KNS 2026 · 한국원자력학회 추계학술발표회

미국 (설계개발자 연계) SMR 사업에서 한국 기업의 참여 수준 평가 방안 연구

— 공개자료 기반 계약 · 이행 판정 틀과 투자 · 정책 시사점



이유한 | 국립창원대학교

기본 분석 2019.1 ~ 2026.7.31 · 후속 관찰 2026.8 ~ 발표 준비 시점

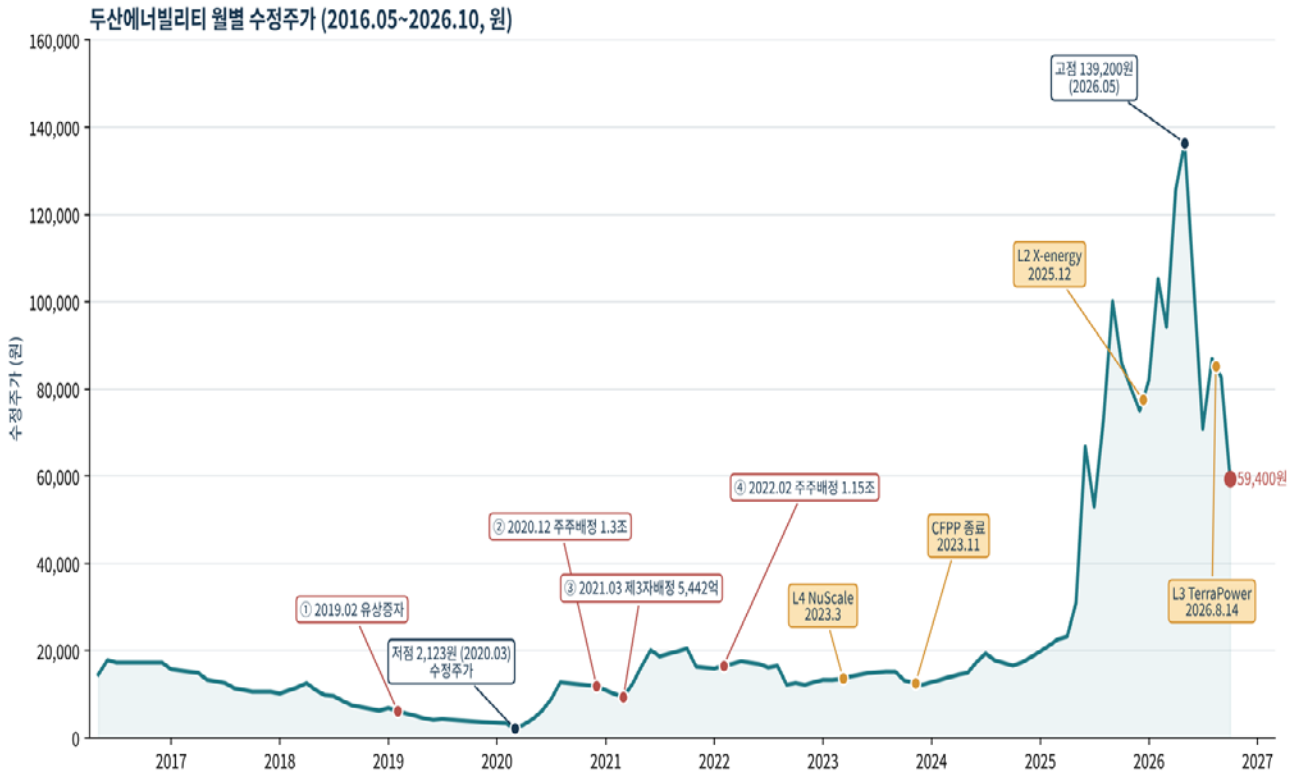
상황 ① : 기업의 원자력 투자·진출 확대 추세

수출·운영 · 정비	주기기·기자재 제작	EPC·시공	지분 투자
한국전력	두산에너빌리티	삼성물산	SK
한국수력원자력	HD현대	현대건설	GS에너지
한전기술		대우건설	두산에너빌리티
한전KPS		DL이앤씨	삼성물산
			HD현대
			DL이앤씨

