbl)	90
그림 2.45	석유제품 수요 및 증가율 추이	92
그림 2.46	석유화학의 석유 소비 및 총석유 소비에서 석유화학이 차지하는 비중 추이.....	92
그림 2.47	기간별 부문별 석유제품 수요 변화.....	93
그림 2.48	기간별 석유제품별 수요 변화.....	94
그림 2.49	2016년 천연가스 수입 및 공급 흐름 (천 톤)	96
그림 2.50	산업 부문 업종별 도시가스 소비 추이.....	98
그림 2.51	평균 유가와 도시가스 용도별 평균 요금의 가격지수(2017.11=100) 추이	99
그림 2.52	용도별 가스 소비 추이 및 전망	100
그림 2.53	주요 발전 설비 용량 및 발전용 가스 수요 전망.....	101
그림 2.54	부문별 도시가스 소비 추이 및 전망	102
그림 2.55	최종 소비 부문의 도시가스 수요 변화 및 부문별 증가 비중.....	103
그림 2.56	에너지 부문 온실가스 배출 추이 및 전망 (백만 tCO ₂ eq).....	104
그림 2.57	에너지 연소 부문 온실가스 감축 목표와 2017 장기 에너지 전망 결과 비교	105
그림 2.58	부문 및 에너지원별 온실가스 배출 (백만 tCO ₂ eq)	107

부록 그림 1 우리나라 전력 시장 구조.....	156
부록 그림 2 태양광과 풍력의 시간대별 발전량 사례, 2015년 7월 1일 (MW)	157
부록 그림 3 재생에너지 발전설비 목표 및 주체별 달성 계획	159
부록 그림 4 2020년 기준 우리나라의 비용 항목별 균등화 발전 비용.....	161
부록 그림 5 발전원별 평균 정산단가 추이	164

글상자 차례

글상자 2.1	에너지 수출입 및 수입의존도	45
글상자 2.2	제2차 에너지기본계획과의 비교	51
글상자 2.3	주요국 일인당 GDP 변화와 자동차 대당 인구수	60
글상자 2.4	고령화가 교통 수요에 미치는 두 가지 효과	61
글상자 2.5	도시가스 원료비 연동제 유예와 미수금 회수가 도시가스 수요에 미친 영향.....	98
글상자 2.6	국가 온실가스 감축 목표의 재평가	105
부록 글상자 1	정부의 재생에너지 확대 및 변동성 보완 방안	159

요약 및 특징

□ 정부의 에너지 전환 정책은 과거와 차별적인 에너지 수요 구조와 온실가스 배출 경로를 제시

- 정부의 에너지 전환 정책의 목표와 추진 방법을 선명하게 드러낸 '신고리 5,6호기 공론화' 과정과 그 이후의 후속 조치를 살펴 보면, 정부는 환경, 안전, 경제를 축으로 에너지 정책의 전환을 추구하고 있으며 이러한 정책 전환은 2017년 말 확정된 '제8차 전력수급기본계획'과 2018년 발표될 '제3차 에너지기본계획'에서 구체화 될 예정임. 에너지 전환 정책이 우리 사회의 에너지에 대한 패러다임 변경으로 정착될 경우 우리나라의 에너지 수요 구조나 온실가스 배출 추이는 과거와 크게 차별적인 모습을 보일 것으로 예상됨
- 구체적으로 살펴 보면, 이미 건설이 진행 중인 신규 석탄화력 발전소 총 13기, 12.6 GW는 예정대로 가동이 되겠지만 미세먼지에 대응하기 위한 탈석탄 정책 방향으로 2030년 이전에 총 10기 3.3 GW의 석탄화력 발전소가 폐지되고, 노후 석탄화력 발전소의 폐지 및 신규 석탄화력 발전소의 진입 금지 방침이 이후에도 변함없이 추진된다면 2030년 이후 23기 11 GW의 석탄화력 설비가 추가로 폐지될 것으로 예상됨. 정부의 원자력 축소 정책이 유지될 경우 원자력 발전소도 신고리 5, 6호기를 마지막으로 신규 건설이 중단되며 2020년대 11기 9.1 GW, 2030년대 4기 4 GW 규모의 설비가 가동 중지될 것으로 예상됨. 석탄과 원자력 발전 설비의 폐지로 부족해지는 설비는 가스복합화력 설비와 신재생에너지 설비의 신규 건설을 통해 대응할 예정인데, 정부는 '재생에너지 3020 이행계획'을 통해 풍력 및 태양광 중심의 발전 부문 신재생에너지 목표를 제시하기도 함
- 이러한 변화로 2040년 석탄화력과 원자력의 발전량이 총발전량에서 차지하는 비중은 각각 26%와 15% 수준으로 하락하는 반면 가스복합화력과 신재생에너지 발전량은 2040년 각각 39%와 19% 수준으로 증가할 전망이다. 원자력 설비의 가동 수명이 연장될 경우 2030년대 중반 원자력 설비가 석탄화력 발전 설비 규모를 넘어설 것이라는 지난 전망과 달리 원자력 발전 설비의 신규 건설뿐만 아니라 기존 설비의 유지에 대한 정부 정책 방향이 분명해지면서 원자력 발전량은 오히려 신재생에너지 발전량보다 작아질 것으로 전망됨. 발전용 가스 수요는 단기적으로는 석탄화력 발전의 증가로 감소하겠지만 2030년대 초반 대형 노후 석탄화력 발전소가 폐지되기 시작하면서 다시 증가하여 2040년에는 과거 최고 수준보다 44% 높은 수준에 도달할 것으로 예상됨
- 석탄과 원자력 발전이 감소하고 이를 가스 및 신재생에너지 발전이 대체하면서 전망 기간 발전 부문의 연료 수요는 연평균 0.5% 증가하고 온실가스 배출은 연평균 0.2% 증가에 그쳐 2040년에도 현재와 비슷한 수준일 것으로 예상되지만, 발전 연료 수요와 온실가스 배출의 경로는 2030년대 초반 정점을 기록한 후 감소하는 모습을 보일 것으로 전망됨. 특히 발전용 연료 수요의 정점이 전망에서 나타난 것은 처음으로, 이는 석탄뿐만 아니라 원자력 발전의 감소 일부를 발전 효율이 높은 가스가 대체하기 때문이며 신재생에너지 발전의 비중이 높아질수록 가스 발전의 역할도 더욱 커질 것으로 예상됨

- 석탄과 원자력 발전의 축소 그리고 신재생에너지 발전의 급격한 확대라는 과거에 경험해보지 못한 에너지 정책의 방향 전환으로 인해 계통 주파수 유지를 중심으로 한 전력 시스템의 안정적 운영, 불확실성에 대한 대응 능력, 발전용 에너지의 세제 형평성, 시스템 비용과 환경 비용을 아우르는 발전 비용, 전력 요금 인상을 중심으로 한 에너지 가격 등 광범위한 문제에 대한 사회적 논의의 필요성이 더욱 강조되고 있음

□ 경제의 장기적인 성장 잠재력이 낮아지면서 에너지 수요 증가는 둔화

- 최근 우리 경제는 저유가 지속과 세계 경제의 회복 등 외부적인 요인에 힘입어 수출이 큰 폭으로 증가하고 단기적으로 경제 상황이 호전되고 있지만 가계 부채의 증가와 철강, 자동차, 조선 등 주요 업종의 대내외 상황 악화뿐 아니라 생산가능인구의 감소, 자본 축적 속도 둔화 등으로 경제의 성장 잠재력이 약화되면서 과거에 비해 장기 성장률이 낮아질 것으로 예상됨. 정부에서 추진하고 있는 소득 주도 경제 성장이 성장 기반을 어떻게 바꾸어 갈 지에 대해서는 여러 의견이 존재하지만 구체적인 분석과 전망이 없는 상태이기 때문에 본 전망에서는 과거의 경제 성장 전망을 기준으로 에너지 수요를 분석함
- 모든 시나리오에서 전망 기간의 총에너지 수요 증가율은 연평균 1% 미만으로 그칠 것으로 전망되는데, 기준 시나리오의 경우 GDP는 전망 기간 중 연평균 2.1% 성장하는 반면, 지속적인 에너지 효율 향상과 에너지 절약, 에너지 전환 정책에 따른 탈석탄 및 탈원자력과 이에 상응하는 천연가스 및 신재생에너지 보급 확대 등으로 총에너지 수요는 2016년 295.7백만 toe에서 연평균 0.6% 증가하여 2040년 343백만 toe에 도달하는 것으로 예상됨. 국내총생산(GDP) 한 단위 당 소비되는 에너지는 전망 기간 약 30% 감소하여 과거보다 더 빠르게 에너지원단위가 개선되는 것으로 분석됨
- 한편 총에너지 수요 증가 둔화와 저탄소형 에너지 구조로의 변화로 인해 에너지 부문 온실가스 배출은 2016년 615백만 톤에서 2030년대 초반 689백만 톤까지 증가한 이후 점차 감소할 것으로 분석됨. 연평균으로 환산하면 온실가스 배출의 증가 속도는 약 0.3% 수준으로 같은 기간 연평균 0.6% 증가하는 총에너지나 2.1% 증가하는 국내총생산에 비해 온실가스 배출의 증가 속도는 많이 낮아질 것으로 예상됨. 2030년대 초반 온실가스 배출 정점이 발생하는 것은 전력 수요 증가의 둔화와 에너지 전환 정책으로 인한 노후 석탄화력 폐지 및 신재생에너지 발전 증가가 주요 원인임. 특히 신재생에너지 발전 보급 확대가 원자력 발전 축소와 병행되면서 노후 석탄화력 발전소 폐지 정책의 유지는 온실가스 배출의 정점 발생에 결정적인 역할을 할 것으로 예상됨
- ‘2017 장기 에너지 전망’의 결과는 에너지 효율 개선과 더불어 생산 활동 둔화로 인해 에너지 수요 증가의 정체가 더욱 뚜렷하게 나타나며 에너지 수요 저감 또는 국가 온실가스 감축 목표의 상당 부분이 경제 활동의 둔화로 인해 달성될 수 있다는 것을 의미함. 하지만 온실가스 배출의 정점 발생 시기뿐만 아니라 에너지 수요 정점의 발생도 에너지 전환 정책의 유지 여부에 따라 달라질 수 있음을 동시에 알려주고 있음. 따라서 앞서 언급한 사회적 논의를 비롯하여 노후 석탄화력 발전소 및 원자력 발전소의 폐지로 인한 불안감이나 불확실성에 대해 신뢰할 수 있는 분석과 정보 제공이 필요함

□ **노후 원자력 발전 설비의 계속 운전 금지에도 불구하고 온실가스 배출의 정점은 더욱 이른 시점에 발생**

- ‘2016 장기 에너지 전망’에서는 2020년 이후 대규모로 발생할 원자력 설비의 계속 운전 허용 여부 문제를 합리적으로 결정하기 위한 제도적 준비와 사회적 합의 필요성을 강조한 바 있는데, 2017년 새로운 정부가 들어서면서 사회적 합의를 바탕으로 한 정책 결정을 위해 공론화 과정을 도입하고 신고리 5, 6호기의 건설 지속 여부와 향후 원자력 발전에 대한 정책 방향을 결정하였음
- 신고리 5,6호기 공론화 위원회의 결정과 정부의 탈원자력 방침에 따라 2016년 현재 가동 중인 원자력 발전 설비 중에서 2030년 이전 11기, 2030년 이후 2040년까지 4기 등 총 15기가 가동 중지될 예정임. 원자력 발전은 안전성 논란에도 불구하고 온실가스 배출 저감 수단으로써의 역할이 있기 때문에 원자력 발전소의 계속 운전 불허는 온실가스 감축 목표 달성 여부에 의문을 발생시킬 수 있음. 하지만, 정부의 재생에너지 발전 비중 목표 상향 조정과 적극적인 보급 확대 정책의 병행은 원자력 발전 설비 폐지로 인한 온실가스 배출 증가 요인을 상쇄하는 작용을 함
- 원자력의 감소로 인한 온실가스 배출 증가 요인은 신재생에너지 보급 확대에 대응하고 석탄화력 발전을 가스복합화력으로 대체하면서 전반적인 온실가스 배출은 감소하는 것으로 나타남. 즉, 온실가스 배출 정점 발생이 과거 예상보다 더욱 빨라진 것은 원자력 설비의 계속 운전 불허와 함께, 미세먼지 대응을 위한 노후 석탄화력 발전소의 폐지, 온실가스 감축을 위한 신재생에너지 보급 및 가스 발전의 확대가 상호 작용을 통해 나타난 결과임
- ‘2017 장기 에너지 전망’은 정부의 ‘재생에너지 3020 이행계획’을 반영하여 과거보다 신재생에너지 보급 수준이 크게 상승하면서 온실가스 정점이 조기에 발생할 것으로 바라보고 있으나 목표 달성을 위한 구체적인 지원 수단을 마련하지 못하거나 시장 상황이 분석과 다른 방향으로 진행될 경우 온실가스 배출의 정점 발생이 지연될 뿐만 아니라 부족한 전력을 가스 등 화력 발전이 메우면서 온실가스 배출이 오히려 더 증가할 수 있음
- 한편, 원자력 발전소를 비롯한 기존 계획의 변경, 40년 이상 된 노후 설비의 해체, 재생에너지 발전 설비 지원 등을 감안하면 발전 부문의 설비 관련 투자는 과거 추정치보다 훨씬 증가할 수 있기 때문에 이에 대한 준비가 필요함

□ **천연가스 수요는 단기적으로 감소세를 보이지만 장기적으로는 과거보다 더욱 크게 증가**

- 저유가 지속으로 인한 가격 경쟁력 상실과 건물 부문의 가스 설비 보급 포화로 최종 소비 부문의 가스 수요 증가가 과거에 비해 현저하게 둔화되고 석탄화력 발전 설비는 대규모로 확충되면서 천연가스 수요는 일시적으로 급격하게 하락할 것으로 예상됨. 하지만 최종 소비 부문의 가스 수요가 꾸준히 증가하는 가운데 석탄화력 발전 설비의 신규 증설이 중단되고 노후 석탄화력 발전소가 폐지되면서 천연가스 수요가 다시 빠르게 증가하여 2040년에는 과거 최고 수준보다 30% 가량 많은 약 67백만 toe까지 증가할 것으로 전망됨

- 천연가스 수요의 변화는 가스 자체의 성장 동력보다는 전력 수요와 석탄 및 원자력 발전의 정책 방향에 의해 결정되는 모습임. 정부의 '재생에너지 3020 이행계획'으로 변동성 재생에너지 발전이 전력 계통에서 차지하는 비중이 급속히 증가하면 계통의 안정적 운영을 위한 가스의 직간접적인 역할이 더욱 부각될 수밖에 없지만 단기적으로는 신규 석탄화력 발전소의 진입으로 어려움이 당분간 지속될 전망이다
- 따라서 최종 소비 부문의 신규 수요처 발굴과 함께, 단기적으로는 위기에 대응한 탄력적인 설비 운영과 가스 도입 및 계약 방법 등 공급 시장의 유연화, 중장기적으로는 발전 부문의 안정적 계통 운영을 위한 기술 개발 및 설비 투자, 국내외 가스 시장의 변화에 대응한 전략 수립이 필요함

제1장 에너지·환경 관련 주요 정책 및 이슈

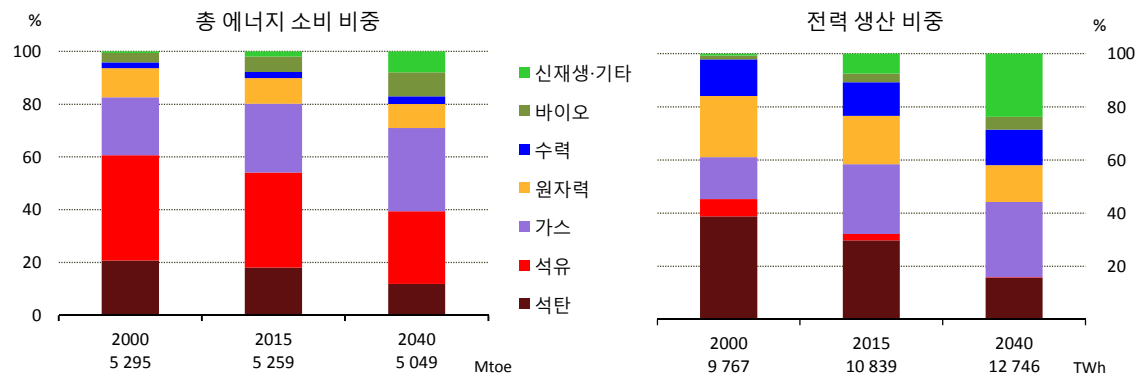
1. 에너지 정책 패러다임의 변화

□ 에너지 전환 정책과 전력 시장의 주요 이슈

- 문재인 정부는 대통령 공약과 신고리 5,6호기 건설 재개를 위한 공론화 과정의 도입 및 이후 후속 조치 등을 통해 석탄과 원자력 발전의 축소 및 신재생에너지 확대를 중심으로 에너지 정책의 방향을 전환함
 - 과거 에너지 정책은 산업 생산, 수송, 주거 등을 위한 안정적이고 저렴한 에너지 공급에 초점이 있었으나, 화석 연료 공급 중심의 에너지 정책이 기후 변화, 대기 오염 등 환경 문제를 야기하면서 환경 문제의 중요성이 인식되고, 경주 지진을 계기로 안전한 에너지 공급과 사용이 사회적 문제로 대두되면서 미래 기후 변화 대응, 경제 성장, 삶의 질 향상을 위한 깨끗하고 안전한 에너지 사용의 에너지 체제 전환 요구가 커짐
- 국제사회에서도 이미 오래 전부터 환경 보전, 사회적 통합, 경제 성장이 조화를 이루면서 발전할 수 있는 지속가능발전(sustainable development)이라는 발전 전략을 제시하였으며¹, 이를 위해 기후변화에 대응할 수 있는 새로운 에너지 정책이 필요성을 강조함 (OECD, 2017)
 - 국제사회의 기후변화 대응은 1992년 6월 “인간이 기후 체계에 위험한 영향을 미치지 않을 수준으로 대기 중의 온실가스 농도를 안정화”시키는 것을 목표로 하는 유엔환경개발회의의 ‘기후변화에 관한 국제연합 기본협약’ 체결에서 시작되었으며 (환경부, 2016), 이러한 국제사회의 노력은 2015년 12월 신기후체제인 ‘파리 협정 (Paris Agreement)’ 채택까지 이어짐
 - 우리나라에서도 국제사회의 주요 의제인 지속가능발전과 기후변화 대응을 위해 2006년도부터 5년 단위로 ‘국가지속가능발전 전략 및 이행계획(기본계획)’을 수립하였으며, 2015년 국가 온실가스 배출을 2030년까지 BAU 대비 37% 감축하는 자발적 감축 목표를 유엔기후협약에 제출하고 2016년에는 ‘제1차 기후변화대응 기본계획’, ‘제3차 지속가능발전 기본계획’ 등을 발표한 바 있음
- 주요 선진국의 기후변화 대응을 위한 에너지 정책의 실행으로, OECD의 에너지 소비는 2015~2040년 연평균 0.2% 감소하고, 총에너지 소비에서 화석연료가 차지하는 비중은 2015년 80.2%에서 2040년 71%로 하락할 전망이다 (IEA, 2017c)
 - OECD의 전력 생산은 2015년 10,839TWh에서 연평균 0.7% 증가하여 2040년 12,746TWh에 도달할 전망인데, 석탄 발전의 비중은 2015년 29.8%에서 2040년 16%, 원자력이 차지하는 비중도 2015~2040년 18.2%에서 14%로 하락하는 반면 재생에너지의 비중은 23.4%에서 42%로 크게 증가할 전망이다

¹ 1987년 세계환경개발위원회(World Commission on Environment and Development, WCED)는 우리 공동의 미래(Our Common Future)에서 지속가능발전을 “미래 세대의 욕구를 충족시킬 수 있는 능력을 저해하지 않으면서 현재 세대의 욕구를 충족시키는 발전(development that meets the needs of the present without compromising the ability of generations to meet their own needs)”으로 정의함. 지속가능발전포털(<http://ncsd.go.kr/app/sub02/11.do>) 참조

그림 1.1 OECD의 에너지원별 총에너지 소비 비중 및 전력 생산 비중 추이



자료: World Energy Outlook 2017 (IEA, 2017c)

- 정부의 에너지 전환 정책은 이러한 국제 및 국내 에너지 정책 변화 흐름의 연장선 상에 있지만 원자력 발전에 대한 변화는 과거의 에너지 정책과 큰 차별성을 갖고 있으며, 아직 여러 세부적인 부분에서 구체적인 분석과 논의 그리고 그를 바탕으로 한 합의가 필요한 상황임
 - 이에 본 보고서는 제1장에서 앞으로의 분석과 논의를 위한 정보 제공과 ‘2017 장기 에너지 전망’의 의미 및 한계에 대한 이해를 목적으로 정부의 에너지 전환 정책과 실질적인 이행계획인 ‘제8차 전력수급기본계획’의 내용을 간단히 요약하였으며, 부록에서는 에너지 전환 정책의 핵심적인 적용 부문인 전력 시장의 주요 문제들에 대해 현황과 쟁점 사항들을 정리함

지속가능발전을 위한 깨끗하고 안전한 에너지 사용

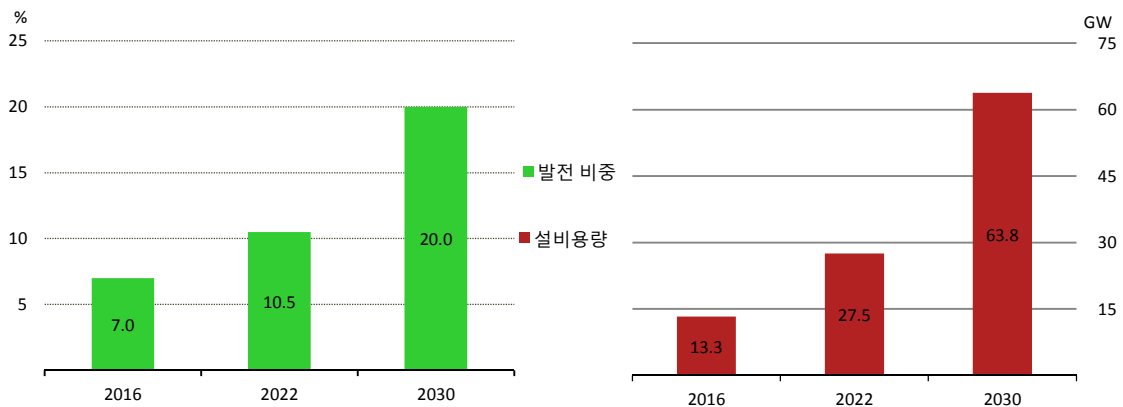
□ 시민 참여를 통한 에너지 정책 방향의 결정

- 2016년 10월 20일 신고리 5,6호기 공론화 위원회는 신고리 5,6호기의 건설 재개 및 건설 재개 후 안전 조치 강화와 향후 우리나라의 원자력 발전 축소를 최종 공론 조사 결과로 담은 정책 권고안을 정부에 제출함 (신고리 5,6호기 공론화위원회, 2017b)
 - 공론화는 ‘반복적, 직접 커뮤니케이션을 통한 잡음을 제거하는 과정’으로 직간접적 이해당사자뿐 아니라 일반 시민들이 참여하여 참여자의 학습과 토론을 기초로 숙성된 의견 형성을 지향하고 경청과 상호 이해를 바탕으로 다수결보다 합의에 기초하는 의사결정 방식이며 (은재호, 2017), 정책 현장에서는 ‘여러 이해당사자의 의견을 수렴하고 반영하여 정책에 대한 사회적 수용성을 높이는 과정’으로 정의하고 있음 (신고리 5,6호기 공론화위원회, 2017b)
 - 공론화 위원회는 우리 사회를 대표할 수 있는 500명의 시민참여단을 구성하고 종합토론회 및 총 4차에 걸친 의견 조사 등을 거쳐 신고리 5,6호기 건설 재개, 미래 원자력 정책에 대한 선호, 보완 조치 등에 대한 시민참여단의 의견을 수렴하고 최종 보고서를 작성함

1. 에너지 정책 패러다임의 변화

- 정부는 신고리 5·6호기 공론화 위원회 결정을 받아들여 신고리 5·6호기 건설을 재개하기로 결정하면서 우리나라 에너지 정책의 중장기 목표 및 방향을 제시할 ‘에너지 전환 로드맵’을 발표함
 - 정부의 에너지 전환 로드맵은 원자력 발전 축소 정책을 추진하기 위한 원전의 단계적 폐지 및 신재생에너지 확대 등을 포함하고 있으며, 이에 따라 신한울 3·4호기, 천지 1·2호기, 신규 1·2호기 총 6기, 8.8 GW의 원자력 발전의 건설 계획은 폐지되고, 노후 원자력 발전기의 수명 연장은 불허하고, 월성 1호기(0.7 GW)는 조기 폐쇄될 계획임
 - 에너지 전환 로드맵의 일정에 따라 진행될 경우 원자력 발전은 2017년 24기(22.5 GW)에서 2022년 28기(28.9 GW)로 증가하지만, 2031년 18기(20.4 GW), 2038년 14기(16.4 GW)로 단계적으로 폐쇄되며 2017~2038년에 총 10기(16.4 GW)가 축소될 예정임
 - 한편, 에너지 전환 로드맵은 2030년까지 재생에너지 발전량 비중을 20%로 확대하는 계획과 원자력 발전 축소에 따른 해당 지역 및 산업의 충격을 최소화하기 위한 대책도 포함하고 있음
- 정부는 에너지 전환 로드맵의 재생에너지 발전량 비중을 2030년까지 20%로 확대한다는 목표의 실현을 위해 2017년 12월에 ‘재생에너지 3020 이행계획’을 수립함
 - 재생에너지는 2016년 기준 총 설비용량 113.4 GW의 12%인 13.3 GW에서 전체 발전량 540.4 TWh의 7.0%인 39.2 TWh를 생산했음
 - 이행계획에서 밝힌 정부의 재생에너지 보급 목표는 태양광(30.8 GW)과 풍력(16.5 GW)을 중심으로 설비용량을 2030년 63.8 GW로 증가시키고 재생에너지 발전량 비중을 2030년 20%까지 확대하는 것임
 - 이를 위해 대규모 프로젝트와 함께 국민 참여를 확대하기 위한 도시형 자가용 태양광 설치 확대, 100 kW 이하의 소규모 사업에 한시적인 FIT 도입, 협동조합 참여 활성화, 농촌지역 ‘영농형 태양광 모델’ 도입 등의 태양광 사업을 활성화할 계획임

그림 1.2 ‘재생에너지 3020 이행계획’에 따른 재생에너지 발전량 및 설비용량 계획



자료: 재생에너지 3020 이행계획 (산업통상자원부, 2017)

□ 저탄소 사회를 구현하는 지속가능한 에너지 부문의 구조적 변화와 향후 과제

- 에너지 전환 정책은 깨끗한 에너지 사용 및 에너지 효율 개선을 통한 기후 변화 대응과 안전한 에너지 사용으로 저탄소 사회를 구현하는 장기적이고 지속가능한 에너지 부문의 구조적인 변화이지만, 원자력의 축소 및 신재생에너지 보급 확대에 의한 전기 요금 상승 우려와, 안정적 전력 계통 운영의 어려움, 온실가스 저감 효과에 대한 논쟁이 제기되고 있음
 - 원자력 발전은 온실가스 감축 수단과 우수한 경제성으로 기후변화에 대응할 주요 발전원으로 인식되었지만, 원자력의 안전성에 대한 우려가 증가하면서 다수의 원자력 운영 국가들이 원자력 발전을 재검토하거나 축소하는 결정을 내림
 - 1979년 미국의 쓰리마일섬, 1986년 구소련의 체르노빌 원전 사고에도 불구하고 원자력 발전이 온실가스 감축 수단으로 인식되면서 ‘원전 르네상스’ 시대가 이어졌으나(이석호, 2011), 2011년 일본 후쿠시마 원전 사고 이후 2017년 현재 독일(2022년), 벨기에(2025년), 대만(2025년), 스위스(2034년)가 탈원전 계획을 세웠으며, 프랑스는 2025년까지 원전의 비중을 현재 75%에서 50%까지 낮출 계획을 발표함(신고리 5,6호기 공론화위원회, 2017a)
 - 독일의 경우 2016년 태양광, 풍력, 수력, 기타 에너지 등 신재생에너지의 설비 비중은 약 55%, 발전량 비중은 약 31%로 증가하면서(양의석, 김아름, 김비아, 2017; Enerdata, June 2017), 전기 요금은 2000년 이후 지속적으로 증가하였으나 온실가스 배출은 2011년 이후 감축 속도가 크게 둔화됨
 - 정부에서는 에너지 전환 정책에 따른 전기 요금 인상요인은 2022년까지는 미미하고, 2030년까지도 2017년도 대비 10% 내외에 지나지 않지만,² 온실가스는 2030년까지 BAU 대비 26% 감축 가능하다고 추정함(산업통상자원부, 2017)
 - 정부가 전기 요금 인상 억제와 온실가스 배출 저감 목표를 달성하기 위해서는 재생에너지의 확대와 함께 발전 비용 하락을 위한 강력한 정책 지원, 기술 개선을 위한 적극적인 투자가 요구됨
- 한편, 현재의 에너지 전환 로드맵은 탈원전, 신재생에너지 확대 등 공급적 측면이 강조되고 있으나, 에너지 전환을 통한 저탄소 사회 구현을 위해서는 에너지 수요 측면에서의 접근도 필요함
 - 에너지 전환 로드맵은 에너지 효율 및 수요 관리에 대한 정책을 담지 못하고 있으며, 에너지 수요 관리 및 효율 관련 정책들은 기후변화 대응계획, 전력수급기본계획, 재생에너지 이행계획 등의 하위 목표로 설정되어서 에너지 수요 측면 정책이 상대적으로 간과되는 측면이 있음
 - 에너지 전환 정책은 우리나라 사회가 온실가스 배출 저감, 안정적인 에너지 공급, 안전하고 깨끗한 에너지원의 활용, 에너지 효율 향상, 에너지 소비 절약 등을 통해 저탄소 사회로 나아갈 수 있도록 종합적인 에너지·환경 정책으로 확대 발전되어야 함

² 전력 구입비 기준으로 연료비와 물가가 변하지 않고 신재생 발전원가는 2030년까지 35.5% 하락한다는 가정 아래에서 도출함

2. 제8차 전력수급기본계획의 주요 내용

□ 정부는 에너지 전환 정책을 반영한 ‘제8차 전력수급기본계획’을 2017년 12월 29일 확정 공고

- 정부의 에너지 전환 정책을 현실화하는데 있어 가장 중요한 시행 계획인 ‘제8차 전력수급기본계획(이하 제8차 기본계획)’이 오랜 논의 과정을 거쳐 2017년 말에 확정되었는데, ‘제8차 기본계획’은 환경과 국민 안전을 반영하여 원자력과 석탄 발전은 단계적으로 축소하고 가스와 재생에너지 발전은 확대하는 것이 주요 내용임
 - 전력수급기본계획은 중장기 전력 수요 전망과 이에 따른 전력 설비 확충을 위해 향후 15년에 대해 2년 주기로 수립하며, ‘제8차 기본계획’의 계획 기간은 2017~2031년임
 - 전력수급기본계획은 장기 에너지 전망의 에너지 수급 구조를 결정하는 핵심적인 정책 변수이지만, ‘2017 장기 에너지 전망’은 시기적인 문제로 인하여 최종 계획의 내용을 반영하지 않았으며, ‘신고리 5,6호기 공론화 위원회’의 결정 사항과 이후 ‘에너지 전환 로드맵’, ‘재생에너지 3020 이행계획’의 목표를 바탕으로 발전 부문의 정책 변화를 반영하였음
 - 따라서 본 절에서는 ‘제8차 기본계획’의 중요성을 감안하여 기본계획의 주요 내용을 정리하고 ‘2017 장기 에너지 전망’의 정책 전제와 차이점을 소개하고자 함

□ ‘제8차 기본계획’에서는 전력량 및 최대 전력 증가율이 ‘제7차 기본계획’ 대비 1% 포인트 하락

- ‘제8차 기본계획’의 전력량 수요와 최대 전력 수요는 2017~2031년 연평균 2.0% 증가할 것으로 예상하고 수요관리 강화를 통해 전력량은 전망 기간 연평균 1.0%, 최대 전력은 연평균 1.2% 증가로 억제하는 것을 목표로 설정함
 - ‘제8차 기본계획’의 전력량 및 최대 전력 전망은 ‘제7차 기본계획’과 비교할 때(2016~2029년) 연평균 증가율이 1% 포인트 가까이 낮은 수준으로, ‘제8차 기본계획’의 기준 수요 전망이 ‘제7차 기본계획’의 목표 수준과 유사함
 - 전력 수요 전망 하락은 ‘제7차 기본계획’ 대비 전망 기간의 경제성장률이 연평균 0.9% 포인트 하락한 것이 가장 큰 요인이며, 이 외에도 전력 요금 및 소비 패턴 변화가 영향을 미친 것으로 파악됨
 - 한편, 정부는 기존 수요관리 대책의 내실화와 더불어 신규 수요관리 방안의 도입, 전기요금 체계 개편 등을 통해 목표수요를 달성할 계획인데, 신규 수요관리 방안으로는 자가용 태양광을 2030년까지 15가구당 1가구 보급, 기존의 수요자원(Demand Response)시장을 상가·주택·빌딩 등으로 확대 개편, 에너지공급자 효율향상 의무화제도(EERS)등을 통한 수요관리 이행 제도 강화, 공공기관 ESS 설치 단계적 의무화 등이 포함됨
 - 전기요금은 산업용 경부하 요금을 중심으로 차등 조정하고 장기적으로는 계절 및 시간대별 요금제를 확대하는 등 요금체계 전반을 개편하여 수요관리 기능을 강화함

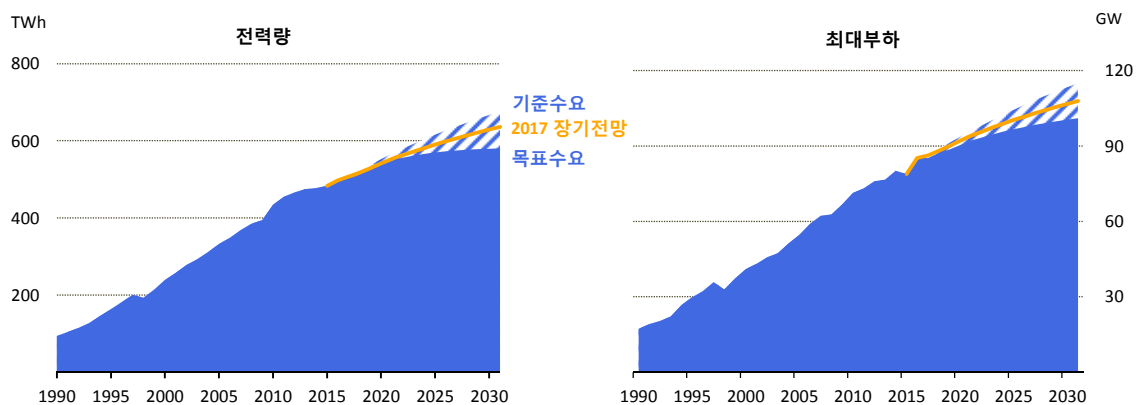
표 1.1 7차 및 8차 전력수급기본계획 전력 수요 전망 비교

			2016	2017	2020	2025	2029	2031	16~29	16~31
전력량(TWh)	목표수요	8 차	497.0	507.0	540.1	569.8	578.5	580.4	1.2%	1.0%
		7 차	509.8	532.6	588.4	631.7	656.9		2.0%	
	기준수요	8 차	497.0	509.0	552.3	615.8	657.7	675.4	2.2%	2.1%
		7 차	520.9	546.8	617.8	704.9	766.1		3.0%	
최대전력(GW)	목표수요	8 차	85.3	85.2	90.3	96.7	99.8	101.1	1.2%	1.1%
		7 차	84.6	88.2	97.3	106.6	111.9		2.2%	
	기준수요	8 차	85.3	86.5	93.6	104.4	111.8	114.9	2.1%	2.0%
		7 차	86.0	90.2	101.9	117.1	127.2		3.1%	

자료: (산업통상자원부, 2015; 2017)

- ‘2017 장기 에너지 전망’의 전력 수요 전망치는 ‘제8차 기본계획’의 기준과 목표 수요 사이에 위치함
 - ‘2017 장기 에너지 전망’의 경제성장률이 ‘제8차 기본계획’보다 연평균 0.04% 포인트 낮은 수준이고 ‘2017 장기 에너지 전망’의 모형 분석 시기와 기준 전망을 바라보는 관점의 차이로 기본계획의 추가 감축 수단 및 정책을 반영하지 않았기 때문에 ‘2017 장기 에너지 전망’의 기준 시나리오가 ‘제8차 기본계획’의 목표 수요보다는 높게 전망됨³
 - 전력수급기본계획에서 사용한 전력패널모형은 “전세계 100여개국의 전력 수요 패널데이터 분석 결과를 반영”하여 국가 전력 수요 전체를 전망하는 모형인 반면, 에너지경제연구원의 KEEI-EGMS 모형은 최종 소비 부문별, 에너지원별 수요 전망을 통해 국가 전체의 에너지 수요가 도출되는 상향식 모형으로 산업 구조, 에너지 효율, 주거 형태, 인구 구조 변화 및 에너지원간 대체 등이 반영됨

그림 1.3 전력 수요량 및 최대 전력 전망 비교



자료: 제8차 전력수급기본계획 (산업통상자원부, 2017)

³ ‘2017 장기 에너지 전망’의 기준 시나리오는 현재까지의 에너지 정책 변화 추세가 전망 기간 중 지속된다는 가정 하에서 도출된 것으로, 전력수급기본계획의 기준 수요 전망은 현재까지의 수요관리 정책만을 반영하고 추가적인 정책은 배제하고 도출된다는 점에서 차이가 있음. 기준 시나리오에 대한 보다 자세한 논의는 제2장을 참조

□ 원자력과 석탄 발전 비중은 축소, 신재생에너지는 확대

- 2030년 발전 설비(정격용량 기준) 비중은 석탄과 원자력을 합한 기저 발전이 34.7%로, 2017년 대비 16.1% 포인트 축소되고 신재생에너지는 같은 기간 24.0% 포인트 확대됨
 - 원자력 발전소는 현재 건설이 진행 중인 5기(신한울 1,2호기, 신고리 4,5,6호기)는 계획대로 반영하지만 ‘제7차 기본계획’에 계획된 신규 6기(신한울 3,4호기, 천지 1,2호기, 신규 1,2호기)는 백지화하며, 노후 원전은 계속 운전을 금지하고 월성 1호기는 2018년부터 공급에서 제외하여 원자력 발전소를 2017년 24기(22.5 GW)에서 2030년 18기(20.4 GW)로 축소함
 - 석탄 발전소는 노후 7기(2.8 GW)를 폐지하고, 신규 석탄 7기(7.3 GW)를 건설하는 한편, 기존 석탄 발전소 4기(태안 1,2호기, 삼천포 3,4호기)와 석탄 발전소로 계획한 2기(당진에코파워 1,2호기)를 천연가스 발전으로 연료 전환하여, 2017년 61기(36.9 GW)에서 2030년 57기(39.9 GW)로 발전기 수는 감소하나 용량은 확대됨
 - 가스 발전 설비는 ‘제7차 기본계획’에서 계획된 설비와 석탄에서 천연가스로의 연료 전환 설비를 포함하여, 2017년 37.4 GW에서 2030년 47.5 GW로 확대되나 비중은 2017년 대비 4.6% 포인트 축소됨
 - 신재생에너지 발전 설비 용량은 ‘재생에너지 3020 이행계획’에 따라 태양광과 풍력을 중심으로 2017년 11.3 GW에서 2030년 58.5 GW로 확대되며 설비 비중도 큰 폭으로 상승함

표 1.2 8차 전력수급계획에 따른 연도별 기저 발전 설비 신설 및 폐지 계획

	원자력		석탄	
	신설	폐지	신설	폐지
2017		고리#1(587)	삼척그린#2(1022), 태안#10(1050), 북평#1,2(1190), 신보령#1,2(1852), 당진#9,10(180, 용량증설)	영동#1(125), 서천#1,2(400)
2018	신고리#4(1400), 신한울#1(1400)	월성#1(679)	신보령#1,2(186, 용량증설)	
2019	신한울#2(1400)			삼천포#1,2(1120), 영동#2(200)
2020			신서천#1(1000)	
2021			삼척화력#1(1050)	호남#1,2(500)
2022	신고리#5(1400)		삼척화력#2(1050)	보령#1,2(1000)
2023	신고리#6(1400)	고리#2(650)		
2024		고리#3(950)		삼천포#3,4(1120, 연료전환)
2025		고리#4(950), 한빛#1(950)		태안#1,2(1000, 연료전환)
2026		한빛#2(950), 월성#2(700)		
2027		월성#3(700), 한울#1(950)		
2028		한울#2(950)		
2029		월성#4(700)		

주: 괄호는 용량(MW)

자료: 산업통상자원부

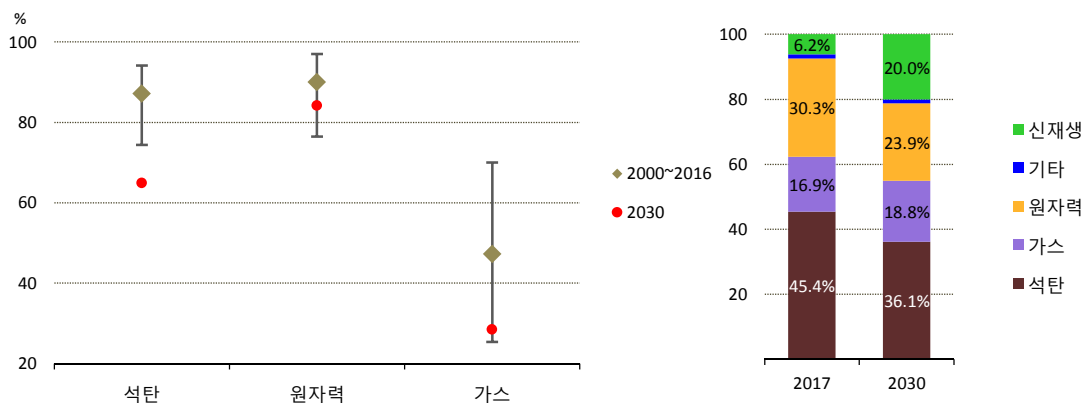
에너지·환경 관련 주요 정책 및 이슈

- 발전 설비 구성 변화로 기저 발전량의 비중은 15.7% 포인트 축소되는 반면, 신재생에너지와 가스 발전 비중은 각각 13.8% 포인트와 1.9% 포인트 상승할 전망이다
 - ‘제8차 기본계획’의 목표 수요 하에서 에너지원별 발전량 비중은 2017년 석탄(45.4%), 원자력(30.3%), 가스(16.9%), 신재생에너지(6.2%) 순에서 2030년에는 석탄(36.1%), 원자력(23.9%), 신재생에너지(20.0%), 가스(18.8%) 순으로 변경될 것으로 예상됨

□ 발전 설비 이용률은 거의 모든 에너지원에서 큰 폭으로 하락

- ‘제8차 기본계획’의 목표 수요가 실현될 경우, 석탄화력 및 원자력 발전소의 이용률뿐만 아니라, 가스 발전소의 이용률도 전력 수요 둔화로 대폭 하락할 것으로 분석됨
 - 석탄화력 발전 설비는 2000~2016년 기간 평균 90%에 가까운 가동률을 기록했는데, 정부의 미세먼지 대책으로 2016년 이미 74% 수준으로 하락하였으며 2030년에는 설비 가동률이 60%대 중반으로 하락할 것으로 예상됨
 - 원자력 발전 설비의 이용률은 2000년대 평균 93% 수준에서 2010~2016년 기간에는 원전비리, 경주 지진에 따른 안전점검, 안전기준 강화에 따른 예방정비 증가 등으로 86% 수준으로 하락했는데, 2030년에는 이보다 낮은 84% 수준에 머무를 것으로 보임
 - 가스 발전 설비의 가동률은 가스 발전량 비중이 과거대비 상승할 것임에도 불구하고, 전력 수요의 저조로 2000~2016년 기간 평균 47%에서 2030년에는 20%대로 떨어질 것으로 보임
 - 정부가 발전 정산비용 현실화 등의 수단을 통해 낮은 발전설비 가동률 하에서도 발전사의 손실을 방지할 수는 있겠으나, 이는 결국 잠재적인 전기요금 인상 요인으로 작용할 가능성이 있음

그림 1.4 8차 수급계획에 따른 주요 에너지원별 발전설비 가동률 및 발전량 비중



자료: 산업통상자원부

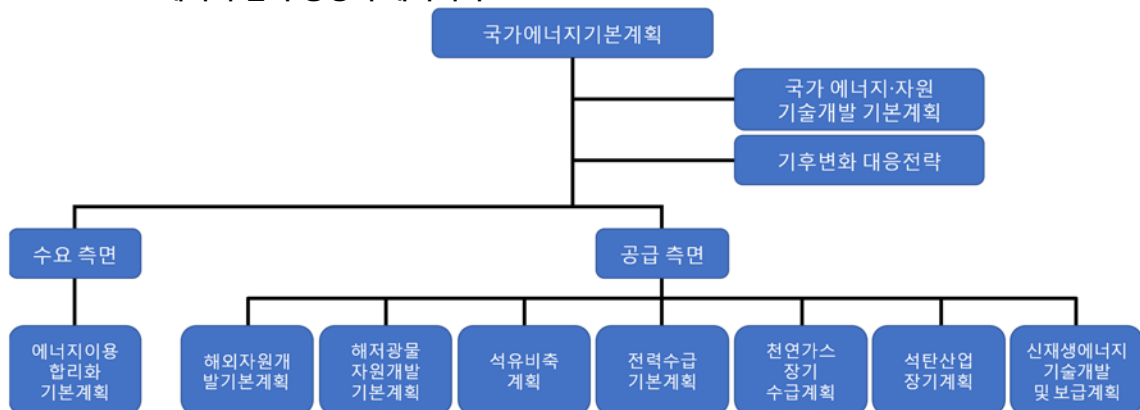
주: 목표 수요 기준

3. 에너지기본계획의 고찰 및 시사점

□ 국가에너지기본계획은 에너지 관련 기본 철학과 목표를 제시하는 최상위 장기 에너지 계획

- 국가에너지기본계획은 과거 에너지이용합리화법에 의거 수립되던 중기 계획에서 시작하여 현재는 ‘저탄소녹색성장기본법’에 의거 매 5년마다 수립되는 에너지 부문의 최상위 계획으로 에너지와 관련된 우리나라의 기본 철학과 목표를 제시함
 - 국가에너지기본계획은 1997년 처음으로 에너지이용합리화법 제4조 규정에 의해 산업자원부(현 산업통상자원부) 장관이 10년 이상 기간으로 5년마다 수립하도록 하였으며, 이를 토대로 제1차 계획(1997~2006)과 제2차 계획(2002~2011)⁴이 수립되었음
 - 2006년 제정된 ‘에너지기본법’이 에너지 관련 하위 계획의 기본 철학과 전체 목표를 제시해 주는 종합 계획을 기존의 10년에서 20년으로 계획기간을 늘려 매 5년마다 수립·시행하도록 의무화함에 따라 세 번째 기본계획인 ‘제1차 국가에너지기본계획(2008~2030)’부터는 산업·연구계는 물론 시민단체 등과의 소통을 통해 20년 이상의 장기 에너지 계획을 수립하게 됨
 - 에너지기본계획 수립의 기초가 된 ‘에너지기본법’은 이후 ‘저탄소녹색성장기본법’이 제정되면서 ‘에너지법’으로 변경되었고, 국가에너지기본계획 수립에 관한 규정도 ‘저탄소녹색성장기본법’으로 이전되었는데, 이를 근거로 ‘제2차 에너지기본계획(2013~2035)’이 수립되었음
- 2018년은 ‘저탄소녹색성장기본법’에 의거 ‘제3차 에너지기본계획’을 수립해야 하는 법정 기간으로, 본 절에서는 ‘제3차 에너지기본계획’의 수립에 앞서 과거 에너지기본계획이 어떤 절차를 거쳐 수립되었으며 내용은 어떠한지를 정리하여 비교하고자 함

그림 1.5 에너지 분야 중장기 계획의 구조



⁴ 정식 명칭은 제1차 국가에너지기본계획(1997~2006), 제2차 국가에너지기본계획(2002~2011)으로 세 번째 기본계획인 제1차 국가에너지기본계획(2008~2030)과 명칭이 동일함

□ 정부 주도의 국가 계획에서 민간 참여로 계획 수립 절차를 확대

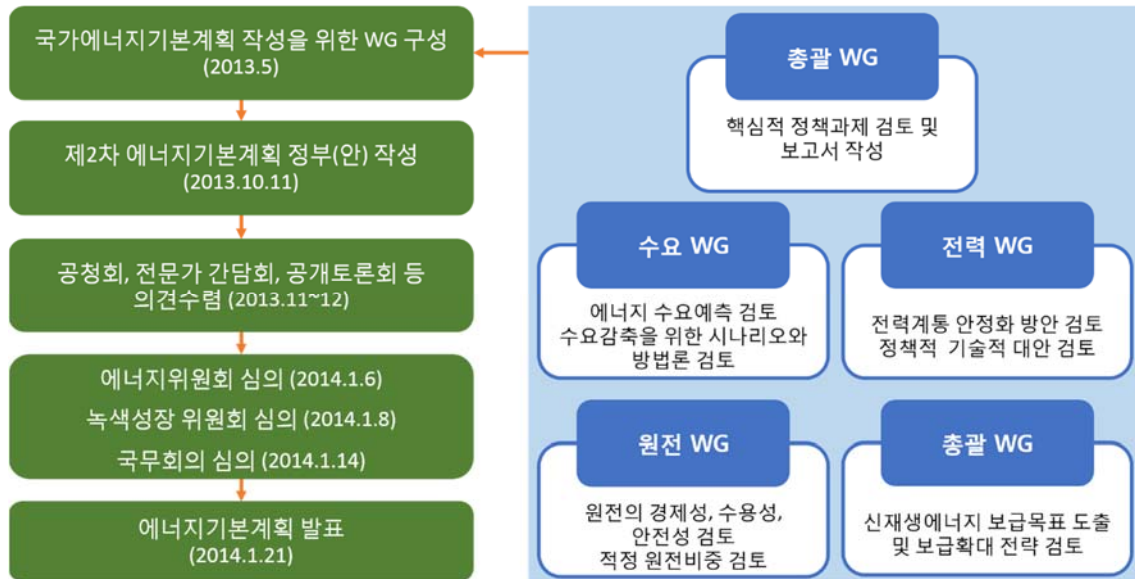
- 에너지기본법 제정(2006년 2월) 이후 2006년 2월~2007년 3월에는 국가에너지위원회 및 전문위원회를 구성하여 국가에너지기본계획 수립에 착수하였으며, 정부는 국가에너지기본계획 수립을 위한 준비 작업의 일환으로써 “국가에너지기본계획작성을 위한 연구” 용역사업을 발주하여 에너지경제연구원이 국가에너지기본계획 초안을 작성함
 - 2007년 4월~2008년 8월에는 쟁점 분야별 T/F를 구성하여 계획안을 검토하고 공청회, 공개토론회, 워크숍 및 정책간담회 등을 통해 제기된 의견을 검토하고 조정하여 국가에너지기본계획(안)에 반영함
 - 2008년 8월에는 에너지 관련부처와 당정협의를 거쳐 국가에너지위원회에서 제1차 국가에너지 기본계획을 심의·확정하여 발표함

그림 1.6 제1차 국가에너지기본계획 추진 과정



- 제2차 에너지기본계획은 시민단체와 전문가 등이 계획 단계부터 5개의 민관 분야별 워킹 그룹에 참여하는 민관 거버넌스를 구축하여 작성되었고, 최종 단계에서도 민관 공동의 산업통상자원부 에너지위원회와 녹색성장위원회의 심의를 거쳐 국무회의에서 심의 확정됨
 - 당시에는 원전 정책, 사용후 핵연료, 송전선로 건설 등 에너지 정책을 둘러싼 다양한 갈등 과제들이 등장하였고 정책이 점점 복잡해지고 이해관계자간 갈등도 첨예해져 중앙정부 중심의 일방적 정책 수립으로는 효과적 대응에 한계가 있기 때문에 정책 수립 과정에서 민간의 주도적 참여가 필수적인 상황이었음
 - 2013년 5월~2013년 10월에는 5개 민관 워킹 그룹(WG)을 구성하고 워킹 그룹의 논의를 통해 수집된 의견을 바탕으로 권고안을 정부에 공식적으로 건의하였음
 - 수요분과는 에너지 수요 전망 및 수요 감축 시나리오와 방법론, 전력분과는 전력계통 안정화를 중심으로 한 정책적·기술적인 대안, 원전분과는 원전의 경제성·수용성·안전성을 고려한 적정 원전비중, 신재생분과는 신재생에너지 보급 확대를 위한 전략과 보급목표를 검토하였으며, 총괄분과는 에너지믹스를 포함한 핵심적인 정책과제를 검토하고 보고서를 작성하여 정부에 제출함

그림 1.7 제2차 에너지기본계획 추진 과정



- 2013년 11월~2013년 12월에는 에너지 공공기관, 업계, 경제연구소 등이 참여하는 간담회(6회), 산업위주최 공청회(11.7), 시민단체 토론회(11.12), 산업부 주최 대국민 공청회(12.11) 등을 개최하여 의견을 수렴하고 공감대를 형성함
 - 민관 워킹 그룹은 원전 정책의 국내외 여건변화, 사회적 수용성, 계통여건 등을 감안하여 2035년 적정 원전 비중을 22~29%로 제안하였으며, 정부는 온실가스 감축, 경제적 에너지 공급, 에너지 안보 등을 종합적으로 감안하여 원전 비중을 29%로 결정하였음
 - 신재생에너지 비중은 '제1차 국가에너지기본계획'에서 2030년까지 일차에너지 기준 11%였는데, 권고안에서는 국내 보급 한계, 환경 규제 등을 감안하여 2035년까지 11% 목표를 연장하기를 권고하였고, 정부도 신재생에너지 보급 중요성과 정책적 의지 지속성을 고려 권고안을 수용함
 - 2014년 1월에는 에너지위원회, 녹색성장위원회, 차관회의를 거쳐 국무회의(2014.1.14)에서 2035년까지의 에너지정책 비전을 담고 있는 '제2차 에너지기본계획'을 심의·확정하였음
- '제3차 에너지기본계획'은 민간 참여 확대를 더욱 강화하기 위해 대내외 여건 변화를 반영한 워킹 그룹 구성과 충분한 작성 및 논의 기간을 확보하여 갈등 완화 및 의견 수렴을 진행할 필요가 있음
 - '제1차 국가에너지기본계획'은 약 2년 6개월, '제2차 에너지기본계획'은 약 9개월이 소요되어 기본계획 초안 작성 기간 및 정부안 의견 수렴 기간이 상대적으로 짧아졌으나 제1차 계획은 공론화 과정에서 갈등이 심하게 노출되었고 갈등 조정 및 의견 수렴에 어려움을 겪었던 반면 제2차 계획은 계획 단계부터 민관 거버넌스를 구축하여 갈등 완화 및 의견 수렴이 이루어져 공론화 과정에서는 갈등이 완화된 측면이 있음

□ 에너지기본계획 기본 방향의 변화

- ‘제1차 국가에너지기본계획(2008~2030)’은 “저탄소, 녹색 성장”을 위해 기존의 공급 중심의 에너지 정책에서 탈피하여 “에너지 안보”, “에너지 효율”, “친환경”을 에너지 정책의 3대 정책 목표로 삼고 에너지의 안정적 공급과 에너지 수요 적정 관리, 환경친화적 에너지 시스템 구현을 위한 장기 에너지 공급 믹스를 도출하여 석유, 석탄 등 화석에너지의 의존도를 낮추는 대신 원전과 신재생 비중을 대폭 확대하고자 함
 - ‘제1차 국가에너지기본계획’은 장기 에너지 정책 비전으로 구현해야 할 에너지 부문 “녹색 성장” 5대 비전과 이를 위해 2030년까지 달성해야 할 정책 목표를 정량적으로 제시하였는데, 5대 비전은 에너지 안보를 제고하고 에너지 자립사회로 도약, 고유가 및 기후변화에 대응하여 지속 가능한 성장이 가능하도록 에너지 저소비·저탄소형 경제 및 사회구조로 전환, 에너지 공급구조를 개선하여 2030년까지 탈 석유사회로 전환, 에너지복지 강화를 통해 더불어 사는 에너지 복지사회를 구현, 녹색기술 및 그린에너지에 대한 연구개발 투자를 확대하여 미래 성장동력 육성과 일자리 창출 등으로 정리할 수 있음
 - 구체적인 정량 목표로 2030년까지 석유·가스 자주 개발율 40%, 신재생에너지 보급률 11%, 석유의존도 33%, 에너지빈곤층 0% 등이 포함됨

표 1.3 제1차 국가에너지기본계획 녹색성장 5대 비전

녹색성장 5대 비전	지표	2006년	2030년
1. 에너지자립사회 구현	자주개발율	3.2%	40.0%
	신재생에너지 보급률	2.2%	11.0%
2. 에너지 저소비 사회로 전환	에너지원단위	0.347	0.185
3. 탈석유 사회로 전환	석유의존도	43.6%	33%
4. 더불어 사는 에너지사회 구현	에너지빈곤층 비율	7.8%	0%
5. 녹색기술과 그린에너지로 신성장 동력과 일자리 창출	에너지기술 수준	60%*	세계 최고 수준

- ‘제2차 에너지기본계획’은 에너지 정책의 기본 방향으로 6대 중점 과제와 이에 맞는 정책 목표를 제시함
 - ‘제2차 에너지기본계획’은 수요관리 중심으로의 에너지 정책 전환, 분산형 발전 시스템 구축, 환경과 안전의 조화, 신재생에너지 확대·해외자원개발 역량 강화·도입선 다변화·비축능력 확대를 통한 에너지의 안정적 공급, 에너지복지 및 갈등 관리 등을 중점 과제로 설정함
 - 중점 과제의 정량적인 목표로는 2035년 에너지 수요의 13%, 전력 수요의 15% 절감, 집단에너지, 신재생에너지, 자가용 발전기 등의 발전량 비중을 15% 이상 확대, 신재생에너지를 총에너지의 11%로 확대하는 것 등을 제시함

