
미래 원자력 설계 실습

세종대학교 정해용
한양대학교 홍서기
중앙대학교 김만철
미래와도전 박영재



1. 연구개발 개요

❖ 연구개발과제명: 미래 원자력 설계 실습

❖ 연구목표

- 최종목표: 첨단 소형원전 및 수출형 원전의 설계능력을 갖춘 전문인력 양성
미래 원자력 설계 실습교육 지원 센터 구축을 통한 전문인력 양성

- 노심설계, 계통설계 등 원전 설계에 필요한 기초지식 함양
- 설계 실습 프로그램 이수 후 SMR 설계 실무에 투입 가능 인재
- 인공지능 등 혁신형 SMR 노형 적용이 가능한 응용 지식 함양

❖ 연구개발기간: 2024.5. ~ 2028.12. (4년 8개월)

- 1단계 : '24.5 ~ '26.12 (32개월)
- 2단계 : '27.1 ~ '28.12 (24개월)

❖ 연구과제비: 76.24억원 (정부지원 70억원, 기관부담 현물 6.24억원)

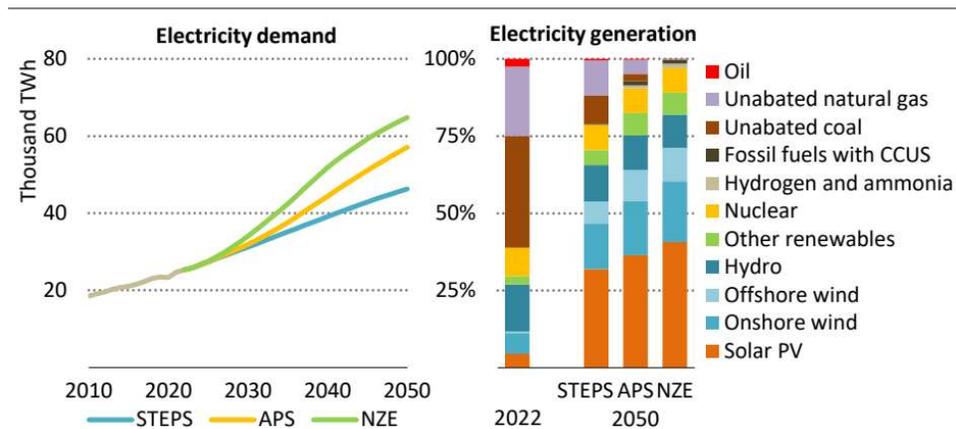
❖ 연구개발기관

- 주관 : 세종대학교 산학협력단
- 공동 : 한양대학교 산학협력단, 중앙대학교 산학협력단, (주)미래와도전

1. 연구개발 개요

❖ 연구개발 필요성

- 기후변화 대응을 위한 원자력의 역할 재조명 및 원자력 발전량 증가 예상
- SMR 중요성 증대 및 시장 확대에 따른 기술 선점 필요



IEA. CC BY 4.0.

Electricity demand rises over 80% to more than 150% by 2050 across scenarios and is met increasingly by low-emissions sources at the expense of unabated coal and natural gas

❖ SMR 설계 미래 원자력 인력 양성 필요성

- 혁신형 SMR을 포함한 첨단 소형원전 설계 인력 수요 증가
- 소형원전 성공적 개발과 수출형 원전 설계 능력을 갖춘 전문 인력 육성 필요

1. 연구개발 개요

❖ 인력 양성 시급성

- 5년 이내 단기적으로 대형원전 수출 관련 건설 및 운영, 20년 이내 장기적으로 소형원자로를 포함하는 미래 원자력 시스템 구축 등을 중심으로 원자력 기술개발 및 인력 수요 증가 예상
- 2023년 에너지산업 기술인력 실태조사에 따르면 '32년까지 원자력 분야는 5,112명이 부족할 것이며, 석·박사급 인력은 736명이 부족할 것이라 예상

< 분야별 인력 수급차 전망 ('23~'32, 누적) > < 석박사급 인력 수급차 전망 ('23~'32, 누적) >



* 신규인력 수급차 = 신규인력 공급(S) - 신규인력 수요(D)

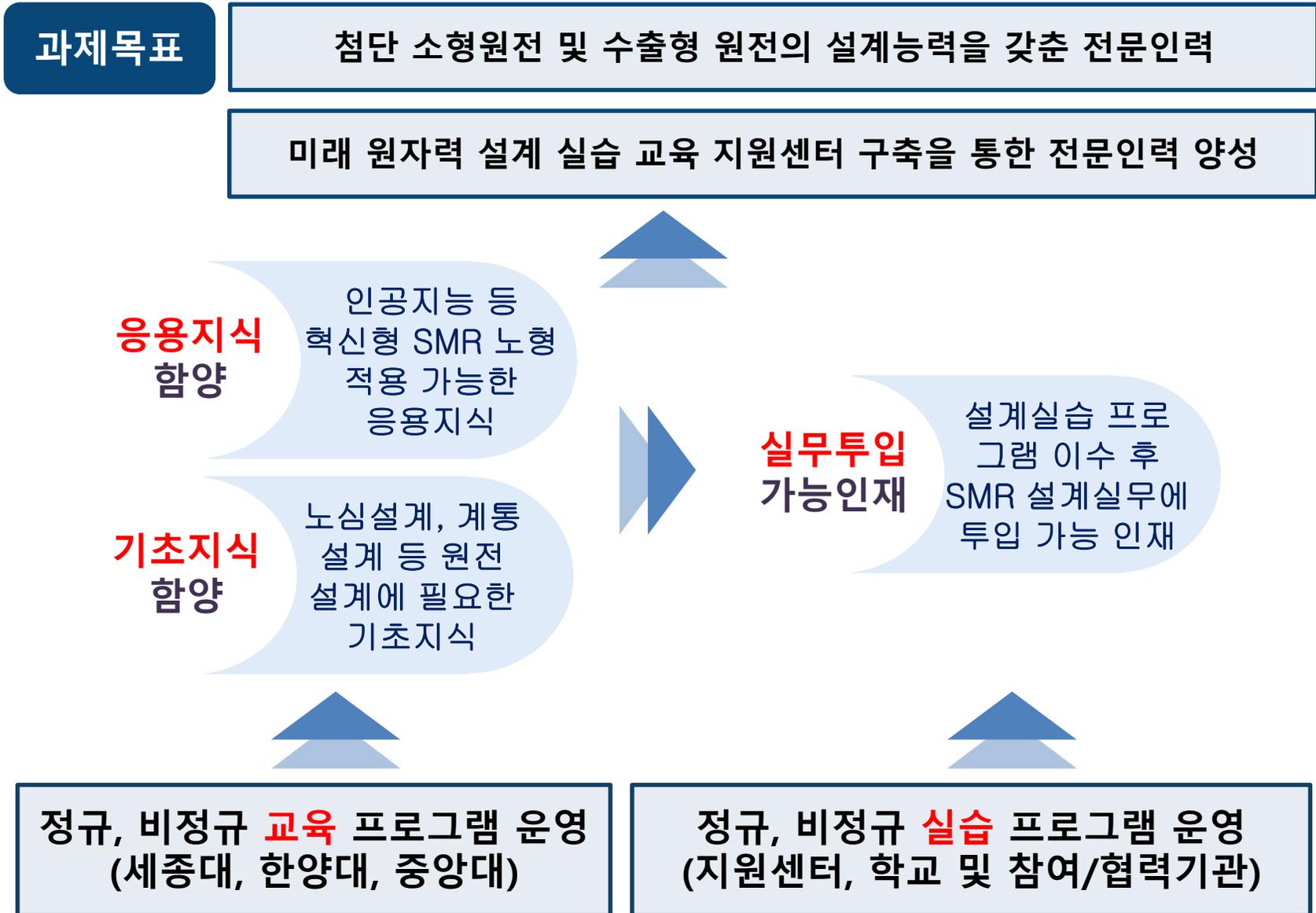
<예기평 2023년 에너지산업 기술인력 실태조사 결과 분야별 인력부족 현황>

1. 연구개발 개요

❖ 정부 부처별 인력 양성 현황

- 산업통상자원부는 에너지 산업의 인력수급 불균형 해소와 국가 에너지정책 변화에 대응하기 위한 미래 에너지산업 혁신인재 양성 추진
- 과학기술정보통신부는 원자력안전분야 현안해결 및 첨단·과학기술 개발 수요에 부응하는 원자력안전연구 전문인력 양성을 목표로 신규과제 공모
- 원자력안전위원회는 학·연·산 연계 교육·훈련/실습 프로그램, 원자력 융합기술 특성화 프로그램, 규제정책현안 대응 전문인력 관리체계 구축 등을 지원

