

2024년 상반기 세계 전력 수급 현황(IEA)¹⁾

전력정책연구실 김종익 연구위원(jikim@keei.re.kr)

- ▶ 주요 국가들의 전력 소비 증가, 전기화 가속, 기록적 폭염 등의 요인들이 결합하여 2024년 및 2025년 세계 전력 수요는 각각 4%대 증가율을 기록할 전망
- ▶ 2025년 재생에너지 발전 비중이 35%로 증가하며 석탄 발전 비중을 처음으로 넘어설 전망이고, 원전 발전량은 신규 원전 가동(중국, 한국, 유럽)과 재가동(일본)에 힘입어 올해와 내년 각각 1.6%, 3.5% 증가 예상
- ▶ 유럽 국가들의 배출량 감소가 예상되지만, 중국·인도의 전력소비 충족을 위한 석탄발전 증가로 상쇄되며 전력 부문 온실가스 배출량은 정체 추세를 보일 전망
- ▶ 전력 도매가격은 에너지 원자재 시장 안정화, 재생에너지 발전 증가 등의 요인으로 하락 추세를 보이고 있으나, 일부 국가에서는 2019년 평균보다 여전히 높은 수준을 유지

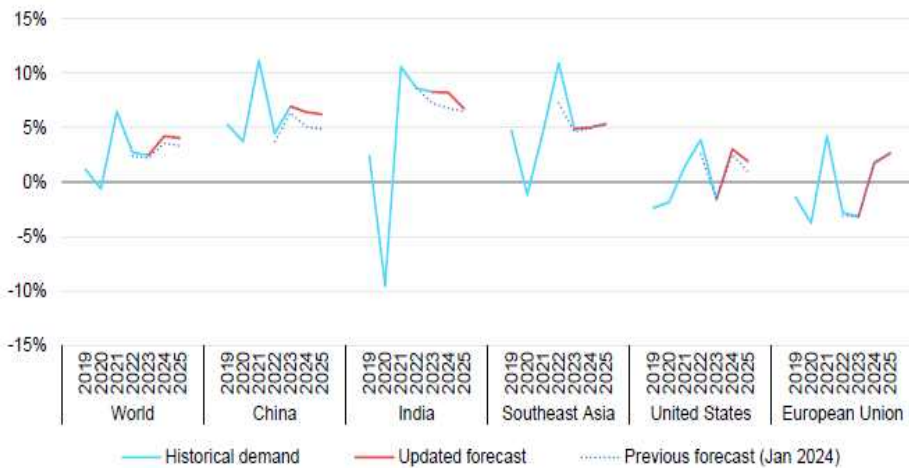
1. 세계 전력 수요

■ 2024년 및 2025년 세계 전력 수요 전망

- 2024년 전력 소비량은 전년 대비 4% 증가할 전망이며, 이는 금융 위기 이후인 2010년과 팬데믹 이후의 2021년을 제외하면 2007년 이후 가장 높은 수준
 - 중국, 인도, 미국, 유럽 국가들의 지속적인 전력 소비 증가 및 회복, 전기화 (electrification) 가속, 신흥 경제국의 견고한 성장 등의 요인들이 결합하여 2025년에도 전력 수요는 4%대 증가율을 기록할 전망

“2024-2025년 세계 전력 수요는 4%대 증가율을 기록할 전망”

〈 세계·지역별 전기 수요 증가율(2019-2025년) 〉

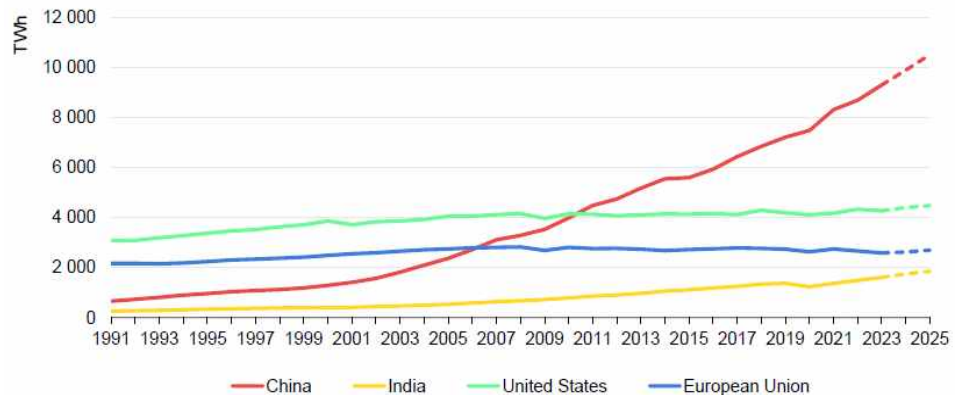


자료 : IEA(2024.7.), *Electricity Mid-Year Update*

1) 본고는 IEA의 “Electricity Mid-Year Update(July 2024)” 보고서를 요약 정리함.

