

인공지능·디지털 시대의 무탄소 에너지원, 차세대 원자력 신속 확보 본격화

- ‘차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안’ 발표
- ‘청정 에너지 확보, 에너지 안보 강화, 미래 신산업 창출’ 비전 제시
- '24년 하반기, 기술개발 목표, 달성 시점을 담은 ‘차세대 원자력 로드맵’ 수립
- 기술개발부터 실증까지 총 2조 5천억원 규모 대형 프로젝트(K-ARDP) 도입

정부는 6월 4일(화) 개최된 국가과학기술자문회의 제8회 심의회의에서 ‘차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안’이 심의·의결되었다고 밝혔다. 이번에 발표된 방안은 2030년대 초 개화될 세계 차세대 원자로 시장에 대응하여 기술 및 시장 주도권을 적기에 확보할 수 있도록 체계적인 지원방안 제시를 위해 마련되었다.

탄소중립 이행과 국가온실가스감축목표 달성이 추진되는 가운데, 최근 인공지능, 데이터센터 산업의 빠른 성장은 무탄소 에너지원인 원자력 에너지의 중요성을 강조하고 있다. 특히 경제성 및 안전성 등이 뛰어난 차세대 원자로는 전력을 공급하는 발전 부문뿐 아니라, 산업 및 수송 등 모든 에너지 이용 분야에서 활용될 수 있어 각 국의 개발 경쟁이 치열하다.

우리나라는 90년대 후반부터 차세대 원자로에 대한 기술개발 투자를 통해 높은 수준의 기술을 확보하고 있으며, 국내기업은 대형 원자력 발전소 설계 및 제조에 강점을 보유하고 있다. 다만, 아직까지 차세대 원자로에 대한 실증 경험과 민간 주도 사업화 모델 부재 등으로 상용화를 위한 준비는 다소 부족한 실정이다.

이에 정부는 신속 시장 대응이 가능한 민간과 함께 기술개발을 넘어 실증까지 차세대 원자력 조기 실현을 위한 방안을 제시하여 ‘청정 에너지 확보, 에너지 안보 강화, 미래 신산업 창출’을 달성한다는 계획이다.

‘차세대 원자력 확보를 위한 기술개발·실증 추진방안’의 주요 내용은 다음과 같다.

첫째, 차세대 원자력 기술개발 및 실증 로드맵을 연내 수립한다.

우선 혁신형 소형모듈원자로(i-SMR*)의 핵심기술을 신속 확보하여 '25년까지 표준설계를 완료하고 '30년대 글로벌 SMR 시장진입을 목표로 국내·외 사업화를 준비해나간다. 이를 위해 (가칭)i-SMR 홀딩스 등 사업화 기관 설립, 지식재산권 관리방안 등 사업화 기반을 선제적으로 마련한다. * Innovative-Small Modular Reactor

중장기적으로 차세대 원자로 확보를 체계적으로 추진하기 위하여 기술개발 목표, 달성 시점 등을 구체적으로 제시하는 로드맵을 '24년 하반기에 수립·발표한다. 로드맵에는 경쟁력 및 파급성, 상용화 가능성 등을 종합하여 지원할 노형을 선정하고, 민·관 역할 분담, 인허가 대응방안 등이 포함될 예정이다.

둘째, '한국형 차세대 원자로 기술개발 및 실증 프로그램(K-ARDP)*'를 도입·추진한다.

* Korea-Advanced Reactor Demonstration Program

K-ARDP는 차세대 원자로 설계 역량을 보유한 민간기업을 육성하고, 신속 상용화를 위해 민-관 합동으로 기술개발 및 실증까지 지원하는 약 2조 5천억원 규모의 대형 프로젝트다.

현재 기술수준에 따른 실증 시기를 고려하여 약 4~5년 내 실증로 건설허가 신청이 가능한 '단기 실증 유형'과 초기 핵심기술 확보가 필요한 '중장기 전략 유형'으로 구분하고, 단기 및 중장기 유형에 공통적으로 적용되는 기술 개발 및 성능 시험·검증 등 '실증 신속화 지원'도 추진한다.

셋째, 기술개발과 동시에 새로운 기술에 대한 안전규제체계를 마련한다.

