

에너지 패러다임의 전환

# 「기후에너지환경부 인설과 친환경·친경제 기후에너지정책의 미래」 세미나

## 일 시

2025년 10월 1일(수) 오후 2시

## 장 소

푸른홀(여반322 5층)

## 발 제

박상덕 전 한국전력 전력연구원 원장

## 토 론

조성봉 송실대 대학원 초빙교수  
이종호 서울대 원자핵공학과 객원교수  
고범규 서울대 원자력정책센터 연구위원  
손양훈 인천대 경제학과 명예교수

문의: 이호경 연구원(02-3774-5053)



주최



한국환경정책연구소

자유기업원

# 친환경·친경제 두 마리 토끼를 잡는 에너지 정책

2025.10.01

박상덕  
서울대학교 원자력정책센터

1

## 목차

- 원자력산업의 환경부 이관
- 간헐에너지 확대의 비용 구조
- 원자력의 안전성, 환경성, 경제성
- 화력발전의 청정화
- 친환경·친경제 정책 제언
- 결론

2

# 원자력산업의 환경부 이관

간헐에너지를 늘리려는 꼼수

3

## 에너지의 역할

### ➤ 인류 문명 측면에서

- 문명의 토대: 석기시대의 화력, 산업혁명의 석탄, 현대의 전기·원자력·재생에너지까지
- 국가 간 갈등과 동맹의 축 : 정치·지정학적 영향

### ➤ 경제·사회측면에서

- 경제 성장의 엔진: 값싸고 안정적인 에너지는 산업 생산성·경쟁력을 결정
- 삶의 질 향상: 전기·난방·교통·통신은 교육·보건·문화 수준과 직결
- 지속가능성의 관건: 에너지 선택이 온실가스 배출과 기후 위기 대응을 좌우  
(원자력은 무탄소 에너지)

4

# 산업통상자원부 산하기관 이관현황(잠정)

| 부처                    | 분야              | 산하기관                                                                                                                                           |
|-----------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 산업통상부<br>존치<br>21개    | 산업/통상분야<br>14개  | 한국무역보험공사, 대한무역투자진흥공사(KOTRA) 무역안보관리원, 산업연구원, 한국산업단지공단 강원랜드, 한국디자인진흥원, 한국로봇산업진흥원 한국산업기술기획평가원, 한국산업기술시험원 한국산업기술진흥원, 한국세라믹기술원 한국제품안전관리원, 한국탄소산업진흥원 |
|                       | 자원분야<br>7개      | 한국가스공사, 한국석유공사 한국가스안전공사, 한국가스기술공사 대한석탄공사, 한국광해광업공단, 한국석유관리원                                                                                    |
| 기후에너지환경부<br>이관<br>21개 | 에너지/전력분야<br>17개 | 한국전력공사, 한국전력기술, 한전KPS 한국전력거래소, 한전KDN, 한전MCS 한국남동발전, 한국남부발전, 한국동서발전 한국서부발전, 한국중부발전 한국전기안전공사, 지역난방공사 에너지경제연구원, 한국에너지공단 한국에너지기술평가원, 한국에너지재단       |
|                       | 원전분야<br>4개      | 한국수력원자력, 한국원자력환경공단 한국에너지정보문화재단 한국전력국제원자력대학원대학교                                                                                                 |

[그래픽=홍종현 미술기자]



## 원자력 힘 빼고 간헐에너지 늘리기



김성환 장관 발언

- 원전을 기저전원으로 활용하면서 재생에너지를 빠르게 늘리고, 석탄·석유·액화천연가스(LNG)를 전력원에서 조기 퇴출
- 신규 원전은 국민 공론을 듣고 판단

## 또 다른 문제점

- 우리나라만 환경 중심으로 재편
  - 환경을 위한 에너지인가?
- 규제와 진흥 충돌 시 외부 객관적 평가 불가능
  - 장관의 독단(탈원전)을 막을 견제 기능 무력화
- 수출 정책 기능 쪼개져 국제경쟁력 약화
  - 경쟁력 : 정책+기술력 + 운영 실적 + 프로젝트 관리 능력
- 가스산업은 산업부에 (원자력은 환경부에)
  - 실제 규제를 받아야 하는 대상
  - 재생에너지의 간헐성 보완을 위해 필수 수단

7

## 재생에너지 확대의 비용 구조

8

# 간헐에너지 확대에 따른 도전과제

| 구분  | VRE 비중 | 전력계통 특징                                                                                                                                            | 도전과제                                                                                                                           |
|-----|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1단계 | 3% 이내  | ✓ VRE가 전체 계통에 미치는 영향 없음                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grid code에 추가사항 고려</li> <li>• 국지적 계통영향 검토</li> </ul>                                  |
|     |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• VRE의 계통영향이 거의 없는 상황</li> <li>• 접속점 근처 국지적 계통에 일부 영향</li> </ul>                                            |                                                                                                                                |
| 2단계 | 3~15%  | ✓ VRE에 의한 영향 인지                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 혼잡관리 &amp; Grid code 개선</li> <li>• 출력예측 시스템 도입 검토</li> <li>• VRE를 고려한 급전계획</li> </ul> |
|     |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 계통운영자가 VRE 용량으로 인한 영향을 인식</li> <li>• VRE 수용을 위해 계통운영 패턴의 변화</li> </ul>                                    |                                                                                                                                |
| 3단계 | 15~25% | ✓ 유연성에 대한 우선 고려                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 출력예측 시스템</li> <li>• 유연성 자원의 확대</li> <li>• 송전·배전 운영자간 협조</li> </ul>                    |
|     |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 높은 불확실성과 변동성으로 유연성 자원 중요</li> <li>• 순부하 변동성 확대 및 빈번한 역조류 발생</li> </ul>                                    |                                                                                                                                |
| 4단계 | 25~50% | ✓ 전력계통 안정도의 중요성 증대                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 계통관성 확보가 최우선 과제</li> <li>• VRE의 계통신뢰도 기여</li> </ul>                                   |
|     |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• VRE가 수요의 100%를 담당하는 시간 발생</li> <li>• VRE가 계통 안정도에 영향을 미치는 상황</li> <li>• 넓은 범위의 계통 보강, 복원력 강화요구</li> </ul> |                                                                                                                                |
| 5단계 | -      | ✓ VRE 발전이 구조적으로 남아도는 상태                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 최종소비 부문의 전기화</li> <li>• 장주기 공급 과잉·부족</li> </ul>                                       |
|     |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수요초과 공급 및 대규모 출력제어(Curtailment) 발생</li> </ul>                                                             |                                                                                                                                |
| 6단계 | -      | ✓ VRE 공급과 수요간 계절적 불균형                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 전력의 변환/저장 기술 (Gas &amp; Hydrogen)</li> <li>• 계절수요 저장수단</li> </ul>                     |
|     |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 계절에 따라 수급부족 현상 발생</li> <li>• 저장장치&amp;수요반응 가능량을 초과한 공급부족 발생</li> </ul>                                    |                                                                                                                                |

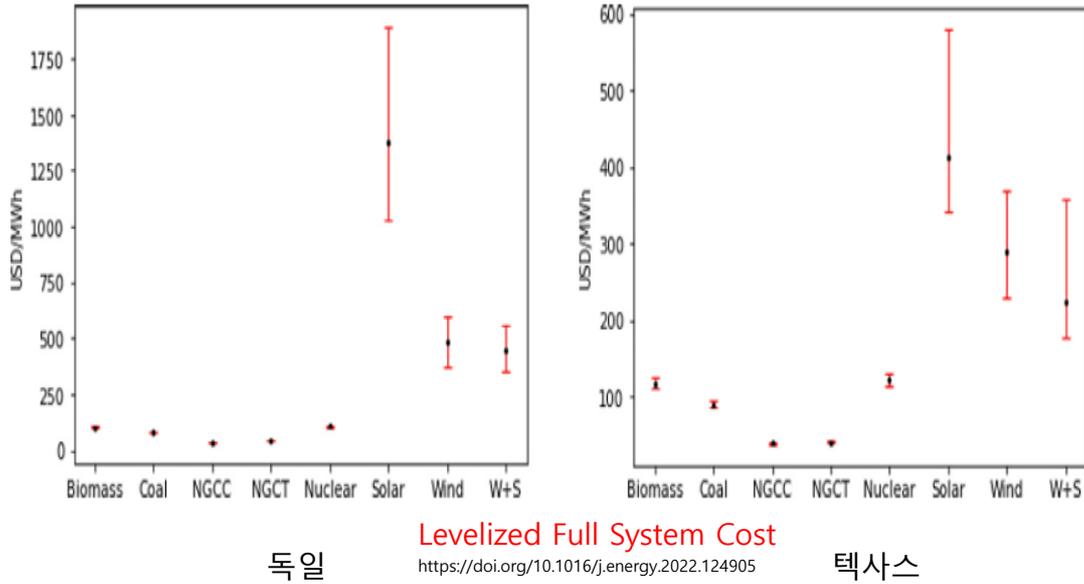
[출처] World Energy Outlook 2018(IEA, 2018)

## IEA의 경고

- By the end of this decade, the share of wind and solar PV alone in global electricity generation is set to double to 30%, according to the forecast. However, the report emphasises the need for governments to ramp up their efforts to securely integrate these variable renewable sources into power systems.
- Recently, rates of curtailment – where renewable electricity generation isn't put to use – have been increasing substantially, already reaching around 10% in several countries today. To address this, countries should focus on measures such as increasing power system flexibility. Making a concerted push to address policy uncertainties and streamline permitting processes – and to build and modernise 25 million kilometres of electricity grids and reach 1500 GW of storage capacity by 2030,

# LCOE(Levelized Cost of Energy)의 문제점

“LCOE”는 단순히 특정 발전소 혹은 설비의 LCOE만 포함, 전력망(전력 수요/공급 균형, 변동성 재생에너지의 간헐성, 송배전망 보강, 저장(storage) 비용 등)을 포함해서 **전력 시스템 전체**의 비용을 고려해야

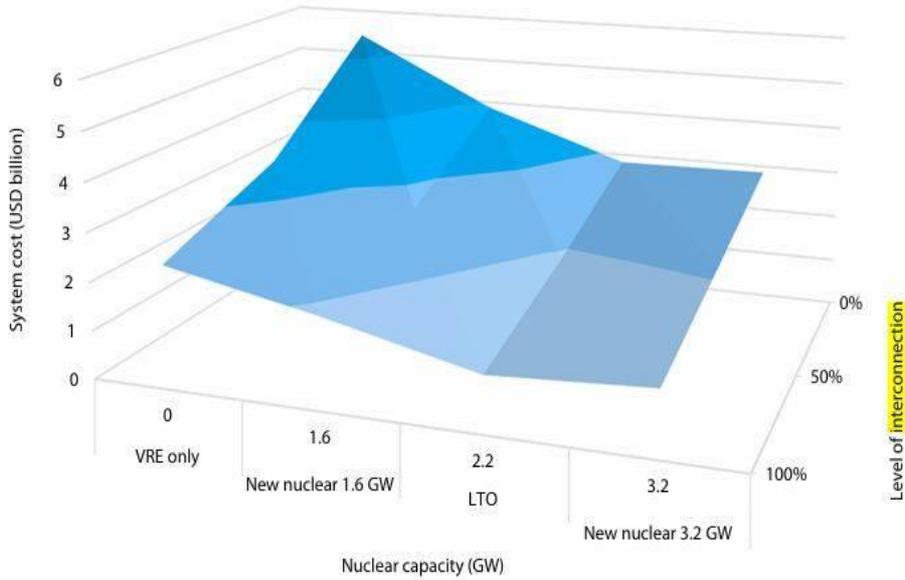


## 독일의 경우

- However, regardless of uncertainties in data and assumptions, there can be no doubt that if the political environment in Germany had been favourable to NPPs in 2002, the country would have fared far better than with the current Energiewende both concerning expenditures and climate gas emissions. In the grand scheme, the alternative policy of **keeping existing NPPs in 2002 and building new NPPs would have cut expenditures in half and Germany would have secured its climate goals in the process**

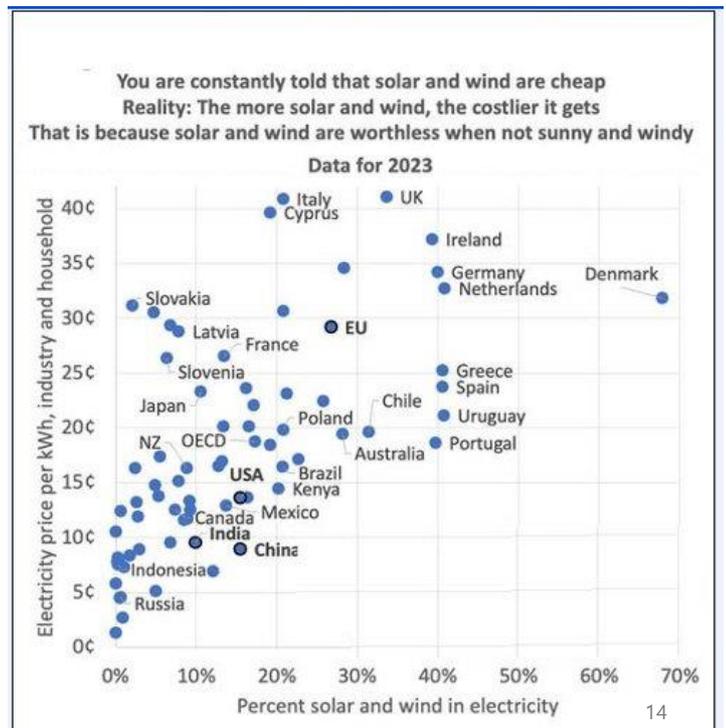
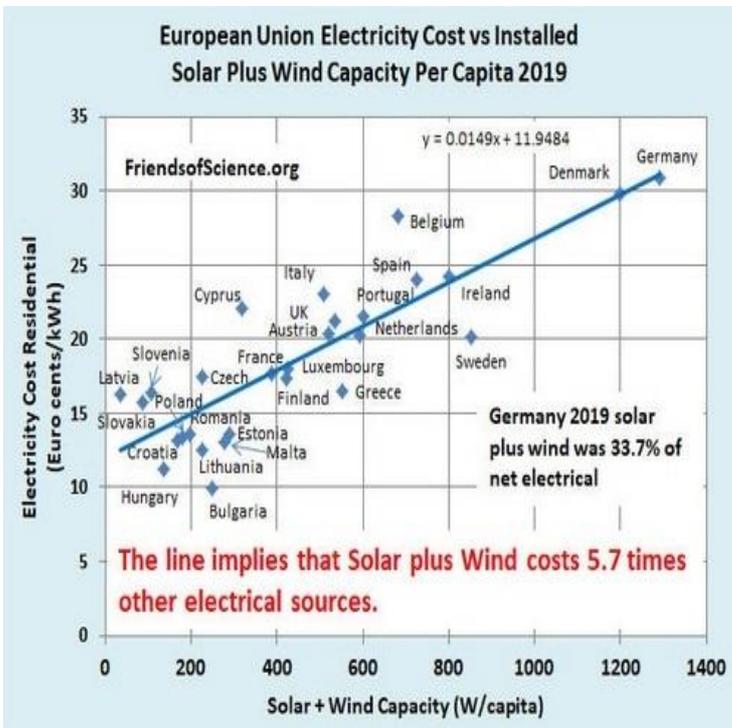
# 스위스의 경우

Figure ES9. Total system costs as a function of nuclear capacity and interconnection level



Note: For expositional purposes the "new gas" scenario was excluded from this figure.

