



# 국내 EERS 도입에 따른 비용편익 추정

## 에너지효율향상을 위한 EERS 도입과 활성화 방안

일시 : 2023년 5월 12일 (금) 10:00 – 12:00

장소 : 국회도서관 소회의실

서울대학교 환경대학원

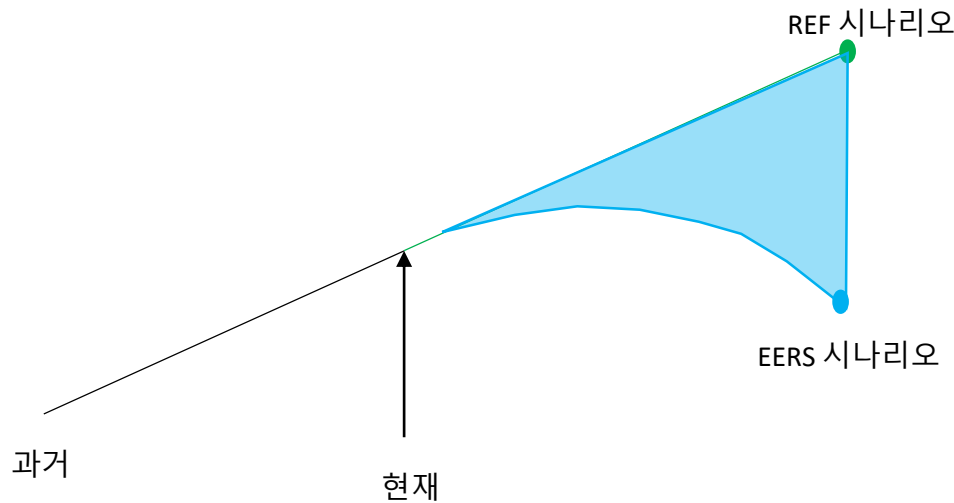
신희영

1. 연구 개요
2. 에너지 시스템 모델링
3. 시나리오 설정
4. 모델링 결과
5. 경제성 분석
6. 요약 및 결론

# 1. 연구 개요

## 시나리오 분석을 통해 EERS의 정책효과를 검토함

- 기준(REF) 시나리오: 미래에 예상되는 사회·경제 전제(인구, GDP)와 정부 탄소중립 목표 달성을 발전부문에 반영
- EERS 시나리오: EERS의 전력부문 목표 (2031년 부터 전전년도 대비 1% 절감) 달성을 가정
- 두 시나리오 간 차이를 기반으로 EERS 효과 분석 및 경제성 평가 수행



<시나리오 분석 개념도>

**기준 미래전망:**  
2050년 탄소중립 목표를 달성하는  
REF시나리오

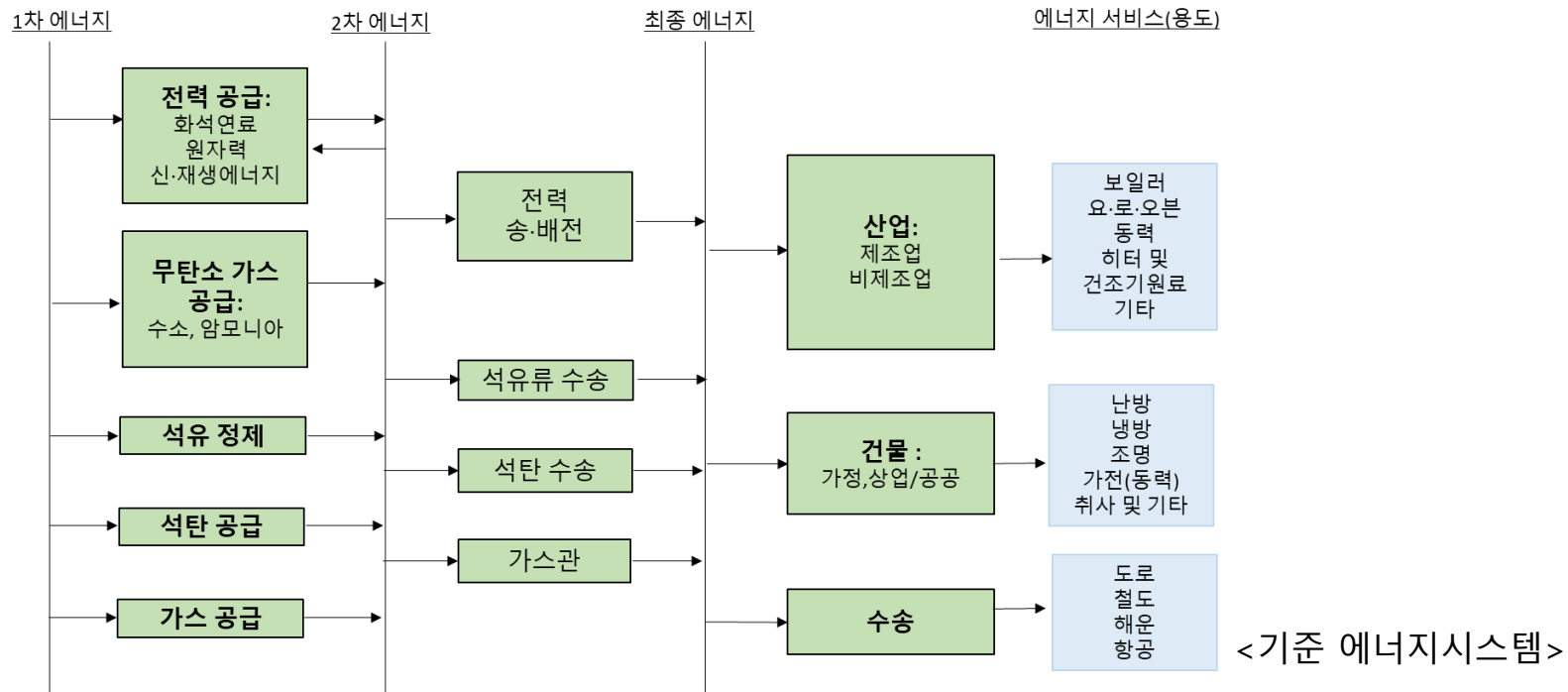
**비교분석 미래전망:**  
동일한 가정 하에  
EERS 목표를 달성하는  
EERS 시나리오