표 1.4 6대 중점과제 및 주요 정책 목표

6대 중점과제	주요 정책 목표
수요관리 중심의 정책전환	2035년 전력수요의 15% 이상을 감축 에너지 세율조정, 전기요금 체계 개선, ICT 수요관리 시스템 구축 등
분산형 발전시스템 구축	2035년 발전량 15% 이상을 분산형으로 공급 송전제약 사전검토, 분산형 전원 확대
환경·안전 등 지속가능성 제고	화력 발전소 최신 온실가스 감축기술 의무화, 2035년 온실가스 20%이상 감축 기후변화 대응제고, 원전 안전성 강화 등
에너지 안보 강화 및 안정적 공급	2035년 자원 개발률 40%, 신재생 에너지 11% 자원개발 공기업 내실화, 신재생 보급확대, 국제공조 강화 등
원별 안정적 공급체계 구축	석유, 가스 등 전통에너지의 안정적 공급 도입선 다변화, 국내 비축역력 강화 등
국민과 함께 하는 정책추진	2015년부터 에너지바우처 제도 도입 에너지복지 강화, 에너지 갈등관리의 선제적 대응 등

- ‘제1차 국가에너지기본계획’의 5대 비전과 ‘제2차 에너지기본계획’의 6대 중점과제를 비교하면, 에너지 정책의 기본 방향으로 지속적으로 유지된 것과 새롭게 설정한 것으로 구분할 수 있음
 - 에너지 자립과 탈석유 사회는 에너지 안보의 강화 및 에너지원별 안정적 공급체계 구축으로 재정리되었으며 에너지 저소비형 경제 및 사회는 수요관리 중심의 에너지 정책, 더불어 사는 에너지 사회는 국민과 함께 하는 에너지 정책으로 이어졌지만, 녹색기술과 그린 에너지로 일자리 창출 대내외 여건 및 정책 변화에 따라 삭제됨
 - ‘제2차 에너지기본계획’에는 국내의 송전여건 악화, 일본 후쿠시마 사고 이후 원자력 발전소 건설 및 방사성폐기물 처리에 대한 국민 수용성 문제 등 새롭게 발생된 에너지 갈등에 대한 원활한 해결을 위해 분산형 발전시스템의 구축과 에너지 갈등관리의 선제적 대응이 추가됨

□ 계획 수립 당시의 대내외적 여건 차이와 정부의 정책 변화

- ‘제1차 국가에너지기본계획’ 수립의 기초가 된 ‘에너지기본법’은 이후 ‘저탄소녹색성장기본법’에 의해 ‘에너지기본법’에서 ‘에너지법’으로 변경되고, ‘에너지기본법’의 국가에너지기본계획 수립에 관한 규정은 ‘저탄소녹색성장기본법’으로 이전됨
 - 이에 따라 ‘제1차 국가에너지기본계획’은 에너지기본법 제6조에 의해 수립된 반면, ‘제2차 에너지기본계획’은 저탄소녹색성장기본법 제41조, 에너지법 제10조에 의해 수립되었음
- ‘제1차 국가에너지기본계획’과 ‘제2차 에너지기본계획’ 수립 당시 유사한 대내외 환경은 세계 에너지 시장의 완만한 에너지 소비 증가, 청정에너지 비중 확대, 신 고유가, 그리고 포스트 교토체제를 위한 기후변화 협상이 있음

- 반면, ‘제1차 국가에너지기본계획’ 수립 당시에는 석유 정점 논란 등 석유 수급에 대한 불확실성 증대, 자원민족주의 확산으로 인한 에너지자원 국유화 경향, 에너지시장의 글로벌화 현상이 있었지만, ‘제2차 에너지기본계획’ 수립 당시에는 비전통 에너지원 개발 확대, 후쿠시마 사고 이후 전세계적인 원전 정책 변화, 신재생에너지 산업의 구조조정 등이 주요 이슈로 등장함
- 국내 에너지 시장에서는 높은 해외의존도로 자주 공급 역량 약화, 에너지 안보에 대한 국민적 관심 증대, 기후변화협상에 대한 적극적 대응, 고급 에너지에 대한 수요 증가, 에너지산업의 구조 변화, 저성장 및 저출산 등의 상황이 지속된 반면, ‘제2차 에너지기본계획’ 수립 시 전력 수급 여건 악화, 송전 여건 악화, 원전 안전에 대한 요구 강화, 다양한 갈등 과제의 등장 등의 상황 변화가 발생함
- 최근 몇 년 사이 미세먼지 문제 등으로 환경에 대한 관심이 높아지고 지진으로 인한 원전 안전 문제에 대한 우려가 확산되는 가운데 새로 들어선 문재인 정부에서 발표한 국정자문위원회의 ‘국정운영 5개년 계획’과 ‘재생에너지 3020 이행계획’, ‘제8차 전력수급기본계획’ 등에는 에너지 정책 기조의 큰 변화가 일어났으며, 새로 수립될 ‘제3차 에너지기본계획’은 이러한 변화를 담아 에너지 정책의 철학과 방향을 제시할 필요가 있음
- ‘국정운영 5개년 계획’은 에너지 정책 과제로 노후 화력발전소 폐쇄 및 봄철 일시 가동 중단, 단계적인 원자력 발전소의 퇴출, 에너지 가격 체제의 합리적 개편, 분산형 전원 보급 확대 등 탈석탄 및 탈원전 정책과 태양광과 풍력을 중심으로 2030년까지 재생에너지 발전량 비중을 20%로 확대하는 신재생에너지 보급확대를 에너지 정책 과제의 주요 목표로 제시함
- 이 외에도 부문별 수요관리 강화, 미활용 열에너지를 활용하는 등 저탄소·고효율 소비 구조로 전환과 배출권거래제 정상화, ‘2030년 온실가스 감축로드맵’ 수정 보완, 제로에너지 건물 확대 등 신기후체제 이행체계 구축, 전기차, 수소차 등 친환경 스마트자동차 및 자율주행자동차 산업 같은 고부가가치 창출 미래형 신산업을 발굴 육성을 제시함
- ‘재생에너지 3020 이행계획’과 ‘제8차 전력수급기본계획’에서는 ‘국정운영 5개년 계획’의 에너지 정책 과제를 구체적으로 반영하여 국민들이 태양광 사업에 참여할 수 있는 환경을 조성하고 대규모 프로젝트를 추진하여 2018~2030년 동안 풍력 16.5 GW, 태양광 30.8 GW의 설비를 늘릴 계획과 원전과 석탄화력 발전소를 단계적으로 감축하고 재생에너지와 천연가스 발전을 확대하는 에너지전환을 추진함과 동시에 4차 산업혁명 기술을 접목하여 강력한 수요관리를 이행하는 계획을 수립함

제2장 2017~2040 에너지 전망

1. 장기 에너지 전망의 개념 및 주요 전제

시나리오의 정의 및 범위

□ 장기 에너지 전망은 주어진 전제에서 발생 가능한 우리나라 에너지 시스템의 미래 경로를 제시

- 장기 에너지 전망에 대한 관심과 전망의 중요성이 증가하면서 에너지 전망의 결과를 보다 정확히 이해하고 활용하기 위해 전망과 시나리오란 무엇인가에 대한 논의를 정리할 필요가 있음
- 본 보고서의 주요 목적은 우리나라의 에너지 수급 규모와 구조가 장기적으로 어떤 경로를 따라갈 수 있는지를 살펴보고 경제 및 에너지 정책에 대한 다양한 가정이 어떤 변화를 초래하는 지를 분석하는 것임
 - 장기 전망의 목적은 미래의 에너지 시스템에 어떤 일이 발생할 것인가를 예측하기 위한 것이 아니라 경제, 사회, 소비 행태를 비롯하여 에너지 관련 정책의 변화가 미래에 어떤 변화를 가져올지 전망하고 에너지 시스템에 영향을 미칠 주요 요인들과 불확실성에 대해 논의하는 것임
 - 즉, 에너지 주체들의 미래 행동의 결과를 정확히 맞추는 것이 목적이 아니라 정부를 포함하여 에너지 관련 의사결정자들이 발생 가능한 다양한 미래를 대비하여 고려해야 할 정보를 제공하는 것임
 - 미래 에너지 사회의 실제 모습은 시나리오, 특히 기준 시나리오에서 전망하고 있는 모습과 다를 가능성이 큰데, 이는 경제 성장, 에너지 시장 환경, 에너지 기술, 소비자 행태 등에 대한 시나리오의 가정이 현실에서 다르게 나타날 가능성이 크기 때문이기도 하지만 가장 중요한 차이점은 정부를 비롯한 에너지 주체들이 시나리오를 선택하는 것이 아니라 시나리오 대비 변화를 추구하기 때문임
- 전망 시나리오는 일반적으로 분석의 기준이 되는 기준 시나리오(reference scenario)와 기준 시나리오 대비 비교 분석이 가능한 다양한 비교 시나리오들(alternative scenarios)로 구성됨
 - 에너지의 미래가 확정된 단일 시나리오를 따라가는 것이 아니기 때문에 핵심적인 전제와 선택에 대해서 시나리오를 설정하여 분석하며, 핵심 변수들 중에서도 에너지 정책이 에너지 시스템에 가장 큰 영향을 미치는 요인중의 하나이기 때문에 다양한 정책 시나리오를 분석하는 것이 일반적임⁵
 - 기준 시나리오는 분석의 목적에 따라 다양하게 선택할 수 있는데, 기준 시나리오로 많이 사용하는 시나리오가 BAU 시나리오(Business As Usual Scenario)이며 IEA (International Energy Agency)에서는 신정책 시나리오(New Policy Scenario)를⁶ 기준 시나리오로 사용하고 있음

⁵ 시나리오 결과는 특정 조건이 만족될 경우 에너지 시스템이 따라갈 수 있는 미래의 경로를 묘사하는 것이지 특정 미래 시점에 발생할 상황을 예측하는 것이 아님. 미래 에너지에 대한 '예측'에 근접한 개념으로 에너지경제연구원에서는 단기 에너지 전망 보고서를 제공하고 있으며, 장기는 정책, 기술, 경제 등의 불확실성으로 예측이 아니라 미래에 대한 논의와 의사결정을 위한 정보 제공을 목적으로 시나리오 전망을 수행하고 있음

⁶ 신정책 시나리오는 IEA에서 발간하는 'World Energy Outlook'의 중심 시나리오로 정부에서 이미 시행하고 있거나 발표한 정책을 비롯하여 공식적인 목표 및 계획으로 인해 발생 가능한 효과를 반영한 시나리오임. 정부의 목표는 특정 정책이나 시행 수단의 도입 정도에 따라 달성 수준이 달라짐

- 비교 시나리오는 가정의 변화, 특히 정책이나 시장 환경 또는 경제 전제에서 두드러진 변화가 발생했을 경우 기준 시나리오 대비 어떤 변화가 발생하는지를 비교 분석하는 시나리오이기 때문에 기준 시나리오의 정의와 기준 시나리오 대비 전제의 변화를 명확히 제시하는 것이 중요하며, IEA의 현정책 시나리오(Current Policy Scenario)나⁷ EIA의 성장 시나리오들이 대표적인 비교 시나리오임
- 한편, 정책이나 경제 등 특정 전제에서 출발하여 에너지 전망을 도출하는 것이 아니라 미래의 바람직한 목표를 달성하기 위한 최적 경로 또는 필수 경로를 제시하는 경우도 있는데 IEA의 지속가능발전 시나리오(Sustainable Development Scenario)가 대표적인 사례임⁸
- 다음에 자세히 설명하겠지만 에너지경제연구원의 장기 에너지 전망에서는 기준 시나리오로 BAU 시나리오를 사용하며 주요 비교 시나리오로 고성장 시나리오와 저성장 시나리오를 설정하고 있는데, 비교 시나리오들은 명칭에서 알 수 있듯이 경제 성장과 산업 구조로 차별화 됨
- 전망 보고서들은 대부분 시나리오들을 구체적으로 정의하고 시나리오간 차이를 명백히 밝히고 있지만, 세부적인 부분이나 모형 운용 단계에서 보면 시나리오간 차이가 명확하지 않은 경우가 종종 발생함
 - 시나리오 비교의 불명확성은 에너지 전망이 통계 자료를 이용한 계량 분석에 기초하기 때문에 발생하는 것으로, 미래의 에너지 정책, 기술, 소비 행태가 과거의 추세와 구분 가능하지 않은 부분이 존재한다는 점 때문에 시나리오 정의와 전망 결과가 정확히 일치하지 않게 됨
 - 예를 들어, IEA의 현정책 시나리오가 특정 시점을 기준으로 정책이나 시행 수단이 고정된다고 가정하더라도 에너지 소비 실적 자료를 이용한 계량 분석의 결과는 과거 지속적으로 강화된 에너지 정책의 효과가 반영되어 있기 때문에 명시적인 정책 변화는 없더라도 전망 결과에는 내재적인 정책 변화가 포함될 가능성이 있음. 반면 신정책 시나리오는 통계 자료에 내재된 정부의 과거 노력을 중복 반영할 가능성이 항상 존재함
 - 이러한 전망의 오류는 항상 발생할 수 있는 문제이기 때문에 전문가의 판단을 통해 불확실성의 크기를 줄이는 노력이 필요하며, 의사 결정 주체들은 전망 결과를 사용할 때 전망 자체나 시나리오 비교 분석의 한계를 인식하고 유의해서 사용해야 함

□ '2017 장기 에너지 전망'은 기준 시나리오와 함께 두 가지 성장 시나리오를 제시

- 장기 에너지 전망 보고서는 경제의 장기 잠재 성장률과 인구 및 가구의 중위 전망을 바탕으로 현재의 법률과 규제, 정책 등이 전망 기간 변함없이 유지되고 현재의 기술 발전 추세가 지속된다는 가정 하에 에너지경제연구원의 에너지 모형 시스템인 에너지 및 온실가스 전망 시스템(KEEI-EGMS, Energy

⁷ 신정책 시나리오와 달리 현정책 시나리오(Current Policy Scenario)는 특정 시점을 기준으로 이미 법제화된 정책과 시행 수단의 효과만을 고려함

⁸ 지속가능발전 시나리오는 WEO-2017에서 처음 소개된 시나리오로 2030년까지 현대적 에너지의 완전 보급, 파리 협약의 목표와의 정합성, 대기질의 획기적 개선 등 유엔의 지속가능 발전 목표(United Nations Sustainable Development Goals)와 관련된 에너지 목표를 반영한 시나리오이며 지속가능발전 시나리오 이전에는 450 시나리오가 사용되었음

Greenhouse-gas Modelling System)을 이용하여 2040년까지 우리나라의 에너지 수급 구조 변화를 전망한 BAU 시나리오를 기준 시나리오로 정의함

- 현재 시행되고 있는 에너지 관련 법률과 규제, 정책 등은 일몰제로 그 종료 시한이 적용되는 경우를 제외하고는 전망 기간에도 지속되는 것으로 가정하며, 정부 계획이나 목표의 경우 반영 여부와 수준은 사안별로 결정함
- 예를 들어, 전력수급기본계획의 설비 계획은 특별한 경우를 제외하고 계획대로 진행되는 것을 가정하지만, ‘재생에너지 3020 시행계획’에서 설정한 2030년 발전 부문 재생에너지 발전 비중 20%나 2022년 전기자동차 35만대 보급 같은 정부 목표는 정부의 의지를 뒷받침할 구체적인 재정 및 제도적 지원 수단의 도입과 기술 및 경제적 상황을 고려하여 달성 수준을 분석함
- 한편, 전망 보고서의 전망 기간은 대체적으로 정부의 계획이나 목표 시점 이후 상당 기간을 포함하기 때문에 정부의 계획에 구체적으로 명시되어 있지 않은 기간에 대해서는 현재의 정책 기조가 미래에도 지속될 것으로 가정함
- 예를 들어, ‘2017 장기 에너지 전망’은 대통령 선거 공약과 ‘신고리 5, 6호기 공론화 위원회’의 권고를 통해 나타난 정부의 에너지 전환 정책이 문재인 정부 이후에도 지속된다고 가정함. 이에 따라 신고리5·6호기와 ‘제8차 전력수급기본계획(안)’에 반영된 석탄화력 발전소 이외에는 신규 건설이 없으며⁹ 노후 원자력 발전소나 석탄화력 발전소는 기존 운영 허가 기간이 종료되면 운영 연장이 불허되고 설비를 폐지하거나 연료를 전환하고, 이러한 정책 기조는 2030년 이후에도 지속되는 것으로 가정함
- 에너지 관련 기술은 에너지 시장과 정책의 변화에 반응하여 발전하거나 시장 및 정책의 변화를 선도하기도 하는데, 기준 시나리오에서는 과거의 기술 발전 추세가 전망 기간에도 지속된다고 전제함
 - 전망 결과를 이해하는데 논란이 되는 정책 변수 중에는 기술 발전을 유인하는 법적, 제도적 변화 추세가 거론되는데, 즉 기술 발전 추세가 지속된다는 가정은 과거 기술 발전을 지원했던 정책의 변화도 지속된다는 것을 암묵적으로 가정하는 것이며, 이는 전망 결과가 명시적으로 고려하지 못하는 정책 변화의 효과를 포함하고 있다는 것을 의미함
- 장기 에너지 전망에서는 기본적인 비교 시나리오로 경제 성장이 에너지 수요에 미치는 영향을 고성장(High Economic Growth) 및 저성장(Low Economic Growth) 시나리오를 통해 제공하고 있는데, 고성장과 저성장은 경기 변동이 아니라 기준 시나리오에서 사용하는 잠재 성장률의 근본적인 변화를 의미함
 - 특별한 경우를 제외하고 고성장이나 저성장은 기준 경제 성장과 동일한 산업 구조를 가정하고 있으며, 특정 업종의 성장 시나리오가 필요할 경우는 별도 시나리오로 설정함

⁹ 일반적으로 전력수급기본계획은 보고서 작성 시점의 기본계획을 반영하지만 ‘2017 장기 에너지 전망’의 경우 정부가 이미 에너지 전환 정책을 제시하였고 12월 말 일정보다 늦어지긴 하겠지만 ‘제8차 전력수급기본계획’의 주요 내용이 이미 공개되었기 때문에 ‘제7차 전력수급기본계획’의 설비 계획 대신 ‘제8차 전력수급기본계획(안)’의 설비 계획을 반영함

에너지 온실가스 전망 방법

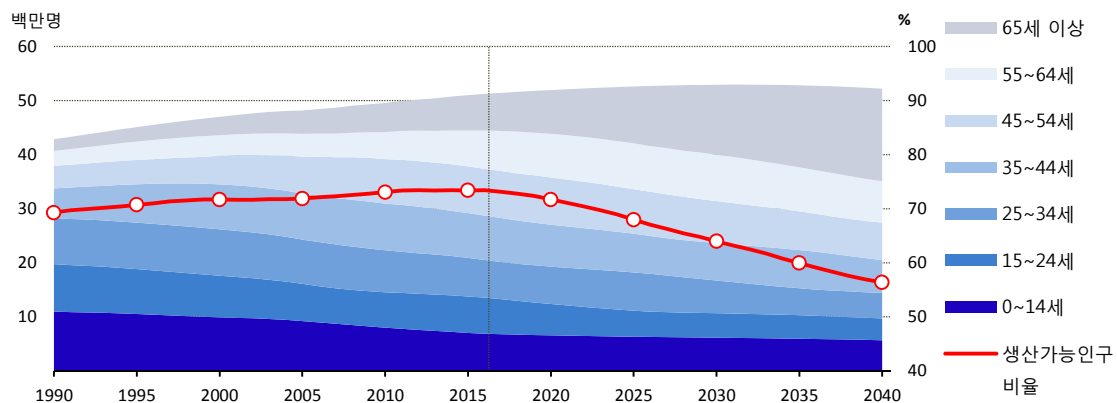
- **KEEI-EGMS는 20년 이상의 국가 에너지 수급 및 에너지 부문 온실가스 배출을 전망하는 상향식 전망 시스템**
 - KEEI-EGMS는 에너지 서비스의 동질성, 대체 가능성, 기술 및 정책적 유의미성 등에 따라 수송, 산업, 가정, 서비스 부문 등 네 개의 최종 소비 부문과 전환 부문으로 구성되어 있으며, 시스템 외부에서 작성된 경제성장률, 업종별 산출액, 인구 및 가구, 냉난방도일 등 전제를 사용하여 전망함
 - 최종 소비 부문은 최종 소비자들의 수단별, 용도별, 에너지원별 최종 수요를 결정하며, 전환 부문은 최종 소비 부문에서 전망된 석유제품, 석탄제품, 전력, 열에너지, 도시가스를 생산하는데 투입되는 연료 및 원료를 계산함
 - 수송 부문은 군용 차량 및 항공기, 선박 등을 제외한 사업용 및 비사업용으로 등록된 모든 수송 수단의 에너지 수요를 전망하며 산업 부문은 광업, 제조업, 건설업에서 제품 생산 활동을 위해 사용되는 에너지 수요를 전망함
 - 가정 부문은 단독 및 공동 주거 형태의 주택에서 생활을 유지하기 위한 에너지 소비, 서비스 부문은 서비스업에 해당하는 업종 및 기타 부문에서 사용하는 에너지 수요를 전망함
 - 전환 부문은 전력 및 열 생산을 위한 투입 연료와 다른 에너지의 전환 흐름을 추적하고 이와 관련된 연료 사용을 전망함
 - 일차에너지 수요는 최종 수요와 전환 순 투입, 자가소비, 유통손실의 합계로 계산하며, 일차에너지 공급, 즉 에너지의 국내 생산과 수출입은 공급 제약이 없는 것으로 가정하고 과거 실적과 일차에너지 수요에 의해 결정됨
- **최종 수요는 에너지서비스의 수요와 에너지 효율에 의해 결정되며, 에너지의 최종 수요, 설비 비중, 생산 효율에 따라 전환 투입을 결정**
 - 에너지서비스 수요를 충족시키기 위해 필요한 연료, 열, 전기의 양이 에너지 수요인데, 에너지 수요는 에너지서비스 수요와 에너지원단위를 곱하여 계산하며 에너지원간 대체성 및 가격경쟁력 등을 고려한 에너지 상대지수에 의해 제품별 최종 수요를 결정함
 - 에너지원단위는 단위 에너지서비스 당 에너지 소비로 정의하고, 에너지원단위의 변화는 장기 추세인 에너지 효율의 변화와 에너지 효율의 수렴 속도에 의해 추정되는데, 에너지 효율은 재고조정모형과 확률변경분석 등 다양한 분석 방법을 결합한 효율추정모형을 이용하여 전망함
 - 전환 투입 에너지는 각 설비별 생산량과 설비의 생산 효율에 의해 결정됨
 - 설비 비중은 정부의 설비 계획에 따라 사전적으로 정해지기도 하고 전망 과정 중에 결정되기도 하는데, 발전 설비의 경우 특히 정부의 전력수급기본계획에 나오는 설비 계획을 반영하며, 생산 효율은 설비의 가동률과 전환 효율을 포함한 개념으로 에너지 수요, 연료 가격, 기술 수준 등에 따라 변동함

2017 장기 에너지 전망을 위한 주요 전제

□ 2016~2040년 총인구는 연평균 0.1% 증가하는 반면 생산가능인구는 연평균 1.0% 감소

- 전망 기간 우리나라 총인구는 2016년 수준에서 정체하고 2000년대 들어 급격히 낮아진 출산율로 생산가능인구는 지속적으로 감소하며 고령인구는 빠른 속도로 늘어날 전망이다 (통계청, 2016)
 - ‘2017 장기 에너지 전망’에서도 지난 해 전망과 마찬가지로 모든 시나리오에서 통계청의 중위 인구 전망을 사용하고 있는데, 통계청의 최근 인구 전망은 과거 인구 전망에 비해 다소 상승한 것이긴 하지만 2002년 1.2명 이하까지 떨어진 합계출산율이 크게 높아지지 않기 때문에 우리나라 총인구는 2016년 51백만명에서 전망 기간 연평균 0.1% 증가하여 2040년 52백만명 수준이 될 것으로 예상됨
 - 한편, 기대 수명은 2016년 82.3세에서 지속적으로 상승하여 2040년에는 86.9세까지 증가하면서 65세 이상의 고령인구가 전체 인구에서 차지하는 비율은 2016년 13.2%에서 2040년에는 32.8%까지 높아지고¹⁰ 2016년에 이미 정점에 도달한 생산가능인구는 전망 기간 빠르게 감소하여 우리나라의 생산가능인구의 비율은 2016년 73.4%에서 2040년 56.4%까지 떨어질 것으로 전망됨

그림 2.1 인구 구조 및 생산가능인구 비율 변화



*생산가능인구는 15~64세에 해당하는 인구

- 반면, 최근의 혼인건수 감소와 이혼건수 증가 추세가 전망 기간에도 이어지고 고령화도 빠른 속도로 진행되어 가구수는 인구 증가보다 빠른 연평균 0.6%로 증가할 전망이다
- 인구 및 가구는 경제 성장을 비롯하여 에너지 전망의 추세를 결정하는 핵심 요인으로, 인구 구조와 지리적 분포, 도시화 등 에너지 소비 행태에 영향을 미치는 요인들이 이미 성숙 단계에 들어간 것으로 판단됨

¹⁰ 고령인구의 비율이 7% 이상이면 고령화사회, 14% 이상이면 고령사회, 20% 이상이면 초고령사회로 구분하는 것을 고려할 때 전망 기간 우리나라의 고령화 속도와 정도는 심각한 수준

□ 전망 기간 국내총생산(GDP)은 생산가능인구 감소와 자본 축적 속도 저하로 성장이 연평균 2.1%로 하락¹¹

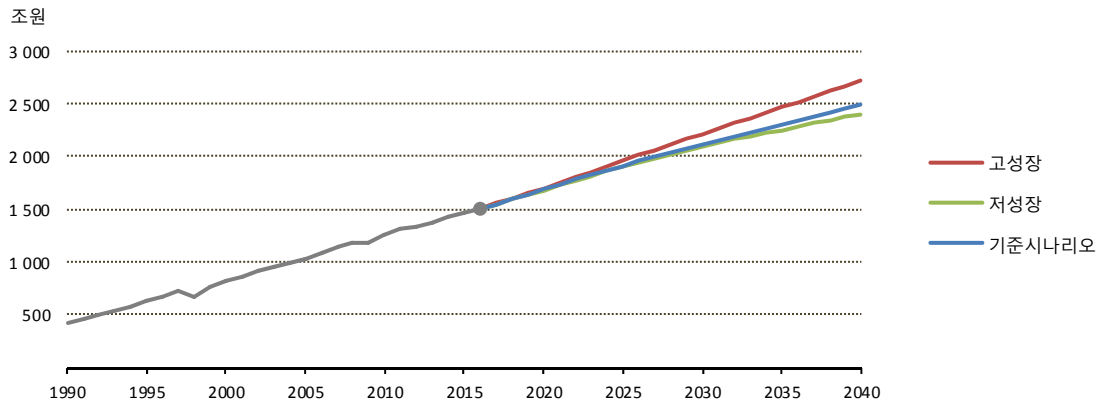
- 1990~2016년 GDP는 1998년 외환위기와 2009년 국제 금융위기 등 두 차례 경제위기에도 불구하고, 빠른 자본 축적과 견고한 노동 공급 증가에 힘입어 연평균 5.0%로 빠르게 성장함
 - 1998년 외환위기로 GDP가 5.5% 감소한 바 있지만, 자본스톡이 1990년대와 2000년대에 각각 연평균 5.6%와 3.4%로 빠르게 증가하고 생산가능인구 역시 각각 연평균 1.3%와 0.7%로 꾸준히 증가함에 따라 1990년대와 2000년대에 각각 6.9%와 4.4%의 높은 연평균 성장률을 기록함
 - 2009년 글로벌 금융위기로 경제성장률이 0.7%까지 떨어진 이후 완만한 경제 회복 속도를 보이며 연평균 3.0% 성장함
- 고도 성장기를 지난 우리 경제는 생산가능인구 감소 및 빠른 고령화로 인한 피부양인구 비율 상승과 자본스톡 증가율의 둔화로 인하여 성장세가 점차 둔화됨
 - 전망 기간 생산가능인구는 지속적으로 감소하는 반면, 65세 이상인 고령인구의 비율은 빠르게 상승하면서 피부양인구 비율¹²이 2016년 36.2%에서 2040년 77.4%까지 급격히 상승할 것으로 전망됨
 - 이에 따라 2016년까지 30% 중반을 유지하던 저축률이 2040년에는 20% 초반까지 하락할 것으로 전망되고, 장기적으로 저축률과 투자율이 같아진다는 가정 하에 자본스톡 증가율도 지속적으로 낮아져 경제 성장이 둔화될 것으로 전망됨 (신석하, 황수경, 이준상, 김성태, 2013)
- 현재 우리나라의 총요소생산성은 선진국에 비해 다소 높지만 장기적으로 선진국 수준으로 낮아질 것으로 예상되는데 이 또한 경제성장률 둔화 요인으로 작용함¹³
 - 1991~2007년 미국, 일본, 영국, 독일, 프랑스, 이탈리아, 네덜란드 등 OECD 주요 국가들의 평균 GDP 성장률에 대한 총요소생산성의 기여도는 0.4% 포인트인 반면 우리나라의 경우(2001~2005년 기준)는 1.3% 포인트로 선진국에 비해 여전히 높은 편임 (신석하, 황수경, 이준상, 김성태, 2013)
- 최근 대외 여건의 개선에 힘입어 수출이 크게 증가하면서 경제성장률이 일시적으로 반등하기는 했지만 장기 잠재 성장률을 변화시킬 경제의 성장 기반 변화로 적용하기 위해서는 보다 많은 자료 축적이 필요함
 - 또한 문재인 정부가 추진하고 있는 소득 주도 성장이 경제 성장 기반을 변화시킬지에 대한 실증적 분석이 필요하며, 한편으로는 소득 주도 성장의 고용과 소득의 불균형 해소가 에너지 소비 구조를 변화시킬 요인으로 작용할 수 있을 것으로 기대됨

¹¹ 경제 성장 및 산업 구조는 KDI의 장기 잠재 성장률과 산업연구원의 산업 구조 전망 연구 결과를 이용하여 설정함

¹² 피부양인구 비율=100×(유소년인구+ 고령인구)/생산가능인구. 분모에 생산가능인구 대신 총인구를 사용하여 피부양인구 비율을 계산하기도 하나 본 보고서에서는 신석하 외(2013)의 정의를 따름

¹³ 총요소생산성은 산출물 중 생산요소인 노동과 자본 등으로 설명되지 않는 부분을 말하는데 직접적으로 관측되지 않기 때문에 성장회계의 잔차(Solow residual)를 이용하여 추정함. 선진국이 새로운 기술을 개발하는 것보다 후발국이 선진국을 모방함으로써 기술을 습득하는 속도가 더 빠르기 때문에 일반적으로 후발국이 총요소생산성 증가율이 높음

그림 2.2 시나리오별 GDP 추이



- 기준 시나리오에서 우리나라 경제는 2040년까지 연평균 2.1% 성장할 것으로 예상되는데, 전반적으로는 2016년 전망 보고서의 저성장 시나리오 수치에 근접한 수치임
 - 중기 재정 계획의 경제 성장 목표를 반영하던 과거 전제 설정 방식에서 장기 잠재 성장률로의 성장률 수렴 방식으로 전제 설정 방식을 변경한 것도 영향을 미쳤지만 가계 부채 증가와 저축률 하락, 조선 및 해운 등 구조 조정 대상 업종의 증가, 자동차 업종 등의 대외 여건 악화 등 경제의 악영향 요인이 증가한 것이 성장률 하향 조정을 주도함
- 고성장 시나리오는 여성의 경제활동 참여 확대 등을 통해 기준 시나리오 대비 노동 투입이 증가하며 이에 따른 저축률 제고로 자본 투입도 늘어나고 정보통신 및 인공지능의 결합으로 생산성 혁신이 일어나 전망 기간 잠재 성장률이 연평균 2.5% 증가할 것으로 전망함
 - 노동 공급은 생산가능인구, 경제활동 참가율, 연간근로시간, 실업률에 의해 결정되는데, 우리나라의 경제활동 참가율은 선진국과 비교할 때 상당히 낮은 수준으로, 특히 여성의 경제활동 참가율(2010년 기준 54.5%)은 미국, 영국, 호주, 독일, 스웨덴 등 선진국에 비해 13~22% 포인트 낮은 수준이어서 향후 상승할 여력이 있는 것으로 분석됨 (신석하, 황수경, 이준상, 김성태, 2013)
 - 고성장 시나리오에서는 2020년대 초반까지도 2% 후반의 성장률을 유지하며 잠재 성장률 하락이 비교적 느리게 진행될 것으로 전망됨
- 저성장 시나리오는 노동 공급 감소, 투자 부진, 총요소생산성 하락이 심화되는 상황을 가정한 시나리오로 전망 기간 잠재 성장률은 연평균 2.0%로 하락할 것으로 예상됨 (현대경제연구원, 2016)
 - 경제활동참가율이 앞으로도 현재 수준인 60%대 초반에서 정체되며 노동 공급이 감소하고, 저축률 저하로 총고정자본 형성의 연평균 성장률이 2000~2016년 평균 성장률보다 10% 낮아지며, 총요소생산성 역시 기술 혁신이 제대로 이루어지지 않아 기준 시나리오보다 낮아질 것으로 예상됨
 - 이에 따라 우리나라 경제성장률은 2020년대 중반까지 2%대 수준을 유지하다가 2020년대 후반부터 1%대의 초저성장 국면에 진입할 것으로 전망됨

□ 수송장비와 철강의 성장이 둔화되는 반면 석유화학의 강세 예상

- 전망 기간 우리나라 경제는 기본적으로 탈공업화가 진전되면서 제조업 비중은 2016년 28.6%에서 2040년에는 26.9%로 소폭 축소될 것으로 예상됨
 - 제조업에서 가장 큰 비중을 차지하는 기계류는 연평균 2.3%로 빠르게 성장하지만 수송장비는 최근 조선과 자동차제조의 부진으로 성장률이 연평균 1.9%로 둔화될 전망이다
 - 철강은 중국을 비롯한 후발주자와의 경쟁 심화로 고부가가치 철강재 개발 등 새로운 성장 동력을 모색하지만 선진국을 중심으로 한 철강재 수입 규제 강화로 수출이 정체되고 국내 철강재 수요산업의 부진으로 내수도 난항을 지속하면서 전망 기간 연평균 0.5% 성장에 그칠 것으로 예상됨
 - 제조업의 전반적인 약세에도 불구하고 납사-에틸렌 스프레드 유지와 석유제품 수출 증가로 석유화학의 부가가치는 연평균 1.6% 증가할 전망이다
- 서비스업은 서비스 수요의 고급화 및 다양화, 고령화로 인한 의료 수요 증가, 디지털 경제의 확산, 여가 활동의 증대 등으로 연평균 2.4%로 성장하여 GDP에서 차지하는 비중이 2016년 53.5%에서 2040년 56.9%까지 확대될 것으로 예상됨
 - 인구 구조의 빠른 고령화로 의료 수요가 급격히 증가하여 보건/사회복지 서비스업이 연평균 3.7%로 서비스업 중에서도 가장 빠르게 성장하며, 정보통신업은 디지털 경제의 가파른 성장, 사회 전반의 지식정보화 추진, 정보통신기기 보급 확대 등으로 연평균 3.0%의 높은 성장률을 보이고, 예술/스포츠/여가 서비스업도 소득 증대, 생활 수준 향상 등으로 여가 활동에 대한 수요가 늘어나며 전망 기간 연평균 2.9%로 빠르게 성장할 전망이다
 - 반면, 2016년 기준 서비스업 중 부가가치 비중이 가장 큰 도소매업은 전망 기간 연평균 1.9%로 성장이 다소 정체되고, 공공행정/국방도 연평균 1.3%의 낮은 증가율을 기록하며, 학령인구가 지속적으로 감소하면서 교육서비스 연평균 0.9%의 성장에 그칠 것으로 예상됨

□ 국제 에너지 가격의 상승으로 에너지 평균 수입 가격은 꾸준히 상승

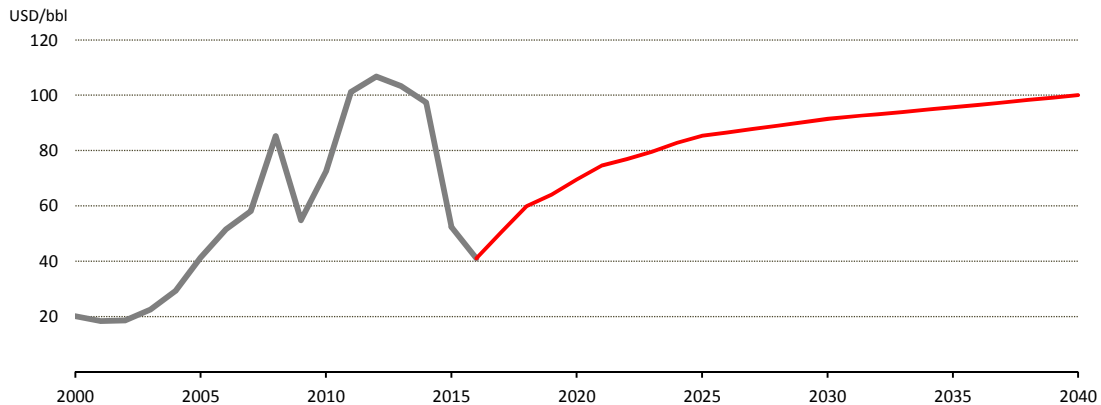
- 국제 에너지 가격은 에너지 전망의 기본 변수이며 전망의 불확실성을 초래하는 주요 요인이지만 에너지 전망 모형에서는 모든 시나리오에 걸쳐 국제 에너지 가격을 고정 변수로 취급하고 외부 전문 기관의 에너지 가격 전망을 사용하여 작성함
 - 원유, 천연가스, 석탄의 국제 에너지 가격은 가격 예측이 아니라 장기적인 수요와 공급의 균형을 이루는 전망을 의미하는 것으로 실제 상품 시장의 단기적인 가격 변동성이 제거됨 (IEA, 2017c)
- '2017 장기 에너지 전망'에서 우리나라의 원유 평균 수입 가격은 2016년 배럴당 41달러에서 꾸준히 상승하지만 2030년대 후반이 되어야 배럴당 100달러대에 도달할 전망이다
 - OPEC을 비롯한 산유국의 감산으로 국제 원유 가격이 반등하고 국제 석유 시장의 수급 여건이 점차 개선되면서 국제 원유 가격은 2040년까지 꾸준히 상승하지만, 비전통석유 공급 증가, 여전히 높은

1. 장기 에너지 전망의 개념 및 주요 전제

수준의 석유 재고, 중국을 비롯한 세계 경제의 성장 둔화로 인한 석유 수요 증가 둔화 등으로 가격 회복 속도는 제한적일 것으로 전망됨

- 2014년 배럴당 70~80달러 수준이었던 미국 셰일 오일 생산의 손익 균형점이 기술 발전 및 효율적 생산관리 등으로 배럴당 30~50달러 수준까지 낮아져 향후 미국 셰일 오일 공급이 대폭 늘어날 것으로 예상되는 반면 (IEA, 2017c), 미국의 상업용 원유 재고가 높은 수준을 유지하고 있고 OECD의 상업용 원유재고도 2017년 상반기 평균 12억 배럴로 전년 평균에 비해 1.9% 증가함 (이달석, 조철근, 박동욱, 2017)
- 2015~2016년 2년 연속 7% 미만 성장에 그친 중국 경제가 2017~2018년에도 6% 중후반의 성장으로 성장세가 둔화되고, 선진국들도 2018년까지 2% 전후의 미약한 경제 회복 속도를 보이며 (IMF, 2017) 석유 수요 증가가 둔화될 것으로 예상됨
- 한편, IEA에서는 2017년 전망에서 자원 잠재량 평가의 상향 조정, 상류 부문의 비용 하락, 공급 부문의 단기 프로젝트 투자 비중 확대 등을 근거로 회원국 원유 수입 가격을 2040년 배럴당 111달러로 전년 전망에 비해 하향 조정함 (IEA, 2017c)

그림 2.3 원유의 평균 수입 가격 추이 및 전망



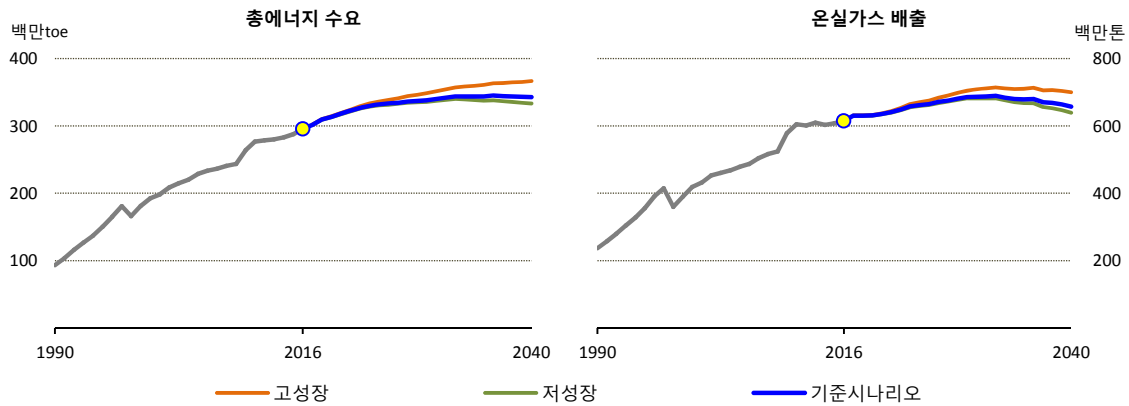
- 우리나라가 수입하는 천연가스(LNG)의 가격은 국제 유가에 연동되어 결정되기 때문에 천연가스 평균 수입 가격은 기본적으로 원유 수입 가격과 유사한 움직임을 보일 것으로 가정하고 있으나, 장기 계약 물량의 상당수에 대한 계약 종료 시점이 도래하고 있고 미국산 셰일가스의 도입이 확대되면서 천연가스 평균 수입 가격의 불확실성이 높을 것으로 예상됨
- 연료용 석탄의 경우 지질학적 조건의 악화, 석탄 질의 하락, 신규 광산 지역의 수송 비용 증가 등으로 국제 석탄 가격이 상승하겠지만 원유나 천연가스의 가격 상승에 비해서는 상대적으로 상승 속도가 낮을 것으로 예상됨

2. 에너지 전망 개요

□ 전망 기간 총에너지 수요 증가는 연평균 1% 미만으로 과거의 에너지 소비 증가에 비해 대폭 하락할 전망

- 2010년대 들어 총에너지 소비의 증가세 둔화가 두드러지게 나타나며 우리나라도 에너지 소비의 저성장 시대로 진입한 것으로 평가됨
 - 1990년대는 중화학 공업 중심의 경제 고도 성장과 전력 소비의 급속한 확대로 총에너지 소비가 경제성장보다 빠르게 증가하였으나 외환위기 이후 서비스 및 조립금속 업종 위주의 경제 성장과 에너지 효율 증가로 총에너지 소비 증가율은 대폭 하락하였으며, 특히 2010년 이후 경제 성장 둔화의 지속, 전력을 중심으로 한 정부의 강력한 수요 관리, 고효율 가스 발전의 증가 등으로 총에너지 소비 증가는 2% 미만으로 하락함
 - 1997년 외환위기 이후 에너지 소비 증가는 경제 성장보다 낮은 수준을 유지하는 모습을 보였으나 2010년 전후 철강 및 석유화학 설비에 대한 투자 증가로 에너지 소비 증가가 경제 성장을 웃도는 일시적인 현상이 발생함
 - 최근 석유화학이 경제 성장을 이끌고 여름 및 겨울철의 이상 기온 현상으로 계절적 에너지 소비가 급증하면서 과거보다 높은 에너지 소비 증가를 기록함
- 2040년까지 총에너지 수요는 경제성장률에서 차이를 보이는 모든 시나리오에서 연평균 1% 미만의 증가를 보일 것으로 전망되어 전년의 에너지 수요 전망보다 하락할 것으로 예상됨
 - 기준 시나리오의 경우 2016년 295.7백만 toe에서 연평균 0.6% 증가하여 2040년 343백만 toe에 도달할 것으로 전망되는데, 이는 '2016 장기 에너지 전망'의 전망 수치보다 약 20백만 toe 하향 조정된 것으로 장기 에너지 수요 전망에 가장 큰 영향을 미치는 경제의 장기 잠재 성장률 하향 조정과 문재인 정부에서 제시한 에너지 전환 정책이 주요 원인임
 - 경제의 장기 잠재 성장률의 경우 기준 시나리오에서 전망 기간 연평균 2.1% 성장할 것으로 가정하고 있는데, 이는 '2016 장기 에너지 전망'의 기준성장 시나리오에 비해 경제 성장이 더욱 저성장 시나리오(연평균 2.0%)와 근접할 것이라는 시각이며 최근 '제8차 전력수급기본계획'에서 전제로 사용한 경제 성장 전망(2031년까지 연평균 2.4%)과 유사한 수준임
 - 고성장 시나리오는 2016년에서 2040년 사이 잠재 성장률이 연평균 2.5% 수준으로 증가하는 반면, 생산성 하락과 노동 공급 정체 및 투자 부진이 이어지는 저성장 시나리오에서는 잠재 성장률은 연평균 2.0% 수준까지 하락할 것으로 가정함
 - 경제 성장 전제에서 차별성을 보이는 세 가지 성장 시나리오에서 총에너지 수요는 고성장의 경우 2015년에서 2040년 사이 연평균 0.9%, 저성장의 경우 같은 기간 연평균 0.5% 증가하여 모든 성장 시나리오에서 에너지 소비 저성장 기조를 이어갈 것으로 분석됨

그림 2.4 시나리오별 총에너지 수요 및 온실가스 배출 전망



- 에너지 수요 증가의 주체와 수요 증가 대상을 살펴 보면, 에너지 수요 비중이 큰 산업 부문의 에너지 수요가 최종 소비 증가의 대부분을 차지하는 한편, 에너지원별로는 전력과 신재생에너지가 빠르게 증가하는 것이 특징임
 - 인구 증가 정체와 에너지 효율 개선 및 연료 대체 등으로 가정 부문과 수송 부문의 에너지 수요 증가가 크게 둔화되지만, 경제 성장 둔화, 에너지 저소비형으로의 경제 구조 변화, 신기술 도입에도 불구하고 석유화학의 꾸준한 성장으로 산업 부문의 에너지 수요는 크게 늘어날 것으로 예상됨
 - 최종 소비 전 부문에서 전력이 고르게 증가하지만 석탄화력과 원자력의 축소를 발전 효율이 높은 가스복합화력이 상당 부분 대체하면서 평균 발전효율이 상승하여 총에너지 수요 증가율은 최종 소비 증가율보다 낮을 것으로 예상됨

□ 에너지 정책의 패러다임 변화로 에너지 수요 및 온실가스 배출 정점이 과거 예상보다 빠른 시점에 발생

- 총에너지 수요는 시나리오에 따라 다르지만 2030년대 초반이나 중반 이후 감소하고 에너지 연소로 인한 온실가스 배출은 총에너지 수요 감소보다 이른 시점에 감소 추세로 전환될 것으로 예상됨
 - 총에너지 수요는 기준 시나리오에서 2030년대 중반 약 345백만 toe 수준에서 수요 정점을 기록한 후 점차 감소하며, 저성장 시나리오에서는 2030년대 초반 기준 시나리오보다는 약간 낮은 340백만 toe의 정점을 기록할 것으로 예상됨. 반면 고성장 시나리오에서는 전망 기간 내에 수요 정점이 발생하지 않지만 수요 증가율은 이전보다 많이 낮아질 것으로 전망됨
 - 에너지 연소로 인한 온실가스 배출은 모든 시나리오에서 2030년대 초반에 발생하는 것으로 분석되는데 기준 시나리오에서는 약 690백만톤(tCO₂eq) 수준을 정점으로 감소하기 시작하며 저성장 시나리오는 이와 비슷한 약 680백만톤이 정점인 반면 고성장 시나리오에서는 710백만톤을 넘어섰다가 감소할 것으로 예상됨

- 에너지 수요 및 에너지 연소로 인한 온실가스 배출의 정점이 예상되는 것은 사회적 문제로 등장한 미세먼지 문제에 대한 대응 조치 및 문재인 정부의 에너지 전환 정책이 반영된 결과임
 - 매년 급격히 악화되는 봄철 미세먼지가 사회적 문제로 급격히 대두되면서 ‘미세먼지 관리 특별 대책 (대한민국정부, 2016)’이 발표되었고, 문재인 정부에서는 미세먼지 감축 공약에 따른 봄철 노후 석탄화력 발전소의 일시 중단, 신고리 5, 6호기 건설에 대한 공론화 결과 (신고리 5,6호기 공론화위원회, 2017b) 이후 노후 석탄 발전소 및 신규 석탄 발전소 건설 계획 폐지 및 연료전환 등이 시행되거나 계획에 반영되면서 발전 부문의 석탄 사용량이 2030년대 들어 감소할 것으로 예상됨¹⁴
 - 안전 문제에 대한 논란에도 불구하고 온실가스 감축 수단 역할을 담당하던 원자력은 앞으로 운영 허가 연장이 금지되면서 2020년대 중반 이후 축소의 경로를 따르겠지만 신재생에너지 발전이 이전보다 강력히 추진되면서 원자력 축소가 온실가스 감축에 미치는 부의 효과는 크지 않을 것으로 예상됨
 - 장기적인 전망과는 달리 에너지 전환 정책에도 불구하고 중단기적으로는 석탄화력 및 원자력 신규 설비의 진입 효과가 크게 작용하면서 총에너지 소비 구조나 온실가스 배출 증가 추세가 크게 변하지 않을 것으로 분석됨 (에너지경제연구원, 2017)
 - 기준 시나리오를 살펴보면 온실가스 배출 정점 수준과 발생 시점은 ‘2016 장기 에너지 전망’과 비슷하지만 감소 속도가 조금 더 빠르게 진행되는 것으로 분석되는데, 이는 전력 수요 증가가 유사한 상황에서 원자력 발전소의 가동 중지에도 불구하고 2030년 이후 온실가스 비배출 에너지원인 원자력의 감소를 신재생에너지 발전이 상당 부분 채우고 배출량이 많은 석탄 발전을 저배출원인 가스가 대체하기 때문임

기준 시나리오의 주요 결과

- ‘2017 장기 에너지 전망’의 기준 시나리오에서 우리나라 경제는 2016~2040년 연평균 2.1% 성장하여 지난 1990년 이후 연평균 성장률인 5.0%의 절반 이하 수준으로 하락하지만 총에너지 수요는 과거 연평균 증가율 4.5%에서 전망 기간 연평균 0.6%로 증가 속도가 대폭 하락할 전망이다
 - 총에너지 수요 증가율은 인구 증가 정체, 에너지 저소비형 경제 구조 변화, 에너지 효율 개선 등 전통적인 요인으로 하락하기도 하지만 2016년 전망 대비 낮아진 경제성장률과 문재인 정부의 에너지 전환 정책이 큰 영향을 미친 것으로 분석됨
 - 국내총생산의 경우 전망 기간 연평균 2.1% 증가하여 ‘2016 장기 에너지 전망’의 성장률 2.4% 대비 0.3% 포인트가 낮아지는데, 이는 ‘2016 장기 에너지 전망’ 저성장 시나리오의 성장률인 2.0%와 비슷한 수준으로 최근의 경기 회복에도 불구하고 장기적으로는 저성장 구조가 고착화 될 것으로 예상됨

¹⁴ ‘2017 장기 에너지 전망’의 모형 운용 시점을 기준으로 아직 ‘제8차 전력수급기본계획’이 확정되지 않았으며 2030년 이후 발전 설비 폐지나 신규 설비 건설에 대한 정책적 불확실성과 발전 설비 운영에 대한 경제적 불확실성이 존재하지만, 본 전망에서는 도입된 정책 기조가 향후에도 유지된다고 가정하였음

2. 에너지 전망 개요

- 경제성장을 둔화에 비해 총에너지 수요 증가의 하락이 더욱 크게 나타나는 것은 노후 석탄화력 발전소 및 원자력 발전소의 폐지와 연료 전환, 석탄화력 발전소 최대 출력 제한 및 효율 향상이 큰 영향을 미치는 것으로 나타남
 - 설비 폐지가 이미 계획된 10기의 석탄화력 발전소 이외 가동 수명 40년에 도달하는 노후 석탄 발전소가 2030년 이후 23기, 11 GW 규모에 이르는 것으로 파악되며, 원자력 발전소도 2030년 이전 11기, 9.1 GW가 폐지되고 2030년 이후에는 4기, 4 GW가 폐지될 예정임
 - 폐지되는 석탄화력 및 원자력 설비를 대신하여 가스복합화력 및 신재생에너지 발전 설비가 대거 진입할 것으로 예상되는데, 특히 신재생에너지 발전의 경우 정부에서는 2030년까지 전체 발전량 기준 재생에너지 발전 비중을 20%까지 확대할 계획이어서 (산업통상자원부, 2017) 설비가 과거의 증가 속도보다 훨씬 빠르게 증가할 전망이다
 - 노후 저효율 설비가 신규 고효율 설비로 대체되면서 에너지 전환 효율이 상승하게 되는데, 본 보고서에서는 연료 전환 및 효율 상승으로 인하여 2040년의 발전 연료는 약 33백만 toe를 절약하고 2040년 총에너지 수요가 약 10% 가량 더 감소하는 것으로 분석됨
 - 이미 시행중인 석탄화력 발전소의 최대 출력 제한이나 봄철 노후 석탄 발전 설비의 한시적 가동 중지의 경우도 석탄화력 발전용량을 감소시키거나 (김철현, 2016) 석탄화력 발전소의 가동률을 하락시키기 때문에 에너지 수요 증가 둔화의 원인으로 작용함

표 2.1 경제, 에너지, 온실가스 주요 지표

	2000	2016	2020	2030	2040	연평균 증감율	
						00~16	16~40
주요 경제사회 지표							
GDP (조원)	820.8	1 508.3	1 692.8	2 117.6	2 494.0	3.9%	2.1%
인구 (백만명)	47.0	51.2	52.0	52.9	52.2	0.5%	0.1%
주요 에너지 지표							
총에너지 (백만 toe)	192.9	295.7	318.0	340.0	343.0	2.7%	0.6%
에너지원단위 (toe/백만원)	0.23	0.20	0.19	0.16	0.14	-1.1%	-1.5%
일인당 에너지소비 (toe/인)	4.10	5.77	6.12	6.42	6.57	2.2%	0.5%
신재생 보급 비중 (%)	1.6	5.3	6.8	9.1	11.5	7.6%	3.3%
수입의존도 (%)	97.2	94.2	92.7	90.4	88.1	-0.2%	-0.3%
최종 소비 (백만 toe)	149.9	227.1	244.3	265.5	277.5	2.6%	0.8%
전력 소비 (TWh)	239.5	497.0	541.3	629.2	689.3	4.7%	1.4%
전력 소비 비중 (%)	13.7	18.8	19.1	20.4	21.4	2.0%	0.5%
주요 온실가스 지표							
온실가스 배출 (백만톤)	418.7	615.0	635.7	687.0	657.2	2.4%	0.3%
온실가스 배출원단위 (톤/백만원)	0.51	0.41	0.38	0.32	0.26	-1.4%	-1.8%
일인당 배출 (톤/인)	8.91	12.00	12.23	12.98	12.59	1.9%	0.2%

* 신재생 및 수력의 합계

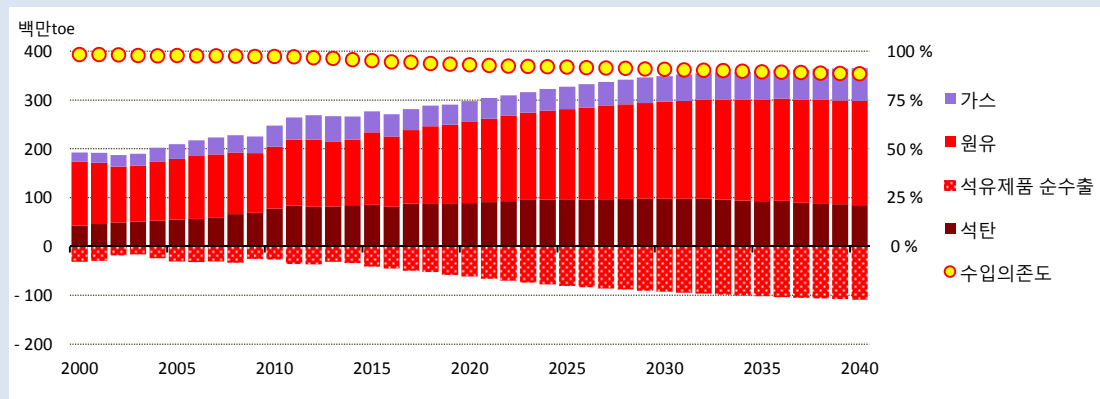
- 전망 기간의 총에너지 수요 증가는 약 47백만 toe 수준에 그칠 것으로 예상되는데, 이는 최근 10년 사이 에너지 소비 증가의 약 3/4 정도에 불과하며, 원자력을 제외한 모든 에너지원의 수요가 여전히 증가하는 것으로 나타나지만 에너지원별로는 수요 변화의 궤적에서 큰 차이를 나타냄
 - 원자력은 지난 전망 시까지만 해도 운영허가 기간이 종료되는 설비에 대한 정책 방향이 결정되지 않았기 때문에 계속 운전을 가정하여 전망 기간 원자력이 30백만 toe 증가할 것으로 전망하였지만, 본 전망에서는 노후 원자력 설비의 폐지를 정책 방향으로 채택함으로써 원자력이 전망 기간 약 10백만 toe 감소하는 것으로 변경되었음
 - 신재생에너지는 정부의 확대 의지와 이에 따른 지원 정책이 반영되어 과거 전망보다 크게 증가하겠지만, 구체적인 재정 및 제도적 지원 정책과 지원 일정에 따라 확정된 정부 보급 목표의 달성 수준이 크게 차이 날 것으로 예상되며, 본 전망에서는 2040년까지 약 39백만 toe, 총에너지의 11.5% 수준에 도달할 것으로 전망함
 - 석유는 수송 부문 수요 감소에도 불구하고 석유화학 업종의 성장세가 유지되면서 수요가 꾸준히 증가하고, 천연가스는 석탄화력 및 원자력 등 기저발전 설비의 감소와 미세먼지 대책의 추진으로 과거 예상보다 단기적인 수요 하락폭도 감소하고 장기적인 수요 회복도 빠르게 발생할 것으로 예상되지만, 석탄의 경우 이미 건설 중인 신규 발전 설비가 가동되면서 2030년대 초반까지는 수요가 증가한 후 빠르게 감소할 것으로 전망됨
- 에너지 구성의 다양성 정도를 나타내는 허핀달-허쉬만(Herfindahl-Hirshmann) 지수를 계산하면 (에너지경제연구원, 2016b; IEA, 2016e) 총에너지는 2016년 0.28에서 2040년 0.25로 다양성이 약간 더 확대되는 것으로 나타나는데, 이는 다양성 지수가 0.33에서 0.28로 개선되는 발전 부문의 영향이 크며 전기자동차 보급이 크게 늘어나는 수송 부문도 에너지의 다양성 확대에 크게 기여하는 것으로 분석됨
- 주요 에너지원에 대한 수요가 증가하고 에너지 가격도 상승하면서 최종 소비 부문의 에너지 지출도 2016년에 비해 크게 증가할 것으로 전망됨¹⁵
 - 연료용 석유와 가스에 대한 최종 소비 부문의 지출은 2016년 대비 2040년 약 70%와 90%로 비슷하게 증가할 것으로 예상되는데, 석유는 수요 감소에도 불구하고 상대적으로 빠른 가격 상승이 원인인 반면 가스는 빠른 수요 증가가 원인임
 - 하지만 전력에 대한 지출은 2016년 대비 약 50% 증가에 그칠 것으로 전망되는데, 전력은 신재생에너지 및 가스 발전의 확대에도 불구하고 현재의 비용 구조 하에서는 요금 인상이 타 에너지원에 비해 상대적으로 낮기 때문에 다른 에너지원에 비해 수요 증가 대비 지출 상승이 낮을 것으로 예상됨