2. 연구개발과제 목표 및 평가기준



2. 연구개발과제 목표 및 평가기준

❖ 과제 목표 (최종/단계)

➤ 최종목표

- 첨단 소형원전 및 수출형 원전의 설계능력을 갖춘 전문인력 양성
- 미래 원자력 설계 실습교육 지원 센터 구축을 통한 전문인력 양성

➤ 1단계 목표

- 1차년도: 미래원자력 설계 실습 교육 지원센터 구축
- 2차년도: 경수형 SMR 및 수출형 원전 전문 인력양성
비경수형 SMR 교육과정 및 설계 실습 프로그램 개발
- 3차년도: 경수형 SMR/수출형 원전 및 비경수형 SMR 전문 인력양성
SMR 교육과정 및 설계 실습 프로그램 보완/개편

➤ 2단계 목표

- 4차년도: 경수형 SMR/수출형 원전 및 비경수형 SMR 전문 인력양성
SMR 교육과정 및 설계 실습 프로그램 보완/개편
- 5차년도: 경수형 SMR/수출형 원전 및 비경수형 SMR 전문 인력양성
SMR 교육과정 및 설계 실습 프로그램 완비

2. 연구개발과제 목표 및 평가기준

❖ 정량적 성과 목표 항목

구분	항목	단위	가중치	개발 목표치					평가방법
				1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	
특화지표 (40%)	교육과정 개설 건수		15	34	34	34	34	34	자체평가
	실무 설계 프로젝트 수행(실습) 건수		10	5	7	7	7	7	자체평가
	교육 이수 인원 (참여대학)		10	38	52	52	52	52	자체평가
	교육 이수 인원 (비참여 대학)		5	15	35	35	35	35	자체평가
인력양성 (20%)	배출(졸업) 인원 (석사/박사)		10	12	25	25	27	27	자체평가
	인증인원		10	0	29	29	40	40	자체평가
	수혜인원		-	54	70	70	80	80	자체평가
연구성과 (15%)	SCI 논문게재 건수		5	0	5	5	5	5	자체평가
	SCI 논문 평균 mmIF		5	80	80	80	80	80	자체평가
	특허 실적 건수 (출원/등록)		5	0	3	2	3	2	자체평가
취업성과 (25%)	인증학생 취업률		10	0	50	50	50	50	자체평가
	수혜학생 취업률		10	0	30	30	30	30	자체평가
	참여기업 취업자수		5	0	12	12	16	16	자체평가

2. 연구개발과제 목표 및 평가기준

❖ 정량적 목표 항목 평가 방법 및 평가 환경(1)

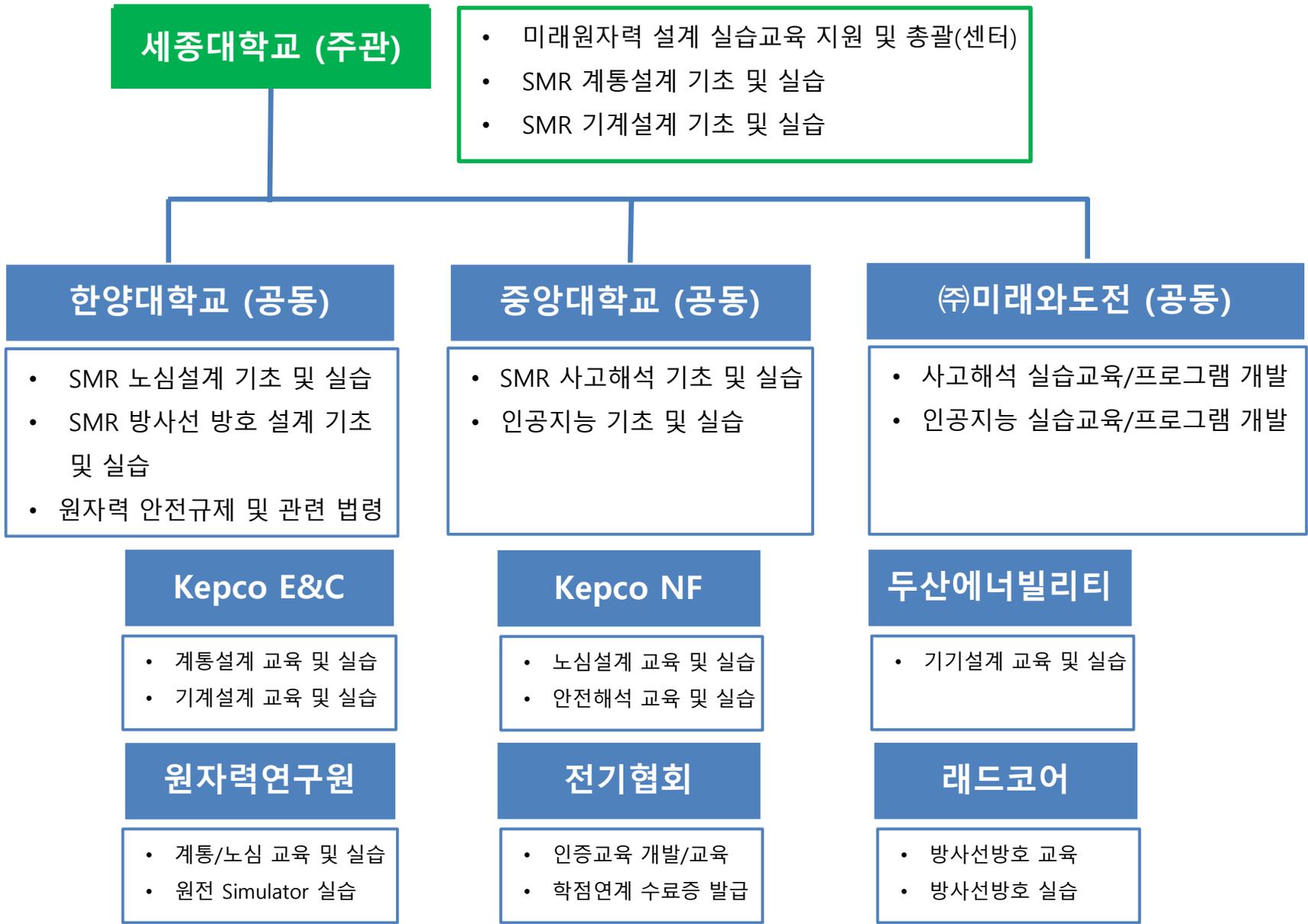
순번	성과지표	산출식	증빙자료
1	교육과정 개설 건수	- 교과과정 개설 건수	- 해당년도 개설교과목 표 또는 출석표
2	실무 설계 프로젝트 수행(실습) 건수	- 실무 설계 프로젝트 수행 건수	- 프로그램 운영 계획서, 날짜 등의 확인가능한 증빙 자료(사진, 방명록)
3	교육 이수 인원 (참여대학)	- 설계실습 교육을 이수한 참여대학의 학생 수	- 실습 교육 프로그램이 확인 가능한 이수증
4	교육 이수 인원 (비참여 대학)	- 설계실습 교육을 이수한 비참여대학의 인원 수	
5	배출(졸업) 인원 (석사/박사)	- 수혜인원 중 졸업 인원	- 해당자별 졸업증명서
6	인증인원	<ul style="list-style-type: none"> - 교육 이수, 논문 게재, 특허 출원 등 인증제도를 자체적으로 개설한 이수 조건을 모두 충족한 인원 - 학부 인증 조건: SMR 설계 관련 학부 3과목 이상 수강 및 필수 설계실습 2건 이상 이수 - 대학원 인증 조건: SMR 설계 관련 대학원 2과목 이상 수강 및 필수 설계실습 4건 이상 이수 	- 인증일자 입력 후 산학협력단장의 인증조건 충족 확인 공문 첨부