**EERS 효과 분석 및 경제성 평가**  
전력 판매량, 발전설비, 온실가스 배출량,  
발전비용 비교

## 2. 에너지시스템 모델링 - LEAP의 특징

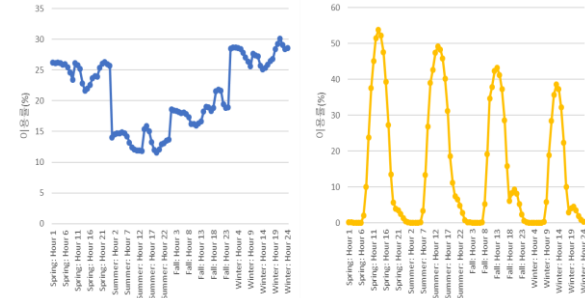
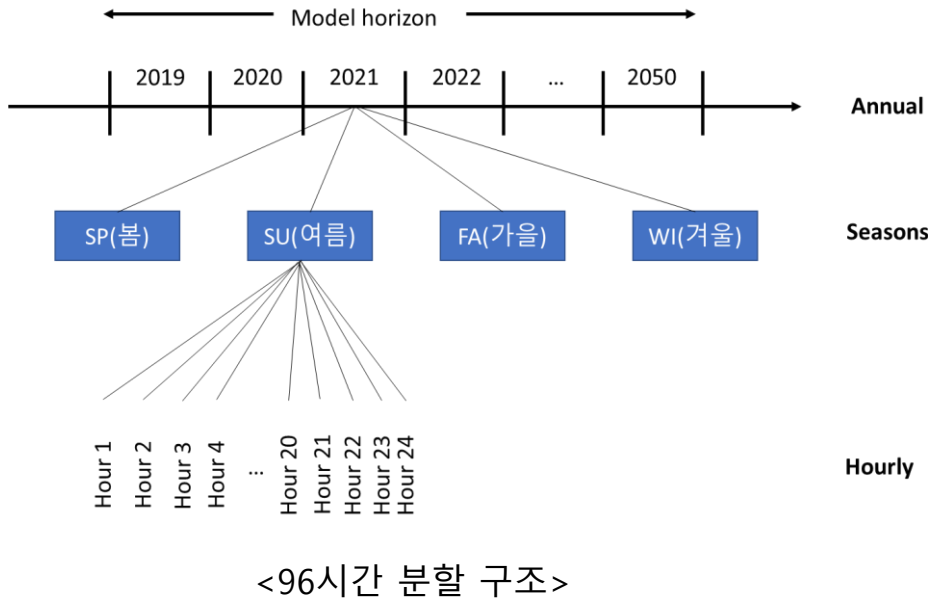
- EERS가 에너지시스템, 특히 발전부문에 주는 영향을 연구하고자 국가단위 모델을 구축함
- LEAP 플랫폼을 활용
  - 상향식 접근을 취하는 회계모형으로 구조를 유연하게 변경하고 에너지 소비 및 공급 관련 기술 특성치(기기 효율, 수명, 등)를 상세히 묘사할 수 있음
  - 아래 그림에서 제시하고 있는 순서에 따라 사용자가 정의한 구조에서 에너지소비 및 공급 변화를 분석할 수 있음
    - 2020년부터 전력소비를 충족시키기 위한 최적 발전설비 계산 모듈 제공 (NEMO - Julia 언어 기반)