- (중국) 경제 둔화와 중공업 의존도를 낮추려는 구조적 전환이 예상되에도 불구하고, 태양광 모듈, 전기차, 배터리 및 관련 소재 등의 생산이 빠르게 증가하면서 전력 수요가 증가
 - 2023년 전기 소비량은 전년 대비 7% 증가하였고, 2024년과 2025년 각각 6.5%, 6.2% 증가할 것으로 전망
 - 데이터 센터와 5G 네트워크 등 디지털화(digitalisation)도 중요한 요인으로 작용
- (인도) 경제 성장, 산업 활동 확대, 강한 폭염(intense heatwaves) 등이 결합하며 전력 수요가 빠르게 증가하고 있음.
 - 2023년 전기 소비량은 전년 대비 8% 이상 증가하였고, 2024년과 2025년 각각 8.2%, 6.8% 증가할 전망
 - 인도의 1인당 전력 소비는 유럽연합의 20% 수준으로 향후 GDP가 증가함에 따라 가전 및 냉방 제품 구매가 이루어지며 지속적인 전력 수요 증가 예상
- (미국) 2023년 전기 소비량은 온화한 날씨의 영향으로 전년 대비 1.6% 감소하였으나, 최근 GDP 전망이 큰 폭으로 상향 조정됨에 따라 올해와 내년에는 각각 3%, 1.9% 증가할 전망
 - GDP 상승 외에도 기온 상승으로 인한 냉방수요 증가와 데이터 센터 확장 등의 요인들 역시 전력 소비 증가를 견인할 것으로 예상
- (유럽연합) 2022년과 2023년의 전기 소비량은 전년 대비 각각 2.8%, 3.2%씩 연이어 감소함에 따라 유럽연합 전기 소비량은 20년 전 수준으로 하락
 - 반면, 그동안 에너지 가격 급등으로 위축되었던 에너지 집약 산업들이 생산을 재개·확대하고, 교통 및 난방 부문에서 전기화가 이뤄지면서 2024년과 2025년 전력 소비량은 각각 1.7%, 2.6% 증가할 전망

〈 지역별 전기 수요량(1991-2025년) 〉



자료 : IEA(2024.7.), *Electricity Mid-Year Update*

▣ 2024년 상반기 기록적 폭염 현상으로 전력 시스템에 부담이 가중되는 중

- 전 세계적으로 관측 이래 가장 무더운 여름을 보내는 중이며, 냉방용 전기 수요 급증으로 첨두부하(peak load)가 급등하는 등 전력 시스템에 심각한 영향
 - 냉방 수요 증가가 전력 시스템에 미치는 영향을 완화하기 위해서는 효율 기준을 상향하고, 전력망의 확장(expansion) 및 강화(reinforcement)를 통해 전력 시스템의 신뢰성(reliability)을 보장하는 것이 매우 중요

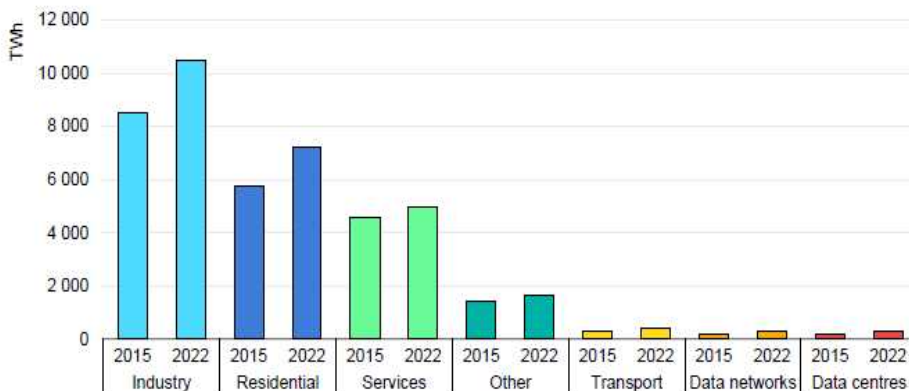
“기온 상승으로 인한 냉방수요 증가는 전력 시스템에 부담 가중”