먼저 i-SMR에 적용되는 혁신기술의 안전성 확인을 위해 표준설계인가 신청 전까지 규제체계를 마련한다. 원자로에 대한 안전규제를 담당하는 원자력 안전위원회(위원장 유국희)는 혁신기술의 규제현안에 대한 사전설계검토를 통해 개발의 시행착오와 규제의 불확실성을 최소화하고, 'SMR 규제연구 추진단'을 중심으로 차질 없이 검증·평가 기술을 확보해 나간다.

비경수형 원자로에 대해서도 '30년대초까지 규제기준·기술 등 안전규제 기반을 단계적으로 구축해 나간다. 우선 비경수로 규제에 적용할 기반기술, 공통적용기술 등에 대한 신규 R&D에 착수하고, 노형별 기술개발 일정을 고려해 세부 검증기술 개발을 추진한다. 아울러 차세대원자로의 적기 인허가 심사 이행을 위한 규제인력 확충·양성도 추진해 나간다.

넷째, 전략적 국제협력을 추진한다.

차세대 원자로에 대한 공백기술 확보를 위해 미국, 영국 등과 상호 보유한 장점 기술을 공유하고 보유 연구시설을 활용한 국제공동연구사업을 추진한다. 또한 차세대 원자로 실증 및 핵연료 공급 등의 분야에서도 해외 연구소, 기업 간 전략적 협력을 추진하고, 국내 실증사업에 해외 기업의 참여를 허용하거나, 해외 개발·실증 사업에 국내 연구소 및 기업이 공동으로 참여하는 방안도 검토한다.

다섯째, 차세대 원자력 혁신성장 생태계를 조성한다.

차세대 원자력의 신속 상용화를 위해서는 민간 중심 산업생태계 구축이 핵심적으로, 과기정통부는 연내 '차세대 원자로 연구조합' 설립을 통해 민간주도 상용화를 촉진해나간다. 아울러 차세대 원자력 분야의 연구 및 산업 인력 수요·공급 전망을 바탕으로 '24년 하반기에 '차세대 원자력 인력양성 추진계획'을 마련하고 전문인력 양성센터 확대 등을 추진해나간다.

이번 발표된 방안을 통해 향후 차세대 원자력 산업에서 민간이 주도적으로 독자 원자로 설계, 기자재 공급, 제작 및 시공, 국내·외 사업화를 추진하게 되어 민간 영역이 크게 확장될 수 있을 것으로 전망된다. 아울러 차세대 원자력을 통해 전력공급뿐 아니라, 열 공급, 수소 생산, 신재생에너지 연계, 해양·우주 등 다양한 부문에서 신산업을 창출할 수 있을 것으로 기대된다.

과학기술정보통신부 이종호 장관은 “차세대 원자력은 디지털·인공지능 산업, 화학산업, 조선·해양산업 등 국내 산업과 함께 가야할 중요한 에너지원이다.” 라고 강조하며, “정부가 체계적인 차세대 원자력 정책과 안정적 재원으로 뒤에서 밀고, 민간이 앞에서 당길 수 있도록 구체적인 로드맵 수립, 대형 프로젝트(K-ARDP) 도입, 규제체계 적기 마련을 신속하게 추진해나가겠다.”고 밝혔다.

과학기술 정보통신부	공공융합정책관 원자력연구개발과	책임자	과 장	최문기 (044-202-4640)
		담당자	서기관	신은경 (044-202-4644)
산업통상 자원부	원전산업정책국 원전산업정책과	책임자	과 장	문상민 (044-203-5320)
		담당자	서기관	김준겸 (044-203-5321)
원자력안전 위원회	안전정책국 차세대원자로안전과	책임자	과 장	손화종 (02-397-7323)
		담당자	사무관	조성은 (02-397-7305)



