



SMR을 왜곡한 주장에 대한 팩트 체크

한국원자력산업협회

I. 개요

- 기존 대형원전 시장에서 한국, 러시아, 중국을 제외한 미국, 프랑스는 설계불완전, 제작·건설능력 부족 등으로 어려움을 겪고 있으나, 소형모듈원자로(SMR, Small Modular Reactor)는 피동형 적용 등을 통해 안전성을 혁신적으로 개선하고, 모듈방식 채택, 짧은 건설공기, 적은 부지 면적 등에 따른 경제성 제고, 부하추종운전 등 탄력운전기능 보유, 다양한 활용성 등의 장점으로 원전기술 선진국들은 다양한 노형의 SMR을 개발하고 있으며, 수년내 다수의 노형이 상용화 완료되고, 2030년대 초에는 글로벌 발전시장 주도 예상
- 특히, 미국 NuScale SMR의 경우 미국 정부(DOE)의 자금 지원 뿐 아니라 한국(두산중공업 및 재무적투자자, GS에너지), 일본(JGC, IHI), 미국(Fluor, S&L 등)의 민간 기업들이 대규모 투자를 결정하였고, INL(아이다호국립연구소) 부지에 2029년까지 최초호기 준공 예정인 UAMPS 프로젝트가 계획대로 추진되고 있음
- 그러나, 반원전 단체들은 SMR에 대한 부정적 이미지 프레이밍 목적으로 다양한 경로를 통해 사실과 다른 주장을 펼치고 있어 SMR에 대한 왜곡된 인식을 심어줄 우려가 있으므로 반원전 단체들이 왜곡한 주요 주장에 대해 Fact를 확인하여 제시함

II. 주요 주장에 대한 사실 확인

1. [경제성] SMR은 경제성을 갖추기 어렵다.

□ 주장의 내용

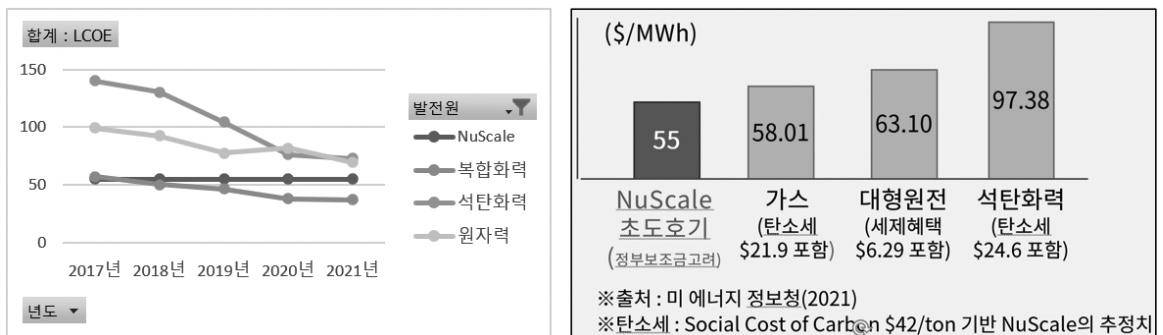
- ① 원전은 용량이 줄어들수록 건설단가는 상승, SMR은 규모의 경제를 포기하는 대신 '양산의 경제'로 경제성을 만회하겠다는 논리
- ② 대량생산체제를 갖추기 위해서는 수백 기에서 수천 기의 원전 수주를 받지 않는 이상투자자를 찾기 어렵다.
- ③ 미국 뉴스케일은 설계를 구체화하면 할수록 경제성이 나오지 않아 설비용량을 35MW에서 77MW로 변경, 앞으로도 설비용량 증대는 반복될 수밖에 없다.

□ 사실 확인

① 국가별 상황에 따라 발전단가가 상이하나, SMR은 타발전원 대비 우수한 경제성 보유

- SMR은 모듈방식 채택으로 공장에서 모듈 생산 후 건설부지에 모듈을 일괄 설치하므로 건설 공기가 짧고, 상대적으로 적은 부지에 건설 가능하여 건설비용, 금융비용 절감 가능하고, 소형화 및 단순화를 통해 운영비용 절감 가능하여 경제성을 확보
- 미국 뉴스케일사의 초도호기 SMR 균등화발전단가(LCOE)는 \$55/MWh로, 미국 신규 대형원전의 LCOE인 \$81.65/MWh 대비 저렴하며, 값싼 셰일가스를 사용하는 미국 내 가스발전과 유사한 수준으로 타 발전원 대비 우수한 경제성 보유