# 간헐성에너지는 전기요금 상승 요인



# 간헐성에너지는 전기요금 상승 요인

유로/MWh

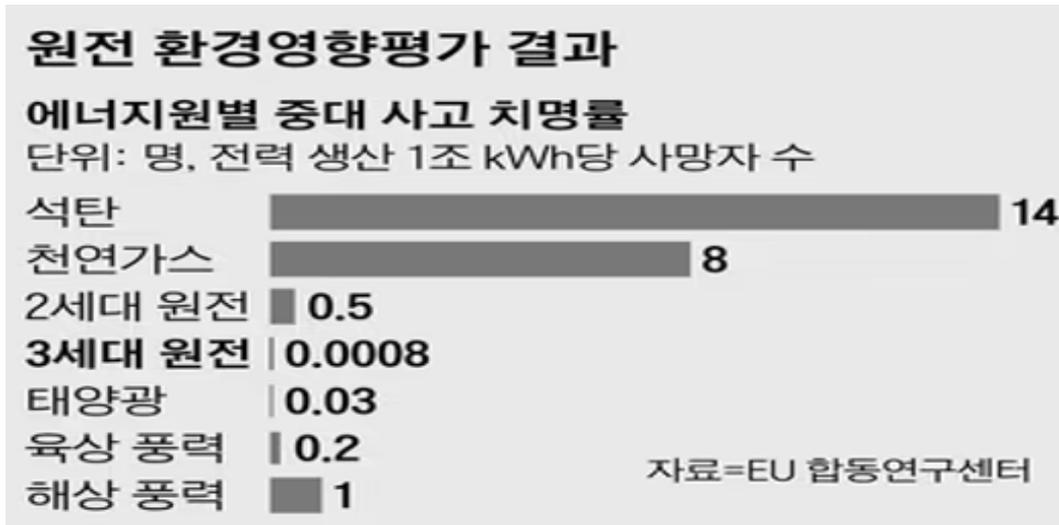
|      | Zone | Palette   | 100% RES | 98% CFE     | 100% CFE     |
|------|------|-----------|----------|-------------|--------------|
| 아일랜드 | IE   | Palette 1 | 67.1     | 104.2(+55%) | 229.4(+242%) |
|      | IE   | Palette 2 | 67.1     | 84.6(+26%)  | 98.6(+47%)   |
|      | IE   | Palette 3 | 67.1     | 81.0(+21%)  | 88.1(+31%)   |
| 독일   | DE   | Palette 1 | 80.5     | 98.3(+22%)  | 193.5(+141%) |
|      | DE   | Palette 2 | 80.5     | 92.2(+15%)  | 113.5(+41%)  |
|      | DE   | Palette 3 | 80.5     | 82.9(+3%)   | 88.6(+10%)   |
| 덴마크  | DK1  | Palette 1 | 56.0     | 70.3(+26%)  | 153.7(+175%) |
|      | DK1  | Palette 2 | 56.0     | 65.2(+16%)  | 84.7(+51%)   |
|      | DK1  | Palette 3 | 56.0     | 62.7(+12%)  | 77.1(+38%)   |
| 네덜란드 | NL   | Palette 1 | 63.7     | 91.1(+43%)  | 172.1(+170%) |
|      | NL   | Palette 2 | 63.7     | 78.6(+23%)  | 92.2(+45%)   |
|      | NL   | Palette 3 | 63.7     | 73.5(+15%)  | 82.5(+29%)   |

Palette 1 : RE100에서 인정하는 전원.  
 Palette 2 : Palette 1 + LDES  
 Palette 3 : Palette 2 + Allam cycle + CCUS, 개량 지열 기술, 원자력 등

자료 : CF100 이행을 위한 원전의 역할과 정책분석, 2023 서울대학교 원자력정책센터

## 원자력의 안전성, 환경성, 경제성

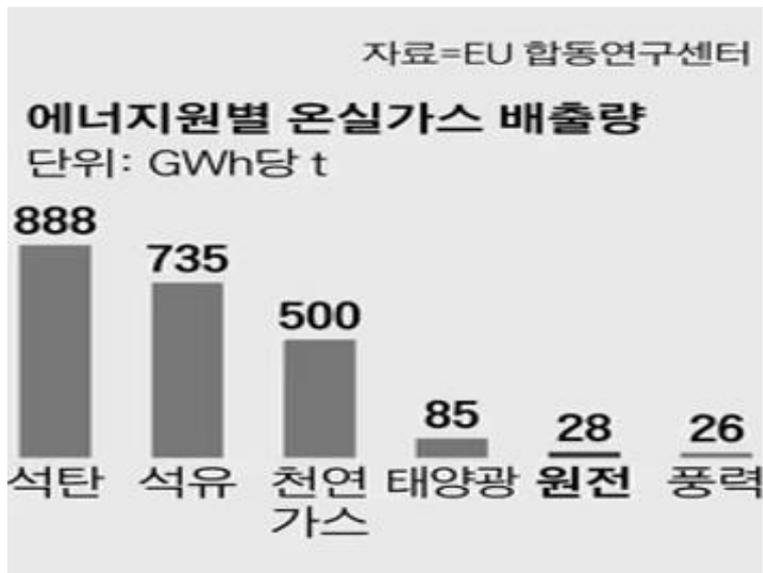
## 원자력 안전성 : 태양광 보다 낮은 치명률



격납용기가 튼튼한 가압경수로로는 치명률 ZERO

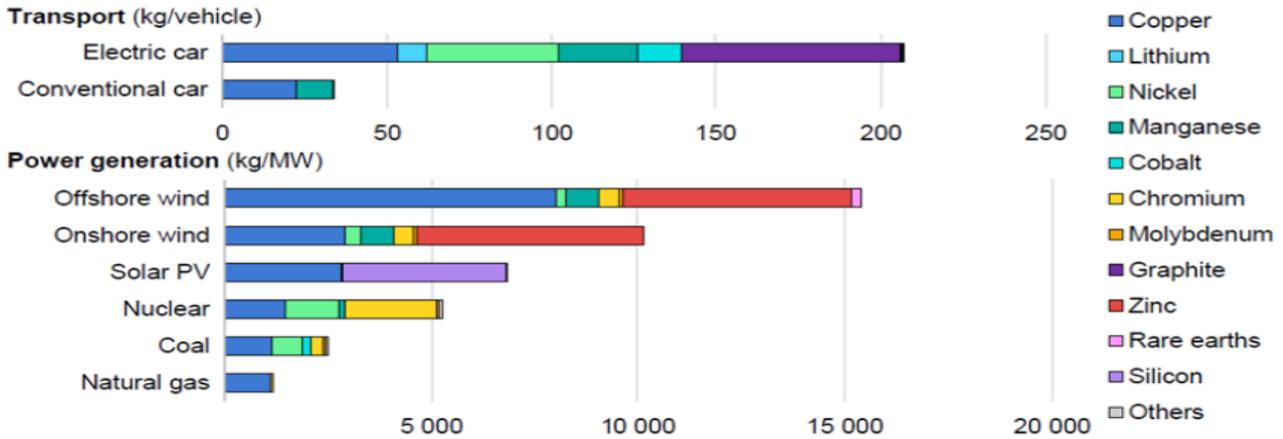
17

## 원자력 환경성 : 태양광 보다 낮은 CO2 배출률



18

# 원자력 환경성 : 낮은 핵심광물 소요량



The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions (IEA, 2022)

# 원자력 경제성

발전원별 1KWh 정산단가 (2024년 기준)



## 원자력 발전과 태양광 발전 비교

| 구분                  | 원자력 발전                                  | 태양광 발전                                           |
|---------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 설치면적당               | 매우 높음                                   | 낮음                                               |
| 출력 밀도               | (약 1GW 원전 ≈ 수 km <sup>2</sup> )         | (1GW 태양광 ≈ 40~60 km <sup>2</sup> 필요)             |
| 이용률                 | 85~95% (상시가동 가능)                        | 10~20% (한국 평균 약 15%)                             |
| 간헐성                 | 없음 (계획정비 외 연중 24시간 가동)                  | 높음<br>(일조 조건·계절·날씨에 따라 변동)                       |
| 계통 부담               | 안정적 주파수·전압 유지, 계통 보강 비용 낮음              | 변동성·예측 불확실성으로 계통 안정화 설비(ESS, 예비전력, 송전선) 필수       |
| 발전 단가 (LCOE)        | 50~70 USD/MWh (신규 원전 국제평균, 가동 원전은 더 낮음) | 30~50 USD/MWh (설비 자체는 저렴)                        |
| 전체 비용 (System LCOE) | 낮음<br>(부하추종·계통 보강 비용 거의 없음)             | 높음<br>(변동성 대응 ESS·백업화력·송전망 증설비용 반영 시 2~3배 상승 가능) |
| 수명                  | 60~80년 (연장 시 100년도 가능)                  | 20~30년 (패널 교체 필요)                                |
| 폐기물·환경성             | 고준위폐기물 관리 필요 (부피는 작음)                   | 폐패널 재활용·중금속 오염 가능성                               |
| 탄소배출                | 10~15 gCO <sub>2</sub> /kWh (거의 무탄소)    | 40~60 gCO <sub>2</sub> /kWh<br>(패널 제조·자원채굴 포함)   |
| 에너지 안보              | 고농축 우라늄 등 안정적 소량 자원 확보로 장기 운영 가능        | 자원 대부분 해외(실리콘·은·희토류) 의존, 제조는 특정국 집중              |

## 화력발전의 청정화

# 화력발전 청정화

## 미국 IRA(2022) 청정에너지 기준

| 구분                  | 기준                                                     | LNG 적용 가능성                                                          |
|---------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 청정전력 세액공제 (PTC/ITC) | 발전소 단위에서<br>450 gCO <sub>2e</sub> /kWh                 | LNG 단독은 불가, CCS 적용 시 가능<br>CCGT, 350~450 gCO <sub>2</sub> /kWh는 경계선 |
| 세액공제 (탄소포집)         | 톤당 포집 85~180\$/tCO <sub>2</sub> 지원                     | LNG 발전소<br>CCS 적용시 수익성 있음                                           |
| 청정수소 세액공제           | 생산 kg당 탄소강도<br>≤4 kgCO <sub>2</sub> /kg-H <sub>2</sub> | LNG+CCS 기반 블루수소 생산 가능                                               |

PTC : Production Tax Credit, 27.5 \$/MWh (10년간)  
 ITC : Investment Tax Credit, 30% 투자비 공제

## 친환경·친경제 정책 제언

## 정책 제언 : 국민 부담 최소화

- **전력수급기본계획 : 보완 또는 폐기**
  - 경제성 분석을 통한 믹스 우선순위 결정
- **원자력 규제 선진화 : RIPBR**
  - 규제 자원 효율성 제고
  - 안전성 향상
  - 기술대안 허용으로 기술 혁신 촉진
  - 국제적 정합성
- **원자력발전 : 민간 진입 허용**
  - 대형원전 : 民有公營, 소형원전 : 民有民營
  - 일제강점기때 民有國營
  - 캐나다는 公有民營 (Ontario Power Generation, Bruce Power)

25

## 정책 제언 : 국민 부담 최소화

- **공극적으로 SMP 구조 개혁 : 고비용 발전기 투입 억제**
  - Full System LCOE 기반 정산체계 -> 자유 입찰
- **우선적으로 계통진입 조건 변경 : 전기요금 인상 최소화**
  - '낮은 연료비'에서 '낮은 총비용' 우선
  - 일정 이용률 이상 유지 조건화 (예 : 80% 이상)
- **전력시스템 신뢰도 : N-2에서 N-1으로**
  - 대부분 선진국은 N-1 신뢰도 기준을 사용 (미국 NERC, 유럽 ENTSO-E도 기본은 N-1)
  - 특정 전략 거점만 차등적 기준(N-2) 유지 (예: 수도권, 원전 밀집지, 국가 핵심 산업단지)
  - 송전선, 변동 신뢰도 적용
- **소비 측면 : 공급신뢰도/전력품질에 따른 변동 요금제**
  - Interruptible Tariff
  - 전력 품질(전압 안정도, 주파수, 순간정전·정전 시간 등) 차등 요금제

26

질문 !

원자력이 공론화 대상인가?  
간헐에너지가 공론화 대상인가?

27

결론

電力이 인권이다

spark3388@snu.ac.kr

28

**친환경·친경제  
두 마리 토끼를 잡는 에너지 정책  
- 토론문 -**

2025. 10.

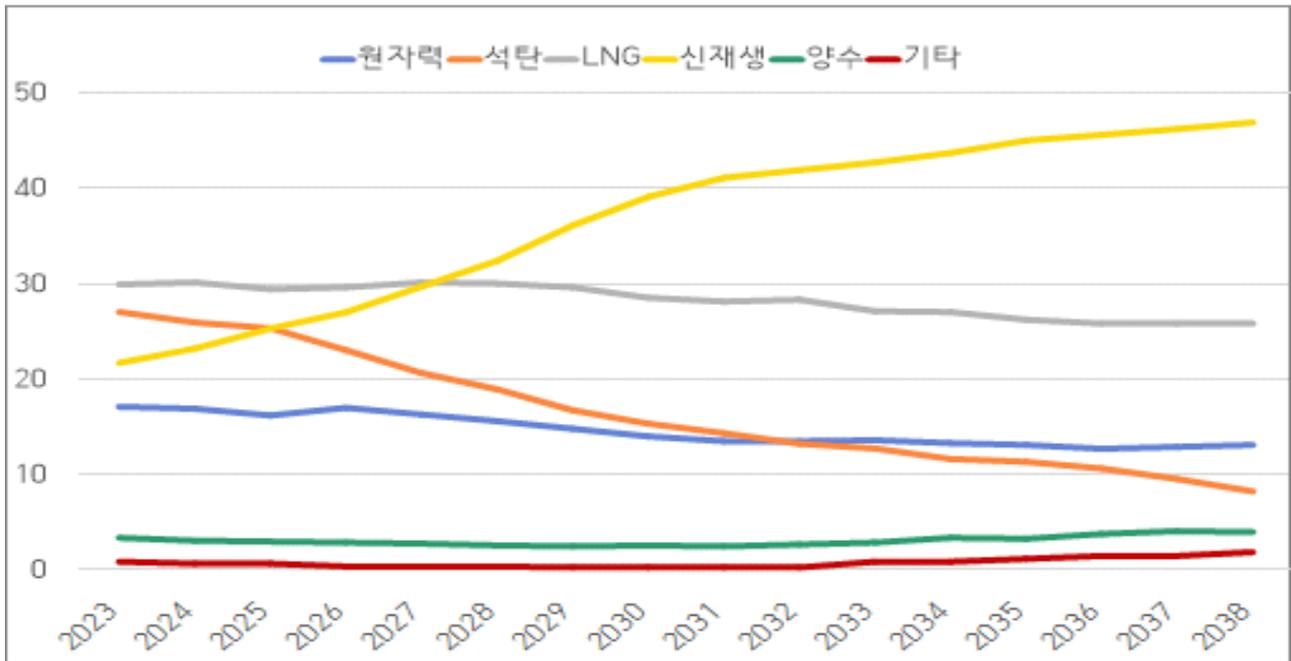
조성봉  
전력산업연구회 회장

**재생에너지 확대의 문제점**

# 제11차 전력수급기본계획의 에너지믹스

제11차 전력수급기본계획에 따른 에너지믹스(설비용량)