※ 여러 분야에 걸친 기업은 해당 분야마다 표기

상황 ② : 금융 시장 관심 집중

- 최근 10년 (주)두산에너빌리티 株價



주가 : 최대 64배(현재가 28배)

- 역사적 최저점(2020.3.23) : 2,123원
- 최고가(2026.5.7) : 13만 9,200원
  - 유상증자(3회) : 3.2조원
  - 주식 수 : 2.7억주 → 6.4억주

개인 투자자 : 120만명(추정)

※원자력 투자자 200만명(추정)

상황 ③ : 미국 SMR 시장 진입**위한** 3**대** 관문 **부각**

제도적 관문	근거 법령	무엇을 규율하는가	진입에 미치는 영향
① 기술통제	▪ 韓美 원자력협정 ▪ 10 CFR Part 810 ▪ EAR(**美** 수출관리규정) *Export Administration Regulations	▪ 기술•용역의 **해외 이전 통제** ▪ **이중용도 품목·기술의 통제**	협력 이전에 이전 가능 범위가 결정
② 조달 · 산업정책	2 CFR Part 184 : 미국**産** 우대(Build America, Buy America : BABA)	▪ 연방 재정지원 미국내 기반 사업 ▪ 철강 · 건설자재 **등**에 미국産 기준	▪ 제작 위치 ▪ 공급사 구성의 제약
③ 품질 · 계약 요건	10 CFR Part 50 App. B 10 CFR Part 21	▪ 안전등급 기기의 품질보증 체계 ▪ 결함 보고 의무	적격성 심사 통과가 발주의 전제

어느 관문을 통과했는가 ≠ 한국 기업이 어떤 제작계약을 확보했는가

세 요건의 중첩이 진입 조건을 결정(복합전략시장) : 한 조건의 충족이 다른 조건 해소에 無영향, BABA는 적용 대상 사업에 한정

미국 SMR **市場 특징**

진입을 좌우하는 조건	일반시장	규제시장	전략시장	**美** SMR **시장**
일반 산업의 예	범용 **제**품 · 소비재	의약품 · **항공부품**	반도체 · **防産**	**복합**시장 성격
진입 방식	경쟁	인증	정책 부합	단계적 적응
가격 · 품질	◎	△	△	○
규제 적합성 · 품질보증	×	◎	○	◎
국가안보 · 기술통제 연계	×	△	◎	◎
미국**産** 구성품 요건	×	△	○	적용 사업 한정