▣ 인공지능(artificial intelligence)의 확산으로 데이터 센터의 전력 수요가 주목받고 있으나, 신뢰할 수 있는 데이터의 부족으로 미래 전망의 불확실성 초래²⁾

- 「Electricity 2024(IEA)」는 데이터 센터 전력 소비가 2022년 세계 전력 수요의 1~1.3%를 차지하고 있으며, 2026년 1.5~3%로 증가할 것으로 전망
 - ※ 전기차의 전력 수요는 2022년 전 세계 전력 수요의 0.5% 수준이며, 2026년까지 1.5~2%까지 증가할 것으로 예측
 - 데이터 센터가 전력 소비에서 차지하는 비율은 제한적이지만, 일부 지역에서는 상당한 전력 수요를 차지
 - ※ 아일랜드에서는 데이터 센터가 2022년 전력 수요의 18%, 싱가포르에서는 2020년 전력 수요의 약 7%에 달함.
 - 데이터 센터의 확산과 전기화가 가속화됨에 따라 전력망 제약에 따른 연결 가능성(connection availability)이 문제로 대두
 - ※ 전력망 연결 조건 설정(아일랜드 더블린, 2021년 말~), 하이퍼 스케일 데이터 센터 설치 제한(네덜란드, 2024년 1월~), 데이터 센터 임시 금지 조치(싱가포르, 2019~2022년)

“데이터 센터의 전력 소비 비중은 제한적이거나 일부 지역에서는 이미 전력망 연계 문제 발생”

〈 전 세계 부분별 최종 전력 수요(2015, 2022년) 〉

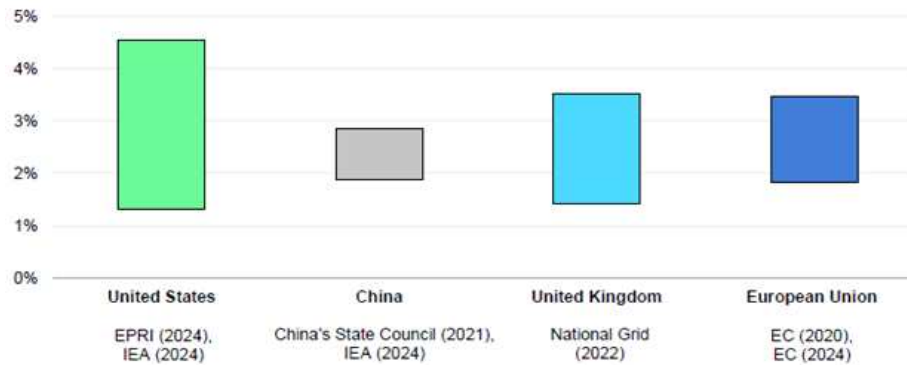


자료 : IEA(2024.7.), Electricity Mid-Year Update

2) IEA의 Electricity 2024 report에서는 AI 애플리케이션의 확산과 디지털화의 가속화로 인해 데이터 센터 부문이 증가하는 전력 수요에 대한 포괄적인 분석을 제공

- 하지만, 데이터 센터의 전력 소비량은 출처에 따라 추정치가 크게 다르며, 신뢰할 만한 데이터가 부족하여 상당한 불확실성을 초래
 - 2022년 지역·국가별 데이터 센터의 전력 소비 비중은 유럽연합 1.8%~3.5%, 미국 1.3%~4.5%, 중국 1.9%~2.9%으로 큰 폭의 추정 범위를 나타냄.

〈 데이터 센터의 전력 소비 비중 추정치 범위 (2022년) 〉

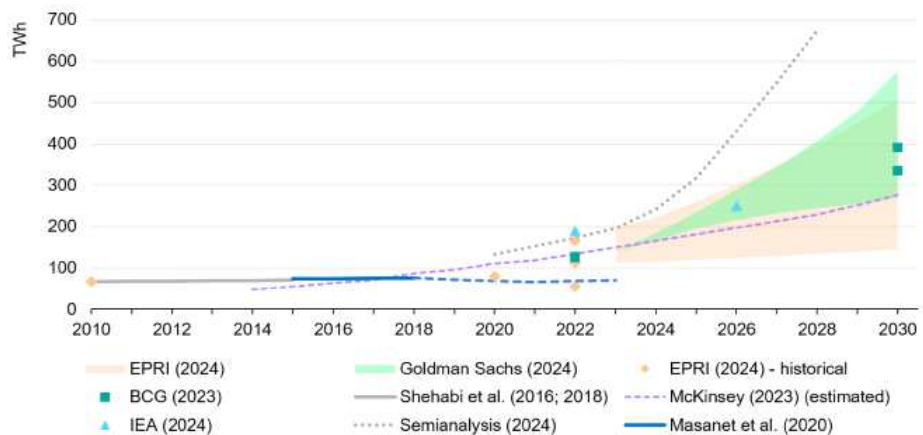


“데이터 센터 관련 통계 부족으로 소비 현황 파악과 미래 전망에 불확실성 초래”

