

IBKS Issue Report

원전 작아져도 시장은 커진다

자동차/기계 이상현

02) 6915-5662

coolcat.auto@ibks.com



Executive Summary

그린플레이션이 쏘아 올린 작은공

- 그린플레이션과 전력난
- 다시 원전의 필요성을 언급한 국가들

에너지 믹스에 대한 고민이 필요한 시점

- 기후변화 대응 과정과 향후 과제
- COP26, 구체적 실행계획 부족 평가
- EU Taxonomy에 원자력과 천연가스 포함 가능성

소형원전 (SMR), 넷제로에서 우주까지 커버

- 원전은 기저전력
- SMR, 기존 원전 문제 상당부분 해결 기대
- 다양한 용도의 SMR이 가능

관심기업

- 두산중공업(034020)
- NuScale
- X-energy
- TerraPower

1

그린플레이션이 쏘아올린 작은공

- 그린플레이션과 전력난
- 다시 원전의 필요성을 언급한 국가들

그린플레이션과 전력난

환경규제의 역설, 그린플레이션과 전력난

그린플레이션(Greenflation) 우려

환경규제 강화로 화석연료
수급불균형 발생하며
인플레이션 우려

- 그린플레이션은 탄소 중립 등 환경규제 강화로 산업금속이나 화석 연료의 투자감소로 공급은 줄어드는 반면 전력수요는 증가해 원자재 가격이 올라가면서 인플레이션을 유발하는 현상을 말함. 코로나 19 이후 수요 회복과 공급망 문제가 겹치며 원자재발 인플레이션 우려가 제기되고 있는 상황.

세계 전력생산의 대부분은 석탄과 천연가스

세계 전력생산의 대부분을
차지하는 석탄과
천연가스 가격 급등

- 세계 전력생산의 대부분이 두가지 원천에서 나오는데 이는 석탄과 천연가스임. 최근 석탄과 천연가스 가격이 급등했는데 특히 유럽과 아시아에서 발생. 글로벌 탈 석탄 연료화가 진행되고 있으나 석탄 생산은 여전히 중국, 인도, 인도네시아 같은 인구대국에서 전력생산의 대부분을 차지. 또한 기후변화로 수력과 풍력 등도 부진.

석탄 공급문제로 전력대란 발생한 중국

환경규제로 석탄 자국
생산량 감소, 무역 보복
으로 호주산 석탄 수입
금지까지 더해지며
전력차질 발생

- 중국은 2060년 탄소 중립을 이루고 2030년까지 이산화탄소 배출량을 2005년대비 65% 이상 감축하겠다고 선언한 바 있음. 2020년 기준 중국 전력의 64% 비중을 석탄화력발전에서 얻기 때문에 지국의 석탄 관련 산업의 전력사용량을 제한하거나 생산량을 제한하면서 석탄 생산량이 줄어듦. 게다가 호주에 대한 무역보복으로 호주산 석탄 수입을 금지하면서 석탄수급에 차질이 생겼고 급기야 대규모 전력난에 처하게 됨. 전력난으로 중국이 천연가스 수입을 확대하자 천연가스 가격도 급등.

연쇄적으로 천연가스 가격도 급등하며 유럽 전기세 부담 가중

연쇄적으로 천연가스
가격도 급등하며 유럽
전기세 부담 가중

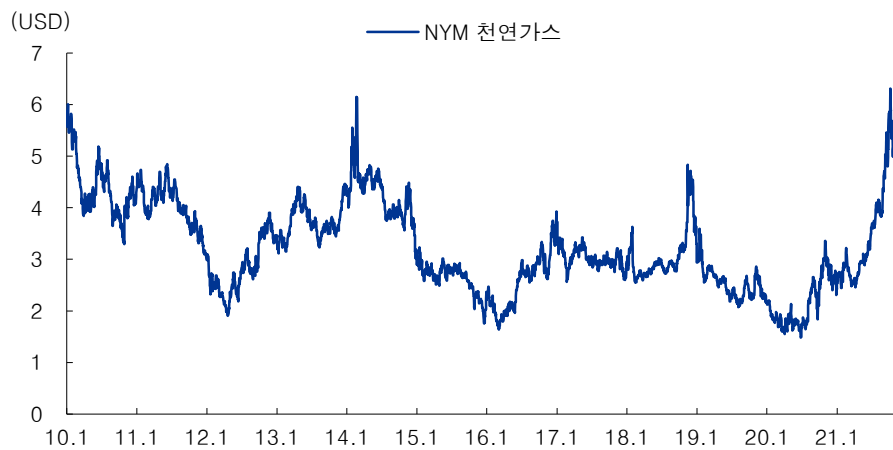
- 본격적인 겨울철을 앞두고 9~10월 세계 천연가스 가격이 사상 최고치를 기록. 1년 전보다 3~5배 가량 치솟음. 특히 EU 전체 전력의 23%를 천연가스가 담당. 천연가스가격에 전기세가 연동되는데 전기세 급등으로 프랑스에서 시위가 벌어지고, 스페인에선 전등 대신 촛불을 켜는 가정이 늘어났으며, 영국에선 급등한 가스값을 못 견디던 전력회사들이 파산하기도 함.

그린플레이션과 전력난

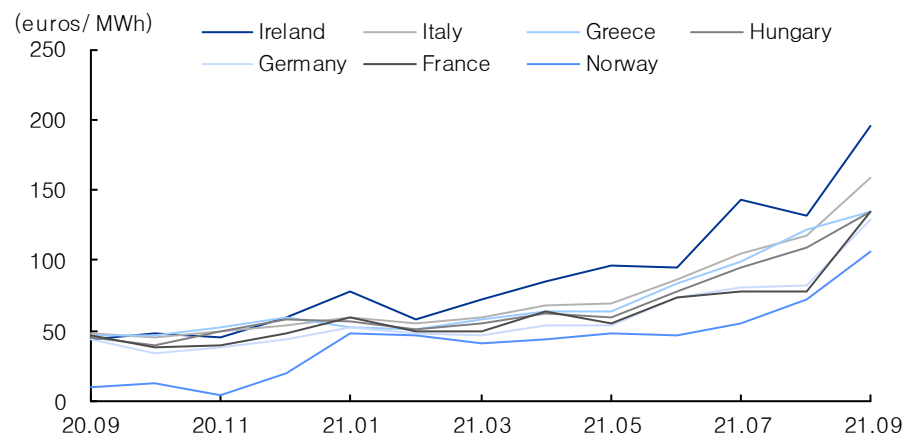
석탄 가격 추이



천연가스 가격 추이



유럽 주요국 전기 도매가격 추이



자료: Bloomberg, 언론, IBK투자증권

다시 원전의 필요성을 언급한 국가들



2021년 10월 마크롱 대통령은 300억 유로 규모의 '프랑스 2030 투자 계획'을 통해 SMR 개발 및 원자력을 활용한 수소 생산에 투자할 계획을 발표

프랑스 2030 투자계획
에서 원자력에
10억유로 투자 발표

SMR 개발을
첫번째 목표로 꼽음

원전 정책 기조의
변화 움직임

정책 기조 변화는
에너지 대란 때문

- 마크롱 프랑스 대통령은 2021년 10월 12일 기자회견을 열고 '프랑스 2030' 투자계획을 공개. "우리는 앞으로 원자력 기술이 계속 필요하다"며 "올해 말까지 원자력 발전에 정부자금 10억유로(약 1조 4,000억원)를 투자하겠다"고 밝힘.
- 또한 2030년 이전에 소형 모듈 원자로(SMR)를 개발하는 것을 첫 번째 목표로 꼽음. 앞으로 5년간 정부자금 300억유로(약 41조 3000억원)를 저탄소 항공기, 그린수소 생산, 산업 첨단화, 스타트업 등 10대 하이테크 분야에 투입할 계획인데 이를 위해 원전 기술인 SMR 개발이 시급하다는 것.
- 마크롱의 이번 발표는 프랑스 원전 정책 방향을 10년 만에 전환하겠다는 메시지라는 점에서 의미. 프랑스 정부는 지난 2011년 동일본 대지진으로 후쿠시마 제1원전에서 대규모 사고가 난 이후 원전 의존도를 줄이는 정책 기조를 유지해 왔음. 마크롱 대통령은 2017년 취임 이후 원자로 14기를 폐쇄하고, 2035년까지 전체 전력에서 원자력이 차지하는 비율을 75%에서 50%로 낮춘다는 계획도 세운 바 있음.
- 하지만 이번 선언은 앞서 발표했던 정책 방향을 완전히 뒤집는 것. 프랑스 뿐 아니라 유럽 전체 '에너지 믹스'에도 영향을 미칠 전망.
- 프랑스가 정책 기조를 완전히 바꾼 것은 최근 유럽 전역이 에너지 대란을 겪고 있기 때문. 영국과 유럽연합(EU) 상당수 국가들이 석유·천연가스 가격 급등으로 위기에 봉착한데 비해 원전 의존도가 70%인 프랑스는 비교적 안정적인 에너지 수급 상황을 보이면서 원전의 이점이 부각됨.

※ 참고로 2020년 프랑스의 총발전량은 532.5TWh이며, 발전원별 비중은 원자력 66%, 수력 13%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 10%, 가스 7%, 바이오매스 2%, 석탄 1%, 석유 1%임.

다시 원전의 필요성을 언급한 국가들



영국

영국 넷제로 전략에서 원전 재개 및 SMR 투자 등 발표

영국도 탄소배출량 감축을 위해 원전 확대 방침

- 프랑스에 이어 영국도 탄소 배출량을 줄이기 위한 핵심 대책으로 원자력 발전을 늘리기로 함. 2021년 10월 12일 마크롱 프랑스 대통령이 원전에 10억유로(약 1조3800억원)를 투자하겠다고 밝힌 데 이어 보리스 존슨 영국 총리도 원전을 확대하는 방침을 확립

영국도 원전 정책 유턴

- 2020년 기준 영국은 전체 전력의 16%를 원전에서 생산하지만, 노후 원전을 폐쇄해 2025년에는 원전 비율을 10%로 줄이기로 했었음. 하지만 이번 넷 제로 보고서 발표 이후 원전 비율을 늘리는 방향으로 유턴할 것으로 보임.

풍력과 천연가스 모두 문제점을 보이자 에너지 주권 차원에서 원전 비율 확대 움직임 보임

- 영국 정부가 다시 원전 비율을 확대하려는 배경에는 ‘탈(脫)탄소’ 외에도 에너지 주권이 흔들리지 않게 하려는 포석. 풍력 발전 비율이 17%로 유럽에서도 높은 편인 영국은 올해 유독 바람이 잠잠해 전기 공급에 애를 먹음. 최근에는 천연가스 가격이 큰 폭으로 오른 탓에 전기 요금이 급등. 영국은 천연가스 사용량에 비해 미리 비축할 수 있는 저장 시설이 부족하다는 구조적인 문제점을 안고 있음.

넷 제로 전략 발표를 통해 추후 원전 프로젝트에 대한 투자 여부를 확정짓기로 함

- 2021년 10월 19일 영국 2050년까지 탄소 배출 제로 달성을 위한 이행 방안을 제시한 탄소 중립 전략(Net Zero Strategy)을 발표함.
- 영국은 이번 보고서를 통해 최적 가치(Value for money)와 관련 부분의 승인을 조건으로 이번 의회 임기가 끝나는 2024년 5월 말까지 대형 원전 1기에 대한 최종투자결정(FID)을 시행할 예정.
- 추가 원전 프로젝트(대형 원전, 소형모듈원자로(SMR), 첨단모듈원자로(AMR))의 경우 차기 의회 임기 동안에 투자 결정 여부를 확정할 예정.
- 신규 원자로 기술 개발 및 보급을 지원하기 위해 1억 2천만 파운드 규모의 Future Nuclear Enabling Fund를 조성하고 세부 내용에 대해서는 2022년에 발표할 예정임.

※ 참고로 2020년 영국의 총발전량은 313.4TWh이며, 발전원별 비중은 가스 36%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 28%, 바이오매스 15%, 수력 3%, 원자력 16%, 석탄 2%임.

다시 원전의 필요성을 언급한 국가들



향후 15년간 최소 원전 150기 추가 건설 계획 발표

원전 52기 + 15년간
최소 150기 추가 예정

석탄 비중이 높아
대기오염 심각, 원전과
같은 비화석 발전원
확대 필요

미국 제치고 최대 원전
국가 전망

석탄화력 2990기를
신재생이나 원전으로
대체 목표

- 현재 원자력 발전소 52기를 가동 중인 중국이 앞으로 15년 간 최소 150기의 원전을 추가로 건설할 계획이라고 밝힘.
- 노후화된 석탄화력발전소 의존도가 높은 중국은 심각한 대기오염에 직면해 있으며, 원전과 같은 비화석연료 발전원의 비중을 높여 대기오염 문제를 해결하고자 하는 것. 또한 2030년을 정점으로 탄소 배출량을 감소세로 전환, 2060년까지 탄소 중립 달성 목표를 천명하였으며, 그 일환으로 원전 확대를 추진 중임.
- 중국이 건설하려는 원전 150기는 전 세계에서 중국 이외에 나머지 국가들이 지난 35년 간 지은 것보다 많은 수치. 2020년대 중반에는 중국이 미국을 제치고 세계 최대 원전 국가가 될 것으로 전망.
- 중국은 2060년까지 탄소배출 제로를 위해 현재의 석탄화력발전소 2990기를 모두 풍력발전과 태양광 발전 등 신재생에너지 발전이나 원전으로 대체한다는 목표를 가지고 있음. 지난해 중국 청화대 연구진은 원자력 발전을 비용은 많이 들지만 신뢰할 수 있는 에너지 공급원으로 평가.

※ 참고로 2020년 중국의 발전원별 비중은 석탄 64%, 수력 17%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 9%, 원자력 5%, 가스 3%, 바이오매스 2%임.

2

에너지 믹스에 대한 고민이 필요한 시점

- 기후변화 대응 과정과 향후 과제
- COP26, 구체적 실행계획 부족 평가
- EU Taxonomy에 원자력과 천연가스 포함 가능성

기후변화 대응 과정과 향후 과제

기후변화 대응 과정들

IPCC의 첫 보고서 발표 (1990년)

인간의 활동이
지구 온난화 위험을
가중

- 1990년 기후변화에 관한 정부간 패널(IPCC; Intergovernmental Panel on Climate Change)의 첫 보고서가 발표됨. 인간의 활동이 대기에 온실가스와 온난화의 위험을 가중시킨다고 적시. 그러나 확장된 온실효과가 실제로 발생했다고 말하는데 그치면서 기후 행동을 이끌어내는 데는 부족했다는 평가.

COP1 개최 (1995년)

배출량 감축에 대한
선진국과 개도국간의
이견은 아직도 풀리지
않는 숙제

- 1992년 리오 환경회의(Rio Earth Summit)에서 결성된 유엔 기후변화 협약 (UNFCCC; UN Framework Convention on Climate Change)의 주최로 당사국 총회(COP; Conference of the Parties) 1차 회의가 1995년 베를린에서 개최. 선진국과 개도국간 배출량 감축에 대한 공평성 논란이 있었음. 이 문제는 여전히 해결되지 않았고 이번 COP 26차 회의에서도 주요 쟁점.

교토의정서 채택한 COP3 (1997년)

최초의 국제기후변화
결의안 채택

- 1997년 COP 3차 회의는 교토의정서로 알려진 최초의 국제기후변화 결의안을 채택. 선진국들의 온실가스 배출 감축 목표와 이러한 목표 달성을 위한 방안 등이 골자였으나 실질적으로는 전세계 배출량에 어떠한 의미있는 영향도 미치지 못했다는 평가를 받음.

중국의 WTO 가입 (2001년)

중국 WTO 가입 이후
주요 탄소 배출국 등극

- 중국이 WTO 가입한 이후 세계의 공장 역할을 하면서 세계 주요 탄소 배출국이 되었음.

EU의 탄소배출권 거래제 시작 (2005년)

2005년 EU가
탄소배출권 거래제 시작

- EU가 탄소배출권 구매와 판매를 위한 세계 최초이자 여전히 유일한 대규모 시장인 배출권거래제를 시작(2005년). 미국은 2010년 비슷한 제도를 도입하려다 실패. 수년간의 지연 끝에 2021년 중국 탄소시장 거래가 시작되었으나 의미있는 영향을 미치지 회의적.

기후변화 대응 과정과 향후 과제

기후변화 대응 과정들

세계 최초로 영국의 배기가스 제한법 통과 (2008년)

세계 최초로 영국 배기가스 제한법 통과, 야심찬 목표지만 충분치 않다는 주장

- 영국은 세계 최초로 배기가스 제한법은 통과시킴(2008년). 배기가스 목표치는 여러 번 갱신되었고 현재 세계에서 가장 야심찬 배출 목표인 2035년까지 배출량을 78% 감축할 것을 요구. 궁극적인 목표는 2050년 순배출 제로. 그럼에도 기후 단체들은 지구 온난화를 1.5도 이하로 유지하기에 충분치 않다고 주장.

COP15 배출량 감축을 위한 글로벌 합의 미달 (2009년)

배출량 감축 합의 미달

- 코펜하겐에서 열린 COP 15차 회의에서 예상과 달리 배출량 감축을 위한 글로벌 합의에 미달(2009년). 글로벌 금융위기와 경기침체 여파로 하락세를 보인 후 2010년 배출량이 사상 최대인 5.9% 급증함.

COP21에서 파리기후변화 협약 합의 (2015년)

지구 온난화를 2도 이하로 유지하는 한편 1.5도 이하로 제한하는데 합의

- 파리에서 개최된 COP 21차 회의에서 지구 온난화를 2도 이하로 유지하는 한편 1.5도 이하로 제한하는데 합의. 파리협약의 결의안은 구속력이 없으며 각국이 자체적으로 배출량 감축 계획을 결정할 수 있도록 허용. 협약에 따라 제출된 2020년 현재, 전세계 배출량을 2010년 수준에서 불과 0.5% 줄이는데 그치는 것으로 추정.

교토의정서와 파리협약 비교

구분	교토의정서	파리협약
목표	온실가스 배출량 감축(1차 5.2%, 2차 18%)	2℃ 목표, 1.5℃ 목표 달성 노력
범위	주로 온실가스 감축에 초점	온실가스 감축만이 아니라 적응, 재원, 기술이전, 역량배양, 투명성 등을 포괄
감축 의무국가	주로 선진국	모든 당사국
목표 설정방식	하향식	상향식
목표 불이행시 징벌 여부	징벌적(미달량의 1.3배를 다음 공약기간에 추가)	비징벌적
목표 설정기준	특별한 언급 없음	진전원칙
지속가능성	공약기간에 종료 시점이 있어 지속가능한지 의문	종료 시점을 규정하지 않아 지속가능한 대응 가능
행위자	국가 중심	다양한 행위자의 참여 목적

자료: 정부보도자료, IBK투자증권

기후변화 대응 과정과 향후 과제

기후변화 대응 과정들

온도차이 영향에 대한 IPCC 특별보고서 (2018년)

2도 상승이 1.5도 상승
보다 훨씬 더 유해하다는
특별보고서 발간

- IPCC는 파리협정에 명시된 두 온도 목표 차이를 분석한 특별보고서를 발간. 보고서에 의하면 지구온난화 2도 상승이 1.5도 상승보다 훨씬 더 유해한 영향을 미칠 수 있으며, 더 낮은 온난화 목표를 달성하기 위해서는 국가들이 2030년 이전에 온실가스 배출량을 절반이하로 줄여야하고 2050년에는 0으로 줄여야 한다고 기술.

수년간의 정책 실패로 지구온난화 영향이 더욱 심화 (2020년)

첫 보고서 이후 30년
동안 배출곡선을
구부리는데 실패할 때
마다 지구온난화를
막기 위해 더 많은 것을
빠르게 해야하는
이중적인 부담이 가중

- 수년간의 기후변화 대응 관련 정책 실패로 지구 온난화 영향이 더욱 뚜렷하고 위험해짐. 호주의 검은 여름(2019.7~2020.3)으로 불렸던 화재로 9만2천 평방마일의 숲이 불탔고, 2020년 여름 시베리아에서 평균 기온 15~18도를 넘겨 40도에 육박하는 폭염으로 화재가 발생. 캘리포니아 화재도 해가 갈수록 빈번해지고 확대되고 있음.
- 1990년 IPCC의 첫 보고서 이후 지난 30년 동안 배출 곡선을 구부리는데 실패할 때마다 지구 온난화를 막기 위해 더 많은 것을 더 빠르게 해야하는 이중적인 부담이 가중. 오늘날에는 기후변화의 최악의 영향을 피하기 위해 30년 이내 넷 제로에 도달해야 함.
- IPCC 보고서에 따르면 이산화탄소 넷 제로에 도달하면 지구 온도가 비교적 빠르게 안정화 될 것으로 전망. 따라서 넷 제로에 빨리 도달하는 것이 중요함을 의미.