◎ 결정적 · ○ 부분적 · △ 주변적 · × 해당 없음

● 문제 제기

“SMR 협력” **의미** : 다섯 가지 활동별 계약 대상 · 수행 의무가 상이

본체 발주 구분선

준비 수준 — 그 자체**가** 계약 성과

지분투자	기본설계 (FEED)	생산능력 예약
자본 참여	설계 용역 성과	공급능력 확보

확정 발주 · 이행 — 대상 · 수행 의무 확정

특정 본체 발주	제작 · 시공 착수
제작 · 시공 의무	실제 이행

· FEED = Front-End Engineering Design | 실제 활동은 반드시 이 순서를 거치지 않음

하나**의 用語**로 묶으면 → 초기 신호와 확정 약속의 구별이 곤란
→ 사업이 실제보다 진척된 것으로 오해


경제 › 건설/부동산 › HD현대

MOU만 쌓인 현대건설 SMR...첫 매출은 언제 나오나

이은빈 기자 입력 2026.07.21 16:28 댓글 0

美 팰리세이즈 본계약 하반기 목표...원전 프리미엄 유지할 분수령
글로벌 개발사 협력 확대에도 유상 설계·EPC 수주는 아직 없어

연구 목적 · 의사결정 위험

SMR '참여 · 예약'과 '확정 발주'의 혼동이 낳는 의사결정 위험

1

기업

예상 수요를 확정 주문으로 인식 → 설비 증설 시점 오판

2

중앙정부 · 지원기관

계약 준비를 확정 수주로 오인 → 지원 대상 · 시점 혼선

3

지**자체 · 교육기관**

예상•**확정** 수요 혼재 → 협력업체 투자 · 인력 양성 혼**란**

4

市場 신뢰도

협약 · 예약을 '수주'로 통칭 → 금융시장 · 투자자의 사업 진척 오인

평가 대상 | (기업의 기술력 · 성공 가능성이 아니라) 특정 사업에서 확인되는 계약 대상과 이행 상태

- 연구 목적 : 공개자료 **기반으로** △**협력** 관계, △ **지분** 투자, △ 사전 준비, △ 본체 발주 **등을** 구분하는 판정틀 제안
- **수행 방향** : **사업 계약 내용/수준 등에 대한 정확한 판단 → 현실적 준비와 후속 실행 방안 수립**
- **기대 효과** : **기업과 시장 등의 혼선 차단으로 원자력 사업의 집중도와 신뢰도 제고**

해외 SMR 사업의 인허가 · 계약 · 마일스톤 구분

— 진행 수준을 단계**별**로 확인하고 준비 성과와 본체 발주 · 이행 성과 구분

OECD / NEA SMR Dashboard	▪ 기술 성숙도와 별도 **판단** ▪ **6개 차원 분리 평가** : 인허가 · 부지 · 금융 · 공급망 · 이해관계자 · 연료
영국 GBE-N Rolls-Royce SMR	▪ 2025.6 기술 파트너 선정 → 2026.4.13 Wylfa 3기 공급계약 ▪ 전체 범위는 FID(최종투자결정, 2029 예상) 이후 확정
캐나다 · 미국 Darlington · DOE ARDP	▪ 건설 · 운영허가 분리 심사 ▪ 연방 지원은 마일스톤 달성분만

왜 단계로 구분하나

① 사업 위험 관리 — FID 전후 **계약** 범위 상이

② 공공재원 책임 — 달성한 마일스톤만 지급

③ 인허가 단계성 — 부지 · 건설 · 운영허가 분리

④ 기대 · 실적 구분 — 기술 성숙 ≠ 배치 준비

[축 1] · 프로젝트 성숙도

인허가 · 자금조달 · 건설의 진행 정도

+

[축 2] · 참여기업의 계약 · 이행 수준

확보한 계약과 수행 범위 : L1~L5 **분류**

분석틀 ① · 참여 경로

참여 경로의 두 유형

미국 설계개발자 주도 SMR 사업

경로 A — 사업 개발 · EPC 통합 · 건설 수행

삼성물산 – NuScale

현대건설 – Holtec

경로 B - 주기기 제조 · 부품 공급 - 생산능력 제공

두산에너빌리티 – NuScale

두산에너빌리티 – X-energy

두산에너빌리티 – TerraPower

경로 = 주된 기대 역할에 따른 참여 유형(A · B)
— 상호배타적이지 않음

판정 단위는 기업 × 사업별 참여 건
— 같은 기업도 사업마다 **별도** 판정

세 개의 연구질문과 증거의 인정 범위

1 경로는 어떻게 다른가

- 프로젝트 개발(A) · 기자재 공급(B)
- 두 경로의 제도 조건과 이정표

2 무엇을 구분하는가

- 계약 체결 사실
- 프로젝트 특정 발주 · 실제 이행

3 어디까지 왔는가

공개자료로 확인되는
한국 기업의 최고 관찰수준

자료와 범위

- 2019.1 ~ 2026.10 **현재** 공개 자료
- 분석 단위는 기업이 아니라 **참여 경로**
- **대상** : 설계개발자 소속이 미국 — **미국 밖 사업 포함**

증거의 위계

법령 · 규제자료	요건 · 승인 상태를 입증
공시 · 당사자 발표	계약의 존재와 범위를 입증
언론 · 전문매체	보조 확인

· "미확인"은 부존재의 증명이 아님

· **사례 선정** - 공개자료로 계약 대상 · 이행 수준을 비교할 수 있는 참여 경로를 **목적 표집**
- **통계적 대표성이 아닌 분석적 일반화** (Analytical Generalization)
* 사례 연구의 결과를 모집단이 아니라 이론 · 분석틀로 일반화하는 추론 방식