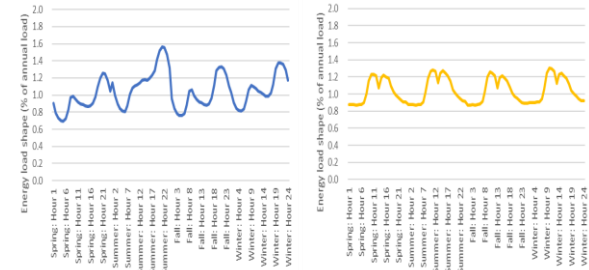
# 2. 에너지시스템 모델링 - 로드 프로파일 및 재생에너지 이용률

## - 발전설비 증설 추정시 수요 로드 프로파일(Load Profile)과 재생에너지 이용률 반영

- 한국전력거래소(KPX) 시간-연료원별 발전량 자료와 월별 설비 자료를 사용해 재생에너지 발전설비 이용률 계산
- 한국전력경영연구원 전력소비계수와 월별 용도별 판매 자료를 사용해 가정, 산업부문 로드 프로파일 계산
- 본 연구에서는 미래의 재생에너지 이용률, 수요 로드 프로파일 변화는 고려하지 않음



<공급-풍력, 태양광 이용률>



<수요-가정, 산업 load profile>

### 3. 시나리오 설정

#### 기준연도를 2018년으로 설정, 2019~2050년을 1년 단위로 분석함

- COVID-19 영향 배제하고 국가 온실가스 감축 목표와 계획을 고려하여 2018년으로 설정
- 예비타당성 조사에서 사용하는 사회적 할인율 4.5% 사용
- 온실가스 외부 비용은 연료 연소에서 발생하는 온실가스 종류로 한정(F-gas 고려하지 않음)

구분	내용
기준연도	2018년
기간	2019~2050년(1년 단위) / 96개 time slices (24시간×4계절)
할인율	4.5%
온실가스 종류	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub> (에너지 부문 온실가스 배출량 위주)
에너지 서비스	건물: 가정 및 상업 부문별 난방, 냉방, 가전, 조명, 기타
	수송: 도로 차종 분류별 대수 및 주행거리(vkm)
	산업: 제조업별 보일러, 오븐, 동력, 히터 및 건조기, 기타, 원료, 수송
에너지원 종류	1차 에너지: 석탄, 석유, 원자력, 천연가스
	2차 에너지: 석유제품(휘발유 등), 수소, 열, 전기
	재생에너지/비재생에너지: 수력, 태양광, 풍력, 바이오매스/ 폐기물

### 3. 시나리오 설정

#### REF와 EERS 시나리오의 차이를 기반으로 EERS 효과 분석

- REF 시나리오: 2030년 국가 온실가스 감축목표, 2050년 탄소중립 목표가 실현되는 가상의 미래
- EERS 시나리오: 2031년 EERS 절감 목표(1%)를 달성하고 2050년 까지 1% 절감 목표가 유지되는 가상의 미래

구분	시나리오 내용	
REF	<p>탄소중립 목표를 달성하기 위해 원료용 비에너지 소비를 제외하고 2050년까지 100% 전력화를 가정</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 최종 에너지 소비: GDP 및 인구전망에서 예상되는 최종에너지 소비량 + 자동적 에너지 효율 개선(AEEI) 반영</li> <li>▪ 전원구성: 9차 전력수급기본계획의 2034년까지 설비계획, 2030년 국가 온실가스 감축 목표 달성 전원구성 반영               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 석탄화력발전소 폐쇄</li> <li>✓ 재생에너지 간헐성과 변동성 대응을 위해 양수, 배터리 ESS 확대</li> <li>✓ 2030년 이후 무탄소 가스터빈 기술 도입</li> </ul> </li> </ul>	
EERS	<p>EERS 절감 목표는 2031년 1%를 달성하고 이후 2050년까지 1%를 유지하는 것으로 가정</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 현행 EERS는 산업부문 기기 지원이 대부분을 차지하고 있으나, 건물 부문(가정, 상업) 최종에너지 소비에서도 2031년 1% 절감을 가정</li> <li>▪ CSE와 잠재량과는 무관하게 현재 한전 사업실적을 기반으로 효율 사업 효과가 있다고 가정함               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 1% EERS 의무량을 부문, 기술별로 같은 비율로 달성하는 것으로 가정</li> <li>✓ 2020년 한전 사업실적의 사업별 CSE 결과 활용</li> </ul> </li> <li>▪ 전기와 관련된 효율개선 사업만을 가정               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 가스, 집단에너지의 EERS 목표는 제외</li> </ul> </li> </ul>	<p>산업, 상업, 가정, 수송</p> <p>석유화학, 철강, 비금속, 조립금속</p> <p>보일러, 오븐, 모터, 히터, 조명</p> <p>&lt;산업분야&gt;</p>