기후변화 대응 과정과 향후 과제

기후변화 대응 과정들

마감시한을 앞두고 급하게 퍼즐을 맞추는 COP26 (2021년)

코로나로 1년 지연된
COP 26차 회의 개최.
4가지 목표는 완화,
적응, 금융, 협업

주요 논의 과제는
저개발국가 지원금,
석탄의 단계적 폐지 등

글래스고 기후조약 체결

1) 석탄발전 단계적 감축

2) 기후변화 적응 기금 두배 확대

3) 내년 NDC 다시 제출

- 영국 글래스고우에서 유엔기후변화회의(COP 26차 회의) 개최 (2021년 10. 31~11.12). 코로나19로 1년 지연 개최. 197개국이 모여 IPCC의 2018년 1.5도 이하 특별보고서에 규정된 마감시한인 금세기 중반까지 전세계가 순배출 제로 달성을 위한 계획을 구상함.
- COP26의 4가지 목표: 완화(세기 중반까지 글로벌 넷 제로 확보, 1.5℃ 접근성 유지를 위한 2030 NDC 갱신), 적응(기후변화에 적응해 공동체와 자연서식지 보호 및 복원, 경고시스템과 기반시설 구축), 금융(개도국을 위해 매년 기후 금융에 1,000억 달러 지원 약속 이행), 협업(파리협정 최종 확정 및 정부, 기업, 시민사회간 협력),
- 많은 어려운 논의 과제 중 하나는 저개발국가들이 미래에 적응하고 준비하도록 돕기 위해 부유한 나라들이 매년 1,000억달러를 지불하는 것. 또한 탄소배출권 거래에 관한 국제규정을 제정하는 동시에 미국을 포함한 세계 최대 배출국들 중 다수가 가장 더러운 화석 연료인 석탄을 단계적으로 사용하지 않도록 설득하는 것. 또한 2050년 순배출 제로를 달성하려면 국가들간의 협력 뿐 아니라 민간 산업의 개입이 필요하다는 내용들.
- 2주간의 회의 후 2021년 11월 13일 COP26에서 모든 국가가 1.5℃를 유지하고 파리 협정의 주요 요소를 마무리하는데 동의하는 글래스고 기후조약이 체결됨.
- 구체적으로는 1) 세계 각국이 석탄 발전을 단계적으로 감축기로 함. 중국, 인도 등의 저항으로 문구가 단계적 폐지에서 단계적 감축으로 완화됨.
- 2) 고소득국가는 2025년까지 개도국의 기후변화 적응 기금을 두배로 늘리기로 결정. 2019년 200억 달러 수준이었던 기후변화 적응 기금을 2025년까지 최소 두 배로 늘릴 전망. 또한 기후변화 피해에 대응하기 위해 기술적 지원을 제공하는 '산티아고 네트워크'도 지원하기로 합의
- 3) 내년에 각국이 2030 국가온실가스감축목표(NDC; Nationally Determined Contribution)를 1.5℃에 맞게 다시 제출하기로 함.

기후변화 대응 과정과 향후 과제

기후변화 대응 향후 과제들

건축물 탄소제로화 (2030년)

- 모든 신축 건물들이 탄소 제로화되어야 함. 즉, 히트 펌프나 지역 난방에 의해 에너지 효율이 높고, 완전 전기화 되고, 온도가 제어되어야 함. 화석연료 보일러 판매는 2025년까지 중단되어야 하고, 적어도 기존 건물의 50%는 2040년까지 탄소 제로용으로 개조되어야 함.

운송분야 탈탄소화 (2035년)

- 운송에서의 변화는 내연기관차 판매가 제로로 줄어들고, 중대형트럭시장의 50%는 전기화되어야 함. 2040년까지 모든 항공 연료의 절반은 낮은 배출량이어야 함.

제로 배출 전력 달성 (2040년)

- 탄소 포집 없는 석탄 및 가스화력 발전소가 단계적으로 폐지되면, 전 세계는 제로 배출 전력을 가지게 될 것임. 선진국은 2035년까지 목표를 달성해야 함.

저탄소 수소 및 탄소 포집 (2045년)

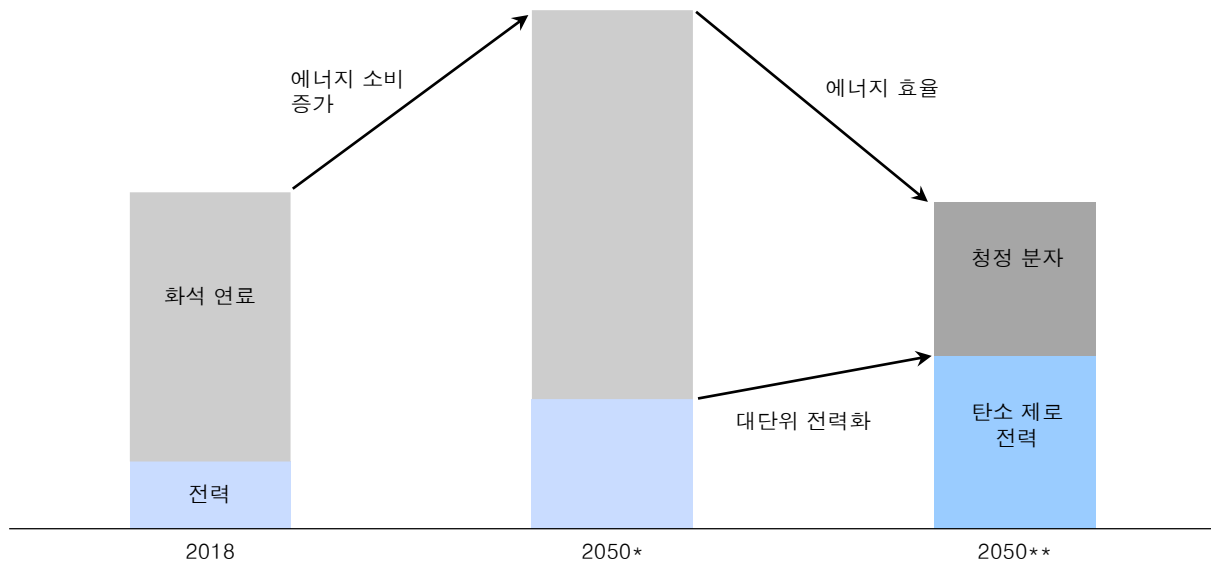
- 새로운 태양광, 풍력, 수력, 지열, 원전 캐파 외에도 수소(연료전지) 발전과 공기에서 이산화탄소를 직접 포집하는 플랜트에 대한 많은 투자가 필요. 구체적으로 2045년까지 연간 4억3500만톤의 저탄소 수소, 그리고 2050년까지 탄소포집 76억톤 전망.

중공업의 탈탄소화 (2050년)

- 중공업은 탈탄소화가 가장 어려운 분야. 많은 공정들이 엄청난 에너지를 필요로 하고 또한 이산화탄소를 배출하는 화학반응을 포함하기 때문. 그러나 2050년경에는 90% 이상이 제로배출까지는 아니더라도 저배출이어야 함.

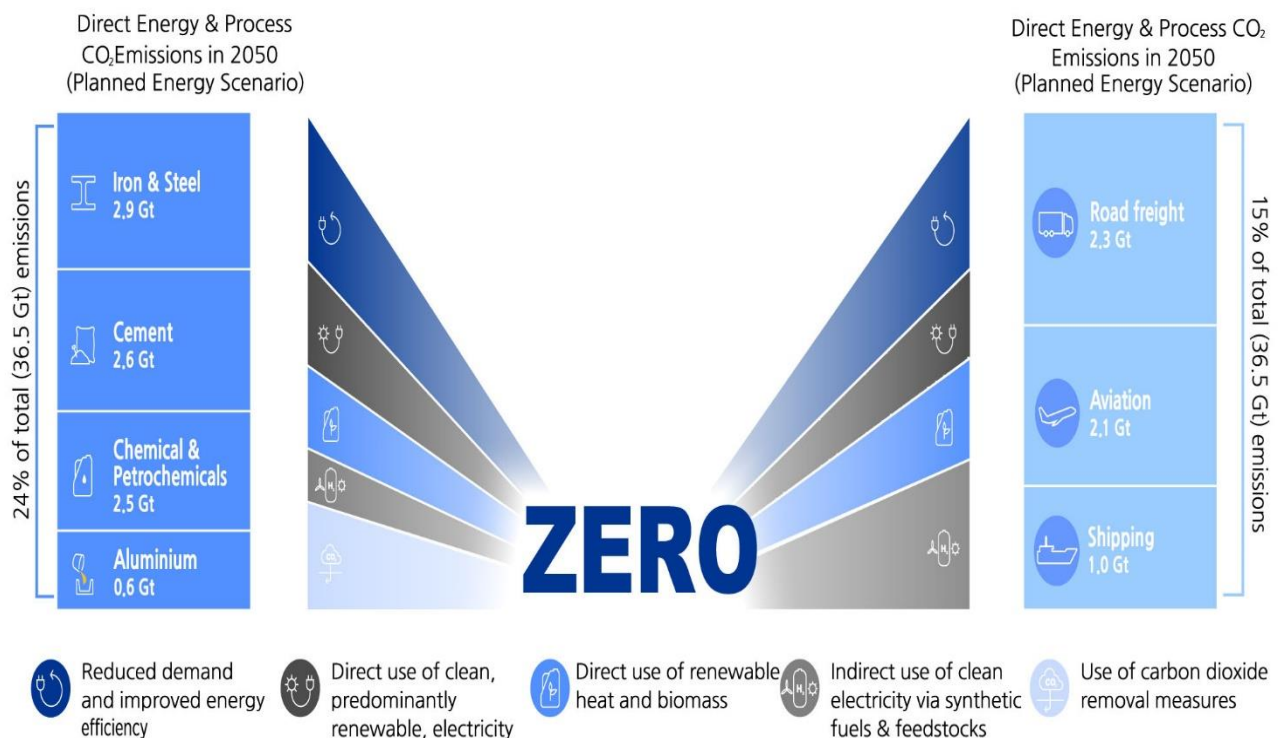
기후변화 대응 과정과 향후 과제

2050년 Net Zero 달성을 위한 대단위 전력화와 청정분자로 전환



자료: Bloomberg, IBK투자증권

5가지 조합을 통한 배출저감 방법 적용으로 탈탄소화가 어려운 산업 및 운송분야에서 Net Zero 추진



자료: IRENA, IBK투자증권

COP26, 구체적 실행계획 부족 평가

COP26 기후 회담, 충분치 못하다는 평가

기후 행동 추적기구(CAT)의 연구결과 발표

2030 계획이 충분치 않다는 연구결과 발표

- COP26 기후 회담이 열리고 있는 가운데 파리협정의 틀에 따라 배출량을 억제하기 위한 최근 2030년 계획이 여전히 충분치 않다는 기후 행동 추적기구(CAT)의 연구결과가 2021년 11월 9일 발표됨.
- 기후 행동 추적기구(CAT; Climate Action Tracker)는 '온난화를 2°C 이하로 억제하고 1.5°C로 제한하려는 노력을 추구한다'는 국제적으로 합의된 파리협정의 목표에 대해 정부의 기후 조치를 추적해 이를 측정하는 독립적인 과학분석 기구임.

개선되고 있지만 구체적인 계획이 없다는 평가

넷 제로 선언은 좋은 일이지만 구체적인 도달 계획이 없어 리서비스에 불과하다는 평가

- 글래스고에서 열린 COP 26차 회의에서 197개 정부가 제시한 장 단기 공약을 포함해 자신들의 공약을 모두 이행한다면 지구는 1.8°C 상승에 그칠 것. 이는 COP26 이전에 앞서 온난화에 대해 예보한 2.1°C에 비해서는 크게 개선된 것.
- 그러나 일부 국가들이 그들만의 기준선과 가정을 선택할 수 있고 이러한 변동성은 국가적 약속이 1.5°C에 도달하기에 충분한지 구별하기 어렵게 만들고 있다는 것이 문제.
- CAT의 이번 COP26 기후 회담에 대한 평가를 보면 '지도자들이 순배출량 제로(net zero) 목표치를 갖고 있다고 선언하는 것은 아주 좋은 일이다. 그러나 어떻게 도달할 것인지에 대한 계획이 없고, 2030년 목표치가 너무 낮다면 솔직히 이 순배출량 제로 목표치는 실제 기후 행동에 대한 립 서비스일 뿐이다' 라고 언급.

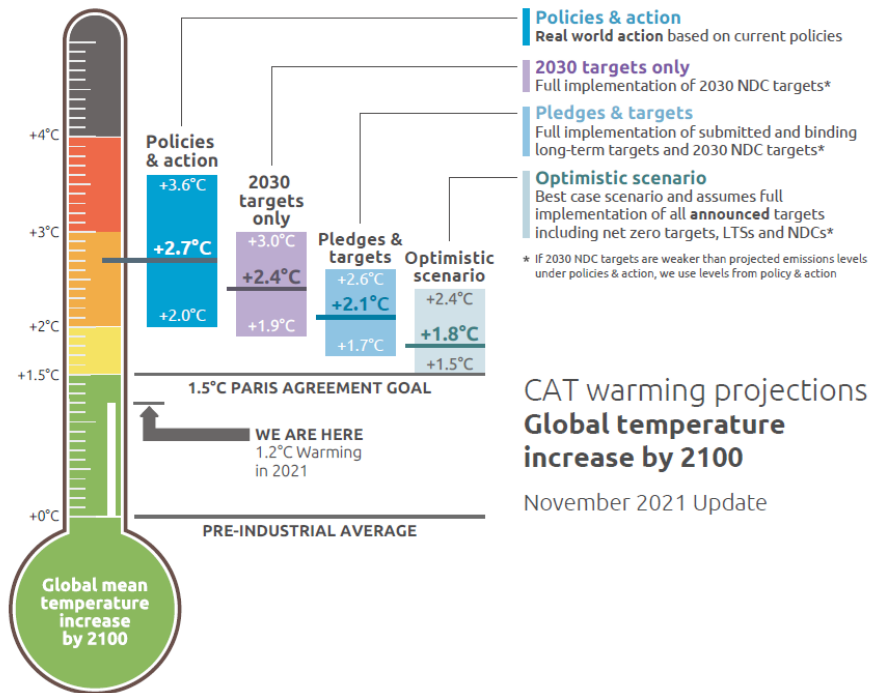
COP26, 구체적 실행계획 부족 평가

산업화 이전 대비
2021년 지구온도는
+1.2°C 상승,
파리협약은 +1.5°C
상승 제한 목표

파리 협약 대비 현 정책
+2.7°C, 2030년 목표
+2.4°C, 장기 및 2030
년 목표 +2.1°C, 낙관적
시나리오 +1.8°C 상승
전망

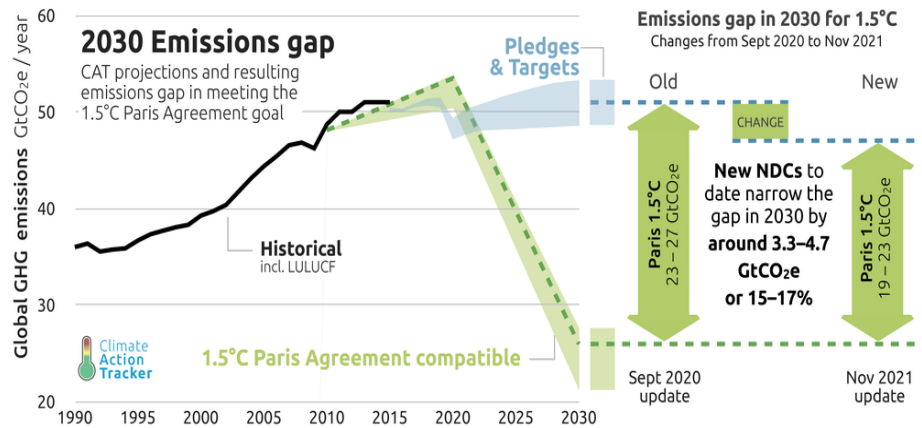
그러나 문제는 온도
예측의 불확실성

COP26의 목표 및 발표에 근거한 2100년까지 지구온도 상승 예상 시나리오



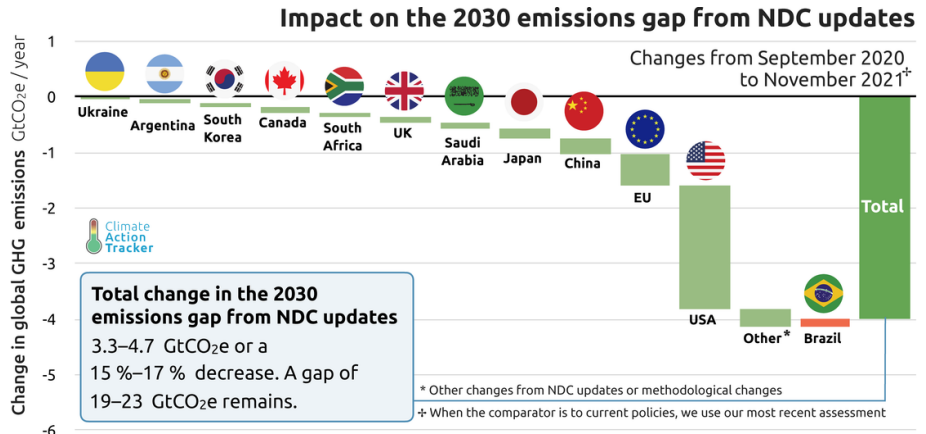
지난 1년 동안 2030년 배출량 감축 목표가 15~17% 줄어드는데 그림

1.5°C 상승 제한을 달성
하려면 2030년까지
배출량을 2010년 수준
보다 45% 감소시켜야
함. 업데이트된 국가별
배출량 감축 목표(NDC)
는 여전히 미달



지난 1년 동안 2030년 배출량 감축 목표 변화분의 국가별 기여도

단기 배출량 감소에
절대적 기여는
미국, 유럽, 중국 순



자료: CAT, IBK투자증권

EU Taxonomy에 원자력과 천연가스 포함 가능성

EU 분류법에 원전과 가스가 포함될 가능성

에너지 가격 폭등으로 EU taxonomy(EU 분류법) 분위기 변화

연말연초 EU 분류법에
원자력과 천연가스 포함
가능성

- 최근 에너지 가격 폭등으로 EU 분류법에 대한 분위기 변화가 감지. 이에 따라 EU 분류법에 원자력과 천연가스의 포함 가능성이 높아지고 있음.
- Ursula von der Leyen EU 집행위원회 위원장은 최근 트윗을 통해 “신재생에너지가 더 필요하다. 그것들은 더 싸고, 탄소를 발생시키지 않으며, 국내에서 공급이 가능하다. 우리는 또한 안정적인 공급원, 원자력이 필요하고 과도기에는 가스도 필요하다. 이것이 우리가 분류법 제안을 내놓는 이유다”라고 언급.

최근 3년간 EU내에서도 원자력과 가스 포함 여부는 뜨거운 감자

원자력과 가스 포함
여부를 놓고 3년간 분열

- 원자력과 가스 포함 여부를 놓고 EU는 3년 넘게 분열되어 왔음. 2019년 프랑스, 영국, 그리고 동유럽 국가들은 원자력이 녹색 에너지원에 포함되지 않자 EU 분류법 규정을 거부하겠다고 공언.
- 2020년 EU의 10개국(이탈리아, 그리스, 헝가리, 폴란드, 루마니아, 슬로바키아, 슬로베니아, 스페인, 포르투갈, 체코)이 1차 분류법 시행규칙에 대해 거부권을 행사함. 가스를 ‘전환(transition)’ 연료로 포함시키지 않았기 때문.
- EU 집행부는 원자력과 가스에 대한 제안을 보류해 왔으며, 이 문제가 전문가들에 의해 결정되기에는 너무 정치적인 책임이 있음을 시사

집행위 산하 JRC에서
긍정적 보고서 발간,
에너지 위기 덮치며
분위기 변화되며 절충안
마련될 가능성 높아짐

- 그러나 최근 두가지 중대한 변화가 발생. 1) EU 집행위원회 산하 과학기구인 공동연구센터(JRC)가 7월 대망의 보고서를 발간. 원자력이 안전하며 따라서 분류법에 따라 녹색 라벨을 부착할 자격이 있다고 결론 지음.
- 2) 최근 에너지 위기가 덮쳤고 기후 비상사태가 최고조에 달하면서 저탄소 에너지 공급을 충분한 양과 적당한 가격으로 확보하는 문제가 EU내 최우선 정치적 관심사로 떠오름. 프랑스 주도로 10월 18일 EU회원국 대표들이 분류법상 원자력과 가스의 지속가능성을 평가하기 위한 기술적 기준에 대한 절충안이 논의됨
- 결과적으로 녹색은 아니지만 녹색 전환에 여전히 도움이 되는 활동을 새로운 황색 범주를 만드는 절충안이 될 수 있음을 시사

3

소형원전(SMR), 넷제로에서 우주까지 커버

- 원전은 기저전력
- SMR, 기존 원전 문제 상당부분 해결 기대
- 다양한 용도의 SMR이 가능

원전은 기저전력

신재생을 위한 원전의 기저전력 역할 필요

변동성 심한 신재생은 발전용량의 6~7배 시설용량이 더 필요

전력수급계획에서
20년대비 34년에 원전과
석탄은 절반가까이 축소,
신재생은 3배 가까이
상승

변동성 높은 신재생
공급 위해서는 발전용량의
6~7배 설치 필요

정격용량과 실효용량
차이가 없는 기저전력인
원전이 소외되는 부분은
아쉬운 대목

- 우리나라의 제9차 전력수급기본계획의 전원구성 전망을 보면 정격 용량 기준으로 원전과 석탄발전 비중은 각각 2020년 18.2%, 28.1%에서 2034년 10.1%, 15.0%로 거의 절반 가까이 줄어듦. 반면 신재생은 15.8%에서 40.3%로 3배 가까이 늘어남.
- 신재생은 간헐성 문제로 정격용량 대비 실효용량이 낮음. 2034년 기준 신재생의 최대전력시 공급기여도는 정격용량 78.8GW 중 10.8GW만 반영되어 13.9%/GW로 상당히 낮음.
- 제9차 전력수급기본계획대로 2030년 국내 총 생산전력의 20.8%, 2034년 22.8%를 변동성 전원인 태양광이나 풍력 등 신재생으로 공급하기 위해서는 해당 발전용량의 6~7배의 시설용량이 필요하다는 얘기.
- 기저전력인 원전과 LNG 등은 각각 2034년 기준 정격용량과 실효용량이 100%/GW로 높음. 다만 기저전력 역할을 상당부분 LNG가 떠맡는 구조로 되어 있다는 점은 다소 아쉬운 부분.