L1~L5 : (공개자료로 확인되는) 계약 대상과 본체 이행의 분류

— 진행 순서는 사업별로 상이

L1
관계 · 투자

협약 · 지분투자 확인

L2
사전 준비 계약 · 활동

FEED · 제작성 검토
생산능력 예약

L3
본체 발주

EPC · 기자재 제작
공급 의무의 대상 · 범위 확인

L4
본체 이행 착수

대상 기자재 제작
또는 시공 착수 확인

L5
상업화 시동

첫 납품 · 인수 또는
상업운전 개시 확인

주의 | 경제적 중요성**과 무관** | 용역 · 예약 성과는 인정 | 소재 · 부품 · 완제품 범위를 병기 | 정산 · 수익성은 별도 평가

- 선행 수준 **未**공개여도 이행이 확인되면 L4
- 등급은 최고 관찰수준 — 기업의 우열이나 구속력 서열이 아님

사례 1 · 경로 A · 프로젝트 개발 · EPC

삼성물산 – NuScale

최고 관찰수준

L1 **L2** L3 L4 L5

Romania, Doicești | 투자자 · 설계용역 제공자

2021.7 · L1

지분투자 7,000만 달러

2024.7 · L2

Doicești 기본설계(FEED) 공동 수행

판정 근거	FEED 참여는 확인 , But 프로젝트 특정 EPC · 건설계약 미확인
증거로 쓰지 않은 것	기본설계 완료 · Fluor 주계약자 확정 · 최종투자결정(FID) 임박 보도 언론 보도 수준 → 계약 확정 자료로 불채택

제도적 관문 주계약자(Fluor) 확정 이후 루마니아 · EU 및 해당 사업의 조달 · 품질 · 계약 요건 충족이 L3 진입의 핵심 변수

사례 2 · 경로 A · 프로젝트 개발 · EPC

현대건설 – Holtec

최고 관찰수준

L1 **L2** L3 L4 L5

Palisades, Pioneer 1 · 2 | 기업 활동(축 2)과 NRC 인허가(축 1)의 분리

2021.11 · 기업 활동

Holtec**과 Teaming Agreement**
— **역할 분담, 독점성, 비밀 유지**

설계 · 시공성 검토 · L2

표준설계 단계 시공성 검토 참여

2025.12 – 2026.2

건설허가 Part 1 신청

제한작업승인(LWA) 요청 → NRC 접수

판정 근거	설계 · 시공성 검토 참여 확인, But 프로젝트 특정 EPC 계약 미확인
사업 측 진척	2026.8.28 — 예외승인 : 굴착지지 · 차수벽 설치 허용 — 환경검토(EA · FONSI)도 해당 활동에 한정 2026.9.30 — 건설허가 2단계 자료(PSAR) 제출 2026.10 현재 NRC 상세 기술심사 진행 · LWA **未**발급

예외승인 ≠ LWA ≠ 건설허가 — 규제 처분은 사업(축 1)의 진척 · 기업의 계약 · 이행(축 2) 도달이 아님
해당 공사의 현대건설 수행이 확인되면 그 범위에 한해 '이행'으로 별도 검토

사례 3 · 경로 B · 핵심 대조 사례

최고 관찰수준 · 종료

두산에너빌리티 – NuScale

L1 L2 L3 **L4** L5

Carbon Free Power Project | 아이다호 국립硏(INL) 부지 · 77MWe 모듈 6기(462MWe) 계획

사업 개요 발주 UAMPS(유타 지자체 전력연합)

2019.7 · L1	2022.4 · L2	2022년 말 · L3	2023.3 · L4	2023.11 · 사업 중단
사업협력계약	단조 금형 제작	원자로압력용기 6기분 장기납기 소재 생산 발주	핵심 소재 생산 착수	