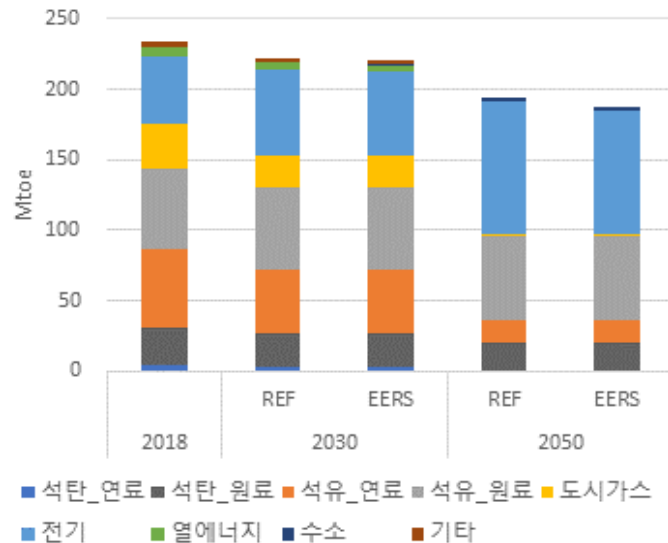
## 4. 모델링 결과 - 최종에너지 소비 및 전력소비

### REF 시나리오의 전력소비 비중은 2030년 28%, 2050년 49%

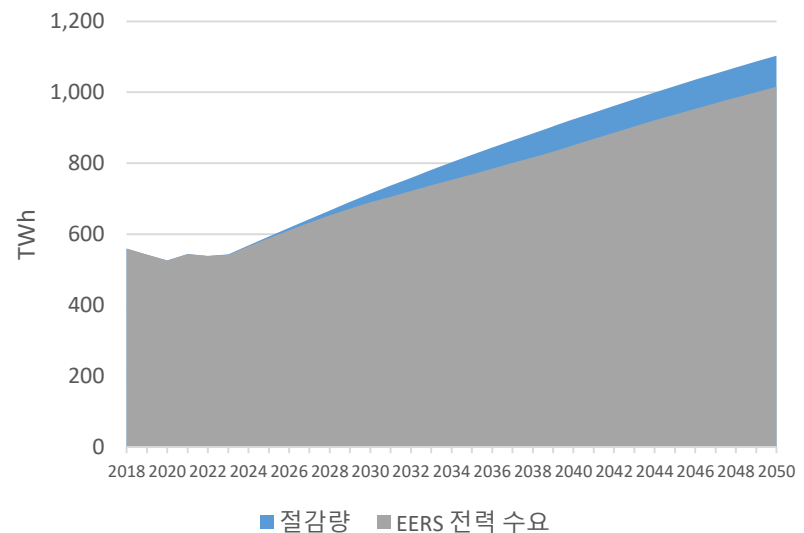
- REF 시나리오 탄소중립 목표 달성을 위해 전력화 가정
  - (전력 소비량 2018년 48 Mtoe (560 TWh) → 2050년 95 Mtoe (1,104 TWh))
- 전력화로 인한 효율개선과 자연적 효율 개선을 통해 최종에너지소비 감소 (2018년 233 Mtoe → 2050년 194 Mtoe)

### 2050년 88TWh 전력 소비 절감 (1,104 TWh vs 1,016 TWh)

- 2022~2030년 EERS 목표 1% 미만으로 이전 연도에 실행한 EERS 누적 효과가 적음
- 2031~2040년 EERS 시장이 확대되어 누적 효과로 총 절감량 증가
- 2041~2050년 안정적인 효율 사업 가정



