

전원구성계획을 고려한 에너지·기후변화 정책 분석 모형개발

에너지경제연구원 성과발표회

2012. 12. 17

차례

- ❖ 연구 목적
- ❖ 선행 연구 리뷰
- ❖ 방법론 및 자료
- ❖ 시나리오 설정
- ❖ 결과 및 토의

연구 목적

❖ 전력부문은 우리나라 에너지 및 기후변화 정책의 핵심 차지

- 전력을 포함한 전환 부문은 1차 에너지 소비의 큰 부분을 차지
- 향후 소득 증가로 인한 전력화(electrification)을 통해 그 비중은 점차 증대될 전망
- 신재생에너지 및 원전확대 등은 우리나라의 중기감축목표 달성에 있어서 핵심적 역할

❖ 기존 CGE 모형에서는 전력 부문을 단일 산업으로 취급

- 대규모 설비투자산업이고 기술적 특성의 고려가 필요한 전력산업의 특성을 반영하지 못함
- 이를 통한 정책효과 분석은 비효율적인 결과를 낳을 수 있음

❖ 본 연구의 목적

- 전원구성 및 전원계획을 고려하고 적용할 수 있는 하이브리드 모형 개발
 - 하향식 모형인 CGE 모형을 골간으로 하며 전력부문에 대해 상향식 모듈
- 신재생에너지 지원정책 및 원전 관련 정책이 경제전반에 미치는 효과성 분석

선행연구 리뷰

❖ 상향식 및 하향식 모형의 특성

- 하향식 모형: CGE 등, 경제 전반에 중점
 - 에너지 정책으로 인한 경제 전반의 변화에 초점
 - 시장의 왜곡, 내생적 가격 변화, 가계와 정부와 같은 다양한 주체들 간의 소득 효과와 같은 미시경제적인 상호작용을 반영한 균형의 문제
 - 다양한 기술들의 대체 현상은 단지 생산함수의 대체탄력성을 통해 반영
 - 개별 기술에 대한 물리적인 특성을 고려하지 못했다는 비판
- 상향식 모형: MARKAL 등, 에너지 시스템에 중점
 - 에너지 부문에 대한 부분균형을 다룸
 - 에너지 효율성 향상, 향후 기술 간의 대체 현상, 기술별 생산요소의 고정된 투입계수 등 개별적인 기술 특성을 모형에 반영
 - 해당 기술별 제약조건 하에서 주어진 에너지 수요를 충족할 수 있는 최소비용의 해법을 구하는 최적화 문제