자료 : IEA(2024.7.), Electricity Mid-Year Update

- 데이터 센터와 인공지능의 전력 수요 전망 역시 매우 불확실
 - 예를 들어, 미국 내 다양한 기관들은 데이터 센터 및 인공지능의 전력 소비량이 2030년 미국 전력 소비의 4%~10%를 차지할 수 있다고 분석
 - 신규 시설 진입 속도에 대한 가정이 전망의 불확실성을 유발하는 요인
 - ※ 기관별로 시나리오에 기반하여 연평균 성장률을 가정하거나, 상향식 방법으로 데이터 센터의 전력 소비 신청 현황을 집계하는 등의 방식을 취하고 있기 때문
 - 기술 진보와 효율 향상 등을 고려할 경우 예측의 불확실성은 배가될 수 있음.

〈 주요 기관 연구 별 미국 데이터 센터 전력 수요 전망 〉



자료 : IEA(2024.7.), Electricity Mid-Year Update

“미래 전망의 신뢰성 제고를 위해 정확한 정보 수집 필요”

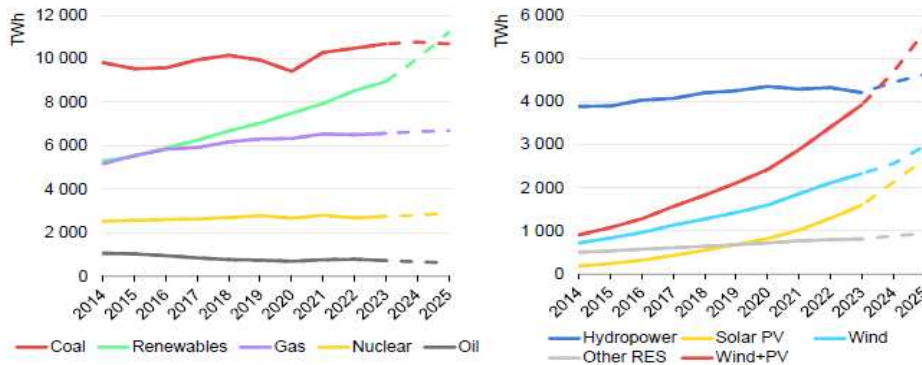
- 따라서 세계 데이터 센터의 배치 추이, 고전력수요 서버의 기술 진보, 데이터 센터 건설계획 최신 동향 등에 대한 현황 조사의 중요성이 정확한 미래 전망을 위해 강조됨.

2. 세계 전력 공급

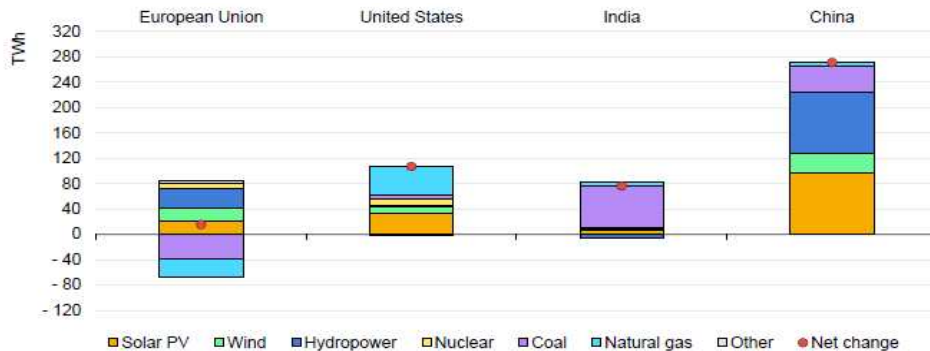
- 석탄 발전량은 2023년 전년 대비 1.9% 증가하였고, 올해도 1% 미만 증가할 전망
 - 올해 유럽 지역의 석탄 발전량은 감소하였으나, 중국 및 인도 등 아시아 지역에서 석탄 발전 수요가 증가하며 이를 상쇄할 전망
 - 2025년 석탄 화력 발전량은 평시의 기후 상황을 가정할 경우 전년 대비 1% 미만 소폭 감소할 전망
- 재생에너지 발전 비중은 2023년 30%에서 2025년 35%로 증가하며 석탄 발전비중을 넘어서는 중요한 이정표를 달성할 것으로 예상
 - ※ 같은 기간 석탄 발전 비중은 36%에서 33%로 하락 전망
 - 태양광·풍력(Wind+PV)발전 비중은 2023년 13%에서 2024년 15%, 2025년에는 18%로 상승할 것으로 예상되며, 2024년에는 수력 발전을 상회 할 전망
- 가스 발전량은 유럽 지역의 감소에도 중동 및 아시아 국가에서 증가하면서 2024년과 2025년 각각 1% 증가할 전망
- 원자력 발전량은 유지보수 종료(프랑스), 신규 원전 가동(중국, 한국, 유럽), 원전 재가동(일본) 등에 힘입어 2024년 1.6%, 2025년 3.5% 성장 예상