<시나리오별 최종에너지 수요>



<시나리오별 전력 수요>

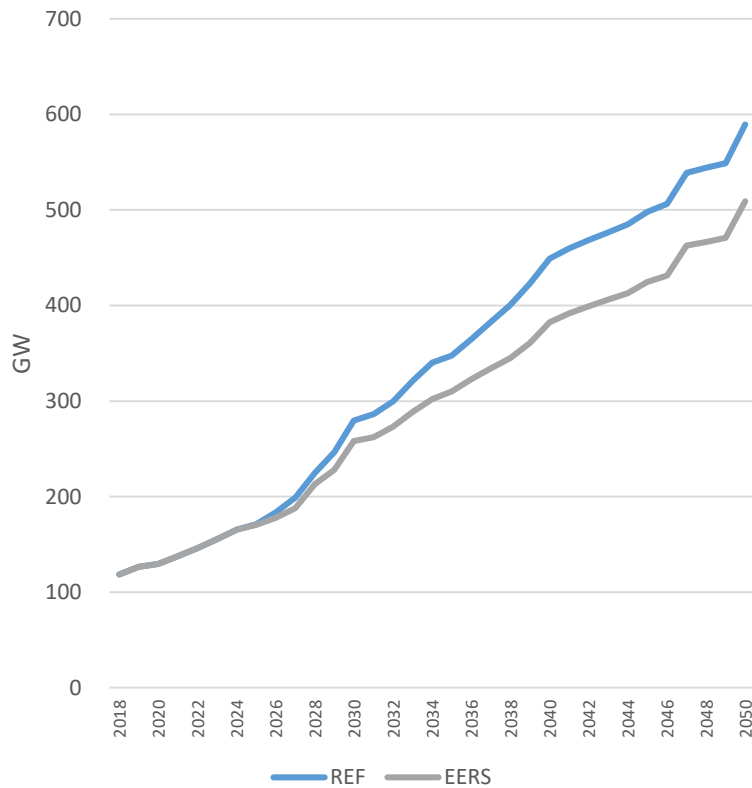


# 4. 모델링 결과 - 발전설비 변화

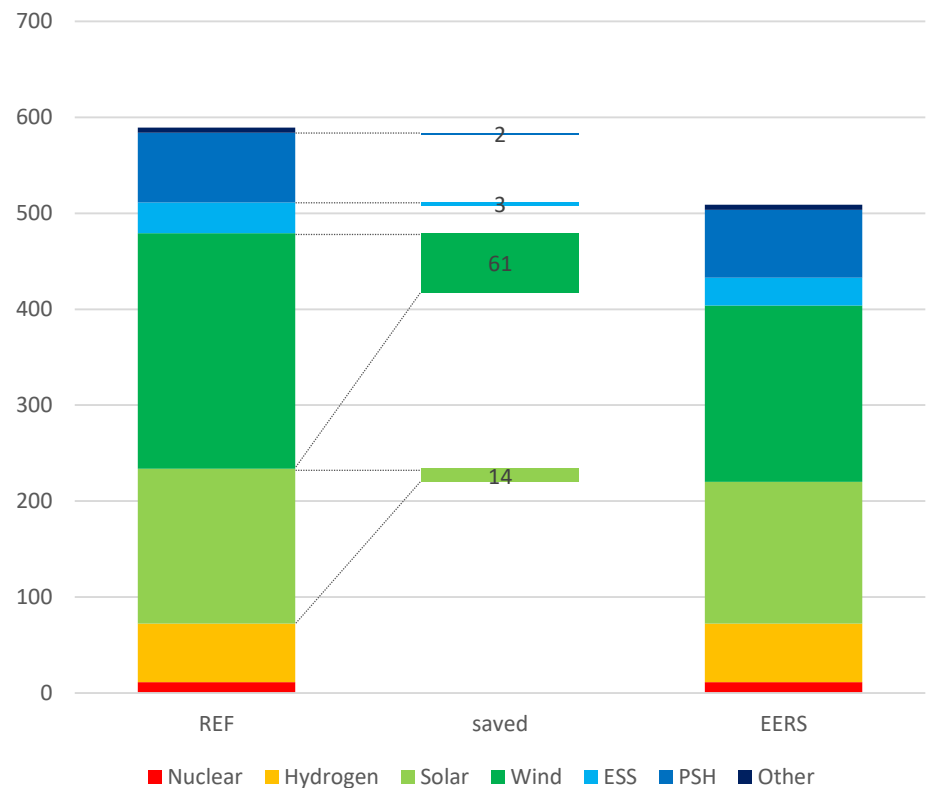
## 2050년 80GW 발전소 건설 회피 가능

- REF 시나리오에서 탄소중립 목표 달성을 위해 화석연료를 전기로 대체하면서 추가적인 발전소 건설이 필요
- EERS 시나리오에서 전력소비 감소는 발전설비 감소로 이어짐
- 탄소중립 목표 달성을 가정해 신규 설비는 재생에너지, 무탄소 발전원(수소), 양수, ESS