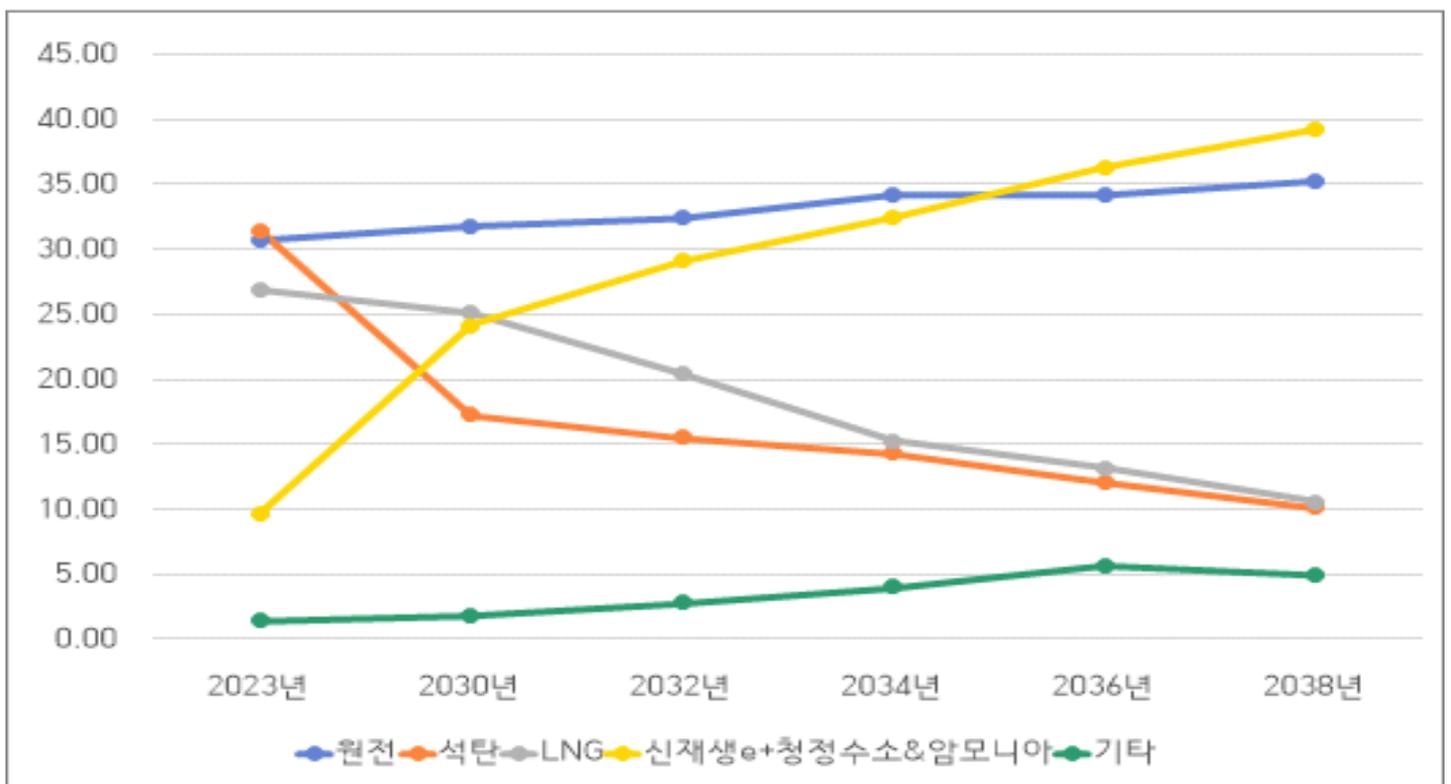
(단위: %)



2

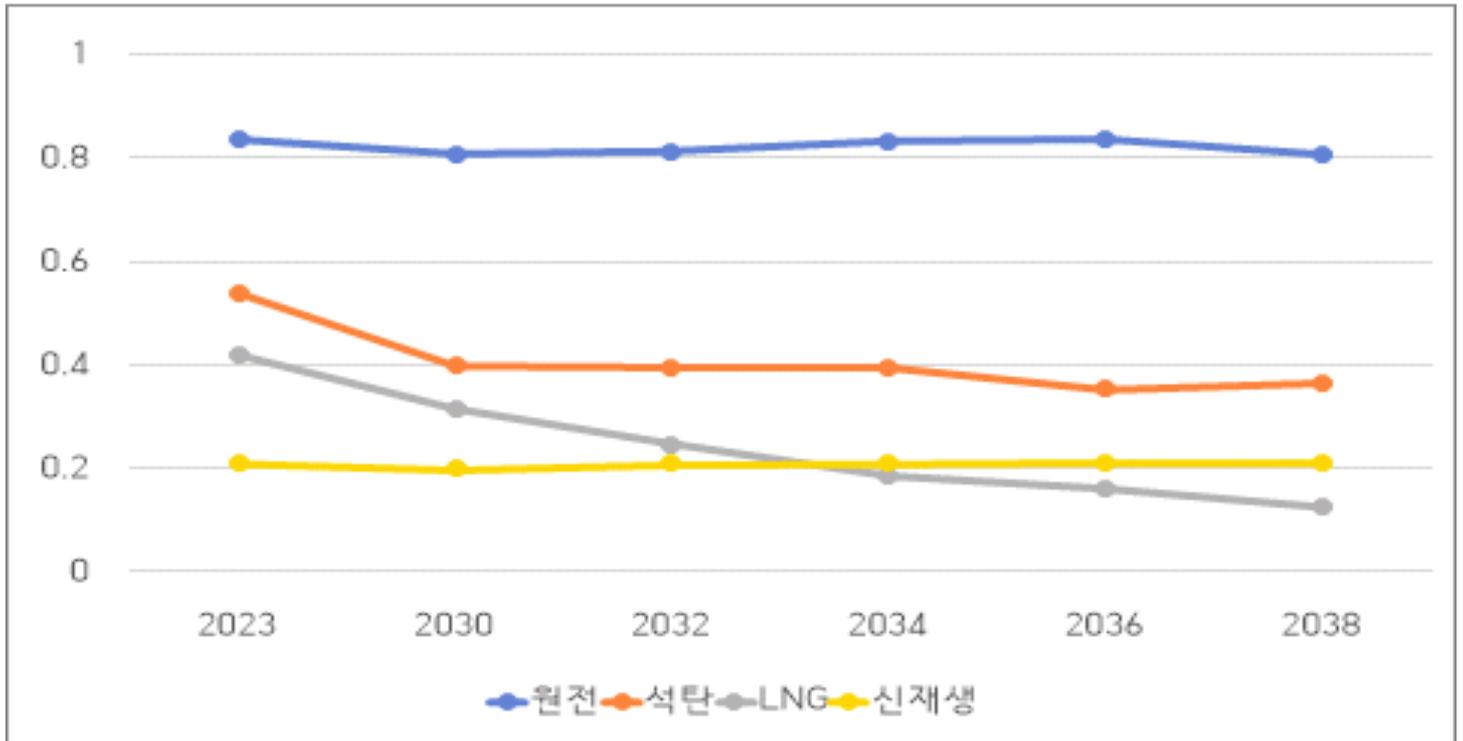
제11차 전력수급기본계획에 따른 에너지믹스(발전량)

(단위: %)



3

## 제11차 전력수급기본계획의 주요 발전기 이용률 추이



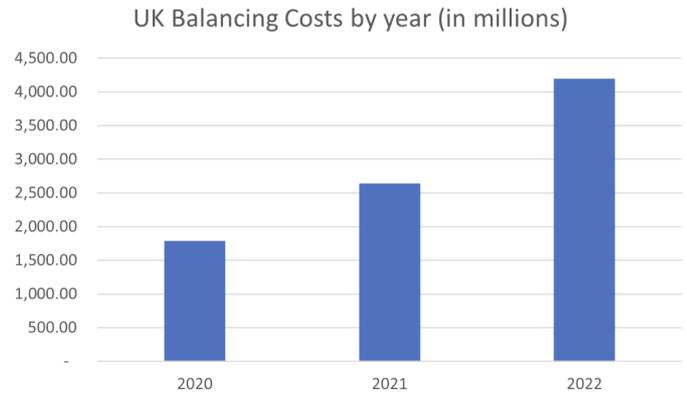
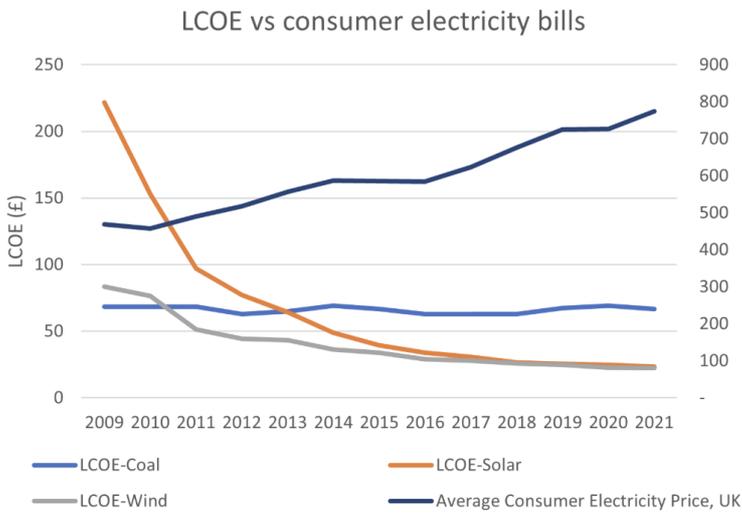
4

## The Hidden Costs of Delivered Renewable Energy

By R. Williams and Paul Domjan (2025)

- **Grid Flexibility**
  - 전력망 개선 및 투자 비용
- **Backup Power**
  - 예비 전원
- **Curtailment**
  - 재생에너지 출력제어: 과다 발전된 재생에너지 전력은 사용되지 않은 전력의 기회비용과 관련된 유지·관리비용으로 연결됨.
  - 다른 자원에 대한 출력제어 비용은?
- **Ancillary Service**
  - 주파수 제어, 전압 조절 비용
- **Harmonics & Noise**
  - 회전관성 상실에 따라 발전된 전동력(electromotive force)의 최대 8%까지 상실

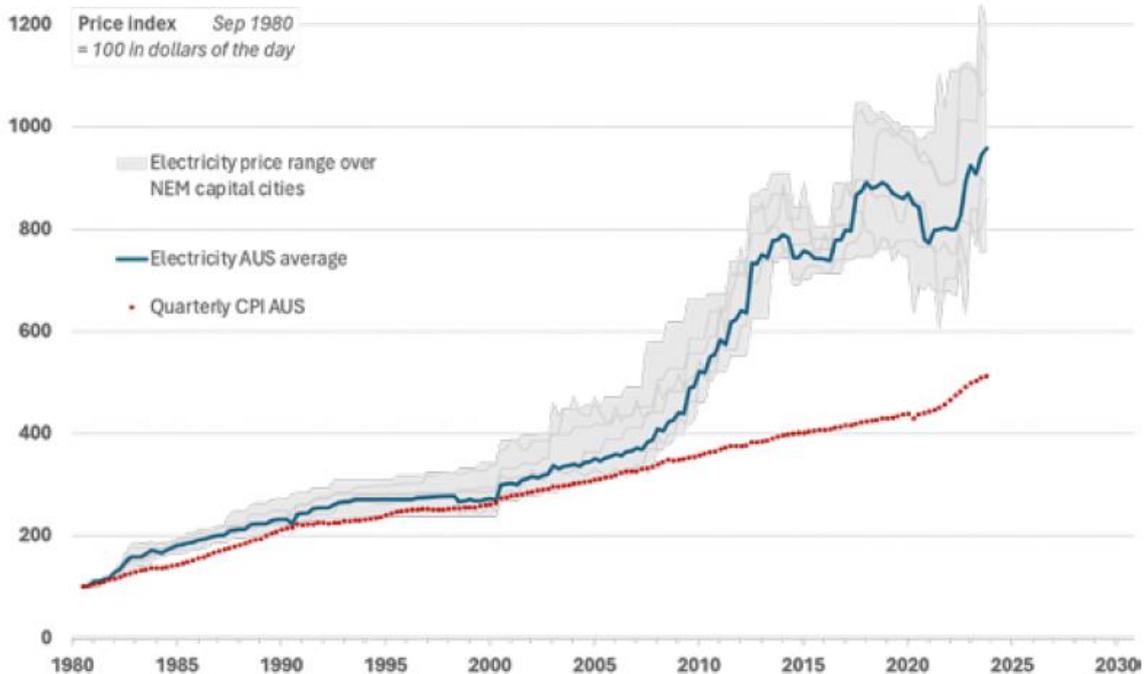
5



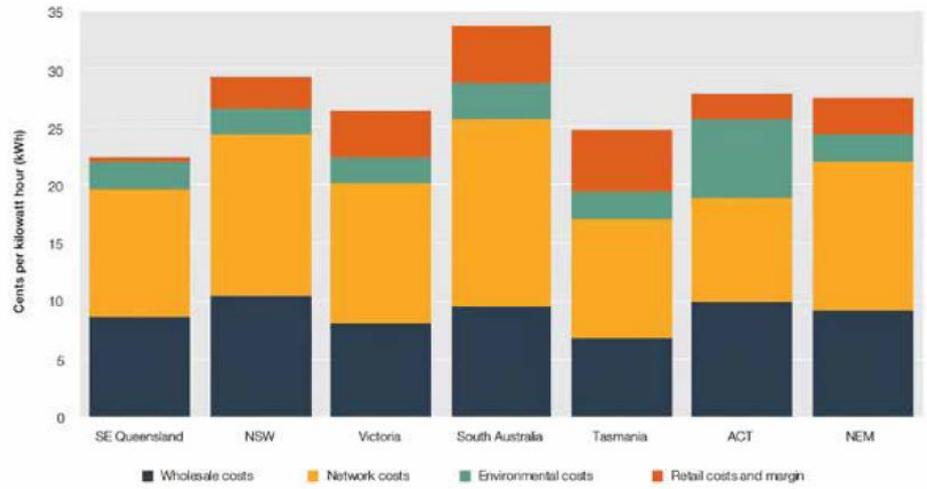
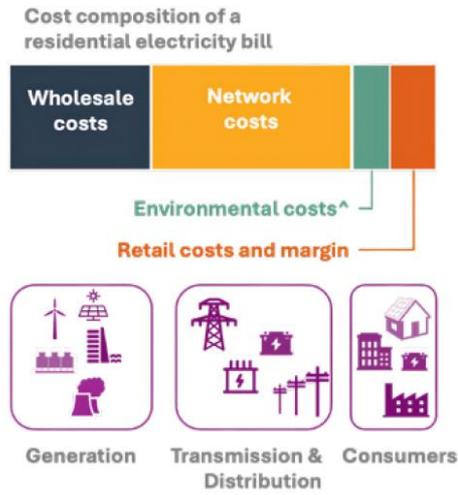
R. Williams and Paul Domjan (2025), “The Hidden Costs of Delivered Renewable Energy”, ENODA.