2. 연구개발과제 목표 및 평가기준

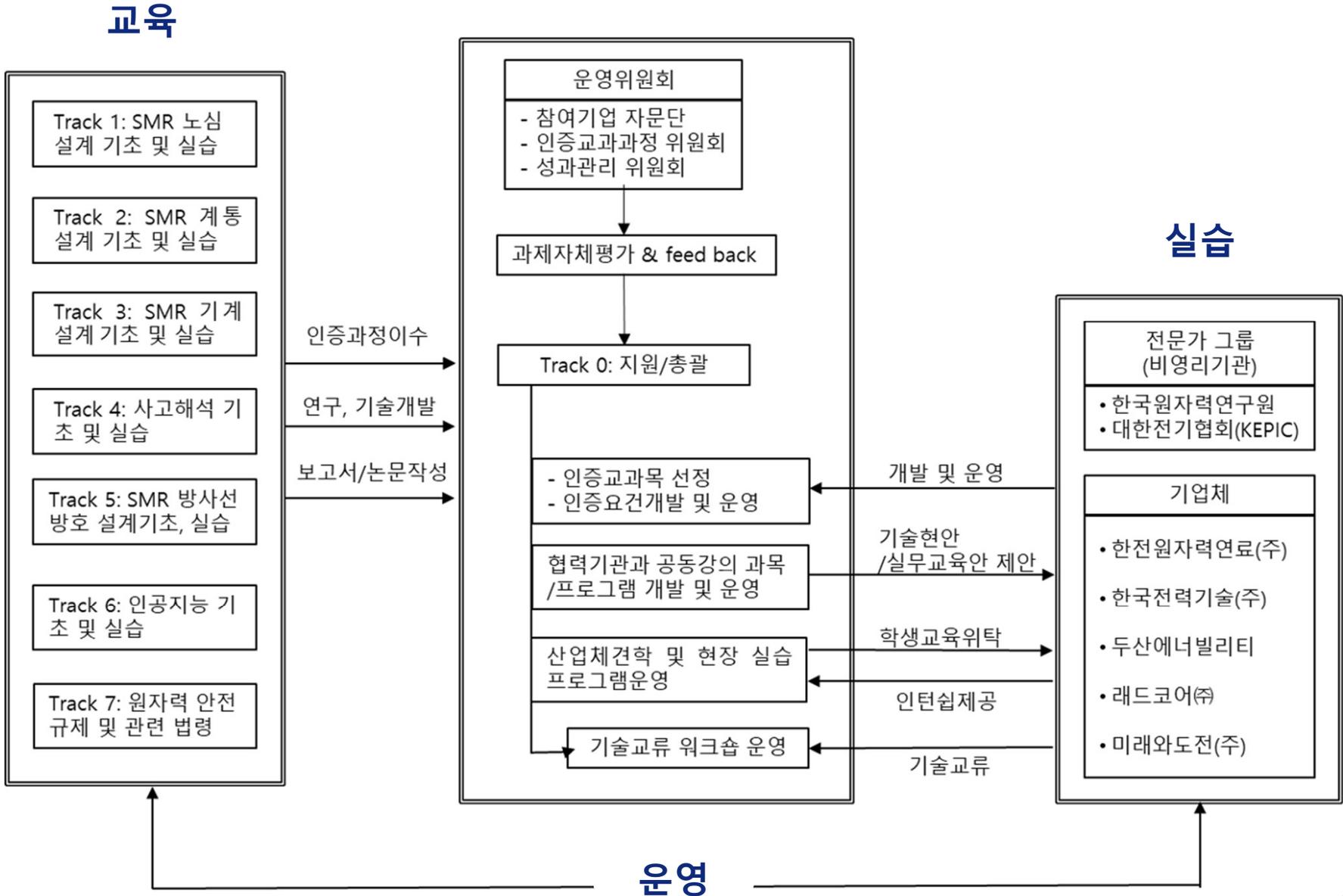
❖ 정량적 목표 항목 평가 방법 및 평가 환경(2)

순번	성과지표	산출식	증빙자료
7	수혜인원	- 학생연구원 연구참여확인서 및 개인정보이용 동의서 제출 후 과제에 참여한 인원	- 학생인건비 지급 내역 및 이수 증명
8	SCI 논문 게재 건수	- 석·박사과정 참여연구원이 저자에 포함되며, 사사 문구 및 과제번호가 기재된 실적	- 게재일자 확인이 가능한 논문 사본
9	SCI 논문 평균 mrnIF	- mrnIF 산식에 따라 산출	- 논문의 mrnIF를 확인할 수 있는 증빙자료
10	특허 실적 건수 (출원/등록)	- 학생연구원이 발명자에 포함되며, 해당연차 기간내에 발생한 특허출원증, 등록증 발급 건 수	- 특허 출원 또는 등록증
11	인증학생 취업률	- $\text{인증인원취업률} = \frac{\text{인증인원 중 취업자수}}{\text{인증인원 중 구직자수(진학자, 군입대자 등 취업불가능자 제외)}} \times 100$	- 취업자의 건강보험 자격득실 확인서 (직장가입자'로 확인 필요) 또는 입사일이 명시된 재직증명서
12	수혜학생 취업률	- $\text{수혜인원취업률} = \frac{\text{수혜인원 중 취업자수}}{\text{수혜인원 중 구직자수(진학자, 군입대자 등 취업불가능자 제외)}} \times 100$	- 평가시점까지 관련 증빙자료의 확보가 어려운 경우, 제한적으로 취업확정 메일/ 통지서 인정
13	참여기업 취업자수	- 수혜인원 중 해당연차 기간내에 참여(수요)기업에 취업한 인원	