제9차 전력수급기본계획(2020~2034)중 발전량 전망 (목표 시나리오)

연도	원자력	석탄	LNG	신재생	양수	기타	계
2019년 (실적)	25.9%	40.4%	25.6%	6.5%	0.6%	1.0%	100%
2030 년	25.0%	29.9%	23.3%	20.8%	0.7%	0.3%	100%

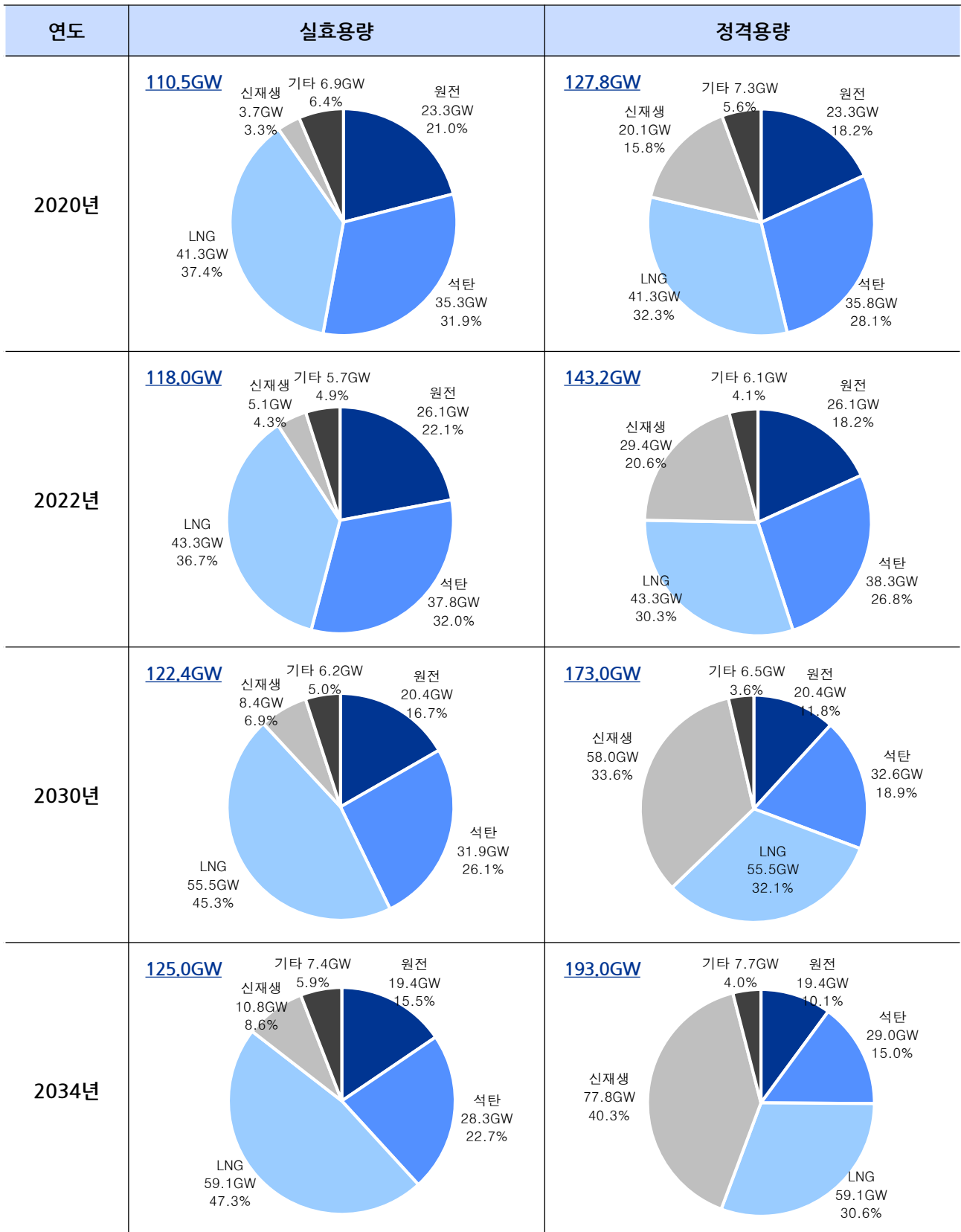
제9차 전력수급기본계획(2020~2034)중 발전량 전망 (기준 시나리오)

연도	원자력	석탄	LNG	신재생	양수	기타	계
2019년 (실적)	25.9%	40.4%	25.6%	6.5%	0.6%	1.0%	100%
2030년	25.0%	34.2%	19.0%	20.8%	0.7%	0.3%	100%

자료: 산자부, IBK투자증권

원전은 기저전력

제9차 전력수급기본계획(2020~2034)중 전원구성 전망



자료: 산자부, IBK투자증권

원전은 기저전력

국제에너지기구(IEA), 2050 넷제로 로드맵 발표

2050 넷제로 로드맵에서 강조한 3대 전략

청정에너지 기술에 대한
투자과 보급(원전포함),
혁신기술 R&D, 화석연료
사용 축소 강조

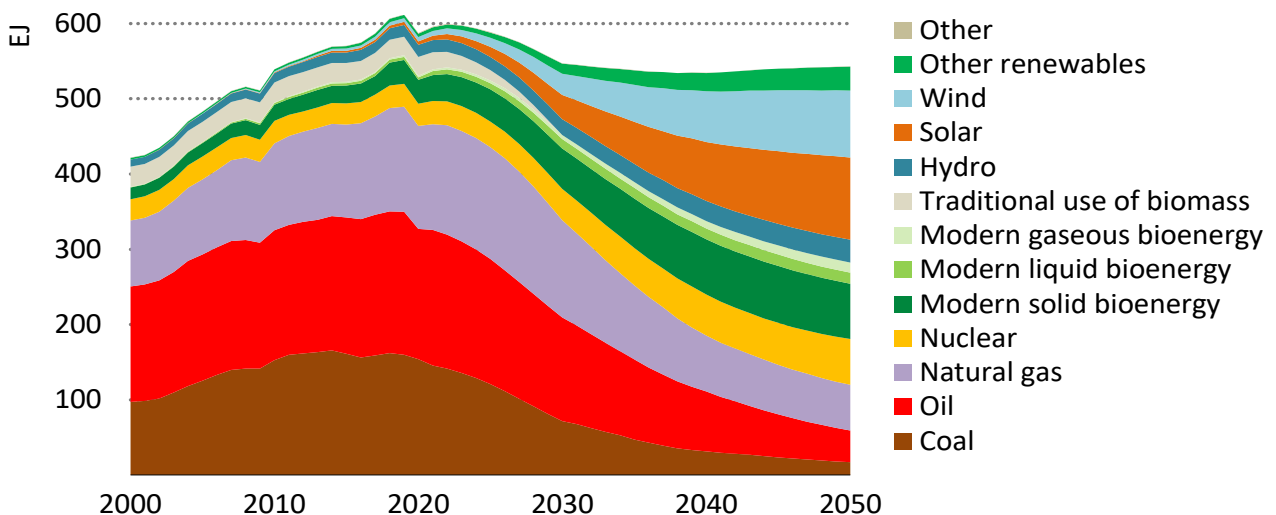
- 현재 알려진 청정에너지 기술에 대한 엄청난 투자와 보급 확대(태양광, 풍력, 효율향상, 전기차, 원자력 분야)
- 기초 단계에 있는 혁신적인 기술에 대한 연구개발(첨단 배터리, 수소 전해조, 탄소 포집 및 저장 분야)
- 석탄발전과 같은 화석연료 사용을 줄이는 것

2050 넷제로 로드맵 주요 내용

청정에너지와 에너지
안보 등 고민 필요.
실제로 2050 넷제로
계획에서 원전 비중이
늘어나는 것으로 로드맵
이 잡혀있는 부분은
고무적

- 2050년까지 넷제로는 2030년까지의 청정기술 추진에 달려있음
- 2050년까지 넷제로는 청정에너지 혁신의 엄청난 도약을 요구함
- 넷제로 전환은 인간을 위한 것
- 에너지 부문은 재생에너지가 지배
- 넷제로 경로에 있어 화석연료 공급에 대한 신규 투자는 필요없음
- 청정에너지 투자 붐이 세계 경제성장을 끌어 올릴것임
- 새로운 에너지 안보 문제가 대두되고 오래된 문제들이 남아있음
- 국제협력은 2050년까지 배출량 제로를 달성하는데 중추적인 역할

2050 넷제로 로드맵
(신재생과 원전이 대부분의 화석연료를 대체함, 원전 비중은 20년 5.0%에서 50년 11.2%로 확대)



자료: IEA, IBK투자증권

SMR, 기존 원전 문제 상당부분 해결 기대

Why SMR?

소형 모듈 원전(SMR)의 정의

소형원전은
대형원전보다 출력이
작은 원전으로 SMR,
MMR 등 크기에 따라
분류

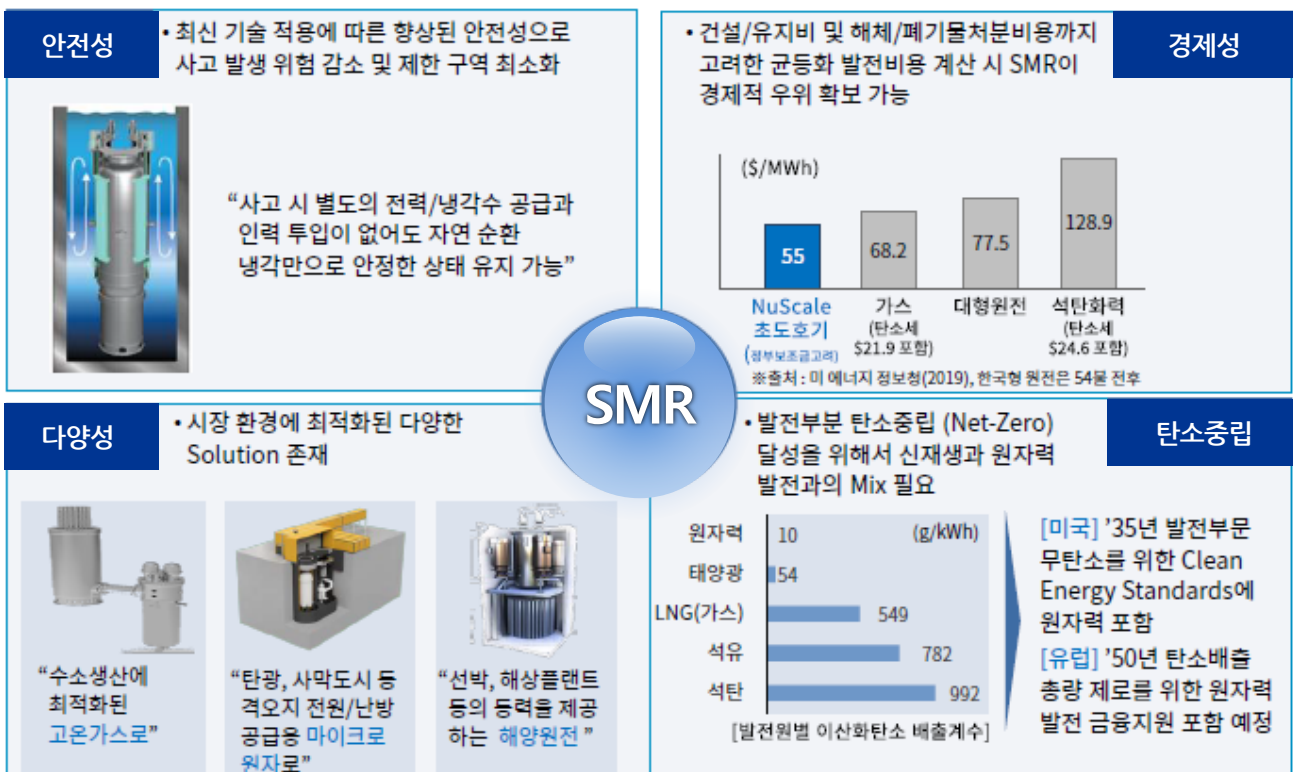
- 소형 원전은 대형원전(1000~1400MW급)보다 출력이 작은 원전을 말함. 국제원자력기구(IAEA)는 일반적으로 출력이 300MW 이하는 소형 모듈 원전(SMR; Small Modular Reactor)으로 분류하고, 그 중에서도 30MW급 이하는 초소형 원전(MMR; Micro Modular Reactor)로 분류하고 있음

원전이 SMR로 가는 이유

SMR로 가는 이유
4가지: 안전성, 경제성,
탄소중립, 다양성

- SMR은 강화된 안전성을 바탕으로 화석연료 발전원 대비 경제성과 탄소 저감 측면에서 우위를 확보하여 발전, 수소생산, 지역난방 등 다양한 목적으로 활용이 가능

SMR로 가는 이유 4가지



자료: 두산중공업, IBK투자증권

SMR, 기존 원전 문제 상당부분 해결 기대

글로벌 SMR 추진 및 지원 동향

글로벌 SMR 추진 동향

16개국에서 도입 추진,
70여개 업체가 개발 중

- 글로벌 16개국에서 SMR 도입을 추진 중이고, 북미와 유럽업체를 중심으로 약 70여개 업체가 탄소 저감목표 달성, 노후 화력발전 대체, Off-Grid 수요 등의 목적으로 다양한 SMR 노형을 개발 중임.

글로벌 SMR 도입 및 개발 현황



자료: 두산중공업, IBK투자증권

주요국의 SMR 지원동향

(미국)

원자력 클린에너지로
인정하고 투자 지원

- 바이든 및 민주당은 원자력을 Clean Energy로 인정하고 SMR 및 차세대 원전개발 지원 정책을 발표. 원자력 포함 발전 설비 개선 및 R&D에 \$2,000억 투자.
- 미국 에너지부(DOE)는 SMR 시장 선점을 위한 투자 및 Net-zero 전력시장 준비중. NuScale 건설을 위한 부지 무상제공 및 \$1.4B 투자. 차세대 SMR 개발에 7년간 \$3.2B 지원.
- 주정부들은 Carbon Free 달성을 위한 계획 발표. 신재생 및 SMR 도입을 고려하며, 가동 원전에 신재생과 동일한 저탄소 세금혜택 적용 고려.

SMR, 기존 원전 문제 상당부분 해결 기대

SMR 시장 선점 위해 투자 및 실증로 추진

(캐나다)

- Net-zero 달성 및 SMR 시장 선점을 위해 해외 SMR 개발 투자 및 실증로 자국내 건설 추진 중.
- 캐나다 정부는 18년 SMR Roadmap 발표 이후 SMR 개발사 자금 지원, JV 설립, 자국연구기관/현지업체 육성 정책 시행 중.
- 중소형, 초소형, 차세대 총 3가지 방향의 해외 SMR 건설 추진 중.

탄소중립을 위한 에너지 계획에 원자력을 핵심전원으로 포함

(유럽)

- EU는 탄소중립을 위한 에너지 계획에 원자력을 핵심 전원으로 포함. 유럽 의회는 탄소배출제로 결의안 내 원전의 역할을 명시하여 재생에너지와 동등한 수준으로 고려하는 정책 제안. EU는 지속가능금융분류체계내 원전을 포함하는 법령 검토 중.
- 영국 정부는 자국SMR 개발 및 제조업 투자 중. SMR 개발에 2조원 이상 투자 예정이며, Rolls-Royce 및 자국 제조업 육성을 위한 투자 진행. 29년 초도호기 건설을 시작으로 16기 건설 목표.

중국/러시아는 국가차원의 SMR 개발 지원

(중국/러시아)

- 중국/러시아는 국가차원의 SMR 개발/상용화를 적극지원.
- 중국은 고온가스로 SMR을 12년부터 건설 중이며, 21년 상업운전 예정.
- 러시아는 19년 부유식 원전의 상업운전을 시작하였으며, 내륙에도 SMR 건설을 추진 중.

SMR, 기존 원전 문제 상당부분 해결 기대

원자로 발전 과정

4세대는 혁신적인 기술 목표 추구

1세대 초기 원자로

- 1세대는 1950~1960년대 처음으로 개발된 초기 형태의 원자로. 미국 쉬핑포트 원자로, 영국 마그nox 원자로 등이 해당.

2세대 상업화 원자로

- 2세대는 상업화가 본격화되면서 1960년대부터 건설되고 1970년대 이후 상용화된 현재 전세계 대다수의 원자로가 해당. 한국은 고리 1,2호기와 월성 원전 등이 해당.

3세대 원전사고 이후 안전과 경제성 높은 원자로 개발

- 3세대는 1979년 미국 스리마일섬(TMI) 원전 사고 이후 안정성에 대한 관심이 고조되면서 1980년대부터 개발되어 1990년대부터 본격 건설 운영된 안정성과 경제성을 향상시킨 원자로. 한국표준형 원전 AP1000, 미국 AP600 등이 해당.

3세대 플러스는 효율성 높은 스마트 원전

- 3세대 플러스는 계통 단순화 모듈화 등으로 안정성과 경제성 등 효율성을 높인 원자로. 유럽의 EPR, 미국의 AP1000, 우리나라의 APR1400, APR+, 일체형 원자로인 스마트원전 등이 있음.

4세대 미래 혁신 원전 시스템 개발 중

- 4세대는 2020~2030년대 상용화를 목표로 한 미래 혁신 원전 시스템. 전 세계 공모를 통해 100여 개의 미래형원자로 후보 중에서 6개 유망 혁신 원자력시스템을 2002년 7월 선정해 현재 한국과 미국, 프랑스 등 여러 나라에서 공동개발 중.

- 4세대는 4가지 혁신적인 기술 목표를 추구하고 있는데 경제성(자원재활용/핵폐기물 최소화 등), 안전성(중대사고 차단), 지속가능성(초기 투자비 및 전생명주기비용 절감), 핵확산 저항성(핵물질 용도 변경 방지) 등임.

4세대 기술 방향성을 보면 SMR로 귀결. 기존 원전 문제 상당부분 해결 기대

- 4세대가 지향하고 있는 기술 방향성을 보면 SMR로 귀결되고 있다는 판단. 특히 안전성 대폭 강화, 초기부담 경감, 분산전원을 통한 신재생 변동성 보완 등이 가능해지므로 기존 원전의 문제를 상당부분 해결해 줄 것으로 기대.

SMR, 기존 원전 문제 상당부분 해결 기대

원자로 세대별 발전과정

1세대	2세대	3세대	3세대 플러스	4세대
1950~1960년대 초 초기 원자로	1970년대 이후 상용화된 원자로	1990년대 이후 표준·개량형 원자로	2015년 이내 도입가능한 경제성·안전성을 향상시킨 원자로	2020~2030년경 상용화를 목표로 한 미래 혁신 원자로
- 미국의 쉬핑포트 원자로 - 영국의 마그녹스 원자로	현재 운영되는 대다수의 원자로 - 고리 1, 2호기 등	- AP600 - 캔두6형 - APR1000	- 유럽의 EPR - 미국의 AP1000 - 한국 APR1400, APR+, 스마트	- 소듐냉각고속로(SFR) - 초고온가스로(VHTR) - 가스냉각고속로(GFR) - 납냉각고속로(LFR) - 초임계압수냉각로(SCWR) - 용융염원자로(MSR)

SMR SWOT 분석

강점 (Strengths)	약점 (Weaknesses)
- 기존 대형원전에 비해 총 건설비가 상대적으로 저렴 : 투자 위험도가 낮기 때문에 산업체 투자 유치와 참여 확대에 산업화가 상대적으로 쉬움 - 연료 교체 없는 장수명 초소형 노심, 사고 시 피동 냉각 안전성을 확보함 - 모듈화 설계 및 제작, 빠른 설치 등으로 저렴한 건설비 및 운영비 - 투자 위험도 감소를 통한 경제성 확보	- 원전 규모가 작아 규모의 경제 효과 부족으로 에너지 생산 단가가 비싸질 수 있음 - 신기술을 활용으로 인허가 불확실성 존재 : 원전 건설 전 필수 사항인 인허가 과정이 입증된 기술 위주로 구성되어 있어서 새로운 기술을 이용한 원자력 발전소에 대해서는 인허가 불확실성 존재 - 소형원전을 다량 건설하는 경우나, 원자력 신흥국에서의 건설은 인허가 업무를 수행할 인프라가 부족하다는 점에서 건설의 지연 요인으로 작용할 수 있음
기회 (Opportunities)	위협 (Threats)
- 소형 원자로의 용도 다양화는 새로운 원자로 시장 개척의 동력이 될 수 있음 : 도서, 오지 등 고립된 지역의 전원공급, 전력 다소비 산업에 전원 공급, 열 생산원, 담수화 등 산업체 증기 공급 원, 전력수요가 작은 나라나 지방에의 독립된 전원 공급 등 사용처의 다양화로 새로운 시장을 열 수 있음	- 소형 원자로의 다수 제작의 용이성과 원자력 도입국이 상대적으로 쉽게 원자로를 취득할 수 있다는 점은 핵 확산 위험성에 대한 우려가 있음 - SMR 또는 MMR을 수출할 시 수출국이 도입국의 핵연료 주기(우라늄 채광→농축→핵연료 제조→사용→사용후 연료 재처리), 특히 사용후핵연료 문제에 있어서 대형원전과 동일한 문제를 지님

자료 : 에너지경제연구원, 원자력연구원 IBK투자증권

다양한 용도의 SMR이 가능

SMR 역사와 종류

크기의 문제가 아니라 혁신을 가져오기 때문에 게임체인저

소형 원자로는 최근에 개발된 게 아님

군에 배치된 소형 해군 원자로가 확장되어 원전으로 활용

크기의 문제가 아니라 혁신을 가져오기 때문에 SMR은 게임체인저가 될 것

- SMR이 오늘날 혁신적인 원자력 기술로 알려져 있지만, 작은 크기의 원자로는 세계 원자력 역사에서 최근 생겨난 일이 아님.
- 1950년대 후반과 1960년대에 개발되고 배치된 최초의 상업용 원자로인 경수로(LWR) 기술을 기반으로 한 소형 해군 추진 원자로의 대규모 확장 버전이었음. 그 기간동안 많은 다양한 보안과 군사적 목적으로 정부에 의해 건설되었음.
- 현재의 소형 원자로를 잠재적 게임체인저로 만드는 것은 단순히 크기가 아니라, 그들의 설계가 혁신적인 안전기능, 전달 모델 및 사업 사례를 가져오기 위해 의도적으로 작은 크기를 이용한다는 사실임