더 아픈 환자에게 양보해 주셔서 감사합니다
가벼운 증상은 동네 병·의원으로



차세대 원자력 실현으로 청정 에너지 확보·에너지 안보 강화·미래 신산업 창출

기술 개요	(단기) 혁신형 소형모듈원자로(i-SMR) 안전성·경제성·유연성을 갖춘 경수형 SMR	(중장기) 차세대 원자력시스템 해양·산업 다목적성 강화 비경수형 원자로 기술	(신속화) 실증 인프라 원자력 실증을 위한 공통·시험·검증·규제 기술																																	
	우려 강점	세계 수준의 경수로 설계 및 공급능력	다양한 비경수형 원자로 설계	기기와 시스템 성능시험 및 규제 관련 풍부한 경험																																
기술 혁신 분야	<ul style="list-style-type: none"> 1 경쟁력: 안전성·경제성 향상을 위한 무봉산 운전 2 혁신성: 내장형 제어봉 구동장치 설계 및 검증 3 안전성: 피동형 냉각계통 설계 및 검증 	<ul style="list-style-type: none"> 1 고온가스로: 750°C 산업 공정열 공급, 수소생산 2 용융염 원자로: 원자로 탑재 선박/해항 플랜트 발전 3 장주기 발전: 핵연료 무교체, 사용후핵연료 발생 최소화 	<ul style="list-style-type: none"> 1 실증: 공통기술 개발, 성능시험·검증 시설 확충 2 민간협력: 민간 설계역량 강화, 실증 민간 공동 추진 3 규제체계: 차세대원자로 규제기술 및 체계 적기 마련 																																	
	정책 전환	원자력 산업의 패러다임 전환 : 공공주도 → 민간주도																																		
추진 전략	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">(기존) 공공주도 경수형 대형원전</th> <th>현재시장</th> <th colspan="2">(향후) 민간주도 소형모듈원자로</th> <th>미래시장</th> </tr> <tr> <td>출연연·공기업 (주도)</td> <td>민간 (제한적 참여)</td> <td rowspan="2">전력</td> <td>출연연·공기업 (협력)</td> <td>민간 (주도)</td> <td rowspan="2">신규 범용·혁신 참여기업</td> </tr> <tr> <td>원자로 설계, R&D, 핵연료 공급, 운영·관리·수출</td> <td>기기제작, 시공·건설</td> <td>민관협력 체계 구축, 기술이전, 인프라공유</td> <td>독자 노형설계, 국내외 사업화, 기자재공급서비스, 제작·시공</td> </tr> </table>		(기존) 공공주도 경수형 대형원전		현재시장	(향후) 민간주도 소형모듈원자로		미래시장	출연연·공기업 (주도)	민간 (제한적 참여)	전력	출연연·공기업 (협력)	민간 (주도)	신규 범용·혁신 참여기업	원자로 설계, R&D, 핵연료 공급, 운영·관리·수출	기기제작, 시공·건설	민관협력 체계 구축, 기술이전, 인프라공유	독자 노형설계, 국내외 사업화, 기자재공급서비스, 제작·시공	<table border="1"> <tr> <th>기술개발 및 실증 로드맵 수립</th> <th>(가칭) K-ARDP 도입·추진</th> <th>안전규제체계 적기 구축</th> <th>전략적 국제협력</th> <th>혁신성장 생태계 조성</th> </tr> <tr> <td>단기·중장기 로드맵 마련</td> <td>실증 신속화</td> <td>선제적 규제 준비</td> <td>수출 연계 파트너십</td> <td>인력 및 민간역량 강화</td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> 1 (단기) i-SMR 표준설계 완료, 조기 상용화 기반 마련 2 (중장기) 차세대 원자로 연구개발-실증 로드맵 수립 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 1 (목표) 민간 원자로 설계 전문기업 육성 및 산업 확대 2 (방안) 민관합작 기술개발 및 신속화 + 실증 대형사업 추진 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 1 (규제 개선) 'SMR 규제연구 추진단' 발족 2 (비경수로 규제) 비경수로 규제 R&D 사업 ('25~'33) 