3. 연구과제 구성

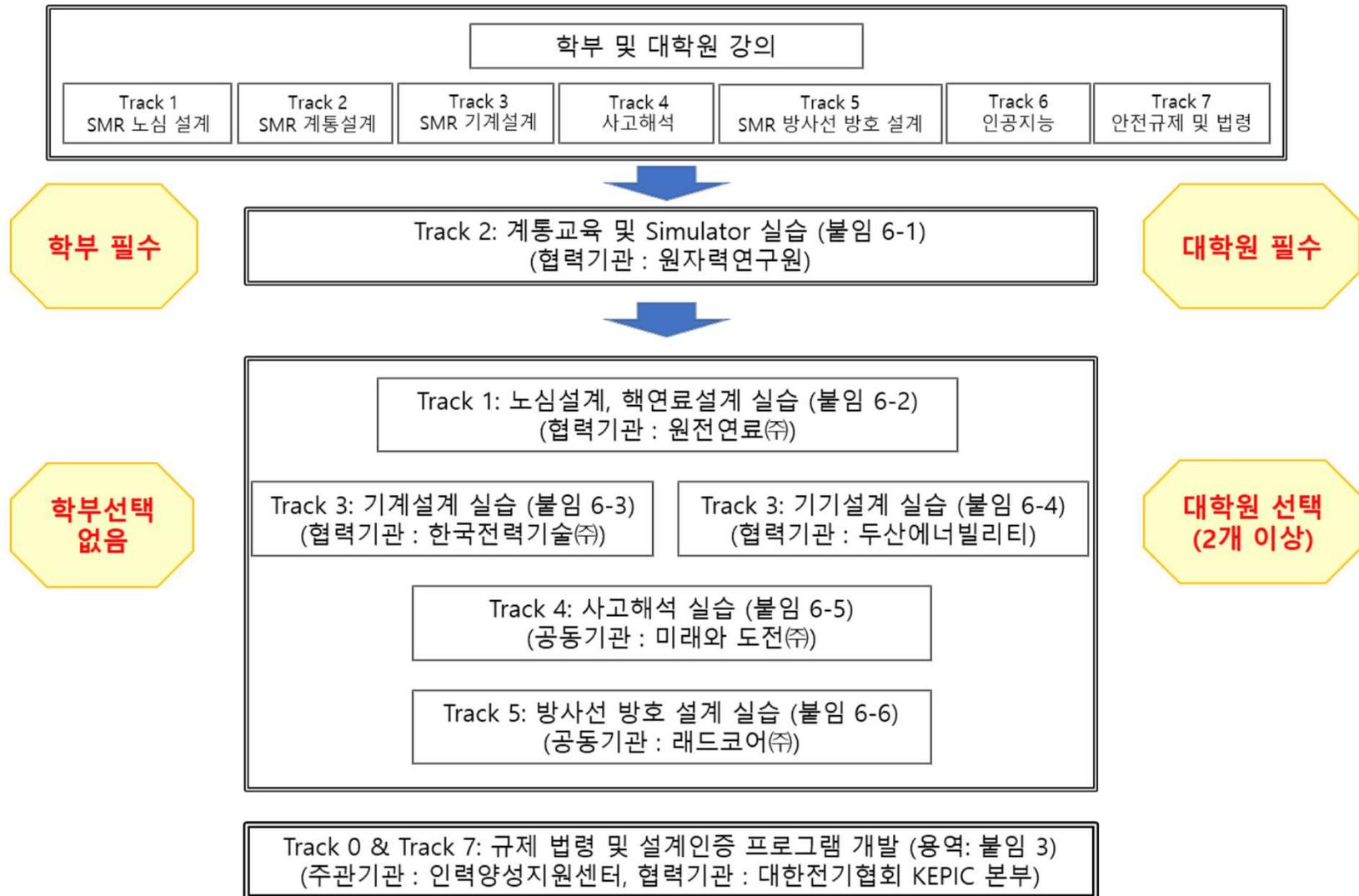


4. 연구 추진 체계



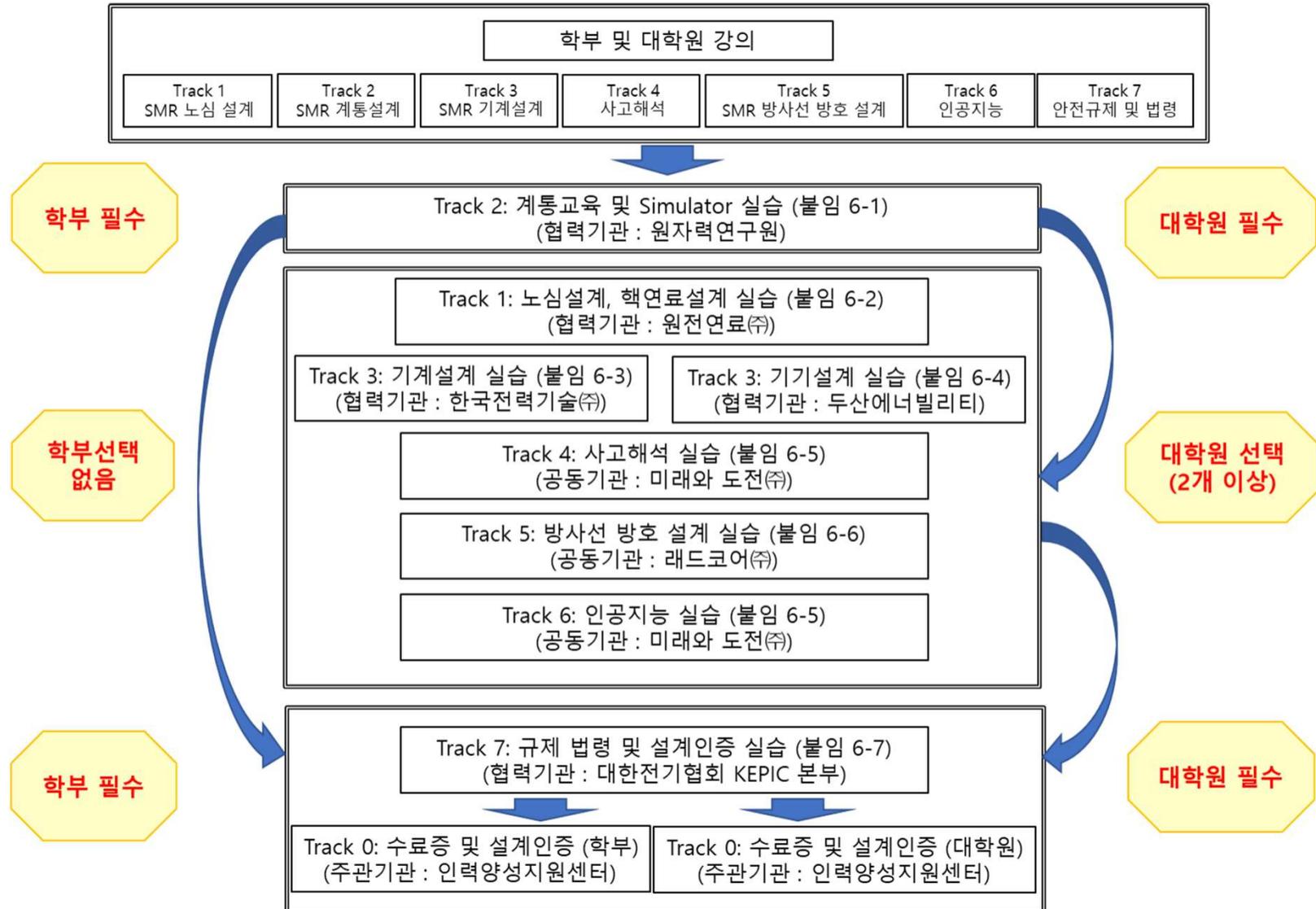
4. 연구 추진 체계

❖ 1단계 1차년도 추진체계



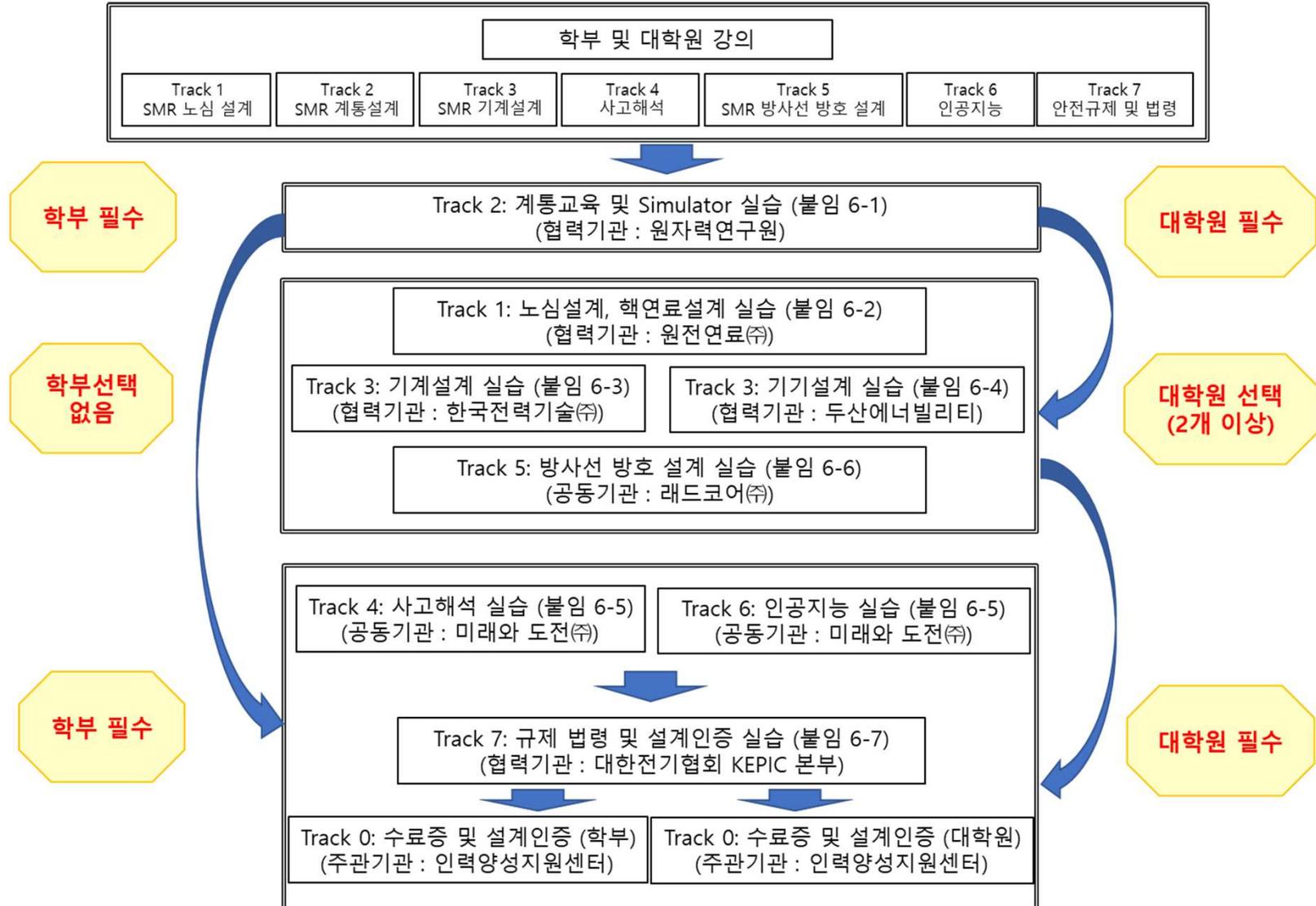
4. 연구 추진 체계

❖ 1단계 2~3차년도 추진체계



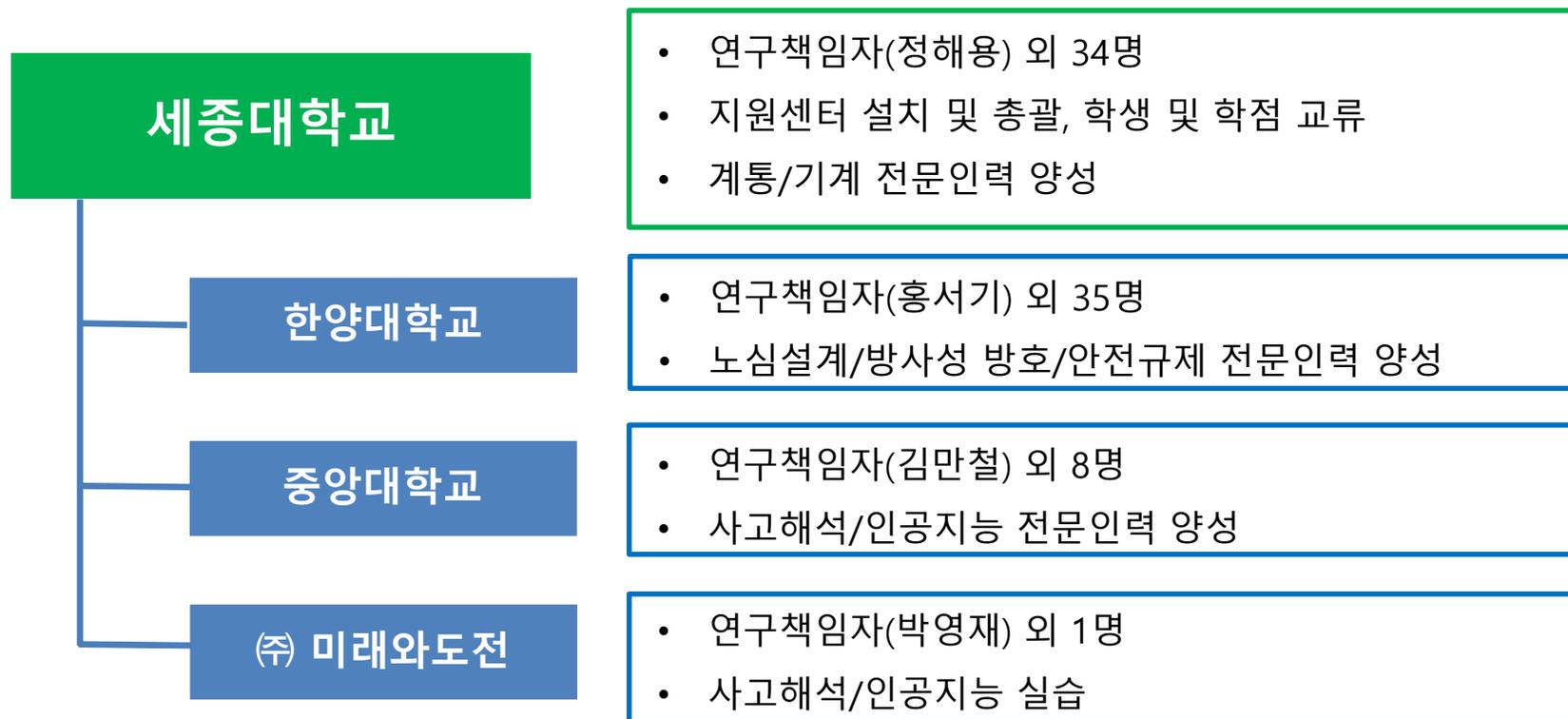
4. 연구 추진 체계

❖ 2단계 4~5차년도 추진체계



5. 연구 역량

❖ 주관연구기관, 공동연구기관 및 연구진 구성



6. 연구 추진전략

❖ 공동 참여 및 협력기업 연계 현장 실습 프로그램* 구성

Track	설계분야	현장실습 프로그램명	협력 기관
1	노심설계	노심설계, 핵연료설계 실습	원전연료(주)
2	계통설계	계통/노심 교육 및 Simulator 실습	원자력연구원
3	계통/기계설계	계통설계 및 기계설계 실습	한국전력기술(주)
4	기계설계	기기설계 실습	두산에너빌리티
5	방사선 방호 설계	방사선 방호 설계 실습	래드코어(주)
6	사고해석/인공지능	사고해석/인공지능 실습	미래와 도전(주)
7	안전규제 및 법령	규제 법령 및 설계인증 실습	대한전기협회 KEPIC

(* 실습프로그램 : 연구과제 계획서 109쪽 붙임6-1 ~ 6-7 참조)

❖ SMR 국내 기술기반 강화를 위한 비교과 프로그램 구성

비교과 프로그램명	담당 기관	협력 기관
미래형 원전 기계설계 및 기기설계 교육	세종대	한전기술, 두산에너빌리티
MCNP를 활용한 방사선 차폐설계 교육	한양대	래드코어(주)
KAERI와 연계한 노심설계 교육	한양대	KAERI

6. 연구 추진전략

❖ 참여 학교별 중점 노형을 선정하여 교육과정에 반영

- 단기적으로 시급한 수출형 원전과 i-SMR은 공통

분야 학교	노심설계	계통설계	기계설계	사고해석	방사선 방호	인공지능	안전규제
세종대	HTGR HPR	i-SMR HTGR	i-SMR HTGR	i-SMR HTGR HPR	i-SMR HTGR	i-SMR HTGR	i-SMR HTGR
한양대	i-SMR LFR SFR	i-SMR LFR SFR HPR			i-SMR LFR SFR	i-SMR LFR SFR	i-SMR LFR SFR