## The Ruinous Cost of Free Energy: Why an electricity system built on renewables is the most expensive of all options.

By Stephen Wilson(2024)



# Cost Contributions to Residential Electricity Bill



8

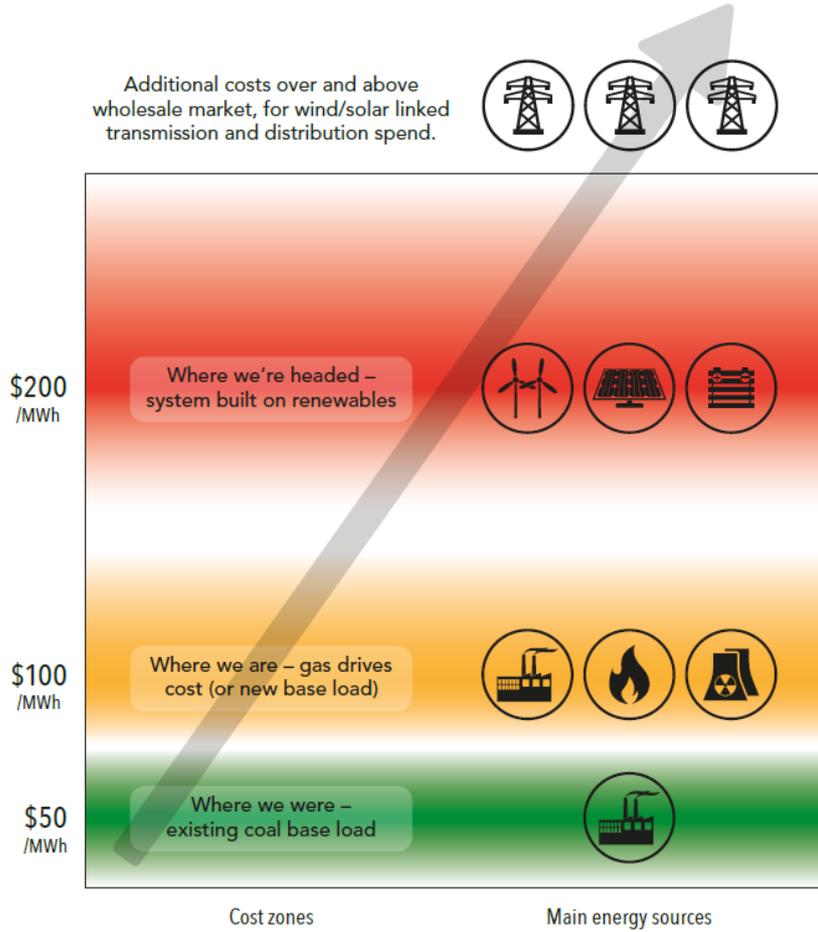
## Australia: Power Station Closures to 2035

| Power Station        | State | Fuel | Commissioning Date | Notified Closure | Capacity (MW) |
|----------------------|-------|------|--------------------|------------------|---------------|
| Eraring <sup>†</sup> | NSW   | Coal | 1982               | 2025             | 2,880         |
| Torrens Island B     | SA    | Gas  | 1967               | 2026             | 800           |
| Collie               | WA    | Coal | 1999               | 2027             | 340           |
| Callide B            | QLD   | Coal | 1989               | 2028             | 700           |
| Yallourn             | VIC   | Coal | 1975               | 2028             | 1,450         |
| Bluewaters           | WA    | Coal | 2009               | 2029*            | 400           |
| Muja                 | WA    | Coal | 1981               | 2029             | 1,094         |
| Vales Point B        | NSW   | Coal | 1978               | 2029             | 1,300         |
| Bayswater            | NSW   | Coal | 1982               | 2033             | 2,600         |
| Callide C            | QLD   | Coal | 2001               | 2035             | 825           |
| Gladstone            | QLD   | Coal | 1976               | 2035             | 1,680         |
| Kogan Creek          | QLD   | Coal | 2007               | 2035             | 750           |
| Loy Yang A           | VIC   | Coal | 1984               | 2035             | 2,200         |
| Stanwell             | QLD   | Coal | 1993               | 2035             | 1,400         |
| Tarong & North       | QLD   | Coal | 1984 & 2002        | 2035             | 1,840         |
| <b>Total</b>         |       |      |                    |                  | <b>20,259</b> |

9

## Three Systems: Three Cost Zones

Comparative wholesale cost \$/MWh (annual average system-wide)



10

## The Combined Impact of Capacity Factors, Interest Rates and Operating Life on LCOE

|                                  | Onshore wind | Solar PV  | Black coal |
|----------------------------------|--------------|-----------|------------|
| Interest rate (r)                | 5.99%        | 5.99%     | 5.99%      |
| Operating life (n)               | 20           | 25        | 40         |
| Overnight capital cost (\$/kw)   | 2,642        | 1,572     | 5,398      |
| Fixed O&M (\$/kw)                | 25           | 17        | 53         |
| Capacity factor                  | 32%          | 22%       | 89%        |
| Fixed cost sub-total (\$/MWh)    | 91           | 73        | 53         |
| Efficiency                       | 100%         | 100%      | 40%        |
| Fuel cost (\$/GJ)                | 0            | 0         | 7          |
| Fuel cost (\$/MWh)               | 0            | 0         | 17         |
| Variable O&M (\$/MWh)            | 0            | 0         | 4          |
| Variable cost sub-total (\$/MWh) | 0            | 0         | 21         |
| <b>Total LCOE (\$/MWh)</b>       | <b>91</b>    | <b>73</b> | <b>74</b>  |
| Base case (\$/MWh)               | 55           | 47        | 108        |
| Variation (\$/MWh)               | 36           | 26        | -34        |
| % change                         | 65%          | 54%       | -31%       |

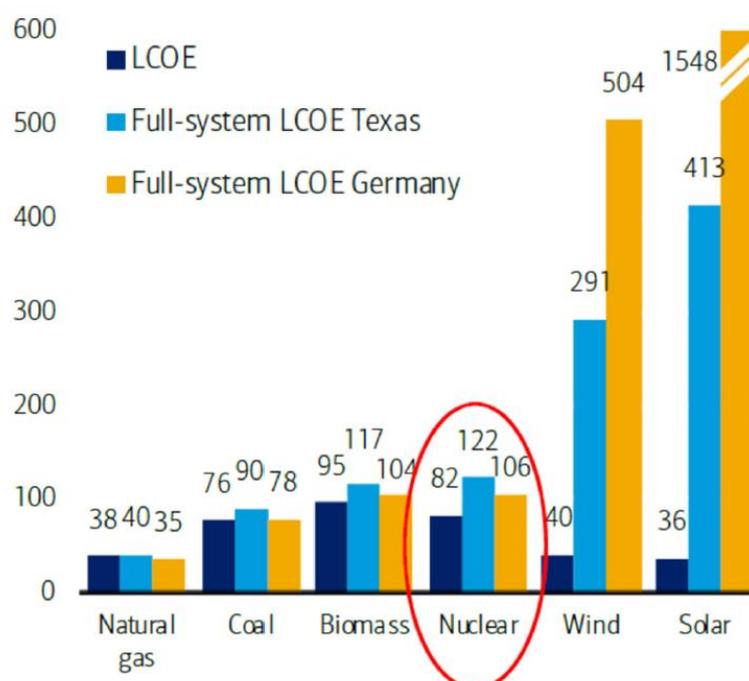
11

**Analogy 1: a bicycle is cheap to buy and low emission, but nobody jumps on the Malvern Star to pick up the family from the airport.**

**Analogy 2: which do you prefer, a \$5 pizza with \$10 delivery, or a \$7 pizza with \$5 delivery?**

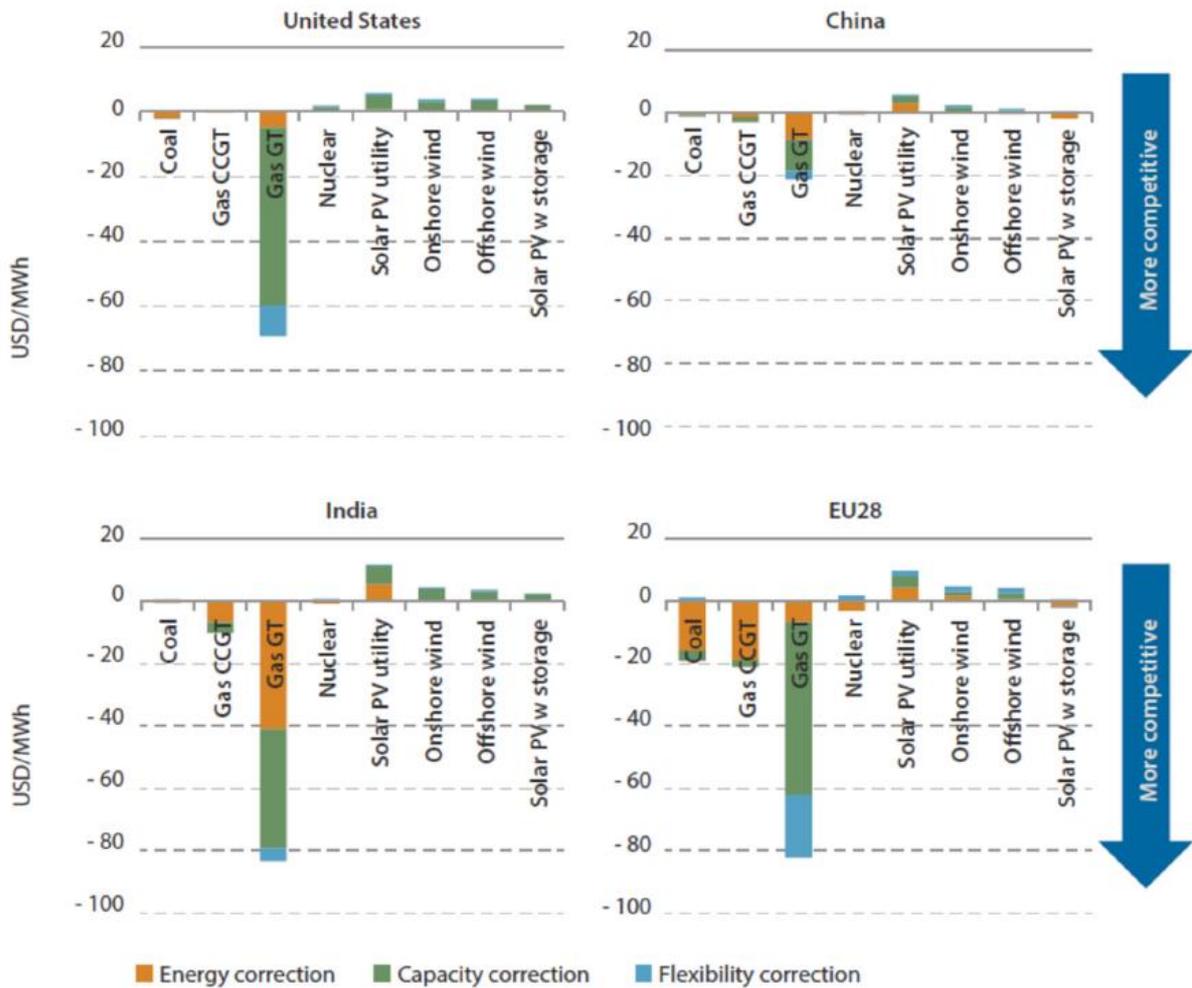
12

**“Rethinking the “Levelized Cost of Energy”: A Critical Review and Evaluation of the Concept,” *Energy Research & Social Science*  
By Jan Emblemsvåg(2025)**



**Source:** BofA Research Investment Committee, Idel 2022  
BofA GLOBAL RESEARCH

13



14

## 트럼프 정부 에너지 부문 행정명령의 특징

- 전통적 화석 에너지 및 원자력 강조
  - 석탄, 석유, 가스, 원자력 등 전통적 에너지로의 복귀
  - 공급을 늘려 에너지 가격을 내리서 미국 국민의 소비자 만족도 개선
  - 이를 위한 규제개혁 및 인프라 개발 촉진
  - 미국의 에너지 안보를 강화하고 동맹에 대해 LNG 등 에너지를 제공
  - 에너지 수출을 통한 미국의 무역수지 개선
- 기후변화대책, 환경보호, 재생에너지 촉진 등에 문제 제기
  - 파리협정 탈퇴
  - Green New Deal 정책 폐지
  - 해상풍력 및 풍력 개발 정지
  - 환경분석의 정확성: 자의적/이념적이지 않은 방법론 적용 (예) LCOE 산정
  - 환경 규제기관(예: EPA)이 화석연료 사용 및 에너지 인프라 개발을 용인하는 역할
- 과거 민주당 Biden 행정부의 에너지 정책을 철폐
  - 취임 첫날 행정명령 14148(Initial Rescissions of Harmful Executive Orders and Actions)을 통해 Biden의 행정명령 및 조치 78개를 철폐
  - 2021년 1월 20일 ~ 2025년 1월 19일 사이에 내려진 전임 행정부의 행정명령, 장관령, 가이드라인, 조치, ROD 등에 대해서는 철폐를 겨냥하고 트럼프 1기(2017.1.20 ~ 2021.1.19)의 것은 재발효를 추진

15

# Ordering the Reform of the Nuclear Regulatory Commission (NRC)

- **Section 1(목적): 1954-1978년 동안 미국은 81개 원전에서 133개의 원자로 건설을 승인하였으나 1978년 이후에는 소수의 원자로만을 허가하여 이 중 2개만이 상업운전 시행함. NRC는 원전 허가심사 기간을 연장하여 최대한의 비용을 받으며 원전 개발을 사실상 방해함. NRC는 방사선 노출에 대해 임계치 없는 총량 규제를 통해 지나치게 높은 규제장벽을 보임.**
- **Section 2(정책)**
  - 원자력 에너지에 있어서 미국의 전세계에서 리더임을 재확립
  - 제3 및 4세대 원자로, 조립식 원자로, 소형원자로 등 신형 원자로 기술의 확산을 촉진함.
  - 2024년의 100GW에서 2050년에는 400GW의 원자력 설비용량 시현을 촉진
  - 신형 원자로 설계의 모델링, 시뮬레이션, 시험 및 허가에서 새로운 기술을 적용
  - 기존 원전의 지속적 운영 및 운영 연장 및 조기 폐쇄 및 부분 폐쇄된 원전의 재가동 촉진
- **Section 3(NRC 문화의 개혁) 원자로의 안전을 보장하면서도 원전의 가동을 촉진**
- **Section 4(NRC 조직의 개혁) 정부 효율부(DOGE)의 자문에 따라 신속한 허가 절차와 신기술 채택 절차를 확립**
- **Section 5(NRC 규제의 개혁 및 현대화)**
  - 9개월내에 NRC 규제를 전면 재검토하고 18개월내에 이를 반영한 최종 허가규정과 가이드를 제시
  - 신규 원전 건설 및 운영 허가절차는 18개월, 기존 원전의 계속 운영은 1년 내에 종료
  - 과학적 방사선 노출기준을 적용하며 linear no-threshold 모형의 적용은 지양

## 미 연방에너지규제위원회의 '자원 중립성'

이투칼럼



조성봉  
승실대 경제학과 교수

필자는 지난 여름 미국 워싱턴 DC에 있는 연방에너지규제위원회(Federal Energy Regulatory Commission, 이하 FERC)를 방문하였다. 여러 방문목적 중 하나는 이른바 재생에너지의 간헐성 문제에 대해 연방정부가 어떻게 대비하는지를 알고 싶었던 것이다. 물론 예상한 대로 FERC는 간헐성 문제에 대처하기 위한 여러 준비를 하고 있었다.

그러나 필자는 다른 이야기를 하고 싶다. 필자가 FERC를 방문하였을 때 가장 놀랐

던 것은 재생에너지에 대한 FERC의 입장이었다. 흔히 우리나라의 모든 정부부처, 지방자치단체, 시민단체, 공기업, 공공기관, 규제기관 등은 재생에너지에 대해 거의 판에 박은 듯 동일한 입장을 보인다. 온실가스 감축에 부응하고, 기후변화에 대비하기 위해 재생에너지 사용을 확대하고, 이를 위해 각종 정책적 또는 기업차원의 지원을 펼치고, 다양한 목소리를 통해 운동을 펼치고 있다는 식의 맹무새와 같은 획일적인 견해 말이다.