“2025년, 재생에너지 발전량이 석탄 발전량을 처음으로 넘어설 전망”

〈 전 세계 에너지원별 발전량 (2014-2025년) 〉



〈 전년 동기 대비 에너지원별 발전량 변화 (2024년 상반기) 〉



자료 : IEA(2024.7.), *Electricity Mid-Year Update*

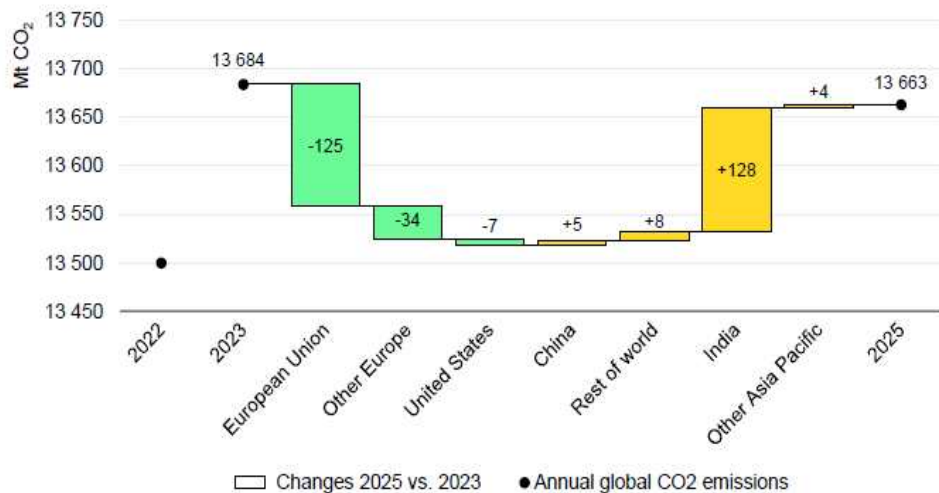
3. 온실가스 배출

▣ 전력 부문 온실가스 배출량은 정체 추세를 보이고 있으며, 2024년 소폭 증가한 후 2025년 감소할 것으로 예상

- 2023년 전력부문 배출량은 전년 대비 1.4% 증가하였는데, 이는 수력 발전량이 2% 이상 감소함에 따라 전력 수요 충족을 위해 화석연료 발전이 증가했기 때문
- 2024년 전력부문 배출량은 풍력·태양광 발전의 대규모 증가와 함께 중국 수력 발전량 회복으로 화석연료 발전이 억제되면서 약 0.5% 증가에 그칠 전망
 - 재생에너지의 빠른 성장에도 불구하고, 특히 중국과 인도는 증가하는 전력 소비를 충족하기 위해 더 많은 석탄 발전을 활용 중
 - 2024년 전 세계 석탄 발전량은 전년 대비 1% 미만 증가에 그칠 것으로 예상되지만, 중국의 수력 발전량에 크게 좌우될 전망
- 2025년 전력부문 배출량 감소는 유럽 국가들에 의해 주도될 것으로 예상되며, 미국의 배출량 역시 소폭 감소할 것으로 예상
 - 반면, 중국의 배출량은 소폭 증가하고, 인도와 동남아시아 국가들에서는 석탄 발전이 증가하며 배출량이 큰 폭으로 증가할 전망
- 폭염·가뭄과 같은 극한 기상 조건, 경제적 충격 또는 정부 정책 변화는 특정 연도에 배출량을 증가시킬 수 있지만, 화석연료를 억제하고 청정 에너지원으로 전환하려는 구조적 추세는 견고하게 유지될 것