중앙대		i-SMR SFR MSR		i-SMR SFR MSR		i-SMR SFR MSR	

6. 연구 추진전략

❖ 과제 목표 달성을 위해 SMR 중심 교과목 개발

학교 \ 분야		노심설계	계통설계	기계설계	사고해석	방사선 방호	인공지능	안전규제
세종대	학부	원자로공학 원자로해석실무	발전소계통 공학 원자로열수력 원자로열전달	원자력 기계기초 미래형원전재료 미래형원전 손상역학특론	확률론적 안전성평가 수치해석 원자력안전과 물리적방호	방사선과물질 상호작용	원자력 데이터사이언스	
	대학원	원자로노심 설계특론	SMR 열수력특론	미래형SMR 손상역학특론	SMR 계통안전성 평가	방사선 방호 및 선량 측정	원자력공학 데이터 처리	
한양대	학부	원자로물리 및 노심설계	소형모듈원자로 안전해석			원자력공학 캡스톤 PBL (차폐해석이론 및 몬테칼로방법 응용연구)		안전공학기초 및 원자력안전법
	대학원	SMR 노심설계해석	응용 원자력 전산유체해석		원자로 사고해석 방법론	방사선안전분석		원자력안전규제 원자력안전규제특 론
중앙대	학부	원자로이론 원자로동역학및 제어			원자력계통 해석		신뢰성공학(*)	원자력안전공학 원자력안전규제
	대학원				확률론적안전성 평가 특론		원전시스템 인공지능 특론	

6. 연구 추진전략

❖ 온라인 공유 과목 배정 및 HW/SW 활용과목 구성

학교 \ 분야	노심설계	계통설계	기계설계	사고해석	방사선 방호	인공지능	안전규제
온라인 과목	SMR 노심설계해석 (한양대)	SMR 열수력특론 (세종대)	미래형원전재료 (세종대)	확률론적안전성 평가 특론 (중앙대)	방사선 방호 및 선량 측정 (세종대)	확률및통계 특론(*) (중앙대)	원자력 안전규제특론 (한양대)
HW/SW 활용과목 및 내용	원자로물리 및 노심설계 (학부, 한양대, SW)	원자로 열전달 (학부, 세종대, SW, CFD이용 열전달 평가) 응용열수력실험 (학부, 한양대, HW), 응용 원자력 전산유체해석 (대학원, 한양대, SW)	미래형 원전 구조해석 (학부, 세종대, SW) 미래형SMR 손상역학 특론 (대학원, 세종대, SW)	SMR 계통안전성 평가 (MARS- KS코드 이용SMR 계통 거동분석)	방사선계측 응용실습 (학부, 한양대, HW) 방사선계측 및 실험 (학부, 세종대, HW,차폐체 성능 분석/방사선 영향 분석)	원전시스템 인공지능 실습	