SMR은 크게 5가지 범주로 분류

1) 단일 유닛 경수로형 소형원전

2) 다중 모듈 경수로형 소형원전

3) 모바일/이동형 소형원전

4) 4세대 소형원전

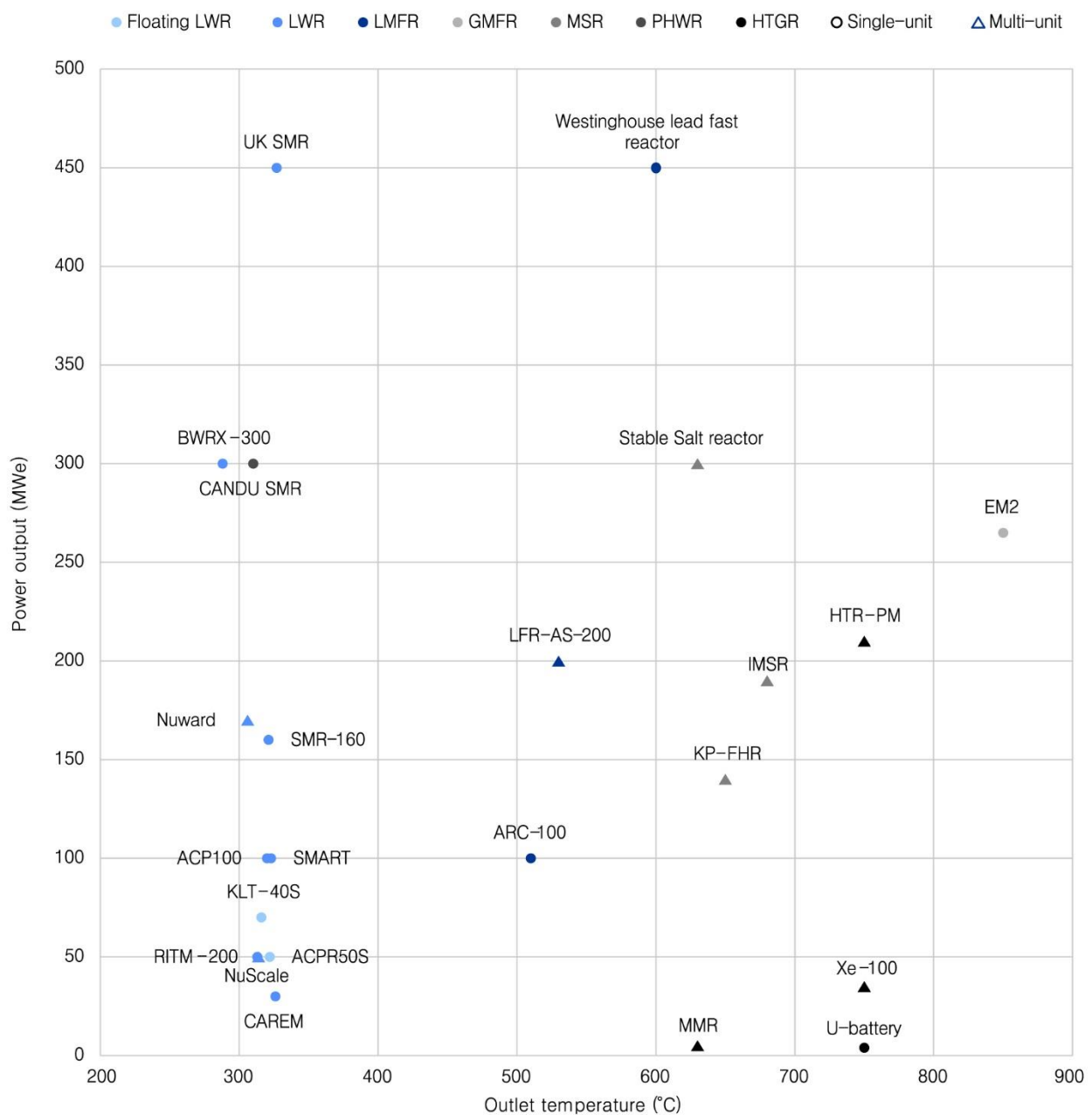
- SMR 디자인은 여러가지 방법으로 분류가 가능. 개발 중인 SMR은 다양한 냉각제와 연료를 사용하는데 각기 다른 기술 수준과 라이선스 준비 수준으로 구분됨. 대부분의 SMR은 5가지 범주로 분류가 가능함.
- 단일 유닛 경수로형 소형원전(Single-unit LWR-SMRs): 잘 확립된 경수로형 기술과 연료를 사용하여 소규모 화석연료 발전을 대체하거나 분산형 발전으로 배치될 수 있는 독립형 유닛을 제공
- 다중 모듈 경수로형 소형원전(Multi-module LWR-SMRs): 경수로형 기술을 사용하며, 발전 용량에 따라 다중 모듈 형태로 중간 규모의 용량을 대체하거나 분산 발전 프레임워크로 운영될 수 있음.
- 모바일/이동형 소형원전(Mobile/transportable SMRs): 현재 경수로형 기술을 적용하고 있으며, 위치를 쉽게 이동할 수 있도록 고안. 부유식 원자로도 이 범주에 포함됨.
- 4세대 소형원전(Gen IV SMRs): 발전된 비경수로형 기술을 적용하고 지난 몇 년간 GIF(Generation International Forum)에서 조사한 많은 개념이 포함됨.

다양한 용도의 SMR이 가능

5) 마이크로 모듈식 원자로

- 마이크로 모듈식 원자로(MMRs): 용량이 10MWe 미만인 설계를 나타내며, 종종 반자율 운전이 가능하고 큰 SMR에 비해 이동성이 개선됨. 이러한 기술은 일반적으로 경수로형 기반 기술이 아니며 4세대 기술을 포함한 광범위한 기술적 접근 방식을 적용. MMR은 주로 널리 사용되는 전기 공급원과 경쟁할 것으로 예상되는 원격지의 off-grid(직접 에너지를 생산해 사용) 작동을 목적으로 함.

출력-노심 출구 온도별 SMR



주: LMFR = Liquid metal fast reactor; GMFR = Gas modular fast reactor; HTGR = High temperature gas reactor

자료: NEA(2021), IAEA(2020), IBK투자증권

다양한 용도의 SMR이 가능

전세계에서 개발중인 SMR 대표적인 사례

Design	Net output per module (MWe)	Number of modules (if applicable)	Type	Designer	Country	Status
Single unit LWR-SMRs						
CAREM	30	1	PWR	CNEA	Argentina	Under construction
SMART	100	1	PWR	KAERI	Korea	Certified design
ACP100	125	1	PWR	CNNC	China	Construction began in 2019
SMR-160	160	1	PWR	Holtec International	United States	Conceptual design
BWRX300	300	1	BWR	GE Hitachi	United States-Japan	First topical reports submitted to the US NRC and to the CNSC as part of the licensing process
CANDU SMR	300	1	PHWR	SNC-Lavalin	Canada	Conceptual design
UK SMR	450	1	PWR	Rolls Royce	United Kingdom	Conceptual design
Multi-module LWR-SMRs						
NuScale	50	12	PWR	NuScale Power	United States	Certified design. US NRC design approval received in August 2020
RITM-200	50	2	PWR	OKBM Afrikantov	Russia	Land-based nuclear power plant-conceptual design
Nuward	170	2 to 4	PWR	CEA/EDF/Naval Group/TechnicAtome	France	Conceptual design
Mobile SMRs						
ACPR50S	60	1	Floating PWR	CGN	China	Under construction
KLT-40S	35	2	Floating PWR	OKBM Afrikantov	Russia	Commercial operation
Gen IV SMRs						
Xe-100	80	1 to 4	HTGRX-	energy LLC	United States	Conceptual design
ARC-100	100	1	LMFR	Advanced Reactor Concepts LLC	Canada	Conceptual design
KP-FHR	140	1	MSR	Kairos Power	United States	Pre-conceptual design
IMSR	190	1	MSR	Terrestrial Energy	Canada	Basic design
HTR-PM	210	2	HTGR	China Huaneng/CNEC/Tsinghua University	China	Under construction
EM2	265	1	GMFR	General Atomics	United States	Conceptual design
Stable Salt Reactor	300	1	MSR	Moltex Energy	United Kingdom	Pre-conceptual design
Sodium	345	1	SFR	Terrapower/GE Hitachi	United States	Conceptual design
Westinghouse Lead Fast Reactor	450	1	LMFR	Westinghouse	United States	Conceptual design
MMRs						
eVinci	0.25	1	Heat pipe reactor	Westinghouse	United States	Basic design
Aurora	2	1	LMFR	Oklo	United States	Licence application submitted to the US NRC
U-Battery	4	1	HTGR	Urenco and partners	United Kingdom	Basic design
MMR	5-10	1	HTGR	USNC	United States	Basic design

주: BWR = 비등수 원자로, CEA = 대체 에너지 및 원자력 위원회, CGN = China General Nuclear, CNEA = Comisión Nacional de Energía Atómica, CNEC = 중국원자력기술공사; CNNC = 중국원자력공사; KAERI = 한국원자력 에너지 연구소; PWR = 가압수 원자로, 명시되지 않은 경우, 모든 원자로는 육지에 기반을 두고 있음. RITM-200 유닛은 아르티카, 시비르, 우랄을 위해 건설되었으며, 모두 핵추진 쇄빙선임.
 자료: NEA(2021), IAEA(2020), IBK투자증권

다양한 용도의 SMR이 가능

SMR 종류별 특징 및 장단점	
경수로형 SMR (LWR)	
형태	경수로형 SMR은 냉각재와 감속재로 물을 사용하는 원자로. 비등형 경수로와 가압경수로형이 있음. 비등형 경수로는 1차 계통에서 수증기를 직접 생산하여 증기 터빈을 통해 전기를 생산. 가압경수로는 1차 계통의 고온 고압의 냉각재를 2차 계통과 열교환을 통해 간접적으로 증기를 생산
장점	노심 출력대비 충분한 냉각수를 보유하고 있고 일체형 원자로 시스템이어서 안정성이 높음. 또한 기존 상용화되어 있는 대형 경수로 기술이 60년 이상의 시스템 운영 경험 보유하고 있어, 인허가 접근성이 가장 높다는 평가
단점	노심 출구 온도가 물의 비등점으로 인해 320℃ 이하로 제한되어서 타 노형에 비해서 상대적으로 낮은 열효율을 가지며 원자력의 열을 이용하여 산업에 활용하는 방안은 제한적
용융염냉각 SMR (MSR)	
형태	용융염냉각 SMR은 토륨, 우라늄, 플루토늄 혹은 초우라늄 원소들을 불소 또는 염소 화합물의 염과 혼합하여 공융 상태의 액체 핵연료를 사용하는 SMR. 핵연료 물질 비산을 막아주는 피복관이 없고 핵연료 용융염 자체가 열전달 매체로 사용
장점	용융염이 방사성 물질을 구속하고 핵분열 생성물이 운전 중에 지속적으로 제거되어서 원자로 정지시 잔열도 고체 핵연료 대비 40% 정도로 낮아져서 고유 안전성 확보
단점	핵분열 시 발생하는 핵분열 생성물이 용융염에 혼재하고 있어서 구조재와 냉각재 양립 성이 문제이고 세계적으로 가동한 경험 이 적어서 인허가 불확실성이 경수로형 SMR에 비해서 높음
소듐냉각 SMR (SFR)	
형태	소듐냉각 SMR은 중성자 감속 능력이 없고 열전도율이 좋은 소듐을 냉각재로 하여 고속중성자 영역에서 원자로 임계를 달성하는 고속로 기술이며, 장반감기 고독성을 갖는 초우라늄 원소 소각에 효과적이기 때문에 사용후핵연료의 방사능 저감과 핵연료의 효율적 이용이 가능함
장점	소듐은 물보다 전열 성능이 매우 우수하여서 다양한 출력의 노심을 효율적으로 냉각하고 대기압에서 비등점이 약 883℃이기 때문에 가압 없이 높은 노심 출구 온도 달성 가능. 경수로형 SMR 다음으로 인허가 불확실성이 낮은 편
단점	임계에 도달하기 위해 상대적으로 높은 농축도의 핵연료를 사용해야 하는 단점이 있으며, 소듐이 누출되었을 때 공기 중에 있는 수분 혹은 증기사이클에 있는 물과 격렬한 반응을 일으킬 가능성
초고온가스형 SMR (VHTR)	
형태	특수하게 코팅된 핵연료를 사용하여 높은 핵비확산성과 방사성 물질의 외부 방출 방지 기능을 제공하며 1,000℃ 수준의 초고온에서 핵연료의 건전성을 유지
장점	비활성 기체인 헬륨을 냉각재로 사용하고 있어 냉각재 누설이 되어도 방사능의 방출이 거의 없고, 고온에서도 상변화와 화학반응이 없음. 900℃ 이상의 고온열을 이용한 고온 전기분해 또는 황-요오드 열화학 물 분해 방법으로 수소의 생산 가능하며 고효율 전력 생산 및 산업용 열 공급이 가능
단점	고온 가스로는 출력밀도가 낮아서 단위 출력당 많은 부피가 필요하므로 소형화 및 모듈화 기술 개발이 필요
초소형원자로 MMR	
형태	초소형 원자로로는 1960년대에서 1980년대까지 우주 발사체에 싣기 위하여 경량, 저출력(~수 kW급)으로 설계된 우주용 원자로(SNAP-10A, Romashka, TOPAZ-I&II 등)에서 출발하였으며, 현재는 분산전원으로 활용할 수 있는 초소형원전 개발이 미국과 러시아 중심으로 활발히 진행 중
장점	분산전원, 군사용, 우주활용
단점	타입별 단점이 해당

자료: 에너지경제연구원, IBK투자증권

다양한 용도의 SMR이 가능

SMR이 원전시장 주도 전망

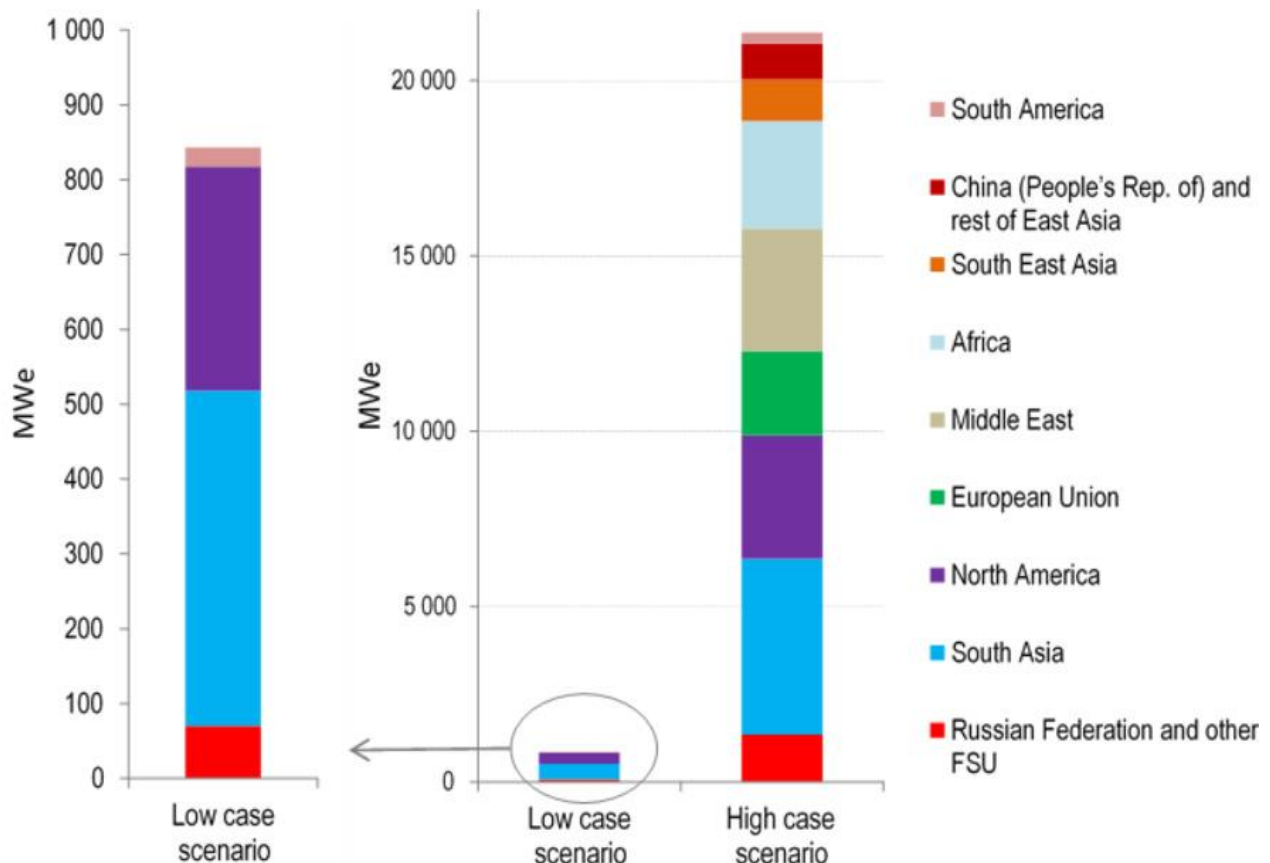
NEA(2016) 전망에서는 SMR 최대 21GW 배치 전망

- 경제협력개발기구 산하 원자력기구(OECD NEA)의 2016년 전망 자료는 SMR의 저배치 시나리오와 고배치 시나리오로 나뉘서 전망.
- 고배치 시나리오에서는 2035년까지 전세계 여러지역에 최대 21GW의 SMR이 배치될 것이며, 이는 전 세계 원전용량의 3%에 해당. 따라서 2020~2035년 총 원전 신규 건설의 약 9%는 SMR 이 될 수 있을 것으로 전망
- 저배치 시나리오에서는 2035년까지 1GW 미만의 제한된 배치를 전망. 기본적으로 SMR 프로그램이 진행 중인 국가에서 프로토타입 이 적용되는 것으로 전망

고배치 시나리오는
35년까지 21GW 전망

저배치 시나리오는
35년까지 1GW 미만 전망

SMR의 2035년 시장규모 전망



자료: NEA, IBK투자증권

다양한 용도의 SMR이 가능

SMR이 원전시장 주도 전망

NNL(2014) 전망에서는 SMR 최대 65~85GW 배치 전망

- 영국 원자력연구소(NNL)의 2014년말 전망 자료에서는 대형 원전 대비 비용 경쟁력 유무에 따라 시나리오 A와 B로 나눠서 전망.
- 시나리오 A는 SMR이 대형 원전에 비해 비용 경쟁력이 없는 경우로 2035년 SMR은 틈새시장 규모인 5.2GW 수준(시장규모 200~250억 파운드, 원화로 31~40조원 수준)의 설치 예상.
- 시나리오 B는 SMR 기술이 대형 원전에 비해 비용 경쟁력이 있는 경우 2035년 SMR은 65~85GW 수준(시장규모 2,500~4,000억 파운드, 원화로 399조~638조원 수준)의 설치 예상.

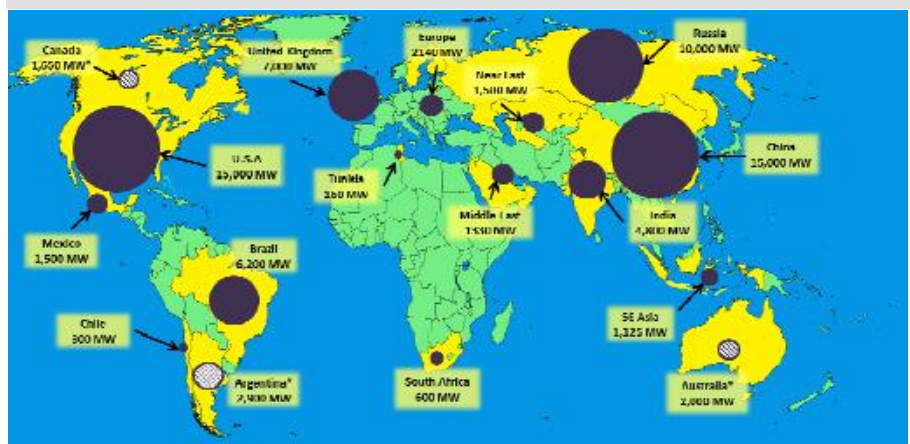
시나리오 A는 35년까지
5.2GW 전망

시나리오 B는 35년까지
65~85GW 전망

SMR의 2035년 설치용량 전망 (시나리오 A)



SMR의 2035년 설치용량 전망 (시나리오 B)



자료: NNL, IBK투자증권

4

관심 기업

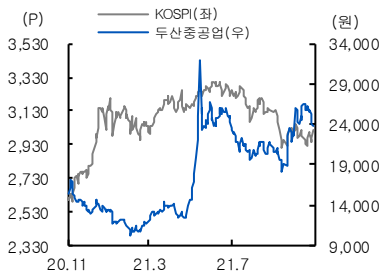
- 두산중공업(034020)
- NuScale
- X-energy
- TerraPower

두산중공업 (034020)

[자동차/기계] 이상현

NR	
목표주가	-
현재가 (11/22)	23,700원
KOSPI (11/22)	3,013.25pt
시가총액	12,311십억원
발행주식수	519,451천주
액면가	5,000원
52주 최고가	32,000원
최저가	10,250원
60일 평균거래대금	248십억원
외국인 지분율	7.9%
배당수익률(2021F)	0.0%
주주구성	
두산 외 33인	39.90%

주가상승률	1M	6M	12M
상대기준	5%	79%	36%
절대기준	5%	71%	60%



사업포트폴리오 전환 및 SMR 선점

청정에너지로 사업포트폴리오 전환 중

- 신재생을 포함한 성장사업으로 사업포트폴리오를 전환하고 있음. 2021년 신규수주 목표 8.7조원의 구성을 보면 성장사업과 기존사업 비중이 4:6 비중. 2025년 신규수주 목표는 9.7조원으로 기존사업과 성장사업 비중이 4:6으로 전환될 것으로 기대.