* 균등화발전단가(LCOE) : 건설, 운영/유지, 해체, 폐기물처분비용 등 총비용을 고려한 발전단가



[그림 1] 미국의 발전원별 LCOE

- 국내에서 개발 착수한 혁신형 SMR(i-SMR)은 국내 대형원전 수준의 경제성 보유를 목표로 개발 추진 중으로 국내에서 원전은 타 발전원 대비 압도적인 경제성 보유

〈표 1〉 2020년 한국의 발전원별 LCOE(\$/MWh), 국제에너지기구(IEA)

원자력	석탄	가스	태양광	육상풍력	해상풍력
53.3	75.6	95.9	98.1	113.3	161.9

② SMR은 양산경제 달성을 위해 수백, 수천기 이상 건설이 필요하지 않으며, 개발단계에서도 정부 및 민간으로부터 대규모 투자 유치

- SMR의 양산경제 달성은 늘어난 주요 기자재 제작으로 달성 가능
 - 대형원전의 경우 1개 호기 당 주요 기자재 1set 필요로 양산경제 달성을 위해서는 다수의 프로젝트가 필요하나, SMR의 경우 1개 호기 당 다수의 동일한 주요 기자재를 반복 생산하므로



대형원전 대비 양산경제를 달성하기 좋은 특성 보유

- 대형원전에서 적용되었던 복제율(learning curve)을 비교한다면 SMR의 복제율 효과가 더욱 클 것이며, SMR은 빠른 양산경제 효과로 인하여 초도호기 건설 이후 경제성이 더욱 높아질 것으로 전망

○ 현재 SMR 개발사들은 개발단계임에도 정부 및 민간 투자를 대규모로 유치하고 있으며, 특히 미국 NuScale사의 경우 2029년 최초호기 상업운전 예정인 상황에서도 사업 타당성, 시장 확장성을 고려하여, 미국 에너지부(DOE)로부터 대규모 지원금 유치하였으며, 한국의 두산중 및 재무투자자, GS에너지, 일본의 JGC 및 IHI, 미국의 Fluor, S&L 등 민간기업들이 대규모 투자하고 있으며, 추가 투자자 참여가 예상됨

③ 미국 뉴스케일사가 공식 발표한 SMR의 건설단가는 2020년 \$3,600/kW 수준에서 2021년 \$2,850/kW으로 대폭 감소한 바 있음. 세부 설계 확정으로 경제성은 오히려 현실화되고 있으며, 설계를 진행할수록 경제성이 떨어진다는 주장은 사실이 아님