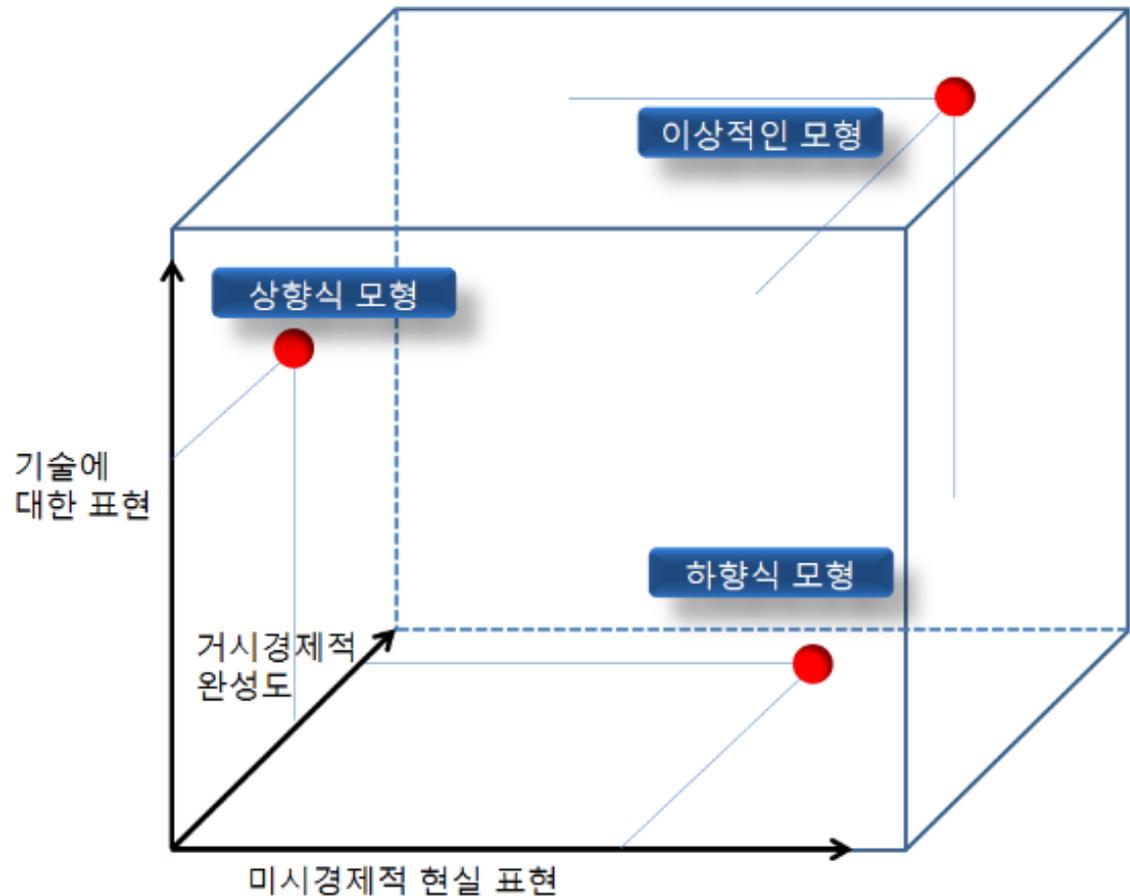
선행연구 리뷰

❖ 상향식 vs. 하향식

- 부분균형 vs. 일반균형
- 용량(capacity) 대체 vs. 수요, 가격변화로 대체
- 감축 정책 평가 시, 하향식 모형의 비용이 더 크게 나옴
- 상향식 모형은 감축기술의 잠재적 가능성 고려

❖ 하이브리드 모형의 필요성 대두

[그림 2-2] 에너지-경제 모형의 3차원적인 프레임웍



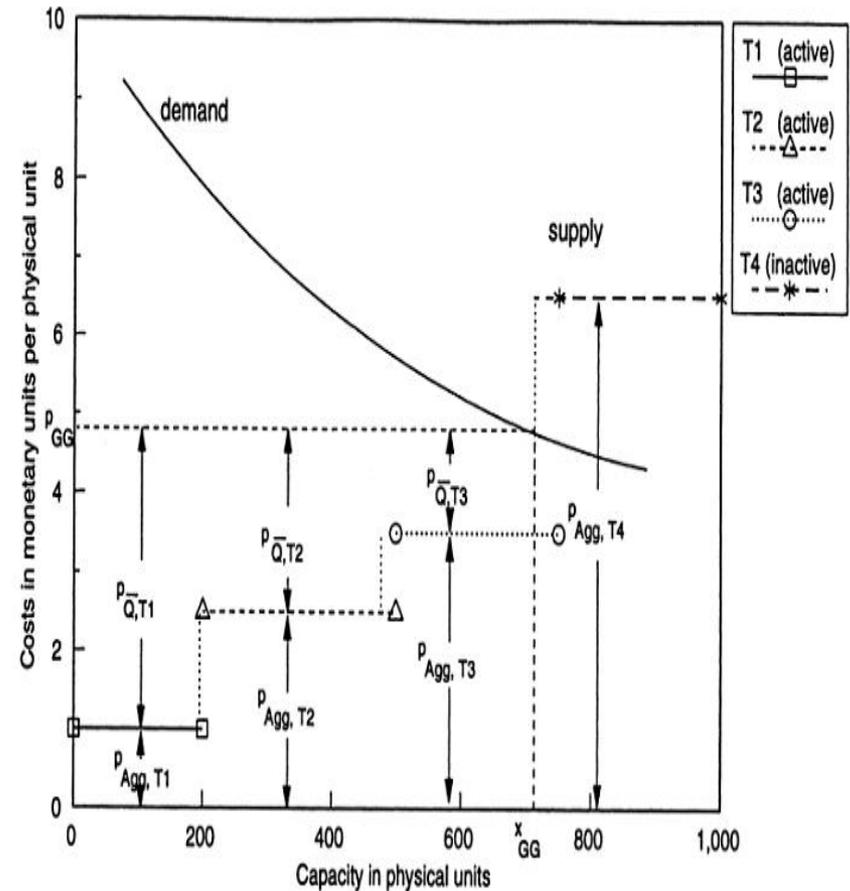
자료: Hourcade (2006)