¹⁵ 최종 소비 부문 중 가구 부문의 2015년 연료비 지출은 가구 소득 대비 약 4.7% 수준으로 2013년 이후 하락하는 모습을 보이고 있으나 가구 소득 격차에 의한 연료비 비율 차이는 역 차이 현상이 큰 것으로 나타남 (윤태연 & 박광수, 2017)

붙임 2.1 에너지 수출입 및 수입의존도

- 우리나라는 2015년 현재 총 287.5백만 toe를 사용했으며 그 중 94.8%를 수입에 의존한 것으로 나타나 에너지의 수입의존도가 점차 낮아지고 있긴 하지만 여전히 대부분을 수입에 의존하고 있음. 여기서 에너지 수입의존도는 간단하게 총에너지 소비 중에서 국내 생산을 제외한 에너지 소비량으로 계산하며, 에너지 국내 생산은 일차 에너지를 국내에서 직접 생산한 경우를 의미함. 즉, 국내 생산은 국내 생산 무연탄과 동해에서 소량 생산되는 천연가스 및 원유 그리고 수력을 비롯한 신재생에너지를 포함하며 원자력 같은 경우 우라늄을 전량 수입하기 때문에 국내 생산으로 취급하지 않음
- 에너지 수입을 좀더 자세히 살펴 보면, 원유가 148백만 toe, 석유제품이 백만 toe, 석탄이 85백만 toe, 천연가스가 44백만 toe를 차지하고 있으며, 원유를 정제해서 생산한 석유제품 중에서 약 66백만 toe는 다시 다른 나라로 수출하였음. 2015년 현재 에너지 수입하기 위해 약 102.7십억 달러를 사용하여 총 수입액의 23% 이상을 에너지가 차지하였으며, 수출은 32.2십억 달러로 우리나라 수출액의 5%를 차지하였음 (에너지경제연구원, 2016a)

그림 2.5 에너지원별 수출입 및 총에너지 수요의 수입의존도



주: 왼쪽 축의 경우 양의 값은 수입, 음의 값은 수출을 의미

석유제품 순수출은 원유를 제외한 석유정제품의 수출과 수입의 차이

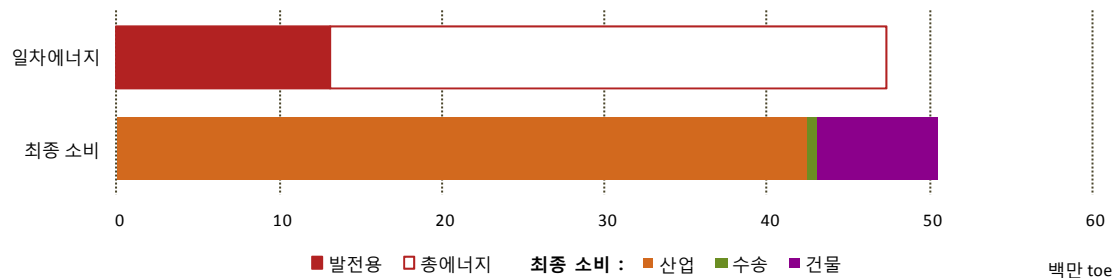
- 총에너지 수요가 증가하면서 에너지 수입도 같이 증가하는데, 2040년 석유제품을 제외한 원유, 석탄, 가스의 수입량은 2015년 대비 30% 이상 증가할 것으로 예상됨. 석탄 수입량은 발전용 수요의 하락으로 2030년대 점차 감소하지만 원유 수입은 석유정제 및 석유화학 업종의 지속적인 성장으로 꾸준히 증가할 것으로 전망됨. 국내 석유 수요의 둔화로 인해 석유제품 수출이 증가하면서 2030년대에는 석유제품 순수출이 석탄 총수입을 넘어설 것으로 분석됨
- 화석기반 연료의 국내 자원이 없기 때문에 에너지 수입의존도의 하락은 신재생에너지 보급 증가와 직접적으로 연결되는데 신재생에너지 보급이 늘면서 수입의존도는 점차 낮아져 2040년 약 88% 수준까지 하락할 것으로 예상됨
- 정확한 에너지 수입 및 수출은 정의를 명확히 설정하고 그에 맞는 통계를 사용하여 계산해야 하는데, 에너지 수출입의 정의가 연구에 따라 다르게 적용되기도 함. 예를 들어 바이오 연료의 대부분은 수입에 의존하고 있는 실정이지만 신재생에너지는 국내 생산으로 취급하는 경우가 일반적임. 아직까지는 신재생에너지가 총에너지에서 차지하는 비중이 미미하기 때문에 이러한 분류가 에너지 해외의존도에 미치는 영향이 작지만 신재생에너지가 확대되고 관련 산업이 발전할 것이 예상되는 상황에서 이러한 통계를 명확히 할 필요성이 있음

에너지 사용 부문별 전망

□ 발전 부문(열 생산 포함)이 총에너지 수요 증가에서 차지하는 역할은 과거에 비해 축소

- 전망 기간 총에너지 수요는 약 47백만 toe가 증가하는데 발전 및 열 생산을 위한 연료 수요 증가가 14백만 toe로 전체 증가의 30% 수준을 차지하지만 발전 및 열 생산 부문이 총에너지 수요에서 차지하는 비중은 2016년 38.2%에서 2040년 37%으로 하락함
 - 최종 소비 부문에서 전력 수요가 2016년에서 2040년 사이 약 39% 증가하는 반면 발전용 연료는 2016년 110백만 toe에서 2040년 123백만 toe로 12% 증가에 그칠 것으로 예상됨
 - 전력 및 열 수요 증가에 비해 투입 연료의 증가가 낮은 것은 발전 연료의 구성에서 효율이 낮은 석탄의 감소를 발전효율이 높은 가스가 대체하기 때문인데, 이로 인해 에너지밸런스 기준 발전 투입 대비 생산 효율은 2016년 약 38%에서 2040년 47%에 가깝게 근접함
 - 지난해 미세먼지가 사회적 이슈로 부상하면서 노후 석탄화력 발전소 폐지를 중심으로 석탄화력 발전을 제약하기로 결정하면서 원자력이 발전 부문의 에너지 수요 증가를 주도할 것으로 전망하였으나 (에너지경제연구원, 2016b), 문재인 정부의 에너지 전환 정책으로 신규 석탄화력 발전소뿐 아니라 원자력 발전소의 신규 건설을 제한하고 노후 설비의 연장 가동을 중지하며, 부족한 설비는 신재생에너지 발전 설비 및 고효율의 가스복합화력 발전소로 채우기로 하면서 원자력의 역할이 축소되고 총에너지 증가에서 발전 부문이 차지하는 역할도 감소함

그림 2.6 2016~2040년 총에너지 및 발전용 연료 수요 변화와 최종 소비 부문의 부문별 수요 변화



□ 최종 소비 부문 중에서는 산업 부문이 에너지 수요 증가의 85% 수준을 차지

- 에너지의 최종 소비는 2016년에서 2040년 사이 50백만 toe가 증가하는데, 그 중 85% 가량인 43백만 toe가 산업 부문에서 증가할 것으로 예상됨
 - 경제의 저성장 고착화와 서비스업 중심의 산업 구조 변화 속에서도 과거에 비해 석유정제 및 석유화학의 경기가 더욱 확대될 것으로 기대되는 가운데 석유화학 설비의 신증설이 지속되면서 석유화학 원료인 납사의 수요가 전망 기간 약 17백만 toe 증가하면서 산업 부문 수요 증가를 주도함

- 단일 에너지 제품으로는 납사가 산업 부문 에너지 중에서 가장 크게 증가하겠지만 산업 부문에서는 납사 외에도 전력이 10백만 toe 증가, 신재생에너지가 7백만 toe 증가하는 등 모든 에너지가 고루 증가하는 모습을 보일 것으로 예상됨
- 산업 부문이 최종 소비 부문의 에너지 수요 증가를 주도하면서 최종 소비 부문에서 산업 부문이 차지하는 비중은 2016년 61.9%에서 2040년 66%까지 확대될 것으로 분석됨
- 수송 부문은 발전 부문에 이어 과거 전망 대비 큰 차이를 보이는 부문으로 자동차 보급대수 증가에도 불구하고 고효율 전기자동차의 보급이 크게 늘어나면서 에너지 수요가 전망 기간 1% 증가에 그쳐 현재와 거의 비슷한 수준을 유지할 것으로 전망됨
 - 저유가 지속으로 인해 최근 2년 간 에너지 소비가 14%나 급증했던 수송 부문은 2040년에도 현재와 거의 비슷한 규모의 에너지를 소비할 것으로 예상되지만 전망 기간 동안 자동차 보급이 27% 가량 증가하는 가운데 전기자동차 보급이 점증적으로 증가하면서 2020년대 후반 수송 부문 에너지 수요가 정점을 기록한 후 감소할 것으로 분석됨
 - 전기자동차 보급 외에도 내연기관 자동차에 대한 연비 기준 강화, 인구 정체 및 도로화물 물동량 증가 둔화로 도로 부문의 에너지 수요 증가 속도는 낮을 것으로 예상되지만 최근 저유가 국면에서 소비가 급증했던 것처럼 국제 유가의 변화에 따라 수송 부문의 에너지 수요가 크게 변동할 가능성이 있음
 - 2040년에도 석유가 여전히 수송 부문의 주요 에너지원 역할을 수행하겠지만, 클린 디젤에 대한 인식이 바뀌면서 경유 수요가 감소하는 것과 자동차용 전력 소비가 과거 예상보다 빠르게 증가하는 것이 이전 전망과 다른 부분임
- 건물 부문에서는 상업용 건물의 에너지 수요가 빠르게 증가하지만 주거용 건물은 인구 증가 둔화와 효율 증가로 에너지 수요가 정체할 것으로 예상됨
 - 건물 부문의 에너지 수요는 2016년 43.7백만 toe에서 약 20% 증가하여 2040년 51백만 toe 수준에 근접할 것으로 전망되는데, 상업 및 공공용 건물은 서비스 업종의 생산이 빠르게 증가하면서 에너지 수요도 연평균 1.3% 증가할 전망이지만 주거용 건물의 경우 에너지 가격이나 기온의 급변 등으로 인한 단기적인 변동이 발생할 수는 있으나 2004년 22.8백만 toe를 정점으로 장기적인 감소 추세를 지속할 것으로 예상됨

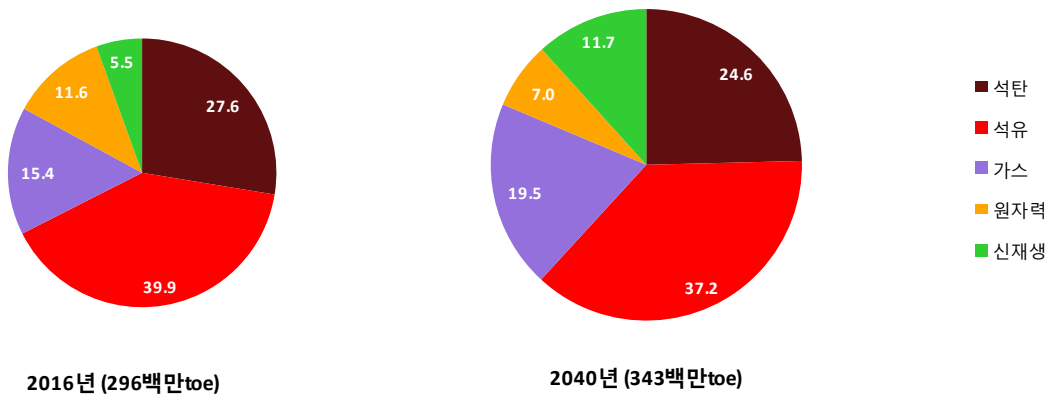
에너지원별 전망

- 2040년 에너지원별 비중은 크게 변화하지만 화석 에너지 대 비화석 에너지의 비중은 현재와 비슷
 - 2016년에서 2040년 사이 총에너지 수요는 약 47백만 toe가 증가하는데, 가스 및 신재생에너지가 45.1백만 toe 증가하여 에너지 수요 증가의 95%를 차지하는 반면 원자력은 10백만 toe가 감소할 전망이다

2017~2040 에너지 전망

- 석탄과 석유 수요는 전망 기간 각각 3백만 toe와 10백만 toe 정도 증가할 것으로 예상되는데, 석탄의 경우 노후 석탄화력 발전소의 단계적 폐지로 인해 2030년대 수요가 감소하지만 도입이 예정된 신규 설비의 규모가 상당한데다 철강업종의 석탄 수요가 꾸준히 증가하기 때문에 2040년에도 현재 수준보다 많은 양의 석탄을 소비할 것으로 분석되고, 석유는 석유화학이 꾸준히 성장하면서 원료용 소비가 증가하는 것이 수요 증가의 원인임
- 신고리 5,6호기 공론화 위원회의 결정과 이후 정부의 후속 조치 그리고 최근 진행 중인 '제8차 전력수급기본계획'에 의해 향후 노후 원자력 설비의 가동 연장 및 추가 신규 건설이 폐지됨에 따라 원자력의 설비 용량이 약 6.7 GW 감소하면서 원자력이 일차에너지에서 차지하는 비중은 2016년 11.6%에서 2040년 7% 수준으로 감소할 전망이다

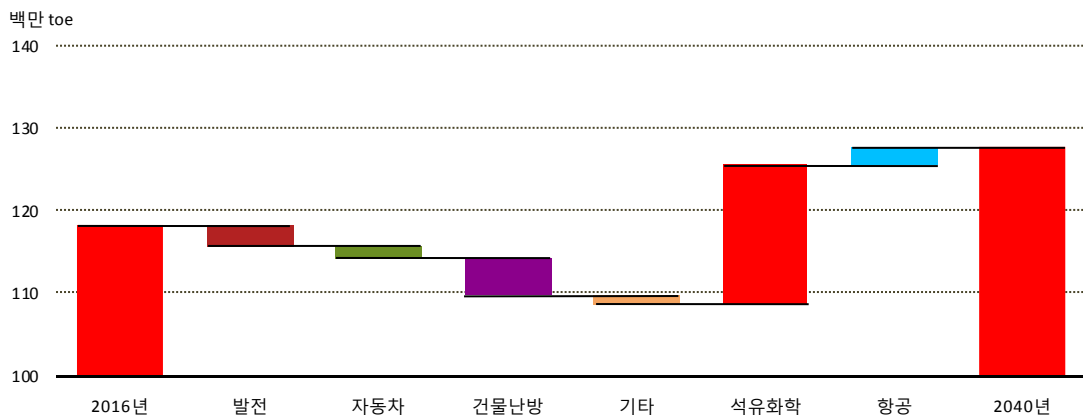
그림 2.7 일차에너지 비중의 변화



- 가스와 신재생에너지의 비중이 증가하고 석탄, 석유, 원자력의 비중이 감소하지만 2040년 화석 에너지와 비화석 에너지의 비중은 2016년과 비슷한 것으로 나타남
 - 가스와 신재생에너지가 일차에너지에서 차지하는 비중도 2016년 15.4%와 5.5%에서 2040년 19.5%와 11.7% 수준으로 확대되고 원자력은 그 비중이 11.6%에서 7.0%로 감소할 것으로 예상되어, 2040년에는 신재생에너지가 원자력보다 더 큰 비중을 차지할 것으로 전망됨
 - 흥미롭게도 원자력의 비중 감소와 신재생에너지의 비중 확대가 유사하며, 석유와 석탄의 역할 감소는 가스의 역할 확대에 상쇄되어 2040년의 화석 에너지 대 비화석 에너지의 비중이 2016년과 비슷한 수준일 것으로 예상됨
- 신재생에너지는 정부의 보급 확대 정책과 기술 발전으로 인한 경쟁력 개선에 힘입어 전망 기간 24백만 toe가 늘어나 총에너지 증가의 50%를 차지하고 2040년 총에너지 수요에서의 비중도 11% 이상으로 확대될 전망이다

- 정부는 2030년까지 재생에너지 발전 비중을 총 발전량의 20% 수준까지 끌어올리겠다는 목표를 설정하는 등 태양광과 풍력 중심의 재생에너지 보급 확대를 추진하면서(산업통상자원부, 2017) 부생가스, 시멘트킬른 보조연료, 산업폐기물 등 기존 신재생에너지 공급의 대부분을 차지하던 산업 부문이 전망 기간 신재생에너지 증가에서 차지하는 비중은 30% 이하에 그치고 발전 부문이 신재생에너지 증가의 60%까지 차지할 전망이다
- 석유는 2016년에서 2040년 사이 약 10백만 toe 증가하여 2040년에도 가장 큰 에너지 공급원의 역할을 수행하지만 그 역할은 점차 감소할 전망이다
 - 앞서 살펴보았듯이 자동차용 석유 수요가 자동차 보급 증가에도 불구하고 연비 상승과 연료 대체 등으로 전망 기간 정점을 기록한 후 감소할 것으로 예상되며 발전용이나 건물 난방용으로 사용되는 석유도 감소할 전망이다
 - 하지만 석유 수요 전체는 전망 기간 증가할 것으로 예상되는데 석유화학의 원료용 수요가 17백만 toe 증가하면서 다른 용도의 석유 수요 감소 전체를 상쇄하는 이상으로 증가하고 항공용 석유 수요도 전망 기간 약 2백만 toe가 증가할 것으로 예상됨

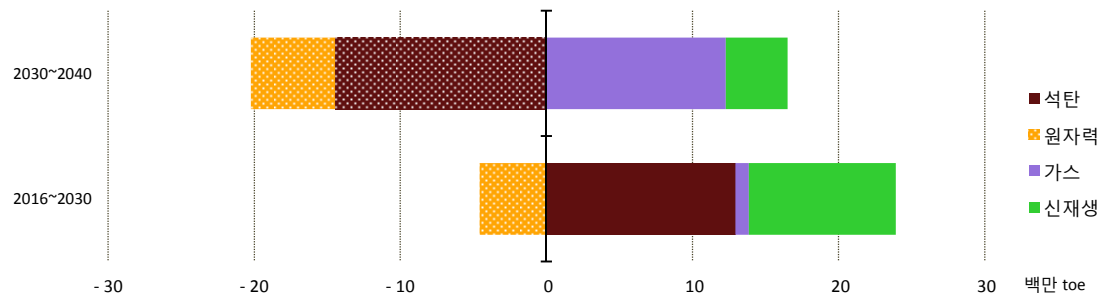
그림 2.8 전망 기간 주요 부문의 석유 수요 변화



□ 에너지 정책의 전환은 장기적인 에너지 수요의 경로에 에너지원별로 상이한 영향

- 원자력 수요는 2020년대 초반 신고리 5, 6호기 가동 이후 지속적으로 감소하며, 석탄 수요는 2030년대 초반까지 증가하다 이후 급격히 감소로 전환될 전망이다
 - 기존 전력수급기본계획에 따라 이미 건설 중인 설비에 대해서는 매몰 비용 및 여러 요인을 고려하여 건설을 진행하는 것을 기본 방침으로 설정함에 따라 원자력 발전소 5기와 석탄화력 발전소 13기가 2020년대 초반까지 발전계통에 진입할 예정이기 때문에 정부의 에너지 전환 정책은 2022년과 2030년 사이 11기의 원자력 발전소가 순차적으로 폐지되고 2030년 이후 총 23기의 석탄화력 발전소가 폐지되면서 실질적인 영향을 나타내기 시작함

그림 2.9 발전용 연료의 기간별 수요 변화

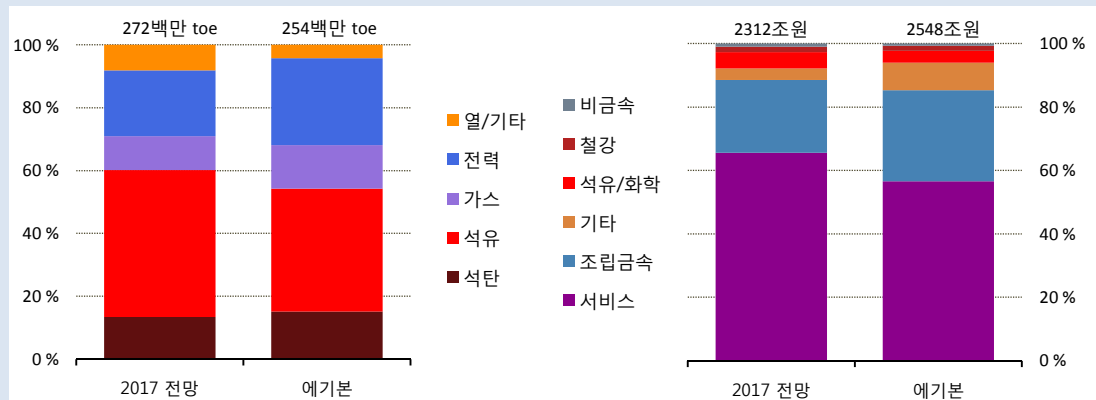


- 전력 수요 증가가 정제되고 총 발전 설비의 여유가 발생하면서 발전 부문의 석탄과 가스 수요는 과거의 동조성에서 벗어나 서로 상반된 움직임을 나타냄
 - 2030년 이전에는 신재생에너지 보급 확대 정책도 강력히 추진됨에 따라 석탄과 신재생에너지가 발전용 연료 수요 증가의 대부분을 차지할 전망이며, 발전용 가스 수요는 2020년대 초반까지 지속적으로 감소하여 약 13백만 toe까지 하락할 것으로 예상됨
 - 2020년대 초반 이후 석탄, 원자력, 신재생에너지 발전 설비의 추세가 그 이전과 다른 양상을 보이면서 가스 수요는 다시 급증 양상을 보일 것으로 예상되는데, 2040년에는 약 33백만 toe까지 증가하여 과거 최고점이었던 2013년 대비 약 44%, 2020년 초반 저점 대비로는 약 150% 이상 증가할 전망이다
 - 발전용 가스 수요의 변동성과 불확실성은 원자력과 석탄화력 발전 설비의 건설 및 운영 계획의 변화에 의존하는데, 신규 및 노후 원자력 설비에 대한 장기적인 정책 방향이 결정됨에 따라 '2016 장기 에너지 전망' 대비 2020년대 중반 이후 수요가 더 빠르게 증가하는 것으로 전망이 변경되었음
- 또한, 신재생에너지 발전의 목표가 과거보다 큰 폭으로 상향 설정됨에 따라 재생에너지 보급 및 생산 불확실성이 발전용 가스 수요에 크게 영향을 미칠 것으로 예상됨
 - 재생에너지 중에서도 태양광이나 풍력 같은 변동성 재생에너지(variable renewable energy)가 발전에서 차지하는 비중이 커질수록 변동성 재생에너지 발전의 통제 어려움과 저장 설비의 필수적 동반, 전통적 발전 설비에 대한 비용 전가와 송전망 비용 증가, 예비 설비의 증가 그리고 궁극적으로 발전 시스템의 불안정성 증가 등이 문제로 제기됨
 - 국제에너지기구(IEA)에서는 변동성 재생에너지 발전 비중 및 여타 기준에 따라 변동성 재생에너지 통합 단계를 네 단계로 구분하고 있는데, 현재 우리나라는 변동성 재생에너지 발전이 시스템에 전혀 영향을 미치지 않는 1단계에 속하고, 정부의 목표가 달성되더라도 변동성 재생에너지 발전이 시스템에 영향을 주기 시작하는 2단계 수준 불과할 것으로 예상됨 (IEA, 2017a; IEA, 2017b)
 - 하지만 2단계에서도 변동성 재생에너지의 기술적 조합이나 지리적 분포, 송배전망의 확보, 정확한 변동성 재생에너지 발전의 전망과 이에 따른 계통망 운영의 중요성이 증가함

붙임 2.2 제2차 에너지기본계획과의 비교

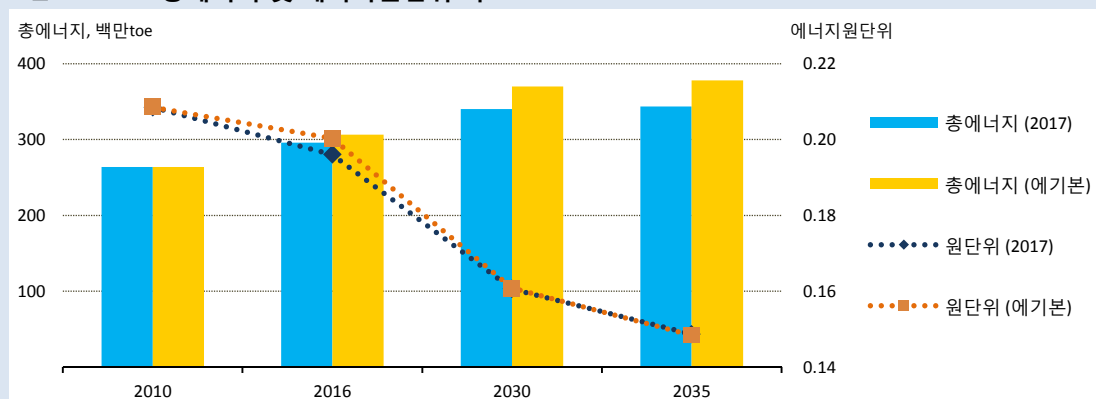
- 우리나라는 저탄소녹색성장기본법에 의거 매 5년마다 에너지 정책의 기본 원칙에 따른 에너지기본계획을 수립해야 하며 가장 최근의 기본계획인 '제2차 에너지기본계획'이 2014년 수립됨. '제2차 에너지기본계획'에서는 국내 경제가 2011~2035년 사이 연평균 2.8% 성장하고 자동차, 통신기기, 반도체 등 조립금속업이 경제성장을 주도할 것이라는 예상 하에 전망 기간 총에너지는 연평균 1.3%, 최종 소비는 연평균 0.9% 증가할 것으로 전망함. 한편 수요관리 정책 강화와 에너지 가격 및 세제 조정, 투자 확산 등으로 2035년까지 최종 소비의 13%를 감축하는 것을 목표로 설정함
- '제2차 에너지기본계획'의 수립 이후 국제 에너지 시장과 국내 경제 및 사회가 급격한 변화를 경험하였으며, 이로 인해 '2017 장기 에너지 전망'은 에너지기본계획과 큰 차이를 보임. 두드러진 차이는 경제 저성장의 고착화와 서비스 업종의 성장 주도, 전력 수요 증가세의 둔화와 원료용 수요를 중심으로 한 석유 수요의 증가임. 특히 경제 부문과 관련해서 제조업의 성장 동력이 과거 전망보다 많이 낮아진 가운데 석유화학을 중심으로 에너지다소비 업종이 꾸준히 성장하는 것이 에너지 최종 소비에 큰 영향을 미쳤으며, 최근 전력 소비의 증가세 둔화도 에너지기본계획의 전력 수요의 빠른 증가를 둔화시키는 방향으로 영향을 줌

그림 2.10 에너지원별 최종 소비와 주요 업종별 부가가치 비중



주: 제2차 에너지기본계획의 업종별 부가가치는 2010년 불변가격 기준으로 환산

그림 2.11 총에너지 및 에너지원단위 비교



주: 제2차 에너지기본계획의 원단위는 국내총생산을 2010년 불변가격 기준으로 환산한 후 재계산

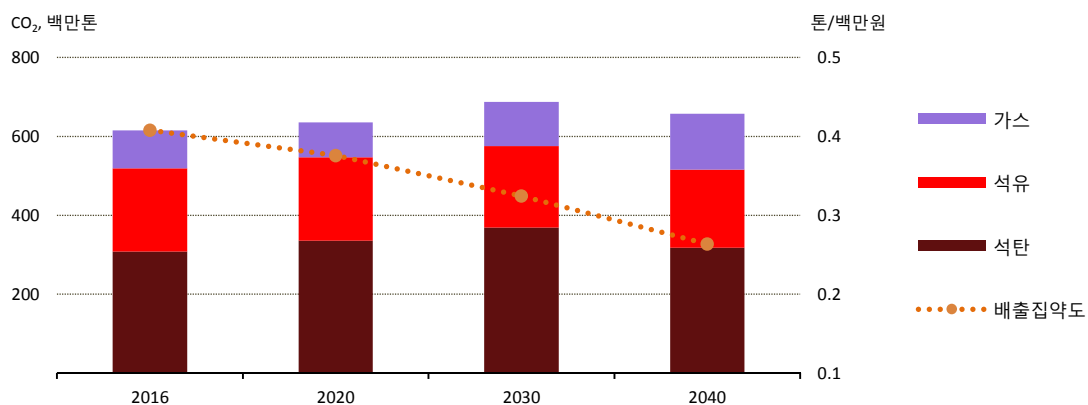
- 이러한 변화는 에너지 최종 소비에서 석유 소비의 비중 증가와 전력 소비의 비중 감소로 나타나며, 최종 소비 전체로는 '2017 장기 에너지 전망'이 '제2차 에너지기본계획' 대비 7% 증가하는 결과로 나타남. 반면 총에너지 기준으로는 '제2차 에너지기본계획'이 '2017 장기 에너지 전망' 대비 9% 많은 378백만 toe로 전망되었는데, 이는 최종 소비의 전력 소비가 20% 이상 차이가 나면서 전환 투입이 상대적으로 크게 증가하여 '제2차 에너지기본계획'의 총에너지 수요가 더 빠르게 증가하는 것임
- 하지만 '2017 장기 에너지 전망'과 '제2차 에너지기본계획'의 총에너지 기준 에너지원단위는 거의 동일한 것으로 분석되는데, 이는 '제2차 에너지기본계획'의 2020년대 빠른 원단위 개선과 '2017 장기 에너지 전망'의 최종 소비 증가 및 에너지 전환 정책에 따른 전환 효율의 상승이 사후적으로 우연히 유사한 에너지원단위를 초래한 결과임

에너지 부문 온실가스 배출

□ 2040년 에너지 사용으로 인한 온실가스 배출은 2016년 약 615백만 톤(tCO₂e)에서 657백만 톤으로 증가¹⁶

- 1990년에서 2016년 사이 에너지 연소 부문의 온실가스 배출은 연평균 3.7% 증가하였으나 2030년까지는 연평균 0.8%로 증가 속도가 점차 하락하다가 2030년 이후에는 연평균 0.4% 감소할 것으로 예상됨
 - 2030년 이후는 운영 수명에 도달하는 대형 석탄화력 발전 설비들이 폐지되거나 다른 연료로 전환하고 gas와 신재생에너지가 석탄의 전력 생산을 대체하면서 에너지 연소로 인한 온실가스 배출은 감소하는 것으로 나타남
 - 정부의 에너지 전환 정책에 따라 노후 석탄화력 발전 설비가 폐지될 경우 우리나라의 에너지 연소로 인한 온실가스 배출은 2030년대 초반 정점에 도달할 것으로 분석되며, 온실가스 배출 정점의 배출량은 690백만톤 수준이 될 것으로 예상됨

그림 2.12 온실가스 배출 집약도와 화석 연료별 온실가스 배출



¹⁶ 본 전망의 온실가스 배출은 에너지원별 IPCC 가이드라인의 기본 배출계수를 이용하여 추정된 것이기 때문에 국가 인벤토리와는 차이가 발생할 수 있음

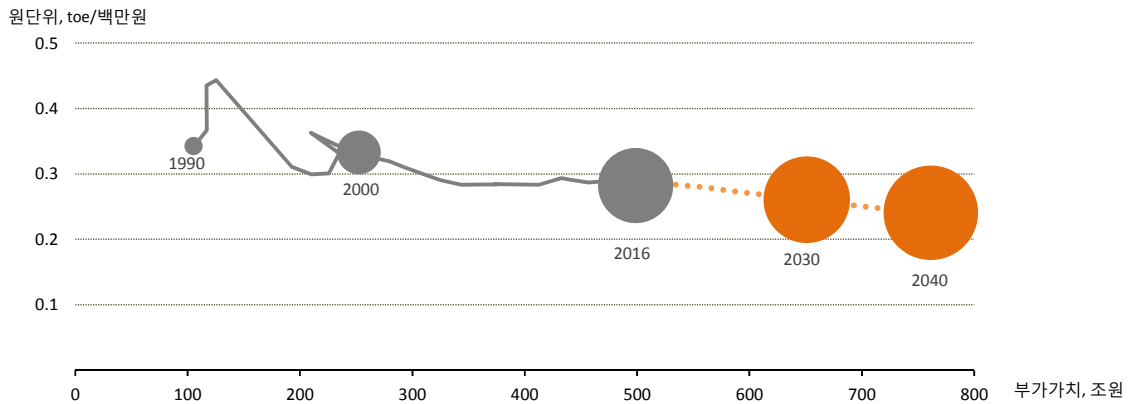
3. 산업 부문

□ 산업 부문의 에너지 수요는 2016년 140.6백만 toe에서 2040년 183백만 toe로 연평균 1.1% 증가

- 1990년부터 2016년까지 우리나라 경제가 빠르게 성장하면서 산업 부문 에너지 소비는 36.2백만 toe에서 연평균 5.4% 증가하여 2016년 140.6백만 toe까지 도달하였음
 - 같은 기간 산업 부문의 부가가치는 에너지 소비 증가율 보다 빠르게 연평균 6.2% 증가하였고 산업 부문의 에너지원단위는 연평균 0.7% 개선되었음
 - 1990년대 고도 성장기에는 에너지다소비 업종, 특히 철강과 석유화학의 활발한 신증설로 인해 산업 부문의 에너지원단위가 악화와 개선을 반복하였으나 2000년대 이후에는 꾸준한 개선 추세를 보임
- '2016 장기 에너지 전망'과 비교하여 경제 성장이 둔화될 것으로 전망됨에 따라 산업의 부가가치는 2016년 499 조원에서 2040년 761 조원으로 연평균 1.8% 성장하는데¹⁷, 같은 기간 산업 부문의 에너지 수요는 연평균 1.1% 증가하여 부가가치 전망의 하락에도 불구하고 전망의 하락폭은 크지 않을 것으로 예상됨
 - 에너지 수요 증가율의 하락이 '2016 장기 에너지 전망' 대비 크지 않은 것은 산업 부문 에너지 수요의 47% 이상을 차지하는 석유화학 원료 수요가 전망 기간 석유화학 산업의 꾸준한 성장에 힘입어 연평균 1.3% 증가하기 때문임
 - 2040년까지 에너지다소비 업종 가운데 석탄을 주로 소비하는 철강과 시멘트의 성장이 지속적으로 둔화되는 반면 석유화학, 조립금속이 산업 부문의 경제 성장을 주도하면서 산업 전체로 보았을 때 석탄 수요 증가가 둔화되고 석유와 전력이 상대적으로 빠르게 증가함
 - 한편, 산업 설비의 에너지 효율 개선과 에너지저소비형 업종 중심으로의 산업 구조 변화, 그리고 온실가스 감축 정책으로 인해 산업 부문의 에너지 수요 증가율은 부가가치 증가율 보다 낮을 것으로 예상되는데, 이로 인해 2016년에서 2040년 사이 산업 부문의 에너지원단위는 연평균 0.7% 개선될 것으로 전망됨
- 한편, 경제성장률 차이에 따른 시나리오 분석 결과 고성장, 저성장 시나리오에서 모두 산업 부문의 에너지 수요가 2040년까지 증가하나 증가 속도에서 차이를 발견할 수 있음
 - 2016년에서 2040년 사이 산업 부문 부가가치의 연평균 증가율은 고성장, 저성장 시나리오 각각 2.1%와 1.6%이며, 에너지 수요는 각 시나리오에서 연평균 1.5%와 0.9% 증가하여 고성장 시나리오의 경우 2040년 200백만 toe, 저성장 시나리오는 176백만 toe 수준이 될 것으로 전망됨
 - 그러나 산업 구조 변화가 없는 단순 경제성장률 차이는 에너지 효율이나 원별 구성에 미치는 효과가 미미하여 시나리오 간 부가가치 증가율의 차이와 에너지 수요 증가율의 차이가 유사하게 나타남

¹⁷ 2016년 작업에서 2015~2040년 산업 부문의 부가가치는 연평균 2.1% 성장하고, 에너지 수요는 연평균 1.1% 증가할 것으로 전망하였음

그림 2.13 기준 시나리오의 산업 부문 에너지 수요, 부가가치 및 에너지원단위, 1990-2040



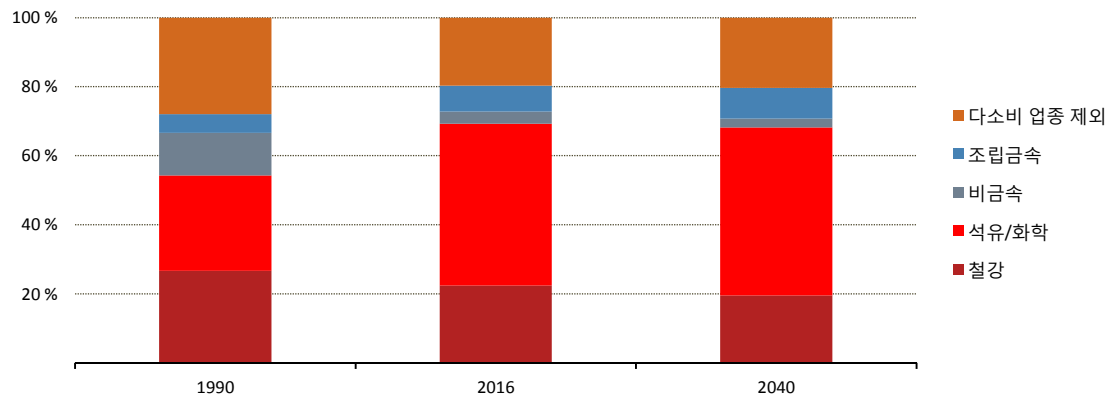
주: 원의 지름은 에너지 수요의 크기를 의미

산업 업종별 에너지 수요 전망

□ 에너지다소비 업종의 판도 변화 속에 석유화학과 조립금속이 산업 부문의 에너지 수요 증가를 주도

- 전통적인 에너지다소비 업종 가운데 철강과 비금속의 산업 부문 에너지 수요 증가 기여도는 갈수록 줄어들고 석유화학과 조립금속의 기여도는 커질 것으로 전망
 - 자동차, 전자, 반도체, 조선 등을 포함하는 조립금속업은 우리나라의 수출 주력 산업이며 앞으로도 수출 중심의 경제 구조가 변함없이 유지되면서 에너지 수요가 빠르게 증가할 전망이다
 - 조립금속의 주요 연계 산업인 석유화학은 2015년부터 시작된 저유가 국면에서 적극적인 설비 증설을 해왔기 때문에 앞으로 에너지 수요 증가폭이 커질 전망이며, 석유화학과 조립금속이 산업 부문 전체의 에너지 수요에서 차지하는 비중은 2016년 각각 46.8%, 7.5%에서 2040년 각각 49%, 9% 수준으로 증가함
 - 반면 산업 부문에서 철강과 비금속이 차지하는 비중은 2016년 각각 22.4%와 3.6%에서 2040년 각각 20%와 3% 수준으로 감소함
 - 비금속의 에너지 수요가 감소하지만 석유화학과 조립금속, 철강의 에너지 수요가 증가하면서 4대 업종이 산업 부문 전체 에너지 수요에서 차지하는 비중은 2016년 80.4%에서 2040년 80%로 큰 변화없이 유지될 전망이다
- 일반적으로 업종별 생산이 증가하면서 에너지 수요도 증가하지만 비금속, 섬유/가죽, 음식담배, 광업과 같은 일부 업종의 경우는 생산과 에너지 수요의 상관 관계가 매우 낮은 것으로 나타남
 - 예를 들어 섬유/가죽 업종의 경우 기존 원자재 생산 중심에서 패션 의류 생산 등 고부가가치 생산으로 주요 제품 생산이 이동하면서 산출액 증가에도 불구하고 에너지 수요는 감소할 전망이다

그림 2.14 주요 업종별 에너지 수요 비중 변화



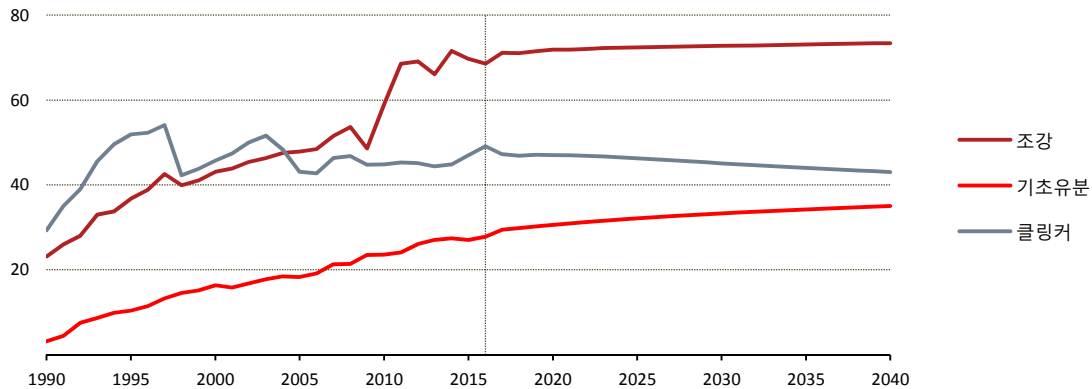
□ 저유가의 지속과 전방산업인 조립금속의 성장 그리고 수출 증가로 석유화학의 에너지 수요는 꾸준히 증가

- 저유가로 인해 제품의 마진이 크게 늘어나며 석유화학은 근래에 시설 투자를 크게 늘려왔고 연계 업종인 조립금속의 석유화학 제품 수요가 꾸준히 증가하면서 전망 기간 에너지 수요가 연평균 1.3% 증가할 전망
 - 석유화학에서는 2016년 현대케미칼이 100만톤의 혼합자일렌 설비, S-Oil과 한화토탈이 각각 5만톤과 5.6만톤의 파라자일렌(PX) 설비, 그리고 SK어드밴스드가 50만톤의 프로필렌 설비(프로판 탈수소화, PDH)를 신증설하였음
 - 조립금속업의 성장으로 플라스틱 및 고무와 같은 화학 제품 소비가 증가하면서 석유화학업의 기초유분 생산량이 전망 기간 연평균 1%대의 꾸준한 증가세를 유지할 전망이다
 - 국제 유가가 장기적으로 상승을 하더라도 대규모 시설 투자에 따른 규모의 경제 실현으로 우리나라 석유화학의 국제 경쟁력이 유지되고 에너지 수요도 증가할 것으로 예상됨

□ 인공지능의 보급에 따라 반도체의 수요가 증가하면서 반도체가 속한 조립금속의 에너지 수요도 증가

- 일상 생활뿐 아니라 산업현장에서 인공지능의 도입은 일시적인 유행이 아닌 장기 추세로 판단되기 때문에 앞으로도 반도체의 수요가 지속적으로 증가할 것이고, 이에 따라 매출액 기준 세계 반도체 시장의 약 20% 이상을 점유하고 있는 (IC Insights, 2017) 우리나라 반도체업의 생산도 꾸준히 증가할 전망이다
 - 2017년 우리나라의 반도체 수출액은 전년 동기 대비 약 56% 증가를 기록하였으며(10월 누적 실적), 인공지능을 적용한 자율주행 자동차, 사물인터넷, 음성인식 서비스 등의 신규 수요 증가로 메모리 반도체의 수요가 꾸준히 증가할 전망이다
- 반도체 외에 우리나라의 주력 수출 상품인 장기적으로 자동차와 전기전자의 생산량도 꾸준히 증가함에 따라 조립금속의 에너지 수요도 동반 증가할 전망이다

그림 2.15 에너지다소비 업종의 주요 제품 생산량 전망 (백만 톤)



□ 세계 철강 경기 침체와 전방 연계산업의 성장 둔화로 철강의 에너지 수요는 지속적으로 정체

- 전 세계적으로 철강재 공급 과잉과 대내적으로 건설업, 조선업 등의 수요 산업 부진에 따른 철강 경기의 둔화에 따라 철강 생산량의 증가율이 장기적으로 둔화될 전망이다
 - 2000년대 들어 중국의 철강 생산 능력이 대폭 확대되었지만 2010년대 중국 경제의 하향 국면 진입으로 전 세계적인 철강재 공급 과잉 현상이 지속되고 있음
 - 국내 건설 경기의 장기적인 둔화로 건설용 철근 수요가 정체될 것으로 예상됨에 따라 전로강 생산량은 현재 수준에서 연평균 0.2% 감소하고 전력 수요는 2040년 4백만 toe로 2016년과 비슷한 수준을 유지할 것으로 전망함
 - 반면에 철강 제품의 고급화를 통한 경쟁력 강화 노력으로 고품질 전로강 생산이 증가할 것으로 예상됨에 따라 전로강 생산량은 연평균 0.5% 증가하고 원료탄 수요는 2016년 26.0백만 toe에서 2040년 30백만 toe로 연평균 0.6% 증가할 전망이다

□ 비금속업은 시멘트의 생산량이 점차 감소하면서 에너지 수요가 현재보다 하락할 전망

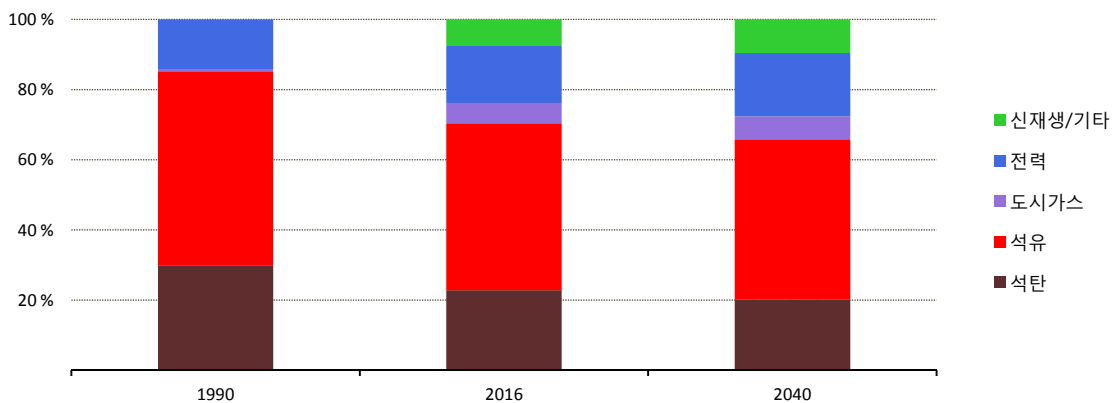
- 비금속업에는 시멘트업과 유리, 요업 등이 함께 속해 있는데, 장기적으로 건설 경기가 하강하면서 시멘트업의 산출액이 줄어드는 반면 유리와 요업의 산출액은 늘어나며 비금속의 산출액은 연평균 2.0% 증가할 전망이다
- 시멘트 생산량은 2016년에서 2040년 사이 연평균 0.6% 감소하면서 킬른가열용 유연탄 수요가 2.8백만 toe에서 2.5백만 toe로 연평균 0.4% 줄어들어 비금속 업종 전체로는 에너지 수요가 전망 기간 연평균 0.1% 감소할 것으로 예상됨

산업 부문의 에너지 제품 수요 전망

□ 전력과 가스의 비중이 꾸준히 증가하는 반면 석탄과 석유의 비중은 점차 하락

- 전통적 화석 에너지인 석탄과 석유의 비중이 2016년 70.3%에서 2040년 66% 수준으로 하락하고 대신 전력과 가스, 신재생을 중심으로 한 온실가스 및 오염물질 저배출 에너지원이 그 역할을 대체함
 - 전력을 주로 사용하는 조립금속의 빠른 성장으로 산업 부문의 전력 수요는 2016년 23.2백만 toe에서 2040년 33백만 toe로 42% 증가하며 산업용 에너지에서 차지하는 역할이 확대될 전망이다
 - 가스 수요는 가스 배급망 보급의 포화로 2016년에서 2040년 사이 연평균 1.8% 증가율이 과거와 비교하여 크게 둔화하지만 오염물질 저배출 연료로서 석탄이나 석유를 대체하며 빠르게 증가할 전망이기 때문에 가스의 비중은 2016년 5.6%에서 2040년 7% 수준으로 증가할 전망이다
 - 신재생에너지는 정책적인 지원에 힘입어 산업용 에너지 중에서 가장 빠르게 증가할 전망인데, 이는 산업용 신재생에서 차지하는 비중이 큰 폐기물 에너지 수요가 시멘트, 제지, 목재 업종에서 향후에도 꾸준히 증가하고 상용자가 발전의 신재생 전력 생산이 빠르게 확대되는 것이 주요 원인임
- 석탄은 철강업의 원료용 유연탄을 중심으로 수요가 꾸준히 유지되며 전망기간 연평균 0.6% 증가하지만 산업 부문에서 차지하는 비중은 2016년 22.8%에서 2040년 20% 수준으로 하락할 전망이다
- 석유는 석유화학의 꾸준한 성장으로 납사 수요가 전망기간 연평균 1.2% 증가하며 2040년에도 산업 부문의 45% 이상을 차지하여 가장 큰 비중을 차지하지만 그 비중은 1.9% 포인트 하락함

그림 2.16 에너지원별 산업용 에너지 수요 비중(원료용 포함)



4. 수송 부문

□ 국제 유가 급락으로 최근 수송 부문 에너지 소비가 일시적으로 급상승

- 수송 부문의 에너지 소비 증가 추세는 1997년 외환위기와 2008년 국제 금융위기를 계기로 크게 둔화되는 양상을 보이는 가운데 1990년 14.2백만 toe에서 2014년 37.6백만 toe로 연평균 4.2% 증가함
 - 수송 부문은 외환위기 이전까지 빠른 경제 성장, 교통 인프라 공급 증가, 대중 교통 발달, 자동차 증가 등으로 1990~1997년 연평균 11.7%의 높은 에너지 소비 증가율을 기록하였으나, 외환위기 여파로 경제 및 내수 증가세가 둔화되면서 2000년대 에너지 소비 증가율은 2.6%로 대폭 하락함
 - 또한 2008년 국제 금융위기 이후에는 세계 경기 침체 지속에 따른 수출 및 경제 성장 둔화와 국제 유가의 고공행진으로 인해 2014년까지 에너지 소비 증가율이 연평균 0.8%로 하락함
- 전반적인 하향 추세를 보였던 수송 부문 에너지 소비 증가율은 2014년 하반기 이후 국제 유가의 급락과 저유가 지속으로 수송 수요가 크게 증가하면서 2015년과 2016년 각각 전년 대비 7.1%, 6.2% 증가함
 - 일일 평균 교통량은 2015년 13.9천 대/일, 2016년 14.5천 대/일로 2015년과 2016년에 전년 대비 4.2% 증가하면서 2010~2014년 연평균 증가율 1.2%를 크게 상회하였으며, 자동차 총주행거리 역시 2015년 435.9백만 대·km, 2016년 455.8백만 대·km로 전년 대비 4.1%, 4.6% 증가하여 2010~2014년 연평균 증가율 1.6%를 크게 상회함 (국토교통부, 2016)

□ 내연기관 자동차 보급이 정체 또는 감소하면서 수송 부문 에너지 수요는 2030년 경 정점에 도달

- 수송 부문 에너지 수요는 2016년 42.8백만 toe에서 연평균 0.1% 증가하면서 2040년에 43백만 toe에 도달할 전망이다
 - 정부의 적극적인 지원 정책으로 전기자동차 보급이 확대되면서 자동차 보급의 꾸준한 증가에도 불구하고 내연기관 자동차 보급은 2030년 경에 정점에 도달할 것으로 예상되는데(그림 2.18 참조), 이러한 내연 기관 자동차의 보급 변화에 상응하여 수송 부문 에너지 수요도 2030년 경 약 46백만 toe 수준의 정점에 도달한 이후, 자동차 엔진 효율의 향상, 인구 증가 정체 및 감소, 여객 및 화물 수요 증가 속도 둔화 등으로 감소할 것으로 전망됨

수송 수요 전망

□ 자동차 보급은 인구 감소에도 불구하고 소득 및 물동량의 증가로 꾸준히 증가

- 자동차 보급은 가구 소득 증가와 함께 승용차를 중심으로 증가하여 2016년 22.2백만 대에서 2040년 28백만 대 수준까지 꾸준히 증가할 전망이다
 - 자동차 대당 인구수는 2000년 3.8명에서 2016년 2.3명으로 하락하였으며, 전망 기간에도 자동차 보급이 지속적으로 증가하면서 2040년에 2명 아래로 떨어짐

- 승용차 보급은 국내 자동차 산업 성장, 교통 인프라 확충, 소득 증가에 따른 생활 방식 변화로 2000~2016년 연평균 4.9% 증가했으며, 전망 기간에도 연평균 1.2%로 자동차 보급 증가를 주도할 것으로 예상되며, 승용차 대당 인구수는 2016년 3.0명에서 2040년 2명 수준으로 하락함

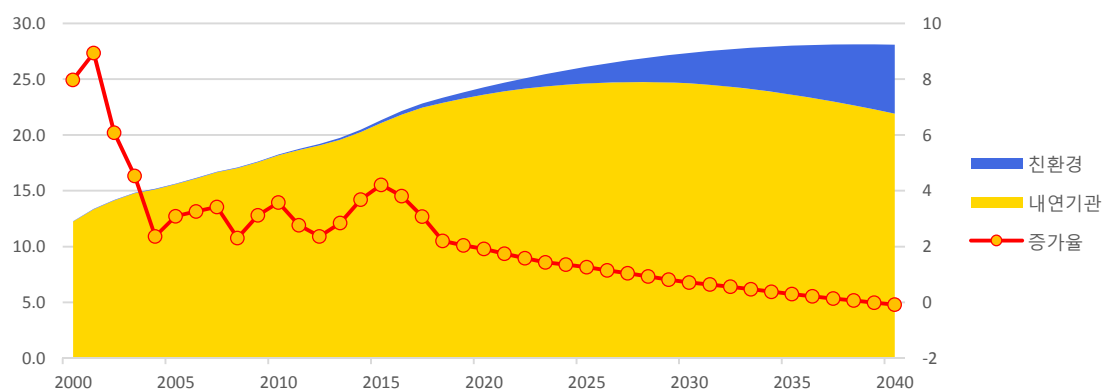
그림 2.17 자동차 보급대수 및 대당 인구수 추이



주: 승용차는 비사업용과 사업용 모두 포함

- 전기자동차나 하이브리드 자동차 같은 친환경 자동차는 정부의 적극적인 보급 정책으로 전망 기간 초기 빠른 속도로 증가하면서 내연기관 자동차를 대체해 자동차 보급에서 전통적인 내연기관 자동차가 차지하는 비중은 점차 감소할 것으로 전망됨
- 미세먼지가 사회적 문제로 부각되고 디젤 게이트로 인해 클린 디젤에 대한 소비자의 인식이 변하면서 경유 승용차 판매 증가가 과거보다 둔화하면서 휘발유 자동차가 증가하겠지만, 친환경 자동차가 정부의 적극적인 보급 정책에 힘입어 경유 자동차에 대한 선호 감소를 대체하면서 내연기관 자동차 보급은 2030년 경에 정점에 도달한 이후 지속적으로 감소할 전망이다

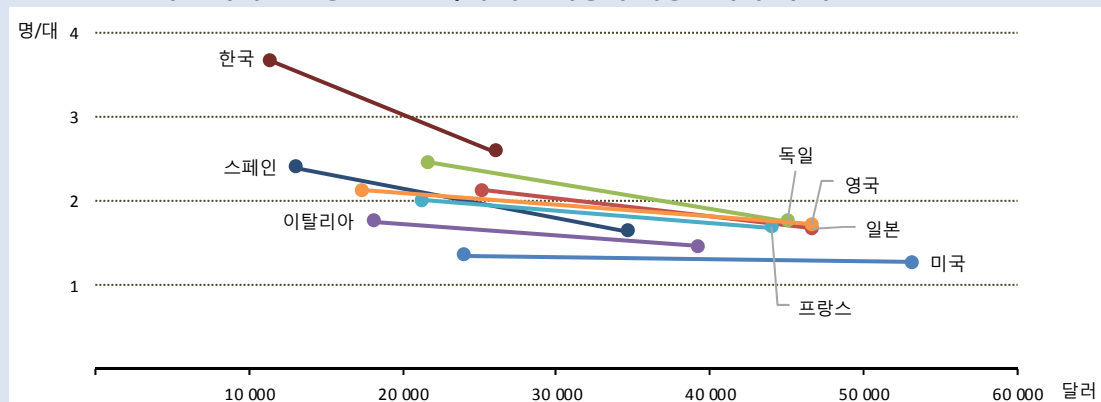
그림 2.18 내연기관 및 친환경 자동차 보급대수 추이



붙임 2.3 주요국 일인당 GDP 변화와 자동차 대당 인구수

- 자동차 대당 인구수는 한 나라의 자동차 보급률을 나타내는 주요 지표로 해당 국가의 교통 인프라 환경, 운전 문화, 대중 교통 발달 정도, 소득 등에 따라 그 수준이 상이함. 소득에 따른 자동차 대당 인구수 변화를 비교함으로써 국가별 자동차 보급을 분석하는데 사용하기도 하며, 한 국가의 소득 증가에 따른 자동차 보급을 전망하기도 함
- 그림 2.19는 1990년에서 2013년 사이 주요 국가들의 일인당 GDP의 최저치와 최고치 때의 자동차 대당 인구수를 보여주고 있음. 미국은 전 국토에 걸친 고속도로 인프라가 오래 전부터 발달되었고 자동차 사용이 높을 수밖에 없는 생활 방식으로 세계에서 자동차 대당 인구수가 가장 낮은 국가 중에 하나임. 1990년 일인당 GDP가 약 2만4천 달러였을 때 이미 자동차 대당 인구수는 1.4명 수준이었으며, 2013년 현재 일인당 GDP는 5만3천 달러로 증가하고 자동차 대당 인구수는 1.3명으로 소폭 하락함
- 미국을 제외한 주요 국가들은 일인당 GDP가 4만 달러를 넘을 때 자동차 대당 인구수가 약 1.7명 수준으로 수렴하는 경향을 보임. 독일, 프랑스, 영국, 일본 등은 일인당 GDP가 3만 달러 이하였을 때 자동차 대당 인구수가 2.0~2.5명으로 다양한 차이를 보였으나 일인당 GDP가 4만 달러를 넘어서자 대당 인구수가 1.7명 내외로 비슷한 수준임. 독일의 경우 세계 최고의 자동차 산업을 보유했음에도 일인당 GDP가 낮았을 때 자동차 대당 인구수가 2.5명으로 다른 비교 국가들보다 상대적으로 높았으나 일인당 GDP가 증가하면서 자동차 대당 인구수가 빠르게 하락하여 2013년 일인당 GDP는 약 4만5천 달러 수준으로 증가하고 자동차 대당 인구수는 1.76명으로 하락함. 생활 방식이나 문화적 배경이 다른 일본의 경우도 일인당 GDP가 4만 달러를 넘어서면서 주요 유럽 국가들과 비슷한 1.7명 수준을 기록하였음.
- 반면, 스페인이나 이탈리아 같은 경우 주요 유럽 국가들과는 조금 다른 모습을 보이고 있는데, 스페인은 일인당 GDP 3만5천 달러에서 자동차 대당 인구수가 1.6명 수준까지 하락하여 주요 국가들 중에서 가장 빠르게 자동차가 보급되었으며, 이탈리아는 일인당 GDP가 2만 달러 이하였을 때 이미 2013년 독일과 같은 1.76명이었으며 일인당 GDP 4만 달러에서 1.4명으로 미국을 제외한 국가들 중에서는 가장 낮은 대당 인구수를 보이고 있음
- 우리나라의 자동차 대당 인구수는 국내 자동차 산업의 성장, 자동차의 대중화, 빠른 경제 성장 등으로 2000~ 2013년 연평균 3.1%의 아주 빠른 속도로 하락하였지만, 다른 국가들에 비교하면 비슷한 일인당 GDP에도 높은 자동차 대당 인구수를 보이고 있음. 2040년 우리나라의 일인당 GDP는 4만 달러를 초과할 것으로 기대되지만 자동차 대당 인구수는 인구 정체 및 감소, 빠른 고령화 등으로 다른 국가들보다 높은 약 1.9명으로 하락할 것으로 보임