추가 자료

붙임. 현장실습 인턴십 및 산학 프로젝트 운영계획

붙임6-1. 현장실습 인턴십 및 산학 프로젝트 운영 계획 (track 2)

연구개발기관명	세종대학교 (협력기관 : 한국원자력연구원 원자력교육센터)
구분	관련 내용
컨소시엄 기업과의 현장실습(학연 프로젝트) 계획	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 원자력분야 대학(원)생을 교육대상으로 설계인력 양성을 위한 원자로 계통 기초지식, SMR 계통 특성, 그래픽 기반 원전 시뮬레이터를 이용한 원전 모의운전을 기반으로 KAERI(Korea Atomic Energy Research Institute) 학연교육 프로그램을 운영하는 것을 목적으로 함 ○ 추진 전략 <ul style="list-style-type: none"> - 교육과정 설계 및 개발, 교재와 콘텐츠 개발, 교육 프로그램 운영, 설문 평가를 통해 교육 전후 학업성취도 평가로 구성하여 수행하고자 함
현장실습(학연 프로젝트) 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 학연교육과정 개발 : 그래픽 기반 원전 모의운전 과정 ○ 과정 목적 <ul style="list-style-type: none"> - 원자력발전소 계통(원자로 출력, 제어봉 구동장치 제어계통), 원자로 기동(원자로 출력, 출력 정지운전, 원자로 정상/비정상/비상)까지 종합적인 원자로 모의운전 실습을 집중적으로 수행하여 원자력공학 전공 학생들의 원자력 현장 안전실무 및 계통이해, 설계능력 향상 ○ 교육 대상: 원자력 관련 전공 대학(원)생, 학부 졸업생 등 ○ 교육기간 : 5일 * 과정운영계획 붙임에 있음
예산안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 프로젝트 총금액 : 180,000천원 <ul style="list-style-type: none"> - 매 교육시행시 계약 체결후 참석학생 직접 교육훈련비 지급 - 총 9회 시행 (1차년도 1회, 이후 연 2회) ○ 1회 산출내역 : <ul style="list-style-type: none"> - 교육 훈련비 : 1,000천원/인 - 1회 교육인원 20명 ※ 숙소, 간식비 제외
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한국원자력연구원이 보유하고 있는 국가 연구시설과 실험장비를 미래 원자력 전문인력의 역량을 강화하는데 효율적으로 활용함 ○ 대학에서 보유하기 어려운 국가 원자력 연구시설과 장비를 활용한 실험실습 교육기회를 대학의 대학(원)생들에게 제공함 ○ 교육을 통해 대학(원)생의 원자력 전문 연구역량을 향상하여 원자력 분야 전문 연구개발과 산업현장에서 필요로 하는 전문인력 공급에 기여함 ○ 원자로 운영 및 원자력발전소 계통에 대한 이해도 향상과 모의운전 실습을 통한 현장 실무능력 배양 및 SMR 계통 이해 증진

< 과정운영계획 >

1. 교육 일정표

교육시간 (31시간/1주)

구분	교과목명	과목목표 및 주요내용	시간	학습방법
1	Orientation	- 교육과정 및 교육 중 주의사항 소개	1	-
2	안전주입 계통 및 잔열제거 계통 (SIS & RHR)	- 원자력발전소의 안전개념과 안전목표 소개 - 비상노심 냉각계통 이해 - 안전주입 계통의 설계기준 및 구성기기 이해	3	이론, 토론
3	2차 계통 (증기계통, 복수계통, 급수계통)	- 증기발생기에서 생성된 증기로부터 증기발생기로 공급되는 급수까지 2차 측 유류에 대한 이해 - 2차 계통 주요 설비와 구성기기 이해	2	이론, 토론
4	화학체적 제어 계통 (CVCS)	- 화학체적 제어계통에 대한 계통 및 운전 이해	1	이론, 토론
5	원자로 및 냉각재 계통 (Rx. & RCS)	- 원자로 및 냉각재 계통 기기 소개 - 원자로 냉각재 계통 기능 이해	2	이론, 토론
6	발전소 기동 및 정지 절차 종합	- 원전 종합운전 절차서 소개 및 이해	1	이론, 토론
7	원전운전 실습 (가열운전 1)	- 냉각재 온도 60°C에서 176°C까지 가열운전 실습	3	실습, 토론
8	원전운전 실습 (가열운전 2 및 기동)	- 원자로냉각재 온도 176°C에서 291°C까지 가열운전 실습	3	실습, 토론
9	원전운전 실습 (원자로 출력운전)	- 원자력발전소 단계별 출력운전(고온대기~100%FP) 절차 이해 - 단계별 운전절차, 출력 및 운전변수 변동 추이 이해	4	실습, 토론
10	원전운전 실습 (원자로 출력 감발 및 정지)	- 원자력발전소 단계별 감발 절차 이해 - 원자력발전소 정지 절차 이해	2	실습, 토론
11	비상운전 개요	- 비상운전 절차서 소개	1	실습, 토론
12	원전운전 실습 (비상운전 : LOCA S/G 누설, 전원상실 등)	- 비상운전 절차서 이해 - LOCA등 비상운전 실습	4	실습, 토론
13	원전운전 실습 (비정상운전)	- 원전 사고 분석 절차 이해 - 비정상 운전 실습	3	실습, 토론
14	과정 평가	- 교육만족도 설문조사 및 수료증 전달	1	-
총 교육 시간			31	-

붙임. 현장실습 인턴십 및 산학 프로젝트 운영계획

붙임6-2. 현장실습 인턴십 및 산학 프로젝트 운영 계획 (track 1)

연구개발기관명	세종대학교 (협력기관 : 한전원자력연료(주))
구분	관련 내용
컨소시엄 기업과의 현장실습(산학 프로젝트) 계획	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1단계 : APR1400 원전을 중심으로 노심설계, 핵연료설계 및 노심보호감시계통 설계 중심으로 교육훈련 시행 ○ 2단계 : iSMR 노심특성인 무봉산 노심에 대한 노심설계 및 노심보호감시계통 설계 중심으로 교육훈련 추진 ○ 한전원자력연료(주)의 현장실습(설계교육) 과정에 따라 교육훈련 시행 (1주, 필요시 2주)
현장실습(산학 프로젝트) 내용	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reload Design Overview <ul style="list-style-type: none"> - Nuclear Design, Fuel Design, Core Protection System 2. Nuclear Design <ul style="list-style-type: none"> - Core Loading Pattern - Nuclear Design Report(NDR) 3. Fuel Assembly and Rod Design <ul style="list-style-type: none"> - Fuel Assembly/Rod Design - Fuel Assembly Components Design - Fuel Rod Thermal/Mechanical Analysis 4. Core Protection System <ul style="list-style-type: none"> - COLSS/CPCS Reload Core Design - COLSS/CPCS Design Data 5. 기타
예산안	해당사항 없음
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 원전 핵연료 제조 전문기업의 노심설계 및 핵연료설계 등 산학협력을 통해 수출형 원전 및 SMR의 노심설계 등의 전문성을 높이고, 미래 신형 원자로 개발을 위한 전문 인력양성에 크게 기여할 것으로 기대됨. ○ 대학원 강의와 설계실습을 병행하여 실제적인 노심설계 실무에 대한 이해도를 높일 수 있으며, 현장에서 필요로 하는 인력양성에 크게 기여할 것으로 기대됨. ○ 본 산학협력의 기초교육 및 실무실습 연계를 통해 취업 후 즉시 실무에 투입할 수 있는 인력양성이 가능하게 되어 기업 측면에서 신규인력 교육을 위한 비용 및 시간을 절감할 수 있을 것으로 기대됨.