선행연구 리뷰

❖ 하이브리드 모형의 문제점

- 상향식 모형과 하향식 모형 간에 사용하는 가정 및 자료의 일관성
 - 공학기술적 정보 vs. 산업연관표
 - 영이윤(zero profit), 시장청산 등의 경제적 균형조건
- 연산의 복잡도가 크게 증가
- 기술들 간에 전환 대체탄력성과 같은 모수 추정의 어려움
- 플립-플롭 문제
 - 전력 가격의 변동이 일정 경계를 넘어가게 되는 순간 비경제적이 된 발전원 전체가 비활성화 상태

[그림 2-4] 상향식 모형에서의 계단식 공급함수



자료: Böhringer(1998)

선행연구 리뷰

❖ 하이브리드 모형 연구 사례 - Böhringer(1998), Böhringer & Rutherford(2005, 2008)

- MCP 방식을 사용한 상·하향식 모형을 하나의 수학적 틀 안에서 기술
 - 'mixed complementarity problem', 'mixed'는 등식과 부등식의 혼합을 의미, 'complementarity'는 방정식과 변수가 서로 'complementary slackness condition'을 형성
- 모형 내 변수의 의미와 자료 등의 일관성 추구

방법론 및 자료

❖ 하이브리드 모형의 설정

- Kiuila & Rutherford(2010, 2011), Böhringer et al.(2012)
- 발전원별 생산함수에 대해 수확체감(DRTS) CES form 적용
 - CES(constant elasticity of substitution) 함수에서 사용하는 자본투입에 대해 고정된 량, 비율, 또는 구간 등을 할당
 - 원래 수확불변인 CES가 DRTS 성질을 갖게 됨
 - 가격 변동에 대해 smoother reaction을 갖게 되어 플립-플롭 현상 해결
- 각각의 발전원에 대해서 고정요소를 조정함으로써 각각의 발전원에서의 공급이 전원구성 및 계획에 맞도록 조정
- 각각의 발전원 공급 탄력성을 외생적으로 주어야 하는 어려움

방법론 및 자료

❖ CGE 모형의 설정

- Kiuila & Rutherford(2010, 2011), Böhringer et al.(2012)
- 발전원별 생산함수에 대해 수확체감(DRTS) CES form 적용
 - CES(constant elasticity of substitution) 함수에서 사용하는 자본투입에 대해 고정된 량, 비율, 또는 구간 등을 할당
 - 원래 수확불변인 CES가 DRTS 성질을 갖게 됨
 - 가격 변동에 대해 smoother reaction을 갖게 되어 플립-플롭 현상 해결
- 각각의 발전원에 대해서 고정요소를 조정함으로써 각각의 발전원에서의 공급이 전원구성 및 계획에 맞도록 조정
- 각각의 발전원 공급 탄력성을 외생적으로 주어야 하는 어려움
 - 기존기술/원자력/신재생에 대해 각각 다른 공급탄력성 가정