“전력 부문 온실가스 배출량은 유럽 국가들의 감소가 중국, 인도의 증가로 상쇄되며 정체 추세”

〈 전력부문 온실가스 배출량(2023년 vs 2025년) 〉



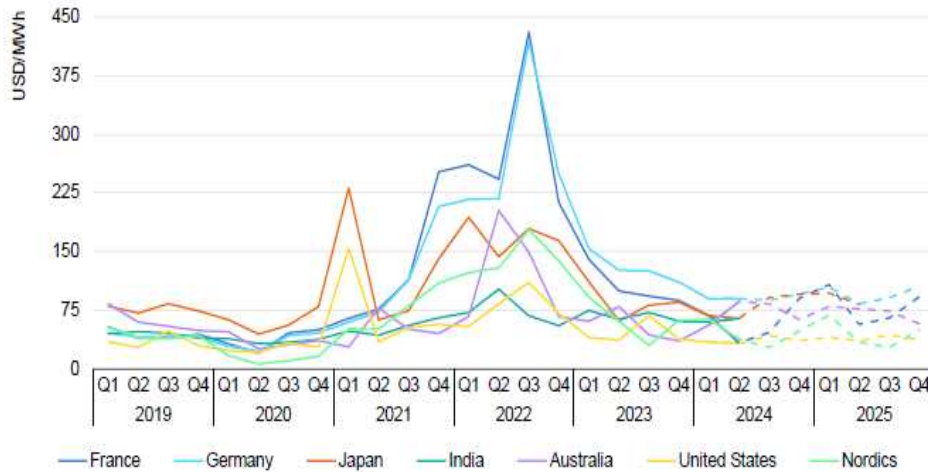
자료 : IEA(2024.7.), *Electricity Mid-Year Update*

4. 전력 가격

- 에너지 원자재 시장 안정화, 재생에너지 발전 증가 등의 요인으로 전력 도매가격은 2021년 이전 수준으로 하락하였지만, 일부 시장에서는 여전히 높은 수준을 유지
- (유럽) 독일과 프랑스를 포함한 유럽 지역의 2024년 상반기 평균 가격은 약 70달러/MWh를 기록하며 2021년 상반기 수준으로 하락했지만, 2019년 상반기 평균보다는 여전히 40% 높은 수준
- (미국) 2024년 상반기 가격은 전년 동기 대비 15% 하락한 30달러/MWh로 2019년 상반기 이후 가장 낮은 수준을 기록
- (일본) 2024년 상반기 가격은 LNG 가격 하락, 온화한 겨울, 원자력 발전소의 점진적인 재가동 등의 요인으로 전년 동기 대비 35% 하락하였으며, 2024년 2분기 가격은 70달러/MWh 이하 수준
- (호주) 2024년 상반기 가격은 석탄 가격 안정세와 재생에너지 설비 증가에 의해 전년 동기와 유사한 평균 70달러/MWh를 유지
- (인도) 2024년 상반기 가격은 발전소 이용률 제고 등 정부의 적극적인 정책 시행으로 전년 동기 대비 10% 하락하였으나, 2019년 평균보다 40% 높은 수준

“2024년 상반기 전기 도매가격은 전년 동기 대비 하락 추세”

〈 지역별 분기 평균 전기 도매가격(2019-2025년) 〉



자료 : IEA(2024.7.), *Electricity Mid-Year Update*

▣ 마이너스 가격(Negative electricity prices) 발생은 드문 현상이지만, 일부 지역에서 발생 빈도가 증가하며 점차 일반화되는 중

○ 마이너스 가격은 기술적, 경제적, 계약적 또는 규제적 이유로 인해 전력 시장이 유연하지 않기 때문에 발생

– 옥상형 태양광(소규모 태양광을 의미) 및 구형 풍력 터빈과 같이 기술적 제한으로 인해 경제적인 발전량 감축이 어려워 가격 신호에 반응하지 않는 경우

– 발전 중단 후 재기동(shutting down and restarting)이 느리고 비용이 많이 소요되는 일부 화력발전소의 경우, 한계 비용보다 전력 가격이 낮은 시간에도 운영 비용을 감수하고 연속운전을 선호 가능

– 재생에너지 발전 지원 제도(feed-in-tariffs, certificates of origin) 또는 최대 발전을 유도하는 계약 방식은 마이너스 가격이 발생하더라도 지속적으로 발전을 유인을 제공

– 마이너스 가격에도 불구하고 시스템에 보조 서비스를 제공하기 위해 운영하는 경우

○ 2024년 상반기에는 여러 지역에서 마이너스 가격 발생 횟수가 증가하는 추세

– 호주 남부, 美 캘리포니아주 남부, 텍사스주 팬핸들 지역은 마이너스 가격이 발생하는 날이 플러스 가격만 발생하는 날보다 더 흔하게 발생

· 美 캘리포니아주 남부, 텍사스주 팬핸들 지역에서는 2024년 상반기를 기준으로 마이너스 가격이 차지하는 시간대의 비율이 20%를 넘어서고 있음.