필자는 우리나라에서와 같은 동일한 반응을 기대하며 지나가는 인사말처럼 FERC가 재생에너지의 확대를 위하여 어떠한 정책을 펼치는지 물었다. 그런데 돌아온 답은 매우 놀라웠다. FERC 전문가들은 이구동성으로 FERC는 특정 에너지원을 지지하지는 않는다는 것이다. 즉 자원 중립성(resource neutrality)을 지키는 것이 공정한 규제기관으로서의 사명이며, 이는 FERC의 강령에 포함되어 있다는 것이다. 다만 재생에너지가 불러일으키는 간헐성 문제에 대해서는 규제기관으로서 대비하고 있다는 것이다. 물론 미국의 에너지부(Department of Energy)는 에너지정책의 입안자로서 재생에너지를 홍보하고 장려하며 다양한 지원을 펼치지만 자신들의 책

무는 에너지의 원활한 주간(州間) 거래이므로 특정 에너지에 경도되어서는 안 된다는 것이다.

미국과 같은 민주주의 선진국의 잘 알려진 특징은 권한을 나누어 갖는다는 점이다. 권력을 서로 나누어 가지면서 이른바 견제와 균형(check and balance)의 질서를 유지하는 것은 입법·행정·사법기관과 같은 큰 범위의 정부기관만이 아니다. 그 하위조직에서도 다양한 정부부처, 규제기관 및 공공기관 등은 충분한 권한을 위임받아 자신의 임장과 목표를 내세우며 스스로의 권한을 유지하고 있다.

우리 공무원들 입장에서는 이해하기 어려울 것 같다. 일사분란하게 모든 정부부처, 지자체, 공공기관 및 공기업들이 총동원되어 재생에너지 확대를 추진해도 쉽지 않은데 명색이 규제기관이란 데에서 마치 재생에너지 확대를 견제하고 막는 듯한 자세를 보인다는 것은 쉽게 이해가 되지 않을 것이고 나아가서 섭섭하게 느낄 수도 있을 것 같다.

그러나 바로 이 같은 분권화된 의사결정이 오히려 안정된 에너지산업의 운영을 가능하게 한다는 점을 우리는 배워야 한다. 우리는 2011년 9·15 순환정전의 아픈 기억을 갖고 있다. 전기요금 인상요인 억제라

는 지상최대의 명제를 위하여 정부부처뿐 아니라 전력거래에 관련된 모든 공공기관과 규제기관이 일사분란하게 움직였음에도 불구하고 말이다. 전기요금 규제가 더 큰 문제를 가져올 수 있다는 지적을 학계와 전문가들이 아무리 외쳐도 정부부처는 한 치도 양보하지 않았고 그 결과 대형사고가 터지고 말았다.

산업부가 주도하는 에너지와 관련된 의사결정에 있어서도 우리에게는 다양한 공공기관이 있다. 재생에너지 확대가 아무리 중요한 일이라 할지라도 무리한 집행과정에서 문제가 생기면 결국 손해를 보는 것은 장기적으로 재생에너지 확대 정책일 수밖에 없다. 오히려 자기가 맡은 자리에서 되는 것은 되는 것이고, 안 되는 것은 안 된다고 목소리를 낼 줄 알아야 정책의 안정성과 장기적인 타당성이 보장된다.

다양한 의사결정 주체에 의한 분권화된 의사결정은 큰 실수를 줄일 수 있다. 정책적 무리수를 사전에 차단해서 장기적으로 안정적이고 균형 잡힌 정책으로 유도할 수 있기 때문이다. 자신의 힘과 고집을 믿기보다 여러 다원화된 주체를 신뢰하는 것이 진정한 사회적 자본(social capital)이다.

# 기후에너지환경부 신설의 문제점

- 조직개편 자체는 문제가 아님.
  - 문제는 민주당의 정책적 편향이 균형을 잃고 있다는 것
  - 원전, 재생에너지 정책
- 기후에너지환경부에 나타날 '시가전'에 주목해야
  - 에너지 관련 부서를 누가 장악하느냐?
  - 전문가들의 부처 밀접 자문 및 인터페이스의 한계
- 급격한 에너지 전환에 따른 문제점과 그 충격: hit by reality
  - 전기요금, 전력공급 불안, 송전망 및 계통 문제점, 데이터 센터의 부족 등
  - 제조업 붕괴, 무역수지 악화, 경제성장 후퇴
  - 6 Stages of A Project: Enthusiasm → Disillusionment → Panic → Search for the Guilty → Punishment of the Innocent → Praise for those not involved

# 탄소중립과 에너지 정책

이 종 호

서울대 원자핵공학과 객원교수  
원자력정책센터 책임연구원

## RE100을 주도한 Climate Group의 변화

### □ 2004년 설립된 비영리 국제기구

- 런던, 뉴욕, 뉴델리, 암스텔담 및 베이징에 사무실
- 500여개 다국적 비즈니스주체와 연계하여 활동
- 탄소배출 감소를 위해 정부주체들과 다각도의 협력 활동 전개

### □ 활동 목적

- Our goal is for a world of net zero carbon emissions by 2050, with greater prosperity for all.

### □ 에너지분야 활동 내용

- RE100, EP100, 24/7 Carbon Free Coalition 등 활동
- 2024년 5월, 24/7 Carbon-Free Electricity technical criteria and appendices, 최초 발행

## □ 에너지분야 탄소중립을 위한 활동 내용에 CFE 추가

### RE100

**Corporate leadership on renewable electricity**

RE100 is the global renewable energy initiative bringing together hundreds of large and influential businesses committed to 100% renewable electricity. Together, we underline the business case and send a powerful demand signal to policymakers and investors to help address market challenges.

RE100 is delivered by Climate Group in partnership with CDP. Our goal is to achieve zero carbon electricity grids at scale.

---

### 24/7 Carbon-Free Coalition

**Powering a carbon-free future**

We are working with 6 Founding Partners to shape a campaign to encourage more businesses to choose 24/7 carbon-free electricity, ahead of its full launch in 2025.

[About 24/7 Carbon-Free Coalition](#)



## Climate Group의 CF 연합 기술기준 제공



### 24/7 Carbon-Free Coalition

#### 24/7 Carbon-Free Electricity technical criteria and appendices

Date of publication: 29 May 2025

## 24/7 CFE Technical Criteria

### Section one: Definitions of terms

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CFE</b>                  | Carbon-free electricity                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>CFE generator</b>        | An entity that owns or operates CFE generation or storage projects.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Project, or facility</b> | The physical plant generating or storing electricity.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Generation</b>           | The electricity generated or discharged by a project, or facility.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Corporate buyer</b>      | An entity that is procuring CFE for its operations and may be seeking to make claims to its use. 24/7 Carbon-Free Coalition partner companies are corporate buyers.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Supplier, or utility</b> | An entity that supplies electricity to corporate buyers.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Energy attributes</b>    | The physical characteristics and the environmental benefits of electricity generation determined by those physical characteristics. Energy attributes include, but are not limited to: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Static information about the generation (technology type, nameplate capacity, location, commissioning date, project name, etc.).</li> <li>• The released CO<sub>2</sub>e emissions associated with the generation.</li> <li>• The time and date (vintage, or sometimes a timestamp) of generation.</li> </ul> |

### Section three: Recognised carbon-free electricity resources

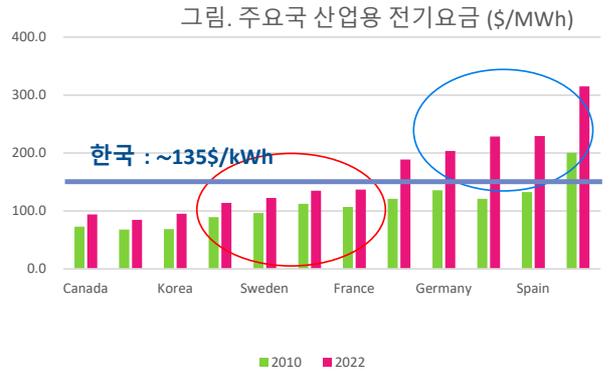
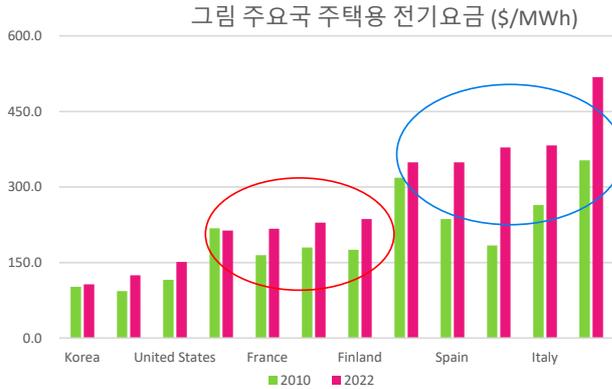
#### 1. Generation resources (excluding biomass)

The 24/7 Carbon-Free Coalition considers electricity generated from the following energy resources to be fully carbon-free:

- Wind;
- Solar;
- Zero-emissions geothermal;
- Marine (wave and tidal);
- Sustainable hydropower; and
- Nuclear (fission and fusion).

# 세계 주요국가의 전력요금 변화

- 무탄소전원(원전,수력)이 풍부한 나라(프랑스,핀란드, 스위스)가 상대적으로 전력요금 저렴  
- 에너지전환에 따른 비용 증가도 낮음
- 변동성 재생에너지가 주력이 국가의 전력 요금은 상대적으로 높음 (덴마크, 스페인, 독일, 이태리, 영국)
- 이미 우리나라의 산업용 전력요금은 유럽의 평균 이상



# 국가별로 다양한 형태로 탄소중립 이행

표. 2022년 기준 발전원별 및 무탄소 전원 비중

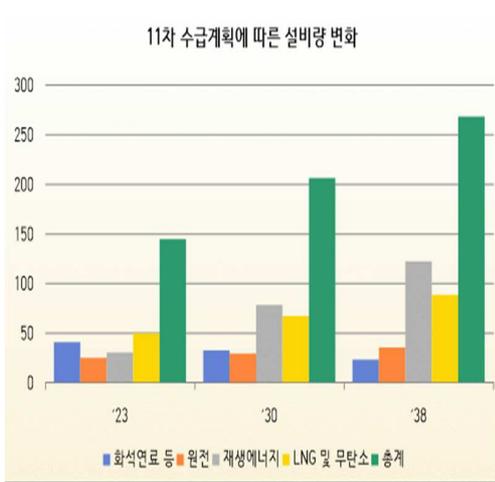
- 각국은 자기 나라의 부존자원을 활용
- 수력이 풍부한 국가가 상대적으로 용이
- 스위스는 풍력 자원을 활용하지 않음
- 한국을 제외하고 태양광 발전이 최고 비중을 차지하는 나라는 없음
- 원전 비중이 큰 나라가 탄소중립 근접
- 우리나라의 재생에너지 비중은 OECD 국가 중 최하위권 ⇒ ?

| 국가  | 원자력  | 재생에너지 |      |      |                 |      | 무탄소전원 |
|-----|------|-------|------|------|-----------------|------|-------|
|     |      | 풍력    | 태양광  | 수력   | 기타              | 소계   |       |
| 스위스 | 37.1 | 0.2   | 5.7  | 52.0 | 4.3             | 62.2 | 99.3  |
| 핀란드 | 35.1 | 16.7  | 0.5  | 18.7 | 18.5 (16.5:바이오) | 54.9 | 89.5  |
| 프랑스 | 62.0 | 8.0   | 4.3  | 10.7 | 4.0             | 27.0 | 89.0  |
| 덴마크 | 0.0  | 54.0  | 6.3  | 0    | 23.2 (17.9:바이오) | 83.5 | 83.5  |
| 영국  | 14.7 | 24.7  | 4.3  | 2.3  | 12.5            | 43.8 | 58.5  |
| 독일  | 5.9  | 21.3  | 10.3 | 4.0  | 9.7             | 44.9 | 50.8  |
| 이태리 | 0.0  | 7.2   | 9.8  | 10.5 | 9.2             | 36.7 | 36.7  |
| 한국  | 27.6 | 0.5   | 4.5  | 1.1  | 2.8             | 8.9  | 36.5  |

# 이미 재생에너지 확대를 적극 추진(설비량 변화)

## 11차 전력수급기본계획상의 전원믹스('25.02)

- 38년 믹스, 원전:재생:화석:무탄소 등 = 35:29:21:15
- 원전 : 24.7GW → 35.2GW (43%, 10.5GW 증가)
- 재생 : 30.0GW → 121.9GW (406%, 91.9GW 증가)



## 2050 탄소중립 믹스 시나리오

- 원전(50) : 재생(30), 무탄소(20) 일 때 총설비 : 462GW
- 원전(30) : 재생(50), 무탄소(20) 일 때 총설비 : 587GW
- 재생에너지 비중이 30% → 50% : 125GW 설비 증가

| 년도        | '23   | '30   | '38   | '50 (원전50%) | '50 (원전30%) |
|-----------|-------|-------|-------|-------------|-------------|
| 화석연료 등    | 40.4  | 32.3  | 22.8  | 0           | 0           |
| 원전        | 24.7  | 28.9  | 35.2  | 92.1        | 55.3        |
| 재생에너지     | 30.0  | 78.0  | 121.9 | 254.3       | 416         |
| LNG 및 무탄소 | 49.3  | 66.9  | 88.2  | 115.7       | 115.7       |
| 총계        | 144.4 | 206.1 | 268.1 | 462.1       | 587.0       |

# 재생에너지 간헐성 : 우리나라

그림 2025년 3.21. 국내 전력수급 현황

### 발전원별실시간 전력수급현황

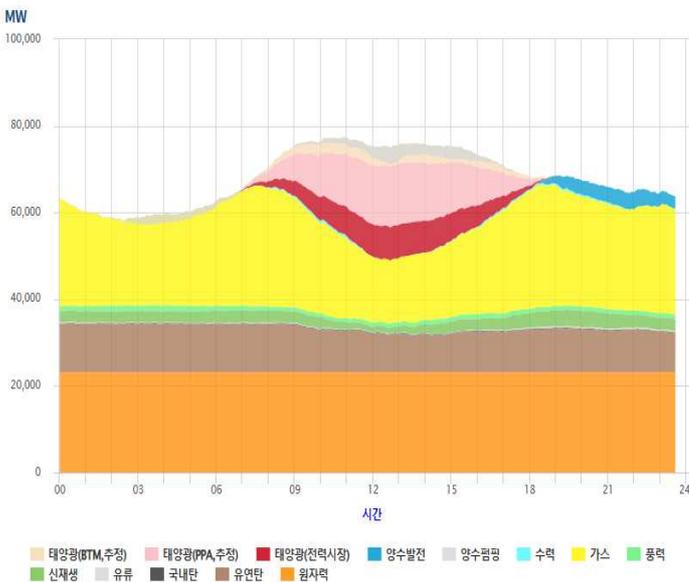


그림 2025년 3.21. 계통수요(Duck Curve)

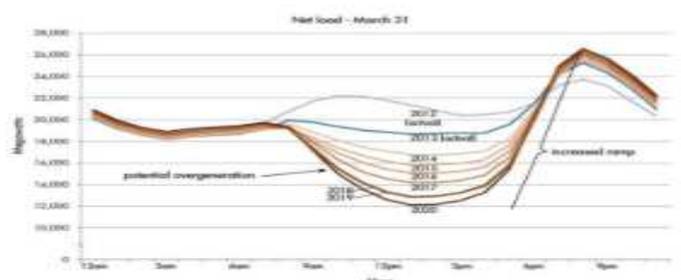
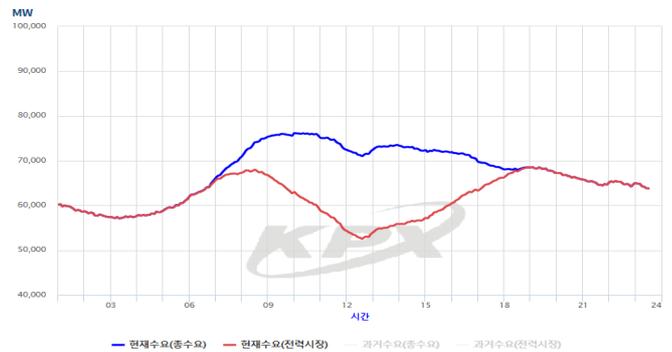