방법론 및 자료

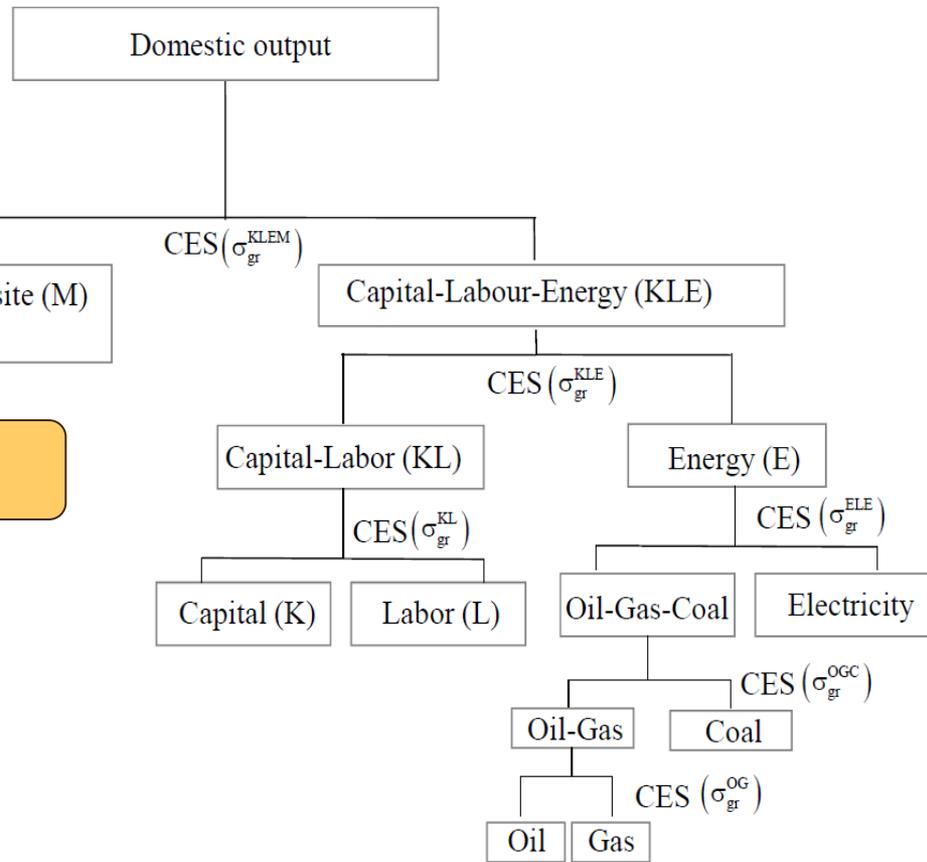
❖ 소국개방경제 가정을 따른 일국정태모형(2007년 기준연도)

- 2030년까지 GDP, 에너지가격, 부문별 에너지수요/GHG 전망 적용
- 미국 DOE/EIA에서 전망한 우리나라 발전원별 구성자료 적용(IEO, 2010)
- 부문별로 계산된 energy-GHG coefficient(money-TOE-TCO_{2e})
- 실제 에너지밸런스 및 인벤토리 적용 노력
- 부문별 세분류: 부문별/업종별/연도별 감축목표(2011.7)에 따른 업종세분류
- 에너지원 세분류: Coal, Coking Coal, Crude Oil, Natural Gas, Manufactured Gas, Naphtha and non-fuel oils, Fuel Oils, Electricity
- 전력부문 발전원별 세분류: 석탄, 증유, 가스, 원자력, 수력, 풍력, 지열, 태양광, 바이오 등
- 탄력성 자료 : Okagawa & Ban(2008)에서 OECD 국가대상 분석 계수 사용