※ 2024년 4월 기준, 캘리포니아주 남부와 텍사스주 팬핸들 지역의 전력 도매 가격은 40%의 이상의 시간 동안 마이너스 가격 발생

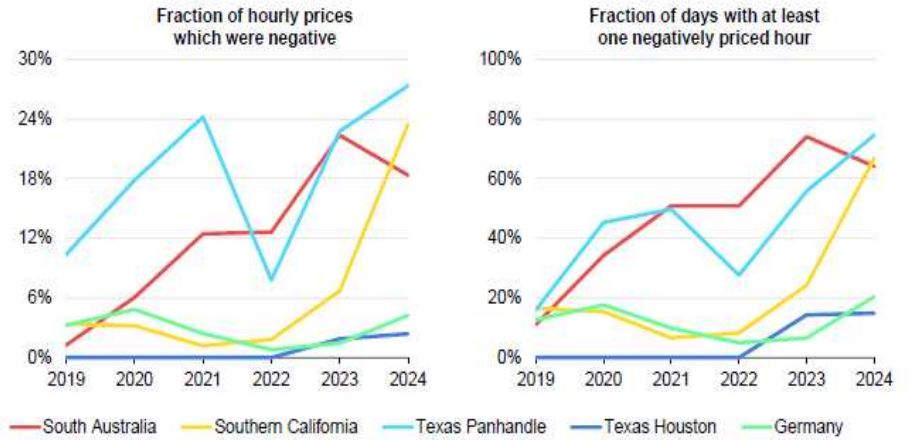
· 호주 남부에서는 2023년 동안 단 75일 만이 모든 시간대에서 플러스 가격으로 유지되었으며, 2024년 상반기 18%의 시간 동안 마이너스 가격 발생

– 유럽에서는 스웨덴, 핀란드, 에스토니아, 라트비아, 리투아니아, 네덜란드, 폴란드, 슬로베니아 등 16개국에서 마이너스 가격의 최대 지속 시간이 갱신

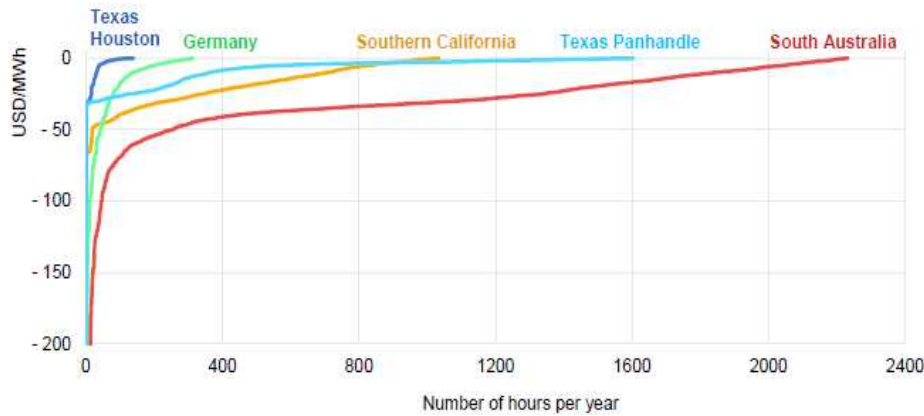
– 다만, 마이너스 가격 출현 빈도가 증가하고 있음에도 불구하고 “마이너스 가격 지속 곡선(duration curve)”에서 보듯이 극단적인 수준의 가격은 매우 드물게 발생

“전력 도매시장에서 마이너스 가격 발생빈도 증가 중”