2. [시장성] SMR은 비현실적 사업이다

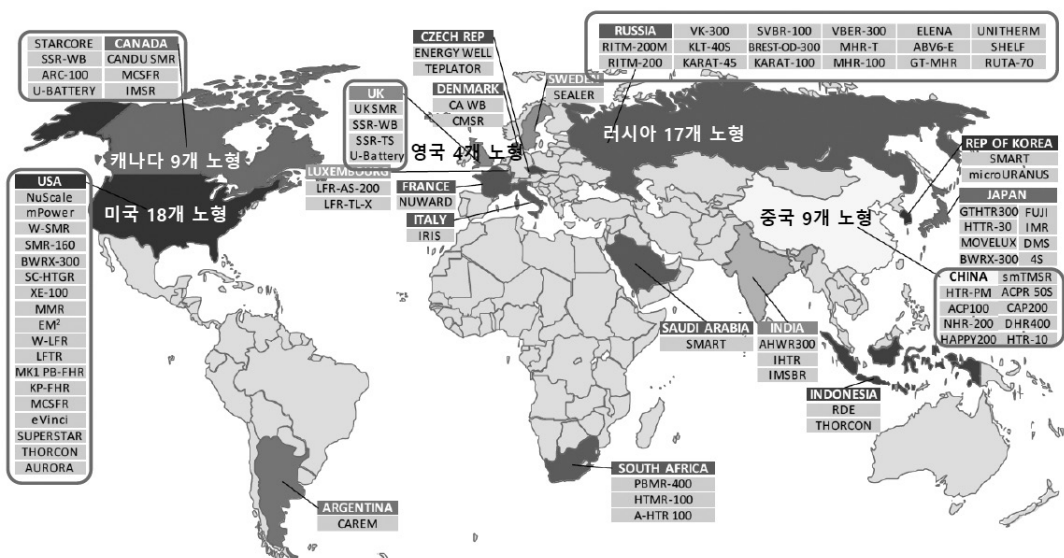
□ 주장의 내용

- ① SMR은 기본개념부터 전력시장의 현실에 전혀 부합하지 않는 허구적 희망의 논리로 만들어진 개념
- ② SMR 사업의 상용화 성공여부와 무관하게 정부 지원을 받을 새로운 명분이 필요
- ③ 신규 원전시장은 완전히 끝났다.

□ 사실 확인

- ① 현재 세계적으로 70여종 이상의 SMR 노형이 경쟁적으로 개발 진행되고 있으며, 2020년대말 ~ 2030년대초에는 다수의 노형이 상용화 완료되어 글로벌 발전시장 주도할 것으로 세계 전문 기관은 공통적으로 전망
- 미국, 영국, 캐나다 등에서 개발중인 SMR은 2026~2029년 상업운전을 목표로 사업 진행중
 - 미국 NuScale사의 초도 프로젝트인 UAMPS(Utah Associated Municipal Power Systems) 사업에는 32개 기관이 참여하고 있으며, 미국 에너지부(DOE)는 건설부지 제공(아이다호 국립연구소 부지) 및 14억불 지원 결정(2020.10월)하였고, 2020.12월에는 UAMPS와 NuScale 모회사인 Fluor가 EPC 준비 계약 체결하였으며, 2022년 제작 착수, 2025년 원자로 건물 시공 착수하여, 2029년 준공 일정으로 진행되고 있음

- 영국 규제기관은 UK SMR(Rolls-Royce)에 대한 설계심사(GDA) 착수 예정이며, 2030년대 초반 최초호기 준공하고 2035년까지 10기 완공 예정
- 캐나다 원자력안전위원회(CNSC)는 2026년 초소형SMR(MMR) 상업운전 목표로 개발허가에 대한 기술평가를 2021.05월에 착수
- 러시아는 개발중인 17종의 SMR 중 해양 원전용 SMR(KLT-40s) 개발 완료하여, 세계 최초로 선박에 탑재(2019.12)하여 극동의 페백시 등에 이미 전력 공급 중
 - KLT-40S의 개량형인 RITM-200 개발 중으로 현재 건조중인 원자력 추진 쇄빙선 3기에 55MW급 RITM-200 원자로 2기를 각각 탑재
 - RITM-200 원자로 6기는 이미 조선소에 도착하여 설치 및 시운전 진행 중
- 중국의 첫 SMR인 HTR-PM(초고온가스로, 210MW)은 2020.7월 시운전 착수, 2020.10월 원자로 상온기능시험 완료하였으며, 2021년 상업운전 예정
 - 최근(2021.4월) 중국 국무원은 하이난성 창장에 자국 SMR 노형인 ACP100 건설 승인