그림. 재생에너지 간헐성 대처 개념도

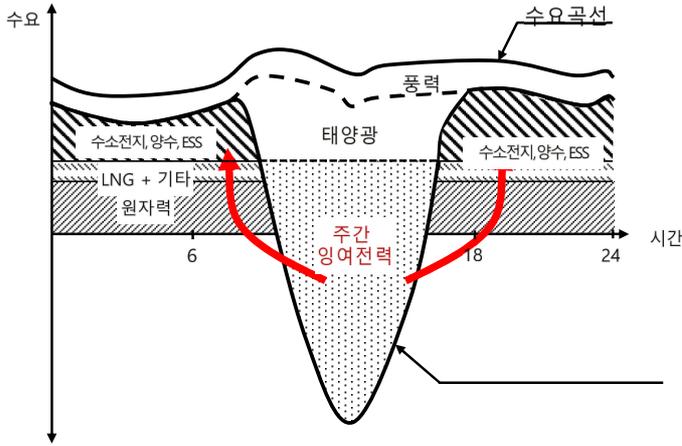
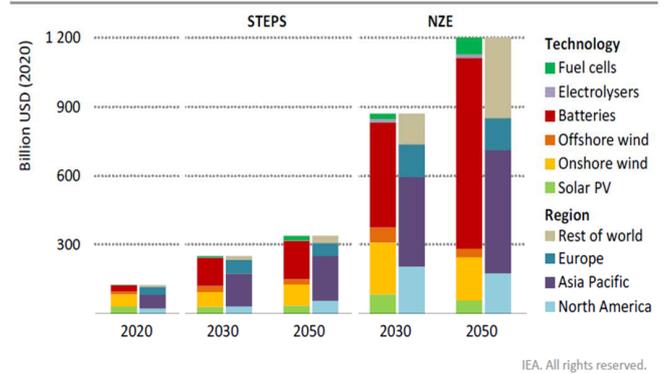


Figure 1.3 > Estimated market size for selected clean energy technologies by technology and region, 2020-2050



There is explosive growth in clean energy technologies over the next decade in the NZE, leading to a clean energy market worth a cumulative USD 27 trillion by 2050

Note: Market share estimates are the product of anticipated average market prices and sales of tradeable units of the core technologies: solar PV modules; wind turbines; lithium-ion batteries (for EVs and grid storage); electrolysers and fuel cells. This differs from investment or spending estimates that include, for example, installation costs.

**Word Energy Outlook 2021**  
**NZE (Net Zero Emission)**  
**배터리가 청정에너지 시장의 70% (8500억달러) 차지 전망**

2050 탄소중립 시나리오 분석(시나리오 구성)

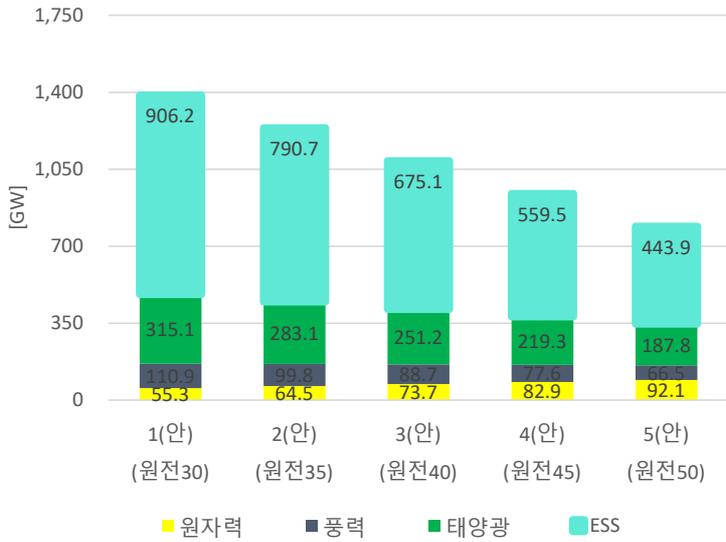
- **경직성 전원: 원자력 및 신재생(태양광 및 풍력)**
  - 원자력 및 신재생: 총발전량의 30% : 50% (1안) ~ 50% : 30% (5안) 차등 적용
  - 신재생: 태양광 및 풍력 비율을 6 : 4로 고정 적용
- **유연성 전원: 무탄소 가스터빈 및 양수, BESS**
  - 무탄소 가스터빈: 총발전량의 20%로 고정 적용
  - 양수: 총설비량 20 GW로 적용
  - BESS: 잔여 잉여/부족 전력 커버할 수 있는 용량(계산값)

단위: TWh

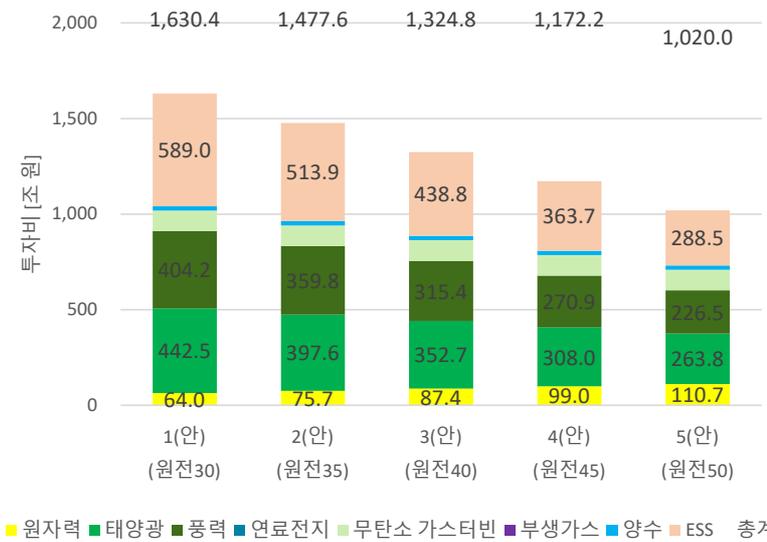
| 시나리오      | 원자력         | 신재생   |       |             | 무탄소 가스터빈 | 총합      |
|-----------|-------------|-------|-------|-------------|----------|---------|
|           |             | 태양광   | 풍력    | 합계          |          |         |
| 1 (30:50) | 377.3 (30%) | 377.3 | 251.5 | 628.9 (50%) | 251.5    | 1,257.7 |
| 2 (35:45) | 440.2 (35%) | 339.6 | 226.4 | 566.0 (45%) | 251.5    | 1,257.7 |
| 3 (40:40) | 503.1 (40%) | 301.8 | 201.2 | 503.1 (40%) | 251.5    | 1,257.7 |
| 4 (45:35) | 566.0 (45%) | 264.1 | 176.1 | 440.2 (35%) | 251.5    | 1,257.7 |
| 5 (50:30) | 628.9 (50%) | 226.4 | 150.9 | 377.3 (30%) | 251.5    | 1,257.7 |

# 2050 탄소중립 시나리오별 발전설비량 및 투자비

## 그림 2050 시나리오별 발전설비량



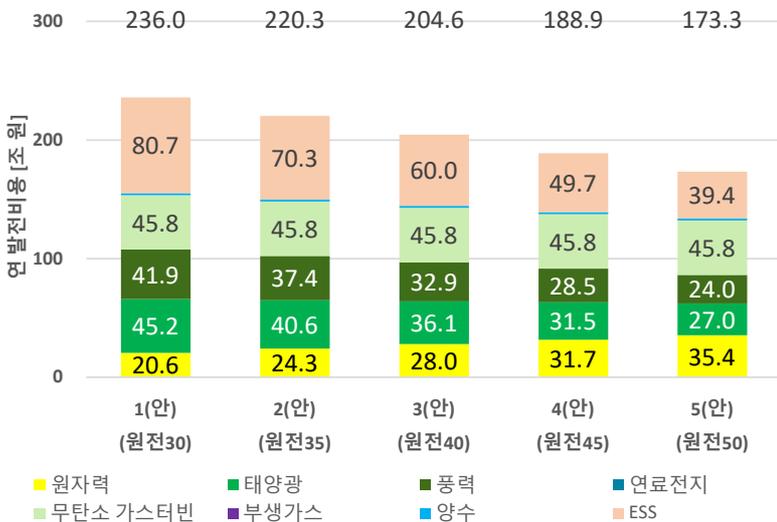
## 그림 2050 시나리오별 발전투자비



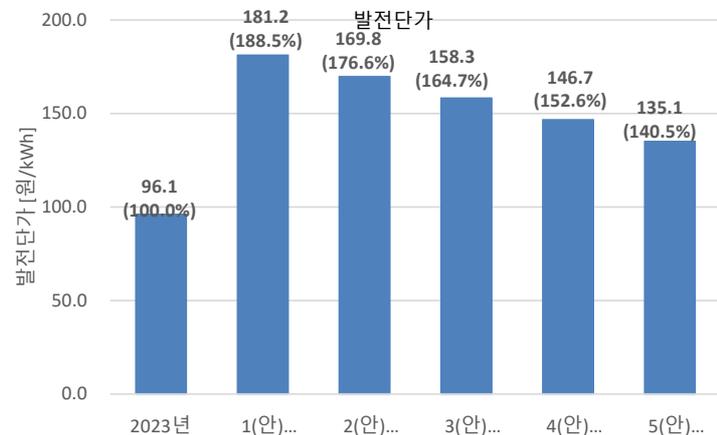
# 시나리오별 연간 발전비용 및 발전단가

- ◆ 원전 비중을 30% → 50% 증가 : 연간 발전비용 62.7조 절감
- ◆ 원전 비중을 30% → 50% 증가 : 발전단가는 kWh 당 46.1원 절감
- ☞ 원전비중을 50%로 할 시 전력요금 35% 인상만으로 탄소중립 달성

## 그림. 시나리오별 연간 발전비용 전망



## 그림. 시나리오별 발전단가 전망



# 시나리오 분석 결과의 시사점

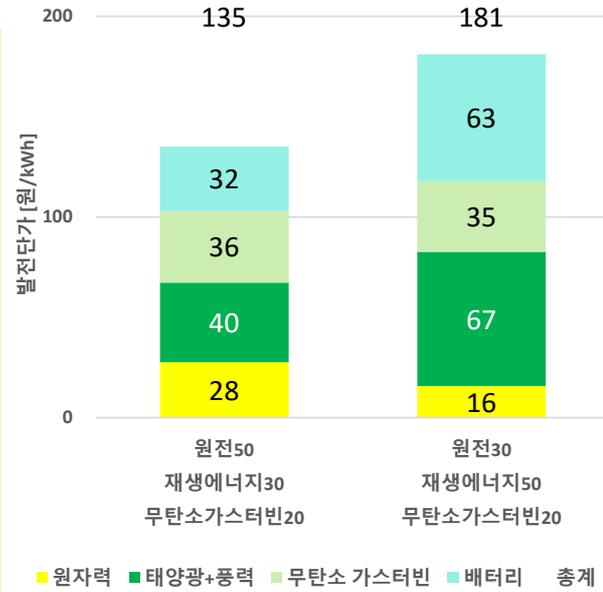
## 원전 비중이 증가할수록 비용은 감소

- 원전비중을 30%로 하고 재생에너지 비중을 현재의 약9%에서 50%로 증가
  - 2050년의 평균전력요금은 현재보다 89% 상승
- 원전비중을 50%까지 증가, 재생에너지 비중을 현재의 약9%에서 30%까지 증가
  - 2050년의 평균전력요금은 현재보다 35%만 상승
- 적정믹스는 원전부지 확보, 재생에너지의 경제적 자원규모, 주민 수용성 등에 영향

👉 2050년 적정 원전 구성비 : 35~50%

## 재생에너지 증가는 에너지저장장치의 비용 증가 동반

- 재생에너지를 30% ⇒ 50%로 확대 시
  - 재생에너지 비용 증가보다 BESS 비용 증가가 더 큼
  - 재생에너지 발전비용과 대등한 에너지저장장치(BESS) 운영비



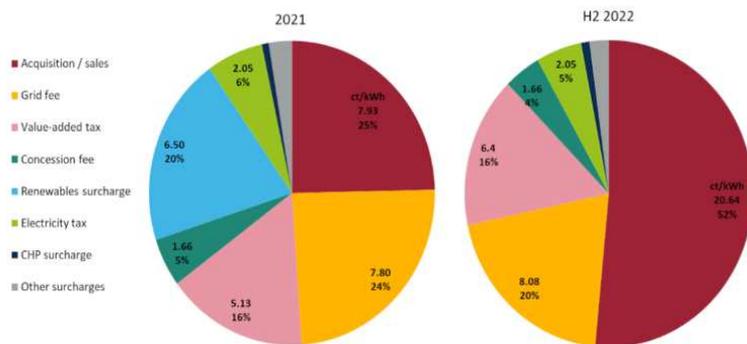
# 독일의 전력요금 구성

- 발전전력 구입비(25%)
- 계통비용(24%)
- 부가가치세(5.1%)
- 할인(보상) 비용(5%)

- 재생에너지 할증료(지원금)(20%)
- 전기세금(6%)
- 복합화력 지원금
- 기타 지원금

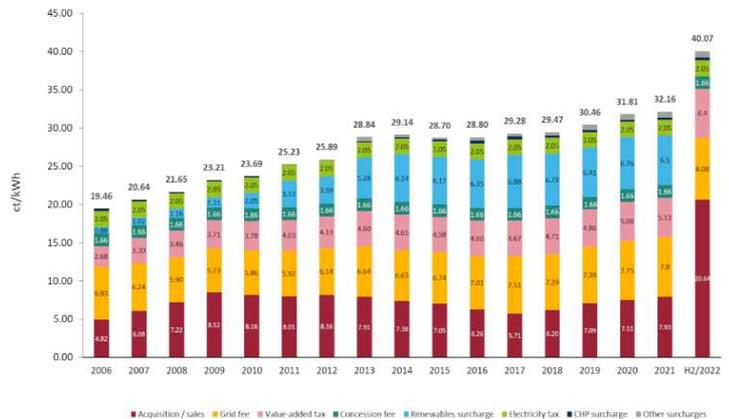
Composition of power price for German households using 3,500 kWh per year in 2021 and the second half of 2022.

Data: BDEW 2022.



Composition of average power price in ct/kWh for a German household using 3,500 kWh per year, 2006 - H2 2022.

Data: BDEW 2022.