붙임6-3. 현장실습 인턴십 및 산학 프로젝트 운영 계획 (track 3)

연구개발기관명	세종대학교 (협력기관 : 한국전력기술(주))																																													
구분	관련 내용																																													
컨소시엄 기업과의 현장실습(산학 프로젝트) 계획	<ul style="list-style-type: none"> ○ SMR 원전의 주요계통의 설계 과정을 본 현장실습 인턴십 및 산학 프로젝트에 참여하는 학생들이 직접 경험해볼 수 있는 교육 기회를 제공 ○ SMR 원전 주요 계통의 설계에 직접적으로 사용되는 공학적 이론교육(4H/day)과 실습교육(4H/day)을 병행하여 수행 																																													
현장실습(산학 프로젝트) 내용	<table border="1"> <thead> <tr> <th>순번</th> <th>구분</th> <th>교육 과목명</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>SMR개요</td> <td>혁신형 SMR 시장전망, 대형원전과 SMR 설계 비교</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>SMR개요</td> <td>해양 SMR (BANDI) 개발 및 시장 전망</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>계통설계</td> <td>SMR 주증기 및 주급수계통 구성 및 연계설계</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>계통설계</td> <td>SMR 냉각재계통 구성 및 설계</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>계통설계</td> <td>SMR 보충 및 정화계통 구성 및 설계</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>계통설계</td> <td>SMR 안전계통 구성 및 설계</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>기계설계</td> <td>SMR 내장형제어봉구동장치 구조 및 설계</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>기계설계</td> <td>SMR 핵연료취급계통 및 핵연료저장대 구성 및 설계</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>기계설계</td> <td>SMR 원자로용기/내부구조물 및 지지대 구성 및 설계</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>기계설계</td> <td>SMR 철재 격납용기 구조 및 지지구조물 구성 및 설계</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>계통설계</td> <td>SMR 안전해석 및 고신뢰도 안전해석기술</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>계통설계</td> <td>SMR 발전소 제어 및 정상, 비상 운전전략</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>계통설계</td> <td>SMR MMIS 안전계통 표준 플랫폼 기능 및 설계</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>계통설계</td> <td>SMR MMIS 계측제어계통 구성 및 설계</td> </tr> </tbody> </table>	순번	구분	교육 과목명	1	SMR개요	혁신형 SMR 시장전망, 대형원전과 SMR 설계 비교	2	SMR개요	해양 SMR (BANDI) 개발 및 시장 전망	3	계통설계	SMR 주증기 및 주급수계통 구성 및 연계설계	4	계통설계	SMR 냉각재계통 구성 및 설계	5	계통설계	SMR 보충 및 정화계통 구성 및 설계	6	계통설계	SMR 안전계통 구성 및 설계	7	기계설계	SMR 내장형제어봉구동장치 구조 및 설계	8	기계설계	SMR 핵연료취급계통 및 핵연료저장대 구성 및 설계	9	기계설계	SMR 원자로용기/내부구조물 및 지지대 구성 및 설계	10	기계설계	SMR 철재 격납용기 구조 및 지지구조물 구성 및 설계	11	계통설계	SMR 안전해석 및 고신뢰도 안전해석기술	12	계통설계	SMR 발전소 제어 및 정상, 비상 운전전략	13	계통설계	SMR MMIS 안전계통 표준 플랫폼 기능 및 설계	14	계통설계	SMR MMIS 계측제어계통 구성 및 설계
순번	구분	교육 과목명																																												
1	SMR개요	혁신형 SMR 시장전망, 대형원전과 SMR 설계 비교																																												
2	SMR개요	해양 SMR (BANDI) 개발 및 시장 전망																																												
3	계통설계	SMR 주증기 및 주급수계통 구성 및 연계설계																																												
4	계통설계	SMR 냉각재계통 구성 및 설계																																												
5	계통설계	SMR 보충 및 정화계통 구성 및 설계																																												
6	계통설계	SMR 안전계통 구성 및 설계																																												
7	기계설계	SMR 내장형제어봉구동장치 구조 및 설계																																												
8	기계설계	SMR 핵연료취급계통 및 핵연료저장대 구성 및 설계																																												
9	기계설계	SMR 원자로용기/내부구조물 및 지지대 구성 및 설계																																												
10	기계설계	SMR 철재 격납용기 구조 및 지지구조물 구성 및 설계																																												
11	계통설계	SMR 안전해석 및 고신뢰도 안전해석기술																																												
12	계통설계	SMR 발전소 제어 및 정상, 비상 운전전략																																												
13	계통설계	SMR MMIS 안전계통 표준 플랫폼 기능 및 설계																																												
14	계통설계	SMR MMIS 계측제어계통 구성 및 설계																																												
예산안	해당사항 없음																																													
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ SMR 원전 주요계통의 설계과정을 수행해 봄으로써, 강의실 교육에서 실제 현장 설계 체험을 통해 혁신형 SMR 설계 단계 수준에서 SMR 구조, 설계 현황 중심 지식 전달 ○ 이론교육(4H)과 실습교육(4H)을 병행 함으로써 학생들의 관심과 참여도를 증진시키고, SMR 원전 주요계통의 설계과정에 대한 이해도를 향상시킬 수 있음. ○ 본 현장실습 인턴십 및 산학 프로젝트를 통해 한국전력기술(주)와 학계와 협력을 지속적으로 견고하게 유지할 수 있음. 																																													

붙임. 현장실습 인턴십 및 산학 프로젝트 운영계획

붙임6-4. 현장실습 인턴십 및 산학 프로젝트 운영 계획 (track 3)

연구개발기관명	세종대학교 (협력기관 : 두산에너지빌리티)		
구분	관련 내용		
컨소시엄 기업과의 현장실습(산학 프로젝트) 계획	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장실습 계획 <ul style="list-style-type: none"> - 두산에너지빌리티 원자력 주요기기의 설계 과정을 본 현장실습 인턴십 및 산학 프로젝트에 참여하는 학생들이 직접 경험해볼 수 있는 교육 기회를 제공 - 원전 주요기기의 설계에 직접적으로 사용되는 공학적 이론교육(4H/day) 과 실습교육(4H/day)을 병행하여 수행 ○ 현장실습 참여 학생 선발 계획 <ul style="list-style-type: none"> - 기본 전공과목 이수 학생을 대상 (필수 이수 과목은 담당자와 협의) - 학생 지원, 교수 추천을 통해 학생 선발 (필요시 간단한 면접 수행) 		
현장실습(산학 프로젝트) 내용	· 현장실습 상세 내용		
	주수	주제	상세 교육 내용
	1일차	원자력 발전의 개요 및 주요기기 구조정산	이론 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 원자력 발전의 개요 및 현황 - 국내 원전의 구조 및 발전 원리 - 원전 주요기기의 ASME SecIII 기반 구조정산 실습 <ul style="list-style-type: none"> - 중기발생기의 tentative sizing 실습
	2일차	유한요소해석 기반 열응력의 계산	이론 <ul style="list-style-type: none"> - 유한요소해석(FEA)의 소개 - 열해석의 기본(열전달, 열해석을 통한 온도분포 계산) - 열응력 해석의 기본(열 구조 연성해석을 통한 응력 계산) 실습 <ul style="list-style-type: none"> - FEA를 이용한 중기발생기의 열응력 계산
	3일차	유한요소해석 기반 구조응력의 계산	이론 <ul style="list-style-type: none"> - 구조해석의 기본(경계조건, 하중조건 등) - 정적하중에 대한 구조응력의 계산 - 동적하중에 대한 구조응력의 계산 (내진해석) 실습 <ul style="list-style-type: none"> - FEA를 이용한 중기발생기의 정적하중/지진하중에 대한 구조응력 계산
	4일차	ASME SecIII 기반 구조안전성 평가	이론 <ul style="list-style-type: none"> - ASME code에 대한 소개 - ASME SecIII 기반 용력평가의 개요 - ASME SecIII 기반 피로평가의 개요 실습 <ul style="list-style-type: none"> - 중기발생기의 ASME SecIII 기반 구조안전성 평가
5일차	FIV의 개념 및 평가	이론 <ul style="list-style-type: none"> - 유체유발진동(FIV)의 개념 소개 - 원전 주요기기에 발생 가능한 주요 FIV 기어의 이해 - 원전 주요기기의 ASME SecIII 기반 FIV 평가의 이해 실습 <ul style="list-style-type: none"> - 중기발생기 전열관 FIV 평가 실습 	
예산안	해당사항 없음		
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 원전 주요기기의 설계과정을 수행해 봄으로써, 학생들이 강의실에서만 배웠던 공학적 지식들(재료역학, 열전달, 열역학, 2D/3D CAD 등)이 실제 현장에서의 설계에 어떤 식으로 적용되는지 체험할 수 있음 ○ 이론교육(4H)과 실습교육(4H)을 병행함으로써 학생들의 관심과 참여도를 증진시키고, 원전 주요기기의 설계과정에 대한 이해도를 향상시킬 수 있음 ○ 본 현장실습 인턴십 및 산학 프로젝트를 통해 두산에너지빌리티와 학계와 협력을 지속적으로 견고하게 유지할 수 있음 ○ 추후 본 현장실습 인턴십 및 산학 프로젝트에 참여했던 학생들에게 두산 에너지빌리티의 원전 주요기기의 설계 분야의 취업을 유도할 수 있음 		