축 2 · 참여기업 이행: L1 → L4(핵심 소재 생산 착수)까지 도달

축 1 · 프로젝트 성숙도: 인허가 · 설계 진행 / But, 확정 구독 미달 · 비용 상승으로 중단

사례 4 · 경로 B · 기자재 제조 · 공급

두산에너빌리티 – X-energy

최고 관찰수준

L1 | **L2** | L3 | L4 | L5

Xe-100 | 법적 구속력과 확정 제작 발주는 다른 판단 기준

2021.8 · L2

제작성 설계 용역

2023 · L1

지분투자 참여

2025.8 · L1

두산 · X-energy · Amazon · 한수원 4자 양해각서

2025.12 · L2

Xe-100 16기분 강재부품 구속력 있는 예약계약

왜 L2로 분류하는가

대상 품목	Xe-100 16기 세트분 원자로 압력용기 · 증기발생기 · 대형 강구조물
구속 대상	생산능력의 확보와 그 대가
별도 사건	프로젝트별 확정 구매주문 — 제작 착수를 지시하는 계약상 별개 사건

당사자 설명도 같은 취지

- “예약계약 이후 **후속계약을 통해** 제작에 착수할 예정”
- 현재까지 후속 발주 未확인

제도적 관문 확정 발주 · 제작 착수 단계 → **공급자 적격성 심사와** 계약상 품질보증 · 규제 요건의 충족 여부가 확인 사항

후속 참고 사례 · 기본 표본과 분리

두산에너빌리티 – TerraPower

최고 관찰수준

L1 | L2 | **L3** | L4 | L5

Kemmerer Natrium 초도호기 | 기준일(2026.7.31) 이후 사건

2024.12 · L2

공급사 선정
제작성 검토 계약

2025 – 2026

설계 개선
발주 가능한 수준까지 성숙

2026.3.9

NRC 건설허가 발급
원자로 구역 착공(2026.4)

2026.8.14 · L3

보호용기 · 지지구조물
내부구조물 제작계약

제작성 검토(L2)**와** 특정 제작계약(L3) → 다음은 제작 착수(L4) · 납품 **여부 확인**(L5)**이 관건**

· Natrium은 나트륨냉각 고속로 — 노형은 다르나 미국 설계개발자 연계 · 경로 B 참여라는 포함 기준 충족

4개 기본 경로의 최고 관찰수준 비교

참여 사업	L1	L2	L3	L4	최고 관찰수준	사업 상태	근거 상태
A 경로 A · 프로젝트 개발 · EPC 연계							
삼성물산 – NuScale	2021.7	2024.7	—	—	L2	진행	당사자 발표
현대건설 – Holtec	2021.11	2025.12	—	—	L2	진행	발표 · 규제자료
B 경로 B · 기자재 제조 · 부품 공급							
두산에너빌리티 – NuScale	2019.7	2022.4	2022년 말	2023.3	L4	종료 2023.11	
두산에너빌리티 – X-energy	2023	2025.12	—	—	L2	진행	당사자 발표
두산에너빌리티 – TerraPower	—	2024.12	2026.8	—	L3	후속 관찰	발표 2026.8.14