● **세계적으로 보기 드문 전력계통 환경 ⇒ 우리에게 적합한 전력수급 체계 절실**

- 독립된 계통으로 주변국으로 부터 전력 융통이 어려움
- 재생에너지 자원이 상대적으로 열악, 태양광은 전력 공급의 간헐성, 변동성이 큰 전력원

● **수급안정화 차원 및 시장원리에 기반한 수요와 공급체계를 조속히 구축해야**

- 수소 발전 및 수소 생산을 통한 수급 안정, 데이터 센터, 산업단지 등 분산형 전력수급 체계 구축
- 바람직한 수요공급 유도가 가능한 전력시장의 조속한 구축 및 민간 등 다양한 주체 참여 유도

● **원전 이해기반 확대를 위한 주민 수용성 제고를 위한 노력 필요**

- 대형원전 부하추종 적용성 강화, SMR의 조기 상용화를 통한 부하추종 능력 제고
- 안정성이 대폭 향상된 SMR의 조기 개발, 대형원전의 지속적인 안전성 개선 등으로 원전 주민 수용성 획기적 개선

● **바람직한 전원믹스를 추구하기 위하여 자유롭고 다양한 논의 및 연구개발 필요**

- 국가를 위한 에너지 대계를 수립하고 위해 진영논리에서 벗어나 삶의 문제, 경제의 문제로 고민하고 해법을 찾을 때
- 조화로운 중장기 재생에너지/원전 믹스, 국가 송전망 구축, 전력시장 설계 분야 등에 대한 논의 활성화 필요

경청해 주셔서 감사합니다 ~~~

# 환경주의적 에너지 정책이 내포하는 위험성

서울대학교 원자력정책센터 연구위원

사) 사실과과학네트워크 이사

한국대전략연구소 에너지위원

고범규

최근 들어 이재명 행정부는 정부조직을 개편하는 과정에서 기후에너지환경부를 신설하며, 산업통상자원부가 주관하고 있었던 에너지 및 전력분야, 원전분야 등에 대한 이관을 단행했다. 여기에 김성환 장관은 신규원전 건설에 대해 재검토해야 한다는 의견을 피력하면서도 재생에너지 증설에 대해서는 “5년간 재생에너지를 최소한 100GW 늘려야 한다”고 언급하는 등 매우 급격한 재생에너지 증대 정책을 실시하겠다는 의지를 피력했다. 이러한 발언은 사실상 이재명 행정부의 에너지 정책이 탈원전 및 급격한 재생에너지 확대 정책을 펼쳐 국내 산업 경쟁력의 위기를 초래한 문재인 행정부의 정책을 답습하겠다는 것으로 해석 가능하다.

그러나 유럽과 달리 에너지섬으로 고립되어 있으며, 경제적으로 활용 가능한 부존자원이 거의 없는 우리나라에서 원자력의 소극적 이용시도 및 간헐성-변동성이 심한 재생에너지의 과도한 확대는 산업경제에 회복하기 어려운 악영향을 끼칠 위험성이 매우 높다.

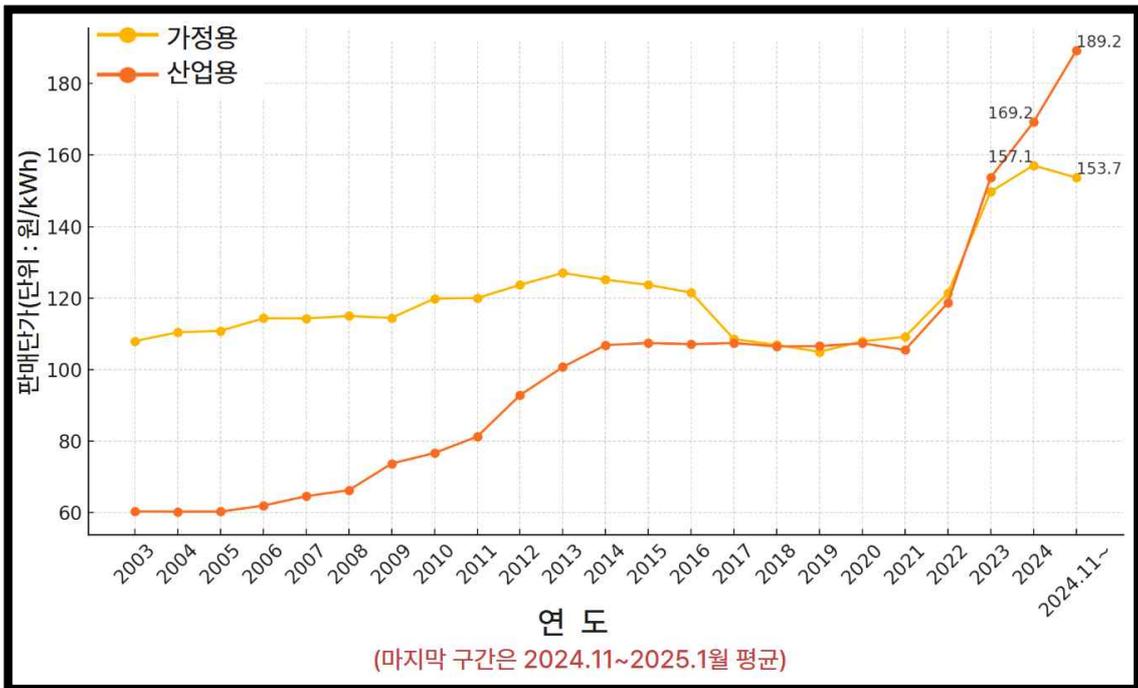


그림 1. 연도별 산업용·가정용 전기요금 추이

우선 우리나라의 산업용 전기요금은 문재인 행정부가 들어선 2017년부터 이미 OECD 중위 수준의 전기요금으로 상승한 상태였다. 여기에 적자구조의 전기요금 체계를 유지하며 낮은 가격을 유지해온 가정용 전기요금과 달리 지속적으로 전기요금을 올려 지난해 10월부터 산업용을의 경우 182.7원/kWh로 인상이 된 상태다. 철강산업과 반도체 산업, 화학산업 등 전기 다

소비 산업의 비중이 높은 우리나라의 현재 여건 및 AI 및 데이터센터와 같이 막대한 전력공급이 필요한 산업을 미래 산업으로 계획중인 우리나라에서는 기업경쟁력에 악영향을 줄 수밖에 없다.

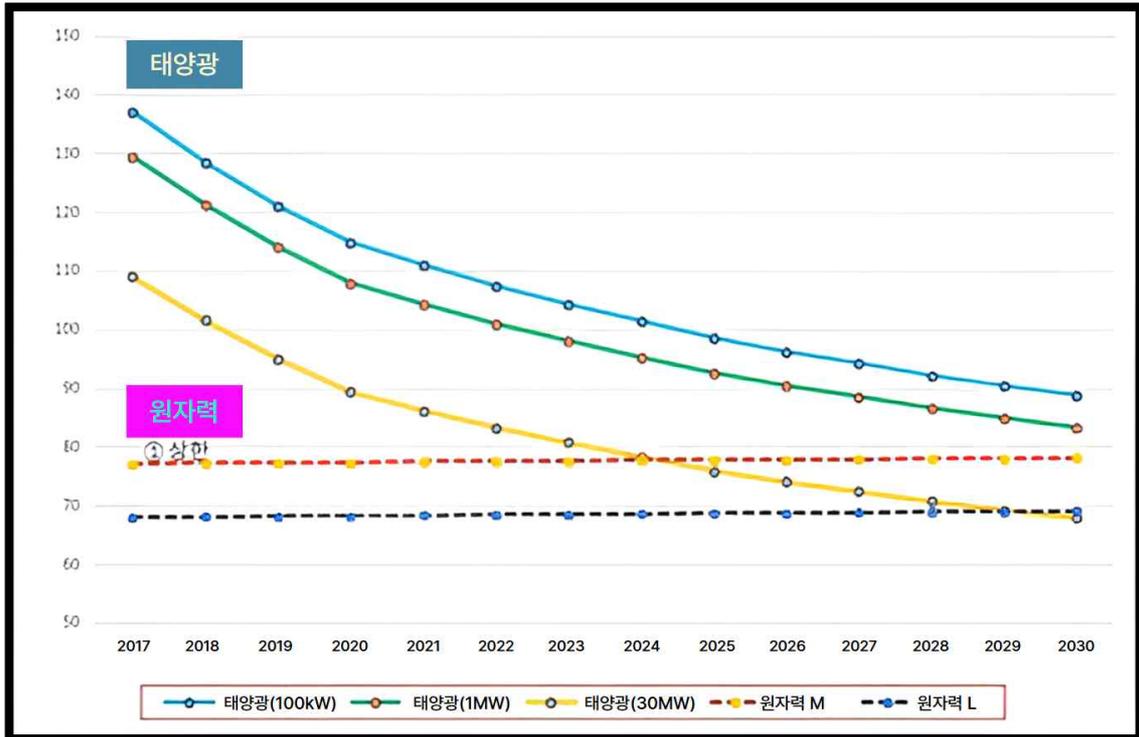


그림 2. 산조학회의 2017~2030년 재생에너지 및 원자력 LCOE 전망

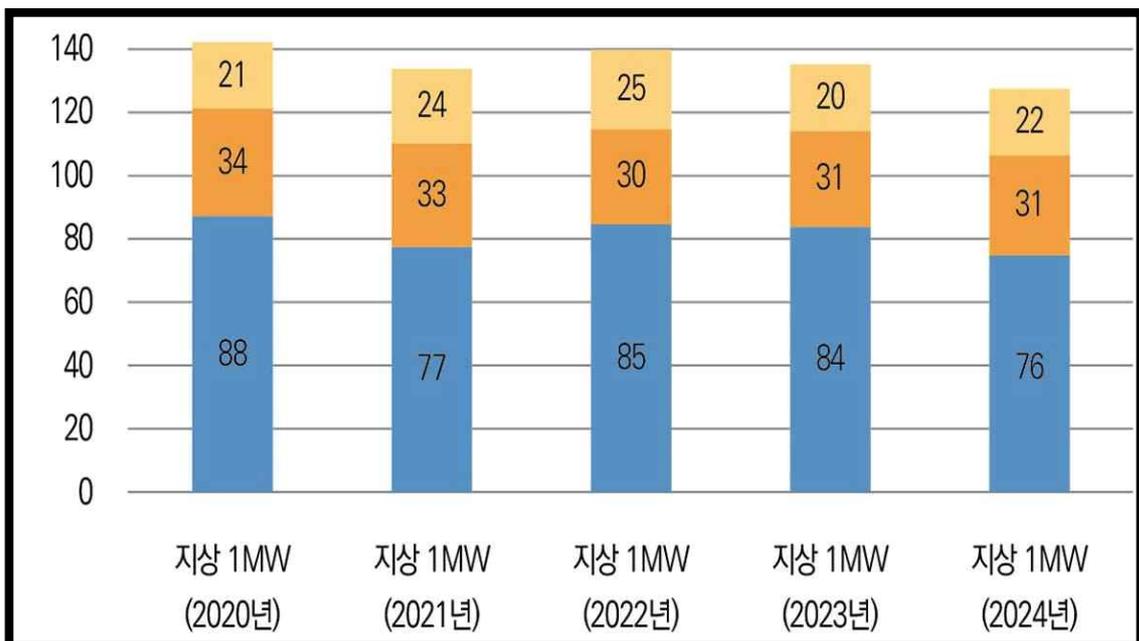


그림 3. 2020~2024년 1MW 태양광 발전소 균등화발전원가(에너지경제연구원)

여기에 문재인 행정부, 윤석열 행정부, 이재명 행정부를 가리지 않고 일관되게 추진하고 있는 급격한 재생에너지 확대 정책은 재생에너지의 경제성이나 안정적 전력공급능력에 대한 명확한 실적이나 과학적 근거보다는 수많은 가정을 적용하고 있다. 예를 들어, LCOE는 각 에너지설비의 반복적인 건설이나 규제환경의 변화, 대외여건 등 수많은 변수에 의해 상당히 달라진다. 그러나 환경단체 및 현 행정부의 에너지정책에 직·간접적으로 관여하고 있는 이들은 재생에너지의 LCOE 예측에서는 경험곡선을 무리하게 적용하여 지난해를 기점으로 1MW급 태양광의 LCOE가 90원대/kWh로 하락한다고 예측한 바 있다. 그러나 에너지경제연구원의 후속 연구에 따르면 2024년의 1MW 태양광 발전소 LCOE는 128원/kWh으로 이들의 예측과는 사뭇 달랐다. 심지어 지난해 하반기와 올해 상반기에 LCOE보다 훨씬 높은 155.3원/kWh, 154.7원/kWh에 장기고정계약 입찰이 이뤄졌으나 사업성이 낮다는 이유로 대부분의 태양광 사업자들이 입찰에 참여하지 않았다. 결과적으로 지난해 하반기 및 올해 상반기 태양광 장기고정가격 계약은 각각 최초공고용량의 8%, 5%만 입찰에 참여하면서 크게 미달되었다. 155원/kWh의 가격도 사업자들이 사업성이 낮다고 판단한다면, 태양광의 실제 발전단가 및 미래의 가격은 환경단체나 정치권 일각에서 주장하는 것보다 훨씬 비싸다고 인정하는 것이 맞다. 이러한 가격 추세 및 우리나라의 에너지 여건을 고려할 때 미래에도 비싼 에너지원이 될 가능성이 높다.

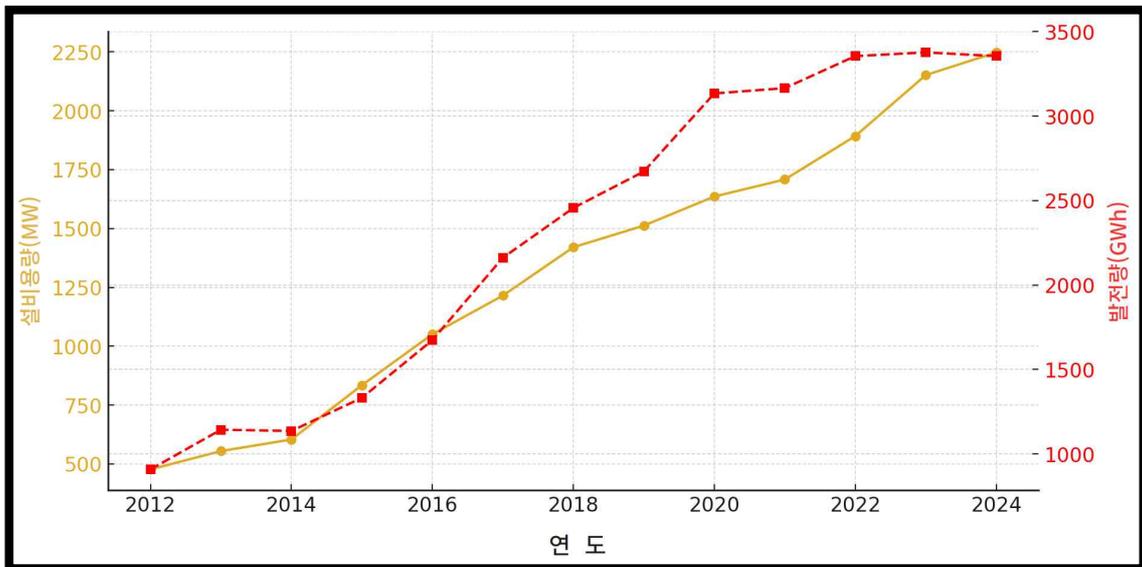


그림 4. 2012~2024년 연도별 풍력발전 설비용량 및 발전량 추이

한편, 11차 전력수급기본계획을 통해 추가로 약 38GW의 설비용량 증가를 계획하고 있는 풍력발전 역시 우리나라의 여건에 매우 불리한 것을 넘어 산업계 전반에 부정적인 영향을 끼칠 가능성이 매우 높다. 우선 11차 전기본 및 기존의 행정부처에서 계획해온 신규 풍력설비의 대부분은 해상풍력이 차지하고 있는데, 우리나라보다 훨씬 풍질이 뛰어난 북유럽과 일본 등에서도 해상풍력은 사업성 악화를 이유로 시장에서 철수하는 추세다.