붙임6-5. 현장실습 인턴십 및 산학 프로젝트 운영 계획 (track 4 & 6)

연구개발기관명	세종대학교 (협력기관: ㈜미래와도전)		
구분	관련 내용		
컨소시엄 기업과의 현장실습(산학 프로젝트) 계획	<ul style="list-style-type: none"> ○ SMR은 설계 특성이 대형 원전과 크게 달라 고려해야 하는 사고의 유형이 달라질 수 있음. 따라서, 수출형 대형 원전의 사고해석 및 시뮬레이터 교육과 함께 소형 SMR에서 달라지는 사고 분류 및 해석 결과를 중심으로 전산해석 활용에 관한 기초강의 및 실습을 수행할 계획임 ○ 원전 관련 인공지능 분야의 경우 대규모 해석이 필요한 분야 또는 데이터베이스 처리 분야에서 그 활용 가능성이 대두되고 있음. 본 교육에서는 실제 산업에서 고려하고 있는 원자력-인공지능 연계 분야를 소개하고, 관련 분야로의 진로를 고려하는 대학(원)생들에게 선택의 폭을 넓힐 기회를 제공하여 취업 동기를 유발하고자 함 		
현장실습(산학 프로젝트) 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사고해석/인공지능 통합 하계 집중 실습 교육 프로그램 시행 <ul style="list-style-type: none"> - 수출형 원전 및 SMR에 대한 사고해석 실습 교육 프로그램 시행 - 연구용 시뮬레이터 활용을 통한 원전 사고 시 발전소 거동 확인 및 운전원 조치 실습 - 원자력 관련 세부 분야별 인공지능 활용 현황 및 전망 강의 ○ 사고해석/인공지능 통합 하계 집중 실습 교육 프로그램(안) <ul style="list-style-type: none"> - 1일차 : 수출형 원전 사고해석 기초 강의 및 열수력코드 활용 실습 - 2일차 : SMR 사고해석 기초 강의 및 열수력코드 활용 실습 - 3일차 : 연구용 시뮬레이터 기초 강의 및 사고 시 운전원 조치 실습 - 4일차 : 인공지능 기초개념 및 원자력 관련 분야별 인공지능 활용 강의 - 5일차 : 종합토의 및 실습 결과를 평가 		
	예산안	해당사항 없음	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사고해석 전문기업과의 산학협력을 통해 수출형 원전 및 SMR의 사고해석/인공지능 분야 전문성을 높이고, 미래 신형 원자로 개발을 위한 전문 인력양성에 크게 기여할 것으로 기대됨 ○ 대학에서 이루어지는 원전 사고에 대한 교육과 컨소시엄 기업에서 수행되는 사고해석 실습을 병행하여 실제적인 사고해석 실무에 대한 이해도를 높일 수 있으며, 현장에서 필요로 하는 인력양성에 크게 기여할 것으로 기대됨 ○ 본 산학협력의 기초교육 및 실무실습 연계를 통해 취업 후 즉시 실무에 투입할 수 있는 인력양성이 가능하게 되어 기업 측면에서 신규인력 교육을 위한 비용 및 시간을 절감할 수 있을 것으로 기대됨 		

붙임. 현장실습 인턴십 및 산학 프로젝트 운영계획

붙임6-6 현장실습 인턴십 및 산학 프로젝트 운영 계획 (track 5)

연구개발기관명	세종대학교 (협력기관: ㈜래드코어)
구분	관련 내용
컨소시엄 기업과의 현장실습(산학 프로젝트) 계획	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대형 원자력발전소에 대한 방사선차폐 방식과는 달리 소형인 SMR에 대한 방사선차폐에서는 그 특수한 설계 형태로 인해 기존과 다르게 고려해야 할 여러 요건들이 존재하는 만큼 미래의 독자 SMR 차폐설계 분야 인력양성을 목적으로 방사선수송해석 이론과 전산해석 실습을 수행할 계획임 ○ 방사선 거동에 대한 전산시뮬레이션 분야의 경우 졸업 후 해석적 업무분야를 희망하는 대학(원)생들의 관심이 지대함. 방사선차폐해석에 사용되는 통계적 수송해석 기반 전산 시뮬레이션 전문 기업에서의 실무 실습 경험을 통한 취업 동기 유발
현장실습(산학 프로젝트) 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1일차: 방사선수송해석 기초 이론 ○ 2일차: MCNP 전산코드 Geometry 구현 방법 <ul style="list-style-type: none"> - Universe 카드를 이용한 Repeated Structure 구현 방법 ○ 3일차: MCNP 전산코드 선원(Source) 및 tally(Tally) 구현 방법 <ul style="list-style-type: none"> - Repeated Structure에서의 선원 구현 방법 ○ 4일차: SMR 차폐물질 특성 방사선수송해석 실습 ○ 5일차: SMR 임계해석 실습 <ul style="list-style-type: none"> - KENO 코드 사용법 소개 및 실습
예산안	해당사항 없음
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 방사선수송해석 전문기업과의 산학협력을 통하여 SMR 원자로 차폐 및 임계해석에 대한 전문성 고취 및 미래 신형 원자로 개발 전문 인력양성에 크게 기여함. ○ 대학에서의 방사선차폐 강의가 실무에 적용되는 원리에 대해 전문기업에서의 실습을 통하여 보다 높은 이해도를 달성할 수 있고, 산업계에서 필요로 하는, 현장실습이 고려된 강의과목 발굴 및 강의내용 업데이트에 기여할 수 있음. ○ 본 산학협력을 통한 인력양성으로, 기업에서는 추후 채용 후 곧바로 실무에 투입이 가능하게 됨으로써 신규인력 교육에 투입되는 비용절감 효과를 기대할 수 있음.

붙임6-7 현장실습 인턴십 및 산학 프로젝트 운영 계획 (track 4)

연구개발기관명	세종대학교 (협력기관 : 대한전기협회 KEPIC 본부)
구분	관련 내용
컨소시엄 기업과의 현장실습(산학 프로젝트) 계획	<ul style="list-style-type: none"> ○ 원안위 고시에 따라 원자력 기기는 설계 단계부터 KEPIC을 준수해야 됨에 KEPIC 이해와 적용 능력 향상을 위해 KEPIC 전담기관인 대한전기협회의 공동프로젝트를 통해 차별화된 원자력 산업현장 맞춤형 설계인력 양성교육 추진 ○ KEPIC 설계문서 인증인력(등록기술자*) 자격 취득에 필요한 교육훈련 제공 <ul style="list-style-type: none"> * KEPIC 적용 원자력시설의 설계문서 인증업무를 수행하는 자격인정된 기술자 ○ KEPIC 기기분야의 요건을 바탕으로 등급별 원자력안전성 기기 설계 등 전반적인 구성과 요건의 배경을 이해를 목표로 함 ○ KEPIC 기기분야를 활용한 압력기기, 배관 등의 설계를 중점적으로 설계시 고려사항, 허용응력 판단, 해석기법의 활용 등을 포함 ○ KEPIC 재료, 용접, 비파괴검사의 요건 및 현장적용 교육 제공
현장실습(산학 프로젝트) 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ KEPIC 교육기간 : 5일/회 ○ KEPIC 기초교육 : <ul style="list-style-type: none"> - KEPIC 개발/적용, 원자력 인증, 설계문서 인증인력 자격제도 등 ○ KEPIC 기술교육 : <ul style="list-style-type: none"> - 원자력기계 기초 및 설계심화 교육 - 재료, 용접, 비파괴검사 교육 - 원자력기계분야 등록기술자 인정 국가기술자격 취득 준비 교육 - 설계출력문서 작성 및 문서인증 실습 교육
예산안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 프로젝트 총금액 : 180,000천원 <ul style="list-style-type: none"> - 매 교육시행시 계약 체결후 참석학생 직접 교육훈련비 지급 - 총 9회 시행 (1차년도 1회, 이후 연 2회) ○ 1회 산출내역 : <ul style="list-style-type: none"> - 교육 훈련비 : 1,000천원/인 - 1회 교육인원 20명 ※ 숙소, 간식비 제외
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 참여 인력의 KEPIC을 만족하는 설계능력 배양 ○ KEPIC 설계문서 인증인력(등록기술자)으로서 요구되는 교육훈련 수료 인정