그림 2.19 주요국의 일인당 GDP 변화에 따른 자동차 대당 인구수 추이(1990~2013년)



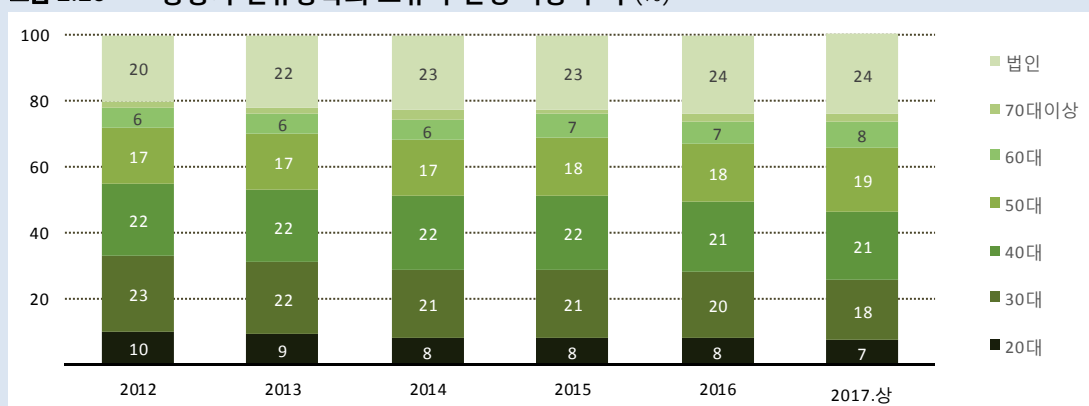
자료: OECD

주: 한국은 2000~2013년

결상자 2.4 고령화가 교통 수요에 미치는 두 가지 효과

- 우리나라는 2018년 고령 사회(65세 이상 인구의 비율이 14% 이상), 2026년 초고령 사회(65세 인구가 20% 이상)가 될 것으로 전망되는데 (통계청, 2016), 이러한 고령화는 우리나라 장기 교통 수요 변화에 영향을 미치는 중요한 요소 중의 하나임
- 고령화가 교통 수요 및 자동차 구매에 미치는 효과를 분석한 연구들은 고령화의 효과로 나이 효과(aging effect)와 세대 효과(cohort effect)를 제시하고 있는데, 나이 효과는 60대 이상이 되면 활동이 줄어드는 효과로, 예를 들어 60대가 되면 30~50대에 비해 이동 거리가 짧아지거나 자동차 구매가 줄어드는 현상을 의미하는 반면, 세대 효과는 과거의 60대와 현재의 60대의 활동은 다를 수 있다는 것임

그림 2.20 승용차 신규등록의 소유자 연령 비중 추이 (%)



자료: 한국자동차산업협회

- 위 그림에서 보면, 연령별 승용차 신규등록 비중은 매년 20~40대에서는 나이가 많아질수록 상승하지만 50대 이상에서는 하락하는 나이 효과를 보이고 있음. 하지만 2012~2017년까지 50대 이상이 승용차 신규등록에서 차지하는 비중은 지속적으로 상승하는 세대 효과가 존재함. 2017년 상반기 승용차 구매도 40대 이하는 감소하였지만, 50대, 60대, 70대는 각각 3.4%, 13.7%, 14.3% 증가하면서 전체 차량 구매 증가를 견인함 (한국자동차산업협회, 2017)

표 2.2 연령별 통행원단위

연령	2000	2006		2010	
	통행/인	통행/인	증감(%)	통행/인	증감(%)
10 대 이하	1.89	2.36	19.6	2.62	38.3
20~30 대	1.73	2.10	17.5	2.01	16.2
40~50 대	1.66	2.08	20.5	2.09	26.3
60 대 이상	0.99	1.52	34.9	1.60	62.2
소계	1.71	2.10	18.6	2.12	23.8

자료: 김주영, 외. 2016

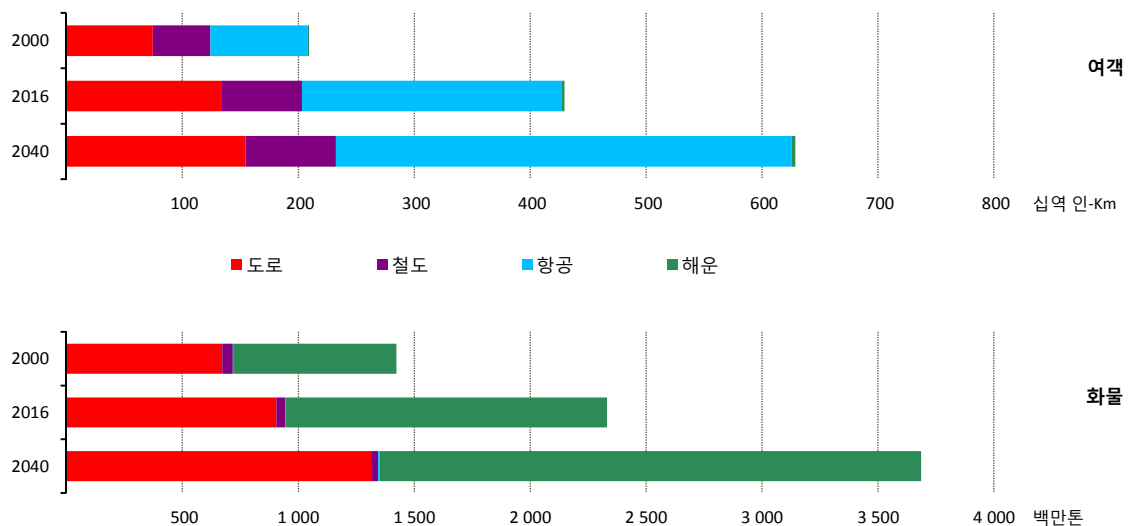
주: 2006년과 2010년의 증감은 2000년 대비 변화를 의미

- 전세계적으로 65세 이상의 고령자의 여행 빈도와 거리, 자동차 운전 이용은 증가하고 있는 것으로 분석되고 있으며 (RosenbloomSandra, 2001; 2012), 우리나라의 경우도 인당 통행량이 2000년 1.71에서 2006년 2.10, 2010년 2.12로 증가하였는데, 60대 이상이 가장 높은 증가율을 기록하였다. 60대 이상 고령자의 통행은 여가와 출근이 많은 비중을 차지하였으며, 대부분의 통행이 2000년 대비 2010년에 증가함 (김주영, 박지형, 오재학, 조종석, 2016)
- 일반적으로 고령화는 나이 효과와 세대 효과 두 경로를 통해서 교통 수요에 영향을 미치며, 나이 효과와 세대 효과의 크기에 따라 교통 수요를 감소시키거나 증가시킬 수 있음. 현재까지는 나이 효과가 세대 효과보다 큰 것으로 추정되며, 이는 고령화가 교통 수요 증가세를 둔화시키는 요인으로 작용할 수 있음을 의미함. 하지만, 60대 이상의 경제활동이 증가하고, 의료 시스템의 발달로 고령자의 건강 상태가 지속적으로 개선된다면 고령화의 세대 효과가 커질 수 있으며, 이에 따른 교통 수요 증가세 변화에 대한 더 세심한 분석이 필요함

□ 교통 인프라 확충과 교역 증가 등으로 수송 수요는 증가하지만, 인구 구조 변화 등으로 증가세는 둔화

- 사업용 여객은 대중 교통의 발달, 교통 인프라의 지속적인 확대, 여행 수요 증가 등으로 2016년 429.5십억 PgKm(passenger-km)에서 연평균 1.6% 증가하여 2040년 629십억 PgKm에 이를 전망이다
 - 2000~2016년 사업용 여객 수요는 저비용 항공사 등장 및 급성장, KTX 개통, 지하철 노선 확대, 고속도로 확장 등으로 연평균 4.6%로 증가하였음
 - 항공 여객은 전망 기간에 해외 방문객 증가, 국내외 여행 수요 증가, 전망 기간 신규 취항 노선 증가 및 공항 증설 등으로 연평균 2.4% 증가하여 사업용 여객 수요 증가를 주도함
 - 2000~2016년 연평균 3.7%로 빠른 속도로 증가하였던 도로 여객은 전망 기간에 인구 정체 및 감소, 장거리 여행의 철도 및 항공으로의 전환 등으로 연평균 0.6% 증가에 그칠 것으로 예상됨

그림 2.21 수송 수단별 사업용 여객 및 화물 수송 수요



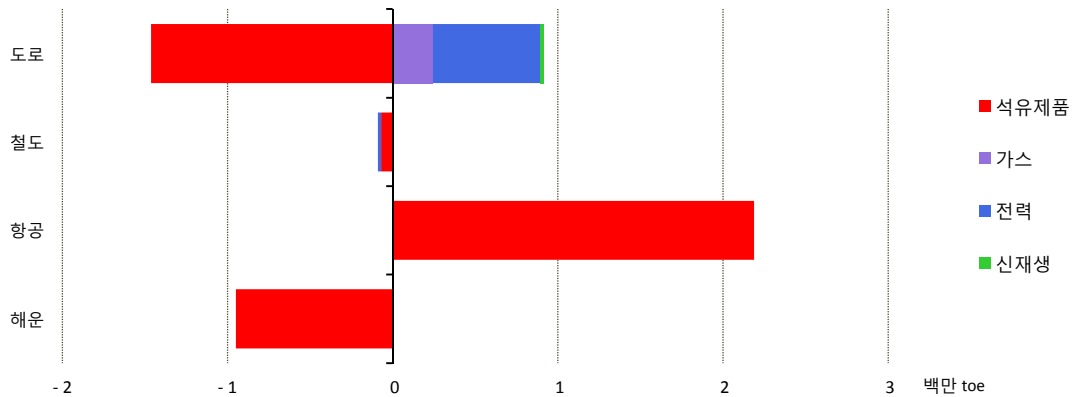
- 사업용 화물은 수출 위주의 경제 성장 지속으로 국제 해운 화물이 크게 증가하면서 2016년 2.3십억 톤에서 연평균 1.9% 증가하여 2040년 3.7십억 톤에 도달하겠지만 증가율은 점차 둔화될 전망이다
 - 2000~2016년 사업용 화물 수요는 지역간 간선도로망의 확충, 항만 하역능력의 증대 등 교통 인프라의 확대 및 개선으로 연평균 3.1% 증가함
 - 도로 화물 수요는 경제 성장에 따른 물동량 증가, 인터넷 쇼핑 성장에 따른 택배 물량 증가로 연평균 1.6% 증가하지만 도로 화물과 경쟁 관계에 있는 철도 화물은 경쟁력 약화로 감소할 전망이다

수송 수단별 에너지 수요

□ 수송 부문 에너지 수요는 전망 기간에 항공 부문을 제외한 모든 부문에서 소비가 감소

- 도로 부문 에너지 수요는 2030년까지는 2백만 toe 증가하지만, 2030년 이후에는 3백만 toe 감소하면서 전망 기간 전체에 걸쳐서는 1백만 toe 감소할 것으로 전망됨
 - 도로 부문은 소득 증가, 가구당 자동차 대수 증가 등으로 자동차 보급과 여객 수송 수요가 증가하고 경제 성장, 물류 시스템 개선 등으로 인한 물동량 증가로 화물 수송 수요가 증가할 것으로 전망되지만, 도로 부문 에너지 수요는 전기자동차를 비롯한 친환경 자동차 보급이 확대되어 2016~2030년에는 연평균 0.4% 증가하고, 2030~2040년에는 연평균 0.8% 감소할 것으로 전망됨
 - 도로 부문의 에너지 수요 감소는 내연기관 자동차를 대체하는 전기자동차가 내연기관 자동차 대비 연비가 우수하기 때문인데, 예를 들어 2018년형 현대 아이오닉 전기자동차의 연비는 6.3km/kWh이고 비슷한 크기의 2018년형 현대 아반떼의 연비는 약 13.1km/l 인데, 이를 열량으로 환산하면 전기자동차가 내연기관 자동차 보다 약 60% 효율이 높은 것으로 분석됨
 - 한편, 미세먼지를 포함한 대기오염 문제 등의 환경 문제로 경유 자동차의 판매 증가는 지속적으로 둔화되고 경유 버스는 다시 CNG 버스로 대체되면서, 가스 수요는 0.2백만 toe 증가할 것으로 보임
 - 도로 부문 에너지 소비가 수송 부문에서 차지하는 비중은 석유 소비의 감소로 2016년 80.5%에서 2040년 약 78%로 하락할 것으로 보임
- 항공 부문 에너지 수요는 국내외 여행 수요 증가와 해외 방문객의 지속적인 증가로 전망 기간 연평균 1.6%로 증가하면서 수송 부문 운송 수단 중 유일하게 에너지 수요가 증가할 것으로 전망됨
 - 항공 부문의 에너지 소비는 여행 자유화, 아시아나 및 저가 항공사 취항 등으로 1990년 0.9백만 toe에서 2016년에 4.7백만 toe로 연평균 6.5%의 빠른 증가를 기록하였으며, 전망 기간에 김해 및 제주 공항 확장 등의 물적 인프라 확장과 신규 취항 노선의 확대, 국내외 여행객 및 방문객 증가 등 항공 수요의 증가로 연평균 1.6% 증가하여 2040년에 7백만 toe에 도달할 전망이다
 - 항공 부문이 수송 부문 에너지 소비에서 차지하는 비중은 1990년 6.4%, 2016년 10.9%, 2040년 16%로 급등할 것으로 보임

그림 2.22 2016~2040년 수송 수단별 에너지 수요의 변화



- 철도와 해운 부문의 에너지 수요는 전망 기간 각각 연평균 1.3%와 1.4% 감소하여 에너지 수요에서 차지하는 역할이 지속적으로 줄어들 전망임
 - 철도 부문은 1990~2016년 KTX 및 지하철 개통 등으로 여객 수요가 증가하였지만, 철도 인프라 개선, 전동차 효율 개선, 철도 화물의 감소 등으로 에너지 소비가 연평균 0.6% 감소하였으며, 전망 기간에도 에너지 수요는 신규 고속철도 노선 확대 등에도 불구하고 인구 정체 및 감소에 따른 여객 수요 감소와 전기동차 효율 개선 등으로 지속적으로 감소할 것으로 예상됨
 - 해운 부문의 에너지 소비는 2000~2016년에는 고유가에 따른 선박 운행 효율 개선, 기술적 연비 향상, 선박의 대형화 등으로 연평균 2.1% 감소하였으며, 최근 해운 부문의 구조조정과 지속적인 선박의 대형화 추세 등으로 전망 기간에도 국적 선박의 에너지 수요 감소는 지속될 전망임¹⁸

연료별 에너지 수요

□ 석유가 수송 부문 에너지 소비의 대부분을 차지하지만 비중은 지속적으로 감소

- 석유제품은 1990~2016년 수송 부문 에너지 소비 증가 28.6백만 toe의 93.2%를 차지하였지만, 전망 기간에는 내연기관 자동차 보급의 감소로 0.3백만 toe 감소할 것으로 보임
 - 경유 수요는 폭스바겐 스캔들에서 비롯된 경유 자동차의 환경 문제로 SUV와 화물 자동차를 제외한 경유 자동차의 판매가 둔화 및 감소되면서 전망기간 약 1.5백만 toe 감소하고, LPG 수요는 LPG 차량의 경쟁력 약화와 전기자동차, 하이브리드 차량의 판매 증가 등으로 약 1.1백만 toe 감소할 전망이다
 - 선박 연료용으로 주로 사용되는 수송용 중유 수요는 선박의 대형화, 선박의 연료 효율성 증가 등으로 전망 기간 0.8 백만 toe 감소할 것으로 보임

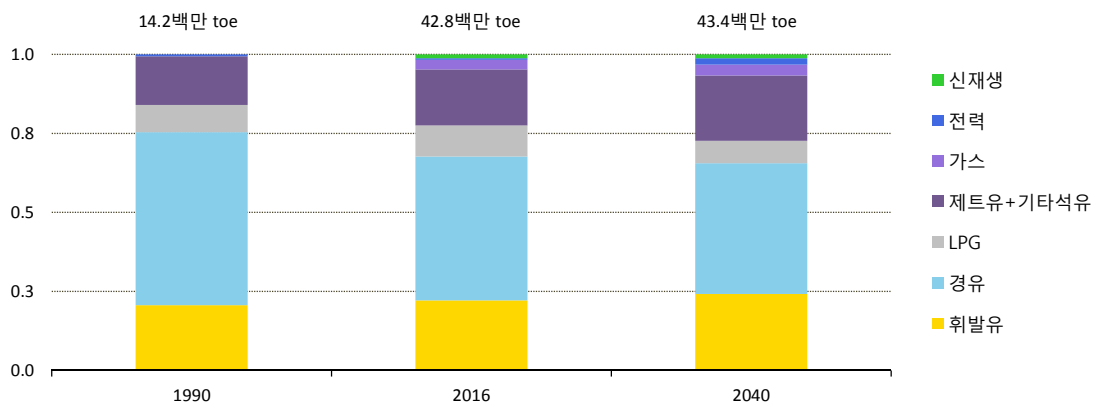
¹⁸ 해운 및 항공 부문은 자국적 선박 및 항공기의 에너지 소비를 최종 소비로 취급하기 때문에 해운업의 구조조정이 수출 물량에 영향을 미치지 않더라도 화물 수송을 해외 업체가 대체하면서 에너지 소비에 영향을 미치게 됨

- 석유가 수송 부문 에너지 소비에서 차지하는 비중은 1990년 99.4%, 2016년 95.3%, 2040년 약 93%로 지속적으로 감소하지만, 수송 부문에서 가장 중요한 에너지원의 지위는 변하지 않을 전망이다

□ 전기자동차 보급의 확대, 경유 버스의 CNG 버스로의 대체 등으로 전력과 가스의 수요는 증가

- 전력 수요는 철도 부문에서의 감소에도 불구하고 전기자동차 보급이 지속적으로 확대되면서 전망 기간에 연평균 5.6% 증가할 것으로 전망됨
 - 전기자동차는 전망 기간 초기에 구매 보조금 지급, 전기자동차 전용 번호판 배부 등 정부의 적극적인 전기자동차 보급 확대 정책에 따른 높은 보급 증가율에도 불구하고 보급 대수는 많지 않을 것으로 보이지만, 충전 인프라, 충전 시스템 등이 개선되면서 보급 대수도 급속히 증가할 것으로 보임
 - 전력 수요 증가율은 전기자동차의 높은 연비로 인하여 전기자동차 보급의 높은 증가율에 비해 상당히 낮을 것으로 보임
- 전망 기간에 가스의 수요는 미세먼지 대책 등으로 경유 버스가 다시 CNG 버스로 대체되면서 증가하겠지만, 연비 향상, 인구 정체로 인한 대중교통 수요 정체 등으로 전망 기간 연평균 0.7% 증가에 그칠 것으로 전망됨
- 신재생에너지 수요는 경유 자동차 보급의 감소에도 불구하고 전망 기간에 연평균 0.2% 소폭 증가할 전망이다
 - 신재생에너지 수요는 신재생에너지 연료 혼합 의무화 제도(Renewable Fuel Standard)의 연료 혼용율이 2018년에 3.0%로 상승하면서, 경유 자동차 보급의 감소에도 불구하고 미약한 증가세를 보일 전망이다
 - 수송 부문에서 신재생에너지 수요는 전망 기간에 경유 소비량이 감소될 것으로 전망되면서, 연료 혼용율 기준 상향 조정이나 바이오 에탄올 도입 같은 정책 변화가 없는 한 급격하게 증가하지 않을 것으로 보임

그림 2.23 수송 연료별 비중 변화

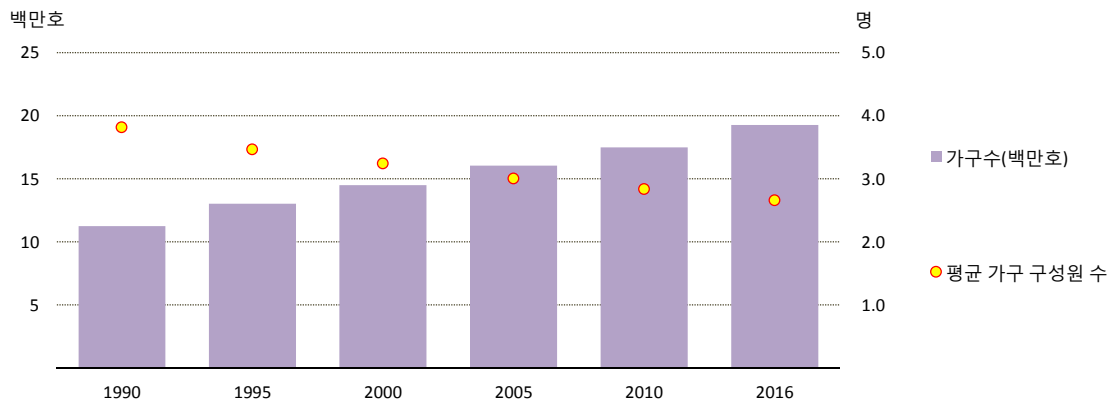


5. 가정 부문

□ 가정 부문의 에너지 소비는 2000년대 중반 이후 꾸준히 감소하여 2016년에는 21.2백만 toe를 기록

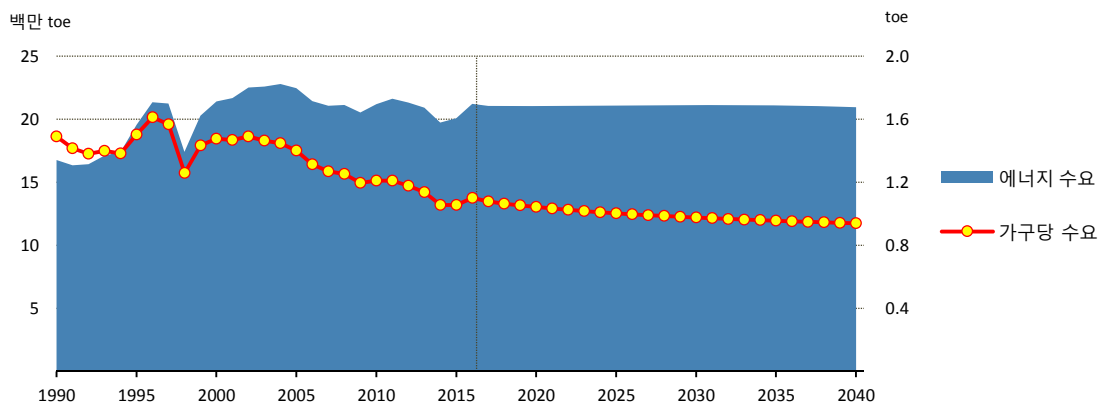
- 가정 부문의 에너지 소비는 기온 변동에 따라 등락은 있지만, 2000년대 초 중반까지는 가구수가 연평균 2% 이상 증가하고 주택 보급도 연평균 4% 가까이 증가하면서 연평균 2% 이상 증가함
- 인구 증가세가 지속해서 정체되어왔지만 일인 가구의 증가로 가구수는 증가했으며, 주택 보급도 아파트를 중심으로 증가하면서 가정 부문의 에너지 소비를 견인함

그림 2.24 가구수 및 평균 가구 구성원수 추이



- 하지만, 2000년대 중반을 기준으로 총인구, 가구수, 주택 수, 가구 소득 증가율이 모두 과거 대비 둔화하고, 에너지 대체 및 효율 개선은 지속되면서 가정 부문의 에너지 소비가 감소 추세로 전환됨
- 인구의 연평균 증가율은 1990~2004년 0.8%에서 2004~2016년에는 0.5%로, 가구수는 동기간 2.4%에서 1.7%로, 주택 수는 3.9%에서 2.1%로, 일인당 소득은 5.5%에서 3.0%로 하락함
- 2005년 이후 가정 부문 에너지 소비 감소는 고유가로 인해 석유가 가격 및 에너지 효율 측면에서 경쟁력을 상실하고 다른 고효율의 에너지로 대체된 영향이 컸는데, 특히 2011년 이후는 순환 정전 사태를 겪으면서 에너지 절약이 보편화되고 소득 증가 정체가 겹치면서 전력 소비 증가가 크게 둔화된 것도 가정 부문 에너지 소비 감소의 원인으로 작용함
- 가구당 에너지 소비는 가정 부문 전체의 에너지 소비보다 더 빠르게 감소했는데, 이는 에너지 대체 및 절약 외에도 평균 가구 구성원수의 지속적인 감소, 가전기기 및 보일러의 효율 상승 등도 영향을 미친 것으로 분석됨
- 한편, 최근 연구에 따르면 2011년 이후의 가정용 에너지 소비 둔화에는 기온 효과도 존재하는데, 2011~2016년 기온이 과거 평년 기온 대비 변화하며 연평균 가정용 에너지 소비 증가율이 0.8% 포인트 가량 하락한 것으로 분석됨 (김철현 & 강병욱, 2017)

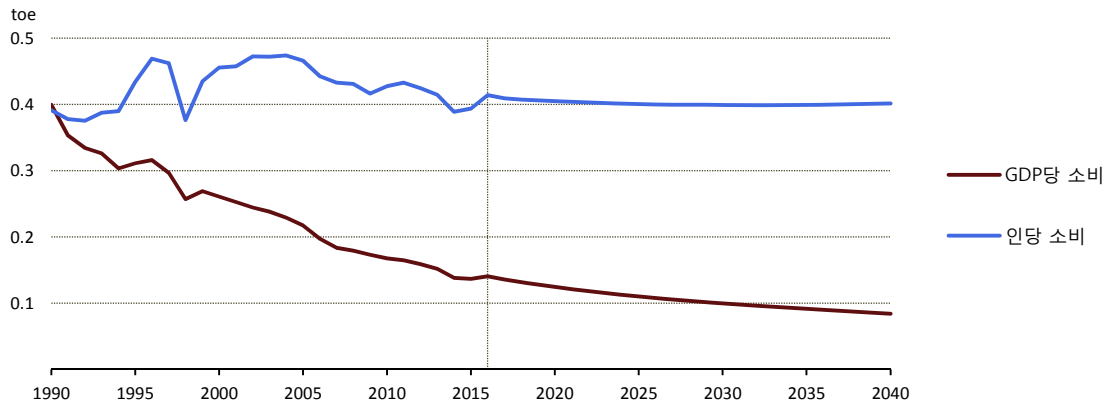
그림 2.25 가정 부문 에너지 수요 및 가구당 에너지 수요



□ 전망 기간 가정 부문의 에너지 수요는 정체하며 2040년에도 현재와 비슷한 수준을 유지할 것으로 예상

- 전망 기간(2017~2040년) 인구 및 가구수, 주택 보급 증가가 정체되고 경제성장률도 크게 하락하는 반면 에너지 효율은 지속적으로 개선되면서 에너지 수요가 정체할 것으로 보임
 - 인구, 가구수, 주택 수가 과거의 증가세 둔화 추세를 전망 기간에도 이어갈 것으로 예상되며, 일인당 소득도 전망 기간 연평균 2.0% 증가에 그치며 에너지 수요 둔화를 이끌 것으로 전망됨
 - 반면, 에너지 사용 기기 및 설비의 효율 경쟁과 정부의 에너지 효율 개선 정책으로 주택 단열 수준과 보일러를 비롯한 주요 가전기기의 에너지 효율은 지속 향상되고, AMI(Advanced Metering Infrastructure)와 같은 고객과 전력회사 간의 양방향 에너지관리시스템이 활성화되면서 에너지 소비가 절감될 것으로 보임
 - 가구수는 고령의 일인 가구 증가로 전망 기간 낮은 수준이지만 증가세를 유지할 것으로 예상, 하지만 이러한 가구 특성의 변화는 향후 주택 평균 면적의 감소와 가구당 에너지 소비의 하락을 초래할 것임
 - 특히 2030년대 중반 이후 인구 감소와 에너지 효율의 지속적 개선이 겹치면서 가정 부문 에너지 수요가 감소할 것으로 보임
- 가구 및 GDP당 에너지 수요는 효율 개선 등으로 하락세를 지속하겠지만 일인당 에너지 소비는 일인 가구 및 고령 가구의 증가, 가구 소득 증가 등으로 현재의 수준을 유지할 것으로 분석됨
 - 전망 기간 가구당 에너지 수요는 연평균 0.7%, GDP당 에너지 수요는 연평균 2.1% 감소할 것으로 예상됨
 - 하지만, 일인당 에너지 수요는 효율 개선 등에 따른 에너지 소비 절감 효과가 일인 가구 중심의 소형 주택 보급 증가에 따른 총 주거 면적 및 주택 수 증가와 인구 고령화 및 가구 소득의 증가로 다양한 소형 가전기기의 보급 증가 효과로 상쇄되며 전망 기간 현재 수준을 유지 할 것으로 예상됨

그림 2.26 일인당 및 GDP(천만원)당 가정 부문 에너지 수요



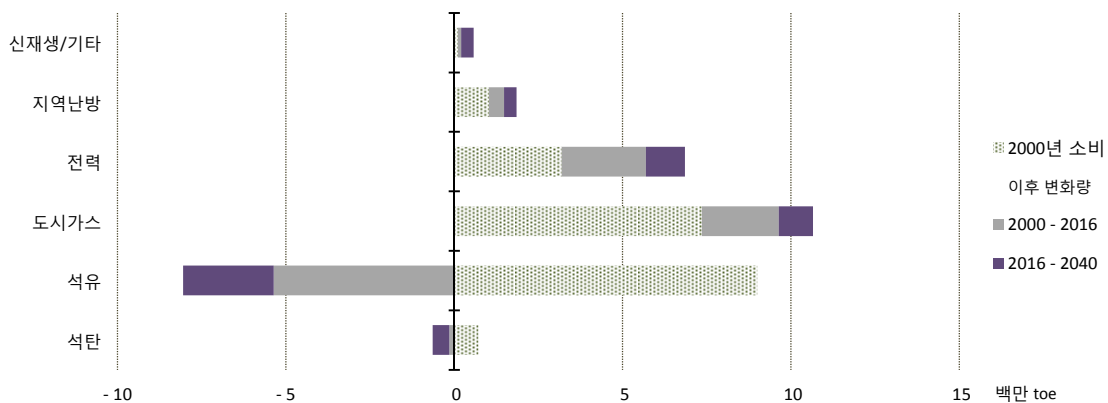
에너지원별 수요

□ 전망 기간 석탄과 석유가 도시가스, 전력, 지역난방 등으로 대체되며 에너지원별 비중이 변화

- 난방/온수 및 취사용으로 사용되는 석탄과 석유가 대부분 도시가스 및 지역난방(열)으로 대체되며 석탄과 석유는 감소하고 도시가스와 지역난방은 증가할 것으로 전망됨
 - 1990년대와 2000년대 신도시 건설이 집중되면서 아파트 보급이 급속히 증가하였고 사용이 편리한 에너지에 대한 선호가 증가하면서 가정 부문의 석탄 및 석유 소비는 1990~2016년 각각 연평균 10.1%, 1.2% 감소한 반면 도시가스와 지역난방 소비는 동기간 각각 연평균 12% 이상 증가함
 - 아파트뿐만 아니라 단독주택의 경우에도 신규 건설되는 주택의 난방 설비는 도시가스 보일러와 지역난방이 대부분을 차지하고, 기존 주택의 노후 보일러도 도시가스와 지역난방으로 대체되며 2016~2040년 석탄과 석유 수요는 각각 연평균 8% 내외와 5%대 감소하는 반면 도시가스와 지역난방의 수요는 연평균 1% 미만이지만 증가세를 유지할 것으로 예상됨
 - 도시가스와 지역난방 수요는 전망 기간 증가할 것으로 보이나, 전망 기간 과거의 신도시 건설 등의 대규모 SOC 투자 계획이 없고 이에 따라 도시가스 보급률도 상당 부분 포화수준에 접근하며 수요 증가세는 과거 대비 크게 둔화할 것으로 전망됨
- 가정용 전력 수요도 전망 기간 냉방 기기를 비롯하여 가전기기의 보급 확대와 전기레인지, 공기청정기, 건조기 등 가전기기 다양화와 주택용 전기 요금 인하로 전력 수요가 증가할 것으로 보이나, 증가세는 연평균 1% 미만 증가로 빠르지 않을 것으로 전망됨
 - 최근 연구에 따르면 단기적으로는 백열등 퇴출에 따른 고효율 조명기기 보급 확대, 심야전기 보일러 보급 중지, 중장기적으로는 가전기기 에너지 효율의 지속적 향상 등이 전력 수요 증가세 둔화에 영향을 미칠 것으로 분석됨 (김철현 & 박광수, 2015)

- 특히, 그 중에서도 가정용 전력 수요 증가세 둔화의 가장 큰 요인은 심야전기 보일러 보급 증지에 따른 주거용 심야전력 수요 감소와 주택용 태양광 보급 확대에 따른 한전의 전력 판매량 둔화¹⁹일 것으로 판단됨
- 한편, 2016년 12월 주택용 누진제가 완화되며 가정의 전기 요금 부담이 가구당 연평균 11.6% 줄었는데 (산업통상자원부, 2016.12.13), 요금 인하에 따른 가정용 전력 수요의 증가는 단기적으로 2% 내외에 불과할 것으로 분석됨²⁰
- 전망 기간 가정 부문의 신재생 수요는 정부의 신재생 확대 정책에 힘입어 태양광을 중심으로 연평균 4% 이상 빠르게 증가할 것으로 예상됨

그림 2.27 가정 부문 에너지 수요의 기간별 추이 및 전망



- 과거 가정용 에너지 수요에서 가장 큰 비중을 차지했던 석유와 석탄은 전망 기간 타 에너지원으로의 지속적인 대체가 이루어지면서 수요가 감소하며 2040년에는 비중이 5% 아래로 떨어질 것으로 예상됨
- 석탄과 석유 소비는 1990년 가정 부문 에너지 소비의 83.4%를 차지하고 있었으나 도시가스와 전력의 빠른 보급으로 2016년에는 19.8%로 비중이 급격히 축소되었으며, 전망 기간에도 난방/온수 및 취사에서 도시가스와 지역난방의 역할이 지속적으로 확대되면서 비중이 지속 하락할 것으로 예상됨
- 반면, 가정 부문 에너지 수요에서 가장 큰 비중을 차지하는 도시가스는 2016년 45.4%에서 2040년에는 50% 이상으로 비중이 확대될 것으로 보이며, 2016년 석유에 이어 네 번째를 차지한 지역난방(열에너지)은 2020년대 후반부터는 석유의 비중을 추월할 것으로 전망됨

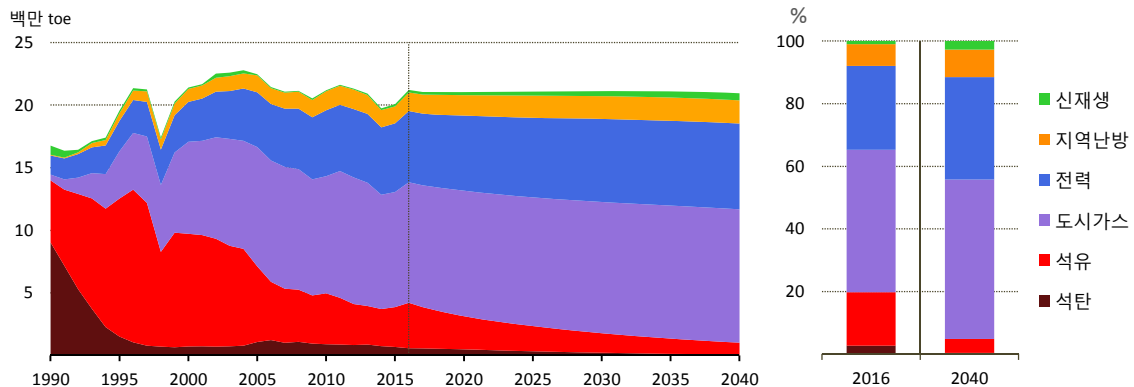
¹⁹ 본 보고서에서의 가정용 전력 수요는 한전의 전력 판매량을 의미하므로 가정용 태양광 확대는 전력 수요의 둔화 요인으로 작용함

²⁰ 국내 전기요금 탄력도를 0.2로 가정했을 경우의 수치임. 주택용 전력의 요금의 단기 탄력도는 미국은 0.1~0.2, 미국 이외의 대부분의 국가에서도 0.1~0.3 수준임 (에너지경제연구원, 2016a)

2017~2040 에너지 전망

- 가정용 전력의 비중은 전력화 지속 등으로 2016년 26.8%에서 2040년에는 32% 이상으로 확대되며 모든 에너지원 중 가장 상승 폭이 클 것으로 보임
- 도시가스 및 전력이 가정 부문에서 차지하는 비중은 2016년 72.2%에서 2040년 80%대 중반으로 상승하며 두 에너지가 가정 부문에서 차지하는 역할이 더욱 확대될 전망이다

그림 2.28 가정 부문 에너지원별 소비 및 비중



용도별 에너지 수요

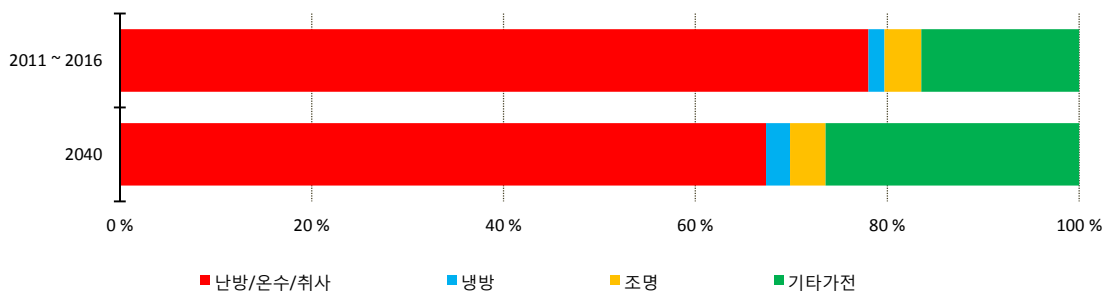
□ 가정 부문 에너지 수요는 난방/온수 및 취사용은 감소하는 반면 가전기기용 전력 수요는 증가

- 가정 부문 에너지 수요에서 가장 큰 비중을 차지하는 난방/온수 및 취사용 에너지는 주거 형태의 변화와 주택 단열 및 난방 기술의 발전으로 인해 전망 기간 감소 추세를 지속할 것으로 예상됨
 - 난방/온수용 에너지는 2000년 가정 부문 에너지 소비의 77% 정도를 차지하였으나 2016년에는 60%대 중반으로 비중이 축소되었으며, 2040년에는 60% 이하로 떨어질 것으로 전망됨
 - 취사용 에너지 소비는 2016년 가정 부문 에너지 소비에서 10% 가량을 차지하고 있는 것으로 추정되는데 2030년 이후로는 가구수 증가세가 정체하고 인구수도 감소로 전환되고 외식 문화가 더욱 확대되면서 전망 기간 완만하게 감소할 것으로 예상됨
 - 난방/온수 및 취사용 에너지 수요는 전망 기간 효율이 상대적으로 낮은 단독주택의 연탄, 석유, 전기 보일러가 아파트와 공동주택의 도시가스 보일러 및 지역난방으로 대체되며 감소하고, 이에 따라 난방/온수 및 취사용 연료에서의 도시가스 및 지역난방의 비중은 확대될 것으로 보임
- 반면, 전력은 조명 및 난방용 수요가 감소하지만 냉방 및 가전기기용 수요가 빠르게 증가하며 전망 기간 가정 부문 에너지 수요 증가를 주도할 것으로 예상됨
 - 조명용 전력 수요는 가구당 조명 개수의 지속적인 증가에도 불구하고 CFL 및 LED 등 고효율 전구로 대체되면서 점차 둔화되다 2020년 중반 이후로는 완만한 감소세로 돌아설 것으로 보이며, 난방용

전력 수요는 일반용 심야전기 보일러 보급이 중단됨에 기존 전기 보일러가 가스 및 지역난방으로 대체되면서 빠르게 감소할 것으로 분석됨

- 냉방용 전력 수요는 2000~2016년 연평균 10%대 증가하며 모든 용도 중 가장 빠르게 증가하였으며, 전망 기간 증가 추세는 크게 둔화되겠지만 여전히 타 용도 대비 상대적으로 빠르게 증가할 것으로 전망됨
- 냉방 및 조명을 제외한 기타 가전기기의 전력 수요는 소득 증가, 가전기기의 다양화 및 보급 확대 등으로 전망 기간 가장 빠르게 증가할 것으로 예상됨

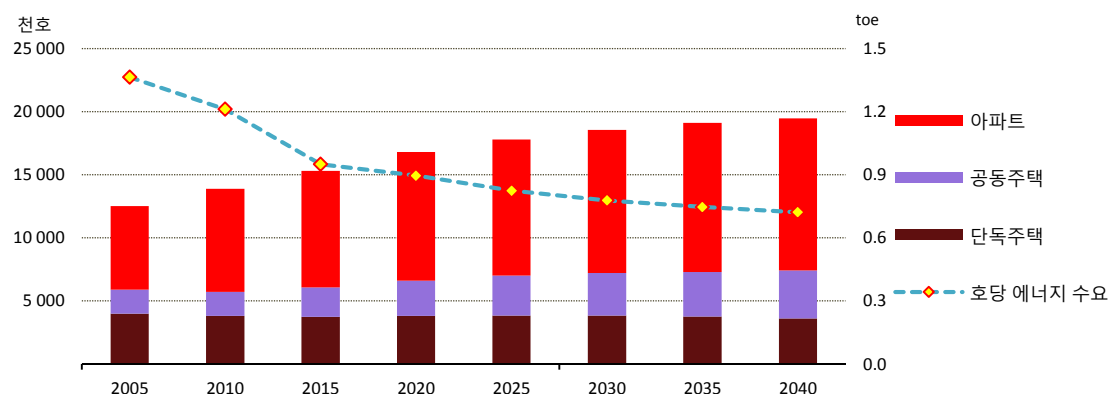
그림 2.29 가정 부문 용도별 에너지 수요 비중 변화



□ 단독주택에서 아파트와 공동주택으로 주거 형태가 바뀌면서 주택당 에너지 수요는 감소

- 그동안 소득 증가와 생활 편의 추구로 단독주택에서 아파트 및 공동주택으로 주거 형태가 바뀌었고 전망 기간에도 이러한 추세가 지속될 것으로 예상됨에 따라, 주택당 에너지 수요는 지속해서 감소할 전망이다
- 아파트와 공동주택의 호당 에너지(난방/온수/취사용) 수요는 단열 기술이 단독주택에 비해 높은 수준이고 최신 기술 적용도 빠른 편이기 때문에 단독주택의 1/2 이하 수준인 것으로 추정됨

그림 2.30 형태별 주택 수 및 호당 난방/온수/취사용 에너지 수요



6. 서비스 부문²¹

□ 서비스 부문의 에너지 소비는 서비스 산업 성장으로 빠르게 증가해오다 2010년 이후로 증가세 둔화

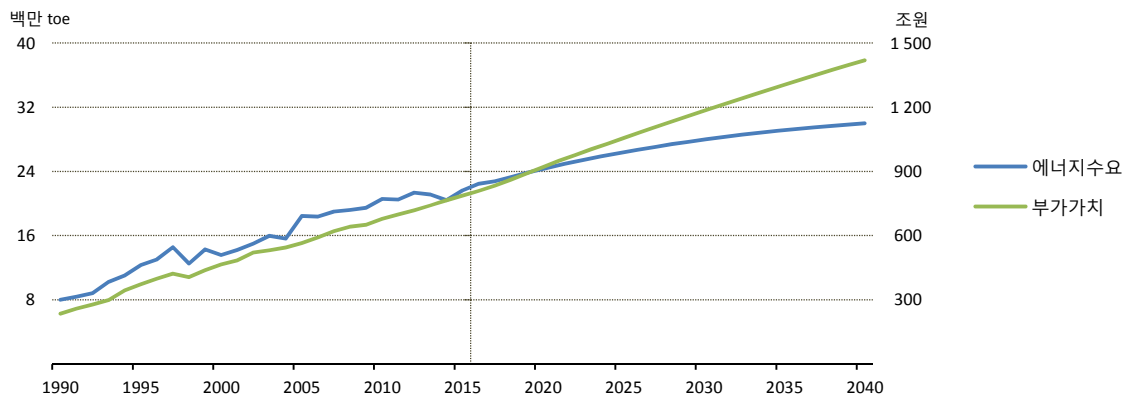
- 서비스 부문 에너지 소비는 1990~2010년에 서비스 업종 산출액의 양호한 성장에 힘입어 연평균 4.8%로 빠르게 증가해왔으나, 2010~2016년에는 산출액 증가세 둔화와 냉·난방도일 감소, 정부의 강력한 수요 관리 정책의 영향으로 연평균 1.5%로 증가율이 하락함
 - 서비스 부문의 산출액은 1990~2010년에 연평균 6.5%로 빠르게 증가하였지만, 2010년 이후로는 연평균 3.2%로 증가세가 둔화됨
 - 2010년 이후 에너지 소비 증가세 둔화는 2011년 순환정전 사태 이후 정부가 강력한 수요 관리 정책을 시행한 것이 주요 요인중의 하나로 분석됨
 - 2011년 9월 15일 이상 기온으로 인한 최대 전력 수요 예측 오류로 지역별 순환 정전을 겪고 나서 정부는 강력한 전력 수요 관리를 추진하였는데, 서비스 부문에서는 개문(開門) 냉·난방과 냉·난방 적정 온도 위반에 대한 단속과 공공기관과 에너지다소비 건물에서의 에너지 사용에 대한 지침 강화 및 실질적 단속을 시행함으로써 에너지 절약을 유도함
- 생산 활동의 증가세 하락으로 서비스 부문의 에너지 소비 증가 추세는 둔화된 반면 기온 효과를 중심으로 한 단기적 요인으로 소비 변동성은 확대되는 경향을 보임
 - 2010년 에너지 소비가 전년 대비 5.5% 증가한 것은 산출액 증가의 영향도 있지만 냉·난방도일이 각각 66.8%, 14.2% 증가하면서 냉난방 소비가 크게 증가한 것이 주된 요인임
 - 반면, 2013년에는 난방도일이 2.5% 감소하면서 에너지 소비도 1.1% 감소하고, 2014년에는 냉·난방도일이 각각 35.6%, 13.5% 감소하면서 산출액 증가에도 불구하고 에너지 소비는 3.2% 감소함
 - 반면, 2016년에는 여름철에 전국 폭염일수와 열대야일수가 각각 22.4일과 10.8일로 평년(9.8일, 5.1일) 대비 2배 이상 증가 (기상청, 2016.9)하였고, 냉방도일도 전년 대비 56.9% 증가하면서 냉방용을 중심으로 3.9% 증가함

□ 서비스 부문 에너지 수요는 전망 기간 연평균 1.2% 증가하여 최종 소비 부문 중에서 가장 빠르게 증가

- 서비스 부문 에너지 수요는 2016년 22.5백만 toe에서 2040년 약 30백만 toe로 33% 이상 증가할 전망이다
 - 서비스 부문은 전망 기간 최종 소비 부문 에너지 수요 증가의 약 15%를 차지하면서 최종 소비에서 차지하는 비중이 2016년 9.9%에서 2040년 10.8%로 소폭 상승함

²¹ 서비스 부문은 민간서비스와 공공서비스를 모두 포함하며 에너지밸런스의 상업 부문과 공공 부문을 의미

그림 2.31 서비스 부문 에너지 수요 및 부가가치 추이



- 전망 기간 서비스업의 부가가치는 연평균 2.4% 성장하지만 서비스 부문의 에너지원단위가 연평균 1.1% 개선되면서 에너지 수요는 연평균 1.2% 증가에 그칠 것으로 예상됨
 - 에너지 설비 및 기기의 효율 증대, 단열 기술 발전 등 시장의 발전과 함께 정부의 전력 수요 관리가 지속되면서 서비스 부문의 에너지 절약이 일반화되고, 특히 공공 서비스 중심으로 엄격한 에너지 효율 관리가 시행되면서 에너지 효율 개선이 빠르게 진행될 것으로 전망됨
 - 또한, 서비스업 중에서도 보건/사회복지업이나 정보통신업 등의 성장이 빠를 것으로 예상되는데, 이들 업종의 경우 데이터센터같이 단일 설비 기준으로는 전력 사용이 큰 기업들이 포함되지만 산출액 대비 에너지 수요 증가가 크지 않기 때문에 산출액 증가율과 에너지 수요 증가율 간의 괴리는 더욱 벌어질 것으로 전망됨

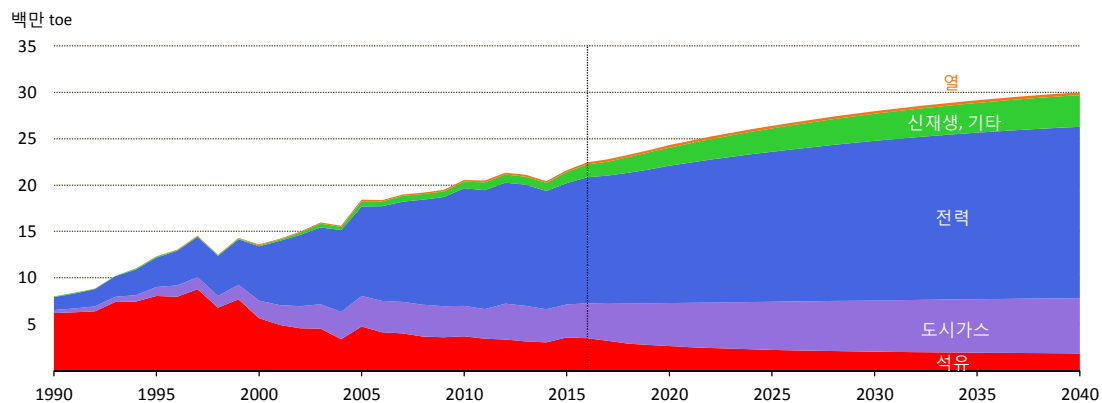
에너지원별 수요

- 전력이 가장 큰 폭으로 증가하여 서비스 부문 에너지 수요 증가를 주도, 신재생에너지가 가장 빠르게 증가
 - 전력 수요는 전망 기간 약 4.9백만 toe 증가하여 서비스 부문 에너지 수요 증가의 65% 정도를 차지하고 서비스 부문 에너지 수요에서의 비중도 2016년 60.6%에서 2040년 61.6%로 1% 포인트 높아질 전망이다
 - 1990년 전력 소비는 1.4백만 toe로 서비스 부문 에너지 소비에서 차지하는 비중이 17.6%에 불과했으나, 이후 2000년까지 1998년을 제외하고 매년 10% 이상 증가하여 2000년부터 석유를 제치고 서비스 부문 최대 에너지원으로 부상함
 - 2000년대에도 연평균 8.0%의 빠른 증가세를 보였으나, 2010년 급증(7.8%) 이후로 증가세가 대폭 둔화되어 2010~2016년에 연평균 1.2% 증가에 그침
 - 전망 기간에는 비중이 큰 도·소매업과 보건/사회복지 서비스업을 중심으로 서비스 업종 전반의 건물 첨단화와 다양한 전기기기 보급이 빠르게 진행되겠으나 이와 함께 LED 보급 확대 및 기기/설비의 효율 증대를 통한 에너지 절약이 동시에 실현되어 소비 증가세는 지속 둔화될 전망이다

2017~2040 에너지 전망

- 가스는 서비스 부문이 사용하는 에너지 중에서 두 번째로 많은 비중을 차지하고 있으며 가스를 이용한 대형건물 냉난방 수요 증가와 에너지대체 지속으로 전망 기간 연평균 1.9% 증가할 전망이다
 - 가스는 도시가스 배관망의 전국적인 확대와 더불어 빠르게 성장하면서 1990~2010년에 연평균 12.3% 성장하였고, 2012년에는 석유를 추월하여 전력에 이어 두 번째로 큰 비중을 차지하게 됨
 - 2014년 하반기부터 시작된 유가 급락과 미수금 회수 등으로 도시가스의 가격 경쟁력이 약화되면서 2015년 소비량은 석유보다 적었으나, 2016년에 5.8% 증가하며 다시 석유 소비량을 추월함
 - 전망 기간에는 유가 상승과 도시가스 미수금 회수 완료로 인한 도시가스의 경쟁력 상승으로 석유의 감소분을 지속적으로 흡수할 전망이며, 이로 인해 서비스 부문 에너지 수요에서 가스가 차지하는 비중은 지속 상승하여 2016년 16.7%에서 2040년 19.8%에 이를 전망이다
- 과거 소비 비중이 미미했던 신재생에너지는 공공 부문을 중심으로 빠르게 보급되며 2040년에는 서비스 부문 에너지 수요의 11% 이상을 차지할 전망이다
 - 공공기관 신재생에너지 설치의무화제도²²의 의무 비율 확대, 공공기관 ESS, BEMS²³ 설치 의무화 시행, 제로에너지빌딩 도입, 공공 인프라에 대한 신재생에너지 보급 확대 등 정부의 신재생에너지 보급 정책에 따라 공공 서비스 부문에서의 신재생에너지 도입이 빠르게 확대될 전망이다
 - 전망 기간 서비스 부문 신재생에너지 수요는 연평균 3.8%로 가장 빠르게 증가할 전망인데, 이는 정부의 에너지 정책기조 변화와 정책 효과가 공공 부문에는 직접적으로 반영되기 때문임

그림 2.32 서비스 부문 에너지원별 수요 추이 및 전망



²² 공공기관이 신축·증축 또는 개축하는 연면적 1,000㎡ 이상의 건축물에 대하여 예상에너지사용량의 공급 의무비율 이상 (17년, 21%)을 신재생에너지로 공급하도록 의무화하는 제도

²³ 건설기술과 ICT 기술, 에너지기술을 융합 활용하여 건물에 대한 각종 정보를 수집하고 데이터를 분석하여 건물에 최적의 환경을 제공하고 에너지를 효율적으로 관리하여 주는 시스템

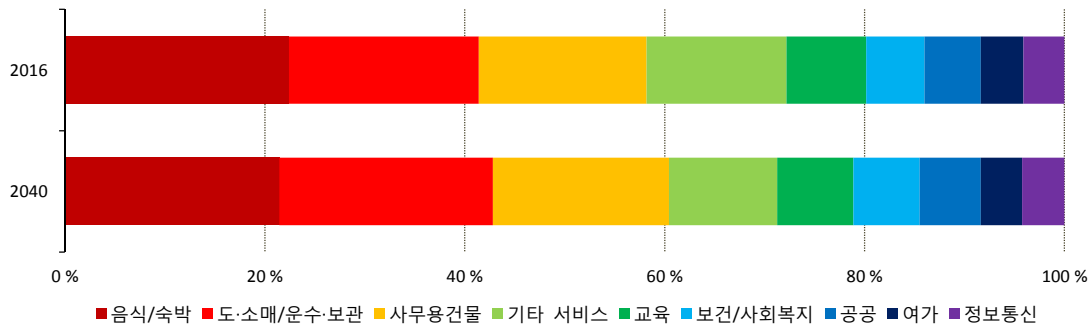
- 주요 난방 에너지로 사용되며 서비스 부문 에너지 소비의 대부분을 차지했던 석유는 가스나 전력으로 빠르게 대체되었으며, 전망 기간에도 연평균 2.6%의 지속적인 감소를 보일 것으로 전망됨
 - 석유는 1990년 서비스 부문 에너지 소비의 77.4%를 차지하였으나, 가스, 전력, 지역난방 같은 네트워크 에너지의 빠른 보급과 에너지 효율 개선사업으로 빠르게 감소하여 2016년에는 비중이 15.5% 수준으로 하락하였고, 최근의 저유가 현상이 지속되면서 단기적으로 소비가 소폭 증가하는 현상이 나타났지만 장기적인 감소 추세가 지속되면서 2040년 비중이 10% 미만으로 낮아질 전망이다
 - 전망 기간 동안 유가가 꾸준히 상승할 것으로 보이며, 이는 석유 수요 감소 및 타에너지원로의 대체를 촉진할 것으로 판단됨

업종 및 용도별 에너지 수요

□ 도소매업과 보건/사회복지 서비스업 등이 서비스 부문 에너지 수요 증가를 주도

- 서비스 부문은 다양한 업종 구성과 업종별 상이한 성격으로 인하여 업종별로 에너지 수요 증가의 패턴이 큰 차이를 보일 것으로 전망됨
 - 도·소매업은 기존 재래 시장이나 소규모 상점들이 대형 마트, 아울렛 등으로 바뀌는 현대화 및 대형화가 진행되고 전자상거래를 활용한 소매업이 더욱 활성화될 뿐만 아니라, 전자기기를 활용한 점포 무인화가 도입되면서 에너지 수요 증가하고, 운수·보관업은 인공지능을 이용한 자동화 시스템 도입으로 에너지 수요가 증가하여 도·소매와 운수·보관업에서 연평균 1.5% 증가할 것으로 전망됨
 - 고령화와 함께 의료 수요의 급격한 증가로 인하여 서비스업 중에서는 보건/사회복지업 산출액이 전망 기간 연평균 3.9%로 가장 빠르게 성장하면서 에너지 수요도 연평균 1.5%의 높은 증가율로 늘어날 것으로 예상됨
 - 정보통신업은 ICT 기술을 활용한 사물인터넷, 인공지능 등의 발달로 산출액이 연평균 3.0% 증가하면서 에너지 수요도 비교적 빠르게 증가하겠으나, 주로 기기/설비 부문에서의 전력 소비 증가가 예상되어 산출액 성장 대비로는 제한적일 것으로 판단됨
 - 교육서비스는 학령인구(6~21세)수가 지난 1980년 1,440만 명을 정점으로 꾸준히 감소하여 2016년에는 867만 명이 되었고, 2040년에는 640만 명으로 줄어들 전망 (통계청, 2016)이어서 에너지 수요의 증가세도 대폭 둔화되어 가장 낮은 증가율을 보일 전망이다
 - 공공 부문과 사무용 건물에서는 가로등 LED 교체, 공공기관 에너지 수요 관리 정책 등에도 불구하고 공공 부문의 고용 증가, 신재생에너지 보급 확대 정책으로 인한 신재생에너지 설비 확대를 통한 에너지 소비 증가가 예상됨