추진 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 1 (공동연구) 국내·외 연구소 간 공백기술 확보 협력 2 (기업파트너십) 해외 진출 대비 연구소-기업간 협력 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 1 (인력양성) 관련 산업 수요 및 인력 공급 체계화 2 (민간참여)^(가칭) 차세대 원자로 연구조합' 신설 </td> </tr> </table>			기술개발 및 실증 로드맵 수립	(가칭) K-ARDP 도입·추진	안전규제체계 적기 구축	전략적 국제협력	혁신성장 생태계 조성	단기·중장기 로드맵 마련	실증 신속화	선제적 규제 준비	수출 연계 파트너십	인력 및 민간역량 강화	<ul style="list-style-type: none"> 1 (단기) i-SMR 표준설계 완료, 조기 상용화 기반 마련 2 (중장기) 차세대 원자로 연구개발-실증 로드맵 수립 	<ul style="list-style-type: none"> 1 (목표) 민간 원자로 설계 전문기업 육성 및 산업 확대 2 (방안) 민관합작 기술개발 및 신속화 + 실증 대형사업 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 1 (규제 개선) 'SMR 규제연구 추진단' 발족 2 (비경수로 규제) 비경수로 규제 R&D 사업 ('25~'33) 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 1 (공동연구) 국내·외 연구소 간 공백기술 확보 협력 2 (기업파트너십) 해외 진출 대비 연구소-기업간 협력 	<ul style="list-style-type: none"> 1 (인력양성) 관련 산업 수요 및 인력 공급 체계화 2 (민간참여)^(가칭) 차세대 원자로 연구조합' 신설
	(기존) 공공주도 경수형 대형원전		현재시장	(향후) 민간주도 소형모듈원자로		미래시장																														
출연연·공기업 (주도)	민간 (제한적 참여)	전력	출연연·공기업 (협력)	민간 (주도)	신규 범용·혁신 참여기업																															
원자로 설계, R&D, 핵연료 공급, 운영·관리·수출	기기제작, 시공·건설		민관협력 체계 구축, 기술이전, 인프라공유	독자 노형설계, 국내외 사업화, 기자재공급서비스, 제작·시공																																
기술개발 및 실증 로드맵 수립	(가칭) K-ARDP 도입·추진	안전규제체계 적기 구축	전략적 국제협력	혁신성장 생태계 조성																																
단기·중장기 로드맵 마련	실증 신속화	선제적 규제 준비	수출 연계 파트너십	인력 및 민간역량 강화																																
<ul style="list-style-type: none"> 1 (단기) i-SMR 표준설계 완료, 조기 상용화 기반 마련 2 (중장기) 차세대 원자로 연구개발-실증 로드맵 수립 	<ul style="list-style-type: none"> 1 (목표) 민간 원자로 설계 전문기업 육성 및 산업 확대 2 (방안) 민관합작 기술개발 및 신속화 + 실증 대형사업 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 1 (규제 개선) 'SMR 규제연구 추진단' 발족 2 (비경수로 규제) 비경수로 규제 R&D 사업 ('25~'33) 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 1 (공동연구) 국내·외 연구소 간 공백기술 확보 협력 2 (기업파트너십) 해외 진출 대비 연구소-기업간 협력 	<ul style="list-style-type: none"> 1 (인력양성) 관련 산업 수요 및 인력 공급 체계화 2 (민간참여)^(가칭) 차세대 원자로 연구조합' 신설 																																
거버넌스	민-관: 한국형 차세대원자로 실증사업 민관합작 개발사업 차세대원자력 연구조합	범부처: 차세대원자로 개발을 위한 범부처 협력	글로벌: 국제 규제경험 공유 및 협력 강화 해외 연구소-기업과 전략적 협력 핵연료 확보 국제 협력																																	