<시나리오별 발전용량>



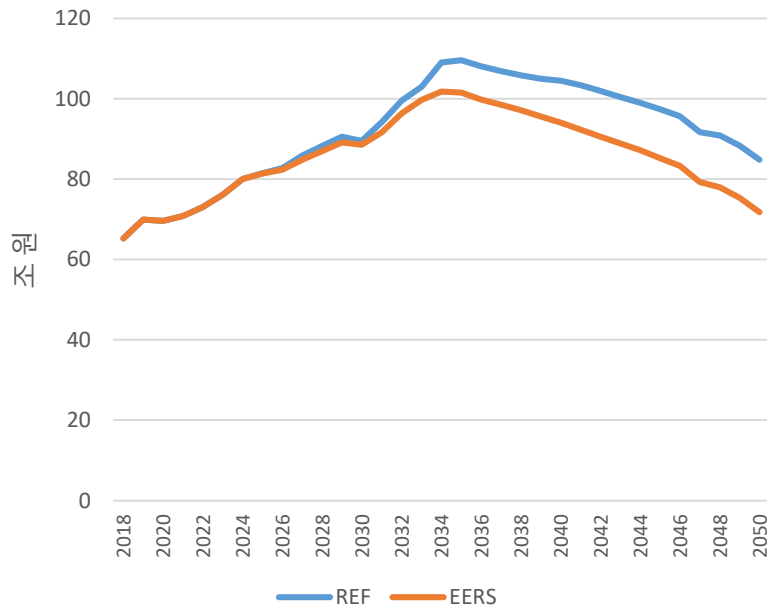
<Capacity Saved in 2050>



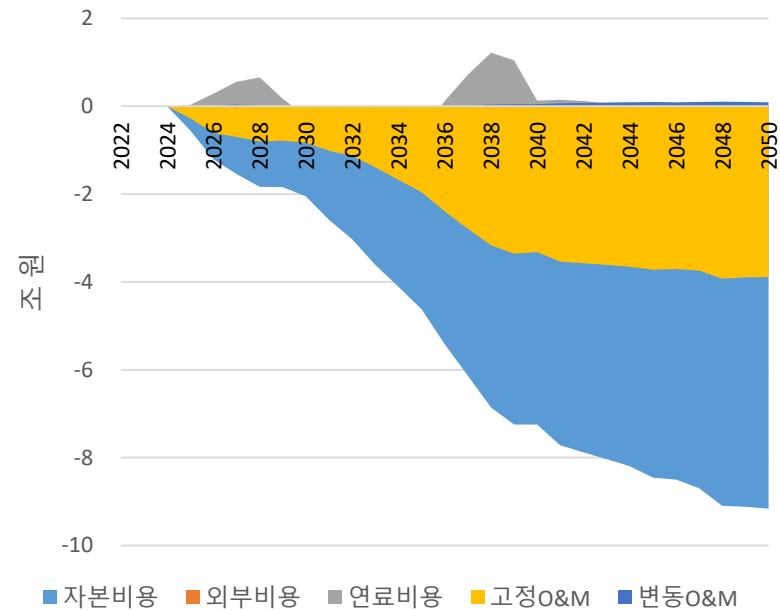
# 4. 모델링 결과 - 발전부문 비용 변화

## EERS 도입으로 2050년 13조원 절감

- 발전부문 비용은 전력생산과정에서 발생한 비용을 계산함(자본비용, 연료비용, 고정 및 변동 비용, 온실가스 외부 비용)
- 9차 전력기본설비계획 이후인 35년부터 석탄 및 가스 발전이 감소로 연료비용 감소
- EERS 도입으로 신규발전소 건설 회피와 관련된 자본 및 고정 비용 감소
- 학습효과로 인한 재생에너지 발전소 건설 단가 감소를 고려함 (국내 발전소 비용 및 미국 NREL 발전원 비용전망 참고)



<시나리오별 전력 생산비용>



<EERS vs REF 생산비용 차이>

## 5. 경제성 분석 - 항목별 설명

### 고객영향평가

+ 회피 공급비용	편익
- 프로그램 관리자 수입감소	
- 프로그램 관리자 비용	비용
- 참여자 인센티브	

- ➔
- (EERS의 정책효과가 전기가격에 반영이 된다면)
  - 고객에게 미치는 영향을 평가

### 총자원비용 테스트

+ 회피 공급비용	편익
- 프로그램 관리자 비용	
- 프로그램 참여자 비용	비용

- ➔
- EERS가 사회 전체에 미치는 영향을 평가
  - 한전이 고객에게 지원하는 비용은 +/- 상쇄

### 프로그램 관리자 테스트

+ 회피 공급비용	편익
- 프로그램 관리자 비용	
- 참여자 인센티브	비용

- ➔
- 한전의 관점에서 EERS 정책의 비용편익을 평가
  - 매출 및 수익 감소에 대한 고려를 하지 않음

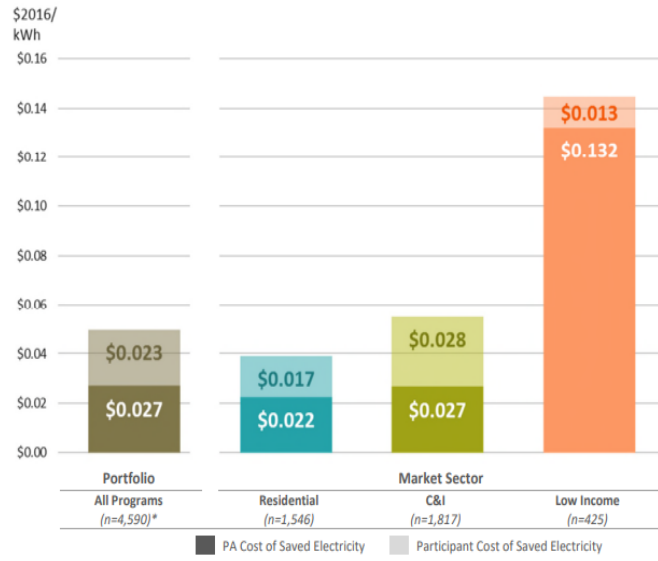
### 참여자 테스트

+ 참여자 인센티브	
+ 요금 감소분	비용
- 순 참여자 비용	편익

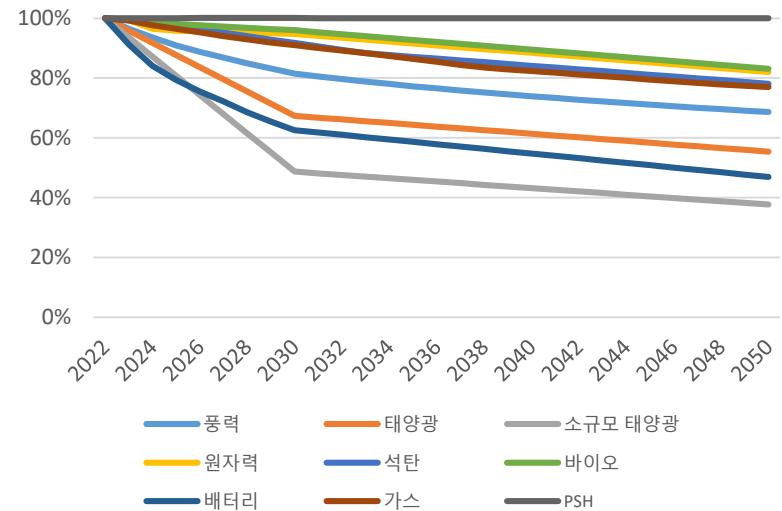
- ➔
- EERS 대상 고객 입장을 평가
  - EERS 참여로 인한 경제적 측면만을 검토