같은 두산도 프로젝트별로 L4 · L2 · L3

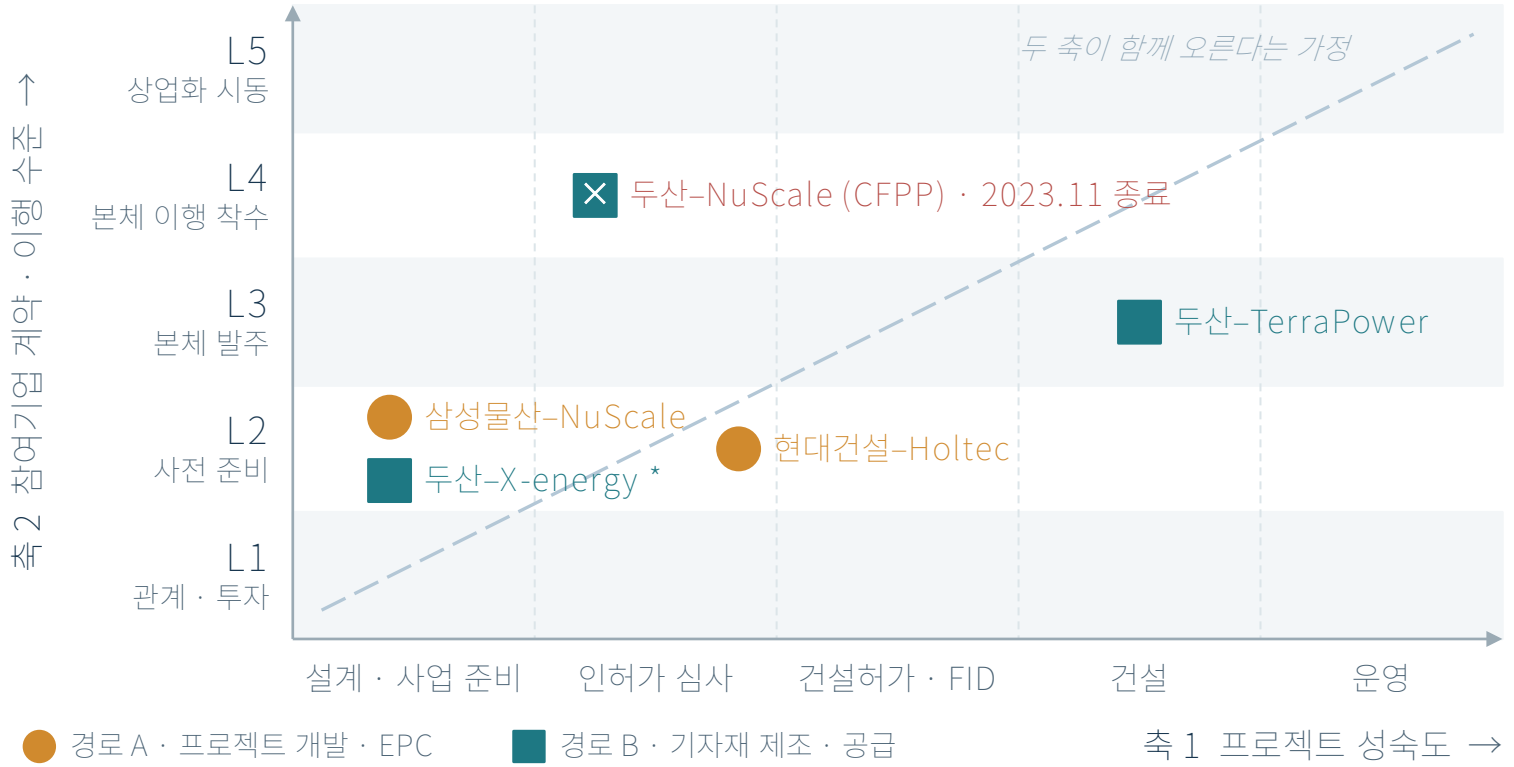
TerraPower는 기준일 이후 후속 관찰

· L5(상업화 시동)는 네 기본 경로 모두 미도달 — 표는 L1~L4까지 표시

분석 종합 · 두 축의 관계

프로젝트 진척과 한국 기업 성과 — 두 개의 축

한 축의 진전으로 다른 축의 진척을 추론하지 않음 — 프로젝트가 나아간 만큼 기업 수준이 오르지는 않는다



1 같은 '협력'이라도 확인 수준은 상이

같은 두산도 프로젝트별로 다름

2 이행 착수 ≠ 상업적 성공

CFPP - 기업은 L4(소재 생산 착수)까지
- 사업은 인허가 · 설계 단계에서 2023.11 종료

3 다음 관문은 사업 · 기업별로 구별

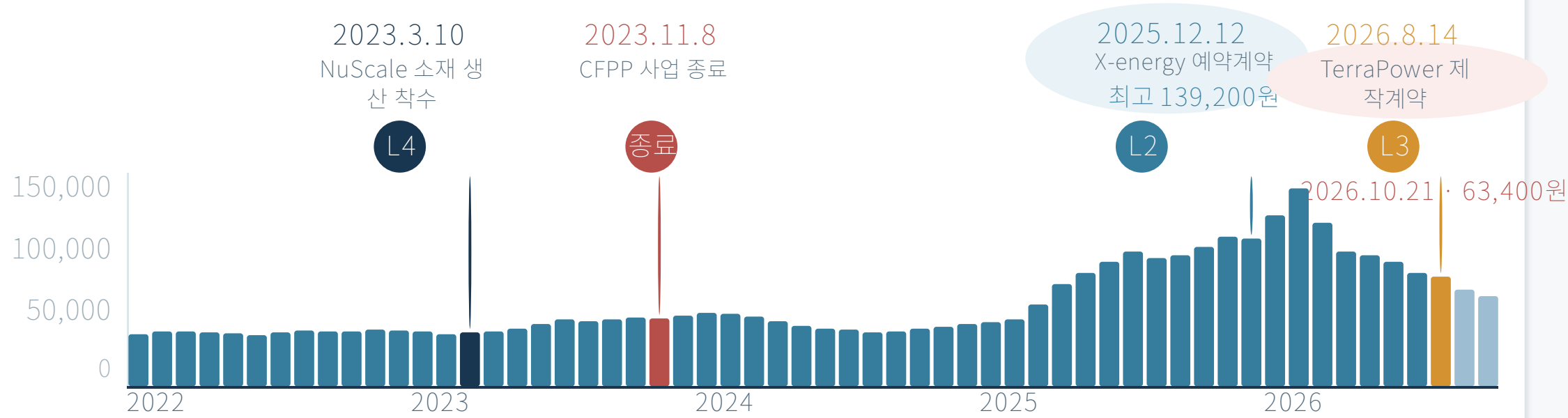
사업: 인허가 · FID / 기업: EPC · 발주

결론 프로젝트 상태(축 1)와 기업의 계약 · 이행(축 2)은 별개 대상

· 위치는 공개자료로 확인된 최고 수준 · 축 1 단계는 순서 개념(간격은 정량값 아님)

시장의 기대와 SMR 계약 · 이행 사건의 **연계 개연성**

두산에너빌리티 주가 추이



CFPP는 L4 도달 직후 사업 종료 : 이행 착수 ≠ 상업적 성과 → 계약의 성격과 실제 이행은 별도 확인 **필요**