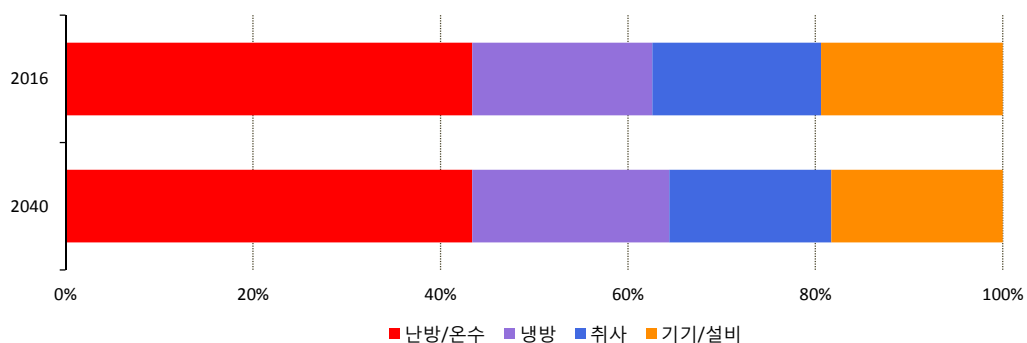
그림 2.33 서비스업 업종별 에너지 수요 비중 변화



□ 난방/온수용 에너지 수요가 가장 많이 증가하지만 냉방용 에너지 수요가 가장 빠르게 증가

- 서비스 부문 에너지 수요의 40% 이상을 차지하고 있는 난방/온수는 연평균 1.0%의 완만한 증가에도 불구하고 높은 소비 비중으로 인해 에너지 수요 증가에 대한 기여가 가장 크며, 냉방용 에너지는 전망 기간 연평균 1.3% 증가하여 에너지 용도 중에서는 가장 빠르게 증가할 전망이다
 - 단열 성능 향상, 건축물 개보수 증가, 효율 개선 및 에너지 관리 시스템 구축 등은 에너지 수요 증가를 둔화시키는 요인이 될 것으로 예상됨
 - 난방/온수용에서는 2016년까지 석유의 비중이 가장 높았으나 전망 기간 동안 도시가스 및 전력으로의 대체가 이루어지면서 석유 소비량은 지속 감소하고 2040년에는 전력의 비중이 가장 많아질 전망이다
 - 난방/온수는 설비/기기 및 건축물 성능 개선의 영향도 있지만 에너지 수요에서 차지하는 비중이 크기 때문에 증가 속도는 낮은 것으로 나타나며, 냉방용 에너지 수요는 냉방 설비의 보급이 꾸준히 확대되고 있고 다른 용도보다 경제 성장에 더욱 탄력적으로 반응하기 때문에 용도별 에너지 수요 중에서는 가장 빠르게 증가할 전망이다

그림 2.34 2016년과 2040년 서비스 부문 용도별 에너지 수요 변화

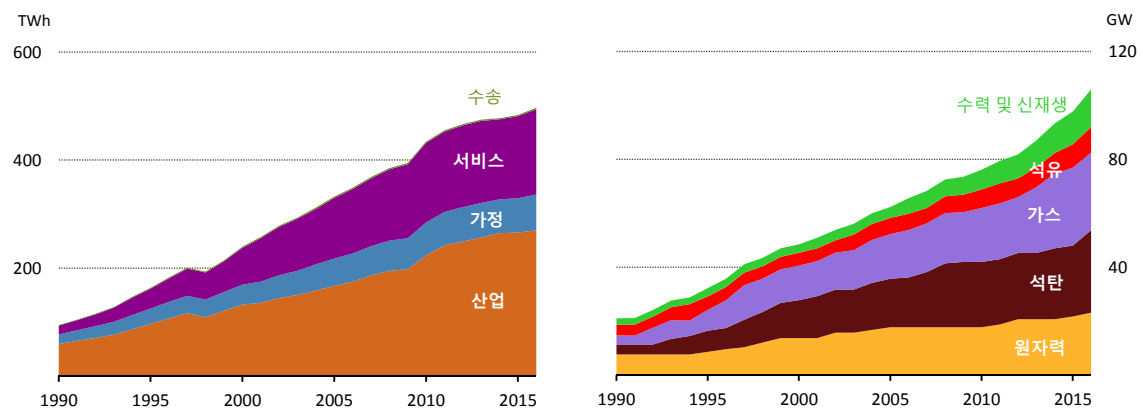


7. 발전 부문

□ 1990~2016년 빠른 경제 성장에 힘입어 전력 소비는 급속히 증가했으나 최근에는 성장세가 둔화

- 전력 소비는 2000년대까지 빠른 경제 성장에 전력화 효과가 더해지며 GDP 증가율보다 훨씬 빠른 속도로 증가해왔으나, 2010년대 들어서며 경제 성장이 둔화되고 전력화도 포화 수준에 근접한 가운데 강력한 전력 수요관리 정책이 시행되며 증가율이 대폭 하락함
 - 경제가 급격히 성장한 1990년에서 2010년 사이 GDP는 연평균 5.7% 증가하였고 석탄과 석유 등의 연료가 전력으로 대체되며, 전력 소비는 경제성장률보다 훨씬 높은 연평균 7.9% 증가함
 - 그러나 2010년대 들어 전력 소비 증가율은 급격한 하락 추세를 보이며 이전 20년 동안 평균 증가 속도의 1/3 이하인 2.3%로 떨어진 반면 같은 기간 GDP 증가율은 연평균 3.0% 수준으로 하락하는데 그쳐 최근 전력 소비 증가율의 하락이 두드러진 것으로 나타남
 - 이는 최종 소비 부문에서 전력이 차지하는 비중이 이미 높은 수준에 도달하여 전력화 속도가 둔화되었고 2011년 9월 15일 지역별 순환 정전 이후 정부 주도의 강력한 전력 수요관리 정책이 시행되면서 전력 소비 증가가 억제되었기 때문으로 분석됨

그림 2.35 1990~2016년 전력 소비 및 발전 설비 용량 추이



- 전력 소비의 빠른 증가로 인해 발전 설비도 1990년 21.0 GW 수준에서 연평균 6.4% 증가하여 2016년 현재 105.9 GW 규모로 다섯 배 정도 증가함
 - 지난 26년 간 석탄 설비가 26.8 GW, 원자력 설비가 15.5 GW 증가하는 등 기저 발전 설비가 전체 발전 설비 증가의 49.9%를 차지하였고, 첨두 부하를 담당하는 가스 발전 설비도 전력 소비의 빠른 증가와 함께 민간 사업자를 비롯한 발전 사업자의 대규모 투자로 같은 기간 25.4 GW가 증가하였음
 - 2016년 현재 전체 발전 설비에서 각 에너지원이 차지하는 비중은 석탄이 28.9%로 가장 높고, 가스 27.2%, 원자력 21.8%, 석유 9.0%, 신재생 7.1%, 수력 6.1% 순임

□ 경주 및 포항 지진과 미세먼지 문제가 사회적 이슈로 대두되며 발전 부문에 대한 정책이 큰 폭으로 변화

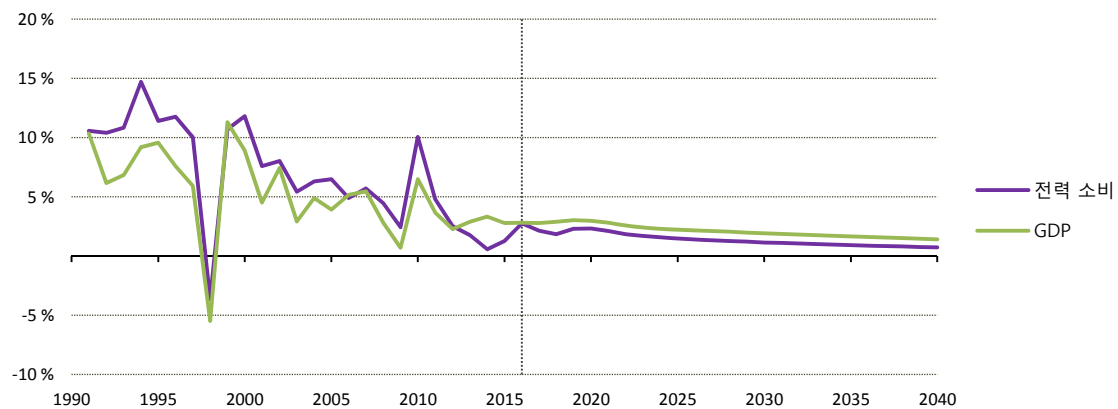
- 그 동안 정부의 전력수급기본계획의 기본 방향은 ‘안정적인 전력 수급’을 최우선 과제로 설정하고 빠르게 증가하는 전력 수요에 대비하여 설비 공급을 확대하는 것이었음
 - 2011년 순환 단전으로 전력 수급 안정성이 더욱 강조되었고, 특히 기온 변동성, 설비 건설 지연 등을 고려하여 설비 예비율을 22% 수준까지 끌어올리는 것을 목표로 설정하였음 (산업통상자원부, 2015)
 - 또한, 정부가 고도 경제 성장 시기의 급증하는 전력 수요에 맞추어 낮은 전력 가격으로 경제 발전을 뒷받침하기 위해 상대적으로 발전 단가가 낮은 원자력과 석탄 발전의 비중을 확대함에 따라, 1990년대 후반에서 2000년대까지 기저 발전량의 비중은 80%에 근접하는 수준으로 유지되어 왔음
- 하지만 2016년 경주 지역 지진으로 원전 사고에 대한 불안감이 증폭되고, 미세먼지로 인한 극심한 대기 오염이 사회문제로 대두되면서 발전 부문에 대한 정부의 정책에 큰 변화가 발생함
 - 2016년 9월 12일 경상북도 경주에서 국내 지진 관측 사상 최대 규모인 5.8의 지진이 발생하고, 2017년 11월 15일에는 진도 5.4의 지진이 포항에서 발생했는데, 경주 지역에는 월성 1~4호기와 신월성 1~2호기 등 원자력 발전소가 밀집해있어 원전 사고에 대한 불안감이 급속히 확산되었고, 2017년 새롭게 출범한 정부는 원전 설계수명 연장 금지, 건설 계획 중인 신규 원전 폐지 등을 발표함
 - 또한, 정부는 2016~2017년 연이은 미세먼지 관리 대책을 발표하며 발전 부문에서 30년 이상 된 노후 석탄 발전소 10기 3.3 GW 설비의 봄철 가동 중지 및 순차적 폐지, 석탄화력 발전소의 효율 향상, 건설 계획 중인 일부 석탄 발전소의 연료 전환 계획 등을 발표함 (산업통상자원부, 2016; 환경부, 2017)
 - 장기적으로는 2020년 이후 2040년까지 15기 13.1 GW의 원자력 발전소 수명 만기가 도래하고, 석탄화력의 경우도 2030~2040년 설비 수명 시점에 도달하는 발전소가 23기 11.0 GW에 달하면서 정부의 에너지 전환 정책이 향후 발전 부문뿐만 아니라 총에너지의 구성에도 상당한 변화를 초래함

전력 수요 전망

□ 기준 시나리오의 전력 수요는 2016년 497.0 TWh에서 39% 증가하여 2040년 689.3 TWh 수준이 될 전망

- 최근 수 년 간 정부의 꾸준한 전력 수요관리 정책, 기술 발전에 따른 전력 사용 기기의 효율 증가 그리고 경제 성장 및 전력화 속도의 지속적인 둔화 등으로 인해 전력 수요 증가율은 지난 26년 간 연평균 6.6% 증가한 것에서 대폭 하락하여 전망 기간 연평균 1.4% 수준이 될 것으로 예상됨
 - 과거 26년간 연평균 5.0%로 성장한 GDP가 전망 기간 성장률이 2.1%로 떨어지는 것과 비교할 때 전력 수요 증가율 하락은 훨씬 두드러지게 나타남
 - 전망 기간 전력 수요 증가율이 과거보다는 큰 폭으로 낮아지지만 최종 소비 에너지 중에서는 정부의 강력한 보급 정책에 힘입어 연평균 2.3%의 속도로 증가하는 신재생에너지에 이어 두 번째로 빠르게 증가하는 에너지원임

그림 2.36 GDP 및 전력 수요 증가율 추이



- 에너지 소비의 전력화, 즉 최종 소비에서 전력이 차지하는 비중은 그 동안 서비스 부문을 중심으로 빠르게 확대되어 1990년 10.8%에서 2016년 18.8%로 두 배 가까이 증가하였지만, 전망 기간에는 2040년 21%로 소폭 증가하는데 그침
 - 주요 선진국의 경우 최종 소비에서 전력이 차지하는 비중은 2013년 기준 20~25% 수준으로 분석되고 있으며, 2040년 35% 수준에 근접하는 일본을 필두로 미국과 EU가 25% 수준에 도달할 것으로 전망되고 있음 (IEA, 2015)
 - 우리나라의 전력 소비 비중은 선진국에 비해 다소 낮은 수준이지만, 산업용 에너지가 차지하는 비중이 주요 선진국에 비해 높고 에너지밸런스 작성 기준의 차이로²⁴ 인해 전력이 과소 평가된다는 점을 고려할 때 우리나라의 에너지 소비 전력화는 이미 높은 수준에 도달한 것으로 분석됨

□ 산업 부문의 전력 수요가 연평균 1.5%로 가장 빠르게 증가하여 전력 수요 증가를 주도

- 산업 부문의 전력 수요는 2016년 현재 270.0 TWh로 총 전력 수요의 54.3%로 절반 이상을 차지하고 있으며, 전망 기간에도 연평균 1.5% 증가하여 전체 전력 수요 증가의 60% 정도를 차지하면서 2040년에는 385 TWh에 도달할 것으로 예상됨
 - 전망 기간 대표적 전력 다소비업종 중 조립금속과 석유화학의 전력 수요는 각각 연평균 1.9%, 2.3%의 빠른 속도로 증가하며 산업 부문 전력 수요 증가를 견인하겠으나, 철강은 최근의 부진한 업황이 장기화되며 2040년까지 전력 수요가 2016년 현재 수준에서 정체될 것으로 전망됨
- 서비스 부문과 가정 부문의 수요 증가 패턴은 대조적인데, 서비스 부문의 전력 수요는 연평균 1.3% 증가하여 상대적으로 빠르게 증가하는데 반해 가정 부문은 연평균 0.8% 증가에 그칠 것으로 전망됨

²⁴ 에너지밸런스는 한전의 판매 전력만을 집계하고 있으며 최종 소비 부문의 자가 생산은 투입 에너지를 소비한 것으로 취급함. 또한, 철강업의 석탄 전환 등이 최종 소비 부문에 포함되기 때문에 최종 소비 부문의 화석 연료 소비 비중이 IEA 통계에 비해서 과대평가됨

2017~2040 에너지 전망

- 서비스 부문의 전력 수요는 2016년 158.2 TWh에서 약 36% 증가하여 2040년 215 TWh 수준에 도달할 것으로 예상되며, 이는 총 전력 수요 증가율과 비슷한 수준이어서 서비스 부문이 2040년 전력 수요에서 차지하는 비중은 현재와 유사할 것으로 전망됨
- 가정 부문은 전망 기간에도 전력 기기 보급이 지속적으로 확대되며 꾸준히 전력화가 진행됨에도 불구하고, 인구 및 가구수 정체, 전력 기기의 효율 상승, 소득 증가의 둔화 등으로 인해 최종 소비자체가 2016년 수준에서 정체되며 전력 수요 증가가 2016년 66.2 TWh 대비 20% 증가한 80 TWh 수준에 그칠 전망이다

표 2.3 부문별 전력 소비 추이 (TWh)

	1990	2016	2020	2030	2040	1990 2016	2016 2040
총 전력 수요	94.4	497.0	541.3	629.2	689.3	6.6%	1.4%
산업	59.2	270.0	297.0	347.2	384.6	6.0%	1.5%
수송	1.0	2.7	2.7	4.7	10.0	3.8%	5.6%
가정	17.7	66.2	69.5	77.2	79.7	5.2%	0.8%
서비스	16.4	158.2	172.1	200.1	215.0	9.1%	1.3%

* 서비스는 상업 및 공공의 합계

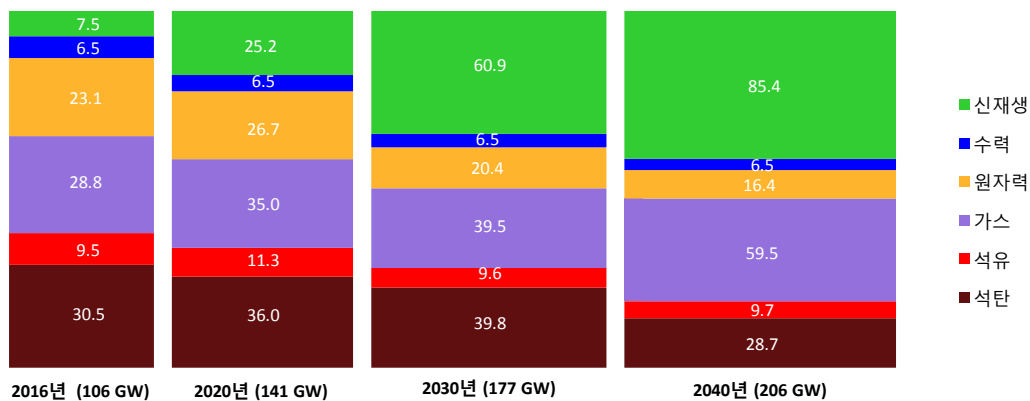
- 2016년 현재 전체 전력 소비에서 차지하는 비중이 1% 미만으로 미미한 수송 부문 전력 수요는 정부의 전기 자동차 보급 확대 정책에 힘입어 전망 기간 연평균 5.6%의 가장 빠른 속도로 증가하겠으나 2040년에도 비중은 1.5%에 불과할 것으로 전망됨

발전 설비 전망

- 총 발전 설비 규모는 2016년 105.9 GW에서 두 배 가까이 증가하여 2040년 206 GW 수준이 될 것으로 전망
 - 전력 수요는 전망 기간 연평균 1.4% 증가하여 2040년까지 1.4배 미만으로 증가하는 반면, 발전 설비 규모는 연평균 2.8%의 훨씬 빠른 속도로 증가하여 2016년에 비해 두 배 정도 늘어날 것으로 예상되는데, 이는 피크기여도가 낮은 신재생에너지 발전 설비의 급격한 확대 때문임
 - 전망 기간 총 발전 설비 정격 용량의 순증가는 약 100 GW 규모이며 이는 지난 26년 간 증가한 설비 규모의 120% 정도 수준이나, 신재생에너지 발전 설비의 피크기여도를 고려한 용량은 전망 기간 약 37 GW 증가에 그칠 것으로 예상됨
- 원자력과 석탄 발전 설비의 규모는 급격히 축소되는 반면 신재생에너지와 가스 발전 설비는 대폭 확대
 - 2017년 출범한 문재인 정부의 에너지 전환 정책에 따라 전망 기간 원자력과 석탄 발전 설비는 대폭 축소되는 대신 신재생에너지와 가스 발전 설비가 급격하게 늘어날 전망이다

- 신정부의 탈원전 및 탈석탄 정책으로 원자력 발전소는 신고리 5·6호기 이후 신규 건설이 중지되고, 석탄 발전소는 현재 건설 계획 중인 9기²⁵ 중 당진에코파워 1·2호기를 제외한 나머지 7기는 계획대로 추진하되 이후 신규 진입은 없는 것으로 가정함
- 또한, 정부가 2030년까지 재생에너지 발전 비중을 전체 발전량의 20%까지 끌어올리는 것을 목표로 설정함에 따라 전망 기간 신재생 발전 설비가 급격히 증가하고, 기저 발전 축소와 신재생 발전 확대 사이의 간극을 가스 발전이 메우며 가스 발전 설비도 2030년대에 집중적으로 확대될 것으로 예상됨

그림 2.37 사용 연료별 발전 설비의 변화 (GW)



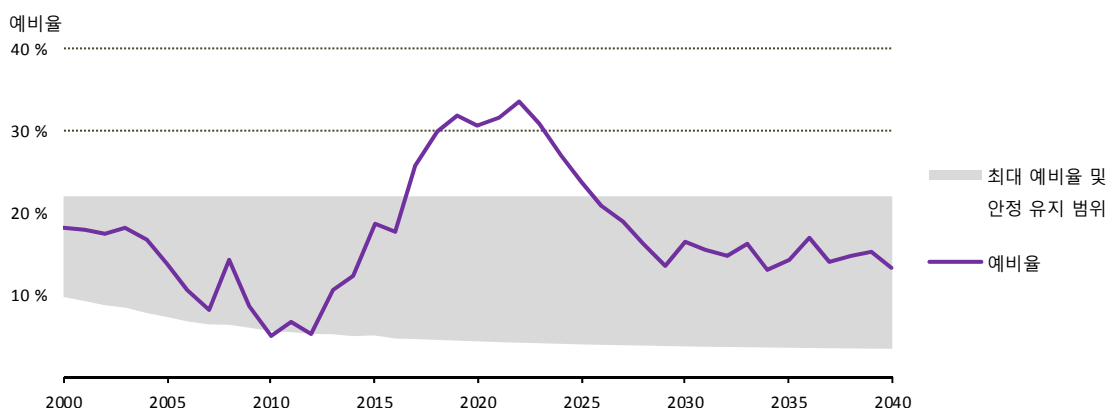
주: 설비 용량 기준

- 원자력 발전 설비는 전망 초기 신고리 4~6호기와 신한울 1·2호기 등 5기의 1.4 GW급 발전기가 신규 가동되었으나, 2017년 고리 1호기를 시작으로 2040년까지 총 16기 13.7 GW 규모의 설비가 폐지되며 발전 설비 용량이 6.7 GW 축소될 전망이다
- 원자력은 발전량이나 발전 설비 규모 그리고 연료 수요 측면에서 최대 발전원의 역할을 담당했으나 석탄 발전이 급증하면서 2000년대 들어 석탄에게 최대 설비의 지위를 넘겨주었고, 전망 기간에는 설비 계획상 마지막 신규 원전인 신고리 6호기가 진입하는 2022년 이후 지속적으로 쇠퇴할 전망이다
- 특히, 원자력 발전소의 운영 허가 만료 이후 계속 운전이 금지될 방침이어서 2020년대에 고리 2~4호기, 월성 1~4호기, 한빛 1·2호기, 한울 1·2호기 등 총 11기, 9.1 GW 규모의 원자력 발전 설비가 폐지될 것으로 예상됨
- 석탄 발전은 '제7차 전력수급기본계획'에서 계획된 설비의 대부분이 예정대로 신규 진입하며 전망 초기에 설비 규모가 대폭 늘어나겠으나 2030년 이후 설계수명이 만료된 석탄 발전소가 대거 폐지되며 2040년에는 설비 용량이 2016년 이전 수준인 28.7 GW까지 떨어질 전망이다

²⁵ 제7차 전력수급계획에 의해 2019년에서 2023년 사이 신서천, 고성하이 1·2호기, 당진에코파워 1·2호기, 삼척화력 1·2호기, 강릉안인 1·2호기 등 9기의 대규모 유연탄 발전소가 신규 진입하는 것으로 계획되어 있었음

- 2017년에는 북평 1·2호기, 태안 10호기, 신보령 1·2호기, 삼척그린 2호기 등 5.3 GW 규모의 석탄 발전소가 신규 진입하였고, 2019년부터 2023년까지는 신서천, 고성하이 1·2호기, 삼척화력 1·2호기, 강릉안인 1·2호기 등 7.3 GW의 설비 증설이 예정되어있어 석탄 발전의 설비 용량은 2023년에 40.8 GW로 정점을 기록하겠으나 이후 2030년대 들어 노후 설비가 본격적으로 퇴출되며 설비 규모가 대폭 축소될 것으로 예상됨
 - 2030년까지 재생에너지 발전 비중을 20%까지 확대한다는 정부의 목표에 맞추어 신재생 발전 설비는 태양광과 풍력을 중심으로 급속히 확대될 것으로 예상되는데, 설비 용량이 전망 기간 연평균 10% 이상으로 증가하며 2030년에는 60 GW를 넘어서고 2040년에는 약 85 GW까지 확대될 전망이다
 - 2040년 신재생 발전 설비가 전체 발전 설비에서 차지하는 비중은 정격 용량 기준 41%에 달할 것으로 예상되나 간헐성 전원인 태양광과 풍력의 특성상 피크기여도가 낮아 원자력과 석탄 발전의 감소를 홀로 대체하기에는 역부족인 것으로 전망됨
 - 따라서 가스 발전이 원자력과 석탄 발전을 줄이고 신재생 발전을 확대하는 에너지 대전환 과정에서 교량(bridge)적 역할을 성공적으로 수행하기 위해서는 전망 기간 설비 규모가 31 GW 정도 증가하여 2040년에는 60 GW 정도의 설비 용량이 필요할 것으로 판단됨
- **전망 초기 기저 발전 확대 등으로 예비율은 30%를 상회하지만 이후 20% 이하로 하락**
- 2011년 9월 15일 가을철 이상 폭염으로 인한 전력 소비 급증으로 전력 예비력이 안정 유지 수준인 4백만 kW 아래로 떨어지며 일시적으로 지역별 순환 단전까지 시행한 바가 있으나, 이후 강력한 수요 관리 및 설비 확보를 통해 예비율이 가파르게 상승함
 - 피크기여도를 기준으로 계산할 경우 2011년 4.9%에 불과했던 예비율이 2016년에는 여름철 폭염으로 인한 최대 전력의 급증(전년 대비 8.1%)에도 불구하고 18% 수준까지 상승한 것으로 분석됨

그림 2.38 설비 예비율 추이 및 전망



주 1: 최대 예비율은 '제7차전력수급계획'의 예비율 목표 22%이며 안정 유지는 예비력 4백만 kW 수준일 경우의 예비율을 의미

주 2: 설비예비율=(총 설비 용량 - 최대전력)/최대전력×100, 설비 용량은 피크기여도를 기준으로 계산

- 전력 수요 및 최대 전력의 증가 속도를 추월하는 발전 설비 확충으로 피크기여도 기준 설비 예비율은 2020년 전후 한때 30%를 초과할 것으로 예상되지만, 이후 꾸준히 하락하여 15% 내외의 수준에 머물 것으로 예상됨
- ‘제7차 전력수급기본계획’에서는 최저 설비 예비율을 22%로 설정하였으며, 최근 발표된 ‘제8차 전력수급기본계획’에서도 2027년 이후 22% 수준의 예비율을 유지하는 것을 목표로 설정하고 있다는 점을 고려할 때 ‘2017 장기 에너지 전망’의 2030년대 예비율은 정부 목표보다 다소 낮은 수준임²⁶

전력 생산 전망

□ 총 발전량은 2016년 540.4 TWh에서 37% 증가하여 2040년 740 TWh 수준이 될 것으로 예상

- 전력 수요가 2016년 497.0 TWh에서 2040년 689 TWh로 약 39% 가량 증가함에 따라 총 발전량도 같은 기간 37% 증가한 740 TWh 수준에 도달할 것으로 전망됨
- 전망 기간 발전량 변화를 살펴 보면 기저 발전인 원자력과 석탄의 비중이 대폭 축소되는 대신 가스와 신재생의 비중이 큰 폭으로 늘어나는 것이 특징임
 - 원자력 발전은 신고리6호기 이후 신규 원전 건설 계획 취소, 원자력 발전소의 설계수명 만료 후 계속운전 금지, 예방 정비 후 인허가 규제 강화 등으로 2016년 162.0 TWh에서 전망 기간 49 TWh 감소하여 2040년에는 113 TWh까지 떨어질 것으로 전망됨
 - 석탄화력 발전은 2016년 209.2 TWh에서 2030년대 초반 256 TWh까지 증가하다가 이후 빠르게 감소하면서 2040년에는 193 TWh 수준으로 하락할 전망임
 - 석탄은 신규 설비 증설이 대부분 2020년대 초반에 완료되는데다 연간 발전 총량 제한 등 부하 구조 및 온실가스 감축 대응에 따른 가동률 제한²⁷, 2030년대에 본격화되는 노후 석탄화력 발전소의 폐지, 신규 석탄화력 발전소 추가 진입 금지 등으로 인해 2040년 발전량이 2010년 이전 수준으로 회귀할 것으로 분석됨
 - 가스화력 발전은 기저 발전이 확대되는 2020년대 중반까지 감소하겠으나 이후 원자력과 석탄 발전의 감소를 대체하며 2025~2040년까지 연평균 6.1%로 빠르게 증가하여 2040년에는 전체 발전량의 39%를 차지하는 최대 발전원으로 등극할 전망임

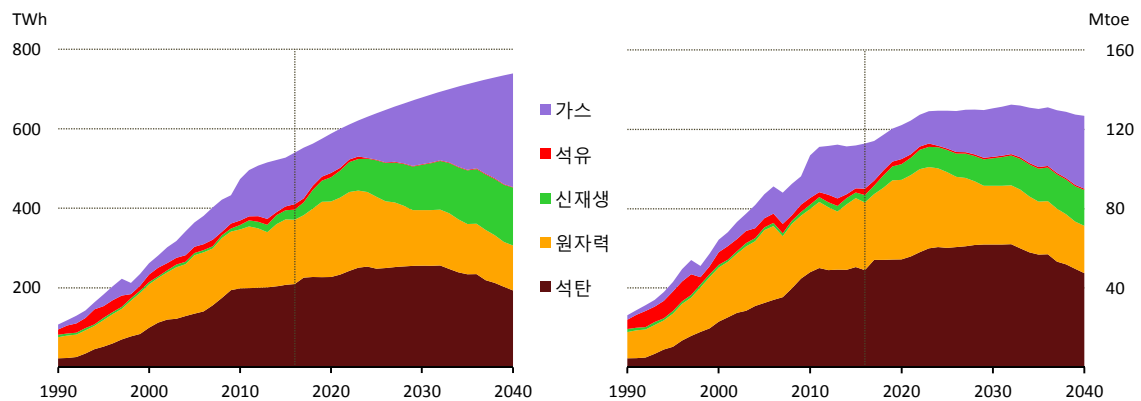
²⁶ 본 전망에서는 2030년대 발전 시장이 일정 조건을 만족해야 신규 발전 설비가 도입되는 것으로 가정하고 있는데, 특히 전력 예비율이 2015년 이후의 최저 예비율보다 높은 경우 신규 발전 설비가 추가되지 않는 것으로 가정하고 있기 때문임

²⁷ 2016년부터 석탄화력 발전을 대상으로 최대 발전 용량을 하향 조정하였으며, 발전 부문의 실효적 온실가스 감축을 위해 연간 발전 총량 제한이나 전원별 장기 경매 시장 등의 정책이 검토되고 있음

2017~2040 에너지 전망

- 신재생에너지 발전은 전망 기간 정부의 강력한 정책의지에 힘입어 2016~2040년 기간 연평균 8.7%의 빠른 속도로 증가하여 2030년대 중반 이후에는 원자력을 누르고 2040년에는 139 TWh를 기록하며 가스와 석탄에 이어 제3의 발전원으로 자리매김할 것으로 예상됨
- 이에 따라 2040년 발전원별 비중은 새로운 최대 발전원으로 부상한 가스가 39%, 그 다음은 석탄 26%, 신재생에너지 19%, 원자력 15%의 순으로, 2000년대 중반까지 발전 비중 1위를 고수하던 원자력이 전망 기간 점차 쇠퇴하며 탈원전 시대가 진행될 것으로 예상됨

그림 2.39 에너지원별 발전량 및 발전연료 수요 추이



주: 상용화자의 한전 구입 전력은 제외, 지역난방 열병합발전 연료 포함

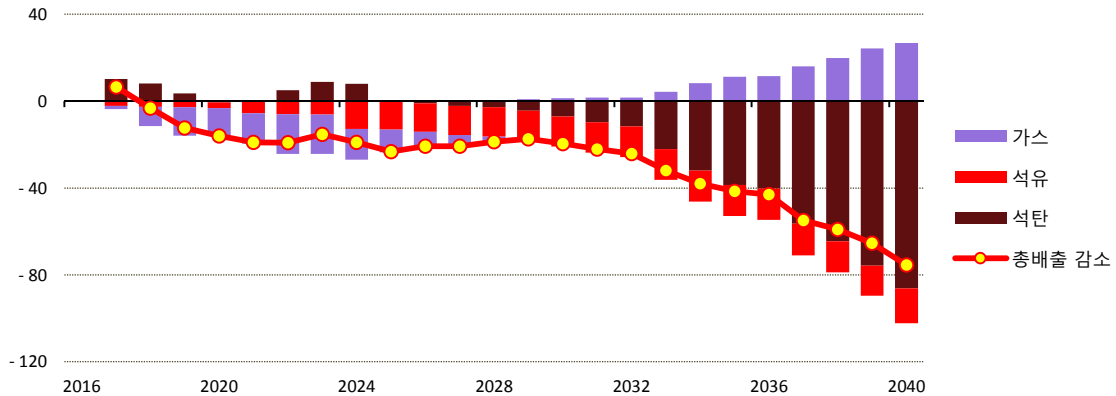
- 총 발전량이 전망 기간 연평균 1.3% 증가함에도 불구하고, 발전 투입 에너지의 경우 동기간 연평균 0.5% 증가에 그칠 것으로 예상되는데, 이는 발전 효율이 낮은 석탄과 원자력의 비중이 축소되고 효율이 가장 높은 가스 발전의 비중이 급격히 확대된 것에 기인함

□ 신재생, 가스 발전의 증가와 석탄 발전의 감소로 발전 부문의 온실가스 배출은 소폭 증가에 불과

- 총 발전량은 2016년에서 2040년 사이 37% 증가하지만 신재생에너지와 가스 발전이 빠르게 증가하고 온실가스 배출이 가장 많은 석탄 발전이 2030년대를 중심으로 급감하면서 온실가스 배출량은 전망 기간 6% 증가에 그칠 것으로 예상됨
 - 원자력 발전의 감소에도 불구하고 신재생에너지 발전이 빠른 속도로 늘며 온실가스 배출량의 증가세 둔화에 기여하고, 화석연료 중에서는 석탄 발전의 비중이 2016년 59.3%에서 2040년 40%까지 낮아지는 반면 역으로 가스 발전의 비중은 36.8%에서 60%로 확대되어 전망 기간 온실가스 배출량 증가는 15백만 톤에 불과할 것으로 예상됨
- 발전 MWh 당 배출량, 즉 발전의 배출 집약도는 2016년 약 0.44 톤으로 추정되며 2040년에는 0.34 톤 수준까지 하락할 것으로 분석됨

- 발전 부문의 온실가스 배출량의 GDP 배출원단위와 전력 소비 배출원단위도 2016년 각각 0.16과 0.48에서 2040년 0.10과 0.36으로 꾸준히 개선되는 모습을 보임

그림 2.40 2016년 발전 비중 고정 대비 2017 에너지 전망의 온실가스 배출의 차이 (백만 톤)



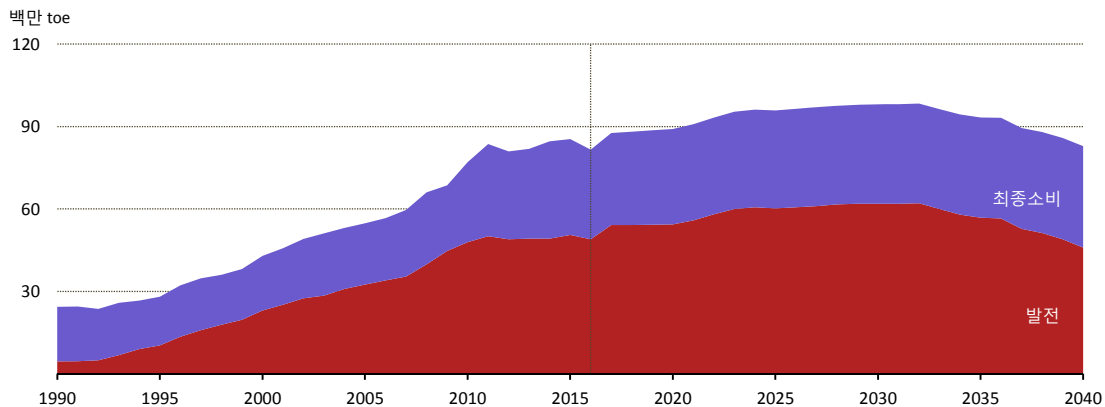
- '2017 장기 에너지 전망'의 발전 부문 온실가스 배출은 2016년의 에너지원별 발전 비중이 2040년까지 유지될 경우에 비해 전망 기간 전 구간에 걸쳐 감소하는데, 특히 석탄 발전량이 감소하는 2030년대에 그 차이가 큰 폭으로 확대될 것으로 분석됨
 - 2016년의 발전 비중은 석탄이 38.7%로 가장 높고 이어서 원자력 30.0%, 가스 24.0%이며, 2016년의 발전 비중이 계속 유지될 경우 2040년에는 발전 부문의 온실가스 배출은 약 326백만 톤으로 기준 시나리오의 발전 부문 온실가스 배출량에 비해 30% 정도 많을 것으로 계산됨
 - 2030년까지는 신재생에너지 발전이 빠르게 확대됨에도 불구하고 원자력 발전이 감소하며 온실가스 감축 효과를 상쇄하여 온실가스 배출 감소가 정체되나, 이후 석탄 발전이 대폭 감소하고 가스 발전이 이를 대체하면서 온실가스 배출량 차이가 빠르게 확대됨
 - 즉, 현 정부의 에너지 부문 정책 기조인 노후 석탄화력 발전소의 폐지, 신재생에너지 및 가스 발전의 확대는 발전 부문의 온실가스를 대폭 감축시키는 수단으로 활용될 수 있으며, 이는 전력 수요 증가세의 둔화와 더불어 발전 부문 온실가스 감축 목표 달성을 용이하게 할 것임

8. 석탄

석탄 수급 현황

- 2016년 석탄 공급은 136.9백만 톤으로 집계되었으며, 전체 공급량의 98.5%를 수입에 의존
 - 우리나라의 석탄 공급은 2011년까지 빠르게 증가해오다 이후 발전용을 중심으로 소비가 정체되며 공급도 정체하고 있는데, 공급의 대부분은 유연탄을 중심으로 수입에 의존하고 있음
 - 2016년 우리나라는 134.9백만 톤의 석탄을 수입했는데, 호주가 우리나라 석탄 수입의 가장 큰 비중을 차지하고, 뒤를 이어 인도네시아, 러시아, 캐나다 순임. 반면 과거 상당 부분을 차지했던 미국과 중국의 수입 비중은 급격히 감소하였음
 - 전체 석탄 수입의 90% 이상을 차지하는 유연탄은 1990년대 이후 석탄화력 발전소의 폭발적 증가와 2010년 현대제철의 고로 가동으로 수입량이 빠르게 증가하였지만 2011년 이후 발전용 소비가 정체하면서 2016년에는 125.5백만 톤으로 떨어짐
 - 무연탄 수입은 발전용과 연탄용 소비 감소가 산업용 소비 증가로 상쇄되며 2000년대 중반 이후 9백만 톤 수준에서 정체됨
 - 국내 무연탄 생산은 자원 고갈 및 석탄산업 합리화 정책에 따라 1990년대 중반까지 빠르게 감소하였으며, 이후에도 완만한 감소세를 꾸준히 유지하여 2013년 이후로는 2백만 톤 아래로 떨어짐

그림 2.41 석탄 수요 추이 및 전망



- 석탄 소비는 2011년을 기점으로 증가세가 크게 둔화하며 2016년 81.6백만 toe를 기록
 - 석탄 소비는 2011년까지 발전용이 연평균 12% 이상 급증하고, 산업용도 제철용 원료탄을 중심으로 빠르게 증가하며 1990~2011년 연평균 6.0% 증가했음

- 석탄화력 발전 설비가 1990년 3.7 GW에서 2011년 24.2 GW로 빠르게 증가하면서 발전용 석탄 소비가 1990~2011년 연평균 12.1% 증가하였으며, 최종 소비는 산업용 소비를 중심으로 1990~2011년 연평균 2.5% 증가함
- 산업용 석탄 소비의 증가는 현대제철과 포스코의 일관제철소 가동 및 설비 합리화를 통한 용량 확대 등 철강업의 소비가 빠르게 증가한 것이 주요 원인이며, 1990년 기준 최종 소비의 절반 가까이를 차지했던 건물용 석탄 소비는 연탄 보일러가 다른 고효율 연료 보일러로 대체되면서 1990~2011년 연평균 10.5% 감소함
- 2011년까지 빠르게 증가한 석탄 소비는 그 이후로 발전용 소비는 감소세로 돌아서고 제철용 소비의 증가세는 크게 둔화되며 2011~2016년 연평균 0.5% 감소로 반전됨
 - 발전용 소비는 석탄화력 발전 설비의 잦은 사고, 노후 석탄화력 발전 설비의 예방 정비 증가 등으로 석탄 발전소 이용률이 2011년 90%대 중반에서 2016년 70%대 후반으로 큰 폭으로 하락하면서 2011~2016년 연평균 0.4% 감소함
 - 최종 석탄 소비도 건물용이 감소세를 지속하는 가운데 산업용도 2011~2016년 기간에는 글로벌 철강 공급 과잉에 따른 철강 경기 둔화, 중국 저가 철강과의 경쟁 심화, 국내 주요 철강 수요 산업 둔화 등으로 원료탄을 중심으로 소비가 둔화하며 연평균 0.6% 감소함

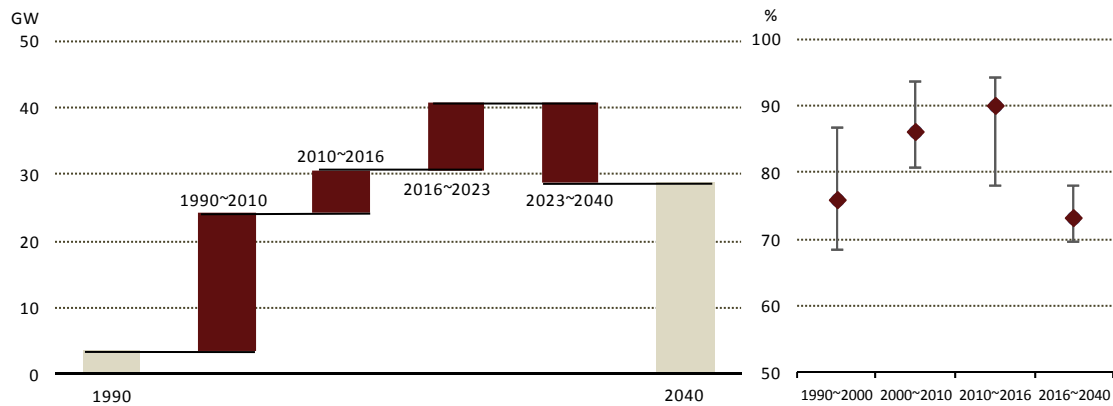
석탄 수요 전망

□ 석탄 수요는 2030년대 초반 정점을 기록한 후 감소세로 돌아서 2040년에는 84백만 toe 수준으로 하락

- 발전용 석탄 수요는 정부의 석탄화력 발전 비중 축소 계획 등으로 2030년대 초반 이후 빠르게 감소하며 총 석탄 수요의 둔화를 이끌 전망임
 - 석탄화력 발전 설비는 신규 발전소 증설 계획으로 2023년 40.8GW까지 증가하겠으나, 이후로는 정부의 노후 석탄화력 발전소 폐지 및 신규 석탄화력 발전소 진입 제한으로 감소하며 2040년에는 28.7 GW로 떨어질 전망임²⁸
 - 발전용 석탄 수요는 2023년까지 석탄 발전 설비가 증가하고, 원자력 발전설비의 감소에 따른 원자력 발전량의 감소를 석탄 발전이 일부 대체하는 효과로 2032년경까지는 완만하게 증가할 것으로 보이나, 이후로는 석탄 발전 설비의 퇴출이 본격적으로 시작되며 빠르게 감소할 것으로 전망됨
 - 한편, 발전용 석탄 소비의 감소 폭은 정부의 석탄 화력 발전 제한 정책 기조에 따른 발전설비 이용률 하락과 대규모 고효율 신규 유연탄 발전 비중 상승에 따른 전체 석탄발전 효율 상승으로 발전 설비 퇴출 폭보다 커질 것으로 보임

²⁸ 제7차 전력수급계획 이후의 기간인 2030년대에도 노후 석탄화력 발전소 폐지 및 신규 발전소 진입 제한 정책 기조가 유지된다고 가정함

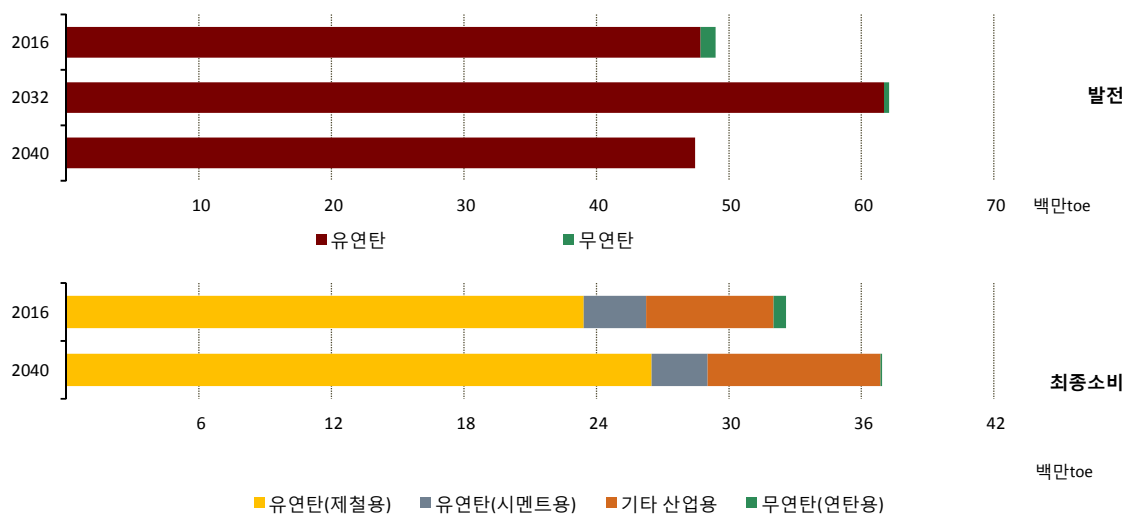
그림 2.42 석탄화력 발전설비 용량, 이용률 범위 및 평균



*이용률(%)은 발전설비를 100%로 가동했을 때의 발전량 대비 실제 발전량의 비중이며, 발전설비용량은 연말 기준

- 최종 소비 부문의 석탄 수요는 전망 기간 지속 증가하며 석탄 수요를 견인할 것으로 예상되지만, 증가 속도는 연평균 0.5% 증가에 불과해 과거 대비 증가세가 크게 둔화할 것으로 보임
 - 석탄 최종 소비에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 제철용 유연탄 수요는 세계 철강 시장 경쟁 심화와 철강 생산 증가세 둔화로 전망 기간 연평균 1%대 미만의 증가로 정체할 것으로 예상됨
 - 시멘트 제조용 유연탄은 2030년 이후 인구가 감소세로 전환하고 주택보급률도 이미 포화 수준에 상당부분 근접함에 따라 건설 수주가 정체하는 등의 영향으로 전망 기간 감소할 것으로 예상됨
 - 건물 부문의 석탄 수요는 가정 난방용 연탄과 서비스 부문에서 일부 사용되었던 연료가 꾸준히 대체되며 전망기간 모든 용도 중 가장 빠르게 감소할 것으로 예상됨

그림 2.43 용도별 석탄 수요 전망



□ 전망 기간 석탄 수요 증가의 대부분은 제철용이 차지하며 총 석탄 수요에서의 비중이 상승

- 2040년 제철용 유연탄 수요는 2016년대비 4백만 toe 이상 증가하겠으나, 발전용, 시멘트제조용, 연탄용 수요가 모두 감소하며 전망 기간 총 석탄 수요의 증가 폭은 3백만 toe 미만에 그칠 전망이다
 - 철강업에서는 세계 철강 시장의 공급 과잉, 신소재 대체 등으로 조강 생산의 증가세가 과거 대비 크게 둔화되지만 조강에서 전로강 비중 확대²⁹ 제철용 석탄 수요는 조강 생산량 대비 빠르게 증가할 것으로 전망됨
 - 발전용 석탄 수요는 2030년대 초반까지는 증가하지만, 이후 노후 석탄화력 발전소가 폐지되면서 빠르게 감소하며 전망 기간 전체로도 감소할 것으로 예상되는데, 신규 고효율 유연탄 발전 비중 상승으로 발전 효율이 상승하며 발전량보다 발전용 투입 석탄 수요의 감소폭이 작을 것으로 보임
 - 시멘트 생산용 석탄 소비는 1995년 4.7백만 toe를 정점으로 기록한 후 지속적으로 감소하였으며, 전망 기간 신도시 건설 같은 대형 건축 또는 토목 공사를 기대하기 어렵고, 건축 신소재 개발 등으로 수요가 꾸준히 감소할 것으로 전망됨
- 발전용 석탄 수요는 2040년에도 모든 용도에서 가장 큰 비중을 차지할 것으로 보이나, 제철용과의 비중 격차는 큰 폭으로 축소될 것으로 예상됨
 - 발전용 석탄 소비 비중은 1990년 18.6%에서 전력 수요의 증가와 석탄화력 발전 설비 증설로 2016년 60%까지 확대되었으나, 전망 기간에는 정부의 석탄발전 비중 축소 및 노후 석탄화력 발전소 폐지 정책 등의 영향으로 4% 포인트 가까이 하락할 것으로 전망됨
 - 반면, 제철용의 비중은 전망 기간 수요가 완만히 증가하면서 2016년 31.9%에서 2040년에는 30%대 중반으로 상승할 것으로 예상됨
 - 시멘트용과 연탄용 석탄 비중도 2016년 각각 3.5%와 0.7%에서 전망 기간 수요 감소로 2040년에는 각각 3.0%과 0.1% 내외로 축소될 것으로 예상됨

²⁹ 전기로강은 고철(스크랩)을 전기로에서 용융하여 생산되는 강으로 주로 저가용 철근 등에 이용되며, 전로강은 철광석, 원료탄, 석회석을 고로에서 용융하여 생산되는 강으로 고급 철강제품을 만드는데 쓰임. 전망 기간 철강 산업의 고부가가치화 등으로 전로강의 비중은 크게 확대되는 반면, 전기로강의 비중은 하락할 것으로 예상됨

9. 석유

석유 공급 현황

□ 하향 추세를 보이던 원유 수입 증가율은 최근 유가 하락에 따른 석유 소비 증가와 정제시설 확대로 상승

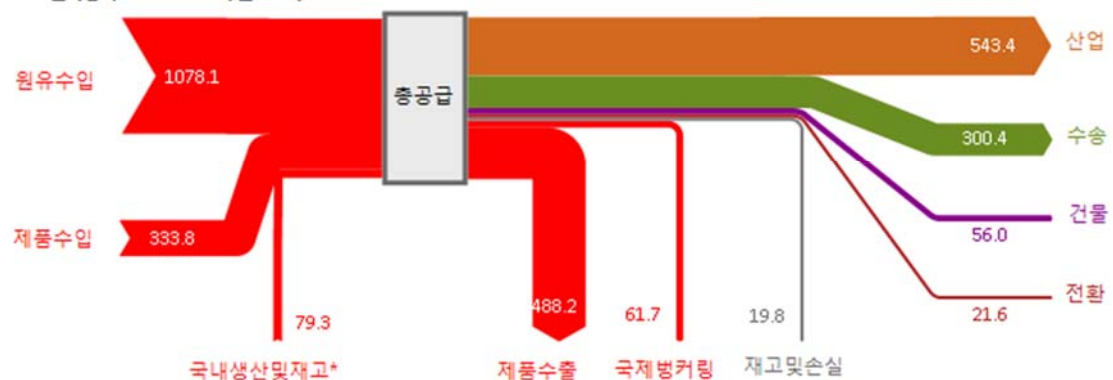
- 원유 수입은 1990~1997년 석유제품 수출과 소비의 빠른 증가로 연평균 16.0% 증가하였지만, 외환위기 이후 석유제품 수출과 소비 증가세 정체 등으로 1997~2016년에 연평균 1.1% 증가에 그침
 - 국내 정제시설은 1990년 0.8백만 PBSD(barrel per stream day)에서 연평균 16.4% 증가하면서 1997년에 2.4백만 BPSD로 급격히 증가하였지만, 외환위기 이후 석유제품 생산 증가세 둔화, 중국 및 중동의 정제 설비 신증설로 인한 경쟁 심화 등으로 정제시설 증가세는 둔화됨
 - 2015년 정제시설이 0.1백만 BPSD 증설되면서 2015년 원유 수입과 석유제품 생산이 급증하였으며, 2016년 말 4개 정유회사가 최대 3.1백만 BPSD의 원유를 처리할 수 있음
 - 2015년과 2016년 원유 수입은 유가 급락으로 수송용 소비가 급증하고, 석유화학 설비 증설로 석유화학 원료용 소비가 급증하면서 각각 10.6%, 5.1% 급등함

그림 2.44 1990년과 2016년 국내 석유 공급 현황 (백만 bbl)

1990년 (총수요 356.3백만 bbl)



2016년 (총수요 921.5백만 bbl)

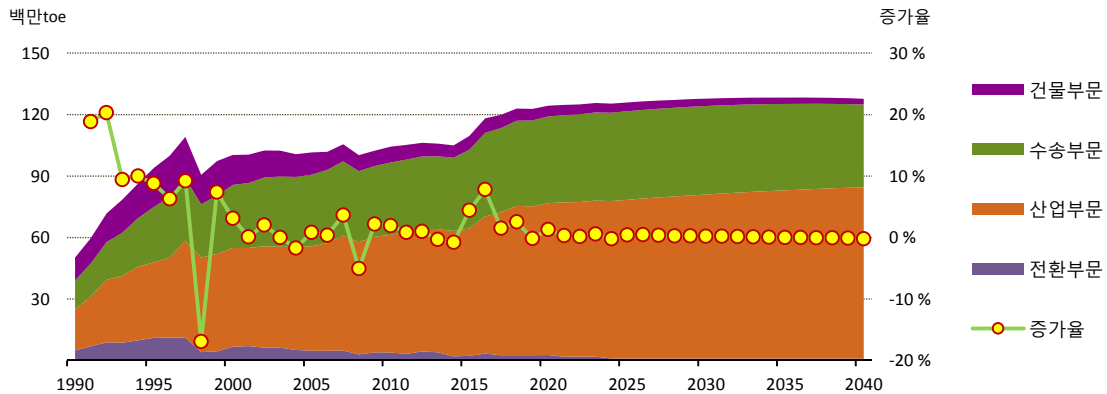


- 석유제품 생산은 경유와 중유 중심에서 고도화 설비 증설을 통해 경유, 납사, 항공유, 휘발유 등으로 다양화
 - 석유제품 생산은 1990년 304.5백만 bbl에서 연평균 5.3% 증가하여 2016년 1,157.6백만 bbl, 석유제품 수출은 1990년 27.2백만 bbl에서 연평균 11.7% 증가하여 2016년 487.7백만 bbl에 도달함
 - 석유제품 생산은 1990년대 초반에는 경유와 중유가 중심이었지만, 자동차 보급의 확대, 석유화학 산업의 성장, 항공 수요의 증대로 인해 최근에는 휘발유, 경유, 납사, 항공유를 주로 생산함
 - 석유제품 수출은 1990년대에는 중유와 경유 중심이었지만, 설비 고도화를 통해 중유로부터 항공유, 휘발유 생산을 늘리면서 수출 유종도 경유, 항공유, 휘발유, 납사로 다변화됨

석유제품 수요 전망

- 석유제품 소비는 석유화학 산업 발전과 자동차 보급 증가 등으로 지속적으로 증가했지만 증가세는 둔화
 - 석유제품 소비는 1990년대 석유화학 산업의 설비 확장과 자동차 보급 확대에 힘입어 빠르게 증가했지만 1997년 외환위기 이후 2014년까지 소비 증가율이 크게 둔화됨
 - 석유 소비 증가율은 1990~1997년에는 연평균 11.7% 증가했는데, 외환위기 이후 경제 성장의 둔화, 2008년 금융위기, 2000년대 후반 고유가 시대의 도래로 2000~2014년에는 연평균 0.3%에 그침
 - 하지만 2015년과 2016년에는 석유화학 설비 증설과 국제 유가의 급락으로 산업과 수송용 소비가 단기간으로 급등하면서 각각 전년 대비 4.4%, 7.8% 증가함
- 석유제품 수요는 전망 기간에 연평균 0.3% 증가하지만, 2030년대 이후 정체
 - 석유제품 수요는 전망 기간 초에는 저유가 지속, 석유화학 설비 증대 등으로 2000년대 보다는 높은 소비 증가율을 보일 전망이다
 - 국제 유가가 2020년대 초까지 배럴당 80달러를 하회할 것으로 전망되면서 수송용 석유 소비는 연평균 약 1%의 증가세를 유지할 것으로 전망됨
 - 국제 유가가 저유가를 유지하면서 납사의 가격 경쟁력이 개선되면서, 2017년 NCC(Naphtha Cracking Center) 신설되고, 2020년까지 새로운 NCC 증설이 계획되는 등 석유화학 설비 증설로 기초유분 생산이 양호하게 증가하면서 산업용 석유 소비도 2016~2020년에 연평균 2.9% 증가할 것으로 보임
 - 2030년대 석유제품 수요는 내연기관 자동차 보급이 감소하면서 수송용 석유 소비가 감소하고, 석유화학 산업 생산의 증가세 둔화로 산업원료용 소비 증가세도 둔화되면서 정체될 것으로 보임
 - 자동차 보급은 전망 기간에 지속적으로 증가하겠지만, 전기자동차를 비롯한 친환경 자동차 보급이 확대되면서 내연기관 자동차 보급은 2030년경 이후 감소할 것으로 보임
 - 석유화학업의 기초유분 생산량은 생산 설비 증설에도 불구하고 유가 상승으로 인한 납사 가격 경쟁력 약화, 에틸렌 시장 경쟁 심화, 중국의 자급률 상승 등으로 증가세는 둔화될 것으로 전망됨