# 5. 경제성 분석 - 가정

- 2018-2021년 EERS 시범사업에서 보고된 인센티브 값을 에너지서비스별로 대응시켜 EERS의 인센티브 비용으로 사용
- 경제성 분석 시 절약한 전력으로 인한 수입 감소를 계산하기 위해 2021년 한국전력통계의 평균 판매단가인 114 원 /kWh를 사용
- 프로그램 관리자 비용, 참여자 비용은 미국 LBNL 보고서에서 참여자와 관리비용을 구분한 비중을 사용함
  - 관리비용은 EERS 인센티브의 10%, 참여자비용은 EERS 관리비용+인센티브의 100%
- 장기간에 걸친 재생에너지 발전소 건설 단가 하락을 반영하기 위해서 미국 NREL의 ATB 전망을 활용



<LBNL 프로그램 관리자와 참여자 비용>



<ATB 발전원별 CAPEX 변화 추이>

## 5. 경제성 분석 - 테스트별 편익-비용 순현재가치(NPV)

### EERS는 모든 관점에서 경제적인 정책이라 할 수 있음

- 고객영향평가의 B-C가 가장 적은 이유는 EERS 실행으로 인한 수입 감소를 고려하기 때문임
- 총자원비용(사회적 관점)에서 신규 발전소 건설 회피 및 연료비용 감소가 큼
- 프로그램 관리자 비용(한전 관점)에도 동일하게 발전소 건설 회피 편익이 커 비용보다 편익이 큼
- 순현재가치는 2022년을 기준으로 진행 했으며 향후 장기간 분석을 고려해 할인율 3% 민감도 분석을 수행

(단위: 조원)

테스트 종류	할인율 4.5%			할인율 3%		
	편익	비용	편익-비용	편익	비용	편익-비용
고객영향평가	90.5	82.9	7.6	117.3	106.6	10.7
총자원비용 테스트	90.5	10.2	80.3	117.3	12.7	104.5
프로그램 관리자 비용 테스트	90.5	9.3	81.2	117.3	11.7	105.6
참여자 테스트	82.1	9.3	72.7	105.5	11.7	93.8

# 5. 경제성 분석 - 고객영향평가

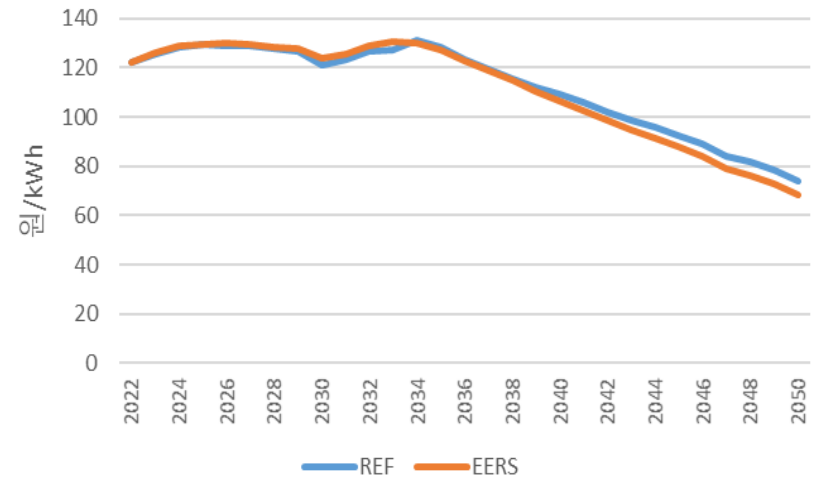
**고객영향평가 결과 2022-2050년 기간 동안 순현재가치가 7.6조 원으로 에너지효율 증대를 통해 오히려 전력요금을 낮출 것을 기대할 수 있음**

- 고객영향평가는 경제성 분석 중에서 유일하게 판매감소로 인한 한국전력의 수입 감소를 분석에 고려함
- 단기적으로는 수요감축이 유틸리티의 회피 공급비용에 큰 영향을 줄 수 없기 때문에 편익-비용이 음(-)의 값임
- 장기적으로 EERS의 경제성을 검토할 경우 추가적인 발전소 건설을 피할 수 있음으로 큰 편익이 발생하여 편익-비용이 양(+의 값으로 전환
- 2050년 평균 전력생산단가가 REF 74원/kWh, EERS 68원/kWh로 8% 감소함

<고객영향평가>

비용편익 항목(단위: 조원)		Total	2022	2030	2040	2050
편익	유틸리티 회피 공급비용	90.5	0.0	2.2	4.7	3.8
	판매감소로 인한 수입 감소	73.6	0.1	1.9	3.8	2.9
비용	프로그램 관리자 프로그램 비용	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
	참여자 인센티브	8.5	0.0	0.4	0.3	0.3
고객영향평가 순현재가치		7.6	-0.1	-0.1	0.6	0.6