· 52주 최고 139,200원과 2026.10.21 종가 63,400원은 확인값 · 중간 구간은 제공 차트 기준 월말 종가 재구성 — 사건 일자는 당사자 공식 발표일 · 옅은 막대는 기준일(2026.7.31) 이후

성과지표를 구분하면 달라지는 판단

L1	L2	L3	L4	L5(상업화 시동)
관계	준비	발주	제작	납품 · 인수
기술협력 확인	설계 · 자격	확정 범위	제작 진척	좌초 리스크 관리
	역량 점검	물량 · 납기	품질 점검	

학술적 기대효과

공개자료**로** 재현 가능한 판정 규칙 제시

동일 기준으로 **유사** 사례 · 타국 공급기업까지 확장 가능

정책적 기대효과

협력 · 발주 · 제작 · 납품을 분리한 성과지표 설계

지원 대상과 시점의 정합성 제고

산업적 기대효과

예상 수요(L1 · L2)와 확정 발주 수요(L3 · L4)의 구분

설비투자 시점 오판 · 재고 부담 완화

SMR **사업 관련 用語는 명확 구분, 적확한 표현으로 市場의 혼선을 차단하여 原子力 신뢰도 제고**

SMR 협력은 출발점,
특정 사업의 수주는 전환점,
제작 · 납품 · 매출은 별도 확인

협력 ≠ 발주 ≠ 이행 ≠ 납품 · 정산

준비 – 발주 – 이행 – 상업적 실현의 구분 → 한국 기업의 실질적 해외 진출 평가의 전제

감사합니다