< 주요 지역 전기 도매시장 마이너스 가격 발생 현황(상반기 기준, 2019-2024년) >



< 주요 지역 마이너스 가격 지속 곡선 (2023.06.-2024.05.) >



자료 : IEA(2024.7.), *Electricity Mid-Year Update*

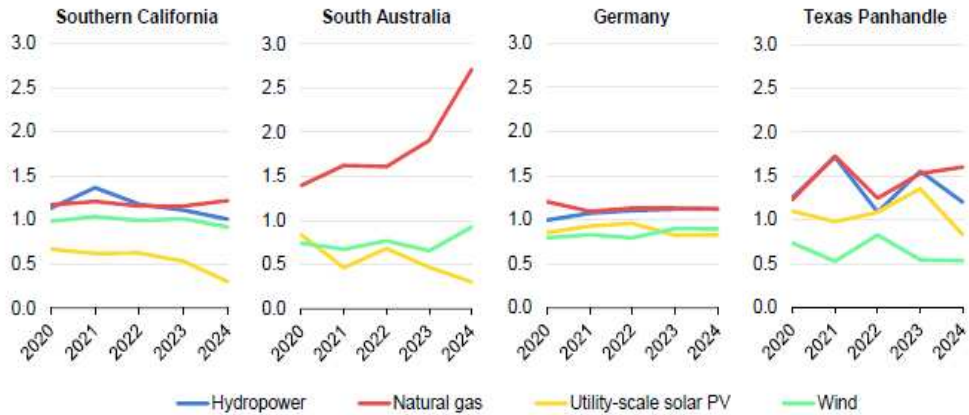
▣ 태양광의 가격 잠식(price cannibalisation) 현상이 증가하며 마이너스 가격은 낮 시간대에 주로 발생

- 낮 시간대 마이너스 가격의 발생 빈도와 지속 시간은 태양광 발전 비중이 높아질수록 증가하는 경향
- 그리고 낮 시간대 마이너스 가격의 발생 빈도 증가와 함께 태양광의 시스템 가치 감소가 여러 지역에서 동시 발생
 - 호주 남부, 美 캘리포니아주 남부, 텍사스주 팬핸들 지역, 독일 등에서 가격 잠식 현상으로 인해 유틸리티 규모 태양광 발전의 가격 포착률(Capture rate)은 감소하는 추세

- ※ 가격 포착률은 발전기의 「시간대별 발전량 가중평균 가격」을 「해당 지역 평균 가격」으로 나눈 값으로, 높은 가격에 맞춰 발전 시간대를 잘 조절했는지 측정하는 척도
- ※ 발전기가 일정한 출력을 유지했다면 1의 값을 갖고, 가격이 높은 기간에 주로 가동되는 피크 추종 플랜트의 포착률은 1을 초과하는 경향이 있음. 반면, 포착률 1 미만의 발전기는 주로 낮은 가격 시간대에 발전하고 있음을 의미

“태양광 발전비중이 높아짐에 따라 낮 시간대 마이너스 가격 출현 빈도, 지속 시간, PV 시스템 가치 하락이 동시 발생”

〈 연료원별 발전기 가격 포착률 (상반기 기준, 2019-2024년) 〉



자료 : IEA(2024.7.), *Electricity Mid-Year Update*

■ 마이너스 가격 발생 빈도 증가가 반드시 전체적인 전력 가격 하락을 의미하지는 않음.

- 마이너스 가격은 수요가 작을 때 주로 발생하고 마이너스 가격이 극단적으로 낮은 수준이 아니기 때문에 전력 도매시장의 비용에 미치는 영향은 제한적
- 다만, 도매 가격에 직접 접근이 가능한 전력 수용가 또는 시간대별 요금제(tariff)를 사용하는 소비자들은 요금이 저렴한 시간대로 소비를 이전함으로써 에너지 비용 절감 가능

■ 마이너스 가격의 출현 빈도 증가는 공급(특히 저장 측면에서)과 수요 측면에서 유연성(flexibility)이 더 필요하다는 신호를 제공

- 발전기는 손실 회피를 위해 보다 유연한 발전 전략을 수립하고, 소비자들은 사용량 변화 또는 전력 가격이 낮은 시간대로 수요를 이전시킬 수 있는 기술에 투자할 유인을 제공할 수 있음.
 - 마이너스 가격은 차익거래(arbitrage)를 통해 저장 장치에 대한 투자유인을 제공
 - ※ 마이너스 가격 발생 시기에 배터리를 충전할 경우 비용이 아닌 수익이 발생
 - 마이너스 가격과 함께 적절한 규제 체계, 시장 설계, 요금제 개편 등이 뒷받침 되어야 유연성 솔루션 옵션 간의 경쟁을 촉진

“마이너스 가격은 전력 유연성 투자 유인을 제공하나, 적절한 규제·시장구조·요금제 등의 뒷받침 필요”

참고문헌

IEA, “Electricity Mid-Year Update(July 2024),” 2024.7.