해외 대형원전 수주재개 및 SMR 선점

- 두산중공업이 추진하고 있는 대형 원전 수출국가는 인도, 사우디, 체코, 폴란드 등 4개국. 이들 국가들로부터 예상되는 대형 원전 수주 가능 금액은 대략 8조원 내외가 될 것으로 기대. SMR은 NuScale로 부터 2022~2027년간 약 3.3조원 규모의 주요 기자재 제작 및 설치관련 수주 예상.

LNG 전환 및 풍력 수요도 긍정적

- 2020~2034년 LNG 전환 24기 중 절반이상(12기 3조원 내외)은 두산중공업의 수주가 가능할 것으로 기대. 또한 풍력설비는 2020년 연간 24기 제작 규모 캐파에서 2022년까지 연간 100기 생산 규모로 증설 예정. 2020~2034년 풍력 보급계획의 절반 정도의 점유율 가정시 2020~2034년간 연평균 1.5조원 수준의 수주가 가능할 것으로 전망.

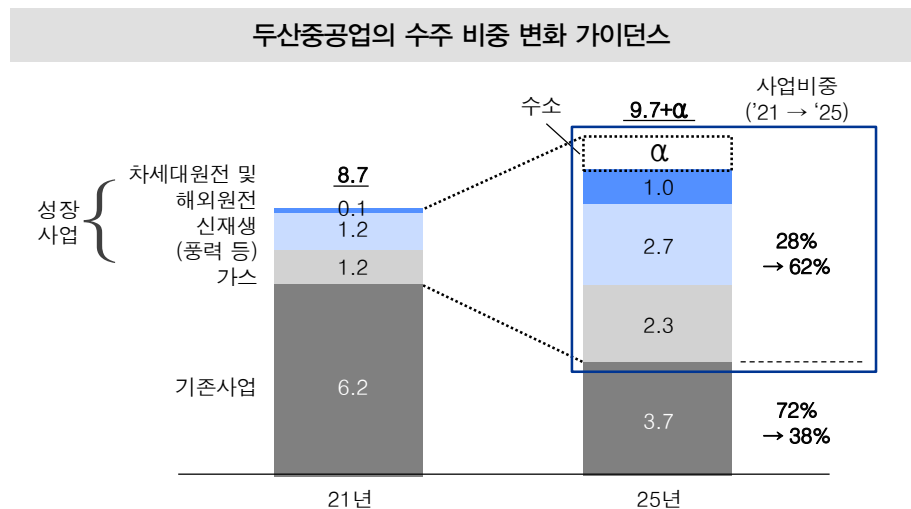
(단위:십억원,배)	2019	2020	2021F	2022F	2023F
매출액	15,660	15,132	13,090	14,048	15,527
영업이익	1,077	154	1,008	1,109	1,279
세전이익	95	-864	693	849	1,033
지배주주순이익	-395	-1,070	430	510	620
EPS(원)	-2,002	-3,924	937	981	1,193
증가율(%)	-41.2	96.0	흑전	4.7	21.6
영업이익률(%)	6.9	1.0	7.7	7.9	8.2
순이익률(%)	-0.7	-5.5	5.4	4.5	5.0
ROE(%)	-14.7	-37.2	9.7	8.5	9.5
PER	-2.6	-3.4	25.3	24.2	19.9
PBR	0.4	1.6	2.2	2.0	1.8
EV/EBITDA	7.9	22.7	13.3	12.8	11.6

자료: Company data, 예상치는 Bloomberg 컨센서스

두산중공업 (034020)

청정에너지로 사업포트폴리오 전환 중

- 두산중공업은 신재생을 포함한 성장사업으로 사업포트폴리오를 전환하고 있음. 기존사업에는 석탄, 담수, 건설사업, 국내 원자력 및 해외자회사 등이 포함되어 있고, 성장사업에는 가스, 신재생, 수소 및 차세대원전 등을 4대 축으로 구성.
- 2021년 신규수주 목표 8.7조원의 구성을 보면 성장사업과 기존 사업 비중이 4:6 비중. 성장사업은 2.5조원(가스 1.2조원, 신재생 1.2조원, 차세대 및 해외원전 0.1조원 등), 기존사업은 6.2조원으로 구성 전망.
- 2025년 신규수주 목표는 9.7조원으로 기존사업과 성장사업 비중이 4:6으로 전환될 것으로 기대. 성장사업은 6조원(가스 2.3조원, 신재생 2.7조원, 차세대 및 해외원전 1.0조원 등), 기존사업은 3.7조원으로 구성 전망.



두산중공업의 성장사업 4대 축	
신재생	• 국내 해상 풍력 1위의 입지 강화, 이를 기반으로 중장기적 글로벌 Top-tier 종합 풍력 업체로 성장 • 태양광, 수력, ESS 등 신재생 및 분산 발전 시장 Total 솔루션 제공
수소	• 대규모 청정수소 수요가 예상되는 수소 발전 시장을 선점 • 수소 발전과 청정수소 공급을 연계하는 종합 솔루션 제공
가스터빈	• 국내 가스복합시장 내 선도 입지 구축 및 해외 진출 가속화로 글로벌 Top 4 반열 목표 • 중장기적으로 수소 터빈 영역으로 확대
차세대원전	• 차세대 원전(SMR) 시장 선점 및 대형원전 수출을 통해 글로벌 Top Player 입지 수성

자료: 두산중공업, IBK투자증권

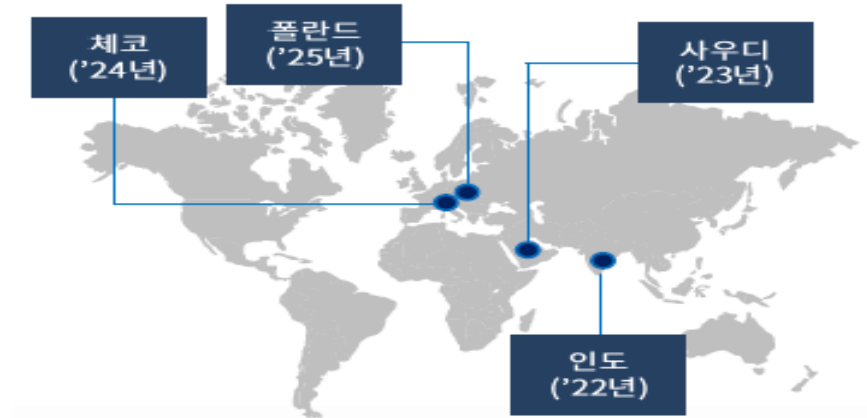
해외 대형 원전 수주 재개

- 두산중공업의 해외 원전 수주는 한수원 등과 팀코리아의 일원으로 참여하거나, 한국이 수주를 못하더라도 미국 웨스팅하우스가 수주하면 여기에 서브벤더로 들어가 주기를 납품하는 형태로 이뤄지고 있음.
- 두산중공업이 추진하고 있는 대형 원전 수출국가는 인도, 사우디, 체코, 폴란드 등 4개국. 이들 국가들로부터 예상되는 대형 원전 수주 가능금액은 대략 8조원 내외가 될 것으로 기대.
- 인도는 22년 원전 2기 발주가 예상되는데, 미국 웨스팅하우스가 주계약자로 선정되었고, 여기에 들어가는 주기기(원자로, 증기발생기 등)는 두산중공업이 납품할 것으로 예상. 원전 2기에 주기기 납품으로 대략 4천억원 정도의 수주를 기대하고 있음.
- 사우디는 23년 원전 2기 발주가 예상되는데 한국, 미국, 프랑스, 러시아, 중국 등이 수주에 참여 중. 인접국가인 UAE 원전(4기)을 팀코리아가 2009년에 수주해 성공적으로 운영하고 있기 때문에 수주 가능성이 높을 것으로 기대. UAE 원전 4기에 두산중공업 납품규모가 6조원(기당 1.5조원)이었으므로 사우디 원전 2기를 팀코리아가 수주한다면 두산중공업 납품규모는 3~4조원 수준이 될 것으로 기대.
- 체코는 24년 원전 1~2기 정도 발주가 예상되는데 한국, 미국, 프랑스가 수주에 참여 중. 22년초 공식 입찰이 진행될 예정. 체코 발주예정 원전은 1.4GW급(APR1400모델)이 아니고 1GW급(APR1000모델)로 진행 중. 원전 1기당 두산중공업의 수주규모는 사우디와 비슷할 전망.
- 폴란드는 25년 원전 6기 발주가 예상되는데 한국, 미국, 프랑스가 수주에 참여 중. 이미 일부는 미국 웨스팅하우스가 수주해 기본설계 중. 두산중공업은 주기기로 1.2조원 규모 납품을 기대.

두산중공업 (034020)

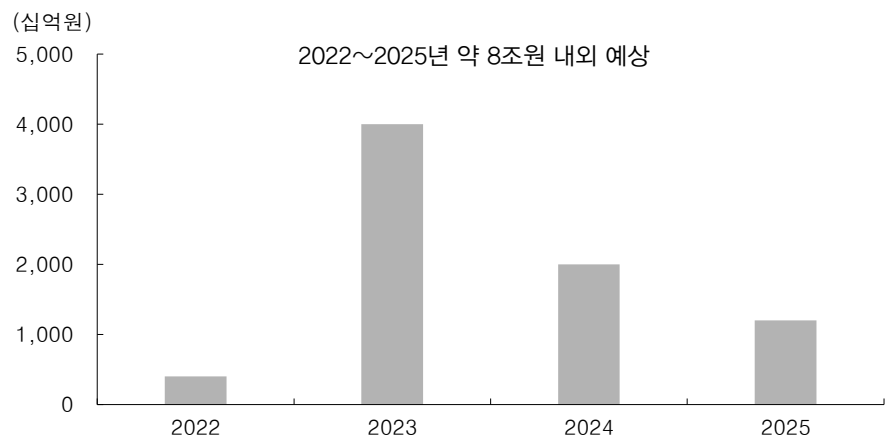
2022년 인도, 2023년 사우디, 2024년 체코, 2025년 폴란드 순으로 발주 예상

두산중공업의 수주가 예상되는 해외 대형 원전 수출 대상국



2022~2025년 해외 대형원전 약 8조원 내외 수주 기대

두산중공업의 해외 대형 원전 수주 전망



누적 기준 원자로 33기, 증기발생기 120기 제작 공급

두산중공업의 대형 원자로 및 증기발생기 누적 공급실적 (2021년 6월 누적기준)



* 교체용 증기발생기를 포함하였으며, 교체용 원자로 헤드는 포함되지 않음

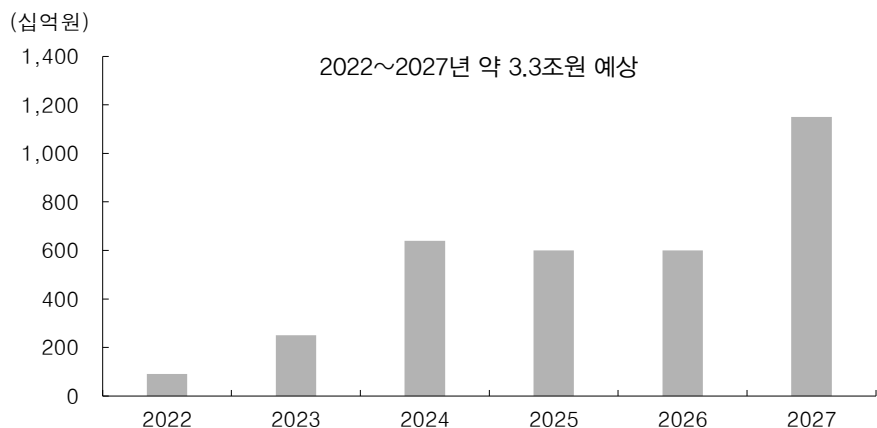
자료: 두산중공업, IBK투자증권

두산중공업 (034020)

차세대원전(SMR) 선점

- 차세대원전(SMR)은 기존 원전 대비 안정성 강화, 초기 투자비용 감축, 건설 기간 단축 등이 가능해 향후 원전 산업을 주도할 것으로 전망.
- 특히 NuScale은 미국 정부의 전폭적인 지원 하에 상용화에 근접한 모델로 평가받고 있음. 2020년 8월 SMR 최초로 미국 규제기관(NRC)의 설계인증을 완료함.
- 두산중공업은 NuScale의 제작 파트너사로서 지분투자 및 초기 제작 물량을 확보했고, 2030년까지 5개 이상 프로젝트의 소재 공급/제작 수주 예정임.
- NuScale로 부터 2022~2027년간 약 3.3조원 규모의 주요 기자재 제작 및 설치관련 수주 예상. NuScale의 공급권 확보 및 제작 기술 개발을 바탕으로 타 SMR 개발사들의 기기설계 및 기자재 공급 참여를 추진하고 있음.
- 정부 주도의 국내 SMR 사업(스마트 원전, 경수로 소형로) 참여 및 다수의 글로벌 SMR 개발사와의 파트너링 진행 중. 북미와 유럽을 중심으로 28개 업체가 SMR을 개발 중이며, 두산중공업은 NuScale외 6~7개 노형의 기자재 공급 참여를 추진 중.
- NuScale에 이어 최근 미국 SMR 업체중 Xenergy로부터 300억원 규모의 설계용역(2021년 8월)을 받았고 선정되면 기자재 납품으로 확대 기대.

두산중공업의 NuScale 수주 전망



자료: 두산중공업, IBK투자증권

두산중공업 (034020)

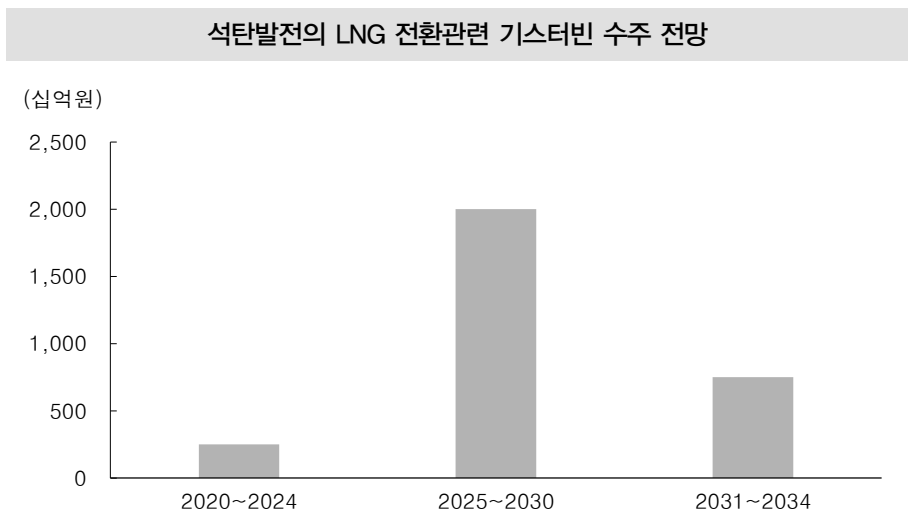
석탄발전의 LNG 가스터빈 전환

- 한국의 제9차 전력수급기본계획(2020~2034)에 따르면 가동후 30년 도래 석탄발전 설비 30기가 폐지되고 이 중 24기가 LNG 가스터빈으로 전환될 예정인 것으로 파악.
- 2020~2034년 LNG 전환 24기 중 절반이상(12기 3조원 내외)은 두산중공업의 수주가 가능할 것으로 기대. 이를 통해 석탄발전 수주 감소부분을 메워줄 수 있을 것으로 예상.
- 두산중공업은 2019년 독자 대형 가스터빈을 국산화 개발 완료했으며, 2021년 12월 김포열병합 발전소에 LNG 가스터빈 출하 개시. 중장기 탄소 저감을 위해 2025년 대형 수소혼소 및 소형 전소 수소터빈 개발을 준비 중임.

2020~2034년
석탄발전 30기 폐지 중
24기 LNG 전환 예정

연차별 석탄 폐지 및 LNG 전환 계획			
구분	'20~'24년	'25~'30년	'31년~'34년
석탄 폐지	삼천포#1,2 보령#1,2 호남#1,2		
석탄 폐지 후 LNG연료전환	삼천포#3,4	태안#1~4 보령#5,6 하동#1~4 삼천포#5,6 당진#1~4	태안#5,6 영흥#1,2 하동#5,6

2020~2034년
24기중 절반이상
(12기 3조원 내외)
수주 전망



자료: 산자부, IBK투자증권

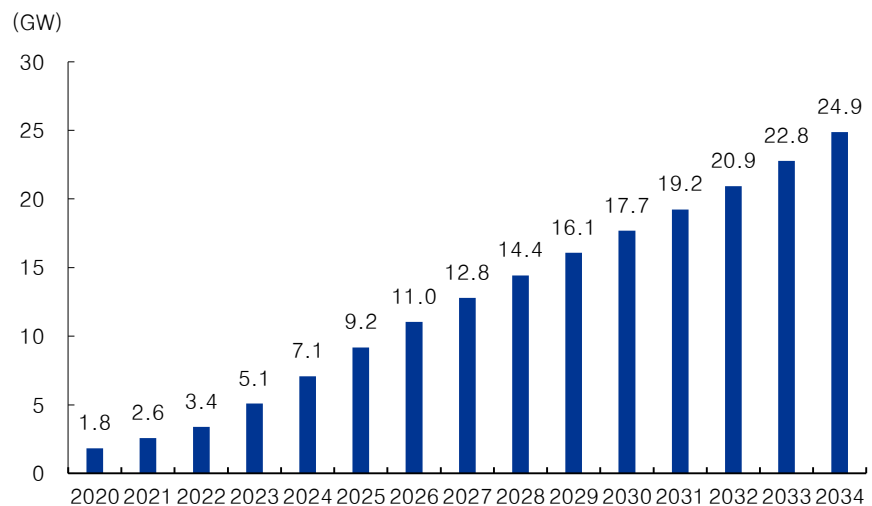
두산중공업 (034020)

풍력 터빈 국산화 및 생산능력 확대

- 우리나라의 제9차 전력수급기본계획(2020~2034)의 국내 풍력 보급 계획은 2020년 1.8GW에서 2034년 24.9GW로 23.1GW가 늘어날 전망이다.
- 두산중공업은 2005년 풍력사업 착수 이후 지속적인 R&D 투자 및 단계적 사업 육성을 통해 기술 자립 및 독자기술을 확보해오고 있음. 3.3MW급에서 탐라 및 서남권 해상단지 등 총 78기의 발전기 공급 실적을 확보하고 있으며, 5.5MW급은 2019년 개발 완료 및 2021년 제주 해상 풍력단지 수주를 시작으로 공급을 확대하고 있음. 2022년에는 8MW급 모델 개발 완료 예정임. 2025년에는 8MW급 부유식 모델 출시할 예정으로 현재 경남/남동발전과 국책과제를 진행중에 있음.
- 2020년 연간 24기 제작 규모 캐파에서 2022년까지 연간 100기 생산 규모로 증설 예정. 2020~2034년 풍력 보급계획상 8MW급 기준으로 매년 평균 206개가 늘어나므로 절반 정도의 점유율을 목표로 하고 있는 것으로 볼 수 있음. 이 경우 2020~2034년간 연평균 1.5조원 수준의 수주가 가능할 것으로 전망.