[그림 2] 전 세계 SMR 개발 현황



- ② 세계 주요국은 SMR의 필요성을 인식하고, 막대한 개발비용 지원, 제도 개선·법제화 등을 통해 상용화를 지원하여 향후 세계시장 선점을 추진하고 있음
- [미국] 바이든 및 민주당은 원자력을 Clean Energy로 인정하고 SMR 및 차세대 원전개발 지원 정책 발표
 - 원자력 포함 발전 설비 개선 및 R&D에 \$2,000억 투자
 - 미국에너지부는 SMR 시장 선점을 위한 투자 및 Net-zero 전력시장 준비 중
 - NuScale 건설부지 무상제공 및 \$1.4B 투자 및 차세대 SMR 개발에 7년간 \$3.2B 지원
 - [유럽] 유럽연합은 탄소중립을 위한 에너지 계획에 원자력을 핵심 전원으로 포함
 - 유럽의회는 탄소배출 제로 결의안 내 원전의 역할을 명시하여 재생에너지와 동등한 수준으로 고려하는 정책 제안(2021.01)
 - EU는 지속가능금융 분류체계 내 원전을 포함하는 법령 검토 중(2021.6)
 - 영국 정부는 자국 SMR 개발에 2조원 이상 투자 예정이며, Rolls-Royce 및 자국 제조업 육성을 위한 투자 진행 (2029년 초도호기 건설을 시작으로 16기 건설 목표)
 - [캐나다] Net-zero 달성 및 SMR 시장 선점을 위해 해외 SMR 개발 투자 및 실증로 자국 내 건설 추진 중
 - 캐나다 정부는 2018년 SMR Roadmap 발표 이후 SMR 개발사 자금 지원, 자국 연구기관·현 지업체 육성 정책 시행 중
 - 중소형, 초소형, 차세대 총 3가지 방향의 해외 SMR 건설 추진 중
 - [중국/러시아] 국가 차원의 SMR 개발/상용화를 적극 지원하여, 일부 노형은 상업운전중
 - 중국은 고온가스로 SMR(HTR-PM)을 2012년부터 건설 중이며, 2021년 상업운전 예정
 - 러시아는 2019년 부유식원전(KLT-40s)의 상업운전을 시작하였으며, 내륙에도 다수의 SMR 건설 추진 중
- ※ SMR은 무탄소 전력공급 능력 뿐만 아니라 공정열, 수소·담수 생산 등 다목적 용도로도 적합하고, 기존 저용량 전력망 활용도 가능한 장점으로 현재 16개국에서 도입 추진 중
- 미국, 캐나다, 영국, 인도네시아, 사우디 등은 자국 환경에 맞는 SMR 도입 계획 발표 및 노형 선정 진행 중
 - 미국, 캐나다 등은 건설을 위한 인허가 진행 중
 - 러시아, 중국, 아르헨티나는 자국 개발 노형의 자국내 실증을 진행 중
 - 사우디, 체코, 폴란드, 요르단, 남아공 등은 SMR 도입을 검토 중

- 미국 에너지부(DOE)는 2050년까지 500~1000기의 SMR 건설 전망
일본 전력중앙연구소는 2050년까지 400~850기 건설 전망
캐나다는 2035년까지 전세계적으로 65~85GW 규모의 시장 규모 전망
- ③ SMR 시장 확대 전망과 더불어 대형원전 시장도 전력수요 증가, 탄소중립 달성 등을 고려하여 지속 확대될 것으로 예상
- 세계 대형원전 현황
 - 운영중 원전 : 전세계 운영 중 원전은 443기 (394 GW)
 - 건설중 원전 : 55기 원전 건설 진행 중 (77 GW)
 - 건설계획 원전 : 100기(102GW) 건설 계획 중(건설계획 승인 완료)이며, 325기(354GW) 건설 검토 중(검토 및 부지선정 단계)
- 설비용량 전망
 - 국제에너지기구(IEA, International Energy Agency)는 2050년 탄소중립 달성을 위해 원전 설비용량과 발전량이 현재 대비 2배가 되어야 한다고 분석
 - * 설비용량 2020년 415GW → 2050년 812GW, 발전량 2020년 2,698TWh → 2050년 5,497TWh, 설비용량 매년 평균 17~24GW 증가 필요 (Net Zero by 2050, 2021.5)
 - 국제원자력기구(IAEA, International Atomic Energy Agency)는 원전이 저탄소에너지믹스에서 중요한 역할을 담당할 것이고 2050년까지 최대 715GW에 이를 것으로 전망 (Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050, 2020.09)
 - 세계원자력협회(WNA, World Nuclear Association)는 2050년까지 약 1,000GW의 원전이 신규 건설되어 전세계 전력수요의 25%를 공급해야 기후변화 목표 달성 가능 전망(2021년)

3. [계통안정성] 원전이 전력망 안정성에 위협

□ 주장의 내용

- ① 세계적으로 태양광, 풍력 등 간헐성 재생에너지가 전력시장에 대거 진입하면서 전력망의 안정 차원에서 기존 대형원전의 가동은 물론 건설할 수 없는 상황에 돌입
- ② 대형원전들은 그 존재 자체가 재생에너지가 증가한 전력망의 안정성에 큰 위협

□ 사실 확인

- ① 원전은 재생에너지를 보완하여 계통 안정성을 강화하는 역할 수행
 - 재생에너지는 일조량, 풍량 등 자연환경의 변화에 따라 생산해내는 전력량이 하루중에도 수