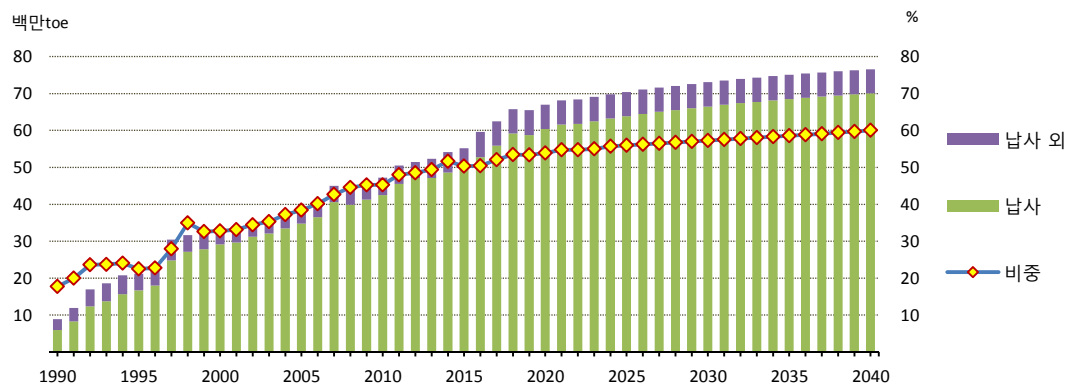
그림 2.45 석유제품 수요 및 증가율 추이



□ 석유제품 수요는 수송, 건물, 전환 부문 수요는 감소하겠지만, 산업 부문 수요가 증가하면서 10백만 toe 증가

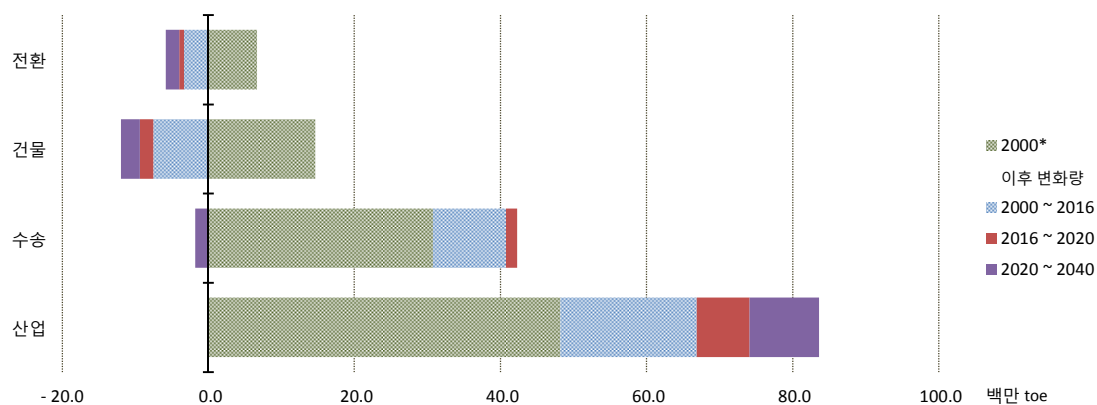
- 산업 부문 석유제품 소비는 석유화학업의 원료용 소비의 지속적인 증가로 2016년 66.9백만 toe에서 연평균 0.9% 증가하여 2040년에 84백만 toe에 도달하며 석유제품 수요 증가를 견인할 전망이다
 - 석유화학 산업의 석유제품 소비는 1990년 8.9백만 toe에 불과하였지만 NCC와 BTX 생산 설비의 증설로 2016년 59.6백만 toe로 급증하였으며, 전망 기간에도 석유화학 업종의 설비 증설과 생산 증가로 연평균 1.0% 증가하여 2040년에 77백만 toe에 도달할 전망이다
 - 석유화학 산업이 석유제품 소비에서 차지하는 비중은 1990년 17.7%였지만, 2016년 50.5%를 기록하였으며, 지속적인 상승으로 2040년에는 약 60%를 차지할 것으로 전망됨
 - 산업 원료용 석유제품 수요는 석유화학 산업의 지속적인 성장으로 2016년 55.7백만 toe에서 2040년 74백만 toe로 증가하고, 최근 석유제품 가격의 급락으로 큰 소비 증가세를 보였던 산업 연료용 수요는 전망 기간에 국제 유가의 지속적인 상승으로 연평균 0.2% 상승하는데 그칠 것으로 전망됨

그림 2.46 석유화학의 석유 소비 및 총석유 소비에서 석유화학이 차지하는 비중 추이



- 수송 부문 석유제품 수요는 인구 감소 등으로 교통 수요 증가세가 둔화되고 환경 규제의 강화로 내연기관 자동차 보급이 정체 및 감소되면서 2030년경에 정점에 도달한 이후 연평균 0.6% 감소할 전망이다
 - 최근의 유가 급락과 저유가로 급증세를 보였던 수송용 소비는 2020년대 초까지는 배럴당 80달러 밑으로 유가가 유지되고, SUV, 화물 자동차, 상용차에서 내연기관 자동차의 경쟁 우위가 지속되면서 2030년까지는 연평균 0.4%의 증가세를 보일 것으로 전망됨
 - 환경 규제 강화, 충전 인프라 확대, 배터리 가격 하락 등으로 전기자동차 보급이 지속적으로 증가하면서 내연기관 자동차의 보급 증가세는 크게 둔화되고 2030년경 이후에는 많은 내연기관 승용차가 전기 승용차로 대체되면서 내연기관 자동차 보급은 감소세로 전환될 것으로 보임
- 건물 부문 수요는 2016년 7.1백만 toe에서 연평균 3.8% 감소하여 2040년 3백만 toe로 하락할 전망이다
 - 건물 부문은 그동안 고유가, 도시가스 및 지역난방 등 네트워크 에너지의 보급 확대 등으로 석유제품 소비가 감소하였으며, 전망 기간에도 꾸준한 에너지 대체, 단열, 기기 효율 개선 등으로 수요가 감소할 전망이다

그림 2.47 기간별 부문별 석유제품 수요 변화



* 2000년 소비량을 의미

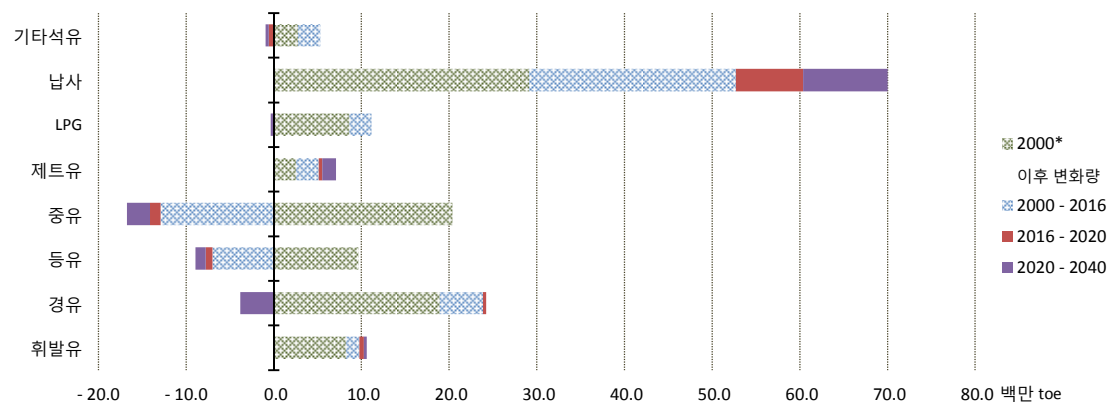
□ 납사가 석유제품 수요 증가를 견인하고, 항공유가 석유제품 중 가장 높은 증가율을 보일 것으로 전망

- 납사 수요는 석유화학 제품 수요의 증가에 따른 설비 증설과 기초유분의 생산 증가 등으로 2016년 52.7백만 toe에서 연평균 1.2% 증가하면서 2040년에 70백만 toe에 이를 전망이다
 - 석유화학 설비 확장, 기초유분의 대중국 수출 증가로 납사 소비가 1990~2016년 연평균 8.7% 증가함
 - 납사 수요는 전망 기간에 17백만 toe 증가하면서 석유 수요 증가를 견인하고 석유제품 수요에서 차지하는 비중도 2016년 44.6%에서 2040년에는 약 55%로 상승하지만, 석유화학 원료의 다변화 기초, 중국의 기초유분 및 파라자일렌 자급률 상승 등으로 증가세는 지속적으로 둔화될 것으로 보임

2017~2040 에너지 전망

- 항공유는 해외 여행 및 방문객의 증가, 신규 취항 노선 확대, 공항 인프라 개선 등으로 전망 기간 연평균 1.4% 증가하면서 석유제품 중 가장 빠르게 증가할 전망이다
 - 현재 항공 인프라 시설이 포화 상태에 접근하면서 항공 수요 증가를 제한하지만, 항공 수요는 2020년대 중반에 김해 공항이 확장되고 제2 제주 공항이 개항된다면 다시 한번 도약 할 것으로 전망됨
- 온실가스 규제 강화와 배터리 기술 발전 및 충전설비 확대 등으로 내연기관 자동차 보급이 감소되면서 경유는 2020년대 중반 이후 감소, 휘발유는 2030년 경 이후 이후 감소하겠지만, 감소 정도는 다를 것으로 전망됨
 - 휘발유 수요는 내연기관 자동차의 보급 감소와 더불어 자동차 연비 향상, 주행거리 감소 등으로 2030년 경에 정점에 도달한 후 하락하지만, 2040년 수요는 2016년 수요보다 높을 것으로 보임
 - 경유 수요는 경유 자동차가 배기가스 문제로 인한 소비자 선택 감소와 정부의 미세먼지 정책 등으로 휘발유 자동차보다 더 빠른 2020년대 중반에 정점에 도달한 이후 감소하여 전망기간에 0.6% 감소, 2020년 이후에는 석유제품 중 수요 감소가 가장 클 것으로 전망됨
- LPG 수요는 프로필렌 생산용 사용은 증가하지만 LPG 자동차 감소, 가격 상승 등으로 수송 및 건물용 수요가 감소하면서 연평균 0.1% 감소하고, 중유 수요는 유가 상승, 선박의 대형화, 유류 발전소 폐지 등으로 연평균 3.0% 감소하면서 전망 기간에 석유제품 중 가장 많이 수요가 감소할 것으로 전망됨

그림 2.48 기간별 석유제품별 수요 변화



* 2000년 소비량을 의미

10. 가스

가스 수급 현황

- 천연가스 수입량은 2013년에 정점을 기록한 후 이후 감소로 전환하였다가 2016년에는 33.5백만 톤을 기록
- 우리나라의 천연가스 수입은 1986년 10월 인도네시아로부터 평택인수기지를 통해 초도 물량이 들어온 이래 국내 가스 수요의 급증에 힘입어 빠르게 증가하였으며, 현재 액화천연가스(Liquefied Natural Gas, LNG) 수입 규모는 일본에 이어 세계에서 두 번째의 위치를 차지하고 있음
 - 2016년 세계 LNG 교역량은 258.0백만 톤이며, 그 중 세계 1위 수입국인 일본이 83.3백만 톤을 수입하여 세계 소비의 32.3%를 차지하였고 우리나라는 13.1%로 2위, 3위인 중국은 26.8백만 톤을 수입하여 10.4%를 차지함 (IGU, 2017)
 - 1990년대에는 인도네시아, 말레이시아, 브루나이 등이 우리나라의 주요 LNG 수입원이었으나 2000년대 들어 국내 가스 소비의 급증에 따른 물량 조달 및 공급 안정성 확보를 위해 해외 도입선의 수도 빠르게 증가하였으며, 최근에는 카타르산 천연가스가 국내 가스 공급의 가장 큰 비중을 차지하고 있음
 - 2016년에도 전년과 비슷한 33.5백만 톤을 수입하였는데 카타르산 천연가스 수입량이 전체 수입량의 37.2%를 차지하였고, 천연가스 전체 수입액은 가격 하락의 영향으로 전년 대비 35.2% 감소
 - 우리나라의 가스 도입 계약은 주로 20년 이상의 장기 계약에 의존해 왔으나 최근 들어 5년 이하의 중단기 계약 및 현물 계약의 비중이 확대되고 있는 경향임
 - 국내 천연가스 생산기지는 1986년 평택 기지 준공 이후 5곳이 추가 건설되어 2017년 9월 기준으로 총 6곳, 1,260만 ki 저장 규모의 생산기지가 운영 중에 있음
 - 우리나라가 수입하는 천연가스는 전량 LNG 형태로, 각 생산기지에서 하역되어 재기화 과정을 거친 후 전국 배관망을 통해 송출되고 있음
 - 보령 LNG 터미널은 GS에너지와 SK E&S의 합작투자를 통해 만들어졌으며, 2017년 1월에 총 60만 ki 규모로 상업운전을 개시함

표 2.4 국내 천연가스 생산기지 현황 (2017년 9월 30일 기준)

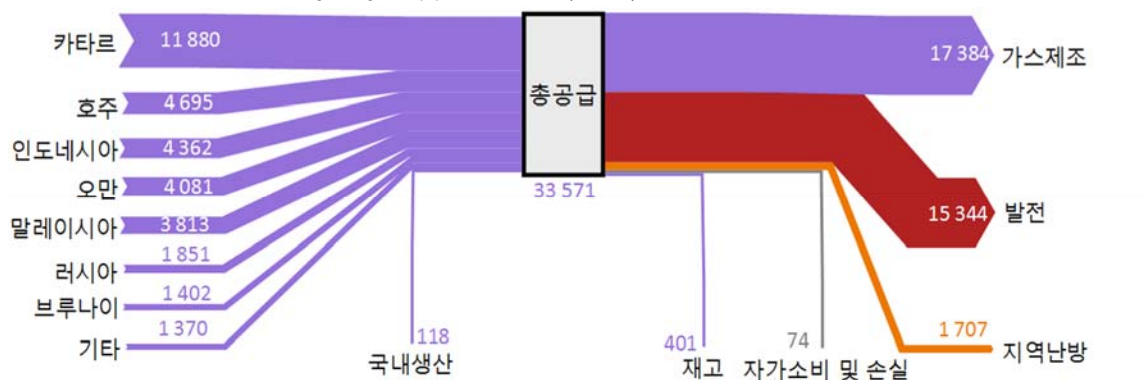
	한국가스공사				포스코	GS 에너지, SK E&S	계
	평택	인천	통영	삼척	광양	보령	
운전개시	1986년 11월	1996년 10월	2002년 9월	2014년 7월	2005년 7월	2017년 1월	
부지면적	40.3 만평	41.8 만평	34 만평	28.4 만평	16.8 만평	32.8 만 평	
저장탱크	10 만 ki X 10기	10 만 ki X 10기	14 만 ki X 13기	20 만 ki X 9기	10 만 ki X 2기	20 만 ki X 3기	1,260 만 ki (79 기)
	14 만 ki X 4기	14 만 ki X 2기	20 만 ki X 4기	27 만 ki X 3기	16.5 만 ki X 2기		
	20 만 ki X 9기	20 만 ki X 8기					

자료: 한국가스공사, 포스코, GS에너지

□ 천연가스 소비는 1990~2013년 연평균 13.2% 급증한 후 2년 연속 급감하여 2013~2016년 연평균 4.7% 감소

- 천연가스는 1986년 우리나라에 최초로 도입된 이래 도시가스 인프라 확장, 전력 수요의 빠른 증가 등으로 급속히 증가하여 2013년에는 총에너지 소비의 18.7%를 차지하는 주력 에너지원으로 성장함
 - 천연가스 소비는 1990~2000년에 연평균 20% 증가하여 같은 기간 모든 에너지원 중에서 가장 빠른 성장세를 보이면서, 1997년에 10백만 톤을 초과한 데 이어 불과 7년 후인 2004년에는 20백만 톤을 넘어섰으며 지난 2013년에는 40백만 톤을 돌파하였음
 - 2000년대에 들어서도 네트워크 에너지의 빠른 증가 및 경제 성장에 따른 에너지 수요의 급증세 지속으로 2000~2013년 기간 석탄과 석유 및 원자력이 연평균 5.1%, 0.4%, 0.6% 증가에 그친 데 반해 가스 소비는 동기간 연평균 8.2%로 빠르게 증가함
- 천연가스 소비는 2013년 40.3백만 톤으로 역대 최고의 소비량을 기록한 후 발전용과 최종 소비 부문의 소비가 모두 부진하면서 연평균 8.9% 급감하여 2015년 33.4백만 톤으로 하락함
 - 국내 천연가스가 도입된 이후 소비량이 감소한 것은 1998년의 외환위기(-6.5%)와 2009년의 국제 금융위기(-4.9%)를 제외하고는 2014년이 처음으로, 2014년과 2015년 석탄화력 발전 설비 확충 및 원자력 설비 재가동 등으로 기저발전 설비 용량이 4.0% 증가하였으나, 전력 소비는 0.9% 증가에 그치면서 발전용 천연가스 소비가 급감함
 - 최종 소비 부문의 도시가스 소비도 유가 급락으로 산업 부문에서 석유로의 에너지 대체가 활발하게 일어나고 난방도일 감소로 도시가스 소비도 급감하여 2013~2015년에 연평균 6.6% 감소하였음
- 그러나 2016년에는 여름철 이상폭염으로 인한 전력 소비 증가와 기저발전량의 증가세 둔화로 발전용 가스 소비가 5.2% 증가하고, 겨울철 추운 날씨로 인한 난방도일 증가로 도시가스 소비도 증가하여 천연가스 소비가 4.2% 증가함

그림 2.49 2016년 천연가스 수입 및 공급 흐름 (천 톤)



주: 기타 국가는 나이지리아, 파푸아 뉴기니, 알제리, 페루, 적도 기니 등

□ 발전용 가스 소비는 전력 소비 증가와 함께 빠르게 증가했으나, 최근에는 전력 소비 둔화 등으로 감소

- 발전용 가스 소비는 전력 소비의 가파른 증가와 함께 빠른 속도로 성장해왔으나 2014~2015년에는 전력 소비 증가세 둔화, 기저발전 설비 증설, 발전 효율 상승 등으로 급격히 감소함
 - 1990~2013년에 전력 소비가 연평균 7% 이상 성장하면서 발전용 가스 소비도 같은 기간에 연평균 10.7% 증가했지만, 2014년과 2015년에는 경기 침체에 따른 생산 활동 둔화와 냉난방 소비 감소로 전력 소비가 연평균 0.9% 증가에 그친 반면 기저발전 설비 용량은 연평균 4.0% 증가하여 60%를 상회했던 가스복합화력 설비의 가동률이 2015년 35.7%까지 떨어지고 가스 소비는 2013~2015년에 연평균 8.9% 감소함
 - 가스 발전의 가동률이 떨어지면서 고효율의 신규 설비를 우선적으로 가동하여 전체 가스 발전 효율이 크게 상승한 것도 발전용 가스 소비의 감소 요인으로 작용함
- 2016년 발전용 가스 소비는 여름철 이상폭염과 열대야로 인한 전력 소비 증가, 원자력 발전량의 감소로 인한 기저 발전량의 증가세 둔화로 5.2% 증가함
 - 2016년 여름철 전국 폭염일수와 열대야일수는 각각 22.4일과 10.8일로 평년 대비 2배 이상 증가(기상청, 2016.9)하고 이로 인해 냉방도일도 대폭 증가하면서 전력 소비는 전년 대비 2.8% 증가함
 - 기저 발전량은 석탄 발전의 증가에도 불구하고 원자력 발전이 경주 지진의 영향으로 인한 월성1~4호기의 안전 검사 등으로 감소하여 증가세가 둔화됨
 - 전력 소비의 증가와 기저 발전량의 정체로 첨두 부하를 담당하는 가스 발전량이 19.9% 급증함

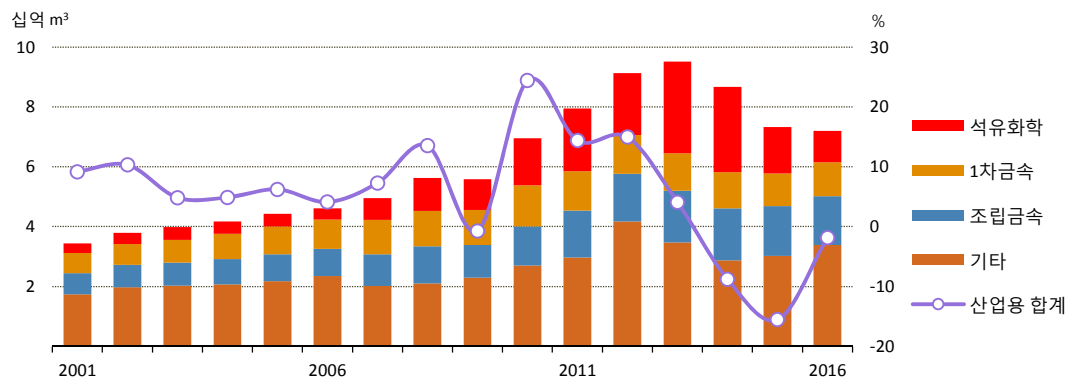
□ 도시가스 소비는 주택에서의 보급 확대 및 고유가로 빠르게 성장해오다 유가 하락으로 최근 들어 감소

- 우리나라의 도시가스 소비는 1990년 당시 최종 소비에서 차지하는 비중이 1.3%에 불과하였으나 2013년까지 연평균 15.0% 증가하여 2013년에는 최종 소비의 12.1%까지 증가하였음
 - 1990년대 도시가스 소비는 수도권 및 주요 대도시를 중심으로 난방 및 취사용 도시가스가 활발히 보급되며 가정 부문의 소비가 크게 증가하여 연평균 28.6%로 빠르게 증가했음
 - 2000년대 들어 주택용 도시가스 보급이 성숙기에 들어서며 가정용 수요의 급증세는 다소 둔화되었으나, 고유가 지속에 따른 가격 경쟁력 강화와 환경에 대한 관심 고조 등으로 산업 및 상업 부문에서 가스에 대한 선호가 커지며 2013년까지 연평균 5.5% 증가했음
 - 특히, 2009년 이후 국제유가의 고공행진이 지속되는 가운데 석유정제업에서 납사가 도시가스로 대체되며 산업용 도시가스는 2010년부터 3년 연속 두 자리대의 증가율을 지속함
- 그러나 2014년 이후 유례없는 국제 유가 폭락으로 가스의 가격경쟁력이 약화되며 산업 부문 도시가스 소비가 급감하였고 예년보다 온화한 기후로 건물 부문의 소비도 감소하여 최종 소비 부문의 가스 소비가 전년 대비 7.7% 감소하였으며, 2015년에는 건물 부문 소비 반등에도 불구하고 산업 부문의 감소세가 심화되어 도시가스 소비가 5.5% 감소함

2017~2040 에너지 전망

- 산업용 도시가스는 2010년대 들어서 국제 유가의 고공행진, 석유화학업의 원료용 공급 개시, 원료비 연동제 유예 등에 힘입어 2013년까지 급격히 증가하며 도시가스 소비 증가를 견인해왔으나, 2014년 유가 급락과 도시가스 미수금 회수 등으로 급감세로 전환되어 2014년과 2015년에는 전년 대비 각각 8.8%, 15.5%씩 감소함
- 2016년 도시가스 소비는 산업 부문이 기타 업종에서의 증가에도 불구하고 석유화학에서의 급감세 지속 지속으로 감소하였지만, 건물 부문에서 여름철 폭염과 겨울철 추운 날씨에 따른 냉·난방용 수요를 중심으로 5.1% 증가하여 3년만에 증가로 전환됨

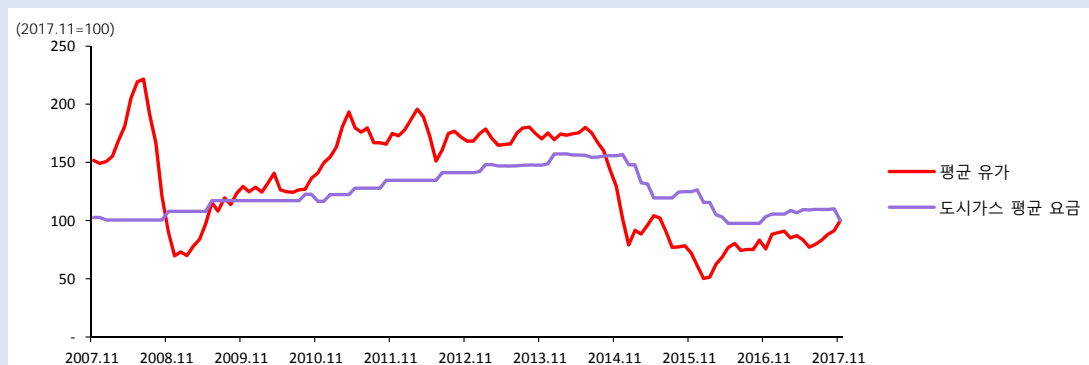
그림 2.50 산업 부문 업종별 도시가스 소비 추이



붙임 2.5 도시가스 원료비 연동제 유예와 미수금 회수가 도시가스 수요에 미친 영향

- 도시가스 요금은 원료비+도매(가스공사)공급비용+소매(도시가스사)공급비용으로 이루어져 있으며, 원료비는 1998년 8월부터 시행된 원료비 연동제로 2개월(홀수월)마다 산정하여, 산정원료비가 기준원료비의 $\pm 3\%$ 를 초과하여 변동하는 경우 원료비를 조정함
- 산정원료비는 국제 유가 및 환율 변화에 영향을 받게 되는데, 2008년부터 유가가 배럴당 100 달러를 초과하게 되자 정부는 물가 안정 차원에서 원료비 연동제를 유예(2008.3~2013.2)하였고, 이로 인해 한국가스공사는 LNG 도입 가격 상승에도 불구하고 이를 요금에 반영하지 못하면서 미수금이 발생됨
- 한국가스공사는 2010년 9월부터 가격 인상을 통해 미수금을 점차 회수하기 시작하였고, 2013년부터는 정산단가(89원/m³, 2.041원/MJ)를 상향 조정하여 미수금을 줄여나감
- 유가 급락이 진행되던 2014년 말 이전까지 약 6회에 걸친 가격 인상이 있었으며, 한국가스공사에 따르면 미수금 회수에 따른 주택용 요금 인상 비율이 2011년에 3.0%에서 2012~2014년에 4.6~5.0%, 2015~2017년에 10.6~17.1% 정도를 차지하고, 산업용 요금에 대해서는 2011~2014년에 7.5~8.2% 수준에서 2015~2017년에 12.5~21.1% 정도에 달하는 것으로 분석됨
- 미수금 회수로 2012년 말 기준 도매요금의 원료비 미수금이 5조 5,400억 원에까지 이르던 것이 2015년에 2조 6,700억 원, 2016년에 9,600억 원으로까지 감소하였고, 2017년 10월에 미수금 회수를 완료하면서 2017년 11월부터 도시가스 요금을 약 9.3% 인하함

그림 2.51 평균 유가와 도시가스 용도별 평균 요금의 가격지수(2017.11=100) 추이



주: 원유 평균은 Dubai, Brent, WTI의 유가 평균, 도시가스 평균 요금

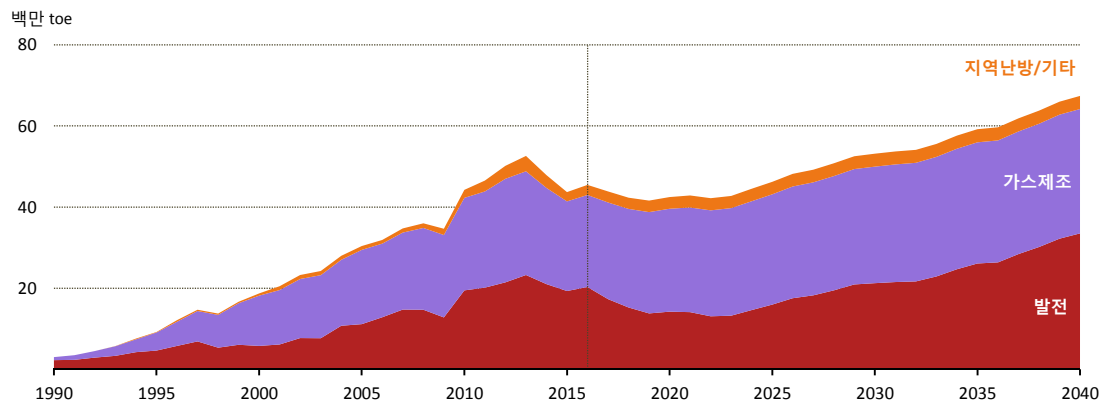
자료: 한국석유공사, 도시가스협회

- 2008~2013년에는 고유가와 함께 도시가스 연료비가 유예되면서 도시가스의 상대가격이 유가 대비 낮아져 가격 경쟁력이 향상되었고, 이로 인해 에너지원 대체가 쉽게 가능하여 가격 변화에 민감하게 반응하는 산업 부문에서의 도시가스 소비가 2007~2013년에 연평균 12.1% 증가한 반면, 석유 소비는 1.9% 증가에 그치며 산업 부문의 석유 소비 비중은 2007년에 53.2%에서 2013년 45.9%로 하락한 반면, 가스 소비 비중은 5.0%에서 7.9%로 상승함
- 특히, 석유화학업종에서의 도시가스 소비 증가가 두드러지는데, 2009년까지는 철강과 조립금속업종보다도 도시가스 소비량이 적었으나, 2010년부터 급증하면서 이후 2014년까지 석유화학이 산업 부문에서 도시가스 소비가 가장 많은 업종이 됨
- 석유화학업종에서는 2009년부터 석유정제과정에서 불순물 제거를 위한 수소처리과정(hydrotreating)에 쓰이는 수소 제조에 납사가 사용되던 것을 도시가스로 대체하면서 산업 부문에서 원료용으로 사용되기 시작된 것과 서로 다른 연료(중유, 도시가스)를 혼용할 수 있는 듀얼보일러(Dual-boiler)의 보급이 확대된 것도 도시가스 소비의 변동성을 확대시키는데 기여한 것으로 판단됨 (박명덕 & 이상열, 2015)
- 그러나 2013년 3월부터 원료비 연동제가 재개 되었음에도 불구하고 2014년 하반기부터 시작된 유가 급락과 함께 2010년 9월부터 시작된 미수금 회수의 비중이 2015년부터 기존의 4~8%에서 9~23% 수준까지 높아지면서 유가 하락폭 만큼의 도시가스 요금 하락이 이루어지지 않아 상대가격이 역전되는 현상이 발생됨
- 또한, 원료비 연동제는 도시가스 요금은 홀수월에만 조정될 뿐만 아니라 조정월 기준 전월의 유가와 연동되는 등 실질적으로 유가 변동에 약 3~4개월 시차를 두게 되어 일반적으로 도시가스 요금의 변동폭은 유가 변동폭 대비 낮음
- 이로 인해 저유가 시기에는 석유에 대한 도시가스의 가격 경쟁력이 크게 악화되면서 산업용 도시가스 소비는 2014년과 2015년에 각각 8.8%, 15.5% 감소하였고, 2016년에는 감소폭이 완화되며 1.9% 감소에 그침
- 상대가격 역전 현상으로 인한 에너지원 대체가 쉽게 일어나는 석유화학업종에서는 도시가스 소비가 2014~2016년에 연평균 39.4% 감소한 반면, 석유 소비는 연평균 5.4% 증가함
- 그러나 최근 한국가스공사가 도시가스 미수금을 모두 회수하면서 2017년 11월부터 도시가스 요금을 인하하여 도시가스의 가격경쟁력 회복으로 산업 부문을 중심으로 도시가스 소비 증가의 요인으로 작용할 것으로 판단됨

천연가스 수요 전망

- **전망 기간 천연가스 수요는 발전용 수요가 2020년대부터 빠르게 증가하며 전망 기간 연평균 1.6% 증가**
 - 발전용 수요는 전망 기간 초기에 석탄 및 원자력 발전 설비 증설 등으로 감소하다 2020년대 초반 이후로는 원자력 발전소와 노후 석탄화력 발전소가 차례로 폐지되고 그 부족분을 가스 발전이 채우면서 빠르게 증가할 전망
 - 반면, 최종 소비 부문 도시가스 수요는 가정용 도시가스의 보급률이 포화상태에 근접함에 따라 증가 속도가 과거 대비 크게 둔화될 전망이다
 - 천연가스 수요에서 발전용이 차지하는 비중은 2020년대 초반에 30% 초반까지 하락하다가 그 이후로 빠르게 성장하여 2040년에는 50% 수준에 이를 것으로 예상됨
 - 발전 부문은 1990년에 전체 가스 소비의 70% 이상을 차지했던 것이 주택용 도시가스 보급 확대로 도시가스 수요가 증가하여 2000년에는 30% 수준으로 하락하였다가, 그 이후 도시가스 소비 증가세 둔화 및 발전용의 빠른 성장으로 2016년에는 비중이 44.7%까지 회복됨
 - 전망 기간에는 기저 발전 설비 확대에 따른 가스 발전량 감소로 하락하다가 기저 발전 설비의 감소로 인한 침두 발전의 수요 증가로 상승할 전망이다
 - 최종 소비 부문의 가스 소비 비중은 1990년에 30% 수준에 불과했던 것이 2016년에는 49.7%까지 상승하였지만, 전망 기간에는 증가세 둔화로 2040년에는 45%에 수준에 머무를 전망이다

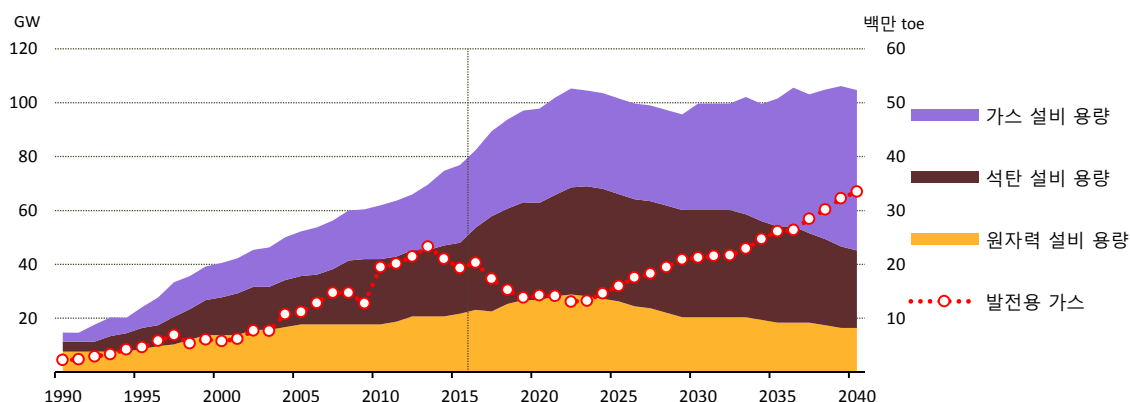
그림 2.52 용도별 가스 소비 추이 및 전망



- **발전용 수요는 전망 기간 초기 기저발전 설비 진입으로 감소한 후 노후 기저발전 설비가 폐지되며 증가**
 - 전망 기간 초기에는 대규모 석탄화력 발전소와 원자력 발전소의 신규 진입이 이루어질 예정인 반면에 전력 수요는 이미 증가세가 둔화된 상태에서 뚜렷한 반등 요인이 없어 발전용 가스 수요는 2020년대 초반까지 감소세를 이어갈 전망이다

- 2022년까지 석탄화력 발전소는 총 13기(12.6 GW)의 신규 발전 설비가 들어오고 원자력 발전소는 신고리 5호기까지 완공되면 총 4기(5.6 GW)의 신규 설비 진입이 예정되어 있는데 반해 2022년까지 폐지될 예정인 석탄 및 원자력 발전소의 용량은 노후 석탄화력 발전소 10기와 고리 1호기, 월성 1호기를 포함 약 4.6GW로 실질적으로 2017~2022년 사이에 13.6 GW 용량의 기저 설비 순 증가가 예상됨
- 이에 반해 전력 수요는 2022년까지 연평균 2.1% 증가에 그칠 것으로 전망되어 첨두 부하인 가스 발전량은 2022년까지 감소될 전망이다
- 그러나 2023~2030년에는 원자력 발전소의 계속 운전 금지에 따라 대규모의 원전 설비가 폐지되면서 기저 발전 용량이 급감하고 그 부족분을 가스 발전으로 대체하면서 가스 발전량이 연평균 7%의 빠른 성장세를 보일 전망이다
 - 원자력 발전 설비가 계속 운전 연장이 이루어지지 않으면서 2022~2030년 사이에 총 10기(8.5 GW)의 원전이 폐지되는 반면, 신규 가동되는 원전은 신고리 6호기(1.4 GW) 뿐이어서 원자력 설비 용량이 급격히 감소하게 될 전망이다
- 2030~2040년에는 운영 허가 기간이 만료된 석탄화력 발전소가 대거 퇴출되며 기저발전 설비 용량이 감소하여 가스 발전량 및 발전용 가스 수요가 증가할 것으로 기대됨
 - 총 23기(11 GW)의 석탄화력 발전 설비가 2030년대에 순차적으로 퇴출되면서 석탄화력 발전의 설비용량은 2030년 40 GW에서 2040년에는 29 GW까지 감소할 것으로 예상됨
 - 석탄화력 발전소의 설비 감소분을 가스 발전이 일부 채우면서 설비용량은 2030년 39.5 GW에서 20 GW 증가하여 2040년에는 59.5 GW에 이를 전망이며, 발전량도 빠른 증가세를 이어갈 전망이다
- 이로 인해 발전용 천연가스 수요는 2022~2040년에 연평균 5.4% 증가하여 전망 기간 초기의 감소에도 불구하고 전망 기간에는 연평균 2.1% 증가할 전망이다

그림 2.53 주요 발전 설비 용량 및 발전용 가스 수요 전망

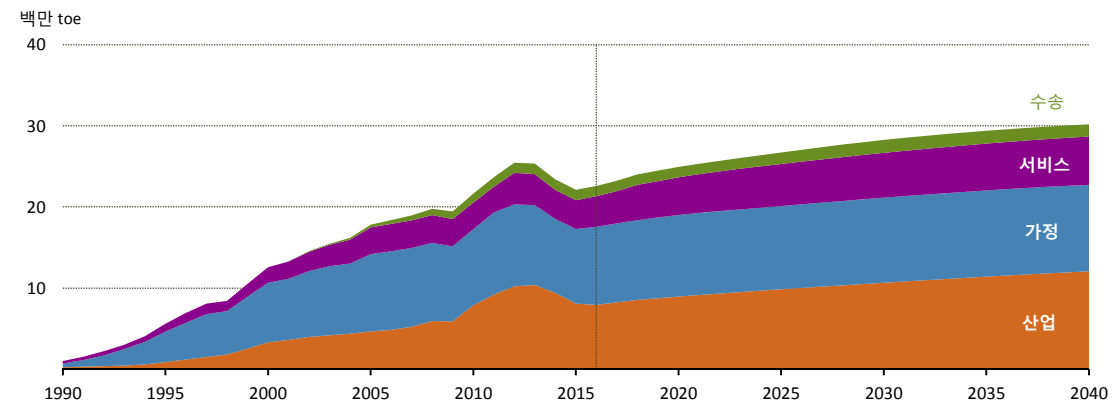


도시가스 수요 전망

□ 도시가스 수요는 전망 기간 증가세가 크게 둔화되었으나, 석유 수요를 일부 대체하며 연평균 1.2% 증가

- 향후 최종 소비 부문의 가스 수요는 국제 유가가 다시 상승하고 오염 물질 배출이 적은 연료의 선호로 가스가 석탄과 석유를 대체하며 다시 증가세로 전환되었으나 증가율은 2013년 이전 대비 현저히 낮은 연평균 1.2% 증가에 그칠 것으로 전망됨
 - 최근 도시가스 소비 감소의 주요 원인은 저유가로 인한 가격경쟁력 약화로 분석되는데 전망 기간 국제 유가가 서서히 회복될 것으로 예상됨에 따라 도시가스 수요도 다시 증가할 것으로 전망됨
 - 또한, 최근에는 미세먼지와 온실가스 문제가 대두됨에 따라 상대적으로 오염물질 배출이 적은 가스가 석탄이나 석유를 일부 대체하는 현상이 일어날 가능성이 있음
 - 그러나 도시가스의 신수요가 개발되지 않는 한, 도시가스 수요는 전망 기간 건물 부문의 수요가수 증가율이 정체되고 산업 부문에서는 가스 배급망 보급 포화로 연평균 1% 초반의 낮은 증가율로 증가할 전망이다

그림 2.54 부문별 도시가스 소비 추이 및 전망



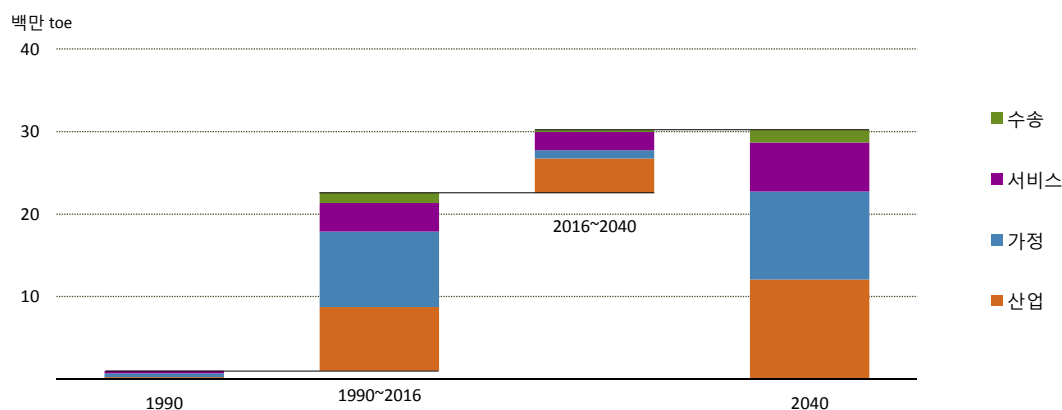
주: 전환 투입 제외

□ 도시가스 수요는 산업과 서비스 부문에서 빠르게 증가하는 반면 소비 비중이 가장 큰 가정 부문 수요는 정체

- 도시가스 수요 증가세가 과거에 비해 전반적으로 둔화하는 가운데, 산업 부문이 전망 기간 가장 많이 증가하여 2040년에는 산업 부문이 2016년 도시가스 소비 비중이 가장 컸던 가정 부문을 제치고 가장 큰 비중을 차지할 전망이다
 - 국제 유가가 점차 회복됨에 따라 산업용 수요도 증가로 전환될 것으로 기대되는데, 2020년까지는 산업용 수요 증가세가 서비스 부문보다 비교적 완만한 반면, 국제 유가가 높은 수준인 2020년대 중반 이후에는 산업 부문의 수요 증가 속도가 다른 부문보다 빨라질 것으로 전망됨

- 이에 따라 산업용 수요가 전체 도시가스 수요 증가의 54% 정도를 차지하며 도시가스 수요 증가를 견인할 것으로 예상되는데, 최종 소비 부문 중에서 산업 부문이 도시가스 수요에서 차지하는 비중도 2016년 35.1%에서 2040년 40% 정도까지 상승할 것으로 기대됨
- 과거 가장 큰 소비 비중을 차지하던 가정 부문은 전망 기간 도시가스 보급률 포화로 인해 수요가수 증가가 정체되며 도시가스 수요가 연평균 0.4% 증가에 그칠 것으로 전망됨
 - 가정 부문 도시가스 수요가수는 1990년대에 연평균 19.3%로 빠르게 증가해왔으나 2000~2016년 사이에는 연평균 증가율이 5.2%로 둔화되었고, 2016년 가정 부문 도시가스 보급률은 수도권이 92%, 전국으로는 82%에 달함 (한국도시가스협회, 2017)
 - 가정 부문 도시가스 보급률이 포화 시점에 이르렀고 가구수 증가도 둔화될 뿐만 아니라 일인 가구가 증가의 주를 이루고 있어 전망 기간 가정 부문 도시가스 수요는 약 1.0백만 toe 증가에 그칠 전망이다
 - 이로 인해 2000년대 중반까지 도시가스 수요에서 50% 이상을 차지하던 가정 부문은 2016년 42.6%에서 2040년 35% 수준으로 하락하여 산업 부문보다 수요 비중이 낮아질 전망이다
- 서비스 부문은 산업 구조가 서비스업을 중심으로 고도화되면서 산출액이 빠르게 증가하여 도시가스 수요가 연평균 1.9%로 가장 빠르게 증가할 전망이다
 - 서비스 부문 수요 증가 속도는 다른 부문에 비해 상대적으로 빠른 편이어서 도시가스 소비에서 서비스 부문이 차지하는 비중이 2015년 16.6%에서 2040년에는 20%에 가까이 상승할 전망이다
- 수송 부문 가스 소비는 미세먼지 대책으로 경유 버스가 CNG 버스로 대체되지만, 연비 향상, 인구 정체 등으로 인한 대중교통 수요 정체와 더불어서 최근 전기버스 수요 증가와 함께 수명이 다한 CNG 버스의 경우 전기 버스로 대체될 전망이어서 소폭 증가에 그칠 전망이다
 - 서울시는 2018년에 수명이 다한 CNG 버스 30대를 시범적으로 전기 버스로 대체 운행하고 2025년까지 CNG 버스 3천 대를 전기 버스로 교체할 계획이며, 그 외 다른 지자체에서도 전기버스 보급에 대한 시범사업을 진행 중임

그림 2.55 최종 소비 부문의 도시가스 수요 변화 및 부문별 증가 비중

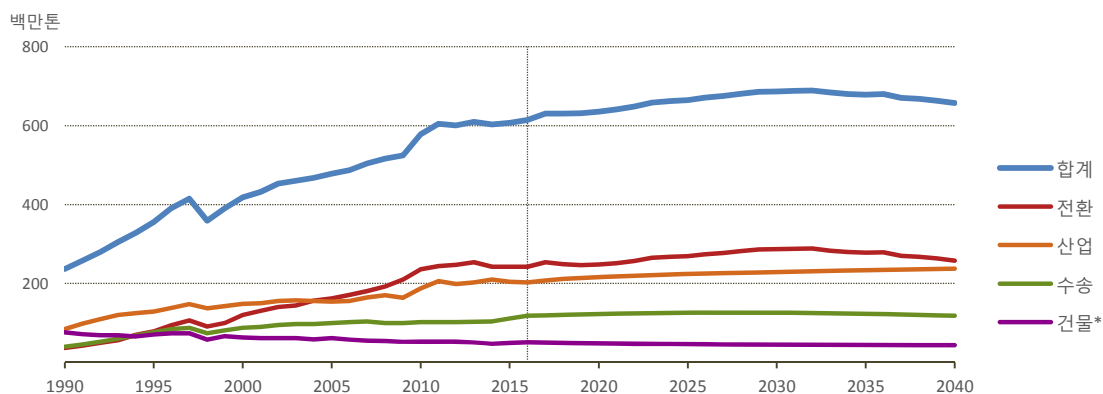


11. 에너지 부문 온실가스 배출

□ 에너지 전환 정책으로 화석 에너지 연소에서 발생하는 온실가스 배출량은 2030년대 초반 정점에 도달

- 향후 미세먼지 저감과 온실가스 감축, 그리고 에너지 전환을 위한 다양한 정책이 시행되면서 에너지 부문 온실가스 배출은 2016년 615.0백만 톤(tCO₂eq)에서 시작하여 2030년대 초반 약 690백만 톤 수준의 정점을 기록한 후 2040년 657백만 톤으로 줄어든 것으로 전망됨³⁰
 - 2016년 7월 정부가 발표한 미세먼지 특별대책은 노후 화력 발전소의 폐지와 대대적 성능 개선, 건설중인 발전소의 배출 기준 강화를 비롯하여 신규 석탄화력 발전소의 진입을 원칙적으로 제한하고 중장기적으로 석탄 발전량을 축소하는 것을 포함하고 있는데, 이러한 석탄화력 발전의 제한과 축소에 의해 단위 열량당 배출량이 가장 많은 석탄의 수요가 2030년대 초에 약 98백만 toe로 정점에 도달한 후 감소하면서 에너지 부문 온실가스 배출 정점이 발생하는 것으로 분석됨
 - 한편, 새롭게 등장한 문재인 정부는 원자력과 석탄 화력의 축소, 신재생에너지의 적극적 확대를 에너지 전환 정책의 기조로 천명하고, 구체적으로 신고리 5, 6호기를 제외한 신규 원자력 발전소의 건설 계획 취소, 노후 원자력 발전소 및 석탄화력 발전소의 계속 운전 불허, 봄철 노후 석탄화력의 일시 중지, 2030년까지 신재생에너지 발전 비중 20%로 확대 등을 발표하였음
 - 정부의 에너지 전환 정책으로 원자력과 석탄화력이 신재생과 가스화력으로 대체되면서 석탄 수요는 연평균 0.1% 증가에 그치는 반면 신재생과 가스 수요는 연평균 각각 4.0%와 1.6% 증가하여 정책 기조 변화에 따른 온실가스 배출량의 변동은 크지 않을 전망이다

그림 2.56 에너지 부문 온실가스 배출 추이 및 전망 (백만 tCO₂eq)



* 건물은 가정, 서비스, 기타의 합계

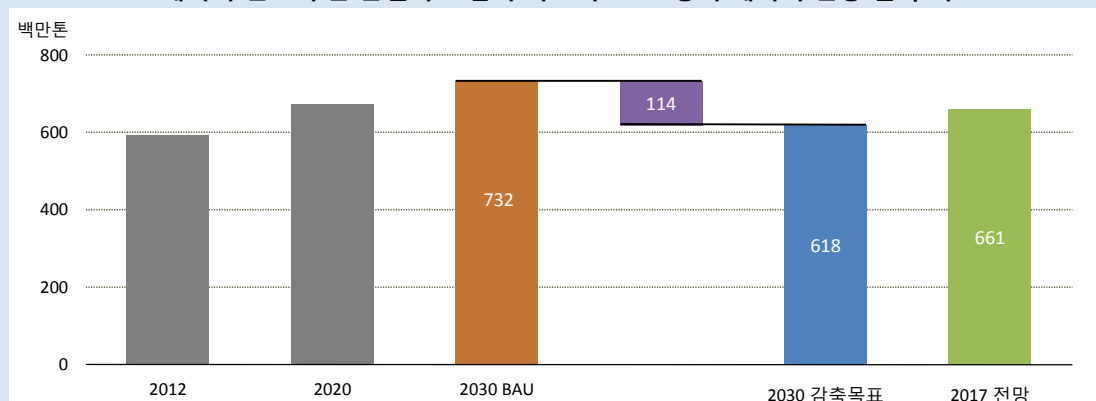
³⁰ 보고서의 온실가스 배출량은 1996 IPCC 가이드라인의 기본 배출계수를 사용하여 추정하기 때문에 IPCC 기본 배출계수와 국가 고유 배출계수를 혼용하는 국가 온실가스 인벤토리와 일치하지 않으며, 이 외에도 몰입율, 산화율 등을 적용하는 방식에도 차이가 존재함

- 정부 및 민간의 온실가스 감축 노력의 결과로 최근 몇 년 사이 온실가스 배출량 증가 추세가 하락하였으며, 정부의 에너지 전환 정책 기조가 유지되고 온실가스 감축 로드맵에서 다양한 감축 정책을 추가 적용한다면 국가 온실가스 감축 목표(Nationally Determined Contribution, NDC)를 달성할 가능성도 높을 것으로 예상됨
 - 2014년 우리나라의 온실가스 배출량은 1998년 외환 위기 이후 처음으로 전년 대비 감소하였고 2015년에도 전년 대비 배출량은 약간 증가하였으나 산업 부문 배출량은 감소하였음
 - 2015년 UN 기후변화협약에 제출한 NDC에서 우리나라는 2030년 예상 온실가스 배출량 851백만 톤 대비 37%를 국내 및 해외에서의 노력으로 감축하는 것으로 목표로 설정했는데 (대한민국정부, 2016), 에너지 연소 부문 온실가스 배출 목표는 618백만 톤으로 본 보고서의 에너지 부문 온실가스 배출과는 약 69백만 톤 차이가 발생하지만, NDC 기준에 따르면 차이는 43백만 톤 수준으로 분석됨
 - 본 보고서의 온실가스 전망은 그 동안 정부와 민간의 온실가스 감축 노력이 어느 정도 성과를 보이고 있는 것으로 해석할 수 있지만, NDC를 달성하기 위해서는 추가적인 감축 노력이 필요하며 이를 위해서는 NDC를 작성할 때와는 달라진 사회, 경제적 여건을 반영한 세심한 분석이 선행되어야 함

글상자 2.6 국가 온실가스 감축 목표의 재평가

- 2015년 6월 우리나라는 2030년까지 국가 온실가스 배출을 기준 배출 전망(BAU) 대비 37% 감축하는 국가 온실가스 감축 목표(NDC)를 UN 기후변화협약에 제출하였는데, 온실가스 감축 목표는 국내 감축 25.7%와 국제 탄소 시장 메커니즘을 통한 감축 11.3%로 구성되어 있음
- 우리나라 NDC에 따르면 2030년 BAU 온실가스 배출량은 851백만 톤이며 이 가운데 에너지 부문이 739 백만 톤(87%)이고 비에너지 부문의 배출량이 112백만 톤(13%)으로 에너지 부문의 배출량, 특히 에너지 연소에서 발생하는 배출이 대부분을 차지하고 있음 (대한민국정부, 2016). 에너지 부문의 배출량 가운데 에너지 연소 과정에서 발생하는 배출량이 732백만 톤이고 나머지 7백만 톤은 탈루에서 발생하는 배출량임

그림 2.57 에너지 연소 부문 온실가스 감축 목표와 2017 장기 에너지 전망 결과 비교



자료: 2030년 국가 온실가스 감축 목표 달성을 위한 기본 로드맵 (대한민국정부, 2016)

- ‘2017 장기 에너지 전망’의 2030년 온실가스 배출량은 687백만 톤으로, NDC의 BAU 작성 기준에 따라 정리하면 661백만 톤으로 추정됨. NDC의 BAU 작성 기준을 적용하면 수송 부문의 벙커링과 석유화학업의 납사 소비량 중복 산정을 제거해야 하지만, 에너지 밸런스에서 제외된 정유업을 추가해야 함. 한편, 전환부문의 온실가스 배출량을 전력 소비에 따른 간접 배출로 취급하여 다른 부문의 전력 소비량에 따라 배분해 주어야 하며, 농림어업 부문의 에너지 연소 기원 배출량을 산업이 아닌 건물 부문에 합산함
- NDC의 2030년 온실가스 배출 기준 전망 732백만 톤과 비교하여 ‘2017 장기 에너지 전망’의 온실가스 배출은 약 70백만 톤 감소한 반면 에너지 연소 부문 감축 목표 618백만 톤 (대한민국정부, 2016)과는 약 40백만 톤 차이에 불과하여 온실가스 감축 목표에 근접한 것으로 나타남. 이는 경제성장의 둔화 및 서비스업 비중의 확대, 2013년 이후 우리나라에서 에너지 효율 개선과 저탄소 에너지원의 비중 확대와 같은 온실가스 감축 노력이 반영된 결과임
- 부문별로 살펴보면 건물 부문은 2030년 172백만 톤을 배출하여 배출 목표인 179백만 톤 보다 7백만 톤 낮을 것으로 전망되는데, 건물 부문에서는 단열 효율 개선, LED 도입, 재생에너지 자가 발전 확대 등의 영향으로 2030년 감축 목표를 초과 달성할 수 있을 것으로 보임. 반면, 산업 부문과 수송 부문은 저유가로 인한 석유 수요 증가의 영향이 커서 2030년 목표보다 각각 39백만 톤과 11백만 톤을 초과 배출할 것으로 예상됨

표 2.5 에너지 연소 부문 온실가스 배출량의 부문별 감축 목표 및 전망

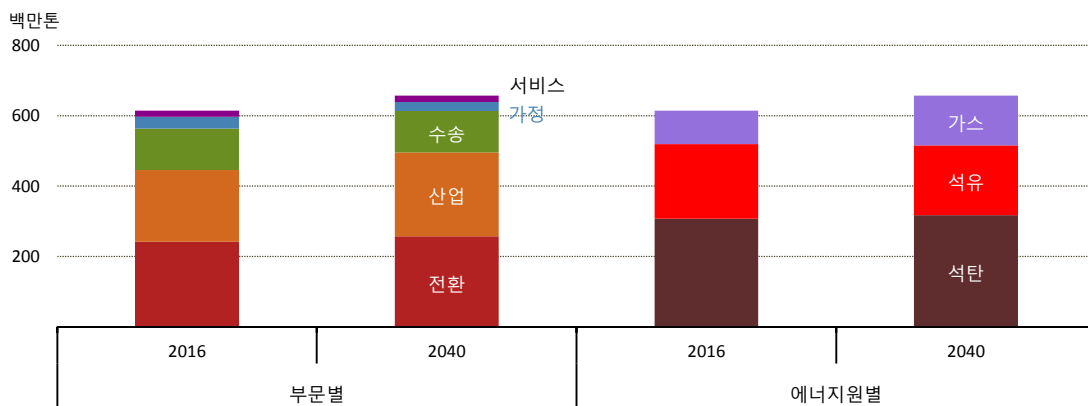
부문	BAU	로드맵 감축 목표	2017 전망
전환	(334)	(270)	(287)
산업	407	360	399
수송	105	79	90
건물	219	179	172
합계	732	618	661

주: 최종 소비 부문의 배출량은 전환 부문의 배출량을 배분한 간접 배출량

자료: 2030년 국가 온실가스 감축 목표 달성을 위한 기본 로드맵 (대한민국정부, 2016)

- 석유화학은 2030년 감축 목표가 56.4백만 톤 (대한민국정부, 2016)인데 반해 이번 전망 결과는 90백만 톤으로 약 34백만 톤 차이가 발생하였는데, 이는 석유화학업종의 온실가스 감축 노력이 부족했기 때문이 아니라 고유가를 전제로 한 과거 전망과 달리 급격한 유가 하락과 저유가의 지속 등 대외적인 요인으로 석유화학업종의 배출 전망이 과거와 크게 달라졌기 때문임. 하지만 석유화학의 에너지 연소 기원 온실가스 감축 수단은 약 3.6백만 톤으로 평가되었기 때문에 (대한민국정부, 2016) 감축 목표 달성을 위해서는 추가적인 감축 수단 개발과 도입이 필수적이며, 업종 간 환경 및 전망 변화를 고려하여 목표 재설정이 필요한 부분이 있음
- 철강은 최근의 국제 철강 경기 부진이 반영되어 에너지 수요와 온실가스 배출 전망이 하락함에 따라 2030년의 배출량은 132백만 톤으로 전망되어 로드맵의 감축 목표인 132.6백만톤 (대한민국정부, 2016)과 거의 유사할 것으로 예상됨. 시멘트를 포함하는 비금속의 경우도 감축 목표는 16.2백만톤 (대한민국정부, 2016)인데 이번 전망 결과는 19백만 톤으로 감축 목표와 차이가 약 3백만 톤에 불과함
- ‘2017 장기 에너지 전망’의 배출량 전망 결과와 감축 목표의 비교를 통해 우리나라 감축 실적과 추가 감축이 필요한 부문을 확인할 수 있긴 하지만, 2013년도 시점의 BAU 전망과 비교하여 경제 성장 및 산업 구조 전망의 변화가 에너지 수요 및 온실가스 배출량 전망 하락에 큰 영향을 미쳤기 때문에 부문 및 업종별 온실가스 배출 감축 노력에 대한 평가와 추가적인 감축 노력을 집중할 곳을 발굴하는데 주의할 필요가 있음. 또한 파리협정에 따라 매 5년 단위로 감축 목표를 제출해야 하기 때문에 우리나라의 감축 경로에 대한 체계적이고 주기적인 검토도 필요함