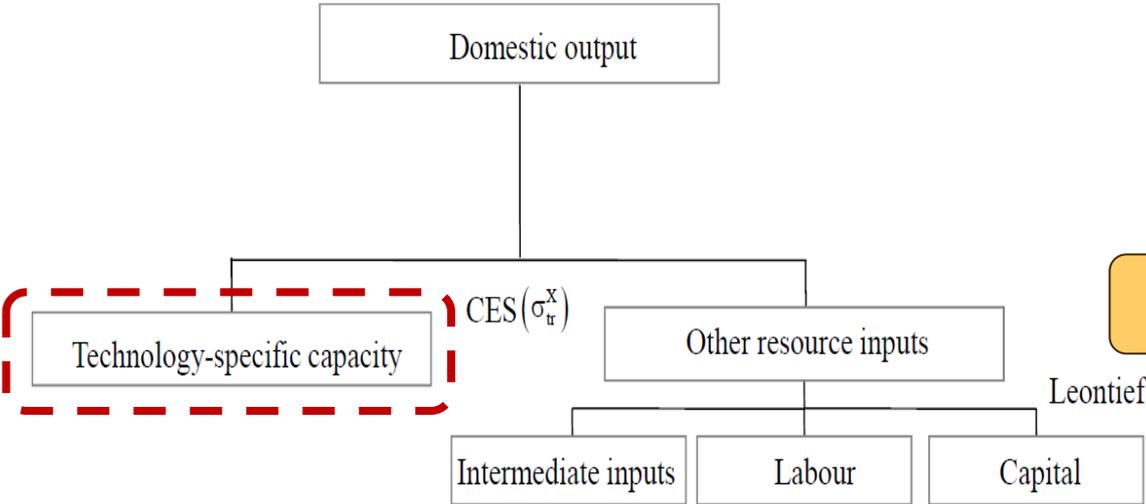
방법론 및 자료

❖ CGE 주요 포섭구조

생산포섭구조



발전기술별 전력생산 포섭구조



시나리오

❖ 시나리오 1: BAU 시나리오

❖ 시나리오 2: Black Quota

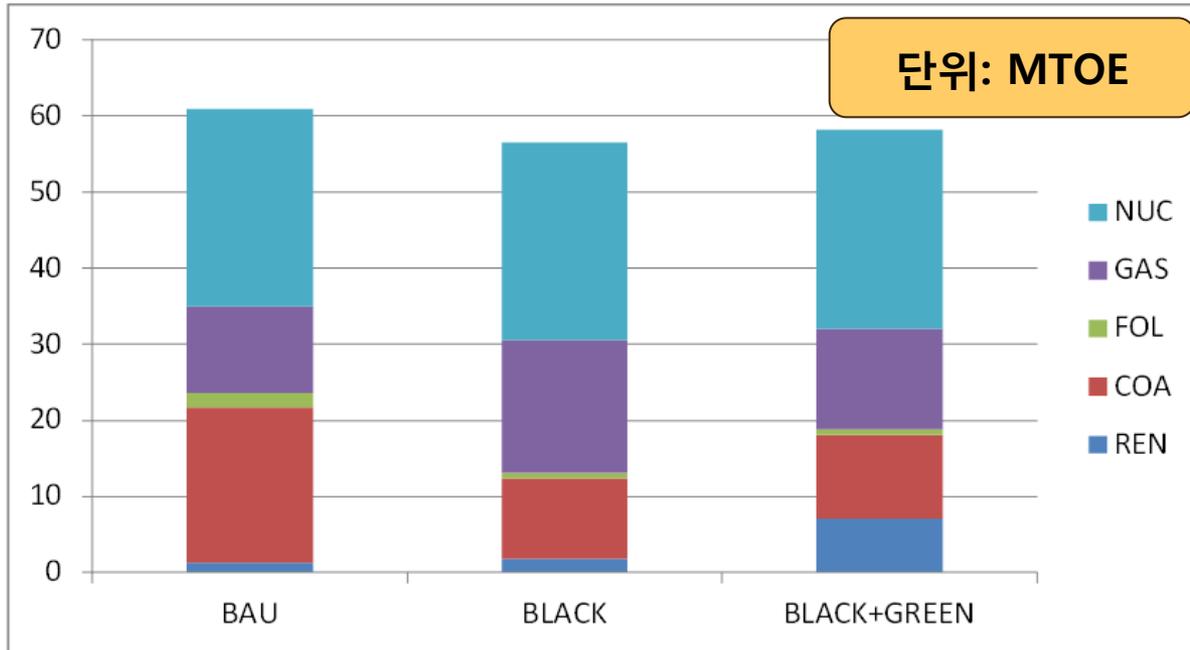
- 2011년 7월 발표된 연도별 감축목표에 따른 감축목표
- 전부문 ETS 시행 가정