표 1. 글로벌 주요 해상풍력사업 철회 현황

| 시기      | 국가   | 프로젝트·설비용량                   | 주요 사유                                                                    |
|---------|------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 2024.01 | 미국   | Empire Wind 2<br>(≈1.26 GW) | 인플레이션 및 금리상승, 공급망 지연으로<br>기존조건 경제성 상실                                    |
| 2025.02 | 노르웨이 | 1.5GW                       | 비용 우려로 고정식 입찰계획 철회                                                       |
| 2025.05 | 영국   | 2.4GW                       | 혼시 4 풍력단지 수주 이후에도 지속적 공<br>급망 비용 상승, 높은 그림, 대형 풍력 프로<br>젝트의 건설 운영 리스크 증가 |
| 2025.08 | 독일   | 2.5GW                       | 기술비용 리스크로 응찰자 부재                                                         |
| 2025.08 | 일본   | 1.8GW                       | 원자재 가격 상승 등 고비용 구조로 기존<br>입찰가로 수익성 확보 불가능 판단.                            |

북해나 도버해협, 일본의 해상풍력사업 주요입지의 연평균 풍속은 초속 10~11미터인 반면, 우리나라에서 바람이 가장 잘 부는 제주 서남해안이나 울산 앞바다의 연평균 풍속은 초속 8~9 미터다. 풍력발전량은 풍속의 세제곱에 비례하므로 연평균 풍속이 20%만 떨어져도 나도 실제 발전량은 절반수준으로 크게 감소한다. 즉, 우리나라의 해상풍력 여건은 그 출발선부터 다른 나라에 비해 매우 불리하다.

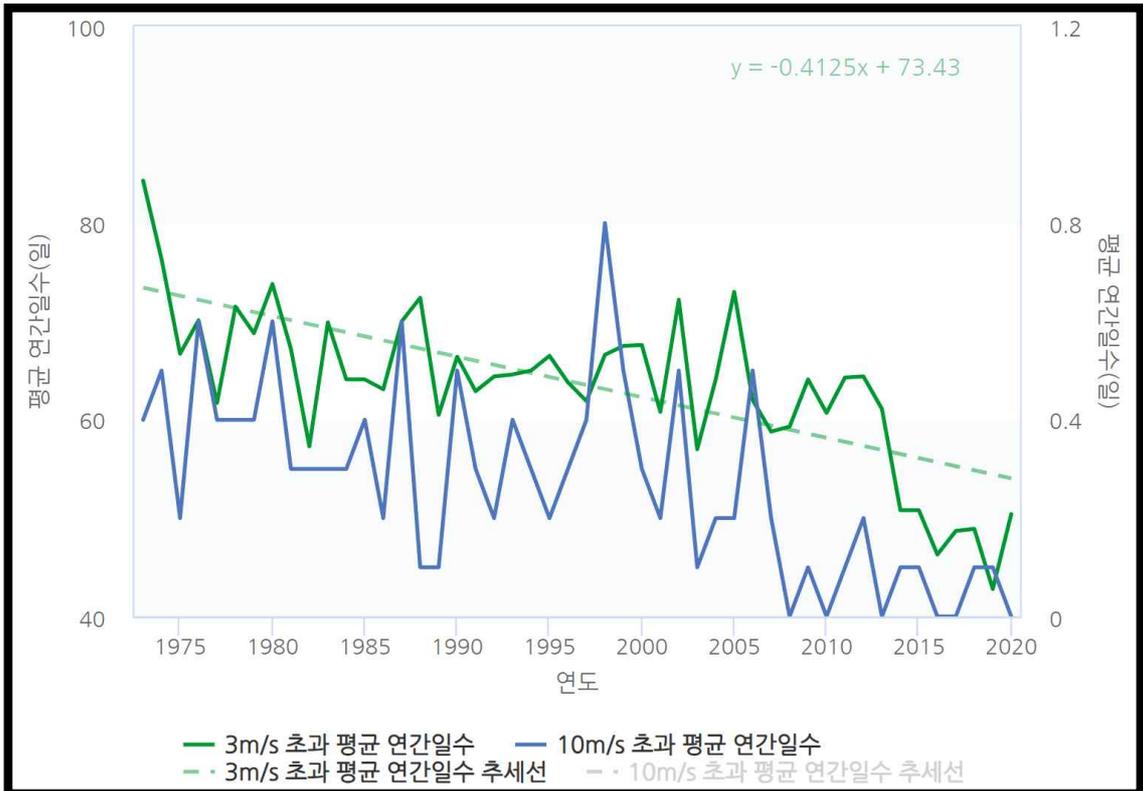


그림 5. 1973년~2020년 국내 47개 지점 연간 계급별 풍속일수 추이

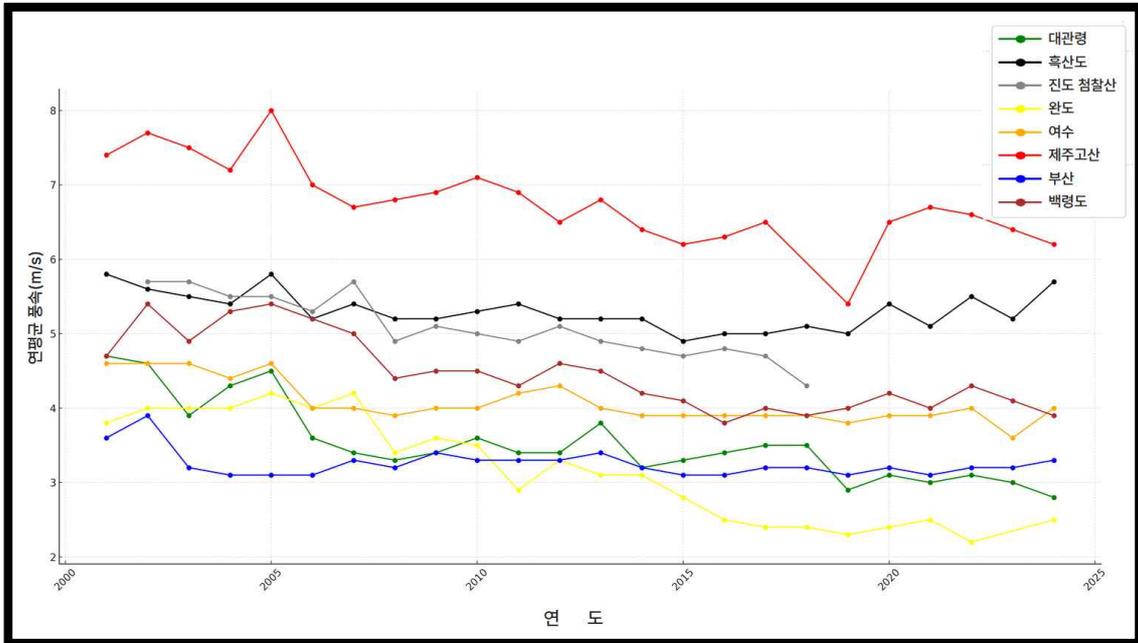


그림 6. 2001~2024년 해안 및 산간 대표지역 연평균 풍속추이

문제는 여기에 그치지 않는다. 기상청의 관측자료에 따르면 1973년부터 2020년까지 우리나라 47개 지점에서의 연평균 계급별 평균 풍속일수는 우리나라의 풍량자원이 너무도 뚜렷한 감소하고 있음을 보여주고 있다. 상대적으로 바람이 풍부한 산간지역이나 해안도시지역을 살펴봐도 이 추세는 별로 다르지 않다. 해상풍력터빈의 수명을 25년으로 가정할 때 수명기간 동안 풍량이 10%만 감소해도 전체 발전량은 27%가 감소한다. 이러한 이유로 유럽 지역에서도 풍력사업을 국가적으로 검토하는 과정에서 장기간의 풍량 예측은 필수였다. 그러나 우리나라는 풍력사업 인허가 과정에서 1년 정도의 풍황계측 말고는 장기간의 풍량 감소가 고려되고 있지 않다.

발전단가의 측면에서도 우리나라의 해상풍력은 건설단가가 55억원~65억원/MW이던 시절에도 균등화발전원가는 271~300원/kWh 수준으로 상당히 높았다. 그러나 최근 우리나라에 실제 건설되고 있는 해상풍력발전단지의 건설단가는 실제로는 80억원/MW 안팎으로 크게 상승하여, 경제성이 더욱 나빠지고 있다.

이러한 상황을 고려할 때 현재 계획되거나 사업 승인이 이뤄진 약 30GW의 해상풍력 사업은 총 비용 240조원에 이를 전망이다. 김성환 장관이 공언한대로 11차 전기본보다 더 많은 재생에너지 설비를 건설한다면 그 비용은 더욱 크게 증가할 수밖에 없다.

여기에 태양광-풍력처럼 간헐성과 변동성을 지니는 재생에너지원이 크게 늘면 에너지섬으로 고립되어 있는 우리나라와 같은 환경에서는 독일이나 영국 등이 겪었던 동켈플라우테 현상을 더욱 심하게 겪을 가능성이 매우 높다. 동켈플라우테는 직관적으로 이야기하면 ‘고요한 밤’이다.

우리나라는 지속적으로 원자력발전소를 건설해온 덕분에 서방진영에 속해있는 국가들 가운데 유일하게 제 때 제 가격으로 원전을 건설할 수 있는 능력을 보유한 국가가 되었다. AI와 데이

터센터, 로봇산업 등 미래산업은 현재의 우리나라 주력산업들과 마찬가지로 에너지집약적 산업으로 대량의 고품질 전기를 낮은 가격에 공급하는 것이 산업경쟁력 유지를 위한 기본 조건이다. 우리가 잘할 수 있고, 앞으로도 잘할 가능성이 가장 큰 분야를 스스로 저버리고 상대적으로 불리하거나 불확실성이 큰 재생에너지 위주의 에너지정책, 그리고 산자부가 주관해온 업무를 기후에너지환경부로 이관하는 것은 지양하는 것이 바람직하다.

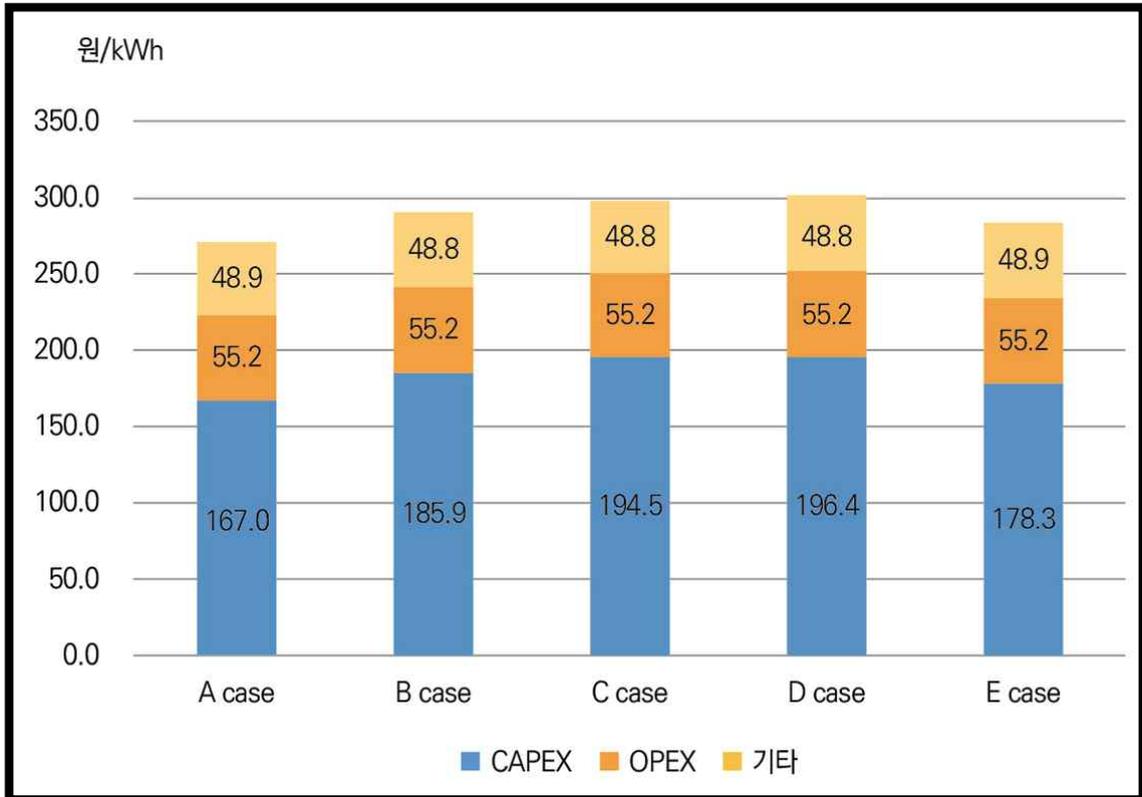


그림 7. 국내 발전소별 해상풍력 발전단가(LCOE) 추정결과

기후에너지환경부로 에너지 정책기능을 이관하는 정부조직개편의 문제

손양훈

정부는 기후위기 대응을 위한 강력한 '컨트롤타워' 구축을 명분으로 산업통상자원부의 에너지 정책 기능을 환경부로 이관을 추진하고 있다. 이는 분절된 기후·에너지 정책을 통합하여 탄소중립 목표를 효율적으로 달성하려는 시도로 보인다.

그러나 본 개편안은 '산업 진흥'과 '환경 규제'라는 본질적으로 상충하는 기능을 한 부처에 통합함으로써 심각한 정책적 부작용을 초래할 위험이 있다. 에너지 정책이 기후 문제 해결의 하위 수단으로 전락하여, 에너지의 안정적 공급이라는 국가 핵심 과제가 위협받을 것으로 보인다. 특히 에너지원의 거의 전량을 수입에 의존하는 한국의 특수성을 고려할 때, 이러한 정책적 무게중심의 이동은 국가 경제와 안보에 치명적일 수 있다

전 세계적으로 원자력의 활발한 도입이 진행되고 있고 원자력에 경쟁력을 보유하고 있는 우리나라의 원자력 산업은 이번 개편안이 원전 생태계를 붕괴시켜 '사실상의 탈원전 시즌 2'가 될 것이라는 우려를 하고 있다. 원자력의 연구개발(R&D), 건설·운영, 수출 기능이 3개 부처로 분산되는 '기형적 구조'는 정책의 비효율을 극대화하고 국제 경쟁력을 약화시킬 수밖에 없다.

해외 사례에서도 이점은 분명히 나타난다. 영국과 독일 등 주요국들은 에너지와 기후·환경 부처의 통합과 분리를 거듭하며 최적의 거버넌스 모델을 모색해왔다. 이들 국가의 경험은 조직 구조 개편이 정치적 리더십과 외부 환경 변화에 민감하게 반응하는 복잡한 과정이며, 선부른 통합이 에너지 비용 급등과 산업 경쟁력 저하라는 부작용을 낳고 있음을 보여주고 있다.

현 정부조직 개편안이 기후위기 대응이라는 선의의 목표에도 불구하고, 에너지 안보, 산업 경쟁력, 정책의 일관성 측면에서 중대한 위험을 내포하고 있다. 에너지 정책의 성공적인 거버넌스 구조는 특정 목표를 다른 목표에 종속시키기보다, 안보, 경제, 환경이라는 세 가지 상충하는 목표 사이의 균형을 맞추는 것을 명시적인 임무를 갖도록 해야 한다. 대규모 조직 개편을 단행하기에 앞서, 원자력의 미래 역할을 포함한 장기 에너지 믹스와 전환 비용 조달 방안에

대한 폭넓은 사회적 합의를 구축하는 과정이 선행되어야 한다. 조직 개편은 전략적 합의를 실행하기 위한 수단이어야 하며, 그 자체가 목적이 되어서는 안 된다.

영국과 독일의 사례가 주는 핵심 교훈은 정부 거버넌스가 외부 충격에 적응할 수 있는 유연성을 갖춰야 한다는 점이다. 이념에 기반한 경직된 구조는 외부 위기에 취약하다. 경제적 또는 지정학적 위기 상황에서 실용적인 정책 조정이 가능한 유연한 시스템이 장기적으로 성공할 가능성이 더 높다. 현재 제안된 조직 개편안은 복잡한 문제에 대한 단순한 해법을 제시하려다, 오히려 해결하는 것보다 더 큰 불안정성을 야기할 수밖에 없을 것으로 전망한다.