- 2016년부터 2040년까지 석탄의 온실가스 배출량이 10백만 톤 증가하는 반면 석유는 약 13백만 톤 감소하여 온실가스 배출량의 변화가 서로 상쇄되는 수준인데 비해 가스의 온실가스 배출량은 2016년 95.9백만 톤에서 2040년 141백만 톤으로 연평균 1.6% 증가할 전망이다
- 총배출량에서 차지하는 비중도 석탄이 2016년 50.1%에서 2040년 48% 정도로 하락하는 반면 가스의 비중은 15.6%에서 약 22% 수준으로 증가함

그림 2.58 부문 및 에너지원별 온실가스 배출 (백만 tCO₂eq)

□ 전환 부문은 배출량 정점을 경험하지만 산업 부문의 배출량은 지속 증가

- 전환 부문의 배출량은 2016년 242.4 백만 톤에서 2030년대 초반 288백만 톤 수준까지 증가한 후 감소하기 시작하여 2040년에는 258 백만 톤으로 하락할 전망이다
 - 2000년대 중반까지는 산업 부문의 배출량이 가장 큰 비중을 차지하고 있었으나 전력 소비의 빠른 증가와 석탄화력 발전의 확대로 2005년 이후 전환 부문의 배출량이 산업 부문을 압도하였음
 - 미세먼지 대응과 온실가스 감축 정책 강화로 발전 부문의 석탄 사용이 억제되는 가운데 재생에너지 발전이 빠르게 증가하면서 원자력 발전의 감소를 상쇄하여 2030년대 초반 전환 부문에서 온실가스 배출 정점이 발생하고, 이는 에너지 부문 전체의 배출 정점을 초래함
- 2016년부터 2040년까지 에너지 사용으로 인한 온실가스 배출 증가량 가운데 산업 부문이 34백만 톤으로 82% 정도를 차지할 전망이다
 - 산업 부문의 직접 배출량은 연평균 0.7% 증가하는데 석유화학업종의 꾸준한 성장으로 인해 원료용 석유 수요가 증가하는 것이 온실가스 배출 증가의 원인으로 작용함
 - 수송 부문은 2016년 118.3백만 톤에서 2040년 약 118백만 톤으로 거의 변동이 없고, 서비스 부문의 배출량 역시 2016년 17.6백만 톤에서 2040년 약 18백만 톤 수준으로 큰 변동이 없음
 - 반면 가정 부문은 에너지 수요가 거의 정체하는데다 전력, 도시가스, 지역난방 등 네트워크 에너지의 비중 확대로 2016년 33.5백만 톤에서 2040년 26백만 톤으로 유일하게 감소할 전망이다

□ 국내총생산당 온실가스 배출은 에너지 효율 개선과 에너지 구성의 변화로 전망 기간 연평균 1.8% 감소

- 국내총생산당 에너지 연소 부문 온실가스 배출량은 2016년 0.4 톤/백만원에서 연평균 1.8% 감소하여 2040년에는 0.3 톤/백만원 수준이 될 것으로 전망됨
 - 서비스 중심의 경제 성장 및 제조업 내에서 저배출 산업으로의 구조 변화, 고부가가치 제품 생산 등과 같은 에너지 외적인 요인과 함께 전력 수요의 확대, 석탄화력 발전의 축소, 신기술 도입을 통한 에너지 효율 개선, 에너지 절약 등과 같은 에너지 내적인 요인이 결합하여 국내총생산당 온실가스 배출량은 꾸준히 개선될 것으로 예상됨
 - 에너지당 온실가스 배출도 신재생 및 가스화력의 확대에 의해 연평균 0.3% 감소하여 2016년 2.1 톤/toe에서 2040년 1.9 톤/toe 수준으로 하락함
- 하지만, 인구 일인당 에너지 연소 온실가스 배출은 인구 증가 정체 및 감소로 인해 2016년 12.0 톤/인에서 연평균 0.2% 증가하여 2040년에 13 톤/인에 가깝게 증가할 것으로 전망됨
 - 산업공정, 농업, 폐기물 등 모든 부문을 합한 총 배출량 기준으로 우리나라 일인당 배출량은 1990년 6.8 톤에서 2014년 13.7 톤으로 101.5% 증가하였음 (온실가스종합정보센터, 2016)³¹

³¹ IEA 밸런스를 적용할 경우 2015년 국민 일인당 에너지 연소 발생 이산화탄소 배출량의 OECD 평균은 9.2톤, 세계 평균은 4.4톤인 반면 우리나라의 1인당 배출량은 11.6톤으로 (IEA, 2017c) OECD 국가 중 6위, 세계 18위를 기록하였음

부 록

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

주요 경제 지표 및 활동 수준 - 기준 시나리오

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
인구 (백만명)	47	51	52	53	53	53	52	-	-	0.5	0.1
가구 (백만가구)	15	19	20	21	22	22	22	-	-	1.8	0.6
국내총생산 (GDP, 조원)	821	1 508	1 693	1 913	2 118	2 312	2 494	-	-	3.9	2.1
주요 업종별 부가가치 (조원)											
농림어업, 광업	25	28	29	30	31	31	31	-	-	0.8	0.4
제조업	253	499	549	608	662	714	761	-	-	4.4	1.8
- 석유화학, 비금속, 1 차철강	59	100	107	115	123	130	138	-	-	3.4	1.3
- 조립금속	91	266	298	339	377	414	447	-	-	6.9	2.2
SOC	16	29	32	35	36	38	39	-	-	4.0	1.2
서비스업	464	807	920	1 056	1 183	1 305	1 419	-	-	3.5	2.4
수입단가											
원유 (\$/bbl)	20	41	70	85	91	96	100	-	-	4.6	3.8
천연가스 (\$/톤)	182	364	505	579	607	625	644	-	-	4.4	2.4
유연탄 (\$/톤)	24	70	92	102	105	108	110	-	-	6.8	1.9
에너지 지표											
국내생산 (백만 toe)	2	1	1	1	1	1	1	-	-	-4.2	-2.0
총에너지 수요 (백만 toe)	193	296	318	333	340	344	343	-	-	2.7	0.6
에너지원단위 (toe/백만원)	0.24	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	-	-	-1.1	-1.5
일인당에너지소비 (toe/인)	4.10	5.77	6.12	6.33	6.42	6.51	6.57	-	-	2.2	0.5
최종 소비 (백만 toe)	150	227	244	256	266	272	277	-	-	2.6	0.8
전력생산 (TWh)	266	540	588	639	679	713	740	-	-	4.5	1.3
일인당 전력생산 (MWh/인)	6	11	11	12	13	13	14	-	-	4.0	1.2
에너지부문 온실가스 지표											
온실가스 배출 (백만톤)	419	615	636	665	687	679	657	-	-	2.4	0.3
배출원단위 (톤/백만원)	0.51	0.41	0.38	0.35	0.32	0.29	0.26	-	-	-1.4	-1.8
일인당 배출 (톤/인)	8.91	12.00	12.23	12.64	12.98	12.85	12.59	-	-	1.9	0.2

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

에너지 수요 종합 - 기준 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
총에너지	193	296	318	333	340	344	343	100	100	2.7	0.6
석탄	43	82	89	96	98	93	84	28	25	4.1	0.1
석유	100	118	124	126	128	128	128	40	37	1.0	0.3
가스	19	45	42	46	53	59	67	15	20	5.6	1.6
수력	1	1	1	2	2	2	2	0	0	0.0	0.4
원자력	27	34	40	38	30	27	24	12	7	1.4	-1.5
신재생·기타	2	15	21	26	30	35	39	5	11	13.0	4.0
최종 소비	150	227	244	256	266	272	277	100	100	2.6	0.8
석탄	20	33	35	36	36	37	37	14	13	3.2	0.5
석유	94	115	122	125	127	127	127	51	46	1.3	0.4
도시가스	13	23	25	27	28	29	30	10	11	3.7	1.2
전력	21	43	47	51	54	57	59	19	21	4.7	1.4
열에너지	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2.7	0.9
신재생·기타	2	13	15	16	18	20	22	6	8	11.8	2.3
산업	84	141	154	163	171	177	183	62	66	3.3	1.1
수송	31	43	44	46	46	45	43	19	16	2.1	0.1
가정	21	21	21	21	21	21	21	9	8	-0.1	-0.1
서비스	14	22	24	26	28	29	30	10	11	3.2	1.2

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

최종 소비 부문별·원별 수요 - 기준 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
산업	84	141	154	163	171	177	183	100	100	3.3	1.1
석탄	19	32	34	35	36	36	37	23	20	3.3	0.6
석유	48	67	74	77	80	82	84	48	46	2.1	0.9
도시가스	3	8	9	10	11	11	12	6	7	5.6	1.8
전력	11	23	26	28	30	32	33	17	18	4.6	1.5
열에너지	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
신재생·기타	2	11	12	13	14	16	18	8	10	11.3	2.1
수송	31	43	44	46	46	45	43	100	100	2.1	0.1
석탄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
석유	31	41	42	43	43	42	40	95	93	1.8	0.0
도시가스	0	1	1	1	2	2	2	3	3	-	0.7
전력	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1.8	5.6
열에너지	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
신재생·기타	0	1	1	1	1	1	1	1	1	-	0.2
가정	21	21	21	21	21	21	21	100	100	-0.1	-0.1
석탄	1	1	0	0	0	0	0	3	0	-1.4	-7.9
석유	9	4	3	2	2	1	1	17	4	-5.5	-5.5
도시가스	7	10	10	10	10	11	11	45	51	1.7	0.4
전력	3	6	6	6	7	7	7	27	33	3.7	0.8
열에너지	1	1	2	2	2	2	2	7	9	2.3	0.9
신재생·기타	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3.6	4.4
서비스 (상업, 공공, 기타)	14	22	24	26	28	29	30	100	100	3.2	1.2
석탄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-100.0	-
석유	6	3	3	2	2	2	2	15	6	-3.0	-2.6
도시가스	2	4	5	5	6	6	6	17	20	4.4	1.9
전력	6	14	15	16	17	18	18	61	62	5.4	1.3
열에너지	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6.0	1.0
신재생·기타	0	1	2	3	3	3	3	6	11	17.4	3.8

산업 부문 주요 지표 및 에너지 수요 - 기준 시나리오

								비중		증가율 (%)	
	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2016	2040	00-16	16-40
주요 업종 산출액 (조원)											
석유/화학	142	262	296	335	371	406	441	-	-	3.9	2.2
비금속	21	42	46	51	57	62	67	-	-	4.5	2.0
1 차철강	70	122	128	133	139	145	151	-	-	3.5	0.9
금속, 기계, 전자, 정밀	228	755	869	1 003	1 131	1 255	1 374	-	-	7.8	2.5
운송장비	100	253	276	311	344	376	407	-	-	6.0	2.0
건설	149	190	210	231	249	265	278	-	-	1.6	1.6
주요 제품 생산량 (천톤)											
기초유분	16	28	31	32	33	34	35	-	-	3.4	1.0
조강	43	69	72	72	73	73	73	-	-	2.9	0.3
전로	25	48	50	51	52	53	53	-	-	4.2	0.5
전기로	18	21	22	21	21	20	20	-	-	0.8	-0.2
시멘트	51	57	54	53	51	50	49	-	-	0.6	-0.6
클링커	46	49	47	46	45	44	43	-	-	0.5	-0.6
에너지 수요 (백만 toe)											
석탄	19	32	34	35	36	36	37	23	20	3.3	0.6
석유	48	67	74	77	80	82	84	48	46	2.1	0.9
도시가스	3	8	9	10	11	11	12	6	7	5.6	1.8
전력	11	23	26	28	30	32	33	17	18	4.6	1.5
열에너지	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-
신재생·기타	2	11	12	13	14	16	18	8	10	11.3	2.1
주요 업종 에너지원단위											
석유/화학	0.25	0.25	0.25	0.24	0.23	0.21	0.20	-	-	0.0	-0.9
비금속	0.27	0.12	0.11	0.09	0.09	0.08	0.07	-	-	-5.0	-2.1
1 차철강	0.24	0.26	0.26	0.26	0.25	0.24	0.24	-	-	0.4	-0.3
조립금속	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	-	-2.4	-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

산업 부문 주요 지표 및 에너지 수요 (2) - 기준 시나리오

									비중		증가율 (%)	
	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2016	2040	00-16	16-40	
주요 업종별 에너지 수요												
석유/화학	36	66	75	80	84	87	89	100	100	3.9	1.3	
석탄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.6	1.2	
석유	33	60	67	70	73	75	77	90	86	3.8	1.1	
가스	0	1	2	2	3	3	4	2	4	8.0	5.1	
전력	2	5	6	7	8	8	9	8	10	5.0	2.3	
신재생	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	
비금속												
석탄	4	3	3	3	3	3	3	56	53	-1.4	-0.4	
석유	1	1	0	0	0	0	0	12	9	-4.0	-1.2	
가스	0	1	1	1	1	1	1	10	13	4.7	0.7	
전력	1	1	1	1	1	1	1	22	26	2.1	0.6	
신재생	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	
철강												
석탄	17	32	33	34	35	35	36	100	100	4.0	0.5	
석유	13	26	28	29	29	30	30	82	84	4.3	0.6	
석유	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-14.1	1.1	
가스	1	2	2	2	2	2	2	5	5	5.8	0.6	
전력	2	4	4	4	4	4	4	12	11	4.1	-0.1	
신재생	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	
조립금속												
석탄	5	11	12	13	14	15	16	100	100	4.7	1.8	
석탄	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	
석유	2	0	0	0	0	0	0	3	1	-8.8	-1.8	
가스	1	2	2	2	2	2	2	16	15	5.5	1.5	
전력	3	9	10	11	12	13	14	81	84	7.1	1.9	
신재생	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	

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

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
주요지표											
비사업용 자동차 (백만대)	11	20	22	24	25	26	26	100	100	3.7	1.0
승용차	8	17	18	20	21	22	22	81	86	4.8	1.2
화물차	2	3	3	3	3	3	3	15	12	2.0	-0.1
승합차	1	1	1	1	1	1	1	4	2	-3.5	-0.8
사업용 자동차 (백만대)	1	1	2	2	2	2	2	100	100	5.2	1.6
승용차	0	1	1	1	1	1	1	61	64	7.1	1.8
화물차	0	0	0	0	1	1	1	30	29	3.0	1.6
승합차	0	0	0	0	0	0	0	9	7	3.1	0.4
에너지 수요											
휘발유	8	10	10	10	11	11	10	22	24	1.2	0.4
경유	13	19	21	21	20	19	18	46	41	2.4	-0.3
중유	4	3	3	2	2	2	2	7	5	-1.9	-1.4
제트유	2	5	5	6	6	7	7	11	16	4.9	1.6
부탄	3	4	4	4	3	3	3	10	7	1.3	-1.3
기타석유	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.5	0.4
도시가스	-	1	1	1	2	2	2	3	3	-	0.7
전력	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1.8	5.6
신재생·기타	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	0.2
수송 수단별 에너지수요											
도로	24	34	36	37	37	36	34	81	78	2.4	-0.1
철도	1	0	0	0	0	0	0	1	1	-2.6	-1.3
항공	2	5	5	6	6	7	7	11	16	4.9	1.6
해운	5	3	3	3	3	3	2	8	6	-2.1	-1.4

주) 비사업용 자동차는 자가용과 관용의 합계

항공은 자국적 항공기의 국내 및 국제 수송의 합계

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

가정 부문 주요 지표 및 에너지 수요 - 기준 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
주요지표											
인구 (백만명)	47.0	51.2	52.0	52.6	52.9	52.8	52.2	-	-	0.5	0.1
가구 (백만가구)	14.5	19.3	20.2	21.0	21.6	22.1	22.3	-	-	1.8	0.6
형태별 주택(백만호)	11.0	15.8	16.8	17.8	18.5	19.1	19.5	100	100	2.3	0.9
단독	4.1	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.6	24	19	-0.5	-0.2
아파트	5.2	9.6	10.2	10.8	11.3	11.8	12.1	61	62	3.9	1.0
공동주택	1.7	2.5	2.8	3.2	3.4	3.5	3.8	16	19	2.6	1.8
평균 주거 면적(m ²)	85.5	77.0	76.4	76.1	75.9	75.7	75.1	-	-	-0.7	-0.1
에너지 지표											
소득당 에너지수요(toe/천원)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	-	-	-1.7	-0.8
면적당 에너지수요(toe/100m ²)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	-	-	-1.7	-0.8
인구당 에너지수요(toe/명)	0.46	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40	0.40	-	-	-0.6	-0.1
인구당 전력수요(MWh/명)	0.79	1.29	1.34	1.41	1.46	1.49	1.53	-	-	3.1	0.7
에너지 수요											
석탄	1	1	0	0	0	0	0	3	0	-1.4	-7.9
석유	9	4	3	2	2	1	1	17	4	-5.5	-5.5
도시가스	7	10	10	10	10	11	11	45	51	1.7	0.4
전력	3	6	6	6	7	7	7	27	33	3.7	0.8
지역난방	1	1	2	2	2	2	2	7	9	2.3	0.9
신재생·기타	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3.6	4.4
용도별 에너지 수요											
난방/온수	18	15	14	13	13	13	12	69	59	-1.2	-0.7
취사	1	2	2	2	2	2	2	9	9	3.5	-0.2
냉방	0	0	0	0	0	1	1	2	3	17.1	1.6
조명	0	1	1	1	1	1	1	3	4	3.2	0.4
기타 가전기기	2	4	4	5	5	5	5	17	26	3.1	1.7

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

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
주요 업종별 산출액 (조원)											
도소매	131	233	266	302	333	361	385	-	-	3.7	2.1
숙박음식	53	87	100	116	131	146	160	-	-	3.1	2.6
운수보관	68	144	162	183	203	221	238	-	-	4.8	2.1
정보통신	57	129	153	182	210	238	266	-	-	5.3	3.0
공공행정및국방	73	131	142	154	163	170	176	-	-	3.7	1.3
교육서비스	58	94	99	105	110	114	117	-	-	3.0	0.9
의료복지	40	118	146	182	218	255	293	-	-	7.0	3.9
예술,스포츠,레저	11	27	32	39	46	53	61	-	-	5.6	3.5
기타서비스	253	516	610	725	839	953	1064	-	-	4.6	3.1
에너지 수요	14	22	24	26	28	29	30	100	100	3.2	1.2
석유	6	3	3	2	2	2	2	15	6	-3.0	-2.6
도시가스	2	4	5	5	6	6	6	17	20	4.4	1.9
전력	6	14	15	16	17	18	18	61	62	5.4	1.3
지역난방	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6.0	1.0
신재생·기타	0	1	2	3	3	3	3	6	11	17.4	3.8
부문별 에너지 수요											
상업 서비스	11	17	18	20	21	22	22	76	74	2.8	1.1
공공 서비스	3	6	6	7	7	8	8	24	26	4.7	1.5

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

석유 공급 및 수요 - 기준 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
원유 수요*	130	144	166	185	198	208	214	-	-	0.6	1.7
국제 벙커링	7	10	11	12	13	13	14	-	-	1.8	1.5
총공급	100	118	124	126	128	128	128	100	100	1.0	0.3
전환	7	3	3	1	1	1	1	3	1	-4.2	-5.7
최종소비	94	115	122	125	127	127	127	97	99	1.3	0.4
제품별 석유 수요											
휘발유	8	10	10	11	11	11	11	8	8	1.1	0.4
등유	10	3	2	1	1	1	1	2	1	-7.7	-5.3
경유	19	24	24	24	23	22	20	20	16	1.5	-0.7
중유	20	7	6	4	4	4	4	6	3	-6.1	-3.0
제트유	3	5	6	6	6	7	7	4	6	4.6	1.4
프로판	5	6	6	6	6	6	6	5	5	1.6	0.4
부탄	4	5	5	5	5	5	4	4	3	1.6	-0.8
납사	29	53	60	64	66	68	70	45	55	3.8	1.2
기타 비에너지유	3	5	5	5	5	4	4	5	3	4.2	-0.8
용도별 석유 수요											
산업	48	67	74	77	80	82	84	57	65	2.1	0.9
(연료)	16	9	9	9	9	9	10	8	7	-3.6	0.2
(원료)	32	58	65	68	71	73	74	49	58	3.8	1.0
수송	31	41	42	43	43	42	40	35	32	1.8	0.0
가정	9	4	3	2	2	1	1	3	1	-5.5	-5.5
서비스	6	3	3	2	2	2	2	3	1	-3.0	-2.6
전환	7	3	3	1	1	1	1	3	1	-4.2	-5.7

* 원유 수입 및 재고 변화를 포함한 총수요

석탄 공급 및 수요 - 기준 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
총공급	43	82	89	96	98	93	84	100	100	4.1	0.1
전환부문	23	49	54	60	62	57	47	60	56	4.8	-0.1
최종소비부문	20	33	35	36	36	37	37	40	44	3.2	0.5
제품별 석탄 수요											
국내탄	2	1	0	0	0	0	0	1	0	-6.7	-8.7
수입무연탄	1	5	5	5	6	6	6	7	7	9.8	0.4
연료용 유연탄	27	52	58	64	66	61	52	64	61	4.2	0.0
원료용 유연탄	13	23	25	26	26	26	26	29	31	3.8	0.5
용도별 석탄 수요											
발전용	23	49	54	60	62	57	47	60	56	4.8	-0.1
코크스 제조 및 고로용	13	23	25	26	26	26	26	29	31	3.8	0.5
킬른가열용	4	3	3	3	3	3	3	3	3	-1.3	-0.4
기타 산업용	3	6	6	7	7	7	8	7	9	4.6	1.3
연탄용	1	1	0	0	0	0	0	1	0	-1.4	-7.9

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

가스 공급 및 수요 - 기준 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
총공급	19	45	42	46	53	59	67	100	99	5.6	1.6
전환 부문*	7	23	17	19	24	29	36	50	54	7.9	1.9
최종소비 부문	13	23	25	27	28	29	30	50	45	3.7	1.2
제품별 소비											
천연가스	6	23	17	19	25	30	37	50	55	9.0	2.1
도시가스	13	23	25	27	28	29	30	50	45	3.5	1.2
용도별 소비											
발전용	6	20	14	16	21	26	33	45	50	8.2	2.1
지역난방	1	2	3	3	3	3	3	5	5	9.8	1.1
산업	3	8	9	10	11	11	12	17	18	5.6	1.8
수송	-	1	1	1	2	2	2	3	2	-	0.7
가정	7	10	10	10	10	11	11	21	16	1.7	0.4
서비스	2	4	5	5	6	6	6	8	9	4.4	1.9

* 자가소비 및 손실 포함

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

전력 공급 및 수요 - 기준 시나리오

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
발전설비 (GW)	48	106	141	162	177	195	206	100	100	5.0	2.8
석탄	14	31	36	40	40	36	29	29	14	5.0	-0.3
석유	5	9	11	9	10	10	10	9	5	4.4	0.1
가스	13	29	35	35	39	47	59	27	29	5.2	3.1
원자력	14	23	27	26	20	18	16	22	8	3.3	-1.4
수력	3	6	6	7	7	7	7	6	3	4.6	0.0
신재생	-	7	25	45	61	77	85	7	41	-	10.7
총발전량(TWh)	266	540	588	639	679	713	740	100	100	4.5	1.3
석탄	99	209	227	248	255	234	193	39	26	4.8	-0.3
석유	19	14	11	2	2	2	1	3	0	-2.1	-9.5
가스	28	130	99	117	168	215	286	24	39	9.9	3.3
원자력	109	162	190	181	140	127	113	30	15	2.5	-1.5
수력	6	7	7	7	7	7	7	1	1	1.1	0.4
대체	-	19	54	85	107	128	139	4	19	-	8.7
상용자가	5	0	0	0	0	0	0	0	0	-17.4	-1.3
발전용 에너지 수요 (백만 toe)	64	110	119	126	127	127	123	100	100	3.5	0.5
석탄	23	49	54	60	62	57	47	44	38	4.8	-0.1
석유	6	3	2	1	1	1	0	3	0	-4.2	-8.2
가스	6	20	14	16	21	26	33	18	27	8.2	2.1
수력	1	1	1	2	2	2	2	1	1	0.0	0.4
원자력	27	34	40	38	30	27	24	31	19	1.4	-1.5
신재생·기타	-	2	6	10	12	15	17	2	13	-	8.6
전력 수요(TWh)	240	497	541	590	629	662	689	100	100	4.7	1.4
산업	132	270	297	325	347	367	385	54	56	4.6	1.5
수송	2	3	3	3	5	7	10	1	1	1.8	5.6
가정	37	66	70	74	77	79	80	13	12	3.7	0.8
서비스	68	158	172	188	200	209	215	32	31	5.4	1.3

* 상용자가는 상용자가 발전량 중 한전 구입량

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

열에너지 공급 및 수요 - 기준 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
열생산량	1	2	2	2	2	2	2	100	100	1.8	1.1
발전폐열	1	1	1	1	1	1	1	72	72	2.1	1.1
지역난방	0	0	1	1	1	1	1	28	28	1.2	1.1
지역난방용 에너지 수요	1	3	3	3	3	3	3	100	100	7.4	1.1
석유	0	0	0	0	0	0	0	7	7	-2.8	1.1
가스	1	2	3	3	3	3	3	93	93	9.8	1.1
지역난방 수요	1	2	2	2	2	2	2	100	100	2.7	0.9
가정	1	1	2	2	2	2	2	87	86	2.3	0.9
서비스	0	0	0	0	0	0	0	13	14	6.0	1.0

신재생/기타 공급 및 수요 - 기준 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
부문별 신재생에너지 수요	2	15	21	26	30	35	39	100	100	13.0	4.0
발전	-	2	6	10	12	15	17	15	43	n.a	8.6
산업	2	11	12	13	14	16	18	71	45	11.3	2.1
수송	-	1	1	1	1	1	1	3	1	n.a	0.2
가정	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3.6	4.4
서비스	0	1	2	3	3	3	3	9	9	17.4	3.8

주) 수력 포함, 양수는 제외

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

에너지 부문 온실가스 배출 - 기준 시나리오

(단위: 백만 tCO₂eq)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
주요지표											
에너지당 배출(톤/toe)	2.58	2.51	2.49	2.49	2.47	2.42	2.36	-	-	-0.2	-0.3
GDP 당 배출(톤/백만원)	0.51	0.41	0.38	0.35	0.32	0.29	0.26	-	-	-1.4	-1.8
인구당 배출(톤/인)	8.91	12.00	12.23	12.64	12.98	12.85	12.59	-	-	1.9	0.2
온실가스 배출	419	615	636	665	687	679	657	100	100	2.4	0.3
석탄	162	308	336	361	369	352	318	50	48	4.1	0.1
석유	216	211	211	207	206	203	198	34	30	-0.2	-0.3
천연가스	40	96	89	97	111	124	141	16	22	5.6	1.6
부문별 온실가스 직접 배출											
산업	148	203	216	224	229	234	238	33	36	2.0	0.7
수송	87	118	123	126	126	123	118	19	18	1.9	0.0
가정	43	34	31	29	28	27	26	5	4	-1.6	-1.1
서비스	20	18	17	17	17	18	18	3	3	-0.8	0.0
발전/열생산	120	242	248	269	287	278	258	39	39	4.5	0.3

주) 전환부문의 온실가스 간접배출은 자가소비 및 유통손실에 의한 배출량을 의미

주요 경제 지표 및 활동 수준 - 고성장 시나리오

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
인구 (백만명)	47	51	52	53	53	53	52	-	-	0.5	0.1
가구 (백만가구)	15	19	20	21	22	22	22	-	-	1.8	0.6
국내총생산 (GDP, 조원)	821	1 508	1 698	1 959	2 217	2 469	2 719	-	-	3.9	2.5
주요 업종별 부가가치 (조원)											
농림어업, 광업	25	28	29	31	32	33	34	-	-	0.8	0.8
제조업	253	499	551	622	693	762	830	-	-	4.3	2.1
- 석유화학, 비금속, 1 차철강	59	100	108	118	128	139	150	-	-	3.4	1.7
- 조립금속	91	266	299	347	395	442	488	-	-	6.9	2.6
SOC	16	29	32	35	38	40	42	-	-	4.0	1.5
서비스업	464	807	922	1 081	1 239	1 393	1 547	-	-	3.5	2.7
수입단가											
원유 (\$/bbl)	20	41	70	85	91	96	100	-	-	4.6	3.8
천연가스 (\$/톤)	182	364	505	579	607	625	644	-	-	4.4	2.4
유연탄 (\$/톤)	24	70	92	102	105	108	110	-	-	6.8	1.9
에너지 지표											
국내생산 (백만 toe)	2	1	1	1	1	1	1	-	-	-4.2	-1.6
총에너지 수요 (백만 toe)	193	296	319	339	351	361	366	-	-	2.7	0.9
에너지원단위 (toe/백만원)	0.24	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	-	-	-1.1	-1.5
일인당에너지소비 (toe/인)	4.10	5.77	6.14	6.44	6.64	6.83	7.02	-	-	2.2	0.8
최종 소비 (백만 toe)	150	227	245	261	276	288	299	-	-	2.6	1.1
전력생산 (TWh)	266	540	590	652	704	748	789	-	-	4.5	1.6
일인당 전력생산 (MWh/인)	6	11	11	12	13	14	15	-	-	4.0	1.5
에너지부문 온실가스 지표											
온실가스 배출 (백만톤)	419	615	637	675	708	710	700	-	-	2.4	0.5
배출원단위 (톤/백만원)	0.51	0.41	0.38	0.35	0.32	0.29	0.26	-	-	-1.4	-1.9
일인당 배출 (톤/인)	8.91	12.00	12.26	12.84	13.38	13.45	13.41	-	-	1.9	0.5

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

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

에너지 수요 종합 - 고성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
총에너지	193	296	319	339	351	361	366	100	100	2.7	0.9
석탄	43	82	89	97	100	97	89	28	24	4.1	0.4
석유	100	118	125	128	132	135	137	40	37	1.0	0.6
가스	19	45	42	48	56	64	74	15	20	5.6	2.0
수력	1	1	1	2	2	2	2	0	0	0.0	0.4
원자력	27	34	40	38	30	27	24	12	7	1.4	-1.5
신재생·기타	2	15	21	27	32	37	42	5	11	13.0	4.4
최종 소비	150	227	245	261	276	288	299	100	100	2.6	1.2
석탄	20	33	35	37	38	40	41	14	14	3.2	1.0
석유	94	115	122	127	131	134	136	51	46	1.3	0.7
도시가스	13	23	25	27	29	30	32	10	11	3.7	1.4
전력	21	43	47	52	56	60	63	19	21	4.7	1.7
열에너지	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2.7	1.0
신재생·기타	2	13	15	17	19	21	24	6	8	11.8	2.7
산업	84	141	155	167	179	190	200	62	67	3.3	1.5
수송	31	43	44	46	47	46	45	19	15	2.1	0.2
가정	21	21	21	21	21	21	21	9	7	-0.1	0.0
서비스	14	22	24	27	29	31	32	10	11	3.2	1.5

최종 소비 부문별·원별 수요 - 고성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
산업	84	141	155	167	179	190	200	100	100	3.3	1.5
석탄	19	32	34	36	38	40	41	23	21	3.3	1.1
석유	48	67	75	79	84	88	91	48	45	2.1	1.3
도시가스	3	8	9	10	11	12	13	6	7	5.6	2.1
전력	11	23	26	29	31	33	36	17	18	4.6	1.8
열에너지	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
신재생·기타	2	11	12	13	15	17	19	8	10	11.3	2.5
수송	31	43	44	46	47	46	45	100	100	2.1	0.2
석탄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
석유	31	41	42	44	44	43	42	95	94	1.8	0.2
도시가스	0	1	1	1	2	2	2	3	3	-	0.7
전력	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1.8	5.7
열에너지	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
신재생·기타	0	1	1	1	1	1	1	1	1	-	0.3
가정	21	21	21	21	21	21	21	100	100	-0.1	0.0
석탄	1	1	0	0	0	0	0	3	0	-1.4	-8.5
석유	9	4	3	2	2	1	1	17	4	-5.5	-5.9
도시가스	7	10	10	10	11	11	11	45	50	1.7	0.5
전력	3	6	6	6	7	7	7	27	33	3.7	0.9
열에너지	1	1	2	2	2	2	2	7	9	2.3	0.9
신재생·기타	0	0	0	0	0	1	1	1	4	3.6	5.7
서비스 (상업, 공공, 기타)	14	22	24	27	29	31	32	100	100	3.2	1.5
석탄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-100.0	-
석유	6	3	3	2	2	2	2	15	6	-3.0	-2.3
도시가스	2	4	5	5	6	6	6	17	20	4.4	2.2
전력	6	14	15	17	18	19	20	61	61	5.4	1.6
열에너지	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6.0	1.4
신재생·기타	0	1	2	3	3	3	4	6	12	17.4	4.2

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

산업 부문 주요 지표 및 에너지 수요 - 고성장 시나리오

								비중		증가율 (%)	
	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2016	2040	00-16	16-40
주요 업종 산출액 (조원)											
석유/화학	142	262	297	343	389	434	481	-	-	3.9	2.6
비금속	21	42	46	53	59	66	73	-	-	4.5	2.4
1 차철강	70	122	128	137	145	154	164	-	-	3.5	1.2
금속, 기계, 전자, 정밀	228	755	872	1 027	1 184	1 340	1 498	-	-	7.8	2.9
운송장비	100	253	277	318	360	402	443	-	-	6.0	2.4
건설	149	190	211	237	261	283	303	-	-	1.6	2.0
주요 제품 생산량 (천톤)											
기초유분	16	28	31	33	35	37	38	-	-	3.4	1.3
조강	43	69	72	74	76	78	80	-	-	2.9	0.6
전로	25	48	51	53	55	58	60	-	-	4.2	1.0
전기로	18	21	22	21	21	20	20	-	-	0.8	-0.3
시멘트	51	57	54	54	54	53	53	-	-	0.6	-0.3
클링커	46	49	47	47	47	47	47	-	-	0.5	-0.2
에너지 수요 (백만 toe)											
석탄	19	32	34	36	38	40	41	23	21	3.3	1.1
석유	48	67	75	79	84	88	91	48	45	2.1	1.3
도시가스	3	8	9	10	11	12	13	6	7	5.6	2.1
전력	11	23	26	29	31	33	36	17	18	4.6	1.8
열에너지	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-
신재생·기타	2	11	12	13	15	17	19	8	10	11.3	2.5
주요 업종 에너지원단위											
석유/화학	0.25	0.25	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	-	-	0.0	-0.9
비금속	0.27	0.12	0.11	0.09	0.09	0.08	0.07	-	-	-5.0	-2.1
1 차철강	0.24	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.24	-	-	0.4	-0.3
조립금속	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	-	-2.4	-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

산업 부문 주요 지표 및 에너지 수요 (2) - 고성장 시나리오

								비중		증가율 (%)	
	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2016	2040	00-16	16-40
주요 업종별 에너지 수요											
석유/화학	36	66	75	82	87	92	97	100	100	3.9	1.6
석탄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.6	1.6
석유	33	60	67	72	76	80	83	90	86	3.8	1.4
가스	0	1	2	2	3	3	4	2	4	8.0	5.4
전력	2	5	6	7	8	9	9	8	10	5.0	2.6
신재생	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-
비금속											
석탄	4	3	3	3	3	3	3	56	52	-1.4	-0.1
석유	1	1	0	0	0	0	0	12	9	-4.0	-0.8
가스	0	1	1	1	1	1	1	10	13	4.7	1.2
전력	1	1	1	1	1	1	1	22	26	2.1	1.0
신재생	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-
철강											
석탄	13	26	28	30	31	32	34	82	85	4.3	1.1
석유	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-14.1	1.5
가스	1	2	2	2	2	2	2	5	5	5.8	0.9
전력	2	4	4	4	4	4	4	12	10	4.1	0.1
신재생	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-
조립금속											
석탄	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-
석유	2	0	0	0	0	0	0	3	1	-8.8	-1.4
가스	1	2	2	2	2	2	3	16	15	5.5	1.9
전력	3	9	10	11	12	13	15	81	83	7.1	2.3
신재생	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-

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

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

수송 부문 주요 지표 및 에너지 수요 - 고성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
주요지표											
비사업용 자동차 (백만대)	11	20	22	24	25	26	26	100	100	3.7	1.0
승용차	8	17	18	20	21	22	22	81	86	4.8	1.2
화물차	2	3	3	3	3	3	3	15	12	2.0	-0.1
승합차	1	1	1	1	1	1	1	4	2	-3.5	-0.8
사업용 자동차 (백만대)	1	1	2	2	2	2	2	100	100	5.2	1.7
승용차	0	1	1	1	1	1	1	61	62	7.1	1.8
화물차	0	0	0	0	1	1	1	30	31	3.0	1.9
승합차	0	0	0	0	0	0	0	9	7	3.1	0.5
에너지 수요											
휘발유	8	10	10	10	11	11	11	22	23	1.2	0.4
경유	13	19	21	21	21	20	19	46	41	2.4	-0.2
중유	4	3	3	3	2	2	2	7	5	-1.9	-1.2
제트유	2	5	5	6	7	7	8	11	17	4.9	2.2
부탄	3	4	4	4	3	3	3	10	7	1.3	-1.3
기타석유	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.5	0.6
도시가스	-	1	1	1	2	2	2	3	3	-	0.7
전력	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1.8	5.7
신재생·기타	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	0.3
수송 수단별 에너지수요											
도로	24	34	36	37	37	36	35	81	77	2.4	0.0
철도	1	0	0	0	0	0	0	1	1	-2.6	-1.2
항공	2	5	5	6	7	7	8	11	17	4.9	2.2
해운	5	3	3	3	3	3	2	8	6	-2.1	-1.2

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

가정 부문 주요 지표 및 에너지 수요 - 고성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
주요지표											
인구 (백만명)	47.0	51.2	52.0	52.6	52.9	52.8	52.2	-	-	0.5	0.1
가구 (백만가구)	14.5	19.3	20.2	21.0	21.6	22.1	22.3	-	-	1.8	0.6
형태별 주택(백만호)	11.0	15.8	16.8	17.8	18.5	19.1	19.5	100	100	2.3	0.9
단독	4.1	3.8	3.8	3.8	3.8	3.7	3.6	24	18	-0.5	-0.2
아파트	5.2	9.6	10.2	10.8	11.3	11.8	12.1	61	62	3.9	1.0
공동주택	1.7	2.5	2.8	3.2	3.4	3.5	3.8	16	20	2.6	1.8
평균 주거 면적(m ²)	85.5	77.0	76.5	76.4	76.4	76.4	76.0	-	-	-0.7	-0.1
에너지 지표											
소득당 에너지수요(toe/천원)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	-	-	-1.7	-0.8
면적당 에너지수요(toe/100m ²)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	-	-	-1.7	-0.8
인구당 에너지수요(toe/명)	0.46	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40	0.41	-	-	-0.6	-0.1
인구당 전력수요(MWh/명)	0.79	1.29	1.34	1.42	1.48	1.52	1.57	-	-	3.1	0.8
에너지 수요											
	21	21	21	21	21	21	21	100	100	-0.1	0.0
석탄	1	1	0	0	0	0	0	3	0	-1.4	-8.5
석유	9	4	3	2	2	1	1	17	4	-5.5	-5.9
도시가스	7	10	10	10	11	11	11	45	50	1.7	0.5
전력	3	6	6	6	7	7	7	27	33	3.7	0.9
지역난방	1	1	2	2	2	2	2	7	9	2.3	0.9
신재생·기타	0	0	0	0	0	1	1	1	4	3.6	5.7
용도별 에너지 수요											
난방/온수	18	15	14	13	13	13	12	69	59	-1.2	-0.6
취사	1	2	2	2	2	2	2	9	8	3.5	-0.2
냉방	0	0	0	0	0	1	1	2	2	17.1	1.6
조명	0	1	1	1	1	1	1	3	4	3.2	0.3
기타 가전기기	2	4	4	5	5	5	6	17	27	3.1	1.8

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 - 고성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
주요 업종별 산출액 (조원)											
도소매	131	233	267	309	349	385	420	-	-	3.7	2.5
숙박음식	53	87	100	118	137	156	175	-	-	3.1	2.9
운수보관	68	144	162	188	212	236	260	-	-	4.8	2.5
정보통신	57	129	153	186	220	254	290	-	-	5.3	3.4
공공행정및국방	73	131	143	158	171	182	192	-	-	3.7	1.6
교육서비스	58	94	99	108	115	121	128	-	-	3.0	1.3
의료복지	40	118	147	186	228	273	320	-	-	7.0	4.2
예술,스포츠,레저	11	27	32	40	48	57	66	-	-	5.6	3.9
기타서비스	253	516	611	742	879	1 017	1 160	-	-	4.6	3.4
에너지 수요	14	22	24	27	29	31	32	100	100	3.2	1.5
석유	6	3	3	2	2	2	2	15	6	-3.0	-2.3
도시가스	2	4	5	5	6	6	6	17	20	4.4	2.2
전력	6	14	15	17	18	19	20	61	61	5.4	1.6
지역난방	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6.0	1.4
신재생·기타	0	1	2	3	3	3	4	6	12	17.4	4.2
부문별 에너지 수요											
상업 서비스	11	17	18	20	21	23	24	76	74	2.8	1.4
공공 서비스	3	6	6	7	7	8	8	24	26	4.7	1.8

석유 공급 및 수요 - 고성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
원유 수요*	130	144	167	189	207	221	231	-	-	0.6	2.0
국제 벙커링	7	10	11	13	14	15	15	-	-	1.8	2.0
총공급	100	118	125	128	132	135	137	100	100	1.0	0.6
전환	7	3	3	1	1	1	1	3	1	-4.2	-5.6
최종소비	94	115	122	127	131	134	136	97	99	1.3	0.7
제품별 석유 수요											
휘발유	8	10	10	11	11	11	11	8	8	1.1	0.4
등유	10	3	2	1	1	1	1	2	1	-7.7	-5.4
경유	19	24	24	24	24	22	21	20	16	1.5	-0.5
중유	20	7	6	4	4	4	4	6	3	-6.1	-2.8
제트유	3	5	6	6	7	7	8	4	6	4.6	1.9
프로판	5	6	6	6	7	7	7	5	5	1.6	0.7
부탄	4	5	5	5	5	5	4	4	3	1.6	-0.7
납사	29	53	61	65	69	73	76	45	56	3.8	1.6
기타 비에너지유	3	5	5	5	5	5	5	5	3	4.2	-0.5
용도별 석유 수요											
산업	48	67	75	79	84	88	91	57	66	2.1	1.3
(연료)	16	9	9	10	10	10	10	8	8	-3.6	0.6
(원료)	32	58	65	70	74	77	81	49	59	3.8	1.4
수송	31	41	42	44	44	43	42	35	31	1.8	0.2
가정	9	4	3	2	2	1	1	3	1	-5.5	-5.9
서비스	6	3	3	2	2	2	2	3	1	-3.0	-2.3
전환	7	3	3	1	1	1	1	3	1	-4.2	-5.6

* 원유 수입 및 재고 변화를 포함한 총수요

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

석탄 공급 및 수요 - 고성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
총공급	43	82	89	97	100	97	89	100	100	4.1	0.4
전환부문	23	49	54	60	62	57	48	60	53	4.8	-0.1
최종소비부문	20	33	35	37	38	40	41	40	47	3.2	1.0
제품별 석탄 수요											
국내탄	2	1	0	0	0	0	0	1	0	-6.7	-9.2
수입무연탄	1	5	5	6	6	6	7	7	7	9.8	0.8
연료용 유연탄	27	52	58	64	66	61	52	64	59	4.2	0.0
원료용 유연탄	13	23	25	27	28	29	30	29	34	3.8	1.0
용도별 석탄 수요											
발전용	23	49	54	60	62	57	48	60	53	4.8	-0.1
코크스 제조 및 고로용	13	23	25	27	28	29	30	29	34	3.8	1.0
킬른가열용	4	3	3	3	3	3	3	3	3	-1.3	-0.1
기타 산업용	3	6	6	7	7	8	9	7	10	4.6	1.6
연탄용	1	1	0	0	0	0	0	1	0	-1.4	-8.5

가스 공급 및 수요 - 고성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
총공급	19	45	42	48	56	64	74	100	99	5.6	2.0
전환 부문*	7	23	17	20	27	33	42	50	56	7.9	2.5
최종소비 부문	13	23	25	27	29	30	32	50	43	3.7	1.4
제품별 소비											
천연가스	6	23	18	21	27	34	42	50	58	9.0	2.7
도시가스	13	23	25	27	29	30	32	50	43	3.5	1.4
용도별 소비											
발전용	6	20	14	17	24	30	39	45	53	8.2	2.7
지역난방	1	2	3	3	3	3	3	5	4	9.8	1.1
산업	3	8	9	10	11	12	13	17	18	5.6	2.1
수송	-	1	1	1	2	2	2	3	2	-	0.7
가정	7	10	10	10	11	11	11	21	15	1.7	0.5
서비스	2	4	5	5	6	6	6	8	9	4.4	2.2

* 자가소비 및 손실 포함

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

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

전력 공급 및 수요 - 고성장 시나리오

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
발전설비 (GW)	48	106	141	164	184	204	220	100	100	5.0	3.1
석탄	14	31	36	40	40	36	29	29	13	5.0	-0.3
석유	5	9	11	9	10	10	10	9	4	4.4	0.1
가스	13	29	35	35	43	51	67	27	31	5.2	3.6
원자력	14	23	27	26	20	18	16	22	7	3.3	-1.4
수력	3	6	6	7	7	7	7	6	3	4.6	0.0
신재생	-	7	25	46	64	82	91	7	42	-	11.0
총발전량(TWh)	266	540	590	652	704	748	789	100	100	4.5	1.6
석탄	99	209	227	248	255	234	193	39	24	4.8	-0.3
석유	19	14	11	2	2	2	1	3	0	-2.1	-9.5
가스	28	130	101	128	190	246	328	24	42	9.9	3.9
원자력	109	162	190	181	140	127	113	30	14	2.5	-1.5
수력	6	7	7	7	7	7	7	1	1	1.1	0.4
대체	-	19	54	86	109	133	146	4	19	-	8.9
상용자가	5	0	0	0	0	0	0	0	0	-17.4	-0.8
발전용 에너지 수요 (백만 toe)	64	110	119	128	130	131	130	100	100	3.5	0.7
석탄	23	49	54	60	62	57	48	44	37	4.8	-0.1
석유	6	3	2	1	1	1	0	3	0	-4.2	-8.0
가스	6	20	14	17	24	30	39	18	30	8.2	2.7
수력	1	1	1	2	2	2	2	1	1	0.0	0.4
원자력	27	34	40	38	30	27	24	31	18	1.4	-1.5
신재생·기타	-	2	6	10	13	16	17	2	13	-	8.9
전력 수요(TWh)	240	497	543	602	652	696	736	100	100	4.7	1.7
산업	132	270	298	332	362	389	415	54	56	4.6	1.8
수송	2	3	3	3	5	7	10	1	1	1.8	5.7
가정	37	66	70	75	78	80	82	13	11	3.7	0.9
서비스	68	158	173	192	207	219	229	32	31	5.4	1.6

* 상용자가는 상용자가 발전량 중 한전 구입량

열에너지 공급 및 수요 - 고성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
열생산량	1	2	2	2	2	2	2	100	100	1.8	1.1
발전폐열	1	1	1	1	1	1	1	72	72	2.1	1.1
지역난방	0	0	1	1	1	1	1	28	28	1.2	1.1
지역난방용 에너지 수요	1	3	3	3	3	4	4	100	100	7.4	1.1
석유	0	0	0	0	0	0	0	7	7	-2.8	1.1
가스	1	2	3	3	3	3	3	93	93	9.8	1.1
지역난방 수요	1	2	2	2	2	2	2	100	100	2.7	1.0
가정	1	1	2	2	2	2	2	87	86	2.3	0.9
서비스	0	0	0	0	0	0	0	13	14	6.0	1.4

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

신재생/기타 공급 및 수요 - 고성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
부문별 신재생에너지 수요	2	15	21	27	32	37	42	100	100	13.0	4.4
발전	-	2	6	10	13	16	17	15	42	n.a	8.9
산업	2	11	12	13	15	17	19	71	46	11.3	2.5
수송	-	1	1	1	1	1	1	3	1	n.a	0.3
가정	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3.6	5.7
서비스	0	1	2	3	3	3	4	9	9	17.4	4.2

주) 수력 포함, 양수는 제외

에너지 부문 온실가스 배출 - 고성장 시나리오

(단위: 백만 tCO₂eq)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
주요지표											
에너지당 배출(톤/toe)	2.58	2.51	2.49	2.48	2.45	2.41	2.34	-	-	- 0.2	- 0.3
GDP 당 배출(톤/백만원)	0.51	0.41	0.38	0.35	0.32	0.29	0.26	-	-	- 1.4	- 1.9
인구당 배출(톤/인)	8.91	12.00	12.26	12.84	13.38	13.45	13.41	-	-	1.9	0.5
온실가스 배출											
석탄	162	308	336	365	378	364	335	50	48	4.1	0.4
석유	216	211	211	210	212	212	209	34	30	- 0.2	0.0
천연가스	40	96	89	100	119	135	156	16	22	5.6	2.0
부문별 온실가스 직접 배출											
산업	148	203	217	230	241	252	263	33	38	2.0	1.1
수송	87	118	123	127	128	127	123	19	18	1.9	0.2
가정	43	34	31	29	28	27	26	5	4	- 1.6	- 1.1
서비스	20	18	17	18	18	19	19	3	3	- 0.8	0.3
발전/열생산	120	242	249	272	293	286	269	39	38	4.5	0.4

주) 전환부문의 온실가스 간접배출은 자가소비 및 유통손실에 의한 배출량을 의미

주요 경제 지표 및 활동 수준 - 저성장 시나리오

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
인구 (백만명)	47	51	52	53	53	53	52	-	-	0.5	0.1
가구 (백만가구)	15	19	20	21	22	22	22	-	-	1.8	0.6
국내총생산 (GDP, 조원)	821	1 508	1 686	1 899	2 097	2 257	2 400	-	-	3.9	2.0
주요 업종별 부가가치 (조원)											
농림어업, 광업	25	28	29	30	30	30	30	-	-	0.8	0.3
제조업	253	499	547	603	655	696	733	-	-	4.4	1.6
- 석유화학, 비금속, 1 차철강	59	100	107	114	121	127	132	-	-	3.4	1.2
- 조립금속	91	266	297	336	373	404	430	-	-	6.9	2.0
SOC	16	29	32	34	36	37	37	-	-	4.0	1.0
서비스업	464	807	916	1 048	1 172	1 273	1 366	-	-	3.5	2.2
수입단가											
원유 (\$/bbl)	20	41	70	85	91	96	100	-	-	4.6	3.8
천연가스 (\$/톤)	182	364	505	579	607	625	644	-	-	4.4	2.4
유연탄 (\$/톤)	24	70	92	102	105	108	110	-	-	6.8	1.9
에너지 지표											
국내생산 (백만 toe)	2	1	1	1	1	1	1	-	-	-4.2	-2.1
총에너지 수요 (백만 toe)	193	296	317	332	337	338	333	-	-	2.7	0.5
에너지원단위 (toe/백만원)	0.24	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	-	-	-1.1	-1.4
일인당에너지소비 (toe/인)	4.10	5.77	6.10	6.30	6.37	6.39	6.39	-	-	2.2	0.4
최종 소비 (백만 toe)	150	227	244	255	263	267	269	-	-	2.6	0.7
전력생산 (TWh)	266	540	586	636	674	700	719	-	-	4.5	1.2
일인당 전력생산 (MWh/인)	6	11	11	12	13	13	14	-	-	4.0	1.1
에너지부문 온실가스 지표											
온실가스 배출 (백만톤)	419	615	634	662	682	668	639	-	-	2.4	0.2
배출원단위 (톤/백만원)	0.51	0.41	0.38	0.35	0.33	0.30	0.27	-	-	-1.4	-1.8
일인당 배출 (톤/인)	8.91	12.00	12.20	12.58	12.88	12.64	12.25	-	-	1.9	0.1

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

에너지 수요 종합 - 저성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
총에너지	193	296	317	332	337	338	333	100	100	2.7	0.5
석탄	43	82	89	96	98	92	83	28	25	4.1	0.1
석유	100	118	124	125	127	126	124	40	37	1.0	0.2
가스	19	45	42	45	52	57	64	15	19	5.6	1.4
수력	1	1	1	2	2	2	2	0	0	0.0	0.4
원자력	27	34	40	38	30	27	24	12	7	1.4	-1.5
신재생·기타	2	15	21	26	30	34	37	5	11	13.0	3.9
최종 소비	150	227	244	255	263	267	269	100	100	2.6	0.7
석탄	20	33	35	35	36	35	35	14	13	3.2	0.3
석유	94	115	121	124	126	125	123	51	46	1.3	0.3
도시가스	13	23	25	27	28	29	30	10	11	3.7	1.1
전력	21	43	46	50	54	56	58	19	21	4.7	1.3
열에너지	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2.7	0.9
신재생·기타	2	13	14	16	18	19	21	6	8	11.8	2.2
산업	84	141	154	162	169	173	176	62	66	3.3	0.9
수송	31	43	44	45	45	44	42	19	16	2.1	0.0
가정	21	21	21	21	21	21	21	9	8	-0.1	-0.1
서비스	14	22	24	26	28	29	29	10	11	3.2	1.1

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

최종 소비 부문별·원별 수요 - 저성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
산업	84	141	154	162	169	173	176	100	100	3.3	0.9
석탄	19	32	34	35	35	35	35	23	20	3.3	0.4
석유	48	67	74	77	79	80	81	48	46	2.1	0.8
도시가스	3	8	9	10	11	11	12	6	7	5.6	1.6
전력	11	23	25	28	30	31	32	17	18	4.6	1.4
열에너지	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
신재생·기타	2	11	12	13	14	15	17	8	10	11.3	2.0
수송	31	43	44	45	45	44	42	100	100	2.1	0.0
석탄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
석유	31	41	42	43	43	42	40	95	93	1.8	-0.1
도시가스	0	1	1	1	2	2	2	3	4	-	0.7
전력	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1.8	5.6
열에너지	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
신재생·기타	0	1	1	1	1	1	1	1	1	-	0.1
가정	21	21	21	21	21	21	21	100	100	-0.1	-0.1
석탄	1	1	0	0	0	0	0	3	0	-1.4	-7.7
석유	9	4	3	2	2	1	1	17	5	-5.5	-5.3
도시가스	7	10	10	10	10	11	11	45	51	1.7	0.4
전력	3	6	6	6	7	7	7	27	33	3.7	0.8
열에너지	1	1	2	2	2	2	2	7	9	2.3	0.9
신재생·기타	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3.6	4.0
서비스 (상업, 공공, 기타)	14	22	24	26	28	29	29	100	100	3.2	1.1
석탄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-100.0	-
석유	6	3	3	2	2	2	2	15	6	-3.0	-2.8
도시가스	2	4	5	5	5	6	6	17	20	4.4	1.8
전력	6	14	15	16	17	18	18	61	62	5.4	1.2
열에너지	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6.0	0.9
신재생·기타	0	1	2	2	3	3	3	6	11	17.4	3.7

산업 부문 주요 지표 및 에너지 수요 - 저성장 시나리오

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
주요 업종 산출액 (조원)											
석유/화학	142	262	295	333	367	397	424	-	-	3.9	2.0
비금속	21	42	46	51	56	60	65	-	-	4.5	1.9
1 차철강	70	122	127	132	137	141	145	-	-	3.5	0.7
금속, 기계, 전자, 정밀	228	755	866	996	1 120	1 225	1 322	-	-	7.8	2.4
운송장비	100	253	275	308	341	367	391	-	-	6.0	1.8
건설	149	190	209	229	247	259	268	-	-	1.6	1.4
주요 제품 생산량 (천톤)											
기초유분	16	28	31	32	33	33	34	-	-	3.4	0.8
조강	43	69	72	72	72	71	71	-	-	2.9	0.1
전로	25	48	50	51	51	51	50	-	-	4.2	0.3
전기로	18	21	22	21	21	20	20	-	-	0.8	-0.2
시멘트	51	57	53	52	51	49	47	-	-	0.6	-0.8
클링커	46	49	47	46	45	43	41	-	-	0.5	-0.7
에너지 수요 (백만 toe)											
석탄	19	32	34	35	35	35	35	23	20	3.3	0.4
석유	48	67	74	77	79	80	81	48	46	2.1	0.8
도시가스	3	8	9	10	11	11	12	6	7	5.6	1.6
전력	11	23	25	28	30	31	32	17	18	4.6	1.4
열에너지	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-
신재생·기타	2	11	12	13	14	15	17	8	10	11.3	2.0
주요 업종 에너지원단위											
석유/화학	0.25	0.25	0.25	0.24	0.23	0.21	0.20	-	-	0.0	-0.9
비금속	0.27	0.12	0.11	0.09	0.09	0.08	0.07	-	-	-5.0	-2.1
1 차철강	0.24	0.26	0.26	0.26	0.25	0.24	0.24	-	-	0.4	-0.4
조립금속	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	-	-2.4	-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

산업 부문 주요 지표 및 에너지 수요 (2) - 저성장 시나리오

									비중		증가율 (%)	
	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2016	2040	00-16	16-40	
주요 업종별 에너지 수요												
석유/화학	36	66	75	79	83	85	86	100	100	3.9	1.1	
석탄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.6	1.1	
석유	33	60	67	70	72	73	74	90	86	3.8	0.9	
가스	0	1	2	2	3	3	3	2	4	8.0	4.9	
전력	2	5	6	7	7	8	8	8	10	5.0	2.2	
신재생	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	
비금속	6	5	5	5	5	5	5	100	100	-0.8	-0.3	
석탄	4	3	3	3	3	3	2	56	53	-1.4	-0.6	
석유	1	1	0	0	0	0	0	12	9	-4.0	-1.4	
가스	0	1	1	1	1	1	1	10	12	4.7	0.4	
전력	1	1	1	1	1	1	1	22	26	2.1	0.4	
신재생	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	
철강	17	32	33	34	34	34	34	100	100	4.0	0.3	
석탄	13	26	28	29	29	29	29	82	83	4.3	0.4	
석유	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-14.1	1.0	
가스	1	2	2	2	2	2	2	5	5	5.8	0.5	
전력	2	4	4	4	4	4	4	12	11	4.1	-0.2	
신재생	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	
조립금속	5	11	12	13	14	15	16	100	100	4.7	1.6	
석탄	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	
석유	2	0	0	0	0	0	0	3	1	-8.8	-2.0	
가스	1	2	2	2	2	2	2	16	15	5.5	1.3	
전력	3	9	10	11	12	12	13	81	84	7.1	1.8	
신재생	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	