원자력 산업의 패러다임 전환 : 공공주도 → 민간주도

기존 공공주도 경수형 대형원전

출연연·공기업 (주도)		민간 (제한적 참여)
원자로 설계	핵연료 공급	기기제작
R&D	운영·관리·수출	시공·건설
⚡ 전력		



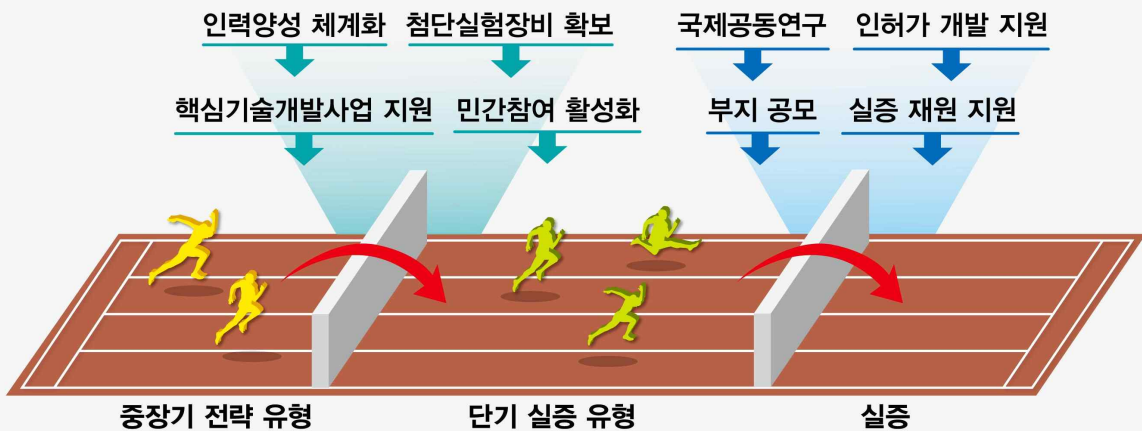
시장
다변화

향후 민간주도 소형모듈원자로

출연연·공기업 (협력)		민간 (주도) <small>신규 분류제인 참여기업</small>
민관 협력체계 구축	독자 노형설계	기자재공급·서비스
기술이전, 인프라 공유	국내외 사업화	제작·시공·건설
⚡ 전력	🔥 열공급	🏠 수소생산
	☀️ 신재생연계	♻️ 자원순환
		🚀 해양·우주

한국형 차세대 원자로 기술개발 및 실증 프로그램(K-ARDP) 추진

원자로 설계 전문 민간기업 육성 및 신산업 창출



혁신생태계 조성 추진



전략적 국제협력



선제적 규제 체계 구축



민간기업육성 연구조합



수요 맞춤형 인력양성

I. 추진배경

- 디지털·인공지능 시대 급증하는 전력수요 대응을 위해 안정적 전력 공급의 중요성 증대

※ AI, 데이터센터 등에 소비되는 전력이 '26년에 '22년의 2.3배로 증가 전망(IEA, '24)

- 다양한 산업분야에서 원자력 에너지 활용 수요가 증대하고 있으며, 글로벌 시장 선점을 위해 차세대 원자력 확보 필요

※ 미국(20종), 러시아(17종), 중국(9종), 일본(6종) 등 선진국들은 경쟁적으로 SMR 개발

II. 주요내용



1] 기술개발 및 실증 로드맵 수립

- (**단기 혁신형 SMR 신속 확보**) 가용자원을 집중하여 혁신형 SMR 핵심기술* 신속 확보, '25년까지 표준설계 완료('26년초 표준설계인가 신청, '28년 인가 획득)

* 무봉산운전설계, 내장형 제어봉 구동장치, 피동형 냉각계통 등 목표대비 60~80% 수준 확보

※ i-SMR 홀딩스 등 사업법인 설립, '30년대 초도호기 상업운전 개시를 목표로 실증지원사업 추진

- (**중장기 차세대 원자로 체계적 추진**) 지원노형을 선정하여 연구개발 목표, 실증 일정을 제시하는 로드맵 마련(민관합동 추진체계를 통해 전략 조정)

2] 가칭 K-ARDP 도입·추진

* Advanced Reactor Demonstration Program

- (**개요**) 설계역량을 보유한 민간기업 육성 및 신속 상용화를 위해 민-관 합동으로 기술개발 및 실증까지 지원하는 프로그램 추진

○ (규모/기간(안)) 총 2조 4,810억원(국비 1조 6,490억원, 민간 8,320억원) / '26~'34년(9년)

	대상	지원내용
단기 실증 유형	<ul style="list-style-type: none"> 기 확보 기술기반으로 4~5년 내 실증로 건설허가 신청이 가능한 노형 (예) 고온가스로, 소듐냉각고속로 등 	<ul style="list-style-type: none"> (1단계) 기본설계, (2단계) 실증 상용화 가능성을 평가하여 1개 노형에 실증 집중 지원
중장기 전략 유형	<ul style="list-style-type: none"> 핵심기술 확보 필요, 기본설계 완료까지 6~9년 소요되는 노형 (예) 용융염원자로, 히트파이프 원자로 등 	<ul style="list-style-type: none"> 노형별 핵심개념·기술 확보에 집중, 개념설계 완료 후 기술수준 및 민간/공공 수요 등에 따라 2단계 추진여부 결정
실증 신속화	<ul style="list-style-type: none"> 단기·중장기 유형에 공통 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 차세대 원자로 실증 신속화에 기여할 수 있는 공통기술(Cross-cutting) 개발, 성능 검증·시험 등