시로 변동되어 예측과 통제가 불가능한 간헐적 발전원임. 이러한 특성으로 인해 재생에너지 확대 시 전력부족이나 과잉생산 문제 대두가 필연적으로 보완 전원이 필요

- 원전은 온실가스 배출없이 안정적이고 지속적으로 전력공급 가능한 특성으로 인해 재생에너지를 보완하여 전력과부족에 따른 계통불안을 막을 수 있음
 - 현재 국내 원전은 기저전원 역할을 담당하고 있어 필요한 전력량에 따라 출력을 조절하는 부하추종운전을 수행하고 있지는 않으나 기본적으로 부하추종운전 능력을 갖추고 있어 재생에너지 생산 전력량 변동시 원전의 유연 운전을 통해 재생에너지의 간헐성 문제도 보완 가능
- [참고] 원전비중이 70% 이상인 프랑스의 경우 자국 내 원전의 출력을 집단으로 관리(Grid Control)하는 부하추종운전을 실시하여 전력과부족 상황에 대한 대응력 강화(7일간 발전정지 없이도 원전 전체 발전량을 27%까지 출력 조정)하고 있으며, 이를 통해 유럽 44개 국가를 잇는 최대 전력망을 운영하여 유럽 전력시장의 핵심 역할을 수행
- 세계적으로 재생에너지 확대 추세에도 기존 대형원전의 계속운전과 신규원전 건설을 통해 전 세계 원전 용량은 지속 확대되고 있음
 - 국제에너지기구(IEA)는 향후 10년간 연평균 500억불(약 60조원) 규모의 원전분야 투자가 이어질 것으로 전망하고 있으며, 2050년까지 탄소중립 달성을 위해 원전 설비용량과 발전량은 현재 대비 2배 이상 확대 필요한 것으로 분석
 - 미국은 가동중 대형원전의 90% 이상이 운영허가기간을 40년에서 60년으로 연장하였으며, 추가로 20~40년 운영허가기간 연장을 추진하는 등 기존 대형원전 가동 기간을 최대한 늘려 가동하고 있음
- ② 전력계통측면에서의 불안정성이 높아지는 것은 태양광 등 간헐적이며 출력제어가 어려운 전원 비중의 확대에 따른 것이지, 원전으로 인해 전력시스템이 불안정해지는 것은 아님
- 전력계통의 안정적 유지를 위해 대다수의 국가들은 출력변화가 많은 신재생에너지의 비중을 국가전력의 20% 수준(인접국과 전력망이 연결된 유럽의 경우 이를 상회하기도 함)으로 제한하고 있으며, 원전의 경우 석탄발전과 더불어 출력 대응보다는 기저부하 목적으로 사용되었으나 최근 신재생에너지의 확대에 따라 이에 대응하기 위해 출력감발, 부하추종운전 기술을 적용하고 있으며 최근에는 잉여전력을 통한 수소생산을 고려하고 있음
- 유연성 전원은 신재생에너지의 출력변화에 대응하기에 유리하지만 국내 상황에서는 에너지 안보 측면에서 연료 수급 문제(가스터빈), 가용 자원의 한계(양수발전), 막대한 비용 소요(배터리) 등의 문제가 있음

4. [한-미 정상합의에 대한 평가] 한국의 원전수출에 대한 경고성 메시지다

□ 주장의 내용

- 한미 공동성명의 팩트시트는 이명박 정부 시절부터 사우디 원전수출을 모색해온 한국에게 스마트원전, 대형원전 가릴 것 없이 국제 핵비확산체제를 위협하는 무모한 시도를 중단하라는 경고성 메시지다.

□ 사실 확인

- 한국은 국제 핵비확산체제에 주도적으로 참여하고 있으며, 핵확산금지조약(NPT) 가입국의 일원으로 금번 한-미 정상간 원자력협력 합의와 무관하게 국제핵비확산 기준을 준수하며 수출을 추진하고 있음. 금번 양국 정상간의 원자력협력 합의 내용을 경고성 메시지로 해석하는 것은 적절치 않음
- 한-미 정상간 공동성명과 함께 공개된 Factsheet에는 “한-미 양국이 함께 원전 공급망(Supply-chain)을 구성함으로써 해외원전시장에 공동참여(co-participate) 하기로 함”에 따라 러시아, 중국이 주도하는 해외원전시장에서 양국의 수주 경쟁력을 제고할 수 있게 된 것으로 평가해야 함 **KIIF**