국내 풍력 보급 계획,
2020년 1.8GW에서
2034년 24.9GW

연도별 풍력 보급 전망(2020~2034)

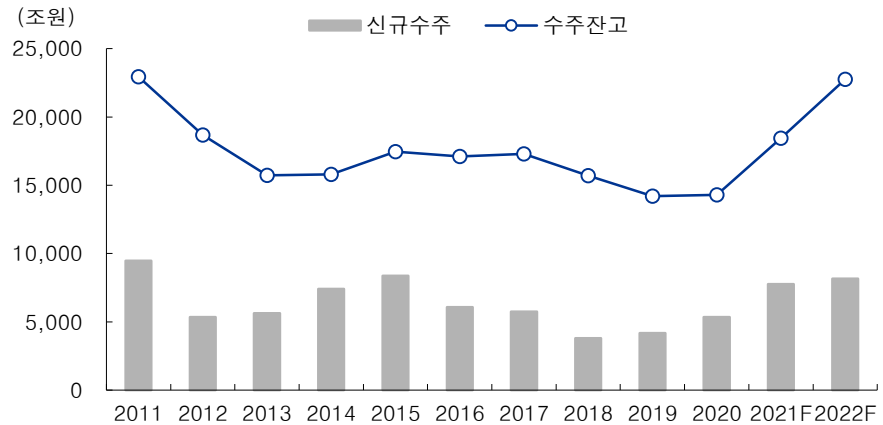


자료: 산자부, IBK투자증권

두산중공업 (034020)

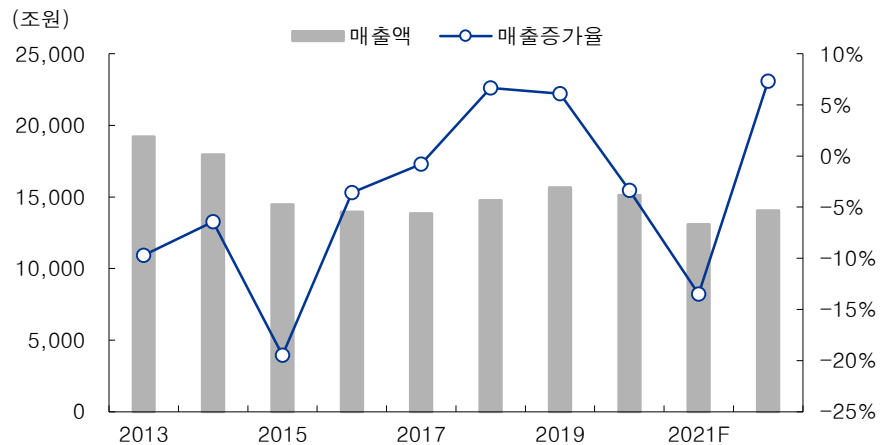
21년부터
수주잔고 확대 전망

두산중공업의 신규수주와 수주잔고 전망



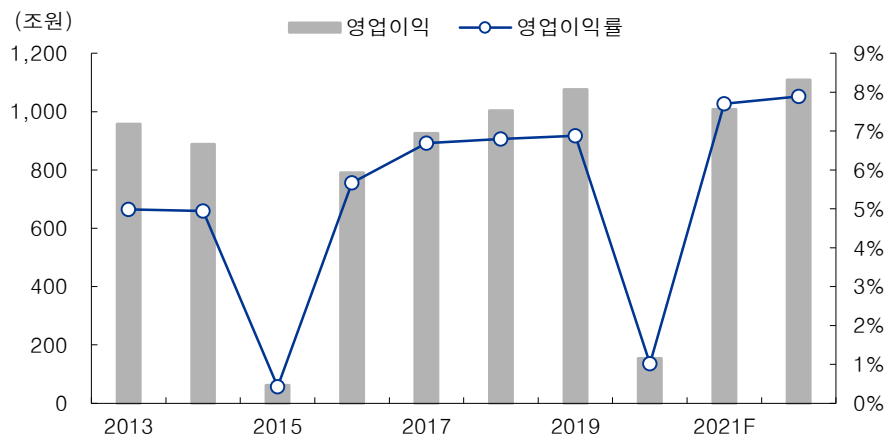
21년 매출 감소는
연결회사 변동에
따른 것. 22년 매출은
7% 증가 전망

두산중공업의 매출액 추이 및 전망



구조조정 효과로
21년 고정비 완화되며
수익성 회복세 기록 중

두산중공업의 영업이익 추이 및 전망



자료: 두산중공업, IBK투자증권

두산중공업 (034020)

두산중공업 부문별 연결실적 추정

(십억원)	1Q20	2Q20	3Q20	4Q20	1Q21	2Q21	3Q21	4Q21F	2020	2021F	2022F
신규수주	1,061	994	794	2,507	1,328	-438	1,624		5,356	7,766	8,154
수주잔고	13,832	13,681	13,247	14,293	14,408	12,580	12,820		14,293	18,448	22,749
매출액	3,837	3,605	3,659	4,032	2,751	2,901	3,461	3,977	15,132	13,090	14,048
두산중공업(별도)	925	822	797	907	816	812	911	1,047	3,451	3,586	3,853
두산중공업	1,424	1,153	1,238	1,476	1,223	1,208	1,450	1,781	5,290	5,662	6,494
두산인프라코어	2,009	1,975	-1,186	5,134	2,487	2,434	-2,216	0	7,932	0	0
두산밥캣	1,064	964	1,085	1,169	1,225	1,284	1,546	1,576	0	5,631	6,659
두산건설	396	464	482	550	287	329	326	396	1,867	1,338	0
두산퓨얼셀	0	0	0	0	0	56	123	194	0	373	805
기타(두산큐백스/디비씨)	9	13	13	9	8	13	35	30	43	86	90
매출총이익	609	388	562	497	492	480	551	612	2,055	2,135	2,429
판관비	553	438	390	520	239	226	308	355	1,901	1,127	1,320
영업이익	56	-50	172	-24	253	255	243	257	154	1,008	1,109
두산중공업(별도)	-59	-72	-23	-319	55	67	43	43	-473	208	234
두산중공업	-134	-212	-15	-184	58	79	88	85	-545	311	375
두산인프라코어	181	154	-84	408	295	256	-310	0	659	0	0
두산밥캣	0	0	262	0	171	140	130	133	0	574	644
두산건설	12	-4	15	13	17	24	13	13	37	67	0
두산퓨얼셀	0	0	0	0	0	1	8	15	0	24	62
기타(두산큐백스/디비씨)	0	3	1	-1	1	4	18	12	4	33	28
세전이익	-312	-190	22	-384	385	101	23	184	-864	693	849
지배순이익	-427	-313	-149	-181	105	82	132	111	-1,070	430	510
(증감률, % yoy)											
매출액	0.2	-9.4	2.6	-5.9	-28.3	-19.5	-5.4	-1.3	-3.4	-13.5	7.3
두산중공업(별도)	6.2	-13.0	-0.3	-17.1	-11.8	-1.2	14.3	15.4	-6.9	3.9	7.4
두산중공업	9.5	-14.5	-1.3	-16.8	-14.1	4.8	17.1	20.7	-6.8	7.0	14.7
두산인프라코어	-8.0	-10.2	-163.9	163.8	23.8	23.3	86.8	-100.0	-3.1	-100.0	
두산밥캣					15.1	33.2	42.5	34.8			18.3
두산건설	17.3	11.5	8.0	-1.2	-27.5	-29.1	-32.2	-28.1	6.3	-28.3	-100.0
두산퓨얼셀											116.1
기타(두산큐백스/디비씨)	2.5	-4.9	16.0	-4.8	-4.3	4.0	167.2	243.6	2.2	100.7	5.0
영업이익	-82.5	적전	23.6	적전	348.2	흑전	41.6	흑전	-85.7	554.4	10.0
두산중공업(별도)	적전	적전	적지	적전	흑전	흑전	흑전	흑전	적전	흑전	12.5
두산중공업	적전	적전	적지	적전	흑전	흑전	흑전	흑전	적전	흑전	20.4
두산인프라코어	-27.6	-48.1	적전	194.1	63.2	65.8	적지	-100.0	-21.6	-100.0	na
두산밥캣	na	na	na	na	na	na	-50.6	na	na	na	12.3
두산건설	75.8	적전	-20.9	-59.6	35.9	흑전	-13.3	-6.7	-54.0	79.6	-100.0
두산퓨얼셀											163.7
기타(두산큐백스/디비씨)	12.7	69.4	-1.2	적지	381.6	31.6	1,864.1	흑전	37.7	803.3	-15.3
세전이익	적전	적전	-5.9	적지	흑전	흑전	1.7	흑전	적전	흑전	22.5
지배순이익	적지	적전	적지	적지	흑전	흑전	흑전	흑전	적지	흑전	18.5
(이익률, %)											
매출총이익률	15.9	10.8	15.4	12.3	17.9	16.6	15.9	15.4	13.6	16.3	17.3
영업이익률	1.5	-1.4	4.7	-0.6	9.2	8.8	7.0	6.5	1.0	7.7	7.9
두산중공업(별도)	-6.4	-8.7	-2.8	-35.2	6.7	8.2	4.8	4.1	-13.7	5.8	6.1
두산중공업	-9.4	-18.4	-1.2	-12.4	4.8	6.6	6.1	4.8	-10.3	5.5	5.8
두산인프라코어	9.0	7.8	7.1	7.9	11.9	10.5	14.0		8.3		
두산밥캣	0.0	0.0	24.2	0.0	14.0	10.9	8.4	8.4		10.2	9.7
두산건설	3.1	-0.9	3.2	2.4	5.9	7.3	4.1	3.2	2.0	5.0	
두산퓨얼셀						1.9	6.2	7.7		6.3	7.7
기타(두산큐백스/디비씨)	3.1	23.5	7.2	-6.0	15.6	29.7	53.0	39.7	8.5	38.1	30.7
세전이익률	-8.1	-5.3	0.6	-9.5	14.0	3.5	0.7	4.6	-5.7	5.3	6.0
지배순이익률	-11.1	-8.7	-4.1	-4.5	3.8	2.8	3.8	2.8	-7.1	3.3	3.6

자료: 사업보고서, IBK투자증권

두산중공업 (034020)

포괄손익계산서

(십억원)	2019	2020	2021F	2022F	2023F
매출액	15,660	15,132	13,090	14,048	15,527
증가율(%)	6.1	-3.4	-13.5	7.3	10.5
매출원가	12,984	13,077	10,955	11,619	12,863
매출총이익	2,676	2,055	2,135	2,429	2,664
매출총이익률 (%)	17.1	13.6	16.3	17.3	17.2
판매비	1,599	1,901	1,127	1,320	1,385
판매비율(%)	10.2	12.6	8.6	9.4	8.9
영업이익	1,077	154	1,008	1,109	1,279
증가율(%)	7.3	-85.7	554.4	10.0	15.3
영업이익률(%)	6.9	1.0	7.7	7.9	8.2
순금융손익	-580	-572	-283	-260	-245
이자손익	-450	-415	-293	-260	-245
기타	-130	-157	10	0	0
기타영업외손익	-387	-430	-51	0	0
중속/관계기업손익	-14	-16	19	0	0
세전이익	95	-864	693	849	1,033
법인세	210	-25	204	212	258
법인세율	221.1	2.9	29.4	25.0	25.0
계속사업이익	-115	-838	489	637	775
중단사업손익	11	0	212	0	0
당기순이익	-104	-838	701	637	775
증가율(%)	-75.3	703.4	-183.6	-9.1	21.6
당기순이익률 (%)	-0.7	-5.5	5.4	4.5	5.0
지배주주당기순이익	-395	-1,070	430	510	620
기타포괄이익	87	-147	392	0	0
총포괄이익	-17	-985	1,093	637	775
EBITDA	1,628	723	1,531	1,589	1,758
증가율(%)	8.3	-55.6	111.8	3.8	10.6
EBITDA마진율(%)	10.4	4.8	11.7	11.3	11.3

투자지표

(12월 결산)	2019	2020	2021F	2022F	2023F
주당지표(원)					
EPS	-2,002	-3,924	937	981	1,193
BPS	11,744	8,511	10,993	11,974	13,167
DPS	0	0	0	0	0
밸류에이션(배)					
PER	-2.6	-3.4	25.3	24.2	19.9
PBR	0.4	1.6	2.2	2.0	1.8
EV/EBITDA	7.9	22.7	13.3	12.8	11.6
성장성지표(%)					
매출증가율	6.1	-3.4	-13.5	7.3	10.5
EPS증가율	-41.2	96.0	흑전	4.7	21.6
수익성지표(%)					
배당수익률	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ROE	-14.7	-37.2	9.7	8.5	9.5
ROA	-0.4	-3.3	2.8	2.6	3.1
ROIC	-0.8	-6.1	5.1	4.7	5.5
안정성지표(%)					
부채비율(%)	300.0	259.8	186.8	170.4	157.0
순차입금 비율(%)	129.7	105.0	64.4	58.5	52.2
이자보상배율(배)	2.1	0.3	3.1	3.8	4.6
활동성지표(배)					
매출채권회전율	7.4	7.3	7.8	10.6	11.0
재고자산회전율	7.7	7.3	7.4	8.2	8.0
총자산회전율	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6

*주당지표 및 밸류에이션은 지배주주순이익 및 지배주주지분 기준

재무상태표

(십억원)	2019	2020	2021F	2022F	2023F
유동자산	9,352	9,947	8,859	9,056	9,639
현금및현금성자산	1,441	2,337	2,130	1,938	1,756
유가증권	268	317	591	607	672
매출채권	2,093	2,037	1,304	1,340	1,484
재고자산	2,202	1,959	1,591	1,839	2,037
비유동자산	15,458	15,620	15,226	15,370	15,569
유형자산	5,922	6,158	5,468	5,421	5,398
무형자산	7,032	6,900	8,074	8,102	8,145
투자자산	1,450	1,879	1,103	1,251	1,365
자산총계	24,809	25,567	24,084	24,426	25,208
유동부채	13,773	13,071	10,407	10,051	9,885
매입채무및기타채무	2,532	2,194	1,989	2,043	2,263
단기차입금	3,767	5,369	3,977	3,678	3,394
유동성장기부채	3,265	1,591	1,060	1,060	1,060
비유동부채	4,834	5,390	5,281	5,341	5,515
사채	847	1,800	1,237	1,237	1,237
장기차입금	1,698	1,183	1,492	1,492	1,492
부채총계	18,607	18,461	15,688	15,392	15,400
지배주주지분	2,562	3,188	5,710	6,220	6,840
자본금	1,075	1,938	2,662	2,662	2,662
자본잉여금	1,763	2,662	1,772	1,772	1,772
자본조정등	49	48	46	46	46
기타포괄이익누계액	650	587	669	669	669
이익잉여금	-974	-2,047	561	1,071	1,690
비지배주주지분	3,640	3,918	2,686	2,814	2,969
자본총계	6,202	7,106	8,396	9,033	9,808
비이자부채	8854	8347	7560	7563	7855
총차입금	9,753	10,114	8,128	7,829	7,545
순차입금	8,044	7,461	5,408	5,284	5,116

현금흐름표

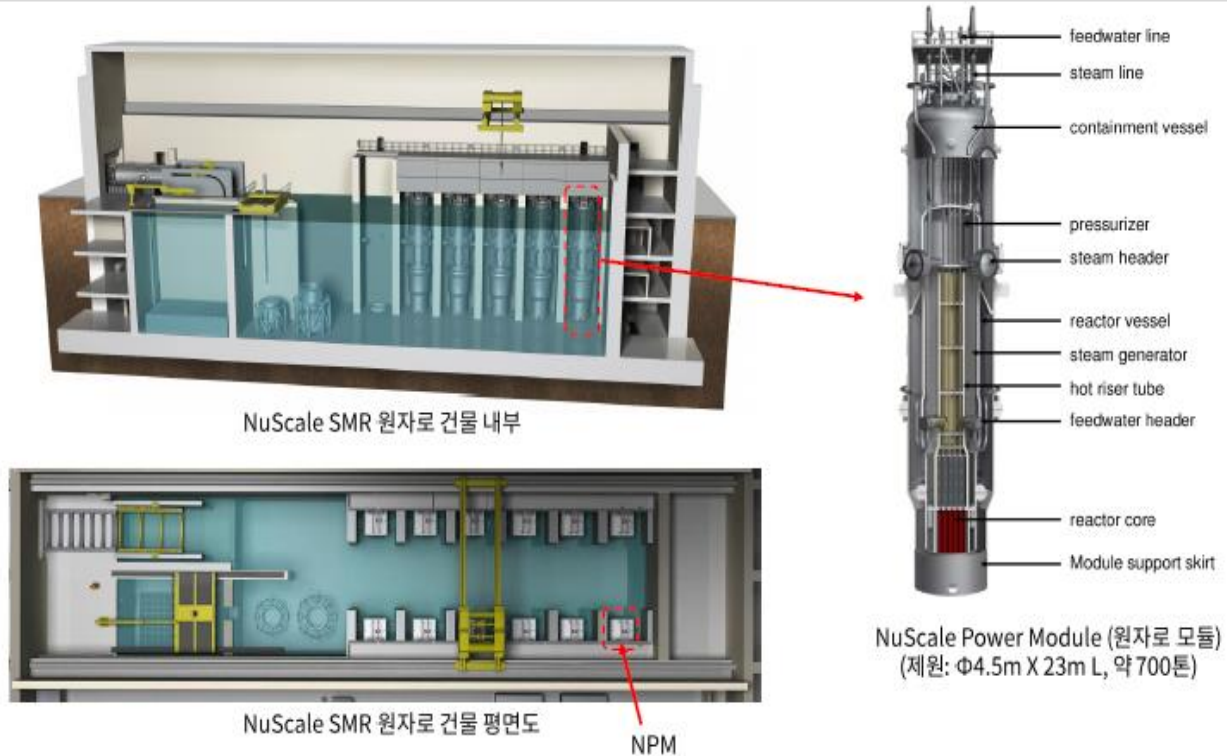
(십억원)	2019	2020	2021F	2022F	2023F
영업활동 현금흐름	434	295	738	920	1,196
당기순이익	-104	-838	701	637	775
비현금성 비용 및 수익	1,941	1,974	1,319	740	725
유형자산감가상각비	375	386	348	308	303
무형자산상각비	176	182	175	172	177
운전자본변동	-806	-339	-817	-196	-58
매출채권등의 감소	21	203	-197	-36	-144
재고자산의 감소	-313	305	-207	-248	-197
매입채무등의 증가	-651	-594	60	55	219
기타 영업현금흐름	-597	-502	-465	-261	-246
투자활동 현금흐름	-580	-526	-629	-724	-1,082
유형자산의 증가(CAPEX)	-377	-263	-243	-260	-280
유형자산의 감소	158	12	22	0	0
무형자산의 감소(증가)	-381	-230	-175	-200	-220
투자자산의 감소(증가)	-33	267	-583	-148	-115
기타	53	-312	350	-116	-467
재무활동 현금흐름	-531	1,226	-454	-388	-296
차입금의 증가(감소)	-293	219	934	0	0
자본의 증가	472	1,213	160	0	0
기타	-710	-206	-1548	-388	-296
기타 및 조정	43	-99	138	0	1
현금의 증가	-634	896	-207	-192	-181
기초현금	2,075	1,441	2,337	2,130	1,938
기말현금	1,441	2,337	2,130	1,938	1,756

상용화에 가장 앞선 SMR 업체

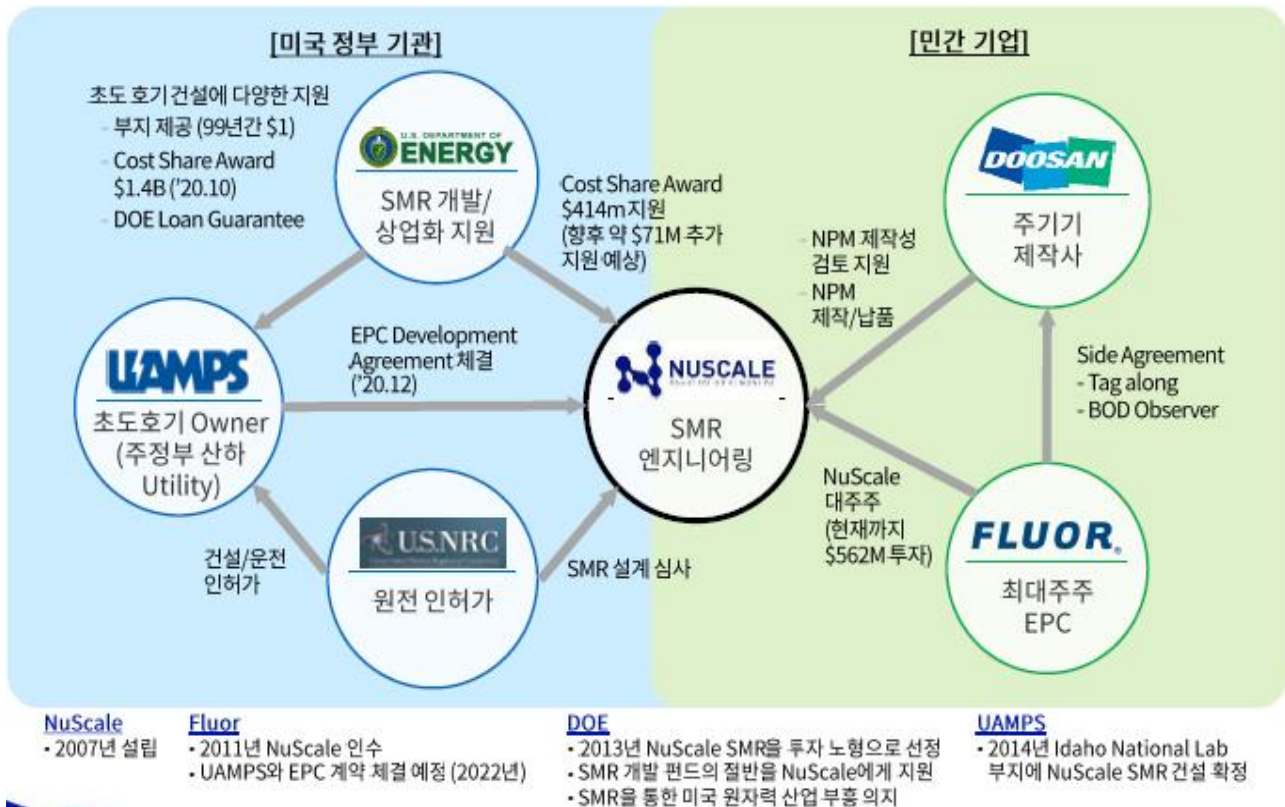
- 2007년 설립된 미국 NuScale의 SMR은 검증된 상용 경수로 기술을 기반으로 안전성과 경제성을 획기적으로 향상시킨 노형. 원자로, 증기발생기, 가압기와 같은 주기를 하나의 모듈(module)에 집약시키고, 대형원전의 거대 콘크리트 돔(dome)인 격납 건물까지 모듈에 일체화.
- 모듈 수를 조절하여 출력 조정이 가능하며(1개당 77MWe, 최대 12 모듈 설치 가능), 터빈/발전기 및 I&C 설비도 독립적으로 모듈화해 원자로와 연결함. 피동형 설계로 외부 전력공급이 중단되어도 안전성을 유지할 수 있으며, 전력 수요에 따라 모듈 개수를 조절하여 운전이 가능.
- 미국 원자력규제위원회가 최초로 SMR에 대한 설계인증을 승인했음(20년 8월).
- NuScale은 다양한 실증시험을 통해 자사 SMR의 상용화 속도를 높이고 있음. NuScale은 공공 전력 컨소시엄인 유타 연합 시 전력 시스템(UAMPS)이 주도하는 탄소 없는 전력 프로젝트(CFPP)에 기초하여 CFPP의 목표를 앞당겨 서부 내륙 지역사회에 안전하고 신뢰할 수 있으며 비용 경쟁력 있는 청정에너지를 제공할 예정.
- 초도호기는 UAMPS가 Idaho National Laboratory 부지에서 29년 상업운전 착수를 목표로 추진 중이며, 미국 에너지부는 \$1.4bil. (약 1조 7천억원) 지원책을 발표(20년 10월).
- 유엔기후변화협약 당사국총회(COP26)에서 유럽 최초의 SMR 배치가 개시. 미국 및 루마니아의 에너지장관은 새로운 파트너십을 맺음. 이르면 2027/2028년 루마니아에 NuScale 6-모듈 462MWe 발전소 1기 설치 예정.
- 두산중공업은 NuScale 원자로 모듈에 대한 제작성 검토 연구를 19년 8월부터 착수하여 21년 1월에 성공적으로 완료. 현재 NuScale 주기기 제작을 준비 중.