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 - 저성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
주요지표											
비사업용 자동차 (백만대)	11	20	22	24	25	26	26	100	100	3.7	1.0
승용차	8	17	18	20	21	22	22	81	86	4.8	1.2
화물차	2	3	3	3	3	3	3	15	12	2.0	-0.1
승합차	1	1	1	1	1	1	1	4	2	-3.5	-0.8
사업용 자동차 (백만대)	1	1	2	2	2	2	2	100	100	5.2	1.6
승용차	0	1	1	1	1	1	1	61	65	7.1	1.8
화물차	0	0	0	0	1	1	1	30	28	3.0	1.4
승합차	0	0	0	0	0	0	0	9	7	3.1	0.3
에너지 수요											
휘발유	8	10	10	10	11	11	10	22	25	1.2	0.4
경유	13	19	21	21	20	19	18	46	42	2.4	-0.4
중유	4	3	3	2	2	2	2	7	5	-1.9	-1.5
제트유	2	5	5	6	6	6	6	11	15	4.9	1.3
부탄	3	4	4	4	3	3	3	10	7	1.3	-1.3
기타석유	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.5	0.2
도시가스	-	1	1	1	2	2	2	3	4	-	0.7
전력	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1.8	5.6
신재생·기타	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	0.1
수송 수단별 에너지수요											
도로	24	34	36	37	37	35	34	81	79	2.4	-0.1
철도	1	0	0	0	0	0	0	1	1	-2.6	-1.3
항공	2	5	5	6	6	6	6	11	15	4.9	1.3
해운	5	3	3	3	3	3	2	8	6	-2.1	-1.5

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

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

가정 부문 주요 지표 및 에너지 수요 - 저성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
주요지표											
인구 (백만명)	47.0	51.2	52.0	52.6	52.9	52.8	52.2	-	-	0.5	0.1
가구 (백만가구)	14.5	19.3	20.2	21.0	21.6	22.1	22.3	-	-	1.8	0.6
형태별 주택(백만호)	11.0	15.8	16.8	17.8	18.5	19.1	19.5	100	100	2.3	0.9
단독	4.1	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.7	24	19	-0.5	-0.1
아파트	5.2	9.6	10.2	10.8	11.3	11.8	12.0	61	62	3.9	0.9
공동주택	1.7	2.5	2.8	3.2	3.4	3.5	3.8	16	20	2.6	1.8
평균 주거 면적(m ²)	85.5	77.0	76.4	76.0	75.8	75.5	74.8	-	-	-0.7	-0.1
에너지 지표											
소득당 에너지수요(toe/천원)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	-	-	-1.7	-0.8
면적당 에너지수요(toe/100m ²)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	-	-	-1.7	-0.8
인구당 에너지수요(toe/명)	0.46	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40	0.40	-	-	-0.6	-0.1
인구당 전력수요(MWh/명)	0.79	1.29	1.34	1.41	1.45	1.49	1.52	-	-	3.1	0.7
에너지 수요											
석탄	1	1	0	0	0	0	0	3	0	-1.4	-7.7
석유	9	4	3	2	2	1	1	17	5	-5.5	-5.3
도시가스	7	10	10	10	10	11	11	45	51	1.7	0.4
전력	3	6	6	6	7	7	7	27	33	3.7	0.8
지역난방	1	1	2	2	2	2	2	7	9	2.3	0.9
신재생·기타	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3.6	4.0
용도별 에너지 수요											
난방/온수	18	15	14	13	13	13	12	69	59	-1.2	-0.7
취사	1	2	2	2	2	2	2	9	9	3.5	-0.2
냉방	0	0	0	0	0	1	1	2	3	17.1	1.6
조명	0	1	1	1	1	1	1	3	4	3.2	0.4
기타 가전기기	2	4	4	5	5	5	5	17	26	3.1	1.6

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 - 저성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
주요 업종별 산출액 (조원)											
도소매	131	233	265	300	330	352	371	-	-	3.7	2.0
숙박음식	53	87	100	115	130	142	154	-	-	3.1	2.4
운수보관	68	144	161	182	201	216	229	-	-	4.8	2.0
정보통신	57	129	152	180	208	232	256	-	-	5.3	2.9
공공행정및국방	73	131	142	153	161	166	170	-	-	3.7	1.1
교육서비스	58	94	99	104	109	111	113	-	-	3.0	0.8
의료복지	40	118	146	180	216	249	282	-	-	7.0	3.7
예술,스포츠,레저	11	27	32	38	45	52	58	-	-	5.6	3.3
기타서비스	253	516	607	720	831	930	1 024	-	-	4.6	2.9
에너지 수요	14	22	24	26	28	29	29	100	100	3.2	1.1
석유	6	3	3	2	2	2	2	15	6	-3.0	-2.8
도시가스	2	4	5	5	5	6	6	17	20	4.4	1.8
전력	6	14	15	16	17	18	18	61	62	5.4	1.2
지역난방	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6.0	0.9
신재생·기타	0	1	2	2	3	3	3	6	11	17.4	3.7
부문별 에너지 수요											
상업 서비스	11	17	18	20	21	21	22	76	74	2.8	1.0
공공 서비스	3	6	6	7	7	7	8	24	26	4.7	1.3

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

석유 공급 및 수요 - 저성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
원유 수요*	130	144	166	185	197	204	207	-	-	0.6	1.5
국제 벙커링	7	10	11	12	13	13	13	-	-	1.8	1.3
총공급	100	118	124	125	127	126	124	100	100	1.0	0.2
전환	7	3	3	1	1	1	1	3	1	-4.2	-5.8
최종소비	94	115	121	124	126	125	123	97	99	1.3	0.3
제품별 석유 수요											
휘발유	8	10	10	11	11	11	11	8	9	1.1	0.3
등유	10	3	2	1	1	1	1	2	1	-7.7	-5.2
경유	19	24	24	24	23	21	20	20	16	1.5	-0.7
중유	20	7	6	4	4	4	4	6	3	-6.1	-3.1
제트유	3	5	5	6	6	6	7	4	5	4.6	1.0
프로판	5	6	6	6	6	6	6	5	5	1.6	0.2
부탄	4	5	5	5	5	5	4	4	3	1.6	-0.8
납사	29	53	60	63	66	67	68	45	55	3.8	1.0
기타 비에너지유	3	5	5	5	5	4	4	5	3	4.2	-0.9
용도별 석유 수요											
산업	48	67	74	77	79	80	81	57	65	2.1	0.8
(연료)	16	9	9	9	9	9	9	8	7	-3.6	0.0
(원료)	32	58	65	68	70	71	71	49	58	3.8	0.9
수송	31	41	42	43	43	42	40	35	32	1.8	-0.1
가정	9	4	3	2	2	1	1	3	1	-5.5	-5.3
서비스	6	3	3	2	2	2	2	3	1	-3.0	-2.8
전환	7	3	3	1	1	1	1	3	1	-4.2	-5.8

* 원유 수입 및 재고 변화를 포함한 총수요

석탄 공급 및 수요 - 저성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
총공급	43	82	89	96	98	92	83	100	100	4.1	0.1
전환부문	23	49	54	60	62	57	47	60	57	4.8	-0.1
최종소비부문	20	33	35	35	36	35	35	40	43	3.2	0.3
제품별 석탄 수요											
국내탄	2	1	0	0	0	0	0	1	0	-6.7	-8.4
수입무연탄	1	5	5	5	6	6	6	7	7	9.8	0.3
연료용 유연탄	27	52	58	64	66	61	52	64	63	4.2	0.0
원료용 유연탄	13	23	25	26	26	25	25	29	30	3.8	0.3
용도별 석탄 수요											
발전용	23	49	54	60	62	57	47	60	57	4.8	-0.1
코크스 제조 및 고로용	13	23	25	26	26	25	25	29	30	3.8	0.3
킬른가열용	4	3	3	3	3	3	2	3	3	-1.3	-0.6
기타 산업용	3	6	6	7	7	7	8	7	9	4.6	1.1
연탄용	1	1	0	0	0	0	0	1	0	-1.4	-7.7

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

가스 공급 및 수요 - 저성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
총공급	19	45	42	45	52	57	64	100	99	5.6	1.4
전환 부문*	7	23	17	18	23	28	34	50	53	7.9	1.7
최종소비 부문	13	23	25	27	28	29	30	50	46	3.7	1.1
제품별 소비											
천연가스	6	23	17	19	24	28	35	50	54	9.0	1.8
도시가스	13	23	25	27	28	29	30	50	46	3.5	1.1
용도별 소비											
발전용	6	20	14	16	21	25	31	45	49	8.2	1.8
지역난방	1	2	3	3	3	3	3	5	5	9.8	1.1
산업	3	8	9	10	11	11	12	17	18	5.6	1.6
수송	-	1	1	1	2	2	2	3	2	-	0.7
가정	7	10	10	10	10	11	11	21	17	1.7	0.4
서비스	2	4	5	5	5	6	6	8	9	4.4	1.8

* 자가소비 및 손실 포함

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

전력 공급 및 수요 - 저성장 시나리오

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
발전설비 (GW)	48	106	141	163	177	195	205	100	100	5.0	2.8
석탄	14	31	36	40	40	36	29	29	14	5.0	-0.3
석유	5	9	11	9	9	10	10	9	5	4.4	0.1
가스	13	29	35	35	39	47	59	27	29	5.2	3.1
원자력	14	23	27	26	20	18	16	22	8	3.3	-1.4
수력	3	6	6	7	7	7	7	6	3	4.6	0.0
신재생	-	7	25	45	61	77	84	7	41	-	10.6
총발전량(TWh)	266	540	586	636	674	700	719	100	100	4.5	1.2
석탄	99	209	227	248	255	234	193	39	27	4.8	-0.3
석유	19	14	11	2	2	2	1	3	0	-2.1	-9.6
가스	28	130	97	114	164	204	268	24	37	9.9	3.1
원자력	109	162	190	181	140	127	113	30	16	2.5	-1.5
수력	6	7	7	7	7	7	7	1	1	1.1	0.4
대체	-	19	54	84	106	126	136	4	19	-	8.6
상용자가	5	0	0	0	0	0	0	0	0	-17.4	-1.5
발전용 에너지 수요 (백만 toe)	64	110	119	126	127	125	121	100	100	3.5	0.4
석탄	23	49	54	60	62	57	47	44	39	4.8	-0.1
석유	6	3	2	1	1	1	0	3	0	-4.2	-8.3
가스	6	20	14	16	21	25	31	18	26	8.2	1.8
수력	1	1	1	2	2	2	2	1	1	0.0	0.4
원자력	27	34	40	38	30	27	24	31	20	1.4	-1.5
신재생·기타	-	2	6	10	12	15	16	2	13	-	8.5
전력 수요(TWh)	240	497	539	587	624	650	670	100	100	4.7	1.3
산업	132	270	296	323	344	359	372	54	56	4.6	1.4
수송	2	3	3	3	5	7	10	1	1	1.8	5.6
가정	37	66	69	74	77	78	79	13	12	3.7	0.8
서비스	68	158	172	187	198	205	209	32	31	5.4	1.2

* 상용자가는 상용자가 발전량 중 한전 구입량

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

열에너지 공급 및 수요 - 저성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
열생산량	1	2	2	2	2	2	2	100	100	1.8	1.1
발전폐열	1	1	1	1	1	1	1	72	72	2.1	1.1
지역난방	0	0	1	1	1	1	1	28	28	1.2	1.1
지역난방용 에너지 수요	1	3	3	3	3	3	3	100	100	7.4	1.1
석유	0	0	0	0	0	0	0	7	7	-2.8	1.1
가스	1	2	3	3	3	3	3	93	93	9.8	1.1
지역난방 수요	1	2	2	2	2	2	2	100	100	2.7	0.9
가정	1	1	2	2	2	2	2	87	87	2.3	0.9
서비스	0	0	0	0	0	0	0	13	13	6.0	0.9

신재생/기타 공급 및 수요 - 저성장 시나리오

(단위: 백만 toe)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
부문별 신재생에너지 수요	2	15	21	26	30	34	37	100	100	13.0	3.9
발전	-	2	6	10	12	15	16	15	43	n.a	8.5
산업	2	11	12	13	14	15	17	71	45	11.3	2.0
수송	-	1	1	1	1	1	1	3	1	n.a	0.1
가정	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3.6	4.0
서비스	0	1	2	2	3	3	3	9	9	17.4	3.7

주) 수력 포함, 양수는 제외

1. 주요 지표 및 에너지 전망 결과

에너지 부문 온실가스 배출 - 저성장 시나리오

(단위: 백만 tCO₂eq)

	2000	2016	2020	2025	2030	2035	2040	비중		증가율 (%)	
								2016	2040	00-16	16-40
주요지표											
에너지당 배출(톤/toe)	2.58	2.51	2.49	2.49	2.47	2.43	2.36	-	-	-0.2	-0.3
GDP 당 배출(톤/백만원)	0.51	0.41	0.38	0.35	0.33	0.30	0.27	-	-	-1.4	-1.8
인구당 배출(톤/인)	8.91	12.00	12.20	12.58	12.88	12.64	12.25	-	-	1.9	0.1
온실가스 배출	419	615	634	662	682	668	639	100	100	2.4	0.2
석탄	162	308	335	360	368	348	311	50	49	4.1	0.0
석유	216	211	210	206	205	200	192	34	30	-0.2	-0.4
천연가스	40	96	88	96	110	120	136	16	21	5.6	1.5
부문별 온실가스 직접 배출											
산업	148	203	215	222	226	227	227	33	36	2.0	0.5
수송	87	118	123	125	125	121	116	19	18	1.9	-0.1
가정	43	34	31	29	28	27	26	5	4	-1.6	-1.1
서비스	20	18	17	17	17	17	17	3	3	-0.8	-0.1
발전/열생산	120	242	248	268	286	275	253	39	40	4.5	0.2

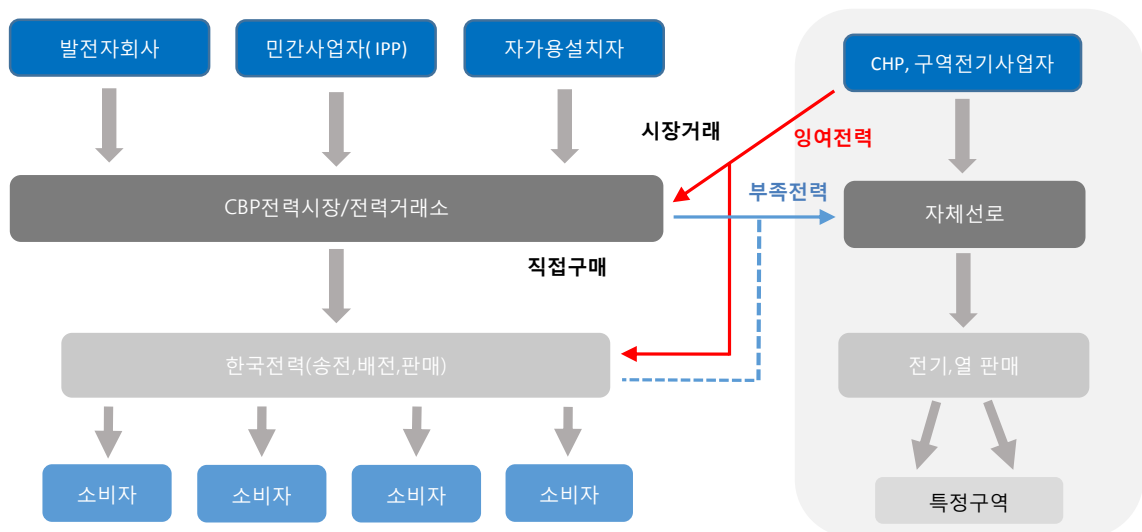
주) 전환부문의 온실가스 간접배출은 자가소비 및 유통손실에 의한 배출량을 의미

2. 전력 시장의 주요 이슈

□ 우리나라 전력 시장의 구조

- 1990년대까지 한국전력은 전력의 생산 단계에서부터 최종 소비자에게 도달하는 송배전 단계까지 전 과정에 걸쳐 독점적 지위를 유지해왔으나, 규모가 지나치게 거대해짐에 따라 규모의 비경제가 발생하는 등 효율성이 저하되어 2000년대 들어 전력 생산 부문을 6개의 발전회사로 나누는 경쟁 체제를 도입함
 - 2000년 기준 한국전력의 예산은 26.8조원으로 당해 정부 예산의 1/3 수준에 이를 정도로 조직이 비대해져 규모의 비경제가 발생하는 것으로 판단되었고, 총괄원가보상주의로 인한 방만한 경영과 향후 추가 발전소 건설을 위한 재원확보의 어려움 등도 전력산업 구조개편의 원인이 되었음 (산업자원부, 2000)
 - 이에 정부는 1999년 '전력산업 구조개편 기본계획'을 수립하고 2000년 12월에 전력산업 구조개편에 관한 법률을 공포하여 2001년부터 한국전력의 전력 생산 부문을 한국수력원자력, 동서발전, 남동발전, 남부발전, 중부발전, 서부발전의 6개 발전회사로 나누고 발전 시장 경쟁 체제를 도입함

부록 그림 1 우리나라 전력 시장 구조



출처: 정산규칙 해설서 (전력거래소, 2013)

- 현재 우리나라의 전력시장은 한국전력으로부터 분리된 6개의 자회사와 민간 발전사업자가 전력을 생산하여 전력거래소를 통해 한국전력과 거래하고 송배전 및 판매를 담당하는 한국전력이 최종 소비자에게 판매하는 구조임
 - '전력산업 구조개편 기본계획'에 따르면 현재의 전력 시장 상황은 제2단계인 발전경쟁단계이고, 배전 부문을 한전에서 분리하여 경쟁체제를 도입하는 제3단계를 거쳐 일반소비가 발전회사를

2. 전력 시장의 주요 이슈

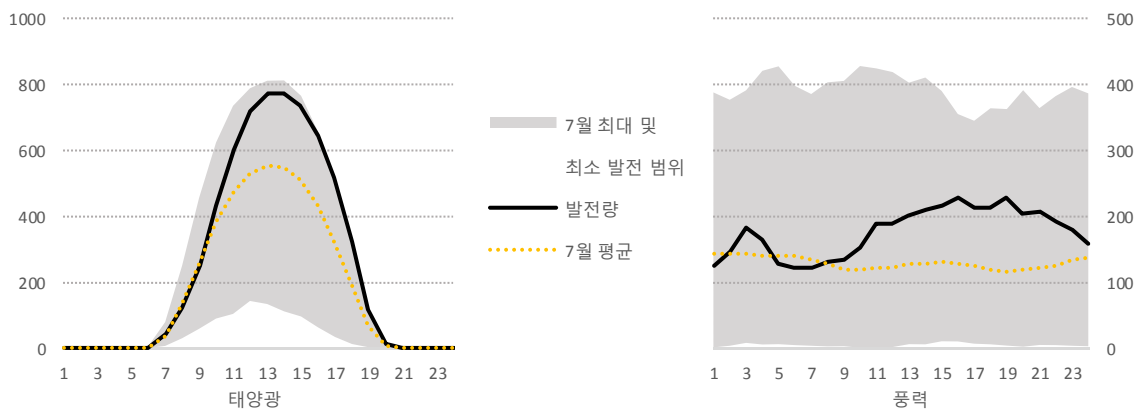
직접 선택하여 전력을 공급받는 소매경쟁단계인 제4단계를 최종 종착점으로 설정하고 있음 (산업자원부, 1999)

- 전력 생산 단계에서는 발전회사 간 경쟁 체제가 도입된 반면 생산자와 최종 소비자 사이의 유통에 해당하는 송전과 배전은 여전히 한국전력이 독점하고 있어 불완전한 경쟁 구조라 할 수 있음
- 전력거래소는 매일 다음날의 전력수요를 시간 단위로 예측하고 발전회사들은 공급가능용량을 전력시장에 입찰, 입찰한 발전기 중 경제 급전 원칙에 따라 비용이 가장 낮은 발전기 순으로 발전계획에 참여하게 됨

□ 변동성 재생에너지 발전과 계통 안정성

- ‘재생에너지 3020 이행계획’에 따르면 정부는 2030년까지 총발전량에서 재생에너지 발전량이 차지하는 비중을 20%까지 확대하는 것을 목표로 재생에너지 발전 설비를 2017년 15.1 GW에서 2030년 63.8 GW까지 증설할 계획임 (산업통상자원부, 2017)
- 정부 계획은 신규 재생에너지 발전 설비의 95% 이상을 변동성 자원인 태양광과 풍력으로 공급하는 것인데, 태양광과 풍력 발전은 기상 변동 및 지역에 따라 발전량이 변하므로 발전량을 임의로 조절하거나 발전량을 예측하기 어려워 전력 시스템의 불확실성을 증대시키고 전력 수급 조절을 어렵게 하는 측면이 있음

부록 그림 2 태양광과 풍력의 시간대별 발전량 사례, 2015년 7월 1일 (MW)



자료: 전력거래소

- 변동성 재생에너지 발전의 문제로 지적되는 것은 비동기적(non-synchronous) 발전인 태양광과 풍력 발전이 확대되면 전력 시스템의 관성(system inertia)을 떨어뜨려 시스템의 안정성을 악화시킨다는 것임
- 석탄, 원자력, 가스 등 전통적 발전원의 발전기는 동기 발전기(synchronous generator)로 회전속도에 의해 주파수가 결정되는 교류 전기를 생산하는데, 전력의 수요와 공급이 일치할 때 이 주파수가 일정하게 유지되어 전력 시스템이 안정적인 상태를 유지하게 됨

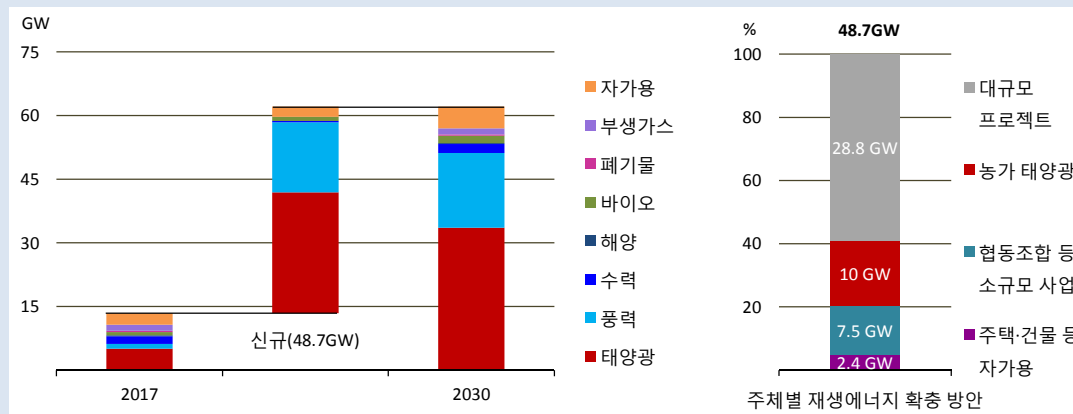
- 전력 시스템은 주파수 변동에 저항하는 능력인 시스템 관성을 가지며 이 관성은 물리적으로 전력 시스템에 연결된 모든 동기 발전기와 모터의 양으로 정의되는데, 시스템 관성이 높을수록 갑작스런 전력 수급 불균형에 주파수가 천천히 반응하여 시스템이 안정적으로 운영될 수 있으나 관성이 낮으면 전력 수급 불일치가 발생할 때 주파수가 급격히 변동하여 시스템의 안정성이 떨어지고 (소진영, 2014), 발전기 고장이 발생하거나 최악의 경우 계통붕괴(system collapse)로 이어질 수 있음
- 태양광은 주파수가 없는 직류 전기를 생산하고 풍력은 교류를 생산하나 특유의 간헐성 때문에 비동기적으로 작동하여 전력 시스템에서 태양광과 풍력의 비중이 늘어날수록 전력 계통의 관성이 떨어지고 시스템 안정성이 악화됨
- 변동성 재생에너지 발전을 계통에 통합하는 것은 변동성 재생에너지의 보급 수준에 따라 전력 시스템의 비용 효과성과 안정성을 유지하기 위한 특별한 수단이 필요한데, 변동성 재생에너지의 발전 비중이 증가할수록 전력 시스템 운영의 기술적 측면, 비용과 시장 운용의 경제적 측면, 시장 참여자의 역할과 책임 그리고 데이터 등 제도적 측면에서 새로운 어려움이 발생함
 - 변동성 재생에너지 발전 보급 정도는 변동성 재생에너지 발전 비중, 발전 시스템의 크기, 송전망 설비 수준, 기존 시스템의 운영 방식이나 탄력성 등에 따라 네 단계로 구분하고 있음 (IEA, 2017a)³²
 - 첫 번째 단계는 변동성 전원의 발전량이 차지하는 비율이 3% 미만으로 미미하여 전체 전력 시스템에 아무런 부담을 주지 않는 상황으로 현재의 우리나라가 이 단계에 해당함
 - 두 번째 단계에서는 변동성 전원의 비중이 3~15% 정도로 늘어나면서 재생에너지 발전의 변동성이 전체 전력 시스템에 영향을 주기 시작하는데, 이 단계에서는 이러한 변동성을 통제하기 위해 ESS, 양수 발전, 가스 발전 등의 백업 설비를 준비해야 하고 재생에너지 발전 전망 시스템을 갖추어야 함
 - 태양광 및 풍력의 발전 비중이 15~25%에 달하는 단계로 접어들면 변동성 발전으로 인한 전력 공급의 변동성 및 불확실성이 훨씬 큰 폭으로 확대되기 때문에 재생에너지 발전량에 대한 정교한 전망이 반드시 필요하고 이를 바탕으로 백업 설비를 이용한 공급 측면의 변동성 제어가 상당히 중요해짐
 - 네 번째 단계에서는 변동성 전원의 비중이 25~50% 정도까지 확대됨에 따라 전력 공급의 변동성 문제 뿐만 아니라 동기 발전기 비중의 하락으로 인한 시스템 관성 약화로 전체 전력 시스템의 안정성이 떨어지게 되므로 이에 대한 대책이 필요함

³² 각 단계는 변동성 전원이 전체 전력 시스템에 미치는 영향의 정도에 따라 구분되는 것으로 변동성 전원의 발전 비중과 밀접한 관련을 가지나 각 나라마다 전력 시스템의 환경에 따라 각 단계에서 다음 단계로 이행하는 발전 비중의 기준은 차이가 있을 수 있음. 각 단계의 변동성 전원 발전 비중은 IEA가 조사한 각 단계에 해당하는 국가의 변동성 전원 발전 비중을 기반으로 한 것임 (IEA, 2017a)

부록 글상자 1 정부의 재생에너지 확대 및 변동성 보완 방안

- 정부는 2030년까지 재생에너지 발전설비를 48.7GW 확대하여 2030년 재생에너지 발전량 비중 20% 달성을 목표로 함. 특히, 연료연소 기반 재생에너지(폐기물, 우드펠릿 등)에 대한 REC 가중치를 축소하여 현재의 폐기물·바이오의 비중은 줄이고 태양광과 풍력을 중심으로 설비를 확대함. 재생에너지의 개발과 보급 방식도 현재의 사업자·개별입지 중심 방식을 국민참여 유도 및 계획적 개발 방식으로 변경하고, 규제완화 등을 통한 대형 프로젝트 지원을 통해 경제성을 확보할 계획임
- 구체적으로 신규 재생에너지 설비의 과반수는 발전회사의 대규모 사업을 통해, 나머지는 자가용, 소규모 사업, 농가 태양광 등의 국민 참여형 사업으로 달성할 계획임. 국민참여 유도를 위해서는 자가용 태양광 생산 전력을 다 사용하지 못하고 남는 경우 전기요금 차감에 활용하는 상계거래 제도를 확대 및 개선하고, 제로에너지건축물 인증 의무화 등을 통해 재생에너지 기반 건축을 확산함. 또한 기존의 발전차액지원(FIT) 제도와 재생에너지 공급의무화제도(RPS)를 결합한 한국형 FIT를 한시적으로 도입하여 일반국민 위주의 소규모 사업의 수익을 보장함
- 농촌지역도 염해간척지, 농업진흥지역 외 농지 등에 태양광 설치를 활성화하고 농사와 태양광 발전을 병행하는 '영농형 태양광 모델'을 신규 도입함. 또한, 지자체 주도하에 개발이익을 공유하는 계획입지제도를 도입함
- 대규모 프로젝트의 추진의 활성화를 위해서는 원전 유휴 부지 및 석탄발전 부지 등을 활용, 대형 발전사의 RPS 의무비율을 상향 조정 등을 통해 대규모 프로젝트 추진을 유도, 채권투자형, 펀드투자형 등의 주민 참여형 사업모델을 신규 개발하여 프로젝트의 수용성을 확보함
- 재생에너지의 변동성 보완을 위해서는 발전 출력변동성을 보완하는 백업설비를 최소 설비에비율에 반영하고, 안정적 전력계통 운영을 위한 재생에너지 통합관제시스템을 구축하며, 유연성 설비 활성화를 위해 전력시장 제도 개선을 추진함. 백업설비로는 LNG 3.2GW, 양수발전기 2GW, ESS 0.7GW를 확충, 통합관제시스템에서는 사전 발전량 예측, 실시간 발전량 계측, 출력 급변시 제어 기능을 수행, 제도 개선으로는 유연성 자원의 진입을 위한 인센티브 제공, 사업자의 유연성자원 의무보유 방안 등을 검토하기로 함

부록 그림 3 재생에너지 발전설비 목표 및 주체별 달성 계획



자료: 산업통상자원부

□ 송배전 설비 현황과 문제점

- 전력 소비가 1990~2016년 사이 다섯 배 이상 빠르게 증가하고 사업자 발전 설비는 같은 기간 21.0 GW에서 105.9 GW로 증가함에 따라 생산된 전력을 생산자로부터 소지자에게 전달하는 송배전 설비도 급격하게 늘어남
 - 2016년 말 현재 송전회선 길이는 33.6천 c-km (circuit km) 배전선로 길이는 474.1천 km로 (한국전력공사, 2017), 1990년 이후 송전회선 길이는 1.7배 배전선로 길이도 각각 2.1배 증가함³³
 - 송전 전압은 교류 765 kV, 345 kV, 154 kV, 66 kV와 직류 180 kV(제주도와 육지 간 송전)로 나뉘는데, 2016년 말 기준 전선 전체 길이에서 해당 전압 전선이 차지하는 비중은 각각 8.0%, 46.9%, 44.8%, 0.2%, 0.1%임
 - 송전 전압이 높을수록 대규모 전력 수송이 용이하고 송전 손실이 줄어드는데, 전력 수요가 지속적으로 증가하고 대단위 발전 설비도 늘어남에 따라 대용량 전력 수송설비에 대한 필요가 증대되어 최근 765 kV 송전 설비가 가장 빠른 속도로 증가하고 66 kV 설비는 감소하는 추세임

부록 표 1 송전 전압별 역할

구분	세부 역할
765 kV	대단위 전원 단지과 대용량 부하 밀집지역간 전력 수송
345 kV	지역간 간선 계통망 구축 또는 도심지 전력 공급
154 kV	345 kV 전력 공급 구역 내 계통 구성 또는 배전 계통 전력 공급
66 kV	소규모 부하 및 전원 연계 또는 저수요 지역 전력 공급

자료: 제8차 전력수급기본계획 (산업통상자원부, 2017)

- 지역별 전력 수급 불균형의 심화로 대규모 송전 필요성이 증대되고 있지만, 송전선 경과지역의 주민 수용성 문제로 사회적 비용이 증가하고 송전망 건설 자체가 어려워지고 있음
 - 전력 수요는 서울을 비롯한 수도권에 집중되어있으나 석탄, 원자력 등 대규모 발전 단지는 낮은 주민 수용성, 수도권의 높은 지대, 발전에 필요한 냉각수 문제 등으로 수요 밀집 지역과는 멀리 떨어진 인구가 적고 지대가 낮은 해안가에 집중적으로 분포하고 있어 대규모의 장거리 송전이 불가피한 상황임 (김현재 & 박명덕, 2016)

³³ 송배전선의 길이는 선로 길이, 회선 길이, 전선 길이로 측정함. 선로 길이는 선로의 두 점 사이의 공간(지지물 사이의 수평거리)을 말하며 지중 선로에 있어서는 두 점 사이의 한 줄의 케이블 공간을 의미함. 회선 길이는 선로의 길이를 1회선당 거리로 나타내는 것으로 보통 송전선로는 3상 3선식으로 구성된 1조를 1회선이라함(2회선 선로 길이가 50 km이면 회선 길이는 100 c-km). 전선 길이는 회선별, 선식별로 각각 다르게 구성된 전력선의 길이를 모두 합하여 한 선으로 연이은 전력선의 총길이를 말함(1회선이 3선으로 구성된 2회선 선로 길이가 50 km인 경우 전선 길이는 300 km) (한국전력공사, 2017)

- 2020년대 초반까지 다수의 신규 석탄 및 원자력 발전 설비 진입이 계획되어있어 345 kV 이상의 대규모 송전 설비의 필요성이 높아지고 있지만, 주민 수용성이 낮은 대규모 송전 설비 건설은 밀양 송전탑 사태와 같은 사회적 갈등을 야기함
- 현재 서해안에서 수도권으로의 송전을 위한 북당진~서안성 구간, 동해안에서 수도권으로의 송전을 위한 신한울~신가평 구간 등의 송전 선로 건설이 지역 주민들의 반대로 지연되면서 송전제약이 발생하고 있는데, 일부 구간의 송전 제약량은 3.0 GW에 달함 (산업통상자원부, 2017)

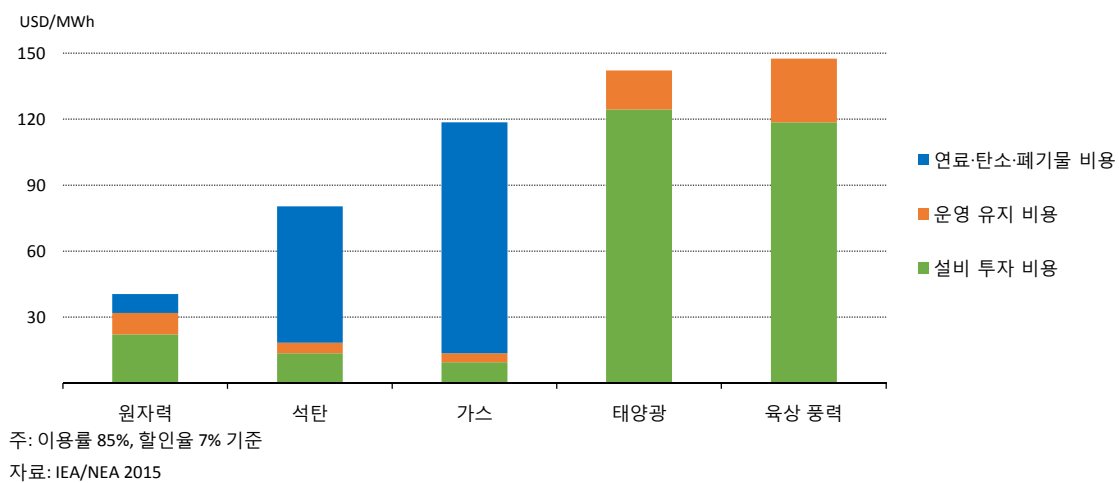
□ 발전 비용

- 균등화 발전 비용(Levelized Cost of Electricity, LCOE)은 운영 기간 발생하는 모든 비용을 한 시점의 현재가치로 환산한 비용으로 서로 다른 발전 방식 간 발전 원가 비교를 위해 널리 사용되는 방식임
- ‘균등화’란 발전 원가의 계산에 있어서 불규칙하게 발생하는 비용 및 발전량을 연도별로 균일하게 등가화하는 것으로, 이때 비용은 화폐의 시간적 가치를 고려하여 일정 시점으로 할인하고 발전량도 동일 시점으로 할인함
- 균등화 발전 비용의 정의는 운영 기간 총 비용의 현재가치를 총 발전량의 현재가치로 나눈 값으로 아래와 같이 계산됨 (IEA/NEA, 2015)

$$LCOE = \frac{\sum_t (I_t + OM_t + Fuel_t + C_t + D_t) / (1+r)^t}{\sum_t kWh_t / (1+r)^t}$$

여기서 I_t 는 t년도의 건설 비용을 포함한 투자 비용, OM_t 는 t년도의 운영 및 유지 보수비, $Fuel_t$ 는 t년도의 연료비, C_t 는 t년도의 탄소 비용, D_t 는 t년도의 폐기물 처리비, r 은 할인율을 나타내고, kWh_t 는 kWh로 표시되는 t년도의 발전량으로 매년 고정된 것으로 가정함

부록 그림 4 2020년 기준 우리나라의 비용 항목별 균등화 발전 비용



부록 표 2 2020년 기준 OECD 주요 국가들의 발전원별 균등화 발전 비용 (USD/MWh)

국가	원자력	석탄	가스	태양광	육상풍력	해상풍력
미국	77.7	93.8	66.0	79.8	42.9	137.2
영국	100.8	-	103.6	167.8	124.0	158.3
프랑스	82.6	-	97.2	134.5	91.3	182.8
독일	-	75.5	102.6	127.1	93.5	183.7
한국	40.4	80.4	118.6	142.1	147.5	274.6
일본	87.6	107.4	138.4	239.4	182.1	-
네덜란드	-	80.4	101.5	136.9	84.9	168.0
포르투갈	-	90.4	102.9	101.5	81.3	223.1
이탈리아	-	-	-	143.7	92.4	-
벨기에	84.2	83.4	102.6	189.8	125.3	190.8

주: 이용률 85%, 할인율 7% 기준

자료: IEA/NEA 2015

- 균등화 발전 비용은 변수 외에도 정기 보수, 사고 정지율, 이용률, 운영 기간 등 입력 전제에 따라 큰 폭으로 차이가 나며, 동일한 발전원이라 하더라도 국가별로 기술 수준, 경제 여건, 지리적 상황, 규제 요건, 발전 사업 구조 등에 의해 다를 수 있음
 - 우리나라의 경우 2020년 기준 원자력이 가장 낮으며 석탄, 가스, 태양광, 풍력 순인데 (IEA/NEA, 2015), 우리나라 원자력의 균등화 발전 비용이 다른 나라에 비해 현저히 낮게 추정되는 이유 중 하나는 정부가 원자력 발전소 건설을 주도하면서 건설 기간 지연 등으로 인한 추가 비용을 민간 주도 원전 건설의 경우에 비해 절감한 결과로 볼 수 있음³⁴
 - 하지만, 원자력의 경우 폐로 비용, 방사성 폐기물 처리 비용 등의 사후처리비용과 원전 사고 보상 비용, 원전으로 인한 사회적 갈등 비용 등이 적절하게 반영되었는지에 대한 문제가 끊임없이 제기되어 왔고 (고경민 & 정범진, 2012), 미세먼지를 고려한 석탄 발전 외부 비용의 재평가 필요성도 대두되고 있음
 - 균등화 발전 비용은 전제 조건에 의해 변동이 심하고 국가별 차이 또한 큰 편이어서 공신력 있는 발전 비용 평가 기구의 설립이 필요한 상황임 (에너지경제연구원, 2017)
- 균등화 발전 비용 외에 발전원의 전력 계통 유입에 따른 추가 비용이 발생하는데 이를 통합 비용 (Integration cost)이라 정의함
 - 통합 비용은 계통 비용(grid cost), 밸런싱 비용(balancing cost), 백업 비용(back-up cost)로 구성되어 있으며, 이 중 밸런싱 비용은 단기 수급 오차 조정, 운전 예비력, 주파수 조정 비용 등을 의미하며, 백업 비용은 피크 기여도가 낮은 변동성 재생에너지의 피크 충족을 위해 소요되는 비용을 의미함

³⁴ 원자력 발전소의 건설 비용은 실제 공사가 진행되면서 당초 계약 금액보다 큰 폭으로 증가하는 사례가 빈번한데 핀란드의 오킬루오토(Olkiluoto) 3호기가 대표적인 사례임 (SchneiderMykle, ThomasSteve, FroggattAntony, KoplowDoug, HazemannJulie, 2009); (고경민 & 정범진, 2012) 재인용

□ 발전용 연료에 대한 에너지 세제

- 발전용 연료에 부과되는 세금은 발전 연료 비용을 통해 균등화 발전 비용뿐 아니라 계통한계가격에 영향을 미치는데, 국내 발전용 에너지 세금은 외부 비용을 적절하게 반영하지 못하고 있으며 에너지원간 세금 부과 기준에 있어서도 일관성이 없어, 환경 문제를 유발하고 발전 믹스를 왜곡하고 있는 것으로 분석됨 (김태현, 2017)
 - 원자력과 국내 무연탄에는 세금이 전혀 부과되지 않고 유연탄에는 개별소비세만 kg당 30원이 부과되는 반면, LNG에는 3%의 관세와 kg당 개별소비세 60.0원, 수입판매부과금 24.2원, 안전관리 부담금 4.8원의 세금이 부과되고 있어, 천연가스가 석탄이나 원자력과 비교했을 때 환경 비용 및 사고위험대응 비용 등 외부 비용이 현저히 낮고 안전하며 청정한 에너지로 인식됨에도 불구하고 가장 높은 세금이 부과되고 있는 상황임
 - 경제급전의 원칙에 따라 발전 비용이 낮은 발전소를 우선적으로 가동하게 되는데, 이러한 세금 구조는 천연가스의 비용 경쟁력을 떨어뜨려 발전원 구성비를 왜곡하게 되고 미세먼지 문제 등 환경 오염을 심화시키는 부작용을 초래할 수 있음

□ 전력 시장의 도매 가격

- 전력 시장 도매 가격은 전력거래소의 전력 수요 예측과 발전사들의 입찰을 기반으로 결정되는데, 전력거래소는 매일 다음날의 전력수요를 시간 단위로 예측하고 발전회사들은 공급가능용량을 전력시장에 입찰, 입찰한 발전기 중 경제 급전 원칙에 따라 비용이 가장 낮은 발전기 순으로 발전계획에 참여하게 됨
- 발전계획에 포함된 발전기의 발전가격 중 가장 높은 가격이 계통한계가격(System Marginal Price, SMP)이 되고 발전기의 종류별로 시장가격(Market Price)이 결정됨
 - 시장가격은 발전기의 종류에 따라 다양한데 비중양급전발전기의 경우 계통한계가격이 곧 시장가격이 되고 육지 중양급전발전기의 경우는 다음과 같은 식에 의해 시장가격이 결정됨

$$MP_{i,t} = \{ \text{Max}(\text{Min}(SMP_t, PC), SP_{i,t}) \} \times \{ 1 - (1 - TLF_{i,t}) \times IMF \}$$

여기서 $MP_{i,t}$ 는 i 발전소의 t시 시장가격, PC 는 정산상한가격(Price Cap), $SP_{i,t}$ 는 유효발전가격, $TLF_{i,t}$ 는 송전손실계수, IMF 는 완화계수임³⁵

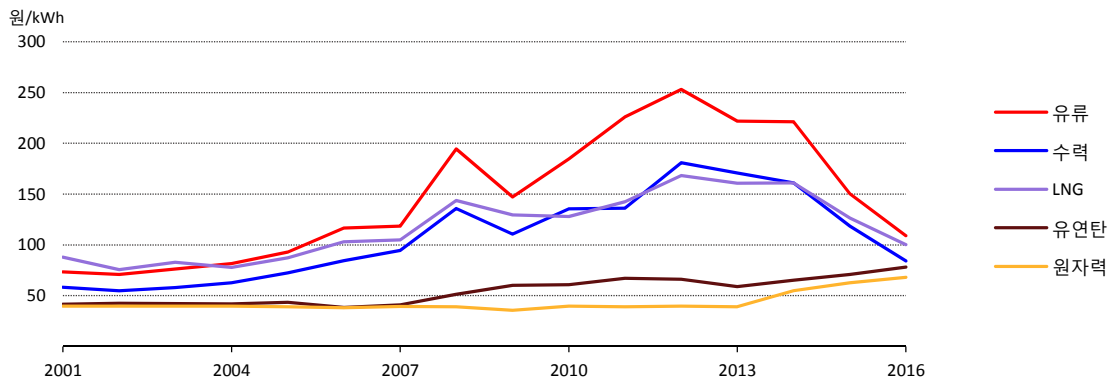
- 이렇게 계산된 시장가격에 원자력, 석탄 등 기저 발전기 및 부생가스발전기의 경우 초과이익을 회수하기 위한 할인을 성격의 정산조정계수를 적용하여 지급함

³⁵ 완화계수는 2007년부터 손실계수를 도입하면서 제도신설에 따른 손실을 완화하기 위해 적용된 것으로 매년 0.1씩 상승하여 2017년에는 1이 되어 사라지게 됨. 따라서 금년부터는 시장가격의 계산식이 아래와 같이 간단해짐

$$MP_{i,t} = \{ \text{Max}(\text{Min}(SMP_t, PC), SP_{i,t}) \} \times TLF_{i,t}$$

- 정산조정계수는 한전과 발전자회사 간 적정 투자보수율 차이를 유지하고 전원별 발전원가 격차를 적용하여 전원 간 투자 우선 순위를 유지하는 것을 원칙으로 계수를 설정하고 있는데, 원자력의 평균 이용률 하락, 유가 및 유연탄 도입 가격 상승, 석탄화력 개별소비세 인상, 봄철 노후 석탄 일시 가동 중단 등으로 정산조정계수의 개정 필요성이 제기 되고 있는 상황임
- 실제 전력 계통 운영을 한 후 발전 실적에 대한 정산을 하게 되는데, 발전입찰에 참여한 모든 발전기는 실제 발전여부와 관계없이 시간별 공급가능용량에 대해 용량가격(Capacity Payment)을 지급받게 되고 실제 전기를 생산한 발전기는 발전계획량과 실제 발전량의 차이를 고려해서 정산함
- 이러한 과정을 거쳐 매일 각 발전기별로 시간별 정산 단가가 계산되고 두 차례 이의 신청과 이에 따른 조정과정을 거쳐 최종 정산 및 재정산 결과가 결정됨

부록 그림 5 발전원별 평균 정산단가 추이



자료: 전력거래소, 통계청

□ 전력 시장의 소매 가격

- 전기 요금은 물가 안정 및 소비자 후생 증대 등을 위해 정책적으로 결정하는 공공요금으로 '전기사업법'과 '물가안정에 관한 법률'의 규정에 의거 전기위원회의 심의를 거쳐 산업통상자원부 장관과 기획재정부 장관의 협의 후 결정됨
- 국내 전기요금제는 사용주체에 따라 용도별로 차등을 두며 전력 수급 안정을 위해 계절별, 시간별로도 차등을 두고 있고, 가격 구조는 기본요금과 전력량 요금으로 구분되는 이부가격제를 택하고 있음
 - 용도별 전기요금은 산업용, 일반용, 주택용, 농사용, 심야전력, 교육용, 가로등용으로 구분되며 2016년 기준 각 용도별 판매량 비중은 56.1%, 21.9%, 13.7%, 3.3%, 2.7%, 1.6%, 0.7%로 산업용이 전체 전력 소비의 절반 이상을 차지하고 있음 (한국전력공사, 2017)
 - 주택용 요금은 사용량이 늘어남에 따라 단위요금이 상승하는 누진요금체제인데 2016년 폭염을 계기로 2016년 12월에 개편되어 기존 6단계 중 1,2단계, 3,4단계, 5,6단계가 각각 하나로 통합되며 3단계로 간소화되었고 최저 단계와 최고 단계의 요금 차이도 11.7배에서 3.0배로 대폭 축소되었음

2. 전력 시장의 주요 이슈

- 산업용, 일반용, 농사용, 교육용 전력에 대해서는 전력 소비가 많은 계절 및 시간대에 높은 요금을 부과하고 전력 소비가 적은 계절 및 시간대에는 낮은 요금을 부과하고 있는데, 이는 전력 수요가 증가할 경우 발전 원가가 상승하는 것을 반영하는 동시에 전력 수요가 높은 시간대에 전력 수요를 억제하여 전력 수급 안정을 도모하기 위함임
- 각 용도별 요금은 전력 공급 설비와 관련된 고정비를 회수하기 위한 기본요금과 전기사업자의 연료비 등 변동비 회수를 위한 전력량 요금으로 구분됨

부록 표 3 전기요금 체계

종별	적용범위	요금체계
주택용	주거용	3 단계 누진제 저압, 고압으로 구분
일반용	공공, 영업용	계절별 차등 고압 이상 시간대별 차등 저압, 고압 A, 고압 B 로 구분
교육용	학교, 박물관 등	계절별 차등 1.0MW 이상 시간대별 차등 저압, 고압 A, 고압 B 로 구분
산업용	광업, 공업용	계절별 차등 고압 이상 시간대별 차등 저압, 고압 A, 고압 B, 고압 C 로 구분
농사용	농업, 어업용	갑(관정), 을(농작물재배, 건조, 냉동) 농사용(을) 고압은 계절별 차등
가로등	가로, 보안등	갑(정액), 을(종량)로 구분
심야전력	전 종별	갑(난방), 을(냉방)로 구분

주: 저압(220~380V), 고압A(22.9 kV), 고압B(154 kV), 고압C(345 kV)

자료: 한국전력공사, (조성진 & 박광수, 2015)의 <표 2-1>을 변경 사항 수정 후 재인용

3. 참고문헌

- 고경민, 정범진. (2012). 원자력의 경제성: 쟁점 검토와 해결 과제. “에너지경제연구”.
- 국토교통부. (2016). “2015년 도로교통량통계연보.” 국토교통부.
- 국회예산정책처. (2015.09). “2016년 및 중기 경제전망.”
- 기상청. (2016.9). “2016년 8월 기상특성.”
- 김상우, 허가형. (2016). “미세먼지 관리 특별대책의 현황 및 개선과제-수송 및 발전부문을 중심으로.” 국회예산정책처.
- 김성균. (2014). “산업에너지 부문 온실가스 인벤토리 작성 및 품질 개선.” 에너지경제연구원.
- 김정수, 이주형. (2004년 2월). 가구특성에 따른 주택선택형태에 관한 연구. “국토계획”.
- 김주영, 박지형, 오재하, 조종석. (2016). “미래 교통수요의 변화 예측.” 한국교통연구원.
- 김철현. (2016년 8월). 올해 석탄 발전은 감소, 신규 발전소 진입이 집중된 2017년 이후가 문제. “에너지수급브리프”.
- 김철현, 강병욱. (2017). 국내 에너지 소비 변화의 요인 분해 분석. “기본연구보고서, 에너지경제연구원”.
- 김철현, 박광수. (2015). “국내 전력소비 패턴의 구조적 변화 및 변화요인 분석.” 에너지경제연구원.
- 김태현. (2017년 4월 10일). 에너지세제 개편 방향. “신정부 에너지정책 과제 이슈페이퍼”. 에너지경제연구원.
- 김현제, 박명덕. (2016). 분산형 전원 활성화 방안 연구: 연료전지를 중심으로. “기본연구보고서”. 에너지경제연구원.
- 대외경제정책연구원. (2016년 5월 13일). 중국의 공급과잉해소 정책 추진 현황 및 전망. “KIEP 북경사무소 브리핑”.
- 대한민국 국회. (2013). 신에너지 및 재생에너지 개발, 이용, 보급 촉진법. 대한민국 국회.
- 대한민국정부. (2008년 8월 27일). “제1차 국가에너지기본계획(2008~2030)”.
- _____. (2016년 11월 21일). 2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵.
- _____. (2016년 6월). 미세먼지 관리 특별 대책.
- 박명덕, 이상열. (2015). “산업용 도시가스 수요변화 요인분석.” 에너지경제연구원.
- 산업자원부. (1999년 1월 21일). 전력산업 구조개편 기본계획.
- _____. (2000년 12월 25일). 전력산업 구조개편 관련 3개 법률 공포. “보도자료”.
- 산업통상자원부. (2015년 12월). 제12차 장기천연가스수급계획.
- _____. (2015). 제7차 전력수급기본계획(2015~2029).
- _____. (2016년 7월 6일). 30년 이상 노후 석탄발전 10기 폐지.
- _____. (2016). “에너지신산업”. <http://www.energynewbiz.or.kr/main>에서 검색된 날짜: 2016년 3월 2일
- _____. (2016.12.13). 누진제 개편으로 주택용 동하계 전기요금 부담 15% 경감. “보도자료”.
- _____. (2017년 12월). “재생에너지 3020 이행계획”.
- _____. (2017년 12월 29일). 제8차 전력수급기본계획(2017~2031).
- 소진영. (2014). 계통안정성을 고려한 태양광, 풍력 발전의 경제성연구. “기본연구보고서”. 에너지경제연구원.
- 신고리 5,6호기 공론화위원회. (2017a). “신고리 5,6호기 공론화 자료집.”

- _____. (2017b년 10월). “신고리 5,6호기 공론화 시민참여형조사 보고서.”
- 신석하, 황수경, 이준상, 김성태. (2013). “한국의 장기 거시경제변수 전망.” 한국개발연구원.
- 안순일, 하경자, 서경환, 예상옥, 민승기, 허창희. (2011). 한반도 기후변화의 추세와 원인 고찰. Climate Change Research.
- 양익석, 김아름, 김비아. (2017년 8월 14일). 독일 에너지전환 정책 목표와 조기 탈원전 결정 가능 조건. “세계 에너지시장 인사이트”, 페이지: 3~25.
- 에너지경제연구원. (2015). “2014년도 에너지총조사.” 에너지경제연구원.
- _____. (2016a). “KEEI 에너지통계연보”.
- _____. (2016b). “2016 장기 에너지 전망.” 에너지경제연구원.
- _____. (2017). “2017 중기 에너지수요 전망(2016~2021년).”
- _____. (2017년 8월). 균등화 발전비용에 대한 이해 및 시사점.
- 온실가스종합정보센터. (2015). “2015 국가 온실가스 인벤토리 보고서.”
- _____. (2016). “2016 국가 온실가스 인벤토리 보고서.”
- 유신재. (2015). “글로벌 EV전기차 동향 및 배터리 SCM 분석.” SNE리서치.
- 윤태연, 박광수. (2017). “에너지빈곤층 추정 및 에너지 소비특성 분석.” 에너지경제연구원.
- 은재호. (2017). 신고리 원전 공론화, 어떻게 할 것인가? “갈등학회토론회”.
- 이달석, 조철근, 박동욱. (2017년 7월). 2017년 하반기 국제 원유 시황과 유가 전망. 에너지경제연구원.
- 이석호. (2011년 4월 15일). 후쿠시마 원전사고 이후 해외 원자력정책 주요 동향. “세계 에너지시장 인사이트”, 페이지: 1~11.
- 이진면, 민성환, 정윤선, 김바우, 김재진, 이용호, 한정민. (2012). “고령화를 고려한 중장기 산업구조 전망.” 산업연구원.
- 전력거래소. (2013). 정산규칙 해설서.
- 조성진, 박광수. (2015). 주택용 전력수요의 계절별 가격탄력성 추정을 통한 누진요금제 효과 검증 연구. “에너지경제연구원 기본연구보고서”.
- 통계청. (2016년 12월). 장래인구추계 : 2015~2065.
- 한국도시가스협회. (2017). 도시가스사업편람.
- 한국자동차산업협회. (2017). “2017년 상반기 국내 자동차 신규등록 현황.” 한국자동차산업협회.
- 한국전력공사. (2017년 6월). 한국전력통계.
- 허인혜, 이승호. (2006). 한국의 이상기온 출현 빈도의 변화와 그 요인에 관한 연구. “대한지리학회지.”
- 현대경제연구원. (2016). 국내 잠재성장을 추이 및 전망. “새로운 경제시스템 창출을 위한 경제주평”, 16(03). 현대경제연구원.
- 홍정석, 이영준, 이영철. (2012). “후쿠시마 사고 이후 원자력 정책과 R&D 동향 및 주요 이슈.” 한국과학기술기획평가원.
- 환경부. (2015). “친환경자동차: 하이브리드차·플러그인하이브리드차·전기차·수소차.”
- _____. (2016). “교토의정서 이후 신 기후체제 파리협정 길라잡이.”
- _____. (2017년 9월 26일). 미세먼지 관리 종합대책.

- EIA. (2017). "Annual Energy Outlook 2017." U.S. Energy Information Administration.
- EIU. (2016). "World commodity forecast: Liquefied natural gas."
- Enerdata. (June 2017). "Country Energy Report, Germany."
- IC Insights. (2017년 11월 20일). "Samsung Forecast to Top Intel as the #1 Semiconductor Supplier in 2017 ." IC Insights: <http://www.icinsights.com/news/bulletins/Samsung-Forecast-To-Top-Intel-As-The-1-Semiconductor-Supplier-In-2017-/>에서 검색된 날짜: 2017년 12월 18일
- IEA. (2013). "Global EV Outlook, Understanding the Electric Vehicle Landscape to 2020." Paris: IEA Publications.
- _____. (2015). "World Energy Outlook 2015." Paris: IEA Publications.
- _____. (2015a). "2015 CO2 Emissions from Fuel Combustion." Paris: IEA Publications.
- _____. (2016a). "2016 CO2 Emissions from Fuel Combustion." Paris: IEA Publications.
- _____. (2016b). "Global EV Outlook 2016: Beyond one million electric cars." Paris: IEA Publications.
- _____. (2016c). "Oil Medium-Term Market Report." Paris: IEA Publications.
- _____. (2016d). "Technology Roadmap: Hydrogen and Fuel Cells." Paris: IEA Publications.
- _____. (2016e). "World Energy Outlook 2016." Paris: IEA Publications.
- _____. (2017a). "Getting Wind and Sun onto the Grid - A Manual for Policy Makers." Paris: IEA Publications.
- _____. (2017b). "Perspectives for the Energy Transition - Investment Needs for a Low-Carbon Energy System." Paris: IEA Publications.
- IEA. (2017c). "World Energy Outlook 2017." Paris: IEA Publications.
- IEA/NEA. (2015). "Projected Costs of Generating Electricity." Paris: IEA Publications.
- IGU. (2017). "2017 World LNG Report."
- IMF. (2017년 10월). World Economic Outlook.
- OECD. (2017). "Investing in Climate, Investing in Growth."
- Rosenbloom Sandra. (2001). Substantiality and automobility among the elderly: An international assessment. "Transportation 28", (페이지: 375-408).
- _____. (2012). The Travel and Mobility Needs of Older People Now and in the Future. , Aging America and Transportation (페이지: 39-54). Springer.
- Schneider Mycle, Thomas Steve, Froggatt Antony, Koplow Doug, & Hazemann Julie. (2009). The World Nuclear Industry Status Report 2009: With Particular Emphasis on Economic Issues.