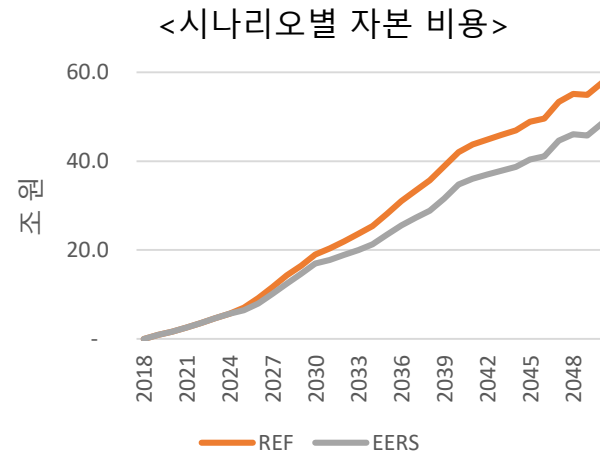
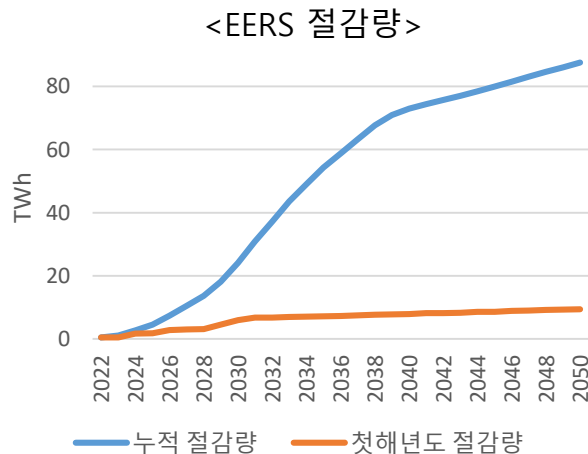
<시나리오별 평균 전력생산단가>



# 5. 경제성 분석

## EERS는 탈탄소화와 전력화를 가정한 장기적 관점에서 모두에게 win-win 정책임

- EERS 기기의 수명을 10년으로 가정하는데, EERS의 경제성을 평가할 때 누적 감축량을 고려하지 않고 당해년도 감축량만을 고려할 경우 경제적이지 않다고 판단할 소지가 있기 때문에 주의해야 함
- EERS 감축목표를 2030년 까지 1%로 상향조정할 경우 2050년도에 EERS로 인한 누적감축량이 8.6%에 달하기 때문에 발전용량 증설 회피비용이 커져 경제성을 확보할 수 있음
- EERS 실행으로 EERS 프로그램에 참여하지 않은 전력 소비자의 경우에도 전기 생산비용이 감소하기 때문에 요금이 줄어들 것을 기대할 수 있음
- REF 시나리오에서 전력화로 인해 전력수요가 두 배 이상 증가하는 미래를 모델링하였고, 탈탄소화를 가정한 때문에 추가적인 재생에너지 발전용량 확보가 필수적임. EERS를 통해 재생에너지 증설 비용을 회피할 수 있기 때문에 EERS가 경제적인 정책인 것으로 평가할 수 있음. 단기적으로는 이러한 시스템 차원의 변화를 간과할 수 있으나 EERS 정책설계에 있어서 에너지시스템의 로드맵을 염두에 두어야 함.



## 6. 요약 및 결론

### <요약 및 결론>

- 분석 결과 REF 시나리오 전력 소비는 2050년 1,102 TWh이고 EERS 시나리오 전력 소비는 2050년 1,016 TWh로 한국전력의 효율 개선 사업 확대를 통해 2050년에 88 TWh 전력 소비를 절감할 수 있음
- REF에서 2050년 까지 발전설비가 80GW 감소해 대규모 발전설비 건설 회피가 가능한 것을 확인함
- 경제성 분석 결과 고객 영향평가 7.6조 원, 총자원비용 테스트는 80.3조 원, 프로그램 관리자비용 테스트는 81.2조 원, 참여자 테스트 순편익 72.7조 원으로 모든 관점에서 경제적인 정책인 것으로 나타남
- 고객영향평가, 총자원비용, 프로그램 관리자 입장에서 단기적으로는 EERS가 경제적이지 않을 수 있으나 장기적으로 발생하는 편익을 감안하여 단기적 비용을 지출할 수 있는 정책설계가 필요할 것으로 보임

### <분석의 한계>

- 본 분석에서는 2022~2050년 EERS 정책 전체에 대한 경제성을 분석하였으나, 추후 개별 프로그램 단위의 경제성 분석이 필요함
- 연료가격 상승으로 인한 한전의 적자 운영을 분석에 반영하지 않고 연료가격 정상화 하에서의 장기적 영향을 분석하였음
- 고객영향평가 결과 장기적으로 EERS 사업은 전력생산비용을 낮추는데 기여할 수 있음
- 연료 간 대체, 행동 변화 프로그램, 섹터 커플링, DR 등의 다각화된 EERS 프로그램 형태를 반영하지 않음
- 피크 부하 변화를 경제적으로 평가하지 않고 절감한 전력의 발전비용 차이를 고려하지 않음
- 부문 및 기술별 감축 잠재량과 비용을 고려하지 않아 향후 어떤 부문에서 절감효과가 클지 검토하지 못함. 이를 위해서는 절감 잠재량 연구가 선행되어야 함