○ (추진방안) 한국형 차세대 원자로 ①기술개발 및 실증 신속화 지원 사업 및 ②실증사업의 2개 예타사업으로 구성된 'K-ARDP' 추진

※ ①사업계획 수립(4월) ⇨ 예타기획(~8월) ⇨ 예타 신청(9월) ⇨ 통과(25년 상) ⇨ 예산 반영추진(26년)
 ②추진위원회 운영(24년) ⇨ 예타기획(25~26) ⇨ 예타 신청(27) ⇨ 통과(28년 상) ⇨ 예산 반영추진(29년)

3] 안전규제체계 적기 구축

- (i-SMR 규제체계 구축) 개발과정에서 선제적·단계적 규제방향 제시, 'SMR 규제연구 추진단' 중심으로 인허가 신청 전 규제체계 마련
- (비경수로 규제 준비) 노형별 개발·실증 일정을 고려하여 신규 규제 R&D('25~'33)를 통해 '30년대 초까지 규제기술 단계적 확보

4] 전략적 국제협력

- (국제공동연구) 차세대 원자로 개발·실증에 필요한 공백기술 확보를 위해 한-미(ANL, INL 등), 한-영(롤스로이스) 등 국내·외 공동연구 추진
- (기업파트너십) 국내 실증사업에 해외 기업 참여 허용, 해외 개발·실증 사업에 국내 연구소·기업이 함께 공동으로 참여하는 방안도 검토

5] 혁신생태계 조성

- (인력양성 체계화) 차세대 원자력 분야의 연구 및 산업 인력 수요·공급전망을 바탕으로 체계적 인력양성 프로그램 추진
 ※ '차세대 원자력 인력양성 추진계획' 마련('24. 下), 비경수로 특화 전문인력 양성센터 확대
- (민간참여 강화) 민간 기술역량 강화 및 민간 주도 차세대 원자력 상용화 촉진을 위해 (가칭)'차세대 원자로 연구조합' 신설
 ※ 관계 산·학·연 중심의 조합 설립 후(~'24년下) 기반조성사업 지원('25년 신규 추진)

참고3

차세대 원자로 개념 및 국내 개발현황

구분				국내 개발		
세대별	용량	형태	냉각재	명칭	설비용량	특징
3.5 세대 (경수로)	중대형	통합형	물	APR 1400	1,400MWe	· 현재 가동 중인 상용원전 · 후쿠시마 사고이후 안전성 향상 · 대용량 전기 생산에 용이
	소형	일체형		SMART System-integrated Modular Advanced ReacTor	110MWe	· 일체형원자로 및 완전피동계통 도입 · '12년도 세계 최초 표준설계인가 획득 · '19.12월, KAERI-한수원-사우디 공동 SMART100 표준설계인가 신청
		모듈형		i-SMR Innovative Small Modular Development	170MWe	· 소형 모듈형 설계 도입 · 공장제조 및 현장 조립 기술 도입 · 무봉산 설계, ATF 등으로 안전성 극대화
4.0 세대 (비경수로)	초소형 ~ 중대형	통합형 ~ 모듈형	소듐	SFR Sodium-cooled Fast Reactor	150~ 300MWe급	· 고속중성자 활용 발전 효율 증가 · 금속액체 사용으로 우수한 열효율 · 핵연료 교체 없는 장주기 운전 또는 사용후핵연료 소각용 가능
			헬륨 기체	HTGR High Temperature Gas-cooled Reactor	27MWe급 (90MWt급)	· 최대 750°C의 고온 열을 생산 가능 · 피복입자 핵연료로 고유안전성 향상 · 기체는 방사화 되지 않아 사고에도 안전
			용융염	MSR Molten Salt Reactor	30MWe급 (100MWt급)	· 핵연료자체가 냉각재로 역할하여 단순한 계통 · 사고시 냉각재가 굳어버려 높은 안전성 · 냉각재 용량에 따라 다양한 크기 가능

- ▶ 통합형: 원자로, 열교환기, 가압기 등 주요 원전 기기가 원자로 건물 안에 배치된 형태
- ▶ 일체형: 대형 원전의 원자로 건물 내부에 배치된 주요 기기들이 모두 하나의 원자로 용기안에 담겨있는 형태
- ▶ 모듈형: 일체형과 유사한 원자로 형태이면서 공장 제작이 가능하고 모듈식으로 현장 조립으로 가능한 형태