NuScale

NuScale SMR 개요



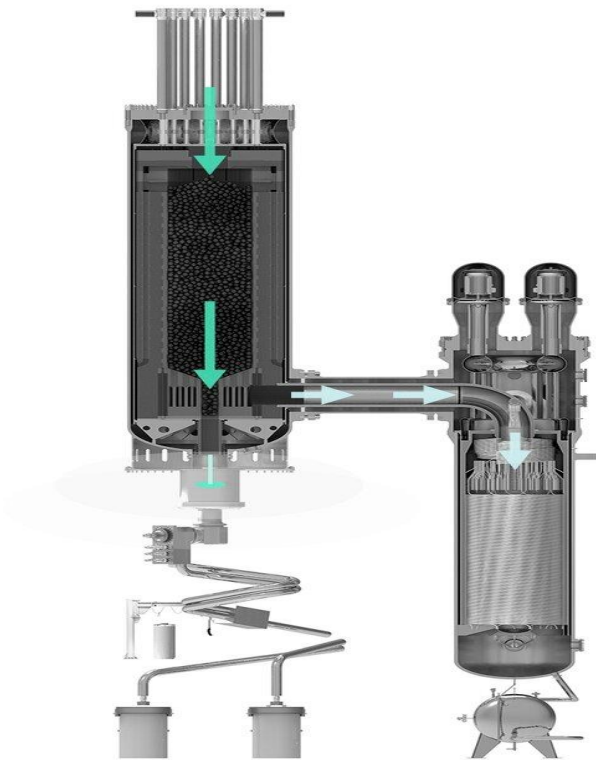
NuScale SMR 상업화를 위한 미국 정부/민간 분야 지원



우주를 품은 SMR

- 2009년 설립된 미국의 X-energy는 기존 3세대 원전인 가압경수로(Pressurized Water Reactor, PWR) 노형과는 다른 4세대 원전 고온가스로(모델명: Xe-100)를 개발. 물이 아닌 헬륨을 냉각재로 사용하며, 750°C의 고온으로 운전 가능함. Xe-100은 80MWe급 원자로로, 4개의 모듈이 합쳐진 320MWe급 SMR을 목표로 함.
- 고온의 헬륨 가스는 565°C의 증기를 생산하여 전력 생산 효율이 상대적으로 높을 뿐만 아니라 담수, 지역난방, 세일가스 추출, 수소 생산 등에 활용성이 높음.
- X-energy가 개발한 TRISO-X(TRIstructural-ISotropic) 핵연료는 세라믹 등으로 3중 코팅된 핵연료 입자를 테니스 공 크기의 핵연료로 만든 것이며, Xe-100 원자로 1대에는 TRISO-X 핵연료가 22만개 장전됨.
- 초고온에서도 코팅 재질은 녹지 않을 뿐만 아니라 불활성 기체인 헬륨을 냉각재로 사용하므로 안정적이며, 노심 용융(melt down)이 발생하지 않아 안전성이 강화됨.
- 미국 에너지부(DOE)는 2020년 10월에 차세대 원전 실증로 건설 프로그램(ARDP)에 X-energy를 선정하였으며, 2027년까지 Xe-100 상업운전을 위한 개발 자금을 지원할 예정(Xenergy와 TerraPower 두 업체 선정).
- 두산중공업은 X-energy와 주기기 제작설계 용역 계약을 체결함 (21년 8월).
- 특징적인 것은 NASA와 우주사업을 추진하고 있다는 점. 핵열추진로켓을 통해 화성까지 6개월 소요되는 기간을 3개월로 줄이는 프로젝트 추진 중.
- 또한 아르테미스 달탐사 프로젝트에서 2026년 달 기지 건설을 위한 전력 확보를 위해 달에서 사용할 수 있는 SMR을 개발 중.

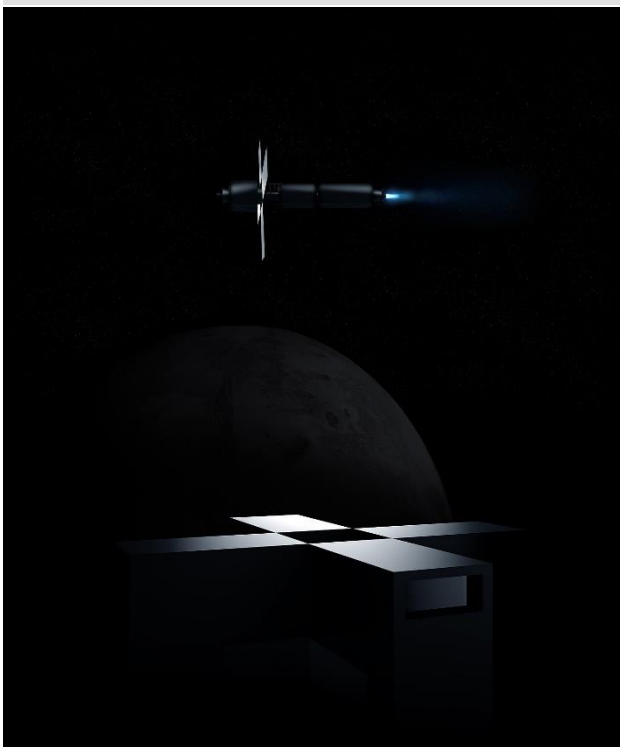
Xenergy의 Xe-100 원자로



Xenergy의 Triso-X 핵연료



Xenergy의 핵열추진로켓



달 기지에 전력 공급



자료: Xenergy, NASA, IBK투자증권

빌게이츠의 SMR

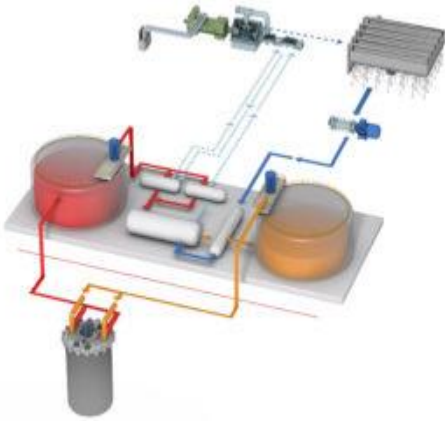
- 석유, 석탄, 가스는 이산화탄소를 내뿜고 지구온난화를 가속화시킴. 신재생은 적은 발전량에 비해 설치비는 비싸고 기후변화에 미치는 영향도 아직은 기대치에 미흡. 이에 마이크로소프트 창업자인 빌게이츠가 나서서 차세대 에너지 기술 개발 투자에 뛰어 듦. 새로운 기술이 상용화 되는데 통상 50년이 걸리기 때문에 당장 이용가능한 원전을 대안으로 찾았다고 언급.
- 과거 원전사고는 설계가 너무 오래됐거나(설계 잘못), 인재인 경우가 많음. 그로 인해 원전에 혁신이 없었음. 원전사고에 겁먹고 대략 20-30년이 지나간 것. 기후변화없이 화석에너지에서 손을 떼는 방법은 원자력에 있고 이성적으로 접근하면 원자력을 무시하기 어렵다는 주장.
- 빌게이츠는 인간의 개입을 최소화해 사고 가능성을 획기적으로 줄임. 슈퍼컴퓨터의 발전으로 시뮬레이션이 가능해져서 개발에 성공. 이후 스타트업 테라파워를 2008년 설립.
- 4세대 비경수로형 원자로는 경제성 향상, 연료 이용률 개선, 산업 공정 열 애플리케이션 및 통합 에너지 저장 시스템의 높은 작동 온도, 연료 사이클 종료 능력 등 많은 이점을 제공. 소듐냉각형 원자로는 첨단 비경수형 원자로 중 기술 준비도가 가장 높아 탈탄소화에 영향을 미칠 만큼 빠르게 상용화할 수 있는 기술 중 하나.
- 소듐냉각형 SMR 형태인 테라파워의 나트륨 기술의 원자로는 기존 경수로 및 중수로와 달리 고속 중성자를 이용해 핵분열을 일으키고 이때 발생하는 열을 액체 나트륨으로 냉각해 생성된 증기로 전기를 발생시키거나 열 저장고에 담을 수 있음. 345 MW의 나트륨 냉각 고속 원자로와 용융 염기 기반 에너지 저장 시스템을 갖추고 있는데 이 저장 기술은 필요할 때 5시간 반 이상 시스템 출력을 500MW의 전력으로 끌어올릴 수 있으며, 이는 40만 가구 안팎의 전력을 공급하는데 필요한 에너지와 맞먹는 양임.
- 즉 이 열은 피크나 재생 에너지를 사용할 수 없을 때 그리드에서 수요에 따라 전기로 변환될 수 있고, 담수화, 지역난방, 수소, 석유화학, 철강 생산과 같은 화석연료에 의존하고 있는 산업 공정에 필요한 열을 제공할 수 있음.

빌게이츠의 SMR

- 규모의 경제 효과를 위해 원전을 많이 지으려는 중국과 협상을 진행. 빌게이츠가 시진핑 주석을 만나 성사 단계였으나 트럼프의 미중 무역전쟁으로 미국 정부측에서 원전기술 넘어가는걸 허용치 않은 것으로 알려짐. 이후 사업이 일시적으로 소강상태를 보이다가 최근 다시 속도가 높아지는 모습.
- 테라파워는 미국 에너지부(DOE)로부터 2020년 10월 기술공동개발업체인 GE Hitachi Nucley Energy(GEH)와 엔지니어링 및 건설 파트너인 Becchtel과 함께 나트륨(Natrium™) 원자로 및 에너지시스템 시연업체로 선정.
- 이 상은 향후 5~7년내 가동할 수 있는 원자로 2기를 건설하기 위한 초기자금으로 1.6억달러를 지원하는 첨단 원자로 실증프로그램(ARDP)인데 그 중 테라파워가 나트륨 기술을 시연하기 위한 초기 자금 8000만 달러를 지원받음(나머지 하나는 X-energy가 받음).
- 2021년 11월 16일 테라파워의 SMR 실증부지가 미국 서부 와이오밍주로 결정되었다고 보도. 와이오밍주 소도시 케머러에 워런 버핏 소유의 전력회사인 퍼시픽코프의 자회사 로키마운틴파워가 운영하는 석탄발전소를 폐쇄하고 2024년부터 테라파워의 나트륨 기술 원자로를 건설기로 한 것. 2023년 중반에 NRC에 실증공장의 건설 허가 신청서를 제출할 것으로 예상. 이 발전소는 향후 7년안에 가동될 것으로 전망.
- 테라파워는 2008년 설립 이후 2010년 시리즈B 투자에서 빌게이츠, 벤처캐피탈 등이 3,500만불을 투자했고, 2020년 10월 미국 에너지부로부터 8천만달러 지원금을 받아 지금까지 총 1억1500만달러가 편당된 상태.

TerraPower

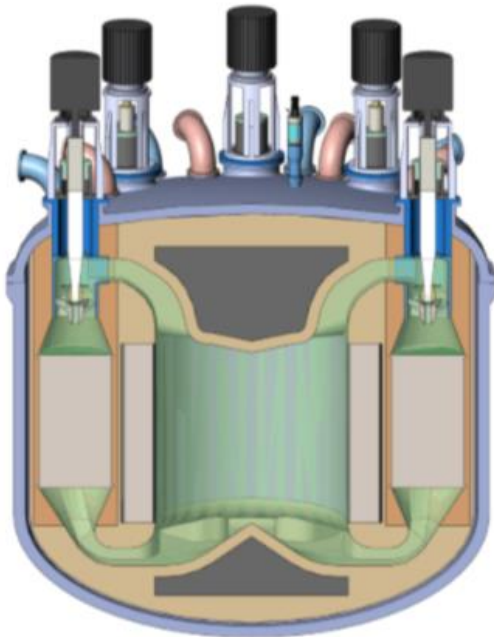
TerraPower의 나트륨 원자로 및 에너지 저장시스템



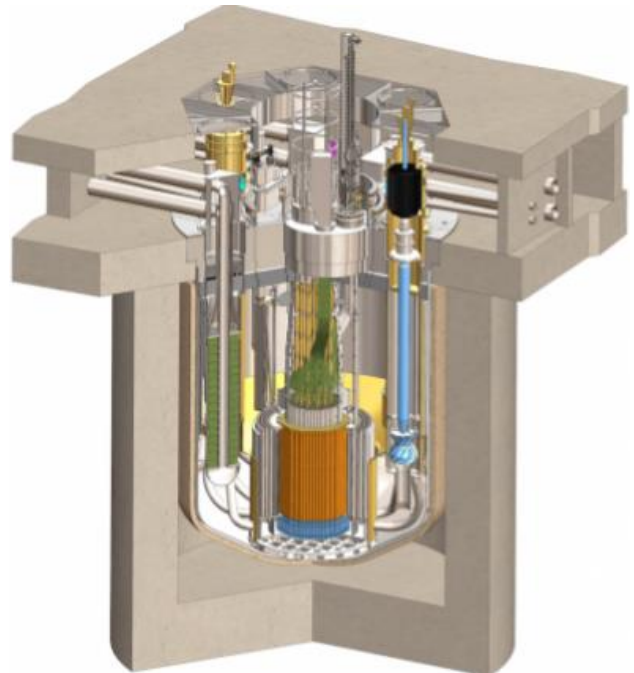
빌게이츠와 워런버핏



MCFR(용융염 냉각 고속 원자로) 개발 중



핵폐기물을 줄이는 TWR(이동파 원자로) 기술 개발 중



자료: TerraPower, NASA, IBK투자증권

별첨

- 국가별 원전 운영, 건설, 폐쇄 현황
- 주요국 에너지 믹스

별첨. 국가별 원전 운영, 건설, 폐쇄 현황

IAEA 발표 기준 국가별 원전 운영 · 건설 · 폐쇄 현황(2021.11)

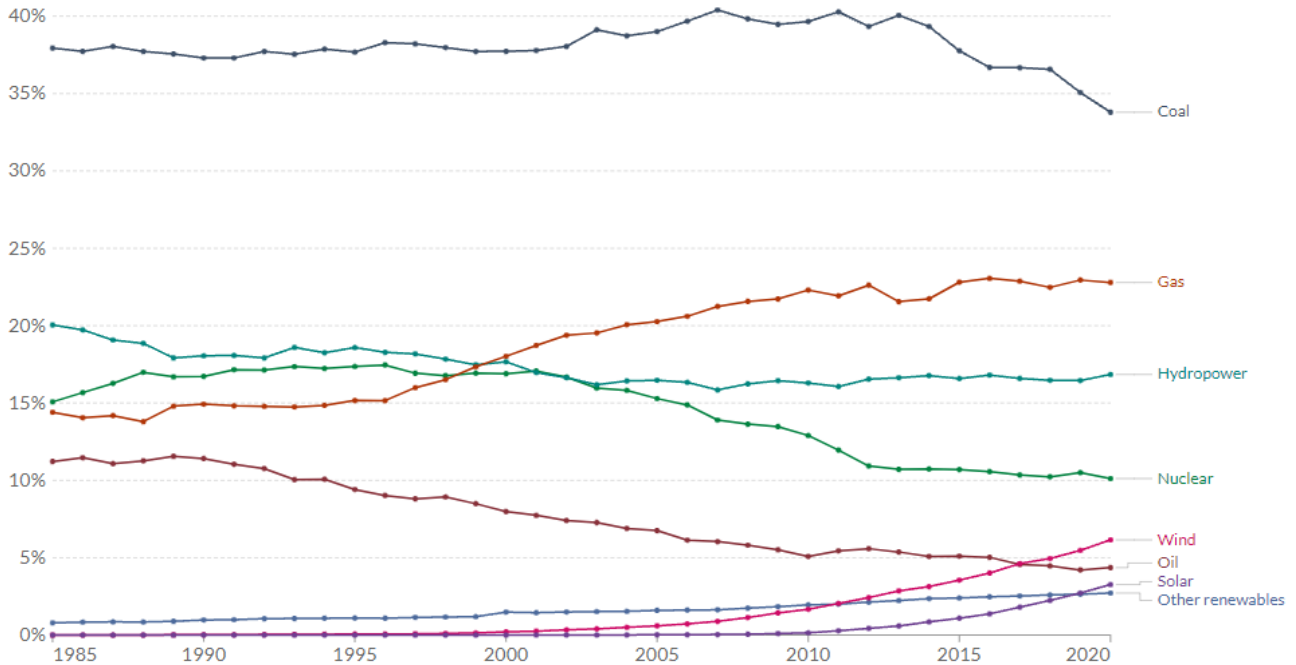
(단위 : 개수, MW)

구분	국가	운영 중		건설 중		폐쇄	
		원자로	설비용량	원자로	설비용량	원자로	설비용량
원전 운영국가	미국	93	95,523	2	2,234	40	19,171
	프랑스	56	61,370	1	1,630	14	5,549
	중국	52	49,589	14	13,875		
	러시아	38	28,578	3	3,459	9	3,032
	일본	33	31,679	2	2,653	27	17,119
	한국	24	23,150	4	5,360	2	1,237
	인도	23	6,885	6	4,194		
	캐나다	19	13,624			6	2,143
	우크라이나	15	13,107	2	2,070	4	3,515
	영국	13	7,833	2	3,260	32	5,805
	스페인	7	7,121			3	1,067
	벨기에	7	5,942			1	10
	스웨덴	6	6,882			7	4,054
	독일	6	8,113			30	18,262
	체코	6	3,934				
	파키스탄	5	2,242	1	1,014	1	90
	대만	3	2,859			3	2,193
	스위스	4	2,960			2	379
	핀란드	4	2,794	1	1,600		
	헝가리	4	1,902				
	슬로바키아	4	1,837	2	880	3	909
	아르헨티나	3	1,641	1	25		
	불가리아	2	2,006			4	1,632
	브라질	2	1,884	1	1,340		
	남아공	2	1,860				
	멕시코	2	1,552				
	루마니아	2	1,300				
	이란	1	915	1	974		
	슬로베니아	1	688				
	네덜란드	1	482			1	55
	아르메니아	1	415			1	376
신규 원전 건설국가	UAE	2	2,690	2	2,690		
	벨라루스	1	1,110	1	1,110		
	방글라데시			2	2,160		
	터키			3	3,342		
원전 폐쇄 국가	이탈리아					4	1,423
	리투아니아					2	2,370
	카자흐스탄					1	52
Total		442	394,467	51	53,870	197	90,443

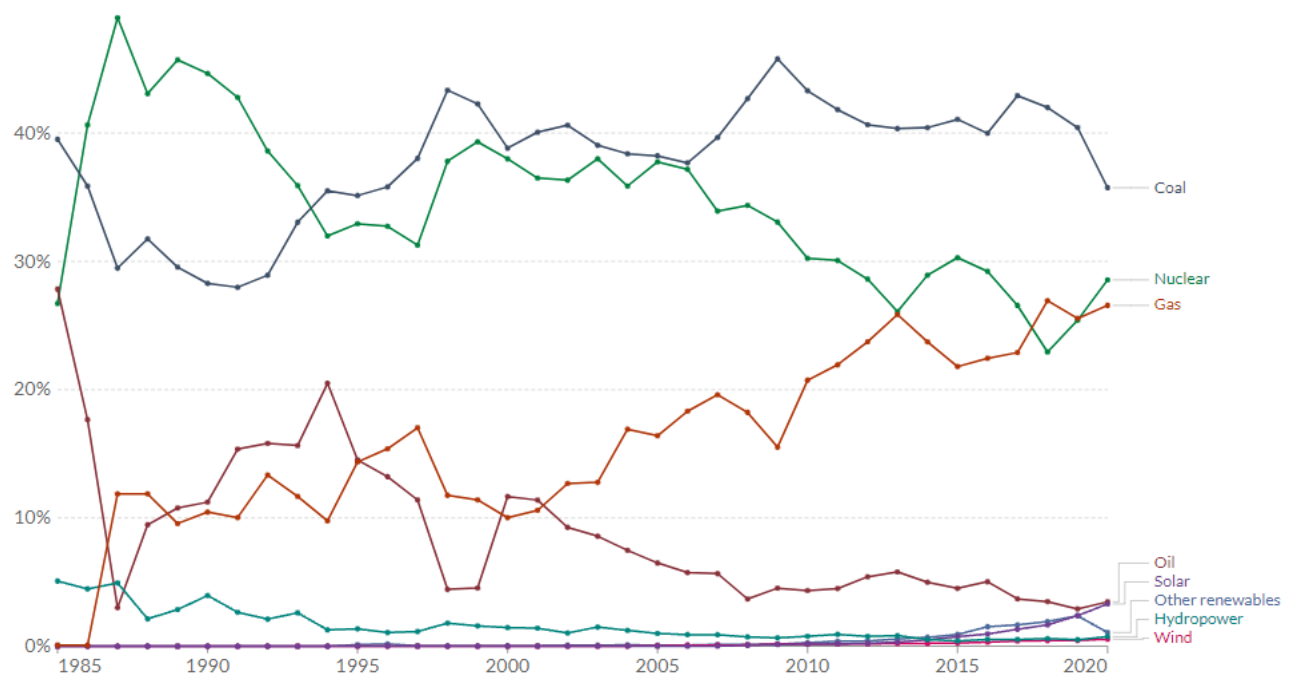
자료 : IAEA(2021.11.01), 에너지경제연구원, IBK투자증권