❖ 시나리오 3: Black Quota + Green Quota

- Black quota에 더하여 RPS 시행
- 신재생에너지 전원구성 비율 12% 가정

결과정리

❖ 시나리오별 전원구성 결과



❖ Black quota로 석탄발전 감소

❖ Black + Green quota의 경우 석탄발전 감소량 적음

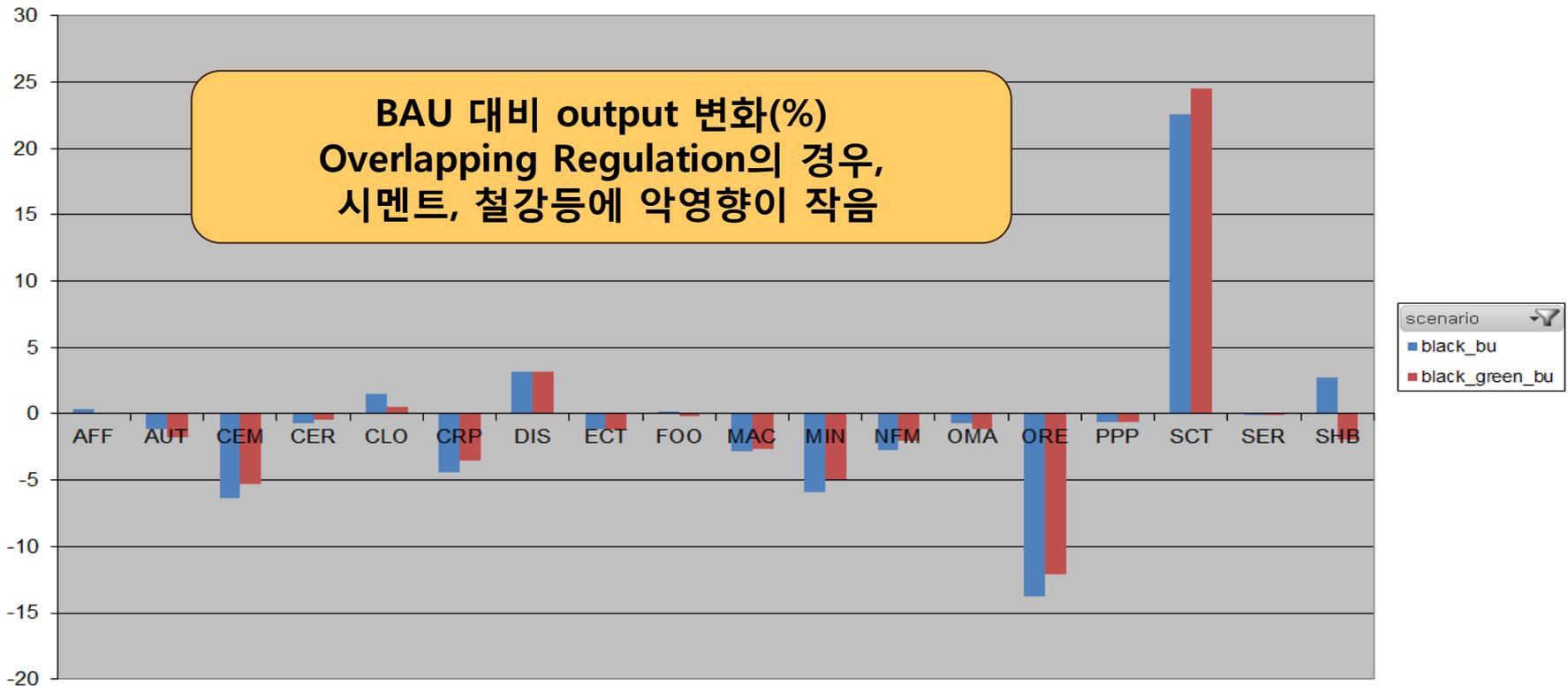
- Overlapping regulation, green promotes the dirtiest 현상
- Green quota가 dirty industry의 감축비용을 줄여주기 때문에 나타나는 현상

결과정리

❖ 거시변수 및 업종별 결과

➤ BAU 대비 GDP 감소(%)

- Black quota: 0.32, Black+green quota: 0.462



결과정리

- ❖ 발전원별 고정요소를 이용한 DRTS 생산함수를 적용하여 전원구성계획 고려 가능
- ❖ Black quota, Green Quota와 같은 overlapping regulation의 효과 관찰
 - Green promotes the dirtiest 현상 관찰
 - 신재생에너지 quota -> 탄소저감비용 저하 -> 석탄발전 비중 유지
- ❖ 향후 발전원별 자료가 더 수집되면 supply elasticity의 정교한 추정 및 다양한 시나리오 적용이 가능함