별첨. 주요국 에너지 믹스

세계 발전원별 전기생산 비중 추이



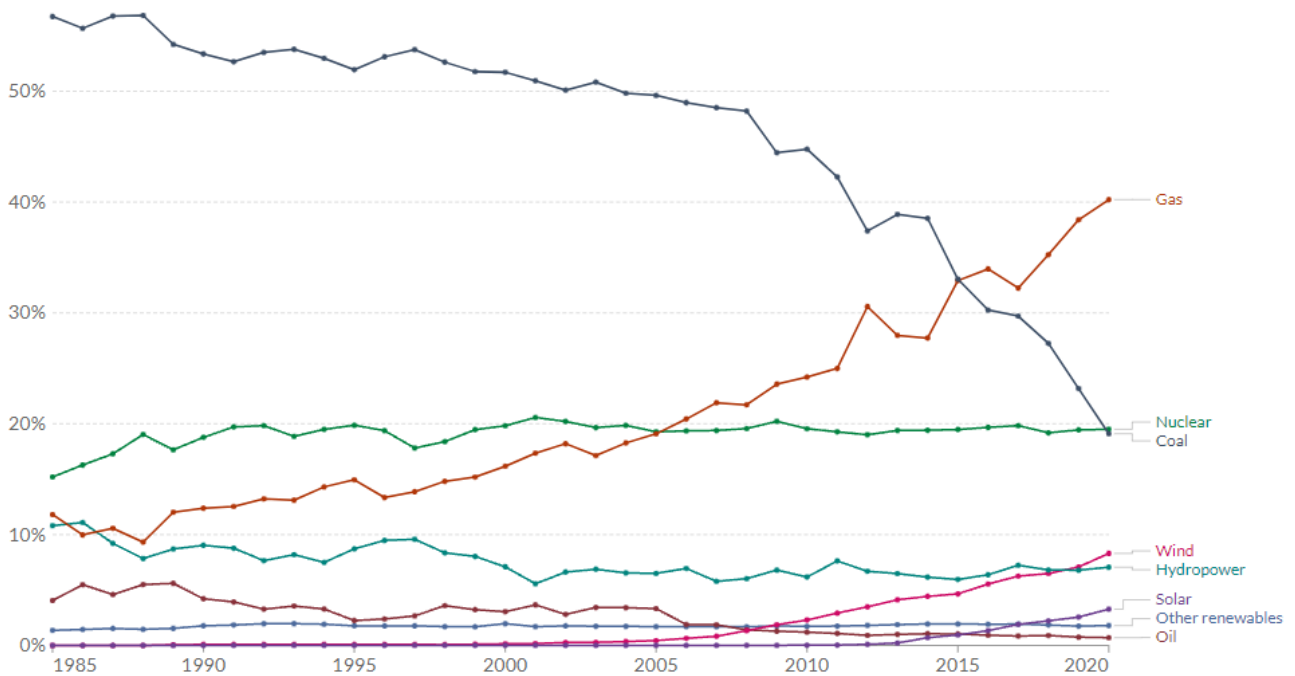
한국 발전원별 전기생산 비중 추이



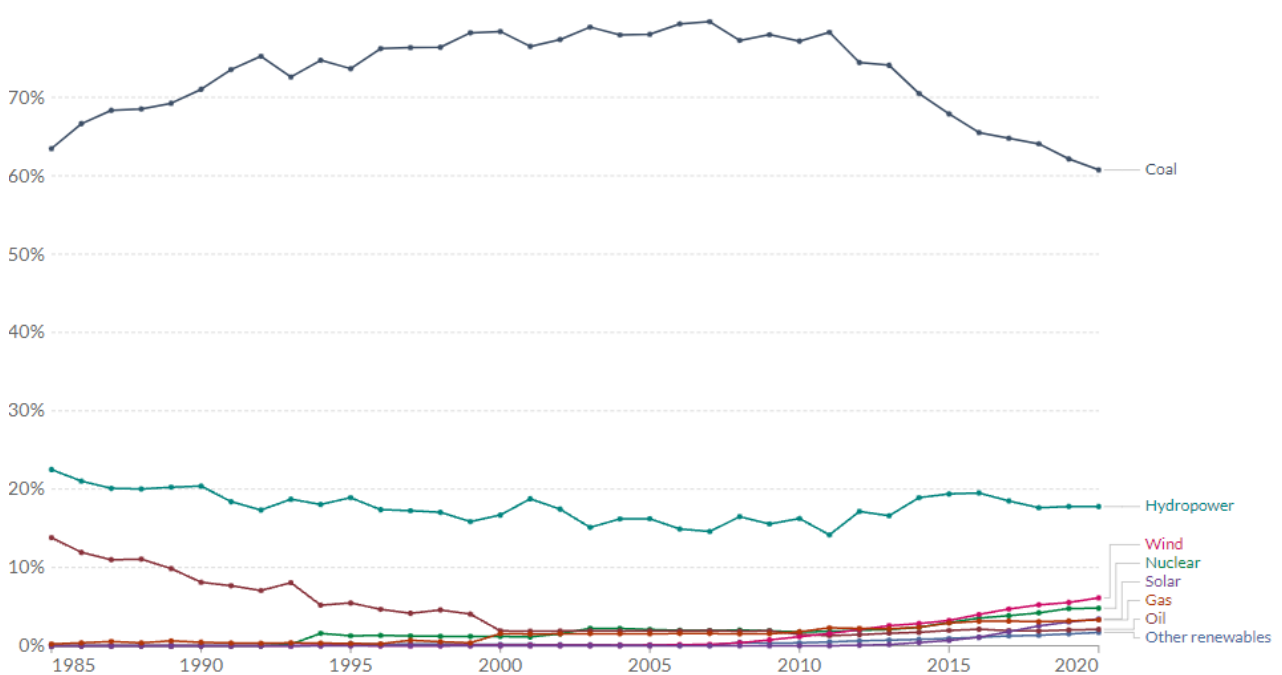
자료: OWD, IBK투자증권

별첨. 주요국 에너지 믹스

미국 발전원별 전기생산 비중 추이



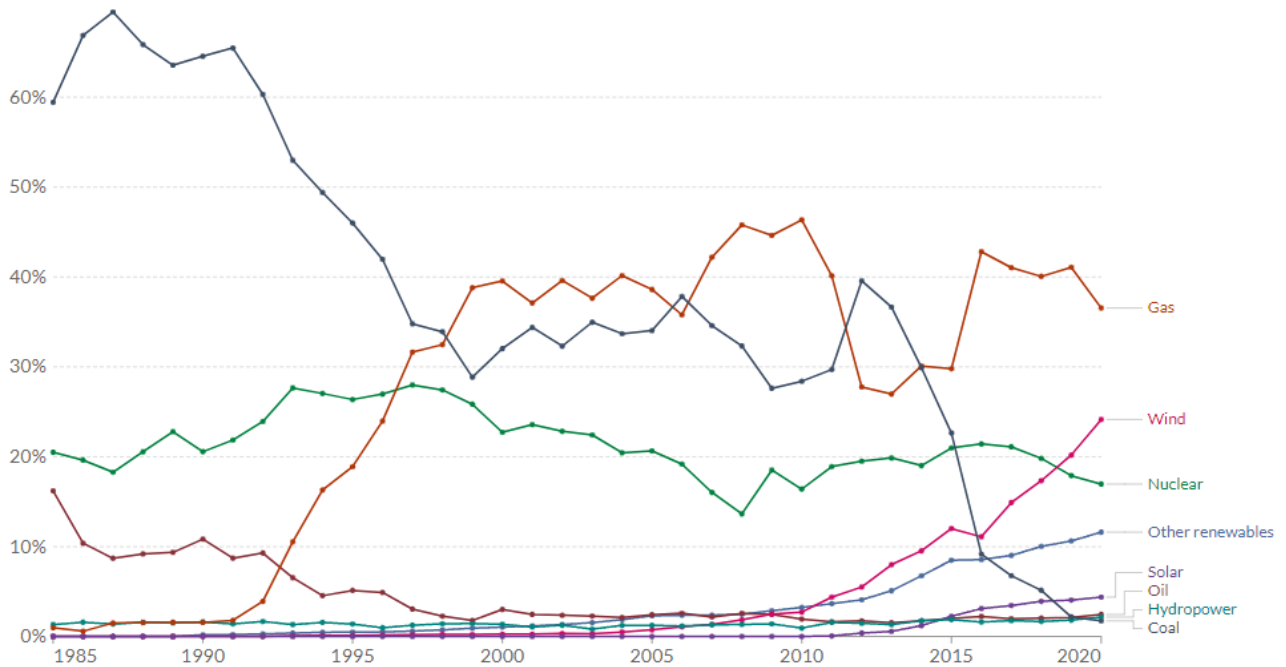
중국 발전원별 전기생산 비중 추이



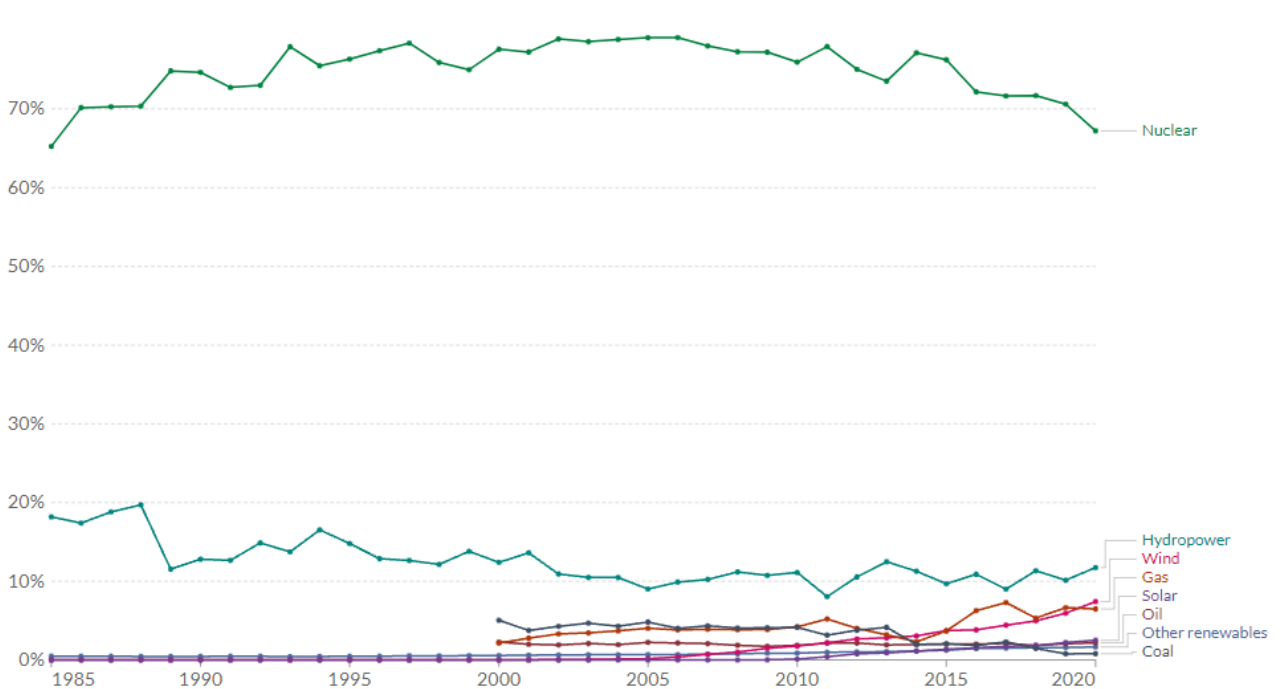
자료: OWD, IBK투자증권

별첨. 주요국 에너지 믹스

영국 발전원별 전기생산 비중 추이



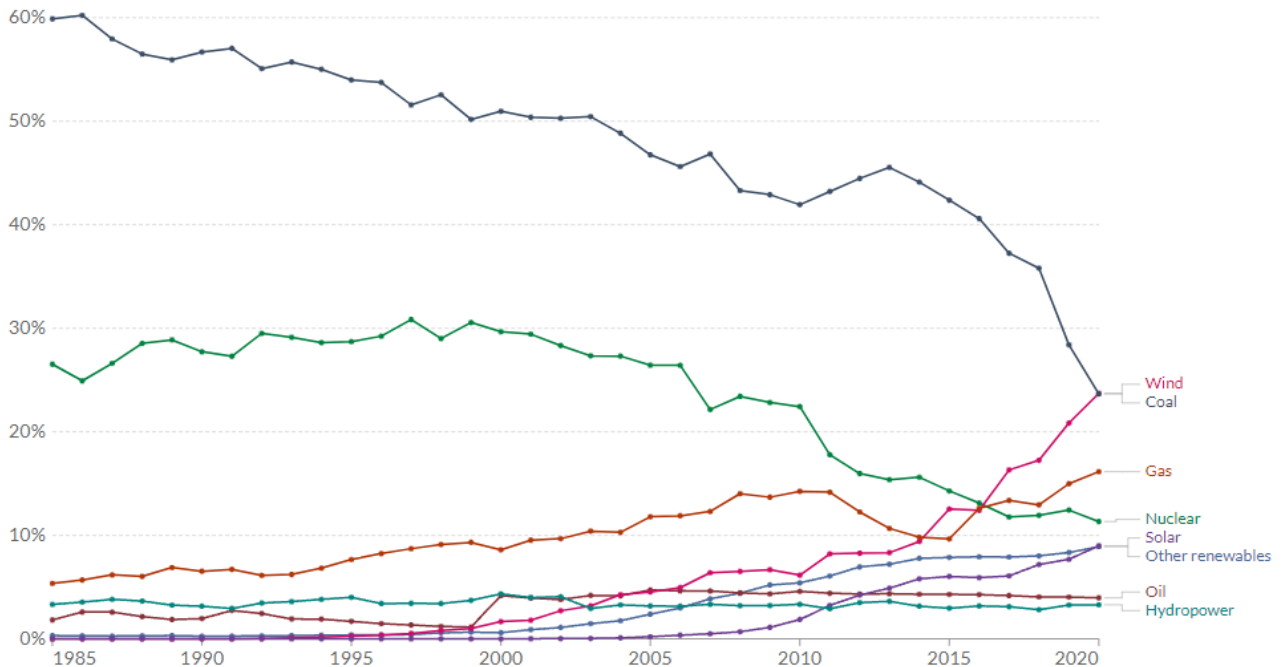
프랑스 발전원별 전기생산 비중 추이



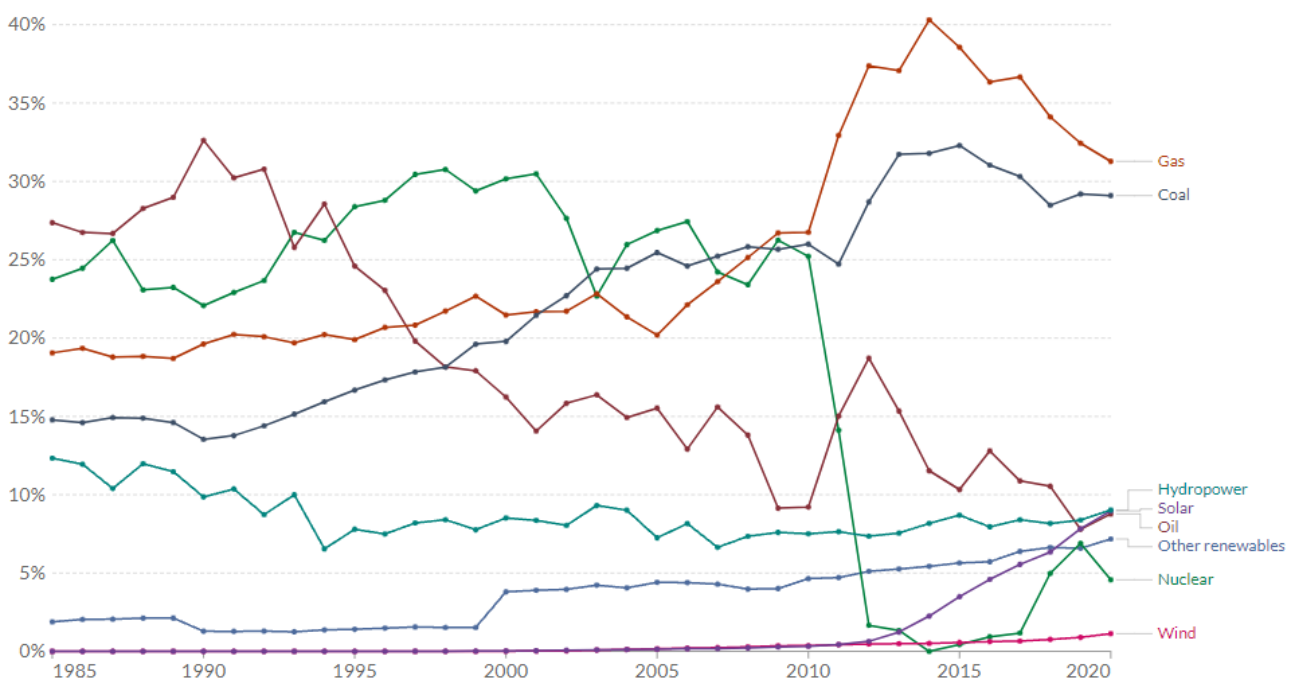
자료: OWD, IBK투자증권

별첨. 주요국 에너지 믹스

독일 발전원별 전기생산 비중 추이



일본 발전원별 전기생산 비중 추이



자료: OWD, IBK투자증권

Compliance Notice

동 자료에 게재된 내용들은 외부의 압력이나 부당한 간섭 없이 본인의 의견을 정확하게 반영하여 작성되었음을 확인합니다.

동 자료는 기관투자가 또는 제3자에게 사전 제공한 사실이 없습니다.

동 자료는 조사분석자료 작성에 참여한 외부인(계열회사 및 그 임직원등)이 없습니다.

조사분석 담당자 및 배우자는 해당종목과 재산적 이해관계가 없습니다.

동자료에 언급된 종목의 지분율 1%이상 보유하고 있지 않습니다.

당사는 상기 명시한 사항 외 고지해야 하는 특별한 이해관계가 없습니다.

종목명	담당자	담당자(배우자) 보유여부			1%이상	유가증권	계열사	공개매수	IPO	회사채	중대한	M&A
		수량	취득가	취득일	보유여부	발행관련	관계여부	사무취급		지급보증	이해관계	
해당 사항 없음												

투자의견 안내 (투자기간 12개월)

종목 투자의견 (절대수익률 기준)			
적극매수 40% ~	매수 15% ~	중립 -15% ~ 15%	매도 ~ -15%
업종 투자의견 (상대수익률 기준)			
비중확대 +10% ~	중립 -10% ~ +10%	비중축소 ~ -10%	

투자등급 통계 (2020.10.01~2021.09.30)

투자등급 구분	건수	비율(%)
매수	135	94.4
중립	8	5.6
매도	0	0



IBKS Research Center

성명	직급	담당업종	전화	이메일
정용택	상무	총괄 / Economy	6915-5701	ytjeong0815@ibks.com

투자분석부

정용택	상무	Economy	6915-5701	ytjeong0815@ibks.com
김지나	연구위원	Fixed Income	6915-5678	jnkim0526@ibks.com
김인식	연구원	Global ETF/Quant	6915-5472	kds4539@ibks.com
김종영	연구원	Quant	6915-5653	jujub0251@ibks.com

기간산업분석부

김은갑	연구위원	은행/증권	6915-5660	egab@ibks.com
김장원	연구위원	통신서비스/지주	6915-5661	jwkim@ibks.com
이상현	연구위원	자동차/기계	6915-5662	coolcat.auto@ibks.com
안지영	연구위원	유통/화장품	6915-5675	jyahn@ibks.com
전창현	연구원	2차전지/에너지	6915-5677	chdrkr24@ibks.com
황병준	선임주임	섬유/의복/RA	6915-5474	abcdzinc@ibks.com

혁신기업분석부

이승훈	연구위원	인터넷/게임	6915-5680	dozed@ibks.com
이민희	연구위원	중소기업분석	6915-5682	mhl3467@ibks.com
김운호	연구위원	IT/반도체/디스플레이	6915-5656	unokim88@ibks.com
김태현	연구위원	음식료	6915-5658	kith0923@ibks.com
이건재	연구위원	IT/소재/부품/장비	6915-5676	geonjaelee83@ibks.com
이선경	연구위원	제약/바이오	6915-5655	seonkyoung.lee@ibks.com
이환욱	선임주임	미디어/엔터/RA	6915-5473	dlghksdnr123@ibks.com

“고객에게 신뢰받고 시장에서 존중받는 자본시장의 리더”



서울특별시 영등포구 여의도동 국제금융로 6길 11
대표번호 02-6915-5000
고객만족팀 1588-0030, 1544-0050

영업부	02) 6915-2626	IBK WM센터 목동	02) 2062-3002
서초센터	02) 3486-8888	IBK WM센터 동부이촌동	02) 798-1030
강남센터	02) 557-4168	IBK WM센터 중계동	02) 948-0270
분당센터	031) 778-8050	IBK WM센터 시화공단	031) 498-7900
인천센터	032) 427-1122	IBK WM센터 일산	031) 904-3450
부산센터	051) 805-2900	IBK WM센터 판교	031) 724-2630
대구센터 (IBK WM센터 대구)	053) 752-3535	IBK WM센터 남동공단	032) 822-6200
광주센터 (IBK WM센터 광주)	062) 382-6611	IBK WM센터 평촌	031) 476-1023
IBK WM센터 한남동	02) 796-8500	IBK WM센터 천안	041) 569-8130
IBK WM센터 강남	02) 2057-9300	IBK WM센터 부산	051) 741-8810
IBK WM센터 반포자이	02) 3481-6900	IBK WM센터 울산	052) 271-3050
IBK WM센터 역삼	02) 556-4999	IBK WM센터 창원	055) 282-1650